การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6

การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI Association

ECTI-CARD 2014



21-23 พฤษภาคม 2557 โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ECTI-CARD 2014

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6

การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

วันที่ 21-23 พฤษภาคม พ.ศ. 2557

ณ โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว เชียงใหม่

จัดโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

ร่วมจัดประชุมโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

Information Technology Resources Education Center

Table of Contents

Message from RMUTL President.....A3

Message from General Chair A4

Conference Organizers A5

Conference Organization Committee.....A6

Technical Program Committee.....A7-A8

Technical Program Contents.....B1–B36

Keynote Speakers.....C1–C4

Research Papers.....D1-D530

Innovation Papers.....E1-E149

Author Index.....F1-F7

Message from RMUTL President



รองศาสตราจารย์ ดร. นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์
อธิการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ในนามของผู้บริหาร คณาจารย์ และบุคลากรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มีความภูมิใจเป็นอย่างยิ่งที่ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพ ในการจัดการประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๖ ประจำปี ๒๕๕๗ (ECTI-CARD 2014) ในการประชุมครั้งนี้เป็นการเน้นเนื้อหาการพัฒนานวัตกรรม และสิ่งประดิษฐ์ เพื่อให้ผู้วิจัย ผู้สนใจ ผู้ใช้งาน และผู้พัฒนา นำความรู้จากการประชุมมาใช้กับงานด้านต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่เป็นสถาบันการศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นฐานในการผลิตบัณฑิต เพื่อออกไปรับใช้สังคมโดยมีความมุ่งหวังว่า บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจะนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาประเทศไทยให้มีความยั่งยืนต่อไป การจัดประชุมวิชาการครั้งนี้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ (Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications, and Information Technology Association) หรือ (ECTI Association) มีหัวข้อเรื่องบทความที่นำเสนอผลงานทางวิชาการและงานวิจัยด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและเทคโนโลยีสารสนเทศ ในบริบทสาขาวิชาชีพต่างๆ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ บริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ การประชุมดังกล่าว เป็นเวทีในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ให้กับนักประดิษฐ์ นักวิจัย คณาจารย์ และนักศึกษา เพื่อใช้เป็นแหล่งในการดำเนินกิจกรรม พบปะและรวบรวมผลงานวิจัยในกลุ่มวิชาการและสิ่งประดิษฐ์ รวมถึงผู้พัฒนาหรือผู้ใช้งานเทคโนโลยีหรือหน่วยงานต่างๆ ได้มีโอกาสในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน และสามารถนำผลงานวิจัยที่นำเสนอไปต่อยอดเพื่อให้แตกแขนงมากขึ้น และส่งผลให้เกิดการพัฒนาและยกระดับคุณภาพให้เกิดประโยชน์สูงสุด ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๖ ในครั้งนี้ เป็นส่วนขับเคลื่อนให้นักวิจัยได้เผยแพร่ความรู้จากงานวิจัยในแขนงต่าง ๆ และขออวยพรให้การจัดงานประชุมวิชาการในครั้งนี้ประสบความสำเร็จและบรรลุวัตถุประสงค์ทุกประการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นำยุทธ สงธนาพิทักษ์)
อธิการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

Message from General Chair



ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ อัครเอกฒาลิน
นายกสมาคม ECTI

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ (Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology หรือ ECTI) มีภาระกิจหลักในการส่งเสริมและสนับสนุนความก้าวหน้าในด้านวิชาการในสาขาที่เกี่ยวข้องมาโดยตลอด โดยทางสมาคมได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการวิจัยและพัฒนาในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการศึกษา อันส่งผลโดยตรงต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย สมาคมได้กำหนดให้มีการประชุมวิชาการเพื่อเป็นเวทีให้นักวิจัยและพัฒนานำเสนอผลงานทั้งระดับชาติและนานาชาติอย่างต่อเนื่อง โดยในครั้งนี้สมาคมได้ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาจัดการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 (ECTI-CARD 2014) ขึ้นที่ จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้นักวิจัย นักประดิษฐ์ คณาจารย์ และนักศึกษานำเสนอผลงานที่อาจต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ ได้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลและความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานในอนาคต การประชุมวิชาการนี้เริ่มขึ้นครั้งแรกตามนโยบายของสมาคมฯ ในปี พ.ศ. 2552 โดยในปีแรกๆ นั้น มีจำนวนบทความที่นำเสนอไม่มากนัก สถานที่จัดการประชุมจะหมุนเวียนไปในจังหวัดต่างๆ จนถึงปัจจุบันการประชุม ECTI-CARD เป็นที่รู้จักเป็นอย่างดีของวงการวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ โดยในปีนี้มีบทความที่มีคุณภาพสูงจำนวนมากกว่า 200 บทความ ผ่านการคัดกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิและถูกนำเสนอในการประชุม บทความรับเชิญที่น่าสนใจอีกหลายเรื่อง และการจัด workshop เพื่อให้ความรู้เชิงวิชาการแก่ผู้เข้าร่วมประชุม ในฐานะนายกสมาคม ECTI จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผู้เข้าร่วมประชุมจะได้รับประโยชน์อย่างสูงสุด และสามารถนำความรู้ไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและพัฒนาได้เป็นอย่างดี ตลอดจนได้พบปะนักวิชาการ นักวิจัยและพัฒนา สามารถสร้างเครือข่ายการทำงานในอนาคตได้ อันจะส่งผลต่อการพัฒนาประเทศในภาพรวมต่อไป ท้ายที่สุด สมาคมฯ ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่ผู้บริหารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คณะกรรมการจัดงาน ผู้ทรงคุณวุฒิ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่และนักศึกษาที่มีส่วนร่วมทุกท่าน จนทำให้การจัดการประชุมวิชาการครั้งนี้ประสบผลสำเร็จอย่างดียิ่ง ขอขอบพระคุณผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่าน และขออวยพรให้ทุกท่านประสบความสำเร็จในการทำงานและมีความสุขตลอดไป

Conference Organizers









Information Technology
Resources Education
Center

Conference Organization Committee

General Chair

ศ.ดร.ประยุทธ อัครเอกฒาลิน (KMUTNB)

Steering Committee

ศ.ดร.ประภาส จงสถิตวัฒนา (CU)

ศ.ดร.โกสินทร์ จำนงไทย (KMUTT)

รศ.ดร.วุฒิพงศ์ อารีกุล (KU)

Chairperson

รศ.ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ (RMUTL)

Vice Co-Chairpersons

ผศ.ประพัฒน์ เชื้อไทย (RMUTL)

ผศ.สนิท พิพิทธสมบัติ (RMUTL)

ดร.ภาสวรรธน์ วัชรดำรงศักดิ์ (RMUTL)

ผศ.สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ (RMUTL)

ผศ.นิพนธ์ เลิศมโนกุล (RMUTL)

Technical Program Committee

Chairperson

ผศ.ดร.อุเทน คำน่าน (RMUTL)

Vice Co-Chairpersons

รศ.ดร.กาณฑ์ เกิดชื่น (RMUTI)
ผศ.ดร.ศักดิ์รวี ระวีกุล (RMUTI)
ดร.สุริยา แก้วอาษา (RMUTI)
ดร.ประสพโชค โห้ทองคำ (RMUTR)
ผศ.ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ (RMUTT)
ดร.วุฒิวัฒน์ คงรัตนประเสริฐ (RMUTK)
ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ (RMUTP)
นายภัทรพงศ์ อัญชันภาติ (RMUTTO)
ผศ.วิสุทธิ์ พงศ์พฤกษธาตุ (RMUTSV)
ผศ.ประสิทธิ์ นางทิน (PTWIT)
ผศ.ดร.ประมุข อุณหเลขกะ (RMUTSB)
รศ.ดร.โกศล โอฬารไพโรจน์ (RMUTL)
ผศ.ดิเรก มณีวรรณ (RMUTL)
ดร.จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน (RMUTL)
ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์ (RMUTL)
ดร.ปุณยสิริ บุญเป็ง (RMUTL)
ดร.ศุภกิต แก้วดวงตา (RMUTL)
ดร.ฟ้าใส วิวัฒน์วงศ์วนา (RMUTL)
ดร.กุลทรัพย์ ผ่องศรีสุข (RMUTL)
ดร.ภาคภูมิ จารุภูมิ (RMUTL)
ดร.ทวีชัย กาฬสินธุ์ RMUTL)
ดร.ยุพดี หัตถสิน (RMUTL)
ดร.พลกฤษณ์ ทุนคำ (RMUTL)
ดร.ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล (RMUTL)
อาจารย์ ชวโรจน์ ใจสิน (MJU)
อาจารย์ โชคมงคล นาดี (RMUTL)

Local Arrangement Committee

ผศ.อวยพร บัวใบ (RMUTL)
อาจารย์ วิกร จันทรวิโรจน์ (RMUTL)
อาจารย์ ประสิทธิ์ อินทร์จันทร์ (RMUTL)
อาจารย์ ชาคริต ชูวุฒยากร (RMUTL)
อาจารย์ อนุสรณ์ เราเท่า (RMUTL)
อาจารย์ วีระวุฒิ ขันรัตน์ (RMUTL)
อาจารย์ ภาณุวัฒน์ มาละแซม (RMUTL)

General Administration Committee

อาจารย์ อนันท์ ทับเกิด (RMUTL)
อาจารย์ มานัส สุนันท์ (RMUTL)

Publication Committee

ดร.ยุพดี หัตถสิน (RMUTL)
ดร.ศุภกิต แก้วดวงตา (RMUTL)
ดร.พลกฤษณ์ ทุนคำ (RMUTL)
อาจารย์ ณัฐชาสิทธิ์ ชูเกียรติขจร (RMUTL)
อาจารย์ กิตตินันท์ น้อยมณี (RMUTL)
อาจารย์ อนุพงศ์ ไพโรจน์ (RMUTL)
อาจารย์ ภาณุเดช ทิพย์อักษร (RMUTL)
อาจารย์ สัญญา อุทธโยธา (RMUTL)
อาจารย์ อรรถผล วิเวก (RMUTL)
นายเอกลักษณ์ แก้วมาเรือน (RMUTL)
นายศักดิ์ชัย กันธะดา (RMUTL)
นายสิทธิพันธ์ พิลึก (RMUTL)
นายกลยุทธ ธุระกิจ (RMUTL)
นายธนวัฒน์ ศิลป์ประเสริฐ (RMUTL)
นางสาวรัชภรณ์ สร้อยกาบแก้ว (RMUTL)

Finance Committee

ดร.ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล (MJU)
ผศ.พัชรนันท์ เกตุทิม (RMUTL)
คุณรุจิพรรณ สัมปันณา (BU)
คุณไพริน แก้วกวย (ECTI)

Exhibition Committee

ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล (RMUTL)
อาจารย์ จิรศักดิ์ ปัญญา (RMUTL)
อาจารย์ ศุภลักษณ์ ศรีตา (RMUTL)
อาจารย์ พร้อมรบ คำธาร (RMUTL)
อาจารย์ จิรศักดิ์ ปัญญา (RMUTL)
อาจารย์ เรวัฒ คำวัน (RMUTL)
อาจารย์ สวัสดิ์ กีไสย์ (RMUTL)
อาจารย์ วิชาญ จันที (RMUTL)

Public Relations Committee

รศ.ดร.พรหทัย ตัณฑ์จิตานนท์ (RMUTL)
อาจารย์ ธราดล ดวงสุภา (RMUTL)
อาจารย์ ระพินทร์ ขัดปิก (RMUTL)

Secretaries

ผศ.ดร.กฤษดา ยิ่งขยัน (RMUTL)
นางสาวมัทนา จุลเสวก (RMUTL)

KMUTNB มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
CU จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
KU มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
KMUTT มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
RMUTI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
RMUTL มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
RMUTP มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
RMUTK มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
RMUTSB มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
RMUTTO มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
RMUTT มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
RMUTR มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
RMUTSV มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
MJU มหาวิทยาลัยแม่โจ้
PTWIT สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

Technical Program Contents

กำหนดการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

วันที่ 21-23 พฤษภาคม พ.ศ.2557 ณ โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว R2

วันพุธ ที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2557				
เริ่ม 08.00	ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน ECTI-CARD 2014			
08.30-09.00	พิธีเปิด ECTI-CARD 2014 ณ ห้องทิพย์พิมาน โดย รศ.ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา			
09.00-09.50	บรรยายพิเศษ เรื่อง **การจัดการและพัฒนากระบวนการศึกษาของบัณฑิตนักปฏิบัติเพื่อมุ่งสู่ความเป็นเลิศในสังคมไทย** โดย รศ.ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ (RMUTL) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา			
09.50-10.10	พักรับประทานอาหารว่าง 20 นาที			
10.10-11.00	บรรยายพิเศษ เรื่อง **การประยุกต์วิธีหาคำตอบเหมาะสมที่สุดเชิงวิวัฒน์** โดย ศ.ดร.ประภาส จงสถิตวัฒนา (CU) ที่ปรึกษาสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศแห่งประเทศไทย			
11.00-12.00	บรรยายพิเศษ เรื่อง **เทคโนโลยีสายอากาศสำหรับการประยุกต์ใช้งานอาร์เอฟไอดี** โดย รศ.ดร.ชูวงศ์ พงษ์เจริญพานิช (KMITL) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง			
12.00-13.00	พักรับประทานอาหารเที่ยง ห้องอาหารศูนย์ประชุมนานาชาติ			
ห้องสัมมนา	**ทิพย์พิมาน**	**พิณทอง**	**ทิพย์วารี 1**	**ทิพย์วารี 2**
Session 1	วิศวกรรมไฟฟ้าและระบบควบคุม (21PW&CS)	เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร (21ArG I)	ธุรกิจ การธนาคาร การท่องเที่ยว การโรงแรม และระบบความปลอดภัย (21TV)	การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ I (21EN I)
13.00-14.00	ID 1004, 1061, 1268, 1240, 1017	ID 1233, 1035, 1249, 1205, 1242	รับเชิญ 08, ID 1033, 1250, 1130	ID 1106, 1030, 1107, 1137, 1145
ประธาน	ดร.ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล (MJU)	ผศ.ดร.สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ (MUT)	ผศ.ดวงพร อ่อนหวาน (RMUTL)	ดร.จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน (RMUTL)
รองประธาน	ดร.วิฑูรย์ พรมมี (RMUTL)	ผศ.ดร.พานิช อินต๊ะ (RMUTL)	รศ.ดร.จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์(KMITL)	ผศ.ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์(RMUTT)
14.40-15.00	พักรับประทานอาหารว่าง			
ห้องสัมมนา	**ทิพย์พิมาน**	**พิณทอง**	**ทิพย์วารี 1**	**ทิพย์วารี 2**
Session 2	วิศวกรรมไฟฟ้าและไฟฟ้าแรงสูง (21PW&HV)	เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ และสิ่งแวดล้อม (21PHY I)	การกู้ภัย ระบบเตือนภัย การพยากรณ์และระบบควบคุม (21RoB)	การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ II (21EN II)
15.00-17.00	รับเชิญ 01, ID 1263, 1270, 1243, 1129, 1008	ID 1273, 1059, 1229, 1029, 1148, 1259	ID 1168, 1257, 1285, 1055, 1284, 1154	รับเชิญ04, ID 1020, 1032, 1088, 1098, 1112
ประธาน	รศ.ดร.เสถียร ธัญญศรีรัตน์ (PTWIT)	ผศ.ดร.ฐิติพงษ์ เลิศวิริยะประภา(KMUTNB)	ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ(RMUTP)	ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์ (RMUTL)
รองประธาน	ผศ.ดร.ชาญชัย เดชธรรมรงค์ (RMUTL)	ดร.ชวโรจน์ ใจสิน (MJU)	ดร.อนนท์ นำอิน (RMUTL)	ดร.นพพร พัชรประกิติ (RMUTL)
17.00-19.00	Free			

กำหนดการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2557				
เริ่ม 08.00	ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน ECTI-CARD 2014			
ห้องสัมมนา	**ทิพย์พิมาน**	**พิณทอง**	**ทิพย์วารี 1**	**ทิพย์วารี 2**
Session 3	เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร (22ArG II)	การประมวลผลขั้นสูง (22CP)	การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย I (22CM I)	การควบคุมการเข้าถึง การยืนยันตัวตน และระบบตรวจจับ (22ET)
08.30-10.10	รับเชิญ 03, ID 1044,1118,1138,1172	รับเชิญ 12, รับเชิญ 05, ID 1058,1144, 1218	ID 1121, 1139, 1140, 1187, 1195	ID 1057, 1002, 1141, 1099, 1171
ประธาน	ดร.พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร (MUT)	ศ.ดร.ประภาส จงสถิตวัฒนา (CU)	ผศ.ดร.ยุทธนา กันทะพะเยา (RMUTSB)	ดร.ยุพดี หัตถสิน (RMUTL)
รองประธาน	ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล (RMUTL)	ผศ.อุดม สุธาคา (RMUTL)	อาจารย์เอกทัศน์ พฤกษวรรณ (RMUTL)	อาจารย์ภาณุเดช ทิพย์อักษร (RMUTL)
10.10-10.30	พักรับประทานอาหารว่าง			
ห้องสัมมนา	**ทิพย์พิมาน**	**พิณทอง**	**ทิพย์วารี 1**	**ทิพย์วารี 2**
Session 4	การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม (22TP)	การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย II (22CM II)	เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา (22PHY II)	การเรียนการสอนทางไกล ศึกษาบันเทิง (Edutainment) คอมพิวเตอร์แอนนิเมชั่น (22ED)
10.30-12.10	ID 1014, 1164, 1193, 1202, 1232	ID 1015, 1016, 1023, 1027, 1075	ID 1114, 1189, 1221, 1238, 1152	ID 1056, 1082, 1083, 1110, 1224
ประธาน	ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์ (RMUTI)	รศ.ดร.ชูวงศ์ พงษ์เจริญพานิช (KMITL)	ดร.กุลทรัพย์ ผ่องศรีสุข (RMUTL)	ผศ.นิพนธ์ เลิศมโนกุล (RMUTL)
รองประธาน	ดร.ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล (RMUTL)	ดร.ศุภกิต แก้วดวงตา (RMUTL)	ดร.พลกฤษณ์ ทุนคำ (RMUTL)	อาจารย์มานัส สุนันท์ (RMUTL)
12.10-13.00	พักรับประทานอาหารเที่ยง ห้องอาหารศูนย์ประชุมนานาชาติ			
Dialogue Sessions 13.00-15.00	บทความรับเชิญและการนำเสนอบทความภาคโปสเตอร์ (บทความจากสิ่งประดิษฐ์) ประธาน: ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล (RMUTL) สถานที่: ลานหน้าห้องทิพย์พิมาน โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว หัวข้อ P01 วิศวกรรมเพื่อการเกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร: ID 1108, 1096, 1052, 1084 หัวข้อ P02 เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ และสิ่งแวดล้อม: รับเชิญ 01, ID 1062, 1125, 1080, 1212 หัวข้อ P03 เทคโนโลยีไฟฟ้า การควบคุม และการอนุรักษ์พลังงาน: รับเชิญ 02, ID 1024, 1182, 1128, 1046 หัวข้อ P04 การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย: รับเชิญ 03, 04, 05, ID 1049, 1227, 1012, 1019, 1143, 1158, 1245, 1278, 1078, 1051, 1093, 1136, 1169, 1149 หัวข้อ P05 เครื่องมือ สื่อการเรียนรู้ และชุดทดลองเพื่อห้องปฏิบัติการ: รับเชิญ 06, 07, 08, ID 1025, 1050, 1111, 1162, 1163, 1165, 1170, 1286, 1214, 1271, 1288, 1289, 1037			
Workshop Session 15.00-17.00	การทำ Workshop เรื่อง “การออกแบบและควบคุมระบบอากาศยานไร้คนขับ” ผู้ดำเนินรายการ: อาจารย์ระพินทร์ ขัดปิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL) ผู้นำเสนอผลงาน: อาจารย์เอกทัศน์ พฤกษวรรณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL) สถานที่: ห้องพิณทอง (ภาคบรรยาย)			
17.00-18.00	Free Discussion			
18.00-22.00	งานเลี้ยงรับรอง การประกาศผลรางวัลบทความดีเด่น ณ ห้องทิพย์พิมาน			

กำหนดการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

วันศุกร์ ที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2557				
เริ่ม 08.00	ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน ECTI-CARD 2014			
ห้องสัมมนา	**ทิพย์พิมาน**	**พิณทอง**	**ทิพย์วารี 1**	**ทิพย์วารี 2**
Session 5	เครื่องแปลงผันกำลังไฟฟ้าสำหรับงานระบบพลังงานทดแทน (23PE)	การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ III (23EN III)	เทคนิคการค้นหา การประยุกต์ใช้งาน GIS และ GPS (23GIS&GPS)	การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย III (23CM III)
08.30-10.10	รับเชิญ 10, ID 1094,1157,1244,1034	ID 1248, 1228, 1280, 1290, 1247	ID 1166, 1153, 1161, 1042, 1018	รับเชิญ 02, ID 1215,1222, 1277, 1159
ประธาน	อาจารย์ไชยยันต์ บุญมี (RMUTSB)	ผศ.ดร.ยุทธนา ขำสุวรรณ (CMU)	ดร.ชาญวิทย์ บุญช่วย (RMUTR)	ดร.ยุพดี หัตถสิน (RMUTL)
รองประธาน	ดร.ชาญยุทธ์ กาญจนพิบูลย์ (RMUTL)	อาจารย์สันติภาพ โคตทะเล (RMUTL)	อาจารย์อนันท์ ทับเกิด (RMUTL)	ผศ.ดร.กฤษดา ยิ่งขยัน (RMUTL)
10.10-10.30	พักรับประทานอาหารว่าง			
ห้องสัมมนา	**ทิพย์พิมาน**	**พิณทอง**	**ทิพย์วารี 1**	**ทิพย์วารี 2**
Session 6	การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ IV (23EN IV)	เทคนิคการออกแบบงานทางด้านวิศวกรรม (23IN)	เกม แบบจำลอง ระบบควบคุม และการสร้างงานวิศวกรรม (23GM&Sim)	การจัดการพลังงาน มลภาวะและสิ่งแวดล้อม (23EnV)
10.30-12.10	ID 1199, 1213, 1260, 1236, 1241	รับเชิญ 11, ID 1003, 1039, 1040, 1206	ID 1109, 1185, 1237, 1274, 1191, 1254	รับเชิญ 06, 07, ID 1119, 1150, 1258
ประธาน	รศ.ดร.โกศล โอฬารไพโรจน์ (RMUTL)	อาจารย์มงคล ธุระ (CMTC)	ผศ.ดร.วันไชย คำเสน (RMUTL)	ผศ.ดร.กลิ่นประทุม ปัญญาปิง (RMUTL)
รองประธาน	ผศ.ธนิต บุญใส (RMUTT)	อาจารย์วิชาญ จันที (RMUTL)	ผศ.ดิเรก มณีวรรณ (RMUTL)	ดร.ชินานาฏ วิทยาประภากร (RMUTL)
12.10-13.00	พักรับประทานอาหารเที่ยง ห้องอาหารศูนย์ประชุมนานาชาติ			
13.00-15.00	Free Discussion			
15.00-17.00	ประชุมคณะกรรมการดำเนินงาน / ปิดงาน			

Program at a Glance

ECTI-CARD 2014 ณ โรงแรมเชียงใหม่ แกรนด์วิว จังหวัดเชียงใหม่

Program at a Glance

วัน/เวลา(ชั่วโมง)	กิจกรรม	สถานที่	ชั้น	7.00 – 21.00
วันพุธที่ 21 พฤษภาคม 2557	พิธีเปิด	ห้องทิพย์พิมาน	2	08.30-09.00 พิธีเปิด
	การบรรยายพิเศษ 1. การบรรยายพิเศษ 2. การบรรยายพิเศษ 3.	ห้องทิพย์พิมาน	2	09.00-09.50 Keynote speaker 1 10.10-11.00 Keynote speaker 2 11.00-11.50 Keynote speaker 3
	อาหารกลางวัน ห้องอาหารศูนย์ประชุมนานาชาติ		1	12.00-13.00 อาหารกลางวัน
	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องทิพย์พิมาน	2	13.00-14.40 21PW&CS 15.00-16.40 21PW&HV
	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องพิณทอง	1	13.00-14.40 21ArG I 15.00-16.40 21PHY I
	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องทิพย์วารี 1	2	13.00-14.40 21TV 15.00-16.40 21RoB
	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องทิพย์วารี 2	2	13.00-14.40 21EN I 15.00-16.40 21EN II
	การแสดงสินค้า	หน้าห้องทิพย์พิมาน	2	10.00-17.00 Exhibition
	พักดื่มชา/กาแฟ	หน้าห้องทิพย์พิมาน	2	09.50-10.10 Coffee Break 14.40-15.00 Coffee Break
	ลงทะเบียน	หน้าห้องทิพย์พิมาน	2	08.00-16.00 ลงทะเบียน
	ประชุมกรรมการจัดงาน ECTI-CARD 2014		1	17.00-18.00 ห้อง Board Room
วันพฤหัสบดีที่ 22 พฤษภาคม 2557	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องทิพย์พิมาน	2	08.30-10.10 22ArG II 10.30-12.10 22TP
	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องพิณทอง	1	08.30-10.10 22CP 10.30-12.10 22CM II
	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องทิพย์วารี 1	2	08.30-10.10 22CM I 10.30-12.10 22PHY II
	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องทิพย์วารี 2	2	08.30-10.10 22ET I 10.30-12.10 22ED
	อาหารกลางวัน ห้องอาหารศูนย์ประชุมนานาชาติ		1	12.10-13.00 อาหารกลางวัน
	นำเสนอภาคโปสเตอร์	หน้าห้องทิพย์พิมาน	2	13.00-15.00 Poster Session
	Workshop	ห้องพิณทอง	1	15.00-17.00 Workshop
	การแสดงสินค้า	หน้าห้องทิพย์พิมาน	2	10.00-17.00 Exhibition
	พักดื่มชา/กาแฟ	หน้าห้องทิพย์พิมาน	2	09.50-10.10 Coffee Break 14.40-15.00 Coffee Break
	ลงทะเบียน	หน้าห้องทิพย์พิมาน	2	08.00-16.00 ลงทะเบียน
	งานเลี้ยง Banquet	ห้องทิพย์พิมาน	2	18.00-22.00 Banquet
	ประชุมกรรมการจัดงาน ECTI-CARD 2014		1	17.00-18.00 ห้อง Board Room
วันศุกร์ที่ 23 พฤษภาคม 2557	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องทิพย์พิมาน	2	08.30-10.10 23PE 10.30-12.10 23EN VI
	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องพิณทอง	1	08.30-10.10 23EN III 10.30-12.10 23IN
	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องทิพย์วารี 1	2	08.30-10.10 23GIS&GPS 10.30-12.10 23GM&Sim
	นำเสนอภาคบรรยาย	ห้องทิพย์วารี 2	2	08.30-10.10 23CM III 10.30-12.10 23En V
	อาหารกลางวัน ห้องอาหารศูนย์ประชุมนานาชาติ		1	12.10-13.00 อาหารกลางวัน
	ประชุมคณะกรรมการจัดงาน ECTI-CARD	Board Room	1	15.00-17.00 ประชุมคณะทำงาน ECTI-CARD 2014
	การแสดงสินค้า	หน้าห้องทิพย์พิมาน	2	10.00-12.00 Exhibition
	พักดื่มชา/กาแฟ	หน้าห้องทิพย์พิมาน	2	09.50-10.10 Coffee Break 14.40-15.00 Coffee Break
	ลงทะเบียน	หน้าห้องทิพย์พิมาน	2	08.00-12.00 ลงทะเบียน

หมายเหตุ Board Room ใช้สำหรับประชุมทีมทำงาน/จัดเตรียมเอกสาร/ติดต่อสอบถาม/รับฝากของ

วันพุธ ที่ 21 พฤษภาคม 2557 13.00-15.00: Lecture session 1		
13:00 หัวข้อ วิศวกรรมไฟฟ้าและระบบควบคุม (21PW&CS) **สถานที่ ห้องทิพย์พิมาน** **ประธาน: ดร.ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (MJU)** **รองประธาน: ดร.วิฑูรย์ พรมมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
13.00-13.20 ID 1004	**แบบจำลองสวิทช์รีลัคแตนซ์เจนเนอเรเตอร์** ไพโรจน์ ทองประศรี	D3
13.20-13.40 ID 1061	**เซนเซอร์กระแส และแรงดันแบบฝังตัว** โกศล โอฬารไพโรจน์ วิชาญ จันที วรจักร์ เมืองใจ และ ธนิต บุญใส	D7
13.40-14.00 ID 1268	**การออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซี่และพีไอดีสำหรับระบบลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็ก** พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร	D11
14.00-14.20 ID 1240	**การวินิจฉัยความผิดปกติของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังโดยการตรวจจับสัญญาณเสียง** ประถม เอกรัตน์ นครินทร์ เกษมทรัพย์ สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ และ นนทวัฒน์ จุลเดชะ	D15
14.20-14.40 ID 1017	**การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านโดยใช้อุปกรณ์พลังงานต่ำ** ดิราภา สุวรรณฤทธิ์ และ วาทิต เบญจพลกุล	D19
14.40-15.00	**Coffee Break**	

วันพุธ ที่ 21 พฤษภาคม 2557 13.00-15.00: Lecture session 1		
13:00 หัวข้อ เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร (21ArG I) **สถานที่ ห้องพิณทอง** **ประธาน: ผศ.ดร.สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร (MUT)** **รองประธาน: ผศ.ดร.พานิช อินต๊ะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
13.00-13.20 ID 1233	**การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า** ณัฐพล คำมงคล ณัฐวุฒิ รัตนาวิล ประกาศิต ศรีทะแก้ว กนกพงษ์ ศรีเที่ยง ปกรณ์ เสรีเผ่าวงษ์ นพพร พัชรประกิติ พานิช อินต๊ะ และ อาทิตย์ ยาวุฑฒิ	D24
13.20-13.40 ID 1035	**การประยุกต์ใช้พัลส์สนามไฟฟ้าแรงดันสูงในการถนอมอาหาร** สัญญา คูณขาว อภิชฎา ทองรักษ์ และ พิเชฐ ม่วงนวล	D28
13.40-14.00 ID 1249	**การพัฒนาเครื่องอบไฟฟ้าชนิดรังสีอินฟราเรดช่วงไกลแบบระบบปิด** นำชัย ห้วยทราย ปุณยภัทร ภูมิภาค และ สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ	D32
14.00-14.20 ID 1205	**การจำแนกภาพดอกกล้วยไม้รองเท้านารีของไทยโดยใช้เนื้อหาภายในภาพ** พีราวิชญ์ ภาคนนท์กุล เสาวลักษณ์ วรรธนาภา และ นเรศ ศิริเกษร	D36
14.20-14.40 ID 1242	**ระบบควบคุมสารอาหารและน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับแปลงปลูกพืชไร้ดิน** นัททิกา อุปนาศักดิ์ และ บรรพต ศิริณัฏสมบูรณ์	D40
14.40-15.00	**Coffee Break**	

วันพุธ ที่ 21 พฤษภาคม 2557 13.00-15.00: Lecture session 1		
13:00 หัวข้อ ธุรกิจ การธนาคาร การท่องเที่ยว การโรงแรมและระบบความปลอดภัย (21TV) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 1** **ประธาน: ผศ.ดวงพร อ่อนหวาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)** **รองประธาน: รศ.ดร.จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMITL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
13.00-13.20 รับเชิญ 08	**ศักยภาพการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ อำเภอกัลยาณิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่** ดวงพร อ่อนหวาน และ ธนบดินทร์ วงษ์เมืองแก่น	D45
13.20-13.40 ID 1033	**ระบบสนับสนุนนักลงทุนโดยใช้หลักการแบบพื้นฐานและเทคนิค** จิรทีปต์ วุฒิชยันต์ ฐิติกร โตยิ่งไพบูลย์ ปานวิทย์ ธุวะนุติ และ จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์	D50
13.40-14.00 ID 1250	**กรอบงานวิจัยการพัฒนาระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด** ธเนศ บุญญเศรษฐกุล ลักขณา โชคสกุลทรัพย์ และ จินตนา เข็มประสิทธิ์	D54
14.00-14.20 ID 1130	**ระบบวางแผนแผนการท่องเที่ยวออนไลน์ภายใต้เงื่อนไขบังคับด้านการประหยัดพลังงาน** ณัฐชนันย์ เจริญเกียรติ ธรา อั่งสกุล และ จิติมนต์ อั่งสกุล	D58
14.40-15.00	**Coffee Break**	

วันพุธ ที่ 21 พฤษภาคม 2557 13.00-15.00: Lecture session 1		
13:00 หัวข้อ การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงาน บ้านอัตโนมัติ I (21EN I) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 2** **ประธาน: ดร.จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)** **รองประธาน: ผศ.ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (RMUTT)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
13.00-13.20 ID 1106	**การคงค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟสที่ใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์** สันติภาพ โคตทะเล และ อุดม เครือเทพ	D63
13.20-13.40 ID 1030	**การออกแบบและสร้างวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟสชาร์ตแบตเตอรี่จากโซลล่าเซลล์สำหรับ ระบบการเฝ้าระวังน้ำ** ธวัชชัย ทองเหลี่ยม และ บรรเจิด เจริญพันธ์	D67
13.40-14.00 ID 1107	**กังหันลมแกนหมุนแนวตั้งขนาดเล็กสาหรับผลิตกระแสไฟฟ้า** เฉลิม ยาวิลาศ พฤทธิ์ เนตรสว่าง อิศเรศ ไชยพิสุทธิพงศ์ ณัฐพล คาราพิช และ ธนวัฒน์ เมืองสองวงค์	D71
14.00-14.20 ID 1137	**การศึกษาค่ากำลังงานแสงอาทิตย์จากการติดตั้งตำแหน่งที่ทิศและมุมต่างกัน** สาคร จำปาอิ่ม จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน และ ธีระศักดิ์ สมศักดิ์	D74
14.20-14.40 ID 1145	**ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา** เกษม ตรีภาค ธีระศักดิ์ สมศักดิ์ และ จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน	D79
14.40-15.00	**Coffee Break**	

วันพุธ ที่ 21 พฤษภาคม 2557 15.00-17.00: Lecture session 2		
15:00 หัวข้อ วิศวกรรมไฟฟ้าและไฟฟ้าแรงสูง (21PW&HV) **สถานที่ ห้องทิพย์พิมาน** **ประธาน: รศ.ดร.เสถียร ธัญญศรีรัตน์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน (PTWIT)** **รองประธาน: ผศ.ดร.ชาญชัย เดชธรรมรงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
15.00-15.20 ID รับเชิญ 01	**Diagnosis of Dielectric Properties and Assessment of Performance Parameters on PV Modules after Long Field Exposure in Northeastern Thailand** C. Dechthummarong, J. Thongpron, S. Thepa, D. Chenvidhya, C. Jivacate and K. Kirtikara	D85
15.20-15.40 ID 1263	**แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลม** สุรฉัตร ปัดครบุรี อำพล แก่นชัยภูมิ อานนท์ สิงห์เสถียร พสิษฐ์ สุวรรณภิงคาร และ ณัฐพงศ์ พันธุนะ	D89
15.40-16.00 ID 1270	**การวิเคราะห์ความเครียดสนามไฟฟ้าของโพรงภายในเนื้อฉนวนสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน 115 kV ด้วยเทคนิคไฟไนต์อิลิเมนต์** วุฒินันท์ ธรรมรงค์ อดิศร บุตรโพธิ์ ณัฐพล กิจติสร อานนท์ สิงห์เสถียร พสิษฐ์ สุวรรณภิงคาร และ ณัฐพงศ์ ตัณฑนุช	D94
16.00-16.20 ID 1243	**โปรแกรมคอมพิวเตอร์การประเมินความเสี่ยงที่ทำให้เกิดความเสียหายจากฟ้าผ่า ต่อระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์** ยุทธนา เฟื่องฟุ้ง สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ และ พีรวุฒิ ยุทธโกวิท	D99
16.20-16.40 ID 1129	**การกระจายส่วนแบ่งของอาเซียนเพาเวอร์กริดโดยค่าแชปลีย์** เบญจวรรณ อินทระ พาณิชย์ สุโคต และ ฉัตรตระกูล สมบัติธีระ	D103
16.40-17.00 ID 1008	**การวินิจฉัยความผิดปกติตัวนำโรเตอร์แตกของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้สเปคตรัมกระแสสเตเตอร์เพื่อลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้า** ณัฐพล สิทธิศรีจันทร์ สิทธิพงษ์ เพ็งประเดิม และ สมพร เรืองสินชัยวานิช	D107
14.40-15.00	**Coffee Break**	

วันพุธ ที่ 21 พฤษภาคม 2557 15.00-17.00: Lecture session 2		
15:00 หัวข้อ เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ และสิ่งแวดล้อม (21PHY I) **สถานที่ ห้องพิณทอง** **ประธาน: ผศ.ดร.ฐิติพงษ์ เลิศวิริยะประภา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (KMUTNB)** **รองประธาน: ดร.ชวโรจน์ ใจสิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (MJU)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
15.00-15.20 ID 1273	**การจัดเตรียมข้อมูลภาพทางการแพทย์เพื่อจัดเก็บในระบบ PACS** ทัศวรรณ พุทธสกุล กษิดิษ ลีละสกุลมีเกียรติ และ มนัส สังวรศิลป์	D112
15.20-15.40 ID 1059	**Fabrication of Microparts using X-ray Lithography with Synchrotron Radiation** R. Phatthanakun, S. Promwikorn, C. Sriphung, W. Pummara, and N. Chomnawang	D116
15.40-16.00 ID 1229	**การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยสาหร่าย Spirulina sp.** ครรชิต เงินคำคง ศิราภรณ์ ชื่นบาล และ ฐปน ชื่นบาล	D120
16.00-16.20 ID 1029	**ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทับทิม** ธวัชชัย ทองเหลี่ยม วีระศักดิ์ ชื่นตา หฤทัย ดิ้นสกุล และ บรรเจิด เจริญพันธ์	D124
16.20-16.40 ID 1148	**ต้นแบบเครื่องนับหยดน้ำเกลือโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์** ณัฐพงศ์ สอนอาจ และ ดำรงศักดิ์ อรัญกูล	D128
16.40-17.00 ID 1259	**ระบบควบคุมการถ่ายภาพเสือพร้อมกันจากกล้องหลายตัวแบบเวลาจริงผ่านตัวควบคุมไร้สาย** ชยธร สิมะเสถียร อนันต์ ผลเพิ่ม ชัยพร ใจแก้ว นนท์ เขียวหวาน และ อภิรักษ์ จันทร์สร้าง	D132
14.40-15.00	**Coffee Break**	

วันพุธ ที่ 21 พฤษภาคม 2557 15.00-17.00: Lecture session 2		
15:00 หัวข้อ การกู้ภัย ระบบเตือนภัย การพยากรณ์และระบบควบคุม (21RoB) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 1** **ประธาน: ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (RMUTP)** **รองประธาน: ดร.อนนท์ นำอิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
15.00-15.20 ID 1168	**หุ่นยนต์สำรวจอุทกภัย** อนันต์ วงษ์จันทร์ กุลวัฒน์ คำเพราะ เสกสรรค์ กันธรรม อดิเรก วงค์วารินทร์ และ พุทสายัน นราพินิจ	D137
15.20-15.40 ID 1257	**หุ่นยนต์ดับเพลิงด้วยระบบอัตโนมัติ** ณัฐพงศ์ พันธุนะ เวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์ พสิษฐ์ สุวรรณภิงคาร และ อานนท์ สิงห์เสถียร	D141
15.40-16.00 ID 1285	**การออกแบบและพัฒนาการควบคุมมือกลด้วยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ** ยุทธนา ปิติธีรภาพ พูนทรัพย์ คุ้มวงศ์ และ นันทชัย ทองแป้น	D145
16.00-16.20 ID 1055	**การออกแบบและสร้างเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษา** เสกสรรค์ อ้วนสอาด สิทธากร พลาอาด และ สุเทพ บุญมาบำรุง	D149
16.20-16.40 ID 1284	**เครือข่ายไร้สายบอลลูนลอยฟ้าพร้อมด้วยกล้องถ่ายทอดสด** ธีรพรรดิ์ วงษ์อัครนนท์ ชัยพร ใจแก้ว อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และ อนันต์ ผลเพิ่ม	D153
16.40-17.00 ID 1154	**ระบบตรวจสอบสถานะและควบคุมอาคารสถานที่ผ่านเทคโนโลยีเอ็นเอฟซีบนสมาร์ทโฟน** กฤตา ปัทมสิริวัฒน์ อนันต์ ผลเพิ่ม อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และ ชัยพร ใจแก้ว	D157
14.40-15.00	**Coffee Break**	

วันพุธ ที่ 21 พฤษภาคม 2557 15.00-17.00: Lecture session 2		
15:00 หัวข้อ การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงาน บ้านอัตโนมัติ II (21EN II) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 2** **ประธาน: ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)** **รองประธาน: ดร.นพพร พัชรประกิติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
15.00-15.20 รับเชิญ 04	**ระบบพลังงานสำหรับการเรียนการสอนของศูนย์การเรียนรู้ชาวไทยภูเขาแม่ฟ้าหลวงบนพื้นที่สูง อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่** ธีระศักดิ์ สมศักดิ์	D162
15.20-15.40 ID 1020	**การออกแบบระบบ VSD สำหรับประหยัดพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มลมในกระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง** เกษม ตรีภาค และ นพพร พัชรประกิติ	D166
15.40-16.00 ID 1032	**ศักยภาพการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย** จักรกฤษณ์ จันทรศิริ และ สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์	D171
16.00-16.20 ID 1088	**ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างถนนเพื่อประหยัดพลังงาน** ดำรงศักดิ์ อรัญกูล	D175
16.20-16.40 ID 1098	**การรับรู้ความส่องสว่างแบบไม่ต่อเนื่องของมนุษย์จากหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง** อนนท์ นำอิน จิรพงศ์ ใจหล้า และ จิระวัฒน์ วันยาม	D179
16.40-17.00 ID 1112	**เครื่องตรวจจับแรงดันกระพริบชนิดสมองกลฝังตัว** ธีรศักดิ์ ใจทอง วีระยุทธ ประเสริฐศรี โกศล โอฬารไพโรจน์ วิชาญ จันที และ วรจักร์ เมืองใจ	D183
14.40-15.00	**Coffee Break**	

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 08.30-12.10: Lecture session 3		
08:30 หัวข้อ เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร (22ArG II) **สถานที่ ห้องทิพย์พิมาน** **ประธาน: ดร.พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร (MUT)** **รองประธาน: ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
08.30-08.50 รับเชิญ 03	**การลดอุณหภูมิดินเพื่อเพิ่มปริมาณดอกอัลสโตรมีเรีย** ประชา ยืนยงกุล เรวัฒ คำวัน ธีระวัฒน์ วงค์คำปัน และ วิศิษฐ์ ตันสินชัย	D188
08.50-09.10 ID 1044	**ชุดทดลองการควบคุมอุณหภูมิ** ณัฐพงศ์ แพน้อย และ พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร	D192
09.10-09.30 ID 1118	**การวิเคราะห์เสียงเคาะเพื่อประเมินคุณภาพการสุกของผลไม้แตงโมด้วยความถี่เสียง** เกษรินทร์ ชาวเกวียน เสาวนีย์ สันติวงศ์ มนตรี โพธิโสโนทัย และ วรพล ลีลาเกียรติกุล	D196
09.30-09.50 ID 1138	**ระบบวินิจฉัยโรคมันสำปะหลังผ่านอินเตอร์เน็ต** ลาวัณย์ สัมพันธ์พร กานดา ผาตินาวิน ทวี สุนันตะ บุญส่ง สุตะพันธ์ รัฐศาสตร์ อัมฤทธิ์ และ อาโมทย์ สมบูรณ์แก้ว	D201
09.50-10.10 ID 1172	**ระบบแสดงข้อมูลและควบคุมโรงเรือนโดยผ่านระบบเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย** สัญญา อุทธโยธา อรรถพล วิเวก นพดล ทองเชื้อ และ ปริญญา นิรุตติวัฒน์	D205
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 08.30-10.30: Lecture session 3		
10:30 หัวข้อ การประมวลผลขั้นสูง (22CP) **สถานที่ ห้องพิณทอง** **ประธาน: ศ.ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย (CU)** **รองประธาน: ผศ.อุดม สุธาคำ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
08.30-08.50 รับเชิญ 12	**ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ต้นทุนต่ำ** อุดม สุธาคำ	D210
08.50-09.10 รับเชิญ 05	**การสร้างภาพลายน้ำดิจิทัลบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาดที่ถูกถ่วงน้ำหนักแบบกำลังสองน้อยสุด** พลกฤษณ์ ทุนคำ บวรศักดิ์ สมเคราะห์ และ พงศกร ใจยะปราบ	D214
09.10-09.30 ID 1058	**การระบุชนิดเหรียญกษาปณ์ด้วยการประมวลผลภาพ** สมหมาย บัวแย้มแสง	D218
09.30-09.50 ID 1144	**การค้นหาส่วนของการต่อภาพด้วยเทคนิคส่วนเหมือนของพิกเซลที่มากที่สุด** กล้าณรงค์ ศรีวงศ์ ไตรภูมิ แซ่วะ พงษ์พิษณุ เชื้อหมอ อธิคม ศิริ ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์ กฤตกรณ์ ศรีวันนา กมล บุญล้อม วัชร ไชยมงคล อนิรุจน์ ประสงค์การ ธรีพนธ์ ธิแก้ว และ ปริญญา สมวงศ์	D221
09.50-10.10 ID 1218	**An implementation of AES algorithm on multicore processor for high throughput** Supachai Thongsuk and Prabhas Chongstitvatana	D225
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 08.30-10.30: Lecture session 3		
08:30 หัวข้อ การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย I (22CM I) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 1** **ประธาน: ผศ.ดร.ยุทธนา กันทะพะเยา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (RMUTSB)** **รองประธาน: อาจารย์เอกทัศน์ พฤกษวรรณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
08.30-08.50 ID 1121	**AssetCheck: โปรแกรมตรวจสอบครุภัณฑ์ด้วยโทรศัพท์มือถือผ่านอินเตอร์เน็ต** ลาวัณย์ สัมพันธ์พร บุญส่ง สุตะพันธ์ และ อาโมทย์ สมบูรณ์แก้ว	D230
08.50-09.10 ID 1139	**ระบบการกางขั้นบันไดสำหรับการซื้อขายแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ** กิตตินันท์ น้อยมณี	D234
09.10-09.30 ID 1140	**ระบบสำรวจพื้นที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอส** สุรบดินทร์ เพ็ชรฉ่า ธนพล ภิรมย์พร้อม ดำรงค์ชัย สมยาราช อธิคม ศิริ และ ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์	D238
09.30-09.50 ID 1187	**ระบบวิเคราะห์แคลอรีจากภาพถ่ายอาหาร** ณัฐฐา ธรรมชาติ กิตติวัฒน์ บูรณจรรยากุล และ ณฐพล พันวงศ์	D242
09.50-10.10 ID 1195	**สายอากาศแพตช์โมโนโพลเหนือระนาบกราวนด์กล่องสี่เหลี่ยม** ดวงอาทิตย์ ศรีมูล	D246
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 08.30-10.30: Lecture session 3		
08:30 หัวข้อ การควบคุมการเข้าถึง การยืนยันตัวตน และระบบตรวจจับ (22ET) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 2** **ประธาน: ดร.ยุพดี หัตถสิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)** **รองประธาน: อาจารย์ภาณุเดช ทิพย์อักษร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
08.30-08.50 ID 1057	**การประยุกต์ใช้ทฤษฎีกราฟในการจำลองเครือข่ายโครงการสหกิจศึกษา** ศิริเรือง พัฒน์ช่วย และ เอกรินทร์ วิจิตต์พันธ์	D251
08.50-09.10 ID 1002	**การลดเวลาเข้ารหัสลับสำหรับข้อมูลมัลติมีเดียแบบ MP3** พิชิต ทนันชัย	D255
09.10-09.30 ID 1141	**ระบบวิเคราะห์และปรับปรุงกฎของไฟร์วอลล์** สุรเชษฐ์ ตั้งทรัพย์สกุล และ จิรัฏฐา ภูบุญอบ	D259
09.30-09.50 ID 1099	**ระบบการยืนยันความเป็นต้นฉบับของวิดีโอสำหรับกล้องวงจรปิด** ธีรศักดิ์ ขอพุทธพรชัย และ นิคม สุวรรณวร	D262
09.50-10.10 ID 1171	**การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์และระบบหน้าจอแสดงผลในการเก็บเลือด โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID: Radio Frequency Identification** พงศธร รอตเจริญ ชัชชล สุวรรณโชติ และ สุรางค์รัตน์ เชาว์โคกสูง	D266
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 10.30-12.10: Lecture session 4		
10:30 หัวข้อ การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม (22TP) **สถานที่ ห้องทิพย์พิมาน** **ประธาน: ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (RMUTI)** **รองประธาน: ดร.ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
10.30-10.50 ID 1014	**การประยุกต์ใช้ GPS แจ้งตำแหน่งพิกัดรถยนต์ผ่านเครือข่าย GSM** สัญญา ผาสุข จินดา สามัคคี และ ศุภชัย อรุณพันธ์	D270
10.50-11.10 ID 1164	**การออกแบบหุ่นยนต์การจัดการคลังสินค้าที่มีการจาลองการเคลื่อนที่โดยอัลกอริทึม ORCA** ธงไชย แซ่อุง ศิริฉัตร์ ทองเหล็กเพชร และ สุรางค์รัตน์ เชาว์โคกสูง	D274
11.10-11.30 ID 1193	**การควบคุมการทรงตัวของพาหนะแบบสองล้อ** พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร	D278
11.30-11.50 ID 1202	**การกระจายภาระงานในระบบมัลติเอเจนต์ด้วยหลักโครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุด** พาณิชย์ สุดโคต เบญจวรรณ อินทระ และ ฉัตรตระกูล สมบัติธีระ	D282
11.50-12.10 ID 1232	**ขับไม่โทร: แอปพลิเคชันป้องกันการใช้โทรศัพท์เวลาขับรถบนโทรศัพท์แอนดรอยด์** ทวีชัย ตันติวิชาญ และ เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ	D286
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 10.30-12.10: Lecture session 4		
08:30 หัวข้อ การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย II (22CM II) **สถานที่ ห้องพิณทอง** **ประธาน: รศ.ดร.ชูวงศ์ พงษ์เจริญพานิช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMITL)** **รองประธาน: ดร.ศุภกิต แก้วดวงตา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
10.30-10.50 ID 1015	**วงจรกรองผ่านแถบกว้างโหมดคู่กะทัดรัดค่าความคมความถี่ตัดสัญญาณสูงที่มีการขจัดความถี่ปลอมเทียมกว้าง** วุฒินันท์ วามะกัน สมสิน วางขุนทด สุรินทร์ อ่อนน้อม และ ประยุทธ อัครเอกฒาลิน	D291
10.50-11.10 ID 1016	**การปรับจูนสายอากาศแบบช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยสตับรูปหวีคู่สำหรับการประยุกต์ใช้งานย่านความถี่แถบคู่** ภัสส์กุญช์ ฐิติมหัทธนกุศล วัชรพล นาคทอง ปิยดนัย บุญไมตรี และ สุภาธิณี กรสิงห์	D295
11.10-11.30 ID 1023	**สายอากาศแบบโมโนโพลรูปฉัตรสาหรับประยุกต์ใช้งานย่านความถี่ ISM** ชนนิกานต์ พานิชนอก ทรงสมศักดิ์ บุญมิ่ง วัชรพล นาคทอง และ อำนวย เรืองวารี	D299
11.30-11.50 ID 1027	**ระบบสารสนเทศบนเว็บสาหรับการรายงานสินบนตำรวจจราจรผ่านโทรศัพท์แอนดรอยด์** ยุรนันท์ ฉิมบรรเลง และ เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ	D303
11.50-12.10 ID 1075	**การประยุกต์ใช้ QR code กับระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์** ชีวิน ชนะวรรโณ เนาวัล ศิริพัธนะ ผุสดี มุหะหมัด และ ลัดดา ปรีชาวีรกุล	D307
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 10.30-12.10: Lecture session 4		
10:30 หัวข้อ เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา (22PHY II) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 1** **ประธาน: ดร.กุลทรัพย์ ผ่องศรีสุข มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)** **รองประธาน: ดร.พลกฤษณ์ ทุนคำ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
10.30-10.50 ID 1114	**เครื่องอ่านแอลเอฟเอส สำหรับใช้กับเซนเซอร์ทางชีวภาพ** ลลิตา สายศิลป์ บุญส่ง สุตะพันธ์ ศุภนิจ พรธีรภัทร และ อาโมทย์ สมบูรณ์แก้ว	D312
10.50-11.10 ID 1189	**การบันทึกชีวิตประจาวัน: การพัฒนาแอพลิเคชั่นถ่ายภาพแบบพาสซีฟ** ภาณุพงศ์ เหลืองปทุม เสฐียรพงษ์ ทองรุน และ ธีรพงศ์ ลีลานุภาพ	D316
11.10-11.30 ID 1221	**Application Prototype for Children Medicine Taking Notification on Mobile Devices** Kasikrit Damkliang and Phannarai Anachotikul	D320
11.30-11.50 ID 1238	**แบบจำลองการระบุที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงพยาบาลแม่ข่ายสุขภาพจิต ในเขตจังหวัดนครราชสีมา** วิภา สุคนธพงศ์ และ ธรา อั่งสกุล	D325
11.50-12.10 ID 1152	**ระบบวิเคราะห์แบบพกพาสำหรับเครือข่ายตรวจวัดไร้สายหลายฮอปพร้อมการรองรับการระบุตำแหน่งแบบออฟไลน์** กวิน ขนบธรรมชัย อภิรักษ์ จันทร์สร้าง อนันต์ ผลเพิ่ม และ ชัยพร ใจแก้ว	D329
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 10.30-12.10: Lecture session 4		
10:30 หัวข้อ การเรียนการสอนทางไกล ศึกษาบันเทิง (Edutainment) คอมพิวเตอร์แอนนิเมชั่น (22ED) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 2** **ประธาน: ผศ.นิพนธ์ เลิศมโนกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)** **รองประธาน: อาจารย์มานัส สุนันท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
10.30-10.50 ID 1056	**การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันการผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม** สิริกร กรมโพธ์ มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ และ นลินภัสร์ ปรวัฒน์ปรียกร	D334
10.50-11.10 ID 1082	**การพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาทักษะภาษาไทยนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่4 โดยโรงเรียนโสตศึกษาอนุสารสุนทร** เพ็ญศรี จุลกาญจน์ และ สุรพล มโนวงศ์	D338
11.10-11.30 ID 1083	**การพัฒนาไลบรารี่สำหรับสร้างอินเตอร์แอคทีฟแอพพลิเคชันด้วยเทคโนโลยี HTML5** Thepparit Sinthamrongruk and Pagon Mingsiripreeda	D342
11.30-11.50 ID 1110	**ระบบสร้างบททดสอบบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตสำหรับกระบวนวิชาการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ** กิตตินันท์ น้อยมณี	D346
11.50-12.10 ID 1224	**กลยุทธ์การพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน** วิษณุ บัวเทศ และ โกศล โอฬารไพโรจน์	D350
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันศุกร์ ที่ 23 พฤษภาคม 2557 08.30-10.30: Lecture session 5		
08:30 หัวข้อ เครื่องแปลงผันกำลังไฟฟ้าสำหรับงานระบบพลังงานทดแทน (23PE) **สถานที่ ห้องทิพย์พิมาน** **ประธาน: อาจารย์ไชยยันต์ บุญมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (RMUTSB)** **รองประธาน: ดร.ชาญยุทธ์ กาญจนพิบูลย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
08.30-08.50 รับเชิญ 10	**การพัฒนาอินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันเฟสเดียว สาหรับระบบโฟโตโวลตาอิกเชื่อมต่อกริด** ไชยยันต์ บุญมี และ ยุทธนา ขำสุวรรณ์	D355
08.50-09.10 ID 1094	**Grid Connected Based PWM Converter Applied a Synchronous Generator for a Variable Speed Wind Turbine Applications** Satean Tunyasrirut and Chakrapong Charumit	D361
09.10-09.30 ID 1157	**ระบบปรับความสมดุลพลังงานแบตเตอรี่แบบอนุกรมโดยใช้วงจรแปลงผันชนิดฟอร์เวิร์ด** ชาญยุทธ์ กาญจนพิบูลย์ และ กมล จิรเสรีอมรกุล	D365
09.30-09.50 ID 1244	**การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์โหมดแรงดันที่ควบคุมได้แบบอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ DDCCTA** ชูธง สัมมัตตะ สุริยา อดิเรก เกรียงไกร สุยะ และ วินัย ใจกล้า	D369
09.50-10.10 ID 1034	**เครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดัน** ยศนัย ศรีอุทัยศิริวงศ์ และ ยุทธนา ขำสุวรรณ์	D373
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันศุกร์ ที่ 23 พฤษภาคม 2557 08.30-10.30: Lecture session 5		
08:30 หัวข้อ การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงาน บ้านอัตโนมัติ III (23EN III) **สถานที่ ห้องพิณทอง** **ประธาน: ผศ.ดร.ยุทธนา ขำสุวรรณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU)** **รองประธาน: อาจารย์สันติภาพ โคตทะเล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
08.30-08.50 ID 1248	**อุปกรณ์แสดงผลสถานการณ์ชาร์จกาลังไฟฟ้าของรถไฟฟ้าในสถานีจ่ายไฟ** กรวิชญ์ สมฤทธิ์ ศิวัช ศิริคุณ และ วิฑูรย์ พรมมี	D378
08.50-09.10 ID 1228	**การควบคุมแรงดันและความถี่ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วด้วยวิธีสมดุลกำลังไฟฟ้า** นิติพัฒน์ จอมมงคล พิเชษฐ์ ทานิล และ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล	D382
09.10-09.30 ID 1280	**การประยุกต์ใช้เซนเซอร์เพื่อตรวจวัดและประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมสำหรับห้องเรียนปฏิบัติการคอมพิวเตอร์** พัชรี ยางยืน อลงกต กองมณี สนิท สิทธิ หนึ่งหทัย ชัยอาภร และ สรรเพชญ เที่ยงเกตุ	D386
09.30-09.50 ID 1290	**การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าแบบผสมผสานโดยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม** รุ่งนภา พงษ์ช้าง และ วุฒิชัย อัศวินชัยโชติ	D390
09.50-10.10 ID 1247	**การเปรียบเทียบการประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ระหว่างแบบแรงดันคงที่กับแบบพัลส์ที่ความถี่แตกต่างกัน** ทรงพล กัทลี เอกชัย ชัยดี และ อนนท์ นำอิน	D394
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันศุกร์ ที่ 23 พฤษภาคม 2557 08.30-10.30: Lecture session 5		
08:30 หัวข้อ เทคนิคการค้นหา การประยุกต์ใช้งาน GIS และ GPS (23GIS&GPS) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 1** **ประธาน: ดร.ชาญวิทย์ บุญช่วย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ (RMUTR)** **รองประธาน: อาจารย์อนันท์ ทับเกิด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
08.30-08.50 ID 1166	**การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ** อนันท์ ทับเกิด	D399
08.50-09.10 ID 1153	**การหาระยะห่างของรถคันหน้าด้วยระบบตรวจจับป้ายทะเบียน** ตะวัน ขุนอาสา	D403
09.10-09.30 ID 1161	**ระบบควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ ETOKEN ด้วยเทคโนโลยี GPS** วัลลภ มั่นน้อย และ ปานวิทย์ ธุวะนุติ	D407
09.30-09.50 ID 1042	**การค้นหาข้อมูลงานวิจัยผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ และแสดงผลการค้นหาด้วยเอกซ์พาทตามมาตรฐานดับลินคอร์** ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล วีรวิทย์ ณ วรรณมา และ เจตน์ชรินทร์ ร่วมชาติ	D413
09.50-10.30 ID 1018	**การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย** ทศพล บ้านคลองสี่	D417
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันศุกร์ ที่ 23 พฤษภาคม 2557 08.30-10.30: Lecture session 5		
08:30 หัวข้อ การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย III (23CM III) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 2** **ประธาน: ดร.ยุพดี หัตถสิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)** **รองประธาน: ผศ.ดร.กฤษดา ยิ่งขยัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
08.30-08.50 รับเชิญ 02	**การประยุกต์สร้างเครื่องชั่งน้ำหนักมีเสียงบอกสเกลสำหรับโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือ ในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่** ยุพดี หัตถสิน สิริพงษ์ มาทาเม สราวิทย์ ทิมอิ่ม สัญญา อุทธโยธา และ ภาสวรรธน์ วัชรดำรงศักดิ์	D422
08.50-09.10 ID 1215	**การออกแบบสายอากาศพาราโบลอยด์คู่แถบความถี่กว้างยิ่งยวด** ระพินทร์ ขัดปิก นิภาภณธ์ ศิริพล คมศักดิ์ เมฆสมุทร และ สมผล โกศัลวิตร์	D426
09.10-09.30 ID 1222	**ระบบประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียง โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตโพรโทคอล** ธวัชชัย สุวรรณโชติ ธนัญ จารุวิทยโกวิท และ ชัยพร เขมะภาตะพันธ์	D430
09.30-09.50 ID 1277	**สายอากาศแบบสล็อตรูปวงรีป้อนด้วยท่อนำคลื่นร่วมระนาบแถบความถี่กว้างยิ่งยวดที่มีแถบความถี่หยุดผ่านคู่** ชนิดร์นนท์ จันทร์สกาว นิภาภณธ์ ศิริพล และ คมศักดิ์ เมฆสมุทร	D434
09.50-10.10 ID 1159	**เทคนิคการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำ Failover บนชุดหมายเลขที่อยู่ IPv6 แบบ Anycast** อนุชา สว่างวงศ์ และ วรพล ลีลาเกียรติสกุล	D438
10.10-10.30	**Coffee Break**	

วันศุกร์ ที่ 23 พฤษภาคม 2557 10.30-12.00: Lecture session 6		
10:30 หัวข้อ การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงาน บ้านอัตโนมัติ IV (23EN IV) **สถานที่ ห้องทิพย์พิมาน** **ประธาน: รศ.ดร.โกศล โอฬารไพโรจน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)** **รองประธาน: ผศ.ธนิต บุญใส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (RMUTT)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
10.30-10.50 ID 1199	**การประเมินศักยภาพการใช้ขยะชุมชนจากเทศบาลนครขอนแก่นเพื่อเป็นพลังงานทดแทน** ณัชชลิดา ศรีประทุม และ ทิพบุฎษ์ เอกแสงศรี	D443
10.50-11.10 ID 1213	**Improvement of a Flat-Plate Solar-Absorption Heat Transformer Combining with a R-236fa Vapor Compression Heat Pump Comparison with Evacuated-Tube Solar Water Heating System** Nattaporn Chaiyat	D447
11.10-11.30 ID 1260	**การหาปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยด้วยระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส** ชัชรินทร์ นิยติวัฒน์ชาญชัย พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร และ วรรัตน์ ปัตรประกร	D452
11.30-11.50 ID 1236	**ปริมาณกำลังผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานลม สำหรับความต้องการพลังงานประเทศไทย ในระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส** พรพรรณ พงษ์พันธ์ พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร และ วรรัตน์ ปัตรประกร	D456
11.50-12.10 ID 1241	**การศึกษาความสัมพันธ์ของกระแส-แรงดันและกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ขณะถูกบังเงา** จเร นะราชา ธีระศักดิ์ สมศักดิ์ และ จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน	D460
12.10-13.00	**Lunch**	

วันศุกร์ ที่ 23 พฤษภาคม 2557 10.30-12.00: Lecture session 6		
10:30 หัวข้อ เทคนิคการออกแบบงานทางด้านวิศวกรรม (23IN) **สถานที่ ห้องพิณทอง** **ประธาน: อาจารย์มงคล ธุระ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ (CMTC)** **รองประธาน: อาจารย์วิชาญ จันที มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
10.30-10.50 รับเชิญ 11	**เครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีนไกลคอล** มงคล ธุระ และ ธาดา อุ่นใจ	D465
10.50-11.10 ID 1003	**เครื่องปิ้งเอนกประสงค์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์** ไวยพจน์ ศุภบวรเสถียร และ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์	D469
11.10-11.30 ID 1039	**การหาค่าความเหมาะสมที่สุดในการควบคุมเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็ก** จุฑาทิพย์ ทองเดชาสามารถ ชัยนิกร กุลวงษ์ และ สรกฤช ศรีเกษม	D473
11.30-11.50 ID 1040	**เครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก** ชัยนิกร กุลวงษ์ จุฑาทิพย์ ทองเดชาสามารถ และ สรกฤช ศรีเกษม	D477
11.50-12.10 ID 1206	**Implementation of Autonomous parts (Brake, Gear, and Accelerator) of the AU Autonomous Caddy Car** Panuwat Janwattanapong and Narong Aphiratsakun	D481
12.10-13.00	**Lunch**	

วันศุกร์ ที่ 23 พฤษภาคม 2557 10.30-12.00: Lecture session 6		
10:30 หัวข้อ เกม แบบจำลอง ระบบควบคุม และการสร้างงานวิศวกรรม (23GM&Sim) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 1** **ประธาน: ผศ.ดร.วันไชย คำเสน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)** **รองประธาน: ผศ.ดิเรก มณีวรรณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
10.30-10.50 ID 1109	**การศึกษาแบบจำลองวิศวกรรมการออกแบบช่องทางเดินกระแสขนาดความยาวน้อยกว่าไมโครเมตรสาหรับอุปกรณ์พีมอส** ณัฐพล สกุณา อนุชา เรืองพานิช และ รังสรรค์ เมืองเหลือ	D486
10.50-11.10 ID 1185	**An Extendable and Interactive System for Indoor Bicycling** Ittipol Thirasat, Marong Phadoongsidhi, and Noppanunt Utamaphethaiy	D490
11.10-11.30 ID 1237	**เกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อส่งเสริมการออกกาลังกายแบบแอโรบิค** นฤเทพ สุวรรณธาดา	D494
11.30-11.50 ID 1274	**เกมสร้างจิตสำนึกต่อการทิ้งขยะ: โกแอ็ทแทรช** พิษณุ แก้วเทพ มัชญา ปะทะนมปีย์ และ คมศักดิ์ เมฆสมุทร	D498
11.50-12.10 ID 1191	**ระบบตรวจสอบการเข้าเรียนด้วยแอนดรอยด์แท็บเล็ต** ปิติ กฤตยานุกูล อนันต์ ผลเพิ่ม ชัยพร ใจแก้ว และ อภิรักษ์ จันทร์สร้าง	D502
12.10-12.30 ID 1254	**ระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด** พิสิษฐ์พงศ์ วิศาลเจริญยิ่ง อภิรักษ์ จันทร์สร้าง ชัยพร ใจแก้ว และ อนันต์ ผลเพิ่ม	D506
12.10-13.00	**Lunch**	

วันศุกร์ ที่ 23 พฤษภาคม 2557 10.30-12.00: Lecture session 6		
10:30 หัวข้อ การจัดการพลังงาน มลภาวะและสิ่งแวดล้อม (23EnV) **สถานที่ ห้องทิพย์วารี 2** **ประธาน: ผศ.ดร.กลิ่นประทุม ปัญญาปิง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)** **รองประธาน: ดร.ชินานาฏ วิทยาประภากร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
10.30-10.50 ID รับเชิญ 06	**การติดตามการดูดซับสารตะกั่วในน้ำดื่มโดยใช้แผ่นไคโตซานสังเคราะห์** ชินานาฏ วิทยาประภากร สาวิตรี กาทองทุ่ง และ พัชราภา จารุวัฒน์	D511
10.50-11.10 ID รับเชิญ 07	**การใช้โปรแกรมทางสถิติเพื่อการวิเคราะห์ระบบสิ่งแวดล้อม** กลิ่นประทุม ปัญญาปิง และคณะ	D515
11.10-11.30 ID 1119	**แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยจังหวัดสมุทรสาครในการมุ่งสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ภายใต้พระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556** สุมนฑา เอี่ยมเจริญ วรรัตน์ ปัตรประกร และ พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร	D519
11.30-11.50 ID 1150	**แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในการมุ่งสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ภายใต้พระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556** จามรี ศรีจันทร์ วรรัตน์ ปัตรประกร และ พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร	D523
11.50-12.10 ID 1258	**การศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยการตกตะกอนทางเคมีของโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าชนิด นิกเกิล-โครเมียม** อนวัทย นิลเนตร และ ทิพบุษฎ์ เอกแสงศรี	D527
12.10-13.00	**Lunch**	

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 13.00-15.00: Dialogue sessions		
บทความสิ่งประดิษฐ์ **หัวข้อ P01 วิศวกรรมเพื่อการเกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร** **สถานที่: ลานหน้าห้องทิพย์พิมาน โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว** **ประธาน: ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
Panel P01-1 ID 1108	**ระบบจัดเก็บและวิเคราะห์การลดทอนสัญญาณดาวเทียมอันเนื่องมาจากฝน** อภิสิทธิ์ ดำรงค์พิวัฒน์ อรรถกฤตย์ วีระเดช จิรัชญา พูลสวัสดิ์ ตุลยา ลิมปิติ และ ณัฐกานต์ พุทธรักษ์	E3
Panel P01-2 ID 1096	**ระบบเตือนอุทกภัยและดินถล่ม** ฑิตยา ดาวังปา ณัฐพงศ์ วงศ์แสงนาค ธนภูมิ พรหมแก้ว ณัฐกานต์ พุทธรักษ์ และ ตุลยา ลิมปิติ	E7
Panel P01-3 ID 1052	**เครื่องให้น้ำและปุ๋ยสำหรับไม้กระถางอัตโนมัติ** ภาณุเดช ทิพย์อักษร จักรพงษ์ อินทรรุจิกุล จิรายุ ผัดยา เสกสรร พิบูลผดุงทรัพย์ และ ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล	E10
Panel P01-4 ID 1084	**การศึกษาและพัฒนาเครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็ก** อริยะ แสนทวีสุข กันยาพร ไชยวงศ์ สิทธากร พลาอาด วรรณิดา ชินบุตร ธีระพงศ์ ก้อนคำ บูชิต ปิตานุสร และ วัชระ วณาลักษณ์	E13

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 13.00-15.00: Dialogue sessions		
บทความสิ่งประดิษฐ์ **หัวข้อ P02 เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ และสิ่งแวดล้อม** **สถานที่: ลานหน้าห้องทิพย์พิมาน โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว** **ประธาน: ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
Panel P02-1 ID รับเชิญ 01	**Electromagnetic Absorber Made by Natural Rubber: Parameter Studies** Montree SAOWADEE, Kiadtisak SALAYONG, Karnthidaporn WATTANAKUL, and Titipong LERTWIRIYAPRAPA	E17
Panel P02-2 ID 1062	**การพัฒนาเทคโนโลยีกระตุ้นไฟฟ้า “เดินดี” สำหรับแก้ปลายเท้าตกในประเทศไทย** จิรวัฒน์ จิตประสูตวิทย์ รติกร ชัยวัฒนธรรม และ เซง เลิศมโนรัตน์	E21
Panel P02-3 ID 1125	**เครื่องทดสอบความเร็วในการเคลื่อนไหวของแขนร่วมกับการตัดสินใจจากสมองของมนุษย์** วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์ ประเสริฐ นามเวช ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส	E23
Panel P02-4 ID 1080	**รถไฟฟ้าสองล้อแบบรักษาสมดุล** อนุพงศ์ ไพโรจน์ ณรงค์ศักดิ์ แสนคำอ้าย ณัฐพงษ์ สุขแก้ว และ สุธี สุขพันธุ์	E27
Panel P02-5 ID 1212	**การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป** **เพื่อใช้งานร่วมกับเครื่องอ่านฉลากยาสำหรับช่วยผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็น** พีระพงศ์ ฟักเขียว และ ฐิติพงษ์ เลิศวิริยะประภา	E30

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 13.00-15.00: Dialogue sessions		
บทความสิ่งประดิษฐ์ **หัวข้อ P03 เทคโนโลยีไฟฟ้า การควบคุม และการอนุรักษ์พลังงาน** **สถานที่: ลานหน้าห้องทิพย์พิมาน โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว** **ประธาน: ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)**		
เวลา	**เรื่อง / ผู้แต่ง**	**หน้า**
Panel P03-1 ID รับเชิญ 02	**โคมไฟแอลอีดีเพื่อการพัฒนาความร่วมมือเพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งและยกระดับ ความเป็นอยู่ของราษฎรในหมู่บ้านห่างไกลในเขตภาคเหนือตอนบน** กฤษดา ยิ่งขยัน จุฑาทิพย์ เฉลิมผล และ ศักดา จงแก้ววัฒนา	E35
Panel P03-2 ID 1024	**โคมไฟหลอดแอลอีดีพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ** เฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์ และยุทธนา กันทะพะเยา	E38
Panel P03-3 ID 1182	**การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าและความปลอดภัยอัตโนมัติ** เตชัส บางเจริญสุข พีรวัส จิรกาลนุกุล และภาณุพงศ์ ช่วยเจริญสุข และ สุรางค์รัตน์ เชาว์โคกสูง	E42
Panel P03-4 ID 1128	**เครื่องตรวจวัดและบันทึกแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความสว่างของหลอดไฟฟ้าโดยแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม LabVIEW** อนันต์ วงษ์จันทร์ พสิษฐ์ สังข์คำ สุจินดา ปัญญาคันธา และ ระบิน ปาลี	E46
Panel P03-5 ID 1046	**ป้ายโฆษณาตัวอักษรไฟวิ่งโดยใช้ชุดแอลอีดีแบบเส้น** อรรถพล วิเวก จีรวัฒน์ สัญญา กรกต แสงบุญมี และ นรินทร์ สายปัน	E48

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 13.00-15.00: Dialogue sessions

บทความสิ่งประดิษฐ์
หัวข้อ P04 การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย
สถานที่: ลานหน้าห้องทิพย์พิมาน โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว
ประธาน: ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)

เวลา	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
Panel P04-1 ID รับเชิญ 03	**สายอากาศแถวลำดับสำหรับเครือข่ายไร้สายย่านความถี่ 2.4GHz** เอกทัศน์ พฤกษวรรณ อลงกรณ์ ลัง และ เอนก เพ็ชรแบน	E52
Panel P04-2 ID รับเชิญ 04	**สายอากาศแบบช่องเรียวมีแผ่นสะท้อนป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม ความถี่ 2.45 GHz** เอกทัศน์ พฤกษวรรณ นพรัตน์ การะเกต และ นัฐวุติ มะณี	E54
Panel P04-3 ID รับเชิญ 05	**การประยุกต์พัฒนาเว็บเพ็จด้านวัตกรรมเพื่อชุนชนในการสนับสนุนผลิตภัณฑ์ไทยสู่ยุคอาเซียน** ยุพดี หัตถสิน ชัชวาลย์ รัตนโสภา วิทวัส ปิงวัง ฤทธิ์ณรงค์ เสน่หา ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล ธนิต เกตุแก้ว และ ภาสวรรธน์ วัชรดำรงศักดิ์	E56
Panel P04-4 ID 1049	**อุปกรณ์แลนไร้สายเพื่อวัดสถานะแบตเตอรี่และเก็บข้อมูลสู่ฐานข้อมูลเว็บ** ภาณุพงศ์ ระย้าแก้ว ณฐพงศ์ สว่างเมือง คณิตพงศ์ เพ็งวัน และ ธราดล โกมลมิศร์	E59
Panel P04-5 ID 1227	**อุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าผ่านบลูทูธและการรับข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือแอนดรอยด์** ปองพล งามตา ณฐพงศ์ สว่างเมือง คณิตพงศ์ เพ็งวัน และ ธราดล โกมลมิศร์	E62
Panel P04-6 ID 1012	**การพัฒนาระบบสื่อสาร สมาร์ทโฟนด้วยเทคโนโลยี WiFi-Direct** ธีรพงษ์ โชคสถิตย์ เบญจพร ปาวะรีย์ และ สุเมธ ประภาวัต	E65
Panel P04-23 ID 1019	**เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่อิงมาตรฐาน IEEE 802.15.4 สำหรับการมอนิเตอร์การใช้ ไฟฟ้าภายในอาคาร** คณิตพงศ์ เพ็งวัน ภัทรวุฒิ จรัสพันธุ์กุล ธราดล โกมลมิศร์ และ ณฐพงศ์ สว่างเมือง	E69
Panel P04-7 ID 1143	**การศึกษาออกแบบห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า** พัชราธรณ์ พูนเกตุ ณัฐพงษ์ สมตัะ วีรชัย วงศ์คีรีวรรณ รัตติญา ปงกา และ ศุภกิต แก้วดวงตา	E71
Panel P04-10 ID 1158	**ระบบการวิเคราะห์ความแรงสัญญาณเอฟเอ็ม** จิรภูมิ บุตรโท ฐิตินนท์ ผลโพธิ์ ยลดา พานทอง ธนวิชญ์ ปลอดดี และ พรชัย ทรัพย์นิธิ	E74
Panel P04-12 ID 1245	**ระบบวิเคราะห์ความผิดพลาดในการระบุตำแหน่งจากข้อมูลเครื่องรับ GNSS** ชยานันท์ ลิ้มจำรูญรัตน์ ธนวิชญ์ ปลอดดี และ ศราวุฒิ รุ่งเรืองวจีเอก	E77

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 13.00-15.00: Dialogue sessions

บทความสิ่งประดิษฐ์
หัวข้อ P04 การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย (ต่อ)
สถานที่: ลานหน้าห้องทิพย์พิมาน โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว
ประธาน: ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)

เวลา	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
Panel P04-13 ID 1278	**ระบบคอมพิวเตอร์คลัสเตอร์ขนาดเล็ก** ธนิต เกตุแก้ว	E80
Panel P04-17 ID 1078	**ระบบติดตามขบวนรถไฟและแก้ไขความผิดพลาดตำแหน่งด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟน** อานันท์ เจริญรัตน์ อิดริด แก้วดำ ศราวุฒิ รุ่งเรืองวจีเอก และ พรชัย ทรัพย์นิธิ	E82
Panel P04-18 ID 1051	**ระบบระบุการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายในสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา** ภาณุเดช ทิพย์อักษร สุทธิวัส ปะสุนะ ธนัฐ สมบูรณ์ มงคลชัย ภิรมย์ และ ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล	E84
Panel P04-19 ID 1093	**ระบบตรวจจับการบุกรุกโดยใช้เซ็นเซอร์ความเคลื่อนไหวร่วมกับการประมวลผลภาพ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา** ภาณุเดช ทิพย์อักษร ปกรณ์ เนตรผาบ ธนมินทร์ มุนินทร์ นครินทร์ ป้อมภา และ พัฒนะ ธโนภาสสกุล	E87
Panel P04-20 ID 1136	**การออกแบบระบบกันขโมยในห้างสรรพสินค้าโดยใช้ระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูง (13.56 MHz)** ภูวนัย ใจบ้านเอื้อม ไผ่ ยมนา เอกลักษณ์ ปัญญารัตน์ และ ศุภกิต แก้วดวงตา	E90
Panel P04-21 ID 1169	**ระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์ในมหาวิทยาลัยโดยใช้อาร์เอฟไอดีแบบแอกทีฟ** จตุภูมิ อ้ายโน สุพัตรา บุตรดี สอนธิ วนาลัยสุชสันต์ และ กมล บุญล้อม	E92
Panel P04-22 ID 1149	**โปรแกรมคอมพิวเตอร์บนมือถือสาหรับค้นหาเส้นทางการท่องเที่ยวแบบชาญฉลาด กรณีศึกษาจังหวัดเชียงราย** รัชนก สันธิ ศรินญา ตะติยา ทินธินาถ สิงห์แก้ว อธิคม ศิริ และ กฤตกรณ์ ศรีวันนา	E94

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 13.00-15.00: Dialogue sessions

บทความสิ่งประดิษฐ์
หัวข้อ P05 เครื่องมือ สื่อการเรียนรู้ และชุดทดลองเพื่อห้องปฏิบัติการ
สถานที่: ลานหน้าห้องทิพย์พิมาน โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว
ประธาน: ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)

เวลา	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
Panel P05-1 ID รับเชิญ 06	**การสร้างและพัฒนาเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้า** สมพร อ่อนเกตุพล และ มงคล ธุระ	E97
Panel P05-2 ID รับเชิญ 07	**เครื่องปรับอากาศระดับน้ำเย็น** มงคล ธุระ และ ธาดา อุ่นใจ	E99
Panel P05-3 ID รับเชิญ 08	**การประยุกต์วิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สอดคล้องกับพื้นฐานวิศวกรรมหลายสาขา** ยุพดี หัตถสิน ทวีทรัพย์ บรรณสาร ทศพล จันทร์แดง และ ธีระยุทธ บุนนาค	E102
Panel P05-4 ID 1025	**การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้โปรแกรม LabVIEW** ยุทธนา กันทะพะเยา และ เฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์	E106
Panel P05-5 ID 1050	**ชุดทดลองวิชาการประมวลผลภาพ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา** ภาณุเดช ทิพย์อักษร ปรัชญา ปัญญาแก้ว และ ภูวดล คำวงษา	E110
Panel P05-6 ID 1111	**การศึกษาการใช้งานคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสำหรับช่วยสอนในศูนย์การเรียนชุมชนชาวไทยภูเขาแม่ฟ้าหลวง อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน** ศิริลักษณ์ กรุดเงิน วรจักร์ เมืองใจ และ ธีรศักดิ์ สมศักดิ์	E113
Panel P05-7 ID 1162	**ชุดทดลองวงจรแปลงผันเฟสเดียวที่ความถี่ไฟฟ้ากำลัง** สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ ศุภลักษณ์ ศรีตา และ อุเทน คำน่าน	E115
Panel P05-8 ID 1163	**ชุดทดลองวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสตรง** สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ ศุภลักษณ์ ศรีตา และ อุเทน คำน่าน	E119
Panel P05-9 ID 1165	**ชุดทดลองวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสสลับ** สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ ศุภลักษณ์ ศรีตา และ อุเทน คำน่าน	E122
Panel P05-10 ID 1170	**หุ่นยนต์วาดภาพ** วิศรุต รัตนอาภรณ์ กัญญารัตน์ ศรีอนรรฆวานิช และ ยศวีย์ แก้วมณี	E125
Panel P05-11 ID 1286	**หุ่นยนต์กู้ภัย** อภิชาติ ใสงาม	E128

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 13.00-15.00: Dialogue sessions

บทความสิ่งประดิษฐ์
หัวข้อ P05 เครื่องมือ สื่อการเรียนรู้ และชุดทดลองเพื่อห้องปฏิบัติการ (ต่อ)
สถานที่: ลานหน้าห้องทิพย์พิมาน โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว
ประธาน: ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)

เวลา	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
Panel P05-12 ID 1214	**เครื่องมือค้นหาตำแหน่งจุดลัดวงจรในระบบจำหน่ายแรงต่ำ 400/230 V การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค** พินิต แสงวัฒนะ	E130
Panel P05-13 ID 1271	**เครื่องลดความยืดของผ้ายืดด้วยเทคนิคการสั่น** เชาว์ลิต พันธ์สังข์ และ สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ	E133
Panel P05-14 ID 1288	**เครื่องทำน้ำเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์** อนุชล หอมเสียง อนุพงศ์ ไพโรจน์ ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล จารุพงษ์ สร้อยคำ มุกระวี ดีสุ่น และ อานนท์ วีระวงศ์	E137
Panel P05-15 ID 1289	**การสร้างเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส 3 เฟสแบบขั้วยื่นขนาดเล็ก** พร้อมรบ คำธาร สุพัตรชัย สีแก้วมี และ นันทพันธ์ สารตันติดาธรม์	E139
Panel P05-16 ID 1037	**การออกแบบกังหันน้าผลิตไฟฟ้าด้วยหลักการทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ** วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล	E145

วันพฤหัสบดี ที่ 22 พฤษภาคม 2557 15.00-17.00: Workshop

การทำ Workshop เรื่อง “การออกแบบและควบคุมระบบอากาศยานไร้คนขับ”
สถานที่: ห้องพิณทอง (ภาคบรรยาย)
ผู้ดำเนินรายการ: อาจารย์ระพินทร์ ขัดปิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)
ผู้นำเสนอผลงาน: อาจารย์เอกทัศน์ พฤกษวรรณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (RMUTL)

Keynote speakers



รศ.ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ประวัติ

รองศาสตราจารย์ ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ สำเร็จการศึกษาสูงสุดระดับปริญญาเอก Ph.D. (Technology Management) จาก Technology University of the Philippines สาธารณรัฐฟิลิปปินส์ (พ.ศ. 2543) ปริญญาโท M.Sc. (Electrical Engineering) จาก Macquarie University ประเทศออสเตรเลีย (พ.ศ. 2520) และปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (พ.ศ. 2513)

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เกิดเมื่อวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2490 เริ่มรับราชการเป็นอาจารย์ประจำแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคภาคพายัพ จังหวัดเชียงใหม่ (ปัจจุบันคือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านา ภาคพายัพ เชียงใหม่) และได้รับการแต่งตั้งให้เจริญก้าวหน้าในหน้าที่การงานเรื่อยมา จนดำรงตำแหน่งสำคัญๆ หลายตำแหน่งอาทิ อธิการบดีมหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประธานคณะกรรมการอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลนายกสมาคมการศึกษาแห่งประเทศไทย คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรรมการสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อธิการบดีสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล รองอธิการบดีสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ยิ่งกว่านั้นท่านมีบทบาทสำคัญในการพัฒนา และยกฐานะสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สู่การเป็นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล 9 แห่ง ตลอดจนการนำ “ราชมงคล” สู่ความเป็นเลิศในการผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติ

หัวข้อบรรยาย

การจัดการและพัฒนากระบวนการศึกษาของบัณฑิตนักปฏิบัติเพื่อมุ่งสู่ความเป็นเลิศในสังคมไทย



ศ.ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่ปรึกษาสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์
โทรคมนาคม และสารสนเทศแห่งประเทศไทย

ประวัติ

ศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง หัวหน้าห้องปฏิบัติการระบบอัจฉริยะ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จบการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต วศ.บ. (ไฟฟ้า) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในปี พ.ศ. 2523 ปริญญาดุษฎีบัณฑิต Ph.D. (Computer Eng.) มหาวิทยาลัย Edinburgh จากสหราชอาณาจักร มีความสนใจและมีความเชี่ยวชาญด้าน Robotics Evolutionary Computation Artificial Intelligence ประวัติด้านการตีพิมพ์ มีผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์มากกว่า 40 บทความ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 ทั้งในฐานข้อมูล IEEE และ ScienceDirect และผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์มากกว่า 40 เรื่อง ตั้งแต่ปี 2539 ในฐานข้อมูลของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับรางวัลวิศวกรคอมพิวเตอร์ยอดเยี่ยม ประเทศไทย สาขา Computer Systems จากวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) สาขาคอมพิวเตอร์ ในงาน Thailand Mobile Application Symposium 2010 (TMAS 2010) วันที่ 30 กันยายน 2553 และรางวัลระดับชาติ ประเภทบุคคล ประจำปี 2553 รางวัลวิศวกรคอมพิวเตอร์ยอดเยี่ยม สาขาวิศวกรรมระบบคอมพิวเตอร์ (Computer Systems Engineers) จากสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

หัวข้อบรรยาย : Applied Evolutionary Optimization

Evolutionary Optimization is easy to use and it is effective. It is increasingly becoming popular in industrial applications. The method can be applied to variety of problems. This lecture introduces the method and gives examples of its application in many industries. Moreover, we will show the latest method being developed in research labs and their effective uses.

บทคัดย่อ : การประยุกต์วิธีหาคำตอบเหมาะสมที่สุดเชิงวิวัฒน์

วิธีหาคำตอบเหมาะสมที่สุดเชิงวิวัฒน์เป็นวิธีที่ใช้ง่ายได้ผลดี จึงนิยมใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม วิธีนี้สามารถใช้กับปัญหาหลายหลากรูปแบบ การบรรยายนี้ จะแนะนำวิธีหาคำตอบเหมาะสมที่สุดเชิงวิวัฒน์ และยกตัวอย่างการประยุกต์ในหลายอุตสาหกรรม นอกจากนั้น ยังเสนอวิธีที่ทันสมัยใน วงวิจัย รวมทั้งวิธีใช้งานให้ได้ผล



รศ.ดร.ชูวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติ

รองศาสตราจารย์ ดร.ชูวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยม) วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต และวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) ในปี พ.ศ.2539 2541 และ 2544 ตามลำดับ จากนั้นได้เข้าเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ และหัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัยสายอากาศและแม่เหล็กไฟฟ้าประยุกต์นอกจากนั้นยังดำรงตำแหน่งประธาน IEEE MTT/AP/ED Thailand Chapter และ Associate Editor ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ IEICE Trans.Com. และ ECTI Trans. EEC และเป็นผู้ประเมินบทความในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ IEEE Trans. Antennas and Propagation, Electronics Letters, ECTI Trans. และการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติต่างๆ ตลอดจนเป็น TPC Chair ในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ อาทิเช่น International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP) และ Asia-Pacific Microwave Conference (APMC) งานวิจัยที่สนใจและมีความเชี่ยวชาญคือ การออกแบบสายอากาศสำหรับระบบสื่อสารสมัยใหม่ การประยุกต์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification: RFID) และการส่งผ่านกำลังงานไร้สาย เป็นต้น

หัวข้อบรรยาย : เทคโนโลยีสายอากาศสำหรับการประยุกต์ใช้งานอาร์เอฟไอดี (Antenna Technology for RFID Applications)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคโนโลยีและการออกแบบสายอากาศสำหรับเครื่องอ่านข้อมูล(Reader) และเครื่องลูกข่ายหรือแท็ก (Tag) สำหรับการประยุกต์ใช้งานอาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification: RFID) โดยรายละเอียดได้นำเสนอสายอากาศในรูปแบบใหม่สำหรับใช้งานในย่านความถี่ต่างๆ เช่น ย่านความถี่ต่ำ (LF) ย่านความถี่สูง (HF) ย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF) และย่านความถี่ไมโครเวฟ (Microwave) ซึ่งสามารถนำไปใช้งานจริงได้หลากหลายประเภทเช่น งานลงทะเบียนสัตว์ในการจัดการฟาร์มอัตโนมัติ ห้องสมุดอัจฉริยะ เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุอุตสาหกรรมขนส่ง โลจิสติกส์และการจัดเก็บสำหรับคลังสินค้า เป็นต้น โดยในรายละเอียดของงานวิจัยนี้จะได้กล่าวเพิ่มเติมในเรื่องของเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบสายอากาศเพื่อให้ได้อิมพีแดนซ์แมตชิ่งกับการใช้งาน มีการกระจายสนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยความแรงและทิศทางที่เหมาะสม ตลอดจนมีอัตราขยายที่เพียงพอที่จะทำให้ระบบการสื่อสารไร้สายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

Research Papers

หัวข้อ วิศวกรรมไฟฟ้าและระบบควบคุม

(21PW&CS)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

แบบจำลองสวิทช์รีลัคแตนซ์เจนเนอเรเตอร์

Model of Switched Reluctance Generator

ไพโรจน์ ทองประศรี

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

E-mail: sfengprt@src.ku.ac.th

บทคัดย่อ

คุณลักษณะของสวิทช์รีลัคแตนซ์เจนเนอเรเตอร์มีความอิ่มตัวของสนามแม่เหล็กสูง ดังนั้นจึงเป็นเรื่องยากที่จะวิเคราะห์หาค่าตัวแปรควบคุมผ่านวงจรสมมูล โดยทั่วไปการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรควบคุมได้ถูกดำเนินการผ่านแบบจำลองสวิทช์รีลัคแตนซ์เจนเนอเรเตอร์ ในบทความนี้แบบจำลองสวิทช์รีลัคแตนซ์เจนเนอเรเตอร์ซึ่งถูกประยุกต์มาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเส้นแรงแม่เหล็กเกี่ยวคล้องได้ถูกนำเสนอ แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่ง่ายไม่ต้องการข้อมูลของสวิทช์รีลัคแตนซ์เจนเนอเรเตอร์มากเมื่อเทียบกับแบบจำลองที่ถูกประยุกต์มาจากการคำนวณแบบระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ ความถูกต้องของแบบจำลองได้ถูกยืนยันจากผลการทดลองกับสวิทช์รีลัคแตนซ์เจนเนอเรเตอร์ชนิด 4 เฟส 8 ขั้วสเตเตอร์ 6 ขั้วโรเตอร์

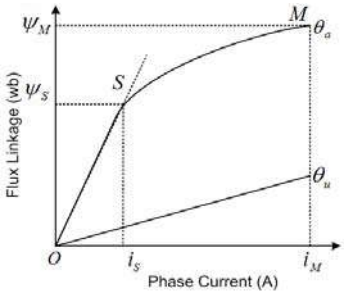
Abstract

Characteristics of switched reluctance generators have high magnetic saturation therefore it is difficult to analyze for finding control parameters via the equivalent circuit. Generally an analysis for finding the control parameters is operated via a model of switched reluctance generator. In this paper, the model of switched reluctance generator that has been applied from the analytical model of flux linkage is proposed. This model that does not require a lot of datum of the switched reluctance generator versus a model applied form finite element analysis is simple. The validity of the model has been confirmed by the results of the measurements with the 4-phase switched reluctance generator with 8 stator poles and 6 rotor poles.

***Keywords*:** characteristics, model, switched reluctance generator

1. บทนำ

เครื่องจักรกลไฟฟ้าชนิดสวิทช์รีลัคแตนซ์ (Switched Reluctance Machine) สามารถควบคุมให้ทำงานในโหมดของมอเตอร์ (Switched Reluctance Motor : SRM) และโหมดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Switched Reluctance Generator : SRG) ได้โดยปรับตำแหน่งของมุมกระตุ้นให้สัมพันธ์กับโพรไฟล์ของความเหนี่ยวนำเฟส คุณลักษณะเด่นของ SRG ซึ่งเครื่องจักรกลไฟฟ้าชนิดอื่นไม่มี คือโรเตอร์ไม่มีการพันขดลวดและไม่มีแม่เหล็กถาวรจึงทำให้ราคาไม่สูง ความเฉื่อยต่ำ เหมาะกับงานที่ต้องการความเร็วสูง มีประสิทธิภาพสูง มีความทนทานเมื่อทำงานในอุณหภูมิที่สูง ดังนั้นจึงทำให้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างหลากหลาย เช่น พลังงานสำหรับอากาศยาน ระบบพลังงานแบบผสมผสานหรือไฮบริด [1–3] การควบคุมการทำงานของ SRG ได้ถูกบรรยายไว้ใน [1-2] แต่ข้อด้อยคือต้องการอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์เพื่อให้ตำแหน่งของมุมกระตุ้นตรงกับตำแหน่งของโรเตอร์อย่างถูกต้อง และมีเสียงดังขณะทำงาน เนื่องจาก SRG มีโครงสร้างที่มีลักษณะพิเศษและความอิ่มตัวของสนามแม่เหล็กสูง ดังนั้นจึงเป็นเรื่องยากที่จะคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ จากวงจรสมมูล ด้วยเหตุผลนี้กราฟคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetization Curve) ได้ถูกนำมาใช้สำหรับสร้างแบบจำลองแทน การคำนวณแบบระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ได้ถูกนำมาใช้สำหรับหาข้อมูลของกราฟนี้เนื่องจากมีความน่าเชื่อถือสูง [4] อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อด้อยคือมีความต้องการจำนวนข้อมูลตำแหน่งของเส้นแรงแม่เหล็กเกี่ยวคล้องและกระแสเฟสเป็นจำนวนมาก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกราฟคุณสมบัติเส้นแรงแม่เหล็กแบบไม่เชิงเส้นอย่างง่ายได้ถูกนำเสนอใน [5] ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าเส้นแรงแม่เหล็กที่ตำแหน่งตรงขั้ว (aligned position : θ_a) และที่ตำแหน่งไม่ตรงขั้ว (unaligned position : θ_u) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. กราฟคุณสมบัติเส้นแรงแม่เหล็ก

ในรูปที่ 1 กราฟที่ตำแหน่งไม่ตรงขั้วของเส้นแรงแม่เหล็กเกี่ยวคล้องที่สัมพันธ์กับกระแสเฟส (i_{ph}) ณ ตำแหน่งโรเตอร์ จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงและที่ตำแหน่งนี้ค่าความเหนี่ยวนำเฟส (L_u) มีค่าต่ำสุด ส่วนที่ตำแหน่งไม่ตรงขั้วนั้นความต้านทานของวงจรแม่เหล็กมีค่าต่ำสุดและช่องอากาศมีค่าน้อยที่สุดส่งผลให้ความเหนี่ยวนำเฟสที่ตำแหน่งตรงขั้ว (L_a) มีค่าสูงสุด และเส้นแรงแม่เหล็กเกี่ยวคล้องที่สัมพันธ์กับกระแสเฟส ณ ตำแหน่งโรเตอร์จะมีลักษณะไม่เชิงเส้น ดังนั้นสมการเส้นแรงแม่เหล็กเกี่ยวคล้องเฟส (Ψ_{ph}) ถูกแบ่งเป็น 2 ช่วงคือช่วงที่เป็นเชิงเส้น ($i_{ph} \leq i_S$) และช่วงไม่เป็นเชิงเส้น ($i_S < i_{ph} \leq i_M$) สามารถหาได้จากสมการที่ 1) โดยที่ตำแหน่ง S เป็นตำแหน่งที่กราฟเกิดการโค้ง ส่วนที่ตำแหน่ง M คือตำแหน่งที่กระแสเฟสสูงสุดที่ตำแหน่งตรงขั้ว

$$\Psi_{ph} = \frac{1}{2}(\Psi_a - \Psi_u) \cdot cos\left(N_r\left(\theta + \frac{2\pi}{N_r}\right) + 1\right) + \Psi_u \qquad (1)$$

เมื่อ N_r คือจำนวนขั้วของโรเตอร์ และ θ คือตำแหน่งมุมของโรเตอร์อยู่ในรูปของเรเดียน

โดยที่

$$\Psi_u = L_u \cdot i_{ph}$$

$$\Psi_a = \begin{cases} L_a \cdot i_{ph} & , \ i_S \geq i_{ph} \\ \left(\Psi_S - \frac{2a}{L_a}\right) + \sqrt{4a\left(i_{ph} - i_{SO}\right)}, & i_S < i_{ph} \leq i_M \end{cases}$$

$$i_{SO} = i_S - \frac{a}{L_a^2}$$

$$a = \frac{\Psi_{MS}^2}{4\left(i_{MS} - \frac{\Psi_{MS}}{L_a}\right)}$$

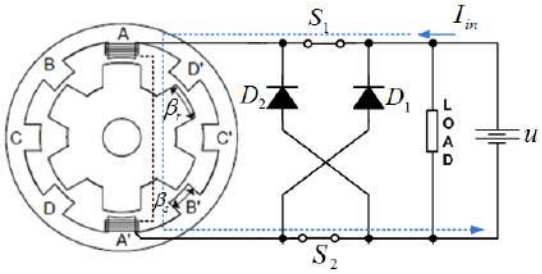
$$\Psi_{MS} = \Psi_M - \Psi_S$$

$$i_{MS} = i_M - i_S$$

ในบทความนี้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ SRG ซึ่งข้อมูลของเส้นแรงแม่เหล็กอย่างง่ายได้ถูกนำมาใช้แทนวิธีการคำนวณแบบระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ ซึ่งความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ SRG ได้ถูกยืนยันจากผลการทดลองกับ SRG ชนิด 4 เฟส 8 ขั้วสเตเตอร์ 6 ขั้วโรเตอร์ (8/6 SRG)

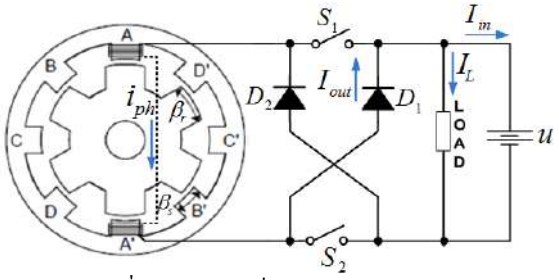
2. หลักการทำงานของ SRG

วงจรคอนเวอร์เตอร์สำหรับขับ SRG เป็นแบบวงจร half-bridge converter โดยมีสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2 ตัวและไดโอด 2 ตัวต่อเฟส ข้อดีของวงจรนี้คือแต่ละเฟสสามารถควบคุมได้แบบอิสระต่อกัน ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานได้ 2 โหมด คือโหมดการกระตุ้น (Excitation mode) ในโหมดนี้สวิทช์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง S_1 และ S_2 ทำงานที่ตำแหน่ง θ_{on} ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งในโหมดนี้กำลังงานภายนอกถูกจ่ายจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (u) ผ่านวงจรคอนเวอร์เตอร์ไปยังขดลวดของ SRG เพื่อสะสมพลังงาน



รูปที่ 2. โหมดการกระตุ้น (Excitation mode)

เมื่อ S_1 และ S_2 หยุดทำงานที่ตำแหน่ง θ_{off} ซึ่งเป็นโหมดฟรีวิลลิ่ง (Freewheeling mode) ซึ่งในโหมดนี้จะทำให้กระแสไหลต่อเนื่องเกิดจากค่าแรงดันต้านกลับ (e : back EMF) หลังจากสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังหยุดนำกระแสที่ตำแหน่ง θ_{off} พลังงานที่เก็บสะสมไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำถูกจ่ายไปยังโหลดผ่านไดโอดฟรีวิลลิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยสามารถหาค่ากระแสที่ไหลผ่านโหลดได้ดังนี้



รูปที่ 3. โหมดฟรีวิลลิ่ง (Freewheeling mode)

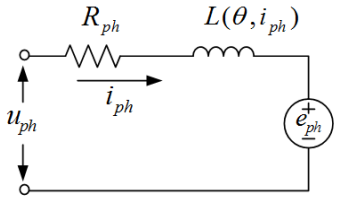
$$I_{in} = \frac{1}{2\pi}\int_{\theta_{on}}^{\theta_{off}} i_{ph} d\theta \qquad (2)$$

$$I_{out} = \frac{1}{2\pi}\int_{\theta_{off}}^{\theta_{ext}} i_{ph} d\theta \qquad (3)$$

$$I_L = I_{out} - I_{in} \qquad (4)$$

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ SRG

วงจรสมมูล 1 เฟส ของ SRG ดังแสดงในรูปที่ 4 สามารถเขียนสมการแรงดันเฟส (u_{ph}) ได้ดังแสดงในสมการที่ (5)



รูปที่ 4. วงจรสมมูล 1 เฟสของ SRG

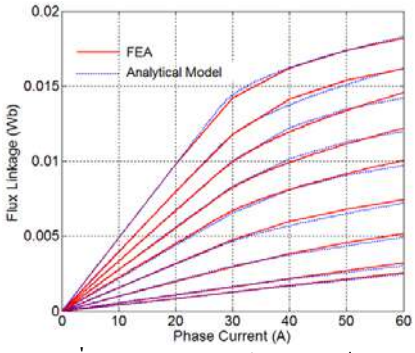
$$u_{ph} = R_{ph}.i_{ph} + \frac{L(\theta,i_{ph})}{dt} + \frac{dL(\theta,i_{ph})}{d\theta} \cdot i_{ph} \cdot \omega \qquad 5)$$

รูปที่ 5 แสดงกราฟคุณสมบัติเส้นแรงแม่เหล็กที่ได้จากวิธีการคำนวณแบบระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ (FEA) เปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมการที่ 1) ซึ่งใช้พารามิเตอร์ดังนี้ Ψ_M = 0.0175Wb, Ψ_S = 0.0125Wb, i_M = 60A, i_S = 25A ส่วนพารามิเตอร์ของ 8/6 SRG ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ด้วย FEA ได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 1 และความสัมพันธ์ของค่าความเหนี่ยวนำเฟสต่อตำแหน่งของโรเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 6

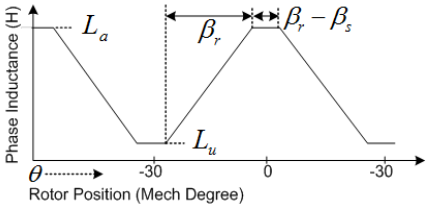
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเส้นแรงแม่เหล็กเกี่ยวคล้องในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่ามีความถูกต้องเพียงพอที่จะนำข้อมูลมาใช้สำหรับสร้างแบบจำลอง SRG ได้

ตารางที่ 1. พารามิเตอร์ของ 8/6 SRG

Outer diameter of stator	150 mm
Inner diameter of stator	70 mm
Length of air gap	0.5 mm
Stack length	70 mm
Stator pole arc (β_s)	22°
Rotor pole arc (β_r)	24°
Inductance at aligned position (L_a)	640μH
Inductance at unaligned position (L_u)	34μH

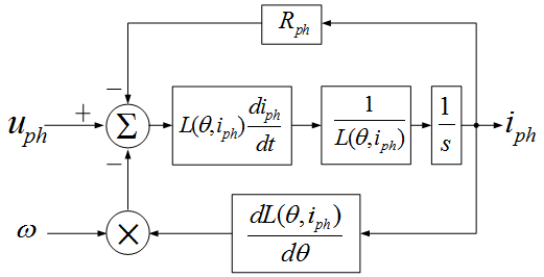


รูปที่ 5. กราฟคุณสมบัติเส้นแรงแม่เหล็ก



รูปที่ 6. โพรไฟล์ของความเหนี่ยวนำเฟส 8/6 SRG

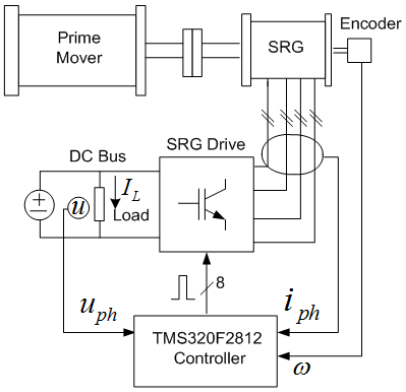
วิธีการสร้างแบบจำลองของ SRG (เฟสเดียว) ได้ใช้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนี่ยวนำเฟสกับตำแหน่งของโรเตอร์ และความสัมพันธ์ระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กเกี่ยวคล้องกับกระแสเฟสซึ่งสามารถหาได้จากกราฟคุณสมบัติเส้นแรงแม่เหล็กซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยนำมาประยุกต์กับสมการแรงดันเฟส (u_{ph}) ผลที่ได้คือแบบจำลองของ SRG (เฟสเดียว) ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ SRG เฟสเดียว

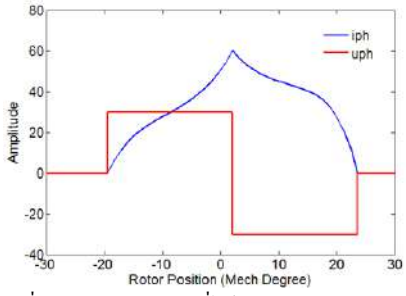
4. ผลจำลองการทำงานและผลการทดลอง

แบบจำลองของ SRG ซึ่งถูกสร้างขึ้นจาก MATLAB/SIMULINK ได้ถูกตรวจสอบความถูกต้อง โดยแบบจำลองนี้ได้ถูกนำไปทดสอบกับ 8/6 SRG โดยบล็อกไดอะแกรมชุดทดลองของ 8/6 SRG ได้ถูกแสดงในรูปที่ 8 ประกอบด้วยมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ใช้เป็นตัวขับต้นกำลัง (Prime Mover) สำหรับขับ 8/6 SRG ซึ่งสามารถควบคุมความเร็วได้โดยปรับความถี่ของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ ในส่วนวงจรคอนเวอร์เตอร์เป็นแบบ half-bridge converter ใช้อุปกรณ์ IGBTs เป็นสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังสำหรับควบคุมการนำกระแสและการหยุดนำกระแสของ 8/6 SRG ตัวประมวลสัญญาณแบบดิจิตอลเบอร์ TMS320F2812 ได้ถูกใช้เป็นตัวสร้างสัญญาณ PWM โดยใช้สัญญาณตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ (Encoder) เป็นสัญญาณอ้างอิงเพื่อประมวลผลให้เกิดมุมที่ถูกต้อง

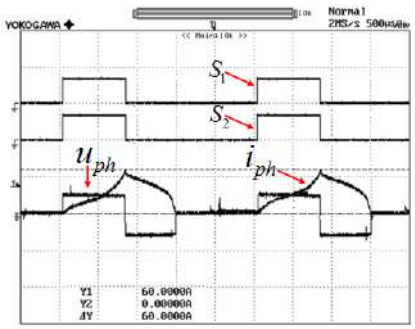


รูปที่ 8. บล็อกไดอะแกรมชุดทดลองของ 8/6 SRG

จำลองการทำงานของ SRG โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคุมความเร็ว (ω) ของ SRG ที่ 471rad/s แรงดันภายนอก (u) เท่ากับ 30V ควบคุมมุมนำกระแส (θ_{on}) ที่ -19° และมุมหยุดนำกระแส (θ_{off}) ที่ 2° รูปคลื่นของกระแสเฟส (i_{ph}) และแรงดันเฟส (u_{ph}) ที่ได้จากผลจำลองการทำงานได้ถูกแสดงในรูปที่ 9 สำหรับรูปที่ 10 แสดงผลที่ได้จากการทดลองโดยใช้ตัวแปรควบคุม SRG เดียวกันกับการจำลองการทำงานด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



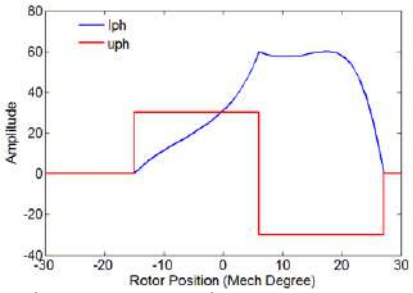
รูปที่ 9. รูปคลื่นของ u_{ph} และ i_{ph} ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อควบคุม u = 30V ω = 471rad/s θ_{on} = -19° และ θ_{off} = 2°



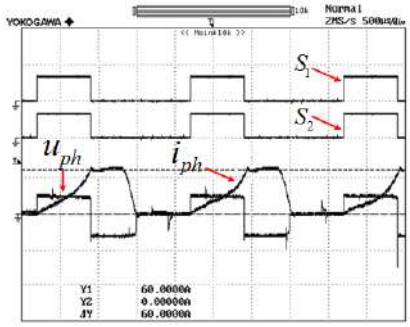
รูปที่ 10. รูปคลื่นของ u_{ph} และ i_{ph} ที่ได้จากผลการทดลอง เมื่อควบคุม u = 30V ω = 471rad/s θ_{on} = -19° และ θ_{off} = 2°

จำลองการทำงานของ SRG โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคุมความเร็ว (ω) ของ SRG ที่ 628rad/s แรงดันภายนอก (u) เท่ากับ 30V ควบคุมมุมนำกระแส (θ_{on}) ที่ -15° และมุมหยุดนำกระแส (θ_{off}) ที่ 6.3° รูปคลื่นของกระแสเฟส (i_{ph}) และแรงดันเฟส (u_{ph}) ที่ได้จากผล

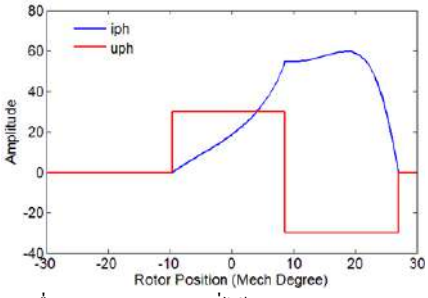
จำลองการทำงานได้ถูกแสดงในรูปที่ 11 และในรูปที่ 12 แสดงผลที่ได้จากการทดลองโดยใช้ตัวแปรควบคุม SRG เดียวกันกับการจำลองการทำงานด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



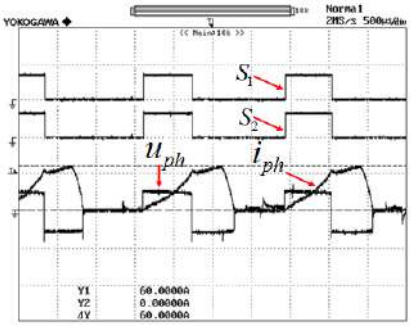
รูปที่ 11. รูปคลื่นของ u_{ph} และ i_{ph} ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อควบคุม u = 30V ω = 628rad/s θ_{on} = -15º และ θ_{off} = 6.3º



รูปที่ 12. รูปคลื่นของ u_{ph} และ i_{ph} ที่ได้จากผลการทดลอง เมื่อควบคุม u = 30V ω = 628rad/s θ_{on} = -15º และ θ_{off} = 6.3º



รูปที่ 13. รูปคลื่นของ u_{ph} และ i_{ph} ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อควบคุม u = 30V ω = 732rad/s θ_{on} = -9.5º และ θ_{off} = 8.5º



รูปที่ 14. รูปคลื่นของ u_{ph} และ i_{ph} ที่ได้จากผลการทดลอง เมื่อควบคุม u = 30V ω = 732rad/s θ_{on} = -9.5º และ θ_{off} = 8.5º

จำลองการทำงานของ SRG โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคุมความเร็ว (ω) ของ SRG ที่ 732rad/s แรงดันภายนอก (u) เท่ากับ 30V ควบคุมมุมนำกระแส (θ_{on}) ที่ -9.5º และมุมหยุดนำกระแส (θ_{off}) ที่ 8.5º รูปคลื่นของกระแสเฟส (i_{ph}) และแรงดันเฟส (u_{ph}) ที่ได้จากผลจำลองการทำงานได้ถูกแสดงในรูปที่ 13 และในรูปที่ 14 แสดงผลที่ได้จากการทดลองโดยใช้ตัวแปรควบคุม SRG เดียวกันกับการจำลองการทำงานด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

5. สรุป

ข้อมูลความสัมพันธ์ของเส้นแรงแม่เหล็กเกี่ยวคล้องกับกระแสเฟสที่อยู่ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายและมีคุณสมบัติคือไม่ต้องการข้อมูลของ SRG จำนวนมาก ได้ถูกนำมาใช้แทนการหาข้อมูลด้วยวิธีการคำนวณแบบระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ ผลของข้อมูลนี้ได้ถูกนำมาสร้างเป็นแบบจำลอง SRG ผลที่ได้จากแบบจำลองคือเมื่อกำหนดตัวแปรควบคุม u, ω, θ_{on}, และ θ_{off} ทำให้ทราบลักษณะของรูปร่างกระแสเฟส (i_{ph}) ซึ่งรูปร่างของกระแสเฟสนี้เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าแรงบิด และกำลังไฟฟ้าด้านออกของ SRG และผลจากการทดลองทั้ง 3 กรณี รูปคลื่นของกระแสเฟส (i_{ph}) และแรงดันเฟส (u_{ph}) ที่ได้มีผลตรงกับรูปคลื่นที่ได้จากแบบจำลองของ SRG ซึ่งได้แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องของแบบจำลองของ SRG ที่นำเสนอ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ “ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา”

เอกสารอ้างอิง

[1] Yuan-Chih Chang and Chang-Ming Liaw, “On the Design of Power Circuit and Control Schem for Switched Reluctance Generator,” *IEEE Trans on Power Electronics,* vol. 23, no. 1, pp. 445-454, Jan. 2008.

[2] Iordanis Kioskeridis and Christos Mademlis, “Optimal Efficiency Control of Switched Reluctance Generators,” *IEEE Trans on Power Electronics,* vol. 21, pp. 1062-1071, no. 4, Jul. 2006.

[3] Yilmaz Sozer and David A. Torrey, “Closed Loop Control of Excitation Parameters for High Speed Switched-Reluctance Generators,” *IEEE Trans on Power Electronics,* vol. 19, no. 2, pp. 555-362, Mar. 2004.

[4] Y. Xu and D. A. Torrey, “Study of the Mutually Coupled Switched Reluctance Machine Using the Finite Element-Circuit Coupled Method,” *IEE Conf Electric Power Applications,* vol. 149, no. 2, pp. 81-86, Mar. 2002.

[5] Christophe Roux and Medhat M. Morcos, “On the Use of a Simplified Model for Switched Reluctance Motors,” *IEEE Trans on Energy Conversion,* vol. 17, no. 3, pp. 400-405, Sep. 2002.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เซนเซอร์กระแส และแรงดันแบบฝังตัว

Embedded Current and Voltage Sensor

โกศล โอฬารไพโรจน์[1], วิชาญ จันที[1], วรจักร์ เมืองใจ[2] และ ธนิต บุญใส[3]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

[2]วิทยาลัยเทคโนโลยี และสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[3]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail: kosoloran@gmail.com[1]

บทคัดย่อ

การทำงานวิจัยด้านไฟฟ้ากำลัง และอิเล็กทรอนิกส์กำลังมีความจำเป็นต้องวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลตามเวลาจริง เพื่อนำมาควบคุมหรือประเมินผลได้อย่างทันท่วงที ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบตัววัดกระแส และแรงดันที่มีระบบสมองกลฝังตัวประกอบร่วมอยู่กับชุดวัดกระแส และแรงดัน โดยตั้งกรอบการทำงานของชุดวัดกระแสและแรงดันให้มีความสามารถในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลความละเอียด 12 บิต และส่งข้อมูลบนระบบ SPI กับชุดควบคุม อีกทั้งยังสามารถแสดงผลการวัดเป็นตัวเลข 7 ส่วน 4 หลักบนชุดวัด ข้อดีของชุดวัดคือ สามารถแสดงค่าที่วัดได้ด้วยชุดตัวเลข 7 ส่วน 4 หลัก มีวงจรแปลงสัญญาณ A/D บนบอร์ด, สามารถส่งข้อมูลการวัดให้กับตัวควบคุมอื่น ๆ ได้ เครื่องวัดกระแสสามารถกระแสได้สูงสุด 8A ความละเอียด 15.625 mA/bit และวัดแรงดันได้สูงสุด 500 V ความละเอียด 610 uV/bit.

คำสำคัญ: ระบบสมองกลฝังตัว

Abstract

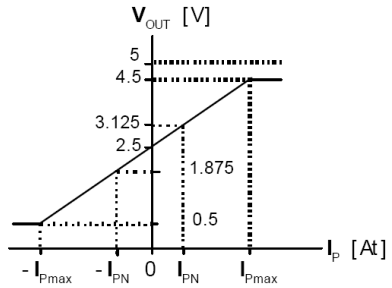
The electrical power or power electronics research mush be used current and voltage sensor for real time analysis. In this paper designed the embedded current and voltage sensor including 12 bit A/D and SPI communication, controller and 4 digit seven segment display. The advantage of embedded sensor, show the value of current and voltage on board, A/D on board, send the value to SPI to other controller by its self. The embedded current sensor can measuring 8A maximum, 15.625 mA/bit resolution, voltage sensor can measuring 500 V maximum, 0.448 uV/bit.

Keywords: Embedded

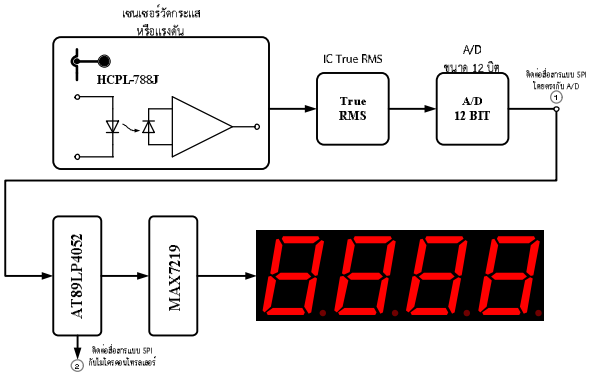
1. บทนำ

การออกแบบชุดวัดกระแส เลือกใช้เซนเซอร์วัดกระแสแบบ Hall effect ของ LEM รุ่น LTS 25-NP ซึ่งสามารถวัดกระแสได้สูงสุดเป็น 8 – 12 และ 25 แอมป์ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้กระแสสูงสุดที่ 8 A โดยตัววัดระแสจะวัดกระแสอินพุตและให้เอาต์พุตออกมาเป็นแรงดันแสดงดังกราฟรูปที่ 1. และเลือกใช้ไอซีแปลงสัญญาณ True RMS เบอร์ AD737 เพื่อแปลงสัญญาณรูปคลื่นไซน์ให้เป็นค่า RMS และเลือกใช้ไอซีแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 12 บิตเบอร์ MCP3202 ซึ่งมีอัตราการสุ่มสัญญาณ 200 ksps ติดต่อสื่อสารกับชุดควบคุมซึ่งในที่นี้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 เบอร์ AT89LP4052 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก 20 ขาที่การทำงาน 1 คำสั่งต่อหนึ่งลูกคลื่นความถี่ ดังนั้นจึงมีความเร็วในการประมวลผลสูง

ชุดวัดแรงดันไฟฟ้าเลือกใช้เซนเซอร์วัดแรงดันแบบออปโต้ไอโซเลตเบอร์ HCPL788j ทำการวัดแรงดันทั้งกระแสตรงและกระแสสลับและผ่านไอซีแปลงสัญญาณ True RMS โครงสร้างการทำงานเหมือนกับชุดวัดกระแส ชุดวัดกระแสและแรงดันแบบฝังตัวแสดงผังวงจรดังรูปที่ 2.



รูปที่ 1. กราฟคุณสมบัติการแปลงกระแสเป็นแรงดันของ LTS 25-NP



รูปที่ 2. แผนภาพกรอบการทำงานของเซนเซอร์กระแส และแรงดันแบบฝังตัว

2. เซนเซอร์กระแส และแรงดันแบบสมองกลฝังตัว

จากแผนภาพกรอบรูปที่ 2. ประกอบด้วย

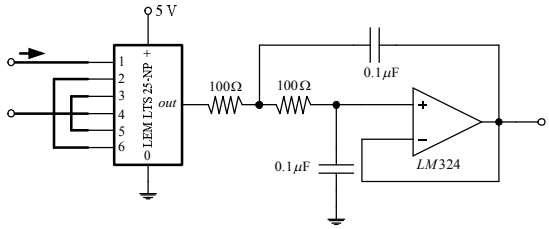
2.1 เซนเซอร์กระแส

ในงานวิจัยเลือกใช้เซนเซอร์กระแสแบบ Hall effect ของ LEM รุ่น LTS 25-NP โดยเลือกให้วัดกระแสสูงสุด 8 A แสดงดังวงจรรูปที่ 3. จากกราฟคุณสมบัติของเซนเซอร์ค่าสูงสุดและต่ำสุดของกระแสคือ $+I_{PN}$ และ $-I_{PN}$ จะได้แรงดันเอาต์พุตอยู่ในช่วง 1.875 – 3.125 V โดยมีจุดกึ่งกลางอยู่

ที่ 2.5 V ดังนั้นค่าสูงสุดทางด้านบวกคือ 3.125 – 2.5 = 0.625 V หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันได้คือ

$$\text{กระแส } 1\text{ A} = \frac{0.625}{8} = 78.125\,\text{mV/1A}$$

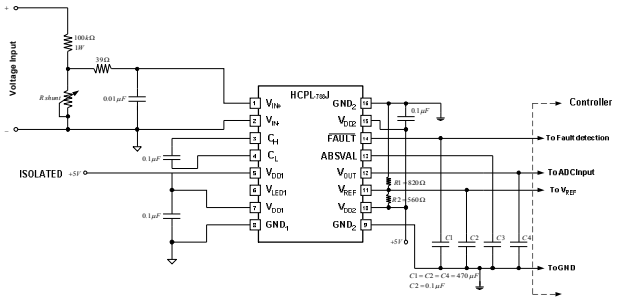
เมื่อเลือกใช้ไอซี A/D ขนาด 12 บิต และมีแรงดันอ้างอิง 5 V ดังนั้นความละเอียดต่อหนึ่งบิตคือ $\frac{5}{4096} = 1.221\,\text{mV/bit}$ ดังนั้นความละเอียดของการแปลงค่ากระแสคือ $\frac{75.125\,\text{mV}}{1.221\,\text{mV}} = 64$ สเต็ป ดังนั้นความละเอียดในการแปลงสัญญาณคือ $\frac{1}{64} = 15.625\,\text{mA}$ ต่อ 1 บิต



รูปที่ 3. วงจรเซนเซอร์กระแส

2.2 เซนเซอร์แรงดัน

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เซนเซอร์วัดแรงดันแบบออปโต้ไอโซเลตเบอร์ HCPL788j ทำการวัดแรงดันทั้งกระแสตรงและกระแสสลับแสดงดังวงจรรูปที่ 4.

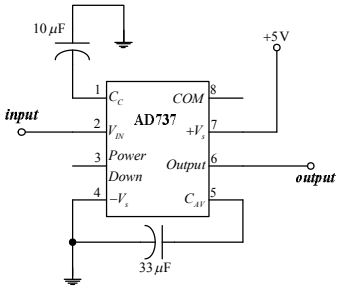


รูปที่ 4. วงจรเซนเซอร์แรงดัน HCPL 788j

เซนเซอร์แรงดันรับอินพุต 2.5 V ดังนั้นความละเอียดในการแปลงคือ $\frac{2.5}{4098} = 610\,\mu\text{V/bit}$

2.3 วงจรแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณ RMS

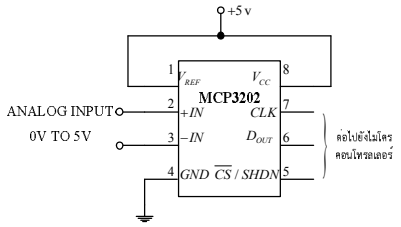
เนื่องด้วยสัญญาณกระแส และแรงดันที่วัดจากเซนเซอร์ที่กำหนดให้วัดได้ทั้งสัญญาณไฟตรง และไฟสลับ ดังนั้นสัญญาณไฟสลับจะต้องแปลงให้เป็นค่า RMS เพื่อนำไปผ่านวงจรแปลง A/D และแสดงผลโดยไม่ต้องมีการคำนวณค่าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไอซีแปลงสัญญาณ RMS เบอร์ AD737 แสดงวงจรดังรูปที่ 5.



รูปที่ 5. ไอซีแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณ RMS

2.4 ไอซีแปลง A/D ขนาด 12 บิต

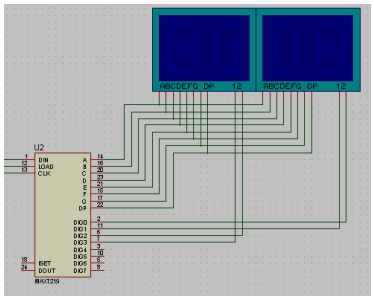
ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไอซีแปลง A/D ขนาด 12 บิตเบอร์ MCP3202 ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ SPI โดยมีอัตราการแซมปลิ้ง 100 ksps แสดงดังวงจรรูปที่ 6.



รูปที่ 5.วงจรแปลง A/D ขนาด 12 บิต

2.5 วงจรแสดงผลตัวเลข 7 ส่วน 4 หลัก

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไอซี MAX7219 ในการควบคุมการแสดงผลตัวเลข 7 ส่วน 4 หลัก เพื่อแสดงผลขนาดกระแส และแรงดัน วงจรแสดงดังรูปที่ 6.



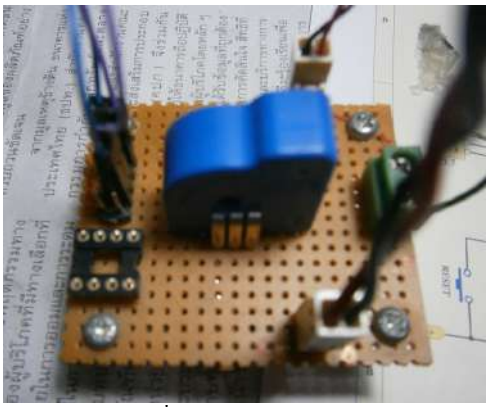
รูปที่ 6. วงจรควบคุมการแสดงผลตัวเลข 7 ส่วน 4 หลัก

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 20 ขา ทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาสูงสุด 20 MHz ใช้เวลาทำงาน 1 คำสั่งต่อหนึ่งลูกคลื่นนาฬิกา ทำให้มีความเร็วมากขึ้นเป็น 12 เท่า เนื่องด้วยเป็นไอซีที่มีเพียง 20 ขาดังนั้นระบบที่นำมาต่อเชื่อมกันจึงเลือกใช้การต่อเชื่อมแบบอนุกรมทำให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ต่อเชื่อมได้อย่างเพียงพอ

3. ฮาร์ดแวร์ของเซนเซอร์กระแส และแรงดันแบบสมองกลฝังตัว

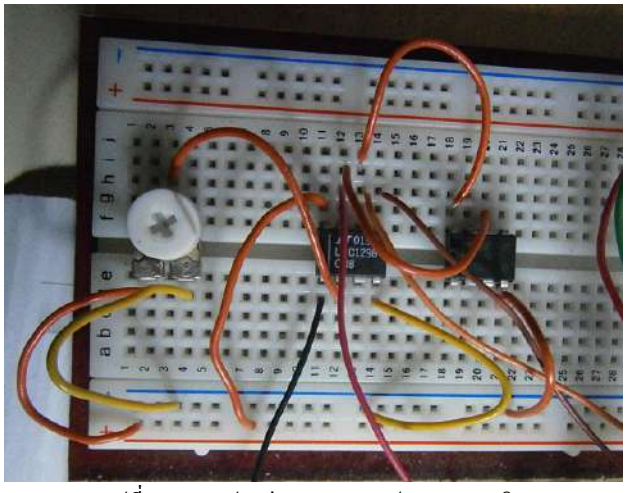
ฮาร์ดแวร์ของเซนเซอร์วัดกระแสแสดงดังรูปที่ 7.



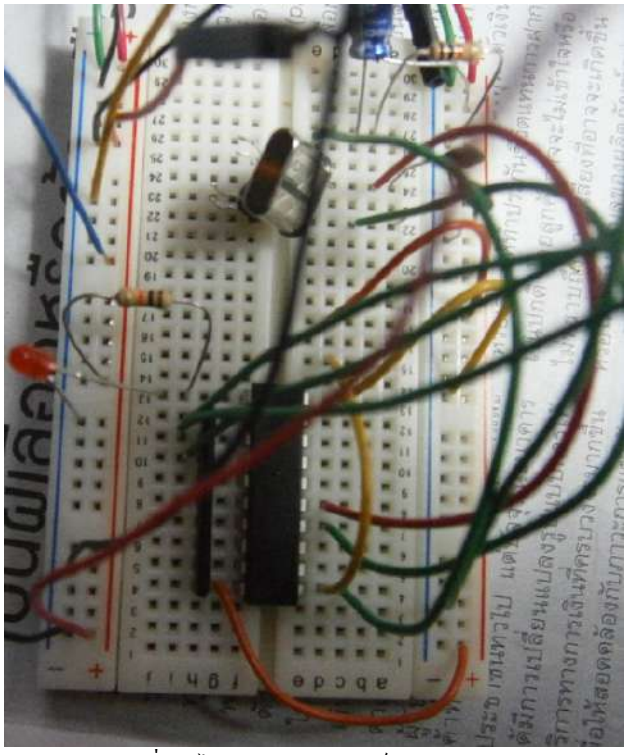
รูปที่ 7. เซนเซอร์วัดกระแส



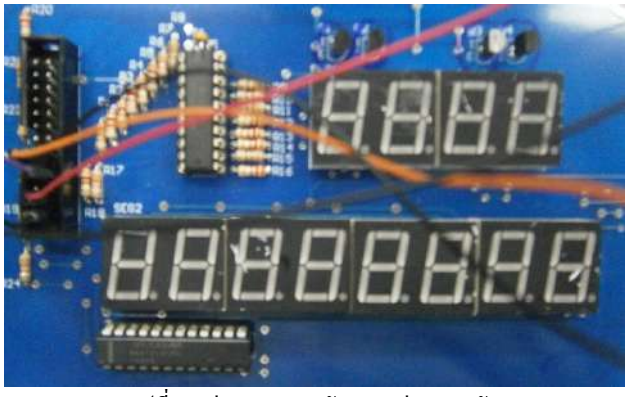
รูปที่ 8. เซนเซอร์แรงดัน



รูปที่ 9. วงจรแปลงค่า RMS และแปลง A/D 12 บิต



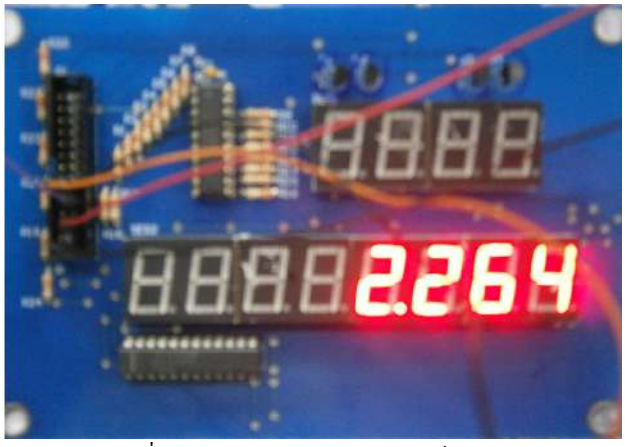
รูปที่ 10. ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052



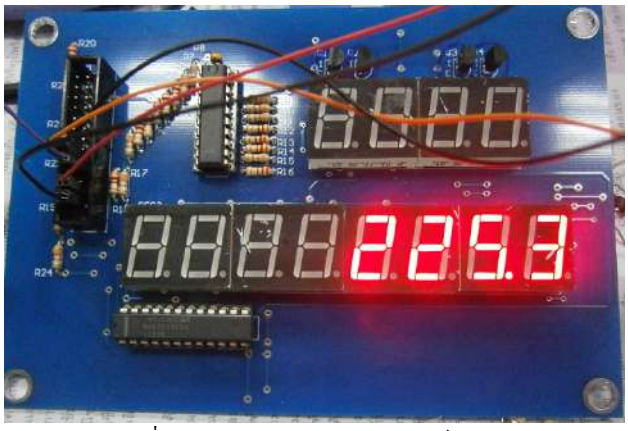
รูปที่ 11. ส่วนแสดงผลตัวเลข 7 ส่วน 4 หลัก

4. ผลการทดลอง

ชุดวัดกระแส และแรงดันแบบสมองกลฝังตัวยังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา ซึ่งได้ทำการสร้างเป็นส่วน ๆและเขียนโปรแกรมเพื่อทำการวัดแสดงผล และยังมิได้นำไปปรับเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน ซึ่งผลการทดลองในการวัดเบื้องต้นได้ผลแสดงดังรูปที่ 12. และรูปที่ 13.



รูปที่ 12. ผลการวัดกระแสจากเซนเซอร์กระแส



รูปที่ 13. ผลการวัดแรงดันจากเซนเซอร์แรงดัน

5. สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองเบื้องต้นการวัดกระแส และแรงดันได้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ ในการทำงานครั้งต่อไปจะทำการออกแบบองค์ประกอบทุกส่วนให้อยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์เดียวกัน และทำการทดสอบปรับเทียบกับเครื่องมือวัดกระแส และแรงดันมาตรฐานต่อไป

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ

เอกสารอ้างอิง

[1] Atmel Corporation ,”8-bit Microcontroller with 2/4Kbyte Flash AT89LP4052”.

[2] LEM, “ LTS 25-NP”.

[3] MICROCHIP Corporation, “ MCP3202, 2.7 V 12-Bit A/D with SPI Serial Interface”.

[4] ANALOG DEVICES, “AD737 Low Cost, Low Power, True RMS-to-DC Converter”.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซี่และพีไอดีสำหรับระบบลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็ก

Design of Fuzzy and PID Controller for a Magnetic Levitation System

พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร

ภาควิชาวิศวกรรมระบบวัดคุมและเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

E-mail: pisit@mut.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กเป็นระบบวงเปิดที่ไม่เสถียร ระบบนี้เป็นระบบที่ดีเพื่อการเรียนรู้การออกแบบตัวควบคุม จากความไม่เป็นเชิงเส้นของระบบทำให้ยากในการออกแบบตัวควบคุมชนิดเชิงเส้นเพื่อให้ได้สมรรถนะการควบคุมตามที่ต้องการในย่านการทำงานที่กว้าง ในบทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้การผสมระหว่างตัวควบคุมแบบพีไอดีและตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกสำหรับระบบลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็ก ผลการจำลองและการทดสอบระบบจริงแสดงให้เห็นว่าวิธีการควบคุมที่นำเสนอมีสมรรถนะการควบคุมที่ดีกว่าตัวควบคุมเชิงเส้นแบบดั้งเดิม

Abstract

A magnetic levitation system is an open loop unstable system. It is a good system for learning in controller design. From its nonlinearity, it is difficult to design a linear controller to satisfy the desired control performance over a wide range of operating points. This paper presents an application of a hybrid of a proportional-integral-derivative controller and a fuzzy logic controller for a magnetic levitation system. Simulation and experimental results show that the proposed control method has better control performance over the conventional linear controller.

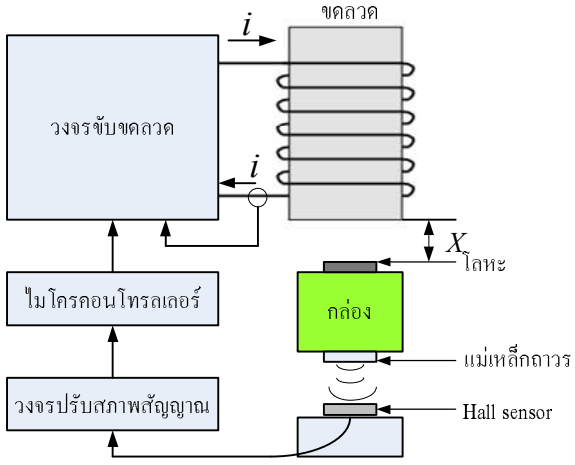
***Keywords*:** magnetic levitation, controller design, fuzzy logic control

1. บทนำ

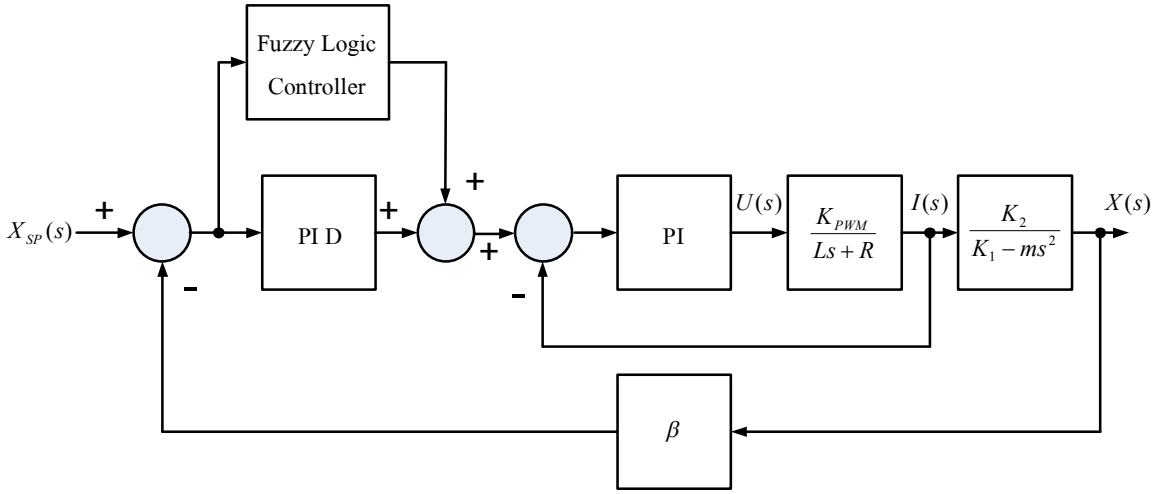
ระบบการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กถือเป็นระบบที่น่าสนใจระบบหนึ่งซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้การควบคุมระบบที่ไม่มีเสถียรภาพเมื่อทำงานแบบวงเปิดและนอกจากนั้นยังเป็นพื้นฐานเพื่อการเรียนรู้การควบคุมการลอยตัวของรถไฟฟ้าอีกด้วย [1] การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดีสำหรับระบบชนิดเชิงเส้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การออกแบบด้วยวิธีเส้นทางเดินราก การออกแบบด้วยวิธีการเชิงความถี่และการออกแบบด้วยวิธีการวางโพล เป็นต้น ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะให้ผลตอบสนองการควบคุมที่ดีตามข้อกำหนดในการออกแบบหากฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบที่ควบคุมนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามจุดทำงานของระบบ ดังนั้นจึงมีหลายงานวิจัยที่ได้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมสำหรับระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น [2-4] ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกเป็นตัวควบคุมแบบไม่เชิงเส้นชนิดหนึ่งที่มีข้อดีประการสำคัญคือการออกแบบตัวควบคุมไม่จำเป็นต้องใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบที่ต้องการควบคุม แต่อย่างไรก็ตามการออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกจะต้องใช้ความเข้าใจระบบและความชำนาญในการออกแบบกฎของตัวควบคุม นอกจากนั้นจำนวนกฎของตัวควบคุมก็ยังมีผลโดยตรงต่อสมรรถนะการทำงานของระบบอีกด้วย ดังนั้นในบทความนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำตัวควบคุมแบบดั้งเดิมเช่นตัวควบคุมแบบพีไอดีมาทำงานร่วมกับตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกเพื่อควบคุมระบบการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กโดยมุ่งประเด็นไปที่การปรับปรุงผลตอบสนองในสภาวะชั่วขณะของระบบ

2. ระบบลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็ก

บทความนี้ได้ออกแบบสร้างระบบควบคุมการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กที่ประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างมาจากขดลวดพันรอบแกนเหล็ก ขดลวดนี้ต่อเข้ากับวงจรขับขดลวดที่ใช้เพื่อควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขดลวดอันเป็นการควบคุมแรงดึงดูดของแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระทำกับวัตถุที่เป็นโลหะซึ่งก็คือวัตถุที่ต้องการทำให้ลอยในอากาศใกล้ๆกับขดลวดนั่นเอง รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบระบบควบคุมการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้นโดยวัตถุจะเป็นกล่องที่มีน้ำหนักเบาและมีโลหะติดอยู่ด้านบนเพื่อให้เกิดการดึงดูดกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ด้านล่างของกล่องมีการติดตั้งแม่เหล็กถาวรขนาดเล็กซึ่งจะมีผลต่อแรงดันเอาต์พุตของฮอลล์เซนเซอร์ที่ใช้วัดระยะ จากรูปที่ 1 ระยะการลอยตัวที่ควบคุมคือระยะห่างระหว่างวัตถุและขดลวด X โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมระยะการลอยตัวและมีสัญญาณป้อนกลับที่ได้จากฮอลล์เซนเซอร์



รูปที่ 1 ระบบควบคุมการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2 ไดอะแกรมของระบบควบคุมการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กที่นำเสนอ

สมการทางพลศาสตร์ของระบบลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็ก [2] เขียนได้ดังสมการ (1)

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = mg - f(i,x) \tag{1}$$

เมื่อ m คือมวลรวมของวัตถุที่ลอยตัว (kg)

x คือระยะที่วัตถุห่างจากขดลวด (m)

g คืออัตราเร่งที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

$f(i,x)$ คือแรงดึงดูดของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (N)

i คือค่ากระแสที่ไหลผ่านขดลวด (A)

โดยแรงดึงดูดของแม่เหล็กไฟฟ้าจะขึ้นกับค่ากระแสที่ไหลผ่านขดลวดและระยะห่างระหว่างวัตถุและขดลวดโดยเป็นไปตามสมการที่ (2)

$$f(i,x) = -\frac{1}{2}i^2 \cdot \frac{d}{dx}L(x) \tag{2}$$

เมื่อ $L(x)$ เป็นค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดที่ระยะ x ซึ่งผลรวมค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดและค่าความเหนี่ยวนำเมื่อวัตถุอยู่ที่ตำแหน่ง x_O และเมื่อแทนค่าของ $\frac{d}{dx}L(x)$ จะได้ดังสมการที่ (3)

$$f(i,x) = C\left(\frac{i}{x}\right)^2 \tag{3}$$

เมื่อ $C = \frac{L_O X_O}{2}$ และจากการประมาณค่าสมการที่ (3) ด้วยสมการเชิงเส้นจะแทนแรงดึงดูดที่เกิดขึ้นได้ดังสมการที่ (4) สำหรับกรณีที่เกิดสภาวะสมดุลจะเกิดแรงดึงดูดมีค่าดังสมการที่ (5) ดังนั้นจะเขียนสมการทางพลศาสตร์ของระบบที่สภาวะใดๆตามสมการที่ (6) จากนั้นหาผลแปลงลาปลาซสมการที่ (6) ได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบที่เป็นระยะการลอยตัวเทียบกับกระแสที่ไหลผ่านขดลวดดังสมการที่ (7) ในส่วนของเซนเซอร์วัดระยะระหว่างวัตถุและขดลวดจะต่อเข้ากับวงจรปรับสภาพสัญญาณและเอาต์พุตวงจรให้แรงดันที่สัมพันธ์กับระยะ x โดยเขียนในรูปผลการแปลงลาปลาซดังสมการที่ (8)

$$f(i,x) = C\left(\frac{I_O}{x_O}\right)^2 + \left(\frac{2CI_O}{x_O{}^2}\right)\cdot i - \left(\frac{2CI_O{}^2}{x_O{}^3}\right)x \tag{4}$$

$$f_O = C\left(\frac{I_O}{x_O}\right)^2 = mg \tag{5}$$

$$m\cdot\frac{d^2}{dt^2}x = K_1\cdot x - K_2\cdot i \tag{6}$$

$$\frac{X(s)}{I(s)} = \frac{K_2}{K_1 - ms^2} \tag{7}$$

$$V(s) = \beta\cdot X(s) \tag{8}$$

เมื่อ $K_1 = \frac{2CI_O{}^2}{(x_O)^3}$ และ $K_2 = \frac{2CI_O}{(x_O)^2}$

สำหรับขดลวดที่เป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกควบคุมด้วยวงจรขับที่ทำงานด้วยสัญญาณพีดับบลิวเอ็มโดยเขียนฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรขับและขดลวดโดยอินพุตคือสัญญาณควบคุมวงจรขับและเอาต์พุตคือค่ากระแสที่ไหลผ่านขดลวดดังสมการที่ (9)

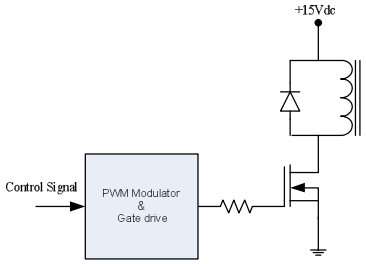
$$\frac{I(s)}{U(s)} = \frac{K_{PWM}}{Ls+R} \tag{9}$$

เมื่อ K_{PWM} คืออัตราขยายของวงจรขับขดลวดที่เป็นอัตราส่วนของขนาดแรงดันไฟตรงที่จ่ายให้วงจรขับขดลวดต่อแรงดันยอดของสัญญาณแรมป์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณพีดับบลิวเอ็มโดยในที่นี้ K_{PWM} มีค่าเท่ากับ 10

L คือค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดเท่ากับ 536.27 μH

R คือค่าความต้านทานของขดลวดเท่ากับ 8.96 Ω

ในบทความนี้ใช้การควบคุมแบบคาสเคดที่มีลักษณะดังในรูปที่ 2 โดยการควบคุมลูปในเป็นการควบคุมกระแสของขดลวดและลูปนอกเป็นการควบคุมระยะการลอยตัวของวัตถุและมีการใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกทำงานร่วมกับตัวควบคุมแบบพีไอดีเพื่อการควบคุมระยะการลอยตัวของวัตถุ



รูปที่ 3 วงจรขับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า

ส่วนวงจรขับขดลวดที่ควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณพีดับบลิวเอ็มจะแสดงดังรูปที่ 3 โดยความถี่ของสัญญาณพีดับบลิวเอ็มในที่นี้เลือกใช้ค่า 10 kHz และสวิตช์กำลังใช้มอสเฟตกำลัง

3 การออกแบบตัวควบคุม

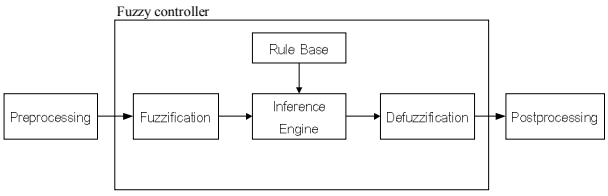
3.1 ตัวควบคุมกระแสขดลวด

ในการออกแบบตัวควบคุมจะต้องออกแบบตัวควบคุมลูปในก่อน ซึ่งเป็นลูปของการควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขดลวดโดยใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนจากสมการที่ (9) จากนั้นกำหนดคุณสมบัติวงปิดของลูปควบคุมกระแสที่ต้องการในที่นี้กำหนดให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ของการพุ่งเกินคือ 5% และค่าเวลาเข้าที่ (Settling time) เท่ากับ 200 μs จากนั้นคำนวณค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมกระแสด้วยวิธีการเส้นทางเดินรากได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมกระแสดังสมการที่ (10) และจากค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมกระแสนี้จะถูกนำไปสร้างเป็นตัวควบคุมพีไอแบบแอนะล็อกที่สร้างด้วยออปแอมป์

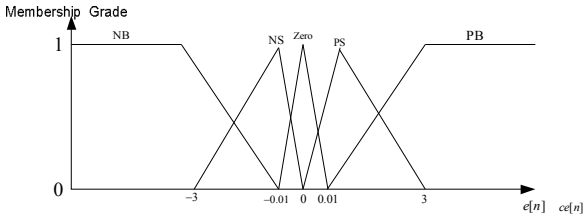
$$G_{CI}(s) = 9.02 + \frac{74866}{s} \qquad (10)$$

3.2 ตัวควบคุมตำแหน่งการลอยตัว

ส่วนตัวควบคุมตำแหน่งการลอยตัวของวัตถุนั้นจะถูกสร้างบนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีตัวประมวลผลคือ dsPIC30F4011 โดยการออกแบบตัวควบคุมตำแหน่งนี้ยังใช้วิธีการเส้นทางเดินรากที่ออกแบบบนระนาบ s โดยกำหนดค่าเวลาเข้าที่ 0.5 s และเลือกอัตราการพุ่งเกินเป็นศูนย์ จากสมการที่ (7) และ (8) แทนค่าพารามิเตอร์ของระบบคือ m เท่ากับ 0.04 kg, g เท่ากับ 9.8 m/s^2, x_0 เท่ากับ 0.04 m และ I_0 เท่ากับ 1.79 A นอกจากนั้นการออกแบบยังได้ละเลยผลการควบคุมของลูปในโดยประมาณว่ามีการควบคุมที่ให้ผลแบบอุดมคตินั่นคือค่ากระแสและคำสั่งกระแสนั้นเหมือนกันอย่างสมบูรณ์เพื่อลดความยุ่งยากในการคำนวณพารามิเตอร์ตัวควบคุมตำแหน่งซึ่งเป็นลูปนอกของระบบ จากการออกแบบด้วยวิธีการเส้นทางเดินรากได้ค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมพีไอดีดังนี้ K_p เท่ากับ 2.54, K_i เท่ากับ 10.17 และ K_D คือ 0.159 โดยในการสร้างตัวควบคุมบนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะเขียนสมการประมาณของตัวควบคุมพีไอดีด้วยวิธีการแทนค่าย้อนกลับ (Backward substitution) และเวลาในการสุ่มเพื่อคำนวณสัญญาณควบคุมมีค่าเท่ากับ 1 ms ในส่วนของตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกที่เพิ่มเข้ามานั้นจะใช้ตัวควบคุมที่มีโครงสร้างดังรูปที่4



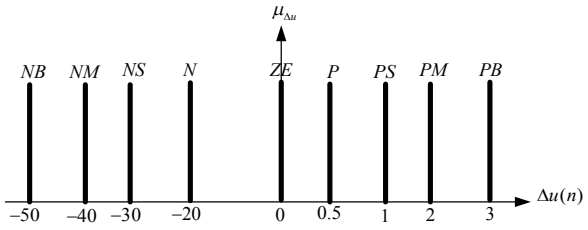
รูปที่ 4 โครงสร้างของตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 5 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของค่าผิดพลาดและค่าผลต่างความผิดพลาด

ตารางที่ 1 กฎฟัซซี่ที่ใช้ในการควบคุม

Cen / en	NB	NS	ZE	PS	PB
NB	NB	NM	NS	N	0
NS	NM	NS	N	0	P
ZE	NS	N	0	P	PS
PS	N	0	P	PS	PM
PB	0	P	PS	PM	PB



รูปที่ 6 ฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรเอาต์พุตตัวควบคุมแบบฟัซซี่

ค่าฟังชันก์ความเป็นสมาชิกของตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกแสดงดังรูปที่ 5 ส่วนกฎฟัซซี่เป็นแบบ if-then เช่น

IF e[n] ZE and ce[n] is ZE then u[n] is ZE

โดย e[n] คือค่าผิดพลาดที่สุ่มได้ ณ เวลาปัจจุบัน

ce[n] คือค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าผิดพลาด

กฎฟัซซี่ที่ใช้ในการควบคุมจะมีรายละเอียดดังในตารางที่ 1 และฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรเอาต์พุตจะมีค่าดังแสดงในรูปที่ 6 ส่วนการคำนวณสัญญาณควบคุมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกพัฒนาโดยการเขียนโปรแกรมควบคุมเป็นภาษาซี และนำสัญญาณควบคุมที่ได้จากตัวควบคุมพีไอดีและตัวควบคุมฟัซซี่มารวมกัน จากนั้นส่งสัญญาณควบคุมนี้ออกที่ขาสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์ในแบบของสัญญาณ

พีดับบลิวเอ็มจากนั้นใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่สร้างจากตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเพื่อกรองสัญญาณควบคุมนี้ให้เป็นแรงดันไฟตรงกลายเป็นค่าคำสั่งกระแสที่จะไปควบคุมวงจรขับขดลวดให้เกิดกระแสตามที่ต้องการ

4 ผลการทดสอบระบบ

จากแนวคิดการออกแบบดังกล่าวได้นำมาสร้างต้นแบบเพื่อการทดสอบระบบควบคุมการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็กซึ่งได้สร้างเป็นต้นแบบที่สามารถนำไปเชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์ตัวควบคุมอื่นๆก็ได้ซึ่งจะง่ายในการใช้เพื่อการพัฒนากรรมวิธีการควบคุมใหม่ๆหรือเพื่อการเรียนรู้การออกแบบตัวควบคุมสำหรับนักศึกษาที่เรียนวิชาด้านการออกแบบตัวควบคุม โดยต้นแบบที่สร้างมีรูปร่างดังรูปที่ 7

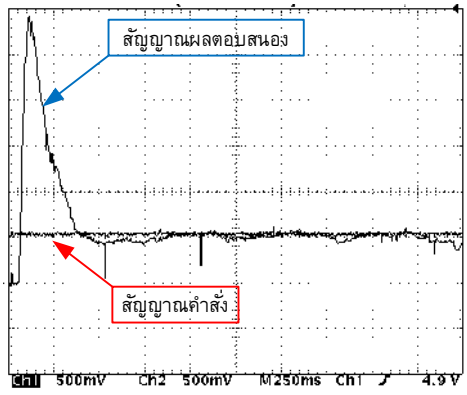


รูปที่ 7 เครื่องต้นแบบระบบควบคุมการลอยตัวด้วยสนามแม่เหล็ก

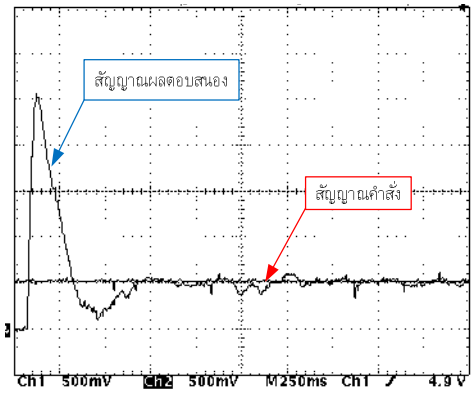
ในการทดสอบจะกำหนดคำสั่งระยะการลอยตัวของวัตถุห่างจากแม่เหล็กเท่ากับ 3.8 เซนติเมตรโดยในรูปที่ 8 เป็นผลการควบคุมเมื่อตัวควบคุมเป็นแบบพีไอดีและในรูปที่ 9 เป็นกรณีใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีทำงานร่วมกับตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก ในรูปที่ 10 เป็นผลการควบคุมขณะมีการเปลี่ยนค่าสั่งระยะด้วยตัวควบคุมแบบที่นำเสนอ

5. สรุปผลการทดสอบระบบ

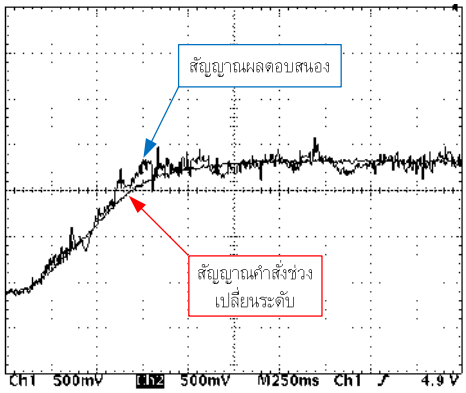
จากผลการทดสอบระบบควบคุมที่นำเสนอสามารถลดอัตราการพุ่งเกินได้เมื่อเทียบกับกรณีการใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีเพื่อการควบคุมระยะลอยตัว แต่อย่างไรก็ดีจากการเกิดการพุ่งเกินของทั้งสองกรณีก็ยังมีค่าที่ค่อนข้างมากคือ 0.8 cm กรณีตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกและพีไอดีและมีค่าพุ่งเกินเท่ากับ 1 cm กรณีใช้ตัวควบคุมพีไอดีเพียงอย่างเดียวซึ่งอาจจะต้องไปพิจารณาผลของการควบคุมลูปในว่ามีความเร็วพอหรือไม่ซึ่งจะส่งผลต่อผลตอบสนองการควบคุมตำแหน่งโดยตรง



รูปที่ 8 ผลการควบคุมตำแหน่งด้วยตัวควบคุมพีไอดีที่คำสั่งระยะ 3.8 cm



รูปที่ 9 ผลตอบสนองการควบคุมด้วยตัวควบคุมพีไอดีและฟัซซี่ลอจิกที่คำสั่งระยะ 3.8 cm



รูปที่ 10 ผลตอบสนองการควบคุมด้วยตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิกและพีไอดีขณะมีการเปลี่ยนแปลงคำสั่งระยะ

เอกสารอ้างอิง

[1] W. G. Hurley and W. H. Wolfle "Electromagnetic design of a magnetic suspension system", *IEEE Trans. Educ.*, vol. 40, no. 2, pp.124 -130 1997

[2] Suster, P. and Jadlovska, A. "Modeling and control design of Magnetic levitation system," *Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), 2012 IEEE 10th International Symposium on*, vol. 1, pp.295-299, 26-28 Jan. 2012

[3] Chang-Hyun Kim, Jaewon Lim, Changsun Ahn, Jinwoo Park, and Doh Young Park, "Control design of passive magnetic levitation tray," *Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2013 International Conference on* , pp.1978,1980, 26-29 Oct. 2013

[4] Yuqing He; Jianda Han, "A New Nonlinear Controller Design Method Based on Control Lyapunov Function," *Robotics and Biomimetics, 2006. ROBIO '06. IEEE International Conference on* , vol., no., pp.1112,1116, 17-20 Dec. 2006

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การวินิจฉัยความผิดปกติของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังโดยการตรวจจับสัญญาณเสียง

Failure Diagnosis of On-load Tap Changers of Power Transformer using Noise Monitoring

ประถม เอกรัตน์[1], นครินทร์ เกษมทรัพย์[2], สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ[2], และ นนทวัฒน์ จุลเดชะ[3]

[1]บัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530 โทรศัพท์: 0-2988-3666 ต่อ 3305

[3]สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์: 0-2326-4221

E-mail: prathom.e@egat.co.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอกระบวนการวินิจฉัยความผิดปกติของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้า (On-load tap changer) ของหม้อแปลงกำลังขนาดพิกัดแรงดันปานกลาง โดยใช้วิธีการวัดสัญญาณเสียงที่เกิดจากการสั่นและการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ซึ่งง่ายต่อการวิเคราะห์และวินิจฉัยความผิดปกติที่เกิดขึ้นของอุปกรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแบบเดิม เพื่อพิสูจน์แนวคิดของวิธีการที่นำเสนอจึงนำผลการทดสอบของอุปกรณ์ในสภาวะที่เกิดความผิดปกติมาเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ใหม่ซึ่งเพิ่งติดตั้งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวิธีการวินิจฉัยความผิดปกติที่นำเสนอนี้สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาความผิดปกติที่เกิดขึ้นของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังที่หน้างานจริงในขณะกำลังถูกใช้งาน

Abstract

This paper proposes failure diagnosis of on-load tab changers of the medium voltage power transformer using a noise monitoring method which is taken placed from both vibration and movement. This technique is easier than the conventional failure monitoring technique. To verify the proposed technique, the experimental results from either the failure devices of on-load tap changer or the new one are compared together. All results evidently show that the proposed technique can be used for the on-line monitoring for failure diagnosis of the on-load tap changer of the power transformer.

***Keywords*:** on-load tap changer, failure diagnosis, power transformer

1. บทนำ

หม้อแปลงกำลังที่มีใช้งานอยู่ในระบบผลิตและส่งจ่ายกำลังไฟฟ้านั้นจะมีการปรับเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานของโหลดที่เปลี่ยนแปลงไป โดยอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลัง เพื่อให้ได้พิกัดของแรงดันไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการนั้น ต้องมีการทำงานในการหมุนเพื่อปรับเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับโหลดอยู่บ่อยครั้ง ในบางอุตสาหกรรมโหลดมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันมีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงทำให้การหมุนเพื่อปรับเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้านี้มีจำนวนครั้งต่อวันสูงเกินกว่าค่าที่ทางบริษัทผู้ผลิตกำหนด ส่งผลให้หน้าสัมผัสและชิ้นส่วนในการขับเคลื่อน รวมถึงอุปกรณ์ประกอบในส่วนต่างๆ ชำรุดเสียหายเร็วขึ้น และการที่โหลดเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนย่อมส่งผลต่ออายุการใช้งานของอุปกรณ์ตามไปด้วย

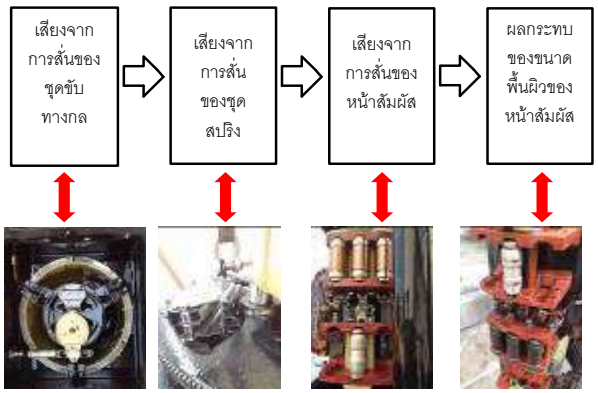
การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังที่บริษัทผู้ผลิตได้กำหนดไว้เป็นแผนการบำรุงรักษาตามวาระนั้นผู้ใช้งานต่างถือเป็นการปฏิบัติตามกันมาตามที่กำหนดให้ อาทิเช่น ต้องทำการตรวจสอบเมื่ออุปกรณ์มีการทำงานครบ 100,000 ครั้ง หรือเมื่อครบกำหนดในระยะเวลา 5 ปีขึ้นอยู่กับระยะไหนถึงก่อน ภายใต้สภาวะการทำงานไม่เกินจำนวนครั้งตามที่กำหนด แต่บ่อยครั้งพบว่า การใช้งานจริงมีความแตกต่างกับที่บริษัทผู้ผลิตได้กำหนดเป็นอย่างมากเนื่องจากโหลดที่เปลี่ยนแปลงบ่อยจนส่งผลให้อุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลัง ทำงานมากกว่าที่บริษัทผู้ผลิตได้กำหนดไว้ และเกิดการชำรุดเสียหายก่อน และบางครั้งเกิดความเสียร้ายแรงกับระบบไฟฟ้าที่อุปกรณ์ต่อใช้งานอยู่ รวมทั้งการตรวจสอบ และวิเคราะห์ผลการทำงานของอุปกรณ์ชนิดนี้ใช้การตรวจสอบจากแผนบำรุงรักษาตามวิธีปฏิบัติพื้นฐานเช่น การวิเคราะห์ก๊าซที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ (Dissolved gas analysis) การวัดความต้านทานไฟฟ้าด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current resistance test) [1] ซึ่งทุกวิธีต้องอาศัยการต่อวงจรด้วยการวัดค่ากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า รวมถึงต้องเก็บตัวอย่างน้ำมันและชิ้นส่วนต่างๆเพื่อนำไปวิเคราะห์ผล ซึ่งมีขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อน และใช้เวลานานเป็นเหตุให้บางครั้งอุปกรณ์เกิดการชำรุดเสียหายก่อนที่จะครบกำหนดตามวาระตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด ซึ่งส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อระบบผลิตและระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าเป็นอย่างมาก

บทความนี้นำเสนอกระบวนการวินิจฉัยความผิดปกติของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้าปานกลางขณะจ่ายไฟโดยใช้สัญญาณเสียงที่เกิดขึ้น โดยไม่ต้องยุ่งเกี่ยวกับส่วนประกอบต่างๆ ของหม้อแปลง โดยทำการเก็บผลการทำงานอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงในสภาวะปกติเปรียบเทียบกับในสภาวะผิดปกติ และนำสัญญาณเสียงที่ได้มาพิจารณาแยกเสียงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ และ/หรือการสั่นของส่วนประกอบต่าง ๆ ของหม้อแปลง

2. แหล่งกำเนิดเสียง

การปลดปล่อยพลังงานเสียง (Acoustic emission) ที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนต่างๆ ที่อยู่ภายในอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังขณะที่ตัวขับหมุนเพื่อปรับเปลี่ยนระดับแรงดันให้เหมาะสมกับโหลดที่ถูกต่อใช้งาน การวิเคราะห์แหล่งกำเนิดเสียงสำหรับอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังอ้างอิงมาจากเทคนิคของ [2-4] และพิจารณาแหล่งที่มาของเสียงจาก [5] ซึ่งพิจารณาแยกตามโครงสร้างดังแสดงในดังรูปที่ 1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

- เสียงที่เกิดจากการสั่นของชุดขับเคลื่อนทางกลที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนที่ติดตั้งอยู่กับหม้อแปลงกำลัง
- เสียงที่เกิดจากการสั่นของชุดสปริงที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อทำให้อุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังเคลื่อนที่ได้
- เสียงที่เกิดจากการสั่นของชุดหน้าสัมผัสภายในอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังที่เคลื่อนที่หมุนไปสัมผัสกับหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่ภายในหม้อแปลงกำลัง
- ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับขนาดพื้นผิวของหน้าสัมผัส ที่สัมพันธ์กับเสียงที่เกิดขึ้น



รูปที่ 1. แผนภาพของเสียงจากอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้า

3. วิธีทดสอบ ผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผล

การทดสอบเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สภาพการใช้งานของชิ้นส่วนต่างๆ ภายในอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลัง โดยพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดเสียงที่เกิดจากการทำงานจริงของอุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการจำแนกหาความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ ในการทดสอบเก็บข้อมูลสัญญาณเสียงจากสถานที่และอุปกรณ์จริงโดยใช้ไมโครโฟนและทำการแปลงผลสัญญาณเสียง การทดสอบในสถานที่จริง มีประโยชน์ในการอธิบายตัวอย่างสัญญาณเสียงที่เกิดจากการสั่น (vibro-acoustic signals) ที่พบในอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังทั้งใหม่ และที่ผ่านการใช้งานไปแล้ว

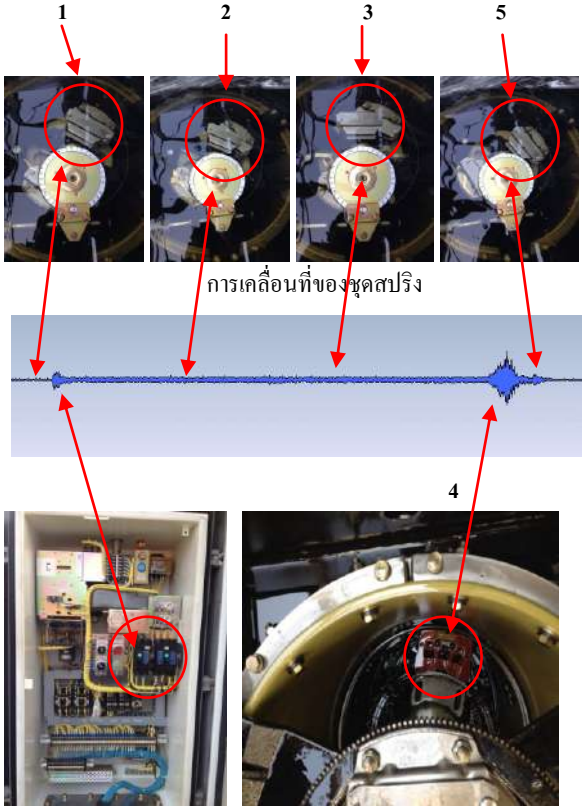
โดยการศึกษาเบื้องต้น ต้องการที่จะจำแนกเสียงที่เกิดจากการสั่นของชุดขับเคลื่อนทางกลที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนที่ติดตั้งอยู่กับหม้อแปลงกำลัง เสียงที่เกิดจากการสั่นของชุดสปริงที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อให้ชุดอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังเคลื่อนที่ได้ และเสียงที่เกิดจากการสั่นของชุดหน้าสัมผัสภายในอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังที่เคลื่อนที่ได้หมุนไปสัมผัสกับหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่ภายในหม้อแปลงกำลัง รวมถึงการศึกษาผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับขนาดพื้นผิวของหน้าสัมผัสที่สัมพันธ์กับเสียงที่เกิดขึ้น นอกจากนั้นต้องการจำแนกประเภทของความแตกต่างของเสียงที่เกิดจากหน้าสัมผัสหลัก และหน้าสัมผัสรองของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าอีกด้วย

รูปแบบการวินิจฉัยสภาวะการทำงานของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังในงานวิจัยนี้ เกิดจากการพิจารณาสัญญาณเสียงที่เกิดจากโครงสร้างส่วนประกอบการทำงานของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลัง 2 ส่วน คือ เสียงที่เกิดจากการสั่นของชุดสปริง และเสียงที่เกิดจากผลกระทบของขนาดพื้นผิวของหน้าสัมผัส การเก็บข้อมูลเสียงใช้ไมโครโฟนยี่ห้อ ZOOM รุ่น H1 ที่มีคุณลักษณะสำคัญคือ บันทึกข้อมูลในรูปแบบ: WAV 16/24bit, ความถี่ในการสุ่ม: 44.1/48/96kHz, A/D Conversion: 24bit, 128times oversampling, Gain: 0 to +39dB, Minimum gain with digital attenuation: -28dB, Maximum Sound Pressure Level 120dB SPL โดยทำการติดตั้งไมโครโฟนบนผนังของหม้อแปลงกำลัง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของตัวอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลัง ขณะหม้อแปลงกำลังทำการปรับเปลี่ยนแทปการใช้งานเพื่อให้ชุดขับเคลื่อนทำการขับชุดหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ทำการเคลื่อนที่ไปสัมผัสกับชุดหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่ ใช้โปรแกรม WaveLab LE 7 และโปรแกรม MATLAB R2013a ทำหน้าที่แปลงผลสัญญาณเสียง

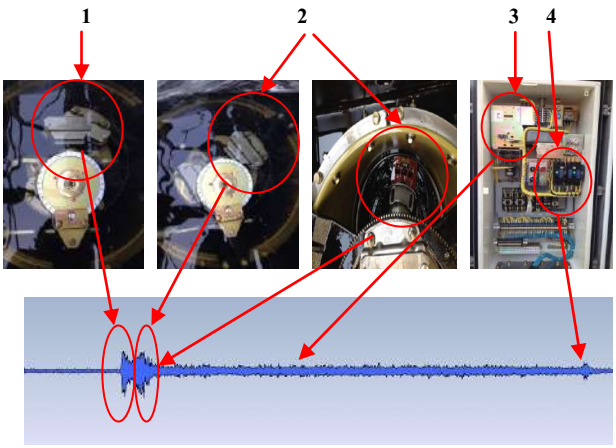
3.1 เสียงที่เกิดจากการสั่นของชุดสปริง

ต้นกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนและชุดหน้าสัมผัสภายในอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังที่เคลื่อนที่ได้หมุนไปสัมผัสกับหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่ภายในหม้อแปลงกำลัง ในการเก็บข้อมูล และแสดงรูปสัญญาณเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล ได้สัญญาณเสียงขณะอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาเป็นดังรูปที่ 2 ขณะที่อุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังยังไม่ทำงานชุดสปริงจะไม่ถูกชาร์จพลังงานไว้ (หมายเลข 1) แต่หลังจากได้รับคำสั่งให้เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าจะหมุนเพื่อชาร์จสปริง ดึงให้ชุดหน้าสัมผัสทั้งหมดทำการหมุนเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าไปยังตำแหน่งใหม่ (หมายเลข 2 และ 3) จากนั้นหน้าสัมผัสทั้งหมดจะถูกหมุนเพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้า และรอคำสั่งการทำงานในครั้งต่อไป (หมายเลข 4) ในส่วนหมายเลข 5 คือสัญญาณเสียงที่เกิดจากการทำงานของชุดที่สปริงที่สับเข้าตำแหน่งเดิม จากรูปจะเห็นว่าเมื่อชุดสปริงเคลื่อนที่ อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า และอุปกรณ์ควบคุมทางกลทำงาน สัญญาณเสียงที่เกิดขึ้นสามารถแยกพิจารณาออกเป็นแต่ละส่วนได้อย่างชัดเจน เมื่อทำการเก็บสัญญาณเสียงซ้ำหลาย ๆ ครั้งข้อมูลก็ยังมีรูปแบบคงเดิม หลังจากนั้นทำการบันทึกผลในกรณีเกิดสภาวะความผิดปกติของการทำงานของ

อุปกรณ์ สัญญาณเสียงเป็นดังรูปที่ 3 ขณะอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังยังไม่ทำงานชุดสปริงจะถูกชาร์จพลังงานค้างไว้ (หมายเลข 1) หลังจากที่มีสั่งให้เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นชุดสปริงจะถูกสับเพื่อดึงให้ชุดหน้าสัมผัสทั้งหมดทำการหมุนเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าไปยังตำแหน่งใหม่ (หมายเลข 2) จากนั้นมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำการหมุนเพื่อชาร์จสปริงรอในการสั่งอุปกรณ์ให้ทำงานในครั้งต่อไป (หมายเลข 3) ส่วนหมายเลข 4 คือสัญญาณเสียงที่เกิดจากการทำงานของแมกเนติกคอนเทคเตอร์ จากรูปสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่าอุปกรณ์ควบคุมทางกลทำงานแตกต่างจากการทำงานของอุปกรณ์ในสภาวะปกติ



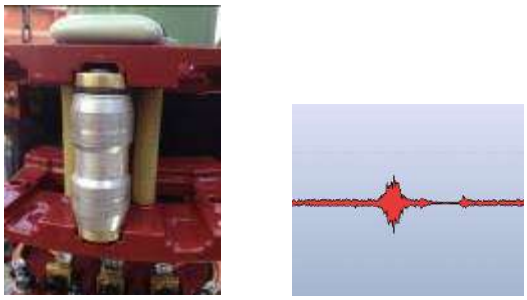
รูปที่ 2. สัญญาณเสียงขณะอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานในสภาวะปกติ



รูปที่ 3. สัญญาณเสียงขณะอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานในสภาวะผิดปกติ

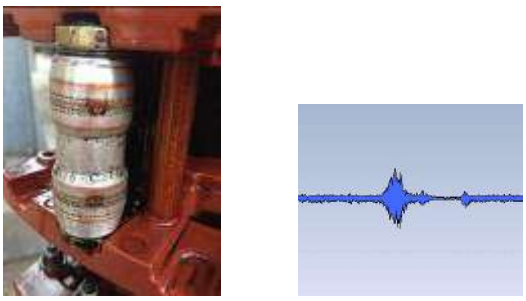
3.2 เสียงที่เกิดจากผลกระทบของขนาดพื้นผิวของหน้าสัมผัส

การอธิบายถึงผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับปริมาณพื้นผิวของหน้าสัมผัสที่สัมพันธ์กับเสียงที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานของปรากฏการณ์การปลดปล่อยของพลังงานเสียงที่เกิดจากการสั่นนั้น สามารถอธิบายผลได้จากย่านความถี่ และขนาดของเสียงที่เกิดขึ้น [6-7] เมื่อพื้นผิวของหน้าสัมผัสมีค่าน้อยลง ซึ่งเกิดจากการสึกเนื่องจากการใช้งาน ตลอดจนอายุการทำงานของอุปกรณ์ที่ถูกติดตั้งอยู่ในระบบ หน้าสัมผัสหลักของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลัง และสัญญาณเสียงในสภาวะปกติเป็นดังรูปที่ 4 และในสภาวะที่หน้าสัมผัสหลักสึกเนื่องจากการใช้งานมานานเป็นดังรูปที่ 5 และจากการศึกษาการใช้งานของอุปกรณ์จริงพบว่านอกจากหน้าสัมผัสหลักที่เกิดความผิดปกติแล้ว หน้าสัมผัสรองของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าเมื่อถูกใช้งานเป็นเวลานานพื้นผิวของหน้าสัมผัสก็จะได้รับความเสียหายเช่นกันดังแสดงเป็นภาพถ่ายในรูปที่ 6



(ก) หน้าสัมผัสหลัก (ข) สัญญาณเสียง

รูปที่ 4. หน้าสัมผัสหลักของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลัง และสัญญาณเสียงในสภาวะปกติ



(ก) หน้าสัมผัสหลัก (ข) สัญญาณเสียง

รูปที่ 5. หน้าสัมผัสหลักของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลัง และสัญญาณเสียงในสภาวะผิดปกติ

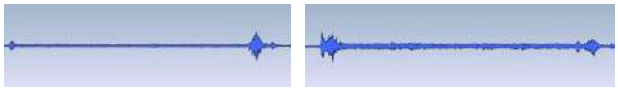
เพื่อแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน และเพื่อยืนยันให้เห็นถึงการนำสัญญาณเสียงมาใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติที่เกิดขึ้นของส่วนประกอบต่างๆ ในอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นจึงนำสัญญาณเสียงของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานมานานจนได้รับความเสียหาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของสปริงที่จะถูกชาร์จค้างตลอดเวลาจนส่งผลให้สปริงเกิดความล้าและอาจจะขาดได้ มาเปรียบเทียบ

กับอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังใหม่ที่ยังไม่เคยผ่านการใช้งาน ได้ผลการทดสอบเป็นดังรูปที่ 7 จากรูปจะเห็นว่าสามารถนำสัญญาณเสียงมาใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิงเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการตรวจสอบเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นในอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลัง



(ก) สภาวะปกติ (ข) สภาวะผิดปกติ

รูปที่ 6. หน้าสัมผัสรองของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้า



(ก) อุปกรณ์ใหม่ (ข) อุปกรณ์เสียหาย

รูปที่ 7. เปรียบเทียบรูปแบบเสียงของอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าทั้งระบบทั้งในสภาวะปกติ และผิดปกติทั้งระบบ

4. สรุปผล

วิธีการวิเคราะห์สภาพการใช้งานของชิ้นส่วนต่างๆ ภายในอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังขนาดพิกัดกำลังปานกลางที่นำเสนอ โดยพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดเสียงที่เกิดจากการทำงานจริงเพื่อนำมาจำแนกหาความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์นั้น ในการทดสอบเก็บข้อมูลสัญญาณเสียงจากสถานที่และอุปกรณ์จริงโดยใช้ไมโครโฟนและทำการแปลงผลสัญญาณเสียงนั้นโดยใช้โปรแกรม WaveLab LE 7 และโปรแกรม MATLAB R2013a ผลการทดสอบยืนยันให้เห็นอย่างชัดเจนว่ารูปแบบสัญญาณเสียงที่ได้สามารถนำมาใช้จำแนกผลของแหล่งกำเนิดเสียงระหว่างอุปกรณ์ปกติกับอุปกรณ์ที่เกิดการชำรุดเสียหายได้ ซึ่งมีประโยชน์ในการอธิบายตัวอย่างสัญญาณเสียงที่เกิดจากการสั่นที่พบในอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังทั้งใหม่ และที่ผ่านการใช้งานไปแล้ว

จากการศึกษาเบื้องต้นจากข้อมูลที่ได้ทั้งจากการวัด และการวิเคราะห์ตามที่ได้นำเสนอจะเห็นว่าวิธีการวัดสัญญาณเสียงสามารถนำมาใช้เพื่อจำแนกเสียงที่เกิดจากการสั่นของชุดขับเคลื่อนทางกลที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนที่ติดตั้งอยู่กับหม้อแปลงกำลัง เสียงที่เกิดจากการสั่นของชุดสปริงที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อให้ชุดอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังเคลื่อนที่ได้ และเสียงที่เกิดจากการสั่นของชุดหน้าสัมผัสภายในอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงกำลังที่เคลื่อนที่หมุนไปสัมผัสกับหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่ภายในหม้อแปลงกำลัง รวมถึงการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากขนาดพื้นผิวของหน้าสัมผัสที่สัมพันธ์กับเสียงที่เกิดขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถใช้จำแนกประเภทของความแตกต่างของเสียงที่เกิดจากการทำงานของชุดสปริงที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์นี้ได้เป็นอย่างดี

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คุณประวิทย์ จันทร์เอี่ยม หัวหน้าแผนกหม้อแปลงไฟฟ้า คุณวรรณณพ โมกขศักดิ์ แผนกวิศวกรรมเครื่องจักรไฟฟ้าและระบบป้องกัน คุณสาโรจน์ มากคง และทีมงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ อำนวยความสะดวกในการทดสอบและให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] CIGRE WG A2.34, “Guide for transformer maintenance”, TB #445, February 2011.

[2] M. Foata, C. Rajotte and A. Jolicoeur, “On-Load Tap Changer Reliability and Maintenance Strategy”, CIGRÉ 2006, paper A2-102.

[3] M. Foata, B. Girard, C. Landry, A. Mow, and C. Rajotte, “Field experience with the implementation of a new on-line vibro-acoustic diagnostic for on-load tap changers”, Double users conference, Boston, 2005.

[4] M. Gauvin, P. Picher, S. Riendeau, F. Léonard, and C. Rajotte, “Field experience with tap- changer and bushing monitoring”, CIGRE SC A2/D1 joint colloquium, Kyoto, 2011.

[5] Zawieska WM. “A Power Transformer as a Source of Noise”, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE) 2007, vol. 13, no. 4, 381–389 Poland: Central Institute for Labour Protection – National Research Institute, 2007.

[6] Cipriano Bartoletti, Maurizio Desiderio, Danilo Di Carlo, Giuseppe Fazio, Francesco Muzi, Giancarlo Sacerdoti, and Fabio Salvatori “Vibro-Acoustic Techniques to Diagnose Power Transformers”, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 19, no.1, January 2004.

[7] P. picher, S. riendeau, M.gauvin, F. leonard, L. dupont, J. goulet, and C. rajotte, Hydro-Québec “New technologies for monitoring transformer tap-changers and bushings and their integration into a modern IT infrastructure”, CIGRE 2012, paper A2-101.21, rue d’Artois, F-75008 Paris.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านโดยใช้อุปกรณ์พลังงานต่ำ

Development of automatic control system of home appliances using low-power devices

ดิราภา สุวรรณฤทธิ์ และ วาทิต เบญจพลกุล

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

m-isun@hotmail.com, watit.b@chula.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านโดยใช้อุปกรณ์พลังงานต่ำ ภายในระบบได้นำเซ็นเซอร์ต่างๆ มาเป็นตัวควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านตามวัตถุประสงค์ของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านและมีการแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บบราวเซอร์บน โครงข่ายอินเทอร์เน็ต โดยระบบมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานที่สูญเปล่า เพิ่มความสะดวกสบายและความปลอดภัย ผู้อยู่อาศัยไม่ต้องกังวลเรื่องต้องรับภาระค่าไฟที่จะเพิ่มขึ้นหลังจากติดตั้งระบบเข้าไปภายในบ้านเพราะระบบพัฒนามาจากอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่ำในการประมวลผล Raspberry Pi และในการรับส่งข้อมูลระยะใกล้ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายซิกบี เมื่อนำระบบมาทดสอบการใช้พลังงานสามารถคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 3.912 หน่วยต่อเดือนและคิดเป็นค่าไฟประมาณ 11 บาทต่อเดือน เมื่อเทียบกับการที่ติดตั้งระบบเข้าไปภายในบ้านแล้วมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงทำให้ผู้อยู่อาศัยจ่ายค่าไฟในราคาที่ถูกลงกว่าเดิมซึ่งเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าและได้รับประโยชน์หลายอย่างมากขึ้น

Abstract

This paper presents a development of an automatic control system of electrical appliances within the home using low-power devices. The system uses various sensors to automatically control electrical appliances within the home for purposes of home energy management system and display the data via the web browser on the Internet. The system aims to reduce energy waste. In addition to convenience and safety, residents do not have to worry about increasing power expense after installation into the home because the system is developed from a low energy Raspberry Pi and the data transmission is through ZigBee wireless communication technology. Once the system was tested for energy consumption, the amount of electrical energy is only 3.912 units per month or about 11 baht per month. Compared with the system installed inside the house and with the use of electrical energy reduction, the residents pay for electricity at a cheaper price than the original, it is a worthwhile investment and benefit.

***Keywords*:** ZigBee, HEMS, Sensor, Raspberry Pi

1. บทนำ

จากปัญหาเรื่องการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าภายในประเทศไทย เนื่องจากปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีมากกว่าปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าทำให้ต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศและปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี จากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย [1] พบว่าสาขาที่มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าสูงที่สุดคือภาคอุตสาหกรรมคิดเป็นร้อยละ 44–46 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งประเทศ รองลงมาคือภาคครัวเรือนคิดเป็นร้อยละ 22–23 การลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนจึงเป็นสาขาที่น่าสนใจในการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านเพราะเป็นสาขาที่อยู่ใกล้ตัวทุกคนมากที่สุดและมีขนาดเล็กที่สามารถขยายระบบไปสู่สาขาอื่นๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่าได้ง่ายและมีงานวิจัยจำนวนมากที่ทำเพื่อการพัฒนาระบบจัดการพลังงานภายในบ้านตัวอย่างเช่น

ชนัตพล ผิวล่อง [2] ได้เสนอระบบจัดการพลังงานภายในบ้านซึ่งระบบมีการทำงานของ 3 ฟังก์ชันได้แก่ การวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างชาญฉลาดคือมีปลั๊กไฟอัจฉริยะควบคุมการเปิด–ปิดโหลดเป็นรอบสัปดาห์ การควบคุมแบบอัตโนมัติคือใช้เซ็นเซอร์ (Sensor) ควบคุมการเปิด–ปิดโหลดและการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าคือรายงานการใช้พลังงานไฟฟ้า ทำให้ผู้ใช้หันมาใช้ไฟฟ้าในช่วงราคาถูก โดยระบบรับส่งข้อมูลผ่านซิกบี (ZigBee) และใช้คอมพิวเตอร์เป็นเซิร์ฟเวอร์ของระบบ

จากงานวิจัยที่มีอยู่สามารถวิเคราะห์ปัญหาของระบบที่ออกแบบได้คือใช้คอมพิวเตอร์เป็นเซิร์ฟเวอร์และออกแบบอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนต้องให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ติดตั้งทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายและค่าไฟฟ้าโดยรวม และควบคุมได้ในระยะใกล้เท่านั้นทำให้เกิดความยุ่งยากในการใช้งาน บทความนี้ได้นำแนวคิดของงานวิจัยที่มีอยู่มาต่อยอดกล่าวคือการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านโดยใช้อุปกรณ์พลังงานต่ำมีการควบคุมอยู่ 3 แบบคือการควบคุมด้วยตัวผู้ใช้เอง, การควบคุมอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์และการควบคุมอัตโนมัติด้วยเวลา โดยระบบได้พัฒนาอุปกรณ์ควบคุมที่ง่ายต่อการติดตั้งคือปลั๊กไฟควบคุมอัจฉริยะ, เซ็นเซอร์และใช้อุปกรณ์ประมวลผลพลังงานต่ำ Raspberry Pi โดยระบบรับส่งข้อมูลผ่านซิกบีและเชื่อมต่อกับเว็บบราวเซอร์บนระบบอีเทอร์เน็ต (Ethernet) และระบบอินเทอร์เน็ต (Internet) ผ่านวายฟาย (Wi-Fi) ทำให้สามารถควบคุมการเปิด–ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและทราบข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้จากระยะไกล เพื่อลดการใช้พลังงานที่สูญเปล่า เพิ่มความสะดวกสบายและความปลอดภัยของผู้ใช้

2. ทฤษฎีและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน (Home Energy Management System หรือ HEMS)

ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านคือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและระบบจัดการข้อมูลที่ทันสมัยโดยจะรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ในการบริหารและควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองให้น้อยลง วัตถุประสงค์ของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านมีดังต่อไปนี้ [3]

2.1.1 การควบคุมการใช้พลังงานอย่างประหยัดที่เชื่อมโยงกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน

ลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ภายในบ้านด้วยการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้านแบบอัตโนมัติ โดยใช้เซ็นเซอร์ต่างๆ ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น การควบคุมไฟส่องสว่างในห้องโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเคลื่อนไหวในกรณีที่ไม่มีคนอยู่ในห้องก็ให้ปิดไฟโดยอัตโนมัติ

2.1.2 การควบคุมการใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงวิกฤต (Peak Cut)

ในขณะที่มีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมากและอยู่ในช่วงวิกฤต (Peak) ระบบจะควบคุมปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการสั่งตัดไฟอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานอยู่ในขณะนั้นแบบอัตโนมัติ เมื่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจนถึงระดับหนึ่งระบบจะสั่งให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่หยุดทำงานสามารถกลับมาทำงานได้ตามปกติอีกครั้ง ซึ่งการควบคุมนี้เป็นการสั่งจากระบบให้หยุดการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยสามารถลำดับความสำคัญของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดว่าต้องการให้หยุดทำงานก่อนหรือหลัง

2.1.3 การเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้พลังงาน (Peak Shift / Time Shift)

เป็นแนวคิดการเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้พลังงาน ซึ่งในตอนกลางคืนจะมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างน้อย การใช้พลังงานไฟฟ้าจะเป็นลักษณะของการเก็บสะสมพลังงานไว้ในอุปกรณ์ Storage และในช่วงที่เวลาที่มีความต้องการใช้พลังงานเป็นจำนวนมากก็จะนำพลังงานที่เก็บสะสมไว้มาใช้งาน

สำหรับบทความนี้ได้นำเอาวัตถุประสงค์ข้อแรกคือการควบคุมการใช้พลังงานอย่างประหยัดที่เชื่อมโยงกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านมาใช้ในการพัฒนาระบบเพราะวัตถุประสงค์ข้อนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีก่อนที่จะพัฒนาระบบเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ข้ออื่นๆ ต่อไปกล่าวคือ มีการลงทุนระดับถูก, ผลประโยชน์ที่ได้ระดับดี, อุปสรรคต่อการดำเนินชีวิตของผู้ใช้ระดับปานกลางและความต่อเนื่องของการใช้ระดับดีมาก

2.2 ซิกบี (ZigBee)

บทความนี้นำซิกบีมาใช้เพราะคุณสมบัติส่วนใหญ่เหมาะสมกับระบบที่พัฒนา เช่น เป็นหนึ่งในมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลระยะใกล้ที่ใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4, มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ, ใช้พลังงานต่ำ, มีความเชื่อถือได้และสามารถรองรับการเชื่อมต่อของโนดได้จำนวนมาก [4]

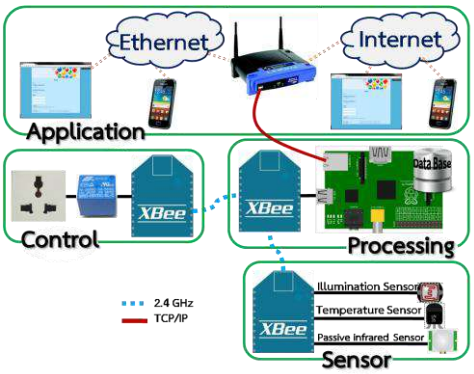
2.3 Raspberry Pi

บทความนี้นำ Raspberry Pi มาใช้เพราะเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดเล็ก โดยมีหน่วยความจำ, มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต (I/O Port), รองรับระบบแสดงภาพและเสียงทั้งดิจิทัลและแอนะล็อก, ขนาดเล็ก, น้ำหนักเบา, ราคาถูก, มีขั้วต่ออีเทอร์เน็ตและมีขั้วต่อ USB สำหรับเชื่อมต่อกับซิกบี [5]

3. รายละเอียดการพัฒนาระบบ

3.1 ภาพรวมของระบบ

การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านโดยใช้อุปกรณ์พลังงานต่ำแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนเซ็นเซอร์ (Sensor Part), ส่วนการประมวลผล (Processing Part), ส่วนควบคุม (Control Part) และส่วนโปรแกรมประยุกต์ (Application Part) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. ภาพรวมของระบบ

3.1.1 ส่วนเซ็นเซอร์

ประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์วัดความสว่าง เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์ตรวจวัดการเคลื่อนไหวและซิกบี ส่วนเซ็นเซอร์ทำหน้าที่วัดค่าต่างๆ ของบริเวณนั้นๆ แล้วส่งข้อมูลผ่านซิกบีไปยังส่วนการประมวลผล

3.1.2 ส่วนการประมวลผล

ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ประมวลผล Raspberry Pi และซิกบี ส่วนการประมวลผลทำหน้าที่ประมวลผลและเก็บข้อมูลทั้งหมดของระบบ ทั้งการรับข้อมูลจากส่วนเซ็นเซอร์และส่งข้อมูลไปยังส่วนควบคุมผ่านซิกบี

3.1.3 ส่วนควบคุม

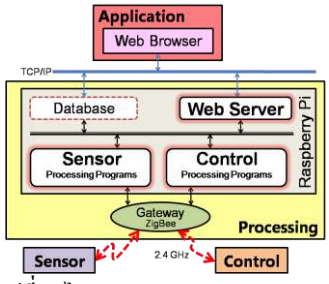
ประกอบไปด้วยรีเลย์ เต้ารับและซิกบี ส่วนควบคุมทำหน้าที่โดยมีรีเลย์เป็นเหมือนสวิตช์จะทำงานเมื่อได้รับข้อมูลจากส่วนการประมวลผลผ่านซิกบี

3.1.4 ส่วนโปรแกรมประยุกต์

ประกอบไปด้วยเราเตอร์ (Router) และอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับเราเตอร์ได้ทั้งมีสายและไร้สาย ส่วนโปรแกรมประยุกต์ทำหน้าที่เป็นเหมือนหน้าจอแสดงผลในการที่ผู้ใช้จะสามารถเข้าถึงระบบได้ง่าย โดยผ่านเว็บบราวเซอร์เพื่อดูข้อมูลต่างๆ ของระบบและใช้งานในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในบ้าน

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

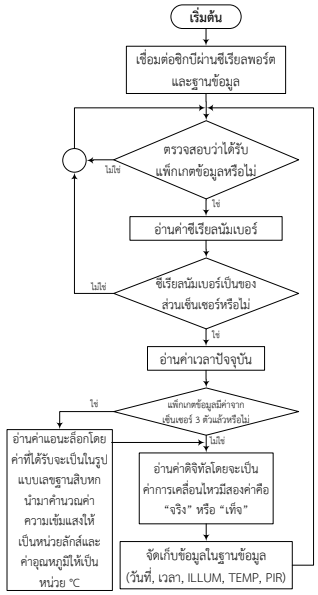
การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านโดยใช้อุปกรณ์พลังงานต่ำแบ่งส่วนการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ โปรแกรมประมวลผลเซ็นเซอร์ (Sensor Processing Programs), เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) และโปรแกรมประมวลผลการควบคุม (Control Processing Programs) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. ไดอะแกรมการทำงานของระบบ

3.2.1 โปรแกรมประมวลผลเซ็นเซอร์ (Sensor Processing Programs)

โปรแกรมประมวลผลเซ็นเซอร์คือโปรแกรมที่ประมวลผลข้อมูลจากส่วนเซ็นเซอร์ โดยส่วนเซ็นเซอร์วัดค่าความสว่าง อุณหภูมิและการเคลื่อนไหวทุกๆ 1 นาทีแล้วส่งข้อมูลเข้ามาที่เกตเวย์ซิกบี (Gateway ZigBee) นอกจากนี้ส่วนเซ็นเซอร์ยังส่งข้อมูลของค่าการเคลื่อนไหวในทันทีเมื่อมีการเปลี่ยนค่า โดยแผนผังของโปรแกรมประมวลผลเซ็นเซอร์มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3. แผนผังของโปรแกรมประมวลผลเซ็นเซอร์

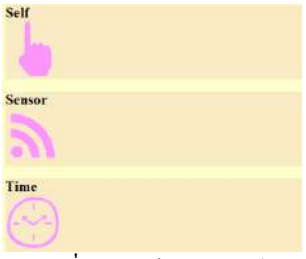
โปรแกรมประมวลผลเซ็นเซอร์รับข้อมูลจากเกตเวย์ซิกบีเพื่อนำมาประมวลผล โดยค่าแอนะล็อกที่ได้รับจะเป็นในรูปแบบเลขฐานสิบหกแล้วคำนวณค่าความสว่าง (Illumination) ให้เป็นหน่วยลักส์ (Lux) และค่าอุณหภูมิ (Temperature) ให้เป็นหน่วย °C ค่าดิจิทัลที่ได้รับจะเป็นค่าการเคลื่อนไหว (Passive Infrared: PIR) มีสองค่าคือ "จริง" (True) หรือ "เท็จ" (False) เมื่อโปรแกรมประมวลผลเซ็นเซอร์ประมวลผลและคำนวณเสร็จแล้วจะส่งข้อมูลไปจัดเก็บที่ฐานข้อมูล (Database) ดังแสดงในรูปที่ 4

DATE	TIME	ILLUM	TEMP	PIR
12-12-2013	20:25:11	26	25.25	False
12-12-2013	20:25:20	26	25.25	True
12-12-2013	20:25:25	26	25.3672	True
12-12-2013	20:25:26	26	25.3672	False

รูปที่ 4. ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่เก็บในฐานข้อมูล

3.2.2 เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server)

เว็บเซิร์ฟเวอร์รับคำสั่งจากผู้ใช้ผ่านเว็บบราวเซอร์ (Web Browser) โดยผู้ใช้เลือกการควบคุมได้ 3 แบบดังต่อไปนี้คือ (รูปที่ 5)



รูปที่ 5. หน้าเว็บบราวเซอร์

1) การควบคุมด้วยตัวผู้ใช้เองคือมีปุ่มสั่งเปิดงาน (Open) และปิดงาน (Close) ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกการสั่งงานได้ด้วยตนเองตามต้องการ

2) การควบคุมอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์จะมีปุ่มให้เลือกการควบคุมอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์ต่างๆ อยู่ 3 ปุ่มคือ การควบคุมอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์วัดความสว่าง ผู้ใช้สามารถเลือกขอบเขตความสว่างที่ต้องการให้เปิด-ปิดหลอดไฟได้ การควบคุมอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ผู้ใช้สามารถเลือกขอบเขตอุณหภูมิสูง-ต่ำที่ต้องการให้เปิด-ปิดพัดลมได้และการควบคุมอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดการเคลื่อนไหว ผู้ใช้สามารถเลือกระยะเวลาของการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 60 นาที หลังจากไม่มีการเคลื่อนไหว

3) การควบคุมอัตโนมัติด้วยเวลา ตอนนี้อยู่ในช่วงกำลังพัฒนาระบบ

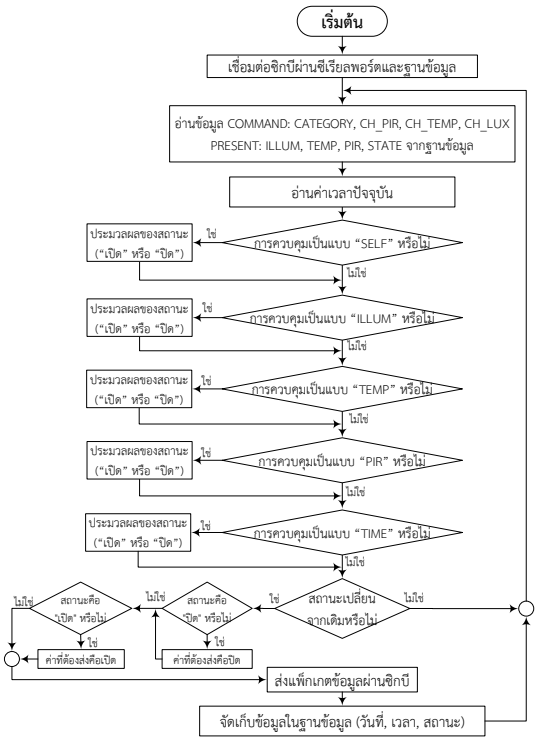
เมื่อผู้ใช้เลือกรูปแบบการควบคุมได้แล้วเว็บเซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูลไปเก็บที่ฐานข้อมูลตามคำสั่งนั้นๆ เช่น เลือกรูปแบบควบคุมแบบควบคุมอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดการเคลื่อนไหว ข้อมูลจะถูกเก็บอยู่ในช่อง CATEGORY ในคำว่า PIR และค่าระยะเวลาจะถูกเก็บอยู่ในช่อง CH_PIR ตามที่ผู้ใช้เลือกดังแสดงในรูปที่ 6 ผู้ใช้เลือก 23 นาที

CATEGORY	CH_PIR	CH_TEMP	CH_TEMPh	CH_LUX
PIR	23	21	26	20

รูปที่ 6. ข้อมูลคำสั่งที่เก็บในฐานข้อมูล

3.2.3 โปรแกรมประมวลผลการควบคุม (Control Processing Programs)

โปรแกรมประมวลผลการควบคุมคือโปรแกรมที่ประมวลผลคำสั่งของเว็บเซิร์ฟเวอร์และข้อมูลของโปรแกรมประมวลผลเซ็นเซอร์ในฐานข้อมูล โดยลักษณะแผนผังของโปรแกรมประมวลผลการควบคุมมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 7 โปรแกรมประมวลผลการควบคุมเช็คคำสั่งการควบคุมการทำงานจากการที่เว็บเซิร์ฟเวอร์นำข้อมูลไปเก็บที่ฐานข้อมูลในช่อง CATEGORY แล้วนำคำสั่งการควบคุมที่ได้เข้าไปเช็คเงื่อนไขตามคำสั่งการควบคุมนั้นๆ เมื่อเช็คแล้วเข้าเงื่อนไขที่สั่งให้หลอดไฟเปิดหรือปิดจะส่งข้อมูลไปยังเกตเวย์ผ่านซิกบีเพื่อสั่งให้ส่วนควบคุมทำงานและส่งข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าไปจัดเก็บที่ฐานข้อมูล



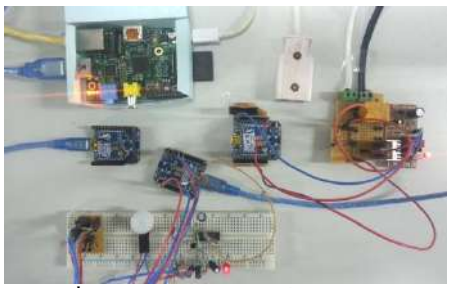
รูปที่ 7. แผนผังของโปรแกรมประมวลผลการควบคุม

4. การทดสอบ

สถานที่ทดสอบระบบคือห้องปฏิบัติการวิจัยสื่อสารโทรคมนาคม ชั้น 13 อาคาร 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 ทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ

จากการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบโดยใช้เครื่องมือ FLUKE 43B ในการวัด สามารถคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 3.912 หน่วย/เดือนและเมื่อนำมาคิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 11 บาทต่อเดือน [6] โดยลักษณะอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 8 และรายละเอียดดังในแสดงตารางที่ 1



รูปที่ 8. ลักษณะของอุปกรณ์ที่นำมาทดสอบ

ตารางที่ 1. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของส่วนประกอบแต่ละส่วน

อุปกรณ์	จำนวน	กำลังไฟ	ชั่วโมงการใช้งาน/วัน	จำนวนวัน	หน่วย (ยูนิต)
ส่วนเซ็นเซอร์	1	0.1 W	24	30	0.072
ส่วนการประมวลผล	1	2 W	24	30	1.44
ส่วนโปรแกรมประยุกต์	1	3 W	24	30	2.16
ส่วนควบคุม	1	1 W	8	30	0.24
				รวม	3.912

4.2 ทดสอบการใช้งานของระบบ

เมื่อนำอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 8 มาทดสอบความเชื่อถือได้ในการใช้งาน ผลการสั่งงานผ่านหน้าเว็บบราวเซอร์เลือกการควบคุมแบบต่างๆ สำหรับควบคุมหลอดไฟ, พัดลมและเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ ระบบสามารถทำงานได้ดี ทั้งการสั่งงานผ่านหน้าเว็บบราวเซอร์บนระบบอีเทอร์เน็ต ระบบอินเทอร์เน็ตและระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (3G) ทำให้ผู้ใช้ระบบมั่นใจได้ว่า ไม่ว่าจะอยู่ในบ้านหรือนอกบ้านก็สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกแห่งที่มีระบบอินเทอร์เน็ต

5. บทสรุป

ระบบที่พัฒนาสามารถสั่งงานการควบคุมการทำงานได้หลายรูปแบบและสามารถควบคุมได้จากระยะไกลบนระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกสบายและความปลอดภัย อีกทั้งระบบยังใช้อุปกรณ์ในการพัฒนาที่ใช้พลังงานต่ำทำให้ประหยัดพลังงานที่ใช้ภายในบ้าน

6. แนวทางการพัฒนาระบบต่อไป

พัฒนาอุปกรณ์ของระบบคือเพิ่มส่วนรีโมทอินฟราเรดเพื่อให้ระบบสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถรับสัญญาณอินฟราเรดได้ พัฒนาโปรแกรมประมวลผลการควบคุมโดยเพิ่มรูปแบบการควบคุมอัตโนมัติด้วยเวลา การควบคุมการใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงวิกฤต การเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้พลังงานและเพิ่มความสามารถของโปรแกรมให้สามารถรองรับอุปกรณ์ปลั๊กไฟควบคุมอัจฉริยะได้จำนวนมากขึ้น พัฒนาเว็บบราวเซอร์ให้มีการแสดงผลสถิติของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาและมีการแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าจากการคำนวณจำนวนการใช้งานกับวัตต์ของเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องนั้นๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างประหยัด

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานจากสำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.eppo.go.th สืบค้นวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2557.

[2] ชนัตพล ผิวล่อง, "การพัฒนาต้นแบบระบบจัดการพลังงานภายในบ้านอยู่อาศัย", วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554, หน้า 1-143.

[3] Yasuji KOMIYAMA, "Ministry of Economy, Trade and Industry Agency for Natural Resources and Energy", 2012

[4] ZigBee Alliance, ZigBee Specification, December 14, 2004.

[5] Raspberry Pi. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.raspberrypi.org สืบค้นวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2557.

[6] อัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่างๆ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.mea.or.th/ สืบค้นวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2557.

หัวข้อ เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร

(21ArG I)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า

A Eliminate Microorganism In Fruit Juices by Pulse Electric Field

ณัฐพล คำมงคล[1],ณัฐวุฒิ รัตนาวิล[1],ประกาศิต ศรีทะแก้ว[1],กนกพงษ์ ศรีเที่ยง[1],ปกรณ์ เสรีเผ่าวงษ์[1],นพพร พัชรประกิติ[1],พานิช อินต๊ะ[2] และ อาทิตย์ ยาวุฑติ[2]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

[2]วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ดอยสะเก็ต เชียงใหม่

E-mail: pnopporn@rmutl.ac.th[1], E-mail: panich.intra@rmutl.ac.th[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ การใช้เทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าเพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ โดยได้พัฒนาชุดสร้างพัลส์สนามไฟฟ้าแรงดันสูงด้วยหม้อแปลงแรงดันสูงและวงจรทวีแรงดัน และได้ทดลองกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำเงือเทศ ที่จัดเตรียมไว้ 10 ตัวอย่าง แบ่งเป็นการทดลองด้วยสนามไฟฟ้า 8 ตัวอย่าง และความร้อน 2 ตัวอย่างที่ 50 องศาเซลเซียส และ 100 องศาเซลเซียส และนำมาเปรียบเทียบผลต่าง การทดลองด้วยพัลส์สนามไฟฟ้าที่พิกัดแรงดัน 14 kV, 23 kV ระยะเวลาทดลองตัวอย่างละ 10 วินาที กับ 30 วินาที ที่ระยะห่างของห้องกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ 1 เซนติเมตร และ 2 เซนติเมตร หลังจากผ่านกระบวนการ ทั้ง 2 ที่ได้กล่าวมา จึงนำมาทดลองบนแผ่นตรวจเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ E. coli / Coliform Count Plate ผลปรากฏว่าทั้ง 2 ตัวอย่าง การทดลองการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยสนามไฟฟ้าที่ 23 kV ในเวลา 30 วินาที และการทดลองด้วยความร้อน 100 องศาเซลเซียส ให้ผลใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่า การใช้เทคนิคพัลส์สนมไฟฟ้า สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้แล้ว โดยที่ยังคงให้ รสชาติ กลิ่น และสีคงธรรมชาติมากที่สุด

คำสำคัญ: *สนามไฟฟ้า พัลส์ พาสเจอไรซ์ เชื้อจุลินทรีย์ โคลิฟอร์ม*

Abstract

This paper is presents a Technique High Electrical Field for mircroorganism elimination. The Pulse Electric Field is developed to eliminate microorganism in tomatoes juice. The number of 10 tomato juices example are test by Pulse Electric Field 8 examples and test by heat 2 examples with temperature 50 degree Celsius and 100 degree Celsius. The results of both methods are compared. The Technique of Pulse Electrical Field at voltage 14 kV and 23 kV period for 10 seconds and 30 seconds at a distance microorganisms 1 cm. and 2 cm. after pasts have been tested on the detection of finished 3M Petrifilm ™ E. coli / Coliform Count Plate. Test Results 2 samples. A Eliminate Microorganism in Fruit Juices by Pulse Electric Field at 23 kV. In time 30 seconds and heat 100 degree Celsius result resemble. Conclude A Eliminate Microorganism In Fruit Juices by Pulse Electric Field. Can Eliminate Microorganism remain Which change to smell color natural.

Key word: *Electric Field, Pulse, Pasturized, E.coli, Coliform.*

1. บทนำ

ในปัจจุบันการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำผลไม้จำพวกเชื้ออีโคไล และเชื้อ Coliform ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหาร[1] แบ่งออกเป็น 2 วิธีการใหญ่ๆ คือ วิธีการใช้ความร้อน และวิธีการใช้ไฟฟ้า[2] โดยการใช้ความร้อนแบ่งออกได้ 2 วิธี ได้แก่ การพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) ใช้อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส แต่มีข้อจำกัดที่สามารถเก็บรักษาอาหารไว้ได้ในระยะเวลาสั้น ในขณะที่การสเตอริไรซ์ (Sterilization) และยูเอชที (Ultra-high-temperature) เป็นวิธีใช้ความร้อนไม่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส และต้องทำให้เย็นลงในอุณหภูมิปกติที่ 25-30 องศาเซลเซียส แล้วบรรจุในกระบวนการปลอดเชื้อทันที แต่ระบบนี้มีข้อเสียคือในการใช้อุณหภูมิที่สูงส่งผลให้คุณค่าทางอาหารทางโภชนาการและรสชาติอาหารเปลี่ยนไป[3] ในขณะที่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยสนามไฟฟ้าแบบพัลส์ (Pulsed Electric Field) ซึ่งเป็นการใช้ไฟฟ้าแรงสูงเพื่อกระตุ้นให้เซลล์จุลินทรีย์เกิดการแตกตัวและถูกทำลายในที่สุด โดยวิธีการนี้สามารถแก้ไขปัญหาการใช้พลังงาน และความซับซ้อนของระบบดังกล่าวได้ รวมถึงประหยัดเวลาในการฆ่าเชื้อได้ และต้นทุนต่ำ วิธีการฆ่าเชื้อด้วยพัลส์สนามไฟฟ้านี้จึงสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยไม่ใช้ความร้อน จึงไม่ทำลายวิตามินและตลอดจนโภชนาการของน้ำผลไม้ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้รสชาติ กลิ่น ไม่เปลี่ยนแปลงส่งผลให้ได้น้ำผลไม้ที่สดอยู่เสมอ[4] ในบทความฉบับนี้ ได้นำเสนอวิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ด้วยพัลส์สนามไฟฟ้า โดยได้พัฒนาชุดสร้างพัลส์แรงดันสนามไฟฟ้า ทดสอบวงจรและนำไปทดลองฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ที่ปนอยู่ในน้ำผลไม้มะเขือเทศ และทำการวิเคราะห์หาเชื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยเทคนิคดังกล่าวว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ ตามลำดับ

2. หลักการฆ่าเชื้อในน้ำผลไม้ด้วยพัลส์สนามไฟฟ้าแรงสูง

เทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าแรงสูง หรือ Pulse Electric Field คือใช้สนามไฟฟ้าพัลส์แรงสูง บริเวณขั้วอิเล็กโทรด (Electrode) ซึ่งเป็นที่ปล่อยกระแสไฟฟ้า (Discharge Zone)[5] โดยให้น้ำผลไม้อยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโทรด[4] สนามไฟฟ้าพัลส์แรงสูงจะไปทำลายโครงสร้างเซลล์ ของจุลินทรีย์ต่างๆ เรียกว่ากระบวนการ อิเล็กโตรโพเรชั่น (Electropolation) ซึ่งเป็นกระบวนการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) โดยเพิ่มค่าความนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) และค่าสภาพยอม (Permeability) ของ

เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งพัลส์สนามไฟฟ้าแรงสูง ส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมเยื่อหุ้มเซลล์ มีค่าสูงเกินกว่าค่าความคงทน ไดอิเล็กตริก (Dielectric strength) ของเยื่อหุ้มเซลล์และทำให้เกิดรูพรุนบนเซลล์ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า (Electrical breakdown) สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้[6]

$$U_C = fa_0E_C \qquad (1)$$

เมื่อ U_C คือแรงดันไฟฟ้าสูงสุกที่ตกคร่อมเยื่อหุ้มเซลล์

f คือค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่างของเซลล์

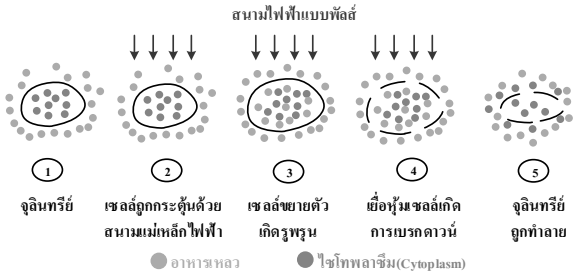
a_0 คือรัศมีวงนอกสุกของเซลล์

E_C คือความเครียดสนามไฟฟ้าวิกฤติ

ตารางที่ 1 ขนาดของเซลล์และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ตกคร่อมเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ [6]

เชื้อจุลินทรีย์	2R(μm)	1(μm)	V(μm³)	f	Um(V)
E.coli (4h)	1.15	6.9	7.2	1.06	0.26
E.coli (30h)	0.88	2.2	1.4	1.15	1.06

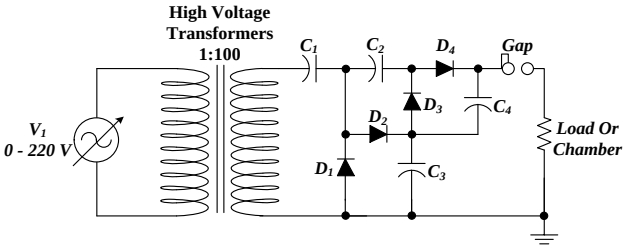
ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่สูงจะทำให้รูมีขนาดใหญ่ เพื่อที่เซลล์ไม่สามารถซ่อมแซมตัวเองได้ เรียกว่า (irreversible electrical breakdown) เซลล์จะเกิดการแตกตัวและไม่สามารถเจริญเติบโตได้อีก[4] โดยลำดับขั้นของกระบวนการอิเล็กโตรโพเรชั่นที่เกิดขึ้นกับเซลล์ของจุลินทรีย์ไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลำดับขั้นของการบวนการอิเล็กโตรโพเรชั่นกับเซลล์จุลินทรีย์[6]

3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงแบบพัลส์

โดยวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงแบบพัลส์นี้จะประกอบไปด้วย แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC voltage power supply) จ่ายเข้าไปยังหม้อแปลงแรงดันสูง (High voltage Transformer) และจ่ายไปยังไดโอดแรงสูงโดยการนำเอาไดโอดแรงสูงมาต่ออนุกรมกันหลายๆตัวแล้วทำการนำมาต่อเป็นวงจรทวีแรงดัน เพื่อเพิ่มประสิทธิ์ภาพของวงจรให้ดียิ่งขึ้น หลังผ่านมาจากไดโอดไหลเข้าไปยัง คาปาซิเตอร์ เก็บประจุจนเต็มแล้วกระโดดข้ามผ่าน สปาร์คแก๊ป ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์แรงสูงสามารถปรับระยะการเก็บประจุของคาคาซิเตอร์ได้ และเชื้อจุลินทรีย์จะถูกกำจัดในบริเวณห้องแชมเบอร์ ที่มีสนามไฟฟ้าแรงสูงจนทำให้เชื้อจุลินทรีย์แตกตัวจนไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์โดยที่กล่าวมานั้นจะเห็นชัดยิ่งขึ้นในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดกำเนินสนามไฟฟ้าแบบพัลส์

3.1 การออกแบบพัลส์สนามไฟฟ้าแรงสูง

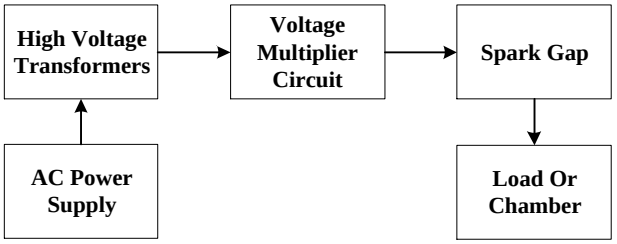
เทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าแรงสูงนี้เหมาะกับอาหารที่เป็นของเหลว เนื่องจากเมื่อของแข็งผ่านสนามไฟฟ้าเซลล์แตก เนื้อสัมผัสจะไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จึงนิยมใช้กับอาหารเหลวมากกว่าของแข็ง พัลส์สนามไฟฟ้าแรงสูงสามารถสร้างได้โดยจ่ายไฟฟ้าคลื่นพัลส์สู่ขั้วอิเล็กโทรดสองขั้วที่ต่างกันค่าความต่างศักย์ที่ให้แก่ระบบขึ้นอยู่กับระยะห่างของห้องแชมเบอร์ ระยะห่างสามารถคำนวณได้ดังนี้[4]

$$E = \frac{U}{d} \qquad (2)$$

โดย U ค่าความต่างศักย์มีหน่วยเป็น kV

d ระยะห่างห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรดมีหน่วยเป็น cm

E ความเข้มสนามไฟฟ้า



รูปที่ 3 ไดอะแกรมการทำงานของการทำงานของชุดทดลอง

จากไดอะแกรมการทำงานดังรูปที่ 3 เริ่มจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับหม้อแปลงแรงดันสูงผ่านไปยังวงจรทวีแรงดันเพื่อทำการเรียงกระแสและเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นก่อนจ่ายไปยัง Spark Gap และ ห้องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

3.2 การเตรียมอุปกรณ์และทดลอง

เมื่อได้พัฒนาชุดสร้างพัลส์สนามไฟฟ้าแรงดันสูงแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการทดลองฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ด้วยวิธีการพัลส์สนามไฟฟ้า เริ่มต้นโดยทำการนำน้ำมะเขือเทศ มาบรรจุลงในภาชนะครั้งละ 100 ml. ซึ่งเป็นแบบแก้วเพื่อให้เห็นปฏิกิริยาระหว่างไฟฟ้าแรงสูงกับน้ำมะเขือเทศ เมื่อบรรจุน้ำผลไม้แล้วจึงทำการทดลองดังแสดงรูปที่ 6

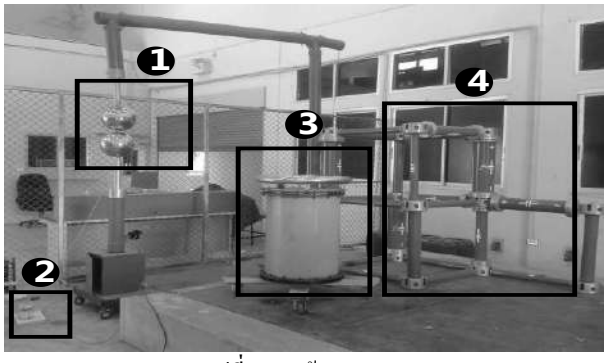


ก.น้ำมะเขือเทศ 100 ml



ข.แชมเบอร์

รูปที่ 4 น้ำมะเขือเทศและห้องกำจัดเชื้อจุลินทรีย์



รูปที่ 5 ชุดสร้างแรงดันสูง

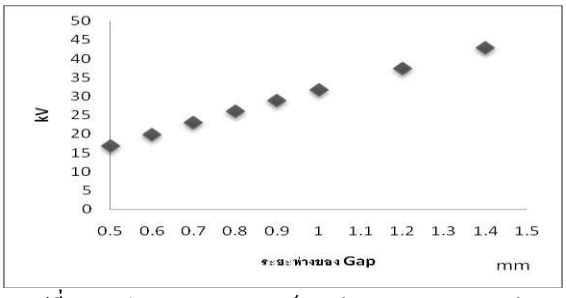
จากรูปที่ 5 อุปกรณ์การทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 1 สปาร์คแก๊ป หมายเลข 2 แชมเบอร์

หมายเลข 3 หม้อแปลงแรงดันสูง หมายเลข 4 ไดโอดแรงสูง

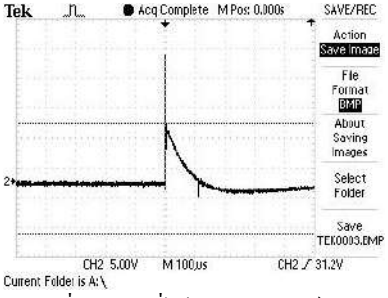
4. ผลการทดลอง

การทดสอบชุดสร้างแรงดันสูงเพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ ควบคุมด้วยระยะห่างของ Sphere Gap พบว่าระยะห่างมีผลต่อแรงดันที่ออกมาในการทดสอบ



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและระยะห่าง

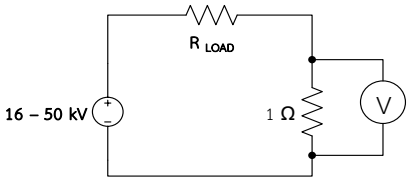
ผลการตรวจวัดค่าแรงดันและกระแสเอาท์พุตของวงจร ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งเป็นลักษณะของแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านน้ำผลไม้ จากกราฟแสดงให้เห็นว่าลักษณะของกระแสไฟฟ้า จะเพิ่มขึ้นชั่วขณะและลดลงอย่างรวดเร็วตามช่วงเวลาของการสปาร์ค ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 รูปคลื่นกระแสที่ได้จากการวัดเอาท์พุตของวงจร

4.1 การวัดแรงดันสูง

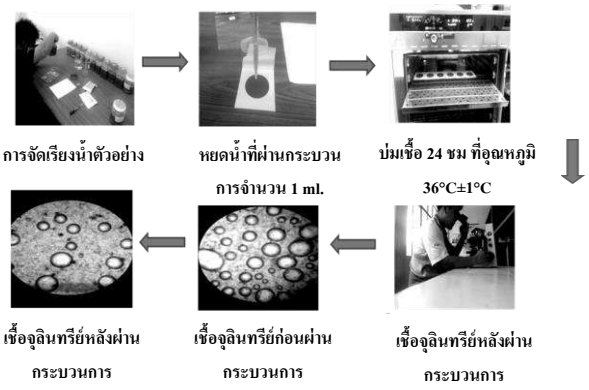
การวัดแรงดันสูงจะต้องใช้อุปกรณ์วัดแรงดันสูงโดยเฉพาะเครื่องมือวัดทั่วไปไม่สามารถวัดได้ เครื่องมือวัดไฟฟ้าแรงสูงมีราคาค่อนข้างสูง และไม่สามารถวัดกระแสได้โดยตรงจึงเลือกใช้ Voltage Divider เพื่อหาแรงดันและกระแสที่ใช้ในการทดลอง จากรูปที่ 8 วงจรแบ่งแรงดัน Voltage Divider การหากระแสที่ใช้ในการทดลองวัดแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่มา Divider กับ Load หากระแสได้จากกฎของโอห์ม



รูปที่ 8 วงจรแบ่งแรงดัน Voltage Divider

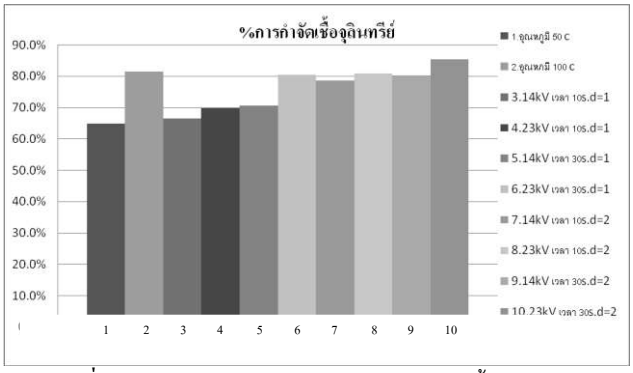
4.2 ผลการตรวจเชื้อจุลินทรีย์

การตรวจหาอัตราการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์หลังผ่านกระบวนการกำจัดเชื้อด้วยสนามไฟฟ้านั้นไม่สามารถตรวจมองเห็นด้วย ตาเปล่าได้ และไม่สามารถตรวจได้ทันที โดยจะวิเคราะห์จากการแปลผลจากแผ่นเพาะเชื้อสำเร็จรูป 3M PetrifilmTM E. coli / Coliform Count Plate ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO 9001



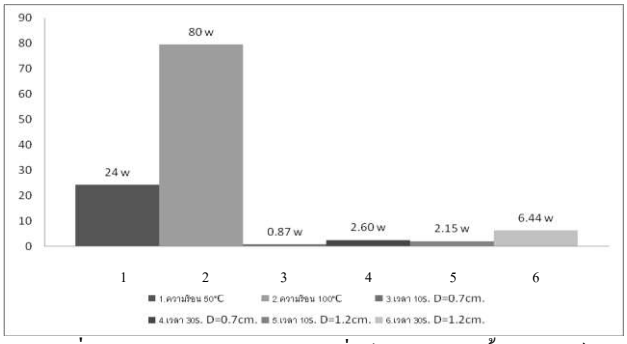
รูปที่ 9 กระบวนการตรวจเชื้อจุลินทรีย์

ซึ่งการตรวจนับเชื้อด้วยแผ่นเพาะเชื้อสำเร็จรูปนี้เป็นนวัตกรรมใหม่ในการตรวจเชื้อซึ่งมีข้อดีคือประหยัดเวลาในการทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ลงได้มาก โดยใช้เวลาในการบ่มเชื้อประมาณ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงจะสามารถใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจนับเชื้อได้



รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

จากรูปที่ 10 แบ่งเป็นสองชุดการทดลองคือระยะห่างของห้องกำจัดเชื้อจุลินทรีย์อยู่ที่ระหว่าง 1cm. และ 2cm. พบว่า แรงดัน,เวลา และระยะห่างของห้องกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์



รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์

เมื่อเปรียบเทียบพลังงานจะเห็นได้ว่าการใช้ไฟฟ้าในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์สามรถประหยัดพลังงานกว่าใช้ความร้อนในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์

5. สรุป

การทดลองน้ำมะเขือเทศที่กำจัดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยไฟฟ้าพบว่ามีหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบในการตายของเชื้อจุลินทรีย์คือระดับแรงดัน,กระแส, ระยะห่างของห้องฆ่าเชื้อ,ปริมาณน้ำในการฆ่าเชื้อ,ความถี่และเวลาจากการทดลองพบว่าแรงดันดันที่ 14 kV เวลา 10 วินาทีระยะห่างของห้องกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ 2เซนติเมตร ประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อที่ 66.5% และตัวอย่างการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ระดับแรงดัน 23kV เวลา 30 วินาที ระยะห่างของห้อง กำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่1เซนติเมตร ประสิทธิภาพอยู่ที่ 85.3% เชื้อที่ตรวจพบหลังการทดลองมีขนาดที่เล็กลงกว่าเชื้อในน้ำก่อนการทดลองอย่างชัดเจนตรงตามทฤษฎีที่ว่าแรงดันไฟฟ้าจะทำให้เซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์เกิดการแตกตัวตามกระบวนการอิเล็กโตรโพรเรชั่น การตรวจหาอัตราการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้นั้นยังมีการปนเปื้อนอยู่เล็กน้อยเพราะในการทดลองห้องปฏิบัติการยังไม่ปลอดเชื้อ 100% ดังนั้นในการทดลองเพื่อให้ประสิทธิภาพที่เชื่อถือได้ควรที่จะต้องทำการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ปลอดเชื้อ 100% เพื่อที่พัฒนาให้สามารถใช้งานได้จริงต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณบริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด(โรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ 2 แม่จัน) ที่ช่วยเหลือน้ำผลไม้และข้อมูลสำคัญต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] กิติพงษ์ ตันมิตรและคณะ, “การควบคุมจำนวนประชากรของเชื้อจุลินทรีย์อีโคไลโดยใช้สนามไฟฟ้าแบบต่างๆ”. *วิศวกรรมสารมหาลัยขอนแก่น* ปีที่ 33 ฉบับที่ 6 พ.ย.-ธ.ค. 2549 หน้า 599-612.

[2] วุฒิไกร วงษาศรี และ วุฒิเฉลิม นีละมนต์, “การใช้พัลส์สนามไฟฟ้าเพื่อการฆ่าเชื้อในอาหารเหลวและน้ำผลไม้”. ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2553.

[3] วิกานดา ปัญญาเมืองใจ และคณะ, “การประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้าแบบพัลส์สำหรับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม” *วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี* ปีที่ 35 ฉบับที่ 4 ต.ค.-ธ.ค. 2555 หน้า 469-484.

[4] พจนีย์ ซามาตย์, “การศึกษาการลดจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้โดยใช้สนามไฟฟ้าแรงสูง” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, บัณฑิตวิลยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2550.

[5] ทวิวรรณ กังสดาน. “การยืดอายุของผลิตภัณฑ์อาหารโดยการใช้เทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้าแรงสูง” *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 ม.ค.-เม.ย. หน้า 198-207.

[6] นิติพงศ์ ปานกลาง และคณะ, “การพาสเจอร์ไรซ์ในอุสาหกรรมอาหารด้วยสนามไฟฟ้าแบบพัลส์” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2552.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การประยุกต์ใช้พัลส์สนามไฟฟ้าแรงดันสูงในการถนอมอาหาร

Application of high-voltage electric field pulses in food preservation

สัญญา คุณขาว[1] อภิชฎา ทองรักษ์[2] และผศ.ดร.พิเชฐ ม่วงนวล[2]

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

[2] สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail: sanya.kh@spu.ac.th, sabannga766@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการประยุกต์ใช้พัลส์สนามไฟฟ้าแรงดันสูงสามารถใช้สำหรับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ในการกำจัดเชื้อจุลชีพที่มีอยู่ในอาหารเหลวที่มีองค์ประกอบของน้ำ ยิ่งไปกว่านั้นการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์จากการให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบพลัส์กับขั้วอิเล็คโตรด 2 ขั้วที่วางซ้อนกัน เป็นช่วงเวลาประมาณ 10 ns ถึง 20μs เป็นผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมเยื่อหุ้มเซลล์มีค่าสูงทำให้เกิดรูพรุนเล็กๆจำนวนมากขึ้นที่เยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ถูกทำลาย ด้วยเหตุดังกล่าวจึงได้นำเสนอการออกแบบวงจรที่ควบคุมทั้ง ความถี่ ความกว้างพัลส์และแรงดันโดยปรับแรงดัน Input กระตุ้นให้มีแรงดัน Output ที่ให้กับขั้วอิเล็กโตรด เพื่อสร้างสนามไฟฟ้าที่สม่ำเสมอด้วยแรงดันประมาณ20-30kV/cm ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยตัวอย่างอาหารทดสอบ โดยการจ่ายแรงดันกระตุ้นที่ 45-50 Vdc ความถี่ที่ 15 kHz โดยมี Duty Cycle ที่ 30 % เป็นเวลา 5 วัน ผลการใช้พัลส์สนามไฟฟ้าแรงดันสูงสามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้ซึ่งทราบได้จากการเปลี่ยนแปลงการเน่าเสียของอาหารช้าลงกว่าปกติ

Abstract

This paper is to presents the application of high-voltage pulse electric field can be used for killing microorganisms. In eliminating micro-organisms that are present in the broth with the element of water. Furthermore, the destruction of the cell membrane voltage and plum with 2-pole electrode polarity stacking in period of about 10 ns to 20μs is the voltage drop across the membrane are increasing, cause a small a lot more porous membrane. Microbial cell walls were destroyed. Therefore, the design proposes a circuit that controls the frequency, pulse width and voltage by adjusting the input voltage to induce a voltage output to the terminal electrodes. To create a uniform electric field with a voltage of about 20-30kV/cm this can inhibit the growth of microorganisms. By Supply Voltage 45-50 Vdc excitation frequency of 15 kHz, with 30% Duty Cycle for testing food samples for 5 days. The result of using a high-voltage pulse electric field which can be eliminated bacteria from the spoilage of food slower than usual.

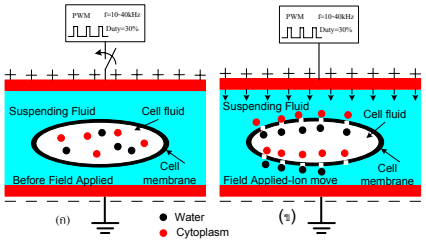
***Keywords*:** pulse electric field, microorganisms, Duty Cycle, porous membrane

1. บทนำ

ในปัจจุบันการใช้สนามไฟฟ้าแรงดันสูงได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับมนุษย์เป็นอย่างมาก อาทิเช่น ด้านการแพทย์ ด้านพันธุวิศวกรรมและด้านการถนอมอาหาร ด้วยการพัลส์สนามไฟฟ้าแรงดันสูงมาใช้ในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่มีในอาหารโดยไม่ใช้ความร้อน ที่สามารถปฏิบัติได้ในอุณหภูมิห้องและยังทำได้รวดเร็วสามารถคงความสดและคุณภาพของอาหารได้ดีกว่ากระบวนการถนอมอาหารที่ใช้ความร้อน ซึ่งการวิจัยนี้จะเป็นการศึกษากับอาหารที่เป็นของเหลวที่มีองค์ประกอบของน้ำ ด้วยการศึกษาและสร้างวงจรกำเนิดพัลส์แรงดันสูงหลังจากนั้นทำการสร้างชุดภาชนะทดสอบระบบสุญญากาศด้วยการจ่ายพัลส์แรงดันสูงผ่านเข้าสู่อาหารตัวอย่างเพื่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ด้วยการทำให้ผนังเซลล์นั้นถูกทำลายให้เป็นรูพรุนดังแสดงในรูปที่ 1 โดยศักย์ดาแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมเยื่อหุ้มเซลล์สามารถคำนวณได้จาก[1]

$$V_{cell} = fr_{cell} E_{cell} \qquad (1)$$

เมื่อ V_{cell} คือแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ตกคร่อมที่เยื่อหุ้มเซลล์ f คือค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับรูปร่างของเซลล์ r_{cell} คือรัศมีวงนอกสุดของเยื่อหุ้มเซลล์ และ E_{cell} คือค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์



รูปที่ 1. แสดงลักษณะของเซลล์ก่อน และหลังการให้พัลส์แรงดันสูง

ในขณะที่เยื่อหุ้มเซลล์เกิดรูพรุนเป็นผลให้เกิดการถ่ายเทระหว่างของเหลวภายนอกเซลล์กับไซโทพลาซึม(Cytoplasm) ซึ่งเป็นของเหลวภายในเซลล์ทำให้เซลล์เกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้นนำไปสู่การเบรกดาวน์ของเยื่อหุ้มเซลล์อันเนื่องมาจากความเครียดของสนามไฟฟ้า ซึ่งรูพรุนที่เกิดขึ้นต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะนำไปสู่การตายของเซลล์ ซึ่งในการสร้างพัลส์สนามไฟฟ้าเพื่อฆ่าเชื้อได้จากสมการ [2]

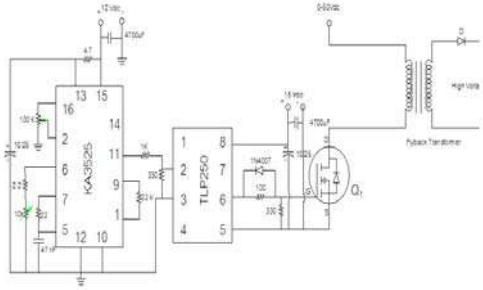
$$E_{cell} = \frac{V}{d} \qquad (2)$$

เมื่อ V คือแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วอิเล็กโทรดที่ฆ่าเชื้อ

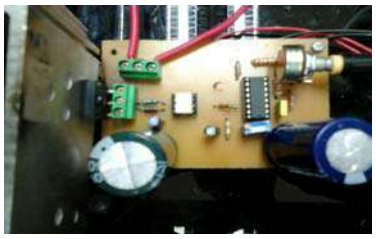
d คือระยะห่างระหว่างแผ่นแพลตวงกลมของขั้วอิเล็กโทรดด้านใน (inner) และด้านนอก (outer)จานแก้วไพเร็ก

2. วงจรและการออกแบบ

การออกแบบวงจรที่สามารถควบคุมได้ทั้ง ความถี่ ความกว้างพัลส์ และแรงดันที่จะกระตุ้นหม้อแปลง โดยการออกแบบให้มีความปลอดภัย และป้องกันการเสียหายของวงจรในทุกช่วงของวงจรเช่น การเพิ่มวงจรของ TLP 250 เพื่อแยกกราวด์ของวงจรสัญญาณและกราวด์ของแรงดันควบคุมออกจากกันเพื่อป้องกันการลัดวงจร การต่อฟิวส์ในส่วนที่สัญญาณและแรงดันกระตุ้นก่อนที่จะเข้าสู่หม้อแปลงเพื่อป้องกันการลัดวงจร และการย้อนกลับของกระแสเพื่อป้องกันวงจรไม่ให้เกิดการเสียหาย ในวงจรได้ใช้อุปกรณ์ IGBT เป็นอุปกรณ์ที่ทนแรงดันและกระแสได้สูง อีกทั้งการทำงานได้ดีในช่วงพื้นที่ที่กว้างกว่าเมื่อเวลาในการสวิตช์เท่ากัน ดังแสดงดังรูปที่ 2



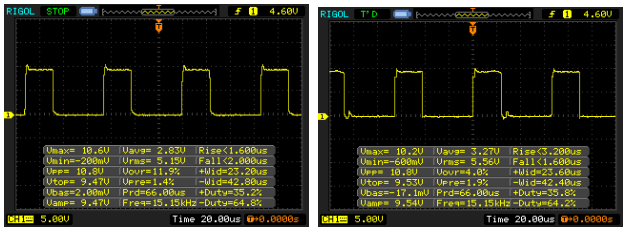
(ก)



(ข)

รูปที่ 2 รูปวงจรแบบสมบูรณ์

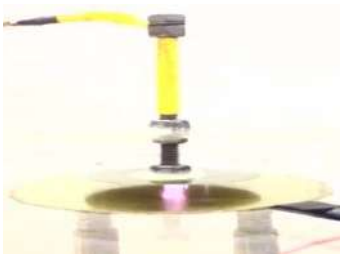
พร้อมทั้งออกแบบหม้อแปลงความถี่สูงนำมาประกอบตามรูปที่ 2. (ข) ที่เป็นวงจรสมบูรณ์โดยมีขดลวดด้านปฐมภูมิต่อเข้าแหลงจ่ายแรงดันกระแสตรงและเข้าสู่ขา Drain ของ IGBT ซึ่งทำการต่อประกอบหม้อแปลงฟลายแบ็คซึ่งจะเปรียบเหมือนการต่อโหลดให้กับ Power Electronic ของชุดจ่ายกำลังคือ IGBT โดยจะทำการวัดสัญญาณเมื่อมีการจ่ายแรงดัน DC กระตุ้นการทำงานซึ่งจะสามารถวัดสัญญาณได้ดังรูปที่ 3. โดยการปรับช่วงความกว้างของพลัส์ (duty cycle) ที่ความถี่ต่างๆ โดยจะเป็นการปรับระดับกระแสและแรงดันที่ไหลผ่าน IGBT ซึ่งในที่นี้การให้สนามไฟฟ้าปริมาณมากแก่ก๊าซที่เป็นกลาง เมื่อพลังงานส่งผ่านไปยังอิเล็กตรอนอิสระมากพอ จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระชนกับอะตอม และทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอม



(ก) (ข)

รูปที่ 3. (ก) สัญญาณจากขา IGBT ขณะไม่ต่อโหลด
(ข)สัญญาณจากขา IGBT ขณะที่มีการจ่ายแรงดันกระตุ้น

กระบวนการแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมาก ซึ่งจะทำให้ก๊าซแตกตัวและกลายเป็นพลาสมาจากพัลส์แรงดันสูงตามรูปที่ 4. แสดงการฆ่าเชื้อในอาหารเหลวด้วยสนามไฟฟ้าแบบพัลทส์ที่ประกอบด้วยขั้วอิเล็กโทรด 2 ขั้ววางซ้อนกัน โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบพัลทส์ให้กับ ขั้วหนึ่งและให้อีกขั้วมีศักย์ไฟฟ้าเป็นกราวด์ (Ground) โดยทำการเปลี่ยนวัสดุตัวกลางระหว่างแผ่นขั้วอิเล็กโตรดซึ่งมีค่าไดอิเล็กทริกที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4. แสดงลักษณะของการเกิดพลาสมา (Plasma)

ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant: **ε**) เป็นสมบัติทางไฟฟ้า (electrical properties) ของวัสดุ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความมีขั้ว (polarity) ของวัสดุที่อุณหภูมิใดๆ ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของอาหารมีความสำคัญกับการออกแบบเครื่องจักรอุปกรณ์แปรรูปอาหาร กระบวนการแปรรูปอาหารซึ่งในสภาวะของการมีจานแก้วไพเร็กอยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นอิเล็กโตรดซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนแปลงของค่า Dielectric ซึ่ง Dielectric มีคุณสมบัติเป็นฉนวน ดังนั้นวัสดุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูง จัดเป็นวัสดุไดอิเล็กทริก (dielectric material) มีความเป็นขั้ว (polar) สูง **ตารางที่ 1.** แสดงค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของของเหลวที่ 25 องศาเซลเซียส

วัสดุ	Dielectric constant
สภาวะสุญญากาศ	1
อากาศ	1.0006
แก้ว	7.5
น้ำ	78.5

สามารถกักเก็บประจุไฟฟ้าไว้จึงเป็นตัวนำไฟฟ้าไม่ดีหรือเป็นฉนวนไฟฟ้า ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของอาหารอาหารสด เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ มีน้ำเป็นส่วนประกอบมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงใกล้เคียงกับน้ำ

3. ภาชนะทดลอง

การออกแบบชุดภาชนะทดลอง ประกอบด้วยอีเล็กโทรด 2 ขั้ว คือ ขั้วบวกและขั้วลบ โดยจะต้องให้สนามไฟฟ้าที่มาสม่ำเสมอและไม่เกิดการ Breakdown ที่ระดับแรงดันสูงสุดของชุด High Voltage โดยต้องทำการสร้างพัลส์สนามไฟฟ้าประมาณ 20-30 kV/cm ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดังแสดงตามรูปที่ 5 [3] ภาชนะทดลองส่วนฐานทำด้วยอะคริลิคต่อกับขั้วอิเล็กโตรด 2 ขั้ว คือขั้วบวกและขั้วลบ ซึ่งมีระยะห่างกัน 1.5 cm ตามขนาดของถ้วยใส่ภาชนะทดลองและสามารถปรับระดับระยะได้อีก 4 ขั้น ขั้นละ 0.3 cm ภายนอกถูกปิดด้วยท่อพีวีซีด้านบนปิดด้วยกระจก



รูปที่ 5. ภาชนะทดลอง

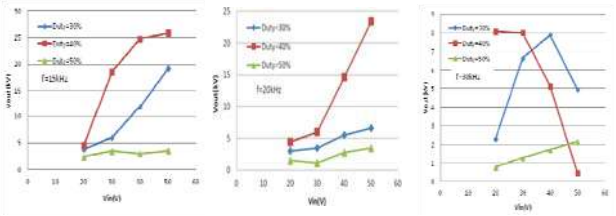
โดยการออกแบบให้ภายในอยู่ในสภาวะสูญญากาศได้ด้วยการใช้เครื่องดูดอากาศซึ่งสภาวะสุญญากาศจะช่วยให้เกิดสภาวะ Plasma ได้โดยไม่เกิดการ Breakdown ของอากาศซึ่งลักษณะของบรรยากาศนี้จะมีลักษณะเป็นสีม่วง เมื่อศักย์ทางแรงดันไฟฟ้าสูงจ่ายให้กับขั้วแคโทดและแอโนด ที่เป็นแผ่นอิเล็กโตรดที่วางไว้อยู่แบบขนาน โดยมีวัสดุตัวอย่างทดสอบที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งจะมีค่า Dielectric ที่แตกต่างจากอากาศเป็นตัวอย่างในการทดสอบ[4]

3. การทดสอบพลัทส์แรงดันสูงด้วยตัวกลางต่างๆ

การสร้างชุดกำเนิดสัญญาณไปขับชุดหม้อแปลงฟลายแบ็ค เพื่อให้เกิดการสปาร์คแก็ปของขั้วอิเล็กโตรด 2 ขั้ว เพื่อศึกษาเปรียบเทียบทฤษฎีการใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงมาใช้ในการฆ่าเชื้อในอาหาร และนำมาเปรียบเทียบกับชุดสนามไฟฟ้าพลัส์แรงดันสูงที่สร้างขึ้น

3.1 ผลการทดสอบด้วยตัวกลางที่เป็นอากาศ

ผลการทดลองจากวงจรกำเนิดสัญญาณจ่ายเข้ากับหม้อแปลงฟลายแบ็คซึ่งสามารถปรับความถี่ตามที่ต้องการซึ่งผลการทดลองที่สภาวะระหว่างขั้วอิเล็กโตรดห่างกันประมาณ 0.8 cm ขณะที่ไม่มีวัตถุตัวอย่าง ในการทดสอบเป็นการทดสอบความสามารถของการจ่ายแรงดันและการปรับความกว้างของพัลส์ (Duty Cycle) ที่ความถี่ต่างๆของการตอบสนองหม้อแปลง Fly Black Transformer โดยพิจารณาค่าของ Vin และ Vout รวมทั้งค่าของ Duty Cycle ดังแสดงในรูปที่ 6.



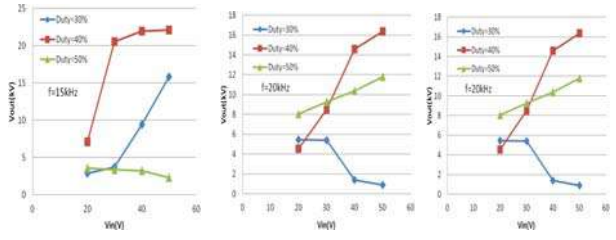
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 6. แสดงแรงดันอินพุท-เอาท์พุทระหว่างขั้วอิเล็กโตรดห่างกันประมาณ 0.8 cm ขณะที่ไม่มีวัตถุตัวอย่าง

จากผลการศึกษาออกแบบจะพบว่าการปรับค่าความกว้างพัลส์หรือ Duty Cycle นั่นจะส่งผลต่อระดับของกระแสเอาท์พุตและผลการตอบสนองความถี่ 15 -20 kHz นั่นจะให้ประสิทธิภาพได้ดีอีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าสูงจะขึ้นอยู่กับแรงดัน Input

3.2 สภาวะที่มีจานแก้วไพเร็กอยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโตรด

การทดสอบในสภาวะที่มีจานแก้วไพเร็กขั้นอยู่ระหว่างแผ่นขั้วอิเล็กโตรดนั่นจะส่งผลต่อค่าสนามไฟฟ้าซึ่งจะทำให้ระดับปริมาณทางกระแสที่ใช้นั่นลดต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ Dielectric เป็นอากาศแต่สภาวะในขณะที่ระดับแรงดันที่ทำให้สนามไฟฟ้าสูงนั่นจะยังคงขึ้นอยู่กับค่าของความกว้างพัลส์แรงดันอินพุต ในสภาวะที่มีจานแก้วไพเร็กวางขั้นอยู่ระหว่างแผ่นขั้วอิเล็กโตรด นั่นจะส่งผลต่อค่าสนามไฟฟ้าซึ่งจะทำให้ระดับปริมาณทางกระแสที่ใช้นั่นลดต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ Dielectric เป็นอากาศแต่สภาวะขณะที่ระดับแรงดันที่ทำให้สนามไฟฟ้าสูงจะยังคงขึ้นอยู่กับค่าของความกว้างพัลส์แรงดันอินพุตดังแสดงในรูปที่ 7.

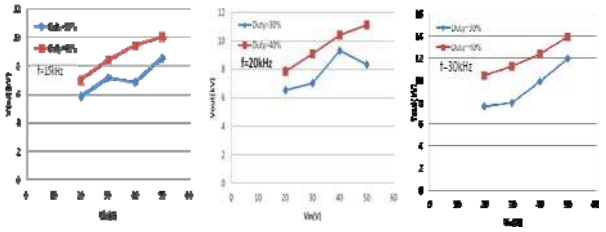


(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 7. แสดงแรงดันอินพุท-เอาท์พุทระหว่างขั้วอิเล็กโตรดห่างกันประมาณ 0.8 cm ขณะที่มีจานแก้วไพเร็กอยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโตรด

3.3 สภาวะที่มีวุ้นอยู่ในจานแก้วไพเร็กอยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโตรด

ในกรณีที่ใช้ถ้วยแก้วและมีวุ้นตัวอย่างอยู่ในถ้วยนั่นหมายความว่าค่า Dielectric ให้เกินสองส่วนคือแก้วและน้ำวุ้นซึ่งจากการทดสอบจะพบว่าในกรณีผลของการให้แรงดันอินพุทที่เพิ่มขึ้นและระดับของความกว้างพัลทส์จะช่วยให้การจ่ายกระแสของ IGBT นั่นลดต่ำลง แต่กระนั้นก็ตามการเกิดขึ้นของสนามไฟฟ้าที่แรงดันสูงกระแสตรง และที่ระดับความถี่ที่เหมาะสมจะทำให้การเกิดพลาสมาได้ในระดับที่ดีดังแสดงในรูปที่ 8.[5]



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 8. แสดงแรงดันอินพุท-เอาท์พุทระหว่างขั้วอิเล็กโตรดห่างกันประมาณ 0.8 cm ขณะที่มีวุ้นอยู่ในถ้วยแก้วระหว่างขั้วอิเล็กโตรด

ผลการทดลองของแรงดัน Output ที่ได้มาจากการทดลองในสภาวะต่างๆ นั่นเมื่อเปรียบเทียบดูแล้วปริมาณค่าของแรงดัน output ที่ได้มานั่นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน เช่น แรงดัน Input ความถี่ Duty Cycle และค่า Dielectric

4. การทดสอบกับอาหาร

การทดสอบกับนมสดและวุ้นมันฝรั่งโดยการนำเอาอาหารตัวอย่างใส่ไว้ในถ้วยแก้วเอาไปวางไว้ระหว่างขั้วอิเล็กโตรดของชุดภาชนะทดลอง ซึ่งระยะห่างของขั้วอิเล็กโตรดห่างกัน 0.8 cm โดยการจ่ายแรงดันกระตุ้น (Vin) ที่ 45-50 VDC ,ความถี่ที่ 15 kHz , Duty Cycle 30 % ทำการดูดอากาศซึ่งในสภาวะสูญญากาศอิเล็กโตรดวิ่งเข้าหากันได้ดีกว่า ใช้เวลาการทดสอบประมาณ 5 นาที ซึ่งแรงดันที่ผ่านขั้วอิเล็กโตรด (Vout) ประมาณ 8-10 kV จากการทดลองเมื่อนำอาหารที่ได้ทดลองกับที่ไม่ผ่านการทดลองนี้เก็บไว้ในสภาวะอุณหภูมิห้องปกติเป็นเวลา 5 วัน[6] เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันอาหารที่ไม่ได้ผ่านการทดลองมีอาการแห้ง เน่าเสีย และมีกลิ่นเหม็นมากกว่าที่ได้ผ่านการทดลองสามารถสังเกตุจากความแตกต่างได้ดังรูปที่ 9. (ก) (ข) และ (ค) ของวุ้นมันฝรั่ง และ รูปที่ 9. (ก) (ข) และ (ค) ของวุ้นนมสด



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 9. ผลการทดลองกับวุ้นมันฝรั่ง (ก) ก่อนการทดลอง (ข) ไม่ผ่านการทดลองเมื่อผ่านไป 5 วัน (ค) ผ่านการทดลองเมื่อผ่านไป 5วัน



(ก) (ข) (ค)

รูปที่10. ผลการทดลองกับวุ้นนมสด (ก) ก่อนการทดลอง (ข) ไม่ผ่านการทดลองเมื่อผ่านไป 5 วัน (ค) ผ่านการทดลองเมื่อผ่านไป 5 วัน

5. สรุป

การวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบวงจรที่ควบคุมทั้ง ความถี่ ความกว้างพัลส์และแรงดันโดยปรับแรงดัน Input กระตุ้นให้มีแรงดัน Output ที่ขั้วอิเล็คโตรดเพื่อสร้างสนามไฟฟ้าพัลส์แรงดันสูงที่สม่ำเสมอซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยการนำเอาอาหารตัวอย่างวางอยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโตรด โดยการจ่ายแรงดันกระตุ้นที่ 45-50 VDC ความถี่ที่ 15 kHz โดยมี Duty Cycle ที่ 30 % ทิ้งไว้ 5 วัน พบว่าการใช้พัลส์สนามไฟฟ้าแรงดันสูงสามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้ ซึ่งทราบได้จากการเปลี่ยนแปลงของการเน่าเสียของอาหารที่ช้าลงกว่าปกติ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนาย สมเกียรติ อุทยารักษ์ นายณัฐชัย ศรุติเกรียงไกร และนายอำพล ข้องเกี่ยวพันธ์ ที่ได้ช่วยจัดทำและดำเนินการสร้างอุปกรณ์ และการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Electroporation,Wikipedia, access on February 2011.

[2] พิมพ์พร เสนอิ่น, แพรวพรรณ ปินไชย , อรพรรณ แซ่โค้ว, อาทิตย์ ยาวุฑฒิ และ พานิช อินต๊ะ “การออกแบบห้องฆ่าเชื้อแบบใช้สนามไฟฟ้าแบบพัลส์สำหรับกระบวนการพาส เจอร์ไรซ์อาหารเหลว” วารสารวิจัยและพัฒนา ,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2555,หน้า 253-267.

[3] นิติพงศ์ ปานกลาง “การออกแบบอิเล็กโตรดแซมเบอร์ขนาดเล็กสำหรับการพาสเจอร์ไรซ์อาหารเหลวด้วยสนามไฟฟ้าแบพลัส์”, วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 38,ฉบับที่ 3มกรกฎาคม-กันยายน 2554, , หน้า 255-263.

[4] ธวัฒน์ชัย เทพนวล และคณะ, “การออกแบบและสร้างระบบพลาสมาดิสชาร์จที่ความดันบรรยากาศเพื่อการประยุกต์ใช้งานด้านสิ่งแวดล้อม”,รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิน, 2550,

[5] V. Valinčius, V. Grigaitienė, P. Valatkevičius , “Design and characterization of the linear atmospheric pressure DC ARC plasma source for flue gas treatment” ISPC Con, vol. 21, ID383, 4-9 AUG 2013.

[6] นิติพงศ์ ปานกลาง และกฤษณชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ม, “การออกแบบอิเล็กโตรดแซมเบอร์ขนาดเล็กสำหรับการพาสเจอร์ไรซ์พลังงานต่ำ” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประทศไทย ครั้งที่ 7,3-5 พฤษภาคม 2554,ภูเก็ต,หน้า 1148-1156.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การพัฒนาเครื่องอบไฟฟ้าชนิดรังสีอินฟราเรดช่วงไกลแบบระบบปิด

Development Infrared Rays Electric Oven with Closed Loop System

นำชัย ห้วยทราย[1], ปุณยภัทร ภูมิภาค[2] และ สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ[2]

[1]บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530 โทรศัพท์: 0-2988-3666 ต่อ 3305

E-mail: Gong_ntc@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องอบไฟฟ้าชนิดรังสีอินฟราเรดช่วงไกลแบบระบบปิดที่ใช้วิธีการอบแบบแผ่รังสีความร้อนทำงานร่วมกับเครื่องกำจัดความชื้นและการนำความร้อนที่ถูกระบายทิ้งป้อนกลับมาให้เครื่องอบไฟฟ้า โดยเพิ่มความร้อนของลมป้อนกลับ เพื่อแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของเครื่องอบไฟฟ้าที่นำเสนอจึงทำการอบวัตถุจริง และนำผลการทดสอบที่ได้เปรียบเทียบกับระบบเดิม จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องอบไฟฟ้าที่ทำการพัฒนามีข้อดี ทั้งในด้านการใช้พลังงานที่ลดลง ระยะเวลาที่ใช้ในการอบลดลง และค่าประสิทธิผลสูงขึ้น

Abstract

This paper proposes the development of far infrared rays electric oven with closed loop system. The system comprises of a radiated heat unit and a humidity elimination unit. To improve the later, temperature of the exhausted wind is increased by heat exchanger. To verify the advantage of the proposed method, the authentically dehydrated foods are investigated. The experimental results of the developed oven are compared with those of the conventional one. The results evidently show that the system with the proposed technique provides better characteristics in terms of decreasing energy consumption, reducing dehydrated time, and increasing effectiveness.

***Keywords*:** infrared rays electric oven, closed loop system, humidity reduction, heat pump.

1. บทนำ

การประยุกต์ใช้รังสีอินฟราเรดที่มีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทะลุลวงเข้าไปยังวัตถุ เพื่อกระตุ้นโมเลกุลของน้ำเกิดสั่นสะเทือนและเกิดการกระจายความร้อนอย่างสม่ำเสมอภายในวัตถุ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อพัฒนาเครื่องอบไฟฟ้าอินฟราเรดช่วงไกลแบบระบบปิด จึงได้นำวิธีการอบแห้งแบบปั๊มความร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรดช่วงไกลมาศึกษาในงานวิจัยนี้โดยการเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนซึ่งเป็นแบบวิธีเดิม เพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้งด้วยวิธีแบบผสมผสาน

2. เครื่องอบไฟฟ้าแบบระบบปิด

2.1 การพัฒนาเครื่องอบไฟฟ้าแบบระบบปิด

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาเครื่องอบไฟฟ้าอินฟราเรดช่วงไกลแบบเดิมยังมีข้อเสีย เนื่องจากการนำความร้อนกลับมาใช้ยังไม่สม่ำเสมอกับระบบ [1] จากการพัฒนาเครื่องอบไฟฟ้าแบบระบบปิดจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการรักษาอุณหภูมิเพื่อให้มีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด เครื่องอบไฟฟ้าแบบรังสีอินฟราเรดช่วงไกลแบบระบบปิดนี้ออกแบบให้มีการหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งได้มีการออกแบบการให้ความร้อนก่อนกลับเข้าเครื่องอบไฟฟ้าแบบการถ่ายเทความร้อนจากท่อปั๊มร้อนของระบบทำความเย็น โดยอุปกรณ์ดังกล่าวได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้โดยการถ่ายเทความร้อนให้กับท่อลมกลับเข้าเครื่องอบไฟฟ้าในรูปแบบการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากปั๊มร้อน จากการคำนวณ [2] ความสามารถให้ความร้อนพื้นที่มีค่าเท่ากับ 760.8 W/m^2 ที่อุณหภูมิ 48.55 °C ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการให้ความร้อนกับเครื่องอบไฟฟ้า ดังรูปที่ 1 การเลือกฉนวนความร้อนจำเป็นต้องคำนึงถึงค่าสภาพนำความร้อนของวัสดุฉนวน (K-factor) และค่าของสภาพความต้านทานความร้อนของฉนวน (R)ในการออกแบบนี้คือฉนวนใยหิน เนื่องจากอุณหภูมิใช้งานของเครื่องอบอยู่ในช่วง 30-100°C ซึ่งอยู่ในอุณหภูมิกลางเหมาะกับการใช้ฉนวนใยหินซึ่งมีค่าปริมาณความร้อนที่สูญเสียต่อ 1 ชั่วโมงต่อพื้นที่แผ่นผิวราบ 1 ตารางเมตร เท่ากับ 43.34 $kcal/m^2h$ การควบคุมความชื้นโดยอาศัยมอเตอร์พัดลมเป็นตัวขับปล่อยความชื้นผ่านปล่องระบายความชื้น โดยผ่านชุดกำจัดความชื้นแบบระบบปิด เครื่องกำจัดความชื้น มีชุดตรวจจับอุณหภูมิภายในเพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มร้อนให้เป็นไปตามต้องการ นอกจากนั้นยังได้ปรับปรุงการถ่ายเทความร้อนในระบบหมุนเวียนกลับ เพื่อนำเอาความร้อนจากชุดคอนเดนเซอร์มาให้ความร้อนกับลมก่อนไหลเข้าตู้อบดังแสดงในรูปที่ 2

2.2 การเลือกวัสดุและอุปกรณ์ชุดกำจัดความชื้น

การหาขนาดของคอมเพรสเซอร์ที่เหมาะสมกับการใช้งานของระบบจะพิจารณาจากค่า Enthalpy ของระบบ ที่ได้จากแผนภูมิ Psychometric Chart [3] แสดงความสัมพันธ์ ดังสมการที่ (1)

$$Q = \frac{V_{FR}(h_{in} - h_{out})}{V_{out}} \quad (1)$$

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เมื่อกำหนดให้

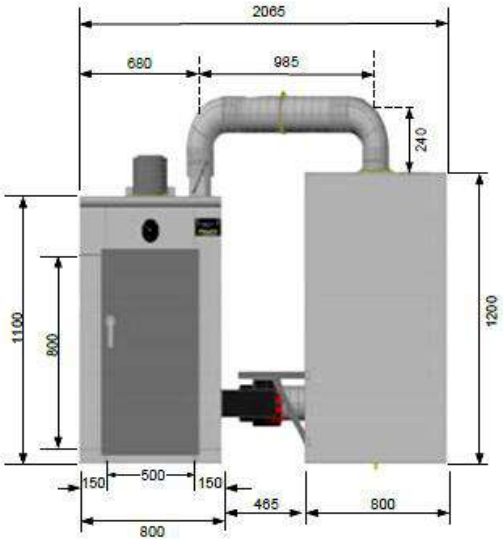
h_{in} คือ เอนทาลปีของลมย้อนกลับหน่วย Btu/lb

h_{out} คือ เอนทาลปีของลมจ่ายออก หน่วย Btu/lb

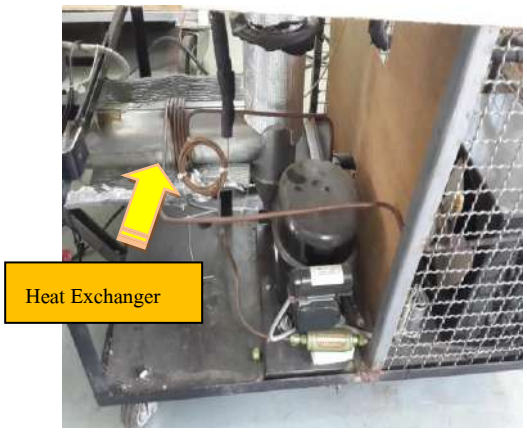
V_{out} คือปริมาณจำเพาะของลมจ่ายออกหน่วย ft^3/lb

Q คือ ความสามารถของระบบหน่วย Btu/hr

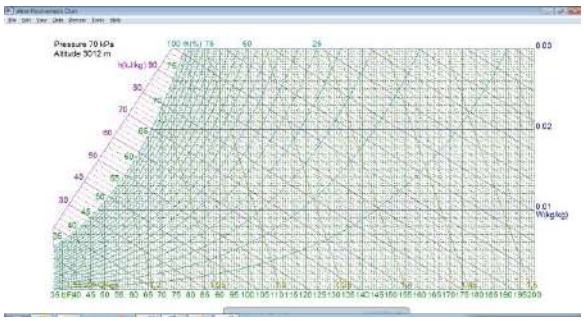
V_{FR} คือ Volumetric Flow Rate หน่วย CFH



รูปที่ 1. เครื่องอบไฟฟ้าแบบระบบปิด



รูปที่ 2. พัฒนาการถ่ายเทความร้อนในระบบหมุนเวียนกลับ

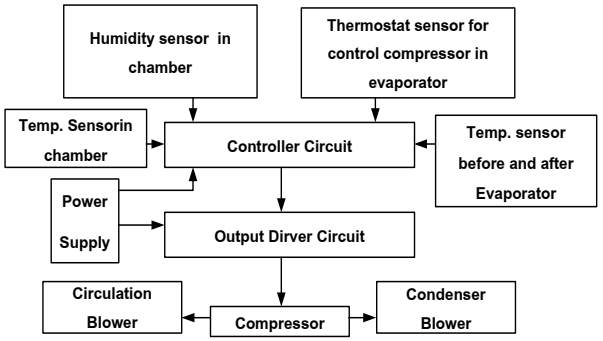


รูปที่ 3. Psychometric Chart

จาก Psychometric Chart ดังรูปที่ 3 ถูกนำมาใช้เพื่อคำนวณหาขนาดของคอมเพรสเซอร์ ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิขาเข้ามีค่าเท่ากับ 176 °F จะได้ h_{in} = 68.8 Btu/lb และ V_{out} = 15.6 ft^3/lb และอุณหภูมิขาออกเท่ากับ 147.2 °F จะได้ h_{out} = 27.6 Btu/lb ถ้ากำหนดให้ V_{FR} = 183 CFH จะได้พิกัดคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 483.3 BTU/hr หรือ 141.64 W เพื่อนำมาใช้ในการทำความเย็น การเลือกใช้คอมเพรสเซอร์จริงจะเลือกขนาดที่ใกล้เคียงที่สุดที่มีขายในท้องตลาดซึ่งมีขนาด 860 BTU/hr หรือ 252 W (1/4 HP)

2.3 ชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของเครื่องอบไฟฟ้าแบบระบบปิดนั้น มีการตรวจวัดอุณหภูมิโดยการใช้ Thermocouple sensor ส่วนการควบคุมความชื้นมีการตรวจวัดด้วย Humidity sensor โดยการส่งสัญญาณกระแสระหว่าง 4 – 20 mA มายังส่วนคอนโทรล CEMA CM34 และทำการประมวลผลในโหมด PID Control เพื่อควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์และมอเตอร์พัดลม มีการแสดงผลพารามิเตอร์อุณหภูมิและความชื้นผ่านทางจอ LCD ในส่วนการควบคุมอุณหภูมิใช้ Temperature Sensor ในการตรวจวัดและส่งสัญญาณแรงดันมายังส่วนส่วนควบคุมอุณหภูมิของ CEMA CM34 เพื่อประมวลผลที่วัดได้จากตู้ควบคุมอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่กำหนด แล้วส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ ซึ่งแสดงการขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. บล็อกไดแกรมการทำงานของระบบ

3. วงจรการทดสอบและผลการทดสอบ

3.1 วงจรการทดสอบ

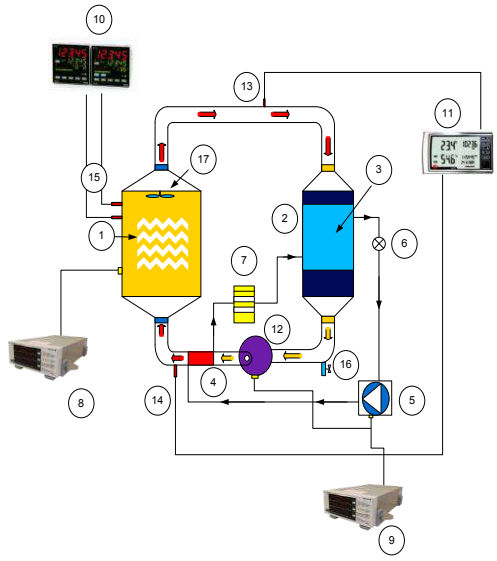
การทดสอบเครื่องอบไฟฟ้าชนิดรังสีอินฟราเรดช่วงไกลแบบระบบปิดที่นำเสนอ มีการวัดความสามารถการกระจายความร้อน และความชื้นภายในเครื่องอบไฟฟ้า โดยทำการติดตั้งชุดตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อติดตามผลการเปลี่ยนแปลงภายในตู้อบไฟฟ้าชนิดอินฟราเรดช่วงไกลแบบระบบปิด เครื่องอบไฟฟ้าแบบรังสีอินฟราเรดช่วงไกลประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคือ เครื่องอบไฟฟ้า ควบคุมการทำงานโดยใช้ CEMA CM34 ประมวลผลใช้โหมดการควบคุมแบบ PID และลดความชื้นภายในเครื่องอบไฟฟ้าโดยใช้มอเตอร์พัดลมเป็นตัวขับปล่อยความชื้นผ่านปล่องโดยตรง ทำให้ความร้อนบางส่วนสูญเสียไปกับความชื้น ส่วนที่สอง คือ เครื่องกำจัดความชื้น นำความชื้นในระบบออก

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

แต่นำลมร้อนกลับเข้าสู่เครื่องอบไฟฟ้า การเก็บข้อมูลทางไฟฟ้าใช้ Power meter WT200 ติดตั้งในตำแหน่งต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 5 แต่ละหมายเลขมีรายละเอียดดังนี้ คือ (1) ห้องอบแห้งอินฟราเรดช่วงไกล, (2) ห้องกำจัดความชื้น, (3) อีแวปปอเรเตอร์, (4) ส่วนที่พัฒนาเพิ่ม: Heat exchanger, (5) ปั๊มร้อน, (6) วาล์วลดความดัน, (7) คอนเดนเซอร์, (8) และ (9) Power meter WT200 Yokogawa, (10) Temperature and humidity controller, (11) Temperature display, (12) โบว์เวอร์เป่าลม, (13) Input temperature sensor (14) Output temperature sensor, (15) Temperature and humidity sensors, (16) วาล์วเดรนน้ำทิ้ง, (17) พัดลมระบายความชื้น



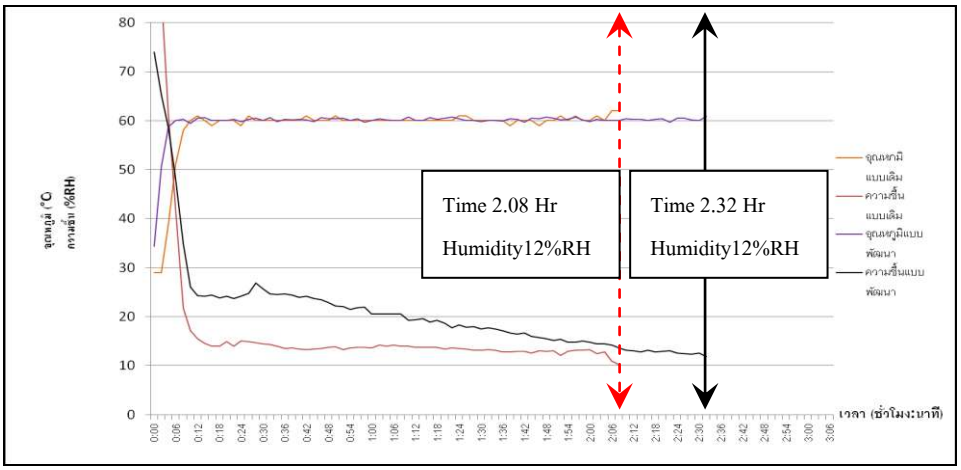
รูปที่ 5. เครื่องอบไฟฟ้าแบบระบบปิด และตำแหน่งการวัดค่าทางไฟฟ้า

3.2 ผลการทดสอบ

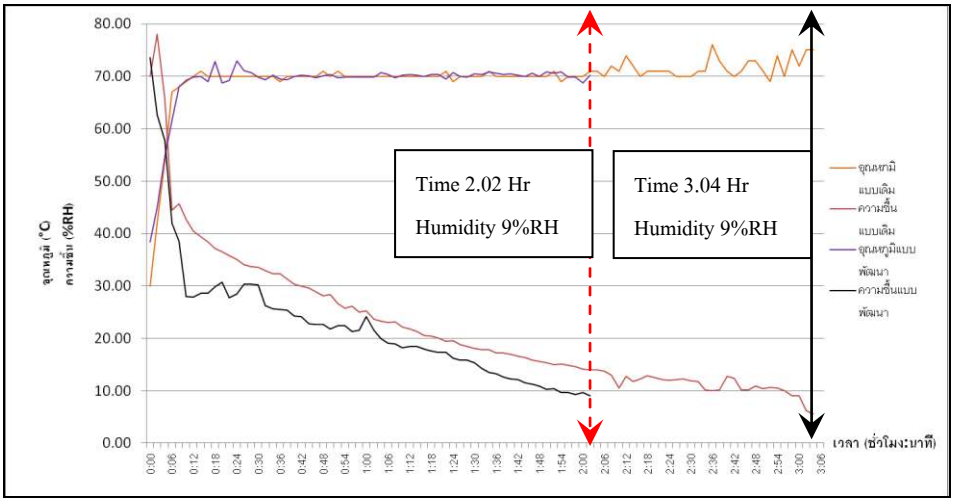
เพื่อพิสูจน์ให้เห็นถึงประโยชน์ของวิธีที่นำเสนอ จึงทำการทดสอบอบแห้งวัตถุจริง 2 ชนิด คือ มะเขือเทศแช่อิ่ม และเห็ดหูหนูสด โดยทำการทดสอบวัตถุทั้งสองชนิดภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน คือ น้ำหนักที่ใช้ก่อนอบเท่ากัน 2000 กรัม และความชื้นสุดท้ายของวัตถุแต่ละชนิดเท่ากัน ได้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และความชื้นของการอบมะเขือเทศแช่อิ่ม และเห็ดหูหนูสด เป็นดังรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ จากรูปจะเห็นว่าเครื่องอบไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ตลอดการทดลองทำให้การลดลงของความชื้นของวัตถุเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าเครื่องอบไฟฟ้าแบบเดิม และเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ที่ได้จากการอบ ได้ข้อมูลเป็นดังตารางที่ 1 จากตารางจะเห็นว่าเครื่องอบไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นใช้พลังงานน้อยกว่า และให้ค่าประสิทธิผลที่มากกว่าเครื่องอบไฟฟ้าแบบเดิม หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาความสามารถนำความร้อนกลับมาใช้พบว่าเครื่องอบไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นสามารถนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ได้ประมาณ 80% เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอบไฟฟ้าแบบเดิมซึ่งสามารถนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ได้เพียงประมาณ 60%

4. สรุปผล

จากการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบไฟฟ้าชนิดอินฟราเรดช่วงไกลแบบระบบปิดซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบกับเครื่องอบไฟฟ้าแบบเดิมโดยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบการให้ความร้อนและพลังงานกับเครื่องอบไฟฟ้าแบบเดิม ทำให้การอบแห้งของเครื่องอบไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นสามารถลดระยะเวลาการอบแห้งลงได้ และสามารถนำความนำร้อนกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 6. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และความชื้นของการอบมะเขือเทศแช่อิ่มของระบบเดิมเปรียบเทียบกับระบบที่นำเสนอ



รูปที่ 7. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และความชื้นของการอบเห็ดหูหนูสดของระบบเดิมเปรียบเทียบกับระบบที่นำเสนอ

ตารางที่ 1. เปรียบเทียบผลการทดสอบอบวัตถุ

ชนิดของผลิตภัณฑ์	เงื่อนไข	พลังงานที่ใช้ (kWh)		เวลา (S)		ความชื้น (%RH)		น้ำหนักหลังอบแห้ง (g)		ประสิทธิผล (g/ kWh)	
		แบบเดิม	แบบที่นำเสนอ	แบบเดิม	แบบที่นำเสนอ	แบบเดิม	แบบที่นำเสนอ	แบบเดิม	แบบที่นำเสนอ	แบบเดิม	แบบที่นำเสนอ
มะเขือทศเทศแช่อิ่ม	เวลาเท่ากัน	3.15	3.23	300	300	16	15	1130	840	276.19	359.13
	ความชื้นเท่ากัน	5.29	5.55	124.8	139.2	12	12	1100	720	170.13	230.63
เห็ดหูหนูสด	เวลาเท่ากัน	4.21	4.08	300	300	10	15	240	180	418.05	446.08
	ความชื้นเท่ากัน	8.43	5.546	182.4	121.2	9	9	200	160	213.52	331.53

หมายเหตุ ประสิทธิผล = (น้ำหนักก่อนอบ-น้ำหนักหลังอบ) / พลังงานที่ใช้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณวทัญญู ยามา คุณ ศุภชัย เขาเรียง คุณปรีชา วงษายาง และคุณปฏิภาณ โรจน์อมรรัตน์ ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านการออกแบบ จัดสร้างอุปกรณ์ และด้านการทดสอบการทำงานเครื่องอบไฟฟ้า

6. เอกสารอ้างอิง

[1] นำชัย ห้วยทราย, สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ และปุณยภัทร ภูมิภาค, “การสร้างเครื่องอบไฟฟ้าชนิดรังสีอินฟราเรดช่วงไกลแบบระบบปิด” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9, รหัสบทความ EC069, หน้า 735-741, 2556

[2] ผศ.ดร ปานเพชร ชินินทร, วิวัฒน์ ภัททิยธนี, ประเสริฐ เทียนนิมิต (2554). ทฤษฎีและการคำนวณเทอร์โมไดนามิกส์ หน้า 339-347

[3] สุธิกานต์ วงษ์เสถียร เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ หน้าที่ 532-543 พ.ศ. 2548

[4] Di Vapor Company, P.0. BOX 6496, Solihull, West Midlands, B91 2NY, United Kingdom, URL : http://WWW.divapor.com, access on24/04/2011.

[5] ศ.ดร. เรียวโซ โทเอและ รศ.ดร.วิวัฒน์ ตันฑะพานิชกุล (2529). อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

[6] สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติและ ปุณยภัทร ภูมิภาค, “การเปรียบเทียบคุณลักษณะของเทคนิคการควบคุมแบบต่าง ๆสำหรับเครื่องอบไฟฟ้าชนิดรังสีอินฟราเรดช่วงไกล” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8, หน้า ENETT8-EC03 1/8 - 8/8, 2555

[7] หจก. ไฮเด็น-ฮีตเทค,ฮีตเตอร์ (Heater),[ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://heater.igetweb.com

[8] รศ.ดร.ฐานิตย์ เมธิยานนท์ (2550). การถ่ายเทความร้อน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, หน้า 328-347

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การจำแนกภาพดอกกล้วยไม้รองเท้านารีของไทยโดยใช้เนื้อหาภายในภาพ

Thai Paphiopedilum Image Classification using Visual Contents

พีราวิชญ์ ภาคนนท์กุล[1] เสาวลักษณ์ วรรธนาภา[2] และ นเรศ ศิริเกษร[3]

[1]คณะสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์(ศูนย์รังสิต) ปทุมธานี

[3]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

E-mail: boy2cs@gmail.com[1] , scw@cs.tu.ac.th[2] , naresmaejo@hotmail.com[3]

บทคัดย่อ

การจำแนกภาพดอกกล้วยไม้รองเท้านารีโดยอาศัยการวิเคราะห์ภาพจากคุณสมบัติที่แสดงอยู่ภายในภาพนั้นสามารถช่วยให้การสืบค้นภาพมีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยลดช่องว่างทางความหมายที่มักเกิดขึ้นในการใช้คำในการค้นหาภาพ สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกภาพดอกไม้โดยส่วนใหญ่นั้น มักใช้ทำการจำแนกดอกไม้หลายชนิดที่อยู่ต่างวงศ์หรือต่างสกุลกัน ซึ่งมักมีความแตกต่างของภาพดอกอย่างชัดเจน แต่ไม่ค่อยได้มีการเจาะจงลงไปที่พืชดอกในวงศ์หรือสกุลเดียวกัน ในงานวิจัยนี้เสนอวิธีการจำแนกดอกไม้ในสกุลเดียวกัน คือ กล้วยไม้รองเท้านารี โดยทำการทดลองกับภาพถ่ายหน้าตรงของดอกกล้วยไม้สกุลรองเท้านารีที่ได้รับความนิยมในประเทศไทยจำนวน 8 สายพันธุ์ ซึ่งการจำแนกพิจารณาจากลักษณะพื้นฐานที่สำคัญภายในภาพที่มองเห็น (Visual Features) จากคุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับสี (Color) คุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับรูปร่าง (Shape) และคุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับพื้นผิว (Texture) ผลการทดลองโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถจำแนกได้ถูกต้องร้อยละ 95.625

Abstract

Classifying Paphiopedilum images using visual contents improves the efficiency of indexing and retrieval system by reducing the semantic gap. This research presents techniques to help develop such content-based image retrieval by proposing methods to classify images of Paphiopedilum orchid flowers using selected visual contents automatically extracted from the images. There have been many research works trying to classify flowers in various families which have obviously different visual characteristics. Hence, this research focuses on classifying different orchid species in only one family Paphiopedilum. A set of visual features color-based, shape-based, and texture based are defined. The experiments are conducted using color photos of eight most popular species of Thai Paphiopedilum orchids. The classification accuracy by ANN is 95.625 percent.

Keyword: Paphiopedilum, Image Classification, Classification using visual content

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีทรัพยากรกล้วยไม้มากที่สุดในโลก [1] ซึ่งกล้วยไม้รองเท้านารีหรือรองเท้าแตะนารี (Lady's Slipper) เป็นกล้วยไม้สกุลหนึ่งในประเทศไทยที่มีผู้ให้ความสนใจนิยมนำมาเพาะเลี้ยงปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์เป็นอย่างมากโดยกลายเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้ต้องการแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมที่สะดวกและรวดเร็ว เช่น การค้นคว้าผ่านทางอินเทอร์เน็ตโดยการใส่คำหลัก (Key Word) ซึ่งต้องเป็นข้อความที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการค้นหาเพื่อให้ได้ข้อมูลตามความต้องการ แต่ในกรณีที่ผู้ค้นคว้าต้องการใส่ข้อมูลในลักษณะที่เป็นภาพ เนื่องจากปัญหาทางด้านช่องว่างระหว่างความหมาย (Semantic Gap) ของการใช้คำในการค้นหาภาพ หากผู้ค้นคว้าสามารถใช้ภาพต้นฉบับเป็นต้นแบบในการค้นหา (Query) ภาพที่มีลักษณะเหมือนกับภาพต้นฉบับมากที่สุดได้ อาจช่วยให้ผู้ค้นคว้าได้ผลลัพธ์ของภาพตามที่ต้องการมากขึ้น

ดังนั้นในบทความนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาระบบต้นแบบการจำแนกภาพดอกกล้วยไม้รองเท้านารี 8 สายพันธุ์ (Species) โดยใช้การพิจารณาค่าคุณลักษณะภายในเนื้อหาของภาพ (Contents) เช่น ด้านสี (Color) ด้านรูปร่าง (Shape) ด้านพื้นผิว (Texture) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในภาพนำมาเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสายพันธุ์ของกล้วยไม้รองเท้านารี

ส่วนต่อไปของบทความนี้ประกอบด้วยหัวข้อที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย หัวข้อที่ 4 ผลการวิจัย และหัวข้อที่ 5 สรุปผลการวิจัย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกดอกไม้นั้นสามารถแบ่งวิธีการจำแนกออกเป็น 2 ส่วนใหญ่คือการจำแนกดอกไม้โดยใช้ข้อมูลจากผู้ใช้ป้อนข้อมูลเข้าไป และการจำแนกดอกไม้โดยใช้คุณลักษณะสำคัญที่ระบบหามาโดยอัตโนมัติ

การจำแนกดอกไม้โดยการใช้ข้อมูลจากผู้ใช้ต้องป้อนข้อความ (Text-based) เข้าไปเพื่อใช้ในการค้นหา เช่น งานวิจัย [2] นำเสนอระบบผู้เชี่ยวชาญที่ทำการจำแนกกล้วยไม้สกุลหวายของไทย ซึ่งระบบจะทำการตรวจสอบกับข้อมูลในฐานข้อมูลเดิมและแสดงผลลัพธ์ออกมาว่ากล้วยไม้

นั้นเป็นชนิดใด ตัวอย่างของข้อมูลได้แก่ช่วงเดือนที่ออกดอก ลักษณะใบ ราก และดอกเป็นต้น โดยผู้ใช้ต้องใส่ข้อมูลลงไปจำนวนมากเพื่อให้ระบบมีข้อมูลที่จะใช้ในการพิจารณาอย่างเต็มที่และเมื่อทำการประมวลผลจากความสำคัญของส่วนต่างๆของกล้วยไม้แล้วพบว่าลักษณะของดอกมีผลต่อการจำแนกได้ 49 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการจำแนกดอกไม้โดยใช้คุณลักษณะที่ระบบหามาโดยอัตโนมัติ (Content-besed) ส่วนใหญ่มักทำการจำแนกภาพดอกไม้หลายชนิดที่อยู่คนละสกุลกัน เช่นงานวิจัย [3] นำเสนอวิธีการจำแนกดอกไม้ 17 สกุล เช่น ดอกแดนดิไลอัน (Dandelion) ดอกเดซี่ (Daisy) ดอกทิวลิป (Tulip) เป็นต้นโดยใช้ค่าคุณลักษณะทางด้านสี รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของดอกไม้นั้นๆโดยมีการพิจารณาค่าคุณลักษณะหลายอย่างร่วมกัน ซึ่งให้ผลลัพธ์ของการค้นหาได้ดีกว่าการใช้เพียงค่าคุณลักษณะเดียว และงานวิจัย [4] นำเสนอวิธีการจำแนกลักษณะดอกไม้ของไทย 20 สกุล เช่น ดอกดาวเรือง ดอกชบา ดอกแคทรียา เป็นต้น โดยใช้วิธีการจำแนกด้วยการวัดค่าระยะทางที่ใกล้ที่สุด (Minimum Distance) ซึ่งพิจารณาค่าคุณลักษณะของดอกไม้จากสี จำนวนกลีบดอก ขนาด และทำการแบ่งภาพออกเป็น 8 ส่วนเพื่อหาส่วนของเกสร สำหรับงานวิจัยที่จำแนกดอกกล้วยไม้รองเท้านารี [5] นำเสนอวิธีการจำแนกประเภทดอกกล้วยไม้รองเท้านารีจำนวน 5 สายพันธุ์โดยใช้การพิจารณาจากชุดคุณลักษณะสำคัญที่สามารถมองเห็นได้จากภาพ ซึ่งภาพที่ใช้เป็นภาพหน้าตรงที่สามารถเห็นดอกชัดเจน ผลการทดลองโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถจำแนกได้ถูกต้อง 90.5 เปอร์เซ็นต์

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การจำแนกภาพดอกกล้วยไม้รองเท้านารีแปด 8 สายพันธุ์ที่ได้รับความนิยมได้แก่ รองเท้านารีฝาหอย รองเท้านารีเหลืองตรัง รองเท้านารีเหลืองปราจีน รองเท้านารีขาวสตูล รองเท้านารีเหลืองกระบี่ รองเท้านารีคางกบ รองเท้านารีเหลืองเลย และรองเท้านารีปีกแมลงปอ โดยแต่ละชนิดมีลักษณะดังนี้ [6-7]

รองเท้านารีฝาหอย ลักษณะดอกเป็นทรงกลม และงุ้มมาด้านหน้า กลีบดอกมีสีพื้นสีขาวและมีลายเป็นสีม่วงแดงจุดแต้มอยู่ทั่วดอกรูปทรงโดยรวมคล้ายรูปหัวใจกลับที่ปลายกลีบดอกด้านล่างทั้ง 2 ข้างมักจะมีรอยหยักเข้าไปเล็กน้อย

รองเท้านารีเหลืองตรัง ดอกมีทั้งสีครีม สีเหลือง สีขาว มีลายสีม่วงแดงถึงม่วงน้ำตาลเรียงกันเป็นแถวกระจายอยู่ทั่วดอกหรือบางดอกอาจเป็นลายต่อเนื่องกันและกลีบดอกจะมีลักษณะค่อนข้างกลม

รองเท้านารีเหลืองปราจีน พื้นดอกเป็นสีเหลืองทั้งดอก มีลักษณะทรงรี แต่เมื่อบานเต็มที่ดอกจะมีลักษณะเป็นกลม กลีบดอกมีลักษณะงุ้มมาด้านหน้า และมีจุดประสีม่วงแดงกระจายอยู่ทั้งดอก

รองเท้านารีขาวสตูลหรือรองเท้านารีดอกขาว ดอกเป็นสีขาวทั้งดอก ซึ่งกลีบมีลักษณะแผ่ออกและปลายหยัก เมื่อบานเต็มที่จะมีลักษณะเป็นทรงกลมกลีบหนางุ้มมาด้านหน้า โคนกลีบมีจุดประสีม่วงเข้มเล็กน้อยโล่จะมีสีขาวส่วนตรงกลางเป็นร่องและมีแต้มสีเหลืองเข้ม

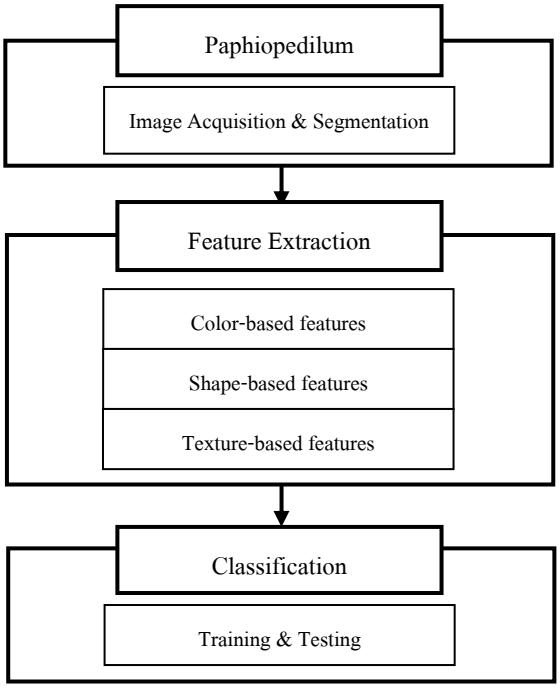
รองเท้านารีเหลืองกระบี่ กลีบบนจะมีริมสีขาวส่วนกึ่งกลางมีสีเหลืองอมเขียวและมีจุดแต้มสีน้ำตาลเข้ม กลีบนอกล่างขนาดใกล้เคียงกับกลีบนอกบนและมักมีสีเขียว กลีบดอกเป็นสีเหลืองอมน้ำตาลที่กลางกลีบมีเส้นสีน้ำตาล กลีบจะเป็นมันและงุ้มมาด้านหน้าที่โคนกลีบมีจุดแต้มสีน้ำตาล กระเป๋าจะมีสีเหลืองอมน้ำตาล

รองเท้านารีคางกบ กลีบนอกบนบิดเล็กน้อย สีขาว และเส้นริ้วสีเขียวจำนวนมาก ปลายริ้วสีม่วง มักบิดและห่อไปด้านหลัง โคนกลีบมีสีเขียวเรื่อ ขอบกลีบบนมีไฝสีน้ำตาลแดง และมีขนยาวปกคลุม กระเป๋ามีสีม่วงแดง และเส้นร่างแหสีน้ำตาลแดง

รองเท้านารีเหลืองเลย กลีบนอกบนมีสีเหลืองอมเขียวหรือเขียวอ่อนมีจุดสีน้ำตาลม่วงจำนวนมากโคนกลีบมีสีเหลือง และมีจุดประสีน้ำตาลอมเหลือง ปลายกลีบมีสีชมพูและบิดเล็กน้อย ขอบกลีบมีลักษณะย่นเป็นคลื่น กระเป๋ามีสีเหลืองและจุดประม่วงกระจายอยู่ทั่ว

รองเท้านารีสุขะกูลหรือรองเท้านารีปีกแมลงปอ กลีบนอกบนมีสีขาวและเส้นริ้วสีเขียวจำนวนมาก กลีบดอกสีเขียวอ่อนอยู่ในแนบระนาบมีเส้นริ้วสีเขียวและจุดสีม่วงแดงกระจายทั่วกลีบดอก กระเป๋าสีเขียวและมีเส้นสีม่วงแดงโล่สีขาวคล้ายรูปเกือกม้า

การจำแนกภาพดอกกล้วยไม้รองเท้านารีสามารถแบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานดังรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1. ขั้นตอนของการดำเนินงาน

3.1 การรวบรวมภาพและการแบ่งส่วนภาพอย่างมีความหมาย (Image Acquisition & Segmentation)

การเก็บรวบรวมภาพดอกกล้วยไม้รองเท้านารีสายพันธุ์แท้ทั้ง 8 สายพันธุ์ ซึ่งรวบรวมมาจากการถ่ายภาพตามการประกวดกล้วยไม้ หรือการจัดนิทรรศการกล้วยไม้ อินเทอร์เน็ตและหนังสือ และได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้รองเท้านารี ซึ่งลักษณะของ

ภาพเป็นภาพถ่ายดอกเดี่ยว ด้านหน้าตรงสามารถเห็นดอกได้ชัดเจน โดยเก็บไฟล์ภาพในรูปแบบของ JPEG ขนาดความกว้าง (width) 400 pixels จำนวนสายพันธุ์ละ 40 ภาพ รวมทั้งหมด 320 ภาพ

การแบ่งส่วนของภาพนั้นจะแยกส่วนของภาพพื้นหลัง (background) โดยทำการปรับสีพื้นหลังให้กลายเป็นสีดำ (ค่าเป็น 0) และส่วนของวัตถุที่สนใจ (Foreground) คือภาพดอกกล้วยไม้ที่จะนำไปจำแนกต่อไป

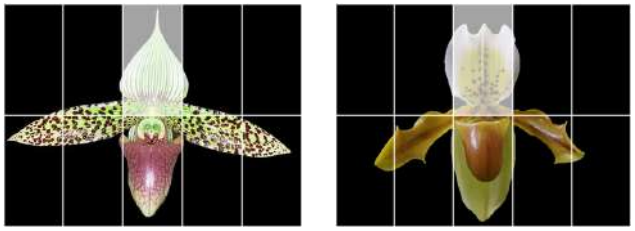
3.2 การแยกคุณลักษณะสำคัญ (Feature Extraction)

การหาคุณลักษณะสำคัญ (Features) จะพิจารณาค่าคุณลักษณะสำคัญภายในเนื้อหาของภาพ (Contents) ดังนี้

3.2.1 คุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับสี (Color base features)

งานวิจัยคำนวณจากคุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับสีทั้งดอก และคุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับสีเฉพาะส่วนกลีบนอกบน โดยใช้แบบจำลองสี HSV [5, 8] คำนวณจากการแบ่งค่าองศาของสี 0 ถึง 360 สามารถแบ่งออกเป็น 6 สี คือ สีแดง (Red), สีเหลือง (Yellow), สีเขียว (Green), สีฟ้าอมเขียว (Cyan), สีน้ำเงิน (Blue) และสีม่วงแดง (Magenta) นอกจากนี้ใช้ค่าปริมาณสีขาว (White) คำนวณจากค่า Saturation (S<= 0.25) และค่า Value (V >= 0.25)

การคำนวณค่าของช่วงสีเฉพาะส่วนกลีบนอกบน หาค่าโดยแบ่งส่วนของภาพออกเป็น 10 ส่วน และเลือกส่วนที่คาดว่าจะเป็นส่วนกลีบนอกบน โดยเลือกคำนวณค่าสีเฉพาะพื้นที่แถวที่ 1 คอลัมน์ที่ 3 ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. ส่วนของภาพที่คาดว่าจะเป็นส่วนกลีบนอกบน

3.2.2 คุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับรูปร่าง (Shape base features)

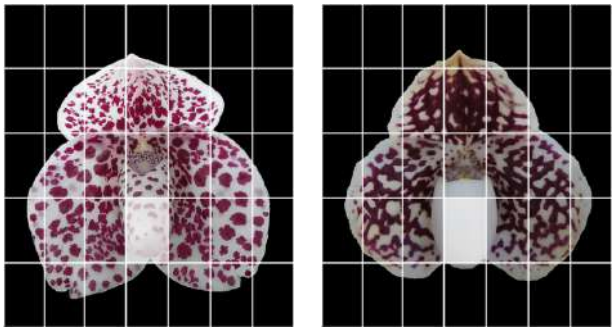
การหาค่าคุณลักษณะสำคัญของรูปร่างในการจำแนกดอกกล้วยไม้รองเท้านารี คำนวณจากค่าความกะทัดรัด (Compactness) ซึ่งมีสมการ[9] ดังนี้

$$compactness = \frac{4\pi Area}{perimeter^2} \quad (1)$$

กำหนดให้ Area แทนด้วยจำนวนของจุดภาพที่อยู่ภายในวัตถุที่สนใจ และ Perimeter แทนด้วยค่าความยาวรอบรูปที่ได้จากการคำนวณจุดภาพรอบวัตถุนั้น เมื่อคำนวณแล้วจะได้ค่าของลักษณะวัตถุที่สามารถบอกได้ว่ามีลักษณะอย่างไร เช่น ถ้าวัตถุมีลักษณะกลมจะมีค่าความกะทัดรัดมากกว่าวัตถุที่มีลักษณะกรุยกราย

3.2.3 คุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับลักษณะพื้นผิว (Texture base features)

การคำนวณหาค่าของลักษณะพื้นผิวหรือลวดลาย ในงานวิจัยจะเลือกเฉพาะส่วนที่คาดว่าจะเป็นส่วนกระเป๋ารองเท้านารี โดยทำการแบ่งภาพออกเป็น 35 ส่วน และคำนวณจุดสีจากค่าของช่วงสีม่วงแดงคือ 0 ถึง 0.04166 และ 0.6667 ถึง 1 เฉพาะพื้นที่แถวที่ 4 คอลัมน์ที่ 4 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. ส่วนของภาพที่คาดว่าจะเป็นส่วนกระเป๋ารองเท้านารี

3.3 การฝึกระบบและการทดสอบระบบ (Training & Testing)

หลังจากรวบรวมค่าคุณลักษณะสำคัญที่ใช้ในการจำแนกแล้วจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุดได้แก่ ข้อมูลสำหรับฝึกระบบ (Training Set) และข้อมูลสำหรับการทดสอบระบบ (Test Set) เพื่อไม่ให้เกิดความโน้มเอียงในการแบ่งชุดฝึกระบบกับชุดทดสอบระบบจึงใช้วิธีการทดสอบความถูกต้องแบบข้าม (cross validation)[8] โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ชุดข้อมูลย่อย(fold) คือ D1 , D2 , D3 , D4 และ D5 ในแต่ละชุดข้อมูลย่อยจะประกอบด้วยข้อมูลที่กระจายกันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. รายละเอียดชุดข้อมูลย่อย

ชุดข้อมูล	D1	D2	D3	D4	D5
Class1 :รองเท้านารีฝาหอย	8	8	8	8	8
Class2 : รองเท้านารีเหลืองตรัง	8	8	8	8	8
Class3 : รองเท้านารีเหลืองปราจีน	8	8	8	8	8
Class4 : รองเท้านารีขาวสตูล	8	8	8	8	8
Class5 : รองเท้านารีเหลืองกระบี่	8	8	8	8	8
Class6 : รองเท้านารีคางกบ	8	8	8	8	8
Class7 : รองเท้านารีเหลืองเลย	8	8	8	8	8
Class8 : รองเท้านารีสุขะกูล	8	8	8	8	8
รวม	**64**	**64**	**64**	**64**	**64**

จากนั้นทำการทดลอง 5 ครั้ง โดยครั้งที่หนึ่งจะมีชุดข้อมูล D2 , D3 , D4 และ D5 เป็นชุดข้อมูลสำหรับการฝึกระบบและชุดข้อมูล D1 เป็นชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบความถูกต้อง การทดลองครั้งที่สองชุดข้อมูล D1 , D3 , D4 และ D5 เป็นชุดข้อมูลสำหรับการฝึกระบบและชุดข้อมูล D2 เป็นชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบความถูกต้องทำแบบนี้ตามลำดับไปจนถึงการทดลองครั้งที่ห้า

3.4 การจำแนกประเภท (Classification)

งานวิจัยเลือกเทคนิคการจำแนกแบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) กำหนดให้สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบเพอร์เซปตรอนหลายชั้น (Multilayer Perceptron: MLP) ซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วยชั้นข้อมูลเข้า(Input Layer) มีจำนวนนิวรอลเท่ากับ 16 โหนด ประกอบด้วยค่าคุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับสีทั้งดอก (7 คุณลักษณะ) ค่าคุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับสีเฉพาะกลีบนอกบน (7 คุณลักษณะ) ค่าคุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับรูปร่าง (1 คุณลักษณะ) และค่าคุณลักษณะสำคัญเกี่ยวกับพื้นผิว (1 คุณลักษณะ) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) 1 ชั้น มีจำนวนนิวรอลเท่ากับ 12 โหนด และชั้นผลลัพธ์ (Output) มีจำนวนนิวรอลเท่ากับ 8 โหนด ประกอบด้วยกล้วยไม้รองเท้านารี 8 สายพันธุ์

4. ผลการวิจัย

ผลการจำแนกภาพดอกกล้วยไม้รองเท้านารีทั้ง 8 สายพันธุ์ด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำแนกข้อมูลที่ดีที่สุด คือ อัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) เท่ากับ 0.5 ค่าโมเมนตัม (Momentum) เท่ากับ 0.3 และจำนวนรอบในการเรียนรู้ (Training Time) เท่ากับ 300 เวลาที่ใช้ในการจำแนก 2.71 วินาที ซึ่งการจำแนกภาพจากจำนวน 320 ภาพ สามารถจำแนกได้ถูกต้องตามสายพันธุ์ 306 ภาพคิดเป็น 95.625 เปอร์เซ็นต์ และมีภาพที่จำแนกไม่ตรงสายพันธุ์ 14 ภาพคิดเป็น 4.375 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. สรุปผลการจำแนกภาพดอกกล้วยไม้รองเท้านารี 8 สายพันธุ์

ชุดข้อมูล	จำแนกได้ผลถูกต้อง		จำแนกได้ผิดกลุ่ม	
	ภาพ	%	ภาพ	%
Class1 :ฝาหอย	36	90	4	10
Class2 : เหลืองตรัง	39	97.5	1	2.5
Class3 : เหลืองปราจีน	37	92.5	3	7.5
Class4 : ขาวสตูล	39	97.5	1	2.5
Class5 : เหลืองกระบี่	38	95	2	5
Class6 : คางกบ	38	95	2	5
Class7 : เหลืองเลย	40	100	0	0
Class8 : สุขะกูล	39	97.5	1	2.5
รวม	**306**	**95.625**	**14**	**4.375**

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาหาคุณลักษณะสำคัญ (Feature) เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบในการจำแนกภาพดอกกล้วยไม้รองเท้านารี 8 สายพันธุ์ (Species) ที่ได้รับความนิยมในประเทศไทยโดยอาศัยการพิจารณาค่าคุณลักษณะสำคัญภายในเนื้อหาของภาพ คือ ด้านสี (Color) ด้านรูปร่าง (Shape) ด้านพื้นผิว (Texture)ใช้วิธีการแบ่งชุดข้อมูลสำหรับการฝึกระบบ (Training Set) และชุดข้อมูลสำหรับทำการทดสอบระบบ (Test set) ด้วยวิธีการทดสอบความถูกต้องแบบข้ามห้าทบ (5-fold cross validation) ใช้การจำแนกด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม พบว่าการจำแนกที่ให้ค่าความถูกต้องดีที่สุดของการจำแนกทั้งหมดเท่ากับ 95.625 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) เท่ากับ 0.5 ค่าโมเมนตัม (Momentum) เท่ากับ 0.3 และจำนวนรอบในการเรียนรู้ (Training Time) เท่ากับ 300

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย และศูนย์กล้วยไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สลิล สิทธิสัจจธรรม และนฤมล กฤษณชาญดี, “คู่มือกล้วยไม้”, สำนักพิมพ์สารคดี, กรุงเทพฯ, 2550.

[2] ธีระวัฒน์ วรคามินทร์, “ระบบผู้เชี่ยวชาญในการจำแนกกล้วยไม้ : กรณีศึกษากล้วยไม้สกุลหวายของไทย”, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาการจัดการระบบสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร, คณะเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ, 2545.

[3] M.-E. Nilsback and A. Zisserman, “A Visual Vocabulary for Flower Classification”, *Proceedings of the 2006 IEEE Computer Society Conferenceon Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.1447-1454, 2006.

[4] Artidtaya Suppaiboonvong and Chomtip Pornpanomchai, “Thai blooming flower recognition”, *The 6th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering*, Phuket, Thailand, 13-15 May 2009.

[5] บุญวิภา ราศรีสุทธิ์ และเสาวลักษณ์ วรรธนาภา, “การจำแนกภาพดอกกล้วยไม้รองเท้านารีด้วยเนื้อหาภายในภาพโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม”, *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ*, ปีที่ 6 ฉบับที่ 12, กรกฎาคม - ธันวาคม 2553, หน้า 34-38.

[6] เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล, ”ร้อยพรรณพฤกษารองเท้านารี”, สำนักพิมพ์เศรษฐศิลป์, กรุงเทพฯ, 2551.

[7] อุไร จิรมงคลการ, “กล้วยไม้รองเท้านารี”, สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ, 2551.

[8] พีราวิชญ์ ภาคนนท์กุล และเสาวลักษณ์ วรรธนาภา, “การจำแนกคลิปภาพยนตร์โดยอาศัยปัจจัยทางอารมณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบกรองหลายขั้น”, *Proceedings of the 13th National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC2009)*, 4-6 พฤศจิกายน 2552, กรุงเทพฯ, หน้า 332-337.

[9] Seyed Saeid , Modarres Najafabadi and Leila Farahani, “Shape analysis of common bean (Phaseolus vulgaris L.) seeds using image analysis”, *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, vol.3, no 8, pp.1619-1623.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบควบคุมสารอาหารและน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับแปลงปลูกพืชไร้ดิน

Automated system for controlling nutrients and water in hydroponic plot

นางสาวนัททิกา อุปนาศักดิ์[1], และ ดร.บรรพต ศิริณัฏสมบูรณ์[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: u.nuttika@gmail.com[1], bsirinut@engr.tu.ac.th [2]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการปลูกพืชไร้ดิน ได้เริ่มแพร่หลายในประเทศไทย แต่การปลูกไร้ดินนั้น ใช้แรงงานมนุษย์เป็นหลัก ยังไม่มีเทคโนโลยีที่ช่วยในการควบคุมดูแลที่ครอบคลุมทั้งระบบการปลูก ทำให้การปลูกพืชไร้ดินมีต้นทุนที่สูง ดังนั้นจึงได้มีการสร้างระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินที่สามารถควบคุมปริมาณสารอาหารให้เหมาะสม การควบคุมค่าความเป็นกรดด่างของน้ำในแปลงปลูก รวมไปถึงการควบคุมปริมาณน้ำในแปลงปลูกเพื่อเป็นการลดการใช้น้ำที่เกินความจำเป็น โดยใช้กรีนโอ๊คในการทดลอง จำนวน 20 ต้น ในแปลงขนาดความกว้างเท่ากับ 78 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร และใช้เซนเซอร์เป็นเครื่องมือในการวัดค่า อีกทั้งมีไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลอัตโนมัติ ผลการทดลองพบว่าการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับแปลงปลูกพืชไร้ดิน จะลดการใช้ปริมาณน้ำในการปลูกตลอดจนถึงการเก็บเกี่ยวได้ถึง 1.72 ลิตร และลดการใช้สารอาหารลง 10.38 มิลลิลิตร พืชที่ปลูกด้วยระบบอัตโนมัติจะมีการเจริญเติบโตได้ดี และสามารถลดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวได้เร็วกว่าการปลูกแบบไม่มีระบบควบคุมถึง 5 วัน

Abstract

Today, hydroponics are widely acclaimed in Thailand, but not have a technology that helps to control then planted with human labor is the main and make hydroponics is high cost. Therefore, we will create a system control of the proper nutrients, pH and water level in the field. This study Green oak used in the trial of 20 trees in the plot width 78 cm and long 70 cm, used the sensor as a tool to measure and microcontroller to process automation. The results showed that the use of automatic control systems for hydroponics to reduce the amount of water up to 1.72 liters, and reduction in nutrients decreased 10.38 milliliters. Plants grown with automation they are growing well. And can shorten the time to harvest them faster growing without control up to 5 days.

***Keywords*:**

automated, hydroponic, sensor, microcontroller, nutrients

1. บทนำ

การใช้เทคโนโลยีการเกษตรหรือนวัตกรรมที่เหมาะสม เป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาการเกษตร ที่จะช่วยลดการใช้ทรัพยากร เพิ่มผลผลิต และสร้างแรงจูงใจในการกระตุ้นเศรษฐกิจภาคการเกษตร โดยจำเป็นต้องนำความรู้ วิทยาการใหม่ และบริการทางวิชาการต่าง ๆ ที่สามารถให้บริการตรงตามความต้องการ และทันต่อเหตุการณ์มาประยุกต์ใช้

การปลูกพืชไร้ดิน (Hydroponics) เป็นวิทยาการที่ก้าวหน้าในการผลิตพืชที่มีศักยภาพและมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการเกษตร เพราะเป็นวิธีที่สามารถควบคุมการผลิตไม่ให้มีการปนเปื้อนของสารพิษและยาฆ่าแมลง และยังสามารถป้องกันโรคพืชจากดินที่อาจติดไปยังผลผลิตได้ ซึ่งการปลูกพืชไร้ดิน คือวิธีการปลูกพืชเลียนแบบการปลูกพืชบนดินโดยไม่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูก แต่เป็นการปลูกพืชในสารสะลายที่มีสารอาหารครบถ้วน โดยให้รากสัมผัสกับสารอาหารโดยตรง แต่ก็ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ของพืชที่สามารควบคุมได้ คือ ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ (pH) ปริมาณน้ำ ปริมาณสารอาหารที่เพียงพอ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช หากมีความไม่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวก็อาจมีผลให้พืชเจริญเติบโตอย่างผิดปกติ เกิดโรคพืช หรืออาจเสียค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับน้ำและสารอาหารที่เกินความจำเป็น

ดังนั้นจึงได้มีการสร้างระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดิน ที่สามารถควบคุมปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างเหมาะสมกับชนิดของพืชที่ทำการปลูก คือสามารถควบคุมปริมาณสารอาหารให้เหมาะสม การควบคุมค่าความเป็นกรดด่างของน้ำในแปลงปลูก รวมไปถึงการควบคุมปริมาณน้ำในแปลงปลูกเพื่อเป็นการลดการใช้น้ำที่เกินความจำเป็น ซึ่งหากสามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชดังกล่าวได้ ก็สามารถลดต้นทุน ลดภาระการทำงาน และลดการใช้ทรัพยากรน้ำในการปลูกพืชไร้ดินได้

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Diego S. Domingues และคณะ [1] ได้พัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับควบคุมค่าความเป็นกรดด่าง และ ความเข้มข้นของสารละลายเพื่อแก้ปัญหาการปลูกผักกาดหอมในแปลงผักไฮโดรโพนิกส์ พบว่าการเจริญเติบโตของผักกาดหอมขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของสารอาหาร ค่าความนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรดด่าง ดังนั้นจึงได้ทำการวัดค่าดังกล่าวโดยใช้วิธีการควบคุมโดยใช้โซลีนอยล์วาล์ว ตลอด 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับแปลงปลูกในเรือนกระจก ผลปรากฏว่า ผักกาดหอมที่ปลูกด้วยระบบอัตโนมัติ มีระยะเวลาในการเก็บผลผลิตสั้นกว่า คือ 64 วัน แต่ในแปลงปลูกในเรือนกระจกใช้เวลาในการเก็บผลผลิต 71 วัน ผักกาดหอมที่ปลูกด้วยระบบอัตโนมัติ มีการใช้แรงงานที่ลดลงและมีผลผลิตสูงขึ้น

Hak-Jin Kim และคณะ [2] ได้สร้างชุดตรวจวัดสารอาหารในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมด้วย

ขั้วไฟฟ้าแบบเลือกไอออน โดยใช้เมมเบรนต์ในการวัดค่าโพแทสเซียมและไนโตรเจน และจะทำการคำนวณค่าสารอาหารที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ โดยใช้วิธีการวัดค่าที่ 2 จุด เมื่อสารอาหารมีค่าน้อยเกินไปก็จะทำการเติมสารอาหาร หรือมีค่าสูงเกินไปก็ทำสารอาหารเจือจาง โดยควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โซลินอยล์วาล์ว รีเลย์ และมอเตอร์

M.F. Saaid และคณะ [3] ได้พัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์อัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชในน้ำนิ่งแบบต้องเติมอากาศ (Deep Water Culture) ในงานวิจัยนี้ค่าความเป็นกรดด่างจะถูกควบคุมอัตโนมัติโดยเซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดด่าง เมื่อเซนเซอร์อ่านค่าของน้ำที่มีสารอาหารแล้วจะทำการเก็บค่าความเป็นกรดด่างที่ต้องการโดยใช้สารละลายที่ผสมอยู่ในวาล์ว นอกจากนี้น้ำในถังจะรักษาระดับอยู่ต่อเนื่องด้วยวาล์ว Trigger ที่จะควบคุมการไหลเข้าและออกของน้ำในถัง การวัดระดับน้ำเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญที่จะรักษาระดับน้ำในถัง จากผลการทดลองพบว่า ในทุก ๆ การเปลี่ยนแปลงค่าเป็นกรดที่ 0.312 และค่าความเป็นด่างที่ 0.244 จะใช้สารละลายผสมเพื่อใช้ในการปรับค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.64 มิลลิลิตร

นิติพงษ์ และ นิคม [4] ได้พัฒนาชุดควบคุมการปลูกพืชในสารละลายไฮโดรโพนิกส์ ได้สร้างชุดควบคุมที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร รวมไปถึงระบบป้องกันเชื้อโรคพบว่าการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น อุณหภูมิ ปริมาณและความเข้มข้นของสารละลายนั้น สามารถลดความยุ่งยากในการปลูกและยังสามารถลดภาระการทำงานได้เป็นอย่างดี

3. วัสดุอุปกรณ์

3.1 พืชและสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง

พืชที่ใช้ในการทดลอง คือ กรีนโอ๊ค (Green Oak) ชื่อสามัญ Lettuce ชื่อวิทยาศาสตร์ *Lactuca sativa var.crispa L.* จำนวนพืชที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็นสำหรับแปลงปลูกพืชไร้ดินแบบไม่มีระบบควบคุม จำนวน 20 ต้น และแปลงปลูกพืชไร้ดินที่มีระบบควบคุมอัตโนมัติจำนวน 20 ต้น ระยะเวลาในการปลูกคือ เดือนมกราคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2557 โดยทั้ง 2 แปลงปลูกที่ อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีการควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส และความเข้มของแสงอยู่ในช่วง 12,000 ถึง 20,000 ลักซ์

ในการทดลองครั้งนี้ใช้การปลูกแบบให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากพืชในระดับลึกบนรางปลูกอย่างต่อเนื่อง (Deep Flow Technique, DFT) โดยมีความลึก 3 เซนติเมตร ใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ออกแบบระบบในแนวราบ เพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ดี ขนาดของแปลงที่ใช้ในการปลูก มีขนาดความกว้างเท่ากับ 78 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร ความสูงของแปลงจากพื้นดิน 76 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องที่ใช้ในการปลูก 3.50 เซนติเมตรระยะห่างระยะช่องที่ใช้ในการปลูก 7 เซนติเมตร จำนวนทั้งสิ้น 20 ช่องปลูก ปั๊มที่ใช้เพื่อการหมุนเวียนสารอาหารภายในแปลงปลูกใช้ปั๊มน้ำขนาดกำลังไฟฟ้า 30 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ยี่ห้อ SONIC ส่วนปั๊มที่ใช้เพื่อการเพิ่มระดับน้ำในแปลงปลูกใช้ปั๊มน้ำขนาดกำลังไฟฟ้า 25 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ยี่ห้อ SONIC

3.2 น้ำ สารอาหาร และสารละลายปรับค่าความเป็นกรดด่าง

น้ำที่ใช้เป็นน้ำประปาของจังหวัดฉะเชิงเทรา ที่วัดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำได้ 100 $\mu s/cm$ แต่ต้องไม่เกิน 200 $\mu s/cm$ และสารอาหารที่ใช้ผลิตโดย บริษัท จิตสดใส ประถมชัย ไฮโดรเทค จำกัด จังหวัดฉะเชิงเทรา ประกอบไปด้วยสารอาหาร A สำหรับพืชไร้ดิน อัตราการใช้ 3 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ในสารอาหาร A ขนาด 500 มิลลิลิตร มีส่วนประกอบของแคลเซียมไนเตรท 50 กรัม เหล็ก EDDHA 2.5 กรัม และสารอาหาร B สำหรับพืชไร้ดิน อัตราการใช้ 3 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ในสารอาหาร B ขนาด 500 มิลลิลิตร มีส่วนประกอบของโปแตสเซียมไนเตรท 30 กรัม แมงกานีสฟอสเฟต 25 กรัม โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต 13 กรัม แมงกานีส EDTA 0.50 กรัม ธาตุอาหารรองสูตรรวม 1.30 กรัม และในการปรับค่าความกรดด่างของน้ำและสารอาหารใช้กรดไนตริกเข้มข้นนำมาเจือจางในอัตราส่วน 1 ต่อ 10

3.3 เซนเซอร์ โซลินอยด์วาล์ว บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ และโปรแกรม

ในการทดลองนี้มีการตรวจวัดค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความนำไฟฟ้า ค่าระดับความสูงของน้ำ และค่าอัตราการไหลของน้ำ โดยการตรวจวัดค่าความเป็นกรดด่างใช้เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH sensor) และการวัดค่าความนำไฟฟ้าใช้เซนเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า (Electrical conductivity sensor) ยี่ห้อ AtlasScientific พร้อมโมดูลคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณอนาลอกที่วัดได้จากเซนเซอร์แล้วประมวลผลส่งข้อมูลให้กับผู้ใช้งานทาง Serial Port (UART) และส่งคำสั่งไปที่โมดูล ส่วนการวัดค่าระดับความสูงของน้ำใช้เซนเซอร์วัดค่าระดับความสูงของน้ำ (Level sensor) จุ่มลงไปในน้ำเพื่อวัดระดับความสูง ยี่ห้อ Milone รุ่น E-Tape 8 นิ้ว และการวัดค่าอัตราการไหลของน้ำใช้เซนเซอร์วัดค่าอัตราการไหลของน้ำ (Water flow sensor) ยี่ห้อ SeeedStudio รุ่น sku: POW110D3B ต่อเข้ากับท่อน้ำ PVC เพื่อวัดค่าและจะส่งผลค่าที่วัดได้มาที่หน้าจอแสดงผล สำหรับการเปิดปิดการไหลของของเหลวต่าง ๆ เช่น น้ำสะอาด สารอาหาร และสารละลายปรับค่าความเป็นกรดด่างในแปลงปลูก ใช้โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) ยี่ห้อ AquaTech รุ่น AQT15SP

ในการควบคุมและประมวลผลใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ยี่ห้อ arduino รุ่น uno R2 สำหรับประมวลผลข้อมูลและรับค่าจากเซนเซอร์จากแปลงปลูก พร้อมทั้งส่งค่าต่าง ๆ ไปควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว ถังสารอาหาร และถังสารละลายปรับค่าความเป็นกรดด่าง โดยเขียนคำสั่งด้วยภาษาซี ด้วยโปรแกรม Arduino 1.0 ใช้เพื่อสื่อสารระหว่างเซนเซอร์ต่างๆ กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมทั้งแสดงผลออกทางหน้าจอแสดงผล

4. หลักการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชไร้ดิน

ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชไร้ดินใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการประมวลผลและติดต่อระหว่างเซนเซอร์ต่างๆ กับผู้ใช้งาน ซึ่งสามารถควบคุมปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างเหมาะสม โดยใช้กรีนโอ๊คเป็นพืชต้นแบบ เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการปลูกพืชไร้ดินที่สามารถควบคุมปริมาณสารอาหาร ค่าความเป็นกรดด่าง และระดับน้ำอย่างเหมาะสม ด้วยการควบคุมปริมาณสารอาหารในแปลงปลูกโดยใช้เซนเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดด่าง และเซนเซอร์วัดระดับความสูงของน้ำที่จะทำการวัดค่าต่าง ๆ เหล่านี้ตลอดเวลา และปรับค่าให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมอย่างอัตโนมัติตามค่าพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 1 โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของเซนเซอร์และระบบที่มีปั๊มน้ำเป็นตัวหมุนเวียนสารอาหารและโซลินอยด์วาล์ว ควบคุมการไหลของสารละลายต่าง ๆ ในระบบ

ตารางที่ 1. ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติ

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
ความเป็นกรดด่าง (pH)	5.50-6.50
ความนำไฟฟ้า	1,150-1,550 µs/cm
ระดับความสูงของน้ำ	1.50-2.50 เซนติเมตร



รูปที่ 1. ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชไร้ดิน

5. วิธีการทดลอง

สร้างแปลงปลูกพืชไร้ดินพร้อมทั้งปลูกกรีนโอ๊ค จำนวน 2 แปลง ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบควบคุมการใช้ปริมาณน้ำและสารอาหารรวมไปถึงระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต สำหรับการปลูกพืชไร้ดินโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์กับการปลูกพืชไร้ดินแบบไม่มีระบบควบคุม โดยทั้ง 2 แปลงจะควบคุมความเข้มของแสงและค่าอุณหภูมิ

แปลงที่ 1 ปลูกพืชไร้ดินแบบไม่มีระบบควบคุม มีการวัดค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความนำไฟฟ้า ปริมาณน้ำ และสารอาหาร โดยใช้แรงงานมนุษย์ ในการจดบันทึกค่า เติมน้ำเข้าแปลงปลูกผักในกรณีที่น้ำลดลง หรือเติมปริมาณสารอาหาร และเติมสารสารละลายปรับค่าความเป็นกรดด่าง

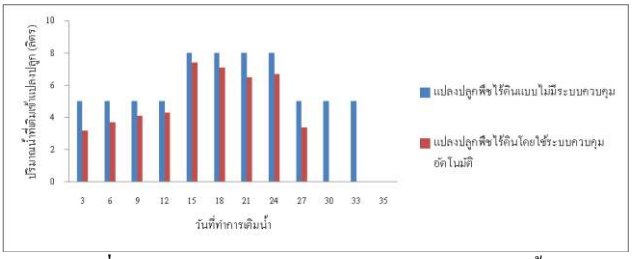
แปลงที่ 2 ปลูกพืชไร้ดินที่มีระบบควบคุมอัตโนมัติ มีการวัดค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความนำไฟฟ้า ปริมาณน้ำ และสารอาหาร โดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ

ในทุกๆ 3 วัน เราจะทำการวัดค่าปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณการใช้สารอาหาร รวมไปถึง ขนาดของพืช ดังนี้ จำนวนใบ ความกว้างของใบ ความยาวของใบ ขนาดเส้นรอบวงของต้น โดยจะวัดทุกต้นจำนวน 20 ต้นต่อแปลงปลูก และนำที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละแปลง

6. ผลการทดลอง

6.1 ปริมาณการใช้น้ำ

จากการทดลองปลูกกรีนโอ๊ค จำนวน 20 ต้น เปรียบเทียบการปลูกโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติกับการปลูกแบบไม่มีระบบควบคุม ผลปรากฏว่าปริมาณการใช้น้ำของการปลูกโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติมีการใช้ปริมาณน้ำเฉลี่ย 3.87 ลิตร แต่การปลูกแบบไม่มีระบบควบคุมมีการใช้ปริมาณน้ำเฉลี่ย 5.58 ลิตร ดังนั้นการปลูกโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่าการปลูกแบบไม่มีระบบควบคุม คิดเป็น 1.78 ลิตร ดังรูปที่ 2. เนื่องจากระบบควบคุมอัตโนมัติจะทำการเติมน้ำเมื่อเซนเซอร์วัดระดับความสูงของน้ำตลอดเวลา และเมื่อตรวจพบว่าระดับน้ำในแปลงปลูกมีปริมาณต่ำลง ระบบจะทำการเปิดการทำงานของโซลินอยด์วาล์วเพื่อจ่ายน้ำให้กับแปลงแต่ทั้งนี้ระบบอัตโนมัติจะไม่เติมน้ำเกินความสูงของระดับน้ำที่ตั้งไว้ แต่แปลงปลูกแบบไม่มีระบบควบคุมนั้น จะทำการบันทึกค่าปริมาณน้ำที่ลดลงทุก ๆ 3 วัน ถ้าปริมาณน้ำลดลงจะทำการเติมน้ำในระบบโดยแรงงานมนุษย์ครั้งละ 5-8 ลิตร แล้วแต่การลดของปริมาณน้ำ ซึ่งในบางครั้งการเติมน้ำโดยแรงงานมนุษย์จะทำให้น้ำเกินความจำเป็นในระบบ

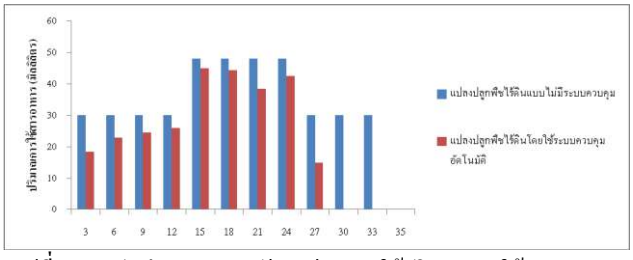


รูปที่ 2. กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบการใช้ปริมาณน้ำ

6.2 ปริมาณการใช้สารอาหาร

จากการทดลอง ปริมาณการใช้สารอาหารของการปลูกโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ มีการใช้ปริมาณสารอาหารเฉลี่ย 33.50 มิลลิลิตร แต่การปลูกแบบไม่มีระบบควบคุมมีการใช้ปริมาณสารอาหารเฉลี่ย 23.13 มิลลิลิตร ดังรูปที่ 3. เนื่องจากการปลูกแบบไม่มีระบบควบคุมปริมาณการใช้สารอาหารจะสัมพันธ์กับปริมาณการใช้น้ำ โดยทุกการเติมน้ำ 1 ลิตร จะต้องทำการเติมสารอาหาร A และ B อย่างละ 3 มิลลิลิตร แต่ในการปลูกโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ การเติมสารอาหารจะเติมเมื่อค่าที่วัดได้ไม่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด สารอาหารจะถูกจ่ายมาเพื่อปรับค่าความนำไฟฟ้าในแปลงปลูก ดังนั้นการปลูกโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติใช้

ปริมาณสารอาหารน้อยกว่าการปลูกแบบไม่มีระบบควบคุม คิดเป็น 10.38 มิลลิลิตร



รูปที่ 3. กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบการใช้ปริมาณการใช้สารอาหาร

6.3 การเจริญเติบโตของพืช

จากการทดลอง ผลปรากฏว่า พืชที่ปลูกในแปลงที่ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ จะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ดังตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของพืชในวันที่ 30 ของการปลูกซึ่งเป็นวันเก็บเกี่ยวผลผลิตของพืชที่ปลูกโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ แต่ในขณะที่การปลูกแบบไม่มีระบบควบคุม พืชจะยังมีการเจริญเติบโตไม่เพียงพอที่จะเก็บเกี่ยวจำหน่ายสู่ท้องตลาด

ตารางที่ 2. ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของพืชในวันที่ 30 ของการปลูก

ค่าที่วัด	การปลูกแบบไม่มีระบบควบคุม	การปลูกโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ
จำนวนใบ	21.45 เซนติเมตร	24.72 ใบ
ความกว้างของใบ	7.95 เซนติเมตร	9.82 เซนติเมตร
ความยาวของใบ	11.90 เซนติเมตร	16.88 เซนติเมตร
ขนาดเส้นรอบวงของต้น	1.22 เซนติเมตร	1.45 เซนติเมตร
น้ำหนักเปียก	88.90 กรัม	100.30 กรัม

6.4 ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต

จากการทดลองพบว่า พืชที่ปลูกในแปลงที่ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติจะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในวันที่ 30 ของการปลูก ซึ่งนับได้จากจำนวนใบเฉลี่ย 24.72 ใบต่อต้น เส้นรอบวงของต้นเฉลี่ย 1.45 เซนติเมตร สุดท้ายคือน้ำหนักเปียกของพืชที่ส่งขายออกสู่ตลาดจะมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100.30 กรัมต่อต้น ส่วนในการปลูกแบบไม่มีระบบควบคุมสามารถเก็บเกี่ยวได้ในวันที่ 35 ของการปลูก โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบที่ 24.05 ใบต่อต้น ขนาดเส้นรอบวงของต้นเฉลี่ย 1.36 เซนติเมตร น้ำหนักเปียกเฉลี่ย 100.18 กรัมต่อต้น ดังนั้นการปลูกโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ สามารถลดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวได้ 5 วัน

7. สรุป

จากการสร้างระบบควบคุมสารอาหารและน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับแปลงปลูกพืชไร้ดิน โดยใช้กรีนโอ๊คในการทดลอง จำนวน 20 ต้น ในแปลงขนาดความกว้างเท่ากับ 78 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร สามารถสรุปผลการศึกษาและเปรียบเทียบการทำงานกับการปลูกแบบไม่มีระบบควบคุมได้ว่า การปลูกโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติใช้ปริมาณน้ำที่น้อยกว่า คิดเป็น 1.72 ลิตร และปริมาณการใช้สารอาหารลดลงคิดเป็น 10.38 มิลลิลิตร ต่อการปลูก 20 ต้น เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกแบบไม่มีระบบควบคุม ในการทดลองนี้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในวันที่ 30 ของการปลูก แต่ในขณะที่การปลูกแบบไม่มีระบบควบคุมจะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในวันที่ 35 ซึ่งการปลูกโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติจะใช้เวลาในการปลูกน้อยกว่าการปลูกแบบไม่มีระบบควบคุมถึง 5 วัน

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Domingues, Diego S., et al. "Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production." Computers and Electronics in Agriculture 84 (2012): 53-61.

[2] Kim, Hak-Jin, et al. "Automated sensing of hydroponic macronutrients using a computer-controlled system with an array of ion-selective electrodes." Computers and Electronics in Agriculture 93 (2013): 46-54.

[3] Saaid, M. F., et al. "A Development of an Automatic Microcontroller System for Deep Water Culture (DWC)." 2013 IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications, 8 - 10 Mac. 2013, Kuala Lumpur, Malaysia

[4] นิติพงษ์ สมไชยวงค์ และ นิคม ธรรมปัญญา. การพัฒนาชุดควบคุมการปลูกพืชในสารละลายไฮโดรโพนิกส์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. ทุนสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) 2551 น. 85-น.87

หัวข้อ ธุรกิจ การธนาคาร การท่องเที่ยว การโรงแรมและระบบความปลอดภัย(21TV)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ศักยภาพการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ อำเภอกัลยาณิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่

Management Potential of Baan Jan Community-Based Tourism Network, Galyani Vadhana District, Chiang Mai Province.

ดวงพร อ่อนหวาน[1], ธนบดินทร์ วงษ์เมืองแก่น[2]

[1]สาขาวิชาการจัดการ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

[2]ศูนย์จัดการข้อมูลเพื่อการวิจัยและพัฒนาศักยภาพชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

m_pompam@yahoo.com[1], thana.bell153@gmail.com[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน ประชากรที่ทำการศึกษา แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก ได้แก่ กลุ่มการท่องเที่ยวโดยชุมชน กลุ่มอาชีพ และปราชญ์ ในตำบลบ้านจันทร์ กลุ่มที่สอง ได้แก่ ผู้มีประสบการณ์ด้านการท่องเที่ยวโดยชุมชน และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ในตำบลบ้านจันทร์ เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคต่างๆ ได้แก่ SWOT Analysis และ Factor Evaluation Matrix ผลการศึกษาพบว่า คู่ที่มีค่าสูงที่สุดจากการหาค่าเฉลี่ยรวมหลังถ่วงน้ำหนัก คือ จุดแข็งและโอกาส (2.24, 2.06) หมายความว่า ตำบลบ้านจันทร์มีศักยภาพด้านทรัพยากรการท่องเที่ยว และด้านการรวมกลุ่มในชุมชนเพื่อจัดการการท่องเที่ยว รวมถึงโอกาสที่ได้รับจากหน่วยงานภายนอกเข้ามาสนับสนุนด้านการจัดการการท่องเที่ยวโดยชุมชน

คำสำคัญ: *ศักยภาพการจัดการเครือข่าย เครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชน อำเภอกัลยาณิวัฒนา*

Abstract

This study involves with both qualitative and quantitative researches, with community people's participation. The study population was divided into 2 groups. First were the representatives from community-based tourism group, occupational class and philosophers in Baan Jan Sub-district. Second included the representatives from community-based tourism specialists and stakeholders in Baan Jan Sub-district. The tool used was an unstructured interview with data analysis conducted through various types of method, i.e. SWOT Analysis and Factor Evaluation Matrix. It was found, from the study, that the pair with the highest value obtained from a calculation of the combined weighted mean was strengths and opportunities (2.24, 2.06 respectively). This means that Baan Jan Sub-district has the potentials of not only tourism resources but also gatherings of the community people for tourism purpose including the opportunities received from external agencies in terms of community-based tourism management sponsorship.

***Key Words*:** *Management Potential of Network, Community-Based Tourism Network, Galyani Vadhana District*

1. บทนำ

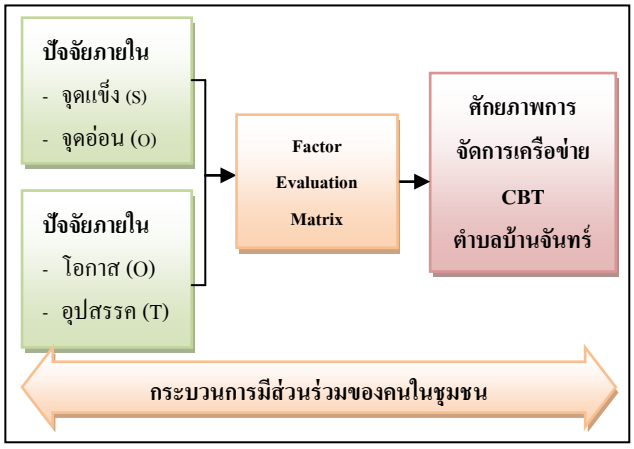
การส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยใช้ชุมชนเป็นฐานในการบริหารจัดการการท่องเที่ยว หรือ Community-based tourism ซึ่งภายใน 2 ทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และในอนาคตมีแนวโน้มการจะเติบโตเป็นเครือข่ายมากขึ้น ทั้งนี้รูปแบบการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชนเน้นกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ในการจัดการและสนับสนุนการอนุรักษ์ทรัพยากรการท่องเที่ยวในตัวเอง และในขณะเดียวกันเกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจแก่ชุมชนอีกด้านหนึ่งด้วย การท่องเที่ยวโดยชุมชนจึงถูกคาดหวังว่าจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาชุมชนให้มีความเข้มแข็งและมีความยั่งยืนได้อย่างแท้จริง กระแสการพัฒนาการท่องเที่ยว 3 ประการ คือ 1) ความต้องการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2) ความต้องการของนักท่องเที่ยวที่สนใจการท่องเที่ยวเพื่อการเรียนรู้ และ 3) ความต้องการในการพัฒนาคนและการให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น ทิศทางการพัฒนาการท่องเที่ยวนับจากนี้ไป จึงต้องให้ความสำคัญกับการวางแผนการจัดการที่ดี มุ่งสู่การท่องเที่ยวแบบเน้นอุปทาน (Supply-Based Tourism) กล่าวคือ เป็นการท่องเที่ยวที่มุ่งให้ความสำคัญกับการดูแลฐานทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมากกว่าการลงทุนจากภายนอก และใช้การท่องเที่ยวเป็นเครื่องมือที่ทำให้ชุมชนท้องถิ่นเกิดความเข้มแข็ง แล้วมีผลพลอยได้คือรายได้เสริมจากกิจกรรมการท่องเที่ยว (เทิดชาย ช่วยบำรุง, 2552)

หลายต่อหลายชุมชนที่ทำการบริหารจัดการการท่องเที่ยวโดยชุมชนนอกจากมีการรวมกลุ่มของชุมชนที่จัดการท่องเที่ยวเป็นเครือข่าย เพื่อสนับสนุนส่งเสริมกิจกรรมการท่องเที่ยวซึ่งกันและกัน ตัวอย่างเช่น เครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดแม่ฮ่องสอน เครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น เครือข่ายมีส่วนช่วยให้เกิดการสร้างสรรค์กิจกรรมบนพื้นฐานของความเอื้ออาทร เกิดพลังในการทำงานให้บรรลุเป้าหมายองค์กรและให้ชุมชนเข้มแข็ง แต่อย่างไรก็ดีการรวมตัวกันเป็นเครือข่ายอย่างเข้มแข็งนั้นต้องอาศัยการรวมตัวกันอย่างมีจุดหมาย ซึ่งจะเป็นเครื่องมือและยุทธศาสตร์ที่สำคัญต่อการระดมทรัพยากรและความคิดเห็นของฝ่ายต่างๆ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาและการเปลี่ยนแปลงในสิ่งที่ต้องการขยายผลของการพัฒนา การใช้พลังเครือข่ายซึ่งถือได้ว่าเป็นกิจกรรมทางสังคมที่นำไปสู่การเรียนรู้และการสร้างพื้นที่ทางสังคม (จำนง แรกพินิจ และประภาส สุทธิอาคาร, 2551: 13)

ตำบลบ้านจันทร์ เป็นจุดศูนย์กลางของอำเภอกัลยาณิวัฒนา อำเภอแห่งใหม่ที่จัดตั้งขึ้นเป็นกรณีพิเศษลำดับที่ 25 ของจังหวัดเชียงใหม่ และลำดับที่ 878 ของประเทศไทย โดยกำหนดให้เป็นอำเภอเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนาฯ อีกทั้งจังหวัดเชียงใหม่ยังมีนโยบายให้อำเภอกัลยาณิวัฒนาเป็นจุดหมายทางการท่องเที่ยวที่สำคัญอีกแห่งหนึ่งของจังหวัดเชียงใหม่ จึงมีการหลั่งไหลเข้ามาของนักท่องเที่ยวอย่างต่อเนื่อง แต่ยังพบปัญหาเมื่อนักท่องเที่ยวเข้ามาแล้วไม่รู้ว่าจะไปเที่ยวที่ไหน ได้แต่ไปพักค้างแรมที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์หรือโครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ (ออป.) แล้วก็กลับออกไป (ดวงพร อ่อนหวาน และคณะ, 2555 : 103) ประชาชนในพื้นที่และคณะผู้วิจัยเห็นว่าปัญหาข้างต้นเกิดจากการมีกลุ่มการท่องเที่ยวโดยชุมชน กลุ่มอาชีพ และปราชญ์ที่มีศักยภาพ แต่ยังขาดการเชื่อมโยงกันเป็นเครือข่ายการจัดการท่องเที่ยวที่จะเป็นประโยชน์ต่อชุมชน จึงเห็นควรที่จะศึกษาศักยภาพของชุมชนที่จะนำมาจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนในตำบลบ้านจันทร์ เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ต่อไป ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อกลุ่มการท่องเที่ยวโดยชุมชน กลุ่มอาชีพ และปราชญ์ ให้มีรายได้เสริมจากการท่องเที่ยวภายใต้เงื่อนไขความพอเพียง พอประมาณ และความมีเหตุผล เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบในด้านลบกับวิถีชีวิตและวัฒนธรรมของชุมชน

2. กรอบแนวคิดของการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ใช้เทคนิค SWOT Analysis ในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและสภาพแวดล้อมภายนอก และทำการประเมินศักยภาพด้วยเทคนิค Factor Evaluation Matrix เพื่อหาศักยภาพการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ ซึ่งก็คือการหาความสามารถสูงสุดที่แฝงอยู่ในชุมชนที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้บริหารจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ โดยมีกรอบแนวคิดของการวิจัยดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยเน้นกระบวนการมีส่วนร่วม และการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ควบคู่กันไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยการจัดเวทีระดมความคิดเห็นในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอก (SWOT Analysis) ของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนของตำบลบ้านจันทร์ ได้แก่ จุดแข็ง (Strengths) จุดอ่อน (Weaknesses) โอกาส (Opportunities) และอุปสรรค (Threats) โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ตัวแทนกลุ่มท่องเที่ยวโดยชุมชน กลุ่มอาชีพ และปราชญ์ ในตำบลบ้านจันทร์ จำนวน 28 คน

2. ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงปริมาณ ด้วยการนำผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอกของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ มาให้คะแนนตามลำดับความสำคัญ โดยกลุ่มตัวอย่างผู้ให้คะแนน ได้แก่ ตัวแทนผู้มีประสบการณ์ด้านการท่องเที่ยวโดยชุมชน และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชน เช่น ผู้นำชุมชน เป็นต้น จำนวน 44 คน หลังจากนั้นใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ผลการให้คะแนนตามลำดับความสำคัญ และใช้เทคนิคเมททริกซ์ประเมินสภาพแวดล้อม (Factor Evaluation Matrix) ในการประเมินศักยภาพการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอกของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์

4.1.1 จุดแข็ง (Strengths) จากการร่วมกันวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ พบว่ามีจุดแข็งดังต่อไปนี้

1) ทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ เป็นพื้นที่ป่าสนผืนใหญ่ที่สุดในประเทศ

2) มีโบราณสถานหลายแห่งในตำบลบ้านจันทร์และในพื้นที่ใกล้เคียง

3) ชาวบ้านยังคงมีประเพณี วัฒนธรรม และวิถีชีวิตของชนเผ่า

4) วิถีชีวิตของชาวบ้านที่ผูกพันและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

5) มีปราชญ์ ผู้รู้ ครูภูมิปัญญาด้านต่างๆ ที่หลากหลาย

6) มีการรวมกลุ่มอาชีพทำกิจกรรมสร้างรายได้เสริมให้กับครอบครัว

7) มีผลิตภัณฑ์แปรรูปหลากหลายที่เป็นผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจำหน่ายให้กับนักท่องเที่ยวได้

8) มีการรวมกลุ่มเพื่อจัดการการท่องเที่ยวโดยชุมชน

4.1.2 จุดอ่อน (Weaknesses) จากการร่วมกันวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ พบว่ามีจุดอ่อนดังต่อไปนี้

1) ชาวบ้านบางส่วนยังขาดจิตสำนึกเรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

2) ชาวบ้านขาดหลักฐานเชิงวิชาการของโบราณสถาน หรือซากโบราณสถานที่พบจำนวนมากในพื้นที่

3) ข้อมูลภูมิปัญญา วิถีชีวิต วัฒนธรรมและประเพณี บางอย่างที่กำลังจะถูกลืม ซึ่งยังคงมีอยู่กับผู้สูงอายุ แต่ยังขาดโอกาสถ่ายทอดสู่คนรุ่นใหม่

4) องค์ความรู้ ภูมิปัญญา ของชนเผ่า ยังไม่ได้มีการรวบรวมจัดหมวดหมู่ที่เป็นระบบ และขาดช่องทางที่ทำให้ครูภูมิปัญญาได้นำเสนอตัวเอง

5) วิถีชนเผ่าปกาเกอะญอที่ชอบการพัฒนาแบบช้าๆ ค่อยเป็นค่อยไป จึงทำให้ชาวบ้านปรับตัวได้ยากกับการส่งเสริมของภาครัฐแบบก้าวกระโดด

6) วัตถุดิบที่ใช้ในการทอผ้าปกาเกอะญอนำเข้าจากภายนอก

7) จิตสำนึกของคนในชุมชนเรื่องการรักษาความสะอาดยังมีน้อย

8) ยังขาดมาตรฐานในด้านราคาของผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น

9) กลุ่มการท่องเที่ยวโดยชุมชนที่รวมตัวกันในพื้นที่ ยังไม่มีช่องทางเข้าถึงตลาดเป้าหมาย

4.1.3 โอกาส (Opportunities) จากการร่วมกันวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ พบว่ามีโอกาส ดังต่อไปนี้

1) นโยบายและยุทธศาสตร์ของจังหวัดเชียงใหม่ที่ส่งเสริมให้อำเภอกัลยาณิวัฒนา เป็นอำเภอท่องเที่ยว

2) กระแสการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์

3) อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวมีชื่อเสียงและได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทย และชาวต่างชาติ อยู่ติดกับอำเภอกัลยาณิวัฒนา

4) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ และโครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ (ออป.) มีที่พักบริการแก่นักท่องเที่ยวซึ่งมีชื่อเสียงอยู่แล้ว

5) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์สนับสนุนเรื่องการปลูกพืชเมืองหนาว

6) มีสถาบันการศึกษาเข้ามาทำการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาด้านการท่องเที่ยวโดยชุมชน โดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมในพื้นที่

7) มีหน่วยงานเข้ามาสนับสนุนการสร้างศูนย์บริการนักท่องเที่ยวระดับอำเภอ

4.1.4 อุปสรรค (Threats) จากการร่วมกันวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ พบว่ามีอุปสรรคดังต่อไปนี้

1) โครงการต่างๆ ที่เข้ามาพัฒนาในพื้นที่ ไม่ได้มาจากความต้องการของประชาชน ทำให้การส่งเสริมและพัฒนานั้นไม่ประสบความสำเร็จ แต่เป็นการเพิ่มภาระให้กับคนในชุมชน

2) ขาดการวางแผนและบูรณาการของหน่วยงานภายในและภายนอก ในกระบวนการส่งเสริมสนับสนุนภูมิปัญญา และปราชญ์ท้องถิ่น

3) โครงการที่เข้าไปส่งเสริมและพัฒนาจะกระจุกตัวอยู่กับบางกลุ่ม บางพื้นที่ ไม่ครอบคลุมทุกกลุ่มทุกพื้นที่

4) แนวทางการส่งเสริมของหน่วยงานภายในและภายนอกพื้นที่ไม่สอดคล้องกับวิถีชีวิต เช่น การส่งเสริมให้เกิดอาชีพใหม่ที่แตกต่างจากวิถีชีวิตเดิม เป็นต้น

5) หน่วยงานภายในและภายนอกพื้นที่ไม่มีแผนการบูรณาการร่วมกันเพื่อส่งเสริมและพัฒนาให้ต่อเนื่องและครบวงจร

6) หน่วยงานภายในภายนอกพื้นที่เมื่อมีการส่งเสริมอุดหนุนวัสดุ อุปกรณ์ และงบประมาณ ให้ชาวบ้านและกลุ่มต่างๆ แล้วไม่ได้ให้ความรู้เรื่องการบริหารจัดการสิ่งที่ให้ไป

7) สื่อภายนอก เช่น ละครทางโทรทัศน์ สื่อโฆษณา เป็นต้น ทำให้เกิดกระแสการลอกเลียนแบบส่งผลให้วิถีชีวิตเปลี่ยนไป เช่น การแต่งกาย เป็นต้น

8) เริ่มมีนายทุนจากภายนอกพื้นที่เข้ามาประกอบธุรกิจในพื้นที่มากขึ้น

4.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญจากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอก ของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์

คณะผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอกของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ มาให้แกนนำกลุ่มการท่องเที่ยวโดยชุมชน กลุ่มอาชีพ และปราชญ์ ตรวจสอบความครบถ้วนถูกต้อง จากนั้นจึงนำผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอกที่ผ่านการตรวจสอบแล้วไปให้ผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการท่องเที่ยวโดยชุมชนในตำบลบ้านจันทร์ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชนในตำบลบ้านจันทร์ เช่น ผู้นำชุมชน เป็นต้น จำนวน 44 คน ให้คะแนนตามลำดับความสำคัญ โดยกำหนดค่าคะแนน 3 ระดับ ได้แก่ 3 คะแนน ถ้าเห็นว่าผลการวิเคราะห์ศักยภาพประเด็นนั้นมีความสำคัญสูง 2 คะแนน ถ้าเห็นว่าผลการวิเคราะห์ศักยภาพประเด็นนั้นมีความสำคัญปานกลาง และ 1 คะแนน ถ้าเห็นว่าผลการวิเคราะห์ศักยภาพประเด็นนั้นมีความสำคัญน้อย หลังจากนั้นใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ผลการให้คะแนนตามลำดับความสำคัญโดยหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ผลดังต่อไปนี้

4.2.1 ลำดับความสำคัญจากการวิเคราะห์จุดแข็ง

ตารางที่ 1 แสดงผลค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการวิเคราะห์จุดแข็งของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์

จุดแข็ง (S)	$\bar{x}$	SD	แปลผล
1. ทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ เป็นพื้นที่ป่าสนผืนใหญ่ที่สุดในประเทศ	2.94	.239	สูง
2. มีโบราณสถานหลายแห่งในตำบลบ้านจันทร์และในพื้นที่ใกล้เคียง	2.59	.701	สูง
3. ชาวบ้านยังคงมีประเพณี วัฒนธรรม และวิถีชีวิตของชนเผ่า	2.53	.748	สูง

จากตารางที่ 1 ผู้ให้คะแนนจำนวน 44 คน พบว่า จุดแข็งที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง ได้แก่ ทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ เป็นพื้นที่ป่าสนผืนใหญ่ที่สุดในประเทศ มีโบราณสถานหลายแห่งในตำบลบ้านจันทร์และในพื้นที่ใกล้เคียง และชาวบ้านยังคงมีประเพณี วัฒนธรรม และวิถีชีวิตของชนเผ่า โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) 2.94, 2.59 และ 2.53 ตามลำดับ

4.2.2 ลำดับความสำคัญจากการวิเคราะห์จุดอ่อน

ตารางที่ 2 แสดงผลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการวิเคราะห์จุดอ่อน ของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์

จุดอ่อน (W)	$\bar{x}$	SD	แปลผล
1. ชาวบ้านบางส่วนยังขาดจิตสำนึกเรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	2.65	.544	สูง
2. ข้อมูลภูมิปัญญา วิถีชีวิต วัฒนธรรมและประเพณี บางอย่างที่กำลังจะถูกลืม ซึ่งยังคงมีอยู่กับผู้สูงอายุ แต่ยังขาดโอกาสถ่ายทอดสู่คนรุ่นใหม่	2.47	.706	สูง

จากตารางที่ 2 ผู้ให้คะแนนจำนวน 44 คน พบว่า จุดอ่อนที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง ได้แก่ ชาวบ้านบางส่วนยังขาดจิตสำนึกเรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และข้อมูลภูมิปัญญา วิถีชีวิต วัฒนธรรมและประเพณีบางอย่างที่กำลังจะถูกลืม ซึ่งยังคงมีอยู่กับผู้สูงอายุ แต่ยังขาดโอกาสถ่ายทอดสู่คนรุ่นใหม่ โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) 2.65 และ 2.47 ตามลำดับ

4.2.3 ลำดับความสำคัญจากการวิเคราะห์โอกาส

ตารางที่ 3 แสดงผลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการวิเคราะห์โอกาส ของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์

โอกาส (O)	$\bar{x}$	SD	แปลผล
1. นโยบายและยุทธศาสตร์ของจังหวัดเชียงใหม่ที่ส่งเสริมให้อำเภอกัลยาณิวัฒนา เป็นอำเภอท่องเที่ยว	2.71	.676	สูง
2. กระแสการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์	2.50	.788	สูง

จากตารางที่ 3 ผู้ให้คะแนนจำนวน 44 คน พบว่า โอกาสที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง ได้แก่ นโยบายและยุทธศาสตร์ของจังหวัดเชียงใหม่ที่ส่งเสริมให้อำเภอกัลยาณิวัฒนา เป็นอำเภอท่องเที่ยว และกระแสการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) 2.71 และ 2.50

4.2.4 ลำดับความสำคัญจากการวิเคราะห์อุปสรรค

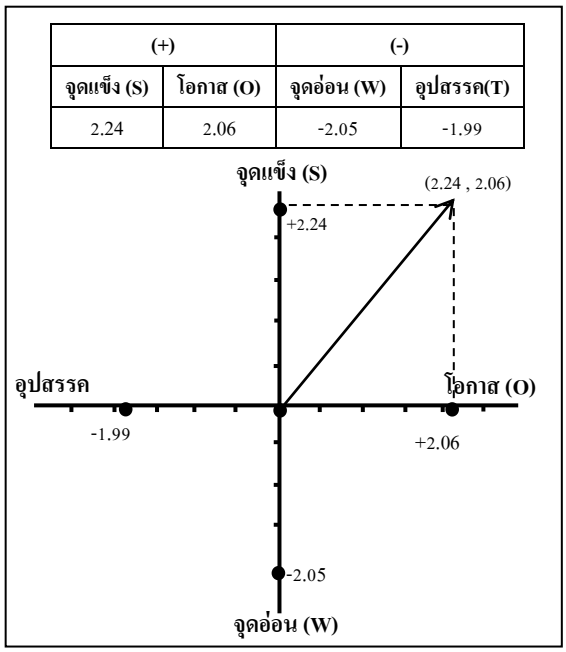
ตารางที่ 4 แสดงผลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการวิเคราะห์อุปสรรค ของการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์

อุปสรรค (T)	$\bar{x}$	SD	แปลผล
1. โครงการต่างๆ ที่เข้ามาพัฒนาในพื้นที่ ไม่ได้มาจากความต้องการของประชาชน ทำให้การส่งเสริมและพัฒนานั้นไม่ประสบความสำเร็จ แต่เป็นการเพิ่มภาระให้กับคนในชุมชน	2.85	.359	สูง
2. โครงการที่เข้าไปส่งเสริมและพัฒนาจะกระจุกตัวอยู่กับบางกลุ่ม บางพื้นที่ ไม่ครอบคลุมทุกกลุ่มทุกพื้นที่	2.38	.739	สูง

จากตารางที่ 4 ผู้ให้คะแนนจำนวน 44 คน พบว่า อุปสรรคที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง ได้แก่ โครงการต่างๆ ที่เข้ามาพัฒนาในพื้นที่ ไม่ได้มาจากความต้องการของประชาชน ทำให้การส่งเสริมและพัฒนานั้นไม่ประสบความสำเร็จ แต่เป็นการเพิ่มภาระให้กับคนในชุมชน และโครงการที่เข้าไปส่งเสริมและพัฒนาจะกระจุกตัวอยู่กับบางกลุ่ม บางพื้นที่ ไม่ครอบคลุมทุกกลุ่มทุกพื้นที่ โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) 2.85 และ 2.38 ตามลำดับ

4.3 ผลการประเมินศักยภาพการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์

คณะผู้วิจัยนำเทคนิคเมททริกซ์ประเมินสภาพแวดล้อม (Factor Evaluation Matrix) มาประเมินศักยภาพในการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ โดยให้ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weights) กับปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกในแต่ละข้อ แล้วหาค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนที่ผ่านการถ่วงน้ำหนักของปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก สามารถแสดงเป็นรูปประกอบได้ดังนี้



รูปที่ 2 เมททริกซ์ประเมินสภาพแวดล้อม (Factor Evaluation Matrix) แสดงผลการ ประเมินศักยภาพการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์

การกำหนดทิศทางของปัจจัยภายในและภายนอก ให้จุดแข็งและโอกาสมีทิศทางในทางบวก ส่วนจุดอ่อนและอุปสรรคมีทิศทางในทางลบ โดยผลจากการใช้เทคนิคเมททริกซ์ประเมินสภาพแวดล้อมแล้วพบว่า จุดแข็งเป็น 2.24 จุดอ่อนเป็น -2.05 โอกาสเป็น 2.06 และอุปสรรคเป็น -1.99 จากนั้นจึงเลือกคู่ที่มีค่าสูงที่สุด ได้แก่ จุดแข็งและโอกาส (2.24, 2.06) หมายความว่า ตำบลบ้านจันทร์มีศักยภาพด้านทรัพยากรการท่องเที่ยวทั้งด้านทรัพยากรธรรมชาติ วัฒนธรรมประเพณี และวิถีชีวิต และด้านการรวมกลุ่มในชุมชนเพื่อจัดการการท่องเที่ยว รวมถึงโอกาสที่ได้รับจากหน่วยงานภายนอกที่เข้ามาสนับสนุนด้านการจัดการการท่องเที่ยวโดยชุมชน

5. สรุปและวิจารณ์

การศึกษาศักยภาพการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ อำเภอกัลยาณิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ ใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการวิเคราะห์ศักยภาพของชุมชนด้วยเทคนิค SWOT Analysis ทำให้แกนนำที่ร่วมในกระบวนการได้ทราบและเข้าใจกระบวนการวิเคราะห์ศักยภาพของชุมชนโดยคนในชุมชนเอง ทราบผลการวิเคราะห์ว่าสภาพแวดล้อมภายใน คือ จุดแข็ง และจุดอ่อน ของชุมชน ส่วนสภาพแวดล้อมภายนอก คือ โอกาส และอุปสรรค ที่จะมีผลต่อชุมชนในการจัดการเครือข่าย

การท่องเที่ยว ซึ่งสอดคล้องกับ พจนา สวนศรี (2546, 187) ที่ระบุว่าผู้นำชุมชนและแกนนำชุมชนจำเป็นต้องสามารถวิเคราะห์ศักยภาพของชุมชนจากสถานการณ์ภายในและภายนอกชุมชน ตลอดจนมองแนวทางการแก้ปัญหาได้แบบชัดเจน และมองกิจกรรมการท่องเที่ยวเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ร่วมเชื่อมต่อทิศทางการแก้ไขปัญหาของชุมชน ผลจากการวิเคราะห์ศักยภาพของชุมชน พบว่า จุดแข็ง ได้แก่ มีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ มีโบราณสถานหลายแห่งและมีประเพณี วัฒนธรรม วิถีชีวิตของชนเผ่าที่เป็นเอกลักษณ์ จุดอ่อน ได้แก่ ชาวบ้านบางส่วนยังขาดจิตสำนึกเรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และข้อมูลภูมิปัญญา วิถีชีวิต วัฒนธรรมและประเพณีบางอย่างที่กำลังจะถูกลืม โอกาส ได้แก่ นโยบายและยุทธศาสตร์ของจังหวัดเชียงใหม่ที่ส่งเสริมให้อำเภอกัลยาณิวัฒนา เป็นอำเภอท่องเที่ยว และกระแสการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์และอุปสรรค ได้แก่ โครงการต่างๆ ที่เข้ามาพัฒนาในพื้นที่ ไม่ได้มาจากความต้องการของประชาชน ทำให้การส่งเสริมและพัฒนานั้นไม่ประสบความสำเร็จ แต่เป็นการเพิ่มภาระให้กับคนในชุมชน และโครงการที่เข้าไปส่งเสริมและพัฒนาจะกระจุกตัวอยู่กับบางกลุ่ม บางพื้นที่ ไม่ครอบคลุมทุกกลุ่มทุกพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ดารณี ด่านวันดี และคณะ (2550) ว่าตำบลบ้านจันทร์ มีจุดแข็งด้านธรรมชาติและวัฒนธรรมประเพณีที่เป็นเอกลักษณ์ ประชาชนในชุมชนมีความสามัคคี มีจุดอ่อนด้านประชาชนในพื้นที่ยังได้รับการศึกษาน้อย ชาวบ้านยังขาดจิตสำนึกเรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากร มีโอกาสที่มีหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนเข้ามาทำการพัฒนาในพื้นที่ มียุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดที่สอดคล้องส่งเสริมให้โอกาสในการพัฒนาพื้นที่ และมีอุปสรรคด้านงบประมาณที่สนับสนุนการพัฒนาด้านโครงสร้างพื้นฐานมากกว่าสนับสนุนด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการพัฒนาที่ไม่ต่อเนื่อง

ผลการประเมินศักยภาพด้วยเทคนิค Factor Evaluation Matrix ที่พบว่าตำบลบ้านจันทร์ มีศักยภาพด้านทรัพยากรการท่องเที่ยว และด้านการรวมกลุ่มในชุมชนเพื่อจัดการท่องเที่ยว ได้แก่ กลุ่มการท่องเที่ยวโดยชุมชนที่มีอยู่ในพื้นที่ กลุ่มอาชีพ และปราชญ์ ที่มีศักยภาพในการจัดการการท่องเที่ยว การจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์นี้จึงเป็นการใช้และร่วมมือกับเครือข่ายที่มีอยู่ภายในชุมชนเพื่อสร้างความเข้มแข็งในการจัดการการท่องเที่ยวโดยชุมชนของตำบลบานจันทร์ สอดคล้องกับผลการศึกษาของแตงอ่อน มั่นใจตน (2545) ที่ว่าการใช้และร่วมมือกับเครือข่ายในการพัฒนาในโอกาสที่เหมาะสมเป็นยุทธศาสตร์หนึ่งในการสร้างความเข้มแข็งให้ตำบลบางพระ จังหวัดฉะเชิงเทรา นอกจากนี้ตำบลบ้านจันทร์ยังได้รับโอกาสจากหน่วยงานภายนอกเข้ามาสนับสนุนด้านการจัดการการท่องเที่ยวโดยชุมชนภายในตำบล ดังนั้น จึงควรใช้แนวทางความเข้มแข็งภายในแสวงหาผลประโยชน์จากภายนอก (S-O) เป็นแนวทางหลักในการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ ซึ่งจากการเป็นอำเภอใหม่ที่มีหน่วยงานจากภายนอกเข้าไปสนับสนุนส่งเสริมด้านต่างๆ จึงเป็นโอกาสดีในการบูรณาการความร่วมมือจากหน่วยงานภายในพื้นที่ เช่น ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ อบต.บ้านจันทร์ เป็นต้น และหน่วยงานจากภายนอกพื้นที่ เช่น สถาบันการศึกษา เป็นต้น มาร่วมในการพัฒนาการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ อิทธิวัตร ศรีสมบัติ (2549) ที่สรุปไว้ว่าการสร้างเครือข่ายท่องเที่ยวนั้นจำเป็นต้องมีการบูรณาการความร่วมมือระหว่างหน่วยงานต่างๆ จึงจะทำ ให้การพัฒนาการส่งเสริมการท่องเที่ยวได้สำเร็จ

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการนวัตกรรมเพื่อชุมชน 55 ปี คู่คิดมิตรชุมชนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยโครงการรูปแบบการจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลบ้านจันทร์ อำเภอกัลยาณิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งบทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยดังกล่าว

7. เอกสารอ้างอิง

จำนง แรกพินิจ และประภาส สุทธิอาคาร. 2551. **คู่มือการจัดกระบวนการเรียนรู้รายวิชา องค์กรชุมชนและเครือข่ายชุมชน**. เจริญวิทย์การพิมพ์. กรุงเทพฯ.

ดวงพร อ่อนหวาน จักรพงษ์ พวงงามชื่น และอุดมลักษณ์ ดวงลกดก. 2555. **การเสริมสร้างศักยภาพชุมชนเพื่อการจัดการการท่องเที่ยวโดยชุมชน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

ดารณี ด่านวันดี ลักษณา สัมมานิธิ เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง. 2550. **การวิจัยอย่างมีส่วนร่วมในการวางแผนระบบสื่อความหมายทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ภายใต้แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืน: กรณีศึกษาพื้นที่โครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ อ. แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

แตงอ่อน มั่นใจตน. 2545. **ยุทธศาสตร์การสร้างความเข้มแข็งให้ชุมชน: บทเรียนจากตำบลบางพระ จังหวัดฉะเชิงเทรา**. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์.

เทิดชาย ช่วยบำรุง. 2552. **บทบาทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนบนฐานแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง**. สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา, กรุงเทพฯ.

พจนา สวนศรี. 2545. **การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน**. เอกสารชุดวิชาการจัดการนันทนาการและการท่องเที่ยว หน่วยที่ 8-15. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.

อิทธิวัตร ศรีสมบัติ. 2549. **สายธารธรรมลุ่มแม่น้ำมูล: ศักยภาพการท่องเที่ยวเชิงพุทธ กลุ่มจังหวัดอีสานใต้**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบสนับสนุนนักลงทุนโดยใช้หลักการแบบพื้นฐานและเทคนิค

DECISION SUPPORT FOR INVENTOR BY TECHNICAL AND VALUEINVESTMENT

จิรทีปต์ วุฒิชยันต์[1], ฐิติกร โตยิ่งไพบูลย์[2], ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ[3], และ รองศาสตราจารย์ ดร. จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์[4]

[1]สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail: gamwsworld08@gmail.com [1], t_tikorn@hotmail.com[2], panwit@it.kmitl.ac.th[3], chanboon@it.kmitl.ac.th[4]

บทคัดย่อ

ในการทำบทความฉบับนี้ เป็นการพัฒนาระบบช่วยเหลือประกอบการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ โดยการลงทุนนั้นจะต้องอาศัยความรู้ข้อมูลต่างๆ ของบริษัทที่จดทะเบียน ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลพื้นฐานของบริษัทจดทะเบียน อัตราส่วนทางการเงินต่างๆของบริษัท ที่สามารถนำมาวิเคราะห์เชิงปริมาณ นอกจากนี้ยังมีรูปแบบการลงทุนโดยใช้วิธีการเก็งกำไร โดยอาศัยเครื่องมือทางเทคนิคอลอีกด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าการประมวลผลในการวิเคราะห์ทั้งสองรูปแบบนี้ เป็นสิ่งสำคัญในการสร้างผลตอบแทนจากการลงทุนหรือการเก็งกำไร และยังช่วยลดความเสี่ยงจากการลงทุน

ในบทความนี้จะเป็นการออกแบบระบบพยากรณ์หลักทรัพย์ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถคัดกรองหลักทรัพย์จากพื้นฐานได้ จากอัตราส่วนทางการเงินที่สำคัญ และมีการบอกสัญญาณแนวโน้มของราคาในระยะสั้นว่าเป็นแนวโน้มขึ้นหรือลง จากการคำนวณโดยโครงข่ายประสาทเทียม

Abstract

This system will help the investment in stock market, all sorts of knowledge and information of listed companies. Whether it is the fundamentals, various financial ratios. That can be analyzed quantitatively by Value-Investor. Also price speculation by technical investor. The good analyzing is important and necessary to reduces the risk from investment.

In this system, it is designed stock forecasting system. Users can filter the stocks form important financial ratio and there are signs of short-term trend is calculated by Neural Network.

***Keywords*:** stock market, value investment, technical analysis, forecast, neural network

1. บทนำ

ในปัจจุบันการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ถือเป็นแหล่งที่สร้างผลตอบแทนให้กับนักลงทุน ซึ่งได้มีจำนวนมากขึ้นในประเทศไทย การลงทุนนั้นมีทั้งการลงทุนแบบการลงทุนจากพื้นฐานบริษัท ดูอัตราการเติบโตระยะยาว หรือการเก็งกำไรระยะสั้น ซึ่งการลงทุนโดยปกติแล้วจะมาพร้อมกับความเสี่ยง ดังนั้นการใช้เครื่องมือในการช่วยตัดสินใจจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญสำหรับการที่จะได้ผลตอบแทนที่ดี และลดความเสี่ยงของการลงทุนให้น้อยลง

การลงทุนในปัจจุบันมีวิธีการลงทุนที่หลากหลาย ซึ่งในที่นี้จะให้ความสนใจไปที่ การลงทุนเน้นคุณค่าของบริษัท (Value Investment : VI) และการลงทุนแบบเทคนิคอล (Technical) ซึ่งวิธีการลงทุนแต่ละชนิดมักใช้ในสถานการณ์ที่ต่างกันเช่น วิธีการลงทุนเน้นคุณค่า มักจะใช้ในการคัดเลือกบริษัทที่มีมูลค่าพื้นฐานทางธุรกิจที่ดี โดยจะดูที่ผลประกอบการ ฯลฯ ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพดีในการคัดกรองว่าหลักทรัพย์ไหนที่มีพื้นฐานดี หลักทรัพย์ไหนที่พื้นฐานไม่ดีได้ ส่วนการลงทุนแบบเทคนิคอล ซึ่งจะดูที่กราฟ เพื่อใช้ในการจับจังหวะซื้อและการขาย อย่างทันท่วงทีซึ่งนิยมในการซื้อขายแบบระยะสั้น และสามารถนำมาประยุกต์ใช้จับจังหวะ ในการซื้อขายร่วมกับแนวทางการลงทุนเน้นคุณค่าได้

1.1 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

การทำบทความฉบับนี้มุ่งหวังเพื่อศึกษา การนำวิธีการลงทุนเน้นคุณค่าในการวิเคราะห์และกรองหลักทรัพย์ที่ดีเหมาะสมแก่การลงทุน เพื่อประกอบกับการลงทุนแบบเทคนิคอลโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อหาแนวโน้มของราคาหลักทรัพย์ในอนาคต เพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่สูงและเป็นการการลดความเสี่ยงในการลงทุน

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ผู้ใช้งานสามารถนำระบบพยากรณ์หลักทรัพย์ ไปใช้ในการลงทุนเพื่อ คัดกรองหลักทรัพย์ที่มีพื้นฐานดีได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น
- ผู้ใช้งานสามารถลดความเสี่ยง จากการลงทุนได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถต่อยอดสร้างความมั่งคั่งได้
- ได้นำความรู้จากการศึกษาเรื่องการลงทุน มาพัฒนาเป็นระบบพยากรณ์หลักทรัพย์

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ตลาดหลักทรัพย์

ตลาดหลักทรัพย์ หรือ ตลาดหุ้น เป็นสถานที่สำหรับซื้อขายแลกเปลี่ยนหลักทรัพย์(หุ้นสามัญ) ของบริษัทมหาชนจำกัด ซึ่งถือว่าเป็นตลาดรอง (Secondary Market) โดยตลาดหลักทรัพย์มีอยู่แทบทุกประเทศทั่วโลก

หุ้นสามัญ เป็นตราสารประเภทหุ้นทุน ซึ่งออกโดยบริษัทมหาชน ซึ่งได้จดทะเบียนหลักทรัพย์ของบริษัท เพื่อให้มีการซื้อขายในตลาดหลักทรัพย์

2.2 การวิเคราะห์หลักทรัพย์โดยใช้ปัจจัยพื้นฐาน

การวิเคราะห์หลักทรัพย์โดยใช้ปัจจัยพื้นฐาน เป็นการวิเคราะห์ที่ลำดับการพิจารณาจากสภาพเศรษฐกิจ มายังสภาพอุตสาหกรรมตลอดถึงผลการดำเนินงานของบริษัท โดยรวบรวมข้อมูลทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม และของบริษัทมาวิเคราะห์แต่ละส่วน เพื่อนำไปสู่การคาดการณ์ผลการดำเนินงานในอนาคตของบริษัท

2.3 การวิเคราะห์หลักทรัพย์โดยใช้เทคนิคอล

สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยทางเทคนิคนั้น เป็นแนวทางที่อาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของราคา และปริมาณการซื้อขายของหลักทรัพย์ในอดีตที่ผ่านมา เพื่อคาดการณ์ถึงแนวโน้มของราคา รวมถึงระดับราคาที่ควรจะซื้อหรือขาย ทั้งในระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว

ข้อดีของการวิเคราะห์ปัจจัยทางเทคนิค คือการที่นักลงทุนอาศัยหลักสถิติมาใช้ในการพยากรณ์ โดยใช้เพียงในเรื่องของราคา และปริมาณการซื้อขายของหลักทรัพย์ในอดีตเท่านั้น และเสียเวลาในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลน้อยกว่าการวิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐาน

โดยเหตุผลเบื้องต้นที่จะทำให้การวิเคราะห์ปัจจัยทางเทคนิคมีความน่าเชื่อถือนั้น ประกอบไปด้วยสมมุติฐาน 3 ประการ ดังนี้

1. ราคาเป็นผลรวมที่สะท้อนให้ทราบถึงข่าวสารในด้านต่าง ๆ ทั้งหมดแล้ว

2. ราคาจะเคลื่อนไหวอย่างมีแนวโน้ม และจะคงอยู่ในแนวโน้มนั้น ๆ ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง จนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงแนวโน้ม

3. พฤติกรรมการลงทุนของนักลงทุน จะยังคงมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับพฤติกรรมการลงทุนในอดีต

เครื่องมือการวิเคราะห์ทางเทคนิคอลที่นำมาพัฒนา ณ ที่นี้ได้แก่ EMA (Exponential Moving Average), Slow Stochastics, RSI (Relative Strength Index), MACD (Moving Averages Convergence/ Divergence)

2.4 โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม เมื่อมี input เข้ามายัง network ก็จะนำ input มาคูณกับ weight ของแต่ละขา ผลที่ได้จาก input ทุก ๆ ขา ของ neuron จะเอามารวมกันแล้วก็เอามาเทียบกับ threshold ที่กำหนดไว้ ถ้าผลรวมมีค่ามากกว่า threshold แล้ว neuron ก็จะส่ง output ออกไป output นี้ก็จะถูกส่งไปยัง input ของ neuron อื่น ๆ ที่เชื่อมกันใน network ถ้าค่าน้อยกว่า threshold ก็จะไม่เกิด output เขียนออกมาได้ดังสมการที่ 1

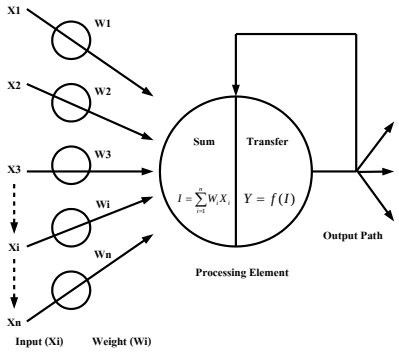
$$\text{if (sum(input * weight) > threshold) then output} \qquad (1)$$

สิ่งสำคัญคือเราต้องทราบค่า weight และ threshold สำหรับสิ่งที่เราต้องการเพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จำ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แน่นอน แต่สามารถกำหนดให้คอมพิวเตอร์ปรับค่าเหล่านั้นได้โดยการสอนให้มันรู้จัก pattern ของสิ่งที่เราต้องการให้มันรู้จำ เรียกว่า "back propagation" ซึ่งเป็นกระบวนการย้อนกลับของการรู้จำ ในการฝึก feed-forward neural networks จะมีการใช้อัลกอริทึมแบบ back-propagation เพื่อใช้ในการปรับปรุงน้ำหนักคะแนนของเครือข่าย (network weight) หลังจากใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกให้แก่เครือข่ายในแต่ละครั้งแล้ว ค่าที่ได้รับ (output) จากเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง แล้วทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้จะถูกส่งกลับเข้าสู่เครือข่ายเพื่อใช้แก้ไขค่าน้ำหนักคะแนนต่อไป

โดยทั่วไปแล้วโครงข่ายของแบบจำลองประกอบด้วยชั้น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นข้อมูลเข้า (Input layer) ชั้นแฝง (Hidden layer) และชั้นแสดงผล (Output layer) ดังแสดงในรูปที่ 1 ข้อมูลจากชั้นข้อมูลด้านเข้าจะถูกคำนวณและส่งผ่านฟังก์ชั่นแปลงรูปจากชั้นแฝงไปยังชั้นแสดงผล โดยหลักการของกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลองคือ การเปลี่ยนแปลงค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละการเชื่อมต่อ เพื่อปรับผลลัพธ์ของแบบจำลองให้ใกล้เคียงกับค่าความจริงมากที่สุดโดยอาศัยการแพร่กลับ ซึ่งใช้สมการที่ (1) ในการปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนักมีดังสมการที่ 3

$$\Delta w_{ji}(n+1) = \eta\delta(n)\cdot y_j(n) + \alpha\Delta w_{ji}(n) \qquad (2)$$

เมื่อ Xi คือค่าข้อมูลด้านเข้าที่ node i, Δwji คือค่าถ่วงน้ำหนักที่ node i, และ j, คือค่าปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่าง node i และ j, n คือค่าอัตราการเรียนรู้, α คือค่าโมเมนตัม, ∂j คือค่าผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการคำนวณในรูปของอนุพันธ์ของ transfer function ของ node j, yi คือค่าผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ node j และ n,n+1 คือ ค่าที่แสดงถึงรอบของการปรับแก้ที่ n หรือ n+1



รูปที่ 2 โครงสร้างแบบจอง BPNN

การนำ Neural Network มาประยุกต์ใช้กับระบบพยากรณ์หลักทรัพย์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้โดยการ นำมาปรับปรุงการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคอลร่วมกับ Indicator ต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้ผลที่คาดหวังนั้น มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

โดย Indicator ที่นำมาวิเคราะห์ร่วมกับ Neural Network นั้นประกอบไปด้วย 15 Days Exponential Moving Average, 35 Days Exponential Moving Average, Slow Stochastic %K, Slow Stochastic %D, Relative Strength Index, Moving Average Convergence Divergence

และปัจจัยภายนอกต่างๆ ได้แก่ GOLD Price, US BAHT Currency Exchange, Cruel Oil Price, Dow jones Index, Nikkei Index, Hang Seng Index

3. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 ศึกษาระบบงานเดิม

การพัฒนาระบบพยากรณ์หลักทรัพย์เดิมนั้น เป็นเพียงแค่การกรองเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์นั้นแยกออกจากกันระหว่างการวิเคราะห์แบบเชิงมูลค่า กับการวิเคราะห์เชิงเทคนิคอล ซึ่งทำให้ขาดความแม่นยำในการพยากรณ์ คัดกรองหลักทรัพย์ที่ดี มีความสามารถในการทำกำไร และยังทำให้นักลงทุนต้องแบกรับความเสี่ยงสูงอีกด้วย

ทางผู้พัฒนา จึงได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการลงทุนที่ทำให้ได้ประโยชน์และมีประสิทธิภาพสูงสุดแก่นักลงทุน ออกแบบระบบใหม่โดยจะใช้การวิเคราะห์แบบเน้นคุณค่า ควบคู่กับการวิเคราะห์เชิงเทคนิคอล และนอกจากนี้ยังมี Neural Network มาช่วยคำนวณในการปรับค่า Weight ให้กับการวิเคราะห์เชิงเทคนิคอลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

3.2 ปัญหาที่พบในระบบปัจจุบัน

- ระบบไม่มีการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้รู้ว่าควรซื้อหรือควรขายหลักทรัพย์เมื่อไหร่
- ระบบไม่มีการกรองเลือกหลักทรัพย์ที่มีพื้นฐานดีก่อนที่ทำการวิเคราะห์
- ระบบขาดการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์
- ระบบการคัดกรองในปัจจุบัน มีส่วนติดต่อผู้ใช้ ไม่น่าใช้งานเท่าที่ควร

3.3 การวิเคราะห์ความต้องการระบบ (System requirement analysis)

ความต้องการที่เป็นหน้าที่หลักของระบบ (Functional Requirement)

- มีการแจ้งเตือนแนวโน้มของราคาหลักทรัพย์
- มีการคัดกรองหลักทรัพย์ที่มีพื้นฐานดีเหมาะสมแก่การลงทุน จากอัตราส่วนทางการเงินที่สำคัญ
- มีการประยุกต์ใช้การจับจังหวะแบบเทคนิคอลในการแจ้งเตือน
- มีระบบติดตามหลักทรัพย์ที่สนใจ
- มีการเลือกกรองหลักทรัพย์ ด้วยอัตราส่วนทางการเงินตามกลุ่มอุตสาหกรรมได้ตามที่ผู้ใช้ระบบต้องการ

ความต้องการของระบบที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบ (Non-Functional Requirement)

- มีความแม่นยำในการประมวลผล
- มีรูปแบบการนำเสนอที่สวยงาม เหมาะสม
- ระบบมีความง่ายต่อการใช้งาน
- สามารถแจ้งเตือนให้กับนักลงทุนได้อย่างรวดเร็ว ทันต่อราคา และเวลาที่เหมาะสม

4. ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ระบบและผลการทดลอง

จากขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลและนำมาวิเคราะห์จนได้นำมาทำการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ของระบบพยากรณ์หลักทรัพย์สำหรับนักลงทุน ซึ่งระบบที่ได้ออกแบบขึ้นนั้นมีส่วนการทำงานดังต่อไปนี้

4.1 ส่วนหน้าเว็บไซต์

เป็นตัวอย่างบางส่วนที่ติดต่อใช้งานระบบสำหรับนักลงทุน ซึ่งเป็นผู้ใช้ระบบโดยมีส่วนประกอบต่างๆดังนี้



รูปที่ 3 ส่วนแสดงหน้าเว็บไซต์หลักหลังจากเข้าสู่ระบบ



รูปที่ 4 ส่วนการแสดงหน้าการลงทุนแบบเน้นคุณค่า

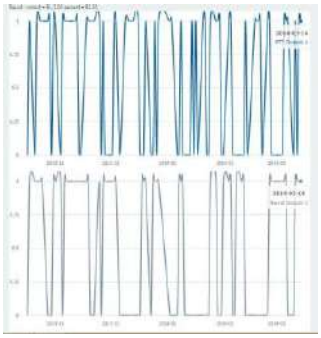


รูปที่ 5 แสดงหน้าข้อมูลหลักทรัพย์

4.2 ผลการทดลองโครงข่ายประสาทเทียม

จากการทดลองการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) แบบ back-propagation เพื่อใช้ในการปรับปรุงน้ำหนักคะแนนของเครือข่าย (network weight) หลังจากใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกให้แก่เครือข่ายในแต่ละครั้งแล้ว ค่าที่ได้รับ (output) จากเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง แล้วทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้จะถูกส่งกลับเข้าสู่เครือข่ายเพื่อใช้แก้ไขค่าน้ำหนักคะแนนต่อไป เพื่อทำการประมวลผลค่าอินพุท (Input) จากนั้นโครงข่ายประสาทเทียมจะได้ผลเอาท์พุท (Output) เป็นแนวโน้มของราคาหลักทรัพย์ ซึ่งจะมีค่าแนวโน้มขึ้นหรือ แนวโน้มลง

ในบทความฉบับนี้ ได้ทำการทดลองป้อนค่าอินพุท ของราคาหลักทรัพย์ บริษัท ปตท. จำกัด มหาชน (PTT) โดยผลการทดลองแสดงออกมาในรูปของกราฟ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกราฟของราคาหลักทรัพย์ในช่วงเวลาเดียว ผลการทดลองของโครงข่ายประสาทเทียม มีลักษณะดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงภาพผลการทดลองโครงข่ายประสาทเทียม

จากผลการทดลองแสดงว่า ผลการประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียม มีความถูกต้องจากราคาหลักทรัพย์จริง เป็นค่า 51% จากผลการทดลอง จำเป็นต้องมีการปรับระดับความผิดพลาดเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีความแม่นยำมากที่สุด ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป ในภายหลัง

5. สรุปผลการทดลอง

ในบทความฉบับนี้ ซึ่งผู้จัดทำได้ศึกษาถึงการออกแบบระบบพยากรณ์หลักทรัพย์ การให้บริการข้อมูลหลักทรัพย์แบบครบวงจร ไม่ว่าจะเป็นการคัดกรองหลักทรัพย์ตามปัจจัยพื้นฐาน แบ่งเป็นสองประเภทได้แก่ การคัดกรองตามการแบ่งของตลาด และการคัดกรองตามกลุ่มอุตสาหกรรม ซึ่งการคัดกรองจะใช้อัตราส่วนทางการเงินที่สำคัญทั้งหมด 12 อัตราส่วน ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

นอกจากนี้ระบบพยากรณ์หลักทรัพย์ ยังมีการให้บริการติดตามหลักทรัพย์ ที่ผู้ใช้งานสนใจและต้องการติดตามความเคลื่อนไหวของราคา และยังมีการแจ้งเตือนสัญญาณแนวโน้มของราคา ว่าเป็นแนวโน้มขึ้นหรือแนวโน้มลงอีกด้วย ซึ่งได้จากการประมวลผลโดยโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เมื่อผู้ใช้งานต้องการทราบรายละเอียดของหลักทรัพย์ การเคลื่อนไหวของราคาโดยการแสดงผลออกมาในรูปแบบของกราฟ ซึ่งระบบจะมีฟังก์ชันการให้บริการข้อมูลหลักทรัพย์โดยละเอียด โดยจะแสดงราคาล่าสุดของหลักทรัพย์ และมีการโหลดข้อมูลราคาล่าสุดทุกๆ 5 วินาที นอกจากนี้ยังมีข้อมูลอื่นๆ ที่น่าสนใจของหลักทรัพย์ ได้แก่ ราคาปิดวันก่อน ราคาสูงสุดวันนี้ ราคาต่ำสุดวันนี้ เป็นต้น และยังมีการแสดงผลเป็นกราฟเพื่อให้ผู้ใช้งานได้ติดตามภาพการเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์ในอดีต และส่วนสุดท้ายคือจำนวนการเสนอซื้อเสนอขายของหลักทรัพย์ ซึ่งมีการโหลดข้อมูลล่าสุดทุกๆ 5 วินาทีเช่นกัน เพื่อประกอบการตัดสินใจลงทุน ดังที่กล่าวไปในบทที่ 4

ในส่วนของการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม ผู้จัดทำได้เขียนอัลกอริทึม ในการควบคุมการประมวลของโครงข่ายประสาทเทียม โดยการใช้อัลกอริทึมแบบ back-propagation เพื่อใช้ในการปรับปรุงน้ำหนักคะแนนของเครือข่าย (network weight) หลังจากใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกให้แก่เครือข่ายในแต่ละครั้งแล้ว ค่าที่ได้รับ (output) จากเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง แล้วทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้จะถูกส่งกลับเข้าสู่เครือข่ายเพื่อใช้แก้ไขค่าน้ำหนักคะแนนต่อไป โดย Input ที่เข้าสู่การประมวลผลจะประกอบไปด้วย ตัวบ่งชี้วัด (Indicator) ราคาหลักทรัพย์ ดัชนีราคาทอง ราคาน้ำมันดิบ ดัชนีดาวน์โจนส์ เป็นต้น ซึ่งผลลัพธ์ Output ที่ได้จะเป็นการพยากรณ์แนวโน้มขอราคาหลักทรัพย์ ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4

การปรับปรุงความแม่นยำในการพยากรณ์นั้น ต้องปรับปรุงในส่วนของอัลกอริทึมของ โครงข่ายประสาทเทียมใหม่ ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้งานระบบ ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับการพัฒนาต่อในภายหลังของระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพโครงข่ายประสาทเทียมให้มีความแม่นยำมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] TSI-Thailand, “**How to Investment.**”[Online]
Available: http://www.tsi- thailand.org/index.php?option=com_content&task =category&sectionid=36&id=388&Itemid=1291. 2013.

[2] Saud Khan. “**HTML5 Unleashed: Tips, Tricks and Techniques.**” [Online]
Available: http://www.w3avenue.com/2010/05/07/html5-unleashed-tips-tricks-and-techniques/. 2010.

[3] Vibhor Kumar. “**First Interaction with NOSQL Database (Mongo DB).**”[Online]
Available: http://vibhorkumar.wordpress.com/tag/mongodb/. 2013.

[4] Stock Charts. “**Technical Indicators and Overlays.**”[Online]
Available: http://stockcharts.com/help/doku.php?id=chart_school:technical _indicators. 2013.

[5] Stock Exchange of Thailand. “**SET100 Quotation.**”[Online]
Available: http://marketdata.set.or.th/mkt/sectorquotation.do?sector=SET100&langauge=th&country=TH. 2013.

[6] Science Direct. “**Forecasting Stock Indices With Back Propagation Neural Network.**”[Online]
Available: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417411007494. 2013.

[7] Science Direct. “**Predicting Stock Index Increments by Neural Network : The Role of Trading Volume Under Different Horizons.**”[Online]
Available: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417407002345. 2013.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

กรอบงานวิจัยการพัฒนาระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

A Framework for Developing Travel Planning System on Smart Phone under the Given Conditions

ธเนศ บุญญเศรษฐกุล[1], ลักขณา โชคสกุลทรัพย์[2] และจินตนา เข็มประสิทธิ์[3]

[1]สาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

[2]สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[3]สาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

E-mail: tanet.bo@rmuti.ac.th[1], lakkhana@sut.ac.th[2], jintana.kh@rmuti.ac.th[3]

บทคัดย่อ

การพัฒนาของอุปกรณ์สื่อสารประเภทสมาร์ทโฟน มีบทบาทสำคัญในการค้นหาข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งนักท่องเที่ยวสามารถเข้าถึงข้อมูลปริมาณมากได้ตลอดเวลา แต่การนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ยังคงมีความยุ่งยากและต้องใช้เวลานาน ในการสืบค้น บทความนี้จึงนำเสนอกรอบงานวิจัยการพัฒนาระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งมุ่งเน้นการนำเหมืองข้อมูลมาวิเคราะห์ปัจจัยการวางแผน และนำเทคโนโลยีระบุบอกตำแหน่ง (Location Based Service) มาเป็นส่วนประกอบในการวางแผนการท่องเที่ยว ซึ่งการวางแผนนั้นจะประกอบด้วยขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการค้นหาเส้นทาง แล้วแสดงผลลัพธ์โดยใช้ Google API เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เข้าใจง่ายและตรงตามความต้องการของผู้ใช้

Abstract

The development of smart phone communication device has an important role in travel information searching.Currently, traveler can access a huge of travel information in anytime and anywhere but it's difficult for traveler to find the appropriate information. This paper proposes a framework for developing a travel planning system on smartphone under the given conditions. Data mining technique is used for analyzing affected factors in travel planning. Furthermore, location based service is used for supporting travel planning. Finally, the travel planning algorithm will be proposed and Google API will be used for display the result which it is easy for traveler to understand and to achieve the need of them.

***Keywords*:** Travel Planning, Smart phone, Location based service , Data Mining, Google API

1. บทนำ

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่นำรายได้จำนวนมากเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งยังก่อให้เกิดธุรกิจรายย่อยที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม ในหลายประเทศทั่วโลกต่างอาศัยรายได้จากอุตสาหกรรมประเภทนี้เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภายในประเทศ โดยเฉพาะเมื่อเกิดวิกฤตเศรษฐกิจขึ้นทั่วโลก อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวถูกมองว่าเป็นอุตสาหกรรมที่ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากร ไม่ก่อให้เกิดการนำเข้าวัตถุดิบและสินค้า นอกจากนี้ยังไม่ต้องเผชิญกับปัญหาการกีดกันทางการค้า แต่สามารถสร้างรายได้ทดแทนการนำเข้าและลดการขาดดุลทางการค้าให้กับประเทศได้[1] เพราะการซื้อบริการของนักท่องเที่ยวชาวต่างชาตินั้น ถือได้ว่าเป็นการส่งออกสินค้าที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า (Invisible Export) เนื่องด้วยเป็นการซื้อด้วยเงินตราต่างประเทศ การผลิตสินค้าหรืออีกนัยหนึ่งคือการบริการต่าง ๆ ที่นักท่องเที่ยวซื้อทำให้เกิดการลงทุน และก่อให้เกิดอาชีพหลายแขนงที่มีส่วนช่วยสนับสนุนการหมุนเวียนในระบบเศรษฐกิจ[2] จุดนี้เองทำให้หลายประเทศให้ความสำคัญกับการพัฒนาอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและได้มีการกำหนดไว้เป็นกลยุทธ์ในการบริหารและพัฒนาประเทศอีกด้วย

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

การพัฒนาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีความเจริญก้าวหน้าเป็นอย่างมาก เป็นผลทำให้เกิดกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมตลอดจนการเปลี่ยนแปลงอย่างกว้างขวาง ทั้งภายในประเทศและระดับนานาชาติ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาอุปกรณ์การสื่อสารหรือสมาร์ทโฟน(Smart phone) ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ทุกเวลา ซึ่งถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสาร การทำงาน หรือการค้นหาข้อมูล เป็นต้น โดยรูปแบบการทำงานบนสมาร์ทโฟนได้มีการพัฒนาเพื่อให้รองรับกับการทำงานที่มีความหลากหลายมากขึ้น ทำให้เกิดผลดีต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและธุรกิจที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ประกอบการธุรกิจการท่องเที่ยวอาศัยความเจริญก้าวหน้าในด้านดังกล่าว เพิ่มช่องทางการประชาสัมพันธ์ ส่งต่อข่าวสารต่าง ๆ ไปยังกลุ่มเป้าหมายได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการปรับเปลี่ยนองค์กรของตนเองโดยอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศเข้าช่วย เช่น การประกอบธุรกิจอิเล็กทรอนิคส์ (E-Business) ซึ่งมีส่วนช่วยอย่างมากในการอำนวยความสะดวกในด้านการท่องเที่ยว ไม่ว่าจะเป็น บริการจองที่พัก จองรถเช่า รวมทั้งจองตั๋วเครื่องบิน และปัจจุบันนักท่องเที่ยวยังสามารถค้นหาข้อมูลด้านการท่องเที่ยว เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจเลือกสถานที่ท่องเที่ยวที่ตรงตามความสนใจอีกด้วย จากข้อมูลข้างต้นได้สอดคล้องกับผลการศึกษาขององค์การการท่องเที่ยวโลก (WTO) ที่พบว่าปัจจัยสำคัญที่

ส่งผลให้การท่องเที่ยวโลกเพิ่มสูงขึ้น คือ ระบบข้อมูลข่าวสารที่มีความทันสมัยและความก้าวหน้า เพราะเมื่อนักท่องเที่ยวมีโอกาสรับรู้ข้อมูลข่าวสารด้านการท่องเที่ยวมากขึ้น จะทำให้นักท่องเที่ยวมีความสนใจและมั่นใจในการเดินทางเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย [3]

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่านักท่องเที่ยวจะสามารถเข้าถึงข้อมูลปริมาณมากที่แสดงผลอยู่บนหน้าเว็บไซต์ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวางแล้ว แต่การจะนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์กลับเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและต้องใช้เวลานานในการสืบค้น เนื่องจากข้อมูลที่ถูกแสดงไว้ในหน้าเว็บไซต์ต่าง ๆ นั้นเป็นข้อมูลดิบที่ยังไม่ได้ผ่านการคัดกรอง การประมวลผล และการตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อให้เป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการประกอบการตัดสินใจเลือกสถานที่ท่องเที่ยวได้ทันที ตัวอย่างเช่น เมื่อนักท่องเที่ยวต้องการวางแผนไปเที่ยวยังสถานที่ท่องเที่ยวในประชาคมอาเซียน(ASEAN Economic Community : AEC) นอกจากนักท่องเที่ยวต้องวางแผนจองที่พักแล้ว ยังต้องวางแผนการเดินทางโดยการหาข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ที่ต้องการจะไปว่า มีสถานที่ที่น่าสนใจอะไรบ้าง การเดินทางเป็นอย่างไร เวลาเปิดทำการของสถานที่ต่าง ๆ รวมถึงรูปถ่าย และความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับสถานที่นั้น ๆ อีกด้วย นอกจากนี้นักท่องเที่ยวจำเป็นต้องมีการวางแผนเส้นทางการเดินทาง ที่จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น เวลาเปิดทำการ ระยะทาง เป็นต้น ซึ่งการที่นักท่องเที่ยวจะทราบข้อมูลทั้งหมดตามที่กล่าวมานั้น จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาพอสมควรในการรวบรวมข้อมูล ยิ่งกว่านั้นหากไปในสถานที่ที่ไม่เคยไปมาก่อน ยิ่งจะทำให้ต้องมีการเตรียมตัวเกี่ยวกับข้อมูลมากขึ้น ดังนั้นบทความนี้จึงได้มุ่งพัฒนากรอบงานวิจัยการพัฒนาระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการวางแผนการท่องเที่ยวให้กับนักท่องเที่ยว รวมถึงการสนับสนุนการวางแผนการท่องเที่ยวที่มีประสิทธิภาพ โดยบทความนี้จะทำการศึกษาตั้งแต่ปัจจัยที่มีผลต่อการวางแผนการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยว ซึ่งจะส่งผลลัพธ์ไปยังขั้นตอนการแนะนำสถานที่ใกล้เคียงผ่านระบบเทคโนโลยีระบุบอกตำแหน่ง (Location Based Service) ที่ถูกติดตั้งอยู่บนสมาร์ทโฟนทุกรุ่น จากนั้นจะแสดงสถานที่ท่องเที่ยวในบริเวณใกล้เคียง เพื่อให้นักท่องเที่ยวเลือกสถานที่ที่สนใจ แล้วส่งผลลัพธ์เข้าสู่ขั้นตอนวิธีการค้นหาเส้นทางในการวางแผนการท่องเที่ยวต่อไป

3. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบัน ระบบแนะนำการท่องเที่ยวได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก โดยระบบที่มีการพัฒนาอยู่ในปัจจุบัน ส่วนหนึ่งจะทำงานบนคอมพิวเตอร์และอีกส่วนหนึ่งจะทำงานบนโทรศัพท์ ซึ่งจะเน้นการลดข้อมูลและสนับสนุนการตัดสินใจของนักท่องเที่ยว[4][5] หรือเป็นลักษณะที่คำนึงถึงระยะเวลาและพลังงานที่ใช้ในการท่องเที่ยวให้คุ้มค่ามากที่สุด [6] นอกจากนี้ยังมีระบบวางแผนการท่องเที่ยวที่เน้นการระบุสถานที่เที่ยวโดยรอบของนักท่องเที่ยว ซึ่งนำเอาเทคโนโลยีการระบุตำแหน่งมาใช้ประกอบด้วย[7] แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวางแผนการท่องเที่ยว หรือวิเคราะห์สถานที่ที่เหมาะสมกับนักท่องเที่ยวแต่ละคน สำหรับกุญแจของความสำเร็จของระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด คือ ได้รับปัจจัยที่สามารถใช้ประกอบในส่วนของการวางแผนเส้นทางได้อย่างแม่นยำ ซึ่งความแม่นยำนี้จะขึ้นกับความสอดคล้องของข้อมูลในระบบเป็นหลัก

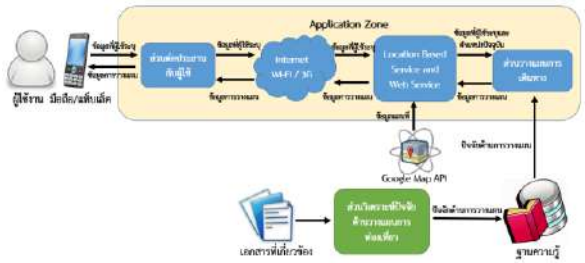
4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งมุ่งเน้นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการวางแผนการท่องเที่ยว เช่น ลักษณะของปัจเจกบุคคล ข้อมูลรูปแบบการท่องเที่ยวที่สนใจของนักท่องเที่ยว และข้อมูลทางด้านจิตวิทยาที่ส่งผลต่อการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยว รวมถึงตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันโดยอาศัยระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System) แล้วจึงนำข้อมูลเหล่านี้เข้าสู่ขั้นตอนวิธีในการวางแผนเส้นทางการท่องเที่ยว ซึ่งจะพิจารณาจากสถานที่ต่าง ๆ ที่อยู่บริเวณรอบด้านของนักท่องเที่ยว จากนั้นจึงให้นักท่องเที่ยวระบุสถานที่ที่มีความสนใจเป็นลำดับ ระบบจะทำการประมวลผลเพื่อวางแผนการเที่ยวชมสถานที่ต่าง ๆ ตามข้อมูลที่นักท่องเที่ยวได้ทำการระบุไว้ โดยภายในระบบนักท่องเที่ยวสามารถทราบข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว ระยะทาง เวลาในการเดินทาง รวมถึงภาพถ่ายต่าง ๆ ได้โดยไม่จำเป็นต้องสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ทั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้สถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดนครราชสีมาเป็นกรณีศึกษา และจะมีการขยายพื้นที่ออกไปเป็นบริเวณกว้างในลำดับต่อไป

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดที่จะพัฒนาขึ้นในครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นเครื่องมือในการวางแผนการท่องเที่ยวที่รองรับการรวมตัวกันของกลุ่มประชาคมอาเซียน (ASEAN Economic Community: AEC) ในปีพ.ศ. 2558 ที่จะก่อให้เกิดไหลเวียนของสินค้าและบริการ รวมถึงการท่องเที่ยว โดยงานวิจัยนี้จะนำข้อมูลของจังหวัดนครราชสีมา มาใช้เป็นกรณีศึกษาในการพัฒนาระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด อย่างไรก็ตาม ระบบยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับจังหวัดหรือประเทศอื่น ๆ ซึ่งจะขยายขอบเขตออกไปในอนาคตได้ โดยกรอบการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ เครือข่ายอินเตอร์เน็ต เทคโนโลยีระบุบอกตำแหน่งและเว็บเซอร์วิส(Location Based Service and Web Service) ส่วนวิเคราะห์ปัจจัยด้านการวางแผนการท่องเที่ยว ฐานความรู้ และส่วนวางแผนการเดินทาง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1 กรอบการทำงานของระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

ส่วนที่ 1 ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ นักท่องเที่ยวซึ่งเป็นผู้ใช้งานระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด สามารถใช้งานระบบจากโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ตผ่านส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะต้องทำงานอยู่บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต นอกจากนี้ผู้ใช้จำเป็นต้องมีการนำเข้าปัจจัยที่ส่งผลต่อการท่องเที่ยวที่ตนเองสนใจ เช่น ข้อมูลลักษณะของปัจเจกบุคคล และข้อมูลลักษณะความสนใจในการท่องเที่ยว เป็นต้น จากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลไปประมวลผลยังส่วนวางแผนการเดินทาง และส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวางแผน กลับมาแสดงยังส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ เพื่อให้ผู้ใช้ได้ทราบข้อมูลผลการวิเคราะห์ และนำไปใช้ในการเดินทางท่องเที่ยวให้คุ้มค่า และเต็มประสิทธิภาพต่อไป

ส่วนที่ 2 เครือข่าย Internet (Wi-Fi/3G) เครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นตัวกลางสำคัญในการรับส่งข้อมูลจากส่วนต่อประสานผู้ใช้ ไปประมวลผลรวมกับข้อมูลสถานที่ในตำแหน่งปัจจุบัน เครือข่ายอินเตอร์เน็ตจึงเป็นส่วนในการเรียกข้อมูล เพื่อนำข้อมูลส่งต่อไปยังส่วนวางแผนการเดินทางต่อไป

ส่วนที่ 3 Location Based Service and Web Service การระบุตำแหน่งสถานที่ของผู้ใช้ ณ ที่ปัจจุบัน ผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ตที่ทำงานอยู่บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะส่งสัญญาณไปยังเสาสัญญาณที่ใกล้ที่สุด จากนั้นจะนำตำแหน่งที่ได้มาวิเคราะห์บนเว็บแผนที่บริการ (Map Point web service) แล้วจึงทำการตรวจสอบกับตำแหน่งสถานที่ที่จัดเก็บในเซิร์ฟเวอร์ จากนั้นจึงส่งตำแหน่งที่ถูกต้องไปแสดงยังหน้าจอ โดยรูปแบบการแสดงผลจะอยู่ในลักษณะของแผนที่ที่มีการนำความสามารถของ Google API มาใช้การแสดงตำแหน่งปัจจุบัน ตำแหน่งของสถานที่ต่าง ๆ รวมถึงจำนวนเส้นทางที่ใช้ในการเดินทาง ซึ่งตำแหน่งที่ได้จากส่วนนี้จะถูกนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนการเดินทางต่อไป

ส่วนที่ 4 ส่วนวิเคราะห์ปัจจัยด้านวางแผนการท่องเที่ยว ปัจจัยด้านวางแผนการท่องเที่ยว ได้รวบรวมข้อมูลมาจากเอกสารท่องเที่ยวและการสำรวจจากนักท่องเที่ยว ตัวอย่างเช่น ลักษณะของปัจเจกบุคคล ลักษณะความสนใจด้านการท่องเที่ยว ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้ถูกนำไปวิเคราะห์ตามกระบวนการในการค้นหาความรู้(Knowledge discovery in database หรือ Data mining) หรือสารสนเทศที่อยู่ในกลุ่มข้อมูลจำนวนมาก ซึ่งขั้นตอนของการทำเหมืองข้อมูลเป็นกระบวนการที่สำคัญในการค้นหาลักษณะที่น่าสนใจของข้อมูลเหล่านี้ เช่น รูปแบบ ความสัมพันธ์ การเปลี่ยนแปลง โครงสร้างที่เด่นชัด หรือลักษณะที่ผิดปกติของข้อมูลจากข้อมูลจำนวนมาก ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยจะนำเหมืองข้อมูลมาจัดเก็บคุณลักษณะหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการท่องเที่ยว ที่ได้จากการเก็บแบบสอบถามจากนักท่องเที่ยว จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ จัดเก็บเป็นฐานความรู้ที่สามารถนำไปใช้การวิเคราะห์และการวางแผนการท่องเที่ยวที่เหมาะสมต่อไป

ส่วนที่ 5 ฐานความรู้ เป็นส่วนที่จัดเก็บข้อมูลที่ได้จากส่วนวิเคราะห์ปัจจัยด้านวางแผนการท่องเที่ยว ได้แก่ ลักษณะของปัจเจกบุคคล ลักษณะความสนใจของนักท่องเที่ยว ซึ่งจัดเก็บในรูปแบบของกฎและความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยข้อมูลในฐานความรู้นี้จะถูกดึงไปใช้ในส่วนของการวางแผนการเดินทาง ทั้งนี้ฐานความรู้นี้เป็นเสมือนแหล่งเก็บข้อมูลหลักของระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

ส่วนที่ 6 ส่วนวางแผนการเดินทางนั้น ถือว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งของระบบ โดยในส่วนวางแผนการเดินทางจะทำการรับข้อมูลที่เป็นข้อกำหนดจากผู้ใช้ รวมถึงตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันจาก Location Based Service และปัจจัยที่ส่งผลต่อการท่องเที่ยว มาใช้ในการประมวลผลการเดินทางของนักท่องเที่ยว ซึ่งนักท่องเที่ยวเอง จำเป็นต้องมีการระบุข้อมูลที่สนใจ เช่น ลักษณะของปัจเจกบุคคล รูปแบบสถานที่ท่องเที่ยว ระยะเวลาของสถานที่ที่เปิดทำการ ระยะทางต่าง ๆ เป็นต้น จากนั้นระบบจะแสดงสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจและตรงกับข้อกำหนดที่ผู้ใช้เลือกออกทางหน้าจอ ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกหรือดูข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ต่าง ๆ ที่ปรากฏได้ก่อนตัดสินใจเลือกเป็นสถานที่ที่ตนเองจะไปเยี่ยมชม นอกจากนี้ระบบยังแสดงรูปและระยะทางจากจุดปัจจุบันจนกระทั่งถึงจุดเป้าหมายให้ผู้ใช้ได้ประกอบการตัดสินใจเลือกสถานที่อีกด้วย ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะเข้าสู่ขั้นตอนวิธี (Algorithm)ในการเรียงลำดับ หรือค้นหาเส้นทางการเดินทางที่เหมาะสมที่สุดตามที่ผู้ใช้กำหนด ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้ได้แผนการเดินทางท่องเที่ยวที่เหมาะสมว่าควรจะไปเยี่ยมชมสถานที่ใดก่อนหลัง โดยแสดงเป็นลักษณะของแผนที่ให้เห็นอย่างชัดเจน

5.การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยใช้โทรศัพท์ Samsung Galaxy S3 ความเร็วในการประมวลผล CPU 1.4 GHz. บนระบบปฏิบัติการ Android 4.2 Jelly bean โดยกำหนดให้ระบบสามารถเลือกวันเวลาท่องเที่ยว แสดงสถานที่ท่องเที่ยว แสดงเงื่อนไขเวลาเปิดทำการของสถานที่ รวมถึงการกำหนดเส้นทางตามที่ผู้ใช้ต้องการ

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากการจำลองสภาพแวดล้อมเพื่อการทดสอบระบบที่นำเสนอในบทความนี้ ซึ่งได้ทำการทดสอบระบบตั้งแต่รูปแบบการทำงานโดยรวม การแสดงวันที่เพื่อใช้ในการวางแผน แหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ที่มีการระบุช่วงเวลาเปิดและปิดทำการ การคำนวณระยะทาง เวลาในการเดินทาง

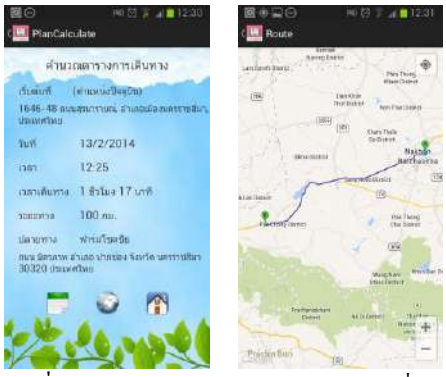
รวมถึงผลลัพธ์ของเส้นทางจากการประมวลผล มีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

การแสดงวันที่เพื่อใช้ในการวางแผน แหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ที่มีการระบุช่วงเวลาเปิดและปิดทำการ ระบบสามารถดึงข้อมูลที่ถูกจัดเก็บได้สามารถแสดงในแอพพลิเคชั่นได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ดังรูปที่ 2 ซึ่งจากภาพผู้ใช้จำเป็นต้องทำการเลือกวันที่ที่ต้องการท่องเที่ยว รวมถึงการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวที่สนใจ



รูปที่ 2 การแสดงวันที่เพื่อใช้ในการวางแผน แหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ที่มีการระบุช่วงเวลาเปิดและปิดทำการ

หลังจากนักท่องเที่ยวทำการเลือกสถานที่ที่สนใจแล้ว ระบบจะคำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ระยะทาง และเส้นทางที่ใช้ในการเดินทาง ให้นักท่องเที่ยวเห็นในลักษณะของแผนที่ ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การแสดงสรุปการเดินทางและเส้นทางที่ใช้

6. บทสรุป

การวางแผนการท่องเที่ยวเป็นกิจกรรมหนึ่งที่จัดทำขึ้นก่อนการท่องเที่ยว โดยการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ที่สนใจ ประกอบกับการอ่านคำแนะนำต่าง ๆ ซึ่งยังคงมีความยุ่งยากในการเข้าถึงข้อมูล ระบบวางแผนการท่องเที่ยวจึงเป็นระบบหนึ่งที่จะเข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกให้กับนักท่องเที่ยว ซึ่งมีลักษณะเป็นระบบในคอมพิวเตอร์และแอพพลิเคชั่นในสมาร์ทโฟน ซึ่งระบบที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่คำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการท่องเที่ยวว่า ปัจจัยใดบ้างที่เป็นสิ่งที่นักท่องเที่ยวพิจารณา รวมถึงเงื่อนไขการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวแต่ละราย บทความนี้จึงนำเสนอกรอบการพัฒนาระบบวางแผนการท่องเที่ยวบนสมาร์ทโฟนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งคำนึงถึงปัจจัยที่นำมาใช้ในการพิจารณาเพื่อวางแผน จากนั้นจึงนำปัจจัยที่ได้มาใช้ในการวางแผนเส้นทางซึ่งจะมีการนำขั้นตอนวิเคราะห์ในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ได้สถานที่ท่องเที่ยวที่ตรงตามความต้องการของนักท่องเที่ยวต่อไป

7. แนวทางการพัฒนาต่อ

ในการวางแผนการท่องเที่ยวที่มีความเหมาะสมและตรงตามความต้องการของปัจเจกบุคคลนั้น จำเป็นต้องใช้ข้อมูลอีกหลาย ๆ ส่วนนำมาประกอบการพัฒนาระบบวางแผนการท่องเที่ยว อาทิเช่น การทำเหมืองข้อมูลเพื่อหารูปแบบ หรือความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันของปัจจัยที่ส่งผลต่อการท่องเที่ยว การกำหนดขอบเขตพื้นที่ของสถานที่ท่องเที่ยวในบริเวณใกล้เคียง รวมถึงการพัฒนาขั้นตอนวิธีในการค้นหาเส้นทางที่มีความเหมาะสม และสามารถเข้าใจได้ง่าย

อย่างไรก็ตาม หากระบบมีส่วนประกอบและข้อมูลที่จำเป็นในการวางแผนทั้งหมดแล้ว ปัญหาที่ท้าทายถัดไปคือ การปรับปรุงข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ให้มีความทันสมัย รวมถึงการค้นหาเส้นทางด้วยวิธีการอื่น ๆ ที่ทำให้ผู้ใช้สามารถท่องเที่ยวตามที่ต้องการ ภายใต้ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีการกำหนดไว้แล้ว และสภาพของอากาศที่อาจจะส่งผลต่อแหล่งท่องเที่ยวในบางพื้นที่ ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนและยุ่งยากมากขึ้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจะดำเนินการทำวิจัยต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] อุษณีย์ พันภัยพาล. (2553).การวิเคราะห์องค์ประกอบรูปแบบการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวจังหวัดชลบุรี.ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

[2] ฉันทัช วรรณถนอม.(2552).ความหมายและความสำคัญของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว[On-line].Available: http://tourismatbuu.wordpress .com

[3] World Tourism Organization.(2007).Yearbook of Tourism Statistics. Madrid:WTO (Yearbook of tourism Statistics:Data 2001-2005 the 59th Edtion)

[4] D.Gavalas ,C.Konstantopoulos,K.Mastakas and G.Pantziou.(2013). Mobile recommender systems in tourism.Journal of network and computer applications.pp.1-15.

[5] C.Y.Hsiao , Z.L.Li and C.S. Chiu.(2012).A Diadond Search Algorithm of Travel Route planning.2012 International Symposium on Computer,Consumer and Control.10(1109).pp.258-261

[6] T.Angskun and J.Angskun.(2009).A Travel Planning Optimization under Energy and Time Constraints.2009 International Conference on Information and Multimedia Technology.5(09).pp.131-134.

[7] J.C.Ying, E.H.C.Lu ,C.M.Hung,K.C.Kuo,Y.H. Hsiao and V.S.Tseng. (2013) .A Framework for Cloud-based POI Search and Trip Planning System.IEEE Conf.8(13).pp.274-277.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบวางแผนแผนการท่องเที่ยวออนไลน์ภายใต้เงื่อนไขบังคับด้านการประหยัดพลังงาน

An Online Travel Itinerary Planner under Energy Saving Constraints

ณัฐชนันย์ เจริญเกียรติ[1], ธรา อั่งสกุล[2], และจิติมนต์ อั่งสกุล[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

E-mail: nut_jaro59@hotmail.com[1], angskun@sut.ac.th[2], jitimon@sut.ac.th[3]

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน นักท่องเที่ยวได้ใช้อินเทอร์เน็ตเป็นเครื่องมือสำคัญในการวางแผนก่อนการเดินทางท่องเที่ยว นอกจากต้องการค้นหาสถานที่ที่ต้องการไปแล้ว ยังต้องการวางแผนเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายให้ได้มากที่สุด เนื่องจากสภาวะน้ำมันที่มีราคาแพงมากในปัจจุบัน บทความนี้จึงได้ออกแบบระบบวางแผนแผนการเดินทางท่องเที่ยวออนไลน์ ภายใต้เงื่อนไขบังคับด้านการประหยัดพลังงาน โดยมุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการนำเอาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานมาใช้ ได้แก่ ชนิดรถยนต์ ประเภทน้ำมันที่ใช้ของรถยนต์ ความเร็วที่ใช้ในการเดินทาง น้ำหนักที่ใช้ในการบรรทุก และสภาพความลาดชันของถนนในแต่ละเส้นทาง เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์เส้นทาง และจัดอันดับแผนการเดินทางท่องเที่ยวตามอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจากน้อยไปมาก พร้อมทั้งอธิบายแผนการเดินทางท่องเที่ยวเหล่านั้นตามระยะเวลาในการเดินทาง อัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ และค่าใช้จ่ายในการเดินทาง

Abstract

Currently, tourists use the Internet as an important tool for planning prior their travelling. Besides, the Internet facilities to search tourist destinations, it helps to plan for saving the optimal travel cost because in recent, gas price is very expensive. This paper proposes to design an online travel itinerary planner under energy saving constraints by focusing on a calculation approach of energy consumption of cars in different environments. The approach applies factors related to the energy consumption which are car types, fuel types, car speeds, car weight, and condition of the road slope. These factors are used to analyze routes and rank travel itineraries based on the energy consumption in ascending order. In addition, the designed planner explains those travel itineraries about travel time, energy consumption and travel expenses.

Keywords*: *energy saving, energy consumption, itinerary planner

1. บทนำ

ในปัจจุบัน อินเทอร์เน็ตได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญของนักท่องเที่ยวเพื่อใช้ค้นหาข้อมูลสำหรับการตัดสินใจเตรียมตัวในการเดินทาง เพื่อเปรียบเทียบราคา บริการ หรือค่าใช้จ่ายต่าง ๆ [1] นอกจากนั้น ระบบสารสนเทศยังถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนในการตัดสินใจในวางแผนในการเดินทางท่องเที่ยวรายบุคคลได้ เพื่อให้ได้บริการที่มีคุณภาพและในราคาต่ำที่สุด[11]โดยเฉพาะการเดินทางท่องเที่ยวโดยรถยนต์ส่วนบุคคล นักท่องเที่ยวต้องการเส้นทางที่มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานต่ำที่สุด มากกว่าการคำนึงถึงเส้นทางที่มีระยะทางหรือเวลาที่สั้นที่สุด [6] อย่างไรก็ตาม การเดินทางท่องเที่ยวโดยรถยนต์ส่วนบุคคลในแต่ละครั้งจะขึ้นอยู่กับราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความผันผวนและมีราคาแพงมากในปัจจุบัน ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่สูงขึ้นตามไปด้วย [3] นอกจากนั้น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ อาทิ สภาพการจราจร สภาพถนน สภาพรถยนต์ อัตราเร็วในการขับขี่และน้ำหนักบรรทุกของรถยนต์แต่ละประเภทยังมีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานที่แตกต่างกัน[5]ตัวอย่างเช่น การเดินทางบนถนนที่ราบเรียบจะประหยัดพลังงานมากกว่าสภาพถนนที่มีความลาดชันถึง 15-20% [9] โดยเฉพาะสภาพถนนยิ่งมีความลาดชันเพิ่มมากขึ้นยิ่งทำให้อัตราสิ้นเปลืองพลังงานมากยิ่งขึ้น[10]และเช่นเดียวกับปัจจัยด้านน้ำหนักบรรทุกของรถยนต์ เมื่อทดสอบกับระยะทาง ความเร็วเฉลี่ยเท่ากัน และสภาพถนนเหมือนกัน [12]

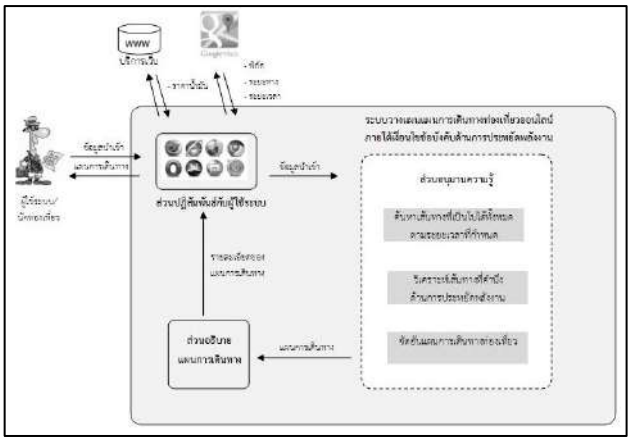
จากศึกษาระบบวางแผนการเดินทางท่องเที่ยวออนไลน์ที่คำนึงการประหยัดพลังงานในปัจจุบัน พบว่า ระบบส่วนใหญ่ไม่ได้นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์มาใช้อย่างครอบคลุมทุกด้านโดยเฉพาะสภาพถนน และน้ำหนักบรรทุก [6,8] และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า งานวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบันได้นำเอาเฉพาะปัจจัยสภาพการขับขี่ในเมือง/นอกเมืองเท่านั้น ไม่ได้นำสภาพของถนนที่เป็นแนวราบหรือลาดชัน และน้ำหนักการบรรทุกของรถยนต์ที่แตกต่างกันเข้ามาร่วมพิจารณา ส่งผลให้การคำนวณหาเส้นทางที่ประหยัดพลังงานมากที่สุดอาจผิดพลาดได้ หรือยังไม่แม่นยำพอ ทำให้การประเมินผลเทียบกับเส้นทางที่สั้นที่สุด หรือใช้เวลาน้อยที่สุด ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง และอาจทำให้นักท่องเที่ยวไม่พึงพอใจต่อผลลัพธ์ที่ระบบได้นำเสนอ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นที่จะพัฒนาขั้นตอนวิธีในการคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ส่วนบุคคลที่เดินทางท่องเที่ยวในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการนำเอาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงาน อาทิ ชนิดและประเภทของรถยนต์ที่ใช้ในการเดินทาง น้ำหนักบรรทุก และสภาพของถนน มาใช้เพื่อให้ได้ระบบวางแผนการเดินทางท่องเที่ยวออนไลน์ภายใต้เงื่อนไขบังคับด้านการประหยัดพลังงานที่มีประสิทธิภาพ โดยเน้นการพัฒนาขั้นตอนวิธีในการ

คำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยให้ผู้ใช้ระบบหรือนักท่องเที่ยววางแผนการเดินทางท่องเที่ยวที่ประหยัดพลังงาน และได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำ

2. กรอบการทำงานของระบบ

กรอบการทำงานของระบบวางแผนแผนการเดินทางท่องเที่ยวออนไลน์ภายใต้เงื่อนไขข้อบังคับด้านการประหยัดพลังงานประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ระบบ ส่วนอนุมานความรู้ และส่วนอธิบายแผนการเดินทาง โดยระบบจะค้นหาเส้นทางการเดินทางท่องเที่ยวที่เหมาะสม จากการที่ผู้ใช้หรือนักท่องเที่ยวป้อนข้อมูลเข้ามาจากส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ระบบ โดยระบบจะประมวลผลสารสนเทศที่ถูกจัดเก็บและเชื่อมต่อกับเว็บที่ให้บริการต่าง ๆ (Web Services) และแผนที่ออนไลน์ (Google Map) เพื่อดึงข้อมูลที่จำเป็นในการประมวลผล หลังจากนั้นระบบจะนำข้อมูลเหล่านี้ไปยังส่วนอนุมานความรู้ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนแผนการเดินทางท่องเที่ยวจัดอันดับแผนการเดินทางและอธิบายแผนการเดินทาง โดยได้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับแผนการเดินทาง อาทิ ระยะทางในการเดินทาง ระยะเวลาในการเดินทาง อัตราสิ้นเปลืองพลังงาน และค่าใช้จ่ายในการเดินทางของแผนการเดินทางนั้น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. กรอบการทำงานของระบบ

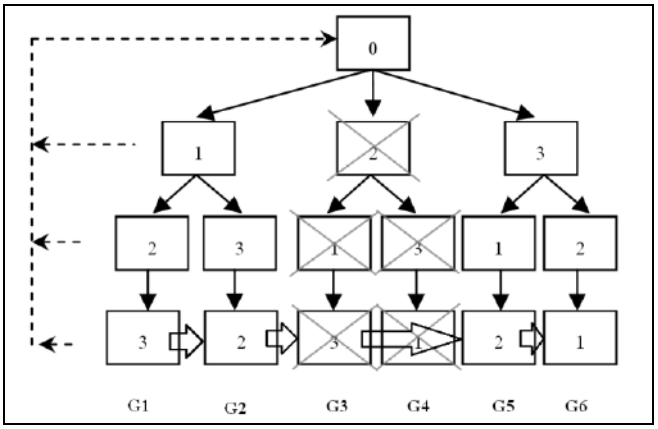
จากส่วนประกอบของระบบดังที่กล่าวมา ส่วนอนุมานความรู้ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของระบบ ซึ่งใช้ในการคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานในแต่ละแผนการเดินทาง และนำเสนอแผนการเดินทางที่ประหยัดพลังงานที่สุดให้กับผู้ใช้ โดยในส่วนของการอนุมานมี 3 กระบวนการ คือ การค้นหาเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดตามระยะเวลาที่ผู้ใช้กำหนด การวิเคราะห์เส้นทางที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน และการจัดอันดับแผนการเดินทาง ซึ่งจะกล่าวอย่างละเอียดในหัวข้อถัดไป

3. การค้นหาเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดตามระยะเวลาที่กำหนด

กระบวนการนี้เป็นการวิเคราะห์เส้นทางการเดินทางตามระยะเวลาทั้งหมดที่เป็นเงื่อนไขบังคับ ได้แก่ ระยะเวลาระหว่างจุดหมายปลายทาง ระยะเวลาในแวะพักในแต่ละจุดหมายปลายทาง และวัน-เวลาไปกลับ ทั้งหมดของแผนการเดินทางโดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบก้าวกระโดด [4] เพื่อค้นหาเส้นทางที่เป็นไปได้ภายใต้เงื่อนไขบังคับด้านเวลา และสามารถไปสถานที่ท่องเที่ยวได้มากแห่งที่สุด เช่น ถ้าต้องการเดินทางไปสถานที่ท่องเที่ยว 3 แห่ง (ไม่รวมจุดเริ่มต้น) โดยกำหนดวัน-เวลาไปกลับภายใน 3 ช.ม. จะเกิดกลุ่มการเดินทางได้ทั้งหมด 6 กลุ่ม และแต่ละกลุ่มประกอบด้วยเส้นทาง 3 รูปแบบ ซึ่งเมื่อเดินทางจากจุดเริ่มต้น (หมายเลข 0) ไปยังสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ (หมายเลข 1, 2, 3) แล้ว จะกลับมายังจุดเริ่มต้นเสมอ โดยสามารถจัดกลุ่มการเดินทาง ได้ดังนี้

- G1 เส้นทาง คือ 0-1-0, 0-1-2-0, 0-1-2-3-0
- G2 เส้นทาง คือ 0-1-0, 0-1-3-0, 0-1-3-2-0
- G3 เส้นทาง คือ 0-2-0, 0-2-1-0, 0-2-1-3-0
- G4 เส้นทาง คือ 0-2-0, 0-2-3-0, 0-2-3-1-0
- G5 เส้นทาง คือ 0-3-0, 0-3-1-0, 0-3-1-2-0
- G6 เส้นทาง คือ 0-3-0, 0-3-2-0, 0-3-2-1-0

โดยระบบจะคำนวณหาเส้นทางทั้งหมดที่สามารถเดินทางไปได้ตามเวลาที่ผู้ใช้กำหนด และไปยังสถานที่ท่องเที่ยวได้มากแห่งที่สุด โดยการตรวจสอบเวลาที่ใช้ในแต่ละเส้นทางและจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวที่ไปได้ หากเส้นทางที่ไปใช้เวลาเกินกำหนดจะกระโดดไปยังกลุ่มถัดไปทันที เช่น เส้นทางกลุ่ม G3 และ G4 พบว่าเส้นทาง 0-2 ใช้เวลาเกิน 3 ชั่วโมงที่กำหนด จึงไม่ต้องคำนวณสถานที่ต่อไปในกลุ่ม และเส้นทางในกลุ่มอื่นที่ใช้เส้นทาง 0-2 นี้ จึงได้ก้าวกระโดดไปยังเส้นทางในกลุ่มที่ 5 ถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. การเดินทางท่องเที่ยว โดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบก้าวกระโดด

นอกจากนั้น หากเส้นทางใหม่ที่ไปสามารถไปได้หลายสถานที่มากกว่าเส้นทางเดิม จะตัดเส้นทางเดิมที่มีจำนวนสถานที่น้อยกว่าทิ้งหมดทิ้ง และในการค้นหาเส้นทางในกลุ่มถัดไป จะกระโดดไปยังเส้นทางที่มีจำนวนเท่ากับเส้นทางใหม่ที่สามารถไปได้นั้น ตัวอย่างการเดินทางในรูปที่ 2 จะเริ่มจากค้นหาเส้นทาง0-1-0, 0-1-2-0, 0-1-2-3-0 ซึ่งพบว่าเส้นทาง 0-1-2-3-0 มีจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวที่ไปได้มากแห่งที่สุด จึงตัดเส้นทาง 0-1-0, 0-1-2-0 ทิ้ง และก้าวกระโดดไปยังกลุ่ม 2 เส้นทาง 0-1-3-2-0 ถัดไป

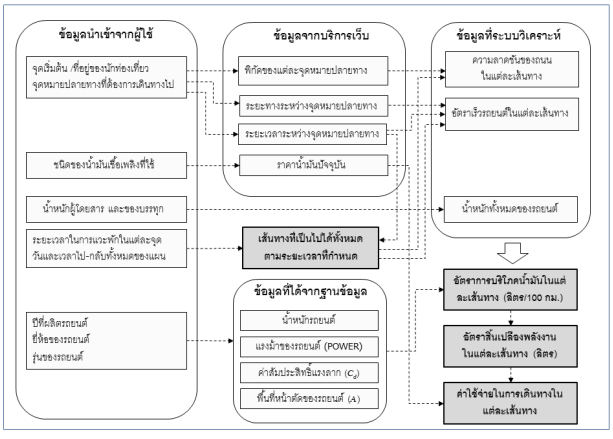
โดยผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากตัวอย่างคือ เส้นทางที่สามารถไปเยี่ยมสถานที่ท่องเที่ยวได้มากที่สุด 3 แห่งได้แก่ 0-1-2-3-0, 0-1-3-2-0, 0-3-1-2-0 และ 0-3-2-1-0 สรุปได้ว่า ในการค้นหาเส้นทางภายใต้ข้อบังคับด้านพลังงานและเวลาช่วยลดเวลาในการคำนวณซ้ำในกรณีที่เส้นทางการเดินทางที่ระบบเลือกให้เป็นเส้นทางที่ไปไม่ได้ตามเวลาที่กำหนดหรือสถานที่ท่องเที่ยวที่ต้องการไปมีจำนวนน้อยกว่าเส้นทางที่เลือกไว้ [4]

4. การวิเคราะห์เส้นทางที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน

ในการวิเคราะห์เส้นทางที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน จะเริ่มต้นเมื่อระบบได้ข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ จากผู้ใช้ ดังรูปที่ 3 หลังจากนั้นระบบจะนำข้อมูลเหล่านั้นไปประมวลผล เพื่อให้ได้อัตราสิ้นเปลืองพลังงานของเส้นทางที่ไปได้ต่อไป โดยสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานได้ตามข้อมูลที่ผู้ใช้หรือนักท่องเที่ยวป้อนนำเข้าระบบ ดังรูปที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

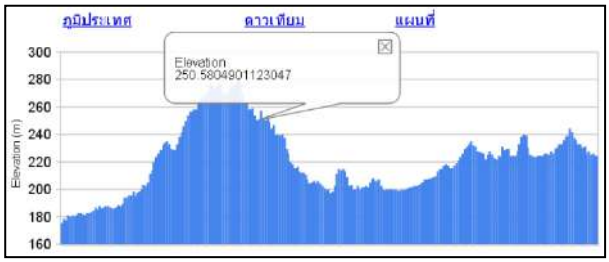


รูปที่ 3. ตัวอย่างหน้าจอการป้อนข้อมูลหรือปัจจัยจากผู้ใช้/นักท่องเที่ยวเข้าในระบบ



รูปที่ 4. กระบวนการวิเคราะห์เส้นทางที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน

ปัจจัยแรก ที่ผู้ใช้/นักท่องเที่ยวป้อนเข้ามาในระบบจากส่วนปฏิสัมพันธ์ ได้แก่ จุดเริ่มต้น/ที่อยู่ของนักท่องเที่ยว และจุดหมายปลายทางที่ต้องการเดินทางไป โดยข้อมูลดังกล่าวถูกนำไปใช้เพื่อดึงข้อมูลจากบริการเว็บ ออกมาเป็นพิกัดของแต่ละจุดหมายปลายทางระยะทางระหว่างจุดหมายปลายทางเวลาระหว่างจุดหมายปลายทางโดยข้อมูลที่ได้จากบริการเว็บนี้จะถูกนำไปให้ระบบวิเคราะห์ โดยข้อมูลระยะทางระหว่างจุดหมายปลายทางและเวลาระหว่างจุดหมายปลายทางจะถูกนำไปคำนวณหาอัตราเร็วของรถยนต์ในแต่ละเส้นทางส่วนพิกัดของแต่ละจุดหมายปลายทาง จะถูกนำไปวิเคราะห์หาสภาพของถนนในแต่ละเส้นทางตามความลาดชัน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. ข้อมูลพิกัดจากบริการเว็บที่ได้เป็นสภาพความลาดชันของถนน

ปัจจัยที่ 2 คือ ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ ถูกนำไปใช้เพื่อดึงข้อมูลจากบริการเว็บ ออกมาเป็นราคาน้ำมันในปัจจุบัน โดยระบบจะนำไปใช้เพื่อคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการเดินทางในแต่ละเส้นทาง

ปัจจัยที่ 3 ได้แก่ น้ำหนักผู้โดยสารและของบรรทุกรวมกับข้อมูลน้ำหนักรถยนต์เป็นข้อมูลที่ได้จากจากฐานข้อมูล ถูกนำไปคิดเป็นน้ำหนักทั้งหมดของรถยนต์ โดยน้ำหนักทั้งหมดของรถยนต์นี้ ระบบจะนำไปใช้วิเคราะห์หาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ในแต่ละเส้นทางต่อไป

ปัจจัยที่ 4 ได้แก่ ระยะเวลาในการแวะพักในแต่ละจุดหมายปลายทางและวันและเวลาไป-กลับทั้งหมดของแผนการเดินทางท่องเที่ยวร่วมกับเวลาระหว่างจุดหมายปลายทางซึ่งเป็นข้อมูลที่มาจากบริการเว็บ ถูกนำไปค้นหาเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดตามระยะเวลาที่กำหนด แล้วหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ในแต่ละเส้นทางต่อไป

ปัจจัยสุดท้าย เป็นข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ที่นำเข้าจากผู้ใช้ ได้แก่ ปีที่ผลิตรถยนต์ ยี่ห้อของรถยนต์ และรุ่นของรถยนต์ ถูกนำไปใช้เพื่อค้นหาน้ำหนักของรถยนต์ แรงม้าของรถยนต์ (POWER) ค่าสัมประสิทธิ์แรงลาก (C_d) และพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ส่วนบุคคล (A) จากฐานข้อมูล โดยข้อมูลรถยนต์ที่ได้จากฐานข้อมูลนี้ จะถูกนำไปใช้ร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ ที่ระบบวิเคราะห์ได้ เพื่อคำนวณหาอัตราการบริโภคน้ำมันของรถยนต์ในแต่ละเส้นทาง โดยใช้สมการที่ 2 [7]

$$F = A'MR + A'MG + B'/V + CV^2 \quad (2)$$

เมื่อ F = อัตราการบริโภคน้ำมันของรถยนต์ (ลิตร/100 กม.)

R = แรงต้านจากการหมุนของล้อ (นิวตัน) [2]

M = น้ำหนักการบรรทุก (กิโลกรัม)

A' = ค่าคงที่เมื่อเทียบกับมวล (3.4319 x M +16.829)

B' = ค่าคงที่เมื่อเทียบกับขนาดของเครื่องยนต์ (2.1596 x $POWER^{1.5345}$)

V = อัตราเร็วของรถยนต์ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

G = ความลาดชันของเส้นทาง (เมตร)

C = แรงต้านอากาศหรือ แรงฉุดอากาศ (นิวตัน) [2] โดยที่

$$C = 0.5\rho V^2 C_d A \quad (3)$$

เมื่อ ρ = ค่าความหนาแน่นของอากาศ (ปกติ 1.2 กิโลกรัม/เมตร^3 ที่ 20°C)

V = อัตราเร็วของรถยนต์ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

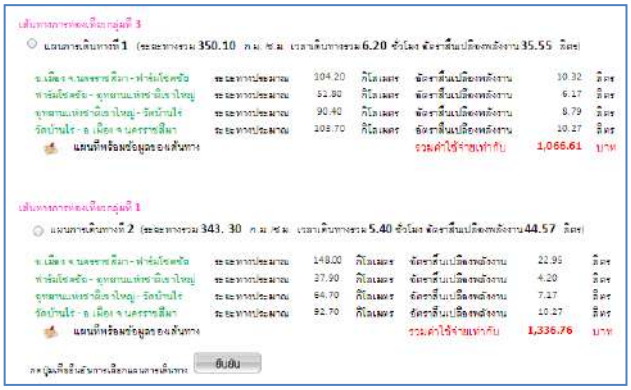
C_d = ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงลาก

A = พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ (เมตร^2)

หลังจากได้อัตราการบริโภคน้ำมันแล้ว จะนำไปใช้คำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ และค่าใช้จ่ายในการเดินทางในแต่ละเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดต่อไป

5. การจัดอันดับเส้นทางการเดินทาง

เมื่อระบบคำนวณและวิเคราะห์เส้นทางจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ดังกล่าวระบบจะสร้างแผนการเดินทาง และจัดอันดับแผนการเดินทางตามอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจากน้อยไปมาก ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่า แผนการเดินทางที่ 1 แม้ว่าจะมีระยะทาง และเวลารวม มากกว่าแผนการเดินทางที่ 2 แต่มีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานในการเดินทางต่ำกว่า



รูปที่ 6. ผลลัพธ์เส้นทางที่สามารถเดินทางไปได้ภายใต้เงื่อนไขบังคับด้านการประหยัดพลังงาน และเวลาที่ผู้ใช้กำหนด

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้เสนอแนวความคิดในการออกแบบและพัฒนาระบบวางแผนแผนการเดินทางท่องเที่ยวออนไลน์ ด้วยกระบวนการวิเคราะห์เส้นทางที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน โดยได้นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานมาคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ส่วนบุคคลที่ใช้เดินทางท่องเที่ยวในแต่ละเส้นทาง ได้แก่ ชนิดรถยนต์ ประเภทน้ำมันที่ใช้ของรถยนต์ ความเร็วที่ใช้ในการเดินทาง น้ำหนักที่ใช้ในการบรรทุก และสภาพความลาดชันของถนนในแต่ละเส้นทาง ซึ่งแนวทางในการพัฒนางานวิจัยในอนาคต จะทำการประเมินกระบวนการวิเคราะห์เส้นทางที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ว่าสามารถช่วยให้นักท่องเที่ยวประหยัดพลังงานได้มากเท่าใด เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์เส้นทางที่คำนึงถึงระยะทางที่สั้นที่สุด และระยะทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

[1] การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย,“แผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ พ.ศ. 2555-2559”, 2554.

[2] ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, “วิศวกรรมยานยนต์ ฉบับเสริมประสบการณ์”, พฤษภาคม 2550, กรุงเทพ, หน้า 30-36.

[3] ปุณณรัตณ์ มณีบุตร, “ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออุปสงค์การท่องเที่ยวในจังหวัดภูเก็ตของนักท่องเที่ยวชาวไทย”, วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2547.

[4] ปิยรัตน์ งามสนิท และคณะ, “ระบบวางแผนการท่องเที่ยวออนไลน์ภายใต้ข้อบังคับด้านพลังงานและเวลา”, NCSEC2009, พฤศจิกายน 2552, กรุงเทพฯ, หน้า 480-486.

[5] พันธุ์ระวี กองบุญเทียม, “แบบจำลองการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะในครัวเรือนในเขตเมืองเชียงใหม่”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์โยธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547.

[6] สมจินต์ เปียโคกสูง และคณะ, “ระบบวางแผนการเดินทางท่องเที่ยวอัจฉริยะเพื่อประหยัดพลังงาน”, ECTI-CARD2009, พฤษภาคม 2552, หน้า 67-72.

[7] B. Lloyd, “Dissecting the basic fuel consumption equation into its components to improve adaptability to changing vehicle characteristics”, *ARRB Conf. Shaping the future: Linking policy*, pp. 1-10, November 2012.

[8] K. Ahn and H. Rakha, “The Effects of route choice decisions on vehicle energy consumption and emissions”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 13, no 3, pp. 513-167, May 2008.

[9] K. Boriboonsomsin and M. Barth, “Impacts of road grade on fuel consumption and carbon dioxide emissions evidenced by use of advanced navigation systems”, *The transportation research board business office,* vol. 2139, no 1, pp. 21-30, January 2010.

[10] G. Sevenson and D. Fjeleld, “The influence of road characteristics on fuel consumption for logging truck”, *International Symposium on Heavy Vehicle Transportation Technology*, vol.12, no 1, pp. 1-10.

[11] H. Werthner and S.Klein, “Information technology and tourism: a challenging relationship”, Vienna Austria, pp. 8-12, 1999.

[12] Z. Gao, T. J. LaClair, C.S. Daw, and D. E. Smith, “Fuel consumption and cost savings of class 8 heavy-duty trucks Powered by natural gas”, *The 92nd Transportation Research Board Annual Meeting*, pp. 1-10, November 2012.

หัวข้อ การประหยัดพลังงาน
การจัดการพลังงาน บ้านอัตโนมัติ I (21EN I)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การคงค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟสที่ใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์

Single-Phase AC Voltage Regulation Using Buck-Boost Converter

สันติภาพ โคตทะเล และอุดม เครือเทพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ต.ไม้งาม อ.เมือง จ.ตาก 63000 Email: Santipab@Yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้จะนำเสนอการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟสในกรณีที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 220-250 โวลต์ให้มีค่าคงที่ 220 โวลต์ด้วยคอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์ ใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสร้างสัญญาณควบคุมแบบพีดับบลิวเอ็มให้กับวงจรกำลัง และใช้หลักการโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้า ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบกับโหลดขนาด 400 วัตต์พบว่าการคงค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่า 0.47 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพเฉลี่ยของระบบมีค่า 96.45 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : การคงค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟส คอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์ โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ

Abstract

This paper presents a single-phase voltage regulation if the voltage between 220-250 volts to a constant 220 volts with a buck-boost converter. Using a digital signal processor generates PWM control signal to the power circuit and using back-propagation artificial neural networks to act as a voltage controller. Test results of the prototype with a load of 400 Watts found that the percentage of voltage regulation is 0.47 and the average efficiency of the system is 96.45 percent.

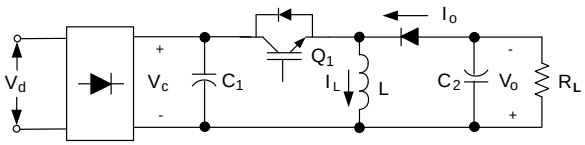
Keywords: Single-phase voltage regulation Buck-boost converter Back-propagation artificial neural networks

1. บทนำ

การรักษาแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับของโหลดให้มีค่าคงที่ตามค่าพิกัดจะส่งผลต่อค่าประสิทธิภาพของระบบโดยตรง และยังสามารถยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นโหลดได้ ปัญหาหนึ่งของระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำขนาดเล็กที่ถูกพัฒนาใช้งานอย่างแพร่หลายในพื้นที่ทุรกันดารคือ กังหันน้ำไม่สามารถคงค่าแรงดันไฟฟ้าได้เนื่องจากไม่มีระบบควบคุมการปล่อยน้ำเข้ากังหันซึ่งมีต้นทุนการผลิตหรือการสร้างที่ค่อนข้างสูง จึงมักใช้วิธีการลดแรงดันไฟฟ้าด้วยการเพิ่มโหลดแบบแมนนวลทำให้เกิดความยุ่งยากในการใช้งาน ในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะทำการพัฒนาใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์ทำการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟสที่จุดต่อโหลดให้มีค่าคงที่ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าค่าพิกัดใช้งานที่อยู่ระหว่าง 220-250 โวลต์

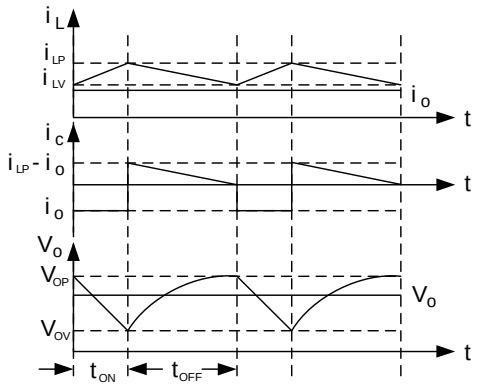
2. การส่งผ่านกำลังงานของคอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์

คอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์เป็นคอนเวอร์เตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถลดหรือเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าได้ มีวงจรกำลังดังรูปที่ 1 โดยตัวเหนี่ยวนำ L_1 จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สะสมพลังงาน ถ้าอุปกรณ์สวิตช์ Q1 ทำงานที่ค่าช่วงเวลาการเทิร์นออนน้อย แรงดันไฟฟ้าเอาท์พุตจะมีค่าต่ำ และถ้าค่าช่วงเวลาการเทิร์นออนมีค่ามาก แรงดันไฟฟ้าเอาท์พุตจะมีค่าสูง



รูปที่ 1 คอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์

เมื่อคอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์ทำงานในโหมดกระแสไฟฟ้าต่อเนื่อง (CCM) และอยู่ในโหมดที่ตัวเหนี่ยวนำสามารถจ่ายพลังงานได้อย่างสมบูรณ์ (CISM) [1] โดยที่ค่ากระแสไฟฟ้าต่ำสุดที่ผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่ามากกว่าค่ากระแสไฟฟ้าเอาท์พุต จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุตดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระแสและแรงดันไฟฟ้าในโหมด CISM-CCM

กระแสไฟฟ้าสูงสุดผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าดังสมการที่ 1 ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้งหมดมีค่าดังสมการที่ 2 พลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวขณะอุปกรณ์สวิตช์เทิร์นออนจะมีค่าดังสมการที่ 3 ซึ่งพลังงานนี้จะถูกส่งผ่านมาจากตัวเก็บประจุ C_1 ถ้าพลังสะสมในตัวเก็บประจุเปลี่ยนไปจะทำให้แรงดันไฟฟ้าคร่อมตัวเก็บประจุเปลี่ยนไปด้วยดังสมการที่ 4

$$i_{LP} = i_o\left[\frac{1}{1-d} + \frac{R_o}{2Lf_s}(1-d)\right] \quad (1)$$

$$i_L = i_{LP} - \frac{V_o}{L}t \quad (2)$$

$$W_L = \frac{1}{2}L\left\{i_o\left[\frac{1}{1-d} + \frac{R_o}{2Lf_s}(1-d)\right] - \frac{V_o}{L}t\right\}^2 \quad (3)$$

$$V_C = \sqrt{\frac{2W_c}{C_1}} \quad (4)$$

เมื่อ i_{LP} คือ กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ผ่านตัวเหนี่ยวนำ

i_L คือ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวเหนี่ยวนำ

d คือ ช่วงเวลาการเทิร์นออน

f_s คือ ความถี่การสวิตช์

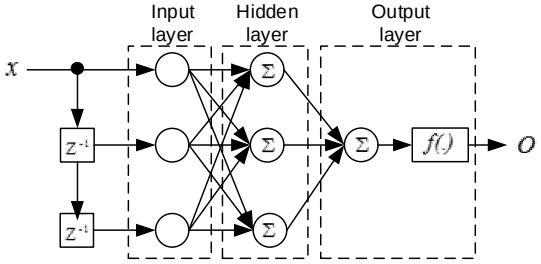
W_c คือ พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ

แรงดันไฟฟ้าคร่อมตัวเก็บประจุจะแปรผกผันกับค่าช่วงเวลาที่อุปกรณ์สวิตช์เทิร์นออน ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าอาร์เอ็มเอสที่ตกคร่อมโหลดแบบดัมมี่ที่มีค่าดังสมการที่ 5 มีค่าแปรผกผันกับค่าช่วงเวลาที่อุปกรณ์สวิตช์เทิร์นออนด้วย ดังนั้นโหลดแบบดัมมี่จึงถือว่าเป็นแหล่งจ่ายที่ถูกควบคุมด้วยตัวแปรที่เป็นค่าช่วงเวลาที่อุปกรณ์สวิตช์เทิร์นออน

$$V_d = \frac{V_C}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

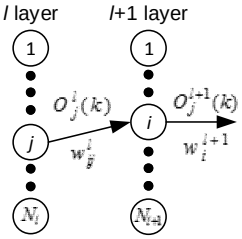
3. โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ

ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมมีโครงสร้างเป็นแบบเปอร์เซปตรอนหลายเลเยอร์ที่ปรับค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้การเรียนรู้ด้วยหลักการแบบแพร่กลับ [2] โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 3 ที่มี 1 อินพุตเลเยอร์ 2 เลเยอร์ซ่อน และ 1 เอาท์พุตเลเยอร์ โดยแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในงานวิจัย

กระบวนการเรียนรู้จะแสดงได้ดังรูปที่ 4 ถ้าโนด i ของเลเยอร์ $l+1$ รับสัญญาณจากโนด j ผ่านค่าถ่วงน้ำหนัก w_{ij}^l เอาท์พุตจะมีค่าดังสมการที่ 6 ถ้าเลือกใช้ฟังก์ชั่นแบบซิกมอยด์ $f(x) = \frac{1}{1+e^{-\beta x}}$ เป็นฟังก์กระตุ้นเพื่อสร้างสัญญาณเอาท์พุต จะมีค่าอนุพันธ์ของอินพุตดังสมการที่ 7 มีค่าผลรวมของความผิดพลาดดังสมการที่ 8 ค่าถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงจะมีค่าโดยประมาณของอัตราส่วนที่เป็นลบระหว่างค่าความผิดพลาดต่อค่าถ่วงน้ำหนักดังสมการที่ 9 ใช้กฎลูกโซ่ดังสมการที่ 10 ทำให้ได้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงดังสมการที่ 11 โดยสมการนี้จะถูกนำไปประยุกต์เพื่อทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละโนดของโครงข่ายประสาทเทียมทั้งในเลเยอร์ซ่อน และเลเยอร์เอาท์พุต



รูปที่ 4 กระบวนการเรียนรู้ของหลักการแบบแพร่กลับ

$$O_i^{l+1}(k) = f\left(\sum_{j=1}^{N_{l+1}} w_{ij}^l O_j^l(k)\right) \quad (6)$$

$$f'(x) = \beta f(x)(1 - f(x)) \quad (7)$$

$$E = \sum_{k=1}^{K} E_k = \sum_{k=1}^{K}\left(\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N_L}\left(T_i(k) - O_i^L(k)\right)^2\right) \quad (8)$$

$$\Delta w_{nm}^l \approx -\frac{\partial E_k}{\partial w_{nm}^l} \quad (9)$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial w_{m,}^l} = \frac{\partial E_k}{\partial O_i^L(k)}\frac{\partial O_i^L(k)}{\partial w_{nm}^l} \quad (10)$$

$$-\frac{\partial E_k}{\partial w_{m,}^l} = \sum_{i=1}^{N_l}\left(T_i(k) - O_j^L(k)\right)\frac{\partial O_i^L(k)}{\partial w_{nm}^l} \quad (11)$$

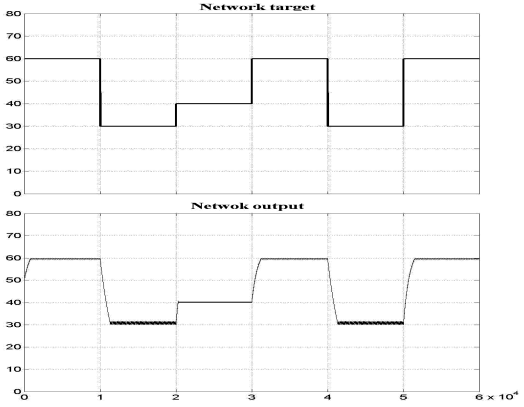
เมื่อ x คืออินพุตของโครงข่าย

O คือเอาท์พุตของโครงข่าย

T คือค่าเป้าหมายของโครงข่าย

β คือตัวประกอบของอัตราการเรียนรู้

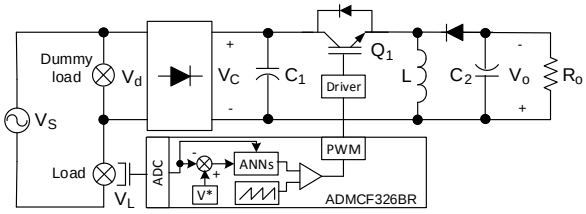
ในงานวิจัยนี้ได้จำลองการทำงานของหลักการโครงข่ายประสาทเทียมที่ทำการเรียนรู้แบบแพร่กลับ ซึ่งมีเลเยอร์ $l = L-1$ ด้วยโปรแกรม MATLAB/SIMULINK ใช้อัตราการเรียนรู้ 0.3 และคาบเวลาในการสุ่มแบบดีสครีตขนาด $1x10^{-5}$ วินาที ได้ผลการจำลองดังรูปที่ 5 ซึ่งจะเห็นว่าตัวควบคุมจะสามารถทำให้ค่าเอาท์พุตของโครงข่ายมีค่าเข้าใกล้ค่าเป้าหมายได้ในเวลาอันรวดเร็ว รวมทั้งไม่เกิดทั้งโอเวอร์ชู้ต และอันเดอร์ชู้ต



รูปที่ 5 ผลการจำลองการทำงานของตัวควบคุมที่นำเสนอ

4. การออกแบบระบบการคงค่าแรงดันไฟฟ้า

การคงค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสที่นำเสนอจะมีโครงสร้างดังรูปที่ 6 โดยใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสร้างสัญญาณควบคุมแบบพีดับบลิวเอ็มให้กับคอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์ หลักการทำงานจะอาศัยการประยุกต์ของคอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์คือ ถ้าแรงดันไฟฟ้าคร่อมโหลดมีค่าสูงคอนเวอร์เตอร์จะดึงพลังงานจากโหลดแบบดัมมี่จำนวนน้อยๆทำให้แรงดันไฟฟ้าคร่อมโหลดแบบดัมมี่มีค่าสูง และจะทำงานกลับกันในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าของโหลดมีค่าเข้าใกล้ค่าพิกัด



รูปที่ 6 โครงสร้างของระบบการคงค่าแรงดันไฟฟ้าที่นำเสนอ

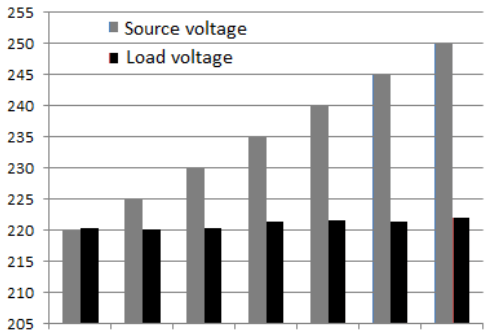
ระบบจะตรวจจับแรงดันไฟฟ้าโหลดทำการแปลงจากแอนะลอกให้เป็นดิจิตอลลบออกจากค่าอ้างอิงที่สร้างด้วยตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลและใช้หลักการโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับเป็นตัวควบคุม สร้างสัญญาณควบคุมแบบพีดับบลิวเอ็มผ่านอุปกรณ์ขับเกตให้กับอุปกรณ์สวิตช์กำลังของคอนเวอร์เตอร์ โดยมีพารามิเตอร์ต่างๆดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในระบบคงค่าแรงดันไฟฟ้าที่นำเสนอ

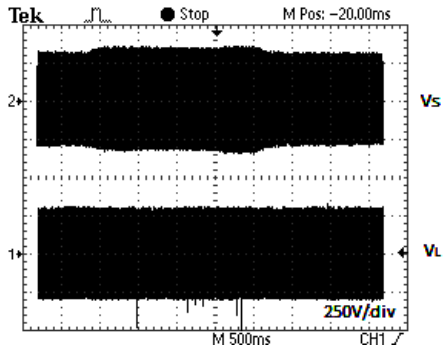
พารามิเตอร์	ปริมาณ	พารามิเตอร์	ปริมาณ
V_s	220 V	R_o	3 kΩ
V_d	30 V	C_1	330 μF
L	100 μH	C_2	470 μF
f_s	20 kH$_z$	Q_1	IR4PH40KD

5. การทดสอบการทำงาน

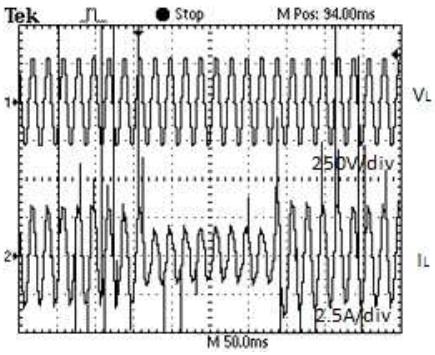
การทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบกับโหลดที่เป็นหลอดไส้ขนาด 200 วัตต์จำนวน 2 หลอด พบว่าเมื่อแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายมีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 220- 250 โวลต์ ระบบจะทำการคงค่าแรงดันไฟฟ้าโหลดให้มีค่าเข้าใกล้ 220 โวลต์ ดังกราฟในรูปที่ 7 มีค่าความผิดพลาดตลอดย่านต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ในรูปที่ 8 แสดงการคงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายมีการเปลี่ยนแปลงฉับพลันระหว่าง 220-250 โวลต์ พบว่าระบบสามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้มีค่า 220 โวลต์ได้



รูปที่ 7 สมรรถนะการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าโหลด

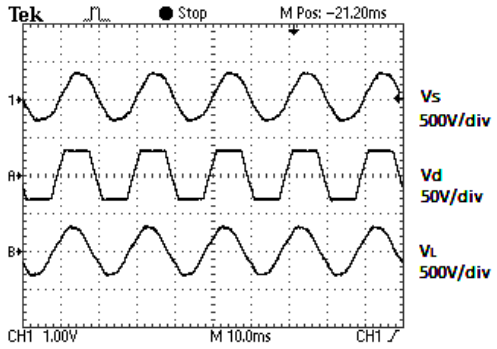


รูปที่ 8 การคงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายมีการเปลี่ยนแปลงฉับพลัน

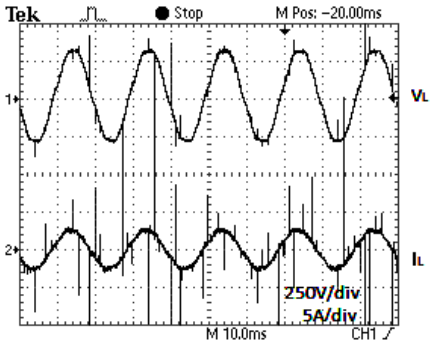


รูปที่ 9 การคงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงฉับพลัน

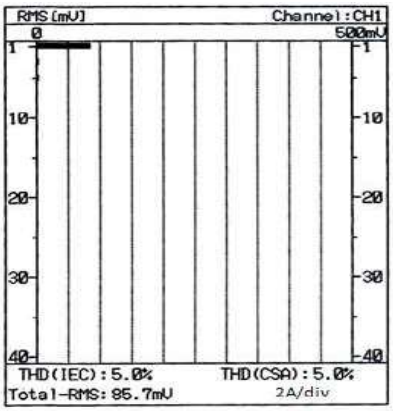
จากรูปที่ 9 เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงฉับพลันที่ค่าแรงดันแหล่งจ่าย 230 โวลต์ พบว่าแรงดันไฟฟ้าโหลดจะมีค่าคงที่ 220 โวลต์ ในรูปที่ 10 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าคร่อมโหลดแบบดัมมี่และแรงดันไฟฟ้าโหลดเมื่อแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายมีค่า 250 โวลต์ รูปที่ 11 แสดงค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าโหลดที่เกิดระลอกคลื่น ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกระแสไฟฟ้าจะมีค่า 5 เปอร์เซ็นต์ดังรูปที่ 12 ในการทดสอบสมรรถนะพบว่าการคงค่าแรงดันไฟฟ้าจะมีค่า 0.47 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพเฉลี่ยของระบบมีค่า 96.45 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 10 แรงดันไฟฟ้าที่จุดต่างๆที่ค่าแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย 250 โวลต์



รูปที่ 11 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าโหลด



รูปที่ 12 ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของกระแสไฟฟ้า โหลด

6. สรุป

ระบบการคงค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟสในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าปกติด้วยคอนเวอร์เตอร์แบบบักบูสต์ที่ทำการตรวจจับแรงดันไฟฟ้าโหลด ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าคร่อมโหลดแบบดัมมี่ สร้างสัญญาณควบคุมแบบพีดับบลิวเอ็มด้วยตัวประมวลผลดิจิตอลที่ใช้ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้วยหลักการโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ จากการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบพบว่าการคงค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่า 0.47 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพเฉลี่ยของระบบมีค่า 96.45 เปอร์เซ็นต์ ระบบที่นำเสนอมีความง่ายและไม่ซับซ้อน มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาใช้งานจริงกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ทุรกันดาร

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ส่วนงานจังหวัดตากที่ให้ทุนสนับสนุนด้านเครื่องมืออุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายในการเดินทางออกพื้นที่สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังงานทดแทนเพื่อชุมชนด้อยโอกาสในพื้นที่ทุรกันดารของอำเภออุ้มผาง อำเภอแม่ระมาด และอำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก

เอกสารอ้างอิง

[1] L.Shulin and Z.Jiuming, “Analysis of Energy Transfer Behavior of Buck –Boost Converters”, International Conference on Electric Information and Control Engineering (ICEICE), pp.1173-1176, 2011

[2] S.V.Kartaloppoulos, “Understanding neural networks and fuzzy logic basic concepts and applications”, IEEE PRESS, pp.75-80, 1996.

ประวัติผู้เขียนบทความ



สันติภาพ โคตทะเล สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีและปริญญาโทสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าจาก สจพ. และ สจล. ตามลำดับ มีความสนใจการแปลงผันกำลังงาน ระบบควบคุม และพลังงานทดแทน



อุดม เครือเทพ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีและปริญญาโทสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าจาก รม. และ มช. ตามลำดับ มีความสนใจการป้องกันระบบไฟฟ้าและการแปลงผันกำลังงาน

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบและสร้างวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟสชาร์ตแบตเตอรี่จากโซลล่าเซลล์สำหรับระบบการเฝ้าระวังน้ำ

Design and Implementation Non-inverting Buck-Boost Converter Solar Battery Charger for Water Monitoring System

ธวัชชัย ทองเหลี่ยม[1] และ บรรเจิด เจริญพันธ์[2]

โปรแกรมวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์[1], โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม[2]

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม

E-mail: thawatchait@npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟส ทำหน้าที่เป็นวงจรชาร์ตแบตเตอรี่ ไอซี MC34167 ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณ PWM และควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ อินดักเตอร์ถูกออกแบบมีค่าเท่ากับ 190 μH และตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ 1,000 μF วงจรตัดต่อการชาร์ตแบตเตอรี่ถูกออกแบบให้สามารถตัดการชาร์ตเมื่อแบตเตอรี่ และตัดต่อโซล่าเซลล์กับวงจรชาร์ต จากผลการทดลองพบว่าวงจรสามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 14.3 V และกระแสเท่ากับ 0.27 A แรงดันต่ำสุดของโซล่าเซลล์ที่วงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ สามารถทำงานเท่ากับ 7.5 V และวงจรตัดต่อการชาร์ตแบตเตอรี่ วงจรสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

Abstract

In this paper, design and implementation non-inverting buck-boost converter which used to charging battery is proposed. The MC34167 is used to the PWM generator and control the output voltage. In our design, the inductor and the capacitor are 190 μH and 1,000 μF, respectively. The switch battery charging detector is used to closed or open between the battery charger circuit and Battery and solar cell. The experimental result of the output voltage and the output current are 14.3V and 0.27 A, respectively. The minimum voltage of solar cell is 7.5 V. Finally, the switch battery charging detector can be operated in our design.

***Keywords*:** non-inverting buck-boost converter, battery charger, solar cell, IC MC34167

1. บทนำ

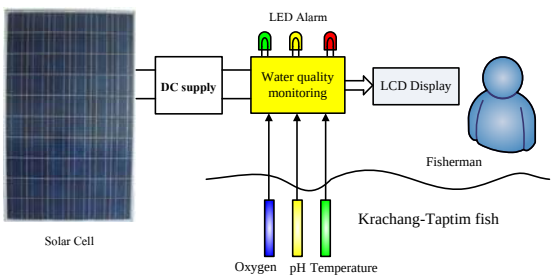
ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากปัญหามลพิษทางน้ำ ปัญหาน้ำเน่าเสีย ซึ่งน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตและการเลี้ยงมีผลกระทบต่อแม่น้ำที่มีการเพาะเลี้ยงปลากระชังอย่างมาก และหลังจากเกิดปัญหาน้ำท่วมในประเทศไทยเมื่อปี 2554 ได้มีงานวิจัยในเรื่องการเฝ้าระวังระดับน้ำด้วยการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำตามสะพานต่าง ๆ แล้วส่งข้อมูลเข้าไปที่ศูนย์เฝ้าระวัง [1]

งานวิจัย [2-3] มีการนำระบบแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ถูกนำมาใช้สำหรับระบบเฝ้าระวังน้ำ เช่น ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ ระบบตรวจวัดระดับน้ำ เป็นจำนวนมาก และมีการวิจัยที่ทำการออกแบบวงจรชาร์ตแบตเตอรี่สำหรับการเฝ้าระวังเป็นจำนวนมาก ซึ่งจากการที่แสงอาทิตย์ในแต่ละวันอาจจะมากหรือน้อย ส่งผลให้แรงดันเอาต์พุตอาจจะมากหรือน้อย และโซล่าเซลล์ขนาด 15 W เหมาะสมกับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบเฝ้าระวัง จากเหตุผลดังกล่าว วงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ จึงเหมาะสมสำหรับการออกแบบเพื่อชาร์ตแบตเตอรี่ให้กับระบบเฝ้าระวัง

งานวิจัยนี้นำเสนอ การออกแบบและสร้างวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟส ซึ่งทำหน้าที่นำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาชาร์ตแบตเตอรี่ เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับเกษตรที่เลี้ยงปลากระชังทับทิม

2. ระบบแหล่งจ่ายไฟสำหรับชุดควบคุมคุณภาพน้ำ

รูปที่ 1 แสดงระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำในกระชังปลาทับทิม [2] นอกจากส่วนของประมวลผล เซ็นเซอร์ และการแสดงผลแล้ว วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงก็มีความสำคัญอย่างมากกับระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำหรือระบบตรวจวัดที่ต้องติดตั้งกลางแจ้ง ซึ่งแผลโซล่าเซลล์แปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแรงดันไฟฟ้าแล้วใช้วงจรชาร์ตแบตเตอรี่ทำหน้าที่นำแรงดันจากแผลโซล่าเซลล์มาเก็บไว้ที่แบตเตอรี่แล้วจ่ายให้กับวงจรต่าง ๆ



รูปที่ 1 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

3. วงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟส [4-5]

รูปที่ 2 วงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟส ซึ่งใช้ IC MC34167 PWM มีความถี่ 70 kHz ทำงานในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง (DCM) รายละเอียดของโซล่าเซลล์ที่ใช้ในการออกแบบวงจรมีดังนี้ 1) กำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 15 W 2) แรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรเท่ากับ 21 V 3) กระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจรเท่ากับ 0.92 A 4) แรงดันไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 17.4 V 5) กระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 0.86 A และ 6) แรงดันเอาต์พุตที่ใช้ชาร์จแบตเตอรี่เท่ากับ 14.5 V

- จากแรงดันอินพุตเท่ากับ 7.5-17.4 V และแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 14.5 V เมื่อวงจรชาร์ตทำงานบั๊ก คอนเวอร์เตอร์ ค่าดิวตีไซเคิล $D_1 < 0.5$ % และเมื่อวงจรชาร์ตทำงานบูส คอนเวอร์เตอร์ ค่าดิวตีไซเคิล $D_1 \geq 0.5$ % ดังนั้น ค่าอินดักเตอร์มีค่าเท่ากับ

$$L_{min} \geq \frac{TV_{OUT}(1-D_1)}{2I_{OUT}} \quad (1)$$

$$L_{min} \geq \frac{14ns \times 14.5V(1-0.5)}{2 \times 0.5A} \quad (2)$$

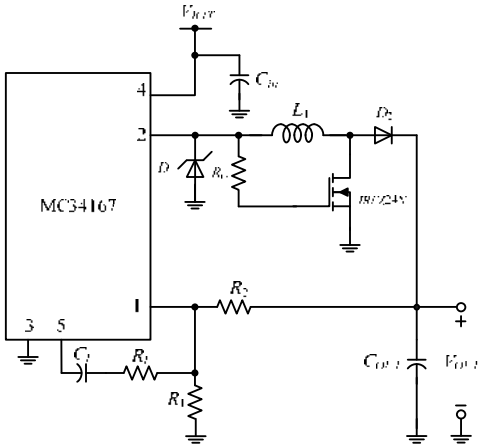
$$L_{min} \geq 145\mu H$$

- ค่าคาปาซิแตนซ์เท่ากับ

$$C_{OUT} \geq \frac{100I_{OUT}(1-D_1)T}{V_{OUT}} \quad (3)$$

$$C_{OUT} \geq \frac{100 \times 0.5A(1-0.5)14ns}{14.5V} \quad (4)$$

$$C_{OUT} \geq 34\mu F$$



รูปที่ 2 วงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟส

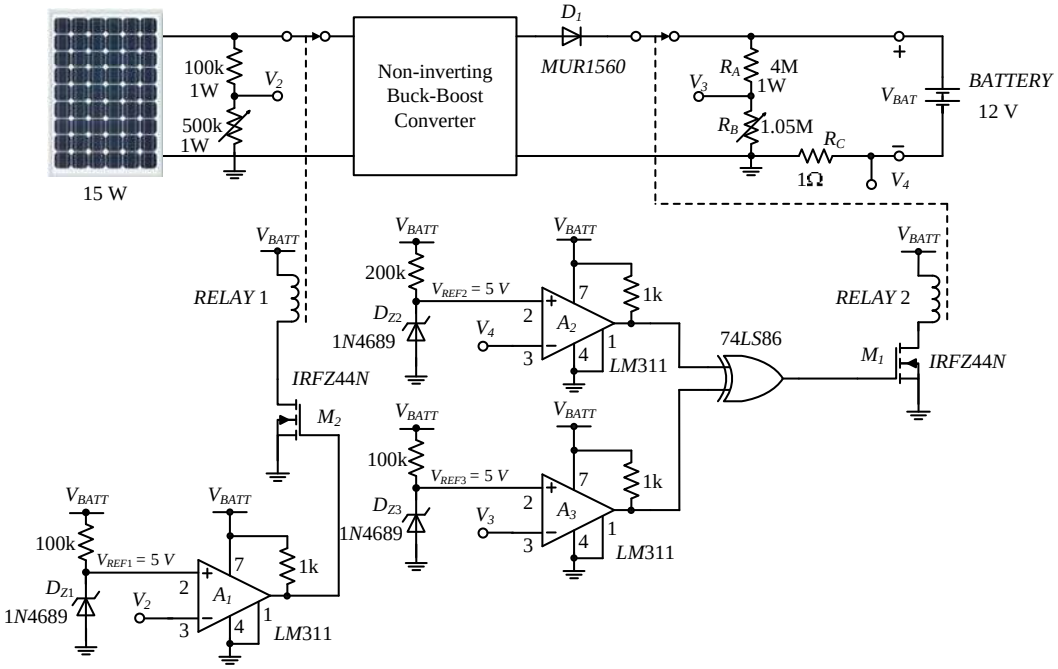
- กำหนดให้ $R_1 = 10\ k\Omega$ แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 14.5 V ดังนั้น

$$V_{OUT} = 5.05\left(\frac{R_2}{R_1}+1\right) \quad (5)$$

$$R_2 = \left(\frac{V_{OUT}}{5.05}-1\right)R_1 \quad (6)$$

$$R_2 = \left(\frac{14.5V}{5.05}-1\right)\times 10k\Omega$$

$$R_2 = 62.5\ \text{k}\Omega$$



รูปที่ 3 วงจรตัดต่อวงจรชาร์ตแบตเตอรี่กับโซล่าเซลล์และแบตเตอรี่

$$R_2 = \left(\frac{V_{OUT}}{5.05} - 1\right) R_1 \qquad (6)$$

$$R_2 = \left(\frac{14.5V}{5.05} - 1\right) \times 10k\Omega$$

$$R_2 = 62.5\ \text{k}\Omega$$

เมื่อ V_{OUT} คือ แรงดันเอาต์พุต V_S คือ แรงดันจากโซล่าเซลล์ R_1 และ R_2 คือ ตัวต้านทานตรวจวัดแรงดันเอาต์พุต ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของตัวอุปกรณ์ที่ได้จากการออกแบบ

ตารางที่ 1 รายละเอียดของตัวอุปกรณ์ที่ได้จากการออกแบบ

รายละเอียดอุปกรณ์					
R_1	10 kΩ	$D_{1,2}$	SB550A	C_{OUT}	1,000 µF
R_2	62.5 kΩ	L_1	190 µH	C_F	0.47 µF
R_F	4.7 kΩ	C_{in}	1,000 µF	M_1	IRFZ44N
R_G	330 Ω				

4. วงจรตัดต่อวงจรชาร์ตแบตเตอรี่และโซล่าเซลล์

รูปที่ 3 วงจรตัดต่อวงจรชาร์ตแบตเตอรี่กับโซล่าเซลล์และแบตเตอรี่ ประกอบด้วย วงจรเปรียบเทียบแรงดันด้วย LM311 ซึ่ง A_1 ทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันจากโซล่าเซลล์ A_2 ทำหน้าที่ตรวจวัดการชาร์ตแบตเตอรี่ และ A_3 ทำหน้าที่ตรวจวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่ แรงดันไฟเลี้ยงของวงจรจะต่อจากแรงดันแบตเตอรี่ งานวิจัยนี้ได้ใช้รีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อวงจรชาร์ต

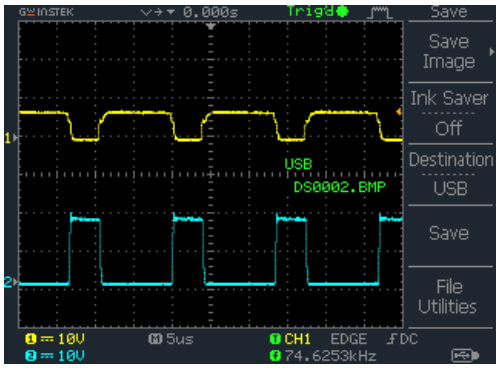
การทำงานของวงจรตัดต่อวงจรชาร์ตแบตเตอรี่สามารถอธิบายได้ดังนี้ วงจรตัดต่อการชาร์ตแบตเตอรี่ถูกออกแบบให้สามารถตัดการชาร์ตว่าแบตเตอรี่ชาร์ตเต็มหรือไม่ด้วยการวัดกระแสที่ไหลผ่านแบตเตอรี่ กล่าวคือ เมื่อถูกแบตเตอรี่ชาร์ตจนเต็มกระแสที่ไหลผ่านแบตเตอรี่จะน้อยมากจนไม่ไหลเลย และเมื่อแรงดันต่ำกว่า 5 V วงจรจะเชื่อมต่อวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ กับแบตเตอรี่ ในการตัดต่อวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ กับโซล่าเซลล์ วงจรจะตัดการเชื่อมต่อระหว่างโซล่าเซลล์กับวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ เมื่อแรงดันจากโซล่าเซลล์ต่ำกว่า 6 V และเมื่อแรงดันจากโซล่าเซลล์มากกว่า 5 V วงจรจะเชื่อมต่อโซล่าเซลล์กับวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ไอซี XOR ทำหน้าที่เลือกการตัดหรือต่อวงจรชาร์ตแบตเตอรี่ ซึ่งเมื่อแบตเตอรี่เต็ม เอาต์พุตของไอซี XOR มีค่าเท่ากับไฟเลี้ยง (ลอจิก 1) ทำให้มอสเฟตนำกระแส สวิตช์รีเลย์จะตัดวงจรการชาร์ต และเมื่อแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่า 5 V เอาต์พุตของไอซี XOR มีค่าเท่ากับไฟเลี้ยง (ลอจิก 0) มอสเฟตหยุดนำกระแส รีเลย์หยุดทำงานวงจรกลับมาชาร์ตอีกครั้ง

วงจรตัดต่อโซล่าเซลล์กับวงจรชาร์ต สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อแรงดันจากโซลล่าเซลล์น้อยกว่า 5 V เอาต์พุตของ LM311 เท่ากับไฟเลี้ยง มอสเฟตนำกระแส ทำให้รีเลย์ทำงาน ในทางกลับกัน เมื่อแรงดันมากกว่า 5 V เอาต์พุตของ LM311 เท่ากับศูนย์ มอสเฟตหยุดนำกระแส ทำให้รีเลย์ไม่ทำงาน โซล่าเซลล์จะต่อกับวงจรชาร์ตอีกครั้ง

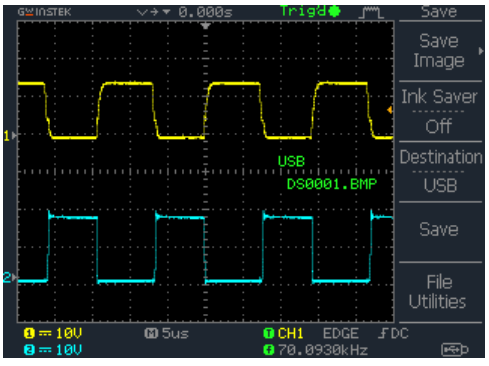
5. การทดลองและผลการทดลอง

การทำลองวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟส ด้วยการต่อเอาต์พุตกับโหลดตัวต้านทาน 53 Ω และต่อแหล่งจ่ายไฟกับอินพุตของวงจร แล้วปรับแหล่งจ่ายไฟตั้งแต่ 7.5 V – 18 V ซึ่งแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 14.3 V รูปที่ 4 แสดงสัญญาณ PWM ที่ตกคร่อม V_{GS} และ V_{DS} ของที่มอสเฟต M_1 รูปที่ 4(ก) แสดงสัญญาณ V_{GS} = 17 V และแรงดัน V_{DS} = 6 V ซึ่งวงจรทำงานสภาวะบั๊ก คอนเวอร์เตอร์ รูปที่ 4(ข) แสดงสัญญาณ V_{GS} = 17 V และแรงดัน V_{DS} = 14 V ซึ่งวงจรทำงานสภาวะส่งผ่านแรงดัน รูปที่ 4(ค) แสดงสัญญาณ V_{GS} = 16 V และแรงดัน V_{DS} = 15 V ซึ่งวงจรทำงานสภาวะบูสต์ คอนเวอร์เตอร์

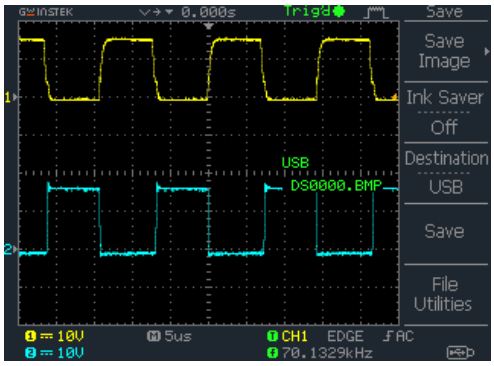
รูปที่ 5 แสดงการทดลองวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 7.5 V แรงดันเอาต์พุต เท่ากับ 14.3 V และกระแสเท่ากับ 0.27 A รูปที่ 6 แสดงการทดลองวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ชาร์ตแบตเตอรี่จากโซล่าเซลล์ ซึ่งมีแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 5-17.5 V และกระแสเอาต์พุตเท่ากับ 0.86 A



(ก)

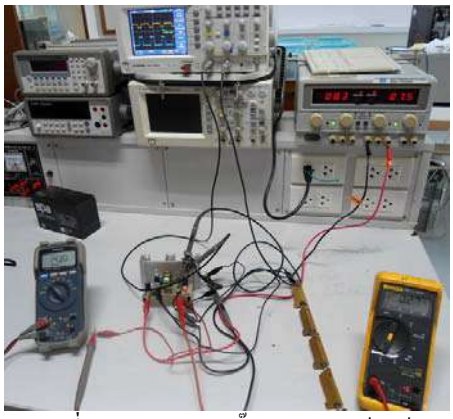


(ข)

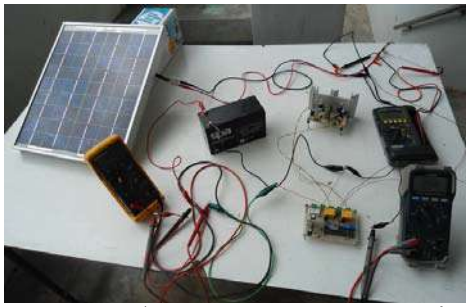


(ค)

รูปที่ 4 สัญญาณ PWM (ก) $V_S > V_{OUT}$ และ $D < 50$ % (ข) $V_S = V_{OUT}$ และ $D = 50$ % (ค) $V_S < V_{OUT}$ และ $D > 50$ %



รูปที่ 5 การทดลองวงจรบั๊ก-บูส คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 6 การทดลองวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ชาร์ตแบตเตอรี่จากโซล่าเซลล์

6. บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่เป็นวงจรชาร์ตแบตเตอรี่จากโซล่าเซลล์สำหรับระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ หรือระบบตรวจวัดระดับน้ำ วงจรดังกล่าวได้ใช้ IC MC3416 ทำหน้าที่ควบคุมวงจรชาร์ตแบตเตอรี่เพื่อรักษาระดับแรงดันและกระแสคงที่ จากผลการทดลอง แรงดันจากโซลล่าเซลล์เท่ากับ 7.5 – 17.4 V และแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 14.3 V และกระแสเอาต์พุตเท่ากับ 0.27 A เมื่อแรงดันโซลล่าเซลล์น้อยกว่า 7.5 V หรือมากกว่า 14.5 V วงจรตัดต่อวงจรชาร์ตแบตเตอรี่สามารถตัดหรือต่อโซล่าเซลล์กับวงจรชาร์ต และเมื่อวงจรชาร์ตแบตเตอรี่ชาร์ตแบตเตอรี่เต็ม หรือแรงดันแบตเตอรี่น้อยกว่า 7.5 V วงจรตัดต่อวงจรสามารถตัด หรือต่อแบตเตอรี่กับวงจรชาร์ตได้อย่างถูกต้อง

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการอุดมศึกษา สนับสนุนทุนวิจัย โครงการทุนวิจัย SPII ประจำปี 2554

เอกสารอ้างอิง

[1] -, “**ระบบตรวจวัดระดับน้ำ ปริมาณน้ำฝนวัดระยะบานประตูน้ำพรอมทั้งอุปกรณ์สื่อสารวิทยุและโปรแกรมประยุกต์ ให้แก่เจ้าหน้าที่กรมชลประทานสำนักชลประทานที่ 14**,” http://irrigation.rid.go.th/rid14/Live/UnionTSL.pdf.

[2] วีระศักดิ์ ชื่นตา ธวัชชัย ทองเหลี่ยม และหฤทัย ดิ้นสกุล, “**ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติและแสดงผลสำหรับผู้ที่เลี้ยงปลากระชังในแม่น้ำท่าจีน**,” รายงานวิจัย ทุนวิจัยโครงการวิจัยเชิงบูรณาการ (SPII) ประจำปี 2554

[3] N. Harid, “**A solar-power wireless Data acquisition system for monitoring,**” International Conference on Electronics, Hardware, Wireless and Optical Communications (EHAC '13), 20-22 February 2013. pp. 23-28

[4] STMicroelectronics, “**An MCU-based low cost non-inverting Buck-boost Converter for battery chargers**,” Application note AN2389, August 2007.

[5] Motolola, “**Power switching regulator**,” MC34167 datasheet, 1996.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

กังหันลมแกนหมุนแนวตั้งขนาดเล็กสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า

เฉลิม ยาวิลาศ[1], พฤทธิ์ เนตรสว่าง[2],อิศเรศ ไชยพิสุทธิพงศ์[1],ณัฐพล คำราพิช[1] และ ธนวัฒน์ เมืองสองวงศ์[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail ; chalormy@hotmail.com[1], n_prud@hotmail.com [2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างกังหันลมแกนหมุนแนวตั้งขนาดเล็กผลิตกระแสไฟฟ้า โดยการประยุกต์ใช้ใบพัดแบบซาโวเนียสจำนวน 3 และ 6 ใบพัด ติดตั้งเข้ากับกังหันลมแกนหมุนแนวตั้งขนาดเล็กเพื่อเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานกล ส่งถ่ายกำลังจากแกนเพลาไปยังชุดเฟืองในการเพิ่มรอบการหมุน โดยมีอัตราทดที่ 3.7 : 1 จากนั้นส่งกำลังผ่านมอเตอร์ ชนิด DIRECT DRIVE ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าผ่านวงจร BRIDGE DIODE เพื่อแปลงกระแสจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง และต่อเข้ากับหลอดไฟ LED 1.5 โวลล์ ขนาด 50 มิลลิแอมป์ จำนวน 20 หลอด เพื่อใช้แทนภาระโหลด สุดท้ายต่อเข้าอุปกรณ์วัดแรงดันกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้ยังศึกษาหาประสิทธิภาพของกังหันลมนี้ โดยศึกษาหาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ได้แก่ จำนวนใบพัดและความเร็วลมเริ่มต้น

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพ พบว่า กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวน 3 และ 6 ใบพัด สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ที่ความเร็วลมเริ่มต้นต่ำที่สุด 3 เมตรต่อวินาที นอกจากนี้ยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าสูงที่สุด กำลังไฟฟ้า 0.88 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 8 โวลล์ กระแสไฟฟ้า 0.11 แอมป์ และกำลังไฟฟ้า 3.25 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 13 โวลล์ กระแสไฟฟ้า 0.25 แอมป์ ในกังหันลมที่มีจำนวนใบพัด 3 และ 6 ใบพัดตามลำดับ ที่ความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที

คำสำคัญ : กังหันลม, แกนหมุนแนวตั้ง, ผลิตกระแสไฟฟ้า, ซาโวเนียส

Abstract

This research aims to design and build a small vertical axis wind turbine for electric generating. The 3 and 6 Savonius impellers were applied for impeller of this turbine which converted the wind energy to the mechanical energy. Then, transmitted by the shaft to the gear which increase the rotation with a ratio of 3.7 : 1 and then to the Direct Drive motor to generate electricity. The 3 Bridge Diode circuits were applied to convert the current electric from AC to DC. Then, connected with 20 LED lamps of 1.5 V and 50 mA for the load testing and connected with a voltage measuring in the last unit. Moreover, also study the performance of the wind turbine by study the parameters which had the affect to the electrical production.

The results showed that the 3 and 6 impellers wind turbine could generate electricity at the lowest wind speed of 3 meters per second. They could also generate electricity the highest power of 0.88 Watts, 8 V and 0.11 A, and power of 3.25 W, 13 V and 0.25 A at the wind speed of 6 meters per second in the 3 and 6 impellers wind turbine, respectively.

Keywords: *Wind Turbines, Vertical Axis , Electric generating, Savonius*

1. บทนำ

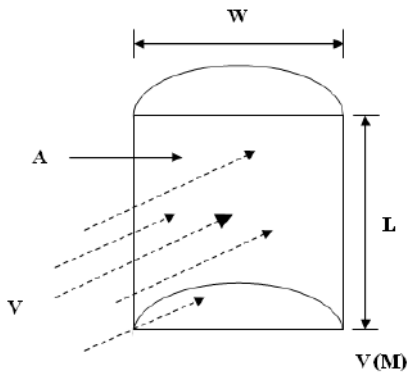
การขยายตัวของชุมชนเมืองและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้เกิดความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันแหล่งพลังงานหลักที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าของโลกมาจาก ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และน้ำมัน ซึ่งแหล่งพลังงานเหล่านี้นับวันยิ่งมีปริมาณลดลง อีกทั้งยังก่อให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมซึ่งนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น สาเหตุหลักมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้นการช่วยลดมลพิษและแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อนจึงเป็นเรื่องของคนทั้งโลกที่จะต้องช่วยกัน สิ่งสำคัญที่ทุกคนสามารถทำได้คือ การช่วยกันประหยัดพลังงานและหันมาใช้พลังงานธรรมชาติหรือพลังงานสะอาดที่สามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งรัฐบาลได้กำหนดนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนของประเทศ โดยมีเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนจากร้อยละ 0.5 เป็นร้อยละ 8 ในปี พ.ศ. 2554 [1]

จากปัญหาดังกล่าวผู้ศึกษาวิจัยจึงมีความสนใจในการออกแบบและพัฒนากังหันลมชนิดแกนหมุนแนวตั้งที่สามารถใช้ในสภาวะที่มีแรงลมต่ำถึงปานกลาง ซึ่งอยู่ในช่วงความเร็วลมเฉลี่ย 3 - 6 เมตรต่อวินาที โดยออกแบบและเพิ่มจำนวนใบพัด รวมถึงพื้นที่ในการปะทะลมที่ถูกต้องตามหลักพลศาสตร์ ซึ่งทำให้กังหันลมผลิตไฟฟ้าชนิดแกนหมุนแนวตั้งมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น ดังนั้นจุดประสงค์ของโครงการวิจัย คือ การศึกษา ออกแบบ และสร้างกังหันลมแกนหมุนแนวตั้งขนาดเล็กสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า รวมถึงการหาสมรรถนะของกังหันลมแกนหมุนแนวตั้งขนาดเล็กสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าอีกด้วย

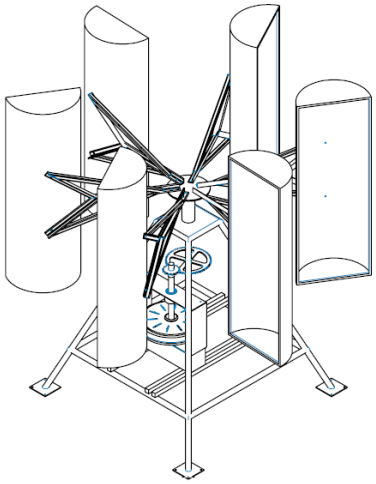
2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การออกแบบกังหันลมแกนหมุนแนวตั้งขนาดเล็ก

ในการออกแบบกังหันลมแกนหมุนแนวตั้งที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ซึ่งทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง อีกทั้งยังประยุกต์ใช้ใบพัดแบบซาโวเนียส (Savonius) ซึ่งเป็นกังหันลมแนวคิดใหม่ที่สร้างใบพัดให้รับลมในแนวดิ่ง เนื่องจากการรับลมในแนวดิ่งจึงทำให้ไม่จำเป็นที่จะต้องระวังเรื่องของความเสียหายมากนักและยังไม่ต้องการการดูแลบำรุงรักษามากอีกด้วย[2] ชุดกังหันลมจะเปลี่ยนพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลและนำพลังงานกลมาใช้กับระบบผลิตไฟฟ้า



รูปที่ 1 ลักษณะของใบพัดกังหันลมแบบซาโวเนียสและทิศทางการรับลม



รูปที่ 2 กังหันลมแกนหมุนแนวตั้งขนาดเล็กสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า

2.2 หลักการทำงานของกังหันลมแกนหมุนแนวตั้ง

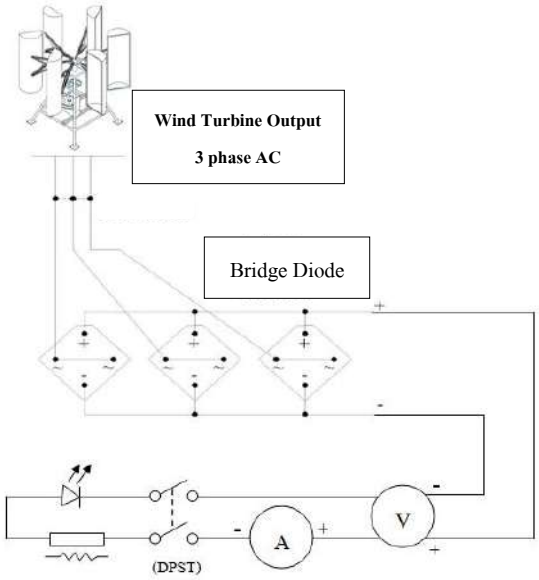
กังหันลมแกนหมุนแนวตั้งขนาดเล็กสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้ามีหลักการทำงานของระบบเริ่มต้น เมื่อมีพลังงานลมมาหมุนกังหัน กังหันลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานกลเพื่อนำไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ชุดกังหันลมมีลักษณะเป็นแบบกังหันลมแกนหมุนแนวตั้งใบพัดแบบซาโวเนียสมีใบพัดจำนวน 6 ใบพัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 165 เซนติเมตร สูง 155 เซนติเมตร หมุนทิศทางเดียวกับนาฬิกา มีตลับลูกปืนรองรับการหมุนของชุดใบพัด ใช้เฟืองในการเพิ่มรอบการหมุนโดยมีอัตราทดที่ 3.7: 1 ใช้โซ่ในการส่งถ่ายกำลังจากเฟืองขับไปยังเฟืองตามที่ติดอยู่กับมอเตอร์ Direct drive

2.3 มอเตอร์ชนิด Direct drive

มอเตอร์ชนิด Direct drive ประกอบด้วยชุดสนามแม่เหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.5 เซนติเมตร ประกอบด้วยแม่เหล็ก 12 ก้อน ชุดขดลวดทองแดงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26.5 เซนติเมตร จำนวน 36 ขด ขนาดลวดทองแดงเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ 3 สาย โดยส่งกระแสไฟฟ้ามายังชุด Bridge Diode เพื่อเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง เมื่อกังหันลมหมุน ชุดสนามแม่เหล็กจะหมุนตลอดเวลา

2.4 วงจร Bridge Diode

กระแสไฟฟ้าที่ได้จากมอเตอร์ Direct drive เป็นกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจึงไม่สามารถใช้งานได้ จึงต้องสร้างวงจร Bridges Diode เพื่อเปลี่ยนไฟกระแสสลับ 3สาย ให้เป็นไฟกระแสตรง 2 สาย เพื่อนำไปใช้งาน โดยใช้ Bridge Diode จำนวน 3 ชุด

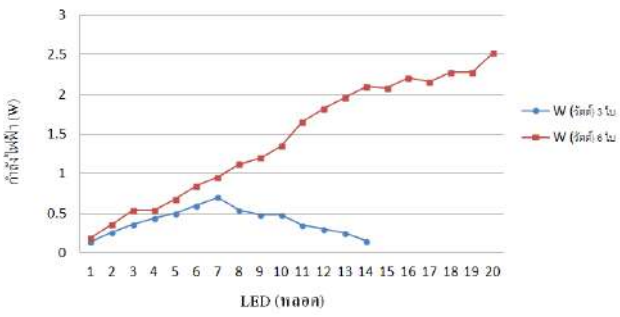


รูปที่ 3 วงจรไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ

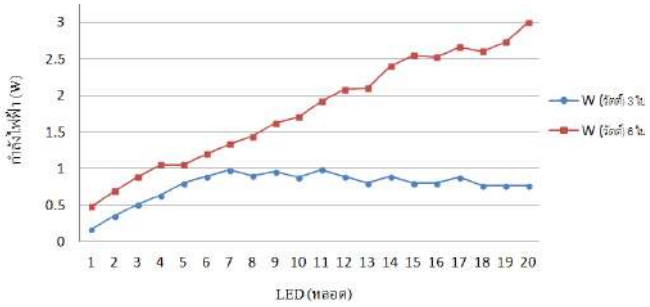
2.5 การทดสอบหาสมรรถนะของกังหันลมแกนหมุนแนวตั้งขนาดเล็กสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า

ทำการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของกังหันลมในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยทดสอบที่ความเร็วลมเริ่มตั้งแต่ 3, 4, 5 และ 6 เมตรต่อวินาที ปรับเปลี่ยนจำนวนใบพัดของกังหันจำนวน 3 และ 6 ใบ ในการทดสอบเพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของจำนวนใบพัดที่มีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งต่อเข้ากับหลอดไฟแสงสว่างแบบ LED เพื่อใช้แทนภาระโหลด

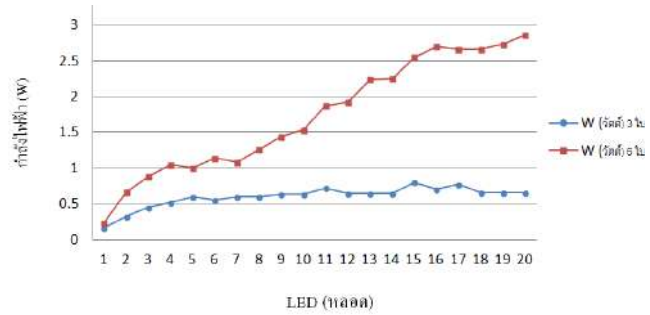
3. ผลและวิจารณ์



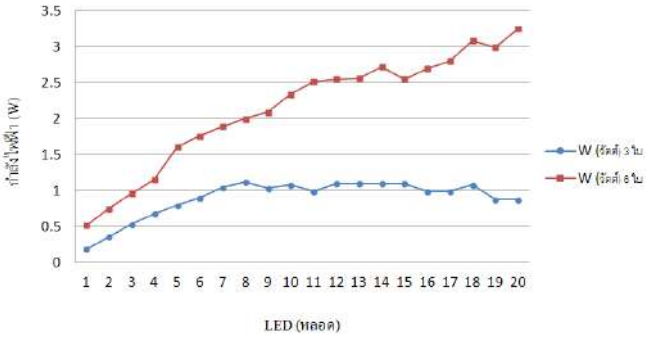
รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) เมื่อต่อเข้ากับหลอดไฟแสงสว่างจำนวนต่างๆ โดยทดสอบที่ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) เมื่อต่อเข้ากับหลอดไฟแสงสว่างจำนวนต่างๆ โดยทดสอบที่ความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) เมื่อต่อเข้ากับหลอดไฟแสงสว่างจำนวนต่างๆ โดยทดสอบที่ความเร็วลม 5 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) เมื่อต่อเข้ากับหลอดไฟแสงสว่างจำนวนต่างๆ โดยทดสอบที่ความเร็วลม 6 เมตรต่อวินาที

จากการศึกษาพบว่า ผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ของจำนวนใบพัดที่มีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลมต่างๆ ซึ่งมีผลเป็นไปในทางเดียวกัน โดยกังหันลมที่มีจำนวน 6 ใบพัด สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพมากกว่ากังหันลมที่มีจำนวน 3 ใบพัด กังหันทั้งสองจำนวนใบพัดสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ที่ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาทีซึ่งเป็นความเร็วลมที่น้อยที่สุดในการทดสอบ นอกจากนี้กังหันลมสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น

กังหันลมที่มีจำนวน 3 ใบพัดสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้กำลังไฟฟ้าสูงที่สุด ที่ความเร็วลม 6 เมตรต่อวินาที สำหรับความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้า เมื่อต่อวงจรทดสอบเข้ากับหลอด LED (ภาระโหลด) พบว่า กำลังไฟฟ้าที่กังหันลมผลิตได้แปรผันกับจำนวนหลอด LED แต่เมื่อเปิดหลอด LED จำนวน 7-8 หลอด กำลังไฟฟ้าที่กังหันลมสามารถผลิตได้มีอัตราลดลง เมื่อความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที และมีอัตราคงที่ เมื่อความเร็วลม 4, 5 และ 6 เมตรวินาที ดังรูปที่ 4 – 7

กังหันลมที่มีจำนวน 6 ใบพัดสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงที่สุดที่ความเร็ว 6 เมตรต่อวินาที เมื่อต่อวงจรทดสอบเข้ากับหลอด LED (ภาระโหลด) พบว่า กำลังไฟฟ้าที่บันทึกค่าได้มีค่าสูงขึ้นโดยแปรผันกับจำนวนหลอด LED ที่ทำการต่อวงจรไฟฟ้า ดังรูปที่ 4 -7

4. สรุปผล

กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวน 3 และ 6 ใบพัด สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ที่ความเร็วลมเริ่มต้นต่ำที่สุด 3 เมตรต่อวินาที ยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าสูงที่สุด กำลังไฟฟ้า 0.88 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 8 โวลล์ กระแสไฟฟ้า 0.11 แอมป์ และกำลังไฟฟ้า 3.25 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 13 โวลล์ กระแสไฟฟ้า 0.25 แอมป์ ที่ความเร็วลม 6 เมตรต่อวินาที กังหันลมที่มีจำนวนใบพัด 3 และ 6 ใบพัดตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบุคลากรสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่อง สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] การผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม. (สืบค้นออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://eng.chula.ac.th (วันที่สืบค้นข้อมูล : 5 มกราคม 2555)

[2] กังหันลมซาโวเนียส. (สืบค้นออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://geocities.ws (วันที่สืบค้นข้อมูล : 8 มกราคม 2555)

[3] กังหันลมแนวนอนผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากมอเตอร์เครื่องซักผ้า. (สืบค้นออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://natee2007.thaiza.com (วันที่สืบค้นข้อมูล : 8 มกราคม 2555)

[4] เทคโนโลยีกังหันลม. (สืบค้นออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://greenpower.9nha.com (วันที่สืบค้นข้อมูล : 5 มกราคม 2555)

[5] ลม. (สืบค้นออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://egat.co.th (วันที่สืบค้นข้อมูล : 5 มกราคม 2555)

[6] นที ศรีทอง, คมสัน หุตะแพทย์ และณัฐภูมิ สุดแก้ว. 2554. กังหันลม กังหันน้ำ ผลิตไฟฟ้าใช้เอง. สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ.

[7] สมศักดิ์ ไชยะภินันท์. 2552. กลศาสตร์ของไหล (Fluid mechanics). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[8] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2552. Machine Design1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การศึกษาค่ากำลังงานแสงอาทิตย์จากการติดตั้งตำแหน่งที่ทิศและมุมต่างกัน

Study on Solar Power of Various Tilt and Direction

สาคร จำปาอิ่ม[1,2],จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน[2]และธีระศักดิ์ สมศักดิ์[3*]

[1]วิทยาลัยการอาชีพป่าซาง ลำพูน

[2]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

[3]วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

E-mail: sakorn2511@outlook.com[1],jutturit@gmail.com[2], dhirasak@gmail.com[3*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาค่ากำลังงานแสงอาทิตย์จากการติดตั้งที่ทิศและมุมต่างกันเนื่องจากลักษณะการติดตั้งบนหลังคานั้นโดยรวมหลังคาไม่ได้ออกแบบให้มีมุมและทิศที่เหมาะสมในการให้แผงโซล่าเซลล์นั้นได้รับพลังงานสูงสุดดังนั้นคณะทำงานได้สร้างชุดทดสอบเก็บข้อมูลกำลังแสงอาทิตย์ที่ทิศต่างๆ จำนวนแปดทิศและในแต่ละทิศปรับมุมได้เจ็ดมุม ทำการทดสอบ ณ วิทยาลัยการอาชีพป่าซาง จังหวัดลำพูน ตำแหน่งละติจูดและลองติจูดที่18° 31' 34" N / 98° 56' 22" E จากผลการทดสอบพบว่าทิศและมุมที่ให้กำลังงานสูงสุดคือทิศใต้ที่มุม 50 องศากับแนวระนาบนั้นสามารถนำมาคำนวณหาจุดคุ้มทุนและการคืนทุนในการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่มีลักษณะของทิศและมุมต่างกันที่ดีที่สุดเพื่อได้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดของระบบต่อไป

Abstract

This paper describes the Study on Solar Power of Various Tilt and Direction. The roof title and of residential house had been designed for comfortable living and style that had not been designed for directly the beam sun. The test rig with various eight directions and seven angles was applied to experimental. The test condition had implemented at Pasang Technical college Lamphun province on 18° 31' 34" N / 98° 56' 22" E. The result shown that the maximum total solar energy at tile and direct is 50 degree, south face respectively. This practical experiment can be applied to find out not only the maximum energy out on title and angle but also economic decision.

1. บทนำ

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศที่มีศักยภาพในทุกพื้นที่ของพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งผลได้จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.2MJ/m^2 – day[1] จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ภาครัฐได้มีสนับสนุนหรือชดเชยค่าไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบ Adder หรือ Feed in tariff[2] ในอัตราที่สูงกว่าพลังงานทดแทนชนิดอื่นๆ โดยในปีพ.ศ. 2556 รัฐบาลมอบหมายให้การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จาก โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชุมชน และโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) รวมกำลังผลิตติดตั้ง 1,000 MWpแบ่งเป็น (1) ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชุมชน 800 MWp (2) บ้านอยู่อาศัยปริมาณกำลังผลิตติดตั้ง 100 MWp(3) อาคารธุรกิจและโรงงาน ปริมาณกำลังผลิตติดตั้ง 100 MWp โดยมีเงื่อนไขที่ต้องติดตั้งอยู่บนพื้นที่หลังคาหลังคา (Solar PV Rooftop) ดังนั้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญของพลังงานที่ได้ต่อวันที่มีผลต่อการลงทุนและการคืนทุนในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา โดยบทความนี้เป็นการศึกษาค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากการติดตั้งตำแหน่งที่ทิศและมุมต่างกัน

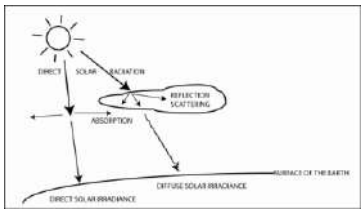
นโยบายด้านพลังงานงานทดแทนของรัฐบาลที่ส่งเสริมและสนับสนุนการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์บนหลังคาบ้านนั้นเนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้กับบริเวณศูนย์สูตรทำให้ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายปีค่อนข้างสูงนั้น เมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2543 คณะรัฐมนตรีได้เห็นควรให้มีการออกระเบียบเพิ่มเติมสำหรับการรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการ SPP ขนาดเล็กมาก เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตไฟฟ้า โดยใช้พลังงานนอกรูปแบบต่อมาเมื่อวันที่ 3 เมษายน 2545 ได้ให้ความเห็นในที่ประชุมปรับปรุงร่างระเบียบการรับซื้อไฟฟ้า ต่อมาวันที่ 18 เมษายน 2545 คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติได้มีมติเห็นชอบร่างระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าไม่เกิน 1 เมกกะวัตต์โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาค่ากำลังงานแสงอาทิตย์จากการติดตั้งที่ทิศและมุมต่างกันเนื่องจากลักษณะการติดตั้งบนหลังคานั้นไม่ได้ออกแบบให้มีมุมและทิศที่เหมาะสมในการให้แผงโซล่าเซลล์นั้นได้รับพลังงานสูงสุด ดังนั้นจึงเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์ความคุ้มค่าการลงทุนติดตั้งระบบ

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 รังสีดวงอาทิตย์

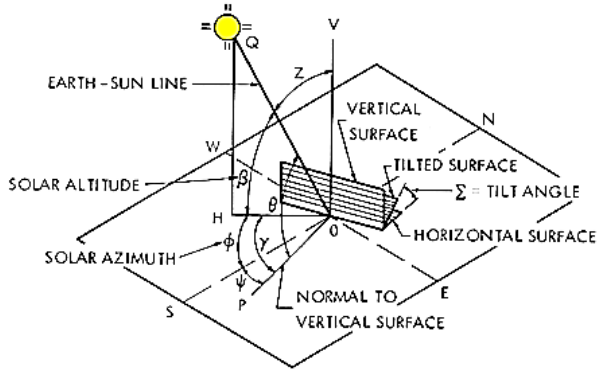
รังสีดวงอาทิตย์ประกอบด้วยรังสีตรง (Beam or Direction)

และรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) โดยรังสีตรงหมายถึงรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกลงบนผิวรับแสง มีทิศทางแน่นอนที่เวลาหนึ่งเวลาใด ทิศทางของรังสีตรงอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์สำหรับรังสีกระจาย คือรังสีอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนจากบรรยากาศของโลกและวัตถุต่างๆที่อยู่ในทางเดินของแสงก่อนตกกระทบพื้นผิวรับแสง รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศทุกทางของทองฟ้ารังสีรวม (Total or Global Radiation) คือ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายที่ตกกระทบผิวรับแสง ในกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นเอียงรังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้าและผิวโลก เรียกรังสีรวมนี้ว่า Total Radiation สำหรับกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นราบ รังสีรวมจะมาจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้าไม่มีส่วนมาจากผิวโลก เรียกรังสีรวมในกรณีนี้ว่า Global Radiationมวลอากาศ (Air Mass, m) คือ สัดส่วนของความหนาของบรรยากาศที่รังสีตกส่องผ่านต่อความหนาของบรรยากาศเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่งตรงศีรษะ นอกบรรยากาศกำหนดให้มวลอากาศเท่ากับ 0 สำหรับที่น้ำทะเล ถ้ามุมซีนิธมีค่าระหว่าง 0° ถึง 7°



รูปที่ 1. รังสีแสงอาทิตย์ [3]

2.2ตำแหน่งของดวงอาทิตย์และการวางตัวบนพื้นเอียง



รูปที่ 2. ความหมายของมุมที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งดวงอาทิตย์และการวางตัวของพื้นเอียง[4]

มุมชั่วโมงเมื่อดวงอาทิตย์อยู่สูงสุดจากขอบฟ้า ณ เวลาเมื่อดวงอาทิตย์ข้ามเหนือเส้นเมอริเดียนของสถานที่นั้นหรือข้ามเส้นเมอริเดียนท้องถิ่น เวลาที่ดวงอาทิตย์ข้ามเมอริเดียนท้องถิ่นเรียก เที่ยงสุริยะ เมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไป ณ ตำแหน่งอื่นตำแหน่งของดวงอาทิตย์กำหนดด้วยค่า มุมชั่วโมงซึ่งมีหน่วยวัดเป็นองศาของส่วนโค้งของเส้นอิเควเตอร์

เวลาสุริยะเป็นเวลาที่ผูกกับตำแหน่งเฉพาะของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า ไม่ใช่เวลาท้องถิ่นหรือเวลามาตรฐานท้องถิ่น[5]

มุมเดคลิเนชั่นคือมุมระหว่างแนวลำแสงอาทิตย์เมื่อเที่ยงสุริยะกับระนาบศูนย์สูตร เดคลิเนชั่นมีค่าเป็นบวกเมื่อวัดไปทางเหนือ มุมเดคลิเนชั่นมีค่าเปลี่ยนไปทุกวัน ระหว่าง 23.45°(summer solstice) และ -23.45°(winter solstice)

มุมอิลิะเวชั่นคือ มุมระหว่างขอบฟ้าและแนวลำแสงอาทิตย์ มีค่าระหว่าง 0°ที่ขอบฟ้าและ 90° ที่ซีนิธ

มุมอะซีมุธคือ มุมระหว่างระนาบของเมอริเดียนถ้องถิ่นและระนาบของแนวดิ่งดวงอาทิตย์วัดจากทิศใต้ของระนาบดิ่งดวงอาทิตย์ไปทางตะวันตกมีค่าเป็นบวกและอยู่ระหว่าง 0° ถึง 180° ทางตะวันออกมีค่าเป็นลบอยู่ระหว่าง 0° ถึง -180°[6]

3. วิธีการทดลอง

คณะทำงานได้สร้างแท่นทดสอบสำหรับวัดค่าความเข้มแสงที่สามารถปรับตำแหน่งทิศได้แปดทิศและในแต่ละทิศสามารถปรับองศาการรับแสงได้ 7 มุมกับแนวระนาบได้แก่ 10 , 20 , 30 ,40 50, 80,และ 90 องศาตามลำดับแสดงดังรูปที่ 1 ติดตั้งเครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ในแนวระนาบและแนวใช้ไพรานอมิเตอร์ยี่ห้อ KIPP&ZONEN รุ่น CMP 3 , ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ประกอบการวัดและเก็บข้อมูลรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1 ณ วิทยาลัยการอาชีพป่าซาง จังหวัดลำพูน ในวันที่ 16 มกราคม 2557 ซึ่งตำแหน่งละติจูดและลองติจูดที่ 18° 31' 34" N/98° 56' 22" E เก็บข้อมูลโดยการปรับมุมให้คงที่และเก็บข้อมูลค่ากำลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในทิศต่าง ๆ จำนวน 11 ครั้งในหนึ่งวันตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึงเวลา 17.30 น.

เทคนิคการวัดค่ากำลังงานที่ตกกระทบใช้ไพรานอมิเตอร์จำนวนสองตัว ตัวแรกวางระนาบกับพื้นและตัวที่สองให้ติดบนแท่นทดสอบสำหรับตัวแรกที่ติดในแนวระนาบในใช้สำหรับพิจารณาค่าความแปรผันของแสงอาทิตย์ที่แปรเปลี่ยนตามเวลาจากการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์และผลของการบดบังเงาของเมฆโดยกำหนดว่าค่าของกำลังงานแสงอาทิตย์ขณะที่ทำการทดลองในแต่ครั้งนั้นมีค่าร้อยละที่แตกต่างจากค่าสูงสุดไม่เกินร้อยละ 10 ดังตารางที่ 2 รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก



รูปที่ 3. เครื่องมือวัดทิศและมุมของค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 1. รายละเอียดเครื่องมือวัดและเก็บข้อมูล

เครื่องมือวัดและเก็บข้อมูล	คุณสมบัติทางเทคนิค
1. เครื่องมือวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์	บริษัท Kipp&Zonen รุ่น CMP 3 Serial No. 091319 มีค่าSensitivity 8.99μV/W/m^2
2. เครื่องมือวัดแรงดัน	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ Fluke รุ่น 289
3. เครื่องมือวัดทิศ	เข็มทิศแบบเข็ม

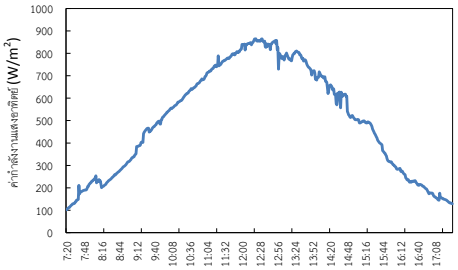
ตารางที่ 2. ค่าเฉลี่ยร้อยละที่เปลี่ยนแปลงที่มุมต่างๆ ของค่าความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุด

ครั้งที่	ช่วงเวลาทดสอบ	%
1	7:20-8:13	8.853
2	8:18-9:02	6.356
3	9:10-10:02	5.303
4	10:08-10:56	3.048
5	11:02-11:53	2.277
6	12:12-13:00	2.06
7	13:05-13:54	5.002
8	14:00-15:00	6.103
9	15:10-15:55	1.923
10	16:00-16:52	7.229
11	16:55-17:48	7.305

4. ผลการทดลอง

การทดสอบและเก็บข้อมูลในงานนี้สามารถนำมาเป็นกระบวนการและแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นตัวแทนในการทำนายค่ากำลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นเอียงในระดับรายวัน รายเดือนและรายปีได้

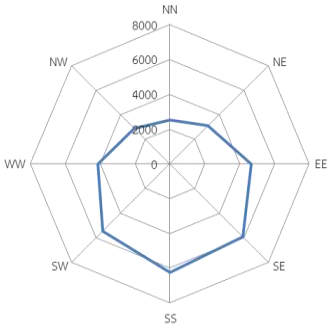
ค่าพลังงานแสงอาทิตย์รวมราย ณ วันที่เก็บข้อมูลมีค่าเท่ากับ 5.16 kWh-day หรือ18.57 MJ-day โดยลักษณะของท้องฟ้าโปร่งใสมีเมฆบดบังบ้างในช่วงบ่ายแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. ค่ากำลังแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในแนวพื้นราบ

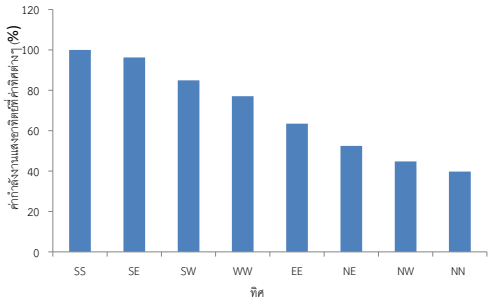
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังงานแสงอาทิตย์กับทิศที่เปลี่ยนแปลง

จากผลการทดลองนั้นจะเห็นได้ว่าทิศใต้เป็นทิศที่ได้ค่ากำลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันสูงสุดเนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณเส้นศูนย์สูตรทางซีกโลกด้านเหนือจึงทำให้มีโอกาสได้รับพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดเมื่อปรับแผงที่ตกกระทบไปทางทิศใต้แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. ผลของทิศที่มีต่อกำลังงานแสงอาทิตย์

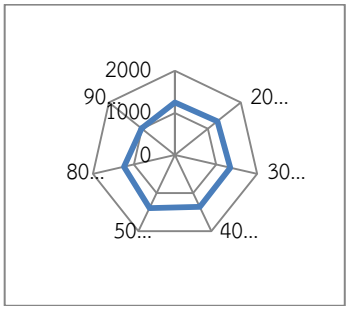
NN ทิศเหนือ
NE ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
EE ทิศตะวันออก
SE ทิศตะวันออกเฉียงใต้
SS ทิศใต้
SW ทิศตะวันตกเฉียงใต้
WW ทิศตะวันตก
NW ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ



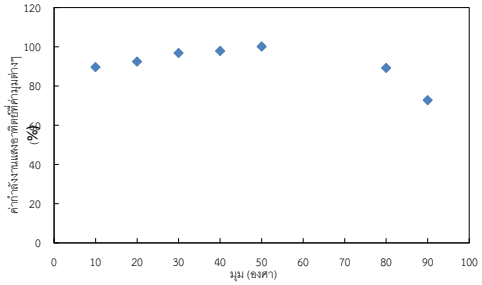
รูปที่ 5. ค่ากำลังแสงอาทิตย์ที่ลดทอนเมื่อเทียบกับทิศที่ได้กำลังงานสูงสุด

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังงานแสงอาทิตย์กับการปรับมุมที่ขนาดต่างๆ

จากการทดสอบการวัดที่หันไปทางทิศใต้ที่มุมต่าง ๆ เนื่องช่วงการทดสอบอยู่ในระหว่างเดือนมกราคมตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ในมุมที่ต่ำกว่าเส้นละติจูดท้องถิ่นส่งผลให้มุมที่รังสีแสงอาทิตย์ตกกระทบ 50 องศาเป็นมุมที่ให้ค่ากำลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดรองลงมาเป็นมุม 40 องศา,30องศา,20องศา,10 องศา,80 องศาและ90องศาตามลำดับ



รูปที่ 6. ผลของมุมที่มีต่อกำลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 7. ค่ากำลังแสงอาทิตย์ที่ลดทอนเมื่อเทียบกับมุมที่ได้กำลังงานสูงสุด

5. สรุปผลการทดสอบ

ทดสอบหาค่ากำลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบที่มุมจำนวนเจ็ดมุมและทิศทั้งแปดทิศ ณ อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน ประเทศไทย ได้ผลการทดสอบเรื่องของทิศและมุมตกกระทบที่ให้กำลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดดังนี้ ทิศและมุมที่ให้กำลังงานสูงสุดคือทิศใต้ที่มุม 50 องศากับแนวระนาบโดยวิธีการทดสอบดังกล่าวสามารถนำไปทำนายทำนายค่ากำลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นเอียงในระดับรายวัน รายเดือนและรายปีได้อีกทั้งยังสามารถนำมาคำนวณหาจุดคุ้มทุนและการคืนทุนในการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่มีลักษณะของทิศและมุมต่างกันที่ดีที่สุดเพื่อได้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดของระบบต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะครูแผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน พร้อมทั้งนักเรียนวิทยาลัยการอาชีพป่าซางที่ให้ความสะดวกในใช้สถานที่และช่วยเหลือในการสร้างเครื่องมือในการทดลองตลอดจนบิดา-มารดาครูบาอาจารย์ที่คอยประสิทธิประสาทวิชาความรู้เป็นรากฐานในการหยั่งรู้ในศาสตร์วิชา พร้อมบุคคลที่ไม่ได้เอ่ยนามที่มีส่วนช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ คณะผู้จัดงานประชุมทางวิชาการ ที่เปิดโอกาสให้คณะผู้วิจัยได้นำเสนอผลงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานและคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร

[2]มติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติครั้งที่2/2556วันอังคารที่ 16 กรกฎาคม 2556 เวลา 10.00น. ณ ห้องประชุม 501 ตึกบัญชาการทำเนียบรัฐบาล เรื่องที่6 การพิจารณาอัตราการรับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed in tariff สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา(solar PV rooftop)

[3]eLAD available on: http://elad.su-per-b.org/index.php?title=Solar_Radiation

[4] The American architect: available on http://tboake.com/carbon-aia/strategies1a.html

[5]กฤษณพงศ์ กีรติกรรังสีดวงอาทิตย์หน้า40

[6]ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์อนุกรม พลังงานนอกแบบและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเล่มที่1 การแผ่รังสีดวงอาทิตย์และตัวรับรังสีหน้า1-28

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

Effect on Power of Photovoltaic Roof top Grid-connected.

เกษม ตรีภาค[1], ธีระศักดิ์ สมศักดิ์,และจัตตุฤทธิ์ ทองปรอน[3*]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

[2]วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

[3]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail:tuiest0@hotmail.com[1], dhirasak@gmail.com[2], jutturit@gmail.com[3*],

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ทำการทดสอบวัดค่ากระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 ชนิดได้แก่ ผลึกเดี่ยว, ผลึกผสมและชนิดฟิล์มบางด้วยแสงธรรมชาติ โดยติดตั้งเครื่องวัดรังสีรวมไพรานอมิเตอร์, เครื่องวัด Solar Module Analyzer และเครื่องวัดอุณหภูมิ เพื่อวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ ค่ากระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามลำดับ การทดสอบทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทางทิศใต้ที่มุม 20 องศา และวัดค่าทุกๆ 5 นาทีตลอดทั้งวัน ผลการทดสอบพบว่ากำลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์ทั้ง 3 แผง แปรผันตามกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์และค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้าแปรผกผันตามอุณหภูมิ ส่งผลต่อกำลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์ ดังนั้นค่าความเข้มแสงจึงมีผลต่อกำลังไฟฟ้ามากกว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นใต้แผงเซลล์

Abstract

This paper presents the test solar panels to identify factors that affect the power output of solar panels installed on the roof. The test measuring current - voltage and power output of solar panels three types of Mono crystalline, Poly crystalline and Amorphous silicon with natural light throughout the day. By installing pyranometer, Solar Module Analyzer meter and thermometer. To determine the intensity of solar The current - voltage and power output of solar panels, respectively. Position requires installation of the panels south at an angle of 20 degrees measured every 5 minutes. Test results showed that all three panels the photovoltaic electrical power of solar panels is proportional to the electric current of solar panels, which varies according to the intensity of solar. The voltage is inversely proportional to the temperature affects the electrical power of solar panels. Therefore, the light intensity, thereby affecting electrical power than higher temperatures under the solar panels.

***Keywords*:** Power of photovoltaic, Solar PV Rooftop, pyranometer, Solar panels, temperature

1.บทนำ

ปัจจุบันภาครัฐได้มีนโยบายสนับสนุนส่งเสริมการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาผลิตไฟฟ้าในประเทศทุกพื้นที่ โดยกำหนดให้ในปี พศ. 2556 ให้การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อไฟฟ้าจาก โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชุมชน และโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา(Solar PV Rooftop) ซึ่งตามประกาศของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เมื่อวันที่ 6 กันยายน 2556 ให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งที่จ่ายเข้าระบบไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ แบ่งกลุ่มประเภทอาคารเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 บ้านอยู่อาศัย มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน 10 kWp มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งรวม 100 MWp กลุ่มที่ 2 อาคารธุรกิจขนาดเล็ก มีขนาดกำลังการติดตั้งตั้งแต่ 10 kWp ถึง 250 kWp และกลุ่มที่ 3 อาคารธุรกิจขนาดกลาง-ใหญ่/โรงงาน มีขนาดกำลังการติดตั้งตั้งแต่ 250kWp ถึง 1000 kWp โดยกลุ่มที่ 2 และ 3 นั้นขนาดกำลังการผลิตติดตั้งรวมไม่เกิน 100 MWp [1] ดังนั้นจึงมีผู้สนใจที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคานั้นมีปัจจัยมีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์หลายปัจจัย ดังนั้นการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อกำลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาจึงทำให้ผู้สนใจในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์มีทางเลือกเพื่อให้การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

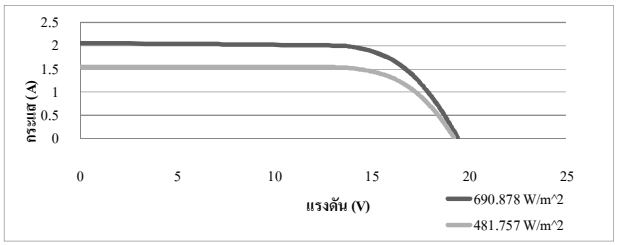
2. ตัวแปรที่มีผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์คือการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นกระแสไฟฟ้า เมื่อมีแสงมาตกกระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายทอดพลังงาน พลังงานแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือกระแสไฟฟ้าขึ้นที่สารกึ่งตัวนำ ดังนั้นจึงสามารถนำกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประกอบด้วยกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ซึ่งตัวแปรที่มีผลต่อกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นได้แก่ [2]

2.1 ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ในขณะทำงานนั้นจะต้องมีแสงมาตกกระทบซึ่งทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ในแผงเซลล์ได้รับพลังงานสูงพอทำให้เกิด

อิเล็กตรอนอิสระขึ้น การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระก็คือการเกิดกระแสไฟฟ้านั่นเอง ความเข้มของแสงอาทิตย์มากจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายกระแสออกมาได้มาก ดังรูปที่ 1

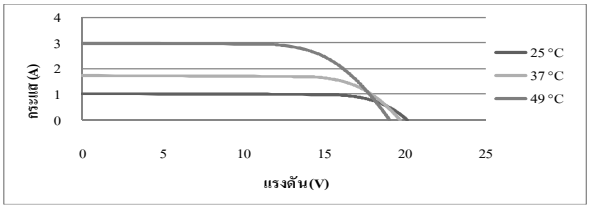


รูปที่ 1 กราฟ I-V ที่ความเข้มแสงอาทิตย์ต่างกันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ Mono crystalline ขนาด 0.65m x 0.65m

รูปที่ 1 เป็นการทดสอบเมื่อค่าอุณหภูมิที่เท่ากันที่41 องศาเซลเซียส ในเวลาที่ต่างกันจะเห็นว่าความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ที่มากกว่าจะทำให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าหรือกระแสไฟฟ้าแปรผันตรงกับความเข้มแสงอาทิตย์นั่นเอง

2.2 อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานในการผลิตไฟฟ้านั้นต้องนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปตากแดด เพื่อรับความเข้มของแสงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์นอกจากจะให้ความเข้มแสงแล้ว ยังให้ความร้อนด้วย ดังนั้นการนำแผงเซลล์ไปตากแดดย่อมทำให้แผงเซลล์เกิดความร้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นได้ ความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีผลต่อแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์ ดังรูปที่ 2

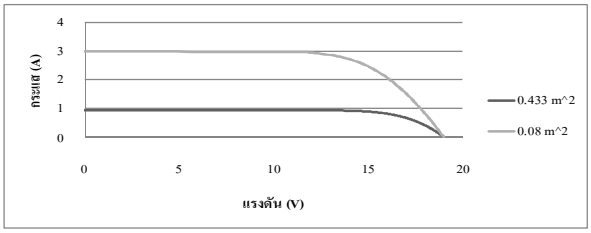


รูปที่ 2 กราฟ I-V ที่อุณหภูมิต่างกัน ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono crystalline ขนาด 0.65m x 0.65m

รูปที่ 2 เป็นการวัดกราฟ I-V ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเดียวกันที่มีอุณหภูมิใต้แผงที่แตกต่างกันจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิใต้แผงของเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรจะลดลง แสดงว่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะแปรผกผันกับอุณหภูมิใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์นั่นเอง

2.3 พื้นที่ของเซลล์แสงอาทิตย์

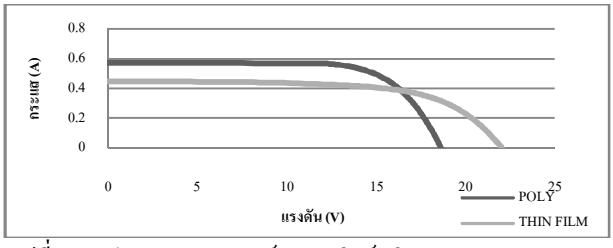
กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นอกจากขึ้นอยู่กับความเข้มรังสีอาทิตย์แล้วยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ของเซลล์ที่มีแสงตกกระทบอีกด้วย แผงเซลล์ที่มีขนาดพื้นที่มากกว่าย่อมผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้มากกว่าซึ่งเป็นผลทำให้จ่ายกำลังวัตต์ได้มากกว่านั่นเอง รูปที่ 3 คือการทดลองวัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเดียวกันที่ความเข้มแสงของดวงอาทิตย์เดียวกันและอุณหภูมิเท่ากัน พบว่ากราฟI-V กระแสลัดวงจรของแผงเซลล์ทั้งสองนั้นไม่เท่ากัน แสดงว่ากระแสไฟฟ้าจะแปรผันตามพื้นที่ของเซลล์แสงอาทิตย์นั่นเอง



รูปที่ 3 กราฟ I-V ที่พื้นที่ของเซลล์ต่างกันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono crystalline

2.4 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีใช้งานกันในปัจจุบันจะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่แตกต่างกันไปที่ความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิเดียวกัน เช่น เซลล์ประเภทผลึกเดี่ยวและผลึกผสม จะมีแรงดันที่น้อยกว่าเซลล์แบบแผ่นบาง แต่เซลล์แบบแผ่นบางจะสามารถจ่ายกระแสได้น้อยกว่าเซลล์แบบผลึกเดี่ยวและเซลล์แบบผลึกผสม ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟ I-V ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดPoly crystalline และ Amorphous silicon

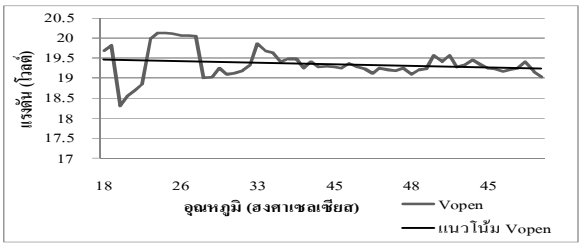
รูปที่ 4 คือการวัดกราฟI-V ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่างชนิดกัน ที่มีพื้นที่เซลล์ใกล้เคียงกัน ที่อุณหภูมิและความเข้มแสงที่เท่ากัน เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสม (Poly crystalline) กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเท่ากับ 0.52 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจรเท่ากับ 18.64 โวลต์ ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแผ่นบาง (Amorphous silicon หรือ Thin film) กระแสลัดวงจรเท่ากับ0.45 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจรเท่ากับ22.01 โวลต์ แสดงว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกผสมนั้นสามารถผลิตกระแสได้มากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบแผ่นบาง ส่วนแรงดันไฟฟ้านั้นแผงเซลล์แบบแผ่นบางจะให้แรงดันไฟฟ้ามากกว่าแผงเซลล์แบบผลึกผสม

3.การทดสอบและผลการทดสอบ

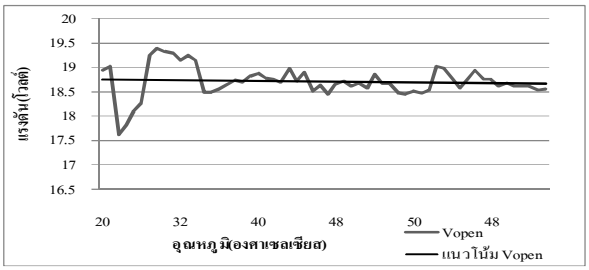
จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกำลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทีมงานวิจัยได้สนใจด้านอุณหภูมิใต้แผง ที่มีผลต่อกำลังงาน

ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังนั้นจึงได้ออกแบบการทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำการทดสอบแผงเซลล์อาทิตย์ 3 ประเภทได้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด ผลึกเดี่ยวยี่ห้อ Solartron ขนาด 50 WpVoc 21.50 Volt Isc 2.95 Amp ผลึกผสมยี่ห้อ Solare xขนาด 10 WpVoc 21.00 VoltIsc0.65 Amp และชนิดฟิมล์บาง ขนาด 10Wp ทดสอบด้วยแสงอาทิตย์ธรรมชาติตลอดทั้งวันโดยติดตั้งเครื่องวัดรังสีรวมไพรานอมิเตอร์ยี่ห้อ KIPP&ZONEN รุ่น CMP 3 เครื่องวัด Solar Module Analyzer รุ่น PROVA 210 และเครื่องวัดอุณหภูมิใต้แผงเซลล์ทุกแผง เพื่อวัดค่ากำลังงานแสงอาทิตย์ ค่าของกระแสแรงดันไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุณหภูมิใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามลำดับ ตำแหน่งการติดตั้งแผงเซลล์นั้นแผงเซลล์จะหันไปทางทิศใต้ที่มุม 20 องศา และทำการวัดค่าตัวแปรทุก ๆ ค่าในเวลาทุกๆ 10 นาที ได้ผลการทดสอบดังนี้

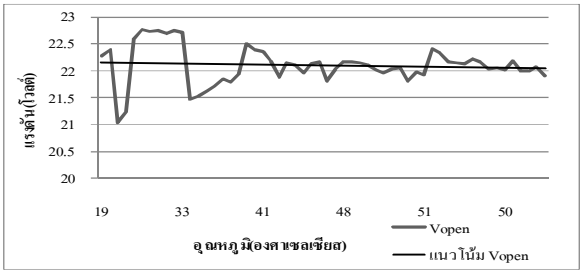
3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิใต้แผงเซลล์กับ Vopen



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono crystalline



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly Crystalline

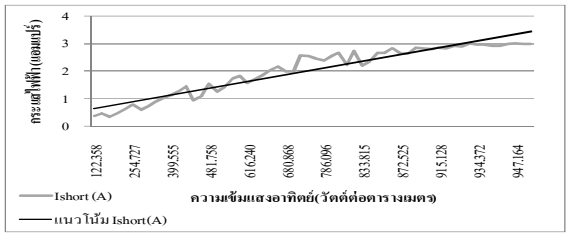


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Amorphous silicon

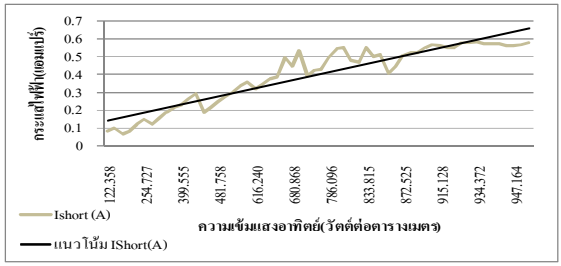
จากการทดสอบการวัดอุณหภูมิเทียบกับแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง3 ประเภท ดังกราฟรูปที่ 5-7 ซึ่งจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจร(Vopen)ลดลงเมื่ออุณหภูมิใต้แผงเซลล์สูงขึ้น

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับ Ishort

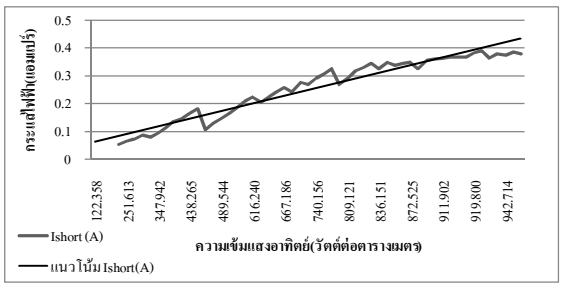
จากการทดสอบวัดค่าความเข้มแสงเทียบกับกระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง3 แผงตลอดทั้งวันนั้น แสดงดังกราฟรูปที่ 8-10 ซึ่งพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง3 นั้นกระแสลัดวงจรของแผงเซลล์แปรผันตรงกับความเข้มของแสงอาทิตย์



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับกระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono crystalline



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับกระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly crystalline



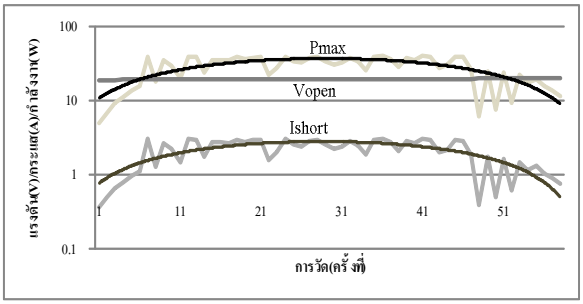
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับกระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Amorphous silicon

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Vopen ที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและ Ishort ที่เปลี่ยนแปลงตามความเข้มแสงอาทิตย์กับ Pmax

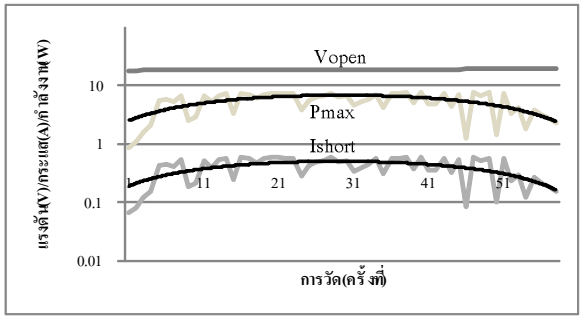
กำลังงานสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หาได้จากสมการที่ 1 [3]

$$P_{max} = V_{max} \times I_{max} \quad (1)$$

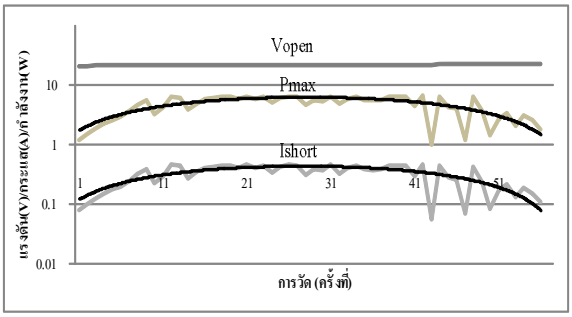
พิจารณาสมการที่ 1 แล้วพบว่ากำลังงานสูงสุด(P_{max})ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะแปรผันตามแรงดันไฟฟ้าสูงสุด(V_{max})และกระแสไฟฟ้าสูงสุด(I_{max}) ที่แผงเซลล์สามารถผลิตได้ ซึ่งทั้งกระแสสูงสุดและแรงดันสูงสุดของแผงเซลล์นั้นแปรผันโดยตรงกับกระแสขณะลัดวงจรและแรงดันขณะเปิดวงจรตามลำดับ ดังนั้น ทีมงานวิจัยจึงได้ทดลองเปรียบเทียบกราฟกำลังงานไฟฟ้าสูงสุดกับกระแสและแรงดันที่ได้ทำการวัดในแต่ละครั้ง แสดงดังรูปที่1 -13 ซึ่งจากการทดสอบพบว่า กราฟของกำลังงานสูงสุดมีแนวโน้มของกราฟเหมือนกราฟกระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ากำลังงานสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นแปรผันตามกระแสลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 11 เปรียบเทียบกำลังงานสูงสุดแรงดันขณะเปิดวงจร และกระแสขณะลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono crystalline



รูปที่ 12 เปรียบเทียบกำลังงานสูงสุดแรงดันขณะเปิดวงจร และกระแสขณะลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly crystalline



รูปที่ 13 เปรียบเทียบกำลังงานสูงสุดแรงดันขณะเปิดวงจร และกระแสขณะลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Amorphous silicon

4. สรุปและวิจารณ์

จากการวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่างชนิดกัน3 ชนิด เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ที่ทำให้กำลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้น พบว่า กำลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงตามกระแสไฟฟ้า ซึ่งแปรผันตามความเข้มของแสงอาทิตย์ ส่วนแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิใต้แผงเซลล์นั้นมีส่วนทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงต่อกำลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์น้อยมาก เมื่อหาความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงแล้วพบว่าแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละอุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 0.16 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นแต่กระแสลัดวงจรเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ยประมาณ 47 เปอร์เซ็นต์

บทความนี้ได้วิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาเฉพาะเรื่องของอุณหภูมิใต้แผงเซลล์และความเข้มของแสงอาทิตย์ การทดลองได้ติดตั้งแผงในทิศใต้ที่มุมเอียงวัดจากแนวระนาบประมาณ 20 องศา [4] เท่านั้น แต่ทีมงานวิจัยมีแนวทางในการพัฒนางานโดยทำการปรับเปลี่ยนทิศและมุมที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาให้แตกต่างกันเพื่อหาตัวแปรที่สามารถพยากรณ์ได้ว่าการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทิศและมุมอื่น ๆ นั้นส่งผลต่อกำลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างไรเพื่อให้ผู้สนใจสามารถคาดเดาความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างแม่นยำต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ, วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่ให้การสนับสนุน เครื่องมือ และสถานที่ในการทำงานวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] “ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่องการรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา” http://www.pea.co.th/vspp/Documents/Rooftop/announce.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ 6 ม.ค. 57)

[2] สำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ร่วมกับบริษัทเทคนิคคอล เอ็นเนอร์จิ คอนซัลแทนท์ จำกัด และ ดรนพพร พัชรประกิติและคณะ “คู่มือระบบผลิตไฟฟ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน กรุงเทพฯ หน้าที่ 87-91

[3] “คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์” http://www. cssckmutt. in.th/cssc/cssc_tranning/doc/Designer_CH1toCH5.pdf (สืบค้นวันที่ 10 ม.ค.57)

[4] บริษัท บางจากปิโตรเลียมจำกัด มหาชน“โครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ อำเภอบางประอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ศูนย์เอ็นเนอร์ยี่ คอมเพลกซ์, กรุงเทพฯ หน้าที่ 14

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้ งที่6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

หัวข้อ วิศวกรรมไฟฟ้าและไฟฟ้าแรงสูง

(21PW&HV)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

Diagnosis of Dielectric Properties and Assessment of Performance Parameters on PV Modules after Long Field Exposure in Northeastern Thailand

C. Dechthummarong[1] J. Thongpron[1], S. Thepa[2], D. Chenvidhya[2], C. Jivacate[2], K. Kirtikara[2]

[1] Division of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna (RMUTL), Chiang Mai, Thailand

[2] CES Solar Cells Testing Center (CSSC), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Bangkok, Thailand

E-mail: chancmth@rmutl.ac.th[1], chancmth@gmail.com[1]

Abstract

The performance parameters and dielectric properties of 39 used single-crystalline silicon PV modules from the northeast of Thailand have investigated for carrying out the deterioration of PV modules after real long-term field exposure in northeastern Thailand. This paper not only focuses on the diagnosis of dielectric properties for PV encapsulation but also assesses the degradation of PV module performance parameters. A dielectric encapsulation is diagnosed by visual inspection and insulation test. Electrical performance parameters of PV modules are measured at a standard test condition by an indoor flash simulator. The diagnosis on physical deterioration in front of PV modules can be characterized into 7 categories. The results of relationship between the module appearance and insulation resistance measurement can be concluded that although there are many defects in front of modules and back side of modules, the least insulation resistance is not less than the test requirement in IEC 61215. The results of I-V characteristics and performance parameters of the deterioration modules compose of initial performance degradation up to the worst-case degradation condition. Moreover, these results are directly correlated with the physical degradation such as browning and delaminating in front of the modules. We also found that, different browning and delaminating patterns in front of the modules may result in a decrease in both, I-V characteristic shape and performance parameter.

***Keywords*:** Insulation resistance, I-V characteristic, Performance parameter, PV encapsulation

1. Introduction

In general, Thailand's climate condition is known as hot and humid tropical throughout the year. Especially, in monsoon season of northeastern Thailand, temperature and humidity could reach over 40°C in summer and 90% in monsoon season, respectively. The first nation-wide photovoltaic (PV) application in Thailand occurred around 1976. At the end of twentieth century, the cumulative PV wattage installed in Thailand that was approximately 2.5 MWp [1]. The first major application was PV battery charging units (785 villages, 942 kWp). The second application was PV water pumping units (nearly 1000 rural villages) and the cumulative wattage closed to 1 MWp, and the PV water pumping units of over 80% were in the northeast of Thailand [2] because there were persistent droughts in this region at that time.

However, the number of relevant researches on physical deterioration of PV modules under long term field-exposure in Thailand was very limited. Some lessons learnt from PV stand-alone system for rural Thailand shown that the damage of PV modules in water pumping units was nearly 5% of failure from the whole system and the damage of PV modules in battery charging stations had 10% [3]. A survey of 4 off-grid sites of operating in field exposure for few years in Thailand, it was found that the PV module deteriorations less than 5% were damaged due to broken glass, bypass diode failure, crack, etc. [2, 4]. In recently, only a selected PV module deterioration in Thailand was carried out of I-V (current-voltage) curves in each string and cell in the module. It was found that I-V curves under delaminated of EVA from the cell had 20% of short circuit current (Isc) lower than the I-V curves of cell under no delamination of EVA [5] but it had no mention about insulation properties.

Therefore, the primary purpose of this paper is better categorize the PV modules after long field exposure in northeastern Thailand by using the physical visual inspection in front of the module, back side of the module, and edge seal around the frame of the module. Then, these modules were diagnosed by correlation between physical visual inspection and the dielectric properties from DC dielectric withstand-voltage test and DC dielectric insulation test. Eventually, we also assess the I-V characteristics and performance parameters from indoor performance measurements base on physical deterioration in front of the module.

2. Experimental setup

The deteriorated PV modules used in this study comprise of 39 single-crystalline silicon (x-si) PV modules made from local PV panel assemblers and collected at CES, KMUTT under laboratory conditions. These PV modules have been operated in the real field expose in northern Thailand at least a decade year. A general structure of the PV modules in this paper consisted of temper glass-ethylene-vinyl-acetate (EVA)-solar cell-EVA-back sheet.

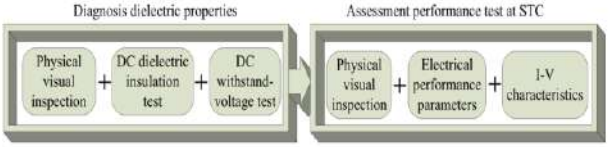


Fig. 1. The diagram of experimental setup.

To diagnose the dielectric properties and to assess the PV performance for a wider understanding of long term exposed PV modules, the test sequence diagram for experimental setup is shown in Fig. 1. Both diagnosis dielectric properties and assessment performance test at the standard test condition (STC) consist of the same physical visual inspection procedure. The dielectric property test in this work was divided into two tests that were DC dielectric-withstand voltage test and DC dielectric resistance test. Further investigating of electrical degradation of solar cells in the modules was determined by the indoor pulse flash simulator in carry out the electrical performance parameters and I-V characteristics. Finally, the measured performance output parameters and I-V characteristic curves were associated with the observed physical degradation in front of the module from visual inspection results. Therefore, the major experimental setups are described by following.

3.2 Information of the PV module deterioration

In this paper, the degraded PV modules were collected from northeastern Thailand. As shown in Fig. 2, each module had a quasi-square shape of single crystalline silicon cell of approximate 10 cm x 10 cm x 0.25 mm. The edges of the laminated encapsulation were sealed with silicone or butyl rubber and were enclosed with anodized aluminum frame around all four edges. Each module has no installed by pass diodes during the test so that all cells in the module have exactly connected in series' configuration by themselves.



(a) Front side (b) Back side

Fig. 2. Typical photograph of a single-crystalline silicon PV module field exposure over a decade year in northeastern Thailand.

The modules were divided into two groups by the connecting of the cells in the modules. The first group had four modules, and each module had 36 series-connected cells. Another group had thirty five modules, and each module had 33 series-connected cells. Nevertheless, these 39 used single crystalline silicon PV modules came from the same local manufacturer, but some of the data were proprietary, the manufacturer's identity was not given, and the PV module assembler's name was not relevant in this paper.

Table 1. Specified performance parameter by the manufacturer at STC including with the area and the number of the modules

Description (in a module)	P_{max} (w)	I_{max} (A)	V_{max} (A)	I_{sc} (A)	V_{oc} (V)	A_{cell} (cm^2)	A_{mod} (cm^2)	N_{cell} (r x c)	N_{mod} (module)
36 cells, Type I	60	3.25	18.5	3.6	22.5	100	4257	3 x 12	3
36 cells, Type II	53	3.05	17.4	3.27	21.8	104	4257	3 x 12	1
33 cells	47	2.94	16.0	3.27	19.9	100	3949	3 x 11	35

In a module the configuration of cells arranged in 33 to 36 series-connected cells. The manufacture's module specifications at STC were listed in Table 1. It notes that these specifications have specified maximum power (P_{max}), current at maximum power (I_{max}), voltage at maximum power (V_{max}), short circuit current (I_{sc}), open circuit voltage (V_{oc}), but there were on mention about the maximum operating voltage system at that time. Moreover, area of a cell (A_{cell}), area of the module (A_{mod}) and the number of modules (N_{mod}) had shown in this table.

2.2 Physical visual inspection

A main objective of the physical visual inspection is carefully to detect the major visual defects under an illumination of not less than 1000 lx. In addition of this work, we make photographs at the nature and position of crack, bubble or delamination, etc. any other conditions, which may worsen and adversely affect the module performance in subsequent tests. The following visual defects are basically considered with according to the International Standard IEC 61215 [7].

2.3 DC dielectric insulation test

The purpose of the insulation test is to determine whether or not the modules are sufficiently well insulated between current carrying parts that close to edge of the module and the frame. A DC insulation tester with a current limitation that has been used for insulation test was Chroma Hipot Tester, Model 19052. The test conditions have been made under ambient temperature at 25°C and in a relative humidity not exceeding 75 % according to the International Standard IEC 61215 [7]. The shorted output terminals of the module are connected to the positive terminal of the DC insulation tester and the negative terminal of the tester is connected to the aluminum frame of the module as shown in Fig. 3.

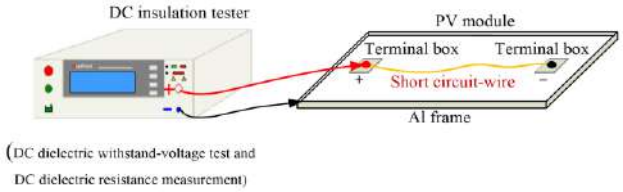


Fig. 3. Circuit diagram of connection between the module and the insulation tester.

The applied voltage from insulation tester to PV module is increased by the tester at a rate 500 V/s and maintained the voltage at this level for 1 min. If there is no any dielectric breakdown (less than 50 μA), the module is to be considered well insulation. However, in this work before determine the insulation resistance; it needs to maintain the voltage at 500V for 2 min. if the measured insulation resistance times the area of the module is not less than 40 $M\Omega \cdot m^2$, the module is also to be considered well insulation.

2.4 I-V characteristic and performance test

A serious effect of degradation of PV modules is their subsequent loss of performance and distortion of I-V characteristic curve that has the impact on the potential of PV module energy output in the long run. Therefore, the class AAA indoor pulse flash simulator PASAN in the laboratory of CES Solar Cells Testing Center (CSSC) at KMUTT had been used in this paper to determine the I-V characteristics and parameters of the PV modules. Test procedures were made at STC (1000W/m², 25°C, and air mass 1.5) in accordance with the International Standard IEC 61215. This test sequence also investigated all of 39 single-crystalline silicon PV modules from field exposure in the northeast of Thailand. After that the individual I-V characteristic and

performance measurement of all modules have been determined by correlation with the defects from visual inspection from time to time.

3. Results and discussion

The study of an over decade year old of 39 x-si of PV modules from field exposure in the northeastern Thailand had got different physical deteriorations influencing the dielectric properties, performance parameters and I-V characteristic curves. The results and discussion in this research consist of three parts i.e. description of physical visual defects, diagnosis dielectric properties and assessment performance test at STC as described by following.

3.1 Description of physical visual inspection

The deteriorations of the modules were characterized from bad module number 1 (B1) to bad module number 7 (B7) by observing about defects in front of the PV modules, and considering the back side of the module with the deterioration of back sheet and sealant as shown in Table 2.

Table 2. Results of all investigated major visual deteriorations in front of PV modules and back side of PV module for 7 categories from B1 to B7

Cat.	In front of module				Back side of module		
	Photograph	Discolor	Delaminate	Corrosion	Photograph	Back sheet	Sealant
B1		light yellowing	no	no		burn spot	good
B2		yellowing	bubbles around busbar	little		scratch	good
B3		light browning	center > edge	little		detach at the corner	brittle
B4		dark browning	center > edge	little			
B5		dark browning	edge > center	little		good	powdered brittle
B6		yellowing	edge > center	little		detach at the corner	powdered brittle
B7		dark browning	corner	more			

Table 2 summarized the results of all investigated major visual deteriorations for 7 categories of PV modules from B1 to B7. In front of the module, the visual physical deteriorations consisted of discoloration of EVA, corrosion on the busbar of the cell, and delamination of EVA on the cell of the PV module. Discoloration of EVA had approximately browning or dark browning more than a half. Most of the modules had little corrosion on the busbar of the cells in the modules. Most delamination in front of the modules occurred between EVA layer and the surface of solar cells around the edge and/or the center of the cells. In the back side of the modules, most back sheet had the detachment at the corner of the module, and the most seal edge of the modules had brittle of fracture around the frame with the edge of the laminated encapsulation.

3.2 Diagnosis dielectric properties

The result of DC dielectric withstand-voltage test for all modules had no dielectric breakdown or surface tracking, and leakage current was less than 50 μm. Therefore, all the modules were considered to have insulation resistance measurement. The result of insulation resistance for 39 used PV modules was shown in Fig. 4.

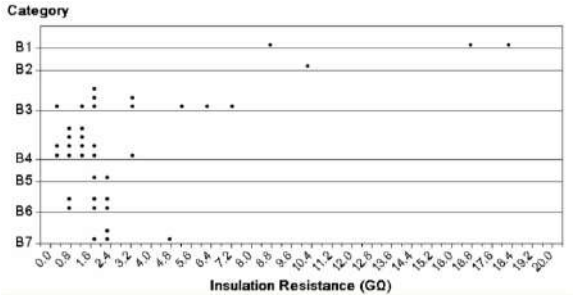


Fig. 4. Insulation resistance of 39 used PV modules.

In Fig. 4, a dot represented a module in a category, and the position of the dot was also related to the measured insulation resistance. There were 23 deterioration PV modules (59%) that lay between 0.26 GΩ and 1.97 GΩ Where the modules in B4 including with some of the modules in B3. The dominant deteriorations in B3 and B4 were browning or intense browning, delamination around the edge of solar cell by the ingress of humidity, little corrosion on busbar of the cells, detachment of back sheet, and the brittle or fracture of edge seal rubber. Nevertheless, most insulation resistance values in B4 were slightly lower than the mean and median value, and the least insulation resistance value (0.26 GΩ) was also in this B4 the group.

Table 3 Insulation resistance (R_{ins}) and deterioration in front of modules

R_{ins} (GΩ)	Discoloration				Delamination					Corrosion			
	No	Light Yellow	Yellow	Brown	No	Spot	Corner/ Edge	Center > Edge	Edge > Center	No	Least	Little	Great
0 - 1.9		✓	✓	✓			✓	✓	✓			✓	✓
2 - 3.9		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓
4 - 5.9		✓	✓	✓		✓	✓	✓				✓	
6 - 7.9		✓	✓	✓		✓	✓	✓				✓	
8 - 9.9	✓	✓	✓	✓		✓	✓				✓	✓	
10-11.9	✓	✓	✓			✓					✓		
> 12	✓	✓			✓					✓	✓		

The physical visual inspection was correlated with the insulation resistance that shown in Table 3 and Table 4. Therefore, we diagnosed that if the physical visual inspection of dielectric tended to have a lot of deteriorations in front of PV module and the back side of the module, the insulation resistance also tended to decrease. In addition, if the tendencies of physical visual inspection have no many deteriorations, the dielectric of PV module besides get a better of insulation resistance.

Table 4 Insulation resistance and deterioration in back side of modules

R_{ins} (GΩ)	Back Sheet					Edge Seal		
	Good	Burnt Spot	Bubble	Scratch	Detach	Good	Brittle	Powder
0 - 1.9			✓	✓	✓		✓	✓
2 - 3.9				✓	✓		✓	✓
4 - 5.9				✓		✓	✓	
6 - 7.9				✓		✓		
8 - 9.9	✓	✓				✓		
> 10	✓					✓		

3.3 Assessment performance test at STC

The I-V characteristic results of degradation PV modules at STC by indoor pulse flash simulator were plotted in Fig. 5. Some modules that had a fatal failure due to these modules loss interconnection or bad contacts between cells including with open circuit in the junction box could not generate power output. Therefore, there were 32 I-V characteristics can be shown in Fig. 5.

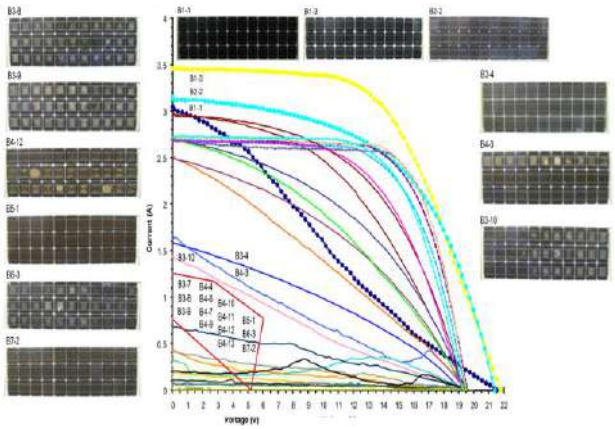


Fig. 5. I-V characteristic of 32 PV modules under STC conditions as generated by indoor pulse flash simulator.

As previously mentioned, there were the modules that had 36-cell series PV module in B1 and B2 group that had quite good physical appearance. Therefore, performance parameters like Isc and V_{oc} were higher than the other modules. However, the module number 1 in B1 group (B1-1) had burnt spots on the back side of a cell. Thus, the performance parameters dropped to 3.05 A, 8.8 V, 1.84 A, 61.2 W. The others were 33-cell series PV module that there were many forms of deterioration in front of the module. Especially, in front of the PV modules have commonly serious effects such as partial cracked cell, delamination at the center more than the edge of cells in module, moisture ingress into the module with occurring corrosion on the busbar of cell, and dark browning with extreme delamination in front of cell more than a half of the module for example B3-8 to B3-10, B4-12, and B6-3. The short circuit currents were dropped very lower and the shape of I-V curves looked like a slop although the V_{oc} is nearly specified on the name plate.

4. Conclusion

This work presents about diagnosis of dielectric properties and assessment of performance parameters on PV modules after long-term real operation in field exposure for over a decade year under northeastern weather in Thailand. A general PV module structure that was investigated in this paper consisted of tempered glass/sandwiched x-si cells between two sheets of EVA/back sheet. The diagnosis of dielectric has demonstrated that the degradation in front of PV module and the back side of the module may relate to insulation resistance value. If the PV module has few deterioration forms, the insulation resistance is the high value. But, the insulation resistance is the low value if the PV module has many deterioration forms. In case of assessment of performance parameters on PV modules, if PV modules have no fatal failure such as an open circuit condition, the parameter of Voc of these PV modules had been close to the Voc value that has specified from the manufacturer. However, the serious decrease of PV module performance, especially in Isc, Pmax, and FF may have caused by many forms of visual defects in front of the module such as browning of EVA and delamination between EVA and surface of solar cell.

5. Acknowledgements

I acknowledge financial supports from the Rajamangala University of Technology Lanna (RMUTL), Chiang Mai, Thailand to join with King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Bangkok, Thailand. I wish to express acknowledgements to Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy (EPPO), Thailand about financial supports for this project. I would like to special thank the CES Solar Cells Testing Center (CSSC) for providing and preparing many apparatuses to test all PV modules.

เอกสารอ้างอิง

[1] Krissanapong Kirtikara, "Photovoltaic applications in Thailand: Twenty years of planning and experience", ***Solar Energy Materials and Solar Cells***, 47, 1997, pp. 55-62.

[2] P. Kaunmuang, K. Kirtikara, R. Songprakorb, S. Thepa, T. Suwannakum, "Assessment of photovoltaic pumping systems in Thailand - one decade experience", ***Solar Energy Materials and Solar Cells***, 67, 2001, pp. 529-534.

[3] Krissanapong Kirtikara, "Lesson Learnt from using PV stand-alone to provide a better quality of life for rual people", ***PVSEC 14***, 2004.

[4] K. Wattanavichean, C. Jivacate, D. Chenvidhaya, K. Puihaow and A. Pukpairot, "Assessment of solar cell technology", ***Report submitted to the National Science and Technology Department Agency of Thailand***, 2006.

[5] B. Wiengmoon, Y. Sangpongsanont, C. Jivacate, D. Chenvidhya, K. Kirtikara, "Determination of PV module deterioration based on physical properties investigation of EVA", ***Proceedings of the 21st European PV Solar Energy conference, 2006***, pp. 2514-2516.

[6] A.W. Czanderna, F.J. Pern, "Encapsulation fo PV modules using ethylene vinyl acetate copolymer as a pottant: A critical review", ***Solar Energy Materials and Solar Cells***, 43, 1996, pp. 101-181.

[7] IEC 61215, "Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) module-design qualification and the approval", 2nd edition, ***International Electro-technical Commission,*** Geneva, Switzerland, 2005.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลม

Mathematic Model for the Field Utilization Factor of Sphere Sphere Electrode

สุรฉัตร ปัดครบุรี อำพล แก่นชัยภูมิ อานนท์ สิงห์เสถียร พสิษฐ์ สุวรรณภิงคาร และ ณัฐพงศ์ พันธุนะ

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ.ประชาราฎร์ สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 โทรศัพท์ 02-913-2424 ต่อ 150

E-mail: p.surachad@gmail.com, kaenchaiyaphoom@gtmail.com, arnon_high_voltage@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า (Field Utilization Factor) กับลักษณะโครงสร้างของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน โดยศึกษาจากรูปแบบอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนานที่ใช้งานเป็นเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าแรงสูง (Sphere Gap) ตามมาตรฐาน IEC 60052 : 2010 ซึ่งบทความฉบับนี้ใช้เทคนิคไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Technique) มาประยุกต์ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้า และใช้เทคนิคการปรับเส้นโค้ง (Curve Fitting Technique) ด้วยการถดถอยแบบโพลิโนเมียล (Polynomial Regression) สำหรับสร้างสมการความสัมพันธ์ของแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า จากเทคนิคข้างต้นสามารถสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ของแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า ในฟังก์ชันของโครงสร้างอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน ซึ่งความสัมพันธ์ของสมการดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือในเชิงคณิตศาสตร์เนื่องจากมีการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลดังกล่าวในการหาค่าของความจุไฟฟ้า (Capacitance) ของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน ดังนั้นเทคนิคและการวิเคราะห์ที่นำเสนอในบทความฉบับนี้ จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงได้

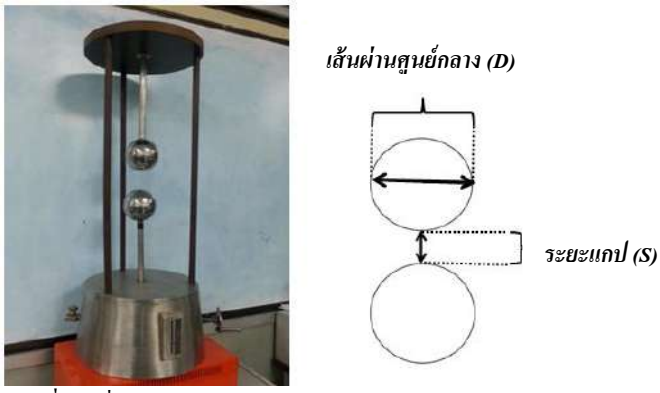
Abstract

According to IEC standard 60052 : 2010, the relationship between field utilization factor and the structure of sphere electrode, which is sphere gap as it uses in high-voltage measurement, is analysed in this paper. Therefore, the Finite Element Technique is chosen to evaluate the parameters of electric field and also the Curve Fitting Technique, which bases on Polynomial Regression is used to fit the curve. According to these techniques, the mathematic equations of the field utilization factor as function of sphere gap. In order to ensure the accurate equations, these mathematic equations are validated by using correlation coefficient of polynomial regression. In addition, the capacitance of sphere gap can be determined. The proposed techniques and results can be applied to high voltage technology .

***Keywords*:** Sphere electrode, Gap distance, Field Utilization Factor

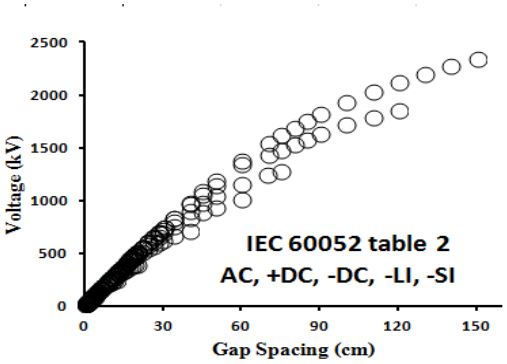
1. บทนำ

ปรากฏการณ์เบรกดาวน์ เป็นพฤติกรรมทางฟิสิกส์ที่กล่าวถึงการสูญเสียความเป็นฉนวนของวัสดุ และมีสภาวะสามารถนำกระแสได้ เมื่อวัสดุดังกล่าวได้รับแรงดันไฟฟ้า (Voltage) และเกิดความเครียดสนามไฟฟ้า (Electric Field Stress) ถึงจุดวิกฤตความคงทนต่อสนามไฟฟ้า (Electric Field Strength) [1] ซึ่งในทางวิศวกรรมได้ประยุกต์คุณสมบัติการเกิดเบรกดาวน์ของอากาศ มาใช้งานเป็นเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Measurement) โดยอาศัยหลักการเกิดเบรกดาวน์ระหว่างช่องว่างอากาศของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน หรือเรียกว่าเทคนิคการวัดแรงดันสูงด้วยแกปทรงกลม (Sphere Gap) [2] ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยแรงดันเบรกดาวน์ที่วัดค่าได้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะแกป (S) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลม (D)



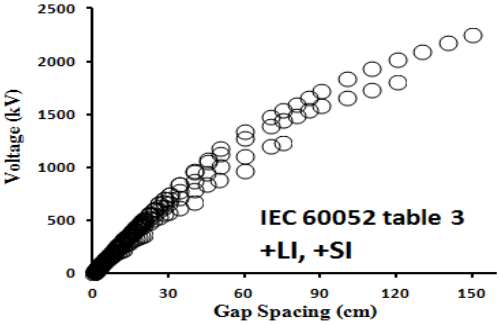
รูปที่ 1 เครื่องมือวัดแรงดันสูงด้วยแกปทรงกลม (Sphere Gap)

จากหลักการข้างต้นทำให้องค์กรสากล International Electro technical Commission (IEC) ได้กำหนดให้เทคนิคการวัดแรงดันสูงด้วยแกปทรงกลมเป็นมาตรฐานสำคัญคือ IEC 60052 เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดแรงดันเบรกดาวน์ไม่เกิน ± 3% โดยอ้างอิงค่าที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อม 20 ºC ความดัน 1013 bar [3] และสำหรับค่าแรงดันเบรกดาวน์ในตาราง IEC 60052 ได้แบ่งข้อมูลเป็นสองประเภท คือ ประเภทแรกใช้สำหรับแรงดันกระแสสลับ (AC), แรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่าขั้วลบ (-LI), แรงดันสวิตช์ซิ่งขั้วลบ (-SI) แสดงผลดังแสดงรูปที่ 2



รูปที่ 2 ข้อมูลแรงดันเบรกดาวน์ตามมาตรฐาน IEC 60052

และประเภทที่สองใช้สำหรับค่าแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่าขั้วบวก(+LI) และแรงดันอิมพัลส์สวิตช์ซึ่งขั้วบวก (+SI) เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ข้อมูลแรงดันเบรกดาวน์ตามมาตรฐาน IEC 60052

จากข้อมูลแรงดันเบรกดาวน์ของแกปทรงกลมที่กล่าวมาข้างต้น จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสนามไฟฟ้า เพราะเมื่อเกิดความเครียดสนามไฟฟ้าสูงถึงค่าวิกฤตในบริเวณช่องว่างอากาศระหว่างอิเล็กโตรดทรงกลมหรือระยะแกปนั้น ก็จะเกิดการเบรกดาวน์ขึ้นทันที แต่ในขณะเดียวกันสนามไฟฟ้าก็มีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะของอิเล็กโตรดทรงกลมด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า (Field Utilization Factor, η^*) ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอการหาสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ระหว่างแฟกเตอร์สนามไฟฟ้ากับลักษณะโครงสร้างของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน เพื่อใช้ประเมินความสม่ำเสมอของสนามไฟฟ้า และคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) ของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน โดยโครงสร้างอิเล็กโตรดนั้นมีการกำหนดตามมาตรฐาน IEC 60052

2. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเบรกดาวน์และแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า

แรงดันเบรกดาวน์มีเกี่ยวข้องโดยตรงกับแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าแสดงดังสมการที่ (1) คือ

$$U_b = E_{\max} \cdot \left(s \cdot \eta^* \right) \qquad (1)$$

เมื่อ U_b = แรงดันเบรกดาวน์ (kV)

s = ระยะแกป (cm.)

η^* = ค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า

$E_{\max}$ = ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (kV/cm)

จากความสัมพันธ์ของสมการที่ (1) แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเกิดเบรกดาวน์ คือความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด ระยะแกป และแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า โดยการเกิดเบรกดาวน์จะเกิดขึ้นที่อากาศระหว่างอิเล็กโตรดทรงกลม ที่ค่าความคงทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้าเท่ากับ 30 kV/cm [4]

ในขณะที่แฟกเตอร์สนามไฟฟ้า สามารถหาได้จากสมการที่ (2) คือ

$$\eta^* = E_{mean} / E_{max} \quad ; \ (0 < \eta^* \leq 1) \qquad (2)$$

โดยที่

E_{mean} = ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าเฉลี่ย (kV/cm)

E_{max} = ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด(kV/cm)

ซึ่งแฟกเตอร์สนามไฟฟ้านั้น สามารถประเมินระดับความสม่ำเสมอของสนามไฟฟ้าได้ดังต่อดังนี้ [5]

$\eta^* = 1.0$; สนามไฟฟ้าเป็นรูปแบบสม่ำเสมอ

$\eta^* \geq 0.5$; สนามไฟฟ้าเป็นรูปแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย

$0.25 \leq \eta^* \leq 0.5$; สนามไฟฟ้าเป็นรูปแบบไม่สม่ำเสมอ

โดยค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) ของอิเล็กโตรดทรงกลมสามารถคำนวณได้จากเทคนิควิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

3. ระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ และความสม่ำเสมอของสนามไฟฟ้า

ไฟไนต์อิลิเมนต์เป็นระเบียบวิธีเชิงเลข (Numerical Method) ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) โดยมีรูปแบบสมการเป็นสมการลาปลาสเซียน (Laplacian) หรือสมการ ปัวซอง (Poissonian) ดังนั้นค่าสนามไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการพลังงานต่ำที่สุดสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3)

$$W = \int_V \frac{1}{2} \varepsilon \left(grad \varphi \right)^2 dV \rightarrow \text{(minimum)} \qquad (3)$$

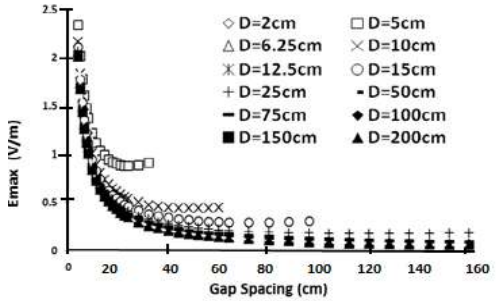
เมื่อ W = พลังงานภายในระบบปริภูมิ

ε = ค่าเปอร์มิติวิตี้ของวัสดุ

φ = ศักย์ไฟฟ้า

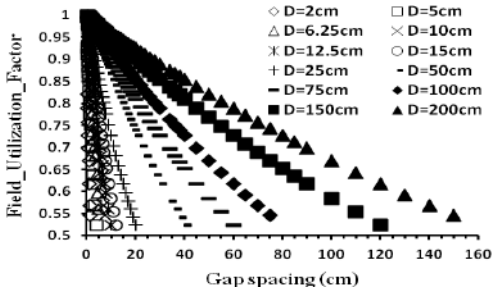
V = ปริมาตรที่สนใจในระบบปริภูมิ

จากสมการข้างต้นกำหนดขอบเขตศักย์ไฟฟ้าที่อิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนานเท่ากับ 1 Volt ดังนั้นค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) ตามลักษณะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) และระยะแกป (S) ของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน ตามมาตรฐาน IEC 60052 กำหนด แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และระยะแกป ตามมาตรฐาน IEC 60052

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของอิเล็กโตรดทรงกลม หรือระยะแกปมีขนาดเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดมีขนาดลดลง และนอกจากนี้สามารถนำค่า ผลลัพธ์ E_{max} ดังกล่าวมาคำนวณค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า (ดังรูปที่ 5) ตามความสัมพันธ์ของสมการที่ (2) เพื่อประเมินระดับความสม่ำเสมอของสนามไฟฟ้า



รูปที่ 5 แฟกเตอร์สนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และระยะแกป ตามมาตรฐาน IEC 60052

จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าถ้าระยะแกปเพิ่มขึ้นในขณะที่เส้นผ่านศูนย์กลางของอิเล็กโตรดทรงกลมมีขนาดคงที่ จะมีผลทำให้แฟกเตอร์สนามไฟฟ้ามีค่าลดลง จึงกล่าวได้ว่าสนามไฟฟ้าจะไม่สม่ำเสมอมากขึ้นเมื่อระยะแกปเพิ่มขึ้น โดยอิเล็กโตรดทรงกลมตามมาตรฐาน IEC มีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าต่ำที่สุดเข้าใกล้ค่า 0.5 ซึ่งเป็นช่วงสนามไฟฟ้ามีรูปแบบไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย

4. การประเมินผลแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า

รูปที่ 5 แสดงให้เห็นปริมาณที่มีข้อมูลเป็นจำนวนมาก ต้องใช้คุณสมบัติของกฎแห่งความคล้ายคลึง (Similarity Law) ในการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งจากคุณสมบัติของกฎนั้นกล่าวว่า อิเล็กโตรดที่มีรูปทรงเรขาคณิตเหมือนกัน และมีอัตราส่วนระหว่างแกปต่อขนาดรัศมีของอิเล็กโตรด (S/R) เท่ากัน จะมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าที่เท่ากันดังแสดงในสมการที่ 4

$$\frac{S_1}{R_1} = \frac{S_2}{R_2} = K \rightarrow \text{(Field Utilization Factor } (\eta^*) \text{ คงที่)} \qquad (4)$$

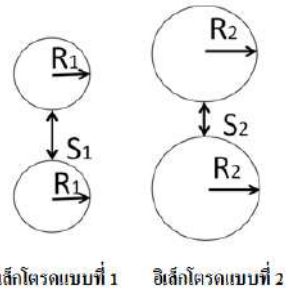
เมื่อ K = ค่าคงที่

S_1 = ระยะแกปของอิเล็กโตรดแบบที่ 1

S_2 = ระยะแกปของอิเล็กโตรดแบบที่ 2

R_1 = รัศมีของอิเล็กโตรดแบบที่ 1

R_2 = รัศมีของอิเล็กโตรดแบบที่ 2



รูปที่ 6 กฎแห่งความคล้ายคลึงของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนานที่มีค่า (S/R) เท่ากัน

จากความสัมพันธ์ข้างต้น แฟกเตอร์สนามไฟฟ้าจะคงที่ เมื่ออัตราส่วน (S/R) คงที่เช่นกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคปรับเส้นโค้ง (Fitting Curve) มาวิเคราะห์ข้อมูลแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าในฟังก์ชันของ (1+(S/R) ด้วยสมการถดถอยแบบโพลิโนเมียล (Polynomial Regression) ดังสมการที่ (5)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 . \qquad (5)$$

เมื่อ $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = ค่าสัมประสิทธ์ของสมการโพลิโนเมียล

จากการสมการที่ (5) สามารถหาสมการโพลิโนเมียลของแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนานได้ดังสมการที่ (6) และรูปแบบเส้นโค้งแสดงดังรูปที่ 7

$$y = 0.0561x^2 - 0.4988x + 1.443 \qquad (6)$$

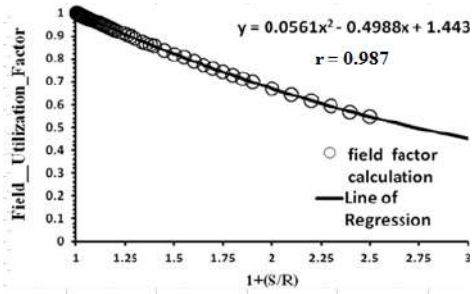
$$r = 0.987$$

เมื่อ y = Field Utilization Factor (η^*)

X = (1+ (S/R)), S คือ ระยะแกป และ R คือ รัศมีทรงกลม

r = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

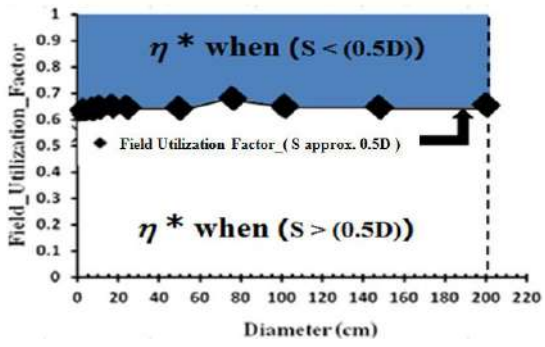
จากสมการที่ (6) และรูปที่ 7 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.987 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าในฟังก์ชันของ (1+(S/R)) มีความสัมพันธ์ที่น่าเชื่อถือว่าเป็นสมการโพลิโนเมียล เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ใกล้เคียง 1 [6]



รูปที่ 7 สมการถดถอยแบบโพลิโนเมียลของแฟกเตอร์สนามไฟฟ้ารูปแบบ อิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน

5. ผลของแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าต่อข้อจำกัดของทรงกลมวัดแรงดันสูง

มาตรฐาน IEC 60052 แนะนำให้ใช้อิเล็กโตรดรูปแบบทรงกลมคู่ขนานเป็นเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนของการเกิดเบรกดาวน์ไม่เกิน ± 3% โดยระยะแกป (S) ต้องมีขนาดไม่เกินรัศมี (S < R) หรือระยะแกปต้องมีขนาดไม่เกินครึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของอิเล็กโตรดทรงกลม (S < (0.5D)) จากการวิเคราะห์ข้างต้นพบว่าที่ระยะแกปมีขนาดน้อยกว่าขนาดรัศมีของทรงกลมทุกขนาดที่ทำการศึกษานั้นจะมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้ามากกว่า 0.65 (ดังรูปที่ 8) ซึ่งมีคุณสมบัติอยู่ในช่วงของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอสูง ดังนั้นลักษณะอิเล็กโตรดทรงกลมที่มีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้ามากกว่า 0.65 จึงมีความเหมาะสมสำหรับใช้งานเป็นเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าแรงสูง



รูปที่ 8 แฟกเตอร์สนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน เส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ (D) ที่ระยะแกป (S < 0.5D, S ≈ 0.5D, S < 0.5D)

6. ค่าความจุไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน

ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) เป็นคุณสมบัติของวัสดุที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับสนามไฟฟ้า ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออิเล็กโตรดมีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage) จากสมการที่ 3 สามารถประยุกต์ใช้วิเคราะห์ค่าความจุไฟฟ้า (C) ของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนานดังสมการที่ 7

$$C = \sum_{1}^{n} \varepsilon \cdot E_n^{\,2} \cdot V_n \qquad \text{Farad} \qquad (7)$$

เมื่อ C = ค่าความจุไฟฟ้า (Farad)

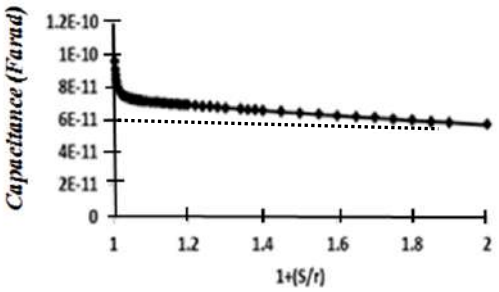
ε = ค่าเปอร์มิติวิตี้ของวัสดุ

E_n = ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า (kV/cm)

V_n = ปริมาตรที่สนใจในระบบปริภูมิ

n = จำนวนจุด (Node) ของอิลิเมนต์ (Element) ในระบบปริภูมิ

จากผลการคำนวณค่าความจุไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนานด้วยสมการที่ (7) สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความจุไฟฟ้าในฟังก์ชันของ (1+(S/R)) ได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ค่าความจุสนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนาน

จากรูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่า เมื่ออัตราส่วน (S/R) เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความจุไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนานมีค่าลดลง โดยมีค่าความจุไฟฟ้าลู่เข้าใกล้ค่า 60 pF แสดงให้เห็นว่าระยะแกป (S) และรัศมีของอิเล็กโตรดทรงกลม (R) มีผลโดยตรงกับค่าความจุไฟฟ้า

7. สรุปผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์แฟกเตอร์สนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนานตามข้อกำหนดของการเกิดเบรกดาวน์ตามมาตราฐาน IEC 60052 พบว่าค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดทรงกลมคู่ขนานจะมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วน (S/R) เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถใช้สมการถดถอยแบบโพลิโนเมียลในการประยุกต์หาเส้นโค้งแฟกเตอร์สนามไฟฟ้า ดังสมการทางคณิตศาสตร์คือ $y = 0.0561x^2 - 0.4988x + 1.443$ และ $X = (1+ (S/R))$ โดยลักษณะอิเล็กโตรดทรงกลมที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้งานเป็นเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าแรงสูงตามมาตราฐาน IEC 60052 จะต้องมีค่าแฟกเตอร์สนามไฟฟ้ามากกว่า 0.65 นอกจากนี้ค่าความจุไฟฟ้าจะมีค่าลู่เข้าใกล้ค่า 60 pF เมื่ออัตราส่วน (S/R) เพิ่มขึ้น

8 . เอกสารอ้างอิง

[1] G. W. Carter “The calculation of the electric field in a sphere gap by means of dipolar coordinates”, Proc. of IEEE,vol.106C, 1959

[2] สำรวย สังข์สะอาด, “วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง” สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2549

[3] International Electro technical Commission Standard , “IEC 60052 2002-2010, International Standard ”

[4] ศราวุฒิ คลี่สุวรรณ, “วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง” สำนักพิมพ์ มจพ. 2556

[5] Surbir Ray “ An Introduction to High Voltage Engineering ”

[6] V.Chatpattananan, N. Pattanadech , “ A Linear Model for the Differences of Breakdown Voltage in IEC 60052 Tables ”2006

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การวิเคราะห์ความเครียดสนามไฟฟ้าของโพรงภายในเนื้อฉนวน สายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน 115 kV ด้วยเทคนิคไฟไนต์อิลิเมนต์

Electric Field Stress Analysis of Cavity in Insulator of Under Ground High Voltage Cable 115 kV with Finite Element Technique

[1]วุฒินันท์ ธรรมรงค์ [1]อดิศร บุตรโพธิ์ [1]ณัฐพล กิจติสร [1]อานนท์ สิงห์เสถียร [1]พสิษฐ์ สุวรรณภิงคาร และ[2]ณัฐพงศ์ ตัณฑนุช

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ.ประชาราษฎร์ สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 โทรศัพท์ 02-913-2424 ต่อ 150

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-564-3001-9 ต่อ 3037

E-mail: wuttinan_2534@outlook.com, adisornbootpho@gmail.com, N.Kittisorn@hotmail.com, arnon_high_voltage@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ศึกษาและวิเคราะห์อิทธิพลความเครียดสนามไฟฟ้าของโพรงอากาศ และโพรงความชื้นขนาด 100 μm ที่เกิดขึ้นภายในเนื้อฉนวนของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินชนิด Thermoset Cross-Linked Polyethylene (XLPE) ซึ่งใช้งานกับระบบแรงดันไฟฟ้า 115 kV โดยการใช้เทคนิคระเบียบวิธีเชิงเลขไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Technique) จากการวิเคราะห์พบว่าสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงที่มีโพรงอากาศ หรือโพรงความชื้นเกิดขึ้นนั้น จะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Electric Field Stress) มากกว่ากรณีที่สายเคเบิลปราศจากโพรง นอกจากนี้ยังพบว่าสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงประเภท XLPE ที่มีโพรงอากาศจะมีโอกาสเกิดดิสชาร์จบางส่วนได้ง่ายกว่ากรณีสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงประเภท XLPE ที่มีโพรงความชื้น ถึงแม้ว่าสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงประเภท XLPE ที่มีโพรงอากาศนั้นจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่น้อยกว่าก็ตาม

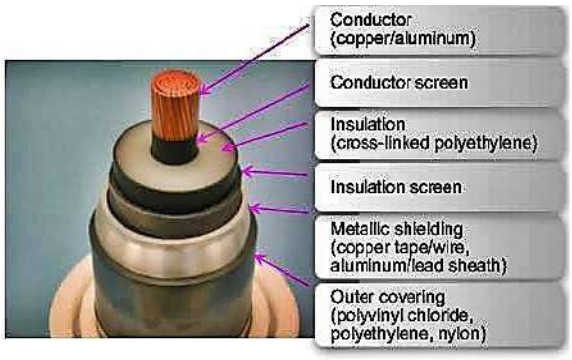
Abstract

This paper studies and analyses the maximum electric field stress of air cavity and humidity cavity size 100 μm inside Thermoset Cross-Linked Polyethylene (XLPE) insulator rated 115 kV. The Finite Element Technique is chosen to analyse the impacts of the cavity. Results show that maximum electric field stress of the high voltage cable with the cavity is higher than the high voltage cable without the cavity. In addition, it can be noted that the air cavity inside the high voltage cable can be easily caused the partial discharge even the maximum electric field stress of the air cavity is lower the humidity cavity.

***Keywords*:** cavity

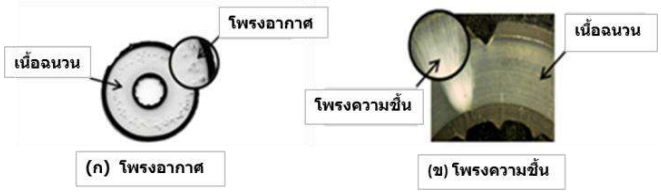
1. บทนำ

Thermoset Cross-Linked Polyethylene (XLPE) เป็นวัสดุพอลิเมอร์ (Polymer) ที่มีการนำใช้งานในทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สามารถรับแรงทางกลได้ดี มีความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าที่สูง และที่สำคัญมีความคงทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้าสูงถึง 18-20 MV/m [1] ด้วยคุณสมบัติที่ดีและเหมาะสมดังกล่าว XLPE จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน (Under Ground High Voltage Cable) เพื่อรักษาเสถียรภาพด้านการฉนวนของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้มีความมั่นคง โดยรูปที่ 1 แสดงโครงสร้างหลักของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินชนิดฉนวน XLPE

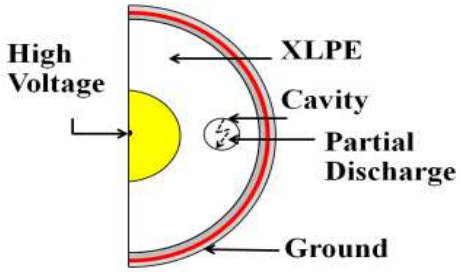


รูปที่ 1 โครงสร้างของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน

แต่อย่างไรก็ตามสถานะภาพความเป็นฉนวนของสายเคเบิลชนิด XLPE มีโอกาสที่จะเกิดการเสียสภาพได้ เนื่องจากภายในเนื้อฉนวนของสายเคเบิลดังกล่าว มีโอกาสที่จะเกิดโพรงอากาศ (Air Cavity) หรือโพรงความชื้น (Humidity Cavity) ที่มีขนาดเล็กระดับไมโครเมตร [2] แสดงดังรูปที่ 2 และเมื่อสายเคเบิลที่มีโพรงถูกนำมาใช้งานกับแรงดันไฟฟ้าแรงสูง บริเวณตำแหน่งโพรงในเนื้อฉนวนนั้นจะมีความเครียดสนามไฟฟ้าสูง (High Electric Field Stress) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดดิสชาร์จบางส่วน (Partial Discharge) [3] แสดงดังรูปที่ 3 ผลจากการเกิดดิสชาร์จบางส่วนทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นเฉพาะจุด ทำให้อายุการใช้งานของฉนวน XLPE มีระยะเวลาสั้นลง จนนำไปสู่การเสียภาพความเป็นฉนวนอย่างสมบูรณ์ หรือเรียกว่าการเบรกดาวน์ (Breakdown)



รูปที่ 2 ลักษณะการเกิดโพรงภายในสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน



รูปที่ 3 การเกิดดิสชาร์จบางส่วนของโพรงภายในเนื้อฉนวน XLPE

จากหลักการและเหตุผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่โพรงอากาศ และโพรงความชื้นในเนื้อฉนวนของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบถึงเสถียรภาพความเป็นฉนวนของสายเคเบิลนั้น ดังนั้นบทความฉบับนี้จึงทำการวิเคราะห์ความเครียดสนามไฟฟ้าในเนื้อฉนวนของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน ขนาด 115 kV โดยจำลองการเกิดโพรงขนาด 100 μm และใช้ระเบียบวิธีเชิงไฟไนต์อิลิเมนต์เป็นเครื่องมือในการคำนวณผลความเครียดสนามไฟฟ้า

2. แบบจำลองของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน

จากปัญหาข้างต้น จึงนำมาสู่การสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน ในระบบพิกัดทรงกระบอก (Cylindrical Coordinate System; (r, α, z)) เนื่องจากสายเคเบิลดังกล่าวมีลักษณะโครงสร้างเป็นทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม (Concentric Cylinder) โดยใช้สมการลาปลาเซี่ยนในการคำนวณ (ดังสมการที่ 1) จากนั้นจึงทำการใช้สมการเชิงอนุพันธ์บางส่วน (Partial Differential Equation) มาวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าในแบบจำลองดังแสดงในสมการที่ 2

$$\triangle\varphi = \frac{1}{r}\cdot\frac{\partial(r\frac{\partial\varphi}{\partial r})}{\partial r} + (\frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2\varphi}{\partial\alpha^2}) + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = 0 \qquad (1)$$

$$\vec{E}(r) = -\nabla\varphi(r) = -\frac{\partial\varphi(r)}{\partial r} \qquad (2)$$

เมื่อ φ = ศักย์ไฟฟ้าในระบบพิกัดทรงกระบอก (V)

E = ความเข้มสนามไฟฟ้า (kV/cm)

จากความสัมพันธ์ของสนามไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้าในสมการที่ (2) สามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าสนามไฟฟ้าของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินในกรณีที่ไม่มีโพรงในเนื้อฉนวนดังสมการที่ (3)

$$E = \frac{V}{r}\frac{1}{ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \qquad (3)$$

เมื่อ E = ความเข้มสนามไฟฟ้า (kV/cm)

V = แรงดันไฟฟ้า (volt)

r = ตำแหน่งรัศมีใดๆ ระหว่างฉนวนของสายเคเบิล

r_1 = รัศมีตัวนำของสายเคเบิล

r_2 = รัศมีฉนวนด้านนอกของสายเคเบิล

สำหรับกรณีสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินที่มีโพรงอากาศ หรือโพรงความชื้นเกิดขึ้นภายในเนื้อฉนวน จะไม่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน เนื่องจากค่าเปอร์มิตติวิตี้ (Permittivity) ของเนื้อฉนวน XLPE และโพรงนั้นมีความแตกต่างกัน จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือหักเหของเส้นสนามไฟฟ้า ดังนั้นการคำนวณค่าความเครียดสนามไฟฟ้า $E(r)$ ภายในโพรงฉนวน สามารถพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ในสมการที่ (4) คือ

$$\vec{E}(r) = -\nabla\left(\varphi(\varepsilon_{Cable}, D_{Cable}), \varphi(\varepsilon_{Cavity}, D_{Cavity})\right) \qquad (4)$$

เมื่อ $\varphi(\varepsilon_{Cable}, D_{Cable})$ = ศักย์ไฟฟ้าในฟังก์ชันค่าเปอร์มิตติวิตี้ของโพรงฉนวน (ε_{Cable}) และมิติเรขาคณิตของสายเคเบิล (D_{Cable})

$\varphi(\varepsilon_{Cavity}, D_{Cavity})$ = ศักย์ไฟฟ้าในฟังก์ชันค่าเปอร์มิตติวิตี้ของโพรงฉนวน (ε_{Cavity}) และมิติเรขาคณิตของโพรงฉนวน (D_{Cavity})

จากสมการที่ (4) เมื่อพิจารณาเงื่อนไขพลังงานต่ำที่สุด (Minimum Energy) จะสามารถคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้ากรณีสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินที่มีโพรงเกิดขึ้นได้ โดยใช้เทคนิคระเบียบวิธีเชิงเลขที่ชื่อว่า ไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Technique) ซึ่งมีเงื่อนไขดังสมการที่ (5) คือ

$$W = \int_V \frac{1}{2}\varepsilon\left(grad\varphi\right)^2 dV \rightarrow \text{(minimum)} \qquad (5)$$

เมื่อ W = พลังงานภายในระบบปริภูมิ

ε = ค่าเปอร์มิตติวิตี้ของวัสดุ

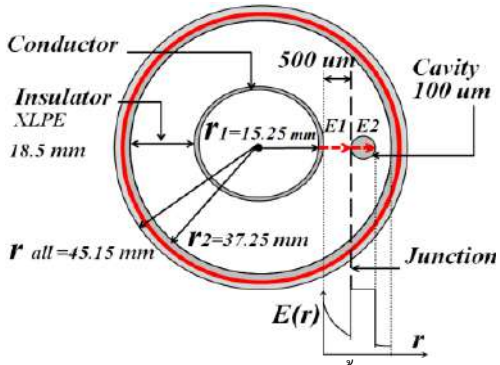
φ = ศักย์ไฟฟ้า

V = ปริมาตรที่สนใจในระบบปริภูมิ

3. แบบจำลองสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน ที่มีโพรงภายในเนื้อฉนวน

บทความฉบับนี้ทำการวิเคราะห์โครงสร้างสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินชนิด XLPE ที่ใช้งานกับระบบแรงดันไฟฟ้าแรงสูงขนาด 115 kV [4] เมื่อกำหนดให้โพรงอากาศ และโพรงความชื้น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโพรง 100 μm โดยมีระยะห่างระหว่างโพรงกับตัวนำเท่ากับ 500 μm

เนื่องจากต้องการศึกษาอิทธิพลของโพรงฉนวนขนาดเล็กระดับไมโครเมตร และมีตำแหน่งอยู่ใกล้กับตัวนำไฟฟ้าแรงสูง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ความเครียดสนามไฟฟ้าตลอดแนวรัศมีเนื้อฉนวนของสายเคเบิล

เมื่อ

E(r) = ความเครียดสนามไฟฟ้าตลอดแนวรัศมีเนื้อฉนวนของสายเคเบิล

Junction = บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฉนวนสายเคเบิลกับโพรง

Cavity = โพรงในเนื้อฉนวนสายเคเบิล ขนาด 100 μm .

E_1 = ความเครียดสนามไฟฟ้าของฉนวนเคเบิล ที่บริเวณรอยต่อ

E_2 = ความเครียดสนามไฟฟ้าของโพรง ที่บริเวณรอยต่อ

r_1 = รัศมีตัวนำของสายเคเบิล ขนาด 15.25 mm.

r_2 = รัศมีฉนวนด้านนอกของสายเคเบิล ขนาด 37.25 mm.

r_{all} = รัศมีรวมทั้งหมดของสาบเคเบิล ขนาด 45.15 mm.

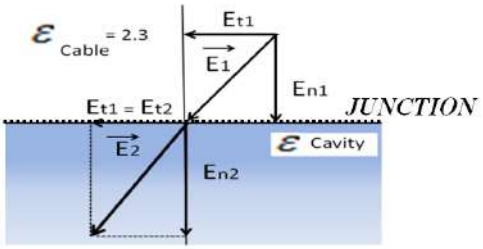
นอกจากนี้พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญต่อการคำนวณค่าความเครียดสนามไฟฟ้า คือค่าเปอร์มิตติวิตี้ของฉนวน XLPE โพรงอากาศ และโพรงความชื้น ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเปอร์มิตติวิตี้ของวัสดุที่ใช้ในการคำนวณค่าสนามไฟฟ้า [5]

Material	Permittivity
XLPE	2.3
AIR CAVITY	1
HUMIDITY CAVITY	78.5

4. ลักษณะสนามไฟฟ้าของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน ที่มีโพรงในเนื้อฉนวน

ฉนวนของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดิน เป็นวัสดุพอลิเมอร์ ประเภท XLPE ซึ่งมีค่าเปอร์มิตติวิตี้แตกต่างจากโพรงอากาศและโพรงความชื้น เมื่อนำสายเคเบิลดังกล่าวที่มีโพรงอากาศหรือโพรงความชื้น มาใช้งานกับแรงดันไฟฟ้าแรงสูง จะทำให้เกิดการหักเหของเส้นสนามไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อของเนื้อฉนวนสายเคเบิลกับโพรง ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปของเวกเตอร์ได้ดังรูป 5



รูปที่ 5 เวกเตอร์ความเครียดสนามไฟฟ้าที่รอยต่อเนื้อฉนวนสายเคเบิลกับโพรง

จากรูปที่ 5 เมื่อพิจารณาที่ความเครียดสนามไฟฟ้าในแนวสัมผัสรอยต่อ (E_t) ของวัสดุต่างชนิดมีค่าคงตัว จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 6 คือ [6]

$$E_{n1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \cdot E_{n2} \tag{6}$$

เมื่อ

E_1 = ความเครียดสนามไฟฟ้าของฉนวนเคเบิล

E_2 = ความเครียดสนามไฟฟ้าของโพรง

E_{n1} = ความเครียดสนามไฟฟ้าของฉนวนเคเบิลแนวตั้งฉากรอยต่อ

E_{n2} = ความเครียดสนามไฟฟ้าของโพรงแนวตั้งฉากรอยต่อ

E_{t1} = ความเครียดสนามไฟฟ้าของฉนวนเคเบิลแนวสัมผัสรอยต่อ

E_{t2} = ความเครียดสนามไฟฟ้าของโพรงแนวตั้งสัมผัสรอยต่อ

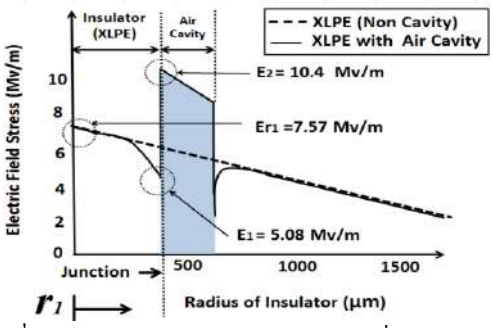
ε_1 = ค่าเปอร์มิตติวิตี้ของเนื้อฉนวนเคเบิล

ε_2 = ค่าเปอร์มิตติวิตี้ของโพรง

โดยความสัมพันธ์ของสมการที่ 6 สามารถนำไปสู่การวิเคราะห์ผลของสนามไฟฟ้ากรณีสายเคเบิลที่มีโพรงในเนื่องฉนวนได้ดังนี้

4.1 ความเครียดสนามไฟฟ้าของสายเคเบิลที่เนื้อฉนวนปราศจากโพรง กับเนื้อฉนวนมีโพรงอากาศ

จากการวิเคราะห์ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าด้วยเทคนิคไฟไนต์อิลิเมนต์นั้น สามารถแสดงความเครียดสนามไฟฟ้า (*E(r)*) และค่าสนามไฟฟ้าจากรัศมีตัวนำของสายเคเบิล (r_1) จนถึงระยะที่เกิดโพรงอากาศในเนื้อฉนวน (ดังรูปที่ 6)



รูปที่ 6 ความเครียดสนามไฟฟ้าของสายเคเบิลที่มีโพรงอากาศ

จากรูปที่ 6 สามารถสรุปข้อมูลได้ดังตารางที่ 2 คือ ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}), ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่รัศมีตัวนำ (E_{r1}) และความเครียดสนามไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อ ($E_{Junction}$)

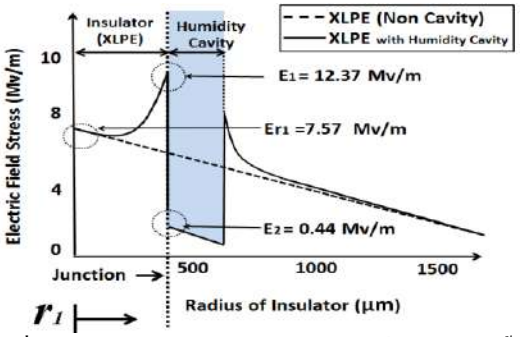
ตารางที่ 2 ผลลัพธ์ความเครียดสนามไฟฟ้าสายเคเบิลที่มีโพรงอากาศ

Material	Permittivity	Position of E max	Magnitude of E max (Mv/m)	E max at junction (Mv/m)
XLPE (Non Cavity)	2.3	Radius of Conductor (r1)	7.57	-
Air Cavity (in XLPE)	1	Air Cavity at Junction	10.4	E1=5.08
				E2=10.4

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าค่าเปอร์มิตติวิตี้ของเนื้อฉนวนสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินประเภท XLPE มีค่าสูงกว่าค่าเปอร์มิตติวิตี้ของโพรงอากาศโดยมีค่าเป็น 2.3 และ 1 ตามลำดับ และจากสมการที่ (6) พบว่าค่า E_{n1} มีค่าต่ำกว่า E_{n2} จึงทำให้ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นที่โพรงอากาศที่บริเวณรอยต่อระหว่างฉนวนกับโพรง (E_2) มีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 10.4 Mv/m ซึ่งมากกว่ากรณีที่ปราศจากโพรงถึง 1.37 เท่า เมื่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดกรณีเนื้อฉนวนที่ปราศจากโพรง (E_{r1}) มีค่าเท่ากับ 7.57 Mv/m

4.2 ความเครียดสนามไฟฟ้าของสายเคเบิลที่เนื้อฉนวนปราศจากโพรง กับเนื้อฉนวนมีโพรงความชื้น

จากการคำนวณค่าความเครียดสนามไฟฟ้าด้วยเทคนิคไฟไนต์อิลิเมนต์แสดงผลลัพธ์ค่าสนามไฟฟ้าจากรัศมีตัวนำของสายเคเบิล (r_1) จนถึงระยะที่เกิดโพรงความชื้นในเนื้อฉนวนดังแสดงในรูปที่ 7 และตารางที่ 3 แสดงค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}), ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่รัศมีตัวนำ (E_{r1}) และความเครียดสนามไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อ ($E_{Junction}$)



รูปที่ 7 ความเครียดสนามไฟฟ้าของสายเคเบิลที่มีโพรงความชื้น

ตารางที่ 3 ผลลัพธ์ความเครียดสนามไฟฟ้าสายเคเบิลที่มีโพรงความชื้น

Material	Permittivity	Position of E max	Magnitude of E max (Mv/m)	E junction (Mv/m)
XLPE (Non Cavity)	2.3	Radius of Conductor (r1)	7.57	-
Humidity Cavity (in XLPE)	78.5	Insulator (XLPE) at Junction	12.37	E1=12.37
				E2=0.44

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าโพรงความชื้นมีค่าเปอร์มิตติวิตี้สูงกว่าเนื้อฉนวนของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินประเภท XLPE โดยมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดบริเวณรอยต่อระหว่างฉนวนกับโพรงความชื้น (E_1) มีค่าเท่ากับ 12.37 Mv/m ซึ่งมีค่าเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดมากกว่า 1.63 เท่าของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงประเภท XLPE ที่ปราศจากโพรง

5. สรุปผลและวิเคราะห์ผล

จากผลการคำนวณค่าความเครียดสนามไฟฟ้าของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินที่มีโพรงเกิดขึ้น ด้วยเทคนิคไฟไนต์อิลิเมนต์สามารถแยกการวิเคราะห์ได้เป็น 3 ประเด็นสำคัญคือ

- กรณีที่สายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินมีโพรงอากาศเกิดขึ้น จะมีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่บริเวณรอยต่อระหว่างฉนวนกับโพรงอากาศ โดยมีค่าเท่ากับ 10.4 Mv/m ซึ่งโพรงอากาศดังกล่าวสามารถรับภาระความเครียดสนามไฟฟ้าได้เพียง 2.7-3.3 Mv/m [7] จึงเป็นสาเหตุทำให้โพรงอากาศเริ่มเกิดการดิสชาร์จบางส่วนได้ทันที
- ในขณะที่กรณีสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินมีโพรงความชื้นเกิดขึ้น จะมีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดบริเวณรอยต่อระหว่างฉนวนกับโพรงความชื้นมีค่าเท่ากับ 12.37 Mv/m โดยที่ฉนวนของสายเคเบิลไฟฟ้าแรงสูงใต้ดินประเภท XLPE สามารถรับภาระความเครียดสนามไฟฟ้าได้ถึง 18-20 Mv/m [7] ดังนั้นที่ฉนวน XLPE จึงยังไม่มีการเริ่มเกิดดิสชาร์จบางส่วน
- จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าสายเคเบิล XLPE ที่มีโพรงความอากาศจะเริ่มเกิดดิสชาร์จบางส่วนได้ง่ายกว่ากรณีสายเคเบิล XLPE ที่มีโพรงความชื้น แม้ว่าสายเคเบิล XLPE ที่มีโพรงความชื้นจะมีค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่น้อยกว่าก็ตาม

6. เอกสารอ้างอิง

[1]. A. Nouar, M. Guibadj, I "Numerical Study of partial discharges apparition in XLPE insulation of high voltage cable".

[2]. Cheng, F.C., "Insulation thickness determination of polymeric power cables", IEEE Trans. Dielectrics EI, Vol. I, pp 624-629, No. 4, 1994.

[3]. Ravindra Arora, Wolfgang Mosch, “High Voltage Insulation Engineering”.

[4]. บริษัท Charoong Wire & Cable Public Company Limited, “คู่มือการเลือกสายไฟฟ้าและสายเคเบิล”.

[5]. Surbir Ray “ An Introduction to High Voltage Engineering ”

[6]. สำรวย สังข์สะอาด, “วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง” สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2549.

[7] Paul Dovel, Charles Willems “UNDERGROUND TRANSMISSTIONLINE .TECHNOLOGIES”

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

โปรแกรมคอมพิวเตอร์การประเมินความเสี่ยงที่ทำให้เกิดความเสียหายจากฟ้าผ่าต่อระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

A Program for Risk Assessment of Damage on Photovoltaic Systems from Lightning

ยุทธนา เฟื่องฟุ้ง[1], สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ[2] และ พีรวุฒิ ยุทธโกวิท[3]

[1]บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530 โทรศัพท์: 0-2988-3666 ต่อ 3305

[3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ถนนฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

E-mail: fuangfung_y@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ได้มีการนำเสนอโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดความเสียหายจากการเกิดฟ้าผ่าต่อสิ่งปลูกสร้าง ชีวิต และทรัพย์สิน เพื่อใช้ในการเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่าที่เหมาะสม และมีความคุ้มค่าในการติดตั้ง โดยการพัฒนาโปรแกรมประเมินความเสี่ยงของความเสียหายจากฟ้าผ่านั้นมุ่งเน้นไปที่สิ่งปลูกสร้างที่มีการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยวิธีการประเมินความเสี่ยงจะเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 62305-2: 2010 โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ทำให้การประเมินความเสี่ยงได้สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น และผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้เชิงลึกในรายละเอียดของมาตรการป้องกันฟ้าผ่า เพียงแค่กดเลือกข้อมูล หรือกรอกข้อมูลในโปรแกรมก็สามารถประเมินความเสี่ยง พร้อมทั้งสามารถเลือกมาตรการป้องกันที่เหมาะสม และความคุ้มค่าในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าได้

***คำหลัก** : ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์, มาตรการป้องกันฟ้าผ่า, โปรแกรมการประเมินความเสี่ยง,*

Abstract

This paper presents a computer program for the risk assessment of damage caused by the lightning to structures, lives, and properties in order to select suitable and reasonable protection measures. This software will focus on structure which has been installed photovoltaic generation system. The procedures for the risk assessment accord to IEC 62305-2: 2010. The program will help to assess the risks conveniently and quicker. The deep knowledge skills of users in lightning protection measures are not necessary for using the developed program. It is more convenient to just fill data in this software and to select the appropriate and reasonable protection measures.

***Keywords** : Photovoltaic generation system, Protection against lightning, Risk assessment program,*

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการนำพลังงานทดแทนมาใช้มากขึ้น โดยเฉพาะพลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งไม่ได้มีเพียงแต่เฉพาะโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เท่านั้น แต่ยังมีการใช้งานไปตามบ้านเรือน สถานที่ราชการ ทั้งที่อยู่ในเมือง ชานเมือง และโดยเฉพาะในพื้นที่แถบชนบทที่การไฟฟ้ายังเข้าไปไม่ถึง ดังนั้นเมื่อมีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนสิ่งปลูกสร้าง ย่อมหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะมีโอกาสเกิดฟ้าผ่า ถึงแม้จะมีโอกาสเกิดน้อยแต่ถ้าเกิดแล้วอาจสร้างความเสียหายมูลค่ามหาศาล

บทความนี้เป็นการนำเสนอการศึกษา และวิเคราะห์เกี่ยวกับมาตรการป้องกันฟ้าผ่า โดยจะเน้นไปที่การบริหารความเสี่ยงในการลดความสูญเสียจากการเกิดฟ้าผ่าในรูปแบบต่างๆ ของสิ่งปลูกสร้างที่มีการติดตั้งระบบผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และหลังจากเลือกระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้แล้ว แนวทางดังกล่าวจะถูกนำมาใช้เพื่อบอกมาตรการป้องกันที่เหมาะสม เพื่อที่จะนำมาใช้สำหรับลดความเสี่ยงให้มีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดของความเสี่ยงที่ยอมรับได้ รวมทั้งได้มีการพัฒนาโปรแกรมประเมินความเสี่ยงที่เขียนจากโปรแกรมไมโครซอฟต์วิชวลเบสิค. เน็ต และอยู่บนพื้นฐานการคำนวณที่อ้างอิงตามมาตรฐานของ IEC 62305: 2010 [1-4] ซึ่งจะช่วยคำนวณองค์ประกอบความเสี่ยง การเลือกมาตรการป้องกัน และความคุ้มค่าในการเลือกมาตรการป้องกัน นอกจากนั้นโปรแกรมที่นำเสนอนี้สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมืออย่างง่ายในการคำนวณ และออกแบบสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการประเมินความเสี่ยงจากฟ้าผ่า และมาตรการป้องกันฟ้าผ่าที่เหมาะสม

2. การประเมินความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากฟ้าผ่าตามมาตรฐาน IEC 62305-2

ในการประเมินความเสี่ยงตามมาตรฐาน IEC 62305-2 นั้นมีความจำเป็นที่จะนำมาพิจารณา เพราะเมื่อมีการประเมินความเสี่ยงแล้วจะสามารถระบุได้ว่าต้องมีการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าหรือไม่ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเลือกใช้มาตรการป้องกันทั้งหมด

2.1 การสูญเสียจากการเกิดฟ้าผ่า

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจในการประเมินความเสี่ยง มาตรฐานดังกล่าวได้มีการพิจารณาการจำแนก และลำดับขั้นในการประเมินไว้ ดังนี้

2.1.1 แหล่งกำเนิดของกระแสฟ้าผ่า

แหล่งกำเนิดของกระแสฟ้าผ่าสามารถแยกประเภทได้ตามจุดที่ถูกฟ้าผ่าลง ดังนี้

S1 คือ วาบฟ้าผ่าลงสิ่งปลูกสร้างโดยตรง

S2 คือ วาบฟ้าผ่าใกล้สิ่งปลูกสร้าง

S3 คือ วาบฟ้าผ่าที่สายไฟโดยตรง

S4 คือ วาบฟ้าผ่าใกล้กับสายไฟ

2.1.2 ชนิดของความเสียหาย

เมื่อเกิดวาบฟ้าผ่าลงสิ่งปลูกสร้างย่อมมีความเสียหายซึ่งชนิดของความเสียหาย มีดังนี้

D1 คือ การบาดเจ็บของสิ่งมีชีวิต

D2 คือ ความเสียหายทางกายภาพ

D3 คือ ความล้มเหลวของระบบไฟฟ้าภายใน และอิเล็กทรอนิกส์

2.1.3 ชนิดของการสูญเสีย

เมื่อเกิดความเสียหายย่อมเกิดความสูญเสียตามมา ดังนี้

L1 คือ การสูญเสียของสิ่งมีชีวิต

L2 คือ การสูญเสียการบริการต่อสาธารณะ

L3 คือ การสูญเสียทางมรดก และวัฒนธรรม

L4 คือ การสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

ในแต่ละแหล่งกำเนิดความเสียหาย S อาจทำให้เกิดความเสียหาย D และการสูญเสีย L ได้หลายชนิดแบบ

ความเสี่ยงที่จะเกิดความสูญเสีย จะสัมพันธ์กับชนิดของความสูญเสียดังตารางที่ 1 ดังนั้นจุดประสงค์ของมาตรฐานดังกล่าวนี้ คือการคำนวณค่าความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดความสูญเสีย เพื่อที่จะนำไปประกอบการพิจารณาในการพิจารณาเลือกมาตรการป้องกัน เพื่อที่จะลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 1. ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของการสูญเสีย และความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดความสูญเสีย

ชนิดของความสูญเสีย	ความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดความสูญเสีย R
L1	R_1: ความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตมนุษย์
L2	R_2: ความเสี่ยงต่อการสูญเสียการบริการต่อสาธารณะ
L3	R_3: ความเสี่ยงต่อการสูญเสียทางมรดกและวัฒนธรรม
L4	R_4: ความเสี่ยงต่อการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

2.2 ขั้นตอนในการประเมินความเสี่ยง

ลำดับขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงมีวิธีการดังต่อไปนี้

1) ระบุคุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้างที่จะป้องกัน

2) ระบุความเสี่ยง R ที่มีความสัมพันธ์กับชนิดแบบของการสูญเสีย

3) คำนวณค่าความเสี่ยง R และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ R_T

4) การประเมินความจำเป็นของการป้องกัน และความคุ้มค่าเพื่อทำการเปรียบเทียบความสูญเสียในกรณีที่มีการป้องกัน และไม่มีการป้องกัน

3. การประเมินความเสี่ยงของสิ่งปลูกสร้างที่มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ข้อมูล และคุณลักษณะสำหรับการพิจารณาแยกตามประเภทของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยในบทความนี้พิจารณาไปที่สิ่งปลูกสร้างที่มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

3.1 กรณีศึกษาการประเมินความเสี่ยงจากฟ้าผ่าเพื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมประเมินความเสี่ยง

กรณีศึกษานี้ใช้การคำนวณตามมาตรฐาน IEC 62305: 2010 ซึ่งเมื่อได้ผลการคำนวณแล้ว จะนำไปเปรียบเทียบกับผลการคำนวณของโปรแกรม โดยในการคำนวณต้องมีการกำหนดค่าความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตมนุษย์ R_1 และความเสี่ยงต่อการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ R_4 เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ R_T ที่มีค่าเท่ากับ 10^{-5} และ 10^{-3} ตามลำดับ ในการคำนวณจะไม่มีการระบุถึงมาตรการป้องกัน

3.2 ข้อมูล และคุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้างที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

ข้อมูล และคุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้างที่ใช้พิจารณามีดังนี้คือ ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่เปิดโล่ง ไม่มีสิ่งปลูกสร้างอื่นอยู่ใกล้ ไม่มีการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า ไม่มีการประสานศักย์ให้เท่ากัน และไม่มีตัวกำบังที่ขอบเขตของสิ่งปลูกสร้าง สำหรับข้อมูลของคุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้างจะกำหนดให้มีค่าดังนี้คือ ความหนาแน่นของวาบฟ้าผ่า N_G เป็น 10.9, มิติสิ่งปลูกสร้าง (กว้าง × ยาว × สูง) เป็น 15 m × 25 m × 8 m, ตัวประกอบตำแหน่งที่ตั้ง C_D, ระบบป้องกันฟ้าผ่า P_B, การประสานศักย์ให้เท่ากัน P_{EB} และตัวกำบังที่ขอบเขตของสิ่งปลูกสร้าง K_{S1} ให้มีค่าเป็น 1 ส่วนคุณลักษณะของระบบไฟฟ้าภายใน และสายไฟฟ้ากำลัง (AC และ DC) มีค่าดังนี้คือ ความยาว 200 m, ตัวประกอบสภาพแวดล้อมของสาย C_E เป็น 0.5, การกำบังของสายเป็น $5\ \Omega / km < R_S \le 20\ \Omega / km$, ความคงทนต่อแรงดันของบริภัณฑ์ U_W เป็น 1.5 kV มีผลให้ค่าความคงทนต่อแรงดันอิมพัลส์ K_{S4} เป็น 0.67 และค่าความน่าจะเป็น P_{LD} และ P_{LI} เป็น 1 และ 0.6 ตามลำดับ ส่วนค่าตัวประกอบการติดตั้ง C_I, ตัวประกอบชนิดของสาย C_T, การกำบัง, การต่อระบบดิน และการจัดวางสาย C_{LD} และ C_{LI} ให้มีค่าเป็น 1

การแบ่งย่านของสิ่งปลูกสร้างที่มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลักษณะนี้ กำหนดให้เป็น 2 ย่าน และในแต่ละย่านมีคุณลักษณะต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

3.3 การคำนวณค่าความเสี่ยง

ในการคำนวณองค์ประกอบความเสี่ยง R_X ต้องมีการคำนวณหาค่าพื้นที่รับฟ้าผ่า A_X จำนวนเหตุการณ์อันตราย N_X ค่าความน่าจะเป็นที่คาดว่า

จะเกิดความเสียหาย P_X และค่าความสูญเสีย L_X ซึ่งแต่ละตัวแปรสามารถหาได้ ดังสมการต่อไปนี้

$$R_x = N_y \times P_x \times L_x \quad (1)$$

เมื่อ x อาจจะมีเป็น A, B, C, M, U, V, W หรือ Z

ตารางที่ 2. คุณลักษณะของย่านที่อยู่ภายนอก (Z1) และภายใน (Z2) ของสิ่งปลูกสร้างที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	Z1	Z2
ชนิดของพื้นผิวดิน	r_t	10^{-2}	10^{-3}
การป้องกันไฟฟ้าช็อต (ฟ้าผ่าลงสิ่งปลูกสร้าง)	P_{TA}	1	1
การป้องกันไฟฟ้าช็อต (กรณีฟ้าผ่าลงสาย)	P_{TU}	-	1
ความเสี่ยงที่จะเกิดเพลิงไหม้	r_f	10^{-1}	10^{-1}
การป้องกันเพลิงไหม้	r_p	1	1
ตัวกำบังในสิ่งปลูกสร้าง	K_{S2}	1	1
การเดินสายภายใน	K_{S3}	-	1
การประสานสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ	P_{SPD}	-	1
L1: การสูญเสียชีวิตมนุษย์	L_T	10^{-2}	10^{-2}
	L_F	-	10^{-1}
L4 : การสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	L_T	10^{-2}	10^{-2}
	L_F	-	2×10^{-1}
	L_O	-	10^{-2}
ความอันตรายเป็นพิเศษ	h_Z	1	1
คนที่อยู่ในย่าน $n_Z / n_t \times t_Z / 8760$		2×10^{-1}	8×10^{-1}

พื้นที่รับฟ้าผ่า A_X สามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$A_D = (L \times W) + \{(6H) \times (L + W)\} + \{\pi \times (3H)^2\} \quad (2)$$

$$A_M = \{(2 \times 500) \times (L + W)\} + (\pi \times 500^2) \quad (3)$$

$$A_L = 40 \times L_L \quad (4)$$

$$A_I = 4000 \times L_L \quad (5)$$

จำนวนเหตุการณ์อันตราย N_y สามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (6)$$

$$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6} \quad (7)$$

$$N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (8)$$

$$N_I = N_G \times A_I \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (9)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหาย P_X สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

$$P_A = P_{TA} \times P_B \quad (10)$$

P_B = ขึ้นอยู่กับระดับป้องกันจากการเกิดฟ้าผ่า

$$P_C = P_{SPD} \times C_{LD} \quad (11)$$

$$P_M = P_{PSD} \times P_{MS} \quad (12)$$

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (13)$$

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (14)$$

$$P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (15)$$

$$P_Z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI} \quad (16)$$

ค่าความสูญเสีย L_X สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

$$L_A = r_t \times L_T \times \{(n_z / n_t) \times (t_z / 8{,}760)\} \quad (17)$$

$$L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times \{(n_z / n_t) \times (t_z / 8{,}760)\} \quad (18)$$

$$L_U = r_t \times L_T \times \{(n_z / n_t) \times (t_z / 8{,}760)\} \quad (19)$$

$$L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times \{(n_z / n_t) \times (t_z / 8{,}760)\} \quad (20)$$

จากข้อมูลค่าของตัวแปรต่างๆเมื่อแทนไปในสมการที่ (1) – (20) ค่าองค์ประกอบความเสี่ยงที่แบ่งเป็นย่าน Z1 และ Z2 และจำแนกตามความเสี่ยง R_1 และ R_4 จะมีค่าดังตารางที่

ตารางที่ 3. ผลการคำนวณค่าความเสี่ยง R_1 และ R_4 ในกรณีไม่มีมาตรการป้องกัน (ค่า $\times 10^{-5}$ และ ค่า $\times 10^{-3}$ ตามลำดับ)

สัญลักษณ์	R_1		R_4	
	Z1	Z2	Z1	Z2
R_A	0.089	0.035	0.0045	0.00045
R_B	-	35.84	-	0.89
R_C	-	-	-	0.45
R_M	-	-	-	40.32
R_U	-	0.034	-	0.00044
R_V	-	34.88	-	0.87
R_W	-	-	-	0.44
R_Z	-	-	-	26.16
รวม	0.089	70.79	0.0045	69.13
	$R_1 = 70.88$		$R_4 = 69.135$	

ข้อมูลเพิ่มเติมของสัญลักษณ์ในตารางที่ (1) - (3) และสมการที่ (1) - (20) ให้ดูตามมาตรฐาน IEC 62305-2: 2010

3.4 การเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

มาตรการป้องกันที่นำมาใช้เพื่อลดความเสี่ยงต่อการสูญเสีย คือ มาตรการป้องกันเพื่อลดการบาดเจ็บของสิ่งมีชีวิต ลดความสูญเสียทางกายภาพ และลดความล้มเหลวของระบบภายใน สำหรับมาตรการป้องกันฟ้าผ่าลงสิ่งปลูกสร้างที่มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [5] มีดังนี้

1) การติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า

2) การจัดการเดินสายที่เหมาะสมเพื่อลดวงรอบ (Loop) ขนาดใหญ่

3) การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ

จากการพิจารณาผลการคำนวณค่า R_1 และ R_4 จากตารางที่ 3 จะมีค่าองค์ประกอบความเสี่ยงที่มีค่าเกินค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ R_T มีดังนี้

พิจารณาค่า R_1 มีค่าที่เกินค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ คือค่าองค์ประกอบความเสี่ยง R_B และ R_V ที่อยู่ในย่านภายในอาคาร (Z2) มีค่าเท่ากับ 35.84×10^{-5} และ 34.88×10^{-5} ตามลำดับ เพราะฉะนั้นควรมีการพิจารณาหามาตรการป้องกันโดยพิจารณาที่ค่าความเสี่ยงที่จะเกิดเพลิงไหม้ r_f จาก 10^{-1} เป็น 10^{-2} การป้องกันเพลิงไหม้ r_p จาก 1 เป็น 0.5 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

P_B จาก 1 เป็น 10^{-1} และการประสานศักย์ให้เท่ากัน P_{EB} จาก 1 เป็น 5×10^{-2} และเมื่อนำค่าใหม่ที่ได้ไปแทนในสมการ จะได้ค่าองค์ประกอบความเสี่ยง R_B และ R_V เท่ากับ 0.17×10^{-5} และ 0.087×10^{-5} ตามลำดับ เพราะฉะนั้นผลรวมของค่าองค์ประกอบความเสี่ยงของค่า R_1 มีค่าเท่ากับ 0.2806×10^{-5} ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าเสี่ยงที่ยอมรับได้ R_T

พิจารณาที่ R_4 ค่าที่เกินค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้คือค่าองค์ประกอบความเสี่ยง R_M และ R_Z ที่อยู่ในย่านภายในอาคาร (Z2) คือค่า 40.22×10^{-3} และ 26.16×10^{-3} ตามลำดับ เพราะฉะนั้นควรมีการพิจารณาหามาตรการป้องกันโดยจะพิจารณาที่ การประสานสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จ P_{SPD} จาก 1 เป็น 2×10^{-2} และการเดินสายไฟ K_{S3} จาก 1 เป็น 0.2 และเมื่อนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการจะได้ค่าองค์ประกอบความเสี่ยง R_M และ R_Z เท่ากับ 0.0323×10^{-3} และ 0.523×10^{-3} ตามลำดับ เพราะฉะนั้นผลรวมของค่าองค์ประกอบความเสี่ยงของค่า R_4 มีค่าเท่ากับ 0.581×10^{-3} ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าเสี่ยงที่ยอมรับได้ R_T เช่นเดียวกัน

4. โปรแกรมสำหรับประเมินความเสี่ยงของสิ่งปลูกสร้างที่มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

กรณีศึกษานี้ เป็นการคำนวณโดยใช้โปรแกรมประเมินความเสี่ยง เพื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคำตอบในหัวข้อที่ 3 และการคำนวณนั้นให้ใช้ค่าตัวแปรต่างๆ เป็นค่าเดียวกัน ซึ่งต้องเลือก และกรอกข้อมูลตัวแปรต่างๆ ลงไปในตัวโปรแกรม โดยหน้าแรกคือหน้าหลัก (Main) ที่ผู้ใช้จะต้องเลือกรายละเอียด คือพื้นที่ตั้งของสิ่งปลูกสร้างที่ต้องการคำนวณ และรูปแบบการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในหน้าถัดไปของโปรแกรมเป็นคุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง (Characteristic of structure) สำหรับหน้านี้จะมีรายละเอียดที่ผู้ใช้ต้องเลือก และกรอกข้อมูลของคุณลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง รวมทั้งมีการแบ่งย่านการประเมินความเสี่ยงได้เป็น 2 ย่าน คือย่านที่อยู่ภายนอก (Outside zone Z1) และย่านที่อยู่ภายใน (Inside zone Z2) ซึ่งข้อมูลบางส่วนจะนำมาคำนวณหาค่า L1 และ L4 ที่แสดงผลอยู่ในหน้าต่างของย่านนั้นๆ และนำค่าดังกล่าวไปคำนวณ หาค่าองค์ประกอบความเสี่ยง R ต่อไป ข้อมูลของแต่ละย่านสามารถดูได้จากตารางที่ 2 สำหรับข้อมูล และคุณลักษณะของสายที่เกี่ยวข้อง (AC and DC Line connected) เมื่อผู้ใช้ซอฟแวร์เลือก และกรอกข้อมูลครบ ผลการคำนวณของค่า R_1 และ R_4 จะแสดงดังรูปที่ 1 และ 2 ซึ่งจากผลการคำนวณค่าความเสี่ยง R_1 และ R_4 จะมีค่ามากกว่าค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ R_T ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกมาตรการป้องกัน โดยเลือกตามหัวข้อที่ 3.4 (การเลือกมาตรการป้องกันฟ้าผ่า) และผลการคำนวณจากการเลือกมาตรการป้องกัน ทำให้ค่า R_1 และ R_4 มีค่าน้อยกว่าค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ R_T แสดงดังรูปที่ 3 และ 4

RZ					The need of protection measures
Total	8.948E-007	7.074E-004		7.083E-004	Yes

รูปที่ 1. ผลการคำนวณค่าความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตมนุษย์ R_1 กรณีไม่มีมาตรการป้องกัน

RZ		2.616E-002		2.616E-002	The need of protection measures
Total	4.474E-006	6.880E-002		6.881E-002	Yes

รูปที่ 2. ผลการคำนวณค่าความเสี่ยงต่อการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ R_4 กรณีไม่มีมาตรการป้องกัน

RZ					The need of protection measures
Total	8.948E-008	2.715E-006		2.804E-006	No

รูปที่ 3. ผลการคำนวณค่าความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตมนุษย์ R_1 กรณีที่มีการติดตั้งมาตรการป้องกัน

RZ		5.232E-004		5.232E-004	The need of protection measures
Total	4.474E-007	5.796E-004		5.800E-004	No

รูปที่ 4. ผลการคำนวณค่าความเสี่ยงต่อการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ R_4 กรณีที่มีการติดตั้งมาตรการป้องกัน

5. สรุป

โปรแกรมประเมินความเสี่ยงที่ได้จัดทำขึ้นตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า IEC 62305: 2010 โดยพิจารณาสิ่งปลูกสร้างที่มีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเมื่อคำนวณค่าความเสี่ยง R_1 และ R_4 โดยตรงนั้น จะให้ผลการคำนวณค่าความเสี่ยงตรงกับผลการคำนวณจากการใช้โปรแกรม การพัฒนาโปรแกรมนี้จะทำให้ผู้ที่ต้องการประเมินความเสี่ยงมีความสะดวกและประหยัดเวลาได้มากขึ้น โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้เชิงลึกทางด้านมาตรการป้องกันฟ้าผ่า

เอกสารอ้างอิง

[1] IEC 62305-2, Protection against lightning, Part 2: Risk management, 2010.

[2] IEC 62305-1, Protection against lightning, Part 1: General principles, 2010.

[3] IEC 62305-3, Protection against lightning, Part 3: Physical damage to structures and life hazard, 2010.

[4] IEC 62305-4, Protection against lightning, Part 4: Electrical and electronic systems within structures, 2010.

[5] IEC 61173 1st Ed., 1992: Overvoltage protection for photovoltaic (PV) power generating systems – Guide.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การกระจายส่วนแบ่งของอาเซียนเพาเวอร์กริดโดยค่าแชปลีย์

Payoff Distribution of ASEAN Power Grid by Shapley Value

เบญจวรรณ อินทระ[1], พาณิชย์ สุโคต[2], และ ฉัตรตระกูล สมบัติธีระ[2]

[1,2,3]สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

panglum_pp@hotmail.com[1], pon.ict@gmail.com[2], chattrakul.s@msu.ac.th [3]

บทคัดย่อ

โครงการอาเซียนพาวเวอร์กริดเป็นแนวคิดในการรวมพลังของทุกชาติในกลุ่มอาเซียนที่อุดมไปด้วยแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานในการผลิตไฟฟ้า ส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า จากความสำคัญดังกล่าวในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาลักษณะการกระจายตัวของส่วนแบ่งตามขนาดของกลุ่ม โดยการนำข้อมูลจริงของอาเซียนเพาเวอร์กริด (ASEAN Power Grid)[1]ที่มีทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในภูมิภาคอาเซียนมาคิดคำนวณในการจัดสรรส่วนแบ่งด้วยกระบวนการของอัลกอริทึมค่าแชปลีย์ที่มีแนวคิดที่ยึดหลักความยุติธรรม

Abstract

ASEAN Power Grid project is the concept of combining the power of all of ASEAN's rich natural resources that can be used as fuel to generate electricity. Encourage energy efficiency. The importance of such research is to study the distribution of the share by the size of the group. By applying the real data of the ASEAN Power Grid (ASEAN Power Grid)[1] with the resources used to generate electricity in the region to calculate the allocation of a share by the process of the algorithm the Shapley available. concepts that are based on fairness.

***Keywords*:** Payoff, ASEAN Power Grid, Shapley Value

1. บทนำ

ในวันที่ 1 มกราคม 2558 หรืออีกเพียงสองปีเศษประเทศอาเซียนจะเริ่มต้นเข้าสู่การเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนหรือ AEC (ASEAN Power Grid) ซึ่งจะส่งผลนำไปสู่ความเปลี่ยนแปลงขนาดใหญ่ในภูมิภาค จากการเปิดเสรีการค้าธุรกิจภาคบริการการลงทุนในระหว่างประเทศสมาชิกอาเซียน 10 ชาติเพื่อวัตถุประสงค์ในการทำให้อาเซียนเป็นตลาดที่ร่วมกันเป็นหนึ่งในฐานการผลิตร่วมกันที่มีศักยภาพในการแข่งขันทางการค้ากับภูมิภาคอื่นๆ ของโลกภายใต้การคาดหมายว่า AEC จะนำมาซึ่งการขยายตัวอย่างมากของอุตสาหกรรมธุรกิจ การลงทุน และชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนจะดีขึ้นซึ่งหมายถึงความต้องการพลังงานและไฟฟ้าที่จะเพิ่มสูงขึ้น เป็นอย่างมากกลุ่มประเทศอาเซียนได้มีการวางแผนด้านพลังงานร่วมกันภายใต้ชื่อ ASEAN PLAN OF ACTION ON ENERGY COOPERATION (APAEC)[2] มาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2542 จนกระทั่งแผนล่าสุดคือฉบับปี พ.ศ. 2553-2558 ซึ่งประเทศไทย เป็นประธานในการจัดทำ อาเซียนเป็นภูมิภาคที่มีทรัพยากรพลังงานมากและมีความหลากหลายกระจายอยู่ในประเทศต่างๆ ทั้งน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ พลังน้ำและถ่านหิน และในแผนของโครงการอาเซียนเพาเวอร์กริดเป็นแนวคิดที่จะสร้างเครือข่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้า แต่ยังไม่การวางแผนในเรื่องของการจัดสรรส่วนแบ่งให้แก่ประเทศสมาชิก

ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการเสนอการศึกษาลักษณะการกระจายตัวของส่วนแบ่งตามขนาดของกลุ่ม โดยการเอานำข้อมูลจริงของอาเซียนเพาเวอร์กริด (ASEAN Power Grid) ที่มีทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในภูมิภาคอาเซียนมาคิดคำนวณในการจัดสรรส่วนแบ่งด้วยกระบวนการของอัลกอริทึมค่าแชปลีย์[3]ที่มีแนวคิดที่ยึดหลักความยุติธรรม โดยผู้คิดค้นค่าแชปลีย์คือ Lloyd Shapley ได้รับรางวัลโนเบลสาขาเศรษฐศาสตร์ ปี 2012

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการประยุกต์อัลกอริทึมค่าแชปลีย์เข้ากับข้อมูลแหล่งทรัพยากรพลังงานอาเซียนเพาเวอร์กริด โดยความรู้พื้นฐานสำหรับทำงานวิจัยมีดังนี้

2.1 เอเจนต์

เอเจนต์(Agent)[4] คือ ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการกระทำบางสิ่งบางอย่างได้อย่างอิสระด้วยตัวเอง ในนามของเจ้าของหรือผู้ใช้ ซึ่งเอเจนต์สามารถคิดวางแผนในการกระทำของตัวเองได้ หรือเรียนรู้จากสภาพแวดล้อม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามที่ได้รับมอบหมาย

2.2 ระบบมัลติเอเจนต์

ระบบมัติเอเจนต์(Multi-agent system)[5, 6] คือ ระบบๆ หนึ่งที่ประกอบด้วยเอเจนต์จำนวนหนึ่ง ที่มีการปฏิสัมพันธ์ต่อกัน และสามารถทำงานตามคำสั่งที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้บรรลุเป้าหมายหรือตอบโจทย์ของผู้ใช้งาน

2.3 ทฤษฎีเกม

ทฤษฎีเกม(Game theory)[7] ในลักษณะที่มีการร่วมมือเป็นการรวมกลุ่มของเอเจนต์ในเกมการร่วมมือที่สามารถเกิดขึ้นได้ในทุกๆบริบทที่ประกอบด้วยหน่วยการตัดสินใจ (Decision Making Unit)หลายๆหน่วย ทั้งนี้การรวมกลุ่มของเอเจนต์ย่อมทำให้เกิดผลประโยชน์ร่วมกัน (Coalition Value) เกิดขึ้นในทางทฤษฎีนั้นผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการร่วมมือกันจะเป็นตัวเลขที่บ่งชี้มูลค่าหรือความพึงพอใจของเอเจนต์ต่อการรวมกลุ่มนั้นๆ ซึ่งอาจหมายถึงผลกำไร การลดต้นทุน ทั้งนี้สิ่งที่ทำให้เอเจนต์ซึ่งมีความเห็นแก่ตัว (Self Interested) ตกลงร่วมมือกันนั้นจะขึ้นอยู่

กับการแบ่งบันผลประโยชน์ที่จะเกิดจากการร่วมมือกันของสมาชิกในกลุ่ม หากสมาชิกในกลุ่มทั้งหมดมีความพอใจต่อส่วนแบ่งที่ตนจะได้รับจากผลประโยชน์ที่จะเกิดจากการร่วมมือกัน การรวมกลุ่มก็จะเกิดขึ้น

ในระบบหลายเอเจนต์ระบบหนึ่ง สมมุตให้เอเจนต์แทนประเทศที่อยู่ในกลุ่มอาเซียนพาวเวอร์กริดประกอบด้วย 3 เอเจนต์ คือ N = {ไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์} ระบบนี้สามารถมีการรวมกลุ่ม ($S \subseteq N$) ได้ทั้งหมด $2^3 - 1 = 7$ กลุ่ม ได้แก่ {ไทย}, {พม่า}, {ฟิลิปปินส์}, {ไทย, พม่า}, {ไทย, ฟิลิปินส์}, {พม่า, ฟิลิปปินส์} และ {ไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์} จะเห็นได้ว่าการรวมกลุ่มสามารถเป็นได้ตั้งแต่เอเจนต์ของแต่ละประเทศสามารถแยกตัวอยู่เดี่ยวๆ (Singleton Coalition) การรวมกลุ่มกันของสองเอเจนต์หรือมากกว่าไปจนกระทั่งถึงการรวมกลุ่มของทุกๆ เอเจนต์ (Grand Coalition) ในระบบ

ในทฤษฎีการรวมกลุ่มจะกำหนดให้มีฟังก์ชั่นกำหนดมูลค่าของกลุ่ม (Characteristic Function) ซึ่งจะทำหน้าที่กำหนดผลประโยชน์หรือมูลค่า ($\upsilon_{(s)}$) ที่จะเกิดจากการรวมกลุ่มให้แก่กลุ่มต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น

υ(ไทย) = 12.0 , υ(พม่า) = 20.8, υ(ฟิลิปปินส์) = 3.3,

υ(ไทย, พม่า) = 32.95, υ(ไทย, ฟิลิปปินส์) = 16.8,

υ(พม่า, ฟิลิปปินส์) = 32.6,

υ(ไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์) = 40

หมายถึงมูลค่ากลุ่มที่ประกอบด้วย {ไทย}, {พม่า}, {ฟิลิปปินส์}, {ไทย, พม่า}, {ไทย, ฟิลิปินส์}, {พม่า, ฟิลิปปินส์} และ {ไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์} ตามลำดับ ภายหลังจากการต่อรองส่วนแบ่งระหว่างกันแล้วในท้ายที่สุดแล้วเอเจนต์จะตัดสินใจรวมกลุ่มกันอย่างใดอย่างหนึ่ง ลักษณะการรวมกลุ่มนั้นๆ เรียกว่า โครงสร้างการรวมกลุ่ม (Coalition Structure: CS) จะเห็นได้ว่าในระบบนี้จะมี CS ทั้งหมดอยู่ 5 แบบ ได้แก่ {{ไทย}, {พม่า}, {ฟิลิปปินส์}}, {{ไทย, พม่า}, {ฟิลิปปินส์}}, {{ไทย, ฟิลิปปินส์}, {พม่า}}, {{ไทย}, {พม่า, ฟิลิปปินส์}} และ{{ไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์}} ซึ่งสามารถหามูลค่าของโครงสร้างการรวมกลุ่ม (Coalition Structure Value) ได้ดังสมการที่ 1

$$\upsilon(CS) = \sum_{S \in CS} \upsilon_{(s)} \quad (1)$$

สิ่งสำคัญในภาพรวมของระบบคือโครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุด (Optimal Coalition Structure) คือ

$$\upsilon(CS)^* = \text{argmax} \sum_{S \in CS} \upsilon_{(s)} \quad (2)$$

จากสมการที่ 2 แสดงรูปแบบโครงสร้างการรวมกลุ่มที่มีผลรวมของมูลค่ากลุ่มสูงสุด เช่น จากโครงสร้างการรวมกลุ่มทั้ง 5 ลักษณะที่มีมูลค่าดังนี้ υ({ไทย}, {พม่า}, {ฟิลิปปินส์}) =12.0 + 20.8 + 3.3 = 36.1, υ({ไทย , พม่า}, {ฟิลิปปินส์}) = 32.95 + 3.3 = 36.25, υ({ไทย, ฟิลิปปินส์}, {พม่า}) = 16.8 + 20.8 = 37.6, υ({ไทย}, {พม่า, ฟิลิปปินส์}) = 12.0 + 32.6 = 44.6, υ({ไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์}) = 40 ดังนั้นโครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุด (CS*) คือ {ไทย}, {พม่า, ฟิลิปปินส์} และ υ(CS)* คือ 44.6

2.4 The Power Trading Agent Competition

จากการศึกษางานวิจัยนี้ Ketter และคณะ[8] ได้เสนอการจำลองการทำงานของเพาเวอร์แท็ค(Power TAC) ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นแบบจำลองการแข่งขันที่มีรูปแบบเสรีในตลาดค้าปลีกและค้าส่งของพลังงานไฟฟ้าระหว่างโบร์กเกอร์ ที่จะต้องแข่งกันหาลูกค้าที่ต้องการใช้งานพลังงานไฟฟ้าและผู้ประกอบการที่ผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีการจำลองสภาพแวดล้อมรูปแบบของการตลาดขายส่งพลังงานไฟฟ้า การควบคุมการกระจายของผลประโยชน์และจำนวนประชาชนที่เป็นลูกค้า จะมีโบร์กเกอร์เป็นผู้ขายส่งและขายปลีกพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งแบบจำลองของผู้ประกอบการที่มีความหลากหลายของหน่วยองค์กรเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรมหลายแห่งที่มีกำลังการผลิต

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาลักษณะการกระจายตัวของส่วนแบ่งตามขนาดของกลุ่ม โดยการนำข้อมูลจริงของอาเซียนเพาเวอร์กริด(ASEAN Power Grid) ที่มีทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในภูมิภาคอาเซียนมาคิดคำนวณในการจัดสรรส่วนด้วยกระบวนการของอัลกอริทึมค่าแชปลีย์

3.1 ข้อมูลจริงของอาเซียนเพาเวอร์กริด

ข้อมูลสมาชิกในกลุ่มประเทศที่เป็นสมาชิกของภูมิภาคอาเซียนที่มีแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น พลังงานน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และพลังงานน้ำ แสดงดังตารางที่ 1.

ตารางที่ 1. แหล่งทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าของภูมิภาคอาเซียน [1]

สมาชิกในกลุ่มประเทศอาเซียนเพาเวอร์กริด	น้ำมัน (ล้านบาเรล)	ก๊าซธรรมชาติ (ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต)	ถ่านหิน (ล้านตัน)	พลังน้ำ (เมกะวัตต์)
อินโดนีเซีย	3,750	112.5	5,529	245,091
มาเลเซีย	5,357	82.4	4	26,256
บรูไน	1,200	12.4	-	-
เวียดนาม	4,700	7.7	150	34,247
ไทย	453	12.0	1,239	2,055
พม่า	50	20.8	2	39,726
ฟิลิปปินส์	138	3.3	316	5,365
ลาว	-	-	503	26,598
กัมพูชา	-	-	-	10,046
สิงคโปร์	-	-	-	-

3.2 อัลกอริทึมค่าแชปลีย์ที่ใช้ในการทดสอบ

อัลกอริทึมที่นำมาใช้เพื่อคำนวณหาส่วนแบ่งของประเทศในภูมิภาคอาเซียนเพาเวอร์กริด (APG: ASEAN Power Grid) แสดงการอธิบายตัวแปรในอัลกอริทึมค่าแชปลีย์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงการอธิบายตัวแปรที่ใช้ในอัลกอริทึมค่าแชปลีย์

ตัวแปร	อธิบายตัวแปร
P	เซตของ permutation โดย $p \in P$ หรือกลุ่มเอเจนต์ในกลุ่ม p โดย $APG_j < APG_k$
APG_j	ประเทศที่เป็นสมาชิกใน ASEAN Power Grid ที่ถูกเรียงลำดับการเข้าร่วมกลุ่มโดยที่ 1 <= j
APG_k	ประเทศที่เป็นสมาชิกใน ASEAN Power Grid ที่ถูกเรียงลำดับการเข้าร่วมกลุ่มโดยที่ k <= n
$S(APG_j)$	กลุ่มเก่าที่มีสมาชิกเรียงตาม permutation ถึง APG_j
$S(APG_k)$	กลุ่มใหม่ที่มีสมาชิกเรียงตาม permutation ถึง APG_k
$\upsilon(Sapg_j)$	มูลค่ากลุ่มเก่า

ตัวแปร	อธิบายตัวแปร
$\upsilon(Sapg_k)$	มูลค่ากลุ่มใหม่
$C^P_{apg_k}$	Contribution ของ apg_k ใน P
Avg	ค่าเฉลี่ยของกำไรที่ถูกจัดสรรอย่างยุติธรรม

Algorithm 1: Modifier Shapley Value

```
1:  APG = argmax∑_{s∈apg}
2:  for each p ∈ P do
3:     Set APG_j = null
4:     for each APG_j ∈ p do
5:        set S(APG_j) = S(APG_k) U APG_j
6:        C^p_{apg_k} = υ(S(apg_k)) − υ(S(apg_j))
7:        S(apg_j) = S(apg_k)
8:     end for
9:     for APG_j ∈ APG do
10:       C(apg_j, p) = ∑_{i=0}^{p} C^p_{apg_k}
11:    end for
12:    Arg = 1/APG C(apg_j , p)
13: end for
14: return Arg
```

Algorithm 1 แสดงขั้นตอนการทำงานพร้อมยกตัวอย่างในการคำนวณหาส่วนแบ่งของกลุ่มสมาชิกในภูมิภาคอาเซียนเพาเวอร์กริดที่มีแหล่งทรัพยากรก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยการใช้หลักการของแชปลีย์ ดังต่อไปนี้

1) การหาจำนวนการเรียงลำดับของสมาชิกในกลุ่มประเทศอาเซียนเพาเวอร์กริด ซึ่งแสดงใน for บรรทัดที่ 2 ยกตัวอย่างที่พิจารณา 3 ประเทศ ประกอบด้วยประเทศ {ไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์} จะได้การเรียงลำดับของกลุ่ม คือ 3! = 6 รายการ และหากพิจารณาทั้ง 7 ประเทศ คือ {อินโดนีเซีย, มาเลเซีย, บรูไน, เวียดนาม, ไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์} จะได้การเรียงลำดับของกลุ่ม คือ 7! = 5,040 รายการ จากนั้นจึงกำหนดให้ประเทศในกลุ่ม APG ที่ได้เรียงเข้ากลุ่มแล้วมีค่าเป็น null

2) การคำนวณหาส่วนแบ่งให้กับสมาชิกตามหลักค่าแชปลีย์ โดย for ในบรรทัดที่ 4 สำหรับแต่ละการเรียงลำดับสมาชิกของกลุ่ม APG ภายใน for ของการเรียงลำดับจะวนลูปเพื่อทำการคำนวณหามูลค่าที่แต่ละประเทศในกลุ่ม APG_j นำมามอบให้กับกลุ่ม จากนั้นคำนวณหามูลค่าที่แต่ละประเทศในกลุ่ม APG_j นำมามอบให้กับกลุ่มโดยคำนวณจากการนำมูลค่าของกลุ่ม APG ใหม่($\upsilon(Sapg_k)$)ลบกับมูลค่ากลุ่มของกลุ่ม APG เก่า ($\upsilon(Sapg_j)$) (ในบรรทัดที่ 6) ยกตัวอย่างเช่นพิจารณากลุ่ม 3 ประเทศ คือ {ไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์} เริ่มจากประเทศสมาชิกแรก คือ ประเทศไทยมีมูลค่าของทรัพยากรก๊าซธรรมชาติเป็น 12.0 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต ซึ่งเป็นมูลค่าที่เกิดจากการร่วมมือเพียงลำพัง ต่อมามีประเทศสมาชิกที่สองคือประเทศพม่า ทำให้เกิดการเพิ่มมูลค่า โดยการนำมูลค่าของกลุ่มใหม่มาลบกับมูลค่าของกลุ่มเก่าดังนี้ $\upsilon(S_{ไทย,พม่า}) - \upsilon(S_{ไทย}) = 32.95 - 12.0 = 20.95$ ซึ่งเป็นมูลค่าที่เกิดจากการร่วมมือของ {ไทย, พม่า} จากนั้นประเทศที่สามที่เข้ามาเป็นสมาชิกคือประเทศฟิลิปปินส์ ทำให้เกิดการเพิ่มมูลค่า โดยการนำมูลค่ากลุ่มใหม่ลบกับมูลค่ากลุ่มเก่า ดังนี้ $\upsilon(S_{ไทย,\ พม่า,\ ฟิลิปปินส์}) - \upsilon(S_{ไทย,พม่า}) = 40 - 32.95 = 7.05$ ล้านล้านลูกบาศก์ ซึ่งเป็นมูลค่าที่เกิดจากการร่วมมือกันของ {ไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์} และเมื่อพิจารณาการร่วมมือของ {ฟิลิปปินส์, พม่า, ไทย} การเพิ่มมูลค่าของแต่ละประเทศ เพื่อการร่วมมือกัน ดังนี้

ประเทศฟิลิปปินส์: $\upsilon(S_{ฟิลิปปินส์}) - \upsilon(\emptyset) = 3.3 - 0 = 3.3$ (3)

ประเทศพม่า: $\upsilon(S_{ฟิลิปปินส์,\ พม่า}) - \upsilon(S_{ฟิลิปปินส์}) = 32.6 - 3.3 = 29.3$ (4)

ประเทศไทย: $\upsilon(S_{ฟิลิปปินส์,\ พม่า,\ ไทย}) - \upsilon(S_{ฟิลิปปินส์,\ พม่า}) = 40 - 32.6 = 7.4$ (5)

และทำซ้ำในกระบวนการคำนวณมูลค่าที่แต่ละประเทศในภูมิภาคอาเซียนเพาเวอร์กริด โดยแบ่งตามแหล่งทรัพยากรที่แต่ละประเทศนำเข้ามาเพิ่มยังกลุ่มจนครบ ดังแสดงตัวอย่างมูลค่าที่ได้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. แสดงตัวอย่างการจัดสรรส่วนแบ่งของอาเซียนเพาเวอร์กริด

Order	Contribution of APG		
	ฟิลิปปินส์	พม่า	ไทย
{ฟิลิปปินส์, พม่า, ไทย}	3.3	29.3	7.4
{ฟิลิปปินส์, ไทย, พม่า}	3.3	13.5	23.2
{พม่า, ฟิลิปปินส์, ไทย}	11.8	20.8	7.4
{พม่า, ไทย, ฟิลิปปินส์}	7.05	20.8	12.15
{ไทย, ฟิลิปปินส์, พม่า}	4.8	32.2	12
{ไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์}	7.05	20.95	12
Sum of Contribution	37.3	137.55	74.15
Average of Contribution	6.22	22.93	12.36

จากนั้นทำการหาผลรวมของมูลค่าที่แต่ละเอเจนต์นำมามอบให้กับกลุ่ม(ในบรรทัดที่ 10) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

Sum of Contribution (ประเทศฟิลิปปินส์)

$= 3.3 + 3.3 + 11.8 + 7.05 + 4.8 + 7.05 = 37.3$ (6)

Sum of Contribution (ประเทศพม่า)

$= 29.3 + 13.5 + 20.8 + 20.8 + 32.2 + 20.95 = 137.55$ (7)

Sum of Contribution (ประเทศไทย)

$= 7.4 + 23.2 + 7.4 + 12.15 + 12 + 12 = 74.15$ (8)

จากนั้นจึงทำการหาการกระจายค่าเฉลี่ยของแต่ละประเทศ ใน 6 รายการที่เกิดจากความร่วมมือกัน (ในบรรทัดที่ 12) สำหรับค่าแชปลีย์ที่ได้นั่นคือ

$1/6\ (37.3, 137.55, 74.15) = (6.22, 22.93, 12.36)$ (9)

(6.22, 22.93, 12.36; ฟิลิปปินส์, พม่า, ไทย) เป็นค่าของแชปลีย์ที่มีการจัดสรรการแบ่งบันส่วนแบ่งแก่ประเทศที่เป็นสมาชิกของอาเซียนเพาเวอร์กริดแต่ละประเทศที่มีทรัพยากรก๊าซธรรมชาติตามลำดับความสำคัญของมูลค่าที่ประเทศนั้นๆนำมามอบให้กับกลุ่มอาเซียนเพาเวอร์กริด

3.3 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากการศึกษาลักษณะการกระจายตัวของส่วนแบ่งตามขนาดของกลุ่มจากอัลกอริทึมค่าแชปลีย์ ดังตารางที่ 4 ถึงตารางที่ 7

ตารางที่ 4. ผลการกระจายตัวของส่วนแบ่งตามขนาดของกลุ่มทรัพยากรน้ำมัน

กลุ่มประเทศที่มีทรัพยากรน้ำมัน						
อินโดนีเซีย	มาเลเซีย	บรูไน	เวียดนาม	ไทย	พม่า	ฟิลิปปินส์
9.5	25.6	4.5	22.12	2.5	1.2	5.78

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นลักษณะส่วนแบ่งของแต่ละประเทศในอาเซียนเพาเวอร์กริดที่มีแหล่งทรัพยากรน้ำมัน ด้วยหลักการค่าแชปลีย์พบว่า ลักษณะการกระจายของมูลค่ากลุ่มอาเซียนกับขนาดของกลุ่มอาเซียน ประเทศที่มีการกระจายส่วนแบ่งสูงที่สุดในกลุ่มอาเซียนเพาเวอร์กริดคือประเทศมาเลเซียมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 25.6%, รองลงมาคือประเทศเวียดนามมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 22.12%, ประเทศอินโดนีเซียมีการกะจายส่วนแบ่งที่ 9.5%, ประเทศฟิลิปปินส์มีการกระจายส่วนแบ่งที่ 5.78%, ประเทศบรูไนมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 4.5%, ประเทศไทยมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 2.5%และประเทศที่มีการกระจายส่วนแบ่งน้อยที่สุดคือประเทศพม่า 1.2 %

ตารางที่ 5. ผลของการกระจายตัวของส่วนแบ่งตามขนาดของกลุ่มทรัพยากรก๊าซธรรมชาติ

กลุ่มประเทศที่มีทรัพยากรก๊าซธรรมชาติ						
อินโดนีเซีย	มาเลเซีย	บรูไน	เวียดนาม	ไทย	พม่า	ฟิลิปปินส์
75.12	41.05	31.52	5.64	31	39.2	2.13

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นลักษณะส่วนแบ่งของแต่ละประเทศในอาเซียนเพาเวอร์กริดที่มีแหล่งทรัพยากรก๊าซธรรมชาติ ด้วยหลักการของค่าแชปลีย์พบว่า ลักษณะการกระจายของมูลค่ากลุ่มอาเซียนกับขนาดของกลุ่มอาเซียน ประเทศที่มีการกระจายส่วนแบ่งสูงที่สุดในกลุ่มอาเซียนเพาเวอร์กริดคือประเทศอินโดนีเซียมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 75.12%, รองลงมาคือประเทศมาเลเซียมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 41.05%, ประเทศพม่ามีการกะจายส่วนแบ่งที่ 39.2%, ประเทศบรูไนมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 31.52%, ประเทศไทยมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 31%, ประเทศเวียดนามมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 5.64%และประเทศที่มีการกระจายส่วนแบ่งน้อยที่สุดคือประเทศฟิลิปปินส์ 2.13 %

ตารางที่ 6. ผลของการกระจายตัวของส่วนแบ่งตามขนาดของกลุ่มทรัพยากรถ่านหิน

กลุ่มประเทศที่มีทรัพยากรถ่านหิน						
อินโดนีเซีย	มาเลเซีย	เวียดนาม	ไทย	พม่า	ฟิลิปปินส์	ลาว
90.26	2.24	3.54	5.64	1.16	3.64	2.98

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นลักษณะส่วนแบ่งของแต่ละประเทศในอาเซียนเพาเวอร์กริดที่มีแหล่งทรัพยากรถ่านหิน ด้วยหลักการค่าแชปลีย์พบว่า ลักษณะการกระจายของมูลค่ากลุ่มอาเซียนกับขนาดของกลุ่มอาเซียน ประเทศที่มีการกระจายส่วนแบ่งสูงที่สุดในกลุ่มอาเซียนเพาเวอร์กริดคือประเทศอินโดนีเซียมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 90.26%, รองลงมาคือประเทศไทยมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 5.64%, ประเทศฟิลิปปินส์มีการกะจายส่วนแบ่งที่ 3.64%, ประเทศเวียดนามมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 3.54%, ประเทศลาวมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 2.98%, ประเทศมาเลเซียมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 2.24%และประเทศที่มีการกระจายส่วนแบ่งน้อยที่สุดคือประเทศพม่า 1.16 %

ตารางที่ 7. ผลของการกระจายตัวของส่วนแบ่งตามขนาดของกลุ่มทรัพยากรพลังน้ำ

กลุ่มประเทศที่มีทรัพยากรพลังน้ำ							
อินโดนีเซีย	มาเลเซีย	เวียดนาม	ไทย	พม่า	ฟิลิปปินส์	ลาว	กัมพูชา
98.25	65.6	75.57	36.24	78.2	53.1	65.9	42.7

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นลักษณะส่วนแบ่งของแต่ละประเทศในอาเซียนเพาเวอร์กริดที่มีแหล่งทรัพยากรถ่านหิน ด้วยหลักการค่าแชปลีย์พบว่า ลักษณะการกระจายของมูลค่ากลุ่มอาเซียนกับขนาดของกลุ่มอาเซียน ประเทศที่มีการกระจายส่วนแบ่งสูงที่สุดในกลุ่มอาเซียนเพาเวอร์กริดคือประเทศอินโดนีเซียมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 98.25%, รองลงมาคือประเทศพม่ามีการกระจายส่วนแบ่งที่ 78.2%, ประเทศเวียดนามมีการกะจายส่วนแบ่งที่ 75.57%, ประเทศลาวมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 65.9%, ประเทศมาเลเซียมีการกระจายส่วนแบ่งที่ 65.6%, ประเทศฟิลิปปินส์มีการกระจายส่วนแบ่งที่ 53.1%และประเทศที่มีการกระจายส่วนแบ่งน้อยที่สุดคือประเทศกัมพูชา 42.7 %

4. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2012, Cited 28 ธันวาคม 2556). *ASEAN Power Grid* [Online]. Available: http://www2.egat.co.th/apg/index.php?option=com_content&view=featured&Itemid=435

[2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2012, Cited 16 เมษายน 2556). การเชื่อมโยงระบบไฟฟ้าในอาเซียน [Online]. Available: http://www.temcathai.com/magazine/documents/volume_1 9 _issue_ 1/temca_magazine_19_1_54.pdf

[3] J. Kahan and A. Rapoport, *Theories of Coalition Formation*: Lawrence Erlbaum Assoiates, May 1984.

[4] M. Wooldridge, *An Introduction to Multiagent Systems*. England: John Wiley & Sons Ltd, 2002.

[5] G. Weiss, *Multiagent Systems*. London: MIT Press Cambridge Massachusetts, 1999.

[6] V. J. Botti. (2004, Cited January 2004). *Multi-Agent System Technology in a Port Container Terminal Automation* [Online]. Available: http://www.ercim.eu/publication/Ercim_News/enw56/botti.html

[7] G. owen, *Game theory*. London: W. B. Saunders Company, 1968.

[8] W. Ketter, J. Collins, P. Reddy, and C. Flath, *The Power Trading Agent Competition*: Erasmus Universiteit Rotterdam, 2011.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การวินิจฉัยความผิดปกติตัวนำโรเตอร์แตกของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้สเปคตรัมกระแสสเตเตอร์เพื่อลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้า

Fault diagnosing of Broken Rotor Bar in Squirrel-Cage Induction Motor Using Stator Current Spectrum to Reduce the Power Losses

ณัฐพล สิทธิศรีจันทร์[1], สิทธิพงษ์ เพ็งประเดิม[2], สมพร เรืองสินชัยวานิช[3]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

[2]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

[3]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: nataphon_ee@hotmail.com[1], aonengi@hotmail.com[2], sompornru@yahoo.co.uk[3]

บทคัดย่อ

มอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าหลักในภาคอุตสาหกรรม และครัวเรือน บ่อยครั้งความเสียหายของมอเตอร์ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเสนอการวินิจฉัยความผิดปกติตัวนำโรเตอร์แตกจากสเปคตรัมกระแสสเตเตอร์เพื่อตรวจสอบความเสียหายให้กับมอเตอร์นำไปสู่การบำรุงรักษาเพื่อลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้า

Abstract

Induction motors are main electrical devices in industry and households. Often, the damage of the motor causes the increase of power losses. Therefore, this research proposes a fault diagnosing of broken rotor bars using the stator current spectrum to check for damage to the motor in order to the maintenance to reduce the power losses.

***Keywords*:** induction motor, diagnosing, broken rotor bars.

1. บทนำ

ปัจจุบันมอเตอร์เหนี่ยวนำถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งในอุตสาหกรรม และในครัวเรือน เนื่องจากมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลในรูปแบบของการหมุน เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกต่างๆ แต่บ่อยครั้งที่มอเตอร์ได้รับความเสียหายโดยไม่สามารถตรวจพบความเสียหายนั้นได้ ทำให้มอเตอร์เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียเพิ่มขึ้น และใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าให้คุ้มค่าเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในปัจจุบัน เนื่องจากการได้มาในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ต้องใช้พลังงานจากปิโตรเลียม เช่น ก๊าซธรรมชาติ, น้ำมัน และถ่านหิน เรียกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล เกิดจากการทับถมของซากพืช ซากสัตว์ในอดีต และเป็นพลังงานใช้แล้วหมดไป

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีการวินิจฉัยความผิดปกติเนื่องจากตัวนำโรเตอร์แตกด้วยสเปคตรัมกระแสสเตเตอร์เพื่อการตรวจสอบความเสียหายนำไปสู่การบำรุงรักษาเพื่อลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้า

2. การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส

เมื่อพิจารณาผังการไหลของกำลังไฟฟ้า (Power-Flow) สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ดังรูปที่ 1 เมื่อกำหนดให้ [1]

P_{in} คือ กำลังไฟฟ้าอินพุตที่จ่ายเข้าขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ (Input Power)

P_{AG} คือ กำลังไฟฟ้าในช่องอากาศ (Air-gap Power)

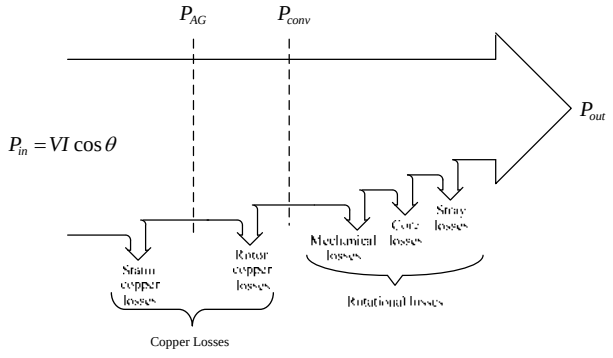
P_{conv} คือ กำลังกลที่เกิดขึ้นกับโรเตอร์

P_{out} คือ กำลังเอาท์พุตที่เพลาของโรเตอร์ (Output Power)

อย่างไรก็ตาม กำลังไฟฟ้าในช่องอากาศจะเกิดขึ้นจากเส้นแรงแม่เหล็กสองทิศทางคือ ทิศทางปกติ (F) และทิศทางตรงกันข้าม (B) ดังนั้น P_{AG} จึงหาได้จากสมการ

$$P_{AG,(F)} = I_1^2(0.5R_F) \tag{1}$$

$$P_{AG,(B)} = I_1^2(0.5R_B) \tag{2}$$



รูปที่ 1. ผังการไหลของพลังงานในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส

กำลังไฟฟ้าที่ช่องอากาศมี 2 ทิศทาง ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่ช่องอากาศรวม คือ ผลต่างของกำลังไฟฟ้าในสมการ (1) และ (2) ดังนี้

$$P_{AG} = P_{AG(F)} - P_{AG(B)} \tag{3}$$

เมื่อกำหนดให้ P_{RCL} คือกำลังสูญเสียในขดลวดของโรเตอร์ ดังนั้น

$$P_{RCL} = P_{RCL(F)} - P_{RCL(B)} \quad (4)$$

แต่ $$P_{RCL(F)} = sP_{AG(F)} \quad (5)$$

และ $$P_{RCL(B)} = (2-s)P_{AG(B)} \quad (6)$$

กำลังทางกลที่เกิดขึ้นกับโรเตอร์มีความสัมพันธ์กับทอร์คและความเร็วของมอเตอร์ ดังนั้น

$$P_{conv} = \tau_{ind}\omega_m \quad (7)$$

แต่ $$\omega_m = (1-s)\omega_{sync} \quad (8)$$

จากสมการ $$\tau_{ind} = \frac{P_{AG}}{\omega_{sync}} \quad (9)$$

ดังนั้น $$P_{conv} = (1-s)P_{AG} \quad (10)$$

สามารถคำนวณหาค่ากำลังเอาท์พุต (Output Power) ได้ดังสมการ

$$P_{out} = P_{conv} - P_{rot} = P_{conv} - (P_{core} + P_{mech} + P_{stray}) \quad (11)$$

เมื่อทราบค่ากำลังเอาท์พุตของมอเตอร์และค่าความเร็วเชิงมุมมอเตอร์แล้ว สามารถคำนวณหาค่าแรงบิดที่เพลาโรเตอร์ (Shaft Torque or Load - Torque) ได้จากสมการ

$$\tau_{shaft} = \frac{P_{out}}{\omega_m} \quad (12)$$

หลังจากทราบค่ากำลังอินพุต และกำลังเอาท์พุตของมอเตอร์ สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ (Efficiency: η) ได้ดังสมการ

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (13)$$

3. การวินิจฉัยตัวนำโรเตอร์แตกด้วยสเปคตรัมกระแสสเตเตอร์

การทดลองการตรวจจับความเสียหายของแท่งตัวนำโรเตอร์แตกหักในเครื่องจักรกลไฟฟ้าอินดักชั่น ใช้วิธีการวิเคราะห์สัญญาณกระแส (Motor Current Signature Analysis, MCSA) กล่าวคือ เมื่อเกิดกรณีแท่งตัวนำผิดปกติหรือแตกหักเกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสสเตเตอร์ที่ความถี่ตามสมการ (14) [2- 3]

$$f_{sb} = (1 \pm 2ks) f_e \quad (14)$$

เมื่อ f_{sb} คือ ความถี่ที่เกิดจากแท่งตัวนำเสียหาย, f_e คือ ความถี่ของแหล่งจ่าย, s คือ ค่าสลิปของมอเตอร์ และ $k = 1, 2, 3, \ldots$ ค่าสลิป s นิยามโดยความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทางกล n_m กับความเร็วซิงโครนัส n_s

$$s = \frac{n_s - n_m}{n_s} \quad (15)$$

ความเร็วซิงโครนัส n_s มีสัมพันธ์กับความถี่ของแหล่งจ่าย f_e ดังนี้

$$n_s = \frac{120 \times f_e}{P} \quad (16)$$

เมื่อ P คือจำนวนโพลของมอเตอร์

ในการตรวจจับสัญญาณกระแสสเตเตอร์ของมอเตอร์ได้ทำการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์ โดยข้อมูลของกระแสไฟฟ้าจะถูกบันทึกโดยใช้ออสซิโลสโคป มีอัตราการสุ่ม (Sampling) 2 กิโลเฮิร์ทซ และได้บันทึกขนาดข้อมูลทั้งหมด 10,000 ข้อมูล ดังนั้นค่าความละเอียดของความถี่ (Frequency resolution) มีค่าเท่ากับ 0.2 เฮิร์ทซ ซึ่งหาได้จาก

$$\text{ความละเอียดของความถี่} = \frac{f_s}{N} \quad (17)$$

โดย f_s คือ ความถี่แซมปลิ้ง (Sampling)

N คือ จำนวนข้อมูล

ขนาดความละเอียดของความถี่เท่ากับ 0.2 เฮิร์ทซ เพียงพอที่จะค้นพบฮาร์โมนิคที่แสดงให้เห็นถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวนำโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ จากนั้นทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมแมทแล็ป (Matlab) และแปลงให้อยู่ในโดเมนความถี่ โดยใช้การแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (Fast Fourier -Transform: FFT) เพื่อวิเคราะห์หาสเปคตรัมความผิดปกติของมอเตอร์ที่เกิดขึ้น

4. กรณีการศึกษาทดลอง

มอเตอร์ที่นำมาใช้ในการทดลอง คือ มอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ชนิดมอเตอร์สปลิตเฟส (Split Phase Induction Motor) ในส่วนของรายละเอียดของมอเตอร์แสดงในตาราง 1 โดยโครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส แสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 1. รายละเอียดของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ในการทดลอง

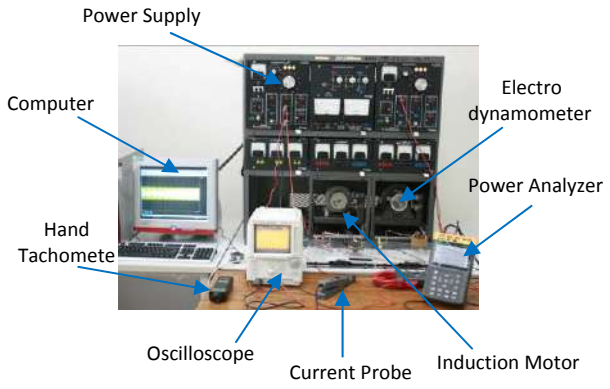
กำลังไฟฟ้า (W)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ความเร็วรอบ (rpm)	จำนวนโพลมอเตอร์ (P)	จำนวนตัวนำโรเตอร์
186.5	220	2.4	1425	4	44



a) b)

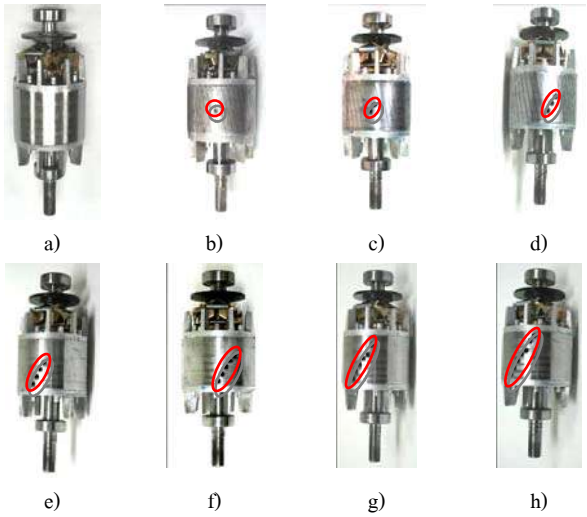
รูปที่ 2. โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส a) สเตเตอร์ b) โรเตอร์

ในส่วนของชุดอุปกรณ์ในการทดลองเพื่อตรวจสอบความเสียหายของตัวนำโรเตอร์แตก ประกอบด้วย 8 ส่วนหลัก คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply), โพรบวัดกระแส (Current Probe), ชุดปรับโหลดของมอเตอร์ (Electrodynamometer), เครื่องวัดความเร็วรอบ (Hand-Tachometer), มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor), ออสซิโลสโคป (oscilloscope), คอมพิวเตอร์ (Computer), และชุดวัดกำลังไฟฟ้า (Power-Analyzer), ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3. ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมอเตอร์

รูปที่ 4 แสดงรูปถ่ายโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ในการทดลอง จะประกอบด้วยตัวนำโรเตอร์ปกติ และตัวนำโรเตอร์แตกในลักษณะที่ติดกัน เพื่อทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำในแต่ละกรณี พร้อมการตรวจจับสเปคตรัมกระแสสเตเตอร์เพื่อทำการวินิจฉัยความผิดปกติที่จะเกิดขึ้นของมอเตอร์



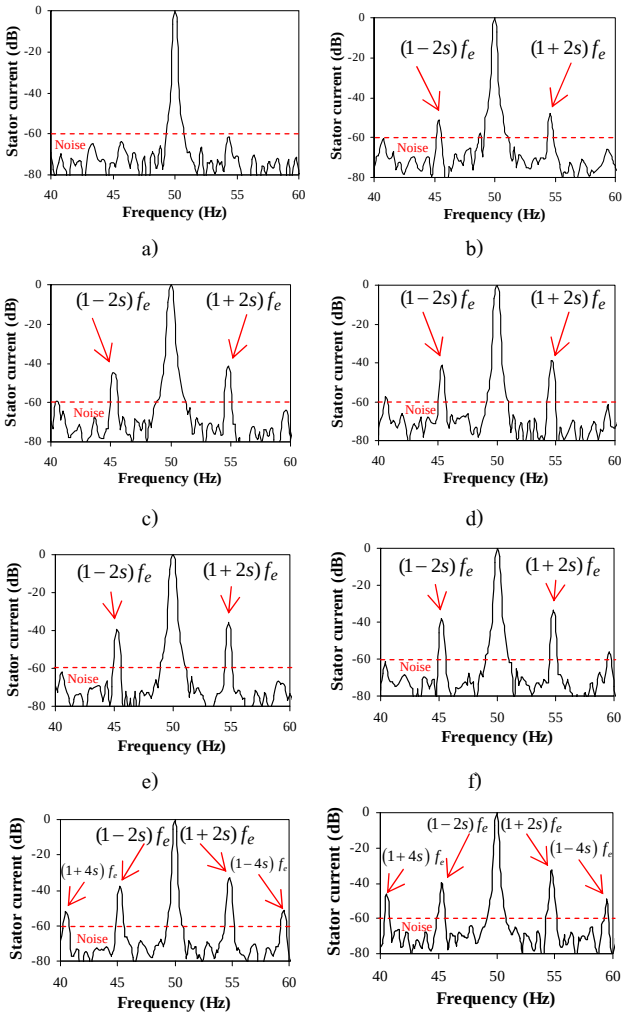
รูปที่ 4. โรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ที่ใช้ในการทดลอง
a) โรเตอร์ปกติ b) 1 ตัวนำแตก c) 2 ตัวนำแตก d) 3 ตัวนำแตก
e) 4 ตัวนำแตก f) 5 ตัวนำแตก g) 6 ตัวนำแตก h) 7 ตัวนำแตก

5. ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะแสดงกรณีศึกษาของตัวนำโรเตอร์แตก และตัวนำโรเตอร์ปกติรวมกัน 8 กรณี ซึ่งจะแบ่งผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

5.1 ผลการทดลองการวินิจฉัยตัวนำโรเตอร์แตกด้วยสเปคตรัมกระแสสเตเตอร์

การวินิจฉัยตัวนำโรเตอร์แตกด้วยสเปคตรัมกระแสสเตเตอร์เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกในการตรวจสอบความผิดปกติเนื่องจากไม่ต้องถอดชิ้นส่วนของอุปกรณ์มอเตอร์ หรือต่ออุปกรณ์เข้าไปให้เกิดความยุ่งยากในขณะทำงาน เพียงแต่ใช้สัญญาณกระแสสเตเตอร์มาแปลงให้อยู่ในโดเมนความถี่ ดังรูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบสเปคตรัมกระแสสเตเตอร์เมื่อตัวนำโรเตอร์แตก พบว่าสัญญาณกระแสในตำแหน่งความถี่ $(1\pm 2ks)\, f_e$ ที่ได้ทำนายตามสมการ (14) สามารถตรวจสอบความเสียหายได้เพื่อนำไปสู่การซ่อมบำรุง



รูปที่ 5. สเปคตรัมกระแสสเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส
a) โรเตอร์ปกติ b) 1 ตัวนำแตก c) 2 ตัวนำแตก d) 3 ตัวนำแตก
e) 4 ตัวนำแตก f) 5 ตัวนำแตก g) 6 ตัวนำแตก h) 7 ตัวนำแตก

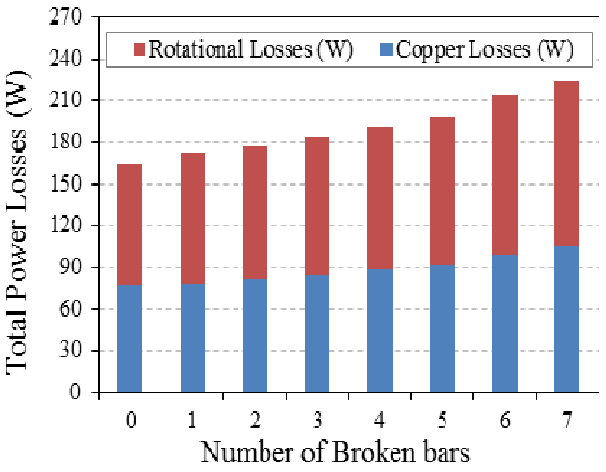
5.2 ผลการทดลองการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าเนื่องจากตัวนำโรเตอร์แตก

โดยทั่วไปมอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อได้รับกำลังไฟฟ้าอินพุตจะมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ เช่น การสูญเสียจากขดลวด(Copper - Losses), การสูญเสียจากการหมุน (Rotation Losses) จนได้กำลังเอาต์พุตในรูปพลังงานงานทางกลที่ขับโหลด ถ้าเกิดความเสียหายต่อตัวนำโรเตอร์จะส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงขึ้น และทำให้กำลังไฟฟ้าอินพุตเพิ่มขึ้นเนื่องจากมอเตอร์เหนี่ยวนำต้องการกำลังเอาต์พุตขับโหลดเท่าเดิม ดังตารางที่ 2 แสดงกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์เมื่อตัวนำโรเตอร์แตกขับโหลด 1.34 [Nm]

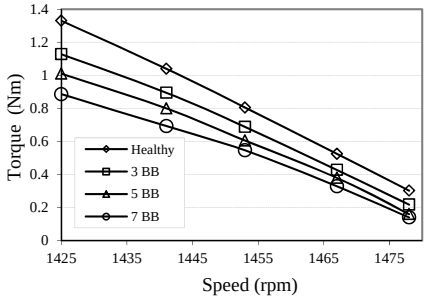
ตารางที่ 2. กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์เมื่อตัวนำโรเตอร์แตกที่พิกัดโหลด

จำนวนตัวนำโรเตอร์แตก	กำลังไฟฟ้าอินพุต [W]	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย [W]	กำลังไฟฟ้าอินพุตที่เพิ่มขึ้น	
			วัตต์ [W]	เปอร์เซ็นต์ (%)
0	364	164	-	-
1	373	173	9	2.5%
2	376	178	12	3.3%
3	382	184	18	4.9%
4	388	191	24	6.6%
5	394	198	30	8.2%
6	409	215	45	12.4%
7	417	224	53	14.6%

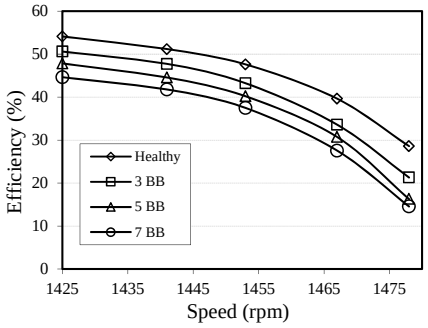
รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบการสูญเสียกำลังไฟฟ้าเมื่อตัวนำโรเตอร์แตกที่พิกัดโหลดในรูปของ การสูญเสียเนื่องจากขดลวด, การสูญเสียเนื่องจากการหมุน พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงขึ้นเมื่อจำนวนตัวนำโรเตอร์แตกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงบิดที่ขับโหลด และประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดลงดังแสดงในรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ



รูปที่ 6. กำลังไฟฟ้าสูญเสียของมอเตอร์เมื่อตัวนำโรเตอร์แตกที่พิกัดโหลด



รูปที่ 7. การเปรียบเทียบทอร์คของมอเตอร์เมื่อตัวนำโรเตอร์แตก



รูปที่ 8. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอเตอร์เมื่อตัวนำโรเตอร์แตก

6. สรุป

ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวนำโรเตอร์แตกจะทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าอินพุตสูงขึ้นตาม ก่อให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการวินิจฉัยตัวนำโรเตอร์แตกด้วยสเปคตรัมกระแสเตอร์สามารถตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนและไม่ยุ่งยาก นำไปสู่การซ่อมบำรุงรักษามอเตอร์เพื่อลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้า

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับการสนับสนุนทุนงานวิจัย, วัสดุ-อุปกรณ์ และเจ้าหน้าที่ สำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] นภัทร วัจนเทพินทร์ และประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ. (2544). ทฤษฎีเครื่องจักรกลไฟฟ้า 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สยามสปอร์ตซินดิเคท จำกัด.

[2] M. E. H. Benbouzid, and G. B. Kliman, “What stator current processing-based technique to use for induction motor rotor faults diagnosis”, IEEE Transactions on Power Engineering Review, Volume 22, Issue 8, August 2002, Page: 62

[3] W. T. Thomson, and M. Fenger, “Current signature analysis to detect induction motor faults”, IEEE Industry Applications Magazine, Volume 7, Issue 4, 2001, Page(s): 26 – 34

หัวข้อ เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ และสิ่งแวดล้อม (21PHY I)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การจัดเตรียมข้อมูลภาพทางการแพทย์เพื่อจัดเก็บในระบบ PACS

Medical Image Preparation for Image Archive into PACS System

ทัศวรรณ พุทธสกุล[1], กษิดิษ ลีละสกุลมีเกียรติ[1], และ มนัส สังวรศิลป์[1]

[1]สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: kang_2528@hotmail.com

บทคัดย่อ

ระบบจัดเก็บและสื่อสารข้อมูลภาพทางการแพทย์ (PACS) คือระบบที่ใช้ในการจัดเก็บรูปภาพทางการแพทย์ และรับ-ส่งข้อมูลภาพ ในรูปแบบ Digital PACS ใช้การจัดการรับส่งข้อมูลผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยการส่งภาพข้อมูลตามมาตราฐาน DICOM ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบการจัดเตรียมข้อมูลภาพทางการแพทย์ขึ้น กระบวนการของระบบเริ่มจากการนำสัญญาณภาพจากเครื่องอัลตร้าซาวด์ , และเครื่องถ่ายภาพตา ทำการบันทึกภาพแบบ single frame และ multi frame จากนั้นทำการแปลงภาพถ่ายทางการแพทย์ในรูปแบบ .BMP หรือ .JPEG ให้เป็นรูปแบบข้อมูลตามมาตรฐาน DICOM และส่งข้อมูลภาพ DICOM จัดเก็บใน PACS server ซึ่งจากผลการทดลองสามารถทำการสื่อสารข้อมูลภาพทางการแพทย์ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้

คำสำคัญ : ระบบจัดเก็บและสื่อสารข้อมูลภาพทางการแพทย์, ภาพไดคอม (DICOM)

Abstract

Picture archiving and communication system (PACS) is used to archive medical images and send image data format in digital PACS, Which is used to manage data transmission via a computer network by sending the image data as the standard DICOM. This paper developed preparation medical image system. The system can record the image signal from ultrasound, and fundus sent to the display unit in the single frame and multi frame image modes. The later convert medical images in .BMP or .JPEG into standard DICOM format and sent to archive PACS server. The resulting can be medical image archiving and computer communication.

***Keywords*:** PACS, DICOM

1. บทนำ

จากปัญหาความหลากหลายในการจัดเก็บภาพทางการแพทย์ อันเนื่องมาจากเครื่องมือแพทย์ที่มีผู้ผลิตที่หลากหลายและมีมาตรฐานในการเก็บและบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ที่ต่างกัน ก่อให้เกิดปัญหาอย่างมากในระบบโทรเวช(Telemedicine) เมื่อมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างโรงพยาบาล ในอดีตนั้นภาพในทางการแพทย์ที่ได้จากเครื่องมือทางรังสีวิทยาต่างๆ เช่น เครื่องถ่ายภาพกำทอนแม่เหล็ก(Magnetic Resonance Imaging, MRI) เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์(Computed Tomography, CT) และเครื่องอัลตราซาวด์ (Ultrasonography, U/S) ต่างก็มีวิธีการแสดงผลและการจัดเก็บภาพในรูปแบบที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับผู้ผลิตเครื่องมือนั้น การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องมือต่างผู้ผลิตกันไม่สามารถทำได้โดยสะดวก ปัจจุบันจึงได้มีการกำหนดมาตรฐาน DICOM ขึ้นสำหรับเครื่องมือแพทย์ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานกลางสำหรับการแลกเปลี่ยนภาพโดยไม่ขึ้นกับผู้ผลิต ถึงแม้ว่าเครื่องมือทางรังสีวิทยารุ่นใหม่จะสามารถให้ข้อมูลภาพที่ได้มาตรฐานภาพทางการแพทย์แล้วก็ตาม แต่ในประเทศไทยยังมีเครื่องมือทางรังสีวิทยารุ่นเก่าที่ไม่ได้รองรับมาตรฐานนี้อยู่อีกเป็นจำนวนมาก หากสามารถทำให้ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบเก่าให้เข้าสู่รูปแบบข้อมูลมาตรฐานนี้ ก็สามารถนำข้อมูลจากเครื่องมือรุ่นเก่าเหล่านั้นเข้าสู่ระบบการสื่อสารภาพรังสีการแพทย์ อันเชื่อมโยงไปยังการใช้งานร่วมกับระบบโทรเวชได้ ส่งผลให้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการของเครื่องมือแพทย์ที่มีอยู่ และสามารถประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือรุ่นใหม่ลงได้

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยการจัดเตรียมข้อมูลภาพทางการแพทย์เพื่อจัดเก็บในระบบ PACS สามารถแบ่งส่วนการดำเนินการเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการบันทึกภาพซึ่งทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์จับสัญญาณภาพ ส่วนที่ 2 จัดเก็บข้อมูลภาพที่ได้, ข้อมูลผู้ป่วย, ข้อมูลบุคลากรทางการแพทย์ และข้อมูลการตรวจวินิจฉัย เพื่อแปลงข้อมูลให้เข้าสู่ข้อมูลแบบไดคอม

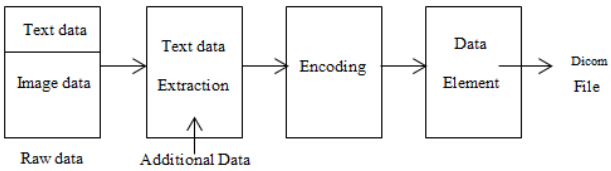
2.1 การจับภาพผ่านอุปกรณ์จับสัญญาณภาพ

งานวิจัยนี้ทำการจัดเก็บข้อมูลภาพ โดยการเลือกที่จะทำการจัดเก็บข้อมูลภาพจากสัญญาณวีดีโอ ซึ่งเป็นสัญญาณอะนาลอก โดยใช้อุปกรณ์จับสัญญาณภาพ (Video Capture Card) รุ่น AverMedia EZMaker SDK Express C725 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมการจับภาพผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณภาพ จะดำเนินการผ่านวินโดวส์คลาส AVICap (AVICAP Windows Class) ซึ่งทำหน้าที่เป็นอินเตอรเฟสระหว่างแอพพลิเคชั่น (Appilcation) กับดีไวซ์ไดร์ฟเวอร์ (Device Driver) เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับสัญญาณภาพ ให้ดำเนินการบันทึกสัญญาณภาพได้ทั้งภาพเดี่ยวและภาพชุด โดยใช้โปรแกรม MATLAB ในการสร้างแอพพลิเคชั่น ซึ่งเครื่องมือที่ได้ทำการจับภาพนั้นได้ใช้เครื่องมือในสาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต โดยทำการจับภาพจากเครื่อง Ultrasound และเครื่อง Fundus โปรแกรมสามารถทำการจัดเก็บข้อมูลภาพจากสัญญาณวีดีโอโดยมีค่าความละเอียด 640×480 จัดเก็บในแบบภาพเฟรม

เดียว หรือ ภาพเฟรมต่อเนื่องด้วยอัตรา 30 ภาพต่อวินาที แบบวินโดวล์บิตแมพไฟล์ที่มีส่วนขยายของไฟล์เป็น .BMP

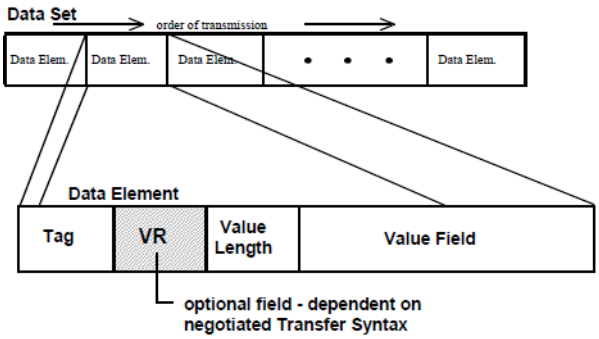
2.2 การแปลงข้อมูลให้เข้าสู่โครงสร้างข้อมูลแบบไดคอม

การแปลงข้อมูลใหอยู่ในโครงสร้างข้อมูลแบบ DICOM มีขั้นตอนดังรูปที่ 1

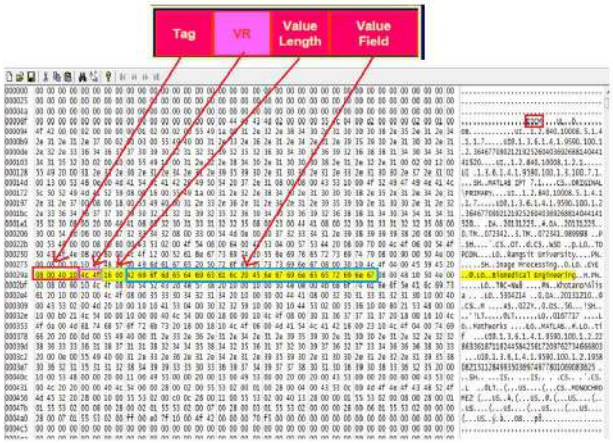


รูปที่ 1. ขั้นตอนการแปลงข้อมูลให้อยู่ในโครงสร้างข้อมูลแบบ DICOM

จากรูปที่ 1 เริ่มจากนำภาพที่ได้จากกระบวนการจับสัญญาณภาพแยกข้อมูลออกเป็นประเภท คือ ข้อมูลที่เป็นตัวอักษร และข้อมูลภาพ จากนั้นทำการเพิ่มข้อมูลของผู้ป่วยที่สำคัญ เช่น ข้อมูลผู้ป่วย, ข้อมูลบุคลากรทางการแพทย์ และข้อมูลการตรวจวินิจฉัย ต่อไปทำการจัดข้อมูลที่มีเข้าสู่แบบจำลองข้อมูล ซึ่งเป็นการนำข้อมูลตัวอักษรที่ทำการถอดรหัสได้จากขั้นตอนแรก หรือจากการนำเข้ามาใหม่ไปทำการจัดลง ให้ตรงตามรูปแบบของแบบจำลองข้อมูล DICOM โดยการส่งค่าหมายเลขประจำและข้อมูลเข้าไปในโมดูลการเข้ารหัสตามลำดับของหมายเลขประจำจนครบ ซึ่งโมดูล สำหรับข้อมูลภาพจะอยู่เป็นข้อมูลลำดับสุดท้าย จากนั้นทำการจัดเก็บข้อมูลไปเข้ารหัสออกมาเป็น Data Element โดยสมบูรณ์ ซึ่งแต่ละ Data Element ประกอบด้วย Tag ซึ่งเป็นหมายเลขประจำ VR ชื่อประจำหมายเลข Value length ความยาวของข้อมูล และ Value field เป็นข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 2. Data Element ของข้อมูลแบบ DICOM



รูปที่ 3. Data Element ของข้อมูลแบบ DICOM

3. ผลการทดลอง

การทดลองโดยทำการจับสัญญาณภาพจากเครื่อง Fundus จากนั้นนำภาพที่ได้ที่เป็น .bmp ทำการแปลงภาพให้เป็นข้อมูลตามมาตรฐานไดคอม .dcm โดยหน่างต่างการแสดงผลแสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งขั้นแรกทำการจับสัญญาณภาพจากนั้นจะแสดงภาพที่หน้าต่าง แล้วทำการกรอกข้อมูลของผู้ป่วยเพื่อทำการแปลงเป็นข้อมูล DICOM จากนั้นจัดเก็บภาพในระบบ PACS เมื่อเปิดภาพโดยใช้ DICOM Viewer จะแสดงผลได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4. หน้าต่างการติดต่อกับผู้ใช้งานของเครื่อง Fundus



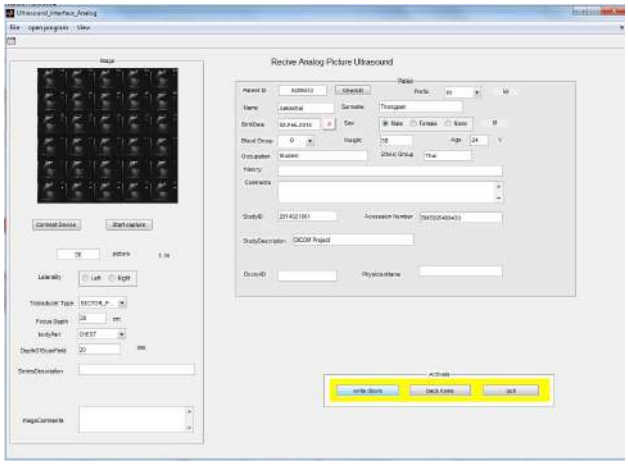
รูปที่ 5. ข้อมูลภาพตามมาตรฐานไดคอมจากเครื่อง Fundus

```
                    Filename: [1x91 char]
                FileModDate: '30-ส.ค.-2014 01:04:44'
                    FileSize: 48256176
                      Format: 'DICOM'
                FormatVersion: 3
                       Width: 4928
                      Height: 3264
                    BitDepth: 8
                   ColorType: 'truecolor'
FileMetaInformationGroupLength: 210
    FileMetaInformationVersion: [2x1 uint8]
       MediaStorageSOPClassUID: [1x25 char]
    MediaStorageSOPInstanceUID: [1x63 char]
            TransferSyntaxUID: '1.2.840.10008.1.2.1'
        ImplementationClassUID: [1x32 char]
    ImplementationVersionName: 'MATLAB IPT 7.1'
                    ImageType: 'ORIGINAL\PRIMARY'
                SOPClassUID: [1x25 char]
             SOPInstanceUID: [1x63 char]
                  StudyDate: '20140130'
                ContentDate: '20140130'
                  StudyTime: '010441'
                ContentTime: '010441.901001'
             AccessionNumber: 'MIP0001'
                   Modality: 'OT'
             ConversionType: 'WSD'
               Manufacturer: 'TOPCON'
           InstitutionName: 'Rangsit University'
      ReferringPhysicianName: [1x1 struct]
                StationName: 'Image Processing'
          StudyDescription: 'retina'
    InstitutionalDepartmentName: 'Biomedical Engineering'
         ManufacturerModelName: 'TRC-NW8'
                 PatientName: [1x1 struct]
                   PatientID: '5300014'
            PatientBirthDate: '19910718'
                  PatientSex: ''
                  PatientAge: '022Y'
               PatientWeight: 45
                  Occupation: ''
      AdditionalPatientHistory: ''
              PatientComments: ''
           DeviceSerialNumber: '0167717'
SecondaryCaptureDeviceManufacturer: 'MathWorks'
SecondaryCaptureDeviceManufacturerModelName: 'MATLAB'
         DigitalImageFormatAcquired: 'tif'
              StudyInstanceUID: [1x64 char]
             SeriesInstanceUID: [1x64 char]
                       StudyID: ''
                  SeriesNumber: []
                InstanceNumber: 1
             PatientOrientation: ''
                    Laterality: 'R'
                ImageComments: ''
              SamplesPerPixel: 3
       PhotometricInterpretation: 'RGB'
            PlanarConfiguration: 0
                          Rows: 3264
                       Columns: 4928
                BitsAllocated: 8
                   BitsStored: 8
                      HighBit: 7
             PixelRepresentation: 0
```

รูปที่ 6. รายละเอียดของข้อมูลตามมาตรฐาน DICOM จากเครื่อง Fundus

รูปที่ 6 แสดงรายละเอียดของข้อมูลภาพตามมาตรฐาน DICOM จากเครื่อง Fundus

สำหรับผลการทดลองที่ได้จากเครื่อง Ultrasound ทำการจัดเก็บภาพในแบบ ภาพเฟรมต่อเนื่องด้วยอัตรา 30 ภาพต่อวินาที ซึ่งในรูปที่ 7 แสดงหน้าต่างการติดต่อกับผู้ใช้งาน และรูปที่ 8 แสดงการเปิดภาพโดยใช้ DICOM Viewer



รูปที่ 7. หน้าต่างการติดต่อกับผู้ใช้งานของเครื่อง Ultrasound



รูปที่ 8. ข้อมูลภาพตามมาตรฐานไดคอมจากเครื่อง Ultrasound

4. สรุป

การควบคุมการจับภาพผ่านอุปกรณ์จับสัญญาณภาพ โปรแกรมสามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์นำสัญญาณวีดีโอ และทำการจัดเก็บข้อมูลภาพจากสัญญาณวีดีโอ แบบเฟรมเดียว, แบบเฟรมต่อเนื่องด้วยอัตรา 30 ภาพต่อวินาที ในรูปแบบวินโดวล์บิตแมพไฟล์ที่มีส่วนขยายของไฟล์เป็น .BMP ได้ และการแปลงภาพเข้าสู่รูปแบบ DICOM เมื่อทำการบันทึกและจัดเก็บในระบบ PACS สามารถเปิดภาพโดยใช้ DICOM Viewer โดยภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือผิดเพี้ยน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ ภาควิชาฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ให้ความสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

[1] NEMA PS 3, “Digital Imaging nnd Communication in Medicine”, 2004ed., Global Engineering Documents, Englewood CO, 2004.

[2] DICOM Standard Committee, “Digital Imaging and Communications in Medicine”, NEMA Standards Publication, 1993

[3] Piyamas Suapang, Kobchai Dejhan and Surapun Yimmun,“ Medical Image Archiving, Processing, Analysis and Communication System for Teleradiology”, *Proceeding of TENCON 2010*,Fukuoka International Congress Center, Fukuoka, Japan, November 21-24, 2010.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

Fabrication of Microparts using X-ray Lithography with Synchrotron Radiation

R. Phatthanakun[1], S. Promwokorn[2], C. Sriphung[1], W. Pummara[1], and N. Chomnawang[2]

[1] Synchrotron Light Research Institute (Public Organization), 111 University Avenue, Nakhon Ratchasima

[2] School of Electrical Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

E-mail: rungrueang@slri.or.th[1], sut.mems@gmail.com[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอกระบวนการสร้างชิ้นส่วนจุลภาคด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ลิโธกราฟีจากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน ชิ้นส่วนจุลภาคสัดส่วนสูงที่เป็นพอลิเมอร์ไวแสงสามารถถูกสร้างขึ้นมาได้โดยตรงจากการถ่ายทอดลวดลายด้วยรังสีเอกซ์ซึ่งทำให้ชิ้นส่วนมีความและเอียดสูงและมีโครงสร้างเป็นผนังแนวดิ่ง ชิ้นส่วนจุลภาคเหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นกลไกในระบบนาฬิกา มอเตอร์ความละเอียดสูงและแม่พิมพ์จุลภาคในอุตสาหกรรม นอกจากนี้ เอกซ์เรย์ลิโธกราฟียังนำเสนอกระบวนการผลิตซ้ำของชิ้นส่วนจุลภาคซึ่งถูกใช้อย่างแพร่หลายในการผลิตชิ้นส่วนโลหะจำนวนมาก ผลการทดลองยังได้นำเสนอถึงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างที่ถูกสำเนาขึ้นว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1% ซึ่งช่วยยืนยันความน่าเชื่อถือของการผลิต รวมถึงยังเป็นวิธีการผลิตแม่พิมพ์และชิ้นส่วนจุลภาคต้นทุนต่ำในการผลิตจำนวนมากอีกด้วย

Abstract

This paper presents a fabrication process of microparts based on standard X-ray lithography with synchrotron radiation. High aspect ratio microstructures made of photoresist or a light-sensitive polymer can be constructed on a substrate with a direct X-ray lithography which provides vertical sidewall for high precision microparts. The microparts can be applied in mechanisms of watches, high precision micromotors as well as micromolding systems. Moreover, the X-ray lithography offers a reproduction process of X-ray LIGA which has been widely used in batch fabrication of metallic microparts. The key geometric dimensional changes throughout the process were less than 1% which obviously confirmed the reliability of the reproduction using X-ray LIGA technology. The proposed method offers the rapid replication of micromolds and microparts in low-cost mass production.

***Keywords*:** X-ray lithography, synchrotron radiation, microparts

1. Introduction

Micromachining technology has been growing rapidly based on requirement of human life, especially for electronic instrumentation and technology. The mechanism inside them is microparts which are assembled together in a unit to provide various multifunctions. The dimension of microstructures has been decreased to correspond with complex mechanical system. They have to be quickly fabricated with high precision in low-cost mass production which can be both plastic and metal. Nowadays, there are 5 methods which have been used to fabricate microstructures or microparts feed into the market. First is mechanical method which is always performed with high speed rotation of a bit and controlled by computer numerical control (CNC) system in multiple axes. This method can be used to support 3D structure based on programming design. Second is laser machining which works with a high-power laser at the material to be cut, resulting in melting, burning, vaporizing away or blowing of material. Third is electro-discharge-machining (EDM) which uses very small electrode applied by high voltage to remove material with sparking between electrodes. Both of them, EDM electrode and material, are electrodes which are separated by dielectric liquid. Fourth is water jet which uses a very high-pressure jet of water or a mixture of water and an abrasive substance to cut a wide variety of materials. Waterjet cutting is often used to fabricate microparts when the materials are sensitive to the high temperatures generated by other methods. Finally is photolithography or optical lithography which uses light to transfer a geometric pattern from a photomask to a photoresist on a substrate. After chemical treatment, the pattern of microparts is developed and can be used to form metallic microparts using electroforming method.

However, most of micromachining methods except photolithography destroy material during fabrication which encounter with the limitation of material physics, especially for stress and phase changing in material. Therefore, the smallest dimension which can be performed by EDM, the best of SARIX micromachining, is 20 micrometers with a high precision of 2 micrometers. For photolithography, this is different from other methods because it is based on integrated circuit fabrication which the microstructures are grown on a wafer substrate instead of cutting them. Photoresist is a key material which absorbs the light energy pass through the pattern of photomask, resulting in soluble or insoluble in the photoresist developer. At the present time, there are 5 techniques of photolithography generally used to create microstructures as shown in Table 1 [1].

Table 1. Comparison of photolithography techniques [1]

Technique	Potential sub-100 nm	Facility availability	High volume production	3D capability
General Photo-lithography	Possibly	Widespread use in industry	Yes	No
UV lithography	Yes: depend on mask	Scare	Yes	Yes
X-ray lithography	Yes: depend on mask	Scare and expensive	Yes	Yes
Electron beam writing	Yes	Medium availability	No	No
High energy ion beam	Yes	Very scare	No	Yes

This paper presents microparts fabrication method which based on X-ray lithography process from synchrotron light. High intensity of X-ray beam creates vertical sidewall microstructures based on batch fabrication and applied to reproduce microparts using LIGA technology [2]. The key geometric dimensional changes throughout the process were less than 1% which obviously confirmed the reliability of the reproduction using X-ray LIGA technology. The proposed method offers the rapid replication of micromolds and microparts in low-cost mass production.

2. X-ray Lithography and X-ray LIGA

X-ray LIGA is the German acronym for the replication process which consists of X-ray lithography (X-ray lithograpie), electroplating (galvanoformung), and molding (abformung). Figure 1 demonstrates the basic LIGA process which starts by X-ray exposure onto thick photoresist film as shown in Fig. 1(a). After development to arrive at three-dimensional photoresist structure as shown in Fig. 1(b), the metal is subsequently filled by electroforming as shown in Fig. 1(c). Photoresist is then removed, resulting in freestanding metallic microstructures as shown in Fig. 1(d). Output of this step can be both microparts and micromold insert which are employed as a master mold in rapid replication process of hot embossing, injection molding [3], and polymer casting.

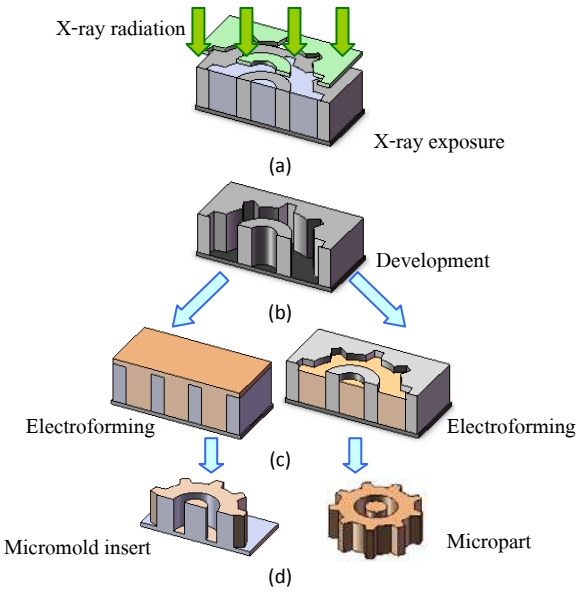


Figure 1. X-ray LIGA fabrication process.

3. Metallic Microparts Fabrication using X-ray LIGA

The basic process of X-ray lithography is slightly different from other photolithography techniques because X-ray radiation can pass through thin membrane and absorb inside material as shown in Fig. 2. To define exposure patterns into photoresist, X-ray mask which consists of absorber pattern, pattern carrier, and handle ring as shown in Fig. 3 was placed in front of photoresist during X-ray exposure. Material with low atomic number and low densities such as graphite and Mylar (PET) were used to make X-ray mask membrane. For the absorber pattern, the material must efficiently absorb X-ray irradiation to provide image contrast on the photoresist. Materials with high atomic number and high density such as gold (Au) and silver (Ag) were employed in this role [4].

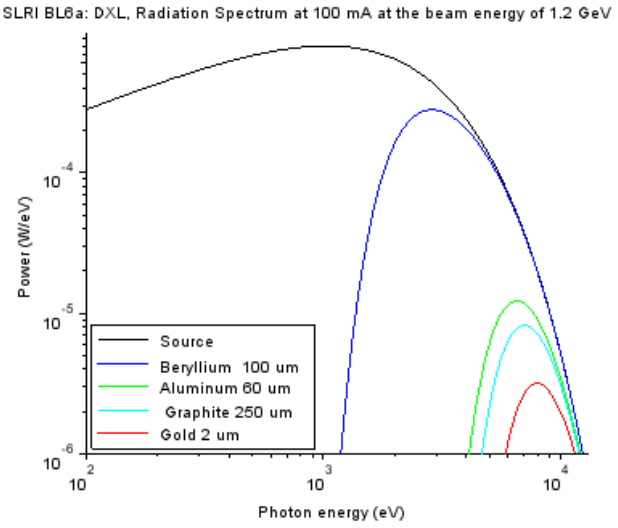


Figure 2. Radiation spectrum at the beam energy of 1.2 GeV.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

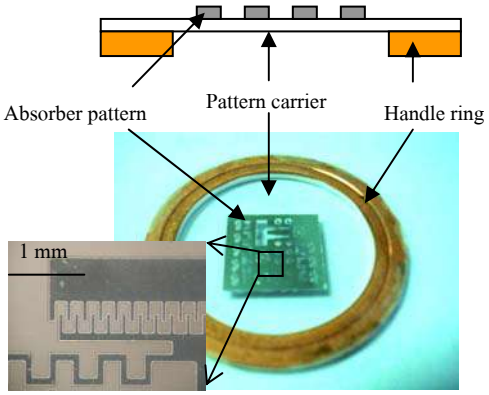
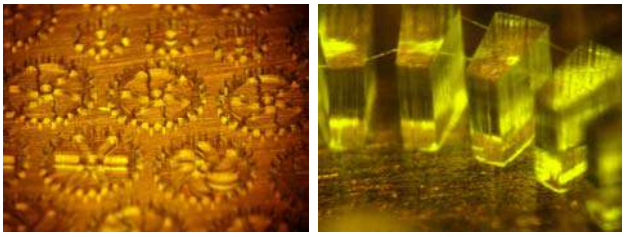
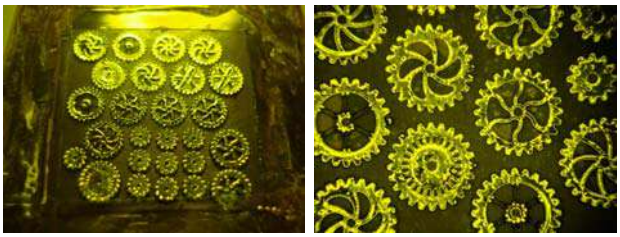


Figure 3. Components of X-ray mask.

After X-ray exposure, a sample coated with photoresist was chemical-treated in development process to remove unexposure area from substrate, leaving exposure area as high aspect ratio microstructures as shown in Fig. 4(a). In case of metallic microparts, photoresist was exposed and developed as micromolds for metal filling using electroforming as shown in Fig. 4(b). Overplated metals were then polished to obtain the final thickness as shown in Fig. 4(c). Photoresist molds were next respectively removed by chemical treatment and plasma etching, leaving metallic microparts on the substrate as shown in Fig. 4(d). Finally, metallic microparts were released from the substrate as shown in Fig. 4(e).



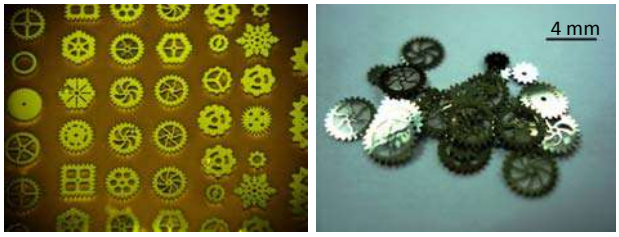
(a)



(b)



(c)



(d) (e)

Figure 4. Fabrication sequences of metallic microparts.

The metallic microparts were measured the key geometric dimensions for 5 positions by using the Olympus Stream Digital Image Solutions as shown in Fig. 5. The key geometric dimensional changes throughout the process were less than 1% which obviously confirmed the reliability of X-ray LIGA technology. Furthermore, X-ray LIGA can be applied in creation of other metallic materials such as copper, silver, and gold based on electroforming process as shown in Fig. 6. In case of complicated microstructures such as multilayer microparts, X-ray lithography with multi-coating photoresist can offer 3 layers microstructures by multiple X-ray exposure as shown in Fig. 7. To create these complicated structures, they require 3 X-ray masks for exposure and development.

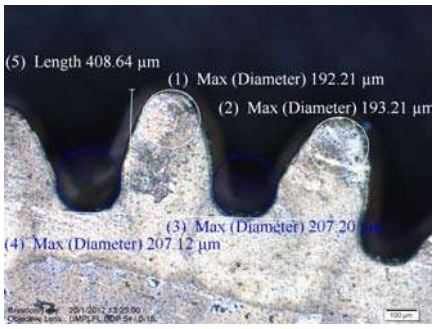


Figure 5. Photomicrographs of key geometric dimensions of microgear.



(a) (b)

Figure 6. Metallic microparts (a) copper and (b) nickel.

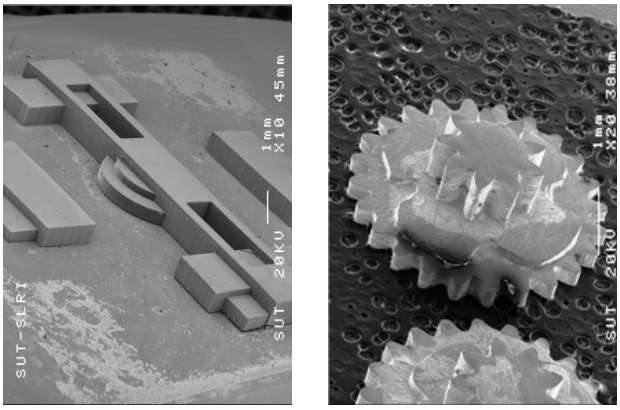


Figure 7. Complicated 3 layers microstructures.

However, X-ray lithography cannot be used to support free form structure because synchrotron light passes directly into photoresist with a very small divergence. To improve this technique as much as possible, multi-axis X-ray exposure could be applied on scanner by controlling of exposure angle and rotation speed during scanning.

4. Conclusion

X-ray radiation from synchrotron light was applied to create high precision microstructures based on photolithography process. The key material was photoresist which interacted with X-ray radiation and formed itself as structures after chemical treatment. By controlling of exposure energy and thickness, microparts made of photoresist could be easily fabricated using direct X-ray lithography. In case of metallic microparts, photoresist was exposed to form as micromolds and filled with desired metals by electroforming method. Complicated microstructures, moreover, can be constructed by multi-coating and X-ray exposure through X-ray masks. The key geometric dimensional changes throughout the process were less than 1% which obviously confirmed the reliability of the reproduction using X-ray LIGA technology. The proposed method offers the rapid replication of micromolds and microparts in low-cost mass production.

4. Acknowledgment

We are grateful to the Beamline 6a: Deep X-ray lithography (DXL) of the Synchrotron Light Research Institute (Public Organization) for the help in the processing of the X-ray LIGA technology.

เอกสารอ้างอิง

[1] F. Munnik, F. Benninger, S. Mikhailov, A. Bertsch, P. Renaud, H. Lorenz, and M. Gmür, *Microelectronic Engineering* 67-68 (2003) 96-103.

[2] K. Kim, S. Park, J.-B. Lee, H. Manohara, Y. Desta, M. Murphy, C.H. Ahn, “Rapid replication of polymeric and metallic high aspect ratio microstructures using PDMS and LIGA technology,” *Microsystem technologies*, vol. 9, 2002, pp. 5-10.

[3] M.T. Gale, C.Gimkiewicz, S.Obi, M. Schnieper, J. Sochtig, H. Thiele, and S. Westenhofer, "Replication technology for optical microsystems" *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 43, 2005, pp. 373-386.

[4] Y. Desta and J. Goettert, “X-ray Mask for LIGA Microfabrication” in Advanced Micro & Nanosystems Volume 7 LIGA and its applications, ed. V. Saile, U. Wallrabe, O. Tabata and J.G. Korvink, (the Federal Republic of Germany, 2009), pp. 11-50.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยสาหร่าย *Spirulina* sp.

Carbon dioxide mitigation by *Spirulina* sp.

ครรชิต เงินคำคง , ศิราภรณ์ ชื่นบาล , และ ฐปน ชื่นบาล

สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

E-mail: kunchit2516@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัญหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่วนใหญ่เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้น นับเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ จุลสาหร่ายนั้นสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ โดยสาหร่ายสามารถใช้ก๊าซเหล่านี้เป็นแหล่งคาร์บอน การศึกษาในครั้งนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย โดยทำการเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในถังปฏิกิริยา พื้นที่ทำการ 5 ลิตร ด้วยอาหารสูตร Zarrouk ให้อากาศตลอดเวลาในชุดควบคุม และชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (99%) ที่อัตราการไหล 0.1 vvm และ 0.3 vvm หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 17 วัน พบว่าชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 0.67 ต่อวัน ค่าน้ำหนักแห้งสูงสุด 5.3 กรัมต่อลิตร และค่า OD_{560} สูงสุด 3.50 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 97.10±0.74% และ 90.68±1.77% ที่อัตราการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.1 vvm และ 0.3 vvm ตามลำดับ

Abstract

The problem of climate change arising mainly from CO_2 emission is critical environmental issue. In this study, the propose of carbon dioxide reduction; carbon dioxide was use as carbon source for microalgae cultivation. Spilurina sp. *was cultivated in working volume 5 liters bioreactor with Zarrouk's medium under aeration with air for control and air containing different concentration of CO_2 (99%) at 0.1 vvm and 0.3 vvm for treatments. After 17 days experiments, the maximum specific growth rate, biomass productivity and OD_{560} were 0.67 d^{-1}, 5.3 g/l , 3.50 with 0.1 vvm CO_2 flow rate. The mean CO_2 mitigation efficiencies were 97.10±0.74% and 90.68± 1.77% in 0.1 vvm and 0.3 vvm CO_2 flow rate respectively.*

Keywords: *microalgae, spirulina sp., carbon dioxide, productivity*

1. บทนำ

ปัจจุบันปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศของโลกยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลต่อภาวะโลกร้อน (Global warming) หรือภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Climate change) เป็นปัญหาใหญ่ของโลก สังเกตได้จากอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ สาเหตุหลักของปัญหานี้มาจากก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีสาเหตุสำคัญมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ เชื้อเพลิงเหล่านี้นิยมใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการคมนาคมขนส่งและโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหล่านี้จะประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10 - 20% ซึ่งมีความเข้มข้นมากกว่าในบรรยากาศถึง 500 เท่า ซึ่งทั่วโลกมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศมากถึง 68% ซึ่งปัจจุบันเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ [1]

จากความสำคัญของปัญหานี้จึงมีการศึกษาวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้นในการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับมาใช้ประโยชน์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของจุลสาหร่าย (Microalgae) ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากจุลสาหร่ายมีการเติบโตโดยใช้แสงเป็นพลังงาน และใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอนในการสังเคราะห์แสง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารอาหารหลักเพื่อการเติบโตและสร้างชีวมวล (Biomass) ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสามารถนำชีวมวลของจุลสาหร่ายไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้อีกด้วย ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าชีวมวลของจุลสาหร่ายมีคุณค่าทางทางโภชนาการ และมีสารเคมีที่มีมูลค่าสูงซึ่งสามารถนำไปสกัดเพื่อนำไปใช้ได้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และทางการแพทย์ นอกจากนี้ยังสามารถนำเซลล์ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์แล้วกลับไปใช้เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นสามารถนำกลับไปใช้ในการเพาะเลี้ยงจุลสาหร่ายได้ใหม่ [2-4]

ดังนั้นการวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Spirulina* sp. ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ใช้ในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากขบวนการต่างๆ ทั้งจากของโรงงานอุตสาหกรรม และเพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาศักยภาพ ความเป็นไปได้ของการใช้ประโยชน์จากจุลสาหร่ายในด้านอุตสาหกรรมในเชิงพาณิชย์ต่อไป

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมเชื้อจุลสาหร่าย

นำหัวเชื้อสาหร่าย *Spirulina* sp. เริ่มต้นมีค่าการดูดกลืนแสงเป็น 1 มาทำการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลว Zarrouk ให้ได้ปริมาตร โดยให้แสงตลอดเวลา ความเข้มแสงประมาณ 4,000 ลักซ์ (Light Meter Model LX-73) และให้อากาศตลอด 24 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น 10.32 ทำการเลี้ยงสาหร่ายจนมีค่าการดูดกลืนแสง (optical density : OD_{560}) เป็น 1 ปริมาตร 40 ลิตร

2.2 ศึกษาผลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อผลผลิตของสาหร่าย นำสาหร่ายที่เตรียมไว้มาทำการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง

โดยถังปฏิกิริยาที่ 1-3 เป็นชุดควบคุม และถังปฏิกิริยาที่ 4-6 เป็นชุดการทดลอง เติมสาหร่ายจำนวน 5 ลิตรในแต่ละถังปฏิกิริยา โดยในชุดการทดลองนั้นทำการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (99%) ที่อัตราการไหล 0.1 vvm และ 0.3 vvm ตลอดเวลาการทดลองโดยใช้เครื่อง Peristaltic pump (WATSON MARLOW รุ่น 502S) ในการดูดจ่ายปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และทำการเลี้ยงสาหร่ายต่อด้วยให้ค่าความเข้มแสงประมาณ 4,000 ลักซ์ และให้อากาศตลอด 24 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 17 วัน โดยศึกษาถึงการเจริญเติบโตของสาหร่ายในรูปของค่าการดูดกลืนแสง (OD_{560}) โดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer (HACH รุ่น DR/4000U) เพื่อดูแนวโน้มการเจริญเติบโตของจุลสาหร่าย *Spilurina* sp. ในแต่ละวันและค่าน้ำหนักเซลล์แห้งโดยใช้เทคนิคการกรอง [5-6] และผลของการเติมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหลแตกต่างกันทำให้ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยพิจารณาจากค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{N}{No}\right)}{\mathbf{t}} \qquad (1)$$

เมื่อ μ = อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (วัน$^{-1}$)

N = ความเข้มข้นของเซลล์สาหร่ายวันเก็บตัวอย่าง (กรัมต่อลิตร)

No = ความเข้มข้นของเซลล์สาหร่ายวันแรก (กรัมต่อลิตร)

t = เวลา (วัน)

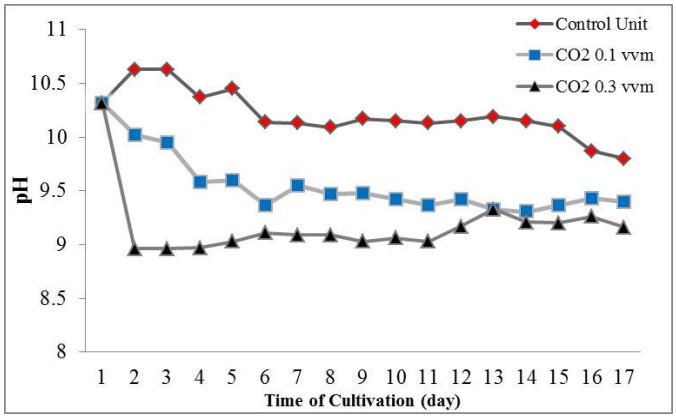
2.3 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทำการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนเข้าชุดการทดลอง และทำการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหลือจากการใช้ของจุลสาหร่ายที่ออกจากชุดการทดลอง โดยใช้เครื่อง Biogas5000 (ยี่ห้อ Geotech) ต่อเข้ากับชุดการทดลอง และทำการตรวจวัดทุกๆ 24 ชั่วโมง ตลอดการทดลองในชุดการทดลอง แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Spirulina* sp. ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2 [7-8]

$$CO_2 \text{ capture efficience } (\%) = \frac{Influent\ of\ CO_2 - Effluent\ of\ CO_2}{Influent\ of\ CO_2} \times 100 \qquad (2)$$

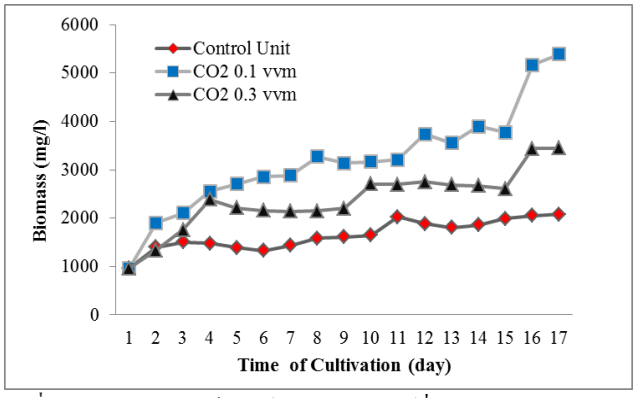
3. ผลและวิจารณ์

ผลของการเติมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm และ 0.3 vvm มีผลต่อค่าความเป็นกรดด่างของชุดการทดลอง จากรูปที่ 1 พบว่าชุดการทดลองที่มีอัตราการเติมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm จะมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 9.31-9.55 ส่วนในชุดการทดลองที่มีอัตราการเติมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.3 vvm มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 8.96-9.3 ส่วนชุดควบคุมมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 9.65-10.63

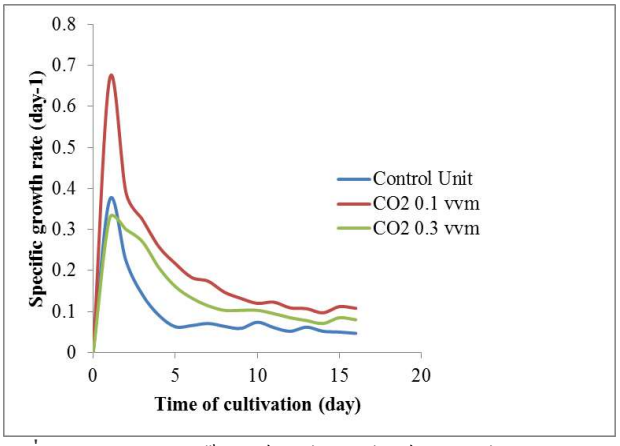


รูปที่ 1. ผลของการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm และ 0.3 vvm ที่มีผลต่อค่าความเป็นกรดด่าง

จากรูปที่ 1 พบว่าค่าความเป็นกรดด่างซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและชีวมวลของสาหร่าย ในชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm มีค่าเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและมีชีวมวลมากขึ้นในสภาวะที่เป็นด่างหรือมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 9.31-9.55 ภายใต้การเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สม่ำเสมอ ส่วนชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.3 vvm ในวันแรกๆ ค่าความเป็นเป็นกรดด่างมีค่าลดต่ำมากๆ เป็นเพราะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เติมลงไปในปริมาณที่มาก และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี เมื่อลำลายน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งทำให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลงต่ำมาก หลังจากนั้นเมื่อสาหร่ายปรับตัวได้และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนได้ถูกใช้ไปในการสังเคราะห์แสงทำให้ค่าความเป็นกรดด่างค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 2. ผลของการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm และ 0.3 vvm ที่มีผลต่อชีวมวลของสาหร่าย



รูปที่ 3. ผลของการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อัตราการไหล 0.1 vvm และ 0.3 vvm ที่มีผลต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate)

จากรูปที่ 2 เมื่อมีเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm พบว่าสาหร่ายมีชีวมวลมากกว่าชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.3 vvm และชุดควบคุม โดยมีปริมาณชีวมวลมากที่สุดถึง 5.3 กรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเฉพาะของสาหร่าย *Spirulina* sp. โดยที่อัตราการไหล 0.1 vvm มีค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดที่ 0.68 รองลงมาเป็นชุดควบคุมมีค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดที่ 0.37 และชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.3 vvm ค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดที่ 0.33

ผลของการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหลที่แตกต่างกัน พบว่าชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm มีชีวมวลมากกว่าชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.3 vvm และชุดควบคุม และทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มที่ชีวมวลจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อาจเกิดจากสาหร่าย *Spirulina* sp. เริ่มขยายตัวหรือการสร้างเซลล์ใหม่ และสาหร่ายได้นำเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เติมลงไปแหล่งพลังงานแทนสารอาหารที่หมดไป ซึ่งสอดคล้องกับค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะจะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm มีอัตราการเจริญเติบจำเพาะสูงกว่าชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.3 vvm และชุดควบคุม ส่วนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในวันแรกๆ ของชุดควบคุมมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่มากกว่าชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.3 vvm อาจเป็นเพราะว่าการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากเกินไปทำให้สาหร่ายไม่สามารถปรับตัวได้แต่เวลานานไปอาหารอาจหมดสาหร่ายสามารถนำเอาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นแหล่งพลังงานทำให้มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าชุดควบคุมซึ่งไม่มีอาหารเหลือ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Michal and Fikret (1992) ซึ่งรายงานว่าการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มสูง (10-20%) มีอัตราการการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 0.03% ซึ่งสาหร่าย *Spirulina* sp. ต้องการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 5-6% จะทำได้ชีวมวลเพิ่มมากขึ้นอีก 0.22 g/L/d แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็มีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลสาหร่ายที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1. ประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่อัตราการไหล 0.1 vvm และ 0.3 vvm

Gas flow rate	0.1 vvm	0.3 vvm
Influent of CO_2 (%)	99	99
Effluent of CO_2 (%)	2.87±0.15	9.23±0.15
Efficiency of CO_2 removal (%)	97.10±0.74	90.68±1.77

จากตารางที่ 1 พบว่าชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm และ 0.3 vvm สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากที่สุด 97.10±0.74% และ 90.68±1.77% ตามลำดับ

4. สรุปผล

การศึกษาถึงการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยสาหร่าย *Spirulina* sp. โดยทำการเลี้ยงสาหร่ายในถังปฏิกิริยา พื้นที่ทำการ 5 ลิตร ด้วยอาหารสูตร Zarrouk ให้อากาศตลอดเวลาในชุดควบคุม และชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (99%) ที่อัตราการไหล 0.1 vvm และ 0.3 vvm หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 17 วันพบว่าชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 0.67 ต่อวัน ค่าน้ำหนักแห้งสูงสุด 5.3 กรัมต่อลิตร และค่า OD_{560} สูงสุด 3.50 ดีกว่าชุดชุดการทดลองที่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราการไหล 0.1 vvm และชุดควบคุม

ประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 97.10±0.74% และ 90.68±1.77% ที่อัตราการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.1 vvm และ 0.3 vvm ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Xianhai *et al*., (2012) รายงานว่า *Spirulina platensis* มี ประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต้องมีอัตราการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลาโดยมีอัตราการเติมอยู่ที่ 20 มิลลิเมตรต่อลิตรต่อวัน ซึ่งแสดงถึงสาหร่าย *Spirulina paltensis* มีศักยภาพในการที่จะกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะต้องมีองค์ประกอบต่างๆ กัน เช่น สายพันธุ์สาหร่าย ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ อุณหภูมิ ความเข้มของแสง รวมไปถึงองค์กอบของถังปฏิกรณ์ชีวภาพ และเป็นตัวเลือกหนึ่งในลดปัญหาการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Shih-Hsin Ho, Chun-Yen Chen, Duu-Jong Lee, Jo-Shu Chang. Research review paper : Perspectives on microalgal CO_2-emission mitigation system. Biotechnolgy Advances, vol. 29, pp. 189-198. 2011.

[2] Ayhan Demirbas. Use of algae as biofuel sources. Energy Conversion and Management, vol. 51, pp. 2738-2749. 2010.

[3] Alison C. Use of microalgae in wastewater treatment to remove contaminants and purify biogas. Ph.D. The University of Guelph, Canada. 136 p. 2011.

[4] ฤทัยรัตน์ วิศาลสุวรรณทร. ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเติบโตของสาหร่าย *Chlorella sp*. โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอนเมื่อเพาะเลี้ยงในปฏิกรณ์ชีวภาพแสง. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548.

[5] Emma, S and R. Sarbatly. Conversion of microalgae to Biofuel. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, pp. 4316- 4342. 2012.

[6] ปาวลี ศรีสุขสมวงศ์. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา พลาเทนซิส ซีเอ็มยู2 ด้วยน้ำกากส่าเหล้าในระบบเพาะเลี้ยงน้ำวน. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2550.

[7] K., Chien-Ya, C., Sheng-Yi, H., Tzu-Ting, Le Dai, W.,Guan-Hua, T., Ching-Ping, C., Chiun-Hsun and L., Chih-Sheng. A mutant strain of microalgae *Chlorella* sp. for the carbon dioxide capture form biogas. Biomass and Bioenergy, vol. 36, pp. 132-140. 2012.

[8] Chien-Ya, K., S. Chiu, T. Huang, L. Dai, L. Hsu and C. Lin. Ability of a mutant strain of microalgae *Chlorella* sp. to capture carbon dioxide for biogas. Applied Energy, vol. 36, pp. 176-183. 2012.

[9] Michael L., S and F. Kargri. Bioprocess Engineering. Pentice-Hall, Inc. Engle Wood Cliffs, New Jergy, USA, 479 p. 1992.

[10] Xinahai, Z., M.K. Danquah, S. Zhang, X. Zhang, M. Wu, X. Dong Chen, I. Ng, K. Jing and Y. Lu. Autotrophic cultivation of *Spirulina platensis* for CO_2 fixation and phycocyanin production. Chemical Engineering, vol. 183, pp. 192-197. 2012.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทับทิม

Automatic Water Quality Measurement and Processing for Krachang-Taptim Fish

ธวัชชัย ทองเหลี่ยม[1], วีระศักดิ์ ชื่นตา[2], หฤทัย ดิ้นสกุล[1] และ บรรเจิด เจริญพันธ์[3]

โปรแกรมวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์[1], โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม[2], และโปรแกรมวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม[3]

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

E-mail: thawatchait@npru.ac.th[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทับทิม ออกซิเจนเซ็นเซอร์ pH เซ็นเซอร์ และเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ทำหน้าที่วัดปริมาณออกซิเจน วัดความเป็นกรดด่าง และวัดอุณหภูมิ ค่าที่ได้จะถูกส่งไปขยาย และปรับแต่งระดับแรงดันที่เหมาะสม จากนั้นส่งค่าต่าง ๆ ไปประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ X86 รุ่น VSX6117 แล้วส่งค่าไปแสดงผลที่ LCD และสั่งให้ไอซี GAL22V10 ควบคุม LED แสดงสถานะของคุณภาพน้ำ งานวิจัยนี้ได้ใช้ทำการเก็บผลการทดลองเป็นระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ 3 สถานะคือ สถานะคุณภาพน้ำปกติ LED สีเขียวสว่าง สถานะคุณภาพน้ำเฝ้าระวัง LED สีเหลืองสว่าง และสถานะคุณภาพผิดปกติ LED สีแดงสว่าง

Abstract

In this paper, the automatic water quality measurement and processing for krachang-taptim fish is presented. The DO probe, the pH probe and the PT100 probe sensors are used to measure the quality of water, which is oxygen, acid or alkaline and temperature, respectively. DO value pH value and Temp value are exported to the micro computer (CPU x86). The LCD is used to display. The IC GAL22V10 controlled LED alarm, which is status of water quality. The experimental of the prototype is measured oxygen acid, alkaline and temperature at the krachang-tabtim fish and spend 2 month. The result shows 3 states, which included 1) the status normal, 2) the status warning and 3) the status alarm. Finally, the monitoring system can process quality of water accurately.

Keywords**:** *automatic water quality, Oxygen probe, PH probe, Temp probe, microcomputer X86*

1. บทนำ

น้ำมีสำคัญอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และการทำการเกษตร ซึ่งการทำการเกษตรต้องใช้น้ำเลี้ยงพืชทางการเกษตร ใช้น้ำเลี้ยงสัตว์ และใช้น้ำเลี้ยงปลา รูปที่ 1 แสดงกระชังทับทิมของเกษตรกรที่เลี้ยงปลา อยู่ที่อำเภอ กำแพงแสน จังหวัด นครปฐม ซึ่งรายได้ที่ได้จากการจำหน่ายปลาในกระชังถือเป็นรายได้หลักของเกษตรกรกลุ่มนี้



รูปที่ 1 กระชังปลาทับทิม

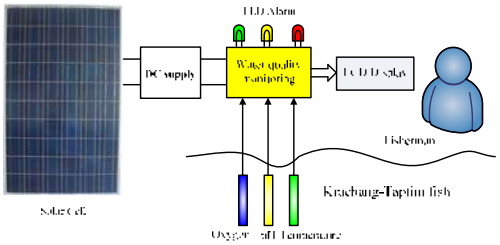
เนื่องจากการกระจายตัวของภาคอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตน้ำตาล โรงงานผลิตแป้งมัน โรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูป และเกษตรกรรมอื่น ๆ [1] เช่น ฟาร์มเลี้ยงเป็ด ไก่ และฟาร์มเลี้ยงสุกร การขาดการวางแผนในเรื่องการใช้และอนุรักษ์แหล่งน้ำอาจ ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ตามมา เช่น มลพิษทางน้ำ ปัญหาน้ำเน่าเสีย เป็นต้น น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตและการเลี้ยงมีผลกระทบต่อแม่น้ำที่มีการเพาะเลี้ยงปลากระชังอย่างมาก เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานบางแห่งไม่ได้มีการบำบัดหรือมีการบำบัดไม่ได้ตามมาตรฐานและน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงสัตว์ถูกปล่อยลงแม่น้ำโดยไม่ได้มีการบำบัด ถ้าน้ำเสียปริมาณที่มากถูกปล่อยลงแม่น้ำ เกษตรกรที่ไม่ทราบถึงสภาวะน้ำในแม่น้ำเกษตรกรจะไม่สามารถนำปลาที่เลี้ยงในกระชังขึ้นมาได้ทัน ปลาในกระชังของเกษตรกรผู้เลี้ยงตาย เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาขาดทุน และเป็นหนี้ในการกู้ยืมเงินมาลงทุนทุกครั้ง

งานวิจัยนี้นำเสนอ ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับเกษตรที่เลี้ยงปลากระชังทับทิม โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรดด่าง และค่าอุณหภูมิของน้ำในกระชังปลา แล้วนำไปประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์และแสดงผลด้วยจอ LCD งานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้สามารถแจ้งเตือนเกษตรกรด้วยสัญญาณ LED

2. ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติ

รูปที่ 1 แสดงระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำในกระชังปลาทับทิม แบบอัตโนมัติได้ถูกออกแบบไว้ 3 ส่วน คือ ออกซิเจนเซนเซอร์ pH เซนเซอร์ และTemp เซนเซอร์ ส่งค่าไปประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ แล้วแสดงค่าด้วย LCD และแจ้งเตือนเกษตรกรที่เลี้ยงปลากระชังด้วย LED

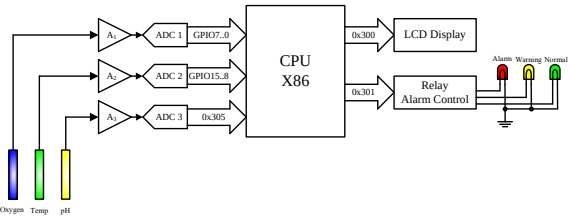
วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงได้นำแรงดันจากแผลโซล่าเซลล์เก็บไว้ที่แบตเตอรี่ แล้วจ่ายให้กับวงจรต่าง ๆ



รูปที่ 2 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

3. ระบบประมวลผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

รูปที่ 3 แสดงระบบประมวลผลคุณภาพน้ำ ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ X86 รุ่น VSX-6117 เป็นหน่วยประมวลผลที่มีพอร์ตสำหรับสื่อสารจำนวนมากทำให้ง่ายต่อการออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับวงจร และสามารถบันทึกข้อมูลของผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในลักษณะ Data logger ได้เป็นระยะเวลานานหลายเดือน เมื่อมีการตรวจสอบเครื่อง คณะผู้วิจัยสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้

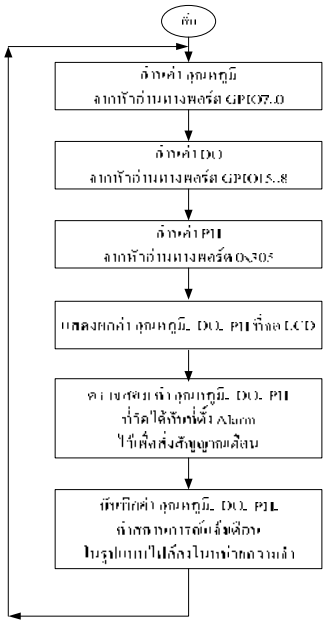


รูปที่ 3 ระบบประมวลผลคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 1 เงื่อนไขในการตัดสินใจระดับของคุณภาพน้ำ [2, 3]

คุณภาพน้ำ	DO	PH	Temp
ปกติ	>3.75 ppm และ	6.5 – 8.5 และ	23-32^{O}C
เฝ้าระวัง	2.01-3.55 ppm หรือ	6.1-6.4 หรือ 8-8.4 หรือ	15-22^{O}C หรือ 33-40^{O}C
ผิดปกติ	< 1.9 ppm หรือ	< 6 หรือ > 8.5 หรือ	< 15^{O}C หรือ > 40^{O}C

ตารางที่ 1 แสดงเงื่อนไขในการตัดสินใจระดับของคุณภาพน้ำเพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการประมวลผลของไมโครคอมพิวเตอร์ X86 เพื่อให้ไมโครคอมพิวเตอร์ประมวลผลแล้วแสดงระดับคุณภาพน้ำ รูปที่ 4 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบประมวลผลของไมโครคอมพิวเตอร์ X86 รุ่น VSX-6117 ให้ทำการรับค่าที่ได้ทำการตรวจวัดแล้วทำการประมวลและบันทึกผลการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำ



รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานระบบประมวลผล

4. ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

4.1 เซ็นเซอร์ [4]

รูปที่ 5 (ก) แสดงออกซิเจนเซ็นเซอร์ ตรวจวัดปริมาณออกซิเจน รูปที่ 5 (ข) แสดง pH เซ็นเซอร์ ตรวจวัดความเป็นกรดหรือด่าง และรูปที่ 5 (ค) แสดงเซ็นเซอร์อุณหภูมิ (PT100) ตรวจวัดอุณหภูมิ

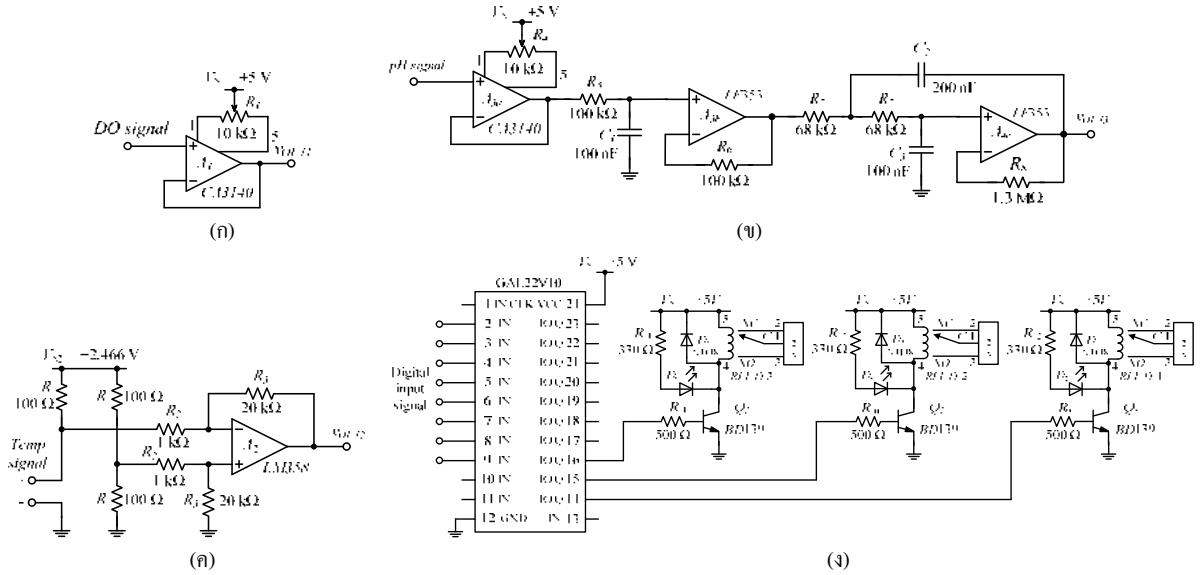


(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 5 (ก) ออกซิเจน เซ็นเซอร์ (ข) pH เซ็นเซอร์ และ (ค) เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (PT100)

4.2 วงจรขยายแรงดัน

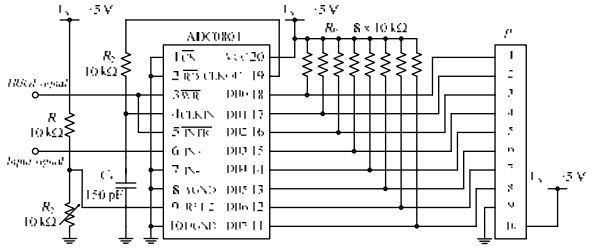
รูปที่ 6 (ก) แสดงวงจรตามแรงดันทำหน้าที่ส่งผ่านแรงดันจากออกซิเจนเซ็นเซอร์ และ รูปที่ 6 (ข) แสดงวงจรขยายสัญญาณ pH เซ็นเซอร์ ประกอบด้วยวงจรตามแรงดัน และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับสามเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน รูปที่ 6 (ค) แสดงวงจรบริดจ์ทำหน้าที่ตรวจจับค่าความต้านทานจาก PT100 และวงจรขยายความแตกต่างทำหน้าที่ขยายสัญญาณความความแตกต่างจากวงจรบริดจ์ ซึ่งแรงดันเอาต์พุตของทั้ง 3 วงจร จะส่งไปให้ IC ADC0804CN แปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล



รูปที่ 6 (ก) วงจรบัฟเฟอร์ (ข) วงจรบัฟเฟอร์และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (ค) วงจรบริดจ์และวงจรขยายความแตกต่าง และ (ง) วงจร Relay alarm control ด้วย IC GAL22V10

4.3 วงจร Relay alarm control

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้ใช้หลอด LED แจ้งเตือนของน้ำให้กับเกษตรกรที่เลี้ยงปลากระชัง วงจร Relay alarm control ที่แสดงในรูปที่ 6 (ง) จะใช้ IC GAL22V10 ซึ่งรับคำสั่งจากไมโครคอมพิวเตอร์ X86 ให้ทำหน้าที่ควบคุมหลอด LED ที่ใช้แสดงของน้ำในกระชังปลา ซึ่งสีของ LED จะถูกแบ่งเป็น 3 สี คือ LED สีเขียว แสดงสถานะปกติ สีเหลือง แสดงสถานะเฝ้าระวัง และ สีแดง แสดงสถานะผิดปกติ



รูปที่ 7 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ADC0804CN

4.4 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล

เนื่องจากไมโครคอมพิวเตอร์ X86 ไม่มีวงจร ADC อยู่ภายใน ดังนั้น แรงดันที่ได้จากวงจรขยาย และปรับแต่งแรงดันต้องแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล รูปที่ 7 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ADC0804CN จำนวน 3 วงจร แปลงแรงดันจากวงจรขยายทั้ง 3 วงจร ให้เป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วส่งไปให้ไมโครคอมพิวเตอร์ประมวลผล

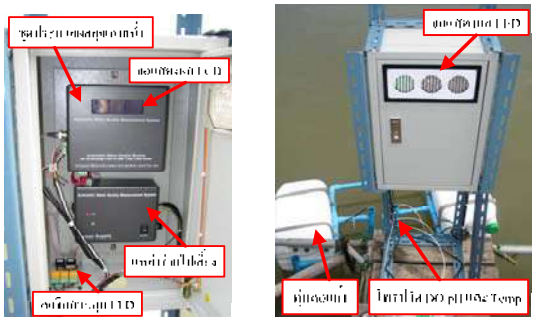
5. การทดลองและผลการทดลองระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำที่กระชังเลี้ยงปลาทับทิม ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเก็บผลการทดลอง 2 เดือน ด้วยการเก็บค่าที่ได้จากการวัดค่าออกซิเจน pH และอุณหภูมิ ด้วยเครื่องวัด DO Meter เครื่องวัด pH meter และเทอร์โมมิเตอร์ และทำการเก็บค่าที่ได้จากเครื่องวัดและประมวลผลคุณภาพน้ำเพื่อเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

5.1 ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ

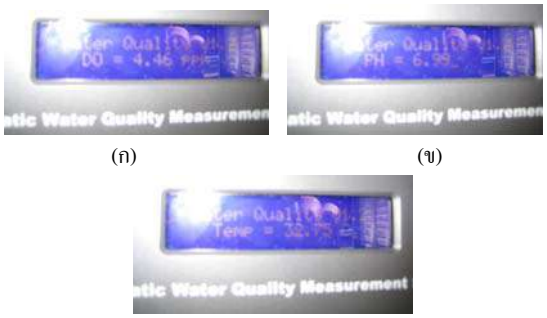
รูปที่ 8 (ก) แสดงอุปกรณ์ภายในตู้ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ ซึ่งชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ถูกออกแบบให้มี LCD แสดงค่าออกซิเจน (DO) pH และอุณหภูมิ เนื่องจาก LCD ที่นำมาใช้สามารถแสดงได้ 2 บรรทัด ดังนั้นได้ทำการออกแบบให้ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำแสดงค่าบน LCD สลับกันตามลำดับดังนี้ 1) DO 2) pH และ Temp รูปที่ 8 (ข) แสดงชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำขณะกำลังวัด และแสดงผลคุณภาพน้ำ ซึ่งสถานะของการแสดงถูกแบ่งออกเป็น 3 สถานะ คือ สถานะคุณภาพน้ำปกติ สีเขียวสว่าง สถานะคุณภาพน้ำเฝ้าระวัง สีเหลืองสว่าง และสถานะคุณภาพผิดปกติ สีแดงสว่าง

รูปที่ 9 แสดงผลการทดลองวัดคุณภาพน้ำที่ถูกแสดงบนจอ LCD รูปที่ 5 (ก) แสดงค่า DO = 4.46 ppm รูปที่ 5 (ข) แสดงค่า pH = 6.99 และรูปที่ 5 (ค) แสดงค่า Temp = 32.75 ^{O}C



(ก) (ข)

รูปที่ 8 (ก) ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ (ข) ชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำกำลังวัดและแสดงผลคุณภาพน้ำ



(ก) (ข)

(ค)

รูปที่ 9 ผลการทดลองวัดคุณภาพน้ำ (ก) ค่า DO (ข) ค่า pH (ค) ค่าอุณหภูมิ

5.2 ระบบประมวลผลและบันทึกผลคุณภาพน้ำ

งานวิจัยนี้ทำการทดลองตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณขอบกระชังปลา ซึ่งผลการทดลองพบว่า ค่าปริมาณออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และอุณหภูมิมีค่าคงที่ และเนื่องจากค่าปริมาณออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา แต่ไม่ได้อยู่ในอันตราย LED จึงแสดงสีเขียวสลับกับสีเหลือง ซึ่งหมายถึงคุณภาพน้ำอยู่ใน สถานะปกติ และผิดปกติ รูปที่ 7 แสดง LED แสดงผลสถานะของคุณภาพน้ำ (ก) สถานะปกติ LED แสดงสีเขียว (ข) สถานะเฝ้าระวัง LED แสดงสีเหลือง



(ก) (ข)

รูปที่ 7 LED แสดงผลสถานะของคุณภาพน้ำ (ก) สถานะปกติ LED แสดงสีเขียว (ข) สถานะเฝ้าระวัง LED แสดงสีเหลือง

ตารางที่ 2 ผลการทดลองวัดคุณภาพน้ำกระชังปลาทับทิม

วัน เดือน ปี	เวลา	เครื่องมาตรฐาน			เครื่องวัดคุณภาพน้ำ			
		DO	pH	Temp	DO	pH	Temp	คุณภาพน้ำ
28 พค.2555	10.50	3.1	7.1	30	3.24	7.24	31.02	เฝ้าระวัง
	14.50	3.1	7.5	30	2.90	7.41	29.97	เฝ้าระวัง
29 พค.2555	09.25	3.1	7.3	29.5	3.15	7.15	30.10	เฝ้าระวัง
	10.30	3.4	7.5	29.7	3.30	7.20	29.90	เฝ้าระวัง
	15.00	2.6	7.1	30.1	2.80	7.01	29.90	เฝ้าระวัง
30 พค.2555	10.25	3.2	7.1	29.7	3.72	5.60	29.26	เตือน
2 มิย.2555	15.20	3.6	6.9	32	3.60	7.05	31.20	ปกติ
	17.08	3.5	6.9	31	3.60	7.01	31.09	ปกติ
25 มิย.2555	10.38	4.1	7.0	29	4.19	6.29	31.92	เฝ้าระวัง
19 กค. 2555	12.50	3.5	7.1	31	3.54	7.15	31.65	เฝ้าระวัง

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองวัดคุณภาพน้ำในกระชังปลาเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน ซึ่งใช้ระยะเวลา 2 เดือน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดคุณภาพน้ำสามาถวัดค่าปริมาณออกซิเจน ค่า pH และค่าอุณหภูมิได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน และเมื่อพิจารณาร่วมกับระดับของคุณภาพน้ำตามเกณฑ์การตัดสินใจของระบบที่กำหนดในตารางที่ 1 จะเห็นว่า ในวันที่ 2 มิถุนายน 2555 เป็นวันที่น้ำมีคุณภาพในเกณฑ์ดี และในวันที่ 30 พฤษภาคม.2555 ระบบมีการแจ้งเตือนทั้งนี้เนื่องจากค่า pH ต่ำกว่าที่กำหนด

เมื่อพิจารณาข้อมูลในตารางที่ 2 พบว่ามีค่าผิดพลาดเกิดขึ้นจากการนำหลายวงจรมาไว้ในแผงวงจรเดียวกัน และขาดการป้องกันสัญญาณรบกวนที่ดีพอ และระดับแรงดันอ้างอิงของ IC ADC มีความละเอียดต่ำ ดังนั้นหากสามารถเพิ่มวงจรกำจัดสัญญาณรบกวน เพิ่มอุปกรณ์ควบคุมแรงดันอ้างอิงให้คงที่มากที่สุด และเพิ่มความละเอียดของ IC ADC จะสามารถทำให้ค่าความผิดพลาดในตารางที่ 2 ลดลงได้

6. บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติ ซึ่งถูกนำไปใช้กับกระชังปลาทับทิม งานวิจัยนี้ได้ใช้บอร์ดประมวลผล CPU X86 รุ่น VSX-6117 ทำหน้าที่ประมวลผลและแสดงผลของค่าออกซิเจน ค่า pH และค่าอุณหภูมิ เพื่อบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำในกระชังผู้เลี้ยงปลาทับทิม ผลการทดลองพบว่าระบบประมวลผลสามารถสั่งการให้ LED แสดงผลสถานะของคุณภาพน้ำปกติ เฝ้าระวัง และผิดปกติได้ถูกต้อง

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการอุดมศึกษา สนับสนุนทุนวิจัย โครงการทุนวิจัย SPII ประจำปี 2554 และขอขอบคุณ คุณ ปภัส ก้องสมบัติ ที่อยู่ 158 ม.2 ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ที่ให้คณะผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บผลการทดลองในกระชังปลาทับทิม ตั้งอยู่ในคลองท่าสารบางปลา

เอกสารอ้างอิง

[1] คุณภาพน้ำและการเตือนภัย สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; http://web.esanenvi.com/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid=40

[2] คู่มือการเลี้ยงปลาในกระชังที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; http://wqm.pcd.go.th/water/index.php?start=9

[3] พรบ.กฎหมายและมาตรฐานเกี่ยวกับควบคุมมลพิษ. **เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อคุ้มครองสัตว์น้ำจืด.** เอกสารวิชาการ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งประเทศไทย ฉบับที่ 75/2530. จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg__water05.html

[4] นายอนุศักดิ์ ประพัฒน์. วิทยานิพนธ์. **ระบบตรวจสอบปริมาณออกซิเจนในน้ำโดยอัตโนมัติโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับฟาร์มกุ้ง**, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. ปีการศึกษา 2551.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ต้นแบบเครื่องนับหยดน้ำเกลือโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

A prototype of saline drip counting by microcontroller

ณัฐพงศ์ สอนอาจ[1], ดำรงศักดิ์ อรัญกูล[1]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชธานี อุบลราชธานี

E-mail: nutthapong_17@hotmail.com[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอชุดต้นแบบเครื่องนับหยดน้ำเกลือควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อกำหนดอัตราการไหลของสารละลายน้ำเกลือแก่ผู้ป่วยในอัตราส่วนที่เหมาะสมในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งต้องใช้ความชำนาญจากพยาบาลที่มีประสบการณ์ในการปรับควบคุมหยดน้ำเกลือและต้องคอยตรวจสอบปริมาณน้ำเกลือในหลอดลำเลียง ในปัจจุบันเครื่องควบคุมการไหลของของสารละลายน้ำเกลือ (Infusion Pump) ยังมีราคาแพง ชุดต้นแบบเครื่องนับหยดน้ำเกลือประกอบด้วย ชุดเซ็นเซอร์ตรวจจับการหยดของน้ำ ชุดประมวลผลอัตราการไหลหยดน้ำเกลือด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดแสดงผลออกทาง LCD และลำโพงสำหรับส่งสัญญาณเตือนเมื่อน้ำเกลือหมดหรือหยุดไหล ผลการทดลองพบว่าวิธีการวัดปริมาตรของสารละลายใช้วิธีการนับหยดของน้ำเกลือซึ่งพบว่ามีความถูกต้องประมาณร้อยละ 97.89

Abstract

This paper presents a prototype of saline drops counting by microcontroller. To determine the flow rate of the saline solution to patients in the appropriate ratio in a given period. Which require the expertise of an experienced nurse to adjust the control saline drip and must monitor the volume of brine in the tube conveyor. At present, the control flow of saline solution (Infusion Pump) is expensive. The prototype consists of Sensors for the detection of water droplets. The processing flow of saline drips with a microcontroller. LCD Display and speaker for alarm when water runs out or stopped. The results showed that the method of measuring the volume of solution used to count the drops of water which found that approximately 97 percent accuracy.

Keywords*: *Saline drops counting, Microcontroller, Infusion Pump

1. บทนำ

การให้ยาหรือสารอาหารผ่านทางสายน้ำเกลือในการรักษาผู้ป่วย เป็นวิธีการหนึ่งในการรักษาพยาบาลในปัจจุบัน การรักษาที่มีการให้ยาชนิดที่เป็นของเหลวผสมลงในน้ำเกลือที่ไหลเข้าเส้นโลหิตของผู้ป่วยในอัตราส่วนที่เหมาะสมในระยะเวลาที่กำหนด[1] ดังนั้นวิธีการรักษาแบบนี้จำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมปริมาณการไหลของสารละลายต่างๆอย่างแม่นยำ ถ้าผู้ป่วยหากได้รับสารละลายในปริมาณที่ไม่เหมาะสมอาจเกิดผลเสียตามมาได้ เช่น ผู้ป่วยรู้สึกไม่สบาย เส้นเลือดดำที่คอโป่งพอง มีอาการหายใจลำบาก ความดันโลหิตสูงขึ้น กระสับกระส่าย ฟังปอดได้ยินเสียง (Crackles) ปริมาณสารน้ำที่ร่างกายได้รับมากกว่าสารน้ำที่ถูกขับออก [2] ระยะเวลาการให้น้ำเกลือขึ้นกับปริมาตรของน้ำเกลือต่อถุง ซึ่งอาจมีปริมาตร 100, 500 หรือ 1000 มิลลิลิตร และอัตราเร็วในการหยดน้ำเกลือเข้ากระแสเลือด ซึ่งแพทย์อาจกำหนดอัตราเร็วในการหยดน้ำเกลือเข้ากระแสเลือดในผู้ป่วยแต่ละรายแตกต่างกัน เช่น 40, 50, 80, 100 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง เช่นน้ำเกลือถุง ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร อัตราเร็วในการหยดน้ำเกลือเข้ากระแสเลือดเป็น 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง จะใช้เวลาในการหยดน้ำเกลือนาน 20 ชั่วโมงอย่างไรก็ตามในการนับหยดสารละลายน้ำเกลือและการคำนวณอัตราการไหลโดยทั่วไปจะเป็นหน้าที่ของพยาบาลวิชาชีพ ซึ่งอาจมีความคาดเคลื่อนได้ เพื่อเป็นการควบคุมอัตราการไหลของสารละลายผ่านสายน้ำเกลือที่มีความแม่นยำ จำเป็นต้องเครื่องควบคุมการไหลของสารละลายผ่านสายน้ำเกลือ (Infusion pump) เครื่องควบคุมปริมาณการไหลของสารละลายนี้จะทำให้การรักษาพยาบาลมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดภาระหน้าที่ของพยาบาลที่จะต้องดูแลผู้ป่วยตลอดเวลา รวมไปถึงลดความผิดพลาดซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้จากพยาบาล [1,3] อย่างไรก็ตามเครื่องควบคุมการไหลของสารละลายผ่านสายน้ำเกลือที่มีจำหน่ายในปัจจุบันส่วนใหญ่ผลิตในต่างประเทศและมีราคาแพง

ดังนั้นบทความนี้เป็นการนำเสนอเครื่องช่วยนับหยดน้ำเกลือและคำนวณปริมาตรโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์[4] เบอร์ PIC16F887 เพื่อเป็นทางเลือกในการคำนวณปริมาตรสารละลายแก่ผู้ป่วย ช่วยลดภาระหน้าที่ของพยาบาลที่จะต้องดูแลผู้ป่วยตลอดเวลา รวมไปถึงลดความผิดพลาดซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้จากพยาบาลวิชาชีพ

2.แนวคิด

โดยปกติการให้สารละลายผ่านสายน้ำเกลือ สำหรับการรักษาพยาบาลแพทย์จะเป็นผู้กำหนดชนิดของสารละลาย ปริมาณและอัตราเร็วของการหยด โดยมีสูตรคำนวณอัตราหยด/นาทีของสารละลายดังสมการที่ 1

$$\text{อัตราหยด/นาที} = \frac{\text{ปริมาตรของสารน้ำที่ให้} \times \text{จำนวนหยด/มล.}}{\text{เวลาที่ให้ (นาที) ทั้งหมด}} \quad (1)$$

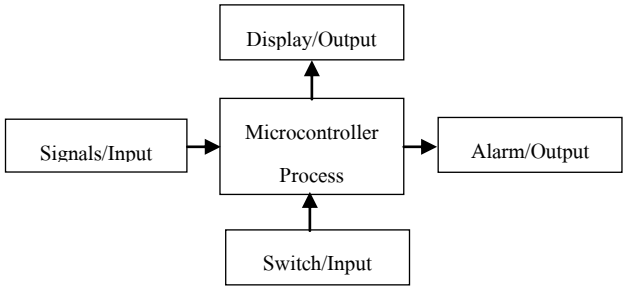
โดยที่ปริมาตรมีหน่วยเป็นมิลลิลิตร จำนวนหยด/มล. คือจำนวนหยดของสารละลายโดยทั่วไปคือ 15 หรือ 20 หยด จะเท่ากับ 1 มิลลิลิตร[5] ดังนั้นทีมผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะสร้างชุดนับจำนวนหยดของสารละลาย

โดยตำแหน่งที่จะติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 1 ใช้อุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไป การติดตั้งง่าย มีราคาถูกแต่มีความถูกต้องสูง



รูปที่ 1. ลักษณะของหยดสารละลายน้ำเกลือ

สำหรับแนวคิดของงานวิจัยนี้สร้างชุดต้นแบบการนับหยดและคำนวณปริมาตรของหยดน้ำเกลือหรือสารละลายแทนการนับและการคำนวณของพยาบาลวิชาชีพดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. บล็อกไดอะแกรมเครื่องนับหยดน้ำเกลือ

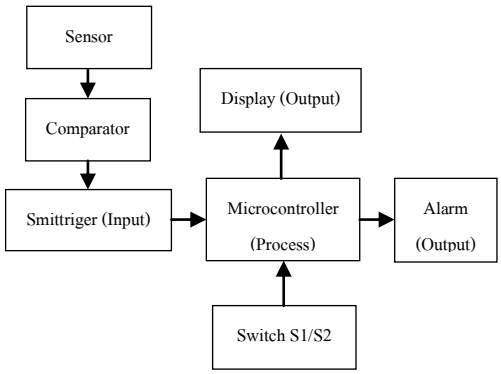
จากรูปที่ 2 แบ่งเป็น 3 ส่วนได้แก่ส่วนอินพุต ประกอบด้วย เซ็นเซอร์ตรวจจับหยดสารละลาย ส่วนที่ 2 คือส่วนประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนที่ 3 คือส่วนแสดงผลออกทางออกทางจอ LCD แสดงผลอีกด้านคือลำโพงสำหรับกรณีที่ชุดจ่ายน้ำเกลือเกิดความผิดปกติหรือน้ำเกลือหมด

3.ลำดับขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ผู้ศึกษาแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนกล่าวคือ ส่วนแรกเป็นการออกแบบและสร้างต้นแบบ ส่วนที่สองเป็นการพัฒนาโปรแกรม

3.1 การออกแบบและสร้างต้นแบบ

การออกแบบวงจรตรวจนับหยดน้ำเกลือ เป็นวงจรที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณตรรกะเพื่อใช้แสดงสถานะของการหยดของสารละลาย โดยใช้หลักการให้หยดน้ำเกลือบังแสงที่เข้ามากระทบตัวรับแสงทำให้ตัวรับแสงมีค่าทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปในการศึกษานี้ใช้การตรวจจับโดยใช้แสงอินฟาเรดซึ่งตอบสนองต่อหยดน้ำได้ดี แล้วส่งสัญญาณไปยังวงจรเปรียบเทียบเพื่อขยายสัญญาณและผ่านวงจรป้องกันการเกิด Bouncing เพื่อให้สัญญาณที่จับได้นั้นมีความชัดเจนมากขึ้น สัญญาณที่ได้จะส่งเข้าทางพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยได้แก้ไขในส่วนของสัญญาณอินพุตก่อนส่งไปประมวลผลหลังจากที่ออกแบบวงจรแล้วเสร็จได้ทดสอบวงจรโดยใช้โปรแกรมจำลองวงจรทางไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวงจรต้นแบบ



รูปที่ 3. บล็อกไดอะแกรมต้นแบบเครื่องนับหยดน้ำเกลือ

จากรูปที่ 3 การออกแบบในส่วนของวงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือได้ปรับปรุงให้สัญญาณมีความชัดเจนก่อนส่งไปประมาณผลเพื่อลดความผิดพลาดในการนับโดยเพิ่มวงจร Comparator และวงจร Smittriger ส่วนสวิทช์ S1 สำหรับการรีเซต สวิทช์ S2 สำหรับหยุดชั่วคราว ส่วนของ Alarm จะกำหนดจากจำนวนของหยดของสารละลายภายในเวลาที่กำหนดในที่นี้กำหนดไว้ 8 วินาที ถ้าสารละลายน้ำเกลือหยุดไหลไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้วงจร Alarm ทำงานทันที



รูปที่ 4. ต้นแบบเครื่องนับหยดน้ำเกลือ

จากรูปที่ 4 เครื่องต้นแบบที่ออกแบบและสร้างเสร็จโดยในส่วนของวงจรตรวจจับจำเป็นต้องปิดแสงรบกวนจากภายนอกเนื่องจากมีการออกแบบให้มีความไวในการตอบสนองสูง

3.2 การพัฒนาโปรแกรม

ผู้ศึกษาได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F887 โดยใช้โปรแกรม CCS C คอมไพเลอร์ เป็นซอฟต์แวร์สำหรับแปลโปรแกรมภาษา C ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เป็นรหัส

เครื่องหรือแมคชีนโค้ด (machine code) ผลิตโดย Custom Computer Services และใช้โปรแกรม MicroPro ในการเบิร์นโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของโปรแกรมจะเริ่มจากกำหนดค่าคงที่ของปริมาตรน้ำเกลือ เช่น 100,500 หรือ 1,000 จำนวนหยดต่อมิลลิลิตร เช่น 15 หรือ 20 เมื่อเริ่มเปิดเครื่อง หน้าจอจะแสดงผล Start Counter ปล่อยน้ำเกลือเข้าระบบ เครื่องจะเริ่มนับเมื่อครบ 1 นาทีเครื่องจะคำนวณอัตราเร็วแสดงผลออกทางจอภาพ แต่ถ้าภายใน 8 วินาทีถ้าน้ำเกลือไม่ไหล ส่วนของ Alarm จะทำงานทันที

3.3 วิธีการทดลอง

การทดลองการทำงานของเครื่องต้นแบบแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบหาความถูกต้องของชุดนับหยดน้ำเกลือโดยเปรียบเทียบกับการนับของคนและการทดสอบความแม่นยำของเครื่องต้นแบบ

4. ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบหาความถูกต้องของชุดนับหยดน้ำเกลือ

โดยกำหนดการทดสอบนับหยดน้ำเกลือในปริมาตร 100 มิลลิลิตรที่อัตราเร็ว 100 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงโดยเปรียบเทียบกับการนับและคำนวณของคนดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ผลการนับจำนวนหยดน้ำเกลือและเวลาที่ใช้ในการหยดของสารละลายปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ครั้งที่	ผลการทดลอง			
	คน		เครื่องต้นแบบ	
	จำนวน (หยด)	เวลา (นาที)	จำนวน (หยด)	เวลา (นาที)
1	2009	59	2006	61
2	2010	60	2006	61
3	2009	60	2002	60
4	2011	59	2006	61
5	2006	60	2005	61
6	2010	61	2006	61
7	2008	60	2005	61
8	2010	59	2006	60
9	2009	60	2005	61
10	2008	60	2006	60
11	2009	61	2006	60
12	2008	60	2006	61
เฉลี่ย	**2008.9**	**59.9**	**2005.4**	**60.7**

จากผลทดสอบพบว่าน้ำเกลือในปริมาตร 100 มิลลิลิตรเมื่อกำหนดอัตราเร็ว 100 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ค่าเฉลี่ยจำนวนหยดนับโดยคนมีค่าเท่ากับ 2008.9 หยด โดยเครื่องต้นแบบได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2005.4 หยด ซึ่งค่าที่ถูกต้องคือ 2000 หยด พบว่าเมื่อใช้คนมีความคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.445 % เมื่อใช้เครื่องต้นแบบมีความคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.270 % ส่วนค่าเฉลี่ยจำนวนของเวลาโดยคนเท่ากับ 59.9 นาที โดยเครื่องต้นแบบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.7 นาที ซึ่งค่าที่ถูกต้องคือ 60 นาที พบว่าเมื่อใช้คนมีความคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.167 %เมื่อใช้เครื่องต้นแบบมีความคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 1.667 %

4.2 การทดสอบความแม่นยำของเครื่องต้นแบบ

โดยกำหนดการทดสอบจับเวลาน้ำเกลือในปริมาตร 100 มิลลิลิตรที่อัตราเร็ว 40,50,80 และ 100 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงตามลำดับจนน้ำเกลือหมดขวด ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการจับเวลาที่ใช้ในการหยดของสารละลายปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ครั้งที่	อัตราเร็ว (มิลลิลิตรต่อชั่วโมง)			
	40	50	80	100
1	153	122	76	61
2	154	123	76	62
3	153	122	74	61
4	154	123	76	61
5	153	123	76	60
6	155	124	77	62
7	157	124	76	61
8	153	122	76	61
9	152	124	76	61
10	155	123	76	62
11	156	123	77	60
12	154	124	76	61
เฉลี่ย	**154.08**	**123.08**	**76**	**61.08**

จากผลทดสอบพบว่าน้ำเกลือในปริมาตร 100 มิลลิลิตร เมื่อกำหนดอัตราเร็ว 40 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้มีค่าเท่ากับ 154.08 นาที ซึ่งค่าที่ถูกต้องคือ 150 นาที มีความคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.72 % ที่อัตราเร็ว 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้มีค่าเท่ากับ 123.08นาที ซึ่งค่าที่ถูกต้องคือ 120 นาที มีความคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.57 % ที่อัตราเร็ว 80 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้มีค่าเท่ากับ 76 นาที ซึ่งค่าที่ถูกต้องคือ 75 นาที มีความคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 1.33 % และที่อัตราเร็ว 100 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้มีค่าเท่ากับ 61.08นาที ซึ่งค่าที่ถูกต้องคือ 60 นาที มีความคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 1.80 % ดังนั้นจากผลการทดลองครั้งที่ 2 ได้ความถูกต้องหรือความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 97.89 %

5.สรุป

เครื่องต้นแบบการนับน้ำเกลือที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนับหยดน้ำเกลือได้จริงและมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูง อย่างไรก็ตามเครื่องต้นแบบนี้อยู่ในห้องทดลองเท่านั้น ยังไม่ได้ทดสอบจริงจากพยาบาลวิชาชีพและยัง

ไม่ได้นำไปใช้กับผู้ป่วยจริง สำหรับในส่วนของการปรับอัตราเร็วของหยดน้ำเกลือยังคงใช้การปรับด้วยมือเช่นเดิม สำหรับแนวทางการพัฒนาหรือต่อยอดงานวิจัยได้โดยเฉพาะตัวชุดเซ็นเซอร์และตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาดใหญ่ การโปรแกรมคำสั่งลงตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ยังมีความยุ่งยาก สำหรับการควบคุมการจ่ายน้ำเกลือควรเป็นแบบระบบอัตโนมัติและตรวจสอบได้จากระยะไกล

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชธานีที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีการศึกษา 2/2556 และอาจารย์ภาวินี ศรีสันต์ อาจารย์ประจำคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชธานี ที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ธีรเดช ภัทรวโรดม, “Infusion pump”, https://sites.google.com/site/teeradat24/kheruxng-mux-phaethy/khumux- kar-chi-ngan, [สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 2556].

[2] Devil, “การให้สารน้ำทางเลือด”, http://deathmoon.exteen.com /20110504/ entry, [สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 2556].

[3] Izabella Gieras, “Innovative Infusion Pump Technologies”, http://www.ieee.li/pdf/viewgraphs, [สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 2556].

[4] C.C. Gavimath, Krishnamurthy Bhat, C.L. Chayalakshmi,R. S. Hooli and B.E.Ravishankera “Design and development of versatile saline flow rate measuring system and GSM based remote monitoring device,” International Journal of Pharmaceutical Applications, vol. 3, pp. 277-281, Jan 2012.

[5] Infusion nurse blog, “calculating-and-counting-drops” http://infusionnurse.org/2011/03/25/calculating-and-counting-drops/, [สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 2556].

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบควบคุมการถ่ายภาพเสือพร้อมกันจากกล้องหลายตัวแบบเวลาจริงผ่านตัวควบคุมไร้สาย

Multi-camera Synchronization Real-time Tiger Capturing System through Wireless Controller

ชยธร สิมะเสถียร, อนันต์ ผลเพิ่ม, ชัยพร ใจแก้ว, นนท์ เขียวหวาน และ อภิรักษ์ จันทร์สร้าง*

ห้องปฏิบัติการเครือข่ายไร้สาย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: simasathien@hotmail.com, anan.p@ku.ac.th, chaiporn.j@ku.ac.th, nont_kw@hotmail.com, aphirak.j@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การประเมินประชากรเสือโคร่งในพื้นที่อนุรักษ์ มีความสำคัญในการอนุรักษ์สัตว์ป่า ซึ่งใช้วิธีวางกล้องดักถ่ายอัตโนมัติเพื่อเก็บภาพเสือโคร่ง โดยต้องการภาพลายเสือโคร่งทั้งตัวเพื่อใช้ในการจำแนกระบุตัวเสือ ดังนั้นจึงต้องใช้กล้องดักถ่ายอย่างน้อย 2 ตัวในการดักถ่าย ในปัจจุบันประสบปัญหาการบันทึกภาพลายลำตัวเสือโคร่งจากทั้งสองฝั่งในเวลาเดียวกัน ณ จุดตั้งกล้อง ทำให้เกิดปัญหาในการระบุตัวเสือโคร่งจากฐานข้อมูล ส่งผลต่อค่าความถูกต้องในการประเมินประชากรเสือโคร่ง ดังนั้นโครงงานนี้จึงเสนอระบบที่ทำให้กล้องดักถ่ายภาพสามารถถ่ายภาพโดยพร้อมกันซึ่งผ่านการควบคุมที่ติดต่อผ่านทางเครือข่ายไร้สายเทคโนโลยี IEEE 802.15.4 และถ่ายโอนรูปจากกล้องผ่านเครือข่ายไร้สาย IEEE 802.11 ไปเก็บไว้ที่อุปกรณ์เก็บข้อมูลในจุดที่คาดว่าปลอดภัยจากการถูกทำลายของกล้อง ผลการทดสอบระบบเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการโดยติดตั้งกล้อง 2 ตัวตรงข้ามกัน พบว่าเมื่อมีวัตถุผ่านหน้ากล้องตัวใดตัวหนึ่งก็จะสั่งการให้กล้องทั้ง 2 ตัวถ่ายภาพได้โดยพร้อมกัน นอกจากนี้ระบบสามารถโอนถ่ายภาพของกล้องกลับมาเก็บที่อุปกรณ์ที่กำหนดได้

Abstract

Keeping track of tigers in conservative areas is important for wildlife conservation. This is usually done by setting trail cameras in certain areas to capture pictures of tigers. Tiger identification needs images of a whole tiger stripe pattern. Therefore, it is preferred to use more than one camera to take pictures in each area. This solution still has a limitation in that each camera cannot take pictures of a tiger at the same time, which causes a problem when matching a tiger with the database. This affects the correctness of estimating the tiger population. This project introduces a system that triggers every camera in the same area to take photos simultaneously. The cameras are controlled and communicating with one another through IEEE802.15.4 wireless technology. Pictures are transferred to a storage located in a safe place using IEEE802.11 technology. Experimental results in a laboratory show that by installing two cameras opposite each other, an object moving past one of the cameras will be taken by both cameras at the same time. Furthermore, the system can transfer the photos from the cameras to a selected device.

***Keywords*:** Trail camera, IEEE 802.11, IEEE 802.15.4, *conserving wild animals*, *capture pictures*

1. บทนำ

การอนุรักษ์พันธุ์เสือเป็นเรื่องที่สำคัญและเป็นหน้าที่หนึ่งของเจ้าหน้าที่ป่าไม้ เพื่อทำการสำรวจและติดตามจำนวนประชากรของเสือ ในอดีต การเก็บข้อมูลเสือของเจ้าหน้าที่ป่าไม้จะจัดเก็บโดยการใช้กล้องดักถ่ายสัตว์ป่าที่ติดตั้งไว้ตามจุดต่างๆ เพื่อเก็บภาพถ่ายของเสือ แต่ข้อมูลภาพเสือที่ได้มายังไม่สามารถใช้ในการระบุตัวตนของเสือแต่ละตัวได้อย่างถูกต้อง ทางเจ้าหน้าที่ป่าไม้จำเป็นต้องใช้ลายทั้ง 2 ข้างของตัวเสือ ซึ่งจำเป็นต้องได้ภาพจากมุมมองมากกว่า 1 มุม อีกทั้งหน่วยความจำของกล้องที่มีอย่างจำกัดและกล้องอาจถูกทำลายจากช้างป่าหรือสูญหายจากการถูกขโมยได้ ทำให้ต้องมีการเข้าไปเก็บข้อมูลจากกล้องอย่างต่อเนื่องเพื่อไม่ให้สูญเสียภาพที่สามารถบันทึกได้ การเก็บข้อมูลจึงมีความจำเป็นที่จะต้องช่วยอำนวยความสะดวกให้เจ้าหน้าที่ป่าไม้เพื่อช่วยเหลือในการอนุรักษ์พันธุ์เสือโคร่ง

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่เกี่ยวข้องกับโครงงานระบบเฝ้าสังเกตสัตว์ป่าผ่านเครือข่ายไร้สายแบบเวลาจริง [1] และโครงงาน ระบบการถ่ายภาพสัตว์ป่าและส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายแลนไร้สายแบบหลายช่วง [2] ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเดียวกันคืออำนวยความสะดวกให้เจ้าหน้าที่ป่าไม้เพื่ออนุรักษ์พันธุ์เสือโคร่งโดยการจัดเก็บภาพเสือแต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของ

แบตเตอรี่สามารถให้พลังงานได้ประมาณ 2 - 3 วัน ทำให้ต้องเข้าไปเปลี่ยนแบตเตอรี่อยู่บ่อยครั้ง

ไม่สามารถถ่ายภาพในเวลากลางคืน ทำให้เก็บข้อมูลภาพเสือได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพเพราะเสือเป็นสัตว์หากินเวลากลางคืน

อุปกรณ์ไม่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่มีฝนตกหรือความชื้นมาก ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้จริงเพราะบริเวณป่าที่ใช้งานจริงมีฝนตกและความชื้นมาก

เมื่ออุปกรณ์ไม่มีการจ่ายไฟจะไม่สามารถเก็บการตั้งค่าปัจจุบันได้ ทำให้เกิดปัญหาเวลาเปลี่ยนแบตเตอรี่อุปกรณ์จะต้องถูกตั้งค่าใหม่ทุกครั้ง

อุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวไม่สามารถแยกแยะระหว่างสัตว์ป่ากับการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติได้ ทำให้ประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เพราะเกิดข้อมูลภาพถ่ายที่อาจเกิดจากความเคลื่อนไหวอย่างอื่นนอกจากสิ่งมีชีวิต

อุปกรณ์กล้องที่ใช้อยู่เดิมไม่สามารถนำมาใช้ร่วมกับระบบได้

ไม่มีการ synchronize กันระหว่างกล้องเนื่องจากใช้ motion sensor เพียง 1 ตัว

นอกจากนี้ยังมีกล้อง Bushnell Trophy Cam HD Wireless [3] ที่มีความสามารถในการทำงานตามวัตถุประสงค์โดยเฉพาะในเรื่องของการส่งรูปออกมาเก็บภายนอกตัวกล้อง แต่ยังมีข้อเสียในเรื่องของ ราคา และความสามารถในการถ่ายภาพพร้อมกัน

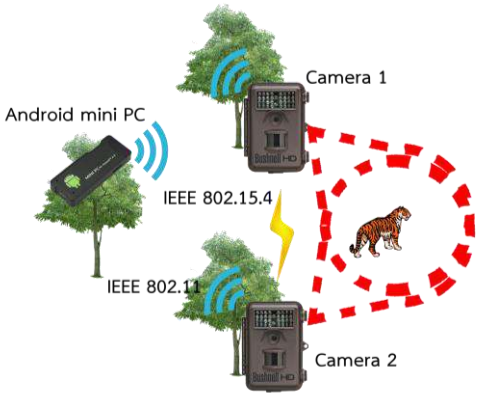
โดยระบบควบคุมการถ่ายภาพเสือพร้อมกันจากกล้องหลายตัวแบบเวลาจริงผ่านตัวควบคุมไร้สายจะใช้กล้องที่มีอยู่เดิมในการพัฒนาแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว

3. รายละเอียดการพัฒนา

การพัฒนาจะแบ่งออกเป็นภาพรวมของระบบ การออกแบบ และข้อจำกัดของระบบ

3.1 ภาพรวมของระบบ

เมื่อกล้องที่ติดตั้งไว้ในป่าตรวจพบสัตว์ป่าผ่าน PIR Motion Sensor กล้องตัวดังกล่าวจะส่งข้อความผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์เจนนิก (Jennic) สำหรับการสื่อสารไร้สาย โดยใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4 เพื่อบอกให้กล้องตัวอื่นถ่ายภาพโดยพร้อมกัน จากนั้นภาพที่ได้ในกล้องแต่ละตัวจะถูกส่งผ่าน IEEE 802.11 ด้วยการ์ดวายฟายเอสดี ไปเก็บไว้ยังคลังเก็บภาพแอนดรอยด์มินิพีซีอย่างปลอดภัยดังรูปที่ **1**



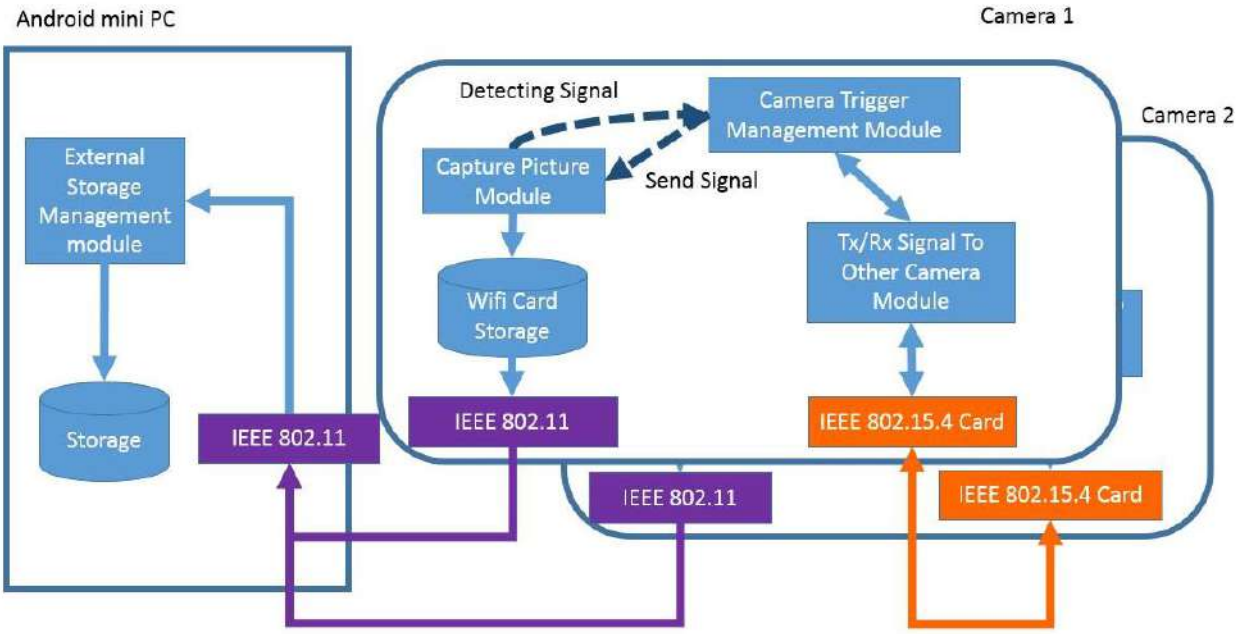
รูปที่ 1. ภาพรวมของระบบ

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของการถ่ายภาพกับส่วนของการเก็บภาพ แสดงดังรูปที่ 2 และลักษณะของอุปกรณ์จริงแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. ลักษณะของอุปกรณ์จริง



รูปที่ 2. องค์ประกอบของระบบ

3.2.1 ส่วนของการถ่ายภาพ

เจนนิกที่ติดอยู่บนกล้องแต่ละตัวจะทำหน้าที่เป็น Camera Trigger Management Module ซึ่งจะมีการดูสถานะการถ่ายภาพของกล้อง (Detecting Signal) เมื่อตรวจพบการถ่ายภาพจะส่งข้อความผ่าน IEEE 802.15.4 ไปยังเจนนิกที่ติดอยู่บนกล้องตัวอื่นๆ ขณะเดียวกันเจนนิกแต่ละตัวก็จะคอยรับสัญญาณจากเจนนิกตัวอื่นๆ ด้วยเช่นกัน โดยเมื่อได้รับสัญญาณจำทำการกระตุ้นให้กล้องเกิดการถ่ายภาพ(Send Signal)

3.2.2 ส่วนของการเก็บภาพ

เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ เจนนิกจะกระตุ้นให้กล้องจ่ายไฟเลี้ยงการ์ดเอสดี Eye-Fi ทำให้เกิดการส่งภาพผ่าน IEEE 802.11 ไปเก็บไว้ยังอุปกรณ์เก็บภาพแอนดรอยด์มินิพีซี

3.3 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบไม่มีการประมวลผลทางด้านรูปภาพให้เจาะจงเฉพาะเสือทำให้เกิดการถ่ายภาพกับสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ระยะการสื่อสารมีขีดจำกัดอยู่ที่ประมาณ 15 เมตร

4. การทดสอบการใช้งาน

เพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบแบ่งออกเป็น สภาพแวดล้อมในการทดสอบ และ ผลการทดสอบ

4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ การสื่อสารระหว่างกล้อง และ การสื่อสารระหว่างกล้องกับแอนดรอยด์มินิพีซี

4.1.1 การสื่อสารระหว่างกล้อง

การสื่อสารระหว่างกล้องแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน

4.1.1.1 การทดสอบส่วนที่ 1 วัดความสามารถในการสั่งถ่าย

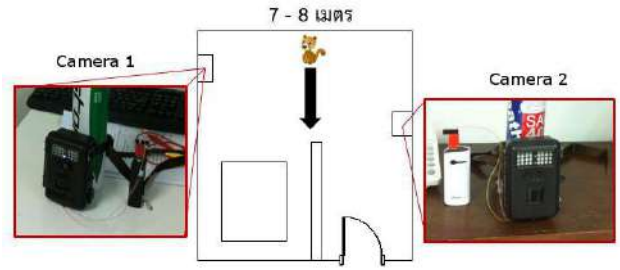
ทำการทดลองกับกล้อง 2 ตัว ให้กล้องตัวหนึ่งถูกปิดการรับรู้ของ motion sensor เอาไว้ แล้วให้วัตถุผ่านกล้องอีกตัวที่ motion sensor สามารถทำงานได้ปกติ กล้องตัวที่ถูกปิด motion sensor ต้องรับรู้ถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านทางกล้องตัวที่ motion sensor ทำงานปกติ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. การทดสอบส่วนที่ 1 วัดความสามารถในการสั่งถ่าย

4.1.1.2 การทดสอบส่วนที่ 2 วัดภาพที่ได้จากการถ่ายโดยพร้อมกัน

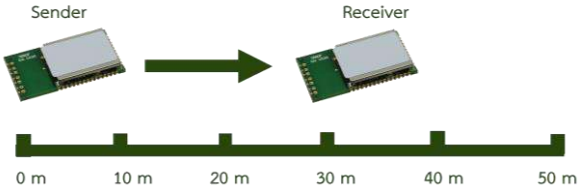
ได้ทำการตั้งกล้องไว้ทั้ง 2 ฝั่งของพื้นที่สังเกตแล้วให้วัตถุเคลื่อนที่ผ่านเพื่อให้กล้องมีการตรวจพบความเคลื่อนไหวและเกิดการถ่ายภาพโดยพร้อมกันดังรูปที่ 5.



รูปที่ 5. การทดสอบส่วนที่ 2 วัดภาพที่ได้จากการถ่ายโดยพร้อมกัน

4.1.1.3 การทดสอบส่วนที่ 3 วัดประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลเทียบกับระยะทาง

นำไมโครคอนโทรลเลอร์เจนนิกใส่ไว้ในกล้อง 2 ตัว ให้กล้องทำการส่งข้อมูลสื่อสารกันอย่างต่อเนื่องโดยกล้องตัวแรกวางอยู่กับที่และตัวที่สองเคลื่อนที่ห่างออกมาเรื่อยๆ การทดลองทำบนพื้นที่เปิดมีเส้นทางการเคลื่อนที่ของกล้องเป็นเส้นตรงปราศจากสิ่งกีดขวางดังรูปที่ 6 โดยแต่ละจุดที่ทำการทดลองจะทำการวัดผลของการส่งข้อมูลจำนวน 15 ครั้งแล้วนำจำนวนครั้งที่ส่งสำเร็จมาคำนวนปั่นอัตราการส่งข้อมูลเฉลี่ยต่อระยะทาง



รูปที่ 6. การทดลองวัดประสิทธิภาพการส่งข้อมูล

4.1.2 การสื่อสารระหว่างกล้องกับแอนดรอยด์มินิพีซี

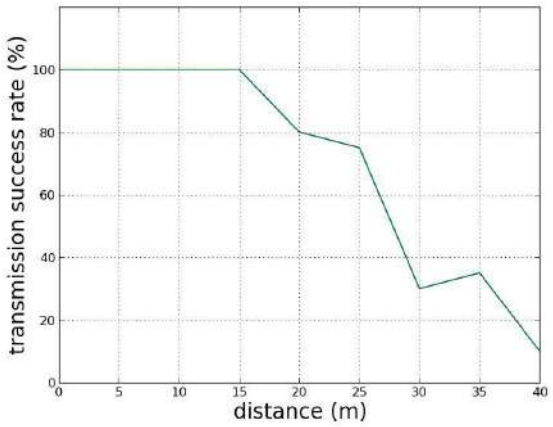
ทำการวัดระยะที่ไกลที่สุดที่สามารถส่งรูปจากกล้องมายังแอนดรอยด์มินิพีซีได้และวัดความเร็วในการส่งรูปภาพที่มีขนาด 900 กิโลบิต

4.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากการทดสอบส่วนที่ 1 พบว่าทุกครั้งที่กล้องตัวที่เซ็นเซอร์ทำงานปกติตรวจจับความเคลื่อนไหวได้ กล้องตัวที่ถูกปิดการรับรู้ของเซ็นเซอร์จะเกิดการถ่ายภาพขึ้นทุกครั้ง แสดงว่ากล้องสามารถถ่ายภาพได้พร้อมกัน

จากการทดสอบส่วนที่ 2 พบว่าภาพที่ได้เห็นทั้ง 2 ด้านของคนที่เดินผ่านโดยมีความคาดเคลื่อนของเวลาที่เกิดการถ่ายภาพไม่เกิน 1 วินาที

จากการทดสอบส่วนที่ 3 พบว่าอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่อระยะทางเป็นไปดังรูปที่ 7 พบว่าระยะที่สามารถส่งข้อมูลได้สำเร็จทั้งหมดอยู่ที่ระยะไม่เกิน 15 เมตร



รูปที่ 7. กราฟแสดงอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่อระยะทาง

จากการทดสอบส่วนที่ 4 พบว่าสามารถส่งภาพจากกล้องมายังอุปกรณ์เก็บภาพและมีระยะการส่งที่ไกลที่สุดอยู่ที่ 12.2 เมตร และ มีอัตราการส่งรูปอยู่ที่ประมาณ 24 รูปต่อนาที โดยรูปมีขนาด 900 กิโลบิต ซึ่งเท่ากับ 360 กิโลบิตต่อวินาที

5. บทสรุป

โครงงานระบบควบคุมการถ่ายภาพเสือพร้อมกันจากกล้องหลายตัวแบบเวลาจริงผ่านตัวควบคุมไร้สายสามารถทำงานได้จริง โดยตั้งกล้องไว้ตามจุดที่ต้องการ กล้องจะถ่ายภาพโดยพร้อมกัน และถ่ายโอนข้อมูลมาเก็บยังแอนดรอยด์มินิพีซีในตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่ในการสำรวจและติดตามประชากรเสือโคร่ง เพื่อใช้ในการอนุรักษ์เสือโคร่งต่อไป

โครงงานยังสามารถพัฒนาต่อในเรื่องของแหล่งพลังงานให้อยู่ได้นานและมีประสิทธิภาพมากขึ้น และ การต่อวายฟายระยะไกลจากแอนดรอยด์มินิพีซีส่งต่อมายังที่ศูนย์วิจัยของเจ้าหน้าที่ป่าไม้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยสัตว์ป่าเขานางรำ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งในการให้ข้อมูลและการอนุญาติเข้าพื้นที่รวมทั้งการสนับสนุนอุปกรณ์กล้องดักถ่าย Bushnell Camera บางส่วน

ขอขอบคุณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่ได้มอบทุนอุดหนุนโครงการการ

เอกสารอ้างอิง

[1] วิธวัช ตั้งตรงไพโรจน์ อภิรักษ์ จันทร์สร้าง ชัยพร ใจแก้ว และ อนันต์ ผลเพิ่ม. ระบบเฝ้าสังเกตสัตว์ป่าผ่านเครือข่ายไร้สายแบบเวลาจริง. In 3rd Conference on Application Research and Development (ECTI-CARD 2011), Bangkok, Thailand, May 5-6 2011

[2] วรวัชร พันธุ์ชาตรี, “Wildlife Photography and Data Transfer System via Multihop Wireless LAN”, โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2554.

[3] Bushnell Trophy Cam HD Wireless (15 กุมภาพันธ์ 2557) [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.bushnell.com/all-products/trail-cameras/trophy-cam/trophy-cam-hd-wireless

หัวข้อ การกู้ภัยระบบเตือนภัยการพยากรณ์และระบบควบคุม(21RoB)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

หุ่นยนต์สำรวจอุทกภัย

Flood Robot

อนันต์ วงษ์จันทร์[1], กุลวัฒน์ คำเพราะ[1], เสกสรรค์ กันธรรม[1], อดิเรก วงค์วารินทร์[1], และพุทสายัน นราพินิจ[2]

[1]สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพเชียงใหม่

128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300 โทรศัพท์ : 0-5392-1444 ต่อ 2110

E-mail: anandata@hotmail.com[1], tranner_trane@hotmail.com[1], saksan.bandon@gmail.com[1], backhit13@hotmail.com[1], put_narapinija@hotmail.com[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอ หุ่นยนต์สำรวจอุทกภัยช่วยเหลือผู้ที่อยู่ในพื้นที่ประสบภัย ซึ่งสามารถเคลื่อนที่บนบกและสามารถเคลื่อนที่บนผิวน้ำได้ โดยหุ่นยนต์สำรวจอุทกภัยจะใช้ตัวถอดรหัสความถี่ของสัญญาณโทรศัพท์เครื่องรับ (Dual Tone Multi Frequency; DTMF) เบอร์ MT8870 เป็นเลขไบนารี เพื่อส่งต่อไปยัง FPGA เบอร์ EPM3032ALC44 นำมาเชื่อมต่อกับชุดคอนโทรลรีเลย์ เพื่อไปควบคุมมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ตามต้องการ เมื่อมีการกดหมายเลขบนโทรศัพท์เครื่องส่ง จะประกอบไปด้วยเซนเซอร์ตัวตรวจจับไฟฟ้ารั่ว ขณะบังคับให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในพื้นที่ ตัวหุ่นยนต์จะทำการสำรวจและทำการตรวจจับไฟฟ้ารั่ว เพื่อลดความเสี่ยงของมนุษย์ โดยมีกล้องจิ๋ว Model 208 จะส่งภาพผ่านตัวส่งสัญญาณ 2.4 GHz กำลังขนาด 2 วัตต์ มายังจอมอนิเตอร์ขนาด 7 นิ้ว ทางฝั่งผู้ควบคุมหุ่นยนต์ซึ่งมีระยะรับส่งสูงสุด 150 เมตร สามารถปรับกล้องซ้าย-ขวาได้ 180 องศา และขึ้น-ลงได้ 90 องศา ส่วนตัวหุ่นยนต์มีโครงสร้างเป็นเหล็กและโลหะซึ่งมีน้ำหนักมาก เพื่อทำให้หุ่นยนต์ลอยน้ำจึงนำโฟมติดตั้งใต้ท้อง

Abstract

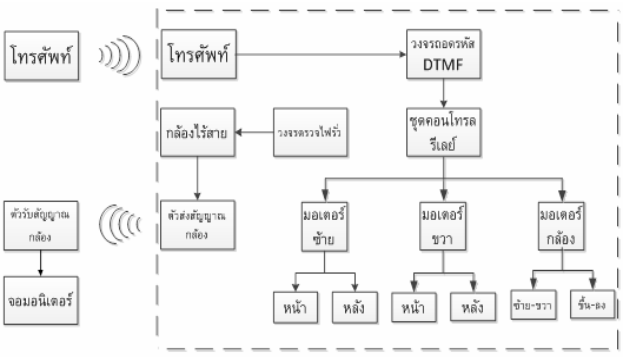
This paper presents a rescue robot for flood disaster, which have capability to move on land and float on water. This robot operate by using mobile phone receiver decryption (Dual Tone Multi Frequency: DTMF) MT8870, which is binary number. And bypass to FPGA EPM3032AC44 to translate binary number and connect to control relay unit. Which controlled motor unit to move as desire after pressing command on mobile phone. Main feature are electric current sensor. During operation in disaster area, Robot may search and detect signal of electric current without human risk. User could be able to see via mini camera model 208, which transmit 2.4 GHz/2watt signal to 7" monitor with maximum range of 150 meter. This mini camera can turn 180 degree and tilt 90 degree. The overall structure of this robot consists of steel and alloy. To make it possible to float on water, polystyrene foam was added.

1. บทนำ

เทคโนโลยีทางด้านการติดต่อสื่อสารโทรคมนาคมถือได้ว่ามีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดต่อสื่อสารด้วยโทรศัพท์มือถือ ซึ่งส่วนใหญ่การควบคุมหุ่นยนต์ที่ใช้ในการกู้ภัย มักจะนิยมใช้สัญญาณ Wireless Fidelity (WIFI) [1] ซึ่งหากสถานที่ประสบภัยที่หุ่นยนต์จะเข้าไปสำรวจมีระยะห่างกับผู้ควบคุมมากก็จะมีปัญหาในการควบคุมได้ ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้มีแนวความคิดที่จะนำการติดต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือมาควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งปัจจุบันจะเห็นได้ว่าหุ่นยนต์สำรวจหรือหุ่นยนต์กู้ภัยที่มีการสร้างขึ้นส่วนใหญ่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งบนบกและบนผิวน้ำ [2] เพื่อใช้ในการเข้าถึงสถานที่ประสบภัยซึ่งมีความเสี่ยงต่อมนุษย์ที่จะเข้าไปสำรวจ จึงจำเป็นต้องใช้หุ่นยนต์สำรวจเข้าไปตรวจสอบในพื้นที่น้ำท่วม ว่ามีกระแสไฟฟ้ารั่วหรือไม่ โดยการแสดงผลผ่านมายังจอมอนิเตอร์เพื่อแจ้งให้ผู้ควบคุมหุ่นยนต์ทราบ

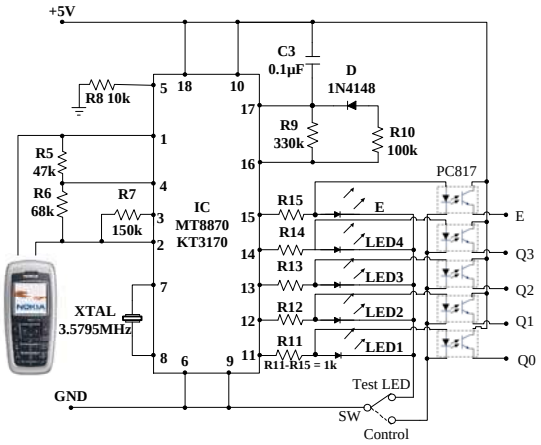
2. การออกแบบระบบ

หลักการทำงานของหุ่นยนต์สำรวจอุทกภัย สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ระบบการถอดรหัส ระบบชุดคอนโทรลรีเลย์ ระบบชุดตรวจจับไฟรั่ว และระบบกล้องไร้สาย ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมการทำงานของหุ่นยนต์สำรวจอุทกภัยดังแสดงรูปที่ 1



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของหุ่นยนต์สำรวจอุทกภัย

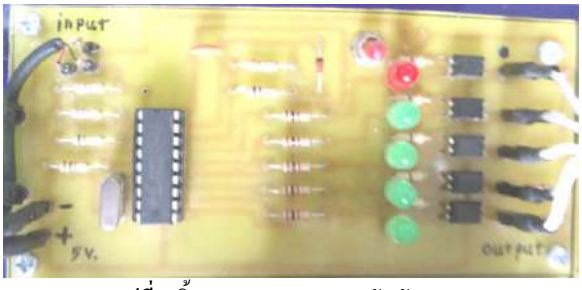
การทำงานเมื่อมีการโทรศัพท์มายังเลขหมายของเครื่องโทรศัพท์เครื่องรับซึ่งจะใช้วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF เบอร์ MT8870 [3] - [5] ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างโดยเทคโนโลยี ISO-CMOS ในส่วนวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิตซ์คาปาซิสเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่ ส่วนวงจรถอดรหัสจากการกดหมายเลขบนแป้นโทรศัพท์เครื่องส่งใช้เทคนิคการนับเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต ซึ่งวงจรการถอดรหัสแสดงดังรูปที่ 2 และชิ้นงานของวงจรถอดรหัสสัญญาณแสดงดังรูปที่ 3 ตามลำดับ โดยจะใช้สวิตซ์สองทาง เมื่ออยู่ตำแหน่งแรกใช้สำหรับแสดงผลการทดสอบการถอดรหัสค่าโดยการแสดงผลที่หลอด Test LED และเมื่อสวิตซ์มายังตำแหน่งการควบคุม (Control) เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ โดยจะใช้ออฟโต้ เบอร์ PC817 ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ควบคุมด้วยแสง ซึ่งมีกราวด์แยกออกจากกันทำให้ไม่มีการรบกวนกันทั้งสองฝั่งเพื่อต้องการความมีเสถียรของการควบคุม ซึ่งค่าเลขฐานสองที่ได้จากวงจรถอดรหัสจากการกดปุ่มโทรศัพท์เครื่องส่ง ซึ่งแสดงดังในตารางที่ 1



รูปที่ 2 วงจรถอดรหัส

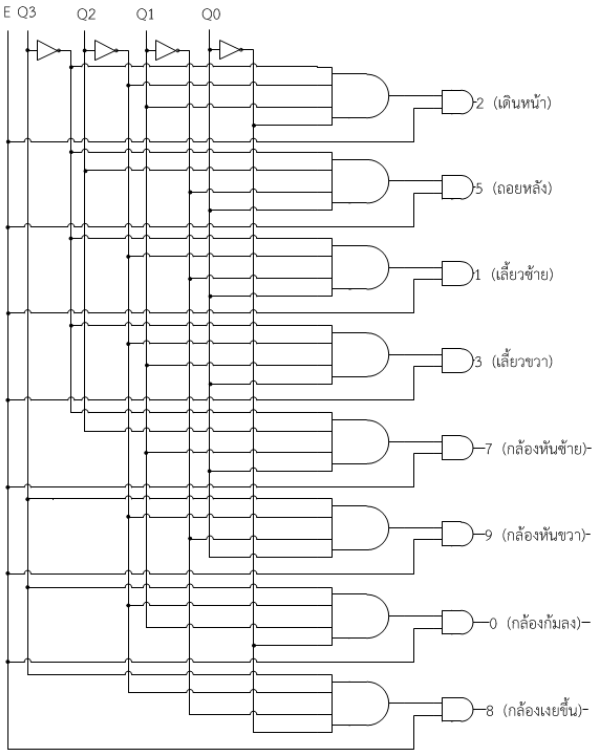
ตารางที่ 1 ค่าเลขฐานสองที่ถอดรหัสจากปุ่มการกดโทรศัพท์เครื่องส่ง

หมายเลขของปุ่ม	เลขฐานสองที่ทำการถอดรหัส				
	Q3	Q2	Q1	Q0	E
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1
9	1	0	0	1	1
0	1	0	1	0	1
*	1	0	1	1	1
#	1	1	0	0	1
ไม่มีการกดปุ่ม	x	x	x	x	0

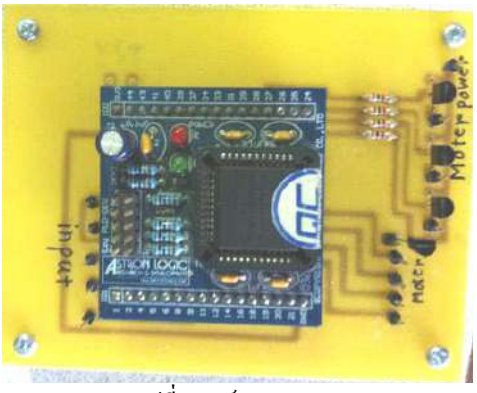


รูปที่ 3 ชิ้นงานของวงจรถอดรหัสสัญญาณ

เมื่อทำการถอดรหัสแล้วจะส่งต่อไปยังชุดคอลโทรลรีเลย์ โดยใช้ FPGA เบอร์ EPM3032ALC44 ทำหน้าที่แปลงค่าเลขฐานสองขนาด 4 บิต ซึ่งการออกแบบวงจรการทำงานจะถูกบรรจุลงในชิฟ EPM3032ALC44 [5] แสดงดังรูปที่ 4 ด้วยโปรแกรม MAX+PLUS II โดยในรูปที่ 5 แสดงบอร์ดวงจร EPM3032ALC44 ตามลำดับ แล้วนำไปเชื่อมต่อกับชุดรีเลย์ เพื่อไปควบคุมมอเตอร์และกล้องให้เคลื่อนที่ตามต้องการ

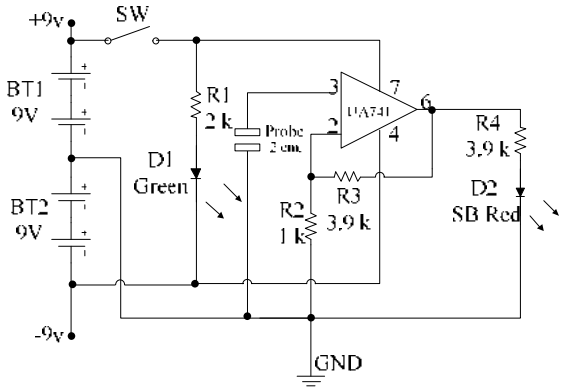


รูปที่ 4 วงจรการทำงานที่บรรจุลงในชิฟ EPM3032ALC44



รูปที่ 5 บอร์ดวงจร EPM3032ALC44

ในส่วนของวงจรในการตรวจจับกระแสไฟฟ้ารั่ว [6] โดยใช้วงจรดังแสดงในรูปที่ 6



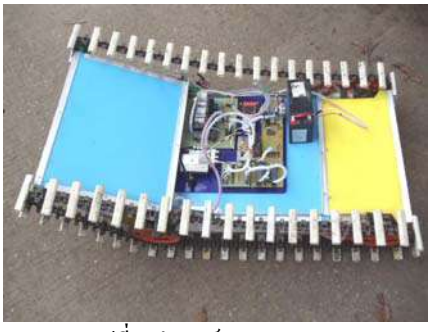
รูปที่ 6 วงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้ารั่ว

3. การทดลองและผลการทดลอง

หุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมีขนาดความกว้าง 64 เซนติเมตร ความสูง 45 เซนติเมตร ความยาว 95 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 7 หุ่นยนต์สำรวจอุทกภัย และดังแสดงในรูปที่ 8 หุ่นยนต์สำรวจอุทกภัยขณะวิ่งบนผิวน้ำ ตามลำดับ เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของหุ่นยนต์สำรวจอุทกภัย จึงมีการทดสอบการทำงาน แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกทำการทดสอบวงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่ว ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งผลการทดสอบพบว่าวงจรตรวจจับไฟรั่วสามารถตรวจจับไฟฟ้ารั่วในระยะ 1 เมตร ซึ่งอยู่ในระยะที่ได้ออกแบบไว้ ขั้นตอนที่สอง ทำการทดสอบคุณภาพของกล้องในระยะต่างๆ โดยใช้กล้องจิ๋วมีสาย Model 208 เครื่องรับเครื่องส่งขนาด 2 วัตต์ เพื่อแสดงผ่านจอมอนิเตอร์ขนาด 7 นิ้ว ทางฝั่งผู้บังคับหุ่นยนต์ การวัดคุณภาพความชัดเจนของกล้องทำการวัดทุกๆ 10 เมตร ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคุณภาพกล้องมีระยะรับส่งมากที่สุด 120 เมตร

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบวงจรตรวจจับไฟรั่ว

ระยะห่างของจุดตรวจวัดไฟฟ้ารั่ว (ซม.)	LED RED (D2)	
	สว่าง	ไม่สว่าง
10	√	
20	√	
30	√	
40	√	
50	√	
60	√	
70	√	
80	√	
90	√	
100	√	
110		√



รูปที่ 7 หุ่นยนต์สำรวจอุทกภัย



รูปที่ 8 หุ่นยนต์สำรวจอุทกภัยขณะวิ่งบนผิวน้ำ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณภาพของกล้องในระยะต่างๆ

ครั้งที่	ระยะห่างของจอมอนิเตอร์และตัวหุ่นยนต์ (m.)	คุณภาพสัญญาณ				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	น้อย
1	10	√				
2	20	√				
3	30	√				
4	40	√				
5	50	√				
6	60	√				
7	70	√				
8	80		√			
9	90		√			
10	100		√			
11	110			√		
12	120				√	
13	130					√
14	140					√
15	150					√

ขั้นตอนที่สามทำการทดสอบเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ต่อการชาร์ตแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง โดยหุ่นยนต์ใช้แบตเตอรี่ 12V 12A จำนวนหนึ่งชุด ซึ่งระยะเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ต่อการชาร์จแบตเตอรี่เต็มหนึ่งครั้ง ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบระยะเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ต่อการชาร์จแบตเตอรี่เต็มหนึ่งครั้ง

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ (นาที)
1	39
2	37
3	38
4	39
5	35

4. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอ หุ่นยนต์สำรวจอุทกภัยเพื่อช่วยเหลือผู้ที่อยู่ในพื้นที่ประสบภัย ซึ่งมีขนาดความกว้าง 64 เซนติเมตร ความสูง 45 เซนติเมตร ความยาว 95 เซนติเมตร จากผลการทดสอบพบว่าหุ่นยนต์ที่นำเสนอสามารถเคลื่อนที่บนบกและสามารถเคลื่อนที่บนผิวน้ำได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และควบคุมกล้องได้จากการกดตัวเลขบนแป้นของโทรศัพท์เครื่องส่ง โดยที่กล้องสามารถปรับซ้ายขวาได้ 180 องศา และขึ้นลงได้ 90 องศา ส่วนผลการทดสอบวงจรตรวจจับไฟรั่วตามตารางที่ 2 สามารถตรวจจับไฟฟ้ารั่วในระยะ 1 เมตร เพื่อแสดงผ่านจอมอนิเตอร์ขนาด 7 นิ้ว ทางฝั่งผู้บังคับหุ่นยนต์ทราบ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคุณภาพกล้องมีระยะรับส่งมากที่สุด 120 เมตร และผลการทดสอบระยะเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ต่อการชาร์จแบตเตอรี่เต็มหนึ่งครั้ง พบว่าสามารถใช้งานได้ในเวลาเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 35 นาทีต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง

5. เอกสารอ้างอิง

[1] I. Mezei, V.Malbasa and I. Stojmenovic “Greedy Extension of Localized Auction Based Protocols for Wireless Robot-Robot Coordination”, pp.53-57, IEEE, 2009.

[2] Z. Kova˘ci´c, M. Cukon, K. Brki´c, G. Vasiljevi´c, A. Mutka, D. Mikli´c, F. Vuglec, I. Rajkovi´c, “Design and Control of a Four-flipper Tracked Exploration & Inspection Robot”, 2013 21st Mediterranean Conference on Control & Automation (MED), Platanias-Chania, Crete, Greece, pp.7-12, June 25-28, 2013.

[3] Fu Guangchun, Kong Xiaohong, Zhang Wei, Chen Yanfeng, Du Liufeng, “Design of the Phone Intelligent Dialing Controller”, International Conference of Information Science and Management Engineering, pp.68-70, 2010.

[4] Dong-ming Li , Jing Zhang, Li Zhang, Ya-ju Liu, Bo Du, “An Automatic Voice Query System for Bank Based on Telephone Network”, International Symposiums on Information Processing, pp.629-632, 2008.

[5] J. Jimenez, J.L. Martin, A. Astarloa and A. Zuloaga, “Manchester decoding algorithm for Multifunction Vehicle Bus”, International Conference on Industrial Technology (ICIT), IEEE, pp.769-774, 2004.

[6] สกุลธรรม เสนาะพิมพ์, อำนาจ สาธานนท์ “ชุดทดสอบไฟรั่ว” ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, http://www.sc.chula.ac.th/th/newsDetail.asp?newsID=313

6. ประวัติผู้เขียน



นายกุลวัฒน์ คำเพราะ กำลังศึกษาชั้นปีที่ 4 หลักสูตร อส.บ. อิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ภาคพายัพเชียงใหม่

E-mail: tranner_trane@hotmail.com



นายเสกสรร กันธรรม กำลังศึกษาชั้นปีที่ 4 หลักสูตร อส.บ. อิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ภาคพายัพเชียงใหม่

E-mail: saksan.bandon@gmail.com



นายอดิเรก วงค์วารินทร์ กำลังศึกษาชั้นปีที่ 4 หลักสูตร อส.บ. อิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ภาคพายัพเชียงใหม่

E-mail:backhit13@hotmail.com

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

หุ่นยนต์ดับเพลิงด้วยระบบอัตโนมัติ

Automatically Fire Fighter Robot

ณัฐพงศ์ พันธุนะ[1] เวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ[1] สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์[1] พสิษฐ์ สุวรรณภิงคาร และอานนท์ สิงห์เสถียร

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ

E-mail: nattapong100@gmail.com[1]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันหุ่นยนต์ถูกนำมาประยุกต์เพื่อช่วยเหลือ และทำงานแทนมนุษย์ในลักษณะงานที่แตกต่างกันอย่างกว้างขวาง อาทิ ในโรงงานอุตสาหกรรมที่อันตราย ช่วยทีมแพทย์ในการผ่าตัดและรักษาผู้ป่วย อาวุธยุทโธปกรณ์ทางทหารและตำรวจ หรือแม้แต่นำมาช่วยพ่อครัวประกอบอาหารและเป็นพนักงานเสริฟในโรงแรมหรือร้านอาหาร เป็นต้น ในบทความวิจัยนี้จะนำเสนอถึงการสร้างและพัฒนาหุ่นยนต์ให้มีความสามารถในการรักษาความปลอดภัยอันเนื่องมาจากอัคคีภัย หรือเรียกหุ่นยนต์นี้ว่า หุ่นยนต์ดับเพลิงด้วยระบบอัตโนมัติ ความสามารถของหุ่นยนต์ดับเพลิงด้วยระบบอัตโนมัตินี้สามารถค้นหา และป้องกันเพลิงไหม้ได้เองอย่างอัตโนมัติ ถูกออกแบบให้ใช้ประโยชน์ได้ทั้งในเวลากลางวันและโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืน การเคลื่อนที่จะทำได้เองและสามารถค้นหาทางเดินจากการสั่งการของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เบสิก แสตมป์ รุ่น 2P40 ร่วมกับเซนเซอร์อินฟราเรด ส่วนการค้นหาเปลวเพลิงโดยสามารถแยกแยะแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดจากหลอดไฟกับเปลวเพลิงจากการลุกไหม้ได้ด้วยเซนเซอร์ยูวีตรอน R2868 ทำให้สามารถค้นหาต้นเพลิงได้อย่างแม่นยำโดยไม่ต้องใช้ภาพจากกล้องดิจิตอลไปประมวลผล และยังสามารถส่งข้อความสั้นไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ควบคุมทันทีเมื่อตรวจพบเปลวเพลิง ซึ่งผู้ควบคุมสามารถที่จะมองภาพเหตุการณ์แบบเวลาจริงได้ด้วยกล้องไอพีที่ติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์ได้ตลอดเวลา ผ่านอุปกรณ์เฝ้ามองระยะไกลแบบต่างๆ ได้ เช่น คอมพิวเตอร์ หรือโทรศัพท์แบบสมาร์ทโฟน เป็นต้น ทันทีเมื่อหุ่นยนต์ตรวจพบเปลวเพลิงจะเข้าทำการดับเพลิงเบื้องต้น ด้วยการพ่นสารเคมีจากถังดับเพลิงที่ติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์ จากการทดลองทั้งในที่สว่างและในที่มืดพบว่า สามารถวิ่งเข้าหาเพลิงที่กำลังลุกไหม้ได้อย่างแม่นยำ ร้อยละ 90 ทันทีที่ตรวจพบเปลวเพลิงจะส่งข้อความสั้นออกไปยังผู้ควบคุมได้ร้อยละ 100 และสามารถดับเพลิงได้สนิท ร้อยละ 70

Abstract

Nowadays, robots are applied to use in a wide variety of works such as working in dangerous environments, helping surgery and looking after a patient, fighting in a war, cooking and serving in a restaurant and etc. Consequently, this research papers presents how to building and developing the firefighting robot to have abilities to automatically finding and distinguish flames as well. In addition, the robot was designed to work both day and especially night time. All of intelligent abilities are controlled by the BASIC STAMP 2P40 microcontroller board and strongly supported by UV-TRON R2868, flame detector sensor, The sensor can sharply differentiate between flame and others light so they can find ablaze without digital signal processing processes and send SMS to phone as well; moreover, the robot can send real-time video by IP camera to people via remote monitoring device such as smart phone or tablet. When the robot have found ablaze, it spray fire distinguishing chemicals to the fire by the tube place on the robot. From a lot of experimented in both of day and night time, we found that the robot managed to find and move to site of ablaze accomplished in 90%, send SMS 100% and completely distinguish fire 70%.

***Keywords*:** fire fighter, robot, UV Tron, automatic

1. บทนำ

สถิติการเกิดเพลิงไหม้ในประเทศไทยได้รายงานจากศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยไว้ว่าประเทศไทยมีสถิติการเกิดเพลิงไหม้เพิ่มขึ้นทุกปี โดยปี พ.ศ.2555 พบถึง 3,205 ครั้ง ขณะที่ปี พ.ศ.2556 พบว่าเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พบเหตุไฟไหม้เกิดขึ้น 398 และ 475 ครั้งตามลำดับ และหากรวบรวมสถิติย้อนหลังไปสิบปี (พ.ศ.2556-2536) พบว่าการเกิดอัคคีภัยในประเทศไทยมีมากกว่า 36,842 ครั้ง คิดเป็นมูลค่าความเสียหายมากกว่า 19,000 ล้านบาท มีทั้งผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตเกือบ 5,000 คน ซึ่งไม่อาจประเมินค่าได้

สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจาก ความประมาณ ความคึกคะนอง ขาดความระมัดระวัง หรือพลั้งเผลอจนลุกลามไหม้บ้านเรือน เช่น การเกิดไฟฟ้าลัดวงจร การเผาที่รกร้างว่างเปล่า การลุกไหม้จากการระเบิด หรือจากการปรุงอาหาร เป็นต้น

ระบบรักษาความปลอดภัยจากอัคคีภัยได้ถูกพิจารณานำมาใช้ในอาคารมีมากมายหลายรูปแบบตามมาตรฐานความปลอดภัย เช่น กฎกระทรวงฉบับที่ 33 ได้กำหนดให้อาคารสูงต้องติดตั้งอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย เช่น ระบบเสียงสัญญาณเตือนภัย ระบบสปริงเกอร์ที่ทำงานได้เองอย่างอัตโนมัติ ถังดับเพลิงแบบมือถือ เป็นต้น แต่ในยุคศตวรรษที่ 21 นี้ได้พัฒนาระบบสมองกลให้มีความอัจฉริยะมากขึ้น หุ่นยนต์ได้ถูกนำมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวก และช่วยเหลือมนุษย์ หรือถูกนำไปใช้งานแทนที่มนุษย์กับงานที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพและชีวิตสูง ดังนั้น ในบทความวิจัยนี้ได้นำเสนอหลักการสำหรับออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ดับเพลิงด้วย

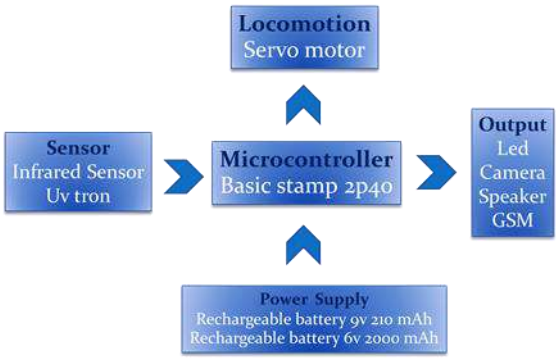
ระบบอัตโนมัติ ที่มความสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ และสามารถค้นหา ตรวจพบเปลวเพลิงได้เองอย่างอัตโนมัติ และทันทีที่ตรวจพบเปลวเพลิงหุ่นยนต์จะวิ่งเข้าทำการดับเพลิงได้อย่างอัตโนมัติพร้อมกับส่งข้อความสั้น SMS แจ้งเหตุร้ายไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้ดูแลได้โดยทันที

2. องค์ประกอบของหุ่นยนต์

การออกแบบหุ่นยนต์ดับเพลิงอัตโนมัตินี้ ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้จริง ทั้งในสภาวะกลางวัน และในสภาวะที่แสงน้อยหรือไม่มีแสงสว่างเลยอย่างเช่นในเวลากลางคืน เพราะเมื่อเกิดเพลิงไหม้จากการลัดวงจรไฟฟ้าจะทำให้เกิดควันไฟ ระบบไฟฟ้าในอาคารจะถูกตัดหรือถูกทำลาย ทำให้ระบบแสงสว่างใช้การไม่ได้ แต่หุ่นยนต์ดับเพลิงอัตโนมัติจะคงยังทำงานค้นหาเปลิวเพลิงได้ต่อไป ด้วยแบตเตอร์รีภายใน สำหรับวิธีการสำรวจและค้นหาเปลวเพลิงที่นำเสนอในบทความนี้จะใช้เซนเซอร์ยูวีตรอน (UV Tron) เบอร์ R2868 และเมื่อตรวจพบจะทำการเข้าดับเพลงทันทีด้วยถังดับเพลิงที่ติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์ พร้อมกันนั้นข้อความสั้นเพื่อใช้ในการแจ้งเหตุจะถูกส่งออกไปยังผู้ดูแลระบบให้ทราบในทันที หากผู้ใช้งานมีความประสงค์ต้องการดูสภาวะจุดเกิดเหตุในทันที สามารถล็อคอินเข้าสู่กล้องไอพีคาเมร่าที่ติดตั้งอยู่บนตัวหุนยนต์ได้ทันที ด้วยสมาร์ทโฟนหรือเครื่องคอมพิวเตอร์

3. การออกแบบโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์

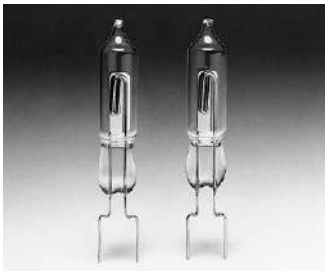
โครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ดับเพลิงอัตโนมัติ ประกอบไปด้วยบอร์ดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ เบสิก สแตมป์ 2p40 เซนเซอร์ตรวจจับเปลวเพลิง ยูวีตรอน ส่งข้อความสั้นด้วยบอร์ดจีเอสเอ็ม ขับเคลื่อน 2 ล้อด้วยเซอร์โวมอเตอร์ ถังดับเพลิงขนาด 10 นิ้ว และแหล่งกำเนิดพลังงานหลักขนาด 9 โวล์ต 210 mAh และ 12 โวล์ต 2,000 mAh ตามรูปแบบดังต่อไปนี้



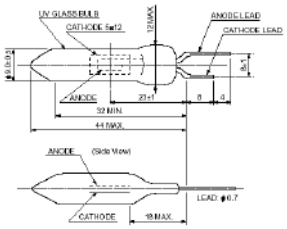
รูปที่ 1. องค์ประกอบหลักของหุ่นยนต์ดับเพลิงอัตโนมัติ

3.1 เซนเซอร์ยูวีตรอน

เซนเซอร์ยูวีตรอน (UVTRON) เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์ที่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์เพื่อใช้ตรวจจับเปลวเพลิงที่กำลังลุกไหม้ เนื่องจากยูวีตรอนใช้หลักการในการตรวจจับรังสีอัลตร้าไวโอเลตจาก 185 นาโนเมตรได้ถึง 300 นาโนเมตร มีผลตอบสนองที่มีความไวต่อรังสีอัลตร้าไวโอเลตสูง สำหรับหุ่นยนต์ดับเพลิงอัตโนมัติตัวนี้ จะใช้เซนเซอร์ยูวีตรอน รุ่น R2868 ดังรูปที่ 2 แสดงหลอดยูวีตรอน รุ่น R2868 และรูปที่ 3 แสดงโครงสร้างของหลอดยูวีตรอน



รูปที่ 2. เซนเซอร์ยูวีตรอน รุ่น R2868

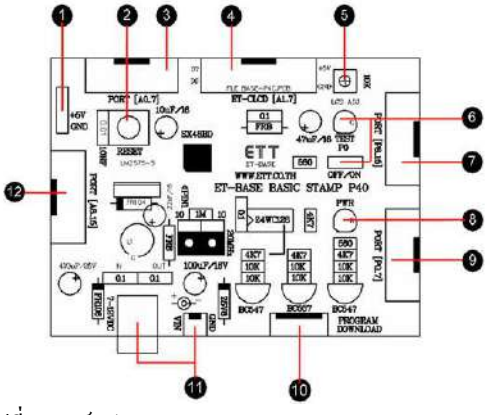


รูปที่ 3. โครงสร้างของเซนเซอร์ยูวีตรอน รุ่น R2868

เซนเซอร์ยูวีตรอนสามารถแยกแยะแสงสว่างที่เกิดจากแสงของหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆได้ เพราะความยาวคลื่นของแสงที่เกิดจากเปลวเพลิงแตกต่างจากยาวคลื่นของแสงที่เกิดจากหลอดไฟฟ้าประเภทต่างๆนั่นเอง สำหรับการประยุกต์ใช้งานสามารถใช้ร่วมกับสัญญาณเตือนไฟไหม้ การเฝ้าระวังการลอบวางเพลิง อุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมเกิดความร้อนลุกไหม้ได้ และเซนเซอร์ยูวีตรอนยังสามารถตรวจสอบการปล่อยโคโรน่าจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูงได้อีกด้วย

3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MICROCONTROLLER) ที่เป็นหัวใจหลักของตัวหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นส่วนประมวลผลของหุ่นยนต์ จะใช้บอร์ดเบสิก แสตมป์ รุ่น 2P40 โดยมีหน้าที่ เชื่อมโยง ตัดสินใจ และควบคุมการทำงานต่างๆตามที่ได้ออกแบบไว้แล้ว



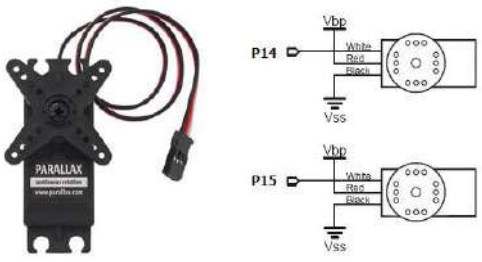
รูปที่ 4. บอร์ดประมวลผล Microcontroller Basic stamp 2P40

สัญญาณจากเซนเซอร์ต่างๆที่เกิดขึ้น จะถูกส่งค่าไปควบคุมอุปกรณ์ในส่วนของส่วนเมคคานิกส์ต่างๆ จากพอร์ตของหน่วยประมวลผลดังนี้

1. ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟ รองรับการเชื่อมต่อกับบอร์ดทดลอง “ET-BASIC IO”
2. สวิตช์ RESET โปรแกรม
3. ขั้วต่อสัญญาณ PORT [A0..7]
4. ขั้วต่อจอแสดงผล LCD แบบตัวอักษรขนาด 14 PIN ใช้การเชื่อมต่อแบบ 4 บิตข้อมูล
5. ตัวต้านทานปรับความสว่าง (Brightness) ของหน้าจอแสดงผลแอลซีดี
6. หลอดไฟ LED สำหรับเขียนโปรแกรมทดสอบการทำงานเบื้องต้นของบอร์ดโดยจะมีจัมพ์เปอร์ สำหรับเลือกการเชื่อมต่อสัญญาณ P0 กับ หลอดไฟ LED
7. ขั้วต่อสัญญาณ PORT [P8..15]
8. หลอดไฟแสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ (Power)
9. ขั้วต่อสัญญาณ PORT [P0..7]
10. พอร์ตสัญญาณดาวน์โหลดโปรแกรมเป็นพอร์ตแบบ 5 PIN
11. ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงบอร์ด โดยควรป้อนแรงดันอินพุตประมาณ 9 VDC
12. ขั้วต่อสัญญาณ PORT [A8..15]

3.3 ระบบขับเคลื่อน

การขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ (LOCOMOTION) เป็นส่วนที่ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยที่ใช้เซอร์โว มอเตอร์ (Servo Motor) จำนวน 2 ตัว โดยรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์

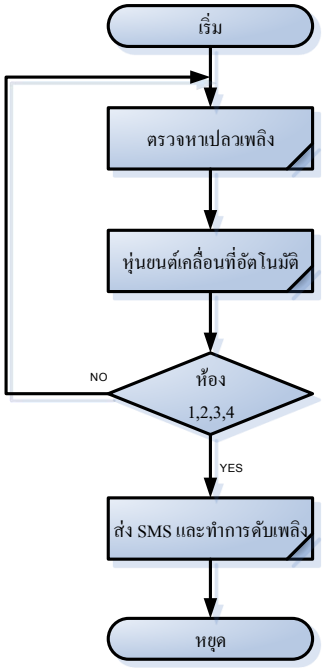


รูปที่ 5. เซอร์โว มอเตอร์ รุ่น 900-0008

4. หลักการทำงานของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ค้นหาและดับเพลิงอัตโนมัติ มีส่วนประกอบหลักทั้งสิ้น 6 ส่วน ประกอบไปด้วย เซนเซอร์ยูวีตรอนพร้อมบอร์ดขับ จำนวน 1 ชุด ระบบขับเคลื่อนด้วยเซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัว บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 1 ชุด ถังน้ำยาดับเพลิง 1 ถัง กล้อง IP Camera จำนวน 1 ตัว และแบตเตอร์รี่ จำนวน 2 ก้อน

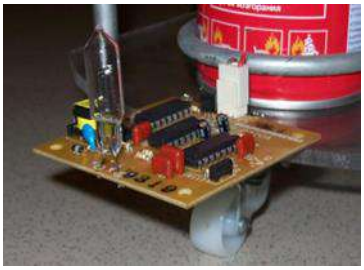
สำหรับการทำงานของหุ่นยนต์ค้นหาและดับเพลิงอัตโนมัตินี้ จะสามารถเคลื่อนที่ได้เองอย่างอิสระด้วยระบบอัตโนมัติ และจะสแกนหาเปลวเพลิงตลอดเวลา หากค้นพบจะส่ง SMS ไปยังผู้เกี่ยวข้องทันที และในขณะเดียวกันก็จะวิ่งเข้าหาเปลวเพลิงและทำการดับเพลิงทันที



รูปที่ 6. แผนภูมิการทำงานของหุ่นยนต์ค้นหาและดับเพลิงอัตโนมัติ

การทำงานจะเริ่มจาก

a. **เริ่ม** คือ การเตรียมหุ่นยนต์ไว้ในบริเวณที่เราต้องการให้หุ่นยนต์ทำงาน
b. **ตรวจหาเปลวเพลิง** คือ หุ่นยนต์จะทำงานตามโปรแกรมซึ่งได้เขียนไว้ ใน Microcontroller (Basic Stamp 2P40) และรับค่าจากเซนเซอร์ยูวีตรอน เพื่อตรวจจับเปลวเพลิง



รูปที่ 7. เซนเซอร์ยูวีตรอนที่ติดตั้งด้านหน้าของหุ่นยนต์

c. **หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ** คือ Microcontroller (Basic Stamp 2P40) จะส่งคำสั่งไปที่ Servo Motor ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นั้น Sensor จะเป็นตัวสั่งให้หุ่นยนต์ตัดสินใจที่จะเดินไป ซ้าย ขวา หน้า หลัง ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

d. **ห้อง 1 , 2 , 3 , 4** คือ เมื่อ Servo Motor ทำงาน ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยพื้นที่การทำงานเราออกแบบเป็นห้อง 1 , 2 , 3 และ 4 เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปทำการตรวจสอบในแต่ละห้อง โดยที่ตัวหุ่นยนต์ในส่วนด้านหน้าจะติดตั้งกล้อง IP Camera ไว้เพื่อสามารถเฝ้ามองจากระยะไกลได้

e. **NO** คือ ในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในห้องต่างๆ ถ้าหุ่นยนต์ตรวจสอบไม่พบเปลวเพลิงหุ่นยนต์จะทำการเดินวนตรวจสอบไปเรื่อยๆ

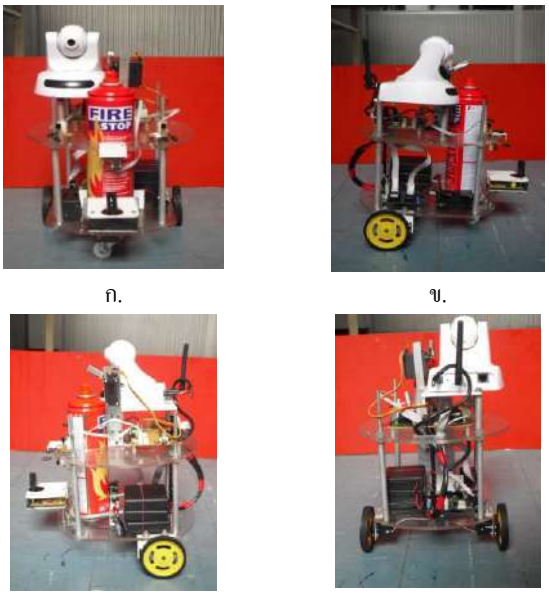
f. **YES** คือ ในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในห้องต่างๆ นั้น ถ้าหุ่นยนต์ตรวจสอบพบเปลวเพลิง หุ่นยนต์จะทำการเดินไปหาเปลวเพลิง และตรวจสอบระยะเพื่อจะทำการดับเปลวเพลิง

g. **ส่ง SMS และทำการดับเปลวเพลิง** คือ ในขณะที่ตัวยูวีตรอนตรวจจับเปลวเพลิงได้ สัญญาณจะถูกส่งไปยัง Microcontroller (Basic Stamp 2P40) เพื่อไปสั่งบอร์ด GSM ส่ง SMS ให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง และขณะเดียวกันให้ Servo Motor ที่ติดอยู่ตัวถังดับเพลิง ทำการกดถังดับเพลิงเพื่อปล่อยสารดับเพลิงในที่นี้การทำงานของหุ่นยนต์สามารถมองเห็นได้จากกล้องที่ติดอยู่บนตัวหุ่นยนต์

h. **หยุด** คือ เมื่อหุ่นยนต์ทำการดับเพลิงเป็นที่เรียบร้อย หุ่นยนต์จะหยุดการทำงานเพื่อรอให้เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องมาทำการ Run program ให้หุ่นยนต์เริ่มทำงานใหม่อีกครั้ง

5. การทดสอบหุ่นยนต์

สำหรับการทดสอบในด้านต่างๆ เพื่อทดสอบการน่าเชื่อถือของระบบ โดยการจุดไฟให้ลุกสูงประมาณ 1 ฟุต และให้หุ่นยนต์ออกเดินสำรวจเอง



ก. ข.

ค. ง.

รูปที่ 8. ภาพ ก.ด้านหน้า ข.ด้านขวา ค.ด้านซ้าย ง.ด้านหลัง ของหุ่นยนต์



ก. ข.

รูปที่ 9. หุ่นยนต์ค้นหาและดับเพลิงอัตโนมัติ

จากการทดสอบในตารางที่ 1 โดยให้หุ่นยนต์เพื่อค้นหาเปลวเพลิง ในห้องขนาด 16 ตารางเมตร จำนวน 10 ครั้ง พบว่าหาเปลวเพลิงได้แม่นยำครบทุกครั้ง และวิ่งเข้าดับเพลิงสำเร็จ 8 ครั้ง และสามารถส่ง SMS ออกได้ครบทุกครั้ง และเวลาค้นหาเปลวเพลิงที่ทำได้เร็วสุด 30.54 วินาที

ตารางที่ 1 การทดสอบการค้นหา การดับเพลิง และการส่ง SMS เตือน

ครั้งที่	ตรวจพบเปลวเพลิง	ดับเพลิง	ส่ง SMS	เวลา (min)
1	สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	สำเร็จ	-
2	สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	สำเร็จ	-
3	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	2.03
4	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	0.3054
5	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	1.57
6	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	0.56
7	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	3.24
8	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	5.39
9	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	6.12
10	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	2.39

6. สรุป

หุ่นยนต์ค้นหาและดับเพลิงอัตโนมัติตัวนี้มีความสามารถในการตรวจพบเปลวเพลิงได้อย่างแม่นยำทำให้มีความน่าเชื่อถือสูง มีความเร็วเฉลี่ยในการค้นหาเปลวเพลิงจากการทดสอบ 3.10 นาทีในพื้นที่ที่กำหนด และสามารถส่ง SMS ได้ครบทุกครั้ง และผู้ควบคุมสามารถเข้าไปดูเหตุการณ์ ณ เวลาปัจจุบันได้โดยดูผ่านกล้อง IP ได้ทุกเวลา

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เอื้อเฟื้อห้องทดลองให้งานนี้บรรลุได้ตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

[1] K. Young-Duk, K. Jeong-Ho, S. Duk-Han, M. Jeon-IL, R. Young-Sun, and A. Jinung, “Design and Implementation of User-Friendly Remote Controllers for Rescue Robot Used at Fire Sites”, The 2010 IEEE/RSJ Int.Conf. on Intelligent Robots and Systems, Taipei Taiwan, pp.377-382, October 2010.

[2] C. Pyung-Hun, K. Young-Hwan, and party, “Control Architecure Design for a Fire Searching Robot using Task Oriented Design Methodology”, SICE-ICASE Int.Conf. 2006, Bexco Busan, Korea, pp.3126-3131, October 2006.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบและพัฒนาการควบคุมมือกลด้วยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ

Design and Development of a Hand Movement Controlled Robotic Hand

ยุทธนา ปิติธีรภาพ[1], พูนทรัพย์ คุ้มวงศ์[1], นันทชัย ทองแป้น[1]

[1]สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

yutpiti@hotmail.com[1], nthongpance@hotmail.com[2], ksamanas@gmail.com[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนามือกลซึ่งควบคุมผ่านถุงมือที่สวมใส่ โดยมีเฟล็กซ์เซ็นเซอร์ติดอยู่ที่ด้านในแต่ละนิ้วของถุงมือ เมื่อผู้ใช้ทำการขยับนิ้วมือเฟล็กซ์เซ็นเซอร์จะโค้งงอตามนิ้วแต่ละนิ้วที่มีการเคลื่อนไหวและทำให้ความต้านทานของเฟล็กซ์เซ็นเซอร์เปลี่ยนแปลง แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากวงจรของเฟล็กซ์เซ็นเซอร์จะส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป เทคโนโลยีซิกบี (Zigbee) ถูกนำมาใช้สำหรับการส่งข้อมูลแบบไร้สายจากถุงมือไปยังมือกลในระยะไกลได้ มือกลจะถูกออกแบบให้มีลักษณะของนิ้วมือเหมือนของมนุษย์ เพื่อให้นิ้วสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระมากที่สุด เซอร์โวมอเตอร์จะถูกขับเพื่อดึงเส้นเอ็นในแต่ละนิ้วของมือกล ผู้ใช้สามารถควบคุมมือกลให้เคลื่อนไหวได้ตามการเคลื่อนไหวของมือตนเอง

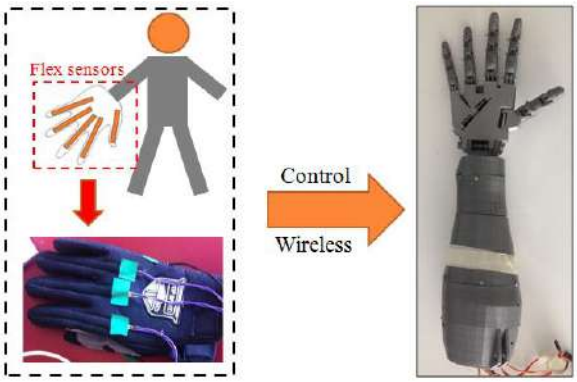
Abstract

This paper focuses on the development of Robotic Hand mechanic controlled by wearable haptic glove. Five flex sensors are attached into each finger of the glove. When a user moves his fingers, flex sensors will be bended in according to the movement and their resistances will be changed. Voltage from the flex sensor circuits as an input to a microcontroller. Zigbee technology is used for wireless data transmission from the glove to the robotic hand in remote distance. The robotic hand, as same as human hand to provide the most independent movement of the fingers. Five servo motors are then driven to pull strings on each finger. The user can control the robotic hand to move as his hand is moving.

***Keywords*:** Robotic Hand mechanic, flex sensors, Zigbee

1. บทนำ

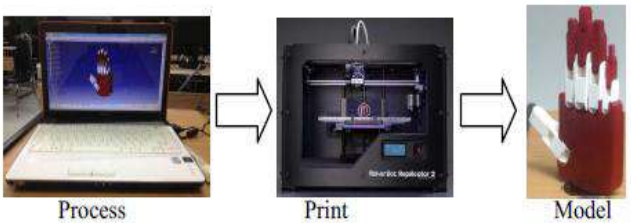
การนำมือกลมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ แทนมนุษย์มีความสำคัญอย่างมากในแง่ของความปลอดภัย และความทนต่อสภาพแวดล้อมภายได้ดีกว่ามือของมนุษย์ เช่น การนำไปใช้ในการเก็บกู้ระเบิด หรือใช้ในสถานที่ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ หยิบจับสิ่งของหรือสารเคมีที่มีอันตรายซึ่งมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์เราหรือใช้ในงานที่มีความเสี่ยงสูง เป็นต้น โดยปกติแล้วลักษณะของมือกลที่พบเห็นโดยส่วนมากจะมีลักษณะเป็นแบบ กริปเปอร์ (Gripper) ซึ่งยังมีข้อจำกัดในการหยิบจับวัตถุที่มีรูปร่างที่



รูปที่ 1 แสดงวิธีการควบคุมมือกล

ซับซ้อน จึงมีแนวความคิดที่จะออกแบบและสร้างมือกลที่มีลักษณะการทำงานคล้ายมือของมนุษย์เพื่อเพิ่มความสามารถในการหยิบจับวัสดุรูปร่างต่างๆที่มีความซับซ้อนได้มากยิ่งขึ้นการควบคุมจะเป็นระบบไร้สายดังรูปที่ 1 เราใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวนิ้วมือของผู้ควบคุมหรือผู้ใช้งานเพื่อนำไปควบคุมมือกลที่มีการออกแบบให้มีลักษณะคล้ายมือของมนุษย์

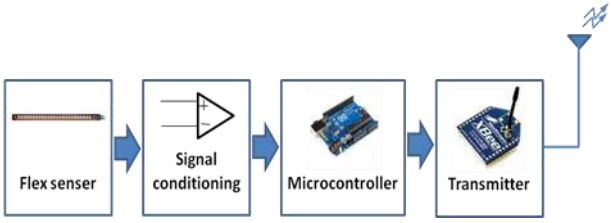
Rapid Prototype (RP) เป็นเทคนิคที่เรานำมาใช้ขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบมือกลโดยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งจะต้องทำการออกแบบไว้ก่อนแล้วในคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมออกแบบแบบสามมิติ (3D Model CAD) ข้อมูลด้านรูปทรงต่างๆ ของ 3D CAD Model จะถูกส่งไปยังเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งเป็นไฟล์ข้อมูลชิ้นงานประเภท STL เพื่อทำการสร้างชิ้นงานต้นแบบตามที่ต้องการ



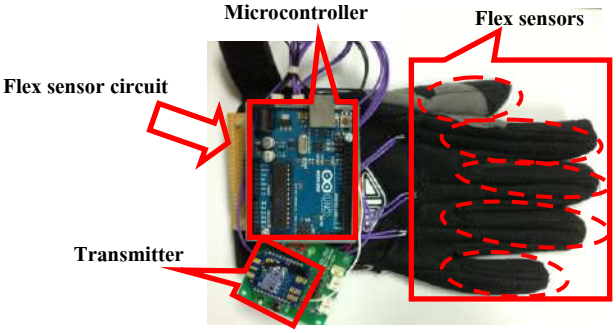
รูปที่ 2 กระบวนการการทำงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

2.การออกแบบชุดควบคุมมือกล

จากรูปที่ 3 แสดงชุดควบคุมมือกลประกอบด้วย เฟล็กซ์เซ็นเซอร์ 5 ตัว, วงจรเฟล็กซ์เซ็นเซอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์, และตัวส่งสัญญาณ ส่วนประกอบทั้งหมดนี้จะรวมกันอยู่บนถุงมือที่ใช้ในการควบคุมมือกลดังรูปที่ 4



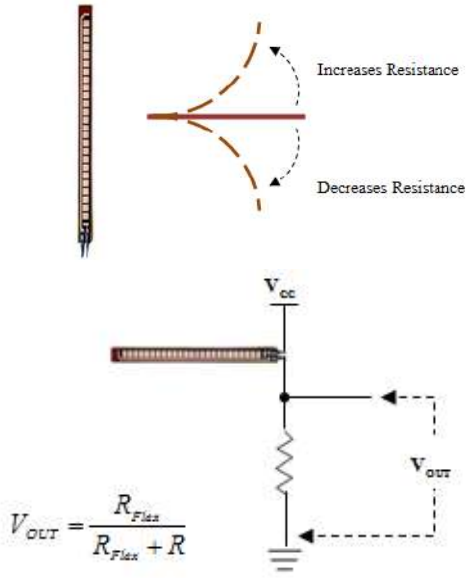
รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบของชุดควบคุม



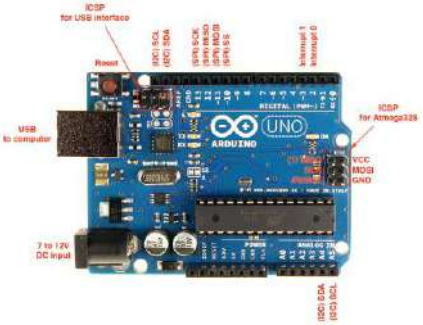
รูปที่ 4 แสดงชุดควบคุมมือกล

2.1 เฟล็กซ์เซ็นเซอร์

เฟล็กซ์เซ็นเซอร์จะถูกใส่เข้าไปที่ถุงมือบริเวณสวมนิ้วสังเกตลักษณะของเฟล็กซ์เซ็นเซอร์จะมีลักษณะยาว ในบทความนี้ที่นิ้วโป้งจะใช้ขนาด 2.2 นิ้ว และอีก 4 นิ้วมีขนาด 4.5 นิ้ว เซ็นเซอร์ทั้ง 5 จะต่อวงจรแบ่งแรงดันดังรูปที่ 5 แรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงจากวงจรแบ่งแรงดันทั้ง 5 วงจรซึ่งเกิดจากการโค้งงอของเฟล็กซ์เซ็นเซอร์ในถุงมือจะถูกส่งเข้าไปยังตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (analog-to-digital converter)ในคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลทีละข้อมูลจนครบแล้วส่งต่อให้กับภาคส่งสัญญาณต่อไป



รูปที่ 5 แสดงคุณสมบัติและลักษณะการต่อใช้งานของเฟล็กซ์เซ็นเซอร์



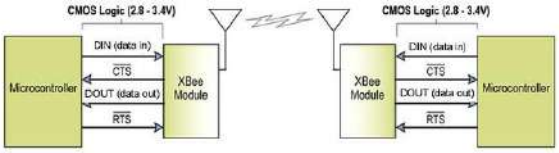
รูปที่ 6 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 เป็นบอร์ด**ไมโครคอนโทรลเลอร์**ที่ใช้ ATmega328 (datasheet) เป็น MCU หลัก ซึ่งตัวนี้จะมีขา Digital 14 ขา อินพุท/เอาต์พุต (สามารถทำเป็น PWM ได้ถึง 6 ขา) และมีขา Analog อินพุทได้อีก 6 ขา, รันที่ความถี่ 16 MHz มี USB Connector และ Power Jack DC

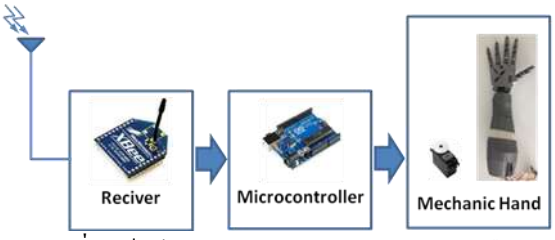
2.3 เทคโนโลยีไร้สาย Zigbee

เทคโนโลยีไร้สาย Zigbee เป็นมาตรฐานการสื่อสารไร้สายที่ใช้เทคโนโลยี IEEE 802.15.4 ที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า ใช้ทรัพยากรน้อยกว่า ซึ่งมีช่องสัญญาณย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ 3 ย่านความถี่ คือ ย่าน 2.4 GHz, 915 MHz และย่าน 868 MHz โดยแต่ละย่านจะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง, 10 ช่อง และ 1 ช่อง ตามลำดับ มีอัตราการรับส่งข้อมูลที่ความเร็วประมาณ 20 -250 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) ระยะทางในการติดต่อสื่อสารประมาณ 10 – 1,500 เมตร มีความสามารถในการปรับแต่งเครือข่ายและมีความปลอดภัยของระบบที่ดี ในบทความนี้เราใช้อุปกรณ์ X-Bee ซึ่งสามารถอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมอะซิงโครนัส ส่งผ่านโมดูลทางพอร์ตอนุกรม โมดูลสามารถติดต่อสื่อสารกับตรรกะต่างๆเข้ากับ UART โดยอุปกรณ์มีอินเตอร์เฟส UART สามารถติดต่อโดยตรงกับขาของโมดูล X-Bee ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ระบบการไหลของข้อมูลในอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อผ่าน UART

3. การออกแบบชุดมือกล



รูปที่ 8 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบของชุดมือกล

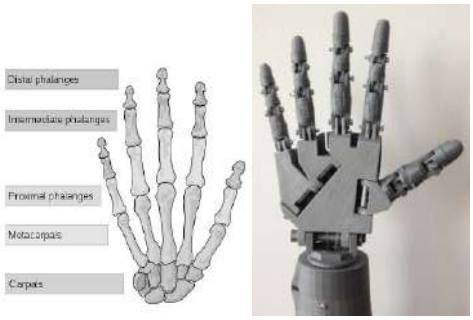
จากรูปที่ 8 แสดงชุดมือกลประกอบด้วย อุปกรณ์รับสัญญาณ X- bee, ไมโครคอนโทรลเลอร์, และมือกล ในส่วนของมือกลจะทำการออกแบบในโปรแกรม CATIA โดยเน้นลักษณะให้คล้ายมือของมนุษย์มากที่สุดซึ่งประกอบด้วยนิ้วทั้ง 5 และส่วนที่เป็นมือ ในแต่ละนิ้วจะประกอบด้วย 3 ส่วน แทนกระดูกนิ้วมือ 3 ท่อน คือ

1.1.1 กระดูกนิ้วมือท่อนต้น (Proximal Phalanges)

1.1.2 กระดูกนิ้วมือท่อนกลาง (Middle Phalanges)

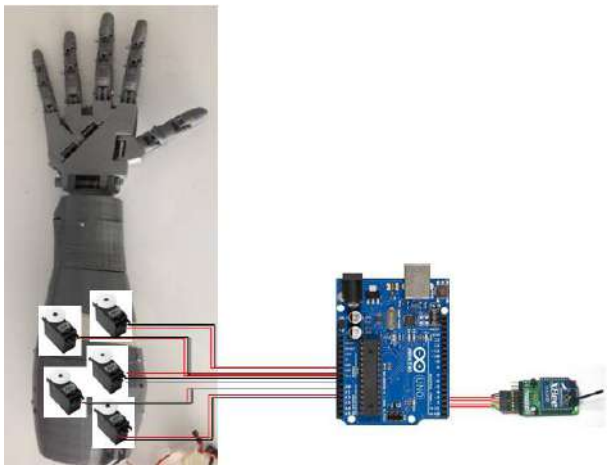
1.1.3 กระดูกนิ้วมือท่อนปลาย (Distal Phalanges)

ยกเว้นนิ้วหัวแม่มือ (thumb) เท่านั้นที่จะมีเพียงกระดูกนิ้วมือท่อนต้นและท่อนปลาย ซึ่งในแต่ละนิ้วสามารถโค้งงอและเคลื่อนไหวตามต้องการ มีความสามารถในการหยิบจับวัสดุรูปร่างที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น สำหรับเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับดึงเส้นเอ็นของนิ้วมือจะถูกติดตั้งไว้ในช่องแขนของมือกลดังรูปที่ 10



(ก) (ข)

รูปที่ 9 (ก) แสดงส่วนประกอบของกระดูกนิ้วมือของมนุษย์ (ข) มือกลที่ได้จากการใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ



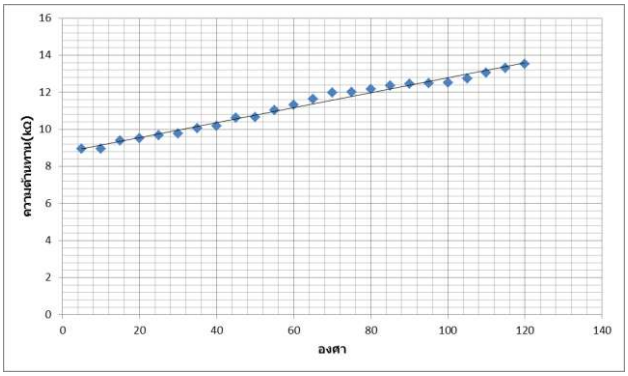
รูปที่ 10 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์

3. ผลการทดสอบ

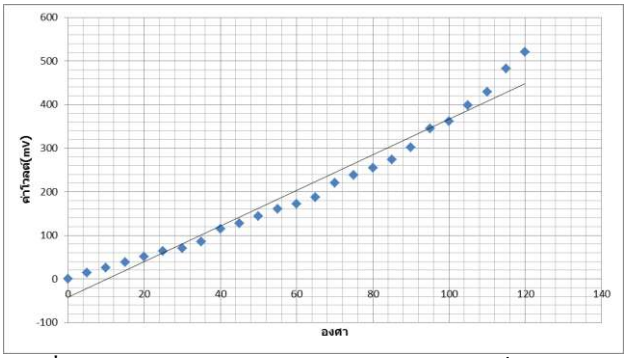
ทำการทดสอบค่าความต้านทานของเฟล็กซ์เซ็นเซอร์เมื่อมีการโค้งงอที่มุมต่างๆ พร้อมทั้งวัดแรงดันที่ได้จากวงจรนำมาพร็อตกราฟได้ดังรูปที่ 11 และรูปที่ 12 ทำการทดสอบระบบรวมโดยทดลองใส่ถุงมือคอนโทรลแล้วแสดงท่าทางต่างๆ ตามรูปที่ 13 และทดสอบการหยิบ จับวัตถุต่างๆ ของมือกล



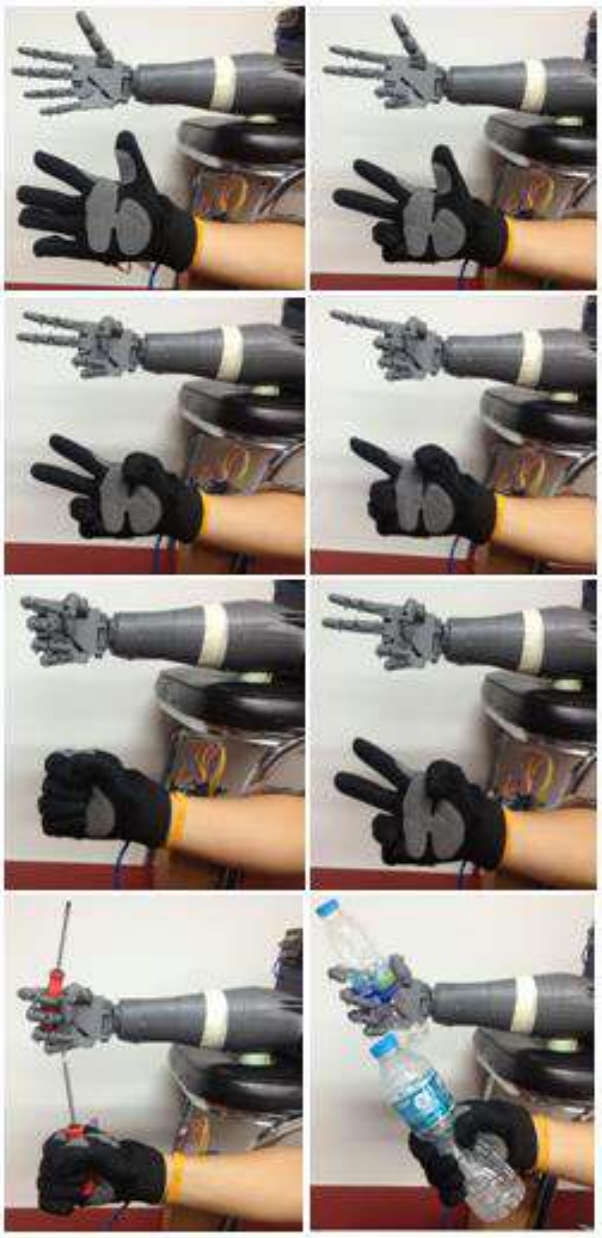
รูปที่ 10 เครื่องต้นแบบระบบควบคุมมือกลด้วยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ



รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าความต้านทานของเฟล็กซ์เซ็นเซอร์เมื่อมีการโค้งงอที่มุมต่างๆ



รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของเฟล็กซ์เซ็นเซอร์เมื่อมีการโค้งงอที่มุมต่างๆ



รูปที่ 13 ผลการทดสอบโดยการเปลี่ยนท่าทางของผู้ควบคุม

3. สรุปผล

จากการทดสอบการขยับนิ้วทั้ง5 มือกลสามารถขยับตามผู้ควบคุมได้เป็นอย่างดี แต่บางท่าทางที่ต้องการความละเอียดสูงเช่นการจับจีบระหว่างนิ้วชี้กับนิ้วโป้งยังทำได้ไม่ดีเท่าที่ควรอาจเป็นเพราะว่าการออกแบบมือกลนี้ยังมีความหยืดหยุ่นไม่เพียงพอโดยเฉพาะนิ้วโป้งซึ่งตามหลักสรีระทั่วไปของมนุษย์นั้นมีการเคลื่อนที่ได้หลากหลายจึงเป็นงานยากที่จะออกแบบมือกลให้เหมือนกับมือของมนุษย์จริงๆ แต่ในภาพรวมระบบควบคุมมือกลด้วยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือที่ได้จัดทำนี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจโดยมีระยะการทำงานอยู่ที่ประมาณ 150 เมตร

เอกสารอ้างอิง

[1] D. Minnen, T. Westeyn, D. Ashbrook, P. Presti, and T. E. Starner, "Recognizing soldier activities in the field," presented at Proceedings of the Fourth International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, RWTG Aachen University, Germany, 2007.

[2] R. C. King, L. Atallah, A. Darzi, and G.-Z. Yang, "A HMM framework for optimal sensor selection with applications to BSN sensor glove design," presented at Proceedings of the Fourth Workshop on Embedded Networked Sensors, Cork, Ireland, 2007.

[3] Y. Lee, B. Lee, C. Lee, and M. Lee, ―Implementation of wearable sensor glove using embedded system‖, in Proc. Int. Summer School Med. Devices Biosensors, 2006.

[4] มนัส สังวรศิลป์ ว่าที่ ร.ต.ธนพงค์ ไชยชนะ “เริ่มต้นการใช้งาน CATIA โปรแกรมสำหรับนักออกแบบรุ่นใหม่” พฤษภาคม 2549, กรุงเทพฯ.

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข
ECTI-CARD Proceeding 1014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบและสร้างเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษา

The design & invention CNC lathe for education

เสกสรรค์ อ้วนสอาด[1*] สิทธากร พลาอาด และ สุเทพ บุญมาบำรุง
[1] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
E-mail: seksan_au@hotmail.com*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันในภาคอุตสาหกรรมการผลิตได้นำเอาเครื่องจักรกล CNC เข้ามาทำงานในสายการผลิตเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสามารถทำงานได้ดีมีความรวดเร็วและแม่นยำเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรธรรมดาที่ต้องใช้แรงงานมนุษย์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน ดังนั้นการออกแบบและสร้างเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระบบการทำงานของเครื่องกลึง CNC 2) เพื่อออกแบบระบบการทำงานของเครื่องกลึง CNC 3) เพื่อสร้างเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษา ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ศาสตร์ทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ไฟฟ้า และเครื่องมือกล เครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษานี้ มีขนาดความกว้าง 440 มม. ความยาว 880 มม. และความสูง 1,040 มม. บอลสกรูและลิเนียไกด์แกน X ยาว 255 มม. แกน Z ยาว 360 มม. ถูกขับด้วยมอเตอร์สเตปปิ้ง 0.72 Deg/Step โดยใช้ชุดวงจรสำเร็จรูป 5-Phase Driver UDK5114N ชุดควบคุมการทำงานใช้บอร์ดอินเตอร์เฟสธรรมดาแบบ 6 แกน สำหรับส่งข้อมูลผ่าน Parallel Port โดยใช้ DB25 Cable เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับบอร์ดอินเตอร์เฟส

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษาที่ถูกออกแบบและสร้างขึ้นนี้ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ สามารถกลึงชิ้นงานให้ได้ขนาดตามที่กำหนดและมีคุณภาพภายใต้เส้นควบคุม (Control limits) ของค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) $\pm 3\sigma$ โดยชิ้นงานกลึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.000 มม. สามารถกลึงชิ้นงานให้ได้คุณภาพได้โดยไม่ออกนอกเส้นควบคุมที่ความแม่นยำ ± 0.004 มม. โดยมีระดับความเชื่อมั่น 90.05 %

คำหลัก: เครื่องกลึง การควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC :Computer Numerical Control)

Abstract

Nowadays, the CNC machine plays a very important role system on manufacturing industry on the production line since it is able to work efficiently. It is faster and more accurate than the conventional machine that controlled by human. Therefore, this CNC lathe had been designed and invention for the purpose of 1) study about system of CNC lathe's working 2) to design a system of CNC lathe's working 3) to invent educational CNC lathe. Moreover, it is the application of the computer technology science, electronic, electrical and machine tool to control the operation of the machinery. This CNC lathe in this study is 440 mm widht, 880 mm length and 1,040 mm height. The ball screw and X Axis and linear guide is 255 mm long, Z axis is 360 mm long are driven by a stepping motor 0.72 Deg/Step by using 5-Phase Driver UDK5114N. The control panel used normal type 6 - axis interface board for transmitting data over Parallel Port using a DB25 Cable as a connector between the computer and the interface board.

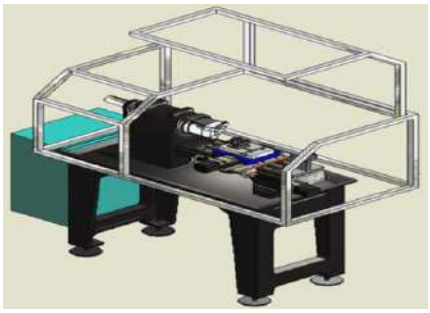
The result of the performance test of this CNC lathe is it can function effectively and meets the satisfaction. It can machine work pieces as a required size and the quality is under control limit of a normal distribution $\pm 3\sigma$ with an average ($\bar{x}$) and standard deviation (S) of the work piece size Ø 8.000 mm. It can machine the work piece without off - line preciseness quality control ± 0.004 mm, with a confidence level of 90.05 % .

Key Words: Lathe, Computer Numerical Control

1. บทนำ

ปัจจุบันในภาคอุตสาหกรรมการผลิตได้นำเอาเครื่องจักรกล CNC เข้ามาทำงานในสายการผลิตเป็นจำนวนมาก เนื่องจากทำงานได้ดีไม่ต้องอาศัยแรงงานจากมนุษย์มาก มีความสะดวกรวดเร็วในการผลิตและมีความแม่นยำเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรธรรมดาที่ต้องใช้มนุษย์ทำหน้าที่ควบคุม ซึ่งทำงานได้ช้ากว่าโดยเฉพาะเมื่อเป็นงานที่ต้องทำซ้ำ ๆ ย่อมทำให้เกิดความเบื่อหน่ายอ่อนล้าและเป็นผลให้เกิดความผิดพลาดได้ [1] เครื่องจักรกล CNC ส่วนมากสร้างขึ้นโดยการออกแบบหรือปรับปรุงตัวเครื่องจักรที่มีอยู่เดิมให้เหมาะสมกับการทำงาน โดยติดตั้งระบบการวัดและระบบควบคุมขึ้นมาใหม่ ในปัจจุบันมีเครื่องจักรหลายชนิดที่นำมาสร้างเป็นเครื่องจักร CNC อาทิเช่น เครื่องเจาะ เครื่องกลึง เครื่องกัด เครื่องไส เครื่องคว้าน เป็นต้น

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกลึง CNC นี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบการศึกษาในรายวิชาการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลการผลิต และรายวิชาการออกแบบและการผลิตโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน อีกทั้งยังเป็นการประยุกต์ใช้ศาสตร์ทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ไฟฟ้า และเครื่องมือกล เพื่อทำการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล



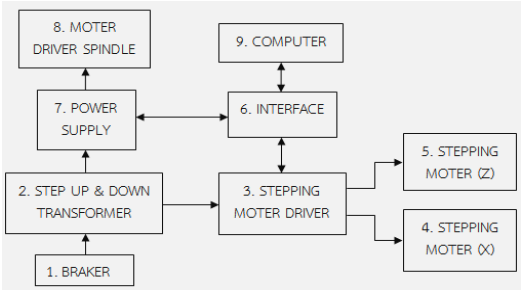
รูปที่ 1 เครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษาที่ถูกออกแบบ

2. วิธีการวิจัย

2.1 การออกแบบระบบควบคุมเครื่องกลึง CNC

เครื่องกลึง CNC (Computer Numerical Control) เป็นเครื่องจักรกลที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงาน (Machining) โดยอาศัยการควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อเปลี่ยนแปลงและควบคุมสภาพการทำงานของเครื่องจักรกลพื้นฐานที่ใช้แรงงานมนุษย์ในการทำงานร่วมกับเครื่องจักร เพื่อให้เครื่องจักรเหล่านี้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติด้วยตนเอง [2]

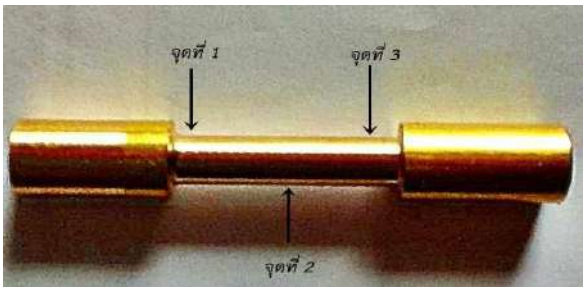
การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การออกแบบระบบควบคุมเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษา

2.2 การทดสอบสมรรถนะเครื่องกลึง CNC เพื่อการปรับปรุง

เครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษาหลังจากที่ถูกสร้างขึ้นตามที่คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบไว้ ทั้งระบบโครงสร้าง ระบบกลไก และระบบควบคุมการทำงาน ได้ถูกทดลองกลึงชิ้นงานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ โดยทำการกลึงชิ้นงานทดสอบแรงดึง (Tensile Speciment) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. ขนาดช่วงความยาวชิ้นงานกลึง 70 มม. ดังรูปที่ 3



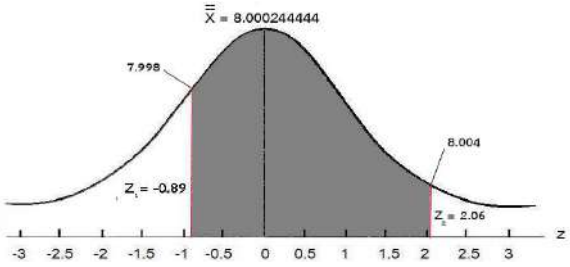
รูปที่ 3 ชิ้นงานกลึงที่ใช้ในการวัดขนาดเพื่อหาประสิทธิภาพ

จากรูปที่ 3 เป็นชิ้นงานกลึงเพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษา ทั้งหมดจำนวน 30 ชิ้น โดยทำการวัดขนาดบนชิ้นงานกลึง 3 ตำแหน่ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)

ตารางที่ 1 ผลบันทึกการกลึงชิ้นงานเพื่อทดสอบสมรรถนะ

ชิ้นที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	($\bar{x}$)	S
1	7.997	8.004	8.001	8.000666667	0.003511885
2	7.997	7.999	8.001	7.999000000	0.002000000
3	7.999	8.004	7.998	8.000333333	0.003214550
4	8.001	8.002	7.997	8.000000000	0.002645751
5	8.000	7.999	8.003	8.000666667	0.002081666
6	7.998	8.003	8.003	8.001333333	0.002886751
7	8.000	8.004	7.996	8.000000000	0.004000000
8	8.002	7.998	7.998	7.999333333	0.002309401
9	7.999	7.998	7.999	7.998666667	0.000577350
10	8.000	8.001	7.999	8.000000000	0.001000000
11	7.999	8.000	8.004	8.001000000	0.002645751
12	7.999	7.997	8.000	7.998666667	0.001527525
13	8.000	8.004	7.999	8.001000000	0.002645751
14	8.001	8.003	8.000	8.001333333	0.001527525
15	8.000	7.997	8.001	7.999333333	0.002081666
16	7.999	7.998	7.998	7.998333333	0.000577350
17	8.002	7.999	8.002	8.001000000	0.001732051
18	7.999	8.001	7.997	7.999000000	0.002000000
19	8.003	8.002	7.998	8.001000000	0.002645751
20	8.001	7.996	8.004	8.000333333	0.004041452
21	8.005	8.005	8.004	8.004666667	0.000577350
22	7.999	8.000	7.999	7.999333333	0.000577350
23	8.003	8.001	8.000	8.001333333	0.001527525
24	7.998	8.004	8.000	8.000666667	0.003055050
25	8.001	7.997	7.998	7.998666667	0.002081666
26	8.003	7.998	8.001	8.000666667	0.002516611
27	7.998	8.003	8.001	8.000666667	0.002516611
28	7.998	7.999	8.003	8.000000000	0.002645751
29	8.000	8.004	7.999	8.001000000	0.002645751
30	7.999	8.000	7.999	7.999333333	0.000577350
เฉลี่ย				8.000244444	0.002145773

จากตารางที่ 1 สามารถนำมาหาค่าระดับความเชื่อมั่นจากพื้นที่ใต้โค้งการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ที่ระดับ $\pm 3\sigma$ ดังรูปที่ 4

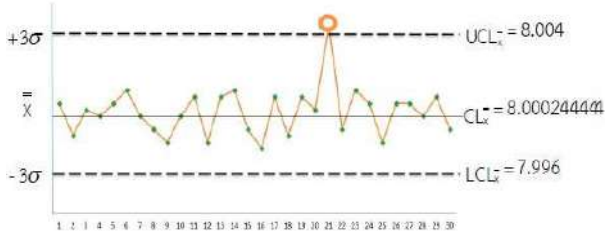


รูปที่ 4 พื้นที่ใต้เส้นโค้งก่อนการปรับปรุง

พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ $P(Z_1<Z<Z_2) = \int_{Z_1}^{Z_2} \frac{e^{-Z^2/2}}{\sqrt{2\pi}}\, dx$ (1)

$$Z_1 + Z_2 = 0.3133+0.4803$$
$$= 0.7936$$
$$= 79.36\ \%$$

จากรูปที่ 4 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ ที่คำนวณได้ระหว่าง Z_1 ถึง Z_2 มีค่าเท่ากับ 0.7936 หรือ 79.36 % หมายความว่าผลการทดสอบสมรรถนะการกลึงชิ้นงานของเครื่อง CNC เพื่อการศึกษา มีขนาดเฉลี่ย 7.998 มม. - 8.004 มม. โดยมีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ($\bar{\bar{x}}$) 8.000244444 มม. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย ($\bar{s}$) 0.002145773 มม. ซึ่งมีความเป็นไปได้ 79.36 % จากการวัดขนาดของชิ้นงานกลึง 3 ตำแหน่ง จำนวน 30 ชิ้น



รูปที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ($\bar{x}$) ชิ้นงานก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 6 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 5 เป็นแผนภูมิควบคุมของค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของชิ้นงานกลึงจำนวน 1 ชิ้น ออกจากเส้นควบคุม (Control limit) ของการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ที่ระดับ $\pm 3\sigma$ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงต้องทำการปรับปรุงสมรรถนะเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษา ด้วยหลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) [3]

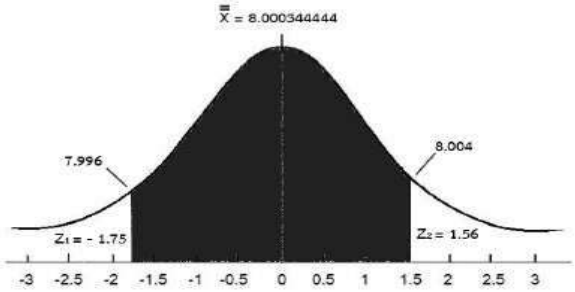
2.3 การทดสอบสมรรถนะเครื่องกลึง CNC เพื่อยืนยันผล

หลังจากที่คณะผู้วิจัยได้ปรับปรุงสมรรถนะเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษาให้มีประสิทธิภาพในการทำงานด้วยหลักการออกแบบทดลองด้วยการใช้เครื่องมือวัดละเอียด ระดับน้ำสำหรับติดตั้งเครื่องจักรกล (Digital Inclinometer Angle Gauge Meter Spirit Level) ที่มีความละเอียด (Accuracy) 0.1° และมีความแม่นยำ (Resolution) ในการวัดที่ ± 0.1° ในการปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษา ผลการปรับปรุงสมรรถนะทำงานดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการกลึงชิ้นงานเพื่อยืนยันการปรับปรุงสมรรถนะ

ชิ้นที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	($\bar{x}$)	S
1	7.998	8.000	8.004	8.000666667	0.003055050
2	7.998	7.998	7.999	7.998333333	0.000577350
3	7.999	8.004	7.998	8.000333333	0.003214550
4	8.003	8.002	8.003	8.002666667	0.000577350
5	8.000	7.999	8.003	8.000666667	0.002081666
6	7.998	8.003	7.998	7.999666667	0.002886751
7	8.002	8.003	8.000	8.001666667	0.001527525
8	8.004	7.998	7.998	8.000000000	0.003464102
9	7.998	7.998	7.998	7.998000000	0.000000000
10	8.000	8.002	7.998	8.000000000	0.002000000
11	7.999	8.001	8.004	8.001333333	0.002516611
12	7.999	7.998	8.000	7.999000000	0.001000000
13	8.000	8.004	7.998	8.000666667	0.003055050
14	8.003	8.004	8.003	8.003333333	0.000577350
15	8.000	7.998	8.004	8.000666667	0.003055050
16	7.998	7.997	7.998	7.997666667	0.000577350
17	8.002	8.000	8.003	8.001666667	0.001527525
18	7.998	8.002	7.998	7.999333333	0.002309401
19	8.003	8.003	8.001	8.002333333	0.001154701
20	8.000	7.996	8.000	7.998666667	0.002309401
21	8.000	8.000	8.004	8.001333333	0.002309401
22	7.997	7.996	7.998	7.997000000	0.001000000
23	8.003	8.004	8.002	8.003000000	0.001000000
24	7.998	8.004	8.000	8.000666667	0.003055050
25	8.002	7.998	7.998	7.999333333	0.002309401
26	8.004	7.998	8.003	8.001666667	0.003214550
27	8.000	8.003	8.003	8.002000000	0.001732051
28	7.998	7.999	8.000	7.999000000	0.001000000
29	8.000	8.004	7.998	8.000666667	0.003055050
30	7.999	8.000	7.998	7.999000000	0.001000000
เฉลี่ย				8.000344444	0.001904743

จากตารางที่ 2 นำค่าในตารางมาทำการวิเคราะห์ผลด้านการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติวิศวกรรม (Statistical Engineering Quality Control) เพื่อหาค่าระดับความเชื่อมั่นและเส้นควบคุม [4] ดังรูปที่ 7



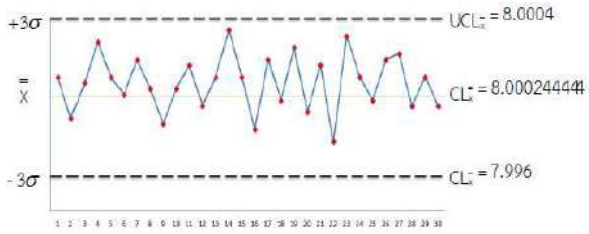
รูปที่ 7 พื้นที่ใต้เส้นโค้งหลังการปรับปรุง

พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ $P(Z_1<Z<Z_2) = \int_{Z_1}^{Z_2} \frac{e^{-Z^2/2}}{\sqrt{2\pi}}\, dx$ (2)

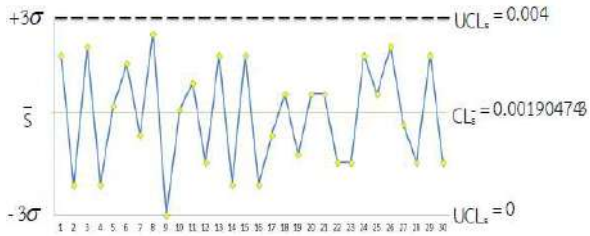
$Z_1 + Z_2 = 0.4599+0.4406$

$= 0.9005$

$= 90.05\ \%$



รูปที่ 8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ($\bar{x}$) ชิ้นงานหลังการปรับปรุง



รูปที่ 9 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) หลังการปรับปรุง

หลังจากทำการปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษา โดยการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ในรูปที่ 7, 8 และ 9 พบว่าผลการกลึงชิ้นงานนั้น ขนาดของชิ้นงานกลึงอยู่ในขีดจำกัดควบคุมค่าเฉลี่ยและขีดจำกัดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หมายความว่า การกลึงชิ้นงานของเครื่องกลึง CNC สามารถกลึงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความเที่ยงตรงที่ความละเอียด ± 0.004 มม. มีความน่าจะเป็น 90.05 %

3. สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษา นี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกลึง ให้มีขนาด 440 x 880 x 1,040 มิลลิเมตร เพลาหัวเครื่อง (Spindle) ถูกขับด้วยมอเตอร์ขนาดกำลัง 200 วัตต์ มีความเร็วรอบ 1430 รอบ/นาที ใช้กระแสไฟฟ้า 1.3 แอมแปร์ ขนาดของแรงดันไฟฟ้า 200 โวลท์ ส่งกำลังด้วยสายพานฟันเฟือง (Timing Belt) ระยะพิตช์ 5 มิลลิเมตร โดยใช้เกลียวกลม (Ball Screw) ในการส่งกำลังในการตัดเฉือนชิ้นงาน แกนนำการขับเคลื่อน (Linear Giude) แกน X ยาว 255 มิลลิเมตร แกน Z ยาว 360 มิลลิเมตร ถูกขับด้วยมอเตอร์สเตปปิ้ง ชุดควบคุมการทำงานใช้บอร์ดอินเตอร์เฟสเป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างคอมพิวเตอร์โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน ในการกลึงชิ้นงานจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบชิ้นงาน (CAD) แล้วบันทึกเป็นรหัสคำสั่งในการทำงาน (G-Code) และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (CAM) เป็นตัวสั่งงานให้แก่คอนโทรลเลอร์ ซึ่งคอนโทรลเลอร์จะนำข้อมูลในส่วนนี้ไปสั่งให้เครื่องกลึงที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ทำการกลึงขึ้นรูปชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ เครื่องกลึง CNC เพื่อการศึกษานี้ สามารถทำการกลึงชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่ความแม่นยำ ± 0.004 มม. และมีค่าระดับความเชื่อมั่น 90.05 %

เอกสารอ้างอิง

[1] Yoram Koren, “Computer Control of Manufacturing Systems.” McGraw-Hill Book Company, 1998.

[2] Steve Krar, Arthur Gill, “CNC Technology and Programming.” McGraw-Hill Book Company, 1990.

[3] Douglass C. Montgomery. “Design and Analysis of Experiments.” John Wiley & Sons, New York, 2005.

[4] Douglas C. Montgomery. “Introduction to Statistical Quality Control.” (6th ed), Singapore, Wiley & Sons (Asia) Pte. Ltd, 2005.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครือข่ายไร้สายบอลลูนลอยฟ้าพร้อมด้วยกล้องถ่ายทอดสด

Wireless Network Provider from Balloon with Live Broadcasting Camera

ธีรพรรดิ์ วงษ์อัครนนท์, ชัยพร ใจแก้ว, อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และอนันต์ ผลเพิ่ม*

ห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

kim_2890771@hotmail.com, {chaiporn.j, aphirak.j, anan.p}@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีความต้องการใช้เครือข่ายไร้สายกันอย่างกว้างขวาง แต่ก็ยังพบว่ายังมีอีกหลายพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้งานเครือข่ายเหล่านี้ได้ เช่น สนามกีฬากลางแจ้ง จุดที่อยู่ห่างจากตัวกระจายสัญญาณ อีกทั้งการถ่ายทอดภาพจากมุมสูงจะมีประโยชน์ในการดำเนินการบางอย่าง เช่น การเฝ้าระวังสัตว์ป่า การถ่ายทอดกีฬากลางแจ้ง บทความนี้จึงนำเสนอการเพิ่มพื้นที่ให้บริการเครือข่ายชั่วคราว ในบริเวณที่เข้าถึงยาก รวมถึงการถ่ายทอดภาพจากมุมสูง โดยออกแบบระบบการรีเลย์สัญญาณเครือข่ายไร้สายจากอาคารหลักซึ่งจะติดตั้งแอคเซสพอยต์แบบระยะไกลไปยังพื้นที่ให้บริการผ่านทางบอลลูน โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์บนบอลลูนได้แก่ แอคเซสพอยต์แบบระยะไกลสำหรับรับสัญญาณจากอาคารหลัก แอคเซสพอยต์สำหรับให้บริการเครือข่ายไร้สาย กล้องสำหรับการถ่ายทอดสัญญาณภาพและเสียงของพื้นที่ให้บริการกลับมายังอาคารหลัก และแบตเตอรี่สำหรับจ่ายไฟให้แก่อุปกรณ์ นอกจากนี้มีระบบการเฝ้าสังเกตคุณภาพของสัญญาณที่ให้บริการ เพื่อตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์แต่ละตัว เช่น สถานะการเชื่อมต่อของแต่ละอุปกรณ์ จำนวนผู้เชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย ความแรงของสัญญาณ โดยมีการออกแบบระบบจำลองเสมือนการติดตั้งบนบอลลูนก่อนการติดตั้งจริง โดยทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ และระบบเฝ้าสังเกตคุณภาพการทำงานของอุปกรณ์

Abstract

Nowadays, demand for wireless network access becomes more widespread. However, some areas like outdoor stadium and places out of reach of wireless signal are not able to provide such access. In addition, taking pictures and videos from an elevated view is beneficial for several purposes such as wildlife monitoring and broadcasting outdoor sports. This paper presents a system that provides temporary wireless access service for such areas and broadcasts pictures from the bird's eye view. The system is designed to relay Wi-Fi connection from a main building on which long-range access points are installed to the service area through a balloon. The balloon is equipped with one access point receiving signal from the main building, another one for providing Wi-Fi service, an audio and video camera broadcast from the area to the building, and a power supply. A signal quality monitoring system is also developed to check the status of the equipment such as connectivity status, the number of Wi-Fi users, and the signal strength. The experiment is carried out by installing equipment in a modeled balloon, seeing how the system works and monitoring the working throughput of the equipment

Keywords: Wi-Fi technology, wireless signal, simulation of balloon installation, picture and audio broadcast

1. บทนำ

เนื่องด้วยในปัจจุบันอินเทอร์เน็ต เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนเรามากยิ่งขึ้น ประกอบกับเทคโนโลยีไร้สายมีความก้าวหน้า มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยหนึ่งในนั้นคือ เทคโนโลยีแลนไร้สาย (Wireless Local Area Network) [1] ที่สามารถใช้งานได้ในอุปกรณ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น พบว่ายังมีอีกหลายพื้นที่ที่สัญญาณเข้าไม่ถึง เช่น สนามกีฬากลางแจ้ง จุดที่ให้บริการเครือข่ายชั่วคราว จุดที่ห่างไกลจากตัวปล่อยสัญญาณ นอกจากนี้บริเวณที่มีสิ่งบดบังเช่น ภูเขาสูง ป่า ตึกสูง ก็ยากต่อการดำเนินการบางอย่าง เช่น การส่งสัญญาณระยะไกลแบบโดยตรง ก็ทำได้ยากเนื่องจากไม่รู้ทิศทางและตำแหน่งที่ถูกต้อง

ระบบที่นำเสนอนี้นี้เป็นการเพิ่มพื้นที่ให้บริการเครือข่ายในบริเวณที่เข้าถึงยาก รวมถึงการถ่ายทอดภาพจากมุมสูง เช่นการเฝ้าระวังสัตว์ป่า การถ่ายทอดกีฬากลางแจ้ง เป็นต้น ออกแบบระบบการรีเลย์สัญญาณไร้สายจากอาคารหลักผ่านแอคเซสพอยต์แบบระยะไกลไปยังพื้นที่ให้บริการผ่านทางบอลลูน และทำการถ่ายทอดสัญญาณภาพและเสียงจากพื้นที่ให้บริการกลับมายังอาคารหลัก มีระบบการเฝ้าสังเกตคุณภาพของสัญญาณที่ให้บริการ ความเร็วการโอนถ่ายข้อมูล และจำนวนผู้ใช้งาน ทำการปรับแต่งอุปกรณ์ไวร์เลสแอคเซสพอยต์ ให้รองรับการใช้งาน โดยจำลองติดตั้งบนบอลลูนซึ่งจะเป็นตัวกระจายสัญญาณเพื่อให้บริการเครือข่ายแบบไร้สายและถ่ายทอดภาพจากมุมสูง ในออกแบบลักษณะของบอลลูนจะผูกติดกับสลิงลอยขึ้นสูงประมาณ 80-100 เมตร และมีแบตเตอรี่สำหรับจ่ายไฟให้แก่อุปกรณ์

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ในปัจจุบันยังพบว่ายังมีอีกหลายพื้นที่ที่สัญญาณเข้าไม่ถึง เช่น สนามกีฬากลางแจ้ง จุดให้บริการเครือข่ายชั่วคราว จุดที่อยู่ห่างไกลจากตัวปล่อยสัญญาณ นอกจากนี้บริเวณที่มีสิ่งบดบังเช่น ภูเขาสูง ป่า ตึกสูง ก็ยากต่อการดำเนินการบางอย่าง เช่น การส่งสัญญาณระยะไกลแบบโดยตรง ก็ทำได้ยากเนื่องจากไม่รู้ทิศทางและองศาที่ถูกต้อง ดังนั้นระบบนี้จึงมีประโยชน์ในการต้องการทำให้พื้นที่โล่งแจ้งพื้นที่หนึ่ง สามารถให้บริการอินเทอร์เน็ตได้ พร้อมถ่ายทอดภาพจากมุมสูง เช่น เมื่อมีการจัดแข่งขัน

กีฬาที่สนามฟุตบอล สามารถให้บริการอินเทอร์เน็ตกับผู้เข้าชมได้พร้อมถ่ายทอดภาพและเสียงในแข่งขันกีฬา โดยการรีเลย์สัญญาณเครือข่ายไร้สาย จะติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับตัวบอลลูนที่ผูกกับสลิง

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบนี้มีงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1 แอคเซสพอยต์แบบระยะไกล

แอคเซสพอยต์แบบระยะไกลเป็นการสื่อสารไร้สายแบบ Point-to-Point ใช้ในการรีเลย์สัญญาณเครือข่ายไร้สาย แต่มีข้อจำกัดในด้านของกำลังส่ง ตำแหน่งที่ติดตั้งและสภาพแวดล้อมภายนอกที่สามารถลดทอนความเข้มของสัญญาณได้

3.2 OpenWrt

OpenWrt [2] เป็นชุดซอฟต์แวร์ของระบบปฏิบัติการลินุกซ์ที่ใช้ในอุปกรณ์เครือข่าย เช่น เราเตอร์ ไวร์เลสแอคเซสพอยต์ เป็นต้น การใช้งานสามารถใช้ผ่านคอมมานด์ไลน์อินเตอร์เฟส หรือเว็บอินเตอร์เฟส โดยในการทดลองนี้ ใช้รุ่น Backfire 10.03.1

3.3 LuCI JSON-RPC

LuCI JSON-RPC [3] ใช้สำหรับติดต่อกับแอคเซสพอยต์ เพื่อสอบถามสถานะต่างๆ และสามารถปรับเปลี่ยนค่าภายในแอคเซสพอยต์ เช่น ค่ากำลังส่ง ความถี่ หมายเลขไอพี

3.4 โพรโทคอล SNMP

SNMP [4] ใช้จัดการเครือข่าย TCP/IP ซับซ้อน การใช้โพรโทคอลนี้ทำให้ผู้ดูแลสามารถจัดการและกำหนดค่า คอมพิวเตอร์ในเครือข่าย และตรวจสอบประสิทธิภาพเครือข่าย

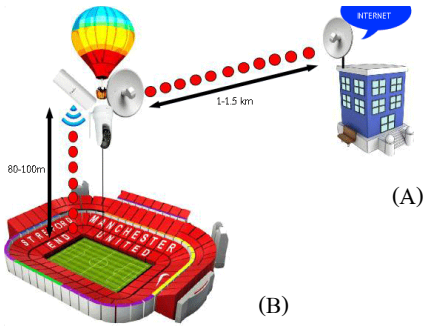
3.5 Zoneminder

Zoneminder [5] เป็นระบบ dvr (digital video recorder) หรือระบบบันทึกกล้องวงจรปิด โดย zoneminder จะทำงานผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยในระบบนี้ใช้สำหรับถ่ายทอดภาพจากกล้องที่จำลองการติดตั้งบนบอลลูน

นอกจากนี้ยังมีโครงงานที่เกี่ยวข้องคือ โครงงานระบบช่วยการติดตั้งและสังเกตการณ์เครือข่ายไร้สายแบบระยะไกล [6] เป็นระบบที่ช่วยการติดตั้งเครือข่ายไร้สายระยะไกลที่พัฒนาเพิ่มเติมจากเฟิร์มแวร์ OpenWrt เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ติดตั้งผ่านทาง เว็บอินเตอร์เฟส โดยใช้ระดับความเข้มสัญญาณและนำมาแสดงเป็นกราฟตามเวลาจริง ซึ่งใช้ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้ง รวมถึงการตรวจสอบความเข้มสัญญาณแบบละเอียด เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการติดตั้ง

4. รายละเอียดการพัฒนา

ในระบบเครือข่ายไร้สายบอลลูนลอยฟ้ามีโครงสร้างของระบบดังนี้



รูปที่ 1. ภาพรวมของระบบ

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบการให้บริการเครือข่ายไร้สายและส่งข้อมูลภาพผ่านระบบบอลลูน มีภาพรวมของระบบดังรูปที่ 1 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่อยู่บนบอลลูน กับส่วนที่เป็นอาคารหลัก ซึ่งทั้งสองส่วนจะอยู่ห่างกัน 1-1.5 กิโลเมตร บอลลูนผูกสลิงลอยสูงจากพื้น 80-100 เมตร โดยทั้งสองส่วนจะเชื่อมต่อกับด้วยแอคเซสพอยต์แบบระยะไกล ส่วนของบอลลูนจะประกอบด้วยแอคเซสพอยต์ 2 ตัว ตัวที่หนึ่งเชื่อมต่อกับแอคเซสพอยต์ที่ติดกับอาคารหลัก อีกตัวหนึ่งทำหน้าที่ปล่อยสัญญาณให้บริการวายฟายแก่พื้นที่ข้างล่าง และมีกล้องถ่ายทอดภาพและเสียงกลับมายังอาคารหลัก โดยในระหว่างการพัฒนาได้จำลองการติดตั้งอุปกรณ์บนบอลลูนเช่น ติดตั้งกล้องและแอคเซสพอยต์ไว้ที่สูง

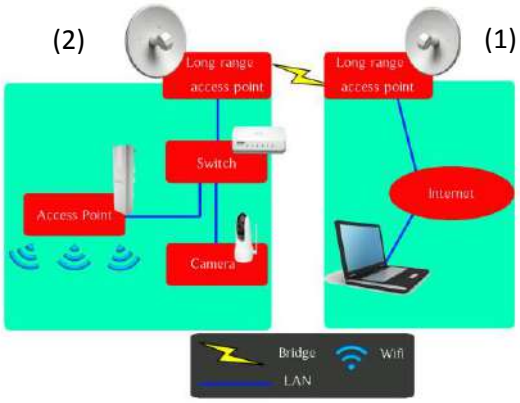
ภาพรวมของระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

<u>ส่วนที่ 1 ผู้ควบคุม</u> ดังรูปที่ 1(A) ในส่วนของผู้ควบคุม จะสามารถดำเนินการต่างๆผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้ อาทิ สามารถดูรายละเอียดของแต่ละอุปกรณ์ว่าทำงาน ปิด/เปิด ตรวจสอบปริมาณผู้ใช้งานเครือข่ายไร้สาย ชมการถ่ายทอดสดแบบเวลาจริง ควบคุมทิศทางของกล้อง และทำการปรับเปลี่ยนค่าภายในอุปกรณ์ เช่น หมายเลขไอพี ความถี่ในการใช้งาน

<u>ส่วนที่ 2 ผู้เยี่ยมชม</u> ดังรูปที่ 1(B) ในส่วนของผู้เยี่ยมชม จะสามารถชมการถ่ายทอดสดแบบเวลาจริง จากกล้องได้ ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และสามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายไร้สาย

4.2 การออกแบบและการพัฒนา

โครงสร้างของระบบเครือข่ายไร้สายบอลลูนลอยฟ้าพร้อมด้วยกล้องถ่ายทอดสดเป็นดังรูปที่ 2



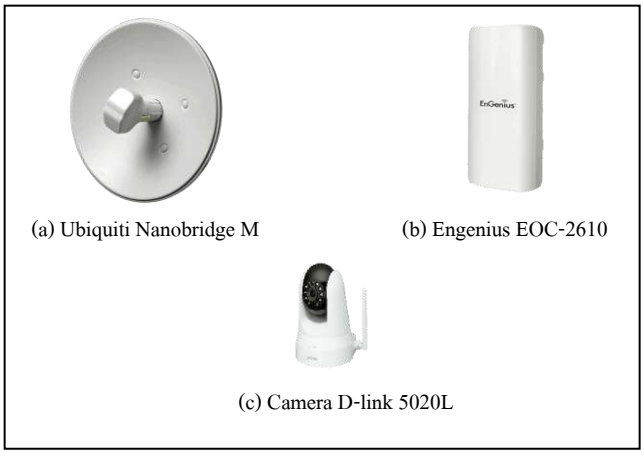
รูปที่ 2. โครงสร้างของระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 สถานีหลัก จะติดตั้งแอคเซสพอยต์แบบระยะไกลทำการรีเลย์สัญญาณ ไปยังจุดให้บริการผ่านระบบบอลลูน และมีเว็บแอปพลิเคชันสำหรับตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ทั้งระบบ

ส่วนที่ 2 จุดที่ให้บริการ จะติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดบนบอลลูนได้แก่ แอคเซสพอยต์แบบระยะไกลสำหรับรับสัญญาณจากสถานีหลัก แอคเซสพอยต์ที่มีเสาสัญญาณเป็นแบบแพแนลสำหรับให้บริการเครือข่ายไร้สาย สวิตช์ กล้องไอพีสำหรับถ่ายทอดภาพและเสียง และแบตเตอรี่

ในการพัฒนาระบบจะใช้อุปกรณ์ ดังนี้ แอคเซสพอยต์แบบระยะไกลรุ่น Ubiquiti Nanobridge M5 ดังรูปที่3(a) จำนวน 2 ตัว ใช้จำลองการรีเลย์สัญญาณจากสถานีหลัก และบนบอลลูน แอคเซสพอยต์เสาสัญญาณแบบแพแนลรุ่น Engenius EOC-2610 ดังรูปที่3(b) จำนวน 1 ตัว สำหรับปล่อยสัญญาณที่รับมาจากสถานีหลักให้ผู้ใช้ใช้งาน กล้องไอพี รุ่น D-link 5020L ดังรูปที่3(c) สำหรับถ่ายทอดภาพจากบนบอลลูนกลับมายังสถานีหลัก



(a) Ubiquiti Nanobridge M

(b) Engenius EOC-2610

(c) Camera D-link 5020L

รูปที่ 3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

5. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบมีการออกแบบเป็นดังนี้

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ทดสอบโดยติดตั้งเสาสัญญาณและอุปกรณ์ในพื้นที่ที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง ดังรูป 4 โดยแบ่งเป็น 2 ชุด

ชุดที่ 1 จำลองการส่งสัญญาณไร้สายจากเครือข่ายหลักไปยังจุดที่ต้องการให้บริการ โดยติดตั้งบนชั้น 7 ตึกของภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ชุดที่ 2 จำลองการติดตั้งอุปกรณ์บนบอลลูน 2 จุด โดยติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับเสาสัญญาณดังรูปที่ 4 นำไปติดตั้งที่ชั้นดาดฟ้าของตึกภาควิชาโยธา และอาคารจอดรถ งามวงศ์วาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยในการทดสอบ ระยะห่างระหว่างชุดที่ 1 และชุดที่ 2 มีระยะทางประมาณ 150 เมตรและ 400 เมตรตามลำดับ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4. การติดตั้งอุปกรณ์



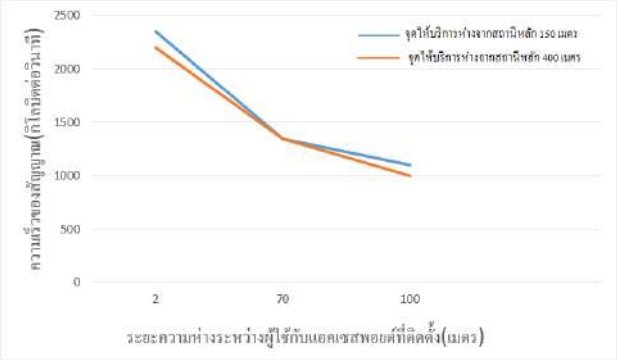
รูปที่ 5. ระยะห่างระหว่างสถานีหลักกับจุดที่ให้บริการ

5.2 ผลการทดสอบ

แอคเซสพอยต์ที่ทำหน้าที่กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายสามารถกระจายสัญญาณที่รับมาจากอาคารหลักได้ โดยความแรงของสัญญาณขึ้นกับความแรงสัญญาณต้นทาง ระยะห่างระหว่างผู้ใช้งานกับแอคเซสพอยต์ที่กระจายสัญญาณ และจำนวนผู้ใช้บริการในขณะนั้น ดังรูปที่ 6 และ 7

ความเร็วของสัญญาณในการ ดาวน์โหลด / อัปโหลด				
ระยะระหว่างผู้ใช้กับแอคเซสพอยต์ที่จำลองการติดตั้งบนบอลลูน (เมตร)	ระยะการจำลองการติดตั้งระหว่างบนบอลลูนกับสถานีหลัก			
	150 เมตร		400 เมตร	
	อัปโหลด (Mbps)	ดาวน์โหลด (Mbps)	อัปโหลด (Mbps)	ดาวน์โหลด (Mbps)
2	4.72	10.22	4.53	8.10
30	3.45	9.36	3.33	7.29
70	1.97	5.07	1.95	4.54

รูปที่ 6. ความเร็วของสัญญาณวายฟาย



รูปที่ 7. ความเร็วการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างสถานีหลักกับจุดให้บริการ

โดยผู้ควบคุมสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้เช่น สถานะปิด/เปิดของอุปกรณ์ ความแรงของสัญญาณ จำนวนผู้ใช้บริการ ความถี่ที่ใช้ และสามารถแก้ไขค่าแอคเซสพอยต์ ดังรูปที่ 8 ผู้ควบคุมสามารถรับชมภาพจากกล้องและควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชันขณะอยู่ที่อาคารหลักได้ ดังรูป 9 และผู้ใช้งานสามารถรับชมภาพจากกล้องผ่านเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ 8. กราฟแสดงการทำงานของอุปกรณ์แต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 9. การชมภาพแบบเวลาจริงบนเว็บแอปพลิเคชัน

จากผลการทดลองการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สายบอลลูนลอยฟ้าพร้อมด้วยกล้องถ่ายทอดสด พบว่าความแรงของสัญญาณที่ให้บริการขึ้นกับกำลังส่งสัญญาณต้นทางที่รีเลย์สัญญาณผ่านแอคเซสพอยต์แบบระยะไกลไปยังพื้นที่ให้บริการ และขึ้นกับระยะห่างความสูงของการติดตั้งบอลลูนกับผู้ใช้บริการ ความต่อเนื่องและความชัดของภาพที่ถ่ายทอดขึ้นกับความแรงของสัญญาณและคุณภาพของกล้องที่ใช้

6. สรุป

ระบบเครือข่ายไร้สายบอลลูนลอยฟ้ามีข้อสรุปดังนี้

6.1 สรุปการทดลอง

ระบบนี้จัดทำขึ้นเพื่อเพิ่มสัญญาณเครือข่ายไร้สายให้ครอบคลุมในพื้นที่เข้าถึงยากแบบชั่วคราว ถ่ายทอดภาพในพื้นที่ขณะนั้นแบบเวลาจริง และลดความยุ่งยากในการเดินสายสัญญาณ นอกจากนี้ยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแบบถาวรในพื้นที่เข้าถึงยากที่มีความจำเป็นในการใช้งานไม่มาก ซึ่งการพัฒนามีการออกแบบการจำลองการติดตั้งจริง มีระบบเฝ้าสังเกตคุณภาพของอุปกรณ์ ด้วยการนำเทคโนโลยีใหม่ๆมาประยุกต์ใช้

ผู้พัฒนาได้จัดทำในส่วนของการติดตั้งเครื่องแม่ข่าย และแอคเซสพอยต์โดยที่แอคเซสพอยต์ จะทำการลงเฟิร์มแวร์ใหม่ โดยทำการลง OpenWrt ทำให้ระบบสามารถพัฒนาไปตามจุดประสงค์ที่ได้วางไว้ได้ ผู้ใช้งานสามารถใช้งานเครือข่ายไร้สาย พร้อมกับชมภาพถ่ายทอดแบบเวลาจริงผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้สะดวก

6.2 ข้อเสนอแนะ

ระบบเครือข่ายไร้สายบอลลูนลอยฟ้าพร้อมด้วยกล้องถ่ายทอดสด สามารถพัฒนาระบบตรวจสอบการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานในสภาวะต่างๆหรือในเงื่อนไขต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น โดยสามารถเพิ่มความสามารถของระบบ เช่น ปรับปรุงวิธีการประมวลผลรูปแบบใหม่ ที่ให้ผลลัพธ์รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยในระบบต้นฉบับยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ให้บริการเพียงพื้นที่เดียว ในอนาคตสามารถเพิ่มอุปกรณ์เพื่อให้บริการได้หลายพื้นที่พร้อมกันได้ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพควรนำเว็บแอปพลิเคชันขึ้นเซิฟเวอร์เพื่อให้การเก็บข้อมูลมาประมวลผลกราฟมีความต่อเนื่อง

หากนำอุปกรณ์ไปติดตั้งจริงบนบอลลูนจะมีข้อควรคำนึงเพิ่มเติมดังนี้ สภาพภูมิอากาศ น้ำหนักของอุปกรณ์ การหมุนของบอลลูน

7. กิตติกรรมประกาศ

ระบบนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16 จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

[1] “Wireless LAN” (August 17, 2013). [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_LAN

[2] “OpenWrt” (September 5, 2013). [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Openwrt

[3] “JSON-RPC” (November 11, 2013). [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/JSON-RPC

[4] “SNMP” (October 20, 2013). [Online]. Available: http://windows.microsoft.com/th-th/windows-vista/what-is-simple-network-management-protocol-snmp

[5] “Zoneminder” (December 10, 2013). [Online]. Available: http://www.zoneminder.com

[6] กิตติพงศ์ สิงห์แก้ว, “ระบบช่วยการติดตั้งและสังเกตการณ์เครือข่ายไร้สายแบบระยะไกล”, โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2555.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบตรวจสอบสถานะและควบคุมอาคารสถานที่ผ่านเทคโนโลยีเอ็นเอฟซีบนสมาร์ทโฟน

Personalized Monitoring and Control of Office Buildings Using NFC on Smartphones

กฤตา ปัทมสิริวัฒน์, อนันต์ ผลเพิ่ม, อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และ ชัยพร ใจแก้ว*

ห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: krita_p@outlook.co.th, anan.p@ku.ac.th, aphirak.j@ku.ac.th, chaiporn.j@ku.ac.th*

บทคัดย่อ

อาคารสถานที่ในปัจจุบันมีอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ติดตั้งอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งผู้ที่เข้ามาใช้งานอาจเกิดความไม่สะดวกและสิ้นเปลืองเวลา หากผู้ใช้จำเป็นต้องควบคุมอุปกรณ์ที่มีแผงควบคุมติดตั้งอยู่ห่างไกลจากบริเวณที่ผู้ใช้อยู่บ่อยครั้ง บทความนี้นำเสนอระบบตรวจสอบสถานะและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ผ่านทางสมาร์ทโฟน เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้ที่เข้ามาใช้อาคาร โดยโปรแกรมประยุกต์จะแสดงแผนผังจำลองและตำแหน่งอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ภายในห้อง เพื่อให้ผู้ใช้ควบคุมอุปกรณ์เหล่านั้นได้สะดวก รวมถึงสามารถจดจำการตั้งค่าเปิดอุปกรณ์อัตโนมัติส่วนบุคคล โปรแกรมประยุกต์จะใช้เทคโนโลยีเอ็นเอฟซีในการรับส่งข้อมูลระหว่างสมาร์ทโฟนและสถานีเอ็นเอฟซีที่ติดตั้งอยู่บริเวณต่างๆภายในห้อง เพื่อส่งข้อมูลไปยังส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้สมาร์ทโฟนแทนแผงควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถปรับเปลี่ยนตามสภาพห้องที่ต้องการใช้งานได้อย่างสะดวก จากการทดสอบระบบพบว่าผู้ใช้สามารถใช้สมาร์ทโฟนแทนแผงควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จริง และตั้งค่าเปิดอุปกรณ์อัตโนมัติล่วงหน้าได้ โดยการใช้โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นมีผลต่อการใช้พลังงานแบตเตอรีสมาร์ทโฟนเพียงเล็กน้อย

Abstract

Buildings are typically equipped with many appliances. Residents or employees may face some inconvenience and waste time when trying to control appliances through control panels located far away. This article presents the Personalized Monitoring and Control of Office Buildings Using NFC on Smartphones, developed to aid those users. The Android-based application displays the floor plan for each room and appliances' positions in the room, allowing users to control them. In addition, users' personalized settings can also be preconfigured. The application employs the NFC technology to connect a smartphone to appliance controllers, so users can use their phones as universal remote controls that adapt to each room's environment. Evaluation shows that the users are able to use their phones as appliances' controllers and preconfigure their personalized settings. In addition, battery consumption of smartphones increases very little while running the application.

***Keywords*:** NFC, mobile application, wireless sensor network, control system

1. บทนำ

เนื่องจากอาคารสถานที่ในปัจจุบัน มีการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์เป็นจำนวนมาก อาทิเช่น หลอดไฟ เครื่องปรับอากาศ โทรทัศน์ ซึ่งแผงควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ในปัจจุบันมักติดตั้งอยู่บริเวณทางเข้าห้องเพียงจุดเดียว ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการใช้งานหากผู้ใช้อยู่ห่างไกลจากบริเวณดังกล่าว และเป็นการเสียเวลาหากผู้ใช้จะต้องเปิดอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากเป็นประจำ การจะติดตั้งแผงควบคุมไว้หลายจุดนั้น เป็นการสิ้นเปลืองเวลาในการเดินสายไฟ และใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากหากแผงควบคุมมีขนาดใหญ่ อีกทั้งยังเกิดความไม่สะดวกหากมีการโยกย้ายแผงควบคุม จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงเกิดแนวคิดที่จะพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟน เพื่อตรวจสอบสถานะและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ภายในอาคาร โดยโปรแกรมประยุกต์ที่จะทำการพัฒนานั้น จะต้องสามารถใช้งานได้ง่าย สะดวก และเป็นมิตรต่อผู้ใช้ จึงมีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายระยะสั้นหรือเอ็นเอฟซี (Near Field Communication; NFC) [1] มาประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากเทคโนโลยีดังกล่าวมีจุดเด่นด้านความสะดวกและความปลอดภัยในการใช้งาน อีกทั้งยังมีสมาร์ทโฟนจำนวนมากที่รองรับการใช้งานเอ็นเอฟซี การจัดทำระบบตรวจสอบสถานะและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ภายในอาคารจะช่วยให้ผู้ที่เข้ามาใช้อาคารสามารถตรวจสอบสถานะและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ภายในห้องทางสมาร์ทโฟนของผู้ใช้ ทำให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกสบายมากขึ้น

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันมีการพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ในรูปแบบของบ้านอัจฉริยะ ซึ่งมักจะใช้เทคโนโลยีวายฟาย บลูทูธ หรือการส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า โดยใช้เทคโนโลยี x10 ในการควบคุมอุปกรณ์ [2][3][4] และใช้แผงควบคุมในลักษณะจอสัมผัสที่ติดตั้งอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง หรือควบคุมผ่านการเข้าถึงหน้าเว็บที่ระบบเปิดให้บริการในลักษณะเครื่องแม่ข่าย ระบบควบคุมดังกล่าวมักจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งมาก และอาจมีการดัดแปลงระบบไฟฟ้าภายในบ้าน รวมถึงเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องใช้ให้รองรับการใช้งานควบคุมจากระบบ นอกจากนี้การใช้งานในลักษณะดังกล่าวอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัยหากนำมาใช้งานในอาคารที่มีผู้ใช้จำนวนมาก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่สามารถสื่อสารได้ในระยะไกล และไม่มีระบบการระบุตัวตนของผู้ใช้หรือระบบการระบุตัวตนมักอยู่ในรูปแบบระบบล็อกอินซึ่งไม่สะดวกในการใช้งาน

ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์จะใช้เทคโนโลยีเอ็นเอฟซี ซึ่งเทคโนโลยีที่พัฒนาต่อยอดมาจากเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (Radio-Frequency Identification; RFID) [5] ใช้ในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระยะสั้นไม่เกิน 10 เซนติเมตร โดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ 13.56 MHz มีความเร็วในการส่งข้อมูลประมาณ 424 kbps ทำให้มีความปลอดภัยสูง สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว และใช้พลังงานต่ำในการทำงาน ลักษณะการใช้งานเพื่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลได้ทันทีเมื่อนำอุปกรณ์ที่รองรับการใช้งานเทคโนโลยีเอ็นเอฟซีมาอยู่ในระยะที่ใกล้กัน เหมาะสำหรับการรับส่งข้อมูลที่มีขนาดเล็กและไม่ต่อเนื่อง

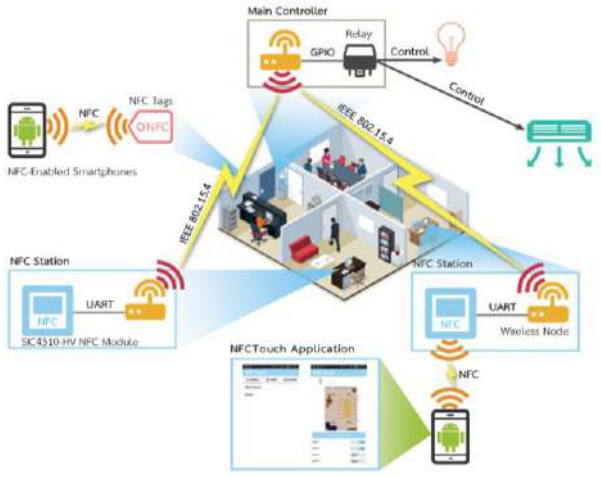
การติดต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อาศัยเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน IEEE802.15.4 [6] ซึ่งออกแบบมาให้ประหยัดพลังงานและราคาถูกเนื่องจากมีความซับซ้อนต่ำ จึงนิยมนำมาประยุกต์ใช้กับเครือข่ายควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติภายในบ้านพักอาศัย

3. รายละเอียดการพัฒนา

การพัฒนาระบบจะพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์

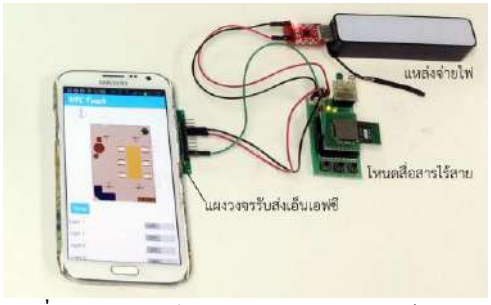
3.1 ภาพรวมของระบบ

ภาพรวมของระบบตรวจสอบสถานะและควบคุมอาคารสถานที่ผ่านเทคโนโลยีเอ็นเอฟซีบนสมาร์ทโฟนแสดงดังรูปที่ 1

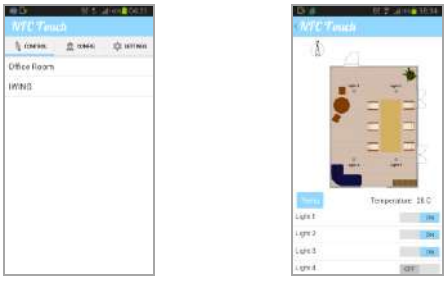


รูปที่ 1. ภาพรวมของระบบ

เมื่อผู้ใช้ติดตั้งโปรแกรมประยุกต์ลงในสมาร์ทโฟน จะสามารถดาวน์-โหลดข้อมูลแผนผังจำลองของแต่ละห้องและตำแหน่งของอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ภายในห้องที่สามารถควบคุมได้ โดยการนำสมาร์ทโฟนสัมผัสบริเวณแผ่นป้ายเอ็นเอฟซีที่ติดตั้งอยู่บริเวณทางเข้าห้อง จากนั้นผู้ใช้จะสามารถตั้งค่าให้อุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เป็นประจำเปิดโดยอัตโนมัติเมื่อนำสมาร์ทโฟนสัมผัสบริเวณสถานีเอ็นเอฟซีที่ติดตั้งอยู่ตามบริเวณต่าง ๆ ภายในห้อง เช่น โต๊ะทำงาน ดังรูปที่ 2 ผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ได้ทันทีผ่านทางสมาร์ท-โฟนโดยไม่จำเป็นต้องไปควบคุมที่แผงควบคุมหลักโดยตรง ในส่วนของการแสดงผล โปรแกรมประยุกต์จะแสดงสถานะปัจจุบันของอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์เมื่อเกิดเปลี่ยนแปลง และสามารถแสดงค่าอุณหภูมิปัจจุบันของห้องได้ นอกจากนี้ ระบบที่พัฒนาขึ้นยังสามารถกำหนดสิทธิ์ในการควบคุมและเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคนได้



รูปที่ 2. การนำสมาร์ทโฟนสัมผัสบริเวณสถานีเอ็นเอฟซี ณ ตำแหน่งแผงวงจรรับส่งเอ็นเอฟซี

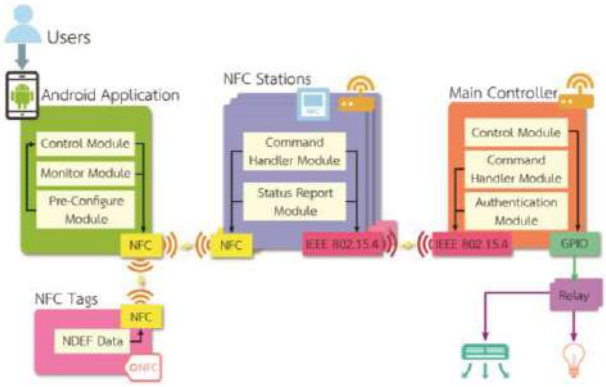


(ก) (ข)

รูปที่ 3. (ก) อินเตอร์เฟสการเลือกใช้งานส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรมประยุกต์และ (ข) อินเตอร์เฟสควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ โปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟน สถานีเอ็นเอฟซี และส่วนควบคุมหลัก โดยมีองค์ประกอบของระบบดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. องค์ประกอบของระบบ

ในส่วนของสถานีเอ็นเอฟซีและส่วนควบคุมหลักจะใช้โหนดสื่อสารไร้สาย ซึ่งประกอบด้วยโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ JN5168 [7] ซึ่งรองรับการสื่อสารผ่าน IEEE 802.15.4 และอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ

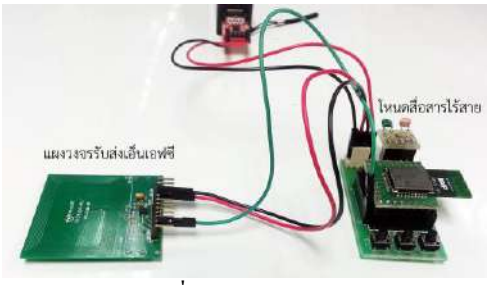
3.2.1 โปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟน

โปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟนที่พัฒนาขึ้นทำงานในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ ส่วนการตั้งค่าเปิดอัตโนมัติ

และส่วนการตั้งค่าการระบุตัวตนผู้ใช้ด้วยรหัสประจำตัว โดยมีอินเตอร์เฟสดังรูปที่ 3 โปรแกรมประยุกต์จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับสถานีเอ็นเอฟซีผ่านทางเทคโนโลยีเอ็นเอฟซีเมื่อนำสมาร์ทโฟนไปอยู่ในระยะใกล้กับสถานีเอ็นเอฟซี

3.2.2 สถานีเอ็นเอฟซี

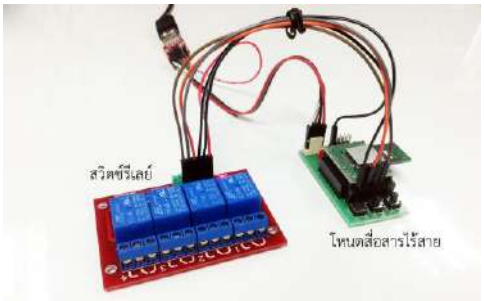
ประกอบด้วยแผงวงจรรับส่งเอ็นเอฟซี SIC4310-HV [8] และโหนดสื่อสารไร้สาย เชื่อมต่อกันผ่านทางอินเตอร์เฟส UART ดังรูปที่ 5 ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างโปรแกรมประยุกต์และส่วนควบคุมหลัก โดยการรับข้อมูลจากสมาร์ทโฟนผ่านเอ็นเอฟซี และส่งข้อมูลไปยังส่วนควบคุมหลักผ่านเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย IEEE 802.15.4 สถานีเอ็นเอฟซีจะถูกติดตั้งไว้ตามบริเวณต่าง ๆ ภายในห้อง โดยโหนดดังกล่าวจะสามารถวัดค่าอุณหภูมิปัจจุบันภายในห้องโดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่ติดตั้งอยู่กับโหนด แล้วรายงานค่าไปยังโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟน



รูปที่ 5. สถานีเอ็นเอฟซี

3.2.3 ส่วนควบคุมหลัก

ประกอบด้วยโหนดสื่อสารไร้สายและสวิตช์รีเลย์ เชื่อมต่อกันผ่านพอร์ท GPIO แสดงดังรูปที่ 6 เมื่อโหนดรับคำสั่งควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์จากสถานีเอ็นเอฟซีผ่านทางเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย IEEE 802.15.4 และทำการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ผ่านทางรีเลย์ที่เชื่อมต่อกับวงจรไฟฟ้าภายในห้อง จากนั้นจึงส่งข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสถานะดังกล่าวไปยังสถานีเอ็นเอฟซีอื่น ๆ



รูปที่ 6. ส่วนควบคุมหลัก

3.3 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นมีข้อจำกัดคือโปรแกรมประยุกต์สามารถทำงานได้บนสมาร์ทโฟนที่รองรับเทคโนโลยีเอ็นเอฟซีและใช้งานระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 4.0.3 Ice Cream Sandwich ขึ้นไป

4. การทดสอบการใช้งาน

ทำการทดสอบระบบในส่วนของความสามารถในการควบคุมและแสดงสถานะอุปกรณ์ รวมถึงพลังงานแบตเตอรี่ที่ใช้

4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

4.1.1 การทดสอบความสามารถในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์จริง

ทำการทดสอบโดยเชื่อมต่อวงจรหลอดไฟที่ใช้แหล่งจ่ายไฟ 220 โวลต์เข้ากับรีเลย์ที่ส่วนควบคุมหลักดังรูปที่ 7 จากนั้นทดสอบเปิด-ปิดหลอดไฟผ่านโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ทโฟนทั้งหมด 10 ครั้ง



รูปที่ 7. สภาพแวดล้อมในการทดสอบควบคุมหลอดไฟ

4.1.2 การทดสอบความถูกต้องในการควบคุมและแสดงสถานะปัจจุบันของอุปกรณ์ในแต่ละตำแหน่ง

ทำการทดสอบโดยเชื่อมต่อวงจรหลอดไฟจำลอง 4 ดวง โดยใช้หลอด LED เข้ากับรีเลย์ที่ส่วนควบคุมหลักดังรูปที่ 8 จากนั้นทดสอบความถูกต้องของ (1) ตำแหน่งอุปกรณ์ที่ควบคุมจากโปรแกรมประยุกต์ 20 ครั้ง (2) การตั้งค่าเปิดอุปกรณ์ล่วงหน้า 5 ครั้ง (3) การแสดงค่าสถานะปัจจุบันของอุปกรณ์ 5 ครั้ง และ (4) การอัพเดตสถานะของอุปกรณ์บนโปรแกรมประยุกต์เมื่อทำการควบคุมจากส่วนควบคุมหลัก 10 ครั้ง ในการทดสอบจะให้คาบการสื่อสารผ่านเอ็นเอฟซีต่างกัน คือ 1, 3 และ 5 วินาที



รูปที่ 8. สภาพแวดล้อมในการทดสอบควบคุมโมเดลห้องจำลอง

4.1.3 การทดสอบอัตราการสูญหายของข้อมูลควบคุมที่ส่งจากสมาร์ทโฟนไปยังส่วนควบคุมหลักที่ระยะต่าง ๆ

ทำการทดสอบควบคุมการเปิดรีเลย์โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ 20 ครั้ง ที่ระยะห่างระหว่างสถานีเอ็นเอฟซีและส่วนควบคุมหลักตั้งแต่ 0 – 70 เมตร โดยใช้คาบการสื่อสารผ่านเอ็นเอฟซี 1 วินาที

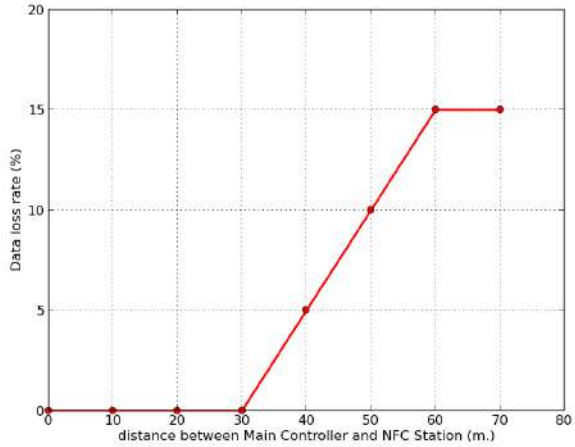
4.1.4 การทดสอบการใช้พลังงานแบตเตอรีสมาร์ทโฟนเมื่อใช้งานโปรแกรมประยุกต์

ทำการทดสอบโดยการเปิดใช้งานโปรแกรมประยุกต์อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 30 นาที โดยมีการควบคุมอุปกรณ์ทุก 5 นาที

4.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

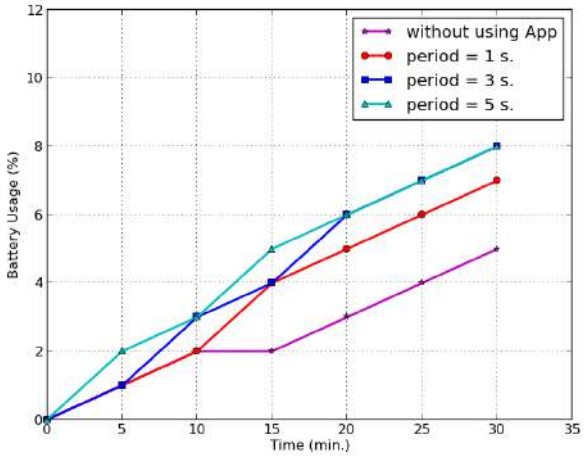
จากการทดสอบพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจริงที่ใช้แหล่งจ่ายไฟ 220 โวลต์ได้ และสามารถควบคุมอุปกรณ์ในแต่ละตำแหน่ง ตั้งค่าเปิดอุปกรณ์ล่วงหน้า และแสดงค่าสถานะปัจจุบันของอุปกรณ์ได้ถูกต้องทุกครั้งในทุกคาบการสื่อสารผ่านเอ็นเอฟซี แต่ในส่วนของการอัปเดตสถานะของอุปกรณ์บนโปรแกรมประยุกต์เมื่อทำการควบคุมจากส่วนควบคุมหลัก พบว่ามีข้อมูลบางส่วนสูญหายหากมีการเปลี่ยนสถานะของอุปกรณ์มากกว่า 1 ครั้งภายในคาบการสื่อสารผ่านเอ็นเอฟซี

จากการทดสอบอัตราการสูญหายของข้อมูลที่ส่งจากสมาร์ทโฟนไปยังส่วนควบคุมหลักที่ระยะต่าง ๆ ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 9 พบว่าเมื่อสถานีเอ็นเอฟซีห่างจากส่วนควบคุมหลักตั้งแต่ 40 เมตร ขึ้นไป จะเกิดการสูญหายของข้อมูลและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะห่างที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 9. อัตราการสูญหายของข้อมูลที่ระยะต่าง ๆ จากส่วนควบคุมหลัก

จากการทดสอบการใช้งานพลังงานแบตเตอรีสมาร์ทโฟนเมื่อใช้งานโปรแกรมประยุกต์ ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 10 พบว่าการใช้งานโปรแกรมประยุกต์ที่มีคาบการสื่อสารผ่านเอ็นเอฟซีต่างกัน มีผลเพียงเล็กน้อยต่อการใช้พลังงานแบตเตอรี่ของสมาร์ทโฟน และการใช้งานเอ็นเอฟซีมีผลต่อการใช้พลังงานแบตเตอรีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 10. พลังงานแบตเตอรี่สมาร์ทโฟนที่ใช้ไปเมื่อตั้งค่าคาบการสื่อสารผ่านเอ็นเอฟซีแตกต่างกัน

5. บทสรุป

ระบบตรวจสอบสถานะและควบคุมอาคารสถานที่ผ่านเทคโนโลยีเอ็นเอฟซีบนสมาร์ทโฟนสามารถนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ภายในห้องได้จริง โดยการเชื่อมต่อวงจรอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์กับสวิตช์รีเลย์ โดยระบบดังกล่าวมีความเหมาะสมกับการใช้งานในห้องที่มีขนาดไม่เกิน 40 เมตร และใช้คาบการสื่อสารผ่านเอ็นเอฟซี 1 วินาที เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้ใช้จะได้รับความสะดวกสบายในการใช้งานอาคารสถานที่มากขึ้น เนื่องจากสามารถใช้สมาร์ทโฟนเป็นแผงควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเปลี่ยนตามสภาพห้องแต่ละห้องได้ รวมถึงสามารถตั้งค่าเปิดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เป็นประจำอัตโนมัติเมื่อมาถึงบริเวณห้อง

สำหรับแนวทางการพัฒนาต่อ สามารถพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของการเพิ่มความสามารถในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ให้หลากหลายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมไปถึงการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ให้สามารถใช้เทคโนโลยีไร้สายอื่น เช่น บลูทูธ ในการส่งข้อมูลเพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานในสมาร์ทโฟนรุ่นอื่นได้มากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ได้รับการอนุเคราะห์อุปกรณ์และไลบรารีในการทำโครงงานจากบริษัทซิลิคอน คราฟท์ เทคโนโลยี จำกัด (Silicon Craft Technology Co.,Ltd) และได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 16 จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

[1] Near Field Communication, http://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/, [สืบค้นเมื่อ กันยายน 2556]

[2] Home Automation, “ระบบบ้านอัจฉริยะ”, http://en.wikipedia.org/wiki/Home_automation, [สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2557]

[3] LED Bluetooth Bulb, http://www.lumenbulb.net/, [สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2557]

[4] ระบบเทคโนโลยี x10 กับบ้านอัจฉริยะ, http://www.athomeautomate.com/article/ระบบเทคโนโลยี x10 กับบ้านอัจฉริยะ, [สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2557]

[5] S. A. Weis, “RFID (Radio-Frequency Identification)”, *M.S. thesis,* MIT, Jun. 2003.

[6] J.T. Adams, “An Introduction to IEEE STD 802.15.4”, *IEEE Conf. Aerospace*, 2006.

[7] NXP Laboratories UK, “Datasheet: JN516x IEEE802.15.4 Wireless Microcontroller”, *JN-DS-JN516x*, 2013.

[8] Silicon Craft Technology, “228-Bytes ISO14443A RFID/NFC Tag IC with UART interface”, *PD-FM-51-DTS-SIC4310-R1_3*, 2013.

หัวข้อ การประหยัดพลังงาน
การจัดการพลังงาน บ้านอัตโนมัติ II (21EN II)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบพลังงานสำหรับการเรียนการสอนของศูนย์การเรียนรู้ชาวไทยภูเขาแม่ฟ้าหลวงบนพื้นที่สูง อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่

Energy System for Learning Process of Thai Hill Terrible Learning Center on High land area : Omkoi District Chiangmai Province

ธีระศักดิ์ สมศักดิ์

วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: dhirasak@gmail.com

บทคัดย่อ

ศูนย์การเรียนรู้ชาวไทยภูเขาแม่ฟ้าหลวงจัดการศึกษาเพื่อชุมชนในเขตภูเขา ตาม พ.ร.บ. การศึกษาภาคบังคับ พุทธศักราช 2545 เป็นการจัดการศึกษาที่เป็นไปตามหลักการของการจัดการศึกษาสำหรับชุมชนบนพื้นที่สูงและเป็นไปตามข้อจำกัด ตัวอย่างเช่นบุคลากรครู อยู่ในพื้นที่สูงทุรกันดารระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานเข้าไม่ถึงและมีความหลากหลายในชาติพันธุ์โดยมีหลักว่าเป็นการจัดการศึกษาเพื่อชีวิตและสังคมใช้ชุมชนเป็นฐานการเรียนรู้มุ่งแก้ปัญหาชีวิตความเป็นอยู่ไปสู่คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้การใช้พลังงานสำหรับการเรียนการสอนมีข้อจำกัดเนื่องจากลักษณะทางกายภาพของการตั้งถิ่นฐานอยู่ในหุบเขาสลับซับซ้อนและมีลักษณะภูมิอากาศเฉพาะที่ต่างกัน ในบทความนี้จะกล่าวถึงการใช้พลังงานสำหรับการเรียนการสอนบนพื้นที่สูงของศูนย์การเรียนรู้ชาวไทยภูเขาแม่ฟ้าหลวง อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่

Abstract

Thai Hill Terrible Learning Center provides the education system on the highland following with the Parliament, Act of Compulsory education 2002. However, the limitation of teacher lack the basic of infrastructure such as electricity, clean water supply, transportation, ethnic diversity and etc. the main aim of the education management is the education for better life. In this case, have had influenced to learning process and management. In this article describe Energy System for Learning Process of Thai Hill Terrible Learning Center on High land area : Omkoi District Chiangmai Province

Keywords: compulsory education, energy, Thai Hill Terrible, high land, learning process

1. บทนำ

ศูนย์การเรียนชุมชนชาวไทยภูเขาแม่ฟ้าหลวงการจัดการศึกษาเพื่อชุมชนในเขตภูเขา หรือที่เรียกว่าการจัดการศึกษาสำหรับชุมชนบนพื้นที่สูงภายใน ศูนย์การเรียนชุมชนชาวไทยภูเขา“แม่ฟ้าหลวง” (ศศช.) ทั้งหมด 109 ศศช. 6 ตำบล อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ โดยจัดการศึกษาตั้งแต่ระดับประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นเวลา 9 ปี ตาม พ.ร.บ. การศึกษาภาคบังคับ พุทธศักราช 2545 เป็นการจัดการศึกษาที่เป็นไปตามหลักการของการจัดการศึกษาสำหรับชุมชนบนพื้นที่สูงและเป็นไปตามข้อจำกัด คือ 1) เป็นการจัดการศึกษาในลักษณะศูนย์การเรียนที่มีครูอาสาสมัครดูแลและจัดการศึกษาอยู่เพียง 1 – 2 คน 2) ลักษณะสภาพของชุมชนอยู่ห่างไกลจากความเจริญและเป็นพื้นที่ทุรกันดาร ขาดโอกาสที่จะได้รับการบริการพื้นฐานจากภาครัฐ ประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวไทยภูเขาซึ่งมีความหลากหลายทางชาติพันธุ์ 3) การจัดการศึกษาที่ดำเนินการตลอดมาได้กำหนดหลักการไว้ว่าเป็นการจัดการศึกษาเพื่อชีวิตและสังคมใช้ชุมชนเป็นฐานการเรียนรู้มุ่งแก้ปัญหาชีวิตความเป็นอยู่ไปสู่คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

การจัดการศึกษาในลักษณะดังกล่าวในพื้นที่สูงและห่างไกลทำให้มีข้อจำกัดทางด้านศักยภาพการใช้พลังงานสำหรับการเรียนรู้และการให้โอกาสการได้รับข่าวสารข้อมูลที่มีประโยชน์และทันต่อเหตุการณ์ ในปัจจุบันภาครัฐได้สนับสนุนการใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์หรือไฟฟ้าพลังงานน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์แต่ก็มีข้อจำกัดเรื่องฤดูกาลและลักษณะภูมิประเทศของที่ตั้งหมู่บ้านที่อยู่บนเขาสูงสลับซับซ้อนหรือหุบเขาและอุปสรรคในการขนส่งน้ำมัน ทำให้ขาดความต่อเนื่องในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ

ในบทความนี้จะกล่าวถึงภาพรวมการใช้พลังงานสำหรับการเรียนการสอนของศูนย์การเรียนรู้ชาวไทยภูเขาบนพื้นที่สูงอำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่

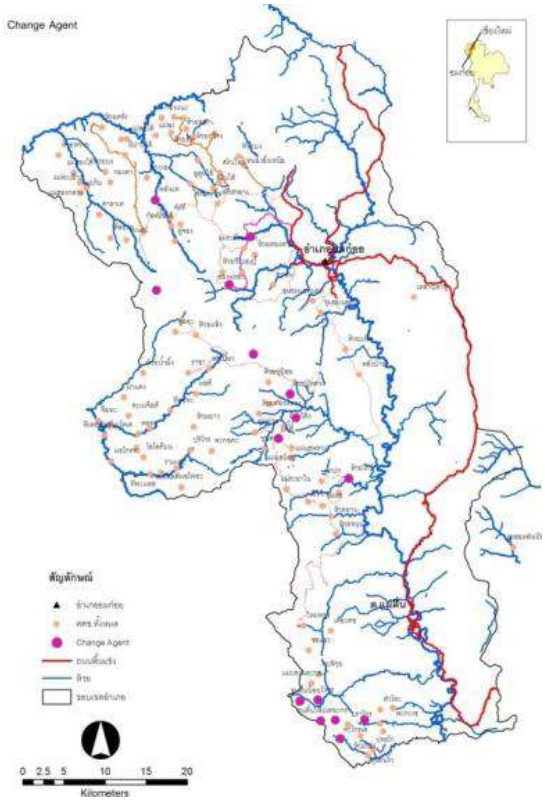
2. ข้อมูลพื้นฐาน [1]

อำเภออมก๋อยตั้งอยู่ทางทิศใต้ของจังหวัดเชียงใหม่เป็นระยะทางประมาณ 180 กิโลเมตรมีพื้นที่ทั้งหมด 2,099.831 ตารางกิโลเมตรหรือ 1,365,177.812 ไร่ และมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อนสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 เขตย่อย ได้แก่เขตภูเขาสูง เป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำลำธาร อยู่ในพื้นที่ตำบลอมก๋อย ยางเปียง สบโขง นาเกียน ม่อนจอง และตำบลแม่ตื่น คิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 80 ของพื้นที่อำเภอและพื้นที่ร้อยละ 20 ของอำเภอเป็นเขตภูเขาเตี้ย

จากตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานของอำเภออมก๋อยนั้นพบว่าครบคลุม 6 ตำบลประกอบด้วยประชากรรวมเท่ากับ 18,117 คนโดยมีสัดส่วนหญิงชายประมาณเท่าๆกัน มีประชากรที่อยู่ระหว่างการศึกษาและประชากรที่ไม่รู้การศึกษาเท่ากับ 3,714 คน (20%) และ 1,242 คน (6%) ตามลำดับนั้น ดังนั้นต้องพิจารณาเทคโนโลยีด้านการศึกษาที่นำมาสนับสนุนให้เหมาะสมกับบริบทพื้นที่และลักษณะภูมิประเทศ

สำหรับค่าเฉลี่ยสัดส่วนนักเรียนต่อครูผู้สอน 17 ต่อ1 และครูนิเทศต่อครูผู้สอน 12ต่อ1 โดยการบริหารจัดการที่เกิดขึ้นนั้นการแบ่งภาระหน้าที่ของครูนิเทศนั้นขึ้นกับเส้นทางคมนาคมเป็นหลัก

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นเมื่อพิจารณาสัดส่วนของศศช.ต่อหมู่บ้านนั้นจะพบว่าสามหมู่บ้านที่มีจำนวนหมู่บ้านและประชากรสูงสุดเรียงตามลำดับนั้นจะมีสัดส่วนของศศช.ต่อหมู่บ้านเท่ากับ 1ต่อ2 เนื่องจากผลของลักษณะภูมิประเทศที่ทำให้การตั้งถิ่นฐานหมู่บ้านค่อนข้างกระจายและยังอธิบายถึงการข้ามเขตหมู่บ้านเพื่อให้ได้รับการศึกษา



รูปที่ 1. แผนที่ตั้งศูนย์การเรียนรู้ชุมชนชาวไทยภูเขา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลพื้นฐานอำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่

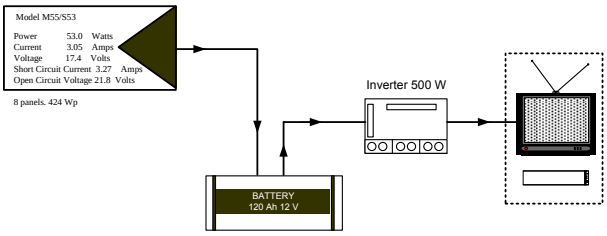
ลำดับ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย
1	หมู่บ้าน	20	หมู่บ้าน
2	ตำบล	6	ตำบล
3	ประชากร	18,117 ชาย 9,712 หญิง 9,792	คน
4	ครัวเรือน	3,347	ครัวเรือน
5	นักเรียน		
	อนุบาล	1,927 ชาย 901 หญิง 888	คน
	ประถม	1,787 ชาย 891 หญิง 902	คน
6	ไม่รู้หนังสือ	1,242 ชาย 687 หญิง 588	คน
7	ครูผู้สอน	218	คน
8	ครูนิเทศ	18	คน

3. เทคโนโลยีที่ผลิตไฟฟ้าสำหรับการเรียนการสอน

สำหรับในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีสำหรับการผลิตพลังงานสำหรับชุมชนและการเรียนการสอนของอำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่มีสามรูปแบบดังต่อไปนี้

3.1 ระบบโซล่าเซลล์แบบอิสระ [2]

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์แบบอิสระหมายถึงการใช้แหล่งพลังงานจากแหล่งกำเนิดเพียงอย่างเดียว โดยมีหลักการทำงานเมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงโซล่าเซลล์จะผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงออกมาจะนำมาเก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่ในเวลากลางวันเมื่อต้องการใช้พลังงานที่นำมาสะสมไว้ต้องมีอุปกรณ์แปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับหรือเรียกว่าอินเวอร์เตอร์ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าและหลอดไฟแสงสว่างในกรณีที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไฟฟ้ากระแสตรงก็สามารถต่อตรงกับแบตเตอรี่ได้เลยแต่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีขายตามท้องตลาดส่วนใหญ่จะเป็นประเภทไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 2. ไดอะแกรมการต่อใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์แบบอิสระ



รูปที่ 3. นักเรียนใช้สื่อวีดิทัศน์สำหรับการเรียนการสอนด้วยพลังงานจากโซล่าเซลล์

3.2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรสำหรับกังหันน้ำแบบไหลขวาง [3]

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำแบบไหลขวางเป็นระบบที่ออกแบบมาสำหรับแหล่งน้ำที่มีความสูงสถิตย์ประมาณหนึ่งเมตรและมีอัตราการไหลที่มากพอให้กังหันน้ำหมุนได้ ระบบนี้เหมาะสมกับแหล่งน้ำที่อยู่ไม่ไกลจากจากศศช. โดยมีหลักการทำงานเมื่อกังหันหมุนจากผลิตไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่แรงดันสูงผ่านตัวกรองไฟฟ้าแปลงเป็นกระแสตรงนำไปประจุแบตเตอรี่เมื่อต้องการใช้งานก็สามารถแปลงจากไฟฟ้ากระแสตรงผ่านอินเวอร์เตอร์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับไปเชื่อมต่อกับภาระไฟฟ้าได้



(ก) กังหันน้ำแบบไหลขวาง



(ข) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร

รูปที่ 4. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรด้วยกังหันน้ำชนิดไหลขวาง

3.3 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำระดับครัวเรือน [4]

กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าระดับครัวเรือนเป็นระบบผลิตไฟฟ้าขนาด 10 – 20 กิโลวัตต์ติดตั้ง โดยการสนับสนุนของกรมส่งเสริมและพัฒนาพลังงานเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตให้กับชาวบ้านที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกลที่ระบบสายส่งเข้าไม่ถึง โดยปกติระบบนี้จะถูกออกแบบให้กับชุมชนโดยใช้ระบบสายส่งต่อถึงบ้านและมีระบบบริหารจัดการอย่างเป็นรูปธรรมในกรณีศูนย์การเรียนรู้ชาวไทยภูเขาตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ที่มีการติดตั้งระบบก็จะได้รับการสนับสนุนไฟฟ้าสำหรับการเรียนการสอนโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย



(ก) อาคารควบคุมและติดตั้งระบบกังหันน้ำ



(ข) กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า



(ค) แหล่งน้ำสำหรับผลิตไฟฟ้า

รูปที่ 5. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำระดับครัวเรือน

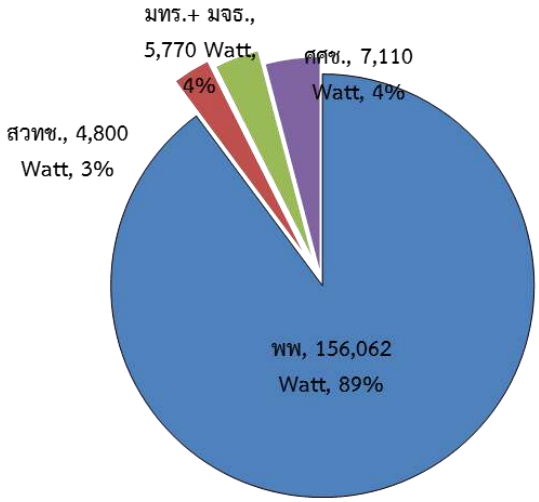
4. ภาพรวมการใช้พลังงานสำหรับศศช.

ภาพรวมการใช้พลังงาน มี 6 หน่วยงานหลักที่สนับสนุนแหล่งพลังงานสำหรับการเรียนการสอน จากทั้งหมด 109 ศศช.นั้นพบว่ามีศศช.ที่มีระบบสายส่งเข้าถึง 5 ศศช. ดำเนินการโดยไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และมี 5 ศศช.ใช้พลังงานไฟฟ้าจากกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าระดับหมู่บ้านสนับสนุนโดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (พพ.) มีศศช.ที่ใช้แหล่งพลังงานจากโซล่าเซลล์เพียงอย่างเดียวจำนวน 92 ศศช.และระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานโซล่าเซลล์กับกังหันน้ำจำนวน 4 ศศช.และมี 3 ศศช.ได้แก่เด๊ะบือเซทะหม่าโอโจและหัวโละตำบลแม่ตื่น ไม่ได้ใช้ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานใดๆ

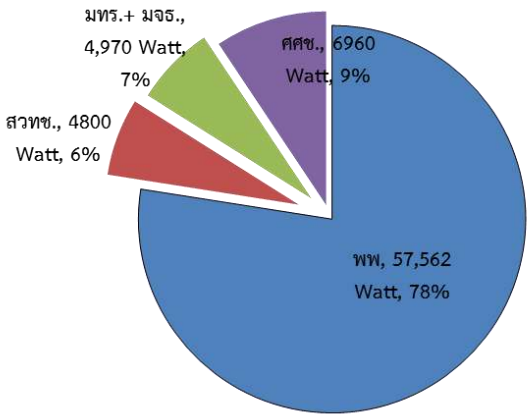
กำลังไฟฟ้ารวมในการติดตั้งทั้งหมดประมาณ 174 กิโลวัตต์ มีสัดส่วนการใช้พลังงานน้ำกับโซล่าเซลล์เท่ากับ 58% (5 ศศช.) และ 42% (92 ศศช.) ตามลำดับโดยหน่วยงานที่สนับสนุนการติดตั้งมากสุดได้แก่พพ.และศศช.ตามลำดับดังรูปที่ 6

กรณีที่สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำเมื่อกับศศช.มีน้อยเนื่องจากพพ.มีหนึ่งในนโยบายที่ยกระดับคุณภาพชีวิตด้านไฟฟ้าในชนบทโดยการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำระดับหมู่บ้านขนาด 20 กิโลวัตต์โดยใช้ร่วมกับชาวบ้านเป็นพลังงานไฟฟ้าใช้สำหรับหมู่บ้านโดยวิธีการปักเสาพาดสายภายในหมู่บ้านและทำให้ศศช. มีโอกาสได้ใช้ไฟฟ้าจากโครงการนี้

รูปที่ 7 ภาพรวมการใช้งานเฉพาะโซล่าเซลล์มีกำลังติดตั้งรวมประมาณ 72 กิโลวัตต์มีพพ.เป็นหน่วยงานติดตั้งมากสุดประมาณ 78 % เนื่องจากมีนโยบายการในสนับสนุนแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่เหมาะสมกับพื้นที่ห่างไกล การใช้โซล่าเซลล์เป็นแหล่งพลังงานหลักในส่วนใหญ่ของศศช.นั้นเป็นข้อจำกัดเนื่องจากลักษณะทางภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อนทำให้แผงโซล่าเซลล์ไม่แปรผันพลังงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ



รูปที่ 6. ภาพรวมสัดส่วนของหน่วยงานที่สนับสนุนระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับการเรียนการสอนของ ศศช.



รูปที่ 7. สัดส่วนของหน่วยงานที่สนับสนุนระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับการเรียนการสอนของ ศศช.เฉพาะระบบโซล่าเซลล์

5. สรุปและข้อเสนอแนะกลไกและแนวทาง

จากภาพรวมการใช้พลังงานสำหรับการเรียนการสอนในศศช.อมก๋อยนั้นมีกำลังไฟฟ้ารวมในการติดตั้งทั้งหมดประมาณ 174 กิโลวัตต์ มีสัดส่วนการใช้พลังงานน้ำกับโซล่าเซลล์เท่ากับ 58% (5 ศศช.) และ 42% (92 ศศช.) ตามลำดับโดยหน่วยงานที่สนับสนุนการติดตั้งมากสุดได้แก่พพ.และศศช. เมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อนและภูมิอากาศเฉพาะจะทำให้เกิดโอกาสการขาดความต่อเนื่องของแหล่งพลังงานตลอดทั้งปี ทั้งนี้นอกเหนือทางด้านการเลือกและจัดการเทคโนโลยีที่เหมาะสมเช่น การใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานอีกทั้งการจัดทำแผนการใช้พลังงาน การสร้างความเข้าใจและความสามารถด้านช่างเบื้องต้นสำหรับผู้ใช้งานเป็นข้อพิจารณาสำคัญสำหรับการเรียนการสอนในพื้นที่ทุรกันดารที่ทำให้ระบบยั่งยืนได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้เขียนขอขอบคุณศูนย์ความร่วมมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยราชมงคลล้านนาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีเพื่อมูลนิธิโครงการหลวงและกิจกรรมวิชาการที่สนับสนุนทรัพยากรสำหรับการทำงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ThaiTambon, “ข้อมูลพื้นฐานของอมก๋อย”, http://www.thaitambon.com/tambon/ttambon.asp?ID=501801, [สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2556]

[2] T.Somsak, C.Ngamsom, C.Piton and B.Pedjaranon, “Status of Solar Home System In Highland and Remote Area Thailand”, Technical Digest of the PVSEC-18, Kalkata, India, 2009. p 449-450

[3] ฉัตรชัย งามสม, ธีระศักดิ์ สมศักดิ์, เอกณัฐภ์ กระจ่างธิมาพรและบวรศักดิ์ เพชรานนท์ (2554). การออกแบบและพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจิ๋วสำหรับชุมชนบนพื้นที่สูง, การประชุมวิชาการระดับชาติเครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศประจำปี 2554 มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา

[4] T.Somsak, B.Pedjaranon and C.Ngamsom, “Micro Hydro Power Plant Management Practical in the Northern at Thailand”, Proceeding of International Conference for a sustainable greater Mekong subregion, Bangkok, Thailand, 2010. P 652-655



(ก) ตรวจสอบอินเวอร์เตอร์



(ข) แผงโซล่าเซลล์ที่มีคราบฝุ่นจับ



(ค) ตรวจสอบแผงโซล่าเซลล์เบื้องต้น



(ง) การบำรุงรักษาแบตเตอรี่เบื้องต้น

รูปที่ 8. การสร้างความสามารถของช่างประจำหมู่บ้าน

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบระบบ VSD สำหรับประหยัดพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มลมในกระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง

VSD systems design for energy savings in the manufacture of motor pump pack ice.

เกษม ตรีภาค[1], และนพพร พัชรประกิตี,

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

[2]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

E-mail: tuiest0@hotmail.com[1], pnopporn@hotmail.com[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลมในกระบวนการผลิตน้ำแข็งซองในโรงน้ำแข็ง เพื่อให้ได้แรงดันลมที่เหมาะสมในการเติมอากาศให้กับซองน้ำแข็ง ซึ่งทำให้สามารถลดพลังงานไฟฟ้าในการผลิตแรงดันลมของมอเตอร์ปั๊มลมได้ โดยใช้เพรสเชอร์ทรานสมิตเตอร์ เป็นอุปกรณ์ตรวจจับแรงดันลมและเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เหมาะสมให้กับอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลม ผลการดำเนินงานพบว่า มอเตอร์ปั๊มลมที่ติดตั้งระบบควบคุมความเร็วรอบสามารถลดพลังงานไฟฟ้าลงได้ 40 – 80 เปอร์เซ็นต์ ตามปริมาณการผลิตน้ำแข็งซองต่อครั้ง

Abstract

This paper presents the design of speed control system of pump motors in manufacturing ice pack. To get the right pressure to fill the air with ice packs which can reduce the electrical energy in the production of pressure in the pump motor. This research using pressure transmitters to detect pressure, and changes into electrical signals suitable for the inverter to adjust the speed of the pump motor. The operating results found. The motor pumps is installed speed control system can reduce the electrical energy down to 40 - 80 percent by volume of production the ice packs at a time.

***Keywords*:** Variable speed drive, motor pump, energy saving, Affinity Law, manufacturing ice pack

1. บทนำ

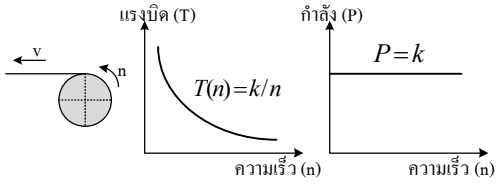
กระบวนการการผลิตน้ำแข็งซองในโรงน้ำแข็งที่ต้องใช้ปั๊มลม ได้แก่ กระบวนการเติมอากาศให้กับซองน้ำแข็งเพื่อให้สารละลายในน้ำแยกตัวออกมา ซึ่งจะช่วยให้น้ำแข็งใส สารละลายที่แยกตัวออกมานั้นจะสะสมอยู่บริเวณส่วนกลางของซองน้ำแข็ง สามารถมองเห็นได้เป็นลักษณะฝ้าสีขาวจากการทดสอบโดยทีมงานวิจัย พบว่าแรงดันลมที่ใช้ในการเติมซองน้ำแข็งนั้นจะมีแรงดันประมาณ 5-7 ปอนด์ ดังนั้นในการออกแบบขนาดของปั๊มลม โดยผู้ออกแบบระบบผลิตน้ำแข็งซองจะออกแบบให้ขนาดของปั๊มลมสามารถจ่ายแรงดันลมเกินกว่าพิกัดของแรงดันลมที่ใช้ในการเติมซองน้ำแข็งและใช้วิธีการรักษาระดับของแรงดันให้สามารถจ่ายลมเข้าซองโดยการปล่อยลมทิ้งโดยปั๊มลมยังทำงานเต็มพิกัดอย่างเดิมเพื่อให้ได้แรงดันลมที่เหมาะสมก่อนเข้าสู่ระบบเติมอากาศให้ซองน้ำแข็ง นอกจากนั้นช่วงฤดูหนาวโรงน้ำแข็งจำเป็นต้องลดกำลังการผลิตเนื่องจากสามารถจำหน่ายน้ำแข็งได้น้อยลงกว่าเดิม จึงต้องลดระดับแรงดันลมที่เข้าสู่ระบบเติมอากาศให้ซองน้ำแข็ง โดยปล่อยลมทิ้งอีก ดังนั้นถ้าสามารถลดการผลิตแรงดันลมลงโดยไม่ต้องจ่ายลมทิ้งได้ก็จะทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตได้

2. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ, แรงบิดและกำลังงานของมอเตอร์

การใช้งานมอเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรมในการขับโหลดนั้นสามารถแบ่งประเภทของโหลดได้ตามแรงบิดดังนี้[1]

2.1 โหลดที่มีแรงบิดแปรผกผันกับความเร็วรอบ

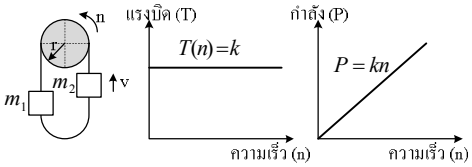
โหลดชนิดนี้ได้แก่ โหลดประเภทเครื่องม้วนต่าง ๆ เช่นเครื่องม้วนกระดาษ หรือเครื่องม้วนเก็บกระสอบพลาสติกเป็นต้นโหลดประเภทนี้ความเร็วจะลดลงเมื่อขนาดของวัสดุที่นำมาเก็บบนแกนของเครื่องม้วนมีจำนวนมากขึ้น แต่แรงบิดที่แกนเครื่องม้วนจะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อให้เครื่องม้วนสามารถม้วนเก็บวัสดุได้



รูปที่ 1 โหลดที่มีแรงบิดผกผันกับความเร็วรอบ

2.2 โหลดที่มีแรงบิดคงที่

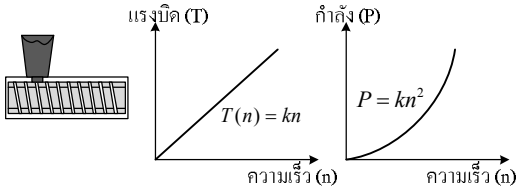
โหลดชนิดนี้ได้แก่เครื่องจักรประเภทสายพานลำเลียงเครน,ลิฟท์ เป็นต้น ซึ่งโหลดในลักษณะนี้จะมีแรงบิดที่คงที่ไม่ว่าความเร็วจะเปลี่ยนไปก็ตาม



รูปที่ 2 โหลดที่มีแรงบิดคงที่

2.3 โหลดที่มีแรงบิดแปรผันตรงกับความเร็วรอบ

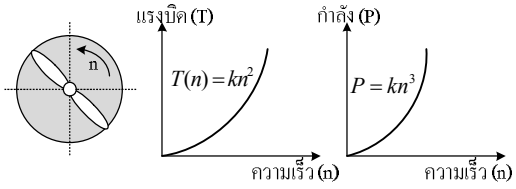
โหลดชนิดนี้ ได้แก่ Smoothing Machine , Calendar Roller , Extruder เป็นต้น ซึ่งโหลดในลักษณะนี้ เมื่อลดความเร็วรอบลง แรงบิดก็จะลดลงตามเช่นกัน



รูปที่ 3 โหลดที่มีแรงบิดแปรผันตรงกับความเร็วรอบ

2.4 โหลดที่แรงบิดแปรผันตามกำลังสองของความเร็วรอบ

โหลดชนิดนี้ ได้แก่ พัดลม และปั๊ม ที่มีหลักการทำงานโดยใช้วิธีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์



รูปที่ 4 โหลดที่มีแรงบิดแปรผันตามกำลังสองของความเร็วรอบ

จากการแบ่งประเภทของโหลดดังที่กล่าวมา พบว่า ปั๊มลมนั้นเป็นโหลดที่มีแรงบิดแปรผันตามกำลังสองของความเร็วรอบ และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับความเร็วรอบโดยใช้ กฎความคล้าย (Affinity Law) [2] พบว่าเมื่อลดความเร็วรอบของปั๊มลงจะทำให้กำลังงานของปั๊มลดลง 3 เท่าซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\mathbf{P_2 = P_1\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3} \qquad (1)$$

P_2 หมายถึง กำลังงานที่เปลี่ยนแปลง

P_1 หมายถึง กำลังงานเดิม

n_2 หมายถึง ความเร็วรอบที่เปลี่ยนแปลง

n_1 หมายถึง ความเร็วรอบเดิม

จากสมการที่ 1 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลดความเร็วรอบปั๊มลมลงจะทำให้กำลังงานไฟฟ้าลดลง และเมื่อนำไปหาค่าพลังงานไฟฟ้า ก็จะทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงด้วยเช่นกัน

3 การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วย VSD

Variable Speed Drive หรือ VSD คือวิธีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับโหลดของมอเตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของมอเตอร์และกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม [3] จากสมการความเร็วรอบมอเตอร์ [4]

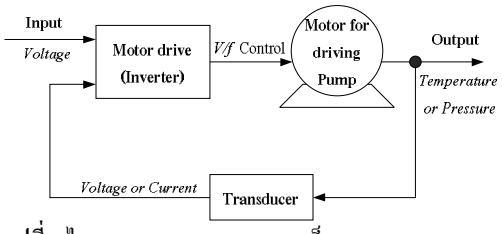
$$\mathbf{N = \frac{120f}{P}} \qquad (2)$$

N หมายถึง ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)

f หมายถึง ความถี่ของระบบไฟฟ้า (Hz)

P หมายถึง จำนวน Pole ของมอเตอร์

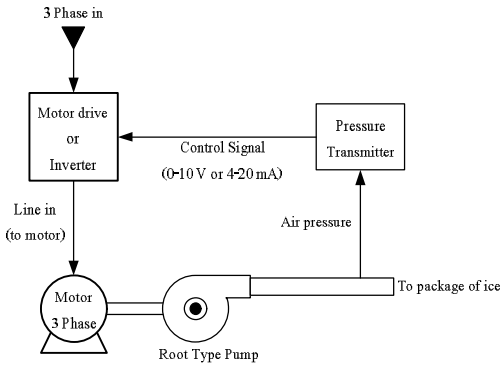
การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์โดย VSD นั้น อ้างอิงตามสมการที่ 2 โดยปรับความถี่ของมอเตอร์ ซึ่งจะแปรผันตรงกับความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่ามอเตอร์ไดรฟ์ หรืออินเวอร์เตอร์ ที่สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ 3 เฟสได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณเอาท์พุต ซึ่งในที่นี้เรียกว่าทรานสดิวเซอร์ทางไฟฟ้า ที่เป็นอุปกรณ์ตรวจรู้และแปลงปริมาณตัวแปรต่าง ๆ เช่น ตัวแปรทางกายภาพ ทางกล แม่เหล็ก ความร้อนและแสง สี ฯลฯ ให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า[5] เพื่อให้ระบบควบคุมความเร็วรอบสามารถทำงานปรับความเร็วของมอเตอร์ได้โดยอัตโนมัติตามความต้องการใช้งาน โหลดลักษณะการควบคุมความเร็วรอบแบบ VSD นั้น ถือเป็นระบบควบคุมแบบปิด (Close loop control) ดังไดอะแกรมรูปที่ 5



รูปที่ 5 ไดอะแกรมการควบคุมความเร็วรอบแบบ VSD

4. การออกแบบ

การออกแบบระบบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลมสำหรับการจ่ายลมในกระบวนการเติมอากาศในซองน้ำแข็งนั้นเริ่มต้นจากการออกแบบการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลม ซึ่งมีขนาด 7.5 กิโลวัตต์ ที่ต้องใช้มอเตอร์ไดรฟ์หรืออินเวอร์เตอร์ ที่สามารถรองรับได้ ซึ่งในที่นี้ใช้อินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ Fuji รุ่น FRENIC-Mini Three-Phase 460 V เป็นตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์ปั๊มลม จากนั้นจึงพิจารณาถึงระบบควบคุมการทำงานเพื่อให้มอเตอร์ปั๊มลมสามารถปรับความเร็วรอบได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งจากการศึกษาการทำงานพบว่าแรงดันลมที่เหมาะสมสำหรับการเติมอากาศในซองน้ำแข็งนั้น อยู่ที่ประมาณ 5-7 บาร์ ดังนั้นทรานสดิวเซอร์ ที่จะนำมาใช้สำหรับตรวจจับสัญญาณนั้นจึงต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เพรสเซอร์ทราสมิตเตอร์ ที่สามารถตรวจจับแรงดันลมในช่วงดังกล่าวได้ โดยเพรสเซอร์ทรานสมิตเตอร์ดังกล่าวจะเปลี่ยนแรงดันลมเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าขนาด 0-10 โวลต์ เพื่อจ่ายเข้าอินเวอร์เตอร์ ให้สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลมเพื่อให้ปั๊มลมผลิตแรงดันลมที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในท่อจ่ายลมได้ตามต้องการ ไดอะแกรมการต่อระบบควบคุมแรงดันลมของมอเตอร์ปั๊มลมสำหรับเติมอากาศในซองน้ำแข็งดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ไดอะแกรมการควบคุมความเร็วรอบแบบ VSD



รูปที่ 7 ระบบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลม

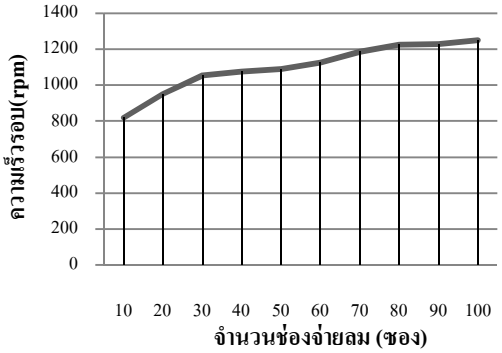
ระบบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลมสำหรับการจ่ายลมในกระบวนการเติมอากาศในซองน้ำแข็งที่สร้างเสร็จแล้วแสดงดังรูปที่ 7

5. การทดสอบและวัดค่าพลังงานไฟฟ้า

เมื่อสร้างระบบควบคุมแรงดันลมเสร็จสิ้นแล้ว จึงทำการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลมสำหรับการจ่ายลมในกระบวนการเติมอากาศในซองน้ำแข็งและวัดค่าพลังงานไฟฟ้าโดยมีขั้นตอนดังนี้

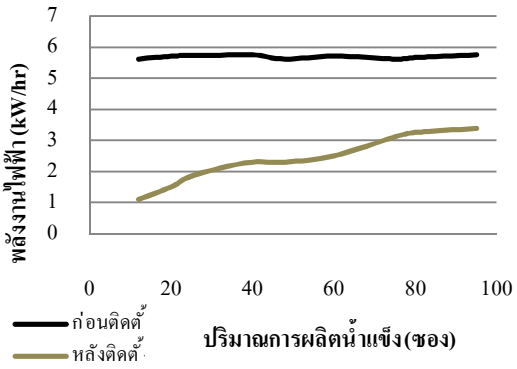
5.1 การทดสอบลดปริมาณการจ่ายลมในท่อส่งลม

จุดประสงค์การทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าระบบสามารถควบคุมแรงดันลมในท่อจ่ายลมให้คงที่ประมาณ 5-7 ปอนด์ ตามจุดประสงค์หรือไม่ซึ่งผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถควบคุมแรงดันลมภายในท่อได้ตามต้องการโดยลดความเร็วของมอเตอร์ปั๊มลมลงทำให้ปริมาณการผลิตแรงดันลมของปั๊มลมลดลงด้วย ซึ่งผลจากการลดปริมาณลมด้วยการปิดท่อจ่ายลมในซองน้ำแข็งแสดงดังกราฟรูปที่ 8

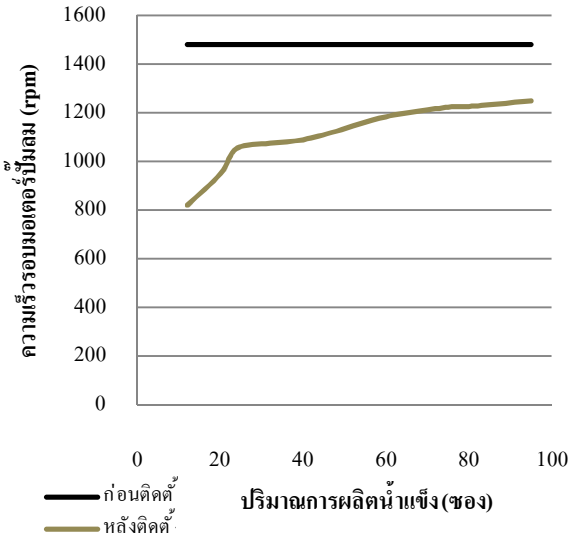


รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจ่ายลมในซองน้ำแข็งกับความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มลม

5.2 เก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานก่อนและหลังการติดตั้งระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มลมแบบ VSD



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการติดตั้งระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มลม



รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มลมก่อนและหลังการติดตั้งระบบควบคุมความเร็วรอบ

การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มลมก่อนและหลังการติดตั้งระบบควบคุมความเร็วรอบแบบ VSD นั้นคิดค่าพลังงานเป็นต่อชั่วโมง ซึ่งตัวแปรที่สำคัญได้แก่ จำนวนซองน้ำแข็งที่ผลิตในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อการผลิตแรงดันลมของปั๊มลมโดยตรง ดังนั้นการนำข้อมูลมาทำการเปรียบเทียบนั้นจึงต้องเปรียบเทียบในกรณีที่มีการผลิตน้ำแข็งในปริมาณซองที่เท่ากันเท่านั้น ผลการเก็บข้อมูลพลังงานแสดงดังกราฟรูปที่ 9 และเมื่อเปรียบเทียบความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลมก่อนและหลังการติดตั้งระบบควบคุมความเร็วรอบนั้นแสดงได้ดังกราฟรูปที่ 10

6. สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงาน

จากการทดสอบพบว่า ระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มลมที่ออกแบบ สามารถควบคุมแรงดันลมในท่อส่งลมของระบบเติมอากาศในซองน้ำแข็งให้มีค่าคงที่ประมาณ 5-7 บาร์ แม้จะมีการเพิ่มหรือลดการจ่ายลมให้กับน้ำแข็งซองก็ตาม โดยมอเตอร์จะลดความเร็วรอบลงเมื่อลดปริมาณการจ่ายลมโดยลดจำนวนหัวจ่ายลมที่ซองน้ำแข็งลมดังกราฟรูปที่ 8 ซึ่งเป็นผลให้การผลิตแรงดันลมในปั๊มลมลดลงด้วย และจากรูปที่ 8 พบว่าเมื่อเปิดหัวจ่ายลมที่ 100 ชุด ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดของการผลิตน้ำแข็งซองของโรงงานนี้ ความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อติดตั้งระบบควบคุมความเร็ว VSD จะไม่หมุนที่ความเร็วพิกัดของมอเตอร์คือ 1500 rpm แต่จะหมุนต่ำกว่าประมาณ 1250 rpm เท่านั้น แสดงว่าระบบเติมอากาศของน้ำแข็งซองที่ไม่มีการควบคุมความเร็วนั้นปั๊มลมที่ออกแบบจะผลิตแรงดันลมออกมาเกินความต้องการใช้งานจริงในระบบการเติมอากาศในซองน้ำแข็งดังนั้นจึงต้องมีการปล่อยปริมาณแรงดันลมที่เกินทิ้งก่อนจะส่งปริมาณแรงดันลมที่เหมาะสมเข้าระบบการเติมอากาศในซองน้ำแข็งจึงทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบการผลิตน้ำแข็งซองได้และเมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการติดตั้งระบบควบคุมการจ่ายลมให้น้ำแข็งซองนั้น พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มลมที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการจ่ายลมนั้นพลังงานไฟฟ้าลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนดังกราฟรูปที่ 9 ซึ่งเมื่อลดปริมาณหัวจ่ายลมในกระบวนการผลิตน้ำแข็งซองลงพลังงานไฟฟ้าก็จะลดลงเช่นกัน ซึ่งเมื่อนำกราฟรูปที่ 9 เปรียบเทียบกับกราฟรูปที่ 10 แล้วพบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงนั้นมีแปรผันตรงกับความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลม ใกล้เคียงกับสมการที่ (1) ซึ่งเมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลมลดลง พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มลมจะลดลงด้วยเช่นกัน

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การลดความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลมสำหรับการผลิตลมเพื่อเติมซองน้ำแข็ง ในโรงงานน้ำแข็ง ให้มีความเหมาะสมโดยใช้วิธี VSD (Variable speed drive) นั้น สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้จริง โดยจากการทดสอบนั้นพบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้งานในการผลิตแรงดันนั้นมีความเร็วประมาณ 1250 rpm ถึง 800 rpm แล้วแต่ปริมาณการผลิตน้ำแข็งซองใน 1 ครั้ง และการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มลมสำหรับเติมอากาศในซองน้ำแข็งให้เหมาะสมกับการผลิตน้ำแข็งนั้นจะสามารถทำให้ลดพลังงานไฟฟ้าลงได้ 40 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตน้ำแข็งซองใน 1 ครั้งเช่นกัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ โครงการ IRPUS ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้และโรงน้ำแข็งเกษมชัย อพาน จ.เชียงราย ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และวัตถุดิบในการดำเนินงานวิจัยรวมถึง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ล้านนา เชียงราย ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือในการทำงานวิจัยครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] ศิวะ หงษ์นภา, “การควบคุมและการประยุกต์ใช้งานเอซีไดรฟ์” พิมพ์ครั้งที่1, บริษัท กู๊ดวิลล์ไดเร็คชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ, 2547 หน้า 113-117

[2] “Affinity law” http://www.pumpfundamentals.com/yahoo/affinity_laws.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ธ.ค.56)

[3] “การประหยัดพลังงานด้วยVSDs” http://www.9engineer.com/post_files_editor/file/Drives/EGAT_Energy_Saving_VSD.pdf (สืบค้นวันที่ 6 ธ.ค.56)

[4] ธวัชชัย อัตถวิบูลย์กุล “ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ” พิมพ์ครั้งที่1, ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, กรุงเทพฯ, 2540 หน้า 26-28

[5] วิสรุต ศรีรัตนะ “เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม” บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ, 2550 หน้าที่ 43

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ศักยภาพการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย

The Potential of Daylight Assessment Combination with the Artificial Light at Mahasarakham Thailand

จักรกฤษณ์ จันทรศิริ [1] และ สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ [2]

[1]สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

80 ถ.นครสวรรค์ ต.ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม

[2]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

41/20 ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

E-mail: jakkit3363@hotmail.com [1], singthong.p@msu.ac.th [2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการผลประเมินการทดสอบการการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร เพื่อวิเคราะห์ถึงศักยภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร สำหรับพื้นที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร ทดลองในพื้นที่บริเวณศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย (ละติจูด 16°14' เหนือ และลองติจูด 103°15 ' ตะวันออก) โดยการสร้างห้องจำลองขนาด กว้าง 3 เมตรxยาว 6 เมตร วัดค่าแสงธรรมชาติจาก 4 ทิศ คือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ต่อเนื่อง และประเมินผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยพิจารณาจุดคุ้มทุนทางจุดทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าการเปิดหน้าต่าง 100% ด้านทิศเหนือของพื้นที่จะช่วยประหยัดได้มากที่สุด สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 18.89% และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

Abstract

The purpose of this research is to presents the evaluation in the case of the integrated daylight and artificial light for the tropical climate found in the central region of the northeastern part of Thailand (16°14'N, 103° 15'E). The experiments were performed the room of 3 m x 6 m all windows located in north , south, east and west. The results of the study is shown that the opening 100% of the window in north direction can save 18.89% of electrical consumption for lighting system and can be apply for interior design for lighting system in order to reduce the electrical consumption in buildings

***Keywords*:** Daylight ,artificial light ,lighting

1. บทนำ

พลังงานแสงจากธรรมชาติ เป็นพลังงานที่มีความสำคัญในการนำมาพิจารณาประกอบกับการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร มีรายงานการศึกษาพบว่าการนำพลังงานแสงจากภายนอกอาคารเข้ามาใช้งานภายในตัวอาคารสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับแสงสว่างได้ถึง 30% ในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารของวิศวกรไฟฟ้า มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานจากงานวิจัยด้านแสงจากธรรมชาติที่ถูกต้อง โดยทั่วไปจะได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่นั้นๆ มาประกอบในการออกแบบระบบแสงสว่าง และในแต่ละพื้นที่จะมีศักยภาพของแสงจากธรรมชาติที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ออกแบบจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบศักยภาพทางด้านแสงในพื้นที่หรือบริเวณที่จะทำการออกแบบ ซึ่งมีผลต่อการวางแผนเพื่อนำพลังงานแสงจากธรรมชาติมาใช้งานให้ได้ประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุด [1-4]

การนำแสงธรรมชาติเข้าในอาคารเพื่อลดกำลังไฟฟ้าของแสงประดิษฐ์ทำ ได้ 2 แนวทาง ได้แก่การนำแสงธรรมชาติเข้าด้านบนอาคาร และการนำแสงธรรมชาติเข้าด้านข้างอาคาร [5] เนื่องจากแสงธรรมชาติจากท้องฟ้าจะมีความเข้มของแสงเปลี่ยนแปลงไปตามมุมเงยของดวงอาทิตย์ เมื่อแสงภายนอกที่เข้าสู่อาคารในปริมาณมากกว่าค่าที่กำหนดโดย IESNA (สำนักงาน; 300-500 ลักซ์) ดังนั้นต้องมีการลดปริมาณแสงไฟฟ้า ซึ่งวิธีการควบคุมการทำงานของหลอดไฟฟ้าจะทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การตั้งระดับแสงในการเปิด-ปิดสวิทช์จ่ายกำลังไฟฟ้าให้หลอดและวิธีควบคุมแสงประดิษฐ์แบบปรับค่าได้ตามการตรวจสอบความเข้มของแสงธรรมชาติ

งานวิจัยนี้นำเสนอการผลประเมินการทดสอบการการใช้แสงธรรมชาติเข้าด้านข้างของห้อง ร่วมกับแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร เพื่อวิเคราะห์ถึงศักยภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร สำหรับพื้นที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร ทดลองในพื้นที่บริเวณศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย (ละติจูด 16°14' เหนือ และลองติจูด 103°15 ' ตะวันออก) เพื่อการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับแสงสว่างภายในอาคาร

2. การคำนวณความสว่างของแสงผ่านช่องเปิด

การใช้งานแสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติในอาคารได้ถูกนำเสนอโดยสมาคมวิศวกรรมแสงสว่างภาคพื้นอเมริกาเหนือ IESNA (Illuminance Engineering Society of North Amarica) [6] ซึ่งมักจะเรียกวิธีการคำนวณนี้ว่า วิธีของลูเมน ซึ่งการคำนวณจะพิจารณาจากปริมาณความสว่างจากภายนอกที่มีการส่งผ่านฟลักส์ เข้ามาในห้องและสะท้อนแสงระหว่างผนังในห้อง การกำหนดความสว่างไฟฟ้าในบริเวณทำงานจะถูกกำหนดให้มี

ระดับความสว่างของแสงที่มีค่าสม่ำเสมอ ส่วนรายละเอียดของข้อมูลความสว่างของแสงธรรมชาติจากภายนอก ประกอบด้วยความสว่างแนวตั้งจากภายนอกที่เข้าสู่อาคารด้านข้างของอาคาร ซึ่งปริมาณแสงดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าตามสภาพอากาศ และขึ้นกับตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ รวมถึงทิศทางของช่องเปิดรับแสงที่ติดตั้งในอาคาร ปริมาณแสงที่ผ่านเข้าสู่ตัวอาคารนอกจากจะนำความสว่างเข้าสู่ห้องแล้ว ในเวลาเดียวกันก็ยังนำความร้อนเข้าสู่อาคารด้วยเช่นกัน ซึ่งความร้อนที่ถูกส่งผ่านเข้ามาจะมีผลให้อุณหภูมิภายในห้องสูงขึ้น [7]

ในงานวิจัยนี้เป็นการประเมินศักยภาพของแสงธรรมชาติรวมถึงปริมาณความสว่างที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาของวัน พิจารณาประกอบกับทิศของการติดตั้งช่องเปิด และมุมมองของปริมาณแสงที่ส่งผ่านมายังจุดทดสอบ เมื่อทราบถึงค่าของความสว่างดังกล่าวก็จะสามารถนำไปประกอบการออกแบบกันสาดและชายคาบังแสงที่มีขนาดที่เหมาะสมในการติดตั้งสำหรับอาคารทั่วไปในพื้นที่เขตร้อน

2.1 การคำนวณหาปริมาณการส่องสว่างโดยการหาค่าปริมาณเส้นแรงของแสงสว่าง

วิธีคำนวณหาปริมาณแห่งการส่องสว่างโดยวิธีการหาค่าปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง คือ การพิจารณาปริมาณแสงสว่างที่ออกจากดวงโคมที่จะกระจายลงไปทั่วพื้นที่งาน และค่าระดับความสว่างที่คำนวณออกมาได้จะเป็นค่าโดยเฉลี่ยต่อพื้นที่ พิจารณาจากนิยามจะได้ดังสมการ (1)

$$\varphi = \frac{E \times A}{CU \times MF} \qquad (1)$$

เมื่อ E คือ ปริมาณแห่งการส่องสว่าง (ลักซ์)

φ คือ ปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างที่ออกจากโคมหรือหลอดไฟ (ลูเมน)

A คือ พื้นที่ที่ต้องการปริมาณแสงสว่าง (ตารางเมตร)

CU คือ สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์

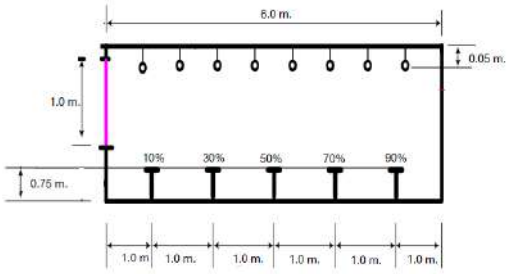
MF คือ ค่าการบำรุงรักษา

ในทางปฏิบัติแล้ว แสงสว่างจะกระจายทั่วทั้งห้อง มีบางส่วนสะท้อนกลับคืนออกมาและบางส่วนก็จะถูกกลืนหายเข้าไปในพื้นผิวนั้น ๆ การที่แสงจะสะท้อนออกมามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับความกว้าง ความยาว ความสูงของห้อง ตลอดจนความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้นห้อง เพดาน และผนังห้อง ด้วยเหตุผลดังกล่าวค่าปริมาณแห่งการส่องสว่างจึงจะต้องคูณค่าที่เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ ซึ่งค่านี้จะทำให้ทราบว่าแสงที่ออกมาจากดวงโคมจะไปตกลงบนพื้นงานจริง ๆ เท่าใด ด้วยการพิจารณาหาค่าดัชนีของห้อง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์

ในงานวิจัยนี้ใช้หลักการออกแบบดังกล่าวประกอบการคำนวณปริมาณหลอดไฟที่จะติดตั้งในห้องทดสอบในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร

2.2 การคำนวณแสงในอาคาร

การใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติภายในอาคาร ใช้หลักการคำนวณที่นำเสนอโดยคณะกรรมการของสมาคมวิศวกรรมแสงสว่างภาคพื้นอเมริกาเหนือ IESNA หรือเรียกวิธีลูเมน การคำนวณนี้จะให้ค่าความสว่าง 5 จุด บนระดับพื้นที่ทำงาน ห่างจากหน้าต่าง 10%,30%, 50%, 70% และ 90% ตามความลึกของห้องดังรูปที่ 1

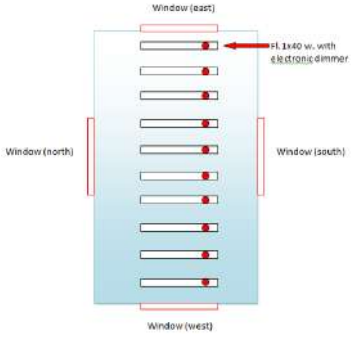


รูปที่ 1 จุดวัดทดสอบ ตามมาตรฐาน IESNA

3. การทดสอบการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร

ดำเนินการโดยการสร้างห้องจำลอง ดังรูปที่ 2 วัดค่าแสงธรรมชาติจาก 4 ทิศ คือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ต่อเนื่องทุกๆ 15 นาที ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น. และประเมินผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยพิจารณาจุดคุ้มทุนทางจุดทางเศรษฐศาสตร์ ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้การประเมินจุดคุ้มทุนจะไม่นำค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และดอกเบี้ยมาประกอบการพิจารณา

กำหนดให้ห้องจำลองมีขนาด กว้าง 6 เมตรxยาว 6 เมตร มีหน้าต่างเปิดขนาดกว้าง 1 เมตรxยาว 1 เมตร ติดตั้งอยู่ทั้ง 4 ทิศ คือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ประเมินค่าแสงธรรมชาติจาก 4 ทิศ เหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก ตามลำดับ ดำเนินการวัดค่าทุกๆ 15 นาที เริ่มตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น. กำหนดให้มุมอาซิมัธดวงอาทิตย์ มีค่าตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นจนลับขอบฟ้า หรือ 0 องศาถึง 180 องศา ในการคำนวณมุมอาซิมัธดวงอาทิตย์จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามเวลา ตำแหน่งจุดวัดแสงจุดแรกห่างจากหน้าต่าง 1 เมตร มีมุมการมอง 10 30 50 และ 70 องศา จุดที่ทำการคำนวณค่าแสงจะแบ่งเป็นทั้งหมด 5 ตำแหน่ง

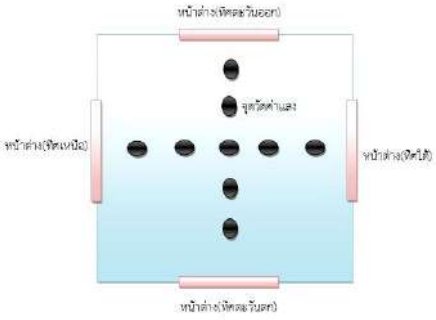


รูปที่ 2 การจัดวางอุปกรณ์ในห้องทดสอบ

รูปที่ 3 และ 4 เป็นรายละเอียดระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับหลอดฟลูออเรสเซนซ์และจัดวางอุปกรณ์และจุดวัดทดสอบในห้องทดลอง หลอดฟลูออเรสเซนซ์ทั้ง 10 ดวง ซึ่งได้จากการคำนวณโดยวิธีลูเมน ติดตั้งหลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสง ไว้บนเพดานของห้องทดสอบ โดยหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ปรับค่าความสว่างได้ตามค่าความเข้มของแสงธรรมชาติ โดยใช้อุปกรณ์หรี่ไฟอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนหลอดที่เหลือเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ปกติ ซึ่งปรับค่าความสว่างของแสงไม่ได้



รูปที่ 3 อุปกรณ์ที่ติดตั้งในห้องทดสอบ



รูปที่ 4 จุดวัดแสงในห้องทดสอบ

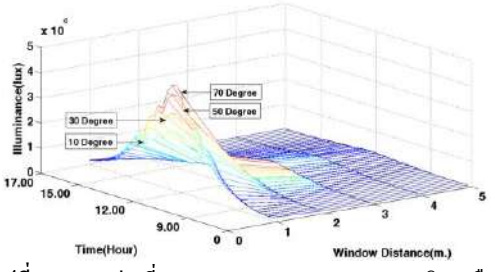
4. ผลทดสอบการแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร

จากผลการทดสอบวัดปริมาณแสงที่ผ่านหน้าต่างเปิดขนาดกว้าง 1 เมตรxยาว 1 เมตร ติดตั้งอยู่ทั้ง 4 ทิศ คือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก เมื่อดวงอาทิตย์เริ่มปรากฏ ณ เส้นขอบฟ้า โดยเริ่มทำการวัดค่าแสงที่เวลา 07.00 น. พบว่า

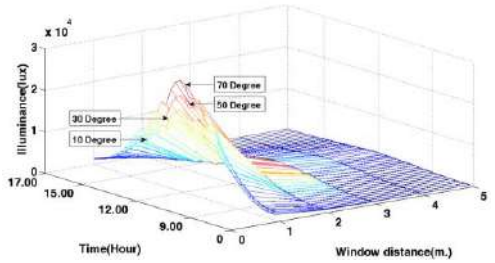
1. ปริมาณความสว่างที่ได้ทั้ง 4 ทิศ ณ จุดวัดแสงที่ห่างจากหน้าต่าง 1 เมตร จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลาประมาณ 12.00 น. จากนั้นจะมีค่าลดลงจนเป็นศูนย์เมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้า ทั้งนี้เมื่อทำการปรับค่ามุมมองตั้งแต่ 10 30 50 และ 70 องศา ลักษณะการกระจายแสงในห้องจะมีลักษณะสอดคล้องกัน โดยปริมาณความสว่างจะมีค่าสูงสุดในกรณีที่มุมมองมีค่า 70 องศา และมีค่าน้อยที่สุดที่มุมมอง 10 องศา

2. เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างที่ได้ ทั้ง 4 ทิศ ณ จุดวัดแสงที่ห่างจากหน้าต่าง 1 เมตร ค่าที่ได้จากทิศเหนือจะมีค่าสูงสุด และทิศตะวันตกจะมีค่าน้อยที่สุด

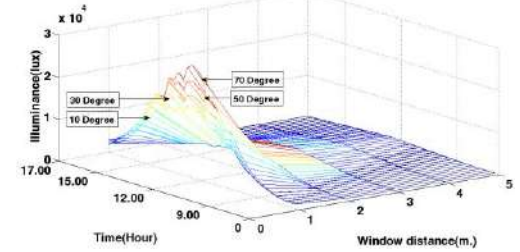
3. ค่าความสว่าง ณ จุดวัดแสงที่ห่างจากหน้าต่าง 1 เมตร ทั้ง 4 ทิศ จะมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับจุดวัดแสงที่ห่างจากหน้าต่าง 2-5 เมตร โดยลักษณะการกระจายแสงจะกระจายแสงบริเวณใกล้เคียงกับหน้าต่างเท่านั้น แต่เมื่อระยะที่ห่างจากหน้าต่างออกไปค่าการกระจายแสงจะมีค่าที่ลดลงจนเกือบเป็นศูนย์



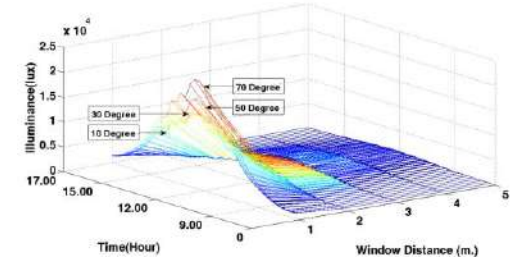
รูปที่ 5 ความสว่างที่มุมมอง 10 30 50 และ 70 องศา ทิศเหนือ



รูปที่ 6 ความสว่างที่มุมมอง 10 30 50 และ 70 องศา ทิศตะวันออก



รูปที่ 7 ความสว่างที่มุมมอง 10 30 50 และ 70 องศา ทิศใต้



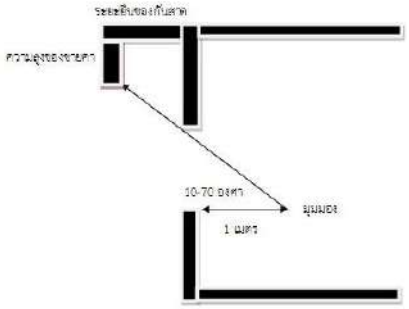
รูปที่ 8 ความสว่างที่มุมมอง 10 30 50 และ 70 องศา ทิศตะวันตก

5. ศักยภาพของแสงธรรมชาติ พื้นที่มหาสารคาม ประเทศไทย

5.1 ผลการประเมินปริมาณแสงที่เข้าสู่ตัวอาคาร

จากลักษณะค่าความสว่างของแสงจากธรรมชาติที่ได้จากการทดสอบทำให้ทราบว่า ณ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย (ละติจูด 16°14' เหนือ และลองติจูด 103°15 ' ตะวันออก) ความสว่างที่ส่องผ่านช่องเปิดของอาคารในช่วงเวลากลางวัน จะมีค่าสูงสุดเมื่ออาคารหันหน้าไปทางด้านทิศเหนือ และมีค่าต่ำที่สุดเมื่ออาคารหันหน้าไปทางด้านทิศ

ตะวันตก ในกรณีของมุมมองจากการทดสอบปรับค่า ณ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย มุมมองที่มีค่าสูงสุดคือ 70 องศา และมีค่าน้อยที่สุดที่ 10 องศา เมื่อนำมาพิจารณาประกอบการออกแบบเพื่อลดปริมาณของแสงที่เข้าสู่ตัวอาคาร โดยใช้กันสาดและชายคาบังแสงสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การจัดวางกันสาดและชายคาบังแสงอาคาร กรณีพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย

5.2 ผลประเมินจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินหาจุดคุ้มทุนของการใช้แสงธรรมชาติมาช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารมีความสำคัญใช้ในการตัดสินใจในการลงทุนและดำเนินการ จากตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการประเมินหาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาจากการเปิดหน้าต่าง 100% และเลือกหน้าต่างด้านทิศเหนือ จากผลทดสอบการควบคุมความสว่างด้วยบัลลาต์อีเล็กทรอนิกส์ ที่มีราคาทั้งหมด 2,440 บาท หลอดฟลูออเรสเซนต์ อายุใช้งาน 26,000 ชั่วโมง ความสว่างของแสงที่ได้รับเฉลี่ยประมาณ 500 ลักซ์ ในเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน และประหยัดไฟฟ้าได้ 18.89 % เมื่อเทียบกับห้องทดสอบที่ไม่มีการปรับแสง ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบควบคุมมีค่า 0.68 หน่วย จำนวนเงินที่ประหยัดได้วันละ 2.677 บาท หรือ เดือนละ 80.40 บาท หากมีการใช้งานทั้งระบบจะคืนทุนได้ในเวลา 1.75 ปี

ตารางที่ 1. วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเมื่อใช้งานวันละ 8 ชั่วโมง เมื่อเปิดหน้าต่าง 100% และเลือกหน้าต่างด้านทิศเหนือ

รายละเอียด	การใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์	
	ไม่ควบคุมแสง	ควบคุมแสง
1พลังงานไฟฟ้าใน 1 วัน(หน่วย)	3.60	2.92
2.ค่าไฟต่อวัน(บาท)	14.17	11.49
3.ค่าไฟต่อเดือน(บาท)	425.10	344.70
4.ค่าใช้จ่ายที่ลดลง(บาท/เดือน)		80.40

6. สรุป

ผลการประเมินหาค่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อมีการใช้แสงประดิษฐ์จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ร่วมกับความสว่างของแสงจากธรรมชาติในอาคาร ณ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย (ละติจูด 16°14' เหนือ และลองติจูด 103°15 ' การเปิดหน้าต่าง 100% ด้านทิศเหนือของพื้นที่จะช่วยประหยัดได้มากที่สุด สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 18.89% แต่อย่างไรก็ตามรายงานผลวิจัยการใช้แสงธรรมชาติเพื่อช่วยประหยัดไฟฟ้าในอาคารที่ผ่านมาสามารถทำ ได้สูงถึง 50% ข้อจำกัดของการวิจัยการใช้แสงธรรมชาติเพื่อช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารนั้นจะมีเงื่อนไขในการกำหนดตำแหน่งและทิศทางของหน้าต่าง ซึ่งปกติการใช้แสงธรรมชาติเพื่อช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารจะได้ผลดีนั้น จะทำได้ดีเฉพาะกรณีที่กำหนดให้หน้าต่างหันไปทางทิศเหนือและเปิดหน้าต่าง 100% เหตุผลเนื่องจากความร้อนของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์จะมีโอกาสผ่านเข้าหน้าต่างทางทิศเหนือได้น้อยที่สุด ส่วนการหันหน้าต่างทางทิศอื่น ๆ ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงธรรมชาติจะทำได้ยากกว่าเนื่องจากรังสีตรงจะผ่านเข้าในอาคารได้มากซึ่งเป็นผลให้รู้สึกไม่สบายสายตาในการมองที่มีความสว่างของแสงค่าสูง ๆ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม และห้องปฏิบัติการรังสีอาทิตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Li DHW and Lam JC., “Measurement of solar radiation and illuminance on vertical surfaces and daylighting applications,” *Renewable Energy* Volume 20, 2000. pp. 389-404

[2] Hopkinson, R. G., P. Pethebridge and J. Longmore., “Daylight and Sunlight in Tropical Regions. London,” *Heinemann,* 1966. pp. 516-528.

[3] Li, D. H. W., J. C. Lam and S. L. Wong., “Daylighting and its Implications to Overall Thermal Transfer Value (OTTV) Determinations,” *Energy.* Volume 27 Issue 11, 2002. pp. 991-1008.

[4] Chirarattananon S and Limmechokchai B., “Daylighting potential in Thailand”,*Energy Sources 1996;* Volume 18, 1996. pp. 875-880.

[5] Dean Edward “Energy Management Strategies in Public Libraries,” *A Plublication of the California State Library. Los Angeles :* Balcony Press, 2002.

[6] Reas MS. “Lighting handbook: reference and application,” *Daylighting illuminating engineering society of North America (IESNA), 2000 [Chapter 8].*

[7] ชวน ท้าวกลาง และ สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์, “การใช้แสงสว่างในอาคารด้วยแสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ” *วารสารวิจัย มข.* ปีที่ 13 ฉบับที่ 6 กรกฎาคม 2551 หน้า 745-753.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างถนนเพื่อประหยัดพลังงาน

Street Lighting Controller for Energy Saving

ดำรงศักดิ์ อรัญกูล[1]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชธานี อุบลราชธานี

E-mail: Damrongsaka@gmail.com[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างของไฟฟ้าริมถนนเพื่อประหยัดพลังงาน แก้ไขวิกฤติการณ์ด้านพลังงานในประเทศ โดยใช้ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบตั้งเวลา ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างประหยัดพลังงานจะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีการใช้ประโยชน์ของการเดินทางสัญจรน้อยคือช่วงเวลาหลังเที่ยงคืนจนถึงเช้าจากความสว่างปกติลดลงให้เหลือร้อยละ 80.3 สำหรับหลอดโซเดียม 250 วัตต์ภายใต้ข้อกำหนดมาตรฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง การควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างในช่วงเวลาที่เดินทางสัญจรน้อยเทียบกับไม่มีการควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างสามารถลดกระแสลงได้เฉลี่ยร้อยละ 50.77 และสามารถลดการใช้พลังงานลงเฉลี่ยร้อยละ 37.12 ของการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างปกติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นทางเลือกในการประหยัดพลังงานสำหรับไฟฟ้าแสงสว่างบนท้องถนน

คำสำคัญ: *ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง, หลอดโซเดียม,มาตรฐานความส่องสว่าง*

Abstract

This paper present the street lighting controller for energy saving. Solved of on energy critical in the country. Consists of the power electronics timing controller. It controls the flow of electricity in the period with utilization of less commute time is after midnight until dawn. From the normal brightness reduced to 80.3 percent for sodium lamp 250 watts under standard illumination the Department of Highways. Lighting controller during the commute less compared to no control. It can reducing the stream average 50.77 percent and reduce energy consumption on average 37.12 percent of the normal Electrical Lighting. Therefore, this paper is the choice in saving energy for Electrical Lighting on the road.

Keywords**:** *lighting controller, energy saving, standard illumination the department of highways*

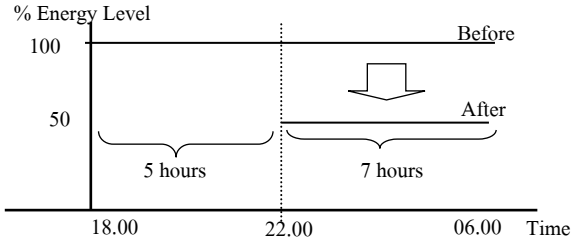
บทนำ

รัฐบาลได้มีนโยบายประหยัดการใช้พลังงานโดยมอบหมายให้กระทรวงพลังงานเป็นหน่วยงานรับผิดชอบ รณรงค์มาตรการการประหยัดพลังงานเพื่อแก้วิกฤติการณ์ด้านพลังงานในประเทศ[1] ระบบไฟถนนและไฟสาธารณะก็เป็นเป้าหมายส่วนหนึ่งที่จะลดการใช้พลังงานลง แต่เนื่องจากไฟถนนและไฟสาธารณะมีความจำเป็นสำหรับการสัญจรของประชาชนอย่างยิ่งเพื่อให้เกิดความปลอดภัยทั้งร่างกายและทรัพย์สินในเวลากลางคืน ความต้องการแสงสว่างของถนนในแต่ละบริเวณจะแตกต่างกันไปตามลักษณะทางกายภาพของถนน[2] สภาพการจราจรและสภาพแวดล้อมของถนนในแต่ละพื้นที่ การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างจะช่วยให้ปลอดภัยยิ่งขึ้น การควบคุมความสว่างของไฟฟ้าแสงสว่างบนถนนช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น. ถึง 06.00 น. โดยแบ่งระดับการควบคุมออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ เวลา 18.00 น. ถึง เวลา 22.00 น. จะเป็นช่วงเวลาที่มีการสัญจรคับคลั่ง มีความต้องแสงสว่างอย่างมากจะไม่มีการควบคุมจากชุดควบคุมแสงสว่าง และช่วงเวลาหลังจากนั้นจนถึง 6 โมงเช้าความต้องการแสงสว่างบนถนนลดลงชุดควบคุมแสงสว่างจะทำงานลดความสว่างของหลอดไฟถนนลง

ดังนั้นบทความนี้เป็นการนำเสนอทางเลือกในการลดใช้พลังงานลงโดยการใช้ชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้านำไปควบคุมแรงดันไฟฟ้าของหลอดไฟถนนในช่วงเวลาที่ความต้องการของผู้สัญจรน้อยลงทำให้ประหยัดพลังงานลงได้

แนวคิด

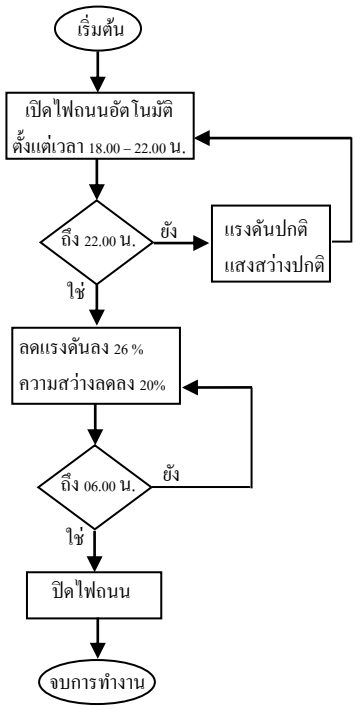
การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างริมทางมีเพิ่มขึ้นในทุกเส้นที่มีผู้คนสัญจรไม่ว่าจะเป็นในเมืองหรือนอกเมือง การใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่จะอยู่ช่วงเวลา 18.00 – 22.00 น. จากนั้นความต้องการไฟส่องทางจะลดลงจนถึงเช้า นั่นหมายถึงใช้งาน 5 ชั่วโมงและไม่ใช้งาน(ใช้น้อย) 7 ชั่วโมงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การใช้พลังงานจากเดิม 12 ชั่วโมงให้ใช้พลังงานลดลง

ในรูปแบบทั่วไปที่ใช้กันปกติต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเต็มที่ 100 เปอร์เซนต์และแนวคิดของบทความวิจัยนี้จะทำการลดลงของพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ความจำเป็นลดลงโดยมีเงื่อนไขว่าต้องไม่ทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 2

แนวคิดของงานวิจัยนี้จึงต้องการลดค่าพลังงานขณะที่ไม่ใช้งานลงภายใต้ข้อกำหนดมาตราฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง[3] ดังตารางที่ 1

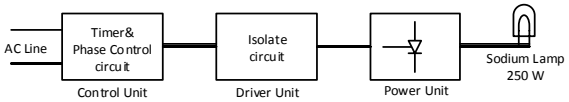


รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุม

ตารางที่ 1 มาตรฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง

ประเภทถนน Street Classifications	ความส่องสว่างเฉลี่ย(ลักซ์) Average Illuminance (Lux)		
	ในเมือง Central-Urban Areas	ชานเมือง Sub-Urban Areas	ชนบท(นอกเมือง) Rural Areas
ถนนสายประธาน High Grade Motorways	21.5	15.0	10.75
ถนนสายหลัก Main Routes	21.5	13.0	9.7
ถนนสายรอง Secondary Routes	13.0	9.7	6.5
ถนนสายย่อย Local Roads	9.7	6.5	2.1
ทางแยก At Junction	21.5	21.5	15.0

ในการสร้างชุดต้นแบบของการควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างประหยัดพลังงาน มีแนวคิดเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการพลังงานซึ่งจะสามารถลดค่าใช้จ่ายกระแสไฟฟ้า และยังทำให้เกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างคุ้มค่า โดยเป็นการนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง[4] มาใช้ร่วมกันสร้างวงจรต้นแบบประกอบด้วยวงจรควบคุม วงจรขับเอสซีอาร์ และเอสซีอาร์ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ไดอะแกรมรวมของต้นแบบชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง

ส่วนควบคุมภายในประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก2อย่างคือตัวตั้งนับเวลา (Timer)ทำหน้าที่นับเวลาตั้งแต่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนนเริ่มเปิดทำงาน โดยปกติจะเริ่มเปิดตั้งแต่ประมาณ 18 นาฬิกาถึงเวลาประมาณ 6 นาฬิกา เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้จะสั่งให้ส่วนการควบคุมเฟสเพื่อทำหน้าที่จุดฉนวนให้กับเอสซีอาร์ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วงจรรวมเบอร์ TCA 785 เป็นไอซีสร้างพัลส์จุดฉนวนเกตไทริสเตอร์ นั่นหมายถึงสามารถปรับเฟสได้ตั้งแต่มุม 0 ถึง 180 องศา เพื่อปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้ได้ระดับที่ต้องการส่งต่อไปยังชุดขับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่เป็นการป้องกันระดับของแรงดันที่ต่างกันระหว่างทางเข้าและทางออกไม่ให้เกิดการรบกวนกันขับไปยังขาเกตของเอสซีอาร์ควบคุมการไหลของกระแสที่ส่งไปยังหลอดไฟถนนแบบโซเดียมขนาด 250 วัตต์ทำงาน

วิธีการ

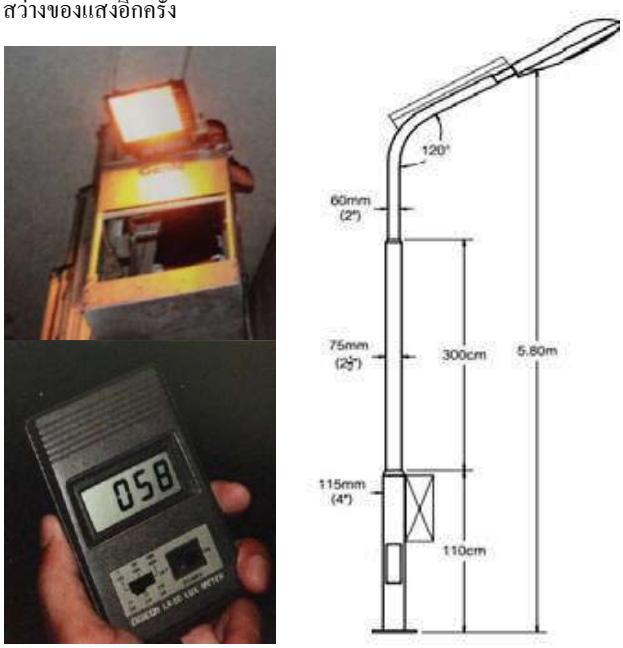
การควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างถนนโดยใช้วงจรที่ออกแบบขึ้นเพื่อควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟให้สว่างมากหรือน้อยนั้นในงานวิจัยนี้ ทำการติดตั้งชุดต้นแบบเข้ากับฐานหลอดโซเดียมดังรูปที่ 3 โดยได้ทำการปรับตั้งเวลาเพื่อลดแรงดันให้ได้ตามค่าที่กำหนดมีช่วงเวลาที่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างทำการเปิดทำงานให้ความสว่างเริ่มต้น 18.00 น. ถึง เวลา 22.00 น. จะไม่มีการปรับลดแรงดันเพื่อให้แสงสว่างในการเดินทางสัญจรเต็มที่ ซึ่งในการทดลองของงานวิจัยนี้วัดค่าความสว่างของแสงได้เฉลี่ยประมาณ 58 ลักซ์ที่ความสูงของโคมหลอดโซเดียมประมาณ 6 เมตรดังรูปที่ 5 และปรับลดระดับแรงดันลงที่ยังทำให้หลอดโซเดียมทำงานปกติและระดับความสว่างของแสงที่มองเห็นอยู่ในข้อกำหนดของมาตราฐานทางหลวงที่กำหนดไว้ได้ความสว่างเฉลี่ยประมาณ 42 ลักซ์



รูปที่ 4 ติดตั้งชุดต้นแบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่าง

ในขั้นการทดสอบชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างถนน ได้ใช้พื้นที่ที่มีระดับความสูงกว่า 6 เมตรที่สามารถติดตั้งชุดโคมหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ที่มีการใส่อุปกรณ์ควบคุมไว้ภายในแล้ว ก่อนการนำชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างไปทดลองใช้งานกับหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ได้ทำการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์โดยปรับลดระดับแรงดันกับหลอดไส้ธรรมดาขนาด 60 วัตต์ เพื่อดูค่ากระแส ระดับแรงดันที่จ่ายยังโหลด และความสว่างที่ได้ จากนั้นนำชุดต้นแบบนี้ไปติดตั้งเข้ากับหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ ทำการปรับลดระดับแรงดันที่หลอดยังให้ความสว่างภายใต้เงื่อนไขของ

มาตรฐานความปลอดภัยของกรมทางหลวงและติดตั้งหลอดโซเดียมที่ระดับความสูงของเสาไฟประมาณ 6 เมตรดังรูปที่ 5 แล้วทำการวัดความสว่างของแสงอีกครั้ง



รูปที่ 5 การทดลองควบคุมแสงสว่างระดับความสูงประมาณ 6 เมตร

ในขั้นการทดสอบชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างถนน ได้ใช้พื้นที่ที่มีระดับความสูงกว่า 6 เมตรที่สามารถติดตั้งชุดโคมหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ที่มีการใส่อุปกรณ์ควบคุมไว้ภายในแล้ว ก่อนการนำชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างไปทดลองใช้งานกับหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ได้ทำการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์โดยปรับลดระดับแรงดันกับหลอดไส้ธรรมดาขนาด 60 วัตต์ เพื่อดูค่ากระแส ระดับแรงดันที่จ่ายยังโหลด และความสว่าง



รูปที่ 6 การทดสอบอุปกรณ์และการปรับแต่ง

ที่ได้ จากนั้นนำชุดต้นแบบนี้ไปติดตั้งเข้ากับหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ ทำการปรับลดระดับแรงดันที่หลอดยังให้ความสว่างภายใต้เงื่อนไขของมาตรฐานความปลอดภัยของกรมทางหลวงและติดตั้งหลอดโซเดียมที่ระดับความสูงของเสาไฟประมาณ 6 เมตรดังรูปที่ 5 แล้วทำการวัดความสว่างของแสงอีกครั้ง

ผลการทดลอง

ผลการทดลองปรับลดแรงดันและกระแสไฟฟ้าให้ได้ตามเวลาที่กำหนดจะทำการวัดค่าของแรงดันและกระแสในขณะปกติและลดแรงดันลงดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวัดค่าแรงดันกระแสไฟฟ้าและค่าความสว่างที่ได้จากเครื่องต้นแบบที่ต่อยังโหลดขนาด 60 วัตต์

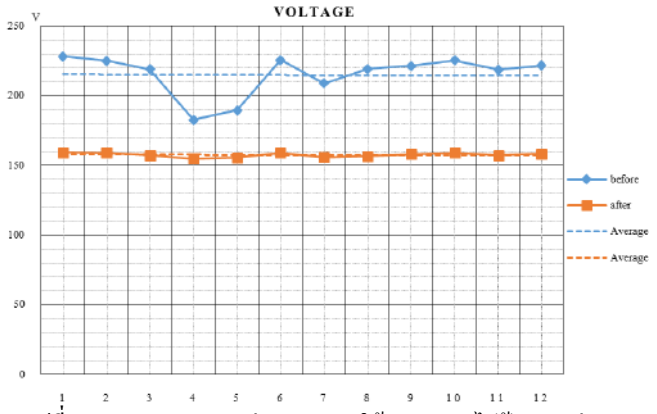
ผลการวัด / ค่าเฉลี่ย	แรงดัน (โวล์ท)	กระแส (แอมป์)	ความสว่าง (ลักซ์)
ก่อนใช้เครื่องต้นแบบ	215.83	0.278	70.41
หลังใช้เครื่องต้นแบบ	177.83	0.187	34.41

ทดสอบการลดแรงดันของเครื่องต้นแบบชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างโดยนำไปต่อกับโหลดขนาด 60 วัตต์เพื่อหาความสามารถของเครื่องต้นแบบในการควบคุมแรงดันที่จ่ายมีความเสถียรภาพเพียงใด ซึ่งจากตารางที่ 2 เป็นค่าเฉลี่ยของแรงดัน กระแส และค่าความสว่างที่ได้จากการเก็บข้อมูลทุก 15 นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมงเปรียบเทียบกันระหว่างยังไม่ต่อเครื่องต้นแบบและหลังจากต่อเครื่องต้นแบบ พบว่าลดกระแสลงได้ประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ ลดแรงดันได้ 17.06 เปอร์เซ็นต์และค่าความสว่างลง 48.87 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเมื่อนำเครื่องต้นแบบไปต่อใช้งานกันหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ตามรูปที่ 4 มีผลการทดสอบดังตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบระดับแรงดัน กระแส และค่าความสว่างแล้วพบว่า ในการทดสอบปรับลดแรงดันเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 157.43 โวล์ทจากแรงดันที่ป้อนเข้ามาที่ยังไม่ต่อชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างนี้ ทำให้สามารถลดแรงดันคิดเป็น 26.87 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 การวัดค่าแรงดันกระแสไฟฟ้าและค่าความสว่างที่ได้จากเครื่องต้นแบบที่ต่อยังหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์

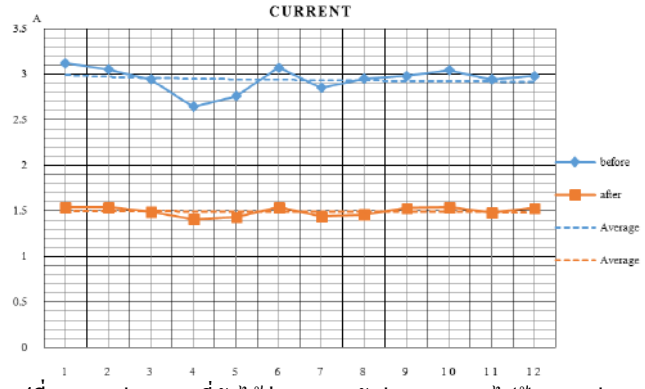
ครั้งที่	ก่อนใช้เครื่องต้นแบบ			หลังใช้เครื่องต้นแบบ		
	แรงดัน (โวล์ท)	กระแส (แอมป์)	ความสว่าง (ลักซ์)	แรงดัน (โวล์ท)	กระแส (แอมป์)	ความสว่าง (ลักซ์)
1	228	3.12	58	159.2	1.54	42
2	225	3.05	57	159	1.54	42
3	218.8	2.94	48	157.1	1.49	41
4	182.6	2.64	44	154.7	1.41	37
5	189.5	2.76	42	155.6	1.43	38
6	225.5	3.07	55	158.9	1.54	43
7	208.8	2.85	46	155.9	1.44	39
8	219	2.95	50	156.7	1.46	40
9	221.2	2.98	55	158	1.53	43
10	225.2	3.04	56	159	1.54	43
11	218.5	2.94	49	157	1.48	42
12	221.5	2.98	54	158.1	1.53	43
เฉลี่ย	215.3	2.943	51.166	157.4	1.494	41.083

ใช้การเก็บข้อมูลทุก 15 นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมงแสดงเป็นกราฟของค่าแรงดันทุกช่วงเวลาได้ดังรูปที่ 6 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ของหลอดไฟโซเดียมที่ยังไม่ได้ผ่านชุดควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 182.6 ถึง 228 โวล์ท แต่



รูปที่ 7 แสดงระดับแรงดันก่อนและหลังใช้ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างที่หลอดโซเดียมทุก 15นาที

เมื่อใส่ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างแล้วลดระดับแรงดันลงอยู่ระหว่าง 154.7 ถึง 159.2 โวล์ท รูปที่ 7 กระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าหลอดโซเดียมก่อนการใช้

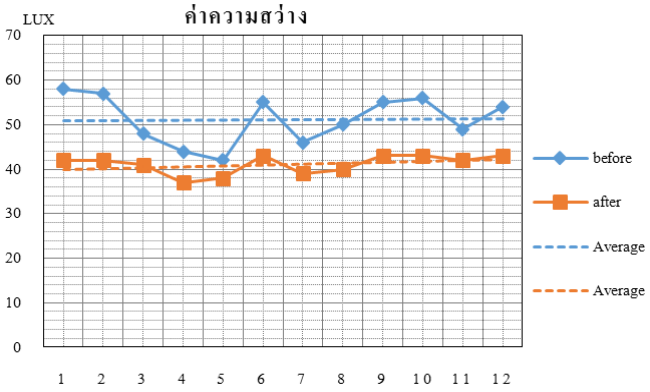


รูปที่ 8 แสดงค่ากระแสที่วัดได้ก่อนและหลังต่อชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างที่หลอดโซเดียมทุก 15นาที

ชุดควบคุมอยู่ระหว่าง 2.64 ถึง 3.12 แอมป์ เฉลี่ยอยู่ที่ 2.94 แอมป์และเมื่อวัดค่ากระแสอีกครั้งหลังจากต่อชุดควบคุมแล้วมีค่าอยู่ระหว่าง 1.41 ถึง 1.54 แอมป์ ลดลงเฉลี่ยอยู่ที่ 1.49 แอมป์ ดังนั้นสามารถลดกระแสลงคิดเป็น 49.23 เปอร์เซ็นต์

ค่าความสว่างวัดของหลอดโซเดียมขนาด 250 วัตต์ที่ความสูงประมาณ 6 เมตรก่อนใช้ชุดควบคุมอ่านค่าได้ระหว่าง 42 ถึง 58 ลักซ์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยประมาณ 51.16 ลักซ์ ดังรูปที่ 8 และเมื่อต่อชุดควบคุมไฟฟ้าฯ สามารถวัดค่าความสว่างได้อยู่ระหว่าง 37 ถึง 43 ลักซ์คิดเป็นค่าเฉลี่ย 41.08 ลักซ์เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างก่อนและหลังใช้ชุดควบคุมพบว่ามีค่าความสว่างลดลงเพียง 19.7 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาต้นทุนของชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างอยู่ที่ราคาประมาณ 3,500 บาท ถ้าคิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แต่ละวันเฉพาะส่วนที่เริ่มจาก 22.00 น. ไปจนถึง 6.00 น. คิด 7 ชั่วโมงจะใช้พลังงานไฟฟ้า 4.43 หน่วยต่อวัน ในขณะที่ต่อชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างจะใช้พลังงานไฟฟ้า 1.61 หน่วยต่อวันและถ้าคิดเฉลี่ยค่าไฟฟ้าต่อหน่วยประมาณ 3.50 บาท จะมีจุดคุ้มทุนประมาณ 1 ปี



รูปที่ 8 แสดงค่าความสว่างก่อนและหลังใช้ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างที่หลอดโซเดียมทุก 15 นาที

สรุป

ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างถนนเพื่อประหยัดพลังงานนี้ได้นำหลักการความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังมาประยุกต์ใช้กับระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนนที่ใช้หลอดโซเดียมส่วนใหญ่ โดยระบบของชุดควบคุมไฟฟ้าถนนนี้ประกอบด้วยส่วนตั้งแต่และควบคุมแรงดัน ส่วนวงจรขับอุปกรณ์เอสซีอาร์ และส่วนควบคุมหลอดไฟ(เอสซีอาร์กำลัง) ชุดควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างประหยัดพลังงานจะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีการใช้ประโยชน์ของการเดินทางสัญจรน้อย คือช่วงเวลาหลังเที่ยงคืนจนถึงเช้าจากความสว่างปกติลดลงให้เหลือร้อยละ 80.3 สำหรับหลอดโซเดียม 250 วัตต์ภายใต้ข้อกำหนดมาตราฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง การควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างในช่วงเวลาที่เดินทางสัญจรน้อยเทียบกับไม่มีการควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างสามารถลดกระแสลงได้เฉลี่ยร้อยละ 50.77 และสามารถลดการใช้พลังงานลงเฉลี่ยร้อยละ 37.12 ของการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างปกติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นทางเลือกในการประหยัดพลังงานสำหรับไฟฟ้าแสงสว่างบนท้องถนน

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน “นโยบายด้านพลังงานของรัฐบาล” http://www.energy.go.th/

[2] สภาวิศวกร “มาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพเรื่องแนวทางการปฏิบัติด้านประสิทธิผลทางพลังงานของโคมไฟถนน” กุมภาพันธ์ 2554, กรุงเทพฯ

[3] กรมทางหลวง “ข้อกำหนดและมาตรฐานทั่วไปงานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง” กันยายน 2554, กรุงเทพฯ

[4] รศ.ดร.วีระเชษฐ์ ขันเงินและดร.วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์ “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง” กันยายน 2547, กรุงเทพฯ

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การรับรู้ของมนุษย์ที่มีต่อความส่องสว่างไม่ต่อเนื่องจากหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง

Human Perception of Light Emitting Diode Discrete Illumination

อนนท์ นำอิน[1], จิรพงศ์ ใจหล้า[2], จิระวัฒน์ วันยาม[2],

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

[2] นักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

E-mail: anamin@rmutl.ac.th, a.namin@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ ได้ศึกษาธรรมชาติการรับรู้ความสว่างแบบไม่ต่อเนื่องด้วยทฤษฎีทางสรีระวิทยา และทางจิตวิทยาการรับรู้ความสว่างของมนุษย์ ในการทดลอง ห้องควบคุมที่ส่องสว่างด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ 500 ลักส์ ถูกใช้สอบเทียบความสว่างกับห้องทดลองที่มีการส่องสว่างด้วยแสงไดโอดเปล่งแสงที่มีค่าสูงสุด 1,200 ลักส์ และมีการหรี่แสงได้ด้วยวิธีการควบคุมรอบทำงานของพัลส์ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างจำนวน 101 คน เห็นว่ารอบทำงานเฉลี่ย 32.3% ของแสงพัลส์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต มีความส่องสว่างเทียบได้กับ 500 ลักส์ของห้องควบคุม ในขณะที่ความส่องสว่างที่แท้จริงมีค่าต่ำเพียง 388 ลักส์ และทำให้สามารถลดกำลังงานที่ใช้ในการขับหลอดลงมากถึง 22%

Abstract

This paper has study physiology and psychology of discrete illumination perception of human. In experiment, the control room was illuminated of 500 Lux from fluorescent lamps. The experiment room was illuminated of LEDs lamps. Experiment illumination was pulse width modulation dimming that the duty cycle is controlled. The results found that the 101 peoples of experimental group perceived 32.3% duty cycle of peak 1,200 Lux 1kHz pulse light means the 500 Lux of control room. In this case, the actual illumination was 388 Lux. Finally, the power of LEDs driver was 22% decreased from the ideal consumptions.

***Keywords*:** LED, Flicker, Illumination, Duty cycle, Light

1. บทนำ

ปัจจุบัน เราใช้ประโยชน์จากการรับแสงที่ไม่มีความต่อเนื่อง โดยใช้ความถี่ที่เหมาะสมเพื่อให้เรารับรู้ข้อมูลทางแสงที่ได้รับผ่านระบบการมองเห็น การส่องสว่างด้วยไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode Lighting, LED) ก็เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ประโยชน์จากแนวคิดนี้

ไดโอดเปล่งแสงเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่กินไฟน้อย ความเข้มแสงมากให้แสงในช่วงที่ตามองเห็นได้ น้ำหนักเบา มีราคาไม่สูงมากนัก และมีแนวโน้มถูกลง จึงเป็นที่นิยมใช้กับอย่างแพร่หลาย

ข่าวสารใหม่เกี่ยวกับเทคโนโลยีไดโอดเปล่งแสงที่เกี่ยวข้องทางการค้ากับผู้ผลิตหลอดไฟและไดโอดเปล่งแสง มีข้อมูลประชาสัมพันธ์อย่างมากมายเกี่ยวกับ ความสามารถในการเพิ่มความเข้มแสงของไดโอดเปล่งแสง ความสามารถในการประหยัดไฟฟ้าของหลอดชนิดใหม่ ความชาญฉลาดอัจฉริยะของหลอดไฟชนิดใหม่ที่ประดิษฐ์ขึ้น โดยให้เหตุผลว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงนั้นทำงานเพียงเศษเสี้ยววินาทีของหลอดไฟดั้งเดิม แต่ก็ไม่มีรายละเอียดอื่นให้เป็นความรู้แก่ประชาคม ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะเหตุผลด้านการตลาดที่มีการแข่งขันกันเป็นอย่างสูง หรืออาจเป็นการปกป้องสิทธิบัตรก็เป็นได้

บทความนี้ ได้อธิบายธรรมชาติการรับรู้ความสว่างแบบไม่ต่อเนื่องด้วยทฤษฎีทางสรีระวิทยา (Physiology) จิตวิทยา (Psychology) ของการรับรู้ (Perception) ความสว่างของมนุษย์ และลักษณะความส่องสว่างแบบไม่ต่อเนื่องจากหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง อันจะเป็นประโยชน์ในการออกแบบหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง โดยการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความส่องสว่างกับระดับความถี่ของการกระพริบแสง

2. การรับรู้ความสว่างของมนุษย์

การรับรู้ของมนุษย์สามารถจำแนกระดับความต่อเนื่องของข้อมูลทางแสงผ่านดวงตา หรือระดับความถี่ของการกระพริบแสงได้ในระดับหนึ่ง เช่น การมองเห็นเป็นภาพเคลื่อนไหวเมื่อพลิกสมุดภาพการ์ตูนไว ๆ (Flicker) หรือ การมองเห็นภาพเคลื่อนไหวของภาพยนตร์ด้วยความถี่ 47 เฮิร์ตส หรือการมองเห็นภาพเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องผ่านจอภาพคอมพิวเตอร์ด้วยความถี่ 50 เฮิร์ตส์ เป็นต้น แต่ไม่สามารถสามารถแยกแยะความเปลี่ยนแปลงของแสงสว่างที่มีความถี่สูงกว่า 35 เฮิร์ตได้ดีนัก เช่น ภายใต้แสงของหลอดอินแคนเดสเซนต์หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กับไฟสลับ 50 เฮิร์ตสนั้น มีการกระพริบ 100 เฮิร์ตส หรือ การกระพริบของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กับบัลลาสต์แกนเหล็กซึ่งมีการกระเพื่อมของแสงในแบบ Full-wave, แบบ Square wave, หรือ Pulse train เมื่อใช้กับอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ที่มีคุณภาพสูง เป็นต้น

2.1 สรีระวิทยาของการรับรู้ความสว่าง

วัชรีวรรณ [1] กล่าวว่า การรับแสงของ Photoreceptors เป็นการเพิ่มศักดาไฟฟ้าลบของผนังเซลล์ หรือเรียกว่า Hyper-polarization ซึ่งปกติในที่มืดผนังเซลล์นี้จะมี Membrane potential อยู่ในช่วง -30 mV การกระตุ้นด้วยแสงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของศักดาไฟฟ้านี้ การเปลี่ยนแปลงของศักดาไฟฟ้าของ Membrane potential ทำให้การหลั่งสารเคมีสื่อประสาทใน Bipolar neurons มีการเปลี่ยนแปลง การลดหรือเพิ่มการกระตุ้นนี้เป็นผลทำให้มีการส่งสัญญาณประสาทต่อไปยัง Ganglion Cells ผ่าน Optic Nerve ไปยัง Visual Cortex ที่ทำให้มองเห็นภาพ [1] และทำให้สรุปได้ว่า

แสงไปกระตุ้นตัวรับแสงภายในดวงตา ทำให้ประสาทตาส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังระบบสัญญาณประสาท และมีการสื่อสารกับสมองด้วยสารเคมีสื่อประสาทภายในสมอง

2.2 จิตวิทยาการรับรู้ความสว่างของมนุษย์

เพราพรรณ [3] กล่าวว่า โดยปกติแล้วมนุษย์มีความจำระยะสั้นประมาณ 9 วินาที ซึ่งเป็นผลการดำเนินงานโดยรวมของสมองอันซับซ้อนของมนุษย์ อย่างไรก็ตามการทำงานของสมองในหน่วยความจำระยะสั้นนี้เป็นผลมาจากการหลั่งสารเคมีสื่อประสาทภายในสมองตลอดช่วงเวลานี้

นอกจากการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกแล้ว สมองของมนุษย์ยังสามารถกระตุ้นด้วยกระบวนการคิดภายในและการทำงานอันซับซ้อนของสมองที่ควบคุมสั่งการจิตสำนึก รวมถึงการทำงานของสมองในส่วนของหน่วยความจำระยะยาว (Long term memory) ด้วย และจิตใต้สำนึกด้วยกลไกเคมีประสาทภายในของสมองเอง กลไกเหล่านี้จะสัมพันธ์กับการประมวลข้อมูลข่าวสารผ่านระบบรับสัมผัสของมนุษย์สัมพันธ์กับความรู้และประสบการณ์ของมนุษย์ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีเกสตัล

2.3 การรับรู้ของมนุษย์ที่มีต่อความส่องสว่างแบบไม่ต่อเนื่องจากหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง

การมองเห็นแสงความเข้มสูงพอเหมาะกับการมองเห็นจากไดโอดเปล่งแสงที่รับสัญญาณพัลส์ ย่อมทำให้สารเคมีสื่อประสาทภายในสมองได้รับการกระตุ้นและหลั่งออกมาในปริมาณที่เหมาะสม (สอดคล้องกับระดับความสว่างที่เหมาะสม) เมื่อพัลส์ไฟฟ้าถึงขอบขาลง (Fall time) จึงทำให้ไม่มีการเปล่งแสง แต่สมองยังคงมีสารเคมีสื่อประสาทคงอยู่ ไม่สลายไปพลันเหมือนกับแสงที่เปล่งจากไดโอด เมื่อเราควบคุมรอบการทำงานของไดโอดให้เปล่งแสงอีกครั้งหนึ่ง ประสาทตาจะได้รับการกระตุ้นอีกครั้ง และจะคงระดับสารเคมีสื่อประสาทให้สมองรับรูปว่ามีระดับแสงคงที่ การคงอยู่ของสารเคมีนี้เป็นธรรมชาติของสมองที่มีผลทางด้านความทรงจำ (Memory effect) เปรียบได้ดังกับ การทำงานของคาปาซิเตอร์ที่ใช้ปรับระดับการกระเพื่อมแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย หรือใช้เป็นหน่วยความจำอันซับซ้อนในคอมพิวเตอร์

2.4 งานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง

การส่องสว่างด้วยไดโอดเปล่งแสง ได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างมากมายตลอดช่วงสิบปีที่ผ่านมา ในครั้งปี 1973 Fray and Messenger ได้ศึกษาทางสรีระวิทยาของการรับรู้เสียงด้วยการมอดูเลตพัลส์ในความถี่สูงยิ่งเปรียบเทียบการรับรู้กำลังงานสูงสุดกับกำลังเฉลี่ยของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่า การรับรู้เสียงของมนุษย์เป็นฟังก์ชันกับกำลังงานสูงสุดมากกว่ากำลังเฉลี่ย และความกว้างพัลส์ที่เหมาะสมคือ 40 ไมโครวินาที [5]

ในปี 2000 Tamura, Setomoto and Taguchi ได้สร้างโคมไฟไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ไฟสลับ 110 โวลต์ และได้ความสว่าง 95,000 Cd/m2 และมีความสว่าง 30,000 lux ที่ระยะห่าง 30 ซม. [6] ต่อมา ในปี 2006 Yimin Gu, et al. ได้เปรียบเทียบการหรี่แสงระหว่างการหรี่กระแสต่อเนื่องกับการควบคุมความกว้างพัลส์ ที่มีต่อสเปกตรัมและคุณภาพแสดงของหลอดไดโอดเปล่งแสง [7] นอกจากนี้ ในปี 2008 Guan, Tian, and Wang ได้ออกแบบประดิษฐ์และทดสอบหลอดไฟทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยใช้ไดโอดเปล่งแสง พบว่า หลอดมีประสิทธิภาพ 41 ลูเมนต่อวัตต์ ความสว่าง 50 ลักส์ที่ระยะห่าง 1.5 เมตร [8] ถัดมาในปี 2009 Yu, et al. ได้ควบคุมการหรี่ไฟแบบดิจิตอลโดยใช้บูสต์คอนเวอเตอร์สำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง พบว่าบูสต์คอนเวอเตอร์ที่ความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตมีประสิทธิภาพ 83 % [9]

ในปี 2011 Fathi, Chikouche and Abderrasak ได้สร้างโคมไฟถนนที่ใช้วงจรขับแบบไฟตรงและพัลส์ พบว่าทั้งสองระบบทำงานได้ดี [10] นอกจากนี้ Namin, et al. ได้เปรียบเทียบการจ่ายกระแสต่อเนื่องและกระแสพัลส์ให้ไดโอดเปล่งแสง พบว่า กระแสต่อเนื่องทำให้แผงไดโอดมีอุณหภูมิสูงกว่าแบบพัลส์ [11] ส่วน Hung, et al. ได้ศึกษาการปรับกระแสความกว้างพัลส์ และรอบทำงานของไดโอดเปล่งแสงที่มีต่ออุณหภูมิสีและประสิทธิภาพการเปล่งแสง พบว่า กำลังงานเฉลี่ยของกระแสพัลส์มีผลต่ออุณหภูมิสีและประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสง [12] และ Shimada and Taniguchi ได้ศึกษาเฟสของการควบคุมการหรี่ไฟด้วยพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่นของไดโอดเปล่งแสงสีผสมสำหรับการเจริญเติมโตของ “พืชตรวจจับระเบิด” Arabidopsis thaliana [13]

แม้ว่าจะมีผลงานตีพิมพ์ด้านนี้จำนวนมาก แต่ก็ยังไม่ปรากฏผลงานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่าง (Illumination) กับความถี่และแอมพลิจูดของการพัลส์แสงเป็นห้วงจังหวะที่เหมาะสมกัน (หรือ Pulse width modulation)

3. การทดลอง

ในการศึกษาการรับรู้ (Perception) ความส่องสว่างของมนุษย์ ที่มีต่อลักษณะความสว่างแบบไม่ต่อเนื่องจากหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง มีลำดับขั้นตอนการศึกษา 4 ขั้นตอน คือ ก) ออกแบบห้องควบคุมความส่องสว่าง 500 ลักส์ ข) ออกแบบห้องทดลองและติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสง ค) ทดสอบความส่องสว่างของห้องทดลองเมื่อหรีแสงด้วยวิธีพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น และ ง) ทดสอบการรับรู้ความส่องสว่างของมนุษย์

3.1 การออกแบบห้องควบคุมความส่องสว่าง 500 ลักส์

ห้องควบคุม (Control room) มีขนาด 1.20*1.20*2.80 (ก*ย*ส) เมตร บุผนังด้วยแผ่นโฟมสีขาว ภายในติดรูป โปสเตอร์ และวางวัตถุรูปทรงและสีต่างกัน เพื่อใช้สำหรับการสอบเทียบสีและความสว่าง ห้องควบคุมมีการส่องสว่างด้วยฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์จำนวน 2 หลอด (PHILIPS TLD 18W/54-765 COOL DAYLIGHT) ในการออกแบบระบบแสงสว่างได้จำลองการส่องสว่างด้วยโปรแกรม (DIALux4.9) และวัดการส่องสว่างด้วยลักส์มิเตอร์ (DIGICON LX-71) พบว่า ผลการจำลองความสว่างเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 507 ลักส์ และมีความส่องสว่างบนพื้นงานเฉลี่ย 501 ลักส์ ดังรูปที่ 1 (ซ้าย)

3.2 การออกแบบห้องทดลองและติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสง

ห้องทดลอง (Experiment room) มีขนาด สี และมีการติดตั้งรูปโปสเตอร์ และวัตถุ เช่นเดียวกับห้องควบคุม ภายในห้องทดลอง ถูกติดตั้งไดโอดเปล่งแสง (NPW-RSZ) 1,200mW จำนวน 60 หลอด ในห้องนี้ค่าความส่องสว่างถูกกำหนดให้มีค่าสูงสุด (Peak) เท่ากับ 1,200 ลักส์ เมื่อหลอดมีกำลังงานสูงสุด 73.5 W และสามารถควบคุมความส่องสว่างได้ตั้งแต่ 60-1200 ลักส์ ด้วยวิธีควบคุมขนาดกระแสต่อเนื่อง และวิธีควบคุมขนาดและ/หรือความกว้างของพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น ดังรูปที่ 1 (ขวา)



รูปที่ 1 ห้องควบคุม (ซ้าย) และห้องทดลอง (ขวา)

3.3 การทดสอบความส่องสว่างของห้องทดลองเมื่อหรี่แสงด้วยวิธีพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น

ห้องทดลองที่ติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสง ถูกวัดความส่องสว่างด้วยลักส์มิเตอร์ เมื่อฉายแสงเต็มพิกัด และเมื่อหรี่แสงด้วยวิธีพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น ในการหรี่แสง สวิตช์กำลัง (G4PH50UD) ถูกควบคุมความถี่และรอบทำงาน (Duty cycle, D) ของการสวิตช์ด้วยเครื่องกำเนิดสัญญาณ ในการทดสอบนี้ กำหนดความถี่สวิตช์ไว้ที่ 1 กิโลเฮิร์ต และมีการควบคุมรอบทำงานตั้งแต่ร้อยละ 100 ลงมาจนถึง ร้อยละ 5

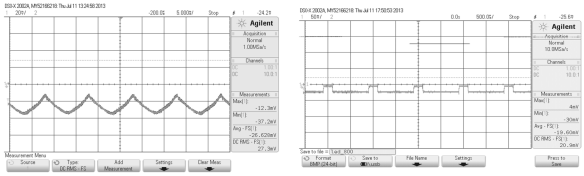
3.4 การทดสอบการรับรู้ความส่องสว่างของมนุษย์

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษา อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย จำนวน 101 คน ถูกกำหนดให้เป็นผู้สอบเทียบความสว่างระหว่างห้องควบคุมกับห้องทดลองทีละคน ในการทดลอง กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนนั่งอยู่หน้าห้องทดสอบในระยะ 3 เมตร ทำการปรับตั้งความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงให้มีค่าสูงสุด 1,200 ลักส์ แล้วจึงหรี่แสงด้วยการลด (หรือเพิ่ม) รอบการทำงานของสวิตช์ให้ลดลง โดยคงความถี่คงที่ไว้ 1 กิโลเฮิร์ต เมื่อกลุ่มตัวอย่างพิจารณาแล้วเห็นว่า ความส่องสว่างระหว่างห้องทดลองมีค่าเท่ากับห้องควบคุม จึงหยุดและบันทึกรอบการทำงาน

4. ผลการศึกษา

4.1 ความไม่ต่อเนื่องของแสงจากหลอดไฟ

รูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่า แสงจากแหล่งกำเนิดแสงมีความไม่ต่อเนื่อง คือ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีลักษณะเป็นสัญญาณกระแสตรงของไซนูซอยด์แบบเต็มคลื่น โดยมีการกระพริบ 100 ครั้งต่อวินาที และแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงมีลักษณะเป็นพัลส์ไม่ต่อเนื่อง ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างต่างมองไม่เห็นการกระพริบของแสงจากแหล่งกำเนิดทั้งสอง

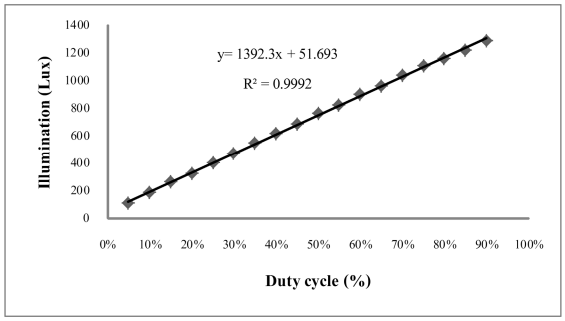


ก) แสงหลอดฟลูออเรสเซนต์ ข) แสงจากไดโอดเปล่งแสง (D 80%)

รูปที่ 2 ความแตกต่างระหว่างความไม่สม่ำเสมอของแสงจากแหล่งกำเนิด

4.2 ความเป็นเชิงเส้นของความส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสง

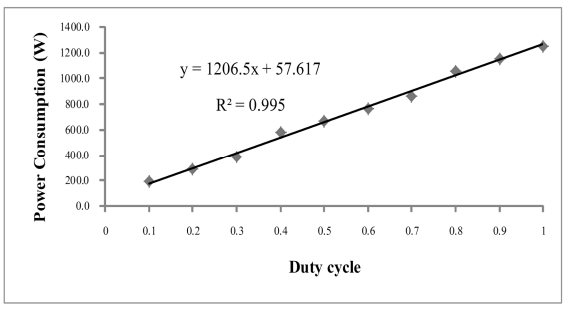
รูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าความส่องสว่าง (Illumination) ของหลอดไดโอดเปล่งแสงซึ่งวัดด้วยลักส์มิเตอร์ มีลักษณะแปรผันตรงกับรอบทำงานของพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น (Duty cycle) ที่ใช้ในการหรี่แสง



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับรอบทำงาน

4.3 ผลของการหรี่แสงด้วยพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น

การหรี่แสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงด้วยวิธีควบคุมรอบทำงานของพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น เป็นผลทำให้กำลังงานของหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าลดลงอย่างเป็นเชิงเส้นตามรอบทำงาน ดังรูปที่ 3

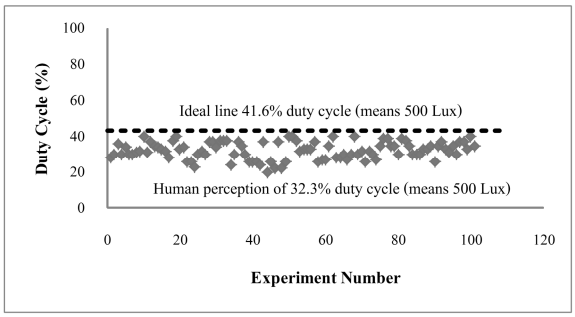


รูปที่ 4 กำลังงานกับรอบทำงานของการพัลส์หลอดไดโอดเปล่งแสง

4.4 การรับรู้ของมนุษย์ที่มีต่อความส่องสว่างที่ไม่ต่อเนื่อง

จากรูปที่ 3 และรูปที่ 4 เมื่อพิจารณาการหรี่แสงในแบบเชิงเส้น เพื่อให้ได้ความส่องสว่าง 500 ลักส์ จึงต้องควบคุมรอบทำงานให้มีค่าเท่ากับ 41.6% และทำให้หลอดไดโอดเปล่งแสงมีกำลังงานเท่ากับ 30.6 W (Peak Power 73.5W at 1,200 Lux) ดังนั้น การหรี่แสงในอุดมคติ (Ideal) เพื่อให้ได้ความส่องสว่าง 500 ลักส์ จึงสามารถกำหนดได้

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 101 คน เมื่อได้สอบเทียบความส่องสว่าง (Illumination) ระหว่างห้องควบคุมที่มีความสว่าง 500 ลักส์ กับห้องทดลองที่ปรับความสว่างโดยควบคุมค่ารอบทำงาน (Duty cycle) ของแสงพัลส์จากไดโอดเปล่งแสงที่มีค่าความส่องสว่างสูงสุด (Peak Illumination) เท่ากับ 1,200 ลักส์ จึงสามารถแสดงระดับความส่องสว่างที่กลุ่มตัวอย่างเห็นว่ามีค่าเทียบได้กับห้องควบคุมแล้ว แสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การรับรู้ของมนุษย์ที่มีต่อความส่องสว่างที่ไม่ต่อเนื่อง

รูปที่ 5 พบว่า การรับรู้ความส่องสว่างไม่ต่อเนื่องของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 101 คน มีค่าต่ำกว่าค่าความส่องสว่างในอุดมคติ

ค่าเฉลี่ยรอบทำงาน (Duty cycle) ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 101 คน ที่เห็นว่าแสงพัลส์ของไดโอดเปล่งแสงมีความส่องสว่างเทียบเท่ากับความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ความส่องสว่าง 500 ลักส์ มีค่าเท่ากับ 32.3% และมีค่าต่ำกว่าค่าในอุดมคติที่พิจารณาในแบบเชิงเส้น (41.6%)

ค่ากำลังงานเฉลี่ยในการขับไดโอดเปล่งแสงที่รอบทำงาน 32.3% มีค่าเท่ากับ 23.7 W ซึ่งน้อยกว่าค่าในอุดมคติอยู่ 6.8 W หรือร้อยละ 22.4%

6. สรุป

การส่องสว่างด้วยแสงพัลส์ของไดโอดเปล่งแสง ที่มีค่าความส่องสว่างสูงสุด 1,200 ลักส์ ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต สามารถหรี่แสงด้วยการควบคุมรอบทำงาน ให้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.3% ก็ทำให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 101 คน เห็นว่ามีความส่องสว่างเทียบได้ 500 ลักส์ ในขณะที่ค่า ค่าความส่องสว่างที่แท้จริงมีค่าเท่ากับ 388 ลักส์ การทดลองนี้ จึงสามารถใช้อธิบายถึงการรับรู้แสงสว่างของมนุษย์ที่เกิดจากการสะสมเคมีไฟฟ้าในระบบประสาทการรับรู้ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่อนุเคราะห์ทุนอุดหนุนวิจัยงบประมาณแผ่น พ.ศ. 2557

เอกสารอ้างอิง

[1] วัชรีวรรณ ทองสะอาด, 2554, ระบบประสาทรับความรู้สึกพิเศษ, เอกสารประกอบรายวิชสรีรวิทยาสำหรับทันตแพทย์ (สร 223) คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ, หน้า 1-7.

[2] IESNA, 2000, The IESNA Light Handbook, Illumination Engineering Society of North America, pp. 1-53.

[3] เพราพรรณ เปลี่ยนภู่, จิตวิทยาการศึกษา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 237-245.

[4] Schubert, E., F., 2006, Light-emitting dildes, 2nd ed., Cambridge, pp. 63-69, 393-403.

[5] Frey A. H. and Messenger R., 1973, Human perception of illumination with pulsed ultrahigh-frequency electromagnetic energy, http://sm4csi.home.xs4all.nl/nwo/MindControl/human_perception_of_illumination.htm.

[6] Tamura T., Setomoto T., and Taguchi T, 2006, Illumination characteristics of light array using 10 Candela-class white LEDs under AC 100 V operation, Journal of Luminescene 87-89 (2000) 1180-1182.

[7] Gu Y., Narendran N., Dong T., and Wu H., 2006, Spectral and luminescence efficacy change of high power LEDs under different dimming methods, Sixth International Conference on Solid State Lighting, 12 September 2006.

[8] Guan R., Tian D., and Wang X., 2008, Design and Implementation of LED Daylight Lamp Lighting System, ICEPT-HDP 2008, IEEE 978-1-4244-6/08, 3 p.

[9] Fathi M., Chikouche A., and Abderrasak M., Design and realization of LED Driver for solar street lighting, Energy Procedia 6(2011) 160-165.

[10] Yu K., Zou X.C., Long S., and Wang W.X., 2009, High performance white LED driver with single-wire serial-pulse digital dimming, The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, Febuary 2009, 16(1), 95-99.

[11] A. Namin, C. Jivacate, D. Chenvidhya, K. Kirtikara, and J. Thongpron, 2011, Determination of solar cell electrical parameters and resistances using color and white LED-based solar simulators with high amplitude pulse input voltages, First Asia-Pacific Forum on Renewable Energy, November 17, 2011, Busan, Korea, 7 p.

[12] Hung M.W., Chen C.J., Chang C.L. and Hsu C.W., 2011, The impacts of high frequency pulse driving on the performance of LED light, Physics Proceedia 19(2011) 336-343.

[13] Shimada A. and Taniguchi Y., 2011, Red and blue pulse timing control for pulse width modulation light dimming of light emitting diodes for plant cultivation, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, Vol. 104, Issue 3, 399-404.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องตรวจจับแรงดันกระพริบชนิดสมองกลฝังตัว

Embedded Flicker Detector

ธีรศักดิ์ ใจทอง[1], วีระยุทธ ประเสริฐศรี[1], โกศล โอฬารไพโรจน์[2], วิชาญ จันที[2], วรจักร์ เมืองใจ[3] และ ธนิต บุญใส[4]

[1]นักศึกษา สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

[2]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

[3]วิทยาลัยเทคโนโลยี และสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[4]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญญบุรี

E-mail: kosoloran@gmail.com [1]

บทคัดย่อ

ในเอกสารนี้ได้นำเสนอวิธีการประมาณค่าแรงดันกระพริบ(Voltage flicker) โดยการหากรอบ (Envelope) ของสัญญาณด้วยวิธีการตัวกระทำพลังงานของสัญญาณไซน์ (Energy Operator) โดยนำเสนอสมการทางคณิตศาสตร์ของอัลกอลิธึมและออกแบบวงจรเพื่อทำงานอัลกอลิธึมโดยใช้ออปแอมป์และไอซี AD633 และสามารถนำไปสร้างวงจรประมาณค่าแรงดันกระพริบจำลองที่ใช้อุปกรณ์ง่ายๆ และยังใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลวัดค่าของแรงดันกระพริบออกมาเป็นกราฟเพื่อมาแสดงผลในสภาวะต่างๆและพร้อมกับบันทึกค่าในแต่ละช่วงเวลาของการเกิดแรงดันกระพริบอีกด้วย ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่า อัลกอลิธึมสามารถติดตามกรอบแรงดันกระพริบได้เป็นอย่างดีและไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถวัดค่ากรอบแรงดันกระพริบและพร้อมแสดงผลพร้อมบันทึกข้อมูลได้

คำสำคัญ:แรงดันกระพริบ, ตัวกระทำพลังงาน

Abstract

In this paper present the voltage flicker assessment algorithm, based on calculation the energy operator of a sinusoidal waveform to track the voltage flicker. The algorithm was implement on analog circuit(op-amp, AD633) can tracking the envelope of voltage flicker it easy to implement. Microcontroller measurement of voltage flicker out as a graph and Results in different conditions and with a value for each period of the voltage flicker. The simulation and experimental result had shown the can track the voltage flicker envelope and microcontroller can measure the voltage flicker shown on display and save data storage.

Keywords: voltage flicker, energy operator

1. บทนำ

การเกิดแรงดันกระพริบอันเนื่องมาจากการเกิดจากขนาดของแรงดันมีค่าแปรเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลาเป็นปัญหาที่สำคัญ ทางด้านคุณภาพไฟฟ้าในผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรม ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะได้มีการพยายามในการแก้ปัญหาด้านคุณภาพไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าแต่ดูเหมือนว่าคุณภาพไฟฟ้ายังไม่ได้อยู่ในระดับที่อุปกรณ์ที่ทันสมัยต้องการ

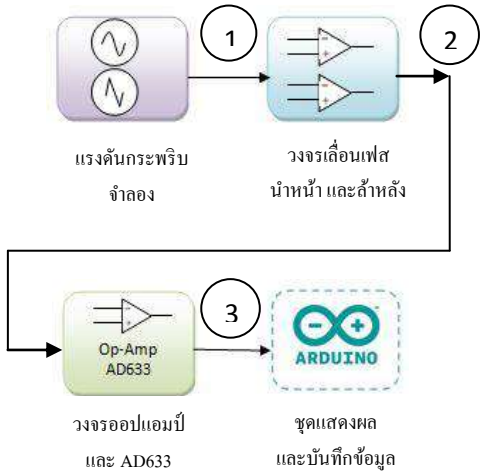
ในบทความนี้จะนำเสนอเครื่องตรวจจับแรงดันกระพริบ (voltage Flicker)และบันทึกผลโดยการใช้วิธีการประมาณค่าแรงดันกระพริบด้วยวิธี Energy Operator โดยการหากรอบของสัญญาณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ของอัลกอลิธึมและใช้ไมโครคอนโทรเลอร์เข้ามาใช้งานในระบบประมวลผลต่างๆและระบบบันทึกข้อมูลเพื่อง่ายต่อการนาผลที่ได้จากการบันทึกไปวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาต่อไป

2. วงจรการประมาณค่าแรงดันกระพริบ และการสร้างสัญญาณกระพริบจำลอง

2.1 วงจรการประมาณค่าแรงดันกระพริบ

วงจรหลักของการประมาณค่าแรงดันกระพริบแสดงดังรูปที่ 1. ซึ่งประกอบด้วย วงจรสร้างแรงดันกระพริบจำลอง, วงจรเลื่อนเฟสนำหน้าและล้าหลัง, วงจรออปแอมป์ และไอซี AD633

การทำงานของวงจรเริ่มจากการสร้างแรงดันกระพริบจำลองลำทำการเลื่อนเฟสนำหน้าและล้าหลัง ใช้ออปแอมป์ และไอซี AD633 สร้างวงจรทำงานของอัลกอลิธึมตัวกระทำพลังงาน ซึ่งสุดท้ายที่ได้ออกมาคือกรอบสัญญาณแรงดันกระพริบที่ต้องการ



รูปที่1. บลอก เดอะแกรมของวงจรประมาณคาแรงดนกระพรบ

2.2 การสร้างแรงดันกระพริบจำลอง(Simulation of Voltage Flicker)

การสร้างสัญญาณทดสอบ ในบทความนี้จะนำเสนอวิธีการสร้างแรงดันกระพริบ ด้วยวิธีการผสมสัญญาณ การสร้างแรงดันกระพริบด้วยการผสมสัญญาณทำได้ด้วยการการเปลี่ยนแปลงขอนาดสัญญาณทำได้โดยการมอดูเลตความถี่ต่ำเข้ากับความถี่มูลหลัก แสดงดังสมาการ(1) [3]

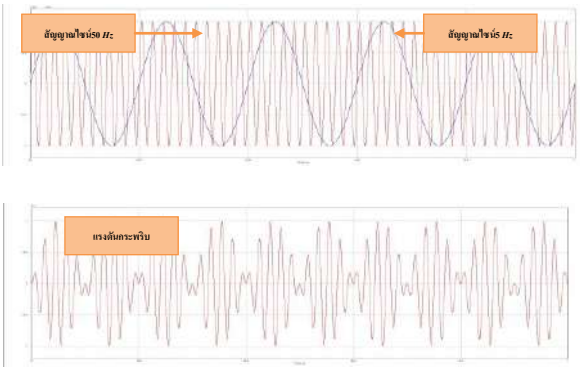
$$V = \left[A_o + f(t)\right]\sin\left(\omega_o t\right) \qquad (1)$$

โดย A_o คือ ขนาดสัญญาณความถี่มูลหลัก

ω_o คือ ความถี่มูลหลัก

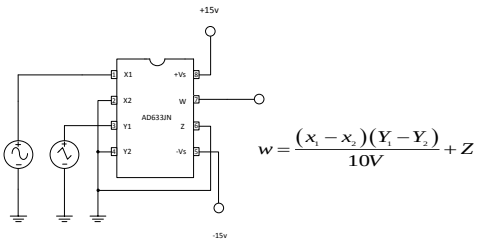
$f(t)$ คือ สัญญาณมอดูเลต ซึ่งสามารถกำหนดให้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม สัญญาณไซน์สามเหลี่ยม หรือสัญญาณใดๆ

จากสมาการที่ (1) ถ้ากำหนดให้ A_o =1, ω_o = 314.16 *rad/s* และ $f(t)$ เป็นสัญญาณไซน์ความถี่ 5 Hz ผลการจำลองแสดงดังรูปที่ 2.



รูปที่ 2. ผลการจำลองสร้างแรงดันกระพริบด้วยการมอดูเลตสัญญาณ

จากผลการจำลองนำมาสร้างวงจรสร้างแรงดันกระพริบเพื่อการทดสอบโดยเลือกใช้ AD633 ซึ่งเป็นไอซีในการคูณแบบอนาลอกและผลการทำงานแสดงดันรูปที่ 3.



รูปที่ 3. วงจรสร้างแรงดันกระพริบ

3. ตัวกระทำพลังงาน

เทียเกอร์ (Teager) ตัวกระทำพลังงานสัญญาณใด $v(t)$ เป็นผลรวมของพลังงานจลน์ (kineic energy) $\left(dv/dt\right)^2$, พลังงานศักย์ (potential energy) $\left(v\left(dv^2/dt^2\right)\right)$ ของสัญญาณ แสดงดังสมาการที่ (2)

$$TEO = \left(\frac{dv}{dt}\right)^2 - v\left(\frac{d^2v}{dt^2}\right) = A^2\omega^2 \qquad (2)$$

ต่อมา Kaiser [4] ได้นำเสนอ TEO ในรูปแบบของสัญญาณ 3 สัญญาณดังสมาการ (3)

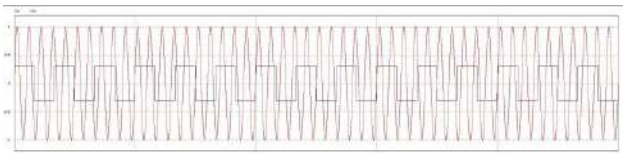
$$TEO = A^2\omega^2 = v_{k-1}v_{k+1} \qquad (3)$$

เมื่อ v_k สัญญาณปัจจุบัน

v_{k-1} สัญญาณก่อน

v_{k+1} สัญญาณหลัง

จากสมาการที่ (3) จะเห็นว่าอัลกอริธึมของ Kaiser มีความเร็วในการติดตาม เพราะสมการมีเพียงการคูณ และการลบเท่านั้น แต่ผลการติดตามสัญญาณด้วยวิธี TEO จากการติดตามแรงดันกระพริบของวิธีการ TEO จะเกิดแรงดันกรรโชกสูงเมื่อสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด แสดงดังรูปที่ 5.



รูปที่5. เอาต์พุตของ TEO เกิดแรงกรรโชก

Mohamed Amin Eldery [3] ได้พัฒนาอัลกอลิธึมต่อจาก TEO ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สัญญาณใดๆ $v(t)$ เป็นดังสมาการ (4)

$$v(t) = A\sin\left(\omega t\right) \qquad (4)$$

และให้สัญญาณมีการเลื่อนเฟสนำหน้า $\left(v^+\right)$ และสัญญาณเลื่อนเฟสล้าหลัง $\left(v^-\right)$ แสดงดังสมาการที่ (5) และสมาการที่ (6)

$$v^+ = A\sin\left(\omega t + \phi\right) \qquad (5)$$

$$v^- = A\sin\left(\omega t - \phi\right) \qquad (6)$$

นำสมาการ(5) คูณด้วยสมาการ (6) ก็จะได้

$$v^{-}v^{+} = A\sin(\omega t-\phi)\,A\sin(\omega t-\phi) \qquad (7)$$

จะได้สมาการมา แล้วแทนค่าตัวแปรที่มีอยู่ในสมการค่าดังนี้

$\cos^2(\phi) = 1-\sin^2(\phi)$

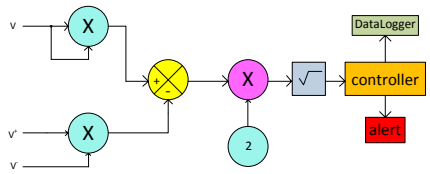
ดังนั้นตัวกระทำพลังงาน EO คือ

$$EO = v^2 - v^{-}v^{+} = A^2\sin^2(\phi) \qquad (8)$$

และขนาดหรือกรอบของสัญญาณคือ

$$A = \sqrt{\frac{v^2-v^{-}v^{+}}{\sin^2(\phi)}} \qquad (9)$$

สมการที่ (9) เขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 6.



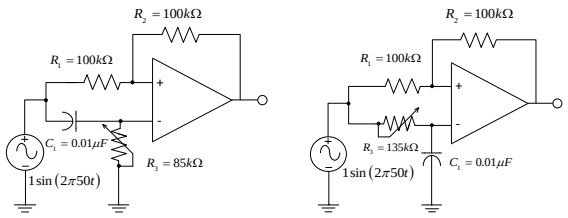
รูปที่ 6. บล็อกไดอะแกรมอัลกอลิธึมตัวกระทำพลังงาน

4. การออกแบบวงจรเลื่อนเฟสเพื่อวัดแรงดันกระพริบ และวงจรสำหรับอัลกอลิธึมตัวกระทำพลังงาน

4.1 การออกแบบวงจรเลื่อนเฟสเพื่อวัดแรงดันกระพริบ

จากเอกสาร [5] ได้นำเสนอการใช้ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำสร้างวงจรเลื่อนเฟสนำหน้า และล้าหลัง โดยสรุปง่ายๆคือโดยการทำให้มุมนำหน้า และล้าหลังเป็นมุม ±45° จะได้ผลตอบสนองที่ดีที่สุด

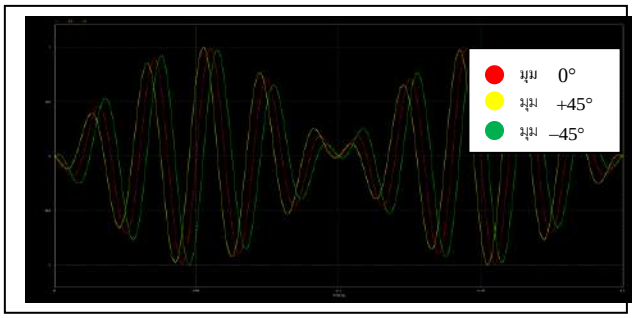
เนื่องด้วยข้อจำกัดของตัวเหนี่ยวนำซึ่งมีค่าไม่หลากหลาย จึงได้ทำการออกแบบวงจรเลื่อนเฟส โดยใช้อุปกรณ์ทดแทน จะใช้ออปแอมป์เพื่อให้สัญญาณนำหน้า และล้าหลัง แสดงดังรูปที่ 7.



(ก) วงจรเลื่อนเฟสนำหน้า +45° (ข) วงจรเลื่อนเฟสล้าหลัง –45°

รูปที่ 7.วงจรเลื่อนเฟส

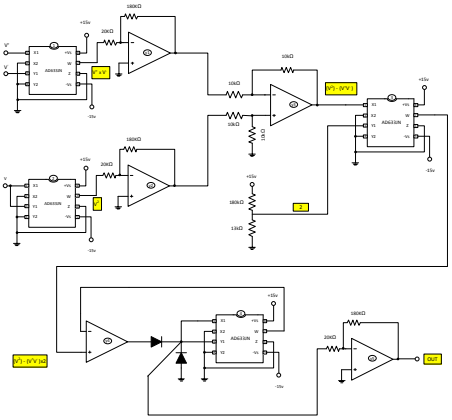
ผลการทดลองของวงจรรูปที่ 7. เมื่อนำวงจรที่ 7. วัดสัญญาณแรงดันกระพริบจำลองจะได้ผลดังรูปที่ 8. ซึ่งเป็นจุดที่ 2. ในรูปที่ 1.



รูปที่ 8. ผลการเลื่อนเฟสของสัญญาณแรงดันกระพริบจำลอง

4.2 การออกแบบวงจรสำหรับอัลกอลิธึมตัวกระทำพลังงาน

จากบล็อกไดอะแกรมที่ 6. นำมาออกแบบวงจรด้วยออปแอมป์ และไอซีAD633 ดังรูปวงจรที่ 10. โดยใช่ AD633 จำนวน 4 ตัว โดยตัวที่ 1. ทำการคูณแรงดันนำหน้า และแรงดันล้าหลัง ตัวที่ 2. ทำการยกกำลังสองสัญญาณอินพุต ตัวที่ 3. ทำการคูณสัญญาณกับแรงดันสองโวลต์ และตัวที่ 4. ต่อร่วมกับออปแอมป์ 741 เพื่อจัดวงจรเป็นการถอดรากที่สองของสัญญาณ ส่วนออปแอมป์ตัวที่ x1. สำหรับวงจรลบสัญญาณ $v^2 - v^{+}v^{-}$ และออปแอมป์ตัวที่ x2. สำหรับวงจรต่อร่วมกับ AD633 ตัวที่ 4. เพื่อเป็นวงจรถอดรากที่สองของ $\frac{v^2-v^{+}v^{-}}{\sin^2(45°)}$ เมื่อได้รับสัญญาณจากการถอดรากสมการแล้วจะใช้ออปแอมป์ 741 ทำการขยายสัญญาณ 10 เท่า เพื่อชดเชยขนาดสัญญาณที่หายไป



รูปที่ 9. วงจรที่ออกแบบสำหรับอัลกอลิธึมตัวกระทำพลังงาน

5. ชุดแสดงผล และบันทึก

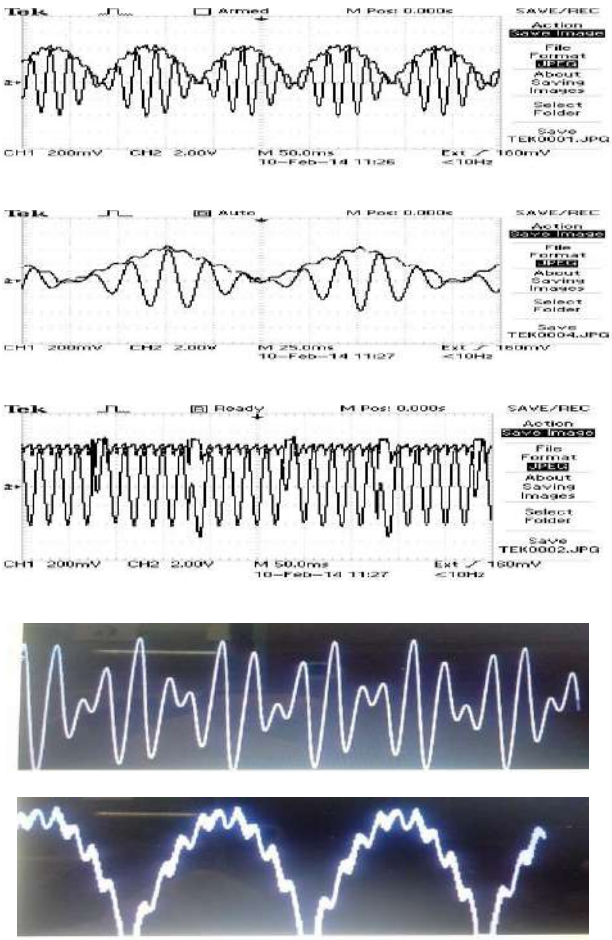
ชุดนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ชนิด(Arduino) มาใช้ในการประมวลผลการเกิดแรงดันกระพริบ โดยจะนำค่าที่วัดได้มาพลอตกราฟก่อนที่จะนำกราฟที่ได้มาเปรียบเทียบกัน โดยการใช้คณิตศาสตร์มาช่วยในการคำนวณ และจะแสดงผลการเกิดแรงดันกระพริบด้วยการแสดงไฟ LED และพร้อมกันกับสั่งบันทึกไปยัง SD Card เพื่อจะใช้ข้อมูลไปวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาต่อไป



รูปที่ 10. ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

6. ผลการทดลอง

การทดสอบการติดตามกรอบแรงดันกระพริบโดยการมอดูเลตสัญญาณไซนูซอยด์ สัญญาณสามเหลี่ยม และสัญญาณสี่เหลี่ยมความถี่ 5 Hz ผ่านวงจรอัลกอลิธึมตัวกระทำพลังงาน และผ่านชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังรูปที่ 10.



รูปที่ 11. ผลการทดลองการติดตามกรอบแรงดันกระพริบ

7. สรุปผล

บทความนี้นำเสนอการนำตัวกระทำพลังงาน (Energy Operator) มาใช้ติดตามกรอบแรงดันกระพริบเพื่อเป็นตัวตรวจจับแรงดันกระพริบที่เกิดขึ้นในระบบสำหรับอุปกรณ์ป้องกัน หรืออุปกรณ์ชดเชยต่างๆ สำหรับการติดตามกรอบแรงดันกระพริบนั้นมีหลากหลายวิธี อาทิเช่น การใช้ FFT ฯลฯ แต่ข้อเสียของวิธีเหล่านี้คือมีการคำนวณที่ซับซ้อนยุ่งยาก

อัลกอลิธึมตัวกระทำพลังงานที่นำเสนอเป็นสมการที่ง่ายใช้การคำนวณเล็กน้อย คือการเพียงคูณสัญญาณเท่านั้น วงจรการสร้างงสัญญาณประกอบการวัดทำได้ง่าย และใช้อุปกรณ์ทั่วๆไปเช่น ออปแอมป์ และไอซี AD633 อีกทั้งผลการทำงานให้ผลลัพธ์อันที่น่าพอใจ มีความเร็วในการทำงาน มีความคงทน ต้นทุนต่ำ และสามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ติดตามกรอบแรงดันกระพริบได้เป็นอย่างดี

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.โกศล โอฬารไพโรจน์ ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] H.M. Teager, private communication, 1985

[2] J. K. Kaiser, “On a simple algorithm to calculate the energy of a signal,” in Proc. Acoustics Speech, and Signal Processing, vol. 1, Apr. 1990, pp. 381-384

[3] M. A. Eldery, E. F. El-saadny, M. M. A. Salama, “A simple Energy Operator Computation Method for Voltage Flicker Assessment,” IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 21 no. 3, July 2006.

[4] M. A. Eldery, T. K. Abdel-Galil, M. Marei, E. F. El-Saadany, M. M. A. Saama, “A Virtual Instrument for Voltage Flicker Tracking.” In Proc. IEEE Power Eng Soc. Geneal Meeting, vol. 1, Jun. 2004, pp. 918-922.

[5] โกศล โอฬารไพโรจน์, สุทธิชัย เปรมฤดีปรีชาชาญ, มนตรี เงาเดช, วรจักร์ เมืองใจ, กฤษดา ยิ่งขยัน, วิชาญ จันที, ธนิต บุญใส “การประมาณค่าแรงดันกระพริบด้วยวิธีการ Energy Operator”การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้าราชมงคล ครั้งที่3.”, 9-11 มีนาคม 2554.

หัวข้อ เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร

(22ArG II)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การลดอุณหภูมิดินเพื่อเพิ่มปริมาณดอกอัลสโตรมีเรีย

Soil Temperature Decrement to Increase the Alstoremeria Quantities

ประชา ยืนยงกุล[1], เรวัฒ คำวัน[1], ธีระวัฒน์ วงค์คำปัน[1]และ วิศิษฐ์ ตันสินชัย[1]

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: ypracha@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการลดอุณหภูมิดินเพื่อ เพิ่มปริมาณดอกอัลสโตรมีเรีย โดยเปรียบเทียบแปลงปลูกดอกอัลสโตรมีเรียจำนวน 2 แปลง คือแปลงปลูกเดิม จัดวางท่อแบบท่อเดียว ใช้ท่อเหล็กในการแลกเปลี่ยนความร้อน และแปลงปลูกใหม่ จัดวางท่อแบบแยก ใช้ท่อทองแดงในการแลกเปลี่ยนความร้อน ควบคุมอุณหภูมิดินของแปลงปลูกที่ 10-16 องศาเซลเซียส [6] โดยแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็นที่หมุนเวียนในระบบ ขนาดแปลงปลูก กว้าง 2 เมตร ยาว 16 เมตร จำนวน 3 แปลง วัดอุณหภูมิดินด้วยดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ทั้งหมด 8 จุดต่อแปลง เปรียบเทียบพันธุ์ดอกอัลสโตรมีเรียจำนวน 3 สายพันธุ์ คือ Orange Queen Everest และ Avalang จากผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิดิน พบว่าอุณหภูมิดินของ แปลงปลูก เดิมและแปลงปลูกใหม่ คือ 15-19 องศาเซลเซียส และ 14-15 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่งผลให้แปลงปลูกใหม่มีปริมาณดอกมากกว่าแปรงปลูกเดิม เนื่องจากอุณหภูมิดินต่ำกว่า และจากการเปรียบเทียบปริมาณการออกช่อดอกพบว่า อัตราการออกช่อดอกของสายพันธุ์ Orange queen Everest และ Avalang มีอัตราการออกช่อดอกเพิ่มขึ้น 27.5 % 23.5% และ 35.1% ตามลำดับ ดังนั้นสรุปได้ว่าการจัดวางท่อแบบท่อแยกและใช้ท่อทองแดงในการแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิดินได้มากกว่าการจัดวางท่อแบบท่อเดียว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้อยกว่าและค่าค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของท่อทองแดงสูงกว่าท่อเหล็ก

Abstract

The purpose of this study was to decrease a soil temperature of the Alstoremeria plant plot to increase quantities of the Alstoremeria. The experiment were divided to two parts. The first part was the conventional system and a single tube of galvanized steel was used as a heat exchanger tube. The other was the new system and the separate tube of copper was used as a heat exchanger tube. The heat of soil was exchanged with cooling water and the soil temperature was controlled of 10-16 °C [6]. The number of plot was 3 plots and size of each plot was 2 meters wide and 16 meters long. The soil temperature was measured of 18 points for each plot by digital thermometer. Three types of the Alstoremeria were compared. They were the Oange Queen, Everest and Avalang, respectively. It was found that the soil temperature of the conventional and new system was 15-19 °C and 14-15 °C, respectively. The quantities of Alstoremeria flower of the new system more than the conventional system because the soil temperature of the new system was lower. The quantities of Alstoremeria flower of Orange queen Everest and Avalang was increased of 2.5%, 23.5% and 35.1%, respectively. It was concluded that the soil temperature of the new system was lower and uniform along the plot because the copper tube has high conductivity and the single tube has a lower change of temperature.

Keywords*: *Alstoremeria*, *soil temperature*, *plant plot

1. บทนำ

อัลสโตรมีเรีย เป็นดอกไม้ที่จัดอยู่ใน 1 ใน 15 ชนิดของตลาดที่มียอดจำหน่ายสูงสุด อัลสโตรมีเรียเป็นพืชที่เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมีนาคม – พฤษภาคม เนื่องจากดอกอัลสโตรมีเรียจะต้องผ่านช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิต่ำเพื่อกระตุ้นการชักนำให้เกิดการสร้างตาดอกและพัฒนาจนกระทั่งสามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วงดังกล่าว ดังนั้นการศึกษาเทคนิคการลดอุณหภูมิของดินให้อยู่ในระดับที่พืชต้องการจึงเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตของดอกอัลสโตรมีเรียให้มีคุณภาพในช่วงที่ตลาดต้องการได้อย่างต่อเนื่องและยาวนานขึ้นกว่าเดิม ฉะนั้นพื้นที่ที่ปลูกอัลสโตรมีเรียได้ดีจะต้องเป็นพื้นที่ที่มีอากาศเย็ น และ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไป เพื่อการออกดอก ที่สมบูรณ์และเมื่อนำไปใช้งานจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน โดยเฉลี่ยหนึ่งช่อจะมีดอกบาน 5-6 ดอก และดอกย่อยอีก 5-6 ดอก

จากการศึกษาแปลงปลูกดอกอัลสโตรมีเรียของมูลนิธิโครงการหลวงฯดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าแปลงปลูกดอกจะใช้การแลกเปลี่ยนความร้อนภายในถังน้ำเย็นผ่านท่อน้ำเย็นซึ่งเป็นท่อเหล็ก และจัดวางในแปลงปลูกที่มีลักษณะไปและกลับทั้งสามแปลงเพียงชุดเดียว ทำให้อุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือ ช่วงแรกของท่อน้ำเย็นอุณหภูมิต่ำกว่าจะทำให้การเจริญเติบโตของอัลสโตรมีเรียดีกว่า ขณะเดียวกันวัสดุที่เลือกใช้เป็นท่อเหล็ก ทำให้เกิดสนิมและตะไคร่น้ำอุดตันภายในท่อ ทำให้แลกเปลี่ยนความร้อนได้ไม่ดีเมื่อระยะการใช้งานนานขึ้น

ดังนั้นการศึกษานี้ จึงมีแนวคิดและออกแบบการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในแปลงปลูกในลักณะท่อแยกในแต่ละแปลง และใช้ท่อทองแดงเป็นท่อน้ำเย็น จะทำให้สามารถลดอุณหภูมิดินได้มากกว่า

แบบเดิม เนื่องจากท่อทองแดงมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงกว่า และเพื่อลดการเกิดสนิมและตะไคร่น้ำในท่ออีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบและปรับปรุงระบบการแลกเปลี่ยนสำหรับแปลงปลูกดอกอัลสโตรมีเรีย

2.2 เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบปริมาณการออกดอกอัลสโตรมีเรียระหว่างแปลงปลูกเดิมและแปลงปลูกที่ปรับปรุง

3. ขอบเขตการศึกษา

3.1 ขนาดแปลงปลูก กว้าง 2 เมตร ยาว 16 เมตร จำนวน 3 แปลง

3.2 ใช้ท่อทองแดงเป็นท่อน้ำเย็น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 28 มิลลิเมตร

3.3 ควบคุมอุณหภูมิแปลงปลูกที่ 10-16 องศาเซลเซียส

3.4 ความจุถังน้ำเย็น 1600 ลิตร

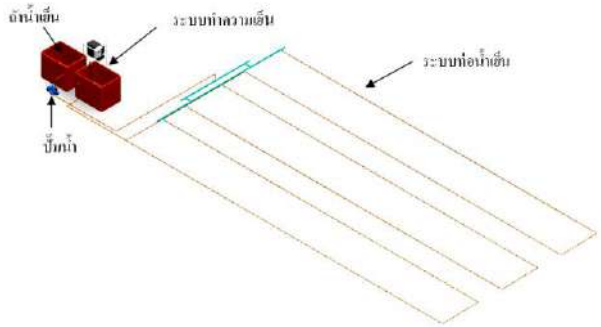
3.5 วัดอุณหภูมิดินด้วยเทอร์โมมิเตอร์

3.6 โรงเรือนเป็นแบบหลังคาพลาสติกที่พรางแสงด้วยตาข่ายขนาด 70 เปอร์เซ็นต์

4. หลักการและทฤษฎี

4.1 หลักการทำงาน

การทำงานชุดควบคุมอุณหภมิดินของแปลงดอกอัลสโตรมีเรีย เริ่มทำงาน โดยเปิดระบบทำความเย็นทำให้น้ำในถังน้ำเย็นมีอุณหภูมิที่ 0-5 องศาเซลเซียส ปั๊มน้ำทำหน้าที่สร้างอัตราการไหลให้กับน้ำจากถังน้ำเย็นไปยังท่อภายในแปลงปลูก เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับดิน เมื่อน้ำในท่อน้ำเย็นแลกเปลี่ยนความร้อนกับดินทำให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้น น้ำจะไหลกลับสู่ถังน้ำเย็น เพื่อทำอุณหภูมิให้ต่ำลงอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 1.



รูปที่ 1. ชุดควบคุมอุณหภมิดินของแปลงดอกอัลสโตรมีเรีย

4.2 ดอกอัลสโตรมีเรีย

อัลสโตรมีเรีย (Alstroemeriapelegrina) มีชื่อสามัญว่า Peruvian Lily หรือ Inca Lily จัดอยู่ใน Family Alstroemeriaceae เป็นดอกไม้ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และจัดอยู่ใน 1 ใน 15 ชนิดของตลาดประมูลในเนเธอร์แลนด์ที่มียอดการจัดจำหน่ายสูงที่สุด อัลสโตรมีเรียเป็นพืชที่ชักนำให้เกิดตาดอกได้ในสภาพที่อุณหภูมิของวัสดุปลูกเย็นอย่างสม่ำเสมอ จะออกดอกก็ต่อเมื่อได้รับความเย็นมากระตุ้นระยะหนึ่ง ฉะนั้นพื้นที่ที่จะปลูกอัลสโตรมีเรียได้ดี จะต้องเป็นพื้นที่ที่มีอากาศเย็นในฤดูหนาว คือ มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1 ,000 เมตรขึ้นไป เพื่อที่การออกดอกจะมีความสมบูรณ์



รูปที่ 2. ดอกอัลสโตรมีเรีย

4.3 ทฤษฎีการส่งถ่ายความร้อน

การส่งถ่ายความร้อน เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยความร้อนจะเคลื่อนที่จากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังแสดงในสมการ (1)

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p (T_e - T_i) \quad (1)$$

เมื่อ $\dot{Q}$ คือ อัตราการส่งถ่ายความร้อน (W)

$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)

C_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (J/kg °C)

T_i คือ อุณหภูมิทางเข้าของน้ำ (°C)

T_e คือ อุณหภูมิทางออกของน้ำ (°C)

5. อุปกรณ์และการทดสอบ



(ก) การเตรียมแปลงปลูก



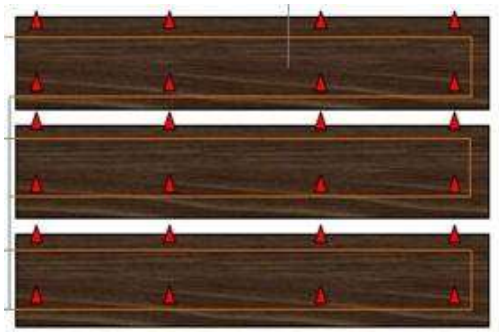
(ข) การจัดวางท่อน้ำเย็นภายในแปลงปลูก



(ค) การติดตั้งท่อแยก

รูปที่ 3. การเตรียมแปลงปลูกและติดตั้งท่อน้ำเย็น

จากรูปที่ 3 (ก) เป็นการเตรียมแปลงปลูก โดยขุดหน้าดินเป็นร่องลึกประมาณ 50 เซนติเมตร ตามความยาวของแปลงปลูก และในแต่ละแปลงปลูกจะมี 2 ร่อง สำหรับท่อน้ำเย็นไปและกลับ รูปที่ 3 (ข) แสดงการจัดวางท่อน้ำเย็นภายในแปลงปลูก เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อแดง 28 มิลลิเมตร และเชื่อมต่อท่อทองแดงในแต่ละแปลงปลูกด้วยข้องอ 90 องศา รูปที่ 3 (ค) แสดงการติดตั้งท่อสำหรับแยกการไหลของน้ำเย็นในแต่ละแปลงปลูก ซึ่งในแต่ละแปลงปลูกจะมีท่อน้ำเย็นไหลไปและกลับ



รูปที่ 4. ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิดินในแปลงปลูก

จากรูปที่ 4 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิดินในแปลงปลูก รวมทั้งหมด 24 จุด ด้วยดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ ในแต่ละแปลงปลูกจะวัดอุณหภูมิทั้งหมด 8 จุด แบ่งเป็นท่อไปและกลับท่อละ 4 จุด โดยจะเก็บข้อมูล 2 เวลา คือ เวลา 08.00 น. และ 17.00 น. ติดต่อกัน 14 วัน เปรียบเทียบผลระหว่างแปลงปลูกเดิมกับแปลงปลูกใหม่ แยกตามชนิดของดอกอัลสโตรมีเรีย จำนวน 3 สายพันธ์ คือ Orange queen Avalange และ Everest

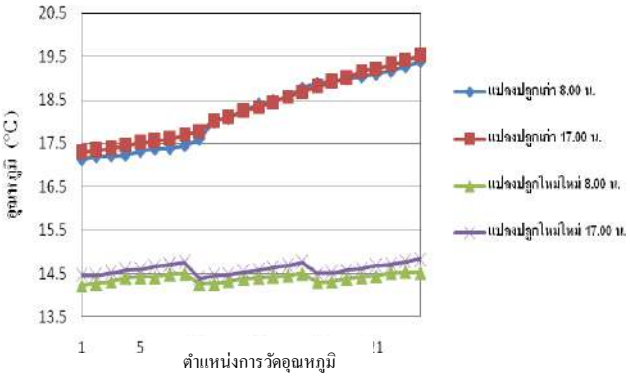
5. ผลและการวิเคราะห์



(ก) แปลงปลูกเดิม **(ข)** แปลงปลูกใหม่

รูปที่ 5. เปรียบเทียบดอกอัลสโตรมีเรียพันธุ์ Orange queen

รูปที่ 5. แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการออกดอกของดอกอัลสโตรมีเรียพันธุ์ Orange queen ระหว่างแปลงปลูกเดิมและแปลงปลูกใหม่ รูปที่ 5 (ก) แสดงปริมาณดอกของดอกอัลสโตรมีเรียกรณีแปลงปลูกเดิม ขณะที่รูปที่ 5 (ข) แสดงปริมาณดอกของดอกอัลสโตรมีเรียกรณีแปลงปลูกใหม่ พบว่าปริมาณการออกดอกของแปลงปลูกใหม่มากกว่าแปลงปลูกเดิมอย่างเห็นได้ชัด และพบว่าปริมาณการออกดอกมีลักษณะเหมือนกันทั้ง 3 สายพันธุ์ กล่าวคือ ปริมาณการออกดอกของแปลงปลูกใหม่ของสายพันธุ์ Orange queen Avalange และ Everest เพิ่มขึ้น 27. 5% 35. 1% และ 23.5 % ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิดินที่ต่ำกว่ามีผลทำให้ปริมาณดอกอัลสโตรมีเรียเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 6. เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ตำแหน่งการวัดต่างๆ

จากรูปที่ 6. เปรียบเทียบจุดวัดอุณหภูมิระหว่างแปลงปลูกเดิมและแปลงปลูกใหม่ทั้ง 3 แปลงปลูกรวม 24 จุด ในช่วงเวลา 8.00 น. และ 17.00 น. พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแปลงปลูกใหม่คือ 14.5 °C ขณะที่อุหภูมิเฉลี่ยของแปลงปลูกเดิมคือ 18.5 °C แสดงว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแปลงปลูกใหม่ต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแปลงปลูกเดิม 21.6 % และเมื่อพิจารณาแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ พบว่ากรณีแปลงปลูกเดิมอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆตามจุดวัดอุณหภูมิภายในแปลง กล่าวคืออุณหภูมิต่ำสุดที่จุดวัดที่ 1 และสูงสุดที่จุดวัดสุดท้าย เนื่องจากแปลงปลูกทั้ง 3 แปลงใช้ท่อน้ำเย็นท่อเดียวกัน ดังนั้นขณะที่น้ำเย็นแลกเปลี่ยนความร้อนกับดินทำให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้นตามความยาวของท่อ ขณะที่อุณหภูมิของแปลงปลูกใหม่ใกล้เคียงกันตลอดทั้งแปลง เนื่องจากท่อน้ำเย็นของแต่ละแปลงแยกออกจากกัน จะสังเกตุเห็นว่าอุณหภูมิจุดที่ 1 9 และ 17 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของแปลงปลูกแต่ละแปลงจะมีอุณหภูมิเท่ากัน และเช่นเดียวกันอุณหภูมิจุดสุดท้ายของแต่ละแปลงจะมีค่าเท่ากันเช่นกัน ดังนั้นอุณหภูมิเฉลี่ยของแปลงปลูกใหม่จึงมีค่าต่ำกว่า นอกจากนั้นพบว่า ช่วงเวลาในการวัดอุณหภูมิ คือที่ 08.00 น. และ 17.00 น มีผลเล็กน้อยต่ออุณหภูมิภายในแปลงปลูก



รูปที่ 7. ปริมาณการออกดอกของอัลสโตรมีเรีย พันธุ์ Orange queen

รูปที่ 7. แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการออกดอกของดอกอัลสโตรมีเรียพันธุ์ Orange queen ระหว่างแปลงปลูกเดิมและแปลงปลูกใหม่ โดยเก็บข้อมูลทั้งหมด 14 วันติดต่อกัน เปรียบเทียบจำนวนดอกที่สมบูรณ์เต็มที่พร้อมเก็บเกี่ยว พบว่าปริมาณดอกของแปลงปลูกใหม่ต่อต้นมากกว่าแปลงปลูกเดิมในทุกๆวัน คือเป็นค่าเฉลี่ย 27. 5 % กรณีสายพันธุ์ Avalange และ Everest มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการออกดอกของสายพันธุ์ Avalange และ Everest ระหว่างแปลงปลูกใหม่และแปลงปลูกเดิม พบว่าปริมาณการออกดอกของแปลงปลูกใหม่มากกว่าแปลงปลูกเดิม 35.1% และ 23.5% ดังนั้นแสดงว่าการควบคุมอุณหภูมิดินให้อยู่ในช่วง 10-16 °C ส่งผลให้สามารถเพิ่มปริมาณดอกของอัลสโตรมีเรีย

6. สรุปผล

6.1 เปรียบเทียบอุณหภูมิดินเฉลี่ยของแปลงปลูกพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของแปลงปลูกเดิมคือ 18.5 °C และแปลงปลูกใหม่ คือ 14.5 °C

6.2 ปริมาณการออกดอกของอัลสโตรมีเรียพันธุ์ Orange queen Avalange และ Everest ของแปลงปลูกใหม่มากกว่าแปลงปลูกเดิม 27. 5% 35.1% และ 23.5% ตามลำดับ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ ผู้ให้การสนับสนุนด้านข้อมูล สถานที่ดำเนินการวิจัย สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ และขอขอบคุณผู้มีส่วนช่วยเหลืองานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สิทธิพร ใหญ่ธนายศ, “การถ่ายเทความร้อน”, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.

[2] วอร์คเกอร์จี, “อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในงานอุตสาหกรรม”, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพ, 2542

[3] วิโรจน์ ลิ่มตระการ, “กลศาสตร์ของไหล”, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ , มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2555.

[4] มูลนิธิโครงการหลวง, Web site: http://www.rpf.or.th

[5] ข้อมูลดอก, Alstoemeria.Web site: http://student.nu.ac.th/sangtawan

[6] การปลูกและการดูแลรักษาดอก Alstoemeria, Web site: http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/4-5/no03-24/plook_alstro.html

[7] บัณฑิต นุชนิยม, “การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการฆ่าเชื้อโรคในดินด้วยพลังงานแสงอาทิตย์” ภาควิชาคณิตศาสตร์, คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[8] วัชระ เพิ่มชาติ, “การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ดินเป็นตัวระบายความร้อนทิ้งของเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย” ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[9] กุสุมณ สมัครค้า, “การพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อนกับดินเพื่อใช้ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์” ภาควิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ เกษตร คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[10] จักรวาล บุญหวาน, “การควบคุมอุณหภูมิดินเพื่อการเพาะกล้าไม้เบญจมาศ” ภาควิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ เกษตร คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ชุดทดลองการควบคุมอุณหภูมิ

Temperature Control Experimental Set

ณัฐพงศ์ แพน้อย[1] และ พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร[2]

ภาควิชาวิศวกรรมระบบวัดคุมและเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

E-mail: pnattapo@mut.ac.th[1] , pisit@mut.ac.th[2]

บทคัดย่อ

ระบบควบคุมอุณหภูมิถูกออกแบบขึ้นเพื่อใช้สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีในห้องปฏิบัติการระบบควบคุม แบบจำลองกระบวนการประกอบด้วยท่อที่ติดตั้งฮีตเตอร์เพื่อเป็นตัวขับเร้า วงจรชอบเปอร์อย่างง่ายที่ใช้มอสเฟตถูกใช้เพื่อควบคุมพลังงานไฟฟ้าของฮีตเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีดาต้าแอคคูสซิชั่นฮาร์ดแวร์ถูกใช้เป็นตัวควบคุมแบบดิจิตอลและตัวควบคุมสร้างขึ้นโดยโปรแกรม LabVIEW ในระบบที่นำเสนอพารามิเตอร์ตัวควบคุมสามารถปรับตามค่าโดยผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้แบบกราฟิคของโปรแกรม LabVIEW จากผลการทดลองที่คำสั่ง 70°C ตามวิธีการควบคุมแบบจำลองภายในให้ผลตอบสนองการพุ่งเกิน 13% ด้วยค่าเวลาเข้าที่ 125 วินาที ส่วนการปรับตัวควบคุมด้วยวิธีการปรับแบบซิกเลอร์และนิโคลให้ผลตอบสนองการพุ่งเกิน 35% ด้วยเวลาเข้าที่ 75 วินาที ย่านการควบคุมของระบบอยู่ระหว่าง 35°C - 70°C

Abstract

A temperature control experimental set is designed to used for an undergraduate student in control system laboratory. A plant model consists of a tube with a heater that is installed as an actuator. A simple MOSFET chopper circuit is used for controlling an electrical energy of the heater. A Computer with data acquisition hardware is used to be a digital controller and the controller is implemented using LabVIEW program. In the proposed system, the controller parameters can be adjusted by using a graphical user interface of LabVIEW. From the experimental results at 70°C setpoint , by using internal model control tuning method, the overshoot response is 13% with 125 s settling time. By using Ziegler Nichols tuning method, the overshoot response is 35% with 75 s of settling time. The control range of the system is 35°C to 70°C.

***Keywords*:** temperature control system, controller tuning, IMC

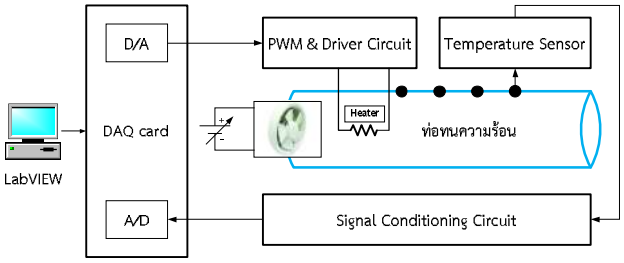
1. บทนำ

ปัจจุบันระบบการวัดและควบคุมแบบอัตโนมัติได้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยระบบเหล่านี้จะใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บข้อมูล, ควบคุมและแสดงสภาวะการทำงานของระบบ [1]-[2] ซึ่งความสามารถของคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีค่อนข้างสูง ไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการแสดงผลและสามารถประมวลผลด้วยความเร็วสูงทำให้กระบวนการผลิตที่ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมมีความสะดวกในการใช้งานและมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมระบบควบคุมมักจะเริ่มจากการเรียนรู้ด้านทฤษฎีโดยมุ่งเน้นไปในการวิเคราะห์ระบบเพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของระบบที่มีการนำเสนอผ่านสมการทางคณิตศาสตร์ทั้งโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ จากนั้นก็เป็นขั้นตอนของการเรียนรู้การออกแบบตัวควบคุมอันเป็นการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่จะใช้ควบคุมระบบ เพื่อให้เข้าใจผลการออกแบบระบบได้ดียิ่งขึ้นจะมีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองระบบควบคุมเพื่อเป็นการตรวจสอบสิ่งที่ได้วิเคราะห์และออกแบบว่าสอดคล้องกับผลการจำลองหรือไม่ [3] อย่างไรก็ตามการเรียนรู้การออกแบบระบบควบคุมก็เช่นเดียวกับการทดลองในแขนงวิชาอื่นๆของสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ต้องมีการฝึกฝนทั้งทางทฤษฎีและการทดลองกับระบบจริง [4] เพื่อให้เห็นการทำงานระบบจริงที่อาจมีข้อจำกัดบางอย่างในทางปฏิบัติ

ดังนั้นในบทความนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบสร้างชุดทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิโดยมุ่งเน้นในเรื่องของการปรับค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุม โดยการทดลองจะต้องให้ระบบมีฟังก์ชันถ่ายโอนที่แตกต่างกันเพื่อให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มนั้นมีระบบที่จะควบคุมแตกต่างกัน ดังนั้นคุณสมบัติประการหนึ่งของชุดทดลองที่จะทำการออกแบบก็คือต้องสามารถปรับเปลี่ยนฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบได้ นอกจากนั้นยังมีการใช้คอมพิวเตอร์ร่วมกับดาต้าแอคคูสซิชั่นฮาร์ดแวร์ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมและส่วนติดต่อผู้ใช้เพื่อเป็นช่องทางในการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมโดยทั้งหมดนี้ทำงานบนโปรแกรม LabVIEW ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในอุตสาหกรรมต่างๆซึ่งเป็นผลดีต่อผู้เรียนอีกประการหนึ่ง

2. โครงสร้างระบบที่นำเสนอ

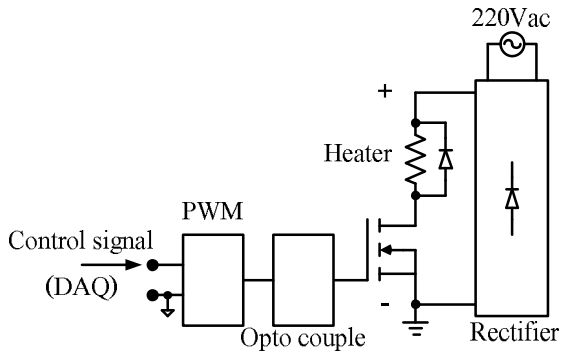
ชุดทดลองการควบคุมอุณหภูมิที่สร้างขึ้นมีไดอะแกรมดังในรูปที่ 1 โดยเป็นการควบคุมอุณหภูมิภายในท่อทนความร้อนที่มีแหล่งกำเนิดความร้อนเป็นฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่ต่อกับวงจรขับชนิดชอปเปอร์ที่ควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณพีดับบลิวเอ็ม ซึ่งสัญญาณพีดับบลิวเอ็มจะมีการเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลโดยการเปลี่ยนระดับสัญญาณควบคุมที่ป้อนให้กับวงจรขับฮีตเตอร์และในที่นี้ก็คือสัญญาณแอนะล็อกที่ได้จากตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก (D/A) ของการ์ด DAQ ในส่วนของสัญญาณป้อนกลับซึ่งก็คือค่าอุณหภูมิภายในท่อจะได้จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิชนิด



รูปที่ 1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของระบบที่สร้างขึ้น



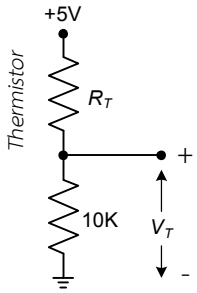
รูปที่ 2 ชุดทดลองการควบคุมอุณหภูมิที่สร้าง



รูปที่ 3 ไดอะแกรมของวงจรขับฮีตเตอร์

ที่เรียกว่าเทอร์มิสเตอร์ต่อกับตัวต้านทานค่าคงที่เป็นวงจรแบ่งแรงดันโดยแรงดันจากวงจรส่วนของเซนเซอร์วัดอุณหภูมินี้จะต่อเข้ากับวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (A/D) ของการ์ด DAQ เพื่อนำค่าที่ได้ไปแปลงเป็นอุณหภูมิเพื่อประมวลผลในการควบคุมแบบวงปิดบนโปรแกรมLabVIEW นอกจากนั้นในระบบยังมีพัดลมขนาดเล็กที่ปรับความเร็วในการหมุนของพัดลมได้ด้วยการปรับแรงดันไฟตรง ดังนั้นการที่จะให้การทดลองในแต่ละกลุ่มนั้นมีฟังชันก์การถ่ายโอนของระบบที่แตกต่างกันสามารถทำได้โดยการปรับความเร็วพัดลมที่ต่างกันและการวางตำแหน่งของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิระยะห่างจากฮีตเตอร์ที่ต่างกัน

รูปที่ 3 เป็นโครงสร้างของวงจรขับฮีตเตอร์ที่มีวงจรสร้างสัญญาณพีดับบลิวเอ็มทำงานที่ความถี่ 5 kHz และปรับความกว้างของสัญญาณด้วยค่าแรงดันไฟตรงที่ป้อนให้กับวงจรสร้างสัญญาณพีดับบลิวเอ็ม จากนั้นสัญญาณพีดับบลิวเอ็มจะส่งผ่านไปขับมอสเฟตกำลังโดยมีการแยกโดดทางไฟฟ้าระหว่างส่วนควบคุมและมอสเฟตกำลังด้วยออปโต้คัปเปลอร์ที่สามารถขับมอสเฟตได้โดยตรง



รูปที่ 4 วงจรใช้งานเทอร์มิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิ

สำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิในท่อของชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะใช้เทอร์มิสเตอร์แบบ NTC (Negative Temperature Coefficient) ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิที่เป็นลบซึ่งหมายความว่าเมื่ออุณหภูมิรอบตัวมันเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ชนิดนี้จะมีค่าลดลงโดยความต้านของเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้จะมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (1)

$$R_T = R_O e^{\beta(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_O})} \quad (1)$$

เมื่อ R_T คือค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ที่อุณหภูมิขณะวัด (Ω)

R_O คือค่าความต้านทานที่อุณหภูมิอ้างอิงในที่นี้คือ 25° C (Ω)

T คือค่าอุณหภูมิที่ใช้เทอร์มิสเตอร์วัด (K)

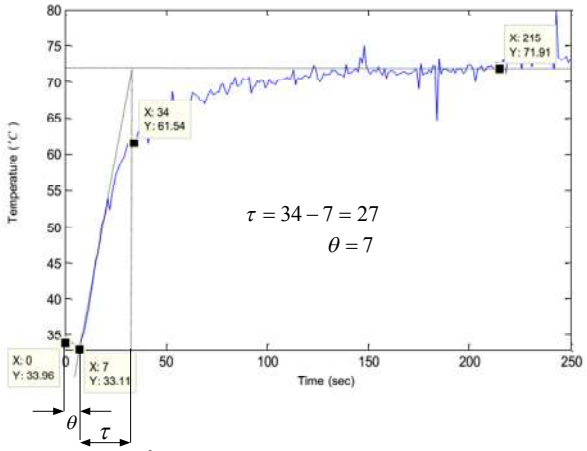
T_O คือค่าอุณหภูมิอ้างอิงมีค่าเท่ากับ 298.15 K (25° C)

β คือค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์

การต่อใช้งานเทอร์มิสเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิจะใช้วงจรแบ่งแรงดันลักษณะดังรูปที่ 4 โดยจากวงจรเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์มีค่าต่ำลงดังนั้นแรงดันเอาต์พุต V_T จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งแรงดันที่ได้จากวงจรวัดอุณหภูมิจะถูกนำไปคำนวณย้อนกลับว่าขณะนั้นค่าความต้านทานเทอร์มิสเตอร์มีค่าเท่าใดและจากค่าความต้านทานเทอร์มิสเตอร์จะใช้สมการที่ (1) เพื่อคำนวณหาว่าขณะนั้นอุณหภูมิรอบๆเทอร์มิสเตอร์มีค่าเท่าใดเพื่อใช้เป็นสัญญาณป้อนกลับในการควบคุม คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในที่นี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิคือ 4000 และมีค่าความต้านทานคือ 10K Ω ที่ อุณหภูมิ 25° C

2.1 การทดสอบระบบวงเปิด

ในส่วนนี้เป็นการทดสอบระบบขณะทำงานแบบวงเปิดเพื่อใช้ในการประมาณค่าฟังก์ชันการถ่ายโอนของระบบและเพื่อใช้ค่าที่ได้จากกราฟผลตอบสนองนั้นมาใช้ในการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม โดยในบทความนี้ทดสอบผลการทำงานของระบบต่อสัญญาณแบบขั้นบันได ในชุดทดลองที่สร้างขึ้นสามารถหาผลตอบสนองต่อสัญญาณขั้นบันได โดยการป้อนแรงดันไฟตรงให้กับอินพุตของวงจรขับฮีตเตอร์ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณพีดับบลิวเอ็มที่มีดิวตี้ไซเคิลค่าหนึ่ง จากนั้นทำการวัดค่าของอุณหภูมิเทียบกับเวลาเพื่อที่จะได้กราฟผลตอบสนองสำหรับใช้หาค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมตามวิธีการซีกเลอร์-นิโคลส์ รูปที่ 5 เป็นกราฟผลตอบสนองอุณหภูมิ-เวลาเมื่อป้อนแรงดันไฟตรง 1.448 V ให้กับชุดขับฮีตเตอร์โดยแรงดันดังกล่าวถูกสั่งออกมาจากการ์ดDAQ เพื่อให้ง่ายในการทดลองของผู้เรียนและกราฟผลตอบสนองก็ถูกวาดโดยโปรแกรมที่พัฒนาบน LabVIEW ซึ่งอ่านแรงดันจากวงจรเชื่อมต่อกับเทอร์มิสเตอร์ที่



รูปที่ 5 ผลตอบสนองของระบบแบบวงเปิด

ใช้วัดอุณหภูมิแล้วแปลงเป็นค่าอุณหูมิและพล็อตกราฟผลตอบสนองโดย จากการอ่านค่ากราฟในรูปที่ 5 จะได้ว่า

ค่าหน่วงเวลาของระบบโดยประมาณ $\theta \approx 7$ วินาที

ค่าคงตัวทางเวลา $\tau \approx 27$ วินาที

ค่าอัตราขยายไฟตรง (DC Gain)

$$K \approx \frac{\Delta T}{\text{Controlsignal}} = \frac{71.91 - 33.11}{1.448} = 26.79$$

ดังนั้นอาจประมาณฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบโดยเอาต์พุตคือค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งวัดอุณหภูมิและอินพุตคืออัญญาณควบคุมที่ป้อนที่อินพุตของวงจรขับฮีตเตอร์เพื่อสร้างสัญญาณพีดับบลิวเอ็มคือ

$$G(s) = \frac{Ke^{-\theta s}}{\tau s + 1} = \frac{26.79e^{-7s}}{27s + 1} \qquad (2)$$

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธีของซีกเลอร์-นิโคลส์

ชนิดตัวควบคุม	K_P	T_I	T_D
PI	$\frac{0.9\tau}{K\theta} = 0.085$	$\frac{\theta}{0.3} = 23.33$	-
PID	$\frac{1.2\tau}{K\theta} = 0.114$	$2\theta = 14$	$\frac{\theta}{2} = 3.5$

3. การปรับค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุม

3.1 การปรับพารามิเตอร์ตัวควบคุมด้วยวิธีซีกเลอร์-นิโคลส์

การปรับค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมแบบพีไอดีอาจทำได้หลายวิธี สำหรับวิธีซีกเลอร์-นิโคลส์แบบที่ดูผลตอบสนองต่อสัญญาณขั้นบันไดของระบบจะทำได้เฉพาะกรณีที่ระบบนั้นเป็นระบบที่มีค่าหน่วงเวลาและต้องเป็นระบบที่มีเสถียรภาพเมื่อทำงานแบบวงเปิด ในชุดทดลองที่สร้างขึ้นสามารถหาผลตอบสนองของระบบต่อสัญญาณขั้นบันไดได้ด้วยการป้อนแรงดันไฟตรงให้กับอินพุตของวงจรขับฮีตเตอร์ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณพีดับบลิวเอ็มที่มีดิวตี้ไซเคิลค่าหนึ่ง จากนั้นทำการวัดค่าของอุณหภูมิเทียบกับเวลาเพื่อที่จะได้กราฟผลตอบสนองไปใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุม จากการทดสอบระบบแบบวงเปิดดังกราฟในรูปที่ 5 และวิธีการของซีกเลอร์-นิโคลส์ [5] จะได้ค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมกรณีตัวควบคุมแบบ P, PI และ PID ดังในตารางที่ 1

3.2 การปรับพารามิเตอร์ตัวควบคุมด้วยวิธี IMC

การปรับค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมพีไอดีด้วยวิธีการ IMC(Internal Model Control) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ปรับค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมโดยมีการนำเสนองานวิจัย [6] ซึ่งเป็นวิธีการที่เป็นระบบและค่อนข้างง่ายซึ่งอาจสรุปเป็นตารางค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมพีไอและพีไอดีดังตารางที่ 2 อันเป็นค่าที่ใช้กับสำหรับระบบแบบอันดับหนึ่งที่มีค่าหน่วงเวลาอันเป็นระบบแบบเดียวกับชุดทดลองที่สร้างขึ้นในบทความนี้ดังสมการที่ (2)

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมพีไอดีด้วยวิธีการ IMC

ชนิดตัวควบคุม	K_P	T_I	T_D
PID	$\frac{\frac{2\tau}{\theta}+1}{3K} = 0.108$	$\tau + \frac{\theta}{2} = 30.5$	$\frac{\tau}{\frac{2\tau}{\theta}+1} = 3.098$

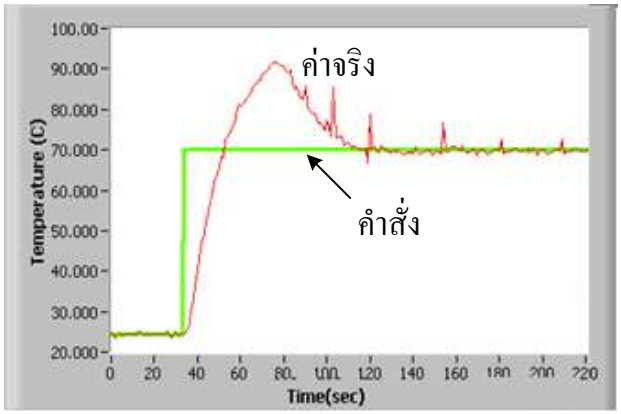
จากพารามิเตอร์ตัวควบคุมทั้งสองกรณีคือตารางที่ 1 และตารางที่ 2 สมการตัวควบคุมจะมีรูปแบบดังสมการที่ (3)

$$G_C(s) = K_P(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s) \qquad (3)$$

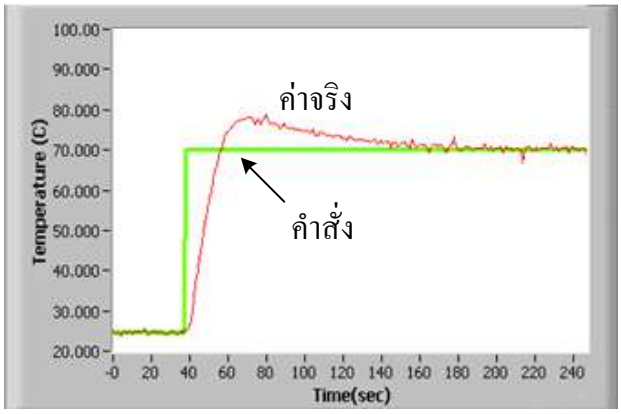
ในการสร้างตัวควบคุมบนโปรแกรม LabVIEW นั้นในบทความได้เขียนเป็นคำสั่งบนบล็อกของ LabVIEW ที่เรียกว่า Formula Node ซึ่งเขียนคำสั่งคล้ายกับชุดคำสั่งในโปรแกรมภาษาซีเพื่อคำนวณสัญญาณควบคุมโดยสมการเป็นรูปแบบของสมการผลต่าง (Difference Equation) ซึ่งเป็นปกติของการสร้างตัวควบคุมแบบดิจิตอล โดยในบทความนี้ใช้อัตราในการสุ่มเท่ากับ 1 วินาทีเนื่องจากระบบเป็นการควบคุมอุณหภูมิซึ่งไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วมากนักพิจารณาได้จากผลตอบสนองของระบบวงเปิดในรูปที่ 5

4. ผลการทดสอบระบบวงปิด

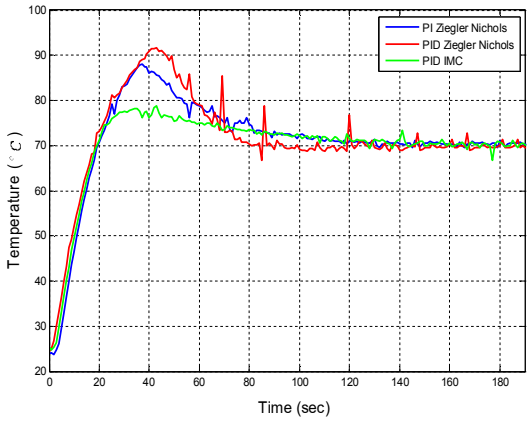
การทดสอบชุดทดลองควบคุมอุณหภูมิที่สร้างขึ้นจะทดลองโดยกำหนดค่าคำสั่งอุณหภูมิเท่ากับ 70 ºC โดยค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมจะใช้ค่าในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ซึ่งเป็นค่าตัวควบคุมตามวิธีการปรับตัวควบคุมแบบซีกเลอร์-นิโคลส์และวิธีการปรับแบบ IMC ตามลำดับ โดยในรูปที่ 6 เป็นกรณีคำสั่งเท่ากับ 70 ºC และตัวควบคุมเป็นชนิดพีไอดีที่ปรับค่าพารามิเตอร์ตามวิธีการซีกเลอร์-นิโคลส์ดังในตารางที่ 1 รูปที่ 7 เป็นผลตอบสนองการควบคุมกรณีปรับตัวควบคุมด้วยวิธีการ IMCที่มีพารามิเตอร์ตามตารางที่ 2 ซึ่งจากทั้งสองรูปพบว่าวิธีการปรับตัวควบคุมแบบซีกเลอร์-นิโคลส์จะให้ผลตอบสนองมีการพุ่งเกินมากกว่ากรณีการปรับตัวควบคุมวิธี IMC



รูปที่ 6 ผลการควบคุมที่คำสั่ง 70 ºC เมื่อใช้ตัวควบคุมพีไอดีที่ปรับพารามิเตอร์ด้วยวิธีซีกเลอร์-นิโคลส์



รูปที่ 7 ผลการควบคุมที่คำสั่ง 70 ºC เมื่อใช้ตัวควบคุมพีไอดีที่ปรับพารามิเตอร์ด้วยวิธี IMC



รูปที่ 8 ผลการควบคุมที่คำสั่ง 70 ºC เมื่อใช้ตัวควบคุมพีไอ,พีไอดีที่ปรับพารามิเตอร์ด้วยวิธีซีกเลอร์-นิโคลส์และวิธีการ IMC

จากรูปที่ 8 เป็นการนำผลตอบสนองการควบคุมกรณีใช้ตัวควบคุมพีไอ ,ตัวควบคุมพีไอดีที่ปรับค่าด้วยวิธีซีกเลอร์-นิโคลส์และตัวควบคุมพีไอดีที่ปรับค่าด้วยวิธี IMC มาเปรียบเทียบผลตอบสนองการควบคุมซึ่งจากรูปพบว่าช่วงเวลาการเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ค่าคำสั่ง 70 ºC กรณีใช้ตัวควบคุมระบบแบบ พีไอดีที่ปรับค่าด้วยวิธีซีกเลอร์-นิโคลส์ให้อัตราการพุ่งเกินเท่ากับ 28.57% โดยมีค่าเวลาเข้าที่ (Settling Time) ประมาณ 80 วินาที กรณีควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบพีไอที่ปรับตัวควบคุมด้วยวิธีซีกเลอร์-นิโคลส์ให้อัตราการพุ่งเกินเท่ากับ 25.71% มีค่าเวลาเข้าที่ประมาณ 120 วินาทีและสุดท้ายสำหรับกรณีตัวควบคุมพีไอดีที่ปรับค่าด้วยวิธี IMC ให้อัตราการพุ่งเกินเท่ากับ 11.4% โดยมีค่าเวลาเข้าที่ประมาณ 120 วินาที

5. สรุปผลการทดสอบระบบ

จากการทดลองการควบคุมอุณหภูมิด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นพบว่าสามารถใช้งานได้ง่ายและมีการแสดงผลที่สวยงามอีกทั้งง่ายในการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุม ดังนั้นจึงเหมาะสมกับการใช้งานเพื่อการเรียนรู้การปรับค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมแบบพีไอดีรวมไปถึงการเรียนรู้การออกแบบตัวควบคุมพีไอดีด้วยวิธีการอื่นๆเช่นวิธีการออกแบบเชิงความถี่ และการออกแบบด้วยวิธีเส้นทางเดินราก เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณสุรชัย เลียบใจดีที่ช่วยสร้างเครื่องต้นแบบการจัดทำแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการทดสอบวงจรต้นแบบ

เอกสารอ้างอิง

[1] Stout, Thomas M.; Williams, T.J., "Pioneering work in the field of computer process control," *Annals of the History of Computing, IEEE* , vol.17, no.1, pp.6-18, Spring 1995

[2] Swain, N.K.; Anderson, J.A.; Ajit Singh; Swain, M.; Fulton, M.; Garrett, J.; Tucker, O., "Remote data acquisition, control and analysis using LabVIEW front panel and real time engine," *SoutheastCon, 2003. Proceedings. IEEE* , vol., no., pp.1,6, 4-6 April 2003

[3] Vinay, T., "Computer aided laboratory in digital control," *Multi Media Engineering Education, 1996., IEEE International Conference on* , vol., no., pp.253-259, 3-5 Jul 1996

[4] Chandrasekara, C.; Davari, A., "Experiments for the undergraduate control laboratory," *System Theory, 2004. Proceedings of the Thirty-Sixth Southeastern Symposium on* , vol., no., pp.488-491, 2004

[5] Dale E. eborg, Duncan A.,Mellichamp, Thomas F. Edgar and Francis J. Doyle, "Process Dynamics and Control", John Wiley & Sons, Inc.,2011

[6] S. Skogetad, "Simple analytic rule for model reduction and PID controller design", J.Proc.Control, Vol. 13, pp.291-309,2003

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การวิเคราะห์เสียงเคาะเพื่อประเมินคุณภาพการสุกของผลไม้แตงโมด้วยความถี่เสียง

Tapping Sound Analysis for Determining Maturity Stage of Watermelon using Frequency Response

เกษรินทร์ ชาวเกวียน[1*], เสาวนีย์ สันติวงศ์[1], มนตรี โพธิโสโนทัย[2] และ วรพล ลีลาเกียรติกุล[3]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

[2] Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo ,Japan

[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

E-mail:ketch.2556@gmail.com[1], saowanee_99@hotmail.com[1], montri@fennel.rcast.u-tokyo.ac.jp[3],worapphon@mut.ac.th[4]

บทคัดย่อ

ในประเทศไทยก่อนที่จะทำการส่งออกหรือทำการขายผลไม้ เช่น ทุเรียน หรือ แตงโม ต้องมีกระบวนการในการตรวจสอบคุณภาพก่อน หนึ่งในวิธีการตรวจสอบที่นิยมกันคือการเคาะที่เกิดจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของชาวไทย ซึ่งวิธีการนี้สามารถตรวจสอบว่าผลไม้ดิบหรือสุกได้ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้จะต้องใช้บุคคลที่มีประสบการณ์และมีความเชี่ยวชาญ ดังนั้นการศึกษานี้จึงเสนอวิธีการแบบไม่ทำลายอย่างง่าย โดยใช้การวิเคราะห์เสียงเคาะ ในการทดลองนี้ใช้กับแตงโม(สายพันธุ์กินรี) ในบทความนี้จะทำการศึกษาและวิเคราะห์ระดับความสุกดิบของแตงโม โดยการใช้โมโครโฟนเพื่อรับเสียงจากการเคาะเพื่อหาต้นแบบเสียง หลังจากนั้นจึงนำต้นแบบเสียงมาวิเคราะห์โดยการนำเทคนิคของการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT) เพื่อหาช่วงความถี่ที่ตอบสนองมีสูงสุด F_{max} ของสเปกตรัมแถบความถี่ทุกช่วง ในการทดลองใช้แตงโมกินรีทั้งหมด 200 ลูก น้ำหนักระหว่าง 2 – 4 กิโลกรัม เพื่อนำมาวิเคาะห์เสียงด้วยฟังก์ชันมวลความน่าจะเป็น (Probability density function: PDF) และวิธีหาค่าตัดสินใจที่เหมาะสมด้วยทฤษฎีการตัดสินใจแบบเบยส์ (Bayesian decision theory) จากการทดลองพบว่าช่วงโดเมนความถี่ที่เป็นค่าการตัดสินใจที่เหมาะสมของแตงโมดิบ คือช่วงความถี่ที่ F_{max} เท่ากับ 32 เฮิร์ซ เป็นค่าการตัดสินใจที่เหมาะสมของแตงโมสุกดิบ จากการวัดค่าความถูกต้องโดยเฉลี่ยรวมความถูกต้องที่ 73.5% โดยการแบ่งเป็นค่าความถูกต้องของแตงโมดิบที่ 77 % และค่าความถูกต้องของแตงโมสุกที่ 70 %

คำสำคัญ: เสียงเคาะ, ผลไม้, ความสุก, แตงโมง, การตอบสนองความถี่

Abstract

In Thailand, before exporting or selling the fruits such as durian or watermelon, checking process to determine its maturity must be required. The tapping method is a popular way due to it is a traditional knowledge of Thai people for long time, this method can be able to check whether the fruit is maturity or immaturity. However, this method requires more experiences and only experts can do. Therefore, this study proposes a simple non-destructive method by using tapping sound analysis for determining maturity stage of watermelon ("Kinari" species). The tapping sound was digitally recorded through microphone by sampling rate of 44,100 Hz with 16-bit resolution. In our experiment, we collected 200 Kinari watermelons their weight 2-4 kg. for tapping and analyzing. Then, the signal processing technique on frequency domain, i.e., Fast Fourier Transform (FFT), has been applied to determine peak, F_{max} of spectral magnitude. To determine the optimal threshold, we propose two approaches, i.e., probability density function (PDF) and Bayesian decision theory. The experimental results shown that the optimal decision value: F_{max} = 32 Hz to be suggested as a hard threshold. By applying this threshold, the obtained accuracy rate of 70% and 77% for mature and immature Kinari watermelons, respectively.

Keywords: Tapping sound, Fruit, Maturity, Ripeness, Watermelon, Frequency response

1. บทนำ

ปัจจุบันแตงโมสดเป็นผลไม้ที่ขายในประเทศไทยและส่งออกไปขายยังต่างประเทศชนิดหนึ่งที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทย จากสถิติการส่งออก ปี พ.ศ 2553 มีมูลค่าการส่งออก 3,220 ล้านบาท ปี พ.ศ 2554 มีมูลค่าการส่งออก 2,554 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2555 มีมูลค่าการส่งออก 2,134 ล้านบาท (สถิติสินค้าการเกษตรไทยกับต่างประเทศ,สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) จะเห็นได้ว่าแตงโมเป็นสินค้าการเกษตรที่มีการส่งออกลดลงเรื่อยๆ สาเหตุเกิดจากสินค้าไม่มีคุณภาพและไม่มีมาตรฐานรองรับ ดังนั้นทางสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงกำหนดมาตราฐานแตงโมเพื่อพัฒนาคุณภาพและความปลอดภัย เพื่อสร้างความเชื่อถือให้เป็นที่ยอมรับทั้งในประเทศและการค้าระหว่างประเทศ (ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 129 ตอนพิเศษ 173 ง วันที่ 16 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2555) อีกทั้งแตงโมเป็นสินค้าเกษตรที่ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตมาก จึงต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แตงโมเป็นผลไม้ที่ไม่สามารถมองเห็นจากเปลือกภายนอกได้ว่าแก่หรือสุกแล้ว อย่างเช่น มะม่วง ที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อสุกแล้ว หรือผลไม้ชนิดอื่นๆ ดังนั้นจึงเกิด วิธีที่ใช้ในการตรวจสอบแตงโมมีอยู่หลายวิธีจึงจะสามารถเก็บผลหรือส่งขายสู่ผู้บริโภคและตลาดได้โดยวิธีที่ใช้กันทั่วไปคือ การใช้วิธีการนับจำนวนวันเพื่อเก็บผลแตงโม แต่บางครั้งอาจมีความคลาดเคลื่อนตามสภาพอากาศทำให้ความสุกของแตงโมผิดเพี้ยนไป หรือใช้วิธีในการสังเกตที่ขั้วของผลแต่

บางครั้งผลแตงโมอาจจะเน่าหรือเป็นเนื้อทราย ไม่เหมาะกับการรับประทาน และอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ตรวจสอบคือการเคาะที่ผลแตงโมเพื่อฟังเสียงสะท้อนกลับหลังจากนั้นจึงจะประมวลผลจากผู้เคาะว่าแตงโมแก่หรือสุกพอดีหรือไม่ หรือเป็นเนื้อทรายการประมวลผลที่เกิดจากการสะสมประสบการณ์ เรียนรู้ ทำซ้ำอยู่บ่อยๆ ของชาวสวน ทั้งนี้ทั้งนั้นผู้เคาะที่จะทำการเคาะเพื่อฟังเสียงได้จะต้องอาศัยประสบการณ์และร่างกายพร้อมในการับฟังเสียงจึงจะได้ผลใกล้เคียงความถูกต้องที่สุกพอดี และบางครั้งในขณะที่ทำการเคาะผลแตงโมนั้น อาจจะเกิดเสียงแทรกซ้อนทำให้ได้ยินเสียงผิดเพี้ยน ส่งผลให้การวิเคราะห์และการประมวลผลเกิดความผิดพลาด และคาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้

1.1 พื้นฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1.1 [8]การแปลงฟูเรียร์ แบบเร็ว (Fast Fourier transform) : เรียกย่อว่า FFT ซึ่งจะทำให้การคำนวณการแปลงฟูเรียร์เต็มหน่วย (Discrete Fourier Transform : DFT) ใช้การคูณจำนวนเชิงซ้อนเพียง $NLog_2N$ ครั้งเท่านั้น หรือทำให้จำนวนครั้งในการคูณตัวเลขลดลงไปถึง $N(Log_2N)$ เท่า การแปลงฟาสฟูเรียร์แบบเร็วดังสมการที่ 1. จะมีการคำนวณคล้ายกับการแปลงฟูเรียร์เต็มหน่วย แต่การแปลง

ฟาสฟูเรียร์แบบเร็วจะมีวิธีการในการจัดแบ่งข้อมูล แล้วทำการคำนวณซึ่งจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจะต้องเป็นค่าสองยกกำลัง n หรือ $(2n)$ โดยที่ n เป็นจำนวนเต็มบวก และ $x(n)$ คือข้อมูลที่ได้จากการยกตัวอย่าง (sampling) กำหนดให้การแปลงฟาสฟูเรียร์แบบเร็วคือ $X(k)$ ช่วยลดเวลาในการคำนวณดังนี้

$$X(k)=\sum_{n=0}^{N-1}x(n)e^{-j2\pi nk/N} \text{ เมื่อ } k=0,1,\ldots N-1 \qquad (1)$$

$$X(k)=\sum_{n=1}^{N}x(n)e^{-j2\pi(k-1)(\frac{n-1}{N})} \text{ เมื่อ } k=1,2,\ldots N \qquad (2)$$

เมื่อทำการเลื่อนค่า n ไปหนึ่งค่าโดยเริ่มที่ $n = 1$ จะมีผลลัพธ์เป็นดังสมการที่ 2 ในการทดลองนี้กำหนดให้ $N = 4,096$ จุด

1.1.3 [2][3]การตรวจวัดความสุกของผลไม้ : พบว่ามีวิธีการตรวจวัดความสุกของผลไม้สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ 1) การตรวจวัดความสุกของผลไม้แบบทำลาย คือ การใช้แรงกดก้าน , การอบแห้งทางเคมี 2) การตรวจวัดความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลาย คือ แบบไมโครเวฟ ,แบบอุลตร้าโวนิกส์, แบบเสียง,แบบสั่นสะเทือน ,แบบจมูลอิเล็กทรอนกส์ ซึ่งวิธีการตรวจวัดแบบทำลายนั้นต้องผ่านกระบวนการที่ทำให้ผลไม่เสียรูปทรงไปจากเดิม เช่น การแกะ การกด การตัด เป็นต้น วิธีการนี้ไม้สามารถนำผลไม่ที่ผ่านการตรวจวัดความสุก แล้วไปใช้ในการรับประทานหรือนำไปจำหน่ายได้อีก จึงเกิดการใช้วิธีการตรวจวัดความสุกของผลไม่แบบไม่ทำลายซึ่งวิธีการนี้ จะไม่ทำให้ผลไม่ที่ผ่านการตรวจวัดยังคงสภาพรูปทรงเดิม เช่น การเคาะ การสั่น การดม และยังมีการตรวจสอบความสุกของแตงโมโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ(RGB)และระบบตรรกศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบและกำหนดระดับความสุกของแตงโม เป็นต้น ผลไม้ที่ผ่านวิธีการนี้สามารถนำไปรับประทานหรือจำหน่ายได้ ดังนั้นวิจัยนี้ จึงได้เลือกวิธีการตรวจวัดแบบไม่ทำลาย ด้วยการประมวลผลแบบการเคาะเสียง

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

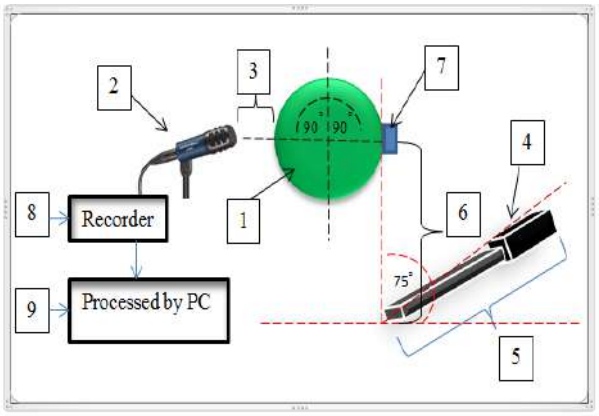
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของการพัฒนาเทคนิควิธีการตรวจวัดระดับความสุกดิบของผลไม้ดังนี้[6] S.Trirongjitmoah และคณะ ได้นำเสนอวิธีวัดความสุกของสับปะรดด้วยจมูลอิเล็กทรอนิกส์(Electronic Nose) วิธีนี้ต้องอาศัยห้องเก็บผลไม้ที่เหมาะสมและมีการติดตั้งจมูกอิเล็กทรอนิกส์ไว้ แต่วิธีนี้ต้องใช้ระยะเวลาการประมวลผลนานเนื่องจากต้องรอให้ผลไม้เปลี่ยนสภาวะสารเคมีเพื่อเปลี่ยนกลิ่นระหว่างผลสุกและดิบ คุณ[4] M. Rabdullah และคณะได้ศึกษาข้อมูลของความสุกแตงโมเนื้อแดงจะกำหนดโดยใช้สเป็กโตรมิเตอร์และสถิติแพ็คเกจสำหรับสังคมศาสตร์(SPSS) โดยการวัดความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของการสะท้อนเพื่อระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากความสุกแตงโมแต่ละระดับและความยาวคลื่นแสงมีความสัมพันธ์กัน คุณ[7] S.Kongrattanaprasert และคณะได้นำเสนอกระบวนการเพื่อวัดความสุกของทุเรียนแบบไม่ทำลายโดยใช้แรงสั่น (vibration) ซึ่งกระบวนการนี้ให้ค่าความแม่นยำถึง 80-90% จะเห็นได้ว่าเกิดความผิดพลาดได้ถึง20% อาจเนื่องมาจากในการทดลองด้วยแรง สั่น (vibration) เกิดจากขั้วของทุเรียนอาจหักไปแต่ละพูของทุเรียนอาจไม่สมบูรณ์ ในการทดลองได้ทำการยิงเลเซอร์ดอบเปอร์(laser Doppler) เกิดจากร่องหนามของทุเรียนอาจแคบเกินไป[4] คุณ A. Terdwongwarakul และคณะได้นำเสนอวิธีการวัดความสุกของทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยใช้ความถี่ธรรมชาติ(Resonant Frequency) ด้วยการใช้ไม้เคาะบนผลทุเรียนขณะพัฒนาจากทุเรียนอ่อนจนกระทั่งแก่บนต้น เพื่อหา ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความถี่ธรรมชาติ พบว่าทุเรียนที่มี อายุเท่ากันแต่น้ำหนักเบาจะให้ความถี่สูงกว่าทุเรียนน้ำหนักมากและทุเรียนเมื่อมีอายุมากขึ้นความถี่ทางธรรมชาติจะลดลงด้วย แต่ยังต้องศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อความแก่ของทุเรียนเพิ่มขึ้นเช่น ฤดูกาล การดูแลสวน เป็นต้น[1] คุณ S. Saimek และคณะได้นำเสนอการศึกษาการวัดความสุกของทุเรียนพันธ์ชะนีด้วยสัญญาเสียงเคาะ โดยใช้สัญญาการสั่นสะเทือนของเสียงเปลี่ยนเป็นสัญญานไฟฟ้า ซึ่งรับมาจากไมโครโฟนเสียงที่เกิดจากการเคาะทุเรียนนั้นจะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น ความถี่ของสัญญาณเสียงก็จะลดลง เนื่องมาจากเกิดช่องว่างระหว่างเนื้อทุเรียนและเปลือกมากขึ้น ความหนาแน่นของทุเรียนลดลง [2,3] คุณ ธีรพล ผลิตวานนท์ และคณะได้นำเสนอวิธีการตรวจวัดระดับความสุกดิบของผลไม้แบบไม่ทำลายด้วยการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ ด้วยการสร้างเครื่องเคาะที่สามารถกำหนดขนาดของแรงในการเคาะและตำแหน่งในการเคาะคงที่ พบว่า เครื่องสามารถแยกระดับความสุกของผลไม้ทั้งสองประเภท ทั้งทุเรียนและสับปะรดโดยผลความถูกต้องเฉลี่ย 86.4 เปอร์เซ็นต์ แต่เครื่องจะต้องใช้ผลไม้ที่มีขั้วแข็งแรง คุณสโรช ไทรเมฆ และคณะ ได้นำเสนอการวิเคราะห์ความสุกของทุเรียนโดยใช้ฟาสฟูเรียร์ทรานฟอร์ม พบว่าแนวโน้มความถี่ของเสียงทุเรียนลดลงตามระยะเวลาหลังเก็บเกี่ยวแต่ปัญหาที่พบคือสัญญาณเสียงที่บันทึกของทุเรียนดิบมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าของสัญญารบกวนและ

การกำจัดสัญญาณรบกวนทำได้เพียงระดับหนึ่งเพื่อป้องกันความผิดเพี้ยนของสัญญาน

3. วิธีที่นำเสนอ

ในบทความนี้จะนำเสนอวิธีการตรวจสอบระดับความสุกดิบของแตงโมแบบไม่ทำลายคือวิธีการเคาะที่ผลแตงโม ซึ่งเป็นวิธีที่มาจากความรู้ท้องถิ่นสืบทอดกันมานานและเก็บต้นแบบเสียงมา วิเคราะห์หาความถี่สูงสุด เพื่อหาช่วงของความถี่โดเมน โดยนำทฤษฎีการแปลงฟาสฟูเรียร์แบบเร็ว(FFT)และใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยประมวลผล โดยจะแบ่งวิธีการ เป็น 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนวิธีการเก็บเสียง

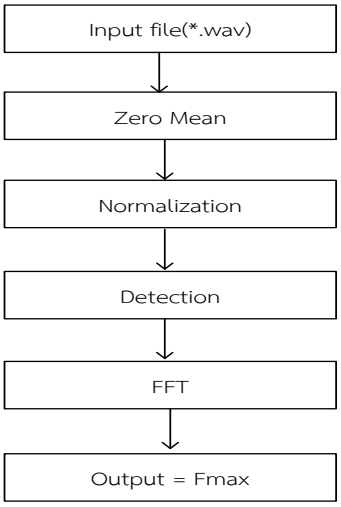


รูปที่ 1. แผนภาพองค์ประกอบวิธีบันทึกเสียง

ขั้นตอนวิธีการและอุปกรณ์ในการเก็บเสียงเคาะแตงโม มีดังนี้

หมายเลข 1 คือแตงโม ในการทดลองนี้ใช้แตงโมพันธุ์กินรี น้ำหนักขนาด 2 - 4 kg. คละน้ำหนักกัน แตงโมดิบจำนวน 100 ลูก (แตงโมดิบในการวิจัยนี้คือการเก็บลูกที่ยังไม่แก่จัดแต่ลักษณะภายนอกมีผลโต น้ำหนัก ได้เมื่อผ่าผลแตงโม จะพบเนื้อสีชมพูอ่อนและเม็ดสีขาว) และแตงโมสุกจำนวน 100 ลูก เพื่อนำมาทดลองเก็บเสียงเคาะ หมายเลข 2 คือ คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน และหมายเลข 3 คือ ความห่างระหว่างแตงโมและคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนใช้ระยะห่าง 1 เซ็นติเมตร หมายเลข 4 และหมายเลข 5 คือ ไม้สำหรับเคาะแตงโมมีขนาดความยาว 50 เซ็นติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม. และ ใช้เทปพันสายไฟพันปลาย 70 รอบ หมายเลข 6 คือ ระยะห่างระหว่างไม้กับตำแหน่งในการเคาะคือหมายเลข 7 ในลักษณะการเคาะคือก่อนจะทำการเคาะใช้วิธีการเทียบระหว่างไม้เคาะในแนวนอนขนานกับตำแหน่งการเคาะที่ 90 องศา เมื่อต้องการเคาะให้เฉียงไม้เคาะไป 75 องศา จึงทำการเคาะได้ หมายเลข 8 คือ เครื่องบันทึกเสียง ยี่ห้อ Profressional หมายเลข 9 คือ ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลเสียง ดังรูปที่ 2. ทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB R2010B

3.2 ขั้นตอนการประมวลผลเสียง



รูปที่ 2. กระบวนการประมวลข้อมูลเสียง

จาก รูปที่ 2. เป็นกระบวนการประมวลผลข้อมูล แบ่งออกเป็นทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังนี้

1. Input file (*.wav): คือการนำไฟล์เสียงที่เกิดจากการบันทึกเสียงเคาะจากแตงโมเก็บเป็นไฟล์ นามสกุล.wav

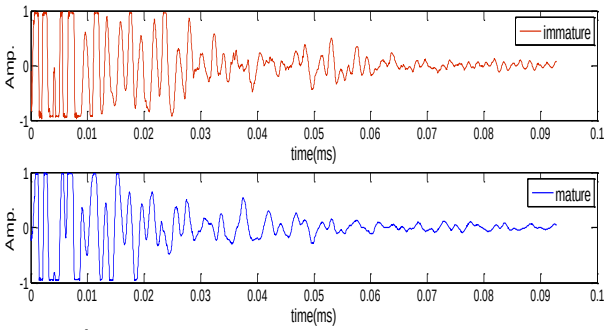
2. Zero Mean : คือการนำสัญญาเสียงที่ได้มาปรับค่าแกนกลางให้เป็นศูนย์

3. Normalization : คือการทำให้เสียงมีรูปแบบเป็นบรรทัดฐานให้มีค่าอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง 1.0 เพื่อให้สัญญาณเสียงเคาะแต่ละครั้งมีลักษณะของสัญญาณอยู่ในช่วงที่กำหนดเสมอดัง รูปที่ 3.

4. Detection : คือการหาค่าพลังของเสียงและแยกพลังงานของสัญญาเสียงเคาะโดยการเลือกตัดเสียงเคาะเฉพาะช่วงที่สนใจโดยนับจากค่าตัดสินใจที่ 0.1 ไปทั้งหมด 4,096 จุด หรือ 2^{12}

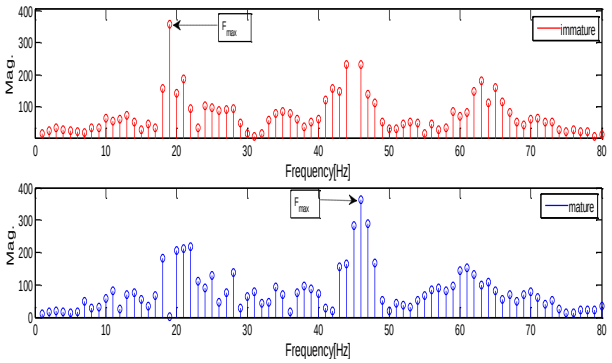
5. Fast Fourier Transform : FFT คือ การนำเสียงที่ผ่านการตัดสินใจแล้วมาแปลงโดยใช้ทฤษฎีแบบฟาสฟูเรียย์แบบเร็วเพื่อหาช่วงความถี่สูงสุดดังรูปที่ 4.

4. ผลการทดลอง



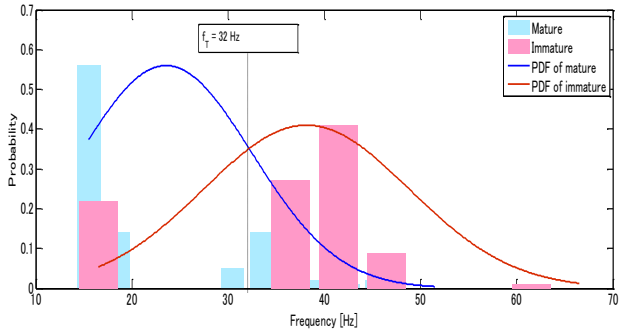
รูปที่ 3. แสดงสัญญาเสียงเคาะผ่านการตัดสินใจ ที่ 4,096 จุด

จากรูปที่ 3 คือสัญญาณเสียงเคาะที่ผ่านการตัดสินใจที่ 4,096 จุด โดยสัญญาณเสียงสีแดงคือแตงโมดิบและสัญญาณเสียงสีน้ำเงินคือแตงโมสุก พบว่าลักษณะคลื่นสัญญาณเสียงของแตงโมดิบจะมีคลื่นสัญญาเสียงถี่มากกว่าคลื่นสัญญาเสียงของแตงโมสุกบ่งบอกถึงความหนาแน่นของเสียง



รูปที่ 4. แสดงสเปกตรัมความถี่ระหว่างแตงโมดิบ(ภาพบน)และแตงโมสุก(ภาพล่าง)

จากรูปที่ 4 เป็นความถี่เสียงเคาะที่แปลงโดยใช้ FFT เพื่อหาค่าความถี่ F_{max} ของแตงโมดิบและแตงโมสุก ของแตงโมสุกและแตงโมดิบ ซึ่งในวิจัยนี้จะใช้ความถี่สูงสุดหลักคือ F_{max} ดัง รูปที่ 4. จากนั้นนำ f_{max} ที่ได้ มาวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชันมวลความน่าจะเป็น (Probability density function: PDF) และวิธีหาค่าตัดสินใจที่เหมาะสมด้วยทฤษฎีการตัดสินใจแบบเบยส์ (Bayesian decision theory)



รูปที่ 5. แสดงกราฟการกระจายความน่าจะเป็นของความถี่ F_{max} และค่าตัดสินใจที่ได้จากทฤษฎีแบบเบยส์

จากรูปที่ 5 เป็นการทดลองพอร์ตค่าความถี่เสียง F_{max} ของเสียงที่บันทึกจากแตงโมดิบ 100 เสียงและแตงโมสุก 100 เสียงโดยมีขนาดน้ำหนัก 2-4 กิโลกรัม พบว่าความถี่ที่เลือกให้เป็นค่าตัดสินใจที่เหมาะสมของแตงโมดิบสุก ความถี่อยู่ที่ F_{max} เท่ากับ 32 เฮิร์ซ

ตารางที่ 1. ตารางผลการทดลอง

ลักษณะของแตงโม	ความถูกต้อง(%)
แตงโมดิบ	77 %
แตงโมสุก	70 %
เฉลี่ย	73.5 %

จากตารางรายงานพบการวัดค่าความถูกต้องโดยเฉลี่ยรวมที่ 73.5 % จากผลแตงโมสุกดิบทั้งหมด 200 ลูกที่นำมาทดลองตั้งแต่ 2 - 4 กิโลกรัม คละน้ำหนักกัน ปัจจัยที่ทำให้เปอร์เซ็นความถูกต้องมีความคลาดเคลื่อนนั้นพบว่าเกิดขึ้นในลักษณะแตงโมสุก หรือดิบไม่เท่ากัน สาเหตุอาจเกิดจากฤดูกาลซึ่งจะส่งผลให้เกิดโรค หรือการดูแลของชาวสวนและเกิดจากสัญญาณเสียงรบกวนระหว่างเคาะเก็บเสียงและในลักษณะที่ผลแตงโมไม่เป็นทรงกลมหรือยาวรีสมบูรณ์ดี เบี้ยวบ้าง ตำแหน่งที่เคาะ และแรงเคาะที่ไม่คงที่จึงเป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดสัญญาณเสียงที่ไม่ชัดเจน จึงสังเกตได้ว่าแม่ค้าขายแตงโมจะเคาะจนได้รับฟังเสียงที่ชัดเจนที่สุดรวมถึงการดูที่ลายของแตงโมด้วยแล้วจึงพิจารณาถึงความสุกได้ใกล้เคียงที่สุด

5. สรุป

งานวิจัยนี้พบว่าค่าของโดเมนความถี่เสียงของแตงโมดิบและแตงโมสุกหลังเก็บเกี่ยว ด้วยการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ เพื่อนำไปใช้ในการเป็นต้นแบบเสียงของลักษณะแตงโมดิบสุก โดยการนำเทคนิค FFT และ PDF รวมถึงนำวิธีหาค่าตัดสินใจที่เหมาะสมด้วยทฤษฎีการตัดสินใจแบบเบยส์เข้ามาช่วย พบว่า การวัดค่าเฉลี่ยความถูกต้องของแตงโมสุกดิบอยู่ที่ 73.5 % แบ่งย่อยเป็นค่าความถูกต้องของแตงโมดิบที่ 77 % และ ค่าความถูกต้องของแตงโมสุกที่ 70 % ข้อเสนอแนะ ควรสร้างเครื่องในการเคาะผลแตงโม เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการเคาะและแรงที่ใช้ในการเคาะผลแตงโม รวมถึงการประมวลผลด้วยภาพเพื่อนำไปวิเคราะห์ลายของแตงโม และควรแยกประเภทของลักษณะของแตงโมให้มากขึ้นเช่น กึ่งสุกกึ่งดิบ สุกพอดี สุกแต่ไส้ร่ม เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ โครงการวิจัยของ สำนักคณะกรรมการการศึกษา (สกอ.) ประจำปีงบประมาณ 2557 ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ และมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่ให้เวลาในการทำวิจัย รวมถึงผู้ร่วมวิจัย และที่ปรึกษาทุกท่านที่ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Saimek S.,J.Nuadkum,W.Piyarat,2005"A Study for Repeness of Durian By Fast Fourier Transform(FFT)",การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19,19: 19-20

[2] ธีรพล ผลิตวานนท์,พีรพงษ์ สมบุญยอด,วารณี บันฑิตย์และมนตรี โพธิโสโนทัย."การตรวจวัดระดับความสุกดิบของผลไม้แบบไม่ทำลายด้วยการประมวลผลสัญญาเสียงเคาะ".การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่10 ประจำปี 2552. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[3] M. RAbdullah, N. Hashimi, H. Rahim "Various grades of red flesh watermelon ripeness bassed on NIR and VIS reflectance measurement", 2012 IEEE Student Conference. , pp.250-255 Dec. 2012

[4] Montri Phothisonothai."Nondestructive maturity classification of durian based on fractal features ",Information Sciences Signal Processing and their Applications(ISSPA),2010 10th International Conference ,pp.566-569 May. 2010

[5] A.Terdwongwarakul, W. Srichonpet, K. Poniyom and A.Sukchareon, “Investigation of change of exponential frequency index as related to durian maturity”, In Proceedings of 5th International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering. 3-10 September 1997, UC Davis, California USA.

[6] N. Kittiamornkul, K. Jiraseriamornkul, K. Chamnongthai, M. Krairiksh and K. Higuchi,“System Design of Durian Maturity Determination using Microstrip Patch Antennas”, SICE Annual Conference 2007., pp.2875-2879, 17-20 Sep 2007

[7] S.Trirongjitmoah, A. Suriya, K. Jantacamut and M. Kuankru, “Pineapple Ripeness Assessment System Using an Electronic Nose and Neural Networks”,in EECON-29 , at Ambassador City Jomtien, Pattaya, Thailand, 9-10 November 2006.

[8] S.Kongrattanaprasert, S. Arunrungrusmi, B. Pungsiri, K. Chomnongthai, “NondestructiveMaturity Determination of Durian by Force Vibration”, Circuits and Systems, 2001. ISCAS 2001. The 2001 IEEE International Symposium., Vol.2, pp. 441-444, May 2001

[9] สมศักดิ์ ชุมช่วย,Digital Signal Processing http://www.kmitl.ac.th/~kchsomsa/somsak/crse_dsp/chap_6pn.pdf (เข้าถึงเมื่อวัน 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบวินิจฉัยโรคมันสำปะหลังผ่านอินเทอร์เน็ต

(Internet-based system for cassava disease diagnosis)

ลาวัณย์ สัมพันธ์พร[1], กานดา ผาตินาวิน[1], ทวี สุนันตะ[1], บุญส่ง สุตะพันธ์[2], รัฐศาสตร์ อัมฤทธิ์[3] และ อาโมทย์ สมบูรณ์แก้ว[3]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[3]ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีโฟโทนิกส์ หน่วยวิจัยอุปกรณ์และระบบอัจฉริยะ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

E-mail: lawan_jr@hotmail.com[1], boonsong@sut.ac.th[2], armote.somboonkaew@nectec.or.th[3]

บทคัดย่อ

เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังบางส่วนไม่สามารถจำแนกได้ว่าโรคที่เกิดกับมันสำปะหลังนั้นเกิดจากสาเหตุใด ทำให้บางครั้งเกษตรกรเลือกวิธีการป้องกันและกำจัดผิดวิธี งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบวินิจฉัยโรคมันสำปะหลังผ่านอินเตอร์เน็ต ระบบวินิจฉัยโรคดังกล่าวประกอบด้วย กล้องจุลทรรศน์สำหรับใช้กับโทรศัพท์มือถือ โปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือสำหรับใช้เป็นคู่มือในการถ่ายภาพ และเว็บไซต์ของผู้เชี่ยวชาญสำหรับให้ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการรับข้อมูลจากเกษตรกร กล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือมีอัตราการขยายภาพสูงกว่ากล้องในโทรศัพท์ เหมาะสำหรับการถ่ายภาพร่องรอยของโรคบนใบพืช หรือการถ่ายสปอร์ของเชื้อราได้ โปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือพัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอย์ ทำหน้าที่เป็นคู่มือสำหรับเกษตรกรเพื่อให้ถ่ายภาพลำต้น ใบ ร่องรอยของโรคบนใบ หรือสปอร์ของเชื้อรา ตามขั้นตอนที่ผู้เชี่ยวชาญกำหนด รวมทั้งทำหน้าที่ส่งข้อมูลต่างๆ ไปยังเว็บไซต์ของผู้เชี่ยวชาญที่กำหนดไว้แล้ว เว็บไซต์ของผู้เชี่ยวชาญมีลักษณะคล้ายเว็บบอร์ดที่ช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถดึงข้อมูลที่ส่งมาจากเกษตรกรได้ง่าย สามารถตอบกลับผ่านช่องทางการสื่อสารต่างๆ รวมทั้งเปิดโอกาสให้เกษตรกรตั้งคำถามเพื่อขอคำแนะนำในการแก้ไขปัญหา ระบบวินิจฉัยโรคผ่านอินเทอร์เน็ตนี้คาดว่าจะช่วยให้เกษตรกรมีช่องทางติดต่อสื่อสารกับผู้เชี่ยวชาญได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น ทั้งยังสามารถปรับใช้งานกับโรคพืชอื่นๆ ได้

1. บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศ 7-8 ล้านไร่ ผลผลิต 20-30 ล้านตัน/ปี [1] ผลผลิตมันสำปะหลังประมาณ 50% ถูกแปรรูปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ด ซึ่งส่วนใหญ่จะส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศ สร้างรายได้ประมาณ 4-50,000 ล้านบาท ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากที่สุดในโลก [1] ผลผลิตมันสำปะหลังส่วนที่เหลือจะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหมัก อุตสาหกรรมกระดาษ และอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น รวมทั้งอุตสาหกรรมพลังงาน และไบโอพลาสติก [2]

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนทานต่อสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้ง แต่ไม่ทนต่อสภาพอากาศที่ชื้นหรือที่มีน้ำท่วมขัง เมื่อปลูกในสภาพอากาศที่ชื้นส่งผลให้เกิดโรคกับมันสำปะหลังได้ง่าย โรคที่สำคัญได้แก่ โรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ซึ่งเกิดจากเชื้อรา โรคใบไหม้ (Cassava bacterial blight) ซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย รวมทั้งแมลงศัตรูพืช เช่น เพลี้ยแป้ง ไรแดง เป็นต้น

เกษตรกรบางส่วน มักจะไม่สามารถระบุชนิดของโรคได้ แต่จะเข้าใจโดยทั่วไปว่าโรคมันสำปะหลังเกิดจากเชื้อรา จึงแก้ไขโดยการพ่นยากำจัดเชื้อรา ซึ่งบางครั้งอาจไม่ได้ผล เช่น ถ้ามันสำปะหลังเป็นโรคใบไหม้ ซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย จะไม่สามารถกำจัดโดยการพ่นยาฆ่าเชื้อราได้ เป็นต้น การให้ความรู้ที่ถูกต้องกับเกษตรกร จะช่วยให้เกษตรกรใช้วิธีการในการป้องกันและกำจัดได้ถูกต้องและเหมาะสม ช่วยลดรายจ่าย และรักษาผลผลิตไว้ได้ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรมีช่องทางจำกัดในการหาความรู้หรือการขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่จะทำให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงแหล่งความรู้และขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญสาขาต่างๆ ได้ง่ายและสะดวก น่าจะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบวินิจฉัยโรคมันสำปะหลังผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการเชื่อมโยงเกษตรกรกับผู้เชี่ยวชาญ ระบบวินิจฉัยโรคดังกล่าวประกอบด้วย กล้องจุลทรรศน์สำหรับใช้กับโทรศัพท์มือถือ โปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือสำหรับใช้เป็นคู่มือในการถ่ายภาพ และเว็บไซต์ของผู้เชี่ยวชาญสำหรับให้ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการรับข้อมูลจากเกษตรกร

รูปที่ 1 แสดงหลักการและแนวคิดพื้นฐานของระบบวินิจฉัยโรคผ่านอินเทอร์เน็ต เกษตรกรสามารถใช้โปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือที่พัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอย์ ทำหน้าที่เป็นคู่มือสำหรับเกษตรกรเพื่อให้ถ่ายภาพลำต้น ใบ ร่องรอยของโรคบนใบ หรือสปอร์ของเชื้อรา ตามขั้นตอนที่ผู้เชี่ยวชาญกำหนด รวมทั้งทำหน้าที่ส่งข้อมูลต่างๆ ไปยังเว็บไซต์ของผู้เชี่ยวชาญที่กำหนดไว้แล้ว และใช้กล้องจุลทรรศน์สำหรับใช้กับโทรศัพท์มือถือถ่ายรูปที่ต้องการอัตราการขยายภาพสูง ซึ่งจะช่วยให้จำแนกว่าโรคเกิดจากเชื้อราหรือเชื้อแบคทีเรียทำได้ง่ายขึ้น ส่วนเว็บไซต์ของผู้เชี่ยวชาญมีลักษณะคล้ายเว็บบอร์ด ที่ช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถดึงข้อมูลที่ส่งมาจากเกษตรกรได้ง่าย สามารถตอบกลับผ่านช่องทางการสื่อสารต่างๆ รวมทั้งเปิดโอกาสให้เกษตรกรตั้งคำถาม เพื่อขอคำแนะนำในการแก้ไขปัญหา

บทความนี้อธิบายการออกแบบอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ของระบบวินิจฉัยโรคผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งประกอบด้วยการออกออกแบบและวิธีสร้างกล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือ การพัฒนาโปรแกรมบน

โทรศัพท์มือถือ สำหรับเป็นคู่มือของเกษตรกร และการพัฒนา ระบบวินิจฉัยโรคผ่านอินเทอร์เน็ตนี้คาดว่าจะช่วยให้เกษตรกรมีช่องทางติดต่อสื่อสารกับผู้เชี่ยวชาญได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น ทั้งยังสามารถปรับใช้งานกับโรคพืชอื่นๆ ได้



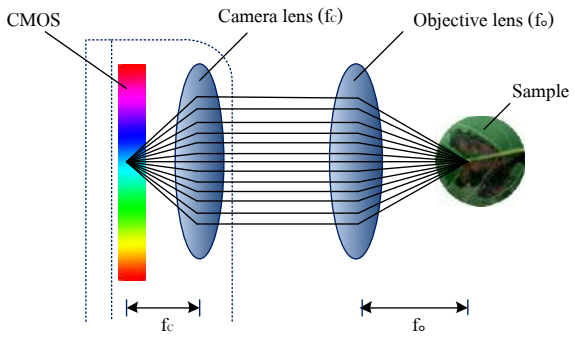
รูปที่ 1. หลักการของระบบวินิจฉัยโรคมันสำปะหลังผ่านอินเตอร์เน็ต

2. การออกแบบกล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือ

อุปกรณ์หลัก ในการสร้างกล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือประกอบด้วย โทรศัพท์มือถือที่สามารถถ่ายรูปได้ เลนส์ใกล้วัตถุ (Objective lens) อุปกรณ์ยึดจับเลนส์เข้ากับกับโทรศัพท์มือถือ และแหล่งกำเนิดแสง ในกรณีที่กล้องมีอัตราการขยายภาพสูง อาจจำเป็นต้องใช้ฐานปรับระยะโฟกัส

กล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือที่สร้างขึ้นนี้ใช้เลนส์นูน 1 ชิ้น ทำหน้าที่เป็นเลนส์ใกล้วัตถุหรือเลนส์ออปเจคทีฟ รูปที่ 2 แสดงหลักการทำงานและการจัดอุปกรณ์เชิงแสง กำหนดให้เลนส์ออปเจคทีฟมีความยาวโฟกัสเท่ากับ f_o และเลนส์ในกล้องโทรศัพท์มือถือมีความยาวโฟกัสเท่ากับ f_c เมื่อวัตถุอยู่ในตำแหน่งของจุดโฟกัสของเลนส์ออปเจคทีฟ ส่งผลให้ภาพของวัตถุนั้นอยู่ในตำแหน่งของกล้องซีมอส (CMOS) ของโทรศัพท์พอดี ซึ่งกำลังขยายภาพ (Lateral magnification, m) เท่ากับ [3]

$$m = -\frac{f_c}{f_o} \qquad (1)$$



รูปที่ 2. การจัดอุปกรณ์เชิงแสงสำหรับการประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือ

เลนส์ที่ติดมากับโทรศัพท์จะมีความยาวโฟกัส (f_c) อยู่ในช่วง 3-5 mm เช่น กล้องในโทรศัพท์ iPhone 4S มีความยาวโฟกัส(f_c) = 4.25 mm เป็นต้น

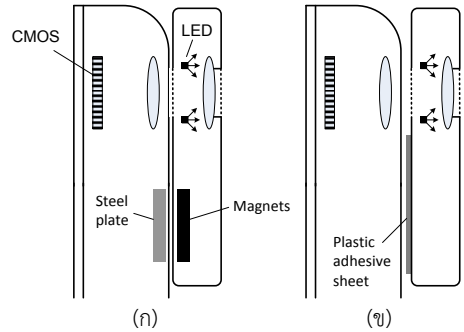
เลนส์ที่ใช้ในการสร้างกล้องจุลทรรศน์ประกอบด้วย เลนส์ทรงกลม (Ball lens) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 mm เลนส์ที่แกะจากเลเซอร์พอยต์เตอร์ ความยาวโฟกัสประมาณ 6 mm และเลนส์นูนความยาวโฟกัสเท่ากับ 10 mm สำหรับเลนส์ทรงกลมนั้น ความยาวโฟกัสของเลนส์คำนวณได้จากสมการ [4]

$$f = \frac{nD}{4(n-1)} \qquad (2)$$

เมื่อ n คือค่าดัชนีหักเหของวัสดุที่ใช้ทำเลนส์ (n = 1.517) และ D คือเส้นผ่าศูนย์กลางของเลนส์ สำหรับเลนส์ทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 mm ความยาวโฟกัสคำนวณจากสมการที่ (2) เท่ากับ 2.2 mm

เมื่อต้องการกำลังขยายภาพสูง จะต้องเลือกใช้เลนส์ออปเจคทีฟที่มีความยาวโฟกัสสั้น อย่างไรก็ตาม คุณภาพของภาพจากกล้องจุลทรรศน์นั้นไม่ได้ขึ้นกับอัตราการขยายเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นกับคุณภาพของเลนส์ด้วย การใช้เลนส์ที่มีความคลาดต่ำ (Aberration) อาจจะให้ได้ภาพที่ชัดเจนกว่า แม้จะมีอัตราการขยายต่ำกว่าก็ตาม

การสร้างกล้องและอุปกรณ์ยึดจับเลนส์ใช้เครื่อง 3D printer และใช้วัสดุเป็นพลาสติกชนิดเอบีเอส (Acrylonitrile-butadiene-styrene) เพราะมีความแข็งและเหนียว ทนทานต่อแรงกระแทก ส่วนการยึดกล้องจุลทรรศน์เข้ากับโทรศัพท์มือถือใช้ 2 วิธี (รูปที่ 3) คือ การยึดจับโดยใช้แม่เหล็ก และการใช้แผ่นยางรองโทรศัพท์มือถือในการยึดจับ





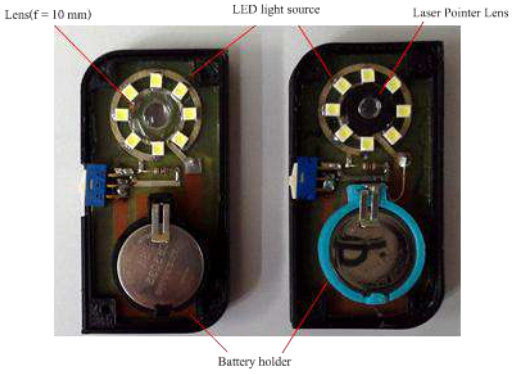
(ค)

รูปที่ 3. วิธีการยึดจับกล้องจุลทรรศน์เข้ากับโทรศัพท์มือถือ โดยใช้แผ่นแม่เหล็ก (ก) หรือใช้แผ่นยางรอง (ข) และ(ค) ภาพกล้องจุลทรรศน์เมื่อติดกับโทรศัพท์มือถือ

การยึดกล่องกล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือด้วยแม่เหล็กนั้นเหมาะกับกล้องที่มีน้ำหนักน้อย โดยติดแผ่นแม่เหล็กและแผ่นเหล็กไว้ที่ฝาด้านในของกล้องจุลทรรศน์และฝาด้านในของโทรศัพท์ ตามลำดับ

สำหรับกล้องจุลทรรศน์ที่มีน้ำหนักมาก จนแผ่นแม่เหล็กไม่สามารถยึดติดได้ สามารถใช้แผ่นยางรองยึดกล้องจุลทรรศน์กับโทรศัพท์มือถือได้ แผ่นยางรองนี้นิยมใช้ติดโทรศัพท์มือถือกับผนังหรือติดไว้ภายในรถยนต์ แผ่นยางดังกล่าวมีคุณสมบัติที่เหนียวช่วยในการเกาะยึดได้ดี ขณะเดียวกันก็สามารถถอดแยกอุปกรณ์หรือติดกลับเข้าไปใหม่ได้ง่าย

การถ่ายภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์แบบพกพา ในกรณีที่ใช้เลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัสอยู่ในช่วง 4-10 mm จำเป็นต้องมีแหล่งกำเนิดแสง เนื่องจากการถ่ายภาพต้องจัดให้กล้องจุลทรรศน์เข้าใกล้วัตถุ ส่งผลให้กล่องอุปกรณ์บังแสง ทำให้ความเข้มแสงไม่เพียงพอต่อการถ่ายภาพ งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบแหล่งกำเนิดแสงโดยใช้ไดโอดเปล่งแสง (LED) ขนาดเล็ก โดยติดไว้รอบๆ เลนส์นูน ดังรูปที่ 4 สำหรับกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้เลนส์ทรงกลมขนาด 3 mm พบว่าการติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงไว้ที่กล้องจุลทรรศน์ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากระยะโฟกัสสั้นเกินไป อย่างไรก็ตามกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้เลนส์ทรงกลม 3 mm เหมาะสำหรับใช้กับการถ่ายภาพแบบแสงทะลุผ่าน ซึ่งสามารถใช้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่อยู่ภายนอกกล้องได้



รูปที่ 4. ตำแหน่งการวางแหล่งกำเนิดแสงไดโอดเปล่งแสงสำหรับกล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือ

การถ่ายภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือ ที่ใช้เลนส์ทรงกลมขนาด 3 mm จำเป็นต้องมีฐานปรับระยะโฟกัส เนื่องจากระยะความคมชัด (Depth of focus) สั้นมาก เมื่อมีการขยับเพียงเล็กน้อย จะทำให้ภาพที่ถ่ายได้ไม่ชัดเจน

3. การพัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ

โปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ มีหน้าที่เป็นสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์สำหรับสอนเกษตรกรถ่ายภาพ และส่งข้อมูลไปยังเว็บไซต์ของผู้เชี่ยวชาญ พัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอย์ โดยหน้าจอหลักของโปรแกรมประกอบด้วย หน้าแรก หน้าสอนการถ่ายภาพพืช และหน้าการติดต่อผู้เชี่ยวชาญโรคมันสำปะหลัง

หน้าสอนการถ่ายภาพประกอบด้วยหน้าจอแสดงการถ่ายภาพ ต้น ลำต้น ใบ และสปอร์ของเชื้อรา ซึ่งแต่ละหน้าจะมีปุ่มให้คลิกเหมือนกัน โดยมีหน้าจอแสดงตัวอย่างภาพที่ต้องการถ่าย พร้อมแสดงข้อความต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้ทำตาม และหน้าจอยังมีปุ่มคำสั่ง “Back” , “Next” , , ซึ่งหมายถึง “ย้อนกลับไป” “ไปหน้าถัดไป” “เชื่อมโยงไปหน้าจอถ่ายภาพ” และ “เชื่อมโยงไปหน้าจอเก็บข้อมูลภาพ” ตามลำดับ

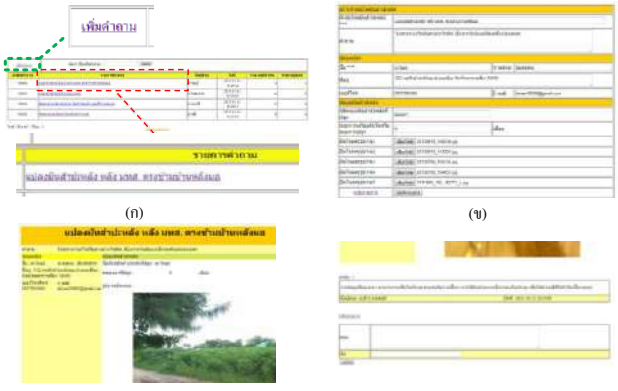


(ก) (ข)

รูปที่ 5. (ก) หน้าแรกของโปรแกรม และ (ข) หน้าจอสำหรับสอนถ่ายภาพ

4. การพัฒนาเว็บไซต์ผู้เชี่ยวชาญ

เว็บไซต์ที่ออกแบบขึ้น มีลักษณะเป็นเว็บบอร์ดที่เปิดโอกาสให้เกษตรกรสร้างคำถามต่างๆ เพื่อขอคำแนะนำ และวิธีการแก้ไขปัญหาของโรคมันสำปะหลังจากผู้เชี่ยวชาญ ดังรูปที่ 6 โดยหน้าแรกของเว็บไซต์แสดงรายการคำถามทั้งหมดที่เกษตรกรตั้งขึ้น ซึ่งหน้าเว็บนี้มีการเชื่อมโยงไปยังหน้าเว็บของการสร้างคำถาม และตอบคำถามหรือดูรายละเอียดข้อมูลของคำถามนั้น สำหรับการสร้างคำถามนั้นจำเป็นต้องกรอกข้อมูลที่เกี่ยวกับตัวผู้ตั้งคำถาม และข้อมูลการปลูกมันสำปะหลัง รวมถึงรูปภาพประกอบ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ผู้เชี่ยวชาญต้องใช้ประกอบการวินิจฉัยโรค ผู้เชี่ยวชาญสามารถตอบคำถามของเกษตรกรได้จากหน้าเว็บแสดงรายละเอียดของคำถาม ซึ่งมีช่องสำหรับให้ผู้เชี่ยวชาญตอบอยู่ด้านล่างของหน้าเว็บดังกล่าว



(ก) (ข)

(ค) (ง)

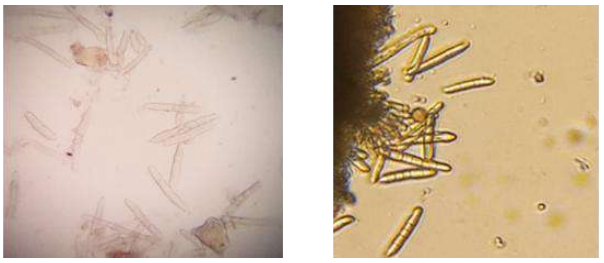
รูปที่ 6. หน้าเว็บบอร์ดสำหรับตอบคำถามจากเกษตรกรโดยผู้เชี่ยวชาญ

5. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย การทดสอบความสามารถในการวัดขนาด (Spatial resolution) การถ่ายภาพของกล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์แบบพกพาที่สร้างขึ้น โดยใช้ USAF 1951 target (Edmund Optics) การทดลองใช้งานโปรแกรมบน

โทรศัพท์มือถือ การส่งภาพจากโทรศัพท์ไปยังเว็บไซต์ และการใช้งานเว็บไซต์

กล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือที่ใช้เลนส์ทรงกลมขนาด 3 mm สามารถถ่ายภาพ Group 7 element 6 ของ Resolution target ได้ชัดเจน หรือมีความสามารถในการวัดขนาดเท่ากับ 2.19 μm กล้องจุลทรรศน์นี้สามารถถ่ายภาพสปอร์ของเชื้อราบนใบมันสำปะหลังได้ ดังรูปที่ 7 โดยได้ภาพที่ชัดเจนใกล้เคียงกับการถ่ายสปอร์ของเชื้อรา ซึ่งถ่ายโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบตั้งโต๊ะที่ใช้เลนส์ออปเจคทีฟ 10X

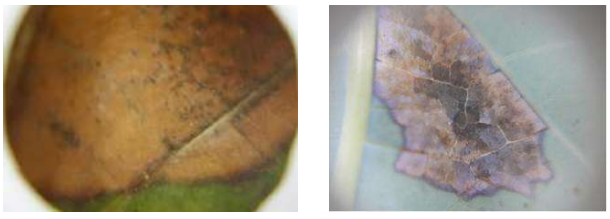


(ก) (ข)

รูปที่ 7. สปอร์ของเชื้อราจากใบมันสำปะหลัง (ก) ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบตั้งโต๊ะ เมื่อใช้เลนส์ออปเจคทีฟ 10X และ (ข) ถ่ายด้วยจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือเมื่อใช้เลนส์ทรงกลมขนาด 3 mm

เมื่อทดสอบความสามารถในการวัดขนาด ของกล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์ที่ใช้เลนส์จากเลเซอร์พอยต์เตอร์เป็นเลนส์ออปเจคทีฟ และเลนส์นูนความยาวโฟกัส 10 mm พบว่าสามารถแยกภาพได้เล็กที่สุด 6.96 μm และ 8.77 μm ตามลำดับ กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้เลนส์ดังกล่าวเหมาะสำหรับการถ่ายภาพร่องรอยของโรคบนใบมันสำปะหลัง ซึ่งจะได้ภาพที่มีอัตราการขยายที่สูงขึ้น เมื่อเทียบกับการถ่ายภาพโดยใช้กล้องจากโทรศัพท์เพียงอย่างเดียว

รูปที่ 8 แสดงร่องรอยของโรคบนใบมันสำปะหลัง ถ่ายรูปโดยใช้กล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือที่ใช้เลนส์นูน 10 mm ซึ่งภาพดังกล่าวพบความแตกต่างระหว่างร่องรอยของโรคที่เกิดจากเชื้อราและแบคทีเรีย



(ก) (ข)

รูปที่ 8. ร่องรอยของโรคบนใบพืชมันสำปะหลัง เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์บนโทรศัพท์มือถือที่ใช้เลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัส 10 mm (ก) สาเหตุน่าจะมาจากเชื้อรา และ (ข) สาเหตุน่าจะมาจากเชื้อแบคทีเรีย

การทดสอบโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ การส่งภาพไปยังเว็บไซต์ผู้เชี่ยวชาญ และการทดสอบการใช้งานเว็บไซต์ พบว่าสามารถใช้งานได้ดี ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของระบบนี้คือ การส่งข้อมูลภาพไปยังเว็บไซต์ของผู้เชี่ยวชาญ ผู้ส่งจะต้องสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้

ระบบวินิจฉัยโรคมันสำปะหลังผ่านอินเทอร์เน็ต ที่พัฒนาขึ้นนี้เลือกใช้มันสำปะหลังเป็นตัวอย่างการใช้งาน ในอนาคตทีมวิจัยจะร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในสาขาเทคโนโลยีการเกษตรสาขาต่างๆ เพื่อสร้างระบบวินิจฉัยโรคพืชหรือสัตว์ที่สำคัญไว้ด้วยกัน ระบบดังกล่าวน่าจะทำให้เกษตรกรขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญสาขาต่างๆ ได้จากแปลงปลูกหรือจากฟาร์ม โดยไม่ต้องเดินทางมาพบผู้เชี่ยวชาญด้วยตนเอง และน่าจะช่วยพัฒนาและส่งเสริมการเกษตรของประเทศให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

6. สรุป

ระบบวินิจฉัยโรคมันสำปะหลังผ่านอินเทอร์เน็ต ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย กล้องจุลทรรศน์สำหรับใช้กับโทรศัพท์มือถือสำหรับถ่ายภาพร่องรอยของโรคบนใบพืช โปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือสำหรับใช้เป็นคู่มือในการถ่ายภาพ และเว็บไซต์ของผู้เชี่ยวชาญ ระบบวินิจฉัยโรคผ่านอินเทอร์เน็ตนี้คาดว่าจะช่วยให้เกษตรกร มีช่องทางติดต่อสื่อสารกับผู้เชี่ยวชาญได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น ทั้งยังสามารถปรับใช้งานกับโรคพืชหรือโรคสัตว์อื่นๆ ได้หลากหลาย

การทดสอบอุปกรณ์และระบบสารสนเทศที่ได้พัฒนาขึ้น ในเบื้องต้นพบว่า สามารถใช้งานได้จริง อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องทดสอบการใช้งานจริงกับเกษตรกรและทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแก้ไขให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ณัฐธิญา เบือนสันเทียะ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตพืช และคุณรุ่งทิพย์ สังข์เผือก สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำในการถ่ายภาพมันสำปะหลัง รวมทั้งคำแนะนำในการจัดทำเว็บไซต์ ขอขอบคุณโครงการสร้างปัญญาวิทย์ ผลิตนักเทคโน (YSTP) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับปริญญานิพนธ์ และทุนในการนำเสนอผลงานตามสัญญาทุนเลขที่ SP-๕๖-NT-๐๖

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, “เอกสารภาวะเศรษฐกิจ ปี 2553 และแนวโน้ม ปี 2554”, http://www.oae.go.th

[2] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, “ยุทธศาสตร์การวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมมันสำปะหลังไทย 2545-2549 และโปรแกรมวิจัยและพัฒนามันสำปะหลังภายใต้แผนกลยุทธ์วิจัยและพัฒนา สวทช ระยะที่ 2 2545-2549”, http://nstda.or.th/cpmo

[3] F. L. Pedrotti, Pedrotti, Leno Matthew., Pedrotti, Leno S., Introduction to optics 3rd ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2007.

[4] A. Al-Azzawi, Light and optics: principles and practices, Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, 2007.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบแสดงข้อมูลและควบคุมโรงเรือนโดยผ่านระบบเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย

Monitoring System and Greenhouse Control via wireless sensor network

สัญญา อุทธโยธา[1],อรรถพล วิเวก,นพดล ทองเชื้อ และ ปริญญา นิรุตติวัฒน์

[1]สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: sanya@rmutl.ac.th[1]

บทคัดย่อ

ระบบแสดงข้อมูลและควบคุมโรงเรือน โดยผ่านระบบเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย เป็นการศึกษาและ พัฒนาระบบแสดงข้อมูลและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โรงเรือนผ่านเว็บไซต์ โดยเครือข่ายแบบไร้สายแต่ละโหนด ซึ่งประกอบด้วยเซนเซอร์ตรวจจับเพื่อวัดค่าอุณหภูมิ มีโครงข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย(Wireless Sensor Network)[1][2] เพื่อเป็นตัวสื่อสารระหว่างโหนดและส่งสัญญาณระยะไกลแบบไร้สาย ส่งข้อมูล เก็บเข้าฐานข้อมูลที่คอมพิวเตอร์แม่ข่าย ซึ่งสามารถแสดงผลและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโรงเรือนได้ที่เครื่องลูกข่ายผ่านระบบอินเตอร์เน็ต จากการทดลองได้ทดสอบระยะห่างและมุมที่เหมาะสมระหว่างเซอร์ฟเวอร์ (Server) กับไคลเอนต์(Client) ผลการทดสอบได้มุมที่เหมะสมที่ 0 องศา และระยะไม่เกิน 400 เมตร การทดสอบวางตำแหน่งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิได้ผลควรจะวางกระจายตลอดพื้นที่ และทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการรับส่งระยะเวลาทุก1วินาทีและทุก 5วินาที ช่วงการทดสอบ 30 นาที ผลการทดสอบการส่งทุก 5 วินาทีจะใช้กระแสน้อยกว่า

Abstract

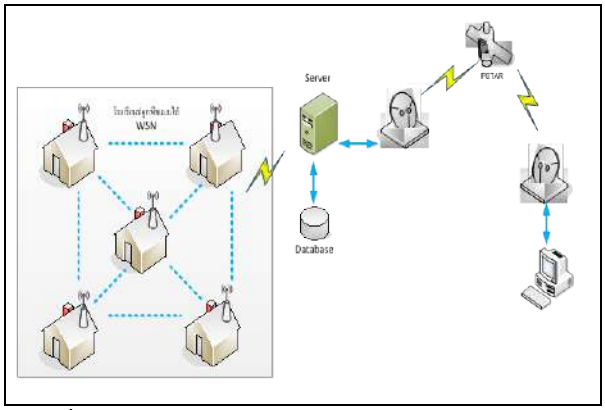
The aim of this research to study for monitoring and controlled Greenhouse through wireless sensor networks via the internet by web browser. The wireless sensor nodes consists of sensors to measured temperature. A wireless sensor network[1][2] to been a communication between the node and the wireless remote transmitter to send the data to database server. The experiments tested the distance and angle between the server and client test results corners manipulated at 0 degrees and less than 400 meters. On second tested for positioning equipment thermometers the result should be laid scattered throughout the area. And last tested the electric current of the transportation every 1 second and every 5 seconds for 30 minutes. result 5 seconds to use less power than.

Keywords: Wireless Sensor Network ,Greenhouse

1. ทฤษฎีและหลักการ

1.1 สถาปัตยกรรมเครือข่ายไร้สาย

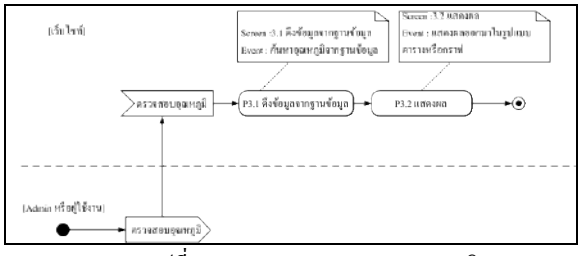
สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย [1][3]ประกอบด้วยสาม ส่วนได้แก่ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ เกตเวย์ และสถานีฐาน (base station) หน่วยร่วมเซ็นเซอร์จำนวนมากฝังตัวในสภาพแวดล้อมเพื่อเก็บข้อมูล โดยแต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ติดต่อสื่อสารแบบไร้สายกับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ข้างเคียง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับส่งแบบไร้สาย แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ควบคุมและจัดการงานของตัวเอง (self-organize) ทุกๆ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่ติดต่อถึงกันทำงานร่วมกัน(collaboration) เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์สามารถส่งข้อมูลหากันได้ แม้ว่าหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ปลายทางไม่สามารถติดต่อ กับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ต้นทางได้โดยตรง โดยให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ระหว่างทางช่วยส่งข้อมูลต่อๆ กันตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทาง วิธีการส่งแบบนี้เรียกว่าการส่งแบบมัลติฮอพ(multi-hop) เกตเวย์จะทำหน้าที่รับ ส่งข้อมูล ระหว่างสถานีฐานและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยเกตเวย์อาจเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ธรรมดาหรือเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ ที่มีความสามารถพิเศษในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย [4] สถานีฐานทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่วัดได้จากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ในเครือข่าย ดังรูปที่ 1 เซ็นเซอร์ไร้สายควบคุมการทำงานและติดต่อกับผู้ใช้งาน หรืออาจติดต่อกับเครือข่ายอื่นๆ เช่น อินเทอร์เน็ต



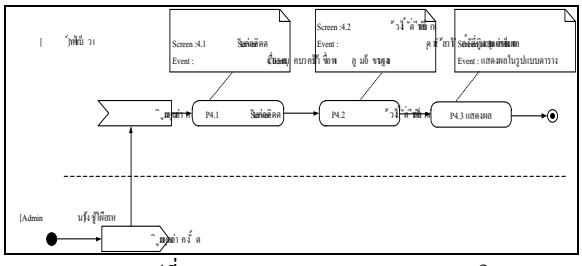
รูปที่ 1 เครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สายและการแสดงผลผ่านเว็บไซต์

2. การออกแบบ

2.1การออกแบบระบบ



รูปที่ 2 Activity Diagramแสดงอุณหภูมิ



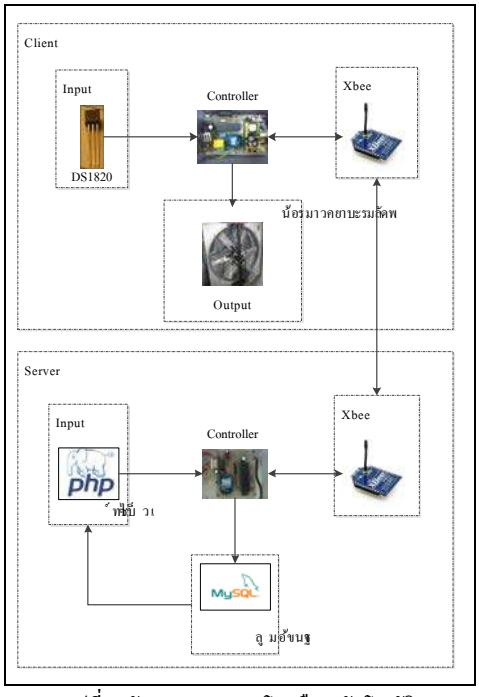
รูปที่ 3 Activity Diagramควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 2และ 3 เป็นไดอะแกรมภาพ (Activity Diagram) แสดงไดอะแกรมการออกแบบขั้นตอนการแสดงอุณหภูมิและการควบคุมอุณหภูมิซึ่งเป็นขั้นตอนการวัดและแสดงผลของระบบ โดยร ะบบควบคุมโรงเรือนอัตโนมัติ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในการรับส่งข้อมูลและควบคุมอุณหภูมิได้แก่

1.ส่วนของ ฮาร์ดแวร์ ซึ่งแบ่งออกได้อีกเป็น 2 ส่วนคือ เซอร์ฟเวอร์ (Server) กับ ไคลเอนต์(Client)

2.ส่วนของ ซอฟแวร์ ส่วนนี้จะสามารถแสดงข้อมูลและควบคุมผ่านเซอร์ฟเวอร์

2.2 ระบบแสดงข้อมูลและควบคุมโรงเรือน



รูปที่ 4 ผังระบบควบคุมโรงเรือนอัตโนมัติ

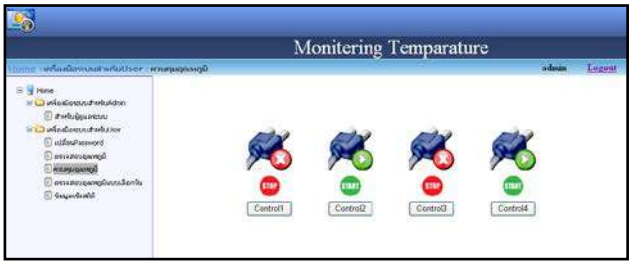
การทำงานภาพรวมของระบบ รูปที่ 4 เป็นการนำเอาค่าที่วัดได้จากส่วนของอินพุตโดยใช้ไอซี เซนเซอร์ (DS1820) ซึ่งนำค่าที่ตรวจจับมาเปรียบเทียบกับค่าในคอนโทรลเลอร์ที่ตั้งค่าไว้จากการควบคุมของส่วนเซอร์ฟเวอร์ โดยข้อมูลส่งผ่านจาก อุปกรณ์ไร้สาย(Xbee) [5] จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ส่วนของ เอาต์พุตทำงานตามที่ โปรแกรมไว้

2.3 การแสดงผล

ระบบจะแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาแบบกราฟเส้นผ่านระบบเว็บเบราเซอร์ รูปที่5 เป็นตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา และรูปที่ 6 เป็นส่วนควบคุมอุปกรณ์ผ่านระบบอินเตอร์เน็ต



รูปที่ 5 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

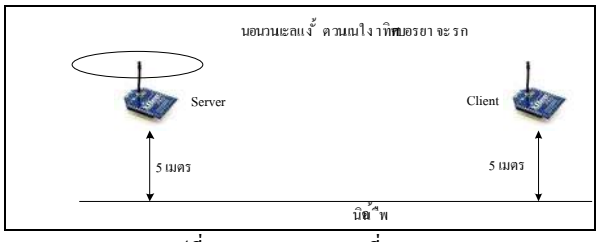


รูปที่ 6 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ผ่านอินเตอร์เน็ต

3. ทดลอง

3.1การทดสอบหาระยะทางและมุมที่เหมาะสม

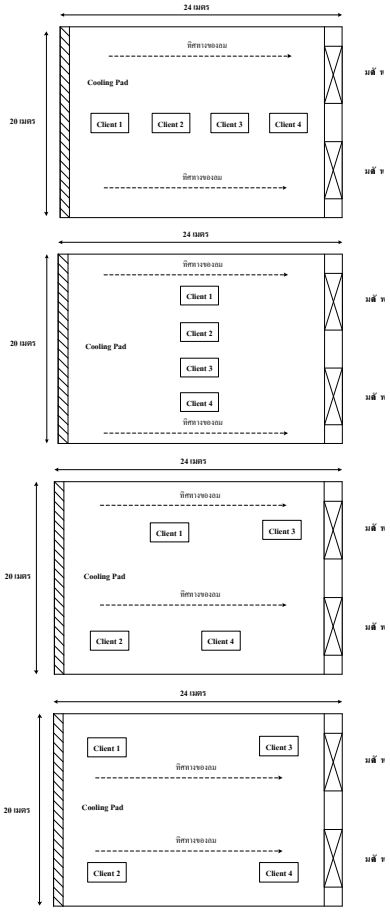
ติดตั้งโหนด ไคลเอนต์ 1 ดังรูปที่ 7 เพื่อทำการทดสอบหาระยะทางและมุมที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานโดยกำหนดให้ วางเหนือพื้นดินความสูงของ เซอร์ฟเวอร์ และไคลเอนต์ มีความสูงที่เท่ากัน จากพื้นดิน โดยการแพร่สัญญาณเป็นแบบรอบทิศทาง



รูปที่ 7 ทดสอบหาระยะที่เหมาะสม

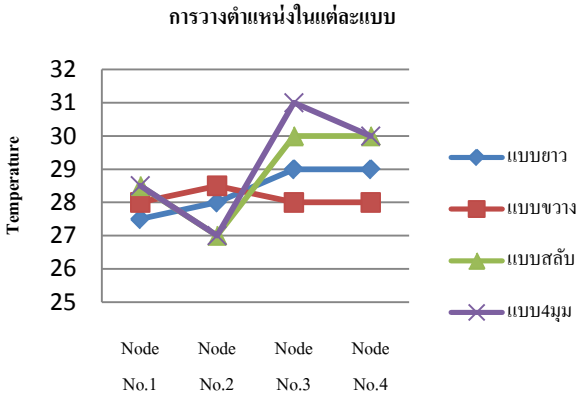
3.2การทดสอบการวางตำแหน่งในแบบต่างๆที่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน

วางตำแหน่งของไคลเอนต์ในแบบต่างๆแบ่งออกเป็น 4 แบบ ได้แก่ แบบยาว, แบบขวาง, แบบสลับไปมา, แบบมุม 4 มุม และอุปกรณ์ที่ติดตั้งนั้นได้ใส่กล่องกันน้ำ เพื่อป้องกันความชื้นภายในโรงเรือนดังรูปที่ 8 โดยทดสอบอุณหภูมิทุกแบบ แต่ละแบบหาค่าเฉลี่ยรวมเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์เพื่อหารูปแบบในการแสดงผลที่แม่นยำที่สุด



รูปที่ 8 การวางตำแหน่ง แบบยาว, แบบขวาง, แบบสลับไปมา, แบบมุม 4 มุม ตามลำดับ

4. ผลการทดลอง



รูปที่ 9 ผลการทดสอบการวางตำแหน่งของไคลเอนต์ในแบบต่างๆ

การทดสอบการวางตำแหน่งในแบบต่างๆ จาก 4 โหนดทดสอบ ในโรงเรือนโดยทิศทางลมในโรงเรือนเป็นทิศทางเดียวกัน จากรูปที่ 9 จะเห็นว่าการวางแบบยาวและแบบขวางจะได้ค่าอุณหภูมิใกล้เคียงกัน ส่วนแบบสลับและแบบสี่มุมจะได้ผลของอุณหภูมิแตกต่างกันกับสองแบบแรก

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบหาระยะและมุมที่เหมาะสม แสดง ค่า RSSI(Received signal strength indication)

ระยะห่างระหว่าง Server และ Client	มุมของเสาอากาศ		
	0 º	45º	90º
100เมตร	-58(3)	-63(2)	-63(2)
200เมตร	-67(2)	-65(2)	-67(2)
300เมตร	-73(2)	-66(2)	-78(2)
400เมตร	-76(2)	-75(2)	-81(2)
500เมตร	-75(2)	-76(2)	-88(1)

หน่วย RSSI เป็น dBm จากตารางที่ 1 RSSI สามารถแบ่งได้ 3 ระดับ วัดโดยใช้โปรแกรม X-CTU[6] คือ

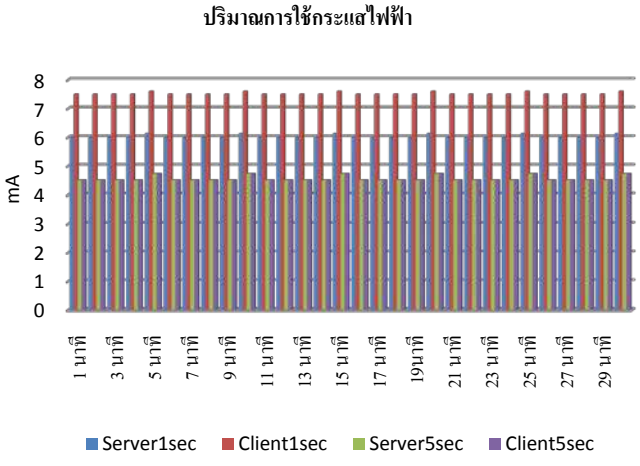
ระดับที่ (3) = สีเขียว

ระดับที่ (2) = สีเหลือง

ระดับที่ (1) = สีแดง

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานกับการรับส่งข้อมูล

ระบบ	Server	Client
รับข้อมูล(mA)	0.1	0.1
ส่งข้อมูล(mA)	0.125	0.125
โหมดเตรียม(mA)	0.075	0.075



รูปที่ 10 ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าช่วงเวลา 30นาที

จากรูปที่ 10 เป็นการแสดงข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบ ทดสอบการรับส่งข้อมูลทุก 1 วินาทีและทดสอบรับส่งข้อมูลทุก 5 นาที ในช่วงเวลา 30 นาที

5. สรุป

การทดสอบการวางตำแหน่งในแบบต่างๆ ที่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน จากรูปที่ 9 การทดสอบพบว่า การวางตำแหน่งใน แบบต่างๆ วัดอุณหภูมิออกมาแตกต่างกัน โดยมีแบบวางแนวยาวที่สามารถวัดได้แบบละเอียด ได้ ซึ่งแตกต่างกับ 3 แบบหลังที่สามารถวัดได้ไม่ ละเอียดแต่สามารถวัดได้คลอบคลุมกว่า

การทดสอบหาระยะและมุมที่ดีที่สุดระหว่างเซอร์ฟเวอร์กับไคลเอนต์จากตารางที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าที่มุม 0องศา ที่ระยะไม่เกิน 300 - 400 เมตรเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากที่สุด

อัลกอริทึ่มรับส่งข้อมูลทุก 1 วินาที ไคลเอนต์ใช้กระแสไฟฟ้า 225.6 mA ต่อ 30 นาที และ Server ใช้กระแสไฟฟ้า 180.75mA ต่อ 30 นาที ซึ่งใช้พลังงานมากกว่า อัลกอริทึ่ม รับส่งข้อมูลทุก 5 นาที ไคลเอนต์ใช้กระแสไฟฟ้า 136.35 mA ต่อ 30 นาทีและ เซอร์ฟเวอร์ใช้กระแสไฟฟ้า 136.35 mA ต่อ 30 นาที

จากการทดสอบการใช้พลังงานจากตารางที่2 ถ้าเซอร์ฟเวอร์และไคลเอนต์ อยู่ในสถานะโหมดเตรียม จะทำให้ประหยัดพลังงานลงไปได้ และถ้าปรับ Xbeeให้สามารถใช้ โหมดพักได้ จะทำให้ประหยัดไฟมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณศูนย์ประสานงานโครงการหลวงมหาวิทยาลัย-เทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่อำนวยความสะดวกและขอขอบคุณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางดะที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่สำหรับ-การศึกษาทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] สุชา สุพิทยภรณ์พงศ์ "เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย"สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย,สารานุกรมโทรคมนาคมไทย ,กรุงเทพ

[2] A. Wood et al.,2008, “Context-Aware Wireless Sensor Networks for Assisted Living and ResidentialMonitoring” , IEEE Networks special issue, [Aug. 2010].

[3] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, “A Survey on Sensor Networks,” IEEE CommunicationsMagazine: vol. 40, no. 8, Aug 2002

[4] T.He et al.,2006, “An Intergrated Sensor Network System for Energy-Efficient Surveillance” ,ACMTrans. Sensor Networks, [Aug. 2010, pp.1-28].

[5] USA, “The Zigbee Allince,” ZigBee Specification, 29 July 2012 <http://www.zigbee.org>

[6] USA, "XCTU Software" multi-platform application, 29July2012 (Online)<http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/xctu>

หัวข้อ การประมวลผลขั้นสูง(22CP)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ต้นทุนต่ำ

Low cost Supercomputer

อุดม สุธาคำ

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 50300

E mail: sutakcom_u@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอแนวทางการสร้างคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงสองแบบ ใช้ตัวประมวลผลจำนวนมาก สถาปัตยกรรมแบบขนานต้นทุนต่ำ แบบแรกพีซีคลัสเตอร์ และแบบที่สองจีพียูคลัสเตอร์ ทั้งสองถูกสร้างขึ้นด้วยจุดประสงค์เดียวกันคือ เพื่อแก้ปัญหา สมการเชิงเส้นแบบเมตริกมากเลขศูนย์ ซึ่งมีมากในงานวิทยาศาสตร์และงานวิศวกรรม พีซีคลัสเตอร์ถูกเรียกว่า SMM (Sparse Matrix Machine) และจีพียูคลัสเตอร์ถูกเรียกว่า SMMG (Sparse Matrix Machine on GPUs) SMM มีโนดคำนวณ(compute node) เป็นซีพียูขนาด 2 คอร์ จำนวน 8 โนด มีความเร็วในการประมวลผล 63 GFLOPs (Giga Floating Point Operation per second) ที่ความเที่ยงสองเท่า (double precision) ส่วน SMMG มีโนดคำนวณเป็น จีพียูขนาด 336 คอร์ จำนวน 4 โนดมีความเร็วในการประมวลผล 57.3 GFLOPs ที่ความเที่ยงสองเท่า ทั้งสองวัดความเร็วในการประมวลผลด้วยโปรแกรม HPL (High Performance Linpack benchmark)

คำสำคัญ: *พีซีคลัสเตอร์, จีพียูคลัสเตอร์*

Abstract

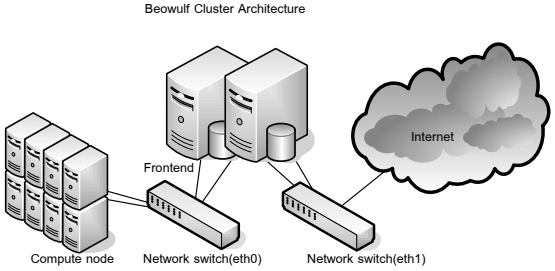
In this paper propose a way to build high performance computer that act as supercomputer which has many CPUs or many cores and work in parallel processing in low budget. First type is PC cluster and second is GPUs cluster (Graphic Processing Unit cluster). The purpose to build them is for solving linear equations system of sparse matrix which have a lot in science and engineering applications. SMM (Sparse Matrix Machine) is the name of PC cluster and SMMG (Sparse Matrix Machine on GPUs) is the name of GPUs cluster. SMM uses dual CPU core in compute node and it has 8 compute nodes. SMMG has 4 compute nodes and each node has a GPU which has 336 cores. The latest test performance of SMM performance yield more than 63 GFLOPs and SMMG performance yield 53.7 GFLOPs. The performance measurement is a performance tester HPL (High Performance Linpack benchmark)

Keyword: PC cluster, GPUs cluster

1. บทนำ

ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์เป็นคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลสูง และมีสถาปัตยกรรมเป็นแบบขนานซึ่งประกอบด้วยหน่วยประมวลผลจำนวนมาก [12] ถูกใช้ในการประมวลผลที่เน้นการคำนวณเป็นส่วนใหญ่ เช่น การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การศึกษาโครงสร้างการเคลื่อนที่ของโมเลกุล เป็นต้น งานแก้สมการเชิงเส้นแบบเมตริกมากเลขศูนย์ (sparse matrix) ที่มีจำนวนตัวแปรมากกว่า 5000 ตัวซึ่งมีมากในงานประยุกต์ทางวิศวกรรมก็ใช้ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล

คอมพิวเตอร์ที่ประมวลผลแบบขนานหรือซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ทั่วไปแล้วมีอยู่สองแบบ คือแบบหน่วยความจำร่วม (share memory) และแบบกระจาย(distributed memory) ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ทั้งสองแบบที่สร้างขึ้นเป็นแบบกระจาย แต่ในโนดคำนวณจีพียูคลัสเตอร์ ซึ่งใช้ GPU นั้นมีสถาปัตยกรรมภายในแบบหน่วยความจำร่วม นั้นทำให้เราได้ศึกษาการประมวลผลทั้งในแบบหน่วยความจำร่วมและแบบกระจาย ทั้ง SMM และ SMMG ใช้อุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไปในท้องตลาดเมืองไทย โปรแกรม HPL ที่ใช้วัดในการวัดสมรรถนะของซุปเปอร์คอมพิวเตอร์เป็นโปรแกรมเดียวกัน กับที่ top500 หน่วยงานที่จัดอันดับคอมพิวเตอร์ที่เร็วที่สุดในโลกใช้วัด อีกอย่างหนึ่งในการใช้โปรแกรม HPL ก็เพื่อแสดงว่าคอมพิวเตออร์ที่สร้างสามารถใช้งานได้

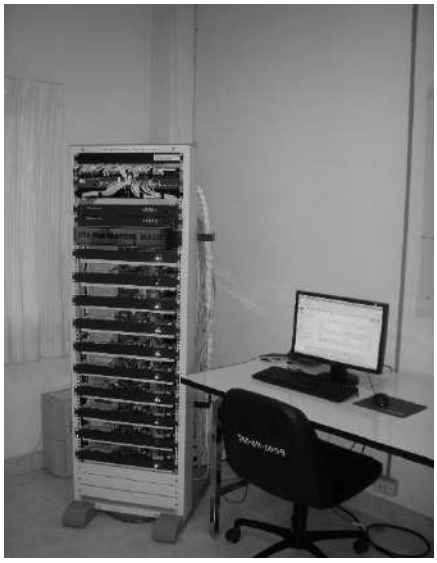


รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมแบบเบวูล์ฟ (Beowulf cluster architecture)

2. สถาปัตยกรรมของ SMM

จากข้อกำหนดของคุณลักษณะเฉพาะของ SMM ประมวลผลแบบขนาน แบบผู้ใช้หลายคน ความเร็วในการประมวลผลสูง สามารถทำงานได้ในอุณภูมิห้อง (ไม่เกิน 25 องศาแซลเซียส) ติดตั้งได้ในพื้นที่จำกัด

ใช้สถาปัตยกรรมแบบเบวูล์ฟ (Beowulf) ดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมของคอมพิวเตอร์คลัสเตอร์ [1] มีลักษณะของการใช้หน่วยความจำแบบกระจาย (distributed memory) SMM ประกอบด้วย คอมพิวเตอร์ส่วนหน้า(Frontend node: quad CPU q9300 2 GHz RAM 4 GB) จำนวนสองตัว แต่จะทำงานเพียงตัวเดียว อีกตัวหนึ่งสำรองเตรียมไว้ในกรณีที่ตัวแอกทีฟ หยุดทำงานหรือเสียหายเพื่อทำหน้าที่แทน โดยหน้าที่หลักของคอมพิวเตอร์ส่วนหน้าติดต่อกับโลกภายนอกผ่านเครือข่ายอินเทอร์เนต เพื่อรับงานหรือปัญหาจาก ผู้ใช้ และบริหารจัดการกับคอมพิวเตอร์โนดคำนวณ (Compute node: dual core CPU E2200 1.8 GHz RAM 3 GB) จำนวน 8 ตัว การติดต่อระหว่าง คอมพิวเตอร์ส่วนหน้ากับคอมพิวเตอร์โนดคำนวณ จะติดต่อผ่านสวิทช์เครือข่าย (network switch) โดยใช้โปรโตคอลทีซีพีไอพี (TCP/IP) คอมพิวเตอร์ทุกตัวจะใช้เม้าส์ คีย์บอร์ดและจอภาพร่วมกัน ซึ่งควบคุมด้วยสวิทช์เควีเอ็ม (Keyboard Video Mouse Switch) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปร่างของ SMM (Sparse Matrix Machine) เมื่อติดตั้งเสร็จและใช้งาน

เราใช้ Rock cluster [2] เป็นตัวจัดการหลักและเป็นซอฟแวร์เปิดตัวหนึ่งซึ่งช่วยทำให้ต้นทุนในการสร้างนั้นลดลง เรายังได้ติดตั้งตัวแปลภาษาคอมพิวเตอร์ต่างๆเช่น Python, Octave, C++ เป็นต้น สามารถเขียนโปรแกรมแบบขนานได้โดยใช้ ซอฟแวร์ระบบ MPI (Massage Passing Interface) ร่วม เช่น Csparse จาก [3], Py4MPI จาก [4], Octave with MPITB จาก [5] เป็นต้น

3. สถาปัตยกรรมของ SMMG

SMMG คลัสเตอร์ สร้างขึ้นด้วยเงื่อนไขสำคัญๆคือ สามารถทำงานได้ในอุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส มีขนาดพอเหมาะกับการใช้งานในห้องปฏิบัติงานทั่วไปทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม สามารถประมวลผลแบบขนานได้และเรียกเครื่องมือนี้ว่า SMMG(Sparse Matrix Machine on GPUs) มีโครงสร้างตามสถาปัตยกรรมเบวูล์ฟ(Beowulf) [1] มีลักษณะที่สำคัญคือ ผู้ใช้ทั่วไปจะไม่สามารถใช้งาน โนดคำนวณ (Compute node)ได้โดยตรง ต้องติดต่อผ่านโนดส่วนหน้า (Frontend node) คล้ายกับการใช้งาน Server ทั่วไป โนดคำนวณจะมีจีพียูเป็นโปรเซสเซอร์ช่วย ซีพียูคำนวณ มีเงื่อนไขสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือองค์ประกอบทั้งหมดต้องอยู่บน Rack เดียวกันเพื่อจำกัดพื้นที่

SMMG คลัสเตอร์มีโนดส่วนหน้า (Frontend node) ใช้ซีพียู Quad core q8200 2.33 GHz RAM DDR2 ขนาด 2 GB ส่วนโนดคำนวณ (Compute nodes) มี 4 โนดแต่ละโนดใช้ ซีพียู dual core E5200 2.5 GHz RAM DDR2 ขนาด 2 GB และ จีพียู GeForce GTX460 ขนาด 336 core [8] มี RAM 1 GB ทั้งหมดเชื่อมต่อกันด้วยจิกะบิตสวิทช์ ควบคุมทั้งคลัสเตอร์ด้วย Rock [2]



รูปที่ 3 ด้านซ้ายแสดงส่วนประกอบหลักในช่วงการทดสอบต้นแบบจีพียูคลัสเตอร์ SMMG ด้านขวาแสดงการใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการวิจัย HPC ที่สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เชียงใหม่

4. การวัดความเร็วในการประมวลผลของ SMM ด้วย HPL

โปรแกรมวัดสมรรถนะของคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง [10] เรียกสั้นๆว่า HPL ถูกใช้วัดสมรรถนะของคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงเพื่อจัดอันดับคอมพิวเตอร์ที่เร็วที่สุดในโลกของ Top 500 [11] HPL ใช้เมตริกแบบหนาแน่นในการทดสอบโดยใช้ สมการ (1)

$$Ax = b \quad (1)$$

A เป็นเมตริกหนาแน่นจตุรัสขนาด N x N

x เป็น เวคเตอร์หนาแน่นขนาด N

b เป็น เวคเตอร์หนาแน่นขนาด N

A เป็นเมตริกหนาแน่นที่ผู้ใช้สามารถกำหนด ขนาดของเมตริก (N) ในการทดสอบและ HPL สุ่มค่าสมาชิกเมตริกเอง นอกจากนั้นแล้ว HPL ยังให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ได้ เช่น ขนาดบล็อก(NB)จากการแบ่งข้อมูลเพื่อกระจายงานไปให้โนดคำนวณ โดยเขียนเป็นสคริปชื่อ HPL.dat ผลการวัดสมรรถนะด้วย HPL ดังตารางที่ 1 และเมื่อนำเอาผลจากตารางที่ 1 ไปพล็อตกราฟ แสดงดังรูปที่ 4

5. การวัดความเร็วในการประมวลผลของ SMMG ด้วย HPL

การทดสอบสมรรถนะของจีพียูคลัสเตอร์ ใช้โปรแกรม HPL (High Performance Linpack) โดยแยกออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกทดสอบประสิทธิภาพเฉพาะซีพียูหมายถึงโนดคำนวณทุกโนดไม่มีการใช้จีพียูช่วยคำนวณ ดูผลลัพธ์ จากรูปที่ 5 ส่วนที่สองทดสอบประสิทธิภาพของจีพียูหมายถึงโนดคำนวณทุกโนดใช้จีพียูช่วยคำนวณ ดูผลลัพธ์ จากรูปที่ 6 ทั้งนี้ต้องทำการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม HPL ในส่วนของโปรแกรมย่อย DGEMM (Double-Precision Generalized Matrix Multiplication)[9] ดังนั้นผลของการวัดสมรรถนะของจีพียูคลัสเตอร์จึงทำเป็นสองส่วน

T/V Wall time/ encoded variant

N ขนาดจัตุรัสของเมตริก A

NB แฟคเตอร์ของการแบ่งบล็อก

P จำนวนของโปรเซสตามแถว

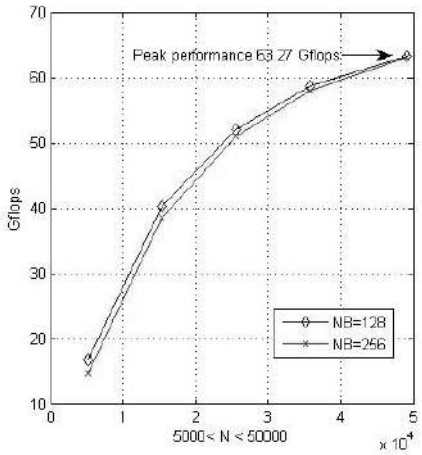
Q จำนวนของโปรเซสตามคอลัมน์

Time เวลาที่ใช้หน่วยเป็นวินาที

GFLOPs อัตราการประมวลผล

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบโดยข้อกำหนดตามสคริป HPL.dat

N	NB	เวลา(วินาที)	อัตราการประมวลผล (GFLOPs)
5120	128	5.37	16.67
5120	256	6.12	14.63
15360	128	60.02	40.26
15360	256	62.62	38.58
25600	128	215.39	51.93
25600	256	219.78	50.90
35840	128	523.72	58.61
35840	256	529.39	57.98
49152	128	1251.22	63.27
49152	256	1256.20	63.02



รูปที่ 4 ผลการวัดสมรรถนะ SMM แปรผันค่า N และ NB ใน HPL.dat

```
================================================================================
T/V                N    NB     P     Q               Time                 GFLOPs
--------------------------------------------------------------------------------
WC00R2R4       27648   256     4     2             405.58             3.474e+01
--------------------------------------------------------------------------------
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=        0.0050045 PASSED
================================================================================
```

รูปที่ 5 ผลลัพธ์จาก HPL ในการวัดส่วนแรกหมายถึงโนดคำนวณทุกโนดไม่มีการใช้จีพียูช่วยคำนวณได้ 34.7 Gflops

```
================================================================================
T/V                N    NB     P     Q               Time                 GFLOPs
--------------------------------------------------------------------------------
WC00L2L4       27648   512     4     2             244.97             5.752e+01
--------------------------------------------------------------------------------
||Ax-b||_oo/(eps*(||A||_oo*||x||_oo+||b||_oo)*N)=0.0045054 PASSED
================================================================================
```

รูปที่ 6 ผลลัพธ์จาก HPL ในการวัดส่วนที่สองหมายถึงโนดคำนวณทุกโนดใช้จีพียูช่วยคำนวณได้ 57.5 GFLOPs

7. สรุป

ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ต้นทุนต่ำหรือคอมพิวเตอร์ที่มีการประมวลแบบขนาน มีสมรรถนะสูง ประกอบด้วยตัวประมวลผลจำนวนมากที่ร่วมกันทำงานแบบขนาน ในอดีตเครื่องมือเหล่านี้มีราคาสูงมาก นักวิจัย นักวิทยาศาตร์ วิศวกร ในมหาวิทยาลัย หรือในประเทศกำลังพัฒนาเช่น ประเทศไทย มีโอกาสน้อย หรือเรียกว่าไม่มีโอกาส ได้ใช้งานในการศึกษาค้นคว้าปัญหาที่ต้องการความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นสูงและมีปริมาณข้อมูลที่ต้องประมวลจำนวนมาก ทั้ง SMM และ SMMG เป็นซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ต้นทุนต่ำที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่สามารถหาได้ในตลาดเมืองไทย ดังเช่นการหาซื้ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั่วไป ทั้งสองถูกสร้างด้วยจุดประสงค์เดียวกันคือเพื่อใช้แก้ปัญหาในรูปเมตริกมากเลขศูนย์ ข้อแตกต่างในการใช้ฮาร์ดแวร์ประกอบการสร้างระหว่าง SMM และ SMMG อยู่ที่ SMM ใช้ ซีพียูเป็นตัวคำนวณหลัก แต่ SMMG ใช้ GPU เป็นตัวคำนวณหลัก ผลจากการวัดความเร็วพบว่ามีสมรรถนะใกล้เคียงกัน หากแต่ SMMG ใช้โนดคำนวณน้อยกว่า นั่นหมายถึงแนวทางงการลดต้นทุนในการสร้างลงได้ ผู้วิจัยยังคงมองหาฮาร์ดแวร์สำเร็จที่มีองค์ประกอบที่สำคัญๆสำหรับซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ต้นทุนต่ำ เพื่อการลดต้นทุนต่อไป เพื่อสร้างโอกาสให้นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร ได้สร้างผลงานที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้นต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Sterling, T., 2001, Beowulf Cluster Computing with Linux, MIT press

[2] Rocks, 2008, Base Roll: Users Guide: Version 5.1 edition, University of California

[3] Davis,T, CSPARSE: a Concise Sparse matrix package,[Online]. Available: http://www.cise.ufl.edu/research/sparse/matrices

[4] Python, mpi4py (mpi for Python), [Online]. Avialable: http://pypi.python.org/pypi/mpi4py

[5] MPI tool box for Octave, [Online]. Available: http://atc.ugr.es/~javier/mpitb.vern.html

[6] Top500 Supercomputer site, The Linpack Benchmark, [Online]. Available: http://www.top500.org/

[8] NVIDIA corporation, NVIDIA CUDA Programming Guide,2009

[9] Massimiliano Fatica, Accelerating Linpack with CUDA on heterogeneous clusters Nvidia Corporation 2009

[10] Petitel, A. Whaley, R. C. Dongarra, J. and Cleary, A., HPL-A Portable Implementation of the High Performance Linpack Benchmark for Distributed-Memory Computers, [Online]. Available: http://www.netlib.org/benchmark/hpl

[11] Top500 Supercomputer site, The Linpack Benchmark, [Online]. Available: http://www.top500.org/

[12] ธีรณี อจลากุล ราชวิชช์ สาโรชวิกสิต การประมวลผลแบบขนานและแบบกระจาย กรุงเทพ: ท้อป 2551 273 หน้า



ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดม สุธาคำ
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
เชียงใหม่

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การสร้างภาพลายน้ำดิจิทัลบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาดที่ถูกถ่วงน้ำหนักแบบกำลังสองน้อยสุด

Digital Image Watermarking based on Least Squares Weighted Amplitude Modulation

Pollakrit Toonkum[1], Bhovornsak Somkror[1] and Pongsakorn Jaiyaprab[2]

[1]College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiangmai.

[2]Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiangmai.

E-mail: pollakrit.t@rmutl.ac.th, bsomkror@rmutl.ac.th, pongsakorn_j@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอและค้นคว้าขั้นตอนวิธีในการปกป้องลิขสิทธิ์ภาพดิจิทัล ขั้นตอนวิธีแบบใหม่ที่จะกล่าวถึงคือการสร้างภาพลายน้ำดิจิทัลบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาดที่ถูกถ่วงน้ำหนักแบบกำลังสองน้อยสุด ซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีในการมอดูเลตเชิงขนาดแบบดั้งเดิมที่ถูกปรับปรุงด้วยการเพิ่มกลไกในการกระชับแบบกำลังสองน้อยสุดของฟังก์ชันพหุนามสำหรับใช้ในการประมาณค่าและปรับเรียบค่าความเข้มของภาพ การประเมินสมรรถนะของขั้นตอนวิธีที่นำเสนอจะนำไปเปรียบเทียบกับตัวกรองที่ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก ตัวกรองแบบเฉลี่ย และตัวกรองแบบเกาส์ในภาพทดสอบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอมีความคงทนต่อค่า PSNR และค่าสหสัมพันธ์แม้ว่าขนาดหน้าต่างของตัวกรองจะแปรเปลี่ยนไป

Abstract

This paper proposes and investigates a new algorithm developed for copyright protection of digital images. The new algorithm, referred to as the Least Squares Weighted Amplitude Modulation, is the original Amplitude Modulation enhanced with mechanism of least squares fitting of a polynomial function for approximating and smoothing image intensities. The performance evaluation of the proposed algorithm has been compared with the no-weighted filters, the mean filters and the Gaussian filters in test image. Experimental results indicate that the proposed algorithm is rather robust to the PSNR and correlation even if the window widths of filters are varied.

***Keywords*:** Image Watermarking, Amplitude Modulation, Least Squares, Savitzky-Golay filter, Gaussian filter.

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบการสื่อสารผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศได้มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้สื่อดิจิทัลประเภทต่าง ๆ อาทิเช่น ภาพดิจิทัล วีดิทัศน์ดิจิทัล และเสียงดิจิทัล ถูกนำมาคัดลอกและเผยแพร่อย่างกว้างขวาง ส่งผลทำให้เกิดการละเมิดลิขสิทธิ์ต่อเจ้าของผลงานซึ่งควรจะได้รับประโยชน์จากผลงานที่ได้สร้างสรรค์ขึ้น

ที่ผ่านมาได้มีผู้นำเสนอวิธีการป้องกันการละเมิดทรัพย์สินทางปัญญาในไฟล์รูปภาพดิจิทัลอยู่หลายวิธี แต่วิธีการหนึ่งที่เป็นที่นิยมมากที่สุดก็คือการทำภาพลายน้ำดิจิทัล (Digital Watermarking) โดยการนำลายน้ำไปฝังไว้ในภาพดิจิทัลต้นฉบับอย่างไม่เปิดเผย ลายน้ำที่ถูกฝังเข้าไปนั้นจะใช้เป็นข่าวสารในการแสดงความเป็นเจ้าของไฟล์รูปภาพดิจิทัล อย่างไรก็ตามในกระบวนการฝังภาพลายน้ำดิจิทัลนั้น ภาพลายน้ำดังกล่าวจะต้องไม่ปรากฏออกมาจนสามารถมองเห็นและไปทำลายรายละเอียดของภาพต้นฉบับหรือทำให้ข่าวสารในภาพต้นฉบับสูญเสียหรือเปลี่ยนแปลงไป ยิ่งไปกว่านั้นภาพลายน้ำที่ฝังเข้าไปควรจะถอดรหัสได้เฉพาะผู้ที่ได้รับสิทธิ์เพื่อป้องกันการดัดแปลงข่าวสารในภาพที่ถูกฝังลายน้ำเอาไว้ เทคนิคในการฝังภาพลายน้ำโดยทั่วไปจะแบ่งได้สองประเภทคือเทคนิคที่กระทำในโดเมนพื้นที่ (Spatial Domain) และเทคนิคที่กระทำในโดเมนความถี่ (Frequency Domain) ในส่วนของการกระทำในโดเมนพื้นที่นั้นโดยส่วนมากสัญญาณข่าวสารลายน้ำจะถูกฝังลงไปในระดับความเข้มของภาพโดยตรงด้วยวิธีการกำหนดกุญแจลับ (Secret Key) เข้าไปในขั้นตอนวิธีของการเข้ารหัสสัญญาณข่าวสารลายน้ำ ในขณะที่เทคนิคที่กระทำในโดเมนความถี่นั้นลายน้ำและภาพต้นฉบับจะถูกแปลงไปอยู่ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์โคไซน์แบบเต็มหน่วย (Discrete Cosine Coefficients) หรือค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย (Discrete Wavelet Coefficients) ซึ่งจะทำให้ลายน้ำกระจายตัวอยู่ตามองค์ประกอบความถี่ต่าง ๆ ของภาพต้นฉบับ [1]

ที่ผ่านมาได้มีผู้นำเสนอวิธีการในการเข้ารหัสภาพลายน้ำด้วยการมอดูเลตเชิงขนาด (Amplitude Modulation) [2] ซึ่งเป็นการเข้ารหัสสัญญาณสุ่มเทียม (Pseudo-Random) ในโดเมนพื้นที่ วิธีการดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าผลของสัญญาณลายน้ำที่ทำการเข้ารหัสมีความทนทานต่อการถูกโจมตี (Attack) เพื่อทำการดัดแปลงภาพในรูปแบบต่าง ๆ หลังจากนั้นไม่นานได้มีการพัฒนาวิธีการเข้ารหัสภาพลายน้ำดังกล่าวนี้ด้วยการรวมวิธีการถ่วงน้ำหนักแบบเกาส์ (Gaussian Weight) [3] เพื่อทำให้สัญญาณลายน้ำที่จะนำไปเข้ารหัสด้วยการมอดูเลตเชิงขนาดมีความเรียบและส่งผลทำให้ภาพหลังการเข้ารหัสมีความใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ

บทความวิจัยนี้จะนำเสนอขั้นตอนวิธีในการสร้างภาพลายน้ำดิจิทัลบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาดแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Amplitude Modulation) แบบใหม่ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างการเข้ารหัสลายน้ำด้วยการมอดูเลตเชิงขนาดดั้งเดิม และการประยุกต์ใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักโดยใช้ตัวประมาณค่าแบบกำลังสองน้อยสุด (Least Squares Estimator) ในการปรับเส้นโค้ง (Curve Fitting) ของฟังก์ชันพหุนาม (Polynomial Function) เข้าหากลุ่มข้อมูลเพื่อทำให้ข้อมูลมีความราบเรียบ (Smooth) และสามารถประมาณค่ากลุ่มข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการเข้ารหัสให้ดีขึ้น

โดยในหัว ข้อที่ 2 จะนำเสนอการสร้างภาพลายน้ำดิจิทัลบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาด จากนั้นจึงจะนำเสนอขั้นตอนวิธีในการประมาณค่าแบบกำลังสองน้อยสุดในหัวข้อที่ 3 และจึงประเมินสมรรถนะในหัวข้อที่ 4 และสรุปผลเป็นลำดับสุดท้าย

2. การสร้างภาพลายน้ำดิจิทัลบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาด

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอหลักการสร้างภาพลายน้ำดิจิทัลบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาดซึ่งนำเสนอโดย Kutter [2] มีหลักการคือ ทำการสร้างสัญญาณข่าวสารลายน้ำที่ต้องการจะนำไปฝังในภาพต้นฉบับ I ในปริภูมิสี $\{R,G,B\}$ ให้มีลักษณะเป็นสัญญาณหนึ่งบิต b (มีค่า -1 หรือ 1) เช่น สัญญาณลายน้ำที่สร้างมาจากสัญญาณสุ่มเทียมซึ่งมีขนาดเท่ากับภาพต้นฉบับ และมีกุญแจลับ K ในการบอกจุดเริ่มต้นหรือรูปแบบของสัญญาณสุ่มเทียม จากนั้นจะทำการฝังสัญญาณลายน้ำบิต b เข้าไปในภาพต้นฉบับโดยการดัดแปลงค่าความเข้มของจุดภาพเฉพาะช่องสัญญาณสีฟ้า $B_{i,j}$ ณ ตำแหน่ง (i, j) เนื่องจากเป็นช่องสัญญาณสีที่สายตามนุษย์เราแยกแยะความแตกต่างได้น้อยที่สุด โดยให้ค่าความเข้มของจุดภาพในช่องสัญญาณสีฟ้าที่ผ่านการมอดูเลตเชิงขนาด $\tilde{B}_{i,j}$ มีค่าดังสมการ

$$\tilde{B}_{i,j} = B_{i,j} + bC_{i,j}k \tag{1}$$

เมื่อ k คือค่าคงที่ในการกำหนดความแรง (Strength) ของสัญญาณลายน้ำที่จะทำการเข้ารหัสซึ่งเป็นค่าที่ถ่วงดุลกันระหว่างความทนทานในการคงอยู่ของสัญญาณลายน้ำเมื่อถูกโจมตีเพื่อดัดแปลงภาพ และความสามารถในการพรางตัวของสัญญาณลายน้ำเพื่อไม่ให้สายตาของมนุษย์เราสังเกตถึงความเปลี่ยนแปลง ส่วน $C_{i,j}$ คือค่าการถ่วงน้ำหนักของสีในปริภูมิ $\{R,G,B\}$ มีค่าดังสมการ

$$C_{i,j} = 0.299R + 0.587G + 0.114B \tag{2}$$

ในส่วนของการถอดรหัสสัญญาณข่าวสารลายน้ำออกมาจากภาพที่ถูกเข้ารหัสลายน้ำออกมานั้น จะเริ่มจากการใช้หลักการในการประมาณค่า (Estimation) ความเข้มของจุดภาพต้นฉบับบนพื้นฐานของการรวมเชิงเส้นของจุดภาพที่ถูกฝังลายน้ำ ณ ตำแหน่งรอบจุดที่กำลังพิจารณา จากการทดลองของ Kutter พบว่าการพิจารณาจุดข้างเคียงแบบกากบาท (Cross-Shaped Neighborhood) มีสมรรถนะในการประมาณค่าที่ดีกว่าแบบอื่น ๆ โดยค่าความเข้มของจุดภาพในช่องสัญญาณสีฟ้าที่ต้องการประมาณค่า $\hat{B}_{i,j}$ สามารถหาค่าได้ดังสมการ

$$\hat{B}_{i,j} = \frac{1}{4}\left(\sum_{k=-c}^{c}\tilde{B}_{i+k,j} + \sum_{k=-c}^{c}\tilde{B}_{i,j+k} - 2\tilde{B}_{i,j}\right) \tag{3}$$

เมื่อ c คือขนาดของจุดข้างเคียงแบบกากบาท ในส่วนของการนำสัญญาณข่าวสารลายน้ำกลับคืนมานั้น เราจะพิจารณาจากความแตกต่างของความเข้มของจุดภาพที่ถูกเข้ารหัสลายน้ำกับความเข้มของจุดภาพที่ประมาณค่าได้ ในที่นี้จะได้สมการในการตัดสินการเลือกรหัสลายน้ำดังสมการ

$$\delta_{i,j} = \tilde{B}_{i,j} - \hat{B}_{i,j} \tag{4}$$

โดยเครื่องหมายของค่าความแตกต่าง δ จะเป็นตัวกำหนดค่าของสัญญาณข่าวสารลายน้ำที่ทำการฝังหรือเข้ารหัสลงไปในภาพต้นฉบับ

3. การประมาณค่าแบบกำลังสองน้อยสุด

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอตัวกรองซาวิสกี-โกเลย์ (Savitzky-Golay) [4] ซึ่งมีขั้นตอนวิธีในการประมาณค่าแบบกำลังสองน้อยสุดโดยใช้หลักการในการปรับเส้นโค้งของฟังก์ชันพหุนามแบบสองมิติไปยังกลุ่มข้อมูลที่เราต้องการประมาณค่า เริ่มต้นด้วยการกำหนดภาพขนาด $M \times N$ พิกเซลในรูปของอาร์เรย์สองมิติ $f(u,v)$ โดยที่ $u \in [1,\ldots,M]$ และ $v \in [1,\ldots,N]$ จากนั้นจึงกำหนดหน้าต่างของชุดข้อมูลที่เรากำลังพิจารณาขนาด $(2L+1)\times(2L+1)$ พิกเซลและมีศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่ง (i, j) ดังสมการ

$$D_{i,j} = \left\{ f(i+m, j+n) : -L \le m \le L, -L \le n \le L \right\} \tag{5}$$

ในขณะเดียวกันจะกำหนดให้ $p_{i,j}$ เป็นฟังก์ชันพหุนามที่นิยามดังต่อไปนี้

$$p_{i,j}(m,n) = \sum_{s=0}^{S}\sum_{t=0}^{T} a_{i,j}(s,t)\, m^s n^t \tag{6}$$

เมื่อ m และ n เป็นค่าชี้ตำแหน่งในหน้าต่างข้อมูล $D_{i,j}$, S และ T เป็นอันดับสูงสุดของ m และ n ตามลำดับ

ในการหาค่าเหมาะที่สุด (Optimization) ภายใต้เงื่อนไขของการทำให้เกิดค่าความผิดพลาดกำลังสองน้อยสุด (Least Square Error) จะกำหนดให้ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) มีนิยามดังสมการ

$$\varepsilon_{i,j} = \sum_{m,n \in D_{i,j}} \left\{ f(i+m, j+n) - p_{i,j}(m,n) \right\}^2 \tag{7}$$

โดยค่าเอาต์พุตของตัวกรองซาวิสกี-โกเลย์ที่ตำแหน่ง (i, j) จะหาได้จากค่าที่ตำแหน่งศูนย์กลางของฟังก์ชันพหุนาม $p_{i,j}(0,0)$ ที่ตำแหน่ง $m = 0$ และ $n = 0$ ที่กระทำการปรับเส้นโค้งเข้าหาข้อมูลบนหน้าต่าง $D_{i,j}$ ซึ่งจากสมการที่ (6) เมื่อแทนค่า $m = n = 0$ จะทำให้ค่าเอาต์พุตของตัวกรองที่ได้นิยามไว้มีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์ $a_{i,j}(0,0)$ นั่นเอง

ในการหาค่า $a_{i,j}(0,0)$ เราจะกำหนดให้ $\vec{a}_{i,j}$ เป็นเวกเตอร์ที่ประกอบไปด้วยสัมประสิทธิ์ $a_{i,j}(s,t)$ ทุกตัวของฟังก์ชันพหุนาม $p_{i,j}$ ดังนิยามไว้ในสมการที่ (6) จากนั้นจึงจะทำการจัดเรียงค่าสัมประสิทธิ์ $a_{i,j}(s,t)$ ให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์โดยจัดเรียงอันดับของฟังก์ชันพหุนามตามค่าดัชนี r เมื่อ $r \in [1,\ldots,(S+1)(T+1)]$ ให้มีค่าดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} s(r) &= \lfloor (r-1)/(T+1) \rfloor \\ t(r) &= (r-1) \bmod (T+1) \end{aligned} \tag{8}$$

โดย $\lfloor\ \rfloor$ คือฟังก์ชัน floor และ mod( ) คือฟังก์ชัน modulo ดังนั้นเราสามารถเขียน $\vec{a}_{i,j}$ ได้ในรูป

$$\vec{a}_{i,j} = [a(s(r),t(r)) : r = 1,\ldots,(S+1)(T+1)]^T \tag{9}$$

และ

$$\begin{aligned} m(q) &= \lfloor (q-1)(2l-1) - l + 1 \rfloor \\ n(q) &= (q-1) \bmod (2l-1) - l + 1 \end{aligned} \tag{10}$$

เป็นฟังก์ชันดัชนีของข้อมูล $f(i+m, j+n)$ ในหน้าต่าง $D_{i,j}$ ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$\vec{f}_{i,j} = [f(i+m(q), j+n(q)) : q = 1,\ldots,(2l-1)^2]^T \tag{11}$$

จากนิยามของ $\vec{a}_{i,j}$ และ $\vec{f}_{i,j}$ ในสมการที่ (9) และ (11) ในข้างต้นเราสามารถสร้างเมทริกซ์ $\mathbf{A}$ ได้ด้วยการกำหนดค่าสมาชิกของเมทริกซ์ดังสมการ

$$A_{qr} = m(q)^{s(r)} n(q)^{t(r)} \tag{12}$$



(ก) (ข)

รูปที่ 1 (ก) ภาพ Lena ต้นฉบับ (ข) ข่าวสารลายน้ำ

จากสมการของฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ได้นิยามไว้ในสมการที่ (7) เราจะทำการจัดสมการดังกล่าวให้อยู่รูปแบบของเมทริกซ์และเวกเตอร์ดังต่อไปนี้

$$\varepsilon_{i,j} = (\mathbf{A}\vec{a}_{i,j} - \vec{f}_{i,j})^T(\mathbf{A}\vec{a}_{i,j} - \vec{f}_{i,j}) \quad (13)$$

เมื่อทำการหาค่าที่น้อย (Minimization) ในสมการที่ (13) เพื่อหาค่าผลเฉลยทั่วไปของ $\vec{a}_{i,j}$ ภายใต้เงื่อนไขที่จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดกำลังสองน้อยสุดจะได้ผลเฉลยดังสมการ

$$\vec{a}_{i,j} = (\mathbf{A}^T\mathbf{A})^{-1}(\mathbf{A}^T\vec{f}_{i,j}) \quad (14)$$

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นที่ว่าค่าเอาต์พุตของตัวกรองคือค่าที่ตำแหน่งศูนย์กลางของฟังก์ชันพหุนาม $p_{i,j}(0,0)$ และมีค่าเท่ากับ $a_{i,j}(0,0)$ ซึ่งก็คือค่าสัมประสิทธิ์ตัวแรกของ $\vec{a}_{i,j}$ ในสมการที่ (14) ดังนั้นเราสามารถลดรูปผลเฉลยของตัวกรองให้อยู่ในรูปของผลรวมเชิงเส้นได้ดังสมการที่ (15) ต่อไปนี้

$$p_{i,j}(0,0) = \sum_{q=1}^{(2l-1)^2} \alpha_q f(i+m(q), j+n(q)) \quad (15)$$

โดย

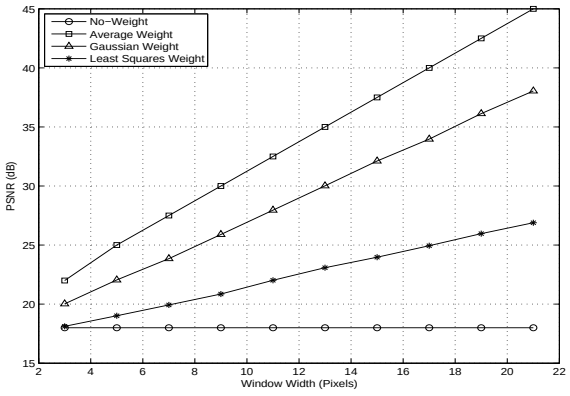
$$\alpha_q = \{(\mathbf{A}^T\mathbf{A})^{-1}(\mathbf{A}^T\vec{e}_q)\}_1 \quad (16)$$

เครื่องหมาย $\vec{e}_q$ ในสมการที่ (16) คือเวกเตอร์หนึ่งหน่วยซึ่งมีค่าเท่ากับหนึ่งที่ตำแหน่ง q^{th} ส่วน $\{\ \}_1$ คือสัญลักษณ์ที่ระบุว่าเป็นค่าตัวแรกของเวกเตอร์ผลเฉลย $\vec{a}_{i,j}$ โดยค่า α_q ที่ได้มานี้ เวลานำไปใช้งานจะถูกนำมาจัดเรียงใหม่ในรูปของหน้าต่างตัวกรอง $w_{i,j}$ ขนาด $(2L+1)\times(2L+1)$ เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ในการหาค่าผลรวมเชิงเส้นสองมิติต่อไป [5]

จากสมการที่ (15) ซึ่งเป็นสมการผลเฉลยในรูปของผลรวมเชิงเส้นจะเห็นได้ว่าการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันพหุนาม α_q สำหรับใช้ในการปรับเส้นโค้งเข้ากับกลุ่มข้อมูลในหน้าต่าง $D_{i,j}$ ดังแสดงในสมการที่ (16) สามารถหาค่าไว้ได้ล่วงหน้าเพียงครั้งเดียว ส่งผลทำให้ตัวกรองดังกล่าวมีความยืดหยุ่นในการปรับอันดับของฟังก์ชันพหุนาม อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการประมวลผลที่สูง ดังนั้นในหัวข้อต่อไปจะนำเสนอการนำตัวกรองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในประมาณค่าข้อมูลให้มีความราบเรียบเพื่อนำค่าที่ได้นี้ไปใช้เป็นค่าในการถ่วงน้ำหนักของการเข้ารหัสลายน้ำบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาดต่อไป

4. การประเมินสมรรถนะ

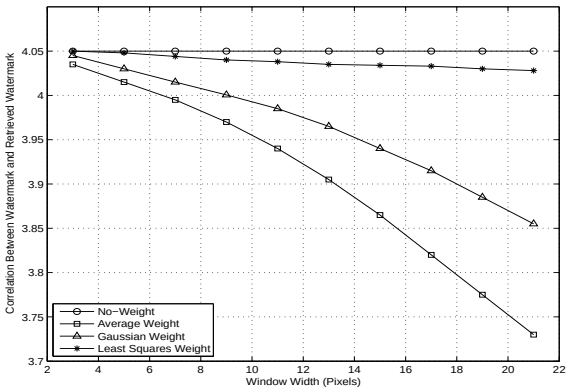
ในหัวข้อนี้จะประเมินสมรรถนะการสร้างภาพลายน้ำดิจิทัลบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาดที่ถูกถ่วงน้ำหนักแบบกำลังสองน้อยสุด เปรียบเทียบกับ 1) แบบที่ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก 2) ถ่วงน้ำหนักด้วยตัวกรองแบบเฉลี่ย (Mean Filter) และ 3) ถ่วงน้ำหนักด้วยตัวกรองแบบเกาส์ โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่จะนำมาใช้ในการถ่วงน้ำหนักจะอยู่ในรูปของหน้าต่างตัวกรอง $w_{i,j}$ ขนาดต่าง ๆ สำหรับนำไปใช้ในการหาค่าผลรวมเชิงเส้น ณ ตำแหน่ง (i, j) กับข้อมูลภาพ f ในหน้าต่าง $D_{i,j}$ ดังสมการที่ (17)



รูปที่ 2 ค่า PSNR ของภาพที่ถูกเข้ารหัสลายน้ำที่บนพื้นฐานของการถ่วงด้วยน้ำหนักด้วยตัวกรองแบบต่างๆ

$$C_{i,j} = \sum_{m=-L}^{L}\sum_{n=-L}^{L} w_{i,j}(m,n) f(i+m, j+n)\ ; -L \le m \le L, -L \le n \le L \quad (17)$$

จากนั้นจึงนำค่า $C_{i,j}$ ที่คำนวณได้ไปใช้ในการเข้ารหัสสัญญาณลายน้ำในสมการที่ (1) ในที่นี้เราจะเลือกใช้ภาพต้นฉบับมาตรฐาน Lena ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) และใช้ตราสัญลักษณ์เป็นสัญญาณข่าวสารลายน้ำที่จะนำไปเข้ารหัสกับภาพต้นฉบับดังแสดงในรูปที่ 1 (ข) อย่างไรก็ตามข่าวสารลายน้ำในรูปที่ 1 (ข) จะต้องถูกนำไปคูณกับสัญญาณสุ่มเทียมซึ่งเป็นสัญญาณหนึ่งบิต (-1 หรือ 1) ที่ถูกทำการขีดแบ่ง (Thresholding) ให้มีค่าเฉลี่ยของสัญญาณสุ่มเทียมเท่ากับศูนย์เพื่อทำให้ค่าเฉลี่ยทางสถิติของภาพที่ผ่านกระบวนการฝังลายน้ำในสมการที่ (1) มีค่าเท่ากับภาพต้นฉบับ ในขั้นตอนต่อไปจะทำการตั้งค่าความแรงในการสเกลค่าสัญญาณลายน้ำ k ให้มีค่าเท่ากับ 0.1 ให้ค่าอันดับ S และ T ของตัวกรองซาวิสกี-โกเลย์ค่าเท่ากับ 2 และเนื่องจากตัวกรองในโดเมนพื้นที่แต่ละชนิดมีปัจจัยในการประมาณค่าคือความกว้างของหน้าต่างตัวกรอง (Window Width) ดังนั้นในที่นี้เราจะประเมินสมรรถนะการถ่วงน้ำหนักของตัวกรองแบบต่าง ๆ ด้วยค่า PSNR (Peak signal-to-noise ratio) เมื่อขนาดหน้าต่างของตัวกรองมีการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์ในการกระจายตัวของตัวกรองแบบเกาส์จะแปรผันตามค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ ในการทดลองนี้เราจึงให้ค่า σ มีค่าเท่ากับ $L/3$ เนื่องจากเป็นค่าที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกรองแบบเกาส์มีค่าเข้าใกล้ศูนย์บริเวณขอบหน้าต่างของตัวกรองที่ถูกปรับเปลี่ยนไป โดยผลการประเมินสมรรถนะด้วยค่า PSNR แสดงในรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อขนาดหน้าต่างของตัวกรองมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า PSNR มีแนวโน้มที่สูงขึ้นสะท้อนให้เห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มความแรงในการกรองของตัวกรองจะทำให้ค่าที่ได้จากการประมาณค่ามีค่าเข้าใกล้กับค่าเฉลี่ยในบริเวณใกล้เคียง (Neighborhood) ซึ่งทำให้สัญญาณลายน้ำที่จะถูกนำไปมอดูเลตเชิงขนาดมีค่าใกล้เคียงกัน ผลที่ตามมาคือสัญญาณลายน้ำที่ถูกนำไปสเกลค่าจะมีขนาดที่ไล่เลี่ยกันและทำให้ภาพหลังการเข้ารหัสลายน้ำมีค่าใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ ค่า PSNR จึงมีค่าที่สูงขึ้น โดยการถ่วงน้ำหนัก



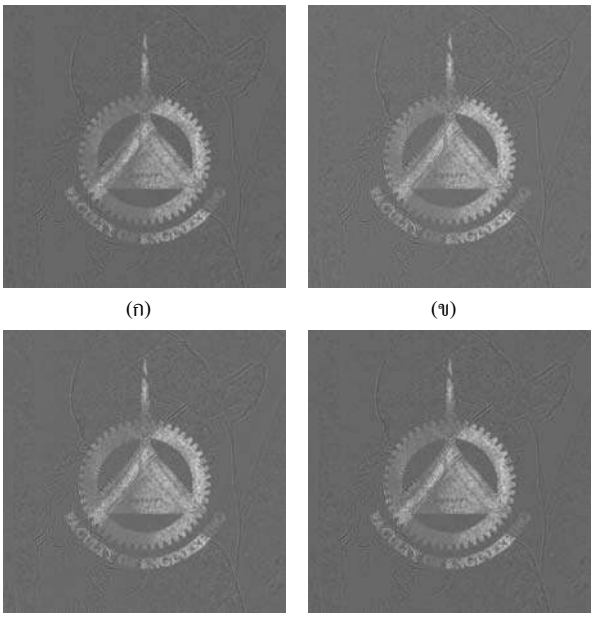
รูปที่ 3 ค่าสหสัมพันธ์ของสัญญาณลายน้ำที่ถอดรหัสจากขั้นตอนวิธีการสร้างภาพลายน้ำบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาดที่ถูกถ่วงด้วยน้ำหนักแบบต่าง ๆ

ด้วยตัวกรองแบบเฉลี่ยจะให้ค่า PSNR สูงที่สุดโดยที่การถ่วงน้ำหนักด้วยตัวกรองแบบเกาส์ แบบกำลังสองน้อยสุด และแบบที่ไม่มีการถ่วงน้ำหนักใด ๆ จะมีค่า PSNR ลดลงมาตามลำดับ

ขั้นตอนถัดไปจะเป็นการนำภาพที่ได้จากการเข้ารหัสลายน้ำด้วยวิธีการมอดูเลตเชิงขนาดแบบถ่วงน้ำหนักมาถอดรหัสด้วยวิธีการพิจารณาจุดข้างเคียงแบบกากบาทตามสมการที่ (3) และ (4) และนำผลที่ได้มาประเมินสมรรถนะด้วยวิธีการหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) กับสัญญาณข่าวสารลายน้ำต้นฉบับ รูปที่ 3 แสดงผลของค่าสหสัมพันธ์ของสัญญาณลายน้ำที่ถอดรหัสจากขั้นตอนวิธีการสร้างภาพลายน้ำบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาดที่ถูกถ่วงด้วยน้ำหนักแบบต่าง ๆ โดยจะเห็นได้ว่าเมื่อหน้าต่างของตัวกรองมีขนาดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าสหสัมพันธ์ของการถ่วงน้ำหนักด้วยตัวกรองแบบเฉลี่ยและการถ่วงน้ำหนักด้วยตัวกรองแบบเกาส์มีแนวโน้มที่ลดลงเนื่องจากความแรงของสัญญาณลายน้ำที่ถูกถอดรหัสได้มีค่าอยู่ในระดับที่ต่ำ ในขณะที่ตัวกรองแบบกำลังสองน้อยสุดนั้นมีการความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสหสัมพันธ์เมื่อขนาดหน้าต่างของตัวกรองปรับเปลี่ยนไป รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างของภาพสัญญาณลายน้ำที่ถูกถอดรหัสมาได้โดยเลือกขนาดหน้าต่างของตัวกรองอยู่ที่ 9×9 พิกเซล อย่างไรก็ตามการประเมินสมรรถนะในครั้งนี้ได้ศึกษาเฉพาะการถอดรหัสลายน้ำในเบื้องต้น ส่วนการถอดรหัสภาพลายน้ำที่ถูกโจมตีเพื่อดัดแปลงภาพ อาทิ เช่น การทำพร่า (Bluring) การหมุน (Rotating) และการบีบอัด (Compressing) จะได้รับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

5. สรุป

บทความวิจัยนี้นำเสนอและค้นคว้าขั้นตอนวิธีแบบใหม่ในการสร้างภาพลายน้ำดิจิทัลบนพื้นฐานของการมอดูเลตเชิงขนาดที่ถูกถ่วงน้ำหนักแบบกำลังสองน้อยสุด ซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีในการมอดูเลตเชิงขนาดแบบดั้งเดิมที่ถูกปรับปรุงด้วยการเพิ่มกลไกในการกระชับแบบกำลังสองน้อยสุดของฟังก์ชันพหุนามสำหรับใช้ในการประมาณค่าและปรับเรียบค่าความเข้มของภาพ ยิ่งไปกว่านั้นขั้นตอนวิธีดังกล่าวยังสามารถจัดรูปค่าสัมประสิทธิ์ให้อยู่ในรูปของผลรวมเชิงเส้นไว้ได้ล่วงหน้า (Pre-Processing) ส่งผลทำให้มีประสิทธิภาพทางเวลาที่สูงเทียบเท่ากับตัวกรองเชิงเส้น



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 4 ภาพข่าวสารลายน้ำที่ถอดรหัสได้จากขั้นตอนวิธีในการสร้างภาพลายน้ำ (ก) ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก (ข) ถ่วงน้ำหนักด้วยตัวกรองเฉลี่ย (ค) ถ่วงน้ำหนักด้วยตัวกรองแบบเกาส์ (ง) ถ่วงน้ำหนักแบบกำลังสองน้อยสุด

แบบอื่น ๆ ในการประเมินสมรรถนะของขั้นตอนวิธีที่นำเสนอได้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับตัวกรองที่ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก ตัวกรองแบบเฉลี่ย และตัวกรองแบบเกาส์ในภาพทดสอบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่ได้นำเสนอมีความคงทน (Robustness) ต่อค่า PSNR และค่าสหสัมพันธ์แม้ว่าขนาดหน้าต่างของตัวกรองจะถูกปรับเปลี่ยนไป

เอกสารอ้างอิง

[1] N. Chandrakar, and J. Bagga, “Performance Comparison of Digital Image Watermarking Techniques: A Survey”, *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, vol. 2, no. 2, pp. 126-130, 2013.

[2] M. Kutter, F. Jordan, and F. Bossen, “Digital Signature of Color Images using Amplitude Modulation”, *Journal of Electronic Imaging*, vol. 7, no. 2, pp. 326-332, 1998.

[3] T. Amornraksa and W. Pijayanan “Digital Watermarking: An Approach to Copyright Protection for Images”, *The Journal of KMITNB*., vol. 13, no. 2, pp. 54-63, 2003.

[4] A. Savitzky, and M.J.E. Golay, “Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedure”, *Analytical Chemistry*, vol. 36, pp. 1627-1639, 1964.

[5] C. Chinrungrueng and A. Suvichakorn, “Fast edge preserving noise reduction for ultrasound images”, *IEEE Trans. Nuclear Science*, vol. 48, no. 3, pp. 849-854, 2001.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การระบุชนิดเหรียญกษาปณ์โดยการประมวลผลภาพ

Thai Coin Classification by Image Processing

สมหมาย บัวแย้มแสง

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: sommai_buayam@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอวิธีการ จำแนกภาพเหรียญกษาปณ์หมุนเวียนชนิดราคา 1 บาท 5 บาทและ 10 บาทโดยการประมวลผลภาพเริ่มจากการนำภาพมาแปลงเป็นภาพขาวดำ เพื่อลดข้อมูลที่จะต้องประมวลผล จากนั้นแยกภาพเหรียญแต่ละภาพออกมาจากพื้นหลังหรือวัตถุอื่น โดยใช้วิธี Circular Hough transform เพื่อตรวจสอบเส้นขอบภาพที่มีลักษณะเป็นวงกลม ทำการคำนวณพื้นที่ภาพแต่ละเหรียญเพื่อเทียบกับภาพเหรียญ 10 บาทที่ใช้อ้างอิงในการระบุชนิดของเหรียญ จากการทดสอบกับภาพเหรียญคละกัน 10 เหรียญจำนวน 10 ภาพได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง 94 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้

Abstract

This paper proposes a method for classify circulated coins include 1, 5 and 10 baht. The first step, digital input image is converted to black and white or binary image for reduce data. Next step is segmentation coin image by Circular Hough transform method and calculate the area of each coin compared with 10 baht reference to specific types of coins. Results of experiments are 94 percent accurate when test with 10 mixed coins from 10 images which enough to be applied to real work.

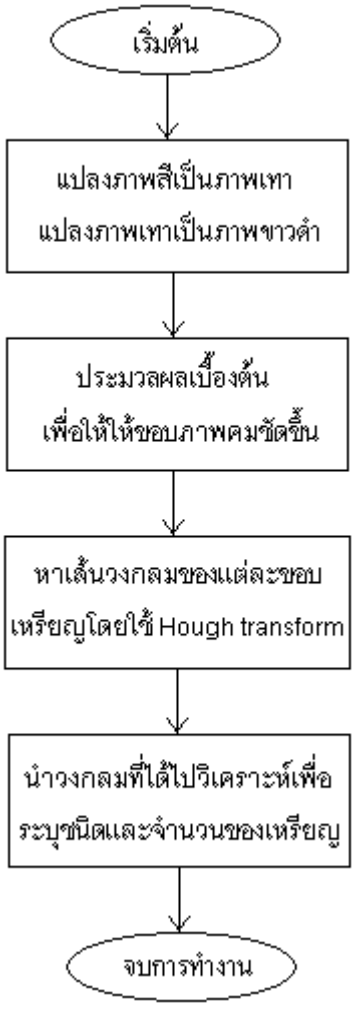
***Keywords*:** classify, circulate coins, segmentation, Circular Hough transform.

1. บทนำ

ในการคัดแยกเหรียญกษาปณ์ชนิดหมุนเวียน ที่มีปริมาณมาก ๆ จะทำให้เสียเวลาในการตรวจนับและอาจเกิดการผิดพลาดได้ เราจะนำทฤษฎีการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ โดยทำการถ่ายภาพเหรียญทั้งหมดแล้วนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมซึ่งสามารถแยกแยะเหรียญชนิดราคา 1, 5 และสิบบาทออกจากกันได้โดยใช้วิธี Circular Hough transform ในการหาวงกลมซึ่งเป็นลักษณะของขอบเหรียญ นอกจากจะวิเคราะห์เหรียญที่วางห่างกันแล้วยังสามารถวิเคราะห์เหรียญที่วางทับซ้อนกันเป็นบางส่วนได้ด้วย อาจนำระบบนี้ไปประยุกต์ใช้ในธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเหรียญจำนวนมากๆ เช่นตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ ธนาคารหรืออื่น ๆ

การระบุชนิดเหรียญกษาปณ์โดยการประมวลผลภาพมีขั้นตอนดังรูปที่ 1 ถ้าข้อมูลภาพเป็นภาพสี ต้องเปลี่ยนให้เป็นภาพเทา (gray)จากผลลัพธ์ภาพเทาที่ได้ ต้องนำไปประมวลผลเบื้องต้นเพื่อให้ภาพคมชัดขึ้นเพราะเราต้องการเส้นขอบเหรียญที่ชัดเจนในการวิเคราะห์ให้ได้เส้นวงกลมออกมา จากนั้นนำไปผ่านขั้นตอนแปลงภาพเทาเปลี่ยนให้เป็นภาพขาวดำ(black & white) ก่อนที่จะนำไปประมวลผล ซึ่ง ในขั้นตอนการเปลี่ยนเป็นภาพขาวดำ หรือภาพไบนารี่ (binary) ในการเลือกจุดตัด (threshold) ที่เหมาะสมจะใช้วิธีของ Otsu [1,2]

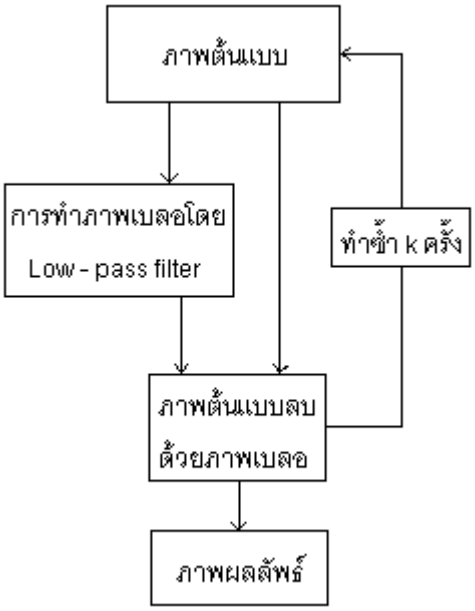
จากเส้นวงกลมของขอบเหรียญที่ได้ ทำให้สามารถกำจัดข้อมูลส่วนเกินที่มีลักษณะอื่นๆ ที่ไม่ใช่วงกลมออกไป นำแต่ละวงกลมไปคำนวณหาพื้นที่เพื่อกำหนดชนิดของเหรียญเพราะเหรียญแต่ละชนิดจะมีพื้นที่ไม่เท่ากัน จากนั้นใช้ขั้นตอนการกำหนดหมายเลข [2] ในการหาจำนวนของเหรียญทั้งหมด



รูปที่ 1. ผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ

2. การทำ Edge sharpening เพื่อให้ขอบภาพคมชัด

เส้นขอบภาพของเหรียญเป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก เพราะเราต้องนำมาวิเคราะห์ให้ได้ว่ามีลักษณะเป็นวงกลม ถ้าเส้นขอบไม่ชัดเจนหรือไม่ต่อเนื่องจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผล บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานโดยรวมของการทำ Edge sharpening แสดงดังรูปที่ 2 โดยการนำภาพต้นแบบ (original) มาผ่านขั้นตอนการทำภาพเบลอด้วย Low-pass filter จากนั้นนำภาพต้นแบบมาลบด้วยภาพที่เบลอจะทำให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่มีความชัดเจนขึ้น



รูปที่ 2. ผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ

เมื่อนำภาพผลลัพธ์ป้อนกลับมาเป็นภาพต้นแบบ แล้วทำขั้นตอนเดิมซ้ำๆ กันจะทำให้ขอบภาพชัดขึ้นเรื่อยๆ แต่ต้องกำหนดจำนวนรอบให้เหมาะสมเพราะขั้นตอนนี้นอกจากจะทำให้ขอบเหรียญชัดแล้วยังทำให้ขอบของส่วนอื่นๆ ที่เราไม่ต้องการเด่นชัดขึ้นด้วยซึ่งจะเพิ่มความผิดพลาดของระบบ ตัวอย่างภาพต้นแบบเปรียบเทียบกับภาพที่ผ่านขั้นตอนนี้แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. ภาพต้นแบบซ้ายและภาพผลลัพธ์ขวา

3. การหาเส้นวงกลมโดยวิธี Circular Hough transform

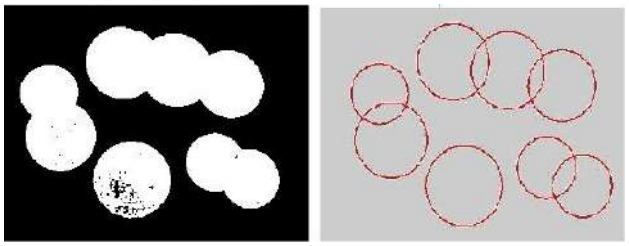
ในการวิเคราะห์การเรียงกันของจุดภาพว่ามีลักษณะใด เป็นเส้นตรง วงกลม วงรีหรืออื่นๆ จะใช้วิธีการที่เรียกว่า Hough transform [3] ซึ่งมีหลักการโดยสรุปคือตามปกติแล้ว เส้นตรง วงกลมรวมทั้งรูปทรงต่างๆ ในกรณีวงกลมเรียกว่า Circular Hough transform [4] จะมีสมการในรูปแบบตัวแปรระนาบ (x,y) และค่าคงที่สัมประสิทธิ์ (a,b) ที่ตายตัว แต่เมื่อเรามีการเรียงตัวของจุดภาพเป็นข้อมูลแสดงว่าเรารู้ค่า (x,y) ดังนั้นสิ่งที่ต้องการหาคือค่าสัมประสิทธิ์ (a,b) ตัวอย่างสมการและพารามิเตอร์ของเส้นรูปในแบบต่างๆ แสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ตัวอย่างสมการและพารามิเตอร์ของเส้นต่างๆ

รูปแบบ	พารามิเตอร์	สมการ
Line	S, θ	$x\cos\theta + y\sin\theta = S$
Circle	a, b, S	$(x-a)^2 + (y-b)^2 = S^2$
Parabola	a, b, S, θ	$(y-b)^2 = 4S(x-a)$*
Ellipse	a, b, S_a, S_b, θ	$(y-b)^2 / S_a^2 + (x-a)^2 / S_b^2 = 1$*

* แทนการบวกด้วยมุมที่หมุนไป θ องศา

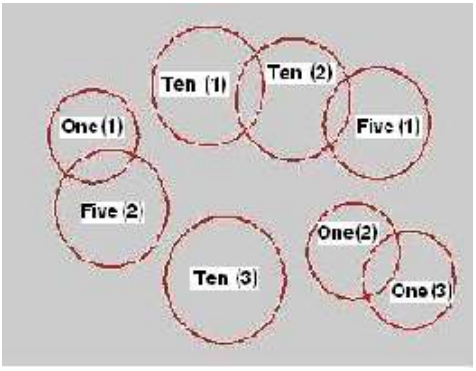
ภาพที่จะนำมาผ่านขั้นตอน Hough transform คือภาพที่ได้จากการแปลงเป็นภาพขาวดำแล้ว ซึ่งเป็นภาพที่มีเส้นขอบชัดเจนดังรูปที่ 4 ด้านซ้าย ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ดังรูปด้านขวา จะเห็นได้ว่าถึงแม้เหรียญจะมีการวางซ้อนทับกันบางส่วนก็สามารถวิเคราะห์ได้



รูปที่ 4. เส้นวงกลมขอบเหรียญที่ได้จาก Circular Hough transform

4. การกำหนดชนิดและนับจำนวนเหรียญ

เส้นวงกลมที่ได้จะมีค่ารัศมีที่แตกต่างกัน ซึ่งเรานำไปเป็นค่าในการคำนวณพื้นที่วงกลม เพื่อใช้ตรวจสอบว่าเป็นเส้นขอบของเหรียญชนิดราคาใด โดยเหรียญราคา 1 บาทจะมีพื้นที่น้อยที่สุดเหรียญราคา 10 บาทจะมีพื้นที่มากที่สุด ส่วนเหรียญราคา 5 บาทจะมีพื้นที่น้อยกว่าเหรียญราคา 10 บาทเล็กน้อย



รูปที่ 5. การกำหนดหมายเลขให้แต่ละวงกลม

การนับจำนวนเหรียญจะใช้วิธีการการกำหนดหมายเลข (Labeling) เพื่อใส่หมายเลขในแต่ละพื้นที่ของภาพที่แยกออกจากกัน เริ่มจากหมายเลข 1 แล้วเพิ่มขึ้นทีละ 1 ไปเรื่อยๆ ดังนั้นหมายเลขสูงสุดก็คือจำนวนเหรียญนั่นเอง ตัวอย่างการกำหนดหมายเลขให้แต่ละวงกลมแสดงดังรูปที่ 5

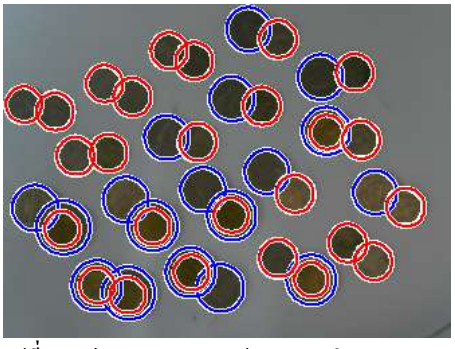
5. ผลลัพธ์จากการทดลอง

ทำการทดสอบโปรแกรมโดยใช้กล้องดิจิตอล Nikon COOL PIX S2007 ความละเอียด 640 x 480 ถ่ายภาพเหรียญซึ่งวางบนถาดพลาสติกสีขาวห่างจากกล้อง 33 เซนติเมตร จำนวน 10 ครั้งๆ ละ 10 เหรียญ โดยชนิดของเหรียญคละกันบ้าง หรือเป็นชนิดเดียว สองชนิดหรืออื่นๆ ตามตารางที่ 2 และการวางเหรียญจะมีซ้อนทับกันในบางส่วน ผลลัพธ์ที่ได้มีความผิดพลาดเล็กน้อย โดยความผิดพลาดทั้งหมดเกิดจากเหรียญห้าบาทเพราะขนาดพื้นที่ของเหรียญจะใกล้เคียงกับเหรียญสิบบาท

ตารางที่ 2. ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

การทดสอบ	ชนิดของเหรียญ	เหรียญที่ผิดพลาด
1	หนึ่ง(4), ห้า(3), สิบ(3)	ห้า(1)
2	หนึ่ง(5), ห้า(2), สิบ(3)	ห้า(1)
3	หนึ่ง(4), ห้า(1), สิบ(5)	-
4	หนึ่ง(5), ห้า(0), สิบ(5)	-
5	หนึ่ง(5), ห้า(5), สิบ(0)	-
6	หนึ่ง(0), ห้า(5), สิบ(5)	ห้า(3)
7	หนึ่ง(10), ห้า(0), สิบ(0)	-
8	หนึ่ง(0), ห้า(10), สิบ(0)	-
9	หนึ่ง(0), ห้า(0), สิบ(10)	-
10	หนึ่ง(4), ห้า(2), สิบ(4)	ห้า(1)

จากการทดลองประมวลผลซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้งเพื่อหาจำนวนเหรียญสูงสุดที่เป็นไปได้ที่ไม่เกิดความผิดพลาดคือจำนวน 36 เหรียญคละชนิดกันดังรูปที่ 6



รูปที่ 6. เหรียญจำนวน 36 เหรียญคละชนิดและราคา

6. สรุป

บทความนี้ยังให้ผลลัพธ์ที่มีความผิดพลาดในบางส่วน ซึ่งเกิดจากความใกล้เคียงกันของขนาดเหรียญราคา 5 บาทและราคา 10 บาทแนวทางแก้ไขที่คิดไว้อาจต้องมีการตรวจสอบสีของเหรียญเพิ่มเติม เพราะเหรียญราคา 10 บาทจะมีส่วนในและส่วนนอกโดยส่วนในซึ่งเป็นรูปพระบรมฉายาลักษณ์จะมีสีในโทนเหลืองที่แตกต่างกับเหรียญ 5 บาท

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายวสุ ศรีระโส นักศึกษาวิชาการประมวลผลภาพที่ให้ความช่วยเหลือในการถ่ายรูปและบันทึกผลการทดลอง ทำให้บทความนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] N. Otsu, “A threshold selection method from grey level histogram”, IEEE Trans. Sys. Man, Cyber. 9: 62-66

[2] สมหมาย บัวแย้มแสง, “การนับจำนวนนกอพยพโดยใช้วิธีการกำหนดหมายเลข”, การประชุมวิชาการ NCIT2010 หน้า 626 - 629

[3] MILAN SONKA, VACLAV HLAVAC, and ROGER BOYLE, “Image Processing Analysis and Machine Vision,” PWS Publishing, pp. 163-173, 1998

[4] D. H. BALLAD, “Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes, ”*Pattern Recognition* , vol. 13, no 2, pp. 111-122, 1981.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การค้นหาส่วนของการต่อภาพด้วยเทคนิคส่วนเหมือนของพิกเซลที่มากที่สุด

Searching a Image Segment Merged with Most Common Pixels Technique

กล้าณรงค์ ศรีวงศ์[1], ไตรภูมิ แซ่ว่ะ[2], พงษ์พิษณุ เชื้อหมอ[3], อธิคม ศิริ[4], ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์[5], กฤตกรณ์ ศรีวันนา[6], กมล บุญล้อม[7], วัชร ไชยมงคล[8], อนิรุจน์ ประสงค์การ[9] ธรีพนธ์ ธิแก้ว[10] และ ปริญญา สมวงศ์[11]

ศูนย์ความเชี่ยวชาญเฉพาะทางคลื่นไมโครเวฟและเทคโนโลยีหุ่นยนต์, สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100

E-mail: 521997001@stu.crru.ac.th[1], 521997009@stu.crru.ac.th[2], 521997016@stu.crru.ac.th[3], oakzy@hotmail.com[4] , idt_thanawutth@crru.ac.th[5], kittakorn.sri@gmail.com[6], kamol_boon@yahoo.com[7], 531997039@stu.crru.ac.th[8], 531997028@stu.crru.ac.th[9], 531997024@stu.crru.ac.th[10], 531997033@stu.crru.ac.th[11]

บทคัดย่อ

การถ่ายภาพทางอากาศในงานสำรวจพื้นที่ทรัพยากรธรรมชาติได้ถูกประยุกต์จาก การถ่ายภาพจากดาวเทียมสำรวจที่ครอบคลุมพื้นที่กว้าง เป็นการถ่ายภาพทางอากาศที่ครอบคลุมพื้นที่จำกัดมากกว่าภาพที่ได้จากดาวเทียม เพื่อให้ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพมุมสูงที่คลุมบริเวณกว้างเทียบเคียงกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้เสนอเทคนิคการต่อภาพด้วยการค้นหาส่วนที่เหมือนของภาพมากที่สุด สำหรับการต่อภาพที่ได้ให้มีขนาดและความละเอียดสูงขึ้น ผลจากการนำเทคนิคที่เสนอไปใช้พบว่าได้ความถูกต้องของการต่อภาพที่มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

Abstract

A digital image that is obtained from observation satellite is used as important tool in various remote sensing applications i.e. agriculture, forestry and environment. Due to the progressivity of aerial photography, the image not only attains from satellite but also gets a lot of image from effective equipment i.e. plane and drone. However, those images need to use an efficient technique to merge images with high accuracy as same as a single image satellite. In this work, we propose a method for merging image with searching the most common pixels (MCP). The proposed techniques enable to efficiently merge a lot of images to a high resolution image. The experimental results shown that the MCP technique can apply to remote sensing application with the accuracy of 80 percent.

***Keywords*:** image merge, aerial photography, most common pixels technique

1. บทนำ

ภาพถ่ายในปัจจุบันมีหลากหลายด้านหลากหลายเทคนิค การถ่ายภาพมีรูปแบบของภาพแตกต่างกันออกไป เช่น การถ่ายภาพเพื่อการสำรวจและการถ่ายภาพเพื่อทำแผนที่ทางอากาศ การนำเทคโนโลยีภาพถ่ายและการประมวลผลภาพถ่ายไปประยุกต์ใช้ประโยชน์มีมากมายหลายด้าน เช่น งานอุตสาหกรรมใช้ภาพถ่ายช่วยในการตรวจสอบ, คัดแยกสินค้า, การสำรวจพื้นที่มีการนำภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร, การสำรวจสภาพแวดล้อมของโลก, การสำรวจลักษณะภูมิประเทศเพื่อใช้ในการทำแผนที่ผังเมือง, การสำรวจทรัพยากรป่าไม้เพื่อดูการการเปลี่ยนแปลงและสำรวจความเสียหายหลังเกิดภัยพิบัติเพื่อวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้น เป็นต้น การถ่ายภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรและสภาพแวดล้อมของโลกเป็นการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีการถ่ายภาพและโทรคมนาคม การทำงานของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรเป็นการถ่ายภาพจากระยะไกล โดยภาพที่ได้มีรัศมีครอบคลุมพื้นที่กว้างและมีความต่อเนื่องกันของภาพ แต่มีลักษณะของภาพไม่เป็นปัจจุบัน

คณะผู้วิจัยจึงเสนอแนวคิดของการนำภาพถ่ายมุมสูงที่ได้จากอากาศยานบังคับ มาใช้ในสำรวจทรัพยากรและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ นำไปสู่ลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการสำรวจ อย่างไรก็ตามภาพถ่ายมุมสูงที่ได้ นั้นจะมีรัศมีครอบคลุมพื้นที่น้อยกว่าและไม่มีต่อเนื่องกันของภาพจึงทำการสร้างโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายมุมสูงแบบซ้อนภาพขึ้น คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการประมวลผลภาพด้วยการค้นหาส่วนของการต่อภาพด้วยเทคนิคส่วนเหมือนของภาพสำหรับต่อภาพ เพื่อให้ภาพถ่ายมุมสูงที่ได้จากการถ่ายภาพให้มีรัศมีครอบคลุมพื้นที่ที่กว้างขึ้นและมีความต่อเนื่องของภาพเป็นภาพเดียวกัน

2. ทฤษฎีพื้นฐานและงานที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้ได้อธิบายถึงทฤษฎีพื้นฐานเช่น ทฤษฎีภาพถ่ายทางอากาศ และ ทฤษฎีการประมวลผลภาพ

2.1 ทฤษฎีภาพถ่ายทางอากาศ

ภาพถ่ายมุมสูง หมายถึง ภาพของภูมิประเทศที่ได้จากการถ่ายรูปมุมสูงด้วยวิธีนำกล้องถ่ายรูปติดกับอากาศยานที่บินไปเหนือภูมิประเทศที่จะทำการถ่ายรูป แล้วทำการถ่ายรูปตามตำแหน่งทิศทางและความสูงของการบินที่ได้วางแผนไว้ก่อนแล้ว หลังจากนั้นนำฟิล์มไปล้างและอัดภาพ ก็จะได้รูปที่มีรายละเอียดภูมิประเทศในบริเวณที่ต้องการถ่ายปรากฏอยู่ ภาพถ่ายทางอากาศแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ รูปถ่ายแนวดิ่ง คือรูปถ่ายที่ใช้ประโยชน์มากที่สุด เพราะให้รายละเอียดที่ตรงความเป็นจริงมากสุด ภาพถ่ายดิ่งแกนกล้องจะเอียงไม่เกิน +/- 3 องศา, รูปถ่ายเอียง คือรูปถ่ายที่เอียงเกิน +/- 3 องศาการศึกษาข้อมูลภาพถ่ายมุมสูง สามารถทำได้ 2 วิธี คือ ศึกษาด้วยตาเปล่าและศึกษาด้วยกล้องสามมิติ

2.2 ทฤษฎีประมวลผลภาพถ่าย

การศึกษาการประมวลผลภาพคือ เราจะศึกษาปรับปรุงคุณภาพของภาพที่เราเรียกว่าอิเมจเอ็นฮานซ์เม็นท (Image Enhancement) เพื่อให้ได้ปรับปรุงให้เด่นชัดมากขึ้นเพียงพอที่จะวิเคราะห์สิ่งที่ต้องการได้ เช่น ปรับปรุงความคมชัด ปรับความสว่าง หาขอบของวัตถุให้ชัดเจนขึ้น กำจัดสิ่งรบกวนหรือนอยซ์(Noise) ซึ่งการปรังปรุงคุณภาพของภาพสามารถบางออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ ส่วนที่ 1ปรับปรุงคุณภาพโดยกระทำในแบบพิกเซล (Pixel) คือ เป็นการปรังปรุงคุณภาพโดยการทำบนจุดแต่ละจุด เช่น เอาค่าความเข้มของจุดนั้นมาบวก, ลบ, คูณ และหาร หรือทำการ +/- ค่าให้คลาดเคลื่อนของสีให้ใกล้เคียงมากที่สุดกับภาพอื่น ทำให้คุณลักษณะของภาพที่ต้องการปรากฏเด่นชัดขึ้น ส่วนที่ 2ปรับปรุงคุณภาพด้วยคอนโวลูชัน(Convolution) คือ การปรับปรุงด้วยวิธีนี้ เราจะใช้เมตริกซ์ขนาด 3x3 และ5x5 หรือขนาดต่างกัน ที่เราออกแบบขึ้นมา เข้าไปวนในภาพของเรา ส่วนที่ 3การซ้อนภาพคือ การใช้ฟังก์ชั่นโอเวอร์แลป (Overlap) ในการตรวจสอบเพื่อให้หาลักษณะพิเศษของภาพหรือจุดที่แตกต่างของภาพการทำคอนโวลูชัน Convolution ตำแหน่งเมตริกซ์ ฟังชั่นที่เรียกใช้คือ โอเวอร์แลปแวลู (Overlap Value) จากนั้นเคอร์เนล (Kernel)ในการตรวจจับขอบของภาพตรงไหนคือขอบของวัตถุ เราจะพิจารณาภาพได้ละเอียดมากขึ้น การทำให้ภาพที่ไม่เกี่ยวข้องให้เป็นสีดำ การใช้ ฮิสโทแกรม (Histogram) เช่น กำหนดให้จุดไหนที่มีค่าระดับสีต่ำปรับตามค่าคลาดเคลื่อนซึ่งสามารถกำหนดได้เองเลย จะได้ภาพที่มีจุดเด่นขึ้นมา

3. วิธีการที่นำเสนอ

ในงานวิจัยทางนี้แต่ละภาพ img_x ถูกแทนด้วยเมทริกซ์ของฟังก์ชั่น RGB_{ij} เมื่อ i และ j แทนด้วยตำแหน่งของแถว i และคอลัมน์ j บนแต่ละพิกเซลของภาพ x ดังแสดงในรูปที่ 1.

$$img_x = \begin{bmatrix} rgb_{0,0} & rgb_{0,1} & rgb_{0,2} \\ rgb_{1,0} & rgb_{1,1} & rgb_{1,2} \\ rgb_{2,0} & rgb_{2,1} & rgb_{2,2} \end{bmatrix}$$

รูปที่ 1. แบบจำลองของภาพที่นำไปประมวลผล

ในการผสานภาพสองภาพ img_x และ img_y เพื่อให้ได้ภาพที่มีขนาดใหญ่ img_m จำเป็นต้องหาส่วนที่เหมือนกันของภาพที่มากที่สุด (Most Common Pixels: MCP) ได้จากสมการ (1) ซึ่งค่าของ MCP ของแต่ละภาพหาได้จากฟังก์ชั่นที่ได้จากสมการ (2)

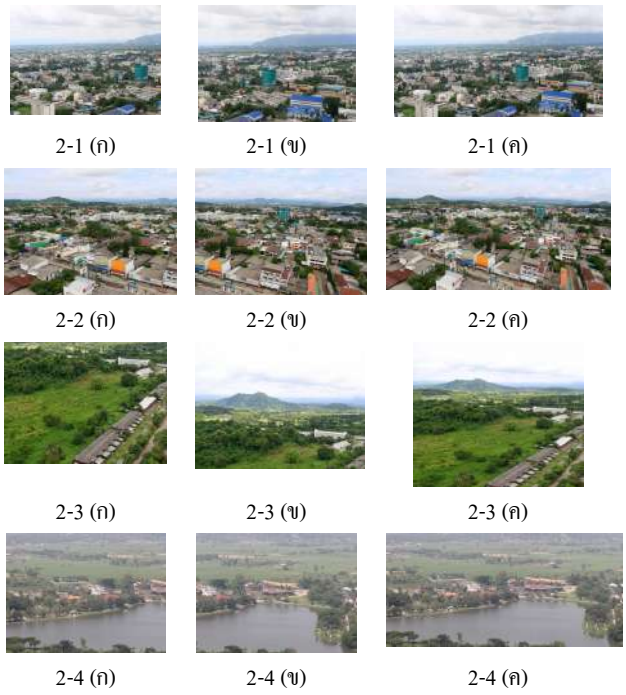
$$MCP = \max\{mcp_0, mcp_1, ..., mcp_k\} \quad (1)$$

$$mcp_k = \sum_j cp_j : cp = \begin{cases} 1 & ; \quad rgb_{ij}^{0,1} - \epsilon < rgb_{ij}^{merged} < rgb_{ij}^{0,1} + \epsilon \\ 0 & ; \quad otherwise \end{cases} \quad (2)$$

หลังจากที่ได้ค่า MCP ของทั้งสองภาพจะถูกนำไปใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตของการผสานทั้งสองภาพเข้าหากันดังตัวอย่างในสมการที่ 3

$$img_m = img_{i,j-mcp}^{x} + img_{i,mcp-j}^{y} \quad (3)$$

ในสมการที่ 3 แสดงฟังก์ชั่นการผสานของสองภาพโดยลบส่วนที่เหมือนกันทั้งสองภาพออก จากสมการที่ 3 นั้นเป็นการผสานภาพจากทางซ้ายโดยเทียบกับภาพ x



2-1 (ก) 2-1 (ข) 2-1 (ค)

2-2 (ก) 2-2 (ข) 2-2 (ค)

2-3 (ก) 2-3 (ข) 2-3 (ค)

2-4 (ก) 2-4 (ข) 2-4 (ค)

รูปที่ 2. ผลการทดลองการผสานภาพด้วยเทคนิคที่นำเสนอ

4. ผลการทดลอง

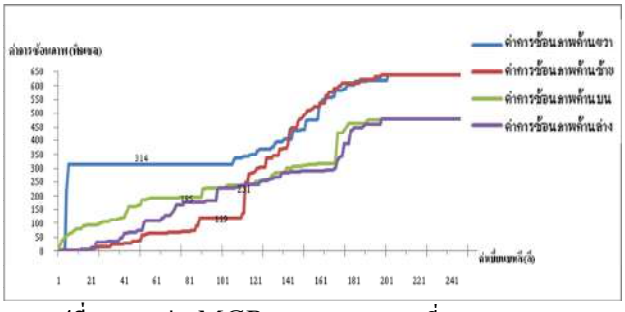
จากผลการทดลองการทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายมุมสูงแบบซ้อนภาพสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ประสิทธิภาพในการเลือกด้านซ้อนภาพของโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายมุมสูงแบบซ้อนภาพภาพในการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ ลักษณะภาพถ่ายในเมืองระยะใกล้ มีความถูกต้องในการเลือกด้าน มีค่าเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์, ลักษณะภาพถ่ายในเมืองระยะไกล มีความถูกต้องในการเลือกด้าน มีค่าเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์, ลักษณะภาพถ่ายนอกเมืองระยะใกล้มีความถูกต้องในการเลือกด้าน มีค่าเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ และลักษณะภาพถ่ายนอกเมืองระยะไกลมีความถูกต้องในการเลือกด้าน มีค่าเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยความถูกต้องในการเลือกด้านซ้อนภาพมีช่วงความถูกต้องตั้งแต่ 80-90 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 85 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากโปรแกรมเลือกซ้อนภาพในด้านที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การซ้อนภาพที่มีมากที่สุด เพราะว่า เป็นค่าเปอร์เซ็นต์จำนวนพิกเซลซ้อนกันระหว่างภาพต้นฉบับที่ 1 และภาพต้นฉบับที่ 2 ที่มีค่าสีอยู่ในขอบเขตของค่าเบี่ยงเบนสีที่แตกต่างกัน โดยมีค่าความถี่สะสมมากสุดและมีจำนวน

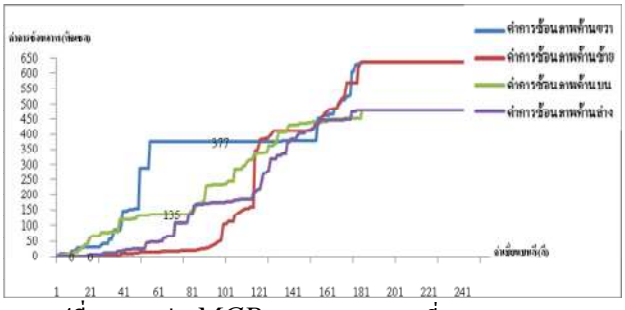
พิกเซลซ้อนกันสูงสุด ซึ่งในส่วนลักษณะการเลือกด้านถูกต้อง เมื่อเพิ่มค่าเบี่ยงสีทำให้ค่าจำนวนซ้อนกันระหว่างภาพต้นฉบับที่ 1 และภาพต้นฉบับที่ 2 จะมีค่าคงทนต่อค่าเบี่ยงเบนสีที่เพิ่มขึ้น จึงได้ค่าจำนวนพิกเซลซ้อนกันระหว่างภาพต้นฉบับที่ 1 และภาพต้นฉบับที่ 2 ที่มีค่าความถี่สะสมมากสุดและมีค่าจำนวนพิกเซลซ้อนกันสูงสุด ส่วนลักษณะการเลือกด้านไม่ถูกต้อง เมื่อเพิ่มค่าเบี่ยงสีทำให้ค่าจำนวนซ้อนกันระหว่างภาพต้นฉบับที่ 1 และภาพต้นฉบับที่ 2 จะมีค่าคงทนต่อค่าเบี่ยงเบนสีที่เพิ่มขึ้น จึงได้ค่าจำนวนพิกเซลซ้อนกันระหว่างภาพต้นฉบับที่ 1 และภาพต้นฉบับที่ 2 ที่มีค่าความถี่สะสมมากสุดแต่มีค่าจำนวนพิกเซลซ้อนกันต่ำ

ประสิทธิภาพในการซ้อนภาพของโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายมุมสูงแบบซ้อนภาพ เทียบกับภาพที่ทำการซ้อนภาพ โดยการคาดคะเนด้วยสายตาการทดลองการซ้อนภาพของโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายมุมสูงแบบซ้อนภาพ เทียบกับภาพที่ทำการซ้อนภาพ โดยการคาดคะเนด้วยสายตาสรุปผลได้ดังนี้ ค่าการซ้อนภาพลักษณะในเมืองระยะใกล้ มีค่าความต่างเฉลี่ยรวมเท่ากับ 7.83 เปอร์เซ็นต์, ค่าการซ้อนภาพลักษณะในเมืองระยะไกล มีค่าความต่างเฉลี่ยรวมเท่ากับ 1.56 เปอร์เซ็นต์, ค่าการซ้อนภาพลักษณะนอกเมืองระยะใกล้ มีค่าความต่างเฉลี่ยรวมเท่ากับ 6 เปอร์เซ็นต์ และค่าการซ้อนภาพลักษณะนอกเมืองระยะไกล มีค่าความต่างเฉลี่ยรวมเท่ากับ 6.8 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าความต่างการซ้อนภาพของโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายมุมสูงแบบซ้อนภาพ เทียบกับภาพที่ทำการซ้อนภาพ โดยการคาดคะเนด้วยสายตา มีค่าความต่างการซ้านภาพอยู่ในช่วง 1.56-7.83 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 5.55 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากโปรแกรมเลือกใช้ค่าการซ้อนภาพของด้านที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ค่าการซ้อนภาพที่มีค่าความถี่สะสมมากสุดและมีค่าการซ้อนภาพสูงสุดในการซ้อนภาพ เพราะว่า ค่าการซ้อนภาพเป็นค่าจำนวนพิกเซลซ้อนกันระหว่างภาพต้นฉบับที่ 1 และภาพต้นฉบับที่ 2 ที่มีค่าสีอยู่ในขอบเขตของค่าเบี่ยงเบนสีที่แตกแต่งกัน โดยมีค่าความถี่สะสมมากสุดและมีค่าจำนวนพิกเซลซ้อนกันสูงสุด

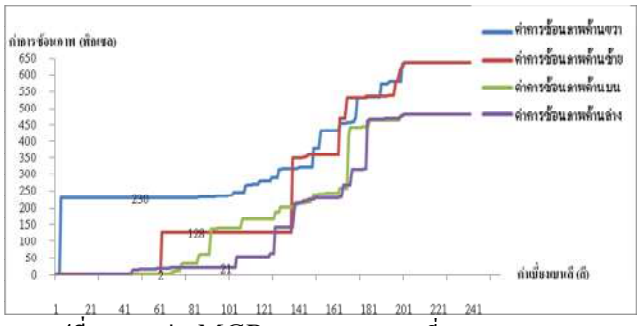
ประสิทธิภาพในการซ้อนภาพของโปรแกรมประมวยผลภาพถ่ายมุมสูงแบบซ้อนภาพ ในการซ้อนภาพแต่ละระดับการซ้อนภาพการซ้อนภาพของโปรแกรมประมวยผลภาพถ่ายมุมสูงแบบซ้อนภาพ ในการซ้อนภาพแต่ละระดับการซ้อนภาพโดยใช้ภาพถ่ายลักษณะในเมืองระยะไกล สรุปผลได้ดังนี้ค่าการซ้อนภาพที่ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความถูกต้องลักษณะการเลือกด้านเฉลี่ยรวม 46.67 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความต่างการซ้อนภาพเฉลี่ยรวม 29.17 เปอร์เซ็นต์,ค่าการซ้อนภาพที่ 20 มีค่าความถูกต้องลักษณะการเลือกด้านเฉลี่ยรวม 55 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ มีค่าความต่างการซ้อนภาพเฉลี่ยรวม 14.19 เปอร์เซ็นต์,ค่าการซ้อนภาพที่ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความถูกต้องลักษณะการเลือกด้านเฉลี่ยรวม 60 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความต่างการซ้อนภาพเฉลี่ยรวม 5.17 เปอร์เซ็นต์และค่าการซ้อนภาพที่ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความถูกต้องลักษณะการเลือกด้านเฉลี่ยรวม 80 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความต่างการซ้อนภาพเฉลี่ยรวม 0.17 เปอร์เซ็นต์จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ค่าการซ้อนภาพเพิ่มมากขึ้น จะมีผลต่อค่าความถูกต้องของลักษณะการเลือกด้านและค่าความต่างการซ้อนภาพ โดยในส่วนของค่าความถูกต้องของลักษณะการเลือกด้าน เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ค่าการซ้อนภาพมากขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ค่าความถูกต้องของลักษณะการเลือกด้านมีค่าเพิ่มมากขึ้น เพราะ โปรแกรมเลือกลักษณะการซ้อนภาพจากด้านที่มีค่าจำนวนพิกเซลซ้อนกันระหว่างภาพต้นฉบับที่ 1 และภาพต้นฉบับที่ 2 ที่มีค่าความถี่สะสมมากสุดและมีค่าจำนวนพิกเซลซ้อนกันสูงสุด ส่วนค่าความต่างการซ้อนภาพ เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ค่าการซ้อนภาพมากขึ้น ทำให้ค่าความต่างการซ้อนภาพมีค่าลดลงเข้าใกล้ 0 เพราะโปรแกรมเลือกค่าการซ้อนภาพจากค่าจำนวนพิกเซลซ้อนกันระหว่างภาพต้นฉบับที่ 1 และภาพต้นฉบับที่ 2 ที่มีค่าความถี่สะสมมากสุดและมีค่าจำนวนพิกเซลซ้อน



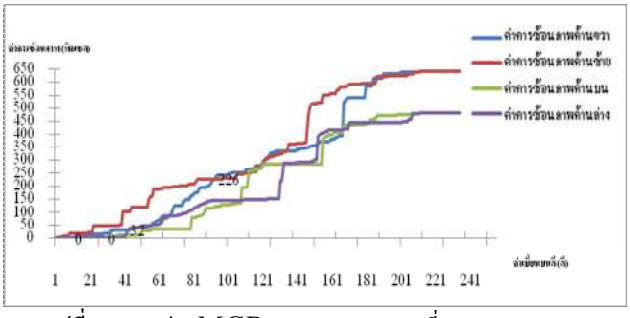
รูปที่ 3. แสดงค่า MCP ของการผสานภาพที่ 2-1 (ก) และ (ข)



รูปที่ 4. แสดงค่า MCP ของการผสานภาพที่ 2-2 (ก) และ (ข)



รูปที่ 5. แสดงค่า MCP ของการผสานภาพที่ 2-3 (ก) และ (ข)



รูปที่ 6. แสดงค่า *MCP* ของการผสานภาพที่ 2-4 (ก) และ (ข)

ตารางที่ 1. ส่วนของการผสานของภาพ ที่ 2-1 (ก) และ (ข)

ด้าน	ค่าการซ้อนภาพ (พิกเซล)	ค่าการซ้อนภาพ (เปอร์เซ็นต์)
ขวา	314	49
ซ้าย	119	19
บน	195	41
ล่าง	231	48

ตารางที่ 2. ส่วนของการผสานของภาพ ที่ 2-2 (ก) และ (ข)

ด้าน	ค่าการซ้อนภาพ (พิกเซล)	ค่าการซ้อนภาพ (เปอร์เซ็นต์)
ขวา	230	36
ซ้าย	128	20
บน	2	0
ล่าง	21	4

ตารางที่ 3. ส่วนของการผสานของภาพ ที่ 2-3 (ก) และ (ข)

ด้าน	ค่าการซ้อนภาพ (พิกเซล)	ค่าการซ้อนภาพ (เปอร์เซ็นต์)
ขวา	377	59
ซ้าย	0	0
บน	135	28
ล่าง	0	0

ตารางที่ 4. ส่วนของการผสานของภาพ ที่ 2-4 (ก) และ (ข)

ด้าน	ค่าการซ้อนภาพ (พิกเซล)	ค่าการซ้อนภาพ (เปอร์เซ็นต์)
ขวา	226	35
ซ้าย	32	5
บน	0	0
ล่าง	0	0

ตารางที่ 5. สรุปความถูกต้องของการผสานภาพด้วยวิธีการ MCP

ชนิดของภาพ	ในเมือง ระยะใกล้	ในเมือง ระยะไกล	นอกเมือง ระยะใกล้	นอกเมือง ระยะไกล
ค่าความถูกต้อง (%)	80	90	80	90

5. สรุป

การวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศในงานสำรวจพื้นที่ทรัพยากรธรรมชาติได้เปลี่ยนจากภาพที่ได้จากดาวเทียมสำรวจเป็นภาพที่ถ่ายจากมุมสูงด้วยอุปกรณ์เช่น เครื่องบินบังคับ อย่างไรก็ตามภาพที่มีมุมแคบและความละเอียดต่ำกว่า ภาพจากดาวเทียมสำรวจ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้เสนอเทคนิคการต่อภาพด้วยการค้นหาส่วนที่เหมือนของภาพมากที่สุด (Most Common Pixels: MCP) สำหรับการต่อภาพที่ได้ให้มีขนาดและความละเอียดสูงขึ้น ผลจากการนำเทคนิคที่เสนอไปใช้พบว่าได้ความถูกต้องของการต่อภาพไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้สามารถนำเทคนิคที่นำเสนอไปใช้งานได้จริงสำหรับการผสานภาพถ่ายทางอากาศสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลของภาพในหลายสาขา

เอกสารอ้างอิง

[1] T.-M. Tu, S.-C. Su, H.-C. Shyu, and P. S. Huang, "A new look at IHS-like image fusion methods," Information Fusion, vol. 2, pp. 177-186, 2001.

[2] P. F. Felzenszwalb and D. P. Huttenlocher, "Efficient Graph-Based Image Segmentation," Int. J. Comput. Vision, vol. 59, pp. 167-181, 2004.

[3] H.-Y. Chen and J.-J. Leou, "Multispectral and multiresolution image fusion using particle swarm optimization," Multimedia Tools Appl., vol. 60, pp. 495-518, 2012.

[4] Nunez, J.; Otazu, X.; Fors, O.; Prades, A.; Pala, V.; Arbiol, R., "Multiresolution-based image fusion with additive wavelet decomposition," Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on , vol.37, no.3, pp.1204,1211, May 1999

[5] Kelkar, D.; Gupta, S., "Improved Quadtree Method for Split Merge Image Segmentation," Emerging Trends in Engineering and Technology, 2008. ICETET '08. First International Conference on , vol., no., pp.44,47, 16-18 July 2008

[6] Haris, K.; Efstratiadis, S.N.; Maglaveras, N.; Katsaggelos, A.K., "Hybrid image segmentation using watersheds and fast region merging," Image Processing, IEEE Transactions on , vol.7, no.12, pp.1684,1699, Dec 1998

[7] Y.J. Zhang, “A survey on evaluation methods for image segmentation, Pattern Recognition”, Volume 29, Issue 8, August 1996, Pages 1335-1346

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

An implementation of AES algorithm on multicore processors for high throughput

Supachai Thongsuk[1], Prabhas Chongstitvatana, Ph.D. [2]

Department of Computer Engineering Faculty of Engineering, Chulalongkorn University Bangkok, Thailand

E-mail: Supachai.Th@student.chula.ac.th[1], prabhas@chula.ac.th[2]

Abstract

AES (Advanced Encryption Standard) algorithm is a block encryption algorithm established by the U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST) in 2001. It has been adopted by many data security systems and now used worldwide. Most of AES implementations are for single-core processors. To achieve high performance for large data, this work proposed an AES algorithm for multi-core processors. Using parallelism inherent in large data, all cores are working concurrently to speed up the task.

***Keywords*:** cryptography; AES; Multicore processor;

1. Introduction

The information security has become an important concern today due to popular use of computers. The AES algorithm is a standard encryption algorithm with a symmetric key. This technique converts an input plain text into a cipher text by repetitions of transformation rounds with cipher key 128, 192 or 256 bits. Each round of AES algorithm performs the calculation using a complex sequence. The computation load is quite high. To achieve high throughput multi-processors are required. This work proposed an AES algorithm based on multicore processors. The experiments are carried out to compare the throughput of multicore processors with a single core processor.

2. Advance Encryption Standard (AES)

AES is a symmetric block data encryption technique that converts input plaintext into cipher text by repetitions of transformation rounds with cipher key 128, 192 or 256 bits. The standard is established by the U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST) in 2001 [1]. Each round consists of four different transformations: Sub-byte, Shift-rows, Mix-columns and Add-Round-key procedure.

Table 1. Key length and number of rounds

Key (Bits)	Rounds (Nr)
AES-128	10
AES-192	12
AES-256	14

Block of data input is 128 bits or 4 words in 4x4 square matrix of bytes. The 4x4 matrix of bytes is called the state. The number of iterations depends on the key length. (Table 1)

AES steps

1) Key expansion -- Round keys are derived from the cipher key. Each round requires a separate key block.

2) Initial round -- Each byte of the state is bitwise XOR with the round key.

3) Rounds -- A round consisted of four transformations: SubBytes, ShiftRows, MixColumns, AddRoundKey.

4) Final round -- Three transformations: SubBytes, ShiftRows, AddRoundKey.

Each transformation is explained as follows:

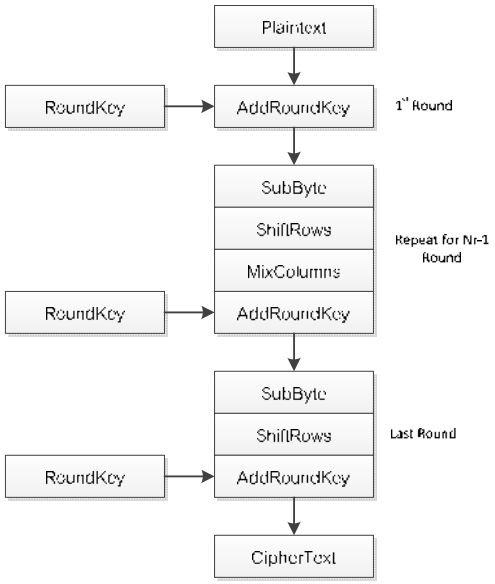


Fig. 1. AES Encryption flow

A. Sub-byte

Each byte a_{ij} in the state is replaced by S-box, $S(a_{ij})$. The S-box is derived from the multiplicative inverse over GF2

B. Shift-rows

Each byte is shifted cyclically by row. First row is shifted by 0 offset. Second row is shifted by one offset, third and fourth rows by two and three offset.

C. Mix-columns

Each column of the state is combined using an invertible linear transformation. Each column is multiplied by a fixed matrix

$$\begin{bmatrix} 2 & 3 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 3 \\ 3 & 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

This is a multiplication modulo $x^4 + 1$ with a polynomial

$c(x) = 0x03\ x^3 + x^2 + x + 0x02$.

D. Add-Round-Key

In this step each byte of input state is combined with the round key by using XOR algorithm that round key is generated from the cipher key using a key schedule algorithm.

The detailed description of the AES algorithm can be found in [2].

3. Multicore Processor

Multicore processor architecture [3] has two or more computing units contained in single physical processor. It can run multiple instructions at the same time. There are three types of different system architecture using multiple computing units. Heterogeneous system contains different types of cores. Asymmetric Multi-Processing (AMP) contains two or more processors of the same type which either run different operating systems or separate copies of the same operating system. Symmetric Multi-Processing (SMP) has two or more CPUs of the same type like an Asymmetric Multi-Processing but all of which run under the same operating system, Fig 2. In this work, we have used S2 multicore processor to perform encryption and decryption on a shared memory. We perform the experiment using a 32-bit multicore processor simulator with a simple C-like language as a programming tool.

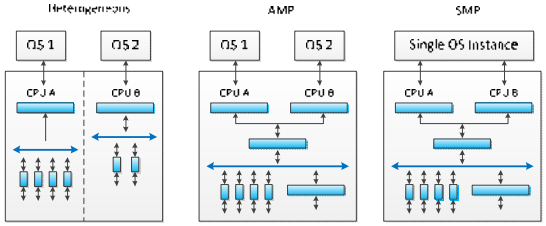


Fig. 2. Multicore processing system architectures

A. S2 multi-core processor

S2 [4] is 32-bit CPU simulator that allows to setup 2 to 8 cores simulation. The processor has three-address instruction format. The instruction set is divided into 4 different groups: arithmetic, logic, control and data. (Table 2)

Table 2. Instruction type of S2 multi-core processor

Instruction type	Operation name
Arithmetic	add sub mul div mod
Logic	and or xor eq ne lt le gt ge shl shr
Control	jmp jt jf jal ret
Data	ld st push pop

B. RZ Language

RZ [5] is a small programming language that is similar to a subset of C language. The source code of AES is developed and tested on S2 simulator. The simulator is accurate to the clock cycle. The compiler and simulator are available publicly.

4. Related work

In this section, we sum up several related work of AES implementation on CPU and GPU. Many work present GPU and hardware implementation.

Barnes [6] implemented AES algorithm on a multicore processor using fork and pthread function to improve throughput. They achieve 6637Mb/s on 32- core processor with pthread architect. Many work have used GPU processors. Manavski [7] used Nvidia GeForce 8800GTX to compute AES with CUDA technology with 32-bit processor that can perform sub-byte 4 bytes in the same instruction. It also works on add-round-key. GPU will process sub-byte and add-round-key 4 times per round by CPU and need 16 times for sub-byte and add-round-key. He achieved 8.28Gbit/s throughput on 8MB of data with 128 bits AES. In 2010, Nhat-Phuong Tran [8] presented a work that increase the size of AES block from standard 16 bytes to reduce the overhead of the data transfer in the memory. The extended block size can increase the encryption speed by 25% to 28% and 603% to 853% for GPU implementation. However it does not work well for small size data. Huang Chang Lin and Tai [9] presented 32 bits AES on Xilinx FPGA (Spartan-3 XC3S200) with throughput 647 Mbs. The current processor has a special extension of the instruction set for AES, for example Intel Core i3/i5/i7 CPUs support AES-NI instruction set extensions, throughput can be over 700 MB/s per thread. [10]

This work proposes an AES implementation for multicore processors using division of data of each core. The data is split into 16 bytes block in the main memory. Each block of data is fed to each core to run AES encryption. At the end, each ciphered block is merged with the ciphered block from another core. (See Fig. 3)

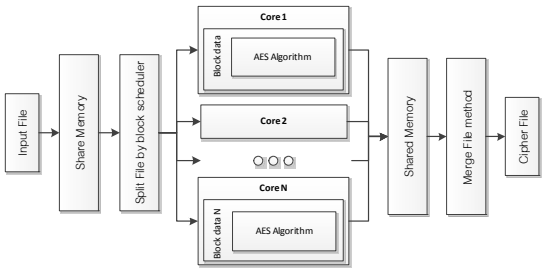


Fig. 3. AES algorithm on multicore processor

5. Experimental result and analysis

The experiments are carried out to compare AES program on single-core and multi-core processors. The flow of data collection is shown in Fig.4. All experiments are performed on the same condition using the same program (except for the number of core) and hardware. The multicore simulator can monitor the number of instructions executed in each core. Each instruction is assumed to take one clock cycle, except for the memory access which takes two cycles. When more than one core access the memory, only one core is granted the access. Other core will be stalled to wait for the first core to finish. Instruction fetch is assumed to have no conflict. The graph in Fig.5 shows the experiment with a multi-core configuration. The results show the speed of AES encryption is increasing when more cores were used. However , the number of cycle that has memory conflict also increases.. Therefore it does not have any further speed up when using 3 and 4 cores. We conclude that for this task, two-core is the best configuration. (See Table 3, 4 and Fig.5).

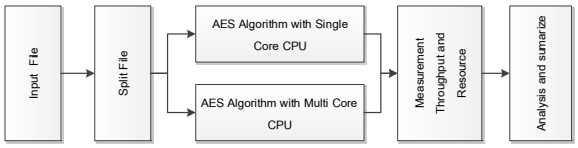


Fig. 4. Test and experiment methodology for this work

Table 3. The time in CPU cycle to complete the task

Data (Byte)	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
32	37189	26917	-	-
64	69901	48358	45664	49924
128	135325	91428	85669	90828
256	266173	177448	175088	172687

Table 4. The total number of cycle of memory stall (please note that this is the sum of the stall of all cores hence it may be larger than the number of cycle time of CPU)

Data (Byte)	Core 1	Core 2	Core 3	Core 4
32	10346	19459	-	-
64	19444	35475	62383	81733
128	37640	67695	119257	150909
256	74000	131995	222702	289148

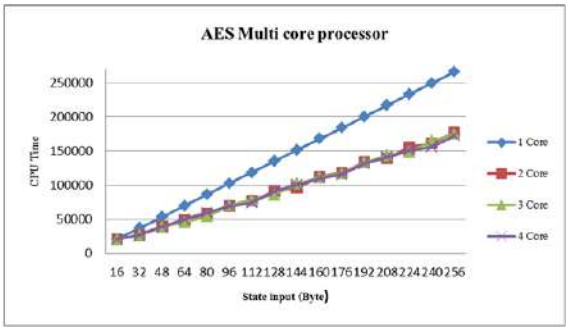


Fig. 5. The result of AES on single core and multi-core processor

6. Conclusion and future work

This paper shows that the throughput of AES on multicore process increase with the number of core used. From this result we can use multicore processors to secure large data. For a future work, GPU implementation is very promising. The cooperation between GPU and CPU to work together on AES encryption will be very important.

References

[1] NIST. Announcing the advanced encryption standard (AES), FIPS 197. Technical report, National Institute of Standards and Technology, November 2001.

[2] Daemen, Joan; Rijm Daemen, Joan; Rijmen, Vincent , "AES Proposal: Rijndael". National Institute of Standards and Technology, 2003.

[3] Atsushi Hasegawa.Renesas'Multi-Core Technology [Online]. 2013. http://www.renesas.com/products/mpumcu/multi_core/child/multicore.jsp. Retrieved 28 April 2013.

[4] http://www.cp.eng.chula.ac.th/~piak/project/s2/s23.htm

[5] http://www.cp.eng.chula.ac.th/~piak/project/s2/rz37.htm

[6] Barnes, A., Fernando, R., Mettananda, K., Ragel, R., "Improving the throughput of the AES algorithm with multicore processors," 7th IEEE International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS), 2012, pp.1-6.

[7] Manavski, S.A.; "CUDA Compatible GPU as an Efficient Hardware Accelerator for AES Cryptography," IEEE International Conference on Signal Processing and Communications, 2007. ICSPC 2007, pp.65-68, 24-27 Nov. 2007.

[8] Nhat-Phuong Tran; Myungho Lee; Sugwon Hong; Seung-Jae Lee, "Parallel Execution of AES-CTR Algorithm Using Extended Block Size," Computational Science and Engineering (CSE), 2011 IEEE 14th International Conference on , pp.191,198, 24-26 Aug. 2011.

[9] Gielata, A.; Russek, P.; Wiatr, K.; "AES hardware implementation in FPGA for algorithm acceleration purpose," International Conference on Signals and Electronic Systems, 2008. ICSES '08, pp.137-140, 14-17 Sept. 2008

[10] McWilliams, Grant (6 July 2011). "Hardware AES Showdown - VIA Padlock vs Intel AES-NI vs AMD Hexacore". http://grantmcwilliams.com/tech/technology/item/532-hardware-aes-showdown-via-padlock-vs-intel-aes-ni-vs-amd-hexacore. Retrieved 10 February 2014.

หัวข้อ การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย I (22CM I)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

AssetCheck: โปรแกรมตรวจสอบครุภัณฑ์ด้วยโทรศัพท์มือถือผ่านอินเทอร์เน็ต

AssetCheck: Mobile Application and Internet-based Asset Tracking Software

ลาวัณย์ สัมพันธ์พร[1], บุญส่ง สุตะพันธ์[2], และ อาโมทย์ สมบูรณ์แก้ว[3]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[3]ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีโฟโทนิกส์ หน่วยวิจัยอุปกรณ์และระบบอัจฉริยะ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

E-mail: lawan_jr@hotmail.com[1], boonsong@sut.ac.th[2], armote.somboonkaew@nectec.or.th[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโมบายแอ็ปปลิเคชั่น "AssetCheck" สำหรับการตรวจสอบครุภัณฑ์ประจำปีโดยใช้โทรศัพท์มือถือ ในการถ่ายภาพถอดรหัสบาร์โค้ด และส่งข้อมูลไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลรายการครุภัณฑ์ที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล แสดงผลการค้นหา และแสดงรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ของครุภัณฑ์บนโทรศัพท์ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาเว็บไซต์สำหรับจัดเก็บฐานข้อมูลครุภัณฑ์เพื่อให้การทำงานสอดคล้องกับโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือที่พัฒนาขึ้น การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของโปรแกรม "AssetCheck" และโทรศัพท์ Samsung พบว่าพนักงานใช้เวลาเฉลี่ยต่อรายการ 9.7-27.3 s เร็วกว่าการค้นหารายชื่อครุภัณฑ์โดยใช้สมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ 5-15 เท่า การใช้ระบบตรวจสอบครุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยให้การตรวจสอบครุภัณฑ์ประจำปีทำได้อย่างรวดเร็ว สามารถใช้กล้องบนโทรศัพท์มือถือในการอ่านบาร์โค้ดโดยไม่ต้องจัดซื้อเครื่องอ่านบาร์โค้ดเพิ่มเติม รวมทั้งช่วยลดความเครียดและความเหนื่อยล้าให้กับพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

This work has developed a mobile application called "AssetCheck". It is designed for tracking small organization's asset annually by using mobile phones to take picture and decode the barcodes and send data to a web server through internet. Data sent from the mobile phone are compared with asset list stored in the database. In addition, we have developed the website for data storage which created co-function processing along with the developed program. Preliminary tests show that the average time to track assets per item using this "AssetCheck" was 9.7-27.3 s which is 5-15 times faster than by using an asset record book. This software allows anyone with a smart phone be able to track the assets at any time using a camera on the phone to read barcodes without purchasing an additional barcode reader. It may also help reducing stress and fatigue in the workplace.

1. บทนำ

การตรวจสอบครุภัณฑ์ประจำปีเป็นภารกิจที่ หน่วยงานราชการ บริษัทเอกชน และองค์กรต่างๆ จำเป็นต้องปฏิบัติเป็นประจำ ปัจจุบันได้มีการนำรหัสบาร์โค้ดติดไว้ที่ครุภัณฑ์แต่ละรายการ เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบ โดยเฉพาะกรณีที่หน่วยงานมีครุภัณฑ์จำนวนมาก ในการตรวจสอบต้องใช้เครื่องอ่านบาร์โค้ดและซอฟต์แวร์แสดงผลการตรวจสอบ (Asset tracking software) ซึ่งมักมีราคาสูง บางหน่วยงานพบว่าเครื่องอ่านบาร์โค้ดชำรุดและการจัดซื้อเครื่องใหม่ทดแทนไม่สามารถใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์รุ่นเดิมได้

บาร์โค้ดเป็นรหัสข้อมูลชนิดหนึ่ง ที่มีแถบสีขาวและดำ เปรียบเสมือนเลขฐานสอง ซึ่งสามารถอ่านได้ง่ายด้วยเครื่องอ่านบาร์โค้ด ปัจจุบันได้มีการนำรหัสบาร์โค้ดมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น รหัสสินค้า รหัสหนังสือในห้องสมุด เป็นต้น สำหรับวิธีการอ่านบาร์โค้ดนั้น เดิมใช้เครื่องสแกนด้วยแสงเลเซอร์ แต่ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีใหม่ๆ ทำให้สามารถอ่านบาร์โค้ดได้สะดวกขึ้น เช่น การใช้โทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งกล้อง เป็นต้น

สำหรับบางหน่วยงาน การตรวจสอบครุภัณฑ์ประจำปี ยังใช้การค้นหาทีละรายการจากสมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบกับรหัสที่ติดอยู่บนตัวครุภัณฑ์ เมื่อพบข้อมูลในรายการตรงกับรหัสบนครุภัณฑ์ เจ้าหน้าที่จะติดสัญลักษณ์หรือสติกเกอร์บนครุภัณฑ์ เพื่อแสดงว่ารายการครุภัณฑ์นั้นได้ถูกตรวจสอบแล้ว และบันทึกข้อมูลลงสมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ ในกรณีที่หน่วยงานนั้นมีครุภัณฑ์จำนวนมาก การค้นหารายการครุภัฑณ์จากสมุดบันทึกดังกล่าวมีความยุ่งยาก และใช้เวลาในการค้นหานาน

ปัจจุบันโทรศัพท์มือถือได้พัฒนา ให้ใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น และเปิดโอกาสให้พัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือได้เอง บทความนี้อธิบายการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม "*AssetCheck*" บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สำหรับอ่านภาพบาร์โค้ดบนครุภัณฑ์แต่ละรายการโดยใช้กล้องบนโทรศัพท์ ข้อมูลครุภัณฑ์ที่อ่านได้จะเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่อยู่ในเว็บเซิร์ฟเวอร์ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตบนโทรศัพท์ เพื่อตรวจสอบการมีอยู่ของครุภัณฑ์รายการนั้น ระบบดังกล่าวสามารถนำไปใช้แทนการตรวจสอบโดยใช้สมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ หรือนำไปใช้ทดแทนเครื่องอ่านบาร์โค้ดได้ โดยไม่ต้องจัดซื้ออุปกรณ์เพิ่มเติม เนื่องจากพนักงานสามารถใช้โทรศัพท์ของตนเองได้ นอกจากนี้โปรแกรม "*AssetCheck*" ยังสามารถแสดงรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ของครุภัณฑ์บน

โทรศัพท์ ช่วยให้กระบวนการตรวจสอบครุภัณฑ์ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วขึ้นมาก

2. การพัฒนาระบบตรวจสอบครุภัณฑ์

ระบบตรวจสอบครุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ โปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ และเว็บไซต์ฐานข้อมูลครุภัณฑ์

2.1 โปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ

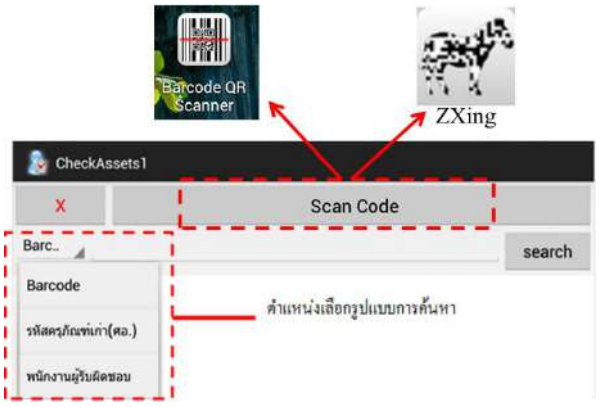
โปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือพัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เนื่องจากโทรศัพท์มีราคาถูก และเป็นระบบปฏิบัติการที่เปิดโอกาสให้พัฒนาโปรแกรมต่างๆ ได้ โปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือมีหน้าที่อ่านภาพบาร์โค้ดจากกล้อง แล้วแปลงให้เป็นข้อความของรหัสบาร์โค้ด จากนั้นส่งข้อความนั้นไปยังเว็บไซต์ที่เก็บข้อมูลครุภัณฑ์ เพื่อทำการค้นหาข้อมูลครุภัณฑ์ และนำข้อมูลการค้นหามาแสดงผลไว้ที่โทรศัพท์และเว็บไซต์

2.1.1 เทคนิคแปลงภาพบาร์โค้ด

เมื่อถ่ายภาพบาร์โค้ดโดยใช้กล้องบนโทรศัพท์แล้ว การแปลงภาพเป็นรหัสบาร์โค้ดนั้น งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม QR Barcode Scanner [1] และ Source codes ของ ZXing [2] เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งาน ทั้งในด้านความถูกต้องและเวลาในการแปลงค่า

2.1.2 การค้นหาข้อมูลรายการครุภัณฑ์

การค้นหารายการครุภัณฑ์บนโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ กำหนดไว้ 3 รูปแบบ (รูปที่ 1) ประกอบด้วย การค้นหาข้อมูลด้วยการอ่านรหัสบาร์โค้ดโดยใช้กล้อง การค้นหาข้อมูลด้วยการป้อนรหัสครุภัณฑ์ และค้นหาข้อมูลโดยใช้ชื่อพนักงานผู้รับผิดชอบ โดยการค้นหาด้วยการป้อนรหัสครุภัณฑ์และชื่อพนักงานผู้รับผิดชอบจะใช้การพิมพ์ป้อนข้อมูล



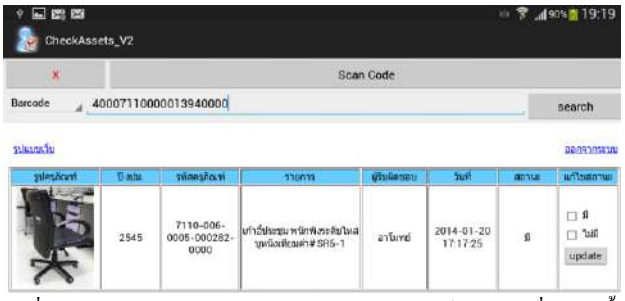
รูปที่ 1 หน้าจอการค้นหารายการครุภัณฑ์ ผู้ใช้สามารถเลือกการค้นหาจากการอ่านรหัสบาร์โค้ดด้วยกล้อง การป้อนรหัสครุภัณฑ์ หรือการป้อนชื่อพนักงานผู้รับผิดชอบ

2.1.3 การค้นหารายการครุภัณฑ์ผ่านอินเทอร์เน็ต

เมื่อได้รหัสของรายการครุภัณฑ์แล้ว จะส่งข้อมูลที่ได้ไปค้นหารายการครุภัณฑ์ โดยส่งข้อมูลผ่าน URL ของเว็บไซต์ฐานข้อมูลครุภัณฑ์ ข้อมูลที่ส่งไปประกอบไปด้วย รูปแบบการค้นหา คำที่ต้องการค้นหา และสถานะของการทำงานของโปรแกรมบนเว็บไซต์ เช่น

http://multiweb27.com/web-asset-mobile.php?android
Search2="+strChooseVehicles+ "&androidSearch="
+textseachonline.getText().toString()+ "&ActionApp=android

เมื่อ “http://multiweb27.com/web-asset-mobile.php?android” คือ URLของเว็บไซต์ฐานข้อมูลครุภัณฑ์ “androidSearch2” คือ รูปแบบการค้นหาที่ผู้ใช้เป็นผู้เลือก “androidSearch” คือ คำที่ต้องการค้นหา และ “ActionApp” คือสถานะของการทำงาน ในที่นี้กำหนดให้ ActionApp = android เนื่องจากการทำงานฝั่งเว็บเซิฟเวอร์กำหนดไว้ว่าถ้า ActionApp เท่ากับ “android” โปรแกรมจึงทำการค้นหาตามข้อมูลที่ผู้ใช้ส่งไป และส่งข้อมูลกลับไปแสดงผลที่โทรศัพท์มือถือ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 หน้าจอโปรแกรมแสดงผลการค้นหาครุภัณฑ์รายการหนึ่ง (เก้าอี้) บนหน้าจอโทรศัพท์ หลังจากที่ผู้ใช้อ่านภาพบาร์โค้ดที่ติดไว้หลังครุภัณฑ์โดยใช้กล้องจากโทรศัพท์มือถือ

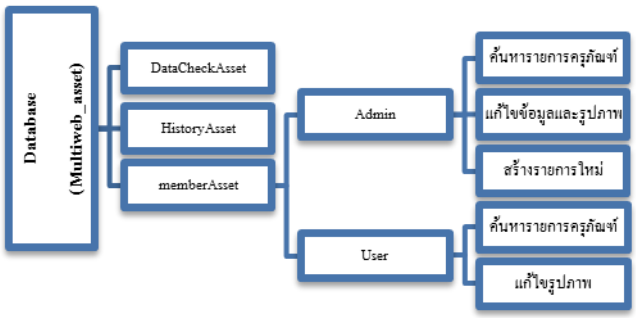
3.2 การพัฒนาเว็บไซต์ฐานข้อมูลครุภัณฑ์

เว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับเก็บข้อมูลครุภัณฑ์นี้ ในเบื้องต้นมีพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลทั้งหมด 10 จิกะไบต์ และสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ไม่จำกัดจำนวนข้อมูล จึงเหมาะสมในการเก็บข้อมูลรายการครุภัณฑ์ ที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลอยู่ตลอดเวลา โปรแกรมบนเว็บไซต์ที่ออกแบบไว้มีหน้าที่สำคัญ 2 ส่วนคือ การจัดการฐานข้อมูลครุภัณฑ์ และการค้นหาข้อมูล ซึ่งค้นหาโดยการรับข้อมูลที่ส่งมาจากโทรศัพท์มือถือมาประมวลผล

3.2.1 ฐานข้อมูลครุภัณฑ์

เว็บไซต์สำหรับจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ได้ออกแบบฐานข้อมูล (รูปที่ 3) สำหรับเก็บข้อมูล 3 ตาราง ได้แก่ ตารางข้อมูลครุภัณฑ์ที่มีข้อมูลที่พนักงานผู้ตรวจสอบครุภัณฑ์เป็นผู้กรอก “DataCheckAsset” ตารางสำหรับเก็บประวัติการเปลี่ยนแปลงข้อมูล “HistoryAsset” และตารางเก็บข้อมูลผู้ใช้ “memberAsset” โดยออกแบบให้มีการใช้งานเป็น 2 สถานะ คือสถานะสำหรับผู้ตรวจสอบรายการครุภัณฑ์ “Admin” และสถานะของผู้รับผิดชอบครุภัณฑ์ “User” โดยผู้ที่มีสถานะเป็นผู้ตรวจสอบครุภัณฑ์

นั้นสามารถค้นหา และแก้ไขข้อมูลได้ทั้งหมด แต่สถานะผู้รับผิดชอบครุภัณฑ์นั้นสามารถค้นหาและแก้ไขรูปภาพครุภัณฑ์ได้เท่านั้น



รูปที่ 3 แผนผังระบบฐานข้อมูลครุภัณฑ์

3.2.2 การค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูลครุภัณฑ์

การจัดการฐานข้อมูลข้อมูลครุภัณฑ์ใช้โปรแกรม MySQL ผ่านเว็บไซต์ และใช้ภาษา PHP ช่วยในการค้นหาข้อมูล โดยรับข้อมูลคำสั่งจากโทรศัพท์มือถือมาประมวลผล และแปลงรหัสบาร์โค้ดที่รับมาให้มีรูปแบบตรงกับรหัสในฐานข้อมูลครุภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น เมื่อรับข้อมูลจากโทรศัพท์ที่เลือกรูปแบบการค้นหาเป็นการอ่านภาพบาร์โค้ด เมื่อได้รหัสบาร์โค้ด “4000390101274000” โปรแกรมเริ่มค้นหาและแปลงรหัสให้อยู่ในรูปแบบของรหัสครุภัณฑ์เป็น “ศอ-39-01-01274” ซึ่งเป็นรูปแบบที่หน่วยงานใช้ในการกำกับรายการครุภัณฑ์ แล้วนำคำที่ได้ไปค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูลครุภัณฑ์ดังกล่าวต่อไป

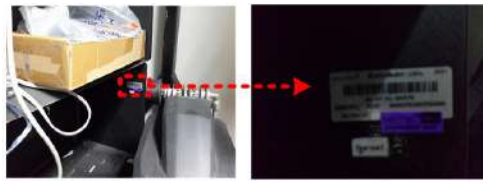
4. การทดสอบและวิเคราะห์ผล

การทดสอบระบบโปรแกรมตรวจสอบครุภัณฑ์ “*AssetCheck*” จะเปรียบเทียบกับค้นหาครุภัณฑ์โดยใช้พนักงานและสมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ ในเบื้องต้นกำหนดจำนวนครุภัณฑ์ที่ต้องการค้นหาไว้ที่ 50 รายการ จากสมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ที่มีจำนวนหลายร้อยรายการครุภัณฑ์ดังกล่าว อยู่ในพื้นที่ของหน่วยปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีโฟโตนิกส์ เนคเทค โดยจะเปรียบเทียบความถูกต้องและเวลาเฉลี่ยในการค้นหาต่อรายการ โทรศัพท์มือถือที่ใช้มี 2 รุ่น คือ Samsung Galaxy S4 และรุ่น Samsung Galaxy Cooper

การทดสอบถ่ายภาพบาร์โค้ดของครุภัณฑ์จำนวน 50 รายการดังกล่าว พบว่าสามารถอ่านรหัสบาร์โค้ดครุภัณฑ์ได้ถูกต้อง 45 รายการ และมีครุภัณฑ์ 2 รายการ ที่ไม่สามารถถ่ายภาพและถอดรหัสบาร์โค้ดได้เนื่องจากบาร์โค้ดหาย หรือ ตำแหน่งที่บาร์โค้ดอยู่สูงเกินไป (รูปที่ 4) และมี 3 รายการที่ใช้โทรศัพท์รุ่น Samsung Galaxy Cooper แล้ว ไม่สามารถอ่านค่าได้ถูกต้อง ซึ่งอาจเป็นเพราะอยู่ที่ค่อนข้างมืด อย่างไรก็ตาม สำหรับรายการดังกล่าว เมื่อเปลี่ยนไปใช้โทรศัพท์รุ่น Samsung Galaxy S4 พบว่าสามารถอ่านค่าได้ถูกต้องทั้ง 3 รายการ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะคุณภาพของกล้องที่ดีกว่าก็ได้ โดยในจำนวนรายการที่มีปัญหาดังกล่าวอาจแก้ไขได้โดยการใช้ไฟส่องหรือการยืนบนฐานรอง อย่างไรก็ตาม ในการทดสอบนี้จะยังไม่ทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าว แต่จะเลือกเฉพาะรายการที่ถอดรหัสบาร์โค้ดได้ เพื่อนำมาเปรียบผลกับการตรวจสอบโดยพนักงานและใช้สมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์

รูปที่ 5 แสดงเวลาในการค้นหารายการครุภัณฑ์แต่ละรายการ เมื่อใช้พนักงานและสมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ เปรียบเทียบกับการให้พนักงานใช้กล้องจากโทรศัพท์ Samsung Galaxy S4 ในการอ่านค่าบาร์โค้ดและค้นหาข้อมูลครุภัณฑ์ผ่านอินเตอร์เน็ต ซึ่งจะพบว่า เวลาที่พนักงานใช้ในการค้นหารายการครุภัณฑ์ส่วนใหญ่แล้วจะมากกว่าการใช้โทรศัพท์ค้นหา ระยะเวลาในการค้นหากรณีใช้สมุดบันทึก จะมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมากในแต่ละรายการ ทั้งนี้เป็นเพราะสมุดบันทึกดังกล่าวมีหลายหน้าและมีรายการครุภัณฑ์จำนวนมาก การค้นหาจากสมุดบันทึก บางครั้งจะหาไม่เจอในรอบแรก พนักงานจึงต้องเปิดหาอยู่หลายรอบ ขณะที่การใช้โทรศัพท์ถ่ายภาพและค้นหาผ่านอินเทอร์เน็ตจะใช้เวลาไม่ต่างกันมากนัก ยกเว้นกรณีที่พื้นที่บริเวณที่ใช้งานมีสัญญาณอินเตอร์เน็ตต่ำ

ในกรณีที่ใช้โทรศัพท์ Samsung Galaxy S4 พบว่าการถอดรหัสบาร์โค้ดโดยใช้โปรแกรม QR Barcode Scanner นั้นให้ผลดีกว่าการใช้ Source code ZXing เล็กน้อย

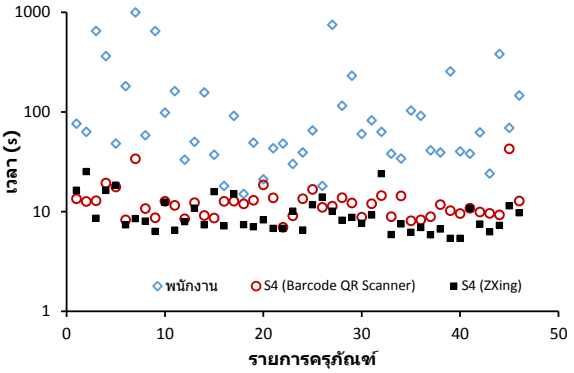


(ก)



(ข)

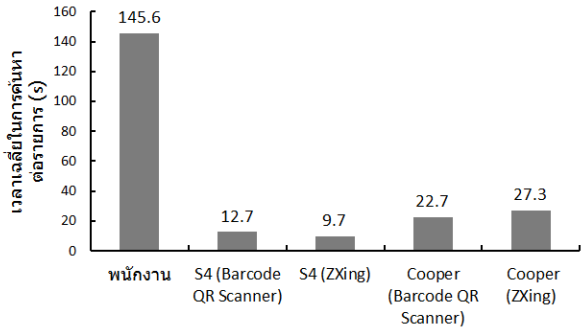
รูปที่ 4 ตำแหน่งการติดบาร์โค้ดบนครุภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้โทรศัพท์อ่านบาร์โค้ดได้ (ก) บาร์โค้ดอยู่ในตำแหน่งที่มืด และ (ข) บาร์โค้ดอยู่ในตำแหน่งที่สูงเกินไป



รูปที่ 5 เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบครุภัณฑ์แต่ละรายการ เมื่อใช้พนักงานและสมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ เปรียบเทียบกับเมื่อพนักงานใช้กล้องจากโทรศัพท์ Sumsung Galaxy S4 ในการอ่านบาร์โค้ด

ปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาในการค้นหารายการครุภัณฑ์ได้แก่ วิธีการค้นหา วิธีการอ่านบาร์โค้ด และระบบการประมวลผลของโทรศัพท์ ผลการทดสอบเวลาในการค้นหาครุภัณฑ์เฉลี่ยต่อรายการ สำหรับแต่ละเงื่อนไขการทดสอบ แสดงในรูปที่ 6

กรณีที่พนักงานค้นหาโดยใช้สมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ พบว่าใช้เวลาเฉลี่ยต่อรายการ 145.6 s เมื่อพนักงานใช้โทรศัพท์มือรุ่น Samsung Galaxy S4 และรุ่น Samsung Galaxy Cooper ใช้เวลาการค้นหาเฉลี่ยต่อรายการอยู่ในช่วง 9.7-27.3 s ซึ่งเร็วกว่ากรณีพนักงานใช้การค้นหาจากสมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ประมาณ 5-15 เท่า ขึ้นอยู่กับรุ่นของโทรศัพท์และโปรแกรมสำหรับอ่านค่าบาร์โค้ด



รูปที่ 6 กราฟแสดงเวลาต่อรายการเฉลี่ยในการค้นหาครุภัณฑ์ เมื่อใช้พนักงานและการค้นหาจากสมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ เปรียบเทียบกับเมื่อพนักงานใช้โทรศัพท์มือถือรุ่น Samsung Galaxy S4 และรุ่น Samsung Galaxy Cooper ในการค้นหา

เมื่อเปรียบเทียบเวลาในการค้นหาครุภัณฑ์ฉลี่ยต่อรายการ โดยใช้โปรแกรม QR Barcode Scanner และการใช้ Source code ZXing ในการอ่านบาร์โค้ด พบว่าทั้ง 2 กรณี ให้ผลไม่ต่างกันมากนัก

โทรศัพท์มือถือรุ่น Samsung Galaxy Cooper มีความเร็วของหน่วยประมวลผลที่ 800 MHz [3] ส่วน Samsung Galaxy S4 ใช้หน่วยประมวลผลเป็นแบบ Octa Core ที่มีหน่วยประมวลผลสองตัวคือ Quad-Core มีความเร็ว 1.6 GHz และ Quad-Core มีความเร็ว 1.2 GHz [4] ดังนั้นหน่วยประมวลผลของโทรศัพท์รุ่น S4 จึงมีความไวในการประมวลผลที่มากกว่า Cooper ส่งผลให้เวลาในการค้นหาเฉลี่ยต่อรายการ เมื่อใช้โทรศัพท์รุ่น S4 นั้น ไวกว่าโทรศัพท์รุ่น Cooper 2-3 เท่า จึงสรุปได้ว่าระบบประมวลผลหรือความเร็วในการประมวลผลของโทรศัพท์ จะมีผลต่อความไวในการอ่านรหัสบาร์โค้ดและเวลาในการค้นหาครุภัณฑ์

5. สรุป

โมบายแอ็ปปลิเคชั่น “AssetCheck” เป็นโปรแกรมสำหรับการตรวจสอบครุภัณฑ์ประจำปีที่โดยใช้โทรศัพท์มือถือ ในการถ่ายภาพและถอดรหัสบาร์โค้ด ส่งข้อมูลนั้นไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลครุภัณฑ์ที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล แสดงผลการค้นหาและแสดงรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ของครุภัณฑ์บนโทรศัพท์ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้พัฒนาเว็บไซต์ สำหรับจัดเก็บฐานข้อมูลครุภัณฑ์เพื่อให้การทำงานสอดคล้องกับโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือที่พัฒนาขึ้น

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของ ระบบตรวจสอบครุภัณฑ์ดังกล่าวเปรียบเทียบกับการตรวจสอบครุภัณฑ์ โดยใช้พนักงานและใช้สมุดบันทึกรายการครุภัณฑ์ ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ที่มีรายการครุภัณฑ์จำนวนมาก โดยเลือกตรวจสอบรายการครุภัณฑ์ จำนวน 50 รายการ จากรายการทั้งหมดในสมุดบันทึกดังกล่าว ผลการทดสอบพบว่า กรณีการตรวจสอบโดยใช้สมุดบันทึกพนักงานใช้เวลาเฉลี่ยต่อรายการ 145.6 s เมื่อใช้โปรแกรม “*AssetCheck*” และโทรศัพท์ Sumsung Galaxy S4 และ Galaxy Cooper พนักงานใช้เวลาเฉลี่ยต่อรายการ 9.7-27.3 s หรือเร็วกว่าการค้นหารายชื่อในสมุดบันทึก 5-15 เท่า การใช้ระบบตรวจสอบครุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ ช่วยให้การตรวจสอบครุภัณฑ์ประจำปีทำได้อย่างรวดเร็ว สามารถใช้กล้องบนโทรศัพท์มือถือ ในการอ่านบาร์โค้ดโดยไม่ต้องจัดซื้อเครื่องอ่านบาร์โค้ดเพิ่มเติม รวมทั้งช่วยลดความเครียดและความเหนื่อยล้าให้กับพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณรัฐศาสตร์ อัมฤทธิ์ และ คุณอุเทน บุญเลียม นักวิจัยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ที่ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรม และคุณศรีรัตน์ วงศ์เขี่ยม ที่อนุเคราะห์ข้อมูลรายการครุภัณฑ์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ และจากโครงการสร้างปัญญาวิทย์ ผลิตนักเทคโน(YSTP) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับปริญญานิพนธ์ และทุนในการนำเสนอผลงานตามสัญญาทุนเลขที่ SP-๕๖-NT-๐๖

เอกสารอ้างอิง

[1] Google play, https://play.google.com/store/apps, [สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2557]

[2] ZXing, www.zxing.org

[3] Samsung Galaxy Cooper (S5830) ซัมซุง, http://www.siamphone.com/spec/samsung/ galaxy_cooper.htm

[4] TECH MO BLOG, http://www.techmoblog.com/samsung-galaxy-s4/, [สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2557]

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบการกางขั้นบันไดสำหรับการซื้อขายแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ

Stair Step with Hedge System for Forex

นาย กิตตินันท์ น้อยมณี

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: mr.kittinan@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตมีบทบาทสำคัญสำหรับคนทั้งโลก ระบบต่างๆ ถูกผลักดันเพื่อเข้าไปอยู่ในระบบเครือข่ายทั้งสิน แม้แต่ระบบการซื้อขายอัตราแลกเปลี่ยนเงินระหว่างประเทศก็อยู่ในระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเช่นกัน ซึ่งเดิมทีไม่ได้เปิดโอกาสให้คนทั่วไปใช้งานได้ หากแต่เป็นกลุ่มธนาคารใหญ่ๆ และนักลงทุนระดับสูงเท่านั้น แต่ต่อมาเมื่อคนทั่วไปสามารถเข้ามาใช้งานระบบเครือข่ายกันมากขึ้นเรื่อยๆ ตลาดแต่ละแห่งจึงเริ่มเปิดโอกาสให้กับนักลงทุนรายย่อยสามารถเข้าร่วมลงทุนในตลาดค่าเงินด้วยเช่นกัน และยังเปิดโอกาสให้นักลงทุนที่มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมสามารถสร้างระบบสนับสนุนอัจฉริยะสำหรับนักลงทุน (Expert Advisor) ได้ โดยระบบดังกล่าวมีความสามารถในการซื้อขายได้อย่างอิสระตามแต่การพัฒนาของผู้พัฒนาระบบ จากการศึกษาพบว่านักลงทุนโดยทั่วไปมักจะใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ประกอบการตัดสินใจในการซื้อขายแต่ละครั้ง ไม่ว่าจะเป็น Moving Average หรือ Relative Strength Index แต่เครื่องมือต่างๆ ก็ยังเป็นเพียงการคาดการณ์ราคาที่จะเกิดขึ้นโดยใช้ข้อมูลจากราคาในอดีตทั้งสิ้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองสร้างระบบในการซื้อขายในลักษณะของการกางขั้นบันไดเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะมีลักษณะในการส่งคำสั่งในลักษณะสองทาง (Two-way Combination Order) โดยมีจุดมุ่งหมายให้การส่งคำสั่งทุกครั้งจะต้องได้กำไรเสมอ ในการทดสอบผู้วิจัยกำหนดอัตราส่วนของ จุดมุ่งหมายในการทำกำไร : ระยะห่างระหว่างออเดอร์ : จุดมุ่งหมายในการหยุดขาดทุน เป็น 1:2:1 และกำหนดขนาดของ Lot ให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 2 เท่า เพื่อให้ออเดอร์ที่ได้กำไรมาชดเชยกับออเดอร์ที่ขาดทุน

Abstract

Expert advisor (EA) is an automatic trading system in Forex (Foreign Exchange), which allow all traders and programmer to develop this robot. The indicator will be integrated in expert advisor, which forecast the behavior of forex market and make the decision to send long/short order, but most of them fail to predict the market price. In addition, most people that become to be trader need the freedom, but in reality, all traders use the whole time in technical analysis on their personal computer. This study will present "Stair Step with Hedge System for Forex", automatic trading system, which can open long/short along the time without indicator, two way combination order. The target of this study is making positive profit every time when open order. The main variable of this system are take profit, hedging and stop loss with special ratio 1:2:1, which open difference order in the same time (with the same size). Main idea of this system is about the pending order, which place like stair step, distance between order is in hedging variable. This system based on EUR/USD pair and make lots of profit factor (1.45) with gross profit is $4,571.56 (initial deposit is $1,000).

***Keywords*:** Expert advisor (EA), Forex, Stair step with Hedge System.

1. บทนำ

ปัญหาหลักของการเป็นเทรดเดอร์ในตลาดฟอเร็กซ์คือการคาดการณ์พฤติกรรมของราคาซึ่งโดยทั่วไปจะต้องทำการวิเคราะห์จากเครื่องมือชี้วัดทางคณิตศาสตร์ (Indicator) เช่น ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) หรืออินดิเคเตอร์ที่วัดการแกว่งของราคาอย่าง RSI (Relative Strength Index) เป็นต้น โดยการคาดการณ์ของเครื่องมือทางคณิตศาสตร์จะอยู่ภายใต้พื้นฐานของการใช้ข้อมูลย้อนหลังมาเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการพยากรณ์ราคาในอนาคต แต่ผลการคาดการณ์ก็ไม่ได้ค่าที่ถูกต้องเสมอไป ยังคงมีความคลาดเคลื่อนและมีสัญญาณรบกวนอยู่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยเทคนิคในการกางขั้นบันไดในลักษณะของการส่งคำสั่งสองทางเพื่อการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากการส่งคำสั่ง และเพื่อให้ได้กำไรเสมอ

มีการวิจัยในการสร้างระบบเทรดอัตโนมัติโดยใช้ทฤษฎีของการสร้างปัญญาประดิษฐ์ [1-2] แต่ส่วนใหญ่จะใช้ในการวิเคราะห์และคาดการณ์พฤติกรรมของราคา แต่จะเน้นไปทางหุ้นต่างประเทศซึ่งมีความผันผวนไม่มากเมื่อเทียบกับตลาดค่าเงินซึ่งเป็นตลาดที่มีขนาดใหญ่กว่าเพราะประกอบไปด้วยสถาบันการเงินมากมายทั่วโลกรวมตัวกัน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Expert Advisor

Expert Advisor (EA) คือระบบซื้อขายค่าเงินโดยอัตโนมัติซึ่งจะทำการซื้อขายตามกลยุทธ์ที่ได้ทำการติดตั้งเอาไว้ในโปรแกรมผ่านภาษา MQL4 ที่พัฒนาโดยบริษัท MetaQuotes Software Corp. ที่เป็นบริษัทซึ่งพัฒนา Forex Trading Platform ทั้งด้านเทรดเดอร์และโบรกเกอร์ ในแต่ละโบรกเกอร์จะให้บริการการซื้อขายค่าเงินผ่าน Meta Trader หรือที่เรียกว่า MT4 ซึ่งจะรองรับการทำงานของ EA ได้ โดยเหตุผลของการพัฒนาระบบ EA เกิดจากความต้องการของเทรดเดอร์ที่มีความสามารถในการคิดค้น

ระบบในการซื้อขายและต้องการให้ทุกอย่างเป็นระบบอัตโนมัติเพื่อลดเวลาในการวิเคราะห์พฤติกรรมราคาด้วยตนเองตลอดเวลาประเพื่อให้ประสิทธิภาพในการซื้อขายคงที่อยู่ตลอดตามเงื่อนไขและกลยุทธ์ที่อยู่ภายในระบบ

2.2 Hedging System

ลักษณะของ Hedging System คือรูปแบบหนึ่งในการบริหารเงินต้น (Money Management) ซึ่งมีลักษณะในการซื้อมูลค่าสินทรัพย์ที่ต่างกันแต่ยังคงจำนวนขนาดที่เท่ากันในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน หากสินทรัพย์แรกได้กำไรแต่อีกสินทรัพย์หนึ่งขาดทุน ผลที่ได้จะส่งผลให้นักลงทุนไม่ประสบปัญหาการขาดทุน ซึ่งระบบ Hedging มักถูกใช้ในการซื้อขายอนุพันธ์และการแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ ยกตัวอย่างเช่น ค่าเงินของประเทศกำลังอ่อนค่าลงก็สามารถเลือกใช้ระบบ Hedging เพื่อไม่ให้ประเทศประสบภาวะวิกฤตได้โดยการแลกซื้อพันธบัตรจากประเทศรายใหญ่ในจำนวนที่ใกล้เคียงกับอัตราค่าเงินที่อ่อนกำลังลง ในลักษณะเช่นนี้ประเทศก็ยังคงอยู่ได้และไม่ส่งผลกระทบทางการเงินมากนัก

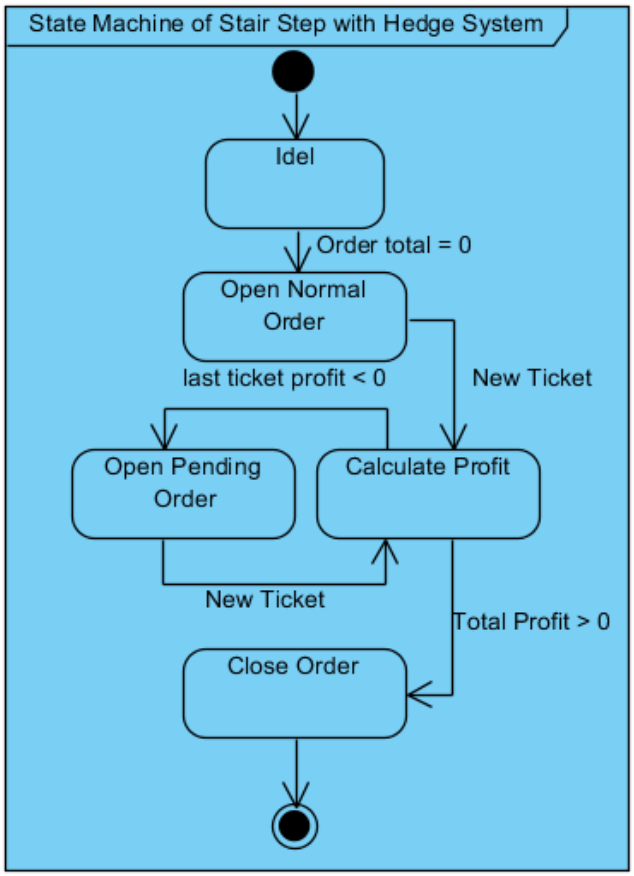
การประยุกต์ใช้ระบบ Hedging ใน Forex นั้น เนื่องจากระบบจะทำการซื้อขายค่าเงินในลักษณะเป็นคู่ ดังนั้นในขณะที่ผู้ลงทุนพิจารณาการส่งคำสั่ง Long ก็สามารถพิจารณาการส่งคำสั่ง Short ในเวลาเดียวกันได้ โดยกำหนดระยะห่างในการใช้ระบบ Hedge ในลักษณะนี้จะเป็นการซื้อขายโดยใช้ระบบ Hedge ที่สินทรัพย์เดียวกัน ซึ่งจะเป็นการป้องกันเงินทุนของนักลงทุนและเป็นการป้องกันความเสี่ยงรูปแบบหนึ่ง

2.3 Stair Step System

หลักการในการส่งคำสั่งซื้อขายในลักษณะขั้นบันไดคือการทวีขนาดในการซื้อขายในแต่ละครั้งที่ระยะห่างระหว่างคำสั่งที่คงที่ (Grid Size) โดยจะทำการส่งคำสั่งในลักษณะของคำสั่งล่วงหน้า (Pending Order) ในทิศทางเดียวกันหรือตรงกันข้ามกับราคาก็ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของกลยุทธ์ของผู้ลงทุน โดยทั่วไปหากกำไรจากคำสั่งซื้อขายโดยรวมแล้วมีค่าถึงจุดที่นักลงทุนพอใจก็จะทำการปิดคำสั่งซื้อขายทั้งหมดเพื่อทำกำไร

3. การออกแบบและการทดลอง

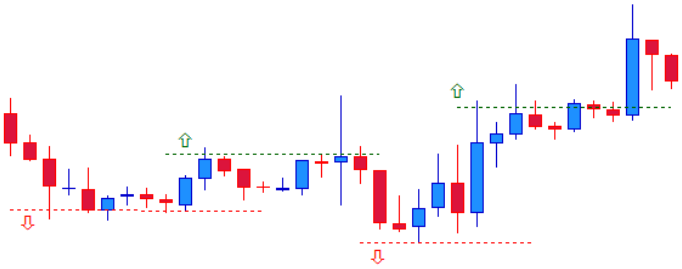
ในการผลิตซอฟต์แวร์ ผู้วิจัยได้ใช้โมเดลมาตรฐานในการออกแบบคือ UML (Unified Modeling Language) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำเสนอการออกแบบโดยใช้ State machine diagram เพื่ออธิบายระบบการทดงานของ Stair step โดยใช้ Hedging system เพื่อการป้องกันการขาดทุนและได้กำไรอย่างสม่ำเสมอดังอธิบายในรูปที่ 1 ซึ่งจากรูประบบจะทำการตรวจสอบจำนวนคำสั่งซื้อขายทั้งหมดก่อน หากยังไม่มีคำสั่งซื้อขายค้างอยู่ในระบบก็จะพิจารณาในการเปิดคำสั่งซื้อขายในลักษณะ Long หรือ Short ก็ได้ขึ้นอยู่กับกลยุทธ์ของนักลงทุน (New ticket) ในสถานะต่อมาจะเป็นการคำนวณกำไรโดยรวมทั้งหมดของทุกๆ คำสั่งซื้อขาย หากคำสั่งซื้อขายล่าสุดมีค่าน้อยกว่าศูนย์ ก็จะเข้าสู่สถานะในการพิจารณาคำสั่งซื้อขายล่วงหน้า (Open Pending Order) โดยจะทำการส่งคำสั่งซื้อขายในทิศทางตรงกันข้ามกับคำสั่งซื้อขายล่าสุดเพื่อให้สอดคล้องกับระบบ Hedging



รูปที่ 1 State Machine Diagram ของระบบทั้งหมด

หากระบบคำนวณกำไรโดยรวมแล้วพบว่ามีค่ามากกว่าศูนย์ก็จะเข้าสู่สถานะในการปิดคำสั่งซื้อขายทั้งหมด ในลักษณะนี้จะทำให้ทุกๆ ครั้งที่พิจารณาใช้ระบบ Stair step ก็จะทำให้ได้กำไรเสมอๆ ในส่วนของการพิจารณาในการเปิดคำสั่งซื้อขายล่วงหน้าจะทำการพิจารณาจำนวนของขนาดในการส่งคำสั่งซื้อขายด้วย (Lot Size) เพื่อให้คำสั่งซื้อขายในปัจจุบันสามารถชดเชยคำสั่งซื้อขายในอดีตที่ขาดทุน

ในการออกแบบการทดลองผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบโดยใช้ภาษา MQL4 ซึ่งได้ทำการทดสอบกับข้อมูลย้อนหลังของคู่เงิน EUR/USD ณ ช่วงเวลาต่างๆ อันได้แก่ วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 จนถึง พ.ศ. 2555 เพื่อทดสอบระบบในหลายๆ ช่วงเวลา โดยการตั้งค่าของตัวแปรต่างๆ จะคงที่ในลักษณะตามสัดส่วน ของ Take profit ต่อ Hedge ต่อ Stop loss เป็น 1:2:1 แบบจำลองของระบบโดยรวมสามารถแสดงดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองและแนวคิดของระบบ Stair Step

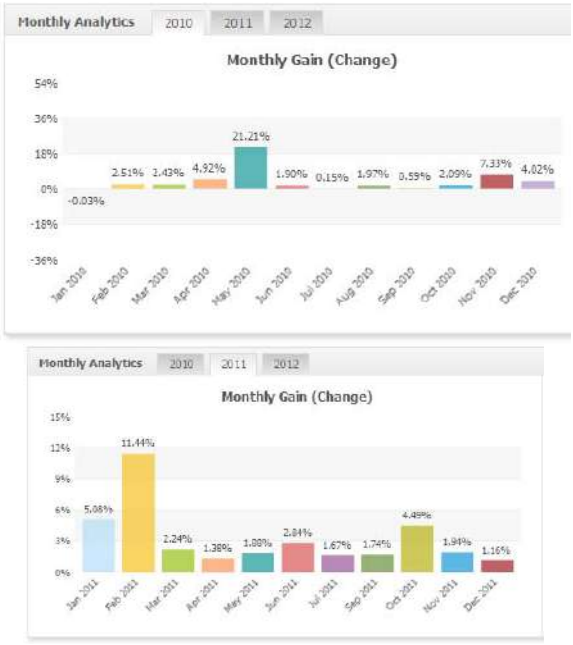
4. ผลการวิจัย

ระบบซื้อขายอัตโนมัติโดยใช้ระบบ Hedging แบบ Stair step โดยการทดสอบระหว่างปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2555 แสดงได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งจากรูปจะแสดงอัตราการเติบโตของทุนจาก $1,000 ในตอนเริ่มต้น จะสังเกตได้ว่าในช่วงปี พ.ศ. 2553 มีช่วงอัตราการเติมโตของทุนอยู่สูงถึง 21.21% ในเดือนพฤษภาคม และในปี พ.ศ. 2554 มีอัตราการเติบโตสูงสุดอยู่ที่ 11.44% แต่ในปี พ.ศ. 2555 มีอัตราการเติบโตสูงสุดอยู่ที่ 2.6% เท่านั้น ซึ่งลักษณะของระบบแบบ Hedging จะส่งผลให้การเจริญเติบโตของทุนไม่มากนัก เพราะโดยแก่นแท้ของระบบก็คือการรักษาฐานของทุนเดิมและป้องกันไม่ให้เกิดการขาดทุน แต่ก็จะส่งผลให้ฐานของกำไรในระบบน้อยลงเช่นกัน ดังนั้นด้วยระบบแบบ Stair step ถึงถูกเสริมขึ้นมาเพื่อเสริมแรงกับระบบแบบ Hedging ดังนั้นการเติบโตบางเดือนจึงมีค่าเฉลี่ยมากกว่าปรกติ

ระบบทำการส่งคำสั่งซื้อขายจำนวนทั้งสิ้น 367 คำสั่ง โดยเฉลี่ยจะประสบความสำเร็จ 130.88 จุด หรือประมาณ $24.06 และโดยเฉลี่ยจะล้มเหลวประมาณ 140.55 จุด หรือประมาณ $17.82 และใช้จำนวนขนาดในการลงทุนทั้งหมด 5.93

อัตราความสำเร็จในการส่งคำสั่ง Long คือ 51% (คิดเป็น 95 ครั้งต่อการส่งคำส่ง Long ทั้งหมด 186 ครั้ง) และอัตราความสำเร็จในการส่งคำสั่ง Short คือ 52% (คิดเป็น 95 ครั้งแต่การส่งคำสั่ง Short ทั้งหมด 181 ครั้ง) โดยกำไรมากที่สุดที่ระบบสามารถทำได้คือ $581.69 (704.3 จุด) และขาดทุนมากที่สุดที่เคยได้คือ $141.76 (855.8 จุด) ณ วันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ. 2553 ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วระบบจะทำกำไรได้ครั้งละ $46.64

จากตารางที่ 1 แสดงอัตราความเป็นไปได้ในการทำลายเงินทุนของระบบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโอกาสในการทำลายเงินทุนทั้งหมด 100% จะต้องทำการส่งคำสั่งซื้อขายและเกิดการขาดทุนติดต่อกันเป็นจำนวน 136 ครั้ง ซึ่งมีโอกาสในเกิดน้อยกว่า 0.01% และในลักษณะเดียวกัน โอกาสในการทำลายเงินทุนทั้ง 90%, 80% และ 70% มีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยถึง 0.01% ซึ่งหากพิจารณาเฉพาะโอกาสในการสูญเสียเงินทุนเพียง 10% นั้นมีโอกาสเกิดขึ้นถึง 40.86% ด้วยการสูญเสียกำไรติดต่อกันเพียงแค่ 14 ครั้งเท่านั้น

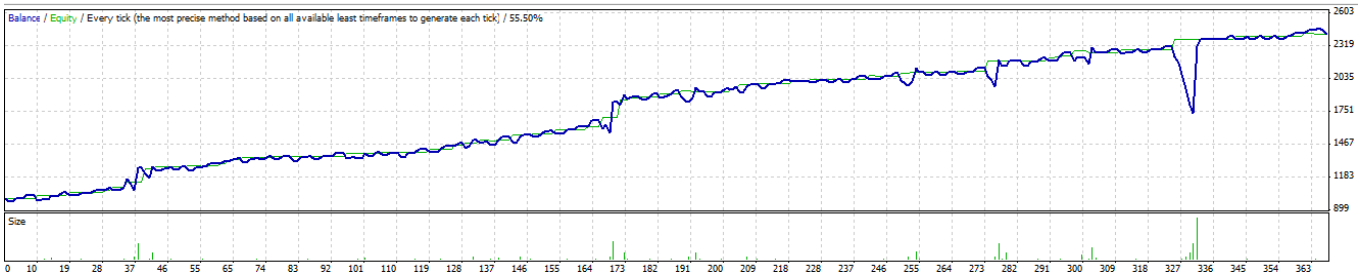


รูปที่ 3 อัตราการเติบโตของทุนจากระบบซื้อขายอัตโนมัติจาก myfxbook

ดังนั้นโอกาสในการสูญเสียจนถึงระดับในการทำลายเงินทุนทั้งหมดจึงมีโอกาสเกิดขึ้นได้เพียงแค่ 0.01% เท่านั้น ซึ่งถือว่ามีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก เนื่องจากระบบการรักษาเงินทุนของ Hedging ทำให้โอกาสในการขาดทุนมีน้อยลงนั่นเอง ซึ่งเมื่อผสานระบบเข้ากับ Stair step ทำให้ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4 ที่แสดงอัตราการเติบโตของเงินทุนโดยใช้โปรแกรม MT4 ในการวิเคราะห์ระบบเมื่อกราฟแกนระนาบคือจำนวนครั้งในการส่งคำสั่งซื้อขาย และแกนตั้งคือระดับการเพิ่มขึ้นของเงินทุน จะสังเกตเห็นประมาณคำสั่งซื้อขายที่ 327 จะสังเกตว่ามีช่วงหนึ่งที่ระดับของทุนตกลงมากว่า $500 แต่ก็ยังคงรักษาระดับความเป็นเชิงเส้นไว้ได้ ซึ่งสาเหตุมาจากการพยายามรักษาระดับการส่งคำสั่งซื้อขายของระบบ Hedging ที่ไม่ต้องการให้ระบบเกิดการขาดทุน ประกอบกับเป็นช่วงที่พฤติกรรมราคามีความผันผวนสูง จึงส่งผลให้ระบบเข้าสู่สถานะในการส่งคำสั่งซื้อขายล่วงหน้าเป็นจำนวนมาก ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีลักษณะดังรูปที่ 4

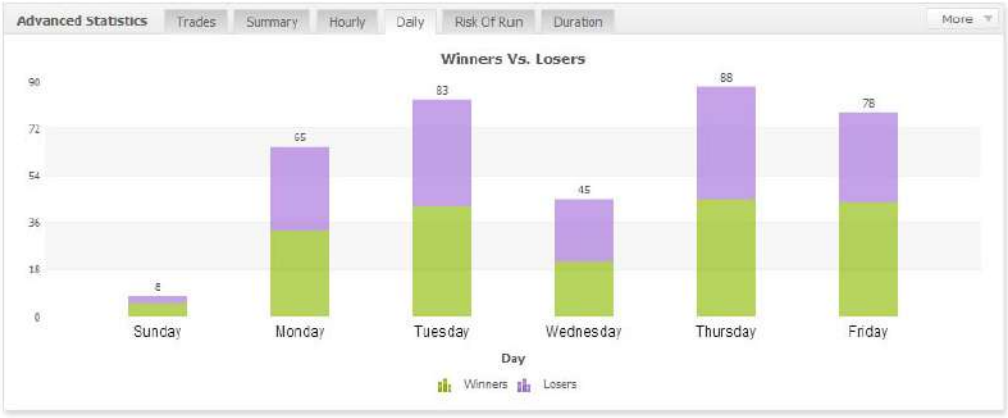
ตารางที่ 1 อัตราความเป็นไปได้ในการทำลายเงินทุนของระบบจากส่วนรายงานของ myfxbook

Loss Size	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
Probability of Loss	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%	0.04%	0.28%	1.3%	4.83%	15.02%	40.86%
Consecutive Losing Trades	136	122	109	95	81	68	54	41	27	14



รูปที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตของเงินทุนจากข้อมูลย้อนหลังของโปรแกรม MT4





รูปที่ 5 (ด้านบน) ช่วงเวลาในการส่งคำสั่งซื้อขายโดยพิจารณารายชั่วโมง
(ด้านล่าง) ช่วงเวลาในการส่งคำสั่งซื้อขายโดยพิจารณารายวัน

และจากรูปที่ 5 ซึ่งแสดงจำนวนครั้งและความถี่ในการส่งคำสั่งซื้อขายในลักษณะรายชั่วโมง(ด้านบน) และรายวัน(ด้านล่าง) ทำให้ทราบว่าระบบจะทำการส่งคำสั่งซื้อขายสูงสุดคือช่วง 13.00 น. และส่งคำสั่งซื้อขายต่ำสุดช่วงเวลาประมาณ 1.00 น. (พิจารณาจากเวลาของ Server ของโบรกเกอร์) ซึ่งวันที่ทำการส่งคำสั่งซื้อขายสูงสุดคือวันพฤหัสบดีและวันอังคารของของทุกๆ สัปดาห์ซึ่งเฉลี่ยสูงถึง 88 ครั้ง และในแต่ละครั้งจะมีอัตราความสำเร็จและความล้มเหลวที่เท่ากันเนื่องจากลักษณะการส่งคำสั่งซื้อขายแบบ Hedging ที่จะทำการส่งคำสั่งแบบสองทาง

5. สรุป

ลักษณะของระบบ Hedging ซึ่งมีความสามารถในการรักษาระดับของเงินทุนของนักลงทุนจะส่งผลให้นักลงทุนเกิดโอกาสในการขาดทุนที่น้อย แต่ก็ส่งผลให้ไม่ได้กำไรจากการลงทุนเลย หากนำมาผสานเข้ากับระบบการส่งคำสั่งซื้อขายในลักษณะของการกางขั้นบันไดซึ่งมีความสามารถในการเพิ่มขนาดในการลงทุนทำให้ได้กำไรเพิ่มขึ้นได้ ส่งผลให้ระบบที่ทำการทดสอบในช่วงปีพ.ศ. 2553 จนถึง พ.ศ. 2555 มีอัตราการเติบโตของทุนสูงถึง 141.71% (855.8 จุด) และจากการวิเคราะห์ระบบด้วยโปรแกรม MT4 ประกอบกับผลการวิเคราะห์จาก myfxbook จึงทำให้ทราบอัตราในการสูญเสียของเงินทุนจนหมดเพียงแค่ 0.01% ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่น้อยมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระบบ Hedging และ Stair step สามารถนำมาผสานการทำงานกันได้ และส่งผลให้ได้กำไรอย่างสม่ำเสมอ ทุกครั้งที่ทำการส่งคำสั่งซื้อขายก็จะสามารถทำกำไรได้ตลอด แต่จุดบ่องพร่องของระบบที่จำเป็นต้องพัฒนาในอนาคตคือในเรื่องของสภาวะความผันผวนของตลาดหากมีมากเกินไปจะส่งผลให้ระบบทำการส่งคำสั่งซื้อขายล่วงหน้าเป็นจำนวนมาก ทำให้เป็นการเพิ่มโอกาสสูญเสียที่มากขึ้น ซึ่งสามารถ

เอกสารอ้างอิง

[1] Haoming Huang ; Centre for Comput. Intell., Nanyang Technol. Univ., Nanyang ; Pasquier, M. ; Chai Quek, "Financial Market Trading System With a Hierarchical Coevolutionary Fuzzy Predictive Model", Evolutionary Computation, IEEE Transactions on (Volume:13 , Issue: 1), ISSN: 1089-778X, IEEE Computational Intelligence Society., Issue Date: Feb. 2009.

[2] Tan, A. ; Centre of Comput. Intelligence, Nanyang Technol. Univ., Singapore ; Quek, C., "Maximizing winning trades using a rough set based other-product (RSPOP) fuzzy neural network intelligent stock trading system", Evolutionary Computation, 2005. The 2005 IEEE Congress on (Volume:3), Page 2076 - 2083 Vol. 3, ISBN: 0-7803-9363-5, 2-5 Sept. 2005.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบสำรวจพื้นที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอส

Wireless Area Estimation System with Signal Strength-Based Position Survey

สุรบดินทร์ เพ็ชรฉ่ำ[1], ธนพล ภิรมย์พร้อม[2], ดำรงค์ชัย สมยาราช[3], อธิคม ศิริ[4] และ ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์[5]

ศูนย์ความเชี่ยวชาญทางคลื่นไมโครเวฟและเทคโนโลยีหุ่นยนต์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

E-mail: 521997004@stu.crru.ac.th[1], 521997005@stu.crru.ac.th[2], 521997017@stu.crru.ac.th[3], atikhom.s@gmail.com[4], idt_thanawutth@crru.ac.th[5]

บทคัดย่อ

ระบบสำรวจพื้นที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอสเป็นแนวคิดวิธีการในสำรวจและวิเคราะห์ปรับปรุงเครือข่ายไร้สายให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์บริเวณครอบคลุมของสัญญาณเครือข่ายไร้สายในพื้นที่ที่กำหนดและวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขปัญหา โดยมุ่งเน้นในการแก้ไขปัญหาความไม่ครอบคลุมสัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยการเพิ่มหรือย้ายตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย และปัญหาการกำหนดช่องสัญญาณความถี่ของเครือข่ายไร้สายที่ไม่เหมาะสม ซึ่งมีกระบวนการทำงาน คือ การกำหนดขอบเขตของการสำรวจเครือข่ายไร้สายด้วยจีพีเอส, การแบ่งส่วนพื้นที่ย่อยสำหรับการสำรวจ, การสำรวจพื้นที่ย่อยโดยระบุตำแหน่งโดยจีพีเอส, การวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ย่อย และการสรุปพื้นที่ครอบคลุมและตำแหน่งอุปกรณ์ โดยการทดลองแบ่งออก 2 ส่วน คือ การทดลองวิเคราะห์ความครอบคลุมของสัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอสและการทดลองความแม่นยำในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย ซึ่งผลการทดลองวิเคราะห์ความครอบคลุมของสัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 4.9 เมตร, ค่าความถูกต้องแม่นในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.318 เมตร

Abstract

An inefficient installation of wireless network device along with ignoring an appropriate area of deployment leads to two problems: non-coverage area of wireless network service and the difficulty of configuration of a network channel. Usually, the analyzed wireless signal that is obtained by surveying a target environment applies to improve the signal quality of installation. In this work, we propose a system that used a tool for surveying target area with GPS navigation and analyzing wireless signal in order to identify a suitable position for installation. The proposed system consists of four steps: surveying, partitioning, analyzing and identifying. The experimental results shown that this method can increase the coverage area of network service with an average error of 4.9 meters and can improve the accuracy of identifying the position of installation which is not over the average of 0.318 meters.

***Keywords*:** wireless network, signal strength-based, wireless survey

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์โดยเฉพาะการสื่อสารผ่านเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้การติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์โดยปราศจากการใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อ ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารไปพื้นที่ได้ง่ายขึ้น แต่ปัญหาในการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายที่ไม่ครอบคลุมบริเวณที่ต้องการโดยเนื่องจากคุณลักษณะของอุปกรณ์และสายส่งสัญญาณที่แตกต่างกันหรือการกำหนดช่องความถี่ของสัญญาณเครือข่ายไร้สายที่ไม่เหมาะสม รวมทั้งปัญหาการขาดอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดสัญญาณของเครือข่ายไร้สายที่มีความแม่นยำและถูกต้อง จึงมักพบว่าบริเวณที่ไม่มีสัญญาณหรือสัญญาณอ่อนของเครือข่ายไร้สายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ ดังนั้นการออกแบบและปรับปรุงคุณภาพของเครือข่ายไร้สายในบริเวณที่ต้องการจึงมีความจำเป็นในการให้บริการเครือข่ายคอมพิวเตอร์และอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์สัญญาณเครือข่ายไร้สายในพื้นที่ให้บริการเพื่อปรับปรุงให้เครือข่ายไร้สายมีประสิทธิภาพสูงสุด

งานวิจัยได้ออกแบบแนวคิดและสร้างระบบสำรวจพื้นที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอสและการวิเคราะห์ข้อมูลสัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยอุปกรณ์จีพีเอสเพื่อแสดงข้อมูลพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณเครือข่ายไร้สายในแต่ละระดับความแรงของสัญญาณเครือข่ายไร้สายและหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายโดยการกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย โดยใช้เทคนิคการกำหนดพื้นที่ส่วนย่อยและการระบุตำแหน่งโดยอุปกรณ์จีพีเอส เพื่อช่วยให้สามารถจะวิเคราะห์ข้อมูลของสัญญาณเครือข่ายไร้สายได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว และช่วยให้สามารถวางแผนการติดตั้งตัวกระจายเครือข่ายไร้สายในอนาคตเพื่อให้สามารถใช้งานเครือข่ายไร้สายให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและครอบคลุมพื้นที่เหมาะสม

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เครือข่ายไร้สาย คือ ระบบการสื่อสารข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ทดแทนหรือเพิ่มเติมกับระบบเครือข่ายท้องถิ่นใช้สายแบบดั้งเดิม [1] โดยใช้การส่งคลื่นความถี่วิทยุในย่านวิทยุและคลื่นอินฟราเรดในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ผ่านทางอากาศ [2] โดยสามารถทะลุผ่านสิ่งกีดขวางได้ในระดับหนึ่งโดยปราศจากการเดินสายสัญญาณ ทำให้มีความยืดหยุ่นในการติดตั้งหรือขยายเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการถ่ายโอนข้อมูลผ่านอากาศแทนการใช้สายสัญญาณ [3] สะดวกต่อการใช้งานและการเข้าถึงข้อมูลในเครือข่าย โดยการแบ่งช่องสัญญาณของระบบเครือข่ายไร้สายในการกำหนดช่องสัญญาณจะกำหนดให้ช่องแรกเริ่มต้นที่ความถี่ 2412 เมกะเฮิรตซ์ [4] และช่องถัดมาจะห่างกันช่องละ 5 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งถ้านับก็จะมีเท่ากับ 13 ช่อง แต่สามารถใช้งานได้เพียง 3 ช่องเท่านั้น จึงจะไม่มีการทับซ้อนและรบกวนกันของสัญญาณระหว่างการใช้งาน [5]

ความเร็วกับระยะทางของระบบเครือข่ายไร้สายมีมาตรฐานต่างๆ การปรับค่าความเร็วเป็นไปโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายและเครื่องลูกข่ายของเครือข่ายไร้สายที่จะตกลงกันตามค่าความแรงของสัญญาณ ซึ่งสามารถเปลี่ยนวิธีการทำให้ความเร็วลดลงซึ่งให้ความเร็วในการทำงานกับระยะทางมีลักษณะเป็นขั้นบันไดเมื่อมีระยะห่างจากตัวอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย [6]

ระบบพิกัดมีความสำคัญต่อการสำรวจพื้นที่ เนื่องจากการสำรวจนั้นเพื่อระบุถึงตำแหน่ง เนื้อที่ ขนาด รูปร่าง ความสูง และจำลองค่าพิกัดรายละเอียดลงบนแผนที่ ดังนั้นตำแหน่งจุดควบคุมหรือจุดบังคับจำเป็นต้องมีค่าพิกัดที่ถูกต้องและมีความเกี่ยวเนื่องกันไปทั่วโลก ซึ่งการระบุพิกัดสามารถตรวจสอบได้โดยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (GPS Receiver) ซึ่งสามารถบอกค่า Latitude และ Longitude รวมถึงค่าระดับหรือค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง [7]

3. กระบวนการทำงานของระบบ

กระบวนการทำงานของระบบสำรวจพื้นที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอส แบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ การกำหนดขอบเขตของการสำรวจด้วยจีพีเอส, การแบ่งส่วนพื้นที่ย่อยสำหรับการสำรวจ, การสำรวจพื้นที่ย่อยโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอส, การวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ย่อย, การสรุปพื้นที่ครอบคลุมและตำแหน่งอุปกรณ์ ดังรูปที่ 1 การกำหนดขอบเขตพื้นที่สี่เหลี่ยมในการสำรวจโดยทำการระบุ 4 ตำแหน่ง และระบบทำการปรับพื้นที่สี่เหลี่ยมใดๆ เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อง่ายต่อการแบ่งส่วนพื้นที่ย่อยในการสำรวจ ดังสมการที่ 1

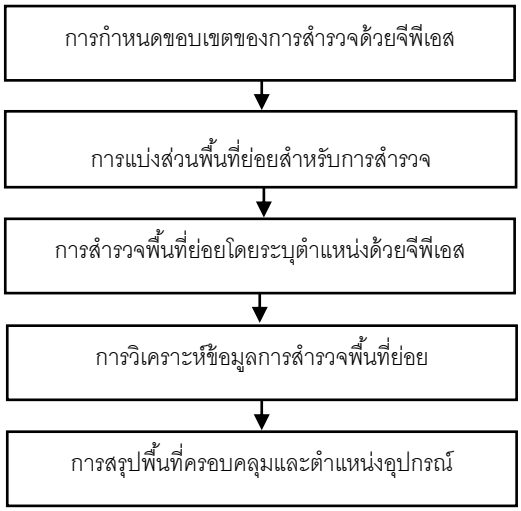
$$A_1 = (X_1, Y_1), A_2 = (X_2, Y_2), A_3 = (X_3, Y_3), A_4 = (X_4, Y_4) \quad (1)$$

A คือ ตำแหน่งขอบเขตของการสำรวจเครือข่ายไร้สาย

X คือ ค่าตำแหน่งแนวนอน Y คือ ค่าตำแหน่งแนวตั้ง

$$\begin{aligned} A'_1 &= (\max(X_1, X_2, X_3, X_4), \max(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4)) \\ A'_2 &= (\max(X_1, X_2, X_3, X_4), \min(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4)) \\ A'_3 &= (\min(X_1, X_2, X_3, X_4), \min(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4)) \\ A'_4 &= (\min(X_1, X_2, X_3, X_4), \max(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4)) \end{aligned} \quad (2)$$

A' คือ ตำแหน่งขอบเขตปรับเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าของการสำรวจเครือข่ายไร้สาย



รูปที่ 1. กระบวนการทำงานระบบสำรวจพื้นที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอส

การแบ่งส่วนพื้นที่ย่อยในการสำรวจสัญญาณเครือข่ายไร้สายสามารถกำหนดค่าความละเอียดที่ 1-10 เมตร เพื่อคำนวณหาจำนวนพื้นที่ย่อยแนวนอนและแนวตั้ง, ค่าขอบเขตของแต่ละพื้นที่ย่อยซึ่งช่วยในการกำหนดลักษณะรูปแบบการสำรวจ ดังสมการที่ 3, 4

$$I = \frac{\max(X_1, X_2, X_3, X_4) - \min(X_1, X_2, X_3, X_4)}{D} \quad (3)$$

$$J = \frac{\max(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) - \min(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4)}{D} \quad (4)$$

I คือ จำนวนพื้นที่ย่อยแนวนอน J คือ จำนวนพื้นที่ย่อยแนวตั้ง

D คือ ค่าความละเอียดในการสำรวจพื้นที่

$$B_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} B_{ij}^0 = (\min(X_1, X_2, X_3, X_4) + Di, \min(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) + Dj) \\ B_{ij}^1 = (\min(X_1, X_2, X_3, X_4) + Di, \min(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) + D(j+1)) \\ B_{ij}^2 = (\min(X_1, X_2, X_3, X_4) + D(i+1), \min(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) + Dj) \\ B_{ij}^3 = (\min(X_1, X_2, X_3, X_4) + D(i+1), \min(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) + D(j+1)) \end{array} \right\} \quad (5)$$

B_{ij} คือ ตำแหน่งขอบเขตของพื้นที่ย่อยแต่ละพื้นที่ย่อยแนวนอนที่ i และแนวตั้งที่ j

ส่วนการอ่านค่าสัญญาณเครือข่ายไร้สายในส่วนพื้นที่ย่อยซึ่งกำหนดขอบเขตด้วย B_{ij} ดังสมการที่ 5 โดยระบบทำการบันทึกค่า SSID, ช่อง

ความถี่, ความแรงของสัญญาณในแต่ละพื้นที่ย่อย โดยกำหนด N_{ij}^{c} คือ ค่าช่องสัญญาณของอุปกรณ์สัญญาณเครือข่ายไร้สาย SSID มีค่าเท่ากับ c ในพื้นที่ย่อยแนวนอนที่ i และแนวตั้งที่ j และ S_{ij}^{c} คือ ค่าความแรงของสัญญาณเครือข่ายไร้สาย ที่มีค่า SSID เท่ากับ c ในพื้นที่ย่อยแนวนอนที่ i และแนวตั้งที่ j เมื่อได้ข้อมูลครบถ้วนสามารถวิเคราะห์เพื่อหาความครอบคลุมของสัญญาณเครือข่ายไร้สายและวิเคราะห์หาตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยใช้ข้อมูลตำแหน่งของพื้นที่ส่วนย่อยและความแรงของสัญญาณเพื่อหาค่าของตำแหน่งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ โดยค่า i'_c, j'_c เป็นค่าตำแหน่งส่วนย่อยแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง ที่มีค่าความแรงของสัญญาณเครือข่ายไร้สายมากที่สุดที่มีค่า SSID คือ c ดังสมการที่ 6, 7 เมื่อได้ค่าตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย P_x^c และ P_y^c เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อระบุปัญหาของเครือข่ายไร้สายและแนวทางในการแก้ไขเบื้องต้น

$$P_x^c = \left(\min(X_1, X_2, X_3, X_4) + \frac{\left(S^c_{(i'_c-1)j'_c} - S^c_{(i'_c+1)j'_c}\right)}{S^c_{i'_c j'_c}} Di'_c \right) \quad (6)$$

$$P_y^c = \left(\min(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) + \frac{\left(S^c_{i'(j'_c-1)_c} - S^c_{i'(j'_c+1)_c}\right)}{S^c_{i'_c j'_c}} Dj'_c \right) \quad (7)$$

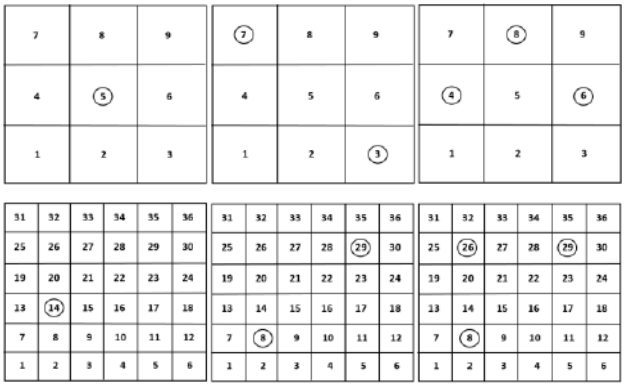
P_x^c คือ ค่าตำแหน่งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายแนวแกนนอนที่มีค่า SSID เท่ากับ c

P_y^c คือ ค่าตำแหน่งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายแนวแกนตั้งที่มีค่า SSID เท่ากับ c

4. การทดลอง

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบสำรวจพื้นที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอส แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองหาค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์จีพีเอส และการทดลองการสำรวจสัญญาณเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สาย โดยการทดลองสำรวจสัญญาณเครือข่ายไร้สายกำหนดขอบเขต 2 ขนาด คือ พื้นที่กว้าง 15 เมตรและยาว 15 เมตร, พื้นที่กว้าง 30 เมตรและยาว 30 เมตร เป็นลักษณะพื้นที่โล่งและกำหนดอุปกรณ์กระจายสัญญาณมาตราฐาน IEEE 802.11n ความถี่ 2.4 GHz กำลังส่ง 40 mW สายอากาศแบบรอบทิศทาง โดยมีรูปแบบการกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายแบบสุ่ม ดังรูปที่ 2

การทดลองเพื่อหาความแรงของสัญญาณและช่องสัญญาณของเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอสในพื้นที่ย่อย และคุณสมบัติความแรงของสัญญาณเครือข่ายไร้สายเพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณของเครือข่ายไร้สาย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองวิเคราะห์ความครอบคลุมของสัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอสและการทดลองความแม่นยำในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย



รูปที่ 2. รูปแบบการกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายในการทดลอง

5. ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น ผลค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์จีพีเอส, ผลค่าความครอบคลุมของสัญญาณเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สายในพื้นที่ และผลค่าระยะผิดพลาดของตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย แบ่งรูปแบบพื้นที่เป็น 2 ลักษณะ คือ ขอบเขตพื้นที่ขนาดเล็ก โดยมีพื้นที่ขนาด กว้าง 15 เมตรและยาว 15 เมตร, ขอบเขตพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยมีพื้นที่ขนาดกว้าง 30 เมตร และยาว 30 เมตร โดยมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

จากตารางที่ 1 สรุปผลค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์จีพีเอส ได้ผลการทดลองดังนี้ พื้นที่ขนาดเล็กมีค่าความคลาดเคลื่อนของค่าละติจูดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.917 เมตร ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าลองจิจูดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.884 เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 5.9005 เมตร, พื้นที่ขนาดใหญ่มีค่าความคลาดเคลื่อนของค่าละติจูดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.304 เมตร ความคลาดเคลื่อนของค่าลองจิจูดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.499 เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.901 เมตร

ตารางที่ 1. สรุปผลความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์จีพีเอส

ค่าความคลาดเคลื่อน (เมตร)				
ผลการทดลอง	ขอบเขตพื้นที่ขนาดเล็ก		ขอบเขตพื้นที่ขนาดใหญ่	
	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด
ค่าเฉลี่ย	3.917	7.884	3.304	4.499
ค่าเฉลี่ยรวม	5.9005		3.901	

จากตารางที่ 2 กำหนดให้ขนาดพื้นที่ขนาดเล็ก โดยกำหนดความละเอียดที่ 5 เมตร 1 อุปกรณ์กระจายสัญญาณตำแหน่งกึ่งกลางพื้นที่ สรุปผลการทดลองดังนี้ กำหนดความแรงขั้นต่ำของสัญญาณ -80 dBm ขอบเขตพื้นที่ขนาดเล็ก มีค่าสัญญาณครอบคลุมเฉลี่ยเท่ากับ 92.3 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีสัญญาณครอบคลุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.7 เปอร์เซ็นต์ ขอบเขตพื้นที่ขนาดใหญ่มีค่าสัญญาณครอบคลุมเฉลี่ยเท่ากับ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีสัญญาณครอบคลุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.11 เปอร์เซ็นต์, กำหนดความแรงขั้นต่ำของสัญญาณ -70 dBm ขอบเขตพื้นที่ขนาดเล็ก มีค่าสัญญาณครอบคลุมเฉลี่ยเท่ากับ 29.63 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีสัญญาณ

ครอบคลุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.37 เปอร์เซ็นต์ ขอบเขตพื้นที่ขนาดใหญ่ มีค่าสัญญาณครอบคลุมเฉลี่ยเท่ากับ 49.07 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีสัญญาณครอบคลุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.93 เปอร์เซ็นต์, ความแรงขั้นต่ำของสัญญาณ -60 dBm ขอบเขตพื้นที่ขนาดเล็ก มีค่าสัญญาณครอบคลุมเฉลี่ยเท่ากับ 11.11 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีสัญญาณครอบคลุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ขอบเขตพื้นที่ขนาดใหญ่ มีค่าสัญญาณครอบคลุมเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีสัญญาณครอบคลุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 95.37 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2. การทดลองวิเคราะห์ค่าความครอบคลุมของสัญญาณเครือข่ายไร้สาย

ค่าเฉลี่ยความครอบคลุม (เปอร์เซ็นต์)						
ขอบเขตพื้นที่	มีสัญญาณ			ไม่มีสัญญาณ		
	ขั้นต่ำของสัญญาณ (dBm)			ขั้นต่ำของสัญญาณ (dBm)		
	-80	-70	-60	-80	-70	-60
เล็ก	92.30	29.63	11.11	7.70	70.37	88.89
ใหญ่	88.89	49.07	4.63	11.11	50.93	95.37

จากตารางที่ 3 สรุปผลระยะผิดผลาดในการวิเคราะห์ตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณ โดยระบบสำรวจพื้นที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอส อุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายจำนวน 1 ตัว ขอบเขตพื้นที่ขนาดเล็ก มีค่าเฉลี่ยระยะผิดพลาดของตำแหน่งเท่ากับ 0.178 เมตร, ขอบเขตพื้นที่ขนาดใหญ่ มีค่าเฉลี่ยระยะผิดพลาดของตำแหน่งเท่ากับ 0.491 เมตร มีค่าเฉลี่ยระยะผิดพลาดของตำแหน่งรวมเท่ากับ 0.334 เมตร, อุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายจำนวน 2 ตัว ขอบเขตพื้นที่ขนาดเล็ก มีค่าเฉลี่ยระยะผิดพลาดของตำแหน่งเท่ากับ 0.242 เมตร, ขอบเขตพื้นที่ขนาดใหญ่ มีค่าเฉลี่ยระยะผิดพลาดของตำแหน่งเท่ากับ 0.395 เมตร มีค่าเฉลี่ยระยะผิดพลาดของตำแหน่งรวมเท่ากับ 0.318 เมตร, อุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายจำนวน 3 ตัว ขอบเขตพื้นที่ขนาดเล็ก มีค่าเฉลี่ยระยะผิดพลาดของตำแหน่งเท่ากับ 0.177 เมตร, ขอบเขตพื้นที่ขนาดใหญ่ มีค่าเฉลี่ยระยะผิดพลาดของตำแหน่งเท่ากับ 0.430 เมตร มีค่าเฉลี่ยระยะผิดพลาดของตำแหน่งรวมเท่ากับ 0.303 เมตร

ตารางที่ 3. ผลการทดลองเรื่องระยะผิดผลาดการวิเคราะห์ตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณ

ระยะผิดพลาดของตำแหน่ง (เมตร)			
อุปกรณ์กระจายสัญญาณ	ขอบเขตพื้นที่	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรวม
1 ตัว	เล็ก	0.178	0.334
	ใหญ่	0.491	
2 ตัว	เล็ก	0.242	0.318
	ใหญ่	0.395	
3 ตัว	เล็ก	0.177	0.303
	ใหญ่	0.430	

6. สรุป

การวิเคราะห์บริเวณครอบคลุมของสัญญาณเครือข่ายไร้สายในพื้นที่ที่กำหนดและวิเคราะห์ซึ่งปัญหาพร้อมแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น โดยมุ่งเน้นในการแก้ไขปัญหาความไม่ครอบคลุมสัญญาณเครือข่ายไร้สาย โดยการเพิ่มหรือย้ายตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย และปัญหาการกำหนดช่องสัญญาณความถี่ของเครือข่ายไร้สายที่ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ติดตั้ง โดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ระบุตำแหน่งด้วยอุปกรณ์จีพีเอสในการสำรวจพื้นที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายและออกแบบระบบการวิเคราะห์พื้นที่เป็นส่วนย่อย เพื่อหาค่าความแรงของสัญญาณในส่วนพื้นที่ย่อยทำให้สามารถแก้ไขปัญหาความครอบคลุมของสัญญาณในขอบเขตพื้นที่และการกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยผลการทดลองวิเคราะห์ความครอบคลุมของสัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 4.9 เมตร, ค่าความถูกต้องแม่นในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.318 เมตร ทำให้สามารถนำระบบสำรวจพื้นที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอสไปประยุกต์ใช้ในด้านการออกแบบหรือการปรับปรุงเครือข่ายไร้สาย

เอกสารอ้างอิง

[1] J. F. Kurose and K. W. Ross, “Computer Networking a Top-Down Approach”, pp. 539-548, 2008.

[2] โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, "เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร", 2552, กรุงเทพฯ, หน้า 175-180.

[3] จตุชัย แพงจันทร์, "Master in SECURITY 2nd Edition", 2553, นนทบุรี, หน้า 348-365.

[4] เชาวลิต ขันคา, "Java Network Programming การเขียนโปรแกรมโครงข่ายด้วยภาษาจาวา", 2556, กรุงเทพฯ, หน้า 15-23.

[5] อรรณพ ขันธิกุล และอำนาจ มีมงคล, "ออกแบบและติดตั้งระบบ Wireless LAN 2nd Edition", 2556, กรุงเทพฯ, หน้า 85-97.

[6] ธวัชชัย ชมศิริ, “ติดตั้งและดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อย่างมืออาชีพ”, 2547, กรุงเทพฯ, หน้า 11-14.

[7] ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย, "ระบบการหาตำแหน่งบนพื้นโลก", 2546, กรุงเทพฯ, หน้า 9-15.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบวิเคราะห์แคลอรีจากภาพถ่ายอาหาร

Food's Picture Calories analysis

ณัฐฐา ธรรมชาติ[1], กิตติวัฒน์ บูรณจรรยากุล[2], และ ณฐพล พันุวงศ์[2]

[1]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

E-mail:hamterarm@gmail.com[1], l2aynar2@facebook.com[2], **natapon@it.kmitl.ac.th**[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลแคลอรีในอาหารไทยชนิดต่างๆ จากภาพถ่าย เพื่อบอกให้ผู้ใช้ได้ทราบถึงจำนวนแคลอรีที่ได้ทานไปในแต่ละมื้อ ซึ่งภาพถ่ายได้มาจากการที่ผู้ใช้อัพโหลดภาพอาหารขึ้นสู่เว็บไซต์ และทางระบบนำมาวิเคราะห์แคลอรีโดยใช้หลักการของการแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation), bag-of-feature (BoF) และ Color Histogram มาใช้ในการรวบรวมคุณลักษณะเด่นภายในภาพมาเก็บไว้ในเมตริกซ์ จากนั้นจึงนำไปเทียบกับเมตริกซ์ที่เก็บลักษณะเด่นของภาพอาหารแต่ละชนิดในฐานข้อมูลว่าตรงกับอาหารประเภทใดและคืนค่าแคลอรีรวมถึงอาหารที่แนะนำในมื้อถัดไปให้แก่ผู้ใช้ โดยมีขอบเขตในการวิจัย คือ ต้องเป็นอาหารไทยจานเดียว ที่เห็นภาพชัดทั้งจาน เพื่อให้สามารถเห็นลวดลายและสีที่เด่นชัด เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการสกัดหาค่าเฉลี่ยสีและลวดลายจากภาพถ่าย จากการทดลองพบว่ามีความถูกต้องในการใช้งานประมาณ 60%

Abstract

This paper contains the analysis of calories in vary of Thai food's pictures. To tell how many calories user may take in each meal by pictures that uploaded by user to our server. So that picture will be analyzed by "Image Segmentation" , "bag-of-feature (BoF)" and "Color Histogram" by means of collecting image feature in to matrix and compare it to the matrix that contain the best feature for each type food in database for specify what's the food in the picture and tell user how many calories it have and recommend next meal to user. Limitation is Thai a la carte, Whole clear picture easy to see texture and color for the most easiest to extract feature and color from food's picture.

***Keywords*:** image recognition, calories, support vector machine

1. บทนำ

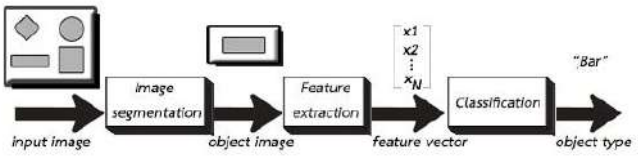
ในปัจจุบันวิถีการดำเนินชีวิตของผู้คนได้มีการเปลี่ยนแปลงไป สมาร์ทโฟนและอินเทอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินกิจกรรมในแต่ละวันมากขึ้น ผู้บริโภคจำนวนมากมักชอบถ่ายภาพอาหารก่อนทานแล้วโพสลงสู่โซเชียลเน็ตเวิร์ค โดยส่วนมากมักจะสั่งอาหารจานเดียวมาทาน เพราะต้องการความรวดเร็วเนื่องจากต้องทำงานแข่งกับเวลา โดยไม่ได้คำนึงถึงคุณค่าทางอาหาร และจำนวนแคลอรีที่จะได้รับในแต่ละมื้ออาหาร ส่งผลให้ผู้บริโภคในสมัยนี้เกิดไขมันสะสมในร่างกาย

แต่ ณ วันนี้แนวโน้มของผู้ที่ใส่ใจเรื่องสุขภาพและรักษาสุขภาพได้มีมากขึ้น ผู้เขียนจึงเล็งเห็นว่า โดยปกติผู้ใช้มักจะชอบถ่ายภาพอาหารก่อนทานอยู่แล้ว จึงมีแนวคิดให้นำภาพที่ผู้ใช้ถ่ายมาเป็นอินพุท แล้วนำภาพนั้นไปวิเคราะห์แคลอรีแทน เพื่อช่วยลดความยุ่งยากในการใช้งานระบบให้แก่ผู้ใช้

หลักสำคัญของการวิเคราะห์ คือ ต้องทำให้ระบบสามารถจดจำและแยกแยะได้ว่าภาพถ่ายที่รับเข้ามา คือ อาหารประเภทใด ซึ่งในปัจจุบันอัลกอริทึมเกี่ยวกับการรู้จำได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในบทความนี้จะนำวิธีการของ Bag-of-Feature (BoF), Segmentation-based Fractal Texture Analysis (SFTA) และ Supervised Learning มาใช้เพื่อช่วยให้การจัดประเภทของอาหารมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยใช้ Support Vector Machine (SVM) ในการสอนให้ระบบสามารถจดจำและแยกแยะได้ว่าภาพที่ทำการสอนเข้าไป คือ อาหารชนิดใดและเก็บข้อมูลลงสู่ฐานข้อมูล โดยฐานข้อมูลแคลอรีของอาหารชนิดต่างๆที่ใช้ในบทความนี้อ้างอิงจากสำนักโภชนาการ (ประเทศไทย)[6]

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

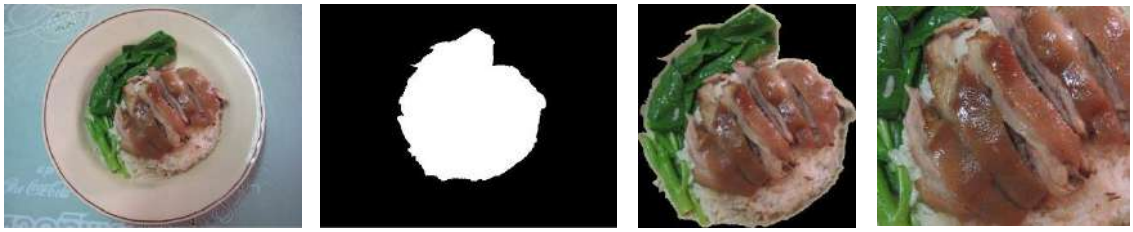
การรู้จำวัตถุ (Object recognition) เป็นเทคนิคหนึ่งของการประมวลผลรูปภาพ โดยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญ[1] ดังแสดงในภาพที่ 1 ส่วนประกอบแรกเรียกว่า *"Image Segmentation"* ส่วนที่สองเรียกว่า *"Feature Extraction"* จะมีฟังก์ชันเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าที่เป็นนัยสำคัญของวัตถุเพื่อส่งไปเปรียบเทียบ และส่วนที่สามเรียกว่า *"Classification"* ในส่วนนี้ตัววัตถุจะถูกนำมาหาความเป็นไปได้ว่าควรเป็นวัตถุในกลุ่มใด



ภาพที่ 1 การทำงานทั้ง 3 ส่วนของ image recognition

2.1 การแบ่งส่วนภาพ (Image segmentation)

การแบ่งส่วนภาพ (Image segmentation) จะนำมาใช้เพื่อแบ่งรูปภาพไปเป็นส่วนประกอบของวัตถุหรือ ภาคส่วนย่อยๆ ซึ่งการแบ่งส่วนภาพจะสิ้นสุดลงเมื่อ object of interest ได้ถูกแยกออกมาจากส่วนประกอบหรือภาคส่วนอื่นแล้ว ซึ่งอัลกอริทึมที่เลือกใช้ คือ การแบ่งแบบ discontinuity



(1) รูปต้นฉบับ (2) มาร์คเฉพาะส่วนที่เป็นอาหาร (3) นำมาร์กออก (4) ครอปเฉพาะส่วนที่เป็นอาหาร

ภาพที่ 2 ผลลัพธ์จากกระบวนการ Segmentation

ซึ่งแบ่งโดยใช้ความแตกต่างกันของพื้นผิวอาหารกับพื้นหลังและความแตกต่างกันของขอบของวัตถุในภาพเป็นตัวแบ่งแยก

ในบทความนี้จะใช้การแบ่งส่วนภาพเพื่อแยกจาน ช้อนส้อมและ พื้นหลังออกจากภาพถ่ายเพื่อให้เหลือเฉพาะวัตถุที่ระบบให้ความสนใจ (Object of Interest) ซึ่งคือ ส่วนที่เป็นอาหารเท่านั้น โดยใช้วิธีการที่เรียกว่า "*texture segmentation*" เข้ามาช่วยในการแยก เนื่องจากส่วนที่เป็นอาหารมักจะมีลวดลายที่เด่นออกมา ส่วนจาน ช้อนส้อมมักจะเป็นลายเรียบมีเพียงสีเดียว ดังภาพที่ 2(1) เมื่อเข้ากระบวนการต่างๆ เพื่อแยกส่วนอาหารออกมาแล้ว จะทำการมาร์คให้ส่วนที่เป็นอาหารเป็นสีขาว โดยสีขาวจะมีค่าเป็น 1 และส่วนอื่นๆ กลายเป็นสีดำ โดยสีดำจะมีค่าเป็น 0 ดังภาพที่ 2(2) จากนั้นนำมาร์คมาคูณกลับเข้าไปในภาพ จะเห็นว่าเหลือแค่ส่วนที่เป็นอาหารเท่านั้นที่ยังคงเหลืออยู่ ดังภาพที่ 2(3) สุดท้ายจะทำการครอปภาพโดยตัดส่วนที่ติดสีดำออก ดังภาพที่ 2(4) เพื่อให้คำนวณค่าสีได้ความแม่นยำมากขึ้น

2.2. การสกัดคุณลักษณะ (Feature extraction)

การสกัดคุณลักษณะ (Feature extraction) จะเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาค่าของคุณสมบัติบางประการในวัตถุ ซึ่งคุณสมบัติที่ถูกสกัดออกมาจากภาพจะถูกเก็บเป็นกลุ่มของคุณลักษณะ (set of feature) ของภาพนั้น โดยจัดเก็บในรูปแบบของเวกเตอร์ (vector) หรือที่เรียกกันว่า *feature vector* [3] อัลกอริทึมที่ใช้ในการสกัดคุณลักษณะของระบบในบทความนี้ ได้แก่

2.2.1 Bag-of-Features (BOF) : หลักการพื้นฐานของ BOF จะนำเสนอถึงกลุ่มของจุดภายในภาพ (set of local image) ที่ถูกตรวจจับโดยใช้ตัวตรวจจับจุดหรือใช้การสุ่ม และจับจุดเด่นที่น่าสนใจของภาพออกมาโดยใช้ Scale Invariant Feature Transform (SIFT) [2] โดยระบบที่นำเสนอนี้จะเลือกจุดที่เด่นของแต่ละภาพออกมา เป็นจำนวน800 จุด ซึ่งเป็นจำนวนที่ไม่มากหรือน้อยไปจนทำให้กระบวนการเรียนรู้รูปภาพเกิดความสับสน

2.2.2 SFTA (Segmentation-based Fractal Texture Analysis) : เป็นการสกัดลักษณะเด่นของภาพ ด้วยการแบ่งส่วนภาพไปเป็น set of binary image จากนั้นนำไปประมวลผลแล้วนำมาเขียนอธิบายเป็น Texture pattern โดยมีข้อแม้ว่าภาพอินพุทที่นำมาเข้ากระบวนการนี้จะต้องเป็น Gray scale picture เท่านั้น [5]

2.2.3 Color Histogram : จะพล็อตค่าความเข้มแสงที่มีค่าตั้งแต่ 0-255 ในแต่ละสีของ RGB Color Model (Red Green Blue) โดยในภาพได้แบ่งพื้นที่ในภาพสีไปเป็น 10x10x10 bins หรือ 10^3 bins ดังนั้นเราจะสกัดค่าสีจนได้ color feature vector จำนวน 1000 ค่าจากแต่ละภาพมาเก็บไว้ในเมตริกซ์

2.3. การจัดหมวดหมู่ (Classification)

การจัดหมวดหมู่ (Classification) เป็นการจัดหมวดหมู่ของวัตถุที่สามารถเป็นไปได้ในกลุ่มต่างๆ โดยตัววัตถุที่ถูกนำไปจัดหมวดหมู่จะถูกแบ่งออกเป็น "ถูก" หรือ "ผิด" เท่านั้น [2] เช่น ภาพนี้ใช่ข้าวขาหมูหรือไม่

โดยในระบบที่จัดทำขึ้นจะนำรูปภาพที่ต้องการทราบแคลอรีมา segmentation และทำ feature extraction เพื่อเก็บข้อมูลที่ออกมาเป็นตัวเลขเหล่านี้ให้อยู่ในรูปแบบเมตริกซ์ในตัวแปรที่ชื่อว่า *traindata* และนำเข้าสู่กระบวนการสอนที่เรียกว่า Supervised Learning โดยเทคนิคนี้จะมีการสอนให้ระบบเกิดการเรียนรู้ โดยการใส่กลุ่มตัวอย่างของข้อมูลเข้าไป และกำหนดการตอบสนองต่อข้อมูลนั้นๆ ซึ่งในบทความนี้จะใช้อัลกอริทึมที่เรียกว่า Support Vector Machine (SVM) โดยการทำงานหลักคือนำข้อมูลที่ต้องการสอนมาพล็อตลงใน Feature space จากนั้นจะทำการหา General Model ที่เป็นเส้นแบ่งข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มออกจากกัน [4] ดังอัลกอริทึมในภาพที่ 3

```
Group1 = [1;1;1;1;1;1;
          0;0;0;0;0;0;];
SVMStruct1 = svmtrain(traindata,Group1);
```

ภาพที่ 3 ตัวอย่างอัลกอริทึมในการสอนการเรียนรู้รูปภาพ

จำนวนของ *Group* จะมีเท่ากับจำนวนชนิดของอาหารที่ต้องการสอนการเรียนรู้ โดยใช้ฟังก์ชัน *svmtrain* ช่วยในการสอนการเรียนรู้และมี *traindata* ที่บรรจุค่าของลักษณะเด่นในแต่ละรูปไว้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสอน ดังภาพที่ 4

traindata <1260x1548 double>

	1	2	3
1	1.3351	34.8103	4802
2	1.4482	57.6601	6257
3	1.4735	36.3709	3518

ภาพที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลลักษณะเด่นในแต่ละภาพ

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

โดยข้อมูลในตัวอย่างภาพที่ 3 มีขนาด 1260x1548 สามารถอธิบายได้ว่า มีรูปที่เอามาสอนทั้งหมด 1260 รูป และแต่ละรูปเก็บลักษณะเด่นไว้ 1548 ค่า ซึ่งค่าที่นำมาเก็บไว้ก็คือ ข้อมูลที่ได้จากการกระบวนการ *segmentation* และ *Feature extraction* โดยหลังจากมีการสอนให้ระบบเกิดการเรียนรู้แล้ว การทดสอบผลการคืนค่าสามารถเขียนได้ดังอัลกอริทึมในภาพที่ 5

```
species1 = svmclassify(SVMStruct1,Q(1:1548));
species2 = svmclassify(SVMStruct2,Q(1:1548));
species3 = svmclassify(SVMStruct3,Q(1:1548));
```

ภาพที่ 5 ตัวอย่างอัลกอริทึมในการแบ่งหมวดหมู่

โดย species1 คือ ชื่อของกลุ่มตัวอย่างและ svmclassify จะเป็นฟังก์ชันของ SVM ที่ใช้ในการแบ่งหมวดหมู่ของภาพ

3. ผลการทดลอง

ระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้นได้ถูกทดสอบโดยการวิเคราะห์รูปอาหารไทยจานเดียวทั้งหมด 20 ชนิด แต่ละประเภทมีตัวอย่างที่แตกต่างกัน 63 ภาพ และผ่านการคัดลักษณะเด่นของอาหารแต่ละชนิดมาเก็บไว้เพื่อสอนให้ระบบเกิดการเรียนรู้โดยการใช้ SVM และทดสอบโดยใช้รูปตัวอย่างซึ่งต่างจากภาพที่ทำการสอนจำนวนชนิดละ 23 ภาพมาเป็นอินพุทที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อให้ระบบทำการวิเคราะห์ว่าเป็นอาหารชนิดใดและมีแคลอรีเท่าใด ซึ่งการคืนค่ามีความถูกต้องอยู่ที่ประมาณ 60% ดังแสดงในตารางที่ 1

ในส่วนฐานข้อมูลของอาหาร จะมีค่าพารามิเตอร์ของอาหารทั้ง 20 ชนิดที่ผ่านกระบวนการคำนวณจากภาพถ่ายมาเก็บไว้ โดยอาหารแต่ละชนิดจะมีภาพตัวอย่างที่ต่างกันอยู่เป็นจำนวน 100 ภาพ

ตารางที่ 1: ตัวอย่างผลการทดสอบภาพอาหารที่ทำการสอน

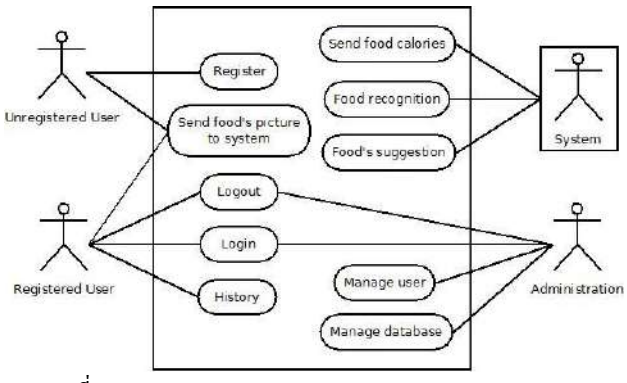
ชนิดอาหาร	ความถูกต้อง	ความแปรปรวน
ผัดไท	60%	15%
ข้าวคะน้าหมูกรอบ	60%	20%
ข้าวคลุกกะปิ	70%	15%
ข้าวหมูแดง	50%	40%
ผัดซีอิ๊ว	**75%**	15%

4. รายละเอียดการพัฒนา

ระบบที่นำเสนอในบทความนี้พัฒนาขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์จำนวนแคลอรีที่มีในภาพที่เป็นอาหารไทยจานเดียว และไม่เป็นของเหลวเท่านั้น โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายที่ผู้ใช้อัพโหลดขึ้นสู่ระบบ

4.1 ความต้องการของระบบ

ผู้ใช้งานที่ยังไม่ได้ลงทะเบียน (Unregister user) จะสามารถอัพโหลดและดูจำนวนแคลอรีของอาหารในภาพได้เท่านั้น ส่วนผู้ใช้งานที่ลงทะเบียนไว้ (Register user) ทางระบบจะเพิ่มข้อมูลส่วนตัวเพื่อนำไปหาจำนวนแคลอรีที่ควรได้รับในหนึ่งวัน รวมถึงอาหารที่ทานในแต่ละมื้อลงไปในฐานข้อมูล เพื่อช่วยในการวิเคราะห์อาหารที่ควรทานในมื้อถัดไป ไม่ให้เกินแคลอรีที่ผู้ใช้ควรได้รับ ส่วนถัดมา คือ ผู้ดูแลระบบ (Administration) จะมีสิทธิในการจัดการผู้ใช้และจัดการฐานข้อมูล สุดท้าย คือ ระบบ (System) มีหน้าที่วิเคราะห์และคืนค่าแคลอรีรวมถึงแนะนำอาหารกลับมายังผู้ใช้ ซึ่งยูสเคสไดอะแกรมการทำงาน จะเป็นไปตามภาพที่ 6



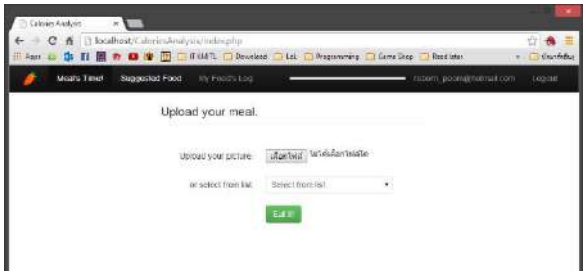
ภาพที่ 6 ยูสเคสไดอะแกรมของระบบ

4.2 การใช้งานระบบ

4.3.1 เมื่อผู้ใช้ล็อกอินเข้าสู่ระบบ

จะมีฟังก์ชันต่างๆขึ้นมาให้เห็นดังภาพที่ 7

- ปุ่ม “Meal’s Time!” ซึ่งปุ่มนี้ คือ หน้าจอหลักสำหรับให้ผู้ใช้อัพโหลดภาพอาหาร และแสดงปริมาณแคลอรีที่สามารถกินได้โดยจะสะสมไว้ในหลอดสะสมปริมาณแคลอรีด้านล่างรูปภาพ
- ปุ่ม “Eat it!” เมื่อกดปุ่มนี้ระบบจะทำการวิเคราะห์แคลอรีของภาพที่ผู้ใช้อัพโหลดและทำการบันทึกข้อมูลแคลอรีรวมถึงชนิดอาหารเพื่อเก็บเป็นประวัติ
- ปุ่ม My Food’s log เมื่อกดปุ่มนี้ ระบบจะแสดงหน้าจอที่ให้ผู้ใช้สามารถดูประวัติในการทานอาหารแต่ละวันของตนเองได้ โดยหลอดแคลอรีสีขาวที่อยู่ข้างชื่อผู้ใช้ทางด้านบนมีไว้เพื่อแสดงปริมาณแคลอรีที่ผู้ใช้ได้รับเข้าไปในวันนั้นๆ และส่วนถัดมา คือ ชื่อผู้ใช้ รวมถึงปุ่มออกจากระบบตามลำดับ
- ปุ่ม “Suggested food” เมื่อกดปุ่มนี้ระบบจะมีรายการอาหารโดยเรียงตามปริมาณแคลอรีจากน้อยไปมากที่โดยผู้ใช้สามารถเลือกทานได้ให้ไม่เกินปริมาณที่ควรได้รับ



ภาพที่ 7 ผู้ใช้ล็อกอินเข้าสู่ระบบสำเร็จ



ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงปริมาณแคลอรีของภาพอาหารที่อัพโหลด

โดยในการสมัครสมาชิก ผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูลส่วนตัวรวมทั้งอายุ, เพศ, น้ำหนัก และส่วนสูงลงในช่องว่างทุกช่องเพื่อให้ระบบนำข้อมูลไปคำนวณปริมาณแคลอรีที่ผู้ใช้ควรได้รับภายในหนึ่งวันให้

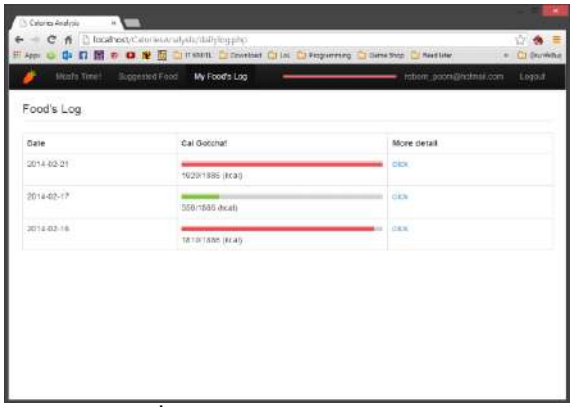
*4.3.3 หลอดบอกปริมาณแคลอรีประจำวัน*ที่อยู่ข้างชื่อผู้ใช้ทางด้านบนดังแสดงในภาพที่ 7 จะแสดงออกมาเป็นสีเหลือง ดังภาพที่ 9(1) ในกรณีที่ปริมาณแคลอรีที่ได้รับต่อวันในขณะนี้เกินครึ่งหนึ่งแล้ว และจะเป็นสีแดงดังภาพที่ 9(2) ในกรณีที่มีจำนวนแคลอรีที่ทานไปแล้วเกิน 80% ของปริมาณแคลอรีที่สามารถทานได้ต่อวัน



(1) เกิน 50% แต่ต่ำกว่า 80% (2) เกิน 80%

ภาพที่ 9 ปริมาณแคลอรีที่ผู้ใช้ได้รับไปแล้วในแต่ละมื้อ

4.3.3 ในส่วนของ Food's Log ผู้ใช้สามารถดูประวัติการทานอาหารย้อนหลังได้ว่าในแต่ละวันได้ทานอะไรไปบ้างและทานเข้าไปกี่แคลอรี โดยสามารถดูรายละเอียดของรายการอาหารที่ทานไปในแต่ละวันได้ โดยการกดปุ่ม More Detail ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 หน้าจอประวัติการทานอาหาร

5. สรุปผล

บทความนี้นำเสนอระบบวิเคราะห์แคลอรีจากภาพถ่ายโดยสามารถใช้งานได้ทั้งบนสมาร์ทโฟนและบนเว็บไซต์ โดยใช้การวิเคราะห์จากภาพถ่ายที่ผู้ใช้อัพโหลดขึ้นสู่ระบบ และคืนค่าแคลอรีรวมถึงแนะนำอาหารในมื้อถัดไปให้ผู้ใช้งาน โดยจากการศึกษาพบว่าระบบช่วยให้ผู้ใช้มีความสะดวกและประหยัดเวลาที่ต้องใช้ในขั้นตอนการเลือกรายการอาหาร รวมถึงใช้เวลาในการประมวลไม่นาน มีความแม่นยำอยู่ที่ประมาณ 60% ซึ่งไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับระบบอื่นได้เนื่องจากการทำ Image Recognition ในประเทศไทยเกี่ยวกับเรื่องของอาหารยังไม่เป็นที่แพร่หลาย และระบบที่มีอยู่แล้วก็เป็นการวิเคราะห์แคลอรีของอาหารญี่ปุ่น ซึ่งใช้ฐานข้อมูลและลักษณะของรูปภาพที่ต่างกัน

ในอนาคต ได้มีการวางแผนไว้ว่าจะทำการเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาให้มีมากขึ้น โดยการปรับปรุงอัลกอริทึมในช่วงของ Image Recognition ให้มีความหลากหลายในการจับลักษณะเด่นของอาหารแต่ละชนิดออกมาและมีการเพิ่มข้อมูลชนิดอาหารลงไปในฐานข้อมูลเพื่อให้ครอบคลุมถึงอาหารจานเดียวชนิดอื่น รวมทั้งมีการวัดปริมาณแคลอรีที่ได้รับให้มีความละเอียดมากขึ้น เพราะผู้ใช้บางคนอาจทานอาหารไม่หมดจาน โดยจะนำภาพก่อนทานและหลังทานมาทำการ Segmentation เพื่อเปรียบเทียบว่ามีความต่างกันของปริมาณอาหารในจานกี่เปอร์เซ็น แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณแคลอรีที่ได้รับจริงจากอาหารมื้อนั้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Rafael, C Gonzalez and Richard, E Woods, Digital Image Processing, Prentice-Hall,Inc : New Jersey, pp.567-568, 2002. 326

[2] Kennth R. Castleman, Digital Image Processing, Prentice-Hall,Inc : New Jersey, pp. 447-450, 1996.

[3] H. Hoashi, T. Joutou and K. Yanai, "Accuracy, "Image Recognition of 85 Food Catagories by Feature Fusion," *IEEE International Symposium on Multimedia (ISM2010),* Taichung, Taiwan, December 13-15, 2010.

[4] Scott E Umbaugh, Computer Vision and Image Processing : A Practical Approach Using CVIPtools, Prentice-Hall,Inc : New Jersey, pp. 130-138, 1998.

[5] MathWorks, "Support Vector Machine (SVM)", http://www.mathworks.com/help/stats/support-vector-machinessvm.html, [สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 2556.

[6] K. Aizawa, Gamhewage C. de Silva, M. Ogawa and Y. Sato, "Food Log by Snapping and Processing Images," *Virtual Systems and Multimedia (VSMM), 2010 16th International Conference on*, Seoul, Korea, pp. 71-74, 2010.

[7] Costa, A. F., G. E. Humpire-Mamani, A. J. M. Traina. 2012. "*An Efficient Algorithm for Fractal Analysis of Textures*." In SIBGRAPI 2012 (XXV Conference on Graphics, Patterns and Images), 39-46, Ouro Preto, Brazil.

[8] ปาหนัน บุญ-หลง, *โภชนาการ*, กรุงเทพฯ : มาเก็ทติ้งมีเดีย, 2553. หน้า 1-18

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

สายอากาศแพตช์โมโนโพลเหนือระนาบกราวนด์กล่องสี่เหลี่ยม

Patch Monopole Antenna over Rectangle Box Ground Plane

ดวงอาทิตย์ ศรีมูล

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: duang-arthit@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอสายอากาศแพตช์โมโนโพลเหนือระนาบกราวนด์กล่องสี่เหลี่ยม เมื่อรูปร่างแพตช์โมโนโพลเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ 2 มุมด้านล่างถูกตัดออกเป็นแนวตรงทำมุม 45 องศา กับระนาบกราวนด์ เพื่อให้สายอากาศมีความกว้างแถบเพิ่มขึ้นและแมตช์ดีขึ้น เป็นสายอากาศแผ่คลื่นแบบทิศทางเดียว แถบความถี่กว้าง 83.08% ระหว่าง 0.38 – 0.92 GHz มีอัตราขยาย 5.5 dBi ณ ความถี่กลาง และมีความกว้างลำครึ่งกำลังในระนาบแนวระดับที่ 81 องศา แนวตั้งที่ 141 องศา ณ ความถี่กลาง เมื่อสายอากาศกว้างในแนวระดับ 310 mm สูงในแนวตั้ง 190 mm และหนา 115 mm สายอากาศนี้มีข้อดีคือ แถบความถี่กว้าง ขนาดกะทัดรัด โครงสร้างไม่ซับซ้อนและสร้างได้ด้วยวัสดุราคาถูกทำให้เป็นสายอากาศต้นทุนต่ำ ใช้เป็นสายอากาศสถานีฐานได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร

Abstract

This paper presents a patch monopole over rectangle box ground plane. The 2 corners of monopole near feeding point are 45° chamfered. The antenna provides the frequency range of 0.38 – 0.92 GHz with the return loss <-15 dB and average gain of 5.5 dBi. The HPBW is 81 degrees in the horizontal plane and 141 degrees in the vertical plane at the central band with the ground plane of 310 mm x 190 mm and height of 115 mm. The advantages of this antenna are wideband, non-complex structure, easily to fabricate, and low-cost. The antenna is suitable for using as a base station antenna with a linear polarization system.

***Keywords*:** patch monopole antenna, rectangle box ground plane, DVB, wideband antenna

1. บทนำ

สายอากาศ (antenna) มีความจำเป็นในทุกระบบการสื่อสารไร้สาย เนื่องจากสายอากาศทำหน้าที่ในการกระจายคลื่นวิทยุออกไปจากตัวมันทางด้านฝั่งส่งหรือใช้ดักจับเอาคลื่นวิทยุเข้าสู่ตัวมันทางด้านฝั่งรับ [1] สายอากาศถูกพัฒนาในหลายรูปแบบและมีคุณสมบัติหลากหลายขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้งาน ถ้าแบ่งประเภทตามแบบรูปการแผ่พลังงานแล้วประกอบด้วย 1) แผ่พลังงานแบบทิศทางเดียว (uni-directional) 2) แผ่พลังงานแบบสองทิศทาง (bi-directional) และ 3) แผ่พลังงานแบบโดยรอบ (omni-directional)

ปัจจุบันสายอากาศแบบแถบความถี่กว้าง (wideband antenna) ถูกพัฒนาและนำมาใช้งานมากขึ้น เนื่องจากระบบการสื่อสารยุคใหม่ต้องการช่วงความถี่ในการสื่อสารกว้างขึ้น เช่น ระบบโทรทัศน์ดิจิตอล DVB มีช่วงความถี่การใช้งานระหว่าง 470–860 MHz ระบบ CDMA2000 หรือ 3G (Third Generation Mobile Phone) ดำเนินการช่วงความถี่ระหว่าง 1.92–2.17 GHz เป็นต้น นอกจากนี้ เทคโนโลยีปัจจุบันสามารถแยกสัญญาณความถี่ที่ได้รับมาจากสายอากาศเดียวกันออกจากกันได้อย่างชัดเจน สายอากาศเพียงตัวเดียวจึงสามารถดำเนินการในหลายระบบพร้อมกันได้ ทำให้ประหยัดทรัพยากรลง เช่น ระบบโทรศัพท์มือถือ DCS (Digital Cellular System) ดำเนินการ ณ ช่วงความถี่ 1.71–1.88 GHz ระบบ 3G ดำเนินการ ณ ช่วงความถี่ 1.92–2.17 GHz และระบบ WLAN IEEE802.11bg ดำเนินการ ณ ช่วงความถี่ 2.400–2.483 GHz [2] ทั้งสามจึงสามารถใช้งานสายอากาศเดียวกันได้ เป็นต้น สายอากาศแถบความถี่กว้างนี้มีทั้งแบบแผ่นคลื่นทิศทางเดียว [3] แบบสองทิศทาง [4] และแบบโดยรอบ [5]

ระบบโทรทัศน์ดิจิตอล (Digital Video Broadcasting, DVB) กำลังจะเกิดขึ้นในประเทศไทย ในย่าน UHF-IV/V ความถี่ระหว่าง 470-862 MHz ระบบโทรทัศน์ดิจิตอลอาจแบ่งได้เป็น ระบบโทรทัศน์ดิจิตอลภาคพื้นดิน (DVB-T2) และระบบโทรทัศน์ดิจิตอลสำหรับโทรศัพท์มือถือ (DVB-H)

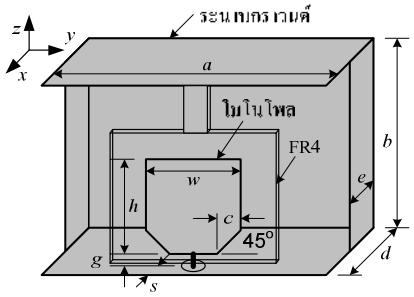
DVB-T2 (Digital Video Broadcasting - Second Generation Terrestrial) เป็นมาตรฐานที่พัฒนาปรับปรุงมาจากมาตรฐาน DVB-T ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 โดยการนำเทคโนโลยีการผสมสัญญาณและการเข้ารหัสแบบใหม่มาใช้เพื่อให้การส่งสัญญาณประเภทเสียง วิดีโอ และข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น DVB-T2 เป็นมาตรฐานระบบโทรทัศน์ดิจิตอลภาคพื้นดินที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพในการใช้คลื่นความถี่ดีที่สุด สามารถมีช่องรายการโทรทัศน์จำนวนมากเพียงพอสำหรับการจัดสรรให้หน่วยงานภาครัฐ ภาคประชาชน และภาคธุรกิจ ตามเจตนารมณ์ของกฎหมาย สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล และการเปลี่ยนผ่านจากระบบโทรทัศน์อนาล็อกในระบบ PAL (**Phase Alternating Line**) ที่ประเทศไทยใช้อยู่ในปัจจุบัน ไปสู่ระบบดิจิตอล DVB-T2 ที่เป็นมาตรฐานยุโรปเหมือนกัน สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว ปัจจุบันมีประเทศที่ใช้มาตรฐาน DVB-T2 อยู่ประมาณ 38 ประเทศทั่วโลก อาทิ ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป ทั้งยังเป็นมาตรฐานที่กลุ่มประเทศอาเซียนรับรองให้เป็นมาตรฐานรวมของอาเซียน โดย ประเทศสิงคโปร์ อินโดนีเซีย มาเลเซีย พม่า และเวียดนาม ได้มีการประกาศจะเปลี่ยนผ่านไปสู่ระบบ DVB-T2 นี้

ด้วย การปรับเปลี่ยนสู่ระบบ DVB-T2 นี้ มีทั้งประเทศที่ใช้ระบบ DVB-T อยู่แล้ว และจะปรับเปลี่ยนไปเป็น DVB-T2 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการใช้คลื่นความถี่ที่มากกว่า และอีกส่วนหนึ่งเป็นประเทศที่เปลี่ยนผ่านไปสู่โทรทัศน์ระบบ DVB-T2 โดยตรง ซึ่งสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว ในส่วนของราคากล่องรับสัญญาณระบบดิจิตอล (Set-Top-Box) นั้น ราคาก็ไม่แพงจนเกินไป และมีแนวโน้มที่จะถูกลงในอนาคต [6]

สำหรับระบบ DVB-H (Digital Video Broadcasting to Handheld) คือ ระบบที่กระจายคลื่นความถี่ดิจิตอลโทรทัศน์ไปสู่เครื่องโทรศัพท์มือถือโดยเฉพาะ ดังนั้นเครื่องรุ่นใหม่ที่รองรับระบบดังกล่าวนี้ ก็สามารถรับชมรายการโทรทัศน์ได้เลยโดยไม่ต้องเสียค่าบริการ GPRS หรือ Edge รายการที่ออกอากาศมีทั้งแบบฟรีและเสียค่าบริการ จุดเด่นที่เป็นหัวใจสำคัญของเทคโนโลยี DVB-H คือ การประหยัดพลังงาน โดยได้มีการดัดแปลงอัลกอริธึมการส่งสายธารข้อมูล (video streaming) ให้ใช้พลังงานจากแบตเตอรีอย่างประหยัดที่สุด ซึ่งเป็นอัลกอริธึมพิเศษสำหรับระบบมือถือโดยเฉพาะ เรียกว่า เทคโนลีการซอยย่อยเวลา (time slicing technology) วิธีการคือ นำเอารายการโทรทัศน์หลาย ๆ โปรแกรมที่ออกอากาศพร้อม ๆ กันอยู่ตลอดเวลา มาตัดเป็นส่วนชิ้นย่อย ๆ และเรียงสลับใหม่เป็นสล็อต ๆ แล้วส่งออกอากาศไป สมมติว่า เมื่อเราต้องการดูรายการโทรทัศน์โปรแกรมที่ 1 ซึ่งมีข้อมูลอยู่ในสล็อตที่ 1 วงจรภาครับของ DVB-H ก็จะถูกจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ทำงานเพื่อรับข้อมูลสล็อตนี้ เมื่อรับข้อมูลเสร็จแล้วก็จะปิดวงจรภาครับเพื่อประหยัดการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ จากนั้นจึงค่อยเปิดใหม่อีกครั้งเพื่อรับข้อมูลชุดใหม่ของสล็อตที่ 1 การเปิด-ปิดวงจรภาครับเช่นนี้ ทำให้ระบบสามารถประหยัดพลังงานไปได้ถึง 90% เพราะวงจรภาครับ เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนที่สิ้นเปลืองพลังงานมากที่สุดในอุปกรณ์มือถือ [5]

2. โครงสร้างสายอากาศ

โครงสร้างสายอากาศนำเสนอแสดงดังรูปที่ 1 เป็นสายอากาศโมโนโพลแผ่นบางวางลอยอยู่เหนือกล่องระนาบกราวนด์สี่เหลี่ยม เมื่อรูปร่างแพตช์โมโนโพลเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ 2 มุมด้านล่างใกล้กราวนด์ถูกตัดออกเป็นแนวตรงทำมุม 45 องศา กับระนาบกราวนด์ เท่ากันทั้งสองมุม เพื่อให้สายอากาศมีความกว้างแถบเพิ่มขึ้นและแมตช์ดีขึ้น แพตช์โมโนโพลสร้างจากโลหะบนผิววัสดุ FR4 ปกติเป็นทองแดงหนาประมาณ 0.05 mm แพตช์โมโนโพล กว้าง w สูง h ความลึกจากการตัดมุมเป็นระยะ c มีระยะความสูงจากกราวนด์ g ในระนาบ yz และห่างจากขอบด้านหน้าของกราวนด์เป็นระยะ s ในระนาบ xy แพตช์โมโนโพลป้อนสัญญาณด้วยแกนใน (pin) ของหัวเชื่อมต่อแบบ SMA ที่เจาะทะลุกราวนด์ขึ้นมา มีค่าอิมพีแดนซ์ที่ 50 โอมห์ แผ่น FR4 จะมีขนาดกว้างกว่าแพตช์โมโนโพลพอสมควร โดยปกติจะประมาณ 10 เท่าของความหนา FR4 ยกเว้นด้านที่ติดกับกราวนด์ที่ระยะ g จะมีค่าน้อยกว่า 10 เท่าของความหนา FR4 และแผ่น FR4 จะถูกยึดไว้กับกล่องระนาบกราวนด์สี่เหลี่ยมให้มีความสูงคงที่ตลอดทั้งระนาบ yz โดยที่กล่องระนาบกราวนด์สร้างจากแผ่นโลหะ ในงานวิจัยนี้ใช้แผ่นทองเหลืองหนา 0.4 mm แล้วขึ้นรูปเป็นกล่อง มีความยาว a กว้าง b ความสูงของขอบกล่องไม่เท่ากัน โดยขอบด้านล่างหรือด้านที่ป้อนสัญญาณให้กับแพตช์โมโนโพล และขอบด้านบนจะหนา d ส่วนอีกสองขอบซ้ายและขวาจะหนา e ซึ่งโดยปกติขอบ d จะมีความหนามากกว่า e



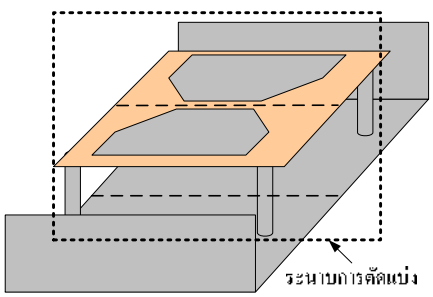
รูปที่ 1 โครงสร้างสายอากาศนำเสนอ

สายอากาศถูกออกแบบโดยการจำลองโครงสร้างด้วยโปรแกรมจำลองทางสายอากาศ เพื่อหาคุณสมบัติต่าง ๆ ตามต้องการ ประกอบด้วย การสูญเสียย้อนกลับ ความกว้างแถบ แบบรูปการแผ่พลังงาน ความกว้างลำคลื่นกำลัง อัตราขยายสายอากาศ เป็นต้น จากการจำลองสายอากาศสามารถสรุปหลักเกณฑ์การออกแบบสายอากาศได้ดังนี้

- b จะมีขนาดประมาณ $a/2$
- h จะมีขนาดประมาณ $b/2$
- w จะมีขนาดกว้างประมาณ $2h$
- c จะมีขนาดกว้างประมาณ $h/2$

โดย a และ b มีอิทธิพลต่อความกว้างลำคลื่นกำลังและอัตราขยายสายอากาศมากที่สุด การปรับจูนสายอากาศให้กระทำกับระยะห่าง g, ขนาดของแพตช์ h และ w, ระยะของ c, ระยะขอบ e และ d, และขนาดของกล่องระนาบกราวนด์สี่เหลี่ยม a และ b ตามลำดับ

โครงสร้างสายอากาศนำเสนอดังรูปที่ 1 นี้ พัฒนาจากโครงสร้างสายอากาศที่เคยนำเสนอไว้ใน [3] ซึ่งเป็นสายอากาศแพตช์ไดโพลที่วางอยู่เหนือระนาบกราวนด์รูปตัว U อย่างไรก็ตาม การที่อิลิเมนต์สายอากาศเป็นไดโพลทำให้สายอากาศโดยรวมมีขนาดที่ใหญ่ เพื่อลดขนาดสายอากาศลงให้กะทัดรัด รองรับการใช้งานกับระบบ DVB ย่านความถี่ 470-862 MHz จึงได้ตัดแบ่งสายอากาศตามระนาบที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2 โดยคำนึงถึงคุณลักษณะของสายอากาศที่ยังคงไว้ไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปมาก



รูปที่ 2 ระนาบการตัดแบ่งบนโครงสร้างสายอากาศแพตช์ไดโพล

การสร้างอิลิเมนต์สายอากาศด้วยโลหะบนแผ่น PCB (printed circuit board) เช่น FR4 เป็นต้น ข้อดีคือ ได้สายอากาศที่มีขนาดเล็กลงเพราะเป็นผลจาก ε_r ของ PCB และสร้างง่ายโดยการกัดจากโลหะที่ติดอยู่บนผิวของ PCB เพื่อขึ้นรูปตามที่ต้องการ จากนั้นเคลือบด้วยน้ำยาเพื่อป้องกันน้ำไม่ให้เกิดออกไซด์ที่ผิวของโลหะ แต่มีข้อเสียคือ ในการใช้งานจริงด้วยการนำไปใช้เป็นสายอากาศสถานีฐาน แผ่น PCB จะไม่สามารถทนต่อการป้อนสัญญาณกำลังงานสูงมากของเครื่องส่งได้ นอกจากนี้ แผ่น PCB ที่ได้มาตรฐานยังมีราคาที่แพงอีกด้วย อย่างไรก็ตาม การเคลือบผิว PCB เพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์และการเลือกใช้งานแผ่น PCB ที่ราคาไม่แพง จะมีผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสายอากาศโดยตรง กล่าวคือ อาจทำให้ความถี่ดำเนินการของสายอากาศเลื่อนต่ำลงหรือสูงขึ้นได้ ซึ่งถ้านำไปสร้างสายอากาศแบบช่วงความถี่ดำเนินการแคบ (narrow band antenna) จะก่อให้เกิดความยุ่งยากในการปรับจูนอิมพีแดนซ์และความถี่ให้ตรง เพราะถ้าช่วงความถี่เคลื่อนไปเล็กน้อยอาจทำให้ไม่ครอบคลุมช่วงความถี่ที่ต้องการได้ ปัญหาดังกล่าวนี้จะหมดไป ถ้าเป็นสายอากาศแบบช่วงความถี่ดำเนินการกว้าง โดยถึงแม้ความถี่ดำเนินการจะเลื่อนไปแต่ก็ยังครอบคลุมอยู่หรืออาจมีการปรับจูนเพิ่มเติมอีกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สำหรับผู้ผลิตสายอากาศ สิ่งที่ต้องการคือ เป็นสายอากาศที่สร้างง่าย โครงสร้างไม่ซับซ้อน สามารถเลือกใช้วัสดุราคาต่ำสร้างได้ เพื่อลดต้นทุนในการผลิต สายอากาศที่นำเสนอในบทความนี้สามารถตอบสนองความต้องการดังกล่าวนี้ได้

3. ผลการทดสอบ

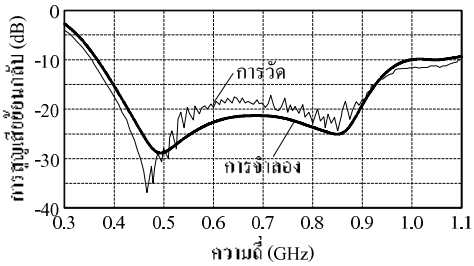
3.1 การสูญเสียย้อนกลับและความกว้างแถบ

โดยใช้หลักการออกแบบตามหัวข้อที่ 2 ข้างต้น โดยการจำลองสายอากาศด้วยซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์ก่อน จนได้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามต้องการ จากนั้นจึงสร้างสายอากาศจริงเพื่อทดสอบและเปรียบเทียบผล ด้วยพารามิเตอร์ที่แสดงไว้ดังตารางที่ 1 เมื่อการทดสอบกระทำในพื้นที่โล่งแจ้ง ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ได้จากการวัดเปรียบเทียบกับที่ได้จากการจำลองสายอากาศแสดงดังรูปที่ 3

ตารางที่ 1 ขนาดสายอากาศ

พารามิเตอร์	ขนาด (mm)
a	310.0
b	190.0
c	55.0
d	110.0
e	40.0
g	7.0
h	105.0
s	5.0
w	200.0
ความหนาของ FR4	1.6
ความหนาของระนาบกราวนด์	0.4
ความหนาของโลหะบนผิว FR4	0.05

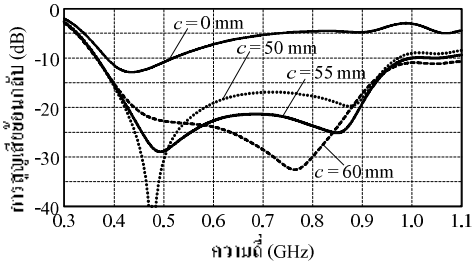
ผลลัพธ์ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ได้ตามรูปที่ 3 สามารถวัดความกว้างแถบความถี่ดำเนินการได้ถึง 83.08% ระหว่างความถี่ 0.38-0.92 GHz ที่ค่าการสูญเสียย้อนกลับน้อยกว่า -15 dB ช่วงความถี่ดำเนินการที่ได้จากการวัดจะเลื่อนต่ำกว่าและแมตช์น้อยกว่าผลการจำลองสายอากาศด้วยซอฟต์แวร์ แต่แนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันและมีความใกล้เคียงกัน โดยผลการจำลองถือว่าเป็นแนวทางที่ดีสำหรับการสร้างสายอากาศ ซึ่งหลังจากสร้างเสร็จแล้วจะต้องปรับจูนการแมตช์ ปรับลดหรือเพิ่มขนาดสายอากาศโดยเฉพาะ *a* หรือ *b* เพื่อให้ได้ช่วงความถี่ตามต้องการอีกครั้ง



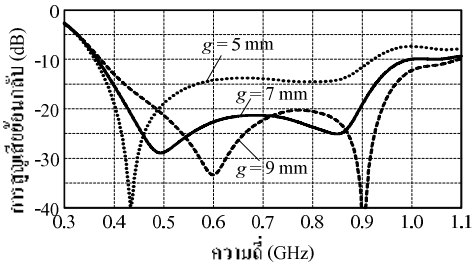
รูปที่ 3 การสูญเสียย้อนกลับระหว่างการจำลองและการวัดจากสายอากาศ

เพื่อแสดงให้ถึงอิทธิพลของบางพารามิเตอร์ที่มีต่อค่าการสูญเสียย้อนกลับ จึงได้ทำการแสดงค่าการสูญเสียย้อนกลับกรณีต่าง ๆ เมื่อพารามิเตอร์หนึ่งถูกเปลี่ยนแปลงค่า

รูปที่ 4 แสดงกราฟการสูญเสียย้อนกลับระหว่างความถี่ 0.3-1.1 GHz เมื่อปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ *c* และ g ของสายอากาศ โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ไว้เช่นเดิมดังตารางที่ 1 และจากรูปที่ 4(ก) พบว่า เมื่อ *c* = 0 mm (ไม่มีการตัดมุม) ค่าการสูญเสียย้อนกลับช่วงแรกของความถี่ดำเนินการจะสูงกว่า -15 dB และเมื่อ *c* เพิ่มขึ้น ค่าการสูญเสียย้อนกลับจะค่อย ๆ ลดลง จนได้ค่าที่เหมาะสมเมื่อ *c* = 55 mm หรือประมาณ 1/2 ของ *h*



(ก)



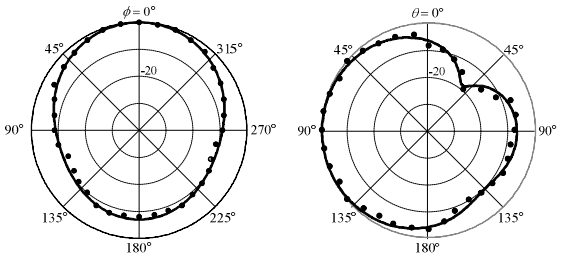
(ข)

รูปที่ 4 การสูญเสียย้อนกลับจากการจำลองสายอากาศ (ก) เปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ *c* และ (ข) เปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ *g*

รูปที่ 4(ข) พบว่า เมื่อ g = 5 mm ค่าการสูญเสียย้อนกลับจะแมตช์ไม่มาก (> -15 dB) และเมื่อ c เพิ่มขึ้นเป็น 7 mm ค่าการสูญเสียย้อนกลับจะแมตช์ดีขึ้นจนได้ค่าที่เหมาะสม แต่ถ้า c มีค่ามากเกินไปจะทำให้ช่วงความถี่ดำเนินการเลื่อนสูงขึ้นไป

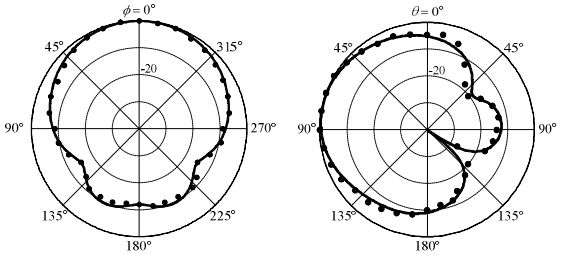
3.2 แบบรูปการแผ่พลังงาน

แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศที่ได้จากการจำลองและการวัด ณ ความถี่ต่ำ กลาง สูง หรือ ณ 0.47, 0.67 และ 0.86 GHz ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 5 เมื่อด้านซ้ายคือโพลาไรซ์ร่วมระนาบ E หรือการแสดงค่าในระนาบ yz ตามพิกัดที่แสดงไว้ในรูปที่ 1 และด้านขวาคือโพลาไรซ์ร่วมระนาบ H หรือระนาบ xz พบว่า ความกว้างลำครึ่งกำลังระนาบ E มีค่า 91°, 81°, 105° ส่วนระนาบ H มีค่า 129°, 139°, 88° ตามลำดับ แบบรูปการแผ่พลังงานดังกล่าวมีความสมมาตรดีในระนาบ E ส่วนระนาบ H องศาการชี้ทิศทางจะเปลี่ยนเมื่อความถี่เปลี่ยน กล่าวคือ เมื่อความถี่สูงขึ้น องศาการชี้ในระนาบ H จะเงยขึ้นเรื่อย ๆ ตามพิกัดในรูปที่ 1 และสายอากาศนี้ให้อัตราขยาย 5.0, 5.3, 6.0 dBi ณ ความถี่ ต่ำ กลางและสูง ตามลำดับ



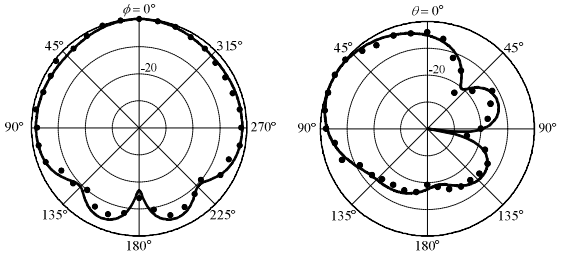
ระนาบ E ระนาบ H

(ก)



ระนาบ E ระนาบ H

(ข)



ระนาบ E ระนาบ H

(ค)

รูปที่ 5 แบบรูปการแผ่พลังงานระนาบ E และระนาบ H ณ ความถี่ (ก) 0.47 GHz (ข) 0.67 GHz และ (ค) 0.86 GHz เมื่อเส้นทึบคือผลการจำลองและจุดคือผลการวัดที่ห่างกัน 10 องศา

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอสายอากาศแพตช์โมโนโพลเหนือระนาบกราวนด์กล่องสี่เหลี่ยมที่แผ่คลื่นแบบทิศทางเดียวและแถบความถี่กว้าง โครงสร้างทำจากทองเหลืองมีขนาดกะทัดรัด จากการทดสอบพบว่าสายอากาศมีแถบความถี่กว้าง 83.08% ระหว่าง 0.38 – 0.92 GHz ที่ค่าการสูญเสียย้อนกลับน้อยกว่า -15 dB มีอัตราขยาย 5 dBi และมีความกว้างลำครึ่งกำลังในแนวระนาบที่ 81 องศา แนวตั้งที่ 141 องศา ณ ความถี่กลาง ข้อดีของสายอากาศนี้คือ โครงสร้างไม่ซับซ้อน เลือกใช้วัสดุราคาถูกสร้างได้ ทำให้เป็นสายอากาศต้นทุนต่ำ ใช้เป็นสายอากาศสถานีฐานได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร โดยแผ่นทองเหลืองสำหรับสร้างสายอากาศนี้สามารถเพิ่มความหนาขึ้นได้หากต้องการความแข็งแรงเพื่อนำไปใช้งาน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่อำนวยการให้ใช้ซอฟต์แวร์ CST

เอกสารอ้างอิง

[1] วิวัฒน์ กิรานนท์ ,“พื้นฐานการสื่อสาร”วิศวกรรมสถานแห่ง , ประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ, 2539

[2] อรรนพ ขันธิกุล ,“การสื่อสารไร้สาย”วิศวกรรมสถานแห่งประเทศ , ไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ, 2554

[3] D. Srimoon, “Panel Antenna for the DVB-H,” Proceeding of International Symposium on Antenna and Propagation 2009 (ISAP2009), Bangkok, THAILAND, 20 - 23 December 2009.

[4] S. Lamultree and C. Phongcharoenpanich “Bidirectional Ultra-wideband Antenna Using Rectangular Ring Fed by Stepped Monopole,” Trans. Progress In Electromagnetics Research, vol. 85, 2008, pp. 227-242.

[5] ดวงอาทิตย์ ศรีมูล, “สายอากาศโมโนโพลแผ่นวงกลมเหนือระนาบกราวนด์สำหรับระบบกระจายวิดีโอดิจิตอลสู่โทรศัพท์มือถือ”, Proceeding of Electrical Engineering Conference (EECON-33), โรงแรมเซ็นทารา ดวงตะวัน จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย, 1-3 December 2010.

[6] Samart Engineering Co., Ltd., “DVB-T2”, www.smartdigital.com/article/detail/6, [สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2557]

หัวข้อ การควบคุมการเข้าถึง
การยืนยันตัวตน และระบบตรวจจับ (22ET)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีกราฟในการจำลองเครือข่ายโครงการสหกิจศึกษา

The Application Graph Theory to Model Network of Cooperative Education

ศิริเรือง พัฒน์ช่วย[1],เอกรินทร์ วิจิตต์พันธ์[2]

[1]สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วังไกลกังวล ประจวบคีรีขันธ์

[2]สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วังไกลกังวล ประจวบคีรีขันธ์

E-mail: siriruang.ph@hotmail.com[1],akarinw@hotmail.com[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเครือข่ายโครงการสหกิจศึกษาในปัจจุบันและเพื่อศึกษาปัญหา และแนวทางแก้ปัญหาโครงการสหกิจให้มีจำนวนที่เพียงพอต่อนักศึกษาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยใช้ทฤษฎีกราฟ โดยจำลองเครือข่ายในลักษณะ Complex Network และการวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างของเครือข่ายโครงการสหกิจ โดยใช้โปรแกรม Pajek เป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยสามารถแสดงค่าได้ดังนี้ 1) ค่า Degree centrality (DC) ที่มากที่สุดอยู่ที่คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี DC= 72.0000 2) ค่า Betweenness centrality (BC)โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี BC= 0.3586 3) ค่า Closeness centrality (CC) โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี และคณะวิศวกรรมศาสตร์ CC = 0.6159 และCC = 0.5602 ตามลำดับ

Abstract

The purpose of this research to the network of Cooperative education at the present time and find way to solve the problems of Cooperative education to sufficient for students . The results was conducted by using graph theory and Complex Network to analyze the structure of the network and Cooperative education . Pajek is a program use as a tool to study. The results can be shown 1) Highest Degree centrality (DC) shown at Faculty of Industry and Technology equal 72.0000 2) Highest Betweenness centrality (BC) shown at Faculty of Industry and Technology equal 0.3586 3) Highest Closeness centrality (CC) shown at Faculty industry and technology and Engineering equal 0.6159 and 0.5602.

***Keywords*:** Cooperative education, Graph theory, Degree centrality, Betweenness centrality, Closeness centrality

1. บทนำ

โครงการสหกิจศึกษา เป็นระบบการศึกษาที่เน้นการปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบ โดยให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติงานในสถานประกอบการเสมือนเป็นพนักงานคนหนึ่งของสถานประกอบการและมีหน้าที่รับผิดชอบที่แน่นอน เป็นระยะเวลา 1 ภาคการศึกษา โดยอยู่ภายใต้การดูแลจากพนักงานพี่เลี้ยงและการนิเทศติดตามจากอาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษาเป็นระยะ ๆ อย่างใกล้ชิด สหกิจศึกษาจึงเป็นกลไกความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดประโยชน์ร่วมกันสูงสุด สหกิจศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ได้จัดให้มีรายวิชาสหกิจศึกษาในแผนการเรียนของนักศึกษาทุกหลักสูตร โดยอาจารย์ประจำสหกิจศึกษาได้คัดเลือกนักศึกษาเข้าร่วมโครงการ สหกิจศึกษาประกอบด้วยนักศึกษาในชั้นปีที่ 3 เพื่อเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา

ปัจจัยสำคัญสำหรับการจัดการสหกิจศึกษายังสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบการจัดสหกิจศึกษาโดยอาจทำการวิจัยเชิงคุณภาพด้วยเทคนิค EFR (Ethnographic Futures Research) เพราะจะเป็นประโยชน์ในการสร้างโอกาสการเรียนรู้สำหรับนักเรียนและการจ้างงานของบัณฑิตในอนาคต[1]

คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีพบปัญหาการเตรียมความพร้อมให้กับนักศึกษา คือ สถานประกอบการไม่เพียงพอต่อจำนวนนักศึกษา เพราะสถานประกอบการบางแห่งมีทัศนคติที่ไม่ดีและเห็นว่านักศึกษาไม่มีความรู้ความสามารถเพียงพอที่จะปฏิบัติงานให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กรได้ และสถานประกอบการบางแห่งไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลได้ทุกด้านเพราะเกรงว่าข้อมูลที่เป็นความลับขององค์กรอาจจะรั่วไหลจึงส่งผลให้นักศึกษาไม่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างเต็มที่

โครงการสหกิจศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์มีการดำเนินการให้เป็นไปตามหลักสูตรแต่จากปัญหาของจำนวนสถานประกอบการไม่เพียงพอต่อจำนวนนักศึกษาที่ออกสหกิจในแต่ละปี ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นว่า ควรจะมีการเพิ่มสถานประกอบการมากขึ้น โดยอาศัยลักษณะความคล้ายของงานมาจัดกลุ่มสถานประกอบการเหล่านั้น ที่ส่งนักศึกษาไป และศึกษาว่าสถานประกอบการประเภทใด ที่แต่ละคณะส่งนักศึกษาไปเข้าร่วมโครงการสหกิจมากที่สุด เพื่อเป็นแนวทางดำเนินงานโครงการสหกิจศึกษาได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพตรงตามวัตถุประสงค์การจัดการโครงการสหกิจศึกษา

นอกจากทราบถึงการเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษาแล้ว ยังสามารถทำการศึกษาและตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการประกอบการชีพของงานสหกิจศึกษา ก็ยังสามารถจำแนกประเภทการประกอบอาชีพสำหรับนักศึกษาที่จบการศึกษาได้แล้วด้วย[2]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะวิเคราะห์เครือข่ายสหกิจกับสถานประกอบที่ทำโครงการสหกิจศึกษาร่วมกัน เพื่อให้ทราบว่าสถานประกอบการใดที่สามารถรับนักศึกษาได้มาก โดยใช้ทฤษฎีกราฟในการจำลองเป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคณะกับสถานประกอบการนอกจากนั้นยังใช้โปรแกรม Pajek ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครือข่ายดังกล่าว และผู้วิจัยได้คำนวณหาค่าความเป็นศูนย์กลางของระบบเครือข่ายสหกิจศึกษาของคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วย 1) ค่า Degree centrality 2) ค่า Closeness centrality และ 3) ค่า Betweenness centrality ผลที่ได้จากการศึกษาจะทำให้สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปช่วยในการตัดสินใจเพื่อวางแผนการส่งนักศึกษาออกสหกิจในแต่ละปีการศึกษาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพอย่างสูงสุด

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีทางด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้เพื่อทำให้ทราบถึงลักษณะของเครือข่ายโครงการสหกิจศึกษาของมหาวิทยาลัย ว่าอยู่ลักษณะรูปแบบใด โดยใช้ทฤษฎีดังต่อไปนี้

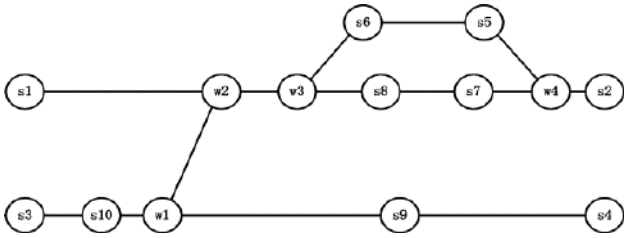
2.1 Complex Network คือ เครือข่ายซับซ้อนซึ่งมีอยู่มากมายทุกหนทุกแห่ง ทั้งในธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น มีโครงสร้างประกอบด้วยโหนด (vertices) จำนวนมากที่เชื่อมโยงกันด้วยลิงค์ (edges) ตัวอย่างเช่น เครือข่ายอินเทอร์เน็ตซึ่งประกอบด้วย routers หรือ domains ต่างๆที่เชื่อมต่อกันด้วยไฟเบอร์ออฟติก เวิลด์ไวด์เว็บเป็นเครือข่ายของเว็บเพจที่เชื่อมต่อกันด้วย hyperlinks สมองเป็นเครือข่ายของเส้นใยประสาท องค์กรเป็นเครือข่ายของผู้คน เครือข่ายในโลกแห่งความเป็นจริงนั้นมีความซับซ้อนและมีพลวัตของพฤติกรรมต่างๆ ซึ่งอาจทำให้เครือข่ายนั้นเติบโตหรือล่มสลายได้[3]

2.2 betweeness centrality การวัดสัดส่วนผลรวมของจำนวนเส้นทางที่สั้นที่สุดของแต่ละคู่ของหน่วยย่อย (pair of nodes) ในเครือข่ายที่เชื่อมกันโดยผ่านหน่วยย่อยหนึ่ง หน่วยย่อยใดมีค่านี้สูงแสดงว่ามีความสำคัญมากในการเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างหน่วยย่อย [4]

2.3 degree centrality การวัดจำนวน tie ของหน่วยย่อยหนึ่ง สามารถแบ่งได้ 2 กรณี กรณีแรกเป็นความสัมพันธ์แบบไม่มีทิศทาง degree คือ จำนวน path ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับหน่วยย่อยหนึ่ง แต่กรณีที่สองเป็นความสัมพันธ์แบบมีทิศทางจะแบ่งเป็น in-degree คือ จำนวน path ที่มีทิศ ทางเข้าหาหน่วยย่อยหนึ่ง และ out-degree คือ จำนวน path ที่มีทิศทางออกจากหน่วยย่อยหนึ่ง โดยสามารถนำไปจัดการกับผลของระบบการดึงข้อมูลทางการแพทย์ MEDLINE และเชื่อมโยงในลักษณะกราฟเพื่อดูเดี่ยวกับการรักษาโรคในอนาคตได้[5]

2.4 closeness centrality การวัดความใกล้ชิดของหน่วยย่อยที่สนใจกับหน่วยย่อยอื่นในเครือข่าย ค่านี้เป็นส่วนกลับของ farness กรณีเป็นความสัมพันธ์แบบมีทิศทาง สามารถแบ่งค่านี้เป็น in-closeness และ out-closeness ถ้าหน่วยย่อยใดมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าหน่วยย่อยนั้นมีความใกล้ชิดกับหน่วยย่อยอื่นในเครือข่ายมาก รวมทั้งสามารถจัดลำดับความใกล้ชิดในเครือข่าย[6]

2.5 ทฤษฎีกราฟ เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้สำหรับจำลองปัญหาบางอย่าง ด้วยแผนภาพที่ประกอบด้วยโหนด และเส้นที่เชื่อมระหว่างโหนด 2 โหนด โดยกราฟมีอยู่ 2 ชนิด คือแบบ Directed graph เป็นกราฟแบบระบุทิศทาง และ Undirected graph เป็นกราฟแบบไม่ระบุทิศทาง [3] และได้ศึกษาถึงเครือข่ายการกระจายของไวรัสเพื่อหาเทคนิคของการได้มาซึ่งการค้นพบภูมิคุ้มกัน ของการรักษาโรค[7]



รูปที่ 1 ทฤษฎีกราฟ [8]

2.6 โปรแกรม Pajek เป็นภาษาสโลวาเนียซึ่งแปลว่า แมงมุง ชุดโปรแกรมนี้ได้รับการพัฒนาจากกลุ่มนักวิจัย ได้แก่ Wouter de Nooy, Andrej Mrvar and Vladimir Batagelj ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่ายทางสังคม โดยมีจุดเด่นได้แก่ความสามารถสำหรับการวิเคราะห์ชุดข้อมูลขนาดใหญ่ และที่สำคัญคือ ไม่มีค่าใช้จ่าย ทั้งนี้สำหรับชุดโปรแกรมในการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมออนไลน์ที่นิยมอยู่ในตอนนี้จะมีสองโปรแกรม ได้แก่ UCINET (commercial) and Pajek นอกจากนี้ยังมีคู่มือสำหรับการใช้โปรแกรม Pajek ควบคู่กับการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีเครือข่ายทางสังคม[9]

3. วิธีดำเนินการ

การศึกษาระบบเครือข่ายสหกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลประกอบด้วยทั้งหมด 4 วิทยาเขต ประกอบด้วย ศาลายา วังไกลกังวล จักรวรรดิบพิตรพิมุข และ เพาะช่างซึ่งข้อมูลที่ได้จัดเก็บมาต้องมาทำการแบ่งกลุ่ม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ว่ามีคณะใดบ้างที่ได้เข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษาบ้าง โดยนำข้อมูลที่ได้เข้าสู่กระบวนการดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้เป็นลักษณะการศึกษากราฟแบบระบุทิศทาง (Direction graph) โดยมีโหนด 94 โหนด (คณะและสถานประกอบการ) และมีลิงค์ 318 ลิงค์ (การเชื่อมต่อกันระหว่างคณะกับสถานประกอบการแต่ละแห่ง) โดยจะวิเคราะห์ข้อมูลจากการติดต่อกันระหว่างคณะภายในมหาวิทยาลัยและสถานประกอบการ เพื่อคำนวณหาค่าความเป็นศูนย์กลางของระบบเครือข่ายสหกิจศึกษาว่าคือสถานประกอบการใด ประกอบด้วยดังนี้

3.1.1) ค่า Degree centrality เป็นการค้นหาว่าสถานประกอบการใดบ้างที่เป็นจุดศูนย์กลางของการติดต่อในการส่งนักศึกษาออกสหกิจซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีอิทธิพลสูงสุดในเครือข่าย วัดได้จากจำนวนเส้นเชื่อมโยงทั้งหมดที่โยงมาจากคณะภายในมหาวิทยาลัย

$$d(i) = \sum_{j} mij \qquad (1)$$

สมการที่ 1 การหาค่า *Degree centrality*

3.1.2) ค่า Betweenness centrality เป็นการค้นหาว่าสถานประกอบใดบ้างที่มีตำแหน่งเป็นผู้เชื่อมต่อกลุ่มต่าง ๆ ที่อยู่ห่างกันมีลักษณะงานเหมือนกันให้เข้าหากัน ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อเชื่อมโยงระหว่างสถานประกอบการ คำนวณจากสัดส่วนของระยะทางที่สั้นที่สุด (Geodesic path) ในการเชื่อมโยงระหว่างสถานประกอบการ โดยใช้สมการดังนี้

$$B(k) = \sum_{i\#j\#k} \frac{\delta k(i,j)}{\delta(i,j)} \qquad (2)$$

สมการที่ 2 การหาค่า Betweenness centrality

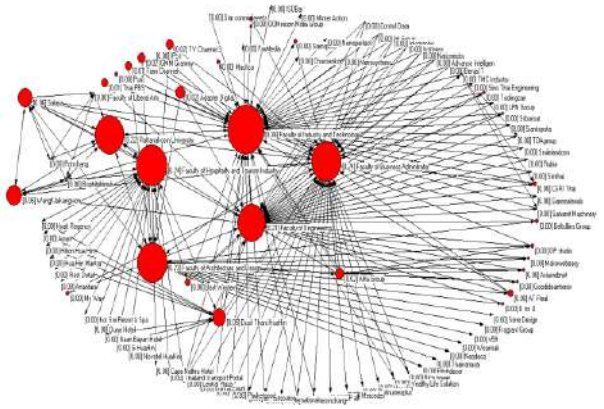
3.1.3) ค่า Closeness centrality เป็นการค้นหาว่าสถานประกอบการใดบ้างที่มีตำแหน่งเป็นจุดศูนย์กลางของเครือข่าย มีความใกล้ชิดกับสถานประกอบการอื่นโดยมีลักษณะงานที่คล้ายกันและใช้ระยะทางที่สั้นที่สุดในการเข้าถึง (Geodesic path distance) วัดได้จากจำนวนเส้นเชื่อมโยงทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทางจากสถานประกอบการแห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง

$$c(i) = \sum_{j} dij \qquad (3)$$

สมการที่ 3 การหาค่า Closeness centrality

4.ผลการศึกษา

ลักษณะความสัมพันธ์ของเครือข่ายโครงการสหกิจศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ พบว่า มีสถานประกอบการที่เข้าร่วมโครงการสหกิจทั้งหมด 83 แห่ง ในแต่ละแห่งจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างการเข้าโครงการสหกิจศึกษา

จากรูปที่ 2 แสดงได้ว่าคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ได้ทำการเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษามากที่สุด รองลงมาคือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจ โรงแรมดุสิตธานีและ Atita Group โดยแสดงเป็นตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า Degree Centrality

Rank	Vertex	Label Name	Value
1	8	Industry and Technology	72.0000
2	6	Engineering	51.0000
3	10	Business Administrator	57.0000
4	81	Dusit Thani HuaHin	19.0000
5	13	Atita Group	13.0000

ตารางที่ 2 ค่า Betweenness Centrality

Rank	Vertex	Label Name	Value
1	1	Industry and Technology	0.3586
2	37	Hospitality and Tourism Industry	0.2434
3	38	Dusit Thani HuaHin	0.0482
4	58	Adapter Digital	0.0240
5	28	Atita Group	0.0185

จากตารางที่ 2 แสดงว่าคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี เป็นเหมือนตัวกลางในการเชื่อมต่อของเครือข่ายสหกิจ ระดับ BC = 0.3586 คือ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี เนื่องจากเป็นคณะที่มีการออกสหกิจศึกษามากที่สุด และยังเป็นตัวเชื่อมให้กับคณะอื่นๆ ในการติดต่อกับสถานประกอบการ เพราะคณะอื่นๆ จะดึงรายชื่อสถานประกอบการจากคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีเป็นหลัก เพื่อส่งนักศึกษาเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา

ตารางที่ 3 ค่า Closeness Centrality

Rank	Vertex	Label Name	Value
1	8	Industry and Technology	0.6159
2	6	Engineering	0.5602
3	10	Business Administrator	0.5167
4	81	Dusit Thani HuaHin	0.4844
5	87	Best Western	0.4673

จากตารางที่ 3 แสดงว่าคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี เป็นจุดศูนย์กลางในการกระจายรายชื่อสถานประกอบการ เพราะภายในคณะประกอบไปด้วยสาขาวิชาที่มีลักษณะงานคลอบคลุมทุกด้าน รายชื่อสถานประกอบการที่คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีติดต่ออยู่ทำให้เป็นฐานข้อมูลให้กับคณะอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี

5. บทสรุป

การจัดโครงการสหกิจศึกษา ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ยังมีไม่คลอบคลุมทุกคณะ บางคณะก็ยังไม่ครบทุกสาขาวิชา แต่ถึงอย่างไร โครงการสหกิจศึกษาก็จะต้องพัฒนาเพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรของมหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์เครือข่ายโครงการสหกิจของมหาวิทยาลัย พบว่าคณะที่เข้าร่วมโครงการสหกิจมากสุด คือ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี รองลงมาคือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และทางด้านสถานประกอบการที่ทางมหาวิทยาลัยได้ทำการส่งนักศึกษาออกสหกิจมากที่สุด คือ โรงแรมดุสิตธานี รองลงมาคือ บริษัท อชิตะ กรุ๊ป และ Adapter Digital เพราะทั้ง 3 สถานประกอบการมีลักษณะงาน ที่คลอบคลุม คือ นักศึกษาหลายคณะสามารถเข้าร่วมโครงการสหกิจกับทั้ง 3 สถานประกอบการได้ บริษัท อชิตะ กรุ๊ป จำกัด และโรงแรมดุสิตธานี มีสาขาย่อย ทำให้สามารถส่งนักศึกษากระจายไปเข้าร่วมโครงการสหกิจได้ เพราะลักษณะมีความเหมือนและคล้ายกัน แต่ถึงอย่างไรจำนวนสถานประกอบการก็ยังไม่เพียงพอกับจำนวนนักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการสหกิจในแต่ละปี จากการวิเคราะห์ผลครั้งนี้ ทางมหาวิทยาลัยจะต้องให้คณะทุกคณะจัดหาสถานประกอบการเพื่อเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษาให้มากขึ้นเพื่อให้เพียงพอและโครงการสหกิจศึกษาจะได้บรรลุเป้าหมายตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

[1] T. Sermsuk, "Expectation towards Cooperative Education Management of Rajamangala University of Technology Isan Thailand," *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* vol. 103, pp. 374-378, 11/26/ 2013.

[2] P. L. Linn, J. Ferguson, and K. Egart, "Career exploration via cooperative education and lifespan occupational choice," *Journal of Vocational Behavior,* vol. 65, pp. 430-447, 12// 2004.

[3] Y. Sun, X. Wen, Z. Zhao, and Y. Li, "Using complex network theory in the Internet engineering," in *Computer Science & Education (ICCSE),* 2012 7*th International Conference on*, 2012, pp. 390-394.

[4] Z.-H. Guan, L. Chen, and T.-H. Qian, "Routing in scale-free networks based on expanding betweenness centrality," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications,* vol. 390, pp. 1131-1138, 3/15/ 2011.

[5] H. Zhang, M. Fiszman, D. Shin, C. M. Miller, G. Rosemblat, and T. C. Rindflesch, "Degree centrality for semantic abstraction summarization of therapeutic studies," *Journal of Biomedical Informatics,* vol. 44, pp. 830-838, 10// 2011.

[6] K. Wehmuth and A. Ziviani, "DACCER: Distributed Assessment of the Closeness CEntrality Ranking in complex networks," *Computer Networks,* vol. 57, pp. 2536-2548, 9/9/ 2013.

[7] X. Wang and H. Zhu, "The Research on Key Techniques of Computer Virus Propagation in the Theory of Complex Network," in *Industrial Control and Electronics Engineering (ICICEE),* 2012 *International Conference on*, 2012, pp. 1280-1283.

[8] D. Wang, X. Chen, and H. Huang, "A graph theory-based approach to route location in railway interlocking," *Computers & Industrial Engineering,* vol. 66, pp. 791-799, 12// 2013.

[9] L. Peng, Z. Hai, Q. Ye, L. Zheng, L. Hui, and L. Bo, "A platform of software network measurement design and implement," in *Advanced Computer Control (ICACC),* 2010 2*nd International Conference on*, 2010, pp. 336-339.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การลดเวลาเข้ารหัสลับสำหรับข้อมูลมัลติมีเดียแบบ MP3

Low Cost Encryption Scheme for Multimedia MP3

พิชิต ทนันชัย

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300 โทรศัพท์ : 053-892892 E-mail : pichit@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

เพื่อให้การส่งเพลงแบบ MP3 โดยเข้ารหัสลับแบบเวลาจริงผ่านเครือข่ายประสบผล บทความนี้นำเสนอวิธีการลดเวลาเข้ารหัสลับสำหรับข้อมูลมัลติมีเดียแบบ MP3โดยแทนที่จะเข้ารหัสลับข้อมูลเสียงแบบ MP3 โดยตรงทั้งหมด วิธีการที่นำเสนอจะเข้ารหัสลับแบบสุ่มกระจายไปทั่วข้อมูลเพียงแค่ร้อยละ 5 ของทั้งหมด ข้อมูลส่วนที่ถูกเข้ารหัสลับดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ป้องกันในส่วนที่เหลือ โดยผลการทดสอบประสิทธิภาพที่ได้ในเชิงคุณภาพของเสียงที่ถูกเข้ารหัสลับ จะถูกประเมินและเปรียบเทียบกับ ผลจากการเข้ารหัสลับแบบทั่วไป ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า วิธีการที่นำเสนอสามารถลดเวลาการเข้ารหัสลับได้ร้อยละ 93.78 ขณะที่ยังคงสามารถรักษาความปลอดภัยของข้อมูลได้เมื่อเทียบกับวิธีการแบบทั่วไป

Abstract

Our approach enables a real time encryption for MP3 music delivery over the Internet. This paper proposed an encryption method for compressed audio data using MP3 format. That is, instead of directly encrypting the entire data, a method of randomly encrypts only 5 percent of all data across the entire file was proposed. It can be observed that partially encrypted MP3 music files using the technique described in this paper was be able to alter the content of the sound of an original file. This also an audience not be able to understand the original content. In addition, experimental results show that, using this technique can reduce 93.78% of time used for encryption of the whole original file. It was still be able to maintain the security level of an encryption in terms of the content of the sound.

Keywords : Encryption Scheme / MPEG 1 Layer 3

1. บทนำ

ปัจจุบันข้อมูลมัลติมีเดียในรูปข้อมูลเสียงแบบ MP3 [1] เป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายในโลกออนไลน์ มีการซื้อขายเพลงในรูปแบบของไฟล์ MP3 ผ่านทางอินเตอร์เน็ต โดยมีวิธีการคร่าวๆ คือผู้ซื้อทำการจ่ายเงินก่อน แล้วจึงโหลดเพลงที่อยู่ในรูปแบบของไฟล์ MP3 มาเก็บไว้ที่เครื่องเล่นของตนเอง แต่ว่าไฟล์ MP3 เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบดิจิตอล สามารถคัดลอกได้อย่างง่ายดาย และทำซ้ำได้ไม่จำกัดจำนวนครั้ง โดยตัวคัดลอกที่ได้มานั้นก็จะเหมือนกับต้นฉบับทุกประการ จึงเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อการถูกละเมิดลิขสิทธิ์เพราะการคัดลอกข้อมูลทำได้ง่าย วิธีการป้องกันการคัดลอกข้อมูลหลากหลายรูปแบบที่ถูกนำมาใช้งาน มีรูปแบบหนึ่งเป็นที่นิยมและได้ถูกยอมรับอย่างกว้างขวาง คือการเข้ารหัสลับข้อมูล [2] โดยก่อนที่จะส่งข้อมูลนั้นไปยังปลายทาง แต่ว่าการเข้ารหัสลับข้อมูลนั้น ต้องใช้เวลาในการเข้ารหัสลับพอสมควร จะไม่สามารถเข้ารหัสลับรอไว้ก่อน แล้วเก็บไฟล์ไว้ที่ต้นทางได้ เพราะต้องใช้กุญแจสาธารณะของผู้ร้องขอปลายทางมาทำการเข้ารหัสลับในรูปของอันกอริทึมแบบไม่สมมาตร (Asymmetric algorithm) [3][4] ดังนั้นเพื่อให้การเข้ารหัสลับเพลง MP3 แบบเวลาจริงผ่านเครือข่ายประสพผล ต้องทำการเข้ารหัสลับเพื่อส่งข้อมูลเพลงแบบ MP3 ให้ผู้รับตามที่ร้องขอแบบเวลาจริง (Real time music delivery via the Internet) [5][6] จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการลดเวลาเข้ารหัสลับให้ได้มากที่สุดในขณะที่ยังคงความปลอดภัยของข้อมูลไว้ดังเดิม

2.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

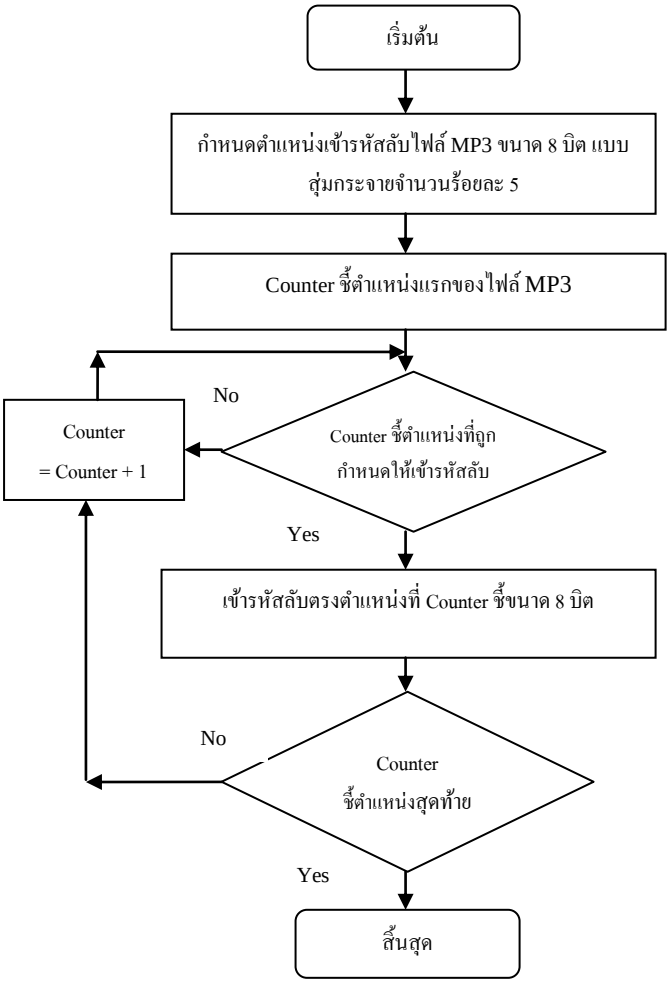
Thorwirth, N.J., Horvatic, P., Weis, R., and Jian Z., 2000. [6] เสนอวิธีการส่งข้อมูลเสียงที่ถูกบีบอัดแล้วในรูปแบบ MP3 ผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตโดยทำการส่งมอบแบบทันเวลา และสามารถป้องกันข้อมูลที่ส่งมอบได้ โดยเข้ารหัสลับในส่วนของระดับชั้นคุณภาพของเสียง

Torrubia, A. and Mora, F., 2002. [7] เสนอวิธีการส่งข้อมูลเสียงที่ถูกบีบอัดแล้วในรูปแบบ MP3 โดยเข้ารหัสลับในส่วนของ Huffman code โดยวิธีการ XORing with a pseudo random bit-stream.

Tananchai, P. [8] เสนอวิธีการเข้ารหัสลับแบบเลือกได้ โดยเข้ารหัสลับแบบเลือกได้สำหรับข้อมูลเสียงที่ถูกบีบอัด วิธีการจะเข้ารหัสลับเพียงแค่ส่วนที่สำคัญขนาดเล็กที่ดึงออกมาจากข้อมูลเสียง แล้วส่วนที่ถูกรหัสลับดังกล่าวจะนำมาใช้ป้องกันข้อมูลเสียงในส่วนที่เหลือ ขณะที่ยังคงรักษาระดับความปลอดภัยของข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสลับไว้ได้ วิธีการดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับมาตรฐานการบีบอัดข้อมูลเสียงแบบอื่นๆ ได้

3. วิธีดำเนินงาน

3.1 วิธีการเข้ารหัสลับ



รูปที่ 1 ขบวนการเข้ารหัสลับข้อมูลมัลติมีเดีย MP3

จากรูปที่ 1 การดำเนินงานขั้นตอนแรกจะทำการเขียนโปรแกรมเพื่ออ่านไฟล์ MP3 เข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำก่อน จากนั้นจะทำการกำหนดตำแหน่งเข้ารหัสลับขนาด 8 บิต แบบสุ่มกระจายคิดเป็นจำนวนร้อยละ 5 ของขนาดไฟล์ทั้งหมดและกำหนดตัวนับโดยให้ตัวแปรที่ชื่อว่า Counter ชี้ตำแหน่งแรกของไฟล์ จากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่า Counter ชี้ตำแหน่งที่ถูกกำหนดให้เข้ารหัสลับหรือไม่ หากไม่ใช่ให้ Counter ชี้ในตำแหน่งถัดไปแล้วทำการตรวจตรวจสอบว่า Counter ชี้ตำแหน่งที่ถูกกำหนดให้เข้ารหัสลับหรือไม่ แล้วทำการวนไปเรื่อยๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 แสดงผังงานขบวนการเข้ารหัสลับสำหรับข้อมูลเสียงแบบ MP3 ในกรณีถ้าหาก Counter ชี้ตำแหน่งที่ถูกกำหนดให้เข้ารหัสลับ โปรแกรมก็จะทำการเข้ารหัสลับตรงตำแหน่งที่ Counter ชี้ที่มีขนาด 8 บิต ส่วนวิธีคำนวณหาจำนวนบิตในการเข้ารหัสลับจะกำหนดให้

ขนาดไฟล์ที่จะทำการเข้ารหัสลับ = ขนาดไฟล์ทั้งหมด – (0.95 * ขนาดไฟล์ทั้งหมด) ---------- (1)

ขนาดไฟล์ที่จะทำการเข้ารหัสลับคือขนาดของไฟล์ร้อยละ 5 ที่จะใช้ในการเข้ารหัสลับนั้นเอง

3.2 อัลกอริทึมที่ใช้ในการเข้ารหัสลับ

อัลกอริทึมในการเข้ารหัสลับมีชื่อว่า RC4 [3][9] ซึ่งเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวางและแพร่หลาย ในการใช้เข้ารหัสลับแบบเวลาจริงและมีความปลอดภัยสูง ซึ่งการทำงานของอัลกอริทึม RC4 จะแสดงดังต่อไปนี้

- แสดงการทำงานในส่วนของ The key-scheduling algorithm (KSA)

```
for i from 0 to 255
  S[i] := i
endfor
  j := 0
for i from 0 to 255
  j := (j + S[i] + key[i mod keylength]) mod 256
  swap values of S[i] and S[j]
endfor
```

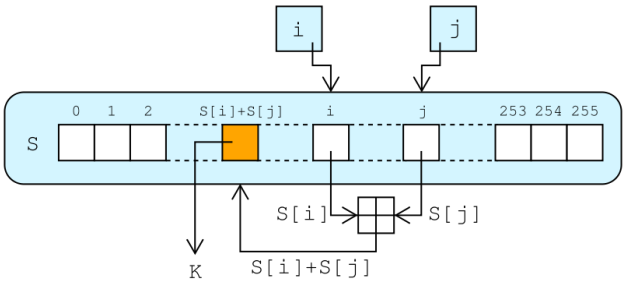
- แสดงการทำงานในส่วนของ The pseudo-random generation algorithm (PRGA)

```
 i := 0   j := 0
while GeneratingOutput:
  i := (i + 1) mod 256
  j := (j + S[i]) mod 256
  swap values of S[i] and S[j]
```

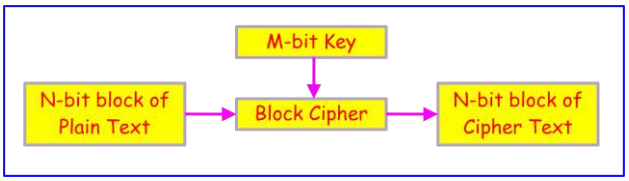
K := S[(S[i] + S[j]) mod 256]

output K

endwhile



รูปที่ 2 การทำงานของอัลกอริทึม RC4 ที่ใช้ในการเข้ารหัสลับ



รูปที่ 3 การเข้ารหัสลับตรงตำแหน่งที่ Counter ชี้ขนาด 8 บิต

จากรูปที่ 3 จะได้ว่า

สมการเข้ารหัส : $C_i = E_K . (P_i)$

สมการถอดรหัส : $P_i = D_K . (C_i)$ โดยที่

P_i = บล็อกของข้อมูลที่ยังไม่ได้เข้ารหัส Plain Text 8 bits

C_i = บล็อกของข้อมูลที่ถูกเข้ารหัส Cipher Text 8 bits

E_K = เป็นการเข้ารหัสด้วยคีย์ K

D_K = เป็นการถอดรหัสด้วยคีย์ K

3.3 การเก็บข้อมูล

สำหรับข้อมูลเสียงที่ใช้ในการทดสอบ เป็นไฟล์เสียงที่ถูกบีบอัดแล้วในรูปของมัลติมีเดียแบบ MP3 โดยใช้ตัวอย่างไฟล์เสียงดังกล่าวในการทดสอบมีทั้งหมด 3 ตัวอย่างไฟล์เสียงที่มีขนาดของไฟล์แตกต่างกัน ดังที่แสดงในตารางที่ 1 จากนั้นจะนำไปเข้ารหัสลับทั้งสองแบบคือแบบดั้งเดิมและแบบวิธีการที่นำเสนอ โดยกระบวนการในการเข้ารหัสลับได้แสดงดังในรูปที่ 1 จากนั้นจะได้ผลลัพธ์เป็นค่าของการใช้เวลาในการเข้ารหัสลับออกมามีหน่วยเป็นวินาที และบันทึกผลการทดสอบที่ได้ลงในตารางที่ 2 จากรูปที่ 3 แสดงถึงกระบวนการเข้ารหัสลับไฟล์เสียง โดยไฟล์เสียงที่ยังไม่ถูกนำไปเข้ารหัสลับจะถูกเรียกว่า Plain Text [2] จากนั้นจะถูกนำไปเข้ารหัสลับ และได้กลายเป็นไฟล์เสียงที่ถูกเข้ารหัสลับเรียบร้อยแล้วจะถูกเรียกว่า Cipher Text [2]

ตารางที่ 1 ขนาดของไฟล์ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

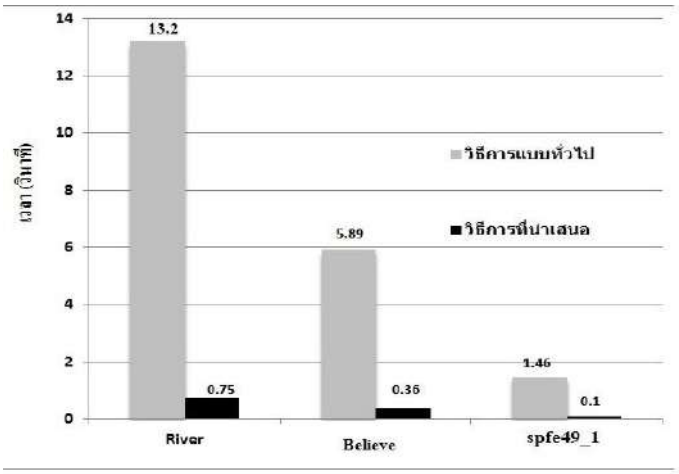
File Name	File size (Bytes)	Frame size
River	2,767,082	6,683
Believe	1,228,800	2,957
Spfe49_1	307,200	738

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบถึงเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสลับ

ชื่อไฟล์ MP3 ตัวอย่าง	วิธีการแบบทั่วไป (วินาที)	วิธีการที่นำเสนอ (วินาที)
River	13.2	0.75
Believe	5.89	0.36
Spfe49_1	1.46	0.1

ตารางที่ 3 การลดเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสลับเป็นร้อยละ

ชื่อไฟล์ MP3 ตัวอย่าง	วิธีการที่นำเสนอ (วินาที)
River	94.32 %
Believe	93.88 %
Spfe49_1	93.15 %



รูปที่ 4 ผลการเปรียบเทียบแบบแผนภูมิกราฟแท่ง ของเวลาเข้ารหัสลับใช้อัลกอริทึม RC4 กับแบบทั่วไป

4. ผลการทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาค่าเวลาในกระบวนการเข้ารหัสลับจะใช้วิธีการเขียนโปรแกรมให้คำนวณหาค่าเวลา โดยใช้ค่าเวลาที่สิ้นสุดขบวนการเข้ารหัสลับลบออกด้วยค่าเวลาเริ่มต้นของขบวนการเข้ารหัสลับ โดยอ้างอิงจากฐานเวลาของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทำการประมวลผล โดยมีค่าเวลาการคำนวณเป็นหน่วยวินาที แล้วบันทึกค่าเวลาที่ได้ในกระบวนการเข้ารหัสลับออกมาดังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนในตารางที่ 3 จะเห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถลดค่าเวลาในการเข้ารหัสลับโดยไฟล์ข้อมูลเสียงชื่อ ***River*** สามารถลดเวลาเข้ารหัสลับได้ร้อยละ 94.32 ไฟล์ข้อมูลเสียงชื่อ ***Believe*** สามารถลดเวลาได้ร้อยละ 93.88 และไฟล์ข้อมูลเสียงชื่อ ***Spfe49_1*** สามารถลดเวลาได้ร้อยละ 93.15 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 หรือคิดเป็นร้อยละ **93.78** โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ไฟล์ตัวอย่าง ในขณะที่ยังคงค่าความสามารถในการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลได้เท่าเทียมกับวิธีการแบบทั่วไป ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยการฟังเสียงเปรียบเทียบกัน (Subjective Listening Test Score) [8]

ในส่วนของหน่วยความจำเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานในการเข้ารหัสลับจะขึ้นอยู่กับขนาดของไฟล์ MP3 ที่อ่านเข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่อง โดยขนาดการใช้งานหน่วยความจำของขบวนการเข้ารหัสลับแบบทั่วไปกับแบบที่นำเสนอจะมีค่าเท่ากันเพราะขนาดของไฟล์ที่นำมาทดสอบทั้งสองแบบเป็นไฟล์เดียวกันจึงมีขนาดเท่ากัน และขบวนการเข้ารหัสลับจะทำเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำเท่านั้น ซึ่งก็คือไฟล์ MP3 นั่นเอง ดั้งนั้นจึงไม่ส่งผลต่อการเพิ่มหรือลดขนาดของหน่วยความจำที่ใช้งานแต่อย่างใด

5. สรุป

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการที่นำเสนอสามารถลดเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสลับจากไฟล์ตัวอย่างโดยเฉลี่ยได้ถึงร้อยละ 93.78 เมื่อเทียบกับวิธีการแบบดั้งเดิม ในขณะที่ยังคงสามารถรักษาระดับความปลอดภัยของข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสลับได้ วิธีการที่นำเสนอนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อ เพื่อประยุกต์ใช้กับข้อมูลที่ถูกบีบอัดในรูปแบบอื่นต่อไปได้ เช่น ข้อมูลภาพเคลื่อนไหว ภาพนิ่ง หรือเสียง เป็นต้น โดยใช้แนวคิดของวิธีการที่นำเสนอนี้

5. เอกการอ้างอิง

[1] ***Information Technology-Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at up to about 1.5 Mbits/s - Part 3: Audio***, 1993, 1st ed., ISO/IEC International Standard IS 11172-3.

[2] Amornraksa, T., 2001, ***Data Security for Multimedia Communication***, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi.

[3] Burnett, S. and Paine, S., 2001, ***RSA Security's Official Guide to Cryptography***, 1st ed., McGraw-Hill Osbornd Media, pp. 124–136.

[4] Rivest, R., 1985, ***Testing Implementation of DES***, MIT Laboratory for Computer Science [Online], Available: http://theory.lcs.mit.edu/~rivest

[5] Servetti, A., Testa, C. and De Martin, J. C., 2003, "***Frequency-selective Partial Encryption of Compressed Audio***", IEEE Transactions on ICASSP, pp. 668–671.

[6] Thorwirth, N.J., Horvatic, P., Weis, R., and Jian Z., 2000, "***Security Method for MP3 Music Delivery***", Proceedings of the 34th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers 2000, Vol. 2, Oct. 29 - Nov. 1, pp. 1831–1835.

[7] Torrubia, A. and Mora, F., 2002, "***Perceptual Cryptography on MPEG 1 Layer III Bit-Streams***", Proceedings of International Conference on Consumer Electronics (ICCE 2002), June 18-20, pp. 324 – 325.

[8] Tananchai, P., 2007, **"*Selective Encryption for Compressed Audio*"**, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi Journal, January - March, 2007, pp 21 - 34.

[9] RC4 [Online], Available : http://en.wikipedia.org/wiki/RC4

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบวิเคราะห์และปรับปรุงกฎของไฟร์วอลล์

Firewall Rules Analysis Optimizing System

สุรเชษฐ์ ตั้งทรัพย์สกุล[1] และจิรัฏฐา ภูบุญอบ[2]

[1,2]ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

E-mail: { surachet.t[1], jiratta.p[2] }@msu.ac.th

บทคัดย่อ

ไฟร์วอลล์เป็นระบบที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากในระบบเครือข่าย เป็นเครื่องมือแนวหน้าการป้องกันองค์การบุกรุกและการโจมตี สิ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของไฟร์วอลล์นั้นขึ้นอยู่กับสองส่วนหลักนั้นก็คือ กฎไฟร์วอลล์ที่ (Rule) ถูกกำหนดโดยผู้ดูแลระบบ และประสิทธิภาพของอุปกณ์ (Hardware) แต่ในส่วนที่เราจะกล่าวถึงในงานวิจัยชิ้นนี้คือพัฒนาระบบมาเพื่อช่วยในการจัดการกฎไฟร์วอลล์เพื่อให้มีจำนวนกฎที่ลดลง และจัดเรียงกฎให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของการประมวลผลไฟร์วอลล์เร็วขึ้น

Abstract

A firewall is a system that has an extremely important role in the network. Organization is a leading defense and attack intruders. What affects the performance of the firewall is based on two main components, namely Firewall rules is determined by the administrator and performance of network equipment (hardware), but in areas where we mentioned in this research is to develop a system to help manage the firewall rules to allow a reduced set of rules and sort rules to be more appropriate. This affects the efficiency of the execution of the firewall to results faster.

***Keywords*:** Firewall Rule, Analysis Optimizing.

1. บทนำ

ไฟร์วอลล์เป็นระบบที่สำคัญในการตรวจสอบข้อมูล และปัญหาหลักของไฟร์วอลล์ไม่ว่าจะเป็น IPTABLE, Juniper, Check Point และ Stone Gate [1] จะประสบปัญหาเดียวกัน นั้นคือปัญหาในการจัดการกฎไฟร์วอลล์ ซึ่งอาจมีจำนวนกฎไฟร์วอลล์จำนวนมากไป หรือ กฎมีความซ้ำซ้อนหรือขัดแย้งกันเอง ทำให้ประสิทธิภาพในการประมวลผลไม่ดีเท่าที่ควร และจะต้องมีการ Anomaly กฎไฟร์วอลล์เพื่อให้ประสิทธิในการประมวลผลดีและรวดเร็ว [2 – 5] และในปัจจุบันก็มีวิธีการ Anomaly ที่แตกต่างกันไป ทั้งยังมีเครื่องมือมากมายแต่เครื่องมือเหล่านั้นต้องมีค่าใช้จ่ายในการนำมาใช้งาน ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงกฎไฟร์วอลล์ โดยอ้างอิงระบบไฟร์วอลล์ StoneGate จาก StoneSoft ซึ่งจะนำออกข้อมูลกฎไฟร์วอลล์ (Rule) และรายละเอียดต่างๆ มาใช้ในการ Anomaly กฎไฟร์วอลล์ซึ่งเน้นเพื่อลดกฎที่อยู่ในกลุ่มที่เป็น Shadowing Anomaly Correlation Anomaly และ Redundancy Anomaly [6 - 8] เพื่อยุบรวมและลดกฎไฟร์วอลล์ให้เหมาะสมและมีจำนวนลดลง ทำให้ประสิทธิภาพในการประมวลผลเพิ่ม 10 – 30 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำงานของไฟร์วอลล์

ไฟร์วอลล์นั้นจะทำงานโดยตรวจสอบข้อมูลที่ผ่านระบบเครือข่ายจากการตรวจสอบกฎไฟร์วอลล์ ซึ่งตรวจสอบจาก Source IP, Destination IP Service หรือ Protocol, Action เช่น Allow (Accept หรือ Permit) Deny (Reject หรือ Drop) โดยเริ่มการตรวจสอบจากกฎไฟร์วอลล์ในลำดับที่ 1 ไปจนถึงลำดับสุดท้ายจะทำงานเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ทุกข้อมูล (Packet) ดังนั้นจำนวนของกฎไฟร์วอลล์จะมีผลต่อระยะเวลาการประมวลผลอย่างยิ่ง และลำดับของกฎไฟร์วอลล์ที่ลำดับไว้ก็เป็นส่วนสำคัญในการประมวลผล

ตารางที่ 1 ตารางแสดงลำดับการทำงานไฟร์วอลล์

id	Source IP	Destination IP	Service	Action
1	10.10.10.20	Any	80	Allow
2	10.210.0.0/24	Any	80	Allow
3	Any	Any	Any	Deny

2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การวิเคราะห์กฎไฟร์วอลล์ Ehab Al-Shaer

- Shadowing Anomaly กฎที่ถูกปิดบังโดยกฎอื่นในลำดับก่อนและไม่ถูกใช้งาน

ตารางที่ 2 ตารางแสดง Shadowing Anomaly

id	Source IP	Destination IP	Service	Action
2	10.1.4.0/24	Any	80	Allow
6	10.99.10.20	Any	80	Allow
8	10.1.4.128-192	Any	80	Allow

- Correlation Anomaly กฎที่ถูกคลุมในบางส่วนไม่ทั้งหมดในลำดับก่อนหน้าหรือลำดับหลังและใช้งานอยู่

ตารางที่ 3 ตารางแสดง Correlation Anomaly

id	Source IP	Destination IP	Service	Action
7	10.100.88.1-128	Any	23	Allow
22	10.100.88.120-140	Any	23	Allow
35	10.100.88.77	Any	23	Allow

- Generalization Anomaly กฎที่มีความขัดแย้งกับกฎในลำดับก่อนหน้าหรือลำดับหลังอาจถูกใช้งาน

ตารางที่ 4 ตารางแสดง Generalization Anomaly

id	Source IP	Destination IP	Service	Action
1	10.100.88.64-127	Any	23	Allow
7	10.100.88.94-95	Any	23	Deny
24	10.100.88.77	Any	23	Allow

- Redundancy Anomaly กฎที่ซ้ำกับกฎในลำดับก่อนหน้าหรือลำดับหลังอาจไม่ถูกใช้งาน

ตารางที่ 5 ตารางแสดง Redundancy Anomaly

id	Source IP	Destination IP	Service	Action
1	10.100.88.77	Any	23	Allow
8	10.100.88.1-128	Any	23	Allow
24	10.100.88.1-128	Any	Any	Allow

2.2.2 การวิเคราะห์กฎไฟร์วอลล์ในงานวิจัยชิ้นนี้

โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการเลือกการวิเคราะห์กฎไฟร์วอลล์ Ehab Al-Shaer ในส่วนของ Shadowing Anomaly, Correlation Anomaly และ Redundancy Anomaly เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์กฎไฟร์วอลล์ซึ่งในส่วนนี้จะทำให้กฎที่มีความซ้ำซ้อนลดลงและลดกฎที่ไม่ถูกใช้งานลดลงเพื่อส่งผลให้ประสิทธิภาพในการประมวลผลเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

3. ออกแบบและการพัฒนา

โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะนำเข้าข้อมูล (Import) รายละเอียดของกฎในรูปแบบ XML ซึ่งนำมาใช้ประกอบกับกฎไฟร์วอลล์ในรูปแบบของ CSV ที่ได้การนำออกข้อมูล (Export) จากไฟร์วอลล์ Stone Gate

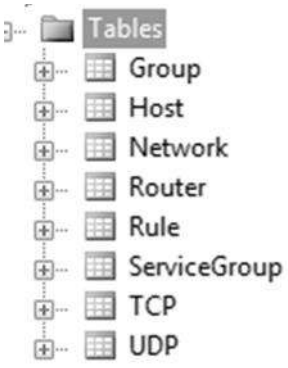


รูปที่ 1 รูปตัวอย่างโครงสร้าง XML

ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่นำออกมานั้นสามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้ โดยจะมีลำดับในการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 ออกแบบฐานข้อมูล

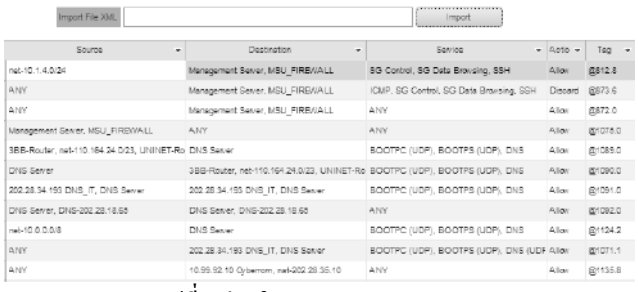
ในการออกแบบฐานข้อมูลนั้นได้มีการอ้างอิงตามโครงสร้างเดิมของข้อมูลในระบบไฟร์วอลล์หลังจากที่ทำการนำเข้าข้อมูลในรูปแบบ XML ได้ฐานข้อมูลสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้



รูปที่ 2 โครงสร้างฐานข้อมูล

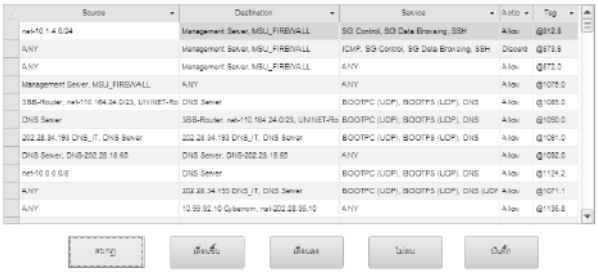
3.2 ออกแบบหน้าจอและการประมวลผล

ในส่วนข้อหน้าจอการใช้งานนั้นจะแสดงการนำเข้าไฟล์ XML และทำการเก็บข้อมูลลงใน Table ต่าง ๆ ของฐานข้อมูล



รูปที่ 3 ส่วนในการ Import File XML

เมื่อได้ข้อมูลแล้วจะทำการประมวลผลและแสดงหน้าต่างแสดงรายการกฎไฟร์วอลล์ที่มีความซ้ำซ้อนเพื่อให้ผู้ใช้นำไปใช้ในตรวจสอบและพิจารณาก่อนที่จะทำการลบหรือเลื่อนลำดับกฎไฟร์วอลล์



รูปที่ 4 ส่วนการคัดกรองโดยผู้ใช้

ซึ่งในการประมวลผลจะมีลำดับในการประมวลผลดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์ในส่วน Shadowing Anomaly เพื่อลดจำนวนกฎที่ไม่ได้ถูกใช้งานเราสามารถเลือกที่จะลบออกหรือไม่ได้

3.2.2 การวิเคราะห์ในส่วน Redundancy Anomaly เพื่อลดจำนวนกฎที่มีความซ้ำซ้อนเราสามารถเลือกที่จะยุบรวมหรือลบได้

3.2.3 การวิเคราะห์ในส่วน Correlation Anomaly เพื่อวิเคราะห์กฎที่มีส่วนถูกคลุมโดนกฎอื่นอาจสามารถยุบรวมกับกฎอื่นได้

เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ผ่านขั้นตอนต่างๆ แล้วระบบจะรวบรวมกฎที่ตรงตามเงื่อนไขในการวิเคราะห์รวมและเราสามารถเลือกที่จะดำเนินการได้เพื่อไม่ให้ถูกลบ ยุบ หรือลบ กฎเหล่านั้นเพื่อไม่ให้ส่งผลต่อความปลอดภัยของระบบไฟร์วอลล์

4. สรุป

ผลสรุปจากการวิเคราะห์กฎไฟร์วอลล์จะทำให้กฎไฟร์วอลล์ที่ผ่านกระบวนการลดลงและเมื่อนำไปทดสอบกับระบบแล้วจะได้ผลซึ่งทำให้การประมวลผลไฟร์วอลล์เร็วยิ่งขึ้นจากการทดสอบจะพบว่าผลที่ได้จะมีความเร็วในการประมวลผลเร็วขึ้น 10-20 เท่า และจำนวนของกฎไฟร์วอลล์จะลดลง 10 - 50 เปอร์เซ็นต์

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ธวัชชัย ชมศิริ . Firewall Rules Analysis. Mahasarakham University; 2006.

[2] Gouda MG, Liu AX. Structued firewall design [Online]. 2006 [cited 2009 October 26]; Available from: http://www.cse.msu.edu/~alexliu/publications/FDD/StructuredFirewallDesign.pdf.

[3] Liu AX. Formal Verification of Firewall Policies. 2008 [cited 2009 October 26]; Available from: http://www.cse.msu.edu/~alexliu/publications/FirewallVerification/verification.pdf.

[4] Liu AX. Formal Verification of Firewall Policies. 2008 [cited 2009 October 26]; Available from: http://www.cse.msu.edu/~alexliu/publications/FirewallVerification/verification.pdf.

[5] Liu AX, Gouda MG. Complete Redundancy Detection in Firewalls. 2005; [cited 2009October 26]; Available from: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.88.6206&rep=rep1&type=pdf.

[6] สุชาติ คุ้มมะณี, จุรีภรณ์ ตั้งมั่นดี. การจัดการกฎของไฟร์วอลล์แบบกึ่งอัตโนมัติ. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มกราคม - มิถุนายน 2552; 9[5]: 8 -17.

[7] ธวัชชัย ชมศิริ. การวิเคราะห์กฎของไฟร์วอลล์โดยใช้รีเลชันแนลอัลจีบรา [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง; 2548.

[8] Al-Shaer ES, Hamed HH. Firewall policy advisor for anomaly discovery and rule editing. [Online]. 2003 [cited 2009 October 25]; Available from: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.71.9582&rep=rep1&type=pdf.

บทความวิจัย –วิชาการ
การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข
ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบการยืนยันความเป็นต้นฉบับของวิดีโอสำหรับกล้องวงจรปิด

ธีรศักดิ์ ขอพุทธพรชัย[1] และ ผศ.ดร.นิคม สุวรรณวร[2]
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา
E-mail: tkroputa@gmail.com[1], kom@coe.psu.ac.th[2]

บทคัดย่อ

วิดีโอดิจิตอลมีความสำคัญเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากกับระบบกล้องวงจรปิด การบันทึกข้อมูลวิดีโอในระบบดิจิตอลทำให้การใช้วิดีโอดิจิตอลเป็นหลักฐานในชั้นศาลนั้นอาจไม่ได้รับความน่าเชื่อถือเท่าที่ควร เนื่องจากระบบดิจิตอลนั้นสามารถทำซ้ำ แก้ไข และดัดแปลงได้ง่าย จากปัญหาดังกล่าวการยืนยันความเป็นต้นฉบับของวิดีโอสำหรับกล้องวงจรปิดจึงมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อเป็นการยืนยันว่าวิดีโอดังกล่าวไม่ได้ผ่านการแก้ไข ดัดแปลง ซึ่งช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้วิดีโอ รวมถึงระบบกล้องวงจรปิดอีกด้วย งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการยืนยันความเป็นต้นฉบับของวิดีโอสำหรับกล้องวงจรปิดโดยใช้การสร้างลายเซ็นสำหรับการยืนยันโดยอาศัยความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์ DCT ระหว่างบล็อคในแต่ละเฟรมของวิดีโอ ระบบสามารถตัดสินความเป็นต้นฉบับได้อย่างชัดเจน เมื่อมีการแทรก ลบ หรือเปลี่ยนลำดับของเฟรมภายในวิดีโอ

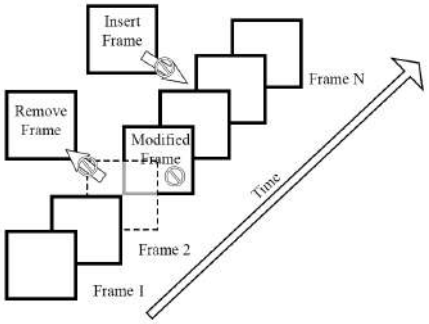
Abstract

Digital Video is very essential to surveillance system. However digital video is easy to modify that decrease the trust of surveillance system. The Video Authentication can be used to increase the trust of surveillance system and allow digit video as evidence in law court. In our proposal system extract one signature per video using relative DCT coefficient between blocks in each frame of video. The experimentation shows that our system can clearly verify the video originality testing in the following case insertion, removal, reorder of frames in video. The efficiency of our technique depend on an optimal threshold related to video modification (frame level) or compression video

***Keywords*:** image processing, video authentication, surveillance system

1. บทนำ

การใช้งานสื่อดิจิตอลไม่ว่าจะเป็นภาพ เสียง วิดีโอต่างๆ นั้นทำให้วิถีชีวิตของผู้คนในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากมาย ทุกคนสามารถเข้าถึงสื่อดิจิตอลได้อย่างง่ายดายไม่ว่าจะเป็นการรับชมบนคอมพิวเตอร์หรืออินเตอร์เน็ต อีกทั้งยังสามารถสร้างและดัดแปลงแก้ไขสื่อเหล่านี้ได้ตามต้องการโดยใช้เพียงแค่เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์บันทึกสื่อ ถึงแม้ว่าสื่อวิดีโอดิจิตอลเป็นสื่อที่มีความสำคัญอย่างมากโดยเฉพาะกับระบบกล้องวงจรปิด แต่การบันทึกวิดีโอในระบบดิจิตอลทำให้ความน่าเชื่อถือของข้อมูลนั้นลดน้อยลงตามไปด้วย เนื่องจากระบบดิจิตอลนั้นสามารถทำซ้ำ แก้ไข และดัดแปลงได้ง่ายดาย ดังรูปที่ 1 ซึ่งทำให้วิดีโอดิจิตอลที่ได้มาจากกล้องวงจรปิดนั้นสามารถที่จะลบภาพคนร้าย หรือ เพิ่มภาพบุคคลอื่นเพื่อจงใจใส่ร้ายต่างๆได้โดยง่าย [1] ทำให้การใช้วิดีโอดิจิตอลเป็นหลักฐานในชั้นศาลนั้นอาจไม่ได้รับความน่าเชื่อถือเท่าที่ควร งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้นำเสนอระบบที่สามารถยันยืนและตรวจสอบความเป็นต้นฉบับให้แก่วิดีโอเพื่อตรวจสอบว่าวิดีโอเหล่านั้นไม่ได้ถูกทำการดัดแปลงแก้ไขแต่อย่างใด



รูปที่ 1. แสดงการแก้ไขวิดีโอในรูปแบบต่างๆ เช่นการแทรกเฟรม, ลบเฟรม, และแก้ไขบางส่วนในเฟรมของวิดีโอ

2. ที่มาและแนวทางการวิจัย

การยืนยันความเป็นต้นฉบับของวิดีโอนั้นมีจุดเริ่มต้นมาจากการนำการยืนยันความเป็นต้นฉบับของรูปภาพมาประยุกต์ใช้ ซึ่งในยุคแรกเน้นไปที่การตรวจสอบการปลอมแปลงว่ารูปภาพนั้นถูกแก้ไข ตัดต่อ หรือไม่ และในยุคต่อมาเริ่มมีความสนใจที่การยืนยันเฉพาะเนื้อหาภายในและยอมรับการดัดแปลงแก้ไขบางชนิด เช่น การบีบอัด,ย่อ/ขยายความละเอียด เป็นต้น ซึ่งโดยเฉพาะการบีบอัดแบบ JPEG ที่เป็นการบีบอัดแบบสูญเสีย [2]

เทคนิคที่ใช้สำหรับการยืนยันความเป็นต้นฉบับ จะมีอยู่ 2 เทคนิคที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก คือ การสร้างลายเซ็น (Digital Signature) และ การฝังลายน้ำ (Watermarking) [3] ซึ่งการสร้างลายเซ็นจะเป็นการนำรูปภาพ/วิดีโอมาสกัดหาคุณลักษณะเฉพาะเพื่อใช้ระบุตัวตน และใช้การเปรียบเทียบลายเซ็นในการยืนยันความเป็นต้นฉบับ ซึ่งอาจจะนำลายเซ็นไปซ่อนไว้ในโครงสร้างของรูปภาพ/วิดีโอ [4] เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ขณะที่การฝังลายน้ำนั้นจะเป็นฝังข้อมูลเฉพาะบางอย่างลงในรูปภาพ/วิดีโอเพื่อระบุความเป็นต้นฉบับ และใช้การตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ของลายน้ำ ถ้าหากรูปภาพ/วิดีโอถูกแก้ไขปลอมแปลง ลายน้ำจะถูกทำลายหรือขาดหายไปบางส่วนก็ไม่ยืนยันความเป็นต้นฉบับ อย่างไรก็ตามทั้งสองเทคนิคนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันได้ แต่งานวิจัยชิ้นนี้จะเน้นไปที่การศึกษากระบวนการสร้างลายเซ็นและการเปลี่ยนแปลงของลายเซ็นเมื่อวิดีโอมีการปลอมแปลงเป็นหลัก

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยชิ้นที่จะใช้พื้นฐานของการประมวลผลภาพ (Image processing) เป็นหลัก โดยเฉพาะการแปลโคซายน์แบบไม่ต่อเนื่อง

3.1 การแปลโคซายน์แบบไม่ต่อเนื่อง

การแปลโคซายน์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Cosine Transform) หรือ DCT นั้นเป็นการเปลี่ยนจากรูปแบบของเวลาและสถานที่ (Spatial domain) ให้อยู่ในรูปแบบของความถี่ (Frequency domain) ซึ่ง DCT นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการบีบอัดข้อมูลภาพและวิดีโอ เช่น JPEG และ MPEG เป็นต้น

บทความวิจัย –วิชาการ
การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข
ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

4. รายละเอียดการพัฒนา

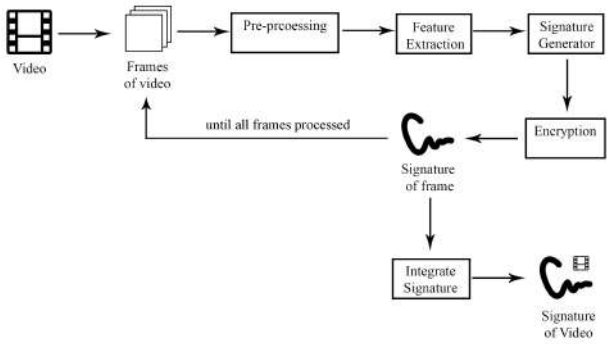
ในการยืนยันความเป็นต้นฉบับ (Authentication) จำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลเฉพาะที่สามารถระบุตัวตนหรือความเป็นต้นฉบับได้ เช่น ลายเซ็นสำหรับยืนยันตัวบุคคล, ตราประทับสำหรับยืนยันเอกสาร เป็นต้น สำหรับการยืนยันความเป็นต้นฉบับของวิดีโอจำเป็นต้องมีข้อมูลเฉพาะบางอย่างที่สามารถใช้ระบุความเป็นต้นฉบับของวิดีโอได้ ซึ่งข้อมูลนี้ต้องยากต่อการแก้ไขและปลอมแปลง ซึ่งการสร้างลายเซ็นสำหรับการยืนยันความเป็นต้นฉบับถูกสร้างขึ้นมาจากคุณลักษณะเด่น (Feature) ภายในแต่ละเฟรมของวิดีโอต้นฉบับ ซึ่งคุณลักษณะเด่นที่ดีต้องคงทนต่อการบีบอัดข้อมูลและต้องเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการปลอมแปลง ซึ่งใช้ค่าสัมประสิทธิ์ DCT ของแต่ละเฟรมภายในวีดีโอ เนื่องจาก DCT มักถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งการในบีบอัดข้อมูล ทำให้ค่าประสัมสิทธิ์มีความคงทนต่อการบีบอัดข้อมูลที่ดี

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของการยืนยันความเป็นต้นฉบับ ซึ่งเป็นส่วนสำหรับการสร้างลายเซ็นสำหรับยืนยันความเป็นต้นฉบับของวิดีโอ และส่วนของการตรวจสอบความเป็นต้นฉบับ ซึ่งใช้สำหรับการตรวจสอบความเหมือนกันของลายเซ็นต้นฉบับและลายเซ็นของวิดีโอต้องสงสัยเพื่อพิจารณาความเป็นต้นฉบับของวิดีโอต้องสงสัย

4.2 ส่วนของการยืนยันความเป็นต้นฉบับ

สำหรับการสร้างลายเซ็นสำหรับยืนยันความเป็นต้นฉบับของวิดีโอ โดยจะสร้างลายเซ็นของเฟรมจากความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธ์ DCT ระหว่างบล็อค จากนั้นจึงนำสร้างเซ็นของเฟรมทั้งหมดมาเรียงต่อกันเพื่อใช้เป็นลายเซ็นสำหรับวิดีโอ โดยมีกระบวนการดังรูปที่ 2 และรายละเอียดดังหัวข้อย่อยต่อไปนี้



รูปที่ 2. แสดงการทำงานภายในของ
ส่วนของการยืนยันความเป็นต้นฉบับ

4.2.1 Preprocessing

นำวิดีโอต้นฉบับมาแยกออกเป็นเฟรมภาพย่อยๆ แล้วจึงนำเฟรมที่ถูกดึงออกมาจากวิดีโอมาทำการแปลงเฟรมภาพจากที่เป็นสีให้เหลือเพียงระดับเทา (Grey Scale) แทน แล้วทำการปรับความละเอียดของเฟรมให้เป็น 320x240 พิกเซล เพื่อลดความซับซ้อนในการประมวลผล

4.2.2 Feature Extraction

นำเฟรมภาพที่ผ่านการประมวลผลเบื้องต้นแล้วมาแบ่งออกเป็นบล็อคย่อยๆขนาด 8x8 พิกเซล จากนั้นนำเมตริกซ์ของแต่ละบล็อคไปหาค่าสัมประสิทธ์ของ DCT ซึ่งแต่ละบล็อคจะมีขนาด 8x8 พิกเซล เท่าเดิมและได้ค่าออกมาทั้งหมด 64 ค่า และเมื่อทำการหา DCT ครบทุกบล็อคแล้ว ค่าสัมประสิทธ์ของ DCT ทั้งหมดมีขนาดเท่ากับรูปภาพพอดี ซึ่งยังมีขนาดใหญ่เกินไปที่นำไปใช้เป็นลายเซ็นสำหรับการยืนยันความเป็นต้นฉบับ

4.2.3 Signature Generator

จากค่าสัมประสิทธ์ของ DCT ภายในแต่ละบล็อค ระบบจะทำการจับคู่บล็อคต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของ DCT จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของ DCT ตัวแรกของทั้งสองบล็อค ถ้าบล็อคแรกมากกว่าบล็อคที่สองจะทำการเก็บค่า 1 หากน้อยกว่าหรือเท่ากับจะเก็บค่าเป็น 0 แทน [5] ซึ่งทำให้จากเดิมในแต่จะบล็อคจะมีถึง 64 ค่า จะเหลือเพียงแค่ 1 ค่าเท่านั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบจนครบทั้งหมดทุกบล็อคก็จะได้ค่า 0 หรือ 1 ที่เรียงต่อๆกันไป และจะใช้ค่าที่เรียงกันนี้เป็นลายเซ็นสำหรับการยืนยันความเป็นฉบับ

4.2.4 Encryption

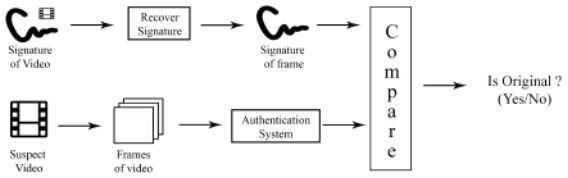
เนื่องจากการนำลายเซ็นไปใช้โดยที่ไม่เข้ารหัสอาจจะมีผู้ไม่หวังดีสามารถมาดัดแปลงแก้ไขข้อมูลบางส่วนของลายเซ็นเพื่อสวมรอยความเป็นต้นฉบับให้แก่วิดีโอที่ถูกปลอมแปลงได้ จึงเข้ารหัสลายเซ็นก่อน เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและป้องกันการปลอมแปลงลายเซ็น

4.2.5 Integrate Signature

ลายเซ็นที่ได้ออกมานั้นยังเป็นลายเซ็นที่ใช้สำหรับการยืนยันความเป็นฉบับของเฟรมเท่านั้น จึงจำเป็นต้องนำลายเซ็นของแต่ละเฟรม มาเรียงต่อๆ กันอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นลายเซ็นสำหรับวิดีโอ

4.3 ส่วนของการตรวจสอบความเป็นต้นฉบับ

เป็นกระบวนการสร้างลายเซ็นของวิดีโอที่ต้องสงสัย แล้วนำมาตรวจสอบกับลายเซ็นของต้นฉบับ และใช้การสอบความเหมือนกันของลายเซ็นเพื่อยืนยันความเป็นต้นฉบับ ซึ่งถ้าหากค่าเปอร์เซ็นความเหมือนกันของสองลายเซ็น มากกว่าหรือเท่ากับค่าเปอร์เซ็นการยอมรับจึงจะตัดสินให้เป็นต้นฉบับ โดยมีกระบวนการดังรูปที่ 3 และรายละเอียดดังหัวข้อย่อยต่อไปนี้



รูปที่ 3. แสดงการทำงานภายในของ
ส่วนของการตรวจสอบความเป็นต้นฉบับ

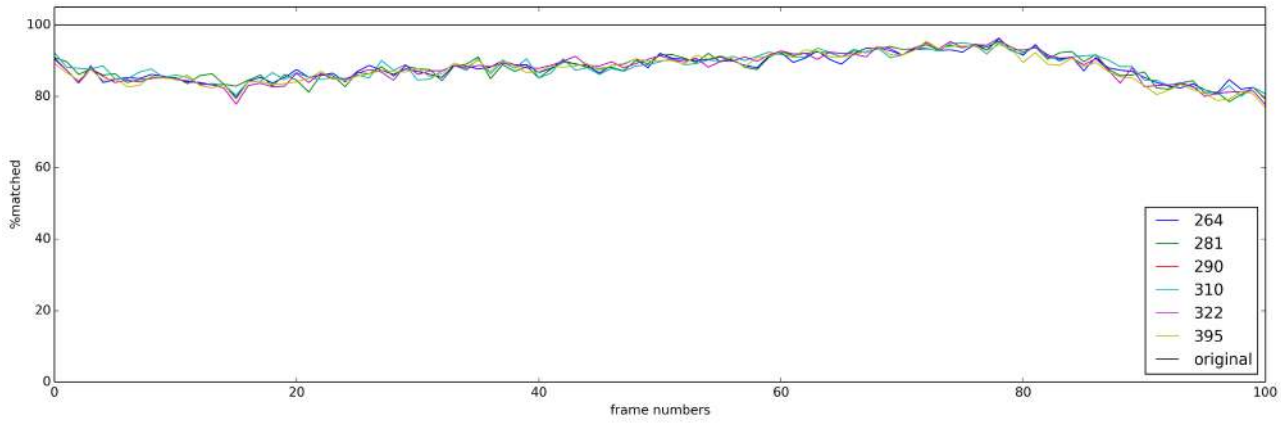
4.3.1 Recover Original Signature

นำลายเซ็นของวิดีโอต้นฉบับมาแยกออกเป็นลายเซ็นย่อยๆ ของแต่ละเฟรม จากนั้นนำลายเซ็นของเฟรมที่ได้มาถอดรหัสเพื่อที่หาค่าการเปรียบเทียบสัมประสิทธ์ DCT ระหว่างบล็อคภายในเฟรมนั้นออกมาสำหรับการเปรียบเทียบลายเซ็นของวิดีโอที่ต้องสงสัยต่อไป

4.3.2 Compare Signature

วิดีโอที่ต้องสงสัยจะไปถูกนำไปสร้างลายเซ็น เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับลายเซ็นของวิดีโอต้นฉบับโดยจะเป็นการเปรียบเทียบกันในระดับเฟรมต่อเฟรม ซึ่งจะเปรียบเทียบความเหมือนกันของค่าการเปรียบเทียบสัมประสิทธ์ระหว่างบล็อคภายในเฟรมนั้นๆ ซึ่งจะเปรียบเทียบค่าที่ตำแหน่งเดียวกัน ถ้าเหมือนกันจะเก็บค่า 1 ถ้าแตกต่างกันจะเก็บค่า 0 จากนั้นจึงนำค่าการเปรียบเทียบทั้งหมดหาผลรวม และคำนวณของมาเป็นเปอร์เซ็นความเหมือนกันของสองลายเซ็น และใช้ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับในการตัดสินความเป็นต้นฉบับ ซึ่งถ้าหากค่าเปอร์เซ็นความเหมือนกันของ สองลายเซ็นมากกว่าหรือเท่ากับค่าเปอร์เซ็นการยอมรับ

บทความวิจัย –วิชาการ
การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข
ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand



รูปที่ 4. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นความเหมือนกันของลายเซ็นในกรณีของวิดีโอที่มีคุณภาพแตกต่างกัน

จึงจะตัดสินให้เป็นเฟรมต้นฉบับ และเมื่อทำการเปรียบเทียบครบทุกเฟรมและทุกเฟรมถูกตัดสินให้เป็นเฟรมต้นฉบับทั้งหมด ก็จะถือว่าวิดีโอนั้นเป็นวิดีโอต้นฉบับไม่ถูกปลอมแปลงแต่อย่างใด

5. การทดสอบ

ในการทดสอบระบบจะเป็นการทดลองหาค่าเปอร์เซ็นการยอมรับ (threshold) ที่เหมาะสม ทดสอบด้วยชุดของข้อมูลทดสอบกลุ่มของวิดีโอที่คุณภาพต่างกันและกลุ่มของวิดีโอที่มีการปลอมแปลง

5.1 ชุดข้อมูลทดสอบเบื้องต้น

ชุดข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ

1.) กลุ่มของวิดีโอที่คุณภาพต่างกัน (bit-rate) ประกอบไปด้วยทั้งหมด 7 วิดีโอ โดยมีคุณภาพอยู่ที่ 264, 281, 290, 300 (ต้นฉบับ) , 310, 322 และ 395 kbps ทั้งหมดที่เป็นไฟล์วิดีโอที่มีเนื้อหาเหมือนกันทุกประการ มีจำนวนเฟรมทั้งหมด 437 เฟรม และมีความละเอียดอยู่ที่ 352x240 พิกเซล

2.) กลุ่มของวิดีโอที่มีการปลอมแปลง ประกอบไปด้วยวิดีโอต้นฉบับวิดีโอที่มีการแทรกเฟรม ลบเฟรม สลับเฟรม และแก้ไขบางส่วนของเฟรม(ซึ่งในการทดสอบนี้ได้ใช้การแทรกตัวอักษรเข้าไปในเฟรม) ซึ่งมีวิดีโอต้นฉบับหลัก 3 วิดีโอ และวิดีโอที่ถูกปลอมแปลงอีก 12 วิดีโอ

5.2 ทดสอบประสิทธิภาพในกรณีวิดีโอคุณภาพต่างกัน

ในการทดสอบนี้จะใช้วิดีโอที่มีเนื้อหาเหมือนกันทุกประการ แต่คุณภาพ (bit-rate) ของวิดีโอต่างกัน จะทดสอบทั้งหมด 7 วิดีโอ ซึ่งทำการที่การทดลองที่ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับที่ค่าต่างกัน เพื่อศึกษาผลลัพธ์

ตารางที่ 1. แสดงผลลัพธ์การวัดประสิทธิภาพ
ในกรณีที่วิดีโอมีคุณภาพต่างกัน

Threshold	65%	70%	75%
TRUE	7	3	1
FALSE	0	4	6

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากรูปที่ 4 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นความเหมือนกันของลายเซ็น ถ้าหากมีค่าเข้าใกล้ 100% แสดงว่าลายเซ็นทั้งสองมีความใกล้เคียงกันมาก และพบว่าการเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันไม่ว่าคุณภาพของวิดีโอแตกต่างกันก็ตาม แสดงว่าการบีบอัดนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นความเหมือนกันของลายเซ็นค่อนข้างน้อย ที่ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับ 75% จะยืนยันความเป็นต้นฉบับให้แก่ต้นฉบับเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ถ้าหากต้องการให้ยืนยันในกรณีของการบีบอัดจำเป็นต้องใช้ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับที่น้อยลง ซึ่งค่าเปอร์เซ็นการยอมรับที่ 65% สามารถยืนยันการบีบอัดจากชุดข้อมูลทดสอบได้ทั้งหมด

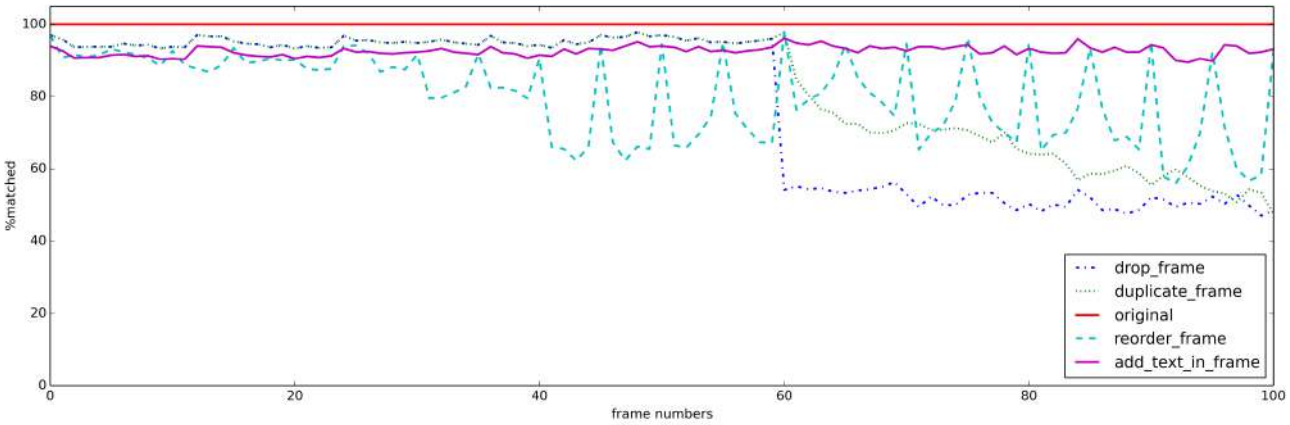
5.3 ทดสอบประสิทธิภาพในกรณีวิดีโอมีการปลอมแปลง

ในการทดสอบจะทดสอบกับวิดีโอต้นฉบับ วิดีโอที่มีการแทรกเฟรม ลบเฟรม แก้ไขบางส่วนของเฟรม และวิดีโอที่มีการสลับเฟรม ทำทดลองทั้งหมดกับ 15 วิดีโอ ซึ่งทำการที่การทดลองที่ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับต่างกัน เพื่อศึกษาผลลัพธ์

ตารางที่ 2. แสดงผลลัพธ์การวัดประสิทธิภาพ
ในกรณีที่วิดีโอมีการปลอมแปลง

Threshold	**Positive**		**Negative**	
	True	**False**	**True**	**False**
55%	3	3	9	0
65%	3	3	9	0
75%	3	3	9	0
85%	3	2	10	0
95%	3	0	12	0

บทความวิจัย –วิชาการ
การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข
ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand



รูปที่ 5. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นความเหมือนกันของลายเซ็นในกรณีของวิดีโอที่มีการปลอมแปลง

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับที่ 55% มีความถูกต้องที่ 80% และเพียงพอที่จะสามารถแยกแยะกรณีที่ถูกปลอมแปลงโดยการเปลี่ยนแปลงลำดับของเฟรมภายในวิดีโอ เช่น การแทรก การลบ และ การสลับเฟรม ออกจากต้นฉบับได้อย่างชัดเจน เนื่องจากการแทรก การลบ การสลับเฟรม (แสดงด้วยเส้นปะภายในรูปที่ 5) มีค่าเปอร์เซ็นความเหมือนกันของลายเซ็นที่ลดลงต่ำอย่างเห็นได้ชัด แต่สำหรับกรณีที่ถูกปลอมแปลงภายในเฟรมโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงลำดับของเฟรม ซึ่งในการทดสอบนี้ได้ใช้การแทรกตัวอักษรเข้าไปในเฟรม (แสดงด้วยเส้นทึบภายในรูปที่ 5) นั้นมีค่าเปอร์เซ็นความเหมือนกันของลายเซ็นที่สูงกว่าในกรณีของการปลอมแปลงที่มีการเปลี่ยนแปลงลำดับของเฟรมและแยกต่างจากลายเซ็นต้นฉบับเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ที่ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับที่ 55% นั้นไม่เพียงพอที่จะสามารถแยกแยะการปลอมแปลงออกจากต้นฉบับได้จำเป็นต้องใช้ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับที่สูงขึ้น ที่ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับ 85% มีความถูกต้อง 86.67% และที่ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับ 95% มีความถูกต้องที่ 100% ดังนั้นการเลือกค่าเปอร์เซ็นการยอมรับที่เหมาะสมจะส่งผลต่อความถูกต้องและเงื่อนไขในการยอมรับของการยืนยันความเป็นต้นฉบับ

6. บทสรุป

งานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอวิธีการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับวิดีโอดิจิตอลและระบบกล้องวงจรปิด ระบบกล้องวงจรปิดควรมีการใช้ระบบการยืนยันความเป็นต้นฉบับ ซึ่งใช้การสร้างลายเซ็นสำหรับการยืนยันโดยอาศัยความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์ DCT ระหว่างบล็อคในแต่เฟรมของวิดีโอ การยืนยันความเป็นต้นฉบับสามารถปรับระดับการยอมรับได้เป็นสองระดับตามการตั้งค่าเปอร์เซ็นการยอมรับ 1.) ยอมรับเฉพาะต้นฉบับ ต้องใช้ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับที่ 95% ขึ้นไป สามารถแยกแยะการปลอมแปลงและการบีบอัดออกจากต้นฉบับได้ทั้งหมด 2.) ยอมรับแบบมีเงื่อนไข ต้องใช้ค่าเปอร์เซ็นการยอมรับที่ 65% ขึ้นไป สามารถยอมรับการเปลี่ยนแปลงภายในเฟรมเสมือนว่าต้นฉบับได้ ซึ่งโดยเฉพาะการยอมรับวิดีโอที่ถูกบีบอัด แต่รวมถึงการยอมรับวิดีโอที่มีการปลอมแปลงภายในเฟรมด้วย เช่น การแทรกอักษรภายในเฟรมของวิดีโอเป็นต้น แต่ยังสามารถแยกแยะการปลอมแปลงที่เปลี่ยนแปลงลำดับของเฟรมภายในวิดีโอได้อย่างถูกต้อง ซึ่งทำให้การเลือกค่าเปอร์เซ็นการยอมรับที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับการนำระบบการยืนยันความเป็นต้นฉบับของวิดีโอสำหรับกล้องวงจรปิดไปประยุกต์ใช้งานเป็นกรณีไป

แนวทางการพัฒนาต่อควรทดสอบกับชุดข้อมูลที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้นเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นความเหมือนกันของลายเซ็นเพิ่มเติมและปรับปรุงอัลกอริทึมการยืนยันความเป็นต้นฉบับของวิดีโอสำหรับกล้องวงจรปิดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. S. Upadhyay and S. K. Singh, “Video Authentication: Issues and Challenges,” *International Journal of Computer Science*, vol. 9, 2012.
2. C.-Y. Lin and S.-F. Chang, “A robust image authentication method distinguishing JPEG compression from malicious manipulation,” *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, vol. 11, no. 2, pp. 153–168, 2001.
3. S. Upadhyay and S. K. Singh, “Video Authentication-An Overview,” *International Journal of Computer Science and Engineering Survey*, vol. 2, no. 4, 2011.
4. A. Pramateftakis, T. Oelbaum, and K. Diepold, “Authentication of MPEG-4-based surveillance video,” in *Image Processing, 2004. ICIP’04. 2004 International Conference on*, 2004, vol. 1, pp. 33–37.
5. C.-Y. Lin and S.-F. Chang, “Generating robust digital signature for image/video authentication,” in *Multimedia and Security Workshop at ACM Multimedia*, 1998, vol. 98, pp. 94–108.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์และระบบหน้าจอแสดงผลในการเก็บเลือด โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID: Radio Frequency Identification

RFID Blood Monitoring Systems

พงศธร รอตเจริญ, ชัชชล สุวรรณโชติ และ สุรางค์รัตน์ เชาว์โกกสูง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

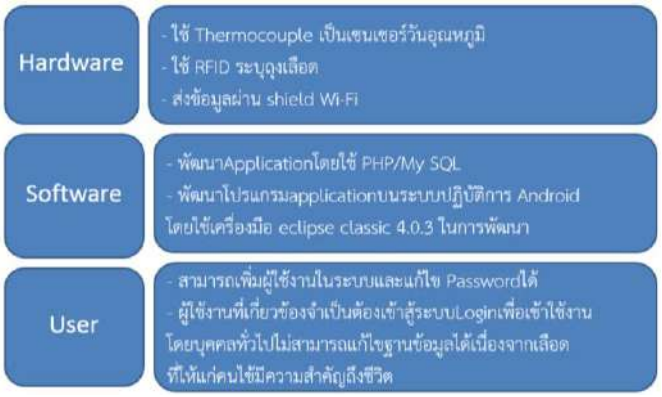
E-mail: Adriano.arsa@gmail.com[1], @gmail.com[2], surangrat@su.ac.th[3]

บทคัดย่อ

เนื่องจากการเก็บรักษาเลือดในโรงพยาบาลปัจจุบันยังใช้ในรูปแบบของเทคโนโลยี barcode อยู่ซึ่งในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีใหม่ๆที่พัฒนาขึ้นมาเป็นจำนวนมากในส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในงานวิจัยจะนำเสนอการการใช้เทคโนโลยี RFID ร่วมกับส่วนของ software คือ application บนหน้าจอของอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย โดยงานวิจัยนี้นำโมเดลตู้แช่เย็นมาเป็นส่วนประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประโยชน์คือจะมีความสามารถในการนำเข้าส่งออกเลือดที่รับบริจาคมาได้สะดวกมากขึ้นกว่าเทคโนโลยีเดิมที่ใช้อยู่และยังมีการแสดงผลอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเลือดด้วย

1.บทนำ (INTRODUCTION)

บทความวิจัยนี้ นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบเก็บโลหิตในโรงพยาบาลพบปัญหาการติดตามอุณหภูมิและการระบุโลหิต เพื่อให้ระบบการเก็บโลหิตในโรงพยาบาลสามารถบริการเก็บรักษาโลหิตได้อย่างรวดเร็วและป้องกันความเสียหายจากอุณหภูมิได้ดียิ่งขึ้น โดยการการติดตามอุณหภูมิและการระบุโลหิต คณะผู้วิจัยจึงได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ Smart Health ซึ่งgเป็นนวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่ประยุกต์ใช้ Smart Technology ของเทคโนโลยีระบบ RFID ร่วมกับเว็บแอพพลิเคชั่นและระบบฐานข้อมูล พัฒนาร่วมกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ โดยใช้ RFID เป็นตัวกลางในการสื่อสาร และควบคุมอัตโนมัติ (Auto-ID) แบบไร้สาย (wireless) มีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่สามารถแสดงผลแบบ Real Time 24 ชั่วโมง สามารถจัดการระบบการจัดเก็บโลหิตและติดตามอุณหภูมิของตู้เย็น โดยแจ้งเตือนอุณหภูมิผ่านทางเว็บแอพพลิเคชั่น เพื่อรักษาคุณภาพเลือดและติดตามอุณหภูมิ และเพื่อแจ้งเตือนเจ้าหน้าที่ ในกรณีที่เกิดการเสียหายของเครื่องทำความเย็น หรือมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ออกแบบให้มี User Interface สำหรับผู้ใช้งาน ภายในระบบซอฟต์แวร์ มีโมดูลย่อยเสริมการทำงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สามารถระบุตัวตนของโลหิตที่จัดเก็บอยู่ภายในตู้เย็นเก็บโลหิต รวมทั้งในส่วนการสืบค้นข้อมูล ส่วนการแสดงรายงานต่างๆ เช่น รายงานสรุปการนำเข้า-นำออกของโลหิต เป็นต้น ทำให้ช่วยในการบริหารจัดการโลหิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และถ้าหากกรณีที่ตู้เย็นเกิดความขัดข้อง จะมีสัญญาณแจ้งเตือนผู้ใช้บน Smart Phone ให้ทราบถึงความผิดปกติเพื่อสามารถแก้ไขความผิดปกติได้ทันท่วงที โดยระบบ RFID นี้ สามารถเพิ่มหรือแก้ไขรหัสได้ ในกรณีที่เกิดการผิดพลาดหรือเกิดการจางของแถบ Barcode และ RFID Reader จะใช้พลังงานต่ำ จึงมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในระบบเก็บโลหิตในโรงพยาบาลเป็นอย่างดี มีประสิทธิภาพ และมีความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบเป็นอย่างดี



รูปที่ 1 สรุปความสามารถของอุปกรณ์และระบบ RFID Blood Monitoring Systems

2.การวิเคราะห์ปัญหา

1.) พบว่าการใช้ระบบ barcode ในการเก็บเลือดนั้นมีวิธีอื่นที่จะมีประสิทธิภาพที่ดีเที่ยงตรงกว่า

2.) ปัญหาการเข้าถึงระบบที่เก็บเลือด

3.) ในระบบเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบันที่อยู่จะทำงานช้าและเวลาอ่าน barcode จะต้องทำมุมให้พอดีกับ code นั้น

4.) การแจ้งเตือนระบบปัจจุบันใช้การส่งข้อความกรณีเกิดเงินในซิมโทรศัพท์หมดการส่งข้อความเตือนจะขัดข้องทันที

<u>วิธีแก้</u>

1.) นำระบบ rfid มาช่วยเพื่อจะเก็บข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม

2.) ทำการสร้างระบบ login ได้เฉพาะส่วนของหน่วยนั้นๆ

3.) ระบบ rfid สามารถอ่านได้อ่านรวดเร็วเพียงแค่นำแท็คมาอ่านที่ตัว reader

4.) เตือนโดยใช้แอปพลิเคชั่นแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบ

3.จุดประสงค์ของการวิจัย

เพื่อต้องการศึกษาการทำงานของ Arduino ร่วมกับโมดูล RFID และอุณหภูมิ และการออกแบบเว็บเพื่อการแสดงผลแบบออนไลน์ การนำเว็บมาเป็นเว็บแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือระบบแอนดรอยน์ และนำอุปกรณ์และเว็บมาออกแบบเป็นระบบแจ้งเตือนและเก็บรักษาโลหิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักษาได้ดียิ่งขึ้น

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันในบรรดาเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน smart fridge ได้เป็นจุดที่น่าตื่นเต้นของงานวิจัยครั้งล่าสุดกับนักวิจัยและธุรกิจการทำอาหารที่เพิ่มมากขึ้น ภายใต้แนวความคิดนวัตกรรมใหม่ ในปัจจุบันนี้เรามีตู้เย็นที่มีความสามารถด้านมัลติมีเดียที่เป็นศูนย์กลางความบันเทิง การจัดการอาหาร การควบคุมการบริโภคอาหารและคุณสมบัติการแนะนำสูตรอาหาร

ระบบ RFID ที่ใช้ในการออกแบบ smart fridge มาในความรู้สึกที่แตกต่างจากรูปแบบที่ในการใช้งานตู้เย็นอยู่ การเลือกความถี่ที่เหมาะสมที่สุดคือหัวข้อที่จะพัฒนาเทคโนโลยีของระบบปฏิบัติการของความถี่ที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับค่าใช้จ่ายของระบบเช่นเดียวกับทางกายภาพคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ที่แตกต่างกันนั้นๆ

บางส่วนของตู้เย็น RFID ในปัจจุบันที่มีอยู่ในตลาดได้รับการออกแบบบนพื้นฐานของความถี่ต่ำ (LF), 134kHz. RFIDความถี่ต่ำได้ถูกใช้งานโดยระบบ RFID สำหรับปีที่ผ่านมา ในความจริงเรื่องนี้ด้วยข้อจำกัดที่น้อยทำให้การปฏิการอิเล็กทรอนิคส์ในช่วงความถี่นี้ มีผลทำให้ชนิดของ RFID ค่อนข้างคุ้มค่ามาก นอกจากนี้แล้วคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง LF ยังได้รับผลกระทบน้อยโดยตัวของโลหะเนื่องมาจากการทะลุของมันนั้นลึกมากเป็นพิเศษ คลื่นความถี่ LF ยังสามารถเดินทางผ่านน้ำโดยมีการลดทอนที่น้อยเมื่อเทียบกับคลื่นความถี่สูง คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ RFID LF เหมาะสำหรับสภาพแวดล้อมในตู้เย็น อย่างไรก็ตาม ระบบ RFID ย่าน LF ไม่สามารถนำเสนออุปสรรคสำคัญที่ตัวอ่าน คือสามารถสแกนสิ่งของสิ่งเดียวที่เวลาใดเวลาหนึ่ง รายงานทางเทคนิคและคู่มือการออกแบบ (Amal, 2006) มักจะหารือเกี่ยวกับลักษณะของ RFID ที่จะทำให้การใช้เทคโนโลยี RFID LF ใช้ได้จริงเพื่อประโยชน์ของเรา หนึ่งในความสามารถหลักของ smart fridge คือสามารถที่จะแยกความแตกต่างของมันเองโดยใช้การเส้นของภาพและวิธีการสแกนแบบsingleโดยใช้เทคโนโลยีบาโค๊ด

การใช้งานได้สร้างขึ้นมาจาก ความถี่อุลตร้าแบบสูง(UHF) RFID tag เนื่องจากต้นทุนของมันค่อนข้างสูง

ระบบ UHF ได้สร้างตัวเองเป็นทางเลือกที่ทำงานได้ทั้งกับในระบบ LF และ HF ในการออกแบบ smart fridge หนึ่งในหลักสำคัญในข้อดีของ UHF RFID คือมันมีอัตราการอ่านที่เร็วมากของข้อมูลที่ดาวเทียมจึงช่วยให้การส่งของข้อมูลในปริมาณที่สูงมาก แม้จะมีปัจจัยเหล่านี้กระตุ้น UHF RFID ก็ไม่ค่อยเหมาะสมสำหรับการออกแบบของการใช้งาน RFID ใน smart fridge

UHF RFID ไม่เพียงแต่ทำงานได้ดีไปบริเวณรอบ ๆโลหะ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงคลื่นสนามแม่เหล็ก UHF แต่มาในราคาที่แพงสำหรับคู่นึงกับเครื่องมือที่จำเป็นเช่น ซอฟแวสากลต่อพ่วงวิทยุ (USRP) daughterboard และเสาอากาศซึ่งจำเป็นสำหรับทำงานที่เหมาสมของพวกเขา (Eric, Nishit, & Hiran, 2011) นอกจากนี้น้ำจะดูดซับคลื่น UHF ทำให้พวกเขาไม่สามารถใช้งานสำหรับการติดแท็กสัตว์ได้

มิติใหม่ของการออกแบบนี้ได้กล่าวถึงข้อเสนอของบทความนี้คือนำเสนอแนวคิดสำหรับตู้เย็น RFID ที่ใช้ HF RFID เป็นหัวใจหลักตู้เย็นที่จะติดตั้งกับตัวอ่านที่ปรับได้ไปพร้อมๆกันเพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการดูดซับน้ำและสิ่งที่รบกวนโลหะและในขณะที่ทำให้อัตราการอ่านเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังอนุญาตให้ “สแกนทั้งหมดร่วมกัน” ตรงข้ามกับฟังก์ชั่น RFID แบบความถี่ต่ำ ตู้เย็นมีความสามารถในการแนะนำสูตรอาหาร, เติมเต็มสิ่งขาดหายโดยอัตโนมัติ, การควบคุมอาหารและการจัดการอาหารภายในตู้เย็น ผู้ใช้จะได้รับการอัพเดทของสิ่งของที่กำลังจะหมดอายุและสิ่งที่ควรซื้อมาเพิ่มเติม ผู้ใช้สามารถรับทราบข้อมูลผ่านทางโทรศัพท์มือถือก่อนที่จะส่งผ่านข้อมูลสำหรับการซื้อของออนไลน์ การยืนยันการสั่งซื้อสินค้าจะช่วยทำให้ตู้เย็นวิเคราะห์และประมวลผลการสั่งซื้อของออนไลน์และในขณะที่ต้องการทำให้ระบบปฏิเสธจากผู้ใช้ก็จะช่วยทำให้ตู้เย็นลดคำสั่งลง [3]

5.วิธีการที่นำเสนอ (proposed method)

การทำงานของระบบจะแบ่งจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วน hardware และ software

1.)การทำงานของระบบ hardware

ใช้ RFID ย่านความถี่ HF โปรโตคอลในการสื่อสารแบบ I-Code ที่สามารถเขียนและอ่านได้เพื่อเก็บเป็นรหัสของเลือกตามที่กำหนด ข้อมูลของเลือดที่ได้กำหนดไว้

01 กรุ๊ป A , 02 กรุ๊ป B , 03 กรุ๊ป AB , 04 กรุ๊ป O , 05 RH+ และ 06 RH-

ตัวอย่าง

00001 01 05 0500 24082556

RFID Reader จะอ่านข้อมูลภายในบัตรแท็คเพื่อส่งไปเก็บในฐานข้อมูล และใช้ฟังก์ชันในภาษา PHP เพื่อตัดบิตที่ต้องการเอามาเป็นข้อมูลทั้งหมด 21บิต บิตที่ 1-5 เป็นรหัสของถุงเลือด บิต ที่ 6-7 เป็น กรุ๊ปเลือด บิตที่ 8-9 เป็น RH เลือด 10-13 เป็น ปริมาตรของเลือด และ บิตที่ 14-21 เป็นวันที่เดือนและปีของถุงเลือด เพื่อระบุถุงเลือดได้สะดวกมากขึ้น

เราใช้เซนเซอร์อุณหภูมิเพื่อติดตามอุณหภูมิตลอดเวลาเพราะจะได้แจ้งเตือนให้ผู้ดูแลแก้ไขได้ทันเวลาหากเกิดการขัดข้องของระบบทำความเย็น และทั้ง2อย่างจะเชื่อมต่อผ่านทาง Arduino uno R3 และส่งข้อมูลผ่าน Shield WIFI เพื่อเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล เขียนโค้ดเพื่อให้ Arduino uno R3ความคุมการทำงานทางด้าน Hardware ตามต้องการ

Arduino uno r3 เป็นไมโครคอนโทลเลอร์นิยมใช้กันมากในปัจจุบันมีราคาไม่แพงและเหมาะสมกันการใช้งานเราจึงนำมาควรคุมโดนเขียนโปรแกรมลงไปในตัว Arduino uno R3 ให้ควบคุมอุณหภูมิและส่งค่า

อุณหภูมิไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลในทางกลับกันถ้า Arduino uno R3 ตรวจจับได้ว่ามี RFID Tag จะส่งค่าใน RFID Tag ไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล แทนการแสดงผลจะทำผ่านเว็บแอ็พพิเคชันเพื่อใช้งานสะดวกและใช้งานได้กับหลายอุปกรณ์ที่สามารถเข้าอินเตอร์เน็ตได้

ในปัจจุบันอินเตอร์เน็ตในประเทศไทยกำลังพัฒนาทั้ง 3G ทั้งการเชื่อมต่อแบบมีสายและไร้สาย ที่มีความเร็วและประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นเราจึงนำความสามารถเหล่านี้เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อและแสดงผลผ่านอินเตอร์เน็ตเพื่อเพิ่มความสะดวกและสามารถแสดงผลได้กับทุกอุปกรณ์ที่สามารถเข้าใช้อินเตอร์เน็ตได้เพื่อสะดวกแก่ผู้ใช้งาน

เราติดต่อArduino กับ ฐานข้อมูลโดยมี Shield WIFI เพื่อสะดวกแก่การติดตั้งและสามารถนำไปใช้ได้ทุกที่ประยุกต์ใช้กับตู้เย็นได้หลายแบบและดูสวยงามสะดวกต่อการใช้งานในพื้นที่จำกัดลดการใช้สายเคเบิลเพื่อเชื่อมต่อระหว่าง Arduino และคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2 System architecture

2.) การทำงานของ software

จะออกแบบหน้าเว็บโดยใช้โปรแกรม Dreamweaver ในการออกแบบหน้า interface ต่างๆของ application โดยที่นำโปรแกรม xampp คือโปรแกรมสำหรับจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของเราให้ทำงานในลักษณะของ WebServer นั่นคือเครื่องคอมพิวเตอร์ของเราจะเป็นทั้งเครื่องแม่ และเครื่องลูกในเครื่องเดียวกัน ทำให้ไม่ต้องเชื่อมต่อกับ Internet ก็สามารถทดสอบเว็บไซต์ที่สร้างขึ้นได้ทุกที่ทุกเวลา ซึ่งใน xampp ประกอบด้วย Apache,PHP,MySQL,PHP MyAdmin ซึ่งเป็นโปรแกรมพื้นฐานที่รองรับการทำงาน CMS ซึ่งเป็นชุดโปรแกรม สำหรับออกแบบเว็บไซต์ จากนั้นก็ทำการสร้างฐานข้อมูลขึ้นมาเพื่อเก็บข้อมูลต่างๆที่เราต้องการ ก็จะได้หน้าเว็บที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลเรียบร้อย

ออกแบบหน้า Form โดยใช้โปรแกรม Dreamweaver จำนวน 5 Form คือ หน้าหลัก เพิ่มเลือด ลบเลือด และแสดงผลเลือด สิ่งที่สำคัญของเว็บไซในปัจจุบันคือฐานข้อมูลได้ออกแบบฐานข้อมูลที่รับค่ามาจาก Arduino uno r3 แล้วนำมาแสดงบนเว็บโดยใช้ php เป็นตัวช่วยในการแสดงผล

6.การทดลองและวิเคราะห์ผล

ใช้ Arduino uno r3 ควบคุมอุปกรณ์เป็นตัวกลางในการติดต่อกับฐานข้อมูลโดยผ่าน Shield WIFI เขียนโค้ดภาษา C# ควบคุมเซ็นเซอร์อุณหภูมิ RFID และ Shield WIFI เพื่อให้ทำตามต้องการแล้วนำค่าที่ได้มาเก็บในฐานข้อมูล ข้อมูลที่ได้รับมี

1. ข้อมูลจาก RFID
2. อุณหภูมิ
3. ความชื้น

ในส่วนของการแสดงผลจะนำค่าอุณหภูมิและความชื้นมาแสดงผลในหน้าหลัก ออกแบบหน้าเพิ่มเลือด ลบเลือด แสดงเลือดทั้งหมดในฐานข้อมูล การออกแบบระบบความปลอดภัยโดยใช้ user name และ password ผู้ที่จะแก้ไขฐานข้อมูลได้ จำเป็นต้องเข้ารหัสก่อน เนื่องจากเลือดมีความสำคัญ ถ้าเข้าไปแก้ไขโดย ผู้ไม่รู้หรือไม่ประสงค์ดี อาจเกิดอันตรายต่อผู้ป่วยได้ และได้ออกแบบเว็บแอปพิเคชั่น ให้แสดงผลบนโทรศัพท์ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อสะดวกแก่ผู้ใช้งาน โดยแจ้งเตือนผู้ใช้งาน หากเกิดกรณีขัดข้องของระบบไฟฟ้าได้ทันเวลา ซึ่งผู้ใช้สามารถดู-แก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลได้

7.สรุป (conclusion)

การวิจัยนี้ได้นำเสนอโมเดลตู้เย็นที่มีความสามารถในเก็บรักษาเลือดที่ได้มาจากการบริจาค โดยนำเทคโนโลยี rfid มาใช้ในการเก็บข้อมูลรหัสถุงเลือดและ Arduino แพลตฟอร์มไมโครคอนโทรลเลอร์มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งานในเรื่องของการรักษาอุณหภูมิให้คงที่และควบคุมส่วนต่างๆของอุปกรณ์ ซึ่งทุกอย่างจะมาแสดงผลบนจอของอุปกรณ์ไร้สาย ซึ่งทำให้สามารถพัฒนาอุปกรณ์ทางด้านการเก็บรักษาเลือดในคลังได้ดีกว่าในปัจจุบัน

บรรณานุกรม

[1] จอมจิน จันทรสกุล, “วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต,” ปีที่ 18 ฉบับที่ 3, หน้า 243-249, กรกฎาคม-กันยายน 2551.

[2] รศ.ดร .ดนัย ต.รุ่งเรือง, “การออกแบบสายอากาศของเครื่องอ่านข้อมูลสำหรับระบบ RFID ในย่านความถี่ต่ำเพื่อการจัดการฟาร์มและการลงทะเบียนสัตว์” [ออนไลน http://www.ecti-thailand.org/emagazine/views/106]

[3] Computer and Information Science; Vol. 6, No. 2; 2013 ISSN 1913-8989E-ISSN1913-8997, Published by Canadian Center of Science and Education: http://dx.doi.org/10.5539/cis.v6n2p151.

หัวข้อ การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม (22TP)

บทความวิจัย-วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การประยุกต์ใช้ GPS แจ้งตำแหน่งพิกัดรถยนต์ผ่านเครือข่าย GSM

Application of GPS for Coordinate Navigation of Cars with GSM Network

สัญญา ผาสุข[1], จินดา สามัคคี[2], สุภชัย อรุณพันธ์[3]

[1, 2, 3]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

E-mail: psunya@hotmail.com[1], chinda.s@rmutsv.ac.th[2], supachai_sirr@hotmail.com[3]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบการติดตามรถยนต์เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากสามารถติดตามรถหายและเพื่อบริหารการใช้รถภายในองค์กรให้มีประสิทธิภาพ บทความนี้นำเสนอการออกแบบศึกษาระบบแจ้งพิกัดตำแหน่งรถยนต์ผ่านทางเครือข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (GSM) การออกแบบระบบประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS) ไมโครคอนโทรลเลอร์ และการส่งข้อความสั้นผ่าน GSM กระบวนการทำงานของระบบนั้นให้ผู้ใช้งานส่งรหัสข้อความด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังตัวรับที่เป็นโมดูล GSM เมื่อรหัสข้อความถูกต้องไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 จะแปลงค่าพิกัดละติจูดและลองติจูดจาก GPS เป็นข้อความสั้นและส่งผ่านทางโมดูล GSM ไปยังหมายเลขปลายทางที่ส่งรหัสเข้ามา ผู้รับข้อความสามารถนำตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองติจูดไปค้นหาตำแหน่งรถยนต์โดยเวปไซต์แผนที่ (Google map)

Abstract

At present, the global positioning system (GPS) tracking has been widely used due to the ability in car monitoring and fleet management in organization. This paper presents a study design of the car coordinate system through global system for mobile communications (GSM) network. The system design is divided into 3 main parts: GPS, microcontroller and short messages (SMS) by GSM. In work process, user sent data-code into GSM receiver module. When the data-code is the same based-code, microcontroller PIC16F877 will translate latitude and longitude from GPS with SMS, and sent through the GSM module into phone number of user. User can introduce the position of latitude and longitude to find the car position using google maps.

Keywords*: *GPS, GSM, SMS, Microcontroller

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบโลจิสติกส์การขนส่งสินค้าในประเทศไทยมีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น เนื่องจากเศรษฐกิจกำลังเติบโต อีกทั้งประเทศไทยกำลังเข้าร่วมประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนและประเทศไทยจะเป็นศูนย์กลางของระบบโลจิสติกส์ ซึ่งการขนส่งสินค้ามีความจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการ ติดตามตำแหน่งของรถยนต์ เพื่อการตรวจสอบการทุจริต หรือปัญหาการขับรถออกนอกเส้นทาง และหากเกิดการจารกรรมรถยนต์จะสามารถติดตามหรือทราบตำแหน่งของรถยนต์ได้โดยง่ายและสะดวกขึ้น ด้วยการส่งรหัสข้อความสั้นให้แก่ระบบ และรอรับข้อความตอบกลับจากระบบที่ประกอบด้วยตำแหน่งละติจูด ลองติจูด ความเร็วของรถยนต์ดังกล่าว เพื่อนำตำแหน่งดังกล่าวมาหาตำแหน่งรถยนต์ในเวปไซต์แผนที่ Google map [1] นอกจากนี้หากเป็นกรณีรถยนต์โดนขโมยยังสามารถส่งข้อความสั้นให้กับระบบเพื่อตัดระบบให้เครื่องยนต์หยุดทำงาน ได้อีกด้วย

2. ระบบจีพีเอส

ระบบจีพีเอส (GSP: Global Position System) คือระบบระบุตำแหน่งบนโลกจากกลุ่มดาวเทียมจำนวน 24 ดวงที่โคจรรอบโลก ดาวเทียมของระบบจีพีเอส จะไม่อยู่กับที่ แต่ละดวงจะโคจรรอบโลกทุกๆ 12 ชั่วโมง ทำให้ทุกพื้นที่มีดาวเทียมอยู่เหนือท้องฟ้าอย่างน้อย 4 ดวงตลอดเวลา ซึ่งการระบุพิกัดตำแหน่งบนโลกนั้น จีพีเอสจะต้องได้รับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง และหากรับสัญญาณดาวเทียม 4 ดวงจะสามารถบอกระดับความสูงได้ ดังนั้นยิ่งระบบจีพีเอสรับสัญญาณดาวเทียมมากเท่าใดความแม่นยำในการระบุตำแหน่งก็จะแม่นยำตามไปด้วย

2.1 ลองติจูดและละติจูด

การแบ่งเส้นละติจูดกับเส้นลองติจูดนั้นมีลักษณะการแบ่งดังนี้

2.1.1 เส้นลองติจูด

เส้นลองติจูดคือเส้นที่ลากจากขั้วโลกเหนือผ่านเมืองเกรนิช ประเทศอังกฤษมาตามพื้นผิวพิภพไปยังขั้วโลกใต้ ถือว่าเป็นเส้นสมมติศูนย์ (เส้น 0) โดยเส้นลองติจูดจะแบ่งไปทางทิศตะวันออก 180 เส้น และแบ่งไปทางทิศตะวันตก 180 เส้น และถือว่าเส้นที่ 180 ตะวันออกและตะวันตกถือว่าเป็นเส้นเดียวกัน

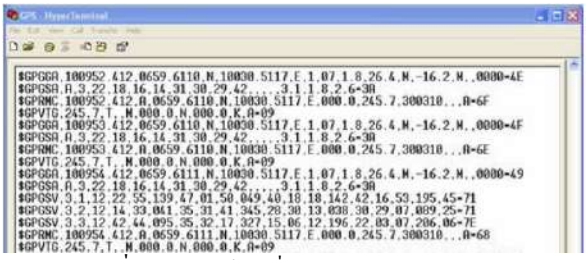
2.1.2 เส้นละติจูด

เส้นละติจูดคือเส้นที่แบ่งออกจากเส้นศูนย์สูตร (Equator) ไปทางทิศเหนือ และใต้ด้านละ 90 เส้น เป็นเส้นละติจูดเหนือและเส้นละติจูดใต้

2.2 การอ่านข้อมูลจีพีเอส

เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Module Receive) จะมีการส่งข้อมูลออกมาตลอดเวลาผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม โดยใช้มาตรฐานของ NEMA [2] ซึ่งข้อมูลประกอบด้วย PVT (Position Velocity Time) อยู่ในลักษณะประโยคข้อความรหัสแอสกี้ โดยแต่ละประโยคขึ้นต้นด้วย

เครื่องหมาย $ และแต่ละรายการขั้นด้วยเครื่องหมายคอมม่า (,) และตามด้วยข้อมูลต่างๆ โดยประโยคข้อมูลสำคัญที่สามารถนำมาใช้ในการระบุพิกัดตำแหน่งได้นั้นจะเป็นประโยคที่ขึ้นต้นด้วย $GPGGA , $SGPGSA , $GPRMC และ $GPVTG ดังตัวอย่างในรูปที่ 1



รูปที่ 1. ประโยคข้อมูลที่ส่งออกมาจากโมดูลจีพีเอส

ทั้งนี้ประโยคที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองติจูดคือประโยคข้อมูลที่ขึ้นต้นด้วย $GPGGA ซึ่งมีรูปแบบประโยคข้อมูลและความหมายดังตัวอย่างดังนี้ [3]

$GPGGA,095733.705,0659.6165,N,10030.5223,E,1,07,1.0,8.4,M,-16.2,M,0000*7D มีความหมายดังนี้

GGA ประเภทข้อมูลสำคัญ

095733.705 เวลา 09:57:33.705 UTC

0659.6165,N ละติจูด 06 องศาเหนือ 59.6165 ลิปดา

10030.5223,E ลองติจูด 100 องศาตะวันออก 30.5223 ลิปดา

1 = มีคุณภาพ 0 = ผิดพลาด

07 จำนวนของดาวเทียมที่ติดต่อ

1.0 ความเที่ยงตรงของตำแหน่งในแนวดิ่ง

8.4,M ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (เมตร)

-16.2,M ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล แบบ WGSS584 (เมตร)

*7D Check sum

2.3 การหาค่าลองติจูดและละติจูด

การหาค่าลองติจูดและละติจูดเพื่อระบุพิกัดตำแหน่งนั้นสามารถนำข้อมูลจากประโยคของ $GPGGA มาแปลงเป็นค่าพิกัดลองติจูดและละติจูดตามดังสมการ

$$\text{พิกัดละติจูด, ลองติจูด} = \text{องศา} + (\text{หน่วยลิปดา}/60) \quad (1)$$

เช่นหากได้รับข้อมูลเป็น

$GPGGA,100952.412,0712.0294,N,10036.1254,E,1,07,1.8,26.4,M,-16.2,M,,0000*4E

ละติจูด = 07 +(12.294/60)

= 07.200490 N

ลองติจูด = 100 + (36.1254/60)

= 100.602090E

ซึ่งสามารถนำค่าพิกัดละติจูดและลองติจูดนี้ไปป้อนค่าค้นหาตำแหน่งในเวปไซต์แผนที่ Google map เพื่อหาตำแหน่งดังกล่าวได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. ตำแหน่งบนเวปไซต์แผนที่ พิกัด 07.200490N,100.602090E

2.4 คำสั่งควบคุม AT-Command

ข้อความสั้น (Short Massage Service : SMS) เป็นบริการส่งข้อความสั้นๆความยาวไม่เกิน 160 ตัวอักษรผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งเมื่อส่งข้อความ SMS ออกไปแล้วผู้รับจะได้รับข้อความแน่นอนแม้ว่าหมายเลขเครื่องรับนั้นจะไม่อยู่ในพื้นที่บริการ ข้อความจะถูกเก็บไว้ส่วนกลางของระบบ เมื่อเครื่องรับเข้ามาอยู่ในพื้นที่บริการสัญญาณโทรศัพท์อีกครั้งระบบก็จะนำข้อความส่งให้กับผู้รับปลายทางทันที การควบคุมโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือโมดูล GSM/GPRS เกือบทุกรุ่นจะมีการรับคำสั่งมาตรฐาน AT-Command ผ่านทางพอร์ตสื่อสาร RS232 ซึ่งมีลักษณะเป็นรหัสแอสกี้ โดยใช้ตัวอักษร "AT" นำหน้าคำสั่งควบคุม โดยคำสั่งที่สำคัญในการรับส่งข้อความสั้นมีดังนี้

2.4.1 คำสั่งอ่านข้อความ

การอ่านข้อความจะใช้คำสั่ง AT+CMGR เช่นต้องการอ่านข้อความลำดับที่ 1 ก็ใช้คำสั่ง AT+CMGR=1 โดยหากสมมติมีการส่งข้อความเข้ามายังโมดูล GSM เป็น Hello 12345 และเมื่อใช้คำสั่ง AT+CMGR=1 จะมีข้อความแจ้งมายังพอร์ตสื่อสารอนุกรมดังนี้

AT+CMGR=1 <ent>

+CMGR:"REC

UNREAD",+66811234567",,"09/10/09,09:09:09+28"

Hello 12345

OK

2.4.2 คำสั่งส่งข้อความ

การส่งข้อความ SMS จะใช้คำสั่ง "AT+CMGS=+เบอร์ปลายทาง" โดยเบอร์ผู้รับจะต้องขึ้นด้วยรหัสประเทศเสมอทั้งนี้หากเป็นเบอร์ในประเทศไทยหมายเป็น 0865973419 จะกำหนดเบอร์ปลายทางเป็น +66865973419 หลังจากนั้นรอเครื่องหมาย">"เพื่อให้ป้อนข้อความที่ต้องการโดยมีลักษณะการใช้งานดังนี้

AT+CMGS=+66865973419<Ent>

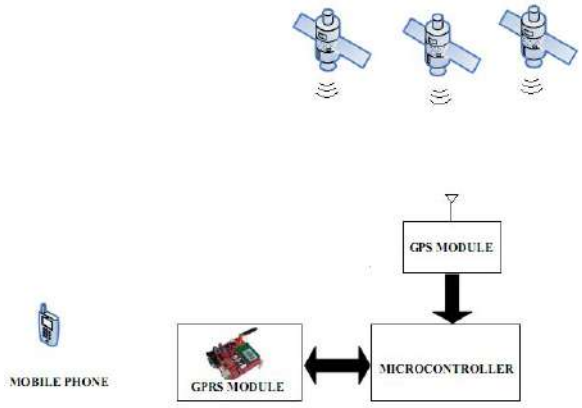
>***Hello This is send SMS test***<Ctrrl+Z><Ent>

+CMGS:1

OK

3. การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบแจ้งพิกัดตำแหน่งเริ่มจากโมดูล GPS จะทำการติดต่อกับดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวงเพื่อให้ได้ค่าพิกัดและส่งประโยคข้อมูลดังกล่าวให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์จะถอดรหัสข้อมูลเพื่อให้ได้ตำแหน่งละติจูดและลองติจูด ณ ตำแหน่งปัจจุบัน และเมื่อมีรหัสข้อความที่ตรงกับเงื่อนไข ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะนำค่าตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองติจูดส่งเป็นข้อความสั้น SMS ผ่านทางโมดูล GSM กลับไปให้กับหมายเลขโทรศัพท์ปลายทางที่ส่งรหัสข้อความเข้ามา โดยมีระบบการทำงานดังในรูปที่ 3



รูปที่ 3. ระบบแจ้งพิกัดตำแหน่ง

3.1 ชุดระบุพิกัดตำแหน่ง

ชุดระบุพิกัดตำแหน่งจะใช้จีพีเอสโมดูลรุ่น GT-710FD ซึ่งจะมีพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมส่งข้อมูลมาตรฐาน NEMA แจ้งเป็นประโยคข้อมูลพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก หรือพิกัดละติจูดและลองติจูด และข้อมูลต่างๆของดาวเทียมผ่านทางพอร์ตอนุกรม ซึ่งประโยคข้อมูลที่ส่งออกมาจะเป็นกลุ่มข้อมูลที่ขึ้นต้นด้วย $GPGGA , $SGPGSA , $GPRMC และ $GPVTG สลับไล่เรียงกันออกมาตลอดเวลา ซึ่งในระบบจะนำข้อมูลเหล่านี้ป้อนให้กับอินพุตพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

3.2 ชุดรับส่งข้อความสั้น

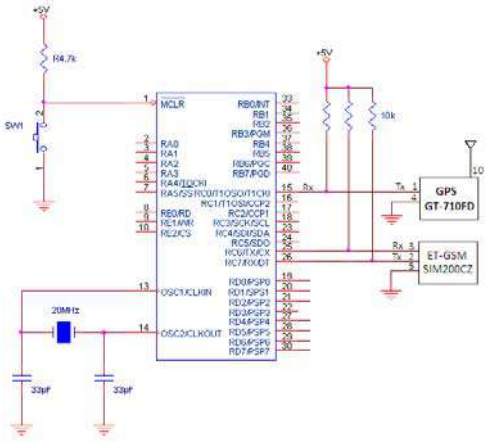
ชุดรับส่งข้อความสั้นนี้จะใช้โมดูล GSM/GPRS ของ ET-GSM SIM300CZ ซึ่งสามารถทำหน้าที่รับและส่งข้อความสั้นได้เทียบเท่ากับโทรศัพท์รุ่นที่สามารถเชื่อมต่อ GPRS ทั้งนี้การควบคุมสั่งการผ่านทางพอร์ตอนุกรมด้วยคำสั่งควบคุม AT Command โดยลักษณะโมดูล GSM ดังแสดงในรูปที่ 4



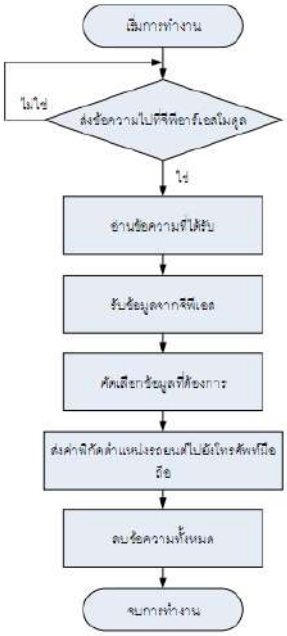
รูปที่ 4. โมดูล GSM/GPRS

3.3 ระบบควบคุม

การควบคุมระบบแจ้งพิกัดตำแหน่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 16F877 ทำหน้าที่ควบคุมระบบติดต่อสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรมกับโมดูล GPS และโมดูล GSM โดยใช้ขา RC0 รับข้อมูลจากโมดูล GPS และขา RC6 และ RC7 ซึ่งเป็นขาอินเตอร์รัปพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรอรับรหัสข้อความ เมื่อมีข้อความเข้ามาไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านข้อความด้วยคำสั่ง AT+CMGR แล้วนำข้อความมาเปรียบเทียบกับข้อความ "GetGPS" หากข้อความตรงกับรหัสข้อความดังกล่าว ก็จะนำประโยคข้อมูล $GPGGA ที่ได้จากโมดูล GPS มาแปลงเป็นตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองติจูด แล้วนำค่าตำแหน่งดังกล่าวส่งเป็นข้อความด้วยคำสั่ง AT+CMGS ไปยังหมายเลขผู้รับปลายทาง ซึ่งสามารถนำตำแหน่งพิกัดละติจูด และลองติจูดไปติดตามตำแหน่งของรถยนต์ต่อไป ทั้งนี้วงจรและขั้นตอนการทำงานมีลักษณะดังรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 5. วงจรระบบแจ้งพิกัดตำแหน่ง



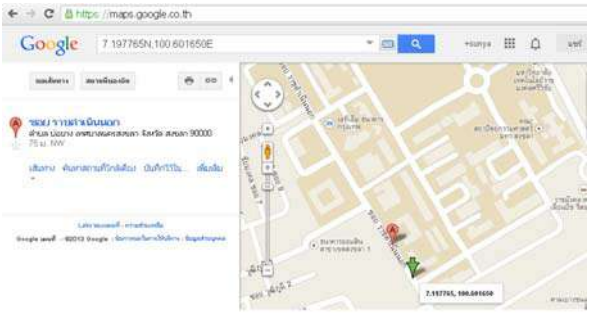
รูปที่ 6. ขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งพิกัดตำแหน่ง

4. การทดสอบการใช้งาน

การลองและทดสอบระบบจะติดตั้งไว้กับรถยนต์ในห้องโดยสาร และติดตั้งสายอากาศ (Antenna) ไว้ทางด้านกระจกหน้าด้านขวาของรถ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 12 โวลท์ของรถยนต์ ซึ่งในระบบจะมีตัวแปลงเป็นระดับแรงดันขนาด 5 โวลท์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูล GPS และ GSM และได้นำรถยนต์ไปจอดในตำแหน่งต่างๆ และทดสอบส่งรหัสข้อความ "GetGPS" จากเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วไป ไปยังหมายเลขโทรศัพท์ของระบบ หลังจากนั้นจะได้รับข้อความตอบกลับจากระบบ ซึ่งเป็นข้อความที่ระบุพิกัดละติจูดและลองติจูดของตำแหน่งรถยนต์ จากนั้นนำพิกัดดังกล่าวไปป้อนในโปรแกรมแผนที่ Google map ก็จะทำให้ทราบตำแหน่งของรถยนต์บนแผนที่ ดังรูปที่ 7 และ 8 ตามลำดับ



รูปที่ 7. การส่งรหัสข้อความและรับพิกัดตำแหน่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที



รูปที่ 8. ตำแหน่งของรถยนต์บนเวปไซต์แผนที่พิกัด 7.197765N,100.601650E

ทั้งนี้ในการทดสอบได้นำรถยนต์ไปจอดในตำแหน่งพื้นที่ต่างๆ เช่น ณ บริเวณจอดรถของวงเวียนสวนสองทะเลในตัวเมืองจังหวัดสงขลาก็จะได้พิกัดตำแหน่งละติจูด ลองติจูด คือ 7.226974N, 100.57765E เมื่อนำไปป้อนพิกัดค้นหาตำแหน่งในแผนที่เวปไซต์จะทราบตำแหน่งดังกล่าว และนอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนจากมุมมองแผนที่เป็นแผนที่ภาพจริงจากดาวเทียมดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9. ตำแหน่งพิกัดของรถยนต์ ณ พิกัด 7.226974N, 100.57765E ของแผนที่ภาพดาวเทียม

5. สรุป

ระบบแจ้งตำแหน่งพิกัดของรถยนต์นี้ สามารถแจ้งพิกัดละติจูดและลองติจูดด้วยข้อความสั้นได้ทุกพื้นที่ ที่มีสัญญาณบริการของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งในประเทศไทยนั้นผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละค่ายได้ขยายสัญญาณครอบคลุมทั่วประเทศแล้ว ทำให้สามารถใช้เป็นระบบติดตามตำแหน่งของรถยนต์ได้ครอบคลุมทั่วประเทศ ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการบริหารจัดการการขนส่ง หรือระบบโลจิสติกส์ ให้มีประสิทธิภาพสามารถแข่งขันกับการเปิดโลกเศรษฐกิจอาเซี่ยนที่จะมีขึ้นในอนาคต อีกทั้งสามารถพัฒนาไปประยุกต์ใช้ติดตามและสั่งหยุดการทำงานของเครื่องยนต์ในตำแหน่งที่เหมาะสมเมื่อรถถูกขโมยได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแผนที่เวปไซต์ Google map ที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือค้นหาและระบุตำแหน่ง และขอบคุณนักคิดค้นทั้งหลายที่ทำให้โลกนี้มีเทคโนโลยีใหม่ๆใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] P. K. Harshadbhai, “Designed of GPS and GSM based vehicle location and tracking system”, *IJSR*, vol. 2, no 3, pp.166-168, Jan. 2013.

[2] NMEA data _http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm.

[3] The NMEA 0183 Protocol, http://fort21.ru/download/NMEAdescription.pdf.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบหุ่นยนต์การจัดการคลังสินค้าที่มีการจำลองการเคลื่อนที่โดยอัลกอริทึม ORCA

Warehouse Management robot design with locomotion simulation by Optimal Reciprocal Collision Avoidance Algorithm: ORCA Algorithm

ธงไชย แซ่อุง, ศิริฉัตร์ ทองเหล็กเพชร, และ สุรางค์รัตน์ เชาว์โกกสูง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

E-mail: top_madman@hotmail.com[1], sirichat.thonglekpetch@gmail.com[2], surangrat@su.ac.th[3]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ นำเสนอการจำลองรูปแบบการจัดการกับคลังสินค้าโดยใช้หุ่นยนต์หลายตัวในการรับสินค้า จัดเก็บสินค้า และหยิบสินค้า หุ่นยนต์ทั้งหมดนั้นจะต้องเคลื่อนที่ไปตามจุดหมาย โดยขณะที่ทำงานหรือวิ่งอยู่นั้น หุ่นยนต์แต่ละตัวนั้นจะต้องเคลื่อนที่หลบหุ่นยนต์ตัวอื่นๆ ภายในเวลาเดียวกันด้วย ภายในขอบเขตพื้นที่การทำงาน บนพื้นที่ราบเรียบโล่งสำหรับหุ่นยนต์ จากจุดตำแหน่งที่หุ่นยนต์อยู่จุดหนึ่งไปยังจุดปลายทาง โดยเราใช้ อัลกอริทึม ORCA (Optimal Reciprocal Collision Avoidance) [1] ในการควบคุมหุ่นยนต์แต่ละตัว โดยอัลกอริทึม ORCA นี้ จะทำการสร้างเส้นทางที่ทำให้ไม่เกิดการชนกันของหุ่นแต่ละตัว ในการทดลองคณะผู้วิจัยจะสุ่มค่าตำแหน่ง ของเป้าหมายที่จะเก็บสินค้าและหยิบสินค้าวนซ้ำตามต้องการ เพื่อวิเคราะห์และสรุปผลการตอบสนองการทำงานของหุ่นยนต์ทั้งหมด และสามารถตรวจสอบยอดสินค้า อัพเดทข้อมูลบนเว็บไซต์ และทำการแจ้งเตือนเมื่อสินค้าในสต็อกหมดได้

Abstract

In this paper, we present a simulation of multiple-robot to manage product in warehouse, where multiple-robots need to avoid collision with each other while moving in a workspace. Optimal Reciprocal Collision Avoidance (ORCA)[1] Algorithm to create collision free path for each robot. In experiment we will assume a random start point and last point to analysis and conclusion response function of all robot also can check, update data on website and alert when there is no product in stock.

***Keywords*:** Multiple-robot, warehouse, ORCA, algorithm, collision avoidance

1. บทนำ

การที่หุ่นยนต์จำนวนมากจะสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างราบรื่นนั้น สิ่งที่สำคัญที่จะต้องมี คือ การจัดการที่ดีสำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แต่ละตัวเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการชนกันเอง ดังนั้นการศึกษาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อไม่ให้เกิดการชนกันนั้นนับว่าเป็นงานที่ควรจะศึกษาในการควบคุมหุ่นยนต์จำนวนมากให้ทำงานร่วมกันในพื้นที่ที่จำกัดนั้นเป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยาก และใช้บุคลากรจำนวนมากในการควบคุมหุ่นยนต์แต่ละตัวให้ทำงานตามที่ต้องการได้ เห็นได้จาก [2] หากใช้มนุษย์ในการคำนวณหาเส้นทางนั้นจะใช้เวลามากซึ่งอาจเกิดอุบัติเหตุได้ หรือการควบคุมที่ต้องใช้ความละเอียดอ่อนในการทำงาน [3] ซึ่งถ้าเกิดว่าใช้คนในการควบคุมนั้นก็อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้แต่ถ้าใช้ Algorithm ที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ในการสั่งการ ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นั้นก็จะสามารถลดความเสี่ยงที่จะเกิดความผิดพลาดในขั้นตอนของการทำงานได้ ดังนั้นจึงมีการนำเอา algorithm เข้ามาช่วยในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เหล่านั้นเพื่อไม่ให้หุ่นยนต์เหล่านั้นเกิดการชนกับสิ่งกีดขวางต่างๆ ซึ่ง algorithm นั้นจะเข้ามาช่วยในการจัดการกับการสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อไปยังจุดหมายที่กำหนดไว้โดยไม่มีการชนกันเกิดขึ้น

Reciprocal Collision Avoidance (RVO) [4, 5, 6] นั้นเป็น Algorithm ที่ใช้ในการป้องกันการชนกับสิ่งกีดขวางที่เคลื่อนที่อยู่ ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปใช้กับหุ่นยนต์หลายๆตัวพร้อมกัน (Multi-robot) เนื่องจากมีความสามารถในการประมวลผลวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ ซึ่งได้พัฒนามาจาก ORCA [1] ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่มากขึ้นอีกทั้งมีความสมบูรณ์และความเร็วในการประมวลผลที่มากขึ้นอีกด้วย

2. จุดประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อต้องการศึกษากระบวนการทำงานในการหลบสิ่งกีดขวางของ ORCA Algorithm ที่สามารถส่งผลให้หุ่นยนต์แต่ละตัวสามารถทำงานได้อย่างราบลื่นโดยที่ไม่มีการถ่ายโอนหรือเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกันอีกทั้งสามารถเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายตามที่ได้รับคำสั่งได้โดยไม่มีการชนกันเกิดขึ้น เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการจัดการทรัพยากรที่มีหุ่นยนต์หลายตัวเข้ามาเกี่ยวข้อง อีกทั้งยังสามารถใช้ร่วมกับเกมเพื่อสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ของ AI ได้อีกด้วย [7]

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

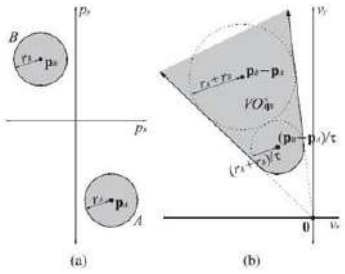
3.1 ในขั้นต้น

กรณีที่มีหุ่นยนต์อยู่ 2 ตัวนั้น เราจะกำหนดให้ทิศทางความเร็วที่ทำให้เกิดการชนกัน $VO^{\tau}_{A|B}$ (อ่านว่า ทิศทางความเร็วที่ทำให้ A ถูกชนโดย B ในช่วงเวลา τ) คือ ค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วทั้งหมดของ A ที่ขึ้นอยู่กับ B เพื่อแสดงให้เห็นถึง ผลลัพธ์ในการชนกับระว่าง A และ B ในแต่ละทิศทางการเคลื่อนที่ก่อนเวลา τ สามารถกำหนดเป็น $Let\ D(p,r)$ โดยมี p เป็นจุดศูนย์กลางและมี r เป็นรัศมี

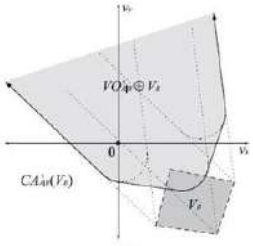
$$D(p,r) = \{q|\ ||q-p|| < r\} \tag{1}$$

ดังนั้น

$$VO^{\tau}_{A|B} = \{v|\exists t\ \in [0,\tau] :: tv \in D(p_B - p_A, r_A + r_B\} \tag{2}$$



รูปที่ 1. (a) ตำแหน่งของหุ่นยนต์ A และ B **(b)** สำหรับกรณีที่ $\tau = 2$ ทิศทางความเร็วที่ทำให้เกิดการชนกัน $VO^{\tau}_{A|B}$ (พื้นที่สีเทา) ทำให้เป็นรูปทรงเลขาคณิตโดยทำการตัดในส่วนปลายของโดนที่จุดกำเนิดโดยมีเส้นสัมผัสกับส่วนโค้ง $r_A + r_B$ ที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ $p_B - p_A$ ปริมาณการตัดนั้นขึ้นอยู่กับค่าของ τ โดยใช้ความโค้งของรัศมีแผ่นจานที่มีค่า $r_A + r_B/\tau$ เป็นจุดศูนย์กลางที่จุด $p_B - p_A/\tau$



รูปที่ 2. ชุดของทิศทางความเร็วที่ทำให้ไม่เกิดการชนกันของหุ่นยนต์ A $VO^{\tau}_{A|B}(V_B)$ กำหนดให้หุ่นยนต์ B นั้นเลือกค่าความเร็วจากพื้นที่ V_B (พื้นที่สีเทาเข้ม) ที่เกิดจาก ผลรวม Minkowski ระหว่าง $VO^{\tau}_{A|B}$ และ V_B (พื้นที่สีเทาอ่อน)

การตีความรูปทรงเลขาคณิตของ ทิศทางความเร็วที่ทำให้เกิดการชนกันนั้นถูกแสดงใน รูปที่ 1 (b) หมายเหตุ ค่า $VO^{\tau}_{A|B}$ และ $VO^{\tau}_{B|A}$ นั้นสมมาตรกันที่จุดเริ่มต้น กำหนดให้ v_A และ v_B เป็นความเร็วของหุ่นยนต์ A และ B ตามลำดับ คำนิยามของ ความเร็วที่ทำให้เกิดการชนกัน สามารถอธิบายได้ถ้า $v_A - v_B \in VO^{\tau}_{A|B}$, แล้วหุ่นยนต์ A และ B จะไม่เกิดการชนกัน ให้ X $\oplus$ Y คือ วิธีการรวมกันแบบ Minkowski ของเซต X และ Y ได้ว่า

$$\mathrm{X} \oplus \mathrm{Z} = \{x + y | x \in X, y \in Y\} \tag{3}$$

สำหรับค่าของ V_B ใดๆ ถ้า $v_B \in V_B$ และ$v_A \notin VO^{\tau}_{A|B} \oplus V_B$ แล้ว A และ B จะไม่เกิดการชนกัน ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนด ชุดของทิศทางความเร็วที่ทำให้ไม่เกิดการชนกันของหุ่นยนต์ A $CA^{\tau}_{A|B}(V_B)$ กำหนดให้หุ่นยนต์ B เลือกความเร็วจาก V_B (สามารถดูจากได้ รูปที่ *2*) จะได้

$$CA^{\tau}_{A|B}(V_B) = \{v|v \notin VO^{\tau}_{A|B} \oplus V_B\} \tag{4}$$

กล่าวได้ว่าความสัมพันธ์ของความเร็ว V_A และ V_B กับ การที่ A และ B จะไม่เกิดการชนกัน เกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ

ค่า $V_A \subseteq CA^{\tau}_{A|B}(V_B)$ และ $V_A \subseteq CA^{\tau}_{A|B}(V_B)$

ถ้า $V_A = CA^{\tau}_{A|B}(V_B)$ และ $V_A = CA^{\tau}_{A|B}(V_B)$

เราจะกล่าวได้ว่า V_A และ V_B มีความเข้ากันได้สูงสุด

3.2 Optimal reciprocal collision avoidance

ORCA เป็นวิธีการเลือกใช่ความเร็วที่เพียงพอต่อการเคลื่อนไหวการหลบในกลุ่มหุ่นยนต์หลายตัวในรูปแบบ multiple holonomic เพื่อหลีกเลี่ยงการชน ให้กลุ่มของหุ่นยนต์รูปแบบ n disk-shaped มีรัศมี r_i และความเร็ว $V_i \in R^2$ ที่ตำแหน่ง p_i ในระนาบ R^2แต่ละหุ่นยนต์จะพยายามไปให้ถึงเป้าหมาย g_i โดยจุดหมายจากการเลือกจะต้องการความเร็ว $V_i^{pref} \in R^2$ วัตถุประสงค์ของการเลือก V_i ที่ดีที่สุด มีความเป็นไปได้ที่จะอยู่ใกล้เคียง V_i^{Pref} อย่างเช่นการชนกันระหว่างหุ่นยนต์ที่มีการหลีกเลี่ยงมีขอบเขตเวลาอย่างน้อย τ

ในกรณีของหุ่นยนต์ holonomic เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $V_H \in R^2$ เป็นทิศทางความเร็วที่ทำให้เกิดการชนกันสำหรับ $i \in [1,n] \subset N$ ด้วย r_i ที่ p_i ที่เกิดจากหุ่นยนต์ $j\ \in [1,n], j \neq i$ ด้วย r_j ที่ p_j ถูกกำหนดเป็นชุดของความเร็วสัมพัทธ์ $\bar{V} = V_{Hi} - V_{Hj}$ ระหว่างหุ่นยนต์ i และ j

$$VO^{\tau}_{i|j} = \{\bar{V}|\exists t\ \in [0,\tau], t.\bar{V} \in D(p_j - p_i, r_i + r_j\} \tag{5}$$

ด้วย $D(p,r) = \{q|\ ||q-p|| < r\}$ วงกลมเปิดรัศมี r ของชุดความเร็วในการหลบการปะทะกัน $ORCA^{\tau}_{i|j}$ สำหรับของหุ่นยนต์ i และหุ่นยนต์ j ในรูปทรงเลขาคณิตที่สร้างขึ้นจาก $VO^{\tau}_{i|j}$ (ดูรูปที่ 1. ด้านซ้ายและศูนย์) ก่อนที่การเปลี่ยนแปลงขั้นต่ำ (ดูรูปที่ 1. ด้านซ้ายและตรงกลาง) และในครั้งแรกการเปลี่ยนแปลงขั้นต่ำ

$$u=\left(\underset{\bar{v}\in\partial vo^{\tau}_{i|j}}{\operatorname{argmin}} \|\bar{v}-(v_i^{opt}+v_j^{opt})\|\right)-\left(v_i^{opt}-v_j^{opt}\right), \tag{6}$$

โดยต้องเพิ่ม $\bar{V}$ เพื่อหลีกเลี่ยงการชนคำนวณด้วย $\bar{V}_i^{\text{opt}}$ เป็นประสิทธิภาพของความเร็วโดยการตั้งค่า $V_{Hi}^{current}$ ของหุ่นยนต์ แสดงรูปที่ 1. จากนั้น $ORCA_{i|j}^{\tau} = \{V_{Hi} | (V_{Hi} - (V_i^{opt} + cu)) \cdot n \geq 0\}$ ดังต่อไปนี้อธิบายไว้ใน [2] n หมายถึงขอบเขตภายนอกของ $VO_{i|j}^{\tau}$ ที่ $(v_i^{\text{opt}} - v_j^{\text{opt}}) + u$ และ c มีส่วนเกี่ยวข้องในการช่วยหลบหลีกการชนโดยค่า $c = \frac{1}{2}$ หมายความว่าหุ่นยนต์ทั้ง i และ j ช่วยกันหลบซึ่งกันและกัน ถ้า $c = 1$ หมายความว่าหุ่นยนต์ i จะทำการหลบ j โดยที่ j จะเคลื่อนที่ไปตามปรกติ ในทำนองเดียวกันทิศทางความเร็วที่ทำให้เกิดการชนกันของหุ่นยนต์ที่สามารถคำนวณได้กับสิ่งกีดขวางหยุดนิ่งต่อไปนี้ [2] ชุดความเร็วในการหลบของหุ่นยนต์ i ,$ORCA_{i|j}^{\tau}$ คือ

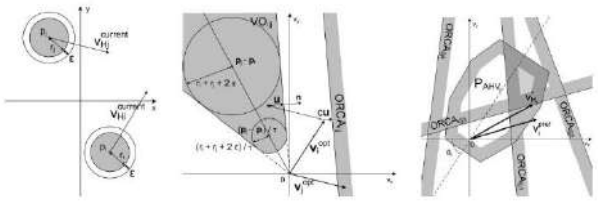
$$ORCA_i^{\tau} = S_{AHV_i} \cap_{j \neq i} ORCA_{i|j}^{\tau}, \tag{7}$$

ด้วย S_{AHV_i} ที่ได้รับอนุญาตชุดความเร็ว holonomic ภายใต้ข้อจำกัดกลศาสตร์ของหุ่นยนต์ i

สำหรับหุ่นยนต์ holonomic ที่มี $S_{AHV_i} = D(0, V_{Hi}^{Max})$

โดยรูปที่ 1 ด้านขวาแสดงให้เห็นถึงชุด $ORCA_i^{\tau}$ สำหรับการตั้งค่าหุ่นยนต์หลายตัว S_{AHV_i} เป็นค่าประมาณโดยเป็นรูปแบบหลายเหลี่ยม P_{AHV_i} เพื่อหุ่นยนต์แต่ละตัว สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$V_{Hi}^{*} = \underset{V_{Hi} \in ORCA_i^{\tau}}{\text{argmin}} ||V_{Hi} - V_i^{pref}|| \tag{8}$$



รูปที่ 3. ซ้าย: การกำหนดค่ากับสองหุ่นยนต์ที่ Non-holonomic กลาง: $VO_{i|j}^{\tau}$ และ $ORCA_i^{\tau}$ เพื่อหุ่นยนต์ที่ p_iด้วย $r_i + \varepsilon$ และ $V_{Hi}^{current}$ สร้างขึ้นโดยหุ่นยนต์ holonomic ที่ p_j ด้วย $r_j + \varepsilon$ และชุด $V_{Hj}^{current}$ ขวา:ข้อจำกัดความเร็วที่สร้างโดย $ORCA_{i|j}^{\tau}$ จากหุ่นยนต์หลายตัวร่วมกับชุด P_{AHV_i}คำนึงถึงกลศาสตร์ของหุ่นยนต์และพื้นที่เคลื่อนไหวหลบหลีกการปะทะ $ORCA_i^{\tau}$ คือส่วนที่ไฮไลต์แสดงเป็น V_{Hi}^{*}

3.3 NH-ORCA: Optimal reciprocal collision avoidance under non-holonomic constraints

ในแต่ละครั้งขั้นตอน NH-ORCA ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

ขั้นตอนแรก $VO_{i|j}^{\tau}$ และ $ORCA_{i|j}^{\tau}$ เป็นการคำนวณหุ่นยนต์ holonomic ของรัศมี $r_i + \varepsilon_i$,$r_j + \varepsilon_j$ ที่ p_i ,p_j ด้วยความเร็ว $V_{Hi}^{current}$,$V_{Hj}^{current}$

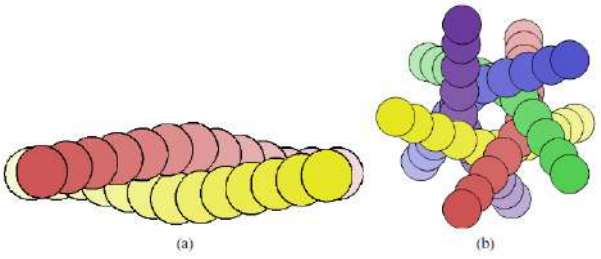
ขั้นตอนที่สอง S_{AHV_i} คำนวณเพื่อกำหนด ε_i และ T_i และประมาณค่าโดยรูปหลายเหลี่ยม P_{AHV_i}นอกจากนี้ $ORCA_i^{\tau}$ ถูกสร้างขึ้นด้วยส่วนที่อยู่ใกล้เคียงกับหุ่นยนต์และความเร็ว holonomic ที่ดีที่สุดจะถูกเลือกจากชุดความเร็วเคลื่อนไหวหลบหลีกการปะทะกันที่กำหนดโดยสมการ $ORCA_i^{\tau} = S_{AHV_i} \cap_{j \neq i} \text{ORCA}_{i|j}^{\tau}$, จึงต้องการความเร็วของหุ่นยนต์จะถูกนำมาพิจารณา นี้จะแสดงในรูปที่ 1 แสดงในสมการ $\varepsilon = \varepsilon_i = \varepsilon_j$ ขั้นตอนสุดท้ายเลือกความเร็ว holonomic กับแผนที่ที่สอดคล้องกับการควบคุมอินพุตซึ่งรับรองการเคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวางโดยรายละเอียดคำอธิบายขั้นตอนวิธีการที่ระบุไว้ในอัลกอริทึมที่ 1

NH-ORCA สามารถนำไปใช้ร่วมกับหุ่นยนต์กลุ่มต่างๆด้วยข้อจำกัดจลนศาสตร์ที่แตกต่างกันของค่าขนาด และค่าความผิดพลาดสูงสุดคือ ε_i และอยู่ในขอบเขตล่าง T_i

Algorithm 1 Non-Holonomic Reciprocal Collision Avoidance.

Require: Fixed ε_i and T_i. Group of differential-drive robots $i \in [1, n]$ provided with:
- Internal parameters:p_i, $v_{Hi}^{current}$, θ_i, v_i^{pref}, r_i, ε_i, T_i.
- External parameters (obtained from sensing or communication): p_i , $v_{Hi}^{current}$, $r_j + \varepsilon_j$with $i \neq j$.

1: Compute $P_{AHV_{i,o}}$from closed-form expression of $S_{AHV_{i,o}}$ and zero orientation
2: **Loop**
3: **for** $i \in \{1, \ldots, n\}$ do
4: Compute P_{AHV_i} by rotating $P_{AHV_{i,o}}$ to match orientation θ_i.
5: **for** $j \in \{1, \ldots, n\}$, $i \neq j$ do
6: Compute $VO_{i|j}^{\tau}$ for holonomic robots of radius $r_j + \varepsilon_j$ and $r_j + \varepsilon_j$ at p_i and p_j with $v_{Hi}^{current}$ and $v_{Hi}^{current}$
7: Compute $ORCA_{i|j}^{\tau}$
8: **end for**
9: Construct $ORCA_i^{\tau} = P_{AHV_i} \cap \cap_{i \neq j} ORCA_{i|j}^{\tau}$
10: Compute optimal collision-free holonomic velocity $v_{H_i}^{*}$
11: Map $v_{H_i}^{*}$ to (v_i, ω_i)
12: Apply controls.
13: **end for**
14: **end loop**



รูปที่ 4. แสดงร่องรอยการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในแบบจำลอง ซึ่งสีอ่อนนั้นคือจุดเริ่มต้นส่วนสีเข้มนั้นคือจุดล่าสุด

(a) ร่องรอยหุ่นยนต์ 2 ตัวเคลื่อนที่ผ่านกัน

(b) ร่องรอย ของหุ่นยนต์ 5 ตัวที่เคลื่อนที่ข้ามไปยังด้านตรงข้ามกัน

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้ 1. จำลองรูปแบบแผนที่ (Map) 2. ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 1 ตัว 3. ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์หลายตัว



รูปที่ 5. แสดงรูปแบบการจำลองแผนที่และลักษณะของจุดเก็บสิ่งของ

4.1 จำลองรูปแบบแผนที่ (Map)

สร้างแผนที่แสดงจุดต่างๆของสิ่งของในแผนที่A1-F5และแสดงจุดเก็บของเข้าในพื้นที่สีเขียวและเบิกของในพื้นที่สีส้ม

4.2 ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 1 ตัว

ในการทดสอบหุ่นยนต์ 1 ตัวเคลื่อนที่จากจุดเก็บของเข้าพื้นที่สีเขียวไปจัดเก็บในจุด A1-F5 แล้วหุ่นยนต์เคลื่อนที่กลับไปรอในพื้นที่สีเขียวในส่วนเบิกของการทดลองเหมือนกับจุดเก็บของ

4.3 ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์หลายตัว

ในการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์หลายตัว จะมีหุ่นยนต์ที่อยู่ในสถานะรออยู่ตำแหน่งจุดรับและส่งของเมื่อได้รับคำสั่งจะเคลื่อนที่ไปจุดสิ่งของถ้ามีเส้นทางการเคลื่อนที่มาชนกันจะทำการหลบกันระหว่างหุ่นยนต์

5. การทดลองและวิเคราะห์ผล

การทดลองและวิเคราะห์ผลของงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ หุ่นยนต์เคลื่อนไปจากจุดเริ่มไปยังจุดหมายและส่วนหุ่นยนต์หลายตัวเคลื่อนที่ไปยังจุดหมาย

5.1 หุ่นยนต์เคลื่อนไปจากจุดเริ่มไปยังจุดหมาย

วิธีการทดสอบประสิทธิภาพโดยให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่จากจุดเก็บของหรือจุดเบิกของแล้วเคลื่อนที่ไปยังจุดที่วิ่งของอยู่แล้วเก็บค่าเวลาของการเคลื่อนที่ในแต่ละจุดที่สิ่งของอยู่โดยเวลาที่ได้จะขึ้นอยู่กับระยะทางจากจุดที่หุ่นยนต์อยู่กับจุดที่สิ่งของอยู่

5.2 ส่วนหุ่นยนต์หลายตัวเคลื่อนที่ไปยังจุดหมาย

วิธีการทดสอบประสิทธิภาพโดยให้หุ่นยนต์ทั้งฝั่งเก็บของและเบิกของทำงานพร้อมกันแล้วเก็บค่าโอกาสการชนกันระหว่างหุ่นยนต์ 2 ตัวกับหุ่นยนต์ 4 ตัวพร้อมกับเวลาของการเก็บของและส่งของทั้งหุ่นยนต์ 2 ตัว กับหุ่นยนต์ 4 ตัว

6. สรุปผลการวิจัย

ในการทดลองของเรานั้นจะใช้วิธี จำลอง การทำงานของ อัลกอลิทึม โดยเราจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบการทำงาน กับ การนำไปจำลองจริง ซึ่งในส่วนของการทดสอบการทำงานนั้น เราจะแสดงการทำงานให้เห็น 2 รูปแบบคือ ส่วนแรกตามที่แสดงใน รูปที่ 4 (a) ได้แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งพร้อมกันของหุ่นยนต์ที่มีความลื่นไหลและไม่มีการชนกันเกิดขึ้น เมื่อหุ่นยนต์นั้นรู้ว่าใกล้จะชนกันเกิดขึ้นจะมีการเปลี่ยนทิศทางความเร็วเพื่อให้หลบสิ่งกีดขวางได้ ส่วนที่สองจาก รูปที่ 4 (b) จะเห็นได้ว่าหุ่นยนต์ทั้ง 5 ตัวนั้น ได้มีการเคลื่อนที่ข้ามยังด้านตรงกันข้ามเป็นวงกลมเพื่อป้องกันไม่ให้มีการชนกันเกิดขึ้น ในส่วนของการนำไปจำลองจริงนั้น เราจะจำลองการสุ่มตำแหน่งของจุดหมายให้หุ่นยนต์แต่ละตัวเพื่อเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายและกลับมารับคำสั่งเพื่อทำงานต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สุรางค์รัตน์ เชาว์โคกสูง ที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาและอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ให้แนวคิด ข้อเสนอแนะ ตลอดจนแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข้ข้อผิดพลาดต่างๆ จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

[1] J. van den Berg, S. J. Guy, M. Lin and D. Manocha, “Reciprocal n-body Collision Avoidance,” *Int. Symp. On Robotics Research*, 2009.

[2] J. Snape, S.J. Guy, D. Manocha, “Navigating Multiple Simple-Airplanes in 3D Workspace,” *Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom.*, 2010.

[3] S. Lahouar, S. Zeghloul and L. Romdhane, “Collision Free Path Planning for Multi-DoF Manipulators,” *Industrial Robotics: Theory, Modelling and Control, Sam Cubero (Ed.)*, 2006.

[4] J. van den Berg, M. C. Lin, D. Manocha, “Reciprocal Velocity Obstacles for real-time multiagent navigation,” *Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom.*, 1928–1935, 2008.

[5] P. Fiorini, Z. Shiller, “Motion planning in dynamic environments using velocity obstacles,” *Int. J. Robot. Res.*, 760–772, 1998.

[6] J. Alonso-Mora, A. Breitenmoser, M. Rufli, P. Beardsley, R. Siegwart, “Optimal Reciprocal Collision Avoidance for Multiple Non-Holonomic Robots,” *Proc. Int. Symp. On Distributed Autonomous Robotics Systems*, 2010.

[7] J. Snape, S. J. Guy, D. Vembar, A. Lake, M. C. Lin, D. Manocha, “Reciprocal Collision Avoidance and Navigation for Video Games,” *Intel® Developer Zone*, 2012.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การควบคุมการทรงตัวของพาหนะแบบสองล้อ

Self Balancing Control of a Two Wheeled Vehicle

พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร

ภาควิชาวิศวกรรมระบบวัดคุมและเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

E-mail: pisit@mut.ac.th

บทคัดย่อ

*บทความนี้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมสำหรับการควบคุมการทรงตัวของพาหนะแบบสองล้อ การควบคุมแบบคาสเคดถูกใช้เพื่อการควบคุมระบบ โดยลูปในเป็นการควบคุมความเร็วมอเตอร์และลูปนอกเป็นการควบคุมตำแหน่งเพื่อการควบคุมการทรงตัวของพาหนะ ตัวควบคุมทั้งสองถูกออกแบบด้วยวิธีการเส้นทางเดินรากและฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบได้จากการทำให้เป็นเชิงเส้นของสมการสถานะของระบบ วิธีการควบคุมถูกสร้างบนระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F407VG ซึ่งอยู่บนฐานของสถาปัตยกรรมแบบ 32 บิตของ **ARM Coretex™–M4** IMU เซนเซอร์ถูกใช้เพื่อวัดมุมเอียงของตัวพาหนะและอินครีเมนตอลเอนโคดเดอร์ 2 ตัวถูกใช้เพื่อวัดความเร็วมอเตอร์ของพาหนะ จากผลการทดสอบระบบสามารถควบคุมได้โดยมีค่ามุมเอียงของยานพาหนะที่สภาวะคงตัวไม่เกินกว่า 0.25 องศา*

Abstract

This paper presents controllers design for balancing control of a two wheeled vehicle. A cascade control is used to control the system, an inner loop is a motor speed control and the outer loop is a position control for controlling the balance of the vehicle. Both controllers are designed using the root locus method and a system transfer function is obtained from linearization of system state equations. The control algorithms are implemented on STM32F407VG microcontroller which is based on the 32 bit ARM Coretex™–M4 architecture. An IMU sensor is used to measure a tilt angle of the vehicle and two incremental encoders are used for sensing speed of motors of the vehicle. From the experimental results, the system can be controlled with the steady state tilt angle of the vehicle is not over than 0.25 degree.

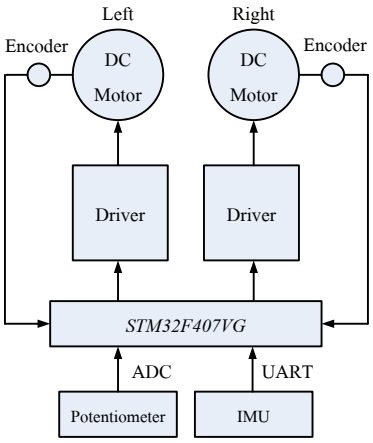
***Keywords*:** two wheeled vehicle, root locus method, cascade control

1. บทนำ

แม้ว่าพาหนะแบบสองล้อได้มีการวิจัยพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์มาเป็นเวลาหลายปีแล้วก็ตาม [1] แต่การสร้างต้นแบบเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาในการเรียนรู้วิธีการควบคุมก็ยังได้รับความนิยมและมีการทำวิจัยกันมากในช่วงเวลาที่ผ่านมา พาหนะแบบสองล้อเมื่อพิจารณาในแง่ของการใช้งานแล้วมีข้อดีคือมีขนาดเล็กเพราะมีเพียงสองล้อทำให้โครงสร้างโดยรวมเล็กลงเมื่อเทียบกับพาหนะที่มีสี่ล้อ อีกทั้งพาหนะแบบสองล้อมีความสามารถในการเลี้ยวในบริเวณแคบได้ทำให้มีความคล่องตัวในการใช้งานเหมาะกับพื้นที่บริเวณที่มีผู้คนเดินไปมาหรือพื้นที่ที่ไม่ได้กว้างขวางอย่างเช่น โกดังสินค้าหรือห้างสรรพสินค้าเป็นต้น ยานพาหนะแบบสองล้อในมุมมองของวิศวกรระบบควบคุมถือว่าเป็นระบบที่ไม่มีเสถียรภาพ ขณะทำงานจะต้องมีการควบคุมจึงจะสามารถทรงตัวได้และมีคุณลักษณะทางพลศาสตร์ของระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น [2] ดังนั้นการออกแบบตัวควบคุมจะมีความซับซ้อนพอสมควรในกรณีใช้ตัวควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น ในงานวิจัย [3] ได้มีการใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกทำงานร่วมกับตัวควบคุมแบบพีไอดีเพื่อการควบคุมการทรงตัวของยานพาหนะแบบสองล้อและในงานวิจัย [4] ก็ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและฟัซซีลอจิกทำงานร่วมกันเพื่อควบคุมการทรงตัวของยานพาหนะแบบสองล้อ อย่างไรก็ดีในบางงานวิจัยก็มีการออกแบบระบบควบคุมโดยทำให้สมการทางพลศาสตร์ของระบบพาหนะสองล้ออยู่ในรูปที่เป็นเชิงเส้นก่อนด้วยการประมาณให้มีจุดทำงานแคบๆ รอบบริเวณสภาวะที่กำหนด ทำให้สามารถใช้ทฤษฎีการควบคุมแบบเชิงเส้นเพื่อออกแบบตัวควบคุมการทรงตัวของพาหนะแบบสองล้อได้ อย่างเช่นงานวิจัย [5] ใช้วิธีการทำให้ระบบเป็นเชิงเส้นก่อนแล้วใช้วิธีการควบคุมแบบป้อนกลับสถานะในการควบคุมยานพาหนะแบบสองล้อ สำหรับบทความนี้จะใช้แนวทางของการประมาณค่าฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบด้วยสมการแบบเชิงเส้นและมีขอบเขตการทำงานช่วงแคบๆก่อนแล้วจึงนำฟังก์ชันถ่ายโอนที่ได้ไปทำการออกแบบตัวควบคุมเพื่อควบคุมการทรงตัวและการเคลื่อนที่ของพาหนะแบบสองล้อโดยการควบคุมจะเป็นแบบคาสเคดที่มีลูปการควบคุมสองลูปด้วยกัน

2. โครงสร้างระบบที่นำเสนอ

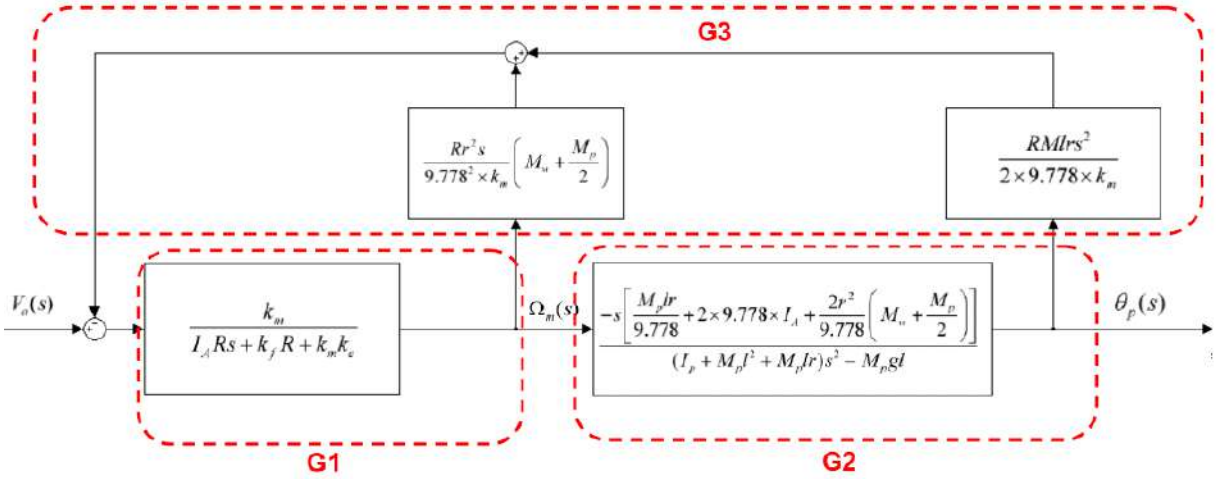
ระบบที่นำเสนอมีโครงสร้างฮาร์ดแวร์ดังในรูปที่ 1 ซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการขับเคลื่อน โดยมอเตอร์สองตัวจะถูกติดตั้งที่ล้อด้านซ้ายและล้อด้านขวาของตัวยานพาหนะ มอเตอร์ทั้งสองตัวมีเอนโคดเดอร์ติดตั้งอยู่เพื่อใช้ในการวัดค่าตำแหน่งของมอเตอร์และค่าตำแหน่งนี้ถูกนำไปใช้เพื่อคำนวณความเร็วรอบในการหมุนของแต่ละล้อว่ามีความเร็วเท่าใด โดยตัวประมวลผลจะเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ STM32F407VG ที่เป็นสถาปัตยกรรมแบบ ARM Cortex™-M4 สำหรับเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดค่ามุมเอียงของพาหนะแบบสองล้อจะใช้ IMU (Inertial Measurement Unit) ซึ่งให้ค่ามุมในทั้งสามแกนแต่ที่ใช้งานมีเพียง



รูปที่ 1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของระบบที่สร้างขึ้น



รูปที่ 2 ต้นแบบพาหนะแบบสองล้อที่สร้างขึ้น



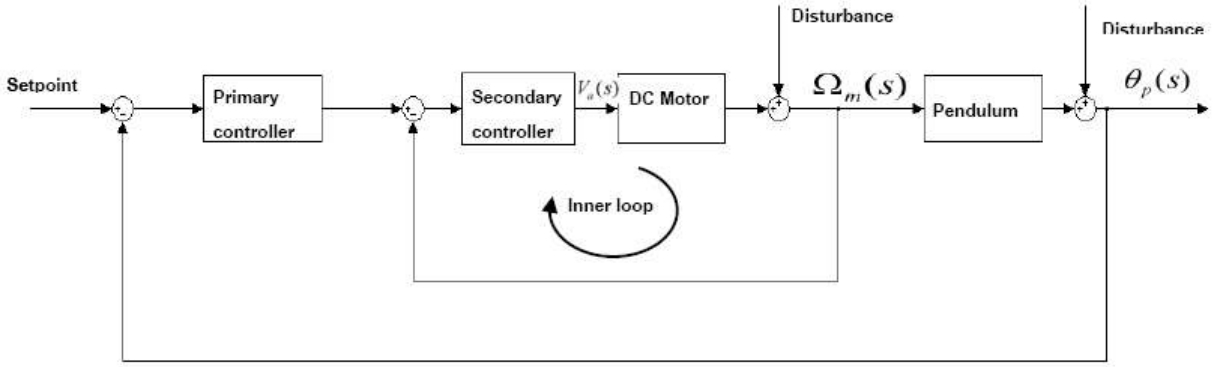
รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมของระบบโดยมีเอาต์พุตคือมุมของตัวรถเทียบกับแนวดิ่งที่ตั้งฉากกับพื้นและอินพุตคือแรงดันที่ป้อนให้มอเตอร์

$$\frac{\theta_P}{-\Omega(s)} = \frac{\left[\frac{M_p l_r}{9.778} + (2 \times 9.778 \times I_A) + \frac{2r^2}{9.778}\left(M_W + \frac{M_P}{2}\right)\right]s}{\left(I_P + M_p l^2 + M_p l_r\right)s^2 - M_p gl} \quad (1)$$

ค่ามุมในแนวแกนที่ตั้งฉากกับพื้นซึ่งบอกว่าตัวรถเอียงไปเป็นมุมเท่าใด ส่วนโพเทนชิโอมิเตอร์ถูกใช้เพื่อตรวจจับว่าผู้ขับขี่นั้นต้องการเลี้ยวตัวรถไปทางซ้ายหรือขวาโดยการโยกที่คันบังคับของตัวรถแล้วค่าความต้านทานของโพเทนชิโอมิเตอร์จะเปลี่ยนไปตามมุมของคันบังคับ ในรูปที่ 2 แสดงต้นแบบของพาหนะสองล้อที่สร้างขึ้น

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบและการควบคุม

งานวิจัย [6] ได้แสดงการเขียนสมการทางพลศาสตร์ของระบบพาหนะสองล้อโดยแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งสมการในส่วนความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ไฟฟ้าและแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ ส่วนที่สองเป็นแรงที่เกิดขึ้นที่ล้อทั้งสองของพาหนะและสามเป็นสมการส่วนของตัวรถซึ่งจะมีผลต่อแรงที่เกิดขึ้นที่ล้อของพาหนะ ซึ่งในงานวิจัย [6] ได้เขียนสมการอธิบายระบบในรูปแบบของสมการสถานะ อย่างไรก็ตามในบทความนี้ได้นำสมการดังกล่าวเขียนเป็นไดอะแกรมและยุบรวมบางส่วนให้ดูง่ายขึ้นดังรูปที่ 3 โดยในกรอบเส้นประ G1 และG2 คือฟังก์ชันถ่ายโอนของส่วนมอเตอร์และส่วนของอินเวอทเพนดูลัม(พื้นรถและคนเสมือนแท่งโลหะในลูกตุ้มกลับหัว) ส่วน G3 คือฟังก์ชันที่อธิบายถึงโหลดของมอเตอร์ที่ขึ้นกับความเร็วเชิงเส้นของยานพาหนะและความเร็วเชิงมุมของส่วนที่ถือว่าเป็นอินเวอทเพนดูลัม แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้ระบบดูง่ายขึ้นโดยให้เสมือนหนึ่งว่า G3 เป็นส่วนของสิ่งรบกวน ระบบดังนั้นผลของเทอมนี้แม้จะมีอยู่แต่จะถูกแก้ไขด้วยตัวควบคุมแบบป้อนกลับและผลที่ได้ก็คือทำให้ออกแบบตัวควบคุมได้ง่ายขึ้นและมีฟังก์ชันถ่ายโอนของมุมเอียงของตัวรถต่อความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ดังสมการที่ (1) โดยที่ I_A คือโมเมนต์ความเฉื่อยรวมของมอเตอร์และล้อ, k_f คือค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของมอเตอร์, k_m คือค่าคงที่แรงบิดของมอเตอร์, k_e คือค่าคงที่ของแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับของมอเตอร์, M_w คือมวลของล้อและโรเตอร์มอเตอร์, M_p คือมวลของตัวรถไม่รวมล้อ, r คือรัศมีของล้อ, l คือจุดศูนย์กลางมวลของตัวรถ, I_p คือโมเมนต์ความเฉื่อยของตัวรถและ g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก



รูปที่ 4 ไดอะแกรมการควบคุมพาหนะแบบสองล้อที่นำเสนอ

การหาค่าฟังก์ชันถ่ายโอนในส่วนของมอเตอร์จะหาด้วยการทดสอบระบบวงเปิดโดยการป้อนแรงดันให้มอเตอร์ที่ติดตั้งที่ตัวรถแล้ววัดค่าผลตอบสนองเพื่อประมาณค่าฟังก์ชันถ่ายโอน ซึ่งล้อด้านซ้ายและด้านขวาของตัวรถจะมีฟังก์ชันถ่ายโอนที่ต่างกันบ้างแต่ไม่มากนักโดยฟังก์ชันถ่ายโอนของมอเตอร์ล้อด้านซ้ายและล้อด้านขวาของพาหนะแบบสองล้อแสดงดังสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ ส่วนฟังก์ชันถ่ายโอนที่เป็นค่ามุมเอียงของตัวรถต่อความเร็วเชิงมุมในการหมุนของมอเตอร์แสดงดังสมการที่ (4)

$$\frac{\Omega(s)}{V_a(s)} = \frac{15.723}{0.098s+1} \tag{2}$$

$$\frac{\Omega(s)}{V_a(s)} = \frac{15.867}{0.095s+1} \tag{3}$$

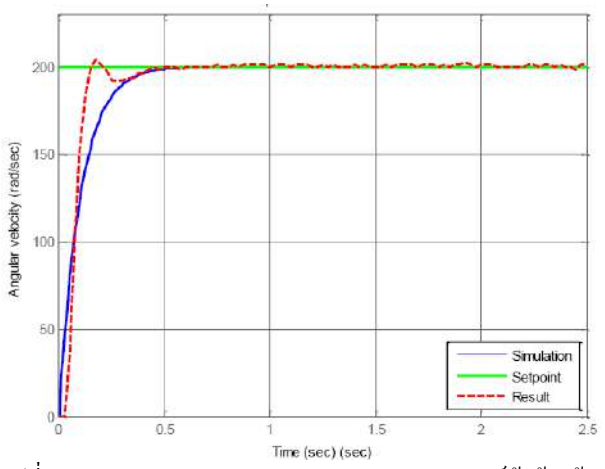
$$\frac{\theta_P}{-\Omega(s)} = \frac{0.05914s}{0.2446s^2 - 7.99} \tag{4}$$

$$G_{CL} = 0.0611 + \frac{0.625}{s} \tag{5}$$

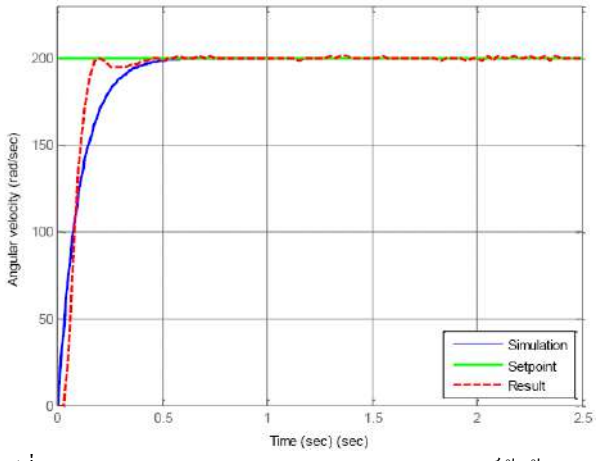
$$G_{CR} = 0.0567 + \frac{0.599}{s} \tag{6}$$

$$G_C = 22.06 + \frac{164.5}{s} \tag{7}$$

สำหรับวิธีการควบคุมในบทความจะเป็นการควบคุมแบบคาสเคดโดยลูปนอกเป็นการควบคุมความเอียงของตัวพาหนะและสัญญาณควบคุมที่ได้จากส่วนนี้ถูกใช้เป็นคำสั่งที่เป็นค่าความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์แต่ละตัว รูปที่ 4 เป็นบล็อกไดอะแกรมการควบคุมสำหรับพาหนะแบบสองล้อที่นำเสนอ จากฟังก์ชันถ่ายโอนสมการที่ (2)-(4) ถูกนำไปใช้ในการออกแบบตัวควบคุมด้วยวิธีเส้นทางเดินรากบนระนาบ s ซึ่งได้สมการตัวควบคุมความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ล้อซ้าย, ตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์ล้อขวาและตัวควบคุมความเอียงของตัวรถแสดงดังสมการที่ (5)-(7) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสมการที่ (5) – (7) จะต้องถูกนำไปแปลงและประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์โดยมีอัตราการสุ่มสัญญาณเพื่อคำนวณสัญญาณควบคุมอยู่ที่ 40 Hz หรือคาบเวลาในการสุ่มคือ 25 ms



รูปที่ 5 ผลการจำลองและผลทดสอบการควบคุมของมอเตอร์ล้อด้านซ้าย

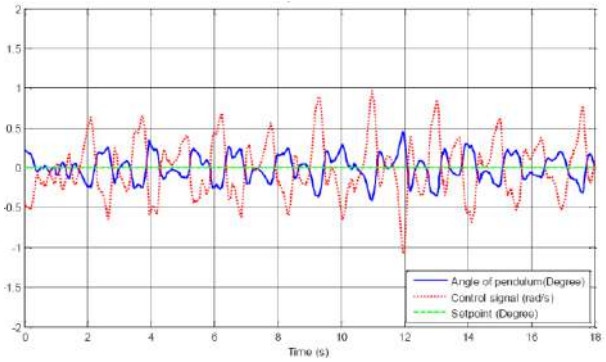


รูปที่ 6 ผลการจำลองและผลทดสอบการควบคุมของมอเตอร์ล้อด้านขวา

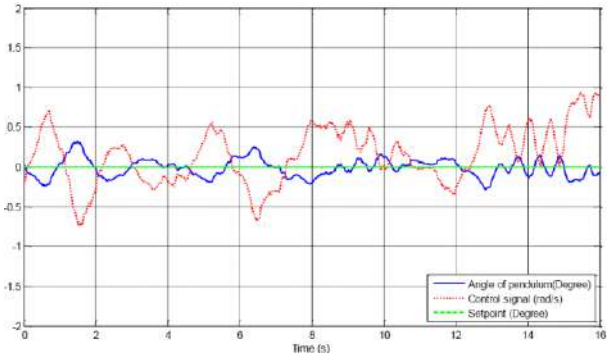
4. ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

4.1 การทดสอบลูปการควบคุมความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์

ก่อนอื่นจะทำการทดสอบการควบคุมความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ทั้งสองล้อก่อนโดยการวัดผลตอบสนองจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นตัวควบคุมนี้ส่งค่าความเร็วเชิงมุมที่วัดได้ผ่านช่องการสื่อสารแบบบลูทูธเพื่อบันทึกข้อมูลลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์และนำข้อมูลที่ได้นั้นมาแสดงผล ในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 เป็นผลการทดสอบการควบคุมความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ที่ล้อด้านซ้าย



รูปที่ 7 ผลการควบคุมพาหนะแบบสองล้อขณะไม่มีคนยืนบนตัวรถ



รูปที่ 8 ผลการควบคุมพาหนะแบบสองล้อขณะมีคนยืนบนตัวรถ

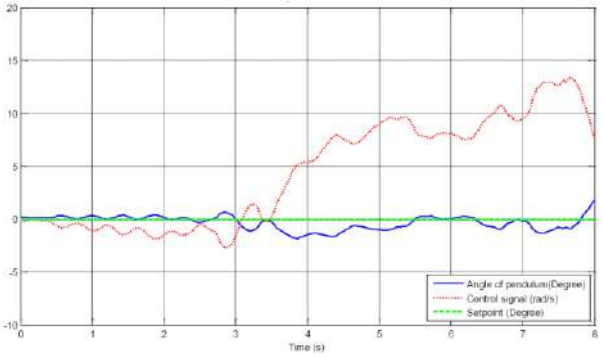
และมอเตอร์ที่ล้อด้านขวาเมื่อค่าคำสั่งความเร็วคือ 200 เรเดียน/วินาที นอกจากนั้นในรูปนี้ยังมีผลตอบสนองการควบคุมที่ได้จากการนำค่าฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบและตัวควบคุมที่ออกแบบไปทำการจำลองบนโปรแกรม MATLAB อีกด้วย ซึ่งจากทั้งรูปที่ 5 และรูปที่ 6 นั้น พบว่าแม้ผลตอบสนองจะแตกต่างกันอยู่บ้างระหว่างผลการควบคุมจริงที่เป็นเส้นประและผลการจำลองแต่ช่วงเวลาเข้าที่ (Settling time) นั้นถือได้ว่ามีค่าเท่ากันทั้งกรณีการจำลองและผลการควบคุมระบบจริง

4.2 ผลการควบคุมการทรงตัวของพาหนะแบบสองล้อ

หัวข้อนี้เป็นการทดสอบการทรงตัวของพาหนะแบบสองล้อโดยค่ามุมเอียงของตัวรถและค่าสัญญาณควบคุมของตัวควบคุมลูปนอกจะถูกส่งมาเก็บบันทึกที่คอมพิวเตอร์แล้วนำมาพล็อตกราฟในภายหลัง โดยสัญญาณควบคุมถูกลดขนาด 10 เท่าก่อนเพื่อดูในกราฟเดียวกันง่ายขึ้น ในรูปที่ 7 เป็นการทดสอบการควบคุมขณะที่ไม่มีคนอยู่บนตัวรถโดยจากกราฟผลตอบสนองพบว่าค่าผิดพลาดจะอยู่ในขอบเขตไม่เกิน 0.4 องศา (คำสั่งคือ 0 องศา) ส่วนรูปที่ 8 เป็นผลทดสอบขณะมีคนยืนบนตัวรถและรูปที่ 9 เป็นกรณีมีคนยืนและเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

5. สรุปผลการทดสอบระบบ

จากผลการทดสอบในเบื้องต้นพบว่าแนวคิดการนำระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นและไม่มีเสถียรภาพอย่างพาหนะแบบสองล้อมาทำให้เป็นเชิงเส้นก่อนแล้วจึงใช้ทฤษฎีการควบคุมแบบดั้งเดิมเพื่อออกแบบตัวควบคุม



รูปที่ 9 ผลการควบคุมพาหนะแบบสองล้อขณะมีคนขับและมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

ด้วยวิธีการเส้นทางเดินรากก็สามารถทำให้ผลการทำงานของระบบอยู่ในสภาวะที่มีเสถียรภาพได้โดยมีค่าผิดพลาดในการควบคุมการทรงตัวไม่เกิน 0.4 องศา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณวรุตม์ โพธิพันธุ์และคุณวรรณพรรธน์ รอดอภิวงษ์ กับการประกอบเครื่องต้นแบบและการเก็บผลการทดสอบระบบควบคุม

เอกสารอ้างอิง

[1] F. Grasser, et al., ”JOE: A Mobile, Inverted Pendulum”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 49, pp. 107-114, Feb. 2002.

[2] Mahler, B.; Haase, J., "Mathematical Model and Control Strategy of a Two-Wheeled Self-Balancing Robot," *Industrial Electronics Society, IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE* , vol., no., pp.4198,4203, 10-13 Nov. 2013

[3] Junfeng Wu; Wanying Zhang, "Design of fuzzy logic controller for two-wheeled self-balancing robot," *Strategic Technology (IFOST), 2011 6th International Forum on* , vol.2, no., pp.1266,1270, 22-24 Aug. 2011

[4] Xiaogang Ruan, Jianxian Cai and Jing Chen, "Learning to Control Two-Wheeled Self-Balancing Robot Using Reinforcement Learning Rules and Fuzzy Neural Networks," *Natural Computation, 2008. ICNC '08. Fourth International Conference on* , vol.4, no., pp.395,398, 18-20 Oct. 2008

[5] V. Kongratana, et al., ”Servo State Feedback Control of the Self Balancing Robot using MATLAB”, 1 2 th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), pp. 414-417, Oct. 2012.

[6] Rich Chi Ooi, Thomas Braunl and Jie Pan, ” Balancing a Two-Wheeled Autonomous Robot”, The University of Western Australia, School of Mechanical Engineering 2003

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การกระจายภาระงานในระบบมัลติเอเจนต์ด้วยหลักโครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุด

TASK ALLOCATION IN MULTI-AGENT SYSTEM WITH OPTIMAL COALITION STRUCTURE CONCEPT

พาณิชย์ สุดโคต[1], เบญจวรรณ อินทระ[2] และ ฉัตรตระกูล สมบัติธีระ[3]

[1, 2, 3]สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

E-mail: pon.ict@gmail.com[1], panglum_pp@hotmail.com[2], chattrakul@gmail.com[3]

บทคัดย่อ

ปัญหาของการจัดสรรภาระงานเข้าสู่กระบวนการทำงาน นั้นนับว่าเป็นปัญหาที่มีความสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง ฯลฯ และยังเป็นปัญหาที่ได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องในด้านการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ซึ่งบทความนี้ผู้วิจัยได้ทำศึกษาและพัฒนาอัลกอริทึมโดยใช้หลักการ Optimal Coalition Structure (OCS) เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาการจัดลำดับภาระงาน โดยการหาค่าระยะเวลาในการทำงานของกลุ่มภาระงานที่มีผลรวมของเวลาในการทำงานน้อยที่สุด โดยมีหลักในการจัดกลุ่มภาระงานซึ่งก่อเกิดกระบวนทำงานที่มีการประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

Abstract

Optimizing queues in dynamic environment has always been an important issue in real world processes. This research applies a concept of Optimal Coalition Structure in multi-agent system to solve such as problem. As a result, the average time for waiting in the queue is shorter.

***Keywords*:** Optimal Coalition Structure, Optimization Process, Simulating Process, Task Allocation

1. บทนำ

ปัจจุบันนับว่าปัญหาและอุปสรรคในการทำงานสำนักงานหรือปัญหาด้านการผลิตต่างๆนั้นมาจากหลายสาเหตุ แต่ปัจจัยที่สำคัญคือปัญหาด้านทรัพยากรมนุษย์ และปัญหาด้านทรัพยากรระบบงาน ผู้บริหารจะต้องศึกษาวิเคราะห์แต่ละปัญหาเพื่อหาทางปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้เกิดคุณภาพงานที่ดีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลบรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ขององค์กร

ซึ่งจากปัญหาและอุปสรรคของการจัดการกระบวนการทำงานและกระบวนการจัดสรรงานนั้น จะมีสิ่งที่เรียกว่ากระบวนการทำงานซึ่งในแต่ละองค์กรอาจมีความแตกต่างกันในรูปแบบต่างๆ แต่จะมีสิ่งที่เหมือนกันคือการไหลของงาน เช่น โรงงานอุตสาหกรรมมีกระบวนการวางแผนการผลิตและกระบวนการผลิตของตัวเอง ซึ่งในบางอุตสาหกรรมอาจจะยังไม่มีการจัดการกระบวนการที่ดี ส่งผลให้กระบวนการผลิตภายในล่าช้าและผลิตไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้อาจส่งผลกระทบในหลายๆด้านทั้งกับตัวโรงงานเองและประเทศอาจสูญเสียรายได้ในส่วนนี้ไป ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมจึงจำเป็นต้องมีการจัดการการวางแผนการผลิตและกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการผลิต

ซึ่งในงานวิจัยนี้เน้นในเรื่องการออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้ในการจัดสรรภาระงานโดยใช้หลักโครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุด Optimal Coalition Structure (OCS) และประยุกต์เอากระบวนการทำงานต่างๆมาวิเคราะห์เพื่อจำลองการไหลของภาระงาน เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและขีดความสามารถในการผลิต การขนส่ง ฯลฯ และยังสามารถประยุกต์ใช้กับการจำลองการไหลของภาระงานต่างๆได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอเจนต์

ในความหมายทางด้านคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ (Computer AI) เอเจนต์(Agent) หรือแปลไทยคำว่าตัวแทน คือ [1] ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการกระทำบางสิ่งบางอย่างได้อย่างอิสระได้ด้วยตัวเอง ในนามของเจ้าหรือผู้ใช้ ซึ่งเอเจนต์สามารถคิดวางแผนในการกระทำของตัวเองได้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามที่ได้รับมอบหมาย

2.2 ระบบมัลติเอเจนต์

ใน [2-4] ระบบมัลติเอเจนต์ หมายถึง ระบบที่ประกอบด้วยเอเจนต์จำนวนหนึ่ง ที่มีการปฏิสัมพันธ์ต่อกันและสามารถทำงานตามคำสั่งที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้บรรลุเป้าหมายหรือตอบโจทย์ของผู้ใช้งาน ลักษณะของเอเจนต์มีอยู่สามอย่าง 1. Cooperate คือ การทำงานร่วมกัน 2. Coordinate คือ การทำงานประสานกัน 3. Negotiate คือ การต่อรองกัน

2.3 ทฤษฎีเกม

ทฤษฎีเกม (Game theory) เป็นการศึกษา เพื่อทำความเข้าใจว่า ในระหว่าง Decision-makers จำนวนหนึ่ง ซึ่งการตัดสินใจจะมีผลกระทบต่อกัน ใครจะตัดสินใจอย่างไร แต่ละผลที่จะเกิดขึ้นเป็นอย่างไร ที่มาของของทฤษฎีเกมเกิดจากนักคณิตศาสตร์ จอห์น ฟอน นอยมันน์ (John von Neumann) เป็นนักคณิตศาสตร์ที่มีชื่อเสียงมาก เป็นคนที่คิด Agitate memory ที่อยู่ในคอมพิวเตอร์ในยุคปัจจุบัน ทฤษฎีเกมสามารถแบ่งออกได้เป็นสองอย่าง คือ Non-cooperative game คือ เกมที่มันไม่มีความร่วมมือ กติกากำหนดให้ผู้เล่นไม่สามารถพูดคุยกันได้ ติดต่อกันได้ คือต่างคนก็ต่างตัดสินใจไปแล้วก็ดูว่าจะเกิดผลอะไรขึ้นมาเท่านั้นเอง Cooperative

game คือ เกมที่ผู้เล่นมีความร่วมมือกัน ผู้เล่นสามารถที่จะพูดคุย แลกเปลี่ยนการตัดสินใจกันได้ หรือการเจรจาตกลงกันได้[5]

2.4 หลักการรวมกลุ่มที่ดีที่สุด

การรวมกลุ่ม (Coalition formation) เป็นหนึ่งในหัวข้อที่สำคัญของระบบมัลติเอเจนต์ซึ่งเป็นกระบวนการในการเอาแต่ละเอเจนต์มารวมกัน ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. Coalitions in Cooperative [1] รูปแบบโครงสร้างการรวมกลุ่ม สามารถเขียนได้โดยรูปแบบต่อไปนี้

$$\boldsymbol{N \text{ is a set of players}}$$
$$\boldsymbol{A \text{ coalition } S \text{ is a subset of } N}$$

N คือเซตของผู้เล่นซึ่งกลุ่ม S เป็นสับเซตของ N

$$\boldsymbol{CS = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}}$$
$$\boldsymbol{S_j \neq \emptyset, j = 1, 2, \dots, m}$$
$$\boldsymbol{S_i \cap Sj = \emptyset \, for \, all \, i \neq j}$$
$$\boldsymbol{S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_m = N}$$

โครงสร้างของการรวมกลุ่มกำหนดให้ CS คือ เซตของกลุ่ม S

2.5 OPTIMAL COALITION STRUCTURE(OCS)

Optimal Coalition Structure [1] คือ โครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุด โดยเขียนในรูปแบบดังต่อไปนี้อันดับแรกมีจำนวนของผู้เล่น (Agents) ซึ่งเขียนในรูปแบบของเซตได้ดังนี้ ตัวอย่างเช่น $N = \{1, 2, 3, 4\}$ หลังจากนั้นทำการหาโครงสร้างกลุ่มโดยใช้หลักของการแบ่งเซตเช่น $S = \{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4\}, \{2, 1\}, \{3, 1\}, \{3, 2\}, \{4, 1\}, \{4, 2\}, \{4, 3\}, \{3, 2, 1\}, \{4, 2, 1\}, \{4, 3, 1\}, \{4, 3, 2\}, \{4, 3, 2, 1\}\}$ จำนวนการเกิดกลุ่มคำนวนได้โดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ 2^n-1 ซึ่งในแต่ละโครงสร้างกลุ่มจะมีมูลค่าของกลุ่มโดยกำหนด $V(S)$ จากนั้นหาโครงสร้างการรวมกลุ่ม (Coalition Structure) โดย $CS = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_m\}$ ซึ่งโครงสร้างของการรวมกลุ่มกำหนดให้ CS คือเซตของกลุ่ม S และการหาโครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุดหาได้ดังนี้

$$\boldsymbol{V(CS) = \sum_{S \in CS} V(S)}$$
$$\boldsymbol{CS^* = argmin_{CS \in L} V(CS)}$$

ค่าของกลุ่มที่ดีที่สุดหาได้จากผลรวมของกลุ่มที่มีค่าน้อยที่สุด ตามอ-กรูเมนต์ที่กำหนดขึ้นมาหรืออาจจะเป็นค่ามากทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการและการนำไปใช้

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

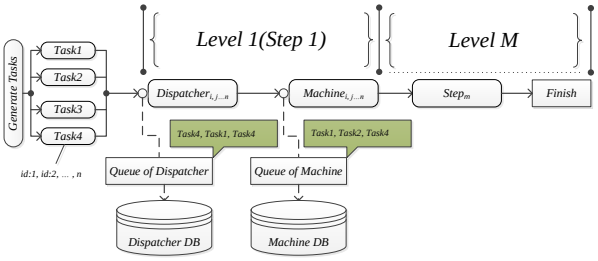
Sen et. al. [6] ได้เสนออัลกอริทึมในการค้นหาโดยอยู่บนพื้นฐานของเจนเนอร์ติคอัลกอริทึม (Oder-Based Genetic Algorithm (OBGA)) และยังได้ประยุกต์เอาหลักโครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุดที่อยู่ในลักษณะของฟังก์ชันเกมส์ (Optimal Coalition Structure in Characteristic Function Games (CFGs)) [7, 8] มาใช้ในการค้นหาและได้จำลองภาระงานขึ้นมาโดยจำลองให้เห็นถึงการจัดสรรภาระงาน โดยใช้หลักทฤษฎีคิว

Sandholm et. al. [7] ได้เสนอถึงการเจนเนอร์เรทโครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุด โดยได้เน้นในเรื่องของการค้นหาโครงสร้างของกลุ่มที่ดีที่สุดในกลุ่มที่มีขนาดใหญ่ ได้ค้นหาโครงสร้างที่ดีที่สุดได้อย่างรวดเร็ว โดยได้วางการทำงานไว้ 3 ขั้นตอน ลำดับที่ 1 ทำการหาขนาดของโครงสร้างของกลุ่มที่เกิดขึ้น ลำดับที่ 2 ทำการหาค่าของโครงสร้างกลุ่มที่ดีที่สุดในแต่ละโครงสร้าง และลำดับที่ 3 หารค่าของกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาในการเจนเนอร์เรทกลุ่มในหมู่เอเจนต์ ได้บอกถึงการค้นหาโครงสร้างกลุ่มกรณีที่แย่ที่สุดในการค้นหากลุ่มทั้งขอบบนและขอบล่างของการค้นหา

4. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ โมเดลปัญหาและการพัฒนาอัลกอริทึม และการทดสอบและวัดประสิทธิภาพ

4.1 โมเดลปัญหาและการพัฒนาอัลกอริทึม



รูปที่ 1 โครงสร้างการไหลของภาระงาน

จากรูปที่ 1 โครงสร้างการไหลของภาระงาน จะจำลองการไหลของภาระงานจากเริ่มต้นจนจบกระบวนการเริ่มต้นการสร้างข้อมูลภาระงานชนิดต่างๆ งานแต่ละชนิดจะประกอบด้วยชิ้นงาน (id ของภาระงาน) จากนั้นงานจะถูกนำเข้าสู่ตัวกระจายภาระงานเพื่อคำนวณหาค่าเวลาของคิวในเครื่องจักรที่น้อยที่สุดในตัวกระจายภาระงานจะมีฐานข้อมูลเพื่อเก็บบันทึกค่าเวลา ชนิดงาน ชิ้นงาน เป็นต้น เมื่อได้ค่าของเวลาของคิวที่ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุดแล้วภาระงานจะถูกนำเข้าสู่คิวของเครื่องจักรนั้นเช่นเดียวกันเครื่องจักรที่ประจำอยู่ และเมื่อภาระงานทำงานในเครื่องจักรจนเสร็จเรียบร้อยแล้วงานจะถูกนำเข้าสู่สถานะรอจ่ายงานและรอเข้าสู่แผนกต่อๆไป

จากตาราง 1 เขียนในรูปแบบเซตดังต่อไปนี้ $T = \{ t_1, t_2, \dots, t_o \}$ แทนเซตชนิดของงานที่เข้ามาทำงานในกระบวนการต่างๆที่อยู่ในระบบ $D = \{ d_1, d_2, \dots, d_m \}$ แทนเซตของตัวกระจายซึ่งตัวกระจายมีหน้าที่นำงานที่ถูกนำเข้ามาในตัวกระจายต่างๆที่อยู่ในแต่ละแผนกมีหน้าที่ตัดสินใจว่าจะนำงานเข้าไปที่คิวใด $M = \{ m_1, m_2, \dots, m_i \}$ แทนเซตของแผนกและ $N = \{ n_1, n_2, \dots, n_j \}$ แทนเซตของเครื่องจักรที่ประจำอยู่แต่ละแผนก ซึ่งในภาพรวมของระบบงานนั้นเขียนได้ในรูปแบบดังต่อไปนี้

$$\begin{matrix} a_{1,1} + & a_{1,2} + \cdots & a_{1,n} \\ a_{2,1} + & a_{2,2} + \cdots & a_{2,n} \\ & \vdots & \vdots, \\ a_{m,1} + & a_{m,2} + \cdots & a_{m,n} \end{matrix}$$

โดยที่

$$a_{i,j}; \begin{matrix} 1 \leq i \leq m \\ 1 \leq j \leq n \end{matrix}$$

โมเดลที่ 1 โมเดลเอเจนต์

จากโมเดลที่ 1 โมเดลเอเจนต์ ต่างๆข้างต้นนั้นเขียนในรูปแบบตัวแปล $a_{i,j}$ จะแทนเอเจนต์ในแผนกต่างๆ เช่น $a_{1,1}$ นั้นก็คือเอเจนต์ที่ 1 ของแผนกที่ 1, $a_{2,2}$ นั้นก็คือเอเจนต์ที่ 2 ของแผนกที่ 2 เป็นต้น และโมเดลของเอเจนต์พบว่าในแผนกต่างๆนั้นจะมีคนที่ทำหน้าที่นำภาระงานเข้ามาทำในเครื่องจักรเป็นคนคอยควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและรับภาระงานเข้า หรือส่งออกภาระงานต่างๆ

$$\begin{matrix} q_{1,1} + & q_{1,2} + \cdots & q_{1,n} \\ q_{2,1} + & q_{2,2} + \cdots & q_{2,n} \\ & \vdots & \vdots, \\ q_{m,1} + & q_{m,2} + \cdots & q_{m,n} \end{matrix}$$

โดยที่

$$q_{i,j}; \begin{cases} 1 \le i \le m \\ 1 \le j \le n \end{cases}$$

โมเดลที่ 2 โมเดลคิวของภาระงาน

จากโมเดลที่ 2 โมเดลคิวของภาระงาน ในเครื่องจักรในคิว $q_{i,j}$ นั้นจะมีภาระงานที่รอการเข้าทำงานในเครื่องจักรอยู่และใน $q_{i,j}$ จะมีภาระงานที่อยู่ในคิวต่างๆ ซึ่งกำหนดไว้เป็น p แสดงส่วนประกอบดังโมเดล 3 โมเดลคิวของเครื่องจักร

$$|q_{i,j}| = |p_{t_k,id}|; \in m_{i,j}$$

โมเดลที่ 3 โมเดลคิวของเครื่องจักร

จากโมเดลที่ 3 จะเห็นว่า $q_{i,j}$ จะประกอบด้วยเซตของ P และ id ดังตัวอย่างโมเดลที่ 4

$$|q_{2,1}| = |(p_{t_4,2}), (p_{t_1,5}), \dots, (p_{t_k,x})|; \in m_{2,1}$$

โมเดลที่ 4 ตัวอย่างโมเดลคิวของเครื่องจักร

จากโมเดลที่ 4 แสดงภาระงานที่อยู่ใน $q_{2,1}$ ซึ่งจะประกอบด้วยภาระงานต่างๆ มีชนิดและไอดีเป็นตัวกำหนดระยะเวลาเฉลี่ยในการเข้าทำงานในเครื่องจักร โดยจะสัมพันธ์กับฟังก์ชัน $f_{(M,T)}$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ทำหน้าที่บอกเวลาเฉลี่ยของเครื่องจักรสามารถทำงานกับงานชนิดต่างๆ

$$d_1 \; + \; d_2 \; + \; \dots \; d_m$$

โมเดลที่ 5 โมเดลของตัวกระจายภาระงาน

จากโมเดลที่ 5 โมเดลตัวกระจายภาระงาน จะประจำอยู่ในแต่แผนก ซึ่งแต่ละแผนกนั้นจะมีจำนวน 1 เครื่องเท่านั้น ซึ่งมีหน้าที่รับภาระงานเข้ามาและตรวจสอบหาค่าผลรวมของเวลาในคิวต่างๆของเครื่องจักรที่อยู่ในแผนกนั้นๆ เพื่อนำภาระงานที่เข้ามาใหม่กระจายไปสู่คิวที่มีค่าผลรวมเวลาในกระทำงานน้อยที่สุดตามค่า *CS*argmin*

ในภาพรวมของระบบโมเดลข้างต้นจะมีค่าของเวลาที่ใช้ในการทำงานร่วมกันกับเครื่องจักรที่อยู่ในแต่ละแผนกซึ่งเมื่อมีงานที่ถูกนำเข้ามาสู่ตัวกระจายแล้ว ตัวกระจายจะทำการตัดสินใจว่าควรนำเอาภาระงานเข้าไปที่เครื่องจักรไหน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีฟังก์ชันที่ทำการคำนวนค่าเวลาของคิวที่อยู่ในแต่ละแผนก สามารถเขียนในรูปแบบของการรวมกลุ่มซึ่งจะเอาค่าของเวลาที่ใช้ในการทำงานร่วมกับเครื่องจักรโดยกำหนดให้ $V(\tau(q_{i,j}))$ ซึ่งเป็นค่าของเวลาที่อย่ในคิว $q_{i,j}$ จะได้ค่าตามที่กำหนดไว้ตั้งแต่ต้นคือ *CS*argmin* คือค่าของกลุ่มที่ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด ดังนั้นภาระงานที่ถูกนำเข้ามานั้นตัวกระจายจะนำภาระงานนั้นส่งเข้าสู่คิวของเครื่องจักรที่ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด สามารถคำนวณได้จากสมการ 1 และ 2 สมการคำนวณหาค่าของโครงสร้างภาระงานที่ดีที่สุด

$$\tau(q_{i,j}) = \sum_{p_{t_k,id} \in q_{i,j}} p_{t_k,id} \qquad 1$$

$$\begin{aligned} CS &= q_{i,j} \\ V_{cs} &= \tau(q_{i,j}) = \sum_{p_{t_k,id} \in q_{i,j}} p_{t_k,id} \\ CS^* &= argmin\, \tau(q_{i,j}) \end{aligned} \qquad 2$$

ตารางที่ 1. ตารางอธิบายตัวแปร

ตัวแปร	คำอธิบาย
$\|T\|$	*เซตชนิดของภาระงานที่จะนำเข้ามาทำงาน โดยที่* $t_{1,\dots,o}; 1 \le k \le o$
D	*เซตของตัวกระจายภาระงานเข้าสู่เครื่องจักรต่างๆซึ่งมีประจำอยู่แต่ละแผนก*
M	*เซตของขั้นตอน (Step) คือ จำนวนแผนกทั้งหมด โดยที่* $1, \dots, m; i$
N	*เซตของเครื่องจักรทั้งหมดที่อยู่ในแผนกนั้นๆ โดยที่* $1, \dots, n; j$
$f(M,T)$	*ฟังก์ชันที่ทำหน้าที่บอกเวลาเฉลี่ยของเครื่องจักรสามารถทำงานกับงานชนิดต่างๆ*
$\|D\|$	*จำนวนของตัวกระจายที่อยู่ในแต่ละแผนก*
$\|M\|$	*จำนวนของแผนก*
$\|N\|$	*จำนวนของเครื่องจักรที่ประจำอยู่ในแต่แผนก*
P	*ภาระงานที่รอเข้าทำงานในเครื่องจักร*
$\|a_{i,j}\|$	*เอเจนต์ที่ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรรับส่งภาระงาน*
$\|q_{i,j}\|$	*คิวของงานที่อยู่เครื่องจักร* i, j
$\tau(q_{i,j})$	*ฟังก์ชันหาค่าเวลาจากคิวของเครื่องจักร*
CS	*โครงสร้างการรวมกลุ่ม โดยแบ่งตามชนิดของงาน*
$V(CS)$	*ค่าของโครงสร้างกลุ่ม*
CS^*	*โครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุด*
$argmin$	*กำหนดค่าผลรวมที่ได้จาก CS* คือค่าน้อยที่สุด*

4.2 ทดสอบและวัดประสิทธิภาพ

4.2.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบและการตั้งค่า

การทดสอบได้ทำการกำหนดค่าของการตั้งค่าในการทดลองผู้วิจัยได้จำลองข้อมูลของแผนก (m) จำนวน 5 แผนก เครื่องจักร (n) ที่อยู่ในแต่ละแผนกจำนวน 7 เครื่อง จำนวนชนิดงาน 15 ชนิด ตัวอย่างในตารางที่ 2 ออกแบบการทดสอบ

ตารางที่ 2. ออกแบบการทดสอบ

ตัวแปร	*กำหนดค่า*	*คำอธิบาย*
$\|T\|$	*15*	*กำหนดให้ชนิดของงาน*
D	*5*	*กำหนดให้ตัวกระจายมี 5 เครื่อง*
M	*5*	*กำหนดให้แผนกมี 5 แผนก*
N	*7*	*กำหนดให้เครื่องจักรที่อยู่ในแต่ละแผนกมี 7 เครื่อง*

4.2.2 การทดสอบทางด้านสถิติเพื่อวัดประสิทธิภาพ

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หาค่าความเร็วเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการประมวลผลกับภาระงานชนิดต่างๆของอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้น และหาค่าความเร็วเฉลี่ยของภาระงานแต่ละชนิดที่จัดสรรเข้าในแต่ละแผนก

5. ผลการวิจัยและการอภิปราย

ในงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาอัลกอริทึมในการจัดสรรภาระงานโดยใช้หลักโครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุด และทำการทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นทั้งในแง่ของความเร็วปริมาณ และในด้านการจัดตำแหน่งของของภาระงานที่เหมาะสมที่สุด

5.1 ค่าความเร็วเฉลี่ยของภาระงานแต่ละชนิดที่จัดสรรเข้าในแต่ละแผนก

ตารางที่ 3. ผลการทดสอบการจัดสรรภาระงานเข้าสู่แผนกต่างๆคิดเป็นค่าความเร็วเฉลี่ย

ชนิดของภาระงาน	จำนวนภาระงาน	ผลรวมของภาระงานทั้งหมด (Process Log)	ผลรวมของภาระงาน	ค่าเฉลี่ยความเร็ว (Sec)
1	20	404	100	4.04
2	25	506	125	4.048
3	15	298	75	3.9733
4	35	679	175	3.88
5	61	1195	305	3.918

6	55	1080	275	3.9273
7	150	2923	750	3.8973
8	200	3979	1000	3.979
9	31	652	155	4.2065
10	99	1910	495	3.8586
11	56	1080	280	3.8571
12	99	1922	495	3.8828
13	96	1859	480	3.8729
14	50	967	250	3.868
15	201	3957	1005	3.9373
AVG				3.943073333

5.2 ค่าเฉลี่ยความเร็วของเครื่องจักรที่ประจำอยู่ในแต่ละแผนก

ตารางที่ 4. ค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรในแผนกที่ 1

แผนก	เครื่องจักร	ค่าเฉลี่ย
แผนกที่ 1	0	3.76
	1	3.59
	2	3.31
	3	3.30
	4	3.48
	5	3.78
	6	3.59
SUM		24.82
AVG		3.55

ตารางที่ 5. ค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรในแผนกที่ 2

แผนก	เครื่องจักร	ค่าเฉลี่ย
แผนกที่ 2	0	4.59
	1	4.75
	2	4.41
	3	4.50
	4	4.57
	5	4.70
	6	4.49
SUM		32.01
AVG		4.57

ตารางที่ 6. ค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรในแผนกที่ 3

แผนก	เครื่องจักร	ค่าเฉลี่ย
แผนกที่ 3	0	3.06
	1	3.05
	2	3.09
	3	3.32
	4	2.95
	5	2.96
	6	2.79
SUM		21.22
AVG		3.03

ตารางที่ 7. ค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรในแผนกที่ 4

แผนก	เครื่องจักร	ค่าเฉลี่ย
แผนกที่ 4	0	4.17
	1	3.87
	2	4.16
	3	4.00
	4	3.99
	5	4.27
	6	3.74
SUM		28.20
AVG		4.03

ตารางที่ 8. ค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรในแผนกที่ 5

แผนก	เครื่องจักร	ค่าเฉลี่ย
แผนกที่ 5	0	3.21
	1	3.50
	2	6.43
	3	5.94
	4	5.77
	5	3.03
	6	5.21
SUM		33.08
AVG		4.73

7. สรุปผล

จากการที่ผู้วิจัยได้ทาการศึกษาและพัฒนาอัลกอริทึมโดยยึดเอาหลัก OCS มาใช้ในการแก้ไขปัญหาการจัดสรรภาระงานเข้าสู่กระบวนการทางาน ได้มีการหาโซลูชั่นที่ดีที่สุดจนถึงโซลูชั่นแย่ที่สุดที่เกิดขึ้นในการกระจายภาระงาน เพื่อที่จะทาให้ใช้เวลาได้อย่างคุ้มค่าที่สุด ทาให้เกิดการจัดสรรภาระงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อการดาเนินกระบวนการ และในอานาคตผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นกับผู้วิจัยท่านอื่น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ทุนและเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Mark D'Inverno, Michael Luck. Understanding Agent Systems. 1 ed: Springer-Verlag 2001.

[2] Yoav Shoham, Kevin Leyton-Brown. Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations - Chapter 2 INTELLIGENT AGENTS: Cambridge University Press 2008.

[3] Mark d'Inverno, Luck M. Understanding Agent Systems: Springer-Verlag 2001.

[4] Rafael H. Bordini, Jomi Fred Hübner, Michael Wooldridge. Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak using Jason. 1 ed: Wiley-Interscience 2007.

[5] Philip D. Straffin. Game Theory and Strategy: The Mathematical Association of America 1993.

[6] S. Sen, and P. S. Dutta, "Searching for optimal coalition structures." pp. 287-292, 2000.

[7] T. Sandholm, K. Larson, M. Andersson *et al.*, “Coalition structure generation with worst case guarantees,” *Artif. Intell.,* vol. 111, no. 1-2, pp. 209-238, 1999.

[8] T. Michalak, A. Dowell, P. McBurney *et al.*, “Optimal Coalition Structure Generation In Partition Function Games,” in Proceedings of the 2008 conference on ECAI 2008: 18th European Conference on Artificial Intelligence, 2008, pp. 388-392.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ขับไม่โทร: แอปพลิเคชันป้องกันการใช้โทรศัพท์เวลาขับรถบนโทรศัพท์แอนดรอยด์

Phone Ban on Driving: An Android Application for Banning Phone Usage while driving

ทวีชัย ตันติวิชาญ และ เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

E-mail: nuengwong.tun@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน ในประเทศไทยมีการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะเพิ่มขึ้นอย่างมาก และการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ระหว่างขับขี่ก็เป็นสาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุบัติเหตุทางรถยนต์เพิ่มสูงขึ้น ผู้พัฒนาจึงได้พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อป้องกันการใช้โทรศัพท์ขณะขับรถขึ้น และใช้เทคโนโลยี NFC เพื่อป้องกันผู้ใช้ลืมเปิดใช้โปรแกรม โดยผู้ใช้นำแท็ก NFC ไปติดที่รถยนต์ เมื่อโทรศัพท์ที่ติดตั้งแอปพลิเคชันนี้อ่านแท็ก ก็จะทำการปิดระบบการติดต่อกับอินเทอร์เน็ตและปิดเสียงอัตโนมัติ และหากมีสายเข้า แอปพลิเคชันจะทำการตัดสายทิ้งและส่งข้อความ SMS ตอบกลับไปตามข้อความที่ผู้ใช้กำหนด เมื่อผู้ใช้ลงจากรถและแตะโทรศัพท์กับแท็กอีกครั้ง แอปพลิเคชันจะตั้งค่าต่างๆ ของโทรศัพท์กลับเป็นค่าที่ใช้งานปกติ อัตโนมัติ จากการทดสอบระบบกับโทรศัพท์ 5 รุ่นพบว่า แอปพลิเคชันสามารถอ่านแท็ก NFC และปิดการติดต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ และประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับแท็ก NFC และแอปพลิเคชันสามารถตัดสายเรียกเข้าและส่ง SMS กลับไปได้ 100%

Abstract

Currently, there is a tremendous increase in smartphone users in Thailand. However, using smartphone while driving can increase traffic accidents. Therefore, we develop an Android Application using NFC technology to prevent smartphone users using their phones while driving. The NFC technology is also employed to prevent the users from forgetting to activate the program. The users can place an NFC tag anywhere in their car. Then the application read the tag, it disables the phone's mobile data connection to the internet and set the phone to vibrate silently. Additionally, the application rejects an incoming phone call with a predefined SMS. When the users get out of the car, the application reads the tag and set the phone to its original state. The experimental results show that five Android smart phones can read the NFC tag and disconnect the phone with the internet depending on the distance between the phone and the tag. Also, the application can disconnect the incoming calls, and send the predefined SMS to the caller for 100%.

***Keywords*:** mobile application, driving, disable phone call, traffic accidents

1. บทนำ

ปัจจุบัน ในประเทศไทยมีการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นอย่างมาก โดยมีโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้งานอยู่ในประเทศไทยจำนวน 89.98 ล้านเครื่อง คิดเป็น 131.84% ของจำนวนประชากร และมีผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะจำนวน 31% โดยยอดขายในปี 2556 อยู่ที่ 7.5 ล้านเครื่อง จากยอดขายทั้งหมด 16 ล้านเครื่อง โดยผู้ใช้จะใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะในการเล่นอินเทอร์เน็ตสูงที่สุด 47% รองลงมาเป็นการใช้เพื่อรับส่งอีเมล 45% และติดต่อสังคมออนไลน์ 44%[1]

รายงานความปลอดภัยทางถนนของโลก พ.ศ. 2556 (Global Status Report on Road Safety 2013) จากศูนย์ความร่วมมือแห่งองค์การอนามัยโลก ด้านการป้องกันอุบัติเหตุ ได้เปิดเผยสถิติที่น่าตกใจว่า ประเทศไทยมีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนพุ่งสูงขึ้นเป็นอันดับ 3 ของโลก เสียชีวิตถึง 38.1 คนต่อประชากร 1 แสนคน รองจากประเทศเกาะนีอูเอและสาธารณรัฐโดมินิกันเท่านั้น [2] นอกจากนี้ เว็บไซต์ศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนนสรุปข้อมูลอุบัติเหตุจราจรทางบกประจำปี 2556 พบว่ามีผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 8,631 ราย [3] และมีผู้บาดเจ็บประมาณ 6 แสนราย[2]

สาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งของอุบัติเหตุทางรถยนต์ คือ การใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ขณะขับขี่รถยนต์ [6] ยิ่งไปกว่านั้น ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะจำนวนมากใช้โทรศัพท์เพื่อการติดต่อทั้งทางโทรศัพท์และทางสังคมออนไลน์ที่มีการติดต่อกันตลอดเวลา ดังนั้นการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะระหว่างขับรถจึงเป็นสาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุบัติเหตุทางรถยนต์เพิ่มสูงขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะที่สามารถป้องกันอุบัติเหตุทางรถยนต์ดังกล่าว โดยแอปพลิเคชันจะใช้เทคโนโลยี NFC เพื่อช่วยในการระบุสถานที่ของผู้ใช้ว่าอยู่ในรถยนต์หรือไม่ และเป็นการป้องกันการหลงลืมการเปิดใช้โปรแกรมระหว่างขับรถ เมื่อแอปพลิเคชันอ่านแท็ก NFC ที่รถแล้ว แอปพลิเคชันจะปิดระบบเสียงเตือน เปิดระบบสั่น และปิดการติดต่อกับอินเทอร์เน็ต เพื่อป้องกันผู้ขับขี่เสียสมาธิจากการแจ้งเตือนจากเครือข่ายโทรศัพท์และเครือข่ายสังคมออนไลน์ นอกจากนี้ หากมีการโทรเข้า แอปพลิเคชันจะตัดสายโทรเข้าและส่งข้อความ SMS กลับไปยังผู้โทรเข้าอัตโนมัติ ด้วยข้อความที่ผู้ใช้ระบุไว้ล่วงหน้า

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 NFC

NFC (Near-Field Communication) [4] เป็นเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายระยะสั้นระยะประมาณ 4 ซม. ที่ใช้ได้ดีกับโครงสร้างพื้นฐานแบบไร้สัมผัส ช่วยสนับสนุนการสื่อสารระหว่างเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ในระยะใกล้ NFC ถูกพัฒนาขึ้นโดย Sony และ NXP โดยใช้คลื่นความถี่ 13.56 MHz. บนพื้นฐานมาตรฐาน ISO 14443 (Philips MIFARE และ Sony's FeliCa) ปัจจุบันบริษัททั้งสองได้ร่วมมือกับบริษัทผู้ผลิตและพัฒนาโทรศัพท์เคลื่อนที่ จัดตั้งเป็น NFC Forum เพื่อให้เกิดการใช้งานในรูปแบบต่างๆมากขึ้น ในระยะเริ่มแรกมีบริษัทโทรศัพท์มือถือชั้นนำของโลกประกาศนำเทคโนโลยีนี้มาใช้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เช่น Nokia, Samsung, Motorola เป็นต้น

ระบบ NFC เริ่มมีบทบาทเข้ามาในชีวิตประจำวันมากมาย เช่น ระบบการชำระเงินออนไลน์ ระบบนามบัตรอัจฉริยะ การลงคะแนนโหวต ดูรายละเอียดเกี่ยวกับสถานที่ต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบัน มีติดตั้งระบบสำหรับอ่านแท็ก NFC ในโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะอย่างแพร่หลาย เพื่อให้สามารถนำระบบ NFC มาใช้ในชีวิตประจำวันได้สะดวกยิ่งขึ้น เช่น การนำมาใช้ภายในบ้าน ที่ทำงาน การเดินทาง หรือในสถานศึกษา ทำให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกสบาย และความรวดเร็วในการดำเนินชีวิตยิ่งขึ้น

2.2 งานที่เกี่ยวข้อง

มีแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่จำนวนมากที่ทำหน้าที่ป้องกันการใช้งานโทรศัพท์ขณะขับขี่[5] โดยสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

- แอปพลิเคชันที่เริ่มต้นการทำงานโดยผู้ใช้ ได้แก่ Texting While Driving, No Texting While Driving, Drive Safe Text Safe, No Texting and Driving ฯลฯ ซึ่งบางโปรแกรมให้เลือกระยะเวลาที่ใช้ในการขับขี่เพื่อปิดโปรแกรมอัตโนมัติ บางโปรแกรมอ่านออกเสียงข้อความที่เข้ามา ซึ่งอาจเป็นการรบกวนการขับขี่ได้ และบางโปรแกรมจะให้คะแนนเมื่อผู้ใช้ประพฤติดี ซึ่งสามารถนำไปแลกของรางวัลได้
- แอปพลิเคชันที่เริ่มต้นการทำงานโดยใช้ GPS ตรวจจับความเร็วของรถ ได้แก่ No Texting While Driving App, Safely Texting, Drive Safe (no text and drive), Safe Driver ฯลฯ

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าจะมีแอปพลิเคชันจำนวนมากที่สามารถป้องกันผู้ใช้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ระหว่างการขับขี่ได้ แต่การที่ผู้ใช้ต้องเริ่มต้นการทำงานของแอปพลิเคชันด้วยตัวเอง อาจเกิดเหตุการณ์ที่ผู้ใช้ลืมที่จะเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม ในขณะที่การเริ่มต้นแอปพลิเคชันด้วยการตรวจจับความเร็วของรถ ไม่เหมาะแก่การใช้งานในเมืองที่มีปัญหาการจราจรติดขัดมาก เช่น กรุงเทพมหานคร เนื่องจากเป็นการยากที่จะระบุว่าผู้ใช้ขับขี่อยู่หรือไม่จากความเร็วของรถโดยตรง

ดังนั้น ผู้พัฒนาจึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบแอปพลิเคชันที่สามารถเริ่มต้นการทำงานได้อย่างอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี NFC เข้ามาช่วย และสามารถตัดการติดต่อกับผู้ขับขี่ได้ทั้งทางเครือข่ายโทรศัพท์และเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อช่วยให้ผู้ขับขี่ได้มีสมาธิกับการขับรถให้ปลอดภัยที่สุด

3. การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบที่มีการพัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนหลักที่มีฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นมีภาพรวมของระบบดังรูปที่ 1



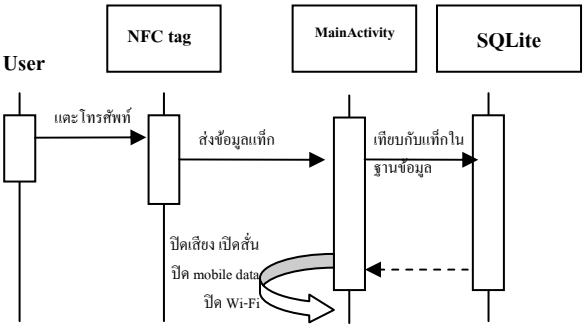
รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีตัวอ่าน NFC จะอ่านแท็ก NFC ที่ติดที่รถของผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกติดแท็กยังตำแหน่งต่าง ๆ ในรถที่ใกล้บริเวณที่วางโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สุด เช่น บนเข็มขัดนิรภัย หรือ บนเบาะที่นั่ง จากนั้น แอปพลิเคชันจะดำเนินการ 4 อย่าง ดังนี้

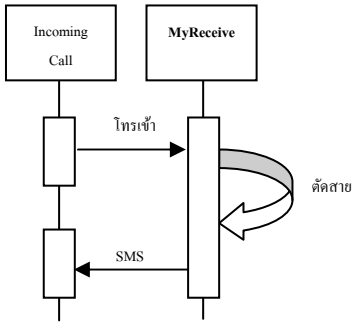
1. เปิดการทำงานของโปรแกรม
2. ปิดเสียงเรียกเข้า เปิดระบบสั่นเตือน เพื่อลดการรบกวนจากการโทรเข้าหรือการรับข้อความ SMS
3. ปิดการติดต่อกับเครือข่ายข้อมูลมือถือ (Mobile Data) และเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi) เพื่อป้องกันเสียงเตือนจากเครือข่ายสังคมออนไลน์มารบกวน
4. เมื่อมีสายเรียกเข้า แอปพลิเคชันจะตัดสายเรียกเข้าอัตโนมัติ พร้อมส่งข้อความ SMS ไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่โทรเข้ามา

สำหรับข้อความที่ใช้ในการส่ง SMS ผู้ใช้สามารถปรับแต่งข้อความ SMS ที่ใช้ส่งได้ โดยแอปพลิเคชันจะจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล SQLite ในเครื่องโทรศัพท์

ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันสามารถแสดงในแผนภาพซีเควนซ์ ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 2 แผนภาพซีเควนซ์ของการอ่านแท็ก NFC



รูปที่ 3 แผนภาพซีเควนซ์ของการตัดสายโทรเข้า

รูปที่ 2 แสดงการทำงานเมื่อผู้ใช้นำโทรศัพท์แตะแท็ก NFC แอปพลิเคชันจะอ่านข้อมูลในแท็ก จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลแท็กในฐานข้อมูล SQLite ว่าเป็นแท็กที่บันทึกไว้หรือไม่ จากนั้นคลาส MainActivity ของแอปพลิเคชันจะปิดเสียงและเปิดระบบสั่น และตัดระบบการสื่อสารข้อมูลของโทรศัพท์ ทั้งจากเครือข่ายข้อมูลโทรศัพท์เคลื่อนที่(Mobile Data) และเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi)

เมื่อมีสายเรียกเข้า คลาส MyReceive ของแอปพลิเคชันจะตรวจจับสายเรียกเข้าและทำการตัดสายอัตโนมัติ และส่งข้อความที่ผู้ใช้บันทึกไว้ล่วงหน้าผ่าน SMS เพื่อแจ้งผู้โทรเข้าให้ทราบว่าผู้ใช้กำลังขับขี่รถยนต์

3.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนา

ระบบนี้พัฒนาโดยใช้ Eclipse ที่มีการติดตั้ง Android SDK & ADT ในการพัฒนาแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ภาษา Java และภาษา XML ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน

3.3 ข้อจำกัดของระบบ

1).โปรแกรมนี้ใช้ได้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Android เวอร์ชัน 4.0 ขึ้นไปเท่านั้น

2).ต้องเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่รองรับระบบ NFC

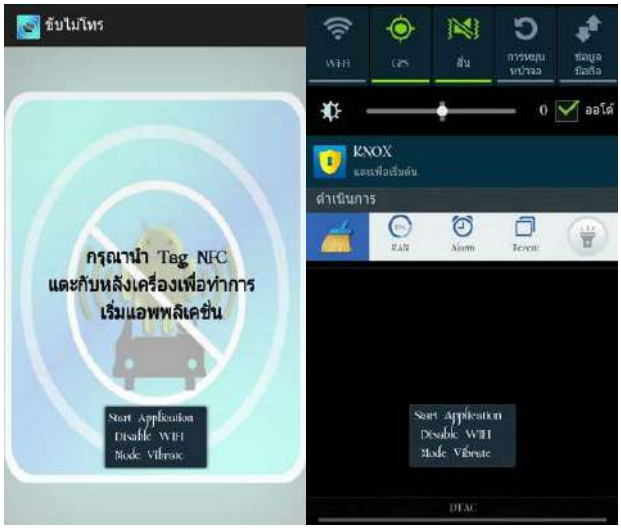
4. การทดสอบการใช้งาน

4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

เราได้ทำการทดสอบระบบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่จำนวน 5 รุ่นจาก 3 ผู้ผลิต ได้แก่ Samsung Galaxy S4, Samsung Galaxy Note2, Samsung Galaxy Note3, HTC One และ Sony Xperia Z1 ซึ่งใช้ระบบปฏิบัติการ Android version 4.0 ขึ้นไปทั้งหมด โดยทำการทดสอบการปิดระบบสื่อสารเมื่ออ่านแท็ก และทดสอบการส่ง SMS เมื่อมีสายเรียกเข้า

4.2 ผลการทดสอบระบบเบื้องต้น

รูปที่ 4 (ซ้าย)แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้ของโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อผู้ใช้แตะโทรศัพท์กับแท็ก NFC และรูปที่ 4 (ขวา) แสดงหน้าจอเมนูระบบของโทรศัพท์(แถบด้านบน)หลังจากการอ่านแท็กแล้ว จะเห็นว่าโทรศัพท์ถูกปิดการเชื่อมต่อกับ Wi-Fi, Mobile Data และถูกตั้งค่าให้เป็นระบบสั่น ส่วนรูปที่ 5 แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้เมื่อผู้ใช้กำลังแก้ไขข้อความสำหรับการส่ง SMS เมื่อมีสายเข้า



รูปที่ 4 หน้าจอโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่หลังจากอ่านแท็ก(ซ้าย)และการปิดการเชื่อมต่อและตั้งค่าเป็นระบบสั่น(ขวา)

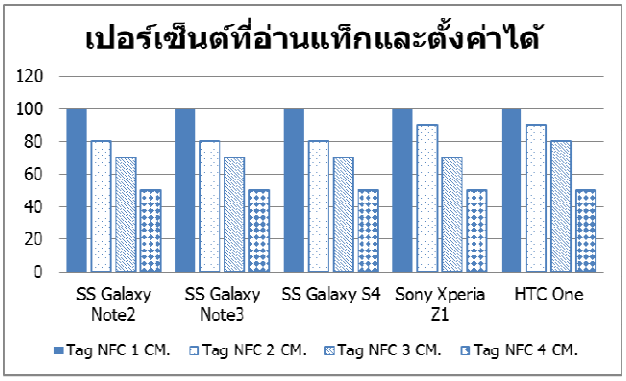


รูปที่ 5 หน้าจอแก้ไขข้อความเพื่อส่งเป็น SMS เมื่อมีสายเรียกเข้า

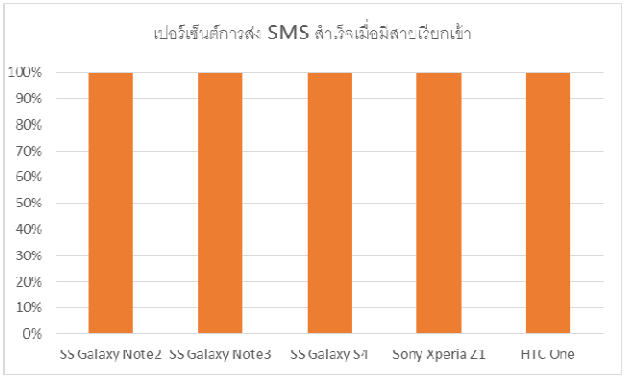
4.3 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

เมื่อพัฒนาระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว เราได้ทำการทดสอบระบบกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ทั้ง 5 รุ่น การทดสอบแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) การทดสอบการตั้งค่าต่าง ๆ หลังจากโทรศัพท์อ่านแท็ก NFC โดยมีการเปลี่ยนค่าระยะห่างระหว่างโทรศัพท์และแท็ก และ (2) การทดสอบการส่งข้อความ SMS เมื่อมีการโทรเข้า

รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบเมื่อโทรศัพท์อ่านแท็ก NFC ที่กำหนดโดยมีการเปลี่ยนระยะห่างระหว่างโทรศัพท์และแท็กระหว่าง 1-4 ซม. (โทรศัพท์ไม่สามารถอ่านแท็กได้หากมีระยะห่างตั้งแต่ 5 ซม.ขึ้นไป) และทำการทดสอบระยะละ 10 ครั้ง ผลการทดสอบพบว่าเปอร์เซ็นต์ที่ระบบสามารถอ่านแท็กและตั้งค่าได้สำเร็จขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างโทรศัพท์กับแท็ก โดยโทรศัพท์ทั้ง 5 รุ่นให้ค่าความแม่นยำในการอ่านแท็กใกล้เคียงกัน และ HTC One อ่านค่าแท็กได้แม่นยำกว่าเล็กน้อยที่ระยะ 2 และ 3 ซม.



รูปที่ 6 เปอร์เซ็นต์การอ่านแท็กและตั้งค่าได้ถูกต้อง



รูปที่ 7 เปอร์เซ็นต์การส่ง SMS เมื่อมีสายเรียกเข้า

รูปที่ 7 แสดงผลการทดสอบระบบเมื่อมีสายเรียกเข้า โดยทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้งกับโทรศัพท์แต่ละรุ่น จากผลการทดสอบพบว่าแอปพลิเคชันสามารถตัดสายเรียกเข้าและส่ง SMS ตามที่ผู้ใช้ตั้งค่าได้อย่างถูกต้อง 100% ในโทรศัพท์ทั้ง 5 รุ่น

5. สรุป

เนื่องจากสาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุทางรถยนต์คือการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะระหว่างการขับขี่รถยนต์ ผู้พัฒนาจึงได้พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อป้องกันการใช้โทรศัพท์ขณะขับรถขึ้น โดยใช้เทคโนโลยี NFC เพื่อป้องการลืมเปิดแอปพลิเคชัน โดยผู้ใช้นำแท็ก NFC ไปติดที่รถยนต์ เมื่อโทรศัพท์ที่ติดตั้งแอปพลิเคชันนี้อ่านแท็กก็จะทำการปิดระบบการติดต่อกับอินเทอร์เน็ตและระบบเสียงเรียกเข้าอัตโนมัติ นอกจากนี้สายเรียกเข้าถูกตัดสายทิ้งและแอปพลิเคชันจะส่งข้อความ SMS ตอบกลับไปแทน โดยผู้ใช้สามารถกำหนดข้อความได้เอง และเมื่อผู้ใช้แตะโทรศัพท์กับแท็กอีกครั้ง โทรศัพท์จะถูกตั้งค่ากลับเป็นค่าที่ใช้งานปกติ จากการทดสอบระบบกับโทรศัพท์ 5 รุ่นพบว่า ความสามารถในการอ่านแท็ก NFC และการปิดการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างโทรศัพท์กับแท็ก นอกจากนี้ แอปพลิเคชันยังสามารถตัดสายเรียกเข้าและส่ง SMS กลับไปได้ 100%

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนชาติ นุ่มนนท์. “IT Technology Trends 2014 For Thailand”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.slideshare.net/imcinstitute [สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2557].

[2] ไทยรัฐ. (28 ธันวาคม 2556). “สถิติอุบัติเหตุบนถนน ไทยอันดับ 3 ของโลก”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thairath.co.th/content/region/391262 [สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2557].

[3] ศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนน. “จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจรทางบก ปีงบประมาณ พ.ศ.2556”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.roadsafetythailand.com/main/files/data/2557/mon2.pdf [สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2557].

[4] ยุทธนา สุขเจริญ. (2554). “NFC คืออะไร”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.id.co.th/component/content/article/58-knowledge-nfc/85-what-is-nfc/ (สืบค้นวันที่ 08 กันยายน 2556).

[5] Google Play. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://play.google.com/store/. (วันที่สืบค้น 11 กุมภาพันธ์ 2557).

[6] เดลินิวส์. “คุยโทรศัพท์มือถือ...เสียสมาธิขณะขับรถปัจจัยเสี่ยง...เพิ่มสถิติอุบัติเหตุ!” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dailynews.co.th/Content/Article/203794/

หัวข้อ การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย II (22CM II)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

วงจรกรองผ่านแถบกว้างโหมดคู่กะทัดรัดค่าความคมความถี่ตัดสัญญาณสูงที่มีการขจัดความถี่ปลอมเทียมกว้าง

Compact Dual Mode Wide-band Bandpass Filter High Selectivity Signal With Wide Reject Spurious Responses

วุฒินันท์ วามะกัน[1], สมสิน วางขุนทด[2], สุรินทร์ อ่อนน้อม[3] และ ประยุทธ อัครเอกฒาลิน[4]

[1] วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

[2,3] วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

744 ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์: 0-4423-3073 ต่อ 3120

[4] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทร. 0-2913-2500 ต่อ 8519

E-mail: mali_ee@hotmail.com[1], somsin@rmuti.ac.th[2], surin.aon@gmail.com[3], prayoot@kmutnb.ac.th[4]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวงจรกรองผ่านแถบกว้างโหมดคู่โดยใช้เรโซเนเตอร์วงแหวนสี่เหลี่ยมที่มีการปรับจูนความกว้างแถบผ่านด้วยสตับคู่ ซึ่งสร้างโหมดคู่แบบใหม่ด้วยการเจาะร่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่หลังตัวป้อนอินพุตและตัวป้อนเอาต์พุตและเพิ่มความคมความถี่ตัดด้วยการพับร่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้เป็นลูปซ้ำ และลดขนาดเรโซเนเตอร์ด้วยวิธีการใส่สตับปลายเปิดอิมพิแดนซ์ต่ำที่กึ่งกลางภายในด้านทั้งสี่ของวงแหวนสี่เหลี่ยม ส่งผลให้เกิดค่าการสูญเสียจากการใส่แทรกประมาณ 0.35dB และค่าสูญเสียย้อนกลับต่ำกว่า 12dB ตลอดแถบความถี่3.13 GHz ถึง 5GHz และเพิ่มความสามารถการจำกัดความถี่ปลอมเทียมนอกช่วงผ่านแถบโดยใช้ตัวป้อนแบบอินเตอร์ดิจิตอลร่วมกับสตับเปิดคู่ส่งผลให้ค่าความถี่ปลอมเทียมนอกแถบผ่านต่ำกว่า13dB ได้ถึง30GHz และขนาดของเรโซเนเตอร์ต้นแบบลดลงประมาณ48%

Abstract

This paper presents a dual mode wide-band Band-pass filter based on the square ring resonator with two tuning stubs used to control pass band. To degenerate dual mode with a novel perturbation by using rectangular slots at the input and output ports. To increase high selectivity signal with Meander loop perturbation rectangular slots in which is able to reduce the size resonator. Then put the open-stubs with low impedance at the middle within the four sides of the square ring resonator. As a result, the value of an insertion loss is 0. 35dB and return loss less than 12dB at 3.13GHz to 5GHz frequency band. Can be improved the circuit to limited spurious frequencies outside the pass-band by using the inter-digital coupled with an open stub. Resulting in spurious frequencies out side the pass band of less than 13dB up to 30GHz. And a size of prototype has the reduction about 48%.

***Keywords*:** square ring resonator,open-stubs with low impedance,dual mode wide-band Band-pass filter,Meander loop perturbation rectangular slots

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบสื่อสารแถบความกว้างยิ่ง (Ultra Wide Band: UWB) [1] ได้รับความสนใจนำมาใช้ในระบบสื่อสารไร้สายเช่นระบบเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล บลูทูธ และระบบเรด้า เป็นต้น โดยย่านความถี่ใช้งานเริ่มที่ 3.1GHz ถึง 10.6GHz ซึ่งแบ่งเป็นย่านความถี่ต่ำ3.1GHz ถึง 5GHz และย่านความถี่สูง 6GHz ถึง 10.6 GHz ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.3a ซึ่งวงจรกรองผ่านแถบที่มีคุณสมบัติสองโหมด (Dual-mode wideband bandpass filter) ได้รับความนิยมสูงเพราะเป็นวงจรกรองผ่านแถบมีขนาดกะทัดรัด ค่าการใส่แทรกต่ำ มีค่าความคมความถี่ตัดสูงในช่วงความถี่ต่ำและช่วงความถี่สูงพร้อมทั้งขจัดความถี่ปลอมเทียมกว้างเพื่อทำให้ระบบทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

โครงสร้างเรโซเนเตอร์วงแหวนสี่เหลี่ยม (Square ring resonator) ที่ควบคุมแถบผ่านด้วยสตับคู่ภายนอก [2] และกระตุ้นให้เกิดสองโหมดด้วยการใส่สตับสี่เหลี่ยมที่มุม135องศาภายในวงแหวนผลของสองโหมดทำให้เกิดช่วงหยุดแถบความถี่2ช่วงบริเวณใกล้เคียงแถบผ่าน งานวิจัย [3] นำเสนอวิธีการลดสัญญาณรบกวนด้านความถี่ต่ำและความถี่สูงด้วยการใส่สตับแบบลัดวงจรที่ตัวป้อนอินพุตและที่ตัวป้อนเอาต์พุตเปลี่ยนจากต่อตรงเป็นแบบคัปเปิ้ลทำให้ขจัดสัญญาณปลอมเทียมที่ความถี่สองเท่าของค่าความถี่กลางได้งานวิจัย [4] ทีมผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการสร้างโหมดคู่ด้วยการเจาะร่องผิวตัวนำที่ตำแหน่งหลังตัวป้อนอินพุตและเอาต์พุตเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยความยาว $\lambda_g/8$ ส่งผลให้เกิดค่าการสูญเสียใส่แทรกที่ต่ำกว่า 0.25 dB และได้ค่าความความชันความถี่ตัดที่สูง งานวิจัยที่ [5]-[6] นำเสนอวิธีลดขนาดของวงจรเรโซเนเตอร์ด้วยการใส่สตับปลายเปิดแบบอิมพีแดนซ์ขั้นที่มุมทั้งสี่ของวงแหวนส่งผลให้เรโซเนเตอร์มีขนาดลดตั้งแต่ 36% ถึง 48% จากต้นแบบ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรกรองผ่านแถบกว้างย่านความถี่ต่ำระบบสื่อสารแถบความกว้างยิ่งแบบสองโหมดโดยใช้โครงสร้างเรโซเนเตอร์ต้นแบบจากงานวิจัย [3] เพื่อทำการศึกษาการสร้างตัวรบกวนแบบร่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าพับเป็นลูปซ้ำ(Meander loop perturbation rectangular slot) เพื่อเพิ่มความสามารถในการคัดกรอง

ความถี่ผ่านโดยเพิ่มค่าความคมความถี่ตัดให้กับวงจรกรองผ่านแถบกว้างและทำการลดขนาดตัวเรโซเนเตอร์วงแหวนสี่เหลี่ยมด้วยวิธีการใส่สตับปลายเปิดอิมพีแดนซ์ต่ำเข้าที่จุดกึ่งกลางภายในแต่ละด้านของเรโซเนเตอร์วงแหวนสี่เหลี่ยมและเพื่อป้องกันการรบกวนของแรงดันไฟดีซีที่ด้านความถี่ต่ำและเพิ่มความสามารถในการจำกัดการเกิดสัญญาณที่ไม่ต้องการซึ่งอยู่ภายนอกช่วงแถบผ่านด้านความถี่สูงด้วยการเปลี่ยนจากตัวป้อนตรงมาเป็นตัวป้อนแบบอินเตอร์ดิจิตอล (Interdigital Feed) ร่วมกับการต่อสตับปลายเปิดคู่และชดเชยค่าอิมพีแดนซ์ตัวป้อนโดยการเปลี่ยนปลายตัวป้อนเป็นอิมพีแดนซ์แบบขั้น

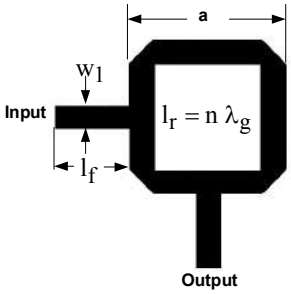
2. ทฤษฎีและการออกแบบ

2.1 การออกแบบวงจรกรองแถบกว้างโดยใช้เรโซเนเตอร์วงแหวนสี่เหลี่ยมที่ความถี่ 4.125GHz

ทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบวงจรกรองหยุดแถบโดยใช้เรโซเนเตอร์วงแหวนสี่เหลี่ยมที่ความถี่กลาง 4.125 GHz ด้านความถี่ต่ำของการสื่อสารแถบความกว้างยิ่ง (Ultra Wide Band : UWB) และเลือกใช้แผ่นวงจรพิมพ์ไมโครเวฟของบริษัท GIL Technologies รุ่น GML 1000 ซึ่งมีค่าไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์เท่ากับ 3.2 และมีค่าแทนเจนต์การสูญเสีย 0.004 ความหนาของฐานรอง 0.762 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถคำนวณหาขนาดเรโซเนเตอร์วงแหวนสี่เหลี่ยมได้จากสมการ

$$l_r = n\lambda_g \qquad (1)$$

เมื่อ n คือหมายเลขโหมด และ λ_g ความยาวสายนำสัญญาณ จากผลการคำนวณได้ขนาดโครงสร้างเรโซเนเตอร์ในรูปที่ 1 (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) มีค่าดังนี้ $l_r = 45.5191$, $a = 15.03232$, $w_1 = 1.82626$, $l_f = 11.3796$



รูปที่ 1 เรโซเนเตอร์วงแหวนสี่เหลี่ยมโดยใช้ตัวป้อนสัญญาณเชื่อมต่อตรงในลักษณะตั้งฉาก

2.2 วงจรกรองผ่านแถบกว้างโหมดคู่โดยใช้สตับแบบร่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าพับเป็นลูปซ้ำ

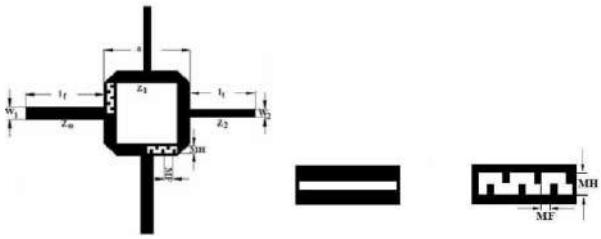
วงจรกรองผ่านแถบกว้างโหมดคู่สามารถกำหนดแบนด์วิดท์แถบผ่านวงจรกรองโดยการควบคุมอิมพีแดนซ์อัตราส่วนอิมพีแดนซ์คำนวณหาความถี่ตัดสามารถคำนวณได้จาก

$$\tan\left(\frac{\theta_p}{2}\right) = \pm\sqrt{\left(\frac{Z_1}{Z_2}+1\pm\sqrt{\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2+2\frac{Z_1}{Z_2}}\right)} \qquad (2)$$

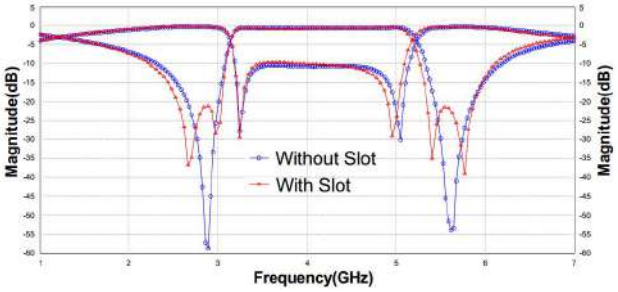
$$f_{l,u} = \frac{(\theta_p)(v)}{2\pi l} = \frac{(\theta_p)(f_c)}{\pi/2} \qquad (3)$$

θ_p เป็นค่าความยาวทางไฟฟ้าที่ตำแหน่งการส่งผ่านศูนย์ (หน่วยเป็นเรเดียน) โดยใช้ค่าความยาวของสตับปลายเปิดคู่ที่ $\lambda_g / 4$

ผลการคำนวณจากสมการที่ (3) ทำให้ได้ค่าขนาดสตับปลายเปิดคู่ที่ต่อภายนอกเรโซเนเตอร์เพื่อควบคุมแบนด์วิดท์แถบผ่านวงจรกรองดังแสดงในรูปที่ 2(ก) (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) มีค่าดังนี้ $w_2 =$ 1.82626, $l_t = 11.3796$. และสามารถกระตุ้นให้เกิดโหมดคู่และเพิ่มค่าความคมความถี่ตัดสัญญาณด้วยการเจาะร่องเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าพับเป็นลูปซ้ำที่หลังตัวป้อนอินพุตและตัวป้อนเอาต์พุต และจำลองการทำงานเพื่อปรับค่าให้ได้ผลตอบสนองในย่านความถี่ต่ำของระบบสื่อสารแถบความกว้างยิ่งคือ3.1GHz ถึง 5GHz โดยโปรแกรมจำลองคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า IE3D [7] ผลการออกแบบได้ขนาดโครงสร้างวงจร (ในหน่วยมิลลิเมตร) ดังแสดงในรูปที่2 (ก) ดังนี้ $l_r =$ 60.129, a=15.03232, $w_1 =$1.82626, $l_f = 10.4315$, $w_2 =$.10, $l_t =$11.43, $l_s = 5.68989$, $M_F = 0.4$และ $M_H = 0.8$



(ก) (ข)



(ค)

รูปที่ 2 วงจรกรองผ่านแถบความถี่กว้างโดยใช้ตัวรบกวนแบบร่องพับลูปซ้ำ(ก) โครงสร้างวงจร (ข) พารามิเตอร์ใช้ศึกษาคุณสมบัติเพื่อสร้างสตับแบบร่อง (ค) ผลเปรียบเทียบระหว่างการใส่สตับกับไม่ใส่

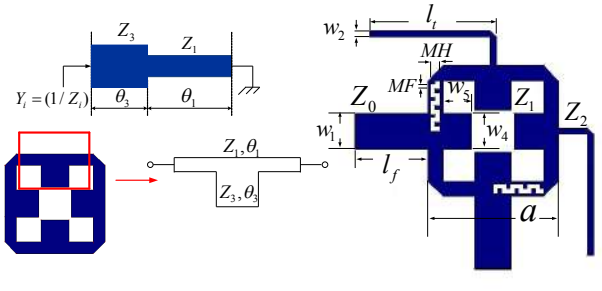
ผลจำลองการทำงานวงจรแสดงในรูปที่2 (ค)ได้แบนด์วิดท์ช่วงแถบผ่านอยู่ที่ 3.1GHz ถึง 5.2 GHz มีค่าแบนด์วิดท์การแตกตัวจากความถี่กลางประมาณ 51 % มีค่าสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ต่ำกว่า 10dB และค่าสูญเสียใส่แทรก (S_{21}) โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.245dB ซึ่งเกิดการส่งผ่านศูนย์ความถี่แรกอยู่ที่ 3.0 GHz ส่งผลให้เกิดค่าความคมความถี่ตัดช่วงความถี่ต่ำมีค่าประมาณ 200dB/GHz และการส่งผ่านศูนย์ตำแหน่งที่สองอยู่ที่ 5.4 GHz ส่งผลให้เกิดค่าความคมความถี่ตัดช่วงความถี่สูงมีค่าประมาณ 175dB/GHz มีแบนด์วิดท์ช่วงหยุดแถบสัญญาณเกิดใกล้ๆกับช่วงแถบผ่านทั้งสองข้างเฉลี่ยอยู่ที่ 300 MHz

2.3 การลดขนาดของเรโซเนเตอร์โดยใช้สตับปลายเปิดอิมพิแดนซ์ต่ำ

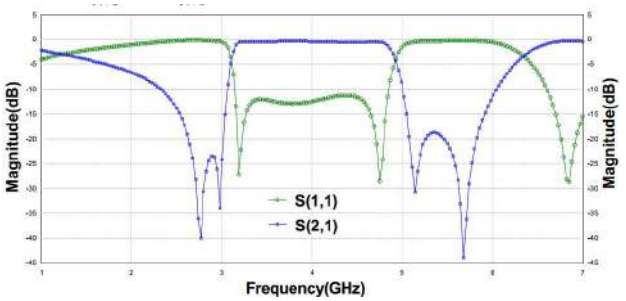
เป็นการออกแบบวงจรกรองผ่านแถบโหมดคู่โดยอาศัยการใส่สตับปลายเปิดแบบอิมพีแดนซ์ต่ำ(Z_3)เข้าที่กึ่งกลางภายในของสายนำสัญญาณ (Z_1)หรือแต่ละด้านทั้งสี่ของวงแหวนสี่เหลี่ยมซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความยาวทางไฟฟ้าของเรโซเนเตอร์และทำให้เรโซเนเตอร์มีขนาดกะทัดลัดมากขึ้น ผลของการต่อสตับปลายเปิดอิมพีแดนซ์ต่ำที่ค่า Z_3 =35.72 Ω , θ_3 = 19.36° เข้ากับสายนำสัญญาณที่ค่า Z_1 =50 Ω , θ_1 = 90° ส่งผลให้สายนำสัญญาณ (Z_1,θ_1) มีขนาดลดลงและทำให้ขนาดพื้นที่ของเรโซเนเตอร์ลดลงจาก15.03232x15.03232 ตารางมิลลิเมตร เป็น 10.85x10.85 ตารางมิลลิเมตรหรือลดลงจากต้นแบบประมาณ 48% ดังแสดงในรูปที่ 3(ก) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าอิมพิแดนซ์รวมได้จากสมการ

$$Z_i = jZ_3 \frac{Z_1\tan\theta_1 + Z_3\tan\theta_3}{Z_3 - Z_1\tan\theta_1\tan\theta_3}, Z_L = jZ_1\tan\theta_1 \qquad (4)$$

ผลการจำลองการทำงานของวงจรกรองผ่านแถบความถี่กว้างที่มีขนาดกะทัดรัดโดยใช้ตัวรบกวนแบบร่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าพับเป็นลูปซ้ำร่วมกับ สตับปลายเปิดค่าอิมพีแดนซ์ต่ำผ่านโปรแกรม IE3D ผลการออกแบบได้ขนาดโครงสร้างวงจร (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) ดังแสดงในรูปที่ 3(ข) มีค่าดังนี้ l_r = 43.4, a=10.85, w_1 =3, l_f =6, w_2 =0.5, l_t =12.45, l_s =4.165, w_4 = 3, w_5 = 2.4, M_H = 0.8 และ M_F = 0.4 และผลจำลองค่าตอบสนองทางความถี่ในรูปที่2 (ค)พบว่าจะเกิดความถี่ปลอมเทียม ที่สองเท่าของความถี่กลาง ($2f_0$) และเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในระบบสื่อสารแบบไร้สายจึงทำให้มีการพัฒนาเพื่อจำกัดสัญญาณความถี่ที่สูงกว่าให้มีค่าต่ำซึ่งเป็นการจำกัดการเกิดสัญญาณปลอมเทียม โดยการเปลี่ยนตัวป้อนอินพุตและเอาต์พุตเป็นแบบอินเตอร์ดิจิตอลซึ่งจากการเปลี่ยนตัวป้อนทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ตัวป้อนอินพุตและเอาต์พุตเกิดเปลี่ยนแปลงส่งผลให้ค่าความชันความถี่ตัดลดลงสามารถแก้ไขที่ปลายตัวป้อนด้วยการใช้อิมพีแดนซ์ขั้น ผลการออกแบบได้ขนาดโครงสร้างวงจรกรองผ่านแถบกว้าง(ในหน่วยมิลลิเมตร) ดังแสดงในรูปที่ 4(ก) ดังนี้ l_{f1} = 5 , l_{f2} = 1.6, l_{f3} = 3.6, l_{f4} =9.9, w_6 =0.4, w_7 =0.3, w_8 =0.6 และG=0.1 ขนาดพื้นที่ทั้งหมด30.58x30.58 mm^2 หรือ 0.672 λ_g x 0.672 λ_g ผลจำลองตอบสนองความถี่ในรูปที่ 4(ข) พบว่าตัวป้อนแบบอินเตอร์ดิจิตอลเป็นตัวกั้นการไหลผ่านไฟดีซี ช่วยลดทอนสัญญาณย่านความถี่ต่ำ จำกัดการเกิดความถี่ปลอมเทียมที่ 2 f_o และลดทอนสัญญาณที่ไม่ต้องการถึง 7.5 f_o

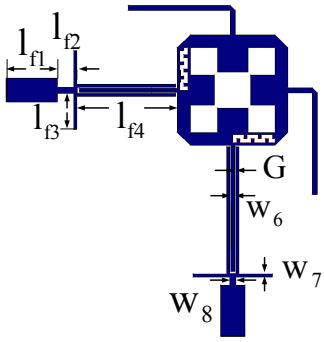


(ก) (ข)

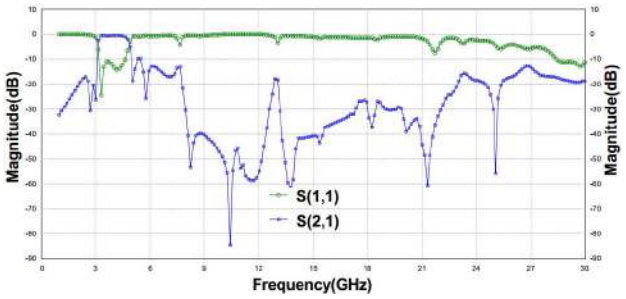


(ค)

รูปที่ 3 วงจรกรองผ่านแถบโหมดคู่ใช้สตับปลายเปิดอิมพีแดนซ์ต่ำ (ก) แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์การลดขนาด(ข) ขนาดโครงสร้างวงจรกรองผ่านแถบ (ค) ผลตอบสนองความถี่วงจรกรองผ่านแถบ



(ก)



(ข)

รูปที่ 4 วงจรกรองผ่านแถบกว้างโหมดคู่ใช้ตัวป้อนแบบอินเตอร์ดิจิตอลร่วมกับสตับปลายเปิดคู่ (ก) ขนาดโครงสร้างวงจรกรองผ่านแถบ (ข) ผลตอบสนองความถี่วงจรกรองผ่านแถบ

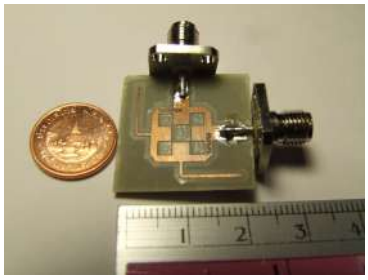
3. การสร้างและผลการวัด

นำผลการออกแบบวงจรกรองผ่านแถบกว้างทำการสร้างชิ้นงานจริงผ่านเครื่องเจาะเซาะแผ่นวงจรพิมพ์ดังแสดงในรูปที่ 5(ก) และรูปที่ 6(ก) ผลการวัดค่าสูญเสียย้อนกลับและค่าการสูญเสียใส่แทรกต่ำด้วยโครงวิเคราะห์โครงข่ายรุ่น E8263B ผลการวัดแสดงในรูปที่ 5ข) และรูปที่ 6(ข) โดยรูปที่5 (ข) ค่าการสูญเสียย้อนกลับต่ำกว่า 13 dB และค่าการสูญเสียใส่แทรกมีค่า0.35dB เกิดสัดส่วนแบนด์วิดท์ 46% ภายในช่วงความถี่ 3.13GHz ถึง 5GHz และในรูปที่ 6 (ข) ผลการวัดค่าสูญเสียย้อนกลับต่ำกว่า 12 dB และค่าการสูญเสียใส่แทรกประมาณ 0.35dB มีสัดส่วนแบนด์วิดท์ 46% ภายในช่วงความถี่ 3.13GHz ถึง 5 GHz ช่วงนอกแถบความถี่ต่ำมีค่าต่ำกว่า20dB ครอบคลุมความถี่จาก 2.7 GHz ถึง 3.0 GHz ส่งผลให้เกิดค่าความคมความถี่ตัดช่วงความถี่ต่ำมีค่าประมาณ 220dB/GHz และมีแบนด์

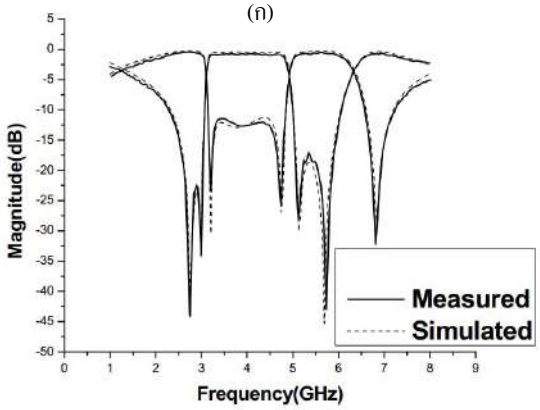
วิดท์ช่วงหยุดแถบสัญญาณเกิดใกล้ๆกับช่วงแถบผ่านมีค่า 300 MHz ผลวัดค่าการสูญเสียใส่แทรกช่วงนอกแถบย่านความถี่สูงมีค่าต่ำกว่า 11 dB ครอบคลุมความถี่จาก 5.13 GHz ถึง 5.7 GHz ส่งผลให้เกิดค่าความคมความถี่ตัดช่วงความถี่สูงมีค่าประมาณ 200dB/GHz และมีแบนด์วิดท์ช่วงหยุดแถบสัญญาณเกิดใกล้ๆกับช่วงแถบผ่านมีค่า 570 MHz ช่วงนอกแถบย่านความถี่ต่ำมีค่าต่ำกว่า 18dB ครอบคลุมความถี่จาก 0 ถึง 2.7GHz และช่วงนอกแถบความถี่สูงมีค่าต่ำกว่า 13dB ครอบคลุมความถี่จาก 5.7GHz ถึง 25GHz

4 สรุป

วงจรกรองความถี่แถบกว้างโดยใช้โครงสร้างเรโซเนเตอร์วงแหวนสี่เหลี่ยมที่มีการเจาะร่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าพับเป็นลูปซ้ำใช้เป็นตัวรบกวนสนามกระแสไฟฟ้าบนโครงสร้างเรโซเนเตอร์เพื่อสร้างคุณสมบัติสองโหมดส่งผลให้เกิดแบนด์วิดท์ช่วงหยุดแถบแคบๆใกล้กับแถบผ่านวงจรกรองทั้งสองด้านและช่วยเพิ่มค่าความคมความถี่ตัดที่ช่วงความถี่ต่ำและช่วงความถี่สูงมีค่าสูงกว่า200dB/GHz เมื่อเทียบกับตัวรบกวนที่ใช้วิธีเจาะร่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าและเมื่อนำสตับปลายเปิดอิมพีแดนซ์ต่ำต่อเข้าที่จุดกึ่งกลางในแต่ละด้านของเรโซเนเตอร์วงแหวนสี่เหลี่ยมสามารถลดขนาดวงจรกรองผ่านแถบกว้างต้นแบบได้ถึง 48%และปรับประสิทธิภาพในการลดทอนขนาดสัญญาณที่ไม่ต้องการนอกแถบผ่านในย่านความถี่ต่ำและความถี่สูงด้วยการใช้ตัวป้อนแบบอินเตอร์ดิจิตอลร่วมกับการต่อสตับปลายเปิดคู่และที่ปลายตัวป้อนเป็นแบบอิมพีแดนซ์ขั้น ทำให้มีคุณสมบัตินำไปประยุกต์ใช้งานในย่านความถี่ต่ำของระบบสื่อสารไร้สายแถบความกว้างยิ่งได้

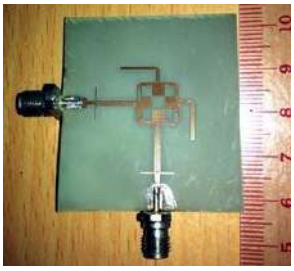


(ก)

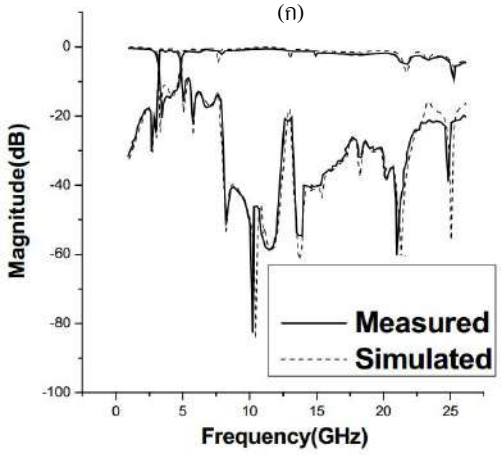


(ข)

รูปที่5 วงจรกรองผ่านแถบกว้างโดยใช้สตับแบบร่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าพับเป็นลูปซ้ำที่ลดขนาด (ก) ภาพถ่ายชิ้นงานจริง(ข) เปรียบเทียบผลตอบสนองการวัดชิ้นงานจริงกับผลการจำลอง S_{11} และ S_{21}



(ก)



(ข)

รูปที่ 6 โครงสร้างและการเปรียบเทียบผลการวัดชิ้นงานจริงวงจรกรองผ่านแถบกว้างโหมดคู่ใช้ตัวป้อนแบบอินเตอร์ดิจิตอล (ก) ภาพถ่ายชิ้นงานจริง (ข) เปรียบเทียบผลตอบสนองการวัดชิ้นงานจริงกับการจำลอง S_{11} และ S_{21}

เอกสารอ้างอิง

[1] G.Roberto Aiello and Gerald D. Rogerdon, " Ultra –Wideband Wireless System," IEEE Microwave Magazine, June 2003,pp. 36-47.

[2] L. H. Hsieh and K. Chang. "Compact, low insertion-loss, Sharp Rejection wideband bandpass filters using dual-mode ring resonators with tuning stubs," Electronics Letters 25th, Vol.37, No.22, Oct. 2001, pp.1345-1347.

[3] Peng Cai and Zhewang Ma, "Novel Compact Microstrip Dual Mode Ring Resonator Wideband Bandpass Filter with Significantly Improved Stopband Property," IEICE Trans. Electron., vol.E89-C,No.12, December 2006, pp.1858-1864.

[4] S. Ahonnon and P. Akkaraekthalin, "Wideband dual mode micro-strip bandpass filters using a new perturbation with notch rectangular slots," ECTI CON 2008, pp.269 -272.

[5] A. Görür, "A Novel Dual-Mode Bandpass Filter with Wide Stop-band Using the Properties of Microstrip Open-Loop Resonator", IEEE Microwave and Wireless Components Letters,Vol.12, No.10, Oct. 2002, pp. 386-388.

[6] J. Konpang, A. Namahoot and P. Akkaraekthalin, "A wideband bandpass filter using properties of microstrip open loop resonators with outer tuning stubs." IEEE Region 10 Conference-Analog and Digital Techniques in Electrical Engineering. Changmai, 2004, pp. 624-627.

[7] IE3D Users' Manual, Release 8, Zeland Software, Inc., Fremont,CA, 2001

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การปรับจูนสายอากาศแบบช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยสตับรูปหวีคู่สำหรับการประยุกต์ใช้งานย่านความถี่แถบคู่

A Rectangular Slot Antenna Tuning with Double-Comb-Shaped Stub for Dual-Band Applications

ภัสส์กุญช์ ฐิติมหัทธนกุศล[1], วัชรพล นาคทอง[1], ปิยดนัย บุญไมตรี[1], สุภาธิณี กรสิงห์[1] และ อำนวย เรืองวารี[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

[2]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

E-mail:makyou_sula44@hotmail.com[1], oachi525@gmail.com[1], oak2545@hotmail.com[1], supatinee133@gmail.com[1], amnoiy.r@en.rmutt.ac.th[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอวิธีการปรับจูนสายอากาศแบบช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยสตับรูปหวีคู่สำหรับการประยุกต์ใช้งานในย่านความถี่แถบคู่ โดยใช้เทคนิคการเซาะร่องรูปหวีที่ตัวสายอากาศ ร่วมกับการจำลองโครงสร้างด้วยโปรแกรม Computer Simulation Technology (CST)เพื่อเป็นการหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมด้วยวิธีการหาค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ ค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันและรูปแบบการแผ่พลังงาน ผลลัพธ์จากการจำลองแสดงให้เห็นว่าความถี่เรโซแนนซ์ช่วงต่ำมีค่าเท่ากับ 2.44 GHz (2.21 - 2.77 GHz) และที่ความถี่เรโซแนนซ์ช่วงสูงมีค่าเท่ากับ 5.81 GHz (5.28 - 6.34 GHz) ซึ่งเป็นช่วงที่ตอบสนองตามมาตรฐาน IEEE คือ 802.11b/g 2.4 GHz (2.40 - 2.4835 GHz) และ IEEE 802.16d 5.8.GHz (5.70 - 5.90 GHz) และยังพบว่ามีค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันคือ 1:1.06 และ 1:1.12 เป็นรูปแบบการแผ่พลังงานสองทิศทางที่ทำให้สามารถส่งคลื่นออกไปเป็นบริเวณที่กว้างขึ้น

Abstract

This paper presents the method of rectangle open antenna tuning with Stubbs's comb pairs for the dual –band frequencies application by using technique of making the comb- shaped grooves on the antenna combine the structural simulation program. Computer Simulation Technology (CST) is used to search for the appropriate size of wave range by the ways of calculating the loss due to the reverse and the voltage standing wave ratio and energy radiation pattern. Simulation results showed that low resonance frequency range equal to 2.44 GHz (2.21 - 2.77 GHz) and high resonant frequency range is equal to 5.81 GHz(5.28 - 6.34 GHz). Both of frequency range are respond to the standard of IEEE ; 802.11b/g 2.4 GHz (2.40 - 2.4835 GHz) and IEEE 802.16d 5.8.GHz (5.70 - 5.90 GHz). In addition, it can be seen that the voltage standing wave ratio at 1:1.06 and 1:1.12 are bidirectional energy radiation pattern which can radiate wave for more region covering.

***Keywords*:** Double – comb - shaped, Double band, Slot etching

1. บทนำ

การติดต่อสื่อสารไร้สายย่านไมโครเวฟแบบหลายย่านความถี่ หรือมากกว่าหนึ่งย่าน มีการพัฒนารูปแบบให้อยู่ในเครื่องมือสื่อสาร เช่น สมาร์ทโฟน คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต จีพีเอส นาฬิกาดิจิตอลและกล้องสมาร์ทโฟนเป็นต้น จากที่กล่าวมาจะเป็นอุปกรณ์แบบใช้งานหลายย่านความถี่ ระบบที่ใช้งานจะมีมาตรฐานที่รองรับคือ ระบบ GSM (0.9 GHz), ระบบ DCS (1.72 - 1.88 GHz), ระบบ PCS (1.85 - 1.99 GHz), ระบบ IMT- 2000 (1.92 - 2.17 GHz), ระบบWLAN IEEE 802.11 มีสองความถี่ คือ 2.4 GHz (2.4 - 2.48 GHz) IEEE 802.16e 3.5 GHz (3.4 - 3.6 GHz) และ IEEE802.11j (4.90 - 5.091 GHz) Public Safety Frequency (4.94 - 4.99 GHz) และที่ความถี่ 5.8 GHz (5.7 - 5.9 GHz) จากงานวิจัย [1-4] มีผู้วิจัยเกี่ยวกับการออกแบบสายอากาศให้มีรูปแบบโครงสร้างตามขนาดของอุปกรณ์ จากที่กล่าวมานั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการปรับโครงสร้างสายอากาศแบบแผ่นวงจรพิมพ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ได้จากรูปแบบพื้นฐานทางทฤษฎี [5] นำมาพัฒนาสายอากาศรูปแบบใหม่โดยใช้เทคนิคการเซาะร่องและการปรับจูนแบบซี่ [6-9] เพื่อปรับค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ให้คลอบคลุมย่านความถี่ที่ต้องการ โดยศึกษาการจำลองผลแบบโครงสร้างสายอากาศใช้โปรแกรม CST เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้สายอากาศต้นแบบมีประสิทธิภาพดีที่สุด

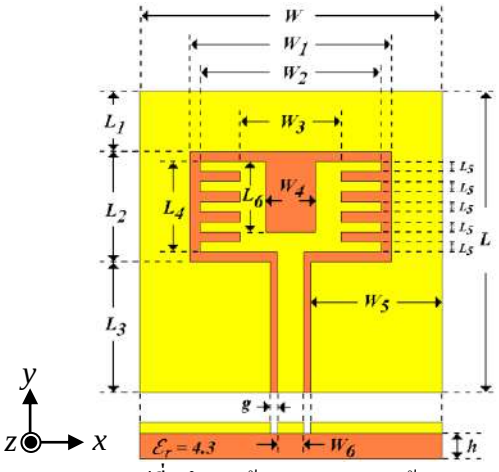
2.การออกแบบและผลการจำลองแบบ

2.1.โครงสร้างสายอากาศ

การออกแบบโครงสร้างสายอากาศต้นแบบนั้นอ้างอิงจากงานวิจัยที่ [10] ได้ทำการออกแบบสายอากาศแบบแผ่นวงจรพิมพ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยการเซาะร่องรูปหวีคู่ โดยใช้เทคนิคการปรับจูนแบบซี่และร่อง [6-9] และวิธีเชิงประสบการณ์ (Experimental method) ร่วมกับโปรแกรม CST เพื่อช่วยปรับหาค่าความกว้างและยาวของตัวสายอากาศเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นสัมพัทธ์ (λ_g) [5] ดังสมการที่ 1 โดยออกแบบที่ความถี่ (f) เท่ากับ 2.45 GHz และค่าคงตัวไดอิเล็กตริกประสิทธิผล (ε_{eff}) ดังสมการที่ 2

$$\lambda_g = \frac{c}{f\sqrt{\varepsilon_{eff}}} \quad (1) \qquad \text{และ} \qquad \varepsilon_{eff} \approx \frac{\varepsilon_r + 1}{2} \quad (2)$$

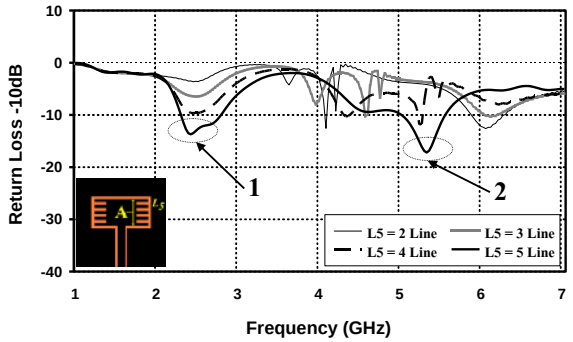
โดยโครงสร้างสายอากาศต้นแบบถูกสร้างบนแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 ซึ่งขนาดความยาว (L) เท่ากับ 30 มม. ขนาดความกว้าง (W) เท่ากับ 30 มม. แผ่นวงจรพิมพ์ดังกล่าวมีค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ε_r) = 4.3 และมีความหนาของวัสดุฐานรอง (h) = 0.764 มม. โครงสร้างที่เหมาะสมหลังจากทำการปรับขนาดตัวแปรต่างๆ จนทำให้สายอากาศมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ความกว้าง W= 30 มม., W_1= 20 มม., W_2 = 18 มม., W_3= 10 มม., W_4= 6 มม., W_5 = 13 มม., W_6 = 1.6 มม. และความยาว L= 30 มม., L_1= 6 มม., L_2 = 11 มม., L_3= 13 มม. L_4= 9 มม., L_5= 1 มม., L_6= 1 มม., และ g = 0.7 มม. ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างของสายอากาศต้นแบบ

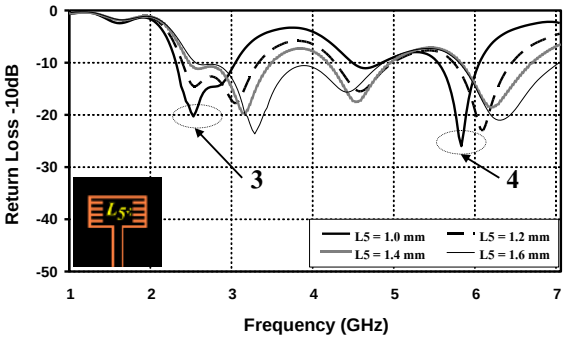
2.2 ผลการวิเคราะห์การจำลองแบบ

ผลการวิเคราะห์การจำลองแบบของโครงสร้างสายอากาศใช้โปรแกรม CST เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยปรับหาค่าความกว้างและยาวของตัวสายอากาศเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นสัมพัทธ์ λ_g พบว่าการปรับขนาดตัวแปรต่างๆ บนสายอากาศ ที่ส่งผลต่อการตอบสนองความถี่ที่เหมาะสมที่สุดมีอยู่สามส่วนคือ ส่วนแรกทำการปรับเพิ่มเส้นที่จุด)A (ได้ค่าพารามิเตอร์ L_5 โดยมีการเลือกปรับเพิ่มจำนวนเส้นของหวีคู่ขนาด L_5 ตั้งแต่ 2, 3, 4 และ 5 เส้น พบว่าค่าที่เหมาะสมคือ L_5 เท่ากับ 5 เส้น ซึ่งมีค่า λ_g อยู่ในช่วง $0.015\lambda_g$ ถึง $0.43\lambda_g$ จากการจำลองแบบพบว่าสายอากาศมีผลตอบสนองความถี่ 2 ช่วงคือที่จุด 1 มีค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับที่ความถี่ต่ำ 2.41 GHz เท่ากับ -13.71 dB และที่จุด 2 มีค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับด้านความถี่สูง 5.31 GHz เท่ากับ -17.20 dB ดังรูปที่ 2 นอกจากนี้ยังใช้การปรับขนาดของ W_2, W_3, L_4, และ L_6 ร่วมด้วย เพื่อช่วยให้ค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ตอบสนองย่านความถี่แถบคู่ที่ต้องการ



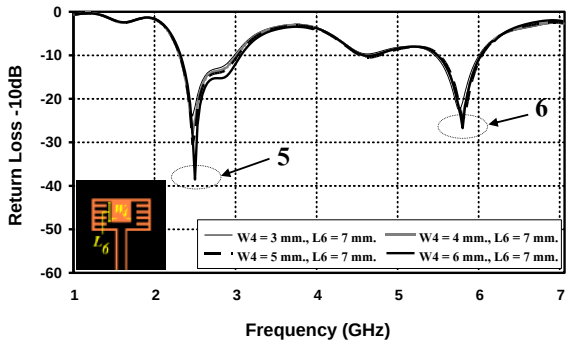
รูปที่ 2 ค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (Return loss) เมื่อปรับจำนวนเส้นของสตับขนาด L_5

ส่วนที่สองทำการปรับขนาดของเส้นความยาวของแถบ L_5 ซึ่งมีค่า λ_g อยู่ในช่วง $0.015\lambda_g$ ถึง $0.43\lambda_g$ โดยมีการเลือกปรับขนาดตั้งแต่ 1.0, 1.2, 1.4 และ 1.6 มม. จากการปรับจูนพบว่าค่าที่เหมาะสมคือ L_5 เท่ากับ 1.0 มม. ดังรูปที่ 3 จากรูปที่ 3 พบว่าที่จุด 3 มีค่าการสูญเสียย้อนเนื่องจากการกลับที่ความถี่ต่ำ 2.5 GHz เท่ากับ -20.29 dB และที่จุด 4 มีค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับที่ความถี่สูง 5.79 GHz เท่ากับ -25.99 dB

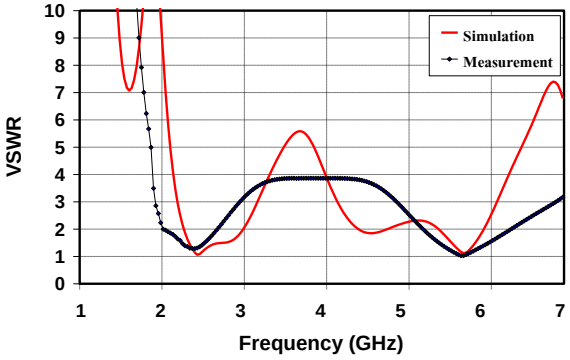


รูปที่ 3 ค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ เมื่อปรับ L_5

ส่วนที่สามทำการปรับขนาดโครงสร้างสตับในส่วนของพารามิเตอร์ความกว้างของแถบคือ W_4 และความยาวคือ L_6 จนได้ค่าที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์จากค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับมีค่าลดลงมากที่สุด โดยมีการเลือกปรับขนาด W_4 จะทำการปรับตั้งแต่ขนาด 3, 4, 5 และ 6มม. ส่วนค่า L_6 จะถูกคงค่าที่เหมาะสมคือ 7 มม. พบว่าค่า W_4 ที่ส่งผลตอบสนองความถี่ที่ดีที่สุดคือ 6 มม. ดังแสดงได้ในรูปที่ 4 จากรูปที่ 4 พบว่าที่จุด 5 มีค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับที่ความถี่ต่ำ 2.46 GHz เท่ากับ -38.73 dB และที่จุด 6 มีค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับที่ความถี่สูง 5.79 GHz เท่ากับ -26.06 dB ซึ่งลงต่ำกว่าที่จุด 3 และ 4 และค่าอัตราขยายจากการจำลองผลมีค่าคือ ช่วงความถี่ต่ำ 4.15 dBi และช่วงความถี่สูง 4.77 dBi



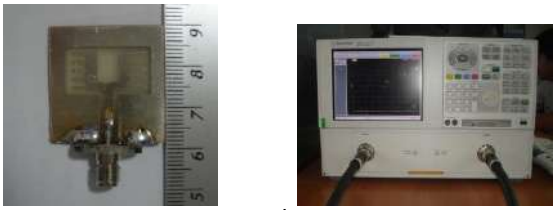
รูปที่ 4 ค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ เมื่อปรับขนาด W_4 และ L_6



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบผลการจำลองแบบและการวัดของค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน VSWR ของสายอากาศต้นแบบ

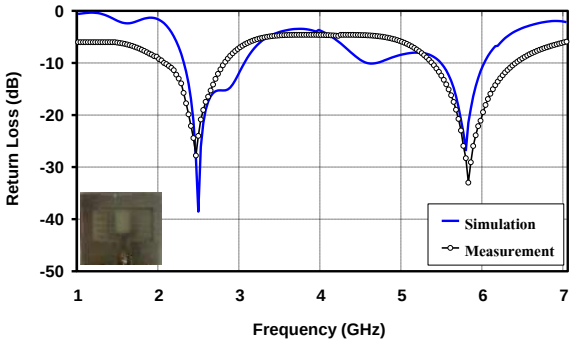
3 การสร้างและผลการวัด

การสร้างสายอากาศต้นแบบถูกสร้างบนแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 ซึ่งมีขนาดความยาวเท่ากับ 30 มม. และความกว้างเท่ากับ 30 มม. และนำพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ มาสร้างจริงเป็นสายอากาศต้นแบบและใช้เครื่องวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analyzer) รุ่น E8363B เป็นเครื่องมือวัดผลดังแสดงในรูปที่ 5 จากนั้นทำการวัดค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับและค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน เมื่อทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองแบบและผลการวัดจริง พบว่าผลทั้งสองมีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน โดยความถี่เรโซแนนซ์ช่วงต่ำมีค่าเท่ากับ 2.44 GHz (2.21 - 2.77 GHz) และที่ความถี่เรโซแนนซ์ช่วงสูงมีค่าเท่ากับ 5.81 GHz (5.28 - 6.34 GHz) ซึ่งมีค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันคือ 1:1.06 และ 1:1.12 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.11b/g และ IEEE 802.16a ดังรูปที่ 6



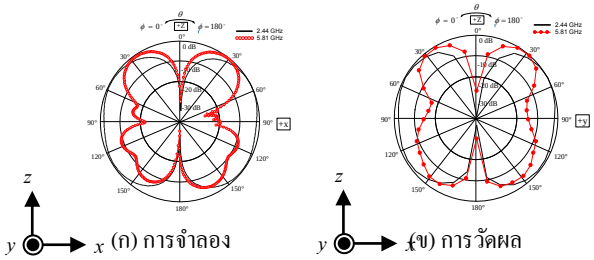
(ก) สายอากาศต้นแบบ (ข) เครื่องวิเคราะห์โครงข่าย

รูปที่ 5 สายอากาศต้นแบบและเครื่องมือวัด



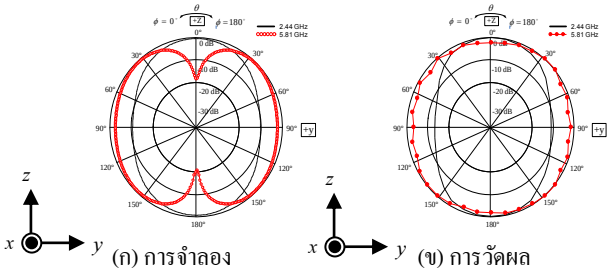
รูปที่ 6 การเปรียบเทียบผลการจำลองแบบกับผลการวัดจริงของค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับของสายอากาศต้นแบบ

จากการเปรียบเทียบผลการจำลองแบบกับการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane) และการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane) ในช่วงความถี่เรโซแนนซ์ช่วงต่ำ 2.44 GHz และช่วงความถี่สูง 5.81 GHz พบว่าในระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane) ดังรูปที่ 8 และในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane) ดังรูปที่ 9 มีการแผ่พลังงานคลื่นเป็นแบบสองทิศทาง (Bidirectional)



(ก) การจำลอง (ข) การวัดผล

รูปที่ 8 เปรียบเทียบผลการจำลองและการวัดผลแบบรูปการแผ่พลังงานที่ความถี่ 2.44 GHz และ 5.81 GHz ในระนาบสนามไฟฟ้า



(ก) การจำลอง (ข) การวัดผล

รูปที่ 9 เปรียบเทียบผลการจำลองและการวัดผลแบบรูปการแผ่พลังงานที่ความถี่ 2.44 GHz และ 5.81 GHz ในระนาบสนามแม่เหล็ก

4 สรุป

การปรับจูนสายอากาศแบบช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยสตับรูปหวีคู่สำหรับการประยุกต์ใช้งานย่านความถี่แถบคู่ จากการออกแบบโครงสร้างโดยใช้เทคนิคการเซาะแนวนอนและแนวตั้งเปรียบเทียบกับผลการวัดพบว่าช่วยปรับให้ใช้งานในช่วงย่านความถี่ต่ำ 2.44 GHz (2.21-2.77 GHz) ให้ครอบคลุมมาตรฐาน IEEE 802.11b/g 2.45 GHz (2.40-2.48 GHz) และช่วงย่านความถี่สูง 5.81 GHz (5.28-6.3 GHz) ให้ครอบคลุม

มาตรฐาน IEEE 802.16a 5.8 GHz (5.7-5.9 GHz) ซึ่งมีค่าอัตราขยายช่วงความถี่ต่ำเท่ากับ 3.74 dBi และช่วงความถี่สูงเท่ากับ 4.26 dBi ซึ่งมีแบบรูปการแผ่พลังงานเป็นลักษณะสองทิศทาง (Bidirectional) พบว่าโครงสร้างสายอากาศที่จำลองแบบมีขนาดเล็กกว่างานวิจัยที่ [4และ9] เท่ากับ 25% และ 36% ซึ่งการนำไปสร้างจริงทำได้ให้ผลตอบสนองการใช้งานได้ดีกว่างานวิจัยที่ [10] ตามที่ต้องการ

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้โปรแกรม CST และเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analyzer) รุ่น E8363B ในการวัดผลงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] IEEE 802.11, “Wireless Access Method and Physical Layer Specifications,” *New York, NY, USA,* September 1994.

[2] B. O. Hara and A. Petrick, “The IEEE 802.11 Handbook: A Designer’s,” *Companion, IEEE Press, New York, NY, USA,* 1999.

[3] สุวัฒน์ สกุลชาติ, “สายอากาศแบบไมโครสตริปที่มีการจูนสตับการใช้งานเครือข่ายไร้สาย”, วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2552.

[4] B. Kaewchan, W. Naktong and A. Ruengwaree, “T-shape slot in rectangular slot antenna to enlarge bandwidth for broadband communication,” *The 9th International Symposium on, Antennas, and EM Theory (ISAPE 2010), Guangzhou, China*, 29 November - 2 December 2553.

[5] C.A. Balanis, Antenna Theory, 2nd Edition, New York, John Wiley & Son, Inc., 1982.

[6] J. H. Lu and K. L.Wong, *“*Slot-loaded rectangular microstrip antenna with compact dual frequency operation,” *Electronics, Lett,* vol. 34, no 11, pp. 1048-1050, 1998.

[7] J. H. Lu, “Single-feed dual-frequency rectangular microstrip antenna,” *In Proc. IEEE Antennas Propaget. Soc, Int, Symp, Dig,* vol. 4, Salt Lake City, UT, pp. 2192-2195, 2000.

[8] บุญชัย แก้วจันทร์, วัชรพล นาคทอง, ฐิติกร วัฒนานันท์, ทินวัฒน์ จังจริง และ อำนวย เรืองวารี, “การศึกษาการปรับโครงสร้างสายอากาศแบบแผ่นวงจรพิมพ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยการเซาะร่องรูปหวีสำหรับการใช้งานย่านความถี่แถบคู่”, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, ครั้งที่ 1, 1 กันยายน 2553, นครราชสีมา, ประเทศไทย.

[9] วัชรพล นาคทอง, เสกสรรค์ พลศรี, ปวีร์ ชัยบุญ และ อำนวย เรืองวารี, “การศึกษาการเซาะร่องรูปเสี้ยววงกลมที่ระนาบกราวด์ของสายอากาศรูปก้างปลาช่องเปิดร่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อขยายแบนด์วิดท์สำหรับการสื่อสารย่านความถี่ไร้สาย”, การประชุมวิชาการสหวิทยาการเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ตแห่ง, 16-18 พฤศจิกายน 2554, ประเทศไทย, ครั้งที่ 4, สงขลา, ประเทศไทย.

[10] วัชรพล นาคทอง, เสกสรรค์ พลศรี, ศราวุธ ศรีวิไล และ อภิรดา นามแสง, “การศึกษาการปรับโครงสร้างสายอากาศแบบแผ่นวงจรพิมพ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยการเซาะร่องรูปหวีคู่สำหรับการใช้งานย่านความถี่แถบคู่”, การประชุมวิชาการสหวิทยาการเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตภูเก็ตแห่งประเทศไทย, 17-19 กันยายน 2553, ครั้งที่ 3, สงขลา, ประเทศไทย.

สายอากาศแบบโมโนโพลรูปฉัตรสำหรับประยุกต์ใช้งานย่านความถี่ ISM

Tiered Umbrella - Shaped Monopole Antenna for ISM System Applications

ชนนิกานต์ พานิชนอก [1], ทรงสมศักดิ์ บุญมิ่ง[1], วัชรพล นาคทอง[2], และ อำนวย เรืองวารี[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

E-mail: chonnikan_telecom16 @hotmail.com , amnoiy.r@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาการออกแบบสายอากาศโมโนโพลรูปฉัตรสำหรับการประยุกต์ใช้งานย่านความถี่สาธารณะ (Industrial Scientific and Medical :ISM) ซึ่งในที่นี้จะเลือกใช้งานเฉพาะช่วงความถี่ย่อย คือ 865 - 868 MHz การออกแบบสายอากาศเลือกใช้เทคนิคการเซาะร่องที่ตัวสายอากาศ เพื่อปรับจูนให้ได้ช่วงย่านความถี่ที่ต้องการ ร่วมกับการวิเคราะห์ผลของโครงสร้างสายอากาศอาศัยการจำลองแบบบนโปรแกรม (Computer Simulation Technology :CST) จากผลการจำลองแบบเพื่อศึกษาค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ แบบรูปการแผ่พลังงาน และอัตราการขยาย โดยการจำลองผลพบว่าสายอากาศสามารถตอบสนองช่วงการใช้งานที่ความถี่ 867 MHz (800 - 960 MHz) มีค่าอิมพีแดนซ์ 52.27 + j2.33 Ω มีแบบรูปการแผ่พลังงานรอบทิศทาง และอัตราการขยาย 3.05 dBi ซึ่งตอบสนองตามมาตรฐานที่ต้องการ

Abstract

This paper present Tiered Umbrella - Shaped Monopole Antenna Applications for Industrial Scientific and Medical for support frequency bandwidth 865 – 868 MHz with ecting technique for RFID Applications. This study designed and experiment analyze antenna with CST (Computer Simulation Technology) for simulation and measurement result , return loss , radiation pattern , gain and bandwidth. The antenna frequency respond about 867 MHz was support frequency bandwidth (800 – 960 MHz) was impedance 52.27 + j2.33 Ω, omni radiation pattern and gain 3.05 dBi for support standard

Keywords: Monopol Antenna, Tiered Umbrella - Shaped, ISM, Return Loss

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยย่านความถี่สาธารณะสำหรับอุตสาหกรรมวิทยาศาสตร์และการแพทย์ (Industrial Sciences Medicine: ISM) [1-3] ซึ่งช่วงความถี่ในแต่ประเทศจะอนุญาตให้ต่างกันไปสิ่งจะมีอยู่ 2 ช่วง คือ ความถี่ต่ำกว่า 900 MHz ได้แก่ 865 - 867 MHz, 865 - 868 MHz, และสูงกว่า 900 MHz ได้แก่ 902 - 928 MHz, 910 - 914 MHz, 919 - 928 MHz, 920 - 925 MHz, 952 - 954 MHz [1-3] เป็นต้น ได้รับความนิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวางทั้งสำหรับงานวิจัยและทางด้านพาณิชยการเช่น ระบบ ระบุตัวตนและระบบรักษาความปลอดภัย เพื่อใช้ป้องกันการขโมยสิ่งของต่างๆ ซึ่งจะฝังอยู่ในตัวของบัตรหรือแท็ก สกรูพลาสติก ป้ายชื่อ กำไลข้อมือและกำไลข้อเท้า โดยที่กล่าวมาจะมีส่วนประกอบของภาครับ - ภาคส่งสัญญาณเพื่อติดต่อสื่อสารกัน ซึ่งส่วนที่เป็นหัวใจของระบบนี้คือ ตัวสายอากาศ การออกแบบสายอากาศเพื่อรองรับระบบต้องพิจารณาที่ความถี่ใช้งาน ถ้าคุณภาพของสายอากาศไม่ดีจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบทั้งหมด จากสาเหตุดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะทำการศึกษาออกแบบสายอากาศเพื่อประยุกต์ใช้กับระบบดังกล่าว โดยจากการศึกษาโครงสร้างของสายอากาศ [6-8] ได้เลือกชนิดสายอากาศโมโนโพลแบบระนาบร่วม ที่มีการป้อนพลังงานที่ตัวสายอากาศแบบระนาบร่วม ในส่วนของการออกแบบสายอากาศต้นแบบจะเน้นโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนเพื่อการปรับจูนได้ง่ายและสะดวกต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน การออกสายอากาศจะเริ่มต้นด้วยการใช้วิธีเชิงประสบการณ์ ร่วมกับโปรแกรมช่วยออกแบบ คือ โปรแกรม CST เพื่อศึกษาคุณลักษณะของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศต้นแบบให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดตามที่ต้อง

2. โครงสร้างและหลักการออกแบบ

2.1 โครงสร้างของสายอากาศ

โครงสร้างของสายอากาศแบบโมโนโพลรูปฉัตร การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของโครงสร้างสายอากาศต้นแบบจะใช้วิธีเชิงประสบการณ์ (Experiment method) ร่วมกับโปรแกรม CST โครงสร้างจะถูกสร้างขึ้นบนวงจรแผ่นพิมพ์ที่มีวัสดุฐานรองชนิด FR4 มีค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ε_r) เท่ากับ 4.3 และมีความสูงของวัสดุฐานรอง (h) เท่ากับ 0.764 มม. ดังรูปที่ 1 ในส่วนนี้ได้มีการวิเคราะห์เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศให้ตอบสนองย่านความถี่ที่ต้องการมากที่สุดและปรับค่าอิมพีแดนซ์เพื่อลดค่าการสูญเสียจากการสะท้อนกลับ (S_{11}) ให้ได้ช่วงย่านความถี่ตอบสนองที่ความถี่ 867 MHz โดยวิธีการเซาะร่อง และค่าอิมพีแดนซ์สามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 1-6 [9] ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศต้นแบบดังแสดงในตารางที่ 1

$$Z_o = \frac{30\pi}{\sqrt{\varepsilon_{re}}} \times \frac{K'(k_1)}{K(k_1)} \quad (1)$$

โดยที่ค่า $$K' = \sqrt{1-(k)^2} \quad (2)$$

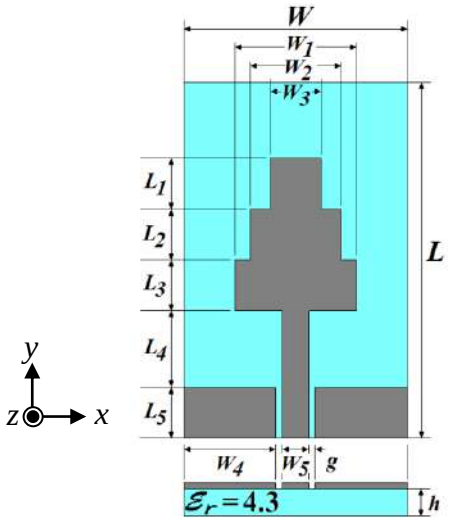
$$\varepsilon_{re} = 1 + q(\varepsilon_r - 1) \quad (3)$$

$$q = \frac{1}{2}\left[\frac{K(k_2)}{K'(k_2)} \frac{K'(k_1)}{K(k_1)}\right] \quad (4)$$

ค่า K_1 และ K_2 จะได้

$$K_1 = \frac{a}{b}; \quad a = \frac{W_n}{2}, \quad b = \frac{(2g + W_n)}{2} \quad (5)$$

$$K_2 = \frac{\sinh(\frac{\pi a}{2h})}{\sinh(\frac{\pi b}{2h})} \quad (6)$$



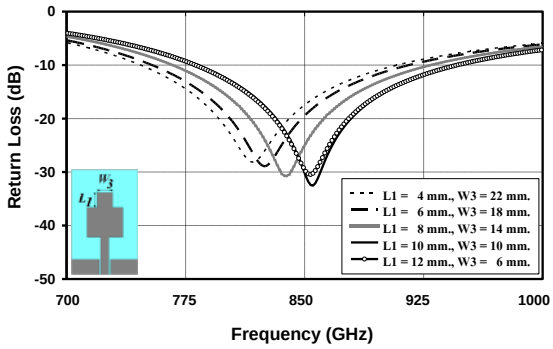
รูปที่ 1 โครงสร้างของสายอากาศต้นแบบ

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศ

ขนาดความกว้าง		ขนาดความยาว	
ตัวแปร	ขนาด (มม.)	ตัวแปร	ขนาด (มม.)
W	44	L	70
W_1	24	L_1	10
W_2	18	L_2	10
W_3	10	L_3	10
W_4	19	L_4	15
W_5	5.2	L_5	10
g	0.4	h	0.764

2.2 ผลการวิเคราะห์การจำลองแบบ

จากการออกแบบโครงสร้างของสายอากาศต้นแบบดังรูปที่ 1 ค่าตัวแปรพารามิเตอร์ที่ได้จากการจำลองแบบโครงสร้างของสายอากาศโดยใช้โปรแกรม CST เพื่อศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของค่าความสูญเสียของการย้อนกลับ (Return Loss) และหาค่าตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของสายอากาศต้นแบบจากการวิเคราะห์ผลการจำลองแบบ ซึ่งโครงสร้างสายอากาศต้นแบบมีการปรับจูนแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ในส่วนแรกทำการเซาะร่องที่ตัวสายอากาศด้วยการปรับค่าพารามิเตอร์ค่าความยาวแถบ L_1 ตั้งแต่ 4, 6, 8, 10 และ 12 มม. พบว่าค่าที่เหมาะสมคือ L_1 เท่ากับ 10 มม. จากนั้นกำหนดให้ L_1 = 10 มม. เป็นค่าคงที่แล้วเริ่มปรับค่าความยาว W_3 ตั้งแต่ 22, 18, 14, 10 และ 6 มม. พบว่าค่าที่เหมาะสมคือ W_3 เท่ากับ 10 มม. ส่งผลทำให้ค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับช่วงความถี่ 782 – 945 MHz มีค่าต่ำกว่า -10 dB ซึ่งตอบสนองรองรับการใช้งานระบบย่านความถี่อาร์เอฟไอดี การตอบสนองค่าความถี่กลางของสายอากาศอยู่ที่ 867 MHz ซึ่งจากการออกแบบต้องการความถี่กลางที่ 867 MHz จึงทำการปรับโรงสร้างเพิ่มในส่วนต่อไป

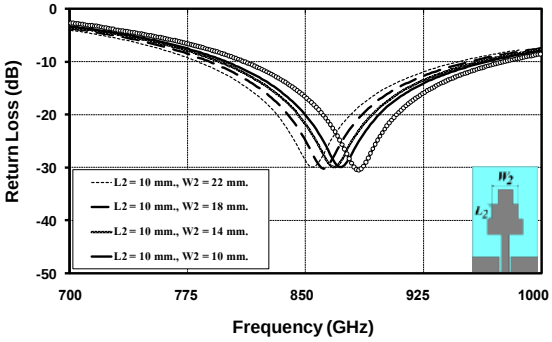


รูปที่ 2 ความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับเมื่อปรับขนาด L_1 และ W_3

ในส่วนที่สองทำการปรับโครงสร้างด้วยการเซาะร่องที่ตัวสายอากาศด้วยการกำหนดค่าความยาว L_2 คงที่เท่ากับ 10 มม. ซึ่งเป็นคงที่ที่เหมาะสมที่สุดจากการปรับจูนในรูปที่ 2 และปรับค่าความยาว W_2 ตั้งแต่ 22, 18, 14 และ 10 มม. พบว่าค่าที่เหมาะสมคือ W_2 เท่ากับ 18 มม. ซึ่งทำให้การแมตช์อิมพีแดนซ์ที่ 50 โอห์ม ต่ำลงตลอดย่านความถี่ใช้งานคือ 9.46% (794-960 MHz) และส่งผลให้ได้ความถี่ใช้งานกลางของสายอากาศตอบสนองระบบย่านความถี่ RFID ที่ต้องการคือ 867 MHz

สายอากาศแบบโมโนโพลรูปฉัตรสำหรับประยุกต์ใช้งานในระบบ RFID ย่านความถี่ 867 MHz

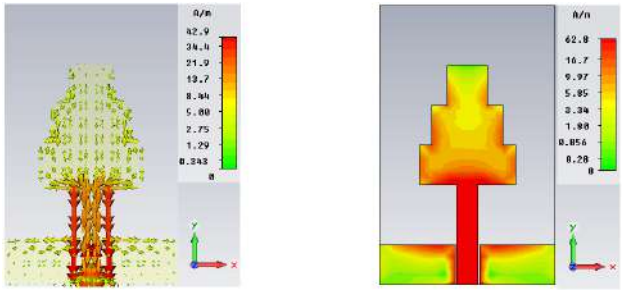
Tiered Umbrella - Shaped Monopole Antenna for RFID System Applications with 867 MHz



รูปที่ 3 ความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับเมื่อปรับขนาด L_2 และ W_2

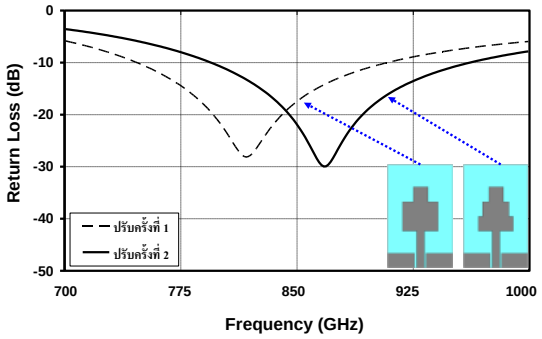
ผลจากการปรับโครงสร้างสายอากาศจนได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆจนเหมาะสมแล้วจากนั้นทำการจำลองแบบเพื่อทำการศึกษาการแพร่กระจายและความหนาแน่นของกระแสบนตัวสายอากาศ ผลการจำลองแบบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4 พบว่าความหนาแน่นของกระแสที่ความถี่ 867 MHz จะมีมาบริเวณจุดป้อนสัญญาณและบริเวณด้านล่างของสายอากาศ รวมไปถึงบริเวณขอบที่มีการเซาะร่องส่วนปลายด้านบนของสายอากาศจะมีความหนาแน่นการไหลกระแสเบาบางและเพื่อสังเกตความแตกต่างจากการเซาะร่องส่วนแรกและส่วนที่สองจึงทำการเปรียบเทียบค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับที่ได้จากกรณีทั้งสองดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่าผลจากการปรับครั้งที่สองทำให้ผลต่อการตอบสนองความถี่ใช้งานของสายอากาศปรับเลื่อนมาที่ความถี่ 867 MHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ต้องการตามมาตรฐานระบบ RFID

สำหรับอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน (Voltage Standing Wave Ratio : VSWR) ของสายอากาศต้นแบบแสดงได้ดังรูปที่ 6 พบว่าค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศต้นแบบที่ความถี่ 867 MHz มีค่าเท่ากับ 52.27 + j2.33 Ω

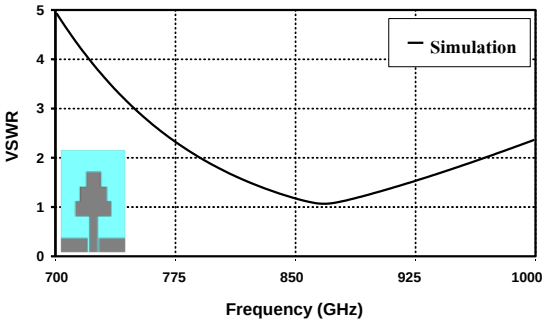


(ก) ทิศทางกระแส (ข) ความหนาแน่นกระแส

รูปที่ 4 ผลการจำลองแบบการไหลของกระแสที่ความถี่ 867 MHz

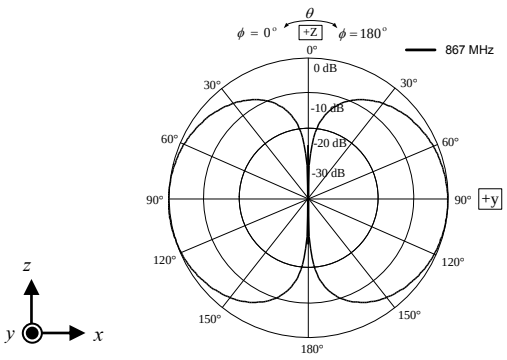


รูปที่ 5 การเปรียบเทียบค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับของสายอากาศที่ทำการปรับโครงสร้างครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2

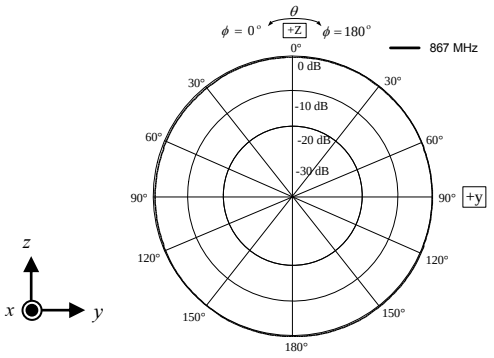


รูปที่ 6 ผลการจำลองแบบสายอากาศต้นแบบค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน VSWR

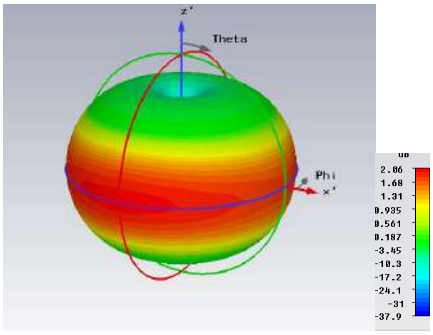
ส่วนสุดท้ายการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศต้นแบบพบว่าที่ความถี่ 867 MHz แบบรูปในระนาบสนามไฟฟ้าจะมีลักษณะเป็นแบบ 2 ทิศทาง ในขณะที่ในระนาบสนามแม่เหล็กเป็นแบบทิศทางรอบตัว ดังรูปที่ 7 และ รูปที่ 8 ตามลำดับ และในส่วนของอัตราขยายของสายอากาศต้นแบบในระนาบ 3 มิติ แสดงได้ดังรูปที่ 9 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.05 dBi ที่ความถี่ 867 MHz



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบผลการจำลองและการวัดผลแบบรูปการแผ่พลังงานที่ความถี่ 867 MHz ระนาบสนามไฟฟ้า



รูปที่ 8 ผลการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานที่ความถี่ 867 MHz ระนาบสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 9 ผลการจำลองแบบอัตราขยายของสายอากาศต้นแบบ

3. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการศึกษาการออกแบบสายอากาศแบบโมโนโพลรูปฉัตรสำหรับประยุกต์ใช้งานช่วงย่านความถี่สาธารณะที่เลือกใช้งานช่วงย่านความถี่ (865 - 868 MHz) โดยการเซาะร่องที่ตัวสายอากาศทั้งสองชั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางและความหนาแน่นของกระแสที่ไหลผ่านสายนำสัญญาณไปยังตัวสายอากาศต้นแบบจริง นั้นส่งผลทำให้ค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ตอบสนองในช่วงความถี่ใช้งาน 9.46% (794 - 960 MHz) ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 50 Ω คือ 52.27 + j2.33 Ω และเมื่อทำการจำลองผลต่อพบว่าสายอากาศต้นแบบ มีแบบรูปการแผ่พลังงานเป็นลักษณะรอบทิศทาง และมีอัตราการขยาย 3.05 dBi ตามที่ต้องการ โดยสายอากาศมีขนาดเล็กและมีแบนด์วิดท์กว้างกว่างานวิจัยที่ [11]

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้งานโปรแกรม CST

เอกสารอ้างอิง

[1] L. C. Rudant, L. Delaveaud, and C. Azoulay, *A new miniaturized antenna for ISM 433 MHz frequency band*. Antennas and Propagation (EuCAP), 2010 Proceedings of the Fourth European Conference on , 12 - 16 April 2010, pp. 1 - 5.

[2] Colburn, J.S., Jensen, M.A., and Y. R. Samii, *Indoor ISM band multipath fading: frequency and antenna diversity*. Antennas and Propagation for Wireless Communications, 1998. IEEE-APS Conference on, 1 - 4 November 1998, pp. 9 -12.

[3] เจษฎา มณฑาสุวรรณ คงศักดิ์ รัตน์นิยมชัย และ ชาญชัย ทองโสภา, สายอากาศแบบแผ่นโค้งสาหรับการประยุกต์ใช้งานบนจรวดนาวิถีขนาดเล็ก. *การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 5 (ECTI-CARD 2013)*, นครราชสีมา, 8 - 10 พฤษภาคม 2556, หน้า 343 - 346.

[4] J. Siden, J. Gao and B. Neubauer, Microstrip Antennas for Remote Moisture Sensing using Passive RFID. *IEEE 2009, Braunschweig, Germany*, 2009.

[5] D. M. Dobkin and S. M. Weigand, Environmental Effects on RFID Tag Antennas. IEEE 2005, CA, USA , 2005.

[6] J. Y. Jan, J. C. Kao, Y. T. Cheng, W. S. Chen and H. M. Chen, CPW-Fed Wideband Printed Planar Monopole Antenna for Ultra-Wideband Operation. *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 2006,* 9 - 14 July 2006, pp. 1697 - 1700.

[7] A. A. Eldek, *Numerical Analysis of a Small Ultra Wideband Microstrip-fed tap Monopole Antenna*. Progress In Electromagnetics Research: PIER 65, 2006, pp. 59 - 69.

[8] H. K.Yoon, J. A. Park, Y. J. Yoon and C. H. Lee, *A CPW-fed Polarization Diversity Antenna for UWB Systems* IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 2008 AP-S 2008, 5 - 11 July 2008, pp. 1 - 4.

[9] ประยุทธ อัครเอกฒาลิน, *การออกแบบวงจรไมโครเวฟ*. มิสเตอร์ก๊อปปี้, ประเทศไทย, 2537.

[10] ผศ.ดร.ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์, *การออกแบบเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี*. ศูนย์อิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ประเทศไทย.

[11] Johan Siden, Jinlan Gao, and Bjorn Neubauer, *Microstrip Antenna for Remote moistore Sensing Using Passive RFID*. IEEE Conference 2009 on , 1 September 2009, pp. 1 - 4.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบสารสนเทศบนเว็บสำหรับการรายงานสินบนตำรวจจราจรผ่านโทรศัพท์แอนดรอยด์

A Web-based Information System for Traffic Police Bribery Reporting via Android Smart Phone

ยุรนันท์ ฉิมบรรเลง[1], และ เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมดิจิทัลมีเดีย และระบบเกม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[2]ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

E-mail: yuranan.chi@dpu.ac.th[1], nuengwong.tun@dpu.ac.th[2]

บทคัดย่อ

ในประเทศไทย เกิดกระแสต่อต้านการคอรัปชันอย่างรุนแรง ซึ่งการคอรัปชันที่ใกล้ตัวประชาชนไทยที่สุดก็คือการติดสินบนตำรวจจราจร ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบสารสนเทศบนเว็บสำหรับการรายงานสินบนตำรวจจราจรผ่านโทรศัพท์แอนดรอยด์ขึ้น เพื่อให้ประชาชนได้มีช่องทางในการรายงานการติดสินบนตำรวจจราจรในแต่ละท้องที่ โดยผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลสินบนผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ไปยังเครื่องแม่ข่าย จากนั้นเครื่องแม่ข่ายจะนำข้อมูลสินบนไปเก็บในฐานข้อมูล เพื่อให้ระบบนำข้อมูลสินบนมาแสดงทั้งบนโทรศัพท์แอนดรอยด์และบนเว็บ จากการทดสอบระบบพบว่าระบบสามารถคำนวณท้องที่สถานีตำรวจตามตำแหน่งพิกัดที่ได้ แล้วนำข้อมูลสินบนที่ได้มาประมวลผลแสดงเป็นกราฟสถิติการติดสินบนผ่านโทรศัพท์และผ่านเว็บบราวเซอร์ทั่วไปได้ หลังจากทดลองให้อาสาสมัครผู้ใช้งานจำนวน 30 คนใช้งานเป็นเวลา 10 วัน พบว่าระบบสามารถเก็บข้อมูลสินบนทั่วเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล และการส่งข้อมูลจากโทรศัพท์จนได้รับการตอบกลับจากเครื่องแม่ข่ายใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 1.97 วินาที ซึ่งหากมีใช้งานอย่างแพร่หลาย ก็จะสามารถให้ข้อมูลการติดสินบนตำรวจจราจรแก่ผู้สนใจและเกิดการแข่งขันระหว่างสถานีตำรวจในแต่ละท้องที่เพื่อลดการติดสินบนได้ในอนาคต

Abstract

Currently, there is a rigorous demand on anti-corruption in Thailand. One of the prevalent forms of corruption in Thailand is the traffic police bribery. We develop a web-based information system for traffic police bribery reporting via Android smartphones to facilitate people to report the bribery to the public. A user can send bribery information via an Android smartphone to the server. Then, the server stores the bribery information in the database. Then, the web application displays top authority area's statistics in form of charts. The experimental results show that the system can determine the police station correctly, according to the user's GPS positions. The data can be displayed as the bribery statistics chart, which can be viewed through the android application or a regular web browser. After the system has been distributed to 30 volunteer users for 10 days, the results show that the system can be used all over Bangkok Metropolitan Area. For performance, the turnaround time of the system is only 1.97 seconds on average. Therefore, if the system has been widespread used, it will also provide useful information to the traffic police bribery and promote competition between the police stations in order to reduce bribery in the future.

***Keywords*:** mobile application, anti-corruption, bribe

1. บทนำ

ปัจจุบัน เกิดกระแสต่อต้านการคอรัปชั่นในประเทศไทยอย่างรุนแรง มหาวิทยาลัยหอการค้าไทยได้ทำการสำรวจและพบว่ายอดเงินของการคอรัปชันในประเทศไทยสูงถึง 2 แสนล้านต่อปี [1] การคอรัปชั่นในประเทศไทยเป็นปัญหาที่หยั่งรากลึกไปทุกหย่อมหญ้า และรวมถึงระบบยุติธรรมของประเทศ ซึ่งประกอบด้วย ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ซึ่งหมายถึง ตำรวจ อัยการ และกระบวนการตัดสินคดีความ

บ่อยครั้งที่เราได้รับทราบการคอรัปชันจากต้นน้ำของกระบวนการยุติธรรม ซึ่งก็คือ ตำรวจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีการติดสินบนตำรวจจราจร ทำให้ตำรวจจราจรหละหลวมในการปฏิบัติหน้าที่ เช่น ไม่บังคับใช้กฎหมายอย่างเท่าเทียม และเป็นสาเหตุต้นน้ำสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สังคมขาดระเบียบ

นอกจากประเทศไทยแล้ว การคอรัปชันยังเป็นปัญหาในประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศทั่วโลก จึงได้มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วย เพื่อให้ประชาชนสามารถตรวจสอบข้อมูล และแจ้งการคอรัปชันในหลายรูปแบบได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น

ในปีที่ผ่านมา มีการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะมากขึ้นอย่างมากในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล ซึ่งมีสัญญาณ 3G และ/หรือ Wi-Fi ครอบคลุมเกือบทุกพื้นที่ ทำให้การใช้งานอินเทอร์เน็ตบนโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะสามารถทำได้โดยง่าย

ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบสารสนเทศบนเว็บสำหรับการรายงานสินบนตำรวจจราจรผ่านโทรศัพท์แอนดรอยด์ขึ้น เพื่อเป็นช่องทางในการรายงานการทำผิดโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจ และเก็บสถิติเพื่อเป็นข้อมูลให้กับผู้สนใจ โดยผู้ใช้สามารถรายงานพิกัดและท้องที่ที่เกิดการติดสินบนตำรวจจราจรขึ้นผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะ เพื่อให้ระบบนำข้อมูลไปแสดงเป็นสถิติบนเว็บไซต์

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาคอรัปชันในประเทศไทย

ในปี 2556 ประเทศไทยเป็นประเทศปลอดคอรัปชันเป็นอันดับ 102 จาก 177 ประเทศ [3] และมีคะแนนอยู่ที่ 35 จาก 100 คะแนน(ซึ่งอันดับ 1 หรือ 100 คะแนนหมายถึงประเทศที่มีคอรัปชันน้อยที่สุด) และมีแนวโน้มแย่ลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2550 และจากการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนโดยศูนย์พยากรณ์เศรษฐกิจและธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ระบุว่ากลุ่มคนที่ทำให้เกิดการคอรัปชันมากที่สุดเป็นนักการเมือง 63.2% ภาคธุรกิจ 49.2%ข้าราชการผู้รับสินบน 46.9% โดยหอการค้าไทยได้ประเมินก่อนหน้านี้ว่าการคอรัปชั่นในโครงการต่าง ๆ มีประมาณ 10% ของงบประมาณโครงการ หรือปีละ 2 แสนล้านบาท คิดเป็น 2% ของ GDP [1] นอกจากนี้ประชาชน 23% ยอมรับว่าได้จ่ายเงินเป็นสินบนอย่างน้อย 1 ครั้งในรอบ 12 เดือน [2]

ส่วนปัญหาการรับสินบนของตำรวจจราจร เป็นข่าวเกรียวกราวในช่วง 1-2 ปีที่ผ่านมา โดยมีตำรวจจราจรถูกถ่ายคลิปด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้วนำไปเผยแพร่ในสังคมออนไลน์หลายครั้ง ถึงแม้ว่าการให้-รับสินบนจะผิดกฎหมาย โดยตำรวจที่เรียกรับสินบนจะต้องถูกจับกุมดำเนินคดีทั้งทางวินัยและ ทางอาญาตามประมวลกฎหมายอาญา มาตรา 149 มีโทษจำคุกตั้งแต่ 5–20 ปี หรือจำคุกตลอดชีวิต และปรับตั้งแต่ 2,000-40,000 บาท ส่วนประชาชนที่ให้สินบนเจ้าพนักงานมีความผิดตามประมวลกฎหมายอาญา มาตรา 144 มีโทษจำคุกไม่เกิน 5 ปี หรือปรับไม่เกิน 10,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ ทั้งนี้หากประชาชนพบเห็นการกระทำโดยมิชอบ เรียกรับสินบนของเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร เฉพาะในพื้นที่กรุงเทพฯสามารถแจ้งได้ที่สายด่วน โทร. 1197 ได้ [5] แต่การให้-รับสินบนก็ยังถูกพบเห็นโดยทั่วไป

2.2 งานที่เกี่ยวข้อง

มีโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ทำหน้าที่รายงานการติดสินบนเจ้าพนักงานดังนี้

- I Paid a Bribe[6] เป็นระบบสารสนเทศที่ผู้ใช้สามารถรายงานการติดสินบนได้ผ่านทางเว็บไซต์และทางแอพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ แล้วนำข้อมูลสถิติมาแสดงบนเว็บไซต์ โดยแบ่งเป็นการติดสินบนตำรวจ และ หน่วยงานราชการโดยพัฒนาครั้งแรกเพื่อใช้ในประเทศอินเดีย และมีการขยายแนวคิดไปยังประเทศต่าง ๆ หลายประเทศ แต่ยังไม่มีเวอร์ชันของประเทศไทย ผู้พัฒนาจึงได้ใช้โปรแกรมนี้เป็นแรงบันดาลใจในการพัฒนาเวอร์ชันสำหรับประเทศไทยขึ้น
- BribeSpot [7] เป็นแอพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ผู้ใช้สามารถรายงานการติดสินบน และ ดูข้อมูลรายงานการติดสินบนแต่ละครั้งได้ โดยมีการแสดงจุดเกิดเหตุบนแผนที่ โปรแกรมนี้มีหลายเวอร์ชั่น รวมถึงเวอร์ชั่นสำหรับประเทศไทย อย่างไรก็ตามผู้ใช้ไม่สามารถดูสถิติจำนวนเหตุการณ์โดยเจาะจงท้องที่ได้ ซึ่งการแสดงจำนวนเหตุการณ์ในแต่ละท้องที่น่าจะนำไปสู่การแข่งขันเพื่อพัฒนาระบบตำรวจจราจรในแต่ละท้องที่ในอันที่จะลดการติดสินบนตำรวจจราจรได้ดียิ่งขึ้น

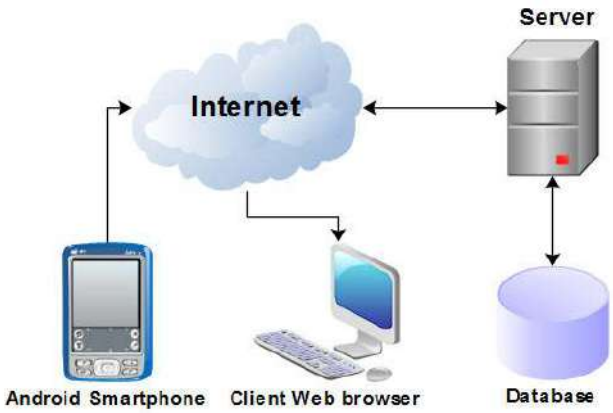
ดังนั้น ผู้พัฒนาจึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบสารสนเทศบนเว็บสำหรับการรายงานสินบนตำรวจจราจรผ่านโทรศัพท์แอนดรอยด์ขึ้น เพื่อแสดงตำแหน่งและเหตุการณ์การเกิดการติดสินบนตำรวจจราจร และจำนวนครั้งและจำนวนเงินที่มีการติดสินบนตำรวจจราจรในแต่ละท้องที่ เพื่อให้เกิดการแข่งขันกันพัฒนาระบบตำรวจจราจรในแต่ละท้องที่ในอันที่จะลดการติดสินบนตำรวจจราจรลง

3. การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบที่มีการพัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนหลักที่มีฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

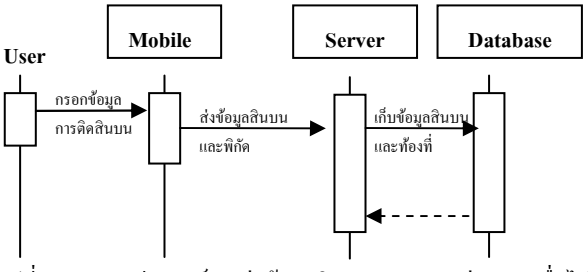
3.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ซึ่งมีภาพรวมของระบบดังรูปที่ 1



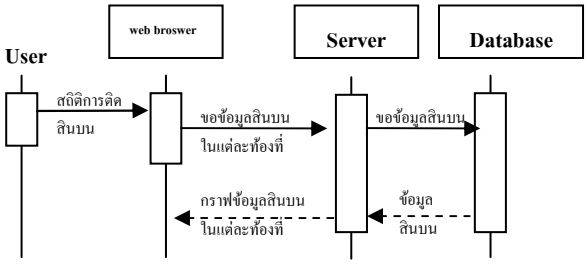
รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์

โทรศัพท์เคลื่อนที่จะรับข้อมูลการติดสินบนพร้อมทั้งประมวลผลพิกัด GPS เป็นท้องที่ของสถานีตำรวจ แล้วส่งไปยังเครื่องแม่ข่ายผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และนำข้อมูลการติดสินบนที่ได้รับไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล การทำงานสามารถแสดงในแผนภาพซีเควนซ์ของระบบที่พัฒนาขึ้นได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพซีเควนซ์การส่งข้อมูลสินบนและตำแหน่ง GPS เพื่อไปเก็บยังฐานข้อมูล

นอกจากนี้ ผู้ใช้งานระบบยังสามารถเรียกดูกราฟสถิติการติดสินบนแยกตามท้องที่หรือสถิติการติดสินบนมากที่สุด 10 อันดับ ผ่านทางแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์หรือผ่านเว็บบราวเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพซีเควนซ์การร้องขอข้อมูลสินบนในแต่ละท้องที่ผ่านเว็บบราวเซอร์

3.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนา

ระบบนี้พัฒนาโดยใช้ Eclipse ที่มีการติดตั้ง Android SDK & ADT ในการพัฒนาแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และใช้ Eclipse และภาษา PHP ในการพัฒนาโปรแกรมบนแม่ข่ายร่วมกับ MySQL ซึ่งใช้เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล

3.3 การระบุท้องที่สถานีตำรวจด้วยพิกัด GPS

เมื่อแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์อ่านพิกัด GPS ของเครื่องโทรศัพท์ โปรแกรมจะคำนวณระยะทางระหว่างพิกัดนั้น และพิกัดของสถานีตำรวจทุกสถานีจาก [9] โดยใช้ Euclid Distance ที่ใช้ค่าละติจูดและลองจิจูดแทนระยะทางแกน x และแกน y แล้วนำมาหาสถานีที่ให้ระยะทางที่ใกล้ที่สุด การติดสินบนนั้นก็จะถูกจัดเป็นการติดสินบนของท้องที่ของสถานีตำรวจที่ใกล้ที่สุดนั้น แต่ผู้ใช้สามารถเลือกสถานีอื่นได้ก่อนส่งข้อมูล

3.4 การป้องกันการส่งข้อมูลซ้ำ

โปรแกรมในฝั่งโทรศัพท์จะยอมให้ผู้ใช้ส่งข้อมูลการติดสินบน ณ จุดเดิม เพียงครั้งเดียวต่อวันเท่านั้น เพื่อป้องกันการส่งข้อมูลจำนวนมากจากโทรศัพท์เครื่องเดียว อันเกิดจากความเกลียดชังส่วนตัว และอาจทำให้เครื่องแม่ข่ายล่มได้

3.5 ข้อจำกัดของระบบ

1). โปรแกรมนี้ใช้ได้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Android เวอร์ชัน 2.2 ขึ้นไปเท่านั้น

2).ต้องเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่รองรับระบบ GPS และต้องไม่อยู่ในที่อับสัญญาณ และต้องสามารถใช้งานเครือข่ายอินเตอร์เนตได้

3) รองรับการเก็บข้อมูลสินบนที่มีพิกัดในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลที่ฐานข้อมูลมีข้อมูลพิกัดสถานีตำรวจเท่านั้น

4. การทดสอบการใช้งาน

4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

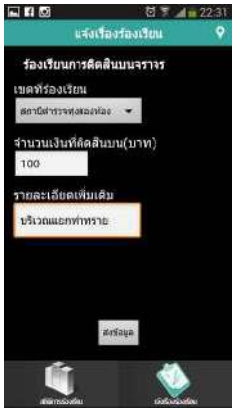
การทดสอบระบบเบื้องต้นใช้โทรศัพท์มือถือ Samsung Galaxy S4 ซึ่งใช้ระบบปฏิบัติการ Android version 4.3 ใช้เป็นตัวกรอกข้อมูลสินบนและส่งเข้าไปเก็บในระบบฐานข้อมูลผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

หลังจากทดสอบการทำงานของระบบเบื้องต้นเรียบร้อย ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมออกให้คนทั่วไปร่วมทดสอบระบบบน Google Play ในชื่อ Bribery Reporting เป็นเวลา 10 วัน ซึ่งมีอาสาสมัครจำนวน 30 คนติดตั้งโปรแกรมและส่งข้อมูลทดสอบ (ไม่ใช่ข้อมูลการติดสินบนจริง)

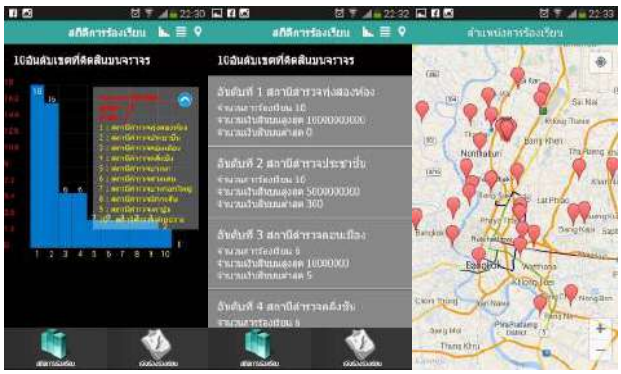
4.2 ผลการทดสอบระบบตามหน้าที่

หลังจากได้พัฒนาโปรแกรมเสร็จเรียบร้อย รูปที่ 4 แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้ในส่วนของโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูล โดยโปรแกรมจะแสดงรายชื่อสถานีตำรวจโดยเรียงลำดับจากสถานีที่ใกล้พิกัดของผู้ใช้ที่สุด และเมื่อผู้ใช้ส่งข้อมูล โปรแกรมจะแจ้งความสำเร็จในการส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้

นอกจากนี้ในส่วนโปรแกรมบนโทรศัพท์ยังสามารถแสดงสถิติได้หลายรูปแบบ ได้แก่ กราฟแท่ง รายการ และแผนที่ รูปที่ 5 แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้บนโทรศัพท์ ในส่วนของการแสดงสถิติต่าง ๆ ทั้งกราฟแท่งสถิติอันดับของสถานีที่มีจำนวนครั้งการติดสินบนสูงสุด 10 อันดับ (ซ้าย) โดยคำอธิบายในกราฟสามารถพับเก็บได้เมื่อผู้ใช้กดปุ่มลูกศรด้านขวาของกราฟ เพื่อประหยัดเนื้อที่ นอกจากนี้ ผู้ใช้ยังสามารถดูจำนวนเงินสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละอันดับ (รูปกลาง) และพิกัดตำแหน่งการร้องเรียน (รูปขวา)โดยกดที่ไอคอนมุมบนด้านขวา



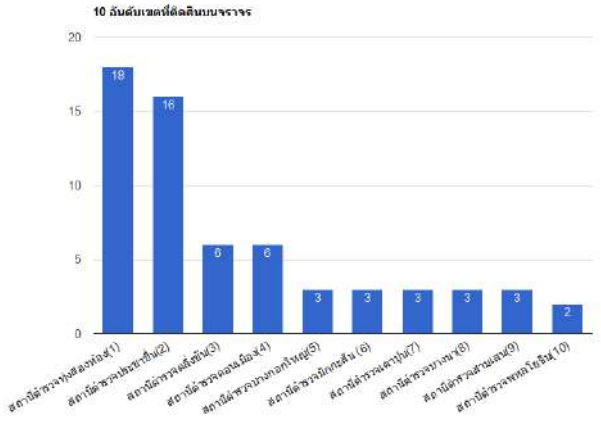
รูปที่ 4 หน้าจอโปรแกรมสำหรับกรอกข้อมูลสินบนบนโทรศัพท์เคลื่อนที่



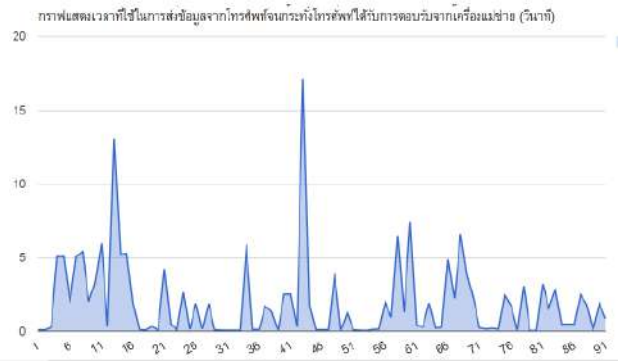
รูปที่ 5 กราฟแท่งอันดับสถานีที่มีการติดสินบนจำนวนครั้งสูงสุด 10 อันดับที่แสดงบนโทรศัพท์ (ซ้าย) อันดับสถานีพร้อมจำนวนเงินสูงสุดและต่ำสุด(กลาง) และ แผนที่จุดเกิดเหตุที่แสดงบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ (ขวา)

รูปที่ 5 (ขวา) ยังแสดงพิกัดการติดสินบนบนแผนที่ Google Map ที่ส่งมาโดยผู้ร่วมทดสอบระบบทั้ง 30 คน ซึ่งประกอบด้วยท้องที่ต่างๆ ทั่วเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล จึงสรุปว่าโปรแกรมสามารถใช้งานได้ทั่วเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล

นอกจากนี้ ข้อมูลที่ถูกส่งมาจากโทรศัพท์ซึ่งถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลจะถูกนำมาประมวลผลให้สามารถแสดงผลบนเว็บได้ ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งเป็นกราฟแท่งแสดงอันดับสถานีที่มีจำนวนครั้งการติดสินบนสูงสุด ทำให้ผู้ใช้สามารถเปรียบเทียบการทำงานของตำรวจจราจรในแต่ละพื้นที่ได้ โดยข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้จะไม่ถูกเก็บไว้บนฐานข้อมูล



รูปที่ 6 หน้าจอสถิติจำนวนการติดสินบนสูงสุด 10 อันดับที่แสดงบนเว็บ



รูปที่ 7 กราฟแสดงเวลา(วินาที)ที่ใช้ในการส่งข้อมูลจากโทรศัพท์จนกระทั่งโทรศัพท์ได้รับการตอบรับจากเครื่องแม่ข่าย

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบและการวิจารณ์ผล

เราได้ทำการเก็บระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบ ตั้งแต่โทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้ส่งข้อมูลมายังเครื่องแม่ข่าย จนกระทั่งโทรศัพท์ของผู้ใช้ได้รับการยืนยันการบันทึกข้อมูล โดยมีผู้ใช้ร่วมทดสอบระบบส่งข้อมูลจำนวน 90 ครั้ง พบว่าเวลาเฉลี่ยที่ระบบใช้ในการรับส่งข้อมูลอยู่ที่ 1.97 วินาที โดยใช้เวลาสูงสุด 17.07 วินาที และเวลาต่ำสุด 0.04 วินาที โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.27 วินาที และส่วนใหญ่ใช้เวลาน้อยกว่า 5 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่ผู้ใช้ยอมรับได้ [8]

7. สรุป

ปัญหาการคอรัปชันที่ใกล้ตัวประชาชนไทยที่สุดก็คือการติดสินบนตำรวจจราจร ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบสารสนเทศบนเว็บสำหรับการรายงานสินบนตำรวจจราจรผ่านโทรศัพท์แอนดรอยด์ขึ้น เพื่อให้ประชาชนได้มีช่องทางในการรายงานการติดสินบนตำรวจจราจรอีกทางหนึ่ง โดยผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลสินบนผ่านโทรศัพท์เข้าไปเก็บในฐานข้อมูล จากการทดสอบระบบพบว่าระบบสามารถเก็บข้อมูลสินบนทั่วเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล และสามารถคำนวณท้องที่สถานีตำรวจตามพิกัดที่ได้ แล้วนำข้อมูลสินบนมาแสดงเป็นกราฟสถิติการติดสินบนผ่านเว็บบราวเซอร์ได้ ซึ่งหากมีการเผยแพร่แอพพลิเคชันและใช้งานอย่างแพร่หลาย ก็จะสามารถให้ข้อมูลการติดสินบนตำรวจจราจรแก่ผู้สนใจได้ในอันที่จะเกิดการแข่งขันระหว่างสถานีตำรวจในแต่ละท้องที่เพื่อลดการติดสินบนได้ในอนาคต

งานวิจัยนี้ยังต้องมีการพัฒนาต่อในอนาคตในเรื่องการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ และการยืนยันความถูกต้องของข้อมูลสินบน

เอกสารอ้างอิง

[1] ASTVผู้จัดการออนไลน์, "โพลชี้จำนำ-งบน้ำ-เงินกู้ 2 ล้านล้าน เสี่ยงโกงมโหฬาร คาดทำรัฐเสียหายกว่า 5 แสนล้านบาท", เข้าถึงได้จาก: http://www.manager.co.th/iBizChannel/ViewNews.aspx?NewsID=9560000078328.

[2] Find The Data, “CORRUPTION BY COUNTRY: Thailand”, เข้าถึงได้จาก: http://country-corruption.findthedata.org/l/92/Thailand, [สืบค้นเมื่อ 22 ธ.ค. 2556]

[3] Transparency International, “Corruption Perceptions Index 2013”, เข้าถึงได้จาก: http://cpi.transparency.org/cpi2013/results/, [สืบค้นเมื่อ 22 ธ.ค. 2556]

[4] ASTVผู้จัดการออนไลน์(17 มิ.ย. 2556), "โพลชี้จำนำ-งบน้ำ-เงินกู้ 2 ล้านล้าน เสี่ยงโกงมโหฬาร คาดทำรัฐเสียหายกว่า 5 แสนล้านบาท" , เข้าถึงได้จาก: http://www.manager.co.th/iBizChannel/ViewNews.aspx?NewsID=9560000078328 [สืบค้นเมื่อ 22 ธ.ค. 2556].

[5] เดลินิวส์ (16 พ.ค. 2556), “ข้อควรรู้: ให้-รับสินบนโทษถึงติดคุก”, เข้าถึงได้จาก: http://www.dailynews.co.th/Content/Article/84512/ [สืบค้นเมื่อ 22 ธ.ค. 2556].

[6] Janaagraha, ***I Paid a Bribe***, เข้าถึงได้จาก: http://www.ipaidabribe.com/ [สืบค้นเมื่อ 22 ธ.ค. 2556].

[7] BribeSpot Thailand, เข้าถึงได้จาก: http://bribespotthailand.com/ [สืบค้นเมื่อ 22 ธ.ค. 2556].

[8] Kissmetrics: “How loading time affects your bottom line”. http://goo.gl/kosva

[9] Thailand Map Guide. เข้าถึงได้จาก: http://www.thailand-map-guide.com/data/bangkok/bangkok-police.php

บทความวิจัย –วิชาการ
การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข
ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การประยุกต์ใช้ QR code กับระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

Applying QR code for Science Laboratory Information Management System

ชีวิน ชนะวรรโณ[1], เนาวัล ศิริพัธนะ[2], ผุสดี มุหะหมัด[3] และลัดดา ปรีชาวีรกุล[4]
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
E-mail: {cheewin.c[1], phutsadee.m[3], ladda.p[4]}@psu.ac.th, way.serongang@gmail.com[2]

บทคัดย่อ

QR Code หรือรหัสคิวอาร์ เป็นชื่อเรียกทางการค้าของบาร์โค้ดสองมิติชนิดหนึ่ง โดยสามารถอ่านรหัสผ่านทางกล้องรับภาพของอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ เช่น สมาร์ทโฟน (Smartphone) แท็บเล็ต (Tablet) ได้เป็นอย่างดี บทความนี้ได้นำรหัสคิวอาร์มาประยุกต์ใช้กับระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (Laboratory Information Management System: LIMS) ซึ่งเป็นระบบที่มีกลไกการทำงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบอัตโนมัติ ครอบคลุมการทำงานตั้งแต่ขั้นตอนการรับ-ส่งตัวอย่างจากผู้ใช้บริการ การทดสอบและวิเคราะห์ตัวอย่าง จนถึงการรายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยเลือกหน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นกรณีศึกษาผลการนำไปใช้งานจริง พบว่า การนำรหัสคิวอาร์มาใช้งานร่วมกับการทำงานของระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ทำงานได้มีประสิทธิภาพ ลดข้อผิดพลาด และลดความซ้ำซ้อนในการเก็บข้อมูลได้เป็นอย่างดี อีกทั้งสามารถทวนสอบข้อมูลได้โดยไม่กระทบต่อกระบวนการทำงานตามปกติ สอดคล้องกับระบบประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการ (ISO/IEC17025:2005)

Abstract

QR Code is the commercial name for a two-dimensional barcode which can be read conveniently by cameras installed in mobile devices such as smartphones, tablets. In this article, we describe how to apply QR Code in Laboratory Information Management System (LIMS). LIMS provides office automation for scientific laboratories, covering all their functions including sample reception, sample testing and analysis, and most other steps leading up to sending the report to the clients. Central Equipment Division, Faculty of Science, Prince of Songkla University was chosen as a case study for implementation, testing as well as normal operations. It was found that QR Code-Integrated LIMS created an efficient and effective working environment, reducing errors, data redundancy as well as speeding up the data checking process without disturbing day-to-day operations.

Keywords: *barcode, Laboratory Information Management System, QR Code*

1. บทนำ

การดำเนินการของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอน อีกทั้งยังมีระบบการประกันคุณภาพเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อให้การทำงานและผลการทดสอบที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำ และเชื่อถือได้ ซึ่งก็ต้องใช้ทรัพยากรจำนวนมากทั้งบุคลากร กระดาษสิ่งพิมพ์ รวมถึงเวลาที่เป็นทรัพยากรที่มีค่ามากที่สุด การนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการทำงานผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดการสูญหายของเอกสาร สะดวกในการสืบค้นข้อมูล และเป็นการเพิ่มช่องทางในการสื่อสารกับผู้ใช้บริการอีกด้วย นอกจากนี้เทคโนโลยีรหัสคิวอาร์ (QR Code) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่รับค่าข้อมูลผ่านทางกล้องรับภาพของอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ โดยปัจจุบันมีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย จากที่กล่าวข้างต้น บทความนี้จึงเสนอระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการ (Laboratory Information Management System : LIMS) โดยนำรหัสคิวอาร์มาประยุกต์ใช้ โดยจะเป็นระบบที่มีกลไกการทำงานในห้องปฏิบัติการแบบอัตโนมัติ (Laboratory Automation) เพื่อควบคุมคุณภาพของข้อมูล ออกรายงานผลให้แก่ผู้รับบริการ ช่วยเพิ่มความคล่องตัวในขั้นตอนต่างๆ เช่น การกรอกข้อมูล การตรวจสอบข้อมูล และการออกรายงาน ง่ายต่อการเข้าถึง และการนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์

เนื้อหาของบทความในส่วนที่ 2 กล่าวถึงระบบสารสนเทศห้องปฏิบัติการ และระบบมาตรฐานคุณภาพห้องปฏิบัติการISO/IEC17205 ส่วนที่ 3 กล่าวถึงรหัสคิวอาร์ ส่วนที่ 4 และ 5 กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยรหัสคิวอาร์ และการพัฒนาระบบ ตามลำดับ ส่วนที่ 6 กล่าวถึง บทสรุป

2. ระบบสารสนเทศห้องปฏิบัติการ

ระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการ หรือ Laboratory Information Management System (LIMS) คือ ระบบการจัดการทำงานและจัดการข้อมูลสารสนเทศของห้องปฏิบัติการ ที่เน้นการทำงานผ่านซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ สนับสนุนระบบการทำงานของห้องปฏิบัติการให้มีศักยภาพเพิ่มขึ้น [1] เช่น การตรวจสอบสถานะงานวิเคราะห์ ความยืดหยุ่นในการใช้งาน และส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ชาญฉลาด โดยจุดประสงค์เริ่มต้นของการใช้งานคือความสามารถในการค้นหาและตรวจสอบสถานะงานวิเคราะห์ ด้วยศักยภาพของระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมากมายนอกเหนือความสามารถ
ดังกล่าว เช่น การจัดการข้อมูลดิบ การวิเคราะห์ข้อมูล และสมุดบันทึก

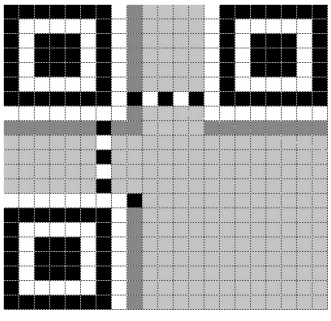
ข้อมูลการปฏิบัติการวิเคราะห์ นอกจากนี้เพื่อให้ห้องปฏิบัติการเกิดความน่าเชื่อถือ มีการพัฒนาประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องของห้องปฏิบัติการ จึงได้มีการสร้างดัชนีชี้วัด ที่เรียกว่า ระบบมาตรฐานคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 ขึ้น

2.1 ระบบมาตรฐานคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025

ISO/IEC 17025 คือ มาตรฐานสากลที่ใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ ครอบคลุมทุกด้านของการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการ ตั้งแต่การเตรียมตัวอย่างถึงความชำนาญในการวิเคราะห์ทดสอบ ไปจนถึงการเก็บบันทึกและการรายงานผล ยังรวมถึงองค์ประกอบด้านอื่นๆ ซึ่งได้แก่ระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการ การควบคุมเอกสาร การปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน สถานที่และภาวะแวดล้อมที่ทำการวิเคราะห์ เครื่องมือ การประมาณค่าความไม่แน่นอน หลักฐานความสอบกลับได้ การสุ่มตัวอย่างและอื่นๆ การได้การรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ช่วยให้ห้องปฏิบัติการมีความได้เปรียบในการแข่งขัน ด้วยการยืนยันความสามารถ การสร้างความเชื่อถือ การพัฒนาประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องของห้องปฏิบัติการนั้นๆ [2]

3. รหัสคิวอาร์

รหัสคิวอาร์ หรือ QR Code (Quick Response Code) [3] คือ ชื่อเรียกทางการค้าของบาร์โค้ดสองมิติชนิดหนึ่ง โดยสามารถอ่านรหัสผ่านทางกล้องรับภาพของเครื่องมือใดๆที่รองรับการถอดรหัส ซึ่งส่วนใหญ่จะบันทึกเกี่ยวกับข้อมูลที่เกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์ที่รหัสคิวอาร์ติดฉลากเอาไว้ รหัสคิวอาร์สามารถอ่านรหัสได้รวดเร็วและเก็บข้อมูลได้หลายชนิด เช่น ตัวเลข อักขระและเครื่องหมายพิเศษ รวมถึงตัวอักษรภาษาอื่นๆ นอกจากภาษาอังกฤษ สามารถเก็บข้อมูลได้เป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับบาร์โค้ดแบบมาตรฐาน(UPC barcodes) และสามารถถอดรหัสได้แม้ตัวรหัสคิวอาร์บางส่วนจะฉีกขาด หรือเลอะเลือนไป จึงเป็นที่นิยมใช้กันมาก โครงสร้างของรหัสคิวอาร์ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังแสดงในรูปที่ 1 โดยพื้นที่สีขาวดำทั้งสามบล็อค คือส่วนของ Finder Pattern และ Timing Pattern ใช้สำหรับระบุตำแหน่งบาร์โค้ด พิกัดของบาร์โค้ดตามลำดับ สำหรับพื้นที่สีเทา หรือ Encoded data คือส่วนของข้อมูลที่เข้ารหัสไว้ และและ พื้นที่ขอบที่ติดกับบล็อกทั้งสาม หรือ Format Information ใช้ระบุระดับการตรวจสอบข้อผิดพลาด



รูปที่ 1. ตัวอย่างโครงสร้างของรหัสคิวอาร์ model 2 version [3]

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รหัสคิวอาร์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ดังจะเห็นได้จาก Liu และคณะ [4] ได้นำเสนอระบบที่เรียกว่า HELLO ซึ่งเป็นการเรียนรู้ภาษาอังกฤษโดยใช้อุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ โดยจำลองสถานการณ์เสมือนเข้ากับสถานที่จริง เมื่อผู้เรียนรู้ไปยังสถานที่ที่หนึ่งจะใช้อุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ของตนอ่านรหัสคิวอาร์ รหัสคิวอาร์จะเชื่อมต่อฐานข้อมูลแสดงสื่อการเรียนรู้ภาษาอังกฤษจำลองสถานการณ์ของสถานที่นั้นขึ้นมา ทำให้การเรียนรู้ภาษาอังกฤษสนุกและน่าสนใจมากขึ้น นอกจากนี้ได้มีการนำรหัสคิวอาร์ไปใช้ในสถานพยาบาล เช่น จีน ฮ่องกงและสิงคโปร์ใช้รหัสคิวอาร์เพื่อเก็บและระบุข้อมูลตัวตนผู้ป่วยบนแถบรัดข้อมือ เพื่อให้มั่นใจว่าให้การรักษาถูกคน ถูกโรค จ่ายยาถูกต้องและตรงเวลา หรือที่ประเทศออสเตรเลีย ได้นำรหัสคิวอาร์มาประยุกต์ใช้ระบุตัวตนและข้อมูลของปศุสัตว์ในฟาร์ม ใช้จัดการการหมุนเวียนถังบรรจุแก๊ส LPG รวมไปถึงการระบุฉลากตัวอย่างเลือด โดยติดรหัสคิวอาร์บนหลอดทดลองที่มีขนาดเล็กแต่สามารถเก็บข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก [5]

ต่อมา Kan และคณะ [6] ได้นำรหัสคิวอาร์มาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality) โดยนำรหัสคิวอาร์ไปใช้เป็นตัวชี้ตำแหน่งวัตถุเสมือน 3 มิติ แทนตัวชี้ตำแหน่งทั่วไป ช่วยเพิ่มความสามารถทำให้ตัวชี้ตำแหน่งสามารถเก็บข้อมูลได้ ซึ่งโดยปกติแล้วตัวชี้ตำแหน่งทั่วไปจะไม่มีความสามารถในการเก็บข้อมูล

จากงานวิจัยที่กล่าวในเบื้องต้นพบว่ามีการนำรหัสคิวอาร์มาประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการนำรหัสคิวอาร์มาประยุกต์ใช้กับระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงเสนอระบบสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยรหัสคิวอาร์(QR_LIMS)

5.ระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยรหัสคิวอาร์

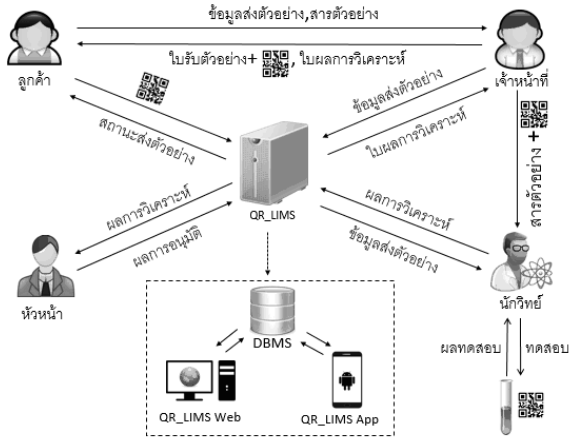
ระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยรหัสคิวอาร์ หรือ QR_LIMS เป็นระบบที่นำรหัสคิวอาร์มาช่วยในการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อให้การจัดการห้องปฏิบัติการมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยคำนึงถึงความต้องการต่อไปนี้

1. สามารถแทนที่ระบบเดิมที่ใช้เอกสารกระดาษเป็นหลัก เป็นการเก็บในฐานข้อมูลของเว็บเซิร์ฟเวอร์ ทำให้ง่ายในการจัดการข้อมูล ช่วยให้การสืบค้นข้อมูลสะดวกรวดเร็ว และช่วยลดการซ้ำซ้อนของข้อมูล
2. ช่วยลดภาระงานและช่วยให้เจ้าหน้าที่และนักวิทยาศาสตร์ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดย เจ้าหน้าที่ สามารถนำเข้า/ส่งออกข้อมูล และให้บริการลูกค้า ได้อย่างประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิม และนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำหน้าที่วิเคราะห์ตัวอย่าง สามารถจัดการกับข้อมูลสารสนเทศได้อย่างรวดเร็ว
3. ช่วยในการติดตามสถานะของการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ลูกค้าส่งมาว่าผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเสร็จแล้วหรือไม่ โดยการอ่านรหัสคิวอาร์ ทำให้ลูกค้าไม่ต้องเสียเวลาโทรศัพท์หรือมาพบเจ้าหน้าที่เพื่อตรวจสอบสถานะของการส่งตัวอย่างด้วยตัวเอง และช่วยลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ได้

5.1 ภาพรวมของระบบ

สถาปัตยกรรมของ QR_LIMS แสดงดังรูปที่ 2 และสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

1. ลูกค้าส่งข้อมูลการส่งตัวอย่างและสารตัวอย่างให้เจ้าหน้าที่ และได้รับใบรับตัวอย่างพร้อมกับรหัสคิวอาร์กลับมา
2. เจ้าหน้าที่นำเข้าข้อมูลการส่งตัวอย่างเข้าไปใน QR_LIMS ผ่านหน้าเว็บ และส่งสารตัวอย่างที่ติดรหัสคิวอาร์ ให้นักวิทยาศาสตร์
3. นักวิทยาศาสตร์นำสารตัวอย่างไปทดสอบในห้องปฏิบัติการและส่งผลการวิเคราะห์เข้าสู่ QR_LIMS ผ่านแอพพลิเคชัน QR_LIMS บนอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
4. ผลการวิเคราะห์จะถูกส่งต่อไปให้หัวหน้าหน่วยฯ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเซ็นอนุมัติผลการวิเคราะห์ของนักวิทยาศาสตร์
5. ลูกค้าสามารถติดตามสถานะของสารตัวอย่างว่าดำเนินการไปถึงขั้นตอนใด โดยอ่านรหัสคิวอาร์ที่เจ้าหน้าที่แนบมาพร้อมกับใบรับตัวอย่าง
6. เมื่อสถานะของสารตัวอย่างออกผลการอนุมัติแล้ว ลูกค้าเดินทางมารับใบผลการวิเคราะห์จากเจ้าหน้าที่ด้วยตนเอง หรือพิมพ์ผลการวิเคราะห์ผ่านอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 2. สถาปัตยกรรมของ QR_LIMS

5.2 การพัฒนาระบบ

QR_LIMS ประกอบด้วยโมดูลหลักๆ 4 โมดูล คือ

1) ส่วนข้อมูลผู้ใช้งาน (User module) ซึ่งจะประมวลผลข้อมูลของผู้ใช้งานที่จำเป็นในการทำงานของระบบทั้งหมด

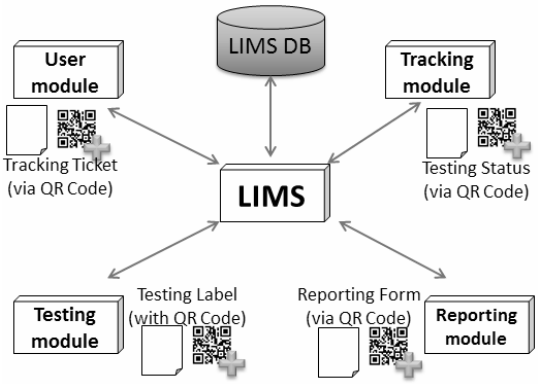
2) ส่วนข้อมูลการวิเคราะห์/ทดสอบ (Testing module) ที่เก็บและประมวลผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ เช่น ชนิดตัวอย่าง รายการที่ตรวจและผลการตรวจ

3) ส่วนการออกรายงานผล (Reporting module)

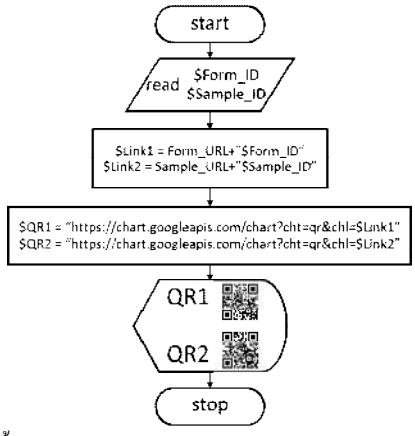
4) ส่วนตรวจสอบสถานะการวิเคราะห์ของผู้รับบริการ (Tracking module)

โมดูลหลักเหล่านี้ทุกส่วนจะเชื่อมโยงถึงกันทั้งหมด เพื่อความสะดวกรวดเร็วและแม่นยำในการสืบค้นหรือเรียกใช้ข้อมูลที่ต้องการดังรูปที่ 3

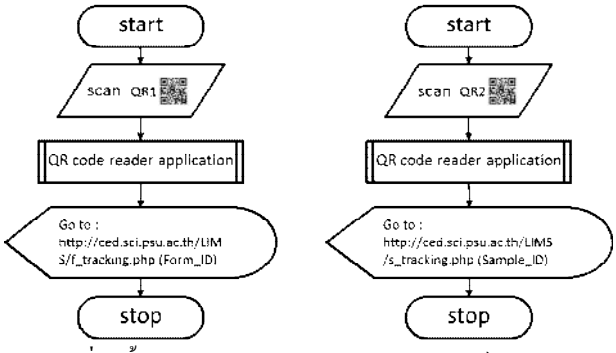
การพัฒนา QR_LIMS ใช้ภาษา PHP และสำหรับการสร้างรหัสคิวอาร์เพื่อใช้งานจะเรียกใช้ผ่านแท็ก HTML ของ Google Charts API โดยใช้ที่อยู่ (URL) ของโมดูลนั้นๆรวมกับเลขที่เอกสารหรือตัวอย่าง และสร้างออกมาเป็นรหัสคิวอาร์ที่สามารถเรียกใช้งานผ่านระบบ QR_LIMS บนอินเทอร์เน็ตได้ทันที รูปที่ 4 และ 5 แสดงผังงานการสร้างรหัสคิวอาร์ของ QR_LIMS และขั้นตอนการตรวจสอบสถานะของแบบฟอร์มและตัวอย่างด้วยรหัสคิวอาร์ตามลำดับ



รูปที่ 3. โมดูลหลักของระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการที่ประยุกต์ใช้ร่วมกับรหัสคิวอาร์



รูปที่ 4. ขั้นตอนการสร้างรหัสคิวอาร์ของ QR_LIMS ไปยังลิงค์ของแบบฟอร์มและตัวอย่างที่ทดสอบโดยใช้ Google Charts API



รูปที่ 5. ขั้นตอนการตรวจสอบสถานะของแบบฟอร์มและสถานะตัวอย่างโดยอ่านด้วยรหัสคิวอาร์

5.3 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

การทดสอบ QR_LIMS ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ 1) ส่วนที่เป็นเว็บแอพพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายติดตั้งระบบปฏิบัติการ Ubuntu ใช้ฐานข้อมูล MySQL 2) ส่วนที่เป็นเครื่องลูกข่ายที่เป็นคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ใดๆสามารถเข้าใช้งานระบบ QR_LIMS โดยผ่านเว็บบราวเซอร์ หรือเข้าถึงจากอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ที่ได้ติดตั้งแอพพลิเคชันไว้แล้ว การทดสอบเริ่มโดยการทดลองใช้งานคู่ขนานไปกับระบบเอกสารแบบเดิม เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้อง เพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งาน รวมถึงสำรองข้อมูลด้วย และทดสอบจากชนิดตัวอย่างประเภท น้ำทิ้ง เมื่อทดลองใช้งานจนไม่พบข้อผิดพลาดแล้วจึงขยายไปยังชนิดตัวอย่างอื่นๆต่อไป รูปที่ 6-8 แสดงตัวอย่างหน้าจอบางส่วนของการทำงานของระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทั้งจากการเข้าถึงระบบ โดยดำเนินการบนหน้าเว็บและบนอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่



รูปที่ 6. ตัวอย่างหน้าจอแสดงรหัสคิวอาร์บนใบรับรายงานผลการวิเคราะห์ของผู้รับบริการและรหัสปฏิบัติการของนักวิทยาศาสตร์



รูปที่ 7. ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลการตรวจสอบสถานะของตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์



รูปที่ 8. ตัวอย่างหน้าจอนำเข้าข้อมูลผลการทดสอบสารตัวอย่างผ่านแอพพลิเคชันที่ติดตั้งบนอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่

5.4 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบการใช้งานเป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากสามารถทดแทนระบบการทำงานเดิมได้เกือบทั้งหมด ทำงานได้รวดเร็วประหยัดเวลา มีประสิทธิภาพ ลดข้อผิดพลาดจากขั้นตอนการทำงานด้วยระบบเดิม ไม่มีขั้นตอนซ้ำซ้อน ที่สำคัญสามารถทวนสอบข้อมูลต่างๆซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของระบบมาตรฐานคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 ได้อย่างรวดเร็วแม่นยำ โดยไม่กระทบต่อกระบวนการทำงานตามปกติ

6. บทสรุป

การนำรหัสคิวอาร์มาใช้งานร่วมกับการทำงานของระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน นอกจากจะประหยัดเวลาในการทำงานเป็นอย่างมากแล้ว ยังสามารถแทนที่ระบบเดิมที่ใช้เอกสารกระดาษเป็นหลักมาเป็นการเก็บในฐานข้อมูลของเว็บเซิร์ฟเวอร์ ทำให้ง่ายในการจัดการข้อมูล ช่วยให้การสืบค้นข้อมูลสะดวกรวดเร็ว และช่วยลดการซ้ำซ้อนของข้อมูล นอกจากนั้นยังสามารถติดตามสถานะของตัวอย่างว่าอยู่ในขั้นตอนไหน เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับลูกค้า และในอนาคตจะขยายระบบ QR_LIMS โดยเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบการจัดเก็บสารเคมีที่คงเหลืออยู่ในคลังสารเคมีของห้องปฏิบัติการต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] J. E. H. Stafford, “LIMS: An automating or informating technology?”, in Advanced LIMS Technology, Springer, Netherlands, 1995, pp. 1–14.

[2] N. A. Vlachos, C. Michail and D. Sotiropoulou, “Is ISO/IEC 17025 Accreditation a Benefit or Hindrance to Testing Laboratories? The Greek Experience”, in Journal of Food Composition and Analysis, vol. 15. Academic, New York, 2002, pp. 749–757.

[3] QR code - Wikipedia, the free encyclopedia. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://en.wikipedia.org/wiki/QR_code. สืบค้น 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2556

[4] Tsung-Yu Liu, Tan-Hsu Tan and Yu-Ling Chu, "2D Barcode and Augmented Reality Supported English Learning System", in ICIS 2007 : 6th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, Melbourne, Australia, 2007, pp.5-10. \

[5] Section 3: QR Code, Synthesis Journal 2008. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.itsc.org.sg/pdf/synthesis08/Three_QR_Code.pdf. สืบค้น 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2556

[6] Tai-Wei Kan, Chin-Hung Teng, and Wen-Shou Chou, Applying QR code in Augmented Reality Applications, in VRCAI 2009 Virtual Reality Continuum and its applications in industry, ACM, New York, 2009, pp. 253-257.

หัวข้อ เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา (22PHY II)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องอ่านแอลเอฟเอสำหรับใช้กับเซนเซอร์ทางชีวภาพ

LFA strip reader for biosensor sensing applications

ลลิตา สายศิลป์[1], บุญส่ง สุตะพันธ์[2], ศุภนิจ พรธีรภัทร[3] และ อาโมทย์ สมบูรณ์แก้ว[3]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[3]ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีโฟโทนิกส์ หน่วยวิจัยอุปกรณ์และระบบอัจฉริยะ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

E-mail: gulalita_zcg@hotmail.com[1], boonsong@sut.ac.th[2], armote.somboonkaew@nectec.or.th[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องมืออ่านค่าแถบสีของชุดทดสอบแอลเอฟเอ (Lateral flow immunochromatographic assays, LFA) แทนการอ่านแถบสีด้วยตาเปล่า โดยใช้กล้องเว็บแคมถ่ายภาพแถบสีของชุด การประมวลผลภาพเพื่อหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างประกอบด้วย การใช้เทคนิคการหาความเข้มแสงแบบ Line profile และเทคนิคการตรวจติดตามความเข้มแสง ณ ตำแหน่งแถบสีบนชุดทดสอบ ขณะที่กำลังเกิดปฏิกิริยา ผลการทดสอบเบื้องต้นกับชุดทดสอบไข้หวัดใหญ่ พบว่าเครื่องอ่านแถบสีที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดความแตกต่างบนแถบสีของชุดทดสอบได้ชัดเจน และมีแนวโน้มที่จะพัฒนาให้สามารถตรวจวัดได้ที่ความเข้มต่ำกว่าการตรวจวัดด้วยตาเปล่า

คำสำคัญ: ชุดทดสอบอย่างง่าย เครื่องอ่านแถบสี เซนเซอร์ทางชีวภาพ

Abstract

This paper presents the development of a lateral flow immunochromatographic assays (LFA) reader based on a low-cost web camera as an image capturing devices and white-light light-emitting diodes as a light source. Two image processing techniques; a line profile and a real-time intensity plot, were applied to quantify the concentrations of the sample from the light intensities acquired from the colored control and test lines on the LFA. It is anticipated that the detection limit by using this reader should be lower than that by reading strip's color with naked eyes.

Keywords: Lateral flow immunochromatographic assays, lateral flow assays reader and biosensors

1. บทนำ

ชุดทดสอบอย่างง่ายแบบแอลเฟเอ (Lateral flow immunochromatographic assays, LFA) ได้รับความสนใจพัฒนาเป็นชุดทดสอบสำหรับสารชีวภาพหลากหลายชนิด ในประเทศไทยเอง ได้มีการวิจัยและพัฒนาชุดทดสอบแอลเอฟเอ สำหรับเป็นชุดทดสอบในทางการแพทย์ การตรวจสอบอาหาร และการเกษตร เป็นจำนวนมาก การแปรผลชุดทดสอบจะใช้การอ่านสีด้วยตาเปล่า ซึ่งมักจะขึ้นกับแต่ละบุคคล การแปรผลการอ่านแถบสีด้วยตาเปล่าจะมีปัญหามากขึ้น ถ้าตัวอย่างที่ต้องการทดสอบมีความเข้มข้นต่ำ ทำให้แถบสีจางจนบางครั้งไม่สามารถบอกความแตกต่างสีได้ นอกจากนี้ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ บางตัวอย่างจะมีสีอื่นปน เช่น ตัวอย่างที่สกัดจากใบพืชมักจะมีสีเขียว เป็นต้น ทำให้ชุดทดสอบมีพื้นสีเขียวตามไปด้วย ส่งผลให้การอ่านแถบสีทำได้ลำบากขึ้น

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องอ่านแถบสีทดสอบ (Lateral flow immunoassays readers) แทนการอ่านแถบสีด้วยตาเปล่า เพื่อให้สามารถวัดความเข้มข้นได้ต่ำลง การแปรผลไม่ขึ้นกับผู้ใช้ และเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้ใช้ เทคนิคที่ใช้ในเครื่องอ่านแถบสีทดสอบ แยกได้ 2 กลุ่ม [1] กลุ่มแรกใช้การวัดความเข้มแสงจากแถบตรวจวัด ด้วยโฟโตดีเท็กเตอร์โดยสแกนหรือตำแหน่งการไปตามแนวยาวของชุดทดสอบ การวัดโดยวิธีนี้จะได้ความละเอียดสูง แต่ต้องมีการเลื่อนตำแหน่งของอุปกรณ์ กลุ่มที่สองใช้กล้องซีซีดี (CCD) หรือซีมอส (CMOS) อ่านภาพแถบทดสอบและคำนวณหาความเข้มแสงจากแต่ละแถบ เนื่องจากกล้องสามารถถ่ายภาพแถบทดสอบได้โดยไม่ต้องเลื่อนตำแหน่ง วิธีการนี้จึงได้รับความนิยมมากขึ้น นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาเครื่องอ่านแถบสีชุดทดสอบ โดยใช้กล้องบนโทรศัพท์มือถือ [2-3] ทำให้ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องซื้อเครื่องอ่านแถบสีเพิ่มเติม

การนำเครื่องอ่านแถบสีไปใช้กับชุดทดสอบแต่ละชุด จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆ ให้สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของชุดทดสอบนั้นๆ เช่น การปรับความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสง การปรับค่าในสมการสอบเทียบ รวมทั้งการปรับเปลี่ยนรูปร่างให้สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของชุดทดสอบ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาชุดทดสอบขึ้นใช้งานเองในประเทศ จึงจำเป็นต้องพัฒนาเครื่องอ่านแถบสีขึ้นใช้งานเอง ซึ่งจะทำให้การปรับเปลี่ยนเครื่องมือดังที่กล่าวมาแล้ว ทำได้ง่ายและสะดวกกว่าการนำเครื่องมือจากต่างประเทศมาปรับเปลี่ยน

บทความได้ศึกษาแนวทางเบื้องต้น การออกแบบเครื่องอ่านแถบสีทดสอบ โดยเลือกใช้กล้องในการบันทึกภาพแถบสี เช่นเดียวกับผลงานที่มาก่อนหน้านี้ [1-3] แต่เลือกใช้กล้องเว็บแคม (Web camera) เป็นอุปกรณ์ถ่ายภาพ เพื่อหาแนวทางประมวลภาพที่เหมาะสม นอกจากนี้กล้องเว็บแคมมีราคาไม่แพง (ราคาประมาณ 500-1,000 บาท) จึงน่าทำให้อุปกรณ์โดยรวมมีราคาถูก สามารถถอดปรับเปลี่ยนเลนส์ได้ง่ายในกรณีที่

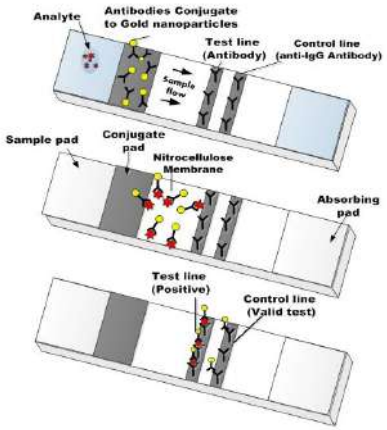
ต้องการใช้เลนส์ชนิดอื่นแทนเลนส์ที่ติดมากับกล้อง เมื่อได้แนวทางการออกแบบการจัดแสงและเทคนิคประมวลผลภาพที่เหมาะสม ก็สามารถประยุกต์ใช้กับกล้องชนิดอื่นๆ ได้

งานวิจัยนี้ศึกษาแนวทางการจัดแสง สำหรับอ่านภาพจากชุดทดสอบเพื่อให้สามารถสร้างอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก รวมทั้งพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผลภาพ 2 รูปแบบ ประกอบด้วยการทำ Line profile และ Real-time intensity plot เพื่อนำไปศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการวัด

2. Lateral flow immunochromatographic assays

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของชุดทดสอบแอลเอฟเอ ที่ตำแหน่งแถบควบคุม (Control line) และแถบทดสอบ (Test line) จะตรึงแอนติบอดี Anti-IgG antibody และ Specific antibody ที่เหมาะสมต่อการวัดไว้ตามลำดับ ในการใช้งานจะหยดสารตัวอย่างลงไปใน Sample pad ของชุดทดสอบ จากนั้นสารตัวอย่างจะแพร่ผ่าน Conjugate pad แถบควบคุม แถบทดสอบ ตามลำดับ และมาสิ้นสุดที่ Absorbing pad ซึ่งจะทำหน้าที่ดูดซับสารตัวอย่างไว้

Conjugate pad ประกอบด้วยอนุภาคนาโนของทอง (Gold nanoparticles) ที่ติดผิวไว้ด้วยแอนติบอดีที่เหมาะสม (ซึ่งเป็นคนละชนิดกับแอนติบอดีที่แถบควบคุมและแถบทดสอบ) เมื่อหยดสารตัวอย่างที่มีแอนติเจน (Antigen) หรือสารที่เราต้องการทดสอบ แอนติเจนที่จะจับกับแอนติบอดีที่ติดบนผิวของอนุภาคนาโนของทอง เมื่อสารตัวอย่างรวมทั้งแอนติเจนที่จับกับแอนติบอดีที่ติดบนผิวของอนุภาคนาโนของทอง แพร่ผ่านแถบทดสอบ แอนติเจนดังกล่าวจะถูกจับไว้ด้วยแอนติบอดีที่ตรึงไว้ที่แถบดังกล่าว ส่งผลให้อนุภาคนาโนของทองถูกจับไว้ที่แถบทดสอบด้วย อนุภาคนาโนของทองนี้สามารถการกระเจิงแสงได้ดี ทำให้มองเห็นเป็นเส้นสีทึบ ความเข้มของแถบสีจะขึ้นกับความเข้มข้นของแอนติเจนในสารตัวอย่าง

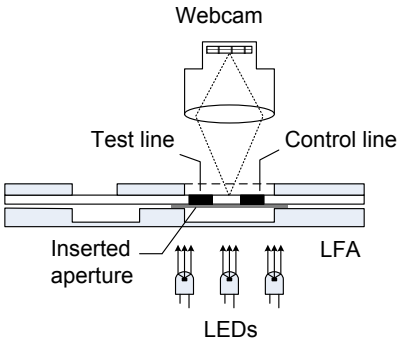


รูปที่ 1 โครงสร้างของ Lateral flow immunochromatographic assays (LFA) การเกิดสีที่แถบควบคุม (Control line) และแถบทดสอบ (Test line) เกิดจากอนุภาคนาโนของทองที่ติดผิวด้วยแอนติบอดี ถูกจับไว้ที่แถบควบคุมและแถบทดสอบ [4]

เมื่อสารตัวอย่างแพร่ผ่านแถบควบคุม แอนติบอดีบนผิวอนุภาคนาโนของทองจะถูกจับไว้ด้วยแอนติบอดีที่ตรึงไว้ที่แถบควบคุม ส่งผลให้เกิดสีที่แถบควบคุม แม้จะไม่มีแอนติเจนอยู่ในสารตัวอย่าง การแปรผลการทดสอบว่า มีแอนติเจนที่ต้องการทดสอบหรือไม่นั้น ถ้าเกิดแถบสีที่แถบทดสอบและแถบควบคุมทั้ง 2 แถบ แสดงว่ามีแอนติเจนที่ต้องการตรวจสอบ ถ้าเกิดแถบสีเฉพาะที่แถบควบคุม แสดงว่าไม่มีแอนติเจนหรือมีแต่ความเข้มข้นต่ำเกินกว่าที่ตาจะมองเห็น ถ้าไม่เกิดสีทั้งทั้ง 2 แถบ แสดงว่าแผ่น LFA นั้นชำรุด ต้องใช้ชุดทดสอบแผ่นใหม่

3. ชุดทดลองและการทดลอง

การจัดชุดทดลองเพื่อศึกษาเทคนิคการจัดแสง และการประมวลผลภาพ แสดงในรูปที่ 2 แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้คือไดโอดเปล่งแสงสีขาว (White-light LEDs) วางไว้ด้านล่างของกล่องบรรจุชุดทดสอบ เนื่องจากพลาสติกที่ใช้ทำกล่องบรรจุมีสีขาวขุ่น สามารถทำหน้าที่เป็นดิฟฟิวเซอร์ (Diffuser) ได้ ซึ่งจะทำให้ความเข้มแสงตกกระทบแผ่นชุดทดสอบ มีการกระจายของความเข้มแสงสม่ำเสมอ การวางแหล่งกำเนิดแสงไว้ด้านล่างจะทำให้ถ่ายภาพแถบสีทดสอบใช้หลักการทะลุผ่าน ซึ่งต่างจากชุดทดสอบอื่นที่ใช้หลักการสะท้อนแสง [1-3] การจัดแสงในรูปที่ 2 นั้น ทำให้ขนาดของเครื่องอ่านมีขนาดเล็กลง แต่ความเข้มแสงจะถูกลดทอนลงไปมาก จึงต้องใช้ LEDs หลายตัว การอ่านภาพจะใช้กล้องเว็บแคม (Logitech) ซึ่งต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ท USB การประมวลภาพจากกล้องจะใช้โปรแกรม LabVIEW



รูปที่ 2 การจัดอุปกรณ์ทดลองที่ใช้ในการบันทึกภาพ

การจัดแหล่งกำเนิดแสงไว้ด้านล่าง ทำให้แสงบางส่วนสามารถทะลุผ่านขอบหรือช่องว่างระหว่างอุปกรณ์ของชุดทดสอบ ได้มากกว่าส่วนอื่น เพื่อกำหนดให้แสงทะลุผ่านเฉพาะบริเวณตรงกลางของแถบสี งานวิจัยนี้ได้ใช้แผ่นเทปสีดำตัดเปิดช่องตรงกลางขนาดประมาณ 2 mm x 20 mm วางไว้ใต้แถบชุดทดสอบและอยู่ภายในกล่องบรรจุ ดังรูปที่ 2

เทคนิคการประมวลผลภาพที่พัฒนาขึ้นมี 2 เทคนิค คือ การอ่านความเข้มแสงแบบ Line profile และ การอ่านค่าความเข้มแสงจากแถบทดสอบและแถบควบคุมขณะเกิดปฏิกิริยา (Real-time intensity plot)

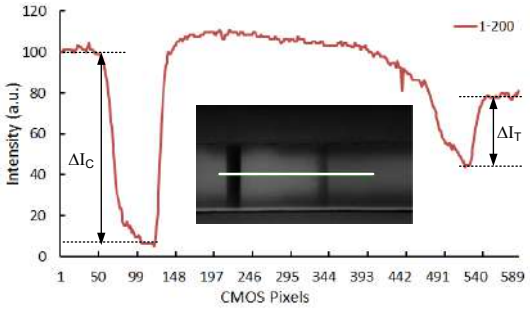
ชุดทดสอบที่ใช้เป็นชุดทดสอบไข้หวัดใหญ่ ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ โดยชุดทดสอบที่ใช้ผ่านการหยดสารตัวอย่างมานานหลายวัน ความเข้มของแถบสีจึงอาจจะไม่เท่ากับความเข้ม

หลังจากการหยดสารทันที ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงเหมาะสำหรับใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประมวลผลภาพในเบื้องต้นเท่านั้น

โดยทั่วไปแล้ว แม้จะใช้ดิฟฟิวเซอร์ในการกระจายความเข้มแสง แต่ความเข้มแสงมักจะไม่เท่ากันในแต่ละตำแหน่ง จึงต้องชดเชยผลเนื่องจากความเข้มแสงที่ไม่เท่ากัน ซึ่งทำได้โดยการใช้ชุดทดสอบที่ยังไม่ได้หยดสารตัวอย่างใส่เข้าไปในเครื่องก่อนและวัดความเข้มแสงอ้างอิง จากนั้นใช้ความเข้มแสงอ้างอิงดังกล่าว ในการชดเชยความไม่เท่ากันของความเข้มแสง อย่างไรก็ตาม การทดลองในบทความนี้จะยังไม่มีการชดเชยความเข้มแสง เนื่องจากยังไม่มีสารตัวอย่างพร้อมทดสอบในขณะเขียนบทความ

3.1 เทคนิค Line Profile

เทคนิคนี้อ่านค่าความเข้มแสง ตามแนวเส้นที่ลากผ่านแถบควบคุมและแถบทดสอบ ซอฟต์แวร์จะทำการประมวลผลความเข้มแสงและพล็อตกราฟความเข้มแสงเทียบกับตำแหน่ง การลากเส้นจะลากบริเวณตรงกลางแถบกระดาษ (รูปที่ 3) ค่าความเข้มแสงที่แถบควบคุมและแถบทดสอบจะลดลงต่ำกว่าบริเวณที่ไม่มีแถบสี สำหรับแต่ละความเข้มข้นของสารตัวอย่าง บันทึกค่าผลต่างความเข้มแสงที่ลดลง ΔI_C สำหรับแถบควบคุม และ ΔI_T สำหรับแถบทดสอบ โดยอ้างอิงจากความเข้มแสงบริเวณขอบทั้งสอง ซึ่งมีความเข้มแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ



รูปที่ 3 Line profile ของชุดทดสอบไข้หวัดใหญ่ เมื่อใช้ตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1:200

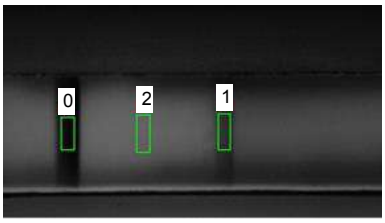
ในการใช้เทคนิค Line profile ผู้ใช้ควรจะใส่ชุดทดสอบเข้าในเครื่องอ่านแถบสีก่อนหยดสารตัวอย่าง เพื่อบันทึกความเข้มแสงอ้างอิง จากนั้นสามารถหยดสารตัวอย่าง รอจนเกิดสี และนำไปวัดด้วยเครื่องอ่านอีกครั้งหนึ่ง

3.2 เทคนิค Real-time intensity plot

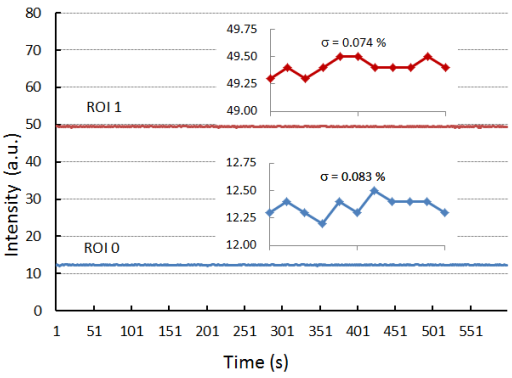
เทคนิค Real-time intensity plot เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงภายในบริเวณแถบควบคุมและแถบทดสอบตามเวลา เริ่มตั้งแต่การเกิดปฏิกิริยา (เริ่มหยดสารตัวอย่าง) จนกระทั่งเกิดสีบนแถบหรือจนเสร็จสิ้นการวัด ซึ่งคาดว่าจะทำให้สามารถดูการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่มีค่าต่ำมากได้

เทคนิคดังกล่าวนี้จำเป็นต้องรู้ตำแหน่งแถบทั้งสอง เพื่อกำหนด Regions of interest (ROI) (รูปที่ 4) ลงบนแถบสีดังกล่าว แต่เนื่องจากขณะเริ่มการทดลองหรือเริ่มหยดสารตัวอย่าง จะไม่มีแถบสีเกิดขึ้น ในการใช้งาน ผู้ใช้จึงต้องบันทึกการวัดชุดทดสอบเป็นวิดีโอไว้ตลอดการวัด จากนั้นใช้ภาพเฟรมสุดท้ายในการกำหนดตำแหน่ง ROIs ลงบนแถบสี โปรแกรมจะย้อนคำนวณความเข้มแสงของแต่ละ ROIs ที่ตำแหน่งดังกล่าว ตั้งแต่เฟรมแรกที่บันทึกไว้

รูปที่ 4 (ก) แสดงการกำหนด ROIs ลงบนแถบควบคุม (ROI0) แถบทดสอบ (ROI1) และตำแหน่งตรงกลางระหว่างแถบสีทั้งสอง (ROI2) โดยที่ตำแหน่ง ROI2 จะทำหน้าที่วัดความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสง ($=I_2(t)$) เพื่อนำมาชดเชยผลการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความเข้มแสง ขณะทำการทดลอง โดยที่ $I_{0n}(t) = I_0(t)x100/I_2(t)$ และ $I_{1n}(t) = I_1(t)x100/I_2(t)$ ตัวอย่างกราฟความเข้มแสงที่เปลี่ยนตามเวลา แสดงในรูปที่ 4 (ข) ซึ่งเป็นการพล็อตค่า $I_{0n}(t)$ และ $I_{1n}(t)$ จากแถบควบคุมและแถบทดสอบตามลำดับ



(ก)



(ข)

รูปที่ 4 (ก) ตำแหน่ง Regions of interest (ROIs) 3 ตำแหน่ง บนแถบควบคุม แถบทดสอบ และตำแหน่งตรงกลางระหว่างแถบทั้งสอง เพื่อวัดค่าความเข้มแสงตามเวลา ตั้งแต่ก่อนหยดสารตัวอย่างจนเสร็จสิ้นกระบวนการวัด และ (ข) ตัวอย่างการพล็อตกราฟความเข้มแสงตามเวลาที่ ROI0 และ ROI1 ในรูปความเข้มแสงจะไม่เปลี่ยนตามเวลา เนื่องจากอ่านค่าจากแถบทดสอบที่เกิดสีเสร็จแล้ว

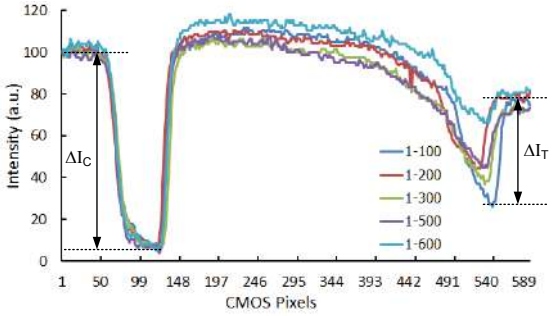
4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างสีที่เกิดขึ้นที่แถบควบคุมและแถบทดสอบสำหรับชุดทดสอบไข้หวัดใหญ่ เมื่อใช้สารตัวอย่างความเข้มข้น 1:100, 1:200, 1:300, 1:500 และ 1:600 โดยการเจือจางสารตัวอย่างตั้งต้นด้วยบัฟเฟอร์ เมื่อสังเกตุด้วยตาเปล่า พบว่าทุกตัวอย่าง แถบควบคุมจะเกิดสีชัดเจน ส่วนความเข้มสีที่แถบทดสอบจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตัวอย่าง โดยแถบทดสอบที่ความเข้มข้น 1:600 จะสังเกตสีได้ค่อนข้างยาก

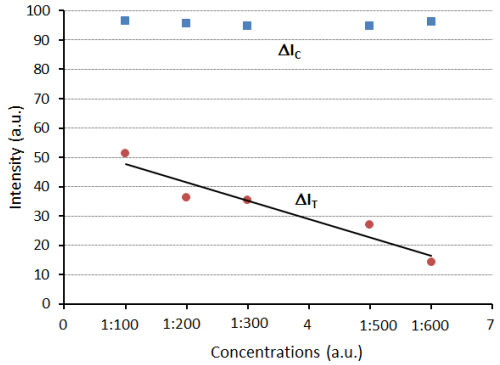
เมื่อนำชุดทดสอบในรูปที่ 5 ไปอ่านค่าความเข้มสีโดยใช้ชุดทดลองในรูปที่ 2 และใช้การอ่านค่า Line profile (รูปที่ 6) พบว่า ความเข้มแสงที่แถบควบคุมจะลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับความเข้มแสงนอกแถบ และให้ค่าความเข้มแสงใกล้เคียงกัน สำหรับทุกตัวอย่างที่ทดสอบ ส่วนแถบทดสอบ ค่าความเข้มแสงที่ลดลงจะแปรตามความเข้มข้น (รูปที่ 7) โดยที่ที่ความเข้มข้น 1:600 วัดค่าความเข้มแสงที่ลดลงได้ 14.3%



รูปที่ 5 การเกิดสีที่แถบควบคุมและแถบทดสอบ สำหรับชุดทดสอบไข้หวัดใหญ่ เมื่อใช้สารตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ



รูปที่ 6 Line profiles สำหรับชุดทดสอบไข้หวัดใหญ่ที่ความเข้มข้นต่างๆ ค่าความเข้มแสงถูกปรับค่าเพื่อให้ค่าที่ตำแหน่งพิกเซลที่ 1 เท่ากับ 100



รูปที่ 7 ผลต่างความเข้มแสงที่แถบควบคุม (ΔI_C) และผลต่างความเข้มแสงที่แถบทดสอบ (ΔI_T) สำหรับชุดทดสอบไข้ใหญ่ที่ความเข้มข้นต่างๆ

เมื่อทดสอบเพิ่มเติมกับตัวอย่างความเข้มข้น 1:800 พบว่ายังสามารถอ่านค่าความเข้มแสงที่ลดลงได้อย่างชัดเจน (ไม่ได้แสดงข้อมูล) อย่างไรก็ตาม ในการทดลองนี้ใช้ชุดทดสอบที่หยดสารตัวอย่างแล้วหลายวัน ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงของสีทั้งสองแถบ ในอนาคตต้องทดสอบหลังการหยดตัวอย่างและเกิดสีในเวลาที่กำหนด เพื่อให้สามารถสร้างสมการสอบเทียบได้ถูกต้อง

สำหรับการทดสอบการใช้งานของเทคนิค Real-time plot เบื้องต้น พบว่า เมื่อใช้การวัดค่าความเข้มแสงในบริเวณที่ไม่เกิดแถบสี และนำมาเป็นความเข้มแสงอ้างอิง ทำให้การวัดความเข้มแสงที่ตำแหน่งแถบทั้งสองมีความเสถียรสูง ในช่วงระยะเวลา 10 นาที (รูปที่ 4) นอกจากนี้ความละเอียดในการวัด (Resolution) ของเครื่องมือนี้มีค่าอยู่ในช่วง 0.2%-0.3% ซึ่งจะช่วยให้สามารถวัดแถบสีที่มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงต่ำๆ ได้ อนึ่งค่าความละเอียดในการวัด นิยามเท่ากับ 3 เท่าของสัญญาณรบกวน ($= 3\sigma$) โดยที่ σ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อวัดสัญญาณต่อเนื่อง 10 จุดวัด

ในอนาคต การทดสอบจะต้องใช้ชุดทดสอบที่ยังไม่หยดสารตัวอย่าง เพื่อให้สามารถบันทึกข้อมูลก่อนการเกิดแถบสีได้ เพื่อนำมาคำนวณหาความเข้มแสงที่ลดลงตามเวลาขณะเกิดปฏิกิริยา นอกจากนี้ยังต้องทำการทดสอบวัดค่าความเข้มของตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่เครื่องมือสามารถวัดได้

5. สรุป

เครื่องมืออ่านแถบสีชุดทดสอบที่พัฒนาขึ้น ใช้กล้องเว็บแคมในการถ่ายภาพแถบสีของชุดทดสอบ โดยใช้การจัดแสงแบบทะลุผ่าน ซึ่งจัดวางแหล่งไดโอดเปล่งแสงวางไว้ด้านล่างของชุดทดสอบ เทคนิคการประมวลผลภาพที่ใช้คือ Line profile และ Real-time intensity plot ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าเทคนิค Line profile สามารถอ่านค่าความเข้มแสงที่ลดลงได้ชัดเจน ในทุกตัวอย่างที่ตามองเห็น และมีแนวโน้มที่จะสามารถอ่านค่าชุดทดสอบกรณีความเข้มข้นต่ำ เกินกว่าจะอ่านค่าด้วยตาเปล่าได้ สำหรับเทคนิค Real-time intensity plot พบว่าให้สัญญาณที่มีความสเถียรสูง รวมทั้งมีความละเอียดในการวัดที่ดี ซึ่งเมื่อนำไปใช้กับตัวอย่างจริงอาจจะสามารถวัดความเข้มสีที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เครื่องอ่านชุดทดสอบที่พัฒนาขึ้น คาดว่าจะสามารถปรับใช้งานกับชุดทดสอบได้หลายชนิด

6. กิตกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุน โครงการสร้างปัญญาวิทย์ ผลิตนักเทคโน เลขที่ SP-56-NT06 ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] R. C. Wong, *Lateral Flow Immunoassays*, New York, Humana Press, 2009.

[2] O. Mudanyali, S. Dimitrov, U. Sikora, S. Padmanabhan, I. Navruz and A. Ozcan, “Integrated rapid-diagnostic-test reader platform on a cellphone”, *Lab Chip*, vol. 12, no. 15, pp. 2678-2686, 2012.

[3] D.J. You, Park, S. Tu and J.-Y. Yoon, Cell-phone-based measurement of TSH using Mie scatter optimized lateral flow assays, vol. 40, no. 1, pp. 180-185, 2013.

[4] Cytodiagnostics, http://www.cytodiagnostics.com/lateral-flow-immunoassays.php, [สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2557]

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การบันทึกชีวิตประจำวัน: การพัฒนาแอพลิเคชั่นถ่ายภาพแบบพาสซีฟ

ภาณุพงศ์ เหลืองปทุม[1] เสฐียรพงษ์ ทองรุน[2] และ ธีรพงศ์ ลีลานุภาพ[3]

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพและการกีฬา

E-mail: loselesslive@gmail.com[1], pxxxxj@gmail.com[2], teerapong@it.kmitl.ac.th[3]

บทคัดย่อ

มีเหตุการณ์จำนวนมากที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันซึ่งโดยปกติแล้วเราไม่สามารถจดจำได้ทั้งหมด การบันทึกชีวิตประจำวัน (Lifelogging) สามารถช่วยให้เราระลึกถึงเหตุการณ์สำคัญต่างๆ ได้ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ i) การบันทึกชีวิตโดยมือ (manual) คือ การบันทึกโดยใช้สมุดบันทึกหรือไดอะรี่ และ ii) การบันทึกชีวิตโดยอัตโนมัติ (automatic) คือ การใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศที่ถูกประดิษฐ์มาเฉพาะช่วยบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เช่น SenseCam และ Narrative Clip ซึ่งทำการถ่ายภาพแบบพาสซีฟ หรือการถ่ายภาพแบบต่อเนื่องอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามโดยการบันทึกชีวิตประจำวันนั้นมีประโยชน์แก่ผู้ใช้หลายกลุ่ม ได้แก่ ผู้ป่วยอัลไซเมอร์ซึ่งช่วยในการระลึกความทรงจำของกิจวัตรประจำวัน นักวิจัยเพื่อใช้ในการศึกษาพฤติกรรมของกลุ่มการทดลอง หรือเจ้าหน้าที่ตำรวจเพื่อช่วยตรวจสอบการปฏิบัติหน้าที่ ซึ่งบทความนี้นำเสนอการพัฒนาและทดสอบ แอพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนที่ถ่ายภาพบันทึกเหตุการณ์แบบพาสซีฟ ใช้งานโดยการสวมใส่ผ่านสายห้อยคอโดยไม่จำเป็นต้องซื้ออุปกรณ์เฉพาะ บทความนี้มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาและทดสอบแอพพลิเคชั่นเพื่อเป็นการสร้างแพลตฟอร์มสำหรับนักวิจัยที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับ Lifelogging โดยแอพพลิเคชั่นจากบทความนี้สามารถนำไปต่อยอดในการทำวิจัยในแง่ต่างๆ เช่นการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ การวิจัยเทคนิคในการประมวลผลภาพเพื่อช่วยในการหาเหตุการณ์ที่สำคัญในชีวิตประจำวัน บทความนี้ทำการศึกษาและรายงานผลการทดสอบการจัดการทรัพยากรของสมาร์ทโฟนเพื่อให้สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ตามปกติใน 1 วัน โดยที่มีข้อจำกัดในเรื่องแบตเตอรี่ และเมมโมรี่ และสามารถสลับการทำงานของกล้องหน้าและกล้องหลังได้เมื่อเกิดการพลิกตัวของสมาร์ทโฟน

Abstract

There are many events that happen in our daily lives. Some events can be remembered, but most others cannot. Lifelogging can be used as a tool to recall the important events in our memory. There are two main types of Lifelogging, i) manual lifelogging - record events in a diary or pocket book, ii) automatic lifelogging - use some specifically invented equipment that automatically passive records one's life such as SenseCam and Narrative Clip. Benefits of lifelogging are for Alzheimer users to recall their memory, for researchers to study a behavior of experimental group, and for a police officer to monitor other officers' duties. In this paper, we introduce a passive image-capturing application on a smartphone used for lifelogging. Our application can be used as a platform of wearable camera and sensor for researchers to do research in various aspects such as studying user behavior or processing images for finding daily important events. This paper conducts a pilot study, experimenting on power- and resource-efficient management, including battery life and memory limitation, and on a new function of automatic front and rear camera switching. The purpose of our experiment is to make our application to be able to operate in one day long.

***Keywords*:** lifelogging, wearable camera and sensor, passive image capturing, smartphone application

1. บทนำ

เหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่ถูกบันทึกจดจำด้วยเทคโนโลยีอย่าง Lifelogging ซึ่งเป็นการบันทึกภาพต่อเนื่องแบบอัตโนมัติ การใช้เทคโนโลยีจึงตอบสนองความต้องการทำให้การใช้งานได้สะดวกสบายกว่าการบันทึกชีวิตด้วยมือจากการใช้สมุดบันทึกไดอะรี่ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของโทรศัพท์สมาร์ทโฟนด้วยการพัฒนาแอพพลิเคชั่นการถ่ายภาพแบบพาสซีฟอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยและพัฒนาแอพพลิเคชั่นนี้เป็นการสร้างแพลตฟอร์มสำหรับการนำไปใช้งานวิจัยต่อเนื่องเพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ ตัวอย่างเช่น การใช้บันทึกชีวิตประจำวันเพื่อช่วยทบทวนความจำของกิจวัตรประจำวันของผู้ป่วยอัลไซเมอร์หรือผู้สูงอายุ [1] การทำวิจัยเกี่ยวกับสุขภาพเพื่อใช้ในเชิงป้องกันในการรักษา [10] การทำวิจัยเชิงสังคมศาสตร์เพื่อติดตามรูปแบบการเดินทางในชีวิตประจำวันของผู้ใช้ [2] การทำวิจัยในการประมวลผลภาพเพื่อช่วยจัดกลุ่มและสรุปเหตุการณ์ที่สำคัญ [4] นอกจากนั้นเจ้าหน้าที่ตำรวจสามารถนำแอพพลิเคชั่นของเรามาประยุกต์เพื่อใช้ในการติดตามการทำงานของเจ้าหน้าที่ เป็นต้น โดยจะทำการพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการณ์แอนดรอยด์ในการถ่ายภาพพร้อมกับการเก็บข้อมูลเซ็นเซอร์ต่างๆเพื่อใช้ช่วยในการวิเคราะห์ รวมไปถึงการจัดการทรัพยากรในเรื่องของการแบตเตอรี่ ความจุของเมมโมรี่และการจัดการการทำงานระหว่างกล้องหน้าและกล้องหลังอีกด้วย ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำให้แอพพลิเคชั่นสามารถทำงานได้ปกติในหนึ่งวัน โดยดูเปรียบเทียบจากเวลาที่ผู้ใช้จะใช้งานสมาร์ทโฟนโดยปกติในหนึ่งวัน [3]

ในบทความนี้จะนำเสนอถึงเรื่องของทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวกับการบันทึกชีวิตประจำวัน แนวทางการดำเนินงาน การออกแบบการพัฒนาแอพพลิเคชั่นที่นำเสนอ รวมไปถึงการทดลอง และผลของการทดลอง การประเมินผลทั้งในทางปริมาณและคุณภาพ ตลอดจนบทสรุปของบทความ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. การบันทึกชีวิตประจำวัน

การบันทึกภาพหรือการถ่ายภาพที่ใช้อุปกรณ์ซึ่งสวมใส่ได้ (Wearable camera) โดยที่อุปกรณ์ถ่ายรูปพกพานี้อาจจะผูกติดหรือสวมใส่ไว้บนตัวผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นการบันทึกภาพแบบส่วนบุคคล (Personal Lifelog) ของชีวิตประจำวันของผู้ใช้ตลอดวัน การบันทึกภาพเป็นการถ่ายภาพแบบพาสซีฟซึ่งเป็นการถ่ายภาพนิ่งแบบถ่ายต่อเนื่องโดยปราศจากการรบกวนจากผู้ใช้โดยที่ผู้ใช้งานไม่ต้องกดบันทึกด้วยตัวเอง และถ่ายในมุมมองใกล้เคียงกับสายตามนุษย์ได้ ทั้งนี้ในการบันทึกภาพขณะนั้นๆตัวอุปกรณ์จะมีการเก็บข้อมูลจำเป็นอย่างอื่นด้วยไม่ว่าจะเป็นเวลาที่ถ่าย รวมไปถึงเซ็นเซอร์ของอุปกรณ์ถ่ายภาพ [4]

2.2. ระบบงานเดิม

ระบบงานเดิมที่ได้กล่าวอ้างนี้มีด้วยกัน 2 งาน นั่นคือ Microsoft SenseCam และ Narrative Clip ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1. Microsoft SenseCam

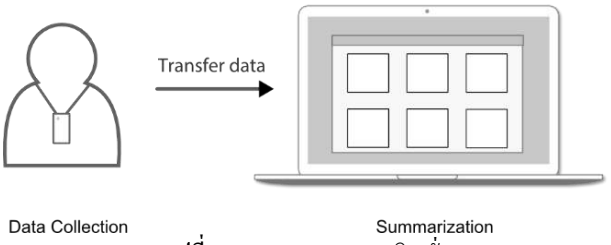
เป็นอุปกรณ์บันทึกภาพชีวิตประจำวันที่ถูกพัฒนาโดย Microsoft Research ที่ใช้ในเชิงวิจัย ซึ่งเป็นอุปกรณ์ซึ่งสวมใส่ได้ โดยใช้เชือกห้อยคอ SenseCam มีลักษณะเป็นเลนส์มุมกว้าง (Fisheye Lens) มีตัวตรวจจับความเคลื่อนไหว (Accelerometer) ตัวตรวจจับความร้อนของร่างกาย (Passive Infrared Detector) ตัวตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor) ตัวตรวจจับความเข้มแสง (Light Intensity Sensors) และเครื่องบันทึกเสียง (Audio) โดยมีหลักการทำงานเป็นการถ่ายภาพแบบพาสซีฟ SenseCam สามารถถ่ายรูปได้ที่คุณภาพ VGA มีความคมชัดอยู่ที่ 640 x 480 พิกเซล และบันทึกไฟล์เป็นนามสกุล .jpg บนหน่วยความจำแบบแฟลช (Flash Memory) ที่มีความจุขนาด 1 กิกะไบต์ (Gigabyte) SenseCam มีแบตเตอรี่ที่สามารถใช้ได้ยาวนานถ้าตั้งค่าให้ถ่ายภาพที่ทุกๆ 30 วินาที และใช้การชาร์ตแบตเตอรี่ผ่านทางสาย USB [5] แต่ SenseCam นั้นมีข้อเสียที่เป็นอุปกรณ์เฉพาะซึ่งหมายถึงขึ้นต่อผู้ผลิตรายเดียว ไม่สามารถเข้าถึงกลุ่มผู้ใช้งานได้อย่างแพร่หลาย ดังนั้นซอฟต์แวร์ที่ใช้บนอุปกรณ์ จึงผูกขาดกับอุปกรณ์ SenseCam อีกทั้งคุณภาพของภาพที่ได้ถือว่าไม่ดีพอเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ที่สามารถถ่ายภาพสมัยใหม่

2.2.2. Narrative Clip

เดิมชื่อ Memoto เป็นอุปกรณ์บันทึกชีวิตประจำวันที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Memoto AB ที่สามารถสวมใส่ได้และมีขนาดอยู่ที่ 36 x 36 x 9 มิลลิเมตร ใช้กล้อง 5 เมกะพิกเซล (Megapixels) มีความคมชัดอยู่ที่ 2560 x 1920 พิกเซล ถ่ายภาพแบบพาสซีฟในทุกๆ 30 วินาที มีหน่วยความจำที่จุ 8 กิกะไบต์ มีเซ็นเซอร์ที่ใช้คือ จีพีเอส (GPS) ตัวตรวจจับความเคลื่อนไหว (Accelerometer) และมีเครื่องมือวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (Magnetometer)ใช้การเชื่อมต่อผ่านพอร์ต USB ที่ตัว เมื่อใช้ Narrative Clip ในการเก็บข้อมูลภาพแล้วจะมี Narrative Uploader ซึ่งเป็นแอพพลิเคชั่นบนเดสก์ท็อปในการอัพโหลดข้อมูล และทำการประมวลผลบน Cloud นอกจากนี้ยังมีแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนบนระบบปฏิบัติการไอโอเอสและแอนดรอยด์เพื่อใช้สำหรับการดูเหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นหลังจากที่มีการวิเคราะห์การสรุปเหตุการณ์สำคัญแล้ว [6]

3. แนวทางการดำเนินงาน

3.1. การออกแบบแอพพลิเคชั่น



รูปที่ 1. ภาพรวมของแอพพลิเคชั่น

จากรูปที่ 1 เป็นการแสดงภาพรวมของแอพพลิเคชั่นที่นำเสนอ ซึ่งเริ่มแรกจำเป็นจะต้องติดตั้งไว้บนสมาร์ทโฟนให้เรียบร้อยก่อน การใช้งานนั้นผู้ใช้ต้องทำการกดเพื่อบอกให้ระบบเริ่มทำงานถ่ายภาพเพียงครั้งเดียว ขณะที่ระบบกำลังทำงานในการถ่ายภาพนิ่งนั้นผู้ใช้จำเป็นต้องใช้สายห้อยโทรศัพท์และควรทำการห้อยโทรศัพท์ให้หันกล้องหลังออกเพื่อที่จะถ่ายภาพได้อย่างเหมาะสม ในระหว่างการถ่ายภาพหากผู้ใช้ต้องการหยุดพักการถ่ายภาพเนื่องจากการเข้าห้องน้ำ หรือเหตุผลส่วนตัว เป็นต้น ผู้ใช้สามารถเลือกหยุดการถ่ายชั่วคราวได้ ทั้งนี้แอพพลิเคชั่นถ่ายภาพจะบันทึกภาพเป็นอัตราจำนวนภาพคงที่ต่อหนึ่งนาที โดยที่ผู้ใช้จะสามารถเลือกให้เป็นอัตราการถ่ายภาพแบบไดนามิคได้ โดยแอพพลิเคชั่นจะใช้อัตราการถ่ายภาพตามความเหมาะสมของแบตเตอรี่ที่เหลืออยู่เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานในส่วนอื่นด้วย หลังจากนั้นเมื่อสิ้นสุดการทำงานของการถ่ายภาพ จะสามารถโอนย้ายข้อมูลไฟล์ภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อเอาไปใช้ในวัตถุประสงค์ใดๆก็ตามเช่น นำไปใช้กับการประยุกต์เทคนิคการประมวลผลทางภาพเพื่อทำการระบุเหตุการณ์สำคัญต่างๆ

3.2 การพัฒนาแอพพลิเคชั่น

ในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นนั้นสามารถอธิบายได้ 2 ส่วนดังนี้

1. ส่วนการถ่ายภาพ โดยจะทำบนระบบปฏิบัติการณ์ Android ซึ่งพัฒนาแอพพลิเคชั่นโดยใช้ Android software development ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือต่างๆสำหรับการพัฒนาแอพพลิเคชั่นแอนดรอยด์ และเก็บข้อมูลโดยใช้ SQLite ซึ่งเป็นฐานข้อมูลขนาดเล็กที่นิยมใช้บนระบบปฏิบัติการของสมาร์ทโฟน [7] โดย SQLite จะทำงานแบบ Standalone และยังมีโครงสร้างง่ายต่อการจัดเก็บข้อมูล รวมถึงง่ายต่อการ

นำไปใช้ ซึ่งไฟล์ที่จัดเก็บนั้นมีขนาดเล็กมาก จึงเหมาะสมกับการใช้งานบนสมาร์ทโฟน

2. ส่วนการโอนย้ายข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ด้วยเทคโนโลยี TCP Socket เป็นการสร้างการสื่อสารระหว่าง Client และ Server เพื่อทำการโอนย้ายข้อมูลระหว่างแอพพลิเคชั่นเข้าสู่คอมพิวเตอร์โดยใช้โปรโตคอล TCP ในการกำหนดลักษณะการทำงานการโอนข้อมูล [8]

4. วิธีการทดลอง

บทความวิจัยนี้นำเสนอการหาความถี่ในการถ่ายภาพที่เหมาะสมในการใช้งานแอพพลิเคชั่นได้นานที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาพัฒนาและทดสอบแอพพลิเคชั่น เพื่อหาความถี่ในการถ่ายภาพที่เหมาะสมในการใช้งานแอพพลิเคชั่นได้นานที่สุด จะใช้สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการณ์แอนดรอยด์ที่สามารถใช้ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature sensor), เซนเซอร์วัดค่าความชื้น (Humidity sensor), ตัวตรวจจับความเร่งและการเคลื่อนไหว (Accelerometer), เซนเซอร์วัดความเข้มของแสง (RGB light sensor) และเซนเซอร์วัดการหมุดของตัวเครื่อง (Gyro sensor) ได้ และใช้แบตเตอร์รี่ขนาด 2,600 mAh [9]

4.2. แผนการทดลอง

ส่วนของการทดลองเพื่อหาความที่ที่เหมาะสม ทดลองด้วยการเปลี่ยนแปลงกำหนดอัตราการถ่ายภาพคงที่ต่อนาทีจนได้อัตราถ่ายภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากที่สุดเปรียบเทียบโดยสังเกตุจากระยะเวลาที่ทำงานได้ ทั้งนี้ในการทดลองจะทำการเปิดใช้งานโทรศัพท์ปกติสามารถโทรเข้าออกได้ แต่ในการทดลองจะไม่มีการโทรเข้าและออก และทำการเก็บข้อมูลเซ็นเซอร์ต่างๆดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

ในการทดลองนี้มีสมมติฐานเพื่อประเมินแอพพลิเคชั่นที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยจะทำแบบสอบถามในเรื่องของความพึงพอใจเกี่ยวกับความสะดวกสบายต่อการใช้งานและความพึงพอใจในคุณภาพของภาพถ่ายที่ได้ โดยจะใช้การให้คะแนนแบบ 5-point Likert scale questions เพื่อใช้ในการประเมินพร้อมทั้งคำถามปลายเปิดให้ผู้ใช้งานแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่ ทั้งนี้จะมีแบบสอบถามใน 3 รูปแบบด้วยกัน ได้แก่ แบบสอบถามก่อนการทดลอง (entry questionnaire), แบบสอบถามหลังการทดลองรายวัน (post-task questionnaire) และ แบบสอบถามหลังการทดลอง (exit questionnaire)

4.2.1. สมมติฐานที่ใช้ในการประเมิน

1. แอพพลิเคชั่นนี้มีความสะดวกสบายในการใช้งาน
2. ผู้ใช้พอใจกับคุณภาพของภาพถ่ายที่ได้

4.2.2. คำถามที่ใช้ในการสอบถามมีดังนี้

1. แอพพลิเคชั่นนี้มีความง่ายในการใช้งาน
2. ผู้ใช้ไม่สับสนในการใช้งานแอพพลิเคชั่น
3. มุมของภาพถ่ายที่ได้เหมาะสม
4. ความละเอียดของภาพที่ได้มีความคมชัดอย่างเหมาะสม

4.2.3. คำถามแบบปลายเปิดมีดังนี้

1. ท่านคิดว่าแอพพลิเคชั่นนี้ควรมีอะไรที่ต้องปรับปรุง แก้ไข เพิ่มเติม

5. ผลการดำเนินงาน

5.1. ผลการพัฒนาแอพพลิเคชัน



รูปที่ 2. ภาพรวมของแอพพลิเคชั่น

แอพพลิเคชั่นนี้ถูกพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อใช้ในการถ่ายภาพแบบพาสซีฟ ซึ่งมีส่วนติดต่อผู้ใช้งานหลักๆ คือ 1.ส่วนหน้าแรก 2. ส่วนหน้าถ่ายภาพ และ 3. ส่วนหน้าสำหรับการซิงค์ไฟล์ข้อมูล

จากรูปที่ 2 ระบบนี้มีส่วนติดต่อผู้ใช้ที่เป็นส่วนหน้าแรกที่ประกอบไปด้วย 4 ส่วนสำคัญคือ

1. ส่วนบนซ้าย แสดงจำนวนภาพที่ถูกถ่ายไว้แต่ยังไม่ได้ซิงค์
2. ส่วนบนขวาเป็นเมนูเพื่อในการซิงค์ไฟล์ข้อมูล
3. ส่วนแสดงข้อมูลวิธีการใช้งาน ซึ่งประกอบไปด้วยคำแนะนำการใช้งานเบื้องต้นอย่างง่าย
4. ส่วนปุ่มสำหรับกดเพื่อเริ่มถ่ายภาพ Capture



รูปที่ 3. ภาพรวมของแอพพลิเคชั่น

จากรูปที่ 3 ระบบมีส่วนติดต่อผู้ใช้ที่เป็นส่วนหน้าถ่ายภาพที่ประกอบไปด้วย 4 ส่วนสำคัญคือ

1. ส่วนด้านบนซ้าย แสดงจำนวนภาพที่กำลังถ่ายอยู่
2. ส่วนแสดงข้อมูลแนะนำการใช้งาน ซึ่งแนะนำว่าให้หันกล้องหลังออก แต่ยังสามารถทำงานได้หากกล้องหน้าหันออก

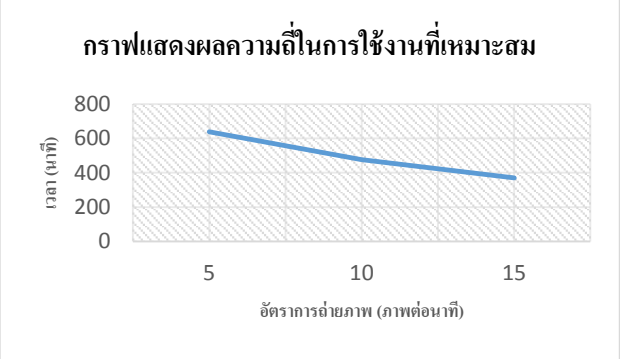
3. ส่วนปุ่มหยุดการถ่ายภาพชั่วคราว Pause เป็นการหยุดถ่ายภาพชั่วคราวจนกว่าผู้ใช้จะกดปุ่ม Continue เพื่อเริ่มถ่ายภาพต่อ ใช้เมื่อผู้ใช้ต้องการความเป็นส่วนตัวสักพักหรือมีเหตุผลอื่นๆ

4. ส่วนปุ่มหยุดการถ่ายภาพ Stop เป็นการยุติการถ่ายภาพ

5.2. ผลการทดลอง

ตารางที่ 1. แสดงผลการทดลองเพื่อหาความถี่ในการใช้งานที่เหมาะสมในการใช้งานแอพพลิเคชั่นได้นานที่สุด

อัตราการถ่าย (ภาพต่อนาที)	ระยะเวลาเฉลี่ย (นาที)	เนื้อที่ที่ใช้งานโดยเฉลี่ย (เมกกะไบต์)	จำนวนภาพที่ได้เฉลี่ย
5	638	1,512	2,991
10	476	2,104	4,043
15	369	2,188	4,818



รูปที่ 4. ภาพกราฟแสดงผลความถี่ในการใช้งานที่เหมาะสม

จากตารางที่ 1. ที่อัตราการถ่ายภาพที่ 5 ภาพต่อนาทีพบว่าได้ระยะเวลาในการใช้งานมากที่สุด 638 นาที หรือ 10.63 ชั่วโมง และจำนวนภาพที่ได้ 2,991 ภาพ ส่วนอัตราการถ่ายภาพที่ 10 และ 15 ภาพต่อนาทีได้ระยะเวลาในการใช้งานและจำนวนภาพที่ได้ใกล้เคียงกัน รวมไปถึงเนื้อที่ที่ใช้ก็ใกล้เคียงกันมาก ตามรูปที่ 4 พบว่าการกำหนดอัตราการถ่ายภาพระหว่าง 10 และ 15 มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้ากำหนดอัตราการถ่ายภาพที่ 10 ภาพต่อนาทีดีที่สุด เนื่องจากได้ระยะเวลามากที่สุด รวมถึงจำนวนภาพและพื้นที่ที่ใช้ไปใกล้เคียงกับที่อัตราถ่ายภาพที่ 15 ภาพต่อนาที

5.3. ผลการประเมินคุณภาพและความพึงพอใจ

จากการรวบรวมข้อมูลแบบสอบถาม พบว่าผู้ใช้ส่วนใหญ่เข้าใจการใช้งานแอพพลิเคชั่นได้ง่าย เนื่องจากส่วนติดต่อผู้ใช้มีจำนวนหน้าและความซับซ้อนน้อย ทำให้ไม่สับสนในการใช้งาน อีกทั้งไม่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้การใช้งานมากอีกด้วยเพราะมีการใช้คำที่เข้าใจง่ายและใช้สีที่สื่อความหมาย รวมไปถึงเรื่องของคุณภาพของภาพที่ถ่ายได้พบว่า มุมมองที่ได้นั้นเหมาะสมเพียงพอต่อการใช้งานเพราะเหมือนกับมุมมองของกล้องถ่ายภาพจากโทรศัพท์ปกติ และในส่วนของความละเอียดของภาพที่ได้ก็อยู่ในระดับความพึงพอใจที่ยอมรับได้

6. สรุป

จากผลการทดลองในการหาความถี่ในการใช้งานที่เหมาะสมข้างต้นทำให้พบว่าหากอัตราการถ่ายภาพต่อนาทีมีค่ามากจะทำให้ระยะเวลาในการใช้งานแอพพลิเคชั่นน้อยลง แต่ถ้าหากกำหนดอัตราการถ่ายภาพต่อนาทีมีค่าน้อยเกินไป ถึงแม้จะได้ระยะเวลาในการใช้งานแอพพลิเคชั่นนานขึ้นแต่จำนวนภาพที่ได้พบว่ามีจำนวนไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงควรกำหนดอัตราการถ่ายภาพที่ไม่มากและไม่น้อยเกินไปจึงจะทำให้ได้ระยะเวลาในการใช้งานแอพพลิเคชั่นและจำนวนภาพที่ได้เหมาะสมที่สุด ซึ่งจากผลดังกล่าวสามารถนำมากำหนดอัตราการถ่ายภาพแบบไดนามิกได้และสามารถเอาไปต่อยอดให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น การนำข้อมูลภาพที่ได้จากแอพพลิเคชั่นมาใช้ในการศึกษาการทำสรุปเหตุการณ์ที่สำคัญโดยการใช้เทคนิคในการประมวลผลภาพ นอกจากนี้ยังมีส่วนที่เป็นการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) นำมาใช้ในการโอนย้ายข้อมูลภาพจากแอพพลิเคชั่นแบบอัตโนมัติเข้าสู่คลาวด์ เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่างๆในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] Y. Chen and G.J.F. Jones, “Augmenting Human Memory using Personal Lifelogs in Augmented Human Conference”. In Proceedings of the 1st Augmented Human International Conference, AH 2010, Megeve, France.

[2] P. Kelly, A.R. Doherty, E. Berry, S. Hodges, A.M. Batterham and C. Foster, “Can We Use Digital Life-Log Images to Investigate Active and Sedentary Travel Behaviour? Results from a Pilot Study”, International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 2011.

[3] Experian Marketing Services, “Americans spend 58 minutes a day on their smartphones”, http://www.experian.com/blogs/marketing-forward/2013/05/28/americans-spend-58-minutes-a-day-on-their-smartphones

[4] A.R. Doherty, N. Caprani, C.O. Conaire, V. Kalnikaite, C. Gurrin, A.F. Smeaton and N.E. O’Connor, “Passively Recognizing Human Activities through Lifelogging”, Computers in Human Behavior, 27 (5). pp. 1948-1958

[5] Microsoft Research, “Introduction to SenseCam”, http://research.microsoft.com/EN-US/UM/CAMBRIDGE/PROJECTS/SENSECAM/introduction.htm

[6] Getnarrative, “Technical Specifications and Price”. http://support.getnarrative.com/knowledgebase/articles/263200-technical-specifications-and-price

[7] G. Allen and M. Owens, "Android Development with SQLite", Apress, 2010.

[8] Q.H. Mahmoud, “Sockets Programming in Java: A Tutorial”, http://www.javaworld.com/article/2077322/core-java/sockets-programming-in-java-a-tutorial.html

[9] Samsung Galaxy S4, “ข้อมูลจำเพาะ”, http://www.samsung.com/th/consumer/mobile-devices/smartphone/android-os/GT-I9500ZWATHL-spec

[10] C. Gurrin, Z. Qiu, M. Hughes, N. Caprani, A.R. Doherty, S.E. Hodges and A.F. Smeaton, “The Smartphone as a Platform for Wearable Cameras in Heath Research”, American Journal of Preventive Medicine, 2013

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

Application Prototype of Children Medicine Taking Notification on Mobile Devices

Kasikrit Damkliang [1], and Phannarai Anachotikul[2]

[1, 2] Information and Communication Technology Programmer, Faculty of Science, Prince of Songkla University

Hat Yai, Songkhla

E-mail: kasikrit.d@psu.ac.th[1], relife.atomos@gmail.com[2]

Abstract

This paper presents a prototype of medicine taking notification application. We propose an architectural design and implementation of the application for running on the iOS devices. The application is a reminder system that helps reminds parents or care takers remember to give children their medication. The application provides validated and high reliable information about medicine usage for children. There consist of symptom and treatment information of sicknesses. Therefore, the parents can safely and efficiently and give medicines to their children.

***Keywords*:** medicine, notification, architectural design, iOS, mobile device, children

1. Introduction

Small children are learning all the time, they are studious and nowadays are surrounded by technologies which enable them to grow and develop physically and intelligently at a rapid pace. Naturally, they can easily get erupt incidents and illnesses. Sickness is an important factor that impedes the development of children. Sickness may slow down their growth and development.

Parents or caretakers are the key people who take care of children. Therefore the parents must have validated and reliable information for taking care of their children. Especially, the parents need to be aware if their children are required to take medication. Nowadays, smartphone are part of our daily life. Most people take their phones with them everywhere they go and utilize them to do many tasks more than any other communication devices.

In the past, there were many related health systems. Most of them are large care system that integrated with many components including mobile devices such as mobile phones that interface with the server. Nowadays, there are also many healthcare instance applications or products for smartphones. These products are distributed for free and commercially via online places and markets on both Apple and Android platforms [1][2]. Most of them provides particularly information in terms of general medicine usage. These applications do not really provide mechanisms for alerting notification. In addition, the applications only give only knowledge about medicine usage information, especially for small children.

We propose an architectural and graphical user interface (GUI) design and implement the application for running on Apples's iOS devices. The application is medicine taking notification. The application will notify parents or caretakers to give children their medicine. Furthermore, the application also provides reliable information about medicine usage for children which includes symptoms and treatment information

2. Backgrounds

2.1 Medicine Usage for Small Children

The validated and high reliable information about medicine usage for children derives from a book entitled "Pharmacist Takes Care for Small Children," published by The Association of Hospital Pharmacy (Thailand). There consists of many interesting subjects. Each subject consists of symptom, treatment and medicine usage [3].

2.2 Cocoa Touch Framework

In our already published paper [4], we have proposed an architectural software and GUI design of an application for tablet computers. We have classified application development into four frameworks. There are Native, Web-based, Embedded Web-based and Cross-platforms frameworks. Each framework has both advantages and disadvantages depending on several factors such as device hardware utilization or fast network connection requirement.

In previous phases for our work [4], we choose Native framework development. The main advantage of this framework is about the latest application programming interface (API).

Cocoa is Apple's native object-oriented API for the Mac OS X operating system. The related API Cocoa Touch includes gesture recognition, animation, and a different user interface library. On the other hand, Cocoa Touch is for applications running the iOS operating system, used on Apple devices such as the iPhone, the iPod Touch, and the iPad. Cocoa consists of the Foundation Kit, Application Kit, and Core Data frameworks and the Objective-C runtime itself [5]. Due to

Cocoa development environment, the Xcode IDE consists of Xcode, Interface Builder and Simulator which provides Apple iOS SDK already bundled with iOS.

2.3 Model-View-Controller

Model–View–Controller (MVC) is an architectural pattern that splits interactions between users and applications into three roles: the Model classes represent raw data, such as documents, configurations, files, or objects in memory. The Views are visual representations of the data in the model meanwhile the Controller classes contain logic which links the models to their views, and maintains states to keep them synchronize with each other. This separation of concerns facilitates the independent development, testing, and maintenance of each role [5][6].

Cocoa's design is a strict application of MVC principles by providing framework support for all three MVC layers. Apple's goal is to reduce the amount of boilerplate or "glue" code that developers have to write, freeing up resources or drain memory wasted to spend time on application-specific features [7][8].

3. Application Architecture and Design

3.1 Cocoa Touch Architecture

In our previous work [4], we choose the hardware target for our application. Consequently, the application is for running on Apple's iOS devices, iPhone/iPad. The Cocoa Touch layer and the Core Services layer have their own Objective-C framework. Core Cocoa framework of iOS includes UIKit that provides the object and application displays in its user interfaces and defines the structure for application behavior [7].

3.2 Application Architecture

We design the application architecture based on MVC principles and divide it into three components, as shown in Fig. 1 [4]. The most important component is Root View Controller which is responsible for application controlling and orchestrating all components to drive for the application goal.

The Root View Controller orchestrates each *UIView* Controller which responses for each user interface object. In case that user touches screen on an interface object, the object sends the action to the *UIView* Controller. The controller then sends the update back to user interface, for example, changing page. On the other hand, if the user's action is an influence against data, for example, the user configures the schedule for taking medicine, the Data Source and Storage Engine will then be in charge.

In case of notification, the Data Source and Storage Engine will notify the Notification Controller to send a message to notify the user the schedule. The management of the application life cycle is the most complex one. In the case that the application is not active, the Notification Controller still has to keep monitoring the schedule. Consequently, the Application Life Cycle Controller and the Notification Controller will be in charge in this scenario even though the user has ended the application from background process. It is essential to utilize Notifications Center at the iOS Core Services.

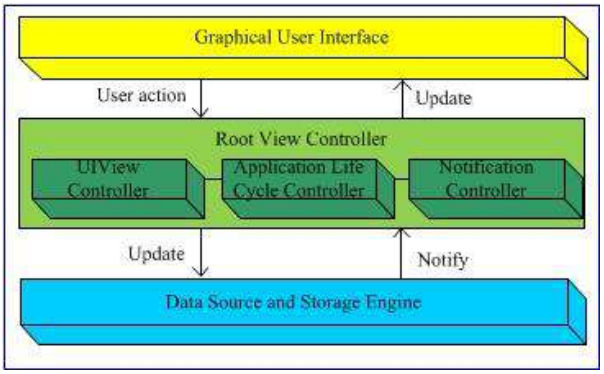


Fig. 1 The application architecture [4]

We design functional structure of the application using interaction scenario between the user and system. The application activity diagram is shown in Fig.2. Driving application is orchestrated by the user's requests and system's responses. The application will present the main menu page and wait for a selected menu item from the user. The main menu consists of medicine usage knowledge, medicine searching, comment sending, and medicine notification. Each menu item has page details. We will able to calculate the number of the pages and design the page sequencing with state diagrams [4].

3.3 States of Application Life Cycle

In our previous published paper [4], our application was a multi-view application. We determined the number of views/pages and the interaction amongst them using state diagrams. There were six views or pages, consisting of Main Page, Medicine Knowledge Page, Notification Page, Medicine Searching Page and "About Us" Page.

The starting state is always initialized and then the application shows the Main Page as shown in Fig. 3. Each page can select each other to jump to the contents.

If a user has ended the application process from background, the application always invokes the Start state. If the user has swapped to another application and wants to jump back to our application, the iOS multitasking feature then resumes the last state of the application.

States of the Notification Page in previous work was not able to cover all states. Therefore, in this paper, we improve the state of the Notification Page as shown as the state diagram in Fig. 4. The revised state diagram helps us to design the pages of Notification schedule easier. The application provides the store, updates and deletes the schedule using an editable view.

3.4 Alert Notification

We design and adapt Notification Center of Core Services with algorithms for alerting message to notify a user about the schedules. In some scenario, although the user may have already ended the application from background process, however, the application still needs to keep monitoring the schedules. The algorithm flowchart is shown in Fig. 5. We have implemented *UILocalNotification* provided by UIKit for monitoring the schedules. The alert message will notify the user on either home screen or locked screen, of which the alert style is configured by the user in iOS Notification Settings. While the message is alerting on the screens, the user has to close it or display it. If the user chooses to display, the application will conduct to state of On Displaying MD Alert as shown in Fig. 4.

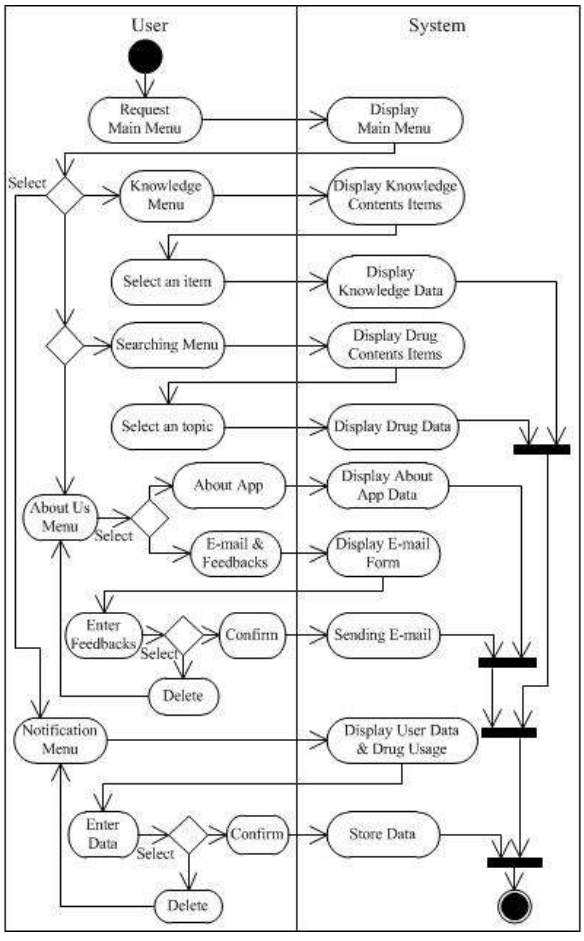


Fig. 2 The application activity diagram

3.5 Memory Management

Cocoa Touch framework and the iOS provide customized Objective-C to deal in monitoring and utilizing all object references. Objects derived from the *NSObject* root class responds to retain and release message to keep a retain count which can be queried by sending a *retainCount* message [5].

However, the Core Services of the Cocoa provides Application Delegates that reveal auto-release-pool mechanism for automatically monitoring and releasing unreferenced objects from main memory.

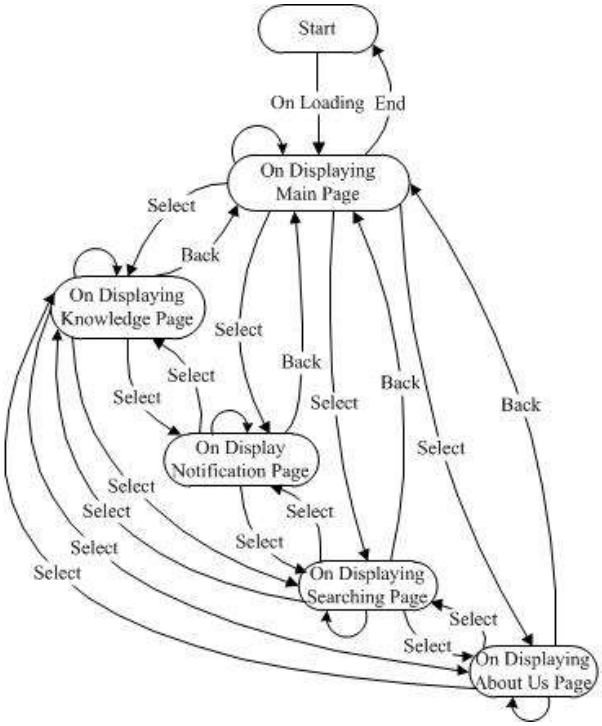


Fig. 3 The Main Page state diagram [5]

4. Distribution Platform and Implementation

4.1 Distribution Platform

The application supports iOS version 5.0 or later with a trademark Apple smartphone, iPhone 4 or later. It has 3.5 inch (diagonal) widescreen Multi-Touch display and 960-by-640-pixels resolution at 326 ppi. The application also compatibly runs on iPad.

4.2 Implementation and Testing

We maintain the information about medicine usage using Storyboard provided by the UIKit. The powerful Storyboard is for the multiview-based navigation application. It supports table view and developers can customize the table cells. The implemented storyboard of our application is shown in Fig. 6.

In this part, we implement the sequences of pages with *UINavigate* and link all pages together. We customize layout alignments for easy to read on a small screen and we apply bold font formats for the topics. Finally, we decorate with particular pictures such as photos of drugs.

We customize the NIB file in order to the state diagram in Fig. 4 for the notification-editing page. The *UIPicker* provides managed and flexible UI for conducting users to configure medicine taking schedules as shown in Fig. 7. Then, we implement *UILocalNotification* as the following source code in Fig 8.

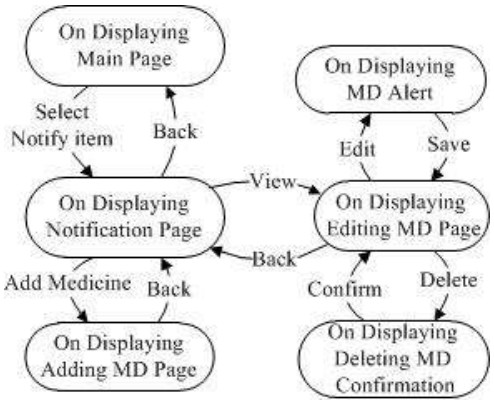


Fig. 4 The revised state diagram of Notification Page

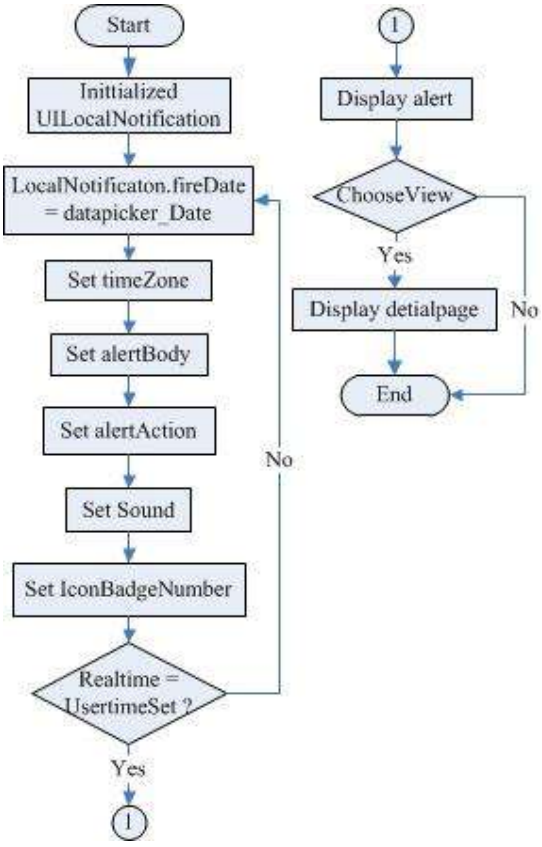


Fig. 5 The algorithm flowchart of alert notification

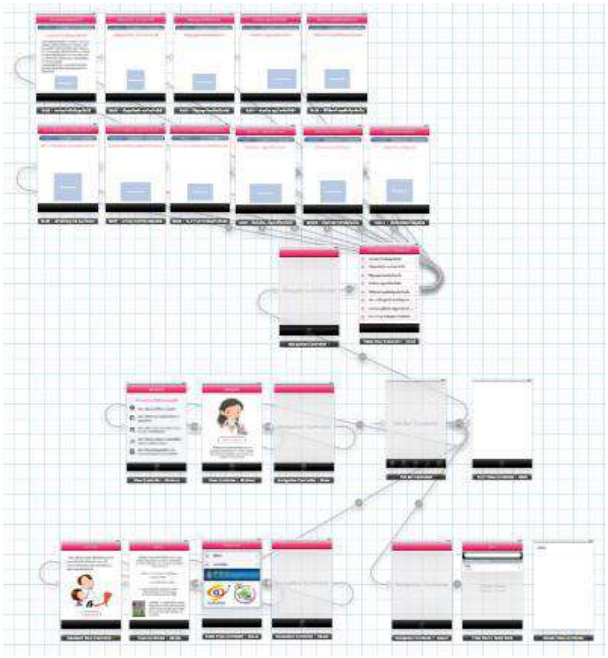


Fig. 6 The storyboard user interface



Fig. 7 The medicine taking schedule

```
[[UIApplication sharedApplication] cancelAllLocalNotifications];
UILocalNotification *localNotification = [[UILocalNotification alloc] init];
localNotification.fireDate = _datepicker.date;
NSLog(@"Notification will be shown on: %@", localNotification.fireDate);
localNotification.timeZone = [NSTimeZone defaultTimeZone];
localNotification.alertBody = [NSString
stringWithFormat:@" ชื่อยา : %@ ผู้ป่วย : %@ \n รับประทานครั้งละ : %@\n รับ
ประทานวันละ : %@\n คำแนะนำ :
%@",_name.text,_detial.text,_perdose.text,_pertime.text,_direction.text];
localNotification.alertAction = NSLocalizedString(@"View details", nil);
```

Fig. 8 The implemented *UILocalNotification*

We build and test the application on the iPhone simulator with iOS 5.0. Fig. 9 shows the first main page of the application on the simulator (a). The content is the introduction of the application and guideline to the tab bar menu items (b).

Fig. 10 shows the medicine knowledge pages. When a user tabs a requiring table cell knowledge lists (a), then the application will show the details of the required medicine (b). Finally, we build and test the application on the iPhone with iOS 5.0. The application works properly



(a) (b)

Fig. 9 First pages of the application



Fig. 10 The medicine knowledge pages

5. Conclusion

In this paper, the architectural design and implementation of the medicine taking notification application prototype for running on iOS devices has been proposed. The application alerts medicine taking in order to notify parents or caretakers times to give children their medicine. The application provides reliable medicine usage information for children. The application works properly and satisfies the users.

6. Acknowledgment

This research work is a senior student project at Information and Communication Technology Programme (ICT). This work is partly funded by Faculty of Science, Prince of Songkla University. The authors are also thankful for The Association of Hospital Pharmacy (Thailand).

References

[1] Talaei-Khoei, A., Ray, P., Parameswaran, N., “An Awareness Framework for Agent-Based Mobile Health Monitoring,” Proc of the Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, 2009. NGMAST '09. Third International Conference on, vol., no., pp.108-113, 15-18 Sept. 2009, doi: 10.1109/NGMAST.2009.39.

[2] Nkosi, M.T., Mekuria, F., “Cloud Computing for Enhanced Mobile Health Applications,” Proc of the Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2010 IEEE Second International Conference on , vol., no., pp.629-633, Nov. 30 2010 - Dec. 3 2010, doi: 10.1109/CloudCom.2010.31.

[3] The Association of Hospital Pharmacy (Thailand), “The Pharmacist Takes Care Medicine Usage for Children,” Bangkok: Hyodmuek Publishing Ltd., First published 2003, ISBN 9748222861.

[4] Damkliang, K., Jingjit, J., Saelue, J., 2013, “A Preliminary Design of Recommended Nutrition and Energy Expenditure Application for Smartphone”, Paper published in the Applied Mechanics and Materials, ISSN 1662-7482, volume 490 – 491, pp 752 – 756. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.490-491.752.

[5] Steven F.Daniel., “Xcode 4 iOS Development Beginner's Guide,” Birmingham: Packt Publishing Ltd., First published 2003, ISBN 978-1-849691-30-7.

[6] “Cocoa (API),” Available online: February 2014, http://en. Wikipedia .org/wiki/Cocoa_(API).

[7] “What Is Cocoa,” Available online: February 2014, https:// developer.apple.com/library/mac/#documentation/Cocoa/Conceptual/CocoaFundamentals/CocoaDesignPatterns/CocoaDesign.

[8] “The Model-View-Controller Design Pattern,” Available online: February 2014, https://developer.apple.com/library/mac/#documentation/Cocoa/Conceptual/CocoaFundamentals/CocoaDesignPatterns/Cocoa Design Patterns.html#.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

แบบจำลองการระบุที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงพยาบาลแม่ข่ายสุขภาพจิตในเขตจังหวัดนครราชสีมา

A Model for Locating Mental Health Network Hospital in Nakhon Ratchasima Province

วิภา สุคนธพงศ์[1], ธรา อั่งสกุล[2]

[1]ฝ่ายเวชระเบียน โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

E-mail: wipa@jvkorat.go.th[1], angskun@sut.ac.th[2]

บทคัดย่อ

ระบบบริการสาธารณสุขของประเทศไทย ประสบปัญหาที่สำคัญหลายประการ เช่น การเข้าถึงบริการด้านสุขภาพ ความเป็นธรรมในการเข้าถึงบริการ ตัวอย่างเช่นสถานพยาบาลด้านจิตเวช ในเขตจังหวัดนครราชสีมามีเพียงแห่งเดียว ทำให้เกิดช่องว่างในการเข้าถึงบริการ ส่งผลต่อระยะทางในการเดินทางและค่าใช้จ่ายของผู้ป่วย ระยะเวลารอคอยในการรับบริการมากขึ้น ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อชีวิตของผู้ป่วย แต่อย่างไรก็ตามการสร้างสถานพยาบาลด้านจิตเวชเพื่อรองรับการบริการสาธารณสุขเพิ่มจะส่งผลต่องบประมาณจำนวนมหาศาลของประเทศ บทความนี้นำเสนอการสร้างแบบจำลองการระบุที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงพยาบาลแม่ข่ายสุขภาพจิต โดยอาศัยแนวคิดของการกระจายเตียงผู้ป่วยและการบริการจิตเวชไปยังโรงพยาบาลชุมชนที่มีอยู่แล้ว แบบจำลองดังกล่าวมีเงื่อนไขบังคับ คือยกเว้นการเลือกที่ตั้งใหม่ เพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า โดยจะเลือกใช้ที่ตั้งโรงพยาบาลชุมชน ในเขตจังหวัดนครราชสีมาในการพิจารณาหาที่ตั้งที่เหมาะสม แต่ละโรงพยาบาลชุมชนจะต้องผ่านการรับรองคุณภาพมาตรฐานจากสำนักงานรับรองคุณภาพและมาตรฐานโรงพยาบาล นอกจากนั้นแบบจำลองนี้ยังคำนึงถึงความสมดุลระหว่างต้นทุนในการเดินทางมารับบริการและต้นทุนในการตั้งโรงพยาบาลแม่ข่ายสุขภาพจิต

Abstract

Thailand's public health system had several major problems such as access health service access, fairness in access to the services. For example, there is only one psychiatric hospital in Nakhon Ratchasima area. It caused gap in accessing the mental health services, which affect to the traveled distance and costs of patients. It also caused congestion in the hospital, which affect to patient waiting time and risk patients' life. However, building more hospitals to support the mental health services will affect the country's enormous budget. Therefore, this paper presents a model for locating mental health network hospital based on a concept of distributing services and psychiatric patient beds to the existing community hospital. The model has a constraint that selection of appropriate mental health network hospital must select from existing community hospital in Nakhon Ratchasima in order to use the available resources efficiently. Each community hospital must have quality standard approved by the Healthcare Accreditation Institute. Moreover, the developed model taking into account the balance between traveling costs of patients and costs for established new mental health network.

***Keywords*:** locating model, mental health network

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ได้มีการปรับเปลี่ยนและหารูปแบบของระบบบริการสุขภาพที่ดี มีความเหมาะสมและเพิ่มประสิทธิในการให้บริการสำหรับประชาชนของแต่ละประเทศ องค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ได้มีการกำหนดกรอบระบบสุขภาพ (Health Systems Framework) [1] โดยมีเป้าหมาย 4 ประการ ได้แก่ 1) เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมระหว่างประชากรกลุ่มต่าง ๆ ในการได้รับบริการและการมีภาวะที่ดี 2) เพื่อทำให้มั่นใจว่าการบริการสุขภาพนั้นได้ตอบสนองความต้องการของประชาชนในระดับที่น่าพอใจ 3) เพื่อให้มั่นใจว่ามีระบบป้องกันความเสี่ยงด้านสังคมและการเงินจากค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ และ 4) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการในด้านการจัดสรรทรัพยากรและเทคโนโลยี ซึ่งในการที่จะบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ทั้ง 4 ประการนี้ ต้องคำนึงถึงการเข้าถึงบริการ ความครอบคลุมของบริการสาธารณสุขและบริการต่าง ๆ ที่มีคุณภาพ ได้มาตรฐาน มีความปลอดภัย

ในประเทศไทยพบว่าระบบบริการสุขภาพประสบปัญหาที่สำคัญหลายประการ เช่น การเข้าถึงบริการด้านสุขภาพความเป็นธรรมในการเข้าถึงบริการ ส่งผลต่อระยะทางในการเดินทางและค่าใช้จ่ายของผู้ป่วยเพิ่มขึ้น เกิดความแออัดของผู้ป่วยในสถานพยาบาล ซึ่งความแออัดในระบบบริการสุขภาพนั้นทำให้ระยะเวลารอคอยในการรับบริการมากขึ้น ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อชีวิต ทั้งนี้กระทรวงสาธารณสุขซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผน ดูแลสุขภาพกายและสุขภาพจิตของประชาชน เพื่อให้ประชาชนได้รับบริการสาธารณสุขอย่างทั่วถึง ได้มีการจัดระบบสุขภาพในรูปแบบของระบบสุขภาพที่ครอบคลุมเกี่ยวกับการส่งเสริมสุขภาพ การป้องกันโรค การรักษาพยาบาลและการฟื้นฟูสภาพ ซึ่งมีการแบ่งระบบการบริการสุขภาพเป็น 3 ระดับ ได้แก่ บริการระดับปฐมภูมิ บริการระดับทุติยภูมิ และบริการระดับตติยภูมิ โดยที่การบริการแต่ละระดับจะมีบทบาทหน้าที่ที่แตกต่างกันและสามารถเชื่อมต่อการให้บริการสุขภาพด้วยระบบส่งรักษาต่อ เพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการด้านคุณภาพการบริการให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น กระจายครอบคลุมพื้นที่ทั้งประเทศอย่างทั่วถึง

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

การบริการดูแลรักษาสุขภาพจิตของประชาชนไทย กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข เป็นผู้รับผิดชอบหลักในการให้บริการ จังหวัดนครราชสีมาซึ่งมีประชากร 2,601,167 คน [2] มีอัตราการฆ่าตัวตายสำเร็จต่อประชากรแสนคนเท่ากับ 7.06 คน [3] ปัจจุบันมีโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ รับผิดชอบในการบริการด้านสุขภาพจิต โดยอัตราการเข้าถึงบริการของผู้ป่วยโรคจิต [4] ของจังหวัดนครราชสีมา คิดเป็นร้อยละ 53.05 อัตราการเข้าถึงบริการโรคซึมเศร้า [5] ของจังหวัดนครราชสีมา คิดเป็นร้อยละ 26.20 จากสถิติดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การเข้าถึงบริการด้านสุขภาพจิตของผู้ป่วยในจังหวัดนครราชสีมายังมีค่าต่ำ ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อชีวิต ทรัพย์สิน และการดำรงชีวิตประจำวันของประชาชน

เนื่องจากมีโรงพยาบาลด้านจิตเวชเพียงแห่งเดียวในจังหวัดนครราชสีมา ทำให้เกิดความแออัด ระยะเวลาในการรอคอยนาน การเดินทางมารับบริการที่โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์นับว่าเป็นภาระของผู้ป่วยจิตเวช ต้องมีญาติเดินทางร่วมด้วยเพราะผู้ป่วยจิตเวชกว่าร้อยละ 80 ไม่สามารถเดินทางมารับบริการเพียงลำพังได้ จากสถิติการมารับบริการแบบผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ [6] มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปีงบประมาณ 2555 มีจำนวนเฉลี่ย 470 รายต่อวัน จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสะท้อนให้เห็นถึงการใช้ทรัพยากรที่ไม่เหมาะสม ขาดการวางแผนในการจัดการระบบบริการที่ดี

ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาระบบบริการสุขภาพจิตและจิตเวชให้ได้มาตรฐาน และมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเข้าถึงบริการ ลดช่องว่าง ลดระยะเวลาในการรอคอย ลดค่าใช้จ่ายในการรับบริการ บทความนี้จึงทำการศึกษาการระบุที่ตั้งและจำนวนโรงพยาบาลแม่ข่ายสุขภาพจิตที่เหมาะสม ในจังหวัดนครราชสีมาเพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการกระจายเตียงผู้ป่วยและการบริการไปยังหน่วยบริการปฐมภูมิ หรือทุติยภูมิ โดยไม่ต้องสร้างสถานพยาบาลแห่งใหม่

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัชรนันท์ รัตนพงศ์จรัส [7] ได้ประยุกต์ใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้น เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกที่ตั้งของธุรกิจผลิตน้ำผลไม้ โดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อต้นทุนการขนส่ง เริ่มจากแหล่งวัตถุดิบถึงการขนส่งจนถึงลูกค้า โดยใช้แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น ซึ่งผู้ศึกษาสรุปว่าที่ตั้งที่มีต้นทุนต่ำสุด จะช่วยให้มีต้นทุนในการขนส่งต่ำ ฐิติยา อังสัจจะพงษ์ [8] ได้ศึกษาหาที่ตั้งและขนาดของอุตสาหกรรมลิ้นจี่กระป๋องในภาคเหนือของประเทศไทย เพื่อทราบที่ตั้งและขนาดที่เหมาะสมของโรงงาน โดยใช้แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นตรงช่วยในการทดสอบ แสงเดือน โต๊ะมี [9] ทำการวิเคราะห์ที่ตั้งโรงเรียนอาชีวศึกษาจังหวัดปทุมธานี โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ปัจจัยเชิงปริมาณและปัจจัยเชิงคุณภาพ นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มาซ้อนทับข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้ที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงเรียนอาชีวศึกษา เมื่อได้ที่ตั้งที่เหมาะสมแล้ว นำที่ตั้งดังกล่าวไปสำรวจจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ ผลการวิจัยสรุปว่า ที่ตั้งโรงเรียนดังกล่าวมีความเหมาะสม กำจัด เล่ห์มงคล [10] ได้ศึกษาการเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการเปิดสาขาธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวยกล้อ ด้วยการประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น โดยพิจารณาทางเลือกที่เป็นไปได้ 3 พื้นที่ในจังหวัดเชียงราย พบว่า ปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในการพิจารณาคัดเลือกที่ตั้งสถานประกอบการมากที่สุด ได้แก่ ความหนาแน่นของลูกค้า การคมนาคมเข้าถึงสะดวก สภาพแวดล้อมที่ตั้ง ความพร้อมของระบบสาธารณูปโภค Thomas Kurka และคณะ [11] ศึกษาที่ตั้งที่เหมาะสมของการกระจายการพัฒนาพลังงานชีวภาพในการประเมินการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ในด้านการขนส่ง โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เกี่ยวกับการปรับตัวในการที่จะระบุที่เหมาะสมของสถานที่ขนาดกลางเพื่อเป็นที่ตั้งของการวางแผนการผลิต การกระจายพลังงานชีวภาพ โดยพิจารณาเลือกสถานที่ที่เหมาะสมโดยอาศัยปัจจัย คือ ภูมิภาค ความต้องการ รวมถึงวิธีการที่ง่ายในการจัดสรรวัตถุดิบ พลังงานชีวภาพ ไพฑูรย์ รอดวินิจ [12] ได้วิเคราะห์หาที่ตั้งและขนาดของคลังสินค้าข้าวในประเทศไทย โดยใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้น มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างภาคต่าง ๆ ที่มีผลผลิตเกินหรือไม่พอกับ ความต้องการในแต่ละภาค Ceren Erdin Gündogdu [13] ทำการศึกษาแบบจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพการเลือกที่ตั้งที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับที่ตั้งศูนย์การค้าในเมืองอิสตันบูล ประเทศตุรกี โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจ พิพัฒน์ คมคาย [14] ได้วิเคราะห์หาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจ โดยที่ตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงทั้งหมด ซึ่งต้นทุนที่พิจารณาประกอบด้วยต้นทุนสินค้าคงคลัง ต้นทุนการขนส่ง และต้นทุนการให้บริการลูกค้า อุทัย มิตรช่วยรอด [15] ได้ศึกษาที่ตั้งศูนย์กระจายน้ำมันในภาคตะวันออกของประเทศไทยโดยใช้วิธีการหาศูนย์กลางของการขนส่ง (Center of Gravity Technique) และวิธีการหาระยะทางร่วมกับค่าขนส่ง (Load-Distance Technique) ศิลปชัย รัตนธรรมวัฒน์ [16] วิเคราะห์ศักยภาพทางที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอนจากมันสำปะหลังในประเทศไทย โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการในการกำหนดค่าคะแนนและระดับความเหมาะสมของปัจจัยหลักและรองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และใช้วิเคราะห์คะแนนรวมถ่วงน้ำหนักเชิงเส้นตรงมาร่วมในการวิเคราะห์ เชษฐ์ชัยวัฒน์ สิริจามร 2551 [17] ประเมินการหาความเหมาะสมของที่ตั้งและเขตบริการของหน่วยบริการ ในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อให้มีระบบฐานข้อมูลที่สามารถใช้ประกอบการตัดสินใจ เกษมศักดิ์ มิตรเกษม [18] ศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกที่ตั้งโรงงานโดยใช้ปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินกิจการและต้นทุนของโรงงานนำมาพิจารณาเลือกที่เหมาะสมสำหรับตั้งโรงงาน เดเนียล เบลอ [19] วิเคราะห์ความสำคัญของระยะทางในการใช้บริการด้านสุขภาพในกานา โดยวิเคราะห์ทรัพยากรในส่วนที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาการเดินทางและค่าใช้จ่ายการเดินทาง โดยใช้แบบจำลองการถดถอย นัทธมน ธีรกุล [20] ศึกษาแหล่งที่ตั้งศูนย์คัดบรรจุ

พืชผักของมูลนิธิโครงการหลวง รวมถึงวิธีการขนส่งที่เหมาะสม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายการอ้างอิง	การประยุกต์ใช้	การเลือกที่ตั้ง	เทคนิค
[7]	ธุรกิจ	ที่ใหม่	LP
[8]	ธุรกิจ	ที่ใหม่	LP
[9]	โรงเรียน	ที่ใหม่	GIS
[10]	ธุรกิจ	ที่ใหม่	AHP
[11]	ธุรกิจ	ที่ใหม่	GIS
[12]	ธุรกิจ	ที่ใหม่	LP
[13]	ธุรกิจ	ที่ใหม่	GIS
[14]	ธุรกิจ	ที่ใหม่	LP
[15]	ธุรกิจ	ที่ใหม่	LD
[16]	ธุรกิจ	ที่ใหม่	GIS, F
[17]	ธุรกิจ	ที่ใหม่	GIS
[18]	โรงงาน	ที่ใหม่	AHP
[19]	โรงพยาบาล	ที่ใหม่	RG
[20]	ธุรกิจ	ที่ใหม่	LP
งานวิจัยนี้	โรงพยาบาล	ที่มีอยู่แล้ว	-

LP = กำหนดการเชิงเส้น GIS = โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ F = ปัจจัยและการถ่วงปัจจัย LD = การหาระยะทางร่วมกับค่าขนส่ง AHP = กระบวนการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ RG = แบบจำลองถดถอย

4. รายละเอียดการพัฒนา

การศึกษาการระบุที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงพยาบาลแม่ข่ายสุขภาพจิตในเขตจังหวัดนครราชสีมา ทำการศึกษาจำนวนผู้ป่วยจิตเวชที่มีอยู่ จำแนกตามภูมิลำเนาระดับอำเภอ 32 โรงพยาบาลและระยะทางของแต่ละโรงพยาบาลที่ผู้ป่วยต้องเดินทางไปรับบริการถึงโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนในการให้บริการของโรงพยาบาลกับต้นทุนในการรับบริการของผู้ป่วย โดยโรงพยาบาลใดที่มีต้นทุนของโรงพยาบาลและต้นทุนของผู้ป่วยต่ำสุด จะถือว่ามีความเหมาะสมในการตั้งเป็นโรงพยาบาลแม่ข่ายสุขภาพจิต การออกแบบและพัฒนาระบบดำเนินการดังนี้

1) รวบรวมรายชื่อและจำนวนโรงพยาบาลปฐมภูมิในเขตจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีทั้งหมด จำนวน 32 โรงพยาบาล

2) รวบรวมจำนวนผู้ป่วยจิตเวชที่รับบริการในโรงพยาบาลเขตจังหวัดนครราชสีมาและผู้ป่วยจิตเวชที่รับบริการในโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ จำแนกตามภูมิลำเนาของผู้ป่วยเพื่อนำมาใช้เป็นจำนวนผู้ป่วยในแต่ละภูมิลำเนา โดยใช้สถิติจำนวนผู้ป่วยจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมาและโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์

3) รวบรวมระยะทางระหว่างโรงพยาบาลทั้ง 32 แห่ง เพื่อใช้เป็นต้นทุนประมาณการในการเดินทางรับบริการของผู้ป่วย

4) ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบริการสุขภาพของแต่ละโรงพยาบาลในเขตจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับค่าจ้างในส่วนของอัตรากำลังแพทย์และพยาบาลต่อประชากร เพื่อใช้เป็นต้นทุนในการบริการของโรงพยาบาล โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลแพทย์กับจำนวนประชากรจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้ แพทย์ 1 คน รับผิดชอบประชากร 10,000 คน

5) เปรียบเทียบต้นทุนในการรับบริการของผู้ป่วยและต้นทุนในการบริการของโรงพยาบาลแต่ละแห่งว่าโรงพยาบาลใดมีต้นทุนต่ำสุด เพื่อใช้ระบุว่าโรงพยาบาลนั้นเหมาะสมกับการระบุที่ตั้งของโรงพยาบาลแม่ข่ายสุขาพจิต โดยดำเนินการเปรียบตั้งแต่ 1 จุด ไปจนถึง 32 จุด ในการเปรียบเทียบใช้แบบจำลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยเปรียบเทียบต้นทุนในการรับบริการของผู้ป่วย ดังนี้

5.1 บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับระยะทาง จำนวนผู้ป่วย เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการคำนวณ

5.2 หากต้องการเปรียบเทียบ 2 จุด เช่น เปรียบเทียบ จุด A จุด B และจุด C จะต้องดำเนินการเปรียบเทียบจากจุด A C D, A D E, A B D, A B E,....จนครบ 32 ที่ตั้ง ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณโดยใช้ตัวเลขระยะทางคูณกับจำนวนผู้ป่วยที่มีอยู่ในภูมิลำเนานั้น ๆและมีกฎว่า ผู้ป่วยต้องเดินทางไปยังพื้นที่ที่ใกล้ภูมิลำเนามากที่สุด นั่นหมายถึงภูมิลำเนาใกล้ที่ไหนจะต้องเดินทางไปที่นั่น ท้ายสุดจะได้รูปแบบจากการใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ผลลัพธ์จากการใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้น เพื่อเปรียบเทียบว่าโรงพยาบาลใดมีต้นทุนในการรับบริการของผู้ป่วยต่ำสุด

Model

PID1	ที่ตั้งหลัก	PID2	จุดที่1	PID3	จุดที่ 2	ผู้รับบริการ	ต้นทุนเฉลี่ย
Model 1	นครราชสีมา	8	ชุมพวง	3	ขามสะแกแสง	109527	51
Model 2	นครราชสีมา	3	ขามสะแกแสง	8	ชุมพวง	109527	51
Model 3	นครราชสีมา	8	ชุมพวง	28	สีดา	111217	51.91
Model 4	นครราชสีมา	28	สีดา	8	ชุมพวง	111217	51.91
Model 5	นครราชสีมา	8	ชุมพวง	4	คง	107537	52.24
Model 6	นครราชสีมา	4	คง	8	ชุมพวง	107537	52.24
Model 7	นครราชสีมา	28	สีดา	27	สีคิ้ว	105787	52.25
Model 8	นครราชสีมา	27	สีคิ้ว	28	สีดา	105787	52.25
Model 9	นครราชสีมา	28	สีดา	3	ขามสะแกแสง	112028	52.29
Model 10	นครราชสีมา	3	ขามสะแกแสง	28	สีดา	112028	52.29
Model 11	นครราชสีมา	16	บัวใหญ่	8	ชุมพวง	108988	52.38
Model 12	นครราชสีมา	8	ชุมพวง	16	บัวใหญ่	108988	52.38
Model 13	นครราชสีมา	17	บ้านเหลื่อม	8	ชุมพวง	110862	52.45
Model 14	นครราชสีมา	8	ชุมพวง	17	บ้านเหลื่อม	110862	52.45
Model 15	นครราชสีมา	28	สีดา	32	ห้วยแถลง	111485	52.77
Model 16	นครราชสีมา	32	ห้วยแถลง	28	สีดา	111485	52.77
Model 17	นครราชสีมา	12	โนนแดง	8	ชุมพวง	109701	52.78
Model 18	นครราชสีมา	8	ชุมพวง	12	โนนแดง	109701	52.78

5.4 นำค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบในข้อ 5.2 มาเรียงลำดับ เพื่อสรุปผลว่าโรงพยาบาลใดมีต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งคำตอบจำนวนที่ตั้งที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้งานต้องการระบุจำนวนที่ตั้งจำนวนเท่าใด ตัวอย่างเช่น หากต้องการตั้งโรงพยาบาลแม่ข่ายสุขภาพจิตเพิ่ม 2 โรงพยาบาล ผลลัพธ์คือ โรงพยาบาลชุมพวง และ โรงพยาบาลขามสะแกแสง

6. สรุป

บทความนี้นำเสนอการสร้างแบบจำลองการระบุที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงพยาบาลแม่ข่ายสุขภาพจิต โดยอาศัยแนวคิดของการกระจายเตียงผู้ป่วยและการบริการจิตเวชไปยังโรงพยาบาลชุมชนที่มีอยู่แล้ว แบบจำลองดังกล่าวมีเงื่อนไขบังคับ คือยกเว้นการเลือกที่ตั้งใหม่ เพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า โดยจะเลือกใช้ที่ตั้งโรงพยาบาลชุมชนในเขตจังหวัดนครราชสีมาในการพิจารณาหาที่ตั้งที่เหมาะสม ซึ่ง

โรงพยาบาลชุมชนแต่ละแห่งผ่านการรับรองคุณภาพมาตรฐานจากสำนักงานรับรองคุณภาพและมาตรฐานโรงพยาบาล นอกจากนั้นแบบจำลองนี้ยังคำนึงถึงความสมดุลระหว่างต้นทุนในการเดินทางมารับบริการและต้นทุนในการตั้งโรงพยาบาลแม่ข่ายสุขภาพจิต การศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการหาที่ตั้งที่เหมาะสมของของสถานบริการสาธารณสุขเฉพาะด้าน เช่น โรงพยาบาลมะเร็ง งานวิจัยนี้สามารถปรับปรุงในอนาคตด้วยการเพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอัตรากำลังในแต่ละสาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง เช่น จิตแพทย์ พยาบาลจิตเวช นักจิตวิทยาคลินิค ว่ามีความเหมาะสมต่อการบริการหรือไม่

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ และนายแพทย์สาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการศึกษาที่นำเสนอในบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2555). **แผนพัฒนาระบบบริการสุขภาพ.** กรุงเทพ ฯ.

[2] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2555). **รายงานประจำปี 2555**. [On-line] [สืบค้นเมื่อ กรกฎาคม 2556]

[3] สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. (2555). **รายงานการตาย.** กรุงเทพ.

[4] กองแผนงาน กรมสุขภาพจิต. **สถิติผู้ป่วย**. [On-line] [สืบค้นเมื่อ สิงหาคม 2556].

[5] โรงพยาบาลพระศรีมหาโพธิ์. (2555). **รายงานประจำปี 2555**. อุบลราชธานี.

[6] โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์. **สถิติผู้ป่วยนอกปีงบประมาณ 2555**. [On-line] [สืบค้นเมื่อ กรกฎาคม 2556]

[7] พัชรนันท์ รัตนพงศ์จรัส. (2550). **การประยุกต์ใช้วิธีการกำหนดการเชิงเส้นเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งของธุรกิจน้ำผลไม้** [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา)

[8] ฐิติยา อัจสัจจะพงษ์. (2545). **ที่ตั้งและขนาดที่เหมาะสมของอุตสาหกรรมลิ้นจี่และลำใยกระป๋อง ในภาคเหนือของประเทศไทย.** [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).

[9] แสงเดือน โต๊ะมี. (2550). **การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งโรงเรียนอาชีวศึกษาจังหวัดปทุมธานี โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.** (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัย)

[10] กำจัด เล่ห์มงคล. (2554). **การเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการเปิดสาขาธุรกิจร้านก๋วยเตี๋ยวกล้อง.**[On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง)

[11] Thomas Kurka. (2012). **GIS-based location suitability of decentralized, medium scale bioenergy developments to estimate transport CO2 emissions and costs**. Available online www.sciencedirect.com

[12] ไพฑูรย์ รอดวินิจ. (2527**). การวิเคราะห์หาที่ตั้งและขนาดของคลังสินค้าข้าวในประเทศไทย โดยใช้วิธีลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง.** [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์)

[13] Ceren Erdin Gündogdu. (2011). **Suitable Location Selection Optimization for Shopping Centres and Geographical Information System (GIS)**. China-USA Business Review, August 2011, Vol. 10, No. 8, 711-718.

[14] พิพัฒน์ คมคาย. (2551). **การศึกษาโดยการวิเคราะห์หาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม**. [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา)

[15] อุทัย มิตรช่วยรอด. (2554). **การศึกษาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายน้ำมันในภาคตะวันออกของประเทศไทย**. [On-line] วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 ม.ค. – มิ.ย. 2554 (94-100).

[16] ศิลปชัย รัตนธรรมวัฒน์. (2551**). การวิเคราะห์ศักยภาพทางที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย**. [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปกร)

[17] เชษฐ์ชัยวัฒน์ สิริจามร. (2551). **การประเมินการหาความเหมาะสมของที่ตั้งและเขตบริการของหน่วยบริการ ในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาตร์**. [On-line] วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา)

[18] เกษมศักดิ์ มิตรเกษม. (2536). **การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน**. [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

[19] Daniel R. Feikin . (2009). **The impact of distance of residence from a peripheral health facility on pediatric health utilisation in rural western Kenya**. Tropical Medicine and International Health, volume 14 no 1 pp 54–61 january 2009.

[20] นัทธมน ธีรกุล. (2541). **แหล่งที่ตั้งศูนย์คัดบรรจุพืชผักของมูลนิธิโครงการหลวง**. [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบวิเคราะห์แบบพกพาสำหรับเครือข่ายตรวจวัดไร้สายหลายฮอป พร้อมการรองรับการระบุตำแหน่งแบบออฟไลน์

Mobile Analyzer for Multi-hop Wireless Sensor Networks with Offline Positioning Support

กวิน ขนบธรรมชัย, อภิรักษ์ จันทร์สร้าง, อนันต์ ผลเพิ่ม และ ชัยพร ใจแก้ว*

ห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: palm_kawin91@hotmail.com, {aphirak.j, anan.p, chaiporn.j}@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในการติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพแวดล้อมไร้สาย ผู้รับผิดชอบต้องการให้สถานีตรวจวัดถูกวางให้เพียงพอสำหรับการเชื่อมต่อกับสถานีรอบข้าง แต่การตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อในการติดตั้งสถานีใหม่ในพื้นที่จริงอาจทำได้ยากหากขาดระบบวิเคราะห์สถานะที่พกพาได้ง่าย ระบบวิเคราะห์แบบพกพาที่ถูกพัฒนาขึ้นก่อนหน้านี้ยังมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถมองเห็นสถานีตรวจวัดได้เกินสองฮอป และไม่สามารถระบุตำแหน่งจริงได้ บทความนี้จึงเสนอระบบช่วยวิเคราะห์สถานะการเชื่อมต่อกันแบบหลายฮอปและสามารถระบุตำแหน่งบนแผนที่ออฟไลน์เพื่อดูการเชื่อมต่อปัจจุบันของสถานีที่ถูกติดตั้งในระยะไกล โดยสถานีตรวจสอบกระจายข้อมูลทุกทิศทางไปยังสถานีฮอปถัดไปจนถึงฮอปสุดท้าย และส่งข้อมูลการเชื่อมต่อย้อนกลับมายังสถานีตรวจสอบเพื่อนำไปแสดงผลบนโปรแกรมประยุกต์แอนดรอยด์ ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถมองเห็นสถานีตรวจวัดที่อยู่ในระยะไกลจากปลายทางได้ทั้งหมดโดยเวลาที่ใช้การเชื่อมต่อขึ้นกับจำนวนฮอปของโหนดที่ใช้ภายในเครือข่าย และสามารถระบุสถานีในตำแหน่งที่ถูกต้องบนแผนที่ออฟไลน์ในโปรแกรมประยุกต์ ทำให้ได้รับความสะดวกในการวางแผนเพื่อติดตั้งและดูแลสถานีตรวจวัดในเครือข่ายตรวจวัดไร้สายต่อไป

Abstract

Wireless sensor nodes are preferably installed with an appropriate number of neighbors. Without a portable connectivity analyzer, installers will find this procedure difficult in real deployment. The mobile status analyzer previously developed still has some limitation that it cannot see nodes beyond two hops away and lacks support for physical positioning. This article presents a system for analyzing multi-hop connectivity status with the support of offline positioning in order to measure current status condition of distant sensor nodes. The analyzer will broadcast a request to every node in the network, each of which will reply its status back to the analyzer. The status is then visualized on an Android tablet. Experiment shows that every node can be accessed, but response time directly depends on the number of hops used. This will help decide on appropriate installation locations for wireless sensor nodes as their status conditions are measured instantly and their positions are pinpointed on the offline map. As a result, this system will ease the installation and maintenance process.

***Keywords*:** Android application, multi-hop wireless sensor network, offline map, node analyzer, wireless sensor node

1. บทนำ

เครือข่ายตรวจวัดสภาพแวดล้อมไร้สาย (Wireless Sensor Network : WSN) [1] ถูกนำไปใช้ร่วมกับงานประเภทอื่นได้ เช่น การติดตั้งเครื่องตรวจวัดปริมาณน้ำฝนในบริเวณที่เกิดดินถล่ม เพื่อตรวจจับและส่งสัญญาณเตือนภัยพิบัติแก่ชาวบ้านในบริเวณใกล้เคียง เครือข่ายประกอบด้วยโหนดตรวจวัดแบบไร้สาย (Wireless Sensor Node) ขนาดเล็กจำนวนมากซึ่งเป็นอิสระต่อกันรวมกันเป็นเครือข่าย มีการติดต่อสื่อสารกันเพื่อส่งข้อมูลระหว่างโหนดกันเองหรือส่งไปยังศูนย์กลางการรับข้อมูล อย่างไรก็ตาม การติดตั้งเครือข่ายตรวจวัดไร้สายจะพบข้อจำกัดคือ ผู้รับผิดชอบอาจได้รับความลำบากในการตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อของโหนดในพื้นที่จริง ซึ่งประกอบด้วย ความเข้มข้นของสัญญาณ คุณภาพของสัญญาณ และความน่าเชื่อถือของสัญญาณ หากขาดระบบวิเคราะห์สถานะที่พกพาได้ง่าย ผู้รับผิดชอบจะต้องเคลื่อนย้ายโหนดที่ใช้ติดตั้งจริงซึ่งมีขนาดใหญ่ ทำให้ไม่สะดวกและใช้เวลาติดตั้งมากขึ้นด้วย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. การขนย้ายโหนดเข้าพื้นที่ทำงานซึ่งการตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อทำได้ยากหากขาดระบบวิเคราะห์ที่พกพาง่าย

ปัญหาข้างต้นนำไปสู่การพัฒนาระบบวิเคราะห์สถานะแบบพกพาสำหรับเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย (Mobile Status Analyzer for Wireless Sensor Network) [2][3] ซึ่งยังมีข้อจำกัด

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ข้อจำกัดของระบบวิเคราะห์แบบพกพาเดิมในการใช้งานคือ ผู้ใช้สามารถทราบสถานะการเชื่อมต่อของโหนดใกล้เคียงได้ไม่เกินสองฮอป โปรแกรมประยุกต์ไม่สามารถทราบตำแหน่งของโหนดเมื่อวางบนแผนที่ได้ สามารถเห็นเพียงกราฟสถานะการเชื่อมต่อของโหนดใกล้เคียง มีเพียงศูนย์กลางการรับข้อมูลเท่านั้นที่เห็นตำแหน่งของโหนดทุกตัวบนแผนที่

บทความนี้จะนำเสนอการพัฒนาและปรับปรุงเพิ่มจากระบบตรวจสอบสถานะเครือข่ายไร้สายจากโหนดตรวจวัดเดิม เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์คือการทราบสถานะปัจจุบันของโหนดที่อยู่ในระยะไกลและวางแผนการวางตำแหน่งโหนดตามคุณสมบัติที่ต้องการ ทำให้ได้รับความสะดวกจากการสำรวจเพื่อติดตั้งและดูแลโหนดได้ดียิ่งขึ้น

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบวิเคราะห์สถานะของโหนดมีงานที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1 เครือข่ายตรวจวัดไร้สาย

เครือข่ายตรวจวัดไร้สายประกอบด้วยโหนดหลายตัวซึ่งมีเครื่องส่งสัญญาณขนาดเล็กตั้งแต่ 1 เครื่องขึ้นไปที่ใช้เฝ้าระวังสภาวะกายภาพและสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ เสียง ความดันอากาศ และส่งข้อมูลต่อกันไปผ่านเครือข่ายจนถึงศูนย์กลางการรับข้อมูล เครือข่ายในปัจจุบันสามารถส่งข้อมูลแบบสองทางได้ สามารถควบคุมเครื่องส่งสัญญาณได้ด้วย จุดเริ่มต้นของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายเกิดจากการนำไปประยุกต์ใช้ในทางทหาร เช่น ภาพถ่ายด้านยุทธการ ปัจจุบันเครือข่ายถูกนำไปประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรมและกับผู้บริโภค เช่น การตรวจสอบกระบวนการทางอุตสาหกรรม การตรวจวัดคุณภาพอากาศและมลพิษ การตรวจจับอัคคีภัยในป่า การตรวจจับพื้นดินถล่ม การตรวจวัดคุณภาพน้ำ การเฝ้าระวังภัยพิบัติ การติดตามหาตำแหน่งที่อยู่ เทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ เป็นต้น [4] การส่งข้อมูลระหว่างแต่ละฮอปของโหนดสามารถทำได้โดยกระบวนการหาเส้นทาง (Routing) หรือส่งออกทุกทิศทาง (Flooding) ก็ได้ [5]

3.2 ระบบวิเคราะห์สถานะแบบพกพาสำหรับเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย

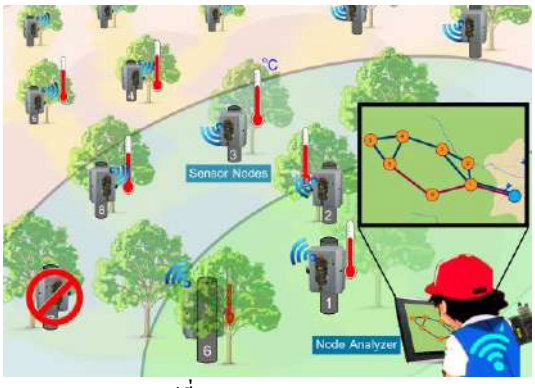
ระบบวิเคราะห์สถานะแบบพกพาสำหรับเครือข่ายตรวจวัดไร้สายเป็นโปรแกรมประยุกต์แอนดรอยด์เพื่อลดภาระและเวลาในการติดตั้งโหนดให้เกิดความสะดวกมากขึ้น มีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ 1) โหนดตรวจสอบสถานะ นำไปต่อเสริมกับอุปกรณ์พกพา ใช้ตรวจสอบสัญญาณจากโหนดอื่นด้วยมาตรฐานการสื่อสาร IEEE 802.15.4 และ 2) โปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์พกพาในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ใช้แสดงข้อมูลที่ได้ในรูปแบบของตารางและกราฟ สามารถบันทึกรูปภาพ และตำแหน่งบนพื้นโลกผ่านจีพีเอส (GPS)

4. รายละเอียดการพัฒนา

ผู้พัฒนาใช้ภาษาจาวาในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และภาษาซีในการพัฒนาโปรแกรมบนโหนด และใช้โปรแกรม Eclipse บนระบบปฏิบัติการอูบุนตูเป็นเครื่องมือที่ใช้พัฒนา การพัฒนามีรายละเอียดดังนี้

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบประกอบด้วยอุปกรณ์พกพาแอนดรอยด์เชื่อมต่อกับโหนดตรวจสอบสถานะ และโหนดตรวจวัดที่ใช้ติดตั้งในพื้นที่จริง



รูปที่ 2. ภาพรวมของระบบ

ระบบวิเคราะห์นี้สามารถวัดค่าความเข้มของสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator : RSSI) ค่าชี้วัดคุณภาพการเชื่อมต่อ (Link Quality Indicator : LQI) และค่าความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อ (Link Reliability : LR) ระบบจะสามารถมองเห็นโหนดแบบหลายฮอปได้ ตามรูปที่ 2 โปรแกรมประยุกต์สามารถรองรับการใช้งานจีพีเอส ทำให้ใช้ค่าตำแหน่งในการวางโหนดบนแผนที่ออฟไลน์ได้ และเนื่องจากสถานที่ตั้งของโหนดส่วนใหญ่เป็นป่า ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นสีเขียวเป็นส่วนใหญ่บนแผนที่ จึงสามารถหาตำแหน่งติดตั้งของโหนดได้ยาก โปรแกรมประยุกต์นี้จะทำให้ผู้ใช้สามารถอัปโหลดรูปภาพเพื่อเลือกใช้แผนที่ได้ด้วยตัวเอง

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

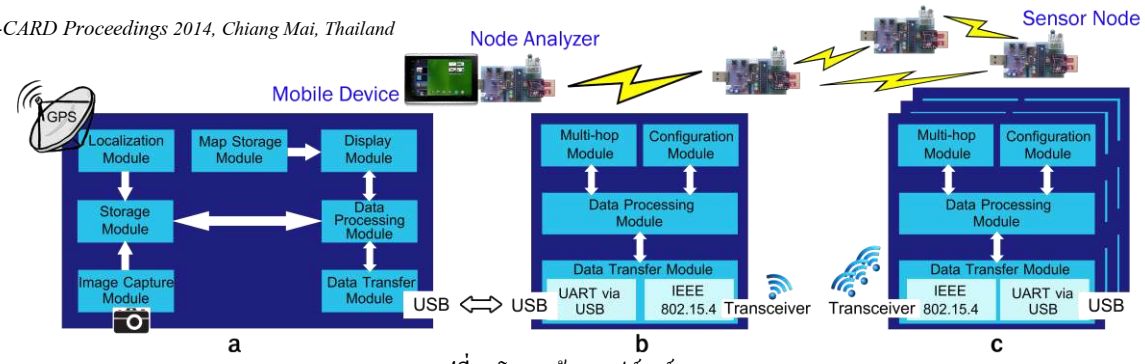
โครงสร้างซอฟต์แวร์ของระบบ ซึ่งแสดงในรูปที่ 3 แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

4.2.1 โปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์พกพาแอนดรอยด์

โปรแกรมประยุกต์ แสดงในรูปที่ 3a ประกอบด้วย มอดูลการรับส่งข้อมูล (Data Transfer Module) จากโหนดตรวจสอบผ่านพอร์ตยูเอสบี (USB) เพื่อนำไปประมวลผลต่อ (Data Processing Module) แสดงผลการเชื่อมต่อของโหนดด้วยแผนภาพ (Display Module) และนำข้อมูลไปเก็บไว้ในพื้นที่จัดเก็บของอุปกรณ์ด้วย (Storage Module) แผนภาพสามารถแสดงแผนที่โดยนำค่ามาจากมอดูลการอัปโหลดแผนที่ (Map Storage Module) และโหนดทุกตัวสามารถถ่ายรูป (Image Capture Module) เพื่อเก็บค่าตำแหน่งเป็นละติจูดและลองจิจูดได้ (Localization Module)

4.2.2 ซอฟต์แวร์โหนดตรวจสอบสถานะ

ซอฟต์แวร์ แสดงในรูปที่ 3b มีการส่งข้อมูลไปยังโหนดตรวจวัดด้วยสัญญาณวิทยุ IEEE 802.15.4 เพื่อร้องขอการเชื่อมต่อแบบหลายฮอป (Multi-hop Module) นำข้อมูลการเชื่อมต่อที่ได้รับไปประมวลผล (Data



รูปที่ 3. โครงสร้างซอฟต์แวร์ของระบบ

Processing Module) และส่งให้โปรแกรมประยุกต์บนแท็บเล็ตผ่านพอร์ตยูเอสบี (Data Transfer Module) โหนดสามารถตั้งค่าหมายเลขประจำโหนด หมายเลขเครือข่าย ช่องสัญญาณ และกำลังการส่งสัญญาณได้ (Configuration Module)

4.2.3 ซอฟต์แวร์โหนดตรวจวัด

ภายในซอฟต์แวร์ ดังแสดงในรูปที่ 3c มีลักษณะการทำงานคล้ายกับของโหนดตรวจสอบแต่ใช้สัญญาณวิทยุในการรับส่งข้อมูลแบบหลายฮอป ไม่มีการใช้พอร์ตยูเอสบีแต่อย่างใด นอกจากนั้นโหนดตรวจวัดมีความสามารถในการประมวลผลการวัดสภาพแวดล้อมได้ แต่โหนดตรวจสอบใช้ดูสถานะการเชื่อมต่อเท่านั้น

5. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การทดสอบเวลาที่ระบบสามารถแสดงผลการเชื่อมต่อของโหนดในเครือข่ายเดียวกันต่อจำนวนฮอป และ 2) การทดสอบการติดตั้งโหนดใหม่ในเครือข่ายเดิม

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

การทดสอบนี้ใช้แท็บเล็ต Acer รุ่น ICONIA Tab A500 ซึ่งติดตั้งแอนดรอยด์ 4.0.3 และติดตั้งโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับตรวจวัดโหนด โดยจัดสภาพแวดล้อมให้โหนดวางในสถานที่เป็นทั้งพื้นที่โล่งและพื้นที่ทึบ ซึ่งมีผลต่อการรบกวนสัญญาณ (บริเวณอาคารวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พื้นที่ 36 × 105 เมตร) ดังรูปที่ 4

โหนดที่ใช้มีตัวสื่อสารไร้สายไมโครชิป MRF24J40MA [6] ใช้ทั้งหมด 5 ตัว ตั้งค่ากำลังการส่งสัญญาณ 0 dBm แต่ละตัวถูกวางห่างกันให้สามารถส่งข้อมูลไปฮอปถัดไปและไม่สามารถส่งข้ามฮอปได้

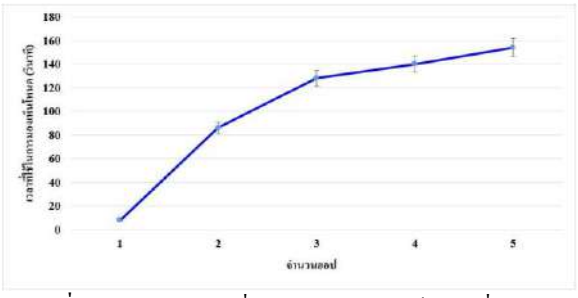
5.2 การทดสอบเวลาที่ระบบสามารถแสดงผลการเชื่อมต่อของโหนดในเครือข่ายเดียวกันต่อจำนวนฮอป

การทดสอบเวลาวัดโดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่โหนดตรวจสอบกระจายคำร้องขอไปจนถึงโปรแกรมประยุกต์มองเห็นการเชื่อมต่อของโหนดฮอปสุดท้าย โดยที่โหนดสองฮอปใดๆ สามารถส่งข้อมูลกันได้ทั้งไปและกลับ (มีการเชื่อมต่อแบบสมมาตร) และต้องไม่ส่งข้ามเกินหนึ่งฮอป แล้วค่อยเพิ่มจำนวนฮอปของโหนดในลำดับถัดไป การทดลองเป็นไปดังรูปที่ 4 กล่าวคือ กรณีของฮอปแรก โหนดตรวจสอบ (Address = 6209) และโหนดฮอปแรก (Address = 6454) จะต้องเชื่อมต่อกันทั้งสองฝั่งได้ ในฮอปที่สอง โหนด (Address = 5504) จะต้องเชื่อมต่อกับโหนดฮอปแรกได้ทั้งสองฝั่ง และต้องไม่เชื่อมต่อกับโหนดตรวจสอบ จากนั้นผู้ทดสอบวางโหนดเพื่อเพิ่มจำนวนฮอปต่อไปจนถึงฮอปที่ห้า (Address = 5661)



รูปที่ 4. สภาพแวดล้อมและผลลัพธ์ในการทดสอบ

ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถมองเห็นการเชื่อมต่อทุกฮอปได้ โดยใช้เวลาเพิ่มขึ้นเมื่อมีจำนวนฮอปเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5 อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่วางโหนดและความสามารถในการส่งข้อมูลกลับมาได้ถูกต้องเพื่อให้ได้การเชื่อมต่อแบบสมมาตร



รูปที่ 5. กราฟแสดงเวลาที่ระบบสามารถมองเห็นการเชื่อมต่อของโหนดทั้งหมดต่อจำนวนฮอปที่ใช้

5.3 การทดสอบการติดตั้งโหนดใหม่ในเครือข่ายเดิม

ผลการทดสอบที่แล้วตามรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าโหนด 6420 และโหนด 7272 มีความสามารถในการเชื่อมต่อต่ำสุด (เส้นเชื่อมสีแดงคือความเข้มข้นของสัญญาณต่ำ และสีจางที่สุดแปลว่าค่าคุณภาพของสัญญาณต่ำที่สุด) จึงสมควรมีการติดตั้งโหนดตัวใหม่ระหว่างโหนดสองตัวนี้ เพื่อให้มีความสามารถในการเชื่อมต่อดียิ่งขึ้น ให้ผู้ใช้ถือแท็บเล็ตซึ่งมีโหนดตรวจสอบ (Address = 6209) ทำหน้าที่แทนโหนดตัวใหม่ ไปยืนในตำแหน่งที่ต้องการ วัดสัญญาณจากโหนด ดูผลการเชื่อมต่อที่เกิดขึ้น



รูปที่ 6. ผลการเชื่อมต่อหลังมีโหนดตัวใหม่ถูกติดตั้ง

จากรูปที่ 6 ผู้ใช้ได้ถือแท็บเล็ตอยู่ที่ตำแหน่งดาว ซึ่งเป็นพื้นที่ตึก แต่ทำการเลื่อนโหนดตรวจสอบบนโปรแกรมประยุกต์ด้วยนิ้วมือเป็นการชั่วคราว เพื่อให้มองเห็นเส้นเชื่อมต่อได้ง่ายขึ้น โหนดจะถูกอัปเดตให้เลื่อนกลับไปที่ตำแหน่งดาวอัตโนมัติทีหลัง ผลการทดสอบพบว่าโหนด 6420 ซึ่งอยู่ใกล้กว่า สามารถรับส่งสัญญาณได้แย่กว่า (แสดงโดยเส้นเชื่อมสีแดง) โหนด 7272 ซึ่งอยู่ไกลกว่า (เส้นเชื่อมสีส้มมีความเข้มสัญญาณมากกว่าเส้นเชื่อมสีแดง) ทำให้กล่าวได้ว่าการวัดระยะทางโดยประมาณระหว่างโหนดสองตัวไม่อาจบ่งชี้ถึงการเชื่อมต่อที่ดีกว่าแม้ว่าจะอยู่ในระยะที่ใกล้กว่า อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมของพื้นที่ติดตั้ง เช่น คอนกรีตของตึก กับ พื้นที่โล่งแจ้ง

การใช้โปรแกรมประยุกต์ตรวจสอบนี้ช่วยในการติดตั้งโหนดตรวจวัดตัวใหม่ได้ง่ายขึ้น ทั้งเรื่องความสะดวกในการพกพาอุปกรณ์และความแม่นยำในการวัดสถานะการเชื่อมต่อของโหนดทุกฮอปที่สามารถเชื่อมต่อได้ และช่วยในการดูแลเครือข่ายได้ง่ายขึ้น จากการเปิดโปรแกรมประยุกต์ที่พร้อมใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องเข้าไปดูสถานะการเชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ต [7]

6. สรุป

ผลการทดสอบสามารถนำมาสรุปได้ว่าโปรแกรมสามารถทำงานออกมาให้เห็นโหนดทุกฮอปที่สามารถเชื่อมต่อได้ตามเป้าหมาย และวิเคราะห์สถานะการเชื่อมต่อเพื่อช่วยในการติดตั้งโหนดตัวใหม่ได้จริง แผนภาพการเชื่อมต่ออยู่ในรูปแบบที่ผู้ใช้สามารถอ่านเข้าใจง่าย และตำแหน่งโหนดถูกวางบนแผนที่ออฟไลน์ได้ถูกต้องตามต้องการ

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ได้รับการสนับสนุนบางส่วนจาก Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development และ JST-JICA ประเทศญี่ปุ่น อันเป็นส่วนหนึ่งของโครงการ Integrated Study on Hydro-Meteorological Prediction and Adaptation to Climate Change in Thailand (IMPAC-T) และโครงการการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 16 จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

[1] “Wireless Sensor Network”, http://en.wikipedia.org/wiki/wireless_sensor_network, [สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2556]

[2] ประพนธ์ ตราเกียรติกุล, “ระบบวิเคราะห์สถานะแบบพกพาสำหรับเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย”, โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2555.

[3] ประพนธ์ ตราเกียรติกุล, อนันต์ ผลเพิ่ม, อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และชัยพร ใจแก้ว, “ระบบวิเคราะห์สถานะแบบพกพาสำหรับเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย”, การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 5, 8-10 พฤษภาคม 2556, หน้าที่ 303-308.

[4] “The Basics of Wireless Sensor Networking and its Applications”, https://www.ida.liu.se/labs/rtslab/courses/wsn/Basics.pdf, [สืบค้นเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2557]

[5] “Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey”, http://home.engineering.iastate.edu/~kamal/Docs/kk04.pdf, [สืบค้นเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2557]

[6] “MRF24J40MA”, http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en535967, [สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2556]

[7] C. Jaikaeo, A. Phonphoem, A. Jansang, P. Tiwatthanont, W. Tangtrongpairoj, S. Soralump and W.Torwiwat, “Landslide Monitoring and Assessment System using Low-Cost Wireless Communication”, The Sixth Conference of Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources, Seoul, Korea, 19-21 August 2556.

หัวข้อ การเรียนการสอนทางไกลศึกษาบันเทิง (Edutainment) คอมพิวเตอร์แอนนิเมชั่น (22ED)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันการผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม

Hybrid Self-Regulated and Collaborative Learning for End-User Training: Confirmatory Factor Analysis

สิริกร กรมโพธิ์ [1] มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ [2] และนลินภัสร์ ปรวัฒน์ปรียกร [3]

[1,3]ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ และ[2]ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail: sirikorn.k@nrru.ac.th[1], montean@kmutnb.ac.th[2], nalinpatp@kmutnb.ac.th[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม และตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย 3 กลุ่ม คือ ความแตกต่างระหว่างบุคคล (การรับรู้ความสามารถของตนเองในการใช้โปรแกรมประยุกต์ ความต้องการบรรลุจุดหมายการเรียนรู้ และการรับรู้ความสามารถของตนเองก่อนการฝึกอบรม) การวิเคราะห์ความต้องการในการฝึกอบรม (ลักษณะของผู้รับการฝึกอบรมและลักษณะของงาน) และเทคนิคการเรียนรู้ (กลยุทธ์การเรียนรู้แบบกำกับตนเอง) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามนักศึกษาชั้นปีที่ 4 จากมหาวิทยาลัยภาครัฐ ในประเทศไทย จำนวน 641 คน เป็นเพศหญิง 480 คน เพศชาย 161 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS และ LISREL ผลการวิจัยพบว่าการผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมจะเกิดขึ้นได้ผู้รับการฝึกอบรมก็ต้องมีความเชื่อมั่นในความรู้ความสามารถของตนเอง มีความพยายามที่จะเรียนรู้เพื่อขยายขีดความสามารถของตนเอง และความพร้อมทั้งทางร่างกายและจิตใจในการรับความรู้ เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมมีการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านคอมพิวเตอร์ที่สูงขึ้น อันจะนำไปสู่การฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมให้ประสบความสำเร็จ

Abstract

The objective of this study is to analyze factors influencing hybrid of self-regulated and collaborative learning for end-user training. Variables included in this study were Application Specific Computer Self-Efficacy (AS-CSE), needs assessment (trainee characteristics and job/task characteristics), self-regulated learning strategy, pre-training self-efficacy, and learning goal orientation. The samples were 641 senior undergraduate students (480 women and 161 men) at public universities in Thailand. A questionnaire survey, SPSS and LISREL were used as analysis tools. The result indicated that key success factors of hybrid self-regulated and collaborative learning for end-user training consist of self-efficacy, self-regulated learning strategy and learning goal orientation. For self-regulated learning strategy, trainees have to set learning goals for themselves; while for learning goal-orientation, trainees must have desirability to work and learn new things. In meantime, they must have physical and mental readiness for knowledge acquisition that can lead to success in end-user training.

***Keywords*:** End-User Training, Influential Factor, Self-Regulated Learning, Collaborative Learning.

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและระบบสารสนเทศในองค์กรมากขึ้น การฝึกอบรมเป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้เพื่อพัฒนาบุคลากรขององค์กร [1] ในการเรียนการสอนทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ให้กับผู้ใช้โปรแกรม ส่งผลให้การรับรู้ความสามารถด้านคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตของตนเองดีขึ้น [2] การฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม (End-User Training: EUT) เป็นวิธีการหนึ่งในการพัฒนาทักษะและเรียนรู้การใช้โปรแกรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผู้ใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ แต่ปัจจุบันยังพบปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเรียนรู้และฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม เช่น กระบวนการใช้งานโปรแกรมหรือระบบสารสนเทศจากผู้ใช้โปรแกรม [3] ทั้งนี้การออกแบบและพัฒนาวิธีการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการด้วยกัน ปัจจัยที่สำคัญ เช่น องค์กร ความแตกต่างระหว่างบุคคล วิธีการฝึกอบรม เทคนิคการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้และการปฏิสัมพันธ์ ผลการเรียนรู้โดยตรงและผลการเรียนรู้ระยะยาว [4] เป็นต้น เหตุนี้ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมและตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลที่เสนอกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวิธีการฝึกอบรม เช่น สถาบันการศึกษาที่มุ่งเน้นให้บัณฑิตมีคุณภาพครอบคลุมการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552 [5] เป็นต้น

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

วิธีการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม หมายถึง โปรแกรมการฝึกอบรมสำหรับการใช้งานระบบสารสนเทศหรือโปรแกรมประยุกต์สำหรับผู้ใช้แตกต่างจากวิธีการฝึกอบรมแบบเดิมที่มีโครงสร้างสภาพแวดล้อมแบบห้องเรียน เป้าหมายของการพัฒนา EUT คือ การสร้างแรงจูงใจผู้ใช้

โปรแกรมให้มีทักษะที่จำเป็นในการประยุกต์ใช้และการเรียนรู้เพื่อใช้งานหลายองค์กรฝึกอบรมโดยใช้เทคโนโลยี (Technology-Mediated Training Methods) เช่น E-Learning สำหรับการฝึกอบรมร่วมกับการเรียนรู้ร่วมกัน (Collaborative Learning) เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ เป็นต้น [3]

กลยุทธ์การฝึกอบรมและการเรียนรู้เป็นส่วนสำคัญสำหรับวิธีการฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วย ประเภทของเครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ (Types of IT Tools) และประเภทของผู้รับการฝึกอบรม (Types of Trainees) [6] ที่สนับสนุนความรู้และทักษะทางคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยของ Gravill & Compeau (2008) พบว่าแต่ละบุคคลมีการเรียนรู้แตกต่างกัน การใช้กลยุทธ์การเรียนรู้แบบกำกับตนเอง (Self-Regulated Learning) ส่งผลให้การเรียนรู้เพื่อใช้ระบบสารสนเทศดีขึ้น [7] ดังนั้นวิธีการฝึกอบรมที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญของการเรียนรู้ระหว่างการฝึกอบรม ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมสามารถแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มปัจจัย [4] ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ปัจจัยด้านองค์กร (Organization) เช่น งบประมาณด้านโปรแกรมการฝึกอบรมสำหรับผู้ใช้โปรแกรมประยุกต์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ [8]

กลุ่มที่ 2 ปัจจัยด้านความแตกต่างระหว่างบุคคล ซึ่งมีผลต่อกระบวนการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม โดยเฉพาะการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านคอมพิวเตอร์ (Computer Self-Efficacy: CSE) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น การรับรู้ความสามารถของตนเองด้านคอมพิวเตอร์ทั่วไปและการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านคอมพิวเตอร์โปรแกรมเฉพาะ เช่น โปรแกรมประมวลผลคำ [9] เป็นต้น

กลุ่มที่ 3 ปัจจัยด้านวิธีการฝึกอบรม (Training Methods) เป็นการฝึกอบรมด้วยวิธีการต่างๆ เช่น วิธีการแบบครูผู้สอนหน้าชั้นเรียน การฝึกอบรมโดยใช้ e-Learning การฝึกอบรมแบบพี่เลี้ยง และวิธีการฝึกอบรมแบบผสมผสาน [10]

กลุ่มที่ 4 ปัจจัยด้านเทคนิคการเรียนรู้ (Learning Technique) เช่น วิธีการเลียนแบบพฤติกรรม(Behavior-Modeling Method) [11] การเรียนรู้ผลของพฤติกรรม และการเรียนรู้จากการกระทำหรือปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม [12]

กลุ่มที่ 5 ปัจจัยด้านกระบวนการเรียนรู้และการปฏิสัมพันธ์ (Learning Process and Interaction) เช่น การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้เรียนและการปฏิสัมพันธ์ [13] เป็นต้น

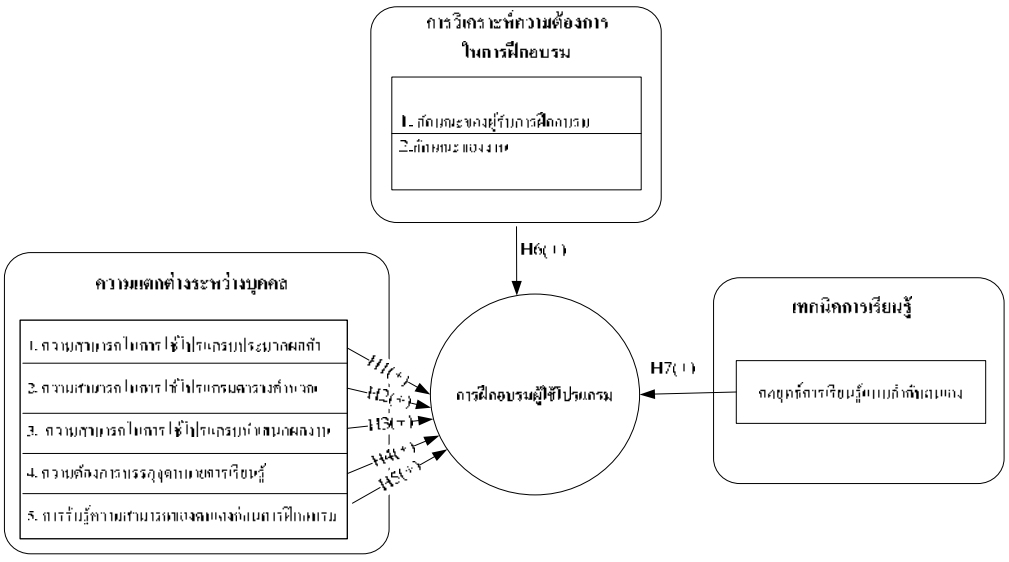
กลุ่มที่ 6 ปัจจัยด้านผลการเรียนรู้โดยตรง (Immediate Learning Outcome) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ เช่น ประสิทธิภาพการเรียนรู้ (Learning Performance) [13] เป็นต้น

กลุ่มที่ 7 ปัจจัยด้านผลการเรียนรู้ระยะยาว (Long-Term Learning Outcome) เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนหลังการฝึกอบรม (Post-training Support) เพื่อให้ผู้รับการฝึกอบรมมีระดับทักษะสูงขึ้น [14] ซึ่งปัจจัยทั้ง 7 กลุ่มนี้ส่งผลกระทบในทุกกระบวนการของการฝึกอบรม

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การกำหนดปัจจัยและสมมติฐานการวิจัย

จากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม สามารถกำหนดปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมได้ 3 ด้าน คือ 1) ด้านความแตกต่างระหว่างบุคคล ประกอบด้วย การรับรู้ความสามารถของตนเองในการใช้โปรแกรมประยุกต์ ความต้องการบรรลุจุดหมายการเรียนรู้ และการรับรู้ความสามารถของตนเองก่อนการฝึกอบรม 2) ด้านการวิเคราะห์ความต้องการในการฝึกอบรม ประกอบด้วย คุณลักษณะของผู้รับการฝึกอบรม และลักษณะของงาน และ 3) ด้านเทคนิคการเรียนรู้ ประกอบด้วย กลยุทธ์การเรียนรู้แบบกำกับตนเอง ซึ่งสรุปโมเดลการวิเคราะห์ปัจจัยและกำหนดให้สมมติฐานที่ส่งผลทางบวกแทนด้วย Hx(+) โดย x แทนลำดับสมมติฐาน แสดงในรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1. โมเดลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

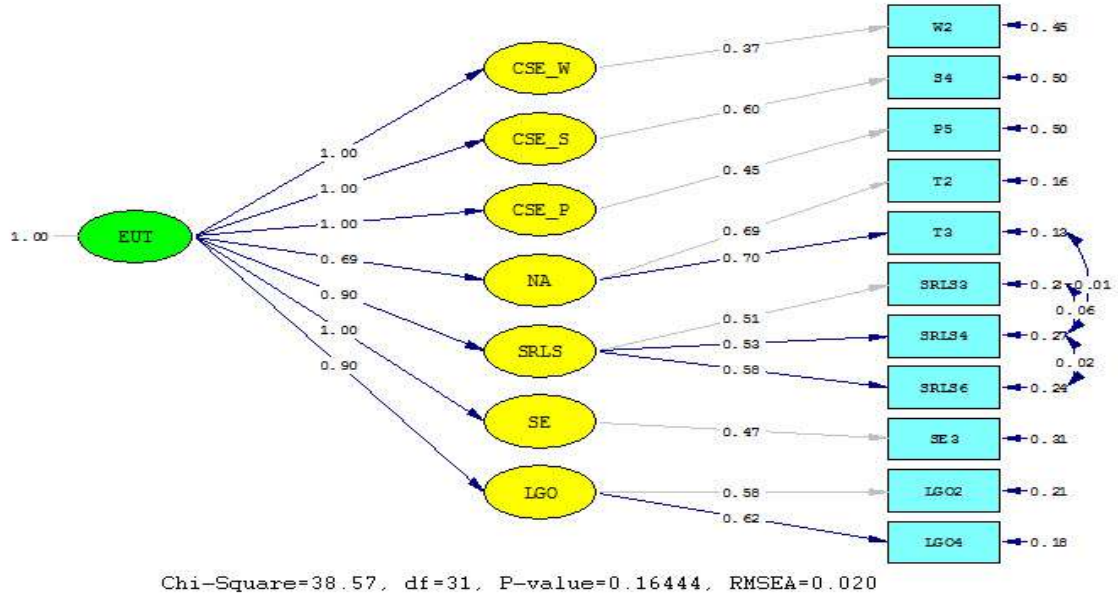
การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามแบบประมาณค่า 5 ระดับ ทำการสอบถามกับนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 ของมหาวิทยาลัยภาครัฐ ในประเทศไทยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย จำนวน 1,000 คน ซึ่งเป็นผู้ใช้งานโปรแกรมประยุกต์ โดยได้รับแบบสอบถามกลับมาจำนวน 641 ชุด คิดเป็นร้อยละ 64.10 จำแนกเป็นเพศหญิง 480 คน และเพศชาย 161 คน

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจด้วยโปรแกรม SPSS และวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยโปรแกรม LISREL

4. ผลการดำเนินงาน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลการวัดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีมาก พิจารณาจากค่าไค-สแควร์เท่ากับ 38.57 ที่องศาอิสระเท่ากับ 31 และค่าความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ 0.16 ซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นมากกว่า 0.05 แสดงว่าไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ว่า โมเดลสมมติฐานทางทฤษฎีสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และดัชนีวัดระดับความสอดคล้องกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.99 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้ (AGFI) เท่ากับ 0.98 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (RMR) เท่ากับ 0.02 ค่าดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือมาตรฐาน (RMSEA) เท่ากับ 0.02 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ค่าสถิติดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าโมเดลการวัดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมตามกรอบแนวคิดของการวิจัยที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรในโมเดล พบว่า ตัวแปรทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดของผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 2 ดังนี้



รูปที่ 2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลการวัดปัจจัย

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่สอง ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์โมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบการผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม (EUT) ซึ่งเป็นองค์ประกอบอันดับที่สองกับองค์ประกอบทั้ง 7 ด้าน คือ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการใช้โปรแกรมประมวลผลคำ (CSE_W) การรับรู้ความสามารถของตนเองในการใช้โปรแกรมตารางคำนวณ (CSE_S) การรับรู้ความสามารถของตนเองในการใช้โปรแกรมนำเสนอผลงาน (CSE_P) การวิเคราะห์ความต้องการในการฝึกอบรม (NA) กลยุทธ์การเรียนรู้แบบกำกับตนเอง (SRLS) การรับรู้ความสามารถของตนเองก่อนการฝึกอบรม (SE) และความต้องการบรรลุจุดหมายการเรียนรู้ (LGO) ซึ่งเป็นองค์ประกอบอันดับที่หนึ่งพบว่าองค์ประกอบทั้ง 7 ด้านดังกล่าว มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติทุกด้าน แสดงว่าองค์ประกอบทั้ง 7 ด้านนี้ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลทางบวกต่อการผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ปัจจัยด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองในการใช้โปรแกรมประยุกต์และการรับรู้ความสามารถของตนเองก่อนการฝึกอบรมมีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือ กลยุทธ์

การเรียนรู้แบบกำกับตนเองและความต้องการบรรลุจุดหมายการเรียนรู้ โดยผู้รับการฝึกอบรมสามารถใช้เครื่องมือสนับสนุนการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม ถ้าสามารถขอความช่วยเหลือจากผู้อื่นเมื่อมีปัญหา (SE3) มีความพร้อมทั้งทางร่างกายและจิตใจในการรับความรู้จากเครื่องมือสนับสนุนการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรม (T3) ผู้รับการฝึกอบรมควรมีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้อยู่เสมอ (T2) และโอกาสที่จะขยายขีดความสามารถของตนเอง (LGO4) ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นนี้ สามารถสรุปได้ว่าสมมติฐานทั้ง 7 ข้อเป็นจริง กล่าวคือองค์ประกอบทั้ง 7 ด้านนั้นส่งผลทางบวกต่อการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมจริง

5. สรุป

การผสมผสานการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมจะเกิดขึ้นได้ผู้รับการฝึกอบรมก็ต้องมีความเชื่อมั่นในความรู้ความสามารถของตนเอง มีความพยายามที่จะเรียนรู้เพื่อขยายขีดความสามารถของตนเอง ความพร้อมทั้งทางร่างกายและจิตใจในการรับความรู้ มีความสามารถในการใช้เครื่องมือสนับสนุนการฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมและสามารถขอความช่วยเหลือจากผู้อื่นเมื่อมีปัญหา เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมมีการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านคอมพิวเตอร์ที่สูงขึ้น อันจะนำไปสู่การฝึกอบรมผู้ใช้โปรแกรมให้ประสบความสำเร็จ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัย สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนทุนการศึกษาให้แก่ สิริกร กรมโพธิ์

เอกสารอ้างอิง

[1] R. P. Bostrom, "Technology-mediated learning: A comprehensive theoretical model," *Journal of the Association for Information Systems,* vol. 10, 2009.

[2] G. Torkzadeh, J. C.-J. Chang, and D. Demirhan, "A contingency model of computer and Internet self-efficacy," *Information & Management,* vol. 43, pp. 541-550, 2006.

[3] S. Gupta, R. P. Bostrom, and M. Huber, "End-user training methods: what we know, need to know," *SIGMIS Database,* vol. 41, pp. 9-39, 2010.

[4] S. Krompho and N. Porrawatpreyakorn, "Identifying Factors Influencing Hybrid Self-regulated and Collaborative Learning: Toward an End-User Training Framework," in *Advances in Information Technology*. vol. 409, B. Papasratorn, N. Charoenkitkarn, V. Vanijja, and V. Chongsuphajaisiddhi, Eds., ed: Springer International Publishing, 2013, pp. 120-130.

[5] กระทรวงศึกษาธิการ, "กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552," ed, 2552.

[6] T. Coulson, C. Shayo, L. Olfman, and C. E. T. Rohm, "ERP training strategies: conceptual training and the formation of accurate mental models," presented at the Proceedings of the 2003 SIGMIS conference on Computer personnel research: Freedom in Philadelphia--leveraging differences and diversity in the IT workforce, Philadelphia, Pennsylvania, 2003.

[7] J. Gravill and D. Compeau, "Self-regulated learning strategies and software training," *Information & Management,* vol. 45, pp. 288-296, 2008.

[8] A. Azadeh and M. J. Songhori, "End-user training programs planning model based on Information Technology and Information Systems (IT/IS) impact on individual work," in *Industrial Technology,* 2006. *ICIT* 2006. *IEEE International Conference on*, 2006, pp. 2107-2112.

[9] O. T. Eyitayo, "Do students have the relevant ICT skills they need to do their research projects," presented at the Proceedings of the 2011 conference on Information technology education, West Point, New York, USA, 2011.

[10] N. Kaplan-Mor, C. Glezer, and M. Zviran, "A comparative analysis of end-user training methods," *Journal of Systems and Information Technology,* vol. 13, pp. 25-42, 2011.

[11] C. C. Chen, T. Ryan, and L. Olfman, "The efficacy of behavior modeling: A comparison of face-to-face and online asynchronous software-training methods," in *System Sciences,* 2004. *Proceedings of the* 37*th Annual Hawaii International Conference on*, 2004, p. 10 pp.

[12] S. Gupta and R. P. Bostrom, "Achieving end-user training effectiveness through web-based training systems: An empirical study," Hyderabad, 2009.

[13] W. Cheng-Hua, L. Lu-Wen, and C. Yi-Ying, "The effect of ERP software interface design and cognitive function on performance of user learning," in *Service Operations, Logistics, and Informatics (SOLI),* 2011 *IEEE International Conference on*, 2011, pp. 225-230.

[14] S. Snoddy Jr and D. G. Novick, "Post-training support for learning technology," in *Proceedings of the* 22*nd annual international conference on Design of communication: The engineering of quality documentation*, 2004, pp. 90-96.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาทักษะภาษาไทยนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่4 โรงเรียนโสตศึกษาอนุสารสุนทร

The Development of Electronic book Instruction for development Thai Language skill of the deaf Student Primary level 4 of Sodsuksaanusansunthon School

เพ็ญศรี จุลกาญจน์[1], สุรพล มโนวงศ์[2]

[1]สาขาวิชาออกแบบสื่อสาร คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

[2]สาขาวิชาออกแบบสื่อสาร คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

E-mail: Phensri. Chunlakan@gmail.com[1], Suranamo@gmail.com [2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนา หาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์การเรียน หนังสืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาทักษะภาษาไทยนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน ชุด สุขภาพดีชีวีมีสุข โดยได้ดำเนินการวิจัยดังนี้คือ วิเคราะห์เนื้อหา กำหนดวัตถุประสงค์ สร้างแบบทดสอบ วิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ จัดทำแบบร่างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ นำไปประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับประถมศึกษาชั้นปีที่4 โรงเรียนโสตศึกษาอนุสารสุนทรที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง นำผลไปวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกุยแกนส์(Meguigans)วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการวิจัยพบว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาทักษะภาษาไทยนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน ระดับชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่4 โรงเรียนโสตศึกษาอนุสารสุนทร มีประสิทธิภาพเท่ากับ 1.007 และคะแนนเฉลี่ยหลังการเรียนสูงกว่าคะแนนหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

Abstract

This research aims to design and develop the Electronic-book for the deaf Students. of Soduksaanusansunthon . The study employs research processes as : determination of the theme relevant to the objective by using the experimental class, conclusion of the theme, development of the questionnaire, and questionnaire's quality test. The last process is the development of Electronic-book. The Electronic-book was used with the purposive sample of primary level 4 of Soduksaanusansunthon School.

The effectiveness of the Electronic-book was 1.007 which was higher than the average standard of Meguigans.in which was used as analysis tool. The average point of students before and After using the Electronic-book was analyzed and compared. It was found that the average point of student had increased after using the Electronic-book. The significance of the study is .01.

***Keywords*:** Electronic book,deaf , *Sodsuksaanusansunthon School.*

1. บทนำ

นักเรียนบกพร่องทางการได้ยินระดับที่เรียกว่าเป็นคนหูหนวกนั้นเป็นถือเป็นผู้พิการซ้ำซ้อน เนื่องจากเด็กเหล่านี้ไม่สามารถได้ยินเสียง จึงทำให้ไม่สามารถออกเสียงได้ การเรียนรู้ของเด็กเหล่านี้จะเรียนรู้ผ่านภาษามือซึ่งเป็นภาษาที่หนึ่ง และเรียนภาษาไทยเป็นภาษาที่สองโดยเรียนผ่านภาษามือ การสะกดนิ้วมือ ดังนั้นการพัฒนาภาษาไทยของเด็กนักเรียนบกพร่องการได้ยิน จึงอยู่ในระดับจำกัด หากเทียบกับเด็กปกติแล้วจะห่างกันมาก ก่อให้เกิดปัญหากับการเข้ามาเรียนในระดับสูงขึ้น นักเรียนเหล่านี้ไม่สามารถใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการต่อยอดความรู้ในศาสตร์อื่นๆ ดังนั้นทักษะภาษาไทยจึงมีความสำคัญในการพัฒนาเด็กเหล่านี้ การสอนภาษาให้นักเรียนบกพร่องทางการได้ยินมีความยากลำบาก สื่อจึงเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการช่วยในการเรียนการสอน เนื่องจากการสื่อสารกับเด็กเหล่านี้จะต้องการอาศัยการสื่อสารหลายรูปแบบรวมกัน ทั้งคำพูด ท่าทาง สีหน้า ภาษาไทย ภาษามือ ภาพต่างๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถนำมารวมกันได้ในสื่อที่เรียกว่ามัลติมีเดีย สามารถนำเสนอเนื้อหาผ่านสื่อหลายอย่างในคราวเดียวกัน ก่อให้เกิดการเข้าใจความหมาย จึงได้พัฒนาสื่อมัลติมีเดียในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์บุ๊ค(Electronic Book) เพื่อพัฒนาทักษะภาษาไทยสำหรับนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน เพื่อช่วยในการเรียนภาษาไทย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.เพื่อออกแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาทักษะภาษาไทยสำหรับนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่4 โรงเรียนโสตศึกษาอนุสารสุนทร

2.เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาทักษะภาษาไทยสำหรับนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่4 โรงเรียนโสตศึกษาอนุสารสุนทร

3.เพื่อศึกษาผลสำฤทธิ์ของนักเรียนบกพร่องทางการได้ยินที่เรียนด้วยหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาทักษะภาษาไทยสำหรับนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน

3. ขอบเขตการวิจัย

1.ขอบเขตด้านเนื้อหา การวิจัยนี้ได้คัดเลือกเนื้อหาในหนังสือเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่4โรงเรียนโสตศึกษาอนุสารสุนทร หน่วยที่ 2 สุขภาพดีชีวีมีสุข โดยแบ่งเนื้อหาเป็น 5 เล่มคือ อาหารของเรา รสชาติอาหาร ข้าว อาหารหลัก 5หมู่ และกินไม่ดีมีทุกข์

2.ขอบเขตพื้นที่ โรงเรียนโสตศึกษาอนุสารสุนทร จ.เชียงใหม่

3.ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 โรงเรียนโสตศึกษาอนุสารสุนทร ปีการศึกษา 2555 จำนวน 19 คน เลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน โดยเลือกแบบเจาะจง

4. กรอบความคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยนี้คือ การออกแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สำหรับพัฒนาทักษะภาษาไทยนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ คือศึกษาข้อจำกัดของนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน วัฒนธรรมของคนหูหนวก เนื้อหาเรื่องอาหาร เทคโนโลยีสื่อสารการศึกษา แนวคิดเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์บุ๊ค เพื่อให้ได้สื่อที่มีประสิทธิ์ภาพ ช่วยให้นักเรียนบกพร่องการได้ยินเกิดการเรียนรู้ได้

5.วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลัง

5.2 กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนบกพร่องทางการได้ยินระดับชั้นประถมศึกษาปีที่4 โรงเรียนโสตศึกษาอนุสารสุนทร ปีการศึกษา 2555 จำนวน 10 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง

5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล และการสร้างเครื่องมือ

5.3.1 หนังสืออิเล็กทรอนิกส์จำนวน 5 เล่ม เรื่องอาหารของเรา เรื่องรสชาติอาหาร เรื่องข้าว เรื่องอาหารหลัก 5 หมู่ และเรื่องกินไม่ดีมีทุกข์ เมื่อออกแบบแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินในด้านต่าง และนำมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

5.3.2 แบบทดสอบที่มีความเหมาะสมกับนักเรียนบกพร่องทางการได้ยินนำไปทดสอบดัชนีสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ไม่น้อยกว่า 0.5 แล้วนำไปทดลองใช้วิเคราะห์ความยากง่าย (Level of Difficulty) หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Power) และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ และเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.33-0.77 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.25-0.75 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.794 ได้ข้อสอบที่ใช้ได้จำนวน 29 ข้อ

5.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ห้องเรียนจำลอง โดยใช้ครูผู้ช่วยชี้แจงขั้นตอน ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียนและเรียนด้วยหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ และทำแบบทดสอบหลังเรียน

5.3.4 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

(1) สูตรคำนวณหาดัชนีความสอดคล้อง(Index of Item Objective Congruence : IOC) (พิสณุ ฟองศรี, 2552, หน้า 179)

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \quad (1)$$

$\sum R$= ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชา

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

(2) สูตรวิเคราะห์ความยากง่าย

$$P \frac{\text{จำนวนผู้ตอบถูก}}{\text{จำนวนผู้เข้าสอบ}} \quad (2)$$

(3) สูตรหาค่าอำนาจจำแนก

$$r \frac{\text{จำนวนคนตอบถูกในกลุ่มสูง} - \text{จำนวนคนตอบถูกในกลุ่มต่ำ}}{\text{จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ}} \quad (3)$$

(4) สูตรคำนวณหาความเชื่อมั่นข้อสอบ

$$R=\frac{k}{k-1}\left[\frac{s_t^2-\sum pq}{s_t^2}\right] \quad (4)$$

(5) สูตรคำนวณหาประสิทธิภาพสื่อ(มานะ ประทีปพรศักดิ์, 2549, หน้า 65)

$$\text{Maguigans Ratio} = \frac{M_2-M_1}{p-M_1} - \frac{M_2-M_1}{p} \quad (5)$$

M1 คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบก่อนเรียน

M2 คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบหลังเรียน

P คือคะแนนเต็มของแบบทดสอบ

ค่าอัตราที่ได้จากสูตรนี้อยู่ระหว่าง 0-2 ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1.00ถือว่ามีประสิทธิภาพ

(6) การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2-(\sum D)^2}{n-1}}} \quad (6)$$

โดยที่ df= n-1

6. ผลการวิจัย

6.1 ผลการออกแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้



รูปที่1 ตัวอย่างหน้าปกหนังสือ



รูปที่3 ตัวอย่างหน้าคำนำ



รูปที่4 ตัวอย่างหน้าเนื้อหา



รูปที่5 ตัวอย่างหน้าสรุป

6.2.ผลการประเมินหนังสือของผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 1 คะแนนประเมินหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	**ระดับความคิดเห็น**	**ความหมาย**
1.เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.66	ดีมาก
2. การแยกเนื้อหาแต่ละเล่ม	4.66	ดีมาก
3.ความถูกต้องของเนื้อหา	4.33	ดี
4.การใช้ภาพสามารถสื่อความหมายชัดเจน	4.33	ดี
5.รูปแบบตัวอักษรมีความเหมาะสม	4.33	ดี
6.ขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม	4.33	ดี
7.การใช้สีมีความเหมาะสม	4.33	ดี
8.การจัดวางประกอบหน้าจอมีความเหมาะสม	4.33	ดี
9.ตำแหน่งการวางภาพของล่ามภาษามือ	4.66	ดีมาก
10.ขนาดของภาพภาษามือ	4.33	ดี

ผลการประเมินหนังสืออิเล็กทรอนิกส์โดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับดี และดีมากทุกรายการ

ตาราง 2 แสดงประสิทธิภาพสื่อ

ประเภทคะแนน	คะแนนเต็ม	คะแนนรวม	จำนวนนักเรียน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
คะแนนก่อนสอบ (Pretest)	38	180	10	18	47.36
คะแนนหลังเรียน (Pretest)	38	316	10	31.6	83.15
ค่าประสิทธิภาพเมกุยแกนส์ 1.007					

จากตารางหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาทักษะภาษาไทยสำหรับนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน ชุดสุขภาพดีชีวีมีสุขโดยคำนวณหาค่าประสิทธิภาพมาตรฐานของเมกุยแกนส์ ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 1.007

6.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาบกพร่องทางการได้ยิน

ตาราง 3

คนที่	คะแนนเต็ม 38		D (X1-X2)	D^2
	คะแนนก่อนเรียน (X1)	คะแนนหลังเรียน (X2)		
1	21	36	-15	225
2	25	34	-9	81
3	20	31	-11	121
4	21	33	-12	144
5	16	35	-19	361
6	17	27	-10	100
7	13	29	-16	256
8	14	29	-15	226
9	16	31	-15	225
10	17	31	-14	196
รวม	180	316	136	1934
t= 14.04				

จากตาราง 4.2 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ชุดสุขภาพดีชีวีมีสุข พบว่าค่า t มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 แสดงว่าผลการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีคะแนนแตกต่างกัน โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

7. สรุปผลการวิจัย

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาทักษะภาษาไทยนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของเมกุยแกนส์ และผลการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของเมกุยแกนส์เท่ากับ 1.007 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ คือ 1 .000 เพียงเล็กน้อย เนื่องจากการ

ทดลองสื่อได้กระทำเมื่อปลายภาค นักเรียนได้เรียนเนื้อหาเรื่องอาหารไปแล้วเมื่อภาคเรียนที่ 1 แม้จะไม่ใช่เนื้อหาเดียวกันแต่เกี่ยวเนื่องกัน ทำให้นักเรียนมีความรู้เดิม และทำคะแนนก่อนเรียนได้มาก คือ ค่าเฉลี่ยก่อนเรียนได้เท่ากับ 18 คิดเป็น ร้อยละ 47.36 ส่วนหลังเรียนคะแนนเฉลี่ย 31.6 คิดเป็นร้อยละ 83.15

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบก่อนเรียนหลังเรียนด้วยหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ชุดสุภาพดีชีวีมีสุข มีความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องมาจากการสร้างหนังสือที่ได้ดำเนินตามขั้นตอนอย่างถูกต้อง

ประเด็นสื่อกับการเรียนรู้ของนักเรียนบกพร่องทางการได้ยิน ศรียา นิยมธรรม (2544, หน้า 140) ได้กล่าวไว้ว่ามีการศึกษาการใช้สื่อสำหรับคนหูหนวกหลายประการและมีการทุ่มงบประมาณมากในเรื่องนี้ แต่จากการศึกษาสื่อไม่ได้มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของเด็กหูหนวกไม่ว่าสถานการณ์ใดๆ แต่สื่อจะช่วยให้การเรียนการสอนดำเนินไปได้อย่างสะดวก ในกรณีนี้ผู้วิจัยเห็นด้วยว่าสื่ออาจไม่ช่วยในการเรียนรู้ดีกว่าการสอนของครู แต่อย่างไรก็ตามการสอนของครูจะเป็นไปได้ยากมากถ้าไม่มีสื่อ เพราะธรรมชาติการเรียนรู้ของคนหูหนวกจะเรียนรู้จากประสาทสัมผัสที่เหลืออยู่ทั้งหมด โดยเฉพาะการเห็น ดังนั้นสื่อจึงมีความสำคัญในการช่วยให้กิจกรรมการสอนเป็นไปได้อย่างดี นอกจากนี้ตามธรรมชาติของการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนไม่เท่ากัน การใช้สื่อที่นักเรียนสามารถเรียนได้ด้วยตัวเอง สามารถทำความเข้าใจกับเนื้อหาได้ตามความต้องการ และการใช้สื่อที่มีประสิทธิภาพคือใช้ร่วมกับการสอนของครู ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของ มานะ ประทีปพรศักดิ์ (2549) ที่เห็นว่าชุดบทเรียนหรือสื่อที่สร้างขึ้นนั้นเป็นสื่อช่วยสอนหรือประกอบการสอนรูปแบบหนึ่งที่จะช่วยในการเรียนการสอนในชั้นเรียนดำเนินไปด้วยความสะดวกขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ คือผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธ์ สุขนิมิต ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช อาจารย์บุญโฮม จันทร์สมดี และอาจารย์กรรณิการ์ สืบสกุล ที่ให้ข้อแนะนำในการวิจัย และประเมินผลเครื่องมือวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] มานะ ประทีปพรศักดิ์.(2549). **การพัฒนาชุดบทเรียนมัลติมีเดียเพื่อการสอนคนหูหนวก.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] พิสณุ ฟองศรี. (2552). **วิจัยในชั้นเรียนหลักการและเทคนิคปฏิบัติ**. กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์

[3] ศรียา นิยมธรรม. (2544). **ความบกพร่องทางการได้ยิน ผลกระทบทางจิตวิทยาการศึกษาและสังคม.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การพัฒนาไลบรารีสำหรับสร้างอินเตอร์แอคทีฟแอพพลิเคชันด้วยเทคโนโลยี HTML5

Development of Interactive application library using HTML5 technology;

Thepparit Sinthamrongruk and Pagon Mingsiripreeda

Chiang Mai university

E-mail: john_cpe12@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างจาวาสคริปต์ไลบรารีสำหรับทำงานบนเทคโนโลยี HTML5 ที่สามารถสร้างอินเตอร์แอคทีฟแอพพลิเคชันได้ โดยประกอบไปด้วยฟังชันก์ที่สำคัญได้แก่ 1.การแอนเมท 2.การแสดงผลเสียง 3.การดักจับการเคลื่อนไหวจากเมาส์และได้ทดสอบความเร็วในการแสดงผลกับสื่อการเรียนการสอนเรื่องโลกแห่งส่วนสัตว์ด้วยบราวเซอร์ Google chrome และ Firefox ผลปรากฏว่าไลบรารีสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถแสดงค่าความเร็วในการเคลื่อนไหวหรือ fps ได้มากกว่า 60 รูปต่อวินาที

ไลบรารีนี้เป็นฟรีแวร์ซึ่งถูกออกแบบสำหรับผู้มีพื้นฐานความรู้ทางคอมพิวเตอร์เบื้องต้นเช่น ครู นักเรียนและผู้ที่สนใจให้สามารถเรียนรู้และสื่อสร้างสรรค์ได้โดยมิต้องพึ่งพาซอร์ฟแวร์ที่มีค่าใช้จ่าย โดยสามารถดาวน์โหลดและใช้งาน jcamt.jsฟรีได้ที่http://www.johncpe12.com/jcamt1

Abstract

This research aims to create a JavaScript library for working on HTML5 technology that can create interactive applications consisting of three main functions which are animation sound effects, and mouse events. The library was evaluated from results obtained from "The world of zoo" eLearning with Google Chrome and Mozilla Firefox on Microsoft Windows7 and Android operating system. The library has efficiency which can enable frame rates of more than 60 frames per seconds.

The library is freeware that was designed for teacher; student and general people who want to develop creative media using simple programming.

The library can be downloaded at http://www.johncpe12.com/jcamt1

Keywords*: *JavaScript, HTML5, interactive* library, *and animation

1. บทนำ

อินเตอร์แอคทีฟแอพพลิเคชันเป็นโปรแกรมประเภทหนึ่งที่กำลังเป็นนิยมในปัจจุบันซึ่งเป็นการทำงานที่สัมพันธ์กันระหว่างผู้ใช้งานและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ผ่านการสื่อสารหลายทาง เช่น ภาพและเสียง เป็นต้น[1] ซึ่งในอดีตนั้น ผู้คนส่วนใหญ่มักจะคิดว่าการพัฒนาโปรแกรมชนิดนี้เป็นเรื่องยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอินเตอร์แอคทีฟที่สามารถทำงานบนเว็บไซต์ได้ แต่อย่างไรก็ตามด้วยคุณสมบัติใหม่ที่เพิ่มเข้ามาใน HTML5 เราสามารถสร้างแอพพลิเคชันชนิดนี้ได้ผ่านอิลิเม้นใหม่อย่าง Canvas แต่อย่างไรก็ตาม HTML5 ยังเป็นภาษาที่เขียนค่อนข้างลำบากเนื่องจากนักพัฒนาจะต้องรู้จักภาษา JavaScript, CCS3 และ PHP ควบคู่ไปด้วย

วิทยาลัยศิลปะ สื่อและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีการเรียนการสอนวิชาที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการสร้างอินเตอร์แอคทีฟแอพพลิเคชันโดยส่วนใหญ่แล้วผู้เรียนจะมีความถนัดด้านการวาดรูปและการสร้างสรรค์ แต่เมื่อให้พัฒนาอินเตอร์แอคทีฟที่ใช้การเขียนโปรแกรมที่ซับซ้อน จะมีปัญหาตรงที่นักศึกษาไม่สามารถเขียนโค้ดได้ แม้จะมีรูปภาพและเนื้อเรื่องประกอบที่น่าสนใจซึ่งเป็นที่น่าเสียดายอย่างยิ่ง

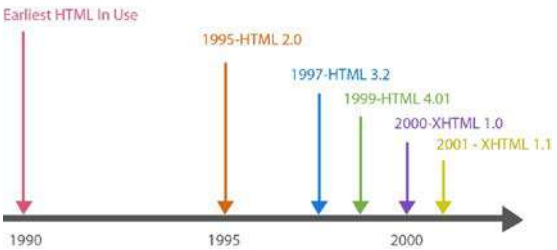
ด้วยเหตุนี้ผู้ทำวิจัยจึงมีความคิดที่จะพัฒนาไลบรารีขึ้นมาเกี่ยวข้องกับการพัฒนาอินเตอร์แอคทีฟ ที่มีลักษณะ ใช้งานง่าย ลดขั้นตอนการใช้งานที่ไม่จำเป็น ที่ประกอบไปด้วยฟังก์ชันการทำงานที่จำเป็นต่อการสร้างอินเตอร์แอคทีฟ เช่น การวาดรูปฉากหลัก การวาดรูปปุ่มกด ตัวละครต่างๆ รวมทั้งแสดงผลเสียง ที่เรียบเรียงจากเมธทอดที่พบในหนังสือการพัฒนาเกม[2] โดยไลบรารีที่พัฒนาขึ้นมาจะสามารถทำงานได้บนบราวเซอร์ Firefox และ Google chrome ทั้งในระบบปฏิบัติการวินโดว์ 7 และแอนดรอยด์เวอร์ชัน 4.0

โดยวัดประสิทธิภาพของไลบรารีด้วยการแสดงค่าความเร็วในการแสดงผลต่อวินาทีหรือเฟรมเรต (frame rate : fps) เท่ากับ 22 ครั้งต่อวินาที ผ่านการทดลองด้วยอินเตอร์แอคทีฟเรื่อง "โลกแห่งสวนสัตว์" ที่มีกลุ่มเป้าหมายเป็นเด็กชั้นประถมศึกษาตอนต้น

2. หลักการทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทฤษฎี

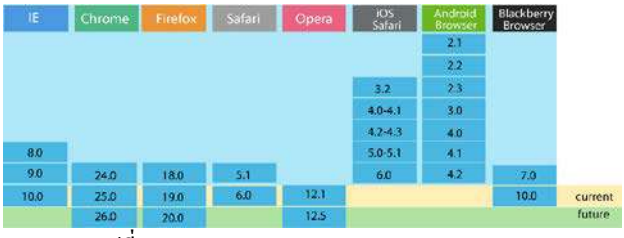
2.1.1 HTML คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับเขียนเว็บเพจ ซึ่งย่อมาจากคำว่า Hyper Text Markup Language ถูกคิดค้นโดย นาย Tim Berners-Lee ซึ่งสามารถแสดงผลข้อมูลไม่ว่าจะเป็นภาพ เสียง และข้อความ ผ่านโปรแกรมบราวเซอร์ เช่น Google Chrome, Safariและ Mozilla Firefox ได้ HTML ได้มีการพัฒนาจากเวอร์ชันแรกเมื่อปี 1980 จนในปัจจุบันได้พัฒนามาถึงเวอร์ชันที่ 5 ซึ่งเรียกว่า HTML5 โดยมีการเพิ่มความสามารถด้านการแสดงผลจากเวอร์ชันเก่าในด้านแสดงผลไฟล์วิดีโอ การแสดงเสียงความสามารถด้านกราฟิกและการสนับสนุน CSS3



รูปที่ 1. วิวัฒนาการของ HTML

2.1.2 บราวเซอร์ที่รองรับ HTML5 (Browser Support)

การแสดงผลด้านกราฟิกของ HTML5 จะแสดงผลผ่าน Canvas ซึ่งเป็นส่วนเพิ่มเติมใหม่ของ HTML5ที่ทำหน้าที่เปรียบเสมือนผืนผ้าใบให้สามารถวาดรูปเพื่อแสดงผลกราฟิกได้ ในรูปที่ 2 คือ ตารางการรองรับการทำงานของอิลิเม้น Canvas บนแต่ละระบบปฏิบัติการ



รูปที่ 2. ตารางการรองรับการทำงานของ Canvas [3] บนแต่ละระบบปฏิบัติการ

2.1.3 Cascading Style Sheets3 หรือ CSS3 คือ ภาษาสำหรับจัดหน้าเว็บเพจเวอร์ชัน 3 ซึ่งเป็นเวอร์ชันล่าสุด ที่เพิ่มความสามารถต่างๆเข้ามา เช่น การทำแอนนิเมชัน, การหมุนวัตถุ, การปรับขนาด, การใส่เงา, การลบเหลี่ยมมุม, การใช้เว็บฟอนต์, การจัดคอลัมน์ และการทำโปร่งแสง



รูปที่ 3. ตัวอย่างการใช้ CSS3 หมุนวัตถุ



รูปที่ 4. ตัวอย่างการใช้ CSS3 ด้วยการลบเหลี่ยมมุม

ดังนั้นเมื่อกล่าวถึง HTML5 ในทางเทคนิคจะหมายความว่า “เทคโนโลยีสำหรับพัฒนาเว็บไซต์แบบสมัยใหม่ซึ่งประกอบไปด้วยเทคโนโลยี HTML, CSS และภาษาจาวาสคริปต์”[2]

2.1.3 จาวาสคริปต์(JavaScript) เป็นภาษาแบบ Case-Sensitive ซึ่งหมายความว่า ตัวอักษรพิมพ์เล็กและตัวอักษรพิมพ์ใหญ่มีความแตกต่างกันซึ่งแตกต่างไปจากภาษา HTML ที่เราสามารถจะเขียนโค้ดตัวตัวอักษรพิมพ์เล็กหรือพิมพ์ใหญ่ก็ให้ความหมายเหมือนกัน ในจุดนี้ขอให้ผู้อ่านได้ระมัดระวังในการเขียนโค้ด และควรแยกให้ออกระหว่างส่วนที่เป็นภาษา HTML และจาวาสคริปต์[4]

ตัวอย่างข้อแตกต่างระหว่าง HTML และ จาวาสคริปต์

HTML5: <html>มีความหมายเดียวกับ <HTML>

จาวาสคริปต์ : mycanvas มีความหมายแตกต่างจากMYCANVAS

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 กระบวนการพัฒนา

ขั้นตอนการพัฒนาไลบรารี Jcamt.js ใช้หลักการแบบ 3P ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอน 1.ขั้นตอนก่อนกระบวนการผลิต(Pre-production) 2.ขั้นตอนการผลิต(Production) และ 3.ขั้นตอนหลังกระบวนการผลิต (Post-production) รายละเอียดดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนก่อนกระบวนการผลิต

- ศึกษา HTML5 และหลักการทำงาน
- ศึกษาขั้นตอนเกี่ยวกับการสร้างอินเตอร์แอคทีพแอพพลิเคชัน
- รวบรวมข้อมูลฟังก์ชันการทำงานที่จำเป็นกับการสร้างอินเตอร์แอคทีพ
- ออกแบบโปรโตไทป์

3.1.2 ขั้นตอนการผลิต

- สร้างโปรโตไทป์
- วาดรูป
- ทดสอบความเร็วในการแสดงผลกับบราวเซอร์Google chrome และ Firefox บนระบบปฏิบัติการวินโดว์ 7 และแอนดรอยด์ 4.0

3.1.3 ขั้นตอนหลังกระบวนการผลิต

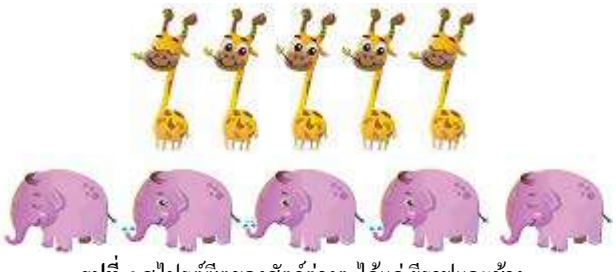
- เผยแพร่ไลบรารีสู่สาธารณะ
- วิเคราะห์การใช้งานจากผู้ใช้

3.2 วัตถุดิบในการพัฒนา ประกอบไปด้วยรูปภาพและเสียง

3.2.1 รูปภาพ ใช้รูปภาพนามสกุลเป็น PNG เนื่องจากสามารถกำหนดความโปร่งใสได้ ดังรูปที่ 5 และ 5



รูปที่ 5 ฉากหลัง



รูปที่ 6 สไปรต์ชีตของสัตว์ต่างๆ ได้แก่ ยีราฟและช้าง

4.ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักได้แก่ 1.) เกมลูปที่พัฒนาขึ้นสำหรับการแสดงผลอินเตอร์แอคทีพ 2.)Jcamt.js คือ จาวาสคริปต์ไลบรารีที่สามารถแสดงผลรูปภาพและ 3.)ผลการทดสอบประสิทธิภาพของไลบรารี

4.1 เกมลูป ในรูปที่ 5 ประกอบไปด้วยขั้นตอนในการทำงานดังนี้

4.1.1 Initialize เป็นการจัดการค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทำงานของเกม ประกอบไปด้วย

- กำหนดเฟรมเรตในการแสดงผลหรือ fps ในงานวิจัยนี้กำหนดค่าเฟรมเรตเท่ากับ 50 รูปต่อวินาที
- การประกาศตัวแปรที่ใช้สำหรับคำนวณ
- เชื่อมต่ออิลีเม้น Canvas เข้ากับภาษา JavaScript ด้วยเมธ ท อ ด getElementById แ ล ะ เ รี ย ก ใ ช้ เ ม ธ ท อ ด getcontext('2d') เพื่อทำการวาดรูปสองมิติ [5]

4.1.2 Create gameloop คือ การสร้างเกมลูปด้วยเมธอด setInterval โดยจะเรียกใช้เมธอด Update ตามการกำหนดค่าเฟรตเรต

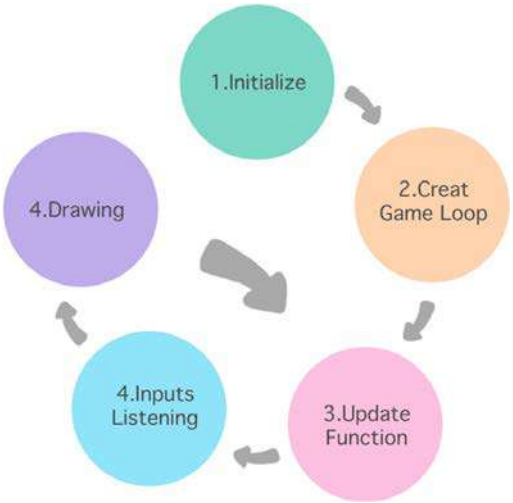
4.1.3 ฟังก์ชัน Update

- ภายในฟังก์ชัน Update นั้นเปรียบเสมือนเป็นส่วนหลักหรือ Main ของโปรแกรม

4.1.4 Inputs listener คือ การตรวจอุปกรณ์อินพุตเช่น คีย์บอร์ดและเมาส์

4.1.5 Drawing คือ การวาดรูปทำการวาดรูป

4.1.6 ทำซ้ำโปรแกรมไปข้อ (4.1.3) จนกว่าบราวเซอร์ถูกปิด



รูปที่ 5. เกมลูป

4.2 Jcamt.js คือไลบรารีที่พัฒนาขึ้นซึ่งมีวิธีการใช้งานอยู่สองขั้นตอนคือ การสร้างวัตถุและการเรียกใช้งาน

4.2.1 การสร้างวัตถุ

ผู้พัฒนาได้สร้างโปรโตไทป์ชื่อ ImageFade2D ทำหน้าที่ใส่เอฟเฟกต์การแสดงผลให้กับอินเตอร์แอคทีพประกอบด้วยการ Fade in และ Fade out ตามเวลาที่กำหนด ดังตารางที่ 1

ส่วนโปรโตไทป์ ImageSprite2D สำหรับสร้างวัตถุบนฉากหลัก เช่น รูปสิงโต ยีราฟ ลิง และช้าง เป็นต้น ประกอบด้วยเมธทอดหลักได้แก่ วาดรูป (Draw) และการกำหนดอีเว้นต่างๆด้วยเมาส์ (Mouse events) ดังตางที่ 2

ตารางที่ 1. โปรโตไทป์ ImageFade2D

Name	Types	Method	Variables	Details
ImgFade2D	Properties	ImgFade2D(sr		
สร้างภาพ		src	string	เก็บภาพ urls
		posX	float	ตำแหน่ง x
		posY	float	ตำแหน่ง y
	Methods	Draw()		วาดภาพ
		FadeIn()		fadeIn ภาพ fadeTime
		FadeOut()		fadeOut ภาพ fadeTime
	Event	onEndFaceIn	Event	ทำเมื่อเสร็จ FadeIn
		onEndFaceOut	Event	ทำเมื่อเสร็จ FadeOut

ตารางที่ 2. โปรโตไทป์ ImageSprite2D

Name	Types	Method	Variables	Details
ImgSprite2D	Properties	ImgSprite2D(...		
สร้างภาพ		src		ไฟล์ภาพ
พร้อมดักจับ		frameMaxX	int	จำนวนรูปแนวนอน
		frameMaxY	int	จำนวนรูปแนวตั้ง
		frameY	int	แถว
		posX	float	ตำแหน่ง x
		posY	float	ตำแหน่ง y
		desWidth	int	ความกว้าง
		desHeight	int	ความยาว
		aniSpeed	float	ความเร็วการแอนิเมท
		alpha	float	ค่าความโปร่งใส0-1
		onClick	Event	Event ที่จะทำเมื่อ click
	Methods	Draw()		วาดภาพ
	Event	onClick	Event	
		onMouseIn	Event	
		onMouseOut	Event	
		onMouseOver	Event	

4.2 การใช้งาน จะอธิบายตัวอย่างจากการสร้างฉากหลังและวัตถุรูปสิงโตดังโค้ดและคำอธิบายต่อไปนี้

โค้ด

```
var BG = new ImgFull2D("images/background.PNG",0,0);
```

คำอธิบาย

สร้างฉากหลังจากไฟล์รูปที่ background.PNG

```
var lion = new ImgSprite2D(
        "images/lionspritesheet.PNG",      // Picture source
        5,      //maximum of columns
        1,      //maximum of rows
        1,      //row,
        870,    //destination in x-axis
        200,    //destination in y-axis
```

```
        200,    //destination picture width
        150,    //destination picture height
        7,      //animation speed per second
        1,      //opacity level
        null);  //OnClick
```

คำอธิบาย

สร้างวัตถุชื่อ lion จากไฟล์ lionspritesheet.PNG โดยรูปมีคีย์เฟรมเท่ากับ 5 มีจำนวนแถวเท่ากับ 1 โดยใช้เฉพาะแถวที่ 1ในการแสดงผล ซึ่งรูปมีขนาดความ 870*200 พิกเซล จากให้ให้ไปวาดในอินเตอร์แอคทีพขนาดเป็น 200*150 พิกเซล กำหนดความเร็วเป็นระดับ 7 ใช้ความความโปร่งใสเป็น1 (มากสุดเท่ากับ 1)

โค้ด

```
function GameLoop(){
        BG.Draw();
        lion.Draw();
        Fade.Draw();
}
```

คำอธิบาย

แสดงฉากหลัง (BG.Draw();) วาดรูปสิงโต (lion.Draw();) และใส่เอฟเฟกต์แบบจากหาย (Fade.Draw();)

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของไลบรารี

ตารางที่ 3 การแสดงผลเฟรมเรต

Operation system	Browser	FPS=22	FPS=40	FPS=60
PC-Windows 7	Chrome	Yes	Yes	Yes
	Firefox	Yes	Yes	Yes
Mac-OSX	Chrome	Yes	Yes	Yes
	Firefox	Yes	Yes	Yes
	Safari	Yes	Yes	Yes
Android	Chrome	Yes	Yes	Yes
	Firefox	Yes	Yes	Yes
iOS-iPad and iPhone	Chrome	Yes	Yes	Yes
	Firefox	Yes	Yes	Yes
	Safari	Yes	Yes	Yes

จากตารางที่ 3 ไลบรารีที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานของความเร็วในการแสดงผลหรือค่าเฟรมเรตซึ่งโดยปกติแล้วสายตาของมนุษย์จับภาพเคลื่อนไหวได้อยู่ที่ประมาณ 22 ครั้งต่อ 1 วินาที นั่นก็หมายถึงถ้าเราสามารถเปลี่ยนภาพให้เร็วกว่าระดับที่สายตาของมนุษย์จับได้ รูปนั้นจะดูเสมือนมีการเคลื่อนไหวที่ลื่นไหล

ตารางที่ 4 การแสดงผลเสียง

Operation system	Browser	Result
PC-Windows 7	Google chrome	Yes
	Fire fox	Yes
OSX	Google chrome	Yes
	Fire fox	Yes
	Safari	Yes
Android 4.0	Google chrome	Yes
iOS-iPad and iPhone	*Google chrome*	*No*
	Safari	*No*

ในด้านการแสดงผลเสียงไลบรารีสามารถแสดงผลเสียงได้ทุกระบบปฏิบัติตามวัตถุประสงค์ซึ่งได้แก่ระบบวินโดว์และระบบแอนดรอยด์แต่ผู้พัฒนาได้ทำการทดสอบเพิ่มเติมในระบบไอโอเอสที่ติดตั้งอยู่อุปกรณ์ไอโฟนและไอแพดซึ่งผลปรากฏว่าไลบรารียังไม่สามารถแสดงผลเสียงได้ซึ่งเป็นเพราะเป็นมาตราการของระบบปฏิบัติการไอโอเอสที่จะไม่แสดงผลเสียงแบบอัตโนมัติเนื่องจากจะทำให้อุปกรณ์พกพาบริโภคข้อมูลมากเกินไป จำเป็นจะต้องมีการกดปุ่มเพื่อทำงานเสียงแยกกัน

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

ไลบรารีที่พัฒนาขึ้นสามารถพัฒนาอินเตอร์แอคทีพได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งด้านการแสดงผลรูปภาพและเสียงบนพื้นฐานของระบบปฏิบัติการวินโดว์ 7 และแอนดรอยด์ 4.0 ซึ่งประกอบไปด้วยฟังชันก์ได้แก่ 1.การแอนเมท 2.การแสดงผลเสียง 3.การดักจับการเคลื่อนไหวจากเมาส์และคีย์บอร์ด ผู้สนใจสามารถใช้งานไลบรารีใช้เพียงแค่ความรู้พื้นฐานของคอมพิวเตอร์ในการกรอกค่าพารามิเตอร์สำหรับกำหนดค่า ซึ่งผู้ทำวิจัยเชื่อมั่นว่าไลบรารีนี้จะสามารถใช้งานในการสร้างสื่อสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดีและยังไม่ต้องพึ่งพาโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงในปัจจุบัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยศิลปะ สื่อและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Mark Elsom-Cook. Principle of Interactive Multimedia. 2001. ISBN: 007-709610X

[2] Jacob Seideilin, HTML5 GAMES, 2012, ISBN 978-1-11997-508-3HTML5 Tutorial. (Online),

[3] เทพฤทธิ์ สินธำรงรักษ์ (2556). สร้างเกมด้วย HTML5. ซีเอ็ดยูเคชั่น 134-136. ISBN: 987-616-08-1883-9

[4] Dave Thau, The book of Javascript, 2ND Edition, 2007, ISBN 978-1-59327-106-0

[5] Marco Casario, Peter Elst, Charles Brown, Nathalie Wormser and Cyril Hanquez, HTML5 Solutions Essential Techniques for HTML5 Developers, 2011, ISBN 978-1-4302-3386-2

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบสร้างบททดสอบบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตสำหรับกระบวนวิชาการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ

Object-oriented Programming Online Course

นาย กิตตินันท์ น้อยมณี

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: mr.kittinan@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

สำหรับการเรียนการสอนในกระบวนวิชาการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ นับเป็นอีกหนึ่งวิชาที่จัดเป็นวิชาทักษะที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติจริง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญในการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุจนสามารถนำกระบวนวิธีการคิดในเชิงวัตถุไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นๆ ได้ ผู้วิจัยได้ปรับรูปแบบการเรียนการสอนสำหรับวิชาการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุให้อ้างอิงอยู่บนระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยเล็งเห็นถึงความสะดวกรวดเร็วในการติดตามเนื้อหาการเรียนการสอน และยังพัฒนาระบบในการส่งงานและตรวจงานในการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนได้อีกด้วย ในงานวิจัยนี้ได้เน้นไปยังระบบการสร้างบททดสอบผู้เรียนและการตรวจแบบทดสอบต่างๆ ของผู้เรียนโดยใช้ภาษา PHP ซึ่งเป็นอีกหนึ่งภาษาที่มีขีดความสามารถในการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ ระบบถูกออกแบบมาโดยใช้ CMS ของค่าย Wordpress Plugin เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายระบบไปยังที่อื่นๆ ได้ มีระบบการเพิ่มบททดสอบการเขียนโปรแกรม ระบบการตรวจสอบการเขียนโปรแกรมจะใช้กระบวนวิธีในการรับค่าผลลัพธ์การเขียนโปรแกรมของผู้เรียนมาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับผลลัพธ์การเขียนโปรแกรมของระบบ หากค่าที่ได้มีค่าที่ตรงกัน ระบบก็จะทำการแจ้งคะแนนไปยังผู้เรียนทันที

Abstract

Most students in computer engineering must have programming skill in Objet-oriented programming course, but it's not easy for everyone to get the core concept. In this study, we'll introduce "Object-oriented programming online course". The main problem in offline course is performance measurement for each student. The system will generate lesson and exercise. Teacher can assign any problem to the system. The exercise will display to the student, which must submit the answer code to the system. In this process, when answer code have been accept, the system will send request to database for query all answer code and check duplicate content (varable and value), then declare classes and create objects from classes to get the point from this exercise. Object-oriented online course based on wordpress plugin format, which can plug to every wordpress site.

***Keywords*:** Object-oriented programming, online course, wordpress plugin.

1. บทนำ

ระบบ E-learning ในปัจจุบันมีลักษณะเป็นการใช้การเขียนบทความและ/หรือ วีดีโอที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชานั้นๆ และลักษณะของแบบฝึกหัดจะเป็นลักษณะการถามตอบแบบตัวเลือก ซึ่งในการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุต้องการความสามารถของระบบ E-learning ที่มากกว่านั้น โดยจะต้องทำการวัดผลผู้เรียนในลักษณะของทักษะการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุได้ด้วย พร้อมกับทำการตรวจแบบฝึกหัดในการเขียนโปรแกรม และแจ้งผลคะแนนในลักษณะ Realtime เนื่องจากการวัดและการประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนจะต้องใช้ความละเอียดอ่อน และต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่นานมาก ซึ่งบ่อยครั้งที่ผู้เรียนต้องกลับไปแก้ไขคำตอบใหม่ แล้วจึงนำคำตอบใหม่กลับมาส่งอีกครั้ง ขั้นตอนดังกล่าวค่อนข้างใช้เวลาที่มาก หากจำนวนผู้เรียนมีมากขึ้นจะส่งผลให้ผู้สอนไม่สามารถดูแลผู้เรียนได้อย่างทั่วถึง ส่งผลให้ผู้เรียนบางส่วนไม่สามารถเข้าใจแก่นแท้ของการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอระบบสร้างแบบทดสอบบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตสำหรับกระบวนวิชาการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ โดยเป็นระบบที่สามารถประเมินผลการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนได้ และแจ้งเตือนข้อผิดพลาดของผู้เรียนผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ ผู้เรียนสามารถเข้ามาศึกษาและใช้ระบบในการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุได้ทุกที่ๆ มีระบบอินเตอร์เน็ต ซึ่งเมื่อเกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องย่อมทำให้ผู้เรียนสามารถขยายขีดจำกัดของตนเองได้อย่างไม่มีขีดจำกัด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Wordpress Plugin

Wordpress ถือเป็น CMS ที่มีการใช้งานมากที่สุด ด้วยสาเหตุเพราะการใช้งานที่ง่ายและไม่มีความซับซ้อน หลายๆ องค์กรจึงพยายามผลักดันให้ระบบสารสนเทศต่างๆ ถูกพัฒนาโดยใช้ Wordpress ซึ่งจุดเด่นของ Wordpress นอกความความเร็วและการใช้งานที่ง่ายแล้ว ยังสามารถเพิ่มศักยภาพของระบบได้อีกโดยใช้ Wordpress plugin ซึ่งเป็นส่วนเสริมที่สามารถเชื่อมต่อได้กับ Wordpress ได้ทุกที่ ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกวิธีการพัฒนาโดยใช้ Wordpress Plugin ด้วยเหตุผลข้างต้น เพื่อให้การเคลื่อนย้ายข้อมูลเป็นไปได้อย่างสะดวก และสามารถนำไปประยุกต์หรือพัฒนาระบบต่อโดยใช้ระบบ Elearning อื่นได้ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการพัฒนาระบบต่างๆ จึงเน้นไปทาง Wordpress Plugin โดยใช้ภาษาที่พัฒนาคือภาษา PHP ที่จะทำการประมวลผลที่ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถทดสอบศักยภาพของตนได้ตลอด 24 ชั่วโมงผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

2.2 Bootstrap Framework

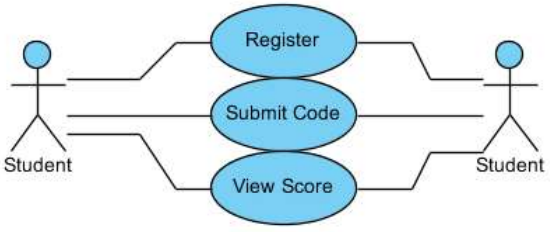
Bootstrap คือ Front-end framework ซึ่งหมายถึงส่วนในการแสดงผลให้ผู้ใช้โดยทั่วไปโดยจะทำให้กำหนดทิศทางของโปรแกรมไปในลักษณะเดียวกัน ซึ่ง Bootstrap จะทำการกำหนดชื่อของวัตถุต่างๆ ของ CSS อย่างลงตัวและเข้าใจได้ง่าย โดยไม่จำเป็นต้องหาเครื่องมือส่วนอื่นๆ เข้ามาเพิ่มเติมอีก ซึ่งจะประกอบด้วย 4 อย่างคือ 1.Scaffolding เป็น Grid System จำนวน 12 คอลัมน์ มีหน้าที่ในการกำหนดวัตถุต่างๆ ให้อยู่ในระบบ Grid เพื่อการจัดเรียงวัตถุให้มีความยืดหยุ่น (Responsive) เพื่อให้การแสดงผลในอุปกรณ์สื่อสารแบบพกพาและการแสดงผลในเครื่องคอมพิวเตอร์เหมือนกัน 2.Base CSS เป็น style sheets สำหรับ html elements พื้นฐานต่างๆ 3.Compoments เป็น style sheets สำหรับสิ่งที่ต้องใช้บ่อยครั้ง เช่น navigation หรือ breadcrumbs เป็นต้น 4.JavaScript ซึ่งรวม jQuery Plugin ต่างๆ เข้าด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็น modal หรือ Carousel หรือ tooltip เป็นต้น

3. การออกแบบและการทดลอง

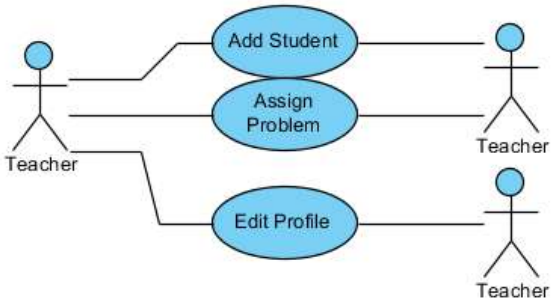
ในการผลิตซอฟต์แวร์ ผู้วิจัยได้ใช้โมเดลมาตรฐานในการออกแบบคือ UML (Unified Modeling Language) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำเสนอการออกแบบเพียง 2 ผังงานเท่านั้นคือ Use case diagram และ Sequence diagram เพื่อให้มองเห็นภาพรวมของระบบทั้งหมดดังจะอธิบายดังต่อไปนี้

3.1 Use Case Diagram

ในระบบจะประกอบด้วยผู้เรียน(Student), ผู้สอน(Teacher), ผู้ดูแลระบบ(Admin) และระบบประมวลผล(System) ซึ่งหากพิจารณาเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับระบบประมวลผลดังแสดงในรูปที่ 1 จะพบว่าผู้เรียนมีความสามารถในการลงทะเบียนเข้าระบบ และสามารถทำการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการทำฝึกหัด ทั้งยังสามารถส่งโค๊ดคำตอบเข้าสู่ระบบเพื่อทำการประมวลผลคำตอบได้ ในรูปที่ 2 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับระบบประมวลผลและผู้เรียน ซึ่งจากแผนผังจะสังเกตได้ว่าผู้สอนจะมีความสามารถในการเพิ่มรายละเอียดของผู้เรียนเข้าไปในระบบได้ และนอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มโจทย์ปัญหาหรือแบบฝึกหัดเข้าไปในระบบได้อีกด้วย และระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนพบว่าผู้สอนจะมีความสามารถในการแก้ไขรายละเอียดของผู้เรียนได้ ไม่ว่าจะเป็นประวัติรวมไปจนถึงคะแนนในการทำแบบฝึกหัดต่างๆ



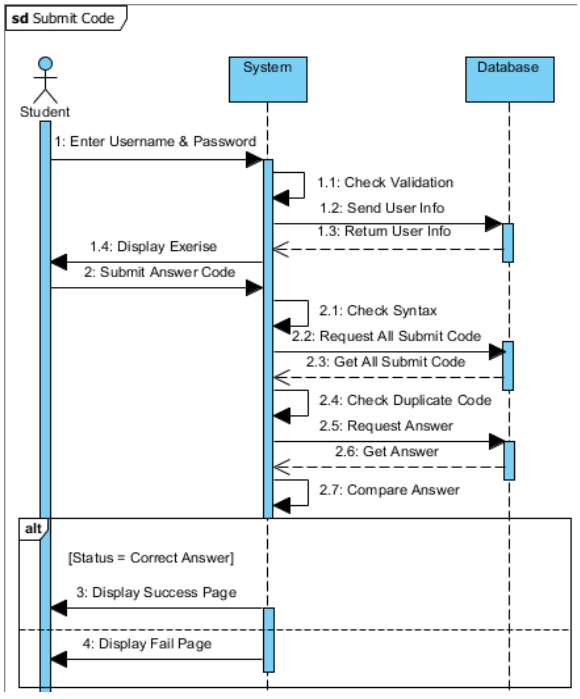
รูปที่ 1 Use Case Diagram ของผู้เรียนกับระบบ



รูปที่ 2 Use Case Diagram ของผู้สอนกับระบบและผู้เรียน

3.2 Sequence Diagram

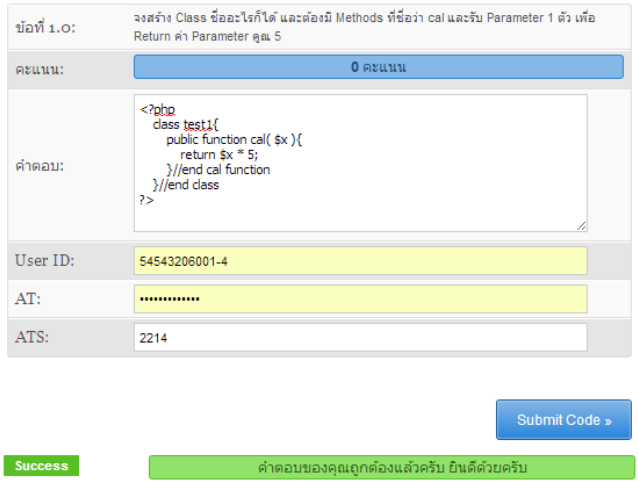
ขั้นตอนที่สำคัญของระบบสร้างบททดสอบในเชิงการเขียนโปรแกรมสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งจากรูป เมื่อผู้เรียนทำการกรอกรหัสประจำตัวสู่ระบบเรียบร้อย ระบบก็จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนการแสดงแบบทดสอบให้ผู้เรียน เมื่อผู้เรียนได้รับแบบทดสอบและกรอกโค๊ดของโปรแกรมเรียบร้อย ระบบก็จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของภาษาและตรวจสอบการสร้างคลาสโดยใช้โค๊ดของผู้เรียน และจะทำการเรียกโค๊ดของผู้เรียนในฐานข้อมูลที่เคยมีคนส่งมาแล้ว เพื่อนำมาตรวจสอบว่ามีลักษณะคล้ายหรือเหมือนกันหรือไม่ เมื่อตรวจสอบเสร็จเรียบร้อย ระบบก็จะทำการเรียกคำตอบของแบบฝึกหัดจากฐานข้อมูลอีกครั้งหนึ่ง หลังจากที่นำโค๊ดของผู้เรียนมาสร้างคลาสและสร้าง Instance เรียบร้อย ก็จะทำการนำคำตอบที่ได้จาก Instance มาเปรียบเทียบกับคำตอบที่อยู่ในฐานข้อมูล หากตรงกันก็พิจารณาคะแนนของผู้เรียนได้เลย แต่หากคำตอบไม่ตรงกันก็ประเมินความผิดพลาดทั้งหมดพร้อมแจ้งผู้เรียนรายละเอียดต่างๆ ให้ผู้เรียนทำการแก้ไขปรับปรุง



รูปที่ 3 Sequence Diagram ระบบการตรวจสอบโค๊ดคำตอบจากผู้เรียน

4. ผลการวิจัย

ในส่วนของระบบการตรวจสอบโค๊ดจากผู้เรียนนั้น ผู้เรียนจะต้องทำการวิเคราะห์แบบฝึกหัดก่อน และค่อยทำการทดสอบเขียนโปรแกรมในเครื่องของตนเอง จากนั้นจึงค่อยนำคำตอบที่ได้มากรอกลงในแบบฟอร์มของระบบพร้อมกับกรอกรหัสยืนยันตัวตนดังแสดงในรูปที่ 4 หากคำตอบที่ได้ตรงกับระบบและไม่มีข้อผิดพลาด ระบบก็จะทำการแจ้งเตือนสถานะในการส่งแก่ผู้เรียน พร้อมแจ้งคะแนนที่ได้ให้แก่ผู้เรียนด้วย ผู้เรียนสามารถตรวจสอบคะแนนของตนเองได้ผ่านส่วนของการแสดงคะแนนในแต่ละแบบฝึกหัดได้ดังแสดงในรูปที่ 5 และ สามารถตรวจสอบคะแนนทั้งหมดได้ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 4 GUI ในการกรอกคำตอบของผู้เรียนเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบ

รายละเอียดคะแนน Lab ภาษา PHP	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
Lab 1	10	10
Lab 2	10	10
Lab 3	10	10
Lab 4	10	10
Lab 5	10	10
Lab 6	10	10
Lab 7	10	10
Lab 8	10	10
Lab 9	10	10
Lab 10	10	10
Lab 11	10	10
Lab 12	10	10
Lab 13	10	10
Lab 14	10	10
รวม	140	140
คิดเป็น % ได้	10%	12.00%

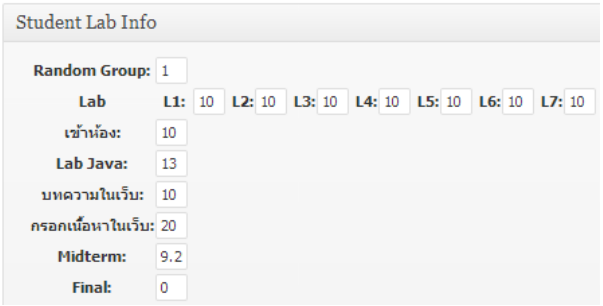
รูปที่ 5 ส่วนแสดงคะแนนเฉพาะแบบฝึกหัดในการเขียนโปรแกรม

ข้อมูลเฉลี่ยจาก นศ. 119 คน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนของคุณ
เข้าห้อง	10%	8.52%	10.00%
Lab PHP	12%	10.93%	12.00%
Lab Java	13%	12.89%	13.00%
บทความในเว็บ	10%	3.78%	10.00%
กรอกเนื้อหาในเว็บ	20%	16.64%	20.00%
Midterm Exam	20%	7.13%	9.29%
Final Exam	15%	0.00%	xxx%
รวม	85% (ไม่รวมคะแนนปลายภาค)	59.89%	74.29%

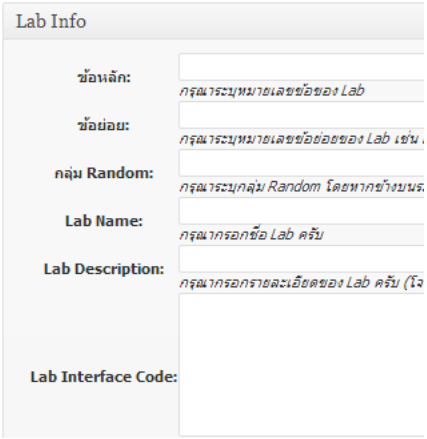
รูปที่ 6 ส่วนแสดงคะแนนทั้งหมดของผู้เรียน

จำนวนผู้ใช้ระบบในระยะทดลองคือ 199 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยในการส่งแบบทดสอบอยู่ที่ 10.93 จาก 12 คะแนน แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพโดยรวมของผู้ใช้ระบบคือ 91.08% โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเข้าใช้ระบบเพื่อทำการเรียนรู้พร้อมกับการส่งแบบทดสอบได้ตลอดเวลา และผู้เรียนสามารถตรวจสอบคะแนนของตนได้ตลอด 24 ชั่วโมงเช่นกัน ระบบดังกล่าวถูกนำมาทดลองใช้จริงแล้วที่ blog.lungaen.com ซึ่งอยู่ในส่วนของ OOP Course เปิดใช้เป็นเวลา 1 ภาคเรียน และระบบสามารถคำนวณคะแนนทั้งหมดพร้อมกับค่าเฉลี่ยจากผู้เรียนทั้งหมดได้ดังแสดงในรูปที่ 6 เช่นกัน

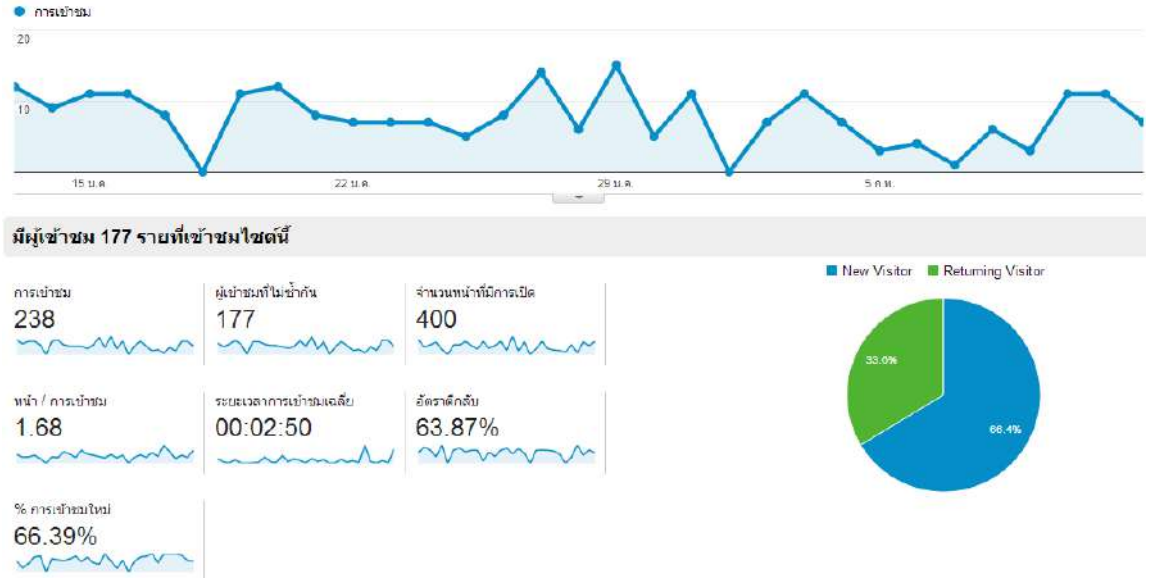
ในส่วนระบบของผู้สอนนั้น สามารถทำการแก้ไขข้อมูลต่างๆ ของผู้เรียนได้ โดยส่วนนี้ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อทำการเพิ่มคะแนนในส่วนต่างๆ เช่นคะแนนในส่วนของการเข้าชั้นเรียน หรือในส่วนของคะแนนส่วนต่างๆ นอกจากนั้นยังสามารถสุ่มเนื้อหาในการผจญกับแบบฝึกหัดได้ด้วย เพื่อเป็นการป้องกันผู้เรียนไม่ให้เกิดการคัดลองหรือดัดแปลงคำตอบจากผู้เรียนท่านอื่นดังแสดงในรูปที่ 6 และส่วนที่จำเป็นสำหรับผู้สอนอีกส่วนหนึ่งคือส่วนของการเพิ่มเนื้อหาหรือโจทย์ให้กับผู้เรียน โดยสามารถตั้งเนื้อหาและโจทย์ รวมถึงผลลัพธ์ที่ได้จากโค๊ดของผู้เรียนอีกด้วย เพื่อนำไปทำการเปรียบเทียบคำตอบและพิจารณาคะแนนต่อไป ซึ่ง GUI ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ผู้สอนสามารถแก้ไขข้อมูลต่างๆ ของผู้เรียนผ่านระบบได้



รูปที่ 7 ผู้สอนสามารถทำการเพิ่มแบบฝึกหัดแก่ผู้เรียนได้



รูปที่ 8 สถิติการใช้งานระบบจาก Google Analytic

สำหรับข้อมูลการใช้งานระบบสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 8 ซึ่งแสดงข้อมูลการใช้งานระบบในช่วงเดือนมกรคมถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 ซึ่งจากรูปแสดงให้เห็นว่าในช่วงต้นปีมีจำนวนการเข้าชมเพียง 177 คน จากผู้เรียนทั้งหมด 119 คน มีสาเหตุมาจากการใช้งานของผู้เรียนที่ใช้งานคอมพิวเตอร์ต่างสถานที่และต่างอุปกรณ์ จึงทำให้ระบบของ Google Analytic ทำการวิเคราะห์เป็นผู้เรียนคนใหม่ และจากระยะเวลาในการเข้าชมโดยเฉลี่ยของผู้เรียนที่ 2.50 นาที สามารถทำให้วิเคราะห์ได้ว่า ผู้เรียนต้องทำการนำโจทย์ปัญหาของแบบฝึกหัดไปทำการฝึกและทดลองปฏิบัติบนเครื่องของผู้เรียนก่อน แล้วจึงทำการเข้าใช้งานระบบอีกครั้ง จึงทำให้ระยะเวลาดังกล่าวอยู่ที่ประมาณ 2.50 นาที และจากอัตราการตีกลับที่สูงถึง 63.87% ทำให้ทราบว่าคำตอบจากการสร้าง Instance ของโค๊ดจากผู้เรียนยังได้คำตอบที่ไม่ตรงกับคำตอบของผู้สอน จึงส่งผลให้มีอัตราในการเข้าชมใหม่สูงถึง 66.39% เพราะผู้เรียนจะต้องทำการนำโค๊ดคำตอบมาส่งเข้าไปในระบบเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง

5. สรุป

จากผลลัพธ์ของระบบสร้างบททดสอบทำให้ผู้เรียนสามารถติดตามเนื้อหาของกระบวนวิชาการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุต้องตลอดเวลา อีกทั้งยังสามารถฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุได้ตลอด เพราะมีระบบในการตรวจสอบและวิเคราะห์ความถูกต้องของโปรแกรมอยู่แล้ว อย่างไรก็ได้ในส่วนของการป้องกันการคัดลอกคือการทำสำเนาของผู้เรียนสู่ผู้เรียนยังไม่สามารถทำการป้องกันได้มากนัก เพราะในส่วนการป้องกันการคัดลองของผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเฉพาะจำนวนบรรทัด ชื่อของตัวแปรและลักษณะในการเว้นวรรคกับการขึ้นบรรทัดใหม่ของผู้เรียนเท่านั้น ในการพัฒนาขั้นต่อไปยังต้องอาศัยการพัฒนาจุดบกพร่องในส่วนนี้เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติการเขียนโปรแกรมเพื่อให้เกิดความเข้าใจแก่ผู้เรียนได้อย่างสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

[1] Nagunwa, T.P. ; Dept. of Comput. Sci., Inst. of Finance Manage. (IFM), Dar es Salaam, Tanzania ; Lwoga, E.T., "Developing an eLearning strategy to implement medical competency based curricula: Experiences from Nuhimbili University of Health and Allied Sciences", Education and e-Learning Innovations (ICEELI), 2012 International Conference on, ISBN: 978-1-4673-2226-3, Sousse, 1-3 July 2012.

[2] Swee Liang Aw ; Math & Comput. Dept., Qatar Univ., Doha, Qatar ; Aye, K. ; Ayari, A. ; Laban, F., "Integration of captivate and JOOMLA: Online demonstration and assessment eLearning resources", Electronics and Information Engineering (ICEIE), 2010 International Conference On (Volume:1), Page V1-137 - V1-140, ISBN: 978-1-4244-7679-4, Kyoto, 1-3 Aug 2010.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

กลยุทธ์การพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน

Strategy for Develop Electrical and Electronics Technicians Student Competency in Northern Lower Rajabhat University to ASEAN Community

วิษณุ บัวเทศ [1] โกศล โอฬารไพโรจน์[2]

[1]โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

69 หมู่ 1 ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร โทรศัพท์: 0821773468 E-mail: witsanu_051116@msn.com

[2] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกลยุทธ์การพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน โดยศึกษากลยุทธ์จากการใช้แบบสอบถามความคิดเห็น การสัมภาษณ์ การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญ และการประเมินกลยุทธ์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ผลการวิจัยพบว่า กลยุทธ์ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 4 กลยุทธ์ คือ 1) เร่งแสวงหาเครือข่ายความร่วมมือในการพัฒนาสมรรถนะนักศึกษากับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและในกลุ่มประเทศอาเซียน 2) เร่งพัฒนาสมรรถนะทางด้านความรู้ให้แก่นักศึกษาเพื่อให้มีความเข้าใจในมาตรฐานวิชาชีพ 3) เร่งพัฒนาสมรรถนะทางด้านความสามารถให้แก่นักศึกษาเพื่อให้เกิดความชำนาญในการปฏิบัติงาน 4) ส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะด้านสติปัญญา อารมณ์ คุณธรรม จริยธรรม รวมทั้งการสร้างจิตสำนึกและมีทัศนคติที่ดีต่อการทำงานให้แก่นักศึกษา เพื่อให้มีความรับผิดชอบต่อสังคม และผลการประเมินกลยุทธ์ที่พัฒนาขึ้น พบว่า การประเมินในด้านความเหมาะสม ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์อยู่ในระดับมากและมากที่สุด

คำสำคัญ: กลยุทธ์, สมรรถนะ

Abstract

The purposes of this research were to strategy for develop electrical and electronics technicians student competency in Northern Lower Rajabhat University to ASEAN community. The study strategies by questionnaire, interview, workshops, connoisseurship and assessment strategies by experts. The results revealed that the Strategy developed consists of four strategies.; 1) Networks seek to accelerate cooperation in the competency of develop students with relevant agencies, both domestic and ASEAN. 2) Accelerate the development of the knowledge for students to understand the professional standards of the industry technicians. 3) Accelerate the development of the ability for students to achieve proficiency in industrial practice. 4) To promote the development of skills including intellectual, emotional, moral awareness and a positive attitude towards the work of the student in order to be socially responsible. The evaluation strategy was develop to assess the propriety, feasibility and utility were at both a high level and highest level.

Keywords: Strategy, Competency

1. บทนำ

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 ได้กำหนดแนวทางการเตรียมความพร้อมเข้าสู่ประชาคมอาเซียนใน พ.ศ. 2558 ไว้ครอบคลุมในทุกมิติทั้งด้านความมั่นคง สังคมวัฒนธรรม และเศรษฐกิจ ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐและภาคีการพัฒนาทุกภาคส่วน จะต้องร่วมมือกันในการแปลงแนวทางการเตรียมความพร้อมเข้าสู่ประชาคมอาเซียนดังกล่าว ไปสู่การปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม [1] ส่วนสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์อุดมศึกษาไทยในการเตรียมความพร้อมสู่การเป็นประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 เพื่อเป็นแนวทางให้สถาบันอุดมศึกษาใช้วางแผนยุทธศาสตร์และนโยบาย เพื่อรองรับการเป็นประชาคมอาเซียนและเปิดเสรีการค้าบริการด้านการอุดมศึกษา ในปี พ.ศ. 2558 ทั้งนี้ สกอ. ยังได้จัดทำกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552 เพื่อเป็นกรอบมาตรฐานให้สถาบันอุดมศึกษาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหรือปรับปรุงหลักสูตร การจัดการเรียนการสอนและพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษา ให้สามารถผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพ และเอื้อประโยชน์สำคัญกับผู้สอนให้มีคุณภาพ ความรู้ ความเข้าใจ และสมรรถนะด้านศาสตร์การสอน ความเชี่ยวชาญในศาสตร์สาขาวิชาชีพ รวมทั้งมีสมรรถนะในการทำวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่และการต่อยอดองค์ความรู้ ตลอดจนมีสมรรถนะด้านการบริการให้ความรู้หรือประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อประโยชน์แก่สังคมและชุมชน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างความพร้อมในการเข้าสู่ประชาคมอาเซียน [2]

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI) ได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อพัฒนาขีดความสามารถของอุตสาหกรรมรวบรวมสมรรถนะหลักที่แรงงานมีอยู่จริง ได้แก่ ทักษะเชิงคิด ทักษะสื่อสัมพันธ์ ทักษะภาษา และความรู้คอมพิวเตอร์ไม่สูงนักใน

ขณะที่สถานประกอบการมีความคาดหวังสูงทำให้เกิดช่องว่าง (GAP) ของสมรรถนะหลักขึ้น ทิศทางของช่องว่างของสมรรถนะหลักที่เกิดขึ้นนี้ ยังเกิดขึ้นในกลุ่มแรงงานไร้ฝีมือและกึ่งฝีมือทุกกลุ่มอุตสาหกรรม จากตัวอย่างการศึกษาสมรรถนะหลัก 5 ด้าน ได้แก่ ทักษะเชิงคิด ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ ทักษะด้านภาษา ทักษะด้านสื่อสัมพันธ์ และทักษะเฉพาะในสายวิชาชีพ [3] ส่วนมูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย [4] กล่าวว่า จุดอ่อนของอุดมศึกษาไทยที่เป็นวิชาชีพ มีดังนี้ 1) คุณภาพของสถาบันการศึกษา และคุณภาพของบัณฑิตยังไม่ได้มาตรฐานสากล 2) ขาดระบบการบริหารจัดการศึกษาของแต่ละสถาบันที่ดี 3) ขาดเป้าหมายการพัฒนากำลังคนของชาติโดยรวม สถาบันอุดมศึกษาไม่สนใจที่จะเปลี่ยนวิธีการผลิตบัณฑิต 4) ขาดความเชื่อมโยงกับภาคธุรกิจและสถานประกอบการ 5) นักศึกษาขาดเป้าหมายและความกระตือรือร้นที่จะศึกษาและฝึกปฏิบัติงานเพื่อพัฒนาตนเอง

จากที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิจัยเพื่อศึกษาสภาพปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ สร้างกลยุทธ์การพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ และประเมินรูปแบบการพัฒนาทักษะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน ทั้งนี้ เพื่อให้มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่างและผู้มีส่วนได้เสีย สามารถนำกลยุทธ์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการบริหารจัดการภายในหน่วยงานเพื่อพัฒนาสมรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ ให้สามารถเข้าสู่ตลาดแรงงานได้อย่างมีคุณภาพ สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานในภูมิภาคอาเซียน

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีวิธีดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสภาพ ปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นผู้บริหารและอาจารย์ผู้สอน รวมทั้งสิ้น 58 คน การสัมภาษณ์กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริหารและอาจารย์ผู้สอน จำนวน 8 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยคำนวณ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เนื้อหา

ขั้นตอนที่ 2 สร้างกลยุทธ์การพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการประชุมเชิงปฏิบัติการผู้ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 2 ครั้ง มีผู้เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ 21 คน และ 15 คน ตามลำดับ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม (SWOT Matrix) และการตรวจสอบร่างกลยุทธ์ที่พัฒนาขึ้น จากการสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา การวิเคราะห์ค่าความถี่และการจัดเรียงอันดับ

ขั้นตอนที่ 3 ประเมินกลยุทธ์การพัฒนาสมรรถนะช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 20 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. ผลการวิจัย และอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาสภาพ ปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน

3.1.1 ผลการศึกษาสภาพ และปัญหาของการพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสภาพและปัญหาของสมรรถนะด้านความรู้ ด้านความสามารถ และด้านทัศนคติ ของนักศึกษา

ข้อคำถามสภาพ-ปัญหาของสมรรถนะ	$\overline{X}$	S.D.	แปลความหมาย
ด้านความรู้	3.32	0.12	ปานกลาง
ด้านความสามารถ	3.15	0.09	ปานกลาง
ด้านทัศนคติ	3.94	0.05	มาก
เฉลี่ยรวม	3.47	0.09	ปานกลาง

จากตารางที่ 1 พบว่า นักศึกษามีสมรรถนะในด้านความรู้ ด้านความสามารถ และด้านทัศนคติ โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ =3.47) เมื่อพิจารณาสมรรถนะเป็นรายด้าน พบว่า ด้านทัศนคติอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.94) โดยนักศึกษามีความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน พัฒนาความรู้ของตนเองอยู่เสมอ มีความซื่อสัตย์ มีจิตสาธารณะที่ดี และสามารถทำงานร่วมกันเป็นทีมได้ ผลการศึกษาสอดคล้องกับInternational Labour Organization [5] ที่พบว่า ทักษะที่เป็นที่ต้องการของบริษัทประกอบการที่มีต่อทรัพยากรมนุษย์จากการเสนอขององค์กรแรงงานสากล คือ มีทักษะในการปรับตัว ในแง่ของการแก้ปัญหาต่าง ๆ และคิดอย่างสร้างสรรค์ มีการพัฒนาตนเองทางวิชาชีพ ทำงานเป็นกลุ่มอย่างมีประสิทธิภาพ และมีภาวะความเป็นผู้นำ ในขณะที่ Scottish Qualifications Authority [6] พบว่า ทักษะแกน ควรประกอบด้วย การแก้ปัญหาและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ส่วนสมรรถนะด้านความรู้ และด้านความสามารถของนักศึกษา อยู่ในระดับปานกลาง โดยนักศึกษาขาดการประยุกต์ความรู้มาใช้ในการปฏิบัติงานจริง ขาดความชำนาญในการใช้เครื่องมือช่าง ขาดการวางแผนและการดำเนินการตามแผนในการปฏิบัติงาน และขาดทักษะด้านการอ่าน การเขียนภาษาอังกฤษ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของศูนย์วิจัยกสิกรไทย [7] ที่พบว่าปัญหากำลังคนเชิงคุณภาพในระดับพื้นฐาน ได้แก่ ขาดความรู้พื้นฐานด้านภาษา ขาดทักษะและความรู้เฉพาะทาง โดยเฉพาะด้านช่างและวิศวกรรมอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3.1.2 ผลการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่างสู่การเป็นประชาคมอาเซียน

พบว่า ปัจจัยภายในที่สำคัญ ประกอบด้วย 1) ด้านทรัพยากร มีความพร้อมของสถานที่ 2) ด้านบุคลากรทางการศึกษา มีความพร้อมด้านสมรรถนะวิชาชีพ 3) ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ยังมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของนักศึกษาและ 4) ด้านการบริหารจัดการ มีกฎระเบียบข้อบังคับที่ได้มาโดยการมีส่วนร่วมของบุคลากร ด้านปัจจัยภายนอกอื่น ๆ ได้แก่ 1) ด้านการเติบโตของเศรษฐกิจโลก มีความต้องการจ้างงานของแรงงานอุตสาหกรรมในระดับโลกมากขึ้น 2) ด้านการเติบโตของเศรษฐกิจในระดับภูมิภาค มีการเคลื่อนย้ายได้อย่างอิสระของสินค้า บริการ การลงทุนและแรงงานในภูมิภาคอาเซียน ทำให้นักศึกษามีโอกาสได้งานทำมากขึ้นและ 3) ด้านการเคลื่อนย้ายกำลังคน ความพร้อมของรัฐบาลในการยกระดับมาตรฐานทักษะนักศึกษาสู่ตลาดแรงงานในภูมิภาคอาเซียนยังไม่มีความชัดเจน จากที่ได้กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยเห็นว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง มีปัจจัยที่อาจส่งผลต่อความสำเร็จตามพันธกิจของแต่ละมหาวิทยาลัยอย่างครบถ้วน เพียงแต่มีมากน้อยแตกต่างกันเท่านั้น ซึ่งพิจารณาได้จากความพร้อมของทรัพยากร อาคารสถานที่ ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ บุคลากร อาจารย์ผู้สอน หลักสูตร การจัดการเรียนการสอนและสิ่งสนับสนุนอื่น ๆ ซึ่งในประเด็นดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของคำเพชร ภูริปริญญา [8] ที่ได้เสนอยุทธศาสตร์พัฒนาสถาบันอุดมศึกษาไทยสู่การเป็นมหาวิทยาลัยระดับโลก พบว่า ปัจจัยความสำเร็จของสถาบันอุดมศึกษาระดับโลก ขึ้นอยู่กับคุณภาพของภารกิจหลักของการศึกษาระดับอุดมศึกษา ทั้งประเด็นด้านหลักสูตรและการสอน การวิจัย การบริการทางวิชาการ และมิติทางวัฒนธรรมของพื้นที่

3.2 ผลการสร้างกลยุทธ์การพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน

กลยุทธ์ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 4 กลยุทธ์ ได้แก่ 1) เร่งแสวงหาเครือข่ายความร่วมมือในการพัฒนาสมรรถนะนักศึกษากับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและในกลุ่มประเทศอาเซียน เนื่องจากการพัฒนาสมรรถนะนักศึกษา จำเป็นต้องมีเครือข่ายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาให้เกิดความชำนาญแข่งขันกับภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาสอดคล้องกับพลาพรรณ คำพรรณ์ [9] ที่ได้สังเคราะห์ยุทธศาสตร์ความร่วมมือด้านอุดมศึกษากับต่างประเทศ ได้แก่ การสร้างความร่วมมือเพื่อยกระดับอุดมศึกษาไทยสู่มาตรฐานสากล การดำเนินความร่วมมือเชิงรุกในการสร้างความร่วมมือกับต่างประเทศ 2) เร่งพัฒนาสมรรถนะทางด้านความรู้ให้แก่นักศึกษาเพื่อให้มีความเข้าใจในมาตรฐานวิชาชีพ 3) เร่งพัฒนาสมรรถนะทางด้านความสามารถให้แก่นักศึกษาเพื่อให้เกิดความชำนาญในการปฏิบัติงาน 4) ส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะด้านสติปัญญา อารมณ์ คุณธรรม จริยธรรม รวมทั้งการสร้างจิตสำนึกและมีทัศนคติที่ดีต่อการทำงานให้แก่นักศึกษา เพื่อให้มีความรับผิดชอบต่อสังคม เนื่องจากตลาดแรงงานในกลุ่มประเทศอาเซียนมีความต้องการทักษะแรงงานที่มีคุณภาพ จึงจำเป็นต้องเร่งพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาให้สามารถปฏิบัติงานได้ตรงตามความต้องการของตลาดแรงงาน ผลการศึกษาของกลยุทธ์ที่ 2 ถึงกลยุทธ์ที่ 4 สอดคล้องกับลักขณา เตชวงษ์ [10] ที่ได้ศึกษาแนวทางการพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ตามยุทธศาสตร์สู่ความเป็นมหาวิทยาลัยท้องถิ่น เสนอยุทธศาสตร์ที่สำคัญ คือ พัฒนางานด้านวิชาการเพื่อยกระดับคุณภาพบัณฑิตให้มีคุณภาพ ตอบสนองความต้องการของสังคมและประเทศ

3.3 ผลการประเมินกลยุทธ์การพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน

ผลการประเมินกลยุทธ์โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในด้านความเหมาะสม ด้านความเป็นไปได้ และด้านความเป็นประโยชน์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการประเมินกลยุทธ์การพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้า และช่างอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มภาคเหนือตอนล่าง สู่การเป็นประชาคมอาเซียน

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลความหมาย
<u>ระดับความเหมาะสม</u>			
กลยุทธ์ที่ 1 เร่งแสวงหาเครือข่ายความร่วมมือในการผลิตบัณฑิต ช่างอุตสาหกรรม กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและในกลุ่มประเทศอาเซียน	4.35	0.73	มาก
กลยุทธ์ที่ 2 เร่งพัฒนาสมรรถนะทางด้านความรู้ให้แก่นักศึกษาเพื่อให้มีความเข้าใจในมาตรฐานวิชาชีพ	4.60	0.49	มากที่สุด
กลยุทธ์ที่ 3 เร่งพัฒนาสมรรถนะทางด้านความสามารถให้แก่นักศึกษาเพื่อให้เกิดความชำนาญในการปฏิบัติงาน	4.65	0.48	มากที่สุด
กลยุทธ์ที่ 4 ส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะด้านสติปัญญา อารมณ์ คุณธรรม จริยธรรม รวมทั้งการสร้างจิตสำนึกและมีทัศนคติที่ดีต่อการทำงานให้แก่นักศึกษา เพื่อให้มีความรับผิดชอบต่อสังคม	4.60	0.49	มากที่สุด
<u>ระดับความเป็นไปได้</u>			
กลยุทธ์ที่ 1 เร่งแสวงหาเครือข่ายความร่วมมือในการผลิตบัณฑิต ช่างอุตสาหกรรม กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและในกลุ่มประเทศอาเซียน	3.95	0.87	มาก
กลยุทธ์ที่ 2 เร่งพัฒนาสมรรถนะทางด้านความรู้ให้แก่นักศึกษาเพื่อให้มีความเข้าใจในมาตรฐานวิชาชีพ	4.40	0.49	มาก
กลยุทธ์ที่ 3 เร่งพัฒนาสมรรถนะทางด้านความสามารถให้แก่นักศึกษาเพื่อให้เกิดความชำนาญในการปฏิบัติงาน	4.50	0.50	มาก
กลยุทธ์ที่ 4 ส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะด้านสติปัญญา อารมณ์ คุณธรรม จริยธรรม รวมทั้งการสร้างจิตสำนึกและมีทัศนคติที่ดีต่อการทำงานให้แก่นักศึกษา เพื่อให้มีความรับผิดชอบต่อสังคม	4.60	0.49	มากที่สุด
<u>ระดับความเป็นประโยชน์</u>			
กลยุทธ์ที่ 1 เร่งแสวงหาเครือข่ายความร่วมมือในการผลิตบัณฑิต ช่างอุตสาหกรรม กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและในกลุ่มประเทศอาเซียน	4.65	0.57	มากที่สุด

ตารางที่ 2 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลความหมาย
กลยุทธ์ที่ 2 เร่งพัฒนาสมรรถนะทางด้านความรู้ให้แก่นักศึกษาเพื่อให้มีความเข้าใจในมาตรฐานวิชาชีพ	4.75	0.43	มากที่สุด
กลยุทธ์ที่ 3 เร่งพัฒนาสมรรถนะทางด้านความสามารถให้แก่นักศึกษาเพื่อให้เกิดความชำนาญในการปฏิบัติงาน	4.65	0.48	มากที่สุด
กลยุทธ์ที่ 4 ส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะด้านสติปัญญา อารมณ์ คุณธรรม จริยธรรม รวมทั้งการสร้างจิตสำนึกและมีทัศนคติที่ดีต่อการทำงานให้แก่นักศึกษา เพื่อให้มีความรับผิดชอบต่อสังคม	4.70	0.46	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินกลยุทธ์โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในด้านความเหมาะสม ด้านความเป็นไปได้ และด้านความเป็นประโยชน์ของกลยุทธ์ พบว่า ผลการประเมินกลยุทธ์อยู่ในระดับมากและมากที่สุด เมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมิน พบว่า กลยุทธ์มีความเหมาะสม ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ เนื่องจากในกระบวนการพัฒนากลยุทธ์มีหลายขั้นตอน ในขั้นตอนต่าง ๆ ผ่านการตรวจสอบโดยการวิพากษ์จากผู้ทรงคุณวุฒิทำให้กลยุทธ์ที่ยกร่างได้รับการตรวจสอบและปรับปรุงให้มีความเหมาะสมมากขึ้น ผลการประเมินกลยุทธ์จึงอยู่ในระดับมากและมากที่สุด

4. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

4.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ควรนำกลยุทธ์ที่พัฒนาขึ้น ไปประยุกต์ใช้ให้ครอบคลุมการบริหารจัดการในด้านการวางแผน การนำแผนไปปฏิบัติ การติดตามประเมินผล และการนำผลไปใช้

4.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการทำงานวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาปัญหาและสาเหตุที่การพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ ยังไม่ประสบความสำเร็จ และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถนะของนักศึกษาจากหน่วยงานที่ประสบความสำเร็จอย่างต่อเนื่อง

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ พร้อมทั้งขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้ให้ข้อมูลทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อข้อมูล และให้คำปรึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554, “แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555 – 2559) ”, สำนักนายกรัฐมนตรี.

[2] สำนักงานที่ประชุมอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏ, 2554, “การศึกษาการเตรียมความพร้อมของมหาวิทยาลัยราชภัฏ ในการเข้าร่วมประชาคมอาเซียน ปี พ.ศ.2558”, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักงานที่ประชุมอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏ.

[3] ยงยุทธ แฉล้มวงษ์, 2549, “แผนการพัฒนากำลังคนของประเทศ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน”, กรุงเทพฯ: เอกสารประกอบการรายงานของสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศเสนอต่อกระทรวงแรงงาน.

[4] มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2549, “รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยแผนพัฒนากำลังคนของประเทศไทยเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ”, สำนักงานปลัดกระทรวงแรงงาน, กระทรวงแรงงาน.

[5] International Labour Organization, 1997, “Human Resource Development in Asia and the Pacific in the 21st Century: Issues and Challenges for Employers and Their Organization. Paper presented at the ILOWorkshop on Employers’ Organizations in Asia – Pacific in the Twenty – First Century”, Turin Italy.

[6] Scottish Qualifications Authority, 2003, “Core competencies – some international comparisons”, Glasgow : Scottish Qualification Authority (SQA),

[7] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2552, “รายงานสภาวะการลงทุนของอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์”, กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยกสิกรไทย.

[8] คำเพชร ภูริปริญญา, 2550, “การนำเสนอยุทธศาสตร์การพัฒนาสถาบันอุดมศึกษาไทยสู่การเป็นมหาวิทยาลัยระดับโลก”, วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาอุดมศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[9] พลาพรรณ คำพรรณ์, 2553, “ยุทธศาสตร์ความร่วมมือด้านอุดมศึกษากับต่างประเทศ”, วารสารพัฒนบริหารศาสตร์- ปีที่ 50 ฉบับที่ 4/2553.

[10] ลักขณา เตชวงษ์, 2551, “แนวทางการพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาตามยุทธศาสตร์สู่ความเป็นมหาวิทยาลัยท้องถิ่น”, วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษณุ บัวเทศ
จบการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขายุทธศาสตร์การบริหารและการพัฒนา จากมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาตร์อุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ปัจจุบันดำรงตำแหน่งเป็นรองคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

หัวข้อ เครื่องแปลงผันกำลังไฟฟ้าสำหรับงานระบบพลังงานทดแทน (23PE)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การพัฒนาอินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันเฟสเดียว สำหรับระบบโฟโตโวลตาอิกเชื่อมต่อกริด

Development of Single-Phase Voltage Source Inverter for Gird-Connected Photovoltaic System

ไชยยันต์ บุญมี, ยุทธนา ขำสุวรรณ์*

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

*ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail: yt@eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการควบคุมอินเวอร์เตอร์หลายระดับคาสเกดเอชบริดจ์เฟสเดียวสำหรับระบบโฟโตโวลตาอิกเชื่อมต่อกริดและนำเสนอการพัฒนาการควบคุมการติดตามจุดกำลังสูงสุดโดยอาศัยหลักการพื้นฐานของวิธีควบคุมการกระเพื่อมที่สัมพันธ์กันของค่ากำลังสูงสุดซึ่งพัฒนารูปแบบการควบคุมจากปริมาณเฉลี่ยของค่ากำลังสูงสุด สำหรับควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าของแผงโฟโตโวลตาอิกในแต่ละสตริง สำหรับการป้อนกระแสเข้าสู่ด้านกริดของอินเวอร์เตอร์นั้นได้นำเสนอวิธีการควบคุมกระแสโดยอาศัยพื้นฐานของเฟรมอ้างอิงแกนหมุนซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถยืนยันถึงคุณภาพการป้อนกระแสเข้าสู่กริดที่สามารถควบคุมได้อย่างอิสระทั้งกำลังแอกทีฟและกำลังรีแอกทีฟที่ป้อนเข้าสู่กริดระบบ

Abstract

This paper presents a control technique of cascaded H-bridge multilevel single-phase inverter for a grid-connected photovoltaic (PV) system. The proposed control technique is the modified ripple-correlation control maximum power point tracking. This algorithm has been developed using the mean function concept to continuously correct the maximum power point (MPP) of power transferring from each PV string. In task of injecting the quality current to the utility grid, the current control technique based-on the principle of rotating reference frame is proposed. This method can generate the sinusoidal current and independently control the injection of active and reactive power to the utility grid.

***Keywords*:** grid-connected photovoltaic system, multilevel VSI

1. บทนำ

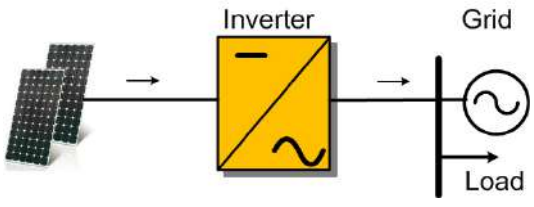
ความต้องการแหล่งพลังงานหมุนเวียนมาทดแทนแหล่งพลังงานที่ได้จากฟอสซิลมีมากขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราที่สูงขึ้นเป็นทวีคูณ พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียนที่มีความสำคัญมากที่สุดชนิดหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มปริมาณต้นกำลังพลังงานหมุนเวียนของโลกในอนาคต จากข้อมูลการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของ 23 ประเทศกลุ่มสมาชิกในโครงการ IEA-PVPS (International Energy Agency Photovoltaic Power System) ระหว่างปี ค.ศ.1992-2011 มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้นทุกปีโดยเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริด (Grid-Connected Photovoltaic Systems) ยกตัวอย่างเช่น ในปี ค.ศ. 2010 มีอัตราการติดตั้งเพิ่มขึ้นจากปี 2009 คิดเป็นร้อยละ 103 (14.1 MW) และ ในปี ค.ศ. 2011 มีอัตราการติดตั้งเพิ่มขึ้นจากปี 2010 คิดเป็นร้อยละ 97.6 (27.9 MW) [1]

ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริดประกอบด้วย 3 ส่วนประกอบหลักคือ โมดุลเซลล์แสงอาทิตย์,อินเวอร์เตอร์ และกริด ดังแสดงในรูปที่ 1 เนื่องจากปัจจุบันประสิทธิภาพของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ (15-25%) ดังนั้นอินเวอร์เตอร์ซึ่งทำหน้าที่แปลงผันกำลังกระแสตรงจากโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์เป็นกำลังกระแสสลับ เพื่อต่อเข้ากริดจำเป็นต้องมีสมรรถนะสูงเพื่อให้สามารถดึงพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้งานให้ได้มากที่สุด โดยที่อินเวอร์เตอร์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริดต้องมีความสามารถใน 3 ส่วนหลักคือ [2]

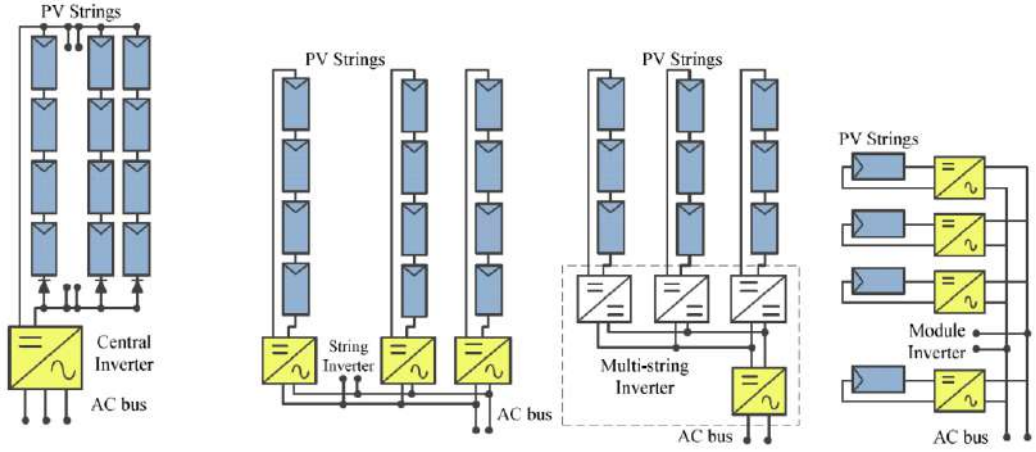
1) ความสามารถในการดึงพลังงานจากโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้สูงสุดตลอดเวลาการทำงานหรือที่เรียกว่า การติดตามจุดกำลังสูงสุด

2) สามารถจ่ายกำลังเข้ากริดได้อย่างมีคุณภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานซึ่งถูกกำหนดโดยแต่ละประเทศที่ใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น มาตรฐาน IEC61727 EN61000-3-2 IEEE1547 ประกาศมาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากริดโดยจำกัดขนาดสูงสุดที่ยอมรับได้ เช่น กระแสฮาร์มอนิก กระแสตรงจ่ายเข้ากริด, การตรวจจับสภาวะเกาะ (Islanding) และ NEC690 ของประเทศสหรัฐอเมริกาประกาศข้อกำหนดมาตรฐานระบบกราวด์ เป็นต้น

3) มีประสิทธิภาพสูง ราคาต่ำ อายุการใช้งานนาน



รูปที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริด



รูปที่ 2 เทคโนโลยีอินเวอร์เตอร์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริด

ปัจจุบันเทคโนโลยีของอินเวอร์เตอร์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริดมี 4 ลักษณะคือ 1) อินเวอร์เตอร์ศูนย์รวม (Central Inverter) 2) อินเวอร์เตอร์สตริง (String Inverter) 3) อินเวอร์เตอร์มัลติ-สตริง (Multi-String) และ 4) อินเวอร์เตอร์โมดุล ดังแสดงในรูปที่ 2 จากข้อมูลของอินเวอร์เตอร์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้งานจริงมากกว่า 400 รุ่นทำให้ทราบว่าอินเวอร์เตอร์ที่ไม่มีขบวนการยกระดับแรงดันเป็นอินเวอร์เตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด[2]-[7] เทคโนโลยีอินเวอร์เตอร์สตริงเป็นอินเวอร์เตอร์ที่ไม่มีขบวนการยกระดับแรงดันชนิดหนึ่งและเป็นระบบที่มีขบวนการถ่ายโอนพลังงานแบบขั้นตอนเดียว (Single-Stage Inverter) ที่สามารถควบคุมให้โมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานที่จุดกำลังสูงสุดและผลิตกระแสรูปไซน์ที่มีความผิดเพี้ยนคลื่นฮาร์มอนิกต่ำเข้ากริดได้ไม่มีการสูญเสียพลังงานในตัวไดโอดหัวสตริงและไม่มีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ไม่เท่ากัน (Mismatch Effect) ในแต่ละสตริงที่ต่อขนานกันซึ่งเกิดขึ้นกับเทคโนโลยีอินเวอร์เตอร์ศูนย์รวมเพราะเทคโนโลยีนี้ใช้โมดุลเซลล์แสงอาทิตย์เพียงสตริงเดียว แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่เท่ากันของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่ออนุกรมกันอยู่ภายในสตริงเดียวกัน เนื่องจากอินเวอร์เตอร์สตริงมีการต่ออนุกรมกันของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนหลายโมดุลเพื่อให้แรงดันกระแสตรงอินพุตของอินเวอร์เตอร์มีขนาดมากพอที่จะต่อเข้ากริดได้ การได้รับแสงไม่เท่ากันของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่ในสตริงเดียวกันนี้ทำให้จุดทำงานที่ให้กำลังสูงสุดของแต่ละโมดุลไม่เท่ากันส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงได้เนื่องจากโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ในสตริงเดียวกันมีโอกาสได้รับแสงไม่เท่ากัน อันเนื่องจากการบังเงาได้ตลอดเวลาถึงแม้จะใช้อินเวอร์เตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงแต่หากไม่สามารถทำให้โมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานในจุดที่ให้กำลังสูงสุดได้ตลอดเวลาประสิทธิภาพของระบบก็ลดลงจากที่ควรเป็น

อินเวอร์เตอร์มัลติสตริงเป็นเทคโนโลยีสามารถแก้ปัญหาและลดการสูญเสียพลังงานจากการได้รับแสงไม่เท่ากันของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เนื่องจากมีการแบ่งย่อยให้มีจำนวนสตริงเพิ่มมากขึ้นแต่ละสตริงมีตัวแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสตรง (DC-DC converter) เพื่อควบคุมให้โมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละสตริงทำงานที่จุดกำลังสูงสุด (Maximum Power Point: MPP) ได้อย่างเป็นอิสระและจ่ายแรงดันกระแสตรงมาต่อร่วมกันเป็นจุดเชื่อมต่อบัสกระแสตรง (DC Bus) จากนั้นใช้ตัวแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (AC/DC converter) เพื่อต่อเข้ากริดจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีนี้มีขบวนการถ่ายโอนพลังงานจำนวน 2 ขั้นตอน (Two- Stages Inverter) ทำให้มีอุปกรณ์ตัวแปรผันเพิ่มมากขึ้นการสูญเสียในอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์จึงมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับอินเวอร์เตอร์ที่มีขบวนการถ่ายโอนพลังงานขั้นตอนเดียว

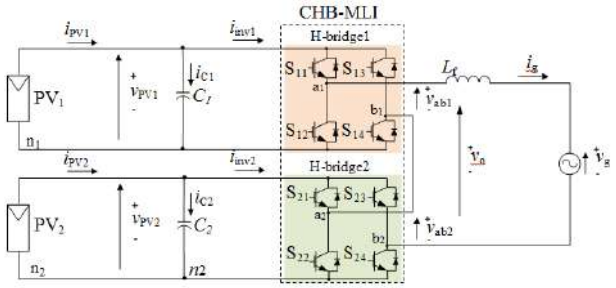
2. อินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายแรงดันหลายระดับเชื่อมต่อกริด

ปัจจุบันได้มีการศึกษาเพื่อนำอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายแรงดันหลายระดับ (Multilevel Voltage Source Inverter: MLI) มาประยุกต์ใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริด เนื่องจากข้อดีของอินเวอร์เตอร์หลายระดับสามารถผลิตแรงดันเอาต์พุตให้มีหลายระดับแรงดันสอดคล้องกับคลื่นรูปซายน์ส่งผลให้กระแสเข้ากริดมีค่าความผิดเพี้ยนคลื่นฮาร์มอนิกลดลงและตัวกรองฮาร์มอนิกก็มีขนาดลดลงมากกว่าการใช้อินเวอร์เตอร์ทั่วไปที่ผลิตแรงดันเอาต์พุตเพียง 2-3 ระดับแรงดัน [3]-[9] โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายแรงดันหลายระดับแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ 1) NPC (Neutral-Point-Clamped) 2) FC (Flying-Capacitor) และ 3) CHB (Cascaded H-Bridge) CHB-MLI เป็นโครงสร้างเดียวที่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงหลายตัวหรือมีจำนวนเท่ากับจำนวนชุดของอินเวอร์เตอร์เอชบริดจ์ (H-Bridge) ในวงจร CHB-MLI โดยที่แหล่งจ่ายแต่ละตัวจะทำงานแยกกันอย่างอิสระและไม่จำเป็นต้องมีขนาดแรงดันเท่ากันก็สามารถผลิตแรงดันเอาต์พุตหลายระดับได้ซึ่งเหมาะสมกับการใช้แหล่งจ่ายโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโอกาสเปลี่ยนแปลงขนาดแรงดันตามสภาวะแวดล้อมได้ตลอดเวลา จากการศึกษาข้อมูลการพัฒนาการควบคุม CHB-MLI สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริดข้างต้นพบว่ายังมีแนวทางในการพัฒนาการควบคุมเพื่อเพิ่มสรรถนะให้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริดได้ดังต่อไปนี้

1) การใช้เทคนิคการควบคุมสวิตช์กำลังของ CHB-MLI เพื่อให้เกิดค่าความผิดเพี้ยนคลื่นฮาร์มอนิกในกระแสเข้ากริดน้อยที่สุดและน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานสากล

2) พัฒนาวิธีการควบคุมโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำงานติดตามจุดผลิตกำลังสูงสุดตลอดเวลาในขณะที่มีสภาวะแวดล้อมปกติและมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมอย่างรวดเร็วได้อย่างถูกต้อง

3) พัฒนาการควบคุมการจ่ายกำลังแอกทีฟและกำลังรีแอกทีฟเข้าสู่กริดอย่างมีคุณภาพตามที่มาตรฐานสากลกำหนดด้วยการจ่ายกระแสรูปซายน์ที่มีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมต่ำ



รูปที่ 3 วงจร CHB-MLI ประยุกต์ใช้กับระบบ PV เชื่อมต่อกริด

รูปที่ 3 ได้แสดงลักษณะโครงสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริดโดยใช้วงจร CHB-MLI ลักษณะของวงจร CHB-MLI จะประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์เอชบริดจ์ จำนวน n ชุดต่ออนุกรมกันทำให้แรงดันเอาต์พุตของ CHB-MLI มีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันเอาต์พุตของเอชบริดจ์ ทุกชุดที่ต่ออนุกรมกัน โดยที่เอชบริดจ์ แต่ละชุดสามารถผลิตแรงดันเอาต์พุตได้ 3 ระดับแรงดัน ดังแสดงในสมการที่ (1)

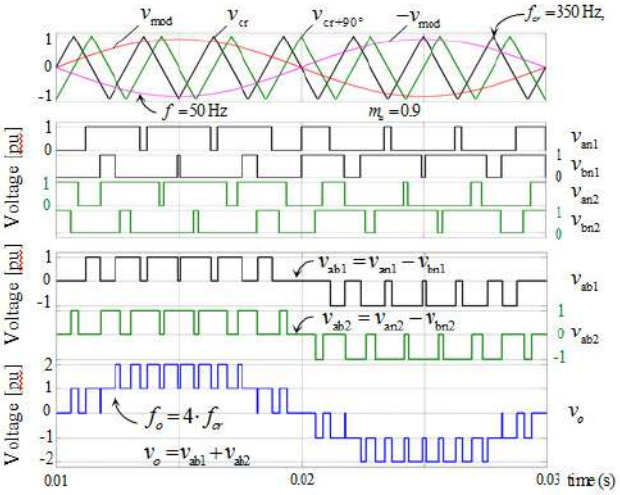
$$v_o = \sum_{m=1}^{n}(S_{m1} - S_{m3}).v_{\mathrm{PV}m} \quad , S_{m1}, S_{m3} \in \{0,1\}. \tag{1}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังชั่วขณะของ PV p_{PV} ,กำลังแอกทีฟด้านกริด P_{grid} และกำลังชั่วขณะของตัวเก็บประจุ p_{C} และกำลังชั่วขณะของตัวเหนี่ยวนำ p_{L} (โดยไม่กำลังสูญเสียต่างๆ ของคอนเวอร์เตอร์) สามารถเขียนเป็นสมการได้คือ

$$p_{\mathrm{PV}} = p_{\mathrm{C}} + p_{\mathrm{L}} + P_{\mathrm{grid}}(1 - \cos\ (2\omega t)) \tag{2}$$

2.1 วิธีการควบคุมการมอดูเลตชั่นของอินเวอร์เตอร์

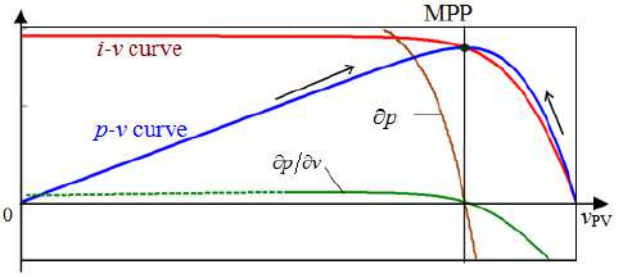
การควบคุมสวิตช์กำลังของ CHB-MLI เพื่อให้ความผิดเพี้ยนคลื่นฮาร์มอนิกรวมของกระแสกริดต่ำที่สุด โดยใช้วงจรสวิตช์กำลังของ CHB-MLI ประกอบด้วยวงจรเอชบริดจ์ 2 วงจร จำนวน 2 ชุดต่ออนุกรมกัน วงจรเอชบริดจ์แต่ละชุดสามารถผลิตแรงดันเอาต์พุตได้ 3 ระดับแรงดัน คือ $+E$ โวลต์ 0 โวลต์ และ $-E$ โวลต์ ด้วยเทคนิคการควบคุมวงจรเอชบริดจ์ แบบขั้วเดี่ยว (Unipolar) และ เมื่อนำวงจรเอชบริดจ์ 2 วงจรมาต่ออนุกรมกัน การสร้างสัญญาณพัลส์ควบคุมสวิตช์กำลังจึงต้องใช้สัญญาณมอดูเลตคลื่นไซน์จำนวน 2 คลื่นที่มีมุมเฟสต่างกัน 180 องศาสำหรับวงจรเอชบริดจ์ทั้ง 2 ชุดและใช้คลื่นพาห์สามเหลี่ยมจำนวน 2 คลื่น ที่มีมุมเฟสแตกต่างกันสำหรับวงจรเอชบริดจ์แต่ละชุด (Phase-Shift Carrier-Based SPWM; PS-CBPWM) ในกรณีนี้ มุมเฟสของคลื่นพาห์สำหรับวงจรเอชบริดจ์ที่ 1 ($\varphi_1 = 0°$) เท่ากับ 0 องศา และมุมเฟสของคลื่นพาห์สำหรับวงจรเอชบริดจ์ที่ 2 ($\varphi_2 = 90°$) เท่ากับ 90 องศา รูปที่ 4 ดังแสดงแผนภาพการสร้างพัลส์เพื่อควบคุมสวิตช์กำลังวงจร CHB-MLI ด้วยเทคนิค PS-CBPWM ทำให้แรงดันเอาต์พุตที่มี 5 ระดับแรงดัน



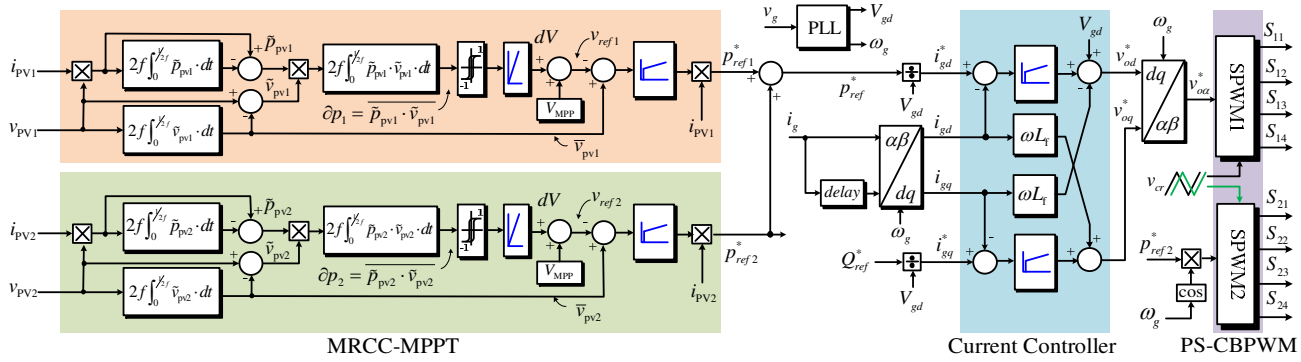
รูปที่ 4 ตัวอย่างคลื่นสัญญาณควบคุมและแรงดันเอาต์พุต CHB-MLI

2.2 วิธีการควบคุมการตรวจติดตามกำลังสูงสุด

การควบคุมโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำงานติดตามจุดผลิตกำลังสูงสุดที่แสดงในรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย 2 ชุดแยกกันเท่ากับจำนวนวงจรเอชบริดจ์ ใน CHB-MLI เพื่อรองรับการได้รับแสงไม่เท่ากันของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละสตริง ระบบก็ยังคงทำงานติดตามจุดผลิตกำลังสูงสุดได้ จุดทำงานที่ให้กำลังสูงสุดของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์คือจุดที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างกำลังและแรงดันของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับศูนย์ ($\partial p/\partial v = 0$) โดยในรูปที่ 5 ได้แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงดันขณะทำงานของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์และความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขณะทำงานของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อพิจารณาจุดทำงานที่ให้กำลังสูงสุดของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์จะอยู่ที่จุดสูงสุดของกราฟเส้นโค้งกำลัง-แรงดัน (p-v curve) ดังนั้นเพื่อให้โมดุลเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำงานในจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้อย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมขนาดแรงดันของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ในจุดให้กำลังสูงสุดได้ตลอดเวลาการทำงาน ถึงแม้จุดนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสงที่ได้รับ



รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง,แรงดันและกระแสของโมดุลเซลล์แสงอาทิตย์และวิธีควบคุม RCC



รูปที่ 6 วิธีการพัฒนาระบบควบคุมอินเวอร์เตอร์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อกริดที่นำเสนอ

วิธีควบคุม RCC มีวิธีการคำนวณหาค่า $\partial p / \partial v$ ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณกระเพื่อม (Ripple) ของแรงดัน ($\tilde{v}_{\mathrm{PV}}$) และสัญญาณกระเพื่อมของกำลัง ($\tilde{p}_{\mathrm{PV}}$) ของโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ที่วัดได้จากแหล่งจ่ายโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในสมการที่ (3) ถึง สมการที่ (5)

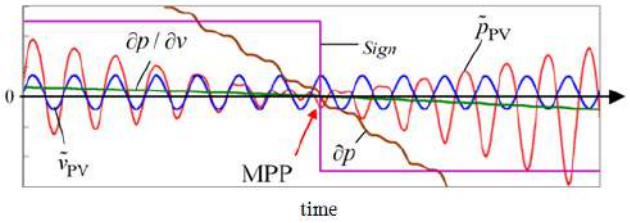
$$\tilde{v}_{\mathrm{PV}} = v_{\mathrm{PV}} - \overline{v}_{\mathrm{PV}} \tag{3}$$

$$\tilde{p}_{\mathrm{PV}} = p_{\mathrm{PV}} - \overline{p}_{\mathrm{PV}} \tag{4}$$

คำนวณการกำลังสูงสุดได้จากสมการคือ

$$\frac{\partial p}{\partial v} \cong \frac{2f\int_{t-1/2f}^{t} \tilde{p}_{\mathrm{PV}} \cdot \tilde{v}_{\mathrm{PV}} \cdot dt}{2f\int_{t-1/2f}^{t} \tilde{v}_{\mathrm{PV}} \cdot \tilde{v}_{\mathrm{PV}} \cdot dt} \cong \frac{\overline{\tilde{p}_{\mathrm{PV}} \cdot \tilde{v}_{\mathrm{PV}}}}{\overline{\tilde{v}_{\mathrm{PV}} \cdot \tilde{v}_{\mathrm{PV}}}}. \tag{5}$$

ในรูปที่ 7 แสดงผลการจำลองการทำงานของเทคนิคการติดตามจุดกำลังสูงสุดแบบ RCC ที่พัฒนาขึ้น(Modified RCC-MPPT: MRCC-MPPT) เพื่อให้เห็นพฤติกรรมของความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณกระเพื่อมของแรงดัน ($\tilde{v}_{\mathrm{PV}}$) และสัญญาณกระเพื่อมพลิ้วของกำลัง ($\tilde{p}_{\mathrm{PV}}$) ของโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะมีเฟสตามกัน (In-phase) เมื่อโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดันน้อยกว่าจุดกำลังสูงสุดจะต่างเฟสกัน 180 องศาเมื่อโมดลเซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดัน (v_{PV}) มากกว่าจุดกำลังสูงสุด และเมื่อนำ 2 สัญญาณดังกล่าว ($\tilde{v}_{\mathrm{PV}}$ และ $\tilde{p}_{\mathrm{PV}}$) มาคูณกันจะทำให้เครื่องหมาย (Sign) ของผลคูณจะแตกต่างกันดังนี้คือ เมื่อโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดัน (v_{PV}) น้อยกว่า MPP ผลคูณของ 2 สัญญาณดังกล่าวจะมีค่าเป็นบวก (+) และเมื่อโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดัน (v_{PV}) มากกว่า MPP ผลคูณของ 2 สัญญาณดังกล่าวจะมีค่าเป็นลบ (-) และเมื่อพิจารณากราฟค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเปลี่ยนแปลงกำลังและการเปลี่ยนแปลงแรงดัน($\partial p / \partial v$) และค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดัน (∂p)ตามสมการที่ (3)-(5) จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 สัญญาณจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ($\partial p / \partial v = 0$ และ $\partial p = 0$) ซึ่งเป็นจุดเดียวกับ MPP พอดี จากผลการจำลองการทำงานของการติดตามจุดกำลังสูงสุดแบบ RCC ที่พัฒนาขึ้นทำให้สามารถเชื่อได้ว่าวิธีการดังกล่าวมีแนวโน้มในการติดตามจุดกำลังสูงสุดของโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างถูกต้องและสามารถเขียนเป็นแผนภาพการควบคุม MPPT ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งจะถูกบรรจุในบล็อก MPPT (ที่แสดงในรูปที่ 5) โดยที่ MRCC-MPPT แต่ละชุดจะสร้างแรงดันอ้างอิง (v_{ref}) ที่ทำให้โมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานในจุดกำลังสูงสุดและแรงดันโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ที่กรองแรงดันกระเพื่อมออกแล้ว ($\overline{v}_{\mathrm{PV}}$) ส่งให้กับบล็อกควบคุมแรงดันกระแสตรง เพื่อผลิตกำลังแอกทีฟอ้างอิง (p^*_{ref})ต่อไป



รูปที่ 7 ผลการทำงานของวิธีการตรวจติดตามกำลังสูงสุด

2.3 วิธีการควบคุมกำลังไฟฟ้า

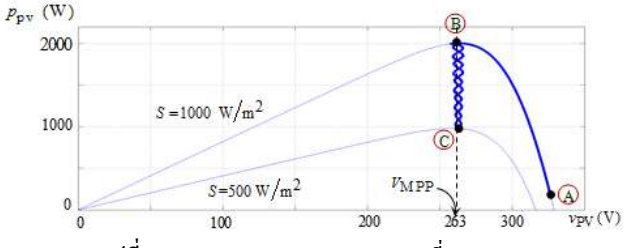
การควบคุมการจ่ายกำลังแอกทีฟและกำลังรีแอกทีฟของ CHB-MLI สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อเข้ากริด โดยอาศัยวิธีการควบคุมกระแสของเฟรมอ้างอิงแกนหมุน โดยที่กระแสกริดที่อยู่บนแกน ***d*** (i_{gd}) และแกน ***q*** (i_{gq}) ทำหน้าที่การควบคุมการจ่ายค่ากำลังแอกทีฟและกำลังรีแอกทีฟเข้ากริดได้อย่างอิสระ [8] ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยสมการแรงดันของระบบควบคุมนี้เขียนเป็นสมการได้คือ

$$\begin{bmatrix} v^*_{od} \\ v^*_{oq} \end{bmatrix} = L_{\mathrm{f}} \frac{d}{dt}\begin{bmatrix} i^*_{gd} \\ i^*_{gq} \end{bmatrix} + \omega_g L_{\mathrm{f}} \begin{bmatrix} -i^*_{gd} \\ i^*_{gq} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_{gd} \\ V_{gq} \end{bmatrix} \tag{6}$$

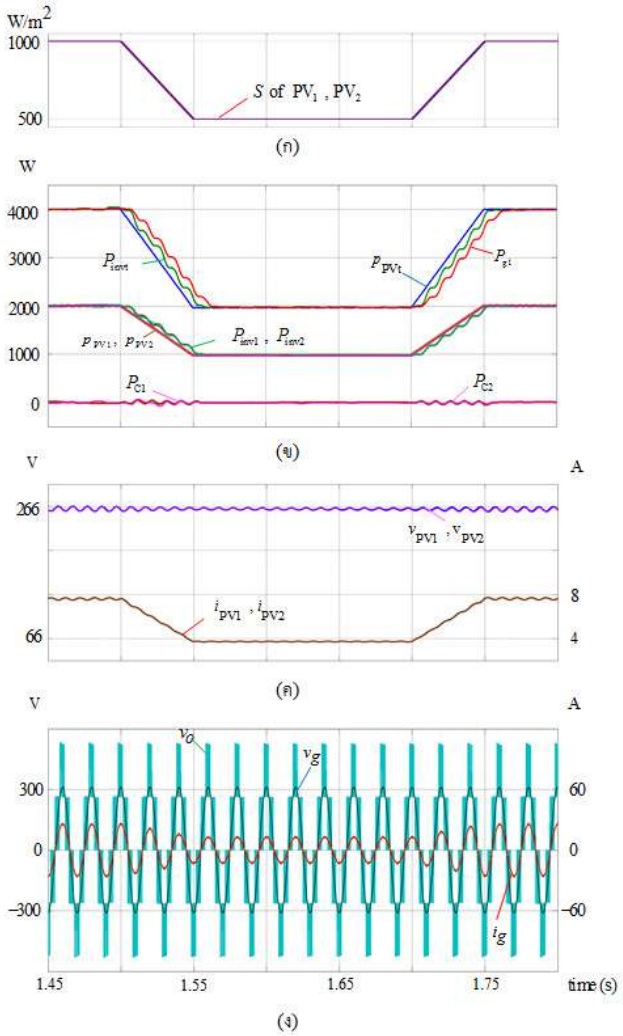
และสมการในการควบคุมกำลังทั้งแอกทีฟและรีแอกทีฟคำนวณหาได้จาก

$$p = \frac{1}{2} V_{gd} \cdot i_{gd},\ q = \frac{1}{2} V_{gd} \cdot i_{gq} \tag{7}$$

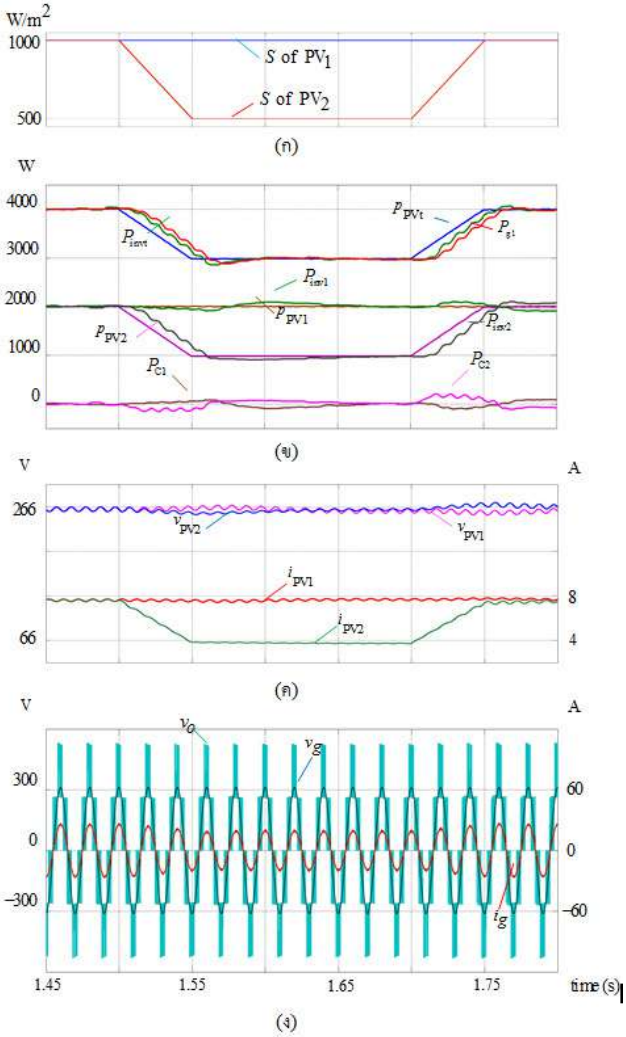
หลังจากนั้นทำการแปลงแรงดันคำสั่งจากสมการที่ (6) ซึ่งอยู่ในเฟรมหมุนให้ไปเป็นแรงดันคำสั่งในเฟรมหยุดนิ่งเพื่อทำการมอดูเลชั่นควบคุมอินเวอร์เตอร์ต่อไป



รูปที่ 8 ผลการทำงานของ MPPT ระบบที่นำเสนอ



รูปที่ 9 คลื่นแรงดัน กระแสในส่วนต่างๆ มีเกิดเงาบังทั้ง 2 สตริง



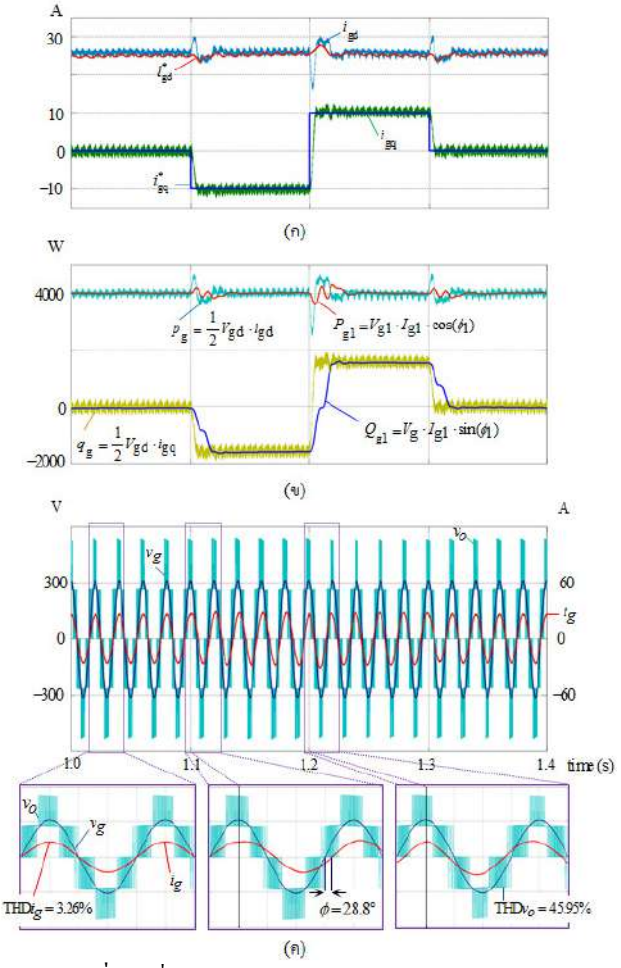
รูปที่ 10 คลื่นแรงดัน กระแสในส่วนต่างๆ มีเกิดเงาบังเพียงสตริงเดียว

3. ผลการทดสอบ

โครงสร้างวงจรกำลังและวงจรควบคุมของระบบที่นำเสนอที่แสดงไว้ในรูปที่ 1 และรูปที่ 6 ได้ทดสอบยืนยันความถูกต้องของการพัฒนาเทคโนโลยีอินเวอร์เตอร์ของระบบ PV เชื่อมต่อกริดโดยแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Matlab/Simulink ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบที่นำเสนอแสดงไว้ในตารางที่ 1 (ภาคผนวก) โดยที่แผง PV ในแต่ละสตริงต่ออนุกรมกันจำนวนสตริงละ 10 แผง ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสตรงให้กับเอชบริดจ์ทั้ง 2 ชุดที่ต่อคาสเกดอยู่ทางด้านกริดระบบ กรณีศึกษาของผลการทดสอบนี้ได้แสดง 2 ลักษณะ คือ สมรรถนะของ MPPT และ การควบคุมกำลังไฟฟ้าป้อนเข้าสู่กริด

3.1 สมรรถนะ MPPT เมื่อความเข้มแสงที่มีการเปลี่ยนแปลง

รูปที่ 9 และรูปที่ 10 แสดงผลการทดสอบของรูปแบบความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลง, กำลังไฟฟ้าของระบบ PV ในตำแหน่งต่างๆของวงจร, คลื่นแรงดัน,กระแสทางด้านอินพุตและคลื่นแรงดันและกระแสทางด้านกริด (ดูจากรูป 9 (ก) ถึง (ง) ตามลำดับ) ในกรณีศึกษาที่ 1 นี้ได้กำหนดให้ความเข้มของแสงเปลี่ยนแปลงจาก 1000 W/m^2 ลดลงมาที่ 500 W/m^2 เป็นระยะเวลา 0.15 วินาทีและเปลี่ยนแปลงกลับไปค่าเดิมที่ 1000 W/m^{2}โดยแผง PV ทั้ง 2 สตริงได้รับการบังเงาทั้ง 2 สตริงพร้อมกัน แต่ในกรณีศึกษาที่ 2 เป็นผลการทดสอบในกรณีที่แผง PV ในสตริงที่ 2 เกิดการบังเงา (ค่าความเข้มแสงลดลงเช่นเดียวกันกับกรณีที่ 1) ในขณะที่แผง PV ของสตริงที่ 1 ไม่เกิดการบังเงา (คือได้รับความเข้มแสงเท่ากับ 1000 W/m^2 อยู่ตลอดเวลา) จากผลการทดสอบได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงสมรรถนะของระบบที่นำเสนอซึ่งสามารถดึงกำลังสูงสุดได้อยู่ตลอดเวลาไม่ว่าจะเกิดการบังเงาเกิดขึ้นในทั้ง 2 กรณีโดยที่แรงดันของแผง PV ทั้ง 2 สตริงนั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากในขณะที่กระแสของแผง PV จะลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง ในส่วนของคลื่นแรงดันอินเวอร์เตอร์มีลักษณะเป็น 5 ระดับและอินเฟสอยู่กับคลื่นกระแสที่ไหลเข้าสู่กริดระบบ จากผลการทดสอบดังกล่าวซึ่งสอดคล้องกันกับกราฟคุณลักษณะระหว่างกำลังไฟฟ้าของแผง PV (ทั้ง 2 สตริง) กับแรงดันของแผง PV ที่แสดงไว้ในรูปที่ 8 โดยจะเห็นได้ว่าวิธีการ MPPT ที่นำเสนอสามารถทำงาน ณ จุดกำลังสูงสุด MPP ของทั้ง 2 สตริงได้ตลอดเวลาทั้งในกรณีที่เกิดสภาวะการบังเงาและไม่เกิดการบังเงาของแผง PV โดยมีค่าแรงดันเฉลี่ย PV ณ จุดการทำงานกำลังสูงสุดอยู่ที่ 263 V ที่จุดทำงาน ณ จุด B กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 2000 W และ จุด C กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 1000 W ตามลำดับ โดยที่ป้อนกำลังแอกทีฟเข้าสู่กริดเท่ากับ 3000 W



รูปที่ 11 คลื่นแรงดัน กระแสในส่วนต่างๆ ข้อหัวข้อ 3.2

3.2 ผลการทดสอบการควบคุมกำลังไฟฟ้า

รูปที่ 11 แสดงผลการทดสอบการควบคุมกำลังแอกทีฟและกำลังรีแอกทีฟของระบบที่นำเสนอ โดยพิจารณาในกรณีที่ความเข้มแสงคงที่ทั้ง 2 สตริง จากรูปที่ 11 (ก) จะเห็นได้ว่าคลื่นกระแสคำสั่งที่ควบคุมองค์ประกอบแอกทีฟและองค์ประกอบรีแอกทีฟของกระแสกริดสามารถแยกการควบคุมกันได้อย่างอิสระ โดยที่องค์ประกอบกระแสแอกทีฟที่ทำหน้าที่ควบคุมกำลังแอกทีฟป้อนเข้าสู่กริดจะถูกรักษาไว้ในคงที่ มีค่าเท่ากับ 25 A ในขณะที่องค์ประกอบกระแสรีแอกทีฟที่ทำหน้าที่ควบคุมกำลังรีแอกทีฟของทางด้านกริดสามารถควบคุมค่าได้ไม่ว่าจะเป็น 0A หรือเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดที่บวกลบ +10A, -10A เพื่อควบคุมตัวประกอบกำลังทางด้านกริดให้มีค่าเป็น 1 หรือนำหน้า, ล้าหลังที่ 0.87 (มุม 28.8 องศา) ซึ่งยืนยันความถูกต้องจากหลักการที่ได้นำเสนอกับผลการทดลองดังกล่าวตามรูปที่ 11 (ข) และ (ค) ตามลำดับ ในขณะที่ผลรวมของความผิดเพี้ยน (THD) ของคลื่นแรงดันอินเวอร์เตอร์และคลื่นกระแสที่ไหลเข้าสู่กริดของที่ 45.95% และ 3.26% ตามลำดับ โดยที่คลื่นแรงดันเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ยังคงมีลักษณะเป็น 5 ระดับอยู่ตลอดเวลา ความถี่สมมูลด้านเอาต์พุตเท่ากับ 6 kHz ซึ่งคิดเป็น 4 เท่าของความถี่สวิตชิงซึ่งเป็นจุดเด่นของอินเวอร์เตอร์หลายระดับส่งผลทำให้สามารถลดขนาดของตัวเหนี่ยวนำที่ทำหน้าที่กรองทางด้านกริดลงได้

4. สรุป

ในบทความรับเชิญนี้ได้นำเสนอการพัฒนาเทคโนโลยีอินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันเฟสเดียวสำหรับระบบโฟโตโวลตาอิกเชื่อมต่อกริด โดยได้เริ่มต้นอธิบายจากคุณลักษณะและหน้าที่ที่สำคัญของอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อกริดและได้อธิบายถึงวิธีการต่อระบบโฟโตโวลตาอิกเข้ากับอินเวอร์เตอร์ดังกล่าว ในส่วนสุดท้ายได้ยกกตัวอย่างวงจรกำลัง โดยได้อธิบายจากอินเวอร์เตอร์หลายระดับและวงจรควบคุมการทำงานด้วยวิธีการการตรวจติดตามกำลังสูงสุดและหลักการควบคุมกำลังแอกทีฟและกำลังรีแอกทีฟเพื่อป้อนกำลังไฟฟ้าจากระบบโฟโตโวลตาอิกเข้าสู่กริด

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

Parameters	Symbol	Value
PV panel		
MPP voltage in STC	V_{MPP}	26.3 V
MPP current in STC	I_{MPP}	7.61 A
PV string for each H-bridge cell		
Rated current	I_{rated}	7.61 A.
Rated MPP voltage	V_{rated}	263 V.
PV string for each H-bridge cell		
Rated maximum power	P_{rated}	2000 W.7.61 A.
DC-link capacitor	C_1, C_2	2000μF
Power and control scheme		
PWM carrier frequency	f_{cr}	1.5 kHz
Single-phase utility grid	$V_g = V_{ga}/\sqrt{2}$	220 V_{RMS}.
	f	50 Hz.
Inductor	L_f	5 mH.
DC initial reference voltage per string	V_{MPP}	263 V.
dc link voltage controller: PI	K_p, Ki	25, 200
Grid current controller: PI	K_p, Ki	15, 40
Ambient Temperature	T	25°C

เอกสารอ้างอิง

[1] IEA-PVPS, “Trends in Photovoltaic Applications. Survey report of selected IEA countries between 1995 and 2011,” International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme, Tech. Rep. IEA PVPS T1-21:2012, August 2012.

[2] M. Malinowski, K. Gopakumar, J. Rodriguez, and M. A. Pérez, “A survey on cascaded multilevel inverters,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 57, no. 7, pp. 2197–2206, Jul. 2010.

[3] J. Rodríguez, J. S. Lai, and F. Z. Peng, “Multilevel inverters: A survey of topologies, controls and applications,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 49, no. 4, pp. 724–738, Aug. 2002.

[4] E. Villanueva, P. Correa, J. Rodríguez, and M. Pacas, “Control of a single-phase cascaded H-bridge multilevel inverter for grid-connected photovoltaic systems,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 56, no. 11, pp. 4399–4406, Nov. 2009.

[5] R. Kadri, J.-P. Gaubert, and G. Champenois, “An improved maximum power point tracking for photovoltaic grid-connected inverter based onvoltage-oriented control,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 58, no. 1, pp. 66–75, Jan. 2011.

[6] T. Esram and P. L. Chapman, “Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques,” IEEE Trans. Energy Convers., vol. 22, no. 2, pp. 439–449, Jun. 2007.

[7] T. Esram, J. W. Kimball, P. T. Krein, P. L. Chapman, and P. Midya, “Dynamic maximum power point tracking of photovoltaic arrays using ripple correlation control,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 21, no. 5, pp. 1282–1291, Sep. 2006.

[8] D. Casadei, G. Grandi, and C. Rossi, “Single-Phase Single-Stage Photovoltaic Generation Based on Ripple Correlation Control Maximum Power Point Tracking,” IEEE Trans. on Energy Conversion, vol. 21, no. 2, pp. 562-568, June 2006

[9] C. Boonmee, Y. Kumsuwan, “A Phase-shifted Carrier-Based PWM Technique for Cascaded H-bridge Inverters Application in Standalone PV System,” in Proc. IEEE Conf. ,EPE-PEMC 2012, pp. LS8c.3-1-4.

Grid Connected Based PWM Converter Applied a Synchronous Generator for a Variable Speed Wind Turbine Applications

Satean Tunyasrirut[1] and Chakrapong Charumit[2]

[1,2]Department of Instrumentation and Control Engineering, Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology, 833 Rama 1 Rd., Wangmai, Pathumwan, Bangkok, 10330, Thailand,

E-mail: satean@ptwit.ac.th[1], c.charumit@gmail.com[2]

Abstract

This paper presents the electrical power conversion system which is developed for a synchronous generator in order to apply with a variable speed wind turbine system. In the wind energy conversion system, a synchronous generator is converted the mechanical energy into electrical energy. A B6 rectifier and a boost chopper circuit are utilized to maintain constant intermediate DC voltage. The average power is converted entirely by the PWM converter, consists of B6 voltage-source inverters. Output currents and active power of switch mode voltage source inverter are flowed into utility grid by current control and PQ theory technique. For the hardware implementation, the system consists of a 1 kW four poles synchronous generator and the voltage source inverter controlled output current by hysteresis controller (bang-bang) method. The algorithm is implemented in a dSPACSds1104DSP together with Matlab/Simulink program. The validity of the proposed method is verified by both simulation and experimental results under power transferred into grid in term of power quality such as real power, reactive power, total harmonics distortion, and so on.

I. INTRODUCTION

Many types of generator concepts have been used and proposed to convert wind power into electricity. The size of the wind turbines has increased during the past ten years, and the cost of energy generated by wind turbine has decreased. The challenge is to build larger wind turbines and to produce cheaper electricity. Thus, there is a need to find a way to convert wind energy into electrical energy from wind turbines that can be scaled up in power without extremely high cost penalties. The use of synchronous generator in wind generation is widely accepted as a generator of choice for variable speed wind turbine system. The synchronous generator is a conventional generator, simple, reliable, cheap, lightweight, and requires little maintenance. Generally, the synchronous generator is connected to the utility bus at constant frequency. With a constant frequency operation, the synchronous generator operates at practically variable speed. The wind turbine operates in optimum efficiency only within a wide range of wind speed variation. The variable-speed operation allows an increase in energy captured and reduces both the torque peaks in the drive train and the power fluctuations sent to the utility. In this paper, a combination of DC power supply is used to excite the field circuit of the synchronous generator while operating at variable speeds. The frequency, the induce voltage and the operating range of the system are affected by the characteristics of the synchronous generators and the choice field current for exciting. The system were tested has the following components: a three-phase four pole, 3 kW induction motor to represent the wind turbine, a three-phase four pole, 1 kW, synchronous generator driven by the induction motor, a B6 rectifier and a boost chopper circuit are utilized to maintain constant intermediate DC voltage. The average power is converted entirely by the PWM converter, consists of B6 voltage-source inverters, to convert the power from the dc bus to the utility grid [1]-[3].

II. PROPOSED PWM CONVERTER SCHEME

The block diagram of voltage control the current topology for wind turbine shows in Fig. 1. This block diagrams consist of a three-phase bridge rectifier, two-capacitors connected cross dc-bus and a voltage source converter. The active and reactive power can be controlled by controlling the magnetude current of voltage source inverter, and ac line grid side is connected with the 3-phase reactors.

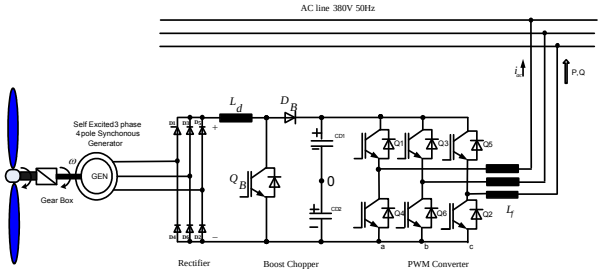


Fig. 1: Schematic of proposed PWM converter for wind turbine.

III. PWM VOLTAGE SOURCE CONVERTER

The PWM converter and current control technique as shown in Fig. 2, the simplified equivalent circuit of a grid-connected 2L-VSC ac supply is connected with three reactors(L_f) for inject current to cancel the harmonic component current. The dc-link voltage (V_{dc}) must be regulated and the capacitor voltage (E) must be balanced [4]-[6].

[a]Corresponding author. Tel.: +662-104-9099; fax: +662-104-9098.
E-mail address: satean2000@gmail.com.

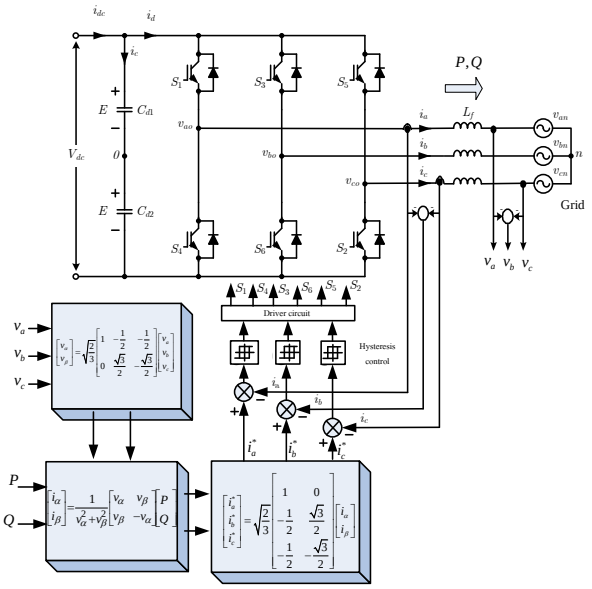


Fig. 2: Current Controlled Techniques for PWM Converter.

From fig. 2 the grid voltage can be written to equation 1

$$v_{grid} = v_{conv} + v_L \tag{1}$$

The active and reactive power flow between grid side and converter side can be written to equation 2 and 3

$$P = \frac{V_{grid}^2}{\omega L}\left(\frac{V_{conv}}{V_{grid}}\sin\delta\right) \tag{2}$$

$$Q = \frac{V_{grid}^2}{\omega L}\left(1-\frac{V_{conv}}{V_{grid}}\cos\delta\right) \tag{3}$$

Where apparent power is

$$S = vi^* = P + jQ \tag{4}$$

The instantaneous real and imaginary power is part to the instantaneous complex power defined equation 5

$$S = \left(v_\alpha i_\alpha + v_\beta i_\beta\right) + j\left(v_\beta i_\alpha + v_\alpha i_\beta\right) \tag{5}$$

From the transformation matrixes, the Clark transformation and its inverse transformation become

$$\begin{bmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}}\begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} \tag{6}$$

The instantaneous power of the $p-q$ theory

$$\begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_\alpha & v_\beta \\ -v_\beta & v_\alpha \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \tag{7}$$

In the following explanation, the $\alpha\beta$ currents will be set as functions of voltage and the real and imaginary power P and Q. This is very suitable for better explaining the physical meaning of the powers defined in the $p-q$ theory, it is possible to write

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \frac{1}{v_\alpha^2 + v_\beta^2}\begin{bmatrix} v_\alpha & v_\beta \\ v_\beta & -v_\alpha \end{bmatrix}\begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} \tag{8}$$

The inverse Clark transformation can be decomposed into the sum of two terms, as follows

$$\begin{bmatrix} i_a^* \\ i_b^* \\ i_c^* \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}}\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \tag{9}$$

IV. SIMULATION CURRENT CONTROLLED

Current controlled-technique for voltage-source PWM converter applied for a grid connected was simulated in the Matlab/Simulink software. The synchronous generator is rated at 1 kW, 4 poles with a 380 V, 50Hz as shown in figure 3.

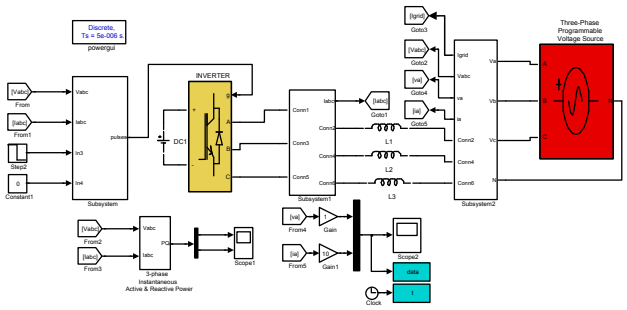


Fig. 3: Simulation of current controlled- technique for voltage-source PWM converter.

Fig.4 shows the simulated output of the supply phase voltage (v_{an}) and current (i_{as}) of the grid side converter operation at unity power factor, Q is set to zero, by the PWM converter for operation in the rectifying mode. Fig.5 also shows the voltage and the current waveforms of the PWM converter operating in the inverting mode. As can be seen from Fig.6, the dynamic response of the converter to a step changed in active power reference control with active power flowing from the supply in to the dc-link, rectifying mode. The setting of active power reference is stepped from -1000 watt to +1000 watt, it can be seen that the phase current of VSC can operate under the rectifying mode and inverting mode condition.

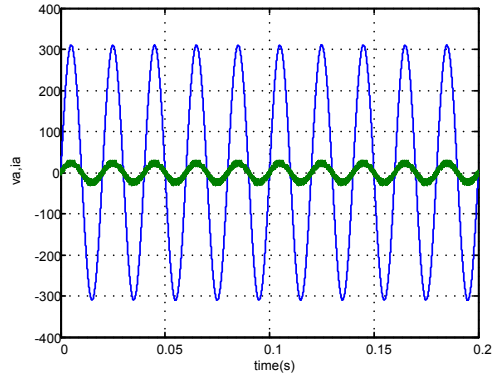


Fig. 4: Voltage and current waveforms, with the grid side converter working as a rectifying mode.

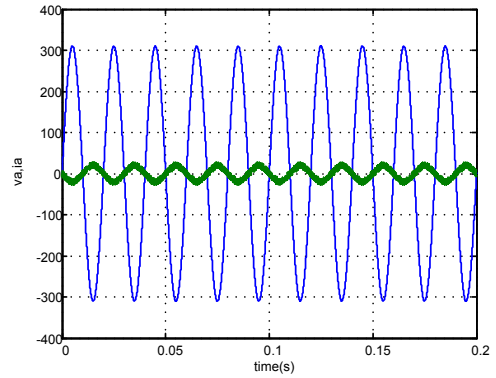


Fig. 5: Voltage and current waveforms, with the grid side converter working as a inverting mode.

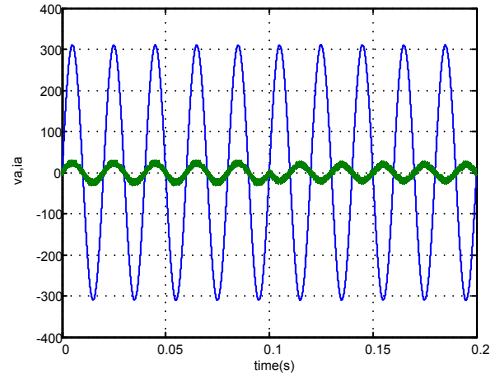


Fig. 6: Dynamic response of voltage and current operate under the rectifying mode and inverting mode condition.

V. EXPERIMENTAL SETUP

The experimental setup as shown in Fig. 7, mainly consists of a dSPACE DS1104 DSP controller board, a Pentium IV 1.5 GHz PC with Windows XP, a PWM converters, 3-phase reactors connected and a four-pole synchronous generator is given a three phase generator which has the detail as follows: 1 kW, 380 V, 3 A. A 3600 pulse/rev incremental encoder for rotor speed of generator measurement is used. The DS1104 board is installed in Pentium IV PC. The control program is written in Simulink environment combined with the real-time interface of the DS1104 board. The main ingredient of the software used in the laboratory experiment is based on Matlab/Simulink programs. The control law is designed in simulink and executed in real time using the dSPACE DS1104 DSP board. Once the controller has been built in Simulink block-set, machine codes are achieved that runs on the DS1104'TMS320 F240 DSP processor. While the experimental is running, the dSPACE DS1104 provides a mechanism that allows the user to change parameter online. Thus, it is possible for the user to view the real process while the experiment is in progress. A dSPACE connector panel (CP1104) provides easy access to all input and output signals of the DS1104 board. The current control of the PWM voltage source converters is controlled by the hysteresis current which is suitable for the desired control range [7].

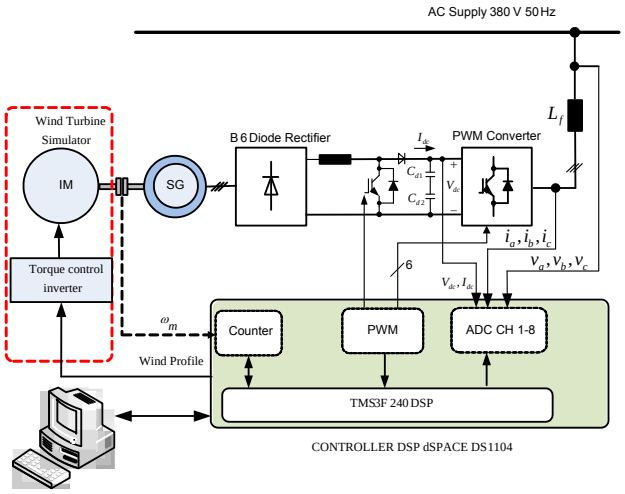


Fig. 7: Experimental Setup.

VI. OVERALL SYSTEM PERFORMANCE AND DISCUSSIONS

The experimental performance results of the proposed drive are illustrated in case of:

Voltage and current waveforms

Voltage, current and power waveforms at various points of the system for the proposed power output of inverter at Vdc 400 V and 600 V from boost chopper circuit respectively. These waveforms were recorded by the dSPACE Controldesk software to save the data to work space of Matlab/Simulink program. Supply phase voltage and grid current waveforms of PWM converter is measured by LEM sensors where the ratio of a voltage sensor is 100V/DIV and a current sensor is 1A/DIV respectively.

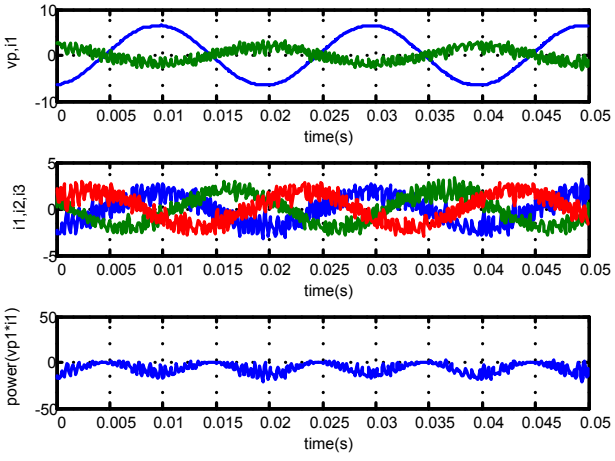


Fig. 8. Phase voltage, line current and instantaneous power waveforms at Vdc 400 V.

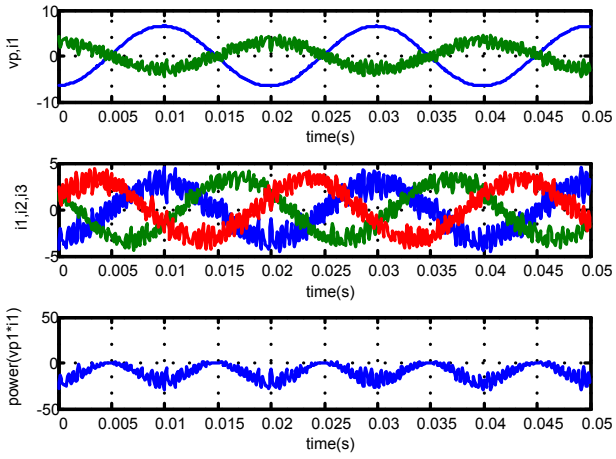
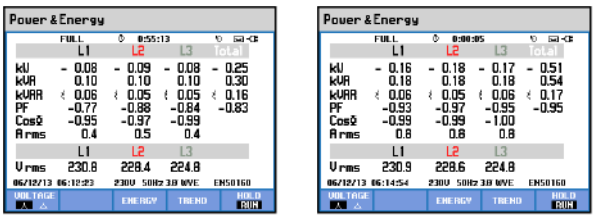


Fig. 9: Phase voltage, line current and instantaneous power waveforms at Vdc 600 V.

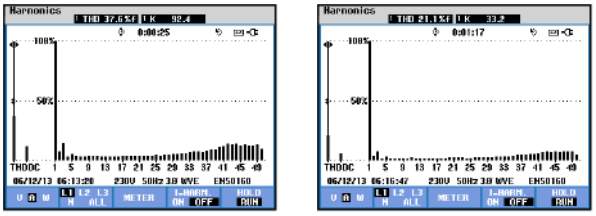
Power quality of output inverter to Grid

Such as total power, total harmonic distortion the current of inverter to grid (THDi) and power factor (PF); total power of inverter output where supply to grid were measured using digital power quality analyzer FLUKE 434 at power output of induction generator to grid at speed of the generator at the range 750 o 1500 rpm respectively via the DC voltage are boost up 400 to 700 V.



(a) (b)

Fig. 10: Power output of PWM converter to grid at Vdc (a) 400 V, (b) 600 V.



(a) (b)

Fig. 11: Total harmonic line current of six-pulse converter to grid at Vdc (a) 400 V, (b) 600 V.

Table 1. Power output of PWM converter to grid.

Vdc (V)	P (watt)	Q (VAR)	S (VA)	igrid (A)	THDi (%)	PF
400	250	160	300	0.4	37.6	0.83
500	360	165	420	0.7	25.2	0.92
600	510	170	540	1.0	21.1	0.95
700	720	210	750	1.1	15.2	0.96

VII. CONCLUSIONS

In this paper, a synchronous generator for wind turbine applications can be applied with the grid connected PWM voltage source converter using current control technique. For the experimental results testing, 1 kW synchronous generator can be increate voltage by current of field excited and boost chopper in DC link. The wind simulator of system can be simulated the velocity of wind turbine by using change the speed of motor driver. The wind energy conversion system an synchronous generator converts the mechanical energy into electrical energy which is converted entirely by A B6 rectifier and a boost chopper circuit then it path through grid connected by PWM voltage source converter. As it has been discussed, the PWM voltage converters were the simplest control.

ACKNOWLEDGMENT

The work presented in this paper has been supported financially by the Thailand Research Fund, Office of the Higher Education Commission and Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

REFERENCES

[1] George Mcpherson and Robert D. Laramore. 1990. An Introduction to Electrical Machines and Transformers. Singapore: John wiley & sons, Inc.

[2] Eduard Muljadi, Jesus Sallan, Mariano Sanz and Charles P. Butterfield. (2000). Investigation of Self-Excited Induction generators for Wind Turbine Applications. National Renewable Energy laboratory, 1617 Cole Boulevard Golden, Colorado 80401-3393.

[3] Seung-Ho Song, Shin-il Kang and Nyeon-Kun Hahm, "Implementation and Control of Grid Connected AC-DC-AC Power Converter for Variable Speed Wind Energy Conversion System" 0-7803-7768-0/03/$17.00(C)2003 IEEE pp.154-158.

[4] C. Picardi and D. Sgro. "Grid-Connected Inverter Power Flow Control Based on a New Modeling Approach of Electrical Signal" IEEE International Conference. PP 585-590, 2009.

[5] H.Akagi, E. H. Watanabe and M. Aredes, "Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning" IEEE Press, John Wiley & Sons, 2007.

[6] M. P. Kazmierkowski and L. Malesani, "Current Control Techniques for Three-Phase Voltage-Source PWM Converters: A Survey" IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 45, No. 5, 1998.

[7] University of Minnesota, Introduction getting started with dSPACE, DSP based laboratory of electric drives.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบปรับความสมดุลพลังงานแบตเตอรี่แบบอนุกรมโดยใช้วงจรแปลงผันชนิดฟอร์เวิร์ด

Charge Equalization System for Serially Connected Battery String using Forward Converter Topology

ชาญยุทธ์ กาญจนพิบูลย์[1] และ กมล จิรเสรีอมรกุล[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาน่าน

59 หมู่ 13 ตำบลฝายแก้ว อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000 โทรศัพท์ 054-711-601

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

E-mail: chanyut@rmutl.ac.th[1]

บทคัดย่อ

แบตเตอรี่อนุกรมเป็นแหล่งพลังงานหลักที่สำคัญของพาหนะไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ เมื่อนำแบตเตอรี่อนุกรมไปใช้งานจะพบปัญหาความไม่สมดุลของระดับพลังงานในแบตเตอรี่ขึ้น โดยแบตเตอรี่บางลูกจะได้รับการอัดประจุเกิน และแบตเตอรี่บางลูกได้รับการอัดประจุไม่เพียงพอส่งผลให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง บทความนี้เสนอระบบปรับความสมดุลพลังงานแบตเตอรี่แบบอนุกรมโดยใช้วงจรแปลงผันชนิดฟอร์เวิร์ด ในการแก้ไขปัญหาความไม่สมดุลระดับพลังงานในแบตเตอรี่อนุกรม ผลการจำลองการทำงานสามารถยืนยันความสามารถในการปรับความสมดุลระดับพลังงานในแบตเตอรี่อนุกรมได้เป็นอย่างดี

Abstract

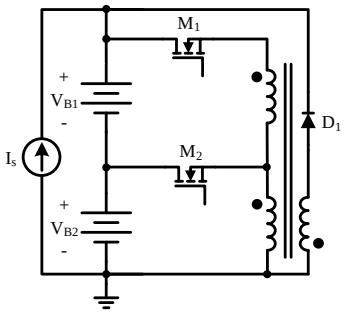
Serially connected battery string is a main power source for many electric vehicles. Main problem of this battery string is unbalance energy. Some battery unit was overcharge while another was under charge. This unbalance energy will decrease a battery service lifetime. The aim of this article is to propose Charge Equalization System for Serially Connected Battery String using Forward Converter Topology for correct this battery unbalanced energy problem. The simulation results can verify the validity of this proposed system.

***Keywords*:** charge equalizing system, forward converter topology, electric vehicle, unbalanced energy

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้พาหนะไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย โดยแหล่งพลังงานที่สำคัญของพาหนะไฟฟ้าเหล่านี้คือแบตเตอรี่ซึ่งถูกต่อแบบอนุกรม ในการใช้แบตเตอรี่แบบอนุกรมในสภาวะการใช้งานปกตินั้นจะเกิดปัญหาความไม่สมดุลของระดับพลังงานในแบตเตอรี่ขึ้น ซึ่งความไม่สมดุลของระดับพลังงานในแบตเตอรี่แบบอนุกรมนี้ เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่แบบอนุกรมลดลง โดยแบตเตอรี่บางลูกอาจได้รับการอัดประจุเกิน (overcharge) แต่บางลูกได้รับการอัดประจุไม่เพียงพอ (undercharge) การช่วยให้แบตเตอรี่อนุกรมทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องใช้ระบบปรับความสมดุลในแบตเตอรี่มาทำหน้าที่ปรับระดับพลังงานของแบตเตอรี่ให้มีค่าใกล้เคียงกัน จึงมีงานวิจัยที่มุ่งศึกษาแนวทางการปรับความสมดุลระดับพลังงานในแบตเตอรี่

งานวิจัย [1, 2] ได้ออกแบบระบบปรับความสมดุลพลังงานในแบตเตอรี่แบบอนุกรมโดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่มีความซับซ้อนสูง เพื่อลดความยุ่งยากดังกล่าว บทความฉบับนี้จึงเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยการประยุกต์ใช้งานวงจรแปลงผันชนิดฟอร์เวิร์ด ในการช่วยปรับความสมดุลระดับพลังงานในแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนในการเปลี่ยนชุดแบตเตอรี่แบบอนุกรมลง โดยโครงสร้างระบบแปลงผันชนิดฟอร์เวิร์ดสำหรับระบบปรับความสมดุลระดับพลังงานในแบตเตอรี่ที่นำเสนอนี้ แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งมีส่วนประกอบหลักได้แก่ สวิตช์จำนวน 3 ตัว (M_1, M_2 และ D_1) และหม้อแปลงจำนวน 1 ตัว (อัตราส่วนการพันขดลวด 1:1:1)



รูปที่ 1. โครงสร้างระบบปรับความสมดุลพลังงานแบตเตอรี่แบบอนุกรมโดยใช้วงจรแปลงผันชนิดฟอร์เวิร์ด

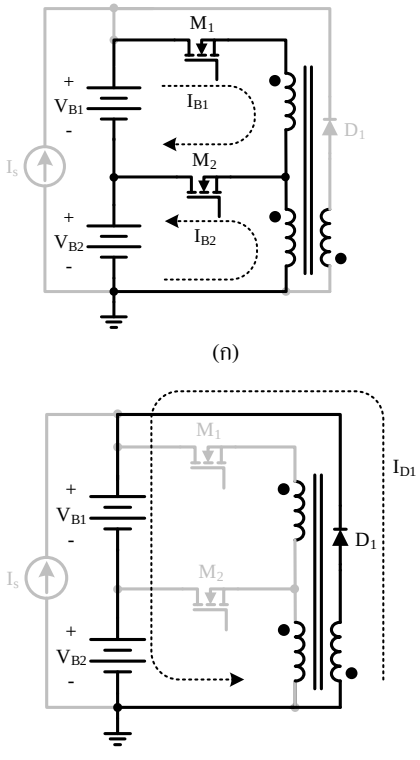
2. พื้นฐานการทำงานของวงจร

จากโครงสร้างระบบแปลงผันชนิดฟอร์เวิร์ดสำหรับระบบปรับความสมดุลระดับพลังงานในแบตเตอรี่ในรูปที่ 1 สามารถแบ่งโหมดการทำงานที่สำคัญออกได้ 3 โหมด ได้แก่

- โหมดการทำงานที่ 1 แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (V_{B1}) มีค่าสูงกว่าแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 (V_{B2})
- โหมดการทำงานที่ 2 แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (V_{B1}) มีค่าต่ำกว่าแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 (V_{B2})
- โหมดการทำงานที่ 3 แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (V_{B1}) มีค่าเท่ากันกับแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 (V_{B2})

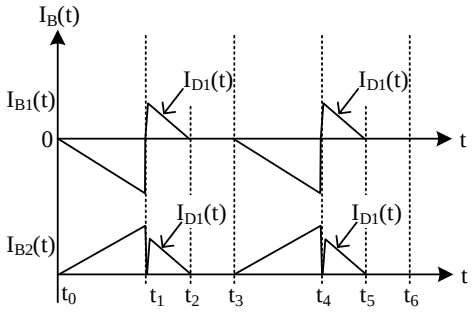
ในการอธิบายโหมดการทำงาน กำหนดให้กระแสที่ใช้ในการอัดประจุมีค่าเท่ากับศูนย์

โหมดการทำงานที่ 1 แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (V_{B1}) มีค่าสูงกว่าแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 (V_{B2}) สามารถแบ่งช่วงการทำงานออกได้เป็น 3 ช่วงเวลา ดังนี้ ช่วงเวลาที่ 1 ระหว่าง t_0-t_1 สวิตช์ M_1 และ M_2 นำกระแสพร้อมกัน (synchronous) กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 มีค่าเป็นลบ กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 มีค่าเป็นบวก แสดงถึงการถ่ายเทพลังงานจากแบตเตอรี่ลูกที่ 1 มายังแบตเตอรี่ลูกที่ 2 ผ่านทางหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งในช่วงท้ายของการทำงานนี้ จะมีพลังงานบางส่วนถูกเก็บสะสมอยู่ในหม้อแปลง ช่วงเวลาที่ 2 ระหว่าง t_1-t_2 สวิตช์ M_1 และ M_2 หยุดนำกระแส พลังงานที่สะสมอยู่ในหม้อแปลงจะเปลี่ยนเป็นกระแส $I_{D1}(t)$ ไหลกลับไปยังบัสหลัก โดยผ่านไดโอด D_1 เพื่อจ่ายกระแสให้กับแบตเตอรี่ลูกที่ 1 และแบตเตอรี่ลูกที่ 2 ตามลำดับ ช่วงเวลาที่ 3 ระหว่าง t_2-t_3 กระแสของอุปกรณ์ทุกตัวหยุดไหล ทิศทางการไหลของกระแสแบตเตอรี่และไดโอดแสดงในรูปที่ 2(ก) และ 2(ข) รูปคลื่นกระแสของแบตเตอรี่และไดโอดแสดงในรูปที่ 3



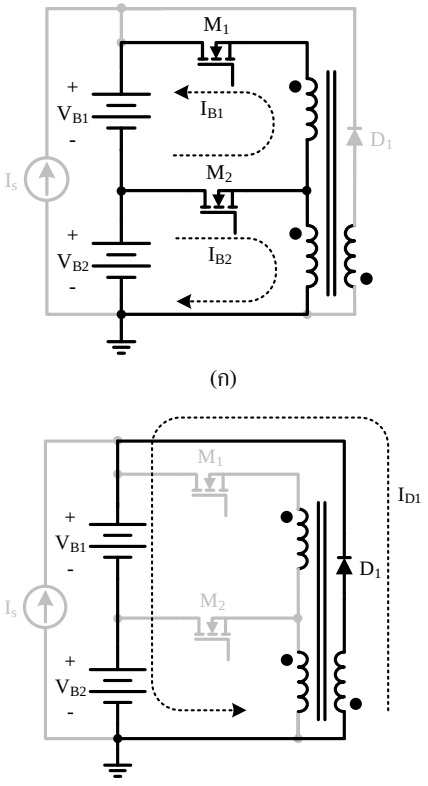
รูปที่ 2. ทิศทางการไหลของกระแสแบตเตอรี่และไดโอดของโหมดการทำงานที่ 1

โหมดการทำงานที่ 2 แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (V_{B1}) มีค่าต่ำกว่าแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 (V_{B2}) สามารถแบ่งช่วงการทำงานออกได้เป็น 3 ช่วงเวลา ดังนี้ ช่วงเวลาที่ 1 ระหว่าง t_0-t_1 สวิตช์ M_1 และ M_2 นำกระแสพร้อมกัน (synchronous) กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 มีค่าเป็นบวก กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 มีค่าเป็นลบ แสดงถึงการถ่ายเทพลังงานจากแบตเตอรี่ลูกที่ 2 มายังแบตเตอรี่ลูกที่ 1 ผ่านทางหม้อแปลงไฟฟ้า



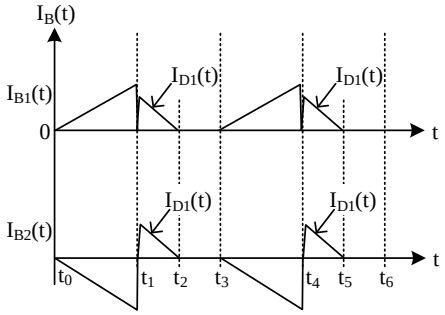
รูปที่ 3. รูปคลื่นกระแสของแบตเตอรี่และไดโอดของโหมดการทำงานที่ 1

ซึ่งในช่วงท้ายของการทำงานนี้ จะมีพลังงานบางส่วนถูกเก็บสะสมอยู่ในหม้อแปลง ช่วงเวลาที่ 2 ระหว่าง t_1-t_2 สวิตช์ M_1 และ M_2 หยุดนำกระแสพลังงานที่สะสมอยู่ในหม้อแปลงจะเปลี่ยนเป็นกระแส $I_{D1}(t)$ ไหลกลับไปยังบัสหลัก โดยผ่านไดโอด D_1 เพื่อจ่ายกระแสให้กับแบตเตอรี่ลูกที่ 1 และแบตเตอรี่ลูกที่ 2 ตามลำดับ ช่วงเวลาที่ 3 ระหว่าง t_2-t_3 กระแสของอุปกรณ์ทุกตัวหยุดไหล ทิศทางการไหลของกระแสแบตเตอรี่และไดโอดแสดงในรูปที่ 4(ก) และ 4(ข) รูปคลื่นกระแสของแบตเตอรี่และไดโอดแสดงในรูปที่ 5



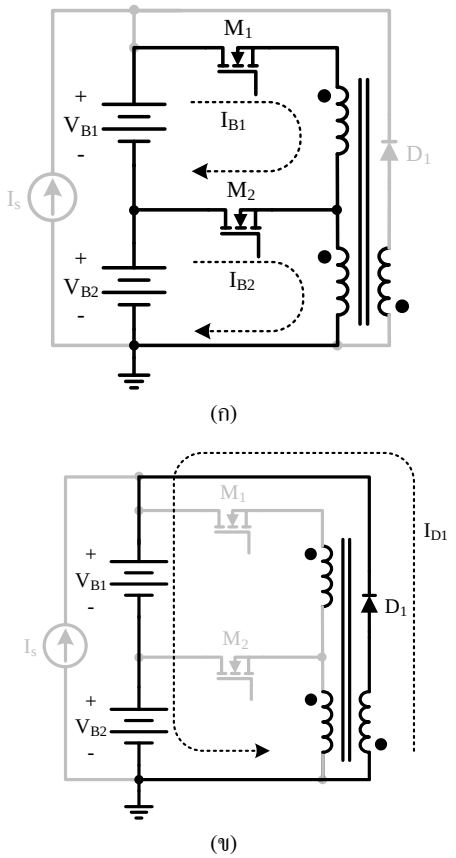
รูปที่ 4. ทิศทางการไหลของกระแสแบตเตอรี่และไดโอดของโหมดการทำงานที่ 2

โหมดการทำงานที่ 3 แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (V_{B1}) มีค่าเท่ากับแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 (V_{B2}) สามารถแบ่งช่วงการทำงานออกได้เป็น 3 ช่วงเวลา

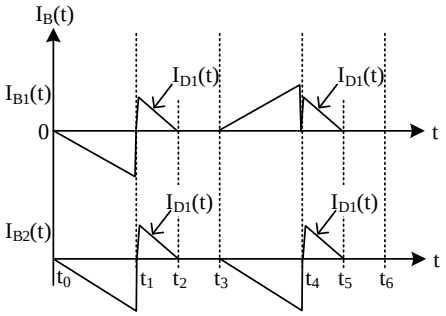


รูปที่ 5. รูปคลื่นกระแสของแบตเตอรี่และไดโอดของโหมดการทำงานที่ 2

ช่วงเวลาที่ 1 ระหว่าง t_0-t_1 สวิตช์ M_1 และ M_2 นำกระแสพร้อมกัน (synchronous)กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 มีค่าเป็นลบ กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 มีค่าเป็นลบ แสดงถึงการถ่ายทอดพลังงานจากแบตเตอรี่ลูกที่ 1 และแบตเตอรี่ลูกที่ 2 เข้ามาเก็บสะสมที่หม้อแปลงไฟฟ้า ช่วงเวลาที่ 2 ระหว่าง t_1-t_2 สวิตช์ M_1 และ M_2 หยุดนำกระแส พลังงานที่สะสมอยู่ในหม้อแปลงจะเปลี่ยนเป็นกระแส $I_{D1}(t)$ ไหลกลับไปยังบัสหลักผ่านไดโอด D_1 เพื่อจ่ายกระแสให้กับแบตเตอรี่ลูกที่ 1 และแบตเตอรี่ลูกที่ 2 ตามลำดับ ช่วงเวลาที่ 3 ระหว่าง t_2-t_3 กระแสของอุปกรณ์ทุกตัวหยุดไหล ทิศทางการไหลของกระแสแบตเตอรี่และไดโอดแสดงในรูปที่ 6(ก) และ 6(ข) รูปคลื่นกระแสของแบตเตอรี่และไดโอดแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6. ทิศทางการไหลของกระแสแบตเตอรี่และไดโอดของโหมดการทำงานที่ 3



รูปที่ 7. รูปคลื่นกระแสของแบตเตอรี่และไดโอดของโหมดการทำงานที่ 3

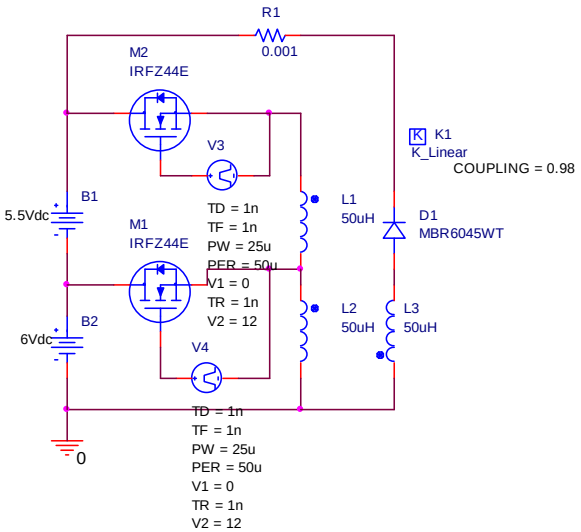
3. ผลการจำลองการทำงาน

ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการจำลองการทำงานโดยคอมพิวเตอร์เพื่อดูผลลัพธ์การถ่ายทอดพลังงานของระบบปรับความสมดุลพลังงานแบตเตอรี่แบบอนุกรมโดยใช้วงจรแปลงผันชนิดฟอร์เวิร์ด แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการจำลองการทำงานโดยคอมพิวเตอร์

รายการ	ค่า
จำนวนแบตเตอรี่	2 ลูก
แรงดันแบตเตอรี่	6 โวลต์
สวิตช์ M_1 และ M_2	IRFZ44
ความถี่การทำงาน	20 kHz
ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดหม้อแปลง	50 µH

วงจรที่ใช้ในการจำลองการทำงานโดยคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 8

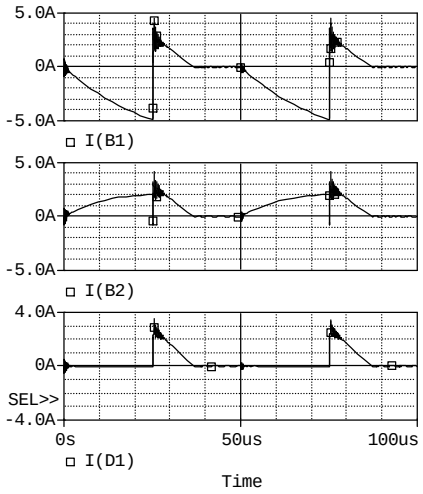


รูปที่ 8. วงจรที่ใช้ในการจำลองการทำงานโดยคอมพิวเตอร์

ในการจำลองการทำงานโดยคอมพิวเตอร์ สามารถกำหนดเงื่อนไขการจำลองการทำงานออกได้เป็น 3 รูปแบบได้แก่

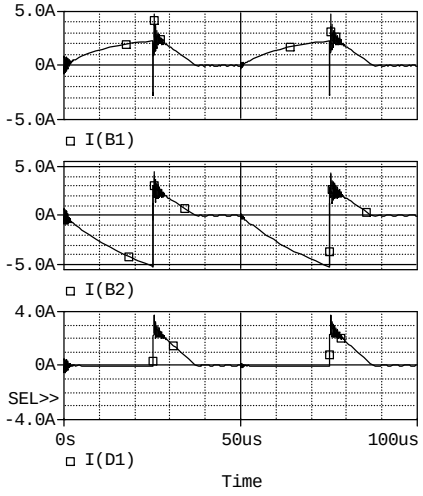
เงื่อนไขการทำงานที่ 1 แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (V_{B1}) มีค่าสูงกว่าแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 (V_{B2}) แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 กำหนดให้

มีค่าเท่ากับ 6.0 โวลต์ แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5.5 โวลต์ ผลการจำลองการทำงาน กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 และกระแสของไดโอด แสดงในรูปที่ 9



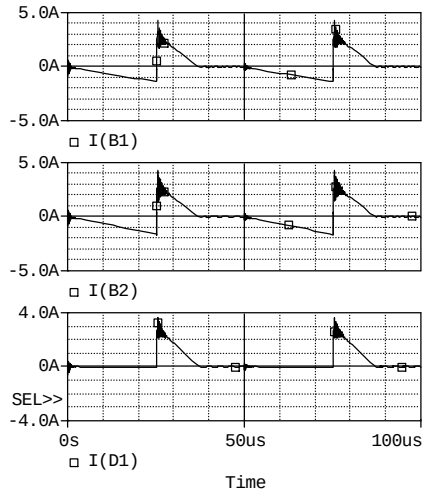
รูปที่ 9. รูปคลื่นกระแสของแบตเตอรี่และไดโอดขณะทำงานในเงื่อนไขการทำงานที่ 1

เงื่อนไขการทำงานที่ 2 แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (V_{B1}) มีค่าต่ำกว่าแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 (V_{B2}) แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5.5 โวลต์ แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 6.0 โวลต์ ผลการจำลองการทำงาน กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 และกระแสของไดโอด แสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10. รูปคลื่นกระแสของแบตเตอรี่และไดโอดขณะทำงานในเงื่อนไขการทำงานที่ 2

เงื่อนไขการทำงานที่ 3 แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (V_{B1}) มีค่าเท่ากันกับแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 (V_{B2}) แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 6.0 โวลต์ แรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 6.0 โวลต์ ผลการจำลองการทำงาน กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 กระแสของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 และกระแสของไดโอด แสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11. รูปคลื่นกระแสของแบตเตอรี่และไดโอดขณะทำงานในเงื่อนไขการทำงานที่ 3

4. สรุป

การประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาความไม่สมดุลของระดับพลังงานในแบตเตอรี่เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่อนุกรมให้ยาวนานขึ้น ข้อดีของระบบปรับความสมดุลแบตเตอรี่ที่นำเสนอนี้คือวงจรมีความซับซ้อนน้อย แต่อย่างไรก็ตามบทความนี้ได้เสนอเพียงการจำลองการทำงานบนคอมพิวเตอร์เท่านั้น ควรมีการสร้างวงจรต้นแบบของระบบปรับความสมดุลพลังงานแบตเตอรี่แบบอนุกรมโดยใช้วงจรแปลงผันชนิดฟอร์เวิร์ดเพื่อยืนยันความสามารถในการทำงานในขั้นตอนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Uno and K. Tanaka, “Single-switch Single-Inductor Equalization Charger Using a Voltage Multiplier for Series Connected Energy Storage Module,” IEEE-ECCE, 2011, pp. 761-767.

[2] M. Uno and K. Tanaka, “Single-switch Cell Voltage Equalizer Using Multi-stacked Buck-Boost Converters Operating in Discontinuous Conduction Mode for Series-Connected Energy Storage Cells,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 60, No. 8, 2011, pp. 3635-3645.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์โหมดแรงดันที่ควบคุมได้แบบอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ DDCCTA

Design of Electronically Controlled Voltage-mode Quadrature Sinusoidal Oscillator Employing DDCCTA

ชูธง สัมมัตตะ[1], สุริยา อดิเรก[2], เกรียงไกร สุยะ[3] และ วินัย ใจกล้า[4]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

[2]สาขาวิชาไฟฟ้าสื่อสาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ เมือง นครสวรรค์

[3]แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ เมือง เชียงใหม่

[4]สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ

E-mail: chuthong@hotmail.com[1], suriya.a@nsru.ac.th[2], kriangkrai.ok@gmail.com[3], kawinai@kmitl.ac.th[4]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์ที่ให้สัญญาณเอาต์พุตในโหมดแรงดัน โครงสร้างของวงจรไม่ซับซ้อนประกอบไปด้วยอุปกรณ์แอกทีฟที่มีชื่อว่า DDCCTA จำนวนหนึ่งวงจร ตัวต้านทานอิเล็กทรอนิกส์ (สร้างมาจาก NMOS สองตัว) จำนวนหนึ่งตัวและตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวนด์อีกสองตัว นอกจากนี้แล้วค่าความถี่และเงื่อนไขในการกำเนิดสัญญาณสามารถควบคุมได้แบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งง่ายต่อการควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ ผลการทดสอบวงจรด้วยโปรแกรม Pspice โดยใช้พารามิเตอร์ซีมอสเทคโนโลยี 0.25μs TSMC พบว่า ที่ความถี่ในการกำเนิดสัญญาณ 10MHz สัญญาณ V_{O1} และ V_{O2} มีความผิดเพี้ยนฮามอร์นิกส์รวมประมาณ 0.643% และ 0.489% ตามลำดับ วงจรมีการดึงกำลังงาน 3.1mW ที่แหล่งจ่ายแรงดัน ±1.25V ด้วยโครงสร้างวงจรที่ไม่ซับซ้อนจึงเหมาะที่จะนำวงจรที่นำเสนอไปสร้างเป็นวงจรรวมเพื่อใช้ในระบบสื่อสารที่มีแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่าย

Abstract

This paper presents simple voltage-mode quadrature sinusoidal oscillator. The proposed oscillator consists of one differential difference current conveyor transconductance amplifier (DDCCTA), one electronic resistor (constructing from two NMOS transistors), and two grounded capacitors. The frequency of oscillation (FO) and condition of oscillation (CO) can be electronically tuned via external bias current which is easily controlled by microcontroller. The Pspice simulation results using parameters of 0.25μs TSMC CMOS technology are included and found that with 10MHz frequency of oscillation, the total harmonic distortions (THDs) for V_{O1} and V_{O2} are about 0.643% and 0.489%, resepectively. The power consumption is nearly 3.1mW at ±1.25V power supply voltages. With simple construction, the proposed oscillator is convenient to develop in monolithic chip.

***Keywords*:** oscillator, sine wave, DDCCTA, integrated circuit, CMOS

1. บทนำ

สัญญาณไซน์เป็นสัญญาณที่มีความสำคัญมากในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รวมไปถึงระบบสื่อสาร ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังหรือระบบเครื่องมือแพทย์ แม้แต่ในห้องทดลองทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ก็จะใช้สัญญาณไซน์เป็นสัญญาณอ้างอิงในการทดสอบระบบ ซึ่งวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณไซน์ได้แก่วงจรกำเนิดสัญญาณหรือวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแล้วสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์หรือสัญญาณไซน์สองสัญญาณที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา มีความจำเป็นอย่างมากต่อระบบสื่อสารที่ต้องใช้สัญญาณควอเดรเจอร์ในการมอดูเลต เช่น SSB QAM เป็นต้น [1]

การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์โดยใช้อุปกรณ์แอกทีฟสำเร็จรูป (Active building block: ABB) ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก [2-5] เนื่องเมื่อใช้ ABB ในการออกแบบวงจรจะใช้อุปกรณ์พาสซีฟร่วมด้วยจำนวนน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ ABB ที่สามารถควบคุมการทำงานแบบอิเล็กทรอนิกส์ได้ (ใช้กระแสหรือแรงดันควบคุมการทำงาน) มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในวงจรที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรเลอร์ เมื่อเร็วๆ นี้ได้มีผู้นำเสนออุปกรณ์ ABB แบบใหม่ที่มีชื่อว่า differential difference current conveyor transconductance amplifier (DDCCTA) [6] โดยอุปกรณ์ DDCCTA เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่น่าสนใจสำหรับออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่เนื่องจากสามารถควบคุมค่าความนำถ่ายโอน (Transconductance :g_m) ด้วยกระแส แต่การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าส่วนมาก DDCCTA จะถูกนำไปออกแบบวงจรกรองความถี่ในโหมดแรงดันเท่านั้น [6--9]

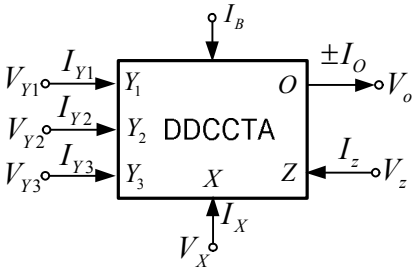
จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาข้างต้นในบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์ในโหมดแรงดันโดยใช้ DDCCTA เป็นอุปกรณ์หลักจำนวนหนึ่งตัว ต่อร่วมกับตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวนด์อีกสองตัวและตัวต้านทานอิเล็กทรอนิกส์อีกหนึ่งตัว โดยเงื่อนไขและความถี่ในการกำเนิดสัญญาณสามารถควบคุมได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์

2. การออกแบบและวิเคราะห์วงจร

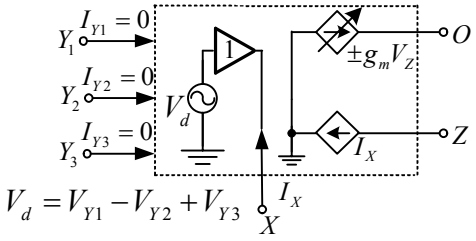
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์โดยเน้นที่จะใช้อุปกรณ์ในวงจรให้น้อยที่สุด พร้อมทั้งจะแสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติของวงจรที่ออกแบบด้วย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 คุณสมบัติของอุปกรณ์ DDCCTA

DDCCTA เป็นอุปกรณ์แอกทีฟที่มีขั้วใช้งานจำนวน 7 ขั้ว ในจำนวน 7 ขั้วของ DDCCTA สามารถแบ่งออกได้เป็นสามกลุ่มคือ ขั้วอินพุต 3 ขั้ว ขั้วเอาต์พุต 3 ขั้วและขั้วกระแสควบคุม 1 ขั้ว โดยสัญลักษณ์และวงจรสมมูลของ DDCCTA แสดงได้ดังรูปที่ 1 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



(ก)



(ข)

รูปที่ 1. DDCCTA (ก) สัญลักษณ์ (ข) วงจรเทียบเคียง

จากสัญลักษณ์ในรูปที่ 1 (ก) ขั้วอินพุต Y_1, Y_2 และ Y_3 จะมีความต้านทานสูงมาก ซึ่งเป็นขั้วที่เหมาะสำหรับเอาไว้รับอินพุตที่เป็นแรงดัน ส่วนที่ขั้ว X จะเป็นผลต่างของแรงดัน V_{Y1}-V_{Y2}+V_{Y3} ส่วนขั้วกระแสเอาต์พุตได้แก่ขั้ว z และขั้ว o และขั้วกระแสควบคุมได้แก่ขั้ว I_B ซึ่งจะใช้ควบคุมความนำถ่ายโอน ที่ขั้ว O ซึ่งสามารถดูได้ในวงจรสมมูลในรูปที่ 1 (ข) ส่วนกระแสที่ขั้ว Z จะเท่ากับกระแสที่ไหลเข้าที่ขั้ว X โดยทิศทางของ I_X จะมีทิศทางเดียวกันกับ I_Z และกระแสที่ขั้ว O จะเป็นการส่งผ่านความนำถ่ายโอนมาจากแรงดันที่ขั้ว Z ดังนั้นที่ขั้ว Z จะมีแรงดันได้จะต้องนำโหลดจากภายนอกมาต่อ ส่วนเครื่องหมาย $\pm$ จะเป็นตัวบอกทิศทางของกระแสที่ขั้ว O โดยปกติจะมีทิศทางไหลออกจากขั้ว O ซึ่งจะแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือโดยทั่วไปมักจะไม่ใส่เครื่องหมาย แต่ถ้ากระแสที่ขั้ว O มีทิศทางไหลเข้าจะแทนด้วยเครื่องหมายลบ (มักจะเขียนเครื่องหมายลบไว้หน้าตัวอักษร O เช่น –O) และในทางอุดมคติความต้านทานที่ขั้ว Z และขั้ว X จะมีค่าเป็นอนันต์ จากคุณสมบัติที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถแสดงด้วยสมการในเชิงเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{pmatrix} I_{Y1} \\ I_{Y2} \\ I_{Y3} \\ V_X \\ I_Z \\ I_O \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \pm g_m & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_X \\ V_{Y1} \\ V_{Y2} \\ V_{Y3} \\ V_Z \\ V_O \end{pmatrix} \quad (1)$$

ในกรณีที่ DDCCTA มีโครงสร้างที่เป็น CMOS ค่า g_m สามารถแสดงได้ดังนี้

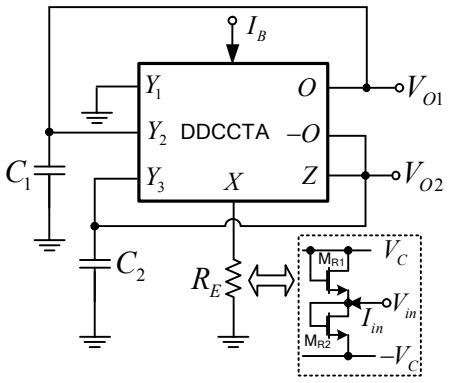
$$g_m = \sqrt{\mu_n C_{OX} (W/L) I_B} \quad (2)$$

นอกจากนี้แล้วเพื่อให้ DDCCTA มีความหลากหลายในการนำไปใช้งานบางครั้งขั้ว O สามารถทำให้มีหลายขั้วได้โดยการเพิ่มวงจรสะท้อนกระแสเข้าไปเพื่อให้ได้ขั้ว O หลายขั้ว

2.2 วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ที่นำเสนอ

วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์ที่นำเสนอประกอบไปด้วย DDCCTA จำนวนหนึ่งวงจร ตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวนด์สองตัวและตัวต้านทานอิเล็กทรอนิกส์ (R_E) ที่สร้างจากมอสอีกหนึ่งตัว ซึ่งค่าความต้านทานสามารถแสดงได้ดังนี้ [10]

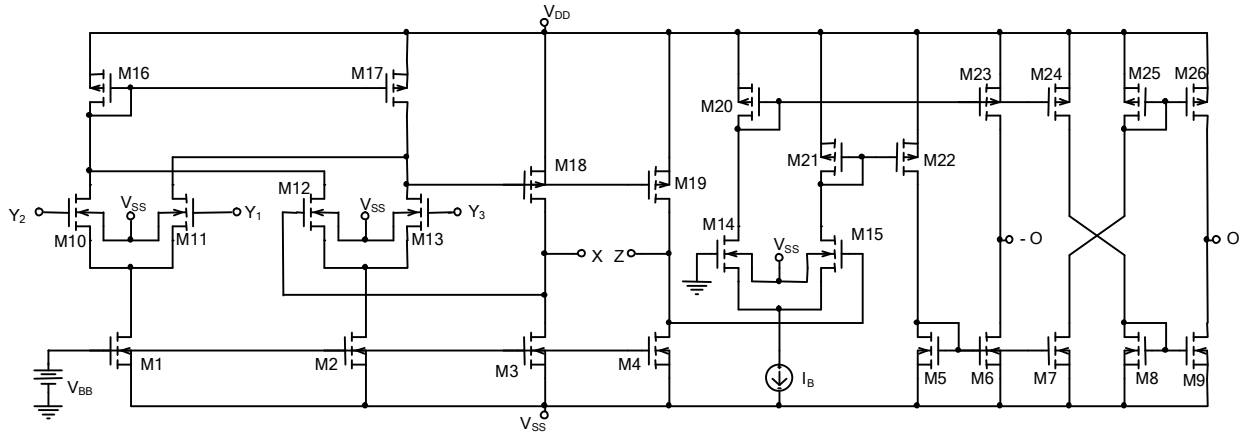
$$R_E = \frac{L}{\mu_n C_{OX} W (V_C - V_{TH})} \quad (3)$$



รูปที่ 2. วงจรกำเนิดสัญญาณที่นำเสนอ

จากวงจรจะพบว่าเมื่อวงจรเกิดการออสซิลเลตแรงดันเอาต์พุต V_{O1} และ V_{O2} จะเป็นสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์ เมื่อทำการวิเคราะห์วงจรโดยอาศัยสมการที่ (1) จะได้สมการลักษณะ (Characteristic equation) ดังนี้

$$s^2 C_1 C_2 R_E + s C_1 (g_m R_E - 1) + g_m = 0 \quad (4)$$



รูปที่ 3. โครงสร้างภายในของ DDCCTA

จากสมการที่ (4) จะได้เงื่อนไขในการกำเนิดสัญญาณ (Condition of oscillation: CO) และความถี่ในการกำเนิดสัญญาณ (Frequency of oscillation: FO) ดังนี้

$$CO: \quad g_m R_E \le 1 \tag{5}$$

และ

$$FO: \quad \omega = \sqrt{\frac{g_m}{C_1 C_2 R_E}} \tag{6}$$

แทน g_m ดังสมการที่ (2) ลงในสมการที่ (5) และ (6) จะได้

$$CO: \quad R_E \sqrt{\mu_n C_{OX} (W/L) I_B} \le 1 \tag{7}$$

และ

$$FO: \quad \omega = \sqrt{\frac{\left(\mu_n C_{OX} (W/L) I_B\right)^{\frac{1}{2}}}{C_1 C_2 R_E}} \tag{8}$$

จากสมการที่ (7) และ (8) พบว่าเงื่อนไขและความถี่ในการกำเนิดสัญญาณสามารถปรับได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนความต่างเฟสของสัญญาณเอาต์พุต V_{O1} และ V_{O2} ยืนยันได้ด้วยฟังก์ชันส่งผ่านแรงดัน (Voltage transfer function) ดังสมการที่ (9)

$$\frac{V_{O1}}{V_{O2}} = \frac{g_m}{sC_1} \tag{8}$$

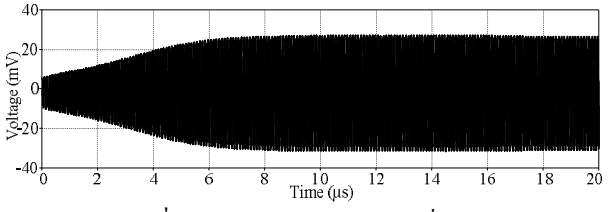
จากสมการที่ (9) พบว่าในสภาวะอยู่ตัวของสัญญาณไซน์แรงดันเอาต์พุต V_{O1} และ V_{O2} จะมีเฟสต่างกัน 90°

3. ผลการทดสอบวงจรด้วยโปรแกรม PSPICE

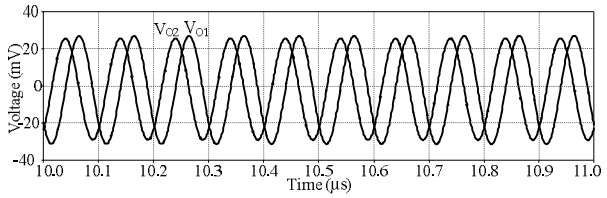
เพื่อเป็นการยืนยันสมรรถนะของวงจรกำเนิดสัญญาณที่นำเสนอ ในหัวข้อนี้จะแสดงผลการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSPICE โดยจะใช้โครงสร้างภายในของ DDCCTA เป็นมอสทรานซิสเตอร์ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3 ซึ่งพารามิเตอร์ของมอสจะใช้เทคโนโลยี TSMC 0.25μm [11] ซึ่งขนาดความกว้างต่อความยาว (W/L) ของช่องนำกระแสที่ใช้ในการจำลองการทำงานแสดงดังตารางที่ 1 วงจรใช้แหล่งจ่ายแรงดัน ±1.25V แรงดันไบอัส V_{BB}=-0.55V เมื่อต้องการออกแบบวงจรให้ได้ความถี่ในการกำเนิดสัญญาณเท่ากับ 10MHz จะได้ค่าอุปกรณ์ในวงจรดังนี้ C_1=C_2=17.5pF, I_B=73μA ส่วนความกว้างและยาวช่องนำกระแสของมอสที่นำมาสร้างตัวต้านทานอิเล็กทรอนิกส์ (M_{R1} และ M_{R2}) เท่ากับ W/L=3.8μm/0.5μm แรงดันควบคุม V_C=±1.25V ผลการจำลองในรูปที่ 4 เป็นสัญญาณในสภาวะเริ่มต้นซึ่งพบว่าสัญญาณจะเข้าสู่สภาวะอยู่ตัว (ขนาดแรงดันเอาต์พุตคงที่) หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 8μs ส่วนรูปที่ 5 เป็นสัญญาณแรงดัน V_{O1} และ V_{O2} ในสภาวะอยู่ตัวซึ่งความต่างเฟสของสัญญาณทั้งสองเท่ากับ 90° ตามที่ได้วิเคราะห์ไว้ในสมการที่ (8) รูปที่ 6 เป็นสเปกตรัมของแรงดันเอาต์พุต V_{O1} และ V_{O2} ซึ่งมีความผิดเพี้ยนทางฮามอร์นิกส์รวม (Total harmonic distortion: THD) ประมาณ 0.643% และ 0.489% ตามลำดับ ด้วยการกำหนดค่าอุปกรณ์ตามที่แสดงมาข้างต้น วงจรกำเนิดสัญญาณที่นำเสนอจะมีการดึงกำลังงานประมาณ 3.1mW

ตารางที่ 1. ขนาดความกว้างต่อความยาว (W/L) ของช่องนำกระแสในมอสทรานซิสเตอร์

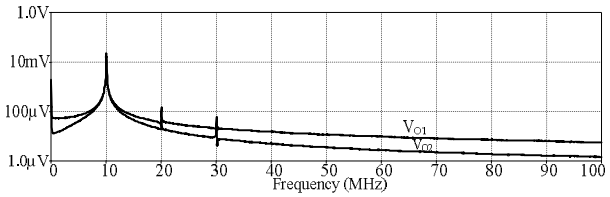
มอสทรานซิสเตอร์	W (μs)	L (μs)
M1-M9	3	0.25
M10-M13	1	0.25
M14-M19	15	0.25
M20-M26	5	0.25



รูปที่ 4. สัญญาณเอาต์พุตในสภาวะเริ่มต้น



รูปที่ 5. แรงดันเอาต์พุตในสภาวะอยู่ตัว



รูปที่ 6. สเปกตรัมของสัญญาณในรูปที่ 5

4. สรุป

บทความนี้นำเสนอวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ควอเดรเจอร์โหมดแรงดันโดยใช้ DDCCTA เป็นอุปกรณ์แอกทีฟ วงจรที่นำเสนอประกอบไปด้วย DDCCTA จำนวนหนึ่งตัว ตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวนด์สองตัว และตัวต้านทานอิเล็กทรอนิกส์อีกหนึ่งตัว ค่าเงื่อนไขและความถี่ในการกำเนิดสัญญาณสามารถควบคุมด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ อีกทั้งโครงสร้างวงจรไม่ซับซ้อน จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาเป็นวงจรรวม (Integrated circuit) เพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา (Portable devices) ที่ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายและมีการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารอ้างอิง

[1] D. Biolek, A. Lahiri, W. Jaikla, M. Siripruchayanun, J. Bajer, “Realization of electronically tunable voltage-mode/current-mode quadrature sinusoidal oscillator using ZC-CG-CDBA,” *Microelectronics Journal*, vol. 42, pp. 1116-1123, 2011.

[2] W. Tangsrirat, W. Surakampontorn, “Single-resistance-controlled quadrature oscillator and universal biquad filter using CFOAs,” *Int. J. Electron. Commun. (AEÜ)*, vol. 63, 1080-1086, 2009.

[3] A. Lahiri, W. Jaikla M. Siripruchyanun, “Voltage-mode quadrature sinusoidal oscillator with current tunable properties,” *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, vol. 65, no. 2, 321-325, 2010.

[4] W. Jaikla, M. Siripruchyanun A. Lahiri, “Resistorless dual-mode quadrature sinusoidal oscillator using a single active building block,” *Microelectronics Journal*, vol. 42, pp. 135-140, 2011.

[5] N. Herencsár, K. Vrba, J. Koton, A. Lahiri, “Realisations of single-resistance-controlled quadrature oscillators using a generalised current follower transconductance amplifier and a unity-gain voltage-follower,” *International Journal of Electronics,* vol. 97, no. 8, pp. 897-906, 2010.

[6] N. Pandey, S. K. Paul, “Differential difference current conveyor transconductance amplifier: a new analog building block for signal processing,” *Journal of Electrical and Computer Engineering*, doi:10.1155/2011/361384, 2011.

[7] W. Tangsrirat, O. Channumsin, “High-input impedance voltage-mode multifunction filter using a single DDCCTA and grounded passive elements,” *Radioengineeing*, vol. 20, pp. 905-910, 2011.

[8] O. Channumsin, W. Tangsrirat, “Single-input four-output voltage-mode universal filter using single DDCCTA,” *Microelectronics Journal*, V. 44, no. 12, pp. 1084–1091, 2013.

[9] N. Pandey, R. Pandey S.K. Paul, “Novel single input five output voltage mode universal filter based on DDCCTA,” *2012 Third International Conference on Computer and Communication Technology*, pp. 46-51, 2012.

[10] Z. Wang, “2-MOSFET transresistor with extremely low distortion for output reaching supply voltages,” *Electronics Letters*, vol. 26, pp. 951–952, 1990.

[11] P. Prommee, K. Angkeaw, M. Somdunyakanok, K. Dejhan. “CMOS-based near zero-offset multiple inputs max–min circuits and its applications,” *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, vol. 61, pp. 93–105, 2009.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดัน

Three-Phase Voltage Sag Generator Using Step-down Transformers

ยศนัย ศรีอุทัยศิริวงศ์ และ ยุทธนา ขำสุวรรณ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

E-mail: yossanai@eng.cmu.ac.th, yt@eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดัน โดยโครงสร้างการทำงานจะอาศัยหลักการทำงานของหม้อแปลงลดแรงดันและสวิตช์ไตรแอกสำหรับการสร้างแรงดันตกชั่วขณะ โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อนำเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสไปทดสอบคุณภาพกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น เพื่อยืนยันถึงสมรรถนะการทำงานของต้นแบบเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะในบทความนี้ได้แสดงผลการทดสอบจริง ซึ่งจากผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่นำเสนอนั้นสามารถสร้างแรงดันตกชั่วขณะทั้งแบบสมดุลและไม่สมดุลได้อย่างมีเสถียรภาพ

Abstract

This paper presents a three-phase voltage sag generator using step-down transformer. This voltage sag generator topology uses step-down transformer and TRIAC power switches for generated the voltage sag. The aim of this research is suitable to evaluate the susceptibility for testing linear and non-linear electrical equipment to voltage sag. The feasibility of the proposed topology is verified by the experimental results. These results are provided to good performance for both symmetrical and asymmetrical voltage sag generators.

***Keywords*:** voltage sag, voltage sag generator, step-down transformer, power quality.

1. บทนำ

ปัญหาทางด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality) ที่เกี่ยวกับการเกิดแรงดันตกชั่วขณะได้ถูกกล่าวถึงกันมากขึ้น เนื่องจากปัญหาดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพกำลังไฟฟ้าส่งผลทำให้เกิดการชำรุดหรือเสียหายได้ เช่น ระบบปรับความเร็วมอเตอร์, อุปกรณ์ควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์, และระบบควบคุมด้วยพีแอลซี เป็นต้น ตามมาตรฐาน IEEE การเกิดแรงดันตกชั่วขณะในระบบไฟฟ้ากำลังจะพิจารณาได้จากขนาดของแรงดันตกชั่วขณะมีขนาดลดลง 10-90 เปอร์เซ็นต์ ของแรงดันปกติในช่วง 0.5-30 เท่าของคาบเวลา [1]

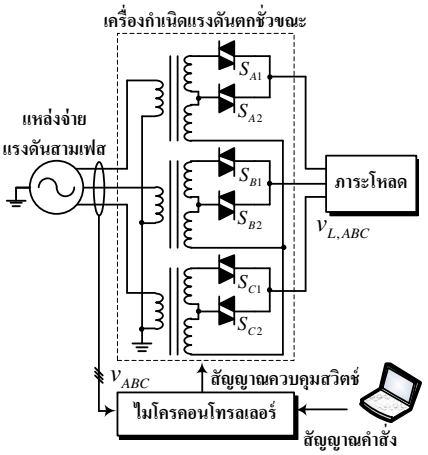
การสร้างเครื่องจำลองการเกิดแรงดันตกชั่วขณะนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้และใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า โดยทั่วไปเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด คือ 1) เครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะแบบใช้ตัวต้านทานลดแรงดัน 2) เครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะแบบใช้หม้อแปลงชนิดเปลี่ยนแทป 3) เครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะแบบใช้คอนเวอร์เตอร์กำลัง และ 4) เครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะแบบใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า [2]

ปัจจุบันมีงานวิจัยมากมายที่นำเสนอการสร้างเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะ โดยใน [3] ได้นำเสนอเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะแบบใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดซิงโครนัสขนาด 1 กิโลวัตต์ โดยระบบที่นำเสนอจะอาศัยคอนเวอร์เตอร์กำลังเพื่อควบคุมการจ่ายแรงดันให้กับขดลวดแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดซิงโครนัส เนื่องจากขดลวดแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้รับแรงดันที่ไม่คงที่ก็จะส่งผลทำให้แรงดันที่จ่ายออกมายังขดลวดสเตเตอร์มีขนาดไม่คงที่ตามไปด้วย โดยคอนเวอร์เตอร์-กำลังจะถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถสั่งการทำงานได้อย่างทันทีทันใด ซึ่งจากบทความที่นำเสนอนี้สามารถสร้างการเกิดแรงดันตกชั่วขณะได้เฉพาะแบบสมดุลเท่านั้นและแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังมีผลการตอบสนองในภาวะชั่วขณะที่ช้า นอกจากนี้อุปกรณ์ที่จะนำมาทดสอบกับเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะนั้นก็ต้องมีขนาดที่ไม่เกินขนาดพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ใน [4] นำเสนอเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะโดยใช้อินเวอร์เตอร์สามเฟสแบบสี่สายที่มีการควบคุมการสวิตช์แบบสเปซเวกเตอร์ โดยวิธีการดังกล่าวสามารถสร้างแรงดันตกชั่วขณะได้ทุกชนิดแต่อย่างไรระบบดังกล่าวยังมีโครงสร้างที่ยุ่งยากและมีราคาสูง นอกจากนี้ระบบควบคุมการสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์มีความซับซ้อนต้องอาศัยตัวประมวลผลที่มีสมรรถนะสูงในการคำนวณ อีกทั้งคลื่นแรงดันตกชั่วขณะที่ได้ออกมายังมีค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันที่สูง

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดัน โดยอาศัยอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังและการควบคุมสำหรับการจำลองการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสไปทดสอบคุณภาพกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น ซึ่งในบทความนี้จะนำเสนอโครงสร้าง, หลักการทำงาน และได้แสดงผลการทดสอบจริงเพื่อยืนยันถึงความถูกต้องและแนวคิดในหลักการที่นำเสนอ

2. โครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดัน

เครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสที่นำเสนอในบทความนี้จะเป็นเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะที่อาศัยหม้อแปลงลดแรงดัน โดยในรูปที่ 1 ได้แสดงไดอะแกรมโครงสร้างเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดันที่นำเสนอ ซึ่งโครงสร้างจะประกอบไปด้วย แหล่งจ่ายแรงดันสามเฟส, เครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะ, ตัวควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ และภาระโหลดที่ใช้ในการทดสอบ สำหรับโครงสร้างภายในของเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสโดยอาศัยหม้อแปลงลดแรงดันแบบเปลี่ยนแทปนั้นจะมีลักษณะโครงสร้างคือทางด้านขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะถูกต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันสามเฟสที่รับมาจากแหล่งจ่ายของการไฟฟ้าส่วนทางด้านขดลวดทุติยภูมิจะถูกต่อเข้ากับสวิตช์กำลังไตรแอกที่ถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของสวิตช์กำลังสำหรับจำลองการสร้างเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะเพื่อจ่ายให้กับภาระโหลด

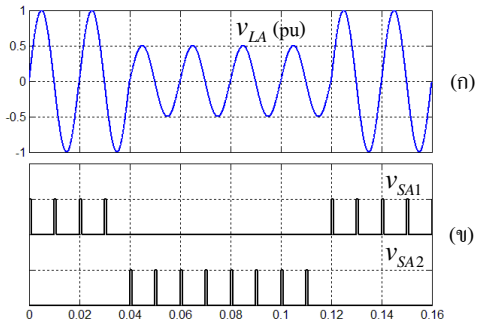


รูปที่ 1. ไดอะแกรมโครงสร้างเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดันที่นำเสนอ

หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสโดยใช้หม้อแปลงแบบลดแรงดันที่นำเสนอนี้ จะอาศัยแหล่งจ่ายแรงดันสามเฟสของระบบการไฟฟ้า (380 โวลต์ 50 เฮิรตซ์) เพื่อทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กับหม้อแปลงลดแรงดันชนิดเปลี่ยนแทป โดยการทำงานของเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะจะเกิดขึ้นได้ด้วยการสั่งสัญญาณคำสั่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างสัญญาณขับนำสวิตช์สำหรับสั่งการให้สวิตช์ไตรแอกทำงาน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะต้องตรวจวัดแรงดันของชุดแหล่งจ่ายแรงดันสามเฟส v_{ABC} เพื่อใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงการสร้างสัญญาณคำสั่งสำหรับสร้างสัญญาณขับนำสวิตช์ในแต่ละเฟส เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการให้สวิตช์กำลัง S_{1A},S_{1B},S_{1C} ทำงาน (ภาวะปิดวงจร) ในขณะที่ S_{2A},S_{2B},S_{2C} ไม่ทำงาน (ภาวะเปิดวงจร) จะทำให้หม้อแปลงจ่ายแรงดันในระดับปกติให้กับภาระโหลด และเมื่อต้องการให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะระบบควบคุมจะทำการสั่งให้สวิตช์กำลัง S_{2A},S_{2B},S_{2C} ทำงาน ในขณะที่สวิตช์กำลัง S_{1A},S_{1B},S_{1C} ไม่ทำงาน จึงทำให้หม้อแปลงถูกเปลี่ยนแทปมายังแทปลดแรงดันส่งผลทำให้โหลดได้รับแรงดันที่ลดลงตามขนาดของอัตราส่วนหม้อแปลงลดแรงดัน

จากรูปที่ 2 แสดงผลการจำลองหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดัน โดยในรูปที่ 2 (ก) แสดงคลื่นแรงดันในเฟส A ที่จ่ายให้กับโหลด v_{LA} ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 0-0.04 และ 0.12-0.16 จะเป็นช่วงที่อยู่ในภาวะแรงดันปกติ (1 เปอร์ยูนิต) โดยในช่วงที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะนั้นจะกำหนดให้แรงดันลดลงไปเท่ากับ 50% ของแรงดันปกติ (0.5 เปอร์ยูนิต) ในช่วง 4 คาบเวลา ตั้งแต่เวลา 0.04-0.12 วินาที และในรูปที่ 2 (ข) แสดงผลการจำลองของคลื่นสัญญาณขับนำสวิตช์ v_{SA1},v_{SA2} ที่ใช้สั่งการให้สวิตช์ไตรแอกทำงาน ซึ่งในภาวะแรงดันปกติ สามารถทำได้โดยกำหนดให้สัญญาณคำสั่งสั่งให้สัญญาณขับนำสวิตช์ v_{SA1} เพื่อควบคุมให้สวิตช์ไตรแอก S_{A1} ทำงาน ทำให้แรงดันที่จ่ายให้กับโหลดจะมีขนาดเท่ากับแรงดันทางด้านขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง และถ้าต้องการให้เกิดภาวะแรงดันตกชั่วขณะก็สามารถทำได้โดยกำหนดสัญญาณคำสั่งไปสั่งให้สัญญาณขับนำสวิตช์ v_{SA2} เพื่อควบคุมให้สวิตช์ไตรแอก S_{A2} ทำงานแทนทำให้แรงดันที่จ่ายให้กับโหลดมีขนาดลดลงตามขนาดแรงดันของแทปหม้อแปลงลดแรงดัน

โดยจะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อไม่มีคำสั่งที่สั่งให้สร้างแรงดันตกชั่วขณะสัญญาณขับนำสวิตช์ v_{SA1} จะทำงานอยู่เสมอ และถ้ามีสัญญาณคำสั่งให้มีการเกิดแรงดันตกชั่วขณะสัญญาณขับนำสวิตช์ v_{SA2} ก็จะทำงานแทน ซึ่งสัญญาณขับนำสวิตช์ทั้งสองจะทำงานตรงข้ามกันอยู่เสมอ และถ้าต้องการให้ในเฟส B และ C เกิดแรงดันตกชั่วขณะก็จะมีหลักการทำงานเช่นเดียวกัน



รูปที่ 2. ผลการจำลองการสร้างแรงดันตกชั่วขณะโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดัน (ก) คลื่นแรงดันเฟส A ที่จ่ายให้กับโหลด v_{LA} และ (ข) คลื่นสัญญาณขับนำสวิตช์ v_{SA1},v_{SA2}

3. เครื่องต้นแบบเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะที่นำเสนอ

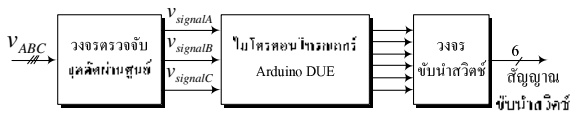
ในหัวข้อนี้ได้แสดงถึงการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดัน โดยได้แสดงรายละเอียดของวงจรภาคกำลัง, วงจรภาคควบคุม, วงจรขับนำสวิตช์ และลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ดังต่อไปนี้

3.1 วงจรภาคกำลัง

ในส่วนวงจรภาคกำลังของเครื่องต้นแบบเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่ว-ขณะที่ได้นำเสนอนี้ ได้ใช้หม้อแปลงสามเฟสที่มีอัตราส่วนของหม้อแปลงขนาด 220 โวลต์:90 โวลต์ โดยทางด้านขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงในแต่ละเฟสจะมีแทปแรงดันของหม้อแปลงจำนวนสองแทปที่มีขนาดแรงดันด้านออกเท่ากับ 45 โวลต์ เท่ากันทั้งสองแทป ส่วนสวิตช์กำลังไตร-แอกได้เลือกใช้เบอร์ BTA12-600B โดยโครงสร้างการต่อวงจรภาคกำลังนี้สามารถแสดงได้จากรูปที่ 1

3.2 วงจรภาคควบคุม

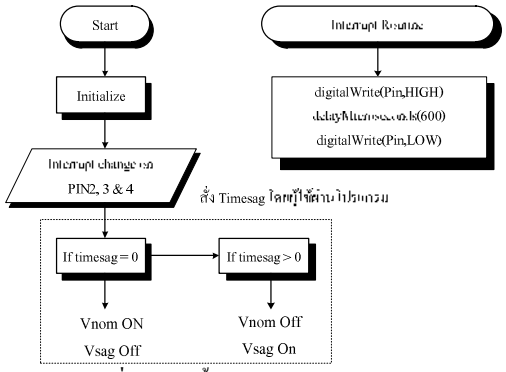
จากรูปที่ 3 ได้แสดงบล็อกไดอะแกรมวงจรภาคควบคุมโดยเริ่มจากการตรวจวัดแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันสามเฟสเข้ามายังวงจรตรวจจับจุดตัดผ่านศูนย์เพื่อใช้เป็นสัญญาณอ้างอิง $v_{signal,ABC}$ ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการสร้างสัญญาณขับนำสวิตช์ในแต่ละเฟส ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino DUE ที่ใช้ระบบประมวลผล AT91SAM3X8E โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะเรียกใช้บริการอินเตอร์รัพท์จากพอร์ตอินพุตที่ได้รับสัญญาณจากวงจรตรวจจับจุดตัดผ่านศูนย์เข้ามา ซึ่งถ้าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าดิจิตอลในพอร์ตอินพุต ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์ออกพอร์ตเอาต์พุตทั้งสามเฟส หลังจากนั้นจึงนำสัญญาณขับนำสวิตช์ที่ได้จากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์มาผ่านวงจรขับนำสวิตช์เพื่อควบคุมการทำงานของสวิตช์ไตรแอก



รูปที่ 3. ไดอะแกรมวงจรภาคควบคุม

3.3 การออกแบบโปรแกรมการทำงาน

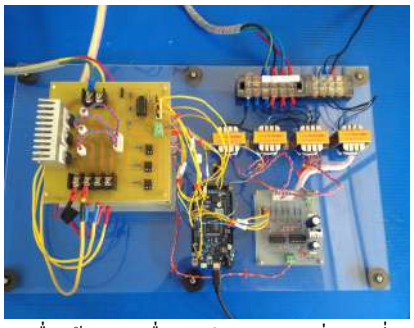
จากรูปที่ 4 แสดงแผนผังลำดับขั้นของโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ของเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะที่นำเสนอ โดยเริ่มต้นจากที่โปรแกรมเริ่มทำงานเพื่อทำการตั้งค่าพอร์ตต่างของไมโครคอนโทรลเลอร์หลังจากนั้นจึงเรียกใช้คำสั่งอินเตอร์รัพท์ ซึ่งจะเป็นคำสั่งที่รับสัญญาณมาจากวงจรตรวจจับจุดตัดผ่านศูนย์ ซึ่งกำหนดให้สัญญาณเกิดการเปลี่ยนแปลงลอจิกจาก ‘1’ (High) ไปลอกจิก ‘0’ (Low) หรือจากลอจิก ‘0’ ไปเป็นลอจิก ‘1’ ก็จะส่งผลทำให้สามารถสร้างสัญญาณขับนำสวิตช์ที่จุดๆ นั้นอย่างทันทีทันใด และหากต้องการให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะจากผู้ใช้จะต้องมีการสั่งการโดยต้องป้อนค่าช่วงเวลาที่ต้องการให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะกับตัวโปรแกรม เมื่อโปรแกรมรับทราบได้ว่ามีการติดต่อกับผู้ใช้ก็จะทำการยับยั้งการสร้างสัญญาณขับนำสวิตช์ที่สั่งการสวิตช์ไตรแอกในภาวะแรงดันปกติ แต่จะสร้างสัญญาณขับนำสวิตช์ที่ควบคุมสวิตช์ไตรแอกที่ทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะแทน ซึ่งในทางกลับกันหากไม่มีการติดต่อกับผู้ใช้หรือเมื่อพ้นระยะเวลาการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่ผู้ใช้กำหนดไว้แล้ว สัญญาณขับนำสวิตช์ที่ควบคุมการทำงานของสวิตช์ไตรแอกในภาวะแรงดันปกติก็จะกลับมาถูกสร้างตามปกติอีกครั้ง และสัญญาณขับนำสวิตช์สำหรับสร้างแรงดันตกชั่วขณะก็จะถูกหยุดไว้ จนกว่าจะมีการติดต่อกับผู้ใช้ในครั้งต่อไป



รูปที่ 4. ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรม

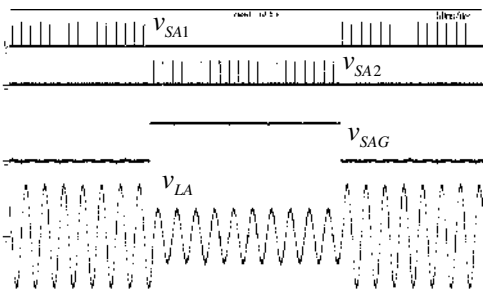
4. ผลการทดสอบ

เพื่อยืนยันถึงหลักการและเครื่องต้นแบบที่นำเสนอได้ทำการทดสอบจริง โดยได้รูปที่ 5 แสดงเครื่องต้นแบบเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดันที่นำเสนอ

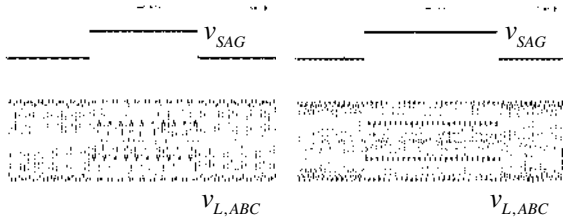


รูปที่ 5. เครื่องต้นแบบเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะที่นำเสนอ

ในรูปที่ 6 แสดงตัวอย่างการสร้างสัญญาณขับนำสวิตช์ของเฟส A โดยจะเห็นได้ว่าในภาวะแรงดันปกติไมโครคอนโทรลเลอร์จะสร้างสัญญาณแรงดัน v_{SA1} ให้ทำงาน และเมื่อต้องการให้เกิดแรงดันตก-ชั่วขณะจะต้องสั่งสัญญาณควบคุมการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ v_{SAG} ผ่านตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้สัญญาณแรงดัน v_{SA2} ทำงานแทน จึงสามารถสร้างแรงดันตกชั่วขณะที่ช่วงเวลาการตกได้ตามต้องการ

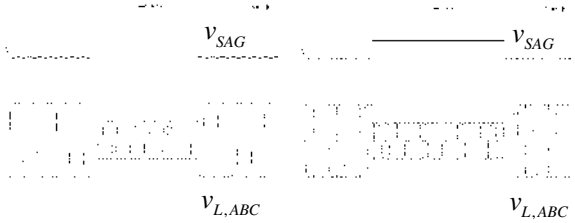


รูปที่ 6. ผลการทอสอบคลื่นสัญญาณขับนำสวิตช์, สัญญาณควบคุม และแรงดันที่จ่ายให้กับโหลด



(ก) ในช่วงเวลา 10 คาบ (ข) ในช่วงเวลา 25 คาบ

รูปที่ 7. ผลการทดสอบคลื่นแรงดันตกชั่วขณะแบบหนึ่งเฟส ที่ 50%



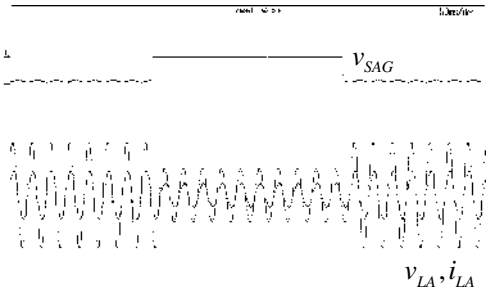
(ก) ในช่วงเวลา 10 คาบ (ข) ในช่วงเวลา 25 คาบ

รูปที่ 8. ผลการทดสอบคลื่นแรงดันตกชั่วขณะแบบสามเฟส ที่ 50%

จากรูปที่ 7 แสดงผลการทดสอบของคลื่นแรงดันสัญญาณควบคุมการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ v_{SAG} และแรงดันตกชั่วขณะแบบหนึ่งเฟส v_{LA} ที่ 50% ของแรงดันปกติกรณีโหลดเชิงเส้น โดยในรูปที่ 7 (ก) แสดงการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในช่วงเวลา 10 คาบและในรูปที่ 7 (ข) แสดงการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในช่วงเวลา 25 คาบ โดยจะเห็นได้ว่าเมื่อสั่งสัญญาณควบคุมการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในช่วงคาบเวลาดังกล่าว จะส่งผลทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะเพียงหนึ่งเฟส (เฟส A) ในลักษณะทันทีทันใดตามคำสั่งสัญญาณควบคุมที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนในเฟสที่เหลือยังคงมีแรงดันปกติเช่นเดิม และในช่วงที่แรงดันกลับเข้าสู่ภาวะปกติก็สามารถทำได้อย่างทันทีทันใดโดยไม่เกิดการหน่วงเวลาหรือมีผลการตอบสนองที่ช้า

จากรูปที่ 8 แสดงผลการทดสอบของคลื่นแรงดันสัญญาณควบคุมการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ v_{SAG} และแรงดันตกชั่วขณะแบบสามเฟส $v_{L,ABC}$ ที่ 50% ของแรงดันปกติกรณีโหลดเชิงเส้น โดยในรูปที่ 8 (ก) แสดงการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในช่วงเวลา 10 คาบและในรูปที่ 8 (ข) แสดงการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในช่วงเวลา 25 คาบ โดยจะเห็นได้ว่าเมื่อสั่งสัญญาณควบคุมการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในช่วงคาบเวลาดังกล่าว จะส่งผลทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะพร้อมกันทั้งสามเฟสในลักษณะทันทีทันใดตามคำสั่งสัญญาณควบคุมที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เช่นเดียวกันกับการเกิดแรงดันตกชั่วขณะแบบหนึ่งเฟส

สุดท้ายได้นำเครื่องต้นแบบเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะที่นำเสนอนี้ไปทดสอบกับโหลดในลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น โดยในรูปที่ 9 แสดงผลการทดสอบของคลื่นแรงดันสัญญาณควบคุมการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ v_{SAG} คลื่นแรงดันตกชั่วขณะ v_{LA} และคลื่นกระแส i_{LA} ที่ 50% ในช่วงเวลา 10 คาบ กรณีไขโหลดไม่เชิงเส้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะสามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพโดยมีแรงดันที่ตกลงไปอย่างทันทีทันใดตามสัญญาณควบคุมการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ



รูปที่ 9. ผลการทดสอบคลื่นแรงดันตกชั่วขณะและคลื่นกระแส ที่ 50% ในช่วงเวลา 10 คาบ กรณีโหลดไม่เชิงเส้น

6. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะชนิดสามเฟสโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดัน ซึ่งมีข้อโดดเด่นในเรื่องของโครงสร้างและหลักการทำงานที่ง่ายไม่ซับซ้อน โดยสามารถสร้างแรงดันตกชั่วขณะทั้งแบบหนึ่งเฟสและสามเฟสได้อย่างมีเสถียรภาพอีกทั้งยังสามารถนำไปทดสอบคุณภาพกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นได้ แต่อย่างไรก็ตามการสร้างแรงดันตกชั่วขณะที่นำเสนอนี้สามารถสร้างได้เพียงที่จุดตัดศูนย์ของแรงดันเท่านั้น จึงมีข้อจำกัดในเรื่องของการสร้างแรงดันตกชั่วขณะที่มีการเลื่อนเฟสเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้เพื่อให้ได้ขนาดของแรงดันตกชั่วขณะที่มีความหลากหลายควรเลือกใช้หม้อแปลงที่มีแทปจำนวนมากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

[1] Osman S. Senturk, and Ahmet M. Hava, “A Simple Sag Generator Using SSRs”, *IEEE-ECCE 2010 Conf. Rec.*, pp. 4096-56, 12-16 Sept. 2010.

[2] C. Wessels, T. Wehrend , and F. W. Fuchs, “Transformer Based Voltage Sag Generator to test Renewable Energy Systems during Grid Faults in the Laboratory” *in Proc. EPE/PEMC’10*, pp. 8-13, Sept. 2010.

[3] C.Boonmee, Y. Kumsuwan, and S. Premrudeepreechacharn, “Implementation of Real time Three Phase Balanced Voltage Sag Generator 1 kVA: Using Microcontroller and PC Control”, ICROS-SICE International Joint Conf. 2009, pp. 903-907, 18-21 Aug. 2009.

[4] K. Oranpirojt, S. Premrudeepreechacharn, M. Ngoudech, W. Muangjai, K. Yingkayun, T. Boonsai “The 3-phase 4-wire voltage sag generator based on three dimensions space vector modulation in abc coordinates”, IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE 2009, pp. 275-280, 5-8 July 2009.

หัวข้อ การประหยัดพลังงาน
การจัดการพลังงาน บ้านอัตโนมัติ III
(23EN III)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

อุปกรณ์แสดงผลสถานการณ์ชาร์จกำลังไฟฟ้าของรถไฟฟ้าในสถานีจ่ายไฟ

Monitoring State of Charge Device in the Electric Vehicle Charging Station

กรวิชญ์ สมฤทธิ์[1], ศิวัช ศิริคุณ[2] และ ดร.วิฑูรย์ พรมมี[3]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

tinglee_301@hotmail.com [1], no_money_new@hotmail.com[2], E-mail:P_kuko@hotmail.com [3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดจำลองแสดงค่าบ่งชี้สถานการณ์ชาร์จกำลังไฟฟ้า (State of Charge, SOC) ของแบตเตอรี่ ลิเทียม ไอออน ซึ่งเป็นที่นิยมในการนำมาเป็นแหล่งพลังงานหลังของรถไฟฟ้า แบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดลองแรงดัน 7.4 V 1.5 Ah 11.1 kW มาทดแทนแบตเตอรี่รถไฟฟ้า Toyota iQ EV ที่มีขนาดแรงดัน 227 V 12 kW/h เพราะแบตเตอรี่รถไฟฟ้า มีราคาแพง โดยทำการออกแบบวงจรแสดงผลสถานการณ์ชาร์จกำลังไฟฟ้าของรถไฟฟ้าเพื่อบอก SOC ของรถไฟฟ้าโดยวิธีพิเคราะห์กระแส (Ah method) และประมวลผลหาค่าเวลาการชาร์จของรถไฟฟ้าที่เหมาะสมเพื่อประโยชน์ในการป้องกันการชาร์จไฟเกินความจำเป็น (Over charging)

Abstract

This paper proposes the state of charge (SOC) monitor of lithium-Ion battery which is popular used to be a main energy source of electric vehicle (EV). In this paper, the lithium-ion battery is set to 7.4 V, 15 Ah, and 11.1 kW, which instead of Toyota iQ EV battery (227 V, 12 kW/h) because of its expensive cost. The proposed state of charge monitor can show SOC percentage and open circuit voltage – state of charge curve (OCV-SOC Curve) by current integral method (Ah method) to find optimal charging EV time for overcharging protection.

***Keywords*:** state of charge, electric vehicle, optimal charging EV time, overcharging protection

1. บทนำ

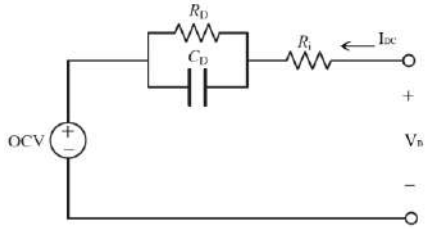
รถยนต์พลังงานไฟฟ้า(Electric Vehicles, EV) เป็นรถยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ขับเคลื่อนด้วยพลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า (electric motor) รถยนต์ไฟฟ้าไม่มีการเผาไหม้ ไม่มีมลพิษในอากาศ โดยการขับเคลื่อนรถไฟฟ้ามอเตอร์ไฟฟ้า เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล และถูกส่งไปยังล้อผ่านเพลาเพื่อขับเคลื่อนยานพาหนะ ระบบการชาร์จ เปลี่ยนกระแสไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง เพื่อป้อนให้กับแบตเตอรี่ในการเก็บพลังงาน หลังจากได้ใช้ไปจนหมด รถไฟฟ้าบางประเภทมีเครื่องประจุแบตเตอรี่อยู่บนตัวรถ ขณะที่รถไฟฟ้าบางประเภทใช้เครื่องชาร์จติดตั้งภายนอกและทำการชาร์จในบริเวณที่จัดไว้ กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านไปยังรถโดยผ่านเครื่องชาร์จ Kong-Soon Ng [1] ทดลองการชาร์จประจุและการคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดว่ามีความสัมพันธ์กันโดยการใช้ค่าบ่งชี้สถานการ ชาร์จกำลังไฟฟ้า (State of Charge, SOC) และการวัดแรงดันแบบเปิด(Open Circuit Voltage, OCV) Martin Coleman [2] ใช้ SOC เป็นตัวบ่งชี้แสดงค่าความจุของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียม ไอออน และเป็นตัวควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่โดยการกำหนดสมการจากค่าการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า Jonghoon Kim [3] ใช้ SOC ในการคาดการณ์การเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ ลิเทียม ไอออน นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ Hongwen He [4] ใช้ SOC ในการประเมินประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ที่ใช้ในรถไฟฟ้า เปรียบเทียบกับการวัดแบบธรรมดาซึ่งจากการทดลองเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 1.06% Jie Xu [5] แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน และมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 5% แต่งานวิจัยที่กล่าวข้างต้น [1-5] ยังขาดอุปกรณ์บ่งชี้สถานการณ์ชาร์จ ที่จะนำมาแสดงผลค่า SOC และ ไม่ได้กล่าวถึง การป้องกันการชาร์จไฟเกินความจำเป็น

จากเหตุผลข้างต้น งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอุปกรณ์บ่งชี้สถานการณ์ชาร์จ และประมวลผลหาค่าเวลาการชาร์จของรถไฟฟ้าที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการชาร์จไฟเกินความจำเป็นและลดการใช้พลังงานจากการชาร์จที่ไม่จำเป็น อุปกรณ์บ่งชี้สถานการณ์ชาร์จสามารถจำลองการชาร์จของรถไฟฟ้าและคำนวณเวลาชาร์จที่เหมาะสม การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์บ่งชี้สถานการณ์ชาร์จ ยืนยันประสิทธิภาพ ด้วยการทดสอบวัดแรงดันแบตเตอรี่ และกระแสไฟฟ้าขณะชาร์จ

2. ทฤษฎี

2.1 สถานการณ์ชาร์จ (SOC)

วงจรสมมูลแบบจำลอง RC ของแบตเตอรี่ ลิเทียม ไอออน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย ตัวเก็บความจุไฟฟ้า (C) และความต้านทาน (R) โดย วงจรชาร์จแปลงแรงดันกระแสตรง (battery, V_B) และจ่ายกระแสไฟฟ้าตรง (I_{DC}) เข้าชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 1 วงจรสมมูลแบบจำลอง RC ของแบตเตอรี่ [6]

สมการการคำนวณ SOC ของแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออนโดยวิธีพิเคราะห์กระแส (Ah method) สามารถแสดงได้ดังนี้ [7]

$$SOC_i(t + \Delta t) = SOC_i(t) + \frac{I_{DCi} \times \Delta t}{Q_{i\max} \times 3600} \quad (1)$$

$SOC_i(t)$ คือ ตัวบ่งชี้สถานการณ์ชาร์จของรถไฟฟ้าคันที่ i ที่เวลา t (อยู่ระหว่าง 0 – 1 หรือ 0 – 100 %)

I_{DCi} คือ กระแสไฟฟ้าชาร์จกระแสตรง (A) ของรถไฟฟ้าคันที่ i

Δt คือ เวลาชาร์จ (sec)

$Q_{i\max}$ คือ ความจุประจุสูงสุดของแบตเตอรี่ รถไฟฟ้าคันที่ i (Ah)

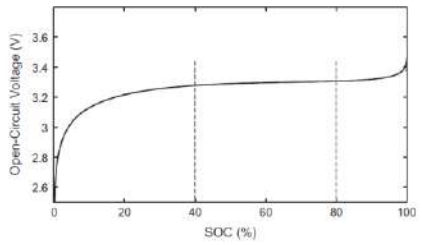
นอกจากนี้ เราสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของบอร์ด SOC และวงจรชาร์จไฟฟ้าจากสมการดังนี้ [7]

$$a = \frac{I_{DCi} \times V_{Bi}}{I_{ACi} \times V_{AC}} \quad (2)$$

I_{ACi} คือ ไฟฟ้ากระแสสลับชาร์จ (A) ของรถไฟฟ้าคันที่ i

V_{Bi} คือ แรงดันแบตเตอรี่ (V)

V_{AC} คือ แรงดันกระแสสลับชาร์จ แบตเตอรี่ (V)



รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ OCV-SOC ของแบตเตอรี่ขนาด 3.4 V [8]

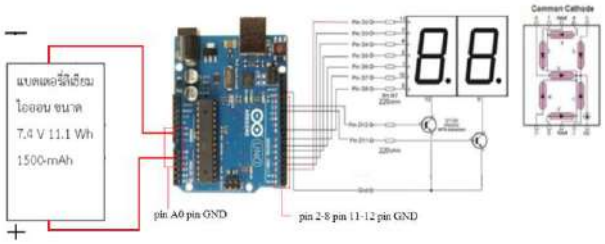
จากรูปที่ 2 สามารถแบ่งช่วงชาร์จได้ 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงเริ่มชาร์จ ช่วงคงที่ และช่วงอิ่มตัว โดยแบ่งตามแรงดันแบตเตอรี่ขณะชาร์จ

2.2 ออกแบบวงจรบอกสถานการณ์ชาร์จแบตเตอรี่

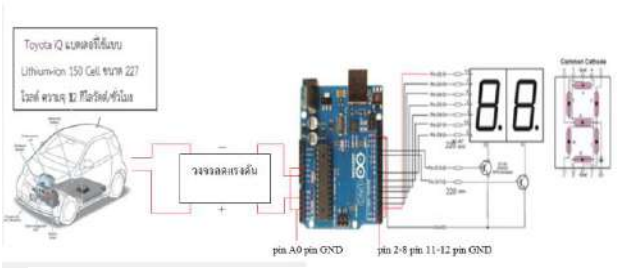
การเชื่อมต่อวงจรบนบอร์ด ARDUINO UNO เพื่อแสดงผลทาง 7 segment โดยทำการวัดแรงดันโดยใช้ pin A0 และ pin GND ฝั่ง ANALOG IN ตามรูปที่ 3 เป็นวงจรของแบบจำลองอุปกรณ์บ่งชี้สถานการชาร์จของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขนาด 7.4 V โดยต่อสายออกจาก pin 2 ถึง pin 12 ฝั่ง DIGITAL ผ่านตัวต้านทาน 220 Ω เข้า 7 segment ขา a ถึง g

ตารางที่ 1 การเชื่อมต่อวงจรบนบอร์ด ARDUINO UNO

ARDUINO Pin	ขา 7segment	ทรานซิสเตอร์ตัวที่	
		1	2
GND	-	E	E
2	a	-	-
3	b		
4	c		
5	d		
6	e		
7	f		
8	g		
11	-	B	-
12	-	-	B
-	GND	C	C



รูปที่ 3 วงจรแบบจำลองอุปกรณ์บ่งชี้สถานการณ์ชาร์จของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขนาด 7.4 V



รูปที่ 4 วงจรแบบจำลองอุปกรณ์บ่งชี้สถานการณ์ชาร์จของแบตเตอรี่ Toyota iQ EV ขนาด 227 V

รูปที่ 4 เป็นการวัดแรงดันจากแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งแบตเตอรี่มีแรงดันที่สูงมาก ถ้าใช้บอร์ดมาวัดโดยตรงจะทำให้บอร์ดเสียหายได้จึงจำเป็นที่จะต้องมีวงจรลดแรงดันเพื่อลดแรงดันให้มีความเหมาะสมกับบอร์ด

3. การทดลอง

3.1 แบตเตอรี่ ลิเทียมไอออน

วงจรชาร์จประจุรับแรงดันจากแหล่งกำเนิด 220 V_{AC} อุปกรณ์บ่งชี้ SOC ประกอบด้วย บอร์ด ARDUINO UNO และ 7 segment สำหรับแสดงผล ค่า SOC ของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่ใช้ทดลองที่ 25 ^{0}C

ตัวแปร	ค่าคงที่
ความจุประจุสูงสุด	1.5 Ah
แรงดันแบตเตอร์รี่สูงสุด	7.4 V
พลังงาน	11.1 Wh
จำนวนครั้งในการชาร์จ (life cycle)	400

3.2 ผลการทดลองของอุปกรณ์บงชี้ SOC



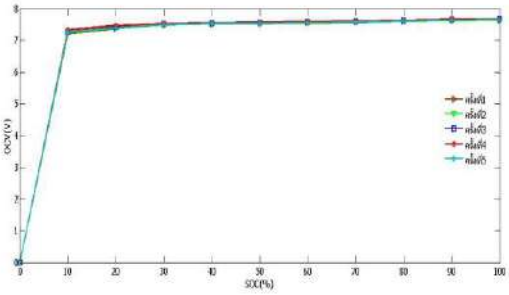
รูปที่ 5 อุปกรณ์บ่งชี้สถานการณ์ชาร์จ SOC (%)

จากรูปที่ 5 อุปกรณ์บ่งชี้แสดงค่า SOC (%) โดยบอร์ด ARDUINO วัดค่ากระแสชาร์จ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนและนำมาประมวลผล คำนวณ และแสดง ค่า SOC (%) บน 7 segment เป็น 70 % 80 % และ 90% ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการวัดค่า แรงดัน กระแสชาร์จ ผลการคำนวณ SOC และประสิทธิภาพของบอร์ดชาร์จ

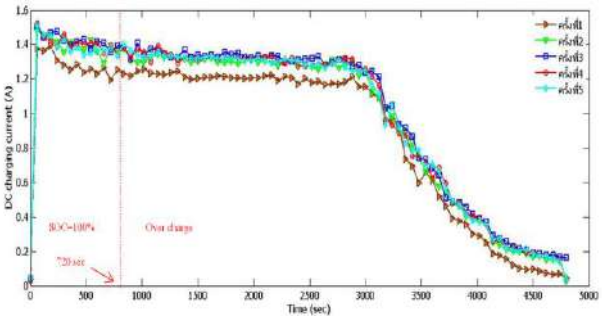
OCV (V)	I_{DC} (A)	Time (sec)	SOC (%)	I_{AC} (A)	ประสิทธิภาพ α
0	1.5	0	0	0.123	0.0
6.986	1.374	60	1	0.125	0.169
7.214	1.362	120	4	0.031	0.170
7.367	1.392	180	9	0.032	0.717
7.473	1.309	240	15	0.033	0.662
7.521	1.278	300	22	0.034	0.631
7.533	1.253	360	30	0.034	0.601
7.551	1.284	420	40	0.033	0.618
7.571	1.234	480	51	0.034	0.614
7.595	1.257	540	64	0.034	0.608
7.621	1.228	600	77	0.034	0.596
7.647	1.265	660	93	0.034	0.616
7.663	1.192	720	100	0.034	0.582

จากตารางที่ 2 แสดง ผลการวัดค่า แรงดัน กระแสชาร์จ และ ผลการคำนวณ SOC และประสิทธิภาพของบอร์ดชาร์จ จะเห็นว่า OCV จะมีระดับแรงดันระหว่าง 0 ถึง 7.663V กระแสตรงขณะชาร์จมีขนาด1.192 ถึง 1.5 A ประสิทธิภาพของบอร์ดสูงสุดอยู่ที่ 0.717 ประสิทธิภาพของบอร์ดต่ำสุดอยู่ที่ 0 เพราะขณะเริ่มชาร์จ แรงดันแบตเตอร์รี่เท่ากับ 0 ประสิทธิภาพของบอร์ดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.50 ซึ่งสามารถนำผลวิจัยมาพัฒนาวงจรบอร์ดชาร์จเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของบอร์ดต่อไป



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง SOC กับ OCV

จากรูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง SOC กับ OCV แสดงว่า SOC (%) แปรผันตรง กับ OCV หรือ แรงดันเปิดแบตเตอรี่ อย่างไรก็ตาม ค่าที่ได้จากการวัดแรงดัน ขณะแบตเตอรี่ใหม่ประจุเต็ม (8.36 V) จะมีค่ามากกว่าแรงดันคุณสมบัติแบตเตอร์รี่สูงสุด (7.4 V) เพราะ ปกติผู้ผลิตจะผลิตเกินกว่าค่าที่คุณสมบัติที่กำหนด เมื่อจำนวนครั้งชาร์จเพิ่มขึ้น แรงดันขณะชาร์จประจุเต็ม จะลดลงตามอายุการใช้งาน



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง กระแสชาร์จ กับ เวลา

จากรูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง กระแสชาร์จ กับ เวลา แสดงว่า กระแสชาร์จกระแสตรง แปรผกผันกับ เวลาการชาร์จ คือ จ่าย

กระแสชาร์จ เริ่มต้น 1.5 A ตามพิกัดคุณสมบัติของแบตเตอร์รี่ความจุประจุสูงสุด (1.5 Ah) จากนั้น ขนาดกระแสชาร์จจะลดลง จนถึงเวลา 720 วินาที (12 นาที) ขนาดกระแสชาร์จจะเริ่มตกและตกอย่างรวดเร็วที่ 3000 วินาที (50 นาที) แต่อย่างไรก็ตาม กระแสจะตกไม่ถึงศูนย์ (0.1 A) ภายหลัง SOC 100 % ที่ 12 นาที ทำให้เกิดการชาร์จไฟเกินความจำเป็น เมื่อใช้เวลาเกิน 12 นาที พลังงานจะสูญเสียไปกับวงจรการชาร์จและอุปกรณ์บงชี้ ดังนั้น ควรมีอุปกรณ์ตัดวงจรระบบชาร์จตามเวลาการชาร์จที่เหมาะสมแบบอัตโนมัติ เพื่อการป้องกันการชาร์จไฟเกินความจำเป็น จากการทดลอง ทำการวัดค่ากระแสและแรงดันชาร์จซ้ำ 5 ครั้ง พบว่าค่าที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

4. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอ อุปกรณ์บ่งชี้สถานการณ์ชาร์จ SOC (%) อุปกรณ์บ่งชี้สามารถแสดงผล SOC (%) และเวลาชาร์จที่เหมาะสมของแบตเตอร์รี่ลิเทียม ไอออน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ วงจรอุปกรณ์บ่งชี้มีสมรรถนะตามที่ได้วิเคราะห์ ทำให้ลดพลังงานที่สูญเสียไปกับวงจรการชาร์จและอุปกรณ์บงชี้ เนื่องจาก การชาร์จไฟเกินความจำเป็น วงจรอุปกรณ์บ่งชี้สถานการณ์ชาร์จ SOC (%) สามารถนำมาพัฒนาเพื่อใช้กับแบตเตอร์รี่รถไฟฟ้าได้สะดวก เพียงผ่านวงจรลดทอนแรงดันก่อนเข้าอุปกรณ์บ่งชี้เท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Kong-Soon Ng, Chin-Sien Moo, and Yi-Ping Chen, "State-of charge estimation for lead-acid batteries based on dynamic open-circuit voltage," *Power and Energy Conference 2008, pp.* 972-976.

[2] Coleman M, Chi Kwan Lee, Chunbo Zhu, and Hurley W.G., "State-of-charge determination from EMF voltage estimation: Using impedance, terminal voltage, and current for lead-acid and lithium-ion batteries," *IEEE Trans. on Industrial Electronic 2007,* vol.54, no 5, pp. 2550-2557.

[3] Jonghoon Kim and Bo-Hyung Cho, "State-of-charge estimation and state-of-health prediction of a Li-Ion degraded battery based on an EKF combined with a per-unit system," *IEEE Trans. on Vehicular Technology 2011,* vol.60, no 9, pp. 4249-4260.

[4] Hongwen He, Rui Xiong, Xiaowei Zhang, Fengchun Sun, and JinXin Fan, "State-of-charge estimation of the lithium-ion battery using an adaptive extended Kalman filter based on an improved Thevenin model," *IEEE Trans. on Vehicular Technology 2011,* vol.60, no 4, pp. 1461-1469.

[5] Jie Xu, Minyyu Gao, Zhiwei He, Jianbin Yao ,and Hongfeng Xu, "Design and study on the state of charge estimation for Lithium ion battery pack in electric vehicle," *International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence 2009, AICI'09.* vol. 3, pp. 316-320.

[6] Rui Xiong, Fengchun Sum, and Xianzhi Gong, "A data-driven based adaptive state of charge estimator of lithium-ion polymer battery used in electric vehicles," *International journal on Applied Energy 2014*, vol. 113, pp. 1421-1433.

[7] Q. D. Van, J. H. Bae, J. D. Lee, and S. J. Lee, " Monitoring of power allocation in centralized electric vehicle charging spot system ," *International journal on Energy Procedia 2012*, vol. 17, pp. 1542–1549.

[8] Yau He, XingTao Liu, ChenBin Zhang ,and ZongHai Chen, "A new model for state of charge (SOC) estimation for high-power Li-ion batteries ," *International journal on Applied Energy 2013, vol. 101, pp. 808-814.*

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings2014, Chiang Mai, Thailand

การควบคุมแรงดันและความถี่ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วด้วยวิธีสมดุลกำลังไฟฟ้า

นิติพัฒน์ จอมมงคล[1] พิเชษฐ์ ทานิล[1] และ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ 50230

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

E-mail: nitipat@northcm.ac.th[1], piched@northcm.ac.th[1], sate@eng.cmu.ac.th[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาวิเคราะห์สมรรถนะชุดควบคุมแรงดันและความถี่ไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว เพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานด้านเอาต์พุตของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้า ให้คงที่และสมดุลกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าในขณะทำงานเต็ม ที่โดยที่ชุดควบคุมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าที่ภาระจริง และส่งสัญญาณควบคุมมุมการจุดชนวนให้สวิตช์ไทริสเตอร์แบบไตรแอก เพื่อควบคุม ขนาดกำลัง ไฟฟ้าที่จ่ายให้กับภาระถ่ายเท ทำให้ผลรวมของกำลังไฟฟ้าทั้งสองเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่จ่าย ออกมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า วิธีการนี้จะช่วยรักษาความเร็วรอบการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้คงที่ ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าและความถี่ไฟฟ้าซึ่งแปรผันตามความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคงที่ตามไปด้วย

Abstract

This research has been investigated by analyzing the performance of control voltage and frequency of a pico-hydro power system. In order to regulate the output power of the generator that steady balance with the power generated from the generator fully functional , A microcontroller is used for processing the power consumption of real electrical load and latching signal to trigger the thyristor Triac typed. In order to regulate the voltage that supplies to dump load. Subsequently a summation a constance rotation speed. As a result, an output voltage and output frequency vary upon the steady rotational speed of the generator.

Keywords: Pico-Hydropower; Electronic load controller; Dump load; Voltage and frequency control

1. บทนำ

ระบบผลิต ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วเป็นพลังงาน ทดแทน ที่มีศักยภาพต้นทุนต่ำ และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย แต่ยังมีปัญหาสำคัญในระบบการผลิตไฟฟ้า คือความไม่เสถียรของแรงดันและความถี่ไฟฟ้าที่ได้จากระบบ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ได้ปัจจุบันระบบควบคุมแรงดันและความถี่ไฟฟ้ามีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวนมาก หลายขนาดและ หลายยี่ห้อ แต่ มีราคาค่อนข้างสูง ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นในการติดตั้ง ระบบ และยังไม่มีการกำหนดขนาดที่เหมาะสมของ ภาระ ถ่ายเท ที่นำมาติดตั้งเพื่อรักษาความคงที่ของไฟฟ้าในระบบในแต่ละขนาดกำลังการผลิตที่แตกต่างกัน ทำให้ชุมชนที่ต้องการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วขาดข้อมูลเบื้องต้นในการตัดสินใจเลือกระบบควบคุมและขนาดของ ภาระถ่ายเท เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและความคุ้มค่าที่สุดดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาวิเคราะห์สมรรถนะของระบบควบคุมแรงดันและความถี่ไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว และหาขนาดที่เหมาะสมของภาระถ่ายเทที่จะนำมาติดตั้งในระบบ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการตัดสินใจเลือกติดตั้งระบบควบคุมและภาระถ่ายเท เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและความคุ้มค่าสูงสุดอันจะทำให้เกิดการขยายผลการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้า พลังน้ำขนาดจิ๋วในวงกว้างต่อไป

2.ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว(Pico-hydro power generator system) เป็นการใช้พลังงานจากแหล่งน้ำธรรมชาติเช่นแม่น้ำน้ำตกขับเคลื่อนกังหันน้ำซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยอาศัยความเร็วและแรงดันสูงหมุนกังหันน้ำเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ในครัวเรือนหรือชุมชน ซึ่งมีกำลังการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่เกิน 5 กิโลวัตต์การคำนวณกำลังการผลิต ไฟฟ้า โดย ใช้ความ สัมพันธ์ระหว่างความสูงของหัวน้ำสุทธิและอัตราการไหลของน้ำดังสมการที่1

$$P = \rho.Q.g.h \qquad (1)$$

โดย P = กำลังการผลิต (W)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

Q = อัตราการไหลของน้ำ (L/s)

g = แรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

h = ความสูงหัวน้ำสุทธิของระบบ (m)

2.1 การควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบควบคุมเฟส

หลักการควบคุมเฟสของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งเป็นสัญญาณไซน์ ที่มีคลื่นสัญญาณไฟฟ้า เคลื่อนที่ ขึ้นลงสลับกันทั้งช่วงบวกและช่วงลบมีมุมเฟส 360 องศา การควบคุมเฟสอาศัยหลักการควบคุมการจุดชนวนขาเกตของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไทริสเตอร์ ซึ่งการจุดชนวนขาเกตที่มุมเฟสต่างๆ มีผลต่อค่าระดับแรงดันเอาต์พุตกระแสสลับ โดยใช้การจับสัญญาณช่วงรูปคลื่นผ่านศูนย์ หรือจุดซีโร่ -ครอสซิ่ง (Zero-crossing) เป็นจุดอ้างอิงในการกระตุ้นเฟสของสัญญาณสัญญาณ Zero-crossing เกิดขึ้นทุกรอบของการเกิดรูปคลื่นความถี่ ดังนั้นการควบคุมเฟสของสัญญาณทำได้โดยอาศัยวิธีการหน่วงเวลาแล้วส่งพัลส์ไปกระตุ้นขาเกตของไทริสเตอร์ ซึ่งมีสัดส่วนแปรผันตรงกับค่าเวลา สมการคำนวณค่า แรงดัน ไฟฟ้าด้านเอาต์พุต

$$Vo = Vs.D \quad (2)$$

$$D = \frac{ontime}{(offTime + onTime)} \quad (3)$$

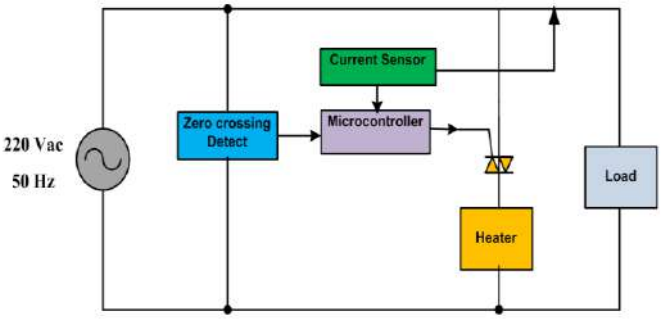
เมื่อ Vo = แรงดันเอาท์พุต

Vs = แรงดันอินพุต

D = ดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle)

3. อุปกรณ์และวิธีการ

ระบบผลิตไฟฟ้า พลังน้ำขนาดจิ๋ว ใช้พลังงาน จากน้ำมาหมุนกังหัน น้ำที่ยึดติดกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ **1** เฟสแบบคอสั้น ขนาดกำลังการผลิต **3,000** วัตต์ **220** โวลต์ **50** เฮิรตซ์และขนาด**1,000** วัตต์ **220** โวลต์ **50** เฮิรตซ์ ติดตั้งระบบควบคุมประกอบด้วยชุดตรวจวัดกระแสของภาระจริง ชุดตรวจวัดสัญญาณตัดศูนย์ของรูปคลื่นไซน์ ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ไทริสเตอร์แบบไตรแอก และภาระถ่ายเทแบบขดลวดความร้อน



รูปที่ 1 ระบบการควบคุมไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว

การทำงานของระบบคือเมื่อเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าออกม าและมีการใช้ งาน อุปกรณ์ไฟฟ้าทำให้เกิดกระแส ไหลขึ้น อุปกรณ์ตรวจวัดกระแสจะส่งสัญญาณไป ยังไมโ ครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลตามสมการและได้ค่า มุมจุดชนวนไตรแอก ออกมา ไมโครคอนโทรลเลอร์จะตรวจจับรูปคลื่นแรงดันเมื่อรูปคลื่นตัดที่เส้นศูนย์ของรูปคลื่นจึงส่งสัญญาณควบคุมให้ไตรแอกนำกระแส แรงดันที่ตกคร่อมภาระถ่ายเท จะมีค่าตามมุมที่จุดชนวน ส่งผลให้ผลรวมของกำลังไฟฟ้าที่ภาระจริงกับกำลังไฟฟ้าที่ภาระถ่ายเท สมดุลกับกำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิด ดังสมการที่4

$$P_{gen} = P_{real\ load} + P_{dump\ load} \quad (4)$$

เมื่อ P_{gen} คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

$P_{real\ load}$ คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับภาระจริง

$P_{dump\ load}$ คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับภาระถ่ายเท

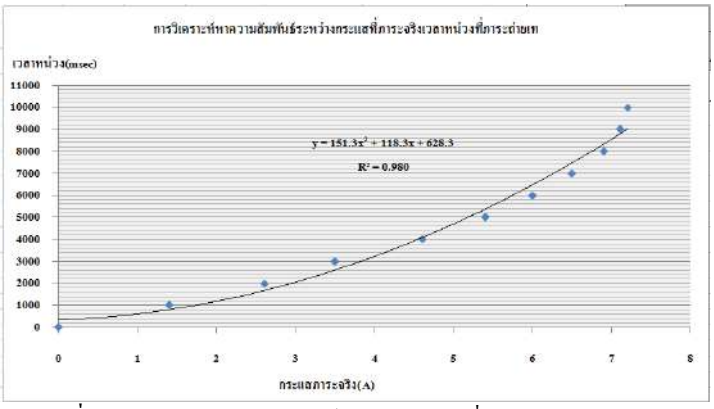
การหามุมจุดชนวนให้ไทริสเตอร์โดยการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ใช้ในภาระจริงกับเวลาในการหน่วงมุมจุดชนวนให้ไตรแอกโดยใช้วิธีการสร้างสมการ การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple linear regression model)Y และ X มีความสัมพันธ์กันในลักษณะตามสมการที่ 5

$$Y = a + bX \quad (5)$$

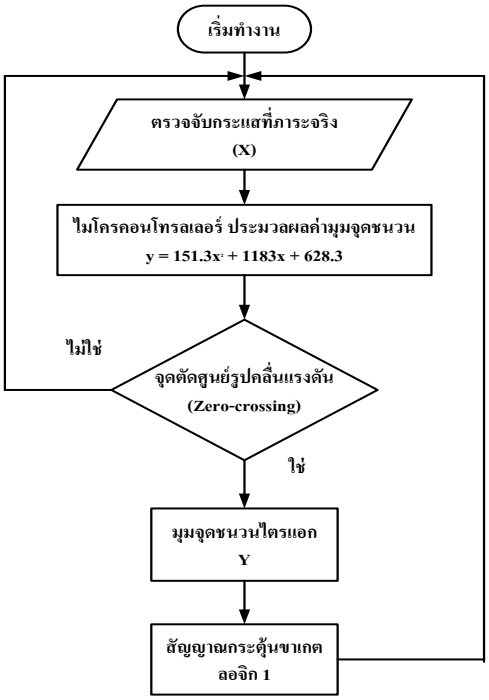
เมื่อ Y คือ ค่ามุมในการจุดชนวนไตรแอก

a และ b คือค่าคงที่ได้จากสมการ

X คือ ค่ากระแสของภาระจริงที่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2 การหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ภาระจริงและเวลาหน่วงที่ภาระถ่ายเท



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของชุดควบคุมกำลังไฟฟ้า

3.1วิธีการหาขนาดที่เหมาะสมของภาระไฟฟ้าถ่ายเท

ภาระถ่ายเทที่นำมาติดตั้งกับระบบ ผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว คือตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 120โอห์ม โดยเลือกทดสอบระบบ ผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาด 1 กิโลวัตต์ ซึ่งกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถจ่ายออกมาได้คือ 400 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 208 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ คำนวณหาค่าความต้านทานแต่ละค่า และวิเคราะห์หาขนาดที่เหมาะสม โดยการปรับตั้งค่าความต้านทานให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าตามสมการ

$$R = \frac{Vo^2}{Po} \quad (6)$$

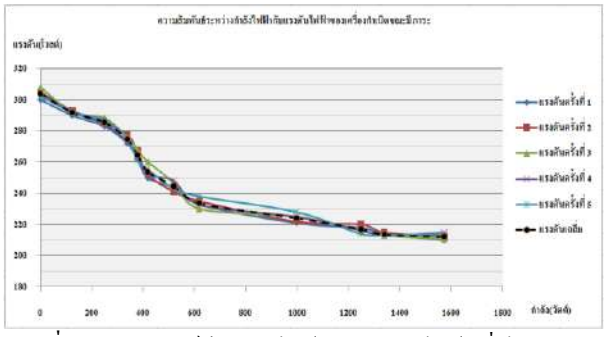
เมื่อ R คือ ค่าความต้านทาน (โอห์ม)

Vo คือ ค่าแรงดันเอาท์พุต (โวลต์)

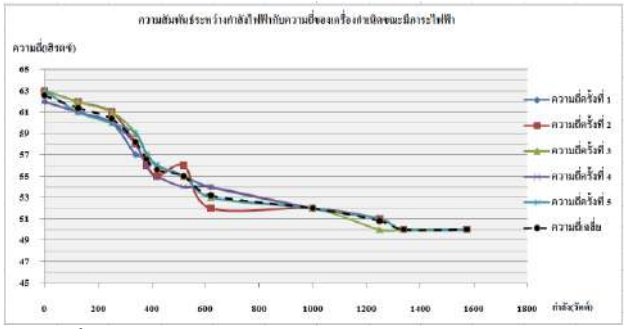
Po คือ ค่ากำลังไฟฟ้าเอาท์พุต (วัตต์)

ตารางที่1ปรับค่าความต้านทานตามกำลังไฟฟ้า

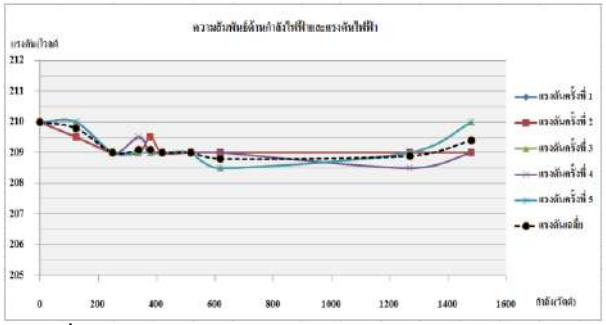
ค่าความต้านทาน(โอห์ม)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
115	370
112	380
109	390
107	400
104	410
102	420
99	430



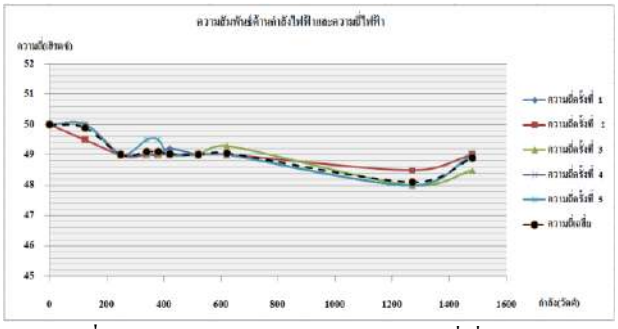
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ด้านกำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่ควบคุม



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ด้านกำลังไฟฟ้าและความถี่เมื่อไม่ควบคุม



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ด้านกำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเมื่อควบคุม



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ด้านกำลังไฟฟ้าและความถี่เมื่อควบคุม

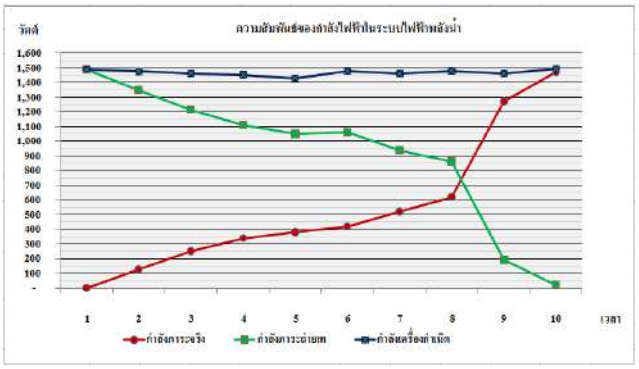
4. ผลการวิจัย

การทดสอบเริ่มต้นโดยไม่ควบคุมแรงดันและความถี่ ของระบบไฟฟ้าพลังน้ำขนาด 3 กิโลวัตต์ เพื่อให้เห็นถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างแรงดันและความถี่ไฟฟ้าที่มีการแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของการใช้งานจากอุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา เริ่มต้นจากการให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานเต็มที่ขณะที่ไม่มีการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับภาระไฟฟ้าเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าจากภาระจริง ความเร็วรอบการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเริ่มลดลงตามปริมาณกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น แนวโน้มของเส้นกราฟลดลงตามปริมาณกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น

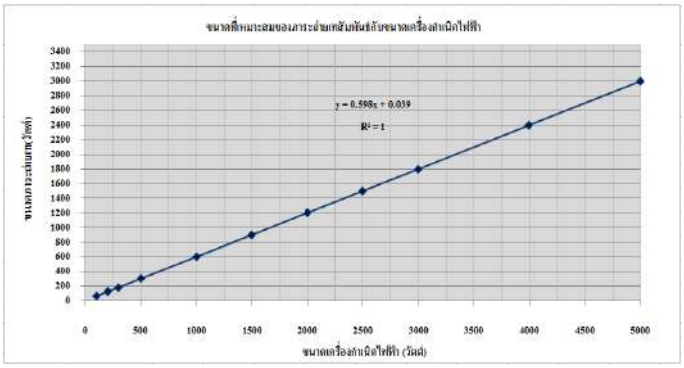
4.1ผลการทดสอบของระบบโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมแรงดันและความถี่

เริ่มต้นจากการปรับตั้งให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานเต็มที่และ ทดสอบปรับเปลี่ยนปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาระไฟฟ้าจริง ดังรูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ด้านด้านกำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่ควบคุม จะเห็นว่าแรงดันมีการเปลี่ยนแปลงและลดลงตามปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ด้านกำลังไฟฟ้าและความถี่ดังรูปที่ 5 ที่มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับแรงดันไฟฟ้า แต่เมื่อทำการติดตั้งระบบควบคุมที่ใช้ร่วมกับภาระถ่ายเท จะเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับกำลังไฟฟ้าจริงที่ใช้งาน ดังรูปที่ 6 และอัตราการเปลี่ยนแปลงด้านความถี่ไฟฟ้า ดังรูปที่ 7 มีช่วงการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง มีความเข้าใกล้ความคงที่มากกว่าเมื่อไม่มีการควบคุม

เมื่อนำค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจากภาระจริงและภาระถ่ายเท มาสร้างความสัมพันธ์ดังรูปที่ 8ผลรวมของกำลังไฟฟ้าจากภาระจริงและภาระถ่ายเท มีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้กำลังไฟฟ้ามีความสมดุลระหว่างกำลังผลิตและกำลังใช้งานตลอดเวลา ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงทำให้แรงดันและความถี่มีความคงที่ตลอดเวลา



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ภาระจริง และภาระถ่ายเท



รูปที่ 9 ขนาดที่เหมาะสมของภาระไฟฟ้า

4.2 การทดสอบ หาขนาดที่เหมาะสมของภาระไฟฟ้าถ่ายเท สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว

การวิเคราะห์เลือก ขนาดที่เหมาะสมของภาระไฟฟ้าถ่ายเทมีองค์ประกอบในการตัดสินใจหลายปัจจัย เช่น ในการรักษาความคงที่ของความถี่และแรงดัน ราคา ขนาดของความต้านทานจากการทดสอบทำ ให้เห็นว่า ขนาดของกำลังภาระไฟฟ้าถ่ายเทที่สามารถรักษาแรงดันและความถี่ให้คงที่มีขนาดที่อย่างน้อยต้องเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้ แต่เมื่อพิจารณาด้านราคาของภาระถ่ายเทตามขนาดต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก จึงเป็นปัจจัยที่มีผลน้อยต่อการตัดสินใจเลือก เมื่อพิจารณาด้านประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วซึ่งอยู่ที่ 40-50 เปอร์เซ็นต์ของกำลังไฟฟ้าติดตั้ง และเมื่อพิจารณาด้านการรักษาความถี่และแรงดันไฟฟ้า โดยพิจารณาความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยของระบบดังนั้นค่าความปลอดภัยของระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วตามประสิทธิภาพสูงสุดคือ 60 เปอร์เซ็นต์ของขนาดกำลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของขนาดกำลังไฟฟ้าและขนาดของภาระถ่ายเท สามารถนำมา วิเคราะห์ ด้วยวิธี การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)คำนวณหาขนาดที่เหมาะสมจากค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตามผลการทดสอบได้ผล นำมาสร้างกราฟดังรูปที่ 9 และหาความสัมพันธ์ได้ตามสมการที่7

$$Y = 0.039 + 0.5982X_i \quad (7)$$

เมื่อ y คือ ขนาดของภาระถ่ายเท

x คือ ขนาดกำลังการติดตั้งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

7. สรุป

การควบคุมกำลังไฟฟ้าด้านใช้งานให้มีความสมดุลกับกำลังไฟฟ้าด้านออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือการใช้ภาระถ่ายเทช่วยรักษากำลังไฟฟ้าให้คงที่เมื่อกำลังไฟฟ้าจริงมีการเปลี่ยนแปลง โดยการควบคุมปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับภาระถ่ายเทอ้างอิงกับกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานที่ภาระจริง พบว่าระบบสามารถรักษาระดับกำลังไฟฟ้าจากการใช้งานให้คงที่ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ความเร็วรอบการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพียงเล็กน้อย สามารถรักษาระดับแรงดันและความถี่ให้คงที่ได้ผลการศึกษาวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับระบบไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว ที่มีกำลังติดตั้งไม่เกิน 5 กิโลวัตต์ ซึ่งระบบดังกล่าวมีอุปกรณ์และวิธีการที่ไม่ซับซ้อนมากนัก สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่มีระบบและขนาดติดตั้งที่ใกล้เคียงกัน สาม รถนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการตัดสินใจติดตั้งและเลือกขนาดที่เหมาะสมของภาระถ่ายเทที่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพและเหมาะสมด้านต้นทุนการติดตั้งระบบ

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

[1] Bhim Singhet al. (2005). An Electronic Voltage and Frequency Controller for Single-Phase Self-Excited Induction Generators for Pico Hydro Applications, Indian Institute of Technology, India.

[2] Bhim Singh. (2006). Analysis and Design of Voltage and Frequency Controllers for Isolated Asynchronous Generators in Constant Power Applications. Dept.of ElectricalEngineering, Indian Institute of Technology Delhi,

[3] C.Marinescu et al. (2005). Controlling Variable Load Stand Aloan Hydro Generators ,Transilvania University

[4] Corneliu Marinescu. (2006). A Single Phase Dump load for Stand Aloan Generating Units With Induction Generator, Transilvania University of Brasov

[5] Phillip Maher and Nigel Smith. (2001).Pico Hydro For Village Power.

[6] Sarsing Gao. (2010). Design of a Microcontroller Based Electronic Load Controller for a Self Excited Induction Generator Supplying Single-Phase Loads, Dept. of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology, New Delhi, India.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การประยุกต์ใช้เซนเซอร์เพื่อตรวจวัดและประเมินสภาวะแวดล้อมสำหรับห้องเรียนปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

Application of Sensor Network for Assessing Computer Laboratories Ambient Quality

พัชรี ยางยืน[1] อลงกต กองมณี[2] สนิท สิทธิ[3] หนึ่งหทัย ชัยอาภร[4] และสรรเพชญ เที่ยงเกตุ[5]

[1, 2, 3] สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[4,5] สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

E-mail: pyangyuen@gmail.com[1], agongman@gmail.com[2], snitst@hotmail.com[3], ttunti@hotmail.com[4], sunpet@mju.ac.th[5]

บทคัดย่อ

สภาวะแวดล้อมในห้องเรียนส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้และสุขภาพของผู้เรียน โดยเฉพาะห้องเรียนที่มีสภาพปิด งานวิจัยนี้จึงเน้นพัฒนาเครื่องมือวัดคุณภาพสภาวะแวดล้อมในห้องเรียนปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัตโนมัติแบบมัลติเซนเซอร์ ที่สามารถวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสงและฝุ่นละอองในอากาศ ระบบมีการบันทึกข้อมูลในไมโคร เอสดี การ์ด และส่งผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อจัดเก็บในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ มีหน้าจอแสดงค่าข้อมูลและการประเมินผลตามมาตรฐาน ASHRAE Standard ผลการทดสอบพบว่า 1) เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดค่าได้ไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดแยกชิ้นที่ได้มาตรฐาน 2) การประยุกต์ใช้ Node.JS user datagram protocol และ Socket.IO มีความสะดวกในการพัฒนาและมีประสิทธิภาพ

Abstract

Classroom ambient air quality affects student health and learning performance especially in closed indoor spaces. Therefore, this research emphasizes the development and evaluation of multi-sensor network systems for monitoring indoor environmental quality in computer laboratories. The systems stores room microclimatic data in local sd-card and relational database in a dedicated computer. The research findings indicate that 1) our system's performance is comparable to standard devices and 2) the integration of Node.JS, user datagram protocol, and Socket.IO is efficient and applicable.

1. บทนำ

คุณภาพของสภาวะแวดล้อมในห้องเรียนสามารถส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้และสุขภาพของผู้เรียน หากอยู่ในห้องเรียนที่มีสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเป็นเวลาต่อเนื่องและยาวนาน อาจเป็นสาเหตุของอาการป่วยเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ หรือโรคภูมิแพ้ สถานศึกษาควรให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมของห้องเรียนและตระหนักถึงผลกระทบที่อาจมีต่อผู้เรียน ผู้สอนและผู้ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะห้องเรียนที่มีสภาพปิด เช่น ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ซึ่งปัจจุบันสถานศึกษาระดับอุดมศึกษาได้นำอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พ่วงต่อ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีจำนวนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะหลักสูตรด้านวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ หรือวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ นักศึกษามีการเรียนภาคปฏิบัติและใช้เวลาในห้องเรียนปฏิบัติการเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง จากข้อสังเกต พบว่า 1) จำนวนห้องเรียนปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีน้อยกว่าห้องเรียนบรรยาย การจัดตารางเรียนจึงต่อเนื่อง ไม่มีช่วงเวลาหยุดพักใช้งาน และมีนักศึกษาที่เรียนในเวลาเดียวกันจำนวนมาก 2) อุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงมีอายุการใช้งานนานหลายปี และมีอุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณเครือข่ายที่เปิดใช้งานตลอดเวลา 3) ส่วนใหญ่ห้องมีลักษณะปิดและเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลาที่มีการเรียนการสอน ลักษณะดังกล่าวนี้เป็นการเพิ่มโอกาสเกิดสภาวะแวดล้อมห้องเรียนที่ไม่เหมาะสม ปัจจุบันยังไม่มีการตรวจวัดสภาวะแวดล้อมในห้องเรียนปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เชิงประจักษ์ หากมีระบบที่สามารถตรวจวัดอัตโนมัติจะทำให้ทราบระดับสภาวะแวดล้อม ณ เวลาปัจจุบัน หากพบว่าไม่เหมาะสมสามารถหาวิธีการบำบัดได้ทันเวลา ซึ่งจะส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการเรียน และสุขภาพของนักศึกษา อาจารย์และผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาการประยุกต์ใช้เซนเซอร์เพื่อตรวจวัดและประเมินคุณภาพสภาวะแวดล้อมสำหรับห้องเรียนปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ โดยวัดปัจจัย ได้แก่ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสงและฝุ่นละอองในอากาศ ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีการเก็บข้อมูลใน Data Logger และส่งผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อจัดเก็บในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ มีหน้าจอแสดงค่าข้อมูลและการประเมินผลตามมาตรฐาน ASHRAE Standard โดยการพัฒนานี้บนพื้นฐานของระบบที่ง่ายต่อการประยุกต์ใช้งานและมีต้นทุนต่ำ

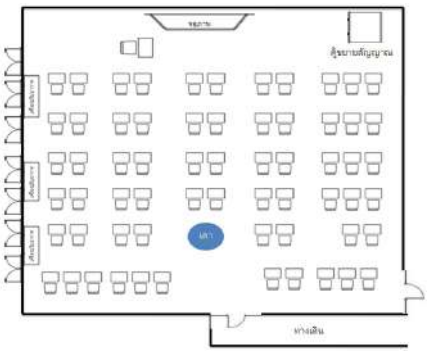
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

คุณภาพอากาศภายในห้องส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์มากกว่าอากาศที่อยู่ในบรรยากาศ โดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ความผิดพลาดของการประเมินคุณภาพอากาศว่ามีค่ามากน้อยเพียงใด และการคาดการณ์ว่าจะเกิดสภาวะอากาศที่ไม่เหมาะสมสามารถส่งผลต่อสุขภาพของนักเรียน และ

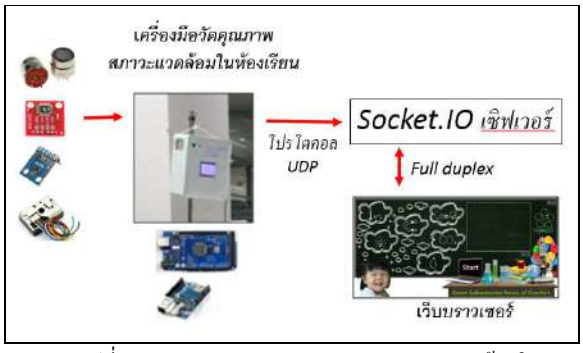
ผู้ปฏิบัติงาน ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสอนของครู ทำให้ลดคุณภาพของการเรียนรู้และความรู้สึกสบายของผู้เรียน [4, 5, 6] ปัจจัยวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) อุณหภูมิ (temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (humidity) อัตราความเร็วของลมที่ถ่ายเทภายในห้อง (win speed) [6] ซึ่งหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อม เช่น AHARAE เป็นผู้กำหนดค่ามาตรฐานของสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร เช่น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ควรเกิน 1,000 ppm. ภายใน 8 ชั่วโมง อุณหภูมิที่ทำให้เกิดภาวะสบายมากที่สุด มีค่าระหว่าง 23.0 °C ถึง 26.0 °C และความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 30% ถึง 65% [1] นอกจากนี้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมยังสามารถวัดได้จากองค์ปัจจัยอื่น เช่น ความเข้มแสง และปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ [13] การวัดคุณภาพอากาศในห้องเรียนมีการพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดที่ควบคุมการทำงานด้วย Arduino ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับประมวลผลข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ Wi-Fi shield สามารถออกการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายได้โดยง่าย และแสดงผลเป็นค่าตัวเลขผ่านจอภาพ LCD [8, 12] จากการศึกษาพบว่ามีงานวิจัยที่นำระบบ wireless sensor network โดยเลือกใช้โปรโตคอลหลายมาตรฐานมาใช้เพื่อจัดเก็บข้อมูลคุณภาพสิ่งแวดล้อมในภายในอาคาร [2, 3 , 11, 14] การศึกษาการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานเพื่อสามารถเฝ้าติดตามข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด พบว่าผู้ใช้งานต้องการให้ระบบสามารถกำหนดค่าที่ต้องการ สะดวกต่อการใช้งาน มีประสิทธิภาพและมีคำสั่งที่สามารถตอบสนองความต้องการได้ครบถ้วน [7] และมีการพัฒนาระบบเฝ้าติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ [9,10, 15] เพื่อให้สามารถเฝ้าติดตามสะดวก รวดเร็ว

3. การออกแบบระบบ

การศึกษานี้ทำการทดลองโดยใช้ห้องเรียนปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พื้นที่ 40 ตารางเมตร แผนผังแสดงดังรูปที่ 1.



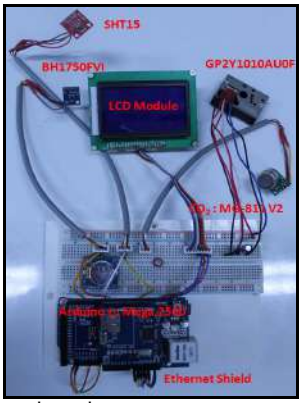
รูปที่ 1. แผนผังห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2. การออกแบบระบบการตรวจวัดสภาวะแวดล้อมในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ แบบมัลติเซนเซอร์

3.1 ฮาร์ดแวร์

เครื่องมือตรวจวัดประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Mega 2560 อุปกรณ์ตรวจวัด 4 ชนิด ได้แก่ เซนเซอร์วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รุ่น MG-811 V2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ รุ่น SHT15 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง รุ่น BH1750FVI เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ รุ่น GP2Y1010AU0F ใช้อุปกรณ์ Ethernet Shield รุ่น WIZnet 5100 เพื่อส่งและเก็บข้อมูล แสดงผลด้วยจอภาพ LCD รุ่น 12864ZW ดังรูปที่ 3.



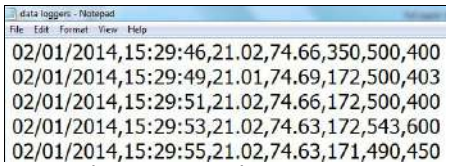
รูปที่ 3. เครื่องมือตรวจวัดสภาวะแวดล้อม

3.2 ด้านซอฟต์แวร์

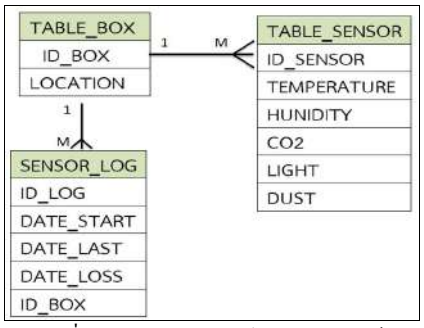
การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ฟังก์ชั่นการทำงาน การจัดเก็บข้อมูลโดยใช้ภาษา C/C++ การสร้างเซิร์ฟเวอร์โดยใช้ Node.JS และโปรโตคอล UDP ข้อมูลจัดเก็บบนเครื่องแม่ข่าย โดยใช้โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL และการติดต่อระหว่างซอฟต์แวร์และเว็บบราวเซอร์ ด้วย Socket.IO

3.3 ด้านข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าของเซนเซอร์ออกแบบให้จัดเก็บใน data logger และฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ทุก ๆ 5 นาที รูปแบบของข้อมูลและแผนผังแสดงความสัมพันธ์ แสดงดังรูปที่ 4. และ รูปที่ 5.



รูปที่ 4. รูปแบบข้อมูลที่จัดเก็บใน Data Logger



รูปที่ 5. แผนผังแสดงฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

3.4 ด้านส่วนแสดงผลข้อมูล

ระบบออกแบบให้มีหน้าจอแสดงค่าที่ได้จากการวัดและประเมินผลสภาวะแวดล้อมตามมาตรฐาน ASHRAE โดยใช้สัญลักษณ์ที่สามารถเข้าใจความหมาย ดังรูปที่ 6.



รูปที่ 6. หน้าจอแสดงผลที่ได้จากการวัดค่าของเซนเซอร์และการประเมินผลตามมาตรฐาน ASHRAE Standard

4. การทดสอบการทำงานและความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์

การทดสอบการทำงานของระบบโดยติดตั้งเครื่องมือในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จัดเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที พบว่า สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ 576 ครั้ง จำนวนแถวของข้อมูลที่บันทึกใน data logger และฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่เครื่องแม่ข่ายมีจำนวนเท่ากัน ไม่พบข้อมูลสูญหาย ค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์มีการกระจายแบบปกติและเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลกับอุปกรณ์ตรวจวัดแยกชิ้นที่ได้มาตรฐานไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

5. สรุปผล

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องมือวัดคุณภาพสภาวะแวดล้อม โดยใช้การตรวจสอบจำนวนข้อมูล และอธิบายลักษณะการกระจายของข้อมูล พบว่า เครื่องมือวัดคุณภาพสภาวะแวดล้อมในห้องเรียนต้นแบบที่พัฒนาสามารถส่งข้อมูลจากกล่องเครื่องมือไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ มีหน้าจอแสดงผลที่สามารถเข้าใจความหมายได้ง่าย และมีต้นทุนต่ำ จึงเหมาะที่จะนำไปใช้งานในห้องเรียนปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัย การประยุกต์ใช้เซนเซอร์เพื่อตรวจวัดและประเมินสภาวะแวดล้อมสำหรับห้องเรียนปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่สืบเนื่องจากงานวิจัยนี้ ควรประกอบด้วย 1) การศึกษาความเหมาะสมในการเปลี่ยนระบบฐานข้อมูลและเว็บเซิร์ฟเวอร์ ชนิด remote dedicated server สามารถติดต่อสื่อสารรูปแบบ embedded full duplex web server 2) ศึกษาการจัดวางตำแหน่งเครื่องมือตรวจวัดที่เหมาะสมที่สุด (sensors placement optimization) เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสม 3) การพัฒนาส่วนแจ้งเตือนหากมีค่าที่วัดได้ผิดปกติ

7. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ด้านสถานที่เก็บและรวบรวมข้อมูลจากสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คำปรึกษาด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผศ.ดร.ธงชัย มณีชูเกตุ ดร.ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล และการรวบรวมข้อมูล คุณนราพันธ์ นามศรีฐาน ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] ASHRAE.*Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.* Atlanta, GA, American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE Standard 62.1), 2007.

[2] C. Wang, K. Sohraby, B. Li, and W. Tang, "Issue of Transport Control Protocal for Wireless Sensor Networks", IEEE, Vol. 1, 2005, pp. 422-426.

[3] J. Lozano, J.I. Suarez, P. Arroyo, J.M. Ordiales, and F. Alverez, "Wireless Sensor Network fo Indoor Air Quality Monitoring", AIDIC, Vol. 30. 2012.

[4] K.Kamaruzzaman, and A.S.B.M. Tazilan. Thermal Comfort Assessment of a Classroom in Tropical Climate Conditions. Recent Advance in Engineering, Environment and Development. Malaysia, 2013

[5] M.C. Lee, K.W. Mui, L.T. Wong, W.Y. Chan, E.W.M. Lee, and C.T. Cheung, " Student learning performance and indoor environmental quality (IEQ) in air-conditioned university teaching rooms ", Building and Environment , vol. 49, 2012, pp. 238-244.

[6] M. Ismail, N. Zafirah, M. Sofian, and A.M. A. smail, "Indoor Air Quality in Selected Samples of Primary Schools in Kuala Terengganu, Malaysia", EnvironmentAsia, vol. 3, 2010, pp. 103-108.

[7] M.F. Othman, and K. Shazali, "Wireless Sensor Application: A tudy in environment Monitoring System ", Procedia Engineering, vol. 41, 2012, pp. 1204-1210.

[8] Q.A.A. Haija, H.A.Qadeeb, and A.A.Lwaimi, "Case Study Monitoring of AIR Quality in King Faisal University Using a Microcontroller and WSN", ScienceDirect, 2013, pp. 517-521

[9] R. Pyarem "Internet of things : Ubi quitous home control and Monitoring System using Andriod based Smart Phone", International Journal of Internet of Things, Vol. 2, 2013. pp. 5-11.

[10] S. Devarakonda, P. Sevusu, H. Liu, R. Liu, L. Iftode, and B. Nath, "Real-Time Air Quality Monitoring Through Mobile Sensing in Metropolitan Area", UrbComp, Vol. 13, 2013.

[11] S.K. Noh, K.S. Kim, and Y.K. Ji, "Design a room Monitoring system for Wireless Sensor Networks", Hiddawi publishing, 2013.

[12] T. AL-Kadi, Z. AL-Tuwaijri, and A. AL-Omran, " Arduino Wi-Fi network analyzer", Procedia Computer Science, vol. 21, 2013, pp. 522-529.

[13] U.Z. Jovanovic, I.D. Jovanovic. A.Z. Petrusie, Z.M. Petrusie, and D.D. Mancic, "Lowcost Wireless Dust Monitoring System", IEEE, 2013, pp. 635-638.

[14] W.Y. Chung, and S.J. Oh, "Remote Monitoring System with wireless Sensor Module for Room Environment", ScienceDirect, 2006, pp. 64-70.

[15] Z. Jian , X. Gu, J. Chen, and D. Wang, "Development of an Equipment Room Environment Monitoring system Base on Wireless Sensor Network and Mobile Agent", Procedi, vol. 29, 2012, pp. 262-267.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าแบบผสมผสานโดยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

รุ่งนภา พงษ์ช้าง[1] และ วุฒิชัย อัศวินชัยโชติ[2]

[1]สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[2]สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: Kmutt.Rung@gmail.com[1] , wudhichai.asa@kmutt.ac.th[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอ การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาสมรรถนะ ของการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน และเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพ ของการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน จากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม

ผลการวิจัยพบว่า ในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานในเวลา 1 ชั่วโมง สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 348 วัตต์ มีประสิทธิภาพการใช้ชาร์จ์แบตเตอรี่ ขนาด 100 A ได้ในเวลา 7 ชั่วโมง

Abstract

This paper Hybrid system design . Of solar and wind power to study and analyze .The performance Hybrid system design .And compare the performance of power system design .The combination of solar and wind power. The results showed that the Hybrid system design in 1 hour can produce 348 watts of electrical energy use efficiency battery charger 100 A at a time of 7 hours

***Keywords*:** *Incorporating energy* , *Solar energy*, Wind Power

1. บทนำ

ในส่วนของประเทศไทย ในปัจจุบันรัฐบาลได้มีนโยบายในการยกระดับความเป็นอยู่ ของประชาชนให้อยู่ดีกินดีมีไฟฟ้าใช้ทั่วประเทศ ภาครัฐจึงพยายามเร่งรัดบริการประชาชนให้มีไฟฟ้าใช้ครบทุกครัวเรือน ในปี พ.ศ.2547 – 2548 [1] รัฐบาลโดยการนำของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจึงได้จัดทำโครงการเร่งรัดขยายบริการไฟฟ้า โดยระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Home System : SHS)ให้กับครัวเรือนที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ห่างไกลในเขตป่าเขาหรือเกาะ รวมจำนวนครัวเรือนที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ห่างไกลในเขตป่าเขา หรือเกาะรวมจำนวนครัวเรือนที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ และอยู่ในพื้นที่ห่างไกลที่การไฟฟ้าในส่วนภูมิภาคไม่อาจให้บริการได้จำนวนประมาณ 290,716 ครัวเรือน ส่งผลให้มีการติดตั้ง ใช้งานระบบโซล่าเซลล์ทั่วประเทศเพิ่มมากกว่า 24 เมกะวัตต์ แต่การใช้พลังงานทดแทนเพียงแหล่งเดียวเพื่อผลิตไฟฟ้าอาจไม่เหมาะสม เนื่องจากความมั่นคงในการจ่ายพลังงานต่ำ ราคาในการลงทุนเบื้องต้นสูง

เพื่อออกแบบให้ระบบ สามารถจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้าโดยไม่ขาดตอนที่มีศักยภาพของพลังงานทดแทนต่ำ เช่น ช่วงฤดูฝน หรือช่วงที่มีพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำลม เป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่มีอยู่อย่างมหาศาล และสามารถใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้น ซึ่งได้มีการนามาใช้ประโยชน์กันเป็นเวลานานแล้ว ด้วยการประกอบใช้กับเครื่องจักรต่าง ๆ เช่น เครื่องสีข้าว ระหัดวิดน้ำฯลฯ โดยในการนำพลังงานจากลมออกมาใช้ประโยชน์นั้น เครื่องมือสำคัญคือ กังหันลม (Wind Mill) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์ จากลมมาเป็นพลังงานกลโดยตรง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

แผงโซล่าห์เซลล์ (Photovoltaic Cell :PV)เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง เมื่อแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานของแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ ของกระแสไฟฟ้า(อิเล็กตรอน)สามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ ส่วนประกอบหลักในระบบ 3 ส่วน คือ แหล่งผลิตพลังงาน ระบบแปลงพลังงาน และส่วนเก็บสะสมพลังงาน

2.2 พลังงานลม

พลังงานลมเป็นพลังงานสะอาด ที่ไม่ปล่อยมลพิษให้กับโลก ขณะที่กระแสลมเคลื่อนที่จะมีพลังงานจลน์เกิดขึ้น ดังนั้นเมื่อกระแสลมพัดผ่านใบพัดของกังหันลมไฟฟ้า จะถ่ายทอดพลังงานจลน์ไปยังใบพัดทำให้ใบพัดหมุนได้พลังงานกลที่ได้ออกมานี้สามารถประยุกต์ใช้งานได้ คือ ผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีส่วนประกอบหลักในระบบ 2 ส่วนคือ ระบบแปลงพลังงาน และส่วนเก็บสะสมพลังงาน

2.3 การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

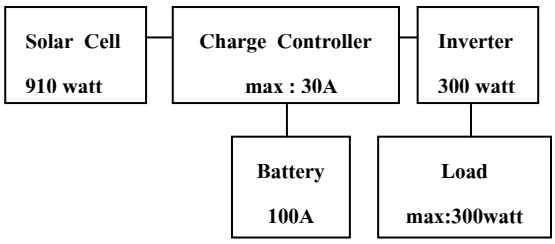
การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้า แบบผสมผสานโดยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม(Hybrid Electrical Energy System Design by Solar and Wind Energy) สามารถได้ข้อมูลโดยตรงจากระบบการผลิตจริง จึงจะทำให้เกิดการการผลิตเทคโนโลยีของตนเอง สามารถนำพลังงานทดแทนมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่วนประกอบหลักในระบบ 2 ส่วน คือ ระบบแปลงพลังงาน และส่วนเก็บสะสมพลังงาน

3. การออกแบบ

การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้า แบบผสมผสาน เป็นการรวมเอาพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และระบบผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดจ์แบบขนาน มีหลักการออกแบบดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์

3.1.1 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยใช้ Solar cell เขียนเป็นขั้นตอนได้ดังนี้



รูปที่ 1. การผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ Solar cell

จากรูปที่ 1 . Solar Cell จำนวน 4 แผง โดย Charge Controller ประจุกระแสตรงลงไปยัง Battery และ Inverter ที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ 220VAC จากนั้นต่อไปยัง Load

3.1.2 แหล่งผลิตกระแสฟ้าพลังงาน ใช้ Solar cell แบบ Poly crystalline สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$P_{cell} = P_{load}/4 \qquad (1)$$

โดยที่ P_{cell} คือ กำลังไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ที่ควรติดตั้ง

P_{load} คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน

4 คือ จำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดเฉลี่ยในหนึ่งวัน

3.1.3 ระบบแปลงพลังงาน คือ มีระบบ Charge Controller

เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในการติดตั้งโซล่าเซลล์ ทำหน้าที่ควบคุมการประจุไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์แล้วเอามาเก็บไว้ที่แบตเตอร์รี่ในปริมาณที่เหมาะสม Charge Controller จะคอยควบคุมการจ่ายไฟให้กับโหลดไฟฟ้า เพื่อป้องการความเสียหายที่เกิดจากการประจุไฟในปริมาณที่มากเกินไป คุณสมบัติ ของเครื่อง กระแสสูงสุดไม่เกิน 30 A



รูปที่ 2. Charge Controller

จากรูปที่ 2. ระบบ Charge Controller ในเวลา 1 ชั่วโมง สามารถ Charge Battery ได้ 5.2 A

3.1.4 ส่วนเก็บสะสมพลังงาน คือ แบตเตอรี่มีความจุ 100 A เมื่อยังไม่ต่อแผงโซล่าเซลล์ถ้ายังไม่ได้ต่อแผงโซล่าเซลล์ จะไม่มีการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$hr = \frac{Ah * V * \text{ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่} * \text{ประสิทธิภาพ Inverter}}{W}$$

โดยที่ ***hr*** คือ ระยะเวลาที่สามารถใช้งานโหลดได้

Ah คือ ขนาดความจุของแบตเตอรี่

V คือ แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่

W คือ กำลังไฟฟ้าของโหลด

หมายเหตุ โดยที่ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ = 0.60 (แบตเตอรี่ธรรมดา)

ประสิทธิภาพของInverter = 0.85

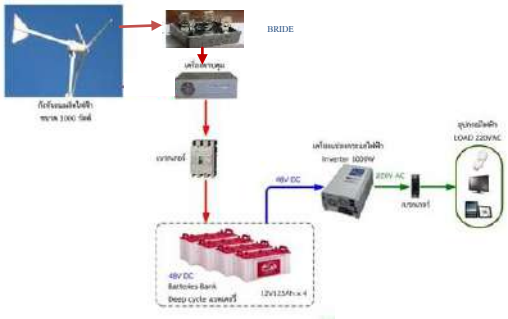


รูปที่ 3. Deep Discharge Battery

จากรูปที่ 3. แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep Discharge Battery) ถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อย ได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่เกิดความเสียหาย สามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่อง 80% โดยไม่เกิดความเสียหาย

3.2 การออกแบบพลังงานลม

กังหันลมแนวนอน[5] (Horizontal axis wind Turbines ;HAWTs) คือ กังหันลมที่มีแกนหมุนอยู่ในแนวขนานกับทิศทางลม ที่กระทำบนใบพัดเกิดจากแรงยก การออกแบบกังหันลมแกนนอน มี 3 ใบพัด ใบกังหันวางอยู่เหนือลม(up draft) มีหางเสือเพื่อควบคุมทิศทาง มีวิธีการออกแบบกังหันลมไฟฟ้า ดังนี้



รูปที่ 4 แสดงวิธีการออกแบบกังหันลมไฟฟ้า

จากรูปที่ 4 กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า 3 ใบพัด ต่อเข้าชุด BIRDE จากนั้น Charge Controller จากนั้นต่อไปยัง Circuit Beaker เข้า Battery เข้ากับ Inverter โดยแปลงจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จากนั้นต่อเข้ากับ Circuit Beaker ก่อนเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.2.1 กำลังที่ได้รับจากลม[4] มีหน่วยเป็นวัตต์ (Power, Watt) สามารถคำนวณได้จากสูตร

Power (Watt) = 1/2 x Air density x Swept area x Wind velocity[3]

โดยที่ *Air density* คือ ความหนาแน่นของอากาศ มีค่าเท่ากับ 1.23 กิโลกรัมต่อลูกบาตรเมตร ที่ระดับน้ำทะเล

Swept area คือ พื้นที่วงกลมของใบพัดมีหน่วยเป็นตารางเมตร คำนวณได้จาก 22 / 7 x รัศมี[2]

Wind velocity คือ ความเร็วลม มีหน่วยวัดเป็น เมตรต่อวินาที (นำมายกกำลัง 3)

3.2.2 ชุดแปลงพลังงาน จากกังหันลมไฟฟ้า คือ ไดโอดบริดจ์[5] 4 ขา 35 A400 V มีหน้าที่แปลงไฟจากกังหันลม ที่เป็น กระแสสลับ ให้เปลี่ยนเป็นไฟ กระแสตรง ก่อนเข้าแบตเตอรี่ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง แล้วต่อเข้ากับ Charge Controller เพื่อควบคุมแรงดันและกระแสให้คงที่ก่อนเก็บประจุลงแบตเตอรี่



รูปที่ 5. ไดโอดบริดจ์

จากรูปที่ 5 ไดโอดบริดจ์ เป็นวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ค่าแรงดันสูงสุดด้านออกจะมีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกับวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่น ผลมาจากแรงดันตกคร่อมที่ทำงานพร้อมกันทีเดียว 2 ตัว

3.2.2 ส่วนเก็บสะสมพลังงาน คือ แบตเตอรี่ 12 V 100 A

3.2 การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ต้องจัดการให้ระบบสามารถผลิตพลังงาน ได้ตามต้องการของภาระทางไฟฟ้า โดยจะต้องคำนึงถึงราคา ประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของระบบ ประกอบด้วย

3.3.1 ระบบแปลงพลังงานคือ HYBRID CONTR0LLER[6] ใช้งานร่วมกันระหว่างแผงโซล่าห์เซลล์ และกังหันลมไฟฟ้า ขนาด 12 V 35 A



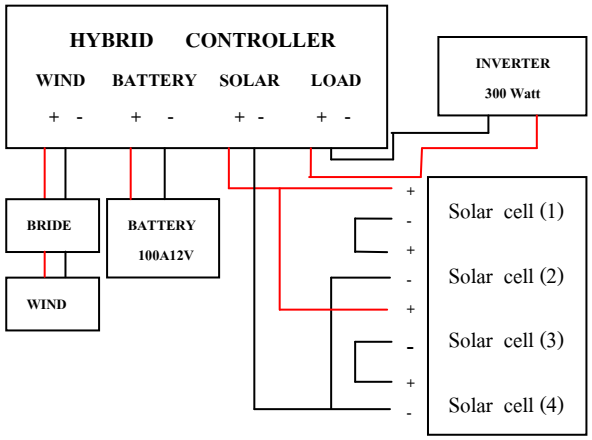
รูปที่ 6. ระบบไฟฟ้า HYBRID CONTR0LLER

จากรูปที่ 6 ต่อแผงโซล่าห์เซลล์เข้า กับชุดกังหันลมไฟฟ้า เข้ากับชุด HYBRIDE CONTROLER ประกอบด้วย Inverter เพื่อจ่ายไปยังไฟฟ้ากระแสสลับ ไปยังโหลด อีกทั้ง ชุด HYBRIDE CONTROLER สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า ไปยัง อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 VDC

3.3.2 ส่วนเก็บสะสมพลังงาน คือ แบตเตอรี่ ขนาด 12V100 A

3.3 การต่อ HYBRIDE CONTROLLER

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน คือ ประสิทธิภาพรวมของระบบสูง ส่วนประกอบของระบบมีขนาดเล็ก และไม่มีช่วงเวลาขาดพลังงาน โดยจะแสดงวิธีการต่อ HYBRIDE CONTROLLER คือ



รูปที่ 7. แสดงการต่อ HYBRIDE CONTROLLER

จากรูปที่ 7 จะแสดงการต่อ HYBRID CONTROLLER **โดยที่** WIND ต่อผ่านชุด BRIDGE แล้วเข้า HYBRID CONTROLLER BATTERYระยะเวลาการชาร์จขึ้นอยู่กับกระแสที่สามารถชาร์จได้ ส่วน SOLAR SELL จำนวน 4 แผง จะแบ่งเป็น 2 ชุด คือ

ชุดที่ 1 Solar cell (1) ต่ออนุกรมกับ Solar cell (2)

ชุดที่ 2 Solar cell (3) ต่ออนุกรมกับ Solar cell (4)

จากนั้นนำชุดที่ 1 กับ ชุดที่ 2 มาขนานกัน จะได้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 70VDC กระแส 13A LOAD จะต่อเข้ากับ INVERTER

4. ผลการทดลอง



รูปที่ 8.ที่ติดตั้งSolar cell จริง



รูปที่ 9. ที่ติดตั้งกังหันลมจริง

4.1 พลังงานแสงอาทิตย์

4.1.1 ผลการทดลอง พลังงานแสงอาทิตย์ กระแสไฟฟ้า Input :10 A 70 V 910 W กระแสเข้า Charge Controller ออกจาก Charge Controller Output : 10 A 12 V 120 W

4.2 พลังงานลม

4.2.1 ผลการทดลองพลังงานลม กระแสไฟฟ้า Input **:** 3.8 A 27 V 102 W กระแสเข้า Charge Controller ออกจาก Charge Controller Output : 2.9 A 13.8 V 34 W

4.3 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

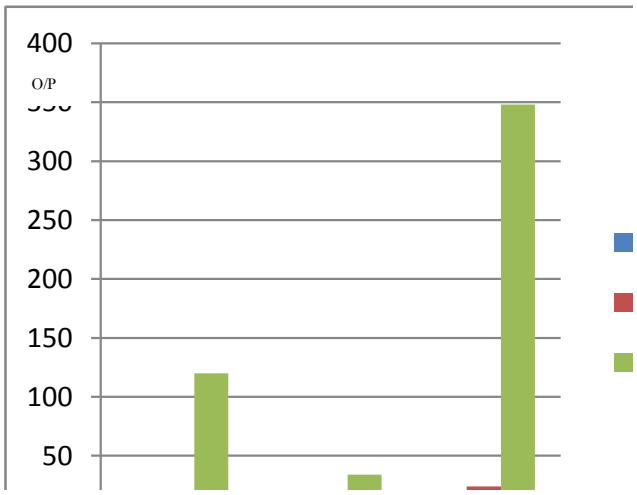
4.3.1 ผลการทดลองระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน **รวม** Input จาก 2 แหล่งจ่าย เข้าชุด Charge Controller Output : 14.5 A 24 V 348 W

4.4 การเปรียบเทียบ

ตารางที่ 1. เปรียบเทียบผลการทดลองพลังงานต่าง ๆ

TYPE	SOLAR CELL	WIND	HYBRID
Input	13 A	3.8 A	-
	70 V	27 V	-
	910 W	102 W	-
Output	10 A	2.9 A	14.5 A
	12 V	13.8 V	24 V
	120 W	34 W	348 W

จากตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการทดลองการออกผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน



รูปที่ 10. กราฟแสดงการเปรียบเทียบพลังงานแบบต่าง ๆ

จากรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าแรงดันทางด้าน Out put ของการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน มีประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม

5. สรุป

ลักษณะที่สำคัญของการออกแบบระบบผลิตผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ข้อ (1)ระบบผลิตไฟฟ้าที่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการ (2)ระบบที่ใช้พลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนได้อย่างคุ้มค่า (3) ระบบที่มีความยืดหยุ่นในการออกแบบสูง

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จ ได้รับกำลังใจจากคุณพ่อคุณแม่ และครอบครัว อีกทั้งได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย อัศวินชัยโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยแนะนำให้ความคิดเห็น อีกทั้งชี้แนะข้อบกพร่องต่าง ๆ ตรวจสอบบทความนี้มีความสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] **"นโยบายแผนและแนวทางวิจัยพัฒนาพลังงานทดแทน พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ พ .ศ.2540-2544"** โดยคณะทำงานพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ภายใต้คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

[2] ดุสิต เครืองาม และคณะฯ, **"เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมฟัสซิลิคอน",** การประชุมวิชาการของเนคเทค ครั้งที่ 4, โรงแรมอโนมา, กรุงเทพมหานคร, 190 (1992).

[3] บริษัทลีโอนิกส์, **"ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์** (Online),2009.Available: http://www.leonic.co.th (4 เมษายน 2553)

[4] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.**ข้อมูลพลังงานทดแทน.** กรุงเทพฯ: ฝ่ายวิทยาการพลังงาน กองพลังงานพิเศษ.(2540).

[5] รายงานฉบับสมบูรณ์**โครงการศึกษาประเมินศักยภาพพลังงานลมในการผลิตไฟฟ้าเฉพาะแหล่ง**,กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,ธันวาคม 2551.

[6] ธีศักดิ์ สรวลแย้ม และ วราพล ภูฆัง , ระบบวัดบันทึกและแสดงผลบ้านพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน,ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี,2550.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings2014, Chiang Mai, Thailand

การเปรียบเทียบการประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ระหว่างแบบแรงดันคงที่กับแบบพัลส์ที่ความถี่แตกต่างกัน

Comparison of lead-acid battery charging between a constant voltage and different frequency pulse charging techniques

ทรงพล กัทลี[1], เอกชัย ชัยดี[2], และอนนท์ นำอิน[2]

[1]นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย 57120

[2]อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย 57120

E-mail: songponkatali@gmail.com[1], ekkachai.ch799@rmutl.ac.th[2], a.namin@hotmail.com[2]

บทคัดย่อ

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด นิยมใช้เป็นแหล่งสะสมพลังงานเนื่องจากความน่าเชื่อถือได้และราคาถูกเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดอื่นที่มีขนาดเท่ากัน การศึกษาในครั้งนี้ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด โดยการประจุแบบแรงดันคงที่ และแบบพัลส์ ที่มีความถี่แตกต่างกัน ทำการทดสอบประจุกับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ขนาด 12V, 5Ah วิธีประจุแบบแรงดันคงที่ใช้พิกัดแรงดัน 14.5V ส่วนการประจุแบบพัลส์จะใช้ความถี่ที่ 500Hz, 750Hz, 1kHz, 1.25kHz และ 1.5kHz มี Duty cycle 50% ทำการประจุจนกระทั่งแรงดันของแบตเตอรี่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และทำการคายประจุจนกระทั่งแรงดันถึงระดับแรงดันคัท-ออฟ จากผลการทดสอบพบว่า การประจุแบบพัลส์ มีประสิทธิภาพการคายประจุเฉลี่ย 91.8% และช่วยลดเวลาในการประจุแบตเตอรี่ 3.5 เท่า เมื่อเทียบกับวิธีการประจุแบบแรงดันคงที่ ในส่วนของการประจุแบบพัลส์ความถี่ที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดคือ 1.5kHz ให้ประสิทธิภาพการคายประจุ 94.88% ข้อมูลที่ได้รับสามารถใช้ในการเลือกวิธีในการประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด และเป็นข้อมูลสำหรับศึกษาในเชิงลึกต่อไป

Abstract

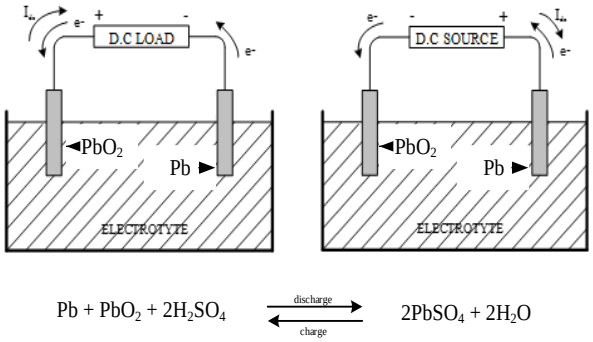
Leads acid battery is popular to storage energy due to reliability and inexpensive comparison at identical capacity with other type of batteries. In this study, charge efficiency of the Lead acid battery using constant voltage and pulse charging at difference frequencies, that are 500 Hz, 750 Hz, 1 kHz, 1.5 kHz and 1.25 kHz at 50% duty cycle, was compared. The charging was performed until the terminal voltage of battery is constant. And discharging until the terminal voltage reach to cut-off voltage. From testing results, average value of charge efficiency obtaining from the pulse charging is 91.76% that can reduced 3.51 of charging time compared with the constant voltage charging. Furthermore, the best charge efficiency of the pulse charging at difference frequencies occurred at 1.5 kHz with 94.88% of charge efficiency. The results from this research can be used to choose charging method and to study about the lead acid batteries.

***Keywords*:** Lead-Acid Battery, Constant voltage charging, Pulse charging, Charge efficiency

1. บทนำ

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างมากใช้สำหรับจัดเก็บพลังงานสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือใช้ในระบบพลังงานทดแทน แบตเตอรี่มีมากมายหลายชนิดในทางปฏิบัติแล้วแบตเตอรี่ทุกชนิดสามารถนำมาใช้ได้ แต่ที่นิยมใช้งานมากที่สุดคือ แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (Lead-acid battery) ด้วยเหตุผลที่ว่า มีราคาที่ถูก หาซื้อได้ง่าย และเชื่อถือได้ แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ถูกคิดค้นในปี ค.ศ.1859 โดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ที่ชื่อว่า แกสตัน แพลนท์ (Gaston Plant) เป็นแบตเตอรี่ชนิดที่เก่าแก่ที่สุด ต่อมาในปี ค.ศ. 1880 คามิลล์ฟอร์ (Camille Faure) ได้สรุปเทคนิคการผลิตแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด [1] และมีการพัฒนาเรื่อยมา ในปัจจุบันพบว่า ตะกั่วที่ผลิตได้ มากกว่า 3 ส่วนในโลก ถูกนำไปใช้ในการผลิตแบตเตอรี่โดยที่ส่วนแบ่งการตลาด 60-65% ของแบตเตอรี่ทั้งหมดเป็นการขายเกี่ยวกับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด [1]

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด มีหลักการทำงานอาศัยการผันกลับของปฏิกิริยาทางเคมี มีลักษณะโครงสร้างและสมการทางเคมี ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปฏิกิริยาทางเคมีภายในแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด [2, 7]

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ซึ่งประกอบด้วยแผ่นธาตุบวกและลบจุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดขึ้นเมื่อมีการต่อวงจรระหว่างขั้วบวกและลบ เมื่อแบตเตอรี่ใช้งานไประยะหนึ่งแรงดันของแบตเตอรี่จะลดลงไปเรื่อยๆ และสามารถทำให้แรงดันกลับมาอยู่ในระดับปกติได้ โดยการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคายประจุและประจุแบตเตอรี่

คือเกิดตะกั่วซัลเฟตเกาะที่ขั้วอิเล็กโทรดทั้งสองด้าน ส่งผลทำให้พื้นที่สัมผัสระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดกับอิเล็กทรอไลต์มีค่าลดลง อีกทั้งยังเป็นผลให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เกิดการบิดงอแผ่นอิเล็กโทรด ทำให้การประจุและคายประจุใช้เวลานานขึ้น นอกจากนี้เกิดการรวมตัวระหว่างไฮโดรเจนและออกซิเจนภายในแบตเตอรี่กลายเป็นน้ำเกิดขึ้นด้านในแบตเตอรี่ทำให้สารละลายอิเล็กทรอไลต์เจือจางลงทำให้การเกิดปฏิกิริยาทำได้ไม่เต็มที่ [7]

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางเคมีภายในแบตเตอรี่ที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับวิธีการประจุแบตเตอรี่ ดังนั้นการเลือกวิธีการประจุแบตเตอรี่ให้มีความเหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ ในงานวิจัยในครั้งนี้จึงได้นำเสนอผลการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคายประจุของแบตเตอรี่ โดยใช้วิธีการประจุแบบแรงดันคงที่ (Constant voltage charging) และการประจุแบบพัลส์ (Pulse charging) ที่มีความถี่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคายประจุ ระยะเวลาที่มีผลต่อการประจุและคายประจุ อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับเลือกวิธีการประจุและใช้ในการศึกษาในเชิงลึกต่อไป

2. วิธีการทดสอบ

การทดสอบในการศึกษานี้ แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การทดสอบการประจุแบตเตอรี่ และการทดสอบการคายประจุแบตเตอรี่

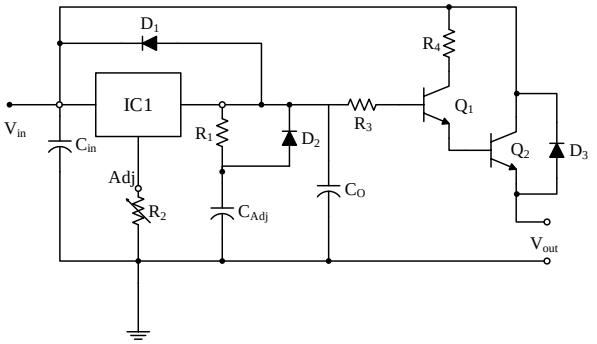
2.1 การทดสอบการประจุแบตเตอรี่

ทดสอบประจุแบตเตอรี่ โดยใช้วงจรประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่ เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และวงจรประจุแบตเตอรี่แบบพัลส์ ผลการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา [3-5] พบว่า การประจุแบบพัลส์สามารถลดการเกิดตะกั่วซัลเฟตที่ขั้วของแบตเตอรี่ได้

ในการศึกษานี้ ได้ทดสอบกับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ขนาด 12 V, 5 Ah ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส โดยกำหนดแรงดันที่ใช้ในการประจุประมาณ 14.5 V ทำการประจุแบตเตอรี่จนกระทั่งแรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แล้วทำการบันทึกค่ากระแสและแรงดันทุกๆ 1 นาที ซึ่งวงจรที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่ มีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

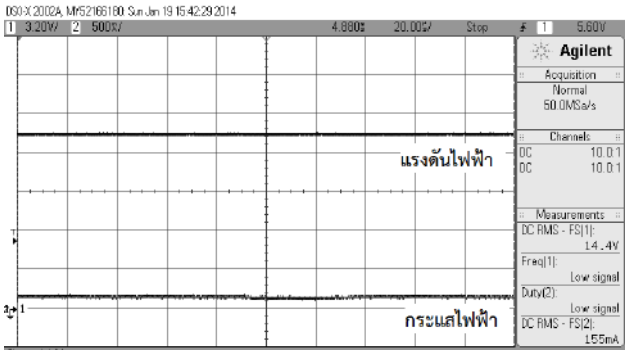
2.1.1 การประจุด้วยวงจรประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่

วงจรประจุแบบแรงดันคงที่ เป็นวงจรที่สามารถควบคุมแรงดันในการประจุแบตเตอรี่ป้องกันแรงดันเกินพิกัดโดยมีลักษณะแรงดันคงที่ตลอดระยะเวลาในการประจุ และลักษณะของกระแส จะค่อยๆลดลงตามระยะเวลาในการประจุ ในการออกแบบวงจรประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่ จะใช้ไอซี LM350 เป็นตัวควบคุมแรงดันให้คงที่ และนำแรงดันที่ได้ไปควบคุมขาเบส ของทรานซิสเตอร์ เพื่อเป็นตัวรองรับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่ โดยมีวงจรการทำงานดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่

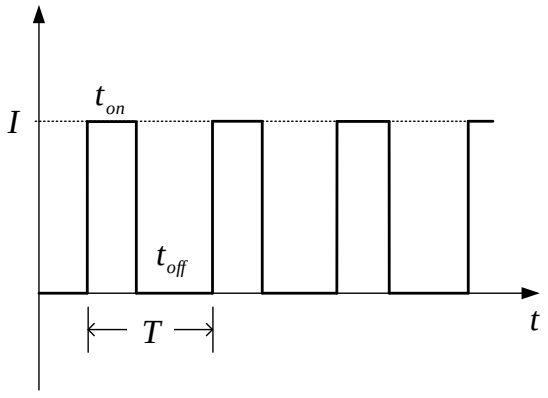
จากวงจรที่ทำการออกแบบ ได้ทำการทดสอบวัดค่าแรงดันและกระแสในช่วงของการประจุแบตเตอรี่ พบว่า มีลักษณะเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตามความต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงลักษณะแรงดันและกระแสไฟฟ้าของวงจรประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่

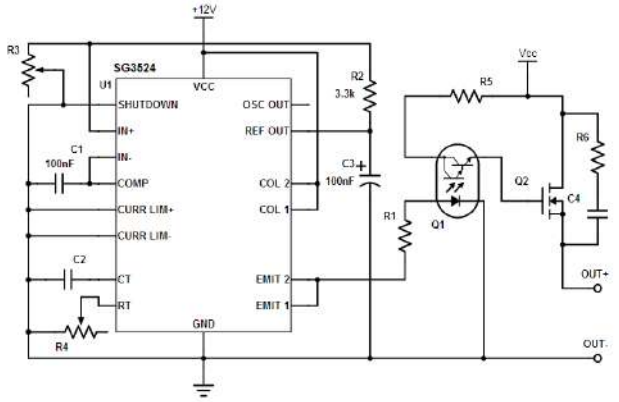
2.1.2 การประจุด้วยวงจรประจุแบตเตอรี่แบบพัลส์

การประจุแบตเตอรี่แบบพัลส์ เป็นวิธีการประจุที่สามารถป้องกันการเกิดตะกั่วซัลเฟตเกาะที่ขั้วอิเล็กโทรด สามารถป้องกันการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในของแบตเตอรี่ได้ และทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน [3-5, 8] ซึ่งลักษณะของกระแสที่ใช้ในการประจุ แสดงดังรูปที่ 4



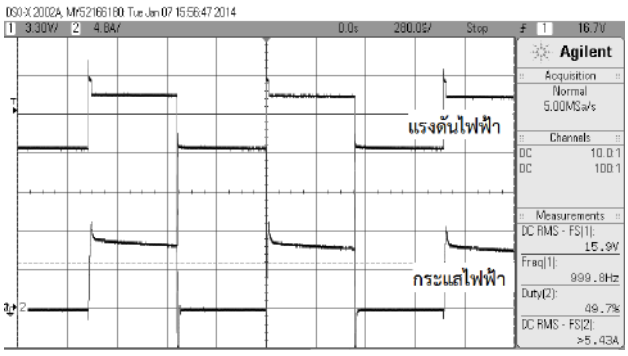
รูปที่ 4 แสดงลักษณะกระแสของการประจุแบบพัลส์

จารูปที่ 4 เป็นลักษณะของกระแสเป็นรูปคลื่นพัลส์ จากลักษณะรูปคลื่นดังกล่าว ได้มีการออกแบบวงจรประจุแบตเตอรี่แบบพัลส์ โดยกำหนดให้ Duty cycle 50% และความถี่ที่ใช้ทดสอบคือ 500 Hz, 750 Hz, 1 kHz, 1.25 kHzและ 1.5 kHz โดยใช้วงจรรวม SG3524 เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์ โดยทำการปรับความถี่ที่ต้องการใช้งาน ที่ CT และ RT ทำการปรับ duty cycle ที่ R3 ซึ่งสัญญาณที่ได้จะเข้าสู่ Q1 เพื่อเพิ่มระดับแรงดันสัญญาณพัลส์เข้าสู่ขาเกจของ Q2 ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์กำลัง ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรประจุแบตเตอรี่แบบพัลส์

จากวงจรที่ทำการออกแบบ ได้ทำการทดสอบวัดค่าแรงดันและกระแสในช่วงของการประจุแบตเตอรี่ พบว่า ลักษณะของกระแสและแรงดันไฟฟ้าเป็นรูปคลื่นพัลส์ ที่ความถี่ 1 kHz และ Duty cycle 50% มีความผิดเพี้ยนของสัญญาณอยู่เล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงลักษณะแรงดันและกระแสไฟฟ้าของวงจรประจุแบตเตอรี่แบบพัลส์ที่ความถี่ 1kHz

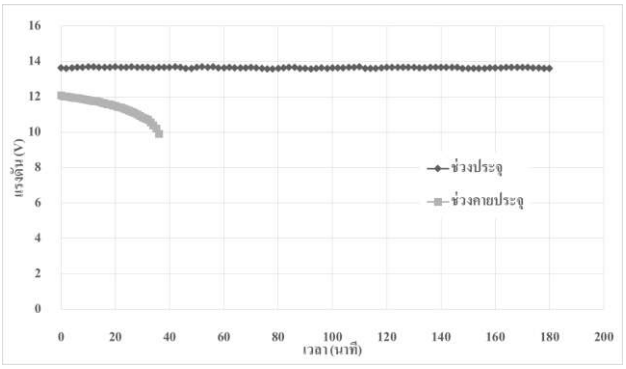
2.2 การทดสอบการคายประจุแบตเตอรี่

การทดสอบการคายประจุแบตเตอรี่จะทำการทดสอบหลังจากการประจุแบตเตอรี่ประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้แบตเตอรี่เข้าสู่สภาวะปกติ โดยจะทดสอบด้วยการคายประจุแบตเตอรี่ด้วยโหลดหลอดไส้ ขนาด 12V 50 W ตลอดระยะเวลาการทดสอบ โดยกำหนดค่าแรงดันสุดท้ายที่ 10 V ขณะต่อกับโหลด บันทึกค่ากระแสและแรงดันทุกๆ 1 นาที

3. ผลการศึกษา

3.1 แรงดันไฟฟ้าขณะประจุและคายประจุ

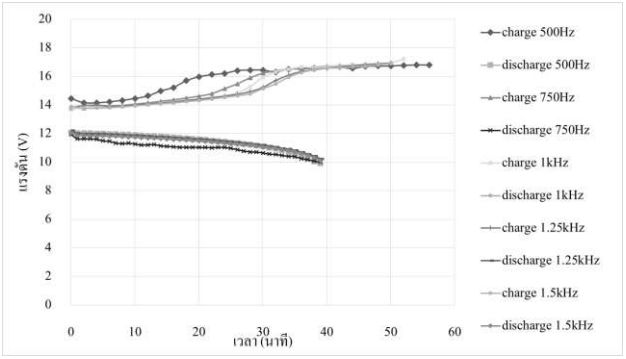
3.1.1 การประจุแบบแรงดันคงที่



รูปที่ 7 กราฟแสดงลักษณะแรงดันไฟฟ้าในช่วงประจุแบตเตอรี่และช่วงคายประจุแบตเตอรี่ของการประจุแบบแรงดันคงที่

จากรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้าในช่วงของการประจุมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาในการประจุ ตามลักษณะของวงจรประจุแบบแรงดันคงที่ โดยขณะการทดสอบประจุใช้เวลาทั้งหมด 180 นาที และในช่วงของการคายประจุ ลักษณะของแรงดันมีการลดลงอย่างต่อเนื่องโดยใช้เวลาในการคายประจุ 36 นาที

3.1.2 การประจุแบบพัลส์



รูปที่ 8 กราฟแสดงลักษณะแรงดันไฟฟ้าในช่วงประจุแบตเตอรี่และช่วงคายประจุแบตเตอรี่ของการประจุแบบพัลส์

จากรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้าในช่วงของการประจุแต่ละความถี่มีค่าใกล้เคียงกันและต่างกันไม่มาก การประจุใช้เวลาเฉลี่ย 50 นาที และคายประจุในเวลาเฉลี่ย 40 นาที

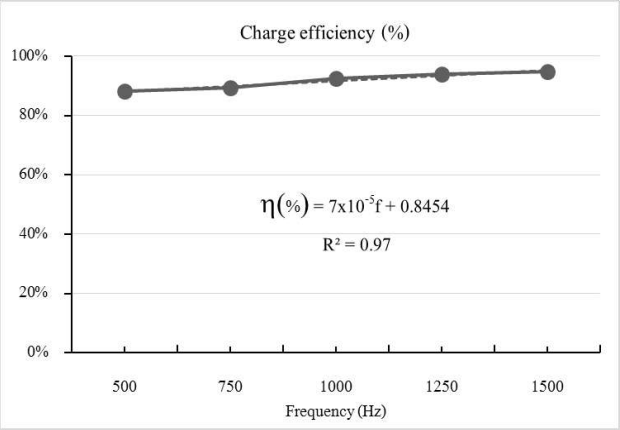
3.2 ประสิทธิภาพของการคายประจุ

การประจุแบบแรงดันคงที่ ใช้เวลาในการประจุนานกว่าแบบพัลส์ประมาณ 3.5 เท่า และการประจุแบบแรงดันคงที่ มีประสิทธิภาพการคายประจุ 88 % แต่สำหรับการประจุแบบพัลส์มีความถี่ 500 Hz, 750 Hz, 1 kHz, 1.25 kHz และ 1.5 kHz ด้วย Duty cycle 50% ไม่มีผลอย่างมี

นัยสำคัญต่อระยะเวลาการประจุ แต่มีผลต่ออัตราการประจุและประสิทธิภาพการคายประจุ คือ การประจุด้วยพัลส์ความถี่สูงทำให้ประสิทธิภาพการคายประจุมีค่าสูงขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 9

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบของการประจุแบบพัลส์ที่มีความถี่แตกต่างกัน

Method	Charge frequency (Hz)	Charge time (minute)	Charge capacity (Ah)	Discharge capacity (Ah)	Charge efficiency (%)
Pulse	500	56	3.1	2.7	88.1
	750	48	3.0	2.7	89.4
	1000	52	2.9	2.7	92.4
	1250	50	2.9	2.7	94.0
	1500	50	2.8	2.7	94.9
Constant Voltage		180	2.9	2.4	84.8



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ของความถี่กับประสิทธิภาพการคายประจุ

ผลการทดสอบที่ได้จากการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับผลการทดสอบในเอกสารอ้างอิง [3],[9]

4. สรุปผลการทดลอง

การเปรียบเทียบการประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ระหว่างแบบแรงดันคงที่กับแบบพัลส์ที่ความถี่แตกต่างกัน พบว่า การประจุแบบแรงดันคงที่ใช้เวลาในการประจุ 180 นาที และมีประสิทธิภาพการคายประจุ 88% แต่สำหรับการประจุแบบพัลส์ด้วยความถี่ 500 Hz, 750 Hz, 1 kHz, 1.25 kHz และ 1.5 kHz ที่ Duty cycle 50% ใช้เวลาในการประจุเฉลี่ย 50 นาที และมีประสิทธิภาพการคายประจุเฉลี่ย 90 % และการประจุด้วยพัลส์ความถี่สูงทำให้ประสิทธิภาพการคายประจุมีค่าสูงขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุน และอำนวยความสะดวกด้านการใช้งานห้องปฏิบัติการและเครื่องมือจากสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย คณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] N. Moubayed, J. Kouta, A. EI-Ali, H. Dernayka, R. Outbib, "*Parameter Identification of the Lead-Acid battery Model*," 33rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 11-16 May 2008, Manchester Grand Hyatt Hotel, San Diego, California, USA, pp. 1-6.

[2] David Linden and Thomas B. Reddy, "Handbook of batteries (3 ed.)," R. R. Donnelley & Sons Company.

[3] A. Chih-Chiang, and B. Zong-Wei, "Charge and discharge characteristics of lead-acid battery and LiFePO4 battery," *Power Electronics Conference (IPEC), 2010 International*. IEEE, 2010.

[4] Hua Chih-Chiang, and Meng-Yu Lin, "A study of charging control of lead-acid battery for electric vehicles," *Industrial Electronics, 2000. ISIE 2000. Proceedings of the 2000 IEEE International Symposium on*. Vol. 1. IEEE, 2000.

[5] Cheng, Pei-Hsuan, and Chern-Lin Chen, "A high-efficiency fast charger for lead-acid batteries," *IECON 02 [Industrial Electronics Society, IEEE 2002 28th Annual Conference of the]*. Vol. 2. IEEE, 2002.

[6] Moon, Jung-Song, et al, "An efficient battery charging algorithm based on state-of-charge estimation for electric vehicle." *Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2011 International Conference on*. IEEE, 2011.

[7] J.P. Nelson, W.D. Bolin, "Basics and advances in battery systems", Industry.

[8] T.K. Cheung, K.W.E. Cheng, H.L. Chan, Y.L. Ho, H.S. Chung, K.P. Tai, "Maintenance techniques for rechargeable battery using pulse charging," Power Electronics Systems and Applications, 2006. ICPESA '06. 2nd International Conference on, pp. 205 – 208, 2006.

[9] C. Jubfun, R. Songprakorp, and T. Chenvidhya, "Dynamic Characteristic Effects of Lead-Acid Battery for Pulse Charging and DC Charging," International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies, 2013.

หัวข้อ เทคนิคการค้นหาการประยุกต์ใช้งาน GIS และ GPS (23GIS&GPS)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ

RMUTL, Northern Campus Decision Support System Development

อนันท์ ทับเกิด

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ 50300

Email: anan@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการสร้างคลังข้อมูลจากระบบการบริหารทรัพยากรมนุษย์ ระบบทะเบียนนักศึกษา และระบบบริหารแผนปฏิบัติราชการประจำปีของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ มีจุดประสงค์หลักคือสามารถนำไปใช้งานได้จริงและยั่งยืน โดยมุ่งเน้นเนื้อหาของธุรกิจหลักของมหาวิทยาลัยฯ 3 ด้าน ได้แก่ การบริหารบุคลากร การเรียนการสอน และแผนปฏิบัติราชการประจำปี โดยสร้างคลังข้อมูลเพื่อจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล โปรแกรมไมโครซอฟต์เอสคิวแอลเซิร์ฟเวอร์เป็นเครื่องมือในการสร้างคลังข้อมูล การสกัด การปรับเปลี่ยน การถ่ายโอนข้อมูล จนถึงการประมวลผลการวิเคราะห์แบบออนไลน์ และโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลล์ในการนำเสนอข้อมูล ผลการดำเนินการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ภาคพายัพ สามารถนำระบบไปใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: สารสนเทศสนับสนุนการตัดสินใจ, คลังข้อมูล, การประมวลผลการวิเคราะห์แบบออนไลน์

Abstract

The purpose of this research was to create a repository of information from the Human Resources Management System, Registration System and the Budget Strategy Planning System of Rajamangla University of Technology Lanna Chiang Mai (RMUTL). By focusing on content of the university's direct core Business Rule emphasize. In addition, it is to particularly examine correlations between personnel management factors, course of study factors, project plan for strategy and planning section data factors. By creating a repository to data store and analyze data for decision support system by using data warehouse technique. This technique in used to transfer data form database by SQL integration service to forecast trend, behavior of the data and information, which is used as the information for decision making. By SQL reporting service tool to extract transform load (ETL), in conjunction with co-operator planner software in presentation of information to both the user's, and can be applied. Finally, web application that anyone can access the main system which able to make decision support information of RMUTL can be accessible effectively.

Keywords: Decision Support System, Data Warehouse, OLAP

1. บทนำ

ปัจจุบันคณะผู้บริหารองค์กรขนาดกลางถึงขนาดใหญ่มีความต้องการในการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในการดำเนินการต่าง ๆ ตั้งแต่การตัดสินใจในงานประจำวันจนถึงระดับการวางแผนกลยุทธ์ขององค์กร สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ มีระบบสารสนเทศในการดำเนินงาน (Online Transactional Processing, OLTP) ที่สำคัญได้แก่ ระบบบริหารจัดการทรัพยากรมนุษย์ ระบบทะเบียนและประมวลผล และระบบบริหารจัดการแผนปฏิบัติราชการ(ประกอบด้วยข้อมูลหลัก คือ ยุทธศาสตร์ เป้าหมาย ตัวชี้วัด โครงการ และงบประมาณ) ซึ่งแต่ละหน่วยงานใช้โปรแกรมและระบบจัดการฐานข้อมูลแตกต่างกันไป ที่ผ่านมาทางมหาวิทยาลัยฯ พยายามจัดหาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ (Management Information System, MIS) แต่ระบบ MIS ไม่เชื่อมโยงข้อมูลจากระบบสารสนเทศในการดำเนินงานที่ใช้งานอยู่ ให้ผู้เกี่ยวข้องดำเนินการป้อนข้อมูลเข้าไปใหม่ ทำให้เกิดความซับซ้อนเพิ่มภาระงาน ข้อมูลสารสนเทศที่ได้จึงไม่ครบถ้วน ไม่ถูกต้อง และปัญหาสำคัญอีกปัญหาหนึ่งคือสารสนเทศที่ได้ไม่ครอบคลุมความต้องการหรือนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์อื่น ๆ ต่อได้ยาก จึงไม่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ และที่สำคัญระบบควรพัฒนาด้วยผู้ที่เข้าใจระบบสารสนเทศในการดำเนินงานที่ใช้งานอยู่เป็นอย่างดี

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้ดำเนินการวิจัยซึ่งรับผิดชอบการพัฒนาระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ภาคพายัพ อยู่ จึงได้ศึกษา วิเคราะห์ และพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ โดยมีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ คือ 1) สารสนเทศที่ได้ต้องถูกต้องครบถ้วนและทันเวลา 2) สามารถนำไปใช้งานได้จริง ตรงตามความต้องการของผู้บริหาร และ 3) ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่าย โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งนักคอมพิวเตอร์

2. ทฤษฎีและเครื่องมือวิจัย

2.1 คลังข้อมูล (Data Warehouse)

คลังข้อมูล หมายถึง ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ จุดประสงค์หลักในการสร้างคลังข้อมูล คือ ต้องการเปลี่ยนข้อมูลดิบให้เป็นสารสนเทศที่มีประโยชน์ เช่น การรายงานข้อมูลเชิงสรุป การรายงานข้อมูลเชิง

เปรียบเทียบ เป็นต้น การพิจารณาสร้างคลังข้อมูลเพื่อจัดเก็บข้อมูลใดนั้นขึ้นกับฐานข้อมูลในระบบปฏิบัติงานรายวัน(Operational Database) ที่มีอยู่และหัวข้อทางธุรกิจที่สนใจ เช่น มหาวิทยาลัยฯ สนใจด้านการจัดการเรียนการสอน เช่น ผลการเรียนของนักศึกษาภาคปกติกับนักศึกษาภาคสมทบต่างกันอย่างไร ภาระการสอนของอาจารย์แต่ละคณะหรือแต่ละสาขาวิชามีแนวโน้มเป็นเช่นไร เป็นต้น

2.2 การสกัด ปรับเปลี่ยน และถ่ายโอนข้อมูล (Extract Transform Load, ETL)

เป็นกระบวนการนำฐานข้อมูลจากระบบปฏิบัติงานรายวันเข้าสู่คลังข้อมูล เริ่มจากการสกัดข้อมูลหรือเลือกข้อมูลตามความต้องการ หลังจากนั้นทำการปรับเปลี่ยนข้อมูล ซึ่งขั้นตอนนี้

1) การสกัดข้อมูลเป็นการเลือกข้อมูลตามที่ต้องการ ข้อมูลที่จะนำเข้าคลังข้อมูลควรเป็นข้อมูลปริมาณมาก การสกัดข้อมูลไม่ควรกระทบระบบปฏิบัติงานรายวัน ต้องมีข้อตกลงว่าจะสกัดข้อมูลช่วงเวลาใด

2) การปรับเปลี่ยนข้อมูลเป็นการแปลงชนิดข้อมูล แปลงข้อมูลให้เป็นไปตามโครงสร้างของคลังข้อมูลที่ออกแบบไว้ รวมการตรวจสอบกลั่นกรองและทำความสะอาด ลบหรือแก้ไขข้อมูล ให้เหลือเฉพาะข้อมูลที่เป็นที่ต้องการเท่านั้น

3) การถ่ายโอนข้อมูลเป็นกระบวนการนำข้อมูลที่ผ่านการปรับเปลี่ยนข้อมูลแล้วเข้าสู่ฐานข้อมูลกลางหรือคลังข้อมูล

2.3 การประมวลผลการวิเคราะห์แบบออนไลน์ (Online Analytical Processing, OLAP)

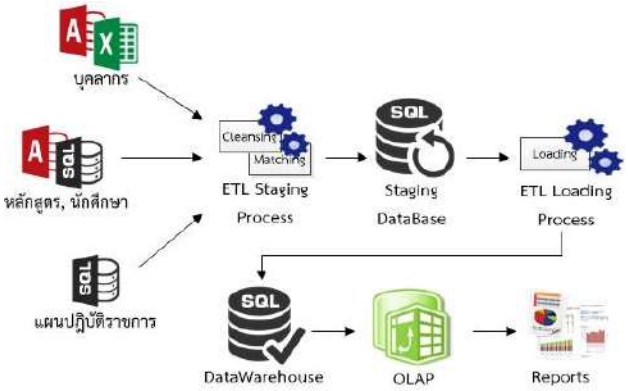
การประมวลผลการวิเคราะห์แบบออนไลน์ เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลในมิติต่าง ๆ (Multidimensional Data Analysis) ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว ซึ่งสามารถทำการเจาะลึกข้อมูล (Drill draw) การสรุปหรือการรวมขึ้นข้อมูล (Roll Up) หรือการวิเคราะห์ข้อมูลบางส่วน (Slicing) เป็นต้นได้เป็นอย่างดี

2.4 เครื่องมือสร้างรายงาน (Report Tools)

ในงานวิจัยนี้ใช้ไมโครซอฟต์เอ็กเซลล์ในการนำเสนอข้อมูล โดยมีเครื่องมือสำคัญคือ ไพวอทเทเบิล(Pivot Table) ที่สร้างขึ้นมาสำหรับการวิเคราะห์และรายงานข้อมูล ในรูปแบบตารางและกราฟ สามารถสรุปข้อมูลทั้งในแนวของแถวและคอลัมน์ นอกจากนี้ยังมีสไลเซอร์(Slicer) ที่ออกแบบมาสำหรับการกรองข้อมูลแบบโต้ตอบกับผู้ใช้งาน สามารถเลือกดูข้อมูลที่ต้องการได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจนี้ใช้หลักการพัฒนาแบบล่างขึ้นบน (Bottom-up) ศึกษาระบบปฏิบัติงานรายวันที่ใช้งานอยู่ในมหาวิทยาลัยฯ วิเคราะห์ ออกแบบสร้างคลังข้อมูลซึ่งมีแนวความคิดดังรูปที่ 1 ซึ่งได้ดำเนินงานสำคัญ ๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 ผังระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ

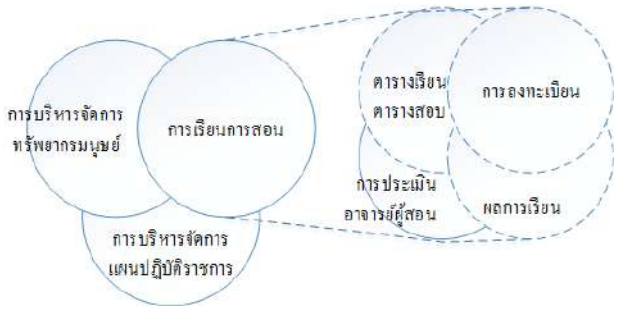
1) ศึกษาแหล่งข้อมูลจากระบบสารสนเทศในการดำเนินงาน ซึ่งได้แหล่งข้อมูลจาก 4 แหล่งข้อมูล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้เพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจ

แหล่งข้อมูล	มิติข้อมูล	เครื่องมือจัดเก็บข้อมูล
บุคลากร	หน่วยงานสังกัด, ประเภท, สาย(วิชาการ ,สนับสนุน), อายุ เป็นต้น	ไมโครซอฟต์เอ็กเซลล์, ไมโครซอฟต์เอ็กเซส, ไมโครซอฟต์เอสคิวแอล เซิร์ฟเวอร์ (มีหลายแหล่งข้อมูล)
หลักสูตร	คณะ, ระดับ, วุฒิการศึกษา เป็นต้น	ไมโครซอฟต์เอ็กเซส
นักศึกษา	คณะ, หลักสูตร, ประเภทการเรียน, เวลาเรียน, ระดับ,คะแนนเฉลี่ยสะสม เป็นต้น	ไมโครซอฟต์เอสคิวแอล เซิร์ฟเวอร์, ไมโครซอฟต์เอ็กเซส
แผนปฏิบัติราชการ	หน่วยงานรับผิดชอบ ,ยุทธศาสตร์ เป็นต้น	ไมโครซอฟต์เอสคิวแอล เซิร์ฟเวอร์

2) วิเคราะห์เนื้อหาของธุรกิจหลักของมหาวิทยาลัยฯ ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่เนื้อของธุรกิจหลัก 3 ด้าน ได้แก่ การบริหารจัดการทรัพยากรมนุษย์ การ

เรียนการสอน และการบริหารแผนปฏิบัติราชการ และแต่ละด้านดำเนินการแบ่งเป็นเนื้อหาย่อย เช่น ด้านการเรียนการสอน แบ่งออกเป็นตารางเรียน การลงทะเบียน ผลการเรียน และการประเมินอาจารย์ผู้สอน ดังรูปที่ 2

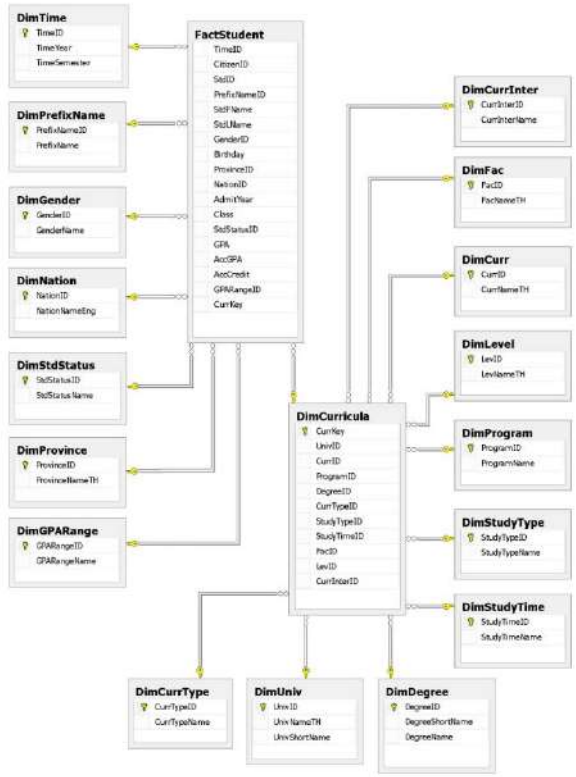


รูปที่ 2 เนื้อหาของธุรกิจและเนื้อหาย่อยด้านการเรียนการสอน

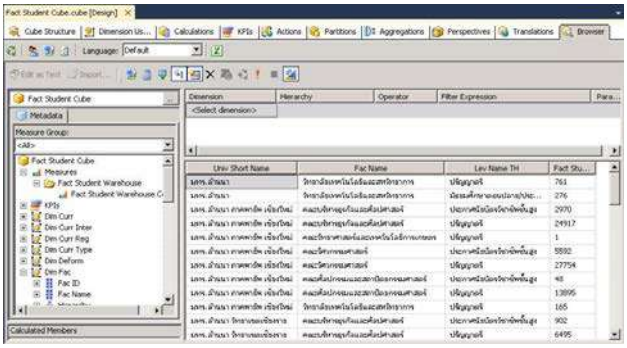
3) ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ

สถาปัตยกรรมระบบข้อมูล : ทำการศึกษาฐานข้อมูลทั้ง 4 แหล่งฐานข้อมูล วิเคราะห์ ออกแบบคลังข้อมูลบุคลากร การเรียนการสอน และแผนปฏิบัติราชการ มีมิติข้อมูลหลัก ๆ เช่น คณะวิชา สาขา สาขาวิชา ระดับการศึกษา เป็นต้น ตัวอย่าง ดังรูปที่ 3 แสดงแบบจำลองคลังข้อมูลนักศึกษา

สถาปัตยกรรมระบบคอมพิวเตอร์ : เครื่องมือที่ใช้ คือ โปรแกรมไมโครซอฟต์เอสคิวแอลเซิร์ฟเวอร์ในการจัดเก็บคลังข้อมูล การนำข้อเข้าข้อมูล จนถึงการประมวลผลการวิเคราะห์แบบออนไลน์ ดังรูปที่ 4 ส่วนการแสดงผลใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลล์ที่ใช้เพาเวอร์ไพวอท



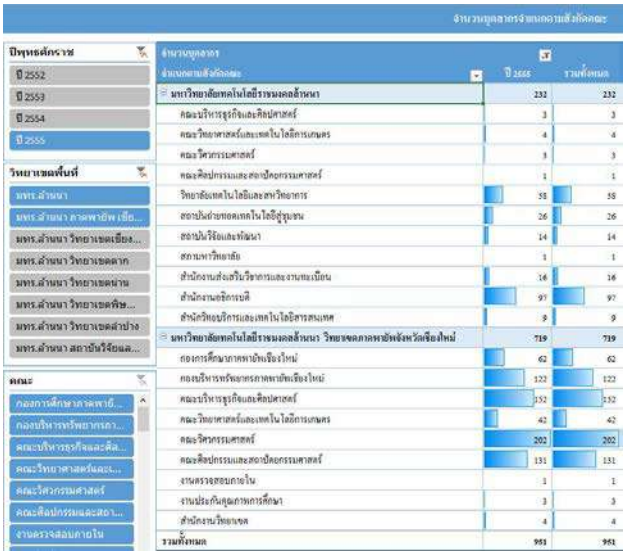
รูปที่ 3 แบบโครงสร้างคลังข้อมูลนักศึกษา



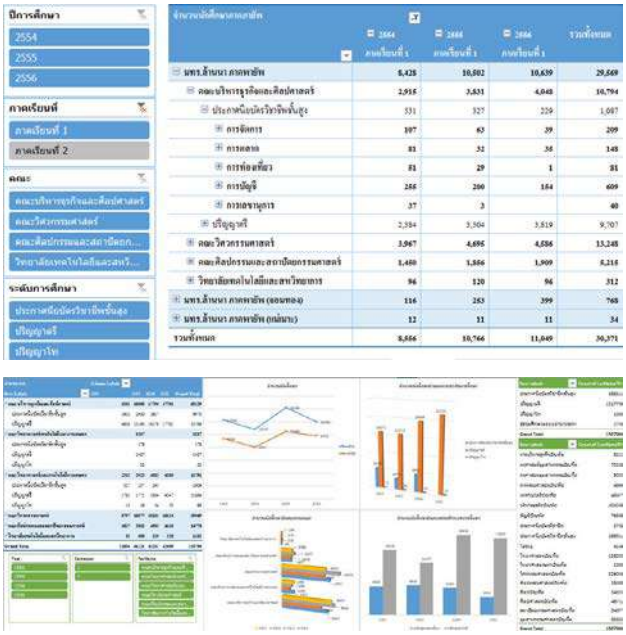
รูปที่ 4 การประมวลผลการวิเคราะห์แบบออนไลน์

4. ผลการดำเนินการ

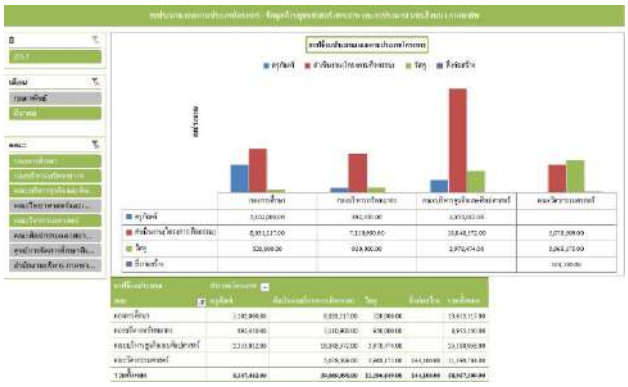
การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ เป็นไปตามวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนา สามารถนำข้อมูลจากระบบดำเนินการต่าง ๆ 3 ระบบหลักเข้าคลังข้อมูล จนออกรายงานข้อมูลต่าง ๆ ได้ดังที่ผู้บริหารหรือผู้ใช้งานระบบต้องการ ตัวอย่างรายงาน ดังรูปที่ 5 – 7



รูปที่ 5 ตัวอย่างสารสนเทศด้านการบริหารทรัพยากรมนุษย์



รูปที่ 6 ตัวอย่างสารสนเทศด้านการเรียนการสอน



รูปที่ 7 ตัวอย่างสารสนเทศด้านแผนปฏิบัติราชการ

5. สรุปผลการดำเนินการ และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเป็นไปตามวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อสามารถใช้งานจริงและยั่งยืน สามารถนำไปใช้และก่อเกิดประโยชน์ได้ตามต้องการ กุญแจสำคัญต่อความสำเร็จอย่างหนึ่ง คือ คณะผู้วิจัยปฏิบัติหน้าที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้ง 3 กลุ่ม คือ ผู้บริหาร ผู้ดูแลระบบดำเนินการ และคณะผู้พัฒนาระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ภาคพายัพ

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

รายงานที่ได้ออกมาเป็นรายงานที่ตอบสนองต่อการใช้งานเบื้องต้น ประกอบกับการบริหารองค์กรสมัยใหม่ต้องอาศัยสารสนเทศในการตัดสินใจที่มีความสามารถสูง จึงควรพัฒนาระบบเป็นระบบธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence, BI) มีการเพิ่มตัวชี้วัด(Key Performance Indicator, KPI) เข้ามาและควรศึกษาการสร้างรายงานภาพรวม(Dashboard) ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, “*การออกแบบและพัฒนาคลังข้อมูล*”, สำนักพิมพ์ เคทีพี กรุงเทพ ปรัชญาศาสตร์ ทีจันทร์มาตย์, Online Analytical Processing (OLAP)

[2] Barry Ralston, “*PowerPivot for Business Intelligence Using Excel and Sharepoint*”, Apress, New York, USA.

[3] Dejan Sarka, Matija Lah and Grega Jerkič, “*Implementing a Data Warehouse with Microsoft SQL Server 2012*”, O’Reilly Media, Inc. , California, USA.

[4] Efrim Turban, Jay E. Aronson and Ting-Peng Liang, “Decision Support Systems and Intelligent Systems”, Prentice Hall, Inc., New Jersey, USA.

[5] Vicki L. Sauter, “*Decision Support System for Business Intelligence*”, John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, USA.

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การหาระยะห่างของรถคันหน้าด้วยระบบตรวจจับป้ายทะเบียน

Determine the Distance from Front Vehicle with License Plate Detection System

ตะวัน ขุนอาสา

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

E-mail: hankmen@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอระบบสำหรับคำนวณหาระยะห่างระหว่างรถคันที่ใช้งานกับรถคันที่อยู่ด้านหน้า โดยมีวัตถุประสงค์ในการแจ้งเตือนผู้ขับขี่เมื่อมีระยะห่างน้อยเกินไปเพื่อความปลอดภัยในการใช้ยานพาหนะบนท้องถนน ซึ่งระบบดังกล่าวใช้หลักการตรวจจับป้ายทะเบียนของรถคันหน้าด้วยเทคนิคการตรวจจับวัตถุภายในภาพ Haar Like Feature Detection เพื่อนำขนาดมาตรฐานของป้ายทะเบียนมาเป็นค่าอ้างอิงในการคำนวณระยะห่างโดยใช้ทฤษฎีขอบเขตการมองเห็นภาพ (Field of View) การทดสอบระบบจะใช้ไฟล์วิดีโอที่ถ่ายด้วยกล้องวิดีโอที่มีระยะ โฟกัส 4 และ 16 มิลลิเมตรในการทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าความแม่นยำในการคำนวณหาระยะห่างเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 85.81 และความถูกต้องจะน้อยลงเมื่อระยะห่างของรถมากขึ้นเนื่องจากระบบไม่สามารถตรวจจับป้ายทะเบียนได้เมื่อภาพป้ายมีขนาดเล็กลง

Abstract

This research paper presents the calculation of the distance between driving vehicle and front vehicle. The purposed of the system is alert to the driver for a safe driving, when the distance between the vehicles is too close. This system used the license plate detection with Haar Like Feature Detection technique, and used of the standard size of license plate for calculation of the distance between the vehicles with Field of View theory. The system testing used video files which have a focal length of 4 and 16 millimetres. The experimental results shown that, average accuracy of the calculation of the distance is 85.81 %. In addition, decreasing of the distance between the vehicles effected to the less accuracy, because the system cannot detect license plate if the license plate image was too small by the far distance.

Keywords**:** *distance, vehicle, field of view, license plate, haar like feature detection*

1. บทนำ

สถิติการเกิดอุบัติเหตุทางรถยนต์ที่เกิดบนทางหลวงแผ่นดินพบว่าในปี พ.ศ. 2554 มีผู้เสียชีวิต 9,205 คน และผู้บาดเจ็บ 21,917 คน [1] โดยประเภทของรถที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล โดยคิดเป็นร้อยละ 30.68 ดังนั้นในหลาย ๆ ภาคส่วนไม่ว่าจะเป็นภาครัฐหรือเอกชน หรือองค์กรต่าง ๆ ก็ให้ความสำคัญในเรื่องของการลดและป้องกันอุบัติเหตุบนท้องถนน เช่น เมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2553 คณะรัฐมนตรีให้ความเห็นชอบในการกำหนดให้ ปี 2554-2563 เป็นทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนนโดยมีเป้าหมายเพื่อลดอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนให้ต่ำกว่า 10 คน ต่อหนึ่งแสนคนในปี 2563 [2] และในส่วนของอุตสาหกรรมทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ หรืองานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ต่างก็ค้นคิดระบบรักษาความปลอดภัยที่สามารถติดตั้งเพิ่มเติมเข้าไปในตัวรถเพื่อช่วยในเรื่องของความปลอดภัยได้อีกระดับหนึ่ง เช่น ระบบรู้จำเครื่องหมายจราจรของประเทศไทยโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน [3] ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยเตือนในเรื่องของป้ายจราจรตามถนนในขณะที่ขับรถผ่าน และจากข้อมูลของงานวิจัยเรื่องระบบวิเคราะห์การแซงรถคันหน้าสำหรับช่วยเหลือผู้ขับรถในเวลากลางคืน [4] พบว่าสาเหตุส่วนใหญ่ของอุบัติเหตุเกิดขึ้นจากมนุษย์ เนื่องจากมนุษย์มีความเหนื่อยล้าที่เกิดจากการขับขี่รถยนต์เป็นเวลานานส่งผลต่อการตัดสินใจที่ผิดพลาดในการขับขี่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบคำนวณหาระยะห่างระหว่างรถคันที่อยู่ด้านหน้ากับรถของผู้ขับขี่ว่ามีระยะห่างเท่าไหร่เพื่อช่วยแจ้งเตือนผู้ขับขี่ให้สามารถตัดสินใจหยุดรถในระยะที่ปลอดภัยได้ โดยงานวิจัยนี้จะใช้ระบบตรวจจับป้ายทะเบียนของรถคันที่อยู่ด้านหน้าเพื่อนำขนาดมาตรฐานของป้ายทะเบียนมาช่วยคำนวณระยะห่างโดยใช้ทฤษฎีขอบเขตการมองเห็นของภาพ (*FoV*)

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

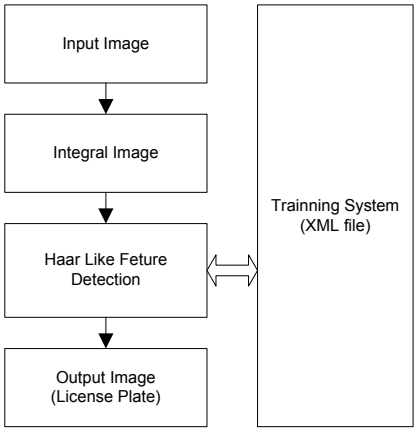
2.1 การตรวจจับป้ายทะเบียน

การตรวจจับป้ายทะเบียนจะใช้หลักการตรวจจับวัตถุภายในภาพ Haar Like Feature Detection [5] โดยขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจจับวัตถุภายในภาพแสดงได้ดังรูปที่ 1

จากโครงสร้างการตรวจจับป้ายทะเบียนจากรูปที่ 1 จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของการสร้างฐานข้อมูลของภาพป้ายทะเบียน (training) ในรูปแบบของไฟล์ XML และอีกส่วนหนึ่งคือระบบตรวจจับซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการนำเข้าภาพ (input image) การทำ Integral Image, Haar like feature Detection และการแสดงขอบเขตของภาพที่ตรวจจับได้ (output image) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 การสร้างฐานข้อมูลภาพ (Training)

การสร้างฐานข้อมูลภาพจะนำภาพป้ายทะเบียน (positive image) และภาพทั่วไปที่ไม่ใช่ภาพป้ายทะเบียน (negative image) มาเปรียบเทียบด้วย



รูปที่ 1. กระบวนการทำงานของระบบตรวจจับป้ายทะเบียน

กระบวนการ Haar Training [6] เพื่อสร้างไฟล์ XML สำหรับเก็บค่า threshold เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการตรวจจับป้ายทะเบียนต่อไป โดยตัวอย่างของ Negative Image , Positive Image และไฟล์ XML แสดงได้ดังรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



Negative Image Positive Image

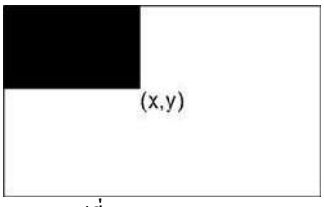
รูปที่ 2. ภาพตัวอย่างที่นำมา Training เพื่อสร้างฐานข้อมูลภาพ

```
        </feature>
        <threshold>-0.0390734188258648</threshold>
            <left_val>0.6259990930557251</left_val>
            <right_val>-0.3477162122726440</right_val>
    </tree1>
```

รูปที่ 3. ตัวอย่างบางส่วนของไฟล์ฐานข้อมูลภาพ

2.1.2 Integral Image

Integral Image จะช่วยให้การหาผลรวมของพิกเซล (pixel) ภายในภาพทำได้เร็วขึ้นโดยนิยามของ Integral Image คือผลรวมของพิกเซลที่อยู่บนและอยู่ทางซ้ายทั้งหมดของตำแหน่ง x,y [7] ดังรูปที่ 4 และผลรวมของ Integral Image สามารถนิยามได้ตามสมการที่ (1)



รูปที่ 4. Integral Image

$$ii(x,y) = \sum_{x' \le x, y' \le y} i(x',y') \quad (1)$$

เมื่อ $ii(x,y)$ คือ Integral Image และ $i(x,y)$ คือ ภาพต้นฉบับ

2.1.3 Haar Like Feature Detection

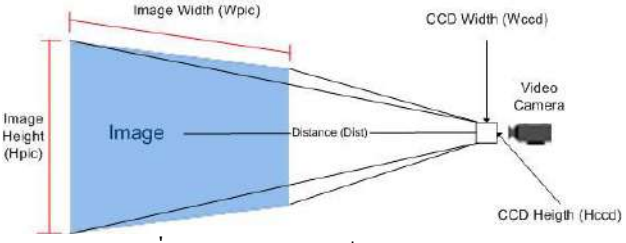
การทำ Haar Like Feature Detection คือการตรวจจับวัตถุที่ต้องการภายในภาพ โดยจะนำภาพนำเข้า (input image) มาทำ Integral Image ตามรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.1.2 โดยพื้นที่ ๆ ต้องหาผลรวมของพิกเซลภายในภาพคือพื้นที่บริเวณสี่เหลี่ยมโปร่งและทึบดังรูปที่ 5 จากนั้นนำค่าผลรวมของพิกเซลที่ได้มาหาค่า Threshold ด้วยหลักการของ Adaboost Algorithm [8] และนำไปเปรียบเทียบกับค่าภายในไฟล์ฐานข้อมูลภาพเพื่อตัดสินใจว่าพื้นที่บริเวณนั้นใช่ป้ายทะเบียนหรือไม่



รูปที่ 5. การค้นหาภาพป้ายทะเบียนในภาพนำเข้า

2.2 ขอบเขตการมองเห็นภาพ (Field of View)

ขอบเขตการมองเห็นของภาพในกล้องหมายถึงพื้นที่ ๆ กล้องนั้นสามารถเก็บภาพได้หมด หรือระยะตามแนวแกนนอน (width) และแกนตั้ง (height) ของภาพโดยขอบเขตการมองเห็นของภาพนี้มีความสัมพันธ์กับความยาวโฟกัสของกล้อง (focal length) และขนาดของอุปกรณ์รับภาพ (Charge-Coupled Device : CCD) โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงได้รูปที่ 6 และสมการที่ (2) กับ (3)



รูปที่ 6. ขอบเขตการมองเห็นของภาพ (FoV)

$$fol = \frac{Hccd \ x \ Dist}{Hpic} \quad (2)$$

$$fol = \frac{Wccd \ x \ Dist}{Wpic} \quad (3)$$

เมื่อ fol คือความยาวโฟกัส (focal length)

$Dist$ คือระยะห่างระหว่างกล้องถึงวัตถุ

$Wccd$ คือความกว้างของอุปกรณ์รับภาพ

$Hccd$ คือความสูงของอุปกรณ์รับภาพ

$Hpic$ คือขนาดความสูงของภาพ

$Wpic$ คือขนาดความกว้างของภาพ

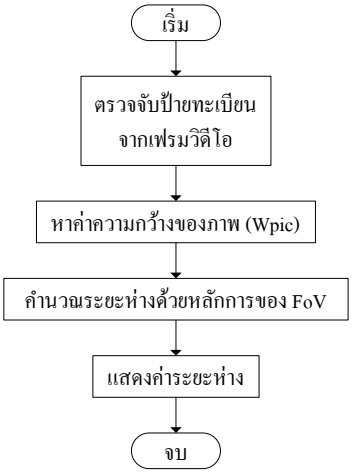
โดยที่ค่าความกว้างและความสูงของอุปกรณ์รับภาพนั้นสามารถหาได้จากตารางที่ 1

ตารางที่ 1. Table of CCD Sensor sizes

Type	CCD width (mm)	CCD height (mm)
1/3”	4.80	3.60
1/2.7”	5.37	4.04
1/2.5”	5.76	4.29
1/2.3”	6.16	4.62
1/2”	6.40	4.80

3. ขั้นตอนการพัฒนาระบบ

ภาพรวมของการออกแบบและขั้นตอนในการพัฒนาระบบแสดงได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7. โครงสร้างของระบบ

3.1 ขั้นตอนการตรวจจับป้ายทะเบียน

การตรวจจับป้ายทะเบียนของรถคันที่อยู่ด้านหน้าจะใช้หลักการดัง ที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.1 ซึ่งขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำจำนวนพิกเซล (pixel) ความกว้างของป้ายที่ตรวจจับได้มาคำนวณขนาดความกว้างของภาพ (*Wpic*) เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนของการคำนวณระยะห่างของรถต่อไป ภาพป้ายที่ตรวจจับได้แสดงได้ดังรูปที่ 8

3.2 การหาความกว้างของภาพ

ความกว้างของภาพจะคำนวณจากจำนวนพิกเซลของป้ายทะเบียนที่ตรวจจับได้ (รูปที่ 8) เทียบกับขนาดของเฟรมวิดีโอ (640x480) และขนาดมาตรฐานของป้ายทะเบียนที่ระบุในกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดขนาด ลักษณะ และสีของแผ่นป้ายทะเบียนรถ[9] ดังสมการที่ (4)

$$Wpic = \frac{640\,pixel\ x\ 34\text{cm.}}{plate\ width} \tag{4}$$

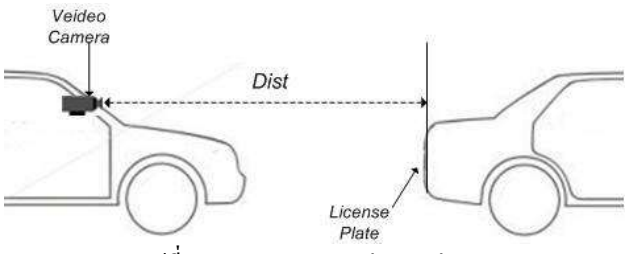
เมื่อ $plate\ width$ คือความกว้างป้ายทะเบียนที่ตรวจจับได้ (pixel)



รูปที่ 8. ป้ายที่ตรวจจับได้และขนาดความกว้าง

3.3 การหาระยะห่างของรถ

การหาระยะระหว่างรถจะเป็นระยะที่วัดจากหน้าเลนส์ของกล้องไปยังป้ายทะเบียนของรถคันหน้า โดยลักษณะของระยะห่างดังกล่าวแสดงได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9. ลักษณะของระยะห่างระหว่างรถ

เมื่อได้ค่าความกว้างจริงของภาพจากหัวข้อที่ 3.2 แล้วจะสามารถหาระยะห่างระหว่างรถคันหน้าได้โดยใช้ค่าคงที่ต่าง ๆ จากกล้องวิดีโอที่ใช้ เช่น ความกว้างและความสูงของอุปกรณ์รับภาพ (ตารางที่ 1) ความยาวโฟกัสของกล้อง โดยระยะห่างสามารถหาจากสมการที่ (5) หรือ (6) ดังนี้

$$Dist = \frac{Wpic\ x\ fol}{Wccd} \tag{5}$$

$$Dist = \frac{Hpic\ x\ fol}{Hccd} \tag{6}$$

4. การทดสอบระบบ

การทดสอบจะใช้ไฟล์วิดีโอที่ถ่ายจากบริเวณด้านหน้าของรถ ขนาดของเฟรมวิดีโอ 640x480 พิกเซล 25 เฟรมต่อวินาทีโดยจะใช้กล้องที่มีขนาดของ CCD Sensors เท่ากับ 1/2.3” ความยาวโฟกัสที่ 4 และ 16 มิลิเมตร โดยผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบของระบบหาระยะห่าง

ความยาวโฟกัส (mm)	ระยะที่ใช้ทดสอบ (m)									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	1.6	3.3	4.8	6.4	7.0	-	-	-	-	-
16	1.9	3.8	5.6	7.4	10.7	10.9	12.6	14.1	21.5	-

จากผลการทดสอบดังตารางที่ 2 จะเห็นว่ากล้องที่มีความยาวโฟกัส 4 มิลลิเมตรนั้นสามารถคำนวณระยะห่างได้ไกลที่สุดที่ 10 เมตร เนื่องจากระยะทางไกลขึ้นทำให้ขนาดของภาพป้ายทะเบียนนั้นเล็กลงระบบตรวจจับจึงไม่สามารถตรวจจับป้ายได้ และเมื่อใช้กล้องที่มีขนาดความยาวโฟกัส 16 มิลลิเมตร จะเห็นว่าสามารถคำนวณระยะห่างได้ไกลที่สุดถึง 18 เมตร เนื่องจากกล้องที่มีความยาวโฟกัสมากขึ้นจะมีขอบเขตการจับภาพแคบลงทำให้ภาพป้ายนั้นใหญ่ขึ้น ระบบจึงสามารถตรวจจับป้ายในระยะไกลได้ดีกว่ากล้องที่มีความยาวโฟกัสน้อย ๆ โดยประสิทธิภาพในการคำนวณระยะห่างแสดงได้ดังตารางที่ 3 และผลการทำงานของระบบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 10

ตารางที่ 3. ประสิทธิภาพในการคำนวณระยะห่าง

ความยาวโฟกัส (mm)	ประสิทธิภาพ (%)									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	84.1	84.1	81.2	80.2	70.6	-	-	-	-	-
16	96.9	95.1	94.74	93.6	92.4	91.5	90.5	88.3	80.5	-



รูปที่ 10 ผลการตรวจหาระยะทางของรถคันหน้า

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ระบบตรวจจับป้ายทะเบียนมาทำงานร่วมกับทฤษฎีขอบเขตการมองเห็นของภาพโดยใช้ขนาดมาตรฐานของป้ายทะเบียนรถเป็นค่าอ้างอิงในการคำนวณระยะห่าง ซึ่งผลการทดสอบระบบพบว่าให้ค่าความแม่นยำเป็นที่น่าพอใจโดยการทดสอบที่ความยาวโฟกัส 4 มิลลิเมตรนั้นให้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 80.07 และการทดสอบโดยใช้กล้องที่มีความยาวโฟกัส 16 มิลลิเมตรนั้นให้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 91.55 ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าความถูกต้องจะน้อยลงเมื่อระยะห่างของรถมากขึ้นเนื่องจากระบบไม่สามารถตรวจจับป้ายทะเบียนได้เมื่อภาพป้ายมีขนาดเล็กลง และปัจจัยที่ส่งผลกับประสิทธิภาพของการตรวจจับคือขนาดความยาวโฟกัสของกล้อง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ประจำศูนย์นนทบุรี อาจารย์ประดิษฐ์ สงค์แสงยศ ศูนย์หันตรา ที่ให้คำแนะนำในการจัดทำระบบ และนักศึกษาในสาขาฯ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาพในการทดสอบระบบ

เอกสารอ้างอิง

[1] พญาดา ประพงศ์เสนา, อิศราณีย์ แสงเพชร และโสมสุดา ไกรสิงห์สม, “อุบัติเหตุจราจรบนทางหลวงแผ่นดินปี 2554” กลุ่มสถิติสารสนเทศ, สำนักอำนวยความปลอดภัย, กรมทางหลวง,กระทรวงคมนาคม, 2554.

[2] ศิริวัฒน์ ทิพย์ธราดล, “กระทรวงสาธารณสุขกับทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน” สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, กระทรวงสาธารณสุข, 2553.

[3] ทศม วงศ์ช่วย และ วิภาดา เวทย์ประสิทธิ์, “ระบบรู้จำเครื่องหมายจราจรของประเทศไทยโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน” ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, The 3rd National Conference on Information Technology 2010, หน้า 110-115.

[4] ไพโรจน์ แสงปรีดีกรณ์ และ จักรี ศรีนนท์ฉัตร “การพัฒนาระบบวิเคราะห์การแซงรถคันหน้าสำหรับช่วยเหลือผู้ขับรถในเวลากลางคืน” ECTI-CARD 2009, May'09, Bangkok, Thailand, หน้า 259-264.

[5] ตะวัน ขุนอาสา, สมชาติ รุ่งเรืองสรการ และ สรร รัตนสัญญา, “ระบบตรวจจับคนเดินถนนในเวลากลางคืนด้วยเทคนิค Haar Like Feature Detection”, ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, The 7th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering, 2010.

[6] Paul Viola and Michael J. Jones, “Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features”, IEEE, Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 511-518, 2001.

[7] Viola, P. and Jones, M. J, “ Robust real-time face detection” International journal of computer vision, 2004, pp137–154.

[8] Bogdan Stanciulescu, Amaury Breheret, and Fabien Moutarde, "Introducing New AdaBoost Features for Real-Time Vehicle Detection", COgnitive Systems with Interactive Sensors, 2007.

[9] กระทรวงคมนาคม, “กฎกระทรวง กำหนดขนาด ลักษณะ และสีของป้ายทะเบียนรถ และการแสดงแผ่นป้ายทะเบียนรถ และการแสดงเครื่องหมายการเสียภาษีประจำปี พ.ศ. 2554”, กรุงเทพฯ.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ ETOKEN ด้วยเทคโนโลยี GPS

Control eToken device using system with GPS

วัลลภ มั่นน้อย[1], และ ปานวิทย์ ธุวะนุติ[2]

[1]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail: wanlop_munnoi@hotmail.com[1], panwit@it.kmitl.ac.th[2]

บทคัดย่อ

การใช้งานระบบเว็บแอพพลิเคชั่นในปัจจุบันนิยมใช้การยืนยันตัวบุคคลในการเข้าถึงข้อมูลในรูปแบบ 2 ระดับ (TWO-Factor Authentication) ประกอบด้วย สิ่งที่คุณรู้ (Something you know) และสิ่งที่คุณมี (Something you have) เพื่อเป็นการตรวจสอบ และเพิ่มความปลอดภัยในการเข้าใช้ระบบเว็บแอพพลิเคชั่น แต่ยังคงพบปัญหาที่ตามมาเนื่องจากสิ่งที่คุณมีนั้น ตัวอย่าง เช่น อุปกรณ์ eToken สามารถนำไปใช้งานที่ใดก็ได้ ทำให้ยากต่อการควบคุม และถูกปฏิเสธความรับผิดชอบจากผู้ใช้ ในงานวิจัยนี้ จึงวิเคราะห์จุดอ่อนดังกล่าว และได้ทำการออกแบบพร้อมพัฒนาระบบ เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยเพิ่มการยืนยันตัวตนในรูปแบบที่ 4 คือ พื้นที่ที่คุณอยู่ (Somewhere you are) เข้ามาใช้งานร่วมกับการยืนยันตัวตนแบบ 2 ระดับ ซึ่งจะอาศัยหลักการทำงานของเทคโนโลยี GPS ที่ติดตั้งมากับ Smartphone ในการยืนยันพื้นที่ของผู้ใช้งานระบบเว็บแอพพลิเคชั่น ณ ปัจจุบัน ทำให้ขั้นตอนของการพิสูจน์ตัวตนมีความแข็งแรงมากขึ้น เพราะว่าสามารถระบุพื้นที่การใช้งานให้กับสิ่งที่คุณมีได้

Abstract

The usage of web application nowadays often use two-factor authentication to access users information which are something you know and something you have, for verification and add more security into web application log in system. However, the problem could be found due to some information, for example eToken, can be used anywhere and makes it more difficult to control and have been denied from user responsibility. There for, this research's purpose is to analyses such weakness and implement the solution to solve the problem by adding the 4th person's verification which is somewhere you are into the system. The smartphone GPS technology will be introduced to verify the location of the users. This will strengthen the user's verification system due to an ability to define the location of something you have.

Keywords: Authentication, eToken, Technology GPS.

1. บทนำ

ปัจจุบันการพิสูจน์ตัวตนเป็นสิ่งสำคัญ ใช้ระบุตัวบุคคลในการเข้าใช้งานระบบต่าง ๆ การพิสูจน์ตัวตน (Authentication) ในทางปฏิบัติจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การระบุตัวตน (Identification) เป็นการแสดงหลักฐาน และการพิสูจน์ตัวตน (Authentication) เป็นการตรวจสอบหลักฐาน ซึ่งกลไกของการพิสูจน์ตัวตน (Authentication Mechanisms) แบ่งออกเป็น 4 คุณลักษณะ คือ 1.สิ่งที่คุณรู้ (Something you know) เช่น รหัสผ่านหรือพิน 2.สิ่งที่คุณมี (Something you have) เช่น อุปกรณ์ Token 3.สิ่งที่คุณเป็น (Something you are) เช่น ลายนิ้วมือ ม่านตา และใบหน้า 4. ที่ที่คุณอยู่ (Somewhere you are) เช่น สถานที่ที่ผู้ใช้งานอยู่ ณ ปัจจุบัน เป็นต้น โดยสิ่งที่จะกล่าวถึงเกี่ยวกับการค้นคว้าและพัฒนาต่อไปนี้ คือ eToken ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสมาร์ทการ์ดที่สนับสนุนการยืนยันตัวตนแบบ 2 ระดับ โดยได้รับการรับรองมาตรฐานความปลอดภัยระดับสากล ทั้งในแบบการรักษาความปลอดภัย และการรักษาความเป็นส่วนบุคคล สามารถจัดเก็บใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์ (Digital Certificate) เพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบหรือพิสูจน์ตัวตนของผู้ใช้งาน เช่น การยืนยันตัวตนเข้าสู่คอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย (Network Logon) การลงลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Digital Signing) การเข้ารหัส ถอดรหัสอีเมล์ (E-Mail Encryption) การยืนยันตัวตนเข้าสู่เว็บไซต์ (Secure web logon) และการยืนยันตัวตนเข้าสู่ระบบเครือข่ายเสมือน (Virtual Private Network) เป็นต้น อุปกรณ์ eToken ไม่สามารถทำซ้ำหรือลอกเลียนแบบได้ ซึ่งปัจจุบันองค์กรทั้งภาครัฐและภาคเอกชนมีการนำอุปกรณ์ eToken เข้ามาใช้ในการพิสูจน์ตัวตนกับระบบต่าง ๆ แต่ระบบที่มีอยู่นั้นยังไม่ปลอดภัยเท่าที่ควร เนื่องจากระบบที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันนั้น ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องนำอุปกรณ์ eToken ไปใช้งานภายนอกองค์กรด้วย บางครั้งอาจจะทำให้ผู้ใช้งานที่นำอุปกรณ์ eToken ไปใช้งานเกิดการสูญหาย แล้วนำไปทำธุรกรรมกับระบบหรือผู้ใช้งานอาจจะนำอุปกรณ์ eToken ไปใช้งานในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อความปลอดภัยข้อมูลขององค์กร เพราะว่าไม่สามารถควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ eToken ภายนอกองค์กรได้ ดังนั้นการยืนยันตัวตนในรูปแบบที่ 4 (4-Factor Authentication : Somewhere you are) จึงเป็นคำตอบของการแก้ไขปัญหานี้ สามารถทำการตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบัน รวมถึงการกำหนดพื้นที่การใช้งานอุปกรณ์ eToken โดยผ่าน Smartphone ของผู้ใช้งานด้วยเทคโนโลยี GPS (Global Positioning System) ที่ถูกติดตั้งอยู่บน Smartphone ของผู้ใช้งานร่วมกับระบบอินเตอร์เน็ต ซึ่งปัจจุบันผู้ใช้งานส่วนใหญ่จะมีอุปกรณ์ Smartphone ในการใช้งานอยู่แล้ว ทำให้สามารถนำค่าพิกัดที่ได้จากอุปกรณ์ Smartphone นั้น มากำหนดพื้นที่ในการใช้งานอุปกรณ์ eToken ตัวอย่าง เช่น เมื่อผู้ใช้งานต้องการจะใช้อุปกรณ์ eToken นอกพื้นที่ขององค์กร จะต้องนำอุปกรณ์ Smartphone มาทำการลงทะเบียน

ร่วมกับอุปกรณ์ eToken ก่อน และทำการแจ้งพิกัดกับผู้ดูแลระบบ หลังจากนั้น เมื่อผู้ใช้งานนำอุปกรณ์ eToken ไปใช้นอกพื้นที่ขององค์กร ระบบจะทำการตรวจสอบพิกัดปัจจุบันกับพิกัดที่ถูกจัดเก็บอยู่ในระบบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งพื้นที่จะถูกกำหนดระยะเป็นรัศมีวงกลมจากจุดที่ Smartphone รับค่าพิกัดได้ คำแนะนำการใช้งานอุปกรณ์ eToken และอุปกรณ์ Smartphone จะต้องอยู่ด้วยกันตลอดเวลาที่มีการใช้งาน ทำให้ระบบสามารถควบคุมตำแหน่งปัจจุบันของอุปกรณ์ eToken ขณะเข้าใช้งานได้ทันที

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีที่นำมาใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้าและการพัฒนาระบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 องค์ประกอบของการพิสูจน์ทราบตัวตน

การพิสูจน์ตัวตนจะสมบูรณ์ได้ต้องมี 3 ขั้นตอน คือ **การพิสูจน์ตัวตน** (Authentication) คือ ส่วนที่สำคัญที่สุดเพราะเป็นขั้นตอนแรกของการเข้าใช้ระบบ ผู้เข้าใช้ระบบต้องถูกยอมรับจากระบบว่าสามารถเข้าใช้งานระบบได้ การพิสูจน์ทราบตัวตนเป็นการตรวจสอบหลักฐานเพื่อแสดงว่าเป็นบุคคลนั้นเป็นตัวจริง **การอนุญาต** (Authorization) คือ ขั้นตอนในการอนุญาตให้แต่ละบุคคลสามารถเข้าถึงข้อมูลหรือระบบใดได้บ้าง ก่อนอื่นต้องทราบก่อนว่าบุคคลที่กล่าวอ้างนั้นคือใครตามขั้นตอนของการพิสูจน์ตัวตน และต้องให้มันใจด้วยว่าการพิสูจน์ตัวตนนั้นถูกต้อง เช่น การใช้ ACL (Access Control List), การจัดกลุ่มผู้ใช้งาน **การตรวจสอบได้** (Accountability) คือ การบันทึกรายละเอียดของการใช้งานระบบและรวมถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่ผู้ใช้กระทำลงไปในระบบ เพื่อตรวจสอบผู้ใช้ที่เข้ามาใช้บริการได้มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการแก้ไขข้อมูลในส่วนใดบ้าง เช่น การลงบันทึกข้อมูล (Data Logging) [1]

2.2 องค์ประกอบที่ใช้สำหรับการพิสูจน์ทราบตัวตน

ในการพิสูจน์ทราบตัวตนนั้นผู้ที่ถูกพิสูจน์ทราบจำเป็นต้องแสดงหลักฐานบางอย่างเพื่อพิสูจน์ว่า คุณคือบุคคลที่กล่าวอ้างมาข้างต้น โดยหลักฐานการพิสูจน์ตัวตนนั้นสามารถแบ่งได้ 4 ลักษณะคือ 1.สิ่งที่คุณรู้ (Something you know) เช่น รหัสผ่าน (Password) หรือพิน (PIN) เป็นต้น 2.สิ่งที่คุณมี (Something you have) เช่น กุญแจ บัตรประจำตัว พาสสปอร์ต เครดิตการ์ด หรืออุปกรณ์ eToken เป็นต้น 3.สิ่งที่คุณเป็น (Something you are) เช่น ลายนิ้วมือลายมือ ม่านตา จอตา หรือโครงหน้าเป็นต้น [1] 4.ที่ที่คุณอยู่ (Somewhere you are) เช่น สถานที่ที่ผู้ใช้งานอยู่ ณ ปัจจุบัน ซึ่งจะอาศัยเทคโนโลยี GPS ในการทำงาน เป็นต้น [2]

2.3 การพิสูจน์ตัวตนลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์

การเข้ารหัสแบบกุญแจคู่มือหรือพับลิกคีย์นี้จะมีความปลอดภัยมากกว่าการเข้ารหัสข้อมูลแบบธรรมดา แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าการเข้ารหัสแบบคู่กุญแจนี้จะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดของวิธีการเรหัส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของแต่ละองค์กรหรือบุคคล การเข้ารหัสโดยใช้กุญแจสาธารณะประกอบไปด้วยกุญแจ 2 ชนิดที่ต้องใช้คู่กันเสมอในการเข้ารหัสและถอดรหัสคือ **กุญแจสาธารณะ** (Public Key) เป็นกุญแจที่ผู้สร้างจะส่งออกไปให้ผู้ใช้อื่น ๆ ทราบหรือเปิดเผยได้ **กุญแจส่วนตัว** (Private Key) เป็นกุญแจที่ผู้สร้างจะเก็บไว้โดยไม่เปิดเผยให้บุคคลอื่นทราบ กระบวนการของการเข้ารหัสแบบคู่รหัสกุญแจมีดังนี้ ผู้ใช้แต่ละคนจะสร้างกุญแจของตัวผู้ใช้ขึ้นมา เพื่อใช้สำหรับการเข้ารหัสและการถอดรหัส ซึ่งกุญแจสาธารณะจะถูกส่งออกไปยังผู้ใช้อื่น ๆ แต่กุญแจส่วนตัวจะถูกเก็บไว้ที่ตัวของผู้ใช้เอง เมื่อส่งข้อมูลออกไปยังผู้ใช้อื่น ๆ ข้อมูลที่ส่งจะถูกเข้ารหัสด้วยกุญแจสาธารณะก่อนถูกส่งออกไป เมื่อผู้รับได้รับข้อความแล้ว จะใช้กุญแจส่วนตัวของผู้ใช้ในการถอดรหัส [1]

2.4 ออเธนติเคเตอร์ (Authenticator)

ออเธนติเคเตอร์ (Authenticator) หรือโทเค็น (Token) เป็นฮาร์ดแวร์ที่ใช้สำหรับการเก็บใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์ (Digital Certificate) หรือประวัติส่วนตัวของผู้ใช้ ซึ่งคุณสมบัติโดยรวมของโทเค็นอ้างอิงจากอุปกรณ์ eToken Pro ของ SafeNet มีรายละเอียดดังนี้ API Standard support PKCS#11 v2.01, X.509 v3, SSL v3, IP Sec. On-Board Security Algorithms RSA 1024-2048 bit, Des, 3Des, SHA1. Security Certifications FIPS 140-2 เป็นต้น [3]

2.5 เทคโนโลยี GPS (Global Positioning System)

ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก หรือ จีพีเอส (Global Positioning System: GPS) คือระบบบอกตำแหน่งบนพื้นผิวโลก โดยอาศัยการคำนวณจากความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจากดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลกซึ่งทราบตำแหน่ง ทำให้ระบบนี้สามารถบอกตำแหน่ง ณ จุดที่สามารถรับสัญญาณได้ทั่วโลก โดยเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส รุ่นใหม่ๆ จะสามารถคำนวณความเร็วและทิศทางนำมาใช้ร่วมกับโปรแกรมแผนที่ เพื่อใช้ในการนำทางได้ แนวคิดในการพัฒนาระบบจีพีเอส เริ่มต้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1957 เมื่อนักวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา นำโดย Dr. Richard B. Kershner ได้ติดตามการส่งดาวเทียมสปุตนิกของโซเวียต และพบปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ของคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากดาวเทียม พวกเขาพบว่าหากทราบตำแหน่งที่แน่นอนบนพื้นผิวโลก ก็สามารถระบุตำแหน่งของดาวเทียมได้จากการตรวจวัดดอปเปลอร์ และหากทราบตำแหน่งที่แน่นอนของดาวเทียม ก็สามารถระบุตำแหน่งบนพื้นโลกได้ ในทางกลับกัน ดาวเทียมจีพีเอส เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรระดับกลาง (Medium Earth Orbit: MEO) ที่ระดับความสูงประมาณ 20,200 กิโลเมตร (12,600 ไมล์ หรือ 10,900 ไมล์ทะเล) จากพื้นโลก ใช้การยืนยันตำแหน่งโดยอาศัยพิกัดจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ดาวเทียมจะโคจรรอบโลกเป็นเวลา 4-8 ชั่วโมงต่อหนึ่งรอบ ที่ความเร็ว 4 กิโลเมตร/วินาที การโคจรแต่ละรอบนั้นสามารถได้เป็น 6 ระนาบ ระนาบ ละ 4 ดวง ทำมุม 55 องศา โดยทั้งระบบจะต้องมีดาวเทียม 24 ดวง หรือมากกว่า เพื่อให้สามารถยืนยันตำแหน่งได้

ครอบคลุมทุกจุดบนผิวโลก ปัจจุบัน เป็นดาวเทียม GPS Block-II มีดาวเทียมสำรองประมาณ 4-6 ดวง [5]

2.6 แอนดรอยด์

แอนดรอยด์ (Android) คือระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ เรียกอีกอย่างว่า สมาร์ทโฟน แอนดรอยด์นั้นพัฒนามาจากระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (Linux) การพัฒนาแอพพลิเคชั่นที่รันบนแอนดรอยด์จะใช้ภาษาจาวา โดยการเข้าถึงความสามารถต่าง ๆ ของแอนดรอยด์จะกระทำผ่าน Java Library [4]

2.7 เทคนิคการหาตำแหน่ง

การหาตำแหน่งมาจากแนวความคิดง่าย ๆ ที่ว่า ถ้าเรารู้ตำแหน่งของดาวเทียม และเรารู้ระยะทางจากดาวเทียมถึงเครื่องรับ เราจะสามารถหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณได้ เช่น ถ้าลองพิจารณาใน 2 มิติ แล้วทั้งตำแหน่งที่กำหนดให้ 2 จุด และระยะจากจุดทั้ง 2 ถึงจุดที่ต้องการหา (x,y) เราสามารถใช้วงเวียนเขียนเส้น โดยมีจุดที่กำหนดให้เป็นศูนย์กลาง รัศมีวงเวียนเท่ากับระยะทางที่รู้ เส้นวงกลมที่ได้จะตัดกัน 2 จุด โดยหนึ่งจุดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ทีนี้สมการอย่างง่ายเขียนได้เป็น [5]

ระยะจากจุดที่ 1

$$(X_1, Y_1)D_1 = \sqrt{(X_1 - \chi)^2 + (Y_1 - \gamma)^2}$$

ระยะจากจุดที่ 2

$$(X_2, Y_2)D_2 = \sqrt{(X_2 - \chi)^2 + (Y_2 - \gamma)^2}$$

ถ้าเป็นสามมิติก็สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกัน โดยมีจุดที่กำหนดให้ 3 จุด ในทำนองเดียวกัน สมการอย่างง่าย

ระยะจากจุดที่ 1

$$D_1 = \sqrt{(X_1 - \chi)^2 + (Y_1 - \gamma)^2 + (Z_1 - z)^2}$$

ระยะจากจุดที่ 2

$$D_2 = \sqrt{(X_2 - \chi)^2 + (Y_2 - \gamma)^2 + (Z_2 - z)^2}$$

ระยะจากจุดที่ 3

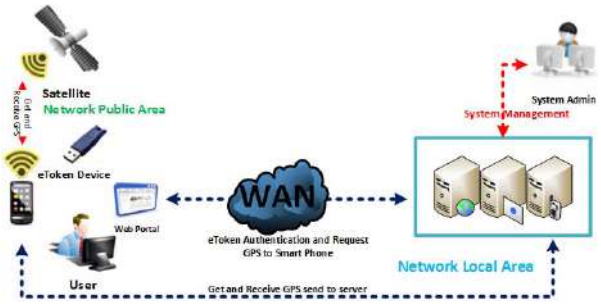
$$D_3 = \sqrt{(X_3 - \chi)^2 + (Y_3 - \gamma)^2 + (Z_3 - z)^2}$$

3. การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ

การวิเคราะห์ระบบปัจจุบันจะเป็นการศึกษาการทำงานและขั้นตอนการทำงานของระบบเดิมพร้อมทั้งวิเคราะห์ปัญหา ข้อจำกัดของระบบเดิมที่มีอยู่แต่ละแบบ เพื่อประเมินกับความต้องการของผู้ใช้ระบบ ซึ่งนำมาประกอบการวิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่ให้บรรลุวัตถุประสงค์ตรงตามความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด

3.1 องค์ประกอบหลักของระบบ

ระบบควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ eToken ด้วยเทคโนโลยี GPS เป็นการทำงานร่วมกัน 2 ส่วน คือ ส่วนเซิฟเวอร์ (Server) และไคลเอนต์ (Client)



รูปที่ 1. การทำงานของระบบโดยรวม

3.1.1 ส่วนของข้อมูล

เป็นส่วนที่ใช้ติดต่อระหว่าง Server และ Client โดยจะทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลจาก Client และทำการจัดเก็บลงฐานข้อมูลรวมถึงการจัดการกับข้อมูลเพื่อที่จะนำไปใช้ประมวลผลและแสดงตำแหน่งปัจจุบันของอุปกรณ์ eToken โดยการตรวจสอบจากตำแหน่งสถานะของ Smartphone ที่อยู่ ณ ปัจจุบัน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

3.1.1.1 ส่วนตรวจสอบข้อมูล

การทำงานในส่วนนี้จะเป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับมาจาก Client (Smartphone) ว่ามีความถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาข้อมูลตำแหน่งหรือพิกัดผิดพลาดอันเนื่องมาจากการรับส่งข้อมูลจาก Client

3.1.1.2 ส่วนจัดเก็บข้อมูล

หลังจากที่ได้มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับจาก Client แล้ว ระบบจะทำการจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หรือประมวลอีกครั้ง

3.1.2 ส่วนประมวลผล

การทำงานในส่วนนี้เป็นการนำค่าพิกัดที่ได้ มาคำนวณหาจุดที่ Smartphone อยู่ ณ ปัจจุบัน เพื่อนำไปเปรียบเทียบค่าพิกัดที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลหลังจากมีการเปรียบเทียบแล้ว ระบบจะทำการตรวจสอบตามเงื่อนไขที่ได้กำหนด ว่าสามารถใช้งานอุปกรณ์ eToken ในพิกัดนั้นได้หรือไม่

3.1.3 ส่วนแสดงผล

การทำงานในส่วนนี้เป็นการแสดงข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลออกมาในรูปแบบของกราฟหรือตาราง ซึ่งผู้ดูแลระบบสามารถปรับปรุงแก้ไขข้อมูลของระบบได้

3.1.4 ส่วนการรับค่า GPS

ในส่วนนี้จะเป็นองค์ประกอบหลักสำคัญคือ Smartphone จะได้รับสัญญาณ GPS สามารถบอกพิกัดหรือตำแหน่งปัจจุบันได้ โดยผู้ใช้ต้องทำการส่งค่าพิกัดจาก Smartphone ไปยัง Server ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการยืนยันตัวตนในตำแหน่งปัจจุบัน ซึ่งการร้องขอพิกัดนั้น ขึ้นอยู่กับความต้องการ

ของผู้ใช้ ที่ต้องการใช้งานจึงจะมีการร้องขอ ทำให้ Service บน Smartphone ไม่ต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา ข้อดี คือ ประหยัดพลังงาน

3.2 การทำงานของระบบ

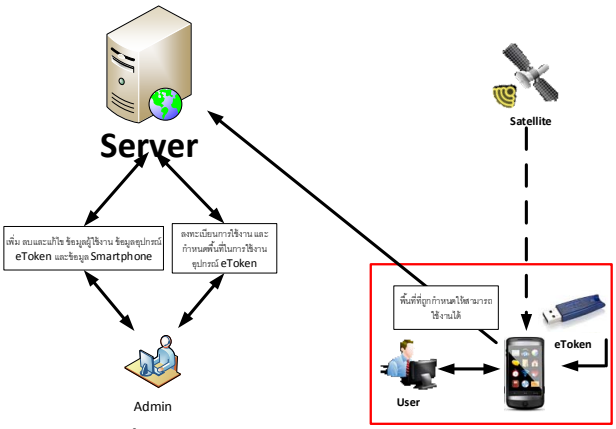
หลักการทำงานของระบบการติดตามการใช้งานอุปกรณ์ eToken ได้มีการแบ่งระดับการใช้งานระบบออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.2.1 ระดับผู้ใช้งานอุปกรณ์ eToken (User)

ผู้ใช้งานมีหน้าที่ใช้งานอุปกรณ์ eToken ผ่านระบบที่องค์กรได้พัฒนาขึ้นมาและสามารถใช้งานอุปกรณ์ eToken ได้ตามพื้นที่ที่ถูกกำหนดเท่านั้น

3.2.2 ระดับผู้ดูแลระบบ (Administrator)

ผู้ดูแลระบบมีสิทธิ์ในการลงทะเบียนใช้งานอุปกรณ์ eToken การเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลของผู้ใช้งาน ข้อมูลอุปกรณ์ eToken และข้อมูล Smartphone ตรวจสอบรายงาน พร้อมทั้งการกำหนดพื้นที่ในการใช้งานอุปกรณ์ eToken อีกด้วย



รูปที่ 2. แสดงภาพการทำงานของ Admin และ User

3.3 โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างด้านอุปกรณ์ (Hardware) ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

3.3.1 อุปกรณ์ eToken Pro (SafeNet Product)

USB Token คือ อุปกรณ์สำหรับใช้ในการแสดงตน (Authentication) เพื่อเข้าใช้งานระบบคอมพิวเตอร์ หรือใช้เก็บข้อมูลความลับเช่น รหัสผ่าน มีรูปร่างหน้าตาคล้าย กับ Flash Drive หรือ USB Drive แต่ภายในจะเป็นชิปแบบเดียวกับชิปที่ใช้กับบัตรสมาร์ทการ์ดซึ่งช่วยในการป้องกันข้อมูลความลับที่เก็บไว้ วัตถุประสงค์ของการพัฒนา USB Token ขึ้นมาก็เพื่อให้มี อุปกรณ์ที่เป็นเครื่องมือช่วยเก็บข้อมูลความลับ เช่น ใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์ และข้อมูลของผู้ใช้ เป็นต้น [3]



รูปที่ 3. แสดงภาพอุปกรณ์ eToken Pro

3.3.2 Smartphone

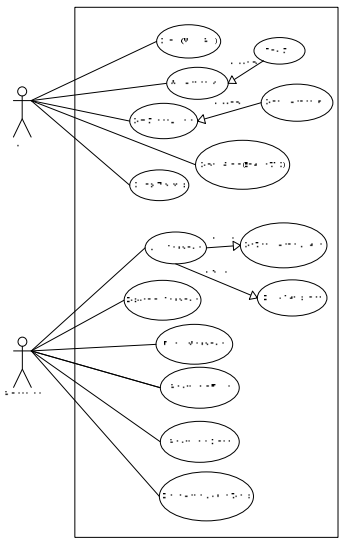
สมาร์ทโฟน (smartphone, smart phone) เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีความสามารถที่เพิ่มเติมนอกเหนือจากโทรศัพท์มือถือทั่วไป สมาร์ตโฟนได้ถูกมองว่าเป็นคอมพิวเตอร์พกพาที่ทำงานในลักษณะของโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยที่สามารถเชื่อมต่อความสามารถหลักของโทรศัพท์มือถือ เข้าร่วมกับแอปพลิเคชันของโทรศัพท์เอง[5]สมาร์ตโฟนสามารถให้ผู้ใช้งานติดตั้งโปรแกรมเสริมสำหรับเพิ่มความสามารถของโทรศัพท์ตัวเอง โดยรูปแบบนั้นขึ้นอยู่กับแพลตฟอร์มของโทรศัพท์และระบบปฏิบัติการ [6]



รูปที่ 4. แสดงภาพ Smartphone

3.4 การออกแบบ

ยูสเคสไดอะแกรมการทำงานของระบบทั้งหมด โดยจะมีผู้เกี่ยวข้องกับระบบได้แก่ ผู้ดูแลระบบ มีหน้าที่ในการเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลต่างๆ ซึ่งจะทำงานตามฟังก์ชันการงานหลัก ๆ ที่แสดงในยูสเคสไดอะแกรม และผู้ใช้ มีหน้าที่ส่งพิกัดหรือตำแหน่งมาเก็บในฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผล โดยระบบจะทำงานได้นั้น จะต้องมีการเชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูล เพื่อเก็บข้อมูลการทำรายการทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูล

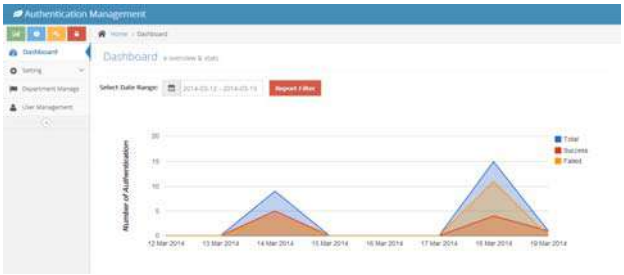


รูปที่ 5. แสดงภาพยูสเคสไดอะแกรมการทำงานของระบบ

4. ผลการทดลอง

ในหัวข้อที่จะกล่าวถึงการทดลองที่ได้จากการพัฒนาระบบโดยจำแนกการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ด้วยกันคือ ส่วนการทำงานข้อผู้ดูแลระบบ และส่วนการทำงานของผู้ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การทดลองการทำงานของผู้ดูแลระบบ



รูปที่ 6. แสดงภาพหน้าจอการทำงานโดยรวมของผู้ดูแลระบบ

การทดลองการใช้งานของผู้ดูแลระบบจะถูกแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

4.1.1 Dashboard

ส่วนนี้เป็นการแสดงรายละเอียดการเข้าใช้ระบบของผู้ใช้ โดยจะแสดงส่วนประกอบของการเข้าใช้ที่อยู่ในรูปแบบของกราฟและตาราง ซึ่งสามารถแสดงรายงานการเข้าใช้ระบบ โดยระบุช่วงเวลา เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี เป็นต้น

4.1.2 Setting ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 GEO Setting เป็นการตั้งค่าพิกัดมาตรฐาน สำหรับการกำหนดพื้นที่การใช้งานของอุปกรณ์ eToken เช่น ที่ตั้งของบริษัทหรือหน่วยงานที่ต้องใช้งานเป็นประจำ

ส่วนที่ 2 Authentication Setting ประกอบด้วย 4 ส่วนของการตั้งค่าดังนี้ ส่วนของ Admin E-Mail ใช้สำหรับกำหนด E-Mail Account ของผู้ดูแลระบบ เมื่อผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องพิกัดกลับมายังผู้ดูแลระบบตาม E-Mail Account ที่ได้แจ้งไว้ในฐานข้อมูล ส่วนของ Telephone ใช้สำหรับกำหนดเบอร์โทรศัพท์ของผู้ดูแลระบบ เมื่อผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องส่งพิกัดกลับมายังผู้ดูแลระบบ ตามเบอร์โทรศัพท์ที่ได้แจ้งเอาไว้ในฐานข้อมูล ส่วนของระยะทาง ใช้สำหรับการกำหนดระยะรัศมีการเข้าใช้งานของอุปกรณ์ eToken ว่าสามารถใช้งานได้กี่กิโลเมตรจากจุดที่ Smartphone อยู่ ณ ปัจจุบัน ส่วนของระยะเวลา ใช้สำหรับการกำหนดเวลาในการยืนยันตัวตนเข้าระบบ ถ้าเกินจากเวลาที่ระบบได้กำหนดไหว้ ระบบจะให้ทำการยืนยันเข้าระบบใหม่อีกครั้ง หรือกว่าผู้ใช้งานจะทำการส่งพิกัดจาก Smartphone ไปยัง Server

4.1.3 Department และ Position

ส่วนนี้เป็นการแสดงข้อมูล Department และ Position ซึ่งสามารถทำการค้นหา เพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลของ Department และ Position

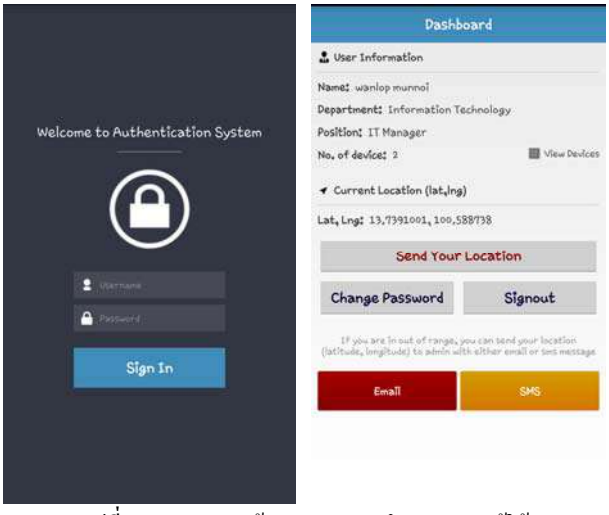
4.1.4 User Management

ส่วนนี้เป็นการแสดงข้อมูลผู้ใช้และข้อมูล Smartphone ซึ่งจะประกอบไปด้วยรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้ ชื่อ นามสกุล ชื่อเข้าใช้ระบบ แผนก ตำแหน่ง จำนวนของอุปกรณ์ที่ผู้ใช้มีการใช้งานร่วมอยู่ด้วย วันเวลาที่ผู้ใช้ทำการยืนยันตัวตนด้วยพิกัด และพิกัดที่ผู้ใช้งานอยู่ ณ ปัจจุบัน สามารถทำการเปลี่ยนพิกัดได้ ใช้ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการใช้งานอุปกรณ์ eToken นอกบริเวณพื้นที่ของบริษัทหรือหน่วยงาน ซึ่งสามารถทำการค้นหา เพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ตามความต้องการของผู้ดูแลระบบ

4.2 การทดลองการทำงานของผู้ใช้

การทดลองการใช้งานของผู้ใช้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนของการทำงานคือ ส่วนของการใช้แอพพลิเคชั่นบน Smartphone และส่วนของขั้นตอนการนำอุปกรณ์ eToken และค่าพิกัดที่ได้จาก Smartphone ไปใช้ในการยืนยันตัวตนเข้าระบบขององค์กร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 แอพพลิเคชั่นบน Smartphone



รูปที่ 7. แสดงภาพหน้าจอการทำงานโดยรวมของผู้ใช้

การทดลองการใช้แอพพลิเคชั่นบน Smartphone ซึ่งจะถูกแบ่งการทำงานออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

4.2.1.1 Login Page

ใช้สำหรับการยืนยันตัวตนเข้าระบบ เพื่อทำการเรียกใช้ข้อมูลของผู้ใช้ที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลมาแสดงยังที่หน้าจอ Smartphone

4.2.1.2 User Information

ใช้สำหรับการแสดงข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ใช้ที่หน้าจอ Smartphone ซึ่งผู้ใช้สามารถทำการเปลี่ยนรหัสผ่านของผู้ใช้ได้จากส่วนนี้

4.2.1.3 Current Location

ใช้สำหรับการแสดงสถานที่ปัจจุบันของผู้ใช้ที่หน้าจอ Smartphone ซึ่งผู้ใช้สามารถนำข้อมูลของสถานที่ไปอ้างอิงกับผู้ดูแลระบบได้ เพื่อใช้เป็นการยืนยันสถานที่ได้อีกด้วย

4.2.1.4 Send Your Location

ใช้สำหรับการส่งพิกัดปัจจุบันของผู้ใช้ไปยัง Server เพื่อนำค่าพิกัดที่ได้นั้น ไปทำการตรวจสอบเงื่อนไข ส่วนนี้จะใช้ก็ต่อเมื่อผู้ใช้จะต้องการยืนยันตัวตนเข้าระบบร่วมกับอุปกรณ์ eToken เท่านั้น

4.2.1.5 Change Password

ใช้สำหรับการเปลี่ยนรหัสผ่านของผู้ใช้

4.2.1.6 Sign Out

ใช้สำหรับสิ้นสุดการใช้งานของโปรแกรม

4.2.1.7 E-Mail และ SMS

ใช้สำหรับการส่งข้อความพร้อมกับพิกัดที่ผู้ใช้ต้องการใช้งาน ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานที่การใช้งานอุปกรณ์ eToken ในรูปแบบ E-Mail และ SMS

4.2.2 ขั้นตอนการยืนยันตัวตนเข้าสู้ระบบขององค์กร

ขั้นตอนการทดลองการยืนยันตัวตนด้วยอุปกรณ์ eToken และค่าพิกัดที่ได้จาก Smartphone มีหลักการทำงานดังนี้ ให้ผู้ใช้งานทำการเสียบอุปกรณ์ eToken เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์หลังจากนั้น เปิดใช้งานระบบผ่านเว็บบราวเซอร์ขึ้นมา จากนั้นทำการยืนยันรหัสผ่านของอุปกรณ์ eToken เมื่อทำการยืนยันแล้วระบบจะมีข้อความแจ้งว่าให้ทำการส่งพิกัดจาก Smartphone ของผู้ใช้ไปยัง Server หลังจากที่ผู้ใช้ได้ส่งค่าไปที่ Server แล้ว ให้ทำการยืนยันที่ระบบผ่านเว็บบราวเซอร์ ระบบจะทำการตรวจสอบพิกัดของผู้ใช้ว่าตรงตามเงื่อนไขหรือไม่ ถ้าตรงตามเงื่อนไขก็สามารถเข้าใช้งานระบบได้ทันที

5. สรุปผลการพัฒนาระบบและแนวทางการพัฒนาต่อ

จากการทดลองที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 แสดงให้เห็นว่าระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมานี้สามารถควบคุมและกำหนดพื้นที่การใช้งานอุปกรณ์ eToken ได้ เนื่องจากการยืนยันตัวตนแบบ 2 ระดับมีความแข็งแรงอยู่แล้ว แต่เมื่อมีการเพิ่ม การตรวจสอบพื้นที่ที่ผู้ใช้อยู่ปัจจุบันทำให้ระบบมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกระดับ ทำให้ความเสียงต่อความเสียหายของข้อมูลในองค์กรลดน้อยลง ต่อให้อุปกรณ์ eToken สูญหายก็ไม่มีผลกระทบต่อระบบ

5.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

นำวงจรการทำงานของอุปกรณ์ eToken ผนวกรวมกับไมโครคอนโทลเลอร์ (Microcontroller) และ GPS Module เป็นชิ้นเดียวกัน (Build-in device) เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานและลดขั้นตอนของการทำงานของระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมา

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยและการพัฒนาเชิงประยุกต์ ในหัวข้อ “การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกสันติสุข ของนักศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง” สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย คอยให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์ท่านนี้เป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติสนิทมิตรสหายที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจเสมอมา จนงานวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] จตุชัย แพงจันทร์, Master in Security 2nd Edition นนทบุรี : ไอดีซีฯ, 2553

[2] Security Concepts – Somewhere are you [Online]: http://www.subspacefield.org/security/security_concepts/index.html#toc-Subsection-11.8

[3] SafeNet Inc – eToken Pro Authentication Token [Online]: http://www.safenet-inc.com/product/data-protection/two-factor-authentication/etoken-pro/

[4] พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร, คู่มือเขียนแอพ Android ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : โปรวิชั่น, 2556

[5] วิกิพีเดีย – จีพีเอส [Online]: http://th.wikipedia.org/wiki/จีพีเอส#cite_note-1

[6] วิกิพีเดีย – สมาร์ตโฟน [Online]: http://th.wikipedia.org/wiki/สมาร์ตโฟน

[7] J.Paek, J.Kim, and R.Govindan, “Energy-Efficient Rate-Adaptive GPS-based Positioning for Smartphons,” ACM 978-1-60558-985 5/10/06. MobiSys’ 10, June 15-18,2010.

[8] Z.Feng, Kondoro, A. and S.Muftic, “Location-Based Authentication and Authorization Using Smartphones” Trust, Security and Privacy in Computer and Communications (TrustCom), *2012 IEEE 11th International Conferrence on*.

[9] นันทวัฒน์ เพชรมณี. 2546.การออกแบบพิกัดบนแผนที่โดยใช้จีพีเอส. ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[10] กัลยาณี เปลี่ยนผัน. 2552. ระบบระบุตำแหน่งผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วย GPS ผ่านทาง SMS. ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[11] ปรัชญา ไชยเมือง และสมนึก พ่วงพรพิทักษ์, “การยืนยันตัวตนสองปัจจัย ณ จุดเดียวบนเว็บแอปพลิเคชั่นโดยใช้เทคโนโลยีเว็บเซอร์วิสและเจทูเอมอี” ,ECTI-CARD2010, MAY’10, Pataya, Thailand, หน้า 450-455.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การค้นหาข้อมูลงานวิจัยผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ และแสดงผลการค้นหาด้วยเอกซ์พาทตามมาตรฐานดับลินคอร์

Retrieving of Web-based Thailand Research Metadata using XPath and Dublin Core

ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล[1], วีรวิทย์ ณ วรรณมา[2], และ เจตน์ชรินทร์ ร่วมชาติ[3]

[1,2,3]สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

kwanchai@rmutl.ac.th[1], syntaxkokoh@gmail.com[2], jatcharin@hotmail.com[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ภาษาเอกซ์พาท (XPath Query Language) ในการเลือกส่วนข้อมูลที่ต้องการจากเอกสาร HTML ที่มีข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย (Research Meta-data) โดยระบบต้นแบบ (ระบบ) ที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจะรับคำค้น (keywords) จากผู้ใช้งานระบบและ ส่งคำค้นไปยังเว็บไซต์ที่ให้บริการข้อมูลรายงานผลการวิจัยที่ถูกกำหนดไว้ (เว็บไซต์) ผลลัพธ์ของการค้นหาได้รับการส่งคืนกลับมาสู่ระบบในรูปแบบของเอกสารเอชทีเอ็มแอล (HTML) หลังจากนั้นผลลัพธ์ดังกล่าวจะถูกจัดรูปแบบเป็น Document Object Model (DOM) ข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยที่ต้องการถูกเข้าถึงด้วยภาษาเอกซ์พาท และระบบทำการแสดงผลข้อมูลงานวิจัยตามมาตรฐานดับลินคอร์ (Dublin core) รุ่น 1.1

ระบบถูกทดสอบโดยการส่งคำค้นที่กำหนดจำนวน 3 คำ (ต่อ 1 เว็บไซต์) ไปยัง เว็บไซต์ของหน่วยงานที่ให้บริการข้อมูลงานวิจัยจำนวน 10 เว็บไซต์ ผลลัพธ์ของข้อมูลงานวิจัยที่ได้จากการค้นหาผ่านระบบ ซึ่งประกอบด้วย จำนวนผลลัพธ์ทั้งหมด รายชื่อของงานวิจัย และการเชื่อมโยงหลายมิติ (ลิงก์) จะถูกเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ประเภทเดียวกันที่ได้จากการค้นหาจากเว็บไซต์ของหน่วยงานนั้นๆ โดยตรง ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถแสดงจำนวนผลลัพธ์ทั้งหมดของการค้นหาได้ถูกต้อง แต่มี 5 จาก 10 เว็บไซต์ที่ระบบสามารถแสดงรายชื่อของงานวิจัยบางส่วนเนื่องจากหมดเวลาในการเชื่อมต่อกับเว็บไซต์นั้นๆ และระบบสามารถแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยได้ถูกต้องตรงตามเว็บต้นฉบับ โดยมีค่าใช้จ่าย (overhead) ด้านเวลาเพิ่มเติมประมาณ 1%

Abstract

This research project used XPath for selection of specific information (metadata) which are parts of contents returned from websites hosting research articles and books. A keyword is submitted by a user to a system. Then, the system submits the keyword to the websites hosting research documents via a HTTP protocol. Return result was parsed to construct a Document Object Model (DOM). An XPath query language is then used to select specific nodes of that DOM. Nodes are selected based on a list suggested by Dublin Core standard version 1.1. The value of selected nodes were displayed as a search result.

Ten websites are used for evaluation of the system. It can be observed that the system can correctly submit keywords to those websites and display search result in terms of number of research documents, research titles, and their corresponding hyperlink. The search result of the system was compared with that of original websites using manual search. The system was be able to retrieve all result of keyword query from five out of ten websites according to connection timeout. The system could display research metadata based on Dublin core standard version 1.1 correctly. The average response time of the system from submission of a keyword to displaying a search result is about 1% higher than that of an original website.

***Keywords*:** XPath, Document Object Model, Dublin Core Meta Data, Query, Research Databases, Web-based Data Retrieval

1. บทนำ

ในปัจจุบันการใช้อินเตอร์เน็ตเพื่อสืบหาข้อมูลรายงานผลการวิจัยเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากความมีความสะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการสืบค้นแต่การสืบค้นข้อมูลนั้นๆยังขาดจุดกลางในการค้นหา โดยปกติผู้สืบค้นต้องทำการเข้าสู่เว็บไซต์ที่ให้บริการในการสืบค้นงานวิจัย และค้นหาจากเว็บไซต์นั้นๆ ด้วยตนเอง สำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.) ได้พัฒนา เว็บไซต์กลางสำหรับในการสืบค้นรายงานผลการวิจัยชื่อ www.vijai.net [1] ขึ้น ซึ่งคำค้นที่ผู้ใช้ป้อนเข้าสู่เว็บไซต์ดังกล่าวเช่นคำว่า “ข้าว” จะถูกส่งต่อไปยังเว็บไซต์ปลายทางที่ถูกกำหนดในระบบเพื่อใช้ในการค้นหาข้อมูลของรายงานผลการวิจัยของเว็บไซต์ปลายทาง และรายการผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาตามคำค้น จะถูกส่งคืนมายัง เว็บไซต์ vijai.net ในรูปแบบของเอกสาร HTML และเว็บไซต์ vijai.net จะทำการคัดเลือกส่วนของข้อมูลที่ต้องการด้วย โปรแกรมภาษา JAVA ด้วยการค้นหาโดยใช้ function indexOf(String str) [1] โดยจะแสดงรายชื่อรายงานผลการวิจัยที่ได้จากการคัดเลือกและ link ในหน้าผลลัพธ์ของการค้นหา คณะผู้วิจัย จึงมีแนวคิดที่จะใช้ Query Language ชื่อว่า XPath [2] ซึ่งเป็น Query Language ที่ใช้ในการเลือก node จากเอกสาร XML [2] เพื่อในการคัดเลือกส่วนของข้อมูลที่ต้องการที่เป็นองค์ประกอบของเอกสาร HTML ที่ได้รับจากการค้นหาและแสดงผลรายการข้อมูลที่คัดเลือกได้แทนการใช้งาน function indexOf(String str) ของภาษา JAVA อันจะเป็นเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้ programming language อื่นๆเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบ และระบบจะแสดงผลข้อมูลรายงานผลการวิจัยที่ค้นหาได้ให้สอดคล้องกับข้อกำหนด Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1 [3] ซึ่งเป็นกลุ่มของคำศัพท์ในการอธิบายข้อมูล และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของทรัพยากร

สารสนเทศ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากองค์กรมาตรฐาน เช่น ISO และ IETF

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและสมมติฐานงานวิจัย

2.1. Vijai.net [1]

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) มีการจัดทำโครงงานระบบฐานข้อมูลการวิจัยของประเทศ (National Research Data Base: NRDB) มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมผลงานวิจัยของประเทศไทยที่มีอยู่เป็นจำนวนมากมาจัดหมวดหมู่ในรูปแบบที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสืบค้นงานวิจัยได้ง่าย โดยระบบมีการพัฒนาด้วยภาษาจาวา และใช้ Function indexOf(String str) [4] เพื่อใช้ในการเลือกข้อมูลจาก เอกสาร HTML ที่เป็นผลลัพธ์จากการค้นหาเพื่อใช้ในการ แสดงผลลัพธ์ของข้อมูลรายงานผลการวิจัย

2.2. Dublin Core [3]

เป็นแบบแผนของเมทาเดตาที่อธิบายเนื้อหาและบริบทของงานดิจิทัล เช่น วีดิทัศน์ เสียง ภาพ ข้อความ และสื่อผสม เช่น เว็บเพจ Dublin Core Metadata Elements ประกอบด้วยรายการที่แสดงลักษณะพื้นฐานของสารสนเทศ 15 ข้อ เพื่อให้พัฒนาข้อมูลดิจิตอล และทำดัชนีสำหรับสืบค้นได้อย่างมีประสิทธิภาพดังต่อไปนี้ 1.ชื่อเรื่อง, 2. ผู้แต่ง, 3.หัวเรื่อง, 4. ลักษณะ, 5.สำนักพิมพ์, 6.ผู้ร่วมงาน, 7. ปี, 8. ประเภท, 9. รูปแบบ, 10. รหัส, 11. ต้นฉบับ, 12. ภาษา, 13.เรื่องที่เกี่ยวข้อง, 14. สถานที่และเวลา, 15. สิทธิ

2.3. กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

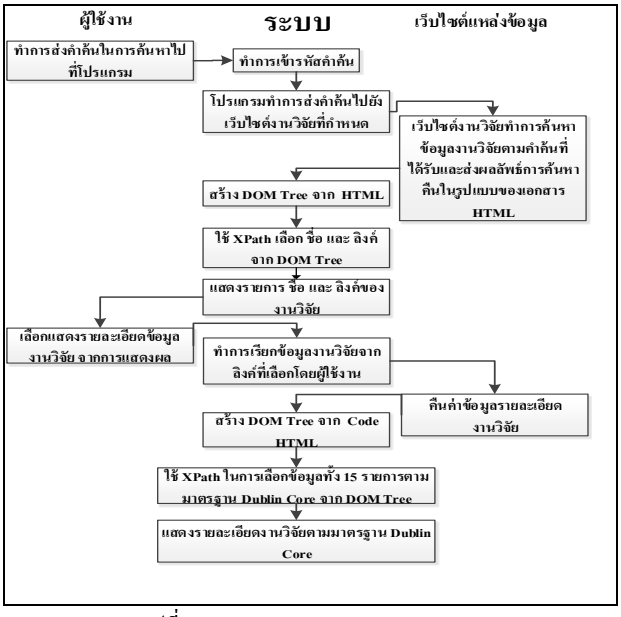
เว็บเพจที่ถูกใช้ในการแสดงผลข้อมูลรายงานผลการวิจัยของแต่ละเว็บไซต์ที่ให้บริการสืบค้นข้อมูล (เว็บไซต์งานวิจัย) นั้นจะถูกสร้างจากเอกสาร HTML และเอกสารดังกล่าวสามารถที่จะนำมาสร้างให้อยู่ในรูปแบบของโครงสร้างของ Document Object Model (DOM) ซึ่งจะสามารถอ้างอิงโครงสร้างเป็นแบบต้นไม้ (tree) ได้ ซึ่งประกอบไปด้วย node ต่างได้แก่ root, children จนถึง leaf nodes และ XPath เป็นภาษา Query Language ในการเข้าถึง node ต่างๆ ใน DOM tree ได้ ด้วยการใช้ Path Expression เช่น‘/’ (เลือก node จาก root node), ‘//’ (เลือก node ใดๆ ใน tree ที่ตรงกับ node ที่กำหนด) หรือ ‘@’ (เลือก attribute ของ node นั้นๆ) XPath สามารถกำหนดเงื่อนไขในการเลือก node ได้โดยใช้สัญญลักษณ์ ‘[]’ คร่อมเงื่อนไขเช่น a[contains(@href,'detail.php?')] เป็นการเลือกเอา node a ที่ attribute href ใน node นั้นๆ มีคำว่า ‘detail.php’ บรรจุอยู่ และเราจะนำเอาค่าที่ได้ ของ node ที่ต้องการ (node value) มาใช้ในการแสดงผลให้กับผู้ใช้งานระบบต่อไป โดยจะมีรายการแสดงผลสอดคล้องตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ดับบลินคอร์ จำนวน 15 รายการ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาระบบต้นแบบเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลรายงานผลการวิจัย (ระบบ) ขึ้นบน software stack ซึ่งประกอบไปด้วยโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการเก็บ 1.ลิงค์ (URL), 2.ชื่อตัวแปรรับคำค้นของลิงค์นั้นๆ (ถ้ามี)(GET variables), 3.ชื่อตัวแปรตรรชนีของหน้าแสดงผล (pagination variables), 4. ชุดค่า XPath ในการเข้าถึงค่าของรายชื่อ และลิงค์ในการแสดงรายละเอียด สำหรับของเว็บไซต์ที่ให้บริการข้อมูลงานวิจัยสำหรับส่งคำค้น, 5.ชุดค่า XPath ที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูล 15 ข้อตามมาตรฐาน Dublin Core รุ่น 1.1 ซึ่งจากการทดลองพบว่าบางเว็บไซต์ไม่ได้แสดงรายละเอียดข้อมูลครบทั้ง 15 ข้อ ภาษาคอมพิวเตอร์แบบเซิร์ฟเวอร์-ไซด์ สคริปต์ ถูกเลือกใช้เพื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบและเว็บไซต์งานวิจัย รวมถึงการประมวลผลเพื่อคัดเลือกและแสดงผลข้อมูลของระบบ

โดยผู้ใช้จะส่งคำค้นให้แก่ระบบเช่นคำว่า “ข้าว” แล้วระบบจะทำการส่งคำค้นนี้ไปยังเว็บไซต์ที่ได้ถูกกำหนดไว้สำหรับการเชื่อมโยงเพื่อใช้คำค้นในการค้นหารายชื่องานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เว็บไซต์ดังกล่าวจะส่งผลลัพธ์การค้นหาคืนมาในรูปแบบของเอกสาร HTML และ ระบบจะทำการ ดึงข้อมูลที่คืนกลับมาด้วย XPath และแสดงผลลัพธ์ให้ผู้ใช้งานต่อไป

รูปที่ 1 แสดงภาพรวมการทำงานของระบบ



เว็บไซต์ที่ระบบสามารถส่งคำค้นเพื่อทำการค้นหาข้อมูลงานวิจัยได้ถูกกำหนดขึ้นจำนวน 10 เว็บไซต์ดังนี้ 1.MIS RMUTL มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่, 2. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.), 3. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (TRF), 4. คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (TTMED), 5.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CAR), 6. ระบบคลังข้อมูลงานวิจัยไทย (TNRR), 7.ระบบคลังข้อมูลรายการผลงานวิจัย(RIR) วช., 8.สำนักหอสมุดกลางมหาวิทยาลัยศิลปากร (Thesis Online), 9. งานวิจัยและบริการวิชาการ ภาคพายัพ (North) 10. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย(TDRI)

โดยตัวอย่าง URLs ของระบบ MIS RMUTL ที่ระบบใช้ในการส่งคำค้นเพื่อเชื่อมโยงข้อมูล ตัวแปรที่ใช้ในการส่งคำค้น (keywords) และ XPath ในการดึงชื่องานวิจัย และลิงค์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 1. URL= http://mis.rmutl.ac.th/procresearch/researchresultsearch.aspx?ExpressionProjectName=and&ExpressionProjectKeyword=and&ExpressionProject

Leader=and&OrgId=0000000000, 2. Keyword= “projectname”, 3.

XPath สำหรับรายชื่อผลการค้นหา =

“//a[contains(@href,'ResearchProjectInfo.aspx?res_id')]/text()”

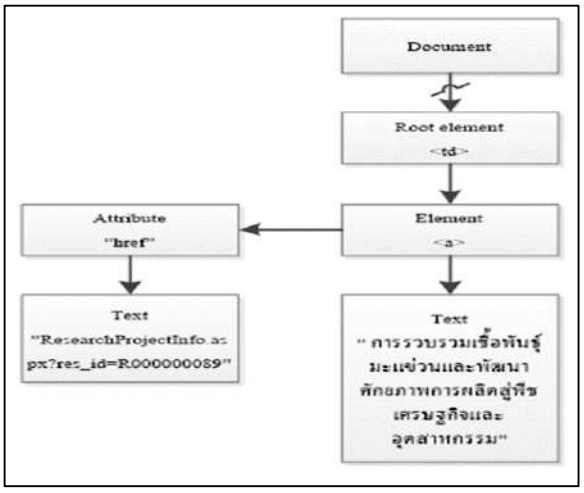
4. XPath สำหรับ link รายละเอียดงานวิจัย =

“//a[contains(@href,'ResearchProjectInfo.aspx?res_id')]/@href”



รูปที่ 2. ตัวอย่างรายชื่องานวิจัย

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างรายชื่องานวิจัยที่สืบค้นได้จาก ระบบ MIS ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ซึ่งเป็นการแสดงผลจากเอกสาร HTML ที่มีตัวอย่างโครงสร้าง เอกสาร และสามารถวิเคราะห์ออกมาให้อยู่ในรูปของ DOM tree ได้ดังรูปที่ 3

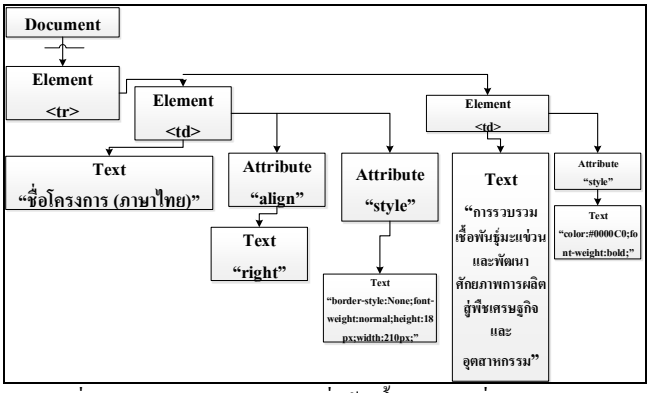


รูปที่ 3:ตัวอย่าง HTML code และ DOM Tree ของ RMUTL MIS

จาก DOM Tree ในรูปที่ 3 สามารถใช้ XPath ที่ใช้ในการดึงชื่อ งานวิจัยได้คือ “//a[contains(@href,'Research')]/text()” ซึ่งจะเป็นการดึง text node ของ attribute href ที่มีคำว่า 'Research' จาก element a และค่าที่ได้คือ “ การรวบรวมเชื้อพันธุ์มะแข่วนและพัฒนาศักยภาพการผลิตสู่พืชเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม” XPath ที่ใช้ในการดึงลิงก์แสดงรายละเอียดของงานวิจัยดังกล่าวคือ “//a/@href” ซึ่งจะเป็นการเลือกค่าของ attribute href จาก element a ซึ่งค่าที่ได้คือ“ResearchProjectInfo.aspx?res_id=R000000089”



รูปที่ 4:แสดงข้อมูลรายละเอียดของงานวิจัย



รูปที่ 5 บางส่วนของ DOM Tree ที่สร้างขึ้นจากภาพที่ 4

รูปที่ 4 และ 5 แสดงเว็บเพจและ บางส่วน DOM tree ที่แสดงรายละเอียดของงานวิจัยที่ได้จากการเชื่อมโยง link จากภาพที่ 3 ซึ่ง XPath ที่ใช้ในการอ่านชื่อผู้วิจัยคือ “//table[contains(@width,'90%')]//tr[2]/td[2]” ซึ่งมีค่าเป็น “การรวบรวมเชื้อพันธุ์มะแข่วนและพัฒนาศักยภาพการผลิตสู่พืชเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม” XPath ที่ใช้ในการดึงIDของงานวิจัยคือ //table[contains(@width,'90%')]//tr[1]/td[2] ซึ่งจะคืนค่า R000000089

จากแนวทางการประยุกต์ใช้ XPath เพื่อใช้ในการเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการคณะผู้วิจัยทำการพัฒนาระบบขึ้นด้วยภาษา PHP เพื่อใช้ในการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ที่ต้องการเพื่อนำมาสร้าง DOM Tree และดึงข้อมูลที่ต้องการออกมาด้วย XPath ตามขั้นตอนที่ได้ถูกระบุไว้ในรูปที่ 1 โดยใช้และใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ในการเก็บข้อมูลที่ต้องใช้ในการค้นหาข้อมูลจากเว็บไซต์งานวิจัย

4. การทดสอบระบบ

คณะผู้วิจัยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ CPU : Intel P7550 2.4G Hz หน่วยความจำ 4Gb และระบบปฏิบัติการ Windows 8.1 SP1 โดยเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ท 3BB ที่อัตรา Download 10 Mb /Upload Transfer 1Mb โดยระบบจะทำการส่งคำค้นโดยอัตโนมัติไปที่แต่ละเว็บไซต์ตามตารางที่ 1 จำนวน 3คำค้นต่อเว็บแล้วเก็บจำนวนของงานวิจัย ชื่อของงานวิจัย และลิงค์ของงานวิจัย ที่ส่งกลับจากการค้นหามาเปรียบเทียบกับ ผลลัพธ์จากการส่งคำค้นโดยผู้ใช้งานเป็นผู้ป้อนให้กับเว็บไซต์ตามตารางที่ 1 ด้วยตนเอง และระบบจะมีการจับเวลาการทำงานของระบบโดยจะนับเริ่มต้นตั้งแต่ส่งคำค้นออกไป จนสิ้นสุดเวลาที่ของข้อมูลสุดท้ายส่งข้อมูลกลับมา ตารางที่ 2 แสดงถึงผลการทดสอบระบบ

ชื่อฐานข้อมูล	คำที่ใช้ทดสอบ	จำนวนข้อมูลที่ส่งกลับ		เวลาเฉลี่ย3ครั้ง (วินาที)		
		ทั้งหมด	ส่งกลับ	ทั้งหมด	ส่งกลับ	%Overhead
MIS RMUTL	ชุมชน	25	25	1.39650	0.00500	0.35804
	พัฒนา	67(50)	50	1.51240	0.00760	0.50251
	โรค	3	3	1.15860	0.00140	0.12084
HSRI	ชุมชน	24	24	0.39500	0.00400	1.01266
	โรค	65	65	0.58330	0.00260	0.44574
	พัฒนา	75	75	0.98260	0.00260	0.26460
E-LIBRARY	สังคมศาสตร์	307	307	4.18490	0.01850	0.44207
	มนุษย์ศาสตร์	2	2	0.97290	0.00330	0.33919
	สาธารณะ	48	48	1.00660	0.00810	0.80469
TTMED	พัฒนา	2	2	0.16190	0.00090	0.55590
	น้ำมัน	2	2	0.16190	0.00080	0.49413
	ศึกษา	11	11	0.18140	0.00080	0.44101
CAR	พัฒนา	638(200)	200	0.37890	0.01050	2.77118
	การผลิต	1050(200)	200	0.95450	0.01190	1.24673
	ศึกษา	410(200)	200	0.35370	0.00790	2.23353
TNRR	ข้าว	8296(500)	500	2.97660	0.00820	0.27548
	สังคมศาสตร์	201	201	3.29440	0.00660	0.20034
	สาธารณะ	334	334	4.91920	0.01270	0.25817
RIR	SME	78	78	15.73970	0.00580	0.03685
	สาธารณะ	102(100)	100	21.25480	0.01290	0.06069
	ข้าว	3143(100)	100	21.08560	0.01230	0.05833
THESIS	ศึกษา	3270(150)	150	1.82600	0.00270	0.14786
	วิชาการ	793(130)	130	2.29030	0.00270	0.11789
	SME	59	59	2.09980	0.00260	0.12382
North	ข้าว	8	8	0.29210	0.00670	2.29374
	ชุมชน	29	29	0.26450	0.00500	1.89036
	อุตสาหกรรม	4	4	0.26450	0.00500	1.89036
TDRI	นโยบาย	12	12	1.63660	0.00280	0.17109
	การผลิต	63	63	2.04710	0.00400	0.19540
	สิ่งแวดล้อม	56	56	1.64610	0.00360	0.21870
	เฉลี่ยรวม	100%	100 %	3.20075	0.00598	0.18694

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบ

ข้อมูลจากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถค้นหา คัดเลือกข้อมูลที่ต้องการและแสดงผลข้อมูลงานวิจัย จากผลลัพธ์หน้าเว็บเพจการค้นหาที่คืนกลับมาจากเว็บไซต์ที่ระบบส่งคำค้นทั้งหมด 30 คำได้อย่างถูกต้องเมื่อพิจารณาจากการเปรียบเทียบระหว่าง จำนวนผลลัพธ์ รายชื่องานวิจัย ที่ได้รับโดยการใช้งานระบบ กับจำนวนของผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้หน้าเว็บเพจของหน่วยงานนั้นๆในการค้นหาข้อมูลงานวิจัย และเวลาที่ใช้ในการสร้าง DOM จากผลลัพธ์ของการค้นหาที่คืนมาจากเว็บไซต์งานวิจัยในรูปแบบของเอกสาร HTML และเวลาที่ใช้ในการเข้าถึง Node ที่ต้องการของ DOM โดยใช้ XPath รวมจนถึงเวลาที่ใช้ในการแสดงผลรายการผลลัพธ์การค้นหา จะมีค่าประมาณ 1% เมื่อเทียบกับเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการค้นหาและรับข้อมูลเว็บไซต์งานวิจัย อย่างไรก็ตาม ระบบไม่สามารถที่จะการเข้าถึงผลลัพธ์ทั้งหมดของการค้นหางานวิจัยจาก บางเว็บไซต์ได้ เช่น เว็บไซต์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย http://library.car.chula.ac.th/search~S0/) เมื่อส่งคำค้นคำว่า “พัฒนา” เข้าสู่เว็บไซต์จะได้ผลลัพธ์การค้นหาทั้งหมด 638 งานวิจัย (ทดสอบช่วงต้นปี 2557) แต่ว่าระบบสามารถเข้าถึงชื่องานวิจัยได้เพียง 200 รายชื่อเท่านั้น เนื่องจากได้รับข้อความหมดเวลาการเชื่อมต่อเว็บไซต์ดังกล่าว

5. สรุป

การใช้งาน XPath เพื่อใช้ในการคัดเลือกข้อมูลจากเว็บเพจสามารถทำได้อย่างถูกต้อง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูลรายงานผลการวิจัยได้ โดยมีค่าใช้จ่ายในการประมวลผล (Overhead) ต่ำ อย่างไรก็ตาม ระบบควรที่จะสามารถส่งคำค้นแบบขนานไปยังเว็บไซต์งานวิจัยได้พร้อมๆกันเพื่อลดเวลาในการค้นหาข้อมูลจากเว็บไซต์งานวิจัยที่มากกว่า 1 เว็บไซต์ขึ้นไป

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ชุมพล บุญมีแห่ง ม.ธรรมศาสตร์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ชี้แนะ ในการทำงานวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ภารกิจข้อมูลวิจัยและการบริการจัดการข้อมูล สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), http://www.irdc.nrct.go.th/irdc/document/files15_ระบบต้นแบบการเชื่อมโยงข้อมูลผลงานวิจัยข้ามหน่วยงาน.pdf [สืบค้นเมื่อ ก.พ. 2557]

[2] The World Wide Web Consortium, XPath 2.0 http://www.w3.org/TR/xpath20/ [สืบค้นเมื่อ ก.พ. 2557]

[3] The Dublin Core Metadata Initiative, http://en.wikipedia.org/wiki/Dublin_Core, / [สืบค้นเมื่อ ก.พ. 2557]

[4] Oracle, String (Java Platform SE 7). Retrieved from http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/lang/String.html [สืบค้นเมื่อ ก.พ. 2557]

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย

A Development of Thai Indigenous Knowledge Data Searching System

ทศพล บ้านคลองสี่

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

9/1 หมู่ 5 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: todsapon.b@bu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อรวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาชาวบ้าน ที่มีอยู่ในแต่ละท้องถิ่นของประเทศไทยให้เป็นกลุ่มก้อนเดียวกัน เพื่อให้ง่ายต่อการค้นหา และเก็บรักษาไว้ซึ่งองค์ความรู้ของภูมิปัญญาชาวบ้านในการที่จะเผยแพร่ให้แก่ลูกหลานของไทยสืบทอดต่อไป ภาพรวมของระบบประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ระบบเครื่องบริการเว็บ ระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย และหน้าติดต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งทั้งสามส่วนนี้จะทำงานร่วมกัน ผลการสืบค้นที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเรียนการสอน เพิ่มพูนความรู้ การประยุกต์ในวิชาชีพ และชีวิตประจำวันได้อีกด้วย งานวิจัยนี้ยังได้เสนอผลการสำรวจการใช้งานระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทยทั้งในด้านเนื้อหาและเทคนิคในการพัฒนาระบบ การประเมินได้รับผลตอบกลับในเชิงบวก กล่าวคือ ระบบสามารถช่วยให้ผู้ใช้ตระหนักถึงคุณค่าความสำคัญในการสืบค้นหาความรู้ของภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย

Abstract

This paper described the development of Thai indigenous knowledge data searching system which has the main objective to collect the indigenous knowledge of each region in Thailand for easier to find and preservation purpose for the future generation. The overall system consists of three components: the web server, the searching system and the user interface, which collaborate together. Resulting searching can be used to advantage in the teaching that to increase knowledge, apply to professional and daily life. This paper presents a result of a survey on usage of Thai Indigenous Knowledge Data Searching System that includes content and techniques in system development. The evaluation gets a positive feedback such that the system can help the users to realize their searching which find to knowledge of Thai indigenous knowledge.

***Keywords*:** Thai indigenous knowledge, searching system, web server, user interface

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

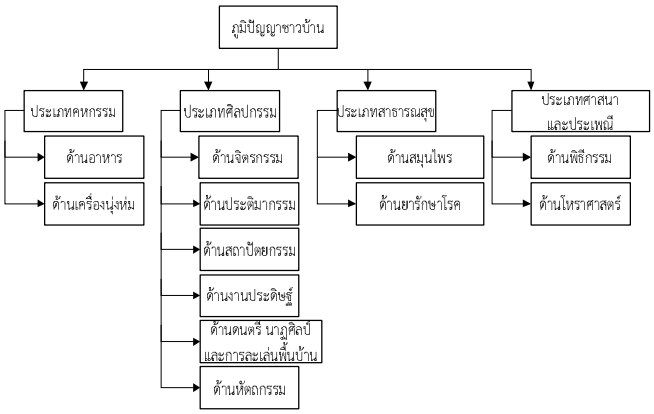
ภูมิปัญญาชาวบ้านเป็นความรู้ของชาวบ้านที่เรียนรู้จากผู้ที่มีความรู้ในหมู่บ้านของท้องถิ่นนั้นๆ ซึ่งเป็นความสามารถที่บรรพบุรุษได้สร้างสรรค์และถ่ายทอดมาให้คนรุ่นหลังได้มีวิธีการในการนำความรู้ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการดำรงชีพ การใช้ประโยชน์จากสิ่งรอบข้าง เช่น การทอผ้า การสานตะกร้า และเครื่องใช้ด้วยไม้ไผ่ด้วยหวาย การทำเครื่องปั้นดินเผา การทำเครื่องมือทางการเกษตร การละเล่น การรักษาโรค เป็นต้น ทำให้ความรู้เหล่านี้เกิดประโยชน์และมีคุณค่าแก่สังคมที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์เพื่อสืบทอดต่อไปยังคนรุ่นหลังที่มีความสนใจ และเนื่องด้วยในปัจจุบันองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับภูมิปัญญาชาวบ้านเกิดขึ้นมากมายในแต่ละท้องถิ่นของประเทศไทยแต่การสืบค้นข้อมูลดังกล่าวยังกระจัดกระจายในการค้นหาหรือยังไม่เป็นหมวดหมู่เท่าที่ควร ทำให้ต้องใช้เวลาในการค้นมากขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย โดยได้นำความรู้ของภูมิปัญญาชาวบ้านของไทยมารวบรวมให้มีระบบการจัดเก็บที่เป็นระเบียบมากขึ้น ทำการออกแบบและพัฒนาระบบให้สามารถสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านในหมวดหมู่ต่างๆได้ ส่วนประกอบของระบบแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1) ระบบเครื่องบริการเว็บ เป็นส่วนที่เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการสืบค้นข้อมูล ทำหน้าที่ให้บริการตามคำร้องขอจากเครื่องลูกข่ายและทำการจัดสรรทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบ 2) ระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย เป็นส่วนที่ให้บริการค้นหาข้อมูลตามคำค้นที่มีความเกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาชาวบ้าน และ 3) หน้าติดต่อกับผู้ใช้งาน เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับคำค้นหาจากผู้ใช้งาน และนำคำค้นไปประมวลผลที่ระบบสืบค้น แล้วแสดงผลออกมาในรูปของเนื้อหา รายชื่อเว็บไซต์ รูปภาพ แผนที่ และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้แก่ผู้ใช้งาน ซึ่งทั้งสามส่วนนี้จะทำงานร่วมกัน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้าน

ภูมิปัญญาชาวบ้าน [1] คือ พื้นฐานองค์ความรู้ของชาวบ้านที่ได้เรียนรู้จากประสบการณ์สืบต่อกันมาทั้งทางตรงและทางอ้อมซึ่งเรียนรู้จากบรรพบุรุษหรือเป็นความรู้สะสมสืบต่อกันมา ความรู้ดังกล่าวเป็นความรู้ที่นำมาปฏิบัติ มีผลเป็นรูปธรรม และความสำคัญในการดำรงชีวิตของคนในท้องถิ่น เป็นโครงสร้างความรู้ที่มีหลักการ มีเหตุผลในตัวเองที่น่าศึกษาและควรอนุรักษ์และสืบทอดต่อไป ภูมิปัญญาชาวบ้านนั้นมีอยู่มากมายในแต่ละท้องถิ่น ต่างก็มีความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ และผลงานเพื่อการดำรงชีวิตที่แตกต่างกันไป ประเภทภูมิปัญญาชาวบ้าน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. ประเภทภูมิปัญญาชาวบ้าน

2.2 ระบบสืบค้นข้อมูล

ระบบสืบค้นหรือโปรแกรมค้นหาข้อมูล (Search Engine) [2] เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการสืบค้นข้อมูลบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยผลลัพธ์ในการค้นหาจะครอบคลุมทั้งในรูปแบบของข้อความ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว เพลง ซอฟต์แวร์ แผนที่ ข้อมูลบุคคล กลุ่มข่าว และอื่นๆ ซึ่งแตกต่างกันไปตามโปรแกรมหรือผู้ให้บริการแต่ละราย โปรแกรมค้นหาส่วนใหญ่จะค้นหาข้อมูลจากคำสำคัญ (Keyword) ที่ผู้ใช้งานป้อนเข้าไป จากนั้นระบบก็จะทำการประมวลผลคำสำคัญนั้น แล้วจะแสดงรายการผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับคำสำคัญที่ผู้ใช้กำลังค้นหา ในปัจจุบันโปรแกรมค้นหาบางโปรแกรม เช่น กูเกิล จะมีการบันทึกประวัติการค้นหา การเลือกผลลัพธ์ของผู้ใช้ และการนำประวัติที่บันทึกไว้มาช่วยกรองผลลัพธ์ในการค้นหาครั้งต่อๆ ไป เพื่อการแสดงผลลัพธ์ที่ดีขึ้น ประเภทของโปรแกรมค้นหา ประกอบด้วย โปรแกรมค้นหาแบบอินเด็กเซอร์ (Indexers) โปรแกรมค้นหาแบบเมตะ (Metasearch) และโปรแกรมค้นหาแบบไดเรกทอรี (Directories)

2.3 ระบบเครื่องบริการเว็บ

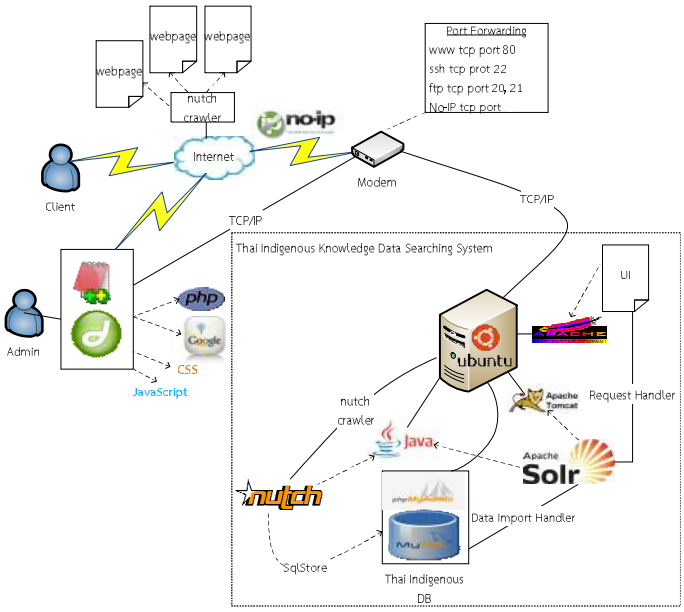
อูบุนตู (Ubuntu) [3] เป็นระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์แบบโอเพนซอร์ส ซึ่งมีพื้นฐานบนลินุกซ์ดิสทริบิวชัน พัฒนาต่อมาจากเดเบียน มีความยืดหยุ่นสูง สามารถพัฒนาปรับปรุงเพิ่มเติมได้ตามความต้องการ ซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่รวมมาในระบบปฏิบัติการอูบุนตูนั้นเป็นซอฟต์แวร์เสรีเกือบทั้งหมด

Apache Nutch [4] คือ ซอฟต์แวร์ที่ใช้รวบรวมข้อมูลหน้าเว็บไซต์แบบโอเพนซอร์ส มีความสามารถในการค้นหาหน้าเว็บที่เชื่อมโยงหลายมิติ (Hyperlinks) ในลักษณะอัตโนมัติ ช่วยลดจำนวนของงานบำรุงรักษา ตัวอย่างเช่น การตรวจสอบการเชื่อมโยง (Links) ที่เสียหาย และสร้างสำเนาของทุกหน้าเว็บเพจที่ได้เข้าไปเยี่ยมชม (Visit)

Apache Solr [5] คือ แพลตฟอร์มการค้นหาแบบโอเพนซอร์ส (Open Source Search Platform) ที่ได้รับการพัฒนามาจาก Apache Lucene โดยซอฟต์แวร์ทั้งสองอย่างนี้เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาจาวา ทำงานเป็นเครื่องบริการค้นหาข้อความเต็มรูปแบบ แบบเครื่องเดี่ยว (Standalone) ภายในโปรแกรมบรรจุเว็บ เช่น โปรแกรม Jetty หรือ Apache Tomcat โดย Apache Solr จะเรียกใช้ไลบรารี (Library) ของลูซีน (Lucene) ที่แกนประมวลผลหลัก (Core) สำหรับการจัดทำอินเด็กซ์ และค้นหาข้อมูล สามารถแสดงผลการค้นหาได้หลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น JSON PHP เป็นต้น ทำให้ง่ายต่อการใช้งานร่วมกับโปรแกรมภาษาอื่นๆ การตั้งค่าที่มีประสิทธิภาพจากภายนอกของ Apache Solr จะช่วยให้ซอฟต์แวร์ทำงานกับโปรแกรมชนิดอื่นได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ภาษาจาวาในการพัฒนา และมีสถาปัตยกรรมตัวเสริม (Plug in) ที่จะสนับสนุนการปรับแต่งขั้นสูงเพิ่มเติม Apache Solr

3. ระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย

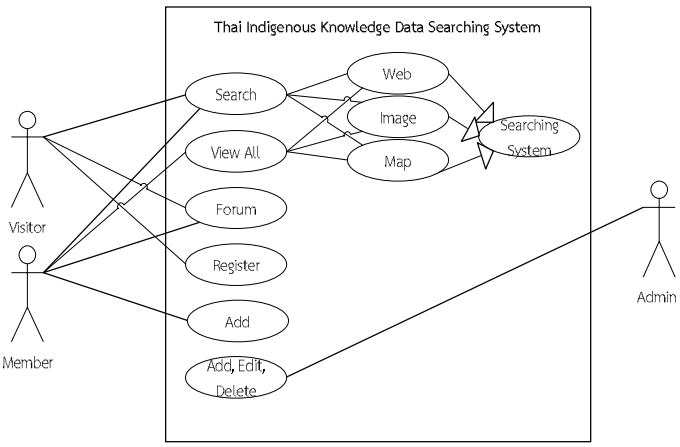
การทำงานของระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. ระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย

3.1 การทำงานของระบบสืบค้นข้อมูล

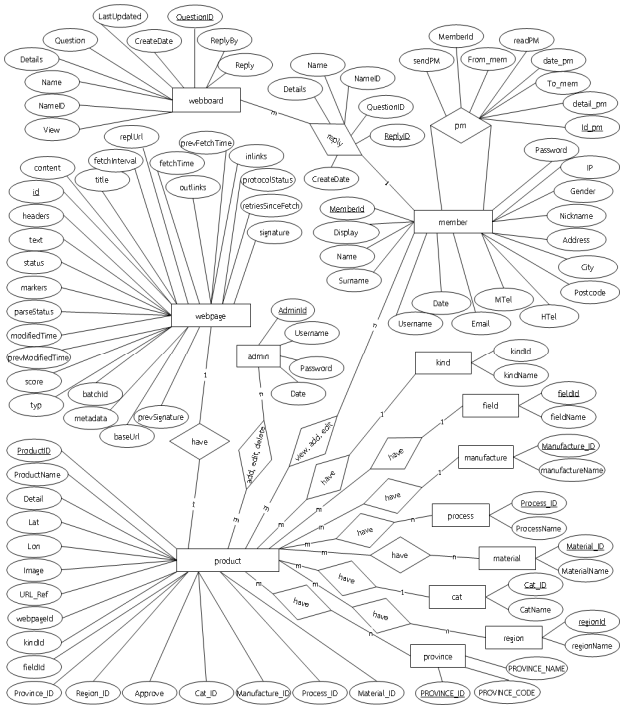
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบงานและสิ่งที่อยู่นอกระบบงาน (Use Case Diagram) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. แผนภาพปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบงานและสิ่งที่อยู่นอกระบบงาน

3.2 ฐานข้อมูลสำหรับใช้จัดเก็บข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้าน

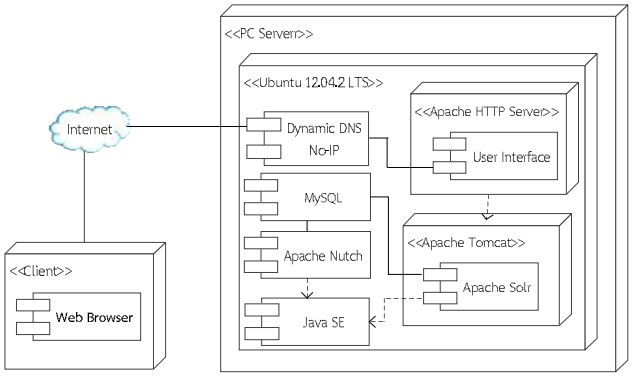
แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

3.3 การทำงานของระบบเครื่องบริการเว็บ

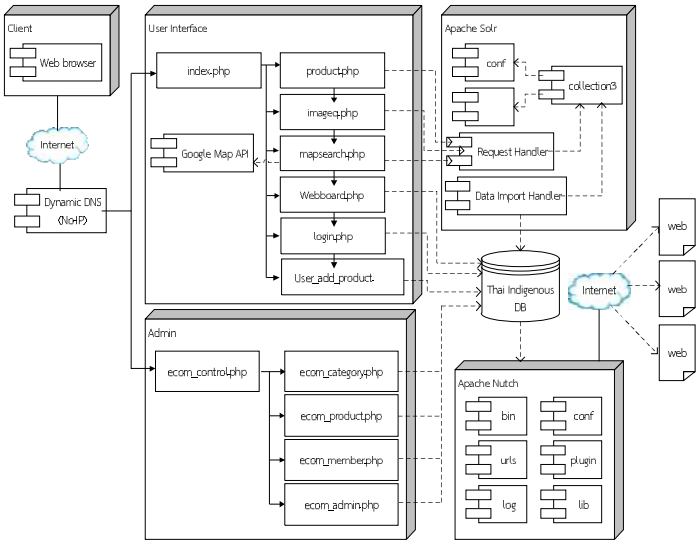
แผนภาพสถาปัตยกรรมของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ (Deployment Diagram) เพื่ออธิบายถึงระบบเครื่องบริการเว็บที่จะนำมาใช้ในระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย ซึ่งประกอบด้วยการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Ubuntu 12.04.2 LTS โปรแกรม No-IP MySQL Apache HTTP Server Apache Tomcat Java SE Apache Nutch และ Apache Solr ลงในคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. แผนภาพสถาปัตยกรรมของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

3.4 ระบบสืบค้นข้อมูล

พิจารณาจากการทำงานของส่วนต่างๆ ในระบบ ที่ได้ติดตั้งลงในเครื่องบริการเว็บ ซึ่งประกอบด้วยส่วนการทำงานของโปรแกรม No-IP หน้าติดต่อกับผู้ใช้ ผู้ดูแลระบบ ระบบสืบค้น ฐานข้อมูล และ Crawler โดยแสดงในลักษณะของแผนภาพโครงสร้างและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบ (Component Diagram) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6. แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

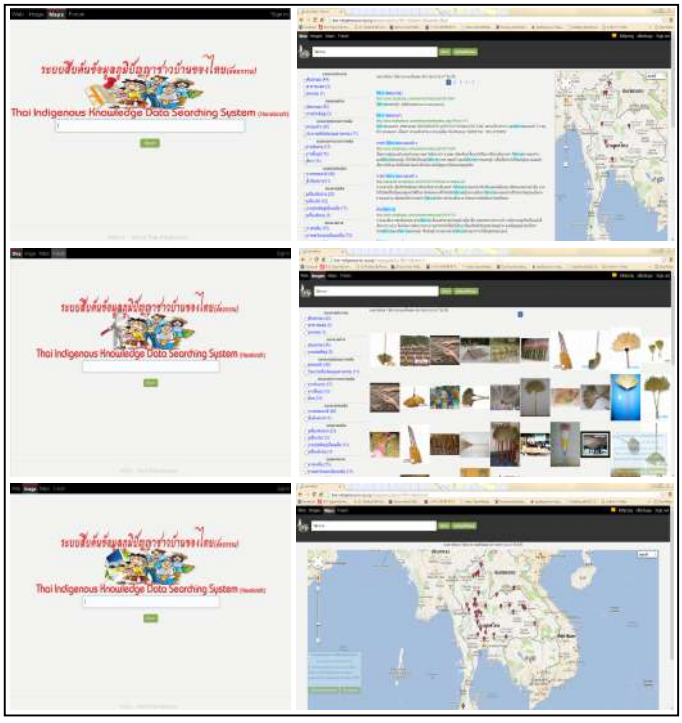
3.5 หน้าติดต่อกับผู้ใช้

พิจารณาจากการให้บริการของระบบ และความเหมาะสมในการใช้งานของผู้ใช้ ซึ่งประกอบด้วย หน้าหลัก หน้าการค้นหารายชื่อเว็บไซต์ หน้าการค้นหาแบบรูปภาพ หน้าการค้นหาแบบแผนที่ หน้ากระทู้ หน้าเข้าสู่ระบบ หน้าผู้ดูแลระบบ และหน้ารายละเอียดการจัดทำระบบ

4. การทดลองและประเมินผลงานวิจัย

4.1 ผลการทดลองการทำงานของระบบสืบค้นข้อมูล

ผลการทดลองการสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทยในรูปแบบคำค้น รูปภาพ และแผนที่ตั้ง สามารถสืบค้นได้ถูกต้อง ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7. ผลการทดลองการสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย

4.2 ผลการทดลองและเปรียบเทียบการทำงาน

ตารางที่ 1. ผลการทดลองและเปรียบเทียบการทำงานกับระบบอื่น

ฟังก์ชัน \ เว็บไซต์	thai-indigenous (Our Work)	otoptoday	thaitambon	m-culture.go	m-culture.in	otop5star
เปรียบเทียบกับระบบอื่นที่ใกล้เคียง						
1.ระบบสืบค้น						
- แสดงผลการค้นหาแบบรายการเว็บไซต์	Apache Solr	-	-	Google Custom	-	-
- แสดงผลการค้นหาแบบรายการรูปภาพ	Apache Solr	-	-	-	Apache Solr	-
- แสดงผลการค้นหาแบบแผนที่	Apache Solr	-	-	-	Apache Solr	-
- ตัวกรองข้อมูลแบบมิติ (Facted Search)	Apache Solr	-	-	-	Apache Solr	-
- ไฮไลต์คำค้น (Highlighting)	Apache Solr	-	-	Google Custom	Apache Solr	-
- การจับคู่คำ (Mapping Word)	Apache Solr	-	-	Google Custom	-	-
- ตัวช่วยสะกดคำ (SpellChecker)	-	-	-	Google Custom	-	-
2.สืบค้นด้วยการ Query จากฐานข้อมูล	-	●	●	-	-	●
3.เนื้อหาที่นำมาแสดงเป็นของตนเอง	-	●	●	●	●	●
4.ระบบกระทู้สนทนา						
- ตั้งกระทู้	●	-	-	●	-	-
- ตอบกระทู้	●	-	-	●	-	-
- ลบกระทู้(ของตนเอง)	●	-	-	●	-	-
5.ระบบสมาชิก						
- สมัครสมาชิก	●	●	-	●	-	●
- ข้อความส่วนตัว (PM)	●	-	-	●	-	-
- ข้อมูลส่วนตัว (Profile)	●	●	-	●	-	-
- เพิ่มข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้าน	●	-	-	-	-	-
- แสดงข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านทั้งหมด	●	-	-	-	-	-
6.หน้าผู้ดูแลระบบ	●	-	●	-	●	-
7. Banner โฆษณา	-	-	●	-	-	●
ทดลองค้นหา						
8.ค้นหาด้วยคำว่า "ไม้+กวาด+ดอก+หญ้า"	-	-	-	●	●	-
9.ค้นหาด้วยคำว่า "ไม้ กวาด ดอก หญ้า"	●	-	-	●	●	-
10.ค้นหาด้วยคำว่า "ไม้กวาดดอกหญ้า"	●	●	●	●	●	●
11.ค้นหาด้วยคำว่า "!@#$%^&*()_"	-	-	-	●	-	-
12.ค้นหาด้วยคำว่า "หัตถกรรม"	●	-	-	●	●	-
13.ค้นหาด้วยคำว่า "หัตถกรรม"	●	●	●	●	●	●

หมายเหตุ ● มี
- ไม่มี

4.3 ผลการประเมิน

การประเมินผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การประเมินในส่วนของเนื้อหาและการออกแบบ การประเมินด้านเทคนิคของระบบ และการประเมินความพึงพอใจภาพรวมของระบบ ซึ่งประเมินจากแบบสอบถามพร้อมทั้งการใช้งานระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย โดยผู้ใช้บริการจำนวน 58 คน ได้ผลดังนี้

4.3.1 ผลการประเมินด้านเนื้อหาและการออกแบบ

การหาคะแนนเฉลี่ย (Mean) ของการประเมินในแต่ละหัวข้อ ดังสมการ 1

$$X = \frac{(W_1X_1+W_2X_2+W_3X_3+W_4X_4+W_5X_5)}{n} \quad (1)$$

X = คะแนนเฉลี่ยของการประเมิน (คะแนนเต็ม 5 คะแนน)

W_i = ค่าน้ำหนักของระดับความพึงพอใจ

โดย i แทน 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย และ 1 = น้อยที่สุด

X_i= จำนวนของผู้ประเมินในระดับ i

n = จำนวนของผู้ประเมินทั้งหมด

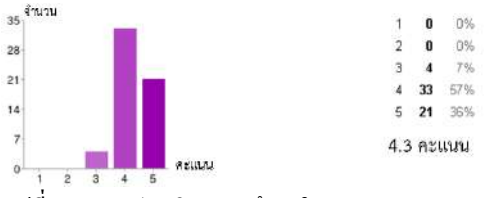
ตารางที่ 2. ผลประเมินด้านเนื้อหา และการออกแบบ

ลำดับ	หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ 1	2	3	4	5	คะแนนเฉลี่ย
2.1	ใช้งานง่าย	0 (0%)	1 (2%)	14 (24%)	27 (47%)	16 (28%)	4.0
2.2	การจัดหมวดหมู่ของข้อมูล (ตัวกรองข้อมูลด้านซ้ายมือ)	0 (0%)	1 (2%)	15 (26%)	27 (47%)	15 (26%)	4.0
2.3	ข้อมูลครอบคลุมกับความต้องการ (ด้านหัตถกรรม)	0 (0%)	0 (0%)	15 (26%)	26 (45%)	17 (29%)	4.0
2.4	ข้อมูลเป็นปัจจุบัน	0 (0%)	0 (0%)	13 (22%)	27 (47%)	18 (31%)	4.1
2.5	ความเหมาะสมของการออกแบบ เช่น ตัวหนังสือ สีสัน การจัดวางเนื้อหาและเมนู	0 (0%)	1 (2%)	11 (19%)	24 (41%)	22 (38%)	4.2

4.3.2 ผลการประเมินด้านเทคนิคของระบบ

ลำดับ	หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ 1	2	3	4	5	คะแนนเฉลี่ย
3.1	ความสะดวก และความถูกต้องของข้อมูลที่ค้นหา	0 (0%)	1 (2%)	9 (16%)	30 (52%)	18 (31%)	4.1
3.2	การจัดเรียงลำดับของข้อมูล (ผลที่ได้จากการค้นหา)	0 (0%)	1 (2%)	14 (25%)	21 (37%)	21 (37%)	4.0
3.3	ความเร็วในการตอบสนองการค้นหา (ช่วงระยะเวลาตั้งแต่กดค้นหาจนได้ผลลัพธ์)	0 (0%)	0 (0%)	7 (12%)	26 (45%)	25 (43%)	4.3
3.4	ความรวดเร็วในการแสดงข้อมูลเว็บไซต์ (หน้า Web)	0 (0%)	0 (0%)	8 (14%)	22 (39%)	27 (47%)	4.3
3.5	ความรวดเร็วในการแสดงข้อมูลรูปภาพ (หน้า Image)	1 (2%)	1 (2%)	10 (17%)	25 (43%)	21 (36%)	4.1
3.6	ความรวดเร็วในการแสดงข้อมูลแผนที่ (หน้า Maps)	0 (0%)	0 (0%)	8 (14%)	32 (55%)	18 (31%)	4.2
3.7	ความถูกต้องในการเชื่อมโยงไปยังเว็บไซต์อื่น (ลิ้งก์ของข้อมูล)	0 (0%)	0 (0%)	11 (19%)	26 (46%)	20 (35%)	4.1
3.8	สามารถเป็นแหล่งรวบรวมความรู้ภูมิปัญญาชาวบ้านได้	0 (0%)	0 (0%)	8 (14%)	26 (46%)	23 (40%)	4.2

4.3.3 ผลการประเมินความพึงพอใจภาพรวมของระบบ



รูปที่ 8. ผลการประเมินความพึงพอใจภาพรวมของระบบ

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย เพื่อให้บริการค้นหาข้อมูลภูมิปัญญาชาวบ้านของไทยที่มีอยู่ในแต่ละท้องถิ่นของประเทศไทยให้เป็นกลุ่มก้อนเดียวกัน เพื่อให้ง่ายต่อการค้นหาและเก็บรักษาไว้ซึ่งองค์ความรู้ของภูมิปัญญาชาวบ้านในการที่จะเผยแพร่ให้แก่ลูกหลานของไทยสืบทอดต่อไป ผลการตอบรับโดยภาพรวมของผู้ใช้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดี

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์และผู้บริหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

เอกสารอ้างอิง

[1] งานพัฒนาเนื้อหาสาระดิจิทัล. ภูมิปัญญาไทย. [Online]. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (ม.ป.ป.). แหล่งที่เข้าถึง : http://www.nectec.or.th/thailand/thai-wisdom.html [28 พฤศจิกายน 2555]

[2] Kathel Dunn, MSLS. Web Search Engines. [Online]. NYU Medical Center. Access source : http://www.mlanet.org/resources/hlth_tutorial [30 November 2012]

[3] Ubuntu. [Online]. Canonical Group Limited. Access source : http://www.ubuntu.com/about/about-ubuntu [10 June 2013]

[4] Apache Nutch. [Online]. The Apache Software Foundation. Access source : http://nutch.apache.org/ [11 June 2013]

[5] Apache Solr. [Online]. The Apache Software Foundation. Access source : http://lucene.apache.org/solr/ [13 June 2013]

หัวข้อ การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย III (23CM III)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การประยุกต์สร้างเครื่องชั่งน้ำหนักมีเสียงบอกสเกลสำหรับโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่

Application of Voice Enabled Weight-Scale Apparatus for the Northern School for the Blind Under the Patronage of the Queen

ยุพดี หัตถสิน[1], สิริพงษ์ มาทาเม[2], สราวิทย์ ทิมอิ่ม[3], สัญญา อุทธโยธา, ภาสวรรธน์ วัชรดำรงศักดิ์

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: UHT@rmutl.ac.th[1], frienddy_elec@hotmail.com[2], kamotechza@gmail.com[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ออกแบบประยุกต์ขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์ช่วยสอนด้านการใช้สเกล ในวิชาที่สอนเกี่ยวกับการบอกน้ำหนักบนตาชั่ง สำหรับนักเรียนผู้พิการทางสายตาให้สามารถคลำเพื่อรู้-เข้าใจวิธีการอ่านค่าและมีทักษะการใช้สเกลในโลกของชีวิตจริง เป็นอุปกรณ์ LAB ให้ฝึกหัดพร้อมตรวจสอบคำตอบด้วยการกดปุ่มฟังคำเฉลย ช่วยลดภาระผู้สอนที่ต้องพูดประโยคเฉลยเดิมซ้ำซากและช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถทบทวนทักษะและพึ่งพาตนเองได้ หลักการทำงานของอุปกรณ์คือการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตรวจเช็คจุดสัมผัสของแต่ละตัวเลขและควบคุมการทำงาน เมื่อนักเรียนวางวัตถุบนตาชั่ง แล้วเอามือคลำที่เข็มสเกลน้ำหนักของตาชั่ง โดยใช้อีกมือกดที่ปุ่มบอกเสียง ก็จะมีเสียงบรรยายถึงรายละเอียดของน้ำหนักหน่วยเป็นกิโลกรัมและหน่วยกรัม เสียงที่เปล่งมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีการทดสอบโมเดลสเกลจากผู้มีสายตาดีจำนวน 30 คน และนักเรียนผู้พิการทางสายตากับครูผู้สอนจำนวน 30 คน จากชั้น ป.1 ถึง ป.3 ผลทดสอบความแม่นยำจากคนสายตาดีอยู่ที่ 67% ของโมเดลบอกน้ำหนัก ส่วนจากนักเรียนผู้พิการกับครูผู้สอนจะเป็นผลทดสอบความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งผลลัพธ์อยู่ที่ 83% ของโมเดลบอกน้ำหนัก

คำสำคัญ: ผู้พิการทางสายตา, นาฬิกาแบบเข็ม, เครื่องชั่งน้ำหนักแบบเข็ม, โรงเรียนสอนคนตาบอด, การสัมผัสด้วยมือ

Abstract

This research is designed and applied an apparatus to help on blind students in the course about telling weight on the scales. This apparatus let the blind students feel to know - understand how to read the scale and skill in the world of real life as an intern. They are in laboratory or LAB to help practice and check student's answers by pressing a button to hear the answer. They can reduce the burden on teachers to say the sentence as redundant solutions. They help encourage students to review skills through self-reliance. The process principle of this device is following for the weight scales, when the student places objects on the weight scales, and then palpates at the tongue of the weight scales, he or she uses the other hand to press the button of voice. There will be a detailed description of the weight in kilograms and grams. The microcontroller can control in emitting sounds in both Thai and English language. A scale model testing is based on the 30 eyesight peoples and the 30 approximately blind students from grade 1 to grade 3. From the eyesight, the test results are accuracy of 67% in the weight scales. From the teacher of blind students and the blinds, the examination on the ease of use is based. The evaluation results at 83% of the weight scales.

Keywords: Blind man, Clock, Scales, The Blind School, Hand Touch.

1. บทนำ

จากที่ได้ไปศึกษาที่โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์[1] จังหวัดเชียงใหม่ ได้เล็งเห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นตรงที่ขบวนการสอนมีลักษณะสอนแบบตัวต่อตัว โดยผู้สอนจะจับมือนักเรียนไปคลำสัมผัสที่อุปกรณ์สื่อการสอน และในแต่ละบทเรียนอาจารย์ผู้สอนต้องพูดย้ำหลายๆ ครั้งเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจในเนื้อหาวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาที่เกี่ยวกับการเรียนรู้เรื่องสเกล จะมีการนำเครื่องชั่งน้ำหนักจริงขนาด 3 กิโลกรัม มาเป็นอุปกรณ์การสอนเพื่อให้นักเรียนได้รู้จักโลกความจริงเรื่องสเกล

แล้วมีการให้นักเรียนได้เรียนรู้การอ่านสเกลน้ำหนักของตาชั่งบนเข็มหน้าปัดด้วยการใช้มือคลำสัมผัสและฟังเฉลยได้ทุกครั้งที่ต้องการโดยไม่ต้องรบกวนอาจารย์ผู้สอนให้พูดซ้ำหลายๆ ครั้ง จึงมีการวิจัยโดยใช้ความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ มาควบคุมกลไกของเครื่องตาชั่งที่ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัสดุสื่อการสอนสำหรับนักเรียนผู้ตาบอด อีกทั้งมีการพัฒนาให้เหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องสเกลที่เป็นสื่อการสอนอันมีพื้นฐานบนเครื่องชั่งน้ำหนักแบบเข็ม

ด้วยเหตุดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อให้นักเรียนผู้ตาบอดได้ฝึกการใช้มือคลำสัมผัสรับรู้ตำแหน่งเข็ม แล้วสามารถฟังเสียงเฉลยตำแหน่งของเข็มจากลำโพง และส่งผลทำให้นักเรียนผู้ตาบอดสามารถเรียนรู้จดจำ และสามารถทบทวนฝึกทักษะความรู้ได้ด้วยตนเอง

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

บุคคลตาบอดแต่กำเนิด[2] นั้นสามารถที่จะตรวจจับข้อมูลทางการสัมผัสได้ดีกว่าคนที่มีสายตาปกติ จากการศึกษาด้านการรับรู้ที่พิเศษเกิดขึ้น

จากความผิดปกติของร่างกายในแง่ของการที่คนตาบอดจะรับรู้ไวกว่าคนปกติ การค้นพบได้ทราบข้อมูลว่า สมองจะมีการปรับตัวเข้ากับการขาดหายไปของการรับรู้ภาพด้วยการเพิ่มความสามารถในการรับรู้-การสัมผัส ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีสื่อการเรียนรู้ที่ใช้สำหรับการรับรู้-การสัมผัส ซึ่งอาจารย์ศิริพร[1] ได้ส่งเสริมการทำสื่อการสอนเพื่อให้นักเรียนได้ใช้มือสัมผัสแล้วจิตนาการตามที่ครูบรรยาย ซึ่งครูจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับสื่อการสอนและต้องอาศัยสื่อประยุกต์หลายชนิด[3-6] เพื่อช่วยแบ่งเบาภาระการพูดซ้ำซากของครู

สื่อแรกเพื่อการเรียนการสอนระบบสุริยะจักรวาลสำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น[3] สามารถบอกรายละเอียดต่างๆของดวงดาวได้ เช่น ขนาดของดวงดาว, ภูมิอากาศ, ลักษณะเด่น เป็นต้น ทำงานได้สองโหมดคือ: 1)โหมดบรรยาย โดยสื่อจะเปล่งเสียงบรรยายลักษณะของดวงดาว เมื่อมีการสัมผัสแสงของเซนเซอร์ มีการบรรยายได้ทั้งภาษาไทยกับภาษาอังกฤษ 2)โหมดทดสอบ เมื่อมีการสัมผัสแสงของเซนเซอร์ สื่อจะไม่เปล่งเสียงแต่ระบบแสงทำงานตามปกติ ต้องใช้คู่กับการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเลือกดวงดาวด้วยการสัมผัส เพื่อตอบคำถาม

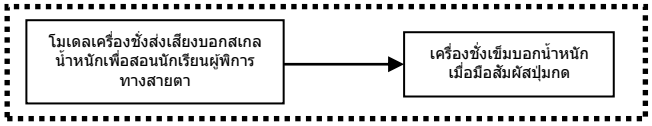
สื่อที่สองเพื่อสื่อการสอนอักษรเบรลล์ขั้นพื้นฐาน สำหรับผู้ที่มีความพร่องทางการเห็น[4] ถูกออกแบบเพื่อผู้ที่มีความพร่องทางการเห็นใช้งานโดยเฉพาะ มีการทำงานสองโหมดคือ โหมดแป้นปุ่มกดอักษรเบรลล์[5] และโหมดเกมส์ โดยสามารถเสียบหูฟังเพื่อศึกษาด้วยตัวเองได้ มีแหล่งจ่ายไฟอยู่สองส่วนคือ 1) แบตเตอรี่ใช้งานได้นานกว่า 10 ชั่วโมง และ 2)ปลั๊กไฟบ้าน

สื่อสุดท้ายเพื่อวัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดของระบบสื่อการสอนเพื่อนักเรียนผู้พิการทางสายตา[6] มีการประยุกต์และพัฒนาระบบช่วยผู้พิการทางสายตาในการเรียนการสอนได้ในหลายๆ วิชาที่เกี่ยวกับการบรรยาย มีการบอกเนื้อหาเฉพาะประจำสื่อนั้นๆ หรือวิชาที่จะใช้เรียน มีการติดรหัสบาร์โค้ดบนวัสดุชี้ตำแหน่งเพื่อให้นักเรียนสามารถคลำหาตำแหน่งเป้าหมายแล้วยิงสัญญาณด้วยเครื่องอ่านบาร์โค้ดได้ด้วยตนเอง ช่วยเป็นอุปกรณ์ข้อมูลสื่อให้แก่ครูในการเตรียมสอนตามเป้าหมายว่า ข้อมูลสื่อนี้คืออะไร ชนิดใด เรื่องใด ดังนั้นจึงช่วยอำนวยความสะดวกแก่ทั้งครูและนักเรียนผู้พิการทางสายตาในการศึกษา อีกทั้งสื่อนี้จะช่วยให้ผู้ที่ดูแลผู้พิการสามารถทราบสถิติได้ว่า มีการใช้บริการเกี่ยวกับสื่อการสอนชนิดใดมากที่สุด สำหรับเป็นข้อมูลในการจัดเตรียมหรือผลิตสื่อการสอนชนิดนั้นๆ ให้มีจำนวนที่เหมาะสมในลำดับต่อไป

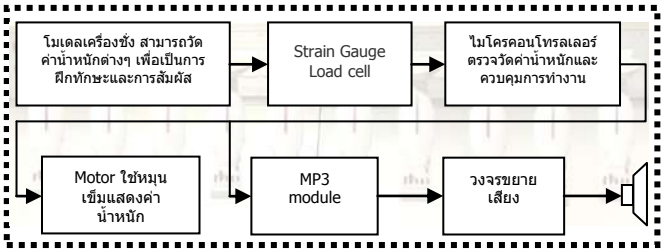
งานวิจัยดังกล่าวได้อำนวยความสะดวกให้แก่นักเรียนผู้ที่มีความพร่องทางการเห็น และสามารถช่วยลดภาระครูผู้สอนที่ต้องพูดสอนย้ำๆ หลายๆครั้ง ได้เป็นอย่างดี แต่ก็ยังมีอีกหลายสิ่งที่นักเรียนจำเป็นต้องได้เรียนรู้ในโลกชีวิตจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนรู้เกี่ยวกับสเกลของน้ำหนักจากตาชั่ง ซึ่งเป็นงานวิจัยนวัตกรรมเชิงประยุกต์ใหม่

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

จากที่ได้ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนัก[7] เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์สร้างโมเดลนาฬิกาแบบเข็มบอกเวลาและโมเดลเครื่องชั่งน้ำหนักแบบเข็มบอกน้ำหนัก แสดงเป็นกรอบแนวคิดประยุกต์ดังในรูปที่ 1 มีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์[8-9] ตรวจเช็คจุดสัมผัสของแต่ละตัวเลขและควบคุมการทำงาน เมื่อปรับค่าที่เข็มแล้วสัมผัสที่ปุ่มก็จะมีเสียงบรรยายถึงรายละเอียดของค่าตัวเลขของตาชั่งและเวลาของนาฬิกาจากวงจรบันทึกเสียงบรรยายรายละเอียดของแต่ละตัวเลขและเพื่อให้ผู้เรียนได้สามารถใช้อุปกรณ์นี้ มีการออกแบบตามหัวข้อย่อยถัดไป\



ก) กรอบแนวคิด

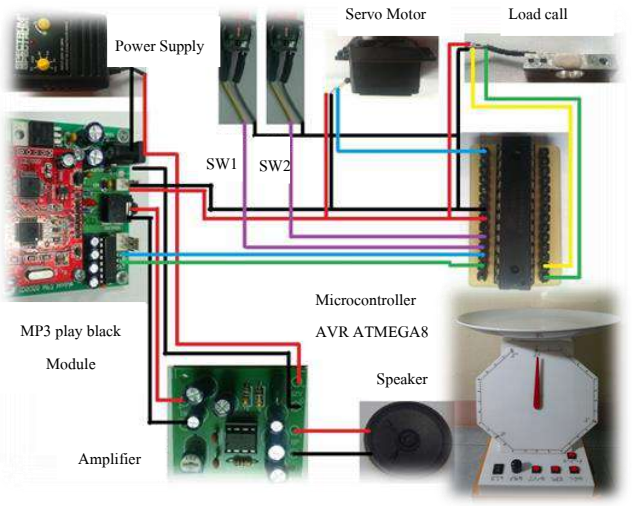


ข) กรอบการออกแบบประยุกต์

รูปที่ 1. กรอบแนวคิดและการออกแบบประยุกต์

3.1 การสร้างโมเดลเครื่องชั่งมีเสียงบอกน้ำหนัก

เริ่มจากแหล่งจ่ายไฟ $9V_{DC}$ จ่ายไฟให้กับระบบ Microcontroller AVR ATMEGA8 ตรวจเช็คน้ำหนักจาก Strain Gauge Load cell ที่ขา PC5 และสั่งให้ Servo Motor หมุนไปยังตำแหน่งตามน้ำหนักที่วัดได้ แล้วตรวจเช็คการกดฟังเสียงเวลาภาษาไทยจาก SW1(Thai Button) ที่ขา PD2 ตรวจเช็คการกดฟังเสียงเวลาภาษาอังกฤษจาก SW2(Eng Button) ที่ขา PD3 หลังจากนั้นส่งให้ MP3 Module ทำงานผ่าน Serial Port ขา PD0 และ ขา PD1 ทำการขยายเสียงโดย วงจร Amplifier 2W และส่งเอาท์พุตเสียงออกไปยังลำโพง ดังแสดงในรูปที่ 2



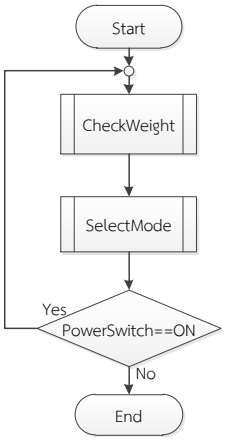
รูปที่ 2. การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของโมเดลเครื่องชั่งน้ำหนักแบบเข็มมีเสียงบอกน้ำหนัก

3.2 การออกแบบและสร้างในส่วนของซอฟต์แวร์

ในรูปที่ 3 เป็นโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมโมเดลเครื่องชั่งน้ำหนัก การทำงานระบบเริ่มจากการเรียกใช้ฟังก์ชันย่อย CheckWeigth และเรียกใช้ฟังก์ชันย่อย SelectMode และเช็ค Power Switch ถ้ายังมีการ ON ก็ให้ทำคำสั่งไปเรื่อยๆ

ฟังก์ชัน CheckWeigth เป็นการเช็คค่าน้ำหนักจากวัตถุที่ชั่งโดยใช้โหลดเซลล์เซนเซอร์แล้วคำนวณค่าจากสัญญาณอนาล็อกที่เข้ามาและแปลงเป็นดิจิตอลเพื่อให้ได้ค่าน้ำหนัก

ฟังก์ชัน SelectMode เป็นการตรวจเช็คโหมดเลือกรับฟังเสียง โดยจะทำการตรวจเช็ค สวิตช์ ThaiButton ถ้ามีการกดให้ไปทำงานที่ฟังก์ชันย่อย ThaiVoice เป็นบอกน้ำหนักเป็นภาษาไทย และตรวจเช็คสวิตช์ EngButton เพื่อบอกน้ำหนักเป็นภาษาอังกฤษ ถ้าไม่มีการกดปุ่ม ก็ให้จบการทำงานฟังก์ชันย่อย SelectMode



รูปที่ 3. โฟลว์ชาร์ตการทำงานโปรแกรมของโมเดลเครื่องชั่งน้ำหนัก

4. ผลการดำเนินงาน

หลังจากที่ได้ออกแบบวงจรและประกอบเข้าเป็นตัวเครื่องตามขั้นตอนการสร้างแล้ว ก็เข้าสู่การทดสอบเกี่ยวกับวิธีการใช้งาน คุณสมบัติและขีดจำกัดของอุปกรณ์ที่นำเสนอ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้ที่สนใจจะนำไปศึกษาเพื่อสร้างใช้งานและปรับปรุงในเชิงอุตสาหกรรมหรือนำไปพัฒนาให้มีคุณสมบัติให้ดียิ่งขึ้นต่อไป มีการทดลองดังหัวข้อย่อย

4.1 วิธีการทดลอง

มีการสร้างแบบทดสอบให้คนสายตาปกติ 30 คนได้ทดสอบและประเมินผลในช่วงแรก แล้วจึงให้นักเรียนผู้พิการทางสายตาและครูผู้สอน 30 คนในชั้น ป.1 ถึง ป.3 ได้ทำการทดสอบใช้งานโมเดลเครื่องชั่งน้ำหนักแบบเข็มมีเสียงบอกน้ำหนักและทำแบบประเมิน ในรูปที่ 4 คือ นักเรียนผู้พิการทางสายตา กำลังทดสอบใช้งานโมเดลเครื่องชั่งน้ำหนักแบบเข็มมีการตรวจความถูกต้องด้วยเสียงบอกน้ำหนัก ซึ่งแนวการประเมินมี 5 ประเด็นคือ ความปลอดภัย การออกแบบ ความแม่นยำ ความสะดวกในการใช้งาน และราคา

4.2 สรุปผลรวมการทดสอบทั้งผู้มีสายตาปกติและครูผู้สอนกับนักเรียนผู้พิการทางสายตา

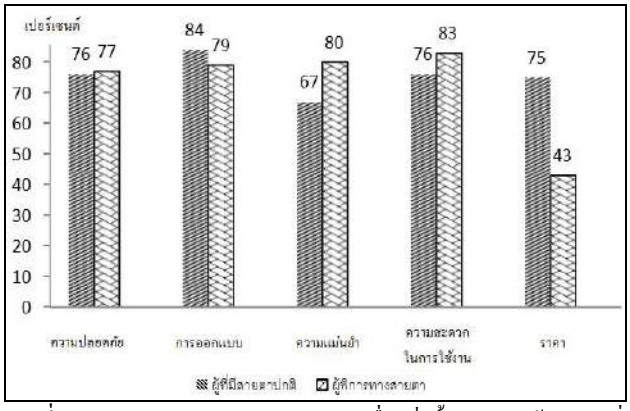
มีการนำเอาผลประเมินที่ได้มาทำการวิเคราะห์แล้วเปรียบเทียบซึ่งกันและกันระหว่างผู้ที่มีสายตาปกติและผู้พิการทางสายตา ซึ่งกรณีโมเดลเครื่องชั่งน้ำหนักแบบเข็มมีเสียงบอกน้ำหนักนั้น เมื่อนำเอาผลการประเมินเชิงตัวเลขมาพล็อตกราฟรวมกันดังรูปที่ 5 โดยใช้สเกลร่วมในหน่วยเปอร์เซ็นต์ ผลจะถูกตีความหมายให้รู้ว่ามีความแตกต่างกันในมุมมองของผู้มีสายตาปกติและผู้พิการทางสายตาดังนี้คือ

1) กรณีความปลอดภัย ผู้ที่มีสายตาปกติและผู้พิการทางสายตาให้ผลประเมินใกล้เคียงกัน ซึ่งหมายความว่ามีทัศนะคติแบบเดียวกัน

2) กรณีการออกแบบ ผู้มีสายตาปกติให้คะแนนมากกว่า ซึ่งหมายความว่าผู้มีสายตาปกติใช้สายตาเป็นตัวประเมินผล ซึ่งมีความน่าเชื่อถือได้



รูปที่ 4. นักเรียนผู้พิการทางสายตา กำลังทดสอบใช้งานโมเดลเครื่องชั่งน้ำหนักแบบเข็มมีการตรวจความถูกต้องด้วยเสียงบอกน้ำหนัก



รูปที่ 5. กราฟผลการประเมินของโมเดลเครื่องชั่งน้ำหนักจากผู้ทดสอบที่สายตาปกติและที่พิการทางสายตา

3) กรณีความแม่นยำ ผู้พิการทางสายตาให้คะแนนมากกว่า 13 คะแนน ซึ่งหมายความว่าผู้พิการสายตาได้ใช้เครื่องมือเปิดโลกทัศน์ให้กับตัวเอง ดังนั้นผลประเมินจึงอยู่ในระดับน่าพอใจ

4) กรณีความสะดวกในการใช้งาน ผู้พิการทางสายตาให้คะแนนมากกว่า 8 คะแนนเนื่องเพราะเครื่องมือมีภาษาเบรลล์ซึ่งทำให้ผู้พิการทางสายตาสามารถใช้เครื่องมือได้สะดวกขึ้น

5) กรณีราคา ผู้พิการทางสายตาให้คะแนนน้อยกว่าถึง 32คะแนน เพราะยังขาดประสบการณ์ในการประเมินราคาด้วยมีอายุอยู่ในช่วงชั้น ป.1 ถึง ป.3 จึงทำให้คะแนนแตกต่างกันพอสมควร ดังนั้นผลประเมินราคาจากผู้มีสายตาปกติ จึงเป็นที่น่าเชื่อถือได้มากกว่า ด้วยเหตุนี้เกณฑ์ราคาจึงสมเหตุสมผลจริง

5. สรุป

งานวิจัยนี้คือการออกแบบประยุกต์และสร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์ช่วยการเรียนการสอนในชั้นเรียนแก่นักเรียนผู้พิการทางสายตา ในระดับชั้นประถม เพื่อให้พวกเขาสามารถเรียนรู้เรื่องสเกลเวลาและสเกลน้ำหนักในโลกของชีวิตจริง อีกทั้งสามารถฝึกฝน-ทบทวนการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยได้คำนึงถึงผลประโยชน์ของนักเรียนเป็นหลักในแง่ความปลอดภัย ความแม่นยำ ใช้งานง่าย และราคาถูก มีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมให้สามารถเปล่งเสียงได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีผลทดสอบจากคนสายตาดีจำนวน 30 คน และนักเรียนผู้พิการกับครูผู้สอนจำนวน 30 คนในชั้น ป.1 ถึง ป.3 ผลทดสอบความแม่นยำจากคนสายตาดีอยู่ที่ 67% ของโมเดลบอกน้ำหนักเนื่องจาก Strain Gauge Load cell มีราคาปานกลางจึงทำให้มีแม่นยำปานกลาง ส่วนจากนักเรียนผู้พิการกับครูผู้สอนจะเป็นผลทดสอบความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งผลลัพธ์อยู่ที่ 83% ของโมเดลบอกน้ำหนัก เนื่องจากโมเดลสเกลนี้มีราคาต้นทุนไม่สูงมากและสามารถตอบสนองด้านการเรียนการสอนได้ดี ดังนั้นจึงมีการจัดสร้างขึ้นเพื่อมอบให้โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จ.เชียงใหม่ ได้ใช้ประโยชน์ด้านการเรียนการสอนเป็นจำนวน 10 เครื่องบอกค่าสเกลน้ำหนัก

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณท่านอาจารย์ศิริพร วงศ์รุจิไพโรจน์[1] ที่ให้รายละเอียดเกี่ยวกับผู้พิการทางสายตา, ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่[10] และ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา[11] ที่ได้มอบทุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ศิริพร วงศ์รุจิไพโรจน์, โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

[2] บุคคลซึ่งตาบอดแต่กำเนิด, [Online Access: 31 ม.ค. 2557], http://www.vcharkarn.com/vnews/153361

[3] กันต์ธร ณ ลำพูน และจิตติพัฒน์ บุญ, *"สื่อการเรียนการสอนระบบสุริยะจักรวาลสำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น"*, ปริญญานิพนธ์, สาขาวิชาครุศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ (มทร.ล้านนา), อ.เมือง จ.เชียงใหม่, 2555.

[4] จาตุรนต์ แอบคำ และณัฐวุฒิ วรพันธ์, *"สื่อการสอนอักษรเบรลล์ขั้นพื้นฐานสำหรับผู้ที่มีความพร่องทางการเห็น"*, ปริญญานิพนธ์, สาขาวิชาครุศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่, อ.เมือง จ.เชียงใหม่, 2555.

[5] งานพัฒนาสื่อเทคโนโลยีและนวัตกรรมโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือฯ, *"ทักษะการ อ่านเขียนและพิมพ์อักษรเบรลล์ขั้นพื้นฐาน"*, โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ อ.เมือง จ.เชียงใหม่, 2547.

[6] ยุพดี หัตถสิน, ธวัชชัย ตาใจ, และอรรถพล ณ ตะกั่วทุ่ง, "วัสดุช่วยชี้ตำแหน่งบาร์โค้ดของระบบสื่อการสอนเพื่อนักเรียนผู้พิการทางสายตา", *NCCIT2013*, 9-10 พ.ค. 2013, หน้า 940-945.

[7] ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องชั่ง, [Online Access: 31 ม.ค. 2557], http://เครื่องชั่งไทย.com/how2use/

[8] เอกชัย มะการ, *"เรียนรู้และเข้าใจไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยภาษาเบสิก BASCOM-8051"*, บ.ทีทีที จำกัด, 2547, 240 หน้า.

[9] โอภาส ศิริครรชิตถาวร, *"เรียนรู้และพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ด้วยภาษาซี"*, บ.อีทีที จำกัด, 2542, 163 หน้า.

[10] สถาบันวิจัยและพัฒนา ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (สวพ. มทร.ล้านนา), 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่.

[11] สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.), กทม.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบสายอากาศพาราโบลอยด์คู่แถบความถี่กว้างยิ่งยวด

Design of a UWB Bi-Paraboloidal Antenna

ระพินทร์ ขัดปิก[1] นิภาภณช์ ศิริพล[2] คมศักดิ์ เมฆสมุทร[3] และ สมผล โกศัลวิตร์[4]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300 โทร : 053-921444 ต่อ 2111 E-mail: rapin56_1@hotmail.com

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า [3]วิทยาลัยศิลปะ สื่อ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 E-mail: [2]nipapon@ee.eng.cmu.ac.th, [3]komsak@ieee.org

[4]ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอสายอากาศพาราโบลอยด์คู่ที่สมมาตรกัน มีระยะห่างระหว่างพาราโบลอยด์บน-ล่าง ที่เหมาะสม โดยเริ่มออกแบบจากการหาค่าความยาวโฟกัสจากสมการพาราโบลาค่าต่างๆ กัน ที่ให้ค่าลักษณะเฉพาะที่ดีที่สุดของสายอากาศ โดยกำหนดความยาวส่วนโค้งคงที่ ผลการจำลองที่ได้เช่น แบบรูปการแผ่กำลังงานเป็นแบบรอบตัว มีลำคลื่นหลักอยู่ที่แนวระนาบ $\theta = 90^0$ ตลอดมุมกวาด $\phi = 0^0 – 360^0$ และมีเสถียรภาพตลอดความถี่ 2 – 12 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งครอบคลุม แถบความถี่กว้างยิ่งยวด 3.1 – 10.6 กิกะเฮิรตซ์ และมีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ดี ตลอดความถี่ใช้งาน

Abstract

This paper presents the symmetrically Bi-Paraboloidal antenna, with the optimal gap between the top and bottom paraboloids. The focal lengths were considered to obtain the optimal antenna characteristics, whereas the arc length of paraboloidal antenna is defined constantly. From the simulation, the omni-directional patterns are reported. The main beam (θ) positions to 90° across ϕ is from 0°– 360° with the frequency ranging from 2-12 GHz, which covers UWB (3.1-10.6 GHz);and the return loss is good across the operating bandwidth.

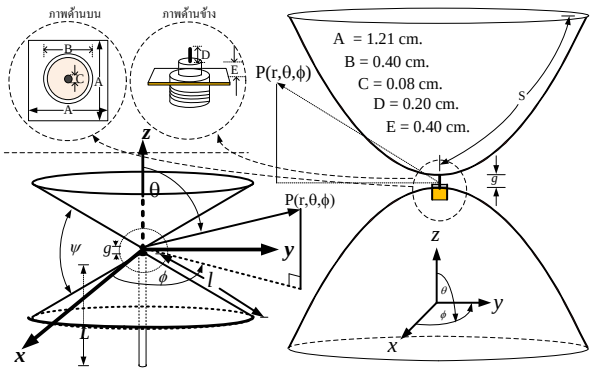
***Keywords*:** Bi-Paraboloidal antenna, omni-direcitonal, UWB

1. บทนำ

เทคนิคการสื่อสารระบบแถบความถี่กว้างยิ่งยวด (UWB: Ultra - wideband) เป็นเทคนิคที่ต่างไปจากระบบสื่อสารที่ใช้งานในปัจจุบัน เพราะใช้สัญญาณพัลส์วิทยุที่มีช่วงความกว้างพัลส์แคบมากในการสื่อสัญญาณระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับที่ใช้งานแถบความถี่กว้างมาก ซึ่งเรียกได้ว่าไร้สัญญาณพาหะ (Carrierless) ที่ส่งผลให้ใช้กำลังงานในการรับ-ส่งข้อมูลในระดับต่ำ

คณะกรรมการกลางกำกับดูแลกิจการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา (FCC : Federal Communications Commission) [1] ได้กำหนดให้ระบบแถบความถี่กว้างยิ่งยวดใช้งานตั้งแต่ 3.1 – 10.6 กิกะเฮิรตซ์ และต่อมา IEEE ได้ปรับมาเป็นมาตรฐาน IEEE 802.15.3a ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบสายอากาศที่เหมาะสมสำหรับย่านความถี่ดังกล่าวมากมาย [2] หนึ่งในชนิดสายอากาศที่ใช้งานในแถบความถี่กว้างมากและมีการประวิงเวลากลุ่มต่ำ (Group Delay) คือ สายอากาศกรวยคู่ ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้า [3] ได้สรุปว่าพารามิเตอร์ของสายอากาศกรวยคู่สำหรับงานความถี่กว้างยิ่งยวดมีระยะห่างระหว่างกรวย $g = 0.5$ มม. มุมระหว่างกรวยทั้งสอง $\psi = 60^0$ และความยาวกรวย $l = 1\lambda_{f\_center}$ (f_c: 7 กิกะเฮิรตซ์) ค่าการสูญเสียย้อนกลับ -10 dB โดยเฉลี่ย แต่ลำคลื่นหลักของแบบรูปการแผ่กำลังงานที่ความถี่ 4 กิกะเฮิรตซ์ นั้น ไม่อยู่ในแนวระนาบ ($\theta \neq 90^0$) อีกทั้งค่าการสูญเสียย้อนกลับยังมีค่าสูง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดขยายจุดยอดของกรวยคู่ให้กว้างขึ้นเพื่อลดความหนาแน่นกระแสที่ผิว โดยออกแบบเป็นสายอากาศทรงโค้งคู่ (Double Dish) [4] สายอากาศแผ่นครึ่งวงกลมคู่ 4 องค์ประกอบ [5] และสายอากาศแผ่นครึ่งวงกลมคู่ 8 องค์ประกอบ [6] ซึ่งสายอากาศแผ่นครึ่งวงกลมคู่นั้นมีแบบรูปการแผ่กำลังงานในระนาบมุมกวาด ที่ความถี่สูงโดยมีแอมปลิจูดความพลิ้วจากประเด็นดังกล่าว จึงได้ออกแบบสายอากาศพาราโบลอยด์คู่ ที่ให้แบบรูปการแผ่กำลังงานในระนาบมุมกวาดเรียบสม่ำเสมอทุกความถี่และมีค่าการสูญเสียย้อนกลับกลับที่ดีเพียงพอ ซึ่งบทความนี้ได้นำเสนอเฉพาะผลการจำลองเท่านั้น

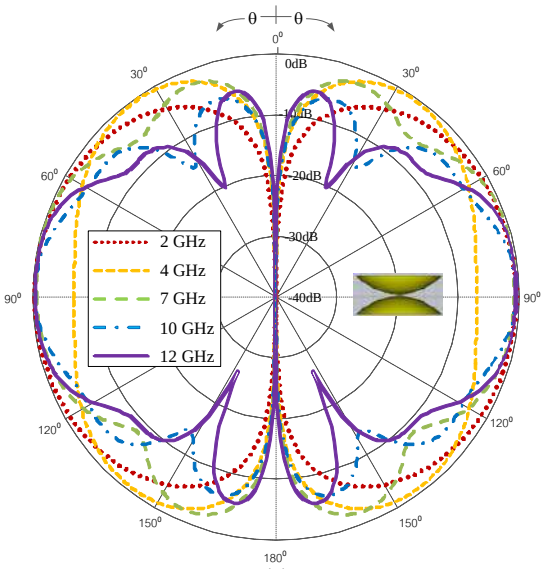
2. การออกแบบสายอากาศพาราโบลอยด์คู่



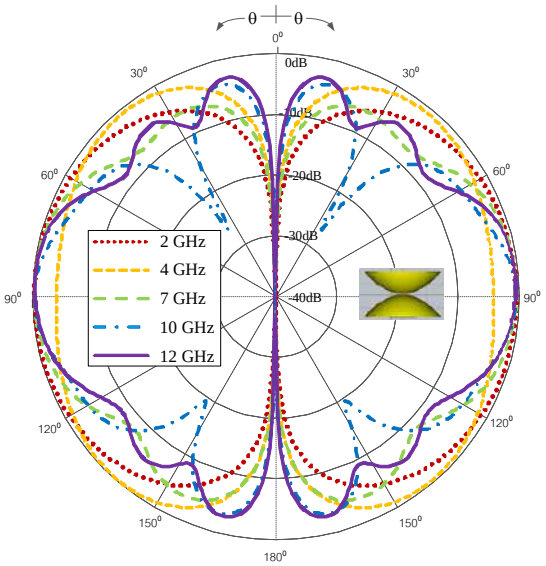
(ก) (ข)

รูปที่ 1 โครงแบบของสายอากาศสำหรับความถี่กว้างยิ่งยวด (ก) สายอากาศกรวยคู่ [2] และ (ข) สายอากาศพาราโบลอยด์คู่

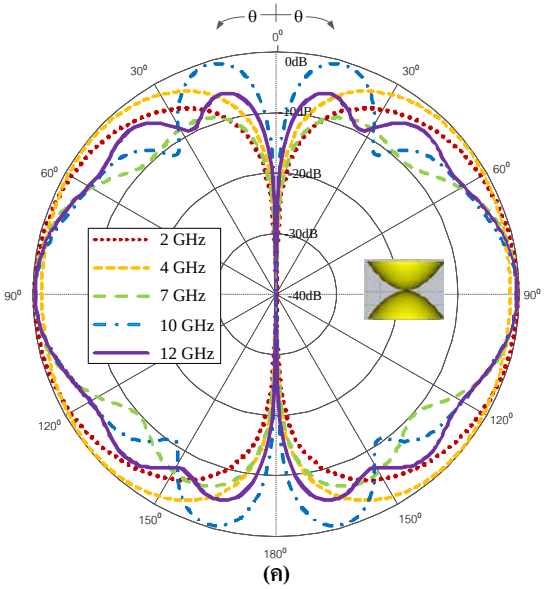
2.1 การปรับความยาวโฟกัสเทียบกับแบบรูปการแผ่กำลังงาน



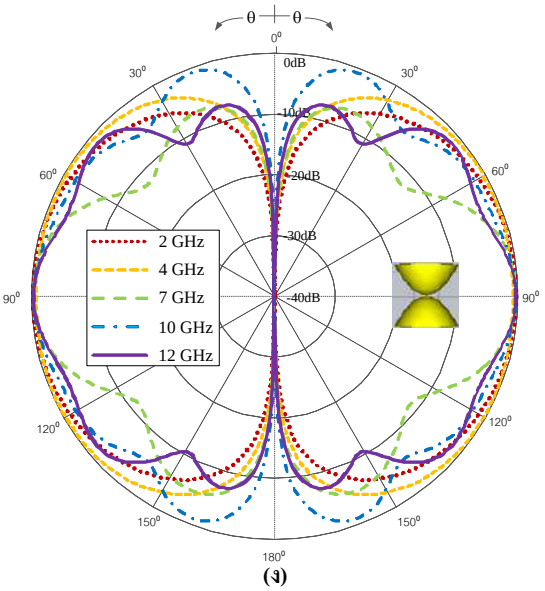
(ก)



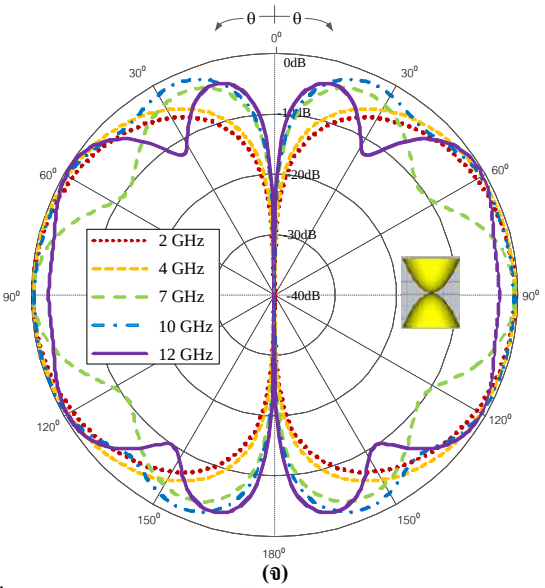
(ข)



(ค)



(ง)



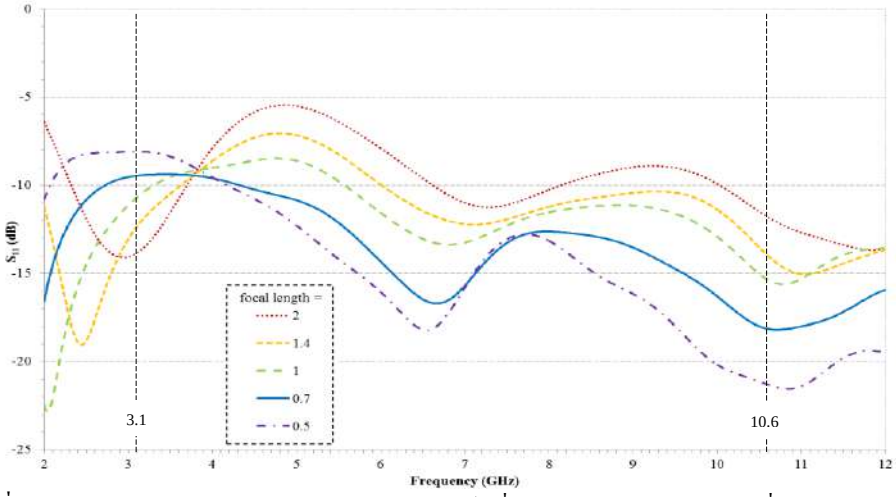
(จ)

รูปที่ 2 แบบรูปการแผ่กำลังงานที่ระยะห่างระหว่างจุดยอดพาราโบลอยด์บน-ล่าง (g) เท่ากับ 1 มม. ความยาวโฟกัส (f) ต่างๆ กัน (ก) $f = 2$ ซม. (ข) $f = 1.4$ ซม. (ค) $f = 1$ ซม. (ง) $f = 0.7$ ซม. และ (จ) $f = 0.5$ ซม.

การหาความยาวโฟกัสและความยาวส่วนโค้งที่เหมาะสมกับสายอากาศรูปพาราโบลอยด์คู่ ซึ่งสายอากาศพาราโบลอยด์คู่นั้นเป็นสายอากาศที่มีแถบความถี่กว้าง มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับสายอากาศกรวยคู่แต่มีค่าการสูญเสียย้อนกลับดีกว่า สามารถรองรับความถี่ได้กว้างกว่าแถบความถี่กว้างยิ่งยวด (3.1 – 10.6 กิกะเฮิรตซ์) คือได้ตั้งแต่ 2 – 12 กิกะเฮิรตซ์ มีโครงสร้างที่สมมาตรกันทั้งด้านบน และด้านล่าง เริ่มออกแบบโดยกำหนดความยาวส่วนโค้งเท่ากับ $\lambda_{min}/4$ ($f_{min} = 2$ กิกะเฮิรตซ์) หรือเท่ากับ 3.75 ซม. และระยะห่างระหว่างพาราโบลอยด์บน-ล่าง $g = 1$ มม. เป็นค่าเริ่มต้นในการจำลองแบบ

2.2 การปรับความยาวโฟกัสเทียบกับค่าการสูญเสียย้อนกลับ

การหาค่าความยาวส่วนโค้ง (S) หาจาก [7] สมการที่ (1)



รูปที่ 3 ค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศพาราโบลอยด์คู่ ที่ $S = 3.75$ ซม. และ $g = 1$ มม. เมื่อค่าความยาวโฟกัสค่าต่างๆ

$$S = \frac{hq}{f} + f \ln\left(\frac{h+q}{f}\right) \quad (1)$$

$$q = \sqrt{h^2 + f^2} \quad (2)$$

เมื่อ S คือ ความยาวส่วนโค้ง, f คือ ความยาวโฟกัสของสมการพาราโบลา, และ h คือ ความกว้างครึ่งหนึ่งของช่องเปิดพาราโบลอยด์

จากรูปที่ 2 (ก) ถึง (ค) แสดงแบบรูปการแผ่กำลังงานในระนาบสนามไฟฟ้าของสายอากาศที่ $f = 2$ ซม., 1.4 ซม. และ 1 ซม. ตามลำดับ ที่ $S = 3.75$ ซม. เท่ากันทุกความยาวโฟกัส มี $g = 1$ มม. โดยที่ความถี่ 4 กิกะเฮิรตซ์ มีทิศทางความแรงของสัญญาณไม่อยู่ตำแหน่งแนวระนาบ ($\theta \neq 90^\circ$) กอปรกับจากรูปที่ 3 ค่าการสูญเสียย้อนกลับของค่าความยาวโฟกัสดังกล่าวยังมีค่ามาก จึงเป็นเหตุผลให้ไม่เลือก 3 กรณี ดังกล่าว

รูปที่ 2 (จ) $f = 0.5$ ซม. ทุกความถี่มีลำคลื่นหลักอยู่แนวระนาบ ($\theta = 90^\circ$) ยกเว้นความถี่ 12 กิกะเฮิรตซ์ ที่มีลำคลื่นหลักเปลี่ยนไปเป็น 60° ความยาวโฟกัสที่เหมาะสมคือ 0.7 ซม. ดังรูปที่ 2 (ง) ที่มีแบบรูปการแผ่กำลังงานที่ดีที่สุด คือทุกความถี่มีลำคลื่นหลักอยู่ในแนวระนาบ และยังมีค่าการสูญเสียย้อนกลับ (จากรูปที่ 3) ที่ดีที่สุดอีกด้วย จึงเลือกสมการ $z = 0.354\,x^2$ ที่มี f = **0.7** ซม. เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นในการหาค่าระยะห่างเพื่อป้อนสัญญาณที่เหมาะสม โดยเริ่มเปลี่ยนแปลงค่า g จาก 1 มม. เป็น 2 , 3 และ 4 มม. ตามลำดับ

ตารางที่ 1 คู่อันดับสมการพาราโบลาที่ความยาวส่วนโค้ง (S) 3.75 ซม.

สมการ $z =$	ความยาวโฟกัส (f)	$x = y$ (ซม.)	z (ซม.)
$0.125x^2$	2.0	3.38	1.43
$0.177x^2$	1.4	3.17	1.78
$0.250x^2$	1.0	2.92	2.13
$0.354x^2$	0.7	2.63	2.44
$0.500x^2$	0.5	2.33	2.72

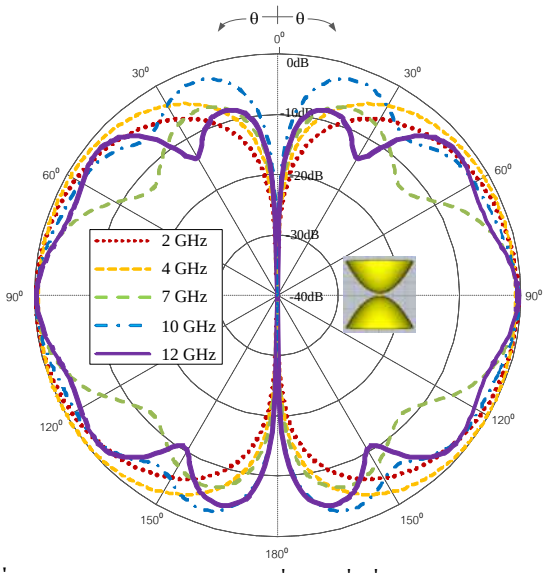
ตารางที่ 1 เป็นการสรุปตำแหน่งคู่อันดับของสมการพาราโบลาที่ใช้ของแต่ความยาวโฟกัส โดยสมการที่เลือกคือ $z = 0.354\,x^2$ มีคู่อันดับคือ $x = y = 2.63$ และ $z = 2.44$, $f = 0.7$, $S = 3.75$ ซม. เป็นเงื่อนไขที่ดีที่สุด

3. การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด

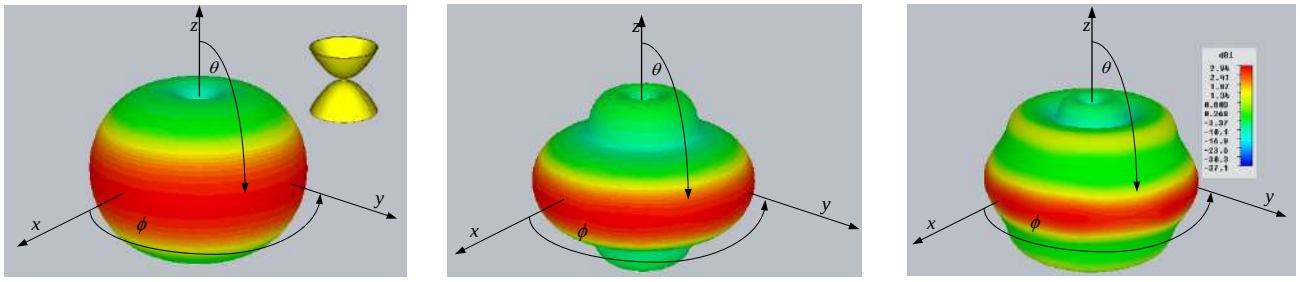
รูปที่ 4 แสดงแบบรูปการแผ่กำลังงานตามเงื่อนไขพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด มีแบบรูปการแผ่กำลังงานหลักในแนวระนาบตลอดแถบความถี่ ซึ่งได้พัฒนามาจาก รูปที่ 2 (ง) โดยที่แบบรูปการแผ่กำลังงานที่ความถี่สูงต่างกันเล็กน้อยบริเวณ $\theta = 0^\circ - 30^\circ$ และลำคลื่นย่อยรูปที่ 4 มีความแรงน้อยกว่า ทำให้ค่าสภาพเจาะจงทิศทาง รวมถึงแบบรูปการแผ่กำลังงานดีกว่ารูปที่ 2 (ง) เล็กน้อย

รูปที่ 5 แสดงแบบรูปการแผ่กำลังงานแบบ 3 มิติ โดยพิจารณาที่ความถี่ต่างกันผลลัพธ์ที่ได้ก็ต่างกันคือ ที่ความถี่สูงระบบเห็นว่าสายอากาศขนาดใหญ่ หมายถึงช่องเปิดระหว่างพาราโบลอยด์คู่มีขนาดกว้างเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น ทำให้ค่าสภาพเจาะจงทิศทางมีค่าสูงกว่าที่ความถี่ต่ำ และค่าความกว้างของลำคลื่นครึ่งกำลังงานมีค่าน้อยกว่าที่ความถี่ต่ำ

รูปที่ 6 สรุปว่า g = 2 มม. เป็นระยะที่ดีสุดเพราะได้ค่าการสูญเสียย้อนกลับโดยเฉลี่ยดีที่สุดอีกทั้งทุกความถี่ยังมีค่าน้อยกว่า -10 dB และรูปที่ 7 แสดงค่าสภาพเจาะจงทิศทางโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 dBi ตลอดย่านความถี่

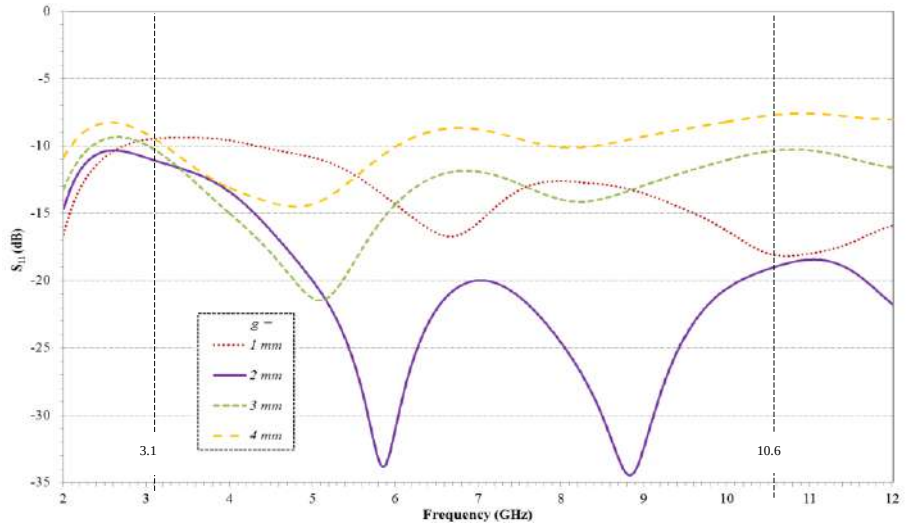


รูปที่ 4 แบบรูปการแผ่กำลังงานตามเงื่อนไขที่ดีที่สุด $g = 2$ มม. $f = 0.7$ ซม. และ $S = 3.75$ ซม.

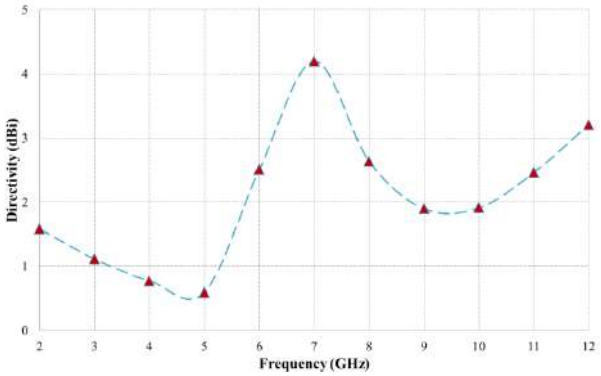


(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 5 แบบรูปการแผ่กำลังงานแบบ 3 มิติ (ก) 2 กิกะเฮิรตซ์ (ข) 7 กิกะเฮิรตซ์ และ (ค) 12 กิกะเฮิรตซ์ ตามเงื่อนไขที่ดีที่สุด



รูปที่ 6 ค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศพาราโบลอยด์คู่ ที่ S =3.75 ซม. f = 0.7 ซม. และระยะห่างระหว่างพาราโบลอยด์บน-ล่าง (g) ค่าต่างๆ



รูปที่ 7 ค่าสภาพเจาะจงทิศทางตามเงื่อนไขที่ดีที่สุด g = 2 มม f = 0.7 ซม. S = 3.75 ซม.

2 – 12 กิกะเฮิรตซ์และความถี่กลาง 7 กิกะเฮิรตซ์ มีค่าสภาพเจาะจงทิศทาง 4.2 dBi ซึ่งสูงที่สุด

4. สรุป

โครงสร้างสายอากาศพาราโบลอยด์คู่ที่ได้จากการออกแบบและการจำลองทั้งแบบรูปการแผ่กำลังงานแบบรอบตัวซึ่งมีความแรงสูงสุดในแนวระนาบตลอดย่านความถี่ 2 – 12 กิกะเฮิรตซ์ ค่าการสูญเสียย้อนกลับอยู่ในระดับที่ดีคือต่ำกว่า -10 dB โดยให้ความยาวส่วนโค้ง S = 3.75 ซม. จากสมการพาราโบลา ที่มีความยาวโฟกัส f = 0.7 ซม. และระยะห่างระหว่างพาราโบลอยด์บน-ล่าง g = 2 มม. เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการใช้สร้าง ซึ่งจะเป็นงานในอนาคตของการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] "FCC report and order for Part 15: Acceptance of ultra wideband (UWB) systems from 3.1–10.6 GHz," FCC, Washington, DC, USA, 2002.

[2] H. Schantz, *The Art and Science of Ultrawideband Antennas*, Artech House, Boston, MA, USA, 2005.

[3] R. Kudpik, N. Siripon, K. Meksamoot and S. Kosulvit, "Design of a compact biconical antenna for UWB applications," *Proc. IEEE Int'l Symp. on Intelligent Signal Processing and Communication Systems,* 6 pages, Chiang Mai, Thailand, Dec. 2011.

[4] J. D. Kraus and R. J. Marhefka, *Antennas : For All Application,* 3rd ed., McGraw-Hill, NY, USA, 2002, pp. 60–62.

[5] T. Ihara, T. Koichi, and K. Makato, *"Broadband antenna using a semicircular radiator,"* U.S. patent 5,872,546, Feb. 16, 1999.

[6] Y. Zhang, J. H. Qiu, S. Lin and D. Wang, "Design of a novel extremely wide band dipole antenna," *Progress In Electromagnetics Research Letters,* vol. 31, pp. 177–187, Apr. 2012.

[7] http://en.wikipedia.org/wiki/Arc_length.

[8] CST Microwave Studio, *User's Manual*, 2013.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียง โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตโพรโทคอล

Video and Voice Conferencing System Using Internet Protocol Technology

ธวัชชัย สุวรรณโชติ[1] ธนัญ จารุวิทยโกวิท[2] และชัยพร เขมะภาตะพันธ์[3]

[1,2,3]สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Tawatcachai@gmail.com

บทคัดย่อ

การประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียงเป็นเทคโนโลยีรูปแบบหนึ่ง ที่ตอบสนองต่อความต้องการของธุรกิจประเภทต่าง ๆ ได้ การประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียง ถูกออกแบบมาเพื่อให้-คนซึ่งอยู่คนละสถานที่กันสามารถประชุมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน สามารถติดต่อกันได้ทั้งภาพและเสียง แต่มีข้อจำกัดที่ราคาของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ที่ค่อนข้างสูง และหากกรณีที่ผู้เข้าร่วมประชุม ไม่อยู่ในสถานที่ที่ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการประชุม ก็ไม่สามรถเข้าร่วมประชุมได้ งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเสนอการประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียง โดยใช้โอเพนซอร์สในการพัฒนาเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย ระบบสามารถรองรับการสนทนาด้วยภาพพร้อมกันสูงสุด 9 สถานี และการสนทนาทางเสียงที่ไม่จำกัดจำนวนผู้เข้าร่วมประชุม (ขึ้นอยู่กับความสามารถของแม่ข่าย) นอกจากนั้น เมื่อถึงเวลาการประชุม แต่ผู้เข้าร่วมประชุมไม่ได้อยู่ในสถานที่ที่กำหนดไว้สำหรับการประชุม ก็สามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์บ้านโทรเข้ามายังห้องประชุมเพื่อร่วมประชุมทางเสียงได้ โดยหากโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแบบสมาร์ทโฟนรองรับ 3G ก็สามารถเข้าร่วมการประชุมผ่านทางแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผ่านทางการเชื่อมต่อแบบ 3G

คำสำคัญ: การประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียง, โทรศัพท์เคลื่อนที่

Abstract

Video and voice conferencing is the technology that can responds to the needs of various business types. Video and voice conferencing is designed to keep people in different locations can communicate between the parties via video and voice. However, existing systems have limitation due to the cost of equipment involved are relatively high and if the case, participants is not in a place equipped for the meeting was unable to attend the meeting. This research has the idea to offer cost-saving video and voice conference using open-source for development. The developed system can support up to 9 video stations simultaneously and support unlimited number of participants for voice stations (depend on the server capability). Besides that, when the time is the meeting but participants are not in a place designated for the meeting, users can use their mobile phone or fixed-line phone to join the audio conference. If the mobile phone is a smart phone with 3G capability, user may able to attend the meeting using the application on their mobile via 3G connection.

Keyword: Video and voice conference, Mobile

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการแข่งขันกันทางธุรกิจเป็นอย่างมาก ซึ่งต้องอาศัยเทคโนโลยี และอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความทันสมัยเข้ามาช่วยเพื่อความสะดวกและรวดเร็ว เป็นการเพิ่มโอกาสและขีดความสามารถทางการแข่งขันให้กับธุรกิจและองค์กร ปัจจุบันมีการนำอินเทอร์เน็ตมาใช้งานอย่างกว้างขวาง การประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียงเป็นเทคโนโลยีรูปแบบหนึ่ง ที่ให้ข้อมูลต่างๆที่ทันสมัยรวดเร็วมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ตอบสนองต่อความต้องการของธุรกิจประเภทต่าง ๆ หน่วยงานหรือองค์กรณ์ต่าง ๆ ที่มีเครือข่ายอยู่ทั่วประเทศสามารถประชุมกันได้ โดยไม่ต้องมาเข้าห้องประชุมที่เดียวกัน จึงเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่องค์กรและบุคลากรภายในองค์กรจำเป็นต้องใช้ เพื่อช่วยลดต้นทุนทั้งทางตรงและทางอ้อม ข้อดีของการประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียงทำให้ผู้เข้าร่วมประชุมสามารถมองเห็นภาพและได้ยินเสียงโต้ตอบกันไปมาระหว่างกัน แม้จะอยู่กันคนละสถานที่ก็ตาม ช่วยเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการติดต่อสื่อสาร ช่วยลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการประชุมในแต่ละครั้ง เช่น ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ช่วยให้ประหยัดเวลาในการเดินทางจากที่ต่าง ๆ เพื่อเข้าร่วมประชุม ลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเดินทาง และยังช่วยแก้ปัญหาจราจรได้อีกทางหนึ่ง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุปกรณ์ควบคุมแบบหลายจุด (Multipoint Control Unit: MCU) [1]

เป็นแอพพลิเคชั่นระบบเปิด ที่ทำหน้าที่ในการจัดการระบบภาพและเสียงจากหลายแหล่งมารวมกัน เพื่อที่จะส่งไปยังอุปกรณ์ปลายทางทุกจุดหมายพร้อมกันได้

2.2 Mirial [2]

ทำหน้าที่เป็นโปรแกรมประเภท Video Phone ที่รองรับ โพรโทคอล SIP ที่สามารถใช้ในการโทรศัพท์ทางไกลด้วยภาพและเสียงผ่านอินเทอร์เน็ต

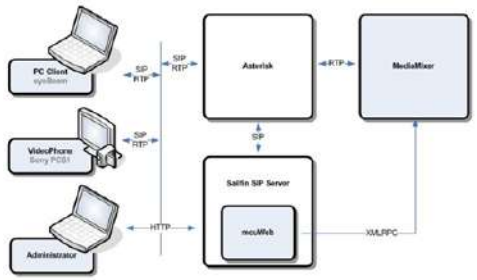
2.3 Gammu [3]

คือโปรแกรมส่งข้อความสั้น (SMS) จากคอมพิวเตอร์ผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในงานวิจัยใช้ Nokia 5233 สำหรับส่งรายละเอียดการ

จองห้องประชุมให้กับผู้เข้าร่วมประชุมผ่านข้อความสั้น เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

2.4 การทำงานระหว่าง MCU และ Asterisk [4]

จากรูปที่ 1 แสดง Diagram การทำงานระหว่าง MCU และ Asterisk



รูปที่ 1. การทำงานระหว่าง MCU และ Asterisk

Asterisk [5] คือ open-source software ที่ทำหน้าที่หลักเป็น Softswitch, IP-PBX หรือที่เรียกว่าตู้ชุมสายโทรศัพท์ระบบ IP ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมและจัดการบริหาร การเชื่อมต่อ ระหว่างอุปกรณ์โทรศัพท์ผ่านเครื่องข่ายเนทเวอร์ค และใช้ Softphone เพื่อลงทะเบียนกับระบบ

Sailfin SIP Server คือ open-source ของ java มีหน้าที่รัน mcuweb ไปยัง Browser ที่มีการเรียกเข้า ยัง web server ที่เก็บ Homepage

RTP (Real Time Protocol) เป็นโพรโทคอลหนึ่งในระบบ VoIP ที่ทำงานบนพื้นฐานของ UDP ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณ เสียงพูด, แฟ็กซ์, ข้อความ และวีดีโอ ระหว่างต้นทางและปลายทาง

Xmlrpc เป็น protocol ของ api ทำหน้าที่ในการติดต่อกับ web service ที่รับข้อมูล Application ที่ซัพพอร์ต โดยจะโพสต์ข้อมูลจากโปรแกรมอื่นๆ ที่ซัปพอร์ตเข้าไปยังเว็บ

Media Mixer ทำหน้าที่จัดการรวบรวม Media ต่างๆไม่ว่าจะเป็นเสียง, ภาพ ให้แก่ mcuWeb

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 ระบบจัดการห้องประชุมหลักและห้องประชุมย่อยสำหรับการประชุมทางไกลด้วยเสียง [6]

นำเสนอเกี่ยวกับ การจองห้องประชุมโดยการกำหนดวัน เวลา หัวข้อและผู้เข้าร่วมประชุม ระบบจะส่งข้อมูลให้กับผู้เข้าร่วมประชุมผ่านทางบริการข้อความสั้นและอีเมล์ให้โดยอัตโนมัติ เมื่อถึงเวลาประชุม ประธานในที่ประชุมจะทราบได้ว่ามีผู้เข้าร่วมประชุมท่านใดเข้าห้องประชุมแล้วบ้าง และสามารถสั่งให้ระบบติดต่อกับผู้เข้าร่วมประชุมท่านที่ยังไม่ได้เข้าผ่านทางระบบ VoIP ไปยัง Softphone หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ นอกจากนั้นประธานในที่ประชุมสามารถสร้างห้องประชุมย่อยภายในห้องประชุมหลักและเชิญผู้เข้าร่วมประชุมบางท่านเข้าร่วมประชุมในห้องประชุมย่อยได้ ข้อจำกัดของระบบ 1.ไม่สามารถประชุมด้วยภาพได้ 2.ขณะประชุมไม่สามารถเชิญผู้ประชุมออกจากห้องประชุมได้ 3.กำหนดรูปแบบการประชุมไม่ได้

2.5.2 ระบบประชุมทางไกลสำหรับสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต [7]

นำเสนอเกี่ยวกับการจองห้องประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียง เมื่อผู้ใช้เข้ามาในระบบแล้วผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการประชุมได้ 2 แบบ คือแบบ 2 สถานี และแบบ 6 สถานี ซึ่งสามารถบันทึกการสนทนาได้และดูการสนทนาย้อนหลังได้ สามารถส่งข้อมูลต่าง ๆ ให้กันได้ข้อจำกัดของระบบ 1.การประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียงสามารถประชุมได้สูงสุด 6 สถานี 2.ไม่สามารถส่งข้อความสั้นหรืออิเมล์แจ้งรายละเอียดการประชุม 3.ขณะประชุมไม่สามารถเชิญผู้ประชุมออกจากห้องประชุมได้ 4.กรณีที่เข้าร่วมประชุมทัน ไม่สามารถใช้โทรศัพท์บ้านหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่โทรเข้าร่วมการประชุมได้

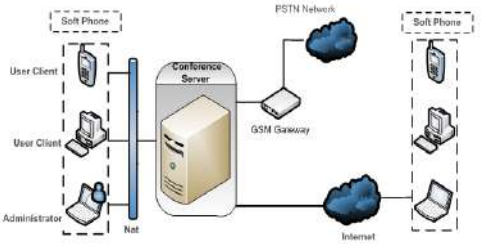
2.5.3 ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

การประชุมผ่าน Web [8] ความสามารถของระบบ 1.สามารถแสดงหน้าจอเช่น Power Point, Excel, AutoCAD ของผู้เข้าร่วมประชุมรายใด ๆ เสนอต่อ ผู้เข้าร่วมประชุมรายอื่น ๆ 2.สามารถขีดเขียนหน้าจอได้ 3.สามารถกำหนดรหัสการเข้าประชุมได้ 4.สามารถสร้างห้องประชุมได้มากกว่า 1 ห้อง 5.สามารถเชื่อมต่อระบบวีดีโอคอนเฟอเร้นซ์ได้ ข้อจำกัดของระบบ 1.ไม่สามารถส่งข้อความสั้นหรืออีเมล์แจ้งรายละเอียดการประชุม 2.ไม่สามารถเชิญผู้เข้าร่วมประชุมออกจากการประชุม 3.กรณีที่เข้าร่วมประชุมทัน ไม่สามารถใช้โทรศัพท์บ้านหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่โทรเข้าร่วมการประชุมได้

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ภาพรวมของระบบ

จากรูปที่ 2 แสดงสถาปัตยกรรมของงานวิจัย โดยออกแบบและพัฒนาระบบ ให้รองรับการสร้างห้องประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียง ผู้เข้าร่วมประชุมอยู่กันคนละสถานที่ สามารถประชุมร่วมกัน โดยระบบจะส่งข้อมูลการประชุมให้กับผู้เข้าร่วมประชุมผ่านทางข้อความสั้นในโทรศัพท์เคลื่อนที่ และอีเมลล์ เมื่อถึงเวลาในการประชุม ในกรณีที่ผู้เข้าร่วมประชุมไม่ได้อยู่ในสถานที่ที่จัดเตรียมสำหรับการประชุม ก็สามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์บ้านโทรเข้ามายังห้องประชุม หากโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแบบสมาร์ทโฟนรองรับ 3G ก็สามารถโทรเข้าร่วมการประชุมผ่านทาง Softphone



รูปที่ 2. สถาปัตยกรรมของระบบ Conference Server

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

แนวคิดขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียง แสดงดังรูปที่ 3 โดยสามารถอธิบายหลักการทำงานของระบบได้ดังนี้

3.2.1 เข้าสู่ระบบมีการสมัครสมาชิกเพื่อให้ Admin ตรวจสอบและอนุมัติการเป็นสมาชิก

3.2.2 สมาชิกหรือผู้ดูแลระบบ สร้างห้องประชุมโดยระบุ หัวข้อการประชุม ประธานการประชุม หมายเลขห้อง วัน เวลา รหัสผ่าน รูปแบบหน้าจอการประชุม รายชื่อสมาชิกที่เข้าประชุม ผ่านทางเว็บ

3.2.3 ระบบส่งรายละเอียดห้องประชุมที่สร้างให้กับสมาชิกทุกคน ผ่านทางข้อมความสั้นบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ และอีเมล์

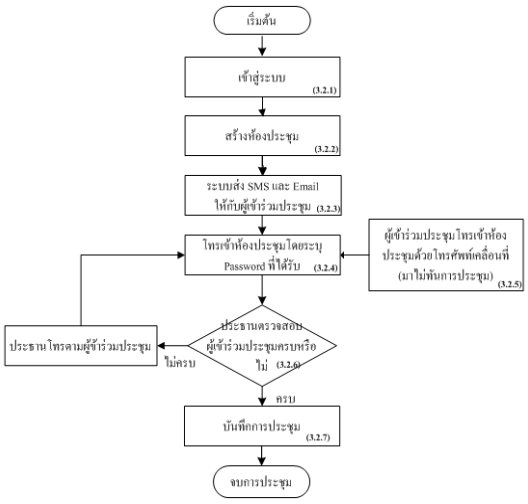
3.2.4 เมื่อถึงวัน เวลาที่กำหนด ทั้งประธาน และผู้เข้าร่วมประชุม โทรเข้าห้องประชุม ผ่านทางโครงข่ายข้อมูลที่เชื่อมต่อสำนักงานแต่ละสาขา โดยจะต้องระบุรหัสผ่านที่ได้รับ ก่อนเข้าห้องระชุม

3.2.5 ถ้าไม่ได้อยู่ในสถานที่ที่เตรียมสำหรับการประชุม ผู้เข้าร่วมประชุมสามารถโทรศัพท์เข้ามาห้องประชุมด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือโทรศัพท์บ้าน โดยจะสามารถร่วมประชุมเฉพาะทางเสียงเพียงอย่างเดียวโดยหากโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแบบสมาร์ทโฟนรองรับ 3G ก็สามารถเข้าร่วมการประชุมผ่านทางแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผ่านทางการเชื่อมต่อแบบ 3G

3.2.6 สำหรับผู้ที่ได้รับเลือกให้เป็นประธานในการประชุม ประธานสามารถ (ใช้ Icon ที่อยู่หน้าแรกของเว็บ ผ่านทาง URL)

- ตรวจสอบรายชื่อสมาชิกผู้เข้าร่วมประชุมท่านใดเข้าห้องประชุมแล้ว
- สามารถจัดการรูปแบบหน้าจอที่แสดงผู้เข้าประชุม
- ระหว่างประชุมสามารถเชิญผู้เข้าประชุมออกจากการประชุม

3.2.7 ประธานหรือสมาชิกผู้เข้าร่วมประชุม สามารถบันทึกการประชุม



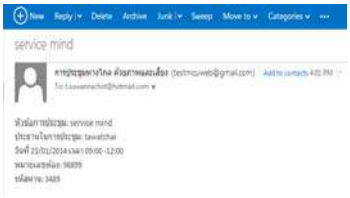
รูปที่ 3. Flowchart แสดงการทำงานของระบบ

4. ผลการดำเนินงาน

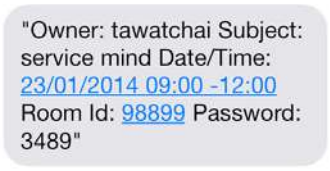
จากการทดสอบใช้งาน ได้ใช้ Computer ซึ่งมี สเปคเครื่องดังต่อไปนี้ คือ CPU Pentium® Dual-core E5700 CPU 3.00 GHz, Ram 2 G, HD 500 GB สร้างห้องประชุมโดยกำหนดผู้เข้าร่วมประชุมสูงสุดของระบบคือ 9 ท่าน ให้ผู้เข้าร่วมประชุมโทรเข้าห้องประชุมที่กำหนดไว้ โทรผ่าน Softphone ที่มีกล้อง Webcam จำนวน 8 ท่าน และอีก 1 ท่าน โทรผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4. การกรอกรายละเอียดการสร้างห้องประชุม



รูปที่ 5. ข้อความ Email ของผู้เข้าร่วมประชุม



รูปที่ 6. ข้อความ SMS ของผู้เข้าร่วมประชุม



รูปที่ 7. ผู้ที่ได้รับเลือกให้เป็นประธานในการประชุม



รูปที่ 8. ภาพหน้าจอของหนึ่งในผู้เข้าร่วมประชุมแสดงการสนทนาทางภาพและเสียง

จากรูปที่ 4 สมาชิกหรือผู้ดูแลระบบ สร้างห้องประชุมโดยระบุ หัวข้อการประชุม ประธานการประชุม หมายเลขห้อง วัน เวลา รหัสผ่าน รูปแบบหน้าจอการประชุม และรายชื่อสมาชิกที่เข้าประชุม

จากรูปที่ 5 แสดงข้อความ E-mail ระบบจะส่ง E-mail รายละเอียดการประชุม ให้กับผู้ได้รับเลือกเข้าห้องประชุม ประกอบด้วย หัวข้อการประชุม ประธานการประชุม หมายเลขห้อง วัน เวลา และรหัสผ่าน

จากรูปที่ 6 แสดงข้อความ SMS ระบบจะส่ง SMS รายละเอียดการประชุม ให้กับผู้ได้รับเลือกเข้าห้องประชุม ประกอบด้วย หัวข้อการประชุม ประธานการประชุม หมายเลขห้อง วัน เวลา และรหัสผ่าน

จากรูปที่ 7 แสดงหน้าจอสำหรับผู้ที่ได้รับเลือกให้เป็นประธานในการประชุม (ใช้ Icon ที่อยู่หน้าแรกของเว็บ ผ่านทาง URL)

จากรูปที่ 8 แสดงหน้าจอหนึ่งในผู้เข้าร่วมการประชุมแสดงการสนทนาทางภาพและเสียง เมื่อถึงเวลาการประชุม ผู้เข้าร่วมโทรเข้าห้องประชุม ตามเวลาที่ได้นัดหมาย

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการสร้างห้องประชุมสำหรับการประชุมทางไกลด้วยภาพและเสียงโดยใช้เทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตโพรโทคอล โดยนำแอพพลิเคชั่นระบบเปิดของ MCU มาใช้ในการพัฒนาระบบ ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งาน สมาชิกหรือผู้ดูแลระบบ สามารถสร้างห้องประชุมโดยระบุ หัวข้อการประชุม ประธานการประชุม หมายเลขห้อง วัน เวลา รหัสผ่าน รูปแบบการประชุม รายชื่อสมาชิกที่เข้าประชุม ผ่านทางเว็บ เมื่อถึงวัน เวลาที่กำหนด ผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่านจะโทรเข้าห้องประชุมผ่านทางโครงข่ายข้อมูลที่เชื่อมต่อสำนักงานแต่ละสาขา โดยจะต้องระบุรหัสผ่านที่ได้รับ ก่อนเข้าห้องระชุม อย่างไรก็ตาม ผู้เข้าร่วมประชุมที่ไม่ได้อยู่ในสถานที่ที่กำหนดไว้สำหรับการประชุม ก็สามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์บ้านโทรเข้ามายังห้องประชุมเพื่อร่วมประชุมทางเสียงได้ โดยหากโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแบบสมาร์ทโฟนรองรับ 3G ก็สามารถเข้าร่วมการประชุมผ่านทางแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พัฒนา 1.ออกแบบการใช้งานให้มีความสะดวกและใช้งานง่ายขึ้น 2.ระบบมีการจัดเก็บข้อมูล การจองห้องประชุม ประวัติการใช้ห้องประชุม และจัดเก็บรายชื่อสมาชิก 3.ระบบส่งรายละเอียดห้องประชุมที่สร้างให้กับสมาชิกทุกคนผ่านทางข้อความสั้นบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ และอีเมล์ 4.มีการกำหนดรหัสผ่านก่อนเข้าห้องประชุม 5.ถ้าไม่ได้อยู่ในสถานที่ที่เตรียมสำหรับการประชุม ผู้เข้าร่วมประชุมสามารถโทรศัพท์เข้ามาห้องประชุมด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือโทรศัพท์บ้าน โดยจะสามารถร่วมประชุมเฉพาะทางเสียงเพียงอย่างเดียวโดยหากโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแบบสมาร์ทโฟนรองรับ 3G ก็สามารถเข้าร่วมการประชุมผ่านทางแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผ่านทางการเชื่อมต่อแบบ 3G

เอกสารอ้างอิง

[1] วิสิทธิ์ วงศ์เมธา (เทคโนโลยีเกี่ยวกับการทำ Video Conference กันยายน - ตุลาคม) หน้า 29

[2] LifeSize Softphone, http://www.lifesize.com/en/products/video-conferencing-software/softphone, [สืบค้นเมื่อ มกราคม 2014]

[3] [GW]ammu, “Gammu SMSD”, http://wammu.eu/smsd, [สืบค้นเมื่อ มกราคม 2014]

[4] Medooze, “Architecture”, http://www.medooze.com/products/mcu/architecture-overview.aspx

[5] กิตติพงษ์ สุวรรณราช. “ ออกแบบและติดตั้งระบบโทรศัพท์ IP-PBX ด้วย Asterisk”, พิมพ์ครั้งที่ 2 ปี 2551 หน้า 6-7.

[6] จ.ส.อ.กรกฎ นาเดช. (2555). ระบบจัดการห้องประชุมหลักและห้องประชุมย่อยสำหรับการประชุมทางไกลด้วยเสียง.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม.กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

[7] เอกพล อินทรักษา และ กายรัฐ เจริญราษฎร์, “ระบบประชุมทางไกลสำหรับสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต”, นครปฐม..

[8] อินโฟมีเดีย คอมมูนิเคชั่น, “ระบบการประชุมผ่าน Web”, http://www.infomedia.co.th/product.detail_34427_th_746469, [สืบค้นเมื่อ มกราคม 2014]

บทความวิจัย–วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

สายอากาศแบบสล็อตรูปวงรีป้อนด้วยท่อนำคลื่นร่วมระนาบ แถบความถี่กว้างยิ่งยวดที่มีแถบความถี่หยุดผ่านคู่

Dual Band-Reject UWB, CPW-Fed Elliptical Loop Slot Antenna

ชนิดร์นนท์ จันทร์สกาว[1], นิภาภณธ์ ศิริพล[2], และ คมศักดิ์ เมฆสมุทร[3]

[1, 2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[3]วิทยาลัยศิลปะ สื่อ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail: *chanitnont@gmail.com*[1], *nipapon@ee.eng.cmu.ac.th*[2], *komsak@ieee.org*[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงการออกแบบสายอากาศที่ใช้ในเทคโนโลยีแถบความถี่กว้างยิ่งยวดคือที่ช่วงความถี่ 3.1-10.6 กิกะเฮิรตซ์ และทำการหยุดผ่านความถี่สองความถี่ภายในช่วงดังกล่าว โครงสร้างของสล๊อตทั้งสองมีผลในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของกระแสบนสายอากาศ งานวิจัยนี้ใช้ซอฟต์แวร์ CST Microwave Studio ในการจำลองการทำงานของสายอากาศและสร้างขึ้นบนซับสเตรต FR4 ด้วยวิธีการกัดลายวงจร

แถบความถี่ที่หยุดผ่านแรกเกิดขึ้นที่ความถี่ 3.34 กิกะเฮิรตซ์ ส่วนแถบความถี่หยุดผ่านที่สองเกิดขึ้นที่ความถี่ 4.15 กิกะเฮิรตซ์ ทำให้ทราบว่าการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและความยาวของสล๊อตมีผลต่อความถี่ที่ทำการหยุดผ่าน ความยาวของสล๊อตมีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่น ณ ความถี่ที่หยุดผ่านและมีขนาดประมาณ $0.3\lambda_0$ ทั้งสองสล๊อต

Abstract

This paper reveals a design of antenna for ultra-wideband technology utilizing frequency band 3.1-10.6 GHz, and rejects 2 frequencies within that band. The structure of 2 slots disturb the surface current flow on the antenna. CST Microwave Studio was the simulation tool and photo etching of FR4 substrate was the fabrication process in this research.

The first stop-band occurred at the frequency of 3.34 GHz, and the second one at 4.15 GHz. This explains that the position and length of slot relate to stop-band frequency. The length of the slot relates to the wavelength with the dimension of approximate $0.3\lambda_0$ in both slots.

***Keywords*:** ultra-wideband, dual band-reject, coplanar waveguide

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบการสื่อสารได้ถูกพัฒนาไปอย่างกว้างขวาง มีการคิดค้นเทคโนโลยีที่สามารถทำให้อุปกรณ์สื่อสารใช้งานได้ในความถี่ที่หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพ สายอากาศเป็นส่วนสำคัญสำหรับการสื่อสารไร้สายในปัจจุบันซึ่งถูกพัฒนาในรูปแบบต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถรองรับอุปกรณ์สื่อสารที่ถูกพัฒนาให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม

เทคโนโลยีแถบความถี่กว้างยิ่งยวดเป็นเทคโนโลยีที่ถูกกล่าวถึงมากขึ้นในปัจจุบัน จุดเด่นของเทคโนโลยีนี้คือมีช่วงความถี่ใช้งานที่กว้างมาก สายอากาศที่ใช้รองรับเทคโนโลยีนี้จึงต้องมีโครงสร้างที่ต่างออกไปเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ แถบความถี่กว้างยิ่งยวดเป็นเทคโนโลยีที่มีช่วงความถี่ในการทำงานที่กว้างมากประมาณ 3.1-10.6 กิกะเฮิรตซ์ [1] สามารถรองรับเทคโนโลยีในปัจจุบันและอนาคตได้เป็นอย่างดี สายอากาศที่ใช้กับเทคโนโลยีนี้จึงมีการออกแบบให้ขนาดเล็กตามความถี่ที่สูงพร้อมทั้งใช้เทคนิคต่างๆ เพื่อให้ได้ช่วงความถี่ในการทำงานที่กว้างซึ่งส่วนมากใช้ลักษณะโครงสร้างเป็นแผ่นระนาบเพื่อการประหยัดพื้นที่และได้แบบรูปการแผ่คลื่นตามต้องการปัญหาที่พบในสายอากาศสำหรับเทคโนโลยีแถบความถี่กว้างยิ่งยวดคือกำลังการส่งสัญญาณที่ต่ำทำให้ถูกสัญญาณจากเทคโนโลยีอื่นภายใต้ช่วงความถี่เดียวกันรบกวนได้

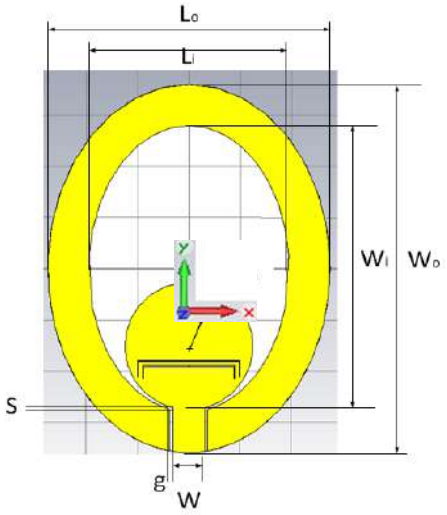
งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบสายอากาศเพื่อรองรับเทคโนโลยีแถบความถี่กว้างยิ่งยวดโดยใช้กลไกการหยุดผ่านความถี่ที่ไม่ต้องการพร้อมทั้งใช้การป้อนกำลังงานบนโครงสร้างของท่อนำคลื่นร่วมระนาบเพื่อให้ได้ช่วงการทำงานที่กว้างและเกิดความยืดหยุ่นในการเลือกคุณสมบัติของซับสเตรต สายอากาศที่ออกแบบไว้สามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาสายอากาศแบบระนาบในด้านต่างๆ เช่น การหยุดผ่านในหลายๆ ความถี่เพื่อรองรับอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้เทคโนโลยีแถบความถี่กว้างยิ่งยวดไม่ว่าจะเป็นโครงข่ายในสำนักงาน โครงข่ายไร้สายทางด้านการแพทย์ และการระบุตำแหน่ง ต่อไป

2. การออกแบบสายอากาศ

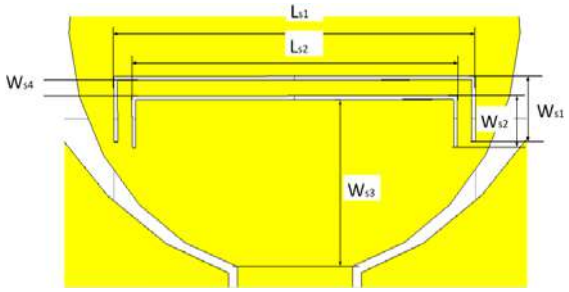
สายอากาศโครงสร้างแบบท่อนำคลื่นร่วมระนาบที่มีระนาบกราวด์ล้อมรอบเป็นรูปวงรี [2] ถูกนำมาเพิ่มสล๊อตคู่เพื่อศึกษากลไกการหยุดผ่านสองแถบความถี่ วัสดุที่ใช้สร้างสายอากาศคือทองแดงความหนา 35 ไมโครเมตร กัดลายวงจรลงบนซับเสตรตชนิด FR4 ความหนา 1.6 มิลลิเมตร มีค่าคงที่ไดอิเลคตริกสัมพัทธ์เท่ากับ 4.45

2.1 โครงสร้างของสายอากาศ

ขนาดของส่วนประกอบต่างๆได้แสดงไว้ในรูปที่ 1 (ก) และ (ข) โดยมีตัวแปรในรูปที่ 1 มีค่าเป็นดังนี้ $L_o = 55$, $L_i = 39$, $W_o = 72$, $W_i = 56$, $W = 6.37$, $S = 0.51$, $g = 0.5$, $R_p = 12.5$, $L_{s1} = 20$, $L_{s2} = 18$, $W_{s1} = 3.2$, $W_{s2} = 2.5$, $W_{s3} = 8.1$ และ $W_{s4} = 0.76$ หน่วยเป็นมิลลิเมตร



(ก)

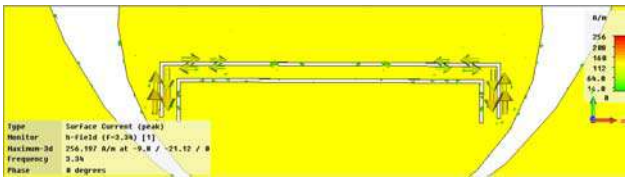


(ข)

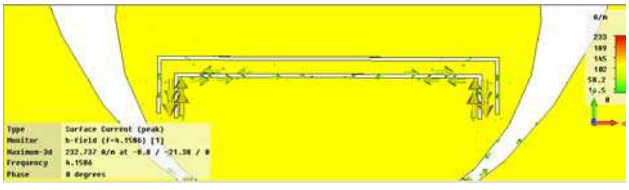
รูปที่ 1. โครงแบบของสายอากาศ (ก) ภาพรวม และ (ข) โครงสร้างบริเวณสล๊อต

2.2 กลไกการทำงานของสล๊อต

ในการออกแบบแถบความถี่หยุดผ่านสองแถบนั้น สล๊อตทั้งสองจะทำงานที่ความถี่ต่างกันโดยสล๊อตที่ยาวกว่ามีขนาดความยาวทั้งหมด 26.4 มิลลิเมตร หรือเท่ากับ 0.2939λ_0 ที่ความถี่ 3.34 กิกะเฮิรตซ์และสล๊อตที่สั้นกว่ามีขนาดความยาวทั้งหมด 20.5 มิลลิเมตร หรือเท่ากับ 0.2836λ_0 ที่ความถี่ 4.15 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่ง ณ ความถี่ทั้งสองดังกล่าวข้างต้น กระแสพื้นผิวที่ปกติกระจายบริเวณขอบของสายอากาศขณะแผ่คลื่นนั้นกลับมารวมตัวกันที่บริเวณของสล๊อตและไหลสวนทิศทางกันทำให้เกิดการหักล้างกันดังรูปที่ 2 (ก) และรูปที่ 2 (ข) เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดแถบความถี่หยุดผ่าน รูปแบบสล๊อตในการจำลองนั้นเป็นลักษณะรูปตัวยูสองตัววางซ้อนกัน [3] ทำให้เกิดการหยุดผ่านความถี่ในสองช่วง



(ก)



(ข)

รูปที่ 2. กระแสพื้นผิว ณ ความถี่ (ก) 3.34 GHz และ (ข) 4.15 GHz

3. ผลการจำลอง

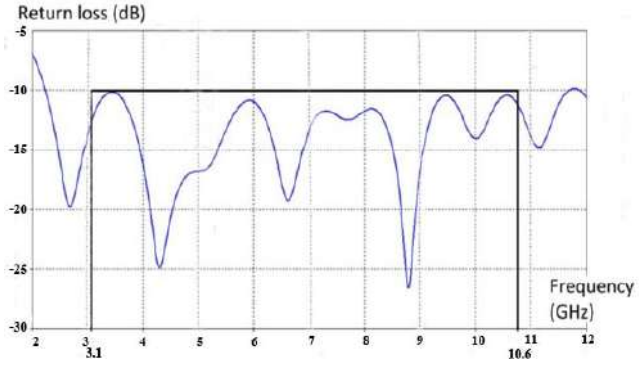
ในหัวข้อนี้เป็นการแสดงการจำลองการทำงานของสายอากาศเพื่อเปรียบเทียบค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ได้จากการเพิ่มสล๊อตครั้งละสล๊อต รวมถึงการจำลองแบบรูปการแผ่คลื่น ณ ความถี่ต่างๆ ด้วยซอฟต์แวร์ CST Microwave Studio [4]

3.1 ค่าการสูญเสียย้อนกลับ

ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ยอมรับได้ของสายอากาศคือที่ –10 dB เมื่อค่าการสูญเสียย้อนกลับมีค่ามากกว่า –10 dB นั่นหมายถึงการทำงานที่ไม่ดีของสายอากาศและเป็นจุดประสงค์ของการทำแถบความถี่หยุดผ่าน

3.1.1 สายอากาศแถบความถี่กว้างยิ่งยวด

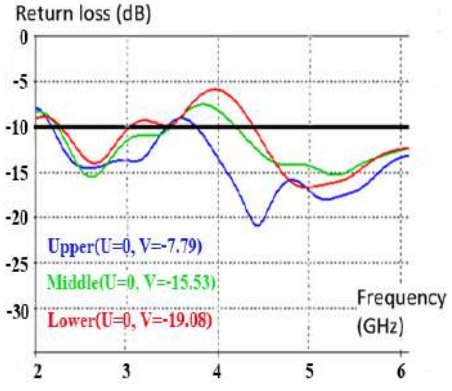
สายอากาศที่ได้จากการออกแบบกรณีที่ยังไม่เพิ่มสล๊อตใดๆ2ต้องการระดับค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ต่ำกว่า –10dB ตลอดช่วงความถี่ 3.1-10.6 กิกะเฮิรตซ์ดังแสดงในรูปที่ 3



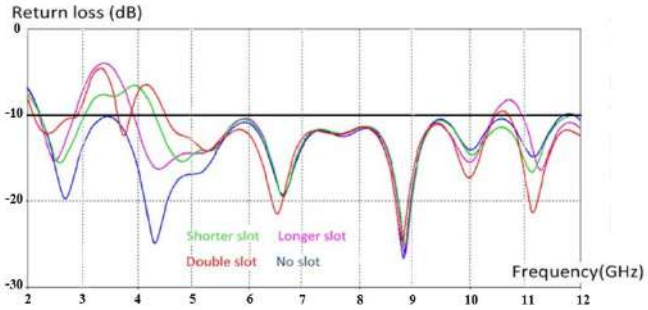
รูปที่ 3. ค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศกรณีไม่มีสล๊อต

3.1.2 ผลของตำแหน่งการวางสล๊อต

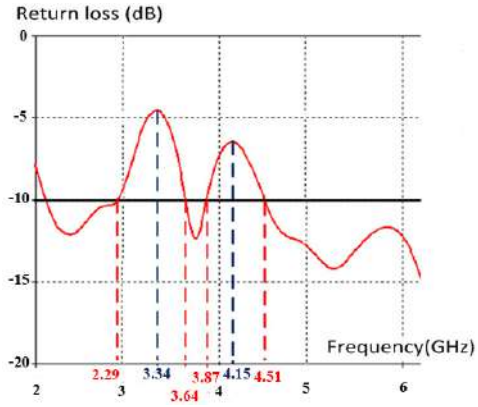
ตำแหน่งการวางสล๊อตบนสายอากาศมีผลต่อความสามารถในการหยุดผ่านความถี่ของสล๊อตนั้นโดยสายอากาศแต่ละโครงสร้างนั้นมีตำแหน่งการวางที่เหมาะสมแตกต่างกัน ในบทความวิจัยนี้จึงเป็นกรณีศึก-



รูปที่ 4. ค่าการสูญเสียย้อนกลับ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของสล๊อตบนสายอากาศ



(ก)



(ข)

รูปที่ 5. ค่าการสูญเสียย้อนกลับ กรณีเพิ่มสล๊อตยาว สล๊อตสั้น และทั้งสองสล๊อต (ก) ตลอดแถบ 2-12 GHz และ (ข) รายละเอียดแถบหยุดผ่านความถี่

ยา หนึ่งของสายอากาศในโครงสร้างดังกล่าวข้างต้น ผลของ ตำแหน่งการวางสล๊อตที่มีต่อค่าการสูญเสียย้อนกลับถูกแสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่ดีที่สุดของการทำแถบความถี่หยุดผ่านคือบริเวณด้านล่างของตัวสายอากาศโดยที่พิกัด u และ v คือระยะห่างจากแกน x และ y ตามลำดับ

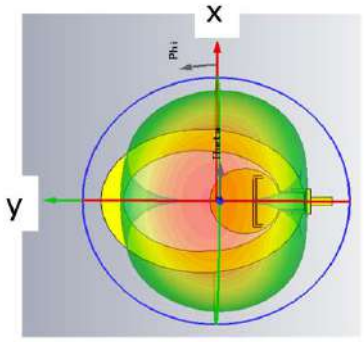
3.1.3 ผลของการเพิ่มสล๊อตแต่ละสล๊อต

เนื่องจากได้ใช้สล๊อตสองสล๊อตเพื่อหยุดผ่านสองแถบความถี่ ขนาดของสล๊อตที่แตกต่างกันทำให้เกิดผลการหยุดผ่านความถี่เป็นไปดังรูปที่ 5 (ก) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลของสล๊อตที่ยาวกว่า สล๊อตที่สั้นกว่า ทั้งสองสล๊อต และไม่มีสล๊อต พบว่าสล๊อตที่ยาวกว่าให้การหยุดผ่านที่ความถี่ต่ำกว่า ส่วนสล๊อตที่สั้นกว่าให้การหยุดผ่านที่ความถี่สูงกว่า

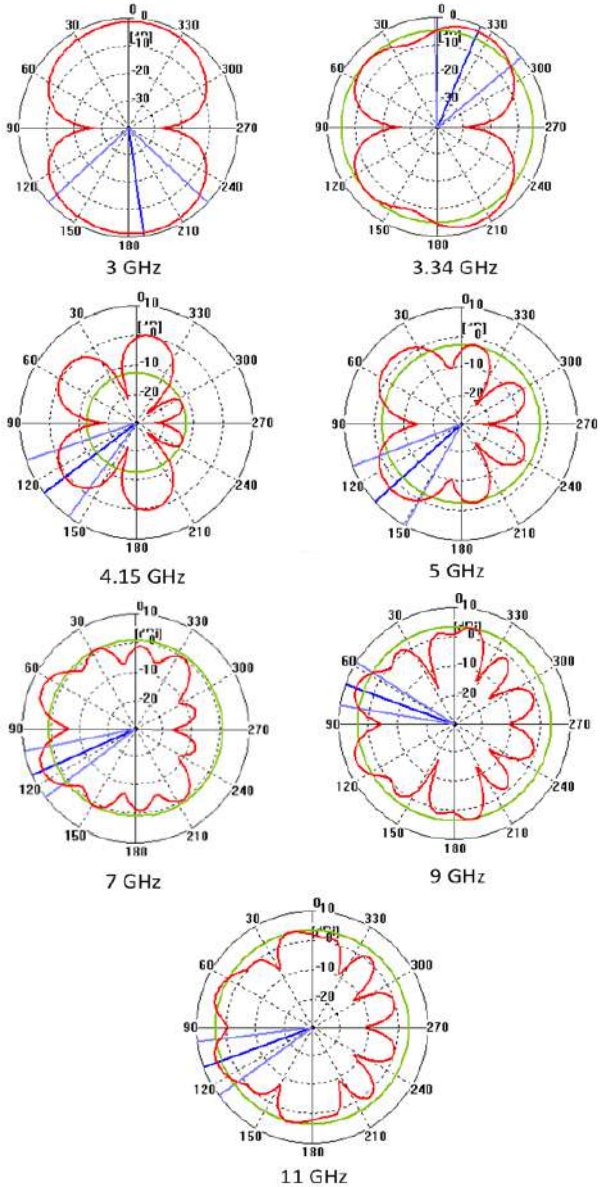
การใช้สล๊อตคู่ให้ผลตามที่ต้องการ แถบความถี่หยุดผ่านแรกเกิดขึ้นที่ความถี่ 2.9-3.64 กิกะเฮิรตซ์โดยมีค่าการสูญเสียย้อนกลับมากที่สุดที่ 3.34 กิกะเฮิรตซ์ ส่วนแถบความถี่หยุดผ่านที่สองเกิดขึ้นที่ความถี่ 3.87-4.51 กิกะเฮิรตซ์ ค่าการสูญเสียย้อนกลับมากที่สุดที่ 4.15 กิกะเฮิรตซ์ ทำให้เกิดช่วงความถี่ที่ใช้งานได้อยู่ระหว่างแถบความถี่หยุดผ่านทั้งสองคือ 3.64-3.87 กิกะเฮิรตซ์ ดังรูปที่ 5 (ข)

3.2 แบบรูปการแผ่คลื่น

แบบรูปการแผ่คลื่นของสายอากาศได้ถูกจำลองแบบสองมิติโดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงภายในระนาบ x-y ดังรูปที่ 6 จากแบบรูปการแผ่คลื่นดังรูปที่ 7 สังเกตได้ว่าที่ความถี่ 3.34 กิกะเฮิรตซ์และ 4.15 กิกะเฮิรตซ์ ค่าไดเรคติวิตี้มีค่าน้อยกว่าความถี่ข้างเคียงแสดงถึงการถูกหยุดผ่านโดยสล๊อตและที่ความถี่สูงประมาณ 9 กิกะเฮิรตซ์ขึ้นไป ค่าไดเรคติวิตี้มีค่าสูงในด้านข้างของสายอากาศทำให้เราสามารถวัดแบบรูปการแผ่คลื่นของสายอากาศได้โดยการใช้สายอากาศสองตัวที่เหมือนกันวางห่างกันในลักษณะตั้งตรงได้



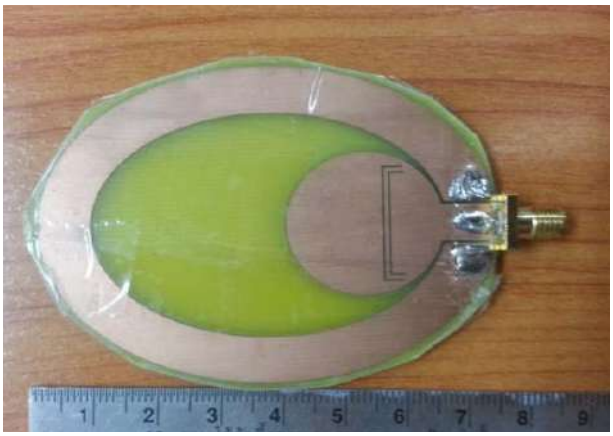
รูปที่ 6. การสังเกตแบบรูปการแผ่คลื่นเชิง 3 มิติในระนาบ x-y



รูปที่ 7. แบบรูปการแผ่คลื่น ณ ความถี่ต่าง ๆในระนาบ x-y

4. ผลการวัด

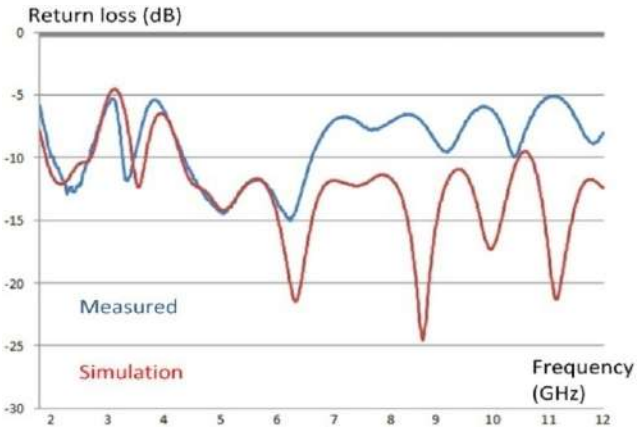
การวัดสายอากาศทำได้โดยเครื่อง Agilent Technology N5230C (10 MHz – 20 GHz) PNA-L Network Analyzer โดยสายอากาศที่สร้างขึ้นมีลักษณะดังรูปที่ 8



รูปที่ 8. สายอากาศต้นแบบที่สร้างขึ้น

4.1 การสูญเสียย้อนกลับ

การวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับเปรียบเทียบกับผลการจำลองดังรูปที่ 9

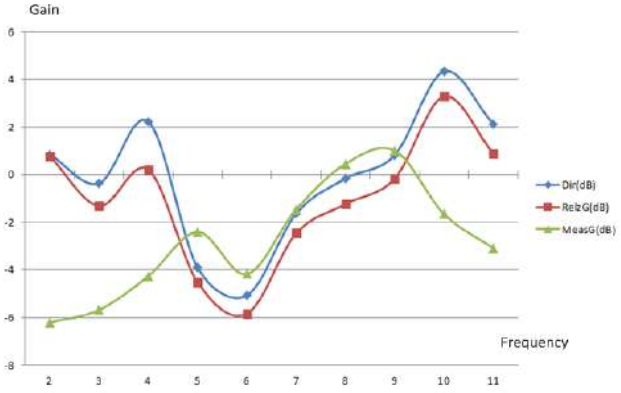


รูปที่ 9. ค่าการสูญเสียย้อนกลับเปรียบเทียบผลการวัดและผลการจำลอง

ผลการวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับมีความสอดคล้องกับผลการจำลอง โดยเฉพาะตำแหน่งที่เกิดแถบหยุดผ่าน อย่างไรก็ดีจะมีความคลาดเคลื่อนของผลการวัดไปจากผลการจำลองในแถบความถี่สูง เนื่องอาจเกิดจากจากความคลาดเคลื่อนในการสร้างสายอากาศ (ขนาด) และสภาพแวดล้อมของการวัดที่ไม่ได้เป็นสภาพแวดล้อมในห้องไร้การสะท้อนจึงอาจมีการสะท้อนกลับจากสภาพแวดล้อมเป็นผลให้ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่วัดได้สูงกว่าความเป็นจริง

4.2 อัตราขยาย

ผลการวัดค่าอัตราขยายเมื่อเปรียบเทียบกับผลการจำลองค่าไดเรคติวิตี้และค่าอัตราขยายจริงแสดงได้ดังรูปที่ 10 โดยค่าไดเรคติวิตี้ (Dir) ค่าอัตราขยายจริง (RelzG) ได้มาจากผลการจำลองด้วยโปรแกรม CST ส่วน



รูปที่ 10. เปรียบเทียบอัตราขยายระหว่างผลการจำลองและผลการวัด

ค่าอัตราขยายจากการวัด (MeasG) ได้มาจากการวัดด้วยเครื่อง Network Analyzer

เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วค่าไดเรคติวิตี้มีค่ามากกว่าค่าอัตราขยายจริงซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของไดเรคติวิตี้ที่ว่าอัตราขยายคือค่าไดเรคติวิตี้ที่ถูกหักออกด้วยค่าประสิทธิภาพทั้งหมดของสายอากาศแล้ว ส่วนค่าจากการวัดมีความคลาดเคลื่อนมากพอสมควรเนื่องจากความไม่สมบูรณ์แบบของการสร้างและการสะท้อนคลื่นจากวัตถุต่างๆ บริเวณที่ทำการวัด

5. สรุป

บทความวิจัยนี้กล่าวถึงการออกแบบสายอากาศแถบความถี่กว้างยิ่งยวดให้มีการหยุดผ่านสองแถบความถี่บนโครงสร้างสายอากาศแบบสล็อตรูปวงรีป้อนด้วยท่อนำคลื่นร่วมระนาบและมีช่วงความถี่ที่ใช้งานได้อยู่ระหว่างแถบความถี่หยุดผ่าน จุดประสงค์ของบทความวิจัยนี้เพื่อเป็นกรณีศึกษาของสายอากาศที่มีโครงสร้างดังกล่าวข้างต้นเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบของสล๊อตในการหยุดผ่านแถบความถี่ที่ต้องการได้

เอกสารอ้างอิง

[1] “FCC report and order for Part 15: Acceptance of ultra wideband (UWB) systems from 3.1–10.6 GHz,” FCC, Washington DC, USA, 2002.

[2] R. Keawon, P. Akkaraekthalin, and V. Vivek, “An ultra-wideband CPW-fed elliptical loop slot antenna,” *ECTI-CON 2007*, pp. 927–930, May 2007, Chiang Rai, Thailand.

[3] D. E. Anagnostou, S. Nikolaou, H. Kim, B. Kim, M. Tentzeris, and J. Papapolymerou, “Dual band-notched ultra-wideband antenna for 802.11a WLAN environments,” *IEEE AP-S Int. Symp.*, pp. 4621–4624, June 2007, Hawaii, USA.

[4] CST Microwave Studio. ver. 2013, CST AG, Framingham, MA, USA, 2013 [Online]. Available: www.cst.com

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เทคนิคการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำ Failover บนชุดหมายเลขที่อยู่ IPv6 แบบ Anycast

The Technique to improve Failover Process on IPv6 Anycast addresses

อนุชา สว่างวงศ์[1], และ วรพล ลีลาเกียรติสกุล[2]

[1]บัณฑิตศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครือข่าย คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพฯ

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครือข่าย คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพฯ

E-mail: eanucha@gmail.com[1], w.lilakiat@gmail.com[2]

บทคัดย่อ

โดยปกติแล้ว การทำ Failover โดยใช้ชุดหมายเลขที่อยู่ IPv6 แบบ Anycast ใช้วิธีการตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อระหว่างลิงค์ของเร้าเตอร์ ซึ่งไม่สามารถตรวจสอบการคงอยู่ของเซิร์ฟเวอร์ หรือบริการที่เครื่องปลายทางที่เป็นสมาชิกของ Anycast ดังนั้นในขณะที่การเชื่อมต่อระหว่างเร้าเตอร์ยังอยู่ในสถานะปกติ แต่ถ้าเครื่องเซิฟเวอร์ไม่สามารถให้บริการได้ การทำ Failover ก็ไม่สามารถทำงานได้

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอเทคนิค Keep Alive Anycast เพื่อปรับปรุงกระบวนการของ Failover ให้ดีขึ้น โดยสร้างการตรวจสอบสถานะการคงอยู่ของเซิร์ฟเวอร์ที่เป็นสมาชิกของ Anycast ในเครือข่ายท้องถิ่น เมื่อเร้าเตอร์ไม่สามารถติดต่อกับเซิฟเวอร์ที่มีชุดหมายเลข Anycast ได้ การทำงาน Failover ก็จะเริ่มต้นขึ้น สุดท้ายนี้จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเทคนิค Keep Alive Anycast ช่วยให้การทำ Failover สามารถทำงานได้แม้ในขณะที่เครื่องเซิฟเวอร์ไม่สามารถให้บริการได้

Abstract

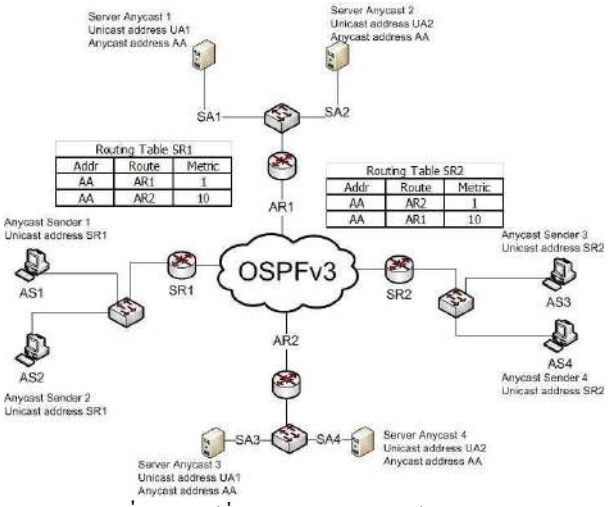
Usually, failover process using IPv6 Anycast addresses is performed by checking the status of links between routers. It does not detect the existence of the server or service endpoints that are members of anycast addresses. So, while the connections between routers are in normal state but the servers cannot provide service, the failover is unable to work.

In this paper, we propose techniques which is called, Keep Alive Anycast, to improve failover process. It has the mechanism to monitor the persistence of servers that are members of anycast addresses within local network. When the router loses its connection to the server, failover process will be initiated. Finally, the results showed that the proposed technique can solve failover previous mentioned problem.

***Keywords*:** Anycast, Failover, Keep Alive

1. บทนำ

ชุดหมายเลขที่อยู่ IPv6 แบบ Anycast [1] จะมีลักษณะการทำงานคล้าย ๆ กับชุดหมายเลขที่อยู่แบบ Multicast กล่าวคือสามารถใช้หมายเลขที่อยู่เพียง 1 หมายเลขแทนจำนวนเครื่องได้หลายเครื่อง แต่ชุดที่อยู่แบบ Anycast เป็นการส่งข้อมูลไปยังหนึ่งผู้รับปลายทางที่ใกล้ที่สุด คือการส่งแบบ one-to-one-of-many ตัวอย่างเช่น เมื่อเครื่องใดเครื่องหนึ่งส่งแพ็กเก็ตไปยังหมายเลขที่อยู่แบบ Anycast แพ็กเก็ตนั้นจะถูกส่งไปยังสมาชิกในกลุ่ม Anycast ที่อยู่ใกล้กับโฮสต์มากที่สุด โดยการตัดสินใจจะใช้การทำงานของเร้าติ้งโพรโทคอล ที่มีการวัดเส้นทางกลุ่มสมาชิกที่ใกล้ที่สุด ที่อยู่แบบ Anycast นี้ช่วยทำให้สามารถใช้งานทรัพยากรในเครือข่ายที่กระจายอยู่ทั่วภายในองค์กร เนื่องจากรูปแบบหมายเลขที่อยู่แบบ Anycast จะมีลักษณะเหมือนกับ ชุดหมายเลขที่อยู่แบบ Global Unicast ทำให้เครื่องไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างที่อยู่แบบ Anycast และที่อยู่แบบ Unicast เพียงแต่จะทราบว่าจะส่งไปที่ปลายทางใดเท่านั้น การตัดสินใจในการส่งต่อข้อมูลไปยังปลายทางต้องอาศัยเร้าติง โพรโทคอลที่สนับสนุนการทำงาน Anycast มาช่วยเช่น OSFPv3 [2] เป็นต้น โดยเร้าเตอร์จะต้องประกาศชุดที่อยู่แบบ Anycast ไปยังเร้าเตอร์เพื่อนบ้านก่อน เพื่อให้เร้าเตอร์ต่าง ๆ ที่ทำงานร่วมกันรู้จักชุดหมายเลขที่อยู่สำหรับการทำงาน Anycast จากคุณสมบัติดังกล่าวของการทำงาน Anycast สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยนำมาใช้เพื่อทำ Failover ของระบบได้ แสดงดังตัวอย่าง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. การใช้ที่อยู่แบบ Anycast บนเร้าติง OSPFv3

จากรูปที่ 1. เป็นการใช้ชุดหมายเลขที่อยู่แบบ Anycast บนเร้าติง OSPFv3 ซึ่งประกอบไปด้วย SA1 (Server Anycast 1), SA2 (Server Anycast 2), SA3 (Server Anycast 3), SA4 (Server Anycast 4), AS1 (Anycast Sender1), AS2 (Anycast Sender 2), AS3 (Anycast Sender 3), AS4 (Anycast Sender 4), SR1 (Sender Router 1), SR2 (Sender Router 2), AR1 (Anycast Router 1) และ AR2 (Anycast Router 2) โดยมีองค์ประกอบของเครือข่ายดังต่อไปนี้ SA1 มีหมายเลขที่อยู่ Unicast

เท่ากับ UA1 และหมายเลขที่อยู่ Anycast เท่ากับ AA, SA2 มีหมายเลขที่อยู่ Unicast เท่ากับ UA2 และหมายเลขที่อยู่ Anycast เท่ากับ AA, SA3 มีหมายเลขที่อยู่ Unicast เท่ากับ UA1 และหมายเลขที่อยู่ Anycast เท่ากับ AA, SA4 มีหมายเลขที่อยู่ Unicast เท่ากับ UA1 และหมายเลขที่อยู่ Anycast เท่ากับ AA, AR1 มีหมายเลขที่อยู่ Unicast เท่ากับ UA3 และประกาศเครือข่าย Anycast และ AR2 มีหมายเลขที่อยู่ Unicast เท่ากับ UA3 และประกาศเครือข่าย Anycast จากองค์ประกอบของเครือข่ายจะเห็นได้ว่าเครื่องเซิฟเวอร์ SA1, SA2, SA3 และ SA4 จะใช้ชุดหมายเลขที่อยู่แบบ Anycast เดียวกันคือหมายเลข AA และจากการที่ชุดหมายเลขที่อยู่แบบ Anycast จะมีการวัดระยะใกล้กับผู้ส่งมากที่สุด โดยที่สามารถวัดระยะทางได้จากค่าเส้นทางของเร้าติง เช่น ค่า Cost ของ OSPFv3 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่าเมตริกจาก SR1 ไปถึง AR1 เท่ากับ 1 และจาก SR1 ไปถึง AR2 มีค่าเมตริกเท่ากับ 10 และค่าเมตริกจาก SR2 ไปถึง AR1 เท่ากับ 10 และจาก SR2 ไปถึง AR2 ค่าเมตริกเท่ากับ 1 ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าว จึงทำให้ AS1 จะส่งข้อมูลไปที่อยู่ AA ได้ต้องส่งผ่านเร้าเตอร์ SR1 และ AR1 ซึ่งในทางกลับกัน ถ้า AS3 จะส่งข้อมูลไปที่อยู่ AA ต้องผ่าน SR2 และ AR2 แสดงให้เห็นถึงการกระจายของเครื่องเซิฟเวอร์ในเครือข่าย ถ้าในกรณีที่เร้าเตอร์ AR1 ไม่สามารถทำงานได้ จะทำให้ AS1 จะส่งข้อมูลไปที่อยู่ AA จะต้องส่งผ่านเร้าเตอร์ SR1 และ AR2 เนื่องจากค่าตารางเส้นทางของ SR1 ได้ลบเส้นทางที่อยู่ AA ที่ผ่าน AR1 ทิ้งไป และเหลือเส้นทาง AA ที่ผ่าน AR2 ไว้ และค่าเมตริกของ AR2 มีค่าน้อยที่สุดจึงเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดในการที่จะใช้ส่งข้อมูลไปที่ AA ซึ่งได้แสดงให้เห็นถึงการใช้ Failover ของที่อยู่แบบ Anycast อย่างไรก็ตามถ้าในกรณีที่เครื่องเซิฟเวอร์ SA1 และ SA2 ซึ่งมีที่อยู่แบบ Anycast คือ AA ไม่สามารถทำงานได้ ขณะที่ลิงค์ของเร้าเตอร์ยังทำงานอยู่ในสภาวะปกติ การใช้ Failover ของที่อยู่แบบ Anycast จะเกิดความล้มเหลว เนื่องจากเร้าเตอร์ SR1 จะไม่เกิดการปรับปรุงตารางเส้นทาง เพราะเร้าเตอร์ AR1 ยังคงทำงานเป็นปกติ ทำให้เส้นทางไปหาที่อยู่ AA โดยผ่าน SR1 และ AR1 ยังคงเป็นเส้นทางหลักต่อไป

จากปัญหา Failover ข้างต้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอเทคนิค Keep Alive Anycast ซึ่งเพิ่มอยู่ในเร้าเตอร์ที่มีการประกาศใช้ที่อยู่แบบ Anycast ให้สามารถทำการตรวจสอบปลายทางที่ใช้ที่อยู่แบบ Anycast ภายในเครือข่ายท้องถิ่นเพียงหนึ่งเดียว ซึ่งทำการตรวจสอบโดยการส่งแพ็กเก็ต Anycast Discovery (AD) ลงในเครือข่ายท้องถิ่น เมื่อได้รับแพ็กเก็ตตอบกลับจากเครื่องเซิฟเวอร์ที่ประกาศที่อยู่แบบ Anycast จะทำการคัดเลือกผู้รับปลายทางที่เหมาะสมที่สุด เมื่อคัดเลือกได้แล้วจะทำการส่งแพ็กเก็ต Hello เพื่อรับแพ็กเก็ตตอบกลับจากผู้รับปลายทางที่เหมาะสมที่สุด ถ้าไม่ได้รับแพ็กเก็ตตอบกลับจากผู้รับปลายทางที่เหมาะสมที่สุด หรือการตอบกลับของแพ็กเก็ต AD จากเครื่องเซิฟเวอร์ที่ประกาศใช้ที่อยู่แบบ Anycast จะทำการยกเลิกการประกาศใช้ที่อยู่แบบ Anycast ในเร้าเตอร์ AR1 ซึ่งจะทำให้เร้าเตอร์เพื่อนบ้านของ AR1 ทำการปรับปรุงตารางเส้นทางตามกระบวนการของเร้าติงที่ใช้

บทความวิจัยนี้ได้มีการจัดเรียงเนื้อหาดังต่อไปนี้ หัวข้อที่ 1 อธิบายถึงคุณสมบัติของชุดหมายเลขที่อยู่แบบ Anycast และปัญหา หัวข้อที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดหมายเลขที่อยู่แบบ Anycast หัวข้อที่ 3 แสดงกระบวนการทำงาน Keep Alive Anycast ในการแก้ปัญหาการเลือกเซิร์ฟเวอร์ Anycast หัวข้อที่ 4 การทดลอง หัวข้อที่ 5 ผลการทดลอง และสรุปผลของงานวิจัยในหัวข้อที่ 6

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยของ Matsunaga และคณะ [3]

ได้นำเสนอโพรโทคอล PIA-SM เพื่อแก้ปัญหาในการที่ Anycast ไม่มีมาตรฐานในการรับส่งข้อมูลที่เหมาะสม โดยที่ PIA-SM ได้นำโพรโทคอล PIM-SM ของ Multicast มาดัดแปลง ซึ่งสืบเนื่องมาจากการส่งข้อมูลของ Anycast และ Multicast มีความคล้ายคลึงกันมาก โดยการนำรูปแบบการจัดเรียงของต้นไม้ ซึ่งมีการกำหนดเร้าเตอร์ให้เป็นจุดนัดพบ (RP) และกำหนดให้ RP หนึ่งตัวในกลุ่มเป็นรากของต้นไม้ (RPT) แต่จะไม่เหมือน PIM-SM เนื่องจาก PIA-SM จะส่งถึงผู้รับปลายทางเพียงหนึ่งเดียว ที่เหมาะสมที่สุด และมีการป้องกันการเกิดลูปในเครือข่าย โดยดูจากตัวชี้วัด (Metric) ที่มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งค่า Metric จะเป็นค่า Cost ของเส้นทางจากผู้ส่งข้อมูลไปถึงผู้รับปลายทางที่ใกล้ผู้ส่งข้อมูลมากที่สุด และ PIA-SM มีฟังก์ชั่นที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. การค้นหาเพื่อนบ้านของเร้าเตอร์ PIA โดยที่เร้าเตอร์ในแต่ละตัวจะแลกเปลี่ยนข้อความระหว่างเร้าเตอร์เพื่อนบ้าน เมื่อเร้าเตอร์ PIA รับข้อความจากเร้าเตอร์อื่น จะทำให้รู้ว่ามีเร้าเตอร์ PIA อื่น ๆ อยู่บน เซ็กเมนต์เดียวกันข้อความจากผู้รับ Anycast ซึ่งเร้าเตอร์ PIA จะรับรู้ถึงผู้รับปลายทางที่อยู่บนเซ็กเมนต์เดียวกัน

2. การเพิ่มรายการที่อยู่ Anycast โดยที่เร้าเตอร์ PIA จะเลือกหนึ่งเส้นทางเป็นฐานการรับตัวชี้วัด ทำให้ที่อยู่ Anycast ตั้งค่าการเลือกเส้นทางส่วนติดต่อขาออกในตารางเส้นทางของ Unicast จากนั้นทุก ๆ เร้าเตอร์จะสามารถส่งแพ็กเก็ต Anycast ซึ่งรายการที่อยู่ของ Anycast จะเป็นรายการที่อยู่ของ Unicast ในตารางเส้นทางของเร้าเตอร์

3. การส่งแพ็กเก็ตของ Anycast เมื่อไคลเอ็นต์ส่งแพ็กเก็ต Anycast ถึงผู้รับปลายทาง จะเรียกว่า Sender Router (SR) ซึ่ง SR จะห่อหุ้ม แพ็กเก็ต Anycast ที่ได้รับด้วยที่อยู่ Unicast ของ RP หลังจากนั้น SR ส่งแพ็กเก็ตที่ห่อหุ่มโดยตรงไปยัง RP โดยเส้นทาง Unicast เมื่อ RP รับแพ็กเก็ตที่ห่อหุ้มจาก SR แล้ว RP จะทำการถอดการห่อหุ้มแพ็กเก็ต และจะส่งแพ็กเก็ต Anycast ไปยัง RPT

แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้จะประสบปัญหา ในกรณีที่ผู้รับปลายทางจะต้องรับภาระในการทำงานที่สูง และถ้าผู้ส่งข้อมูลมีมากกว่าหนึ่ง และทำให้คุณสมบัติของการกระจายลดลง ในกรณีที่ PIA-SM ได้กำหนดผู้รับที่เหมาะสมที่สุดเพียงหนึ่งเดียวที่ติดต่อกับเร้าเตอร์ที่ใช้โพรโทคอล PIA-SM แล้ว ผู้รับปลายทางได้เกิดหยุดการทำงานไม่สามารถให้บริการได้ ซึ่งจะทำให้ผู้ส่งไม่สามารถส่งข้อมูลไปหาผู้รับปลายทางได้ และทำให้เกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลของ Anycast ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้

2.2 งานวิจัยของ Sulaiman และคณะ [4]

จากข้อจำกัดของโพรโทคอล PIA-SM ที่กล่าวมานั้น Sulaiman และคณะ ได้นำเสนอ PIM-SM เพื่อการแก้ปัญหาที่ผู้รับปลายทางประสบปัญหาในการทำงานที่สูง และไม่เกิดการกระจายทรัพยากรที่ดี โดยที่ PIM-SM ดัดแปลงมาจากโพรโทคอล PIM-SM ของ multicast และได้ทำการเพิ่มตัวแปรใหม่คือ Best Metric Factor (BMF) ซึ่งจะทำให้ทราบว่าปลายทางที่จะรับข้อมูล มีสถานะ “ว่าง” หรือ “ไม่ว่าง” โดยที่ตัวแปร BMF จะมี 2 ค่าคือ LBMF และ HBMF โดยเริ่มต้นค่า LBMF จะเป็นค่า ของตัวชี้วัด (Metric) ที่ต่ำที่สุด และค่าเริ่มต้น HBMF จะเป็นค่าของตัวชี้วัด (Metric) ที่สูงที่สุด และทำการเลือกเส้นทางที่ BMF ต่ำสุด และจะทำการปรับปรุงค่าของ LBMF ตามฟังก์ชั่น LBMF = HBMF + 1 ซึ่งค่าใหม่ของ LBMF จะช่วยให้หลีกเลี่ยงการเลือกผู้รับเดียวกัน และยังช่วยลดภาระของผู้รับที่ดีที่สุดได้อีกด้วย

ในงานวิจัยนี้เกิดข้อดีคือ ทำให้การส่งข้อมูลของ Anycast มีคุณสมบัติของ Load Balancing แบบ Round-robin ซึ่งนอกเนื่องจากคุณสมบัติ Failover ของ Anycast เนื่องจากตัวแปร BMF จะทำให้เกิดการสลับผู้รับปลายทางตามค่าของตัวแปร BMF จึงทำให้ผู้รับปลายทางรับภาระในการทำงานน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามถ้าผู้รับปลายทางหยุดทำงานไม่สามารถให้บริการได้ เนื่องจากตัวแปร BMF ใช้ค่าของตัวชี้วัด (Metric) ของเส้นทาง และไม่มีขั้นตอนในการตรวจสอบว่าผู้รับปลายทางของ Metric เส้นทางนั้น ยังพร้อมทำงานอยู่หรือไม่

3. งานวิจัยที่นำเสนอ

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วในส่วนที่ 2. งานวิจัยนี้ขอนำเสนอโพรโทคอล Keep Alive Anycast สำหรับในการแก้ปัญหาในการเลือกผู้รับปลายทางหรือเซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการ Anycast และเป็นผู้รับที่ใกล้กับผู้ส่งมากที่สุด รวมทั้งการปรับปรุงคุณสมบัติของ Fail over ของที่อยู่ Anycast ในกรณีที่เส้นทางการเชื่อมต่อที่ดีสุดของ Anycast ทำงานได้เป็นปกติ แต่เครื่องปลายทางที่เป็นสมาชิกของ Anycast ที่ดีที่สุดไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

1. Anycast Receivers แต่ละเครื่องที่อยู่ในเครือข่ายท้องถิ่นที่ติดต่อกับ Anycast Router จะต้องติดตั้ง engine Keep Alive

2. เมื่อมีการประกาศการใช้ที่อยู่ Anycast ลงในเครือข่าย Anycast เร้าเตอร์จะทำการประกาศ Anycast Discovery (AD) ลงในเครือข่ายท้องถิ่น ถ้าเร้าเตอร์ Anycast ไม่ได้รับ Anycast Report ในเวลา 40 วินาที จะทำการยกเลิกการประกาศใช้ที่อยู่ Anycast ในเครือข่าย OSPF

3. Anycast Receivers แต่ละเครื่องจะทำการตอบรับแพ็กเก็ต Anycast Discovery ด้วยแพ็กเก็ต Anycast Report กลับไปที่ Anycast Router ในแพ็กเก็ต Anycast Report จะมีข้อมูล Mac Address , Link-Local Address และ IP Address ของที่อยู่ Anycast

4. Anycast Router ส่งแพ็กเก็ต Hello ถึง Anycast Receivers ที่ดีที่สุดเพียงหนึ่งเดียว และจะทำการส่งแพ็กเก็ต Hello ทุก 10 วินาที และจะรอแพ็กเก็ต Hello reply จาก Anycast Receivers ถ้าไม่ได้การตอบกลับ Hello reply เป็นจำนวน 4 ครั้ง จะทำการยกเลิกการประกาศใช้ ที่อยู่ Anycast ในเครือข่าย OSPF

5. Anycast Receivers จะทำการส่งแพ็กเก็ต Hello reply เมื่อได้รับแพ็กเก็ต Hello จาก Anycast Router เพื่อเป็นการยืนยันการคงอยู่ของ Anycast Receivers

การทำงานของ Keep Alive Anycast เป็นกระบวนการทำงานที่อยู่ในเร้าเตอร์ที่ประกาศใช้ที่อยู่ Anycast ลงในเร้าติง OSPF ถ้าเร้าเตอร์ Anycast ไม่ได้รับ Anycast Report ภายในเวลา 40 วินาที จะทำการยกเลิกการประกาศที่อยู่ Anycast ถ้าได้รับ Anycast Report มากกว่า 1 รายงาน Keep Alive Anycast จะทำการเปรียบเทียบค่า Mac Address ของแต่ละรายงาน และทำการจับคู่ IP Anycast กับ Anycast Receivers ที่มีค่า Mac Address ที่มากที่สุด

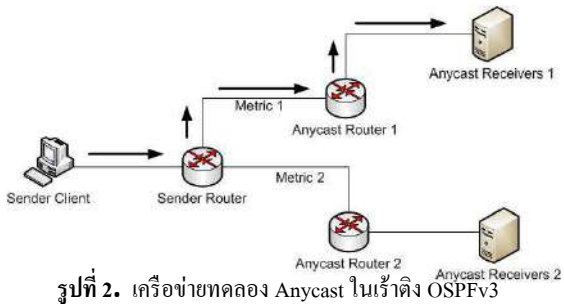
4. กระบวนการทดลอง

ในการทดลองนี้จะทำในโปรแกรม Graphical Network Simulator (GNS3) โดยที่เร้าเตอร์ทุกตัวจะใช้เร้าติง OSPFv3 โดยให้ Anycast Router 1 และ Anycast Router 2 ทำการประกาศใช้ที่อยู่ Anycast คือหมายเลข 2345::/64 โดยที่ Anycast Receivers 1 และ Anycast Receivers 2 กำหนดหมายเลขที่อยู่ที่สองเป็น 2345::10/64 ซึ่ง Sender Client จะทำการส่งข้อมูลไปที่ปลายทางที่ 2345::10 ในการทดลองนี้ Sender Client ได้มีการส่งข้อมูลไปที่ปลายทาง Anycast ซึ่งก็คือ Anycast Receivers 1 เนื่องจากค่า metric ของ Sender Router ไปที่ Anycast Router 1 มีค่า metric ที่น้อยกว่า Anycast Router 2 ซึ่งหมายความว่าเส้นทางในการส่งข้อมูลของ Sender Client ไปที่ Anycast Receivers 1 ดีกว่าที่ Sender Client ส่งข้อมูลไปที่ Anycast Receivers 2 และในงานนี้จะทำการเปรียบเทียบเวลาในการที่ใช้เปลี่ยนเส้นทางเมื่อมีปัญหาในเครือข่ายต่อไปนี้

1. ทำการส่งข้อมูลไปปลายทางที่เป็นสมาชิกของที่อยู่ Anycast โดยที่ Anycast Router 1 หยุดทำงาน จะสามารถส่งข้อมูลไปได้หรือไม่ ถ้าได้จะใช้เวลาในการเปลี่ยนเส้นทางเท่าใด

2. ทำการส่งข้อมูลไปปลายทางที่เป็นสมาชิกของที่อยู่ Anycast โดยที่ Anycast Receivers 1 หยุดทำงาน จะสามารถส่งข้อมูลไปได้หรือไม่ ถ้าได้จะใช้เวลาในการเปลี่ยนเส้นทางเท่าใด

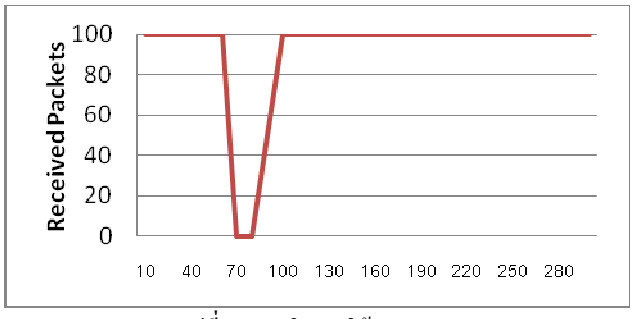
3. ทำการส่งข้อมูลไปปลายทางที่เป็นสมาชิกของที่อยู่ Anycast โดยที่ Anycast Receivers 1 หยุดทำงาน และทำการเพิ่มการทำงานของ Keep Alive ที่ Anycast Router 1 จะสามารถส่งข้อมูลไปได้หรือไม่ ถ้าได้จะใช้เวลาในการเปลี่ยนเส้นทางเท่าใด



รูปที่ 2. เครือข่ายทดลอง Anycast ในเร้าติง OSPFv3

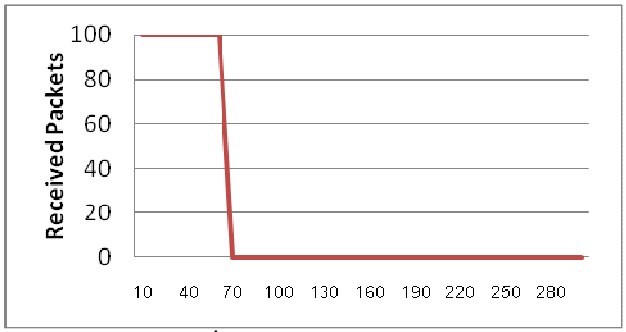
5. ผลการทดลอง

รูปที่ 3. แสดงให้เห็นถึงผลการทดลองในกรณีที่ Anycast Router 1 หยุดการทำงาน ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติ Failover ของที่อยู่ Anycast ที่มีอยู่แล้วโดยธรรมชาติ ซึ่งได้แสดงให้เห็นเมื่อ Anycast Router 1 ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ซึ่งความสามารถในการทำงาน Failover ของ Anycast จะใช้เวลาในการเปลี่ยนเส้นทางจากที่ Sender Client ต้องส่งข้อมูลถึง Anycast Receivers 1 เปลี่ยนเป็นการส่งข้อมูลถึง Anycast Receivers 2 โดยใช้เวลาเพียง 20 วินาที ซึ่งยังคงทำให้ มีความต่อเนื่องในการส่งข้อมูลจากต้นทางถึงปลายทาง



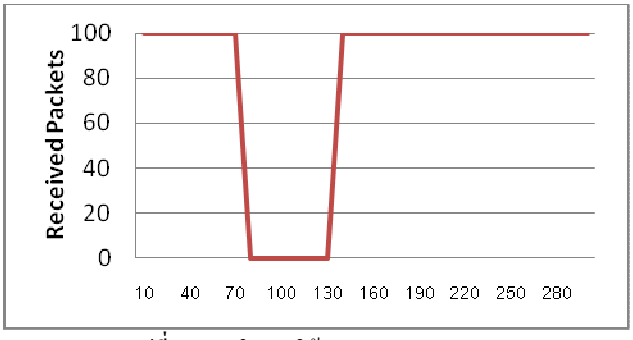
รูปที่ 3. เวลาในการใช้ Failover

รูปที่ 4. แสดงให้เห็นถึงผลการทดลองในกรณีที่ Anycast Receivers 1 หยุดการทำงาน ซึ่งความสามารถในการเลือกปลายทางที่เป็นสมาชิก Anycast ที่ใกล้กับผู้ส่งมากที่สุด ไม่สามารถใช้งานได้ รวมถึงคุณสมบัติ Failover ของ Anycast ไม่สามารถใช้ได้ในกรณีนี้เช่นเดียวกัน เนื่องจากสถานะการเชื่อมต่อระหว่าง Sender Router และ Anycast Router 1 ยังคงทำงานตามปกติ ซึ่งทำให้ Sender Router ยังคงเส้นทางที่ไป Anycast Receivers โดยผ่าน Anycast Router 1 จึงทำให้การส่งข้อมูลมีความล้มเหลวรวมทั้งการตอบสนองที่ผิดพลาด รวมทั้งไม่มีความต่อเนื่องในการทำงาน



รูปที่ 4. เวลาในการใช้ Failover

รูปที่ 5. แสดงให้เห็นถึงผลการทดลองในกรณีที่ Anycast Receivers 1 หยุดการทำงาน และมีการเพิ่มการทำงาน Keep Alive Anycast ใน Anycast Router 1 ซึ่งเป็นการเพิ่มกระบวนการการตรวจสอบถึงผู้รับปลายทางที่ติดต่อกับ Anycast Router 1 ในเครือข่ายท้องถิ่นคือ Anycast Receivers 1 ยังทำงานเป็นปกติหรือไม่ ถ้าทำงานไม่เป็นปกติ Anycast Router 1 จะทำการประกาศยกเลิกการใช้ที่อยู่ Anycast ใน เร้าติง OSPFv3 ซึ่งทำให้เร้าเตอร์ของผู้ที่ส่งข้อมูล Anycast มีการปรับปรุงตารางเส้นทางในเร้าเตอร์ ทำให้สามารถเลือกผู้รับปลายทางที่เป็นสมาชิก Anycast อื่น ๆ ที่อยู่ใกล้กับผู้ส่งมากที่สุดถัดไป ซึ่งใช้เวลาในการปรับปรุงและเปลี่ยนเส้นทางที่ประมาณ 60 วินาที



รูปที่ 5. เวลาในการใช้ Keep Alive Anycast

6. สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอ Keep Alive Anycast ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะการทำงานของผู้รับปลายทาง Anycast โดยเป็นการตรวจสอบผู้รับปลายทางที่ติดต่อกับเร้าเตอร์ในเครือข่ายท้องถิ่น โดยวิธีการนำเสนอจะมุ่งเน้นไปที่การสร้างกระบวนการทำงานในเร้าเตอร์ที่มีการประกาศใช้ Anycast เพื่อที่จะเพิ่มคุณสมบัติการทำงานของการเลือกผู้รับปลายทางของ Anycast เพื่อทำการปรับปรุงคุณสมบัติ Failover ของ Anycast ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และมีความต่อเนื่องในการส่งข้อมูลบนเร้าติง OSPFv3 ซึ่งในกรณีที่สถานะการเชื่อมต่อของเร้าเตอร์บน OSPFv3 และเครือข่ายท้องถิ่นทำงานได้ปกติ แต่เครื่องที่เป็นสมาชิกของ Anycast และได้รับเลือกให้เป็นเครื่องปลายทางในการรับข้อมูลของ Anycast ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ เพื่อที่จะรักษาความต่อเนื่องของการส่งข้อมูล และบริการในความล้มเหลวเพื่อป้องกันความเสียหายจากการโจมตี DoS และอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] C. Partridge, T. Mendez, and W. Milliken, “RFC 1546 - Host Anycasting Service”, November 1993.

[2] R. Coltun, D. Ferguson, J. Moy, and A. Lindem, “RFC 5340 - OSPF for IPv6”, July 2008.

[3] S. Matsunaga, S. Ata, H. Kitamura, and M. Murata, “Design and Implementation of IPv6 Anycast Routing Protocol: PIA-SM”, in Proc. Advanced Information Networking and Applications, 2005.

[4] A. M. Sulaiman, B. M. Ali, S. Khatun, and G. Kurup, “An Enhanced IPv6 Anycast Routing Protocol Using Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM)”, in Proc. Telecommunications and Malaysia International Conference on Communications, 2007, pp. 588-593.

หัวข้อ การประหยัดพลังงาน
การจัดการพลังงาน บ้านอัตโนมัติ IV
(23EN IV)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การประเมินศักยภาพการใช้ขยะชุมชนจากเทศบาลนครขอนแก่นเพื่อเป็นพลังงานทดแทน

Evaluation of MSW properties for renewable energy potential

: Case study for MSW from Khonkaen municipality

นางสาวณัชชลิดา ศรีประทุม[1], ผศ. ดร.ทิพบุญฺย์ เอกแสงศรี[2]

[1]สาขาวิศวกรรมเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี

[2]สาขาวิศวกรรมเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี

E-mail: natchalida.sri@gmail.com[1], etippabu@engr.tu.ac.th[2]

บทคัดย่อ

การแปรรูปขยะชุมชนเป็นพลังงานเป็นความท้าทายในระบบการจัดการขยะชุมชนให้เกิดความอย่างยั่งยืน ซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่การใช้ทรัพยากรอย่างมีประโยชน์อย่างสูงสุด ทั้งในรูปแบบการกำจัดขยะ การแปรรูปโดยการสร้างพลังงานทดแทนในรูปแบบพลังงานไฟฟ้าจากค่าความร้อน งานวิจัยฉบับนี้ได้มุ่งเน้นไปยังสภาพปัญหาขยะที่ตกค้างในอดีต ปัจจุบัน และรวมไปถึงขยะในอนาคต โดยได้ดำเนินการศึกษาถึงศักยภาพของขยะ โดยการศึกษาความแตกต่างระหว่างองค์ประกอบทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของค่าพลังงานความร้อนของขยะใหม่ ขยะเก่า และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของขยะใหม่เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน ผลที่ได้จะนำไปสู่การวิเคราะห์หาศักยภาพการนำขยะไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการผลิตพลังงานทดแทน กรณีศึกษาขยะชุมชนของเทศบาลนครขอนแก่น ภายใต้ 3 ตัวแปร คือระยะเวลาการกักเก็บขยะชุมชน ค่าความชื้น และอุณหภูมิพื้นผิว จากการวิจัยพบว่า ระยะเวลาการกักเก็บขยะชุมชน มีผลกับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพของขยะ และความชื้น สรุปคือความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนแปรผันตรงกับระยะเวลาที่เก็บกักขยะชุมชน โดยผลการศึกษาบ่งชี้ได้ว่าค่าพลังงานความร้อนของขยะเก่า(Aged waste)จะมีค่ามากกว่าขยะสด(Fresh waste) ประมาณ 44% ในกรณีที่ขยะเก่าเก็บไว้นานมากกว่า 2 ปี จากการทดลองพบว่าหากต้องการเพิ่มศักยภาพค่าพลังงานความร้อนของขยะใหม่ให้เพิ่มขึ้น ต้องมีการกักเก็บขยะสดและเปลี่ยนสภาพให้เป็นขยะเก่าในระยะเวลาที่สั้นที่สุดคือ 9 วัน

Abstract

Turning waste to energy is challenge for Sustainable Municipal waste management. Which leads to the use of resources , resources recovery and with maximum benefits. Such as waste disposal, generate renewable energy in the form of electricity by heating value. This research has focused about residual waste, including past, present and future. Have been carried out to study the potential of waste by studying the differences between the physical components. And the chemical composition of the thermal energy of aged waste and fresh waste. And study the dynamics of fresh waste over time for 21 days. The result will lead to the determination of potential garbage to good use in the production of renewable energy. Case Study of Khon Kaen Municipality waste under the third variable is how long the waste retain moisture and surface temperature.

Research indicates that Waste storage period. Changes affect the physical components of the waste and moisture. The conclusion is that the relationship between the heats is proportional to the length of storage waste. The study shows that the thermal energy of Aged waste is greater than the fresh waste around 44%. In the case of aged waste stored for more than 2 years of trials found that if you want to increase the thermal energy of the new waste increases. Requires the storage of fresh waste and change the aged waste in the shortest time is 9 days.

Waste to energy

***Keywords*:** ขยะชุมชน, ขยะเก่า, ขยะใหม่,ค่าความร้อน, พลังงานทดแทน

1. บทนำ

ท่ามกลางวิกฤตพลังงานของประเทศ และวิกฤตปัญหาขยะที่กำลังจะกลายเป็นวาระแห่งชาติ เทศบาลนครขอนแก่นเป็นหนึ่งในชุมชนเมืองที่กำลังประสบปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม จากปริมาณขยะล้นเมือง การเปิดประชาคมอาเซียนจะมีผลทำให้เกิดการเจริญเติบโตเศรษฐกิจและการขยายตัวของชุมชนเมือง เป็นผลให้ขยะของเทศบาลนครขอนแก่นและขยะองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ข้างเคียงเพิ่มขึ้นมาก ในอดีตเทศบาลนครขอนแก่น ได้ดำเนินการกำจัดขยะชุมชนแบบฝังกลบ(Sanitary Landfill) และเทกองกลางแจ้ง(Open dumping) ในพื้นที่กำจัดขยะกว่า 100 ไร่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2511 จนถึงปัจจุบันเทศบาลนครขอนแก่น ไม่มีศักยภาพรองรับการกำจัดขยะชุมชนแบบฝังกลบหรือเทกองกลางแจ้งได้อีกต่อไป[1]

นอกจากปัญหาปริมาณขยะแล้วแล้ว ปัญหาเรื่องประสิทธิภาพในการกำจัดขยะชุมชน ภายใต้การจัดการพลังงาน สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ยังเป็นประเด็นที่ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมและคุ้มค่า ทั้งขยะเก่าที่มีอยู่เดิมในพื้นที่กว่า 100 ไร่ ในที่นี้เรียกว่า "ขยะเก่า(Aged waste)" ประมาณ 1,000,000 ตัน พื้นที่แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนพื้นที่ฝังกลบเก่ากลาง และใหม่ อีกทั้งปัจจุบันยังมีขยะที่เข้ามาฝังกลบหรือเทกองกลางแจ้ง Open dumping อยู่ประจำทุกวัน ในที่นี้เรียกว่า "ขยะสด(Fresh waste)" ในเทศบาลนครขอนแก่นนั้นมีมากกว่า 250 ตันต่อวัน โดยเป็นของเทศบาลนครขอนแก่นเองประมาณ 150 ตันต่อวัน อีกประมาณ 100 ตัน เป็นขยะจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและเอกชนโดยรอบพื้นที่

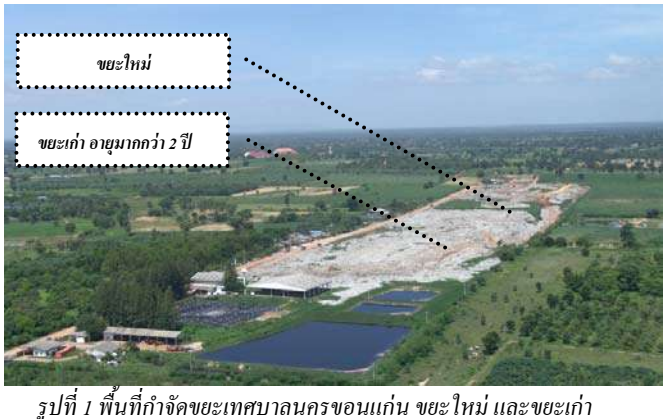
จะเห็นได้ว่า ขยะที่มีจะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ขยะสดที่มาทิ้งประจำวัน และขยะเก่าที่ปล่อยทิ้งไว้ในสถานที่ฝังกลบของเทศบาล(Landfill)

งานวิจัยฉบับนี้ได้เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีในรูปแบบค่าพลังงานความร้อนเพื่อวิเคราะห์หาศักยภาพในการใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นพลังงานระหว่างขยะใหม่และขยะเก่า ตามแนวทางการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในรูปแบบการแปรรูปขยะมูลฝอยเพื่อผลิตเป็นพลังงาน(Waste to Energy ,WTE) ภายใต้แผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555 - 2564) (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012 - 2021)ตามแนวนโยบายของกระทรวงพลังงาน มุ่งเน้นการหยุดการฝังกลบขยะ (Stopping landfill) และเปลี่ยนวิธีการกำจัดขยะแบบวิธีการฝังกลบขยะชุมชน มาเป็นการแปรรูปเป็นพลังงานทางเลือกเพื่อลดมลภาวะที่เกิดจากสถานที่ฝังกลบ อันได้แก่ ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ อากาศ ดิน เป็นต้น

2. วิธีการ

2.1 *การเก็บรวบรวมข้อมูลและดำเนินการประเมินศักยภาพขยะเก่า และขยะใหม่ ในรูปของพลังงานทดแทน ณ สถานที่กำจัดขยะ เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น*

2.1.1 เก็บข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของขยะสดและขยะเก่าโดยเก็บตัวอย่าง ณ สถานฝังกลบขยะเทศบาลนครขอนแก่น นำมาคัดแยกและบันทึกข้อมูล ขั้นตอน แนวทางการวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะมูลฝอย สามารถทำได้โดยวิธีการ แบ่งมูลฝอยเป็น 4 ส่วน(Quartering Method) (Ministry of Public Health and welfare , 2000) ขยะใหม่เก็บจากสถานที่ฝังกลบขยะหลังจากที่รถเก็บขยะเทเพื่อกำจัด และมีการคัดแยกขยะรีไซเคิลจากคนคัดแยกขยะบนพื้นที่กำจัดขยะแล้วในบางส่วน สำหรับขยะเก่า ได้มีการเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ทิ้งขยะที่เป็นโซนขยะเก่า อายุมากกว่า 2 ปี ดังรูปที่ 1 [2]



รูปที่ 1 พื้นที่กำจัดขยะเทศบาลนครขอนแก่น ขยะใหม่ และขยะเก่า

2.1.2 เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของการองค์ประกอบทางกายภาพของขยะสดที่มีการเก็บกัก 21 วัน โดยเก็บตัวอย่างขยะใหม่ ณ สถานที่กำจัดขยะ เทศบาลนครขอนแก่นนำมาคัดแยกและบันทึกข้อมูล ตามขั้นตอน แนวทางการวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะมูลฝอย สามารถทำได้โดยวิธีการ แบ่งมูลฝอยเป็น 4 ส่วน(Quartering Method) (Ministry of Public Health and welfare , 2000) ขยะใหม่เก็บจากสถานที่ฝังกลบขยะหลังจากที่รถเก็บขยะเทเพื่อกำจัด และมีการคัดแยกขยะรีไซเคิลจากคนคัดแยกขยะบนพื้นที่กำจัดขยะแล้วในบางส่วน นำขยะดังกล่าวมากักเก็บไว้ในถังขยะ เป็นเวลา 21 วัน และดำเนินการคัดแยกเพื่อสังเกตสัดส่วนร้อยละขององค์ประกอบขยะดังกล่าวเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงเป็นรายวัน

2.2 *ทดสอบและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อน (Heating Value) กับระยะเวลาที่กักเก็บขยะ(Detention Time) ของขยะใหม่ที่แปรสภาพ ค่าความร้อน(Heating Value) สามารถหาได้โดยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์(Bomb Calorimeter) หลักการของ "Calorimetry" ซึ่งเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการวัดค่าพลังงานความร้อน q ที่ถูกปลดปล่อยหรือดูดซับโดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือฟิสิกส์ ถ้าหากกระบวนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นในสภาวะที่ปริมาตรคงที่ (Constant-volume conditions) ค่าความร้อนที่วัดได้คือ q_v ซึ่งค่านี้จะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน ΔU ด้วย และในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ปริมาตรจะถูกจำกัดได้มีค่าคงที่ตลอดการเกิดปฏิกิริยาเคมี บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ทำงานได้โดยการเผาสารประกอบไฮโดรคาร์บอนกับออกซิเจนที่มีความดันสูงภายในภาชนะแสตนเลสที่มีปริมาตรคงที่ ภาชนะแสตนเลสจะถูกล้อมรอบไว้ด้วยน้ำ และความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซับไว้ด้วยน้ำที่ล้อมรอบอยู่ การวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของน้ำจะทำให้คำนวณหา q_v หรือ ΔU ได้ ในบอมส์แคลอรีมิเตอร์นั้น ค่าความร้อนที่วัดได้จากการเผาไหม้ตัวอย่าง (Sample) ก็คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในจากสถานะเริ่มต้น(Initial state) ถึงสถานะสุดท้าย(Final state)[3]*

โดยสมการ

$$\Delta U = \Delta U_{sample} * m_{sample} + \Delta U_{burned\ fuel} * m_{burned\ fuse} = -C_v \Delta T$$

โดยที่ข้อมูลสำหรับการคำนวณได้แก่

ΔU = การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน (Cal/g)

ΔT = การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (^{o}C)

m = มวลเชื้อเพลิง (g)

C_v = สัมประสิทธิ์แห่งความแปรผัน

การเตรียมตัวอย่างในการทดสอบในห้องปฏิบัติการทางพลังงานโดยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์(Bomb Calorimeter)เป็นการทดสอบตัวอย่าง ณ ขณะเก็บตัวอย่าง(As receive basis) ซึ่งตัวอย่างที่นำเข้าทดสอบมีขนาดเล็กมากและน้ำหนักรวมไม่เกิน 1 กิโลกรัม ทั้งนี้เป็นตัวแทนตามสัดส่วนโดยน้ำหนักของตัวอย่างที่ได้เก็บและแยกองค์ประกอบทางกายภาพ ผลที่ได้จะเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณแบบอัตโนมัติโดยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์(Bomb Calorimeter)

2.2.1 เก็บข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ในรูปแบบค่าพลังงานความร้อน ของขยะสด และขยะเก่า โดยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์(Bomb Calorimeter)

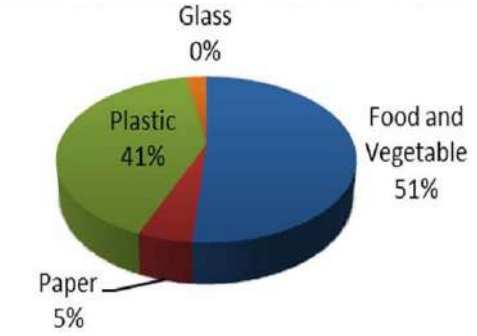
2.2.2 เก็บข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ในรูปแบบค่าพลังงานความร้อนของขยะสดที่มีการเก็บกัก 21 สัปดาห์โดยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์(Bomb Calorimeter) โดยเก็บตัวอย่าง ณ สถานที่กำจัดขยะ เทศบาลนครขอนแก่น

2.3 วิเคราะห์และประเมินศักยภาพของการแปรรูปขยะชุมชุนเป็นเชื้อเพลิงขยะ ระหว่าง ขยะเก่าและขยะใหม่ กับ ขยะเก่าและขยะใหม่ที่แปรสภาพ เพื่อเป็นพลังงานทดแทน(พลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ) ภายใต้ 3 ตัวแปร คือระยะเวลาการกักเก็บขยะชุมชน ค่าความชื้น และอุณหภูมิพื้นผิว

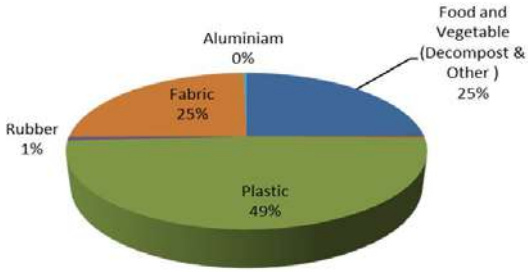
3. ผลการทดลอง

***3.1** ผลการทดลองการหาความแตกต่างขององค์ประกอบทางกายภาพขยะเก่า(Aged waste)และขยะใหม่(Fresh waste)*

3.1.1 ผลการทดลองจากการจากการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของ ขยะสดและขยะเก่าโดยเก็บตัวอย่าง ณ สถานฝังกลบขยะเทศบาลนครขอนแก่นนำมาคัดแยกและบันทึกข้อมูล พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยชัดเจนทางกายภาพ(Physical) เมื่อมีการการคัดแยกถึงองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบในส่วนของขยะเศษอาหาร(Food waste) แตกต่างกันโดยมีนัยสำคัญคือสัดส่วนขยะเศษอาหารของขยะเก่าจะน้อยกว่าขยะสดประมาณ 50% ซึ่งแสดงในอัตราส่วนองค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3

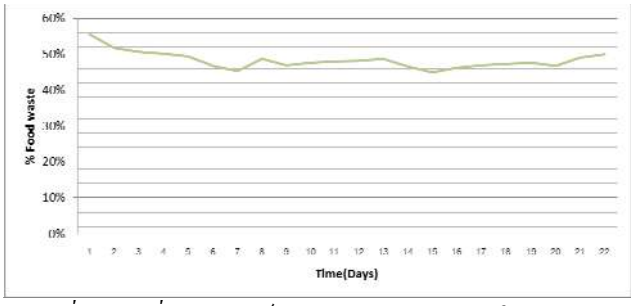


รูปที่ 2 องค์ประกอบขยะสด(Fresh waste)

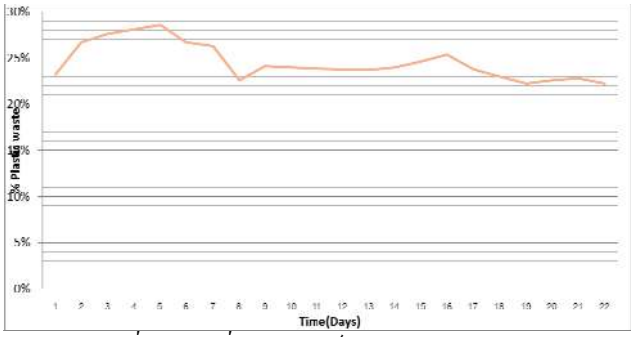


รูปที่ 3 องค์ประกอบขยะเก่า(Aged waste)

3.1.2 ผลการทดลองจากการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพของขยะสดที่มีการเก็บกักประมาณ 3 สัปดาห์ โดยเก็บตัวอย่าง ณ สถานที่กำจัดขยะ เทศบาลนครขอนแก่นนำมาคัดแยกและบันทึกข้อมูลพิจารณาสัดส่วนองค์ประกอบที่มีผลกับค่าพลังงานความร้อน พบว่า สัดส่วนองค์ประกอบขยะสดที่มีการกักเก็บไว้เป็นเวลาประมาณ 21 วัน ร้อยละองค์ประกอบโดยน้ำหนักที่เป็นขยะสดลดลงประมาณ 10-20% ร้อยละองค์ประกอบโดยพลาสติกที่เป็นขยะสดลดลงประมาณ 0-5% ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5



***รูปที่ 4** การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบจำพวกเศษอาหารในขยะสด*



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบจำพวกพลาสติก

***3.2** ผลการทดสอบและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อน (Heating Value) กับระยะเวลาที่กักเก็บขยะ(Detention Time) ของขยะใหม่ที่แปรสภาพ*

3.2.1 ผลการทดลองการหาค่าความร้อนของขยะเก่า (Aged waste) และขยะใหม่(Fresh waste) มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน โดยค่าความร้อน(Heating value) ของขยะเก่าในบ่อฝังกลบอายุประมาณไม่ต่ำกว่า 2 ปี พบว่ามากกว่าขยะใหม่ ประมาณ 44% ดังแสดงในตารางที่ 1

***ตารางที่ 1** *ค่าความร้อนของขยะสด(Fresh waste) และขยะเก่า(Aged waste)*

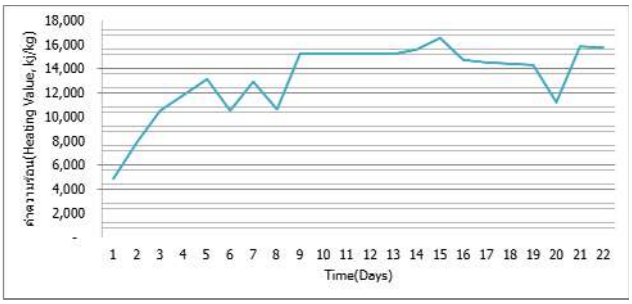
ตัวอย่างที่วิเคราะห์ (Sampling)	***ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม) Heating Value(kj/kg)***
ขยะสด(Fresh waste)	*4,900*
ขยะเก่า(Aged waste)*	*8,686*

หมายเหตุ

**ขยะเก่าอายุมากกว่า 2 ปี*

การทดสอบค่าความร้อนเป็นแบบ ณ ขณะเก็บตัวอย่าง (As Receive basis)

3.2.2 ผลการทดลองและเก็บข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ในรูปแบบค่าพลังงานความร้อน ของขยะสดที่เปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพของขยะสดที่มีการเก็บกักประมาณ 3 สัปดาห์ โดยเก็บตัวอย่าง ณ สถานที่กำจัดขยะ เทศบาลนครขอนแก่น เมื่อได้ดำเนินการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนของขยะสดเป็นรายวัน ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บกักประมาณ 2 สัปดาห์ พบว่าค่าความร้อนมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 7 วัน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่าความร้อนของขยะสดใน 21 วัน

4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การประเมินศักยภาพการใช้ขยะชุมชนจากเทศบาลนครขอนแก่นเพื่อเป็นพลังงานทดแทน โดยการวิเคราะห์จากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีโดยค่าความร้อนของขยะสด และขยะเก่า จากผลการทดลอง พบว่า

4.1 องค์ประกอบทางกายภาพของขยะเก่าและขยะใหม่ มีความแตกต่างกัน อย่างเห็นได้ชัดคือองค์ประกอบของเศษอาหาร โดยขยะเก่าจะมีเศษอาหารหรือขยะอินทรีย์ในปริมาณที่น้อยกว่าขยะสดประมาณร้อยละ 50 แสดงว่าเมื่อระยะเวลาการกักเก็บขยะนานขึ้นพบว่ามีผลต่อการย่อยสลายของขยะเศษอาหารส่งผลให้สัดส่วนของขยะอินทรีย์น้อยลงตามระยะเวลาจากการศึกษากักเก็บ 7-14 วัน สัดส่วนขยะอินทรีย์ลดลง 10-20%

4.2 องค์ประกอบทางเคมีของขยะเก่าและขยะใหม่ มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดคือค่าความร้อน โดยขยะเก่าที่มีอายุ 2 ปีขึ้นไปจะมีค่าความร้อนมากกว่าขยะสดประมาณ 2 เท่า แสดงว่าเมื่อระยะเวลาการกักเก็บขยะนานขึ้นพบว่ามีผลต่อค่าความร้อน จากการเก็บขยะเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อน จากการศึกษากักเก็บ 21 วัน ค่าความร้อนของขยะมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงเวลาการกักเก็บ 9 วัน

จะเห็นได้ว่าขยะอินทรีย์ หรือ ขยะจำพวกผักหรือเศษอาหาร มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบที่ชัดเจนเนื่องจากมีการย่อยสลาย แต่ขยะพลาสติกมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเวลาผ่านไปการเปลี่ยนสภาพโดยการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมีผลทำให้ค่าพลังงานความร้อน (Heating Value) เปลี่ยนไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนขององค์ประกอบขยะจะส่งผลให้ค่าความร้อนของขยะโดยรวมเปลี่ยนแปลงไปเมื่อองค์ประกอบนั้นมีสัดส่วนแตกต่างกัน

ดังนั้นการเพิ่มศักยภาพในการใช้ขยะชุมชนจากเทศบาลนครขอนแก่นเพื่อเป็นพลังงานทดแทนให้ได้ค่าพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น ต้องมีการกักเก็บขยะสดและเปลี่ยนสภาพให้เป็นขยะเก่าในระยะเวลาที่สั้นที่สุดคือ 9 วัน

เอกสารอ้างอิง

[1] เทศบาลนครขอนแก่น,2556

[2] ธเรศ ศรีสถิต ., 2553 วิศวกรรมการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[3] เก่งกมล วิรัตน์เกษม การทดสอบค่าความร้อนเชื้อเพลิง(Heating Value of Fuel Test) ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[4] พัชรี หอวิจิตร.,2545 การจัดการขยะมูลฝอย. พิมพ์ครั้งที่ 6 ขอนแก่น : หน่วยสารบรรณงาน บริหารและธุรการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[5] รัตนา สายคณิตและชลดา จามรกุล(2549). เศรษฐศาสตร์เบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] Dezhen CHEN, Zhenzhen Guan ,Guangyu LIU, Gongming ZHOU, Tong ZHU. Recycling combustibles from aged municipal solid wastes (MSW) to improve fresh MSW incineration in Shanghai: Investigation of necessity and feasibility. Frontiers of Environmental Science & Engineering in China June 2010, Volume 4, Issue 2, pp 235-243

[7] Changqing Dong , Baosheng Jin Daji Li . Predicting the heating value of MSW with a feed forward neural network. Waste management 23(2013)103-106

[8] Miele Quaghebeur,Ben Laenen ,Daneel Geysen ,Peter Nielsen, Yiannis Pontiles, Tom Van Gerven , Jeroen Spooren. Characterization of landfilled material : Screening of the enhanced landfill potential. Journal of Cleaner Production Volume 55, 15 September 2013, Pages 72–83

[9] Chart Chiemchasri , Boonya Charnnok , Chettiyappan Visvanathan. Recovery of plastic wastes from dumpsite as refuse-derived fuel and its utilization is small gasification system. Bioresource Technology 101(2010) 1522-1527

[10] Jidapa Nithikul , Obuli. P. Karthikeyan , C. Visvanathan. Reject management from a Mechanical Biological treatment plant in Bangkok, Thailand. Resource conservation and Recycling 55 (2011) 417-422

[11] Jidapa Nithikul , Obuli. P. Karthikeyan , C. Visvanathan. Reject management from a Mechanical Biological treatment plant in Bangkok, Thailand. Resource conservation and Recycling 55 (2011) 417-422

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

Improvement of a Flat-Plate Solar-Absorption Heat Transformer Combining with a R-236fa Vapor Compression Heat Pump Comparison with Evacuated-Tube Solar Water Heating System

Nattaporn Chaiyat

School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai, Thailand

E-mail: benz178tii@hotmail.com

Abstract

This paper presents a concept for upgrading a high temperature heat by 2 techniques of an evacuated-tube heat pipe solar water heating system (ETWHS) and a flat-plate solar collector combining with an absorption heat transformer (AHT) and a vapor compression heat pump (VCHP), the whole unit is called Solar-Compression/Absorption Heat Transformer (Solar-CAHT). The solar radiations and the weather conditions of Chiang Mai, Thailand are taken as the input data. In the case of the ETWHS, the suitable number of collector is 40 units for generating hot water temperature over 90 ℃. For the Solar-CAHT, the suitable number of flat-plate solar collector is 25 units combining with R-236fa VCHP for producing heat to the AHT unit. The modified Solar-CAHT uses the number of solar collector lower than the normal Solar-AHT about 2 times and higher COP around 80%. For the economic results, it could be seen that the investment cost of the Solar-CAHT is less than the ETWHS about 100,000 Baht at the heating capacity 10 kW.

***Keywords*:** Absorption heat transformer, Solar collector, Vapor compression heat pump, Solar water heating system

1. Introduction

Absorption heat transformer (AHT) is one type of absorption heat pump for upgrading low temperature heat to a higher temperature level. In a normal AHT, low temperature heat is supplied at the generator and evaporator and a high temperature heat is delivered at the absorber, while the condenser rejects heat to the surrounding. Theoretical and experimental studies of the AHT have been evaluated by various literatures. Florides et al. [1] presented an absorption solar cooling system for CYPRUS which used 3 types of solar collectors for comparison by TRNSTS simulation program, flat plate solar collectors, compound parabolic collectors (CPC) and evacuated tube heat pipe solar collectors. It could be seen that CPC had appropriate for supplied hot water to solar absorption cooling and house load during the whole year. Chaichana et al. [2] also studied the simulated results of solar water heating systems in a small slaughterhouse of Chiang Mai, Thailand, using a flat-plate solar collector water heating and a solar-boosted heat pump system. It could be seen found that two techniques have similarly results to generate hot water, but the solar-boosted heat pump has shorter a payback period at the same storage tank. Rivera et al. [3] presented a single-stage AHT and the advanced AHT operating with the water-LiBr and water-CarrolTM mixtures to increase the useful heat of solar ponds. The results showed that the single-stage AHT and the double AHT increased solar pond's temperature until 50 °C at COP about 0.48 and 100 °C at COP about 0.33, respectively. Xuehu et al. [4], reported the experimental results of the industrial-scale water-LiBr AHT in China which was used to recover waste heat from organic vapor at 98 °C in a synthetic rubber plant. The recovered heat was used to heat hot water from 95-110 °C. The AHT system operated with a heat rate of 5,000 kW with a mean COP of 0.47. The payback was approximately 2 y. Sotsil Silva Sotelo et al. [5] presented a water-CarrolTM AHT cycle which was a higher solubility than water-LiBr solution. It could be found that the COP was higher and less crystallization risk which compared with the water-LiBr solution.

In this study a techniques to improve the thermal performance of a single-stage H_2O-LiBr AHT by combining the VCHP and flat-plate solar collectors for supplying heat to the AHT system has been considered. For the VCHP, the heat rejected at the AHT condenser is recovered and supplied back to the AHT evaporator at higher temperature and an appropriate working fluid has been chosen. The whole unit is compared with the normal solar water heating system by using evacuated tube heat pipe solar collector which is the objective of this study.

2. Research Methodology

Figure 1 shows a schematic diagram of a normal solar water heating system. Solar energy is absorbed at evacuated-tube heat pipe solar collectors to upgrade heat around 80-120 °C, which is kept in the water storage tank.

The second solar water heating system is flat-plate solar collector water heater combined with an absorption heat transformer (AHT) and the whole unit is called Solar-Absorption Heat Transformer (Solar-AHT) as shown in Figure 2. When the VCHP is used to recover the low

temperature heat at the AHT condenser which is upgraded and supplied heat to the AHT evaporator at a higher temperature level as shown in Figure 3. The modified is called Solar-Compression/Absorption Heat Transformer (Solar-AHT) and the coefficient of performance (COP) of the modified units could be increased and the number of collector units could be decreased around 2 times compared with the normal Solar-AHT.

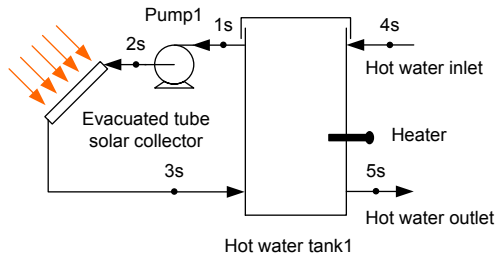


Figure 1 Schematic diagram of a solar water heating system by evacuated tube heat pipe solar collector.

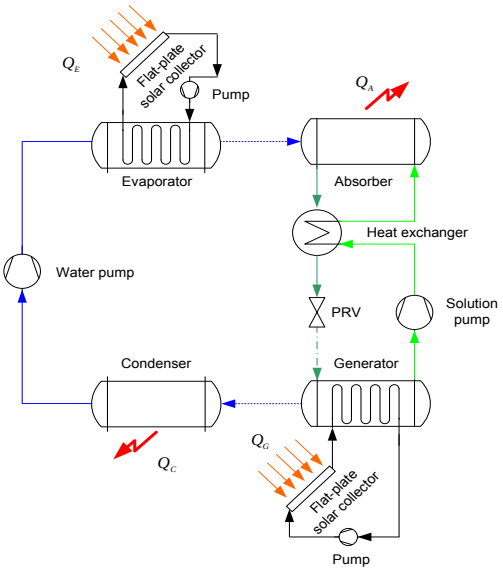


Fig. 2 Schematic diagram of a solar absorption heat transformer.

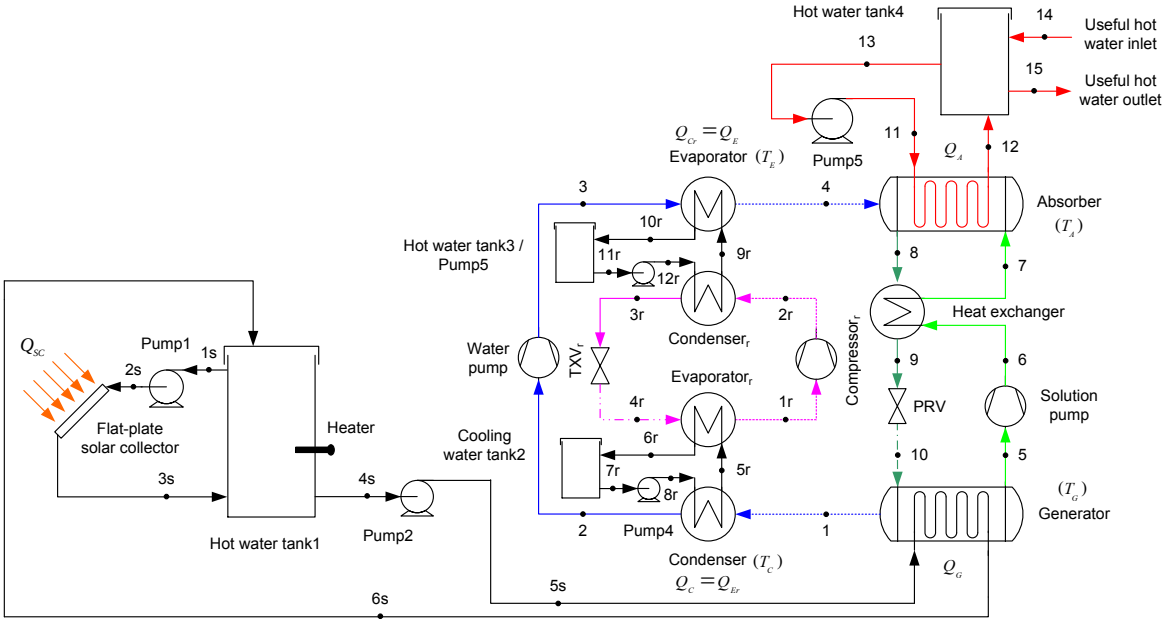


Figure 3 Schematic diagram of a CAHT coupling with flat-plate solar collector.

3. Simulation Model

The basic equations for the behavior of each component in the AHT cycle are as follows:

- Generator

$$Q_G = \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_5 h_5 - \dot{m}_{10} h_{10}, \quad (1)$$

$$\dot{m}_{10} = \dot{m}_1 + \dot{m}_5, \quad (2)$$

$$\dot{m}_{10} X_{10} = \dot{m}_5 X_5, (X_1 = 0). \quad (3)$$

From equation (14) and (15),

$$\dot{m}_5 = \frac{\dot{m}_1 X_{10}}{X_5 - X_{10}}, \quad (4)$$

and

$$\dot{m}_{10} = \frac{\dot{m}_1 X_5}{X_5 - X_{10}}. \quad (5)$$

- Condenser

$$Q_C = \dot{m}_{ref}(h_1 - h_2), \quad (6)$$

$$\dot{m}_{ref} = \dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_3 = \dot{m}_4. \quad (7)$$

- Pump and solution pump

$$W_P = (P_E - P_C)\frac{v_2 \dot{m}_2}{\eta_P}, \quad (8)$$

$$W_{SP} = (P_E - P_C)\frac{v_5 \dot{m}_5}{\eta_{SP}}, \quad (9)$$

$$h_2 \approx h_3, \quad (10)$$

$$h_5 \approx h_6. \quad (11)$$

- Evaporator

$$Q_E = \dot{m}_{ref}(h_4 - h_3). \quad (12)$$

- Absorber

$$Q_A = \dot{m}_4 h_4 + \dot{m}_7 h_7 - \dot{m}_8 h_8, \quad (13)$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_4 + \dot{m}_7, \quad (14)$$

$$\dot{m}_8 X_8 = \dot{m}_7 X_7. \quad (15)$$

- Heat exchanger

$$Q_{HX} = \dot{m}_8 Cp_8(T_8 - T_9) = \dot{m}_6 Cp_6(T_7 - T_6), \quad (16.1)$$

$$Q_{HX} = \varepsilon_{HX}(mCp)_{min}(T_8 - T_6), \quad (16.2)$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_9, \quad (17)$$

$$\dot{m}_6 = \dot{m}_7. \quad (18)$$

- Expansion valve

$$h_9 = h_{10} \text{ (Throttling process).} \quad (19)$$

- Coefficient of performance (COP)

$$COP_{AHT} = \frac{Q_A}{Q_E + Q_G + W_P + W_{SP}}. \quad (20)$$

For the VCHP, the basic equations for the behavior of each component in the VCHP cycle as presented in Figure 3 are as follows:

- Evaporator$_r$

$$Q_{Er} = \dot{m}_r(h_{1r} - h_{4r}), \quad (21)$$

$$\dot{m}_r = \dot{m}_{1r} = \dot{m}_{2r} = \dot{m}_{3r} = \dot{m}_{4r}. \quad (22)$$

- Compressor$_r$

$$W_{Comp} = \dot{m}_r(h_{2r} - h_{1r}), \quad (23)$$

$$s_{1r} = s_{2r} \text{ (Isentropic process),} \quad (24)$$

$$\eta_{Comp} = \frac{h_{2r}' - h_{1r}}{h_{2r} - h_{1r}}. \quad (25)$$

- Condenser$_r$

$$Q_{Cr} = \dot{m}_r(h_{2r} - h_{3r}). \quad (26)$$

- Expansion valve$_r$

$$h_{3r} = h_{4r} \text{ (Throttling process).} \quad (27)$$

Then the overall coefficient of performance (COP) of the CAHT will be:

$$COP_{CAHT} = \frac{Q_A}{Q_G + W_P + W_{SP} + W_{Comp}}. \quad (28)$$

It could be seen that W_{Comp} in Eq (20) is less than Q_E in Eq (28) then the COP_{CAHT} will be higher than that of COP_{AHT}.

R-236fa is selected as the working fluid of the VCHP due to its low compression work at a high temperature range and the cycle pressure ratio is not high.

Figure 4 shows the simulation program for evaluating the normal solar water heating system.

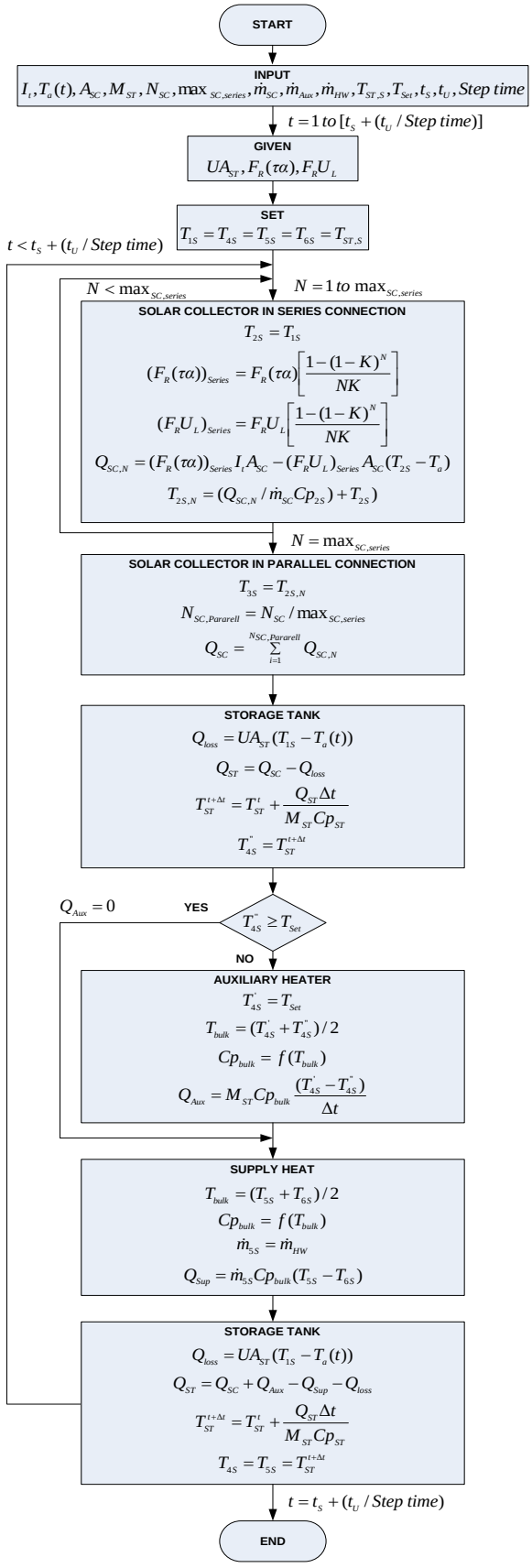


Fig. 4 Flow chart of the simulation program for evaluating the solar water heating system.

4. Results

In this section, the performance of evacuated tube heat pipe solar collector tests by the Florida Solar Energy Center [8], $F_R(\tau\alpha)$ and $F_R U_L$ are 0.53 and 1.7 W/m^2.K, respectively.

Figure 5 shows the variations of water temperature at various the number of evacuated-tube solar collectors between 20-40 units in parallels connection. For 11:00 a.m., 40 units of the collectors could generate heat continuously at 8 h while the other units have the maximum operating time around 5 h. Therefore, the appropriate number of evacuated tube heat pipe collectors is 40 units which calls that a set of collectors and water tank is Evacuated Tube-Water Heating System (ETWHS). Its simulation result is used to compare with the Solar-CAHT.

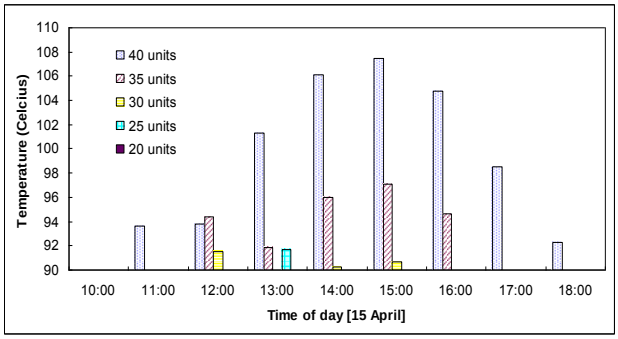


Figure 5 Effect of the number of collector units on hot water temperature in storage tank at 1,500 l and flow rate of useful water 0.5 l/s for used auxiliary heater 15 kW.

Figure 6 shows the variations of water temperature in tank at 1,500 l with various the solar radiations in term of time of day of the Solar-CAHT and the ETWHS. After 11:00 a.m., it could be seen that hot water temperature leaving the Solar-CAHT is constant around 96 °C while the ETWHS varies with the solar radiations. For the Solar-CAHT, water temperature leaving the system is upon the AHT evaporator temperature (T_E) which is nearly constants due to supplied hot water level from the VCHP is kept at constants temperature.

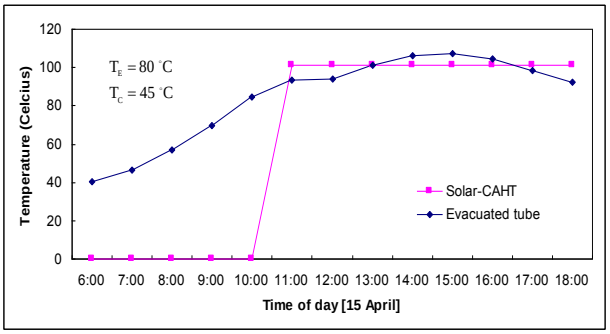


Figure 6 Comparison hot water temperature of the Solar-CAHT and the ETWHS.

For Solar-CAHT, could be increased T_E which means that the AHT absorber temperature (T_A) is increased, higher T_A will give higher hot water temperature leaving the AHT absorber while the ETWHS does not increase hot water temperature leaving the system. For the ETWHS, increasing the number of collector units will give the higher hot water temperature which means that the investment cost of this system increase following the number of collector units.

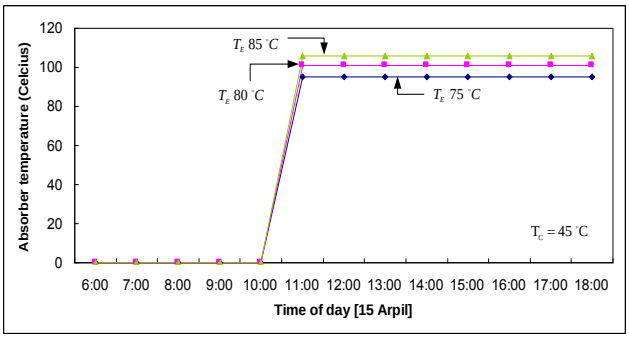


Figure 7 Effect of T_E on T_A of the Solar-CAHT at flat-plate solar collector 25 units and auxiliary heater 15 kW.

Figure 7 shows the variation of T_A with T_E. It could be seen that T_A increases significantly with T_E. Higher T_E will give higher pressure in the absorber which results in higher T_A value.

Figure 8 shows the overall COP various with the time of day in the normal AHT cycle and the CAHT cycle. It could be seen that the overall COP of the CAHT is higher than that of the normal AHT at similarly T_E, because the heat rejected in the AHT condenser is recovered which the energy supplied for the VCHP is not high. The overall COP improvement performed by the CAHT compared is around 80% higher than that of the normal AHT.

Figure 8 also show the overall COP of the CAHT cycle could be improved by decreasing T_E. Lower T_E requires less the VCHP compression work which results in higher COP of the CAHT cycle.

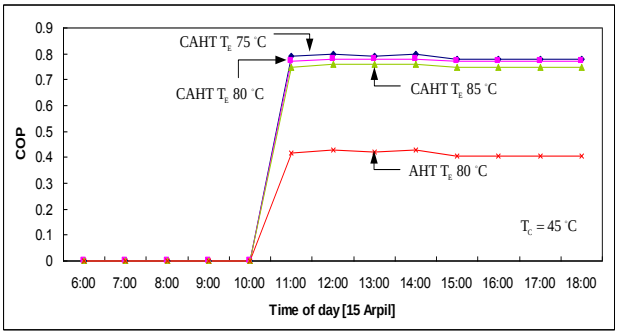


Figure 8 Effect of T_E on the overall COP of the normal Solar-AHT and the Solar-CAHT at flat-plate solar collector 25 units and auxiliary heater 15 kW.

From the previous results, it could be seen that the Solar-CAHT same generated hot water temperature as the ETWHS. Moreover, it could

supply water temperature is nearly constants and has the overall COP higher than that of the normal Solar-AHT. For the economics, the investment cost of the Solar-CAHT is less than the ETWHS about 100,000 Baht at the output heating capacity 10 kW_{th}.

Table 1 Comparison investment costs of the Solar-CAHT and the ETWHS.

Details	Solar-CAHT	ETWHS
Type of collector	Flat-plate [9]	Evacuated-tube [8,10]
Cost of collector (Baht/m^2)	7,000	10,000
The number of collector units (each unit = 2 m^2, units)	25	40
Cost of the VCHP (Baht)	150,000	
Cost of the AHT (Baht)	200,000	
Investment cost (Baht)	700,000	800,000

Note: 32.44 (Baht) = 1 U.S. Dollar

5. Conclusions

From this study, the conclusions are as follows:

1. The suitable natural working fluid of the VCHP for recovering and upgrading heat of the AHT is R-236fa due to its low operating pressure and high COP of the VCHP cycle for supplying heat at around 80-90 °C.

2. The CAHT can produce upgraded heat at a nearly constant temperature at the absorber and the overall COP.

3. The overall COP of the Solar-CAHT cycle can increase around 80% over that of the normal AHT (the overall COP of the AHT around 0.5) and decrease the number of collector units about 2 times compared with the normal Solar-AHT.

4. The investment cost of the Solar-CAHT is about 700,000 Baht which is less than the ETWHS about 100,000 Baht at heating capacity around 10 kW. The comparison result used the number of flat-plate solar collectors and evacuated tube heat pipe solar collectors are 25 units and 40 units, respectively.

6. Acknowledgement

The authors would like to acknowledge the School of Renewable Energy and Faculty of Mechanical Engineering, Chiang Mai University for supporting the facilities for this study.

Reference

[1] Florides GA, Kalogirou SA, Tassou SA,Wrobel LC. Modeling and Simulation of an Absorption Solar Cooling System for Cyprus. Solar Energy, 2002; 72:43-51.

[2] Chaichana, C, Kiatsiriroat, T, Nuntaphan, A. Camparison of Conventional Flat-Plate Solar Collector and Solar Boosted Heat Pump Using Unglazed Collector for Hot Water Unglazed Collector for Hot Water Production in Small Slaughterhouse. Heat Transfer Engineering, Vol. 31, no. 5, pp. 419-429, 2010.

[3] Rivera, W, Cardoso, M.J., Romero R.J. Single-Stage and Advanced Absorption Heat Transformers Operating with Lithium Bromide Mixtures Used to Increase Solar Pond's Temperature. Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 70, pp. 321-333, 2001.

[4] Xuehu, Ma, Jiabin, C, Songping Li, Qingyun, Sha, Aiming, L, Wei, Li, Jiayan, Z, Guojun, Z, Zhihao, F. Application of absorption heat transformer to recover waste heat from a synthetic rubber plant. Appl Therm Eng, Vol. 25, pp.797-806, 2002.

[5] Sotelo, S.S, Romero, R.J. Improvement of Recovery Energy in the Absorption Heat Transformer Process Using Water-CarrolTM for Steam Generation. In: Proceeding of The ninth International Conference on Chemical & Process Engineering 9, Italy, 2009

[6] Chaiyat, N, Chaichana, C. Drying Room from Geothermal Energy. In: Proceeding of Seminar on Heat and Mass Transfer in Thermal Equipments 8, Thailand, 2008.

[7] National Institute of Standards and Technology, Inc. (NIST, REFPROP Version 7). Thermodynamic Properties of Refrigerants and Refrigerant Mixtures Software. America, 2000.

[8] Florida Solar Energy Center, Solar Collector Test Report No. 00100, February, 2004.

[9] Sanguantrakarnkul, P., Sizing of a Solar Water Heating System for Abattoir, M. Eng. thesis, Chiang Mai University, Thailand, 2006.

[10] Panichakul, J., Thermal Management of Ethanol Distillation with Vacuum Tube Solar Collector. M. Eng. thesis, Chiang Mai University, Thailand, 2005.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การหาปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ด้วยระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส

A Study of Maximum Installed Capacity of Thailand's Solar Power Plant in IEEE 118 Bus Systms

ชัชรินทร์ นิยติวัฒน์ชาญชัย[1],พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร [2], และ วรรัตน์ ปัตรประกร[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี

[3]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี

ning_panny123@hotmail.com [1], bporr@engr.tu.ac.th [2], pworarat@engr.tu.ac.th [3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จะศึกษาหาปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดที่ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของประเทศไทยได้ ซึ่งจะทำการทดสอบบนระบบมาตรฐาน 118 บัส ของ IEEE โดยนำข้อมูลวันที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทยที่เกิดขึ้นจริงในปี 2556 ที่มีการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 30 นาทีเพื่อนำมาศึกษาพฤติกรรมของความต้องการพลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้า (Thailand Load's Profile)ในวันนั้น , ข้อมูลลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ทุกๆ 30 นาที จำนวน 10 วัน แปลงเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์และเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบมาตรฐาน 118 บัส ของ IEEE ซึ่งจะเชื่อมต่อเฉพาะบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่ (Generator Bus) และคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า (Power Flow Analysis) ในแต่ละบัสด้วยระเบียบวิธีนิวตัน – ราฟสัน เพื่อศึกษาวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบ, ศึกษา Divert Power-Flow Index และวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์กำลังผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในระบบ ที่มีกำลังผลิตไฟฟ้าสำรอง (Reserve Margin) ไม่เกิน 25% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

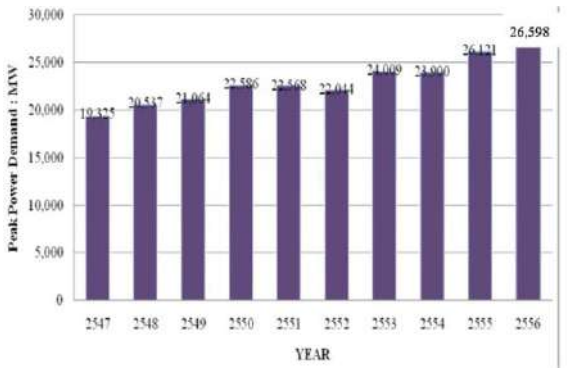
Abstract

This paper proposes an approach to determine the maximum installed capacity of solar power plants that could be connected to an electricity distribution in Thailand. The study used IEEE 118 Bus test by considering a day having peak power demand of electricity's consumption in Thailand in 2013 and the various generated profiles of solar power in 10 days. Both data are collected in every 30 minutes on that day and converted into a mathematic model. A computer programming was used to simulate a connection of a solar power plant with IEEE 118 Bus system which only connected with Generator Bus. The following, the simulation was analyzed the power flow in each Bus by the Newton-Raphson method in order to study all effects of voltage when solar power plants are connected to the system, to study a Divert Power-Flow Index and to examine a percentage of the maximum production from the solar power plant which is installed a spinning reserve at 25% of the maximum demand.

Keywords— Solar Power Plant, Power - Flow Analysis, Frequency Response Index, IEEE 118 Bus system, Newton - Raphson Method, Load's Profile

1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูง โดยในปี 2556 มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 26,598 MW ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2555 ประมาณ 2% [1] ในขณะที่เชื้อเพลิงที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณลดลงอย่างมากจนต้องมีการนำเข้าเชื้อเพลิงจากประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งส่งผลต่อความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ



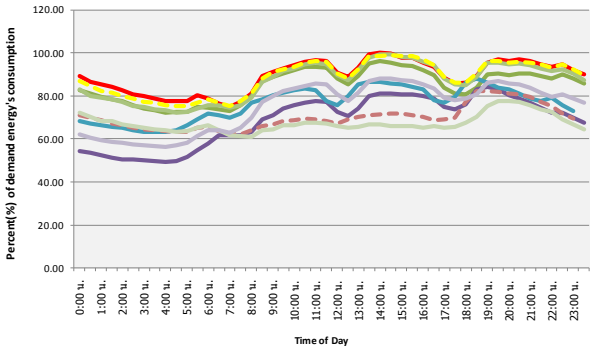
รูปที่ 1. กราฟแสดงแนวโน้มความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นรัฐบาลจึงได้กำหนดแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2573 (PDP 2010) เพื่อสร้างความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าของประเทศในอนาคตควบคู่ไปกับการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดเป้าหมายในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียนอย่างน้อยร้อยละ 25 ของพลังงานทั้งหมด

ภายใน 10 ปี [2] ทำให้พลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทนถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สะอาด มีความยั่งยืน และมีศักยภาพมากพอที่จะนำมาใช้ผลิตไฟฟ้า จึงถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้นในปัจจุบัน แต่เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลให้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆในแต่ละวันมีค่าไม่สม่ำเสมอ และไม่คงที่ เช่นสภาพอากาศ , ฤดูกาล รวมทั้งภูมิประเทศหรือพื้นที่ในการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น จึงทำให้ไม่สามารถวางแผนและควบคุมปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่แน่นอนได้ ซึ่งจะส่งผลต่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้า ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จะทำการจำลองหาปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบมาตรฐาน 118 บัส ของ IEEE ซึ่งถูกใช้เป็นระบบทดสอบโดยไม่ส่งผลต่อความเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือของระบบ รวมทั้งยังสามารถตอบสนองต่อความต้องการพลังงานประเทศไทยที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้โดยจะทำการจำลองการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบมาตรฐาน 118 บัส ของ IEEE ด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ และวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในแต่ละบัส ด้วยระเบียบวิธี นิวตัน – ราฟสัน เพื่อนำใช้เป็นแนวทางในการศึกษาหาปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะสามารถติดตั้งเข้ากับระบบไฟฟ้าของประเทศไทยได้ต่อไป

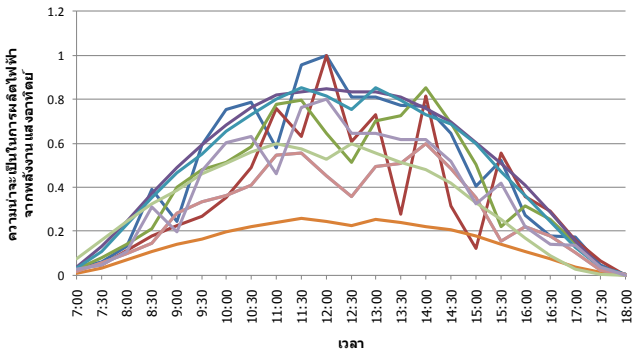
2. อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาเพื่อหาปริมาณกำลังการผลิตติดตั้งสูงสุดที่เป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ทำการศึกษาบนระบบไฟฟ้ามาตรฐาน 118 บัสของ IEEE [5] โดยใช้ 1) ข้อมูลต้องการพลังงานไฟฟ้าของวันที่ 16 พฤษภาคม 2556 ซึ่งเป็นวันที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทยในปี 2556 ที่มีเปลี่ยนแปลงทุก 30 นาที (ดังเช่นรูปที่ 2) เพื่อนำมาศึกษาพฤติกรรมความต้องการพลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้า (Thailand Load ‘s Profile) ในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 2. กราฟแสดงพฤติกรรมความต้องการพลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้าใน 1 วันของประเทศไทยในปี 2556

2) ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ทุกๆ 30 นาที จำนวน 10 วัน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) ของบริษัท Siam Fiberglass เพื่อนำมาศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาใน 1 วัน (ดังเช่นรูปที่ 2) โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นจะแสดงถึงปริมาณการผลิตไฟฟ้าได้ในช่วงเวลาต่างๆ ใน 1 วัน ซึ่งพบว่าในแต่ละวันมีปริมาณไม่เท่ากัน โดยช่วงเวลาที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุดคือตั้งแต่ 11.00 - 12.00 น.



รูปที่ 2. กราฟความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

จากนั้นนำข้อมูลทั้ง 2 ชนิดข้างต้น แปลงเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบมาตรฐาน 118 บัส ของ IEEE โดยจะเชื่อมต่อเฉพาะบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่ (Generator Bus) ทีละบัสจำนวนทั้งสิ้น 53 บัสดังนี้ บัสที่ 1, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 34, 36,40, 42, 46, 49, 54, 55, 56, 59, 61, 62, 65, 66, 70, 72, 73, 74, 76, 77, 80, 85, 87, 89, 90, 91, 92, 99, 100, 103, 104, 105, 107, 110, 111, 112, 113 และ 116 และคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ด้วยระเบียบวิธี นิวตัน – ราฟสัน [3] – [4] โดยกำหนดให้กำลังการผลิตไฟฟ้าสำรองของระบบ (Reserve Margin) ไม่เกิน 25% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด และในการทดสอบหาค่ากำลังผลิตติดตั้งที่เป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะทดสอบจำนวนทั้งสิ้น 1219 รอบต่อการเพิ่มปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 1 ครั้ง

$$S_i = V_i I_i^* = P_i + jQ_i \qquad (1)$$

เมื่อ

$$Q_i = -\sum_{j=1}^{n} |Y_{ij}||V_j||V_i|\sin(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^{n} |Y_{ij}||V_j||V_i|\cos(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i)$$

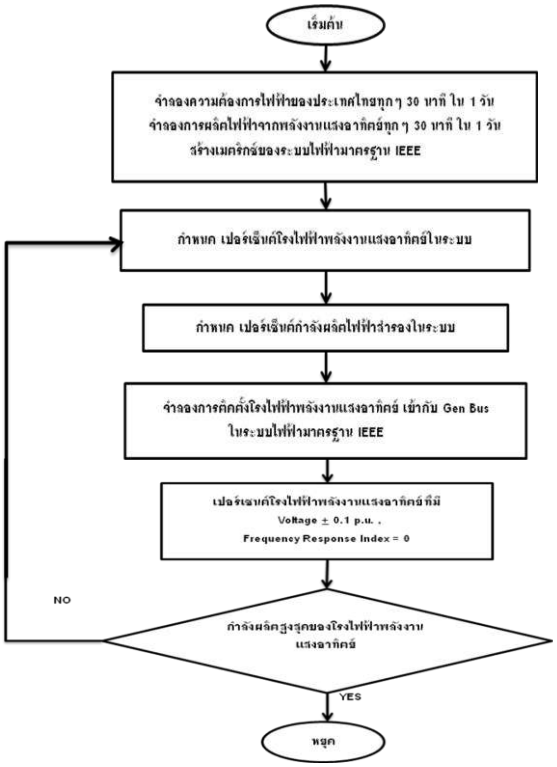
เมื่อ V_i, V_j คือ ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่บัสใดๆ

Y_{ij} คือ ขนาดของบัสแอดมิตแตนซ์

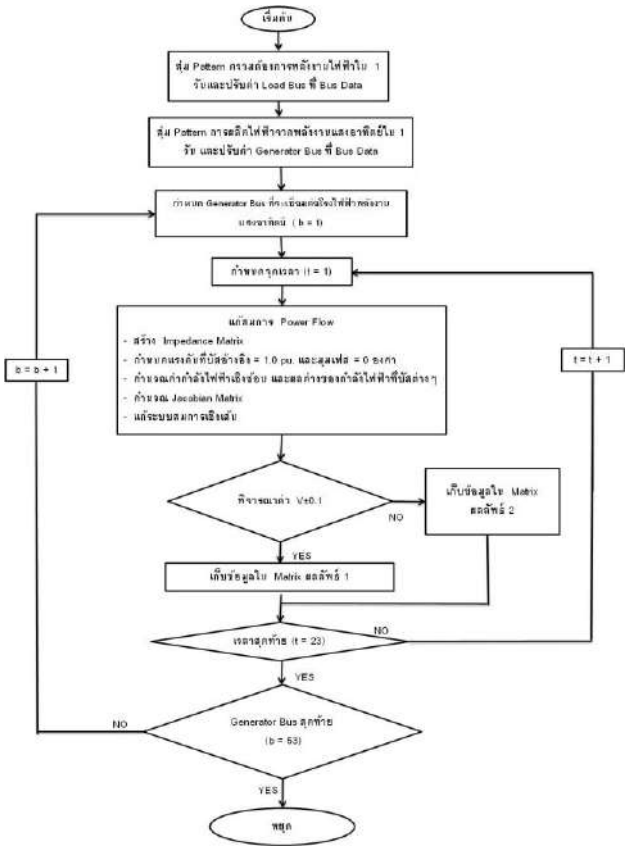
θ_{ij} คือ มุมของแรงดันไฟฟ้าที่บัสใดๆ

δ_i คือ มุมของบัสแอดมิตแตนซ์

จากนั้นจะทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสเมื่อมีการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบ เพื่อนำไปหาค่าเปอร์เซ็นต์กำลังผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในระบบ รวมทั้งพิจารณาหาบัสที่เป็นจุดอ่อน (weakness bus) ของระบบไฟฟ้าเมื่อมีการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และ วิเคราะห์หาค่า Divert Power-Flow Index (ขั้นตอนการศึกษาดังเช่นรูปที่ 3 - 4)



รูปที่ 3. รูปแสดงขั้นตอนการหากำลังผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

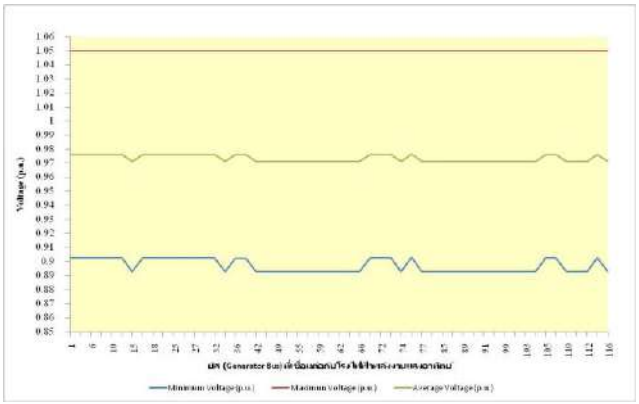


รูปที่ 4. การสร้างแบบจำลองการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบไฟฟ้ามาตรฐาน 118 บัสของ IEEE

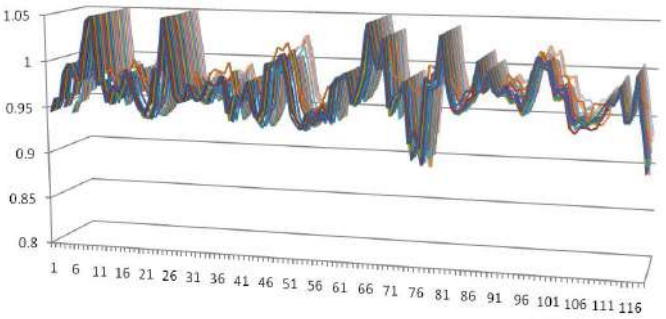
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 แรงดันไฟฟ้าของระบบ

จากการทดสอบพบว่า เมื่อทำการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่ทีละบัสจำนวน 53 บัส ค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบในแต่ละบัส จะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดทั้งวัน โดยมีค่าอยู่อย่างระหว่าง 0.893 – 1.05 p.u. (ดังเช่นรูปที่ 4) โดยช่วงเวลาที่ค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบต่ำสุดคือเวลา 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทยในปี 2556 และบัสที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำที่สุดของระบบ (weakness Bus) คือบัสที่ 76 มีค่าแรงดันไฟฟ้า 0.893 pu. รองลงมาคือ บัสที่ 118 มีค่าแรงดันไฟฟ้า 0.897 pu. สำหรับบัสที่มีค่าแรงดันไฟฟ้ามากที่สุด คือบัสที่ 10, 25, 66 โดยมีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 1.05 p.u.



รูปที่ 4. ค่า Voltage (pu.) เมื่อเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับ Generator Bus



รูปที่ 5. ค่า Voltage(pu.) แต่ละบัส ใน 1 วัน

3.2 เสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

เสถียรภาพของระบบไฟฟ้าเป็นตัวที่บ่งชี้ถึงคุณภาพไฟฟ้าของระบบ โดยจะขึ้นอยู่กับค่าแรงดัน และความถี่ในแต่ละบัสของระบบ ซึ่งตามมาตรฐาน IEEE ได้กำหนดให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ V ± 0.1 p.u. แต่การทดสอบพบว่าเมื่อเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบในบัสที่ 15, 34, 42, 46, 49, 54, 55, 56, 59, 61, 62, 65, 66, 74, 77, 80, 85, 87, 89, 90, 91, 92, 99, 100, 103, 104, 110, 111, 112, 116 แรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบมีค่า 0.893 p.u.ซึ่งต่ำกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่มาตรฐาน

กำหนด ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าจึงควรหลีกเลี่ยงการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับบัสที่กล่าวมาข้างต้น

3.3 ค่า Divert Power-Flow Index

Divert Power-Flow Index เป็นค่าดัชนีที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กำลังการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบไม่เพียงพอกับระดับความต้องการพลังงานไฟฟ้า อันเนื่องมาจากความไม่แน่นอนของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน และระดับความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างเฉียบพลัน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดไฟฟ้าดับในระบบได้

$$\%\ \text{Divert Power-Flow Index} = \frac{\text{จำนวนที่เกิด OVERLOAD x 100}}{\text{จำนวนที่ทำการทดสอบทั้งหมด}}$$

จากการทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่ 0% – 9.9% ค่า Divert Power-Flow Index จะมีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งแสดงถึงระบบไฟฟ้ายังสามารถผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าของระบบนั่นคือ % ความเชื่อมั่นของระบบมีค่าเท่ากับ 100% แต่เมื่อเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าเป็น 10% จะพบว่า Divert Power-Flow Index จะมีค่าเท่ากับ 0.05 นั่นคือ% ความเชื่อมั่นของระบบจะลดลงเหลือเพียง 95%

4. สรุป

จากการศึกษาเพื่อหาปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของประเทศไทย โดยศึกษาบนระบบมาตรฐาน 118 บัส ของ IEEE และกำหนดให้ระบบมีกำลังผลิตไฟฟ้าสำรอง (Reserve Margin) ไม่เกิน 25% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทยในปี 2556 พบว่าตำแหน่งและขนาดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีนัยสำคัญต่อค่าแรงดันไฟฟ้าเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า และค่า Divert Power-Flow Index ของระบบ โดยปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบและไม่ส่งผลกระทบต่อระบบมีค่าไม่เกิน 9.9% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทยในปี 2556 โดยต้องหลีกเลี่ยงการติดตั้งโรงไฟฟ้าที่บัส 15, 34, 42, 46, 49, 54, 55, 56, 59, 61, 62, 65, 66, 74, 77, 80, 85, 87, 89, 90, 91, 92, 99, 100, 103, 104, 110, 111, 112, 116 มิเช่นนั้นจะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ IEEE ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้หากเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าเป็น 10% จะทำให้ความเชื่อมั่นของระบบลดลงเหลือ 95% แต่ค่าดังกล่าวยังคงเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้อยู่ โดยผลที่ได้จากงานวิจัยฉบับนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาหาปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประเทศไทยสามารถรองรับได้ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วรรัตน์ ปัตรประกร อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย และ อาจารย์ดร.พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา แนวคิดและแนวทางในการทำวิจัยครั้งนี้ ซึ่งทำให้ผลงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณพี่โชคชัย แสนสีละนักศึกษาปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ ครอบครัวและเพื่อนๆ พี่ๆน้องๆ ที่คอยให้กำลังใจ ในการศึกษาวิจัยนี้จนสำเร็จได้

เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2013), ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดปี 2556 http://www.egat.co.th/images/stories/data/data-peak-annual-2554.pdf

[2] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, “The Renewable and Alternative Energy Development Plan for 25 Percent in 10 Years (AEDP 2012-2021) ”, 2012

[3] HADI SAADAT ,“POWER SYSTEM ANALYSIS SECOND EDITION”: Milwaukee School of Engineering, 2004.

[3] Badrul H. Chowdhury. “LOAD-FLOW ANALYSIS IN POWER SYSTEMS”:Electrical & Computer Engineering Department University of Missouri-Rolla

[4] ปณยา สุดตา และศิริโรจน์ ศิริสุขประเสริฐ, “การศึกษาศักยภาพและผลกระทบของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานงานแสงอาทิตย์ต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าในเมืองใหญ่”, การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 29, 24 – 25 ตุลาคม 2556.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ปริมาณกำลังผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานลม สำหรับความต้องการพลังงานประเทศไทย ในระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส

Optimization of Maximum Installed Capacity of Wind Power Plant for Thailand's Energy Consumption in IEEE 118 Bus System

พรพรรณ พงษ์พันธ์[1],พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร [2], และ วรรัตน์ ปัตรประกร[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี

[3]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี

pucca_51@hotmail.com[1], bporr@engr.tu.ac.th[2], pworarat@engr.tu.ac.th[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการหาปริมาณกำลังผลิตสูงสุดโรงไฟฟ้าพลังงานลมที่เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับความต้องการพลังงานประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยเปลี่ยนแปลงทุก 30 นาที ใน 1 วัน,ข้อมูลปริมาณการผลิตพลังงานจากกังหันลมสทิงพระ จ.สงขลา ขนาด 1.5 MW ใน 1 วัน โดยจะทำการจำลองการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลม ที่บัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่ ข้อมูลต่างๆ จะถูกแปลงเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ แล้วใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์คำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ด้วยระเบียบวิธีนิวตัน – ราฟสัน เป็นการแก้สมการไม่เชิงเส้นด้วยกระบวนการทำซ้ำ เพื่อทำการศึกษาวิเคราะห์การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยดูจากแรงดันไฟฟ้าที่บัสของระบบ,ศึกษาเสถียรภาพระบบไฟฟ้า,ศึกษา Divert Power - Flow Index (ดัชนีการไหลกำลังไฟฟ้า) และเปอร์เซนต์ของกำลังผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานลมในระบบ ที่กำลังผลิตโรงไฟฟ้าสำรองของประเทศไทยไม่เกิน 25% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

Abstract

This paper presents the determination of the maximum capacity of the wind power plant is connected with standard IEEE 118 bus power system supplying electricity to the country's energy needs. Using Thailand's Energy Consumption changes every 30 minutes in one day, the production of energy 1.5 MW from Satingpra wind turbines in one day. We will simulate the installation of wind power plants with a Generator bus. The information is converted into a mathematical equation. Then use a computer program to calculate the flow of electrical power by Newton – Raphson Method to solve nonlinear equations (Power-flow analysis). To study the operation of the generator by the system bus voltage , power system stability , Education Divert Power-Flow Index (index, frequency response) and the percentage of the maximum capacity of wind power in the system. The capacity of the country's power reserve up to 25 % of peak energy demand.

Keywords*—*Wind power plant, Power-flow analysis, Newton Raphson Method, IEEE 118 Bus system.

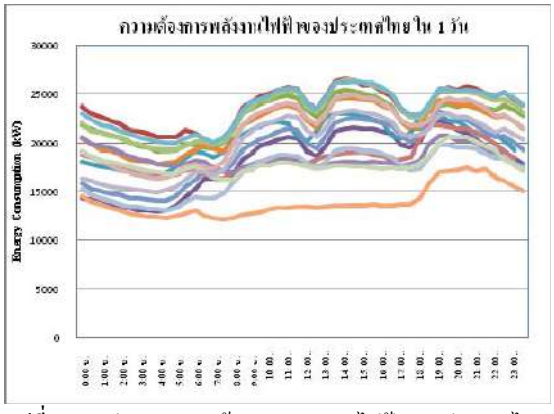
1. บทนำ

จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี ของกระทรวงพลังงาน[1] ได้กำหนดเป้าหมายให้มีสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทน เพิ่มขึ้นจาก 7,413 ktoe ในปี 2555 เป็น 25,000 ktoe ในปี 2564 หรือคิดเป็น 25% ของการใช้พลังงานรวมทั้งหมด เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นของประเทศไทย และส่งเสริมพลังงานทดแทนให้กลายเป็นพลังงานที่มีส่วนสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ โดยเฉพาะพลังงานลม ที่เป็นพลังงานสะอาด (Green Energy) และเป็นพลังงานทดแทน (Renewable Energy) ที่มีความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม อีกทั้งปัจจุบันพื้นที่ในประเทศไทยได้ดำเนินศึกษาและทดลองการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมตามความเหมาะสมและความสามารถความเร็วลมของแต่ละพื้นที่อย่างกว้างขวาง แต่ความไม่แน่นอนของแหล่งพลังงานลม ที่มีความผันผวนทุกนาที ทำให้ไม่สามารถวางแผนและควบคุมกำลังผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอและต่อเนื่องตลอดเวลา ส่งผลต่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้าของประเทศไทยได้ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการหาปริมาณที่เหมาะสมของกำลังผลิตสูงสุดที่เป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมที่มีการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส[2] เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับความต้องการพลังงานประเทศไทย ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา นำมาวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า, แรงดัน ในแต่ละสายส่ง โดยใช้ Power flow Analysis[3] ด้วยระเบียบวิธีนิวตัน – ราฟสัน เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาความเป็นไปได้ความสามารถในการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลมเข้ากับระบบไฟฟ้าของประเทศไทยต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

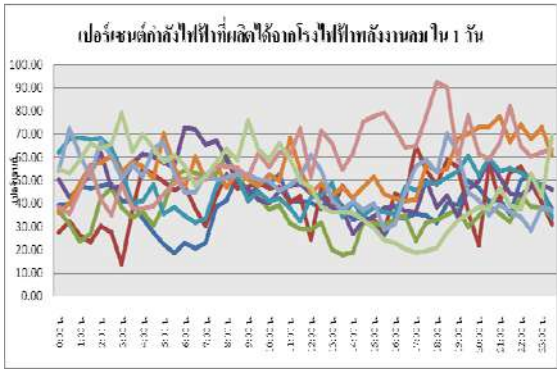
ในการศึกษาเพื่อหากำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม[4] จะทำการศึกษาจำลองการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลมบนระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส[5] โดยใช้ข้อมูลความต้องการ

พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยเปลี่ยนแปลงทุก 30 นาที โดยใช้ข้อมูลความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน 2556 นาที จากความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของ ประเทศไทย ในปี 2556 เกิดขึ้น เมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม 2556 เวลา 14.00 มีค่าเท่ากับ 26,598.14 เมกะวัตต์ ดังรูปที่ 1 จะสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ในปัจจุบันความต้องการพลังงานไฟฟ้าในรอบวัน จะไม่สม่ำเสมอ โดยความต้องการไฟฟ้าสูงสุดจะเกิด 3 ช่วงเวลาคือ เวลา 10.00 – 11.00 น. เวลา 14.00 –15.00 น. และเวลา 19.00 –20.00 น. และความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงฤดูหนาวจะมีปริมาณต่ำ และจะค่อยๆ สูงขึ้น เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนและสูงที่สุดในฤดูร้อน เป็นแบบนี้ซ้ำๆกันทุกปี โดยแนวโน้มความต้องการพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของทั้งปีจะเพิ่มสูงขึ้นทุกปี (ดังเช่นรูปที่ 1)



รูปที่ 1. กราฟแสดงความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย

ข้อมูลปริมาณการผลิตพลังงานจากกังหันลมสทิงพระ จ.สงขลา ขนาด 1.5 MW เป็นเวลา 90 วัน (ม.ค.56 – มี.ค.56) เลือกตัวอย่างข้อมูล 15 รูปแบบ (ดังเช่นรูปที่ 2) ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมจะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ติดตั้งกังหันลม โดยที่ความเร็วลมในประเทศไทยโดยเฉลี่ยจัดอยู่ในระดับปานกลาง-ต่ำ คือ ต่ำกว่า 4 เมตร/วินาที[5] ความไม่สม่ำเสมอของความเร็วลม ที่แปรผันตามธรรมชาติ ทำให้ไม่สามารถวางแผนและควบคุมกำลังผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอ และต่อเนื่องกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวัน จึงต้องมีตัวกักเก็บพลังงานและใช้แหล่งพลังงานอื่นที่เชื่อถือได้เป็นแหล่งสำรอง หรือกำลังผลิตโรงไฟฟ้าสำรอง (Reserve Margin)



รูปที่ 2. กราฟแสดงเปอร์เซนต์กำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากโรงไฟฟ้าพลังงานลม

โดยจะทำการจำลองการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลม ที่บัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่ (Generator Bus) จำนวน 53 บัสทีละบัส โดยข้อมูลต่างๆ จะถูกแปรรูปเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ แล้วใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์คำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ด้วยด้วยระเบียบวิธีนิวตัน – ราฟสัน เพื่อศึกษาผลที่เกิดเนื่องจาก 1. การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยดูจากแรงดันไฟฟ้าที่บัสของระบบ 2. ศึกษาเสถียรภาพระบบไฟฟ้า 3.ศึกษา Divert Power-Flow Index(ดัชนีการไหลกำลังไฟฟ้า) ,เปอร์เซนต์ของกำลังผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานลมในระบบ ที่กำลังผลิตโรงไฟฟ้าสำรอง (Reserve Margin) ของประเทศไทยไม่เกิน 25% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (ขั้นตอนการศึกษาดังเช่นรูปที่ 3)

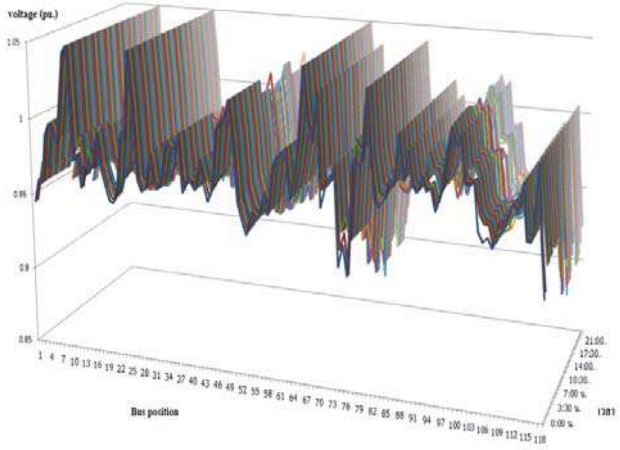


รูปที่ 3. รูปแสดงขั้นตอนการศึกษาค่าที่เหมาะสมกำลังผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานลม

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

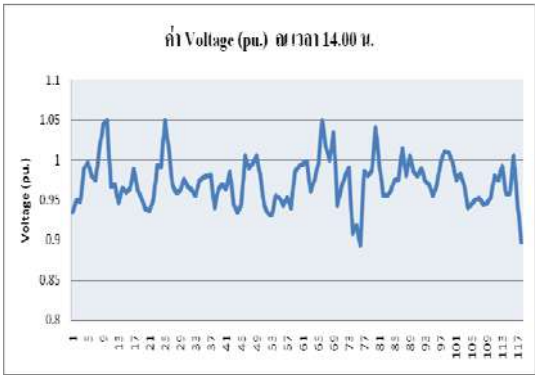
3.1 แรงดันไฟฟ้าของระบบ

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลมที่บัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ต่ออยู่ทีละบัส พบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าของแต่ละบัสในแต่ละช่วงเวลา จะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดทั้งวันขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้า (ดังเช่นรูปที่ 4) โดยช่วงเวลา 14.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในประเทศไทย ในแต่ละวัน จะมีบัสที่มีแรงดันไฟฟ้าอ่อนแอที่สุดคือบัสที่ 76 ค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.893 pu. รองลงมาคือ บัสที่ 118 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.897 pu.โดยที่แรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสต่างๆ จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.893 – 1.05 pu. (ดังเช่นรูปที่ 5) และบัสที่ 76 จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด น้อยกว่า 0.90 pu. ก็ต่อเมื่อติดตั้งโรงไฟฟ้าที่บัส 34, 55, 56, 80, 85, 87, 89, 90, 91, 92 และ 116 เท่านั้น



รูปที่ 4. ค่า Voltage(pu.) แต่ละบัส ใน 1 วัน

จากรูปที่ 4 เมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลม เข้ากับระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส ที่บัสที่ 34 ซึ่งเป็น Generator Bus กราฟแต่ละเส้นแสดงค่า Voltage(pu.) แต่ละบัส ทุก 30 นาทีใน 1 วันจะเห็นได้ว่าค่า Voltage(pu.) มีลักษณะรูปแบบกราฟใกล้เคียงกัน ในทุกๆช่วงเวลา



รูปที่ 5. ค่า Voltage (pu.)เวลา 14.00 น. ติดตั้งโรงไฟฟ้า 6.19% ที่ Bus 34

3.2 เสถียรภาพระบบไฟฟ้า

เสถียรภาพระบบไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้า และความถี่ในแต่ละบัสของระบบ จากการทดสอบแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าต่ำสุดของระบบ เมื่อติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลม ค่าแรงดันไฟฟ้าที่บัส 76 มีค่าเท่ากับ 0.903 pu. ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐาน IEEE (V ±0.1 pu.) ที่สามารถทำให้ระบบทำงานอยู่ได้ ดังนั้นการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานลมเข้ากับบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่ (Generator Bus) จะไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 Bus ก็ต่อเมื่อหลีกเลี่ยงการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานลมเข้ากับระบบไฟฟ้า ใน Generator Bus ที่ 34, 55, 56, 80, 85, 87, 89, 90, 91, 92 และ 116 ไม่เช่นนั้นจะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่บัส 76 มีค่าลดลงเหลือเท่ากับ 0.893 pu. ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้านี้ต่ำกว่ามาตรฐาน IEEE อาจส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบได้

3.3 Divert Power-Flow Index (ดัชนีการไหลกำลังไฟฟ้า)

ดัชนีการไหลกำลังไฟฟ้า จะแสดงถึงโอกาสที่การเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานลม ไม่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอกับความต้องการ เนื่องจากความไม่แน่นอนของพลังงานลม และความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างเฉียบพลัน โดยที่เมื่อทำการทดลองเพิ่มกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานลม ตั้งแต่ 0% – 6% ค่าดัชนีตอบสนองความถี่ จะมีค่าเท่ากับ 0 แสดงถึงระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัสสามารถรองรับและจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอกับความต้องการไฟฟ้าของประเทศไทยได้ และเมื่อเพิ่มกำลังผลิตเป็น 7%, 8% , 9% และ 10% ค่าดัชนีการไหลกำลังไฟฟ้าจะมีค่าเป็น 0.0416, 0.0625, 0.1042 และ 0.1042 ตามลำดับ (ดังเช่นตารางที่ 1) ค่าดัชนีการไหลกำลังไฟฟ้านี้ สามารถนำไปพิจารณาโอกาสเกิดไฟตก ไฟดับของระบบส่งจ่ายไฟฟ้าได้ โดยประเทศไทยจะยอมรับ ค่าไฟตก,ไฟดับของระบบได้ไม่เกิน 10% เท่านั้นดังนั้นจากการทดลองนี้ สามารถเพิ่มกำลังผลิตโรงไฟฟ้าพลังงานลมได้เป็น 8% เท่านั้น จึงจะอยู่ในค่าไฟตก,ไฟดับที่ยอมรับได้ ทั้งนี้อาจส่งผลต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า โดยรวมได้ จะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

จากการวิจัยสามารถหากำลังผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานลม เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส ที่กำลังผลิตโรงไฟฟ้าสำรอง (Reserve Margin) ของประเทศไทยสามารถมีได้ไม่เกิน 25% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 6.19% ของการต้องการไฟฟ้าสูงสุด และถ้าทดลองการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลม ในระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส ให้มีปริมาณเท่ากับ 10% ของการต้องการไฟฟ้าสูงสุด พบว่าประเทศไทยจะต้องมีกำลังผลิตโรงไฟฟ้าสำรอง (Reserve Margin) ไม่น้อยกว่า 38% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด จึงจะทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส

ตารางแสดงค่าดัชนีตอบสนองความถี่

ปริมาณกำลังผลิต	ความถี่ Over Load	จำนวนรอบทดสอบ	ดัชการตอบสนองความถี่	Vmin	Vmax
0 - 6.19 %	0	2544	0.0000	0.893	1.05
6.20%	53	2544	0.0208	0.893	1.05
6.30%	53	2544	0.0208	0.893	1.05
6.40%	106	2544	0.0417	0.903	1.05
6.50%	106	2544	0.0417	0.903	1.05
7.00%	106	2544	0.0417	0.903	1.05
8.00%	159	2544	0.0625	0.903	1.05
9.00%	265	2544	0.1042	0.898	1.05
10.00%	265	2544	0.1042	0.876	1.05
11.00%	265	2544	0.1042	0.848	1.05
12.00%	371	2544	0.1458	0.806	1.05
13.00%	583	2544	0.2292	0.712	1.05
14.00%	ไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจากมีค่าไม่ลู่เข้าด้วยระเบียบวิธีนิวตัน – ราฟสัน				
15.00%	ไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจากมีค่าไม่ลู่เข้าด้วยระเบียบวิธีนิวตัน – ราฟสัน				

ตารางที่ 1. ค่าดัชนีตอบสนองความถี่ ณ กำลังผลิตโรงไฟฟ้าพลังงานลม

4. สรุป

ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบไฟฟ้า สามารถหากำลังผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานลมในระบบ ที่กำลังผลิตโรงไฟฟ้าสำรอง (Reserve Margin) ของประเทศไทยสามารถมีได้ไม่เกิน 25% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 6.19% ของการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย โดยมีแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบ เท่ากับ 0.903 pu. ทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพ ระบบไฟฟ้ามาตรฐาน IEEE 118 บัส โดยจะต้องมีการศึกษาพิจารณาถึงตำแหน่งที่จะติดตั้งเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานลมเข้ากับระบบไฟฟ้าด้วย เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ่อนแอที่สุดจนส่งผลกระทบกับเสถียรภาพการส่งจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าได้ และงานวิจัยนี้ยังสามารถเป็นแนวทางในการศึกษาการกำหนดปริมาณกำลังผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานลม หรือโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนอื่นๆ สำหรับการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้ากำลังของประเทศไทยที่สามารถรองรับได้ในแต่ละพื้นที่ และภาพรวมของประเทศไทยต่อไปได้อีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความช่วยเหลือ อย่างดียิ่งของ ผศ.ดร.วรรัตน์ ปัตรประกร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และอาจารย์ดร.พรระพัฒน์ ภาสบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะต่างๆ มาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณรุ่นพี่นักศึกษาปริญญาเอก พี่โชคชัย แสนสีละ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่แนะนำให้ความรู้ เทคนิค และแนวทางในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ และขอบใจ ครอบครัวและเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ และเป็นที่ปรึกษาด้านต่างๆ ทำให้มีกำลังใจที่จะศึกษาวิจัยโครงการนี้จนสำเร็จได้

เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, “The Renewable and Alternative Energy Development Plan for 25 Percent in 10 Years (AEDP 2012-2021) ”, 2012

[2] HADI SAADAT ,“POWER SYSTEM ANALYSIS SECOND EDITION”: Milwaukee School of Engineering, 2004.

[3] Badrul H. Chowdhury. “LOAD-FLOW ANALYSIS IN POWER SYSTEMS”:Electrical & Computer Engineering Department University of Missouri-Rolla

[4] GAN LI “Stochastic Analysis and Optimization of Power System Steady-State with Wind Farms and Electric Vehicles” A thesis submitted to The University of Birmingham for the degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY, Electrical and Computer Engineering, June 2012

[5] Rich Christie [Homepage on Internet]. UW Department of Electrical Engineering Washington :Power system test case archive, May 1993 [cited 2013 Oct]. Available from: http://www.ee.washington.edu/research/pstca/

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การศึกษาความสัมพันธ์ของกระแส-แรงดันและกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ขณะถูกบังเงา

Study on Shading Effect of Current-Voltage and Power on Photovoltaic Panel

จเร นะราชา[1],ธีระศักดิ์ สมศักดิ์ [2]และจัตตุฤทธิ์ ทองปรอน[1*]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

[2]วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

E-mail: qrayq@hotmail.com[1], dhirasak@gmail.com[2],jutturit@gmail.com[1*]

บทคัดย่อ

*บทความนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของกระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ขณะถูกบังเงาในลักษณะบังแบบเต็มเซลล์ ครึ่งเซลล์ และเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์ ของเซลล์ชนิดซิลิคอนผลึกผสม เพื่อหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ภายในของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับกระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า ในกรณีที่ค่าความต้านทานภายใน (Z_{pv}) ของแต่ละเซลล์ใกล้เคียงกัน กับค่าความต้านทานภายใน (Z_{pv}) ของแต่ละเซลล์ที่ไม่เท่ากัน จากการศึกษาพบว่าความต้านทานภายในของเซลล์ที่นำมาต่อกันเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีผลกระทบโดยตรง หากค่าความต้านทานภายในของเซลล์ (Z_{pv}) ที่ถูกนำมาต่อมีค่าไม่ใกล้เคียงกันแล้วค่าของกระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าย่อมไม่เท่ากัน เมื่อเกิดการบังเงาของแผงโซล่าเซลล์ **จะ***มีผลกระทบอย่างมากในกรณีที่บังเงาในลักษณะเต็มเซลล์*

Abstract

This paper proposes is a study of the relationship of the current – voltage and power of photovoltaic panel are shading. Shading in style the full cell, the half cell, and one fourth cell of cell type multi crystalline silicon. To find the relationship of internal parameter with the current – voltage and power output of panel. In case of internal impedance of each cell are equal with internal impedance of each cell are unequal. The experiment showed that the internal impedance of cell the connected in panel have a direct impact. If the internal impedance of cells connected in panel there is no similar value. As a result the current-voltage and power output would unequal when shading of panel and have very impact in case of shading in the full cell.

Keywords: *photovoltaic panel, shading, internal impedance*

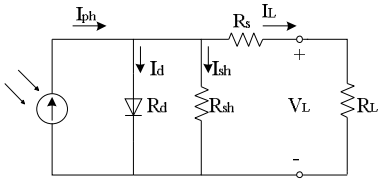
1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้กำหนดเป้าหมายของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555 - 2564) (AEDP 2012-2021) โดยให้ใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกให้ได้ 25% ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศภายในปี 2564 ซึ่งพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็เป็นชนิดหนึ่งที่ได้รับการสนับสนุนจากนโยบายนี้โดยกำหนดให้ในปี พ.ศ. 2556 ให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อไฟฟ้าจาก โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชุมชน และโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) รวมกำลังผลิตติดตั้ง 1,000 MWp แบ่งเป็น (1) ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชุมชน 800 MWp (2) บ้านอยู่อาศัย ปริมาณกำลังผลิตติดตั้ง 100 MWp (3) อาคารธุรกิจและโรงงาน ปริมาณกำลังผลิตติดตั้ง 100 MWp [1] ดังนั้นจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบของการผลิตกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยในบทความนี้เป็นการศึกษาผลกระทบกรณีที่แผงโซล่าเซลล์ขณะถูกบังเงาในลักษณะบังแบบเต็มเซลล์ ครึ่งเซลล์ และเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์ ของเซลล์ชนิดซิลิคอนผลึกผสม เพื่อหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ภายในของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับกระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรสมมูลย์ทางไฟฟ้าของโซล่าเซลล์

โมดูล (Module) หรือแผงโซล่าเซลล์จะผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อได้รับแสงที่มีระดับความเข้มแสงเหมาะสมต่อช่วงการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์นั้น โดยทั่วไปแสดงในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเริ่มต้นที่วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 1 เป็นการต่อขนานระหว่างแหล่งพลังงานจากแสงกับไดโอด และขนานกับความต้านทานขนาน และต่ออนุกรมกับความต้านทานอนุกรม

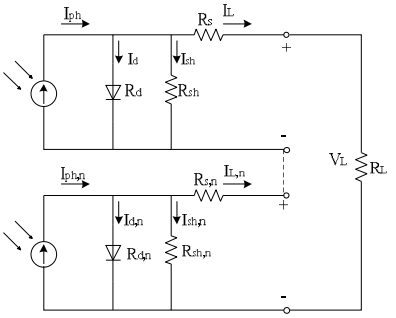


รูปที่ 1 วงจรสมมูลย์ทางไฟฟ้าของเซลล์

ภายใต้เงื่อนไขที่ต่อโหลดใดๆ กระแสโฟตอนของแต่ละเซลล์สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 1 [2]

$$I_{ph} = I_d + I_{sh} + I_L \tag{1}$$

เมื่อนำวงจรสมมูลย์ทางไฟฟ้าของแต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมรวมกันเป็นโมดูล สามารถเขียนเป็นวงจรสมมูลย์ทางไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรสมมูลย์ทางไฟฟ้าของโมดูล

และสามารถเขียนกระแสโฟตอนรวมของโมดูล ได้ดังสมการที่ 2

$$I_{ph,T} = I_{ph,1} + I_{ph,2} + \ldots + I_{ph,n} \quad (2)$$

เมื่อ n คือ จำนวนเซลล์ ถ้านำมาเขียนอยู่ในเทอมของความต้านทานภายในรวม $\left(Z_{pv,T}\right)$ จะได้ดังสมการที่ 3-5

$$Z_{pv,T} = Z_{pv,1} + Z_{pv,2} + \ldots + Z_{pv,n} \quad (3)$$

โดยที่ $$Z_{pv,n} = \frac{R_{L,n}.R_{p,n}}{\left(R_{s,n} + R_{L,n} + R_{p,n}\right)} \quad ; R_p = \frac{R_d.R_{sh}}{\left(R_d + R_{sh}\right)} \quad (4)$$

จะได้ $$Z_{pv,T} = \sum_{i=1}^{n} \frac{R_{L,i}.R_{p,i}}{\left(R_{s,i} + R_{L,i} + R_{p,i}\right)} \quad (5)$$

2.2 ผลกระทบการบังเงาของแผงโซล่าเซลล์

เมื่อโมดูลโดนบังเงาจากต้นไม้ หรือสิ่งกีดขวางต่างๆ ที่ทำให้เกิดเงาขึ้นบนส่วนต่างๆ ของโมดูล ความสูญเสียแบบนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์ พื้นที่เซลล์ หรือโมดูลที่ถูกบังแสง ลักษณะวงจรไฟฟ้าของการต่ออนุกรม-ขนาน และค่าพารามิเตอร์ภายในของแต่ละเซลล์ เมื่อเกิดการบังเงาจะทำให้กำลังไฟฟ้าลดลง เนื่องจากกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้จะจ่ายให้กับเซลล์ที่ถูกบังเงา [3]

กรณีเกิดการบังเงาแผงโซล่าเซลล์ขึ้น ถ้าความต้านทานภายในแต่ละเซลล์ไม่เท่ากัน คือ $Z_{pv,1} \neq Z_{pv,2} \neq \ldots \neq Z_{pv,n}$ แล้ว จะส่งผลให้ค่าความต้านทานภายในรวมขณะถูกบังเงา ($Z_{shad,T}$)สามารถเกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 $Z_{shad,T} > Z_{pv,T}$ ซึ่งหมายความว่ามีการสูญเสียกำลังไฟฟ้ามากกว่า 50 % ของกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์สูงสุด

กรณีที่ 2 $Z_{shad,T} < Z_{pv,T}$ ซึ่งหมายความว่ามีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 50 % ของกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์สูงสุด

3. วิธีการทดลอง

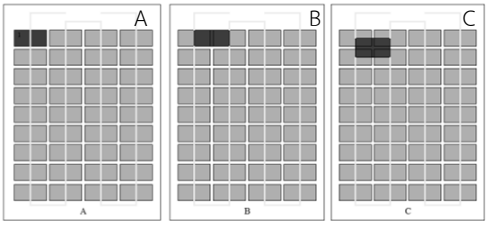
เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการทดลองครั้งนี้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดเครื่องมือวัดและเก็บข้อมูล

เครื่องมือวัดและเก็บข้อมูล	คุณสมบัติทางเทคนิค
1. เครื่องมือวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์	บริษัท Kipp&Zonen รุ่น CMP 3 Serial No. 091219 มีค่า Sensitivity 8.99 μV/W/m^2
2. Solar Module Analyzer รุ่น PROVA 210	วัดค่ากระแสและแรงดันของแผงโซล่าเซลล์
3. มัลติมิเตอร์	ยี่ห้อ FLUKE 289 Serial No.11110165

3.1 กรณีที่ความต้านทานภายในของแต่ละเซลล์มีค่าไม่เท่ากัน

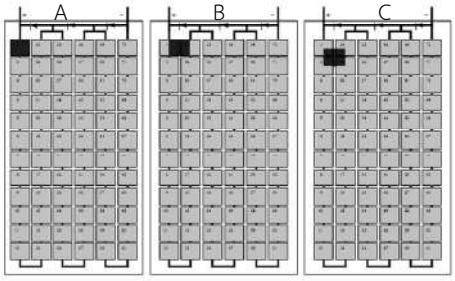
ทำการทดสอบเพื่อวัดค่ากระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าในลักษณะการบังเต็มเซลล์ ครึ่งเซลล์ และเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์ในพื้นที่ที่เฉลี่ยเท่ากันดังรูปที่ 3 ใน 36 เซลล์ของแผงชนิดผลึกผสมยี่ห้อ Solarex ขนาด10 Wp Voc 21.00 Volt Isc 0.65 Amp โดยแสงธรรมชาติที่ความเข้มแสงไม่น้อยกว่า 800 W/m^{2}และใช้เครื่องวัด Solar Module Analyzer รุ่น PROVA 210 วัดค่าของกระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์



รูปที่ 3 ลักษณะบังเงาแผงยี่ห้อ Solarex (A) แบบเต็มเซลล์ (B) ครึ่งเซลล์ (C) เศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์

3.2 กรณีที่ความต้านทานภายในของแต่ละเซลล์มีค่าใกล้เคียงกัน

ทำการทดสอบเพื่อวัดค่ากระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าในลักษณะการบังเต็มเซลล์ ครึ่งเซลล์ และเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์ในพื้นที่ที่เฉลี่ยเท่ากันดังรูปที่ 4 ใน 72 เซลล์ของแผงเชิงพาณิชย์ชนิดผลึกผสมยี่ห้อ Suntech ขนาด 280 Wp Voc 44.8 Volt Isc 8.33 Ampโดยแสงธรรมชาติที่ความเข้มแสงไม่น้อยกว่า 800 W/m^{2}และใช้เครื่องวัด Solar Module Analyzer รุ่น PROVA 210 วัดค่าของกระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์

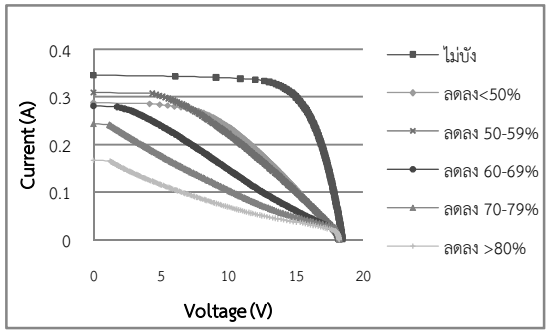


รูปที่ 4 ลักษณะบังเงาแผงยี่ห้อ Suntech (A) แบบเต็มเซลล์ (B) ครึ่งเซลล์ (C) เศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์

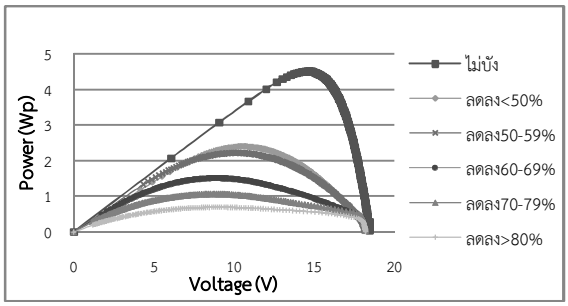
4. ผลการทดลอง

4.1 กรณีที่ความต้านทานภายในของแต่ละเซลล์มีค่าไม่เท่ากัน

ผลการทดสอบในการบังเงาลักษณะเต็มเซลล์ ใน 36 เซลล์ เซลล์ที่ถูกบังมีพฤติกรรมคล้ายกับการ Reverse bias ของเซลล์ ซึ่งมีลักษณะเสมือนเป็นโหลดที่ต่ออนุกรมกับแผงเซลล์ ทำให้ค่ากระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ลดลงอย่างมากถึง 50-80 % ของกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์สูงสุด ดังกราฟแสดงในรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ โดยค่าที่วัดได้ไม่เท่ากันเพราะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานภายใน (Z_{pv}) ของแต่ละเซลล์

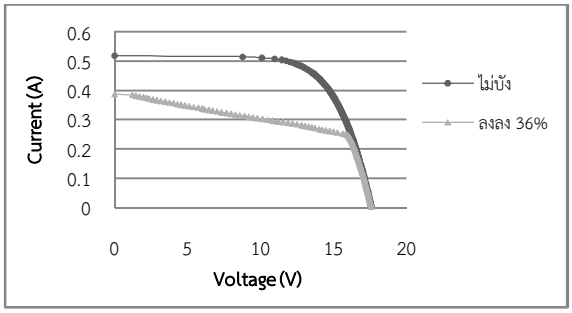


รูปที่ 5 ค่ากระแส-แรงดันที่บังเงาลักษณะเต็มเซลล์

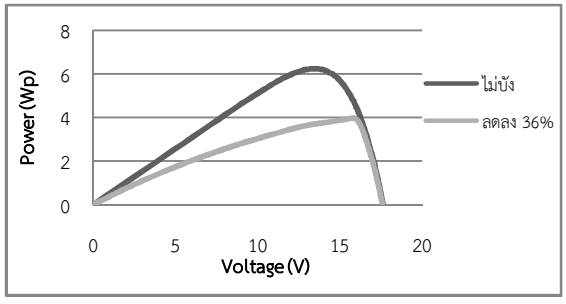


รูปที่ 6 ค่ากำลังไฟฟ้าที่บังเงาลักษณะเต็มเซลล์

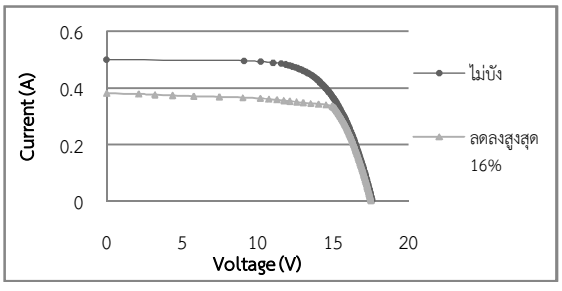
ผลการทดสอบในการบังเงาแบบครึ่งเซลล์ และเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์ ใน36 เซลล์ ยังให้ค่ากระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ที่สูงกว่าในลักษณะการบังแบบเต็มเซลล์ เพราะเซลล์ทุกเซลล์ยังทำงาน มีแต่เซลล์ที่ถูกบังบางส่วนที่มีค่าความต้านทานภายในที่สูงขึ้น (Z_{pv}) ทำให้ค่ากระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ลดลงใกล้เคียงกัน ในกรณีบังเงาแบบครึ่งเซลล์ลดลงสูงสุดอยู่ที่ 36% และการบังเงาเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์ ลดลงสูงสุดอยู่ที่ 16% ของกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์สูงสุด ดังกราฟแสดงในรูปที่ 7, 8, 9 และ 10 ตามลำดับ



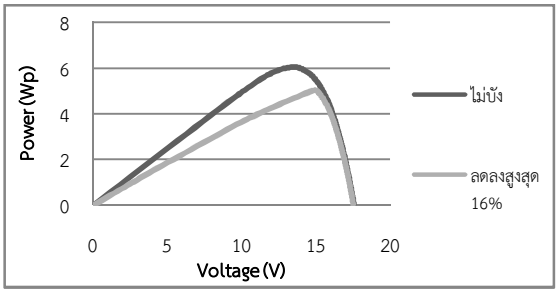
รูปที่ 7 ค่ากระแส-แรงดันที่บังเงาลักษณะครึ่งเซลล์



รูปที่ 8 ค่ากำลังไฟฟ้าที่บังเงาลักษณะครึ่งเซลล์



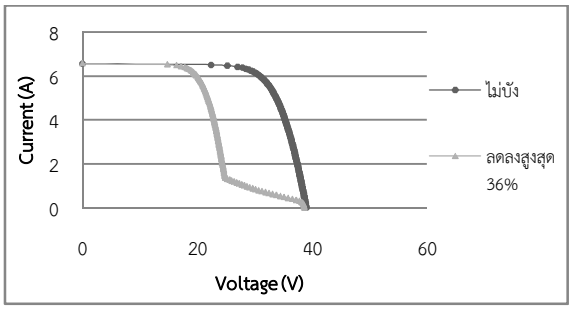
รูปที่ 9 ค่ากระแส-แรงดันที่บังเงาลักษณะเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์



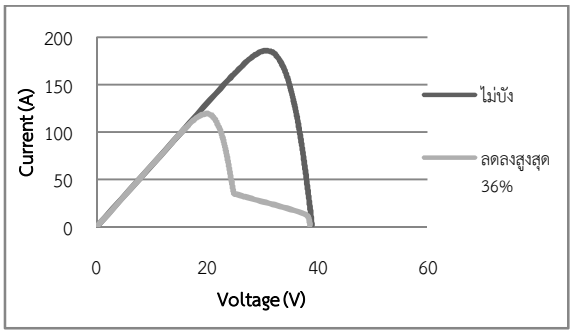
รูปที่ 10 ค่ากำลังไฟฟ้าที่บังเงาลักษณะเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์

4.2 กรณีที่ความต้านทานภายในของแต่ละเซลล์มีค่าใกล้เคียงกัน

ผลการทดสอบในการบังเงาลักษณะเต็มเซลล์ ใน 72 เซลล์ ของแผงโซล่าเซลล์เชิงพาณิชย์ ให้ค่ากระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าลดลงสูงสุดอยู่ที่ 36% ของกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์สูงสุด ดังกราฟแสดงในรูปที่ 11 และ 12 เพราะเซลล์ทุกเซลล์ที่นำมาต่อมีค่าความต้านทานภายในของเซลล์ (Z_{pv}) ใกล้เคียงกัน

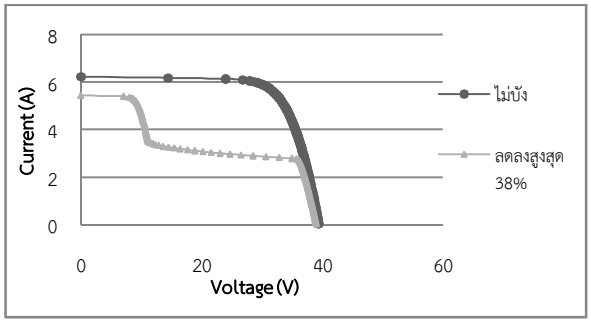


รูปที่ 11 ค่ากระแส-แรงดันที่บังเงาลักษณะเต็มเซลล์

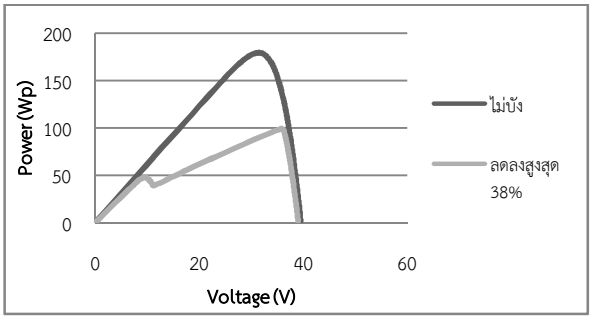


รูปที่ 12 ค่ากำลังไฟฟ้าที่บังเงาลักษณะเต็มเซลล์

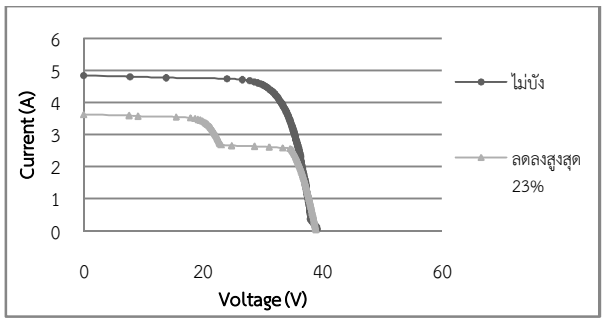
ผลการทดสอบในการบังเงาแบบครึ่งเซลล์ และเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์ ทำให้ค่ากระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ลดลงใกล้เคียงกัน ในกรณีบังเงาแบบครึ่งเซลล์ลดลงสูงสุดอยู่ที่ 38% ของกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์สูงสุด และแบบเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์ ลดลงสูงสุดอยู่ที่ 23% ของกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์สูงสุด ดังกราฟแสดงในรูปที่ 13, 14, 15 และ 16 ตามลำดับ



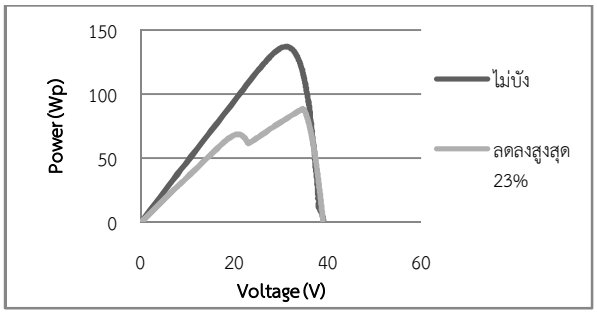
รูปที่ 13 ค่ากระแส-แรงดันที่บังเงาลักษณะครึ่งเซลล์



รูปที่ 14 ค่ากำลังไฟฟ้าที่บังเงาลักษณะครึ่งเซลล์



รูปที่ 15 ค่ากระแส-แรงดันที่บังเงาลักษณะเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์



รูปที่ 16 ค่ากำลังไฟฟ้าที่บังเงาลักษณะเศษหนึ่งส่วนสี่เซลล์

5. สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบพบว่าการเลือกแผงเซลล์ที่มีความต้านทานภายในของแต่ละเซลล์ที่ไม่เท่ากัน เมื่อถูกบังเงาบางเซลล์ส่งผลให้ค่าความต้านทานภายใน (Z_{pv}) สามารถเกิดขึ้นได้ทั้ง 2 กรณี คือ $Z_{shad,T} > Z_{pv,T}$ ซึ่งหมายความว่ามีการสูญเสียกำลังไฟฟ้ามากกว่า 50 % ของกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์สูงสุด และ $Z_{shad,T} < Z_{pv,T}$ ซึ่งหมายความว่ามีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 50 % ของกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์สูงสุด แต่ถ้าเลือกแผงเซลล์ความต้านทานภายในของแต่ละเซลล์ที่มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อถูกบังเงาบางเซลล์ส่งผลให้ค่าความต้านทานภายใน (Z_{pv}) เกิดขึ้นเพียงกรณีเดียวคือ $Z_{shad,T} < Z_{pv,T}$ ซึ่งหมายความว่ามีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 50 % ของกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์สูงสุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความต้านทานภายในของเซลล์ที่นำมาต่อกันเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีผลกระทบโดยตรง หากค่าความต้านทานภายในของเซลล์ที่ถูกนำมาต่อมีค่าไม่ใกล้เคียงกันแล้วค่าของกระแส-แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าย่อมไม่เท่ากัน เมื่อเกิดการบังเงาของแผงโซล่าเซลล์ จะมีผลกระทบอย่างมากในกรณีที่บังในลักษณะเต็มเซลล์ ส่งผลให้เกิดความร้อนบกพร่องเป็นจุด (Hot spot) และเกิดความเสียหายของแผงได้ง่ายขึ้น จึงเป็นเหตุผลให้ต้องหลีกเลี่ยงพฤติกรรมดังกล่าวของการถูกบังเงาในลักษณะเต็มเซลล์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ดังนั้นในการเลือกใช้แผงโซล่าเซลล์จะต้องพิจารณาใช้แผงเชิงพาณิชย์ที่ได้รับรองมาตรฐาน เพื่อให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพ และคุ้มค่าต่อการลงทุน และเมื่อนำแผงไปติดตั้งจริงตามโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชุมชน หรือโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) จะต้องพิจารณาลักษณะการติดตั้งโดยให้หลีกเลี่ยงการเกิดการบังเงาของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ และวิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุ,อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555 - 2564). http://www.eppo.go.th/nepc/kpc/kpc-139.htm#2

[2] J. Thongpron, K. Kirtikara, C. Jivacate, A method for the determination of dynamic resistance of photovoltaic modules under illumination, Technical Digest of the 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference—PVSEC14, 26–30 January 2004, Bangkok, Thailand.

[3] โชคชัย ศรีดาวเรือง, “การวิเคราะห์ลักษณะเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้เงื่อนไขการบังเงาบางส่วน”,(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,2551).

หัวข้อ เทคนิคการออกแบบงาน ทางด้านวิศวกรรม (23IN)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีนไกลคอล

(Propylene Glycol air conditioner)

มงคล ธุระ[1], ธาดา อุ่นใจ[2]

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 จังหวัดเชียงใหม่

9 ถนนเวียงแก้ว ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

E-mail: **mongkol_thura@yahoo.com**

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีนไกลคอล และเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ โดยเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีนไกลคอล ประกอบด้วยระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศ

การทำงานของเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ระบบทำความเย็นทำงานจะทำให้สารละลายโพรพิลีน ไกลคอล มีอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 0 องศา จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ระบบทำความเย็นจะหยุดทำงาน เมื่อทำการกดสวิตช์ของรีโมทคอนโทรลเพื่อให้ระบบปรับอากาศทำงาน ปั๊มน้ำจะปั๊มสารละลายโพรพิลีน ไกลคอลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศา ให้ไหลผ่านคอยล์เย็น พัดลมของคอยล์เย็นจะทำหน้าที่เป่าลมผ่านคอยล์เย็นทำให้ลมที่ผ่านออกมากลายเป็นลมเย็นที่สามารถปรับอากาศของห้องได้ ผลการทดสอบเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีนไกลคอล พบว่า เครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล ทำงานภายในเวลา 1 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าไปทั้งสิ้นจำนวน 0.60 กิโลวัตต์ ชั่วโมง และผลการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีนไกลคอล มีขนาดเท่ากับ 1.024 ตันความเย็น หรือคิดเป็น 12,288 บีทียูต่อชั่วโมง และมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER) เท่ากับ 25.59

Abstract

This project aims to create an air conditioning system by solution of propylene glycol. And evaluate of Energy Efficiency Ratio (EER). This air conditioning system consist a refrigeration system and air conditioning systems.

The operation of the air conditioning system is a solution of propylene glycol will have temperature drops below 0 degrees up by a refrigeration system, when we press the remote control to switch the air conditioner running. Pump to pump the slurry propylene Glycol to flow through the evaporator. Evaporator fan blowing air through the evaporator will act allowing the air to pass out of the air becomes cool to room. The results showed that the air conditioning system, a solution of propylene glycol works within a one hour consumes electricity to a total of 0.60 kWh and analyzing of EER of the air conditioning system, is 25.59.

***Keywords*:** *propylene Glycol*, *air conditioner*

1. บทนำ

ในฤดูร้อนหรือในวันที่มีอากาศร้อนเครื่องปรับอากาศ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในการอำนวยความสะดวกของการดำรงชีวิตประจำวันของประชาชนในเขตเมืองเพื่อปรับอากาศภายในห้องให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับร่างกายของผู้อยู่อาศัยภายในห้องซึ่งโดยปกติประมาณ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้ผู้อยู่อาศัยภายในห้องดังกล่าวรู้สึกเย็นสบาย เหมาะแก่การพักผ่อนหรือการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการปรับอุณหภูมิของห้องให้เท่ากับ 25 องศาเซลเซียสดังกล่าวจะทำให้เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างประหยัดอีกด้วยทั้งนี้เพราะว่าเครื่องปรับอากาศ หมายถึง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับปรับอุณหภูมิของอากาศในเคหสถาน เพื่อให้มนุษย์ ได้อาศัยอยู่ในที่ที่ไม่ร้อนหรือไม่เย็นจนเกินไป หรือใช้รักษาภาวะอากาศให้คงที่เพื่อจุดประสงค์อื่น เคหสถานในเขตศูนย์สูตรหรือเขตร้อนชื้นมักมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิให้เย็นลง (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2553: ออนไลน์)

ในการทำงานเพื่อปรับอุณหภูมิอากาศของห้องโดยใช้เครื่องปรับอากาศในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่จะนิยมใช้สารทำความเย็นชนิด R 22 หรือชนิด R 134A ซึ่งในการใช้สารทำความเย็นดังกล่าวของเครื่องปรับอากาศจะทำให้เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองเป็นจำนวนมากเพราะว่าเครื่องปรับอากาศเหล่านั้นทำงานโดยระบบอัดไอและยังทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนอีกด้วย

จากความรู้เบื้องต้นของวิชาเคมีพบว่าเมื่อโพรพิลีน ไกลคอล มาผสมกับน้ำจะกลายเป็นสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล ซึ่งสารละลายโพรพิลีนไกลคอล นี้มีสมบัติประการสำคัญ คือ จะมีจุดเยือกแข็งต่ำลงฉะนั้นเมื่อนำสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล ไปแช่ในช่องแช่แข็งของตู้เย็นจะทำให้สารละลายโพรพิลีน ไกลคอล ไม่แข็งตัวกลายเป็นน้ำแข็งขณะที่มีอุณหภูมิเท่ากับ 0 องศาเซลเซียส จากสมบัติที่ดีข้อนี้จึงน่าที่จะเหมาะแก่การนำมาทำสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้เป็นอย่างดี

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสร้างเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล โดยใช้สารละลายโพรพิลีน ไกลคอล เป็นสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ เพื่อที่จะทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองไปของเครื่องปรับอากาศมีปริมาณลดลง ซึ่งนอกจากจะช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าของครัวเรือนแล้วยังช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศได้อีกด้วยและทั้งยังช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ทางหนึ่ง

2. วิธีการทดสอบหาอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER: Energy Efficiency Ratio)

อัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ คือ ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศว่าดีหรือไม่อย่างไร มีหน่วยเป็น BTU/W ดูจากหน่วยของค่า EER นี้แล้วก็คงเข้าใจได้โดยง่ายว่าค่า EER นั้นก็คืออัตราส่วนของความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้จริง (Output) กับกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศนั้นต้องใช้ในการทำความเย็นนั้น (Input) เครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER ยิ่งสูงก็แสดงว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นยิ่งมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่ดี นั่นก็คือเป็นเครื่องปรับอากาศที่ช่วยคุณประหยัดพลังงานไฟฟ้าหรือค่าไฟได้มาก

2.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (ประพันธ์ ธนาปิยะกุล, 2547; 121) ได้แก่

2.1.1 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

2.1.2 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Hygrometer)

2.1.3 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)

2.1.4 ตลับเมตร

2.1.5 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric Chart)

2.2 การเตรียมการตรวจวัดและวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ขั้นตอนในการเตรียมการก่อนการวัดและวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (ประพันธ์ ธนาปิยะกุล, 2547; 121) ได้แก่

2.2.1 ปรับตั้งระดับความแรงของพัดลมที่ตำแหน่งสูงสุด (High Speed)

2.2.2 ปรับตั้งอุณหภูมิที่เทอร์โมสตัสไว้ที่ตำแหน่ง 24-25°C

2.2.3 ตรวจสอบไม่ให้มีการกีดขวางทางลมทางด้านช่องลมกลับ (Return Air Grill)

2.3 ขั้นตอนการวัดและวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ขั้นตอนในการวัดและวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (ประพันธ์ ธนาปิยะกุล, 2547; 121) ได้แก่

2.3.1 วัดขนาดความกว้างและความยาวของช่องลมกลับด้วยตลับเมตร เพื่อใช้คำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัด (A)

2.3.2 วัดอุณหภูมิ (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมกลับโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

2.3.3 วัดอุณหภูมิ (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมจ่ายโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

2.3.4 วัดความเร็วลมที่ผ่านเข้าทางด้านช่องลมกลับ (m/s) โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมและวัดหลาย ๆ จุดบนหน้าตัดช่องลมกลับ (อย่างน้อย 3 จุด) เพื่อคำนวณเป็นความเร็วลมเฉลี่ย เหตุผลในการเลือกวัดค่าความเร็วลมกลับแทนที่จะเป็นด้านลมจ่ายเพราะว่า

2.3.4.1 ด้านลมกลับมีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่ใหญ่กว่าด้านลมจ่าย ทำให้การไหลของลมมีลักษณะแบบราบเรียบ (Laminar Flow) และความเร็วของลมที่วัดได้จะมีค่าที่แน่นอนและไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบกับด้านลมจ่ายที่เป็นแบบการไหลปั่นป่วน (Turbulent Flow)

2.3.4.2 ทิศทางของลมกลับมีทิศทางที่แน่นนอน คือ ตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดซึ่งต่างจากด้านลมจ่ายที่ทิศทางไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้งานจะปรับในทิศทางใดทำให้ค่าที่วัดได้มีความผิดพลาดได้ค่อนข้างมาก

2.3.4.3 วัดกำลังไฟฟ้ารวมที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน (ส่วนของคอมเพรสเซอร์รวมกับส่วนของพัดลม โดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าหรือวัตต์มิเตอร์)

2.4 ขั้นตอนการคำนวณเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยทั่วไปนิยมใช้กัน 2 แบบ ได้แก่

2.4.1 ค่า อีอีอาร์ (Energy Efficiency Ratio: EER) เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) และกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น (Watt) ซึ่งสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ได้รับฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตจะต้องมีค่า EER ไม่น้อยกว่า 10.6 Btu/hr/Watt

2.4.2 ค่า kW/TR (kilo Watt/Ton of Refrigerant) เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (TR หรือ ตันความเย็น) โดยเมื่อเทียบกับค่า EER ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ได้รับฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 แล้วจะมีค่าไม่เกิน 1.13 kW/TR

จากคำจำกัดความของทั้งสองค่าในข้างต้น จะเห็นได้ว่าค่านิยามของ EER และ kW/TR เป็นส่วนกลับซึ่งกันและกัน โดยค่า EER มีค่าสูงเท่าไร แสดงว่าเครื่องปรับอากาศย่อมมีสมรรถนะการทำงานที่ดี ในขณะที่ค่า kW/TR ยิ่งมีค่าต่ำเท่าไร เครื่องปรับอากาศย่อมมีสมรรถนะดีเท่านั้นด้วย ทั้งนี้ด้วยความสัมพันธ์ในทางคณิตศาสตร์ระหว่างค่า EER และ kW/TR สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$kW/TR = 12 / EER \quad (1)$$

ในการคำนวณเพื่อวิเคราะห์หาค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจากข้อมูลที่ได้จากผลการตรวจวัดทั้งหมดดังที่กล่าวมาแล้วมีขั้นตอนดังนี้

2.4.2.1 คำนวณหาค่าปริมาณลมเย็นหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ (CMM) จากสมการ

$$CMM = 60 \times V \times A \quad (2)$$

เมื่อ V = ความเร็วลมเฉลี่ยด้านลมกลับหน่วยเป็น m/s

A = พื้นที่หน้าตัดของช่องลมกลับหน่วยเป็น m^2

2.4.2.2 เปิดแผนภูมิไซโครเมตริก เพื่อหาค่าเอนทาลปี (Enthalpy) ของอากาศด้านลมของอากาศด้านลมจ่ายและด้านลมกลับให้เป็น Hs และ Hr

ตามลำดับและมีหน่วยเป็น kJ/kg dry air นอกจากนี้ยังสามารถหาค่าเอนทาลปีได้โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์มาคำนวณโดยตรง หรือ ใช้ซอฟท์แวร์ในการคำนวณก็ได้

2.4.2.3 คำนวณหาค่าความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (TR) จากสมการ

$$TR=5.07x\ x10\text{-}3\ x\ CMM\ x\ (Hr\text{-}Hs) \quad (3)$$

เมื่อ CMM = ปริมาณลมเย็นหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ หน่วยเป็น m3/min

Hr=เอนทาลปีของอากาศด้านลมกลับ หน่วยเป็น kJ/kg dry air

Hs=เอนทาลปีของอากาศด้านลมจ่าย หน่วยเป็น kJ/kg dry air

2.4.2.4 คำนวณหาค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศตามนิยามข้างต้น

โดย $P=0.0000000010618393\ (T^6) -$

$0.0000010869575\ (T^5) +$

$0.000042080891\ (T^4) -$

$0.00070999723\ (T^3) +$

$0.0072562898\ (T^2) +$

$0.028402986\ (T^1) +$

$0.61150476 \quad (4)$

$a= \%RH / 100 \quad (5)$

$b= 0.622\ aP / 101.325\text{-}aP \quad (6)$

$H= 1005T + b \times (2{,}501.3 + 1.82T) \quad (7)$

T= อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่พิจารณา หน่วยเป็น °C

%RH= ความชื้นสัมพันธ์ของอากาศที่พิจารณา หน่วยเป็น kJ/kg dry air

3. วิธีการดำเนินการ

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

3.1 จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล

จนกระทั่งสารละลายมีอุณหภูมิ -10 องศา แล้วจึงทำการกดสวิตช์ของรีโมทคอนโทรลเพื่อให้ระบบปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล ทำงาน โดยปั๊มน้ำจะทำหน้าที่ปั๊มสารละลายที่มีอุณหภูมิ -10 องศา เพื่อทำหน้าที่เป็นสารทำความเย็นให้ไหลผ่านคอยล์เย็น จากนั้นลมเย็นจะจ่ายออกมาบริเวณหน้าคอยล์เย็นแล้วจึงทำการบันทึกข้อมูลจำนวน 7 รายการ ได้แก่ (1) อุณหภูมิของอากาศด้านลมจ่ายและด้านลมกลับ (2) แรงดันไฟฟ้า (3) กระแสไฟฟ้า (4) ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมกลับ (5) ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมจ่าย (6) ความเร็วลมที่ผ่านเข้าทางด้านช่องลมกลับ และ (7) ระยะเวลาในการทดลองโดยทำการวัดปริมาณค่าต่าง ๆ ทุก 10 นาที และจำนวน 30 ครั้ง

3.2 ทำการคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองไปแต่ละครั้ง หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองไป

3.3 ทำการคำนวณหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (EER: Energy Efficiency Ratio) ของเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล ตามขั้นตอนการคำนวณหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน



รูปที่ 1. เครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีนไกลคอล

4. ผลการทดสอบ

ตารางที่ 1. แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล

ที่	รายการ	$\bar{X}$	SD
1	แรงดันไฟฟ้า (V)	220.17	19.44
2	กระแสไฟฟ้า (A)	2.69	0.27
3	เวลา (H)	1	0.00
4	อุณหภูมิลมจ่ายที่บริเวณหน้าแฟนคอยล์ยูนิต (^{o}C)	21.47	2.26
5	พลังงานไฟฟ้า (kWH)	0.60	0.01

จากตารางที่ 1. จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล ทำงานโดยใช้แรงดันไฟฟ้าขนาด 220.17 V กินกระแสไฟฟ้า 2.69 A และสามารถทำให้อุณหภูมิของลมจ่ายบริเวณด้านหน้าแฟนคอยล์ยูนิต ลดต่ำลงเหลือเพียง 21.47 เซลเซียส และภายในเวลา 1 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าไปทั้งสิ้นจำนวน 0.60 กิโลวัตต์ชั่วโมง

ตารางที่ 2. แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล

CMM	31.77	CMM	31.77	$T_{ลมเข้า}$	26
$\mathbf{P_r}$	3.372	$\mathbf{P_s}$	2.058	$\%RH_{ลมเข้า}$	52%
$\mathbf{a_r}$	0.57	$\mathbf{a_s}$	0.88	$T_{ลมออก}$	18
$\mathbf{b_r}$	0.010	$\mathbf{b_s}$	0.011	$\%RH_{ลมออก}$	88%
$\mathbf{H_r}$	51.61	$\mathbf{H_s}$	45.96	kW/TR	0.469
TR	1.024 ตัน ความเย็น	12,288 btu/hr	P=0.481 kW	EER	25.59 btu/hr /watt
0.45ม.X0.78ม.= 0.35 ตร.ม.					

ผลการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศระบบสารละลายโพรพิลีน ไกลคอล มีขนาดเท่ากับ 1.024 ตันความเย็น หรือคิดเป็น 12,288 บีทียูต่อชั่วโมง และมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER) เท่ากับ 25.59 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเครื่องปรับอากาศประหยัดพลังงานไฟฟ้าเบอร์ 5 ประมาณ 2 เท่า

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ประพันธ์ ธนาปิยะกุล. 2547. **เทคนิคการตรวจวัดและวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.** วารสารเทคนิคการประหยัดพลังงาน ฉบับที่ 241, ตุลาคม 2547. กรุงเทพ.

[2] ปรุงศักดิ์ อัตพุฒ. 2549. **การค้นหาลักษณะโครงสร้างเครื่องปรับอากาศที่ประหยัดพลังงานในอาคาร**. รายงานวิจัย คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

[3] พงษ์ศักดิ์ นุ้ยเจริญและคณะ. 2548. **ชุดควบคุมการทำงานเครื่องปรับอากาศภายในบ้านเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า**. วิทยาลัยการอาชีพไชยา อาชีวศึกษาจังหวัดสุราษฎร์ธานี. สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. กระทรวงศึกษาธิการ.

[4] พลกฤษณ์ หนูทองพูล. 2546. **การศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 และเบอร์ 5 ในสภาวะอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย.** หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชา เทคโนโลยีพลังงาน คณะ พลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[5] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2553). **เครื่องปรับอากาศ.** [ออนไลน์]; แหล่งที่มาของข้อมูล: http://th.wigipedia.org/wiki/. (23 เมษายน 2555).

[6] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2555). **โพรพิลีน ไกลคอล.** [ออนไลน์]; แหล่งที่มาของข้อมูล: http://en.wigipedia.org/wiki/Plopykune Glycol. (2 พฤศจิกายน 2555).

[7] สันติ เกื้อกูลกิจการ. 2553. **การปรับปรุง EER ของเครื่องปรับอากาศชนิดติดผนังห้อง.** หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[8] Krabiair. (2553). **ประเภทของเครื่องปรับอากาศ.** [ออนไลน์]; แหล่งที่มาของข้อมูล: http://www.krabiair.com/component/content/190.htm?task=view. (3 พฤศจิกายน 2555).

[9] Norman C. Haris. 1984. **Modern Air Conditioning Practice 3rd ed.**, Mac Graw-hill, Singapore,

[10] Phithan-toyota.com. (2553). **หลักการทำงานของระบบทำความเย็น.** [ออนไลน์]; แหล่งที่มาของข้อมูล: http://www.Phithan-toyota.com/th/categoryarticle.php?category_id. (3 พฤศจิกายน 2555).

[11] Rung- ruengair. (2555). **ความรู้เกี่ยวกับการทำงานของระบบทำความเย็น.** [ออนไลน์]; แหล่งที่มาของข้อมูล: http://www. Rung-ruengair.com/new/informationair.html. (3 พฤศจิกายน 2555).

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องปิ้งเอนกประสงค์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

Multipurpose Toaster Controlled by Microcontroller

ไวยพจน์ ศุภบวรเสถียร และ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

E-mail: vyapotes@hotmail.com, nwipavan@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องปิ้งเอนกประสงค์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตัวให้ความร้อนไฟฟ้าใช้เพื่อผลิตพลังงานความร้อนสำหรับเครื่องปิ้งแทนการใช้ถ่านดังที่ใช้อยู่ในเครื่องปิ้งแบบดั้งเดิม สเต็ปปิ้งมอเตอร์ใช้เพื่อขับเคลื่อนชุดตะแกรงปิ้งตามเส้นทางการให้ความร้อน ซึ่งวัตถุดิบอาทิเช่น เนื้อหมู ไส้กรอก ลูกชิ้นเนื้อ ลูกชิ้นปลา ถูกวางบนตะแกรงปิ้งเพื่อให้ความร้อน ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกใช้สำหรับการควบคุมกระบวนการปิ้งจากเวลาเริ่มต้นจนถึงเวลาสิ้นสุดอุณหภูมิที่ต้องการ รวมทั้งเวลาดำเนินการที่ต้องการสามารถถูกโปรแกรมและควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เครื่องปิ้งเอนกประสงค์ที่นำเสนอนี้ เมื่อใช้งานกับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ จะใช้กระแสไฟฟ้า 13 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้า 2,860 วัตต์ และอุณหภูมิสูงถึง 135 องศาเซลเซียส โดยผลการทดสอบเป็นที่น่าพึงพอใจอย่างยิ่ง

Abstract

This paper presents the design and construction of a multipurpose toaster controlled by a MCS-51 microcontroller. Electric heater is used to generate heat energy for the toaster instead of using the charcoal as used in a classical toaster. Stepping motor is driven the grilling set along the heating route, where the raw materials such as roasting pork, sausage, meat ball, fish ball placed on the grill are heated. Microcontroller is utilized to control the grilling process from the beginning to the end. Desired temperature and processing time can be easily programmed and controlled by the microcontroller. The proposed toaster in this paper, when used with the 220 V will use the 13 A, 2,860 W of rated alternating voltage and current can produce high temperature up to 135 °C. Test results of the multipurpose toaster are very satisfactory.

***Keywords*:** ไมโครคอนโทรลเลอร์, เครื่องปิ้งเอนกประสงค์

1. บทนำ

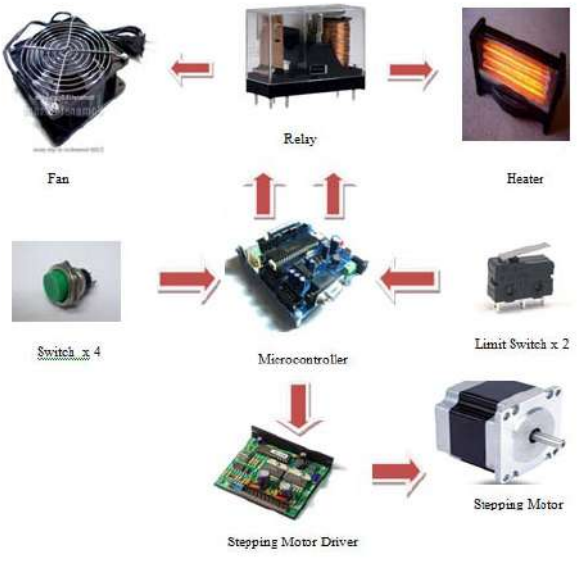
ปัจจุบันการค้าขายมีการแข่งขันกันสูง ร้านค้าต่าง ๆ ก็พยายามพัฒนาและปรับปรุงรูปแบบการบริการ ทั้งทางด้านรสชาติของอาหารและการให้บริการของพนักงานเพื่อดึงดูดลูกค้า การสร้างจุดขายของตัวเองจึงนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก เช่นการโปรโมชั่น การเสิร์ฟอาหารโดยไม่ใช้มนุษย์ในรูปแบบต่าง ๆ จึงได้เกิดแนวความคิดในการรออกแบบและสร้างเครื่องปิ้งเอนกประสงค์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ขึ้นเพื่อสร้างความสะดวกให้แก่กิจการ โดยใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการผลิตเพื่อสร้างจุดขายในแนวนวัตกรรม นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพในเรื่องของการเป็นเครื่องปิ้งที่ไร้ควันไฟ ทำให้ไม่มีคาร์บอนที่เป็นสารก่อมะเร็งดั่งการปิ้งย่างด้วยถ่าน โดยคุณสมบัติของเครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นเป็นดังนี้

- ควบคุมการทำงานทั้งหมดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
- เครื่องปิ้งแบบไร้ควันไฟ ปิ้งได้ครั้งละ 20 ไม้
- ควบคุมเวลาการปิ้งด้วยโปรแกรมเวลา
- ควบคุมชุดการปิ้งด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 1/16 hp
- ใช้แรงดัน 220 VAC กระแส 13 A กำลังไฟฟ้า 2,860 W

2. การออกแบบและสร้าง

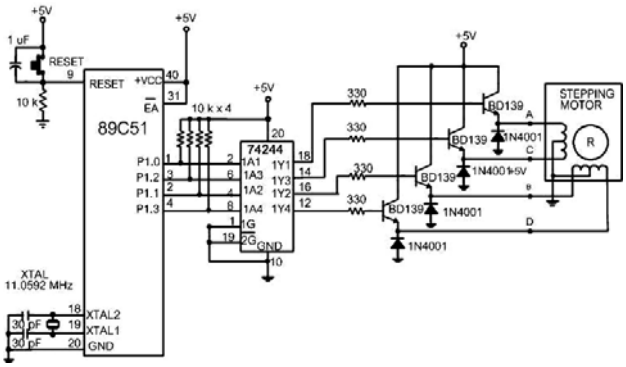
2.1 บล็อกไดอะแกรมและวงจร

บล็อกไดอะแกรมของเครื่องปิ้งเอนกประสงค์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังรูปที่ 1

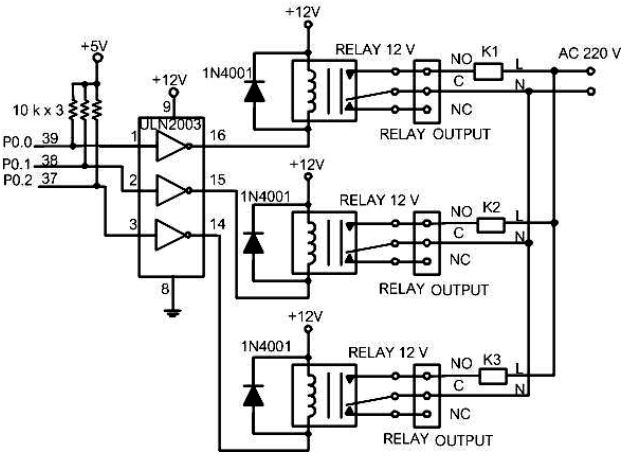


รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมรวม

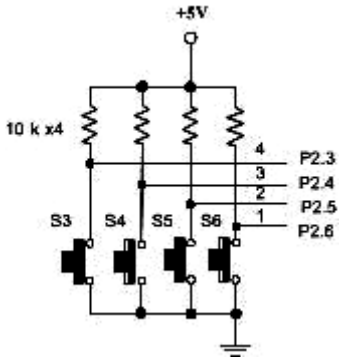
จากรูปที่ 1 เป็นบล็อกไดอะแกรมรวมของเครื่องปิ้งเอนกประสงค์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีหลักการทำงานดังนี้ เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด เมื่อเครื่องเริ่มทำงาน สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะหมุนหาตำแหน่งเริ่มต้นที่กำหนดไว้โดยใช้ลิมิตสวิตช์จำนวน 2 ตัวเป็นตัวตรวจสอบตำแหน่ง โดยมีวงจรชุดขับเคลื่อนสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ฮีตเตอร์จำนวน 3 ตัว โดยที่มีขนาด 800 W จำนวน 2 ตัวและ 1200 W จำนวน 1 ตัว ถูกควบคุมผ่านรีเลย์จำนวน 3 ตัว และพัดลมขนาด 20 W จำนวน 5 ตัวเพื่อใช้ในการควบคุมทิศทางของความร้อนจากฮีตเตอร์ทั้งหมด ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ทำงานเป็นเวลา 5 นาที ที่ตำแหน่งเริ่มต้น ถ้าหากฮีตเตอร์ร้อนอยู่แล้วจะข้ามขั้นตอนนี้โดยการกดปุ่มสวิตช์เริ่มต้น (Start Switch) ส่วนสวิตช์ที่เหลืออีก 3 ตัวนั้นใช้สำหรับตั้งโปรแกรมเวลา หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเป็นตัวสั่งการให้ฮีตเตอร์ พัดลม และ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้ในแต่ละตำแหน่ง ส่วนของการออกแบบวงจรเป็นไปตามรูปที่ 2-4



รูปที่ 2 วงจรควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์



รูปที่ 3 วงจรรีเลย์ต่อกับพอร์ตไมโครคอนโทรลเลอร์

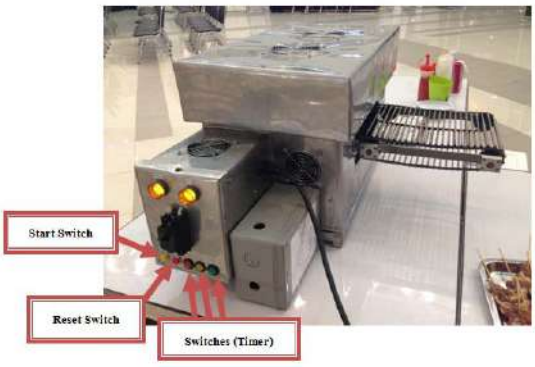


รูปที่ 4 วงจรการต่อสวิตช์เข้ากับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

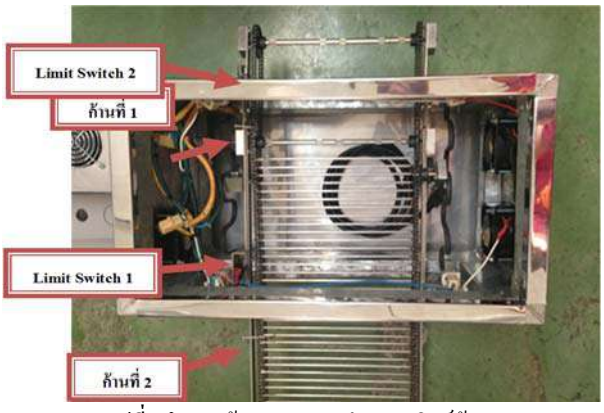
หมายเหตุ วงจรการเชื่อมต่อรีเลย์ไปควบคุมพัดลมทั้ง 5 ตัวจะใช้ทำนองเดียวกับรูปที่ 3 โดยต่อเข้ากับพอร์ต P0.3-P0.7 ส่วนวงจรการเชื่อมต่อลิมิตสวิตช์จะใช้ทำนองเดียวกับรูปที่ 4 โดยต่อเข้ากับพอร์ต P2.1 และ P2.2

2.2 โครงสร้างของเครื่องปิ้งเอนกประสงค์ที่นำเสนอ

ขนาดของเครื่องปิ้งที่ออกแบบคือ กว้าง 12 นิ้ว ยาว 16 นิ้ว สูง 18 นิ้ว ส่วนของตะแกรงปิ้งกว้าง 12 นิ้ว ยาว 24 นิ้ว ปิ้งได้ครั้งละ 20 ไม้ โดยมีโครงสร้างและตำแหน่งของสวิตช์ตามรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



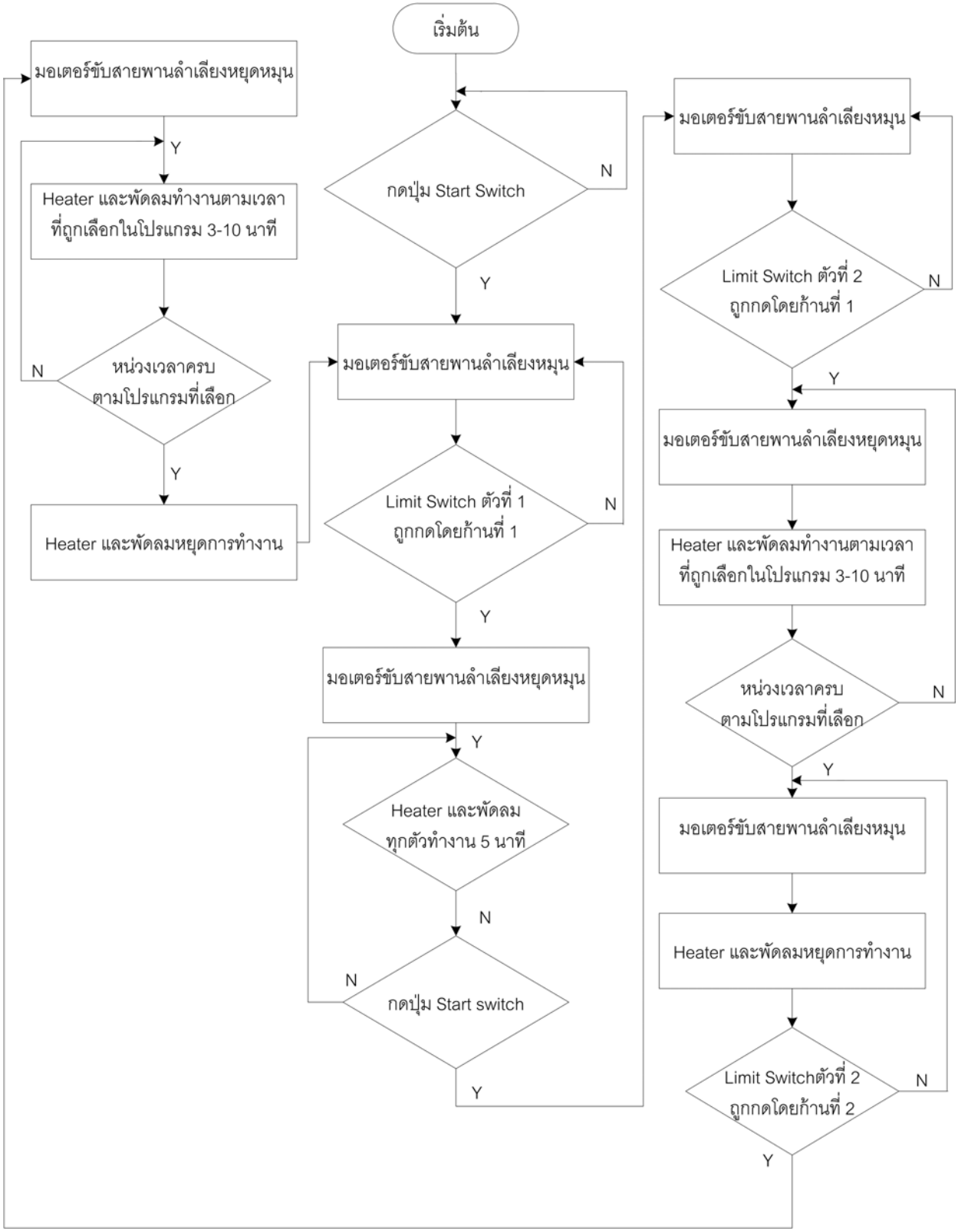
รูปที่ 5 โครงสร้างและตำแหน่งของสวิตช์ด้านข้าง



รูปที่ 6 โครงสร้างและตำแหน่งของสวิตช์ด้านบน

2.3 ผังการทำงานของระบบ (Flow Chart)

ผังการทำงานของระบบ แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผังการทำงานของเครื่องปิ้งเอนกประสงค์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

3. ผลการทดสอบ

ได้ทำการทดลองโปรแกรมหน่วงเวลาการปิ้งหมู ไส้กรอกหมู และลูกชิ้นปลา เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการปิ้ง ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1-4 ตามลำดับ พบว่าไม่มีค่าความผิดพลาดของเวลาในการปิ้งเลย กล่าวคือเมื่อเครื่องปิ้งทำงานครบตามเวลาที่โปรแกรมไว้ ระบบสายพานลำเลียงจะส่งวัตถุดิบที่ปิ้งนั้นลงสู่ถาดรับแบบอัตโนมัติ

ตารางที่ 1 การทดลองโปรแกรมหน่วงเวลา

ลำดับที่	โปรแกรมหน่วงเวลาการปิ้ง (นาที)	การกดสวิตช์เลือกเวลา			ผลการจับเวลาการปิ้ง (นาที)	% Error
		สวิตช์ 1	สวิตช์ 2	สวิตช์ 4		
1	3	–	–	–	3	0
2	4	✓	–	–	4	0
3	5	–	✓	–	5	0
4	6	✓	✓	–	6	0
5	7	–	–	✓	7	0
6	8	✓	–	✓	8	0
7	9	–	✓	✓	9	0
8	10	✓	✓	✓	10	0

ตารางที่ 2 การทดสอบการปิ้งหมู

ประเภทวัตถุดิบ	เวลาในการปิ้ง (นาที)	ผลที่ได้จากการปิ้ง			
		ไม่สุก	สุกน้อย	พอดี	สุกเกินไป
หมูปิ้ง	4	✓	–	–	–
	5	–	✓		–
	6	–	–	✓	–
	7	–	–	–	✓

หมายเหตุ ควรปิ้งหมูที่เวลา 6 นาที จะเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 3 การทดสอบการปิ้งไส้กรอกหมู

ประเภทวัตถุดิบ	เวลาในการปิ้ง (นาที)	ผลที่ได้จากการปิ้ง			
		ไม่สุก	สุกน้อย	พอดี	สุกเกินไป
ไส้กรอกหมู	3	✓	–	–	–
	4	–	✓		–
	5	–	–	✓	–
	6	–	–	–	✓

หมายเหตุควรปิ้งไส้กรอกหมูที่เวลา 5 นาที จะเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4 การทดสอบการปิ้งลูกชิ้นปลา

ประเภทวัตถุดิบ	เวลาในการปิ้ง (นาที)	ผลที่ได้จากการปิ้ง			
		ไม่สุก	สุกน้อย	พอดี	สุกเกินไป
ลูกชิ้นปลา	2	✓	–	–	–
	3	–	✓		–
	4	–	–	✓	–
	5	–	–	–	✓

หมายเหตุ ควรปิ้งลูกชิ้นปลาที่เวลา 4 นาที จะเหมาะสมที่สุด

4. บทสรุป

จากการทดสอบทำงานของเครื่องปิ้งที่นำเสนอ ได้ผลตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ เครื่องปิ้งอเนกประสงค์สามารถปิ้งสิ่งของที่ต้องการให้สุกพอดีด้วยอุณหภูมิ 135 °C และใช้เวลาเป็นไปตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ โดยใช้แรงดันไฟฟ้า 220 VAC กระแสไฟฟ้า 13 A กำลังไฟฟ้า 2,860 W ถ้านำไปใช้ปิ้งหมูจะได้ 20 ไม้ต่อเวลา 6 นาที หรือ 200 ไม้ต่อชั่วโมง เมื่อคิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อ 1 ไม้จะได้ไม้ละ 7.15 สตางค์ โดยคิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาท สรุปได้ว่าเครื่องปิ้งนี้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและนำไปใช้งานได้จริงในชีวิตประจำวัน ที่สำคัญคือเพิ่มจุดขายและดีต่อสุขภาพเพราะไร้ควันไฟ ทำให้ไม่มีคาร์บอนที่เป็นสารก่อมะเร็งที่ปิ้งย่างด้วยถ่าน

เอกสารอ้างอิง

[1] สมยศ จุณณะปิยะ การประยุกต์ใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ MCS-51 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.2541.

[2] ธีรวัฒน์ ประกอบผล ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ แมคกรอฮิลอินเตอร์เนชั่นแนลเอ็นเตอร์ไพร์ส, กรุงเทพฯ. 2540.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การหาค่าความเหมาะสมที่สุดในการควบคุมเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็ก

Optimization of the Control Automatic Small Sand Blast Machine

จุฑาทิพย์ ทองเดชาสามารถ[1], ชัยนิกร กุลวงษ์[2] และ สรกฤช ศรีเกษม[3]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

[3]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า โรงเรียนนายเรืออากาศ

E-mail: pa_jutatip@hotmail.com[1], kchainikorn@hotmail.com[2], sorakis_s@rtaf.mi.th[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบสมรรถนะของสเต็ปมอเตอร์ชนิดผสม ที่ใช้เป็นชุดต้นกำลังในเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็ก ทั้งนี้ก็เพื่อให้ได้ค่าความเร็ว และความเร่งที่เหมาะสม ที่ต้องนำไปใช้กำหนดในโปรแกรม Mach3 เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็กให้มีสมรรถนะในการทำงานที่เหมาะสมกับขีดความสามารถและมีสมรรถนะในการทำงานที่สูง ผลการทดสอบพบว่า ค่าความเร็วและความเร่งที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้เครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็กทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และมีการตอบสนองอย่างราบเรียบคือที่ค่าความเร็วและความเร่งสำหรับการเคลื่อนที่ในแนวขนานและแนวตั้งฉากกับชิ้นงานพ่นทรายเป็น 7.81 mm/s, 257.81 mm/s^2 และ 304.69 mm/s^2 ตามลำดับ

Abstract

This research is to test the performance of hybrid step motor. The motor is used as the power supply set to the automatic small sand blast machine. The objective is to obtain the proper speed and acceleration that must be set in the program Mach3 to control the small automatic sand blast machine for the performance to reach full capacity and high performance. The test results showed that the optimal speed and acceleration of the small automatic sand blast machine run at full capacity and steady response curve are at the speed, and acceleration for parallel and perpendicular movement to the test specimen is sandblasted of 7.81 mm/s, 257.81 mm/s^2 and 304.69 mm/s^2, respectively.

***Keywords*:** hybrid step motor, automatic small sand blast machine, speed, acceleration, program Mach3

1. บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีการพ่นทรายมาใช้งานในหลายๆ ด้าน เช่น การขัดสนิมเหล็ก การทำลวดลายบนกระจก การขัดผิวงานทันตกรรม การทำความสะอาดผิวชิ้นงาน ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนหลักในการเตรียมผิวชิ้นงาน ก่อนที่จะนำไปเชื่อม พ่นสี หรือขึ้นรูป เป็นต้น ซึ่งในอดีตเครื่องจักรดังกล่าวต้องนำเข้าจากต่างประเทศ แต่ในปัจจุบันสามารถผลิตได้เองในประเทศ แต่ยังคงมีต้นทุนการผลิต และราคาจำหน่ายที่ค่อนข้างสูง รวมทั้งส่วนใหญ่แล้วเป็นเครื่องที่ควบคุมการทำงานด้วยมือกล่าวคือ ในกระบวนการพ่นทรายต้องใช้มือข้างหนึ่งในการจับชิ้นงาน ส่วนอีกข้างใช้ในการจับปืนพ่นทราย ดังนั้นเมื่อมีการทำงานเป็นระยะเวลานานๆ ย่อมส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้า ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้งานที่ได้มีคุณภาพลดลง และขาดความสม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าในภายหลังได้มีการพัฒนาเครื่องพ่นทรายโดยการใช้อุปกรณ์จับยึดแทนการใช้มือจับชิ้นงานแล้วก็ตาม แต่ยังคงพบว่าต้องใช้มือในการจับปืนพ่นทรายอยู่เช่นเดิม ต่อมาในภายหลังได้มีการพัฒนาเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขึ้นมาใช้งาน แต่ส่วนมากแล้วจะเป็นเครื่องขนาดใหญ่ มีราคาที่ค่อนข้างสูง รวมทั้งในการพ่นทรายเป็นรูปหรือตัวอักษรจะต้องนำสติ๊กเกอร์มาติดที่ชิ้นงานและตัดสติ๊กเกอร์ตามแบบที่ต้องการพ่นทราย ซึ่งค่อนข้างเสียเวลา

ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ จึงมีการออกแบบและสร้างเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็กดังแสดงในรูปที่ 1 โดยควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมเชิงตัวเลข โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลควบคุมผ่านโปรแกรม Mach3 และเลือกใช้สเต็ปมอเตอร์ชนิดผสมเป็นต้นกำลัง ซึ่งในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรดังกล่าวพบว่าจำเป็นต้องตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในส่วนของโปรแกรม Mach3 ให้สอดคล้องกับคุณสมบัติของมอเตอร์ เครื่องจักรถึงจะทำงานได้ แต่อย่างไรก็ตามในการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้เครื่องจักรมีสมรรถนะในการทำงานที่เหมาะสมและสูง เราสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์หาผลการตอบสนองการทำงานของเครื่องจักร เทียบกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เปลี่ยนไป

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะทำการทดสอบ เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์โดยอาศัยชุดทดสอบสเต็ปมอเตอร์ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ ซึ่งได้แก่ ค่าความเร็วและค่าความเร่ง ที่ต้องกำหนดลงไปในโปรแกรม Mach3 เพื่อควบคุมให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างเหมาะสมกับขีดความสามารถ และมีสมรรถนะในการทำงานที่สูง รวมทั้งการนำองค์ความรู้ดังกล่าว เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องจักรอัตโนมัติ ที่ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมเชิงตัวเลข ที่มีสมรรถนะ และขีดความสามารถในการใช้งานที่สูงขึ้น รวมทั้งเพื่อลดต้นทุนในการผลิต

2. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet, PM) ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable

Reluctance, VR) และชนิดผสม (Hybrid, HB) [4] สามารถทำได้ทั้งการควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control) และการควบคุมแบบปิด (Close Loop Control) [5] ส่วนการวิเคราะห์ เพื่อหาสมรรถนะของผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์ สามารถทำได้ทั้งทางทฤษฎี และการทดลอง ดังแสดงในผลงานวิจัยของ Alexandra Morar (2003) [2] ที่ได้ทำการศึกษาและนำเสนอเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง รวมทั้งการหาผลเฉลย หรือการตอบสนองของแบบจำลองของสเต็ปมอเตอร์ ทั้ง 3 ชนิด ทั้งนี้เพื่อเป็นการทำนายถึงพฤติกรรมแบบพลวัตรของสเต็ปมอเตอร์ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าอินพุท

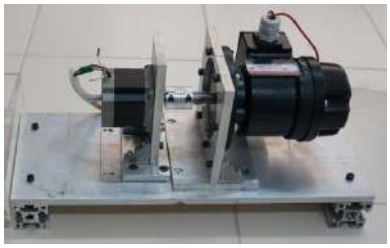
สำหรับการวิเคราะห์การควบคุมสเต็ปมอเตอร์ของงานวิจัยนี้ จะทำการวิเคราะห์โดยการทดลอง เพื่อหาสมรรถนะของผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์ โดยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ ซึ่งได้แก่ ค่าความเร็วและความเร่ง ที่ต้องนำไปใช้กำหนดในโปรแกรม Mach3 ทั้งนี้ก็เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ที่จะส่งผลให้เครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็กมีสมรรถนะในการทำงานที่สูง และเหมาะสมกับขีดความสามารถ

3. ทฤษฎีและการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของสเต็ปมอเตอร์ชนิดผสมในครั้งนี้ จะอาศัยชุดทดสอบที่ประกอบด้วยสเต็ปมอเตอร์ชนิดผสม เทคโคเจนเนอเรเตอร์ (Tachogenerator) และตัวจับยึด (Coupling) ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งในการทดสอบจำเป็นต้องสร้างภาระงานหรือโหลดที่สเต็ปมอเตอร์ต้องได้รับ ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะการทำงานจริงของเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติ กล่าวคือ สเต็ปมอเตอร์จะมีภาระงานหรือโหลดที่เปลี่ยนไป ในขณะที่เครื่องพ่นทรายมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วและความเร่งที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีการออกแบบ และสร้างชิ้นงานที่ทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มโหลดให้กับสเต็ปมอเตอร์



รูปที่ 1. เครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็ก



รูปที่ 2. ชุดทดสอบสเต็ปมอเตอร์

3.1 แรงบิดที่สเต็ปมอเตอร์ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติ

สำหรับแรงบิดที่สเต็ปมอเตอร์ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติในแต่ละแนวแกนสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 1

$$T_1 = T_{friction} + (J_{coupling} + J_{screw} + J_{reflect}) \times \alpha \quad (1)$$

โดยที่

$$T_{friction} = \frac{F_i \times P}{2\pi\eta} \quad (2)$$

เมื่อ

$$F_y, F_z = \mu M_i g + M_i a$$

$$F_x = M_i g + M_i a$$

และ

$$J_{coupling} = \frac{M_c}{2}\left(r_i^2 + r_o^2\right) \quad (3)$$

$$J_{screw} = \frac{M_B D^2}{8} \quad (4)$$

$$J_{reflect} = M_i\left(\frac{P}{2\pi}\right)^2 \quad (5)$$

เมื่อ

T_1	คือ แรงบิดรวมที่สเต็ปมอเตอร์ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติในแนวแกน i
$T_{friction}$	คือ แรงบิดที่ต้องเอาชนะแรงเสียดทาน
$J_{coupling}$	คือ แรงเฉื่อยของตัวจับยึด
J_{screw}	คือ แรงเฉื่อยของบอลสกรู
$J_{reflect}$	คือ แรงเฉื่อยเนื่องจากมวล
M_B, M_C	คือ มวลของบอลสกรูและมวลของตัวจับยึด
r_i, r_o	คือ ขนาดรัศมีวงในและวงนอกของตัวจับยึด
M_i	คือ มวลที่สเต็ปมอเตอร์ต้องขับเคลื่อนในแนวแกน i
α,a	คือ ความเร่งเชิงมุม (rad/s^2) และความเร่งเชิงเส้น (m/s^2)
η	คือ ค่าประสิทธิภาพของบอลสกรู
μ	คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของบอลสกรู
P	คือ ระยะพิตช์ของบอลสกรู
D	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของบอลสกรู

ค่าความเร็วและความเร่งสูงสุดที่สามารถกำหนดลงไปในโปรแกรม Mach3 เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติ พบว่ามีค่าเท่ากับ 156.25 mm/s และ 2,343.7 mm/s^2 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามสำหรับค่าความเร่งที่นำมาใช้ประกอบการคำนวณเพื่อหาแรงบิด T_1 และ T_2 จะใช้ค่าความเร่งสูงสุดที่เครื่องพ่นทรายอัตโนมัติสามารถทำงานได้จริง กล่าวคือ ประมาณ 35% และ 14% ของค่าความเร่งสูงสุดสำหรับการเคลื่อนในแนวขนาน (x,y) และการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉาก (z) กับชิ้นงานพ่นทราย คือ 820.30 mm/s^2 (515.15 rad/s^2) และ 328.12 mm/s^2 (206.06 rad/s^2) ตามลำดับ สำหรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ประกอบการคำนวณมีดังนี้

- มวลที่สเต็ปมอเตอร์ต้องขับเคลื่อนในแนวแกน x, y, z และมวลของตัวจับยึดเท่ากับ 4.5 kg, 10 kg, 15 kg และ 0.032 kg ตามลำดับ
- เส้นผ่านศูนย์กลางวงนอกของตัวจับยึด คือ 2.5 x10^{-2} m
- เส้นผ่านศูนย์กลางวงในของตัวจับยึด คือ 9.5 x10^{-3} m
- เส้นผ่านศูนย์กลางของบอลสกรู คือ 14 x10^{-3} m
- ความหนาแน่นของบอลสกรู คือ 7.83 x10^3 kg/m^3
- ความยาวของบอลสกรูในแต่ละแนวแกน คือ 53.00 x10^{-2} m
- ค่าประสิทธิภาพของบอลสกรู คือ 0.96
- ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของบอลสกรู คือ 0.003
- ระยะพิตช์ของบอลสกรู คือ 10 x10^{-3} m

จากสมการที่ 1 จะได้ค่าแรงบิดรวม T_1 ในแต่ละแนวแกนคือ

$$T_{1,x} = 9.48\times10^{-2}\ \text{N.m}, T_{1,y} = 3.67\times10^{-2}\ \text{N.m}, T_{1,z} = 2.05\times10^{-2}\ \text{N.m}$$

3.2 แรงบิดที่สเต็ปมอเตอร์ใช้ในการขับเคลื่อนเทคโคเจนเนอเรเตอร์ในชุดจำลอง

สำหรับแรงบิดที่สเต็ปมอเตอร์ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเทคโคเจนเนอเรเตอร์ในชุดจำลอง สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 6

$$T_2 = (J_{coupling} + J_{tacho}) \times \alpha \qquad (6)$$

เมื่อ

T_2 คือ แรงบิดรวมที่สเต็ปมอเตอร์ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเทคโคเจนเนอเรเตอร์

J_{tacho} คือ แรงเฉื่อยของเทคโคเจนเนอเรเตอร์

จากคุณสมบัติของเทคโคเจนเนอเรเตอร์ที่ใช้ในชุดจำลองเป็นรุ่น REO44N ที่มีค่าแรงเฉื่อยเท่ากับ 9.5 x 10^{-5} kg.m^2 ดังนั้นจากสมการที่ 6 จะได้ว่า

$$T_{2,x-y} = 5.04\times10^{-2}\ \text{N.m},\ T_{2,z} = 2.02\times10^{-2}\ \text{N.m}$$

3.3 ขนาดชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลดให้กับชุดจำลอง

สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวขนานกับชิ้นงานพ่นทราย (x,y) จำเป็นต้องมีจังหวะการเคลื่อนที่ รวมทั้งความเร็วและความเร่งในการเคลื่อนที่ที่เท่ากัน ทั้งนี้เพื่อให้ได้การเคลื่อนที่ที่มีความราบเรียบและสม่ำเสมอ ดังนั้นสำหรับค่าแรงบิด T_1 ที่จะนำมาพิจารณาเพื่อหาขนาดของชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลดให้กับสเต็ปมอเตอร์ในชุดจำลองควรมีค่าเดียวกัน และในที่นี้จะเลือกใช้ค่า $T_{1,x}$ ทั้งนี้เพราะมีค่าสูงสุด ดังนั้นชิ้นงานที่จะนำมาเป็นตัวสร้างโหลดให้กับสเต็ปมอเตอร์ จึงเลือกใช้อลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 cm และมีมวล $M_{x-y} = 0.158$ kg

ส่วนการเคลื่อนในแนวตั้งฉากกับชิ้นงานพ่นทราย (z) เลือกใช้ $T_{1,z}$ ดังนั้นชิ้นงานที่จะนำมาเป็นตัวสร้างโหลดให้กับสเต็ปมอเตอร์ จึงเลือกใช้อลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 cm และมีมวล $M_z = 0.016$ kg

4. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

สำหรับวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของสเต็ปมอเตอร์ในครั้งนี้ประกอบด้วย

1) ชุดจำลองเพื่อทดสอบหาสมรรถนะของสเต็ปมอเตอร์

2) เครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็ก

3) ชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลดให้กับสเต็ปมอเตอร์

4) ออสซิลโลสโคปรุ่น BK Precision 2160A

5) เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ลงโปรแกรม Mach3

5. การทดสอบ

สำหรับการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์ในงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

5.1 การทดสอบเพื่อหาการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์

สำหรับการทดสอบในส่วนนี้จะทำการทดสอบการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์ โดยอาศัยชุดทดสอบสเต็ปมอเตอร์ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) ประกอบชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลด $M_{x-y} = 0.158$ kg เข้ากับแกนของสเต็ปมอเตอร์

2) กำหนดค่าความเร่ง และค่าความเร็วเริ่มต้นเป็น 1% ของค่าสูงสุดในโปรแกรม Mach3

3) เขียน NC Code เพื่อควบคุมให้สเต็ปมอเตอร์ทำงานด้วยอัตราการป้อนสูงสุดด้วยคำสั่ง G00 ตรวจสัญญาณจากออสซิลโลสโคป และบันทึกผล

4) ทดสอบซ้ำในข้อที่ 2-3 โดยการปรับเปลี่ยนค่าความเร็วเพิ่มขึ้นครั้งละ 1% ของค่าความเร็วสูงสุด ทำการทดสอบซ้ำไปเรื่อยๆ จนพบว่าการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์มีการโอเวอร์ชูท จึงหยุดการทดสอบ

5) ทดสอบซ้ำในข้อที่ 2-4 โดยการปรับเปลี่ยนค่าความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 1% ของค่าความเร่งสูงสุด ทำการทดสอบซ้ำไปเรื่อยๆ จนพบว่าการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์มีการโอเวอร์ชูท จึงหยุดการทดสอบ

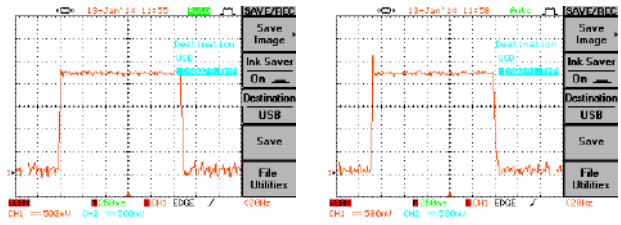
6) ทดสอบซ้ำในข้อที่ 1-5 โดยการเปลี่ยนชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลดเป็น $M_z = 0.016$ kg

ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ค่าความเร็ว และความเร่งสูงสุด ที่ทำให้การตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์ไม่เกิดการโอเวอร์ชูทขึ้น

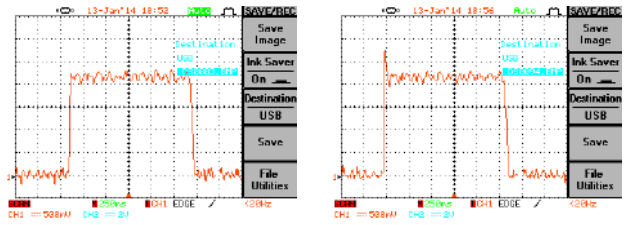
มวล	ค่าความเร็ว (mm/s)	ค่าความเร่ง (mm/s^2)
M_{x-y}	7.81	257.81
M_z	7.81	304.69

สำหรับการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์ ที่ค่าความเร็ว 7.81 mm/s และความเร่งต่างๆ แสดงดังรูปด้านล่าง



(ก) (ข)

รูปที่ 3. ผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวขนานกับชิ้นงานที่ค่าความเร็ว 7.81 mm/s และที่ค่าความเร่ง (ก) 257.81 mm/s^2 (ข) 281.25 mm/s^2



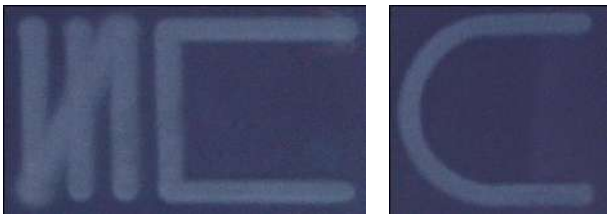
(ก) (ข)

รูปที่ 4. ผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับชิ้นงานที่ค่าความเร็ว 7.81 mm/s และที่ค่าความเร่ง (ก) 304.69 mm/s^2 (ข) 328.13 mm/s^2

5.2 การทดสอบการทำงานจริงของเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติ

สำหรับการทดสอบการทำงานจริงของเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติ สามารถทำได้โดยการนำค่าความเร็วและความเร่งจากผลการทดลองที่ 5.1 มากำหนดลงในโปรแกรม Mach3 แล้วทำการเขียน NC Code เพื่อควบคุมการพ่นทราย

ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 5



(ก) (ข)



(ค)

รูปที่ 5. ผลการทดสอบการพ่นทรายจริง ที่ค่าความเร็ว 7.81 mm/s และค่าความเร่งสำหรับการเคลื่อนที่แนวขนาน และแนวตั้งฉากกับชิ้นงานพ่นทราย คือ 257.81 mm/s^2 และ 304.69 mm/s^2 ตามลำดับ (ก) การเคลื่อนที่วิถีตรง (ข) การเคลื่อนที่วิถีโค้ง (ค) การเคลื่อนที่วิถีตรงและโค้งต่อเนื่องกัน

จากรูปที่ 5. พบว่ารูปภาพที่เกิดจากการพ่นทราย ที่ค่าความเร็วและความเร่งดังกล่าว มีความต่อเนื่อง ถูกต้องและสมบูรณ์ ตรงตามรูปแบบที่ต้องการทุกประการ

6. สรุป

จากผลการทดสอบเพื่อหาการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์และการทดสอบการทำงานจริงของเครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็กพบว่า เครื่องพ่นทรายอัตโนมัติขนาดเล็กสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และมีการตอบสนองอย่างราบเรียบสม่ำเสมอ รวมทั้งชิ้นงานที่ได้จากการพ่นทรายมีค่าความถูกต้อง 100 % ที่ค่าความเร็ว 7.81mm/s และที่ค่าความเร่งสำหรับการเคลื่อนที่ในแนวขนานและการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับชิ้นงานพ่นทราย คือ 257.81 mm/s^2 และ 304.69 mm/s^2 ตามลำดับ

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุลที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยและการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งผู้ร่วมวิจัยคือ นายชัยนิกร กุลวงษ์

เอกสารอ้างอิง

[1] จุฑาทิพย์ ทองเดชาสามารถ และ ชัยนิกร กุลวงษ์, “การนำโปรแกรมเชิงตัวเลขมาใช้ในการพ่นทราย”, การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 5 (ECTI-CARD 2013), 2556, หน้า 483-488.

[2] Alexandru MORAR, “Stepper Motor Model for Dynamic Simulation” Acta Electrotehnica., vol. 44, No.2, 2003, pp. 117-122

[3] Mohamed S. ZAKY, Ehab M. ISMAEIL and Mahmoud M. KHATER, “DSP-Based Real-Time Control of a Two Phase Hybrid Stepping Motor” Acta Electrotehnica., vol. 51, No.2, 2010, pp. 109-113

[4] S.F.Rezeka, N.M.Elsodany, N.A.Maharem, “Fuzzy Gain Scheduling Control of a Stepper Motor Driving a Flexible Rotor” European Journal of Scientific Research., vol.39, No.1, 2010, pp. 50-63

[5] Art soft, “Using Mach3 Milling”, 2005.

[6] Benjamin C. Kuo, Step Motor and Control Systems, SRL, 1998.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก

Small Automatic Milling Machine

ชัยนิกร กุลวงษ์[1], จุฑาทิพย์ ทองเดชาสามารถ[2] และ สรกฤช ศรีเกษม[3]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

[3]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า โรงเรียนนายเรืออากาศ

E-mail: kchainikorn@hotmail.com[1], pa_jutatip@hotmail.com[2], sorakis_s@rtaf.mi.th[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมเชิงตัวเลข รองรับขนาดชิ้นงานไม่เกิน 15 x 15 cm หนาไม่เกิน 5 cm การทดสอบเครื่องจะทำ 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 การกัดชิ้นงานในแนวการเคลื่อนที่วิถีตรงและวิถีโค้ง จำนวน 5 ครั้ง กรณีที่ 2 การกัดชิ้นงานทั้งในแนวการเคลื่อนที่วิถีตรงและการกัดเพื่อเจาะรู จำนวน 5 ครั้ง การทดสอบทั้ง 2 กรณีก็เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของคำสั่ง การทำงาน และความแม่นยำของเครื่อง ผลการทดสอบพบว่าเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติสามารถกัดชิ้นงานได้ทั้งในแนวการเคลื่อนที่วิถีตรง วิถีโค้ง และการเจาะรู ตรงตามที่ออกแบบและเขียนโปรแกรมเชิงตัวเลขในรูปจีโค้ดไว้ ดังนั้นเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็กมีค่าความถูกต้องและความแม่นยำ 100% จึงสามารถนำไปใช้งานได้จริง

Abstract

This research is to design and implement the small automatic milling machine which controlled by numerical program. The machine can support the test specimen not larger than 15 × 15 cm and less than 5 cm thick. Testing the machine will be done in two cases. The first case is to mill as a straight and curve trajectory 5 times. The second case is to mill as a straight trajectory and to mill for drill as a holes 5 times. These two tests are used to verify the correctness of the statement, the function of the machine and to verify the precision of the machine.

The test results showed that the small automatic milling machine can to mill as a straight, a curve and to drill as a hole exactly as expected. The numerical program is in G code. Therefore, the small automatic milling machine has accuracy and precision of 100% and can be used in practical.

***Keywords*:** small automatic milling machine, numerical programs, G code

1. บทนำ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ในภาคอุตสาหกรรม พบว่า มีการแข่งขันทั้งในด้านของกำลังการผลิตและคุณภาพของชิ้นงานที่ค่อนข้างสูง ด้วยวิวัฒนาการสมัยใหม่และการแข่งขันทั้งในด้านของปริมาณการผลิต และคุณภาพของงาน จึงได้มีการการนำเครื่องจักรอัตโนมัติที่มีศักยภาพในการทำงานที่สูงเข้ามาใช้งานในภาคอุตสาหกรรม แต่อย่างไรก็ตามสำหรับเครื่องจักรที่มีการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติส่วนมากแล้วจะเป็นเครื่องจักรที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศที่มีราคาค่อนข้างสูง รวมทั้งการใช้งานและการบำรุงรักษาที่จำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน ซึ่งอาจจะเป็นความยากลำบากที่ภาคอุตสาหกรรมขนาดเล็กจะนำเครื่องจักรดังกล่าวเข้ามาใช้งานในกระบวนการผลิตได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็กที่มีขนาดและประสิทธิภาพในการทำงานที่เหมาะสมกับภาคอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 1 ที่ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมเชิงตัวเลข โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและโปรแกรม Mach 3 เป็นส่วนควบคุม และเลือกใช้สเต็ปมอเตอร์ชนิดผสมเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนกลไก



รูปที่ 1. แสดงเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก

2. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก คือเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (Computerized numerical control machine) อีกชนิดหนึ่ง ที่ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมเชิงตัวเลข และมีคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดการและการประมวลผล [1]

เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนควบคุมซีเอ็นซี (CNC controller) ที่ทำหน้าที่สื่อสารกับผู้ควบคุม ประมวลผล และควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล และส่วนเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC machine) ที่ทำหน้าที่ในการสื่อสารกับชุดควบคุม และเคลื่อนที่เพื่อตัดเฉือนชิ้นงานตามคำสั่งจากชุดควบคุม [3]

สำหรับรูปแบบการควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซี พบว่ามีทั้งการควบคุมแบบเปิด (Open loop control) และการควบคุมแบบปิด (Close loop control) [6] ในปัจจุบันนิยมใช้คอมพิวเตอร์ทำงานร่วมกับโปรแกรม PC CNC Software, K Cam, Linux EMC CNC, Mach3 หรือโปรแกรมคอนโทรลเลอร์ตัวอื่นๆ เพื่อทำหน้าที่เป็นส่วนควบคุมของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี เพราะมีขีดจำกัดความสามารถในการใช้งานที่สูง และยังช่วยลดต้นทุนในส่วนควบคุมซีเอ็นซีได้ [2] สำหรับมอเตอร์ที่นิยมเลือกใช้เพื่อเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลซีเอ็นซีได้แก่ สเต็ปมอเตอร์ (Stepper motor) และเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) โดยอาศัยบอลสกรู (Ball screw) หรือ ฟีดสกรู (Feed screw) เป็นตัวส่งถ่ายกำลังอีกที [8]

สำหรับงานวิจัยนี้มีแนวความคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก ที่ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมเชิงตัวเลข โดยเลือกใช้สเต็ปมอเตอร์ชนิดผสม ส่งถ่ายกำลังผ่านบอลสกรูเพื่อเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนส่วนเครื่องจักรกลซีเอ็นซี และอาศัยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทำงานร่วมกับโปรแกรม Mach 3 เพื่อทำหน้าที่เป็นส่วนควบคุมซีเอ็นซี ทั้งนี้เพื่อให้ได้เครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก มีราคาเหมาะสม สามารถทำงานได้จริง และเหมาะกับการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

3. ทฤษฎี และการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

สำหรับเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติที่ได้ออกแบบและสร้างในงานวิจัยนี้ มีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้

3.1 โครงสร้าง

สำหรับโครงสร้างในส่วนที่มีการเคลื่อนที่เลือกใช้อลูมิเนียม เพราะมีน้ำหนักเบา และไม่เป็นสนิม ยกเว้นฐานของเครื่องจักรที่เลือกใช้เหล็กเพราะต้องการความแข็งแรง

3.2 ชุดควบคุม

เลือกใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทำงานร่วมกับโปรแกรม Mach 3

3.3 ต้นกำลัง

สำหรับต้นกำลังในการขับเคลื่อนกลไกต่างๆ เลือกใช้สเต็ปมอเตอร์ร่วมกับบอร์ดควบคุมมอเตอร์ และอาศัยบอลสกรูในส่งถ่ายกำลัง

สำหรับการเลือกใช้สเต็ปมอเตอร์เพื่อเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก จำเป็นต้องพิจารณาค่าแรงบิด และแรงเฉื่อยของสเต็ปมอเตอร์ ที่มีความเหมาะสม ที่เพียงพอที่จะเอาชนะภาระงานต่างๆ ในระหว่างการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติ ดังแสดงในสมการในด้านล่าง

$$T_i = T_{friction} + J_i \times \alpha \quad (1)$$

เมื่อ

$$J_i = J_{coupling} + J_{screw} + J_{reflect} \quad (2)$$

เนื่องจาก

$$T_{friction} = \frac{F_i \times P}{2\pi\eta}$$

เมื่อ

$$F_x, F_y = \mu M_i g + M_i a$$

$$F_z = M_i g + M_i a$$

และ

$$J_{coupling} = \frac{M_c}{2}\left(r_{in}^2 + r_{out}^2\right) \quad (3)$$

$$J_{screw} = \frac{M_B D^2}{8} \quad (4)$$

$$J_{reflect} = M\left(\frac{P}{2\pi}\right)^2 \quad (5)$$

เมื่อ

T_i คือแรงบิดรวมที่สเต็ปมอเตอร์ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติในแนวแกน i

$T_{friction}$ คือแรงบิดที่ต้องเอาชนะแรงเสียดทาน

J_i คือแรงเฉื่อยรวมสำหรับการเคลื่อนที่ในแนวแกน i

$J_{coupling}$ คือแรงเฉื่อยของตัวจับยึด

J_{screw} คือแรงเฉื่อยของบอลสกรู

$J_{reflect}$ คือแรงเฉื่อยเนื่องจากมวล

M_B คือมวลของบอลสกรู

M_C คือมวลของตัวจับยึด

r_i คือขนาดรัศมีวงในของตัวจับยึด

r_o คือขนาดรัศมีวงนอกของตัวจับยึด

M_i คือมวลที่สเต็ปมอเตอร์ต้องขับเคลื่อนในแนวแกน i

α คือค่าความเร่งเชิงมุม (rad/s^2)

a คือค่าความเร่งเชิงเส้น(m/s^2)

η คือค่าประสิทธิ์ภาพของบอลสกรู

μ คือค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของบอลสกรู

P คือระยะพิตช์ของบอลสกรู

D คือเส้นผ่านศูนย์กลางของบอลสกรู

สำหรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ และการเลือกใช้เพื่อสร้างเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก มีรายละเอียดดังนี้

- มวลที่สเต็ปมอเตอร์ต้องขับเคลื่อนในแนวแกน x (M_x) เท่ากับ 16 kg
- มวลที่สเต็ปมอเตอร์ต้องขับเคลื่อนในแนวแกน y (M_y) เท่ากับ 9.95 kg
- มวลที่สเต็ปมอเตอร์ต้องขับเคลื่อนในแนวแกน z (M_z) เท่ากับ 2.61 kg
- ความเร่งเชิงเส้น 1,000 mm/s^2 หรือ ความเร่งเชิงมุม 628 rad/s^2

- มวลของตัวจับยึด คือ 0.032 kg
- เส้นผ่านศูนย์กลางวงนอกของตัวจับยึดคือ 2.5 $x10^{-2}$ m
- เส้นผ่านศูนย์กลางวงในของตัวจับยึดคือ 9.5 $x10^{-3}$ m
- เส้นผ่านศูนย์กลางของบอลสกรูคือ 14 $x10^{-3}$ m
- ความหนาแน่นของบอลสกรูคือ 7.83 $x10^{3}$ kg/m^{3}
- ความยาวของบอลสกรูในแต่ละแนวแกนคือ 40.65 $x10^{-2}$ m
- ค่าประสิทธิ์ภาพของบอลสกรูคือ 0.96
- ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของบอลสกรูคือ 0.003
- ระยะพิตช์ของบอลสกรูคือ 10 $x10^{-3}$ m

จากสมการที่ 1 และสมการที่ 2 จะได้ค่าแรงบิดรวม T_i และแรงเฉื่อยรวม J_i สำหรับการเคลื่อนที่ในแต่ละแนวแกนคือ

$$T_x = 6.21\times10^{-2}\ \text{N.m}$$

$$J_x = 5.54\times10^{-5}\ \text{kg.m}^2$$

$$T_y = 4.21\times10^{-2}\ \text{N.m}$$

$$J_y = 4.01\times10^{-5}\ \text{kg.m}^2$$

$$T_z = 6.03\times10^{-2}\ \text{N.m}$$

$$J_z = 2.15\times10^{-5}\ \text{kg.m}^2$$

เนื่องจากแรงบิดรวมที่สเต็ปมอเตอร์ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติ และค่าแรงเฉื่อยรวมสำหรับการเคลื่อนที่แนวแกน X มีค่าสูงสุด ดังนั้นสำหรับการเลือกใช้สเต็ปมอเตอร์เพื่อเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติ ทั้ง 3 แนวแกน จะเลือกสเต็ปมอเตอร์ที่มีขนาดเดียวกันทั้งสามแนวแกน โดยพิจารณาจากค่าแรงบิด $T_x = 6.21\times10^{-2}$ N.m และค่าแรงเฉื่อย $J_x = 5.54\times10^{-5}\ \text{kg.m}^2$ สำหรับงานวิจัยนี้จะเลือกใช้สเต็ปมอเตอร์ของบริษัท Vexta รุ่น PK-266-02A โดยมีค่าแรงบิดสูง 1.17 N.m และ แรงเฉื่อยของมอเตอร์ 3.00 x 10^{-5} $kg.m^2$ ซึ่งถือว่าเพียงพอในการใช้งาน

4. วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

สำหรับวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย

1. วัสดุที่ใช้ทดสอบกัด ซึ่งได้แก่ อะคริลิก
2. ใบมีดกัดชิ้นงาน
3. เครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 1
4. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำงานร่วมกับโปรแกรม Mach 3

5. การทดสอบ

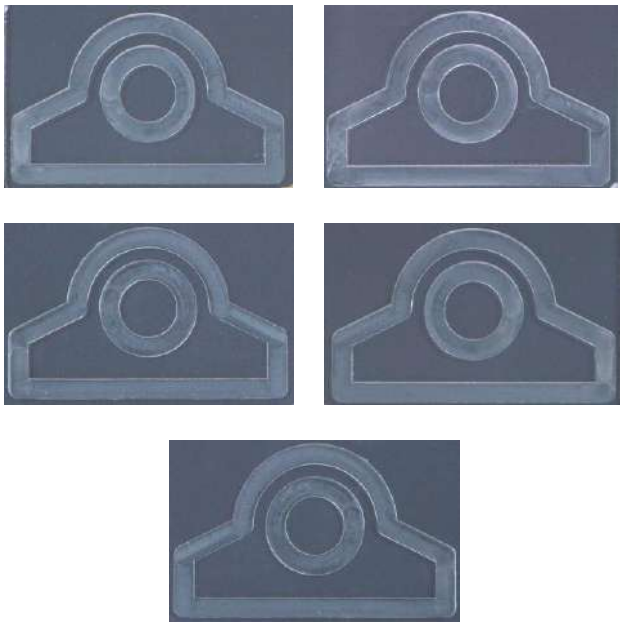
การทดสอบการทำงานของเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของคำสั่ง การทำงาน และความแม่นยำของเครื่อง แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 การกัดชิ้นงานในแนวการเคลื่อนที่วิถีตรงและวิถีโค้ง กรณีที่ 2 การกัดชิ้นงานในแนวการเคลื่อนที่วิถีตรงและการกัดเพื่อเจาะรู ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

5.1 ทดสอบกัดชิ้นงานในแนวการเคลื่อนที่วิถีตรงและวิถีโค้งต่อเนื่องกัน

ในการทำสอบเพื่อกัดชิ้นงานในแนวการเคลื่อนที่วิถีตรงและวิถีโค้งต่อเนื่องกัน มีการเขียนโปรแกรมเชิงตัวเลขเพื่อควบคุมเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็กดังนี้

```
% G90 G80                    X5
G00 Z10 S25000 M03           G00 Z10
    X5 Y5                        X33 Y30
    Z2                           Z2
G01 Z-1.5 F100               G01 Z-1.5 F100
    X5 Y21 F33                   G02 X57 Y30 R12 F33
    X23 Y30                      X33 Y30 R12 F33
G02 X67 Y30 R22 F33          G00 Z10
G01 X85 Y21 F33                  X0 Y0
    Y5                       M30 %
```

ส่วนสำหรับชิ้นงานที่ได้จากการกัด แสดงในรูปด้านล้าง



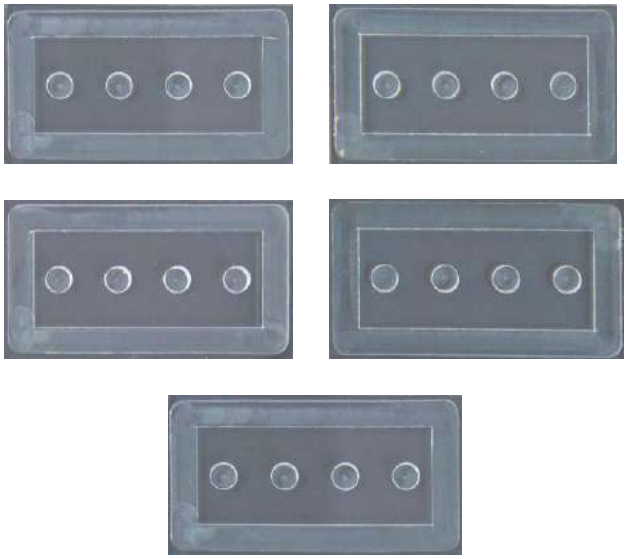
รูปที่ 2. แสดงชิ้นงานที่ได้จากการกัดชิ้นงานในแนวการเคลื่อนที่ทั้งวิถีตรงและวิถีโค้งต่อเนื่องกัน

5.2 ทดสอบกัดชิ้นงานในแนวการเคลื่อนที่วิถีตรง และการกัดเพื่อเจาะรูต่อเนื่องกัน

ในการทำสอบเพื่อกัดชิ้นงานในแนวการเคลื่อนที่วิถีตรงและการกัดเพื่อเจาะรูต่อเนื่องกัน มีการเขียนโปรแกรมเชิงตัวเลขเพื่อควบคุมเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็กดังนี้

```
% G90 G80
G00 Z10 S25000 M03
    X5 Y5
    Z2
G01 Z-1.5 F100
    X65   F33
    Y34
    X5
    Y5
G00 Z10
    X14 Y19.5
    Z2
G98  G81  X14  Y19.5  Z-3  R10
F100
    X28
    X42
    X56
G80
G00 Z10
    X0 Y0
M30 %
```

ส่วนสำหรับชิ้นงานที่ได้จากการกัด แสดงในรูปด้านล้าง



รูปที่ 3. แสดงชิ้นงานที่ได้จากการกัดชิ้นงานในแนวการเคลื่อนที่วิถีตรงและการกัดเพื่อเจาะรูต่อเนื่องกัน

6. สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบทั้งสองส่วนพบว่าเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติสามารถกัดชิ้นงานได้ทั้งในแนวการเคลื่อนที่วิถีตรง วิถีโค้ง และการเจาะรูตรงตามที่ออกแบบและเขียนโปรแกรมเชิงตัวเลขไว้ ดังนั้นเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็กมีค่าความถูกต้องและความแม่นยำ 100% จึงสามารถนำไปใช้งานได้จริง

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล ผู้ให้ทุนวิจัย ผู้ร่วมวิจัยคือ นางสาวจุฑาทิพย์ ทองเดชาสามารถ และอาจารย์ที่ปรึกษาคือ นอ.ศ.ดร.สรกฤช ศรีเกษม รวมทั้งการได้รับความร่วมมือและสนับสนุนจากบุคลากรในสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล ทุกๆท่าน รวมทั้งพระคุณของบิดา มารดา คือ นายบุญโฮม กุลวงษ์ และนางสาคร กุลวงษ์ ผู้อบรบสั่งสอนและเลี้ยงดูมาเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ชาลี ตระการกูล, *เทคโนโลยีซีเอ็นซี*, พิมพ์ครั้งที่ 15, 2550, กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริม เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[2] นายธราธิป ภู่ระหงษ์, “เครื่องมินิซีเอ็นซีควบคุมด้วยโปรแกรม Mach3”, *โครงการสร้างนวัตกรรม และการพัฒนาเทคโนโลยีสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่และหุ่นยนต์*, 2555, มหาวิทยาลัยนครพนม.

[3] Alan Overby, *CNC Machining Handbook*, 2011, USA: McGraw-Hill.

[4] Art soft, *Using Mach3 Milling*, http://www.machsupport [Retrieved January 12, 2010]

[5] Dae-Hyuk Chung, Ian Stroud, Seong-Kyon Kang and Suk-Hwan Suh, *Theory and Design of CNC Systems,* 2008, London: Springer.

[6] Farid Golnaraghi and Benjamin C. Kuo, *Automatic Control Systems***,** 2010, United States: Wiley.

[7] Nur Suraina Binti Hashin, “Design of Mini CNC Machine”, *Thesis submitted fulfillment of the requirements for the award of the degree of Bachelor of Engineering in Manufacturing,* June 2012, University Malaysia Pahang.

[8] Yusul Altintas, *Manufacturing Automation*, 2nd ed., 2012, USA: Cambridge University Press.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

Implementation of Autonomous parts (Brake, Gear, and Accelerator) of the AU Autonomous Caddy Car

Panuwat Janwattanapong[1], Narong Aphiratsakun[2]
Faculty of Engineering
Assumption University,
Ramkhamheng 24 Road, Huamark, Bangkapi, 10240, Thailand
jarrja@me.com[1], nott_abac@hotmail.com[2]

Abstract

This paper is focused on implementing an automatic system to AU Autonomous Caddy Car (AUAC) by introducing FiO Board controller to each system of AUAC, which includes Gear, Brake, and Accelerator systems. The mechanism designed to actuate each system is integrated with the controller and planted into different location to perform each function. The main objective of this project is to create a fully autonomous caddy car that can be programmed to replace the human interaction with the system. The program is written and compiled by using Simulink/MATLAB.

Keywords : AU Autonomous Caddy Car (AUAC), Autonomous System, FiO Board Controller.

I. INTRODUCTION

The AU Autonomous Caddy Car (AUAC) is a project from Assumption University and was first introduced in August 2011 by a group of senior students. The project was revealed with an automatic parking system, which the caddy car will be able to park into a parallel parking slot. The system uses an Ultrasonic sensor to detect the spot and then calculate the distance between it. The data is sent to a control system and calculate to provide signal to control the actuator located in the steering part. After the data is calculated and ready, the AUAC will automatically perform the parking itself. The system can be considered as only partial autonomous system due to the lack of other autonomous parts such as, brake, gear and accelerator systems. The old system still requires human interaction to the AUAC to successfully perform the task. So the new autonomous parts are introduced to the system to complete the AU Autonomous Caddy Car (AUAC).

The controlling parts of AUAC are similar to the Adaptive Cruise control for an intelligent vehicle by Worrawut [2]. The control system is developed and implemented onto each part of the AIT intelligent vehicle [2].

The concept applied onto AIT intelligence Vehicle by Nassaree [1] is the main purpose and motivation of this paper. The concept of autonomous and intelligent car is adapted and implemented onto the AUAC by using controller to control each system of the AUAC (Gear, Brake, and Accelerator parts).

FiO Board by aimagin [3] has been selected as a main controller for this project due to its performance and compatibility with RapidSTM32 Blockset of Simulink /MATLAB. FiO Board is user-friendly and is widely known and used among students and teachers in universities nowadays. FiO Board is capable of downloading a program compiled by using Simulink/MATLAB.

This paper shows the implementation and integration of both mechanism and control system to the AUAC system. Section II explains the autonomous parts added to the previous system; mechanical hardware and controller using to control the actuator. The programs of each system will be presented in section III. Section IV shows the results of each system controlled autonomously. The paper is concluded in section V.

II. AUTONOMOUS PARTS

The autonomous parts introduced to the system of the AUAC as shown in Fig.1 include Gear, Brake, and Accelerator systems. The selected actuator to this project is RC servo motors.

The RC Servo Motor 9850MG Servo shown in Fig.2 from Towerpro is selected as a main actuator in this project. This motor weights 180 g with the dimension of 67.9 x 30.2 x 56 mm. The operating voltage of this motor is between 4.8 – 6 V and the operating speed for 4.8V is 0.20sec/60degree and 0.16sec/60degree for 6V. It can produce the highest torque up to 25kg/cm by supplying maximum 6V to it.

The FiO Board controller is used as a main controller of each system, which the details of these are discussed briefly in the following sub-sections.



Fig.1: AUAC

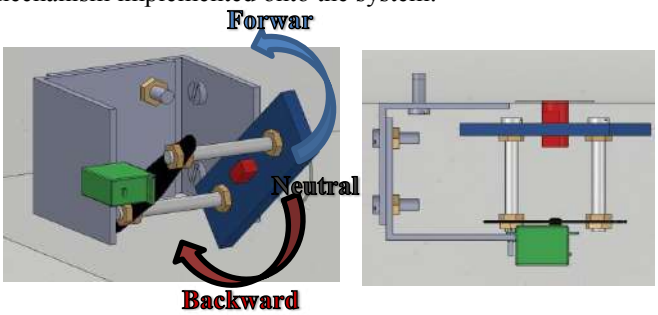


Fig.2: 9850MG Servo Motor from Towerpro

A. Gear system: CAD and Mechanical Structure

The mechanical structure of Gear system consists of RC servo motor supported with an aluminum stand planted to the gear location. The shaft of the RC servo is mounted with a plastic hand and attached to the gear shaft to create a higher rotational force. The RC servo acts as an actuator, which receives an order from the controller, and controls the gear into the desire direction. There are 3 positions in the gear system, Neutral, Forward and Backward. These positions are located in different angles [65°, 90°, and 115°].

Fig.3 reviews the top view and the oblique view structure of the gear system implemented on to the shaft. The figure is shown in a CAD design format and Fig.4 shows a real mechanism implemented onto the system.



(a) *(b)*

Fig.3: CAD design of Gear System (a) Oblique view (b) Top view

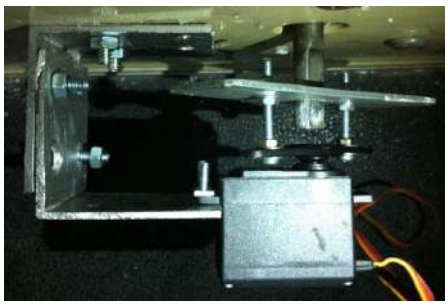


Fig.4: Mechanical part of gear system

B. Brake and Accelerator systems: CAD and Mechanical Structure

The mechanical structure of Brake and Accelerator systems share a common structure. Both of them consist of 2 RC servo motors located on the platform of the AUAC. The system requires 2 RC servo motors to generate enough force to successfully press the brake and accelerating pedal. Both shafts of RC servo motors are connected to 2 aluminum hands with flat surface at the end of the hands as shown in Fig.5 and exert force to push down the pedal in a desire angles. For the accelerating system, the moving speed of the AUAC depends on the angle of the accelerating pedal, which this mechanism is also similar to the brake system.

Fig.6 shows the real RC servo motors and arms mounted onto the accelerating and brake pedal of the AUAC.

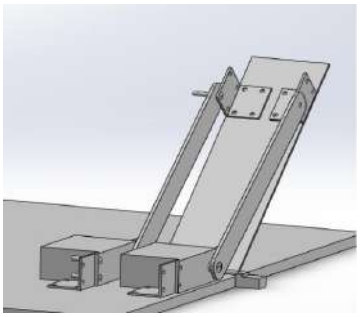


Fig.5: CAD design of Accelerator and brake systems

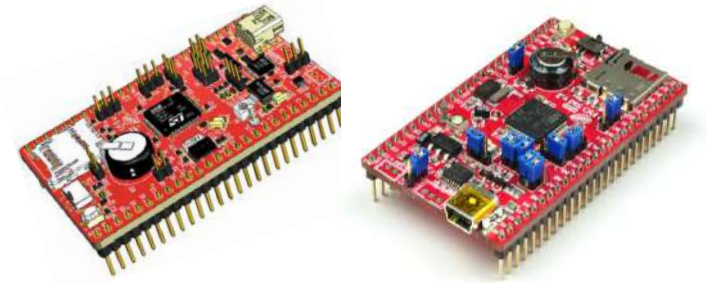


Fig.6: Mechanical part of accelerating system and brake

C. Controller: FiO Board

FiO Standard Board shown in Fig.7 is an evaluation board from FiO family which is based of STMicroelectronics STM32TM ARM 32 bits Cortex^{TM} – M3 processors.

Coding and programming are generally based on using Simulink/MATLAB program. Programs is written and compile by using embedded MATLAB function and Simulink to generate digital output and PWM to control the RC motor by using RapidSTM32 Block set which is already provided.



(a) *(b)*

Fig.7: (a) CAD design of FiO Board (b) FiO Board Controller

III. CONTROL SYSTEM AND PROGRAM

This section explains the program of each system implemented into AUAC, which includes Gear, Brake, and Accelerator systems.

Each program is written by using Simulink/MATLAB program and then downloaded to the FiO Board to directly control the RC servo motor. The controller generates a specific PWM signal and use to control the angle of rotation of each motor separately

The following sections explain the method and program of each autonomous system of AUAC

A. Gear System: Program Structure

The program of gear system is illustrated in Fig.8. The program is written in blockset. To be able to control the 3 positions of the gear, Neutral, Forward, and Backward, the program receives 2 signal inputs and generates a specific PWM signal and control the desire angle.

The program of gear controlling is briefly explained and summarized as flowchart shown in Fig.9.

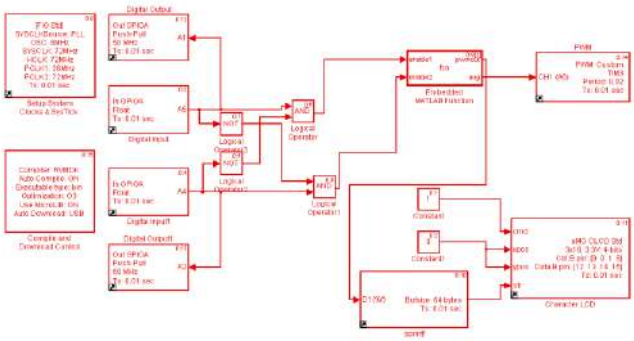


Fig.8: Simulink program of gear system

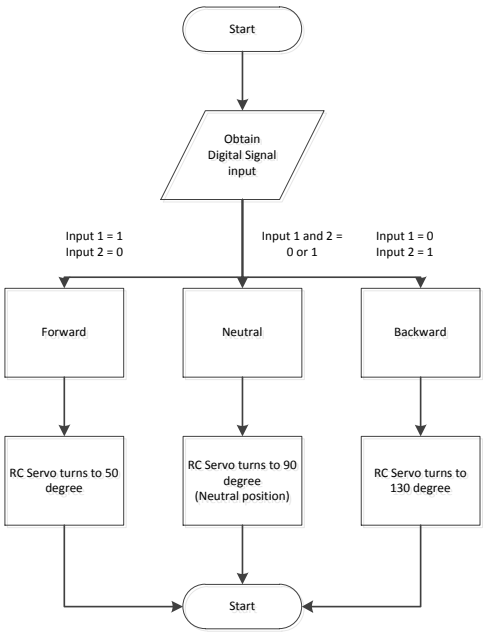


Fig.9: Overview of gear system program

B. Brake and Accelerator Systems: Program Structure

The brake and accelerator systems use the same program to operate. The program uses Simulink/MATLAB to compile similar to the gear system and then transfer the program to the FiO Board controller. The program of these systems is shown in Fig.10. The program receives the analog signal input and converts them to digital input for calculation and generates PWM signal to control the angle position. The angle position of the RC servo motors is determined by the analog signal compared to the thresholds in the program.

The program of brake and accelerator systems is similar and briefly explained and summarized as flowchart shown in Fig.11.

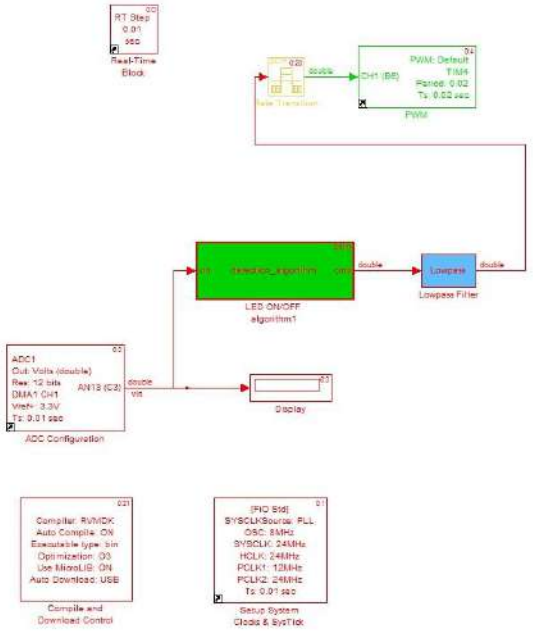


Fig.10: Simulink program of brake and accelerator systems

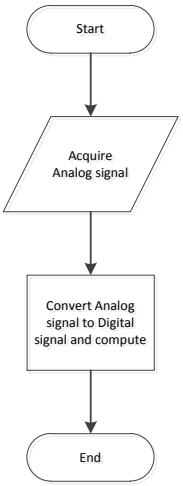


Fig.11: Overview of brake and accelerator systems program

IV. EXPERIMENTAL RESULT

The experiment and result is recorded while the AUAC was performing out at Basketball Court of Assumption University. The results of each system are promising and indicate that we are in the correct direction. The results of AUAC system are subdivided into following sections

A. Gear system: Result

The AUAC gear system contains 3 positions, Neutral, Forward and Backward. The AUAC started out in the Neutral position, which is selected by the default output of the program. When the forward signal is received, the RC servo motor successfully rotates the shaft of the gear to the forward position with precision and accuracy. As well as when the backward position is selected, the RC servo motor rotates to the given direction without error.

B. Brake system: Result

The AUAC brake system is tested when the AUAC is moving in a forward direction. When the controller receives the analog input, the RC servo motors rotate and press the brake pedal with an angle according to the input resulting in the AUAC stop moving. Also the brake system is tested when the AUAC is moving in a backward direction, which gives the exact motion of the previous test.

C. Accelerator system: Result

The AUAC Accelerating system is tested when the AUAC is stationary. When the controller receives the analog input, the RC servo motors rotate and press the gas pedal with an angle according to the input resulting in the AUAC starts moving forward. The speed of the AUAC is adjustable, which is adjusted by the input signal. The variation of speed is also tested and gives out the promising result.

D. Discussion

The whole system performs accurately and gives out a promising result. The only problem in is that, the torque generated from the RC servo in the Brake and Accelerator systems is not enough to push down the pedal to the desire angle, so the second RC servo is introduced to both of the systems to solve this problem. The FiO Board Controller performs efficiently to control each part of the AUAC and the programming code in MATLAB is simple and straightforward to understand and comprehend.

V. CONCLUSION

This paper describes the autonomous parts of the AUAC in detail of both mechanical and program design. This paper focuses on the autonomous parts added from the previous AUAC automatic parking system to fully complete the autonomous control of the AUAC system.

The AUAC system is introduced with the autonomous gear, brake and accelerator systems, which uses RC servo motors as the main actuator controlled by PWM signal generated from the main controller of this project, which is FiO Board. Each system is designed and modified to perform a specific purpose. The gear system uses RC servo motor to rotate the shaft of the gear to a different position, Neutral, Forward, and Backward. And for the brake and accelerator systems, use RC servo motors mounted with an aluminum arm to press down the pedal. The results of 3 systems are considered to be successful.

Integrating every autonomous parts existing in the AUAC system to perform autonomous parking system is a future work of this research.

ACKNOWLEDGMENT

This project is financially supported by Assumption University (ABAC), Thailand. We acknowledge the assistant and consultant from Asst. Prof. Dr. Kittiphan Techakittiroj. The authors acknowledge the help to render of Ms. Neeranut Ratchatanantakit, Mr. Padipat Pluemworasawat, and Mr. Supanut Vathunupracha.

REFERENCES

[1] Nassaree Benalie, Worrawut Pananurak, Somphong Thanok, and Manukid Parnichkun, "Improvement of Adaptive Cruise Control System based on Speed Characteristics and Time Headway", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems 2009,Thailand

[2] Pananurak, W., Thanok, S., Parnichkun, M. "Adaptive Cruise Control for an Intelligent Vehicle", Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2009, Thailand

[3] https://www.aimagin.com/fio-std.html

หัวข้อ เกม แบบจำลอง ระบบควบคุม และการสร้างงานวิศวกรรม (23GM&Sim)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การศึกษาวิศวกรรมการออกแบบช่องทางเดินกระแสขนาดความยาวน้อยกว่าไมโครเมตรสำหรับ อุปกรณ์พีมอส

ณัฐพล สกุณา[1], อนุชา เรืองพานิช[1], รังสรรค์ เมืองเหลือ[1]

[1]สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail: sakuna_saelee@hotmail.com[1], cmoslee517@hotmail.com[1,2], kmrangso@kmitl.ac.th[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาการออกแบบทางวิศวกรรมช่องทางเดินกระแสของพีมอสที่มีค่าความยาวน้อยกว่า ไมโครเมตรโดยใช้การจำลองกระบวนการสร้างและการจำลองอุปกรณ์ Synopsys TCAD เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดสอบ การออกแบบช่องทางเดินกระแสประกอบด้วยการปรับลดพารามิเตอร์ทางกายภาพเช่นความยาวเกต (L_g), การยิงฝังประจุสำหรับการปรับแรงดันขีดเริ่ม (VTA) และการสร้างบ่อแยกชนิดเอ็น ด้วยการยิงฝังประจุอะตอมฟอสฟอรัสที่ปริมาณโดสค่าต่างๆที่ยิงแบบ retrograde ที่พลังงาน 450 keV โครงสร้างของพีมอสที่ทดสอบเป็นแบบ Surface channel (SC PMOS). ในการศึกษาการจำลองนี้ เราอธิบายลักษณะปรากฏการณ์ของการเปลี่ยนแปลงช่องทางเดินกระแสโดยความเข้มข้นของการเติมอะตอมสารเจือและการหาวิธีการเพิ่มศักยภาพของของพีมอสซึ่งจะสนใจในแรงดันขีดเริ่มในย่านเชิงเส้นและย่านอิ่มตัว,การแกว่งตัวกระแสเดรนในย่านต่ำกว่าแรงดันขีดเริ่ม (sub threshold swing),กระแสเดรนรั่วไหล,กระแสเดรนอิ่มตัวและ Drain Induced Barrier Lowering (DIBL).

Abstract

This paper investigates the channel engineering design consideration of sub micrometer surface channel PMOS (SC-PMOS) devices by using the semiconductor process and the device simulation. Virtual wafer fabrication factory Synopsys TCAD Tools is used for fabrication and simulation of a testing device namely Sentaurus process simulation and Sentaurus devices simulation. The channel design consists of a scaled down of a physical parameter such as channel design gate length (L_g), ion implantation for the threshold voltage adjust(VTA) and the retrograde N-well formation with a various doping concentration done by varying the phosphorus implantation dose with an implantation energy of 450 keV. In this simulation study, we characterize the effect of the channel modulation by engineering doping concentration profile and determine how to enhance the performance of PMOS. The threshold voltage (V_{TH}) in linear and saturation region, sub threshold swing (S), off state drain leakage current (I_{off}), saturation drain current (I_{on}) and also the Drain Induced Barrier Lowering (DIBL) are investigated.

***Keywords*:** PMOS, TCAD, DIBL, VPT

1. บทนำ

ในปัจจุบันขนาดของมอสเฟส (MOSFET) ได้มีขนาดเล็กลงอย่างต่อเนื่อง ลักษณะการออกแบบการกระจายตัวของพาหะและลักษณะของรอยต่อของช่องทางเดินกระแสเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปรับปรุงศักยภาพของอุปกรณ์และควบคุมปรากฏการณ์ของช่องทางเดินกระแสสั้นที่เกิดขึ้น ผลกระทบของช่องทางเดินกระแสสั้นเช่น Drain-Induced Barrier Lowering(DIBL) , Punchthrough Voltage(VPT) และ กระแสรั่วไหล(Off State Leakage Current) ในการควบคุม VPT ของมอสเฟสจะต้องมีการเติมอะตอมสารเจือความเข้มข้นสูงในช่องทางเดินกระแสในขณะที่ความยาวเกตลดลง การเติมอะตอมสารเจือความเข้มข้นสูงมักจะควบคุมได้ยากและทำให้ความคล่องตัวของพาหะลดลง[2,3] ในช่วงเวลาที่ผ่านมาทางเราได้ประสบผลสำเร็จในการสร้างมอสเฟสที่มีความยาวของช่องทางเดินกระแสเท่ากับ 0.8 ไมโครเมตร ขั้วเกตเป็นแบบ โพลีซิลิคอน ชนิดเอ็น (N+ poly silicon gate) วิศวกรรมช่องทางเดินกระแสของเอ็นมอสเป็นแบบ Surface Channel ในขณะที่ วิศวกรรมช่องทางเดินกระแสของพีมอสเป็นแบบ Buried Channel ทั้งนี้เนื่องจากการยิงผังประจุในการปรับค่าแรงดันขีดเริ่มของทั้ง 2 มอสเฟตเป็นโบรอน จากการทดสอบผลทางไฟฟ้าพบว่าพีมอสสนั้นมีค่าความไวต่อผลของ DIBL ค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับเอ็นมอส และผลทางไฟฟ้าอื่นๆพบว่า ยังขึ้นกับความลึกของรอยต่อ Buried Channel ของพีมอส ที่เชื่อมต่อระหว่างขั้วซอสและเดรน ในการสร้างมอสเฟส 0.5 ไมโครเมตรที่ศูนย์ TMEC นั้นจึงมีความพยายาม ที่จะเอาชนะข้อจำกัดเหล่านี้ จึงได้ทำการศึกษาโดยเสนอแบบจำลองการสร้างมอสเฟส 0.5 ไมโครเมตรชนิดบ่อคู่ ซึ่งมีความยาวช่องทางเดินกระแสต่ำสุด 0.3 ไมโครเมตร ในบทความนี้เราเสนอการทดลองและอภิปรายลักษณะการออกแบบวิศวกรรมของช่องทางเดินกระแสที่ถูกยิงฝังประจุที่ความยาวของเกต 0.5 ไมโครเมตรของอุปกรณ์พีมอส แบบ Surface Channel ขั้วเกตเป็นแบบ โพลีซิลิคอน ชนิดพี (P+ poly silicon gate) ที่

สร้างบนฐานรองชนิดเดียวกัน การตรวจสอบพารามิเตอร์ต่อไปนี้จะถูกจำลองกระบวนการทำงานซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของความยาวเกต

-(Threshold voltage), V_{TH}

-(Off state leakage current)I_{off}

-Dain Induce Barrier Lowering

-Subthreshold slope (*S*.)

-Punchthrough voltage or breakdown voltage (V_{PT})

สมการด้านล่างในกรณีที่มีการฝังประจุของการปรับค่าแรงดันขีดเริ่มเป็นชนิดเดียวกับฐานรอง(Surface Channel) ค่าความหนาแน่นของพาหะในช่องทางเดินกระแสมีค่าเป็น

$$N_{CH} = N_{sub} + N_I \quad (1)$$

สมการค่าแรงดันขีดเริ่มของมอสเฟสขนาดใหญ่หาได้จาก

$$V_{TH} = V_{FB} - 2\Phi_F - \gamma_1\sqrt{\Phi_F} \quad (2)$$

$$V_{FB} = \Phi_{MS} - \frac{Qss}{C_{OX}} \quad (3)$$

ในกรณีที่ขั้วเกตเป็นแบบ โพลีซิลิคอน ชนิดพี

$$\Phi_{MS} = \frac{E_G}{2} + \frac{kT}{q}\ln\frac{N_{ch}}{n_i} \quad (4)$$

ในกรณีที่ขั้วเกตเป็นแบบ โพลีซิลิคอน ชนิดเอ็น

$$\Phi_{MS} = -\frac{E_G}{2} + \frac{kT}{q}\ln\frac{N_{ch}}{n_i} \quad (5)$$

$$\gamma_1 = \frac{\sqrt{2\varepsilon_{si}qN_{ch}}}{C_{ox}} \quad (6)$$

$$\Phi_F = \frac{kT}{q}\ln\left(\frac{N_{ch}}{n_i}\right) \quad (7)$$

เมื่อ N_I เป็นความเข้มข้นของการฝังประจุ N_{ch} เป็นความเข้มข้นของพาหะที่พื้นผิวของช่องทางเดินกระแส V_{FB} แรงดันแถบเรียบของฐานรอง Φ_Fเป็นศักย์ไฟฟ้าพื้นผิว (surface potential) Φ_{MS} เป็นค่างานระหว่างขั้วเกตกับฐานรอง Q_{SS} เป็นค่าประจุที่รอยต่อเกต (interface charge). C_{OX} เป็นค่าความจุไฟฟ้าต่อ หนึ่งหน่วยพื้นที่ของเกต กระแสรั่วไหล (Off state leakage current) ในแบบจำลองไฟฟ้าของ (BSIM) ที่แรงดัน V_{GS} =0 และ V_{DS}=3.3 V กระแสรั่วไหลที่ไม่มีแรงดันไบอัสฐานรองถูกกำหนดโดย

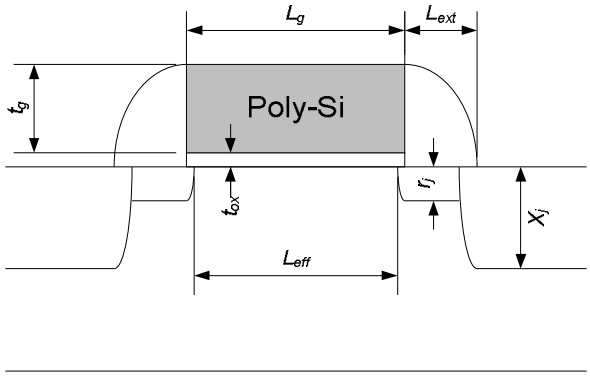
$$I_{off} = I_o 10\left(\frac{-V_{TH} + \eta V_{DS}}{S}\right) \quad (8)$$

$$I_o = \mu_o C_{ox}\frac{W_{eff}}{L_{eff}}(v_T)^2\exp(1.8) \quad (9)$$

เมื่อ μ_0 เป็นความคล่องตัวที่ไม่มีแรงดันไบอัส W_{eff} และ L_{eff} เป็นความกว้างและความยาวประสิทธิ์ผล, v_T เป็นแรงดันอุณหภูมิ, V_{DS} เป็นแรงดันไบอัสเดรนและซอส, η เป็นสัมประสิทธิ์ DIBL, q เป็นประจุอิเล็กตรอน และ n เป็นสัมประสิทธิ์ transistor subthreshold swing (n =1+C_D/C_{ox}). จะเห็นได้ว่าเมื่อความยาวช่องทางเดินกระแสลดลงทำให้กระแส I_{off} จะเพิ่มขึ้นและค่าV_{TH} จะลด ค่า sub threshold slope ($S = nv_T \ln 10$) ของทรานซิสเตอร์เป็นส่วนกลับของความชันของกราฟ I_{DS} กับ V_{GS} ในหน่วย millivolts/ decade (mV/dec) ของการเปลี่ยนแปลง I_{DS} ที่อุณหภูมิห้องค่าดังกล่าวมีค่าเป็น 60 mV/dec แรงดัน punchthrough (V_{PT}) เป็นแรงดันไบอัสย้อนกลับที่ขาเดรนโดยไม่มีแรงดันไบอัสที่ขาเกตทำให้เกิดกระแสไหลจากเดรนไปซอสเป็นแรงดันเดรนที่กระแสเดรนกำหนดให้มีค่า 1 nA ต่อหน่วยความกว้าง (1nA/μm) วิธีการสำหรับควบคุม punchthrough ที่นิยมเป็นการเพิ่มการยิ่งฝังประจุเรียกว่า การยิงฝัง APT ซึ่งความลึกของ APT จะเท่ากับความลึกของร่อยต่อของซอส-เดรน

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

บ่อแยกชนิด เอ็น สร้างโดยการยิงฟอสฟอรัส (Phosphorus) ฝังลงบนฐานรองชนิด P ที่มีค่าความต้านทาน 20 Ω-cm ที่ความเข้มข้นค่าต่างๆ ดังนี้ $8x10^{12}$, $9x10^{12}$, $1x10^{13}$ และ $2.0x10^{13}$ cm^{-2}ด้วยพลังงานคงที่ 450 keV และขับลึก (drive-in) ที่อุณหภูมิ 1050^0C เป็นเวลา 300 นาที ได้ความลึกของรอยต่อ 1.8 μm และค่าความต้านทานแผ่น (Sheet resistance) 700 Ω/sq ความหนาของ Poly silicon gate 300 nm ความหนาของ Gate oxide 10 nm ใช้ อาร์เซนิค ในการยิงฝังประจุสำหรับการปรับแรงดันขีดเริ่ม (VTA) ของ PMOS ต่างๆตั้งแต่ $1.4x10^{12}$ถึง $1.7x10^{12}$ ด้วยพลังงาน 90 keV การป้องกันการเกิด Punch through ใช้การยิงฟอสฟอรัสด้วยความเข้มข้นต่างๆตั้งแต่ $1.0x10^{12}$ถึง $5.0x10^{12}$ ด้วยพลังงานคงที่200 keV ในส่วนซอส (Source) และเดรน (Drain) ใช้สร้างโดยการยิง BF_2 ด้วยความเข้มข้น $5x10^{15}$พลังงาน 100 keV กระบวนการ Rapid Thermal Annealing (RTA) ที่อุณหภูมิ $1100\ ^0$C เป็นเวลา 10 วินาที โครงสร้างของมอสเฟสที่กำหนดขอบเขตในการจำลองแสดงในรูปที่ 1



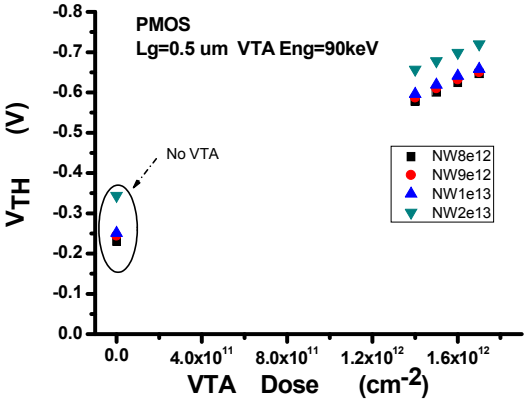
รูปที่ 1. ขอบเขต ทางกายภาพในการจำลอง

จากรูปได้แสดงพารามิเตอร์ทางกายภาพเช่น ความหนาอ็อกไซด์ (t_{ox}) , ความลึกของซอสและเดรน (X_j), ความยาวเกต (L_g) ซึ่งการออกแบบพารามิเตอร์ทางกายภาพจะเป็นไปตามกฎการออกแบบมอสเฟสเช่น ความหนาอ็อกไซด์ (t_{ox}) จะเท่ากับ $0.018L_g$, ความลึกของ extension (r_j) เท่ากับ

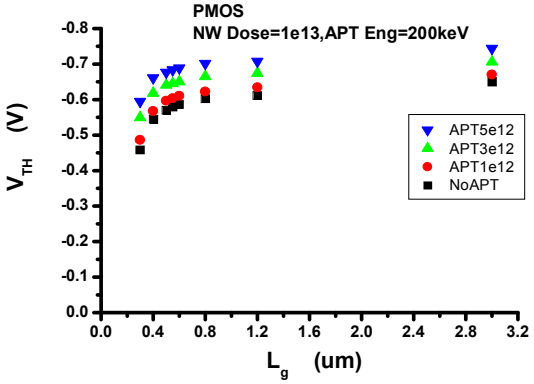
$0.3L_g$, X_j เท่ากับ$0.6L_g$, Spacer width (L_{ext}) เท่ากับ $0.3L_g$ และความยาว effect gate (L_{eff}) เท่ากับ $0.6L_g$ การจำลองจะจำลองความยาวเกตที่ 0.3, 0.4,0.5, 0.55, 0.6, 0.8, 1.2และ 3.0 ไมโครเมตร ซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆจะแปรตามความยาวเกตที่ออกแบบตามกฎการออกแบบ การจำลองอุปกรณ์ทั้งหมดใช้โปรแกรม Sentaurus device 2-D

3. ผลการทดลองและสรุปผล

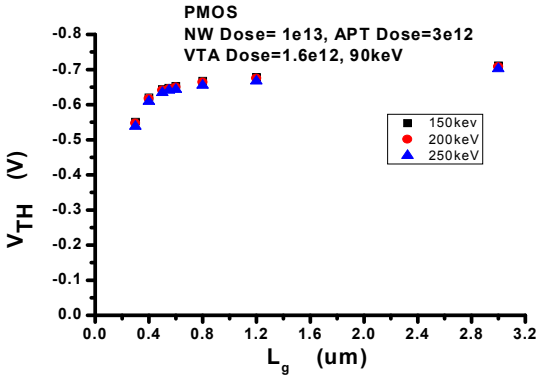
รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขีดเริ่ม กับ ปริมาณโดสยิงฝังประจุการปรับค่าแรงดันขีดเริ่ม(VTA) พลังงานคงที่ 90 keV ในบ่อแยกชนิด เอ็น จะเห็นได้ว่าแรงดันขีดเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างเชิงเส้น ที่ทุกค่าของความเข้มข้นของบ่อแยก และ เมื่อเข้มข้นของบ่อแยกมากขึ้นค่าแรงดันขีดเริ่มจะมากตามเนื่องจากความหนาแน่นของพาหะในช่องทางเดินกระแสมากขึ้นต้องใช้แรงดันมากขึ้นในการดึงประจุชนิดพี รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขีดเริ่ม (V_{TH}) กับ ความยาวเกต (L_g) ด้วย ปริมาณโดสของ VTA เท่ากับ $1.6x10^{12}$ cm^{-2} จะเห็นได้ว่าแรงดันขีดเริ่มเพิ่มขึ้นตามความปริมาณโดสของ APT ทุกค่าความยาวเกต และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อความยาวเกตน้อยกว่า 4 ไมโครเมตร รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขีดเริ่ม (V_{TH}) กับ ความยาวเกต (L_g) ที่พลังงานยิงฝังประจุ AntiPunch through (ATP) ค่าต่างๆ จะเห็นได้ว่าแรงดันขีดเริ่มลดลงตามพลังงานการยิงของ ATP ที่เพิ่มขึ้นทุกค่าความยาวเกต แต่ไม่มีผลนัยสำคัญต่อค่า แรงดันขีดเริ่มมากนัก



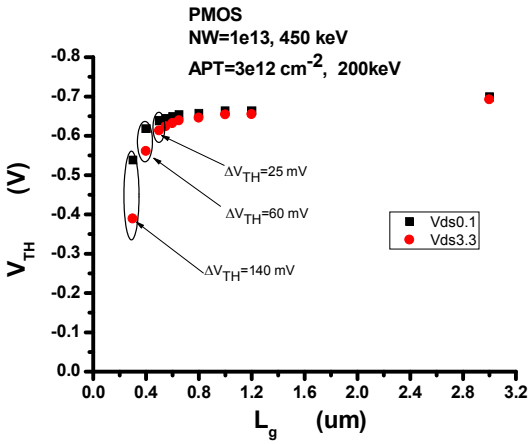
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันขีดเริ่ม กับที่ปริมาณโดส ยิงฝังประจุ VTA ที่ปริมาณโดส ยิง ฝังประจุ บ่อ แยกเอ็น ค่าต่างๆ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขีดเริ่ม (V_{TH}) กับ ความยาวเกต (L_g) ที่ความเข้มข้นของ (ATP)



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขีดเริ่ม (V_{TH}) กับ ความยาวเกต (L_g) ที่พลังงานการยิงของ AntiPunch through (ATP) ค่าต่างๆ



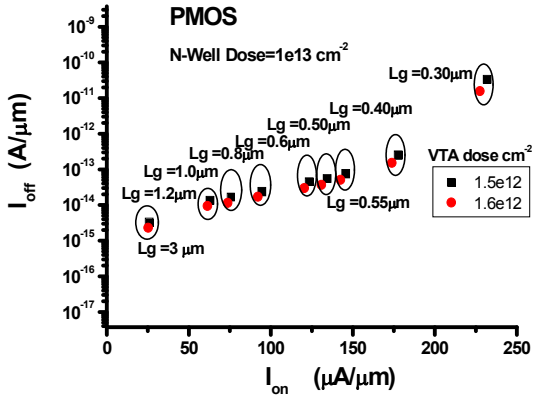
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขีดเริ่ม (V_{TH}) กับ ความยาวเกต (L_g) ที่แรงดันเดรน ซอส 0.1 และ 3.3 โวลต์

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขีดเริ่ม (V_{TH}) กับ ความยาวเกต (L_g) ที่แรงดันเดรน ซอส 0.1 และ 3.3 โวลต์ตามลำดับ พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันขีดเริ่ม ที่ แรงดันเดรน ซอส 0.1 และ 3.3 โวลต์

ตารางที่ 1ผลการจำลองคุณสมบัติทางไฟฟ้าของพีมอส

Process parameter		Out put			
N-well dose (cm^{-2}) ,450 keV	VTA dose (cm^{-2}),90 keV	V_{TH} (V)	S mV/dec	G_m (μS/μm)	I_{on} (μA/μm)
9×10^{12}	1.7×10^{12}	-0.65	90	6.87	141
1×10^{13}	1.6×10^{12}	-0.64	89	7.0	143
2×10^{13}	1.4×10^{12}	-0.66	92	6.78	136

มีค่าเป็น 25 60 และ 140 มิลลิโวลต์ ที่ความยาวของช่องทางเดินกระแสกับ 0.5 0.4 และ 0.3 ไมโครเมตร ตามลำดับ ในกรณีที่พีมอสมีช่องทางเดินกระแสเป็นแบบ Buried Chanel การเปลี่ยนแปลงค่าดังกล่าวมีค่าเป็น 110 300 และ 600 มิลลิโวลต์ที่ที่ความยาวของช่องทางเดินกระแสกับ 0.5 0.4 และ 0.3 ไมโครเมตร ตามลำดับ.เราสังเกตได้ว่าการออกแบบความยาวเกตที่ดีจะไม่น้อยไปกว่า 0.4 ไมโครเมตร. รูปที่ 6 แสดงกระแส I_{OFF} กับ I_{ON} โดยเปลี่ยนแปลงความยาวช่องทางเดินกระแสและความเข้มของ VTA จะเห็นได้ว่าช่องทางเดินกระแสต่ำสุดต้องไม่น้อยกว่า 0.4 ไมโครเมตร ถึงจะมีการควบคุม roll-off ได้ดี ซึ่งผลการจำลองพารามิตเตอร์ของ พีมอส ความยาวเกต 0.5 μm ได้แสดงในตารางที่ 1 พบว่า ที่ความเข้มข้นของ บ่อแยกชนิดเอ็น ที่ค่า $1x10^{13}$ cm^{-2}, ปริมาณโดสยิงฝังประจุเท่ากับ $1.6x10^{12}$ cm^{-2} จะมีประสิทธิ์ภาพสูงสุด I_{ON} มีค่า 143 μA/μm, subthreshold slope มีค่าประมาณ 90 mV/decade และค่า linear transconductance มีค่า 7.0 μS/μm แรงดัน VPT มีค่าประมาณ – 10 V



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง I_{OFF} กับ I_{ON}ที่ความยาวช่องทางเดินกระแสและปริมาณโดสยิงฝังประจุ VTA ค่าต่างๆ

4. สรุป

จากรายละเอียดการเพิ่มประสิทธิภาพช่องทางวิศวกรรมได้ดำเนินการสำหรับเทคโนโลยี CMOS 0.5 ไมโครเมตร โครงสร้างของพีมอสเป็นแบบ Surface channel (SC PMOS) ซึ่งมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีกว่า เช่น ควบคุมแรงดันขีดเริ่มได้ดีกว่า ผลของ DIBL น้อยกว่า ทั้งนี้เป็นผลจากขั้วเกตเป็นแบบโพลีซิลิคอนชนิดพี ในการศึกษาเราตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของ MOSFETs ชนิดพีที่มีการเติมอะตอมสารเจือ ในช่องทางเดินกระแสที่ความเข้มข้นต่าง จากการทดสอบแบบจำลองกระบวนการสร้าง พบว่าค่าความยาวเกตจะต้องไม่ต่ำกว่า 0.4 ไมโครเมตร โดยสรุปเพื่อให้ศักยภาพของ พีมอส เข้าใกล้ คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ เอ็นมอส กระแสI_{ON} มีค่า 160 μA/μm แรงดันขีดเริ่มมีค่า 0.64 โวลต์ กระแสรั่วไหลอยู่ในย่าน pA/μm ค่าของDIBL มีค่าประมาณ 20 mV/V และ Sub threshold slope มีค่า 90 mV/dec กระบวนการสร้างของพีมอสควรเป็นปริมาณโดสยิงฝังประจุเท่าบ่อแยกชนิดเอ็น ที่ค่า $1x10^{13}cm^{-2}$, ปริมาณโดสยิงฝังประจุเท่ากับ $1.6x10^{12}$ cm^{-2}

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณTMEC/NECTEC ที่ช่วยสนับสนุนอุปกรณ์ Sentaurua TCAD 2 D

เอกสารอ้างอิง

[1] SIA, “The National Technology Roadmap For Semiconductor”, San Jose, CA,1994.

[2] G. Guegan, S. Deleonibus, D. Souil, S.Tedesco, C.Laviron, B.Previtali and M.E. Nier, “Channel Engineering Study for 50 nm P-Channel MOSFET”, Proc. 32nd European, pp. 119-122, 2002.

[3] S. T. Ma, J. R. Brews, “Comparison of Deep-Submicrometer Conventional and Regtrograde n-MOSFET’s”, IEEE TED, Vol. 47, No.8, pp. 1573-1579, Aug. 2000.

[4] A. Ruangphanit, N. Phongphanchanthra, “Channel Engineering study for Submicron N-Channel MOSFET Based on TCAD Simulation”, The Proceeding of the 12th International Annual Symposium on Computer Science and Engineering, pp.345-349, 2008.

An Extendable and Interactive System for Indoor Bicycling

Ittipol Thirasat*, **Marong Phadoongsidhi*** and **Noppanunt Utamaphethai**†
**Computer Engineering Department*
King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand 10140
†*National Electronics and Computer Technology Center*
Pathumthani, Thailand 12120
Email: marong@cpe.kmutt.ac.th

***Abstract*—Bicycling has become increasingly popular as an alternate means of transportation and a recreational activity. Whether for fitness or leisure, limitations to cycling are often associated with the logistics of transporting bicycles to the ride location or just simply the weather. We propose a simple, extensible, and affordable solution to provide a more realistic indoor cycling experience by using live user data to adjust the speed of a video playback of a recorded route or scenery. In the Playback mode, our system requires the user to use a typical indoor bicycling setup (a bicycle and a trainer) and a PC to process user data and display the video of the route or scenery. A cycling power meter is used in order to provide current user wattage for calibrating the video playback. In case the user would like to customize his or her own route, a GPS head unit, a power meter, and a video recorder are required to record the video and the route data such as GPS locations and instantaneous power. Both of the video and the route data will be processed by the system's Production mode.**

Keywords: Cycling, Video Playback, Indoor Training, Virtual Reality

I. INTRODUCTION

Bicycling has become increasingly popular as an alternate means of transportation and a recreational activity. Whether for fitness or leisure, limitations to cycling are often associated with the logistics of transporting bicycles to the destination or just simply the weather. Numerous solutions for indoor cycling exist. However, more affordable setups such as trainers, rollers or stationary bicycles provide little or no feedback to the user, making indoor cycling mundane. Several approaches are available to enhance the experience. For example, videos (e.g. touring a scenery or fitness training sessions) are played so that the user can watch the program while cycling. A number of solutions offer sophisticated systems that gather user data (heart rate, power, cycling cadence, speed, etc.) to deliver interactive experience at a cost unreachable by the majority of population. Furthermore, these systems are very limited, *e.g.* the user is required to purchase videos for specific routes; personalized routes are usually not be available from system developers.

In this paper, we propose a simple, extensible, and affordable solution to deliver a more realistic indoor cycling experience. In the following, we first discuss some background on bicycle training and virtual reality in Section II. Section III details the implementation of our system. Section IV presents the results of our system. Section V summarizes the paper and proposes the areas for future work.

II. VIRTUAL CYCLING

Bicycles are the most efficient human-powered vehicles. They are used to bring people from one place to another by the riders' own power. Bicycles are getting increasingly popular as an alternative means of transportation due to its versatility such as limited parking space, small carbon footprints and environmentally friendly. Additionally, they are used as a recreational equipment for traveling, fitness, exercise, and even as a part of social activities. Despite bicycles' several advantages, they still have numerous limitations, *e.g.* accident risks, road conditions, unpredictable weather, logistics of transporting bicycles to the starting point.

Numerous solutions for cycling exist for cyclists who wish to stay indoor. A bicycle trainer can be attached to the bicycle's rear wheel or a dedicated stationary bicycle to allow the rider to stay stationary while cycling. However, most indoor setups provide little or no feedback to the cyclists, making indoor cycling mundane and monotony. In any case, there exist commercial products made available to simulate cycling environments in order to make indoor cycling more realistic and enjoyable. Virtual cycling environment offers a solution to most of bicycling limitations.

In the following subsections, we investigate the concept and design that, together, deliver a more realistic experience to indoor cycling.

III. MIXVR DESIGN

In this section, we discuss the design and implementation details of our system, MixVR.

A. MixVR Dataflow Diagram

1) Playback Dataflow Diagram: Given that there are two modes of operation for MixVR, Figure 1 illustrates the dataflow diagram for the Playback mode. There are three pieces of information: contents (video, audio, and text), XML track data file for GPS information, and live ANT+ data for instantaneous power. For each of the three data, there are different functions that process the information. The key information that dictates the process is the live power information which is used along with the cyclist's profile in order to adjust the speed of the video playback. The adjustment process takes into account of the current power to calculate the total energy

spent up to this point to match with the energy accumulated up to a particular GPS destination. Based on the current time and location, the destination corresponding to the energy spent is determined and used to adjust the playback speed of the video in order to provide the perceived sensation similar to that of the real world to display to the user. Additionally, the Playback mode also collects the ride data and export to XML data file in case the user would like to analyze the current ride data.

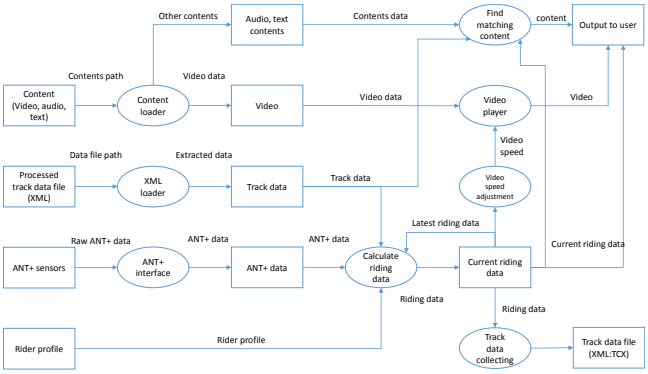


Fig. 1. Dataflow Diagram for MixVR Playback Mode

2) Production Dataflow Diagram: Figure 2 presents the dataflow diagram for MixVR's Production mode. In the Production mode, the key data is the XML track data file that records the cyclist's vital data (energy spent, current power, heart rate, *etc.*) along with GPS coordinates. Such XML data file is processed in accordance with the recorded video file in order to synchronize the video time and the elapsed time in the XML file. As a result, we will obtain the processed XML data file to be used during the Playback mode of MixVR.

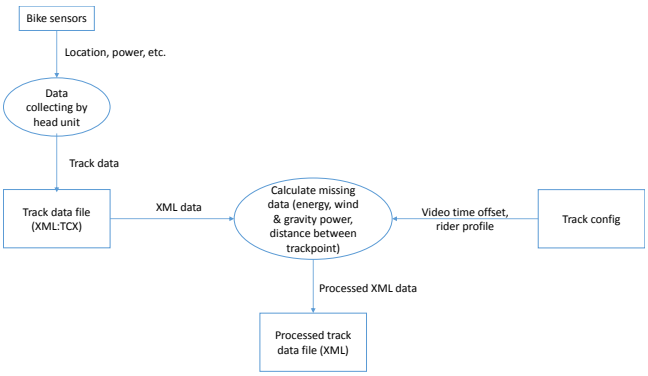


Fig. 2. Dataflow diagram for MixVR Production Mode

B. Power Calculations

Our experiments showed that the cyclist's power output alone is inadequate to adjust the speed of the video playback and provide a realistic sensation similar to real-world cycling. In [1], a mathematical formula for calculating cycling power is presented. In the following subsection, we discuss three forces that a cyclist must overcome during a cycling activity.

1) Rolling Resistance: Rolling resistance is the friction between the road surface and the tire. The following are the parameters affecting friction.

- Frl: Force, in newtons, caused by rolling resistance
- Prr: Power, in watts, to overcome Frl
- Crr: Coefficient of rolling resistance typically 0.004 but can be as high as 0.008 for bad asphalt or as low as 0.001 for a wooden track.
- g: acceleration due to gravity 9.8 m/s^2
- Wkg: mass of the ride plus bicycle in kg
- $Vmps$: Velocity in meters/sec

Based on the parameters above, we can calculate rolling resistance and its corresponding power by the following equations.

$$Frl = Wkg \times g \times Crr \tag{1}$$

$$Prr = Frl \times Vmps \tag{2}$$

2) Wind Resistance: Wind resistance is the force applied to an object due to the object moving through the air. The list below describes the factors affecting wind resistance.

- Fw: Force on rider and bicycle due to wind drag
- Cw: Drag coefficient, typically 0.5
- Rho: Air density in kg/m. Depends on temperature and barometric pressure. Some typical values are sea level: 1.226, 1500m: 1.056 and 3000m: 0.905
- $Vmps$: Speed in $meters/sec$
- A: Effective frontal area of the rider and bicycle in m^2. Typical value is 0.5.

Equations 3 and 4 describe the relationship between the variables above and wind resistance (force and power).

$$Fw = 0.5 \times A \times Cw \times Rho \times Vmps^2 \tag{3}$$

$$Pw = Fw \times Vmps \tag{4}$$

3) Gravity: Gravity is the force applied to an object due to the earth's gravitational field. Gravity affects a cyclist the most when he/she moves through a terrain with elevation changes. The key factors to gravity are listed below.

- Fsl: Force in newtons due to the pull of the rider and bicycle down the slope
- Psl: Power in watts required to overcome the force of Fsl
- Wkg: Combined weight of the rider and bicycle in kg
- g: Acceleration due to gravity, 9.8 m/s^2
- $GradHill$: Gradient of the hill, in decimal, the ratio of the rise to the horizontal run.

The following two equations illustrate the relationships between the terrain gradient, combined rider and bicycle weight, and gravity.

$$Fsl = Wkg \times g \times GradHill \tag{5}$$

$$Psl = Fsl \times Vmps \tag{6}$$

4) Combined Forces: Based on all these three forces: rolling resistance, wind resistance, and gravity, the combined forces that a cyclist must over in order to move the bicycle and him/herself is shown in Equation 7.

$$TotalPower = (Frl + Fw + Fsl) \times Vmps \tag{7}$$

IV. RESULTS AND DISCUSSIONS

In this section, we present the actual MixVR software and equipment choices and discuss the software usability.

A. System Implementation

We chose to develop MixVR using C# for Windows PC platform due to its large install base, allowing wider adoption from users. A PC is used to display the video and process the cyclist's information received via an ANT+ USB dongle. Several pieces of information are gathered via ANT+ sensing devices either on the cyclist's body or the bicycle (which is attached to a trainer or a roller or a stationary bicycle). For example, a cycling power meter delivers the instantaneous power output by the cyclist; a chest-strap heart rate monitor provides the information of how hard the cyclist works; a speed/cadence sensor detects how fast the cyclist pedals and how fast the bicycle wheel turns, etc.

We chose to use a hub-based power meter in the rear wheel as supposed to crank-based or pedal-based power meters since the hub-based approach offers the best solution between cost and the ease of transferring between bicycles. We opted for a trainer to attach to the rear bicycle wheel as it provides great resistance variations to experiment with high and low wattage situations and its stability. We chose to ANT+ interface between the PC and cyclist's peripherals due to its wide compatibility to the majority of peripherals. Figure 3 shows the system setup (but not sensing devices on the bicycle).



Fig. 3. MixVR system setup

Figure 4 shows the screen shot of the Playback mode of MixVR. The left bar provides the information regarding the current location of the cyclist in the peloton (group of riders). The current system only supports single rider. Therefore, the "1/2" means the cyclist is currently the first cyclist out of two cyclists in the system (while the second cyclist is the one who recorded the video). "+25m" and "+4s" refer to the distance (25 meters) and time (4 seconds) ahead of the next rider, respectively.

The bottom bar displays the current statistics typically offered by various cyclocomputer. From left to right, we have current power output (measured from hub-based power meter), heart rate (beats per minute), cadence (frequency of cyclist's pedal rate in rounds per minute unit), bicycle speed, distance pedaled, elapsed time, percent gradient of the terrain currently on, average speed, and average wattage, respectively.



Fig. 4. Screenshot of MixVR Playback mode

MixVR also includes another software that is used to process the video data along with the GPS information recorded as shown in the screen shot of the MixVR's Production mode in Figure 5. The first field requires the user to specify the location of the TCX file recorded from a GPS head unit. "Output file path" specifies the location of the augmented video file. Since it is possible that the GPS and video recording may not be started simultaneously, MixVR allows the cyclist who records the route to first start GPS then the video. This means there must be some time accounted for the difference between the start time between the GPS and video. Hence, "GPS Video diff" accounts for this time difference. "Video start time" is used to specify the elapsed time that may need to be edited out since there may not be any distance travel between the time the video starts recording and the actual moving start. Note that "Video start time" does not include for "GPS Video diff". Finally, the user must indicate the total weight of the cyclist and the bicycle in order to take this into account during the calculation of the video playback.

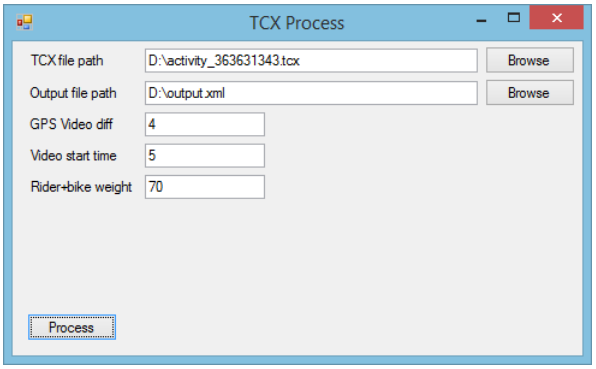


Fig. 5. Screenshot of MixVR Production mode

B. Discussions

We recorded GPS route information along with video using Garmin 810 and GoPro Hero camera, respectively. The TCX file is used along with the video file to produce the resultant video file used during Playback mode. We found that by using the power information alone was inadequate to adjust the video playback speed as other environmental factors (such as gravity

force from gradient, wind resistance, drag coefficient of the cyclist and the bicycle, *etc.*) must be accounted for.

By including these environmental parameters in equations 1 to 7, the video playback speed is much more closely matched to the real-world speed. However, the current implementation of MixVR still utilizes generic parameters for rolling resistance and, more importantly, drag coefficient/frontal area. Additionally, we experimented with only the same cyclist for both the Production and Playback mode of MixVR. The software will be made more versatile through a thorough testing with different cyclists for both Production and Playback mode.

V. SUMMARY

In this paper we have presented MixVR, an extendable and interactive system for indoor cycling. There are two modes of operations – Playback and Production mode of the software. In the Playback mode, live cyclist's data such as power output is used to adjust the speed of the pre-recorded video playback. In the Production mode, MixVR allows the user to create his/her own version of the video by using data file from GPS head unit along with the recorded video. We have seen that MixVR can provide a more realistic indoor cycling experience to the user. However, there are still minor limitations to our software which require additional future work to fine tune our system.

REFERENCES

[1] [Online]. Available: http://www.blog.ultracycle.net/2010/05/cycling-power-calculations

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค

The Development Interacting Dance Game through Web Camera to support Aerobic Exercising

นฤเทพ สุวรรณธาดา

สาขาวิศวกรรมมัลติมีเดียและระบบอินเทอร์เน็ต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

E-mail: naruetep.s@bu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพิ่มทางเลือกในการออกกำลังกายให้กับคนยุคใหม่ 2) เพื่อนำหลักการเล่นเกมและการออกกำลังกายมาผสมผสานให้เกิดความกลมกลืนและเกิดประโยชน์สูงสุด 3) เพื่อเป็นการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน 4) เพื่อผลิตสื่อมัลติมีเดีย มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสังคมและวัฒนธรรม 5) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เล่นเกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค ทั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาและออกแบบรูปแบบของเกม โดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) ตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้มือในการควบคุม เกมให้ดำเนินไปได้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยจึงได้นำลักษณะท่าทางการออกกำลังกายแบบแอโรบิคมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการออกกำลังกายให้กับคนยุคใหม่ที่ต้องการออกกำลังกายไปพร้อม ๆ กับการเล่นเกม ซึ่งผู้เล่นสามารถควบคุมการเล่นเกมผ่านกล้องเว็บแคม อาศัยหลักการทำงานของโปรแกรมตรวจจับสี (Color tracking command) ซึ่งนำมาประยุกต์เข้ากับตัวเกมทำให้ผู้เล่น สามารถควบคุมการเล่นเกมได้ด้วยตนเอง โดยใช้ โปรแกรมอะโดบี แฟลช (Adobe Flash) ในการเขียนโปรแกรมและออกแบบระบบการทำงานต่าง ๆ ของเกม และเมื่อนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างพบว่าตรงตามสมมติฐานคือความพึงพอใจของผู้เล่นเกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค อยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: เกมปฏิสัมพันธ์, เกมเต้น, แอโรบิค, การตรวจจับสี, การประมวลผลภาพ

Abstract

This The purposes of this research are 1) Increase exercising options for people in this generation 2) Combine exercising and playing games together to increase maximum benefit from both ones. 3) To develop multimedia source that serves the demands of people nowadays. 4) To create a multimedia source that fits the society and culture. 5) To study the satisfaction of the clients of the webcam interaction game to support aerobic exercising. Thus, the researchers developed and designed the game structure by using image processing technology to detect the player's gestures, in order to use their hands for controlling the game. Therefore, the researcher use the gestures of aerobic exercising to the research, to add another alternative in exercising for people in this century, that want to be able to play game along with exercising. The player can control the game through a webcam which uses the principle of the Color tracking command program. Which was brought to adapt with the game. The game also uses Adobe Flash to write and design the systems and structures and when data is stored and samples were tested, the result goes according to the hypothesis that is the satisfaction level of the players is in a good direction.

***Keywords*:** interactive game, dancing game, aerobic, color tracking, image processing

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันสื่อความบันเทิงได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ทั้งเพื่อสร้างความบันเทิง ความเพลิดเพลิน และความสนุกสนานให้กับผู้บริโภคได้รู้สึกผ่อนคลาย หลังจากที่ได้ทำกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันหรือในช่วงที่มีเวลาว่าง เกมก็เป็นสื่อความบันเทิงอีกชนิดหนึ่งที่มีความแพร่หลายเป็นอย่างมาก อีกทั้งผู้บริโภคสามารถเลือกสรรได้ตามความต้องการและได้มีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาผสมผสานกับเกม ทำให้มีความแปลกใหม่ และน่าสนใจมากยิ่งขึ้น [1] ผู้วิจัยจึงพัฒนาและออกแบบเกมโดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) ตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้มือในการควบคุมเกมด้วยตนเอง ผู้วิจัยจึงนำลักษณะท่าทางการออกกำลังกายประเภทแอโรบิคมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้โดยใช้ชื่อว่า เกมเต้นอย่างง่าย (Easy Dancing Game Application) เพื่อให้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการออกกำลังกายให้กับคนยุคใหม่ที่ต้องการออกกำลังกายไปพร้อมๆ กับการเล่นเกม ซึ่งผู้เล่นสามารถทำการควบคุมการเล่นผ่านกล้องเว็บแคม โดยอาศัยหลักการทำงานของโปรแกรมตรวจจับสี (Color tracking command) ซึ่งจะนำมาประยุกต์เข้ากับตัวเกมทำให้ผู้เล่นสามารถควบคุมการเล่นเกมได้ด้วยตนเอง [2] โดยผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมเกมขึ้นโดยใช้โปรแกรมอะโดบี แฟลช (Adobe Flash) และใช้ภาษาแอคชันสคริป (Action Script 2.0) ในการเขียนโปรแกรมและออกแบบระบบการทำงานต่าง ๆ ของเกมผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงงานดังกล่าวจะเป็นอีกหนึ่งตัวอย่าง ของสื่อมัลติมีเดีย ที่จะเป็นจุดเริ่มต้นให้กับสื่อชนิดอื่นๆ ต่อไป

1.1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเพิ่มทางเลือกในการออกกำลังกายให้กับคนยุคใหม่

2. เพื่อนำหลักการเล่นเกมและการออกกำลังกายมาผสมผสานให้เกิดความกลมกลืนและเกิดความประโยชน์สูงสุด

3. เพื่อเป็นการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน

4. เพื่อผลิตสื่อมัลติมีเดีย มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสังคมและวัฒนธรรม

5. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เล่นเกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค

1.2. สมมติฐานการวิจัย

1. ความพึงพอใจของผู้เล่นเกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค อยู่ในระดับดี

1.3. ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมมัลติมีเดียและระบบอินเทอร์เน็ต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) จำนวน 30 คน จากประชากรหรือนักศึกษาทั้งสิ้น 250 คน

2. ระยะเวลาดำเนินการวิจัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 การออกกำลังกายแบบแอโรบิค

การออกกำลังกายแบบแอโรบิค คือการออกกำลังกายนานาชนิดที่ทำติดต่อกันเป็นเวลานานพอที่จะกระตุ้นให้ร่างกายใช้พลังงานจากกระบวนการสันดาปออกซิเจนเพิ่มขึ้นกว่าปกติจนสามารถกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาในอวัยวะต่างๆ ที่ดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุขได้แก่ หัวใจ หลอดเลือด ปอด และกล้ามเนื้อ ซึ่งการเต้นแอโรบิคเป็นการผสมผสานของท่ากายบริหาร การเคลื่อนไหวเบื้องต้น และจังหวะการเต้นรำ มาประกอบกับเสียงดนตรี โดยจัดความหนักเบาให้ต่อเนื่องเหมาะสม กับท่าเต้น ซึ่งแบ่งออกเป็น

1) การเต้นแอโรบิคแบบไม่มีแรงกระแทก โดยที่เท้าทั้งสองติดพื้น เช่น การยืนย่อ หรือ ท่านั่งท่านอนเหมาะสมกับทุกเพศทุกวัย และผู้มีน้ำหนักตัวเกิน

2) การเต้นแอโรบิคแบบมีแรงกระแทกต่ำ โดยที่เท่าข้างหนึ่งติดพื้น เหมาะสำหรับทุกเพศ ทุกวัย และผู้สูงอายุและผู้มีน้ำหนักตัวเกิน

3) การเต้นแอโรบิคแบบที่มีแรงกระแทกสูง โดยที่มีเท้าทั้งสองลอยจากพื้น การเต้นชนิดนี้มีอัตราการเสี่ยงจากการบาดเจ็บข้อเข่า ข้อเท้าสูง เนื่องจากมีแรง-กระแทกมากกว่าสามเท่าของน้ำหนักตัว การเต้นชนิดนี้ไม่เหมาะสำหรับผู้มีปัญหาของข้อเข่า ข้อเท้า น้ำหนักตัวมากเกิน ผู้สูงอายุและผู้มีร่างกายไม่แข็งแรง

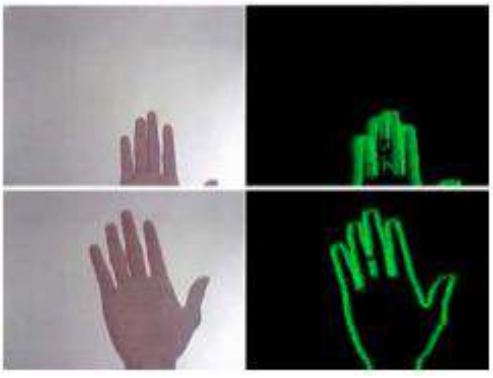
4) การเต้นแอโรบิคสลับแรงกระแทก เป็นการผสมผสานระหว่างการเต้นแอโรบิคแบบที่ 1 , ที่ 2 ,และที่ 3 เข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดความสนุกสนานเร้าใจมีความปลอดภัยสูง พัฒนาไปในทางที่ดี และมีสมรรถภาพเพิ่มขึ้น เหมาะสำหรับคนที่เคยผ่านการเต้นแอโรบิคมาแล้ว และกำลังเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน [3]

2.2 ระบบนำเสนอแบบปฏิสัมพันธ์(Interactive)

ระบบนำเสนอแบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive) คือ การสื่อสารระหว่าง กันและการเกิดการติดต่อสื่อสารระหว่างกันแต่โดยรวมแล้วคำว่าระบบนำเสนอแบบปฏิสัมพันธ์คือการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้รับข้อมูลข่าวสารกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผู้รับข้อมูลข่าวสารมีการโต้ตอบปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ และข่าวสารมีโอกาสเลือกตัดสินใจและได้รับการเสริมแรงจากการได้รับข้อมูลย้อนกลับทันที เป็นการเรียนรู้ในรูปแบบการสื่อสารสองทาง (Two-Way Communication) การใช้ข่าวสารผ่านคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื้อหาจะถูกส่งจากเครื่องไปยังผู้รับข้อมูลข่าวสารเพื่อให้ผู้รับข่าวสารทำการตอบสนองโดยส่งคำตอบหรือข้อมูลไปยังเครื่องอีกครั้งหนึ่ง การรับข้อมูลข่าวสารในลักษณะนี้มีข้อดีหลายประการ เช่น ความฉับพลันของการให้คำตอบจากโปรแกรมที่วางไว้เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องแก่ผู้รับข้อมูลข่าวสารเป็นการทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้และทำให้การถ่ายทอดความรู้บรรลุผลด้วยดี [2]

2.3 การตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Detection)

ระบบการตรวจจับความเคลื่อนไหวของสิ่งต่างๆ โดยใช้ความเร็วหรือทิศทางของการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในพื้นที่ตรวจจับ เป็นเกณฑ์วัดหลักการของการตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion detection) [2] โดยใช้ภาษา แอคชันสคริปในโปรแกรมอะโดบีแฟลช [4] ในตรวจจับความเคลื่อนไหวของภาพ หลักการคือการนำภาพก่อนหน้ามาเปรียบเทียบกับภาพปัจจุบันเพื่อประมวลผลหาความแตกต่างของภาพทั้งสองและแสดงส่วน ที่แตกต่างออกมาให้เห็นดังรูปที่ 1



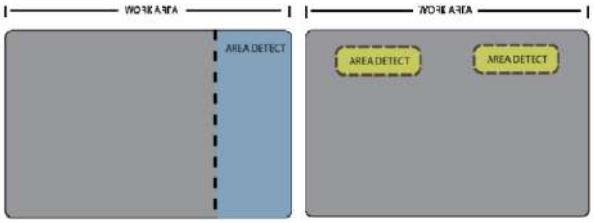
รูปที่ 1. ภาพจากกล้องและภาพจากการประมวลผลภาษาแอคชันสคริป

2.3.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหวจากพื้นที่

กำหนดขอบเขตที่ต้องการให้เกิดการตรวจจับเป็นพื้นที่ จากรูปที่ 2 คือ บริเวณพื้นที่สีฟ้า เมื่อมีวัตถุเข้าไปอยู่ในขอบเขตที่กำหนดจะเกิดการประมวลผลและตอบสนองต่อผู้ใช้ต่อไป

2.3.2 การตรวจจับการเคลื่อนไหวจากวัตถุ

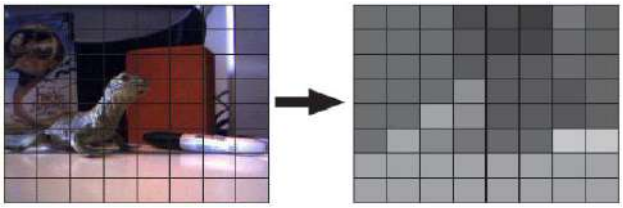
กำหนดกำหนดขอบเขตที่ต้องการให้เกิดการตรวจจับเป็นวัตถุดังรูปที่ 2 เป็นบริเวณพื้นที่สีเหลือง เมื่อมีวัตถุเข้ามาในขอบเขตที่กำหนดจะเกิดการประมวลผลและตอบสนองต่อผู้ใช้ต่อไป



รูปที่ 2. การตรวจจับการเคลื่อนไหว

2.7 การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (color tracking)

ระบบการตรวจจับค่าความเปลี่ยนแปลงของสีที่รับค่ามาจากตัวกล้องเว็บแคมโดยโปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบเฟรมของภาพก่อนหน้าและภาพปัจจุบันว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าสี และนำผลลัพธ์ที่ ได้มาปรับให้อยู่ในลักษณะของตัวแปรและนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการประมวลผลต่อไป ดังรูปที่ 3 [2]



รูปที่ 3. ค่าที่ได้จากการคำนวณของคอมพิวเตอร์

3. ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

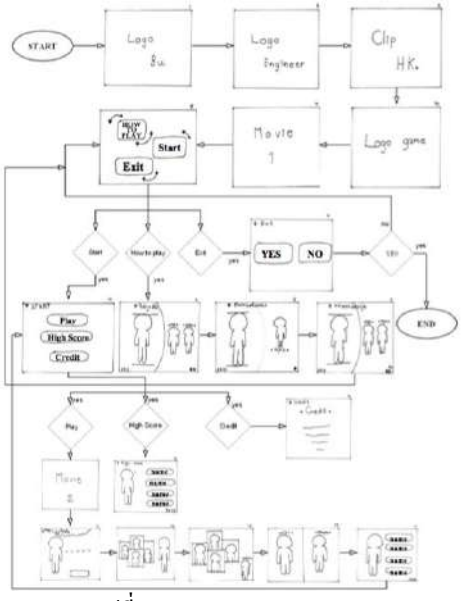
ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาถึงประเด็นที่สำคัญ และมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

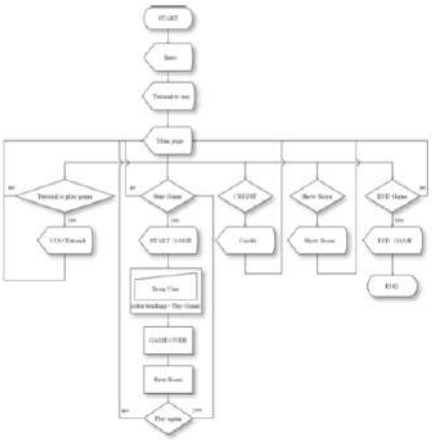
3.1.1 เกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค

การพัฒนาเกมเต้นฯ ในเบื้องต้นได้ออกแบบแผนผังภาพรวมของเกมไว้ในดังรูปที่ 4

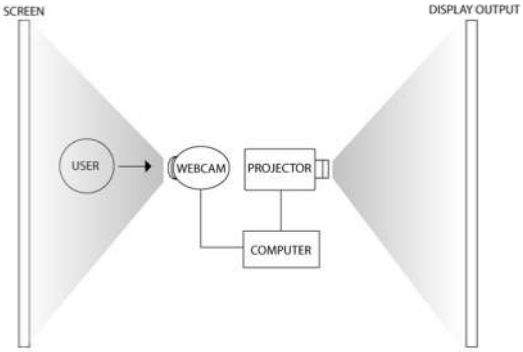


รูปที่ 4. แผนผังภาพรวมของเกม

นอกจากการออกแบบเกมในแบบแผนผังภาพรวมของเกม ผู้วิจัยได้ออกแบบรูปแบบการเล่นของเกมในลักษณะตามทฤษฎีเกมซึ่งผู้วิจัยได้อธิบายไว้ดังรูปที่ 5 อีกส่วนที่มีความสำคัญคือ การออกแบบการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับฮาร์ดแวร์โดยผู้วิจัยได้จัดไว้ในส่วนของการติดตั้งมีอุปกรณ์ที่จำเป็นคือ 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ 2) กล้องเว็บแคม 3) เครื่องฉายภาพ (Projector) 4) ฉากหลัง และ 5) ฉากรับภาพ โดยอุปกรณ์ทั้ง 5 นี้ควรได้รับการติดตั้งตามรูปที่ 6 เพื่อให้การแสดงผลสมบูรณ์ที่สุด



รูปที่ 5. แผนผังโครงสร้างในการทำงานของเกม



รูปที่ 6. การติดตั้งอุปกรณ์

3.1.2 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เล่นเกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค

การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เล่น ผู้วิจัยได้ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการสอบถามความถึงพอใจในลักษณะเดียวกัน [5]

3.2 การดำเนินการทดสอบและประเมินผล

ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างและนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาผลสรุปต่อไป

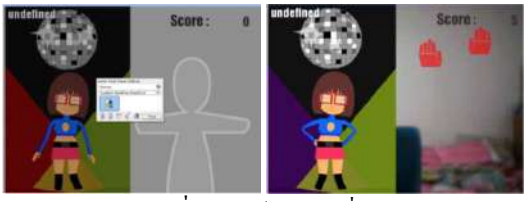
4. ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ผลที่ได้จากการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

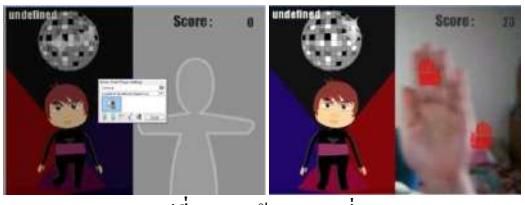
4.1.1 ผลการพัฒนาเกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค

การพัฒนาเกมเต้นฯ ตามที่ได้ออกแบบไว้ได้ผลดังรูปที่ 7, รูปที่ 8 และรูปที่ 9 ตามลำดับ โดยได้ออกแบบตัวละครและบทเพลงที่ใช้ในการเต้นแอโรบิคไว้ 4 คาเรคเตอร์ 4 เพลง ตัวละครชาย 1 ตัว และ

ตัวละครหญิง 2 ตัว เพลงที่ใช้ประกอบมีทั้งเพลงไทยสากล เพลงสากล และเพลงลูกทุ่ง



รูปที่ 7. เกมเต้นฯ เพลงที่ 1



รูปที่ 8. เกมเต้นฯ เพลงที่ 2



รูปที่ 9. กลุ่มตัวอย่างขณะเล่นเกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคมฯ

4.1.2 ผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เล่นเกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค

การตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เล่นเกมเต้นปฏิสัมพันธ์ด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค จำนวน 30 คน ได้ผลการประเมินดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1. ตารางสรุปผลความพึงพอใจแยกตามประเด็นที่ศึกษา

ประเด็นที่ศึกษา	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. เกมเต้นฯ สามารถใช้ในการออกกำลังกายได้จริง	4.32	0.625	ดี
2. ความง่ายในการเล่นเกมเต้นฯ เพื่อการออกกำลังกาย	4.73	0.550	ดีมาก
3. เกมเต้นฯ สามารถทดแทนการออกกำลังกายแบบแอโรบิคได้	4.26	0.605	ดี
4. ต้องการแนะนำให้ผู้อื่นทดลองเล่นเกมเต้นฯ	4.64	0.560	ดีมาก
5. ความพึงพอใจในภาพรวมของการเล่นเกมเต้นฯ	4.33	0.601	ดี
ภาพรวม	**4.47**	**0.032**	**ดี**

จากตารางที่ 1 พบว่าจากการศึกษาความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.47) เมื่อพิจารณาจากรายข้อแล้วนั้น ปรากฏว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความง่ายในการเล่นเกมเต้นฯ เพื่อการออกกำลังกาย ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.73) ความพึงพอใจอันดับที่ 2 คือ ต้องการแนะนำให้ผู้อื่นทดลองเล่นเกมเต้นฯ ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.64) ซึ่งเมื่อวิเคราะห์และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมจากนักศึกษากลุ่มตัวอย่างพบว่า มีข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยี เช่น ไม่มีกล้องเว็บแคมส่งผลให้ไม่สามารถเล่นเกมได้ และมีนักศึกษาบางส่วนที่มีความคิดเห็นว่าท่าทางในการออกกำลังกายแบบแอโรบิค ยังมีข้อจำกัดด้านความง่ายและความยาก เป็นผลทำให้ผลการประเมินความพึงพอใจในหัวข้อเกมเต้นฯ สามารถทดแทนการออกกำลังกายแบบแอโรบิคได้มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับทั้ง 5 ประเด็นที่ต้องการศึกษา

5. สรุป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยที่ต้องการนำผลงานทางด้านวิศวกรรมมัลติมีเดียและระบบอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นมาทดลองเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้ ผลที่ได้คือความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ดี และผู้วิจัยได้พบปัญหาคือ การออกกำลังในรูปแบบที่เป็นเกมนั้น ไม่สามารถทดแทนการออกกำลังกายโดยทั่วไปได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่การพัฒนาเกมที่ส่งผลทางด้านการออกกำลังกายนั้นสามารถส่งเสริมแรงจูงใจในการออกกำลังกายให้กับผู้เล่นได้อย่างมีนัยสำคัญที่เชื่อถือได้ อีกทั้งการออกแบบเกมโดยทั่วไปนั้นควรคำนึงถึงผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบที่จะเกิดขึ้นกับผู้เล่นและสภาพแวดล้อม โดยรวมเป็นอันดับแรก สอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆ ที่ผู้วิจัยได้ศึกษามาว่าการออกแบบและพัฒนาเกมนั้นควรคำนึงถึงผู้เล่นเป็นหลัก เพราะถ้าเกมที่พัฒนามาตรงตามความต้องการของผู้เล่นย่อมส่งผลดีต่อทั้งผู้พัฒนาและผู้เล่นเป็นอย่างมาก และเป็นการส่งผลดีต่อการพัฒนาบุคลากรของประเทศชาติอย่างยั่งยืนได้อีกด้วย

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอบคุณผู้ร่วมวิจัยรายนามคือ 1) คุณรินรดา ทองงามขำ 2) คุณวิศิษฎ์ เสือสัมฤทธิ์ 3) คุณวันวรรษา สะพรั่ง ที่ได้ช่วยให้คำปรึกษาและช่วยดำเนินการเก็บข้อมูลต่าง ๆ จนได้ผลลัพธ์ตามที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ณัฐวุฒิ เลื่อนไธสง ที่ได้ให้คำปรึกษาทางด้านการพัฒนาเกมแบบปฏิสัมพันธ์ที่ใช้กล้องในการเล่นจนสำเร็จลุล่วงตามที่คาดหวังไว้ ต้องขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วยครับ

เอกสารอ้างอิง

[1] กิดานันท์ มลิทอง (2536). เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: เอดิสัน เพรส โพรดักส์

[2] Watson, G. Webcam Motion Detection: Using the BitmapData API in Flash 8. [Online]. London. 2005. Available : http://www.adobe.com/devnet/flash/articles/webcam_motion.html [17 July 2007]

[3] วุฒิชัย เพิ่มศิริวาณิชย์. (2547). การออกกำลังกายแบบแอโรบิคในวิภาวรรณ ลีลาสำราญ และวุฒิชัย เพิ่มศิริวาณิชย์ (บรรณาธิการ), การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพและในโรคต่างๆ. สงขลา: ชานเมืองการพิมพ์.

[4] กำพล ลีลาภรณ์ Flash ActionScript โปรวิชั่น, บจก. 2551

[5] ณัฐกร สงคราม และอัญชลี แซ่ลู่, “การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เสริมความรู้ทางการเกษตร เรื่อง การปลูกผักคะน้า” *วารสารพัฒนาการเกษตร* ปีที่ 1 ฉบับที่ 2.

บทความวิจัย–วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เกมสร้างจิตสำนึกต่อการทิ้งขยะ: โกแอ็ทแทรช

Awareness Enhancement Game on Garbage Toss: Go At Trash

พิษณุ แก้วเทพ[1], มัชญา ปะทะนมปีย์[2], และ คมศักดิ์ เมฆสมุทร[3]

สาขาวิชาแอนนิเมชัน วิทยาลัยศิลปะ สื่อ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail: *nu_42121@hotmail.com*[1], *rinkozayra@gmail.com*[2], *komsak@ieee.org*[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้อธิบายการสร้างสรรค์เกมบนระบบปฏิบัติการที่รองรับทั้งคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแบบตั้งโต๊ะ, คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแบบพกพา และแท็บเล็ต ในนามระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 8 เนื้อหาในเกมเป็นเรื่องราวของปัญหาการทิ้งขยะกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยให้ความรู้เกี่ยวกับการแบ่งประเภทของขยะและปลูกฝังจิตสำนึกต่อการทิ้งขยะเข้าไปในเกม ผู้เล่นจะเกิดความเพลิดเพลิน และมีจิตสำนึกต่อการทิ้งขยะไปในตัว เกมมีทั้งหมด 6 ด่าน และมีด่านพิเศษให้ใช้ตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์บนพื้นผิวโลก ณ จุดที่มีการเล่นเกมอยู่ ค้นหาด่านพิเศษที่อยู่รอบๆ บริเวณนั้น จากการทดสอบ กลุ่มเป้าหมายเข้าใจและตระหนักถึงผลกระทบของปัญหาการทิ้งขยะอยู่ในระดับ 39—64% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงมาก

Abstract

This paper describes the creation of game on the operating system, which supports desktop PC, notebook PC, and tablet, namely Windows 8. Game story is about the garbage dropping problem and impact to environment. By providing the knowledge regarding garbage categorization and awareness enhancement into the game, players will enjoy and be aware at the same time. The game comprises 6 levels with the special level employing geographic coordinate at the player location. The target group, who tested the game, understood and was aware of the impact of garbage dropping at 39— 64% which is on average to high.

***Keywords*:** awareness enhancement game, garbage toss, go at trash, Windows 8, MonoGame

1. บทนำ

ผู้พัฒนาผลงาน *เกมสร้างจิตสำนึกต่อการทิ้งขยะ: โกแอ็ทแทรช* ได้พัฒนาเกมในรูปแบบสองมิติ ให้มีสีสันสวยงาม ดูน่ารัก และเน้นสอนให้ผู้เล่นได้ตระหนักถึงการจัดการกับขยะ ผู้เล่นจะได้เรียนรู้การคัดแยกขยะตามสีที่เป็นมาตรฐานสากลอย่างถูกวิธี ตลอดจนเรียนรู้ปัญหาขยะต่อสิ่งแวดล้อม และสัตว์ที่ใกล้สูญพันธุ์อันเนื่องมาจากผลกระทบทั้งทางตรงหรือทางอ้อมจากปัญหาขยะผู้เล่นมีอิสระในการวางแผนการเล่นเพื่อให้เกิดชัยชนะ นั่นหมายความว่าผู้เล่นสามารถรักษาสิ่งแวดล้อมในแต่ละด่านนั้นไว้ได้

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาโลกร้อนเป็นเรื่องหนึ่งที่น่าเป็นห่วง เนื่องด้วยสาเหตุหลักล้วนเกิดจากฝีมือมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาการจัดการขยะที่ส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม เป็นผลให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลง ตลอดจนสิ่งมีชีวิตบางชนิดใกล้สูญพันธุ์ การแก้ไขปัญหาการจัดการขยะสามารถแบ่งได้เป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ นั่นหมายถึงแก้ที่ผู้ทำให้เกิดขยะ ต้องลดปริมาณขยะจากการใช้ชีวิตประจำวันลงนอกจากนี้ยังมีการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ โดยการคัดแยกขยะที่เกิดขึ้นให้ถูกวิธี เพื่อการนำไปสู่กระบวนการจัดการลำดับต่อไป การแก้ปัญหาทั้ง 2 แบบ ต่างได้รับความร่วมมือไม่ว่าจะเป็นภาครัฐและเอกชน ดังที่เห็นตามป้ายรณรงค์ การจัดอบรมให้ความรู้แก่เยาวชน การบรรจุในหลักสูตรการศึกษารวมทั้งการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยแก้ปัญหาซึ่งสามารถเข้าถึงในกลุ่มผู้ใช้เทคโนโลยีโดยตรง หากมองกลุ่มผู้ใช้เทคโนโลยีตามสถิติบนเว็บไซต์ netmarketshare.com [1] ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 มีผู้ใช้เทคโนโลยีระบบปฏิบัติการวินโดวส์คิดเป็น 76 % นับว่าเป็นที่นิยมอันดับหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีระบบปฏิบัติการใหม่ภายใต้ชื่อ วินโดวส์ 8 ซึ่งรองรับอุปกรณ์ที่ครอบคลุมทั้งคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแบบตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแบบแบบพกพา และแท็บเล็ต ผู้พัฒนาจึงเล็งเห็นการใช้เทคโนโลยีระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 8 ในการแก้ไขปัญหาการจัดการขยะโดยการพัฒนาเกมโกแอ็ทแทรชแนวเกมสื่อบันเทิงเพื่อการศึกษา หรือแนว Edutainment ขึ้นมา

3. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาและพัฒนาเกมโกแอ็ทแทรช ได้ใช้งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบ ดังนี้

3.1 ความหมายของเกม

ความหมายของเกม ตามที่ วินเดล มาร์ค [2] กล่าวว่า เกม หมายถึง การเล่นตามกฎ กติกา มีการแข่งขัน และมีการแพ้ ชนะ ในเวลาที่จำกัด ซึ่งสอดคล้องกับ กาญจนา ไชยพันธุ์ [3] กล่าวเกี่ยวกับเกมที่ใช้ในการเรียนการสอนว่า เกม เป็นวิธีหนึ่งที่นำมาใช้ประกอบการสอนได้อย่างดี โดยผู้สอนต้องสร้างสถานการณ์สมมติขึ้นให้ผู้เรียนได้เล่นด้วยตนเอง ภายใต้ข้อตกลงหรือที่เรียกว่า กติกาการเล่นเกมที่กำหนดไว้ ผู้เรียนต้องตัดสินใจทำอย่างหนึ่งที่จะมีผลให้เกิดการแพ้ชนะ วิธีนี้ช่วยให้ผู้เรียนวิเคราะห์ความรู้สึก และพฤติกรรมของตนเองที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจดังกล่าว นอกจากนี้ยังทำให้ผู้เล่นเกิดความสนุกสนานอีกด้วย

3.2 แนวคิดเกี่ยวกับเกมคอมพิวเตอร์ประเภท Edutainment

Merriam-Webster. [4] ได้ให้คำจำกัดความ Edutainment ว่าเกิดจากการผสมของคำว่า Education + Entertainment เป็นรูปแบบสื่อทางการบันเทิงที่ออกแบบมาเพื่อการอบรม ทำให้ผู้เรียนหรือผู้ใช้สื่อบันเทิงนี้เกิดความชอบใจ ในส่วน Edutainment ที่อยู่ในรูปแบบเกม การออกแบบเกมมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษา หรือการสอนบางอย่าง อีกทั้งเพื่อขยายแนวคิดการเสริมสร้างความเข้าใจในเหตุการณ์ทางประวัติศาสตร์ หรือทางวัฒนธรรม ผู้เล่นจะได้ทักษะเหล่านี้จากการเล่นเกม

3.3 ความหมายของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 8

Jerry Honeycutt [5] กล่าวว่า ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 8 เป็นสิ่งที่ทุกคนในไมโครซอฟต์ต่างตื่นเต้นในฐานะสมาชิกใหม่ วินโดวส์ 8 สะท้อนให้เห็นถึงวิธีที่คนทำงาน และเล่นอุปกรณ์เดียวกันกระแสใน Social Media อาจทำให้คิดว่าวินโดวส์ 8 คือ ความเป็นอิสระของผู้ใช้งาน และความชื่นชอบในคุณสมบัติใหม่ๆ แต่วินโดวส์ 8 จำนวนมากใช้เพื่อธุรกิจ และผู้เชี่ยวชาญทางด้านไอทีอีกด้วย ส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface) แบบใหม่ที่สะอาดตา เรียบง่าย หรือที่เรียกว่า Metro UI และโมเดลของแอพพลิเคชัน ช่วยให้ธุรกิจที่จะสร้างแอพพลิเคชันของตนเองปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต หรือเพิ่มผลผลิต ระบบปฏิบัติการนี้จะช่วยเพิ่มปัจจัยพื้นฐาน เช่น ความเร็ว ความน่าเชื่อถือ และความปลอดภัย วินโดวส์ 8 ยังทำงานร่วมกับโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่แล้วอีกด้วย

3.4 เครื่องมือ MonoGame และ XNA

ในการพัฒนาเกมโกแอ็ทแทรช ผู้พัฒนาจะใช้โปรแกรมแบบเปิดรหัสต้นฉบับ (Open Source) ที่มีชื่อว่า MonoGame และใช้พื้นฐาน XNA Code มาพัฒนาด้วยซึ่ง Bob Familiar [6] ได้กล่าวว่า MonoGame เอื้ออำนวยต่อแพลตฟอร์มที่ต่างกันการใช้ MonoGame เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มวินโดวส์ 8 สามารถนำเอาพื้นฐานความรู้ XNA Code มาสร้าง Metro Style แอพพลิเคชันที่เหมาะสำหรับ Windows 8 Store ได้

3.5 แนวคิดของจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม

วราพร ศรีสุพรรณ [7] กล่าวว่า จิตสำนึกทางสิ่งแวดล้อมจะต้องประกอบไปด้วย ระบบความคิด หรือค่านิยมที่จะสร้างความเป็นธรรมในการจัดสรรทรัพยากรธรรมชาติ ที่ไม่ใช่การจัดสรรโดยอำนาจทางเศรษฐกิจเท่านั้น แต่จะต้องเป็นการจัดสรรด้วยระบบคุณค่าทางสังคม และคุณค่าของการดำรงอยู่ของชีวิต ระบบการคิดหรือค่านิยมนี้เรียกว่าเป็นคุณธรรมทางสิ่งแวดล้อม การสร้างจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อมในระบบการศึกษา จะต้องสร้างกระบวนการคิดและค่านิยมซึ่งจะทำให้มนุษย์แสดงออกซึ่งความรับผิดชอบต่อธรรมชาติด้วยจิตสำนึก

3.5 การจัดประเภทขยะ

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการประเภทขยะ กาบแก้ว ปัญญาไทย [8] กล่าวว่าการแยกขยะมูลฝอย ขึ้นอยู่กับพื้นที่แยกขยะมูลฝอย และความพร้อมในการดำเนินการ เช่น

- แยกเป็น 2 ประเภท คือ ขยะอินทรีย์ และขยะแห้ง
- แยกเป็น 3 ประเภท คือ ขยะอินทรีย์ ขยะแห้ง และขยะรีไซเคิล
- แยกเป็น 4 ประเภท คือ ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล ขยะย่อยสลายไม่ได้ และขยะมีพิษ

ถุง ถัง บรรจุขยะมูลฝอย สำหรับมูลฝอยแต่ละประเภท ควรมีสีที่แตกต่างกัน ชัดเจนได้แก่

- สีเขียว รองรับขยะอินทรีย์
- สีเหลือง รองรับขยะรีไซเคิล
- สีเทา รองรับขยะอันตรายหรือมีพิษ
- สีฟ้า รองรับขยะย่อยสลายไม่ได้

4. รายละเอียดการพัฒนา

ขั้นตอนการพัฒนาเกมโกแอ็ทแทรช มีรายละเอียดแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักๆ คือ

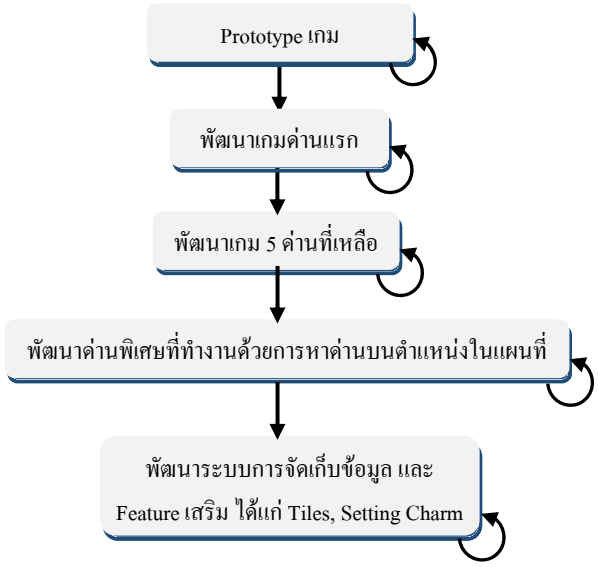
4.1 ขั้นเตรียมการ

ในขั้นเตรียมการพัฒนาผู้พัฒนาได้กำหนดวัตถุประสงค์เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายได้ตระหนักถึงปัญหาการทิ้งขยะ

นอกจากนี้ได้กำหนดขอบเขตของการทำงาน โดยพัฒนาเกมในรูปแบบเกม 2 มิติ บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 8 จำนวน 6 ด่าน และมีด่านพิเศษจากการค้นหาตำแหน่งบนแผนที่อีก1 ด่านตลอดจนกำหนดกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (อายุประมาณ 11 ปี) ขึ้นไป และใช้เป็นกลุ่มทดสอบจำนวน 20 คนอีกทั้งยังได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา ผลกระทบ วิธีการแก้ไข และวิธีการคัดแยกขยะ จากนั้นนำมาวิเคราะห์เพื่อปรับใช้เป็นเนื้อหาของเกมต่อไป

4.2 ขั้นการพัฒนา

การพัฒนาเป็นการใช้แบบจำลองการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ Scrum โดยจะไม่มุ่งทำงานใดงานหนึ่งให้สำเร็จก่อน แต่จะทำงานพร้อมปรับปรุงเป็นรอบๆ เพื่อประเมินงานและปรับปรุงทั้งในส่วนของกราฟิกและโปร-



รูปที่ 1. แผนภาพลำดับการพัฒนาในแต่ละรอบโดยมีการพัฒนาด้านกราฟิกและโปรแกรมไปพร้อมๆ กัน จนสมบูรณ์ในแต่ละรอบ



รูปที่ 2. การออกแบบต้นแบบ (Prototype) เกม



รูปที่ 4. หน้าเมนู หรือหน้าเริ่มต้นเข้าเกม

แกรมไปพร้อมๆ กัน ผู้พัฒนาได้วางลำดับการพัฒนาดังแสดงในรูปที่ 1

นอกจากนี้ ในขั้นการพัฒนาเกมแต่ละด่าน ผู้พัฒนาได้ออกแบบ Level Design โดยกำหนดค่าความยากง่ายให้เหมาะสมกับแต่ละด่าน เช่น จำนวนแต้ม (Point) เริ่มต้นระยะเวลาในการเล่น สัตว์และขยะที่ใช้ในแต่ละด่านต้องมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมของด่านนั้นๆ



รูปที่ 3. การออกแบบ Level Design ในส่วนระยะเวลาการออกของขยะ

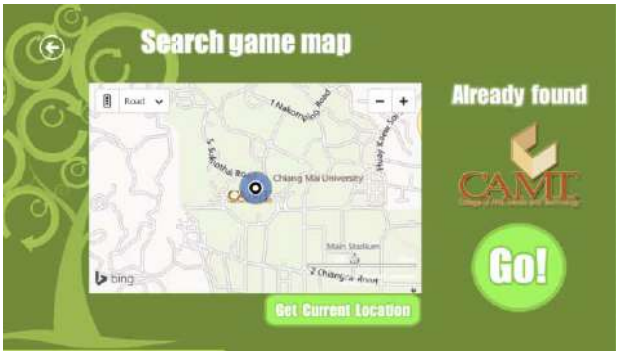
4.3 ขั้นการเผยแพร่ ประเมิน และวิเคราะห์ข้อมูล

การเผยแพร่จะใช้วิธีการนำเกมที่พัฒนาเสร็จสิ้น อัพโหลดขึ้น Windows Store โดยได้รับการรับรองแอพพลิเคชัน และเปิดให้ผู้ใช้งานดาวน์โหลดลงบนอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 8 ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ประเภท คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแบบตั้งโต๊ะ และแท็บเล็ต จากนั้นขอความร่วมมือกลุ่มเป้าหมายทำแบบสอบถามเพื่อประเมินการเล่นเกมและจิตสำนึกต่อการทิ้งขยะ แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำเสนอผลการประเมิน

5. ภาพรวมของผลงาน

เกมโกแอ็ทแทรชเป็นเกมในรูปแบบสองมิติ ออกแบบภาพกราฟิกแนวการ์ตูนน่ารัก สามารถเล่นบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 8 ผู้เล่นสามารถใช้ทั้งระบบจอสัมผัส (Touch Screen) และเมาส์ ได้อย่างลงตัว เมื่อคลิกเข้าเกม ผู้เล่นสามารถดูรายละเอียดเกมจากหน้าเมนูได้ ไม่ว่าจะเป็นดูข้อมูลผู้พัฒนา ข้อมูลสัตว์แต่ละตัว ข้อมูลขยะแต่ละชิ้น วิธีการเล่นเกม รวมถึงเข้าสู่การเล่นเกม

เมื่อเข้าสู่การเล่นเกม ผู้เล่นสามารถเลือกเล่นได้ 6 ด่าน โดยจะมีด่านทุ่งหญ้า แม่น้ำ ป่าเขา ป่าชาเลน หาดทรายริมทะเล และธารน้ำแข็งขั้วโลก ตามลำดับ นอกจากนี้ผู้เล่นยังเลือกโหมด GPS เพื่อใช้ตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์บนพื้นผิวโลก ณ จุดที่มีการเล่นเกมอยู่ ค้นหาด่านพิเศษที่อยู่รอบๆ บริเวณนั้นดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. การเข้าสู่โหมด GPS

เมื่อผู้เล่นทำการเลือกด่านเสร็จ จะนำเข้าสู่การเล่นเกม โดยจะมีตัวเลขบอกว่าต้องรักษาต้นไม้หรือพืชไว้เท่าไร ถึงจะชนะเกม ซึ่งขยะหลากหลายชนิดจะเดินมาทางขวาเพื่อเป้าหมายคือทำลายต้นไม้หรือพืชในด่านทีละต้น ผู้เล่นจะต้องวางแผนการต่อสู้โดยเลือกใช้แต้ม ซื้อสัตว์บนแถบเมนูมาวางบนกระดาน เพื่อให้สัตว์ที่เลือกมาได้ใช้อาวุธประจำตัวต่อสู้กับขยะ เมื่อขยะแต่ละชิ้นได้หมดพลังหรือตายลง ผู้เล่นจะต้องเก็บขยะเหล่านั้นแยกลงถังขยะแต่ละชนิดตามสีให้ถูกต้อง โดยถังขยะสีเขียวหมายถึงขยะเปียกหรือขยะที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ ถังขยะสีเหลืองหมายถึงขยะแห้งหรือขยะที่สามารถรีไซเคิลได้ และถังขยะสีแดงหมายถึงขยะมีสารพิษ หากผู้เล่นแยกขยะได้ถูกต้อง จะได้แต้มเพิ่มเพื่อใช้ซื้อสัตว์เพิ่มเติม หากแยกผิดประเภทจะไม่ได้แต้มเลย และหากมีขยะเข้าไปทำลายต้นไม้หรือพืชจนเหลือน้อยกว่าที่บอกไว้ตอนเริ่มเกม จะทำให้พ่ายแพ้และจบเกม แต่หากผู้เล่นทำลายขยะทุกชิ้นและแยกลงถังขยะครบถ้วน โดยยังเหลือต้นไม้หรือพืชตามกำหนด จะทำให้ชนะเกม นั่นหมายถึงผู้เล่นสามารถรักษาสิ่งแวดล้อมในแต่ละด่านนั้นไว้ได้



รูปที่ 6. หน้าเล่นเกมในด่านแม่น้ำ

6. การทดสอบการใช้งาน

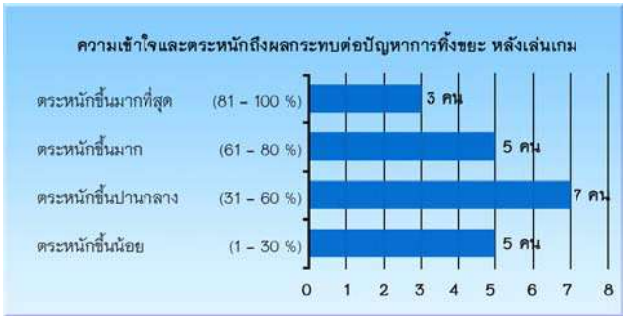
หลังการพัฒนาเกมโกแอ็ทแทรช ผู้พัฒนาได้นำเกมเผยแพร่บน Windows Store ซึ่งได้รับการตรวจสอบ และการรับรองให้เผยแพร่จากไมโครซอฟต์เป็นที่เรียบร้อย พร้อมที่จะให้กลุ่มเป้าหมายจำนวน 20 คน ได้ทำการติดตั้งเพื่อทำการทดสอบการใช้งาน

6.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

กลุ่มเป้าหมายนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5(อายุ 11 ปี) ขึ้นไป นำมาใช้เป็นกลุ่มทดสอบจำนวน 20 คน โดยกลุ่มทดสอบจะทำการติดตั้งเกมโกแอ็ทแทรชจาก Windows Store จากนั้นก็เล่นเกมและตอบแบบสอบถามออนไลน์ ซึ่งเป็นการทดสอบความตระหนักถึงปัญหาขยะ

6.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากการให้กลุ่มทดสอบได้ทำการเล่นเกม และตอบแบบสอบถามออนไลน์ ผลการทดสอบจำแนกได้ตามรูปที่ 7 โดยเฉลี่ยกลุ่มทดสอบเข้าใจและตระหนักถึงผลกระทบต่อปัญหาการทิ้งขยะอยู่ในระดับ 39–64% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงมาก



รูปที่ 7. แผนภาพแสดงความเข้าใจและตระหนักถึงผลกระทบต่อปัญหาการทิ้งขยะหลังเล่นเกม

7. บทสรุป

การพัฒนาผลงาน *เกมสร้างจิตสำนึกต่อการทิ้งขยะ: โกแอ็ทแทรช* ได้รับการรับรองให้เผยแพร่บน Windows Store ให้ผู้เล่นสามารถติดตั้งลงบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 8 ซึ่งผลจากการทดสอบในกลุ่มทดสอบข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการเล่นเกมโกแอ็ทแทรช สามารถสร้างความเข้าใจถึงผลกระทบต่อปัญหาขยะ ตลอดจนสร้างจิตสำนึกความตระหนักต่อการทิ้งขยะของผู้เล่นได้

7.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

ผู้พัฒนาเกมโกแอ็ทแทรชได้วางแนวทางการพัฒนาต่อ ดังนี้

7.1.1 พัฒนาเกมให้รองรับแพลตฟอร์มอื่นๆ

เนื่องจากผู้พัฒนาได้ใช้เครื่องมือ MonoGame ในการพัฒนา ซึ่งเครื่องมือนี้สามารถให้ผู้พัฒนาใช้ความรู้พื้นฐาน XNA Code พัฒนาให้รองรับแพลตฟอร์มที่หลากหลาย ปัจจุบันได้สนับสนุน iOS, Android, วินโดวส์ (ทั้ง OpenGL และ DirectX), Mac OS X, Linux, Windows 8 Store, Windows Phone 8, PlayStation Mobile และเครื่องเล่น OUYA ดังนั้นผู้พัฒนาวางแผนการพัฒนาต่อยอดให้รองรับแพลตฟอร์มอื่นๆ อย่างหลากหลายข้างต้น

7.1.2 พัฒนาโหมด GPS ให้มีด่านพิเศษบนสถานที่ท่องเที่ยว

โหมด GPS หรือการใช้ตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์บนพื้นผิวโลก ณ จุดที่มีการเล่นเกมอยู่ ค้นหาด่านพิเศษที่อยู่รอบ ๆ บริเวณ ผู้พัฒนาวางแผนการพัฒนาต่อให้มีด่านพิเศษที่มากขึ้น และอยู่ตามสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวไปในตัว อีกทั้งเมื่อผู้เล่นได้เล่นเกมด่านพิเศษ จะได้ตระหนักถึงการทิ้งขยะในสถานที่ท่องเที่ยวนั้นอีกด้วย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Net Applications.com, “Top Operating System Share Trend,” http://www.netmarketshare.com/os-market-share.aspx?qprid=9. [สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2557]

[2] วินเดล มาร์ค, “เกมวิทยาศาสตร์ หมายถึงอะไร?,” *การใช้เกมในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา*, 2549, กรุงเทพฯ, หน้า 8.

[3] กาญจนา ไชยพันธุ์, “เกม,” *กระบวนการกลุ่ม*, 2549, กรุงเทพฯ, หน้า 64.

[4] Merriam-Webster, “Edutainment,” http://www.merriam-webster.com/dictionary/edutainment. [สืบค้นเมื่อ มกราคม 2557]

[5] J. Honeycutt, *Introducing Windows 8: An Overview for IT Professionals*, p. 1, 2012.

[6] B. Familiar, “Windows 8, XNA and MonoGame–Part 1, Overview,” http://blogs.msdn.com/b/bobfamiliar/archive/2012/08/01/windows-8-xna-and-monogame-part-1-overview.aspx. [สืบค้นเมื่อ มกราคม 2557]

[7] วราพร ศรีสุพรรณ, “จิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม,” *สิ่งแวดล้อมศึกษา*, 2536, กรุงเทพฯ, หน้า 73.

[8] กาบแก้ว ปัญญาไทย, “ขยะมูลฝอย,” *การมีส่วนร่วมของชุมนุมในการจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่เขตเทศบาลตำบลเกาะคา จังหวัดลำปาง*, 2543, เชียงใหม่.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบตรวจสอบการเข้าเรียนด้วยแอนดรอยด์แท็บเล็ต

ปิติ กฤตยานุกูล อนันต์ ผลเพิ่ม ชัยพร ใจแก้ว อภิรักษ์ จันทร์สร้าง*

ห้องปฏิบัติการเครือข่ายไร้สาย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

piti_kr@hotmail.com, {anan.p, chaiporn.j, aphrirak.j*}@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การตรวจสอบการเข้าเรียนหรือการเช็คชื่อมีความจำเป็นสำหรับอาจารย์ผู้สอน และตัวนิสิต เพื่อที่ทำให้สามารถตรวจสอบจำนวนการมาเรียน การขาดเรียนของนิสิต และนำไปประเมิน ให้คะแนน หรือเป็นสิ่งช่วยตัดสินใจในการตัดเกรด จึงได้พัฒนาระบบใหม่ขึ้นมาบนอุปกรณ์แท็บเล็ตที่จะถูกวางไว้ที่บริเวณทางเข้า เมื่อนิสิตเข้ามาในห้องเรียนก็จะแตะบัตรพร้อมเห็นภาพตนบนหน้าจอเพื่อถ่ายรูปได้ทันที ระบบจะทำการบันทึกข้อมูลและส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายผ่านแอคเซสพอยต์ไปบันทึกไว้ยังเซิร์ฟเวอร์ หากระบบไม่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้ในขณะนั้น จะทำการเก็บข้อมูลเวลาการเข้าชั้นเรียนไว้ที่ฐานข้อมูลของเครื่อง พร้อมกับไฟล์รูปภาพที่ได้ถ่ายเก็บไว้ และจะส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ทันทีที่ตรวจสอบได้ว่าสามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายใช้ได้แล้ว ระบบได้พัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์แท็บเล็ตแอนดรอยด์ และใช้อุปกรณ์อ่านรหัสอาร์เอฟไอดี เพื่ออ่านค่ารหัสอาร์เอฟไอดีจากบัตรของนิสิต ผลสรุปการเข้าชั้นเรียนจะถูกแสดงผ่านเว็บไซท์ในรูปแบบของตาราง ระบบได้ถูกนำไปทดลองใช้งานจริงในชั้นเรียนขนาด 60 คน ที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Abstract

Class attendance checking is essential to teachers and students to record the number of attended and missed classes for later assessment. This project implements a new system on a tablet which will be installed near the classroom entrance. When students arrive, they will touch their ID cards and take photos while seeing their faces on the screen. The tablet will save the data and send them to the server via a wireless network. In case the network connection is not available, the tablet will store the data in the local database until the connection is restored. This project is developed for the Android operating system and uses an external RFID reader for reading student cards. Attendance summary will be displayed on a website in a tabular form. The system has already been tested in classrooms of 60 students in the Department of Computer Engineering, Kasetsart University.

***Keywords*:** ระบบตรวจสอบการเข้าเรียน, แท็บเล็ต, แอนดรอยด์

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ในการเรียนเกือบทุกวิชา และทุกสถาบัน จะมีการตรวจสอบการเข้าเรียนของนักเรียนหรือนิสิต เพื่อเป็นคะแนนเก็บหรือคะแนนช่วย โดยแต่เดิมนั้น อาจารย์ตรวจสอบการเข้าเรียนของนิสิตโดยการตรวจนับ หรือการให้นิสิตเซ็นชื่อตัวเองลงในกระดาษ หรือสมุดที่อาจารย์ได้จัดเตรียมไว้ให้ ซึ่งการตรวจนับ หรือการให้นิสิตเซ็นชื่อของตัวเองลงในกระดาษ จะทำให้เกิดการทุจริตได้ เช่น การนับจำนวนนิสิตที่เข้าห้องเรียน นิสิตบางคนอาจอยู่ในตำแหน่งที่อาจารย์ไม่เห็น ทำให้ไม่สามารถนับได้อย่างถูกต้อง หรือการที่จะให้นิสิตเซ็นชื่อลงในกระดาษหรือสมุดที่เตรียมไว้ให้ ในส่วนนี้ นิสิตจะสามารถเขียนชื่อให้นิสิตอีกคนที่ไม่ได้เข้าชั้นเรียนได้อย่างง่ายดาย ซึ่งจะทำให้ตรวจสอบได้ยาก หลังจากเก็บรายชื่อนิสิตเข้าชั้นเรียนเรียบร้อยแล้ว อาจารย์ก็จะต้องมาทำการหาจำนวนนิสิตที่เข้าเรียนและรวบรวมคะแนนการเข้าชั้นเรียนให้กับนิสิตทุกคน ทำให้อาจารย์เสียเวลากับการรวบรวมคะแนน และมีโอกาสเกิดความผิดพลาดในการรวมคะแนนได้ง่าย

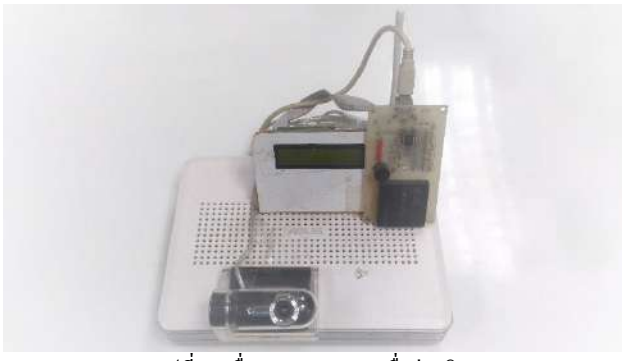
จากปัญหาในเรื่องของการเสียเวลา และการมีโอกาสเกิดความผิดพลาดในการรวมคะแนน ทำให้มีเครื่องตรวจสอบรายชื่ออิเล็กทรอนิกส์ [1] ซึ่งประกอบด้วย เราเตอร์ (Router) ขึ้นมาก่อน โดยติดตั้งระบบ OpenWRT บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ มีอุปกรณ์อ่านรหัสเทคโนโลยี RFID จอ LCD ขนาดเล็ก ที่สามารถแสดงผลได้เฉพาะตัวอักษร และกล้องเว็บแคม (webcam) เป็นตัวเสริม ดังรูปที่ 1 ซึ่งโดยรวมแล้ว สามารถใช้งานได้ดี แต่เมื่อมาดูผลลัพท์ที่ได้ กลับไม่ดีเท่าที่ควร เช่น รูปถ่ายที่ถ่ายได้ บางรูปภาพจะไม่ชัด หรือบางรูปจะเห็นส่วนประกอบของหน้านิสิตไม่ครบ บางรูปหน้านิสิตเล็กเกินไป จากทั้งหมดที่กล่าวมานั้น ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบตัวตนของนิสิตคนนั้นได้ สาเหตุของทั้งหมด เกิดจากการที่นิสิตแต่ละคน ไม่สามารถเห็นภาพของตัวเองขณะที่กำลังถ่าย เมื่อนิสิตไม่เห็นภาพของตัวเองที่กล้องกำลังจับ นิสิตก็จะไม่สามารถทราบเวลาที่เครื่องจะถ่าย ตำแหน่ง และความชัดเจนของภาพได้

ในปัจจุบัน มีอุปกรณ์ที่รวมหลายฟังก์ชันเข้าด้วยกัน ซึ่งก็คือแท็บเล็ตที่มีทั้งกล้องถ่ายภาพ อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับแลนไร้สาย (Wireless) หน้าจอแสดงผล ไว้ในเครื่องเดียว แล้วเชื่อมต่อเครื่องอ่านรหัสบัตร RFID ก็สามารถอ่านบัตรได้

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand



รูปที่ 1 เครื่องตรวจสอบรายชื่อรุ่นเดิม

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ในการตรวจสอบรายชื่อการเข้าเรียนของนิสิตโดยการตรวจนับหรือการเซ็นชื่อ ยังคงประสบปัญหาเกี่ยวกับการทุจริตและความถูกต้อง เช่น การนับจำนวนนิสิตที่เข้าห้องเรียน นิสิตบางคนอาจอยู่ในมุมที่อาจารย์ไม่เห็น ทำให้ไม่สามารถนับได้อย่างถูกต้อง หรือการที่จะให้นิสิตเซ็นชื่อลงในกระดาษหรือสมุดที่เตรียมไว้ให้ ในส่วนนี้ นิสิตจะสามารถเขียนชื่อให้นิสิตอีกคนที่ไม่ได้เข้าชั้นเรียนได้อย่างง่ายดาย ซึ่งจะทำให้ตรวจสอบได้ยาก การถ่ายภาพของเครื่องตรวจสอบรายชื่อรุ่นเดิมก็ยังเป็นปัญหาเช่นกัน คือ บางภาพรูปหน้านิสิตเล็กเกินไป บางคนจะเห็นแค่ส่วนบนหรือส่วนล่างของหน้า เนื่องจากนิสิตไม่สามารถทราบได้ว่าขณะนั้นกล้องจับภาพอยู่ตำแหน่งใด ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบตัวตนของนิสิตได้ และอีกหนึ่งปัญหาคือ การรวบรวมคะแนน ซึ่งจะคล้ายๆกับปัญหาการตรวจสอบรายชื่อ ซึ่งเกี่ยวกับด้านเวลาและความถูกต้องเช่นกัน

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 RFID

Radio-Frequency Identification [2] หรือ RFID เป็นระบบไร้สายที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุ โดยใช้สนามแม่เหล็กในการรับส่งข้อมูล เพื่อที่จะระบุตัวตนได้อัตโนมัติ แท็กจะเป็นตัวเก็บข้อมูลนั้นไว้ แท็กบางแท็กจะต้องใช้พลังงานเพื่อที่จะส่งข้อมูลกลับออกไปให้ ซึ่งจะใช้ได้ภายในระยะใกล้ แต่บางแท็กจะมีตัวเก็บพลังงานในตัว ซึ่งสามารถส่งข้อมูลออกมาได้ทันที โดยไม่ต้องพึ่งพลังงานภายนอก และระยะก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน แต่ข้อเสียคือพลังงานที่ใช้นั้นจะหมดได้โดยง่าย

3.2 ระบบเช็คชื่อเดิม

ระบบเช็คชื่อเดิม [1] เป็นระบบที่ใช้แอกเซสพ้อยต์ จอ LCD กล้องเว็บแคม โดยจอ LCD และกล้องเว็บแคมนั้น จะต่อผ่าน USB Interface ทั้งคู่ โดยลงเฟิร์มแวร์ OpenWRT ไว้ เพื่อให้สามารถจัดการการทำงานโดยรวมได้ เช่น การอ่านค่าอาร์เอฟไอดีจากบัตรนิสิต มาเข้าแอกเซสพ้อยต์ เพื่อนำค่ามาประมวลผล และส่งข้อมูลไปให้กล้องเว็บแคม เพื่อให้ตัวกล้องทำงานจากนั้นกล้องก็จะส่งข้อมูลภาพกลับมายังแอกเซสพ้อยต์ จากนั้นแอกเซสพ้อยต์จะทำการส่งข้อมูลขึ้นเซิร์ฟเวอร์ หากเชื่อมต่อไม่ได้ ระบบจะเก็บข้อมูลการเข้าเรียนและข้อมูลภาพไว้ที่เครื่องก่อน เมื่อระบบต่ออินเตอร์เน็ตได้ก็จะส่งข้อมูลขึ้นเซิร์ฟเวอร์ทันที แต่ยังมีปัญหาอยู่ในเรื่องของภาพ ซึ่งไม่สามารถแก้ไขได้เนื่องจากไม่มีหน้าจอแสดงผลภาพให้เห็น

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบจะประกอบไปด้วยแท็บเล็ต แอคเซสพอยต์ เครื่องเซิร์ฟเวอร์ และฐานข้อมูล โดยแท็บเล็ตนั้น สามารถใช้ได้หลายเครื่องพร้อมกันในห้องเรียนเดียวได้ ผู้ใช้หรือนิสิตจะใช้ได้ในส่วนของการตรวจสอบรายชื่อบนแท็บเล็ต และระบบดูข้อมูลการเข้าชั้นเรียนผ่านอุปกรณ์ต่างๆทางหน้าเว็บเพจ

อุปกรณ์หลักที่ใช้คือแท็บเล็ตพีซี โมเดล GCD Pegasus II ดังรูปที่ 2 มีคุณสมบัติดังนี้ คือ หน่วยประมวลผล(ซีพียู) Dual Core 1.6 GHz., หน่วยความจำ(แรม) 1GB, จอแสดงผล 7 นิ้ว มีความละเอียด 1024 x 600 พิกเซล, กล้องหน้าความละเอียด 0.3 ล้านพิกเซล, กล้องหลัง 2.0 ล้านพิกเซล, การเชื่อมต่อ(อินเทอเฟซ) Micro USB, Micro SD Card, Wifi 802.11 b/g/n, Mini HDMI, ระบบปฏิบัติการ Android 4.1 Jelly Bean, พลังงานที่จุได้ 2700 mAh



รูปที่ 2 แท็บเล็ตที่ใช้ในการทดลอง

อีกอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้หลักคือตัวอ่านรหัสอาร์เอฟไอดีจากบัตรนิสิต ซึ่งพัฒนาโดย IWING, CPE KU ver2.0, Aug 08 ดังรูปที่ 3 มีคุณสมบัติดังนี้ ตัวอ่านรหัสใช้ ID-12 Innovations, Power Input 2.8 ถึง 5.0 V, ความถี่ในการอ่านเท่ากับ 125kHz, ขนาด 7.5cm x 5cm x 2cm, Baud Rate เท่ากับ 9600, ระยะการทำงาน 120 มม., Output Port เป็น Printer USB



รูปที่ 3 อุปกรณ์อ่านรหัสอาร์เอฟไอดี

เริ่มต้นนั้น อาจารย์ผู้สอนหรือผู้ช่วยสอนจะแตะบัตรของตัวเองที่ RFID Reader หรือป้อนรหัสตัวผู้สอน เมื่อระบบได้รับรหัส ระบบจะทำการค้นหาข้อมูลวิชาที่อาจารย์หรือผู้ช่วยสอนท่านนั้นสอนอยู่ แล้วจะแสดงวิชา ชื่อผู้สอน และรูปถ่ายบนหน้าจอ หลังจากที่เลือกวิชาแล้ว จะมีหน้าต่างขึ้นมาใหม่ จะมีตัวเลือกที่ให้เลือก ได้แก่ เวลาเริ่มเข้าชั้นเรียน ลำดับการสอน และปุ่มยืนยัน จากนั้นระบบก็พร้อมที่จะให้นิสิตทำการเช็คชื่อได้

สำหรับหน้าจอที่นิสิตจะต้องมาเช็คชื่อนั้น ประกอบด้วย วันที่ วิชา หมู่ที่เรียน เวลาตามเวลาจริง หน้าจอแสดงผลจากกล้อง และปุ่มลืมบัตร สำหรับนิสิตที่ไม่ได้นำบัตรมา หากนิสิตคนใดลืมนำบัตรประจำตัวมา เมื่อกดปุ่มนี้แล้ว จะมีปุ่มกดแสดงขึ้นมาให้นิสิตกรอกรหัสประจำตัวนิสิตลงไป ก็จะสามารถเช็คชื่อได้ แต่ระบบจะลงข้อมูลว่านิสิตได้ลืมนำบัตรมา แต่ถ้านิสิตนำบัตรมา ก็สามารถแตะไปที่ RFID Reader ได้ทันที แล้วระบบก็จะไปค้นหาในฐานข้อมูล และพร้อมที่จะถ่ายรูปนิสิตเก็บไว้ พร้อมกับส่งข้อมูลเข้าเซิร์ฟเวอร์เป็นหลักฐานว่านิสิตได้เข้าเรียนจริง

หลังจากถ่ายรูปนิสิตเก็บไว้เรียบร้อยแล้ว จะแสดงการเข้าเรียนทั้งหมดของนิสิตเป็นเปอร์เซ็น ชื่อ-นามสกุล รหัสนิสิต ให้ดูเพื่อให้นิสิตตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 4 ภาพรวมของระบบ

จากรูปที่ 4 ระบบจะประกอบไปด้วยแท็บเล็ตที่ใช้ในการเช็คชื่อของนิสิต แอคเซสพอยต์ และเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีฐานข้อมูล ซึ่งแท็บเล็ตแต่ละตัว จะวางอยู่ในห้องเรียนตรงประตูทางเข้า ในห้องเรียนห้องหนึ่งที่มีจำนวนผู้เรียนมาก อาจวางเครื่องแท็บเล็ตไว้หลายตัว เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการทำการเช็คชื่อ เริ่มต้นเมื่อนิสิตแตะบัตรนิสิตกับเครื่องอ่านบัตร เครื่องจะอ่านค่ารหัสอาร์เอฟไอดีในบัตรและนำไปสืบค้นกับฐานข้อมูล จากนั้นจะนำชื่อนิสิต และรหัสมาแสดงผล พร้อมกับถ่ายรูปนิสิตเป็นไว้เป็นหลักฐาน จากนั้นจะส่งข้อมูลขึ้นเซิร์ฟเวอร์ผ่านแอคเซสพอยต์และเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล ก็จะเป็นอันเสร็จสิ้น

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนของแท็บเล็ต ซึ่งจะเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ ในส่วนนี้แท็บเล็ตจะมีหน้าที่ถ่ายภาพและเก็บภาพไว้ส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ และเก็บข้อมูลเวลาพร้อมรหัสนิสิตพร้อมกับส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์อีกเช่นกัน ในส่วนที่สองจะเป็นส่วนของการทำงานเบื้องหลัง คือ เซิร์ฟเวอร์ และฐานข้อมูล โดยเซิร์ฟเวอร์จะทำหน้าที่ประมวลผลที่ได้มา พร้อมกับการแสดงผลให้อาจารย์และนิสิตผ่านเว็บ ฐานข้อมูลจะเป็นส่วนของการเก็บข้อมูลให้เป็นระบบ ง่ายต่อการดึงข้อมูลมาแสดงละประมวลผล

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

บัตรนิสิตที่นำมาแตะกับเครื่องอ่านรหัสอาร์เอฟไอดีจะต้องอยู่ในย่านความถี่ 125kHz ระบบจะออกแบบมาเพื่อใช้กับมหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์เท่านั้น แต่สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่นได้มากขึ้น เช่น ตรวจสอบการเข้าร่วมประชุม เป็นต้น

5. การทดลองใช้งาน

การทดสอบการพัฒนาระบบตรวจสอบการเข้าเรียนด้วยแอนดรอยด์แท็บเล็ตนี้ เพื่อทดสอบการทำงานและวัดประสิทธิภาพของระบบ

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ระบบตรวจสอบการเข้าเรียนด้วยแอนดรอยด์แท็บเล็ต ได้รับการทดสอบการทำงานที่ ห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย ชั้น 7 ตึก 15 ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) โดยได้ทดสอบเปรียบเทียบระหว่างการเซ็นชื่อลงกระดาษเซ็นชื่อ และการใช้แท็บเล็ตตรวจสอบการเข้าเรียน เป็นจำนวนทั้งหมด 60 คน

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากการทดลองในข้อ 5.1 จะได้ผลการเปรียบเทียบการเช็คชื่อระหว่างใช้แท็บเล็ตและการเซ็นชื่อโดยนิสิตตั้งแต่ 1 ถึง 60 คนดังตารางที่ 1 พบว่าหากใช้แท็บเล็ตเช็คชื่อนิสิต 60 คน จะใช้เวลาประมาณ 10 นาที แต่ถ้าหากใช้การเซ็นชื่อแทน จะใช้เวลาประมาณ 17 นาที เมื่อนำมาคิดเป็นอัตราส่วนจะได้ 1:1.613

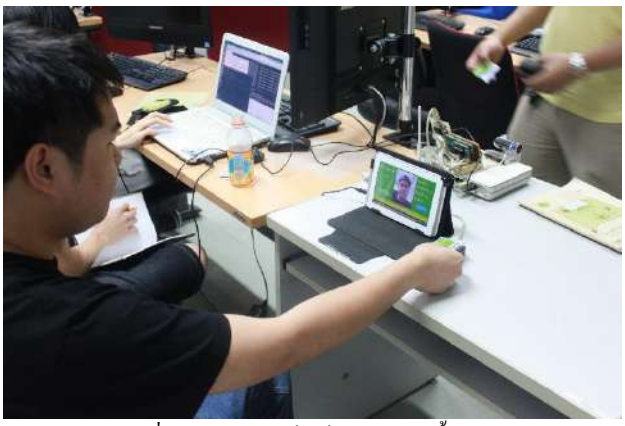
จำนวนนิสิต (คน)	เวลาในการเซ็นชื่อ (วินาที)	เวลาในการใช้แท็บเล็ต (วินาที)
10	160	107
20	324	211
30	496	319
40	668	435
50	825	543
60	1007	624

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบการเช็คชื่อ

ขณะระบบกำลังทำการ จะมีหน้าจอดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 แสดงการใช้งานระบบในชั้นเรียน



รูปที่ 5 แท็บเล็ตขณะพร้อมทำงาน



รูปที่ 6 การใช้งานแท็บเล็ตลงเวลาเข้าชั้นเรียน

6. บทสรุป

ระบบตรวจสอบการเข้าเรียนด้วยแอนดรอยด์แท็บเล็ตใช้เวลาในการเช็คชื่อในห้องเรียนน้อยกว่าการเซ็นชื่อ 1.613 เท่า และยังสามารถเพิ่มความถูกต้องในการเช็คชื่อ รวมถึงอาจารย์ผู้สอนสามารถดูการเข้าเรียนของนิสิตได้สะดวกขึ้น แต่หน้าเว็บยังไม่สมบูรณ์ จึงควรที่จะปรับแต่งเพิ่มเติมให้มากขึ้น มีระบบล็อคอินเพื่อเพิ่มความปลอดภัย และให้ผู้สอนสามารถแก้ไขข้อมูลบางส่วนได้ ในบางจุดที่อับสัญญาณก็อาจจะต้องมาเปิดใช้งานนอกเวลาเรียน เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลขึ้นเซิร์ฟเวอร์ได้

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลของมหาวิทยาลัย เพื่อให้ข้อมูลทุกอย่างสามารถอัพเดทได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะสามารถรองรับนิสิตใหม่ได้โดยไม่ต้องจัดการด้วยตนเอง ปรับปรุงฐานข้อมูล ให้สามารถรองรับการทำงานได้มากขึ้น เช่น อาจารย์สามารถเลือกวิชาเข้าสอนได้ ทำให้ระบบสามารถส่งข้อมูลขึ้นเซิร์ฟเวอร์ได้อัตโนมัติ โดยไม่ต้องเลือกวิชาที่เรียนจากเว็บเพจเพื่อมาเชื่อมโยงข้อมูลกัน

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนส่วนหนึ่งจากโครงการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 16 (National Software Contest - NSC) ปี 2014 จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สุธรรม จินดาอุดม, จตุพร ชูช่วย, อภิรักษ์ จันทร์สร้าง, ชัย พร ใจแก้ว, อนันต์ ผลเพิ่ม *, “ระบบเช็คชื่อ และรายงานผลแบบเวลาจริงผ่านเครือข่ายไร้สาย,” การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 2 ,ECTI-CARD 2010, ISBN: 978-974-8242-54-5, พัทยา, ชลบุรี, 10-12 พฤษภาคม 2553, หน้า 81- 86 (15 กุมภาพันธ์ 2557) [ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก: http://www.ecti-thailand.org/assets/papers/845_pub_30.pdf

[2] เทคโนโลยี RFID (20 กันยายน 2556) [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด

AffordableWireless Controller

พิสิษฐ์พงศ์ วิศาลเจริญยิ่ง, อภิรักษ์ จันทร์สร้าง, ชัยพร ใจแก้ว และ อนันต์ ผลเพิ่ม*

ห้องปฏิบัติการเครือข่ายไร้สาย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: {b5310500502, aphirak.j, chaiporn.j, anan.p*}@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเครือข่ายแลนไร้สายนั้นได้รับความนิยมเป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็นองค์กรขนาดกลางและขนาดเล็ก โดยเครือข่ายไร้สายนั้นต้องพึ่งพาอุปกรณ์แอคเซสพอยต์เป็นจำนวนมากเพื่อให้บุคคลากรสามารถเชื่อมต่อเข้าถึงเครือข่ายภายในขององค์กรได้ ซึ่งรวมไปถึงความสามารถในการเข้าถึงเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ด้วยเช่นกัน เพื่อบริหารจัดการอุปกรณ์จำนวนมากเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องควบคุมเครือข่ายไร้สายได้ถูกนำมาใช้ ซึ่งมีจำหน่ายอยู่ทั่วไปในท้องตลาด แต่ยังมีราคาสูง ทำให้ ไม่เหมาะกับองค์กรขนาดกลางและ ขนาดเล็กที่มีทุนทรัพย์จำกัด นอกจากนี้เครื่องควบคุมเครือข่ายไร้สายที่มีจำหน่ายอยู่จาก หลากหลายผู้ผลิตยังมีข้อจากัดเรื่องรุ่นของแอคเซสพอยต์ที่มาเชื่อมต่อ ซึ่งจะต้องเป็นแอคเซสพอยต์ที่ผลิตจากผู้ผลิตเดียวกันกับเครื่องควบคุมเครื่องข่ายไร้สายเท่านั้น ระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายที่พัฒนาขึ้นนี้ จะรองรับการทำงานกับอุปกรณ์แอคเซสพอยต์จากผู้ผลิตที่หลากหลาย รองรับการทำงานเพื่อการบริหารจัดการเครือข่ายไร้สาย และการติดตั้งระบบที่สะดวกรวดเร็ว โครงงานนี้ได้พัฒนาและปรับปรุงต่อยอดมาจากโครงงานเดิมโดยเพิ่มเติมส่วนของการแสดงผลภาพรวมเครือข่ายในรูปแบบกราฟฟิก การเก็บข้อมูลจราจรของเครือข่าย และปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น จากผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยเมื่อมีจำนวนผู้ใช้งานมากขึ้นจะส่งผลให้การโอนถ่ายข้อมูลของเครื่องลูกข่ายแต่ละเครื่องจะลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการไม่มีระบบกระจายเครื่องลูกข่ายระหว่างอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ แต่สำหรับผลการทดสอบการทำงานระบบแสดงผลภาพรวมเครือข่ายในรูปแบบของกราฟฟิกนั้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

Abstract

Nowadays wireless local area networks (WLAN) are widely deployed in many organizations. Making WLAN services available everywhere in an organization requires a large number of access points. To manage such a large system efficiently, wireless controllers are often employed. These controllers are already available in the market but due to their high cost, they are not affordable by small and medium organizations. Moreover, most wireless controllers are designed to manage access points of their own brand. In this project, the affordable wireless controller has been developed. The system is designed for supporting multi-brand low cost access points with essential features to manage a large WLAN system and make services readily available in a short setup period. The proposed system has been enhanced from an existing wireless controller project and developed more features like graphical network monitoring system and network logging system. The system preformance has also been improved. According to the experiment, when the number of users increases, the bandwidth for individual users decrease exponentially since the system doesn't have the capability of load balancing. Nevertheless, the system on the system monitoring experiment gives a precise result.

***Keywords*:** wireless controller, access point, wireless network

1. บทนำ

เนื่องด้วยในปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย [3] นั้นได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก และได้ถูกนำมาประยุกต์เข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์มือถือ แท็บแล็ต และ คอมพิวเตอร์แบบพกพา จากความนิยมกันอย่างแพร่นี้จึงนำไปสู่การขยายตัวของเครือข่ายอินเตอร์เน็ตไร้สายในองค์กรขนาดกลาง และขนาดย่อม ซึ่งจะต้องมีการบริหารจัดการ และตั้งค่าแอคเซสพอยต์ที่ถูกติดตั้งในส่วนต่างๆ ขององค์กร ด้วยงบประมาณ และทรัพยากรบุคคลที่มีอยู่

การบริหารจัดการ และตั้งค่าแอคเซสพอยต์ในองค์กรขนาดกลาง และขนาดเล็กนั้น ต้องอาศัยอุปกรณ์ควบคุมระบบไร้สายที่มีราคาที่สูง ร่วมกับบุคคลากรที่มีความรู้เรื่องเทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขั้นสูง ซึ่งอาจจะเป็นข้อจำกัดขององค์ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ที่มีงบประมาณ และบุคคลากรค่อนข้างจำกัด

ด้วยปัญหาและอุปสรรคดังที่กล่าวไปข้างต้น ทำให้เกิดการพัฒนาโครงงานระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายขนาดย่อม ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยนิสิตภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งสามารถรองรับการควบคุมเครือข่ายไร้สายได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังคงมีหลายส่วนที่ต้องการการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโครงงานที่ยังมีข้อจำกัดอีกหลายประการ เช่น จำนวนแอคเซสพอยต์ที่สามารถรองรับ การไม่รองรับการเก็บข้อมูลการใช้งานเครือข่ายของผู้ใช้งาน เป็นต้น

โดยโครงงานนี้จะนำโครงงานระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายขนาดย่อม[2] และระบบให้บริการเครือข่ายไร้สายเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่ผู้ใช้งานหนาแน่น[1] ที่ถูกพัฒนาขึ้นก่อน หน้านี้นำมาปรับปรุง และพัฒนา

เพิ่มเติม เพื่อให้ระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายขนาดย่อมนี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเทียบเท่ากับระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายที่มีวางจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดซึ่งมีราคาสูง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในองค์กรขนาดกลางและขนาดเล็กในการจัดซื้ออุปกรณ์ดังกล่าว

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงงานนี้ได้ใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้ โดยอาศัยการสืบค้นจากหนังสือ และเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นหลักในการพัฒนาโครงงานระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด

2.1 ระบบแลนไร้สาย

ระบบแลนไร้สาย คือเทคโนโลยีที่ทำหน้าที่เชื่อมอุปกรณ์ไร้สายตั้งแต่สองอุปกรณ์ขึ้นไปเข้าด้วยกัน โดยอาศัยการการกระจายสัญญาณไร้สายให้ครอบคลุมอาณาบริเวณที่ผู้ใช้งานต้องการเข้าถึงผ่านทางอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ที่ทำหน้าที่การจายสัญญาณ ซึ่งเมื่ออุปกรณ์เครือข่ายไร้สายนั้นทำการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบเครือข่ายได้แล้ว อุปกรณ์นั้นจะสามารถเข้าถึงทรัพยากรที่ใช้ร่วมกันในเครือข่ายได้ รวมไปถึงการเชื่อมต่อกับสัญญาณอินเตอร์เน็ตหากเครือข่ายสามารถเชื่อมต่อได้ โดยระบบแลนไร้สายนั้นจะอยู่บนมาตราฐาน IEEE 802.11 ซึ่งใช้เคลื่อนความถี่วิทยุในการสื่อสาร

สำหรับมาตรฐานเครือข่ายไรสายที่สามารถใช้กันในประเทศไทยประกอบไปด้วย IEEE 802.11 a, b, g และ n ซึ่งใช้งานกันอยู่ช่องคลื่นความถี่ 2.4 และ 5.0 GHz

2.2 OpenWrt

OpenWrt [6] เป็นระบบปฏิบัติการ หรือระบบปฏิบัติการแบบฝังตัว โดยส่วนใหญ่จะนิยมกันติดตั้งบนเราเตอร์ องค์ประกอบหลักจะประกอบไปด้วย Linux Kernel, uClibc, และ BusyBox เนื่องจากบนอุปกรณ์ที่จะทำการติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT นั้นมีทรัพยากร ค่อนข้างจำกัด เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หรือ หน่วยความจำ(Memory) เป็นต้น ส่วนประกอบของระบบปฏิบัติการจึงต้องถูกย่อขนาดลงเพื่อให้สามารถทำงานบนอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กได้

2.3 LuCI

LuCI[5] เป็นเว็บอินเตอร์เฟสสำหรับการตั้งค่าอุปกรณ์ทำการติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT โดยเว็บอินเตอร์เฟสนี้ถูกพัฒนาขึ้นในภาษา Lua ซึ่งสามารถทำงานได้ในอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรค่องข้างจำกัด เช่น ในเราเตอร์ เป็นต้น ซึ่งจะสะดวกกว่าวิธีที่ทำการตั้งค่าผ่าน Command line แบบในยุคแรกๆ นอกจากการตั้งค่าระบบแล้ว ลูซี่ยังสามารถบริหารจัดการระบบภายใน รวมไปถึงการติดตั้งอัพเดรตเฟิร์มแวร์ใหม่ได้อีกด้วย

2.4 เจสัน (JSON)

เจสัน (JSON) ย่อมาจาก Javascript Object Notation เป็นมาตราฐานข้อมูลในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเซิฟเวอร์ โดยข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบของ Array หรือ object โดยใช้ โพรโทคอล HTTP หรือ TCP/IP ในการส่ง ซึ่งคือ Object ที่อยู่ในรูปแบบของ JSON นั้นเอง

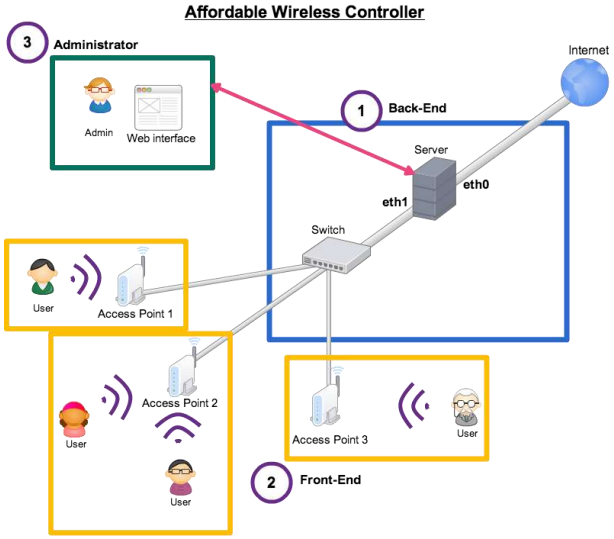
2.5 LuCI JSON-RPC

LUCI JSON-RPC[4] เป็นไลบรารี่ของลูซีที่ทำให้เว็บอินเตอร์เฟสฝั่งผู้ดูแลระบบ สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT โดยผ่านการใช้โพรโทคอล JSON-RPC ซึ่งทำให้สะดวกในการตั้งค่าอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ในระบบ การติดตั้งไลบรารี่ของลูซี่นั้นจะต้องทำตั้งแต่การติดตั้งเฟิร์มแวร์ลงบนอุปกรณ์แอคเซสพอยต์

3. รายละเอียดการพัฒนา

ระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัดได้ถูกออกแบบมาโดยเป้าหมายคือการพัฒนาเครื่องควบคุมเครือข่ายไร้สายที่มีราคาย่อมเยา และรองรับเครื่องแอคเซสพอยต์จากหลากหลายผู้ผลิต โดยมีความสามารถในการตั้งค่าเครื่องแอคเซสพอยต์ได้พร้อมกันกันหลายเครื่อง, มีการแสดงข้อมูลทั่วไปของระบบเครือข่าย, รวมไปถึงระบบนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟฟิก และ มีความสามารถในการยืนยันตัวบุคคล

3.1 ภาพรวบของระบบ



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบควบคุมเครือข่ายไร้สาย

องค์ประกอบของระบบจะแบ่งได้ตามรูปที่ 3.1 โดยแบ่งได้ 3 ส่วนคือ

1. Back-End เป็นส่วนของระบบฮาร์ดแวร์ที่เป็นศูนย์กลางการควบคุมระบบ โดยจะประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบหลักคือ สวิตช์ เครื่องแม่ข่าย และ เกตเวย์ โดยสามองค์ประกอบนี้จะทำงานเป็นส่วนควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ส่วนที่เหลือในส่วนของ Front-End เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามที่ผู้ดูแลระบบต้องการตามที่ได้มีการตั้งค่าไว้

2. Front-End เป็นฮาร์ดแวร์ส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไร้สายของผู้ใช้ ซึ่งคือ แอคเซสพอยต์ทุกตัวในระบบ โดยอุปกรณ์ในส่วนนี้จะทำงานโดยรอรับคำสั่งจากเครื่องแม่ข่ายเพื่อให้การทำงานเป็นไปตามที่ผู้ดูแลระบบต้องการ

3. Admisitrator เป็นส่วนของผู้ดูแลระบบซึ่งจะประกอบไปด้วยเว็บอินเตอร์เฟสเป็นหลัก โดยส่วนเว็บอินเตอร์เฟสนี้จะเป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบเข้าถึงได้เท่านั้น โดยผู้ดูแลระบบจะออกคำสั่งเพื่อตั้งค่าแอค

เซสพอยต์ในระบบจากหน้าเว็บอินเตอร์เฟสนี้รวมไปถึงการดูองค์ประกอบโดยรวมของระบบ

3.2 การออกแบบ และพัฒนาระบบ

ระบบเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด มีโครงสร้างดังต่อไปนี้

- Database Module ทำหน้าที่เชื่อม ฐานข้อมูลที่เก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานในระบบ
- Config Authentication ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์แอคเซสพอยต์เพื่อเป็นการยืนยันตัวบุคคลของเครื่องแม่ข่าย
- Report Module ทำหน้าที่ในการแสดงผลสถานะของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายต่างๆ ในระบบ
- Web Interface Module คือ โมดูลเว็บอินเตอร์เฟสที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ดูแลระบบ กับระบบเครือข่ายไร้สาย
- CodeIgniter FrameWork ทำหน้าที่เชื่อมต่อโมดูลต่างๆเข้าด้วยกันเพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน
- Control Unit คือ ส่วนควบคุมภายในของอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ ที่ทำหน้าที่บริหารจัดการ ตั้งค่าภายในอุปกรณ์
- Configuration File คือ ไฟล์ตั้งค่าของอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ที่ติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT
- ระบบ User Authentication ทำหน้าที่เป็นระบบยืนยันตัวบุคคลของผู้ใช้งานเครือข่าย เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้
- User Logging Module ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลจราจรของเครือข่ายโดยอ้างอิงจากหมายเลขไอพีแอดเดรส

3.3 ข้อจำกัดของระบบ

- ระบบจะรองรับการทำงานของแอคเซสพอยต์ที่ได้รับการติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT ก่อนแล้วเท่านั้น
- เครื่องแม่ข่ายที่ใช้ในการพัฒนาระบบจะต้องได้รับการติดตั้งระบบปฏิบัติการลินุกซ์ Ubuntu เวอร์ชั่น 12.04

4. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด เพื่อตรวจสอบความสามารถของระบบ และวัดประสิทธิภาพของระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด

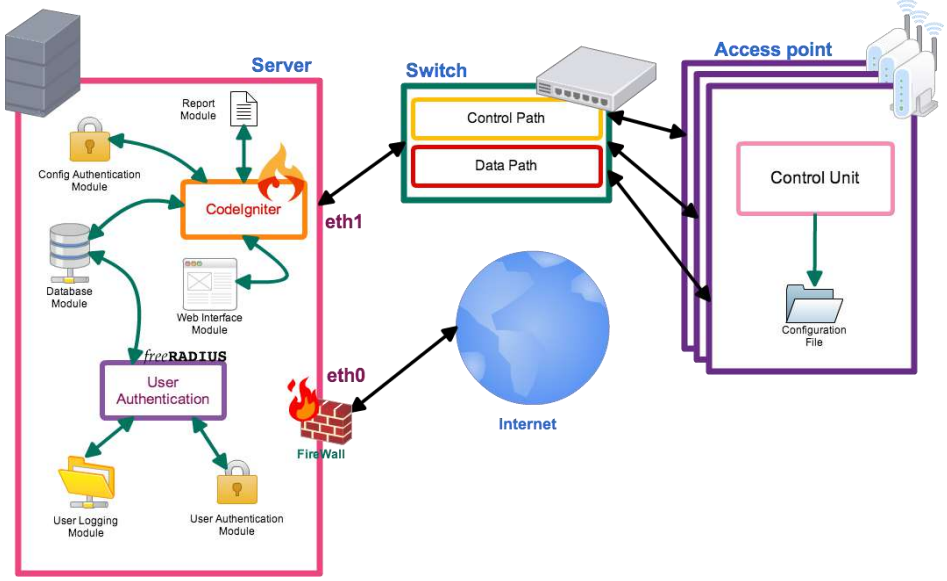
4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

สำหรับการทดสอบการพัฒนาระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัดนั้น ได้ทำการทดสอบระบบโดยทำการติดตั้งระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัดในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ตึกภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องแม่ข่ายที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Ubuntu รุ่น LST 12.04 จำนวน 1 เครื่อง และเครื่องลูกข่ายที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Ubuntu รุ่น LST 12.04 จำนวน 10 เครื่อง โดยเครื่องแม่ข่ายได้ทำการเชื่อมต่อกับสวิตช์เข้ากับเครื่องแอคเซสพอยต์อีก 3 เครื่องที่ได้ทำการติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWrt รุ่น Attitude Ajdustment เรียบร้อยแล้ว

4.2 ผลการทดสอบ และการวิจารณ์ผล

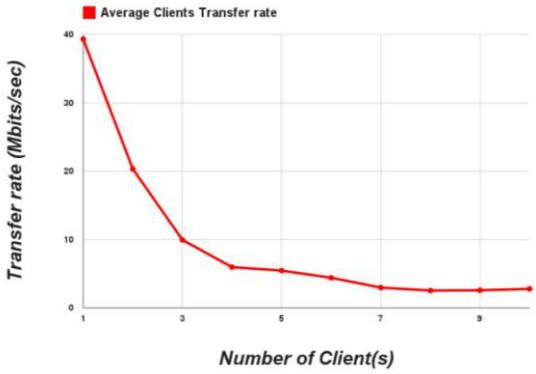
การทดลองที่ 1 วัดความเร็วเฉลี่ยในการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายเมื่อมีจำนวนเครื่องลูกข่ายที่เพิ่มมากขึ้น โดยเครื่องแอคเซสพอยต์ได้ทำการตั้งค่าให้มีการปล่อยสัญญาณ SSID เดียวกันทั้งสามตัว ซึ่งทั้งสามตัวจะปล่อยสัญญาณบนช่องสัญญาณที่ไม่ซ้อนทับกัน (Non-overlapping channels) สำหรับการวัดความเร็วการโอนถ่ายข้อมูลนั้นจะใช้งานโปรแกรม Iperf โดยวัดค่าเฉลี่ยความเร็วของการโอนถ่ายข้อมูล (Bandwidth) ในตลอดระยะเวลา 30 วินาที ซึ่งการจดบันทึกค่าจะทำทั้งหมด 4 รอบ หลังจากนั้นจะนำค่าเฉลี่ยของทุกเครื่องมาเฉลี่ยรวมกันแล้วนำเสนอในรูปแบบของกราฟได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.1

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีจำนวนของเครื่องลูกข่ายเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยความเร็วการโอนถ่ายข้อมูลของเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายนั้นจะลดลง โดยรูปแบบการลดลงใกล้เคียงกับกราฟเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งเป็นผลจากการที่ระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายไม่มีการแบ่งโหลดของ



รูปที่ 3.2 รูปโครงสร้างซอฟแวร์ของระบบเครือข่ายไร้สายแบบประหยัด

เครื่องลูกข่ายระหว่างอุปกรณ์แอคเซสพอยต์กันเอง ทำให้เครื่องลูกข่ายเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องแอคเซสพอยต์แบบไม่กระจายตัว



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการโอนถ่ายข้อมูลของเครื่องลูกข่าย

การทดลองที่ 2 เป็นการทดลองความสามารถของระบบแสดงข้อมูลเครือข่ายแบบกราฟฟิกอินเตอร์เฟส โดยทำการทดลองกับเครื่องลูกข่ายทั้งหมด 10 เครื่องโดยเครื่องลูกข่ายทั้งหมด 7 เครื่องได้ทำการเชื่อมต่อกับเครื่องแอคเซสพอยต์ชื่อ Engineering 1 ส่วนอีก 2 เครื่องนั้นเชื่อมต่อกับเครื่องแอคเซสพอยต์ชื่อ Engineering 2 และ LH3_1 ผลการทดลองเป็นไปตามรูปที่ 4.2

จากผลการทดลองการแสดงผลผ่านทางหน้าเว็บอินเตอร์เฟสในรูปแบบกราฟฟิกนั้นมีความถูกต้องตามสถานการณ์ที่จำลองขึ้น โดยหน้าเว็บอินเตอร์เฟสสามารถแสดงข้อมูลทั่วไปของระบบ, ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องลูกข่ายได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

5. บทสรุป

ระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัดนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการขององค์กรขนาดกลาง และขนาดเล็ก ที่มีความต้องการบริหารจัดการเครือข่ายไร้สายภายในองค์กร โดยระบบมีการรวบรวมความสามารถที่หลากหลายเข้าด้วยกันซึ่งได้แก่ ความสามารถในการตั้งค่าอุปกรณ์แอคเซสพอยต์หลายเครื่องพร้อมกัน การแสดงผลสถานะโดยรวมของระบบทั่วไปในรูปแบบกราฟฟิก การเก็บข้อมูลจราจรของเครือข่าย การยืนยันตัวบุคคลของผู้ใช้ การรองรับอุปกรณ์แอคเซสพอยต์หลากหลายยี่ห้อ

โดยจากผลการทดลองพบปัญหาด้านความเร็วการโอนถ่ายข้อมูลของเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายที่มีความเร็วลดลงเมื่อมีจำนวนเครื่องลูกข่ายที่มากขึ้น

5.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

โครงงานระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัดนี้สามารถนำไปต่อยอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานต่างๆโดยการเพิ่มฟังก์ชั่นการแบ่งโหลดของเครื่องลูกข่ายเพื่อเพิ่มความเร็วในการโอนถ่ายข้อมูล และทดสอบกับอุปกรณ์แอคเซสพอยต์จำนวนมากและหลากหลายยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานระบบควบคุมเครือข่ายไร้สายแบบประหยัดนี้ได้รับการสนับสนุนด้านอุปกรณ์ สถานที่ และทุนบางส่วนจากภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และโครงการการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16 จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ไกรวิทย์ เตชะวิทยปกรณ์ อนันต์ ผลเพิ่ม อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และ ชัยพร ใจแก้ว. ระบบให้บริการเครือข่ายไร้สายเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่ผู้ใช้งาน หนาแน่น. In 5th ECTI Conference on Application Research and Development (ECTI-CARD 2013), Nakhon Ratchasima, Thailand, May 8-10 2013.

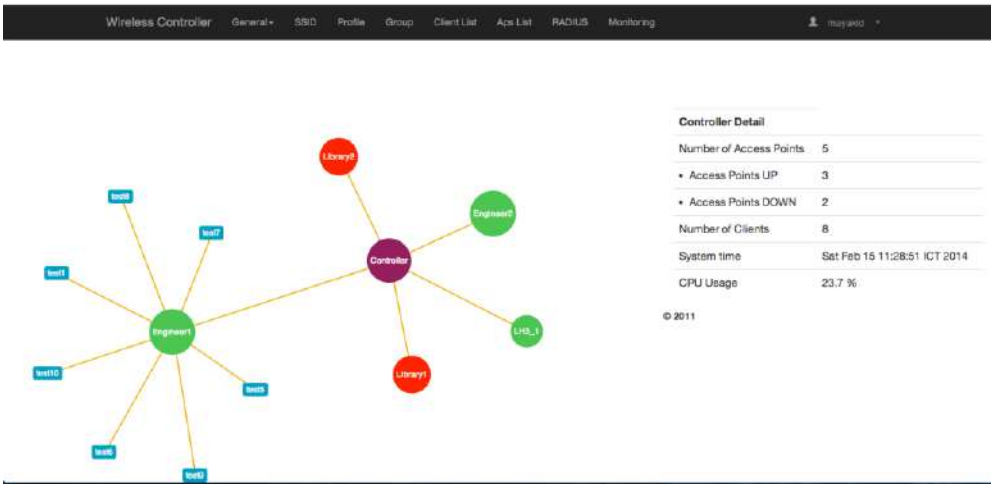
[2] พรรณสิริ วัยอัศว อนันต์ ผลเพิ่ม อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และ ชัยพร ใจแก้ว. ระบบควบคุมการทำงานเครือข่ายไร้สายขนาดย่อม. In 5th ECTI Conference on Application Research and Development (ECTI-CARD 2013), Nakhon Ratchasima, Thailand, May 8-10 2013.

[3] รศ.ดร. อนันต์ ผลเพิ่ม. แลนไร้สาย. กรุงเทพ: ซีเอ็ดบูเคชั่น, 2550.

[4] “JSON-RPC.”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://en.wikipedia.org/wiki/JSON-RPC 2556.

[5] “LuCI.”. [ออนไลน์]. http://luci.subsignal.org/trac 2556.

[6] “OpenWRT.”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://openwrt.org/ 2556.



รูปที่ 4.2 การแสดงผลข้อมูลระบบเครือข่ายรูปแบบกราฟฟิก

หัวข้อ การจัดการพลังงาน มลภาวะและสิ่งแวดล้อม(23EnV)

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การติดตามการดูดซับสารตะกั่วในน้ำดื่มโดยใช้แผ่นไคโตซานสังเคราะห์
Determination of Lead Adsorption onto Synthesis Chitosan Sheet in Drinking Water

ชินานาฏ วิทยาประภากร[1], สาวิตรี กาทองทุ่ง[1], และ พัชราภา จารุวัฒน์[1]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: chinanat@rmutl.ac.th[1], sawitree_un@hotmail.com[2], patcha_patchaya@hotmail.com[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการดูดซับตะกั่วจากน้ำดื่มโดยใช้แผ่นไคโตซานสังเคราะห์ โดยทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับและจลนศาสตร์ของการดูดซับสารตะกั่วได้แก่ ความเป็นกรด-เบส (พีเอช) เวลา และอุณหภูมิ จากผลการทดลองพบว่า แผ่นไคโตซานสังเคราะห์สามารถดูดซับปริมาณตะกั่วได้สูงสุดที่ที่ค่าพีเอช 10 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นได้มีการศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับและค่าคงที่ของไอโซเทอม พบว่าไอโซเทอมของการดูดซับและค่าคงที่ของไอโซเทอมของการดูดซับตะกั่วของแผ่นไคโตซานมีความสอดคล้องกับแบบจำลองของแลงเมียร์และ ฟรุนดลิส ส่วนผลการศึกษาจลนศาสตร์ของการดูดซับ พบว่าเป็นไปตามแบบจำลองทางจลนศาสตร์ของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน

คำสำคัญ: แผ่นไคโตซาน, การดูดซับตะกั่ว, ไอโซเทอม

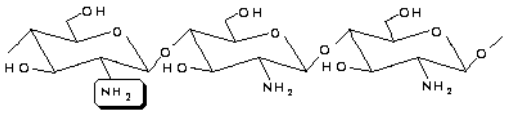
Abstract

The purpose of this work is to study the adsorption of lead from drinking water onto the synthesis chitosan sheets, including study the effects of pH, contact time and temperature on the adsorption capacities and the kinetic of lead absorption. The result was shown that the maximum lead adsorption of the synthesis chitosan sheet was found to occur at pH 10 for 25°C. The isotherms and its constants were studied. It was found that adsorption isotherm data of Lead were corresponded with Langmuir and Freundlich model. The kinetic experimental data properly correlated with pseudo-first order kinetic model.

***Keywords*:** chitosan sheet, lead absorption, isotherm

1. บทนำ

ในปัจจุบันพบว่าการบริโภคน้ำดื่มจากเครื่องทำน้ำเย็นเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เครื่องทำน้ำเย็นที่ได้มาตรฐานควรทำมาจากวัสดุสแตนเลสอย่างหนา ที่มีการเชื่อมด้วยวัสดุเคลือบที่มีคุณภาพสูง (Argon at High Voltage) ในการเคลือบภายใน แต่เพื่อความสะดวกและลดต้นทุน ผู้ประกอบการธุรกิจมักใช้วิธีบัดกรีโดยสารตะกั่วเพื่อเชื่อมบริเวณรอยต่อภายในเครื่องทำน้ำเย็น การเชื่อมถัง การเชื่อมลูกลอยกับก้านทำน้ำเย็นที่สัมผัสกับน้ำดื่ม เป็นต้น ซึ่งทำให้มีสารตะกั่วปนเปื้อนไปกับน้ำดื่มได้ โดยพบว่าถ้ามีปริมาณสารตะกั่วเกินมาตรฐานจะเกิดการสะสมของสารตะกั่วและจะเข้าไปทำลายระบบประสาทส่วนปลาย ทำให้เกิดอาการเหน็บชาที่ปลายมือปลายเท้า สำหรับสารตะกั่วที่ปนเปื้อนมากับน้ำดื่มมีกรรมวิธีในการกำจัดโลหะได้หลายวิธี ซึ่งในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการใช้แผ่นไคโตซานสังเคราะห์เป็นตัวดูดซับ จากโครงสร้างของไคโตซานมีไนโตรเจนอะตอมของหมู่อะมิโนซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นลิแกนด์ (Ligand)หรือตัวให้อิเล็กตรอน (Electron donor) ทำให้โลหะใดๆสามารถสร้างพันธะเชิงซ้อน (Coordinate) กับหมู่อะมิโนได้ ทั้งนี้ไคโตซานสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (Biodegradable) จึงมีความปลอดภัยสำหรับใช้กับมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ไคโตซาน เป็นอนุพันธุ์ของไคติน ได้จากการนำเอา เปลือกกุ้ง กระดองปู หรือแกนหมึก มาผ่านกระบวนการต่างๆให้ได้เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ ที่มีคุณสมบัติเด่นหลายประการ ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในวงการต่างๆได้มากมาย ได้แก่ ด้านอุตสาหกรรมอาหาร การแพทย์ การบำบัดน้ำเสีย เครื่องสำอาง ด้านการเกษตร เป็นต้น



รูปที่ 1. สูตรโครงสร้างของไคโตซาน

Muniyappan Rajiv Gandhi และคณะ (2011) [1] ศึกษาการกำจัดคอปเปอร์โดยใช้นาโนไฮดรอกซีแอปาไทต์ (n-Hap) คอมโพสิทกับไคตินและไคโตซานเพื่อใช้เป็นตัวดูดซับคอปเปอร์ พบว่าความจุในการดูดซับ ของ n-Hap/ไคโตซาน มีความจุในการดูดซับสูงที่สุด เมื่อเทียบกับ n-Hap และ n-Hap/ไคติน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาสภาวะในการดูดซับที่เหมาะสม เช่น เวลาในการดูดซับ ความเป็นกรด-เบส และความจำเพาะต่อการดูดซับของไอออน และในการทดลองได้ทำการหาเอกลักษณ์ของตัวดูดซับ โดยวิธีต่างๆ เช่น FTIR, TEM, XRD และ SEM จากนั้นนำไปศึกษากระบวนการในการดูดซับโดยอธิบายด้วยไอโซเทอมของฟรุนดลิสและแลงเมียร์ Helen Helena Dos Santos และคณะ (2011) [2] ศึกษาการดูดซับของอะซีนิกบนสารประกอบเชิงซ้อนไคโตซาน – ไอรอนครอสลิงค์ โดยทำการสังเคราะห์ Ch-Fe เพื่อใช้เป็นตัวดูดซับ และศึกษาไอโซเทอมการดูดซับ พบว่าเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการดูดซับคือ 60 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และพีเอช 9 จากนั้นทำการศึกษาจลนศาสตร์ของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน (Pseudo-first order), ปฏิกิริยาอันดับสองเสมือน (pseudo-second order) และ intra – particle diffusion พบว่าจลนศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดในการดูด

ซับคือ ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน เพราะมีค่าผลรวมของความคลาดเคลื่อน (Sum Square of Error, SSE) ต่ำและทำการศึกษาสมการที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับ As(III) คือสมการของ ของฟรุนดลิสและแลงเมียร์ และ แลงเมียร์-ฟรุนดิสโดยสมการที่สามารถดูดซับ As(III) ได้สูงสุดคือสมการแลงเมียร์-ฟรุนดลิสดูดซับได้ 13.7 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ทำการวิเคราะห์โดยเครื่องสเปคโตรมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร Nimrod Bleiman และคณะ (2010) [3] ศึกษาการกำจัดซีลีเนียมจากน้ำดื่มโดยใช้ ไคโตซาน-เคลย์คอมโพสิต เป็นตัวดูดซับ โดยทำการทดลองและเปรียบเทียบผลระหว่างไอโซเทอมการดูดซับของซีลีเนียม มีการคอมโพสิตระหว่าง Al-oxide และ Fe-oxide พบว่า Al-oxide มีความสามารถในการดูดซับได้มากกว่า Fe-oxide ใช้แบบจำลองของแลงเมียร์ในการพิจารณาโดยปฏิกิริยาจะเกิดได้ค่อนข้างเร็วในเวลาไม่เกิน 15 นาที นอกจากนี้ยังพบว่าค่าการดูดซับของออกไซด์จะมีค่าลดลงเมื่อค่าพีเอชมีค่าสูงๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าการดูดซับของคอมโพสิทไม่ขึ้นอยู่กับค่าพีเอช C.Gerenta และคณะ (2010) [4] ทำการศึกษาการดูดซับโลหะอาซีเนทที่ปนเปื้อนในน้ำ โดยใช้ไคโตซาน ในขั้นแรกทำการดูดซับในรูปแบบต่างๆ เช่น แลงเมียร์และฟรุนดลิส เป็นต้น ซึ่งพิจารณากลไกในการดูดซับโดยใช้แรงดึงดูดทางไฟฟ้า แล้วนำไปศึกษาถึงพารามิเตอร์ทางเทอร์โมไดนามิกส์ จากผลการทดลองทำให้ทราบถึงชนิดของปฏิกิริยาว่าเป็นปฏิกิริยาแบบคายความร้อนและปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นได้เอง Cybelle Morales Futalan และคณะ (2011) [5] ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของโลหะ Cu(II), Ni(II) และ Pb(II) ในสารละลายตัวอย่างโดยใช้ไคโตซาน จากผลการทดลองพบว่าจลนศาสตร์ทั้งระบบแบบเดี่ยวและระบบแบบคู่นั้น โลหะ Cu(II) และ Pb(II) เหมาะสำหรับใช้ในฟรุนดลิสไอโซเทอม ส่วน Ni(II) เหมาะสำหรับใช้ในแลงเมียร์ไอโซเทอม นอกจากนี้ยังพบว่าในระบบแบบคู่นั้นการดูดซับของ Pb(II) > Cu(II) > Ni(II) ตามลำดับ ส่วนจลนศาสตร์ของระบบแบบเดี่ยวเหมาะสำหรับปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือนเมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficients) สูงๆ และค่าผลรวมของความคลาดเคลื่อน (Sum Square of Error, SSE) ต่ำๆ Suriya Traipopและคณะ (2010) [6] ได้ทำการติดตามปริมาณซีรีเนียม (Se)ใน Se-enriched rice โดย การใช้เทคนิค Slurry Sampling Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry โดยใช้ Pd(II) nitrate modified ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการไพโรไลซิสที่ 800 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิที่ทำให้สารกลายเป็นอะตอมได้ดีที่สุดคือ 2,500 องศาเซลเซียส รัตนา สนั่นเมือง และคณะ (2008) [7] ศึกษาการกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลด้วยไคโตซานเมมเบรน พบว่าสามารถดูดซับเหล็กได้ดีที่พีเอช 2.5-6.5 ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสและ 40 องศาเซลเซียส มีค่าการดูดซับประมาณ 75.21-100% นอกจากนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นพบว่าไคโตซานเมมเบรนสามารถดูดซับเหล็กได้มาก เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสมการฟรุนดลิส R^2=0.6125 ที่เป็นการดูดซับแบบต่อเนื่อง นอกจากนี้โกวิทย์ ปิยะมังคลา และคณะ (2008) [8] ทำการศึกษาการดูดซับโครเมียม (VI) จากโรงงานชุบโลหะแบบแบตช์โดยใช้ไคโตซานเรซินมีการประเมินความสามารถในการดูดซับและจลนศาสตร์ของการดูดซับความสามารถสูงสุดในการดูดซับโครเมียม (VI) เกิดขึ้นที่ค่าพีเอช 2 ปริมาณ 47.9 มิลลิกรัมต่อกรัม มีการนำแบบจำลองการดูดซับของสมการแลงเมียร์และสมการฟรุนดลิส อธิบายไอโซเทอมของการดูดซับและค่าคงที่ของไอโซเทอม ซึ่งไอโซเทอมของการดูดซับโครเมียม (VI) จากโรงงานชุบโลหะ มีความสอดคล้องกับสมการแลงเมียร์ เมื่อนำแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือนและปฏิกิริยาอันดับสองเสมือน มาใช้ในการอธิบายจลนศาสตร์การดูดซับ พบว่าจลนศาสตร์การดูดซับแบบปฏิกิริยาอันดับสองเสมือน สามารถใช้ได้ดีกว่าแบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน

2. สารเคมี

Chitosan ($C_6H_{11}NO_4$), MW = 161.15 g/mol ผลิตโดย Sigma aldrich asia, Acetic acid (CH_3COOH), ผลิตโดย Lab scan asia, Nitric acid (HNO_3) ผลิตโดย Lab scan asia และ Sodium hydroxide (NaOH)

3. วิธีการ

3.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของตะกั่ว

เตรียมสารละลายมาตรฐานของตะกั่วที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้กรดไนตริก (HNO_3) ความเข้มข้น 1 %v/v เป็นตัวทำละลาย นำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่อง Flame Atomic Absorption Spectrometer (FAAS) ยี่ห้อ Shimadzu, Japan

3.2 การเตรียมน้ำตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

ทำการย่อยตัวอย่างน้ำ (Digestion) 100 มิลลิลิตร โดยเติมกรดไนตริกเข้มข้น 65% v/v ให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ให้น้ำระเหยออกจนกระทั่งเหลือสารละลายที่มีลักษณะใส ประมาณ 10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วกรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เทสารละลายลงในขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่อง Flame Atomic Absorption Spectrometer (FAAS) ยี่ห้อ Shimadzu, Japan

3.3 การเตรียมแผ่นไคโตซานสังเคราะห์

เตรียมสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2.0 %w/v ในกรดอะซีติก จากนั้นเทลงบนจานเพาะเชื้อ ทิ้งไว้ให้แห้ง เทสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอลลงไปจนท่วมแผ่นไคโตซาน ทิ้งไว้นาน 2 ชั่วโมง ล้างแผ่นไคโตซานที่ได้ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จะได้แผ่นไคโตซานสังเคราะห์สำหรับใช้ในการดูดซับ

3.4 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสารตะกั่วของแผ่นไคโตซานสังเคราะห์

3.4.1 การศึกษาค่าพีเอช และระยะเวลาที่มีผลต่อการดูดซับ

ปรับพีเอชของสารละลายตะกั่วเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์จนมีพีเอช 10 ตัดแผ่นไคโตซานสังเคราะห์ให้มีขนาด 2×2 ตารางเซนติเมตรนำไปแช่ลงบีกเกอร์ จากนั้นจับเวลาทุกๆ ชั่วโมง แบ่งสารละลายไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วไปวัดหาค่าความเข้มข้นของสารตะกั่วด้วยเทคนิค FAAS ทำการทดลองซ้ำโดย

เปลี่ยนค่าพีเอชของสารละลายน้ำตัวอย่าง เป็น 7 และ 3 โดยปรับพีเอชด้วยกรดไนตริก ตามลำดับ

ความสามารถในการดูดซับตะกั่วของแผ่นไคโตซานสังเคราะห์สามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$q_e = \left(\frac{C_0 - C_e}{W}\right)V \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ qe = ปริมาณของตัวถูกละลายที่ดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

C_0 = ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Ce = ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่เหลือหลังจากการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

V = ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง

W = น้ำหนักของแผ่นไคโตซานสังเคราะห์

3.4.2 การศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ

ตัดแผ่นไคโตซานให้มีขนาด 2×2 ตารางเซนติเมตรไว้นำไปแช่ลงบีกเกอร์ที่บรรจุตัวอย่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แช่ไว้เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อดูดซับเสร็จแล้ว ให้นำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 นำตัวอย่างที่กรองแล้วไปวัดหาค่าความเข้มข้นของตะกั่วด้วยเทคนิค FAAS นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟตามสมการฟรุนดลิชและแลงเมียร์ [9] ดังแสดงในสมการ (2) และ (3) ตามลำดับ

สมการฟรุนดลิช (Freundlich Isotherm)

$$\log qe = \log K_F + \left(\frac{1}{n}\right)\log Ce \qquad \text{.....(2)}$$

เมื่อ Ce = ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่เหลือหลังจากการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

qe = ปริมาณของตัวถูกละลายที่ดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

K_F , n = ค่าคงที่สมดุลฟรุนดลิช

สมการแลงเมียร์ (Langmuir Isotherm)

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_0} + \frac{1}{K_L q_0}\cdot\frac{1}{C_e} \qquad \text{.....(3)}$$

เมื่อ q_0 = ปริมาณของสารที่ถูกดูดซับสูงสุด (มิลลิกรัมต่อกรัม)

qe = ปริมาณของตัวถูกละลายที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

Ce = ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่เหลือหลังจากการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

K_L = ค่าคงที่สมดุลแลงเมียร์

3.4.3 การศึกษาจลนศาสตร์ของการดูดซับ

การศึกษาอัตราเร็วของปฏิกิริยาของการดูดซับสารตะกั่วในตัวอย่างน้ำดื่ม โดยใช้แบบจำลองของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน เขียนกราฟระหว่าง log (qe-qt) กับ t ค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน (k1) คำนวณได้จากความชันของเส้นกราฟ

4. ผลการทดลอง

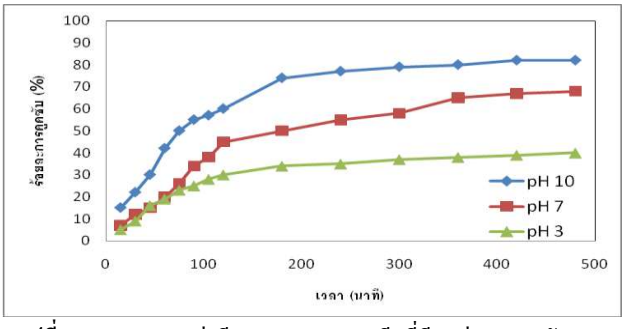
จากการศึกษาความสามารถในการดูดซับสารตะกั่วของแผ่นไคโตซานสังเคราะห์ในสารละลายตะกั่วมาตรฐานที่เตรียมขึ้น พบว่า หลังจากนำแผ่นไคโตซานสังเคราะห์แช่ลงในสารละลายตะกั่วมาตรฐานเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียสพบว่าแผ่นไคโตซานสังเคราะห์สามารถดูดซับสารตะกั่วได้สูงถึง 80-90%

จากนั้นนำแผ่นไคโตซานสังเคราะห์ไปศึกษาการดูดซับในน้ำดื่มจากแหล่งตัวอย่างที่มีพีเอชประมาณ 8 พบว่าในน้ำดื่มจากแหล่งที่นำมาทดสอบมีปริมาณตะกั่วประมาณ 0.010 - 0.030 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตามเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขของไทย ในน้ำดื่มควรมีตะกั่วไม่เกิน 0.015 มิลลิกรัมต่อลิตร) แผ่นไคโตซานสังเคราะห์สามารถดูดซับตะกั่วได้ถึง 60% การที่แผ่นไคโตซานสังเคราะห์ดูดซับปริมาณตะกั่วได้น้อย อาจเป็นอิทธิพลจากความเข้มข้นของปริมาณตะกั่วในน้ำดื่มตัวอย่างมีปริมาณต่ำมาก ส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับของแผ่นไคโตซานต่ำ [7-8]

จากการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับสารตะกั่วได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 การศึกษาอิทธิพลของค่าพีเอชและระยะเวลาต่อการดูดซับ

จากการศึกษาอิทธิพลของพีเอชของสารละลายตะกั่วเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรที่แตกต่างกันได้ผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. แสดงผลของค่าพีเอช และเวลา (นาที) ที่มีผลต่อการดูดซับ (%)

พบว่าการดูดซับตะกั่วของแผ่นโตซานสังเคราะห์ที่แช่ในสารละลายตะกั่วตัวอย่างที่มีพีเอช 3 จะมีการดูดซับสารตะกั่วได้น้อยที่สุด เนื่องจากที่พีเอช 3 สภาพความเป็นกรดของสารละลายจะส่งผลต่อสภาพประจุที่ผิวของตัวดูดซับ (แผ่นไคโตซานสังเคราะห์) มีไอออนของไฮโดรเจนมากทำให้เกิดการแย่งกันกับไอออนของตะกั่วเพื่อเข้าไปเกาะกับผิวของตัวดูดซับ จึงทำให้ไอออนตะกั่วเข้าไปเกาะที่ผิวตัวดูดซับได้น้อย ส่วนที่พีเอช 10 สามารถดูดซับตะกั่วได้ดีที่สุด เนื่องจากสภาพประจุที่ผิวของแผ่นไคโตซานสังเคราะห์จะมีสภาพเป็นประจุลบ ทำได้สามารถดูดซับสารตะกั่วได้มากขึ้น ระยะเวลาที่เข้าสู่สมดุลการดูดซับที่เหมาะสมคือ 6 ชั่วโมง

4.2 การศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ

จากผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการดูดซับ จึงเลือกพีเอชเท่ากับ 10 ไปศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับต่อไป สมการการดูดซับแบบฟรุนดลิช ดังสมการที่ (2) มีสมมติฐานของการดูดซับที่ว่าพื้นผิวของตัวดูดซับไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด (พื้นผิวของตัวดูดซับมีลักษณะขรุขระ) พื้นที่

ผิวและพลังงานมีการกระจายตัวเป็นแบบเลขชี้กำลัง จากการพล็อตกราฟระหว่างค่า log qe กับ log Ce จะได้กราฟเส้นตรง ที่มีความชันเท่ากับ 1/n และมีจุดตัดในแนวแกนตั้งเท่ากับ log K_F ค่า 1/n = 1 อธิบายถึงไอโซเทอมของการดูดซับเป็นแบบเส้นตรง ค่า 1/n > 1 อธิบายถึงบริเวณพื้นผิวของตัวดูดซับมีปริมาณมากที่จะใช้ในการดูดซับ และ 1/n < 1 อธิบายถึงปริมาณพื้นผิวบนตัวดูดซับมีปริมาณจำกัดที่จะใช้ในการดูดซับ

ตารางที่ 1. แสดงค่าคงที่ไอโซเทอมสมการการดูดซับแบบฟรุนดลิส

ค่าพีเอช	ค่าคงที่สมการฟรุนดลิช (Freundlich Isotherm)		
	K_F (กรัมต่อลิตร)	1/n	R^2
10	960.19	-1.08	0.981

ในตารางที่ 1 แสดงค่าคงที่ของแบบจำลองของฟรุนดลิส พบว่าค่า1/n ของพีเอช 10 มีค่าน้อยกว่า 1 หมายความว่าปริมาณพื้นผิวบนตัวดูดซับมีปริมาณจำกัดที่จะใช้ในการดูดซับสารตะกั่ว และจากผลการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สัมพัทธ์ (R^2) ของแบบจำลอง ฟรุนดลิส แสดงให้เห็นว่า เป็นการดูดซับแบบต่อเนื่อง [9-10] และที่พีเอช 10 แผ่นไคโตซานสังเคราะห์มีการดูดซับสารตะกั่วได้สูง เป็นไปตามทฤษฎีของฟรุนดลิสเนื่องจาก R^2 เข้าใกล้ 1 มาก

ตารางที่ 2. แสดงค่าคงที่ไอโซเทอมสมการการดูดซับแบบแลงเมียร์

ค่าพีเอช	ค่าคงที่สมการแลงเมียร์ (Langmuir Isotherm)			
	K_L (ลิตรต่อมิลลิกรัม)	q_0 (มิลลิกรัมต่อกรัม)	R_L	R^2
10	7.00	142.86	0.93	0.941

ในการคำนวณค่าคงที่สมการการดูดซับแบบแลงเมียร์ ดังสมการที่ (3) มีสมมติฐานที่ว่าโมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะเกิดการดูดซับบนผิวในตำแหน่งที่แน่นอนของตัวดูดซับ แต่ละโมเลกุลของตัวดูดซับเกิดการดูดซับบนผิวแบบชั้นเดียวและแต่ละพื้นผิวของตัวดูดซับมีลักษณะแบบเดียวกัน โดยตัวดูดซับมีพลังงานในการดูดซับเหมือนๆ กันและโมเลกุลของตัวดูดซับไม่สามารถเกิดข้ามพื้นผิวหรือไม่สามารถเกิดขึ้นกับโมเลกุลที่อยู่ติดกันได้ การพล็อตกราฟระหว่างค่า 1/Ce กับ 1/qe จะได้กราฟเส้นตรง ที่มีความชันเท่ากับ $1/K_Lq_0$ และมีจุดตัดในแนวแกนตั้งเท่ากับ $1/q_0$ จากข้อมูลในตารางที่ 2 แสดงค่าคงที่ไอโซเทอมของการดูดซับแลงเมียร์ พบว่า ที่พีเอช 10 มีค่า $0 < R_L < 1$ ชนิดของไอโซเทอมเป็นแบบดูดซับได้ดี (Favorable)

4.3 การศึกษาจลนศาสตร์ในการดูดซับ

เมื่อนำข้อมูลของการศึกษาอิทธิพลของค่าพีเอชมาเขียนกราฟระหว่าง log (qe-qt) กับ t พบว่าได้กราฟเส้นตรง ค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน(k_1) หาได้จากความชันของเส้นตรง จากผลการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือนที่พีเอช 10 7 และ 3 มีความเป็นเส้นตรงทั้ง 3 ค่า จึงกล่าวได้ว่าการดูดซับตะกั่วโดยใช้แผ่นไคโตซานสังเคราะห์สอดคล้องกับปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการดูดซับตะกั่วในน้ำดื่มโดยใช้แผ่นไคโตซานสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นเป็นตัวดูดซับ พบว่าสามารถดูดซับสารตะกั่วในน้ำดื่มจากแหล่งตัวอย่างได้ถึง 60% ส่วนความสามารถในการดูดซับสารตะกั่วของแผ่นไคโตซานสังเคราะห์ในสารละลายตะกั่วมาตรฐานที่เตรียมขึ้น พบว่าที่พีเอช 10 ทำให้แผ่นไคโตซานสังเคราะห์มีความสามารถในการดูดซับตะกั่วได้มากที่สุด และระยะเวลาเข้าสู่สมดุลการดูดซับคือ 6 ชั่วโมง ไอโซเทอมของการดูดซับสอดคล้องกับทั้งสมการของแลงเมียร์และสมการฟรุนดลิส นั่นคือการดูดซับเกิดทั้งในบริเวณผิวของตัวดูดซับและภายในโครงสร้างของตัวดูดซับ และจลนศาสตร์ของการดูดซับสอดคล้องกับปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเสมือน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบดำเนินการวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

[1] R.G. Muniyappan, Removal of copper(II) using chitin/chitosan nano-hydroxyapatite composite. *Journal of Biological Macromolecule*, pp. 119-124, 2011.

[2] H.S. Helen, Adsorption of As(III) on chitosan-Fe-crosslinked complex(Ch-Fe). *Journal of Chemosphere*, pp.278-283, 2011.

[3] B. Nimrod, Selenium removal from drinking water by adsorption to chitosan-clay composites and oxides:Batch and columns tests. *Journal of Hezardous Materials*, pp. 590-595, 2010.

[4] C. Gerente, Removal of Arsenic(V) onto chitosan: From sorption mechanism explanation to dynamic water treatment process. *Journal of Chemical Engineering*, pp. 593-598, 2010.

[5] M.F. Cybelle. Comparative and competitive adsorption of copper, lead, and nickel using chitosan immobilized on bentonite. *Journal of Carbohydrate Polymer*, pp. 528-536, 2011.

[6] S.Traipop, W. Chuachuad Chaiyasith, R. Sananmuang, N. Nabheerong, Determination of Selenium in Se-enriched Rice by Slurry Sampling Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry, Journal of *Nareseuan University,* Vol.18, no.3, pp. 9-13, 2010.

[7] รัตนา สนันเมืองและคณะ, "การกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลสังเคราะห์ด้วยไคโตซานเมมเบรน" *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร* ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 2551 หน้า 200-209.

[8] โกวิทย์ ปิยมังคลาและคณะ, "จลนศาสตร์การดูดซับโครเมียม (VI) จากโรงงานชุบโลหะโดยใช้ไคโตซานเรซิน" *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 ม.ค.-เม.ย. 2551 หน้า 68-79.

[9] M. Iqbal and M.N. Ashiq, Adsorption of dyes from aqueous solution on activated charcoal. *Journal of hazardous Material*, 139, pp. 57-66, 2006.

[10] สุทธิดา โชคธัญญาวัฒน์, "การกำจัดโครเมียม (VI) ที่ค้างเหลือในน้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีโดยกระบวนการดูดซับ" วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การใช้โปรแกรมทางสถิติเพื่อการวิเคราะห์ระบบสิ่งแวดล้อม

Application of Statistical Program for Environmental System Analysis

กลิ่นประทุม ปัญญาปิงและคณะ[1]

[1]สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail:klin41@hotmail.com[1]

บทคัดย่อ

โปรแกรมทางสถิติ ส่วนใหญ่แล้วมักถูกใช้ประโยชน์ในงานวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้านสังคมศาสตร์ สำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ โปรแกรมนี้นับเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างมากต่อการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้ง สาเหตุรากฐานของปัญหา โดยเฉพาะระบบสิ่งแวดล้อมซึ่งมีทั้งทางธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น เพื่อให้เกิดการจัดการองค์ประกอบ และเทคนิคที่ใช้ทางปฏิบัติในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การเลือกใช้ประเภทของสถิติที่ถูกต้องจากโปรแกรมที่นำมาใช้เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อผู้ใช้งาน

บทความนี้ได้กล่าวถึง บางตัวอย่างของระบบสิ่งแวดล้อมเมือง เช่น อากาศ และน้ำ เป็นต้น ที่ใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS ในการวิเคราะห์ กรณีศึกษาแรก ใช้ค่าทางสถิติวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในสภาวะที่มีการปนเปื้อนของก๊าซมลสารที่ผู้รับสัมผัส กรณีศึกษาที่สอง ใช้ค่าทางสถิติสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการจัดการคุณภาพน้ำเสีย บนพื้นฐานของหลักสมดุลมวล พบว่าผลการใช้โปรแกรม SPSS ในกรณีศึกษาแรก สามารถวิเคราะห์ความความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของก๊าซมลสารอากาศ เช่น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ว่าเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง ส่วนในกรณีศึกษาที่สอง สามารถสร้างแบบจำลองคุณภาพน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ โดยมีข้อสังเกตว่าต้องทำการคัดเลือกข้อมูลที่ได้จากกระบวนการผลิตในสายการผลิตแบบเดี่ยวเท่านั้น การแปลผลข้อมูลที่ได้ทางสถิตินี้ มีประโยชน์ต่อการป้องกัน และจัดการสิ่งแวดล้อมของเมือง จึงมีข้อเสนอแนะว่าสามารถใช้โปรแกรม SPSS ได้ในงานสิ่งแวดล้อมทั้งทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ นอกเหนือจากทางสังคมศาสตร์

Abstract

Mostly, statistical program is used to analyze data on quality in social science. As for data on quantity, this program has a very important and useful tool for analysis the relationship of related factors, including the root cause of the problem. Particularly, the environmental system that exists by both natural and man made. In order to manage the component and practical technique operated in the system more effectively, the choose of the proper type of statistics from the used program is very essential to the user.

In this paper, some examples of an urban environmental system such as air and water are presented by using SPSS program. The first case of study, the statistical values were used to analyze the difference between independent variable and dependent variable in the contamination situation of gaseous air pollutant by personal exposure. The second case of study, waste water models were built on the basis of mass balance principle. The result showed that it could be analyzed the difference between the concentration of gaseous air pollutant like nitrogen dioxide and the sampling time for the first case. Besides, it could be built waste water models from the production process of a textile factory for the second case. It is noted that the selection of obtained data must be only used from the single line production process. The interpretations of the obtained statistical results were beneficial to prevent and to manage the urban environment. It is recommended that the SPSS program could be used for environmental work not only in social sciences but also in environmental science and engineering.

***Keywords*:** statistical program, environmental system, application

1. บทนำ

ระบบสิ่งแวดล้อมของเมือง นับเป็นระบบที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งมีความซับซ้อน ด้วยกิจกรรมต่างๆในเมือง ที่ประกอบด้วยชุมชนที่อยู่อาศัย พื้นที่เกษตรกรรม และโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ขนาดของเมือง ทำให้ระบบมีความเป็นธรรมชาติแตกต่างกัน เมืองที่สามารถดำรงอยู่ได้จำเป็นต้องทำหน้าที่ในการช่วยให้ความเป็นอยู่ของประชาชน ในเมืองดำเนินไปได้อย่างปกติสุข โดยอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญของระบบต่าง ๆ เช่น ระบบพื้นฐานด้านสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ และระบบบำบัดและกำจัดของเสียต่างๆ เช่น น้ำเสีย และขยะ เป็นต้น ซึ่งต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจของเมือง หากระบบพื้นฐานเหล่านี้ บกพร่องหรือเกิดปัญหาขึ้น จนขาดความสมสมดุลในแต่ละระบบย่อยที่เกี่ยวข้อง ย่อมส่งผลต่อคุณภาพอากาศ และคุณภาพน้ำได้ [1] จึงจำเป็นที่จะต้องทราบถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และหาสาเหตุเพื่อการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบนั้นๆเพื่อการควบคุมและจัดการอย่างเหมาะสม

เครื่องมือชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ต่อการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของปัญหานั้นๆ โดยเฉพาะในระบบสิ่งแวดล้อมข้างต้น ได้แก่ โปรแกรมทางสถิติ ซึ่งมีอยู่หลายโปรแกรม และมีความยากง่ายในการใช้งานต่างกัน ได้แก่

โปรแกรม Statistical Analysis System (SAS) และ Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) เป็นต้น [2-3] ซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักถูกใช้ประโยชน์ในงานวิจัยเชิงคุณภาพทางด้านสังคมศาสตร์ มากกว่าในงานวิจัยเชิงปริมาณซึ่งแสดงผลเป็นตัวเลขที่วัดค่าได้ทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ การใช้โปรแกรมข้างต้น จำเป็นต้องมีการคัดกรองข้อมูลและป้อนข้อมูลให้ถูกต้อง รวมทั้งมีการเลือกใช้ชนิดของสถิติให้เหมาะสม ก็จะสามารถวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลที่ได้เพื่อการนำไปใช้งานทั้งในระดับปฏิบัติและระดับนโยบายได้ต่อไป

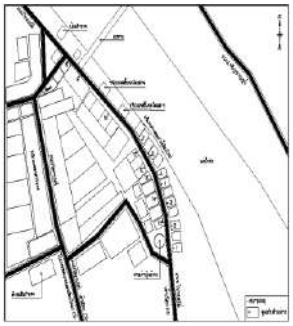
ในกรณีตัวอย่างงานวิจัยที่ได้นำมากล่าวถึงในบทความนี้ จำนวน 2 ตัวอย่าง มุ่งเน้นการใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS ซึ่งเป็นโปรแกรมที่หาใช้ได้ทั่วไปและง่ายต่อการนำไปใช้งาน เมื่อทำการทดสอบโปรแกรมทางสถิติของค่าทางสถิติที่ถูกนำมาใช้ และค่าทางพีชคณิตด้วยโปรแกรมทางคณิตศาสตร์แล้ว ก็ให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกัน [4] จึงได้ถูกนำมาใช้กับตัวอย่างงานทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การปนเปื้อนของปริมาณก๊าซมลสารอากาศที่ผู้รับสัมผัส เช่น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการใช้ยานพาหนะเป็นส่วนใหญ่ในเมืองเชียงใหม่ [5-6] และตัวอย่างการจัดการน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ [7-8] เพื่อให้ทราบแนวทางในการคัดเลือกข้อมูลทั้งที่เป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม รวมทั้งการใช้ค่าสถิติเพื่อการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล เพื่อประโยชน์ในการควบคุมและจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อผู้อยู่อาศัยและผู้ผลิตในระบบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ในทางปฏิบัติได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 กรณีศึกษาการรับสัมผัสปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

2.1.1พื้นที่และกลุ่มตัวอย่าง

พื้นที่ศึกษา ได้แก่ ร้านขายดอกไม้ ที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้ตลาดวโรรสด้านข้างตลาดต้นลำไย ริมถนนไปรษณีย์ ตำบลช้างม่อย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 1 ตารางกิโลเมตร (รูปที่ 1) และกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ได้แก่ ผู้ค้าขายดอกไม้บริเวณใกล้ตลาดวโรรส ซึ่งเป็นอาสาสมัครที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศที่ผู้รับสัมผัส ในการศึกษานี้ จำนวน 20 คน





ที่มา: www.tourdoi.com/travel/map/chiangmai/chiangmai_town.htm [9]

รูปที่ 1. แผนที่และบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างอากาศที่ผู้รับสัมผัส

2.1.2 อุปกรณ์และระยะเวลาเก็บตัวอย่าง

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างปริมาณอากาศ ได้แก่ อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบแพสซิฟอย่างง่าย ที่ทำด้วยกล่องฟิล์มเก่าซึ่งภายในบรรจุกระดาษกรองไว้เพื่อใช้เป็นตัวกลางในการดักจับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) [10] ทำการศึกษา ในระหว่าง เดือน สิงหาคม พฤศจิกายน และธันวาคมปี พ.ศ. 2555 โดยเก็บตัวอย่างอากาศ เดือนละ 3 ครั้ง คือ ช่วงท้ายสัปดาห์ วันหยุดสุดสัปดาห์ และช่วงต้นสัปดาห์

2.1.3 ชนิดของข้อมูล

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ผู้รับสัมผัส จุดเก็บตัวอย่าง และฤดูกาลที่เก็บตัวอย่าง และตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ผู้รับสัมผัส

2.2 กรณีศึกษาการเกิดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

2.2.1 พื้นที่และตัวอย่าง

พื้นที่และตัวอย่างโรงงานที่ศึกษาได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอในเขตภาคกลางของไทย ที่มีสายการผลิตเดี่ยว จำนวน 1 โรงงาน





ที่มา: www.thaifranchaicenter.com [11] ที่มา: www.thaitextile.org [12]

รูปที่ 2. ตัวอย่างกระบวนการผลิตเส้นใยของอุตสาหกรรมสิ่งทอในไทย



ที่มา: www.lebelone.co.th [13]

รูปที่ 3. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตสิ่งทอในไทย

2.2.2 ข้อมูลและระยะเวลาเก็บข้อมูล

ข้อมูลการใช้วัตถุดิบชนิดต่างๆในกระบวนการผลิตสิ่งทอทั้งหมด และข้อมูลการเกิดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในวันเดียวกันกับวันที่ทำการผลิตสิ่งทอ ทำให้ได้ข้อมูลสมบูรณ์ รวม 115 วัน จากข้อมูลการผลิตในช่วง 2 ปี เพื่อใช้สร้างแบบจำลองและใช้ทดสอบแบบจำลองที่ได้ รวมทั้งมีการอภิปรายผลข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติร่วมกับผู้ปฏิบัติงานในระบบผลิต

2.2.3 ชนิดของข้อมูล

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ปัจจัยเข้า ซึ่งประกอบด้วยวัตถุดิบ ปริมาณการใช้น้ำ และไฟฟ้าในการผลิต และตัวแปรตาม ได้แก่ ปัจจัยออก คือ ภาระบรรทุกน้ำเสียในรูปสารอินทรีย์และของแข็งแขวนลอย

3. ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษากรณีการวิเคราะห์ระบบสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรมสถิติ SPSS จากกรณีตัวอย่างงานวิจัย จำนวน 2 ตัวอย่าง [6-8] มีรายละเอียดดังนี้

3.1 กรณีการรับสัมผัสปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ผลของค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ผู้รับสัมผัส ซึ่งได้จากการตรวจวัด แต่ละเดือน จำนวน 3 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าส่วนใหญ่มีค่าสูงมากที่ผู้รับสัมผัส ซึ่งเป็นผู้ค้าขายดอกไม้ใกล้ตลาดวโรรส คนที่ 14 (1.617-2.079 µg/12hr) เนื่องจากอยู่ใกล้บริเวณจุดจอดรถรับ - ส่งผู้โดยสารสายเชียงใหม่ – ลำพูน และมีร้านค้าทั้งสองฝั่งที่มีการจราจรติดขัดอยู่เกือบตลอดทั้งวัน นอกจากนั้นยังพบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม 2555 (2.007 µg/12hr) อยู่ในช่วงท้ายสัปดาห์ และในเดือนพฤศจิกายน 2555 (2.865 µg/12hr) อยู่ในช่วงกลางสัปดาห์ และเดือนธันวาคม (2.758 µg/12hr) อยู่ในช่วงกลางสัปดาห์

ตารางที่ 1. ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ผู้รับสัมผัส (µg/12hr)

ผู้รับสัมผัส คนที่	ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในปี พ.ศ. 2555		
	เดือนสิงหาคม	เดือนพฤศจิกายน	เดือนธันวาคม
1	0.922	1.636	1.210
2	1.457	2.264	1.625
3	1.501	1.893	1.513
4	1.067	0.978	1.482
5	1.761	0.964	1.673
6	1.400	0.878	1.386
7	1.009	1.564	0.939
8	1.400	1.636	1.242
9	1.414	1.893	1.498
10	1.646	1.650	1.274
11	1.313	1.278	2.152
12	1.414	1.007	1.386
13	1.211	1.221	1.482
14	**1.617**	**2.079**	**1.992**
15	1.342	1.164	1.178
16	1.573	1.007	1.258
17	1.009	1.521	1.274
18	1.117	1.350	1.498
19	1.378	1.578	1.864
20	0.814	1.864	1.083

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ผู้รับสัมผัสโดยใช้ Likelihood Ratio Chi-Square [14] พบว่าค่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ผู้รับสัมผัส ขึ้นกับช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง (Sampling time) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่ขึ้นกับสถานที่เก็บตัวอย่าง (Sampling station) และผู้รับสัมผัส (Personal exposure) เนื่องจากสถานที่เก็บตัวอย่างและตัวผู้รับสัมผัสเป็นจุดเดียวกันและมีกิจกรรมในการทำงานที่ไม่แตกต่างกัน มากนัก จึงทำให้ค่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของกลุ่มผู้รับสัมผัสกับสถานที่เก็บตัวอย่างนั้นไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ผู้รับสัมผัสนี้ ช่วยทำให้ทราบว่าผู้ค้าขายดอกไม้บริเวณใกล้ตลาดวโรรส ควรระมัดระวังและป้องกันตนเองจากการรับสัมผัสก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นมลสารทางอากาศที่ถูกปล่อยจากการใช้ยานพาหนะในเมือง โดยการใช้หน้ากากปิดจมูก ในฤดูฝน คือเดือนสิงหาคม ในช่วงท้ายสัปดาห์ คือ วันศุกร์ อย่างมากกว่าวันอื่น และในช่วงฤดูหนาว คือ เดือนพฤศจิกายน และธันวาคมนั้น ควรป้องกันตนเองอย่างมากในช่วงกลางสัปดาห์ ซึ่งเป็นวันทำงาน ที่มีการใช้ยานพาหนะและถนนอยู่ตลอด รวมทั้งมีเทศกาลที่สำคัญหลายอย่าง เช่น ลอยกระทง และคริสต์มาส เป็นต้น ที่เกี่ยวข้องกับผู้ค้าขายได้ ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสดังกล่าว

3.2 กรณีการเกิดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

พบว่าข้อมูลวัตถุดิบชนิดต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตสิ่งทอ ตามหลักสมดุลมวล ประกอบด้วย ตัวแปรอิสระ หรือปัจจัยเข้า ได้แก่ เส้นใย สารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทำความสะอาดเส้นใย สารเคมีจำพวกที่ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงและขึ้นเงา รวมทั้งสารเคมีจำพวกสีย้อมและใช้ในการพิมพ์ลายบนเนื้อผ้า และปริมาณน้ำและไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต รวมจำนวน 13 ตัวแปร ส่วนน้ำเสีย คือ ตัวแปรตาม หรือปัจจัยออก ได้แก่ ภาระบรรทุกน้ำเสียในรูปสารอินทรีย์ จำพวก BOD (Biochemical Oxygen Demand) COD (Chemical Oxygen Demand) และภาระบรรทุกน้ำเสียในรูปของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ได้แก่ TSS (Total Suspended Solid) รวมจำนวน 3 ตัวแปร ตัวแปรเหล่านี้ได้ถูกคัดเลือกเอาค่าที่ผิดปกติ (Outlier) ออก และเป็นตัวแปรที่เกิดขึ้นในวันเดียวกันทั้งหมด จากสายการผลิตเดี่ยว จึงจะได้ตัวแปรต่างๆที่อยู่ในระบบสิ่งแวดล้อมหน่วยเดียวกัน ทำให้ได้ข้อมูลทั้งหมด รวม 115 ค่าสังเกต (Observation) หรือ 115 วัน เมื่อป้อนข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS และใช้การวิเคราะห์ตัวแปรแบบพหุคูณ (Multivariate analysis) [14] พบว่าสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเข้าและปัจจัยออกได้ โดยค่าภาระบรรทุกน้ำเสียที่เกิดขึ้น ในหน่วย กก./ตัน ของผลิตภัณฑ์ ขึ้นกับปริมาณน้ำใช้ (X_1) แป้งซึ่งใช้ช่วยในการประสานเส้นใย (X_4) สารเคมีซึ่งใช้ทำให้สีติดเส้นใย (X_9) สีย้อมเส้นใย (X_{10}) และสารเคมีที่ทำให้เส้นใยมีความเป็นกลาง (X_{13}) ดังสมการต่อไปนี้

$$BOD\ Loading = 0.404 - 0.024\ X_1 + 0.00002\ X_{10} \quad (1)$$

$$COD\ Loading = 1.177 - 0.09\ X_1 + 0.006\ X_4 + 0.00005\ X_{10} \quad (2)$$

$$TSS\ Loading = 0.623 - 0.038\ X_1 + 0.00014\ X_9 + 0.0006\ X_{13} \quad (3)$$

สมการข้างต้นแต่ละสมการ มีค่าความสัมพันธ์ระหว่างกัน 95% 96% และ 94% ตามลำดับ เมื่อทดลองนำไปใช้เป็นแบบจำลองทำนายคุณภาพน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต มีความคลาดเคลื่อน ประมาณ 0.66% 2.40% และ 0.13% ตามลำดับ สมการดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการทำนายปริมาณการเกิดน้ำเสียได้ โดยเฉพาะการควบคุมภาระบรรทุกน้ำเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆของการผลิต กล่าวคือ การควบคุมภาระบรรทุกน้ำเสียในรูป BOD ต้องทำในขั้นตอนการใช้น้ำผสมกับสีย้อมในกระบวนการย้อมสีเส้นด้าย การควบคุมภาระบรรทุกน้ำเสียในรูป COD ต้องทำในขั้นตอนการใช้ย้อมสีและการตกแต่งเส้นใยในกระบวนการย้อมสีเส้นด้าย ส่วนการควบคุมภาระบรรทุกน้ำเสียในรูป TSS ต้องทำในขั้นตอนการย้อมสี เช่นเดียวกับการควบคุมภาระบรรทุกน้ำเสียในรูป BOD นอกจากนั้นตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ยังสามารถนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุรากฐานของความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานในระบบผลิตด้วย

อย่างไรก็ตามในการนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้งานในทางปฏิบัติ ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องในระบบผลิต ควรต้องได้รับการฝึกอบรมในการดูแลระบบผลิตและระบบบำบัดน้ำเสีย โดยเฉพาะการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตสิ่งทอ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพน้ำเสียอย่างมากนั้น ควรมีการคำนวณสูตรของการผสมสารเคมีที่ใช้ให้แน่นอน และควรมีการใช้ระบบการผสมสีย้อมแบบอัตโนมัติในโรงงานขนาดกลางขึ้นไป เพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียสีย้อมในน้ำเสียระหว่างการผลิต เป็นต้น

4. สรุป

โปรแกรมทางสถิติ SPSS สามารถนำไปใช้วิเคราะห์งานในระบบสิ่งแวดล้อมได้จากกรณีตัวอย่างงานวิจัยที่ได้ศึกษา กรณีแรก การรับสัมผัสปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของผู้รับสัมผัส ซึ่งเป็นผู้ค้าขายดอกไม้ สามารถหาความแตกต่างของปริมาณก๊าซดังกล่าวได้ว่าเกี่ยวข้องกับเวลาเก็บตัวอย่าง หรือฤดูกาล โดยมีค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งผู้รับสัมผัสควรระมัดระวังในการป้องกันตนเองโดยใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น หน้ากาก ในช่วงเวลาที่มีปริมาณการรับสัมผัสสูง เป็นต้น ส่วนกรณีที่สองการเกิดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ สามารถสร้างแบบจำลองคุณภาพน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงานนี้ เพื่อควบคุมและจัดการน้ำเสียที่เกิดจากการผลิต ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น จากตัวแปรที่เป็นสาเหตุรากฐาน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตในแง่ของการใช้วัตถุดิบ น้ำ และไฟฟ้า ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โปรแกรมข้างต้น จึงมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานทางสิ่งแวดล้อม ทั้งทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์นอกเหนือจากงานทางสังคมศาสตร์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะกรรมการ ECTI-CARD2014 ที่ให้โอกาสแก่บทความนี้ในฐานะบทความรับเชิญ

เอกสารอ้างอิง

[1] กลิ่นประทุม ปัญญาปิง, เอกสารประกอบการสอนวิชาระบบสิ่งแวดล้อมและการจัดการ. สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (มทร. ล้านนา) ภาคพายัพ จังหวัดเชียงใหม่, 2556.

[2] SAS/STAT, “Statistical Analysis Software”, www.sas.com/en_us/software /analytics/stat.htm, [สืบค้นเมื่อ มิถุนายน 2556]

[3] SPSS, “SPSS Software” www_01.ibm.com/software/analytics/spss/, [สืบค้นเมื่อ มิถุนายน 2556]

[4] Panyaping, K., “Applying an Orthogonal Rotation of Factor for Production and Environmental Management “ Paper Presented at the Int. Conf. in Mathematics and Applications. December , 2005. Mahidol University, Bangkok.

[5] กลิ่นประทุม ปัญญาปิงและคณะ, “การรับสัมผัสที่ตัวบุคคลของไนโตรเจนไดออกไซด์ในผู้ค้าขายดอกไม้ใกล้ตลาดวโรรส เชียงใหม่” เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการสิ่งแวดล้อมนเรศวรครั้งที่ 8, กรกฎาคม 2555, พิษณุโลก. หน้า 1-9.

[6] ชนม์นิภา แสนวิเศษและคณะ, “การศึกษาปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศและที่ผู้รับสัมผัส” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มทร.ล้านนา, 2556.

[7] Panyaping, K., “Application of Multivariate Analysis for Waste Water Management” Paper Presented at the Int. Conf. on Mathematics, Statistics and Applications. June, 2006. University of Sains Malaysia, Penang.

[8] พรรษวรรณก์ เจนสถิตย์ไพบูลย์ และศุภฤกษ์ วรรณศรี, “การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยการผลิตโรงงานทอผ้า” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มทร.ล้านนา, 2549.

[9] แผนที่และบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างอากาศที่ผู้รับสัมผัส. www.tourdoi.com/travel/map/chiangmai/chiangmai_town.htm, [สืบค้นเมื่อ มกราคม 2556]

[10] Panyaping, K., “Application of Simple Passive Sampler for Determination of Nitrogen dioxide in Chiang Mai City” Proc. of the 9th Int. Joint Seminar on the Regional Deposition Processes in the Atmosphere, December, 2003. Bangkok.

[11] ตัวอย่างกระบวนการผลิตเส้นใยของอุตสาหกรรมสิ่งทอในไทย. www.thaifranchaicenter.com, [สืบค้นเมื่อ มีนาคม 2556]

[12] ตัวอย่างกระบวนการผลิตเส้นใยของอุตสาหกรรมสิ่งทอในไทย. .www.thaitextile.org, [สืบค้นเมื่อ มีนาคม 2556]

[13] ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตสิ่งทอในไทย. www.lebelone.co.th, [สืบค้นเมื่อ มีนาคม 2556]

[14] กัลยา วานิชย์บัญชา. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 18. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยจังหวัดสมุทรสาครในการมุ่งสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ภายใต้พระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556

Approaches of Waste Management in Samutsakhon Province for AEC Under Act on Private Participation in State Undertaking B.E. 2556 (2013)

สุมนฑา เอี่ยมเจริญ[1], วรรัตน์ ปัตรประกร[2], และ พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร[3]

[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

[3]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

E-mail: jk_kat08@hotmail.com[1], pworarat@engr.tu.ac.th[2], bporr@engr.tu.ac.th[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยได้ดำเนินการศึกษาสถานการณ์และปัญหาขยะมูลฝอยของจังหวัดสมุทรสาคร ในปัจจุบันที่ยังคงมีปริมาณขยะตกค้างอยู่ในพื้นที่ และศึกษาแนวโน้มการจัดการขยะมูลฝอยในอนาคตช่วงระยะเวลา 10 ปี ที่จะมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอาเซียน และชุมชน ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนประชากรและปริมาณขยะมูลฝอยขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในปี พ.ศ. 2556 การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยรวม 1,070 ตัน/วัน มีองค์ประกอบของขยะรีไซเคิล 17.17% ขยะทั่วไป 26.91% ขยะอินทรีย์ 53.41% และขยะอันตราย 2.5% ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสานด้วยวิธีการคัดแยกขยะ การใช้ระบบถังหมักแบบไร้อากาศ และระบบเผาไหม้เชื้อเพลิง เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด โดยได้ทำการเปรียบเทียบการลงทุน ในกรณีที่ไม่มีพระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ จะใช้ระยะเวลาในการคืนทุนมากกว่า และมีกำไรสุทธิที่ได้จากการกำจัดขยะน้อยกว่ากรณีที่มี พรบ.ร่วมทุนฯ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการลงทุนตาม พรบ. ร่วมทุนฯ ทำให้การลงทุนมีระยะเวลาคืนทุน 4 ปี 8 เดือน และกำไรสุทธิมากสุด 1,127.65 ล้านบาท ดังนั้นจึงถือได้ว่าพรบ.ร่วมทุนฯ ดังกล่าวก่อให้เกิดผลประโยชน์และเอื้อต่อการจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งยังสามารถผลิตพลังงานทดแทนจากขยะและช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ได้ด้วย

คำสำคัญ: การจัดการขยะ, จังหวัดสมุทรสาคร, ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน, พระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556

Abstract

This research has analyzed the current situation, problems of solid waste in Samutsakhon Province with residual waste in the area and trends in waste management over the 10 years to a community's growth (AEC), resulting in the increase of population and rapid solid waste. By the year 2022, the predictable total amounts of solid waste are 1,070 tons/day, consisting of recycling waste 14.33%, general waste 28.13%, organic waste 55.83% and hazardous waste 1.7%. The results of integrated solid waste management by method of recycling, anaerobic digestion and refuse derived fuel (RDF) with the implementation of the act on private participation in state undertaking and without the act are compared. The investment without the act takes longer payback period and receives less net profit therefore the investment with the act benefits to the management of solid waste signifycantly. The payback periods with implementation of the act are 4 years 8 month with the net profit of 1,127.65 million baht. Moreover It can also produce energy from waste and reduce environmental impact in various fields as well.

***Keywords*:** Waste Management, Samutsakorn Province, Asean Economic Community, Act on Private Participation in State Undertaking B.E. 2556 (2013)

1. บทนำ

จังหวัดสมุทรสาครเป็นพื้นที่ในเขตภาคกลางตอนล่าง ประกอบด้วย 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองสมุทรสาคร อำเภอกระทุ่มแบน และอำเภอบ้านแพ้ว มีพื้นที่รวม 872.347 ตารางกิโลเมตร เป็นจังหวัดปริมณฑลและอยู่ในเขตควบคุมมลพิษ เนื่องจากเป็นแหล่งอุตสาหกรรม มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจและชุมชนอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นชุมชนเมืองใหม่หลายแห่ง มีแรงงานต่างด้าวเข้ามาปฏิบัติงานในพื้นที่จำนวนมาก มีการอุปโภคและบริโภคมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเกิดขยะมูลฝอยเพิ่มจำนวนสูงขึ้น โดยพบว่าจังหวัดสมุทรสาครมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นประมาณ 855 ตันต่อวัน เก็บขนได้ 740 ตันต่อวัน มีขยะตกค้างมากถึงประมาณ 115 ตันต่อวัน (คิดเป็น 13.45 เปอร์เซ็นต์) และเนื่องจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแต่ละแห่งมีการจัดการขยะมูลฝอยที่ต่างกัน มีการเผาและเทกองทิ้งโดยไม่มีการฝังกลบอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม และบางพื้นที่มีการนำขยะไปกำจัดในสถานที่กำจัดขยะของเอกชน หรือนำไปกำจัดที่จังหวัดใกล้เคียง ทำให้ไม่สามารถประเมินการรองรับปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ประกอบกับสถานที่กำจัดขยะของภาครัฐที่มีอยู่บางแห่งยังไม่สามารถเปิดดำเนินการได้ เนื่องจากได้รับการคัดค้านจากประชาชน และสถานที่กำจัดขยะดำเนินการไม่ถูกต้องและไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ นอกจากนี้ยังพบว่าประชาชนยังไม่มีการคัดแยกและใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอย จึงทำให้มีขยะที่ต้องกำจัดในปริมาณมาก

การบริหารจัดการขยะมูลฝอยในแต่ละพื้นที่จำเป็นต้องใช้วิธีการเฉพาะที่เหมาะสม เนื่องจากความแตกต่างกันไปของสภาพแวดล้อมพื้นฐานในแต่ละพื้นที่ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและแนวคิดในการพัฒนาวิธีการจัดลำดับความสำคัญของประเภทขยะมูลฝอย ซึ่งจะช่วยให้สามารถหาแนวทางในการจัดการขยะมูลฝอยแต่ละประเภท ตามสภาพความเป็นอยู่ ปัญหาของแต่ละพื้นที่ ตลอดจนความพร้อมสำหรับดำเนินการแก้ไขได้อย่างเหมาะสม และเพื่อรองรับการเข้าสู่การเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ในปี พ.ศ. 2558 ที่จะส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงทางด้านสังคม การเพิ่มขึ้นของประชากรและแรงงานต่างด้าว รวมทั้งการใช้ทรัพยากรเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้ปริมาณขยะเพิ่มขึ้นตามมาด้วย อีกทั้งจังหวัดสมุทรสาครเป็นเมืองที่มีศักยภาพทั้งทางด้านอุตสาหกรรม การประมง ประกอบกับมีโครงสร้างพื้นฐานและปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมต่อการลงทุน

จากการศึกษาของ มนูญ หวันหยี (2538) กล่าวว่าความเป็นไปได้ด้านเศรษฐกิจสังคมในการจัดการขยะแบบสหการของเทศบาล ในเขตจังหวัดสมุทรสาคร ได้แก่ เทศบาลเมืองสมุทรสาคร เทศบาลตำบลกระทุ่มแบนและเทศบาลตำบลอ้อมน้อย โดยใช้ตัวแทนในชุมชน โรงงานอุตสาหกรรมและหน่วยงานราชการรวม 519 ตัวอย่าง ซึ่งการศึกษาได้กำหนดแนวทางการจัดการขยะแบบสหการ สรุปได้ว่าทางเลือกที่เทศบาลทั้ง 3 แห่งในจังหวัดสมุทรสาคร ร่วมกันจัดตั้งและจัดการในลักษณะเป็นศูนย์กลาง มีความเป็นไปได้สูงสุด เพราะมีความพร้อมด้านศักยภาพและสภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจสังคมที่เกื้อหนุนต่อระบบดังกล่าว ดังนั้นจึงได้นำแนวคิดนี้มาทำการศึกษาการจัดการขยะอย่างมีประสิทธิภาพในแผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอย ของจังหวัดสมุทรสาคร และนำการศึกษาแนวทางการจัดการขยะดังกล่าวมาพิจารณาให้เกิดความสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556 ซึ่งเป็นพระราชบัญญัติที่ว่าด้วยการให้เอกชนเข้าร่วมดำเนินการในโครงการของรัฐ เพื่อให้โครงสร้างพื้นฐานหรือบริการสาธารณะของรัฐที่ยังไม่สามารถดำเนินการให้เพียงพอต่อความต้องการของประชาชน ให้มีการดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์มากที่สุด

ตารางที่ 1. การคาดการณ์จำนวนประชากรและปริมาณขยะมูลฝอย

พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)	ปริมาณขยะรวม (ตัน/วัน)
2556	816,426	874
2557	834,397	893
2558	852,927	913
2559	872,030	933
2560	891,721	954
2561	912,082	976
2562	933,011	998
2563	954,527	1,021
2564	976,649	1,045
2565	999,397	1,070

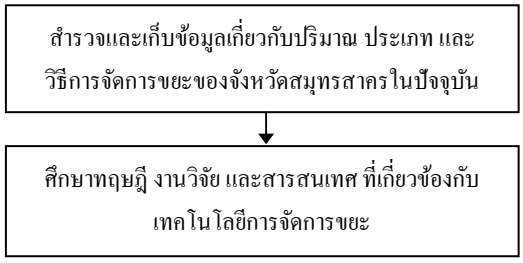
การคัดเลือกวิธีบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์น้อยที่สุด โดยแบ่งระดับชั้นการบริหารจัดการขยะมูลฝอยในการพิจารณาเบื้องต้นสำหรับการจัดการขยะมูลฝอย โดยมีทางเลือกทั้งหมด 5 ทางเลือก ซึ่งเรียงลำดับตามผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากน้อยไปหามาก ได้แก่ การลดปริมาณขยะมูลฝอย การใช้ซ้ำ การนำกลับมาใช้ใหม่ การกำจัดโดยได้พลังงานกลับคืน และการกำจัด ซึ่งเป็นวิธีที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด นอกจากนี้ ยังต้องพิจารณาการจัดการขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้สอดคล้องกับนโยบายบริหารจัดการขยะมูลฝอยของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งมุ่งเน้นแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและก่อให้เกิดการบูรณาการของการจัดการขยะมูลฝอย ที่มีการนำขยะมูลฝอยที่มีศักยภาพนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด และลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้องนำไปบำบัดและกำจัดให้น้อยที่สุด

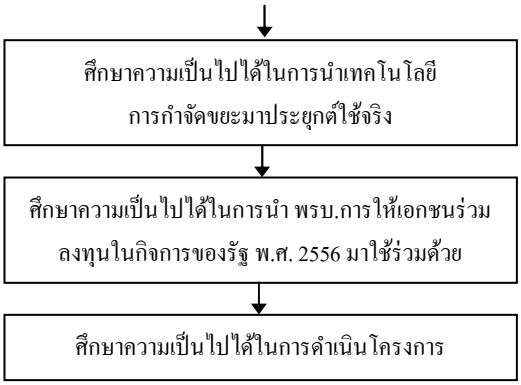
ตารางที่ 2. ทางเลือกในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย

ผลกระทบที่เป็นไปได้	การบริหารจัดการขยะมูลฝอย
ทางเลือกในการบริหารจัดการที่ส่งผลกระทบและอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด	การลดปริมาณขยะมูลฝอย
พิจารณาทางเลือกการบริหารจัดการด้านบนสู่ด้านล่าง	การใช้ซ้ำ
	การนำกลับมาใช้ใหม่
	การกำจัด โดยได้พลังงานกลับคืน - การผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ O_2 และจากหลุมฝังกลบขยะ - การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง - การผลิตก๊าซเชื้อเพลิง
ทางเลือกในการบริหารจัดการที่ส่งผลกระทบและอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด	การกำจัด - ระบบหมักทำปุ๋ย - ระบบการเผา - ระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

2. วิธีการดำเนินงาน

การวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารวิทยานิพนธ์ สิ่งตีพิมพ์อื่นๆ และแผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอย รวมถึงแหล่งข้อมูลจากแหล่งกำจัดขยะต่างๆ ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้



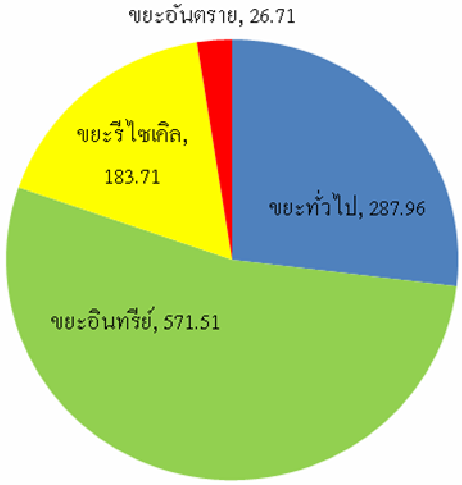


รูปที่ 1. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3. ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาปริมาณขยะมูลฝอยและการกำจัดขยะมูลฝอยของจังหวัดสมุทรสาครในปัจจุบัน พบว่ายังไม่สามารถเก็บขนขยะไปกำจัดยังสถานที่กำจัดได้อย่างเพียงพอ จึงมีขยะตกค้าง ประกอบกับสถานที่กำจัดขยะของภาครัฐและเอกชนในปัจจุบันไม่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำทางเลือกในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย ของกรมควบคุมมลพิษ มาพิจารณาเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับปริมาณขยะที่จะเกิดในอนาคตช่วงระยะเวลา 10 ปี และก่อให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

องค์ประกอบของขยะมูลฝอย ที่กรมควบคุมมลพิษได้ทำการสำรวจแบ่งได้เป็น ขยะรีไซเคิล 14.33% ขยะทั่วไป 28.13% ขยะอินทรีย์ 55.83% และขยะอันตราย 1.7% ซึ่งจากการคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยในปี พ.ศ. 2565 จะมีปริมาณขยะมูลฝอย 1,070 ตัน/วัน แบ่งเป็นขยะรีไซเคิล 183.71 ตัน/วัน ขยะทั่วไป 287.96 ตัน/วัน ขยะอินทรีย์ 571.51 ตัน/วัน และขยะอันตราย 26.71 ตัน/วัน



รูปที่ 2. องค์ประกอบของขยะมูลฝอย

ซึ่งจากการพิจารณาเทคโนโลยีการกำจัดขยะที่เหมาะสม โดยจะทำการศึกษาข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีแต่ละชนิด และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดจากระบบกำจัดขยะ ดังนั้นการศึกษาจึงเน้นไปที่วิธีการจัดการขยะให้เหลือศูนย์และเป็นระบบกำจัดขยะแบบผสมผสานดังนี้ 1) ขยะรีไซเคิล ทำการคัดแยกขยะรีไซเคิลออกเพื่อที่จะสามารถนำไปจำหน่ายและหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ 2) ขยะทั่วไป จะใช้ระบบฝังกลบเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ หรือระบบการเผาเพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 3) ขยะอินทรีย์ จะใช้ระบบฝังกลบหรือระบบหมักแบบไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ และ 4) ขยะอันตราย จะใช้วิธีการเผาในเตาเผาตามหลักสุขาภิบาลอย่างเหมาะสม ดังนั้นจึงได้กำหนดรูปแบบการกำจัดขยะตามระบบผสมผสานทั้งหมด 5 รูปแบบ ประกอบด้วยระบบดังนี้ ระบบการคัดแยกขยะ ระบบฝังกลบเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ ระบบถังหมักแบบไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ และระบบเผาไหม้เพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ตารางที่ 3. ระบบการกำจัดขยะมูลฝอยแบบผสมผสานที่เลือกใช้

รูปแบบ	ระบบกำจัดขยะแบบผสมผสาน				
	ขนาดพื้นที่ (ไร่)	คัดแยก	ฝังกลบ	หมักแบบไร้อากาศ	เผาไหม้เชื้อเพลิง
(1)	1000	✓	✓		
(2)	60	✓		✓	✓
(3)	375	✓	✓	✓	✓
(4)	580	✓	✓	✓	
(5)	770	✓	✓		✓

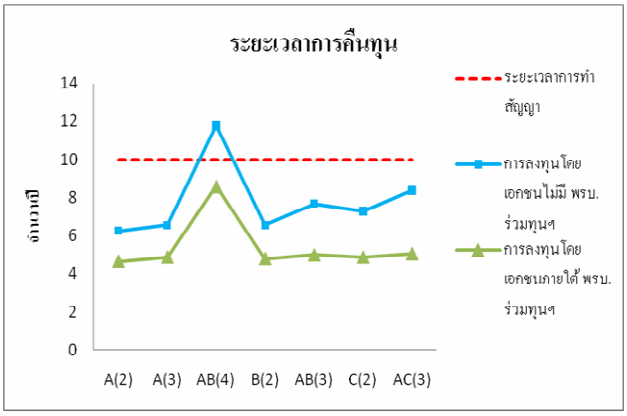
ดังนั้น เมื่อพิจารณาขนาดพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน ตามแผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอย ของจังหวัดสมุทรสาครซึ่งได้กำหนดพื้นที่รวมทั้งหมด 675 ไร่ พบว่าสามารถทำการก่อสร้างระบบกำจัดขยะตามรูปแบบที่ (2), (3) และ (4) เท่านั้น

ตารางที่ 4. พื้นที่ที่ใช้ก่อสร้างระบบการกำจัดขยะมูลฝอย

ตำแหน่งและขนาดของพื้นที่ที่ใช้ก่อสร้าง	
A	ต.นาโคก อ.เมืองสมุทรสาคร400 ไร่
B	ต.บ้านเกาะ อ.เมืองสมุทรสาคร200 ไร่
C	ต.ท่าเสา อ.กระทุ่มแบน 75 ไร่

ตารางที่ 5. ผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ (ระยะเวลาคืนทุน) ในการออกแบบระบบการจัดการขยะมูลฝอยตามพื้นที่และรูปแบบต่างๆ

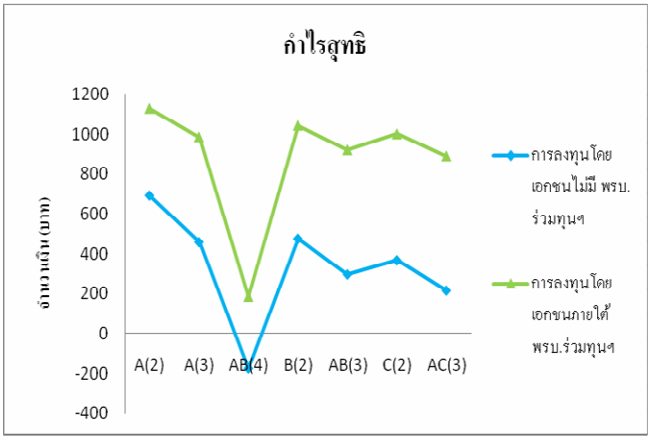
พื้นที่	รูปแบบ	ระยะเวลาคืนทุน	
		ไม่มี พรบ.ร่วมทุนฯ	ภายใต้ พรบ.ร่วมทุนฯ
A	(2)	6 ปี 3 เดือน	4 ปี 8 เดือน
A	(3)	6 ปี 7 เดือน	4 ปี 10 เดือน
AB	(4)	11 ปี 9 เดือน	8 ปี 7 เดือน
B	(2)	6 ปี 7 เดือน	4 ปี 9 เดือน
AB	(3)	7 ปี 8 เดือน	5 ปี
C	(2)	7 ปี 3 เดือน	4 ปี 10 เดือน
AC	(3)	8 ปี 7 เดือน	5 ปี 1 เดือน



รูปที่ 3. ระยะเวลาการคืนทุน (ปี) ในการออกแบบระบบจัดการขยะมูลฝอยตามพื้นที่และรูปแบบต่างๆ

ตารางที่ 5. ผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ (กำไรสุทธิ) ในการออกแบบระบบการจัดการขยะมูลฝอยตามพื้นที่และรูปแบบต่างๆ

พื้นที่	รูปแบบ	กำไรสุทธิ (บาท)	
		การลงทุนโดยเอกชนไม่มี พรบ.ร่วมทุนฯ	การลงทุนโดยเอกชนภายใต้ พรบ.ร่วมทุนฯ
A	(2)	692,652,900	1,127,646,000
A	(3)	459,834,500	984,992,400
AB	(4)	-172,974,700	186,891,800
B	(2)	476,652,900	1,042,565,100
AB	(3)	297,834,500	921,181,700
C	(2)	368,656,900	1,000,024,700
AC	(3)	216,834,500	889,276,400



รูปที่ 4. กำไรสุทธิ (ล้านบาท) ในการออกแบบระบบจัดการขยะมูลฝอยตามพื้นที่และรูปแบบต่างๆ

4. สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการศึกษาการจัดการขยะของจังหวัดสมุทรสาคร พบว่าระบบกำจัดขยะแบบผสมผสานในกรณีที่การลงทุนไม่มี พรบ.ร่วมทุนฯ จะใช้ระยะเวลาในการคืนทุนมากกว่า และมีกำไรสุทธิที่ได้จากการกำจัดขยะน้อยกว่ากรณีที่มี พรบ.ร่วมทุนฯ อย่างมีนัยสำคัญซึ่งเมื่อพิจารณาระยะเวลาการคืนทุนพบว่ารูปแบบที่ 2 ที่มีระบบการคัดแยกขยะ ระบบหมักแบบไร้อากาศ และระบบเผาไหม้เชื้อเพลิง มีระยะคืนทุนเร็วที่สุดคือ 4 ปี 8 เดือน และมีกำไรสุทธิมากที่สุดคือ 1,217.65 ล้านบาท เนื่องจากงบประมาณของเอกชนที่ใช้ในการลงทุน ภายใต้ พรบ.ร่วมทุนฯ จะมีอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ลดต่ำลง และใช้เงื่อนไขการเช่าพื้นที่สำหรับก่อสร้างระบบฯ แทนการซื้อขายที่ดิน นอกจากนี้รายได้ส่วนใหญ่มาจากการนำขยะที่คัดแยกกลับมาใช้ใหม่และการนำพลังงานจากขยะกลับมาหมุนเวียนใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งยังสามารถลดงบประมาณที่ภาครัฐต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะมูลฝอยได้อีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรสาคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] พระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ, 2556.

[2] สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดสมุทรสาคร, แผนแม่บทการจัดการขยะมูลฝอย จังหวัดสมุทรสาคร, 2555.

[3] กรมควบคุมมลพิษ, การจัดการขยะมูลฝอยและเทคโนโลยีการแปรรูปขยะให้เป็นพลังงาน สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น, 2554.

[4] กรมควบคุมมลพิษ, การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนอย่างครบวงจร สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น, 2547.

[5] เชาวน์ นกอยู่, สำนักการจัดการของเสียและอันตราย กรมควบคุมมลพิษ, พลังงานจากขยะ, 2556.

[6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน พลังงานขยะ, 2554.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาในการมุ่งสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ภายใต้พระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556

Approaches of Waste Management in Phra Nakorn Si Ayutthaya Province for AEC under Act on Private Participation in State Undertaking B.E. 2556 (2013)

จามรี ศรีจันทร์[1] วรรัตน์ ปัตรประกร[2] และ พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร[3]

[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

[3]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

E-mail: ja_hltu@hotmail.com[1], pworarat@engr.tu.ac.th[2], bporr@engr.tu.ac.th[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสมของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาในการมุ่งสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 เพื่อรองรับปริมาณขยะมูลฝอยที่เพิ่มขึ้น และนำไปสู่การพัฒนาการจัดการขยะมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสอดคล้องกับแผนนโยบายของรัฐ จึงนำเสนอเป็นโครงการบริหารจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืน และดำเนินการให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556 เพื่อให้เกิดความคุ้มทุนในการดำเนินงานโดยเอกชน และเกิดประโยชน์สูงสุด โดยได้เสนอเทคโนโลยีการกำจัดขยะมูลฝอย 4 วิธี คือ แนวทางการจัดการขยะให้เหลือศูนย์ (Zero Waste Management) สำหรับกำจัดขยะรีไซเคิลร้อยละ 6.71, เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ สำหรับกำจัดขยะมูลฝอยอินทรีย์ ร้อยละ 44.73, เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) สำหรับกำจัดขยะรีไซเคิลและมูลฝอยอินทรีย์ ร้อยละ 43.26 และเทคโนโลยีการเผาในเตาเผาสำหรับกำจัดขยะอื่น ๆ ร้อยละ 2.53 จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบการดำเนินโครงการระหว่างโครงการลงทุนโดยเอกชน และการดำเนินโครงการภายใต้ พรบ. ฯ ดังกล่าวพบว่ากำไรสุทธิของการดำเนินงานของการจัดการขยะมูลฝอย เพิ่มขึ้นประมาณ 1.36 เท่า และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3.43 ปี ซึ่งการดำเนินโครงการภายใต้พรบ. ฯ นี้ ส่งผลให้งบประมาณในการจัดการขยะมูลฝอยลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้การจัดการขยะมูลฝอยเป็นไปตามหลักสุขาภิบาล ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และทำให้สุขภาพอนามัยของประชาชนดีขึ้นด้วย

Abstract

This research is to study the proper waste management of Pra Nakorn Si Ayutthaya Province for the ASEAN Economic Community on the year of 2015. In order to manage the increasing volume of solid waste from the AEC and to develop the efficiency of waste management which are consistent with the state policy, sustainability of solid waste management projects are proposed in accordance with the Act on Private Participation in State Undertaking B.E. 2556 (2013) for achieving a cost operating privately and optimization. Proposed solid waste disposal technologies are: Biogas Production Technology about 44.73 percent of the wastes containing of organic waste, Refuse Derived Fuel (RDF) about 43.26 percent of wastes and Zero Waste Management about 6.71 percent of waste containing of recycling waste, and Incineration about 2.53 percent of waste containing of other garbage. The financial evaluation of this study is compared with the implementation of the projects by private investors and implementation of projects under the Act. As such, the net profit of the operation of solid waste management increased approximately 1.36 times and it is found that the payback period approximately 3.43 years. The project under the Act is possible to reduce the budget for solid waste management significantly. There are compliance with sanitation and do as not impact the environment and public health.

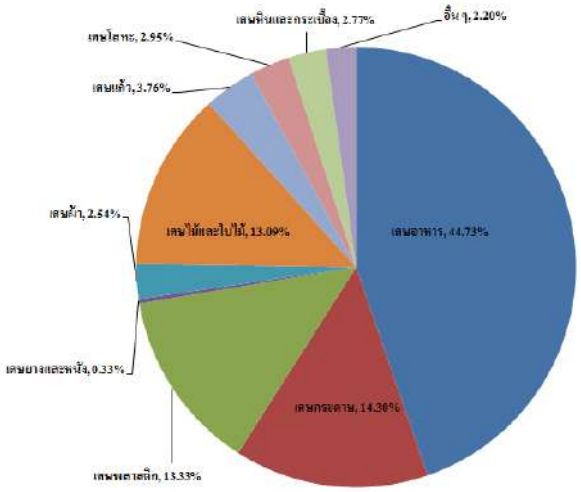
***Keywords*:** Waste Management, AEC, Private Participation in State Undertaking B.E. 2556 (2013), Pra Nakorn Si Ayutthaya Province

1. บทนำ

ในการเข้าร่วมเป็นสมาชิกประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2558 นี้ ประเทศไทยมีจุดเด่นด้านสาขาการท่องเที่ยว และสาขาการบิน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหลายด้าน ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และการท่องเที่ยว การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้จำนวนคนต่างด้าว และนักท่องเที่ยวเพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดขยะมูลฝอยที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะเป็นปัญหาที่ตามมาปัญหาหนึ่ง หากไม่ได้รับการวางแผนในการดำเนินการที่ดี

จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นจังหวัดที่มีประชากรหนาแน่นที่สุดเป็นอันดับที่ 10 ของประเทศไทย (ข้อมูลปี 2553) และมีปัญหาเรื่องปริมาณการสะสมของขยะมูลฝอยในสถานที่กำจัดที่ไม่ถูกต้อง เป็นประเด็นสำคัญติดอันดับ 10 ของประเทศ [1,2] ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.753 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ปัจจุบันการจัดการขยะมูลฝอยของจังหวัดฯ ดำเนินการโดยการกองทิ้งบนพื้น ร้อยละ 73.91 ใช้ระบบเตาเผา ร้อยละ 26.09 ซึ่งดำเนินการโดยหน่วยงานของรัฐและใช้

งบประมาณของรัฐ ร้อยละ 86.96 ดำเนินการโดยเอกชน ร้อยละ 13.04 ซึ่งการจัดการขยะมูลฝอยดังกล่าวประสบปัญหาในการดำเนินการ คือ การบริหารจัดการ ประสิทธิภาพของระบบ ขาดแคลนบุคลากร เครื่องจักรไม่เพียงพอ และมีข้อร้องเรียนจากประชาชนในเรื่องกลิ่นเหม็นและน้ำเสีย [3] โดยองค์ประกอบและลักษณะทางกายภาพของขยะมูลฝอย แสดงดังรูปที่ 1 และปริมาณขยะคาดการณ์ที่เกิดขึ้นในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1. องค์ประกอบและลักษณะทางกายภาพขยะมูลฝอยในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ตารางที่ 1. ปริมาณขยะมูลฝอยคาดการณ์ที่เกิดขึ้นในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)	ปริมาณขยะรวม (ตัน/วัน)
2556	1,036,443	780.44
2557	1,070,708	806.24
2558 (AEC)	1,105,042	823.10
2559	1,137,332	856.40
2560	1,169,680	880.77
2561	1,202,060	905.15
2562	1,236,223	930.88
2563	1,266,821	953.92
2564	1,299,506	978.53
2565	1,332,191	1003.14

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นพบว่า องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย ประกอบด้วย ขยะรีไซเคิล คิดเป็นร้อยละ 6.71 ขยะมูลฝอยจำพวกเศษอาหาร คิดเป็นร้อยละ 44.73 ขยะรีไซเคิลและมูลฝอยอินทรีย์ คิดเป็นร้อยละ 43.26 และขยะมูลฝอยอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 2.53 เพื่อรองรับปริมาณขยะมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2558 และนำไปสู่การแก้ไขป้องกันปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยในที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ให้การพัฒนาการจัดการขยะมูลฝอยมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล สอดคล้องกับแผนนโยบายของรัฐ จึงนำเสนอเป็นโครงการบริหารจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนโดยนำหลักการจัดการขยะมูลฝอย คือ เน้นการดำเนินการที่แหล่งกำเนิด ตั้งแต่การลดการเกิดขยะมูลฝอย (Reduction) การคัดแยก (Separation) การใช้ซ้ำ (Reuse) การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ในรูปแบบต่างๆ และการกำจัดที่ถูกสุขลักษณะ (Disposal) ซึ่งดำเนินการให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556 เพื่อให้เกิดความคุ้มทุนในการดำเนินงานโดยเอกชน ประหยัดงบประมาณของภาครัฐ และเกิดประโยชน์สูงสุด [4] โดยได้เสนอเทคโนโลยีการกำจัดขยะมูลฝอย 4 วิธี คือ แนวทางการจัดการขยะให้เหลือศูนย์ (Zero Waste Management), เทคโนโลยีการหมักผลิตก๊าซชีวภาพ, เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) และเทคโนโลยีการเผาในเตาเผา รวมถึงศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของแต่ละเทคโนโลยีด้วย ซึ่งแสดงข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยีการกำจัดขยะมูลฝอยแต่ละเทคโนโลยีไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยีการกำจัดขยะ [5,8]

เทคโนโลยีการจัดการขยะให้เหลือศูนย์ (Zero Waste Management)	
ข้อดี	ข้อจำกัด
- เป็นการลดปริมาณขยะมูลฝอยที่กำจัดให้เหลือน้อยที่สุด โดยใช้หลัก 3R คือ Reduce Reuse และ Recycle	- การดำเนินการขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของผู้บริโภค
เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion)	
ข้อดี	ข้อจำกัด
- เป็นการหมุนเวียนขยะมูลฝอยประเภทขยะอินทรีย์กลับมาใช้ในรูปของก๊าซชีวภาพและกากสามารถนำกลับมาใช้ในการปรับสภาพดิน - สามารถหมักร่วมกับของเสียอินทรีย์ประเภทอื่น เช่น มูลสัตว์ต่าง ๆ ได้ - มีศักยภาพในการผลิตพลังงานจาก “ขยะเปียก”	- เป็นระบบที่มีกลิ่น - ต้องมีระบบความปลอดภัยสูง เพื่อป้องกันการระเบิดของก๊าซที่ผลิตได้

ตารางที่ 2. ข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยีการกำจัดขยะ [5,8] (ต่อ)

เทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel :RDF)	
ข้อดี	ข้อจำกัด
-ได้แท่งเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานความร้อน มีค่าความร้อนสูงเมื่อเทียบกับขยะมูลฝอยที่รวบรวมได้ - การจัดเก็บ การขนส่ง การจัดการต่าง ๆ สะดวก ปลอดภัย ใช้พื้นที่ระบบน้อย และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย - ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น เทคโนโลยีการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน	- ต้องมีระบบคัดแยกมูลฝอยก่อนเข้าสู่ระบบ - มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งแท่งเชื้อเพลิงขยะไปยังระบบอื่น ๆ
เทคโนโลยีการเผาในเตาเผา	
ข้อดี	ข้อจำกัด
- สามารถกำจัดมูลขยะฝอยได้หลากหลายประเภท และทำลายขยะมูลฝอยได้สูงถึง 90% - สามารถนำพลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้ไปใช้ประโยชน์ และมีของเสียเหลือจากการเผาไหม้น้อย	- ต้องมีระบบบำบัดมลพิษทางอากาศและระบบบำบัดน้ำเสียรองรับ - ต้องมีผู้ดูแลที่มีความรู้ ความชำนาญ

2. วิธีการดำเนินงาน

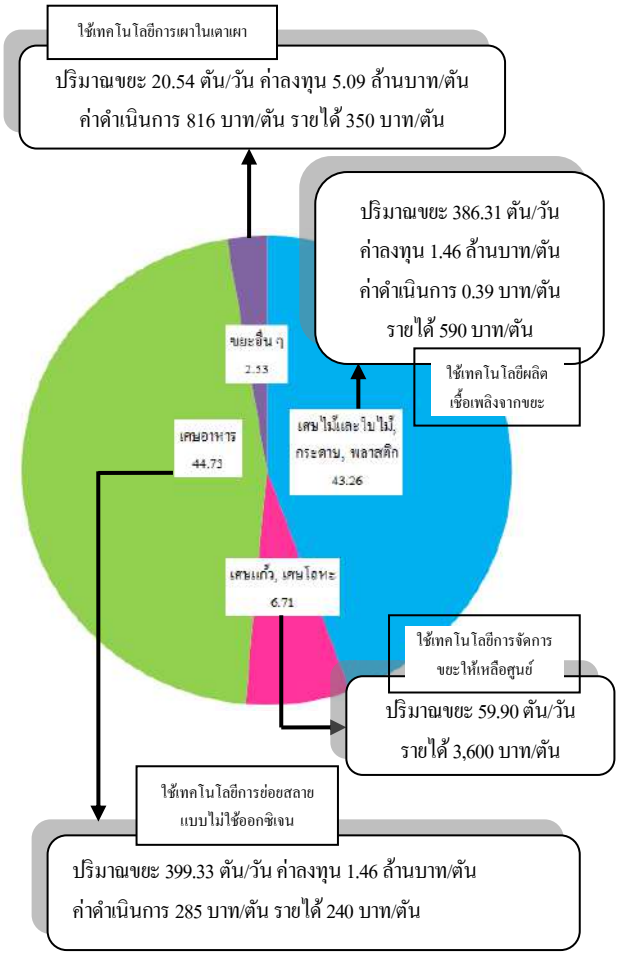
ดำเนินการศึกษาโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ จากการเก็บข้อมูลการจัดการขยะมูลฝอยของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากหนังสือ วารสาร เอกสาร วิทยานิพนธ์ สารนิพนธ์ และสิ่งตีพิมพ์อื่น ๆ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3. ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาชนิด และปริมาณของขยะมูลฝอยในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าแนวทางการจัดการขยะให้เหลือศูนย์ (Zero Waste Management) กำจัดขยะรีไซเคิล ได้แก่ เศษแก้ว เศษโลหะ ร้อยละ 6.71 ปริมาณขยะ 59.90 ตันต่อวัน รายได้ 3,600 บาทต่อตัน, เทคโนโลยีการหมักผลิตก๊าซชีวภาพ กำจัดขยะมูลฝอยอินทรีย์ ได้แก่ เศษอาหาร ร้อยละ 44.73 ปริมาณขยะ 399.33 ตันต่อวัน ค่าลงทุน 1.46 ล้านบาทต่อตัน ค่าดำเนินการ 285 บาทต่อตัน รายได้ 240 บาทต่อตัน, เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) กำจัดขยะรีไซเคิลและขยะอินทรีย์จำพวกเศษไม้กิ่งไม้ ขยะพลาสติก กระดาษ ร้อยละ 43.26 ปริมาณขยะ 386.31 ตันต่อวัน ค่าลงทุน 1.46 ล้านบาทต่อตัน ค่าดำเนินการ 0.39 บาทต่อตัน รายได้ 590 บาทต่อตัน, และเทคโนโลยีการเผาในเตาเผาสำหรับกำจัดขยะอื่น ๆ ร้อยละ 2.53 ปริมาณขยะ 20.54 ตันต่อวัน ค่าลงทุน 5.09 ล้านบาทต่อตัน ค่าดำเนินการ 816 บาทต่อตัน รายได้ 350 บาทต่อตัน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3. แนวทางการจัดการขยะที่นำเสนอ

โดยศึกษาข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีแต่ละประเภท ซึ่งอ้างอิงตามราคาขายขยะ ณ เวลานั้น ๆ และเมื่อพิจารณาการนำพระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556 ซึ่งจะนำมาใช้กับโครงการเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาโดยกำหนดให้โครงการมีระยะเวลาดำเนินงาน 10 ปี มูลค่าของโครงการต่ำกว่า 1,000 ล้านบาท โดยเอกชนเป็นผู้ออกแบบก่อสร้าง ดำเนินการ และบริหารจัดการทรัพย์สินร่วมกับหน่วยงานของรัฐ และต้องโอนสินทรัพย์คืนให้แก่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเมื่อครบกำหนดสัญญา

จากการศึกษาเปรียบเทียบการดำเนินโครงการโดยปราศจากพรบ. การให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556 และการดำเนินโครงการภายใต้พรบ. ดังกล่าว พบว่ากำไรสุทธิ เมื่อไม่มี พรบ. ร่วมทุนฯ ประมาณ 2,766,144,440 บาทต่อปี กำไรสุทธิ เมื่อมี พรบ. ร่วมทุนฯ ประมาณ 3,766,345,107 บาทต่อปี กำไรสุทธิของการดำเนินงานของการจัดการขยะมูลฝอยภายใต้พรบ.ฯ เพิ่มขึ้นประมาณ 1.36 เท่า และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ประมาณ 3 ปี 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ผลการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการจัดการขยะมูลฝอยในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา [6, 7]

กำไรสุทธิ เมื่อไม่มี พรบ. ร่วมทุนฯ (a)	**กำไรสุทธิ เมื่อมี พรบ. ร่วมทุนฯ (b)**
2,766,144,440 (บาท/ปี)	3,766,345,107 (บาท/ปี)
กำไรสุทธิเพิ่มขึ้น (b/a) = 1.36	**ระยะเวลาคืนทุน 3.43 ปี**

4. สรุปผลการดำเนินงาน

การศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำหรับเป็นต้นแบบในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย เพื่อรองรับการมุ่งสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนของประเทศไทยในปี 2558 โดยดำเนินการให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556 ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจำเป็นต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมาก ทำให้รัฐยังไม่สามารถดำเนินการให้เพียงพอแก่ความต้องการของประชาชนได้ ดังนั้นการมอบหมายให้เอกชนเข้าร่วมดำเนินการในกิจการของรัฐเพื่อจัดทำโครงสร้างพื้นฐานและบริการสาธารณะ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้มีการจัดทำโครงสร้างพื้นฐานและบริการสาธารณะขึ้นอีกทั้งยังส่งผลให้เป็นการประหยัดงบประมาณของภาครัฐด้วย [4] ทำให้การใช้ทรัพยากรของรัฐเป็นไปอย่างคุ้มค่าและเกิดประสิทธิภาพ จึงเป็นการสร้างแรงจูงใจให้เอกชนเข้าร่วมทุนในโครงการ และพัฒนาศักยภาพการบริหารจัดการทรัพยากรของรัฐอย่างคุ้มค่า ซึ่งเทคโนโลยีการบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่นำเสนอเป็นแนวทางนั้นนอกจากจะเป็นการกำจัดขยะมูลฝอยในชุมชน โดยนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ให้มากที่สุดก่อนที่จะนำขยะมูลฝอยส่วนที่เหลือไปกำจัดให้น้อยที่สุดแล้วยังได้พลังงานหมุนเวียนกลับมาใช้อีกด้วย จึงนับได้ว่าเป็นการบริหารจัดการที่เกิดประสิทธิภาพและยั่งยืน และยังส่งผลให้งบประมาณในการจัดการขยะมูลฝอยของภาครัฐลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้การจัดการขยะมูลฝอยเป็นไปตามหลักสุขาภิบาล ป้องกันผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และทำให้สุขภาพอนามัยของประชาชนดีขึ้นด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคุณวิทยา หาดนิล ผู้อำนวยการส่วนงานสิ่งแวดล้อมสำนักงานทรัพยากรแห่งชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. http://www.nso.go.th

[2] กรมควบคุมมลพิษ, “รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2555” หน้า 3-6.

[3] สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, “รายงานผลการสำรวจสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยจังหวัดพระนครศรีอยุธยา”, 2556.

[4] พระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ, พ.ศ. 2556, 29 มีนาคม 2556.

[5] กระทรวงพลังงาน กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, “การผลิตพลังงานจากขยะ”, 2552.

[6] เชาวน์ นกอยู่, “พลังงานจากขยะ”, กรมควบคุมมลพิษ สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย, 2556.

[7] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ และคณะ, “การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้า ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล”, 2552.

[8] กรมควบคุมมลพิษ, “คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยและเทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น”, 2554.

บทความวิจัย –วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยการตกตะกอนทางเคมีของโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ชนิด นิกเกิล-โครเมียม

Chemical Precipitation for Wastewater Treatment; Case study of Nickel-Chromium Electroplating Industry

นายอนวัทย นิลเนตร[1], ผศ. ดร.ทิพบุษฎ์ เอกแสงศรี[2]

[1]สาขาวิศวกรรมเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี

E-mail: pondthaibev@gmail.com[1], etippabu@engr.tu.ac.th[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ศึกษา เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าชนิดนิกเกิล-โครเมียม จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย ด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบ 2 ระบบ คือ 1. ระบบแบบชุบต่อเนื่องซึ่งเป็นระบบของโรงงานที่ศึกษาในปัจจุบัน มีน้ำเสียชนิดนิกเกิล-โครเมียมผสมกัน และ 2.ระบบแบบชุบแบบต่อเนื่องที่แยกน้ำเสียนิกเกิล โครเมียม ออกจากกัน ตัวอย่างน้ำเสียที่ทำการวิเคราะห์มี 3 ตัวอย่าง 1.น้ำเสียที่มีนิกเกิล-โครเมียมผสมกัน 2.น้ำเสียที่มีเฉพาะนิกเกิล และ 3.น้ำเสียที่มีเฉพาะโครเมียม โดยใช้วิธี Jar test ในการศึกษาหาประสิทธิภาพที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายของสารเคมีที่ใช้ สารหลักที่ใช้ในการตกตะกอนคือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในขณะที่เฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) ถูกนำมาใช้ในปริมาณเล็กน้อยเพียงเพื่อช่วยในการตกตะกอน ผลการศึกษาพบว่าค่า pH ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียที่มีนิกเกิล-โครเมียมผสมกัน นิกเกิล และโครเมียม มีค่า 10.05 (คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด 100%), 11.09 (คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด 99.99%) และ 9.14 (คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด 100%) ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายสารเคมีที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณีเป็น 0.01721, 0.01006 และ 0.01537 บาท ต่อ 1 mg / L ของโลหะหนักในน้ำเสียตามลำดับ เนื่องจากปริมาณน้ำเสียของระบบที่มีน้ำเสียนิกเกิล-โครเมียมผสมกัน เป็นผลรวมของน้ำเสียในระบบที่มีการแยกน้ำเสียนิกเกิล และโครเมียมออกจากกัน ค่าใช้จ่ายสารเคมีรวมของระบบที่มีนิกเกิล-โครเมียมผสมกัน จึงมีค่าใช้จ่ายมากกว่าระบบที่แยกน้ำเสียนิกเกิลและโครเมียมออกจากกัน

Abstract

This research was conducted to improve the efficiency of wastewater treatment plants for Nickel-Chromium electroplating industry, by applying the precipitation method to the actual factory in Chonburi province, Thailand. Existing practice is to combine heavy metal contaminated wastewater streams before treatment. This study also needs to find whether the commingled system is better than the separated system (each type of heavy metal contaminated wastewater stream was treated separately). The wastewater characteristics were analyzed, dividing into 3 types of wastewater, i.e. the commingled Ni-Cr wastewater, solely Ni wastewater and solely Cr wastewater. Jar tests were conducted for these 3 types of wastewater to find the optimal amount and cost of chemicals used. Sodium hydroxide (NaOH) was used as a main coagulant and precipitant, while Ferric chloride (FeCl3) was applied in a small amount just to help promote flocs. The results showed that the optimum pH of wastewater containing commingled Nickel and Chromium, Nickel, and Chromium and were 10.05 (representing the performance of the reactor 100%), 11.09 (representing the performance of the reactor 99.99%), and 9.14 (representing the performance of the reactor 100%), respectively. From those results, the chemical costs occurred for each case are 0.01721, 0.01006, and 0.01537 THB per 1 mg/L of heavy metals presiding in the wastewater, respectively. Since the volume of wastewater to be treated in the commingled system is the summation of the water in the separated system, total chemical costs of the commingled system surpass the costs of separate system.

***Keywords*:** นิกเกิล, โครเมียม, การชุบด้วยไฟฟ้า, การตกตะกอนทางเคมี, Jar Test

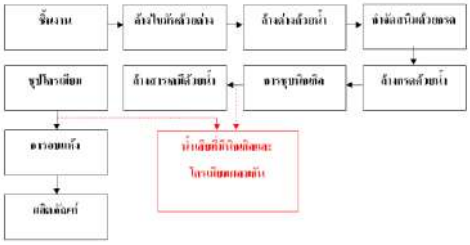
1. บทนำ

ในกระบวนการชุบโลหะ เช่นนิกเกิล โครเมียม ด้วยไฟฟ้ามีหลายขั้นตอน เช่น การเตรียมผิวของชิ้นงานก่อนการชุบ การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า และการทำความสะอาดผิวหลังการชุบ จะเห็นได้ว่าในแต่ละขั้นตอนจะมีการใช้สารเคมีต่างๆ ซึ่งเต็มไปด้วยสารที่เป็นพิษ เช่นโลหะหนัก[1,6] โรงงานที่ได้ศึกษา เป็นโรงงานชุบโลหะชนิดนิกเกิล – โครเมียม โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบ 2 ระบบ คือ 1.ระบบแบบชุบต่อเนื่องซึ่งเป็นระบบของโรงงานที่ศึกษาในปัจจุบัน มีน้ำเสียชนิดนิกเกิลโครเมียมผสมกัน และ 2.ระบบแบบชุบแบบต่อเนื่องที่แยกน้ำเสียนิกเกิลโครเมียม ออกจากกัน เพื่อมาคำนวณหาปริมาณสารเคมีและประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของทั้งสองระบบที่เกิดจากกระบวนการชุบโลหะชนิดนิกเกิล – โครเมียมด้วยวิธีการทำ Jar Test

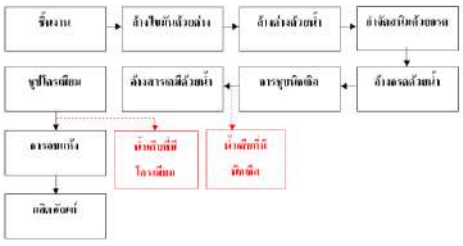
ปัจจัยต่างๆที่นำมาพิจารณาต่อการตกตะกอนทางเคมีได้แก่ ความสามารถในการละลายน้ำของโลหะ ค่า pH ปริมาณของสารตกตะกอน เป็นต้น สำหรับการตกตะกอนด้วย NaOH โลหะหนักจะถูกกำจัดออกโดย pH ของน้ำเสียที่ทำให้โลหะหนักมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำสุด โดยทั่วไปความสามารถในการละลายของโลหะไฮดรอกไซด์ในสารละลายจะลดลงเมื่อปรับ pH เพิ่มขึ้นมากจนถึงจุดหนึ่ง

(Isoelectric point) หลังจากนั้นจะกลับมาละลายได้อีก อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการกรอง ประสิทธิภาพในการแยกตะกอนจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดและความหนาแน่นของตะกอนโลหะไฮดรอกไซด์ ซึ่งเทคนิคดังกล่าวนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน ค่าใช้จ่ายต่ำและควบคุมได้ง่าย[3]

วัตถุประสงค์การวิจัยนี้ได้ศึกษาเพื่อหาสภาวะ pH ที่เหมาะสมในการแยกโลหะหนักประเภทนิกเกิลและโครเมียมออกจากน้ำเสียด้วยวิธีตกตะกอน และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย จากโรงงานชุบโลหะที่มี นิกเกิล (Ni^{2+}) โครเมียม (Cr^{6+}, Cr^{3+}) เป็นสารปนเปื้อน โดยจะทำการศึกษากับน้ำเสีย 3 ชนิด คือ 1. น้ำเสียที่มีนิกเกิลและโครเมียมผสมกัน ตาม **รูปที่ 1.** 2. น้ำเสียที่มีแต่นิกเกิล และ 3. น้ำเสียที่มีแต่โครเมียม ตาม **รูปที่ 2.** โดยใช้ NaOH เป็นสารรวมตะกอน (coagulant) และ $FeCl_3$ เป็นสารช่วยตกตะกอน (flocculant) ซึ่งผลที่ได้รับจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าชนิด นิกเกิล-โครเมียมในการจัดการระบบการผลิตและการบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมต่อไป [2]



รูปที่ 1. ระบบชุบโลหะนิกเกิล-โครเมียม ที่มีน้ำเสียนิกเกิล-โครเมียม ผสมกัน



รูปที่ 2. ระบบชุบโลหะนิกเกิล-โครเมียม ที่แยกน้ำเสียที่มีแต่นิกเกิล และน้ำเสียที่มีแต่โครเมียม

2. วิธีการ

2.1 การเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำเสีย ได้จากบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ ตั้งอยู่ที่จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย โดยวิธีการเก็บ จะเก็บน้ำเสีย 3 ชนิดคือ คือ 1. น้ำเสียที่มีนิกเกิลและโครเมียมผสมกัน 2. น้ำเสียที่มีเฉพาะนิกเกิล และ 3. น้ำเสียที่มีเฉพาะโครเมียม โดยจะเก็บ ทุก 3 ชั่วโมง จำนวน 12 ครั้ง ภายใน 1 วัน นำตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณนิกเกิลและโครเมียม โดยใช้ Atomic absorption spectrometer ยี่ห้อ Varian รุ่น SpectrAA-800 วัดค่า pH และ ORP โดยใช้ pH/mV meter ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI 9125N และวัดค่าความขุ่นโดยใช้ Spectrometer ยี่ห้อ Miton Roy รุ่น Spectronic20

2.2 ทดสอบการตกตะกอนโลหะหนัก ด้วยวิธีJar Test

2.2.1 การตกตะกอนน้ำเสียที่มีโครเมียมและนิกเกิลผสมกัน และน้ำเสียที่มีเฉพาะโครเมียม โดยวิธีการ Jar Test

ใช้น้ำเสียจำนวน 1 ลิตร จำนวน 5 บิกเกอร์ ปรับ pH ในน้ำเสียให้อยู่ระหว่าง 2-3 โดยเติม NaOH หรือ H_2SO_4 และจากนั้นทำการกำจัดโครเมียมโดยวิธีรีดักชั่น Cr^{6+} จะถูกเปลี่ยนเป็น Cr^{3+} ด้วยสารรีดิวส์ (Reducing agent) โดยการเติม $Na_2S_2O_5$ ควบคุม ORP ให้อยู่ระหว่าง +250 ถึง +300 mV [3,6] จากนั้นปรับ pH ในน้ำเสียให้อยู่ในช่วง 8, 9, 10, 11, 12 ตามลำดับ เพื่อทำการตกตะกอนนิกเกิล(กรณีมีนิกเกิลในน้ำเสีย) และโครเมียม กวนเร็วด้วยอัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที และเติม $FeCl_3$ จนเกิดตะกอน บันทึกค่า $FeCl_3$ กวนช้าด้วยอัตราเร็ว 10 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำใสเพื่อวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลและโครเมียม ที่เหลืออยู่ และความขุ่น (NTU)

2.2.2 การตกตะกอนน้ำเสียที่มีเฉพาะนิกเกิล โดยวิธี Jar Test

ใช้น้ำเสียปริมาณ 1 ลิตร จำนวน 5 บิกเกอร์ จากนั้นปรับ pH ในน้ำเสียให้อยู่ในช่วง 8, 9, 10, 11, 12 ตามลำดับ เพื่อทำการตกตะกอนนิกเกิล กวนเร็วด้วยอัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที และเติม $FeCl_3$ จนเกิดตะกอน บันทึกค่า $FeCl_3$ กวนช้าด้วยอัตราเร็ว 10 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำใสเพื่อวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลที่เหลืออยู่ และความขุ่น (NTU)

ในการศึกษานี้ $FeCl_3$ ถูกใช้ในปริมาณเท่ากันหมดคือ 336 mg/l ทุกกรณีเนื่องจากต้องการ flocculant เพื่อให้ตะกอนลอยรวมตัวกันเป็นตะกอนใหญ่และจมลงได้เท่านั้น

3. ผลการทดลอง

3.1 ลักษณะตัวอย่างน้ำเสีย

ตารางที่ 1. ผลวิเคราะห์ความเข้มข้นและpH เริ่มต้นของตัวอย่างน้ำเสีย

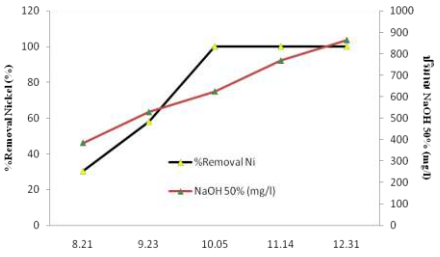
ตัวอย่างน้ำเสีย	ความเข้มข้นเริ่มต้น	pH เริ่มต้น	ความขุ่น (NTU)
1. น้ำเสียนิกเกิล-โครเมียมผสมกัน	4,525 mgNi/l 1,370 mgCr/l	5.1	726
2. น้ำเสียที่มีเฉพาะนิกเกิล	9,075 mgNi/l	4.6	567
3. น้ำเสียที่มีเฉพาะโครเมียม	1,292 mgCr/l	4.9	625

3.2 ผลการตกตะกอนโลหะหนัก ด้วยวิธีJar Test

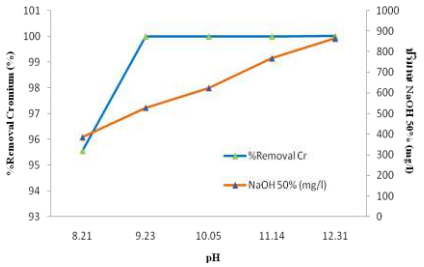
3.2.1 ผลการตกตะกอนน้ำเสียที่มีโครเมียมและนิกเกิลผสมกัน โดยวิธีการ Jar Test

น้ำเสียที่มีนิกเกิลและโครเมียมผสมกันที่มาจากโรงงานชุบโลหะนิกเกิล-โครเมียม ผลจากการทดลอง ปริมาณ H_2SO_4 และ $Na_2S_2O_3$ ที่เหมาะสมในการเปลี่ยน Cr^{6+} เป็น Cr^{3+} เป็น 240 mg/l และ 360 mg/l ตามลำดับ จากนั้นทำการตกตะกอน นิกเกิลและโครเมียม ซึ่งผลการ

ทดลองแสดงได้ดัง **รูปที่ 3.** และ **รูปที่ 4.** พบว่า เมื่อเติม NaOH ปริมาณ 384 – 864 mg/l ลงในน้ำเสียตัวอย่างที่มีความเข้มข้นโครเมียมและนิกเกิลเริ่มต้น 1,370 mg Cr/l (Cr^{6+} 287 mgCr^{6+}/l และ Cr^{3+} 1,083 mgCr^{3+}/l), 4,525 mgNi/l ตามลำดับทำให้ pH ของน้ำเสียตัวอย่างเพิ่มขึ้นมีค่าระหว่าง 8.21 – 12.31 และใช้ $FeCl_3$ ปริมาณ 336 mg/l (ปริมาณที่ทำให้น้ำตัวอย่างเกิด Floc) (โดยที่เมื่อเติม NaOH ปริมาณ 624-864 mg/l ทำให้สภาวะของน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 10.05-12.31 คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด (%Removal) เท่ากับ 99.99-100% และมีความขุ่นเท่ากับ 2.95 – 3.90 NTU)



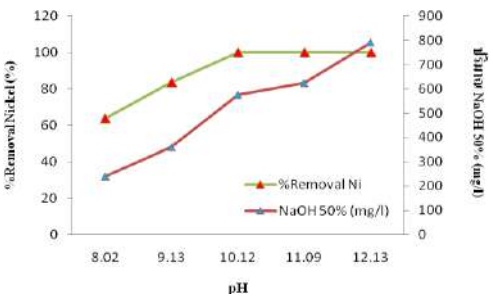
รูปที่ 3. ความสัมพันธ์ระหว่าง %Removal นิกเกิล ภายหลังการเติม NaOH ปริมาณต่างๆ



รูปที่ 4. ความสัมพันธ์ระหว่าง %Removal โครเมียม ภายหลังการเติม NaOH ปริมาณต่างๆ

3.2.2 ผลการตกตะกอนน้ำเสียที่มีเฉพาะนิกเกิล โดยวิธีการ Jar Test

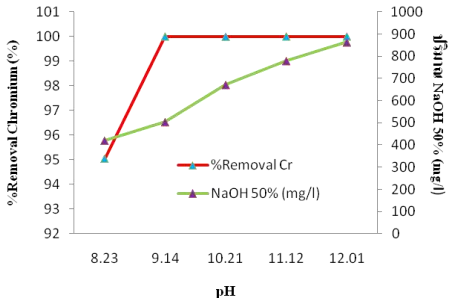
น้ำเสียที่มีเฉพาะนิกเกิลปนเปื้อนที่มาจากโรงงานชุบโลหะนิกเกิล-โครเมียม ผลจากการทดลองแสดงได้ดัง**รูปที่ 5.** พบว่า เมื่อเติม NaOH ปริมาณ 240 – 792 mg/l ลงในน้ำเสียตัวอย่างที่มีความเข้มข้นนิกเกิลเริ่มต้น 9,075 mg Ni/l ทำให้ pH ของน้ำเสียตัวอย่างเพิ่มขึ้นมีค่าระหว่าง 8.02 – 12.13 และใช้ $FeCl_3$ ปริมาณ 336 mg/l (ปริมาณที่ทำให้น้ำตัวอย่างเกิด Floc) (โดยที่เมื่อเติม NaOH ปริมาณ 624-792 mg/l ทำให้สภาวะของน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 11.09-12.13 คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด (%Removal) เท่ากับ 99.99-100% และมีความขุ่นเท่ากับ 0 NTU)



รูปที่ 5. ความสัมพันธ์ระหว่าง %Removal นิกเกิล ภายหลังการเติม NaOH ปริมาณต่างๆ

3.2.3 ผลการตกตะกอนน้ำเสียที่มีเฉพาะโครเมียมโดยวิธีการ Jar Test

น้ำเสียที่มีแต่โครเมียม ปนเปื้อนที่มาจากโรงงานชุบโลหะนิกเกิล-โครเมียม ผลจากการทดลอง ปริมาณ H_2SO_4 และ $Na_2S_2O_3$ ที่เหมาะสมในการเปลี่ยน Cr^{6+} เป็น Cr^{3+} เป็น 210 mg/l และ 336 mg/l ตามลำดับ จากนั้นทำการตกตะกอน Cr^{3+} ซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดัง **รูปที่ 6** พบว่า เมื่อเติม NaOH ปริมาณ 420 – 864 mg/l ลงในน้ำเสียตัวอย่างที่มีความเข้มข้นโครเมียม เริ่มต้น 1,292 mg Cr/l (Cr^{6+} 579 mgCr^{6+}/l และ Cr^{3+} 713 mgCr^{3+}/l) ทำให้ pH ของน้ำเสียตัวอย่างเพิ่มขึ้นมีค่าระหว่าง 8.23 – 12.01 และใช้ $FeCl_3$ ปริมาณ 336 mg/l (ปริมาณที่ทำให้น้ำตัวอย่างเกิด Floc) (โดยที่เมื่อเติม NaOH ปริมาณ 504-864 mg/l ทำให้สภาวะของน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 9.14-12.01 คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด (%Removal) เท่ากับ 99.99-100% และมีความขุ่นเท่ากับ 2.27-2.81 NTU)



รูปที่ 6. ความสัมพันธ์ระหว่าง %Removal โครเมียม ภายหลังการเติม NaOH ปริมาณต่างๆ

4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาการลดปริมาณของโลหะหนักจากน้ำเสียโรงงานชุบโลหะโครเมียม นิกเกิล ด้วยไฟฟ้า โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 3 ตัวอย่าง 1.น้ำเสียที่มีนิกเกิลและโครเมียมผสมกัน 2.น้ำเสียที่มีเฉพาะนิกเกิล และ3.น้ำเสียที่มีเฉพาะโครเมียม ด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 การศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียมและนิกเกิลผสมกัน

พบว่า น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะ นิเกิล-โครเมียมด้วยไฟฟ้า มีค่าโครเมียมและ นิกเกิล เริ่มต้น 1,370 mg Cr/l (Cr^{6+} 287 mgCr^{6+}/l และ Cr^{3+} 1,083 mgCr^{3+}/l), 4,525 mgNi/l ตามลำดับ ค่า pH ของน้ำเสียอยู่ประมาณ 5.1 ซึ่งความเข้มข้นของ Cr^{3+} Ni และ pH จะเกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้ NaoH ในการตกตะกอนเคมี จากผลการทดลองโดย Jar test พบว่า pH ที่เหมาะสมในการกำจัดนิกเกิลและโครเมียม มีค่าเท่ากับ 10.05 โดยมีการใช้ NaOH เท่ากับ 624 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด (%Removal) เท่ากับ 100% นิกเกิลและโครเมียมที่เหลือในน้ำเสียตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0 เป็นค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมและการนิคมอุตสาหกรรม(มาตรฐานน้ำทิ้งมีค่านิกเกิลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.0 mg/l และค่าโครเมียมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.25 mg/l) [4,5]

4.2 การศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีเฉพาะนิกเกิล

พบว่า น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะนิกเกิล-โครเมียมด้วยไฟฟ้า มีค่านิกเกิลเริ่มต้นประมาณ 9,075 mgNi/l ค่า pH ของน้ำเสียอยู่ประมาณ 4.6 ซึ่งความเข้มข้นของนิกเกิล และ pH จะเกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้ NaoH ในการตกตะกอนเคมี จากผลการทดลองโดย Jar test พบว่า pH ที่เหมาะสมในการกำจัดนิกเกิล มีค่าเท่ากับ 11.09 โดยมีการใช้ NaOH เท่ากับ 624 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด (%Removal) เท่ากับ 99.99% นิกเกิลที่เหลือในน้ำเสียตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0.157 เป็นค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมและการนิคมอุตสาหกรรม (มาตรฐานน้ำทิ้งมีค่านิกเกิลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.0 mg/l) [4,5]

4.3 การศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีเฉพาะโครเมียม

พบว่า น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะนิกเกิล-โครเมียม ด้วยไฟฟ้า มีค่าโครเมียม เริ่มต้น 1,292 mg Cr/l (Cr^{6+} 579 mgCr^{6+}/l และ Cr^{3+} 713 mgCr^{3+}/l) ค่า pH ของน้ำเสียอยู่ประมาณ 4.9 ซึ่งความเข้มข้นของ Cr^{3+} และ pH จะเกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้ NaoH ในการตกตะกอนเคมี จากผลการทดลองโดย Jar test พบว่า pH ที่เหมาะสมในการกำจัด Cr^{3+} มีค่าเท่ากับ 9.14 โดยมีการใช้ NaOH เท่ากับ 504 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด (%Removal) เท่ากับ 100% โครเมียมที่เหลือในน้ำเสียตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 0 เป็นค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมและการนิคมอุตสาหกรรม(มาตรฐานน้ำทิ้งมีค่าโครเมียมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.25 mg/l) [4,5]

ตารางที่ 5 ราคาสารเคมี

สารเคมี	H_2SO_4	$Na_2S_2O_3$	NaOH	Fe_2O_3
ราคา (บาท mg/l)	$5x10^{-6}$	$16.5x10^{-6}$	$10.75x10^{-6}$	$10x10^{-6}$

ตารางที่ 6 ค่าใช้จ่ายสารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย

สารเคมี	ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย (บาทมิลลิกรัม/ลิตร)		
	Ni-Cr ผสมกัน	น้ำเสียที่มีแต่ Ni	น้ำเสียที่มีแต่ Cr
H_2SO_4	0.00120	-	0.00105
$Na_2S_2O_3$	0.00594	-	0.00554
NaOH	0.00671	0.00670	0.00542
Fe_2O_3	0.00336	0.00336	0.00336
รวม	0.01721	0.01006	0.01537

จาก **ตารางที่ 7** พบว่ากระบวนการชุบแบบต่อเนื่องที่มีน้ำเสียนิกเกิลและโครเมียมผสมกัน มีค่าใช้จ่ายสารเคมีที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณีเป็น 0.01721, 0.01006 และ 0.01537 บาทต่อ 1 mg/l ของโลหะหนักในน้ำเสียตามลำดับ เนื่องจากปริมาณน้ำเสียของระบบที่มีน้ำเสียนิกเกิล-โครเมียมผสม เป็นผลรวมของน้ำเสียในระบบที่มีการแยกน้ำเสียนิกเกิล และโครเมียม ค่าใช้จ่ายสารเคมีรวมของระบบผสมนิกเกิล-โครเมียมจึงมีค่าใช้จ่ายมากกว่าระบบที่แยกน้ำเสียนิกเกิลและโครเมียมออกจากกัน

เอกสารอ้างอิง

[1] สุรีย์พร ชนะภัยกุล, “การปรับสภาพแกลบเพื่อใช้ในการนำโลหะนิกเกิลจากน้ำล้างชิ้นงานของอุตสาหกรรมการชุบโลหะกลับมาใช้ใหม่” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2547,กรุงเทพฯ.

[2] สุรพล ผดุงชีวิต, “การกำจัดโครเมียมในน้ำทิ้งจากการชุบโลหะโดยการใช้เฟอร์รัสซัลเฟตและปูนขาว”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อมบัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยมหิดล 2549, กรุงเทพฯ.

[3] มงคล ดำรงค์ศรี, “การบำบัดน้ำเสียของโรงงาน SEM ประเภทชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยการตกตะกอนทางเคมี” คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2549. กรุงเทพฯ.

[4] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535, “กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน”

[5] ประกาศการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ที่ 45/2541, “หลักเกณฑ์ทั่วไปในการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรม”

[6] Lei Liu, Xiaoming Ma, “Technology-based Industrial Environment Management: a Case Study of Electroplating in Shenzhen, China.” *Journal of Cleaner Production 2010*, Vol18, pp. 1731-1739.

[7] Liaw Jeen Gang, “Treatment of Chromium Wastewater with Regionally Available Regent,” *Master of Engineering Thesis. Asian Institute of Technology 1995. Bangkok.*

Innovation Papers

หัวข้อ P01 วิศวกรรมเพื่อการเกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบจัดเก็บและวิเคราะห์การลดทอนสัญญาณดาวเทียมอันเนื่องมาจากฝน

Data Collection and Analysis System for Rain-induced Attenuation of Satellite Signals

นายอภิสิทธิ์ ดำรงค์พิวัฒน์[1] นายอรรถกฤตย์ วีระเดช[2], น.ส. จิรัชญา พูลสวัสดิ์[3], ผศ.ดร.ตุลยา ลิมปิติ[4] และ ดร.ณัฐกานต์ พุทธรักษ์[5]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

E-mail: a.dumrongpiwat@gmail.com[1], autthagrit@hotmail.com[2], s5611902@kmitl.ac.th[3], kltulaya@kmitl.ac.th[4], kpnattak@kmitl.ac.th[5]

บทคัดย่อ

ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ทำให้พื้นที่ของประเทศมีฝนตกชุก โดยเฉพาะเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม ซึ่งฝนเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อการรับส่งสัญญาณในระบบสื่อสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสื่อสารดาวเทียมในย่านความถี่สูง ข้อมูลการลดทอนสัญญาณดาวเทียมอันเนื่องมาจากฝนในย่านความถี่สูง จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการออกแบบระบบสื่อสารดาวเทียมที่มีความน่าเชื่อถือ โครงงานนี้จึงต้องการศึกษาและพัฒนาระบบจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการลดทอนสัญญาณดาวเทียมอันเนื่องมาจากฝน โดยการติดตั้งจานสายอากาศและทดสอบการรับสัญญาณดาวเทียมในย่านความถี่ Ku-Band จากดาวเทียมไทยคม 5 และติดตั้งเครื่องวัดสภาพภูมิอากาศเพื่อทดสอบการรับข้อมูลปริมาณน้ำฝน รวมถึงข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาอื่นๆ จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมคำสั่งบนไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับ-ส่งข้อมูลผ่านโมดูลไร้สายไปยังระบบจัดเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์และพัฒนาส่วนต่อประสานกราฟฟิคกับผู้ใช้เพื่อแสดงผลข้อมูลการลดทอนสัญญาณดาวเทียมและข้อมูลสภาพภูมิอากาศแบบเวลาจริง นอกจากนี้ยังพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อเพิ่มความสะดวกในการคำนวณค่าประมาณการลดทอนสัญญาณตามแบบจำลองของ ITU-R และ Crane อีกด้วย

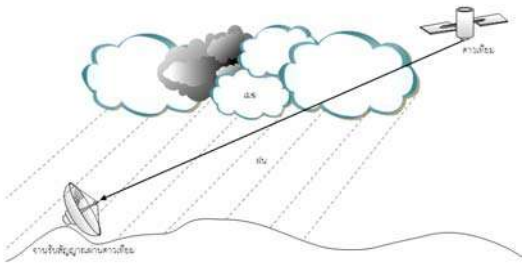
Abstract

Thailand has a tropical climate, with a rainy reason from June to October. Rain is one of the key factors which affect signal transmission and reception, particularly satellite communications in high frequency band. Therefore, information on rain-induced attenuation is essential for designing reliable satellite communications system. This project develops a data collection and analysis system for rain-induced attenuation of satellite signal. An antenna is installed to receive Ku-band satellite signal from Thaicom 5 satellite. Rainfall rate and other meteorological data are obtained from a weather station. Microcontrollers are programmed to send the data via a wireless module to the database. A graphical user interface (GUI) is developed to analyze and display real-time attenuation and weather information on the computer. In addition, the GUI provides a software tool for calculating estimated yearly attenuations according to ITU-R and Crane's models.

Keyword: Attenuation, ITU-R, Rain fade, Satellite Communications

1. บทนำ

การสื่อสารดาวเทียมเป็นรูปแบบการสื่อสารทางโทรคมนาคมที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีพื้นที่ครอบคลุมการสื่อสารเป็นบริเวณกว้าง และสามารถรองรับการให้บริการที่หลากหลาย วงโคจรสำหรับดาวเทียมเพื่อกิจการทางโทรคมนาคมจะมีระดับความสูงอยู่ที่ 35,786 กิโลเมตร และโคจรอยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตรสำหรับดาวเทียมสื่อสาร หากพิจารณาเส้นทางการแพร่คลื่นระหว่างภาคพื้นโลกและสถานีดาวเทียมในอวกาศจะพบว่าแนวการแพร่คลื่นของสัญญาณดาวเทียมนั้นจะมีลักษณะเป็นแนวเอียง (Slant path) (รูปที่ 1) Robert K. Crane ได้อธิบายถึงการลดทอนกำลังงานสัญญาณอันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ในชั้นบรรยากาศของคลื่นไมโครเวฟ พบว่าปัจจัยหลักจากสภาพอากาศและชั้นบรรยากาศที่ส่งผลต่อการลดทอนกำลังงานสัญญาณในย่านความถี่ต่างๆ ของสัญญาณดาวเทียม เช่น C-Band (3.7-4.2 GHz), Ku-Band (10.95-12.75 GHz) และ Ka-Band (18.3-22.2 GHz) คือ ฝน วิธีการที่ผู้ให้บริการการสื่อสารผ่านดาวเทียมนำมาใช้ในการรักษาความต่อเนื่องของการสื่อสารเมื่อสัญญาณไมโครเวฟ เกิดการจางหายอันเนื่องมาจากการเกิดฝน (Rain fading) นั้นมีด้วยกันหลากหลายวิธี [1] เช่น การเพิ่มจำนวนสถานีรับและเลือกใช้งานสถานีรับที่ได้รับผลกระทบจากการจางหายของสัญญาณอันเนื่องมาจากฝนที่ต่ำกว่า (Site Diversity), การเปลี่ยนการรับส่งสัญญาณไปยังดาวเทียมดวงอื่น (Orbital Diversity), การเปลี่ยนย่านความถี่ในการใช้งานมาใช้งานในช่วงความถี่ที่ได้รับผลกระทบจากการจางหายที่ต่ำกว่า (Frequency Diversity) และการส่งข้อมูลซ้ำ (Time Diversity) เป็นต้น [2]



รูปที่ 1. การลดทอนของสัญญาณดาวเทียมอันเนื่องมาจากฝน

ลักษณะฝนสำหรับประเทศไทยเป็นฝนแบบเขตร้อนชื้น จึงทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศมีฝนตกชุก ดังที่กล่าวมาข้างต้น ฝนเป็นปัจจัยหลักอันเป็นปัญหาต่อการรับส่งสัญญาณในระบบสื่อสารดาวเทียม โดยเฉพาะการใช้งานในย่านความถี่สูง เช่น Ku-band และ Ka-band ซึ่ง

เป็นย่านความถี่ที่ใช้งานหลักในปัจจุบัน จึงมีการบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนโดยใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ผลกระทบของฝนที่มีต่อสัญญาณในระบบสื่อสาร โดยแบบจำลองสำหรับการทำนายค่าการลดทอนอันเนื่องมาจากฝนที่ใช้แพร่หลาย เช่น แบบจำลองของ Crane [3] และ ITU-R [4] ต้องอาศัยสถิติข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี อย่างไรก็ตาม วิธีการเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากเครื่องวัดแบบเดิมเป็นวิธีที่ไม่สะดวก เนื่องจากผู้ใช้งานจะต้องทำการเก็บข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน ดังนั้นในโครงงานนี้จึงมีความต้องการที่จะพัฒนาระบบจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลโดยการส่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่บันทึกได้ผ่านการสื่อสารไร้สาย เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสัญญาณดาวเทียมในงานวิจัยต่อไป โดยระบบการทำงานจะเก็บข้อมูลด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมและเครื่องวัดสภาพภูมิอากาศ (Weather Station) และใช้เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายเพื่อรับ-ส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังระบบบันทึกข้อมูลบนฐานข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกได้ไปวิเคราะห์การลดทอนของสัญญาณดาวเทียมตามแบบจำลองทั้งสองที่กล่าวมาข้างต้น รวมทั้งแสดงผลข้อมูลแบบเวลาจริงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของการลดทอนของสัญญาณดาวเทียมและปริมาณน้ำฝน และได้ระบบเก็บข้อมูลที่มีความสะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะขอสรุปขั้นตอนการคำนวณค่าประมาณการลดทอนตามแบบจำลองของ ITU-R และ Crane โดยพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับการประมาณค่าการลดทอนอันเนื่องมาจากฝน คือ ขนาดมุมเงยของจานสายอากาศ (องศา), ตำแหน่งละติจูดของสถานีภาคพื้นดิน (องศา), ความถี่ที่ใช้งาน (เฮิรตซ์), ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางของสถานีภาคพื้นดิน (กิโลเมตร) และรัศมีประสิทธิผลของโลก (8,500 กิโลเมตร) โดยขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลองทั้ง 2 สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 ITU-R model

แบบจำลองการคาดคะเนค่าการลดทอนกำลังงานสัญญาณอันเนื่องมาจากฝนดังที่นำเสนอในเอกสาร ITU-R P.618 [4] เป็นการประมาณค่าทางสถิติของการลดทอนกำลังงานสัญญาณอันเนื่องมาจากฝนตามแนวการแพร่คลื่นในบริเวณต่างๆ ที่ความถี่ไม่เกิน 55 GHz แสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$A_p = A_{0.01}\left(\frac{p}{0.01}\right)^{-(0.655+0.033\ln(p)-0.045\ln(A_{0.01})-\beta(1-p)\sin\theta)} \quad (1)$$

โดยขั้นตอนการได้มาซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในสมการ สามารถดูรายละเอียดได้ใน [4]

2.2 Crane model

Robert K. Crane [3] ได้นำเสนอแบบจำลองสำหรับการทำนายค่าการลดทอนกำลังงานสัญญาณในแนวการแพร่คลื่นภาคพื้นดิน (Terrestrial path) หรือแนวเอียงระหว่างพื้นโลกและอวกาศ (Slant path) อันเนื่องมาจากอิทธิพลของฝน โดยแบบจำลองนี้ได้อาศัยข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์มาใช้สำหรับการพัฒนาแบบจำลอง และทดสอบเปรียบเทียบกับค่าการลดทอนกำลังงานจริงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ทำการทดสอบ แบบจำลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในทุกพื้นที่ที่มีการเก็บบันทึกข้อมูลอัตราการตกของฝนที่มีจำนวนข้อมูลมากเพียงพอ

สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าการลดทอนบนพื้นผิวโลก มีดังนี้

$$A(R_p,D)=\alpha R_p^{\beta}\left[\frac{e^{\mu\beta d}-1}{\mu\beta}-\frac{b^{\beta}e^{c\beta d}}{c\beta}+\frac{b^{\beta}e^{c\beta D}}{c\beta}\right];\ d\le D\le D_0 \quad (2)$$

$$A(R_p,D)=\alpha R_p^{\beta}\left[\frac{e^{\mu\beta d}-1}{\mu\beta}\right];\ D<d \quad (3)$$

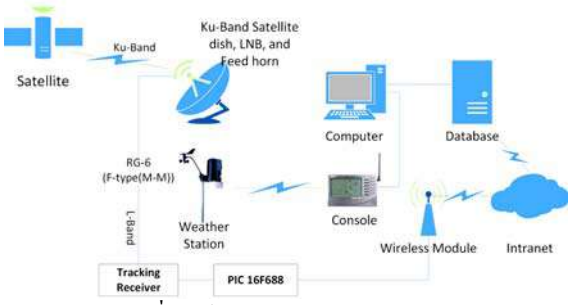
$$A(R_p,D)=(H(P)-H_0)\alpha R_p^{\beta}\ ;\ D=0\ \ (\theta=90^{\circ}) \quad (4)$$

สมการที่ (2)–(4) เป็นการคำนวณค่าการลดทอนบนพื้นผิวโลก (A) โดยอาศัยค่าอัตราการตกของฝน (R_p) และระยะทางการแพร่คลื่นบนพื้นผิวโลก (D) ดังนั้นค่าการลดทอนตามความสูงในแนวเอียงระหว่างพื้นโลกและอวกาศ (A_s) สามารถคำนวณได้จาก

$$A_s=\frac{LA(R_p,D)}{D}=\frac{A(R_p,D)}{\cos\theta} \quad (5)$$

โดยขั้นตอนการคำนวณโดยละเอียดสามารถดูได้จากเอกสารอ้างอิง [3]

3. การออกแบบระบบ



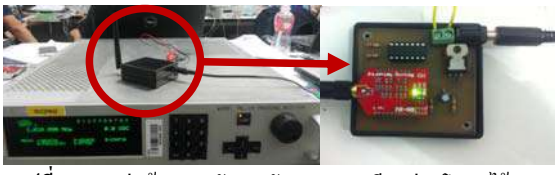
รูปที่ 2. บล็อกไดอะแกรมรวมของระบบ

การออกแบบระบบโดยรวมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 โดยในโครงงานนี้ได้ติดตั้งจานสายอากาศเพื่อรับสัญญาณดาวเทียมจากดาวเทียมไทยคม 5 (บริษัท ไทยคม จำกัด (มหาชน)) และเครื่องวัดสภาพภูมิอากาศรุ่น Vantage Pro 2 (Davis Instruments) เพื่อเก็บข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาอันได้แก่ ปริมาณน้ำฝนสะสม, อุณหภูมิ, ความชื้นในอากาศ, ทิศทาง และความเร็วลม จากนั้นเขียนโปรแกรมคำสั่งบนไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งข้อมูลค่ากำลังงานของสัญญาณดาวเทียมผ่านโมดูลไร้สายไปยังฐานข้อมูล และรับข้อมูลสภาพภูมิอากาศผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรมไปยังฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูล ศึกษาและเขียนโปรแกรมคำนวณข้อมูลการลดทอนของสัญญาณดาวเทียมที่ได้รับ และจัดทำส่วนเชื่อมต่อประสานกราฟฟิคกับผู้ใช้

รูปที่ 3-5 แสดงอุปกรณ์ฝั่งฮาร์ดแวร์ของโครงงาน ซึ่งประกอบไปด้วยจานสายอากาศ, เครื่องวัดกำลังงานสัญญาณดาวเทียม, เครื่องวัดสภาพ



รูปที่ 3. จานสายอากาศ ชุดรับสัญญาณดาวเทียม (ซ้าย) และเครื่องวัดสภาพภูมิอากาศ (ขวา)



รูปที่ 4. วงจรส่งข้อมูลกำลังงานสัญญาณดาวเทียมผ่านโมดูลไร้สาย



รูปที่ 5. การรับข้อมูลสภาพภูมิอากาศไปยังฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์

ภูมิอากาศ, โมดูลสื่อสารไร้สาย (RN-XV WiFly Module), และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ของฮาร์ดแวร์ทั้งหมด

4. ส่วนเชื่อมต่อประสานกราฟฟิคกับผู้ใช้ (Graphical User Interface)

GUI ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนหน้าต่างที่ 1 แสดงผลข้อมูลสัญญาณดาวเทียมและสภาพภูมิอากาศแบบเวลาจริง และส่วนโปรแกรมคำนวณค่าประมาณการลดทอนตามแบบจำลองที่นิยมใช้

4.1 โปรแกรมแสดงผลข้อมูลค่ากำลังงานสัญญาณดาวเทียมและข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

รูปที่ 6-7 แสดงข้อมูลสภาพภูมิอากาศและกำลังงานของสัญญาณดาวเทียมแบบเวลาจริงที่อยู่ในฐานข้อมูล ซึ่งจะถูกดึงมาคำนวณและแสดงค่ากำลังงานของสัญญาณดาวเทียม และข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนส่วนต่อประสานกราฟฟิคกับผู้ใช้ในรูปแบบกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 8 โดยค่าการลดทอนของสัญญาณสามารถคำนวณได้จาก

การลดทอน = ค่าเฉลี่ยของสัญญาณ – ค่ากำลังงานปัจจุบัน (dB) (6)

โดยผู้ใช้งานระบบ อาจนำข้อมูลการลดทอนดังกล่าวไปพิจารณาเพื่อหาวิธีการชดเชยสัญญาณในกรณีที่มีพลังงานลดลง

4.2 โปรแกรมคำนวณการทำนายการลดทอนกำลังงานของสัญญาณดาวเทียมตามแบบจำลองของ ITU-R และ Crane

หน้าต่างที่ 2 ของ GUI สามารถใช้งานโดยทำการใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ แล้วกดปุ่ม Calculate โปรแกรมจะทำการคำนวณการทำนายค่าการลดทอนกำลังงานของสัญญาณดาวเทียมตามแบบจำลองของ ITU-R (สีแดง) และ Crane (พื้นที่ G (สีเขียว) และ H (สีน้ำเงิน)) ซึ่งสามารถแสดงผลในรูปแบบของกราฟได้ดังรูปที่ 9

Time	Barometer	OutTemp	Wind Speed	WindDirect	OutHum	RainRate
2014-01-28 15:10:22	29.81	31.83	0	32.9	38	0
2014-01-28 15:09:52	29.81	31.78	0	32.9	38	0
2014-01-28 15:09:22	29.81	31.72	0	31.2	38	0
2014-01-28 15:08:52	29.81	31.67	0	31.2	38	0
2014-01-28 15:08:22	29.81	31.67	0	31.2	38	0
2014-01-28 15:07:52	29.81	31.61	0	31.2	38	0
2014-01-28 15:07:22	29.81	31.56	0	31.2	37	0
2014-01-28 15:06:52	29.81	31.5	0	31.2	37	0
2014-01-28 15:06:22	29.81	31.5	0	31.2	37	0
2014-01-28 15:05:52	29.81	31.5	1	27.7	37	0

รูปที่ 6. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในฐานข้อมูล

Time2	Volt	dBm
2014-01-28 15:11:43	6.46	-76.58
2014-01-28 15:11:13	6.5	-76.5
2014-01-28 15:10:42	6.45	-76.6
2014-01-28 15:10:12	6.44	-76.62
2014-01-28 15:09:42	6.5	-76.5
2014-01-28 15:09:12	6.49	-76.52
2014-01-28 15:08:42	6.48	-76.54
2014-01-28 15:08:12	6.48	-76.54
2014-01-28 15:07:42	6.5	-76.5
2014-01-28 15:07:12	6.51	-76.48

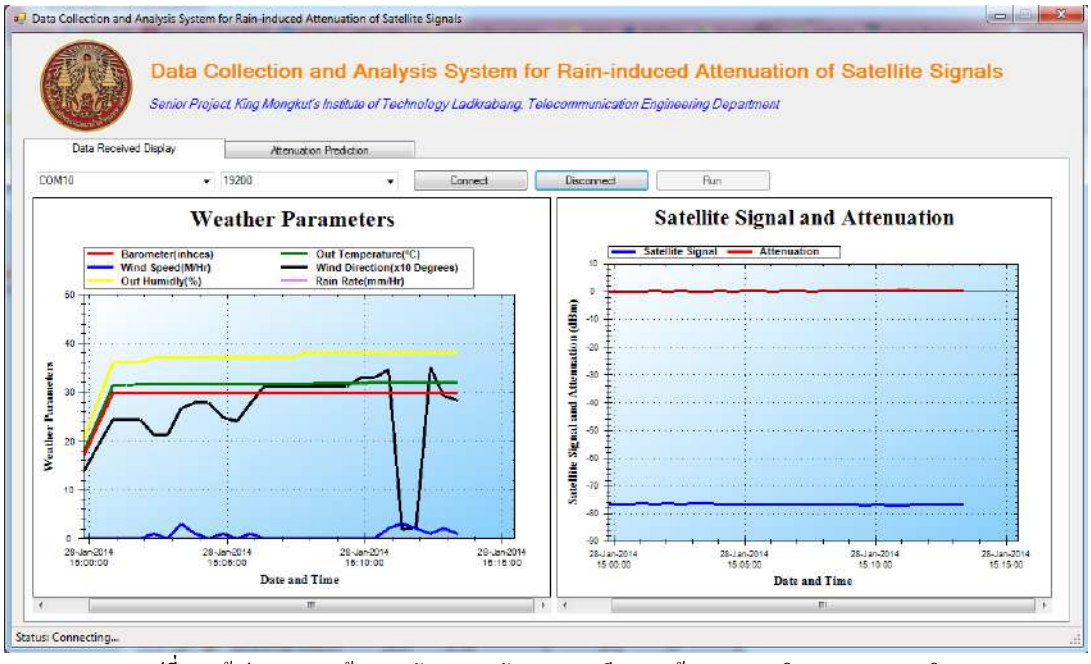
รูปที่ 7. ข้อมูลกำลังงานของสัญญาณดาวเทียมในฐานข้อมูล

7. สรุป

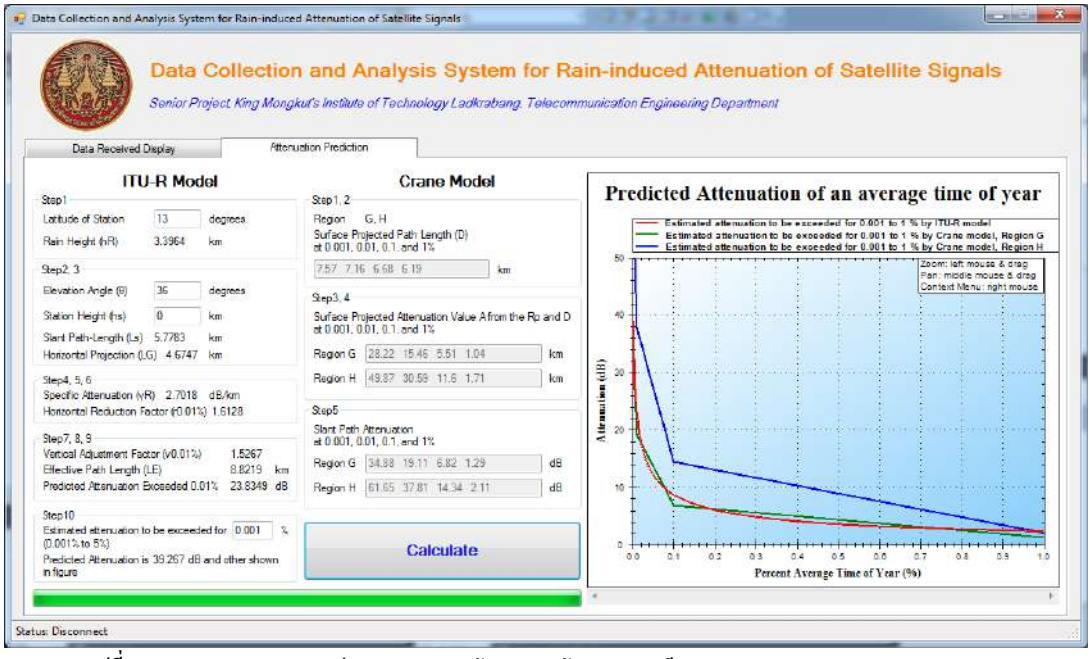
โครงงานนี้จัดทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบจัดเก็บวิเคราะห์ และแสดงผลการลดทอนสัญญาณดาวเทียมอันเนื่องมาจากฝนบนคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยเทคโนโลยีการส่งข้อมูลผ่านโมดูลการสื่อสารไร้สาย มีส่วนเชื่อมต่อประสานกราฟฟิคกับผู้ใช้เพื่อความสะดวกในการเรียกดูข้อมูลการลดทอนของสัญญาณดาวเทียมอันเนื่องมาจากฝน และข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานหลักได้เป็น 4 ส่วนคือ ส่วนของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูล ได้แก่ เครื่องวัดสภาพภูมิอากาศและเครื่องวัดค่ากำลังงานสัญญาณดาวเทียม ส่วนของการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรมและโมดูลสื่อสารไร้สาย ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการส่งข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องวัดค่ากำลังงานของสัญญาณดาวเทียม ส่วนของการบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์คำนวณ และแสดงผลข้อมูลต่างๆ บนคอมพิวเตอร์ ความสำเร็จของโครงงานนี้ คือ สามารถรับส่งข้อมูลค่ากำลังงานของสัญญาณดาวเทียมแบบไร้สายจากเครื่องวัดค่ากำลังงานสัญญาณดาวเทียม และข้อมูลทางสภาพภูมิอากาศจากเครื่องวัดสภาพภูมิอากาศมาบันทึกบนฐานข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ นอกเหนือจากนี้ยังสามารถสร้างส่วนต่อประสานกราฟฟิคกับผู้ใช้เพื่อแสดงผลข้อมูลกำลังงานของสัญญาณดาวเทียม ค่าการลดทอนกำลังงานของสัญญาณดาวเทียม และข้อมูลทางสภาพภูมิอากาศในระบบเวลาจริง และคำนวณค่าประมาณการลดทอนตามแบบจำลองของ ITU-R และ Crane ได้ถูกต้อง

8. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยส่วนหนึ่งจากโครงการวิจัยของ Asia-Pacific Telecommunity (APT)



รูปที่ 8. หน้าต่างแสดงผลข้อมูลกำลังงานของสัญญาณดาวเทียมและข้อมูลสภาพภูมิอากาศแบบเวลาจริง



รูปที่ 9. การแสดงผลการทำนายค่าการลดทอนกำลังงานของสัญญาณดาวเทียมตามแบบจำลองของ ITU-R และ Crane บนส่วนต่อประสานกราฟฟิคกับผู้ใช้บนคอมพิวเตอร์

เอกสารอ้างอิง

[1] R. K. Crane, *Electromagnetic wave propagation through rain*, Wiley New York, 1996.

[2] A. D. Panagopoulos, "Satelliite communications at Ku, Ka and V bands: Propagation impairments and mitigation techniques," *Proc. IEEE*, vol. 6, 2-14, 2004.

[3] R. K. Crane, "*Prediction of attenuation by rain,*" *IEEE Transactions on Communications*, vol. COM-28, no. 9, pp. 1717–1733, 1980.

[4] Recommendation ITU-R P.618-11, "Propagation data and prediction methods required for the design of earth-space telecommunications system,"

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบเตือนอุทกภัยและดินถล่ม

Flood and Landslide Monitoring System

น.ส.ทิตยา ดาวังปา[1], นายณัฐพงศ์ วงศ์แสงนาค[2], นายธนภูมิ พรหมแก้ว[3], ดร.ณัฐกานต์ พุทธรักษ์[4], และ ผศ.ดร.ตุลยา ลิมปิติ[5]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Email: indynjump@gmail.com[1], kikutatum@gmail.com[2], tanapoom_pk@hotmail.com[3], kpnattak@kmitl.ac.th[4], kltulaya@kmitl.ac.th[5]

บทคัดย่อ

ปัญหาอุทกภัยและดินถล่มในประเทศไทย ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นอย่างมาก เนื่องจากยังขาดระบบแจ้งเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพและทันท่วงที โครงงานนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและเพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนอุทกภัยและดินถล่มโดยระบบที่ออกแบบขึ้นประกอบด้วยส่วนเตือนภัย 2 ส่วน คือ ส่วนของการเตือนอุทกภัยจะใช้เซนเซอร์วัดระดับน้ำและเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ และส่วนของการเตือนภัยดินถล่มจะใช้การตรวจวัดความชื้นในดินและการยึดเกาะของดิน โดยหลักการรับส่งข้อมูลจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและเชื่อมต่อกับระบบส่งสัญญาณไร้สายเพื่อส่งข้อมูลที่ได้ไปยังเซิร์ฟเวอร์สำหรับจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล ซึ่งข้อมูลทางอุทกภัยและดินถล่มดังกล่าวจะถูกนำไปประมวลผลแบบเวลาจริง (Real-time) และเปรียบเทียบกับเงื่อนไขการแจ้งเตือนภัย หากข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลแล้วอยู่ในระดับที่สมควรแจ้งเตือน ระบบจะทำการแจ้งเตือนภัยด้วยข้อความสั้น ผ่านทางจีพีอาร์เอสโมดูลไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

Abstract

Flood and landslide can cause severe damage to life and properties of many people. Without up-to-date information and proper warnings, there is not sufficient time for people to prepare for such incidents. Thus, this project proposes to develop a flood and landslide monitoring system using wireless communications technology. For the flood warning system, water level gauges and flow sensors are installed at rivers, canals or water gates. As for the landslide system, the strain gauges, which serve as a soil movement detector, and soil moisture sensors are installed at locations with high risk of landslide. The real-time sensor data received by the microcontroller is sent to a central database using Zigbee wireless module. Finally, the information from both flood and landslide sensors are analyzed. If there is a possibility of either flooding or landslide, a warning is sent via a GPRS module to responsible authorities.

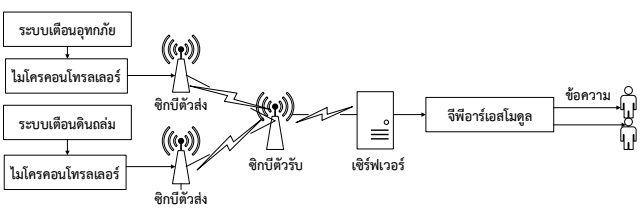
***Keywords*:** Detection, Flood, Landslide, Monitoring, Warning

1.บทนำ

ปัญหาอุทกภัยและดินถล่มเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในประเทศไทยอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี ระบบเตือนภัยส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในปัจจุบันค่อนข้างล่าช้า เพราะยังต้องอาศัยแรงงานคนในการเก็บข้อมูล การที่หน่วยงานภาครัฐหรือแม้กระทั่งภาคเอกชนและประชาชนทั่วไปไม่ได้รับทราบข้อมูลข่าวสารทันเหตุการณ์ ทำให้ไม่สามารถเตรียมพร้อมรับมือกับปัญหาได้อย่างทันท่วงที ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน เช่น เหตุการณ์มหาอุทกภัยในปี พ.ศ.2554 ที่ผ่านมา [1] หรือเหตุการณ์ดินถล่มบ่อยครั้งในจังหวัดทางภาคใต้ของประเทศไทย [2] โครงงานนี้จึงมีความต้องการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการพัฒนาระบบเตือนอุทกภัยและดินถล่มซึ่งประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายในการสื่อสารข้อมูลเพื่อความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการครอบคลุมพื้นที่สำหรับการแจ้งเตือน

2. การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบแจ้งเตือนอุทกภัยและดินถล่ม ประกอบไปด้วยสามส่วนหลักด้วยกัน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนของระบบเซนเซอร์ตรวจวัดสำหรับเตือนอุทกภัยและดินถล่ม ซึ่งทำการพัฒนาอุปกรณ์เซนเซอร์ต้นแบบเพื่อตรวจวัดระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำ และเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินและการยึดเกาะของดิน ส่วนที่สองเป็นส่วนของการรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สาย โดยเขียนโปรแกรมคำสั่งบนไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับข้อมูลจากเซนเซอร์ มาประมวลผลการทำงานแล้วส่งข้อมูลผ่านโมดูลส่งสัญญาณไร้สายซิกบีไปยังเซิร์ฟเวอร์ และส่วนที่สามเป็นส่วนของการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลและประมวลผลแจ้งเตือน โดยการส่งข้อความสั้นผ่านจีพีอาร์เอสโมดูล โดยภาพรวมของโครงงานสามารถแสดงดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 1

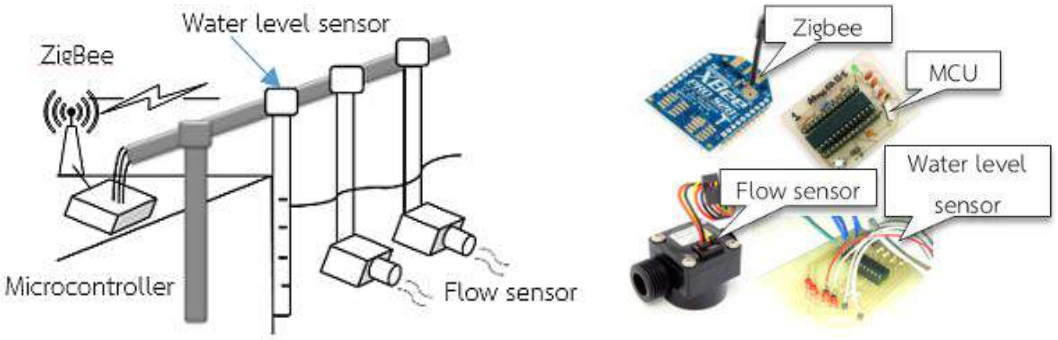


รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

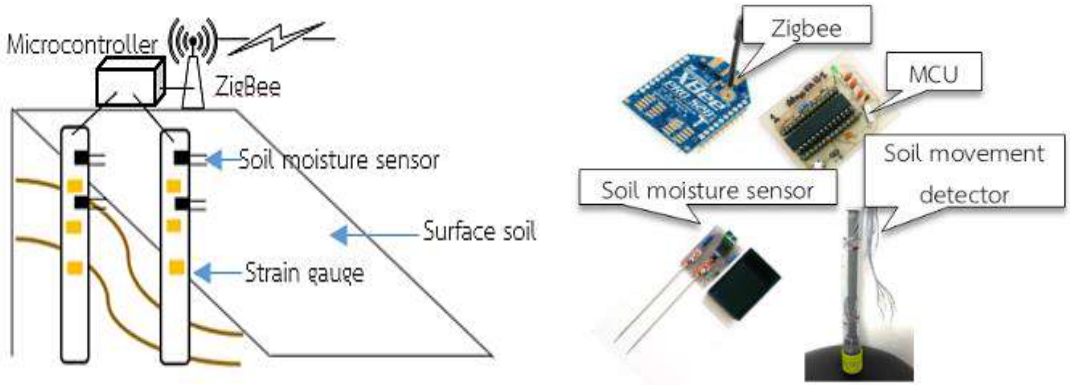
บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand



รูปที่ 2 การออกแบบระบบเตือนอุทกภัย

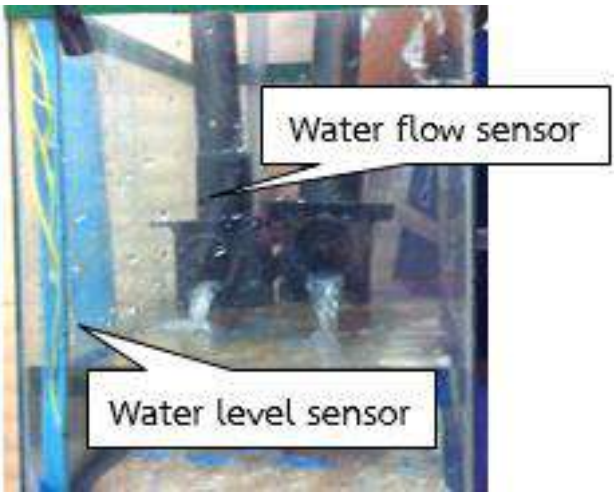


รูปที่ 3 การออกแบบระบบเตือนภัยดินถล่ม

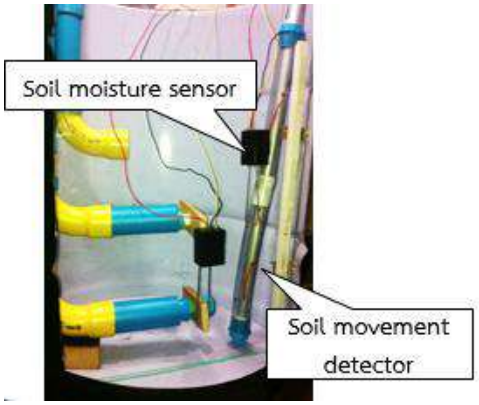
ระบบเตือนอุทกภัยที่ออกแบบขึ้น ประกอบไปด้วยเซนเซอร์วัดระดับน้ำและเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ 2 ตัว ที่จะทำการติดตั้งในแนวขอบตลิ่งและในแนวกระแสน้ำ เพื่อทำการตรวจสอบทิศทางการไหลของกระแส โดยมีลักษณะการติดตั้งระบบดังรูปที่ 2 ส่วนการออกแบบระบบเตือนภัยดินถล่มนั้น ประกอบไปด้วยเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน 2 ตัว และอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนตัวของดิน โดยได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ที่มีท่อแข็งเป็นแกนกลางและมีท่อยืดหยุ่นห่อหุ้มรอบแกนแข็ง และติดเกจวัดความเครียดไว้ภายในท่อยืดหยุ่น โดยจะทำการตรวจวัดความชื้นในดินและการเคลื่อนตัวของดินด้วยกัน 2 ระดับ คือบริเวณแนวผิวดินและชั้นดินระดับลึก โดยมีลักษณะการติดตั้งดังรูปที่ 3 ระบบเตือนภัยทั้ง 2 ระบบจะเชื่อมต่อและประมวลผลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์และทำการส่งข้อมูลที่ตรวจจับได้ไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านอุปกรณ์ไร้สายซิกบี เพื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลและนำข้อมูลมาวิเคราะห์เงื่อนไขในการแจ้งเตือนข้อความสั้นผ่านจีพีอาร์เอสโมดูลต่อไป

3. การทดสอบการทำงานของระบบ

การทดสอบการทำงานของระบบนั้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือการจำลองสถานการณ์การเกิดอุทกภัยในสถานีเฝ้าระวังระดับน้ำในตู้กระจกขนาดใหญ่ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบและส่งข้อมูลอัตราการไหลของน้ำในหน่วยลิตรต่อนาทีและค่าระดับน้ำไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 4 ในส่วนของระบบเตือนภัยดินถล่มนั้นจะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนตัวของดินในถังที่มีการบรรจุดิน และจำลองเหตุการณ์ให้เกิดการเคลื่อนตัวของดินภายในถัง และมีเซนเซอร์วัดความชื้น สำหรับตรวจวัดระดับน้ำในดิน ดังแสดงในรูปที่ 5 จากนั้นนำข้อมูลจากการตรวจวัดมาวิเคราะห์เงื่อนไขในการแจ้งเตือนภัยด้วยข้อความสั้น



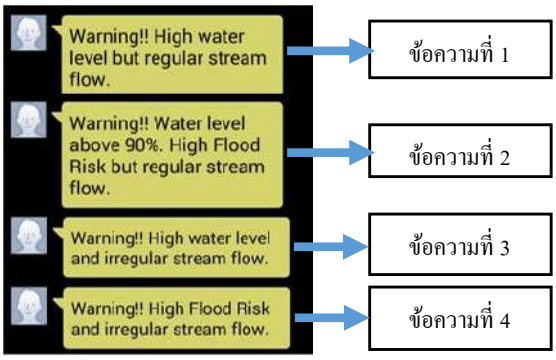
รูปที่ 4 การทดสอบระบบเตือนอุทกภัย



รูปที่ 5 การทดสอบระบบเตือนภัยดินถล่ม

4. ผลการทดลอง

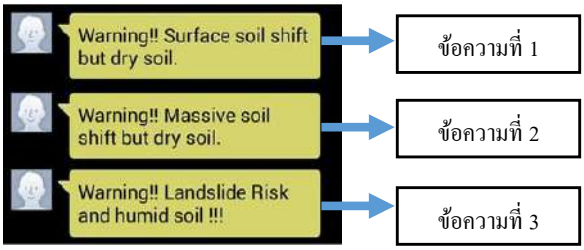
สำหรับการส่งข้อความสั้นแจ้งเตือนผ่านจีพีอาร์เอส โมดูลจากการทดสอบการทำงานของระบบนั้น แบ่งออกเป็นการแจ้งเตือนอุทกภัยและการแจ้งเตือนภัยดินถล่ม โดยการแจ้งเตือนอุทกภัยนั้น จะวิเคราะห์เงื่อนไขในการแจ้งเตือน 2 เงื่อนไข คือ การแจ้งเตือนเมื่อกระแสน้ำไหลผิดปกติหรือระดับน้ำขึ้นสูงกว่าปกติ โดยจะทำการวิเคราะห์การไหลของกระแสน้ำจากอัตราการไหลของน้ำที่บริเวณแนวขอบตลิ่งกับแนวกระแสน้ำไหล หากพบว่าอัตราการไหลของน้ำที่ติดตั้งบริเวณแนวขอบตลิ่งมีค่ามากกว่าอัตราการไหลของน้ำบริเวณแนวกระแส จะถือว่ากระแสน้ำนั้นไหลผิดปกติ ซึ่งอาจก่อให้เกิดเหตุการณ์น้ำไหลเซาะตลิ่งได้ ดังนั้น เมื่อกระแสน้ำไหลผิดปกติ จะมีการแจ้งเตือนถึงกระแสน้ำที่ผิดปกติพร้อมทั้งแจ้งระดับน้ำ ณ ขณะนั้นด้วย ส่วนในกรณีที่กระแสน้ำไหลเป็นปกติ จะทำการแจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำขึ้นสูงเกินปกติถึงระดับที่กำหนด โดยลักษณะข้อความสั้นที่ใช้สำหรับการแจ้งเตือนในกรณีต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ข้อความแจ้งเตือนอุทกภัย

จากรูปที่ 6 ข้อความที่ 1 และข้อความที่ 2 เป็นข้อความแจ้งเตือนสำหรับกรณีกระแสน้ำไหลเป็นปกติ โดยข้อความที่ 1 เป็นข้อความแจ้งเตือนให้ทำการเตรียมพร้อมรับสถานการณ์ซึ่งอาจเกิดความไม่ปลอดภัย เนื่องจากมีระดับน้ำค่อนข้างสูง (70%) ข้อความที่ 2 เป็นข้อความแจ้งเตือนให้ทำการอพยพในทันทีเนื่องจากระดับน้ำสูงถึงระดับเสี่ยง ข้อความที่ 3 และ 4 เป็นการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบความผิดปกติหรือการเปลี่ยนแปลงทิศทางของกระแสน้ำ โดยข้อความที่ 3 จะแจ้งเตือนว่าระดับน้ำค่อนข้างสูง ส่วนข้อความที่ 4 จะใช้เมื่อมีระดับน้ำสูงถึงระดับเสี่ยงร่วมด้วย

ในส่วนของการแจ้งเตือนภัยดินถล่มนั้น แบ่งออกเป็น การแจ้งเตือนเมื่อดินแห้งและดินชื้น โดยจะทำการแจ้งเตือนการเคลื่อนตัวของดินที่บริเวณผิวดินหรือที่บริเวณชั้นดินระดับลึก และการแจ้งเตือนภัยดินถล่มเมื่อน้ำในดินมีปริมาณมากผิดปกติ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุการเคลื่อนตัวของดินที่รวดเร็วขึ้น ทั้งนี้แสดงลักษณะข้อความที่ทำการแจ้งเตือนดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ข้อความแจ้งเตือนดินถล่ม

จากรูปที่ 7 สำหรับข้อความที่ 1 และข้อความที่ 2 เป็นข้อความแจ้งเตือนเมื่อมีการตรวจพบการเคลื่อนตัวของดินแต่ดินยังมีลักษณะแห้ง โดยข้อความที่ 1 เป็นข้อความแจ้งเตือนเมื่อดินบริเวณผิวดินมีการเคลื่อนตัว และข้อความที่ 2 เป็นข้อความแจ้งเตือนเมื่อดินมีการเคลื่อนตัวในชั้นดินระดับลึกไป ส่วนข้อความที่ 3 นั้น เป็นข้อความแจ้งเตือนเมื่อพบว่าดินมีความชื้นสูงหรือปริมาณน้ำในดินมีค่ามาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดการเคลื่อนตัวของดินที่เร็วขึ้น จะมีการแจ้งเตือนให้ระวังภัยดินถล่ม

5. สรุป

โครงงานนี้ประสบความสำเร็จในการจัดทำต้นแบบระบบเตือนอุทกภัยและดินถล่ม โดยมีการพัฒนาเซนเซอร์สำหรับการตรวจวัดอุทกภัยและดินถล่ม และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานและส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูลและนำข้อมูลจากฐานข้อมูลไปใช้วิเคราะห์เงื่อนไขและสั่งการทำงานจีพีอาร์เอสโมดูลในการส่งข้อความแจ้งเตือนภัยไปยังโทรศัพท์มือถือผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยจากการทดสอบด้วยการจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมและดินถล่ม พบว่าระบบสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้อง

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยส่วนหนึ่งจากโครงการวิจัยของ Asia-Pacific Telecommunity (APT)

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Thailand Integrated Water Resource Management, “คลังข้อมูลสภาพน้ำ”, http://www.thaiwater.net/current/flood54.html

[2] Wikipedia. http://th.wikipedia.org/wiki/อุทกภัยและดินถล่มในภาคใต้ของประเทศไทย_พ.ศ._2554

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องให้น้ำและปุ๋ยสำหรับไม้กระถางอัตโนมัติ

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

An Automatic Dispenser Machine for Small Plants Watering and Fertilizer

ภาณุเดช ทิพย์อักษร[1], จักรพงษ์ อินทรรุจิกุล[2], จิรายุ ผัดยา[3], เสกสรร พิบูลผดุงทรัพย์[4],ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล[5]

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

E-mail: panudech@rmutl.ac.th[1], yuza_bah@hotmail.com[2], my_angel_@msn.com[3], iqjungjr@hotmail.com[4],kwanchai@rmutl.ac.th[5]

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีจุดประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวก ลดหย่อนภาระหน้าที่ ในการดูแลพืชที่ผู้เพาะปลูกปลูกไว้ ซึ่งในกรณีที่ผู้เพาะปลูกไม่ได้อยู่ดูแล ติดภาระหน้าที่ในการที่เดินทางไปต่างจังหวัด หรือทำธุระนอกสถานที่เป็นระยะเวลานานๆ แล้วไม่มีคนดูแล ซึ่งอุปกรณ์นี้จะสามารถที่จะทำหน้าที่ทดแทนผู้ดูแลได้ โดยโครงงานสามารถวัดและรับค่าข้อมูล pH, EC, ความชื้นของดิน, อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้ โดยการวัดค่า pH, EC จะทำการวัดจากน้ำโดยจะวัดแค่ครั้งแรกที่ทำการเติมน้ำเติมสารละลายอาหารธาตุลงในถังน้ำเพื่อให้ได้ค่าตามที่ผู้ใช้ต้องการ และจะวัดเมื่อผู้ใช้ต้องการ จากการทดลองการใช้งานพบว่าอุปกรณ์ต่างๆ สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างดี สามารถควบคุมการทำงานตามคำสั่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ในส่วนของการปล่อยน้ำจะเน้นควบคุมการจ่ายน้ำในระดับปริมาณ ml ต่อวัน โดยสามารถปล่อยน้ำออกมาได้ในปริมาณที่ถูกต้องใกล้เคียง

Abstract

This project is intended to facilitate automatic in-house plant watering and fertilizing. This project will be useful when a house owner is away. A device implemented for this project can measure and collect pH and EC properties of solution used for watering and fertilizing. In addition, it is be able to obtain soil moisture data, temperature and humidity of the air. The pH and EC values are measured only for the first time when solution was added into a water tank. The device also be able to measure those values upon user request. Experiments showed that all components and sensors of the devices can work together well. The device can receive user command and response correctly. The measuring unit of water dispensing is milliliter per day. It can be observed that the volume of water can be monitored correctly.

บทนำ

1. หลักการและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเราเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสาร การคมนาคม และสิ่งอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันอื่นๆ เป็นจำนวนมาก จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดในการทำโครงงานนี้ขึ้นเพื่อนำเทคโนโลยีต่างๆ ในปัจจุบันมาใช้และนำเข้ามามีส่วนร่วมในการเพาะปลูก การเกษตรกรรม ให้เพิ่มมากขึ้น โดยนำมาใช้ในการประยุกต์ และ การควบคุมกลไกต่างๆ [2] โดยโครงงานนี้มุ่งเป้าหมายไปที่ผู้เพาะปลูกขนาดเล็ก เช่นผู้ที่นิยมเพาะปลูกต้นไม้ในกระถาง ผู้ที่พักอาศัยอยู่ตาม หอพัก หรือ อพาร์ทเม้นท์ ซึ่งการเพาะปลูกพืชหลายๆชนิดจำเป็นต้องมีปัจจัยต่างๆ ในการเพาะปลูกและการควบคุมค่าต่างๆ มากมาย เช่นค่า EC, pH,[3] ปัญหาส่วนหนึ่งของชาวเกษตรที่มักประสบปัญหาคือ ปัญหาการรดน้ำพืชผล ปริมาณน้ำที่เกษตรกรให้จะมากหรือน้อยเกินไปทำให้พืชผลเสียหาย จึงแก้ปัญหาโดยสร้างระบบให้น้ำอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อสร้างระบบให้น้ำ [4] จึงได้ทำการออกแบบเครื่องให้น้ำให้ปุ๋ยสำหรับไม้กระถางขึ้นมา ซึ่งได้นำหลักการของไมโครคอนโทรลเลอร์ มาเป็นตัวควบคุมการทำงาน เพื่อไปควบคุมด้านการจ่ายน้ำ และกิจกรรมต่างๆ เพื่อที่จะช่วยแก้ปัญหาให้กับผู้ที่ทำการเพาะปลูกพืช ให้ได้รับความสะดวก และประหยัดเวลา

2. การออกแบบและสร้างระบบ

ในการออกแบบระบบประกอบด้วย 2 ส่วนโดยสามารถบรรยายได้ตามลำดับดังนี้

2.1 การออกแบบ Hardware มีส่วนประกอบดังนี้

1. Humidity & Temperature Sensor คือ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

2. EC Sensor [6] คือ เครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้วัดค่า Conductivity หรือความเข้มข้นของเกลือที่ละลายอยู่ในสารละลาย

3. pH Sensor คือ เครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้วัดค่า pH หรือค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลาย

4. Soil Moisture Sensor คือ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความชื้นของดิน

5. Key Pad คือ Input Switch ใช้ในการตั้งค่าการทำงาน

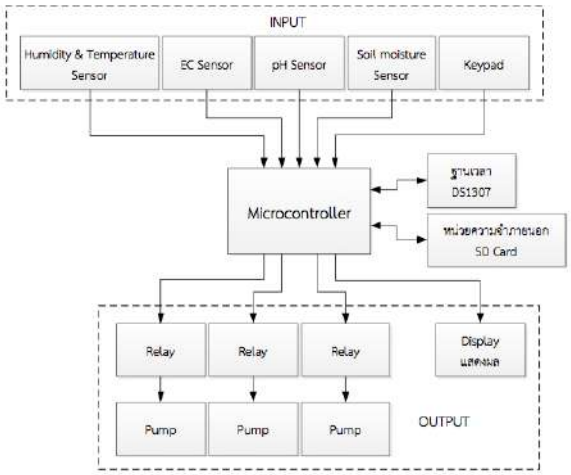
6. Microcontroller คือ หน่วยประมวลผลขนาดเล็ก ใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ

7. DS 1307 [1] คือ Real Time Clock (1307) เป็นอุปกรณ์ฐานเวลา

8. SD Card [7] คือ รูปแบบการ์ดที่เป็นหน่วยความจำแบบ non-volatile ใช้ในการเก็บบันทึกค่าการทำงานต่างๆ

9. Relay & Pump [6] คือ Relay อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้า ที่ตัด-ต่อ วงจรคล้ายสวิตซ์จะทำงานเพื่อควบคุม Pump

10. Display [8] แสดงผล คือ LCD Graphic ขนาด 48x84

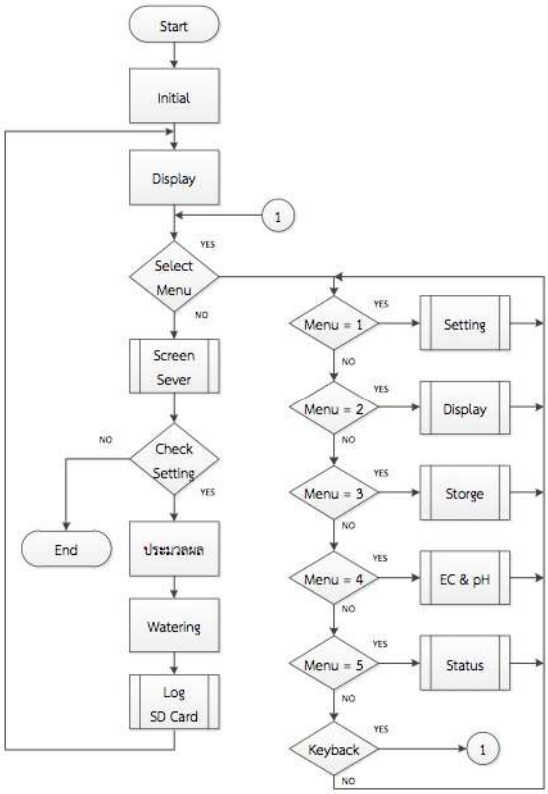


รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

บล็อกไดอะแกรมของระบบจะมีอยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนแรก เป็นส่วนเกี่ยวกับภาค Input จะทำงานเกี่ยวกับการรับค่าจาก Sensor ต่างๆ ทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับโครงการ และการกำหนดค่าโดยผู้ใช้ โดยส่วนนี้เมื่อได้รับค่าแล้วจะดำเนินการส่งไปยัง ส่วนที่สองต่อ นั่นคือ ภาค Microcontroller ซึ่งจะเป็นตัวประมวลผลหลักที่คอยควบคุมการทำงานโดยรวมของโครงงานทั้งหมด และติดต่อสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ต่างๆ เมื่อทำการประมวลผลเรียบร้อยแล้วก็จะส่งต่อการทำงานไปให้ภาคส่งท้าย นั่นคือ ภาค Output ซึ่งจะรับคำสั่งการทำงานมาจาก Microcontroller โดยภาคนี้จะเกี่ยวกับการทำงานของการควบคุม Pump น้ำในการทำงานตามค่าที่ได้ตั้งไว้ และยังแสดงผลการทำงานและค่าต่างๆ ที่ได้มาจากอุปกรณ์ Sensor

2.2 การออกแบบ Software

การทำงานของระบบเมื่อเปิดเครื่องโปรแกรมจะทำการ กำหนด Port Input, Output และทำการ Detect Hardware SD Card, จอภาพ, Timer เมื่อการทำงานสมบูรณ์ โปรแกรมจะแสดงเมนูบนหน้าจอภาพผู้ใช้สามารถเลือกการแสดงผลต่างๆ ได้จากเมนูในทุกๆ 10 นาที โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลจาก Sensor ลงใน SD Card โปรแกรมจะสมบูรณ์ที่สุด เมื่อผู้ใช้ตั้งค่า Profile ต้นไม้ เมื่อถึงเวลาก็จะทำการใช้งานตาม Profile ที่เลือกทันที และบันทึก Profile ลงใน EEPROM จากนั้นการแจ้งเตือนต่างๆ ก็จะเริ่มขึ้น ถ้าหากไม่มีการกดปุ่มใดๆ ก็จะแสดงเข้าสู่โหมด Screen Saver ซึ่งแสดงจาก Flowchart ในรูปที่ 2



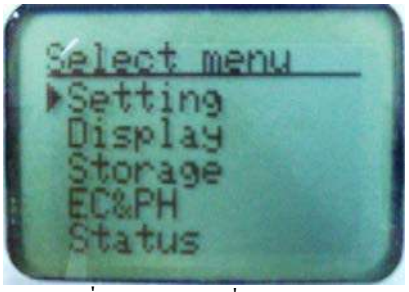
รูปที่ 2 Flowchart รวมของระบบ

3. การทดลองการทำงาน

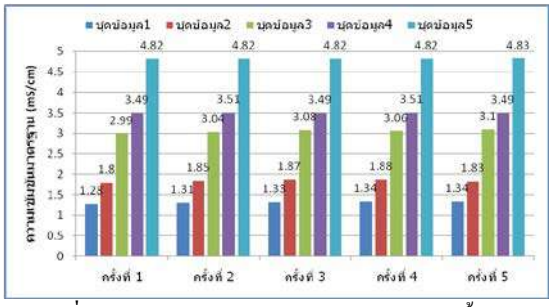
เมื่อนำเครื่องให้น้ำและปุ๋ยสำหรับไม้กระถางอัตโนมัติไปติดตั้งทดลองใช้งานจริงเพื่อทดสอบการทำงานในส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์ทั้งหมด เพื่อดูการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ว่าทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ตามระบบข้างต้นหรือไม่ เพื่อหาข้อผิดพลาดและจุดบกพร่องเพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาต่างๆ จากการทดสอบอุปกรณ์ สามารถทำงานตามเป้าหมายไม่ว่าจะเป็นการสั่งงานการทำงานของส่วนต่างๆ การรับผลและแสดงผล การทำงานของอุปกรณ์ Sensor ต่างๆ คือ Moisture Sensor, Temperature& Humidity Sensor, EC, pH Sensor การทำงานของ Pump, Keypad และการบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงใน SD Card โดยที่อุปกรณ์ทั้งหมดนี้สามารถที่จะทำงานร่วมกันได้ เป็นอย่างดี แสดงการทดลองติดตั้งและผลการทดสอบได้ดังรูปที่ 3 -7



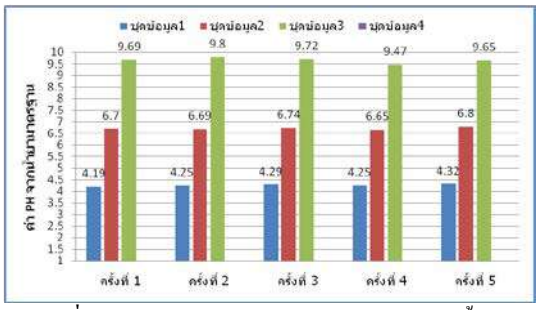
รูปที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทดสอบใช้งาน



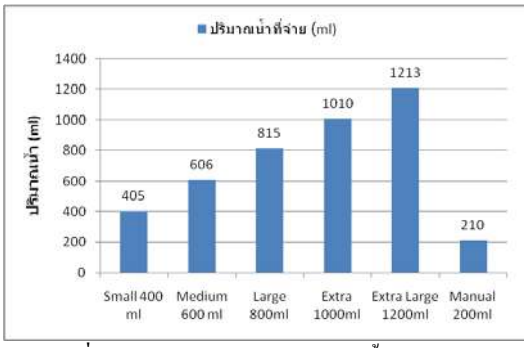
รูปที่ 4 การแสดงผลที่หน้าจอของระบบ



รูปที่ 5 กราฟผลการทดลองการวัดค่า EC เทียบกับน้ำยามาตรฐาน



รูปที่ 6 กราฟผลการทดลองการวัดค่า pH เทียบกับน้ำยามาตรฐาน



รูปที่ 7 กราฟผลการทดลองการปล่อยน้ำตามโปรแกรมกำหนด

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบระบบเครื่องให้น้ำและปุ๋ยสำหรับไม้กระถางอัตโนมัติ สามารถทำงานตามขอบเขตได้ ไม่ว่าจะเป็นการสั่งงานการทำงานของส่วนต่างๆ การรับผลและแสดงผล การทำงานของอุปกรณ์ Sensor ต่างๆ คือ Moisture Sensor, Temperature & Humidity Sensor (DHT11) ซึ่งจะมีค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิอยู่ที่ 2% ความชื้นอยู่ที่ 5%, EC Sensor สามารถทำการวัดค่าได้ตั้งแต่ 1mS/cm – 5mS/cm โดยอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีความผิดพลาดโดยรวมอยู่ที่ 6.47%, pH Sensor สามารถทำการวัดค่าได้ตั้งแต่ 1-14 มีความผิดพลาดโดยรวมอยู่ที่ 4.68%, Pump, Keypad และการบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงใน SD Card โดยที่อุปกรณ์ทั้งหมดนี้สามารถที่จะทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี

การทดลองการปล่อยน้ำ ผลที่ได้จากทดลองปรากฏว่าระยะของความสูงของสายยางจากระดับน้ำมีผลทำให้ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกมามีปริมาตรไม่เท่ากัน แล้วการทำงานของ Pump น้ำยังขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ซึ่งระดับแรงดันแต่ละระดับยังส่งผลต่อปริมาณของน้ำที่ทำการปล่อยออกมาจาก Pump น้ำด้วย ซึ่งด้วยสาเหตุเหล่านี้ทำให้การปล่อยน้ำมีค่าความผิดพลาดอยู่ในตัวของมันเอง โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองอยู่ในระดับที่เป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถปล่อยน้ำออกมาได้ในปริมาณที่ถูกต้องใกล้เคียงโดยมีความผิดพลาดโดยเฉลี่ยรวม 1.87 % และสามารถควบคุมการปล่อยน้ำให้เป็นไปตาม Profile การทำงานต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

[1] “การใช้งาน RTC (Real Time Clock) ด้วย DS1307”, Available: http://www.mind-tek.net/ds1307.php, [สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2555].

[2] ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ,”Precision Farming / Smart Farm”, Available: http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/i-sense/precision_farming.html, [สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2555].

[3] นายเกรียงไกร สุกใส, นางสาวจิตตรา สุขเกษม,นายประดิษฐ์ ย่านสากล,นายปิยะณัฐ ชื่นมงคล, “เครื่องควบคุมการผสมปุ๋ย การปลูกพืชไร้ดิน”, วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ, 13 มกราคม 2555.

[4] นายพิทักษ์ จิตรสำราญ, “เครื่องรดน้ำพืชผักสวนครัวอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์”, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, Available: http://dcms.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=35&RecId=604&obj_id=6019&showmenu=no [สืบค้นเมื่อ 19 กันยายน 2556]

[5] “รีเลย์ และ คอนแทกเตอร์ (Relay and Contrator)”, Available: http://enlic.atwebpages.com/doc/Trainning%20doc/Relay%20and%20contactor, [สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2556].

[6] Isabella. [cited 2009 Nov 24], “EC/TDS/PPM Meter On Limited Budget”, Available: http://www.octiva.net/projects/ppm/, [สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2556].

[7] “SD Card/Micro Adapter Pinout”,Available:http://www.tayloredge.com/reference/Interface/sdpinout.pdf, [สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2556]

[8] thaieasyelec, “แกะรอย LCD 3310 Nokia”,Available: http://www.thaieasyelec.com/Embedded-Electronics-pplication/how-to-use-lcd-3310-nokia-with-microcontroller.html, [สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2555].

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การศึกษาและพัฒนาเครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็ก

Study and Development Hot Air Corn Dehumidifier

อริยะ แสนทวีสุข[1], กันยาพร ไชยวงศ์[2], สิทธากร พลาอาด[2], วรรณิดา ชินบุตร[3]

นายธีระพงศ์ ก้อนคำ[4], นายบูชิต ปิตานุสร[4] และ นายวัชระ วณาลักษณ์[4]

[1]สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

[2]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

[3]สาขาการตลาด คณะบริหารธุรกิจและศิลปะศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

[4]นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

E-mail: ariya_en@yahoo.com[1], cchaiwong@hotmail.com[2] , Sitagone_rmutl@hotmail.com[2],nunjung_12@hotmail.com[3]

บทคัดย่อ

การศึกษาและพัฒนาเครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็ก มีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อพัฒนาเครื่องลดความชื้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อน ขนาดเล็กสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด โดยเป็นหนึ่งในแนวทางการแก้ไขปัญหาและการปรับปรุงคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรก่อนจำหน่าย และยังเป็นเครื่องมือที่อาศัยเทคโนโลยีอย่างง่าย สามารถปรับใช้ให้กับชุมชนได้ โดยมีหลักการทำงาน คือ การเป่าลมผ่านฮีทเตอร์ ซึ่งจะถูกปรับสภาพให้มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ทำให้เกิดการระเหยของน้ำออกจากเมล็ดพืชส่งผลให้มีความชื้นลดต่ำลง และสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องสีข้าวโพดหรือการป้อนวัตถุดิบด้วยแรงคน โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ โครงสร้างของเครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็กมีขนาดความจุ 1.2 ลูกบาศก์เมตร มีความสูง 1.5 เมตร ความยาว 0.8 เมตร ความกว้าง 0.8 เมตร มีฮีทเตอร์ขนาด 2,000 วัตต์ 3 ตัว เป็นตัวให้ความร้อน และการกระจายความร้อนด้วย พัดลม 3 เครื่อง มีการประยุกต์ใช้ อินเวอร์เตอร์ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์สั่น และระบบเซนเซอร์ตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องลดความชื้น ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็ก ทดสอบการปรับความเร็วลม 3 ระดับ ในการลดความชื้น 3 ช่วงอุณหภูมิ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าหากใช้ความเร็วลมระดับ 2 (3 เมตรต่อวินาที) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจะสามารถลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ค่าสูงสุด คือ 6.75 เปอร์เซ็นต์ (percent moisture content)

Abstract

Education and development Hot air corn dehumidifier. The main purpose is developing an air dehumidifier maize small heat for farmers. It is one of the solutions to the problems and improving the quality of agricultural products before selling. It is a simple technology and applicable to the community without difficulty. The general principle is blowing air through the heater which will be modified to have low humidity and hot. Cause the evaporation of water from the seeds and result in a lower humidity. The result, The structure of the dehumidifier has a capacity of 1.2 cubic meters. The height 1.5 meters, 0.8 meters in length and width 0.8 meters. A 2,000 watt heater on 3 units is for heating and heat dissipation by fan 3 units. The application inverter to control the speed of the motor, with internal temperature sensor and control dehumidifier. Performance test results of Hot air corn dehumidifier by test the wind speed all 3 levels and 3 condition of temperature is 50, 55 and 60 ° C. Found that if the wind speed is 2(3 m/s) at 60 ° C, can reduce the maximum moisture content of corn seeds is 6.75 percent moisture content.

***Keywords*:** hot air, corn dehumidifier, maize seeds, corn seeds

1. บทนำ

ในจังหวัดน่านพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ และมีการเพาะปลูกมากที่สุด คือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งมีผลผลิตรวมทั้งสิ้น 798,460 ตัน/ปี หรือคิดเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกถึง ร้อยละ 68.45 ในขณะที่พืชอาหารกลุ่มอื่นๆ มีผลผลิตรวมกันเพียง 368,025 ตันต่อปี หรืออาจเทียบได้ว่า การปลูกข้าวโพดในจังหวัดน่านมีปริมาณมากกว่าการปลูกพืชชนิดอื่นๆ ถึง 2.7 เท่า [1] ปัจจุบันเกษตรกรสามารถจำหน่ายข้าวโพดสำหรับเลี้ยงสัตว์ได้ในราคากิโลกรัมละ 6.00 – 9.00 บาท แต่ในสภาพปัญหาที่พบกับการควบคุมความชื้นของผลผลิตทำได้ยาก เนื่องด้วยฤดูการที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกหลักคือช่วงต้นฤดูฝน โดยข้าวโพด ที่เก็บเกี่ยวได้จากการปลูกต้นฤดูฝนนี้คุณภาพของเมล็ดต่ำ ทั้งนี้เพราะเมล็ดเก็บเกี่ยวที่ความชื้นสูง ทำให้เกิดเชื้อรา ซึ่งสร้างสารพิษ อะฟลาท้อกซิน ทำให้เมล็ดข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวจากการปลูกต้นฤดูฝน มีสารพิษนี้ในปริมารสูง จึงยากต่อการปรับลดความชื้นของผลผลิตให้ได้ตามต้องการ หรือต้องใช้เวลาในกระบวนการลดความชื้นค่อนข้างมาก ดังนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่จึงเลือกที่จะขายผลผลิตที่มีคุณภาพต่ำในราคาถูก ส่งผลให้เกษตรกรต้องเผชิญปัญหาราคาผลผลิตตกต่ำ และสูญเสียรายได้ที่จะนำไปใช้ในครัวเรือน

การพัฒนาเครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อน เป็นหนึ่งแนวทางในการแก้ไขปัญหาเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรก่อนจำหน่าย ซึ่งนอกจากจะนำมาใช้ทดแทนวิชาการลดความชื้นแบบการตากแห้งโดยธรรมชาติ หรือการตากแห้งผลผลิตในลานตาก ที่มักจะมีข้อจำกัดในด้านฤดูกาล และการปนเปื้อนของผลผลิตแล้ว เครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อน ยังเป็นเครื่องมือที่อาศัยเทคโนโลยีอย่างง่าย สามารถปรับใช้ให้กับชุมชนได้ไม่ยุ่งยาก โดยมีหลักการทำงานโดยทั่วไป คือ การเป่าลมที่ได้รับความร้อนจากฮีทเตอร์ ซึ่งจะถูกปรับสภาพให้มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ผ่านผลิตทำให้เกิดการระเหยของน้ำออกจากเมล็ดพืช และส่งผลให้มีความชื้นลดต่ำลง

จากสภาพปัญหา และแนวทางการปรับปรุงเทคโนโลยีที่เหมาะสม ในงานวิจัยนี้จึงให้ความสนใจที่จะศึกษา และพัฒนาเครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็ก โดยเป็นการพัฒนาต่อยอดจากโครงงานทางเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน[2] ที่สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องสีข้าวโพดหรือการป้อนวัตถุดิบด้วยแรงงานคน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการจำหน่ายในราคามาตรฐาน เพื่อช่วยเหลือด้านรายได้ผลผลิตให้กับกลุ่มเกษตรกรและเพื่อศึกษาผลของการใช้งานจริง วิเคราะห์และสรุปผล พร้อมเสนอแนะวิธีการปรับปรุงเครื่องมือสำหรับการลดความชื้นต้นแบบ เพื่อเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมให้กับชุมชนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด ต่อไป

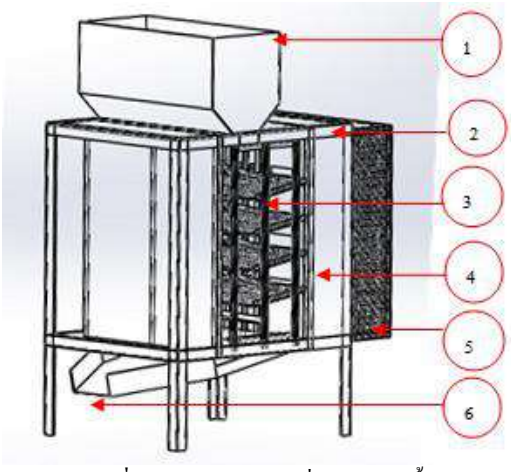
2. วิธีการและอุปกรณ์

2.1 วิธีการ

เครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็กเป็นอุปกรณ์ที่สามารถลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดได้โดยใช้ลมร้อนที่ใช้แหล่งพลังงานมาจากฮีทเตอร์ควบคุมด้วยกล่องควบคุมที่มีการประยุกต์ใช้ระบบเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์โดยสามารถปรับระดับอุณหภูมิและมีการใช้อินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์สั่นสะเทือน และมีหลักการทำงานโดยการส่งผ่านพลังงานด้วยการพาความร้อนของอากาศโดยมีพัดลมเป็นตัวบังคับทิศทางลม ตัวเครื่องถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กเพื่อให้เหมาะกับสภาพการใช้งานของกลุ่มเกษตรกร มีน้ำหนักไม่มากนักและสามารถเคลื่อนย้ายได้ด้วยล้อเลื่อน ทั้งนี้เครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็กนี้ ยังสามารถใช้งานนอกสถานที่หรือบริเวณลานตากเมล็ดข้าวโพดได้อีกด้วย

2.2 อุปกรณ์

โครงการนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็กตามหลักการข้างต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือโครงสร้างของเครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็กมีขนาดความจุ 1.2 ลูกบาศก์เมตร มีความสูง 1.5 เมตร ความยาว 0.8 เมตร ความกว้าง 0.8 เมตร มีฮีทเตอร์ขนาด 2,000 วัตต์ 3 ตัว เป็นตัวให้ความร้อน และการกระจายความร้อนด้วย พัดลม 3 เครื่อง และสามารถแสดงแบบโครงสร้างตาม รูปที่ 1 - 2 และรายการอุปกรณ์ตามตารางที่ 1.



รูปที่ 1. แบบโครงสร้างเครื่องลดความชื้น

ตารางที่ 1. รายการอุปกรณ์เครื่องลดความชื้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

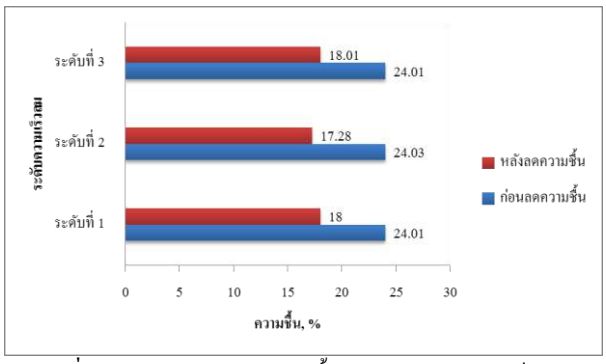
หมายเลขที่	ชื่อส่วนประกอบ
1	ถังเก็บเมล็ดข้าวโพด
2	โครงสร้างของเครื่องฯ
3	ตะแกรงกันเมล็ด
4	ห้องความร้อน
5	ฝาครอบพัดลม
6	ถาดทางออกเมล็ดข้าวโพด



รูปที่ 2. เครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็ก

3. ผลการทดสอบสมรรถนะ

ทำการทดสอบโดยมีเงื่อนไข 2 เงื่อนไข คือ 1) ความเร็วลม มี 3 ระดับ 2) อุณหภูมิในการอบแห้ง มี 3 ระดับ คือ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส โดยมีผลการทดสอบที่ได้ค่าการลดความชื้นที่ดีที่สุด คือ การทดลองที่ใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. การทดสอบการลดความชื้นในแต่ละระดับความเร็วลม ณ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 3 พบว่าเครื่องลดความชื้นสามารถลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดลงได้ โดยเมื่อปรับอุณหภูมิภายในห้องลดความชื้นที่ 60 องศาเซลเซียส และผลการทดสอบพบว่าเมื่อใช้ระดับความเร็วลมที่ระดับ2 (3 m/s) จะลดความชื้นของข้าวโพดได้มากกว่าเมื่อใช้ ระดับ 1 (2 m/s) และระดับ 3 (4 m/s) โดยสามารถลดความชื้นได้เท่ากับ 6.75 เปอร์เซ็นต์ 6.01 เปอร์เซ็นต์ และ 6.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4. การนำไปใช้ประโยชน์

สามารถนำเครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็กไปใช้งานจริงกับเกษตรกร ซึ่งถือเป็นการส่งเสริมการพัฒนางานวิจัยสู่ชุมชน ด้านการปรับปรุงคุณภาพและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก่อนจำหน่าย โดย ณ ปัจจุบันคณะผู้ดำเนินโครงการได้ลงพื้นที่ บ้านพาน ต.แงง อ.ปัว จ.น่าน เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ในการลดความชื้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และผลผลิตทางการเกษตร โดยได้รับความร่วมมือจากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างดี และปัจจุบันยังอยู่ในช่วงดำเนินโครงการและติดตามผล ดังแสดงได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการลดความชื้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ณ บ้านพาน ต.แงง อ.ปัว จ.น่าน

5. สรุป

โครงการนี้ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนขนาดเล็ก ที่สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องสีข้าวโพดหรือการป้อนวัตถุดิบด้วยแรงงานคน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการจำหน่ายในราคามาตรฐาน ช่วยเหลือด้านรายได้ผลผลิตให้กับกลุ่มเกษตรกรและการศึกษาผลการใช้งานจริง มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนและการสรุปผล เพื่อเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมให้กับชุมชนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดน่านต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่ได้สนับสนุนงบประมาณเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานพาณิชย์จังหวัดน่าน. http://pcoc.moc.go.th/wappPCOC/55/ [สืบค้นเมื่อ ธันวาคม 2556]

[2] ธีระพงค์ ก้อนคำ, บูชิต ปิตานุสร และวัชระ วณาลักษณ์, 2556. เครื่องลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบลมร้อนที่ให้ความร้อนโดยฮีทเตอร์. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

หัวข้อ P02 เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ และสิ่งแวดล้อม

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

Electromagnetic Absorber Made by Natural Rubber: Parameter Studies

Montree SAOWADEE[1], Kiadtisak SALAYONG[2], Karnthidaporn WATTANAKUL[3] and Titipong LERTWIRIYAPRAPA[2]

[1] Thai-German Graduate School of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[2]Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[3]College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok

E-mail: m.saowadee@gmail.com[1], ttp@kmutnb.ac.th[2]

บทคัดย่อ

This research presents design and fabrication of an electromagnetic (EM) absorber made by natural rubber. The advantage of this research is to reduce number of imported EM absorbers and to increase value-added natural rubber. The proposed absorber in the research is mainly made from natural rubber with carbon black filler for absorbing an EM wave so that it is in the form of rubber foam which provides suitable characteristics to be used as an EM absorber. The results of this research are 10 chemical formulas from fabrications of rubber foam with carbon black filler via the preparation of master batch method. In order to study the effect of interested parameters, the 24 natural rubber foams are fabricated with various amounts of carbon black and thickness. The transmission coefficient S_{21} is measured to study the effect of the interested parameters. The knowledge obtained from this work will be very useful for the future research.

***Keywords*:** Electromagnetic Absorber, Natural rubber, Electromagnetic wave

1. Introduction

Thailand's total rubber-plantation area is about 2.7 million hectares. Rubber farms produce total of 10 million tons of rubber annually. Currently, 95% of exported natural rubber from Thailand is raw natural rubber. This leads Thailand to miss an opportunity to gain additional revenue from exporting rubber products, which generates only US$4 (THB 120) per kilogram compared with the price of a single car tire of up to US$100 (THB 3,000). It is necessary to increase value-added natural rubber. Also EM absorbers as shown in Fig. 1 have widely used in many electronic devices, RFID application, RF anechoic chamber, etc. In Thailand, most of the EM absorbers are imported with very high cost [1]. It is of interested to design and fabricate an EM absorber made by natural rubber in order to increase value-added natural rubber and to reduce the number of imported EM absorber. The proposed EM absorber is mainly used natural rubber, Standard Thai Rubber (STR5L), from Thai farmers together with chemical fillers such as conductive carbon black, Azodicarbonamide (ADC), and Dicumyl peroxide (DCP). Those chemical fillers allow one to make the STR5L to be an EM absorber which has the characteristic of absorbing EM energy and has physical property closed to foam. In order to study the effect of interested parameters, the 24 natural rubber foams are fabricated with various amounts of carbon black and thickness. The transmission coefficient S_{21} is measured to study the effect of the interested parameters. The knowledge obtained from this work will be very useful for the future research for commercial EM absorber later.

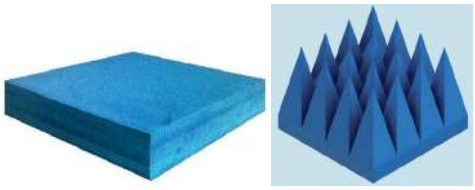


Fig.1 Commercial EM absorber made by urethane foam loaded with conductive carbon black

2. Parameter study

To study the effect of carbon black filler to the EM absorption rate, the amount of carbon black is varied from 0 phr to 60 phr based on [2] as shown in Figs 2-11. The phr denotes part per hundred rubbers. When the amount of carbon black is more than 40 phr, it is considered to be high loading. Thus one uses a technique in [3] for preparing masterbatch in an internal mixer, providing good integration of carbon black in the rubber matrix and hence the high bound rubber content. A masterbatch for rubber formulating composes of a mixture of rubber and one or more additives, such as carbon black, in high concentrations. Furthermore, the effects of thickness of compounded rubbers are also studied by varying thickness of compounded rubbers before and after forming. It is noted that the compounded rubber after forming will become the proposed EM absorber made by natural rubber. Figs. 2-11 show the natural rubber foam from various amounts of carbon black filler with 5 mm compounded rubber before forming



Fig. 2 Natural Rubber foam 17 millimeter thick with 0 phr carbon black filler



Fig. 3. Natural rubber foam 21.24 millimeters thick with 10 phr carbon black filler



Fig. 4 Natural rubber foam 19.24 millimeters thick with 20 phr carbon black filler



Fig. 5 Natural rubber foam 20.4 millimeters thick with 30 phr carbon black filler



Fig. 6 Natural rubber foam 18.44 millimeters thick with 35 phr carbon black filler



Fig. 7 Natural rubber foam 15 millimeters thick with 40 phr carbon black filler



Fig. 8 Natural rubber foam 13.68 millimeters thick with 45 phr carbon black filler



Fig. 9 Natural rubber foam 11.2 millimeters thick with 50 phr carbon black filler



Fig. 10 Natural rubber foam 10 millimeters thick with 55 phr carbon black filler



Fig. 11 Natural rubber foam 9.12 millimeters thick with 60 phr carbon black filler

3. Measurement of transmission of the proposed absorber

The measurement of transmission is set up as shown in Fig. 12 by using two open ended waveguides with cutoff frequency at 6 GHz. The transmission S_{21} is measured via network analyzer. It is found in the Fig. 13 that the sponge made by polyurethane without carbon black has the transmission closed to air as expected but the natural rubber foam without carbon black absorbs some of EM energy. This means that it is possible to use the natural rubber form to be an EM absorber.

In order to study the effect of the proposed EM absorber made by natural rubber to EM wave, the transmission coefficient of the various samples of EM absorbers made by different formulas are measured as shown in Fig. 14-18 where Cxx denotes amout of carbon black in xx phr, TFyy is thickness of compound rubber in yy millimeter and TSzz represents thickness of natural rubber foam in zz millimeter. It is found that the more amount of carbon black, the more absorption of EM energy and the thicker the natural rubber absorber, the more absorption rate as expected. However thickness of compound rubber before forming does not play a significant role to the absorption EM energy as shown in Fig. 18.

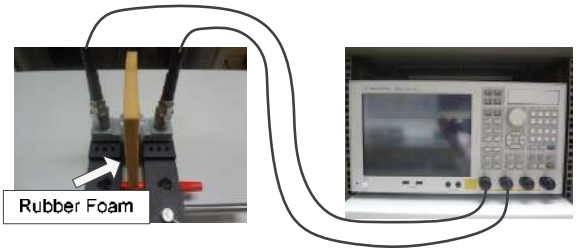


Fig. 12 Measurement set up

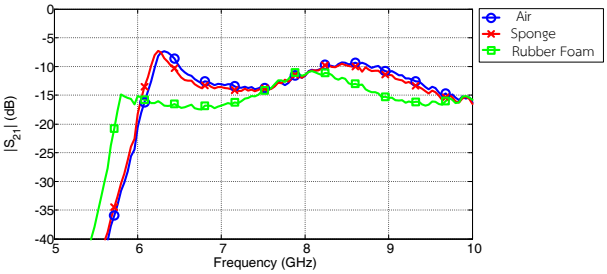


Fig. 13 Comparison of transmission from air, polyurethane foam and natural rubber foam without carbon black

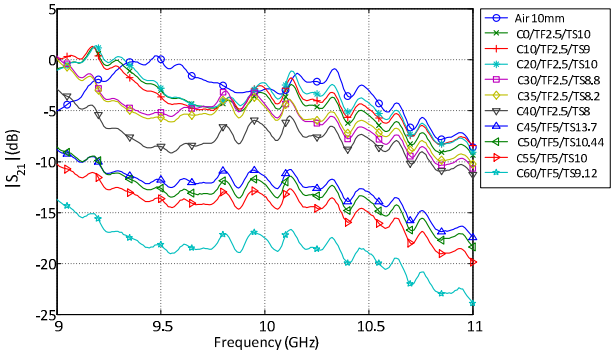


Fig. 14 Transmission of various natural rubber absorbers

4. Conclusion

The study of design and fabrication of an EM absorber made by natural rubber is presented in this paper. It is found that it is possible to use the natural rubber STR5L with chemical fillers to fabricate an EM absorber. The amount of carbon black and the thickness of natural rubber absorber play an important role for absorbing EM energy. However, the thickness of compounded rubbers before forming does not significantly effect to the absorption of EM energy.

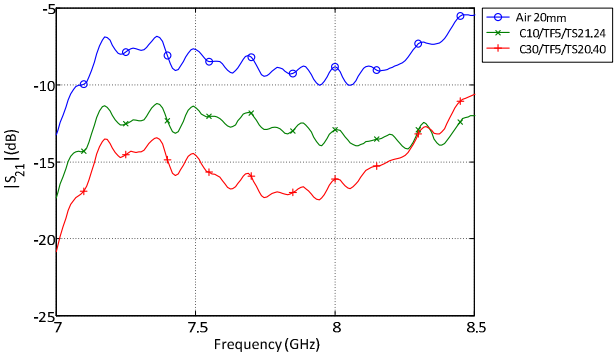


Fig. 15 Effect of amount of carbon black in natural rubber foam against air

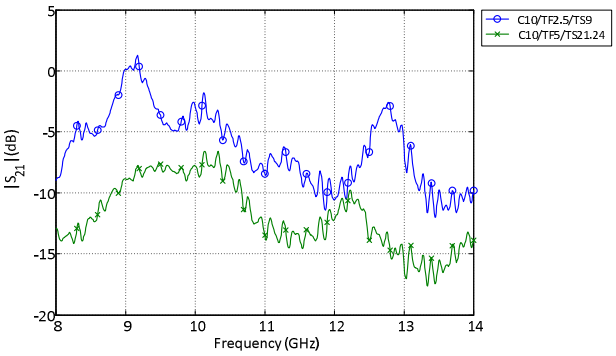


Fig. 16 Effect of thickness of natural rubber foam with 10 phr carbon black filler

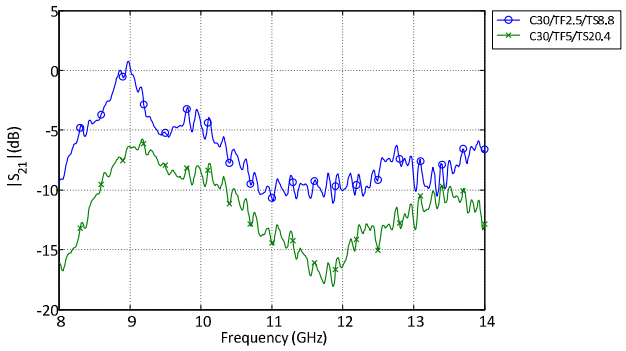


Fig. 17 Effect of transmission rate against thickness of natural rubber foam with 30 phr carbon black filler

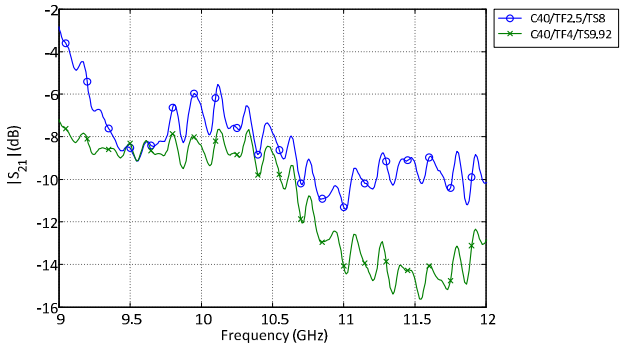


Fig. 18 Effect of transmission rate against thickness of compounded rubber before forming with 40 phr carbon black filler

5. Acknowledgement

This work is funded by the Thailand Research Fund under contracts of RDG5550062 and RDG5650094. The authors would like to thanks Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok and Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang for providing all equipments in this research.

Reference

[1] Cuming Microwave. "An Introduction To Anechoic Chamber," Application Note 300-1. [Online]. Available www.cumingmw.com

[2] E. J. Zachariah and other, "Microwave Absorbing Material Using Rubber & Carbon," IJPAP, Vol.18, No.3, 1980, pp.216-218.

[3] A. Boonchuay, "Electromagnetic Interference Shielding Material Made from Natural Rubber," Master Thesis, Polymer Science and Technology, Prince of Songkla University, 2005

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การพัฒนาเทคโนโลยีกระตุ้นไฟฟ้า “เดินดี” สำหรับแก้ปลายเท้าตกในประเทศไทย

Development of FES for Foot-Drop Correction “DearnDee” in Thailand

จิรวัฒน์ จิตประสูตวิทย์[1], รติกร ชัยวัฒนธรรม[2], ผศ.ดร.เชง เลิศมโนรัตน์[3]

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: jjitprasutwit@gmail.com[1], ratikorn26@gmail.com[2], egzlm@mahidol.ac.th[3]

บทคัดย่อ

Functional Electrical Stimulation (FES) คือการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าเพื่อให้เกิดการทำงาน สามารถใช้บำบัดผู้ป่วยทางระบบประสาท เช่น การกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อยกปลายเท้าขณะก้าวเดิน สำหรับช่วยผู้ป่วยอัมพฤกษ์ที่มีอาการปลายเท้าตก เทคโนโลยีนี้พัฒนามากว่า 60 ปีแต่ไม่แพร่หลายในประเทศไทย การนำเข้าเทคโนโลยีนี้เพื่อนำไปใช้กับผู้ป่วยปลายเท้าตกที่จำเป็นมีค่าใช้จ่ายค่าเครื่องมือสูงมาก ราคาเฉลี่ยของเครื่องนำเข้าประมาณ 1 แสนบาท ซึ่งไม่เหมาะสมกับสังคมไทย มหาวิทยาลัยมหิดลเล็งเห็นถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีนี้ต่อสังคมไทย จึงได้รวมกลุ่มนักวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อร่วมมือกันพัฒนาเทคโนโลยีกระตุ้นไฟฟ้านี้ขึ้น

Abstract

Functional electrical stimulation (FES) has helped neurological disorder patients to correct foot-drop symptom and regain some lost functions for over six decade. Nonetheless, this technology still does not exist in Thailand. The high cost of imported devices makes it unaffordable for most Thais. The purpose of this project is to develop the FES technology for the country. This project is initiated by multidisciplinary afford among researchers at Mahidol university.

***Keywords*:** FES; Foot drop; Electrical stimulation; Rehabilitation; Stroke; Hemiplegic

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ประเทศไทยนั้นได้มีผู้ป่วยโรคอัมพาต (Paralysis) จากโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตเป็นอันดับสามในประเทศไทย [1] แต่ถ้าความเสียหายไม่ถึงกับเสียชีวิตนั้น ผู้ป่วยจะไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ เนื่องจากเนื้อสมองตายกลายเป็นอัมพาต ถึงแม้จะเข้ารับการรักษาทางกายภาพบำบัด แต่ยังมีผู้ป่วยจำนวนมากที่ไม่สามารถเดินได้เหมือนคนปกติ เนื่องจากภาวะปลายเท้าตก (Foot drop) เนื่องจากการกายภาพบำบัดกล้ามเนื้อส่วนปลายเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก และไม่ได้กายภาพบำบัดกล้ามเนื้อส่วนนี้ตั้งแต่เนิ่นๆ ภาวะปลายเท้าตก (Foot drop) เกิดจากกล้ามเนื้อบริเวณหน้าแข้ง (Tibialis Anterior) ไม่หดตัวในจังหวะก้าวเดิน

Functional Electrical Stimulation (FES) คือการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าเพื่อให้เกิดการทำงาน สามารถใช้บำบัดผู้ป่วยทางระบบประสาท ซึ่งสามารถทำให้กล้ามเนื้อเกิดการทำงาน และเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นการรักษาที่มีประสิทธิภาพ แต่ยังไม่มีการนำระบบนี้มาใช้ในประเทศไทย การนำเข้าเทคโนโลยีนี้เพื่อนำไปใช้กับผู้ป่วยปลายเท้าตกที่จำเป็นมีค่าใช้จ่ายค่าเครื่องมือสูงมาก ราคาเฉลี่ยของเครื่องนำเข้าประมาณ 1 แสนบาท ปัจจุบันจะรักษาโดยการกายภาพบำบัด และการใช้เฝือกอ่อนล็อคข้อเท้า (AFO: Ankle foot orthotics) ถ้าใช้ติดต่อกันนาน กล้ามเนื้อและเอ็นจะเกิดความเสียหายรีบฝ่อลงไปในที่สุด [2]

2. การออกแบบ

เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น เพื่อแก้ปลายเท้าตกได้ถูกพัฒนาขึ้น ใช้ชื่อว่าเครื่อง “เดินดี” ซึ่งทำให้คนไข้สามารถเดินได้ใกล้เคียงคนปกติมากขึ้นตัว ตัวเครื่องเดินดีออกแบบให้ใช้งานได้ง่าย ตัวเครื่องจะมีไฟแสดงสถานะ 1ดวง และปุ่มเพียง1ปุ่ม ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน และออกแบบให้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา เครื่องเดินดีมีขนาดเล็กที่สุดเมื่อเทียบกับเครื่องลักษณะเดียวกัน โดยมีขนาดเพียงกล่องไม้ขีด (ดังรูปที่1)

ขั้วกระตุ้นเดินดีจะเป็นขั้วกระตุ้นถาวรใช้เจลนำไฟฟ้าหรือน้ำสะอาดในการใช้นำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่เส้นประสาท สามารถนำไปทำความสะอาดแล้วกลับมาใช้ใหม่

เซนเซอร์เดินดีติดตั้งบริเวณส้นเท้า ออกแบบให้มีความทนทานแข็งแรง รองรับแรงกดได้ และมีความแม่นยำสูง สามารถตรวจจับการยกของส้นเท้าได้



รูปที่ 1. ส่วนประกอบของเดินดี 1.ขั้วกระตุ้น 2.เครื่องเดินดี 3.เซนเซอร์

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

3. การติดตั้งและใช้งาน

เครื่องเดินดีประกอบด้วย 1.เครื่องเดินดี 2.เซนเซอร์ วางใต้ส้นเท้า 3.ขั้วกระตุ้น (ดังรูปที่1) ติดบริเวณด้านข้างหัวเข่า (ดังรูปที่2) สำหรับกระตุ้นเส้นประสาทเพื่อยกปลายเท้า ในจังหวะก้าวเดิน (swing phase) เซนเซอร์ตรวจจับการยกรอยของส้นเท้า และส่งสัญญาณไปบอกเครื่องฯ ให้กระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อยกปลายเท้าขึ้น ตามจังหวะก้าวเดิน การทำงานของเครื่องเดินดี เครื่องจะมีโหมดการทำงาน 2 โหมดคือ 1. โหมดเดิน 2. โหมดออกกำลัง ซึ่งเครื่องเดินดีสามารถใช้ในขณะเดิน ทำให้จังหวะการเดินกล้ามเนื้อจะหดตัว ปลายเท้าจะกระดกขึ้น เดินได้ง่ายขึ้น เครื่องเดินดีมีระดับความแรงด้วยกัน 5 ระดับ สามารถปรับระดับความแรงได้โดยการกดปุ่มที่ตัวเครื่อง เครื่องเดินดีสามารถใช้งานต่อเนื่องได้ประมาณ 6 ชั่วโมง แบตเตอรี่เป็นแบบชาร์ทได้ มีไฟ LED สำหรับบอกสถานะเครื่องและระดับของแบตเตอรี่ นอกเหนือจากการช่วยอาการปลายเท้าตกขณะเดิน เครื่องเดินดีสามารถใช้สำหรับเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อตามจุดต่างๆของร่างกายได้โดยการใช้โหมดออกกำลังกาย (ดังรูปที่3)



รูปที่ 2. แสดงการติดตั้งเดินดี และรูปการกระดกปลายเท้าเมื่อส้นเท้ายก



รูปที่ 3. แสดงการติดตั้งเดินดีบริเวณกล้ามเนื้อช่วงแขน

4. การผลิตและการดำเนินการ

ปัจจุบัน เครื่องเดินดีเข้าสู่กระบวนการผลิตกว่า 500 เครื่อง มีคนไข้นำไปใช้งานจริงกว่า 300 ราย โดยการคัดกรองคนไข้ ก่อนนำเครื่องเดินดีไปใช้โดยผ่านทางโรงพยาบาลในเครือของมหาวิทยาลัยมหิดล ส่วนใหญ่จะเป็นผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง ที่มีอาการปลายเท้าตก สามารถเดินเองได้บ้าง กล้ามเนื้อสมบูรณ์ และไม่เกร็งมากเกินไป ในช่วงแรกของเดินดีทางทีมได้เปิดให้คนไข้ทดสอบกับทางทีมโดยตรงเพื่อจะได้ทราบปัญหาและข้อคิดเห็นของคนที่ใช้จริงๆ จากนั้นได้ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยมหิดลในการจัดโครงการ “มหิดลเพื่อพ่อหลวง” (ดังรูปที่4) จัดแจกเครื่องเดินดีจำนวน 85 เครื่องให้กับคนไข้ใน รพ.ในเครือของมหิดล จึงทำให้รพ.ในเครือมหิดลเป็นศูนย์ทดสอบและจำหน่ายในปัจจุบัน



รูปที่ 4. คนไข้ที่สนใจทดสอบเดินดีและรูปงาน “มหิดลเดินดีเพื่อพ่อหลวง”

5. แผนอนาคต

ปัจจุบันศูนย์ทดสอบและจำหน่ายเครื่องเดินดี อยู่ในกรุงเทพฯ คนไข้ต่างจังหวัดไกลๆ จะเดินทางค่อนข้างลำบาก ดังนั้นเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ป่วยทั่วประเทศ จึงได้จัดโครงการ “มหิดลเดินดีทั่วไทย” โดยการมอบเครื่องเดินดีให้กับโรงพยาบาลประจำจังหวัดทั่วประเทศ จังหวัดละ 3 เครื่อง รวมทั้งสิ้นกว่า 230 เครื่อง ภายในปี 2557 ทีมจะเดินทางไปอบรมการใช้งานให้แก่โรงพยาบาลศูนย์ 25 แห่งเพื่อกระจายให้จังหวัดข้างเคียงโรงพยาบาลศูนย์ต่อไป ช่วยให้ผู้ป่วยสามารถทดลองใช้งานเครื่องในจังหวัดที่อาศัยอยู่ โดยไม่ต้องเดินทางเพื่อมารับการทดสอบที่กรุงเทพฯ โครงการเดินดีได้รับการสนับสนุนทั้งภาครัฐ เอกชน และบุคคลทั่วไป เพื่อร่วมผลักดันในงานวิจัยไทยสู่การนำไปใช้ประโยชน์จริงกับสังคมไทยวงกว้าง เป็นรูปแบบการวิจัยพัฒนาและนำไปใช้ประโยชน์จริงอย่างครบวงจร ที่ช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตคนไทยในวงกว้างอย่างทั่วถึง



รูปที่ 5. เดินดีทั่วไทย ได้รับการสนับสนุนทั้งภาครัฐ, เอกชน, บุคคลทั่วไป

6. กิตติกรรมประกาศ

เครื่องเดินดี ถูกพัฒนามากว่า 2ปี จึงเริ่มมีการผลิตเพื่อนำไปให้ใช้งานจริง ซึ่งสำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.เซง เลิศมโนรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยให้คำปรึกษา ให้แนวความคิดข้อแนะนำต่างๆ ในการทำโครงการ ตลอดจนการตรวจทานในทุกขั้นตอน ส่งผลให้โครงการเดินดีนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

เอกสารอ้างอิง

[1] นายแพทย์ไพโรจน์ บุญคงชื่น. “อัมพาตจากโรคหลอดเลือดสมอง”. คณะแพทย์ศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

[2] สมชาย รัตนทองคำ. “การกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทด้วยกระแสไฟฟ้า”. ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ ม.ขอนแก่น.

[3] DearnDee Website. http://www.dearndee.com

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องทดสอบความเร็วในการเคลื่อนไหวของแขนร่วมกับการตัดสินใจจากสมองของมนุษย์

Speed Testing of Arm Movement Together with The Decision Making from The Human Brain

วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์[1], ประเสริฐ นามเวช[1†], ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส[2††]

[1]สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

[2]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิชาอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

[3]สาขาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

[†]Email: [1]wannaree.wo@rmuti.ac.th, [2]Dekwidsawa@hotmail.co.th, , [3]sasiphan_w@yahoo.com

E-mail: email1@rmutl.ac.th[1], email2@rmutl.ac.th[2], email3@gmail.com[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบความเร็วในการเคลื่อนไหวของแขนร่วมกับการตัดสินใจที่มีการสั่งการจากสมองของมนุษย์ โดยมีการออกแบบโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ที่ให้ผู้ทำการทดสอบได้มีการวิเคราะห์และตัดสินใจจากการแสดงสัญญาณไฟของหลอดแอลอีดีทั้งหมด 9 จุดที่เชื่อมต่อกับสวิตช์ปิด-เปิด ที่ควบคุมสวิตช์และการแสดงสัญญาณไฟโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A ส่งผลการทดสอบไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต RS-232 การสั่งงานทั้งหมดของฮาร์ดแวร์จะถูกควบคุมโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถกำหนดรูปแบบการแสดงสัญญาณไฟได้ใน 3 ลักษณะคือ แบบวนรอบ แบบสลับ และแบบสุ่ม ผลการตอบสนองจะถูกเก็บลงในฐานข้อมูล และสามารถนำไปประมวลผลผ่านทางซอร์ฟแวร์เพื่อนำไปประเมินและวิเคราะห์สมรรถนะในการเคลื่อนไหวของแขนร่วมกับความเร็วในการตัดสินใจที่มีการสั่งงานผ่านสมองได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้เก็บผลการทดสอบจากคนปกติทั่วไปเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการนำไปเปรียบเทียบกับกลุ่มผู้ป่วยที่มีความผิดปกติที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว และความผิดปกติที่เกิดจากการตัดสินใจประมวลผลจากสมอง

Abstract

This paper presents the design and construction of the speed testing of the arm movement together with the decision of the human brain. The structural design of the hardware has been designing for the human were analyzed and decision via LED lamps in 9 points that connect to the switches on-off. The switches and the LED lamps are controlled by microcontroller PIC 16F877A and send the test results to a PC via the RS-232. All of the hardware commands are controlled by a computer program that will be determined the display format signal in 3 characteristic as follows: loop type, switch type, and random type. The results could be processed by software to evaluate and analyze the performance of arm movement as well as the decision speed making are controlled via a brain. In this research, collecting data from normal people will be a database for comparison to the group of patients with movement disorders or disorder caused by the brain's evaluation.

***Keywords*:** speed testing, arm movement, human brain, microcontroller

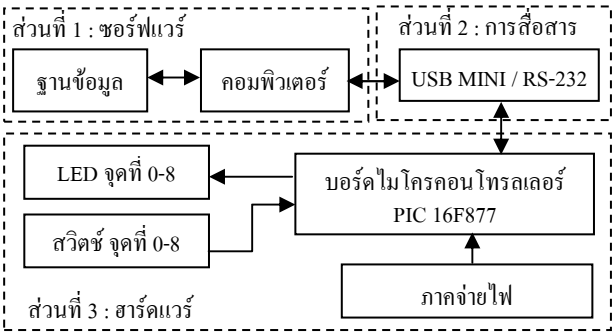
1. บทนำ

ในปัจจุบันมีผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับสมองเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งลักษณะของอาการป่วยมักส่งผลกระทบกับปฏิกิริยาการตอบสนองกับสิ่งต่าง ๆได้ช้าลง มีปัญหากับการสื่อสาร เนื่องจากความรวดเร็วในการตัดสินใจที่ลดลง ซึ่งการรักษาด้วยการใช้ยาสามารถช่วยกระตุ้นให้ร่างกายมีปฏิกิริยาตอบสนองที่เร็วขึ้นได้ การทดสอบความไวในการตัดสินใจด้วยการตอบสนองสามารถทำได้ในหลายรูปแบบ เช่น งานวิจัยของ Reza Shamehr และคณะเมื่อปี 1994 [1] ได้ทำการศึกษาการควบคุมการเคลื่อนที่ของวงแขนตามจุดต่างของระบบประสาท ผลการทดลองพบว่าการเคลื่อนที่ของวงแขนจะมีประสิทธิภาพได้นั้น ผู้ทดลองจะต้องได้รับการแนะนำรูปแบบการเปลี่ยนของจุดต่าง ๆ อย่างชัดเจน จะช่วยให้ผู้ทดลองจะสามารถใช้ความคิดใต้จิตสำนึกวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนของจุดเคลื่อนที่ของวงแขนเองได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เมื่อปี 1998 D.P. Munoz และคณะ [2] ได้ทำการวัดความเร็วจากปฏิกิริยาการตอบสนองของตาที่มีการสั่งการจากจิตใต้สำนึกจากผู้ทดสอบในกลุ่มอายุต่างๆ ซึ่งพบว่า กลุ่มอายุ 20-30 ปีจะมีการตอบสนองเร็วที่สุด ในขณะที่กลุ่มอายุ 60-79 ปีจะมีการตอบสนองช้าที่สุด ซึ่งในงานวิจัยของ AC Nobre และคณะ [3] ได้ทำการศึกษากระบวนการรับรู้ชั่วขณะของสมองภายใต้การจับเวลาที่ชัดเจน คือการจับเวลาขณะที่ผู้ทดลองสามารถคาดคิดต่อเหตุการณ์ที่ต่อเนื่องได้ และการจับเวลาโดยปริยาย คือการจับเวลาแบบฉับพลันทันทีที่สามารถก่อให้เกิดการคาดคิดที่ถูกสร้างขึ้นนอกเหนือจากการได้รับคำแนะนำก่อนทำการจับเวลาของการทดสอบ และในงานวิจัยของ Ali-Akbae และคณะ [4] ได้ใช้เกมคอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือในการทดสอบประสิทธิภาพการเรียนรู้ในรูปแบบที่ซับซ้อนของสมองมนุษย์ ด้วยการจับเป้าหมายที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในเคลื่อนที่ และเก็บข้อมูล

จากงานวิจัยต่าง ๆ จะเห็นได้ว่า ความเร็วในการเคลื่อนไหวของร่างกายจะมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจของสมอง ซึ่งเครื่องทดสอบใน

รูปแบบต่าง ๆ จะสามารถนำมาช่วยในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายร่วมกับสมอง งานวิจัยนี้ได้สร้างเครื่องมือที่สามารถใช้ในการวัดความสามารถในการตัดสินใจ ร่วมกับความไวในการเคลื่อนที่ของแขน โดยทำการทดสอบจากกลุ่มผู้ทดสอบที่มีสภาพร่างกายปกติ โดยแบ่งออกเป็นช่วงอายุต่าง ๆ ได้แก่ ช่วงอายุน้อยกว่า 20 ปี อายุ 20-40 ปี อายุ 41-60 ปี และอายุมากกว่า 60 ปี โดยมีการกำหนดรูปแบบการเคลื่อนไหวของแขนตามสัญญาณไฟใน 3 รูปแบบ คือ แบบวนรอบ แบบสลับ และแบบสุ่ม ซึ่งโปรแกรมจะทำการเก็บค่าเวลา เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์การตอบสนอง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการรักษา หรือประเมินความผิดปกติของร่างกายได้ต่อไป

2. การออกแบบเครื่องทดสอบ



รูปที่ 1. บล็อกไดอะแกรมการเชื่อมต่อทางฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ของเครื่องทดสอบ

การออกแบบเครื่องทดสอบความไวในการเคลื่อนไหวของแขนร่วมกับการตัดสินใจจากสมองมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประยุกต์ และโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ที่ใช้ควบคุมปุ่มกดสวิตช์ และสัญญาณไฟ โดยมีบล็อกไดอะแกรมการเชื่อมต่อทางฮาร์ดแวร์ดังรูปที่ 1 ซึ่งแบ่งส่วนของการอธิบายการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.1 การออกแบบซอฟแวร์คอมพิวเตอร์



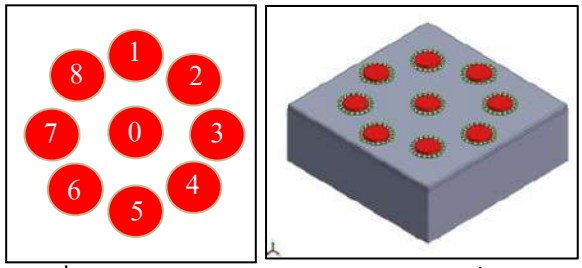
รูปที่ 2. หน้าต่างของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประยุกต์

ในการออกแบบซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ จะมีการออกแบบหน้าต่างซอฟแวร์ที่เชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนของการเก็บฐานข้อมูลของผู้ทดสอบ โดยข้อมูลที่มีการจัดเก็บจะประกอบข้อมูลประวัติส่วนตัว และข้อมูลผลการทดสอบ ร่วมกับการสั่งการที่ส่งไปยังภาคฮาร์ดแวร์เพื่อใช้ในการทดสอบ หน้าต่างซอฟแวร์ที่เชื่อมต่อกับผู้ใช้งานแสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

1) ปุ่ม “ลงทะเบียน/ค้นหาข้อมูลผู้ป่วย” จะเป็นเมนูสำหรับการลงทะเบียน/ค้นหาข้อมูลผู้ป่วย โดยจะทำการเก็บข้อมูลเลขบัตรประจำตัวประชาชน ชื่อ-นามสกุล วัน-เดือน-ปีเกิด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ ศาสนา อาชีพ หมู่เลือด ประวัติการแพ้ยา โรคประจำตัว ชื่อญาติที่สามารถติดต่อได้ ความเกี่ยวข้องกับผู้ป่วย และหมายเลขโทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ของญาติ รวมทั้งรูปถ่ายของผู้ป่วยโดยรูปภาพที่จะทำการบันทึก จะสามารถเลือกจากไฟล์ภาพหรือใช้การถ่ายภาพจากกล้องที่ต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังสามารถทำการค้นหาข้อมูลของผู้ป่วยได้จากเลขบัตรประจำตัวประชาชน หรือชื่อผู้ป่วย

2) ปุ่ม “แฟ้มข้อมูลผู้ป่วย” เมนูดังกล่าวจะใช้สำหรับกรณีที่ต้องการค้นหา หรือดูรายละเอียดข้อมูลผู้ป่วยตามที่ได้ถูกจัดเก็บไว้หลังจากได้มีการลงทะเบียนไว้แล้ว

3) ปุ่ม “เริ่มทดสอบพัฒนาการผู้ป่วย” เมนูนี้จะทำการเชื่อมต่อกับภาคฮาร์ดแวร์ เพื่อทำการสั่งงานให้ภาคฮาร์ดแวร์มีการแสดงสัญญาณไฟจากทั้ง 9 จุดดังแสดงในรูปที่ 3 ในทิศทางต่างๆทั้ง 8 ทิศทาง [1] เพื่อให้ผู้ป่วยทำการเคลื่อนไหวร่างกายไปตามจุดที่มีสัญญาณไฟปรากฏเพื่อปิดสัญญาณไฟ ณ จุดนั้น ๆ และทำการจับเวลา[3] ในการทดสอบสามารถเลือกรูปการแสดงสัญญาณไฟได้ 3 รูปแบบคือ แบบวนรอบ แบบสลับ และแบบสุ่ม รวมทั้งสามารถกำหนดจำนวนรอบของการทดสอบได้



รูปที่ 3. แบบจำลองโครงสร้างภายนอกของฮาร์ดแวร์ที่สมบูรณ์

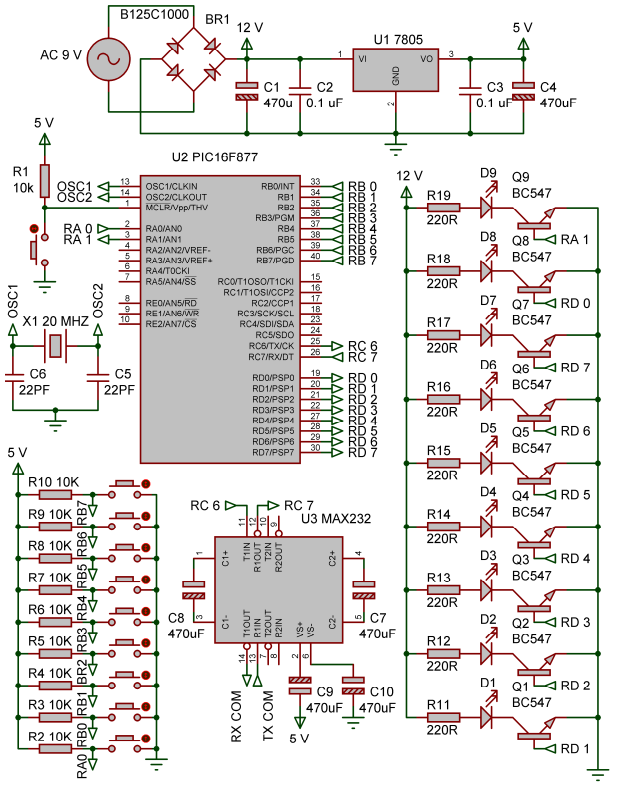
4) ปุ่ม “แฟ้มข้อมูลการทดสอบพัฒนาการผู้ป่วย” ในเมนูนี้ จะแสดงหน้าต่างประวัติการทดสอบ ซึ่งจะสามารถเรียกดูผลการทดสอบพัฒนาการที่ถูกบันทึกข้อมูลของผู้ป่วยของแต่ละคนลงในฐานข้อมูล โดยการเรียกดูข้อมูลสามารถเรียกข้อมูลได้จากการระบุเลขบัตรประจำตัวประชาชนของผู้ป่วยที่ต้องการดูประวัติการทดสอบ

2.2 การออกแบบโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

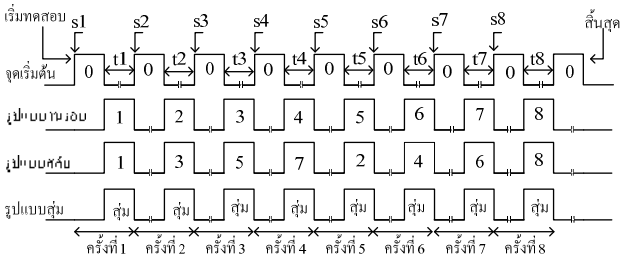
รูปที่ 4 เป็นวงจรควบคุมที่อยู่ภายในโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ ซึ่งมีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 เป็นตัวกลางในการควบคุมสัญญาณไฟและการกดสวิทช์ทั้ง 9 จุด โดยรับคำสั่งการทำงานของสัญญาณไฟจากซอฟแวร์ให้สัญญาณไฟติดตามรูปแบบต่าง ๆ และรับการตอบสนองจากการกดสวิทช์ของผู้ที่ทำการทดสอบส่งกลับไปยังซอฟแวร์ เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

การออกแบบระบบควบคุมสัญญาณไฟและการกดสวิทช์เพื่อปิดสัญญาณไฟจะสามารถเลือกได้ 3 รูปแบบคือ แบบวนรอบ แบบสลับ และ

แบบสุ่ม การเคลื่อนที่ไปยังจุดต่าง ๆ จะต้องเริ่มต้นที่จุด 0 ในทุกครั้ง เพื่อให้สามารถสังเกตลักษณะการเคลื่อนไหวร่างกายในทิศทางต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน โดยซอฟแวร์คอมพิวเตอร์จะควบคุมการติดของสัญญาณไฟและทำการจับเวลาการทดสอบผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4. วงจรที่ใช้งานจริง



รูปที่ 5. การควบคุมสัญญาณไฟและการจับเวลา

จากรูปที่ 5 ตัวเลขในพัลส์ หมายถึงตัวเลขจุดของสัญญาณไฟที่ติด เมื่อ n = 0, 1, 2, …, 8 หมายถึงลำดับครั้งที่ของการทดสอบ sn หมายถึงจุดเริ่มต้นการทดสอบในครั้งที่ n และ tn หมายถึงระยะเวลาของการทดสอบครั้งที่ n ซึ่งเมื่อทำการประกอบสร้างอุปกรณ์จริง จึงได้ฮาร์ดแวร์ที่เสร็จสมบูรณ์แสดงดังรูปที่ 6

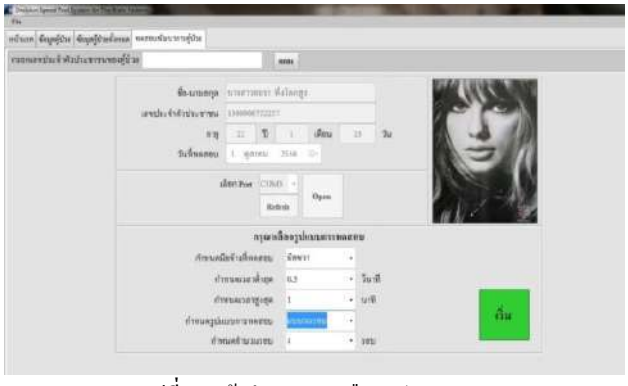


รูปที่ 6. โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ที่ใช้ควบคุมปุ่มกดสวิตช์และสัญญาณไฟ

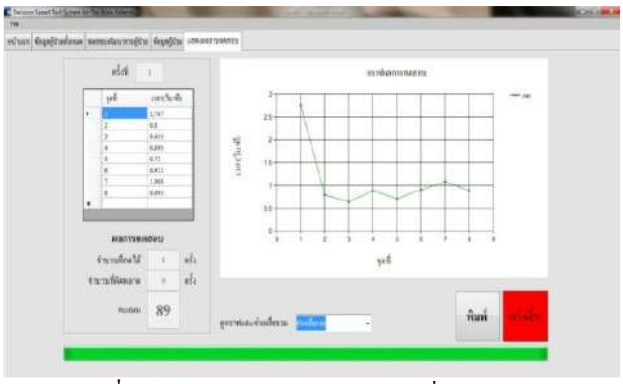
3. การทดสอบความเร็วในการเคลื่อนไหวของแขนร่วมกับการตัดสินใจจากสมองมนุษย์

กระบวนการทำงานเมื่อเริ่มทำการทดสอบ ซอฟแวร์จะสั่งให้สัญญาณไฟ ณ จุดที่ 0 ติดก่อน จากนั้นจะรอจนกว่าผู้ทดสอบกดสวิตช์เพื่อปิดสัญญาณไฟ ณ จุดที่ 0 (ขอบขาลงของสัญญาณไฟในทุกจุดจะเท่ากับการกดสวิตช์ในจุดของสัญญาณไฟนั้นๆ) หลังจากนั้นซอฟแวร์จะสั่งให้สัญญาณไฟในลำดับถัดมาปรากฏขึ้น ซึ่งจะเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนด พร้อมทั้งจับเวลาโดยเริ่มนับตั้งแต่สัญญาณไฟติดจนกระทั่งมีการกดปิดไฟสัญญาณ แล้ววนกลับไปเริ่มที่จุด 0 ใหม่ในทุก ๆ ครั้ง โปรแกรมจะทำการทดสอบดังที่กล่าวมาข้างต้นโดยมีการแสดงสัญญาณไฟ ณ จุดต่าง ๆ สลับกับจุด 0 จนครบทั้ง 8 จุดใน 1 รอบ ตามรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟที่กำหนด และครบตามจำนวนรอบที่ได้กำหนดไว้ในซอฟแวร์

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการทดสอบความเร็วในการเคลื่อนไหวร่วมกับการตัดสินใจจากสมองของอาสาสมัครซึ่งเป็นคนปกติที่ไม่มีอาการเจ็บป่วย หรือความผิดปกติทางด้านสมองหรือร่างกาย จำนวน 80 คน ในรูปแบบการทดสอบทั้ง 3 รูปแบบคือ แบบวนรอบ แบบสลับ และแบบสุ่มรูปแบบละหนึ่งครั้ง โดยแบ่งช่วงอายุของผู้ทดสอบออกเป็น 4 ช่วงอายุ คือ 1) ช่วงอายุน้อยกว่า 20 ปี 2) ช่วงอายุ 20-40 ปี 3) ช่วงอายุ 41- 60 ปี และ 4) ช่วงอายุมากกว่า 60 ปี



รูปที่ 7. หน้าต่างสำหรับเลือกรูปแบบการทดสอบ



รูปที่ 8. ผลการทดสอบความเร็วในการเคลื่อนไหวร่วมกับการตัดสินใจจากสมองมนุษย์

ผู้ทดสอบแต่ละคนจะมีการลงทะเบียนประวัติ และข้อมูลต่าง ๆ หน้าต่างของการทดสอบที่สามารถแสดงข้อมูลของผู้ทดสอบ พร้อมทั้งการกำหนดการเชื่อมต่อกับภาคฮาร์ดแวร์ และรูปแบบการทดสอบแสดงดังรูปที่ 7 หลังจากทดสอบเสร็จในแต่ละครั้ง จะมีการแสดงผลการทดสอบด้วยหน้าต่างสรุปผลการทดสอบที่แสดงดังรูปที่ 8 ซึ่งจะมีการสรุปค่าเวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของแขนไปยังแต่ละจุด จำนวนครั้งที่ผู้ทดสอบสามารถกดสัญญาณไฟได้อย่างถูกต้อง จำนวนครั้งที่มีการกดสัญญาณไฟผิดพลาด หรือเกินเวลาที่กำหนด คะแนนการทดสอบ พร้อมทั้งแสดงกราฟผลการทดสอบ ซึ่งสามารถพิมพ์เป็นรายงานได้

4. ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบที่ได้จากอาสาสมัครทั้ง 80 คน ได้ถูกนำมาทำการวิเคราะห์หาค่าเวลาเฉลี่ยของการทดสอบความเร็วจากทั้ง 3 รูปแบบ คือ แบบวนรอบ แบบสลับ และแบบสุ่ม ใน 4 ช่วงอายุ ได้แก่ 1) ช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี 2) ช่วงอายุ 20-40 ปี 3) ช่วงอายุ 41-60 ปี และ 4) ช่วงอายุ 61 ปีขึ้นไป ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

จากผลการทดสอบ พบว่าช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี จะมีความเร็วในการสูงสุดในการทดสอบแบบวนรอบ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5188 วินาที แต่ในรูปแบบการทดสอบแบบสลับและแบบสุ่มที่ต้องอาศัยความเร็วในการตัดสินใจจากสมองร่วมด้วย กลุ่มผู้ทดสอบในช่วงอายุ 20-40 ปี จะมีความเร็วในการตัดสินใจสูงสุด ซึ่งมีค่าความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 0.642 วินาที และ 0.734 วินาทีตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มผู้ทดสอบในช่วงอายุ 61 ปีขึ้นไป จะใช้เวลาในการทดสอบสูงสุดในทุกรูปแบบ ซึ่งมีค่าความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 1.2195 วินาที 1.1832 วินาที และ 1.2002 วินาที สำหรับการทดสอบในรูปแบบวนรอบ แบบสลับ และแบบสุ่มตามลำดับ

ตารางที่ 1. สรุปผลการจับความเร็วทั้ง 3 รูปแบบ ในแต่ละช่วงอายุ

ช่วงอายุ	ค่าความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	แบบวนรอบ	แบบสลับ	แบบสุ่ม
≤ 20 ปี	**0.5188 ± 0.0491**	0.7240 ± 0.0279	0.9138 ± 0.1251
21-40 ปี	0.6235 ± 0.0589	**0.6420 ± 0.0369**	**0.7340 ± 0.0274**
41-60 ปี	1.0540 ± 0.0707	1.0172 ± 0.0471	1.0173 ± 0.0351
>61 ปี	1.2195 ± 0.0447	1.1832 ± 0.0939	1.2002 ± 0.0377

5.สรุป

งานวิจัยนี้ ได้สร้างเครื่องทดสอบความเร็วในการเคลื่อนไหวของแขนร่วมกับการตัดสินใจจากสมองของมนุษย์ ซึ่งมีการเชื่อมต่อโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์เข้ากับซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 ที่สามารถเชื่อมต่อ และควบคุมการแสดงสัญญาณไฟ และสวิตช์ ซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นจะสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องในรูปแบบต่างๆ ที่เหมาะสมในทางการแพทย์ และสามารถเก็บประวัติส่วนตัว และประวัติการทดสอบลงในฐานข้อมูล ที่สามารถเลือกดูข้อมูลของการทดสอบย้อนหลังได้ ผลการทดสอบจากคนปกติทั่วไปจะเห็นได้ว่า เด็กอายุต่ำว่า 20 ปีจะมีความเร็วในการเคลื่อนไหวสูงสุดจากการทดสอบแบบวนรอบซึ่งเป็นรูปแบบที่อาศัยการวิเคราะห์จากสมองน้อยที่สุด แต่เมื่อรูปแบบการทดสอบต้องมีการวิเคราะห์จากสมองเพิ่มมากขึ้น ในรูปแบบการทดสอบแบบสลับ และแบบสุ่ม กลุ่มผู้ทดสอบในช่วงอายุ 21-40 ปีจะมีความไวสูงที่สุด ในขณะที่กลุ่มผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 61 ปีขึ้นไปจะใช้เวลาในการเคลื่อนไหวร่างกาย และการตัดสินใจมากกว่ากลุ่มอายุอื่นๆ ผลการทดสอบที่ได้อาจถูกนำไปเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับกลุ่มผู้ป่วยทางสมองในรูปแบบต่าง ๆ หรือใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพจากการรักษาในทางการแพทย์ได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณอมรา พึ่งโคกสูง คุณปวีณา คำสุมาลี คุณชัยวัฒน์ อินทร์สกุล นักศึกษาปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มทร.อีสาน ที่ช่วยในการจัดทำ และทดสอบอุปกรณ์ ขอบคุณอาสาสมัครจากโรงเรียนบ้านสวนหม่อน และหมู่บ้านกรูด ต.จอหอ อ.เมือง จ.นครราชสีมา ที่ร่วมเป็นอาสาสมัครในการทดสอบ รวมทั้ง นพ.สุรินทร์ แซ่ตัง แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบประสาทและสมอง ประจำ รพ.มหาราชนครราชสีมา ที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Reza Shamehr and Ferdinando A.Mussa-lvaldi, “Adaptive representation of dynamics during learning of a motor task” , *The Journal of Neuroscience*, vol. 74(5), pp. 3208-3224, May 1994.

[2] D.P. Munoz, J.R. Broughton, J.E. Goldring, I.T. Armstrong, “Age-related performance of human subjects on saccadic eye movement tasks,” *Exp Brain Res.*, vol. 121(4), 391-340, August 1998.

[3] AC Nobre, A Correa, JT Coull, “The hazards of time,” *Current Opinion Neurobiology*, pp. 17:465-470, 2007.

[4] Ali-Akbae Samadani and Zahra Moussavi, “Human brain performance in learning complex temporal patterns,” *31st Annual International Conference of the IEEE EMBS Minneapolis*, pp. 3967-3970, September 2009.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

รถไฟฟ้าสองล้อแบบรักษาสมดุล

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

Balance Electric Scooter

อนุพงศ์ ไพโรจน์[1], ณรงค์ศักดิ์ แสนคำอ้าย[2], ณัฐพงษ์ สุขแก้ว[3] และ สุธี สุขพันธุ์[4]

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

E-mail: anupong@rmutl.ac.th[1], the_sunsun@hotmail.com[2], ultraboy_golf@hotmail.com[3], poystylez@hotmail.co.th[4]

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตอบสนองการใช้ยานพาหนะโดยไม่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ลดอัตราการใช้รถบนถนน ช่วยลดปัญหาทางด้านมลภาวะทางอากาศ และเป็นทางเลือกในการใช้ยานพาหนะเพื่อเดินทางในระยะที่สั้น เพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรที่ติดขัด โครงงานที่ได้สร้างขึ้นมา แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1.ส่วนประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์ ถูกพัฒนาด้วยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดัวโน(Arduino) ทำงานร่วมกับไจโรเซ็นเซอร์(Gyro sensor) และแอคเซเลโรมิเตอร์(Accelerometer) เพื่อตรวจสอบมุมความโน้มเอียงของรถไฟฟ้าสองล้อและควบคุมการทำงานของมอเตอร์ผ่านชุดควบคุมมอเตอร์(Motor Driver) 2.ส่วนโครงสร้างทางด้านซอฟต์แวร์ ถูกพัฒนาด้วยภาษาซี(C++) และคอมไพลเลอร์เป็นคอมไพเลอร์เฉพาะของอาร์ดัวโนซึ่งมาพร้อมกับตัวบอร์ด หลักการรักษาสมดุลของผู้ขับขี่โดยใช้ไจโรเซ็นเซอร์และแอคเซเลโรมิเตอร์ผ่านตัวกรองแบบคอมพลีเมนต์ทารี่(Complementary Filter) ตรวจสอบค่าการโน้มเอียงของผู้ขับขี่ ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 350 วัตต์ ใช้แหล่งจ่ายไฟแบตเตอรี่ 24 โวลต์

Abstract

This project had an objective to provide an alternative choice for personal transportation without using of fuel vehicles and lead to decreasing in traffic jam and air pollution. This project was aimed to support short distance movement. This project had 2 parts. The first is a hardware part which used an Arduino board with a Gyro sensor and an accelerometer for the balance checking of the angle of an electric scooter. The signal was then sent to control a motor driver to the second part which was a software develop by C++ language and was compiled by an Arduino's compiler. A complementary filter was used to control the balance of an electric scooter. The main principle is to operate the motor in order to prevent a tipping over. A 350-watt DC motor was used in this project with a 24-volt battery as a power supply.

Keywords: *Gyro sensor, Accelerometer*

1. หลักการและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการสัญจรของมนุษย์ส่วนมากจะเป็นการสัญจรด้วยยานพาหนะเป็นจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล หรือ รถโดยสารประจำทาง นิยมใช้กันมากทำให้การจราจรติดขัด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศอีกปัญหาหนึ่งที่ทุกคนให้ความสนใจมากในขณะนี้ คือ สภาวะน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับยานพาหนะของโลกมีปริมาณน้อยลงส่งผลให้น้ำมันมีราคาสูงขึ้นและเกิดสภาวะขาดแคลนเชื้อเพลิง

จากปัญหาพบว่ามีแนวทางแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับ หุ่นยนต์รักษาสมดุล(Balance Robot)[6] สามารถรักษาความสมดุลและเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว เพื่อนำมาประยุกต์สร้างเป็นยานพาหนะที่สามารถเดินทางในระยะทางสั้นๆ เป็นยานพาหนะที่สามารถอำนวยความสะดวกในการสัญจรได้ดี ใช้การขับเคลื่อนด้วยล้อเพียงสองล้อ มีขนาดที่เล็กและมีความคล่องตัวสูง และที่สำคัญ คือ ไม่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ลดปัญหามลพิษทางอากาศ

ด้วยเหตุนี้ทางผู้จัดทำจึงสร้างรถไฟฟ้าสองล้อแบบรักษาสมดุล เพื่อใช้เป็นยานพาหนะสำหรับมนุษย์ ใช้การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ควบคุมมอเตอร์โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีเซนเซอร์วัดค่าความโน้มเอียง[1]เป็นตัวตรวจจับ[3] ส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อคำนวณค่าให้มอเตอร์ทำงาน เกิดการเคลื่อนที่ และในขณะเดียวกันก็รักษาสมดุลไม่ให้ล้มตัวลง รถไฟฟ้าสองล้อแบบรักษาสมดุลจะเป็นประโยชน์กับบุคคลทั่วไปที่ต้องการใช้ยานพาหนะในการเดินทางในระยะใกล้และองค์กรที่ต้องการยานพาหนะเอาไว้เดินทางภายในพื้นที่ขององค์กรแทนการใช้ยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เพราะมีราคาต้นทุนของเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่าน้ำมัน อีกทั้งลดมลพิษทางเสียงและอากาศ และใช้พื้นที่ในการจอดรถน้อยกว่ารถจักรยานยนต์ทั่วไป

2. การออกแบบและสร้างระบบ

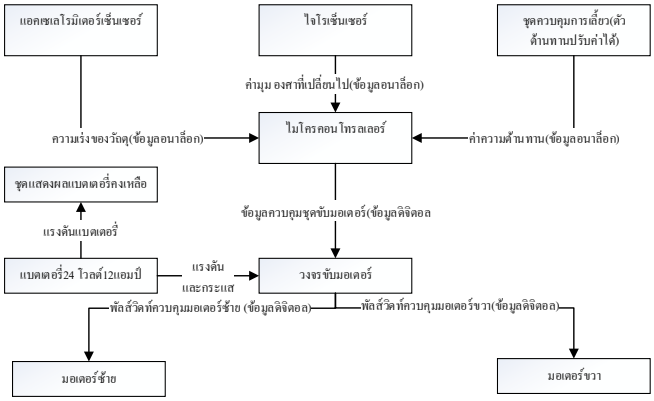
2.1 การออกแบบ Hardware

การทำงานของฮาร์ดแวร์จะแยกออกเป็น 3 ส่วน ดังรูปที่ 1 คือ

1.อินพุตประกอบด้วย ไจโรเซ็นเซอร์ แอคเซเลโรมิเตอร์ และระบบบังคับเลี้ยว

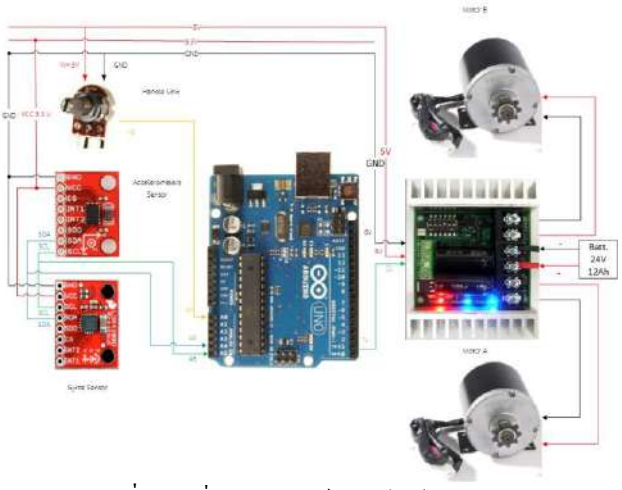
2.โปรเซส ประกอบด้วย บอร์ดอาดูโน่ UNO R3 ชุดขับมอเตอร์

3.เอาท์พุต ประกอบด้วย ชุดขับและมอเตอร์ 24 โวลต์ดีซี กำลังขับ 350 วัตต์ จำนวนสองตัว



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

การทำงานหลักคือ บอร์ดอาร์ดัวโน UNO R3 จะรับสัญญาณอินพุตจาก ไจโรเซ็นเซอร์ แอคเซเลโรมิเตอร์ และระบบบังคับเลี้ยว เพื่อทำการประมวนผล จากนั้นบอร์ดอาร์ดัวโน UNO R3 จะส่งสัญญาณเอาท์พุตไปยังชุดขับมอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์ 24 โวลต์ดีซี กำลังขับ 350 วัตต์ จำนวนสองตัวจะทำงานตามที่กำหนด

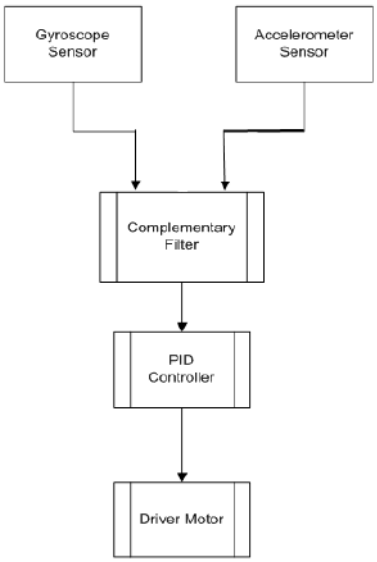


รูปที่ 2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของรถไฟฟ้า

การเชื่อมต่อระหว่างแอคเซเลโรมิเตอร์และไจโรเซ็นเซอร์ เป็นการเชื่อมต่อแบบขนาน โดยที่ขา GND ของไจโรเซ็นเซอร์เชื่อมต่อกับขา GND ของแอคเซเลโรมิเตอร์ ขา VCC ของไจโรเซ็นเซอร์เชื่อมต่อกับขา VCC ของแอคเซเลโรมิเตอร์ ขา SDA ของไจโรเซ็นเซอร์เชื่อมต่อกับขา SDA ของแอคเซเลโรมิเตอร์จากนั้นทำการเชื่อมต่อขา SDA ไปยังขาA4 ของไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduino และขา SDA ของไจโรเซ็นเซอร์เชื่อมต่อกับขา SDA ของแอคเซเลโรมิเตอร์ จากนั้นทำการเชื่อมต่อขา SDA ไปยังขา A5 ของไมโครคอลโทรลเลอร์อาร์ดัวโน ไมโครคอลโทรลเลอร์อาร์ดัวโน รับค่าสัญญาณจากขา A4 และขา A5 เพื่อทำการประมวลผลในระบบทรงตัวของรถไฟฟ้าสองล้อแบบรักษาสมดุล ในระบบบังคับเลี้ยวมีตัวต้านทานปรับค่าได้โดยส่งแรงดันออกขา Vo ไปยังขา A0 ของไมโครคอลโทรลเลอร์อาร์ดัวโน เพื่อทำการประมวลในการบังคับเลี้ยว เมื่อไมโครคอลโทรลเลอร์อาร์ดัวโน ทำการประมวลแล้วจะส่งสัญญาณออกเพื่อไปควบคุมการทำงานมอเตอร์ที่ขา D5 และขา D6 โดยที่ขา D5 จะเชื่อมต่อที่ขา S2 และขา D6 จะเชื่อมต่อที่ขา S1 ของชุดขับมอเตอร์เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของรถไฟฟ้าสองล้อแบบรักษาสมดุล

2.2 การออกแบบ Software

ผังการทำงานในรูปที่ 3 เมื่อได้ค่าจากไจโรเซ็นเซอร์และแอคเซเลโรมิเตอร์ นำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อหาองศาของการเอียงที่แน่นอนของวัตถุ โดยผ่าน ฟังก์ชันที่มีชื่อว่า ตัวกรองคอมพลีเมนต์ทารี่[5] เมื่อได้มุมองศาที่แน่นอน จะนำค่าที่ได้ส่งให้กับฟังก์ชันพีไอดีคอนโทรลเพื่อคำนวณหาค่าอัตราส่วนของความเร็วกับมุมองศาที่เอียงไปจากนั้นนำค่าที่ได้ไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์



รูปที่ 3 โฟลว์ชาร์ตและการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 4 ผลการทดสอบขับขี่

3. การทดลองการทำงาน

ในรูปที่ 4 ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการทอลองและทดสอบคุณสมบัติของรถไฟฟ้าสองล้อแบบรักษาสมดุล โดยได้ทำการสร้างตารางทดสอบการทำงานของรถสองล้อแบบรักษาสมดุลขึ้นมาดังนี้

ตารางที่ 1 อธิบายการทดสอบหลักการทำงานของหุ่นยนต์โมเดลรถไฟฟ้าสองล้อรักษาสมดุล

ประเด็นที่ทดสอบ	ผลการทดสอบ
การทรงตัวของหุ่นยนต์โมเดล	หุ่นยนต์โมเดลสามารถรักษาสมดุลของตัวเองได้และทำงานได้ตามปกติ
การเดินหน้า-ถอยหลัง	หลังจากทำการเอียงหุ่นยนต์โมเดล สามารถเดินหน้า-ถอยหลังตามการเอียงของตัวเองได้
การเลี้ยวซ้าย-ขวา	เมื่อทดสอบการกดรีโมทภาคส่งสัญญาณวิทยุหุ่นยนต์โมเดลสามารถเลี้ยวซ้าย-ขวาได้ แต่ยังมีการสั่นและกระตุกของหุ่นยนต์โมเดล
ขึ้นทางลาดชันที่มีความชันไม่เกิน 20 องศา	หุ่นยนต์โมเดลสามารถเคลื่อนที่เดินหน้า-ถอยหลังผ่านพื้นที่ที่มีความชันไม่เกิน 20 องศาได้

4. สรุปผลการทดลอง

หลังจากการทดสอบหลักทำงานรถไฟฟ้าสองล้อแบบรักษาสมดุลสามารถรักษาสมดุลให้กับผู้ขับขี่ได้ แต่ยังมีในส่วนของระยะหมุนอิสระของล้อ ซึ่งเกิดจากการใช้โซ่ที่มีระยะห่างจากเฟืองขับ รถไฟฟ้าสองล้อแบบรักษาสมดุลสามารถขับขี่เดินหน้าและถอยหลังได้โดยการเอนตัวของผู้ขับขี่เอง ยิ่งผู้ขับขี่เอนตัวหรือโน้มตัวไปมากเท่าใด ความเร็วในการเคลื่อนที่จะเพิ่มขึ้นตามทฤษฎีการควบคุมมอเตอร์ เมื่อไจโรเซ็นเซอร์สามารถรับอินพุตหรือความโน้มเอียงที่สูงขึ้น ความเร็วของมอเตอร์ก็จะสูงตาม รถไฟฟ้าสองล้อสามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นเนินสูงหรือพื้นที่ลาดเอียงที่มีความชันไม่เกิน 20 องศาได้ สามารถรองรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 80 กิโลกรัม ความเร็วสูงสุดได้ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและวิ่งได้ระยะทางสูงสุด 6 กิโลเมตร เมื่อแบตเตอรี่เต็ม

ส่วนงบประมาณสำหรับโครงงานประมาณ 30,000 บาทเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีขายตามท้องตลาดซึ่งมีราคาอยู่ที่ 100,000 บาท จะเห็นได้ว่าโครงงานนี้มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า ส่วนข้อด้อยที่ต้องปรับปรุงคือความสวยงามของตัวรถ

เอกสารอ้างอิง

[1] “Accelerometer”. Available:http://sensorwiki.org/doku.php/sensors/accelerometer,[สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2556]

[2] “An Electronic Speed Control Primer”,[Online].Available: http://www.stefanv.com/electronics/escprimer.html,[สืบค้นเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2555]

[3] “Grove - 3-Axis Digital Accelerometer(±16g)”. Available:http://www.seeedstudio.com/wiki/Grove-_3-Axis_Digital_Accelerometer(%C2%B116g,[สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2556]

[4] “Gyroscope”.Available:http://en.wikipedia.org/wiki/Gyroscope, [สืบค้นเมื่อ 7กุมภาพันธ์ 2556.]

[5] “Kalman Filter”,Available: http://cpe.rsu.ac.th/students/u504629/Kalman_Filter_final.pdf , [สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2556]

[6] Shane Colton., “The Balance Filter”.Available:http://web.mit.edu/scolton/www/filter.pdf , [สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2556]

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อใช้งานร่วมกับเครื่องอ่านฉลากยา สำหรับช่วยเหลือผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็น

(A Development of Canned Computer Software for Audio Prescription Labeling for Visually Impaired People)

พีระพงศ์ ฟักเขียว[1] และ ฐิติพงษ์ เลิศวิริยะประภา[2]

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail: ma_ya_e1@hotmail.com[1], ttp@kmutnb.ac.th[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อใช้งานร่วมกับเครื่องอ่านฉลากยาสำหรับช่วยเหลือผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็น ซึ่งโปรแกรมจะถูกนำไปใช้งานโดยกลุ่มผู้ดูแล เช่น พนักงานจ่ายยา พยาบาลวิชาชีพ หรือผู้ที่สามารถจ่ายยาให้ผู้ป่วยได้ เป็นต้น โดยโปรแกรมถูกเขียนขึ้นด้วยภาษา Java ควบคู่กับฐานข้อมูล MySQL ที่สามารถใช้งานได้ฟรี และนำไปทดสอบใช้งานกับกลุ่มผู้ดูแลผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็น และได้ผลการประเมินความพึงพอใจในด้านต่างๆ อยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก

Abstract

This research aims to develop computer software for medicine labeling reader for visually impaired people. This developed software is used by people who are talking care of visually impaired people such as pharmacists and nurses. This computer software is developed by using the open source Java and the database with MySQL. The developed software is evaluated by pharmacists and nurses. The survey results of the developed software are overall very satisfied by all assessors.

***Keywords*: RFID, visually impaired people, medicine labeling, JAVA, MySQL**

1. บทนำ

ในปัจจุบันผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็นมีจำนวนมาก ได้แก่ กลุ่มผู้สูงอายุหรือผู้พิการทางสายตา หากบุคคลกลุ่มนี้เกิดป่วยจะสามารถรับประทานยาเองได้อย่างไร เพื่อให้เกิดความสะดวกและปลอดภัยต่อผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็น

จากการสืบค้นข้อมูลพบว่ามีผู้คิดประดิษฐ์และสร้างเครื่องอ่านฉลากยาสำหรับผู้ที่มีความผิดปกติทางด้านการมองเห็น โดยมีการผลิตและจัดจำหน่ายในต่างประเทศมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 [1] , [2] โดยให้เภสัชกรบันทึกเสียงตนเองลงในเครื่องโดยตรง จากการสำรวจพบว่า เภสัชกรไม่ต้องการเสียเวลาในการบันทึกเสียงตนเองทุกครั้งที่มีการจ่ายยา นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดอีกหลายอย่างเช่น ไม่สามารถบันทึกข้อมูลรายละเอียดยาได้ครบถ้วนและไม่สามารถบันทึกข้อมูลยาที่หลากหลายได้ ซึ่งในปี พ.ศ. 2543 บริษัท En-Vision America [3] ได้ผลิตเครื่องอ่านฉลากยาสำหรับผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็นขึ้น โดยอาศัยระบบ RFID (Radio Frequency Identification) ซึ่งมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศแคนาดา แต่ทว่าตัวเครื่องยังมีราคาค่อนข้างสูงประมาณ 1 ถึง 2 หมื่นบาท ซึ่งยังคงเป็นราคาที่ค่อนข้างสูงมากเกินไปสำหรับผู้พิการทางสายตาหรือผู้สูงอายุในประเทศไทย และตัวเครื่องสามารถอ่านฉลากยาออกมาเป็นเสียงพูดได้เพียง 2 ภาษาเท่านั้นคือ ภาษาอังกฤษและภาษาสเปน จึงไม่สามารถนำมาใช้กับผู้ที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับภาษาดังกล่าวได้

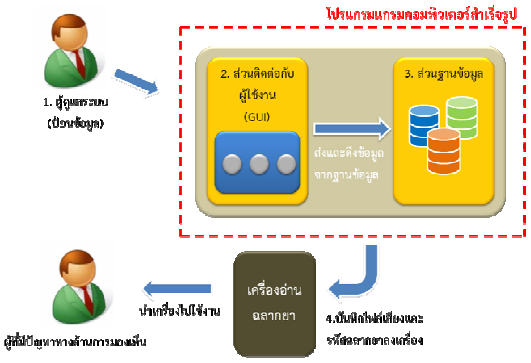
ส่วนในประเทศไทยได้มีผู้พัฒนาเครื่องอ่านฉลากยามาแล้ว 3 หน่วยงาน หน่วยงานแรกที่ทำคือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [4] ได้สร้างต้นแบบเครื่องอ่านฉลากยาพูดได้สำหรับผู้พิการทางสายตาโดยใช้ระบบ RFID ขึ้น ซึ่งสามารถนำออกมาใช้งานได้จริง เพียงแต่ว่าตัวเครื่องสามารถบันทึกเสียงได้เพียง 16 วินาทีเท่านั้น ทำให้ไม่สามารถบอกถึงข้อมูลยาที่สำคัญได้อย่างครบถ้วน (ในกรณีที่รายละเอียดยาค่อนข้างมาก) ต่อมาสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ [5] ได้พัฒนาฉลากยาพูดได้โดยใช้ระบบ RFID ขึ้น โดยทำให้ตัวเครื่องมีขนาดเล็กลง มีลำโพงในตัว แต่บันทึกเสียงชื่อยาได้เพียง 5 วินาทีเท่านั้น ในปี พ.ศ. 2552 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ [6] ได้พัฒนาเครื่องอ่านฉลากยาโดยใช้ระบบ RFID โดยทำให้เครื่องมีความสามารถในการบันทึกข้อมูลได้ไม่กำกัด มีขนาดเล็ก มีเสียงเตือนเมื่อถึงเวลาในการรับประทานยา มีการเตือนเมื่อแบตเตอรี่ใกล้จะหมดและสามารถบันทึกประวัติคนไข้ได้ ในปี พ.ศ. 2553 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ [7] ยังคงพัฒนาเครื่องอ่านฉลากยาและเพิ่มส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อให้ผู้ใช้งานมีไว้บันทึกรายละเอียดต่างๆ ของยา เพื่อบันทึกลงในการ์ดความจำ (Memory card) แต่ทว่ายังคงมีความยุ่งยากแก่ผู้ใช้งาน (ผู้บันทึกเสียงรายละเอียดยา เช่นเภสัชกร พยาบาล หรือผู้ดูแลผู้ที่พิการทางสายตา) เนื่องจากขั้นตอนการบันทึกไฟล์เสียงรายละเอียดยา จำเป็นต้องถอดการ์ดความจำ (Memory card) ของเครื่องอ่านฉลากยามาใส่ในคอมพิวเตอร์แล้วจึงจะสามารถบันทึกได้

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปขึ้นมาใหม่เพื่อจัดการกับปัญหาดังกล่าว อีกทั้งยังมีแนวคิดที่จะให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ในระบบปฏิบัติการที่หลากหลายไม่เฉพาะแต่ในระบบปฏิบัติการวินโดว์ โดย

การใช้โปรแกรมภาษา Java [8] ร่วมกับโปรแกรม MySQL [9] ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้ฟรี ในส่วนของการบันทึกไฟล์เสียงรายละเอียดยานั้น ผู้ใช้งานสามารถบันทึกหรือโอนถ่ายข้อมูลไฟล์เสียงรายละเอียดยาผ่านทางพอร์ต USB ได้เลย ไม่จำเป็นต้องถอดการ์ดความจำ (Memory card) จากเครื่องอ่านฉลากยามาบันทึกอีก ทำให้เกิดความสะดวกกับผู้ใช้งานและยังป้องกันการ์ดความจำ (Memory card) เกิดการสูญหาย อีกทั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปยังจัดการกับฐานข้อมูลในฟังก์ชันการเพิ่ม ลบ และแก้ไข รายละเอียดผู้ป่วย (ผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็น) รายละเอียดของยา และเพิ่มรายละเอียดของฉลากยาได้อย่างถูกต้อง

2. ภาพรวมของระบบ

หน้าที่หลักของโปรแกรมมี 2 ส่วนหลัก คือ 1) ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน 2) ใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บข้อมูล โดยภาพรวมของระบบแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. ระบบการจัดการของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

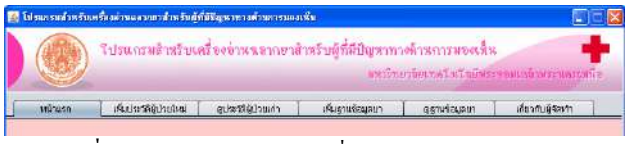
ผู้ดูแลระบบหรือผู้ที่ดูแลผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็น (ได้แก่ พนักงานจ่ายยา พยาบาลวิชาชีพ หรือผู้ที่สามารถจ่ายยาให้ผู้ป่วยได้ เป็นต้น) ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (ขั้นตอนที่ 1) ผ่านทางส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Graphic User Interface: GUI) (ขั้นตอนที่ 2) ผู้ใช้งานจะต้องป้อนข้อมูลที่สำคัญตามแต่วัตถุประสงค์ของการใช้งาน (แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป) จากนั้นเมื่อเลือกส่วนที่ต้องการใช้งานแล้ว ผู้ใช้งานจำเป็นต้องกรอกข้อมูลที่เกี่ยวกับรายละเอียดต่างๆ (เช่น ชื่อ นามสกุล เลขที่บัตรประจำตัวประชาชน ประวัติการรักษา และประวัติการแพ้ยา เป็นต้น) ให้ครบถ้วนและทำการบันทึกข้อมูล โดยข้อมูลที่ป้อนเข้ามาทั้งหมดจะถูกเก็บอยู่ในฐานข้อมูล (ส่วนของฐานข้อมูล) ที่เขียนขึ้นด้วย MySQL (ขั้นตอนที่ 3) ก็จะเสร็จสิ้น จากนั้นผู้ใช้งานจะทำการส่งข้อมูลรายละเอียดต่างๆ (ขั้นตอนที่ 4) เพื่อบันทึกไปยังเครื่องอ่านฉลากยา ผ่านทางพอร์ต USB (ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อการบันทึกข้อมูลลงเครื่องอ่านฉลากยา) ไฟล์ข้อมูลที่ถูกส่งไปจะถูกจัดการโดยเครื่องอ่านฉลากยา และสุดท้ายผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็นก็จะสามารถนำเครื่องอ่านฉลากยานั้นไปใช้ได้ทันที

3. การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (GUI)

ในส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานจำเป็นต้องเลือกหัวข้อการใช้งานในส่วนต่างๆ แบ่งได้เป็น 5 ส่วน ดังในรูปที่ 2 (ก) และรูปที่ 2 (ข) คือ ส่วนการเพิ่มประวัติผู้ป่วย ส่วนเรียกดูประวัติผู้ป่วย ส่วนเพิ่มรายละเอียดยา ส่วนเรียกดูรายละเอียดยา และส่วนข้อมูลฉลากยา ดังในรูปที่ 3



รูปที่ 2 (ก). หน้าต่างโปรแกรมเครื่องอ่านฉลากยา (หน้าแรก)

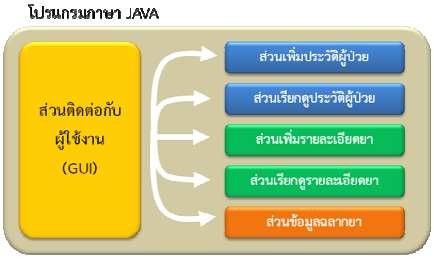


รูปที่ 2 (ข). หน้าต่างโปรแกรมเครื่องอ่านฉลากยา (หน้าแรก)

ส่วนการเพิ่มประวัติผู้ป่วยและส่วนการเรียกดูประวัติผู้ป่วย ผู้ใช้งานสามารถเพิ่ม ลบ (เฉพาะในส่วนเรียกดูประวัติผู้ป่วย) แก้ไขหรือเรียกดูรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ได้ เช่น ชื่อและนามสกุลผู้ป่วย อาการป่วย และการแพ้ยา เป็นต้น

ส่วนการเพิ่มรายละเอียดยาและส่วนการเรียกดูรายละเอียดยา ผู้ใช้งานสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขหรือเรียกดูรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ได้ เช่น รหัสตัวยา ชื่อยา สรรพคุณยา และรายละเอียดยา เป็นต้น

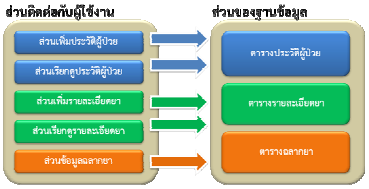
ส่วนข้อมูลฉลากยา ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูรายละเอียดต่างๆ และเป็นส่วนที่บันทึกข้อมูลไฟล์เสียงรายละเอียดยาลงในเครื่องอ่านฉลากยาผ่านทางโปรแกรมนี้และพอร์ต USB โดยรายละเอียดที่จำเป็นของส่วนนี้ได้แก่ รหัสของแท็ก RFID ที่ใช้เป็นฉลากยา รหัสประจำตัวผู้ป่วยที่ต้องการบันทึก ชื่อผู้ป่วยที่ต้องการบันทึก ชื่อยาที่ต้องการบันทึกและไฟล์เสียงรายละเอียดยาที่ต้องการบันทึก



รูปที่ 3. ระบบจัดการแนวคิดของส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน

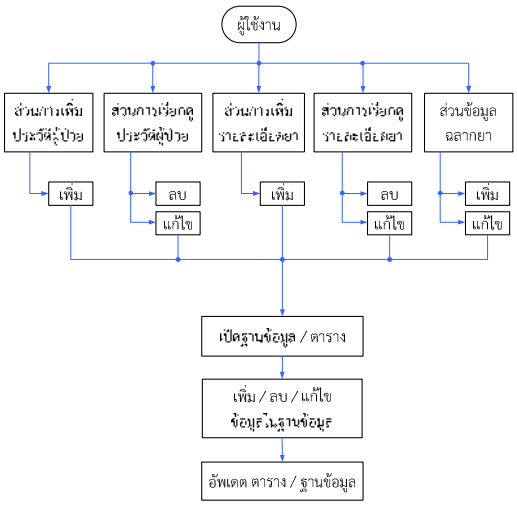
ซึ่งรายละเอียดของในแต่ละส่วนที่ได้กล่าวมาจะถูกจัดเก็บหรือเรียกดูข้อมูลที่จัดเก็บมาแสดง โดยข้อมูลนั้นจะอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม MySQL ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4. การออกแบบส่วนติดต่อกับฐานข้อมูล



รูปที่ 4. ระบบจัดการแนวคิดของส่วนฐานข้อมูล

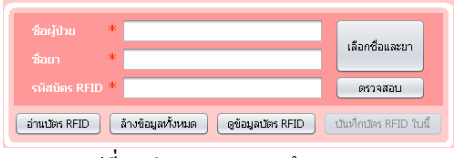
ฐานข้อมูลในโปรแกรม MySQL จะแบ่งตารางสำคัญออกเป็น 3 ส่วน คือ ตารางประวัติผู้ป่วย ตารางรายละเอียดยาและตารางฉลากยา ดังในรูปที่ 4 โดยที่ตารางทั้งสามมีหน้าที่จัดเก็บข้อมูลรายละเอียดต่างๆ และรอคำสั่งเรียกใช้งานจากส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้งาน (GUI) โดยแต่ละตารางจะจัดเก็บข้อมูลดังนี้ 1) ตารางประวัติผู้ป่วย จัดเก็บข้อมูลของส่วนการเพิ่มประวัติผู้ป่วยและส่วนการเรียกดูประวัติผู้ป่วย 2) ตารางรายละเอียดยา จะจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดต่างๆของส่วนเพิ่มรายละเอียดยาและส่วนเรียกดูรายละเอียดยา 3) ตารางฉลากยา จะจัดเก็บข้อมูลต่างๆของส่วนข้อมูลฉลากยา โดยตารางทั้งหมดรองรับคำสั่งในการเพิ่ม ลบ แก้ไขและอัพเดตฐานข้อมูล ซึ่งระบบการจัดการข้อมูลโปรแกรมสามารถแสดงไว้ในรูปที่ 5



รูปที่ 5. ระบบจัดเก็บข้อมูลของโปรแกรม

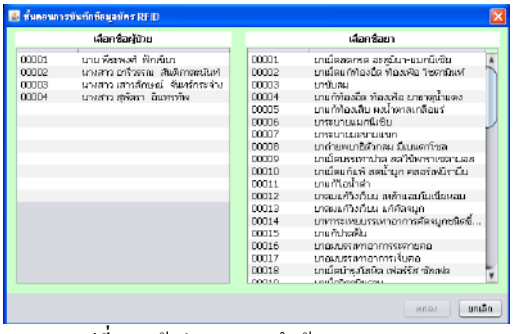
5. การบันทึกข้อมูลลงเครื่องอ่านฉลากยา

การบันทึกข้อมูลลงเครื่องอ่านฉลากยา ผู้ใช้งานจำเป็นต้องต่อเครื่องอ่านฉลากยาเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB และกดสวิตช์เปิดใช้งานเครื่องอ่านฉลากยา จากนั้นเปิดโปรแกรมขึ้นมา และนำแท็ก RFID มาทาบค้างไว้ ณ บริเวณจุดอ่านฉลากยาของเครื่องอ่านฉลากยา และกดที่ปุ่ม “อ่านบัตร RFID” (ซึ่งอยู่ในหน้าแรกของโปรแกรม) ดังแสดงในภาพที่ 6



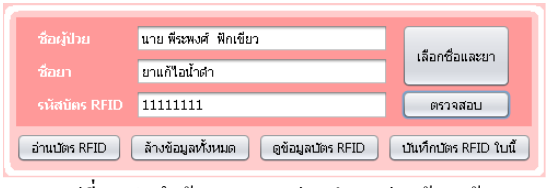
รูปที่ 6. ส่วนของการบันทึกฉลากยา

จากนั้นผู้ใช้งานจะต้องเลือกชื่อผู้ป่วยหรือชื่อยาที่ต้องการบันทึกลงฉลากยาหรือซองยานั้น โดยการคลิกที่ปุ่ม “เลือกชื่อและยา” จากนั้นโปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง “ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลบัตร RFID” ขึ้นมา ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7. หน้าต่างการบันทึกข้อมูลบัตร RFID

ในส่วนนี้ผู้ใช้งานจำเป็นต้องเลือกชื่อผู้ป่วยและชื่อยา จากนั้นกดปุ่ม “ตกลง” ซึ่งข้อมูลรายละเอียดทั้งหมดจะถูกแสดงในรูปที่ 8 และพร้อมที่จะบันทึกลงฉลากยาหรือซองยา



รูปที่ 8. บันทึกข้อมูลรายละเอียดต่างๆ เรียบร้อยแล้ว

สุดท้ายผู้ใช้งานกดที่ปุ่ม “บันทึกบัตร RFID ใบนี้” ข้อมูลรายละเอียดทั้งหมดจะถูกบันทึกลงเครื่องอ่านฉลากยา เมื่อบันทึกข้อมูลเสร็จสิ้นผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็นสามารถนำเครื่องอ่านฉลากยาและฉลากยาไปใช้งานได้ทันที ซึ่งฉลากยาที่ติดบนซองยาและเครื่องอ่านฉลากยา แสดงไว้ในรูปที่ 9



รูปที่ 9. เครื่องอ่านฉลากยาและซองยาที่บันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

6. การทดสอบใช้งานและอภิปรายผล

ในการทดสอบใช้งานผู้วิจัยได้นำโปรแกรมที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับผู้ดูแลระบบหรือผู้ที่ดูแลผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็น โดยนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ พยาบาลวิชาชีพ พนักงานเวชระเบียน ผู้ที่สามารถจ่ายยาให้กับผู้ป่วยได้และนักศึกษาพยาบาล สถานที่ทดสอบคือ สถานีอนามัยวัดบางไผ่ จำนวนทั้งสิ้น 10 คน ดังรูปที่ 10

ในการทดสอบใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่สร้างขึ้นนั้น แบ่งหัวข้อความพึงพอใจออกเป็น 6 ส่วน และแบ่งการประเมินย่อย

ออกเป็นหลายๆด้าน ตามส่วนต่างๆของโปรแกรม ซึ่งจากการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สามารถสรุปผลการประเมินความพึงพอใจได้ดังตารางที่ 1



รูปที่ 10. การทดสอบใช้งานกับผู้ดูแลระบบหรือผู้ที่ดูแลผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็น

ตารางที่ 1. แสดงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ความพึงพอใจส่วนต่างๆ	ระดับความพึงพอใจ
ส่วนเพิ่มประวัติผู้ป่วยใหม่ (ในด้านต่างๆ)	มีความพึงพอใจมาก
ส่วนเรียกดูประวัติผู้ป่วย (ในด้านต่างๆ)	มีความพึงพอใจมาก
ส่วนเพิ่มรายละเอียดยา (ในด้านต่างๆ)	มีความพึงพอใจมาก
ส่วนเรียกดูรายละเอียดยา (ในด้านต่างๆ)	มีความพึงพอใจมาก
ส่วนข้อมูลฉลากยา (ในด้านต่างๆ)	มีความพึงพอใจมาก
ภาพรวมของโปรแกรม (ในด้านต่างๆ)	มีความพึงพอใจมาก

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจ มากที่สุด ส่วนของการเพิ่มประวัติผู้ป่วยใหม่ ในด้านของความเหมาะสมของรายละเอียดเฉพาะของผู้ป่วย มีค่าคะแนนเฉลี่ยที่ 4.4 มีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มาก รองลงมาคือด้านความเหมาะสมของข้อมูลที่สำคัญ มีค่าคะแนนเฉลี่ยที่ 4.3 มีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มาก และน้อยที่สุดอยู่ในส่วนของการเรียกดูรายละเอียดยา ในด้านความเหมาะสมของฟังก์ชันลบยา มีค่าคะแนนเฉลี่ยที่ 3.5 มีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มาก

จากนั้นนำข้อคิดเห็นที่เป็นแบบสอบถามปลายเปิดมาวิเคราะห์ พบว่าผู้ดูแลระบบหรือผู้ดูแลผู้ที่มีปัญหาทางด้านการมองเห็น มีความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปดังนี้

1) ควรเพิ่มส่วนของข้อมูลยาประเภทฉีด และควรจะให้มีข้อมูลยาเพิ่มขึ้นเพื่อสะดวกต่อการใช้งานต่อไป

2) ควรให้รายละเอียดยา อย่างชัดเจนและครบถ้วน เช่น วันหมดอายุ เด็กเล็กควรใส่สลิ้ง ต้องผสมน้ำอุ่นก่อนใช้ เป็นต้น

3) ควรมีคู่มือใช้งาน หรือระบบแนะนำการใช้งาน

4) ควรตรวจสอบเรื่องยากับองค์การเภสัชเพราะยามีการปรับเปลี่ยนทุกปี

7. สรุปผล

การทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่สร้างขึ้นโดยภาพรวมสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด และทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยโปรแกรมถูกสร้างขึ้นด้วยภาษา Java และใช้โปรแกรม MySQL เป็นฐานข้อมูล ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (GUI) และส่วนติดต่อกับฐานข้อมูล หลังจากนั้นได้นำไปทดสอบใช้งานกับผู้ใช้งาน เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ในด้านต่างๆ โดยภาพรวมคะแนนเฉลี่ยในทุกๆด้าน อยู่ในเกณฑ์มีความพึงพอใจมาก

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ภายใต้สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารอ้างอิง

[1] Millennium Compliance Corporation, 2000. http://www.talkingrx.com/

[2] ASKO Corporation. 2002. http://www.askocorp.com/aloud/

[3] En-Vision America, Inc. 2001. http://www.envisionamerica.com/products/scriptalk/

[4] ฉรงค์ ภมรนาค วรรัตน์ วิลาศรี และ ชัยวัฒน์ ชินฉัตร์, “โครงการฉลากยาพูดได้ เพื่อผู้พิการทางสายตา”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2548

[5] ศูนย์พัฒนาธุรกิจออกแบบวงจรรวม, “ฉลากยาพูดได้ (Drugs that Speak to You)”, ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

[6] วสันต์ ซอมแก้ว และ ศรัญยู ขามกุล, “โครงงานเครื่องอ่านฉลากยาอัจฉริยะ สำหรับผู้พิการทางสายตา”, ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552

[7] กฤษณะ ปัททุม และ ปริญญา มลิทอง, “โครงงานการพัฒนาเครื่องอ่านฉลากยาอัจฉริยะ สำหรับผู้พิการทางสายตา”, ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553

[8] อรพิน ประวัติบริสุทธิ์, “คู่มือการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา JAVA”, บริษัท โปรวิชั่น จำกัด

[9] ชาญชัย ศุภอรรถกร, “การจัดการฐานข้อมูลด้วย MySQL”, บริษัท รีไวว่า จำกัด

หัวข้อ P03 เทคโนโลยีไฟฟ้า การควบคุม และการอนุรักษ์พลังงาน

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

โคมไฟแอลอีดีเพื่อการพัฒนาความร่วมมือเพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งและยกระดับความเป็นอยู่ของราษฎรในหมู่บ้านห่างไกลในเขตภาคเหนือตอนบน

LEDs Lamp for Cooperative Development for Empowerment and Enhancement Well-being of People in Upper Northern Remote Villages

กฤษดา ยิ่งขยัน[1] จุฑาทิพย์ เฉลิมผล[2] และ ศักดา จงแก้ววัฒนา[2]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ

[2]ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและส่งเสริมเผยแพร่การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail: krisdacm@hotmail.com[1], jutha073@gmail.com[2], sakda.abc@gmail.com[2]

บทคัดย่อ

การสร้างโคมไฟแอลอีดีในงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาความร่วมมือเพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งและยกระดับความเป็นอยู่ของราษฎรในหมู่บ้านห่างไกลในเขตภาคเหนือตอนบน เพื่อให้แสงสว่างแก่ชุมชนในแนวเขตชายแดนไทย-เมียนมาร์เพื่อให้มีแสงสว่างใช้งานในเวลากลางคืน โคมไฟที่ออกแบบสามารถใช้งานร่วมกับระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์หรือ 24 โวลต์ได้ มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 15 วัตต์ เมื่อใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จากการทดสอบประสิทธิภาพการส่องสว่างของโคมไฟแอลอีดีที่สร้างขึ้นพบว่าจะให้ค่าความส่องสว่างที่ 26.39 ลักซ์ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับหลอดไฟที่ใช้ตามบ้านโดยทั่วไปขนาด 60 วัตต์ จะให้ค่าความสว่างที่ 16.68 ลักซ์ซึ่งมีค่าความสว่างน้อยกว่าโคมไฟที่พัฒนา และสามารถนำไปใช้ในที่ที่ไม่มีไฟฟ้าและสามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

Abstract

Creating lamps in this research is a part of the cooperative development for empowerment and enhancement well-being of people in upper northern remote villages to provide the light source for the community between Thailand and Myanmar border at night. The proposed LEDs lamp can connected to the 12 volts or 24 volts solar cell system and its consumed the electrical power at 15 watts when applied at 12 volts DC. From testing, the luminous value of the LEDs lamp provide the illumination is 26.39 LUX, which is compared with the 60 watts lamp that provide the luminous value at 16.68 LUX. The results found that the luminous values of the 60 watts lamp is less than the luminous value of the proposed LEDs lamps. The proposed LEDs lamp can be used in the area that is no electricity and it save the energy consumption as well .

***Keywords*:** Power LED, Solar Cell, Cooperative Development

1. บทนำ

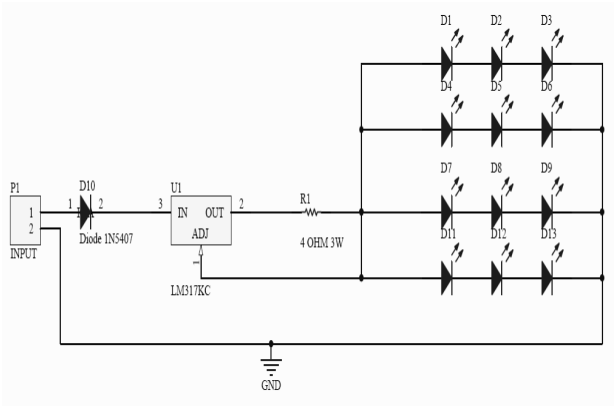
จากการที่สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ในส่วนงาน Area-Based Collaborative Research (ABC) ได้ประสานงานร่วมกับกองพลทหารราบที่ 7 กรมทหารราบที่ 7 หน่วยเฉพาะกิจกรมทหารราบที่ 17 และสถานีพัฒนาป่าไม้ บ้านห้วยเต่า อำเภอสะเมิง สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (เชียงใหม่) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ได้ประชุมหารือร่วมกันเพื่อหาแนวทางในการที่จะร่วมกันยกระดับความเป็นอยู่และสร้างความเข้มแข็งของราษฎรในพื้นที่ห่างไกล โดยอาศัยผลงานวิจัยจากโครงการ “การพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อความมั่นคงและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ” ที่ได้สร้างต้นแบบเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติที่ได้จากลม แสงแดด และน้ำ เพื่อนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้มาทำให้เกิดแสงสว่างในชุมชนห่างไกล ทำให้เกิดการสร้างความร่วมมือ เกิดศูนย์การเรียนรู้ และมีความพร้อมในการสนับสนุนเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อช่วยยกระดับความเป็นอยู่ของชุมชน ซึ่งกรอบความคิดของโครงการ “การพัฒนาความร่วมมือเพื่อยกระดับความเป็นอยู่ของราษฎรในหมู่บ้านเขตชายแดนภาคเหนือตอนบน” เป็นการนำเทคโนโลยีที่มีอยู่ ได้แก่ ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ กังหันลม และกังหันน้ำ เข้าไปช่วยแก้ไขปัญหาจำเป็นเร่งด่วนให้กับประชาชนในหมู่บ้านในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีพลังงานไฟฟ้าใช้ เป็นความช่วยเหลือและความร่วมมือนำร่องสู่หมู่บ้านเป้าหมาย ได้แก่ หมู่บ้านในเขตอำเภออมก๋อย อำเภอสะเมิง และหมู่บ้านคู่ขนานชายแดน ซึ่งเป็นพื้นที่ห่างไกล มีสภาพพื้นที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อน การเข้าถึงพื้นที่เพื่อดูแลแก้ปัญหาและปรับปรุงชีวิตความเป็นอยู่ของราษฎรเป็นไปได้ยาก การส่งข้อมูลปัญหาหรือความต้องการของหมู่บ้านมาสู่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีข้อจำกัดของทรัพยากร บุคคลากร งบประมาณและเวลา ทำให้ราษฎรในพื้นที่เหล่านี้ต้องประสบกับปัญหาต่าง ๆ ซึ่งในบางกรณีปัญหาเหล่านั้นสามารถแก้ไขหรือช่วยเหลือได้ทันทีจากเทคโนโลยีที่มีอยู่หรือการประสานส่งต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ตามนโยบายของกองทัพบกที่จะช่วยพัฒนาหมู่บ้านคู่ขนานตามแนวชายแดนควบคู่กับการพัฒนาหมู่บ้านภายในเขตประเทศไทยเป็นการเสริมสร้างความสัมพันธ์อัน

ดีกับประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งถือว่าเป็นภารกิจหนึ่งในพันธกิจของหน่วยป้องกันชายแดน เพื่อเสริมสร้างความสัมพันธ์อันดีกับหน่วยทหารของประเทศเพื่อนบ้าน ขจัดความหวาดระแวงต่อกัน ส่งผลให้สามารถเจรจาแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นตามแนวชายแดนให้ยุติลงได้ในระดับท้องถิ่น โดยร่วมสร้างสภาวะแวดล้อมทางสันติเพื่อลดปัญหาที่อาจจะก่อให้เกิดการกระทบกระทั่งกันทั้งสองฝ่ายในพื้นที่ตามแนวชายแดนของประเทศไทย-เมียนมาร์ โดยเฉพาะประชาชนในระดับท้องถิ่นที่อาศัยในชุมชนตามแนวชายแดนไทย-เมียนมาร์ที่มีความแตกต่างและมีความล่อแหลมในการเกิดปัญหาความขัดแย้งและปัญหาความมั่นคงของทั้งสองประเทศได้ โดยงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสร้างโคมแอลอีดีเพื่อสำหรับให้แสงสว่างเพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับการเดินทางในเวลากลางคืนแก่ชุมชนในเขตชายแดนห่างไกลของภาคเหนือตอนบน

2. รายละเอียดการพัฒนา

2.1 การออกแบบวงจรโคมไฟแอลอีดี

การออกแบบวงจรโคมไฟแอลอีดีที่นำเสนอนี้ได้เลือกใช้ Power LED เบอร์ TL1F1-NW0 ผลิตโดยบริษัทโตชิบา โดยใช้จำนวนแอลอีดีในวงจรจำนวน 12 ตัว ซึ่งแอลอีดีแต่ละตัวจะให้ค่าความสว่าง 112 lumen เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้า 350 มิลลิแอมป์ ดังแสดงในรูปที่ 1 และโคมไฟแอลอีดีที่พัฒนาแสดงในรูปที่ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 1. วงจรโคมไฟแอลอีดี



รูปที่ 2. โคมไฟแอลอีดี

จากวงจรในรูปที่ 1 ผู้วิจัยเลือกใช้ไอซี LM317 เพื่อใช้ในการจำกัดกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านวงจร 1.2 แอมป์ ซึ่งมีสมการในการคำนวณค่ากระแสไหลผ่านดังสมการที่ 1 ดังนี้

$$IOUT = Vref / R1 \quad (1)$$

ซึ่ง Vref ของไอซีเบอร์ LM317 มีค่าเท่ากับ 1.2 โวลต์ เมื่อใช้ความต้านทาน 1 โอห์ม จะให้ค่าการไหลของกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 1.2 แอมป์

3. การทดสอบ

3.1 การทดลองหาค่าความสว่างและการใช้พลังงาน

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่ได้ นำเสนอการพัฒนาการออกแบบส่องสว่างโดยใช้แอลอีดีกำลังสูง ทำการเปรียบเทียบข้อได้เปรียบของหลอดไฟแอลอีดีกำลังสูงกับหลอดไฟอื่น[3] และทำการทดลองเพื่อหาค่าความสว่างของโคมแอลอีดีที่พัฒนาเปรียบเทียบกับค่าความสว่างของหลอดไฟฟ้าแบบใส้ที่ใช้ไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตขนาด 25, 40, 60 และ 100 วัตต์ตามลำดับที่มีการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงในช่วงทดลองและทำการหาค่าความสว่างโดยใช้ light meter ยี่ห้อ Lutron รุ่น LX-1108 ทำการวัดค่าความสว่างที่ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสง 3 เมตร มีผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงผลการทดลองเพื่อหาค่าความสว่าง

ตัวอย่างสำหรับทดสอบ	ค่าความสว่าง (LUX)
โคมแอลอีดีขนาด 15 วัตต์	26.39
หลอดไฟฟ้าขนาด 25 วัตต์	5.37
หลอดไฟฟ้าขนาด 40 วัตต์	11.95
หลอดไฟฟ้าขนาด 60 วัตต์	16.68
หลอดไฟฟ้าขนาด 100 วัตต์	30.60

3.2.วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าโคมไฟที่พัฒนาให้ค่าความสว่างมากกว่าหลอดไฟฟ้าแบบใส้ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดยกเว้นหลอดไฟฟ้าขนาด 100 วัตต์ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโคมไฟแอลอีดีที่ได้จากการวิจัยสามารถช่วยประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโคมไฟแอลอีดีที่พัฒนาสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยให้ค่าความสว่างใกล้เคียงกับหลอดไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ขนาด 100 วัตต์ สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี โดยการต่อใช้งานโคมไฟจะต้องต่อสายไฟฟ้าจากโคมแต่ละโคมไฟไปยังแหล่งจ่ายหรือแบตเตอร์รี่ อีกทั้งยังมีขีดจำกัด

ในเรื่องของระยะของสายไฟฟ้าจะต้องไม่เกิน 30 เมตร เมื่อใช้ร่วมกับสายทองแดงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์โชคมงคล นาดี อาจารย์สังกัดสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารอ้างอิง

[1] TL1F1 Power LED. http://www.es.co.th/Schemetic/PDF/TL1F1-NW0-L.PDF

[2] LM317 Voltage Regulator. http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf

[3] ชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล และเฉลิมชาติ มานพ, "การศึกษาสมรรถนะการออกแบบส่องสว่างโดยใช้แอลอีดีกำลังสูง", สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, 2551.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

โคมไฟหลอดแอลอีดีพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ

Solar LED Lighting by Automatic Control

เฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์[1] และยุทธนา กันทะพะเยา[2]

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

E-mail: chal_wiwat@yahoo.com [1], yutthana.k@rmutsb.ac.th [2]

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ออกแบบและสร้าง โคมหลอดแอลอีดีพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ เพื่อประยุกต์การใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ในการให้แสงสว่างในยามค่ำคืน โคมหลอดไฟแอลอีดีถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สามารถ ปิด-เปิดโคมหลอดไฟแอลอีดีแบบอัตโนมัติ โดยวิธีกำหนดเวลาและแสงสว่างควบคุมการทำงาน ในระบบมีวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบบูสรับแรงดันอินพุตจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ และมีแรงดันเอาต์พุตที่ค่าประมาณ 72 โวลต์ จากผลการทดสอบโคมหลอดแอลอีดีที่แรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าอยู่ที่ช่วงประมาณ 72-74 โวลต์ และกระแสเอาต์พุต 0.25 แอมแปร์ หลอดมีแสงสว่าง 148 ลักซ์ และโคมหลอดแอลอีดีสามารถ เปิด-ปิด โดยขึ้นกับเวลาและปริมาณแสงจากภายนอกได้อย่างถูกต้อง

Abstract

This paper design and implement automatic switch controlled solar LED lighting. The application of solar energy is utilized to illuminate the night. The microcontroller is used to control the solar LED lighting by an automatically on-off switch. For automatic on-off purpose, the time setting and brightness employs to control switch of the solar LED lighting. The system consist of the boost converter receive the input voltage from a 12 V battery and a 72 V output voltage. The experimental results at a 72-74 V output voltage and a 0.25 A current: the solar LED lighting has the brightness at 148 LUX and operation in an automatically on-off follow to the setting time and brightness, correctly.

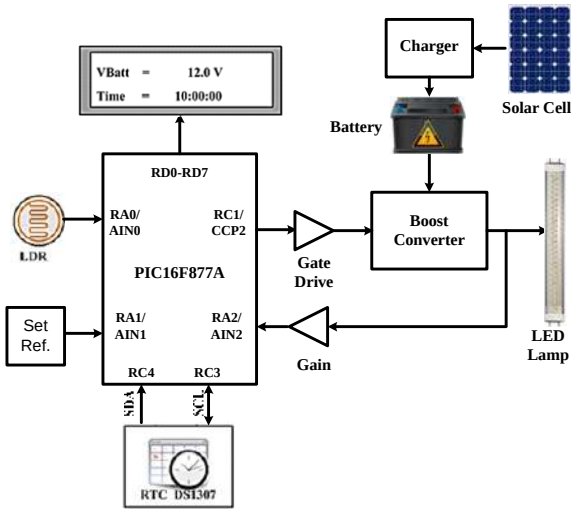
***Keywords*:** Boost Converter , LED , Solar Cell

1. บทนำ

ปัจจุบันการหันมาใช้หลอดแอลอีดีก็ถือเป็นการช่วยในการประหยัดพลังงานได้อีกทางหนึ่ง โดยเป็นอุปกรณ์ให้แสงสว่างที่ใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กันในปัจจุบัน โดยหลอดแอลอีดีมีจุดเด่นเรื่องกินไฟน้อย มีอายุการใช้งานยาวนาน และทนทานเมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งเมื่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เสียแล้วจะสร้างปัญหากับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในการสร้างโคมหลอดแอลอีดีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ก็จะช่วยในการประหยัดพลังงานได้อีกทางหนึ่ง โดยการทำงานนั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้าในการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตกระแสไฟฟ้าชาร์เก็บลงแบตเตอรี่ และเป็นแหล่งจ่ายให้กับโคมหลอดแอลอีดีพลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางคืน

2. การทำงานของระบบ

ส่วนประกอบของโคมหลอดแอลอีดีพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจ่ายพลังงานผ่านวงจรประจุแบตเตอรี่เพื่อควบคุมระดับแรงดันให้เหมาะสมกับการประจุแบตเตอรี่ และเป็นแหล่งจ่ายให้กับวงจรแปลงผันไฟฟ้าแบบบูส เพื่อเพิ่มระดับแรงดันที่จ่ายให้กับโคมหลอดแอลอีดีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของชุดโคมหลอดแอลอีดี

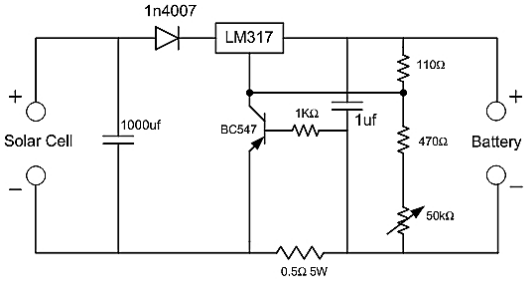


รูปที่ 1. ระบบควบคุมโคมหลอดแอลอีดีพลังงานแสงอาทิตย์

2.1 วงจรชาร์จแบตเตอรี่

ชุดวงจรชาร์จแบตเตอรี่ถูกออกแบบเป็นวงจรแบบแอนะลอกที่มีตัวควบคุมแรงดันด้วยไอซีเบอร์ LM317 ดังรูปที่ 2 ซึ่งจะรับแรงดันจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาเปรียบเทียบกับแรงดันของแบตเตอรี่ ถ้ามีแรงดันสูงกว่าจะทำการประจุแรงดันเข้าแบตเตอรี่ และถ้าแรงดันที่แบตเตอรี่สูงกว่า

ก็จะทำการตัดการทำงาน ซึ่งจะสามารถปรับระดับแรงดันอ้างอิงที่ใช้ประจุแบตเตอรี่ได้



รูปที่ 2. วงจรชาร์แบตเตอรี่

2.2 วงจรแปลงผันไฟฟ้าแบบบูส

การออกแบบวงจรแปลงผันไฟฟ้าแบบบูส กำหนดให้มีกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเป็นโหมดกระแสต่อเนื่อง และอัตราระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าน้อยกว่า 1% โดยรับแรงดันอินพุตที่ 12 โวลต์จากแบตเตอรี่ และมีค่าแรงดันเอาต์พุต 72 โวลต์ ที่กระแส 0.5 แอมแปร์ โดยสามารถหาค่าตัวประกอบได้ดังต่อไปนี้

$$D = \frac{(V_{out} - V_{in})}{V_{out}} \quad (1)$$

$$L = \frac{(V_{out} - V_{in} - V_D)(1-D)}{(i_{Load})(f_s)} \quad (2)$$

$$C = \frac{(I_{out})(D)}{(\Delta V_{out})(f_s)} \quad (3)$$

จากสมการ (1)-(3) จะได้ค่าของตัวเหนี่ยวนำ 0.213 มิลลิเฮนรี่ และขนาดตัวเก็บประจุ 100 ไมโครฟารัด อาศัยการควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ซึ่งทำหน้าในการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความถี่สวิตช์ 100 กิโลเฮริตซ์ ส่งผ่านวงจรขับเกตที่เลือกใช้ไอซี TLP 250 เพื่อไปใช้ขับนำขาเกตของมอสเฟตกำลังเบอร์ IRF150N ในวงจรแปลงผันไฟฟ้าแบบบูส จะควบคุมปริมาณความสว่างของชุดโคมหลอดประมาณ 150 ลักซ์

2.3 ออกแบบระบบการ ปิด-เปิด อัตโนมัติ

จากรูปที่ 1 ระบบการทำงานจะสามารถ ปิด-เปิด โคมหลอดแอลอีดีแบบอัตโนมัติ โดยกำหนดรูปแบบตามเงื่อนไขการควบคุมออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งจะมีการกำหนดช่วงเวลาการทำงาน โดยให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจสอบเวลากับไอซี DS1307 ซึ่งทำหน้าที่เป็นฐานเวลาประเภท Real Time Clock (RTC) และส่วนที่สองจะใช้ตัวแอลดีอาร์ตรวจสอบปริมาณแสงภายนอกตามขนาดที่กำหนดไว้ เพื่อความเหมาะสมกับความสว่างในแต่ละช่วงฤดูกาล

2.4 การเลือกขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่

ในส่วนของการเลือกขนาดของแบตเตอรี่สามารถหาขนาดกระแสต่อชั่วโมงของแบตเตอรี่สามารถคำนวณได้จาก ค่าพลังงานรวมที่ต้องการหารด้วยผลคูณของขนาดแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ กับเปอร์เซ็นต์การใช้งานกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่และประสิทธิภาพของตัวแปลงผันไฟฟ้า ซึ่งหาค่าได้ดังนี้

ค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องการทั้งหมด = 13.3 x 1.53 = 20.35 W

ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งหมด = 20.35 x 12 = 244.2 Wh

ขนาดของแบตเตอรี่ = 244.2 / (12 x 0.6 x 0.85) = 39.9 Ah

และการหาค่าขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะกำหนดปริมาณแสงอาทิตย์ที่จะได้ใน 1 วันประมาณ 5 ชั่วโมงดังนั้น

ขนาดของแผง = 244.2 / 5 = 48.84 W

ดังนั้นจึงทำการเลือกขนาดของแบตเตอรี่ 45 แอมแปร์/ชั่วโมง และขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 55 วัตต์

3. ผลการทดสอบการทำงาน

จากการออกแบบทั้งหมดจะได้ชุดโคมหลอดแอลอีดีพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติดังรูปที่ 3 การทำงานของโคมหลอดแอลอีดีซึ่งจะมีกล่องควบคุมดังรูปที่ 4 จะใช้วงจรแปลงผันไฟแบบปรับแรงดันขึ้นที่ได้รับแรงดันอินพุตจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ที่กระแสอินพุตประมาณ 1-2 แอมแปร์ ดังรูปที่ 5 ที่มีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (Pulse Width Modulation ; PWM) ผลิตความถี่สวิตช์ 100 กิโลเฮิรตซ์ ดังรูปที่ 6 เพื่อปรับค่ารอบการทำงานประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์ และจะควบคุมแรงดันเอาต์พุตมีค่าประมาณ 72 โวลต์ ที่ค่ากระแสเอาต์พุตประมาณ 250 มิลลิแอมแปร์ ดังรูปที่ 7 ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการทำงานประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์



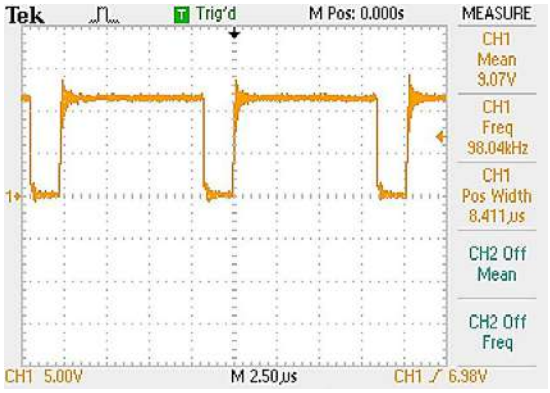
รูปที่ 3. โคมหลอดแอลอีดีพลังงานแสงอาทิตย์ ปิด-เปิด อัตโนมัติ



รูปที่ 4. ชุดวงจรควบคุมและหน้าปัดแสดงการทำงาน

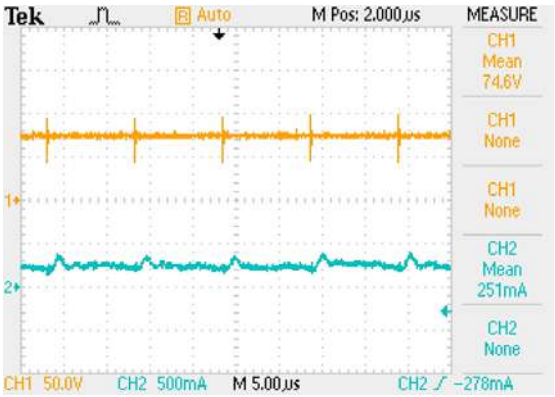


รูปที่ 5. รูปคลื่นแรงดันอินพุตและกระแสอินพุต

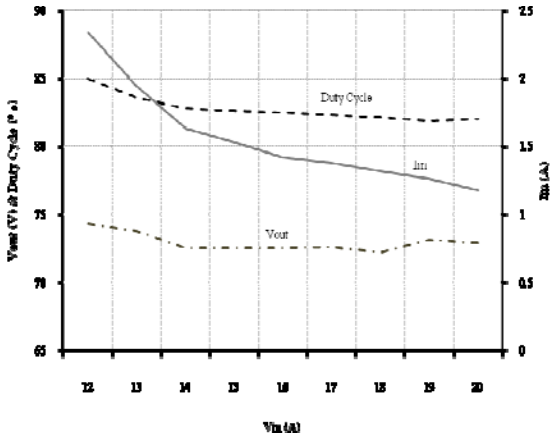


รูปที่ 6. การวัดค่าสัญญาณควบคุมของสวิตช์กำลัง

และจากรูปที่ 8 เป็นการแสดงความสัมพันธ์กระแส แรงดัน และค่ารอบการทำงาน ของระบบ ส่วนผลการทดสอบระบบปิด-เปิดของชุดโคมหลอดแอลอีดีพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ปิด - เปิด ตามเวลาที่กำหนด แบบอัตโนมัติจะเห็นได้ว่าช่วงเวลาที่ 6.00 - 7.00 น. และช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. จะมีความเข้มของแสงอาทิตย์อยู่ที่ประมาณ 11.9 – 12.0 ลักซ์ ตามเงื่อนไขที่กำหนดดังตารางที่ 1



รูปที่ 7. รูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตและกระแสเอาต์พุต



รูปที่ 8. กราฟแสดงความสัมพันธ์ กระแส แรงดัน และค่ารอบการทำงาน

ตารางที่ 1. การทดสอบการปิด-เปิดโคมหลอด

ช่วงเวลา	ผลการทดสอบ	
	ความเข้มแสง (ลักซ์)	สถานะ
06.00 - 7.00	>12	ปิด
7.00 - 18.00	ไม่ตรวจสอบ	ปิด
18.00 - 19.00	< 12	เปิด
19.00 - 06.00	ไม่ตรวจสอบ	เปิด

4. สรุป

โคมหลอดแอลอีดีอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์จะควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877A โดยการออกแบบจะเน้นให้ประหยัดพลังงาน และนำพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ โดยระบบการทำงานจะสามารถปิด-เปิด โคมหลอดแอลอีดีได้แบบอัตโนมัติ ที่มีการกำหนดช่วงเวลามาทำงานร่วมกับแสงสว่างภายนอกเพื่อจะได้ปิด-เปิด การทำงานของโคมหลอดแอลอีดี พร้อมชุดประจุแรงดันแบตเตอรี่ที่มีการตัดระบบชุดประจุแรงดันเมื่อแบตเตอรี่เต็ม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ช่วยดำเนินการประกอบและติดตั้งจนเสร็จสมบูรณ์ และสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในจัดทำงานในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Steve Winder, “Power Supplies for LED Driving”, Elsevier’s Science & Technology Rights Department in Oxford, UK, 2008

[2] Pressman, Abraham I., “Switching Power Supply Design”, New York: McGraw-Hill, 1998.

[3] Yi-Hua Fan , Cheng-Ju Wu ,Chen-Chao Fan2 , Kuo-Wei Chih3 , Lun-De Liao3 , “ A Simplified LED Converter Design and Implement” , JCIS , 2006

[4] Wei-Hsu Chang, Dan Chen, Hung-Shou Nien and Chih-Hung Chen, “A Digital Boost Converter to Drive White LEDs , IEEE , 2008

[5] Jorge Garcia, Marco A. Dalla-Costa, Jesus Cardesin, , and Manuel Rico-Secades, “Dimming of High-Brightness LEDs by Means of Luminous Flux Thermal Estimation” , IEEE, 2009

[6] Steve Winder, “Power Supplies for LED Driving”, Elsevier’s Science & Technology Rights Department in Oxford, UK, 2008

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าและความปลอดภัยอัตโนมัติ

เตชัส บางเจริญสุข, พีรวัส จิรกาลนุกูล, ภาณุพงศ์ ช่วยเจริญสุข และ สุรางค์รัตน์ เชาว์โกกสูง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

พระราชวังสนามจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

กลุ่มที่ 2 : พลังงาน สิ่งแวดล้อมและการจัดการ

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ นำเสนอการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าและความ ปลอดภัยผ่านเครือข่ายไร้สาย โดยระบบควบคุมสามารถตรวจสอบได้ว่า ระบบไฟฟ้าจุดใดภายในบ้านถูกใช้งานอยู่บ้าง ถ้าหากจุดที่ตรวจสอบพบนั้นเป็นการใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น ผู้ใช้ก็จะสามารถสั่งปิดการใช้งานได้ทันทีในระยะไกล หรือที่ใดก็ได้ที่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ สามารถลดปัญหาการใช้พลังงานสิ้นเปลืองได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้คณะผู้จัดทำยังได้ออกแบบให้มีการนำกล้องเว็บแคมมาใช้งานเป็นระบบ รักษาความปลอดภัย โดยกล้องจะทำงานแบบ Real-Time เปรียบเสมือนกับเป็นกล้องวงจรปิด โดยระบบที่ออกแบบมานี้สามารถใช้ได้กับทุกวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน (smart home) เนื่องจากสามารถติดตั้งได้โดยไม่ต้องรื้อวงจรระบบไฟฟ้าภายในบ้านทั้งหมดออก ใหม่ และสามารถควบคุมผ่านระบบอินเทอร์เนตผ่านทางเว็บแอพพลิเคชัน พัฒนาโดยภาษา PHP และฐานข้อมูล (Database) โดยมีส่วนการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมลงบอร์ด Raspberry Pi Model B เพื่อให้บอร์ดสามารถดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลส่วนกลางมาใช้งานได้ โดยข้อมูลที่นำมาจากฐานข้อมูลจะถูกส่งออกไปที่รีเลย์ชนิด BusIO-Relay เพื่อควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้าต่อไป และในส่วนที่สำคัญที่ไม่ต้องรื้อระบบวงจรไฟฟ้าในบ้านทั้งหมดนั้น มีวิธีการคือ จะมีการเปลี่ยนสวิตช์ไฟจากปกติให้เป็นสวิตช์แบบ 2 ทาง และมีการนำสายฝั่งหนึ่งมาต่อเข้ากับรีเลย์ ส่งผลให้สามารถควบคุมได้ทั้งแบบปิดเปิดสวิตช์ไฟทั้งแบบปกติและแบบไร้สาย (wireless) หรือการควบคุมผ่านเว็บแอพพลิเคชั่นได้ สะดวก ประหยัด มีความปลอดภัย ส่งผลให้ตอบสนองความพึงพอใจต่อผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1. บทนำ

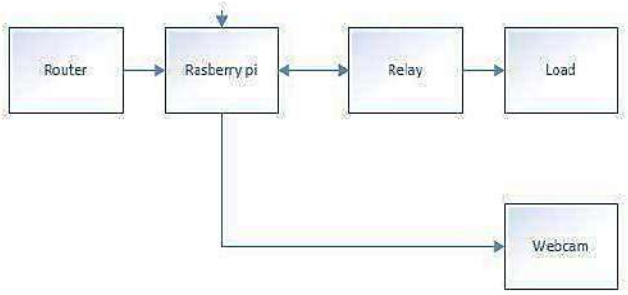
ปัจจุบันความสะดวกสบายเป็นสิ่งที่หลายๆ คนกำลังต้องการ เพื่อทำให้การใช้ชีวิตประจำวันนั้นง่ายขึ้นโดยเฉพาะภายในที่พักอาศัย เช่น บ้าน ซึ่งเป็นสถานที่สำหรับการพักผ่อน ถ้าหากว่าการใช้ชีวิตภายในบ้านได้รับความสะดวกสบายมากขึ้น ก็จะทำให้ผู้อาศัยสามารถพักผ่อนได้อย่างเต็มที่ด้วย บ่อยครั้งที่หลายๆ คนมักพบกับปัญหาการลืมปิดไฟในส่วนที่ที่ไม่ได้ใช้งาน การสิ้นเปลืองพลังงาน และในกรณีที่ไม่มีคนอยู่ในบ้าน เช่น ผู้อยู่อาศัยต้องออกไปทำธุระนอกบ้านหรือไปต่างจังหวัด การเปิดไฟทิ้งไว้เป็นเวลานานก็จะยิ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น และอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอัคคีภัยอันเนื่องมาจากไฟฟ้าลัดวงจรได้ ถ้าหากผู้อยู่อาศัยสามารถตรวจสอบและควบคุมการปิด – เปิดระบบไฟฟ้าได้ไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็ตาม ปัญหาของการสิ้นเปลืองพลังงานและอัคคีภัยก็จะหมดไป ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อนำมาควบคุมระบบไฟฟ้าและความปลอดภัยผ่านเครือข่ายไร้สายขึ้น

2. บ้านอัจฉริยะ (Home Automation)

บ้านอัจฉริยะ หรือ Home Automation (บางครั้งอาจเรียก Smart Home) เป็นระบบที่สร้างขึ้นมาเพื่อความสะดวกสบายในการควบคุมระบบไฟฟ้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงระบบความปลอดภัยภายในที่พักอาศัย โดยผู้อยู่อาศัยสามารถควบคุมทั้งระบบผ่านเครือข่ายไร้สายได้ ดังนั้นจึงสามารถควบคุมระบบได้ไม่ว่าตัวของผู้อยู่อาศัยนั้นจะอยู่ที่ใดก็ตาม เพียงแค่บริเวณนั้นสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งในบทความวิจัยนี้จะนำความสามารถของ Raspberry Pi Model B มาใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมระบบไฟฟ้าภายในบ้าน โดยจะควบคุมผ่าน Web Application ที่พัฒนาด้วยภาษา PHP พร้อมกับการทำฐานข้อมูลเอาไว้อ้างอิงคำสั่งสำหรับควบคุมระบบไฟฟ้า ข้อดีของอุปกรณ์นี้คือการติดตั้งที่ง่ายและสะดวก เนื่องจากไม่ต้องรื้อวงจรไฟฟ้าทั้งหมดออก

2.1 Raspberry Pi

บอร์ดไมโครคอมพิวเตอร์ที่รองรับระบบปฏิบัติการ Linux ซึ่งบรรจุไว้ใน SD Card สำหรับพัฒนาไปเป็นบอร์ด Embedded Linux พร้อมด้วยจุดเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุต-เอาท์พุต ได้แก่ พอร์ต USB, LAN, HDMI, ช่องสัญญาณภาพ และ GPIO ที่ใช้สำหรับต่อกับวงจรหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และด้วยความสามารถเหล่านี้ จึงได้นำ Raspberry Pi มาพัฒนาเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมระบบไฟฟ้า โดยจะทำการสร้างฐานข้อมูลไว้บน Server แล้วเชื่อมต่อ Raspberry Pi เข้ากับ Access Point เพื่อรับคำสั่งควบคุมจาก Web Application เมื่อรับคำสั่งแล้ว Raspberry Pi จะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลแล้วส่งออกไปยัง GPIO ที่ต่ออยู่กับวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าต่อไป นอกจากนี้ก็ได้มีการนำกล้องเว็บแคมมาใช้เป็นระบบรักษาความปลอดภัยด้วย



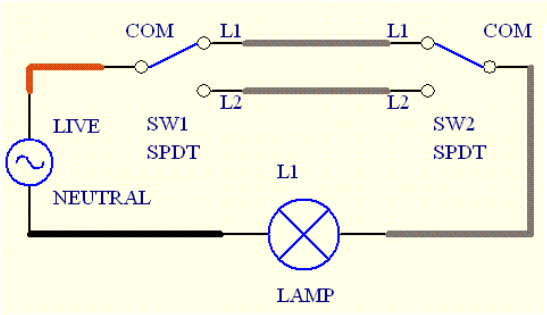
รูปที่ 1. ผังโครงสร้างของอุปกรณ์

2.2 Web Application

Web Application เป็นการสร้างโปรแกรมขึ้นไว้บนเว็บไซต์ โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมใดๆ ไว้ในเครื่องผู้ใช้งาน การใช้งาน Web Application สามารถใช้งานได้แบบ Real-Time เพียงแค่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ ในบทความนี้จะกล่าวถึงการนำ Web Application มาใช้สำหรับการควบคุมระบบไฟฟ้าภายในบ้าน โดยจะทำการสร้าง Web Application ด้วยภาษา PHP หน้าที่ของ Web Application ตัวนี้คือการควบคุมการเปิด-ปิดระบบไฟฟ้า, การตรวจสอบสถานะการทำงานของระบบไฟฟ้า รวมถึงตรวจสอบภาพผ่านกล้องเว็บแคม นอกจากนี้ยังมีการทำ Web Application สำหรับใช้งานบนสมาร์ทโฟนด้วย jQuery Mobile เพื่อให้ผู้ใช้ที่มีสมาร์ทโฟนสามารถควบคุมระบบไฟฟ้าในบ้านได้ทุกที่ทุกเวลา ที่มีการเข้าถึงอินเทอร์เน็ต

2.3 สวิตช์ 2 ทาง (2-Way Switch)

หลักการทำงานของสวิตช์ 2 ทางคือ สวิตช์จะมีหน้าสัมผัส 2 ด้าน ซึ่งทำให้สามารถเปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าจากด้านใดของสวิตช์ก็ได้ จากหลักการนี้ จึงได้มีการนำรีเลย์ชนิด BusIO-Relay มาประยุกต์ใช้เป็นสวิตช์สองทาง โดยจะให้รีเลย์นี้ทำหน้าที่เป็นสวิตช์สองทางตัวหนึ่ง ต่อเข้ากับสวิตช์สองทางปกติ จุดประสงค์ของการนำรีเลย์มาใช้คือ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมระบบไฟฟ้าได้ทั้งการเปิด-ปิดสวิตช์ปกติ และควบคุมทางไกลผ่าน Web Application ได้



รูปที่ 2. วงจรของสวิตช์สองทาง[4]

2.4 การออกแบบส่วนประสานงานกับผู้ใช้ (UI Design)

ส่วนประสานงานกับผู้ใช้มีไว้สำหรับควบคุมระบบ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนลงชื่อเข้าใช้(Log in) ส่วนเลือกโหมดการทำงาน ส่วนควบคุมระบบไฟฟ้า และส่วนของระบบรักษาความปลอดภัย การลงชื่อเข้าใช้ระบบจะมีการตรวจสอบว่าชื่อผู้ใช้(Username) กับรหัสผ่าน(Password) ที่กรอกเข้ามานั้นตรงกับข้อมูลที่มีในฐานข้อมูลหรือไม่ ถ้าไม่ตรงจะไม่สามารถใช้งานได้ เมื่อลงชื่อเข้าใช้มาแล้วจะเป็นหน้าให้เลือกระหว่างการควบคุมระบบไฟฟ้าภายในบ้านหรือระบบความปลอดภัย คือ ดูภาพจากกล้องเว็บแคม โดยภายในหน้าควบคุมระบบไฟฟ้านั้นจะมีหมายเลข ตำแหน่งของสวิตช์ไฟ และสถานะเปิด-ปิด ซึ่งจะสามารถควบคุมการเปิด-ปิดโดยการคลิ๊กที่รูปสัญลักษณ์ ซึ่งหลังจากมีการคลิ๊กเพื่อเปิด-ปิดระบบแล้วนั้น ระบบจะมีการส่งข้อมูลจากหน้าเว็บไซต์ไปยังฐานข้อมูลเพื่ออัพเดทค่าที่เปลี่ยนแปลง แล้วค่าภายในฐานข้อมูลจะถูกดึงไปใช้โดย Raspberry Pi ซึ่งค่าที่ Raspberry Pi ดึงมานั้นเป็นเป็น Output ที่ใช้สำหรับควบคุมรีเลย์ที่ใช้ในการสั่งการเปิด-ปิดของระบบไฟฟ้า ซึ่งระหว่างรีเลย์กับระบบไฟฟ้านั้นจะมีสวิตช์สองทาง(2-way switch) และเซนเซอร์(Sensor) เช็คกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร การที่ทำแบบนี้ก็เพื่อที่จะทำให้สามารถควบคุมหลอดไฟแบบปกติได้ และเซนเซอร์นั้นจะทำการตรวจสอบกระแสที่ไหลผ่าน แล้วทำการส่งสถานะไปที่ฐานข้อมูลเพื่ออัพเดทค่าสถานะการใช้ไฟฟ้าให้กับผู้ใช้



รูปที่ 3. UI ส่วนการลงชื่อเข้าใช้



รูปที่ 4. UI ส่วนการเลือกโหมดการทำงาน



รูปที่ 5. UI ส่วนควบคุมระบบไฟฟ้า



รูปที่ 6. UI ส่วนระบบรักษาความปลอดภัย

2.5 งบประมาณสำหรับการผลิต

อุปกรณ์	ราคา(บาท)
บอร์ด Raspberry Pi	2,000
BusIO-Relay	550
สายไฟ	500
อื่นๆ	500

ในบทความวิจัยนี้ จะเน้นในด้านของการผลิตชิ้นงานที่มีต้นทุนต่ำและใช้งานได้สะดวก ซึ่งตารางด้านบนจะเป็นงบประมาณสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมระบบไฟฟ้าได้ถึงแปดตำแหน่ง งบประมาณโดยสรุปของการผลิตนั้น ถือว่า มีราคาที่ไม่สูงมาก เหมาะสมกับบุคคลทั่วไป

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

อันดับแรกจะทำการออกแบบระบบโดยรวม ได้แก่ การทำงานของระบบ อุปกรณ์ที่จะนำมาสร้าง รวมถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบนี้ขึ้น เมื่อทราบถึงภาพรวมต่างๆ ของระบบแล้ว ก็จะเริ่มทำการออกแบบโครงสร้างของระบบขึ้น(รูปที่ 1) จากนั้นทำการสร้างฐานข้อมูลขึ้นเพื่อใช้เป็นแหล่งอ้างอิงสำหรับการควบคุมระบบผ่าน Web Application เมื่อได้ฐานข้อมูลแล้ว ลำดับต่อไปจะเป็นการสร้าง Web Application ที่ใช้สำหรับควบคุมระบบซึ่งได้แก่ การออกแบบ UI และการสื่อสารระหว่าง Web Application กับฐานข้อมูล เมื่อได้ฐานข้อมูลและ Web application แล้ว ก็จะเป็นส่วนของการต่อวงจรตามโครงสร้างของระบบที่ได้ทำการออกแบบไว้ก่อนหน้านี้ เมื่อต่อวงจรตามที่ได้ออกแบบแล้ว ส่วนสุดท้ายก็จะเป็นการทดสอบการทำงานของระบบ



รูปที่ 7. ภาพตัวอย่างการควบคุมระบบไฟฟ้าตามจุดต่างๆ ภายในบ้าน

3.1 การทดสอบระบบ

ทำการทดสอบระบบด้วยการสั่งการไปยังรีเลย์และสวิตช์ ในการควบคุมระบบไฟฟ้านั้นสามารถควบคุมได้จากทั้งสวิตช์และจากเว็บแอพลิเคชัน ลำดับแรก ในกรณีที่ไม่มีการใช้งานระบบไฟฟ้าใดๆ จะทำการสับสวิตช์เพื่อเปิดการใช้งานระบบไฟฟ้าและสับสวิตช์อีกครั้งเพื่อปิดการใช้งาน ลำดับต่อไปเมื่อเปิดสวิตช์ระบบไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้นๆ จะทำงาน สถานะการทำงานจะแสดงบนเว็บแอพลิเคชัน จากนั้นทำการสั่งการจากเว็บแอพลิเคชันเพื่อควบคุมรีเลย์ไปควบคุมให้ระบบไฟฟ้าตำแหน่งนั้นดับ จากนั้นสั่งการจากเว็บแอพลิเคชันเพื่อควบคุมรีเลย์ให้เปิดใช้งานระบบไฟฟ้า แล้วทำการปิดระบบไฟฟ้าด้วยสวิตช์ นอกจากนี้ยังได้ทำการสั่งการเปิดปิดของระบบไฟฟ้าจากเว็บแอพลิเคชันด้วยการควมคุมการทำงานของรีเลย์

4. บทสรุป

ในการออกแบบการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าและความปลอดภัยอัตโนมัติ ซึ่งได้นำ Raspberry Pi มาประยุกต์ใช้ หลังจากที่ได้ทำการทดสอบแล้ว สรุปได้ว่าสามารถควบคุมระบบไฟฟ้าภายในบ้านได้ทั้งจากการเปิด-ปิดสวิตช์ปกติ และควบคุมทาง

ทางไกลผ่าน Web Application และยังสามารถใช้ระบบรักษาความปลอดภัยจากกล้องเว็บแคมได้ นอกจากนี้แล้วในส่วนของค่าใช้จ่าย ยังถือว่าอยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก และในส่วนของการติดตั้งก็สามารถติดตั้งได้ง่าย เนื่องจากไม่ต้องรื้อวงจรไฟฟ้าทั้งหมดออก เพียงแค่เปลี่ยนจากการใช้สวิตช์ปกติมาเป็นอุปกรณ์ชุดนี้แทน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์สุรางค์รัตน์ เชาว์โคกสูงที่เป็นผู้ให้คำปรึกษา แนวคิด ข้อเสนอแนะ ตลอดจนแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

[1] Steven Goodwin, "Smart Home Automation with Linux", December 2010

[2] Andrew K. Dennis, “Raspberry Pi Home Automation with Arduino”, February 2013

[3] T. Chen, P. H. Wu and Y. C. Chiou, “An Early Fire Detection Method Based on Image Processing,” IEEE 2004 International Conference on Image Processing (ICIP), Singapore, pp. 1707-1710, Oct. 2004.

[4] วงจรของสวิตช์สองทาง
แหล่งที่มา: http://www.electronics-project-design.com
/LightSwitchWiring.html

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความสว่างของหลอดไฟฟ้า โดยแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม LabVIEW

Monitoring Volt Amp and Lux of Lamp Using LabVIEW

อนันต์ วงษ์จันทร์, พสิษฐ์ สังข์คำ, สุจินดา ปัญญาคันธา และ ระบิน ปาลี

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300 โทรศัพท์ : 0-5392-1444 ต่อ 2110

E-mail: anandata@hotmail.com, pasit_1982@hotmail.com, sujindar_7@hotmail.com, rbn_palee@hotmail.com

บทคัดย่อ

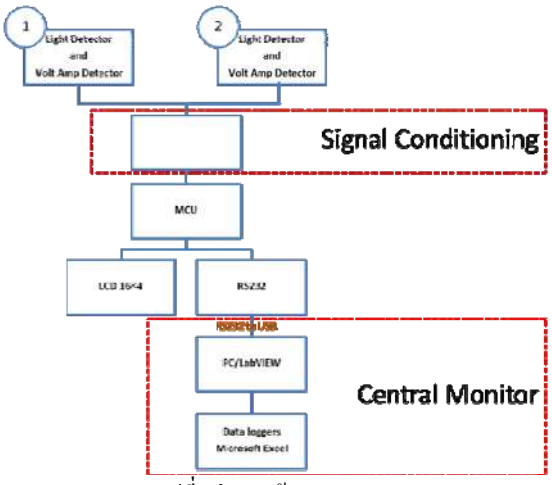
บทความนี้ได้นำเสนอ เครื่องตรวจจับแรงดันฟ้า กระแสไฟฟ้า และความสว่างของหลอดไฟฟ้า ซึ่งกระแสไฟฟ้าตรวจจับโดยใช้การเหนี่ยวนำของสนามไฟฟ้าผ่านขดลวด (Current Transformers) SCT-013-030 ทำการเปรียบเทียบค่าเป็นแรงดันต่อกระแสที่ไหลผ่าน ส่วนการวัดค่าความเข้มของแสงใช้ LDR NORPS12 ซึ่งจะค่าเอาต์พุตเป็นค่าอัตราส่วนของความต้านทานต่อค่าความเข้มของแสง โดยทำการประมวลผลการวัดด้วยด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR – ATMEGA 32 รับค่าสัญญาณอนาล็อกมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลซึ่งมีอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และทำการแสดงผลโดยใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD) ขนาดตัวอักษร 4 บรรทัด 16 หลัก ซึ่งมีการแสดงผลการวัดทั้งหมด 2 ค่า คือ ค่าโวลต์แอมป์ หน่วยเป็น VA จำนวน 2 แถว และค่าความเข้มของแสง หน่วยเป็น LUX จำนวน 2 แถว และส่งต่อข้อมูลที่วัดได้ผ่านพอร์ตอนุกรม RS232 เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ในการแสดงผลการวัด

ABSTRACT

This paper presents Monitoring Volt Amp and Lux of Lamp Using LabVIEW. The current detector using the current transformers (CT) SCT-013-030 compare the current flowing through the voltage. Section measure the intensity of light using LDR NORPS12. Which the output is the ratio of the resistance to the intensity of light. By processing the measurement with microcontroller AVR - ATMEGA 32 for the analog signals are converted to digital signals by ADC Converter function which is inside the microcontroller and displays using the Liquid Crystal Display (LCD) Size 4 row 16 digits. This has a display of measuring 2 value is measured in volts, amps, VA 2 rows and intensity values of light measured in LUX 2 rows. and forwards the measured data via RS232 serial port to connect to a computer using a LabVIEW program to display measurable results.

1. การออกแบบระบบ

โครงสร้างของระบบเครื่องตรวจจับแรงดัน กระแส และความสว่างของหลอดไฟฟ้าที่นำเสนอ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ชุดอุปกรณ์เซ็นเซอร์ประกอบด้วย ชุดตรวจจับกระแสไฟฟ้า *SCT-013-030* [1] ชุดตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า และชุดตรวจจับความสว่าง LDR NORPS12 [2]-[3] ส่วนที่สองคือ ชุดประมวลผลโดยแสดงผลการวัดค่าผ่านจอ LCD และส่วนที่สามคือ ชุดส่งต่อข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมไปยังคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ในการประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วทำการจัดเก็บส่วนกลาง ดังแสดงโครงสร้างของระบบในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบ

โดยจะทำการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter) ในการวัดค่าโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 6 VAC มาทำการแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) ผ่านตัวต้านทานแบบปรับค่าขนาด 20 kΩเพื่อให้ค่าแรงดันที่ได้อยู่ในช่วงไม่เกิน 2.5VDC โดยที่แรงดันไฟฟ้าสลับจะปนไปกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ในส่วนของการวัดกระแสที่หลอดไฟฟ้าใช้งาน ทำการตรวจจับโดย *SCT-013-030* ใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามไฟฟ้าผ่านขดลวดขนาด 1800:1 และทำการเปรียบเทียบค่าเป็นแรงดันไฟฟ้าต่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ซึ่งนำค่าที่มาคำนวณจาก Datasheet ของอุปกรณ์ เพื่อนำมาเป็นอัตราส่วนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่วัดได้ต่อกระแสที่ไหลผ่านโหลด (Load) ชนิดต่างๆ ที่นำมาทดสอบ

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การวัดค่าพลังงานส่องสว่างที่หลอดไฟฟ้า โดยใช้ตัวตรวจจับแสง (Light Sensor) เบอร์ LDR NORPS-12 มาวัดค่าความเข้มของแสง โดยการนำอัตราส่วนการแบ่งแรงดัน ของความต้านทานคงที่กับ LDR มาคำนวณค่าความเข้มของแสง (Luminance) โดยเทียบกับค่าในตารางค่า Log Scale และทำการคำนวณเปรียบเทียบให้อยู่ในหน่วยของความส่องสว่างของแสง (Lux) แล้วปรับค่าเทียบแล้วนำค่าที่ได้มากำหนดย่านความเข้มของแสงในแต่ละช่วง ซึ่งสมการหาค่าความส่องสว่างได้จากสมการ

$$Lux = Lumem / m^2 = lm / m^2 \quad (1)$$

จากนั้นนำค่าที่ได้จากตัวตรวจวัดทั้งสามค่า เข้าสู่วงจรปรับขนาดสัญญาณ (Signal Conditioning) แล้วนำค่าที่ได้มาประมวลผลผ่านตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR – ATMEGA 32 แล้วแสดงค่าของกระแสที่ใช้งาน และความสว่างของแสง ผ่านทางหน้า จอแสดงผลแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal Display: LCD) ขนาดตัวอักษร 4 แถว 16 หลัก โดยมีการแสดงผลการวัดทั้งหมด 2 ค่า คือ ค่าโวลต์แอมป์ หน่วยเป็น VA จำนวน 2 แถว และค่าความเข้มของแสง หน่วยเป็น LUX จำนวน 2 แถว ดังแสดงผลการวัดแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลการวัดแรงดัน กระแส และความสว่างของหลอดไฟฟ้า

3. การทดลองและผลการทดลอง

เพื่อทดสอบการสมรรถนะการทำงานของเครื่องที่นำเสนอ จึงมีการทดสอบการทำงานของเครื่องตรวจจับแรงดัน กระแส และความสว่างของหลอดไฟฟ้าที่สร้าง แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ทำการทดสอบวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านโหลดเทียบกับแอมป์มิเตอร์มาตรฐาน ยี่ห้อ KEWTECH รุ่น KT200 ดังแสดงในรูปที่ 3 การวัดเทียบค่าของ Volt Meter และ Amp Meter ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 1 ขั้นตอนที่สองทำการวัดค่าแรงดันที่จ่ายให้แก่โหลดเทียบกับโวลต์มิเตอร์มาตรฐาน ยี่ห้อ KEWTECH รุ่น KT200 ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220V 50 Hz และขั้นตอนที่สามทำการวัดค่าความส่องสว่างของหลอดไฟฟ้าเทียบกับมิเตอร์มาตรฐาน ยี่ห้อ DIGICON รุ่น LX-73 ดังแสดงในรูปที่ 4 ผลการทดสอบพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±10% และส่งต่อข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม (RS232) เพื่อส่งข้อมูลการวัดไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วจัดเก็บข้อมูลโดยโปรแกรม LabVIEW [4] ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 3 การวัดเทียบค่าของ Volt Meter และ Amp Meter

ตารางที่ 1 การวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านเทียบกับแอมป์มิเตอร์มาตรฐาน

อุปกรณ์	Watt	แอมป์มิเตอร์ (ที่สร้าง)	แอมป์มิเตอร์ (มาตรฐาน)	Error (%)
พัดลม	50	0.17	0.17	0.00
กาต้มน้ำ	600	2.70	2.60	-3.85
เตาอบ	600	2.74	2.71	-1.11
เครื่องปิ้งขนมปัง	700	3.08	3.05	-0.98
เตารีด	1000	4.67	4.62	-1.08
เตาอบ+กาต้มน้ำ	1200	5.50	5.30	-3.77



รูปที่ 4 การวัดเทียบค่าของ LUX Meter



รูปที่ 5 การรับค่าจากพอร์ตอนุกรม RS232 โดยโปรแกรม LabVIEW

4. สรุป

จากผลการทดลองเครื่องตรวจจับกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความสว่างของหลอดไฟฟ้าที่นำเสนอ สามารถใช้งานที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220V 50Hz ซึ่งกระแสไฟฟ้าของโหลดไม่เกิน 10 A มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±5% และจากผลการทดลองวัดค่าความส่องสว่างของหลอดไฟฟ้า อยู่ในช่วง 10 - 1,000 LUX มีค่าความคลาดเคลื่อน ±10% และสามารถส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม RS 232 ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ในการแสดงผลข้อมูลตามที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารอ้างอิง

[1] Datasheet SCT-013-030, http://meteobox.tk/files/SCT013-030V

[2] Datasheet LDR NORPS12, http://docs-europe.origin.electrocomponents.com/webdocs/0034/0900766b8003484c.pdf

[3] I. William Christopher, R.Ramesh, C.Saravanan “Low Cost Automatic Solar Energy Trapping System”, IEEE, International Conference on Electrical Energy Systems, pp.227-232, 2011.

[4] กิจไพบูลย์ ชีวพันธุศรี “การออกแบบแอพพลิเคชั่นในระบบกราฟิกด้วย LabVIEW”, ซีเอ็ดยูเคชั่น Ltd.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ป้ายโฆษณาตัวอักษรไฟวิ่งโดยใช้ชุดแอลอีดีแบบเส้น

Advertising Board by LED Strips

นายอรรถพล วิเวก,นายจีรวัฒน์ สัญญา, นายกรกต แสงบุญมี, และ นายนรินทร์ สายปัน

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

E-mail: attapon@rmutl.ac.th, moshiro_sanax@msn.com, bobbeboyza@gmail.com, cshmdevil@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาการใช้งานป้ายโฆษณาอักษรไฟวิ่งที่มีน้ำหนักมาก และเมื่อทำการติดตั้งไปแล้วจะทำการเคลื่อนย้ายลำบาก ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้พัฒนาป้ายโฆษณาอักษรไฟวิ่งโดยใช้ชุดแอลอีดีแบบเส้นที่มีน้ำหนักเบา ง่ายต่อการตัดและจัดเรียง และยังสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ซึ่งแอลอีดีแบบเส้นที่นำมาใช้งานนั้นจะมีไอซี LPD 8806 ในการควบคุมหลอดแอลอีดี โดยในแต่ละชุดจะประกอบด้วยไอซี LPD 8806 หนึ่งตัวต่อแอลอีดีสองดวง ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการติดชุดแอลอีดีโดยใช้ชุดคอลโทรเลอร์ Arduino เพื่อการติดต่อแสดงผลข้อความตามที่กำหนดรูปแบบออกไปยังป้ายโฆษณาอักษรไฟวิ่งที่ใช้ชุดแอลอีดีแบบเส้น

Abstract

This project was created to solve the problem of LEDs advertising board. It was aimed at weight reduction and facilitating mobility of the board for installation. This project developed a LEDs advertising board that can display moving texts. It used LED strips which are lightweight, easy to be cut and bended. These properties made it suite for the board to be transported. An IC LPD 8806 was used for controlling LED strips. Two LEDs were controlled by one IC LPD 8806. An Arduino microcontroller board was used for conducting the operation of the LEDs advertising board.

1.บทนำ

1.1.หลักการและเหตุผล

เนื่องในช่วงนี้เทคโนโลยีเรซิ่นกำลังได้รับความนิยมในส่วนป้ายโฆษณาอักษรไฟวิ่ง LEDs ก็ได้รับความนิยมเช่นกัน ป้ายโฆษณาอักษรไฟวิ่ง LEDs โดยทั่วไปมีแผงวงจรควบคุมที่มีขนาดใหญ่ หรือ ต้องนำ LED มาต่อกันเป็นจำนวนมากและต้องใช้เวลานาน รวมทั้งมีความสว่างของหลอด LED แต่ละหลอดไม่เท่ากัน มีต้นทุนสูง และมีน้ำหนักมากอีกด้วย

จากปัญหาดังกล่าวผู้จัดทำจึงได้ศึกษาและ พบแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษา C แบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) มาควบคุม LED แบบเส้น (LED Strips) ที่ประมวลผลด้วย Arduino

ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดและนำกระบวนการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้และพัฒนาให้เหมาะสมเพื่อแก้ไขปัญหาจึงจัดทำ ป้ายโฆษณาอักษรไฟวิ่ง LEDs ใช้ LEDs แบบเส้นสำเร็จ ที่มีน้ำหนักเบา ราคาถูก ใช้เวลาสร้างน้อย ความสว่างและระยะห่างของแต่ละหลอด มีความเท่ากันต่อกันแบบอนุกรม แสดงผลโดยหลักการ Shift Register และ LEDs Dot Matrix ประมวลผลด้วย Arduino

2.ทฤษฎีและหลักการ

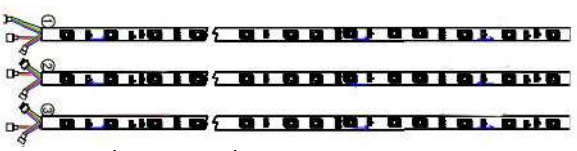
2.1.LED Strip LED8806

LED Strip [1] ในระยะ 1 เมตร มี LED อยู่ 32 ตัว แบ่งออกเป็นช่วงๆ แต่ละช่วงมีความยาว 6.35 เซนติเมตร ในหนึ่งช่วงประกอบด้วย ไอซีเลื่อนข้อมูล(IC Shift-Register) ที่ควบคุม LED 1 ตัว ตัวเก็บประจุสำหรับไอซี และมีตัวต้านสำหรับ LED รายละเอียดของ LED ประกอบด้วย ขา 6 ขา มีสีหลักอยู่ 3 สี คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน (RGB) ในทุกช่วงจะเชื่อมต่อกันตลอดความยาวของเส้นโดยทั่วไปความยาวจะอยู่ที่เส้นละ 5เมตรสามารถเลือกตัดได้ทุกช่วง เป็น LED เทคโนโลยีใหม่ที่ให้ความสว่างมากกว่าหลอด LED 2ขา หรือ LED 4ขา เป็นหลอดที่มีอัตราส่วนการประหยัดไฟที่มากขึ้นและความาสว่างมากขึ้น และมีขนาดเล็กและบางจึงเหมาะในพื้นแคบ พื้นที่จำกัด การเขียนโปรแกรมควบคุม LEDs Strip RGB จะเริ่มต้นด้วยการ Start การทำงานของ LEDs Strip ก่อน 32 บิต โดยจะส่งข้อมูลไปเป็น “0” ทั้ง 32 บิต เพื่อจะให้ LED Strip รับรู้ว่าผู้ใช้จะเริ่มทำการส่งค่าสี RGB [2] ให้แก่ LEDs Strip โดยจะส่งข้อมูลเป็นชุด 16 บิตพร้อม Clock signal [3] เริ่ม Start โดยแต่ละชุดจะใช้หลักการผสมสีความเข้มข้นของ Grayscale Level เมื่อจะส่งข้อมูลชุดใหม่ก็ต้องเริ่มต้นที่ บิต Start ใหม่อีกครั้ง

3.การออกแบบ

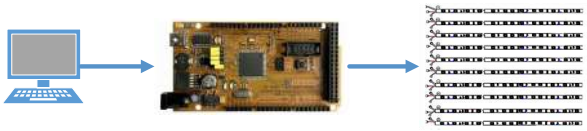
3.1.ออกแบบการเชื่อมต่อ LEDs Strip

ต่อ LEDs Strip แบบอนุกรมตามจำนวนที่ต้องการ



รูปที่ 1 แสดงการเชื่อมต่อ LEDs Strip แบบอนุกรม

3.2.ออกแบบวิธีการส่งข้อมูล



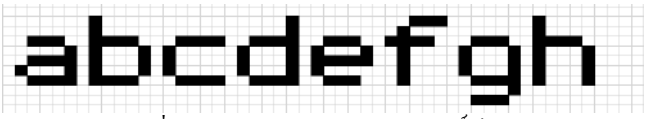
รูปที่ 2 แสดงการส่งข้อมูล

3.3.การออกแบบตัวอักษร

การออกแบบตัวอักษรทางจัดได้ออกแบบตามขอบเขต เป็นภาษาอังกฤษและตัวเลข โดยได้ออกแบบไว้สองขนาด คือขนาด 7*5 pixel ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4

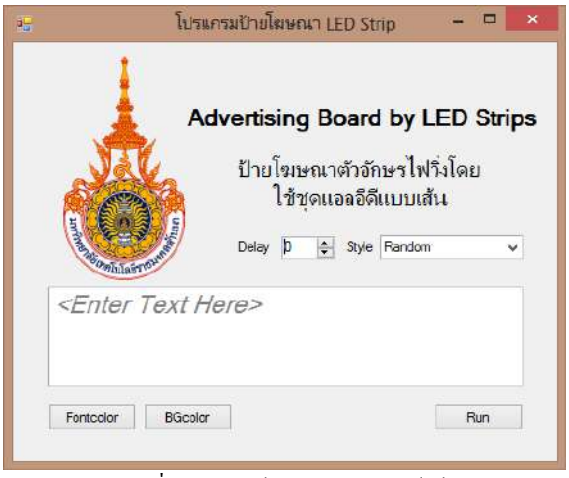


รูปที่ 3 แสดงการออกแบบตัวอักษรพิมพ์ใหญ่



รูปที่ 4 แสดงการออกแบบตัวอักษรพิมพ์เล็ก

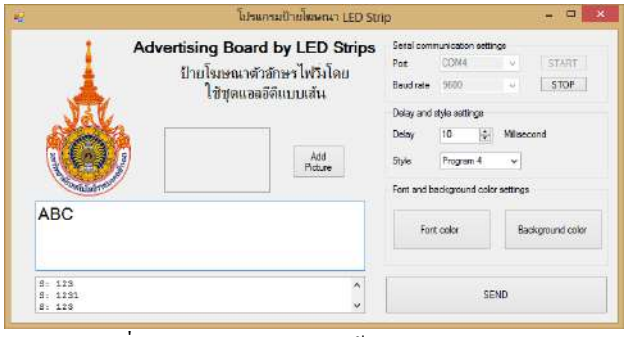
3.4.การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้



รูปที่ 5 แสดงหน้าต่างประสานกับผู้ใช้

4. ผลการทดลอง

ผู้ทำการทดลองได้ ทำการทดลองใช้งาน โปรแกรมรับข้อความจากผู้ใช้ ผ่านส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ดังรูปที่ 6 และ ส่งข้อมูลไปยัง Arduino แสดงผลบน แผงจอ LEDs Strip ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 แสดงการส่ง “ABC” ให้แผงแอลอีดีแสดงผล



รูปที่ 7 “ABC” แสดงผลบนแผงแอลอีดี

5.สรุป

การทำงานวิจัยในเรื่องป้ายโฆษณาตัวอักษรไฟวิ่งโดย ใช้ชุดแอลอีดีแบบเส้น (Advertising Board by LED Strips) ซึ่ง LED Strip [1] ในระยะ 1 เมตร มี LED อยู่ 32 ตัว แบ่งออกเป็นช่วงๆ แต่ละช่วงมีความยาว 6.35 เซนติเมตร ในหนึ่งช่วงประกอบด้วย ไอซีเลื่อนข้อมูล(IC Shift-Register) ที่ควบคุม LED 2 ตัว ตัวเก็บประจุสำหรับไอซี และมีตัวต้านสำหรับ LED รายละเอียดของ LED ประกอบด้วย ขา 6 ขา มีสีหลักอยู่ 3 สี คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน (RGB) ในทุกช่วงจะเชื่อมต่อกันตลอดความยาวของเส้น และเมื่อเรานำมาต่อกันในแบบอนุกรมทำให้สามารถแสดงผลข้อความที่ป้อนผ่านโปรแกรมที่ออกแบบได้ ซึ่งปัญหาที่พบในการทำงานนั้นเกิดจากการหาอุปกรณ์ LED Strip LPD 8806 ที่หาซื้อในประเทศได้ยาก และมีราคาที่สูง ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องลดจำนวนแถวของ LEDs Strip ลงอยู่ที่ 10 แถว จึงทำให้ขนาดของตัวอักษรที่แสดงผลจะมีลักษณะใหญ่ขึ้นถึงแม้จะออกแบบขนาดตัวอักษรที่ขนาด 7*5 pixel เมื่อเปรียบเทียบกับป้ายโฆษณาตัวอักษรไฟวิ่งทั่วไปที่มีขายอยู่ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ป้ายโฆษณาตัวอักษรไฟวิ่งทั่วไป



รูปที่ 9 ป้ายโฆษณาตัวอักษรไฟวิ่งโดย ใช้ชุดแอลอีดีแบบเส้น

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เอกสารอ้างอิง

[1] IVC WIKI: LED Bandwidth Monitor, http://beta.ivc.no/wiki/index.php/LED_Bandwidth_Monitor#Bann width_Monitor , [สืบค้นเมื่อ 19/12/2555]

[2] Image Processing – GrayScale http://www.oknation.net/blog/print.php?id=637897, [สืบค้นเมื่อ 6/2/2556]

[3] Self-clocking signal, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Self-clocking_signal, [สืบค้นเมื่อ 6/2/2556]

หัวข้อ P04 การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings2014, Chiang Mai, Thailand

สายอากาศแถวลำดับสำหรับเครือข่ายไร้สายย่านความถี่ 2.4GHz

A Collinear Antenna for 2.4GHz Wireless Network

เอกทัศน์ พฤกษวรรณอลงกรณ์ ลัง และ เอนก เพ็ชรแบน

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

Eaknrit@hotmail.com,Alongkorn_lang@hotmail.com,Anek.phetbaen@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้จะนำเสนอสิ่งประดิษฐ์สายอากาศแถวลำดับร่วมแนวอัตราขยายสูงในย่านความถี่ 2.4 GHz โดยจะนำมาใช้กับอุปกรณ์ส่งสัญญาณอินเตอร์เน็ตไร้สาย (WiFi)เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ส่งสัญญาณ สายอากาศดังกล่าวใช้หลักการต่อเป็นแนวแถวลำดับของขดลวดและลวดตัวนำความยาว3λ/4สายอากาศที่สร้างขึ้นมีอัตราขยายมากกว่าสายอากาศอ้างอิง(5 dBi)ที่ใช้เปรียบเทียบเท่ากับ10 dB ดังนั้นสายอากาศที่สร้างจึงมีอัตราขยายเท่ากับ 15 dBiส่งผลให้ระยะทางการส่งสัญญาณอินเตอร์เน็ตไร้สายเพิ่มขึ้นโดยมีรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นรอบทิศทาง

Abstract

This project will presents the design and build of an high gain collinear antenna use in the frequency range of 2.4GHz. This antenna will be use with the wifi transmitter. The antenna is an collinear by have distance between each coll equal 3λ/4. This antenna have gain more than reference antenna (5 dBi) compare with 10 dB so this antenna have a gain for 15 dBi it will add more radiation distance for wifi transmitter and have the omni-directional radiation pattern.

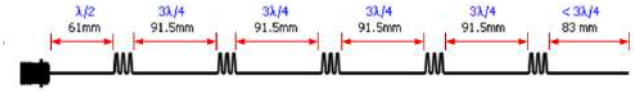
1. บทนำ

ในปัจจุบันมีความต้องการในการใช้งานอินเตอร์เน็ตไร้สายเพิ่มมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะบนโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน ซึ่งองค์กรหรือหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ล้วนแล้วแต่มีการติดตั้งระบบอินเตอร์เน็ตไร้สาย (WiFi) ภายในองค์กรของตนเองเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งานอินเตอร์เน็ต และการติดต่อสื่อสาร การประสานงานต่างๆ แต่ระบบอินเตอร์เน็ตไร้สายส่วนใหญ่ยังคงมีข้อจำกัดด้านระยะทางในการส่งสัญญาณส่งผลให้อินเตอร์เน็ตไร้สายไม่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อระยะทางไกลขึ้น การแก้ไขปัญหาโดยการติดตั้งอุปกรณ์ส่งสัญญาณเพิ่มขึ้นตามจุดต่างๆ ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากร ผู้จัดทำจึงศึกษาวิธีการแก้ไขปัญหาโดยการเพิ่มประสิทธิภาพของสายอากาศที่ส่งสัญญาณให้มีอัตราขยายสูงขึ้นส่งผลให้มีระยะทางการส่งสัญญาณที่ไกลขึ้น และมีรูปแบบการแพร่กระจายรอบทิศทาง

2. โครงสร้างสายอากาศ

2.1 หลักการและการออกแบบสายอากาศคอลลิเนียร์

สายอากาศคอลลิเนียร์จะมีโครงสร้างหลักอยู่ที่เส้นลวดทองแดงนำมาพันเป็นขดตามระยะต่างๆโดยมีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่นตามความถี่ที่ออกแบบ การสร้างจะเชื่อมต่อเส้นลวดทองแดงออกมาจากแกนกลางของขั้วต่อชนิด N-Type ซึ่งเป็นส่วนอินเนอร์ที่ต่อออกมาจากสายนำสัญญาณ ส่วนประกอบดังกล่าวมีหน้าที่เปลี่ยนแรงดันและกระแสไฟฟ้าออกไปในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่กระจายออกไปรอบทิศทางอย่างเหมาะสมกับการนำมาใช้กับอุปกรณ์ปล่อยสัญญาณอินเตอร์เน็ตไร้สาย ที่ต้องการแพร่กระจายคลื่นออกไปรอบทิศทางให้กับผู้ใช้งานได้อย่างทั่วถึง



รูปที่ 1 โครงสร้างของสายอากาศที่เราออกแบบไว้

โครงสร้างของสายอากาศที่ออกแบบไว้ดังรูปที่ 1 โครงสร้างหลักจะใช้ตัวนำเป็นลวดทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.25 mm 1 เส้นโดยมีความยาวรวมทั้งหมด 1.4 เมตร นำมาพันเป็นขดลวดให้ได้ค่าความเหนี่ยวนำเท่ากับ0.2514 μH และคำนวณหาค่าอินดัคตีฟรีแอกแตนซ์ได้จากสมการที่ 1 และนำไปต่อแต่ละขดเข้าด้วยกันโดยใช้ลวดตัวนำเส้นตรงที่มีความยาว 3λ/4

$$X_L = 2\pi fL \qquad (1)$$

การหาค่าอัตราขยายเพื่อแสดงประสิทธิภาพของสายอากาศโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบกับสายอากาศอ้างอิงซึ่งคำนวณอัตราขยายได้จากสมการที่ 2

$$G_A = P_{A\text{-}B}(dB) + 5dBi \qquad (2)$$

โดยที่ G_A คืออัตราขยายของสายอากาศที่สร้าง

$P_{A\text{-}B}$ คือค่าผลต่างกำลังงานที่รับได้ระหว่างสายอากาศอ้างอิงกับสายอากาศที่สร้างมีหน่วยเป็นดีบี

3. การสร้างและการทดลองสายอากาศแบบคอลลิเนียร์



รูปที่ 2 ชิ้นงานสายอากาศจริงที่สร้างขึ้น

ลักษณะโครงสร้างของสายอากาศตามรูปที่ 2 โดยระยะห่างจากขั้วต่อจะใช้ระยะของความยาวคลื่นหารสองแล้วพันขดลวดบนแกนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง18 mmพันทั้งหมด 3 รอบ จากนั้นต่อด้วยแท่งตัวนำที่มีความยาว 3λ/4 แล้วพัดขดลวดอีกครั้งเหมือนขั้นตอนแรก และทำซ้ำขั้นตอนที่ 2ไปอีก 3 ครั้ง รวมทั้งหมด5 ชั้น ส่วนปลายสุดจะกำหนดให้มีความยาวน้อยกว่า 3λ/4 คือ 83 mmตรงส่วนกลางของสายอากาศนำไม้บัลซ่าสอดเข้าไปในแกนกลางของขดลวดและนำไปจับยึดกับส่วนขั้วต่อที่

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

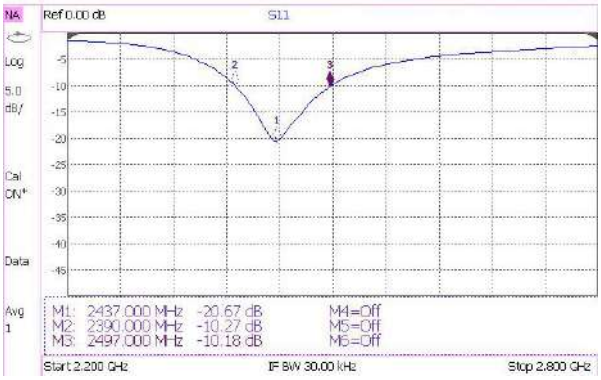
ECTI-CARD Proceedings2014, Chiang Mai, Thailand

เป็นฐานเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับสายอากาศโดยไม่ส่งผลต่อกระทบต่อการแพร่กระจายคลื่น

การวัดค่ากำลังงานที่รับได้จากสายอากาศที่สร้างขึ้นแบบเดียวกัน 2 ต้นโดยทำการส่งคลื่นความถี่ 2.437 GHz. จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ และรับด้วยเครื่องวิเคราะห์ความถี่(Spectrum Analyzers)จัดระยะห่างระหว่างสายอากาศทั้งสองต้นให้เป็นสนามระยะไกลดังรูปที่ 3

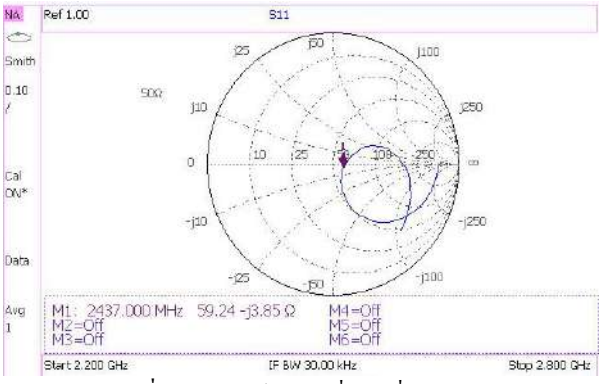


รูปที่ 3 การวัดค่ากำลังงานเพื่อหาอัตราขยายของสายอากาศ

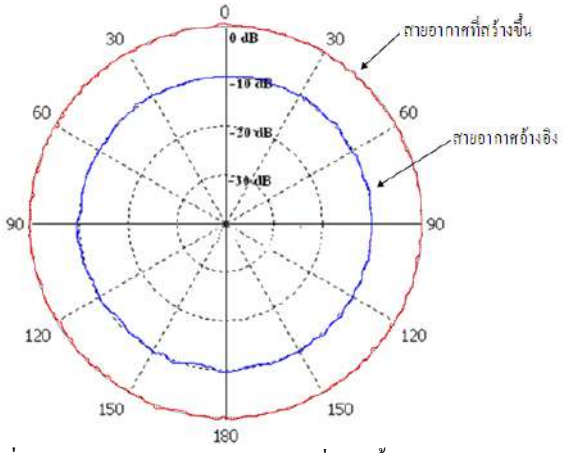


รูปที่ 4ค่าการสูญเสียย้อนกลับ(S11) ที่ความถี่ 2.437 GHz

การทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานโดยจะการวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับ(S11) ดังรูปที่ 4 และการวัดอิมพีแดนซ์ด้านเข้า ดังรูปที่ 5ด้วยเครื่องวิเคราะห์วงจรข่าย (Network Analyzer)



รูปที่ 5อิมพีแดนซ์ด้านเข้าที่ความถี่ 2.437 GHz



รูปที่ 6เปรียบเทียบอัตราขยายสายอากาศที่สร้างขึ้นกับสายอากาศอ้างอิงที่มีอัตราขยาย 5 dBi

จากรูปที่ 6 สายอากาศที่สร้างมีอัตราขยายมากกว่าสายอากาศอ้างอิง 10 dBiดังนั้นสายอากาศของโครงการนี้จึงมีอัตราขยาย 15 dBiรอบทิศทาง

4สรุป

จากการทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศด้วยเครื่องวิเคราะห์วงจรข่ายเมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบระหว่างสายอากาศที่สร้างขึ้นกับสายอากาศอ้างอิงจะได้ค่าดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศที่ความถี่ 2.437 GHz.

พารามิเตอร์ต่าง ๆ	สายอากาศอ้างอิง	สายอากาศที่สร้าง
ค่าการสูญเสียย้อนกลับ	-20.12 dB	-20.67 dB
อัตราส่วนคลื่นนิ่ง	1.219	1.15
อิมพีแดนซ์ด้านเข้า	43+j0.3 Ω	59.24+j3.85 Ω
อัตราขยาย	5dBi	15dBi
การแพร่กระจายคลื่น	รอบทิศทาง	รอบทิศทาง
แบนด์วิดท์	216 MHz	107 MHz

ดังนั้นจึงสามารถนำสายอากาศที่สร้างขึ้นไปต่อใช้งานกับเครื่องส่งสัญญาณ WiFi ซึ่งจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าสายอากาศอ้างอิงที่นำมาเปรียบเทียบ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ที่เอื้ออำนวยความสะดวกการใช้เครื่องมือวัดวิเคราะห์วงจรข่าย และสถานที่ในการจัดทำโครงการ

เอกสารอ้างอิง

[1] **พิชัย ภักดีพานิชเจริญ.**ทฤษฎีและการใช้ความถี่ย่านไมโครเวฟ กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2536

[2] **ผศ. อัมฤทธิ สุรสิทธิ์**เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสายอากาศ เชียงใหม่ : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ , 2545. ถ่ายเอกสาร

[3] **โมไนย ไกรฤกษ์.**ทฤษฎีสายอากาศ. กรุงเทพมหานคร : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2536.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

สายอากาศแบบช่องเรียวมีแผ่นสะท้อนป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมความถี่ 2.45 GHz

Taper Slot Microstrip Antenna With Reflector Feed By CPW 2.45 GHz

เอกทัศน์ พฤกษวรรณ นพรัตน์ การะเกต และ นัฐวุติ มะณี

สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

Eaknrit@hotmail.com, Nopharat_jaykung@hotmail.com , Ca_bew@hotmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างสายอากาศอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบสื่อสารไร้สายนั่นคือสายอากาศแบบช่องเรียวป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมผนวกเข้ากับแผ่นสะท้อนเพื่อบังคับลำคลื่นหลักให้ไปในทิศทางด้านหน้าส่งผลให้อัตราขยายเพิ่มขึ้นและป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม ความถี่ที่ออกแบบ 2.45 GHz มีช่วงผ่านแถบความถี่ครอบคลุมย่าน WiFi โดยการออกแบบใช้โปรแกรม IE3D จำลองการทำงานก่อนสร้างชิ้นงานจริง

Abstract

This project presents the design and build antennas another form , which are essential components of wireless systems there is a tapered antenna feed by CPW with integrated into the reflector to force the main beam is in the direction of the front, this medthod making gain of antenna increases. Designed with the 2.45 GHz frequency band pass within WiFi coverage by design using IE3D simulator before building work.

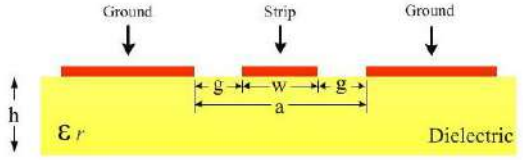
1. บทนำ

ในชีวิตประจำวันการสื่อสารนับว่าเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะการสื่อสารแบบไร้สาย ซึ่งเข้ามามีบทบาทในยุคปัจจุบันเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นการสื่อสารที่ตอบสนองความต้องการใช้ของผู้ใช้ และยังสามารถเชื่อมต่อการสื่อสารไปได้ทุกที่ สายอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ควรให้ความสำคัญเป็นอย่างมากที่จะเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการสื่อสารแบบไร้สาย แต่สายอากาศแบบไมโครสตริปที่ใช้กันทั่วไปมีแบนด์วิดท์เฉพาะย่านความถี่ที่ต้องการเท่านั้นหรือมีแบนด์วิดท์แคบ จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาและพัฒนาสายอากาศแบบไมโครสตริปให้มีแบนด์วิดท์ที่กว้างขึ้นผู้จัดทำจึงศึกษาเลือกรูปแบบช่องเรียวบนโครงสร้างวงจรระนาบแบบไมโครสตริป เพราะมีแนวโน้มที่ให้ช่องผ่านแถบความถี่ที่กว้าง

2. โครงสร้างสายอากาศ

2.1 หลักการและโครงสร้างของสายอากาศ

สายอากาศแบบช่องเรียวมีแผ่นสะท้อนป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมจะประกอบด้วยส่วนของวัสดุฐานรอง (Substrate) และมีแผ่นตัวนำประกบอยู่ที่ด้านหนึ่ง ซึ่งการออกแบบจะสร้างรูปร่างของส่วนแผ่พลังงานเพื่อให้ได้คุณลักษณะของสายอากาศที่ต้องการ ส่วนของการป้อนกำลังงานเข้าสู่ตัวสายอากาศจะใช้สายนำสัญญาณระนาบร่วมมีข้อดีเช่น ความสามารถในการลดการผิดเพี้ยนของสัญญาณ(Low Dispersion) และลดการสูญเสีย (Low Insertion Loss) [5] โดยสายนำสัญญาณไมโครสตริป (Coplanar Waveguide: CPW) ที่ใช้เป็นแถบโลหะวางคู่อยู่บนวัสดุฐานรองเป็นสารไดอิเล็กตริกที่ถูกคั่นด้วยช่องเปิดสองช่องเมื่อพิจารณาก็จะมีคุณลักษณะทางอิมพีแดนซ์เพื่อให้เกิดความเข้าคู่กัน (Match)



รูปที่ 1 โครงสร้างของสายนำสัญญาณระนาบร่วม

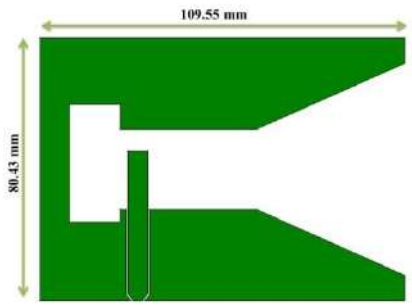
สำหรับการป้อนสัญญาณเพื่อกระตุ้นตัวสายอากาศนั้นโดยใช้สายนำสัญญาณระนาบร่วมต่อเข้ากับตัวของสตับซึ่งทำการแมตช์อิมพิแดนซ์ที่ 50 โอห์ม [4] โดยสามารถที่จะคำนวณหาความยาวคลื่นในวัสดุฐานรองจากสมการ

$$\lambda_g = \frac{c}{f\sqrt{\varepsilon_{re}}} \qquad (1)$$

โดยกำหนดให้ $\varepsilon_{re} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2}$

$$Zc = \frac{\pi\eta_0}{4\sqrt{\varepsilon_{re}}}\left(\ln\left(2\frac{1+\sqrt{w/a}}{1-\sqrt{w/a}}\right)\right)^{-1}\ \Omega \qquad (2)$$

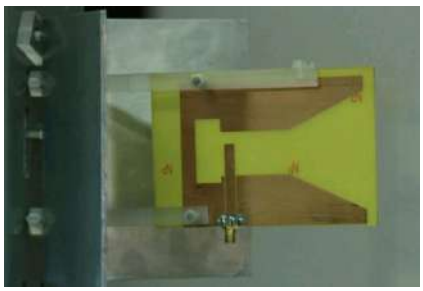
3. การออกแบบสายอากาศแบบช่องเรียวมีแผ่นสะท้อน



รูปที่ 2 สายอากาศที่ออกแบบด้วยโปรแกรม IE3D

ลักษณะโครงสร้างของสายอากาศเป็นไปตามรูปที่ 2 ขนาดความกว้างของช่อง ความยาวของสายป้อนที่ยื่นเข้าไปในช่องมีผลต่อค่าความถี่เรโซแนนซ์และค่าการสูญเสียย้อนกลับ โครงงานมีการใส่แผ่นสะท้อนเพิ่มเข้าไปเพื่อบังคับลำคลื่นหลักให้ไปทิศทางด้านหน้า ซึ่งแผ่นสะท้อนยังมีผลต่อการแมทชิ่งโดยมีการปรับระยะห่างอย่างเหมาะสมจะทำให้ได้ค่าการสูญเสียย้อนกลับต่ำกว่า -10 dB โดยการออกแบบชิ้นงานจะใช้

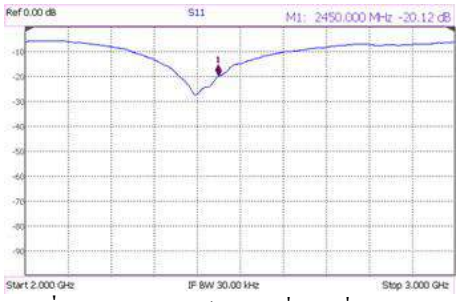
แผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 มีคุณสมบัติของค่าคงตัวไดอิเล็กตริก $\varepsilon_r = 4.45$ ความหนาของวัสดุฐานรอง $h = 1.6$ มม. และจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม IE3D เมื่อได้ผลตามเป้าหมาย จึงนำไปสร้างเป็นชิ้นงานจริงต่อไปดังรูปที่ 3



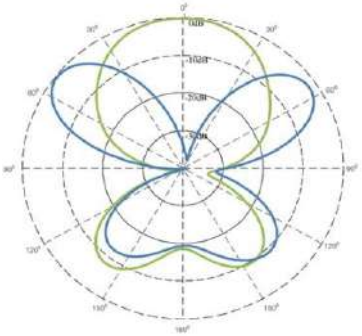
รูปที่ 3 สายอากาศที่สร้างขึ้น

4. การทดสอบชิ้นงาน

การทดสอบชิ้นงานโดยจะการวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับด้วยเครื่องวิเคราะห์วงจรข่าย (Network analyzer)



รูปที่ 4 ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ความถี่ 2.45 GHz



รูปที่ 5 เปรียบเทียบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบไม่มีแผ่นสะท้อนกับมีแบบมีแผ่นสะท้อน

จากรูปที่ 4 เป็นผลการวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับได้เท่ากับ -21.12 dB และรูปที่ 5 พบว่าสายอากาศแบบช่องเรียวมีแผ่นสะท้อนป้อนโดยสายนำสัญญาณระนาบร่วมที่สร้างขึ้นมา มีลำคลื่นหลักเพียงลำคลื่นเดียว แพร่กระจายไปทางด้านหน้าโดยกำหนดให้ที่มุมศูนย์องศาคือด้านหน้า

4.1 การทดสอบสายอากาศกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณ

การทดสอบสายอากาศกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณเป็นเวลา 72 ชั่วโมงเพื่อดูผลของสายอากาศที่สร้างขึ้นมีความเสถียรภาพการรับส่งสัญญาณหรือไม่ พบว่าสัญญาณที่รับได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -35 dBm ตลอด 72 ชั่วโมง แสดงว่าสายอากาศที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นสายอากาศ WiFi ได้

5 สรุป

จากการทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศด้วยเครื่องวิเคราะห์วงจรข่ายเมื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม IE3D พบว่าผลที่ได้มีความใกล้เคียง สอดคล้องกันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศ

พารามิเตอร์ต่าง ๆ	ผลการวัด	ผลการจำลอง
ค่าการสูญเสียย้อนกลับ	-20.12 dB	-25.754 dB
อัตราส่วนคลื่นนิ่ง	1.219	1.15
อิมพีแดนซ์ด้านเข้า	43.6+j8.7 Ω	51.6+j5 Ω
อัตราขยาย	5.742 dBi	5.5 dBi
การแพร่กระจายคลื่น	1 ทิศทาง	1 ทิศทาง
แบนด์วิดท์	367.5 MHz	347 MHz

สามารถนำสายอากาศแบบช่องเรียวมีแผ่นสะท้อนป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมไปใช้รับส่งสัญญาณ WiFi ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ ที่เอื้ออำนวยความสะดวกการใช้โปรแกรม IE3D เครื่องมือวัดวิเคราะห์วงจรข่าย และสถานที่

เอกสารอ้างอิง

[1] **พิชัย ภักดีพานิชเจริญ.** ทฤษฎีและการใช้ความถี่ย่านไมโครเวฟ กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2536

[2] **ผศ. อัมฤทธิ สุรสิทธิ์** เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมสายอากาศ เชียงใหม่ : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ , 2545. ถ่ายเอกสาร

[3] **สมพร ศรีวัฒนพล** "การออกแบบสร้างสายอากาศย่านความถี่ไมโครเวฟความถี่" 433.9MHz โครงสร้างไมโครสตริป (Type B)" 2553. [ระบบออนไลน์]แหล่งที่มา http://bal.buu.ac.th/bal2010/sites/default/files/dev/ant_b.pdf (10 มกราคม 2555)

[4] **ดวงใจ กาญจนปัญโญ.** ทฤษฎีสายส่งและสายอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : เอมพันธ์, 2538. .

[5] **โมไนย ไกรฤกษ์.** ทฤษฎีสายอากาศ. กรุงเทพมหานคร : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2536.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การประยุกต์พัฒนาเว็บเพ็จด้านวัตกรรมเพื่อชุนชนในการสนับสนุนผลิตภัณฑ์ไทยสู่ยุคอาเซียน

The Webpage Development on Innovation for Community Supporting the Thai Products to ASEAN

ยุพดี หัตถสิน[1], ชัชวาลย์ รัตนโสภา[2], วิทวัส ปิงวัง[3], ฤทธิ์ณรงค์ เสน่หา, ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล, ธนิต เกตุแก้ว, ภาสวรรธน์ วัชรดำรงศักดิ์

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: UHT@rmutl.ac.th[1], tung_mm@hotmail.com[2], mixxza_en@hotmail.com[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ระบบสารสนเทศด้านวัตกรรมเพื่อชุนชนในการสนับสนุนผลิตภัณฑ์ไทยสู่ยุคอาเซียน ซึ่งมีจุดประสงค์ในการส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมล้านนา และส่งเสริมผลิตภัณฑ์ด้านอุปโภค/บริโภคของชาวไทยล้านนาจำนวน 36 ผู้ประกอบการที่ซึ่งเคยเข้าร่วมในงานฉลอง 55 ปีหรือ Expo'55 ของการก่อตั้งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ มีการออกแบบระบบโดยกำหนดให้มีเว็บไซต์หลักชื่อ www. http://made-inthailand.com/ แล้วมีลิงค์เชื่อมโยงไป-กลับระหว่างเว็บไซต์ลูกทั้งหมด มีการคำนึงถึงผู้ประกอบการ และการนำเสนอระบบบนโลกอินเตอร์เน็ตเป็นหลัก โดยในการสร้างส่วนแอดมิน มีการเน้นให้ผู้ประกอบการสามารถเข้าใจและใช้งานได้ง่าย เนื่องจากส่วนใหญ่ผู้ประกอบการจะเป็นผู้สูงอายุ และไม่ถนัดในเรื่อง IT มากนัก และการนำเสนอระบบจะเป็นไปทางด้านการประชาสัมพันธ์/ขายสินค้า/ช่วยโฆษณา/สนับสนุนผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาไทย/เพิ่มช่องทางของตลาด/ส่งเสริมความแข็งแรงด้านวัฒนธรรมภาคเหนือ/บทบาทการดำรงชีวิตของชุมชนทางภาคเหนือให้มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น และเพื่อเป็นการสอดรับกับนโยบายของประชาคมอาเซียนที่กำลังจะมาถึงใน พ.ศ. 2558 นี้ ผลการทดสอบจะแบ่งเป็นการทดสอบหน้าเว็บและการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดังกล่าว ผลลัพธ์ส่วนแรกได้มาจากการสุ่มผู้ทดลองทดสอบจำนวน 30 คน ส่วนที่สองได้มาจากสมาชิกและประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดังกล่าวประมาณมากกว่า 20 คน ผลการทดสอบเป็น 76.55% และ 83% สำหรับส่วนแรกและส่วนที่สองตามลำดับ จากส่วนแรกชี้ว่า กลุ่มผู้ทดสอบมีการใช้งานหลากหลายและแตกต่างกัน ทำให้คะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าทางกลุ่มวิสาหกิจ และส่วนที่สองชี้ว่ากลุ่มวิสาหกิจมีความพึงพอใจในระบบสารสนเทศนี้มากกว่ากลุ่มผู้ทดสอบ เนื่องจากระบบเน้นความสำคัญให้แก่กลุ่มวิสาหกิจโดยตรง ซึ่งผลลัพธ์ต่างๆ ที่ได้นั้นมีประโยชน์สามารถเพิ่มความสะดวกสบายในการ ซื้อ / ขายสินค้าของทางกลุ่มแปรรูปอาหารทางการเกษตรให้ดียิ่งขึ้นไป

Abstract

This research is the application of information technology to support innovative products from Thai community to the ASEAN, which is intended to promote the Lanna arts and Lanna culture. Also it is provided on several Thai products from 36 operators participating in the celebration of 55 years of its founding, the Expo'55 Rajamangala University of Technology Lanna, Northern Campus, Chiang Mai. It can connect 36 operators who are a merchant, an entrepreneur, or a community. It plays the role on a web media between those operators and online consumers. It is based on a system design. Its site is called www.http://made-inthailand.com/ and there is a link to each other of all Thai community on the sites. Its presentation system on the internet is a key main point by creating an administrator with a focus on entrepreneurs to understand and use easily. Since its most households are elderly and not have aptitude in IT much, it can help present the products to the public relations / sales / help advertise / support products from Thailand / add channels to market / promote a strong cultural region / roles to life of Northern communities to have a better living, according to the policies of the country that was to come in 2558 for AEC. Its test is divided into test pages and evaluating the satisfaction of the community enterprise. Results of the first randomized subjects tested are 30 people. The second part, made up of members and chairman of community enterprise, is about more than 20 people. The test results are 76.55 % and 83 % for the first part and the second part respectively. The first case is that the thirty people can examine in variety of different applications which makes less than the average enterprise. The second case is that the communities satisfy this proposed information system because they emphasis to their group of enterprises directly. This research can be useful to increase comfort in well buying / selling of agricultural food which is processed by communities

***Keywords*:** www.made-inthailand.com, Webpage, AEC

1. บทนำ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อช่วยโฆษณา และสนับสนุนผลิตภัณฑ์ของชุมชนผู้ประกอบการให้มีช่องทางของตลาดเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการช่วยส่งเสริมความแข็งแรงด้านวัฒนธรรม บทบาทการดำรงชีวิตให้มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น และเพื่อเป็นการสอดรับกับนโยบายของประชาคมอาเซียนที่กำลังจะมาถึงใน พ.ศ. 2558 นี้ แนวทางในการดำเนินงานวิจัย เริ่มจากการเดินทางไปเก็บข้อมูลและรายละเอียดสินค้าของ 36 ผู้ประกอบการที่ซึ่งเคยเข้าร่วมในงาน Expo'55 จากนั้นมีการออกแบบเว็บเพ็จสำหรับแต่ละผู้ประกอบการ

2. หลักการที่เกี่ยวข้อง

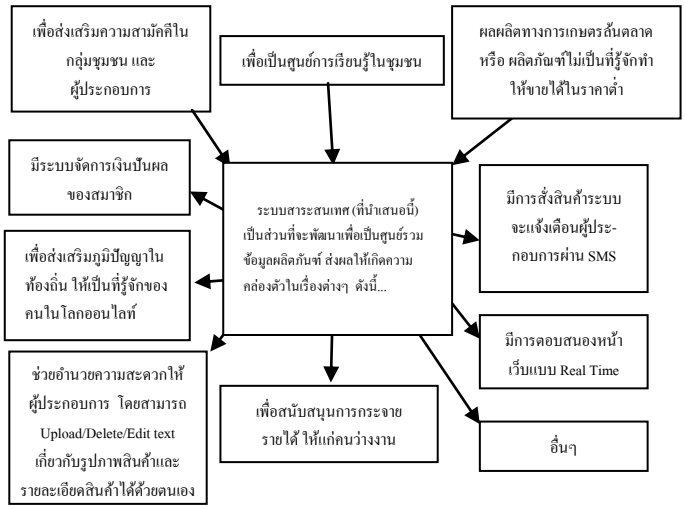
การออกแบบระบบสารสนเทศต้องคำนึงถึงผู้ประกอบการ และการนำเสนอระบบบนโลกอินเตอร์เน็ตเป็นหลัก โดยในการสร้างส่วนแอดมิน

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

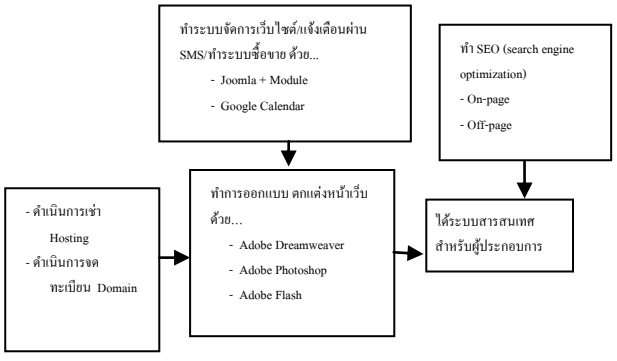
ต้องเน้นให้ผู้ประกอบการสามารถเข้าใจและใช้งานได้ง่าย เนื่องจากส่วนใหญ่ผู้ประกอบการจะเป็นผู้สูงอายุ และไม่ถนัดในเรื่อง IT มากนัก และระบบจะนำเสนอไปทางด้านการประชาสัมพันธ์ และขายสินค้าของทางผู้ประกอบการให้เป็นที่รู้จักและเพิ่มรายได้ต่อไป โดยมีแนวคิดและหลักการออกแบบระบบสารสนเทศดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. แนวคิดและหลักการออกแบบระบบสารสนเทศ

3. การพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบนี้ ขอยกเพียงหนึ่งตัวอย่างของการออกแบบระบบโดยใช้กรณีของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านสันกอเก็ตมาเป็นต้นแบบโดยใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป ในขณะที่มีการสร้างเว็บเพ็จอยู่ 2 แบบคือ แบบที่มีการเขียน Source-code ขึ้นมาเอง กับแบบที่ใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปโดยใช้โปรแกรม Joomla ซึ่งเป็น CMS ที่ได้รับความนิยม นำมาเป็นเครื่องมือหลัก และใช้ Artisteer, Photoshop, Dream weaver รวมถึง Extension อื่นๆ มาประกอบในการทำระบบสารสนเทศหรือเว็บเพ็จนี้ เพื่อให้ได้ระบบสารสนเทศที่มีคุณภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้ คือ ระบบสามารถตอบรับการสั่งซื้อสินค้าได้ มีความง่ายต่อการใช้งานให้แก่ผู้ประกอบการ กรอบความคิดในการดำเนินการดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. กรอบความคิดในการดำเนินการ

ทำการเช่า Hosting และจดทะเบียน Domain เป็นชื่อที่ผู้ประกอบการต้องการ และ สร้างระบบสารสนเทศด้วย Adobe Dreamweaver และ Joomla ในบางส่วน ตกแต่งสร้างกราฟฟิกด้วย Adobe Photoshop, Adobe Flash และเพิ่มข้อมูล สินค้าต่างๆของทางผู้ประกอบการลงในระบบสารสนเทศ ซึ่งจะมีการทำ SEO ทั้งแบบ On-page และ Off-page เพื่อให้ติดอันดับต้นๆใน Search Engine เช่น www.google.com

3.1 การออกแบบหน้าระบบสารสนเทศในส่วนหน้าโฮม

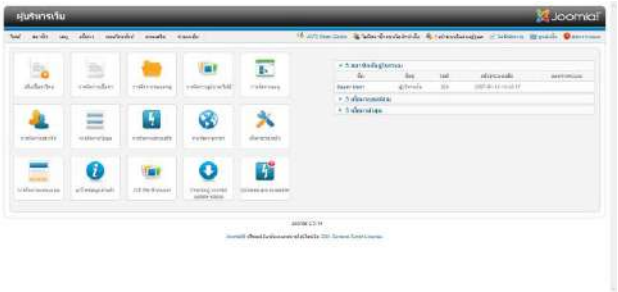
ทำการสร้างระบบสารสนเทศด้วย joomla และออกแบบแก้ไขหน้าโฮมเพจ ซึ่งประกอบด้วยเมนูต่างๆ ลงข้อมูลและสินค้าของผู้ประกอบการจนครบถ้วนตามที่ผู้ประกอบการต้องการ หน้าเว็บแสดงได้ในรูปที่ 3



รูปที่ 3. หน้าโฮมเพจของ www.sungawget.com

3.2 การออกแบบหน้าระบบสารสนเทศในส่วนแอดมิน

ในส่วนของแอดมินใช้ในการแก้ไข/เพิ่ม/ลบ รูปภาพ บทความ วีดีโอ ข้อมูลสินค้าต่างๆ ซึ่งทางระบบของ joomla จะมีส่วนของแอดมินมาให้พร้อมใช้งานทันที แสดงได้ในรูปที่ 4



รูปที่ 4. หน้าแอดมินในการแก้ไขระบบสาระสนเทศ

4. ผลการดำเนินงาน

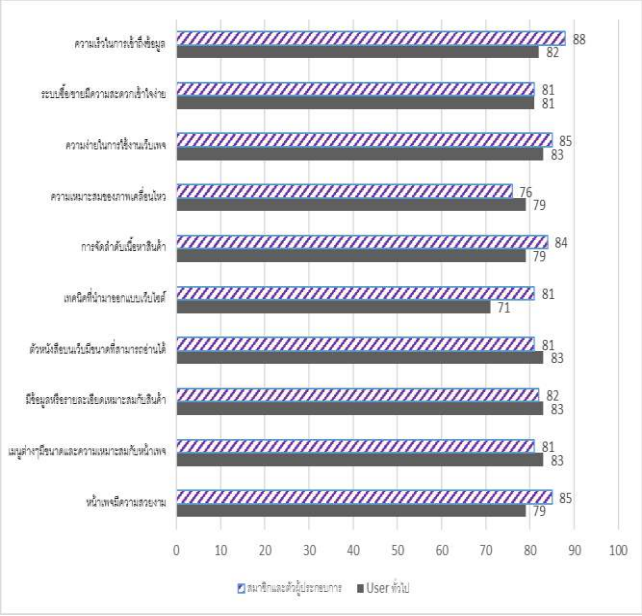
สามารถปรับเปลี่ยนภาษาได้ 2 ภาษา คือ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีโมดูล Translator ซึ่งสามารถเปลี่ยนภาษาได้มากกว่า 60 ภาษา เพื่อนำไปใช้กับกิจการอย่างอื่นได้ ซึ่งผลลัพธ์ต่างๆ ที่ได้นั้น มีประโยชน์

สามารถเพิ่มความสะดวกสบายในการ ซื้อ / ขาย สินค้าของทางกลุ่มชุมชน 36 ผู้ประกอบการ ให้ดียิ่งขึ้น โดยเครือข่ายของระบบที่แสดงการเชื่อมโยงถึงกันของ 36 ผู้ประกอบการแสดงได้ในรูปที่ 5



รูปที่ 5. ทุกระบบสารสนเทศย่อยจะเชื่อมโยงไปยังระบบสารสนเทศหลัก

จากผลการสำรวจด้วยแบบประเมินความความพอใจระหว่างสมาชิกและผู้ประกอบการ กับ user ทั่วไป สรุปผลได้ดังกราฟ ในรูปที่ 6



รูปที่ 6. แบบประเมินความพอใจระหว่างสมาชิกและผู้ประกอบการ กับ user ทั่วไป

5. สรุป

การประยุกต์พัฒนาเว็บเพ็จด้านวัตกรรมเพื่อชุนชนในการสนับสนุนผลิตภัณฑ์ไทยสู่ยุคอาเซียนนี้ สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ สะดวกในการซื้อขายสินค้า และเข้าดูข้อมูล ผู้ประกอบการสามารถแก้ไข/เพิ่ม/ลบข้อมูลด้วยตนเองได้สะดวกและยังสามารถลิ้งค์ไปยังเว็บหลัก โดยผลการทดสอบจะแบ่งเป็นการทดสอบหน้าเว็บและการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดังกล่าว ผลลัพธ์ส่วนแรกได้มาจากการสุ่มผู้ทดลองทดสอบจำนวน 30 คน ส่วนที่สองได้มาจากสมาชิกและประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดังกล่าวประมาณมากกว่า 20 คน ผลการทดสอบเป็น 76.55% และ 83% สำหรับส่วนแรกและส่วนที่สองตามลำดับ จากส่วนแรกชี้ว่า กลุ่มผู้ทดสอบมีการใช้งานหลากหลายและแตกต่างกัน ทำให้คะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าทางกลุ่มวิสาหกิจ และส่วนที่สองชี้ว่าทางกลุ่มวิสาหกิจมีความพึงพอใจในระบบสารสนเทศนี้มากกว่ากลุ่มผู้ทดสอบ เนื่องจากระบบเน้นความสำคัญให้แก่กลุ่มวิสาหกิจโดยตรง ซึ่งผลลัพธ์ต่างๆ ที่ได้นั้นมีประโยชน์สามารถเพิ่มความสะดวกสบายในการ ซื้อ / ขาย สินค้าของทางกลุ่มแปรรูปอาหารทางการเกษตรให้ดียิ่งขึ้นไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่[9] และ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา[10] ที่ได้มอบทุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] หลักการสร้างเว็บ, [Online Access:21 ธ.ค. 2556] สืบค้นจาก: www.gotoknow.org/posts/190393

[2] การออกแบบและจัดการฐานข้อมูล, [Online Access: 21 ธ.ค.2556]สืบค้นจาก:www.phpthaionline.blogspot.com/2007/10

[3] Joomla :http://www.numplus.com/np2009/index.php?option= com_content &view=article&id=37&Itemid=28 ,24 มิ.ย. 2556

[4] Extensions : http://joomlaclub.wordpress.com/2007/10/30/extension-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/ , 24 มิ.ย. 2556

[5] นิรุธ อำนวยศิลป์, How-To and Web-based Application Tecniqu เทคนิค PHP เพื่อการต่อยอด , 2548 : 172 หน้า

[6] นิรุธ อำนวยศิลป์, PHP How-to and Web-based Application Techniques เทคนิค PHP เพื่อการต่อยอด , 2550 : 168 หน้า

[7] อดิศักดิ์ จันทร์มิน, สร้าง Web Application อย่างมืออาชีพด้วย PHP, ฉบับ Workshop เล่ม 3 (2552) : 148 หน้า

[8] อิศเรศ ภาชนะกาญจน์, Photoshop CS4 หัดใช้ Photoshop ง่ายมากๆ , 2533 : 320 หน้า

[9] สถาบันวิจัยและพัฒนา ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (สวพ. มทร.ล้านนา), 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ. เชียงใหม่.

[10] สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.), กทม.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

อุปกรณ์แลนไร้สายเพื่อวัดสถานะแบตเตอรี่และเก็บข้อมูลสู่ฐานข้อมูลเว็บ

WLAN-enabled Device for Battery Status Monitoring and Storing Data in Web Database

ภาณุพงศ์ ระย้าแก้ว[1], ณฐพงศ์ สว่างเมือง[2], คณิตพงศ์ เพ็งวัน[3] , และ ธราดล โกมลมิศร์[4]

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail: nova_prospekt2@hotmail.com[1], nattapong@eng.cmu.ac.th[2], kanitpong.p@cmu.ac.th[3], tharadol@eng.cmu.ac.th[4]

บทคัดย่อ

ระบบจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานหนึ่งที่ถูกพิจารณาในการออกแบบโครงข่ายไฟฟ้าในระบบแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ระบบจัดเก็บด้วยแบตเตอรี่มีความจำเป็นที่ต้องตรวจวัดสถานะของ แบตเตอรี่อยู่ตลอดเพื่อความพร้อมใช้งาน บทความนี้เสนอการพัฒนาอุปกรณ์ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ที่ใช้ตรวจวัดสถานะ แรงดัน, กระแส, และอุณหภูมิของแบตเตอรี่หลายชุดพร้อมกันและรายงานผลไปยังฐานข้อมูลเว็บออนไลน์ผ่านการเชื่อมต่อแบบแลนไร้สายได้ ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลปัจจุบันและย้อนหลังผ่านหน้าเว็บเพจเพื่อใช้ในการวางแผนการเก็บพลังงานและการใช้งานได้ จากการทดสอบพบว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น ให้ค่าใกล้เคียงความจริง และมีความผิดพลาดเฉลี่ยการวัดแรงดัน, กระแส, และอุณหภูมิที่ ±0.01V, ±0.2A, และ ±0.3°C ตามลำดับ

Abstract

Battery-based energy storage system is an electrical energy source which is considered in a design of power grid with small-sized energy sources. To be ready for use, battery's status of the storage system must be monitored all the time. This paper presents the development of a microcontroller-based device that can monitor status including voltage, current, and temperature from a set of batteries, and report the measured data to an online web database through wireless LAN connection. Accessing an online webpage, a user can view both present and historical status of each battery, enabling the user for a storing/discharging plan. From a few experimental tests, the developed device can correctly measure status data with average error in measuring voltage, current, temperature at ±0.01V, ±0.2A, and ±0.3 °C respectively.

Keywords: การวัดสถานะแบตเตอรี่, อุปกรณ์ฝังตัว, แลนไร้สาย

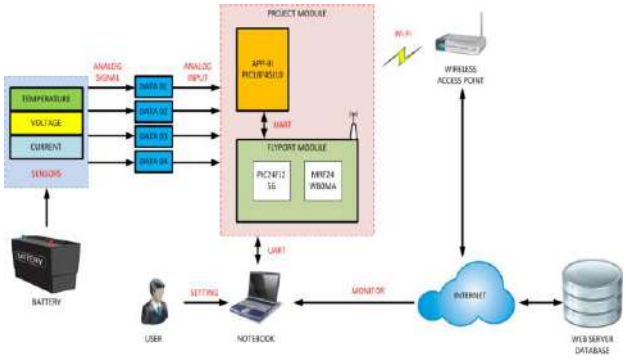
1. บทนำ

ระบบไฟฟ้าแบบแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (mircogrid system) [1] จัดเป็นระบบไฟฟ้าที่อาศัยแหล่งผลิตไฟฟ้าทดแทนขนาดเล็กจำนวนมากเพื่อให้บริการผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ซึ่งมีข้อจำกัดในการเข้าถึงโครงข่ายระบบไฟฟ้าหลัก ระบบ microgrid เกี่ยวข้องกับการจัดการโหลด แหล่งผลิต รวมถึงแหล่งเก็บสะสมพลังงาน ระบบจัดเก็บด้วยแบตเตอรี่เป็นระบบเก็บสะสมพลังงานที่นิยมศึกษาเพื่อใช้งานเนื่องจากความคล่องตัวในการผลิตและการสำรองเก็บพลังงานไฟฟ้า [2] และเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการจัดเก็บพลังงานและการใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง ผู้ดูแลระบบฯ จำเป็นต้องทราบข้อมูลสถานะ ได้แก่ แรงดัน, กระแส, และอุณหภูมิ ณ ขณะหนึ่งของแบตเตอรี่แต่ละชุดในระบบฯ เพื่อใช้สำหรับการวางแผนจัดการชาร์จหรือคายประจุบนแบตเตอรี่แต่ละชุดได้ งานวิจัยนี้ศึกษาพัฒนาอุปกรณ์ฝังตัวเพื่อช่วยตรวจวัดข้อมูลต่างๆ ของแบตเตอรี่ดังได้กล่าวไว้ อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเองนี้ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์,เซนเซอร์,และตัวส่งสัญญาณไร้แบบแลนไร้สายเพื่อวัดสถานะแบตเตอรี่พร้อมรายงานผลสู่ฐานข้อมูลออนไลน์ทำให้สะดวกในการใช้งานและตรวจสอบข้อมูล

2. รายละเอียดการพัฒนา

2.1 ภาพรวมของระบบวัดสถานะของแบตเตอรี่

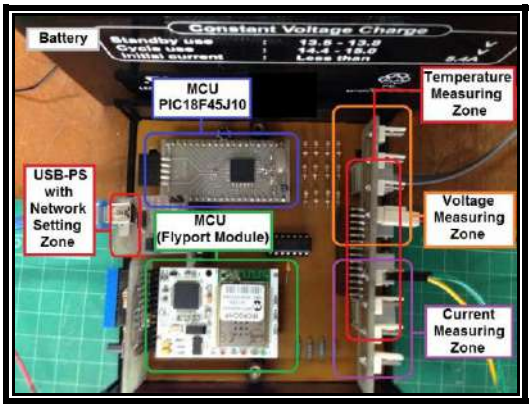
การทำงานของระบบฯ แสดงดังรูปที่ 1 อุปกรณ์ฝังตัวจะรับค่าที่วัดจากเซนเซอร์ Volt (V), Current (I), Temperature (T) ของแบตเตอรี่แต่ละชุด งานวิจัยนี้ออกแบบอุปกรณ์ฯให้ตรวจวัดสถานะแบตเตอรี่ได้พร้อมกัน 4 ชุด (DATA01-DATA04) โดยอุปกรณ์ฯจะจัดรูปแบบข้อมูลสถานะที่ประกอบด้วย a) เวลาที่ทำการวัด b) หมายเลขแบตเตอรี่ c) V d) I และ e) T พร้อมส่งต่อข้อมูลยังตัวส่งสัญญาณแบบแลนไร้สาย Wi-Fi ภายในที่เชื่อมต่อกับ Access Point เข้าสู่อินเทอร์เน็ตและส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลเว็บ (Web Server Database) ผ่านโปรโตคอล HTTP อุปกรณ์ฝังตัวที่พัฒนานี้ผู้ใช้สามารถตั้งค่าการเชื่อมต่อ Wi-Fi ได้, เลือกโหมดทำงานแบบประหยัดพลังงานด้วย hibernate mode หรือ sleep mode และสามารถตั้งเวลาการวัดและส่งค่าไปยังฐานขอมูลได้ในทุกๆ 10, 20, 30, และ 60 นาที



รูปที่ 1. การทำงานของระบบตรวจวัดสถานะของแบตเตอรี่

2.2 การออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์ฝังตัวฯ

อุปกรณ์ฝังตัวฯประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ 1) ไมโครคอนโทรเลอร์ (8-bit MCU) เบอร์ PIC18F45J10 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก 2) 16-bit MCU with WLAN-enabled transceiver (Flyport module) [3] สำหรับเชื่อมต่อ Wi-Fi และอินเทอร์เน็ต 3) วงจรวัดแรงดันและกระแสผ่าน Voltage Divider และไอซี Hall-effect Current sensor (ACS712) [4] และ 4) Battery temperature sensor อุปกรณ์ฯ ออกแบบให้ใช้งานเพื่อวัดแรงดัน 0-24 Volts, กระแส 0-20 A, และอุณหภูมิ 0-80 °C รูปที่ 2 แสดงส่วน Hardware ภายในของอุปกรณ์



รูปที่ 2. รูปภายในของอุปกรณ์ฝังตัวฯ

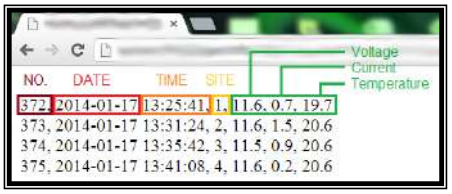
โปรโตคอล SNTP [5] ถูกใช้งานใน Flyport module เพื่อปรับเวลา Real Time Clock and Calendar (RTCC) ภายในผ่านเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไปยัง Time Server และตั้งค่าเวลาปัจจุบันขณะทำการวัดสถานะข้อมูล V, I, T การประมวลผลบน MCU ใน 1 รอบทำงานเมื่อส่งข้อมูลครบ 4 ชุด อุปกรณ์จะเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงาน ถ้าผู้ใช้เลือกใช้งานแบบ hibernate mode ตัว Transceiver ของ Flyport จะถูกปิด (off) แต่ MCU 2 ตัวจะยังคงทำงานอยู่ แต่หากใช้งานแบบ sleep mode MCU ทั้งคู่และ Transceiver ของ Flyport จะถูกปิดและตื่น (wake) เพื่อทำงานต่อตามคาบเวลาการวัดที่ตั้งไว้ ซึ่งจะประหยัดพลังงานของอุปกรณ์กว่าโหมดแรก งานวิจัยนี้พัฒนาโปรแกรมของ MCU ทั้งสองผ่านซอฟแวร์พัฒนา MPLAB X IDE v1.80 และ OpenPICUS IDE 2.3

2.3 ฐานข้อมูลเว็บออนไลน์ที่ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ฝังตัว

ระบบฐานข้อมูลเว็บในงานวิจัยนี้ทำหน้าที่สื่อสารรับชุดข้อมูลสถานะของแบตเตอรี่ด้วยโปรโตคอล HTTP ผ่านภาษา PHP โดยติดต่อกับ Apache Web Server และเชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูลออนไลน์ MySQL และออกแบบส่วนเว็บเพจสำหรับแสดงผลชุดข้อมูลแก่ผู้ใช้งาน ตัวอย่างหน้าเว็บเพจที่แสดงชุดข้อมูลที่วัดโดยอุปกรณ์ฯ แสดงดังรูปที่ 3

3. การทดสอบการใช้งาน

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบหลายรูปแบบ เช่น การทดสอบคุณสมบัติเพื่อวิเคราะห์แรงดันขาออกและอุณหภูมิของ NTC Thermistor temperature sensor, การทดสอบ sleep/hibernate mode, การทดสอบการตั้งค่าเครือข่ายและเชื่อมต่อด้วย Access Points หลายตัว พบว่าอุปกรณ์ฯ



รูปที่ 3. หน้าเว็บเพจแสดงชุดข้อมูลการวัดสถานะแบตเตอรี่

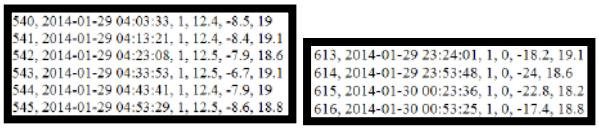
สามารถทำงานได้ดีแต่เนื่องด้วยเนื้อที่จำกัดของบทความจึงขอสรุปการทดสอบที่สำคัญไว้ดังนี้

3.1 การทดสอบการเลือกชุดแบตเตอรี่และการตั้งเวลาการวัด

อุปกรณ์ฯ นี้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถเลือกการอ่านข้อมูลสถานะของชุดแบตเตอรี่ชุดหนึ่งๆ หรือแบบรวมหลายชุดได้ ผ่านทาง DIP switch 1-4 ภายในตัวอุปกรณ์ฯ รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างหน้าเว็บเพจที่แสดงผลเมื่อทดสอบเลือกค่า on ที่ DIP Switch 2,3,4 เพื่อแสดงผลสถานะแบตเตอรี่ที่ 2,3,4 ตามลำดับ (Dip Switch 5 ใช้เลือก power saving mode) ส่วนการตั้งเวลาวัดจะใช้ DIP Switch 5,6 รูปที่ 5(a) และ 5(b) แสดงตัวอย่างผลข้อมูลที่ได้จากการตั้ง DIP Switch ทั้งสองเพื่อวัดค่าและส่งข้อมูลทุกๆ 10 นาที และ 30 นาทีตามลำดับ

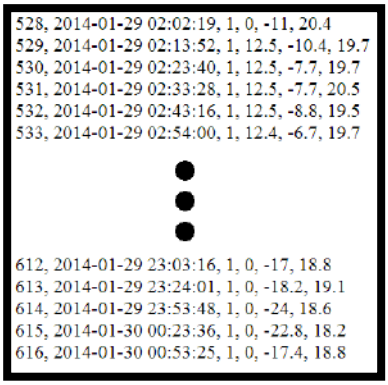


รูปที่ 4. การทดสอบเลือกชุดแบตเตอรี่ที่ 2,3,4 ด้วย Dip Switch



รูปที่ 5. ผลการวัดแสดงบนเว็บเพจทุกๆ (a) 10 นาที (b) 30 นาที

ทั้งนี้ยังได้ทำการทดสอบอุปกรณ์ฯ ให้ทำงานต่อเนื่องเกิน 24 ชม. พบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้ดี ดังแสดงผลข้อมูลบนเว็บเพจในรูปที่ 6 กรณีถ้าเกิดความล้มเหลวของ Wi-Fi Connection , อินเทอร์เน็ต, หรือฐานข้อมูล อุปกรณ์จะยังวัดค่าได้ และเมื่อ connectionได้รับการแก้ไขอุปกรณ์จะสามารถส่งค่าข้อมูลต่อได้ไม่ต้อง reset/restart อุปกรณ์ฯ



รูปที่ 6. ผลการวัดแสดงบนเว็บเพจกรณีอุปกรณ์ฯวัดเกิน 24 ชม.

3.2 การทดสอบความถูกต้องการวัดค่าV, I, T

ผู้วิจัยได้ทดสอบค่าความถูกต้องในการวัดด้วยอุปกรณ์ฯซึ่งทดสอบโดยการวัดสถานะ V,I,T ของแบตเตอรี่ขนาด 12 V จำนวน 20 ครั้ง และเทียบผลการวัดกับมัลติมิเตอร์ (UNI-T รุ่น UT61C) โดยผลแสดงดังตารางที่ 1 จากการทดสอบและการคำนวณค่าความผิดพลาด (ค่าที่วัดโดยมัลติมิเตอร์ – ค่าที่วัดโดยอุปกรณ์ฯ) พบว่าได้ผลค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของค่าแรงดัน, กระแส, และอุณหภูมิที่ ±0.01 V, ±0.2A, และ ±0.3 °C ตามลำดับ

ตารางที่ 1. ผลการทดสอบการวัดสถานะแบตเตอรี่ขนาด 12 V

ครั้งที่	Voltage (V)		Current (A)		Temperature (°C)	
	Multimeter	Monitor	Multimeter	Monitor	Multimeter	Monitor
1	12.40	12.4	0.825	0.9	22	21.4
2	12.40	12.4	0.825	1.0	22	22.2
3	12.40	12.4	0.825	0.7	22	22.2
4	12.40	12.4	0.825	0.5	22	22.2
5	12.40	12.4	0.825	1.0	22	22.2
6	12.40	12.4	0.825	1.4	22	22.2
7	12.40	12.4	0.825	0.7	22	22.2
8	12.40	12.4	0.825	1.2	22	22.2
9	12.40	12.4	0.825	1.0	22	22.2
10	12.40	12.5	0.825	1.2	22	22.2
11	12.40	12.5	0.825	0.8	22	22.2
12	12.40	12.4	0.825	1.0	22	22.2
13	12.40	12.4	0.825	0.9	22	23.1
14	12.40	12.4	0.825	1.4	22	23.1
15	12.40	12.4	0.825	0.7	23	23.1
16	12.40	12.4	0.825	1.0	22	23.1
17	12.40	12.4	0.825	1.0	23	23.1
18	12.40	12.4	0.825	0.9	23	23.1
19	12.40	12.4	0.825	1.1	23	23.1
20	12.40	12.4	0.825	0.7	23	23.1

พิจารณาความถี่สะสมของค่าความผิดพลาด (cumulative frequency of error) ของการวัดสถานะ V, I, T ด้วยอุปกรณ์ฯ ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่า 90% ของค่าผิดพลาดการวัดแรงดันมีต่ำกว่าค่าผิดพลาดเฉลี่ย (0.01 V), 70% ของความค่าผิดพลาดการวัดกระแสมีค่าต่ำกว่าค่าผิดพลาดเฉลี่ย (0.2 A), และ 80% ของการวัดอุณหภูมิมีค่าต่ำกว่าค่าผิดพลาดเฉลี่ย (0.3 °C) ซึ่งบ่งชี้ว่าในจำนวนการวัดสถานะ V, I, T ทั้งหมดด้วยอุปกรณ์ฯนี้มีการวัดจำนวนมากมีค่าที่ต่ำกว่าค่าผิดพลาดเฉลี่ย

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบอุปกรณ์เพื่อตรวจวัดสถานะแบตเตอรี่ผ่านแลนไร้สายพร้อมเก็บและแสดงผลบนฐานข้อมูลเว็บได้พร้อมกัน 4 ชุด อุปกรณ์ฯ จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการใช้งานชุดแบตเตอรี่ได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ห้องวิจัย WiTEMAP ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มช. ที่ให้คำแนะนำในการพัฒนาตัวอุปกรณ์ฯและการเขียนบทความและขอบคุณภาควิชาฯ ที่สนับสนุนงบของโครงงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

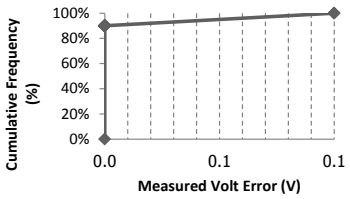
[1] R. Zamora, and A. K. Srivastava, “Controls for microgrids with storage: Review, challenges, and research needs”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol .14 (7), pp. 2009-2018,Sep. 2010.

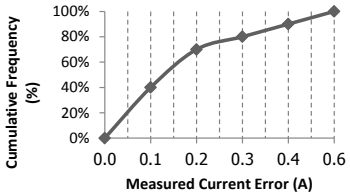
[2] R. Majumder, et al. “Advanced battery storage control for an autonomous microgrid”, *Electric Power Components and Systems* Vol 41(2), pp. 157-181, Jan. 2013

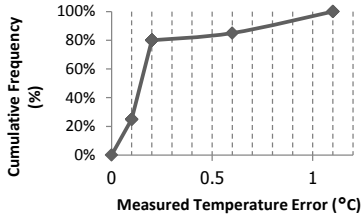
[3] “Flyport WiFi Module data sheet”, OpenPicus srl, Italy, 2013.

[4] “ACS712 data sheet”, Allegro Microsystems LLC, Worcester, M.A, 2012.

[5] D. Mills, et. al, “RFC5905: Network time protocol version 4: protocol and algorithms specification”, *Internet Engineering Task Force*, 2010.







รูปที่ 7. กราฟความถี่สะสมค่าความผิดพลาดของการวัดสถานะ V, I, T

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

อุปกรณ์ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าผ่านบลูทูธและการรับข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือแอนดรอยด์

Bluetooth-based Energy Monitoring Device with Data Acquisition on Android Phone

ปองพล งามตา[1], ณฐพงศ์ สว่างเมือง[2], คณิตพงศ์ เพ็งวัน[3] , และ ธราดล โกมลมิศร์[4]

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail: mos_pongpon@hotmail.com[1], nattapong@eng.cmu.ac.th[2], kanitpong.p@cmu.ac.th[3], tharadol@eng.cmu.ac.th[4]

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการพัฒนาอุปกรณ์ฝังตัวโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าหนึ่งๆ ในหน่วยวัตต์ อุปกรณ์ฝังตัวนี้จะบันทึกข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้ ณ ขณะเวลาปัจจุบัน หรือกำลังไฟฟ้าย้อนหลัง รวมถึงค่าพลังงานไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์ชั่วโมงได้ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถอ่านและเก็บข้อมูลดังกล่าวผ่านการเชื่อมต่อบลูทูธและแอปปลิเคชันที่พัฒนาขึ้นบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และถูกบันทึกลงบนการ์ดหน่วยความจำของโทรศัพท์มือถือเพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าต่อไปได้ ผลการทดสอบพบว่าอุปกรณ์สามารถให้ผลการวัดใกล้เคียงกับค่าจากวัตต์มิเตอร์มาตรฐานโดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยจากการวัดไม่เกิน 3.79%

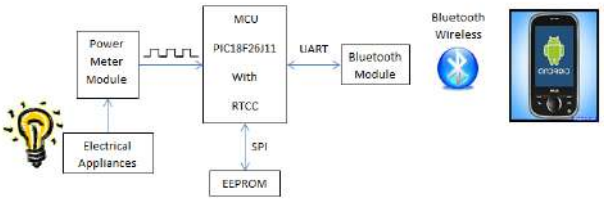
Abstract

This paper presents the development of an embedded module, which is aimed to design and build a power monitoring device for an electrical appliance in Watt unit. This embedded module can record the data of the appliance's current power, past measured power, and also total energy usage in Watt-hour unit. These data can be transferred and monitored from a developed application on an Android-based mobile phone via Bluetooth connection. Using the application, the data is conveniently saved on the phone's internal SD memory card for further analysis. From experiments, this module can provide acceptable accuracy measurement when compared with a standard Watt meter with less than 3.79 percentage of measurement error.

Keywords: การตรวจวัดกำลังไฟฟ้า, อุปกรณ์ฝังตัว, แอนดรอยด์, บลูทูธ

1. บทนำ

ในสภาวะปัจจุบัน ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของมนุษย์ได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพราะการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับอำนวยความสะดวกนั้นมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ทรัพยากรพลังงานที่มีอย่างจำกัดนับวันยิ่งจะลดลงไป การจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า (Demand-side management) เป็นอีกแนวทางเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากผู้ใช้ไฟฟ้าในอาคาร สำนักงาน หรือ บ้านพักอาศัย หากผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าหนึ่งๆ ภายในที่พักอาศัยได้ง่ายและสะดวกจะทำให้ผู้ใช้วิเคราะห์สภาพการใช้ไฟฟ้าได้และพิจารณาเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นการเริ่มลงมือช่วยประหยัดการใช้พลังงานเพื่อสอดคล้องตามแผนการอนุรักษ์พลังงาน [1] ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมกับผลิตภัณฑ์ได้ เช่น Efergy [2], Energenie [3], และ Kill-A-Watt [4] เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาสูง อีกทั้งการตรวจสอบการใช้กำลังไฟฟ้าจะอาศัยหน้าจอของตัวผลิตภัณฑ์เอง หากผู้ใช้สามารถตรวจสภาพการใช้กำลังไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์อื่น เช่นบนโทรศัพท์มือถือส่วนตัวจะทำให้สะดวกต่อการใช้งานยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จึงคิดพัฒนาอุปกรณ์ฝังตัว “BT-Energi” สำหรับตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ให้สามารถบันทึกข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าขณะปัจจุบัน (current Watt record), ชุดข้อมูลกำลังไฟฟ้าย้อนหลัง (past Watt records), และค่าพลังงานไฟฟ้า (kilowatt-hour, kWhr) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแอปปลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือสำหรับแสดงผลข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อบลูทูธกับอุปกรณ์ BT-Energi และสามารถใช้แอปปลิเคชันนี้เพื่อบันทึกผลค่าการใช้กำลังไฟฟ้าบน SD card ของโทรศัพท์ได้



รูปที่ 1. อุปกรณ์ BT-Energi เพื่อตรวจวัดกำลังไฟฟ้าผ่านบลูทูธ

2. รายละเอียดการพัฒนา

การพัฒนาในงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.1 การออกแบบอุปกรณ์ฝังตัว BT-Energi

อุปกรณ์ฝังตัว BT-Energi ถูกออกแบบโดยมีส่วนประกอบต่างๆ ดังรูปที่ 1 คือ 1) ไมโครคอนโทรเลอร์ (MCU) 8 บิตเบอร์ PIC18F26J11 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก มี RealTime Clock and Calendar (RTCC) ภายใน 2) Class 2 Bluetooth Transceiver Module (RN-42) เป็นส่วนสำหรับการสื่อสารไร้สายบลูทูธ [5] และ 3) external 1Mbit EEPROM ไว้สำหรับเก็บ past Watt records โดยสามารถบันทึกข้อมูลได้ 18,432 ชุด และ 4) วงจรวัดกำลังไฟฟ้าออกแบบด้วยไอซี MCP3906A ที่ให้สัญญาณพัลส์แก่ MCU

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

โดยมีความถี่แปรผันตามค่ากำลังไฟฟ้าจริง (active power) ในการวัดข้อมูลแต่ละชุดเริ่มจาก MCU จะใช้ Timer ภายในสำหรับนับจำนวน Output Pulses ที่ได้จาก MCP3906A ภายในเวลา 800 ms แล้วปรับเทียบเพื่อคำนวณหาค่าวัตต์ที่วัดได้ (อธิบายเพิ่มในหัวข้อ 3.1) ณ ขณะนั้นของอุปกรณ์ไฟฟ้า จากนั้น MCU จะเกิด RTCC Interrupt ทุกๆ 1 s เพื่อใช้ตรวจสอบคำสั่งต่างๆ จากโทรศัพท์มือถือผ่าน RN-42 และ USART interface พร้อมกับทำงานในรูทีนที่เกี่ยวข้องกับคำสั่งต่างๆ ได้แก่

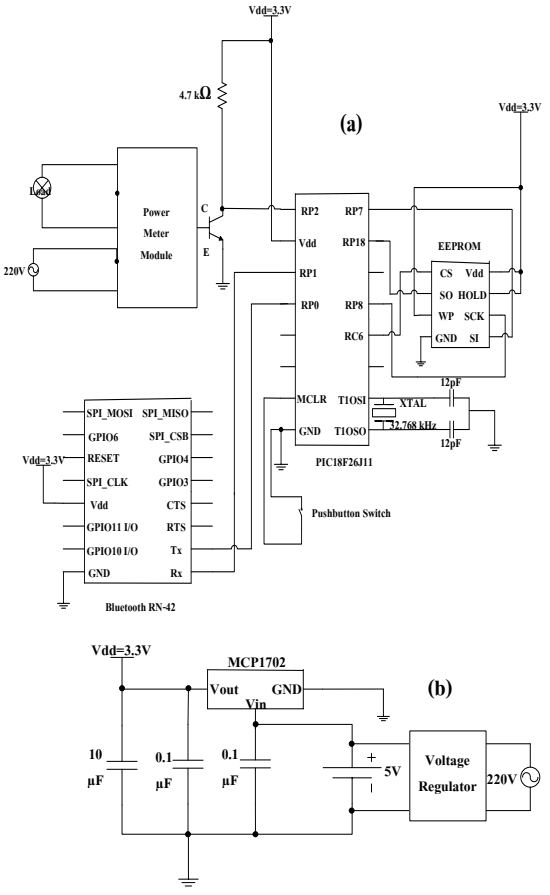
- คำสั่งตั้งค่าเวลา (Sync Time): รูทีนจะตั้งค่าวันที่และเวลาที่รับมาจากโทรศัพท์มือถือให้กับ RTCC บนอุปกรณ์ BT-Energi

- คำสั่งส่งค่า current Watt record: รูทีนจะส่งข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า ณ เวลาปัจจุบันของอุปกรณ์ BT-Energi ไปยังแอปปลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

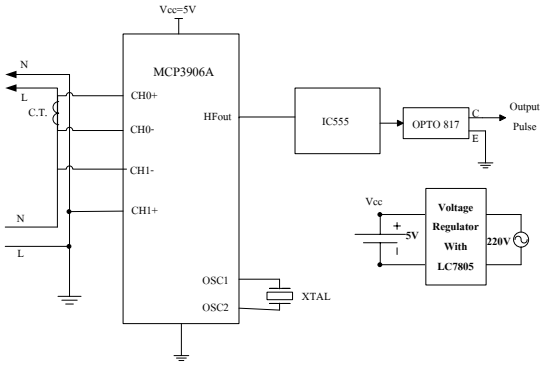
- คำสั่งบันทึกค่า past Watt records: รูทีนจะบันทึกข้อมูลกำลังไฟฟ้าไว้บน EEPROM ภายในอุปกรณ์ BT-Energi

- คำสั่งส่งค่า past Watt records: รูทีนจะอ่านค่าชุดข้อมูลกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าย้อนหลังภายใน EEPROM และส่งชุดข้อมูลทั้งหมดไปยังแอปปลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

วงจรแสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ BT-Energi, วงจรภาคไฟเลี้ยงขนาด 3.3 V ด้วย regulator และ MCP1702, วงจรส่วนการวัดกำลังไฟฟ้าด้วย MCP3906A และ IC555แสดงไว้ดังที่ 2(a), 2(b), และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 2. (a) วงจรภายในของอุปกรณ์ BT-Energi (b) วงจร 3.3 V power supply



รูปที่ 3. วงจรส่วนการวัดกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 4. ตัวอย่างการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของโหลดหลอดไฟด้วยอุปกรณ์ BT-Energi

รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการวัดกำลังไฟฟ้าของโหลดหลอดไฟผ่านอุปกรณ์ BT-Energi โดยผลข้อมูลการวัดจะถูกส่งให้ส่วนของแอปปลิเคชันดังจะอธิบายต่อไป

2.2 การออกแบบแอปปลิเคชัน

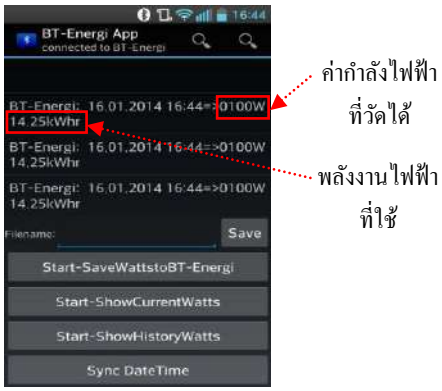
อุปกรณ์ BT-Energi จะทำงานร่วมกับแอปปลิเคชันที่พัฒนาขึ้นด้วย Android SDK [6] บนโทรศัพท์ในระบบปฏิบัติการAndroid OS version 4.0 ในแอปปลิเคชันประกอบด้วยส่วน User interface ได้แก่

-ส่วนแสดงผลชุดข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่รับจากอุปกรณ์ BT-Energi

-ส่วนการป้อนชื่อไฟล์ที่ต้องการบันทึกชุดข้อมูลลง SD Card

-ส่วนปุ่มกด 5 ปุ่มสำหรับ การบันทึกชุดข้อมูล (Save button), การส่งคำสั่งเริ่มบันทึก past Watt records ของอุปกรณ์ BT-Energi (Start-SaveWattstoBT-Energi button), การส่งคำสั่งแสดงค่า current Watt record (Start-ShowCurrentWatts button), การส่งคำสั่งแสดงค่า past Watt records (Start-ShowHistoryWatts button), และการตั้งค่าเวลาของอุปกรณ์ BT-Energi ตามเวลาปัจจุบันของโทรศัพท์

ใน 1 ชุดข้อมูล (record) จะประกอบด้วย วัน-เวลาที่วัด, วัตต์ที่วัดได้, kWhr สะสม และออกแบบให้ชุดข้อมูลหลายชุดบันทึกเป็นไฟล์บน SD Card ได้แบบต่อเนื่องอัตโนมัติ ทั้งนี้ในการทำงานผ่านแอปปลิเคชันผู้ใช้จะต้องเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ BT-Energi เสียก่อนจึงจะเริ่มอ่านค่าข้อมูลได้ ตัวอย่างหน้าจอแอปปลิเคชันแสดงดังรูปที่ 4



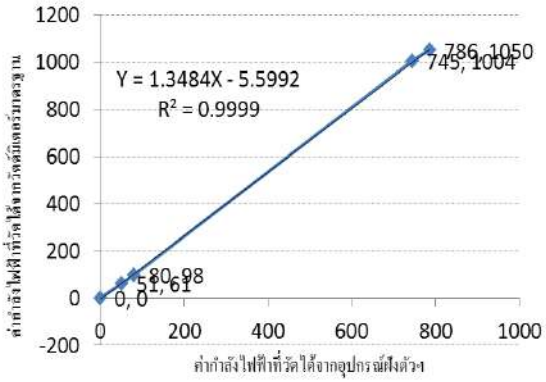
รูปที่ 4. หน้าจอแอปปลิเคชัน BT-Energi

3. การทดสอบการใช้งาน

3.1 การทดลองหาค่าปรับเทียบคำนวณหาค่าวัตต์

อุปกรณ์ BT-Energi ได้รับการปรับเทียบการรายงานผลค่าวัตต์เพื่อให้ผลใกล้กับค่าวัตต์จริงจากวัตต์มิเตอร์มาตรฐาน (Prodigit Model 2000MU) โดยได้ทดลองการวัดกำลังไฟฟ้าของโหลดอุปกรณ์ 4 ตัวคือ หลอดไฟฟ้าฉลากขนาด 60W, ฉลากขนาด 100W, ไดร์เป่าผม และ เตารีด เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จากวัตต์มิเตอร์มาตรฐาน (Y) กับค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ BT-Energi (X) ดังแสดงในรูปที่ 1 ในการหาค่าปรับเทียบเพื่อคำนวณค่าวัตต์ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น (linear regression) เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น ดังสมการที่ 1 โดยได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ $R^2 = 0.999$ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้สมการนี้เพื่อให้อุปกรณ์ BT-Energi ใช้สำหรับปรับชดเชยค่าผลการวัดวัตต์ นั่นคือค่าที่อุปกรณ์ฯ รายงานผลจะเป็นค่า Y ตามสมการนี้

$$Y = 1.3484X - 5.5992 \quad (1)$$



รูปที่ 5. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จากวัตต์มิเตอร์มาตรฐานกับอุปกรณ์ฝังตัวฯ

3.2 การทดสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าจริง

หลังการปรับเทียบ ผู้วิจัยได้ทดสอบการวัดค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า 4 ตัว โดยทดลองการวัดซ้ำกับอุปกรณ์ฯ ละ 10 ครั้ง ผลที่ได้ถูกนำมาเทียบกับผลจากวัตต์มิเตอร์มาตรฐาน พร้อมคำนวณค่าความคิดพลาดเฉลี่ยจากการวัดด้วยอุปกรณ์ BT-Energi ดังสมการที่ 2 ผลการทดสอบการวัดแสดงดังตารางที่ 1 และพบว่าได้ค่าผิดพลาดเฉลี่ยที่ 3.79% ซึ่งให้ค่าความถูกต้องในระดับที่พอใจได้

ความผิดพลาดเฉลี่ย = (ผลรวมของผลต่างการวัดด้วย Watt Meter และ BT-Energi) / (จำนวนครั้งที่วัดทั้งหมด*วัตต์รวมที่วัด) (2)

ตารางที่ 1. ค่าวัตต์ (Watts) ที่วัดด้วยอุปกรณ์ฯและWatt Meter

วัดครั้งที่	อุปกรณ์ 1	อุปกรณ์ 2	อุปกรณ์ 3	อุปกรณ์ 4
1	61	99	1005	1,045
2	60	100	993	1,042
3	61	99	987	1,042
4	60	100	986	1,041
5	60	100	983	1,040
6	61	100	983	1,040
7	61	100	983	1,038
8	61	99	983	1,040
9	60	100	984	1,040
10	60	100	984	1,038
WattMeter	64	102	1,028	1,080

4. สรุป

งานวิจัยนี้เสนออุปกรณ์ฝังตัวเพื่อวัดกำลังไฟฟ้าและส่งต่อชุดข้อมูลด้วยบลูทูธไปยังโทรศัพท์มือถือผ่านแอปปลิเคชันที่ได้พัฒนาขึ้น อุปกรณ์นี้มีต้นทุนต่ำ ขนาดเล็กและสะดวกต่อการใช้งาน มีค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ในอนาคตสามารถพัฒนาอุปกรณ์นี้ในด้านอื่นต่อได้เช่น ความแม่นยำการวัด การทดสอบกับโหลดจำนวนมาก การปรับอัตราเร็วการวัด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ห้องวิจัย WiTEMAP ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มช. ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการพัฒนาตัวอุปกรณ์ฯและการเขียนบทความจนสำเร็จลุล่วงด้วยดีและขอบคุณภาควิชาฯ ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการของโครงงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, “แผนปฏิบัติการอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พศ. ๒๕๕๔-๒๕๗๓)”, http://www.eppo.go.th/ccep/ download/NEEP2030_FINAL.pdf, [สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2557]

[2] Efergy Technologies Ltd., Efergy, http://www.efergy.eu/

[3] Sandal PLC., Energenie, https://energenie4u.co.uk/

[4] P3 International Inc., Kill A Watt, http://www.p3international.com/products.html

[5] “Bluetooth Data Module - RN-42 User’s Guide”, Roving Networks Inc., Los Gatos, C.A., 2013.

[6] “Android SDK| Developers”, http://developer.android.com/sdk

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การพัฒนาระบบสื่อสาร สมาร์ทโฟนด้วยเทคโนโลยี WiFi-Direct

Development of Smartphone Networks with WiFi-Direct

ธีรพงษ์ โชคสถิตย์ , เบญจพร ปาวะรีย์ และ สุเมธ ประภาวัต

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

E-mail: TeerapongC@outlook.com , iiniim20421@gmail.com , sumet@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

จากการสื่อสารผ่านสายสัญญาณบนเครือข่ายแลน จนถึงการสื่อสารไร้สายผ่านอุปกรณ์พกพาขนาดเล็ก รูปแบบการสื่อสารได้รับการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ทั้งในเรื่องความสะดวกสบาย ความรวดเร็วในการสื่อสาร ความถูกต้องของข้อความที่ปลายทางได้รับ และความยืดหยุ่นในการใช้งาน ด้วยเหตุนี้ผู้เขียนจึงให้ความสนใจในการพัฒนาศักยภาพของระบบสื่อสารระหว่างสมาร์ทโฟน (Smartphone) เพื่อสนับสนุนกิจกรรมการสื่อสาร ในกรณีที่ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานไม่สามารถใช้การได้ ยกตัวอย่างเช่น การแจ้งเหตุป้องกันหรือการขอความช่วยเหลือ จากเหตุการณ์ภัยพิบัติ เป็นต้น

***คำสำคัญ*:** Smartphone Networks; WiFi-Direct**;** Ad hoc Network

Abstract

From communication via data signals in LAN network to wireless communication via small portable devices. Form of communication has been developed continuously. In terms comfort and speed of communication. The accuracy of the text has received at destination. And resilience in applications. Thus, this project foresees potential for a study on smartphone ad hoc networks to support the activities communication infrastructures could not rely on it. For example, notifications or requests for assistance from catastrophic events. The ad hoc networks are expected to communicate support for the people who need it when such a situation arises.

Keyword: Smartphone Networks; WiFi-Direct**;** Ad hoc Network

1. บทนำ

ระบบสื่อสารเป็นสิ่งจำเป็น มีบทบาท และเป็นส่วนสนับสนุนสำคัญของกิจกรรมต่างๆ อย่างเช่น การแจ้งเหตุป้องกันหรือการขอความช่วยเหลือ จากเหตุการณ์ภัยพิบัติ จากการศึกษาพบว่า เหตุการณ์ภัยพิบัติมักจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่สาธารณูปโภคพื้นฐานของระบบเครือข่ายสื่อสาร เช่น สถานีฐาน (Base Station) หรือเสากระจายสัญญาณ เป็นเหตุให้ระบบสื่อสารไม่สามารถใช้การได้

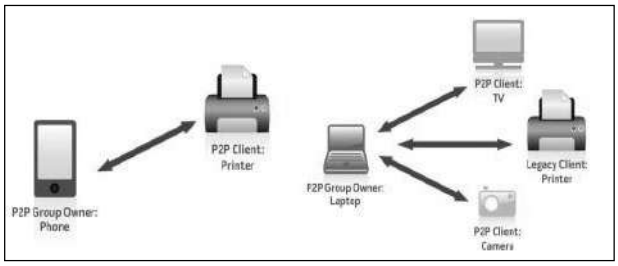
ระบบสื่อสารสำรองจึงมีความสำคัญ การพัฒนาระบบสื่อสารระหว่างสมาร์ทโฟน จึงเป็นการสร้างแอพลิเคชั่นเพื่อเชื่อมต่อระหว่างสมาร์ทโฟนเครื่องหนึ่งไปยังสมาร์ทโฟนอีกเครื่องหนึ่ง ให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร ซึ่งเป็นช่องทางการสื่อสารที่ไม่ต้องพึ่งพาสาธารณูปโภคพื้นฐาน โดยอาศัยเทคโนโลยี Wi-Fi Direct นั่นเอง

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 Wi-Fi Direct

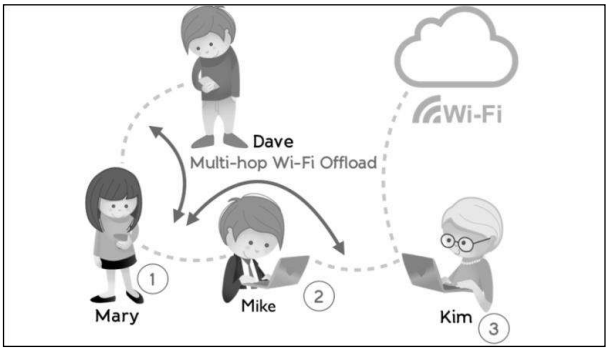
Wi-Fi Direct คือ เทคโนโลยีการสื่อสารตามมาตรฐาน Wi-Fi มีการเชื่อมต่อลักษณะ Peer-to-Peer โดยผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องติดต่อกับเครือข่ายโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure network)

Wi-Fi Direct เริ่มต้นการทำงานโดยอุปกรณ์จะสร้างการเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์ใกล้เคียง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองโดยตรง ซึ่งการส่งสารในลักษณะนี้เรียกว่า 1 Hop ทั้งนี้ผู้ใช้ต้องร้องขอการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ใกล้เคียงผ่าน Wi-Fi Protected Setup ที่รักษาความปลอดภัยในการเชื่อมต่อด้วย industry-standard WPA2 security และเมื่ออุปกรณ์ทั้งสองเชื่อต่อกัน การเชื่อมต่อจะอยู่ในรูปแบบของ Wi-Fi Direct Group เพราะฉะนั้นอุปกรณ์ทั้งสองจะสามารถบริการได้ทุกอย่างที่อยู่บนมาตรฐานของ Wi-Fi Direct ดังรูปที่ 1 [1][2]



รูปที่ 1. ลักษณะการเชื่อมต่อของ Wi-Fi Direct[1]

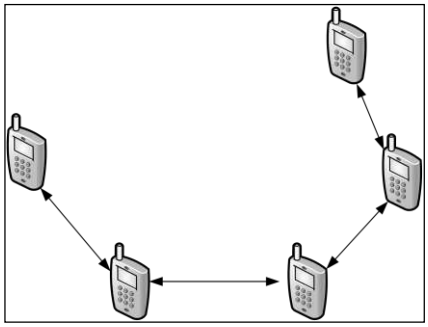
แต่ Wi-Fi Direct มีข้อจำกัดคือรองรับการเชื่อมต่อเพียง 1 Hop เพราะฉะนั้นจะไม่สามารถนำมาใช้ในสถานการณ์ปกติได้ เพราะการสื่อสารประกอบไปด้วยเส้นทางย่อยหลาย Hop (Multi-Hop) จึงต้องประยุกต์ใช้การส่งต่อจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง ต่อเนื่องหลาย Hop จนกระทั่งข้อความถูกส่งไปถึงปลายทาง ดังในรูปที่ 2



รูปที่ 2. การหาเส้นทางแบบ Multi-Hop Routing ด้วย Wi-Fi Direct[1]

2.2 Mobile Ad hoc Network (MANET)

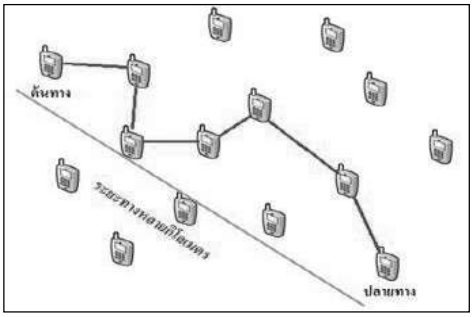
เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจ (Mobile Ad Hoc Network - MANET) ทำให้โหนดเคลื่อนที่แบบไร้สาย (Wireless Mobile Node) สามารถทำการสื่อสาร ในขณะกำลังสื่อสารได้อย่างอิสระ ผ่านการจองเส้นทางล่วงหน้าก่อนการส่งข้อมูลได้ ดังนั้นจึงสามารถนำมาปรุยุกต์ใช้บนเครือข่ายสื่อสารชั่วคราวที่ไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐาน เช่น เสากระจายสัญญาณ (Base Station) และเปลี่ยนการควบคุมของศูนย์กลางการควบคุม (Centralized Administration) เป็นการอาศัยความร่วมมือกันระหว่างโหนดในการส่งต่อข้อมูล โดยโหนดจะปฏิบัติตัวเองเป็นเสมือนเราเตอร์ (Router) ส่งต่อข้อมูลระหว่างจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง ต่อเนื่องไปจนถึงโหนดปลายทางดังรูปที่ 3 [3][4]



รูปที่ 3.ตัวอย่างของ Mobile Ad hoc Networks[3]

2.3 Delay-Tolerant Network (DTNs)

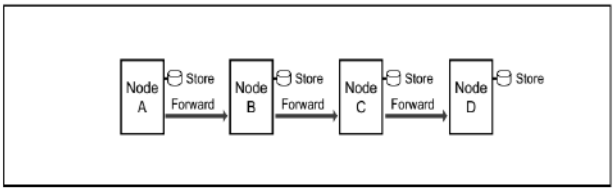
เครือข่ายที่มีความคงทนต่อความหน่วง (เครือข่ายดีทีเอ็น) เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้เกิดการติดต่อสื่อสารบนพื้นที่เฉพาะ(Regions) ซึ่งเทคโนโลยีเครือข่ายในปัจจุบันไม่สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ เนื่องจากการสื่อสารบนพื้นที่เฉพาะนั้น โหนดและช่องทางการเชื่อมต่อระหว่างโหนด(Link) อาจจะมีปัญหาในเรื่องความน่าเชื่อถือ เช่น มีโอกาสในการเชื่อมต่อกันได้ยาก หากเกิดการเชื่อมต่อก็จะเกิดขึ้นเพียงแค่ในช่วงระยะเวลาสั้นๆเท่านั้น อันเป็นสาเหตุให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูล ข้อมูลบางส่วนขาดหายระหว่างส่ง หรือการขาดการเชื่อมต่อของเครือข่ายเป็นเวลานาน ซึ่งปัญหาเหล่านี้ก็จะส่งผลกระทบต่อความแปรปรวนของ Hop (ช่องทางการส่งข้อมูลระหว่าง router หนึ่งๆ) หรือช่องทางการส่งข้อมูลของ router [5]



รูปที่ 4. ตัวอย่างของ Delay-Tolerant Networks[5]

ลักษณะเด่นของเครือข่ายดีทีเอ็น คือการสร้างการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ Mobile Device ในสถานการณ์ที่ Network ไม่สามารถสร้าง End to End Connection ได้ เพื่อให้เกิดการติดต่อสื่อสาร ซึ่งจะเป็นการทำให้ Network มีความกว้างขึ้น จากเทคโนโลยี Wire และ Wireless ดังรูปที่ 4

กระบวณการทำงานของดีทีเอ็นนั้น จะมีลักษณะการทำงานโดย ทำการเชื่อมโยงโปรโตคอลของเครือข่าย ที่ยอมให้สามารถเกิดการติดต่อกันระหว่างอุปกรณ์สัญญาณได้ แม้ว่า Network จะไม่ได้มีการเชื่อมต่ออยู่ตลอดเวลาก็ตาม ซึ่งโหนดใด ๆ ที่อยู่ระหว่างโหนดต้นทางกับโหนดปลายทางอาจจะต้องทำหน้าที่ในการช่วยรับข้อมูลแล้วส่งต่อ ทำให้การส่งสามารถส่งถึงปลายทางได้ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. กระบวณการทำงานของดีทีเอ็น [5]

โดยตัวอย่างกลไกการส่งข้อความบนเครือข่ายดีทีเอ็นเช่น Direct Mail, Gradient Routing และ Epidemic Routing เป็นต้น [8][9]

3. การวิเคราะห์และออกแบบ

3.1 ความต้องการของระบบ

3.1.1 ความต้องการหลักของระบบ

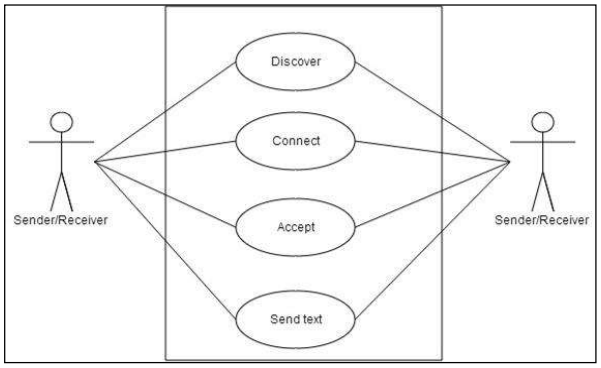
- สามารถค้นหาผู้ใช้อื่น
- เชื่อมต่อเข้ากับผู้ใช้อื่นที่ต้องการ
- สามารถสร้างข้อความและส่งข้อความ
- ยอมรับการเชื่อมต่อจากผู้ขอทำการเชื่อมต่ออื่นได้

3.1.2 ความต้องการของระบบที่ไม่ใช่ หน้าที่หลักของระบบ

- ผู้ใช้งานระบบต้องเปิดสัญญาณ Wi-Fi Direct

3.2 ภาพรวมของระบบ

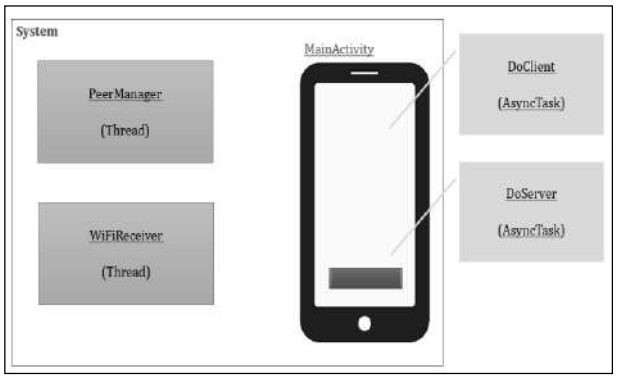
จากความต้องการของระบบ แสดงภาพรวมของระบบสื่อสารระหว่างสมาร์ทโฟนด้วย WiFi-Direct ได้ ดังรูปที่ 6 ดังนี้



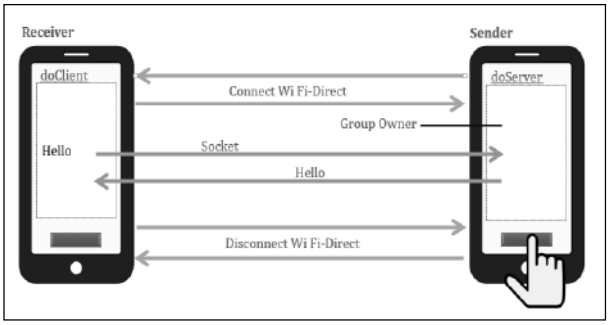
รูปที่ 6. ยูสเคสไดอะแกรมของระบบ

ภายในระบบจะประกอบไปด้วย เทรดสองชนิด ได้แก่ PeerManager ที่ทำหน้าที่ เกี่ยวกับการติดต่อจากผู้ที่เข้ามาร้องขอการเชื่อมต่อ และ WiFiReciever จะทำหน้าที่ดูแลการเชื่อมต่อของเทคโนโลยี WiFi-Direct กับการทำงานของเครื่อง และในส่วนของตัวเครื่อง(MainActivity) มีการ

ใช้ AsyncTask เพื่อสลับหน้าที่การทำงานของเครื่องไปมาระหว่าง Client และ Server ดังในรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7. องค์ประกอบภายในระบบ



รูปที่ 8. ขั้นตอนการทำงานภายในระบบ

4. ผลการทำงานของระบบ

จากการทดลองการใช้งานแอพพลิเคชั้นที่พัฒนาขึ้น เพื่อส่งข้อความระหว่างสมาร์โฟน ด้วยWiFi-Direct แสดงผลดังรูปที่ 9, 10 และ 11



รูปที่ 9. แสดงการตั้งชื่อเครื่อง และพิมพ์ข้อความเพื่อส่งไปให้เครื่องถัดไป



รูปที่ 10. แสดงข้อความที่ได้รับจากการส่งข้อความผ่าน **WiFi-Direct**



รูปที่ 11. แสดงการส่งข้อความกลับไปยังเครื่องต้นทาง

5. สรุปผลทำงานของระบบและแนวทางในการพัฒนาต่อยอด

ระบบสื่อสารระหว่างสมาร์ทโฟนด้วย WiFi-Direct เป็นระบบที่สามารถสร้างช่องทาง เพื่อการสื่อสารหรือส่งข้อมูล โดยไม่ต้องพึ่งพาระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน เหมือนในระบบสื่อสารทั่วไป โดยอาศัยการทำงานของเทคโนโลยี WiFi-Direct ซึ่งจากการทำการทดลองการทำงานของระบบ แสดงให้เห็นว่า สามารถแลกเปลี่ยนข้อความระหว่างสมาร์ทโฟนแบบ 1-Hop ได้

ในการพัฒนาระบบทำให้เล็งเห็นถึงความเป็นไปได้ ในการพัฒนาให้ระบบสามารถส่งข้อมูลแบบ Multi-Hop ซึ่งจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพเกิดความเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ได้มากขึ้น จึงมีการเสนอแนวทางการพัฒนาต่อในอนาคต โดยจะศึกษาความท้าทายในการสื่อสารของเครือข่ายไร้สายเคลื่อนที่ ขีดจำกัดการทำงานของเทคโนโลยี WiFi-Direct และศึกษาเทคโนโลยีเครือข่าย ซึ่งปัจจุบันมีเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายเคลื่อนที่ ที่ได้รับความสนใจคือ เทคโนโลยีเครือข่ายมาเน็ต (MANET : Mobile Ad-hoc Network) และเทคโนโลยีเครือข่ายดีทีเอ็น (DTN : Delay Tolerant Network) ซึ่งจะใช้ในการศึกษาเพื่อสร้างเครือข่ายเฉพาะกิจเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาระบบต่อไป[7]

โดยได้มีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครือข่ายที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้งานแล้ว สรุปได้โดยย่อว่า การนำสมาร์ทโฟนมาสร้างการเชื่อมต่อกันโดยตรง เป็นช่องทางการสื่อสารสำรอง แทนการเชื่อมต่อเข้าระบบสื่อสารหลักที่ล้มเหลว อันเนื่องมาจากสถานีฐานหรือเสากระจายสัญญาณได้รับความเสียหาย จำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย (Wi-Fi) เพื่อสร้างเป็นเครือข่ายสื่อสารเฉพาะกิจของสมาร์ทโฟน ทำให้ผู้ใช้สมาร์ทโฟนสามารถทำการติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้ แต่ทั้งนี้การที่สมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์สื่อสารที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา และมีพลังงานที่จำกัด เป็นปัญหาสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายสื่อสาร

เนื่องจากการสื่อสารเฉพาะกิจของสมาร์ทโฟน เป็นรูปแบบหนึ่งของเครือข่ายไร้สายเคลื่อนที่ จึงมีปัจจัยของปัญหาในการสื่อสาร[6]ดังต่อไปนี้

1. การเชื่อมต่อที่ไม่สม่ำเสมอ เป็นการขาดช่วงของเส้นทางการสื่อสารระหว่างผู้ส่งสารกับผู้รับสาร(Network Partitioning) เป็นผลมาจากการเคลื่อนที่อย่างไม่แน่นอนของโหนดในเครือข่าย

2. ความหน่วงมีค่าสูง เนื่องจากเป็นการสื่อสารในเครือข่ายไร้สายเคลื่อนที่ จึงทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ ดีเลย์ในการส่งข้อมูลระหว่างโหนดมีค่ามาก และมีความแปรปรวนของดีเลย์ที่เกิดจากการรอคิว

3. ความไม่สมดุลของอัตราการส่งข้อมูล ในสถานการณ์จริง ความแตกต่างของพื้นที่ในการสื่อสารและความสามารถในการสื่อสารของโหนด ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของอัตราการส่งข้อมูลมากเกินรองรับได้

4. อัตราความผิดพลาดสูง เมื่อพิจารณาลักษณะของการสื่อสารในเหตุการณ์ภัยพิบัติ เช่น โหนดมีการเคลื่อนที่ สภาพพื้นที่กีดขวางการสื่อสาร เป็นต้น ทำให้อัตราความผิดพลาดสูงกว่าเครือข่ายทั่วไป

เมื่อพิจารณาเครือข่ายมาเน็ตพบว่า การที่โหนดต้นทางต้องค้นหาเส้นทางเพื่อเชื่อมต่อไปยังโหนดปลายทาง จากนั้นจึงเริ่มทำการส่งข้อมูล ซึ่งการสื่อสารอาจเกิดความขัดข้องหรือล้มเหลวได้ จากปัญหาที่โหนดต้นทางไม่สามารถหาเส้นทางได้ ในกรณีที่เครือข่ายมีความหนาแน่นของโหนดน้อย หรือปัญหาการเชื่อมโยงขาดอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของโหนด รวมไปถึงปัญหาการพลาดโอกาสเลือกโหนดรับช่วงต่อ(ที่ดีกว่า)ที่พึ่งเข้ามาในรัศมีการสื่อสารด้วย โดยปัญหาเหล่านี้มักพบบ่อยในเครือข่ายมาเน็ต

แต่ในเครือข่ายดีทีเอ็น โหนดไม่จำเป็นต้องมีการสร้างเส้นทางเชื่อมระหว่างโหนดต้นทางกับโหนดปลายทาง การส่งต่อข้อมูลจะเกิดขึ้นผ่านโหนดรับช่วงต่อสามารถถูกเลือกจากโหนดจร(Mobile Node) ใดๆก็ได้ ที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อโอกาสสำเร็จในการส่งข้อมูลไปปลายทาง จากความยืดหยุ่นในการเลือกโหนดรับช่วงต่อที่เหมาะสมของเครือข่ายดีทีเอ็นนี้ จึงสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดในเครือข่ายมาเน็ตได้

เพราะฉะนั้นแนวทางการพัฒนาต่อเนื่องในอนาคตคือ นำกลไกการส่งข้อความแบบ 1 Hop ของสมาร์ทโฟนผ่าน WiFi-Direct มาสร้างการส่งข้อความแบบ Multipath routing บนเครือข่ายดีทีเอ็น ซึ่งหมายถึงการฝากและส่งต่อข้อความไปกับโหรดจรใด ๆ อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งข้อความถูกส่งไปให้โหนดปลายทางนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

[1] Wi-Fi CERTIFIED Wi-Fi Direct™ Consumer. Reading: Wi-Fi Alliance®, October 2010.

[2] Wi-Fi CERTIFIED Wi-Fi Direct™ Industry. Reading: Wi-Fi Alliance®, October 2010.

[3] M. K. Jeya Kumar, R. S. Rajesh. “A Survey of MANET Routing Protocols in Mobility Models.” Medwell Journals, 2009. [Available Online]: http://www.medwelljournals.com /fulltext/?doi=ijscomp.2009.136.141

[4] Sunil Taneja, Ashwani Kush, “A Survey of Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks.” Reading: International Association of Computer Science and Information Technology, August 2010.

[5] Forrest Warthman, Delay- and Disruption- Tolerant Network(DTNs): A Tutorial. Reading: Interplanetary Internet Special Interest Group, July 2012.

[6] Forrest Warthman, Delay- and Disruption- Tolerant Network(DTNs): A Tutorial. Reading: Interplanetary Internet Special Interest Group, July 2012.

[7] Laurent Franck, Performance comparison of mobile ad-hoc and delay tolerant network. [Available Online]: http://www-public.int-evry.fr/~kohlenb/sites_web_projets/i_pluton/Livrables/i%20Pluton%2011%20_%20Manets%20_%20DTN.pdf

[8] Samo Grasic, Anders Lindgren, An Analysis of Evaluation Practices for DTN Routing Protocols. [Available Online]: http://soda.swedish-ict.se/5290/1/practices-camerarady.pdf

[9] Evan P.C. Jones, Paul A.S. Ward, Routing Strategies for Delay-Tolerant Networks. [Available Online]: http://ccng.uwaterloo.ca/~pasward/Publications/dtn-routing-survey.pdf

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่อิงมาตรฐาน IEEE 802.15.4 สำหรับการมอนิเตอร์การใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร

An IEEE 802.15.4 Based Wireless Sensor Network for Electricity Monitoring in Buildings

คณิตพงศ์ เพ็งวัน[1], ภัทรวุฒิ จรัสพันธุ์กุล[2], ธราดล โกมลมิศร์[3], และ ณฐพงศ์ สว่างเมือง[4]

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail: kanitpong.p@cmu.ac.th[1], onepiece9_7@hotmail.com[2], tharadol@eng.cmu.com[3], nattapong@ee.eng.cmu.ac.th[4]

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับการมอนิเตอร์การใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร โดยใช้ชั้นโปรโตคอลที่อิงมาตรฐาน IEEE 802.15.4 และสร้างตารางเส้นทางโดยอาศัย LQI อีกทั้งรองรับตัวอ่านแบบเคลื่อนที่ได้ เพื่อทดสอบเครือข่ายนี้ โหนดจำนวน 8 โหนดถูกนำไปติดตั้งในอาคาร 2 ชั้น ปรากฏว่าตัวอ่านสามารถเข้าถึงข้อมูลของทุกโหนด เมื่ออยู่ในพื้นที่ที่เครือข่ายครอบคลุมถึง

Abstract

This paper presents a wireless sensor network for electricity monitoring in buildings. It utilizes an IEEE 802.15.4 based protocol stack with LQI-based routing table. A portable reader is also supported. To test the network, 8 nodes are installed at a 2-floor building. The result shows that the reader can access data of all nodes when it is in the network coverage.

***Keywords*:** wireless sensor network, IEEE 802.15.4, power monitor

1. บทนำ

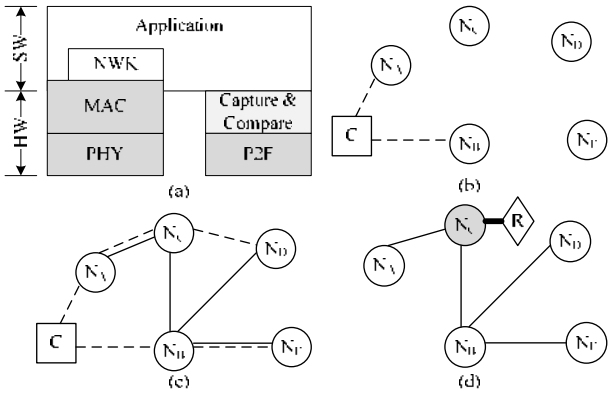
การใช้ไฟฟ้าในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการจัดการที่ดี ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในแต่ละส่วนของอาคารในช่วงเวลาต่างๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวัดการใช้ไฟฟ้าจากหลายจุดทั่วทั้งอาคาร, เทคโนโลยีเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (WSN: Wireless Sensor Network) เป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความนิยมมากสำหรับงานนี้ โดยเฉพาะมาตรฐาน IEEE802.15.4 [1] เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น ความน่าเชื่อถือสูง ต้นทุนต่ำ ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ แต่ทว่า การสื่อสารไร้สายภายในอาคาร อาจเผชิญกับอุปสรรคอันเนื่องด้วยโครงสร้างของอาคาร เช่น การเกิดมัลติพาทช์ การลดทอนสัญญาณโดยโครงสร้างอาคารในส่วนที่เป็นโลหะ ดังนั้นชั้นโปรโตคอล (Protocol Stack) จึงถูกใช้ในการหาเส้นทาง (Routing) ที่เชื่อถือได้มากที่สุด เพื่อยกระดับคุณภาพการสื่อสาร

เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายโดยทั่วไป ข้อมูลจากจุดวัด หรือ โหนด จะถูกส่งมารวบรวมไว้ยังโหนดกลาง หรือที่เรียกว่า โคออร์ดิเนเตอร์ (Coordinator) ซึ่งปกติจะติดตั้งอยู่ที่ห้องควบคุม ทำให้ผู้ดูแลสามารถมอนิเตอร์ข้อมูลทั่วอาคารจากห้องควบคุม นอกจากนี้ยังมีความต้องการอุปกรณ์ที่สามารถมอนิเตอร์แบบพกพาได้ เพื่อทำให้ผู้ดูแลสามารถเดินตรวจตราพร้อมกับมอนิเตอร์ข้อมูลไปด้วย ซึ่งจะช่วยให้ค้นหาจุดที่มีการใช้ไฟฟ้าผิดปกติได้ง่ายขึ้น

บทความนี้นำเสนอชั้นโปรโตคอลที่โคออร์ดิเนเตอร์เป็นผู้สร้างตารางเส้นทาง (Routing Table) โดยอาศัย LQI (Link Quality Index) จากโหนดต่างๆ ที่ติดตั้งไว้แล้ว ด้วยวิธีการนี้จะทำให้ได้เส้นทางที่น่าเชื่อถือสูงภายใต้สภาวะแวดล้อมการทำงานจริง นอกจากนี้ยังรองรับตัวอ่านแบบเคลื่อนที่ได้

2. ชั้นโพรโตคอล

การมอนิเตอร์การใช้ไฟฟ้าในอาคาร มักจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงจุดที่ติดตั้งโหนดบ่อยครั้ง เราจึงใช้ตารางเส้นทางแบบคงที่ โดยคำนวณเส้นทางขณะติดตั้งเครือข่ายครั้งเดียว ผู้ติดตั้งจะใช้โคออร์ดิเนเตอร์ซึ่งมีซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์เพื่อเลือกเส้นทางโดยอาศัยข้อมูล LQI แล้วตารางเส้นทางจะถูกส่งไปให้ทุกโหนดซึ่งจะช่วยให้ภาระการคำนวณของโหนดลดลง



รูปที่ 1. (a) แบบจำลองของโหนด และโทโพโลยีของเครือข่ายในขณะที่ (b) กำลังสร้างเครือข่าย (c) สร้างตารางเส้นทาง (d) ทำงานปกติ

รูปที่ 1 (a) แสดงแบบจำลองงานของโหนด ซึ่งส่วนแรก คือ งานวัดกำลังไฟฟ้าจะอาศัยโมดูลภายใน MCU คือ Capture/Compare และ วงจรแปลงกำลังเป็นความถี่ (P2F) ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป, ส่วนที่สองสื่อสารไร้สายชั้น PHY และ MAC กระทำโดยตัวรับส่งวิทยุ แต่ชั้น NWK และแอพพลิเคชันเป็นหน้าที่ของ MCU

ขั้นตอนการสร้างเครือข่ายในรูปที่ 1 (b) แต่ละโหนดจะค้นหาเครือข่ายและขอเข้าร่วม (Active Scan และ Association) ตัวอย่างโหนด (N_A, N_B) ที่อยู่ในรัศมีของโคออร์ดิเนเตอร์ (C) จะได้รับอนุญาตให้เข้าเครือข่าย (แสดงด้วยเส้นประ) จากนั้นโหนดที่อยู่ไกลออกไปจะขอเข้าร่วม

เครือข่ายจากโหนดที่อยู่ในเครือข่ายแล้ว จนครบทุกโหนด (แสดงด้วยเส้นประรูปที่ 1 (c)), จากนั้นโคออร์ดิเนเตอร์จะสั่งให้โหนดบรอดแคสต์เฟรมทีละโหนด ส่วนโหนดที่เหลือจะเก็บค่า LQI ของเฟรมบรอดแคสต์ที่มันได้รับ, เมื่อทุกโหนดผลัดกันบอร์ดแคสต์กันจนครบ โคออร์ดิเนเตอร์จะขอข้อมูล LQI จากทุกโหนดมาเพื่อมาสร้างตารางเส้นทางได้ดังแสดงด้วยเส้นทึบในรูปที่ 1 (c)

กรณีใช้งาน ตัวอ่าน (Reader, R ในรูปที่ 1 (d)) เริ่มต้นตัวอ่านจะขอเข้าร่วมเครือข่าย เมื่อมีโหนด (ในตัวอย่างคือ N_C) ตอบรับ ตัวอ่านก็จะขอผูกติดกับโหนดนั้น ซึ่งเรียกว่า Attached Node จากนั้น Attached Node จะส่งข้อความไปขอข้อมูลจากโหนดที่ตัวอ่านต้องการ ซึ่งเรียกว่า Source Node, จากนั้น Source Node ก็จะส่งข้อมูลกลับมายัง Attached Node เพื่อส่งต่อให้ตัวอ่านอีกทอดหนึ่ง โดยจะส่งข้อมูลกลับมาเป็นรายคาบจนกว่าจะได้รับข้อความยกเลิก

Attached Node จะส่งข้อความไปให้ Source Node เพื่อยกเลิกการขอข้อมูล เมื่อตัวอ่านเคลื่อนที่ออกนอกรัศมีของมัน, ในด้านตัวอ่านเมื่อไม่ได้รับข้อความจาก Attached Node มันก็จะเริ่มขบวนการค้นหาเครือข่ายใหม่อีกครั้ง, ด้วยเทคนิคนี้ตัวอ่านจะเป็นฝ่ายส่งข้อความเฉพาะในตอนเริ่มต้นค้นหาเครือข่ายและตอนเปลี่ยน Source Node เท่านั้น จากนั้นตัวอ่านจะเป็นฝ่ายรับข้อความ ทั้งนี้เพื่อประหยัดแบตเตอรี่

3. การวัดกำลังไฟฟ้า

การแปลงกำลังเป็นความถี่ใช้ไอซี MCP3906 ในรูปที่ 2 (a) ส่วนการวัดแรงดันและกระแสใช้ตัวต้านทานแบ่งแรงดันและหม้อแปลงกระแสตามลำดับ MCP3906 จะให้สัญญาณ F ที่มีความถี่แปรผันตรงเป็นเชิงเส้นกับกำลังไฟฟ้า [2], ทางด้าน MCU วัดความถี่แล้วคำนวณกลับเป็นกำลังไฟฟ้าด้วยการนับพัลส์ในคาบเวลา T_S ดูรูปที่ 2 (b) โดยใช้โมดูล Compare สร้างสัญญาณ S ที่ควบคุมคาบได้ และ S จะไปทริกโมดูล Capture เพื่อเก็บค่าตัวนับที่นับพัลส์สัญญาณ F อยู่ไปคำนวณกำลังไฟฟ้า

สำหรับการปรับเทียบ เรานำโหลดมาตรฐานไปต่อไว้ และโปรแกรมโมดูล Capture และ Compare ให้สลับหน้าที่กัน ดูรูปที่ 2 (d), ถ้าเราทราบกำลังจากโหลดมาตรฐานและกำหนดจำนวนพัลส์ไว้ใน Compare register แล้ว ค่าใน Capture register ก็นำไปสร้างคาบเวลา T_S ได้แม่นยำขึ้น

4 การสร้างและทดสอบ

รูปที่ 3 (ซ้าย) คือ โหนด หรือ วัตต์มิเตอร์ไร้สาย ประกอบด้วย MCU เบอร์ PIC18F45J10 [3], ตัวรับส่งวิทยุ MRF24J40MA, ไอซี MCP3906 และหม้อแปลงกระแส ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดใช้กระแสไม่สูง รูปที่ 3 (ขวา) คือ ตัวอ่าน ประกอบด้วย MCU, ตัวรับส่งวิทยุ, และจอ LCD ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดใช้แรงดันซัพพลาย 3.3 V, แต่แหล่งจ่ายเป็นแบตเตอรี่ AA แบบชาร์จได้ จำนวน 2 ก้อน ซึ่งให้แรงดันได้ประมาณ 2.4 V จึงต้องใช้ไอซี AS1322 มายกระดับแรงดันให้เป็น 3.3 V [4]

ในการทดสอบ วัตต์มิเตอร์ไร้สายจำนวน 8 โหนดถูกนำไปติดตั้งในอาคาร 2 ชั้น กว้าง 8 เมตร ยาว 40 เมตร ผลปรากฏว่า เกิดเส้นทางที่ยาวที่สุด 4 hop โหนดที่อยู่ต่างชั้นกันแต่อยู่ในระยะรัศมีประมาณ 5 เมตร สามารถสื่อสารกันได้, ตัวอ่านสามารถเข้าถึงข้อมูลของเครือข่ายไร้สายได้ทั้งหมดจากพื้นที่ที่อยู่ในรัศมีของโหนดใดโหนดหนึ่ง

5 สรุป

บทความนี้สามารถใช้โหนดที่มีทรัพยากรจำกัด มาสร้างเครือข่ายไร้สายที่ใช้ชั้นโพรโตคอลตามที่เสนอและวัดกำลังไฟฟ้าตามหน้าที่ของโหนดได้ การทดลองพบว่า ตัวอ่านสามารถมอนิเตอร์การใช้ไฟฟ้าได้ทุกจุดวัด เมื่อตัวอ่านอยู่ในบริเวณใดก็ได้ในพื้นที่ที่เครือข่ายครอบคลุมถึง

6. กิตติกรรมประกาศ

ชิ้นงานในบทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “ตัวจับเพคเกจแบบหลายจุดสำหรับเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย IEEE 802.15.4” ที่ได้รับทุนจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

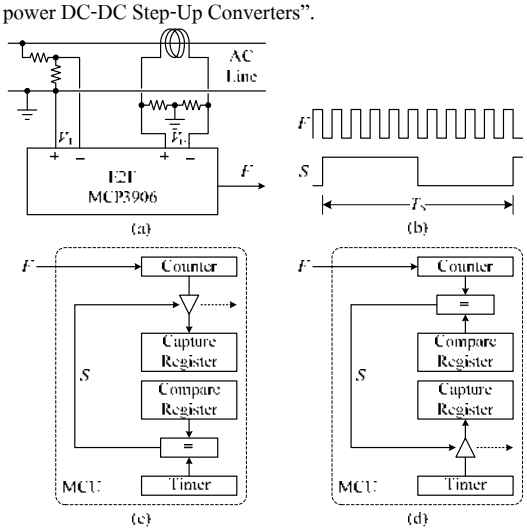
เอกสารอ้างอิง

[1] IEEE-TG15.4, “Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)”, IEEE standard for Information Technology (2003).

[2] Microchip, “MCP3906 Datasheet; Energy Metering ICs with Active Real Power Pulse Output”, Aug. 2006.

[3] Microchip, “PIC18F45J10 Datasheet; 28/40/44-Pin High-Performance RISC Microcontrollers with nano Watt Technology”, Aug. 2006.

[4] Austriamicrosystems, “AS1322 Datasheet; Low Voltage Micro-power DC-DC Step-Up Converters”.



รูปที่ 2. การวัดกำลังไฟฟ้า (a) ผังวงจรตัวแปลงกำลังเป็นความถี่ (b) ผังเวลาสัญญาณต่างๆ (c) ผังวงจรขณะวัดความถี่ (d) ผังวงจรขณะปรับเทียบ



รูปที่ 3. ภาพถ่าย (ซ้าย) วัตต์มิเตอร์ไร้สาย (ขวา) ตัวอ่านไร้สาย

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การศึกษาออกแบบห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า

Study of the Design of the Fully Anechoic Chamber

พัชราธรณ์ พูนเกตุ ณัฐพงษ์ สมตัะ วีรชัย วงศ์คีรีวรรณ รัตติญา ปงกา และ ศุภกิต แก้วดวงตา

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: supakitting@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาออกแบบห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า ด้วยการใช้วัสดุทดแทนที่มีราคาถูกและสามารถใช้ทดแทนวัสดุที่มีคุณสมบัติดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีราคาแพงได้ ซึ่งได้นำผงโลหะและผงยางดำมาผสมกันเพื่อเคลือบแท่งพีระมิดที่เป็นตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากนั้นได้นำแท่งพีระมิดที่ได้มาทำการสร้างห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าและทำการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Abstract

This paper presents a study of the design of the fully anechoic chamber, which propose a renewable materials that are cheap and can be absorb the electromagnetic wave. The metal powder and powder coated black rubber are mixed together and enamel to block pyramids. Then, the piece pyramid is employed a fully anechoic chamber. From the measure results, this chamber can be used effectively.

***Keywords*:** Absorber, Anechoic Chamber, and Electromagnetic wave

1. บทนำ

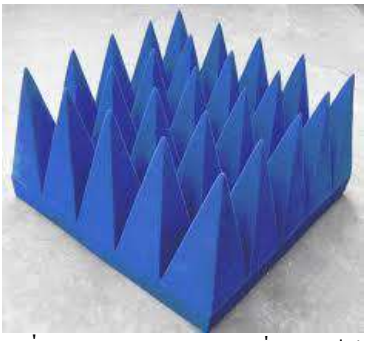
ในการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์การสื่อสารแบบไร้สายเช่น เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุ และสายอากาศ นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องไม่มีการรบกวนจากสัญญาณภายนอก ทำให้ต้องมีสถานที่ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดสอบทางเลือกหนึ่งที่สามารถทำได้และทำให้ผลการทดสอบนั้นมีความถูกต้องคือ ทำการทดสอบดังกล่าวภายในห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Fully Anechoic Chamber) [1]-[3] ซึ่งคุณลักษณะของห้องนี้คือจะป้องกันไม่ให้มีการรบกวนจากสัญญาณภายนอก อีกทั้งยังป้องกันการสะท้อนคลื่นจากแหล่งกำเนิดภายใน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการรบกวนภายใน โดยทั่วไปแล้วห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้คือ 1. ห้องปิดกั้นกึ่งไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Semi Anechoic Chamber) 2. ห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Fully Anechoic Chamber) และ 3. ห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Shielded Room) [1]-[3]

แต่อย่างไรก็ตามการสร้างห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้านั้นต้องอาศัยต้นทุนสูง และมีกระบวนการสร้างค่อนข้างซับซ้อน จึงได้มีการศึกษาค้นคว้าวัสดุทดแทนเพื่อนำมาใช้งานโดย น.อ.วัชรินทร์ เครือดำรงค์ ได้ทำการศึกษาวัสดุดูดกลืนคลื่นเรดาห์ ณ งานวิจัยกรมวิทยาศาสตร์ทหารเรือ [4] โดยการใช้ผงเหล็กและยางในการสร้าง ฉะนั้นในบทความนี้จึงได้ทำการศึกษาการสร้างห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยวัสดุทดแทนที่สามารถหาได้ง่ายและมีราคาถูกกว่า

บทความนี้จะถูกแบ่งออก 4 หัวข้อคือ หัวข้อที่สองจะกล่าวถึงหลักการและการออกแบบของห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า หัวข้อที่สามจะกล่าวถึงการสร้างและการทดสอบ และกล่าวสรุปในหัวข้อสุดท้าย

2. หลักการและการออกแบบ

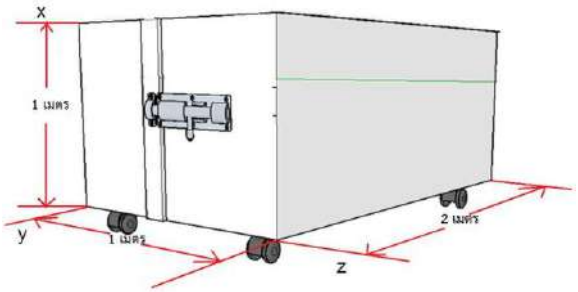
เพื่อที่จะทำการควบคุมสภาวะแวดล้อมของการทดสอบได้นั้น จึงต้องทำการทดสอบภายในอาคาร จึงได้มีการพัฒนาห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีลักษณะพื้นฐานอยู่ 2 แบบคือ ห้องรูปทรงสี่เหลี่ยม (Rectangular) และห้องรูปทรงเรียว (Taper) โดยห้องดังกล่าวจะประกอบไปด้วยโลหะที่ปิดกั้นไม่ให้สัญญาณภายนอกเข้ามารบกวนส่วนภายในนั้นจะถูกปกคลุมด้วยตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (RF Absorber) รูปทรงพีระมิดที่สามารถดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้อย่างดีและมีการสะท้อนคลื่นน้อย โดยทั่วไปจะมีค่าสัมประสิทธิการสะท้อนของคลื่นที่มุมตั้งฉากประมาณ -40 dB [1]-[3] และในส่วนของตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นจะถูกสร้างขึ้นด้วยวัสดุที่มีค่าสภาพยอมไฟฟ้า (Permittivity) สูงซึ่งจะทำให้สนามไฟฟ้าเกิดการสูญเสียมากและวัสดุที่มีค่าสภาพยอมแม่เหล็ก (Permeability) สูงซึ่งจะทำให้สนามแม่เหล็กเกิดการสูญเสียมากเช่นกัน รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างของตัวดูดซับคลื่นที่มีจำหน่ายทั่วไป



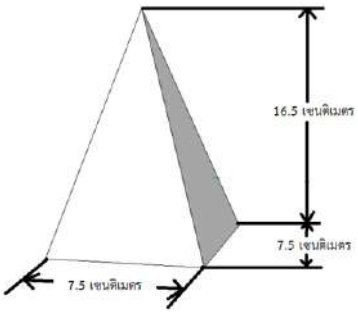
รูปที่ 1. ตัวอย่างของตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

การออกแบบห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าสิ่งที่ผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบในการออกแบบก็คือ ระยะการแพร่กระจาย

คลื่นของความถี่ในแต่ละความถี่ และวัสดุที่ใช้สร้างเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ เพื่อให้ได้ขนาดของห้องกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ในส่วนของการแพร่กระจายคลื่นของความถี่ในแต่ละความถี่นั้น ความถี่สูงจะมีระยะในการแพร่กระจายคลื่นที่แคบกว่าความถี่ต่ำ ดังนั้นในการออกแบบขนาดของห้องจะต้องสัมพันธ์กับย่านความถี่ที่ต้องการทดสอบ ซึ่งการทดสอบในครั้งนี้ผู้จัดทำได้กำหนดความถี่ไว้ที่ 300MHz จนถึง 1GHz ทำให้ห้องที่ออกแบบมีขนาด กว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 1 เมตร ในส่วนของวัสดุที่ใช้ในการสร้างนั้น ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย การรบกวนของคลื่นทั้งจากภายในและภายนอก โดยในการออกแบบทำห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า วัสดุที่ใช้ในการสร้างเป็นผนังต้องเป็นเหล็กเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว และลักษณะภายในห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้านั้น จะไม่มีการสะท้อนไปมาของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงต้องใช้พีระมิดรกระดาย ขนาดสูง 16.5 เซนติเมตร ฐานกว้าง 7.6 เซนติเมตร ยาว 7.6 เซนติเมตร [4] เคลือบด้วยผงเหล็กผสมยางเม็ดเล็กๆ วางให้เต็มห้อง เพื่อเปลี่ยนทิศทางของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพราะผงเหล็กมีคุณสมบัติในการสะท้อนคลื่นได้ดี และในขณะเดียวกันคลื่นจะถูกลดทอนไปเรื่อยๆและหายไปในที่สุด ทำให้สามารถทดสอบประสิทธิและการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ดีที่สุด



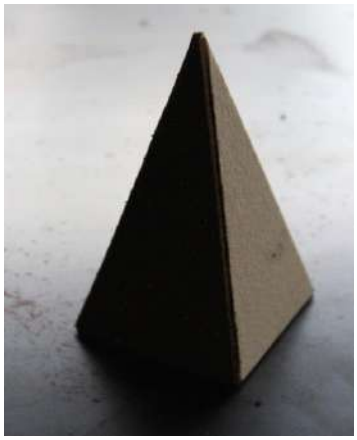
รูปที่ 2. ลักษณะห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 3. ขนาดพีระมิด

3. การสร้างและการทดสอบ

ในการสร้างนั้นจะเริ่มจากการสร้างตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รูปทรงพีระมิดจะเป็นวัสดุที่ใช้ในการเปลี่ยนทิศทางของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีขนาดสูง 16.5 เซนติเมตร ฐานกว้าง 7.6 เซนติเมตร ยาว 7.6 เซนติเมตร เพื่อใช้เปลี่ยนทิศทางและดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีที่ความถี่ 1GHz ถึง 3GHz โดยใช้กระดายรูปสามเหลี่ยมดังที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นนำผงเหล็กและผงยางดำมาผสมกันในอัตราส่วน 1:1 เพื่อที่จะได้นำไปเคลือบพีระมิดที่สร้างไว้ดังแสดงในรูปที่ 4 จากนั้นทำการติดตั้งพีระมิดที่ได้เข้ากับผนังห้องทั้งสี่ด้านดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4. พีระมิดที่เคลือบด้วยผงเหล็กและผงยางดำ



(ก) ภาพด้านใน (ข) ภาพด้านนอก

รูปที่ 5. ลักษณะการติดตั้งพีระมิดภายในห้อง

จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพของห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าโดยทดสอบการทะลุผ่านของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแผ่นพีระมิดขนาดเคลือบผงเหล็กและผงยางดำผสมกันในอัตราส่วน 1:1 กับแผ่นพีระมิดเคลือบสารด้วยสารที่มีคุณสมบัติดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทดสอบการสะท้อนกลับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแผ่นพีระมิดที่เคลือบด้วยผงเหล็กและผงยางดำผสมกันในอัตราส่วน 1:1 กับแผ่นพีระมิดเคลือบสารด้วยสารที่มีคุณสมบัติดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ตารางที่ 1. การทดสอบเปรียบเทียบพีระมิด

ที่	การทดสอบ	พีระมิดที่เคลือบสารดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	พีระมิดเคลือบผงเหล็กและผงยางดำ
1	การดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	✓	✓
2	สะท้อนกลับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	✓	✓

จากนั้นการทดสอบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยสายอากาศแบบรอบทิศทาง ผลการทดสอบความถี่ตั้งแต่ 1 GHz ขึ้นไป รูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศอยู่ในห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีลักษณะไม่ค่อยเป็นวงกลมและตั้งแต่ความถี่ต่ำกว่า 1 GHz จะมีรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบรอบทิศทางขณะอยู่ในห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นวงกลม เนื่องจากความถี่สูงกว่า 1 GHz ขึ้นไปจะเกิดการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากลับมายังสายอากาศ ส่งผลทำให้ห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าทำงานได้ไม่ดี

4. สรุป

พีระมิดที่เคลือบด้วยสารที่มีคุณสมบัติดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีผลการสะท้อนกลับเป็นที่ดี การวัดรูปแบบการแพร่กระจายของสายอากาศแบบรอบทิศทาง สามารถทำงานที่ช่วงความถี่ 300 MHz – 1 GHz ทนกำลังส่งของห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งทดสอบที่กำลังส่ง 0 dBi , 5 dBi , 10 dBi ในช่วงความถี่ 300 MHz – 1 GHz สามารถทำงานได้ดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Constantine A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, John Wiley& Sons, 2005.

[2] Microwave Pyramidal Absorber, 2556. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.ets-lindgren.com/pdf/absorber.pdf [23 มกราคม 2556].

[3] ห้องทดสอบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, 2556. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pnkeng.com/index.php?page= productdetail&proid=10 [19 มกราคม 2556].

[4] น.อ.วัชรินทร์ เครือดำรงค์.วัสดุดูดกลืนคลื่นเรดาห์ งานวิจัยกรมวิทยาศาสตร์ทหารเรือ, 2555.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบการวิเคราะห์ความแรงสัญญาณเอฟเอ็ม

FM Signal Strength Analysis System

นายจิรภูมิ บุตรโท[1], นายฐิตินนท์ ผลโพธิ์[2], นางสาวยลดา พานทอง[3], นายธนวิชญ์ ปลอดดี[4] และรศ. ดร. พรชัย ทรัพย์นิธิ[5]

เสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลำปาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

E-mail: nice_njb@hotmail.com[1], art_titinon@hotmail.com[2], yonlada_53_karakao@hotmail.com[3],patom1234@gmail.com[4], ksupornc@kmitl.ac.th[5]

บทคัดย่อ

สิ่งประดิษฐ์นี้เป็นการพัฒนาระบบตรวจสอบความแรงสัญญาณเอฟเอ็มเพื่อทำการไดรฟ์เทสต์ โดยสามารถแสดงตำแหน่งที่บันทึกพร้อมทั้งระบุค่าสี 3 ระดับตามความแรงของสัญญาณลงในแผนที่แบบเรียลไทม์ผ่าน GUI ที่สร้างขึ้นในขณะที่ทำการเก็บผล การทำงานของระบบจะประกอบไปด้วยส่วนบันทึกค่าพิกัดด้วยจีพีเอส ซึ่งจะรับค่าละติจูดและลองจิจูดของตำแหน่งที่ทำการทดสอบพร้อมกับส่วนโมดูล TEA5767 ที่จะบันทึกค่าความแรงสัญญาณเอฟเอ็มที่ครอบคลุมย่านความถี่ตั้งแต่ 88 ถึง 108 เมกกะเฮิรตซ์ โดยทั้งสองส่วนนี้จะใช้บอร์ดประมวลผล Raspberry pi ที่เขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพทอนในการรับค่าและส่งข้อมูลเก็บไว้ยังระบบฐานข้อมูล ที่สามารถประมวลผลและแสดงผลออกมาเป็นแผนที่ข้อมูลได้ผ่าน GUI ที่ออกแบบด้วยภาษาเบสิก และยังสามารถบันทึกภาพเป็นไฟล์ .jpg เพื่อดูในภายหลังได้

Abstract

This project develops a real-time FM signal strength mapping system that can display 3 different color-coded signal strength information at different locations on GUI. The Raspberry Pi board is used to receive the latitude and the longitude from the GPS module ,the radio-input signal strength from the TEA5767 module which covers the frequency between 88 MHz and 108 MHzs. The processed-data from both modules are sent to the database with the Python language. Finally, we created the GUI, using Visual Basic to show the FM signal strength map which can be saved to jpg file.

***Keywords*:** TEA5767, FM signal strength, Raspberry Pi

1. บทนำ

ระบบกระจายเสียงผ่านคลื่นวิทยุในระบบเอฟเอ็มเป็นที่นิยมใช้สำหรับการเผยแพร่ข่าวสารและความบันเทิง แต่การกระจายเสียงผ่านคลื่นวิทยุในทางปฏิบัตินั้นพบว่าในบางพื้นที่สภาพแวดล้อมหรือปัจจัยอื่นๆจะทำให้พื้นที่บางจุดรับสัญญาณได้ไม่ดีเท่าที่ควร ตัวอย่างเช่นในวิทยุชุมชนซึ่งจะมีกำลังส่งไม่เกิน 500 วัตต์ ทำให้บางพื้นที่มีสัญญาณขาดหายหรือเกิดการแทรกสอดจากสถานีอื่น ซึ่งในการรับรู้ถึงพื้นที่เหล่านั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการไดรฟ์เทสต์ (drive test) อย่างไรก็ดีอุปกรณ์วัดสัญญาณเช่นเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมเคลื่อนที่มีราคาแพง ดังนั้นจึงมีแนวคิดพัฒนาการวัดความแรงสัญญาณวิทยุเอฟเอ็มและพล็อตบนที่โดยใช้โมดูลวัดสัญญาณซึ่งมีราคาถูกมาก สิ่งประดิษฐ์นี้เป็นประโยชน์ทั้งผู้พัฒนาและผู้ขอใช้บริการที่ต้องการนำแผนที่ข้อมูลหรือระบบสร้างแผนที่ข้อมูลไปใช้เป็นข้อมูลในการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณต่อไป

2. วิธีการดำเนินงานและการออกแบบระบบ



รูปที่ 1. โมดูล TEA5767

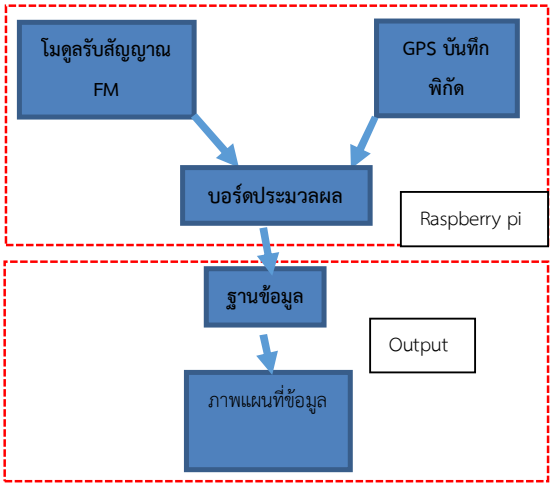
การโค้ดเพื่อควบคุมการทำงานของโมดูล TEA5767 ซึ่งในการเขียนข้อมูลลงในโมดูลTEA5767 จะมีทั้งหมด 5 ไบต์ โดยที่แอดเดรสของโมดูลอยู่ที่ 0x60 โดยที่ 2 ไบต์แรกจะเป็นการคำนวณค่าเฟสล็อกลูป (PPL) ตามความถี่ที่ป้อนค่าเข้าไป เมื่อให้ N แทนค่าเฟสล็อกลูปที่คำนวณได้เป็นเลขฐานสิบ โดยใช้บิตทั้งหมด 14 บิต จะสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$N = \begin{cases} \dfrac{4\times\left(f_{RF}+f_{IF}\right)}{f_{REF}}; f_{RF} \geq f_{REF} \\ \dfrac{4\times\left(f_{RF}-f_{IF}\right)}{f_{REF}}; f_{RF} < f_{REF} \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อ f_{RF} แทนความถี่ที่ต้องการจูน (Hz), f_{IF} คือความถี่กลางมีค่าเท่ากับ 225 kHz และ f_{REF} แทนความถี่อ้างอิงมีค่าเท่ากับ 32.768 kHz เมื่อคำนวณค่าที่ต้องการป้อนลงในโมดูล TEA5767 แล้วจึงออกแบบโปรแกรมโดยมีแผนภาพบล็อกของระบบดังรูปที่ 2 อันประกอบไปด้วยโมดูลรับสัญญาณเอฟเอ็ม โมดูลจีพีเอสเพื่อบันทึกพิกัด บอร์ด Raspberry Pi ทำการประมวลผลความแรงสัญญาณและพิกัดเพื่อเพื่อส่งไปยังฐานข้อมูล และท้ายที่สุดส่วนของคอมพิวเตอร์จะทำการดึงค่าพิกัดและความแรงออกมาเพื่อทำการพล็อตบนแผนที่

3. ผลการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบนี้มีลักษณะเป็นเรียลไทม์ มีการส่งและประมวลผลข้อมูลทุกๆ 1 วินาที เริ่มต้นการทำงานโดยรันโปรแกรมจากตัว



รูปที่ 2. แผนภาพบล็อกของระบบ

Raspberry pi และในส่วนฐานข้อมูล โดยอุปกรณ์ติดตั้งอยู่ในรถใช้แหล่งพลังงานบริเวณที่จุดบุหรี่ดังรูปที่ 3 และ 4 และเสาอากาศส่วนรับสัญญาณเอฟเอ็มและจีพีเอสจะติดตั้งอยู่บนหลังคารถแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 3. Raspberry pi ที่ติดตั้งภายในรถ

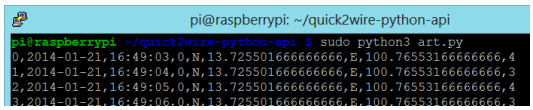


รูปที่ 4. แหล่งพลังงานของอุปกรณ์



รูปที่ 5. เสารับสัญญาณเอฟเอ็มและจีพีเอส

รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างค่าพิกัดและเวลาเมื่อทำการรันโปรแกรมบนบอร์ด Raspberry pi ผู้พัฒนาได้ดำเนินการทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อวัดค่าความแรงของสถานี 104.7 MHz บริเวณรอบๆ สถาบันเทคโนโลยีฯ ลาดกระบัง และพล็อตค่าที่ได้ลงบนแผนที่ดังรูปที่ 7 พบว่าโดยส่วนใหญ่มีคุณภาพสัญญาณปานกลาง (สีเหลือง) บางจุดมีคุณภาพดี (สีเขียว) และคุณภาพไม่ดี (สีแดง) ซึ่งมักจะเป็นบริเวณอับสัญญาณ เช่นอยู่ระหว่างซอกตึก เป็นต้น ทั้งนี้ระหว่างการทดสอบได้มีการฟังสถานีวิทยุคลื่นนี้ควบคู่ไปด้วยว่าคุณภาพเสียงตรงกับค่าที่ได้รับและพล็อตบนแผนที่



รูปที่ 6. หน้าจอขณะ raspberry pi ทำการส่งค่า



รูปที่ 7. แผนที่แสดงความแรงสัญญาณเอฟเอ็มแบบเรียลไทม์

4. สรุป

ผู้ดำเนินการได้พัฒนาระบบสร้างแผนที่ข้อมูลความแรงเอฟเอ็มแบบเรียลไทม์โดยใช้ Raspberry pi ร่วมกับระบบฐานข้อมูลเพื่อที่จะหาจุดที่รับสัญญาณได้ไม่ชัดเจนจากแผนที่ซึ่งสามารถทำงานได้จริง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคำชี้แนะจากคุณธนพล สันรัตน์ และนักศึกษาปริญญาตรีห้อง T-219 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่คอยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาแก้ไขข้อผิดพลาดในส่วนโปรแกรมจนสำเร็จลงได้

เอกสารอ้างอิง

[1] “NMEA data.” http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm

[2] ธาริน สิทธิธรรมชารี. คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0. กรุงเทพฯ : ซัคเซสมีเดีย, 2544.

[3] สัจจะ จรัสรุ่งธวีวร. คู่มือเรียนและใช้งาน Visual Basic 2010. นนทบุรี : ไอดีซีฯ, 2554.

[4] จักรกฤษณ์ แสงแก้ว. การเขียนโปรแกรมภาษาไพธอนด้วยตนเอง. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549.

[5] บัญชา ปะสีละเตสัง. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชั่นด้วย PHP ร่วมกับ MySQL และ Dreamweaver. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2553.

[6] น.ต.ไพศาล โมลิสกุลมงคล. พัฒนา Web Database ด้วย PHP. กรุงเทพฯ : หจก.ไทยเจริญการพิมพ์ จำกัด, 2538.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบวิเคราะห์ความผิดพลาดในการระบุตำแหน่งจากข้อมูลเครื่องรับ GNSS

Position Error Analysis System from GNSS Information

นายชยานันท์ ลิ้มจำรูญรัตน์[1], นายธนวิชญ์ ปลอดดี[2], นายศราวุฒิ รุ่งเรืองวจีเอก[3], ดร.ณัฐกานต์ พุทธรักษ์[4] และรศ. ดร. พรชัย ทรัพย์นิธิ[5]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลำปาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

E-mail: alivefish82@gmail.com[1], patom1234@gmail.com[2], sarawootersky@gmail.com[3], kpnattak@kmitl.ac.th[4], ksupornc@kmitl.ac.th[5]

บทคัดย่อ

ระบบนำร่องโดยใช้กลุ่มดาวเทียม (GNSS: Global Navigation Satellite System) เป็นระบบระบุตำแหน่งของผู้ใช้ที่อยู่บนพื้นผิวโลก โครงงานนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบคำนวณพิกัดตำแหน่งและแสดงผลค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่ง ซึ่งจะแสดงในรูปของค่าความผิดพลาดละติจูด(Latitude), ลองจิจูด (Longitude) และความสูง (Height) โดยจะรับข้อมูลมาจากเครื่องรับ GNSS ชนิดสองความถี่ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตเข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ เพื่อทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในแนวระนาบ ซึ่งประกอบไปด้วยความผิดพลาดของค่าละติจูด, ความผิดพลาดของค่าลองจิจูด และคำนวณค่าความผิดพลาดความสูง จากนั้นบันทึกค่าต่างๆ ในฐานข้อมูลแล้วทำการแสดงผลผ่านทางหน้าเว็บ

Abstract

Global Navigation Satellite System (GNSS) is a system to indicate a user's location on the earth's surface. This project develops a system to compute and show the location errors which are the latitude error, longitude error and height error from the received data from GNSS receivers. Data is transmitted through the internet to be calculated all errors and recorded into a database. Finally, all errors will be displayed on a webpage.

***Keywords*:** GNSS, Location error

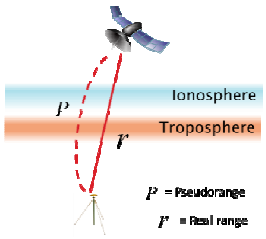
1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีนำร่องของอากาศยานได้ถูกพัฒนาไปมาก หนึ่งในเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นด้วยนั้นคือระบบจีบาส (Ground - Based Augmentation System: GBAS) ซึ่งเป็นระบบช่วยลดความผิดพลาดของระบบจีเอนเอสเอส (Global Navigation Satellite System: GNSS) สำหรับการร่อนลงของอากาศยาน โดยเทคโนโลยีจีบาสจะอาศัยเครื่องรับสัญญาณจีเอนเอสเอส (GNSS Receiver) ประมาณ 3-4 เครื่องเพื่อคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แล้วจึงส่งข้อมูลไปให้อากาศยาน โดยพารามิเตอร์ดังกล่าวคือค่าความผิดพลาดของระยะทางเทียม ซึ่งเป็นค่าที่ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดของการระบุตำแหน่ง ซึ่งค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งประกอบไปด้วยความผิดพลาดในแนวระนาบ (Horizontal error) และความผิดพลาดความสูง (Vertical error) ของตำแหน่งเครื่องรับ ซึ่งพารามิเตอร์นี้มีผลกระทบต่อความแม่นยำในการนำร่องลงจอดของอากาศยาน

โครงงานนี้จึงนำเสนอระบบคำนวณค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งขึ้นโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมจีพีเอสและโกลนาส (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sstema: GLONASS) มาทำการประมวลผลเพื่อหาค่าความผิดพลาดของระยะเทียม (Pseudorange error) และแสดงผลผ่านทางหน้าเว็บเพจ เนื่องจากซอฟต์แวร์ที่มากับเครื่องรับสัญญาณจีเอนเอสเอสนั้น เป็นซอฟต์แวร์ที่ต้องติดตั้งกับคอมพิวเตอร์ที่ต่อกับเครื่องรับสัญญาณจีเอนเอสเอสเท่านั้น และผู้ใช้ไม่สามารถปรับเปลี่ยนคุณลักษณะหลายๆ อย่างได้เช่น การดาวเทียมใน Skyplot แสดงเป็นเรียลไทม์เท่านั้น ไม่สามารถดูเส้นทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียมได้ เป็นต้น โครงงานนี้จึงพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เพิ่มความยืดหยุ่น ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขบางส่วนของซอฟต์แวร์ได้ รวมถึงการที่ผู้ใช้งานสามารถดูค่าความผิดพลาดจากระยะทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ตได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้งานโปรแกรมที่คอมพิวเตอร์ที่ต่อกับเครื่องรับจีเอนเอสเอส

2.ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

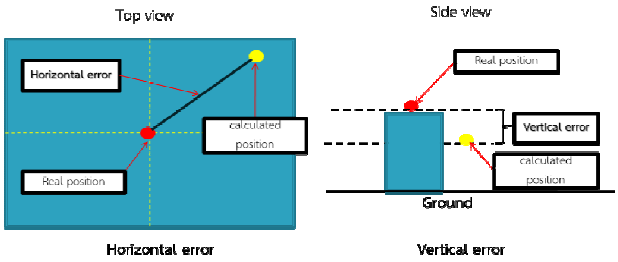
โครงงานนี้มีตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องคือความผิดพลาดของระยะทางเทียม และความผิดพลาดของการระบุตำแหน่ง ความผิดพลาดของระยะทางเทียมเกิดจากการดีเลย์ของสัญญาณในชั้นบรรยากาศ ส่งผลให้ระยะทางระหว่างเครื่องรับสัญญาณจีเอนเอสเอสและดาวเทียมที่เครื่องรับสัญญาณจีเอนเอสเอสวัดได้ ความผิดพลาดของระยะทางเทียมแสดงดังรูปที่ 1 และอธิบายได้ตามสมการที่ 1 โดยค่า P_{error} คือค่าความผิดพลาดของระยะทางเทียม ค่า P คือค่าระยะทางเทียม และค่า r คือค่าระยะทางจริง



รูปที่ 1. ค่าความผิดพลาดของระยะทางเทียม

$$P_{error} = P - r \quad (1)$$

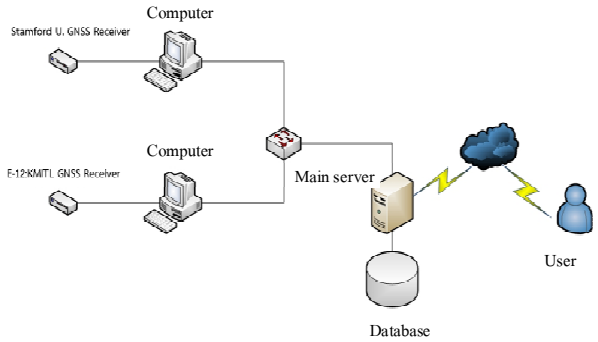
ส่วนค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งแบ่งออกเป็นสองชนิดคือ ค่าความผิดพลาดในแนวระนาบ (Horizontal error) และค่าความผิดพลาดความสูง (Vertical error) ดังที่แสดงในรูปที่ 2



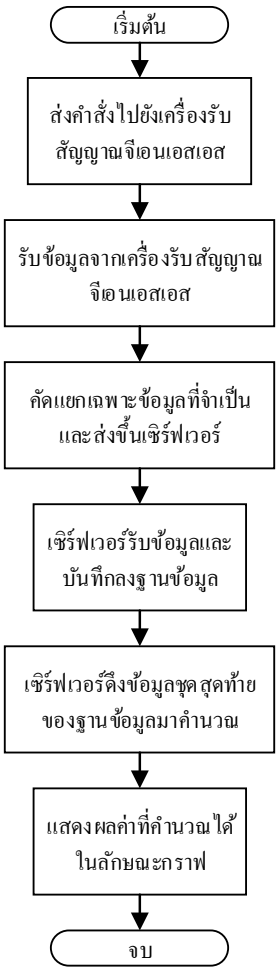
รูปที่ 2. ความผิดพลาดของการระบุตำแหน่ง

3. วิธีการดำเนินงานและการออกแบบระบบ

ระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือส่วนที่ต่อกับเครื่องรับจีเอนเอสเอส และส่วนเซิร์ฟเวอร์ตามบล็อกไดอะแกรมของระบบดังแสดงในรูปที่ 3 และมีโฟลว์ชาร์ตการทำงานแสดงดังรูปที่ 4 สำหรับส่วนที่ต่อกับเครื่องรับจีเอนเอสเอส จะมีหน้าที่ส่งคำสั่งไปยังเครื่องรับจีเอนเอสเอส และรับข้อมูลที่เครื่องรับจีเอนเอสเอสส่งกลับมา จากนั้นจะคัดเอาเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นเท่านั้นส่งขึ้นเซิร์ฟเวอร์ โดยในส่วนนี้ใช้ภาษา Python ในการเขียนซอฟต์แวร์ สำหรับฝั่งเซิร์ฟเวอร์ มีหน้าที่รับข้อมูลที่ส่งมาจากฝั่งที่ต่อกับเครื่องรับจีเอนเอสเอสมาคำนวณหาค่าความผิดพลาดของระยะทางเทียม ตำแหน่งของเครื่องรับ และความผิดพลาดของการระบุตำแหน่ง จากนั้นจึงแสดงผลผ่านทางหน้าเว็บเพจในรูปแบบของกราฟแสดงความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งซึ่งถูกแบ่งออกเป็นความผิดพลาดในแนวระนาบและความผิดพลาดในแนวดิ่ง รวมถึงการแสดงตำแหน่งดาวเทียมบนท้องฟ้าด้วยกราฟ Skyplot ด้วย ในส่วนของการรับข้อมูลและคำนวณตำแหน่งนั้นเขียนขึ้นโดยใช้ภาษา PHP และในส่วนของเว็บเพจนั้นเขียนด้วยภาษา JavaScript และ HTML5 โดยระบบนี้มีการทำงานแบบเรียลไทม์



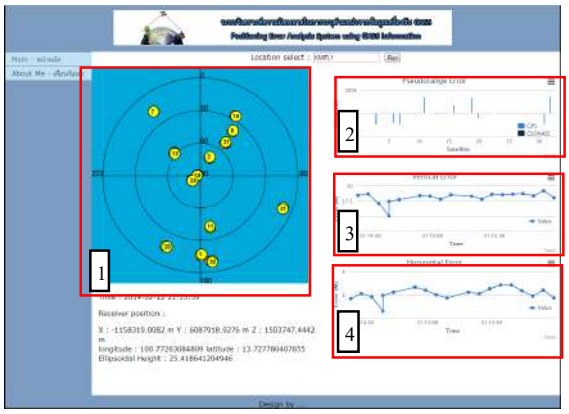
รูปที่ 3. แผนภาพบล็อกการทำงานของระบบ



รูปที่ 4. ผังงานการทำงานของระบบ

4. ผลการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบนี้มีลักษณะเป็นเรียลไทม์ มีการส่งข้อมูลและประมวลผลข้อมูลทุกๆ 5 วินาที สามารถเริ่มต้นระบบได้โดยรันซอฟต์แวร์ของส่วนที่ต่อกับเครื่องรับจีเอนเอสเอส ซอฟต์แวร์จะส่งคำสั่งไปยังเครื่องรับสัญญาณจีเอนเอสเอส รับข้อมูลที่เครื่องรับจีเอนเอสเอสส่งกลับมา คัดแยกเฉพาะข้อมูลที่สำคัญ และส่งขึ้นเซิร์ฟเวอร์ให้โดยอัตโนมัติทุกๆ 5 วินาที จากนั้น ผู้ใช้ต้องเปิดหน้าเว็บเพจและเลือกสถานีเครื่องรับสัญญาณจีเอนเอสเอสที่ต้องการจะดูข้อมูล จากนั้นเว็บเพจจะประมวลผลค่าความผิดพลาดของระยะทางเทียม, ค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งในแนวระนาบ, ค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งในแนวดิ่ง และตำแหน่งของดาวเทียม แล้วจึงแสดงผลค่าต่างๆในรูปแบบของกราฟ ส่วนตำแหน่งของดาวเทียมจะแสดงในกราฟ Skyplot ดังที่แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5. หน้าจอแสดงผล

รูปที่ 5 คือหน้าจอแสดงผลซึ่งผลการทดลองเก็บเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2557 ณ เวลา 21.15.59 นาฬิกา โดยหมายเลข 1 ในรูปที่ 5 คือกราฟ Skyplot มีหน้าที่แสดงตำแหน่งของดาวเทียมที่ปรากฏบนท้องฟ้า พบว่ามีดาวเทียมปรากฏบนท้องฟ้าทั้งสิ้น 13 ดวง หมายเลข 2 คือกราฟแสดงค่าความผิดพลาดของระยะทางเทียมของดาวเทียมแต่ละดวง พบว่าดาวเทียมที่มีค่าความผิดพลาดของระยะทางเทียมสูงคือดาวเทียมดวงที่ 32, 31, 19 และ 11 มีค่าความผิดพลาดของระยะทางเทียมประมาณ 180 เมตร หมายเลข 3 คือกราฟแสดงค่าความผิดพลาดความสูง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยในช่วงเวลานี้ประมาณ 28.5 เมตร และหมายเลข 4 คือกราฟแสดงค่าความผิดพลาดในแนวระนาบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยในช่วงเวลานี้ประมาณ 3.2 เมตร

5. สรุป

โครงงานนี้ได้พัฒนาระบบดึงข้อมูลและคำนวณค่าความผิดพลาดสองชนิดคือ ค่าความผิดพลาดของระยะทางเทียมและค่าความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งและแดงผลออกมาในรูปแบบของกราฟ รวมทั้งแสดงตำแหน่งดาวเทียมบนท้องฟ้าด้วยกราฟ Skyplot

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคำชี้แนะจาก ผศ.ดร.ตุลยา ลิมปิติ และคุณอัจฉราภรณ์ บำรุงกิจ ที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือให้คำแนะนำ รวมถึงอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขผลงานจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

[1] B.W. Parkinson, J.J. Spilker Jr., P. Axelrad, Per Enge, and P. Zachan, *"Global Positioning System: Theory and Applications"*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. L'Enfant Promenade, SW, Washington, DC.

[2] E.D. Kaplan, and C.J. Hegarty, "*Understanding GPS Principles and Applications"*, London: Artech House.

[3] P. Supnithi, S. Rungraengwajiake, S. Saito, N. Siansawasdi, A. Saekow, "*Statistical characteristic of background ionospheric total electron content (TEC) in Bangkok, Thailand"*, Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) Bangkok 10520, Thailand

[4] H. Konno, S. Pullen, M. Luo and P. Enge, *"Analysis of ionosphere gradients using Japan GEONET data"*, Proc. ION NTM 2005, San Diego, CA, United state, January, 2005.

[5] J. M. Dow, R. E. Neilan, C. Rizos, *"The International GNSS Service in a changing landscape of Global Navigation Satellite Systems"*, Journal of Geodesy, vol. 83, pp. 191-198, 2009.

[6] W. Rideout, A. Coster, *"Automated GPS processing for global total electron content"*, GPS Solutions, vol. 10, pp. 219-228, 2006.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบคอมพิวเตอร์คลัสเตอร์ขนาดเล็ก

Mini Computer Cluster

ธนิต เกตุแก้ว

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: thanit@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบคอมพิวเตอร์แบบคลัสเตอร์ เป็นหนึ่งในหลายวิธีที่ถูกนำมาใช้ในการประมวลผลข้อมูลงานด้านวิศวกรรมที่มีปริมาณมากและซับซ้อนเพื่อเกิดความรวดเร็วในการประมวลผล แต่ระบบคอมพิวเตอร์แบบคลัสเตอร์นี้เป็นระบบที่ต้องการเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ เคลื่อนย้ายได้ยาก ราคาแพง และใช้พลังงานไฟฟ้าสูง

ด้วยเหตุนี้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอนวัตกรรมใหม่ที่จะช่วยลดขนาดของคอมพิวเตอร์แบบคลัสเตอร์ให้มีขนาดเล็กลง ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ และต้นทุนต่ำ แต่ยังคงประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลงานด้านวิศวกรรมสูง และเคลื่อนย้ายได้สะดวก ชุดคอมพิวเตอร์แบบคลัสเตอร์ขนาดเล็กที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ 4 โหนดที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลงานด้านวิศวกรรมที่มีปริมาณมากได้ถึง 17.28 GFLOPS และใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 11.320W ต่อโหนดเท่านั้น

Abstract

Cluster computer system is an alternative way to process a plenty of complex engineering data in order to achieve the fast processing. Nevertheless, the existing cluster computer system requires a large computer which is not easy to move, expensive, and need high power consumption for processing data.

Based on this reason, this study aims to propose a new innovation which can reduce size of cluster computer system which makes it easy to move, consume lower power, and low cost with keeping the high efficiency of data processing. This study reveals that the efficiency engineering data processing using four computer node as a cluster computer system can process data up to 17.28 GFLOPS and consume power only 11.320W per node.

1. บทนำ

ปัจจุบันจึงมีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีมาต่อเชื่อมกันและพัฒนาระบบการประมวลผลแบบขนาน (Parallel Computing) แต่การประมวลผลแบบขนานนี้จำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมากใช้พื้นที่ในการจัดเก็บคอมพิวเตอร์และพลังงานไฟฟ้า

2. จุดประสงค์ของโครงการ

จุดประสงค์ของงานชิ้นนี้ก็เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบคลัสเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถนำไปใช้งานได้และมีขนาดเล็กที่ประหยัด,ใช้พลังงานต่ำ,ดูแลรักษาง่ายและมี ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ PC ธรรมดา รวมถึงการเพิ่มโอกาสในการเรียนรู้และใช้ระบบคลัสเตอร์ขององค์กรหรือหน่วยงานต่างๆ

3. ขอบเขตของโครงการ

3.1 ขอบเขตด้าน Software

ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux (Fedora หรือ Ubuntu), ซอฟท์แวร์ที่สนับสนุนการทำงานแบบขนานโดยใช้ MPICH หรือ MPICH2 และทำทดสอบประสิทธิภาพการประมวลผลตามจำนวนเครื่องโดยโปรแกรม ที่ใช้สำหรับทดสอบเป็นต้น

3.2 ขอบเขตด้าน Hardware

เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก CPU Intel Atom จำนวน 4 เครื่อง(4 Node)ในการทำงานประมวลผลแบบขนาน และ 1 เครื่อง สำหรับ Front End โดยมีการเชื่อมต่อระหว่างโนด(Node)แบบระบบเครือข่าย LAN ผ่าน Gigabit Switching Hub

4. การออกแบบระบบ Hardware

4.1 ซีพียู

ซีพียู/ของระบบคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์มีความสำคัญอย่างยิ่งในการคำนวณ FLOPS (Floating point operation per second) คือ หน่วยนับจำนวนชุดคำสั่งในการประมวลผลทางทศนิยมต่อ 1 วินาที ใช้ในการวัดสมรรถนะการทำงานของคอมพิวเตอร์

FLOPS = (clock rate) x (จำนวน Core ทั้งหมด) x (FLOP/Cycle) (1)

การคำนวณนี้ใช้ Intel®Atom™CPU D525@1.80GHz ความเร็ว 1.8 GHz สามารถทำงานได้ 4 Operations ต่อ 1 Cycle โดยเมื่อนำมาคูณกันแล้วได้ ดังนี้

(1.8 GHz) *(2) * (4 FLOP/Cycle) = 14.4 GFLOPS

4.2 หน่วยความจำ

หน่วยความจำ ที่เลือกใช้คือ DDR3(1066) Blackberry ขนาดความจุ 1 GB speed 1066 MHz ค่า Memory timings ของตัว หน่วยความจำ CL=5, tRC= 60ns (min.), tRFC= 127.5ns, tRAS= 38ns (min.) / 70,000ns (max.)

4.2 การสื่อสารระหว่างโนด

ความเร็วของเครือข่ายมีความสำคัญบนระบบคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์มาก เพราะต้องใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างโนดหลักและโนดคำนวณอยู่ตลอด LAN Card และ สวิตซ์เครือข่าย ได้เลือกใช้ Gigabit Ethernet

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

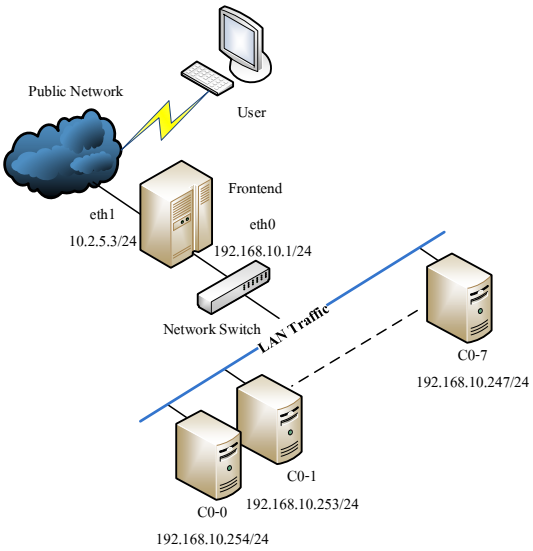
ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

5. การติดตั้ง Hardware

การติดตั้งอุปกรณ์เป็นระบบคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องสร้างตัว Case ขึ้นมาใหม่ ซึ่งต้องให้เหมาะสมกับ Mainboard CPU Atom เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก CPU Intel Atom จำนวน 4 เครื่อง(4 Node) ในการทำงานประมวลผลแบบขนาน และ 1 เครื่อง สำหรับ Front End และการเชื่อมต่อระหว่างโนด(Node)แบบระบบเครือข่าย Gigabit LAN



รูปที่ 1. การติดตั้ง Mini Cluster



รูปที่ 2. การ Network configuration ของ Mini Cluster

6. การออกแบบระบบซอฟแวร์

ได้เลือกระบบปฏิบัติการของระบบคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์คือ Rocks Cluster ที่เหมาะกับการทำงานเป็นคลัสเตอร์เป็นอย่างยิ่งและซอฟต์แวร์ที่ใช้แบ่งงานให้กับโนดคำนวณนั้นใช้ MPI (Message Passing Interface) เป็นไลบรารีสำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างซีพียู และการแลกเปลี่ยนข้อมูลใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมแบบขนาน

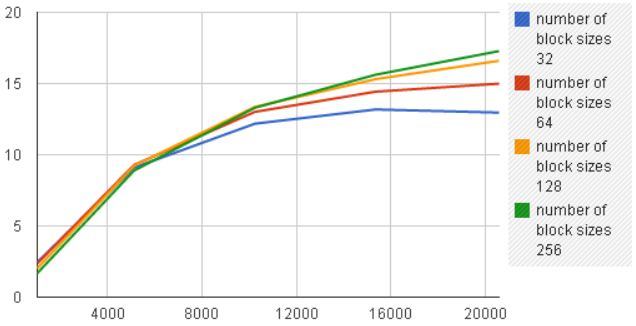
ส่วนซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ HPL (High Performance LINPACK) เป็นซอฟต์แวร์เลือกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์ที่เป็นมาตรฐานการจัดอันดับซูเปอร์คอมพิวเตอร์โดยที่หน่วยการวัดจะวัดเป็น FLOPS

7. สรุปวิธีการและขั้นตอนการทดสอบ

7.1 ทดสอบสมรรถนะของระบบ Cluster

ตารางที่ 1. สรุปผลการทดสอบสมรรถนะของระบบ Mini Cluster

Problem size (N)	number of block sizes 32 (GFLOPS)	64 (GFLOPS)	128 (GFLOPS)	256 (GFLOPS)
10,240	12.1800	13.0100	13.3600	13.3000
15,360	13.1800	14.4300	15.3100	15.6200
20,584	12.9600	14.9900	16.6000	17.2800



รูปที่ 3. แสดงสมรรถภาพของระบบ Cluster

7.2 อัตราการใช้พลังงานของระบบคลัสเตอร์

ตารางที่ 2. เปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานเทียบกับ Notebook

CPU	Min/Max Power	
Intel®Core™ i3-2310M CPU@2.10GHz	35.000W	43.750W
Intel®Atom™CPU D525@1.80GHz	11.320W	11.320W

7.3 สรุป

ระบบคอมพิวเตอร์คลัสเตอร์ขนาดเล็กนี้ประกอบด้วย 4 โนดที่ให้ประสิทธิภาพถึง 17.28 GFLOPS อีกทั้งยังใช้พลังงานเพียง 11.320W ต่อโนดเท่านั้น อย่างไรก็ตามเคสของระบบคลัสเตอร์และการเปลี่ยนจาก Hard disk Storage มาเป็น Flash Storage ยังคงเป็นเรื่องที่ท้าทายในด้านการลดการใช้พลังงานต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] ปรัชญา เฉลิมวัฒน์, การทดสอบประสิทธิภาพของคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์, กรุงเทพฯ:โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, 2548.

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุดม สุธาคำ, SPARSE MATRIX MACHINE : LOW COST SUPERCOMPUTER FOR ENGINEERING LABORATORY: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่, 2552.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบติดตามขบวนรถไฟและแก้ไขความผิดพลาดตำแหน่งด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟน

Train Tracking and Position Error Correction Using Smart Phones

นายอานันท์ เจริญรัตน์[1], นายอิดริด แก้วดำ[2], นายศราวุฒิ รุ่งเรืองวจีเอก[3] และรศ. ดร. พรชัยทรัพย์นิธิ[4]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

E-mail: memory.edition@gmail.com[1], is_2554@hotmail.com[2], sarawootersky@gmail.com[3], ksupornc@kmitl.ac.th[4]

บทคัดย่อ

สิ่งประดิษฐ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการติดตามด้วยสัญญาณจีพีเอสโดยใช้อุปกรณ์สมาร์ทโฟน ซึ่งมีการออกแบบให้ระบบเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในระบบการเดินรถไฟ โดยระบบติดตามขบวนรถไฟนี้จะใช้อุปกรณ์สมาร์ทโฟนติดตั้งลงในขบวนรถไฟเพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตามเพื่อส่งตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองจิจูดของรถไฟรวมทั้งแก้ไขความผิดพลาดเพื่อส่งไปยังฐานข้อมูลผ่านทางอินเตอร์เน็ต จากนั้นแสดงผลพิกัดตำแหน่งของรถไฟแบบเรียลไทม์ผ่านทางหน้าเว็บบราวเซอร์, แผ่นป้ายอัจฉริยะ และทางสมาร์ทโฟนแอพพลิเคชั่น

Abstract

This project is to develop a tracking system by using GPS signal from smartphone for located position of trains in a railway system. The smartphone will be installed on the train and run application to obtain the location from GPS signal and send it to the database at a web server. Finally, train locations will be shown on the map which can be displayed on a web browser, station monitor and smartphone applications.

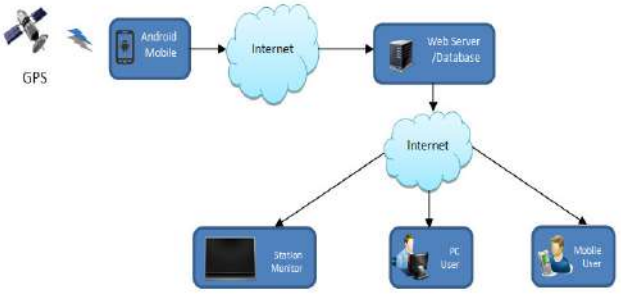
***Keywords*:** Smartphone, Tracking device, Train, GPS

1. บทนำ

ในบริเวณรอบกรุงเทพฯประชาชนอาศัยรถไฟเพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรที่ติดขัด อย่างไรก็ดีระบบการเดินรถไฟมีหลายเส้นทางที่บางช่วงยังเป็นระบบรางเดี่ยวอยู่ จึงทำให้รถไฟจำเป็นต้องมีการหยุดรอกันเมื่อมีการสวนทางกันของรถไฟและเกิดความล่าช้าและพร้อมทั้งยังมีปัจจัยอื่นๆที่ทำให้รถไฟล่าช้าไม่ถึงสถานีตามตารางเวลาที่กำหนดไว้ สิ่งที่น่าแปลกใจก็คือยังไม่มีโครงการใดที่พัฒนาวิธีติดตามรถไฟเหล่านี้ ในสิ่งประดิษฐ์นี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบการติดตามขบวนรถไฟที่สามารถอำนวยสะดวกต่อผู้ใช้บริการรถไฟจริงๆ โดยควรจะมีการแสดงผลตำแหน่งของรถไฟบนแผนที่ได้ในแบบเรียลไทม์และมีหลายช่องทางให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้ ในปัจจุบันนี้อุปกรณ์สมาร์ทโฟนถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ทางเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก จึงมีแข่งขันกันด้านการตลาดระหว่างบริษัทผู้ผลิต ซึ่งส่งผลให้อุปกรณ์สมาร์ทในปัจจุบันนั้นมีประสิทธิภาพสูง ด้วยราคาที่ไม่แพง สิ่งประดิษฐ์นี้จึงได้เล็งเห็นว่า อุปกรณ์สมาร์ทโฟนว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้งานกับระบบติดตาม เนื่องจากเทคโนโลยีที่ใช้ในรวมอยู่ในอุปกรณ์สมาร์ท โฟนตัวเดียว จึงลดความยุ่งยากในการออกแบบระบบและในบริหารจัดการเมื่อนำมาติดตั้งใช้งาน นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีการแก้ไขความผิดพลาดของพิกัดที่ได้จากระบบจีพีเอสในอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น

3. วิธีการดำเนินงานและการออกแบบระบบ

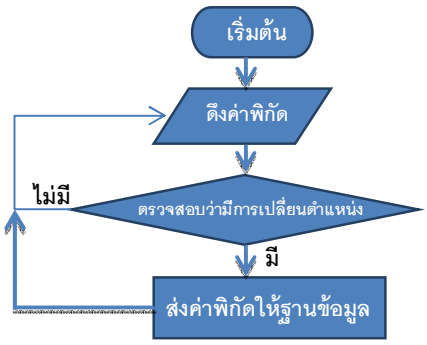
ในการออกแบบระบบจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักๆคือ ส่วนอุปกรณ์ติดตามที่ส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่ง และส่วนของระบบฐานข้อมูลและการแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน โดยในรูปที่ 1 จะแสดงภาพรวมของระบบ



รูปที่ 1. ภาพรวมของระบบ

3.1 ส่วนอุปกรณ์ติดตาม

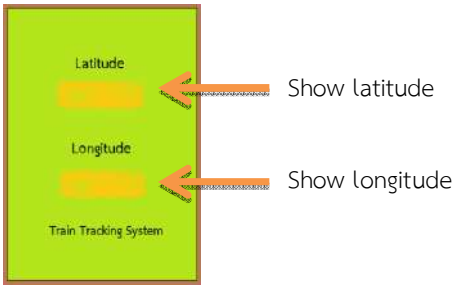
ในส่วนอุปกรณ์ติดตามในสิ่งประดิษฐ์นี้ได้เลือกใช้อุปกรณ์สมาร์ทโฟน Samsung Galaxy Y ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และมีราคาที่ไม่แพงจากนั้นทำการออกแบบแอพพลิเคชั่นให้มีแผนการทำงานดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. แผนการทำงานของแอพพลิเคชั่น

บทความสิ่งประดิษฐ์
การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข
ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

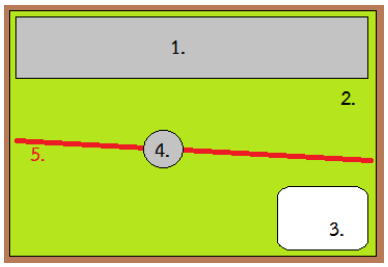
และมีส่วนออกแบบการแสดงผลดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. หน้าจอแสดงผลแอพพลิเคชั่น

3.2 ส่วนการแสดงผล

การแสดงผลจะแสดงผลเป็นแผนที่ผ่านหน้าเว็บบราวเซอร์ด้วย Google Maps API โดยจะมีการดึงข้อมูลพิกัดตำแหน่งด้วยไฟล์ php เพื่อส่งข้อมูลให้กับ Google Maps API ให้แสดงผลพิกัดตำแหน่งของรถไฟ โดยมีการออกแบบส่วนแสดงผลในส่วนของหน้าเว็บบราวเซอร์ดังรูปที่ 4

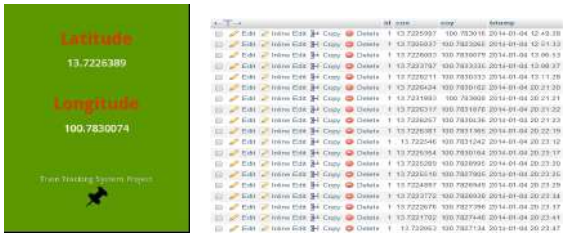


รูปที่ 4. การออกแบบหน้าแสดงผลในเว็บบราวเซอร์

จากรูปที่ 4 หมายเลขที่ 1 จะเป็นส่วนชื่อของหน้าเว็บ หมายเลขที่ 2 จะแสดงแผนที่ ในส่วนหมายเลขที่ 3 จะเป็นส่วนให้ข้อมูลอธิบายสัญลักษณ์ หมายเลขที่ 4 ส่วนสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งรถไฟและตำแหน่งสถานี และในหมายเลขที่ 5 คือเส้นที่ใช้แสดงเส้นทางการเดินรถไฟ

4. ผลการทำงานของระบบ

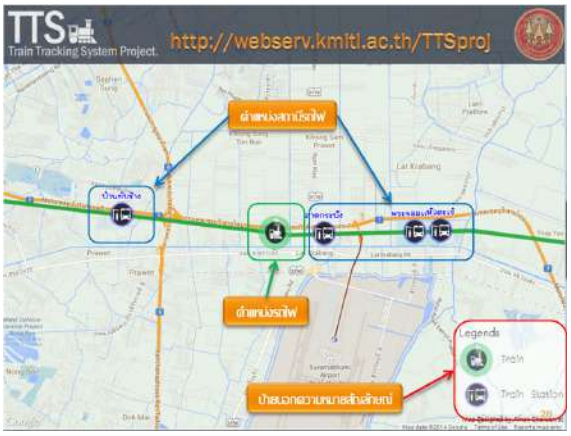
การทำงานของระบบในส่วนแรกส่วนของอุปกรณ์ติดตาม จะมีการส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งให้กับฐานข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่ง และจะแสดงผลพิกัดตำแหน่งผ่านหน้าจอสมาร์ทโฟน โดยแสดงผลการทำงานในสมาร์ทโฟนดังรูปที่ 5 (ก) และแสดงข้อมูลที่ได้รับจากสมาร์ทโฟนในฐานข้อมูลในรูปที่ 5 (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 5. (ก) การแสดงผลในส่วนสมาร์ทโฟนและ (ข) ฐานข้อมูล

ข้อมูลจากฐานข้อมูลได้แก่ ขบวนรถไฟ เวลาและพิกัดจะมีการแสดงผลผ่านหน้าเว็บแสดงดังรูปที่ 6 ในรูปนี้แสดงผลการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นบนขบวนรถไฟที่วิ่งผ่านสถานีพระจอมเกล้าซึ่งอยู่ในสถาบันเทคโนโลยีฯลาดกระบังโดยตำแหน่งรถไฟแทนด้วยวงกลมสีเขียวจะเคลื่อนที่ไปเรื่อยๆจากซ้ายไปขวาผ่านสถานีต่างๆแทนด้วยวงกลมสีดำ พิกัดตำแหน่งของรถไฟที่พล็อตนี้จะแสดงผลแบบเรียลไทม์ โดยพิกัดตำแหน่งรถไฟจะถูกเรียกจากฐานข้อมูลทุกๆ 5 วินาทีและนำมาประมวลแก้ไขข้อผิดพลาดของจีพีเอสเพื่อให้รถไฟอยู่บนรางรถไฟ จากนั้นทำการแสดงผลบนแผนที่ ผู้ใช้สามารถดูตำแหน่งรถไฟผ่านหน้าเว็บหรือจากโปรแกรมบนสมาร์ทโฟนได้ นอกจากนี้จะมีจอมอนิเตอร์ให้บริการในบริเวณสถานีอีกด้วย



รูปที่ 6. การแสดงผลบนหน้าเว็บและคำอธิบายในส่วนต่างๆ

5. สรุป

สิ่งประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาระบบติดตามรถไฟด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟนให้สามารถแสดงผลตำแหน่งของรถไฟบนแผนที่ได้แบบเรียลไทม์ พร้อมทั้งมีการแก้ไขตำแหน่งที่ได้รับให้มีความใกล้เคียงตำแหน่งจริงของขบวนรถไฟ อุปกรณ์ที่พัฒนามีราคาถูกและเป็นประโยชน์ต่อประชาชนที่อาศัยรถไฟในกรุงเทพฯและปริมณฑล รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์กับระบบรถไฟทั้งประเทศ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาโทรคมนาคมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้และแนวทางในออกแบบสิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้ รวมถึงอนุเคราะห์เครื่องมือต่างๆในการทำสิ่งประดิษฐ์นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] C. Shane, “Android wireless application development”, Upper Saddle River, NJ

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบระบุการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการการสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

User Identification system for Data communication and Network Laboratory

ภาณุเดช ทิพย์อักษร[1] สุทธิวัส ปะสุนะ[2] ธนัฐ สมบูรณ์[3] มงคลชัย ภิรมย์[4], ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล[5]

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

E-mail: panudech@rmutl.ac.th[1], popsp31@hotmail.com[2], dekdoitao@gmail.com[3], emol2ock@gmail.com[4], kwanchai@rmutl.ac.th[5]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบระบุตัวตนของผู้ที่ต้องการเข้าใช้ห้องปฏิบัติการด้วยระบบ OTP(One Time Password)ซึ่งจะช่วยให้ผู้ที่ต้องการใช้ห้องปฏิบัติการสามารถเข้าใช้ห้องได้ โดยที่ไม่จำเป็นต้องมีผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการคอยให้บริการอยู่ตลอดเวลาทำให้เกิดความสะดวกในการเข้าใช้ห้องปฏิบัติการ เนื่องจากระบบ OTP อาศัยการระบุตัวผู้เข้าใช้งานผ่านกล้องเว็บแคม ซึ่งผู้ขอเข้าใช้งานห้องจะต้องมาแสดงตัวต่อผู้ควบคุมห้อง ผ่านกล้องวีดีโอ ผู้ควบคุมห้องจึงจะสร้างรหัสจากนั้นจะบันทึกภาพเพื่อส่งไปยัง Email ผู้ควบคุมอัตโนมัติ และบอกรหัสแก่ผู้ขอเข้าใช้เพื่อป้อนรหัส ผู้ขอเข้าใช้งานมีโอกาสป้อนรหัสที่ถูกต้อง 3 ครั้งภายในหนึ่งนาที เมื่อรหัสถูกต้องระบบจะเปิดประตูเพื่อให้เข้าใช้งานห้องปฏิบัติการได้

Abstract

This research introduced an identification system for a person who wants to access a computer laboratory by using a One-Time Password (OTP) approach. This technique requires no administrator to be present at the entrance of the laboratory. In order to get access, the person need to contact an administrator, e.g. using a cell phone. Then a webcam was used by the system to capture an image of a person who requires an access. Upon receiving the image, a one-time password was generated by an administrator using a web-based interface of the system. The image was also automatically sent to an email address of the administrator. Then, the administrator will inform that person the one-time password. The system accepted password input for only three times within one minutes. The system will unlock the door, if it get a correct one-time password.

1.บทนำ

การพิสูจน์และระบุบุคคลมีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับงานหลากหลายสาขา เช่น ทางการแพทย์ อาชญากรรม เป็นต้น ในอดีตการพิสูจน์เพื่อ ระบุบุคคลใช้วิธีการการตรวจสอบหมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน และตำแหน่งรอยแผลเป็น ปัจจุบันจึงมีความพยายามในการระบุตัวบุคคลด้วยวิธีต่างๆ ที่แม่นยำมากขึ้นเช่น การใช้ลายนิ้วมือ การสแกนม่านตา การจดจำใบหน้า และ ลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น[4][5] และการระบุตัวตนนี้สามารถนำไปใช้ในการควบคุมการเข้า/ออกสำนักงานหรือหน่วยงานต่าง ๆ ได้ ในการควบคุมการเข้าออกมีหลากหลายวิธี เช่น ระบบควบคุมการเข้า/ออก ด้วยหน่วยความจำแฟลตยูเอสบี เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบสิทธิ์การเข้าออกควบคู่กับรหัสของผู้ใช้แต่ละคนเมื่อ เข้า/ออกจากห้องจะมีการบันทึก วัน เวลา สถานะการเข้า/ออก[8] นอกจากการควบคุมการเข้า/ออกยังสามารถควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ เช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและการใช้พลังงานภายในอาคารโดยใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เป็นการออกแบบและประยุกต์ใช้ระบบสื่อสารไร้สาย โดยใช้เทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identification) มาใช้ในการควบคุมเปิด-ปิดประตูและอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารได้แก่หลอดไฟและเครื่องปรับอากาศ และเมื่อผู้ใช้งานออกจากห้องอุปกรณ์ไฟฟ้าจะปิดอัตโนมัติโดยระบบนี้จะช่วยประหยัดพลังงาน[10]

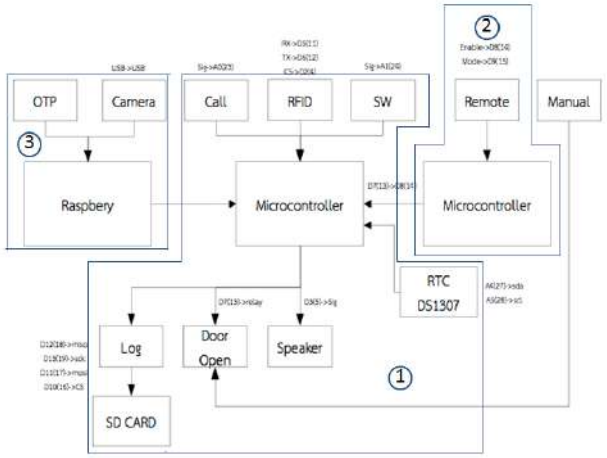
นอกจากนี้การระบุตัวตนข้างต้นต้องใช้บัตรหรือหน่วยความจำร่วมกับเป็นตัวระบุตัวบุคคล จึงได้เกิดแนวคิดในการนำรหัสผ่านแบบใช้ครั้งเดียว (OTP) ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว[8] สำหรับการเข้าห้องปฏิบัติการสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เนื่องจากอุปกรณ์ภายในห้อง มีราคาสูง การเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการแต่ละครั้งจะต้องมีผู้ควบคุมห้อง หรือผู้ถือกุญแจห้องเพื่อมาเปิดห้องปฏิบัติการ ซึ่งถ้าผู้ควบคุมห้องไม่อยู่ จะไม่สามารถเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการได้ หรือจะใช้งานได้ก็ต่อเมื่อเป็นวิชาเรียนเท่านั้น และหากมีการสำเนากุญแจออกไปก็จะไม่สามารถ ระบุได้ว่าบุคคลใดเป็นผู้ใช้งานห้องเรียน ดังนั้นอาจารย์ผู้ควบคุมห้องจึงต้องการให้มีระบบการระบุตัวตนและบันทึกการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการเพื่อให้นักศึกษาสามารถเข้าใช้ห้องได้สะดวก และสามารถเก็บบันทึกข้อมูลผู้เข้าใช้ห้องปฏิบัติการได้ ระบบนี้จะสามารถแก้ปัญหาเหล่านั้น ซึ่ง OTP เป็นรหัสที่สามารถใช้งานได้ครั้งเดียวนั่นเอง เมื่อใช้งานรหัสไปแล้วระบบจะเพิกถอนรหัสนั้นออกไป และผู้ร้องขอจะสามารถเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการได้

2.การออกแบบและการสร้างระบบ

ในการออกแบบประกอบด้วย 2 ส่วนสามารถบรรยายได้ดังนี้

2.1 การออกแบบ Hardware

1. Raspberry Pi คือ คอมพิวเตอร์ขนาดเพื่อการประมวลผล
2. Microcontroller ใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ
3. Key Pad คือ Input ใช้ในการป้อนรหัส OTP
4. LCD คือ จอ Nokia LCD ขนาด 48x84
5. Web Cam คือ กล้องที่ส่งสัญญาณภาพผ่านทางคอมพิวเตอร์
6. DS1307 คือ Real Time Clock เป็นอุปกรณ์ฐานเวลา
7. SD Cardเป็นหน่วยความจำใช้ในการเก็บบันทึกค่าการทำงานต่าง ๆ



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

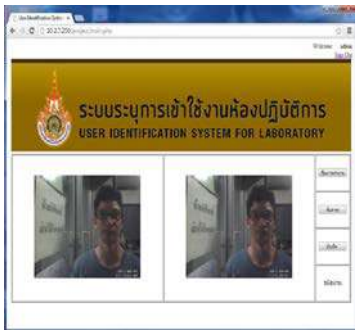
รูปที่ 1 ระบบจะมีอยู่ 3 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรก เป็นส่วนของส่วนควบคุมหลัก เป็นตัวกลางในการรับอินพุตเข้ามาประมวลผลในการเปิดประตูห้องปฏิบัติการ และบันทึก Data log ด้วย SD card ส่วนที่สองนั้นเป็นตัวรับ และถอดรหัสสัญญาณรีโมทใช้ Micro Controller เป็นตัวควบคุมเช่นกัน ส่วนที่สามคือ ส่วนของระบบ OTP ซึ่งควบคุมโดยการใช้ Raspberry Pi ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเชื่อมต่อ Microcontroller ในการควบคุม Keypad ที่ใช้ในการป้อนรหัส OTP แสดงผลผ่านจอ LCD และกล้อง Web Cam ที่ใช้ในการบันทึกภาพผู้ขอเข้าใช้ห้องปฏิบัติการ และส่งภาพไปยัง Email ที่ผู้ควบคุมกำหนดไว้ และยังใช้ในการสังเกตการณ์ผู้เข้าใช้ห้องปฏิบัติการอีกด้วย

2.2 การออกแบบ Software

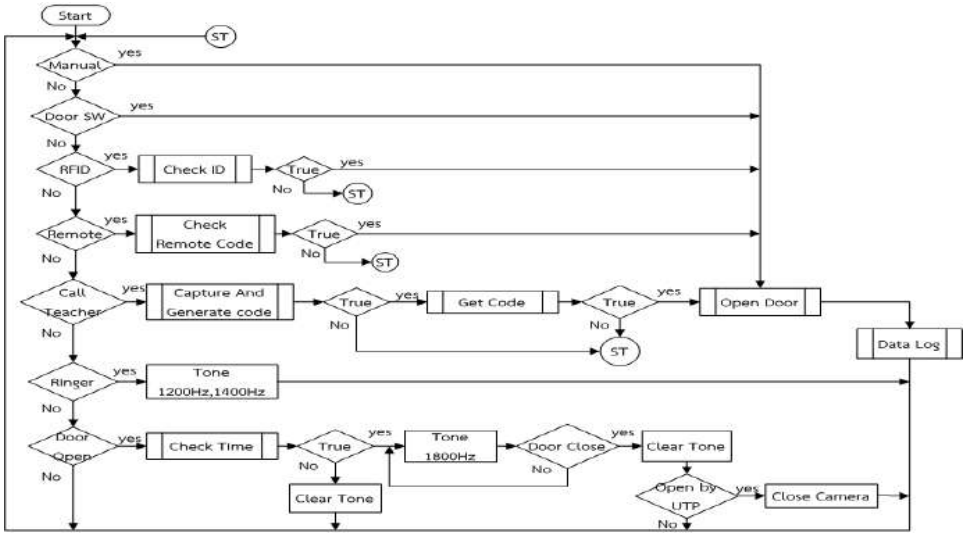
การออกแบบ Software ดังรูปที่ 2 เริ่มต้นการทำงาน ระบบจะทำการรอรับอินพุตจากส่วนต่างๆ ในกรณี ของระบบ OTP เมื่อผู้ควบคุมห้องได้รับการติดต่อจากผู้เข้าใช้ จะทำการเข้าสู่ระบบผ่านหน้าเว็บอินเตอร์เฟส เพื่อเปิดกล้อง ทำการบันทึกภาพผู้ขอเข้าใช้ ไปยัง Email แล้วทำการสร้างรหัสให้แก่ผู้ขอเข้าใช้ เมื่อระบบพร้อม จะปรากฏข้อความ “ Enter Password “ ขึ้นบนหน้าจอ LCD ในขณะเดียวกัน Keypad จะเริ่มทำงานในการรับรหัส ซึ่งสามารถป้อนรหัสได้ 3 ครั้ง ภายใน 1 นาที หากป้อนผิดเกิน 3 ครั้ง หรือใช้เวลาเกิน 1 นาที ระบบจะตัดการทำงาน ถ้าหากรหัสถูกต้องระบบจะปลดล็อคประตู ซึ่งในระหว่างนั้นผู้ควบคุมจะยังสามารถสังเกตการณ์ ผู้ขอเข้าใช้ได้จนกว่าประตูจะปิด และกล้องจะปิดเองโดยอัตโนมัติ

3.การทดลองการทำงาน

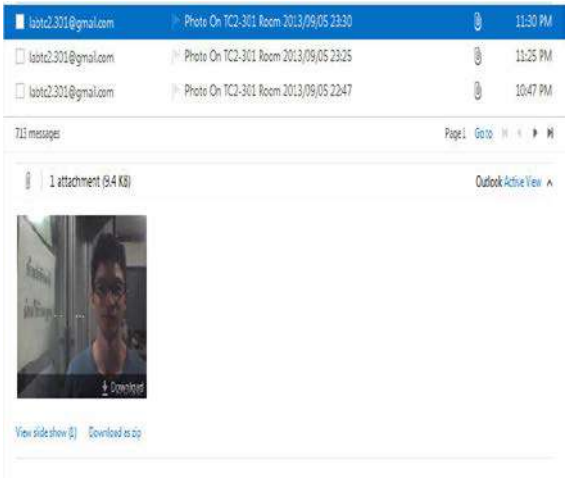
หลังจากการติดตั้งระบบที่ห้องปฏิบัติการ TC2-301 เมื่อผู้ขอเข้าใช้ห้องปฏิบัติการ ทำการติดต่อกับผู้ควบคุมห้องแล้ว ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติตามขั้นตอนการเข้าใช้งาน ผู้ขอเข้าใช้งานจะสามารถกดรหัสที่ได้รับ เพื่อปลดล็อคประตู ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 3 - 4



รูปที่ 3 หน้าเว็บอินเตอร์เฟซขณะทำการทดสอบ



รูปที่ 2 Flowchart รวมของระบบ



รูปที่ 4 ลักษณะข้อมูลที่ส่งรูปเข้าอีเมล์ที่กำหนด

ทดลองการเข้าใช้งานระบบจำนวน 10 ครั้ง ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทำงานโดยการเข้าใช้งานด้วยระบบ OTP

จำนวนครั้งที่ทดสอบ	ผลการทดสอบ
1	เปิดได้
2	เปิดได้
3	เปิดได้
4	เปิดได้
5	เปิดได้
6	เปิดได้
7	เปิดได้
8	เปิดได้
9	เปิดได้
10	เปิดได้

หลังจากการติดตั้งระบบและทดสอบการใช้งานหลังการติดตั้งระบบสามารถทำงานได้ดี สามารถระบุตัวตนผู้ขอเข้าใช้งานได้ สามารถส่งอีเมล์รูปภาพผู้ขอเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการได้ สามารถสังเกตการณ์ผู้เข้าใช้งานห้องปฏิบัติการณ์ได้

4.สรุปผลที่ได้จากการทดลอง

ระบบระบุการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการด้วยระบบ OTP สามารถเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการได้สะดวกขึ้น ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR และ Raspberry Pi ซึ่งมีราคาถูกและสะดวกในการพัฒนาใช้งานร่วมกับ โมดูลต่างๆ เพื่อควบคุมการปลดล็อคประตูและบันทึกการระบุตัวตนผู้เข้าใช้ห้องปฏิบัติการ ซึ่งผลลัพธ์การทำงานของส่วนต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามขอบเขตที่กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรวิษณ์ จั่นทอง และ พันธาวุฒิ ภูครองจิต, 2551, “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการตรวจสอบจำแนกโดยคลื่นความถี่วิทยุสำหรับงานวิ่งมาราธอนขอนแก่นนานาชาติ”. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551.

[2] การใช้งาน RTC (Real Time Clock) ด้วย DS1307, http://www.mind-tek.net/ds1307.php ,[สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2555]

[3] ชุดกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า, http://www.fingerscanthai.com/index.php/กล้องวงจรปิดไร้สาย/79-access-control-กลอนประตูไฟฟ้า-ควบคุมประตู,[สืบค้นเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2556]

[4] ปรัชญา ไชยเมือง, และคณะ, “การปรับปรุงรหัสผ่ายครั้งเดียวแบบเอสคีย์โดยใช้การแปลงรหัสข้อมูลแบบฐาน 64”, วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า, 2555

[5] ปรัชญา ไชยเมือง, และคณะ, “การยืนยันตัวตน ณ จุดเดียวโดยใช้พหุปัจจัย”, สารนิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต, คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2555

[6] ระบบ RFID คืออะไร? http://www.rfidbasic.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=51, [สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2556]

[7] สำรวน เวียงสมุทร, “การระบุบุคคลด้วยไบโอเมตริกซ์”, บทความวิชาการ, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2554

[8] สุชาติ คูณทวีเทพและคณะ, “ระบบควบคุมการเข้าออกด้วยหน่วยความจำยูเอสบี”, รายละเอียดโครงงานปี 53, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง, 2553

[9] OTP (One-Time password), http://www.etda.or.th/etda_website/mains/display/1257, [สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2556]

[10] อุมาพร ทองรักษ์, “การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารโดยใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ”, รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2552

[11] SD Card/Micro Adapter Pinout, http://www.tayloredge.com/reference/Interface/sdpinout.pdf, [สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2556]

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบตรวจจับการบุกรุกโดยใช้เซ็นเซอร์ความเคลื่อนไหวร่วมกับการประมวลผลภาพ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

Intrusion Detection System Using Motion Sensors with Image Processing

ภาณุเดช ทิพย์อักษร[1], ปกรณ์ เนตรผาบ[2], ธนมินทร์ มุนินทร์[3], นครินทร์ ป้อมภา[4], พัฒนะ ธโนภาสสกุล[5]

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: panudech@rmutl.ac.th[1], pakorn_pong@hotmail.com[2], mu.tanamin@gmail.com[3], palm_16039@hotmail.com[3], in_zulin@hotmail.com[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางการตรวจจับ ผู้บุกรุก โดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Raspberry Pi) มาใช้ในการประมวลภาพ ร่วมกับเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว Passive Infrared (PIR Motion Sensor) เพื่อให้สามารถยืนยันว่าผู้บุกรุก ที่เข้ามาภายในที่อยู่อาศัย หรือสถานที่ต้องการความปลอดภัย ว่าเป็นมนุษย์ที่ทำการบุกรุกเข้ามาจริง โดยอาศัยหลักการของการประมวลผลภาพตรวจจับใบหน้าบุคคลที่บุกรุกหลังจากที่เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวตรวจสอบพบและเมื่อระบบยืนยันว่าเป็นมนุษย์แล้วจึงจะส่ง Email ของภาพที่ตรวจจับได้ให้แก่ผู้รับอัตโนมัติ จากการทดสอบใช้งานเซ็นเซอร์การเคลื่อนไหวสามารถตรวจจับผู้บุกรุกได้ทั้งมนุษย์และสัตว์ 100% และเมื่อทำงานร่วมกับการประมวลผลภาพเพื่อตรวจจับใบหน้าสามารถตรวจจับได้ 70% ซึ่งความผิดพลาดที่ไม่สามารถตรวจจับได้ เนื่องจากขนาดของภาพที่นำมาประมวลผลภาพและโฟกัสของกล้องซึ่งมีผลต่อระบบตรวจจับใบหน้า

Abstract

This research presents an approach to detect intruders by using small computers, i.e. Raspberry Pi, for image processing. A motion sensor Passive Infrared (PIR Motion) sensor was used to detect the intruders who were getting into a house. Face detection technique where use to determine whether the intruders were human being. If it is true, the captured pictures of those intruders will be automatically sent by email to the designate recipient. Experimental results show that the motion sensor was be able to detect intruders, both human and animal, 100 %. In addition, face detection was 70 % correct. The remainder mistake was caused by to the size of the taken image and the focus of the camera.

***Keywords*:** raspberry pi, , pir motion sensor**,** intrusion detection system

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบรักษาความปลอดภัยที่ขายกันในท้องตลาดไม่ว่าจะเป็นกล้องวงจรปิด หรือ สัญญาณกันขโมยที่มีฟังก์ชั่นในการทำงานมากๆ ก็จะมีราคาที่สูงขึ้นตามฟังก์ชั่นที่เพิ่มขึ้นมาอีกทั้ง ระบบรักษาความปลอดภัยที่มีอยู่นั้นยังมีข้อบกพร่องในการตรวจจับผู้บุกรุกด้วยเช่นกัน

เนื่องจากระบบรักษาความปลอดภัย[1] มีการนำเซ็นเซอร์หลายรูปแบบเข้ามาช่วยในการตรวจจับสิ่งผิดปกติที่อาจเป็นภัยต่อทรัพย์สินได้ แต่การนำเซ็นเซอร์เข้ามาใช้เพียงอย่างเดียวยังไม่สามารถช่วยได้เท่าที่ควร จึงมีการนำ กล้องวงจรปิด[2]เข้ามาช่วยในด้านการรักษาความปลอดภัย โดยจะเป็นการบันทึกวีดีโอเมื่อมีการเคลื่อนที่และบันทึกลงคอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องมีหน่วยความจำที่ใหญ่พอจะเก็บไฟล์วีดีโอขนาดมากๆได้ อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายที่สูงในการติดตั้ง และจากงานวิจัย ระบบแจ้งเตือนการบุกรุกด้วยเทคโนโลยี VoIP [3] ได้มีการวิเคราะห์ถึงความสามารถของอุปกรณ์กล้องวงจรปิด ประโยชน์ของกล้องวงจรปิดคือ สามารถส่งสัญญาณเตือนเมื่อวัตถุถูกย้ายออกจากที่อยู่เดิม แจ้งเตือนมีผู้บุกรุกเข้ามาในเขตหวงห้าม

ดังนั้นผู้จัดทำจึงคิดค้นสิ่งประดิษฐ์นี้ขึ้นมาเพื่อช่วยลดข้อบกพร่องและลดต้นทุนในระบบรักษาความปลอดภัยให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นโดยจะใช้ อุปกรณ์เซ็นเซอร์ความเคลื่อนไหว PIR Motion Sensor[6] มาเป็นตัวช่วยในการตรวจจับผู้บุกรุก และจะสั่งให้กล้องเปิดการทำงานขึ้นโดยกล้องจะต่อกับ Raspberry Pi[4] โดยใช้หลังการทาง Image Processing มาช่วยในการตรวจสอบว่าเป็นมนุษย์หรือไม่ Face Detection using Haar Cascades[5] เมื่อตรวจสอบว่าเป็นมนุษย์จริงจะทำการส่งอีเมล์ไปยังเจ้าของบ้าน

2. การออกแบบและการสร้างระบบ

การออกแบบชิ้นงานจะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ Hardware และ Software โดยสามารถอธิบายได้เป็น 2 หัวข้อตามลำดับดังนี้

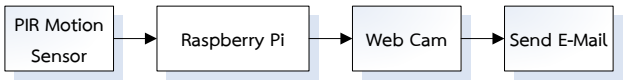
2.1 การออกแบบ Hardware

1. Raspberry Pi คือ คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ซึ่งประกอบด้วยสิ่งที่จำเป็นเพื่อการประมวลผลเท่านั้น

2. PIR Motion Sensor คือ อุปกรณ์ Sensor ชนิดหนึ่งที่ใช้ตรวจจับคลื่นรังสี Infrared ที่แพร่จาก มนุษย์ หรือ สัตว์ ที่มีการเคลื่อนไหว ทำให้มีการนำเอา PIR มาประยุกต์ใช้งานกันเป็นอย่างมากใช้เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต

3. Web Cam คือ กล้องที่ส่งสัญญาณภาพผ่านทางคอมพิวเตอร์สำหรับใช้งานผ่านทางเครือข่าย หรือ ซอร์ฟแวร์

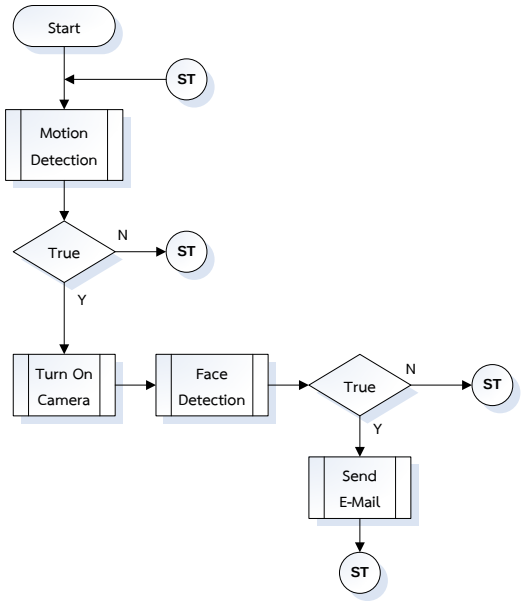
4. SD Card คือ รูปแบบการ์ดที่เป็นหน่วยความจำแบบ non-volatile ใช้ในการเก็บบันทึกค่าการทำงานต่างๆ



รูปที่ 1. แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบ

2.2 การออกแบบ Software

ในส่วน Software พัฒนาโดยใช้ภาษา Python และมีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 2 จะเริ่มต้นการทำงานโดยตรวจจับการเคลื่อนไหวจากสิ่งมีชีวิต จากอุปกรณ์ PIR Motion Sensor ซึ่งจะจับคลื่นรังสี Infrared ที่แพร่มาจากสิ่งมีชีวิต เมื่อมีการเคลื่อนไหวจากสิ่งมีชีวิต จะทำการส่งค่าไปที่ Raspberry Pi เพื่อสั่งให้ Web Cam เปิดและจับภาพสิ่งมีชีวิตแบบเป็นภาพเคลื่อนไหว หากไม่พบใบหน้ามนุษย์ภายใน10วินาที ก็จะสั่งให้ Web Cam ปิด แล้วกลับไปทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวจากสิ่งมีชีวิตใหม่ โดยการประมวลผลของกล้องจะใช้วิธีการตรวจจับใบหน้าของมนุษย์ (Face Detection) เมื่อพบว่าเป็นใบหน้าของมนุษย์ก็จะทำการแจ้งเตือนโดยการส่ง E-Mail จากบอร์ด Raspberry Pi ไปยัง E-Mail เจ้าของ ในส่วนนี้จำเป็นที่จะต้องมีสัญญาณอินเตอร์เน็ตต่อเข้ากับบอร์ด Raspberry Pi อยู่เสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. แสดง Flowchart รวมของระบบ

3. การทดลองการทำงาน

ทดลองประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้ามนุษย์ (Face Detection) ในแบบความละเอียดและระยะห่างที่แตกต่างกัน เพื่อหาความเหมาะสมที่ Raspberry Pi จะประมวลผลให้มีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 3. แสดงการตรวจจับใบหน้าบุคคลเมื่อ PIR Sensor ตรวจจับพบการเคลื่อนไหว



รูปที่ 4. แสดงผลการส่งเมล์เมื่อกล้องตรวจใบหน้า

ตารางที่ 1. ผลการทดลองประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้ามนุษย์ประมวลผลในบอร์ด Raspberry Pi

ความละเอียด (px.)	ระยะห่าง (cm.)					เวลา (ms.)	ผลการตรวจจับ
	40	80	120	160	200		
160x120	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	160-200	20%
320x240	พบ	พบ	พบ	พบ	ไม่พบ	500-690	80%
640x480	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ	2,300-2,700	100%

ตารางที่ 2. ผลการทดลองประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้ามนุษย์ประมวลผลใน Notebook

ความละเอียด (px.)	ระยะห่าง (cm.)					เวลา (ms.)	ผลการตรวจจับ
	40	80	120	160	200		
160x120	พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	6-11	20%
320x240	พบ	พบ	พบ	พบ	ไม่พบ	27-32	80%
640x480	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ	81-104	100%

ตารางที่ 3. แสดงจำนวนเฟรมต่อวินาที ระหว่าง Raspberry Pi กับ Notebook

ความละเอียด (px.)	จำนวนเฟรมต่อวินาที (fps.)	
	Raspberry Pi	Notebook
160x120	16.05	30
320x240	11.48	29.98
640x480	5.67	29.48

จากการทดลองปรับความละเอียดของกล้องและระยะห่างระหว่างกล้องกับมนุษย์ในระยะต่างๆ พบว่าเมื่อปรับความละเอียดของภาพน้อยเท่าไร การประมวลผลภาพก็จะยิ่งเร็วมากเท่านั้น แต่เมื่อปรับความละเอียดของภาพมาก การประมวลผลภาพก็จะยิ่งช้าเช่นกัน จึงควรเลือกความละเอียดที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้ประมวลผล ซึ่งทางผู้จัดทำได้นำ Raspberry Pi เปรียบเทียบกับ Notebook ในส่วนของ Raspberry Pi ที่มีหน่วยประมวลผลที่ค่อนข้างน้อย จึงเหมาะกับความละเอียด 320x240 เพราะมีความเร็วในการประมวลผลภาพ และเปอร์เซ็นต์การตรวจจับใบหน้ามนุษย์อยู่ในระดับที่ดี แต่ในส่วนของ Notebook ที่มีหน่วยประมวลผลที่มากพอสมควร จึงเหมาะกับความละเอียด 640x480 เพราะมีหน่วยประมวลผลที่มาก ทำให้การประมวลผลภาพที่มีความละเอียดสูงๆ นั้นเป็นไปอย่างราบรื่นยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4. ผลการทดลองประสิทธิภาพของการตรวจจับคลื่นรังสี Infrared ด้วยอุปกรณ์ PIR Motion Sensor จำนวน 10 ครั้ง

ส่วนสูงของสิ่งมีชีวิตสูงxกว้าง (cm.)	ระยะห่าง (m.)						
	1	2	3	4	5	6	7
155-190 x 40-60	10	10	10	10	9	2	0
120-140 x 200-220	10	10	10	10	10	10	6
30-50 x 50-70	10	10	10	10	6	4	0

จากการทดลองตรวจจับรังสี Infrared จากสิ่งมีชีวิตหลายๆชนิดพบว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีรังสี Infrared แพร่ออกมาไม่เท่ากัน เนื่องจากขนาดมีผลต่อการตรวจจับเป็นอย่างมาก และเรื่องระยะห่างก็มีผลเช่นกัน ดูได้จากผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อระยะเพิ่มขึ้นจะทำให้การตรวจจับไม่ค่อยพบ ระยะที่เหมาะสมคือระยะไม่เกิน 4 เมตร

4. สรุปผลการทดลอง

หลังจากการทดสอบทั้งระบบโดยใช้ PIR พบว่าระยะและขนาดมีผลต่อการตรวจจับความเคลื่อนไหวและการคัดแยกระหว่างมนุษย์และสัตว์ และเมื่อนำผลการตรวจจับจาก PIR ทำงานร่วมกับระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์เพื่อให้คัดกรองทำให้ระบบมีความแม่นยำในการตรวจจับผู้บุกรุกได้ค่อนข้างมาก และทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดภาพจะต้องเหมาะสม เพื่อให้การประมวลผลภาพมีประสิทธิภาพเต็มที่ คุณภาพของกล้องก็มีผลต่อการประมวลภาพเช่นกัน ยิ่งกล้องมีความชัดมากเท่าไหร่ยิ่งทำให้การตรวจจับใบหน้ามนุษย์ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กันตภณ พลิ้วไธสง. (2550). **ระบบป้องกันการบุกรุกภายในอาคารพร้อมแสดงสถานการณ์ทำงานแต่ละจุด ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์**. สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2555, จาก http://dcms.thailis.or.th/dcms/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=35513&query=%BB%E9%CD%A7%A1%D1%B9%A1%D2%C3%BA%D8%A1%C3%D8%A1&s_mode=any&d_field=&d_start=0000-00-00&d_end=2555-11-17&limit_lang=&limited_lang_code=&order=&order_by=&order_type=&result_id=6&maxid=31

[2] สุทธิชาญ อุ่นทะวงษ์. (2552). ระบบตรวจจับและประมวลผลภาพจากกล้องวงจรปิดเพื่องานด้านความปลอดภัย. สืบค้นเมื่อ วันที่ 5 พฤศจิกายน 2555, จาก http://dcms.thailis.or.th/dcms/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=2985&query=%A1%C5%E9%CD%A7%C7%A7%A8%C3%BB%D4%B4&s_mode=any&d_field=&d_start=0000-00-00&d_end=2555-11-14&limit_lang=&limited_lang_code=&order=&order_by=&order_type=&result_id=1&maxid=64

[3] สุบัน โสวาที. (2553). ระบบแจ้งเตือนการบุกรุกด้วยเทคโนโลยี VoIP. การศึกษาโดยวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพมหานคร.

[4] Adafruit learning raspberry pi,[Online] Available: http://learn.adafruit.com/category/raspberry-pi เข้าถึงเมื่อ 15 มกราคม 2557

[5] Face Detection using Haar Cascades,[Online] Available:http://docs.opencv.org/trunk/doc/py_tutorials/py_objdetect/py_face_detection/py_face_detection.html เข้าถึงเมื่อ 15 มกราคม 2557

[6] PIR Motion Sensor Getting Started, [Online] Available:http://www.thaieasyelec.com/Review-Product-Article/PIR-Motion-Sensor-Getting-Started.html เข้าถึงเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2556

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบระบบกันขโมยในห้างสรรพสินค้าโดยใช้ระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูง (13.56 MHz)

Design of Anti-Theft System in the Supermarket By Using HF-RFID System (13.56 MHz)

ภูวนัย ใจบ้านเอื้อม ไผ่ ยมนา เอกลักษณ์ ปัญญารัตน์และ สุภกิต แก้วดวงตา

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: supakitting@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบกันขโมยในห้างสรรพสินค้าโดยใช้ระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูง (13.56 MHz) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี สายอากาศสำหรับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีและแท็กสำหรับติดกับสินค้า โดยระบบดังกล่าวจะสามารถส่งสัญญาณเตือนเมื่อตรวจพบสินค้าที่ยังไม่ได้ชำระเงินด้วยสัญญาณเสียงและไฟ จากผลการสร้างและทดสอบพบว่าระบบดังกล่าวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Abstract

This paper presents the design of anti-theft system in a department store by using high frequency radio frequency identification system (HF-RFID : 13.56 MHz). It consist of RFID reader, antenna for RFID reader and RFID tag for attach on the product, which this system can be warning by sound and light. From the measured results, this system can be work effectively in anti-theft.

***Keywords*:** Anti-theft system, HF-RFID, RFID antenna, RFID reader, and RFID tag.

1. บทนำ

อาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification: RFID) เป็นเทคโนโลยีของการระบุข้อมูลที่แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุหรือบุคคลด้วยคลื่นความถี่ วิทยุมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น ในบัตรประชาชน ใช้เป็นฉลากสินค้า และบัตรจอดรถเป็นต้น ซึ่งอาร์เอฟไอดีนั้นมีอยู่หลายย่านความถี่ และแต่ละย่านความถี่มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพที่แตกต่างกันดังนี้ 1. ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency (LF) : 30-300 kHz) จะมีระยะการอ่านสั้นและถูกดูดกลืนคลื่นน้อย จึงนิยมนำไปใช้ในงานการควบคุมการเข้าออกอาคาร (Building Access Control) และการติดตามคนและสัตว์ (Personnel and Animal Tracking) 2. ย่านความถี่สูง (High Frequency (HF) : 3-30 MHz) จะมีระยะการอ่านจะอยู่ประมาณ 3 ไม่สามารถแพร่กระจายผ่านโลหะได้ จึงนิยมนำมาใช้ในงานทางด้านการควบคุมการเข้าออกอาคารและการติดตามรายการสินค้า (Item-Level Tracking) 3. ย่านความถี่สูงยิ่งยวด (Ultra High Frequency (UHF) : 860-960 MHz) มีความเร็วในการอ่านค่อนข้างสูงและมีระยะการอ่านไกล เหมาะสำหรับใช้งานในระบบเก็บเงินอัตโนมัติ (Automated Toll Collection System) การจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management) และการติดตามรายการสินค้า เป็นต้น 4. ย่านความถี่ไมโครเวฟ (Microwave : 1-300 GHz) สามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและสามารถอ่านข้อมูลได้ไกล เหมาะสำหรับการนำไปใช้งานทางด้านการควบคุมการเข้าถึงระยะไกลของยานพาหนะ การระบุลักษณะยานพาหนะ และการเก็บเงินค่าทางด่วนอัตโนมัติ [1]-[2]

ดังนั้นในบทความนี้จึงได้นำเอาระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงมาใช้เป็นระบบกันขโมยในห้างสรรพสินค้า ซึ่งประกอบด้วยเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี สายอากาศสำหรับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี และแท็กสำหรับติดสินค้า และระบบส่งสัญญาณเตือนเมื่อสินค้าที่ติดแท็กถูกนำผ่านช่องตรวจระบบการแจ้งเตือนก็จะทำงานทันที

บทความนี้จะแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อ โดยในหัวข้อที่ 2 จะกล่าวถึงหลักการและการออกแบบ หัวข้อที่ 3 กล่าวถึงการสร้างและการทดสอบ และหัวข้อสุดท้ายจะกล่าวถึงสรุป

2.หลักการและการออกแบบ

บล็อกไดอะแกรมของระบบที่นำเสนอถูกแสดงในรูปที่ 1 โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อสินค้าถูกติดด้วยแท็กไว้เรียบร้อยแล้วและหากมีลูกค้าหยิบสินค้าออกไปโดยไม่ชำระเงินและนำแท็กออก เมื่อเดินผ่านช่องตรวจที่เป็นสายอากาศแบบบ่วงที่ต่อเข้ากับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ระบบแจ้งเตือนก็จะทำงานเตือนด้วยเสียงและไฟสีแดง



รูปที่ 1. บล็อกไดอะแกรมของระบบกันขโมยด้วยเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี

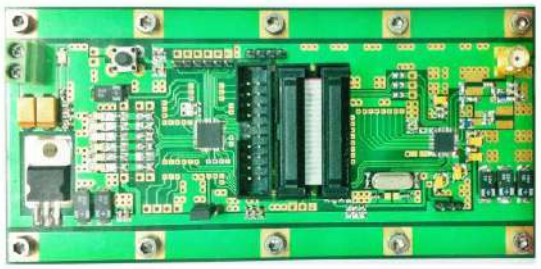
บทความนี้ได้ทำการออกแบบเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีด้วยชิฟไอซีเบอร์ TRF7960 ของบริษัท Texs Instruments [3] ทำหน้าที่เป็นตัวจัดการข้อมูลตามรูปแบบการสื่อสารไร้สายของระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่ 13.56 MHz รองรับรูปแบบการติดต่อสื่อสาร 4 แบบคือ ISO14443A/B ISO15693 และTag-it ด้วยกำลังงานส่ง 100mW โดยชิฟดังกล่าวจะถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MSP430 [4] ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ยังทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่อ่านได้จากแท็กแล้วทำการควบคุมชุดส่งสัญญาณเตือนด้วยเสียงและแสงไฟ ในส่วนของสายอากาศนั้นจะออกแบบให้เป็นสายอากาศแบบบ่วงขนาดกว้าง

30 cm ยาว 90 cm และใช้วงจร RC แมชชิ่งเพื่อให้ได้ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศใกล้เคียง 50 โอห์ม

3. การสร้างและการทดสอบ

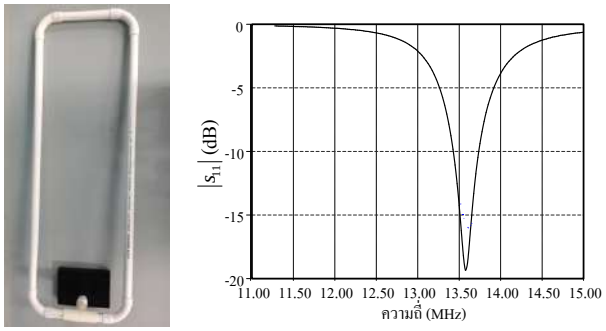
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการสร้างและการออกแบบระบบกันขโมยในห้างสรรพสินค้าโดยใช้ระบบอาร์เอฟไอดีโดยจะแยกอธิบายเป็นส่วนๆ ดังนี้

1. เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ถูกสร้างด้วยชิปเบอร์ TRF7960 เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MSP430 ทั้งสองมีแพ็คเกตแบบ Surface Mouse เชื่อมต่อกันผ่านพอร์ตแบบขนานและเชื่อมต่อไปยังสายอากาศด้วยหัวเชื่อมแบบ SMA มีค่าอิมพีแดนซ์เท่ากับ 50 Ω ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี

2. สายอากาศ ถูกออกแบบให้เป็นแบบบ่วงขนาดกว้าง 30 cm ยาว 90 cm ด้วยการใช้สายโคแอกเชียลเบอร์ RG-58 เชื่อมต่อตัวต้านทานนอกและด้านในเข้าด้วยกัน จากนั้นใช้วงจร RC แมชชิ่งเข้ามาช่วยในการปรับค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศให้มีค่าเท่ากับ 50 Ω ดังแสดงในรูปที่ 3



(ก) สายอากาศต้นแบบ (ข) ผลการทดสอบ $|S_{11}|$

รูปที่ 3. สายอากาศต้นแบบและผลการทดสอบ $|S_{11}|$

3. แท็ก ในที่นี้จะเลือกใช้แท็กแบบพาสซีฟซึ่งสามารถจะนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง อีกทั้งยังมีขนาดเล็กสามารถติดตั้งได้ง่ายดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4. แท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟ

4. ระบบแจ้งเตือนจะใช้วงจรทรานซีสเตอร์สวิตช์ เมื่อรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์มันจะทำการเปิดปิดแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับที่จ่ายไปยังกระดิ่งและหลอดไฟทำให้เกิดเสียงเตือนพร้อมแสงสว่าง



รูปที่ 5. ต้นแบบระบบกันขโมยในห้างสรรพสินค้าโดยใช้ระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูง

สุดท้ายเมื่อนำทั้งหมดมาต่อร่วมกันดังแสดงในรูปที่ 5 และทดสอบการทำงานของระบบรวมพบว่าระบบสมารถที่จะตรวจอ่านแท็กได้อย่างรวดเร็วและสามารถที่จะแจ้งเตือนทุกครั้งที่อ่านแท็กได้

4. สรุป

จากการออกแบบและสร้างระบบกันขโมยในห้างสรรพสินค้าโดยใช้ระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูง (13.56 MHz) โดยมีส่วนประกอบอยู่สามส่วนคือ ตัวเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูง ตัวสายอากาศแบบบ่วงและตัวแสดงผลที่ต่อเข้ากับตัวเครื่องอ่านเพื่อแสดงผล จากการทดสอบการทำงานของระบบโดยรวมพบว่าสามารถที่จะอ่านแท็กที่ติดกับสินค้าได้และสามารถแจ้งเตือนได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

[1] ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์, “ระบบบ่งชี้ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ RFID”, พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, สนง., 2552

[2] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook, John Wiley& Sons, 2003.

[3] Texas Instruments Incorporated, TRF7960 Technical Documents, 2010.

[4] Texas Instruments Incorporated, MSP430 Technical Documents, 2010.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์ในมหาวิทยาลัยโดยใช้อาร์เอฟไอดีแบบแอกทีฟ

A motorcycles Security Systems in University Using Active RFID

จตุภูมิ อ้ายโน[1], สุพัตรา บุตรดี [2], สอนธิ วนาลัยสุชสันต์ [3] และ กมล บุญล้อม [4]

[1]ศูนย์ความเชี่ยวชาญเฉพาะทางคลื่นไมโครเวฟและเทคโนโลยีหุ่นยนต์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100

E-mail: champyoulove@hotmail.com[1], rongtaofongnum@hotmail.com [2], sonti_654321@hotmail.com [3], kamol_boon@yahoo.com[4]

บทคัดย่อ

ปัญหาของการขโมยรถจักรยานยนต์เป็นปัญหาที่สำคัญในมหาวิทยาลัยจำนวนมากโดยเฉพาะในจำนวนรถจักรยานยนต์ประมาณ 300 คัน ถูกขโมยในจังหวัดเชียงรายวิธีที่เลือกใช้มากที่สุดคือการปรับปรุงระบบการล็อคในตัว งานวิจัยนี้ใช้ระบบล็อคที่มีระบบการตรวจสอบด้วยอาร์เอฟไอดีที่ใช้เป็นตัวล็อคสองชั้นในตัวล็อครระบบที่นำเสนอประกอบด้วยสองโมดูลอาร์เอฟไอดี แบบพาสซีฟและอาร์เอฟไอดีแบบแอคทีฟที่ใช้เป็นตัวล็อครถจักรยานยนต์เป้าหมาย และระบบการตรวจสอบการใช้โมดูลอาร์เอฟไอดีที่ใช้งานทำการส่งข้อมูลจักรยานยนต์ไปยังสถานีฐานในการตรวจสอบการเข้าถึง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของระบบเป็น 93.5% และระบบที่นำเสนอสามารถติดตั้งในรถจักรยานยนต์ได้หลายรูปแบบและสามารถใช้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานการณ์จริง

Abstract

A problem of stealing motorcycle still is a significant concern in many universities; especially there have around 300 bikes that were stolen in Chiangrai province. Although there are many ways to protect this loss, the most common method is an improving the built-in lock system. In this work, we applied the digital lock system with RFID authentication system that used as a double built-in lock. The proposed system consists of two authentication RFID modules. First, RFID-passive module used as built-in lock on the target motorcycle. And, the authentication system is applied the RFID-active module that send bike information to base station to validate a right access. The experimental results show that the system effectiveness is 93.5% and the proposed system can install in various different types of motorcycle especially the most popular model stolen and use effectively in practical situation.

***Keywords*:** authentication system, Active RFID, motorcycles Security

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหา การโจรกรรมรถจักรยานยนต์เป็นปัญหาสำคัญในระดับประเทศ ซึ่งยังไม่มีวิธีการใดสามารถแก้ปัญหานี้ได้ โดยเฉพาะในที่แหล่งที่มีผู้คนมากหรือในแหล่งสถานศึกษาที่มีจำนวนใช้ยานพาหนะจำนวนมาก และเป็นเป้าหมายของกลุ่มที่ต้องการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ ปัญหารถจักรยานยนต์ถูกโจรกรรมเป็นปัญหาที่ยังไม่มีวิธีแก้ไขและยังเกิดขึ้นเป็นประจำ แนวคิดในการประยุกต์ใช้ระบบอาร์เอฟไอดี ในการป้องกัน เป็นแนวคิดที่ที่สามารถช่วยป้องกันการโจรกรรมรถจักยานยนต์ได้ในระดับหนึ่ง โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ตัวอาร์เอฟไอดี และตัวส่งสัญญาณข้อมูลไว้ในตัวรถจักรยานยนต์ โดยจะมีการส่งสัญญาณข้อมูลกับสถานีฐาน ที่ใช้การส่งสัญญาณคลื่นความถี่ที่ 433MHz เพื่อส่งข้อมูลที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และฐานข้อมูล เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลการใช้งานและสถานะของรถจักรยานยนต์

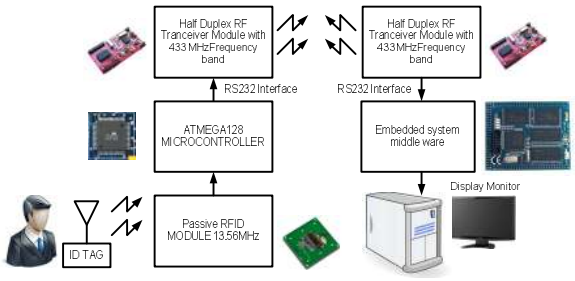
2. วงจรควบคุมการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์

จากรูปที่ 1 แสดงถึงรายละเอียดกลุ่มแผนผังของวงจรควบคุมการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์ในมหาวิทยาลัยโดยใช้อาร์เอฟไอดีแบบแอกทีฟ วงจรการทำงานแบ่งออกเป็นสามส่วนหลัก คือ ส่วนโมดูลติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับรถจักรยานยนต์ ส่วนที่สองโมดูลติดต่อสื่อสารระหว่างรถจักรยานยนต์กับสถานีฐาน และส่วนระบบฐานข้อมูลและแสดงผลสถานะของจักรยานยนต์ หลักการทำงานของวงจรโมดูลติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับรถจักรยานยนต์ประกอบด้วยอุปกรณ์อาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟย่านความถี่ 13.56MHz และไมโครคอนโทรเลอร์ขนาด8บิตตระกูลAVR เบอร์ATMEGA128 ทำการอ่านข้อมูลบัตรอาร์เอฟไอดี(RFID TAG)จากผู้ใช้งานรถจักรยานยนต์และส่งข้อมูลไอดีพร้อมสถานะล็อคหรือไม่ล็อค(Lock or Unlock) ผ่านโมดูลรับ-ส่งข้อมูลความถี่สูงแบบสองทิศทาง(RF Half Duplex) ย่านความถี่433MHz อัตราการส่งข้อมูล9600บิตต่อวินาที โมดูลติดต่อสื่อสารระหว่างรถจักรยานยนต์กับสถานีฐานประกอบด้วยโมดูลรับ-ส่งข้อมูลความถี่สูงแบบสองทิศทาง(RF Half Duplex)ย่านความถี่433MHz ทำการรับข้อมูลจากรถจักรยานยนต์เพื่อส่งไปยังมิดเดิลแวร์(Middle ware)ที่ประกอบด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวมีโปรเซสเซอร์SamsungS3G2440ผ่านช่องทางการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมาตราฐาน RS232 ระบบมิดเดิลแวร์(Middle ware)จะทำการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ที่มีฐานข้อมูลของรถจักรยานยนต์และโปรแกรมแสดงสถานะของรถจักรยานยนต์ โปรแกรมสถานีฐานจะทำการตรวจสอบไอดีและสถานะจากแพ็คเกจข้อมูล(Data Package)ของจักรยานยนต์ ในกรณีสถานะของรถจักรยานยนต์มีสถานะล็อค(Lock)ระบบจะทำการแจ้งเตือนแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิก(Visual Basic)และในกรณีสถานะของรถจักรยานยนต์เมื่อมีสถานะไม่ล็อค(Lock or Unlock)สถานีฐานจะส่งสถานะตอบกลับไปที่รถจักรยานยนต์เพื่อทำการยืนยันตัวตน

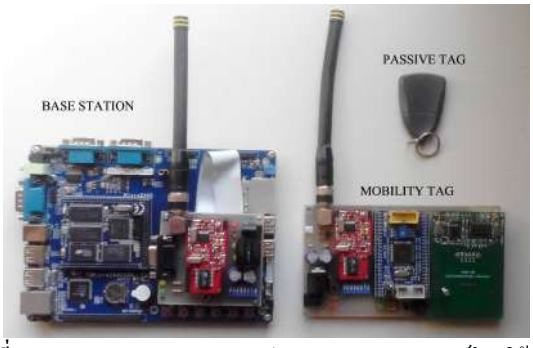
บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand



รูปที่ 1. แสดงถึงรายละเอียดแผนผังของระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์โดยใช้อาร์เอฟไอดีแบบแอกทีฟ



รูปที่ 2. วงจรของระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์โดยใช้อาร์เอฟไอดีแบบแอกทีฟ



รูปที่ 3. โปรแกรมแสดงสถานะระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์โดยใช้อาร์เอฟไอดีแบบแอกทีฟ

3. การทดลองและผลการทดลอง

จากงานวิจัยที่นำเสนอผู้วิจัยได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์ในมหาวิทยาลัยโดยใช้อาร์เอฟไอดีแบบแอกทีฟด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยจากความถูกต้องของจำนวนครั้งในการรับส่งข้อมูลระหว่างรถจักรยานยนต์กับสถานีฐานในการทดลองผู้วิจัยได้ทำการเลือกการรับส่งข้อมูลโดยจำกัดความเร็วของรถจักรยานยนต์ที่ 20กิโลเมตรต่อชั่วโมงทำการทดลองจำนวน10ครั้งที่ระยะทางการรับส่งข้อมูล50เมตรและหาค่าเฉลี่ยจากระยะการรับส่งข้อมูลสำเร็จทั้งหมดได้จากสมการดังนี้

$$\overline{X} = \frac{\sum x}{n} \qquad (1)$$

เมื่อ $\overline{X}$ (เอ็กซ์บาร์) คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum X$ คือ ผลบวกของข้อมูลทุกค่า

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

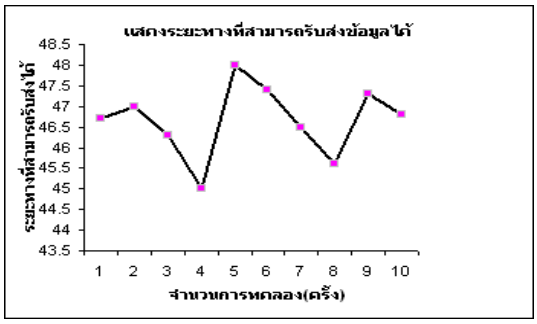
ประสิทธิภาพของระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์ในมหาวิทยาลัยโดยใช้อาร์เอฟไอดีแบบแอกทีฟกำหนดเป็นร้อยละของผลเฉลี่ย หาได้จากสมการ

$$E = \frac{\overline{X}}{A} \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ E คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

A คือ ระยะทางทั้งหมดของการรับ-ส่งข้อมูล

ผลการทดลองผู้วิจัยได้ทำการทดลองระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์ในมหาวิทยาลัยโดยใช้อาร์เอฟไอดีแบบแอกทีฟจำนวน10ครั้งการทดลองด้วยระยะทางการทดลอง50เมตรได้ผลการทดลองดังนี้ จำนวนระยะทางรับ-ส่งข้อมูลที่รับ-ส่งได้ 46.7เมตร , 47เมตร, 47.3เมตร, 45เมตร, 48เมตร, 47.4เมตร, 46.5เมตร, 45.6เมตร, 47.3เมตร, 46.8เมตร ตามลำดับเมื่อนำผลการทดลองมาทำการคำนวนจากสมการที่ 1 จะได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\overline{X} = 46.76$ และเมื่อนำค่าเฉลี่ยมาคำนวนจากสมการที่ 2 จะได้ประสิทธิภาพเป็นร้อยละของผลเฉลี่ยเท่ากับ $E = 93.5$ หรือมีค่าเท่ากับ 93.5%



รูปที่4. แสดงผลการทดลองของระยะทางที่สามารถรับส่งข้อมูลได้

4. สรุป

จากบทความวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์ในมหาวิทยาลัยโดยใช้อาร์เอฟไอดีแบบแอกทีฟเพื่อช่วยป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบรักษาความปลอดภัยรถจักรยานยนต์ในมหาวิทยาลัยโดยใช้อาร์เอฟไอดีแบบแอกทีฟได้ผลการทดลองที่ดี โดยมีค่าประสิทธิภาพของระยะการรับ-ส่งข้อมูลกำหนดเป็นร้อยละของผลเฉลี่ยเท่ากับ 93.5% สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานระบบรักษาความปลอดภัยในรูปแบบอื่นได้ในอนาคต

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ประจิน พลังสันติกุล, 2551. การประยุกต์ใช้งานภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ AVR เล่ม 2 . กรุงเทพ :บริษัทแอพซอฟเทค จำกัด. หน้า 47-85.

[2] ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ. (2522). อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานกรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

[3] ธาริน สิทธิธรรมชารี, 2551. สร้างโปรแกรมบน windows ด้วย Visual Basic version 6.0.กรุงเทพฯ : บริษัท successmedia co.,ltd.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

โปรแกรมคอมพิวเตอร์บนมือถือสำหรับค้นหาเส้นทางการท่องเที่ยวแบบชาญฉลาด กรณีศึกษาจังหวัดเชียงราย

Mobile Application for Smart Travel Routes Searching: Case Study of Chiang Rai

รัชนก สันธิ[1], ศรินญา ตะติยา[2], ทินธินาถ สิงห์แก้ว[3], อธิคม ศิริ[4] และ กฤตกรณ์ ศรีวันนา[5]

สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ratcha-anne@hotmail.co.th[1], sarin.smm@gmail.com[2], pam_jorenjer3@hotmail.com[3], atikhom.s@gmail.com[4], kittakorn.sri@gmail.com[5]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันโปรแกรมคอมพิวเตอร์แผนที่บนสมาร์ทโฟนสามารถหาเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างสองสถานที่ได้ แต่ไม่สามารถหาเส้นทางที่ดีที่สุดถ้าต้องการเดินทางไปหลายสถานที่ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์บนมือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สำหรับค้นหาสถานที่ท่องเที่ยวและแนะนำเส้นทางการท่องเที่ยวแบบชาญฉลาด กรณีศึกษา สถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงราย โดยเป็น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถหาเส้นทางที่ดีที่สุดในกรณีต้องการเดินทางไปหลายสถานที่ และในขอบเขตเวลาที่มีจำกัด บนพื้นฐานของอัลกอริทึม K-Shortest Paths จากการทดลองในหลายขอบเขตเวลาแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มขอบเขตเวลาจะทำให้จำนวนเส้นทางและเวลาในการค้นหาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้จึงได้เพิ่มตัวกรอง เพิ่มโหมดการจัดเรียงเพื่อให้ผู้ใช้ ใช้งานได้ง่าย และตรงกับความต้องการของผู้ใช้

Abstract

Smartphone map applications now can searching for faster route only two destinations but can not searching with multiple destinations. Hence this study implement mobile android application for smart travel routes searching: case study of Chiang Rai. It can search for faster route with multiple destinations and a duration limit based on K-Shortest Paths algorithm. The experiment shows that increasing the duration limit will increase the number of routes and time searching. Therefore, this application adds filter and order system for increasing user convenience.

***Keywords*:** shortest paths, route, driving directions

1. บทนำ

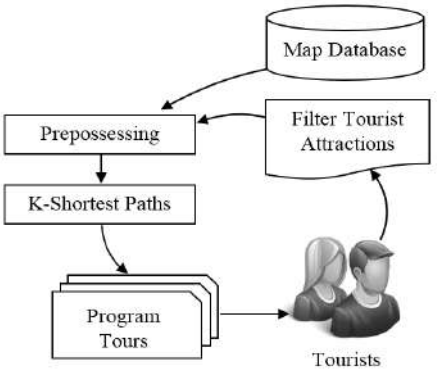
ปัจจุบันการท่องเที่ยวในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่เติบโตอย่างรวดเร็ว และเป็นอุตสาหกรรมในอันดับต้นๆ ที่สร้างงานและรายได้ให้กับคนในประเทศ การแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวและเส้นทางการท่องเที่ยวจึงเป็นส่วนสำคัญที่อำนวยความสะดวกต่อนักท่องเที่ยว รวมทั้งยังดึงดูดและเชิญชวนการท่องเที่ยว ปัจจุบันสมาร์ทโฟนที่รวมการบริการอินเตอร์เน็ตเป็นเครื่องมือพกพาที่ใช้ติดต่อสื่อสารกันอย่างแพร่หลาย การแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวและเส้นทางการท่องเที่ยวผ่านสมาร์ทโฟน จึงเป็นช่องทางหนึ่งที่ง่ายต่อการเข้าถึงนักท่องเที่ยว ซึ่งช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวและอำนวยความสะดวกต่อนักท่องเที่ยวสำหรับค้นหาสถานที่และเส้นทางการท่องเที่ยว

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นหนึ่งในระบบปฏิบัติการหลักของสมาร์ทโฟนที่เติบโตอย่างรวดเร็วและใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งได้จัดเตรียมการบริการและเครื่องมือต่างๆ เช่น การจัดการเกี่ยวกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ การจัดการเกี่ยวกับฐานข้อมูล รูปภาพ และที่สำคัญเป็นระบบปฏิบัติการโอเพนซอร์ซ งานวิจัยนี้จึงพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์บนมือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สำหรับค้นหาสถานที่ท่องเที่ยวและแนะนำเส้นทางการท่องเที่ยวแบบชาญฉลาด กรณีศึกษา สถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงราย เพื่อให้นักท่องเที่ยวสามารถเลือกโปรแกรมทัวร์ได้ตรงกับความต้องการ เช่นนักท่องเที่ยวมีเวลาเที่ยว 6 ชั่วโมง ต้องการเที่ยวสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ และวัด และเดินทางโดยรถยนต์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะค้นหาโปรแกรมทัวร์ได้ตรงกับเงื่อนไขที่นักท่องเที่ยวระบุ รวมถึงเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดของแต่ละโปรแกรมทัวร์ด้วย

อัลกอริทึมการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด มีผู้วิจัยได้นำเสนอหลายอัลกอริทึมเช่น Alternative Routes in Road Networks[1], K-Shortest Paths [2] งานวิจัยนี้เลือกใช้อัลกอริทึม K-Shortest Paths ซึ่งเป็นอัลกอริทึมพื้นฐาน โดยนำสถานที่ท่องเที่ยวและระยะทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยวมาสร้างเป็นแผนที่จำลอง

2. พื้นที่การศึกษา

ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวในงานวิจัยนี้รวบรวมมากจากสถานที่ท่องเที่ยวที่เป็นที่นิยมในจังหวัดเชียงรายทั้งหมด 65 สถานที่ท่องเที่ยว โดยสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ สถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ, สถานที่ท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม, พิพิธภัณฑ์, วัด และ ศูนย์การค้า และนอกจากนี้ยังเพิ่มสถานที่ต้นทาง/ปลายทาง (ท่ารถ, โรงแรม, สนามบิน) อีก 10 สถานที่เพื่อเป็นตัวเลือกการกำหนดจุดเริ่มต้นหรือจุดหมายปลายทาง



รูปที่ 1 โครงสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

3. วิธีการ

ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนหลักคือ 1. รวบรวมข้อมูล 2. เตรียมข้อมูล 3. K-Shortest Paths 4. แสดงเส้นทาง ดังรูปที่ 1 โครงสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.1 รวบรวมข้อมูล

ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวและสถานที่ต้นทาง/ปลายทาง ถูกจัดเก็บใน SQLite ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ทำงานบนสมาร์ทโฟน โดยแบ่งการจัดเก็บออกเป็น 2 ตารางคือ ตารางสถานที่ท่องเที่ยว และตารางระยะห่าง เขตข้อมูลของตารางสถานที่ท่องเที่ยวคือ ชื่อ, ละติจูด, ลองจิจูด, ประเภทสถานที่ท่องเที่ยว, เวลาการท่องเที่ยว (นักวิจัยกำหนดเวลาตามความเหมาะสมของแต่ละสถานที่) และระดับความชื่อชอบ เป็นต้น เขตข้อมูลของตารางระยะห่างคือ รหัสของสองสถานที่ท่องเที่ยวและระยะห่าง โดยระยะห่างของสองสถานที่หาโดยใช้ Google Distance Matrix API ซึ่งเป็นระยะห่างของการเดินทางจริง หาโดยระบุพิกัด (ละติจูด, ลองจิจูด)ของสองสถานที่

3.2 เตรียมข้อมูล

ก่อนนำข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวไปสร้างแผนที่จำลอง ข้อมูลสถานที่จะถูกกรองตามที่ผู้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นคนกำหนด เช่น เลือกสถานที่ท่องเที่ยวบางประเภท หรือไม่ต้องการสถานที่ท่องเที่ยวบางสถานที่ ซึ่งการออกแบบ User Interface แสดงดังรูปที่ 2ก.

3.3 K-Shortest Paths

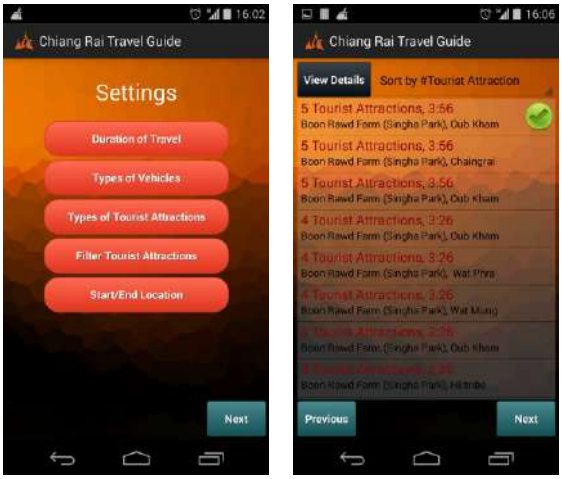
ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวที่ผ่านการเตรียมข้อมูลแล้วจะถูกสร้างเป็นแผนที่จำลองลักษณะกราฟ โดยแต่ละโนดแทนสถานที่ท่องเที่ยว และเส้นเชื่อมระหว่างโนดแทนระยะทาง ลักษณะกราฟเป็นแบบกราฟบริบูรณ์ (ทุกคู่ของจุดยอดถูกเชื่อมต่อด้วยเส้นเชื่อม) และไม่มีทิศทาง หลังจากนั้นใช้อัลกอริทึม K-Shortest Paths เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดของสถานที่ต้นทางและปลายทางตามที่ผู้ใช้กำหนด โดยอัลกอริทึมจะคำนวณหาเส้นทางและเวลาที่ใช้ในการท่องเที่ยว (เวลาในการเดินทางรวมกับเวลาที่ยวแต่ละสถานที่) และอัลกอริทึมจะหยุดค้นหาลงเมื่อเวลาที่ใช้ของเส้นทางการท่องเที่ยวเกินขอบเขตเวลา ผลลัพธ์ที่ได้แสดงเป็นลำดับรายการของสถานที่ท่องเที่ยวหลายลำดับรายการ หรือโปรแกรมทัวร์หลายโปรแกรมทัวร์ให้ผู้ใช้เลือก ซึ่งการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 2ข.

3.4 แสดงเส้นทาง

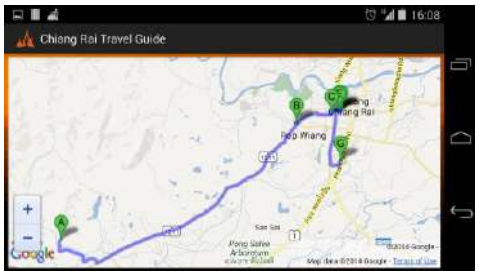
โปรแกรมทัวร์ที่ผู้ใช้เลือกจะถูกนำไปแสดงเป็นแผนที่ Google Map ดังรูปที่ 2ค. เพื่อให้เห็นเส้นทางและลำดับรายการสถานที่ท่องเที่ยว

4. ผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับหลายสถานที่ท่องเที่ยวในขอบเขตเวลาที่กำหนด โดยแสดงเป็นโปรแกรมทัวร์ให้ผู้ใช้เลือกตามความพึงพอใจ ซึ่งจำนวนโปรแกรมทัวร์และเวลาในการค้นหาจะเพิ่มขึ้นเมื่อผู้ใช้เพิ่มขอบเขตเวลา และไม่ได้กรองสถานที่ท่องเที่ยว



ก ข



ค

รูปที่ 2 การออกแบบ User Interface

5. สรุป

งานวิจัยนี้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์บนมือถือสำหรับค้นหาเส้นทางการท่องเที่ยวแบบชาญฉลาด กรณีศึกษาจังหวัดเชียงราย ซึ่งสามารถหาโปรแกรมทัวร์ ได้ตรงตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด เช่นภายในขอบเขตเวลาจำกัด ประเภทการเดินทางที่ระบุ ประเภทสถานที่ท่องเที่ยวหรือสถานที่ท่องเที่ยวที่ต้องการหรือไม่ต้องการ และยังเป็นโปรแกรมทัวร์ที่มีเส้นทางการท่องเที่ยวที่สั้นที่สุด โดยใช้อัลกอริทึม K-Shortest Paths

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ค้นหาเส้นทางการท่องเที่ยวนี้สามารถหาโปรแกรมทัวร์ได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้รวมทั้งยังเป็นแหล่งข้อมูลการท่องเที่ยว ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกต่อนักท่องเที่ยว และส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงราย

เอกสารอ้างอิง

[1] I. Abraham, D. Delling, A. V. Goldberg, and R. F. Werneck, "Alternative routes in road networks," *Journal of Experimental Algorithmics (JEA),* vol. 18, p. 1.3, 2013.

[2] E. Q. Martins and M. M. Pascoal, "A new implementation of Yen's ranking loopless paths algorithm," *Quarterly Journal of the Belgian, French and Italian Operations Research Societies,* vol. 1, pp. 121-133, 2003.

หัวข้อ P05 เครื่องมือ สื่อการเรียนรู้ และชุดทดลองเพื่อห้องปฏิบัติการ

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การสร้างและพัฒนาเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้า

The construction and development of spinning yarn electrically machine

สมพร อ่อนเกตุพล[1], มงคล ธุระ[2]

แผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคลำพูน สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

ถนนลำพูน-ป่าซาง ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน 51000

E-mail: **onketpol.s@hotmail.com**

บทคัดย่อ

เครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมีขนาดความกว้าง X ความยาว X ความสูง = 82.5 X 101.5 X 140 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 50 กิโลกรัม ระบบการทำงานของเครื่องใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ขนาด 1/4 แรงม้า(0.2 กิโลวัตต์) จำนวน 1 ตัว เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยใช้สายพานเป็นตัวขับเคลื่อนในการทำงาน และมีตัวตั้งเวลา(Timer Relay) เป็นตัวควบคุมให้มอเตอร์หยุดทำงานเมื่อครบกำหนดเวลา

คำสำคัญ : *เครื่องกรอเส้นด้าย การทอผ้า เครื่องกรอเส้นด้ายระบบไฟฟ้า*

1. บทนำ

การทอผ้า ถือเป็นศิลปะและหัตถกรรม หรืองานฝีมืออย่างหนึ่งที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณ เป็นกรรมวิธีการผลิตผืนผ้าโดยใช้เส้นด้ายพุ่งหรือเส้นด้ายยืนมาขัดประสานกันจนได้เป็นผืนผ้า กิจกรรมการทอผ้านั้นนอกจากเป็นขั้นตอนการผลิตเครื่องนุ่งห่ม หนึ่งในปัจจัยสี่ของมนุษย์แล้ว ยังถือเป็นงานศิลปะประเภททัศนศิลป์ด้วย เนื่องจากมีการให้สีสันและลวดลายต่าง ๆ ในผืนผ้า ในการทอผ้าของไทยนั้น กว่าจะเป็นผืนผ้าจะต้องผ่านกระบวนการ หลายขั้นตอนด้วยกัน เริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทอ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทอผ้า การเตรียมเส้นด้าย ไปจนถึงการทอผ้าให้เป็นผืนผ้า ซึ่งแต่ละขั้นตอนของการทอผ้าต้องมีความพิถีพิถันอย่างมาก ขั้นตอนการเตรียมเส้นด้ายโดยใช้เครื่องมือปั่นด้าย เรียกอีกอย่างว่า ไน

ไนเป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักเกณฑ์ในเรื่องของล้อและเพลา ลักษณะทั่วไปของไน จะเป็นวงกลม ติดตั้งอยู่ระหว่างขาสองอันที่ทำจากไม้เนื้อแข็ง และมีหลักสอดเป็นคันสำหรับหมุนวงล้อ ส่วนขาติดตั้งอยู่บนส่วนหัวของฐานที่ทำด้วยไม้ท่อนยางประมาณ 30 นิ้ว โดยที่ส่วนปลายของท่อนไม้จะมีเหล็กไนสอดอยู่กับขาตั้งโดยโผล่เหล็กไนออกมาไว้สำหรับเป็นที่สวมของหลอดไม้ไผ่ที่ทำเป็นที่กรอด้าย และระหว่างวงล้อจะมีสายพานทำด้วยเชือกโยงมาเพื่อหมุนเหล็กไน ดังนั้น เมื่อมีการหมุนเหล็กไนก็จะหมุนไปด้วย ในสมัยโบราณเครื่องมือปั่นด้าย สำหรับใช้ปั่นด้ายหรือ กรอด้ายเข้าหลอด เป็นเครื่องมือเครื่องใช้สำหรับกรอเส้นด้ายเข้าไส้หลอดสำหรับเป็นเส้นพุ่ง โดยใช้คู่กับระวิง เพื่อนำไปทอเป็นผืนผ้า ซึ่งผู้ทำหน้าที่กรอเส้นด้ายเข้าหลอดจะต้องมีความชำนาญในการจับเส้นด้ายลงหลอด โดยส่วนใหญ่จะเป็นผู้สูงอายุ การนั่งกรอเส้นด้ายเป็นเวลานาน จะส่งผลกระทบให้เกิดอาการเมื่อยล้า ทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ

ซึ่งจากงานวิจัยของ อิศราวิทย์ เชาว์พานิช (2547) เรื่องการพัฒนาประสิทธิภาพของแผนกกรอด้ายโดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน พบว่า หลังจากการนำเสนอวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และนำวิธีการไปปฏิบัติในแผนกกรอด้ายนั้น สามารถลดความสูญเสียโอกาสในการผลิตได้ทั้งหมด และสามารถลดเวลา การผลิตของแผนกกรอด้ายจากวันละ 22 ชั่วโมง เหลือเพียงวันละ 16 ชั่วโมง ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพ ของแผนกกรอด้ายจาก 48.30% เป็น 58.33% หรือเพิ่มขึ้น 10.03% และเพิ่มความพร้อมใช้งาน เครื่องจักรจาก 45.31% เป็น 56.61% หรือเพิ่มขึ้น 11.30% และสามารถใช้เครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้ง ทศพร นะพะศาลา (2550) พบว่า เครื่องกรอด้ายด้วยไฟฟ้า เป็นเครื่องที่มีการทำงานไม่สลับซับซ้อนยุ่งยาก เพียงใช้มอเตอร์จากขนาด 90-140 วัตต์ และเพิ่มสวิทช์เปิดปิดที่สามารถปรับลดขนาดความเร็วรอบได้มาใช้งานตามที่ต้องการ สามารถทำการกรอด้ายเร็วลดต้นทุนในการผลิต เครื่องจักรมีชิ้นส่วนน้อย สามารถหาได้ง่ายและนำไปจัดสร้างได้เองในท้องถิ่นตามต้องการ

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะประดิษฐ์เครื่องกรอเส้นด้ายเข้าหลอดสำหรับ ทอผ้า เพื่อแก้ไขปัญหาในด้านสุขภาพให้แก่แรงงานซึ่งเป็นผู้สูงอายุ ลดต้นทุนการผลิตให้กับผู้ผลิตผ้าทอมือ และตอบสนองความต้องการของตลาด เป็นการสร้างงานสร้างรายได้ให้กับคนในชุมชน ซึ่งจะเป็นหลักในการฟื้นฟูเศรษฐกิจของประเทศ และเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่การเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC)

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร เป็นกลุ่มผู้ผลิต ผู้ประกอบการ ผ้าทอมือในเขตพื้นที่อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน

2) กลุ่มตัวอย่าง

2.1) ผู้ประกอบการผ้าทอมือ ในพื้นที่ตำบลต้นธง

2.2) ผู้ประกอบการผ้าทอมือ ในพื้นที่ตำบลเวียงยอง

2.3) ผู้ประกอบการผ้าทอมือ ในพื้นที่ตำบลในเมือง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

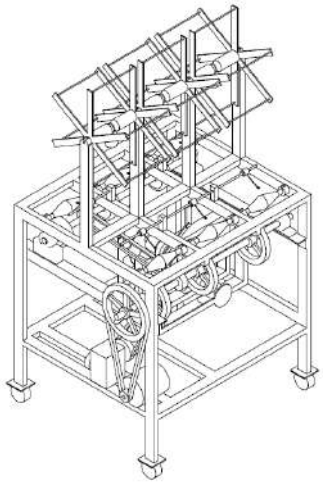
ขั้นตอนการสร้างเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้า ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบและการสร้างเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้า ผู้จัดทำได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเส้นด้าย การกรอเส้นด้าย เครื่องกรอเส้นด้ายจากภูมิปัญญา

ชาวบ้านซึ่งใช้แรงงานคน และเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้า การใช้ประโยชน์จากเส้นด้าย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกรอเส้นด้าย

2) ออกแบบเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้า โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นมาใช้ในการออกแบบเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้า โดยมีหลักเกณฑ์ในการออกแบบ คือ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างต้องหาได้ง่าย แล้วเมื่อชำรุดเสียหายแล้วสามารถนำมาซ่อมแซมได้ง่าย มีต้นทุนในการสร้างที่คุ้มค่ากับการทำงาน และมีขนาดเหมาะสมต่อการใช้งาน

3) ดำเนินการสร้างเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้าตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยในขั้นตอนการสร้าง ได้พยายามใช้ความประณีตในการสร้าง ประหยัดวัสดุที่นำมาใช้ อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และยึดหลักความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน



รูปที่ 1 แบบร่างเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้า

4) เมื่อสร้างเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้าแล้ว ผู้จัดทำได้ทำการทดลองกรอเส้นด้ายโดยใช้เครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้า เพื่อหาจุดบกพร่องต่าง ๆ แล้วทำการแก้ไขจนได้เครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้าที่สมบูรณ์



รูปที่ 2 เครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้า

4. สรุปผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้ากับการกรอด้วยเครื่องกรอเส้นด้ายจากภูมิปัญญาดั้งเดิม โดยใช้แรงงานคน พบว่า การกรอเส้นด้ายหลอดใหญ่โดยใช้เครื่องกรอเส้นด้ายด้วยระบบไฟฟ้า ใช้เวลาเฉลี่ย 7.55 นาที ได้จำนวน 3 หลอด ส่วนการกรอเส้นด้ายด้วยเครื่องกรอเส้นด้ายจากภูมิปัญญาดั้งเดิมโดยใช้แรงงานคนใช้เวลาเฉลี่ย 15.22 นาที ได้จำนวน 1 หลอด ส่วนการกรอเส้นด้ายหลอดเล็ก โดยใช้เครื่องกรอเส้นด้ายด้วยระบบไฟฟ้า ใช้เวลาเฉลี่ย 2.00 นาที ได้จำนวน 3 หลอด ส่วนการกรอด้ายโดยใช้แรงงานคน ใช้เวลาเฉลี่ย 3.50 นาที ได้จำนวน 1 หลอด

ผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานที่มีต่อเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้าที่สร้างขึ้น พบว่า ผู้ใช้งานมีความคิดเห็นเกี่ยวกับเครื่องกรอเส้นด้ายสำหรับทอผ้าด้วยระบบไฟฟ้า ภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยโดยรวม 4.72 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นในระดับดีมากทุกด้าน เรียงตามลำดับได้แก่ ด้านราคาและความคุ้มค่า ด้านการออกแบบ ด้านโครงสร้างทั่วไป ด้านการใช้งาน และด้านสุขภาพในการทำงาน

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยมงคล รอดคำทุย และคนอื่น ๆ. (2547) . **“กระบวนการพัฒนาเครื่องกรอด้ายกึ่งอัตโนมัติอย่างมีส่วนร่วมของชุมชนบ้านคำขวาง”**. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

[2] ณรงฤทธิ์ โสภา และคนอื่นๆ. (2537**). “การผลิตผ้าไหมของชาวพื้นเมืองที่พูดภาษาเขมรในอีสานใต้” ผ้าไทย.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

[3] ทศพร นะพะศาลา. (2550). **“เครื่องกรอด้ายไฟฟ้า”**. กรุงเทพมหานคร : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.

[4] โสรชัย นันทวัชรวิบูลย์. (2545). **“Be Graphic สู่เส้นทางกราฟิกดีไซเนอร์”.** กรุงเทพมหานคร : เอ. อาร์. อิน ฟอเมชัน แอนด์ พับลิเคชั้น.

[5] ราชบัณฑิตยสถาน. (2525). **“พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525”**. กรุงเทพมหานคร : อักษรเจริญทัศน์.

[6] อิศราวิทย์ เชาว์พานิช. (2547). **“พัฒนาประสิทธิภาพของแผนกกรอด้ายโดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน”.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[7] Souvenir. **“ของที่ระลึก ภูมิปัญญาโดยคนไทย เพื่อคนไทย”**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://souvenirbuu.wordpress.com/ภูมิปัญญาท้องถิ่นไทย/ภูมิปัญญาภาคเหนือ/ผ้าและเครื่องแต่งกาย/ผ้าทอยกดอก สืบค้น 08 พฤศจิกายน 2556

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องปรับอากาศระดับน้ำเย็น

Cool water air conditioner

มงคล ธุระ[1], ธาดา อุ่นใจ[2]

แผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

ถนนเวียงแก้ว ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

E-mail: **mongkol_thura@yahoo.com**

บทคัดย่อ

เครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น เครื่องปรับอากาศที่มีโครงสร้างเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในประกอบด้วย ระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์ชนิด Low temperature ขนาด 1 แรงม้า และระบบพัดลมไอเย็นที่ประกอบด้วยถังน้ำขนาดกว้าง 300 มิลลิเมตร ลึก 500 มิลลิเมตร สูง 220 มิลลิเมตร พร้อมมอเตอร์ปั๊มน้ำ มีแผ่นความเย็น (Cool ad) ขนาดกว้าง 200 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร หนา 30 มิลลิเมตร และมีสวิตช์รีโมตคอนโทรลในการควบคุมการทำงาน โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงาน พัดลมจะดูดลมร้อนจากภายนอกผ่านแผ่นความเย็น ทำให้กลายเป็นลมเย็นที่มีความชื้นสูง เมื่อลมเย็นที่มีความชื้นสูงเคลื่อนที่ผ่านคอยล์เย็นจะทำให้กลายเป็นลมเย็นที่มีความชื้นลดลงและเคลื่อนที่ออกไปสู่อีกด้านหนึ่งของเครื่องปรับอากาศจึงทำให้สามารปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็นสามารถปรับอากาศมีอุณหภูมิได้เท่ากับ 19.50 องศาเซลเซียส ที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กินกระแสไฟฟ้าจำนวน 4.40 แอมแปร์ และสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าไปทั้งสิ้น 0.968 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ในเวลา 1 ชั่วโมง

คำสำคัญ : *เครื่องปรับอากาศ, น้ำเย็น*

1. บทนำ

เครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความจำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิตของคนเราเป็นอย่างมากโดยเฉพาะในสังคมเมืองเพราะว่าช่วยปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับร่างกายของคนเราเป็นอย่างดีแต่เครื่องปรับอากาศที่ใช้งานโดยทั่วไปเป็นระบบอัดไอโดยใช้น้ำยา R-22 เป็นสารทำความเย็นและคอมเพรสเซอร์เป็นชนิด High temperature จึงทำให้เครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองเป็นจำนวนมาก หรือเครื่องปรับอากาศจะใช้กระแสไฟฟ้าสูงมาก ส่งผลให้บ้านเรือนอาคาร และสำนักงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นตามไปด้วย และทำให้ประเทศชาติต้องสูญเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของประชาชนอีกด้วยและนับวันความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศชาติจะเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ฉะนั้นการช่วยกันลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงเป็นหน้าที่ของประชาชนทุกคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองสูงมากประมาณร้อยละ 70-80 ของบ้าน อาคารและสำนักงานทุกแห่ง ฉะนั้นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

ในขณะเดียวกันระบบทำความเย็นเป็นระบบที่มีโครงสร้าง หลักการทำงานที่คลายคลึงกับระบบปรับอากาศเป็นอย่างมากเพียงแต่คอมเพรสเซอร์เป็นชนิด Middle temperature ซึ่งเหมาะสำหรับการทำความเย็นเข้าใกล้หรือต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสเล็กน้อย หรือ เป็นชนิด Low temperature ซึ่งเหมาะสำหรับการทำความเย็นที่ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสมาก ๆ ทั้งนี้แล้วแต่วัตถุประสงค์ที่ต้องการในการทำความเย็น ข้อดีของคอมเพรสเซอร์ชนิด Low temperature คือ สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่ำหรือ กินกระแสไฟฟ้าต่ำ ฉะนั้นหากนำมาประยุกต์สร้างเป็นเครื่องปรับอากาศย่อมจะทำให้เครื่องปรับอากาศสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่ำตามไปด้วย

ต่อมาได้มีการพัฒนาพัดลมไอเย็น โดยที่พัดลมไอเย็นนี้มีข้อดี ได้แก่ สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าเครื่องปรับอากาศระบบอัดไอโดยทั่วไปเป็นอย่างมาก โดยกินกระแสไฟฟ้าเพียง 1/6 ของเครื่องปรับอากาศ และยังสามารถปรับอากาศได้อีกด้วย

การปรับอากาศของพัดลมไอเย็นทำได้โดยการให้ลมร้อนวิ่งผ่านแผ่นความเย็น (Cool Pad) ที่มีน้ำไหลผ่านทำให้กลายเป็นลมเย็นแล้วจึงนำลมเย็นนี้ไปใช้ในการปรับอากาศต่อไป

การปรับอากาศโดยใช้ลมเย็นที่ออกมาจากแผ่นความเย็นนี้มีข้อเสียเพราะว่าเป็นลมเย็นที่มีความชื้นสูงมากจนไม่สามารถนำไปใช้ในการปรับอากาศภายในห้องปิดได้ ฉะนั้นพัดลมไอเย็นจึงนิยมใช้งานเฉพาะในห้องเปิด หรือ พื้นที่เปิด หรือ ภายนอกอาคารเท่านั้น นอกจากนั้นยังมีข้อเสียที่ยังไม่สามารถปรับอุณหภูมิของอากาศให้ได้ตามที่ต้องการ ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ หรือ น้ำแข็ง ที่ใส่เข้าไปในพัดลมไอเย็น

ฉะนั้นถ้าหากนำระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์ชนิด Low temperature และแผ่นความเย็น (Cool Pad) ของพัดลมไอเย็น มาประยุกต์สร้างเป็นเครื่องปรับอากาศจะทำให้ได้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงในการปรับอากาศ สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่ำเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนั้นยังสามารถควบคุมอุณหภูมิในการปรับอากาศได้ตามความต้องการและยังสามารถนำไปใช้ในห้องเปิดหรือห้องปิดได้อีกด้วย

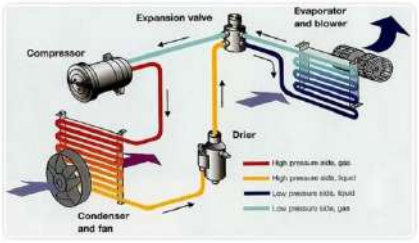
ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับอากาศ เพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปรับอากาศและจะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศอีกด้วย

2. เครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) คือ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับปรับอุณหภูมิของอากาศในเคหสถาน เพื่อให้มนุษย์ได้อาศัยอยู่ในที่ที่ไม่ร้อนหรือไม่เย็นจนเกินไป หรือใช้รักษาภาวะอากาศให้คงที่เพื่อจุดประสงค์อื่น

2.1 โครงสร้างของเครื่องปรับอากาศ

โครงสร้างของเครื่องปรับอากาศ ประกอบด้วย



รูปที่ 1. แสดงโครงสร้างของเครื่องปรับอากาศ

2.1.1 คอมเพรสเซอร์

2.1.2 คอนเดนเซอร์

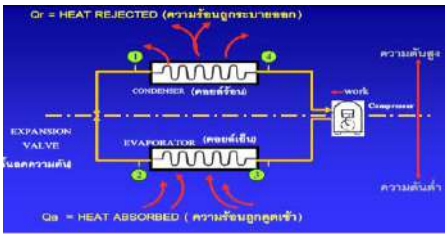
2.1.3 อีแวปปอเรเตอร์และโบลเวอร์

2.1.4 เอกซ์แพนชันวาล์ว

2.1.5 ไดรเออร์

2.2 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 2. แสดงหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศประกอบด้วย 4 กระบวนการ ดังนี้

2.2.1 กระบวนการอัดสารทำความเย็น โดยสารทำความเย็นในสถานะไอจะถูกเครื่องอัดอัดให้มีความดันสูงขึ้นตามต้องการของสารทำความเย็นแต่ละชนิด เมื่อความดันสูงขึ้นอุณหภูมิของสารทำความเย็นก็จะสูงขึ้นตามกฎของก๊าซ

2.2.2 กระบวนการควบแน่น สารทำความเย็นในสถานะไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูงจะถูกส่งผ่านท่อเข้าไปยังขดท่อระบายความร้อน (Condenser) โดยจะใช้น้ำหรืออากาศระบายความร้อนทำให้สารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลว

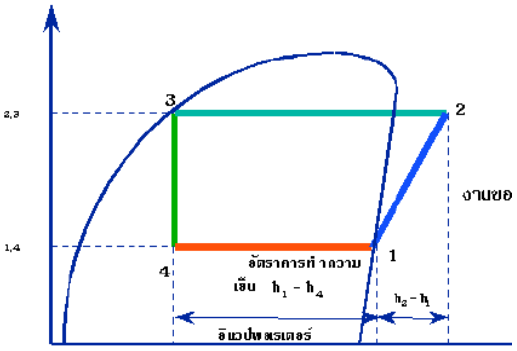
2.2.3 กระบวนการขยายสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์จะอยู่ในสถานะของเหลวอิ่มตัวหรือของเหลวเย็นเยือกประมาณ 10^{O}C ที่มีความดันสูงจะถูกลดความดันลงโดยอุปกรณ์ลดความดัน ทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิลดต่ำลงตามที่ผู้ใช้ต้องการ

2.2.4 กระบวนการระเหย สารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำจะผ่านเข้าไปยังขดท่อความเย็น เมื่อรับความร้อนจากอากาศหรือน้ำทำให้ได้อากาศเย็นและน้ำเย็นส่วนสารทำความเย็นจะเกิดการระเหยตัวกลายเป็นไอจนอยู่ในสถานะไออิ่มตัวหรือไอร้อนยวดยิ่งประมาณ 100^{O}C (Superheat Vapor) ก่อนที่จะถูกเครื่องอัดดูดแล้วเริ่มการทำงานต่อไปอย่างต่อเนื่อง

วงจรการทำงานของสารทำความเย็นแต่ละชนิดจะแสดงในแผนภาพ P-h diagram ซึ่งเป็นแผนภาพที่บอกถึงความสัมพันธ์ของความดันและพลังงานความร้อน รวมทั้งสถานะของสารทำความเย็นที่อยู่ในวงจร อธิบายการทำงานได้ดังนี้

2.2.4.1 สารทำความเย็นที่อยู่ภายในโดมรูประฆังคว่ำจะมีสถานะเป็นทั้งของเหลวและไอ สารทำความเย็นที่อยู่บนเส้นด้านซ้ายจะมีสถานะเป็นของเหลวอิ่มตัว (ของเหลว 100%) และอยู่บนเส้นด้านขวาจะอยู่ในสถานะไออิ่มตัว (ไอ 100%) และออกนอกโดมด้านซ้ายจะอยู่ในสถานะของเหลวเย็นเยือก ถ้าออกนอกโดมด้านขวาจะอยู่ในสถานะไอร้อนยวดยิ่ง

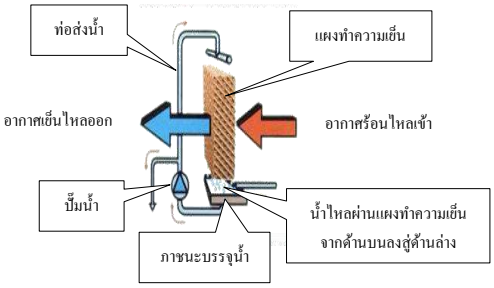
2.2.4.2 กระบวนการอัดแบบไอเซนทรอปิคจะอยู่ช่วง h1-h2 กระบวนการควบแน่นแบบความดันคงที่อยู่ช่วง h2-h3 กระบวนการลดความดันแบบเอนธาลปีคงที่อยู่ช่วง h3-h4 และกระบวนการระเหยแบบความดันคงที่อยู่ช่วง h4-h1



รูปที่ 3. แสดงกราฟของการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

2.3 พัดลมไอเย็น

พัดลมไอเย็น คือ เครื่องลดอุณหภูมิอากาศชนิดอีแวโพเรทีฟ ซึ่งระบบการทำงานจะใช้ระบบ Evaporative Cooling โดยเมื่ออากาศผ่าน Cooling Pad (แผงทำความเย็น) ที่ถูกเลี้ยงด้วยน้ำในลักษณะเป็นม่านน้ำที่ทำหน้าที่ดูดซับความร้อนจากอากาศเพื่อไปใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากน้ำกลายเป็นไอ เรียกว่า " การระเหย " (Evaporation) เป็นผลทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดลง ลมที่เป่าออกมาโดยพัดลมจึงเป็นลมเย็นที่ปราศจากละอองน้ำ ทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ เฉลี่ย 5-10 องศาเซลเซียส ในขณะที่ระบบ " Anion" ที่ช่วยเพิ่มคุณภาพของอากาศจึงส่งผลให้บุคคลในบริเวณดังกล่าว รู้สึกเย็นสบายและสดชื่นขึ้น



รูปที่ 4. แสดงหลักการทำงานของพัดลมไอเย็น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการสร้างเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

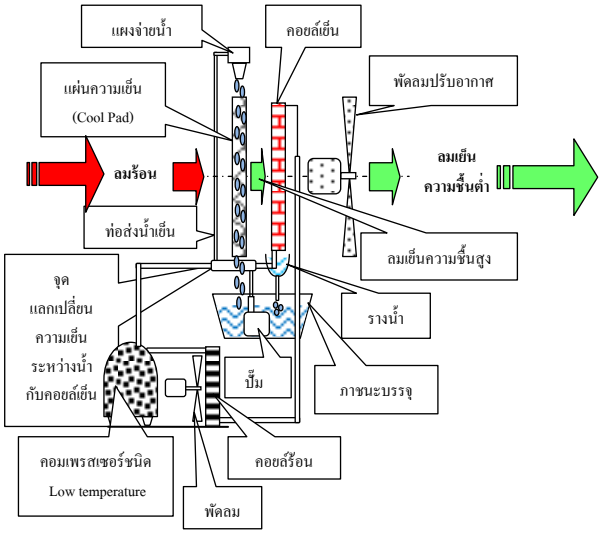
3.1 ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น

3.2 ออกแบบเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น

3.4 ประมาณการรายการวัสดุและจัดซื้อรายการวัสดุตามประมาณการรายการวัสดุเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น

3.6 ดำเนินการทดสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น พร้อมปรับปรุงแก้ไข

3.7 ดำเนินการทดลองหาค่าพลังงานสิ้นเปลืองของเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น โดยทำการวัดอุณหภูมิของอากาศ ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้า ระยะเวลาในการใช้งานแต่ละครั้ง และปริมาณน้ำเย็นที่สิ้นเปลืองไป แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง คำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 5. แบบร่างเครื่องเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น



รูปที่ 2 เครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น

4. สรุปผลการวิจัย

ผลการสร้างเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็นได้เครื่องปรับอากาศที่มีโครงสร้างเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 460 มิลลิเมตร สูง 1170 มิลลิเมตร ลึก 320 มิลลิเมตร ภายในประกอบด้วย ระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์ชนิด Low temperature ขนาด 1 แรงม้า และระบบพัดลมไอเย็นที่ประกอบด้วยถังน้ำขนาดกว้าง 240 มิลลิเมตร ลึก 130 มิลลิเมตร ยาว 305 มิลลิเมตร พร้อมมอเตอร์ปั๊มน้ำ มีแผ่นความเย็น (Cool ad) ขนาดกว้าง 225 มิลลิเมตร สูง 270 มิลลิเมตร หนา 50 มิลลิเมตร และมีสวิตช์รีโมตคอนโทรลในการควบคุมการทำงาน โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงาน พัดลมจะดูดลมร้อนจากภายนอกผ่านแผ่นความเย็น ทำให้กลายเป็นลมเย็นที่มีความชื้นสูง เมื่อลมเย็นที่มีความชื้นสูงเคลื่อนที่ผ่านคอยล์เย็นจะทำให้กลายเป็นลมเย็นที่มีความชื้นลดลง กลายเป็นหยดน้ำตกลงไปในภาชนะบรรจุน้ำทำให้น้ำเป็นน้ำเย็นเพิ่มขึ้น และลมเย็นที่มีความชื้นลดลงจะเคลื่อนที่ออกไปสู่อีกด้านหนึ่งของเครื่องปรับอากาศจึงทำให้สามารปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 1. แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองของเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น

ที่	ประสิทธิภาพการทำงาน	$\bar{X}$	SD
1	อุณหภูมิของหน้าคอยล์เย็น (°C)	19.25	0.87
2	แรงดันไฟฟ้า (V)	220.0	0.00
3	กระแสไฟฟ้า (A)	4.40	0.00
4	ระยะเวลาในใช้งานเครื่องปรับอากาศ (ชั่วโมง)	1.00	0.00
5	พลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองในเวลา 1 ชั่วโมง (kWH)	0.97	0.00
	หมายเหตุ: อุณหภูมิน้ำเย็น 15 องศาเซลเซียส		

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็นสามารถปรับอากาศมีอุณหภูมิได้เท่ากับ 19.25 องศาเซลเซียส ที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กินกระแสไฟฟ้าจำนวน 4.40 แอมแปร์ และสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าไปทั้งสิ้น 0.97 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ในเวลา 1 ชั่วโมง

5. เอกสารอ้างอิง

[1] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2553). **เครื่องปรับอากาศ.** [ออนไลน์]; แหล่งที่มาของข้อมูล: http://th.wigipedia.org/wiki/. (23 เมษายน 2555).

[2] Electriceshop.(2557). **พัดลมไอเย็น M Kool.** [ออนไลน์]; แหล่งที่มาของข้อมูล: http://ei-center.tarad.com/product-th-697840-พัดลมไอเย็น+M+KooL.html (3 พฤศจิกายน 2557).

[3] Krabiair. (2553). **ประเภทของเครื่องปรับอากาศ.** [ออนไลน์]; แหล่งที่มาของข้อมูล: http://www.krabiair.com/component/content/190.htm?task=view. (3 พฤศจิกายน 2555).

[4] Rung- ruengair. (2555). **ความรู้เกี่ยวกับการทำงานของระบบทำความเย็น.** [ออนไลน์]; แหล่งที่มาของข้อมูล: http://www. Rung-ruengair.com/new/informationair.html. (3 พฤศจิกายน 2555).

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การประยุกต์วิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สอดคล้องกับพื้นฐานวิศวกรรมหลายสาขา

An Applied Course of Computer Programming in Accordance with Various Engineering Basis

ยุพดี หัตถสิน[1], ทวีทรัพย์ บรรณสาร[2], ทศพล จันทร์แดง[3], ธีระยุทธ บุนนาค

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: UHT@rmutl.ac.th[1], thwee_kub01@hotmail.com[2], thodsapon_john@hotmail.com[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนแก่นักศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ โดยโครงการสอนนี้ประกอบไปด้วย รูปเล่มโครงการสอน ใบเตรียมการสอน คู่มือการเรียนทฤษฎี แบบฝึกหัดประจำสัปดาห์ด้วยโจทย์เชิงวิศวกรรม สื่อการสอนด้วย Microsoft PowerPoint และสื่อการสอนออนไลน์ E-Learning การทำโครงการได้เริ่มต้นจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีการออกแบบรูปเล่มโครงการสอน มีการสร้างเนื้อหาประกอบการสอนทฤษฎีให้สอดคล้องกับโครงการสอน มีการค้นคว้าโจทย์แบบฝึกหัดจากหลากหลายสาขาวิชาวิศวกรรม มีการเลือกสรร มีการประยุกต์ให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนในวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีการสร้างแบบฝึกหัดด้วยโจทย์เชิงวิศวกรรมจากหลากหลายสาขาวิชา อีกทั้งมีการจัดทำสื่อการสอนออนไลน์หรือ E-Learning ซึ่งประกอบไปด้วยแบบฝึกหัดจากโจทย์ดังกล่าวและสไลด์ประกอบการสอน เพื่อให้นักศึกษาสามารถศึกษาและทบทวนได้ด้วยตนเอง การประเมินผลจะใช้วิธีสร้างแบบประเมินสำหรับอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์เจ้าของวิชา และนักศึกษาจากหลายสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โดยผลการประเมินจากอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญอยู่ในเกณฑ์ปานกลางนั่นคือ 60% จากอาจารย์เจ้าของวิชา อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูงมากนั่นคือ 100% และจากนักศึกษาในส่วนของการสอนในห้องเรียนอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าปานกลางเล็กน้อยนั่นคือ 66.6% และในของ E-Learning อยู่ในเกณฑ์สูงกว่าปานกลางมากนั่นคือ 77.06% ตามลำดับ

Abstract

This teaching project is developed with the aim to support a teaching course to students in Engineering course at the Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Northern campus, Chiang Mai. This approach consists of a teaching format book, a teaching course document, a guide of theory learning, weekly exercises based on Weekly exercises with engineering problems, learning materials based on Microsoft PowerPoint and E-Learning. The process of this teaching project started from: studying in the related research, designing on a teaching format book, applying the theory contents according to the teaching project, ascertaining the various types of problem in engineering for exercise, assorting and applying to the teaching concept of a course as Computer Programming for Engineer, creating the engineering exercises based on various type of Majors, and manipulating on the teaching materials for E-Learning which have those exercises and the teaching presentation to support the student able to study and revise their own. The evaluation will be used to create questionnaires for a specialist, a teacher of this subject, and students from several engineering disciplines. The evaluation result from the specialist indicates that a medium gain as 60%, from a native subject's instructor shows rather large gain as 100%, from students in the classroom are a high than average gain as 66.6% and in the E-Learning within the higher than average gain as 77.06%, respectively.

***Keywords*:** computer programming, teaching program, E-Learning.

1. บทนำ

งานวิจัยนี้ถูกประยุกต์ขึ้นเพื่อใช้เป็นโครงการสอนสำหรับการเรียนการสอนแก่นักศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ ในวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รหัส 30010104 ซึ่งปัญหาหลักในการสอนนักศึกษาจากหลายๆ สาขาวิชาวิศวกรรมก็คือ การเข้าใจพื้นฐานเนื้อหาวิชาของนักศึกษาที่แตกต่างกัน และความสามารถประยุกต์หลักการเขียนโปรแกรมให้เข้ากับสภาวะหรือธรรมชาติของสาขาวิชานั้นๆ ของนักศึกษาก็แตกต่างกันด้วย อีกทั้งวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวถูกบังคับใช้ให้เป็นวิชาชีพพื้นฐานพื้นฐานวิชาชีพสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมทุกสาขาวิชา

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงอาศัยแนวความคิดที่จะช่วยนักศึกษาให้สามารถเข้าใจถ่องแท้ถึงการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แม้ว่าจะมาจากหลากหลายสาขาวิชาก็ตาม เพื่อช่วยประสานหรือประยุกต์ให้เข้ากันได้ระหว่าง เนื้อหาวิชาดังกล่าว กับ การสร้างแบบฝึกหัดประจำสัปดาห์ที่เป็นโจทย์เชิงวิศวกรรมสำหรับทุกๆ สาขาวิชา โดยให้เกิดขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อกลางการสอนและการเรียนสำหรับนักศึกษา อีกทั้งมีการประยุกต์ใช้สื่อสไลด์และประยุกต์ใช้สื่อการสอนออนไลน์ E-Learning มาประกอบร่วมด้วย โดยงานวิจัยเริ่มจากการศึกษางานวิจัยด้านการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้อง การออกแบบรูปเล่มโครงการสอน การสร้างเนื้อหาประกอบการสอนเชิงทฤษฎีและปฏิบัติให้สอดคล้องกับโครงการสอน การค้นคว้าโจทย์แบบฝึกหัดจากหลากหลายสาขาวิชาวิศวกรรมโดยเลือกสรรและ

นำมาประยุกต์ให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนในวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และรวมถึงการจัดทำสื่อต่างๆ ดังกล่าวซึ่งประกอบไปด้วยแบบฝึกหัดด้วยโจทย์เชิงวิศวกรรม เพื่อให้นักศึกษาจากหลากหลายสาขาวิชาวิศวกรรมสามารถศึกษาและทบทวนได้ด้วยตนเอง

โครงการสอนดังกล่าวจะต้องนำไปใช้ทดสอบกับนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกสาขาวิชา อีกทั้งมีการทำแบบฝึกหัดประจำสัปดาห์ด้วยโจทย์ปัญหาเชิงวิศวกรรม ส่วนการประเมินผลโครงการสอนจะประเมินโดยอาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมที่มีความเชี่ยวชาญ และประเมินโดยการสอบของกลุ่มนักศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมหลายกลุ่ม

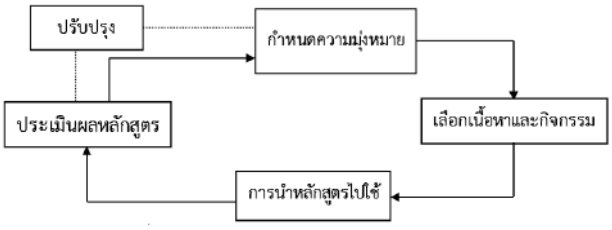
2. หลักการที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาคน พัฒนาพลเมืองของประเทศให้มีคนมีคุณธรรมตามที่กำหนด ดังนั้น การศึกษาของประเทศไทย ถือว่าหลักสูตรเป็นเรื่องที่สำคัญ เพราะหลักสูตรจะกำหนดทิศทางของการศึกษาไทย ในการที่จะให้ความรู้ถ่ายทอดวัฒนธรรม การเสริมสร้างทักษะ การปลูกฝังเจตคติ ค่านิยม และการเสริมสร้างความเจริญเติบโตให้แก่ผู้เรียนให้พัฒนาไปในทุกๆ ด้าน จากความสำคัญของหลักสูตรดังกล่าว โดย [1] สรุปไว้ดังนี้

ก) หลักสูตรเป็นแผนปฏิบัติงานหรือเครื่องชี้แนวทางปฏิบัติงานของผู้สอน เพราะหลักสูตรจะกำหนดจุดมุ่งหมาย เนื้อหาสาระ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและประเมินผลไว้เป็นแนวทาง

ข) หลักสูตรเป็นข้อกำหนดส่วนรวมของประเทศ เพื่อนำไปสู่ความมุ่งหมายตามแผนการศึกษาชาติ

ในขณะที่ [2] ได้ให้ความเห็นว่าองค์ประกอบของหลักสูตรคือ ความมุ่งหมาย (Objectives), เนื้อหา (Content), และ การนำหลักสูตรไปใช้ (Curriculum Implementation) เท่านั้นดังแสดงในรูปที่ 1



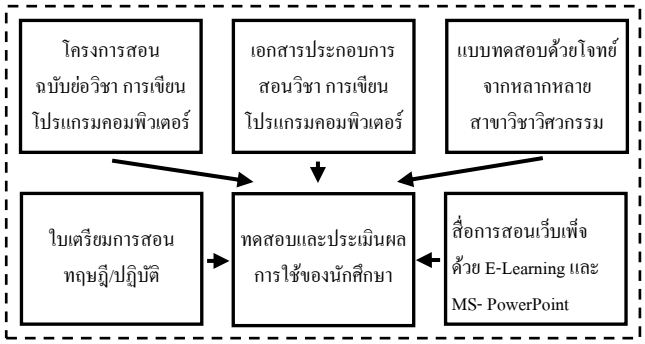
รูปที่ 1. องค์ประกอบหลักสูตร[2]

3. วิธีการสร้างโครงการสอน

ภาพรวมกรอบแนวคิดแบบร่างการพัฒนาโครงการสอน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งในโครงการสอนจะประกอบด้วยหน่วยเรียนดังนี้

หน่วยที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบคอมพิวเตอร์
หน่วยที่ 2 โครงสร้างและไวยากรณ์ของภาษาคอมพิวเตอร์
หน่วยที่ 3 การเขียนโปรแกรมแบบ Conditions
หน่วยที่ 4 การเขียนโปรแกรมแบบ Loops
หน่วยที่ 5 การเขียนโปรแกรมแบบ Pointer และ Array
หน่วยที่ 6 การเขียนโปรแกรมแบบ Function
หน่วยที่ 7 การเขียนโปรแกรมแบบ Text File
หน่วยที่ 8 การเขียนโปรแกรมแบบ Structure
หน่วยที่ 9 การประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางวิศวกรรม

จากรูปที่ 3 มีการประยุกต์และสร้างแบบฝึกหัดให้สอดคล้องกับการใช้งานจริงในแต่ละสาขาวิชาวิศวกรรม เช่น กรณีวิศวกรรมโยธา ก็เป็นแบบฝึกหัดการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับการคำนวณวัสดุก่อสร้างและรูปทรงเลขาคณิต, กรณีวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ก็เป็นแบบฝึกหัดการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับการคำนวณความชื้นและมลภาวะ, กรณีวิศวกรรมแม่พิมพ์ ก็เป็นแบบฝึกหัดการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับการคำนวณด้านสูตรการหล่อแบบและวัสดุทางวิศวกรรม, กรณีวิศวกรรมเครื่องกล ก็เป็นแบบฝึกหัดการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับการคำนวณกลศาสตร์และวัสดุสินค้าเกี่ยวกับเครื่องกล, กรณีวิศวกรรมอุตสาหการ ก็เป็นแบบฝึกหัดการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับการคำนวณด้านระบบการจัดการและวัสดุการเขียนแบบ, กรณีวิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและชีวภาพ ก็เป็นแบบฝึกหัดการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับการคำนวณด้านการส่งแรงและสีของพืช, กรณีวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ก็เป็นแบบฝึกหัดการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับการคำนวณความเร็วซีพียูและวัสดุคอมพิวเตอร์ เป็นต้น



รูปที่ 2. กรอบแนวคิดโครงสร้างการพัฒนาโครงการสอน



รูปที่ 3. การประยุกต์แบบฝึกหัดให้ครอบคลุมกระบวนวิชาตามหลักสูตรวิศวกรรมทุกสาขาวิชา

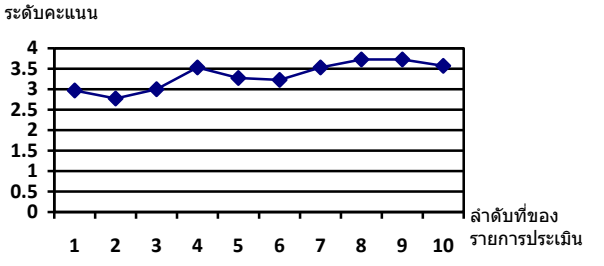
โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานจากทั้ง 9 หน่วยเรียน มาออกแบบให้เป็นแบบฝึกหัด แล้วนำเอาบางส่วนของโครงการสอนไปทดสอบใช้สอนกับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตที่เรียนวิชานี้ จำนวน 7 สาขาวิชาวิศวกรรม ได้แก่

1) วิศวกรรมเครื่องกล 2) วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
3) วิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและชีวภาพ 4) วิศวกรรมแม่พิมพ์
5) วิศวกรรมโยธา 6) วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
7) วิศวกรรมอุตสาหการ

มีการนำบางส่วนของโครงการสอนมาใช้งานสอนจริงในภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2556 โดยนักศึกษาจากสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและชีวภาพ ชั้นปีที่ 1 ของหลักสูตร 4 ปี กับสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลชั้นปีที่ 3 ของหลักสูตรเทียบโอน รวมทั้งหมด 40 คน ทำการทดลองเรียนและทำการประเมินในหน่วยที่ 3 การเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข (Conditions)

อีกทั้งมีการประยุกต์สร้าง E-Learning ด้วยวิชาเรียนชื่อ “Computer Programming for Engineering (ยุพดี หัตถสิน)” ภายใต้การสนับสนุนด้านการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ ที่ชื่อ http://elearning.rmutl.ac.th/main/ ซึ่งมีการสร้างสไลด์สื่อการสอนด้วย PowerPoint มีการสร้างแบบฝึกหัดท้ายบทชนิดปรนัยสุ่มเลือกโจทย์ได้ พร้อมมีเฉลยหลังทำการทดสอบ

มีการนำบางส่วนของโครงการสอนที่อยู่บน E-Learning ไปทดสอบใช้งานจริงกับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตที่เรียนวิชา การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 สาขาวิชาวิศวกรรมในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2556 โดยนักศึกษามาจากสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 1 ของหลักสูตรเทียบโอนจำนวน 43 คน สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ชั้นปีที่ 1 ของหลักสูตร 4 ปีจำนวน 36 คน และสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลชั้นปีที่ 3 ของหลักสูตรเทียบโอน จำนวน 33 คน

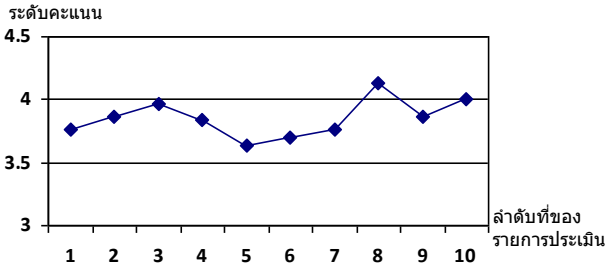


1 เอกสารบอกวัตถุประสงค์ หัวข้อการสอน และสอนตรงตามกำหนดการสอน
2 เอกสารสามารถอธิบาย หรือยกตัวอย่างประกอบการสอนให้เห็นจริงหรือชัดเจน
3 เอกสารประกอบการเรียน มีความเพียงพอ/ครบถ้วน/เหมาะสม/สวยงาม
4 เนื้อหาตรงตามวัตถุประสงค์ และกำหนดการสอน
5 เนื้อหาจัดลำดับเรื่องที่สอนให้ง่ายต่อการเข้าใจ
6 สื่อการสอน ช่วยเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหา
7 สื่อการสอน สามารถจูงใจให้ผู้เรียนอยากเรียนได้เป็นอย่างดี
8 แบบฝึกหัดท้ายบท ช่วยกระตุ้นการคิด การวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา
9 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ได้รับมอบหมายเหมาะสมกับเวลา
10 มีตัวอย่างช่วยเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น

รูปที่ 4. กราฟค่าเฉลี่ยการประเมินการใช้งานจริง

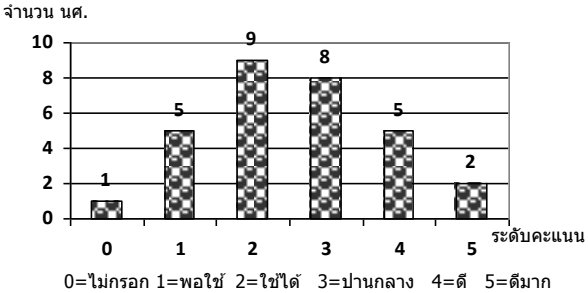
4. ผลการทดลอง

การประเมินโครงงานการพัฒนาโครงการสอน วิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีการทำแบบประเมินสำหรับ ผู้เชี่ยวชาญคือ ผศ. อุดม สุธาคำ และเจ้าของวิชาคือ ดร.ยุพดี หัตถสิน อีกทั้ง เพื่อเป็นการทดสอบว่าโครงการสอนที่ทำการพัฒนาขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพและสามารถที่จะนำไปใช้งานได้ตามจุดประสงค์จริง จึงมีการทำแบบประเมินโดยนำโครงการสอนไปทดสอบใช้งานประกอบการสอนจริงทำการประเมินโครงการสอนกับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตที่เรียนวิชา การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ จำนวน 7 สาขาวิชาวิศวกรรม ได้แก่ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและชีวภาพ วิศวกรรมแม่พิมพ์ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และวิศวกรรมอุตสาหการ ในภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2556 โดยนักศึกษาจากสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและชีวภาพ ชั้นปีที่ 1 ของหลักสูตร 4 ปี กับสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลชั้นปีที่ 3 ของหลักสูตรเทียบโอนรวมทั้งหมด 30 คนทำการทดลองเรียนและทำการประเมินในหน่วยที่ 3 การเขียนโปรแกรมแบบเงื่อนไขโดยมีรายการประเมินดังรูปที่ 4



1 การจัดวางเนื้อหาง่ายต่อการเข้าใจ
2 เนื้อหาวิชาสมบูรณ์ครบถ้วน ถูกต้อง
3 ความเหมาะสมของการจัดลำดับเนื้อหา
4 เนื้อหาวิชาครอบคลุมวัตถุประสงค์
5 เนื้อหาวิชาทำให้เกิดการพัฒนาการเรียนรู้
6 รายละเอียดของเนื้อหาวิชาจัดเรียงลำดับความยาก/ง่าย
7 การใช้คำและภาษาชัดเจน
8 แบบฝึกหัดและแบบทดสอบสอดคล้องกับเนื้อหา
9 แบบฝึกหัดและแบบทดสอบมีครบทุกหัวข้อ
10 บทเรียนช่วยให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ในรายวิชาที่เรียน

รูปที่ 5. กราฟค่าเฉลี่ยการประเมิน E-Learning



รูปที่ 6. ผลคะแนนการทำแบบทดสอบของนักศึกษา 30 คน

จากการเข้าใช้งาน E-Learning ของนักศึกษาทั้ง 3 สาขาวิชาดังกล่าว มีการเข้าใช้งานโดยการเรียนด้วยตนเองผ่านเว็บเพ็จอยู่ภายใต้การสนับสนุนด้านการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ ที่ชื่อ http://elearning.rmutl.ac.th/main/ เพื่อในการทำแบบทดสอบสัปดาห์ที่ 9 เรื่อง การเขียนโปรแกรมแบบ Pointer และ Array ได้ผลลัพธ์ที่ประเมินการใช้งานและแสดงเป็นกราฟค่าเฉลี่ยการประเมิน E-Learning โดยมีรายการประเมินดังรูปที่ 5-7 ตามลำดับ



รูปที่ 7. หน้าเว็บการสอนด้วย E-Learning

5. สรุป

จากการประยุกต์วิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สอดคล้องกับพื้นฐานวิศวกรรมหลายสาขา ทำให้มีความต้องการปรับปรุงโครงการสอนเดิมจากวิชา การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้มีความเหมาะสมกับการเรียนการสอนในหลากหลายสาขาวิชาวิศวกรรม และได้พัฒนาโครงการสอนที่มีผลการประเมินโครงงานมีทั้งหมดอยู่ 3 ส่วน คือ 1) ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญได้ผลคะแนนเฉลี่ยคือ 3.00 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางหรือคิดเป็น 60% และผลการประเมินจากเจ้าของวิชาได้ผลคะแนนเฉลี่ยที่ได้คือ 5.00 หรือคิดเป็น 100%, 2)ผลการประเมินจากการทดสอบใช้งานประกอบการสอนจริง ได้ผลคะแนนเฉลี่ยที่ได้คือ 3.33 หรือคิดเป็น 66.6%, และ 3)ผลการประเมินจากสื่อการสอน E-Learning ได้ผลคะแนนเฉลี่ยที่ได้คือ 3.853 หรือคิดเป็น 77.06 % ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

[1] วรวรรณ เสนาวงศ์. หลักสูตรและการพัฒนารายวิชา. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ, 2548.

[2] สุมิตร คุณานุกร. หลักสูตรและการสอน. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

[3] จักรภพ ใหม่เสน และคณะ, ประมวลการสอนทฤษฎีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รหัส 04-251-217. เชียงใหม่ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ, 2543.

[4] ปรียากร ทิพวัย และคณะ, การโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รหัส 04-720-101,09-050-101 และ 30-070-101. เชียงใหม่ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ, 2553.

[5] ยุพดี หัตถสิน และคณะ, การโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รหัส 30-010-104. เชียงใหม่ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ, 2555.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้โปรแกรม LabVIEW

DC Motor Control by using LabVIEW Program

ยุทธนา กันทะพะเยา[1] และเฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์[2]

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

E-mail: yutthana.k@rmutsb.ac.th[1], chal_wiwat@yahoo.com[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ศึกษาและสร้างชุดการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้โปรแกรม LabVIEW เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติการระบบควบคุม การออกแบบระบบควบคุมวงรอบปิด ใช้วิธีการของซิกเลอร์-นิโคลล์ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบพีไอและพีไอดี การทดสอบการทำงานสามารถกำหนดคำสั่งการควบคุมได้จากโปรแกรม LabVIEW รวมถึงมีหน้าจอแสดงผล เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบ ผลการทดสอบพบว่าระบบควบคุมที่นำเสนอสามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น เมื่อกำหนดคำสั่งควบคุมความเร็วของมอเตอร์ 2,240 rpm ด้วยตัวควบคุมแบบพีไอ ระบบใช้มีเวลาเข้าที่เท่ากับ 3.5 s และกรณีใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี ใช้เวลาเข้าที่เท่ากับ 3 s ตามลำดับ

Abstract

This paper study and construct a DC motor control by using a LabVIEW program. This is used for an education course in the control system laboratory. Ziegler-Nichols technique is used for the close loop control system design. In this technique, it is used to find the parameter of the PI and PID controller. Experiment is performed by setting a speed command and monitoring of the system operating on a LabVIEW program. The experimental results, the proposed control system can be controlled the DC motor operation tracking to command setting. For example, setting a speed command 2,240 rpm with the PI controller the system has a 3.5s settling time. In the case of the PID controller, the settling time equals 3s, respectively.

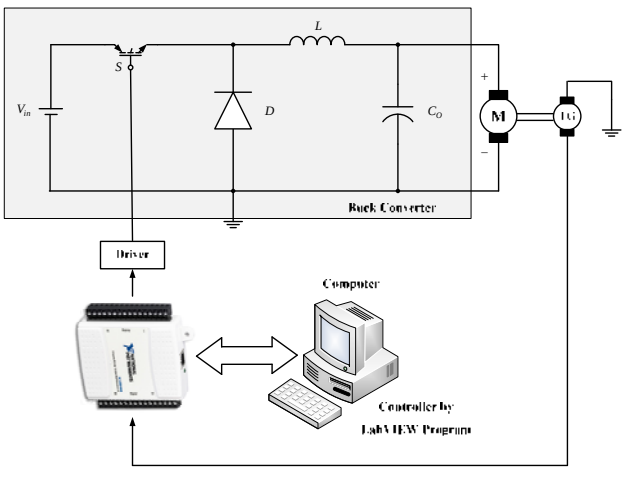
***Keywords*:** DC motor, PI controller, PID controller, LabVIEW program

1. บทนำ

ปัจจุบันมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างเช่น การนำไปใช้ในงาน รถไฟฟ้า หุ่นยนต์ และเครื่องเจาะเป็นต้น สำหรับการดำเนินงานวิจัยทางด้านการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงได้นำเสนอมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน [1-4] เป้าประสงค์ เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด สำหรับการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้ามีวิชาปฏิบัติการระบบควบคุม พลานต์ที่นำมาศึกษา เพื่อออกแบบระบบควบคุมก็ใช้พลานต์พื้นฐานที่มีใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป เช่น การควบคุมทิ้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ การควบคุมของเหลวและอุณหภูมิ สำหรับบทความนี้จะศึกษาเฉพาะการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อต่อจากนี้

2. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ส่วนประกอบของการควบคุมมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟฟ้าใช้วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบบั๊ก สัญญาณป้อนกลับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ใช้เทคโคเจนเนอร์เลเตอร์ตรวจจับความเร็วส่งสัญญาณ ผ่านการ์ด DAQ รุ่น NI USB-6008 ขนาดความละเอียด 12 บิต ไปยังคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ทำหน้าที่คำนวณคำสั่งการควบคุมและแสดงผลการทำงาน แผนภาพบล็อกการควบคุมการทำงานแสดงดังรูปที่ 2 ประกอบด้วยตัวชดเชยค่าความผิดพลาด ($G_C(s)$) ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบบั๊ก ($G_P(s)$) ฟังก์ชันถ่ายโอนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ($G_M(s)$) และอัตราขยายของเทคโคเจนเนอร์เลเตอร์ ($G_F(s)$) ส่วนรายละเอียดหน้าจอแสดงผลการทำงานและป้อนคำสั่งการควบคุมแสดงดังรูปที่ 3 ประกอบด้วยตำแหน่งการใส่คำสั่งการควบคุม (Set point) ตำแหน่งการใส่ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม (PID gain) และหน้าจอแสดงผลการทำงานเป็นต้น ส่วนระบบที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 4 ตามลำดับ

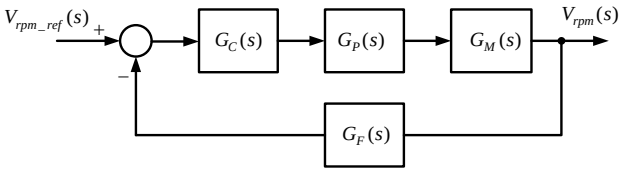


รูปที่ 1. ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

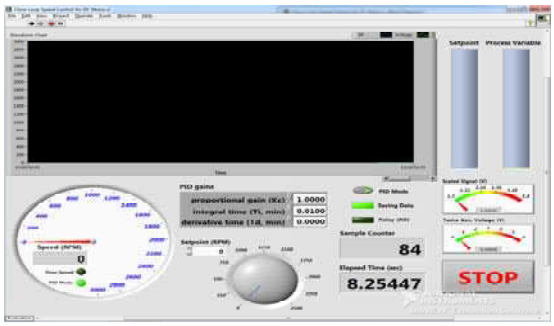
บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand



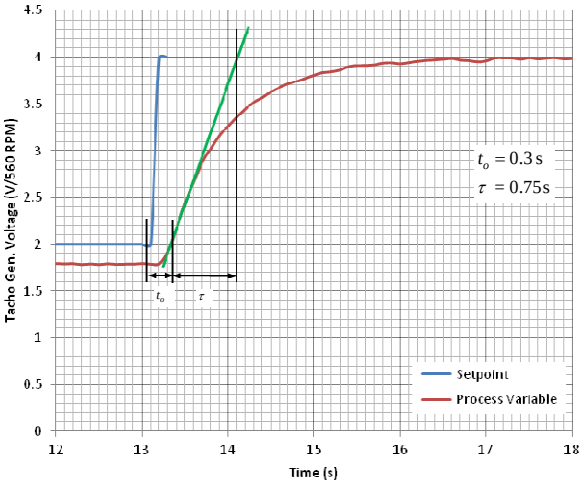
รูปที่ 2. แผนภาพบล็อกควบคุมการทำงาน



รูปที่ 3. หน้าจอแสดงผลการทำงานและป้อนคำสั่งการควบคุม



รูปที่ 4. ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 5. ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

3. การออกแบบค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม

ในการออกแบบค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม เพื่อขจัดค่าความผิดพลาดของระบบ ในงานวิจัยนี้จะใช้หลักการของซิกเลอร์-นิโคลส์ แบบโปรเซสรีแอคชันเคิร์ฟ [5] สำหรับการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม เพราะว่าวิธีการดังกล่าวไม่ยุ่งยากและซับซ้อน และเหตุผลอีกประการ

ตารางที่ 1. การหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแต่ละแบบ

ตัวควบคุมแบบ	K_P	T_i (s)	T_d (s)
พี	$\frac{\tau}{t_o}$	-	-
พีไอ	$0.9\frac{\tau}{t_o}$	$\frac{t_o}{0.3}$	-
พีไอดี	$1.2\frac{\tau}{t_o}$	$2t_o$	$0.5t_o$

ตารางที่ 2. ค่าพารามิเตอร์ของการควบคุมแต่ละแบบ

ตัวควบคุมแบบ	K_P	T_i (s)	T_d (s)
พี	2.25	-	-
พีไอ	2.025	1	-
พีไอดี	3	0.6	0.15

เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นโหลดชนิดไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้น การหาฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบที่แม่นยำ เพื่อนำมาออกแบบหาค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมนั้นค่อนข้างจะยุ่งยาก หากฟังก์ชันถ่ายโอนที่ได้รับไม่ถูกต้องย่อมส่งผลต่อการควบคุมการทำงานของมอเตอร์

การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแสดงดังตารางที่ 1 ส่วนวิธีการหาค่าคงที่ของเวลา t_o และ τ นั้น ดำเนินการโดยการป้อนสัญญาณทดสอบแบบขั้นเข้าไปในระบบ แสดงดังรูปที่ 5 จากนั้นสามารถอ่านค่า เวลา t_o ได้เท่ากับ 0.3 s และ τ ได้เท่ากับ 0.75 s เมื่อได้เวลาดังกล่าว แล้วก็สามารถนำไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมได้ดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 สามารถเขียนสมการของตัวควบคุมแบบพีไอได้ดังนี้

$$G_C(s) = K_P(1+\frac{1}{sT_i}) \quad (1)$$

เมื่อ

$$K_P = 0.9\frac{\tau}{t_0} = 0.9\frac{0.75}{0.3} = 2.25$$

$$T_i = \frac{t_0}{0.3}\times\frac{1}{60} = \frac{0.3}{0.3}\times\frac{1}{60} = 0.0167\,\text{min}$$

$$G_C(s) = 2.25(1+\frac{1}{0.0167s}) \quad (2)$$

เช่นเดียวกันจากตารางที่ 2 สามารถเขียนสมการของตัวควบคุมแบบพีไอดีได้ดังนี้

$$G_C(s) = K_P(1+\frac{1}{sT_i}+T_d s) \quad (3)$$

เมื่อ

$$K_P = 1.2\frac{\tau}{t_0} = 1.2\frac{0.75}{0.3} = 3$$

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

$$T_i = 2t_0 \times \frac{1}{60} = 2 \times 0.3 \times \frac{1}{60} = 0.01\,\text{min}$$

$$T_d = 0.5t_0 \times \frac{1}{60} = 0.5 \times 0.3 \times \frac{1}{60} = 0.0025\,\text{min}$$

$$G_C(s) = 3\left(1 + \frac{1}{0.01s} + 0.0025s\right) \quad (4)$$



รูปที่ 6. การต่อระบบเพื่อทดสอบการทำงาน

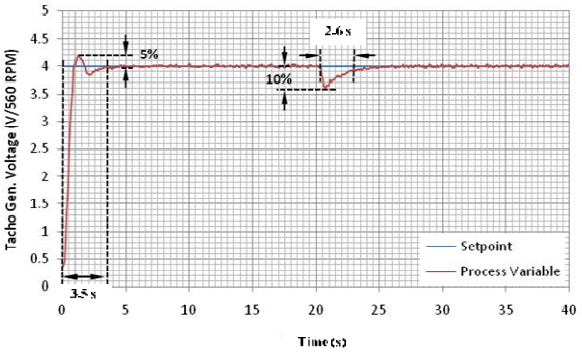
ตารางที่ 3. ค่าพารามิเตอร์ของระบบ

พารามิเตอร์	รายละเอียด
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	190V/25W
วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบบั๊ก	200V/200W
ตัวตรวจจับความเร็ว	1V/550 rpm
โปรแกรม LabVIEW	Version 2011
การ์ด DAQ	NI USB-6008
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	190V/25W
โหลด	20W

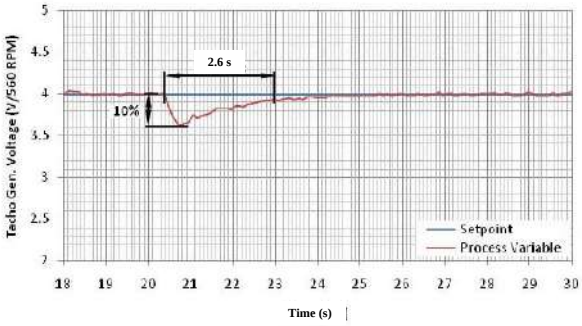
4. ผลการทดสอบการทำงาน

ทดสอบการทำงานของระบบดำเนินการโดยการกำหนดคำสั่งควบคุมให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วประมาณ 2,240 rpm ซึ่งเทคโคเจนเนอร์เลเตอร์จะส่งแรงดันออกมาประมาณ 4 V เพื่อเป็นคำสั่งการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ สำหรับการทดสอบแสดงค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในตารางที่ 3 การติดตั้งและการต่อวงจรแสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งด้านโรเตอร์ของมอเตอร์จะต่ออยู่กับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยเครื่องกำเนิดนี้จะเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับหลอดไฟฟ้า ผลลัพธ์ที่ได้คือ ให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่เป็นโหลดทางกลให้กับมอเตอร์นั้นเอง

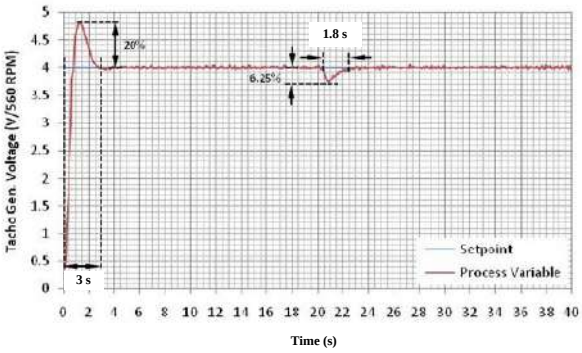
ขั้นตอนการทดสอบเมื่อควบคุมให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วตามที่กำหนดแล้ว จะทดสอบผลการตอบสนองของระบบ เพื่อประเมินค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่ออกแบบ ดำเนินการโดยใส่สัญญาณรบกวนเข้าไปในระบบ นั้นคือให้เครื่องกำเนิดจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับหลอดไฟฟ้าขนาด 20 W อย่างทันทีทันใด จากนั้นตรวจสอบผลการตอบสนองของระบบ ในประเด็นของ ความเร็วและช่วงเวลาเข้าที่ของระบบ



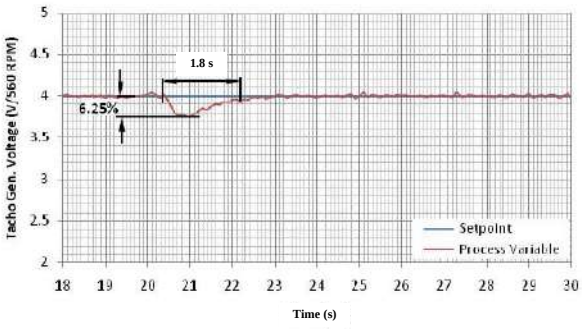
รูปที่ 7. ผลการทดสอบกรณีใช้ตัวควบคุมแบบพีไอ



รูปที่ 8. ภาพขยายกรณีใช้ตัวควบคุมแบบพีไอ



รูปที่ 9. ผลการทดสอบกรณีใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี



รูปที่ 10. ภาพขยายกรณีใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี

ผลการทดสอบกรณีใช้ตัวควบคุมแบบพีไอ แสดงดังรูปที่ 7 มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วเกินเป้าหมายไป 5% (112 rpm) หรือ 2,352 rpm จากนั้นตัวควบคุมสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนเข้าสู่เป้าหมายโดยใช้เวลาเข้าสู่

ที่ประมาณ 3.5 s กรณีมีการรบกวนเข้ามาระบบโดยให้เครื่องกำเนิดจ่ายพลังงานไฟฟ้า อย่างทันทีทันใด พบว่าความเร็วของมอเตอร์ลดลงประมาณ 10% (224 rpm) หรือมอเตอร์หมุนอยู่ที่ความเร็ว 2,016 rpm จากนั้นจึงเข้าสู่สภาวะคงตัวโดยใช้เวลาเข้าที่ประมาณ 2.6 s ส่วนภาพขยายกรณีมีการรบกวนเข้ามาในระบบดังรูปที่ 8

เมื่อใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วเริ่มต้นเกินเป้าหมายไป 20% (448 rpm) หรือหมุนที่ความเร็ว 2,688 rpm จากนั้นจะเข้าสู่เป้าหมายใช้เวลาเข้าที่ประมาณ 3 s เช่นเดียวกันกรณีมีการรบกวนเข้ามาในระบบ ตัวควบคุมสามารถควบคุมให้มอเตอร์ทำงานโดยใช้เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว 1.8 s ขณะที่มอเตอร์มีความเร็วลดลงประมาณ 6.25% (140 rpm) หรือมอเตอร์หมุนอยู่ที่ความเร็ว 2,100 rpm จากที่กำหนดไว้ 2,240 rpm ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ

5. สรุป

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้โปรแกรม LabVIEW ที่นำเสนอในบทความนี้ ผลการทดสอบการทำงานของระบบจะเห็นได้ว่าสามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้ตามคำสั่งที่กำหนด ทั้งกรณีทำงานในสภาวะคงตัวและกรณีที่มีการรบกวนเข้ามาในระบบ ดังนั้นจึงเหมาะสม เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติการระบบควบคุม

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายวีรยุทธ หลู่สูงเนิน และว่าที่ร้อยตรี ศุทธ์ธี ดวงงามยิ่ง ที่ช่วยดำเนินการประกอบชุดทดลองจนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] Ahmed Rubaai and Raj Kotaru, “Online Identification and Control of a DC Motor Using Learning Adaptation of Neural Networks,” *IEEE Trans. on Ind. Appl.*, vol.36, no3, pp. 935-942, MAY/JUNE 2000.

[2] Jovitha Jerome, Aravind A.P, Arunkumar V and Balasubramanian P, “LabVIEW based Intelligent Controllers for Speed Regulation of Electric Motor,” *IMTC 2005 – Instrumentation and Measurement Technology Conference Ottawa*, pp. 935-940, May 2005.

[3] Sakda Prommeuan, Sitchai Boonpiyathud and Tianchai Suksri, “Fuzzy Logic based on LabVIEW for Speed Control of Two-Inertia System,” *ICROS-SICE International Joint Conference 2009,* pp. 2867-2870, Aug. 2009.

[4] Manavaalan Gunasekaran and Ramprasad Potluri,“Low-Cost Undergraduate Control Systems Experiments Using Microcontroller-Based Control of a DC Motor,” *IEEE Trans. On Edu.*, vol. 55, no. 4, pp. 508-516, Nov. 2012.

[5] K.J. Astrom and Hagglund, “Revising the Siegler-Nichols step response method for PID control,” Journal of Process Control 14, pp. 635-650, 2004.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ชุดทดลองวิชา การประมวลผลภาพ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

Training Set of Image Processing and Computer Vision

ภาณุเดช ทิพย์อักษร[1], ปรัชญา ปัญญาแก้ว[2], และ ภูวดล คำวงษา[3]

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

E-mail: panudech@rmutl.ac.th[1], nonza_baby@hotmail.com[2], jack-n-electronic@hotmail.com[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน โดยนำเอาเทคโนโลยีด้าน การประมวลผลภาพดิจิทัล(Digital image processing) และหลักการประมวลผลบนราสเบอร์เบอร์รี่ไพ เพื่อนำผลลัพธ์ไปใช้ในการควบคุมต่างๆ โดยใช้กล้องบันทึกภาพ ประมวลผลด้วยราสเบอร์รี่ไพ ด้วยขั้นตอนการประมวลผลภาพ แปลงภาพ ตัดภาพ และนำไปเปรียบเทียบกับเทมเพลต และควบคุมอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อไว้ โดยจะแบ่งออกเป็นการทดลองให้นักศึกษาได้ นำไปทดลอง แบ่งเป็นแต่ละหัวข้อของการทดลองและการค้นคว้า รวมถึงมีการประเมินการวัดผลท้ายการทดลอง จากการทำแบบสอบถามจากนักศึกษา จากการทดลองนักศึกษามีความเข้าใจไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการโปรแกรมอินพุต-เอาต์พุต การส่งสัญญาณไร้สาย เพื่อควบคุมคำสั่ง รวมไปถึงการใช้อินเตอร์เฟสกับโมดูลชนิดต่างๆ ร่วมกับการประมวลผลภาพ และเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มต่อไปในอนาคต

Abstract

This research was aimed to develop one part of a teaching companion for an introduction to Digital Image Processing course. This research used an image processing technology and Raspberry berry pi for processing the content of images. The processing results can be used to output control signals. Images obtained from a web camera were processed by Raspberry pi board. Four steps of learning steps are (i) image conversion, (ii) image crop and (iii) image comparison with the templates, and (iv) control connected devices. Those learning steps are converted into experimental laboratory for students to conduct the experiments and research. Students need to evaluate his/her experimental results at the end. The surveys of students using this teaching companion showed that they had more understanding of the microcontroller on how to use the input/output the wireless transmitter to control and interface with various external hardware modules which can be applied with image processing technology and this can be used as a guide to further study in the future.

Keywords: *raspberry pi, Image Processing*

บทนำ

1. หลักการและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการนำการประมวลผลภาพมาใช้ในการศึกษาวิจัยในหน่วยงานต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ทางการแพทย์ ทางการทหาร เพื่อความสะดวกและแม่นยำในการคำนวณหาผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ จึงมีแนวคิดในการทำโครงการชุดทดลอง เพื่อให้มีความเข้าใจในการใช้งานราสเบอร์รี่ไพ ในการประมวลผลภาพดิจิทัล(Digital image processing) และหลักการเรียนรู้จำภาพ(Image Recognition) การกำหนดเอาต์พุทไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้กล้องบันทึกภาพสัญลักษณ์ แล้วจึงนำไปประมวลผลสัญลักษณ์ภาพออกมาเป็นชุดคำสั่ง ส่งไปยังชุดควบคุมที่เชื่อมต่อไว้

เนื่องจากทฤษฎีการประมวลผลภาพมีหลากหลายรูปแบบ[4] ดังนั้นการนำทฤษฎีมาใช้ในการประมวลผลอย่างเหมาะสมกับงานที่ใช้ ปัจจุบันยังจำกัดอยู่บนคอมพิวเตอร์ที่ต้องใช้หน่วยประมวลผลที่มีความเร็วสูง[1] เพื่อลดขนาดของอุปกรณ์จึงนำอุปกรณ์ประมวลผลขนาดเล็ก ราสเบอร์รี่ไพ[3] เข้ามาใช้ในการประมวลผล ซึ่งเป็น Embedded Linux สามารถโปรแกรมบนเครื่องได้ ทำให้หน่วยประมวลผลมีขนาดเล็กลง โดยสามารถติดตั้งร่วมกับโมดูลขนาดเล็กได้ ขนาดของอุปกรณ์ประมวลผลภาพจึงมีขนาดเล็กลงไปด้วย

จึงมีแนวคิดในการทำโครงการชุดทดลองนี้ขึ้น เพื่อให้มีความเข้าใจในการใช้งานราสเบอร์รี่ไพ ในการประมวลผลภาพดิจิทัล(Digital image processing) และหลักการเรียนรู้จำภาพ(Image Recognition) การกำหนดเอาต์พุทไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้กล้องบันทึกภาพสัญลักษณ์ แล้วจึงนำไปประมวลผลสัญลักษณ์ภาพออกมาเป็นชุดคำสั่ง ส่งไปยังชุดควบคุมที่เชื่อมต่อไว้

2. การออกแบบและสร้างระบบ

ในการออกแบบชุดทดลองประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Hardware และ Software โดยสามารถบรรยายได้เป็น 2 หัวข้อตามลำดับดังนี้

2.1 การออกแบบ Hardware

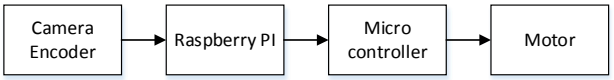
1. Raspberry PI คือ คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ใช้สำหรับออกแบบโปรแกรม เพื่อประมวลผล

2. Microcontroller คือ หน่วยประมวลขนาดเล็ก ใช้ในการประมวลผลอุปกรณ์ต่างๆ

3. Web Cam คือ กล้องบันทึกภาพเชื่อมต่อกับราสเบอร์รี่ไพ

4. SD Card คือ รูปแบบการ์ดที่เป็นหน่วยความจำแบบ non-volatile ใช้ในการเก็บบันทึกค่าการทำงานต่างๆ

5. ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์พร้อมมอเตอร์



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

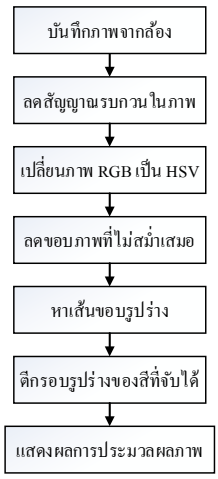
2.2 การออกแบบบทเรียนชุดทดลองประกอบการเรียนการสอน

ในส่วนที่เกี่ยวข้องด้านการประมวลผลภาพแบ่งออกเป็นหัวข้อการทดลอง 5 หัวข้อ ดังนี้

1. การทดลองที่ 1 การควบคุมรถด้วยจอยสติก
2. การทดลองที่ 2 การวัดสัญญาณการหมุนและความเร่ง
3. การทดลองที่ 3 การบังคับรถสองล้อสมดุลไร้สาย
4. การทดลองที่ 4 การเตรียมความพร้อม ราสเบอร์รี่ไพ, การติดตั้งโมดูลกล้อง, OpenCV และการใช้งานฟังก์ชันต่างๆ
5. การทดลองที่ 5 Gray Image , Binary Image และ Histogram
6. การทดลองที่ 6 Edge Detection และ Template Matching
7. การทดลองที่ 7 Scale-Invariant Feature Transform (SIFT)
8. การทดลองที่ 8 Color Tracking

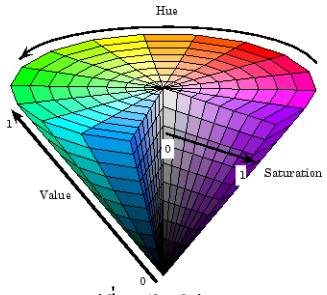
ตัวอย่างโจทย์ใบงาน

ในการออกแบบใบงาน Color tracking ให้กับนักศึกษานั้นทางผู้ทำโครงการจำเป็นต้องทำการทดสอบการเขียนโปรแกรมประมวลผลภาพโดยใช้โมดูลกล้อง CSI (Camera Serial Interface) ซึ่งเป็นกล้องที่สามารถติดตั้งบนบอร์ดทดลอง Raspberry pi ได้นอกจากกล้อง Webcam ทั่วไป



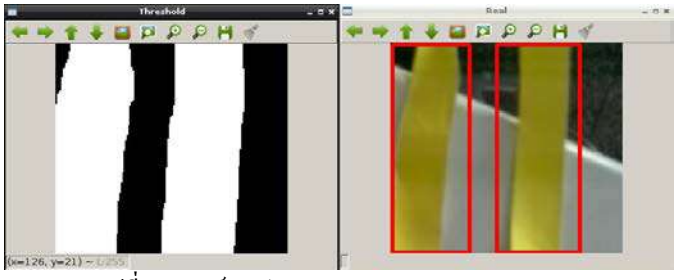
รูปที่ 2 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ Color Tracking

ในบทความนี้ได้นำเสนอการทดลอง Color Tracking โดยจะใช้การอ่านภาพจากกล้องที่ต่อเชื่อมกับราสเบอร์รี่ไพที่ความเร็ว 10 ภาพต่อวินาที (10 Fps) เมื่อสามารถถ่ายภาพได้แล้วจะนำภาพมากรอง(Filter) ด้วยวิธีการของเกาส์เซียน(Gaussian) เพื่อลดสัญญาณรบกวนบนภาพ(Noise) จากนั้นแปลงภาพจากปริภูมิสี RGB ให้เป็นปริภูมสี HSV โดยปริภูมิสี HSV ใช้หลักการแยกความสว่างออกจากเนื้อสีของจุดภาพ แทนค่าด้วยเวกเตอร์สามมิติ มีลักษณะเป็นรูปกรวย ดังรูป



รูปที่ 3 ปริภูมิสี HSV

เมื่อแปลงภาพให้อยู่ในปริภูมิสี HSV ทำการลดขอบภาพโดยใช้วิธีการย่อภาพ(Erosion) และทำการขยายภาพและเติมเต็มหลุมที่เกิดจากการลดขอบภาพที่ไม่สม่ำเสมอกันด้วยวิธีการขยายภาพ(Dilation) ขั้นตอนต่อมาคือการตีกรอบให้กับสีที่ทำการ Tracking ด้วยการใช้คอนโทว์ล (Contour) หาขอบของรูปที่ต้องการ Tracking จากนั้นสร้างกรอบสี่เหลี่ยมจากคอนโทว์ลด้วยมุมสี่มุมทำให้เกิดกรอบบนสีที่ทำการ Tracking ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลลัพธ์การประมวลผลภาพ Color Tracking

3. ผลการทดลอง

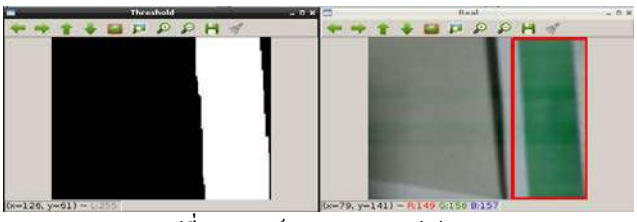
โดยนักศึกษาทั้งหมด 10 คน ได้ทำการทดลอง ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองโดยนักศึกษาทั้งหมด 10 คน

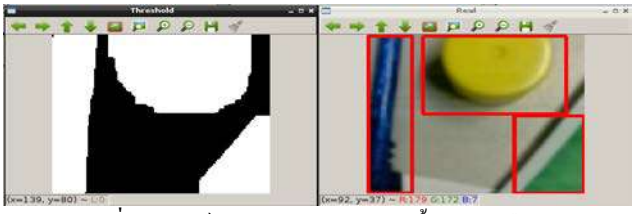
หัวข้อการทดสอบ	จำนวนนักศึกษาที่ทำได้
1. ทดสอบตามใบงานทดลอง	10
2. เปลี่ยนสีที่ใช้ในการประมวลผล	7
3. ปรับเปลี่ยนรูปภาพในการประมวล	6
4. นักศึกษาเข้าใจขั้นตอนการประมวลภาพ	6
5. นักศึกษาสามารถทำโจทย์พิเศษ	5

ตัวอย่างการทดลอง

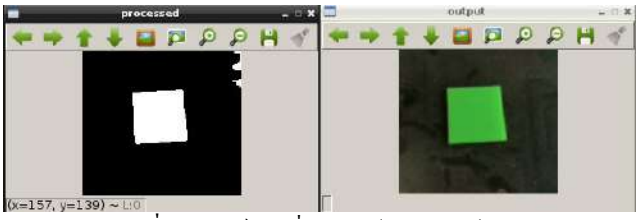
การใช้ Color Tracking ตรวจจับสีที่ได้โดยกำหนดช่วงของสีและทดลองในความเข้มของแสงที่ต่างกันเพื่อศึกษาผลลัพธ์ที่ได้ และจากนั้นศึกษาการตรวจจับจำนวนสีเพิ่มขึ้น นำไปควบคุมร่วมกับ Microcontroller เพื่อควบคุมอุปกรณ์แสดงผลการตรวจจับสีที่ได้ดังรูปด้านล่างนี้



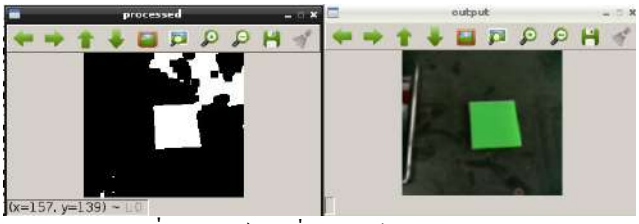
รูปที่ 4 ผลลัพธ์ color tracking สีเขียว



รูปที่ 5 ผลลัพธ์ color tracking สีเขียว สีน้ำเงิน สีเหลือง



รูปที่ 6 ผลลัพธ์ขณะที่มีความเข้มของแสงน้อย



รูปที่ 7 ผลลัพธ์ขณะที่มีความเข้มของแสงมาก

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองให้นักศึกษาทำการทดลองตามการทดลองที่ได้กำหนดไว้นักศึกษาสามารถเขียนโปรแกรมตามตัวอย่างโปรแกรมได้ และสามารถเปลี่ยนสีที่ใช้ในการประมวลผล 70 % การเปลี่ยนลักษณะรูปภาพในการประมวลผล 60 % มีความเข้าใจในการประมวลภาพ 60 % และสามารถทำโจทย์พิเศษเพิ่มเติม 50 % ในส่วน Color tracking นักศึกษาสามารถจะเรียนรู้การตรวจจับสีต่างๆ ผ่านการประมวลผลภาพได้และได้รู้ถึงผลกระทบของสภาพแวดล้อมของแสงที่เกี่ยวข้องที่ตกกระทบวัตถุสีที่ทำการทดลอง และนักศึกษาได้นำการทดลองต่างๆ ไปประยุกต์ควบคุม Microcontroller เพื่อให้ตอบสนองจากผลลัพธ์การประมวลผลภาพได้

เอกสารอ้างอิง

[1] กนิษฐา หงส์พรรคมนุญ, วันทนีย์ จันทร์สมปอง, รัตติยากร ทองจุนเจือ. “ระบบตรวจสอบความบกพร่องของชิ้นงานแบบอัตโนมัติโดยวิธีประมวลผลภาพ”,คณะวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยบูรพา.2551

[2] จันทร์เพ็ญ โทมัส, “การประมวลผลภาพแบบดิจิตอล”, .Available:http://www.physics.kku.ac.th/315490/image%20enhancement1_2008.pdf, [สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2556]

[3] “Adafruit learning raspberry pi”.Available:http://learn.adafruit.com/category/raspberry-pi,[สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2556]

[4] Brian Dipert and Amit Shoham, “Eye Robot”,.Available: http://lifesciences.ieee.org/articles/152-eye-robot-embedded-vision-the-next-big-thing-in-digital-signal-processing,[สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2556]

[5] “SD Card/Micro Adapter Pinout”,Available:http://www.tayloredge.com/reference/Interface/sdpinout.pdf, [สืบค้นเมื่อ 10 ม.ค. 2556]

[6] “NRF24L01 Module Demo ForArduino”, Available:http://www.elecfreaks.com/203.html,[สืบค้นเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2556]

การศึกษาการใช้งานคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสำหรับช่วยสอนในศูนย์การเรียนชุมชนชาวไทยภูเขาแม่ฟ้าหลวง อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน

Study on Raspberry Pi to Computer-Assisted Instruction (CAI) for Mae Fah Luang Hill Tribes Learning Centers, Maesariang District, Maehongson Province.

ศิริลักษณ์ กรุดเงิน[1*],วรจักร์ เมืองใจ[2],และธีรศักดิ์ สมศักดิ์[2]
[1]ส่วนสนับสนุนการดำเนินงานมูลนิธิโครงการหลวง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
[2]วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
E-mail: sirilak28@rmutl.ac.th[1*],worrajak@gmail.com[2],dhirasak@gmail.com[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้งานคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสำหรับช่วยสอนในศูนย์การเรียนชุมชนชาวไทยภูเขาแม่ฟ้าหลวง อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน เพื่อศึกษาการทำงานและปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก สำหรับใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในโรงเรียนห่างไกล ที่มีพลังงานไฟฟ้าและบุคลากรจำกัด โดยทำการศึกษาและทดสอบการทำงานของ Rasberry Pi Model B ทดสอบการทำงานเบื้องต้นโดยใช้ระบบปฏิบัติ การ Raspbian รองรับการใช้งานภาษาไทย ติดตั้งโปรแกรมสำนักงานสำหรับใช้งานเอกสาร โปรแกรมใช้งานมัลติมีเดีย โปรแกรมอ่านเอกสาร โปรแกรมใช้งานอินเตอร์เน็ตและชุดสอนเขียนโปรแกรม ทดสอบติดตั้งในพื้นที่จริงสามารถรองรับการใช้งานพื้นฐานสำหรับการเรียนการสอนได้และลดกำลังการใช้ไฟน้อยลง ราคาถูกและซ่อมบำรุงได้ง่าย แต่ยังพบปัญหาเครื่องทำงานช้าและสื่อการสอนภาษาไทยที่สามารถใช้ได้ยังมีจำนวนจำกัด

Abstract

This research aims at studying feasibility pattern of Raspberry Pi to Computer-Assisted Instruction (CAI) for Mae Fah Luang Hill Tribes Learning Centers, Omkoi District, Maehongson Province. The Raspberry Pi is a small, compact computer system. It could be used as the basis for many different devices. This device install Raspbian OS (v.2013-09-25-wheezy), OpenLibre Program, Snash (Flash Player), PDF Reader, Browser and Studio for Programming by ARM processors (ARM1176JZF-S) speed 700 MHz. From the test results, it was found that these systems are useble to use for Computer-Assisted Instruction.

1. บทนำ

ศูนย์การเรียนชุมชนชาวไทยภูเขาแม่ฟ้าหลวงการจัดการศึกษาเพื่อชุมชนในเขตภูเขา หรือที่เรียกว่า การจัดการศึกษาสำหรับชุมชนบนพื้นที่สูงภายใน ศูนย์การเรียนชุมชนชาวไทยภูเขา“แม่ฟ้าหลวง” (ศศช.) อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยจัดการศึกษาตั้งแต่ระดับประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นเวลา 9 ปี ตาม พ.ร.บ. การศึกษาภาคบังคับ พุทธศักราช 2545 เป็นการจัดการศึกษาที่เป็นไปตามหลักการของการจัดการศึกษาสำหรับชุมชนบนพื้นที่สูงและเป็นไปตามข้อจำกัด คือ 1) เป็นการจัดการศึกษาในลักษณะศูนย์การเรียนที่มีครูอาสาสมัครดูแลและจัดการศึกษาอยู่เพียง 1 – 2 คน 2) ลักษณะสภาพของชุมชนอยู่ห่างไกลจากความเจริญและเป็นพื้นที่ทุรกันดาร ขาดโอกาสที่จะได้รับการบริการพื้นฐานจากภาครัฐประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวไทยภูเขา ซึ่งมีความหลากหลายทางชาติพันธุ์ 3) การจัดการศึกษาที่ดำเนินการตลอดมาได้กำหนดหลักการไว้ว่าเป็นการจัดการศึกษาเพื่อชีวิตและสังคมใช้ชุมชนเป็นฐานการเรียนรู้มุ่งแก้ปัญหาชีวิตความเป็นอยู่ไปสู่คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น การจัดการศึกษาในลักษณะดังกล่าวในพื้นที่สูงและห่างไกลทำให้มีข้อจำกัดทางด้านศักยภาพการใช้พลังงานสำหรับการเรียนรู้และการให้โอกาสการได้รับข่าวสารข้อมูลที่มีประโยชน์และทันต่อเหตุการณ์

ในปัจจุบัน ภาครัฐได้สนับสนุนการใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์หรือไฟฟ้าพลังงานน้ำและเครื่องผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ และจากการยกระดับมาตรฐานทางการศึกษาขั้นพื้นฐานให้กับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาชั้นที่ 1-6 ให้ได้รับสื่อวิทัศน์เสริมจากบทเรียนปกติและพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้สำหรับนักเรียนและพัฒนาศักยภาพการสอนของกลุ่มครูในพื้นที่ แต่เนื่องจากขาดแคลนบุคคลากรและแหล่งพลังงานมีจำนวนจำกัด ไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียนที่มีหลายระดับชั้น ทำให้การเรียนการสอนขาดประสิทธิภาพ และจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่ามีความต้องการใช้ไฟฟ้าในการเรียนการสอนผ่านสื่ออิเล็คทรอนิคส์อยู่ระหว่าง 3-4 ชั่วโมงต่อวัน เป็นพลังงานไฟฟ้าประมาณ 700-1000 วัตต์-ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งอุปกรณ์สื่อวิทัศน์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ใช้พลังงานมากเกินกว่าที่ระบบผลิตไฟฟ้าผลิตได้ โดยบทความนี้เป็นการศึกษา การใช้งานคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก หรือ Raspberry Pi สำหรับการศึกษาในพื้นที่ทุรกันดาร เพื่อใช้สำหรับการแก้ปัญหาดังกล่าวมาข้างต้น

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

บอร์ด Raspberry Piเป็นแผงวงจร (Single Board Computer) ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดย Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang และ Alan Mycroft ในปี 2006 ภายในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยเคมบริดส์ ประเทศอังกฤษ และพัฒนาต่อโดย Raspberry Pi Foundation โดยระดมทุนผลิตคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กราคาประหยัด สำหรับใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เริ่มต้นเครื่องละ 25-35 ดอลลาร์ และใช้กำลังไฟ เพียง 700-1500 mA (3.5 W)

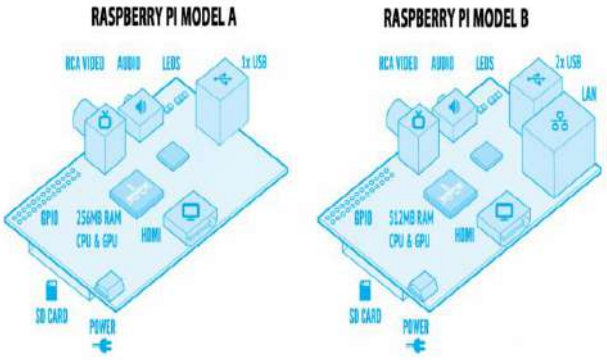
การทำงานของ Rasberry Pi Model B ทีมีหน่วยประมวลผล (Processor), หน่วยประมวลผลด้านการแสดงผล (Graphic Chip), หน่วยความจำสำหรับประมวลผล (Program Memory: RAM) โดยใช้ชิป Broadcom BCM2835 (SoC : System on Chip) ซึ่งทำงานกับซีพียู ARM1176JZF-S ความเร็ว 700 MHz หน่วยประมวลผลกราฟิก VideoCore IV GPUหน่วยความจำ 512 MB และอุปกรณ์เชื่อมต่อไปยังส่วนแสดงผลภายนอก เช่น มีขั้วต่อ HDMI สำหรับต่อจอภาพ สามารถเล่นไฟล์ 1080p ได้ มี Port USB สำหรับต่อคีย์บอร์ด และอุปกรณ์อื่นๆ ช่องเสียบ SD card และกล้องความละเอียด 12 Megapixel และที่สำคัญสามารถเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต เพื่อปรับปรุงชุดโปรแกรมและติดตั้งโปรแกรมการทำงานต่างๆ



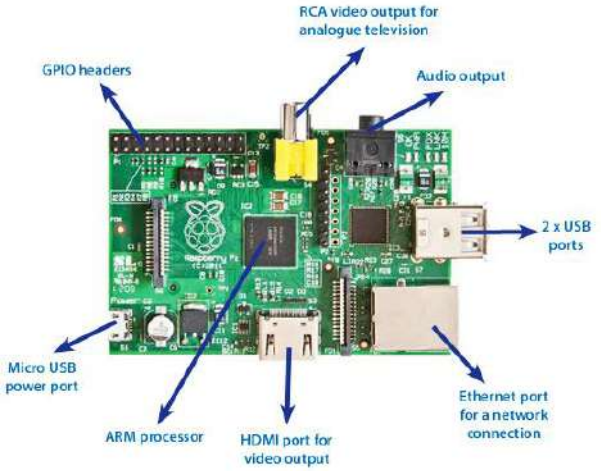
รูปแบบที่ 1 รูปแบบที่2

รูปที่ 1 ชุดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

2.1 ชนิดของ Raspberry Pi



2.2 ส่วนประกอบของ Raspberry Pi



3. วิธีการทดลอง

ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian (v.2013-09-25-wheezy) ติดตั้งโปรแกรมประมวลผลคำ (OpenLibre Writer), โปรแกรมนำเสนอผลงาน (OpenLibre Impress) และโปรแกรมคำนวน (OpenLibre Cal) โปรแกรมใช้งานมัลติมีเดีย (Snash) โปรแกรมอ่าน PDF (PDF Reader) โปรแกรมใช้งานอินเตอร์เน็ต (Browser) และชุดสอนเขียนโปรแกรม (Studio for Programming)

ทำการศึกษาและทดสอบการใช้งานโปรแกรมบนพื้นที่จริงและประเมินผลการใช้งานของผู้ใช้งาน ด้านประสิทธิภาพการทำงานและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

4. ผลการทดลอง

ผลการทดสอบการทำงานเบื้องต้นโดยใช้ระบบปฏิบัติการ Raspbian (v.2013-09-25-wheezy) พบว่า สามารถรองรับการใช้งานภาษาไทยได้ และสามารถใช้งานโปรแกรมโปรแกรมประมวลผลคำ (OpenLibre Writer), โปรแกรมนำเสนอผลงาน (OpenLibre Impress) และโปรแกรมคำนวน (OpenLibre Cal) โปรแกรมใช้งานมัลติมีเดีย (Snash) โปรแกรมอ่าน PDF (PDF Reader) โปรแกรมใช้งานอินเตอร์เน็ต (Browser) และชุดสอนเขียนโปรแกรม (Studio for Programming)ได้ ผลการด้านประสิทธิภาพการทำงานและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า ประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในระดับ 4 (จาก 5 ระดับ) ชุดโปรแกรมที่ติดตั้งมีฟังชั่นการทำงานเทียบเคียง MS Office ได้ ความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับ 3 เนื่องจากยังใช้เวลาในการเข้าโปรแกรมและตอบสนองการสั่งการประมาณหนึ่ง (30-60 วินาที) และเข้าถึงแหล่งจัดเก็บข้อมูลได้ยาก

จากผลการทดสอบ แสดงให้เห็นว่า Raspbery Pi สามารถรองรับการใช้งานพื้นฐาน สำหรับสื่อการเรียนการสอนได้ในระดับเบื้องต้น *หลังจากนี้ต้องปรับปรุงแก้ไขชุดโปรแกรมให้ตรงกับความต้องการใช้งานจริง จัดหาสื่อการสอนภาษาไทยที่เหมาะสมกับประสิทธิภาพของเครื่องและครบถ้วนสำหรับการเรียนการสอนที่มีหลากหลายของเนื้อหาและระดับชั้นต่างๆ ต่อไป*



รูปที่ 2 ทดสอบการใช้งานคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กในพื้นที่จริง

5. สรุปผลการทดสอบ

จากการศึกษาการใช้งานคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสำหรับช่วยสอนในศูนย์การเรียนชุมชนชาวไทยภูเขาแม่ฟ้าหลวง อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน ที่ทดสอบและติดตั้งไว้ที่พื้นที่จริงนั้นสามารถใช้งานโปรแกรมสำนักงาน เล่นเกม และเปิดมัลติมีเดียร์ได้ รองรับการใช้งานการสอนโปรแกรมพื้นฐาน เช่น โปรแกรมสำนักงาน อินเตอร์เน็ต โปรแกรมสอนเขียนโปรแกรมเบื้องต้น โดยใช้กำลังไฟน้อยกว่าคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะที่ใช้งานอยู่เดิมในพื้นที่ถึง 85 เท่า(300W/3.5W) ราคาน้อยกว่า 6.67 เท่า (10000 บาท/1500บาท) และสามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย แต่ยังต้องปรับปรุงการเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่อยู่ภายในคอมพิวเตอร์ ความเร็วในการทำงาน และจัดหาสื่อการสอนที่เป็นภาษาไทย ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ความร่วมมือมทร.ล้านนาและมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อมูลนิธิโครงการหลวงและโครงการพระราชดำริมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรีและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา โรงเรียนบ้านโพซอ และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอนให้มีความรู้ นำความรู้ไปพัฒนาชาติ และ งานที่ได้รับผิดชอบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Oxford Cambridge and RSA Examinations. 2556. *OCR Raspberry Pi Getting Started Tutorials*

[2] รวิช ตาแก้วและสมปอง สมญาติ. 2557. *รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนาการเรียนรู้โดยผ่านคอมพิวเตอร์พกพา*

[3] ETT CO., LTD. 2555. *เริ่มต้นการใช้งานบอร์ด Raspberry Pi.*

[4] ดร.อานันท์ สีห์พิทักษ์เกียรติ.2556.*ชุดหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้ Pi-Bot*

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ชุดทดลองวงจรแปลงผันเฟสเดียวที่ความถี่ไฟฟ้ากำลัง

Single Phase Line Frequency Converter Didactic

สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ [1], ศุภลักษณ์ ศรีตา[2], และอุเทน คำน่าน[3]

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: surasak@rmutl.ac.th[1] , suparak@rmutl.ac.th[2] , uthen@rmutl.ac.th[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อการศึกษาและปฏิบัติการทดลองทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ในหัวข้อชุดทดลองวงจรแปลงผันเฟสเดียวที่ความถี่ไฟฟ้ากำลัง ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสเฟสเดียว วงจรเรียงกระแสควบคุมได้เฟสเดียว และวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว แนวคิดพัฒนาชุดทดลองนี้ขึ้นมาเพื่อให้ประหยัดค่าใช้จ่าย และบำรุงรักษาง่าย สามารถใช้งานได้จริงทัดเทียมกับของต่างประเทศ ชุดทดลองมีระดับแรงดัน 45 , 90 , 156 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ สามารถต่อโหลดตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ และมอเตอร์กระแสตรง ระบบควบคุมประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC สามารถปรับมุมจุดชนวนเกตเอสซีอาร์และไทรแอค ได้ระหว่าง 0 ถึง 180 องศา ปรับเลือกพลั้สแบบเดี่ยวหรือแบบต่อเนื่อง แสดงผลค่ามุมจุดชนวนเกต ด้วยจอแอลซีดี มีใบงานการทดลองที่สอดคล้องทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติเหมาะสำหรับนำไปใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอบสำหรับห้องปฏิบัติการได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ **:** ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง , วงจรเรียงกระแส , วงจรเรียงกระแสควบคุมได้ , วงจรเรียงควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระสลับ

Abstract

This paper propose the designed and building of power electronics didactic. About single phase line frequency converter, consist rectifier circuits, control rectifier circuits and ac voltage control. Ideal design for low cost, easy maintain and real practice. This didactic have power rated 400 watt and 45 , 90 , 156 volt 50hz power supply. Can be take load for resistive, inductive, capacitive and dc motor. Control system use PIC microcontroller can be firing angle for SCR and triac . Gating selected for single pulse or train pulse, control angle 0…180 degree. Control angle show by LCD display. This didactic have experiment and manual for learning and practice for power electronics laboratory.

Keywords **:** power electronics didactic, rectifier circuit, controlled rectifier circuit, ac voltage control

1. บทนำ

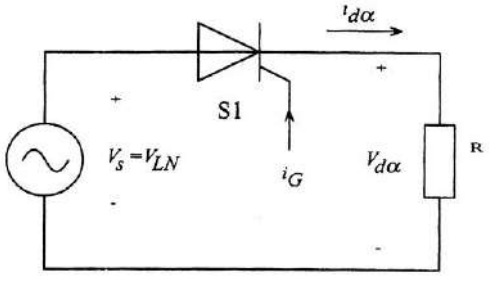
จากการสอนภาคปฏิบัติทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังมายาวนาน พบว่าชุดทดลองที่ใช้มีอยู่ ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสเฟสเดียว วงจรเรียงกระแสควบคุมได้เฟสเดียว และวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว ซึ่งมีและมีวงจรต่าง ๆ จำนวนมาก จำเป็นต้องต่อสายวงจรมากมาย เกิดความยุ่งยาก ซับซ้อน สำหรับนักศึกษาที่เข้าเรียนภาคปฏิบัติ ทำให้เกิดความล่าช้าในการทดลอง ชุดทดลองดังกล่าวปัจจุบันจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูงมาก และมีปัญหาด้านการซ่อมบำรุง จึงมีแนวคิดการออกแบบให้มีความกะทัดรัด ชุดทดลองวงจรแปลงผันเฟสเดียวที่ความถี่ไฟฟ้ากำลังนี้ออกแบบเป็นตู้ทดลองสำเร็จรูปอุปกรณ์ทุกอย่างอยู่ภายในตู้เพียงหนึ่งตู้ เคลื่อนย้ายได้สะดวก ตู้ประกอบด้วยแหล่งจ่าย ชุดควบคุม และโหลด ซึ่งสามารถใช้งานได้รวดเร็ว พร้อมทั้งมีแผงหน้ากากวงจรการทดลองต่าง ๆ ที่เป็นแนวทางการต่อวงจรได้ง่ายทำให้ลดความเสียหายจากการต่อวงจรผิดได้ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เร็วยิ่งขึ้น และลดภาระผู้สอนได้เป็นอย่างมาก

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรเรียงกระแสควบคุมได้เฟสเดียว

วงจรเรียงกระแสควบคุมได้แบบเฟสเดียว การต่อเอสซีอาร์หรือไดโอดทำได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งานที่แตกต่างกันไป สามารถต่อวงจรได้หลายแบบดังต่อไปนี้

ก. วงจรเรียงกระแสควบคุมได้แบบครึ่งคลื่นเฟสเดียว



รูปที่ 1. วงจรเรียงกระแสควบคุมได้แบบครึ่งคลื่นเฟสเดียว

กรณีโหลดตัวต้านทาน (R) ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ($V_{d\alpha}$) คำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$V_{d\alpha} = \frac{\sqrt{2}V_S}{2\pi}(1+\cos\alpha) \qquad (1)$$

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

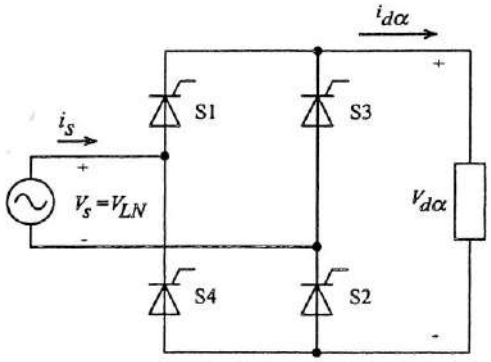
ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

V_S แรงดันอินพุตกระแสสลับ

$V_{d\alpha}$ แรงดันเอาต์พุตกระแสตรง

α มุมจุดชนวนเกต

ข. วงจรเรียงกระแสควบคุมได้เต็มที่แบบบริดจ์เฟสเดียว



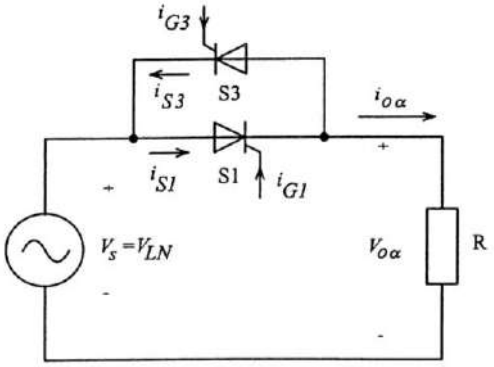
รูปที่ 2. วงจรเรียงกระแสควบคุมได้แบบบริดจ์เฟสเดียว

กรณีโหลดตัวต้านทาน (R) ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ($V_{d\alpha}$) คำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$V_{d\alpha} = \frac{\sqrt{2}V_S}{\pi}(1+\cos\alpha) \qquad (2)$$

2.2 วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

การควบคุมมุมเฟสแบบเต็มคลื่นการควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยควบคุมมุมเฟสแบบเต็มคลื่น เป็นการควบคุมแบบสองทาง คือควบคุมทั้งช่วงบวกและช่วงลบของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 3. การควบคุมมุมเฟสแบบเต็มคลื่น กับโหลดตัวต้านทาน

ค่าอาร์เอ็มเอสของแรงดันเอาต์พุตกับโหลดตัวต้านทาน คำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$V_o = V_S\left(\frac{1}{\pi}\left(\pi-\alpha+\frac{\sin 2\alpha}{2}\right)\right)^{1/2} \qquad (3)$$

V_S แรงดันอินพุตกระแสสลับ

V_o แรงดันเอาต์พุตกระแสสลับ

α มุมจุดชนวนเกต

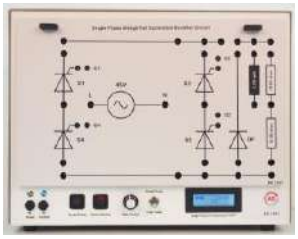
3. การออกแบบชุดทดลอง

3.1 การออกแบบวงจรกำลัง

วงจรกำลังประกอบด้วยหม้อแปลง 220 / 0-45-90-156V ขนาด 400 วัตต์ เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้แก่วงจรได้หลายรูปแบบหลายค่าแรงดันให้เหมาะสม เช่นโหลดมอเตอร์กระแสตรงสามารถเลือกใช้แรงดันได้ 45, 90, 156 โวลต์ อุปกรณ์สวิตช์กำลังประกอบด้วย

- เอสซีอาร์ ขนาด 600 โวลต์ 15 แอมแปร์ จำนวน 4 ตัว
- ไดโอด ขนาด 1000 โวลต์ 15 แอมแปร์ จำนวน 4 ตัว
- ไดโอดหมุนเปล่า ขนาด 600 โวลต์ 15 แอมแปร์ จำนวน 1 ตัว
- ไทรแอค ขนาด 600 โวลต์ 15 แอมแปร์ จำนวน 1 ตัว

ส่วนโหลดตัวต้านทาน เลือกใช้ขนาด 50 / 100 โอหม์ 200 วัตต์ โหลดตัวเหนี่ยวนำ ออกแบบสร้างขนาด 50 มิลลิเฮนรี่ 3 แอมแปร์



รูปที่ 4. ชุดทดลองและแผงวงจรเรียงกระแสควบคุมได้



รูปที่ 5. ชุดทดลองและแผงวงจรควบคุมแรงดันกระแสสลับด้วยไทรแอค



รูปที่ 6. ชุดทดลองและแผงวงจรควบคุมแรงดันกระแสสลับด้วยเอสซีอาร์

3.2 การออกแบบวงจรควบคุม

ระบบควบคุมออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เป็นหน่วยสร้างสัญญาณจุดชนวนเกต ซึ่งวัดสัญญาณจุดตัดศูนย์จากแรงดันอินพุตกระแสสลับ และต่อกับขารับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ซึ่งจะทำให้ได้รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ 2 ครั้งในหนึ่งคาบเวลาคือ อินเตอร์รัปต์ขอบขาขึ้นที่มุม 0 องศา และอินเตอร์รัปต์ขอบขาลงที่มุม 180 องศา หลังจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ขอบขาขึ้นก็เข้าสู่โหมดการทำงานในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ โดยการเริ่มนับเวลาของโมดูลไทเมอร์ที่มีอยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ และจะทำการเซตให้โมดูลอินเตอร์รัปต์รอสัญญาณอินเตอร์รัปต์ในขอบขาลงเพื่อตรวจจับมุม 180 องศา ซึ่งใน

บทความสิ่งประดิษฐ์
การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข
ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ระหว่างนั้นหากโมดูลไทเมอร์นับเวลาครบจนทำเกิดโอเวอร์โฟลว์ ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์จากโมดูลไทเมอร์ ทำให้เข้าสู่โหมดการทำงานในโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ไทเมอร์ ซึ่งจะทำการเซตสัญญาณที่ขาเอาต์พุตให้ส่งสัญญาณไปจุดชนวนเกตเอสซีอาร์และไทรแอค โดยสามารถสร้างสัญญาณพลั้ส 2 แบบ ดังนี้คือ สัญญาณจุดชนวนเกตแบบพลั้สเดี่ยวและแบบพลั้สต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 8 และรูปที่ 9 ตามลำดับ ระบบควบคุมมีรายละเอียดดังนี้

- Microcontroller : PIC18F4550
- Gate Signal : 0…180 Degree by Pulse Transformer
- Pulse 0…180 Degree x 2 pulse , 180…360 Degree x 2 pulse
- Selected : Single Pulse / Train Pulse
- Button Switch : Lower Limit Rectifier Stability
- Graphic Display : 16 character 2 Line LCD Module



รูปที่ 7. Graphic Display : 16 character 2 Line LCD Module

3.3 แผงหน้ากากของวงจรการทดลอง

ชุดทดลองสามารถวางแผงหน้ากากที่มีลายวงจรต่าง ๆ ได้หลายวงจร และสัญญาณจุดชนวนเกต จะตรงกับวงจรการทดลองนั้น ๆ อัตโนมัติ แผงหน้ากากมีวงจรดังต่อไปนี้

- Power Diode / Single Phase Half Wave Rectifier Circuit
- Single Phase Full Wave Rectifier with Center-Tap Transformer Circuit
- Single Phase Bridge Rectifier Circuit
- SCR / Single Phase Half Wave Controlled Rectifier Circuit
- Single Phase Full Wave Controlled Rectifier with Center-Tap Transformer Circuit
- Single Phase Bridge Full Controlled Rectifier Circuit
- Single Phase Bridge Full Controlled Rectifier Circuit , with DC Motor
- Single Phase Bridge Single-Pole Half Controlled Rectifier Circuit
- Single Phase Bridge Twin-Armed Half Controlled Rectifier Circuit
- Single Phase Bridge Twin-Armed Half Controlled Rectifier Circuit , with DC Motor
- SCR / Single Phase AC Voltage Control Circuit
- Triac / Single Phase AC Voltage Control Circuit

4. ผลการทดลอง

การทดลองวงจรตามแผงหน้ากากในหัวข้อ 3.3 มีจำนวนมากจึงขอนำเสนอผลการทดลองเพียง 3 วงจร ดังตารางที่ 1 - 3

ตารางที่ 1. ผลการทดลองวงจรเรียงกระแสควบคุมได้แบบครึ่งคลื่นเฟสเดียวกับโหลดตัวต้านทาน

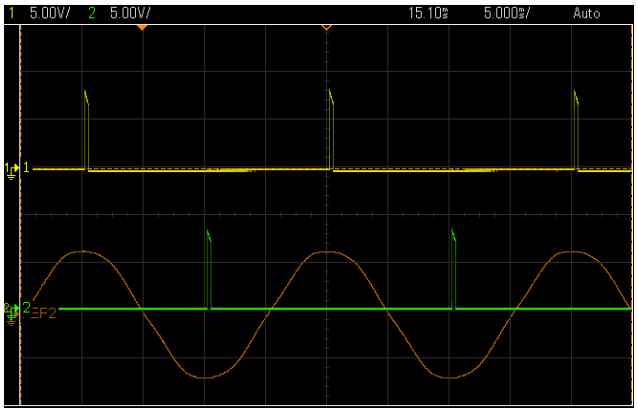
α	0	30	45	90	120	145	180	degree
Vs	45.2	45.4	45.8	46.1	46.4	46.6	46.7	**Vrms**
$V_{d\alpha}$	21.5	19.5	17.9	9.2	6.5	1.0	0.0	**Vavg**
Io	214	193	177	91	64	10	0.0	**Aavg**

ตารางที่ 2. ผลการทดลองวงจรเรียงกระแสควบคุมได้แบบบริดจ์เฟสเดียวกับโหลดตัวต้านทาน

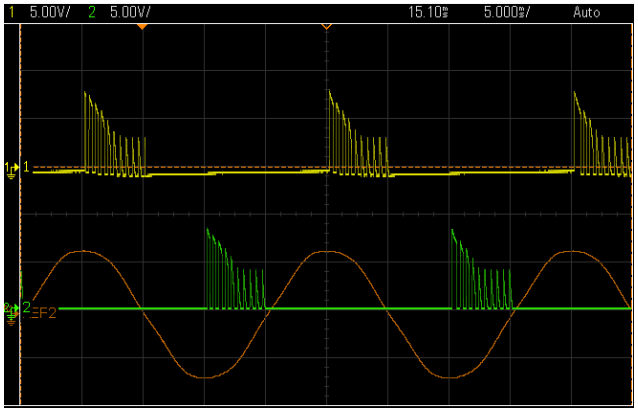
α	0	30	45	90	120	145	180	degree
Vs	45.0	45.1	45.4	45.6	45.8	46.1	46.5	**Vrms**
$V_{d\alpha}$	38.3	35.1	32.7	19.8	10.6	4.5	0.0	**Vavg**
Io	384	350	324	196	104	44	0.0	**Aavg**

ตารางที่ 3. ผลการทดลองวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวกับโหลดตัวต้านทาน

α	0	30	45	90	120	145	180	degree
Vs	45.1	45.2	45.5	45.7	45.9	46.2	46.7	**Vrms**
V_o	44.7	44.0	43.1	33.2	25.4	12.5	0.0	**Vrms**
Io	446	430	430	328	253	122	0.0	**mArms**



รูปที่ 8. รูปคลื่นสัญญาณจุดชนวนเกตแบบพลั้สเดี่ยว

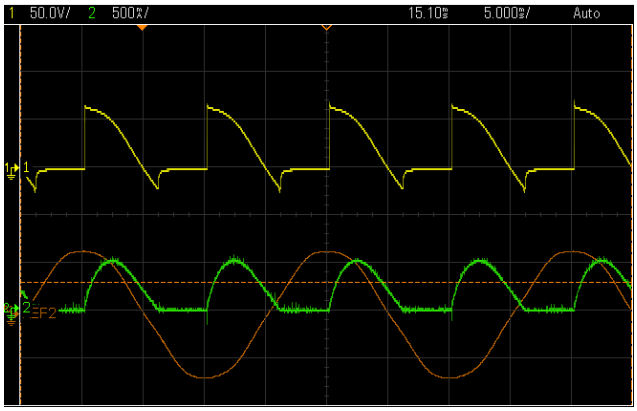


รูปที่ 9. รูปคลื่นสัญญาณจุดชนวนเกตแบบพลั้สต่อเนื่อง

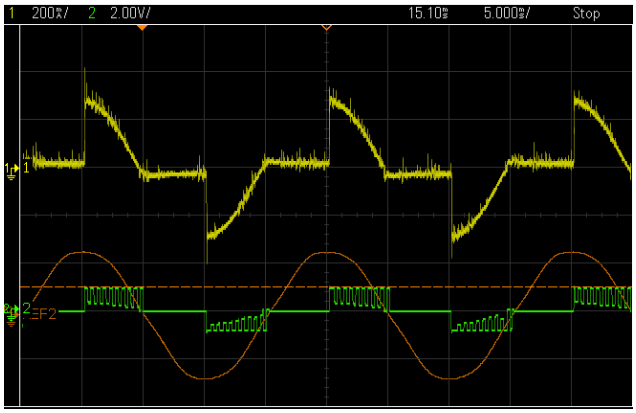
บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand



รูปที่ 10. วงจรเรียงกระแสควบคุมได้แบบบริดจ์ รูปคลื่นแรงดันโหลด RL และรูปคลื่นกระแสโหลด



รูปที่ 11. วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ รูปคลื่นกระแสโหลด R และสัญญาณจุดชนวนเกตแบบพลั้สต่อเนื่อง

5. สรุป

ชุดทดลองวงจรแปลงผันเฟสเดียวที่ความถี่ไฟฟ้ากำลัง สามารถใช้ปฏิบัติการทดลอง ในหัวข้อวงจรเรียงกระแส วงจรเรียงกระแสควบคุมได้ และวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ โดยมีแผงหน้ากากที่มีลายวงจรจำนวนหลายแผงวงจรเป็นแนวทางการต่อวงจร ทำให้ลดเวลาและความผิดพลาดในการต่อวงจร ทำผู้เรียนมีเวลาศึกษา วิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งเป็นการลดภาระผู้สอน ชุดทดลองมีใบงานการทดลองที่สอดคล้องทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติเหมาะสำหรับนำไปใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอนสำหรับห้องปฏิบัติการได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันมีการขยายผลจัดสร้างชุดทดลองนี้นำไปใช้ในห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลัง จำนวน 6 เขตพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาและบริษัท ออโต้ ไดแดกติก จำกัด ที่ให้ทุนสนับสนุน และขอขอบคุณนักศึกษา วศ.บ.วิศวกรรมไฟฟ้า ได้แก่ นายนันทพันธ์ สารตันติดาธรม์ นายนวชน เครือธง ที่ได้ร่วมกันการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ชุดนี้จนเป็นผลสำเร็จ

7. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยยงค์ แก้วมงคล , นภัทร วัจนเทพินทร์ “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1” ปทุมธานี สกายบุ๊ค 2540

[2] วีระเชษฐ์ ขันเงิน, วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์ “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง” พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร วิเจ พริ้นติ้ง 2547

[3] สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ และ อุเทน คำน่าน “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1” (ภาคทฤษฎี) เชียงใหม่ โกลบอลวิชั่น 2540

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ชุดทดลองวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสตรง

DC – DC Converter Didactic

สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ [1], ศุภลักษณ์ ศรีตา[2], และอุเทน คำน่าน[3]

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: surasak@rmutl.ac.th[1] , suparak@rmutl.ac.th[2] , uthen@rmutl.ac.th[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อการศึกษาและปฏิบัติการทดลองทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ในหัวข้อวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสตรง ซึ่งประกอบด้วยวงจรชอปเปอร์ด้วยมอสเฟต วงจรชอปเปอร์ไอจีบีที วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ การออกแบบชุดทดลองเน้นให้มีความกะทัดรัด ต้นทุนต่ำ สามารถใช้งานได้ดี บำรุงรักษาง่าย ชุดทดลองนี้ มีขนาดแรงดันอินพุตกระแสตรงที่ 90 และ 180 โวลต์ จ่ายกำลังไฟฟ้าได้ 400 วัตต์ สามารถต่อโหลดตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ มอเตอร์กระแสตรง การควบคุมประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC สัญญาณขับเกตไอจีบีทีและมอสเฟต สามารถปรับค่าดิวตี้ไซเคิลได้ระหว่าง 0 -100 เปอร์เซ็นต์ ความถี่สวิตช์สามารถปรับได้ที่ 2 , 4 , 5 , 8 , 10, 20 , 30 , 40 กิโลเฮริตซ์ แสดงผลค่าดิวตี้ไซเคิลและความถี่สวิตช์ด้วยจอแอลซีดี มีใบงานการทดลองที่สอดคล้องทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติเหมาะสำหรับนำไปใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอบสำหรับห้องปฏิบัติการได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ **:** ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง,วงจรชอปเปอร์,บัคคอนเวอร์เตอร์, ดีซี-ดีซี คอนเวอร์เตอร์

Abstract

This paper propose the designed and building of power electronics didactic. About dc – dc chopper converter, consist IGBT chopper, MOSFET chopper buck converter. Ideal design for compact size low cost, easy maintain and good practice. This didactic have power rated 400 watt and 90 , 180 volt dc power supply. Can be take load for resistive, inductive and dc motor. Control system use PIC micro controller can be gate drive for IGBT and MOSFET. Gate drive adjustable duty cycle 0…100%. Selected switching frequency at 2, 4, 5, 8, 10, 20, 30, 40 kHz. Control duty cycle and switching frequency show by LCD display. This didactic have experiment and manual for learning and practice for power electronics laboratory.

Keywords**:** power electronics didactic, chopper circuit, buck converter

dc – dc converter

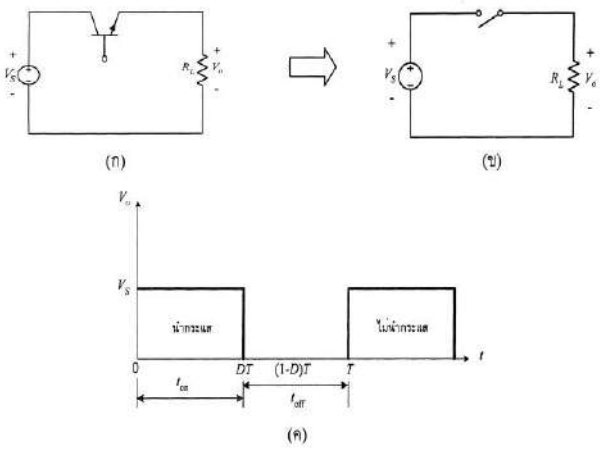
1. บทนำ

จากประสบการณ์สอนภาคปฏิบัติในเรื่องวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสตรง ซึ่งมีวงจรวงจรชอปเปอร์ด้วยมอสเฟต วงจรชอปเปอร์ไอจีบีที วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งมีการต่อสายไฟฟ้าในวงจรมาก มีความถี่สวิตช์สูง รวมทั้งอุปกรณ์สวิตช์เช่นไอจีบีที มอสเฟต ค่อนข้างจะเสียหายได้ง่ายจากการทดลองของนักศึกษา รวมถึงยังทำให้เกิดความล่าช้าในการวิเคราะห์ทดลองต่าง ๆ ชุดทดลองดังกล่าวจากต่างประเทศมีราคาสูงมาก มีปัญหาในเรื่องการซ่อมบำรุง จึงมีแนวคิดในการออกแบบ ชุดทดลองเน้นให้มีความกะทัดรัด ต้นทุนต่ำ ออกแบบเป็น ตู้ทดลองสำเร็จรูป อุปกรณ์ทุกอย่างอยู่ภายในตู้เพียงหนึ่งตู้ เคลื่อนย้ายได้สะดวก ตู้ประกอบด้วยแหล่งจ่าย ชุดควบคุม และโหลด ซึ่งสามารถใช้งานได้รวดเร็ว พร้อมทั้งมีแผงหน้ากากวงจรการทดลองต่าง ๆ ที่เป็นแนวทางการต่อวงจรได้ง่ายทำให้ลดความเสียหายจากการต่อวงจรผิดได้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เร็วยิ่งขึ้น และลดภาระผู้สอนได้เป็นอย่างมาก

2. วงจรชอปเปอร์ วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

2.1 วงจรชอปเปอร์

การแปลงผันกำลังไฟฟ้าโดยวงจรชอปเปอร์สามารถออกแบบให้แรงดันเฉลี่ยทางเอาต์พุตมีค่าสูงกว่าแรงดันทางอินพุตหรือ ให้แรงดันทางอินพุตมีค่าสูงกว่าแรงดันเฉลี่ยทางเอาต์พุตขึ้นอยู่กับอัตราการแปลงผัน a ถ้า a น้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่งจะเป็นวงจรชอปเปอร์แบบทอนแรงดัน (buck) และถ้า a มากกว่าหนึ่งวงจรนี้จะเรียกว่า วงจรชอปเปอร์แบบทบแรงดัน (boost)



รูปที่ 1. พื้นฐานวงจรชอปเปอร์

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

แรงดันเอาต์พุตคำนวณได้จากสมการ

$$Vo = \int_0^{t_{on}} v_o dt = \frac{t_{on}}{T} Vs = f t_{on} Vs = DVs \quad (1)$$

$$D = t_{on} / T = f \times t_{on} \text{ (duty cycle)} \quad (2)$$

D = ค่ารอบทำงาน (duty cycle)

Vs = แรงดันอินพุต

Vo = แรงดันเอาต์พุต

T = คาบเวลาการสวิตช์ (switching period)

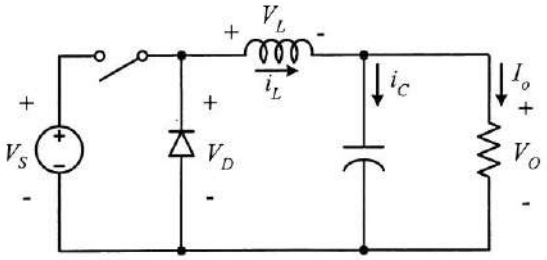
f = ความถี่การสวิตช์ (switching frequency)

t_{on} = เวลาสวิตช์นำกระแส (turn on period)

t_{off} = เวลาสวิตช์ไม่นำกระแส (turn off period)

2.2 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์มีอุปกรณ์ประกอบเพิ่มขึ้นคือ ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ซึ่งตัวเหนี่ยวนำจำทำให้กระแสไหลต่อเนื่องและเรียบ ส่วนตัวเก็บประจุจะทำให้แรงดันพลิ้วมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มค่าตัวเก็บประจุ หรือหากเพิ่มค่าความถี่สวิตช์จะทำให้แรงดันพลิ้วลดลงเช่นกัน



รูปที่ 2. พื้นฐานวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

ค่าตัวเหนี่ยวนำต่ำสุดที่กระแสไหลต่อเนื่องคำนวณจากสมการที่ (3)

$$L_{\min} = \frac{(1-D)R}{2f} \quad (3)$$

ความสัมพันธ์แรงดัน ค่าตัวเหนี่ยวนำ ค่าตัวเก็บประจุ กับความถี่สวิตช์ คำนวณจากสมการที่ (4)

$$\frac{\Delta V_O}{V_O} = \frac{1-D}{8LCf^2} \quad (4)$$

3. การออกแบบชุดทดลอง

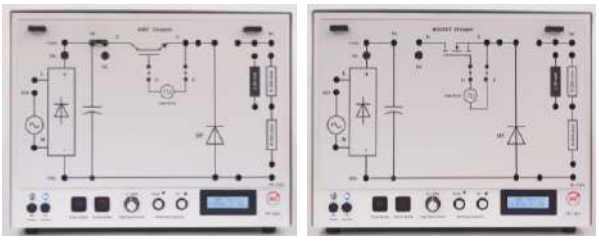
3.1 การออกแบบวงจรกำลัง

วงจรกำลังประกอบด้วยหม้อแปลง 220 / 0-65-130V ขนาด 440 วีเอ วัตต์ เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เลือกได้ ผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เป็นกระแสตรงที่ 90 และ 180 โวลต์ เพื่อให้แรงดันเหมาะสม กับโหลด อุปกรณ์สวิตช์กำลัง และโหลดประกอบด้วย

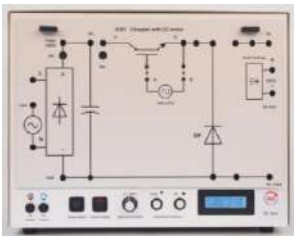
- IGBT Rating : 600V 20A x 1
- MOSFET Rating : 650V 20A x 1
- Diode Rating : 600V 15A x 1
- Device : Resistor , Inductor , Capacitor
- Resistive Load : 500 ohm 100w.
- Inductive Load : 50 mH 3A.

วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ที่ออกแบบ ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุดังนี้

- Inductor : 15 mH 3A.
- Capacitor : 220uf (+/-10%) 400V
- Capacitor : 470uf (+/-10%) 400V.



รูปที่ 3. ชุดทดลองและแผงวงจรชอปเปอร์ไอจีบีที และมอสเฟต



รูปที่ 4. ชุดทดลองและแผงวงจรชอปเปอร์ขับมอเตอร์กระแสตรง



รูปที่ 5. ชุดทดลองและแผงวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

3.2 การออกแบบวงจรควบคุม

ระบบควบคุมออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เป็นหน่วยสร้างสัญญาณพีดับเบิ้ลยูเอ็ม โดยใช้โมดูล CAPTURE/COMPARE/PWM (CCP) ที่มีอยู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ในการสร้างสัญญาณที่สามารถปรับความถี่ในการสวิตช์ โดยการเปลี่ยนค่ารีจิสเตอร์ PR2 ในโมดูลไทเมอร์ 2 และค่าดิวตี้ไซเคิลโดยการเปลี่ยนค่ารีจิสเตอร์ TMR2 และเพิ่มความละเอียดของค่าดิวตี้ไซเคิลเป็น 10 บิต โดยการเพิ่มบิต DCxB1, DCxB0 และในรีจิสเตอร์ CCPxCON ซึ่งสามารถปรับค่าดิวตี้ไซเคิลจาก

ปุ่มหมุน สัญญาณพีดับเบิ้ลยูเอ็มจะถูกต่อออกจากขา CCP ต่อเข้ากับวงจรขับนำเกต ระบบควบคุมมีรายละเอียดดังนี้

- Microcontroller : PIC18F4550
- Graphic Display : 16 character 2 Line LCD Module (Show Duty Cycle)
- Gate Signal : - Gate Driver for IGBT , MOSFET
- Switching Frequency 2 – 40kHz. (Step Selected)
- Duty Cycle 0...100%



รูปที่ 6. Graphic Display : 16 character 2 Line LCD Module

3.3 แผงหน้ากากของวงจรการทดลอง

ชุดทดลองสามารถวางแผงหน้ากากที่มีลายวงจรต่าง ๆ ได้หลายวงจร และสัญญาณจุดชนวนเกตจะตรงกับวงจรการทดลองนั้น ๆ อัตโนมัติ แผงหน้ากากมีวงจรดังต่อไปนี้

- IGBT Chopper
- IGBT Chopper with DC Motor (180V)
- IGBT Chopper with DC Motor (90V)
- MOSFET Chopper
- MOSFET Chopper with DC Motor (90V)
- Buck Converter

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองวงจรชอปเปอร์

ตารางที่ 1. ผลการทดลองวงจรชอปเปอร์กับโหลดตัวต้านทาน

D	0	20	40	50	70	80	100	%
Vin	88.1	88.0	87.8	87.3	87.1	87.0	86.8	Vavg
Vo	0.0	17.0	34.1	42.6	59.2	68.4	85.7	Vavg
Io	0.0	34.2	68.6	85.7	119.1	137.5	172.5	Aavg

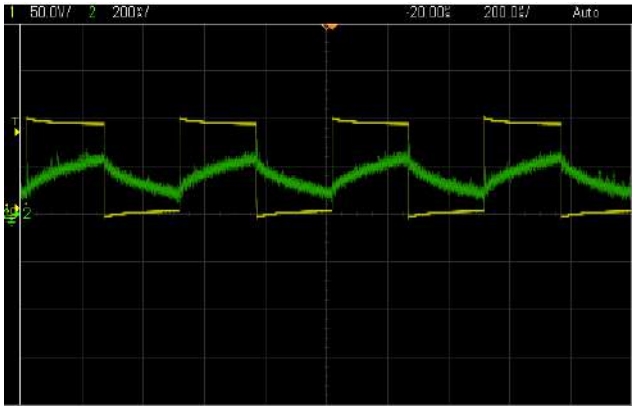
4.2 ผลการทดลองวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

ตารางที่ 2. ผลการทดลองวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ ที่ความถี่สวิตช์ 20kHz.

D	0	20	40	50	70	80	100	%
Vin	88.3	88.0	87.6	87.0	86.6	86.0	85.8	Vavg
Vo	0	16.2	33.8	42.2	59.1	67.2	84.1	Vavg
Vr	0	18.2	26.8	50.4	61.1	50.2	33.3	mVrms

ตารางที่ 3. ผลการทดลองวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ ที่ D=50%

Fsw	10k	20k	30k	40k	%
Vin	88.1	88.2	88.2	88.3	Vavg
Vo	44.0	43.5	43.1	42.4	Vavg
Vripple	80.1	57.5	48.7	40.5	mVrms



รูปที่ 7. วงจรชอปเปอร์ รูปคลื่นแรงดันและกระแส โหลด RL

5. สรุป

ชุดทดลองวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสตรง สามารถใช้ปฏิบัติการทดลอง ในหัวข้อวงจรชอปเปอร์โดยใช้ไอจีบีที และมอสเฟตเป็นสวิตช์ วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ มีแผงหน้ากากที่มีลายวงจรจำนวนหลายแผงวงจรเป็นแนวทางการต่อวงจร ทำให้ลดเวลาและความผิดพลาดในการต่อวงจร ทำผู้เรียนมีเวลาศึกษา วิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งลดภาระผู้สอน ชุดทดลองมีใบงานการทดลองที่สอดคล้องทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ เหมาะสำหรับนำไปใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอนสำหรับห้องปฏิบัติการได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันมีการขยายผลจัดสร้างชุดทดลองนี้นำไปใช้ในห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลัง จำนวน 6 เขตพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาและบริษัท ออโต้ ไดแดกติก จำกัด ที่ให้ทุนสนับสนุน และขอขอบคุณนักศึกษา วศ.บ.วิศวกรรมไฟฟ้า ได้แก่ นายทศพร กรใหม่ นายณัฐวุฒิ บุญมา ที่ได้ร่วมกันการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ชุดนี้จนเป็นผลสำเร็จ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยยงค์ แก้วมงคล , นภัทร วัจนเทพินทร์ “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1” ปทุมธานี สกายบุ๊ค 2540

[2] วีระเชษฐ์ ขันเงิน, วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์ “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง” พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร วิเจ พริ้นติ้ง 2547

[3] สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ และ อุเทน คำน่าน “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1” (ภาคทฤษฎี) เชียงใหม่ โกลบอลวิชั่น 2540

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

ชุดทดลองวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสสลับ

DC – AC Converter Didactic

สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ [1], ศุภลักษณ์ ศรีตา[2], และอุเทน คำน่าน[3]

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: surasak@rmutl.ac.th[1] , suparak@rmutl.ac.th[2] , uthen@rmutl.ac.th[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อการศึกษาและปฏิบัติการทดลองทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ในหัวข้อวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสสลับ ประกอบด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียวที่แรงดัน 12 และ 24 โวลต์ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียวผ่านหม้อแปลงแยกโดดที่แรงดัน 12/110 และ 24/220 โวลต์ การออกแบบชุดทดลองมีลายวงจรชัดเจน เน้นให้สามารถใช้งานง่าย ขนาดกะทัดรัด ต้นทุนต่ำ ชุดทดลองวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสสลับนี้ จ่ายกำลังไฟฟ้าได้ 240 วีเอ ที่แรงดัน 12/24 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ สามารถต่อโหลดตัวต้านทานตัวเหนี่ยวนำ และหม้อแปลงแยกโดด การควบคุมประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC สามารถปรับค่าอัตราการมอดดูเลตด้านแอมพลิจูด (m_a) ได้ระหว่าง 0 - 1 ความถี่สวิตช์สามารถปรับได้ที่ 1 , 4 กิโลเฮิรตซ์ ความถี่ฐานที่ 50 เฮิรตซ์ แสดงผลค่าอัตราการมอดดูเลตด้านแอมพลิจูด และความถี่สวิตช์ด้วยจอแอลซีดี ชุดทดลองมีใบงานการทดลองที่สอดคล้องทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติเหมาะสำหรับนำไปใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอบสำหรับห้องปฏิบัติการได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ **:** ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง , วงจรอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว , วงจรอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว

Abstract

This paper propose the designed and building of power electronics didactic. About dc-ac converter, consist 12, 24 volt single bridge inverter, 12/110, 24/220 volt single bridge inverter with isolated transformer. Ideal design for compact size, low cost, easy practice. This didactic have power rated 240 VA and 12, 24 volt 50hz ac output Can be take load for resistive, inductive and/or isolated transformer. Control system use PIC microcontroller can be amplitude modulation ratio (m_a) 0 – 1 Switch frequency selected 1 , 4 khz. Control m_a show by LCD display. This didactic have experiment and manual for learning and practice for power electronics laboratory.

Keywords**:** power electronics didactic, single phase bridge inverter,

single phase inverter,

1. บทนำ

จากประสบการณ์สอนภาคปฏิบัติในเรื่องวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสสลับ ประกอบด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว วงจรอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียวผ่านหม้อแปลงแยกโดดที่แรงดัน วงจรมีการต่อสายไฟฟ้าในวงจรมาก มีความถี่สวิตช์สูง รวมทั้งอุปกรณ์สวิตช์ เช่น มอสเฟต ค่อนข้างจะเสียหายได้ง่ายจากการทดลองของนักศึกษา รวมถึงยังทำให้เกิดความล่าช้าในการวิเคราะห์ทดลองต่าง ๆ ชุดทดลองด้านนี้ส่วนใหญ่นำเข้าต่างประเทศมีราคาสูงมาก มีปัญหาในเรื่องการซ่อมบำรุง จึงมีแนวคิดในการออกแบบชุดทดลองเน้นให้มีความกะทัดรัด ต้นทุนต่ำ ออกแบบเป็นตู้ทดลองสำเร็จรูปอุปกรณ์ทุกอย่างอยู่ภายในตู้เพียงหนึ่งตู้ ทำให้เคลื่อนย้ายได้สะดวก รวดเร็ว ดูแลรักษาง่าย ตู้ประกอบด้วยแหล่งจ่าย ชุดควบคุม และโหลด ซึ่งสามารถใช้งานได้ง่าย พร้อมทั้งมีแผงหน้ากากวงจรการทดลองต่าง ๆ ที่เป็นแนวทางการต่อวงจรได้ง่ายทำให้ลดความเสียหายจากการต่อวงจรผิดได้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เร็วยิ่งขึ้น และลดภาระผู้สอนได้เป็นอย่างมาก

2. การออกแบบชุดทดลอง

อินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันอาจจะแบ่งเป็นสองประเภท ที่นิยมนำไปใช้งานคือ อินเวอร์เตอร์แบบพีดับเบิลยูเอ็ม (Pulsewidth – Modulation inverter : PWM inverter) ซึ่งชุดทดลองนี้จะใช้อินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว โดยใช้มอสเฟตเป็นสวิตช์กำลัง มีแรงดันที่บัส 17 และ 34 โวลต์กระแสตรง

2.1 การออกแบบวงจรกำลัง

วงจรกำลังมีสวิตช์กำลัง อินพุต โหลด รายละเอียดดังต่อไปนี้

- Input Voltage : Single Phase 220V 50/60Hz.
- Input Transformer : 220V/12-24V, 10A , Power 240VA.
- Isolate Transformer : 220V/12-24V, 10A , Power 240VA.
- Semiconductor : MOSFET
- MOSFET Rating : 650V 20A x 4
- Load : Resistor , Inductor
- Resistive Load : 1000 ohm (+/-5%) 100w.
- Resistive Load : 50 ohm (+/-10%) 40w.
- Inductive Load : 50 mH (+/-10mH) 3A.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

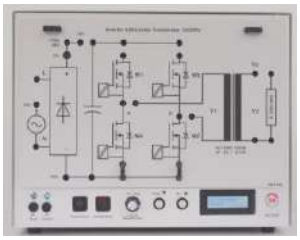
ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand



รูปที่ 1. ชุดทดลองและแผงวัดสัญญาณ PWM



รูปที่ 2. ชุดทดลองและแผงวงจรอินเวอร์เตอร์กับโหลด R-L

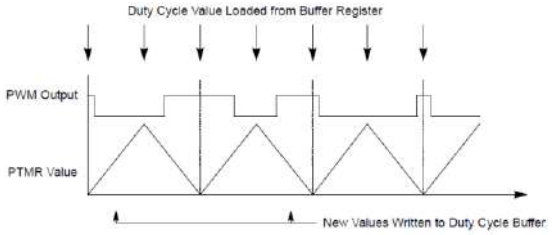


รูปที่ 3. ชุดทดลองและแผงวงจรอินเวอร์เตอร์กับหม้อแปลงแยกโดด

2.2 การออกแบบวงจรควบคุม

ระบบควบคุมออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เป็นหน่วยสร้างสัญญาณพีดับเบิ้ลยูเอ็ม โดยใช้โมดูล POWER CONTROL PWM ที่มีอยู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ในการสร้างสัญญาณที่สามารถปรับความถี่ในการสวิตช์ โดยการเปลี่ยนค่ารีจิสเตอร์ PTPER และค่าดิวตี้ไซเคิลจากการเปลี่ยนค่ารีจิสเตอร์ PDCx ที่มีความละเอียด 10 บิต ที่มาจากการอ่านค่าไซน์ในตัวแปรอาร์เรย์ที่บันทึกไว้ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์มาคูณกับค่า amplitude modulation ratio แล้วทำการเปลี่ยนค่าค่าดิวตี้ไซเคิลตามตำแหน่งของโหลดค่าลงในรีจิสเตอร์ PDCx ดังแสดงในรูปที่ 4 อีกทั้งยังสามารถสร้างสัญญาณ Dead-Time ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC โดยการปรับค่ารีจิสเตอร์ DTCON และใช้ไทเมอร์ในการควบคุมจังหวะความถี่มูลฐาน โดยการเปิดปิดการทำงานของโมดูล POWER CONTROL PWM ระบบควบคุมมีรายละเอียดดังนี้

- Microcontroller : PIC18F4550
- Graphic Display : 16 character 2 Line LCD Module (Show Amplitude Modulation Ratio)
- Gate Signal : - Gate Driver for MOSFET
- Switching Frequency 1 , 4 kHz. (Step Selected)
- Sine PWM Control
- Amplitude Modulation Ratio 0…1 adj.
- Fundamental Frequency 50 Hz.



รูปที่ 4. การโหลดค่าลงในรีจิสเตอร์ PDCx



รูปที่ 5. Graphic Display : 16 character 2 Line LCD Module

2.3 แผงหน้ากากของวงจรการทดลอง

ชุดทดลองสามารถวางแผงหน้ากากที่มีลายวงจรต่าง ๆ ได้หลายวงจร และสัญญาณจุดชนวนเกตจะตรงกับวงจรการทดลองนั้น ๆ อัตโนมัติ แผงหน้ากากมีวงจรดังต่อไปนี้

- Sine-PWM Signal
- 12V Inverter
- 24V Inverter
- Inverter with Isolate Transformer 24/220V
- Inverter with Isolate Transformer 12/110V

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการทดลองวงจร

ตารางที่ 1. ผลการทดลองวงจรอินเวอร์เตอร์กับโหลดตัวต้านทาน

ma	0	0.1	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	
Vdc	17.2	17.2	17.1	17.0	16.9	16.8	16.7	Vavg
Vo	0	1.9	4.9	6.1	8.52	9.6	12.2	Vrms
Io	0	3.1	96	121	171	190	246	mArms

* ที่ความถี่สวิตช์ 4kHz.

ตารางที่ 2. ผลการทดลองวงจรอินเวอร์เตอร์กับโหลด R-L

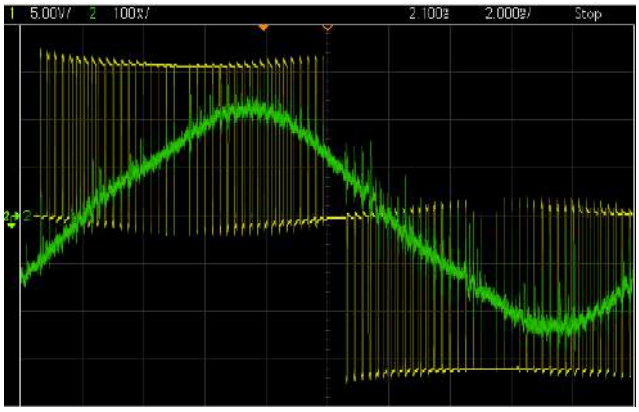
Ma	0	0.1	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	
Vdc	17.3	17.1	17.1	16.8	16.7	16.6	16.5	Vavg
Vo	0	2.1	5.2	6.0	8.5	9.5	12.1	Vrms
Io	0	3.3	99	123	174	193	247	Arms

* ที่ความถี่สวิตช์ 4kHz.

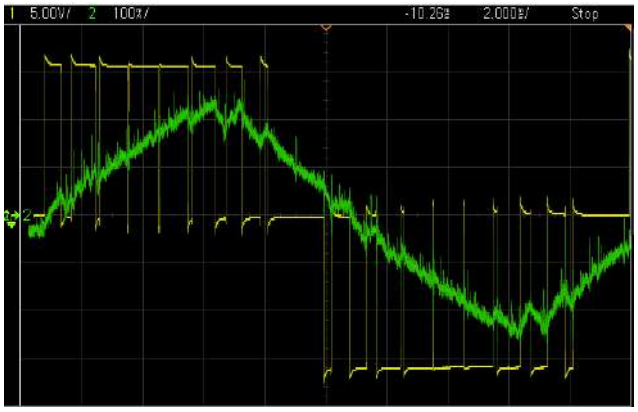
ตารางที่ 3. ผลการทดลองวงจรอินเวอร์เตอร์กับหม้อแปลงแยกโดด

โหลด R-L (หม้อแปลง 12:110V) ที่ความถี่สวิตช์ 4kHz.

ma	0	0.1	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	
Vin	17.3	17.2	17.0	16.9	16.8	16.4	16.2	Vavg
Vo	0	9.6	47.3	56.0	78.1	86.5	108.1	Vrms
Io	0	9.5	47.0	55.6	77.9	86.4	108	mArms



รูปที่ 6. รูปคลื่นแรงดัน,กระแสโหลด RL ความถี่สวิตช์ 4kHz. m_a = 1.0



รูปที่ 7. รูปคลื่นแรงดัน,กระแสโหลด RL ความถี่สวิตช์ 1kHz. m_a = 1.0

4. สรุป

ชุดทดลองวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสสลับ สามารถใช้ปฏิบัติการทดลอง ในหัวข้อวงจรอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว โดยมีแผงหน้ากากหลายวงจรเป็นแนวทางการต่อวงจรคอนเวอร์เตอร์ ทำให้ลดเวลาและความผิดพลาดในการต่อวงจร ทำผู้เรียนมีเวลาศึกษาวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งลดภาระผู้สอน ชุดทดลองมีใบงานการทดลองที่สอดคล้องทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ เหมาะสำหรับนำไปใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอนสำหรับห้องปฏิบัติการได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันมีการขยายผลจัดสร้างชุดทดลองนี้นำไปใช้ในห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลัง จำนวน 6 เขตพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาและบริษัทออโต้ ไดแดกติก จำกัด ที่ให้ทุนสนับสนุน และขอขอบคุณนักศึกษาวศ.บ.วิศวกรรมไฟฟ้า ได้แก่ นายชัชวาล สินธุยา นายกรกช ไพรสันต์ ที่ได้ร่วมกันการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ชุดนี้จนเป็นผลสำเร็จ

6. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยยงค์ แก้วมงคล , นภัทร วัจนเทพินทร์ “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1” ปทุมธานี สกายบุ๊ค 2540

[2] วีระเชษฐ์ ขันเงิน, วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์ “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง” พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร วิเจ พริ้นติ้ง 2547

[3] สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ และ อุเทน คำน่าน “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1” (ภาคทฤษฎี) เชียงใหม่ โกลบอลวิชั่น 2540

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

หุ่นยนต์วาดภาพ

Drawing Robot

วิศรุต รัตนอาภรณ์[1] กัญญารัตน์ ศรีอนรรฆวานิช[2] ยศวีย์ แก้วมณี[3]

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต อ. กะทู้ จ.ภูเก็ต

E-mail: vrgtonz@gmail.com[1], siciliano.pks@gmail.com[2], yossawee@mail.coe.phuket.psu.ac.th[3]

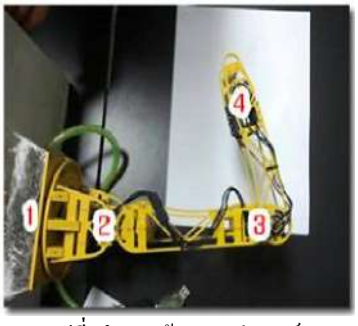
บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพร่วมกับการควบคุมตำแหน่งของแขนหุ่นยนต์ เพื่อเพิ่มความสามารถของแขนหุ่นยนต์ให้มีความสามารถในการวาดภาพลายเส้นจากภาพที่ต้องการได้ โครงงานประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนของการประมวลผลภาพนิ่งซึ่งพัฒนาบนโปรแกรม visual C#2010 ร่วมกับไลบรารี่ EMGU เพื่อหาบริเวณที่เป็นเส้นขอบของภาพที่ต้องการ และแปลงให้เป็นพิกัดตำแหน่งจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของเส้นขอบภาพที่ได้ ส่วนที่สองคือแขนหุ่นยนต์ ซึ่งในการควบคุมตำแหน่งและการเคลื่อนที่ในการวาดภาพ จะใช้วิธีการจลศาสตร์แบบผกผัน (Inverse Kinematics) เพื่อคำนวณการเปลี่ยน แปลงมุมที่ข้อต่อแต่ละจุด ให้สามารถวาดเส้นที่ต้องการได้

คำสำคัญ : การหาขอบภาพ , แขนหุ่นยนต์ , จลศาสตร์แบบผกผัน

1. โครงสร้างของแขนหุ่นยนต์

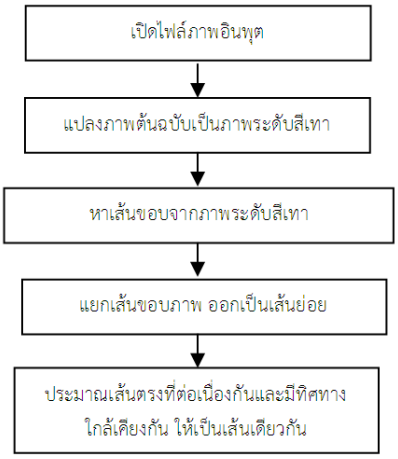
โครงสร้างของแขนหุ่นยนต์ในโครงงานนี้ มีโครงสร้างแบบ Articulated Robot ประกอบด้วยข้อต่อ (Joint) จำนวน 4 ข้อต่อและก้านโยง (Link) จำนวน 4 ก้านโยง โดยใช้ดิจิตัลเซอร์โวมอเตอร์ AX-12 เป็นต้นกำลังในการเคลื่อนไหว โครงสร้างของแขนหุ่น แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่1. โครงสร้างแขนหุ่นยนต์

2. การประมวลผลภาพ

ขั้นตอนแรกในการพัฒนาหุ่นยนต์วาดภาพ คือ การหาข้อมูลตำแหน่งของเส้นขอบจากภาพที่ต้องการ โดยใช้เทคนิคต่างๆในด้านการประมวลผลภาพ[1] เมื่อได้ภาพเส้นขอบมาแล้ว จะทำการหาตำแหน่งจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นขอบแต่ละเส้น ด้วยฟังก์ชั่นการประมวลผลภาพของไลบรารี่ EMGU[2] เพื่อใช้เป็นข้อมูลอินพุตสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ต่อไป ขั้นตอนโดยรวมในการประมวลผลภาพแสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. ขั้นตอนการหาตำแหน่งเส้นขอบภาพ

2.1 การตามขอบภาพ (Edge Following)[3]

จากเส้นขอบภาพที่ได้ จะทำการแยกเส้นขอบทั้งหมดและทำการประมาณเส้นขอบให้อยู่ในรูปเส้นตรงระหว่างจุดสองจุด เพื่อให้ง่ายแก่การวาดเส้นของแขนหุ่นยนต์ โดยใช้หลักการดังต่อไปนี้

การพิจารณาความต่อเนื่องของเส้นขอบ โดยใช้ทิศทางของเส้น

ให้ตำแหน่งพิกัดใดๆบนเส้นขอบภาพ คือตำแหน่ง (i,j) จะมีทิศทางที่มีความเป็นไปได้ที่จะปรากฏขอบภาพที่เชื่อมต่อกัน 8 ทิศทางรอบๆ จุดที่สนใจ ดังรูปที่ 3

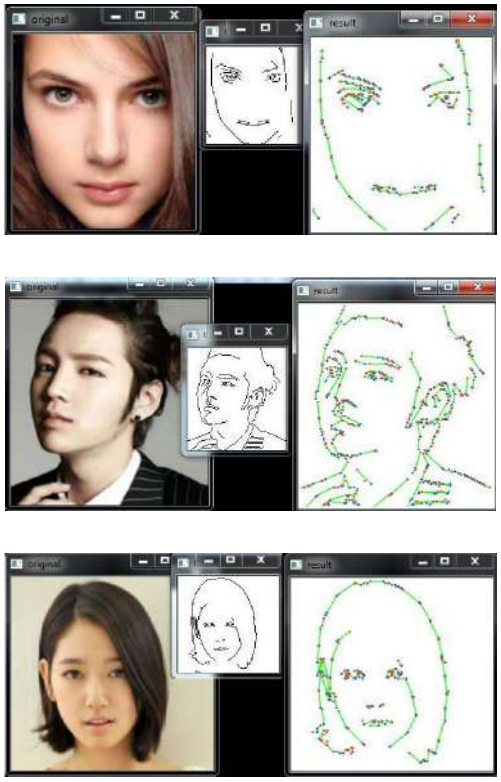
$(i-1,j-1)$ $dir=1$	$(i,j-1)$ $dir=2$	$(i+1,j-1)$ $dir=3$
$(i-1,j-1)$ $dir=8$	$*$ (i,j)	$(i+1,j)$ $dir=4$
$(i-1,j+1)$ $dir=7$	$(i,j+1)$ $dir=6$	$(i+1,j+1)$ $dir=5$

รูปที่ 3. ภาพตำแหน่งพิกเซลที่สนใจ ($*$) และพิกเซลโดยรอบ

ในโครงงานนี้ จะทำการประมาณทิศทางของเส้น โดยใช้การพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทิศทางของเส้นขอบในตำแหน่งที่อยู่ติดกัน หากทิศทางการเปลี่ยนแปลงของเส้นขอบ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 45° ให้ถือเป็นเส้นที่มีทิศทางเดียวกัน

1. เลือกทิศทางที่มีขอบภาพต่อเนื่องจากจุดเริ่มต้นกำหนดทิศทางของขอบภาพ (dir = 1-8 จากรูปที่ 3) และกำหนดค่าตำแหน่งนี้เป็นพิกัดเริ่มต้นของเส้นขอบ
2. ย้ายตำแหน่งของจุดที่สนใจ มายังตำแหน่งขอบภาพใหม่และลบขอบภาพตำแหน่งเดิมทิ้งไป จากนั้น พิจารณาตำแหน่งรอบๆ ในทิศทางเดียวกับค่า dir ในข้อที่ 1 ถ้าเป็นขอบภาพทำซ้ำข้อ 2 ถ้าไม่เป็นขอบภาพ พิจารณาดังนี้
   - พิจารณาตำแหน่ง dir ข้างเคียง (เช่น ถ้าเดิม dir = 4 ตำแหน่งข้างเคียงคือ 3 และ 5)
   - ถ้าปรากฏขอบภาพ ทำซ้ำข้อ 2
   - ถ้าไม่ปรากฏขอบภาพ (ทิศทางของเส้นมีลักษณะเป็นมุมเกินกว่า 45°) ถือว่า เส้นขอบสิ้นสุดที่จุดนี้ และให้ค่าตำแหน่งปัจจุบัน เป็นตำแหน่งสิ้นสุดของเส้น

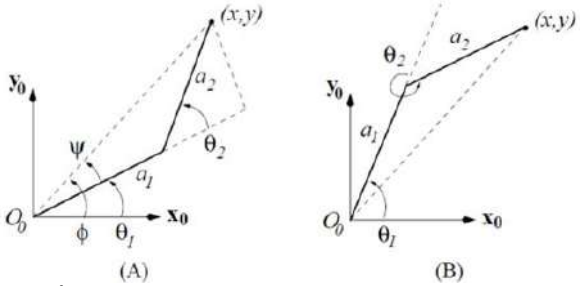
จากขั้นตอนนี้ จะได้เส้นขอบภาพย่อยๆ ที่มีความต่อเนื่องกันและมีทิศทางโดยประมาณเป็นทิศทางเดียวกัน ผลลัพธ์แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4. เส้นผลลัพธ์จากการตามขอบภาพและประมาณทิศทางของขอบภาพ

3. จลศาสตร์แบบผกผัน (inverse kinematics)[4,5,6]

คือการวิเคราะห์หาตำแหน่งข้อต่อต่าง ๆ ของแขนหุ่นยนต์ ในกรณีที่ทราบค่าตำแหน่งและทิศทางของส่วนปลายแขนหุ่นยนต์ โดยเป็นการคำนวณย้อนกลับจากตำแหน่งส่วนปลายมายังข้อต่อต่างๆ ในโครงงานนี้โครงสร้างแขนหุ่นยนต์ที่เป็นส่วนเคลื่อนไหว จะมี 2 ข้อต่อเท่านั้น (ข้อต่อหมายเลข 2 และ 3 จากรูปที่ 1) มุมต่างๆที่เกิดขึ้นในการคำนวณจลศาสตร์ผกผัน สำหรับแขนหุ่นยนต์ แสดงดังในรูปที่ 5



รูปที่ 5. Inverse kinematics for two-link planar manipulator

ในการคำนวณย้อนกลับ เพื่อหามุมที่ข้อต่อแต่ละจุด สามารถทำได้ดังนี้

การหาค่า θ_2 จากรูปที่สามารถหาได้ตามสมการ (1) ถึง (4)

$$\tan^2\frac{\theta_2}{2} = \frac{1-\cos\theta_2}{1+\cos\theta_2} = \frac{2a_1a_2-x^2-y^2+a_1^2+a_2^2}{2a_1a_2+x^2+y^2-a_1^2-a_2^2} = \frac{(a_1+a_2)^2-(x^2+y^2)}{(x^2+y^2)-(a_1-a_2)^2} \quad (1)$$

θ_2 จะมีค่าที่เป็นไปได้ 2 ค่า คือ

$$\theta_2 = \pm 2\tan^{-1}\sqrt{\frac{(a_1+a_2)^2-(x^2+y^2)}{(x^2+y^2)-(a_1-a_2)^2}} \quad (2)$$

โดยที่ค่าของ $\cos\theta_2$ หาได้จากกฎของ Cosine ตามสมการที่ (3) และ (4)

$$x^2+y^2 = a_1^2+a_2^2-2a_1a_2\cos(\pi-\theta_2) \quad (3)$$

$$\cos\theta_2 = \frac{x^2+y^2-a_1^2-a_2^2}{2a_1a_2} \quad (4)$$

ค่า θ_2 จากการคำนวณ มีค่าที่เป็นไปได้ 2 ค่า เพราะตัวข้อต่อส่วนที่ 2 อาจจะเคลื่อนที่ได้ 2 แบบ ซึ่งค่าทั้ง 2 นี้ เมื่อนำไปหาค่าของ θ_1 ค่าของ θ_1 จะแตกต่างกันออกไปด้วย ทำให้ผลลัพธ์สุดท้ายข้อต่ออาจจะมีการเคลื่อนที่ได้ 2 แบบ โดยที่มีจุดปลายจุดเดียวกัน

สมการที่ใช้หาค่า θ_1 สามารถหาได้ตามสมการที่ (5)

$$\theta_1 = \emptyset - \varphi \quad (5)$$

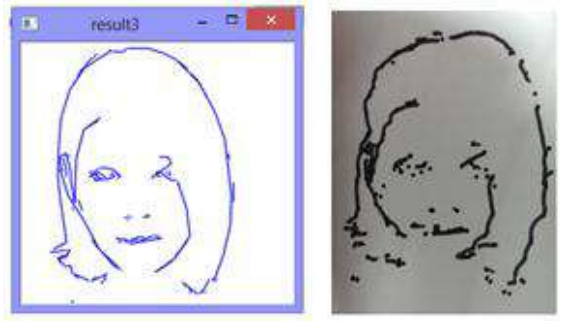
โดยที่ค่าของ $\emptyset$ และ φ สามารถหาได้จากสมการ (6) และ (7)

$$\emptyset = atan2(y, x) \quad (6)$$

$$\varphi = atan2(a_2 \sin\theta_2 , a_1 + a_2 \cos\theta_2) \quad (7)$$

4. ผลการทดลอง

ขั้นตอนสุดท้าย คือการนำเอาตำแหน่งจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของเส้นขอบย่อยๆ ที่ได้จากขั้นตอนการตามขอบภาพ มาเป็นอินพุตให้กับสมการจลศาสตร์แบบผกผัน เพื่อคำนวณว่าในการลากเส้นจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดของแต่ละเส้น ข้อต่อของแขนหุ่นยนต์แต่ละตำแหน่งจะต้องหมุนไปเป็นมุมเท่าไร และควบคุมแขนหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ตามมุมผลลัพธ์จากการคำนวนที่ได้ ผลการทดลองบางส่วน แสดงได้ดังรูปที่ 6 และ 7



รูปที่ 6 (a) เส้นขอบภาพที่ได้จากการประมาณ
(b) ผลการวาดภาพลายเส้นด้วยหุ่นยนต์



(a) (b)

รูปที่ 7. (a) ภาพต้นฉบับ
(b) ผลการวาดภาพลายเส้นด้วยหุ่นยนต์

5. ปัญหาที่พบและแนวทางการพัฒนาต่อ

จากตัวอย่างผลการทดลองในรูปที่ 6(b) และ 7(b) ปัญหาที่พบคือการวาดเส้นตรงของหุ่นยนต์ ยังทำได้ไม่ดี โดยรูปที่ 6(a) เป็นการนำเอาจุดเริ่มต้น และสิ้นสุดของเส้นตรงย่อยๆ ที่ผ่านกระบวนการประมาณขอบภาพให้เป็นเส้นตรง มาทำการวาดจำลอง โดยการการทดลองพบสาเหตุของปัญหาคือ มีระยะการหมุนฟรีที่แกนมอเตอร์อยู่เล็กน้อยในทุกๆ ข้อต่อ ทำให้เมื่อนำไปวาดภาพเส้นที่ได้จะมีความผิดพลาดไปจากตำแหน่งที่คำนวณได้ โดยกำลังอยู่ในระหว่างการปรับปรุงให้มีความผิดพลาดน้อยลง

เอกสารอ้างอิง

[1] Edge detection :http://www.cse.unr.edu/~bebis/CS791E/Notes/EdgeDetection.pdf [cited 2013 September 20].

[2] Image Function , http://docs.opencv.org/trunk/doc/tutorials/tutorials.html [cited 2013 October 1].

[3] Edge following algorithm . http://remus.ulbsibiu.ro/teaching/courses/docs/acs/Edgefollowing.doc [cited 2013 October 20]

[4] Inverse Kinematics for Position , http://www.eng.utah.edu/~cs5310/chapter5.pdf [cited 2013 November 12]

[5] SerdarKucuk and ZaferBingul , Robot Kinematics: Forward and Inverse Kinematics , http://www.intechopen.com/download/get/type/ pdfs/id/379 [cited 2013 November 5]

[6] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พฤทธิกร สมิตไมตรี , 2551 , วิทยาการหุ่นยนต์และเทคโนโลยี , ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ , ประเทศไทย

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

หุ่นยนต์กู้ภัย

Rescue Robot

นายอภิชาติ ใสงาม

สาขาวิชาเตรียมวิศวกรรมศาสตร์

วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (เชียงใหม่)

๙๘ หมู่ ๘ ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ๕๐๒๒๐

E-mail: apichat_singam@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีอุบัติการณ์ต่าง ๆ บนโลกเรามากมายที่อาจเกิดขึ้นอาทิเช่น สถานการณ์ที่มีตึกถล่ม เพลิงไหม้ หรือ ในสถานที่ที่มนุษย์สามารถเข้าถึงได้ยาก ดังนั้นจึงต้องมีการเตรียมความพร้อมในการรับมือกับปัญหาและผลกระทบที่จะแพร่ออกไปอย่างทันท่วงที บทความสิ่งประดิษฐ์นี้นำเสนอการสร้างหุ่นยนต์กู้ภัยสำหรับการนำไปใช้แก้ไขปัญหาอุบัติการณ์ดังกล่าวที่อาจเกิดขึ้น ประสิทธิภาพของหุ่นยนต์กู้ภัยที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมานี้สามารถเคลื่อนที่ข้ามและหลบหลีกสิ่งกีดขวางเพื่อตรวจหามนุษย์หรือวัตถุ หยิบจับสิ่งของ และสื่อสารกลับมายังผู้ควบคุมที่อยู่ระยะไกล ส่งผลทำให้ลดอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ได้

Abstract

In the present, there are many incidents occurred in the world such as building collapse, fire or places where human is difficult to access. In order to solve the instantaneous occurring problem of harm or any impact, we need to prepare for dealing the crisis incidents or any widely impacts. This inventive paper proposes the developing rescues robot used for resolving such incidents which may occur in any time. The performance of the developed rescue robot can move and avoid barrier for searching human and/or handle objects, and then communicate back to remote controller. These can help accident reduction which will be occured to human or any life.

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีไปใช้ในชีวิตประจำวันอย่างแพร่หลายในทุก ๆ ด้าน ซึ่งหุ่นยนต์ก็เป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่มนุษย์ได้ให้ความสนใจในการพัฒนา และมีการนำหุ่นยนต์ไปใช้ในรูปแบบต่าง ๆ อาทิเช่นการช่วยเหลือมนุษย์ ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ความสะดวกสบาย และความบันเทิงเป็นต้น ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันมนุษย์ได้สร้างสิ่งปลูกสร้างขึ้นมากมายเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย ตึก อาคารต่าง ๆ มากมาย ซึ่งถ้าเกิดอุบัติเหตุ การลอบวางระเบิด เกิดภัยธรรมชาติที่ร้ายแรง แผ่นดินไหวจนทำให้ตึกถล่มจะทำให้การเข้าช่วยเหลือมีความยากลำบากและเสี่ยงต่อการเสียชีวิตของผู้เข้าไปช่วยเหลือ ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการสร้างหุ่นยนต์กู้ภัย (Rescue Robot) เพื่อช่วยเหลือผู้รอดชีวิตจากอุบัติเหตุและกู้ระเบิดจากเหตุก่อการร้าย งานวิจัยสิ่งประดิษฐ์นี้จึงได้รวมกลุ่มผู้ที่มีความสนใจในด้านหุ่นยนต์เพื่อที่จะทำการศึกษาในเรื่องของหุ่นยนต์กู้ภัย (Rescue Robot) ไม่ว่าจะเป็นในด้านโครงสร้างกลไกต่าง ๆ ระบบควบคุม โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ และเพื่อเป็นการเพิ่มองค์ความรู้ในด้านต่าง ๆ และมุ่งสู่การใช้งานจริงในปัจจุบันได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาออกแบบและสร้างโครงสร้างกลไกต่าง ๆ ของหุ่นยนต์กู้ภัย

2.2 เพื่อศึกษาออกแบบและสร้างระบบควบคุมโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์

2.3 เพื่อศึกษาออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ให้สามารถใช้งานได้ในสถานการณ์จริง

2.4 เพื่อศึกษาออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ให้สามารถใช้งานได้หลากหลายและราคาถูกกว่าของต่างประเทศ

3. ขอบเขตของโครงงาน

2.1 สามารถเดิน หรือ เคลื่อนที่ไปยังทิศทางและตำแหน่งที่ต้องการได้ เช่น พื้นผิวขรุขระ พื้นที่ลาดชัน บันได

2.2 สามารถจับวัตถุที่มีขนาดระหว่าง 10-20 เซนติเมตร ได้และน้ำหนักต้องไม่เกิน 2 กิโลกรัม เช่น วัตถุระเบิด

2.3 สามารถส่งสัญญาณภาพมายังผู้ควบคุมได้

2.4 มีอุปกรณ์ตัดการทำงานของวงจรวัตถุระเบิดได้

4. ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ที่เข้าไปค้นหาผู้ประสบภัยและการกู้วัตถุระเบิดโดยเราจะทำการส่งหุ่นยนต์เข้าไปทำงานแทนมนุษย์ เพื่อทำให้การทำงานมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

4.2 ได้หุ่นยนต์ที่ใช้งานได้ในสถานการณ์จริงและสามารถใช้ในงานการทหาร

4.3 ได้หุ่นยนต์ที่สามารถใช้งานได้หลากหลายและราคาถูกกว่าของต่างประเทศ

4.3 ได้รู้และเข้าใจในส่วนประกอบกลไกต่าง ๆ ของหุ่นยนต์กู้ภัย (Rescue Robot) และเข้าใจถึงระบบต่างๆ ที่ใช้ในควบคุมหุ่นยนต์

5. หลักการ ทฤษฎี เหตุผล สมมุติฐาน และ วิธีการดำเนินกา

5.1 หลักการเบื้องต้น

ระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ จะมีลักษณะแบบตีนตะขาบและมีอาร์ม

ติดกับตีนตะขาบทั้ง 2 ข้าง เพื่อช่วยในการยกตัวหุ่นข้ามสิ่งกีดขวางในกรณีสิ่งกีดขวางนั้นสูงกว่าตัวหุ่นทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปได้ทุกสภาพผิว

ส่วนแขนกลที่อยู่บนตัวหุ่นยนต์ เราสร้างไว้ใช้สำหรับช่วยเหลือผู้ประสบภัยเฉพาะหน้า อย่างเช่น อาจจะมีวัตถุทับอยู่บนตัวผู้ประสบภัยก็อาจใช้แขนกลหยิบวัตถุออกมา หรืออาจจะใช้แขนกลเคลื่อนย้ายวัตถุต่างๆ ที่กีดขวางตัวหุ่นยนต์และยังสามารถกู้วัตถุระเบิดได้

5.2 การควบคุมหุ่นยนต์

ระบบการควบคุม จะใช้ระบบ Wireless Lan เป็นตัวสื่อสารระหว่างตัวหุ่นยนต์กับผู้ควบคุมได้มีการเขียน Software เพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ทำให้สามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ตามต้องการ และหุ่นยนต์จะมีอุปกรณ์ต่างๆ เข้าไปเพื่อช่วยในการค้นหาตรวจจับสิ่งที่เราต้องการเข้าไปค้นหาและด้านตัวหุ่นจะมีกล้องคอยจับภาพ ซึ่งมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดบนตัวหุ่นนี้ส่งค่ากลับมาแสดงผลที่เครื่อง PC ของผู้ควบคุม

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นชื่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งซึ่งรวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ และวงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกันทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนเป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบในขณะที่มีความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

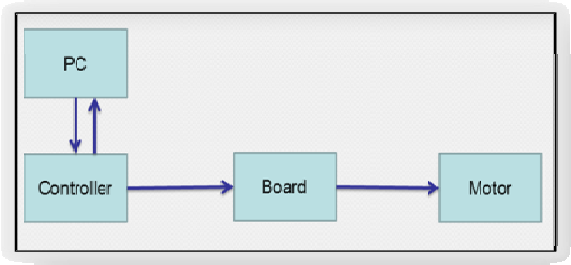
บอร์ดไดร์ฟ H-Bridge เป็นบอร์ดสำหรับหรับควบคุมมอเตอร์เปลี่ยนที่ทางการไหลของกระแสไฟฟ้าให้ ไหลไปตามวงจรของ H-Bridge ซึ่งจะสามารถกลับทิศทางของมอเตอร์ได้ ส่วนอุปกรณ์ มอสเฟต (MOSFET) นั้นจะเป็นทรานซิสเตอร์อีกแบบหนึ่ง และเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน ในการนำไปใช้ในการออกแบบเป็นวงจรรวมซึ่งอุปกรณ์มอสเฟตนั้นจะแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ n-channel และ p-channel โดยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์นี้จะสร้างขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำซึ่งจะประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็กเพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย



รูปที่ 1. รูปภาพของหุ่นยนต์กู้ภัย

6. หลักการทำงาน



7. สรุป

จากการศึกษาและออกแบบสร้างหุ่นยนต์กู้ภัยนั้นเกิดปัญหาหลายประการ ทำให้ได้ประสบการณ์ในการทำงานเป็นอย่างยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นการใช้มอเตอร์จะต้องเหลือใช้มอเตอร์ที่ความเร็วและอัตราทดที่เหมาะกับการทำงานของหุ่นยนต์ วัสดุที่ใช้หุ่นยนต์ในแต่ละส่วนจะต้องมีน้ำหนักเบาและต้องคำนึงถึงความแข็งแรง และในส่วนระบบควบคุม มอสเฟสเป็นทางเลือกใหม่สำหรับการนำมาใช้ ขับมอเตอร์ การใช้งานต้องมีการดัดแปลงและพลิกแพงการใช้ งานด้วยดังนั้นมอสเฟสในการขับมอเตอร์กระแสสูงสามารถทำได้ ดีกว่าของรีเลย์ และใช้ กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าประหยัดไฟมากกว่าและไม่มีการอาร์คเหมือนรีเลย์ ดังนั้นมอสเฟสจึงเป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาพัฒนาหุ่นยนต์รุ่นต่อไปได้ดี

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.วันชาติ สุวัตถี ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ, ดร.พลกฤษณ์ ทุนคำ, คณาจารย์และนักศึกษาวิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านการปรึกษาและช่วยเหลือในการทำงานและความอนุเคราะห์ด้านการประสานงานต่าง ๆ เป็นอย่างดี

9.เอกสารอ้างอิง

[1] ความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า,http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor1.htm 19 กันยายน 2556

[2] สุวิช มาเทศน์.เอกสารประกอบการสอนวิชา Design Production Machine Element,มหาวิทยาลัยราชมงคล ล้านนา,2549.

[3] บรรเลง ศร,ประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์. ตารางโลหะ. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าพระนครเหนือ, 2524.

[4] ผศ.โอภาส ศิริ ครรชิตถาวร, วรพจน์ กรแก้ ววัฒนกุล , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, “เรียนรู้ ระบบควบคุมอย่างง่ายด้วยโปรแกรมภาษา C กับ Arduino และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ POP 168.

[5] http://www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf. กรกฎาคม 2556.

[6] http://www.doyoung.net/video/DATASHEET/PDF/ULN2803.pdf. กรกฎาคม 2556.

[7] http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-09.html.กรกฎาคม 2556.

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องมือค้นหาตำแหน่งจุดลัดวงจรในระบบจำหน่ายแรงต่ำ 400/230 V การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

LV Fault Finding

นายพินิต แสงวัฒนะ

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ฝ่ายปฏิบัติการเครือข่าย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคเหนือ 180 หมู่ 8 ถ.เชียงใหม่-ลำปาง ต.อุโมงค์ อ.เมือง จ.ลำพูน 51150

E-mail: phinit_s@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัญหากระแสลัดวงจรเป็นสิ่งที่ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ประสบอยู่เป็นประจำ โดยเฉพาะระบบจำหน่ายแรงต่ำ 400/230 V การตรวจสอบหาตำแหน่งจุดลัดวงจรด้วยสายตา ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ซับซ้อนบางครั้งใช้ระยะเวลานานกว่า 10 ชั่วโมงจึงจะพบ เครื่องมือค้นหาตำแหน่งจุดลัดวงจรนี้ สามารถช่วยลดระยะเวลาการค้นหาตำแหน่งจุดลัดวงจรลงได้ ทำให้สามารถแก้ไขสิ่งผิดปกติ และจ่ายกระแสไฟฟ้ากลับคืนเข้าระบบด้วยความรวดเร็วขึ้น

Abstract

The short circuit current is common found in PEA's system. An Especially for low voltage distribution system 400/230 V Locate the short circuit detection by sight. In complex distribution systems sometimes take longer than 10 hours to find. The LV Fault Finding can help reduce the time to locate the short-to- be . It can fix what 's wrong and electricity back into the system as a quick time

***Keywords*:** PEA, LV Fault Finding

1. บทนำ

ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 400/230 V ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค[1] เริ่มจากเสาไฟฟ้าที่ติดตั้งหม้อแปลงเพื่อลดระดับแรงดันจาก 22kV เหลือ 400/230 V (ในกรณี 3 เฟส 4 สาย) และ 460/230V (ในกรณี 1 เฟส 3 สาย) ผ่านฟิวส์สวิทช์แรงต่ำ จ่ายกระแสไฟฟ้าไปตามสายไฟที่พาดผ่านแร็คยึดบริเวณหัวเสา มีลูกถ้วยเป็นฉนวนบนเสาไฟฟ้า ที่ปักเรียงรายไปตามขอบทางสาธารณะเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยผ่านมิเตอร์ให้กับบ้านเรือนประชาชนทั่วไป หากมีการลัดวงจรด้วยสาเหตุต่างๆ จะทำให้ฟิวส์สวิทช์แรงต่ำ ต้นหม้อแปลงขาด ส่งผลให้ไฟฟ้าดับ

ในกรณีที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีความซ้อน มีจำนวนวงจรย่อยเพื่อแยกจ่ายกระแสฟ้ามาก การตรวจสอบหาสาเหตุและตำแหน่งที่ลัดวงจรจะเป็นไปด้วยความยากลำบาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืน ซึ่งบางครั้งใช้เวลานานกว่า 10 ชั่วโมงจึงจะพบ ในปี พ.ศ.2554 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอเชียงของ ได้คิดค้นเครื่องมือสำหรับค้นหาตำแหน่งจุดลัดวงจรในระบบจำหน่ายแรงต่ำเป็นครั้งแรก ต่อมาในปี พ.ศ.2556 กองวิจัย ฝ่ายวิจัยและพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ต้องการพัฒนาเครื่องมือฯ เดิมของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาอำเภอเชียงของ จึงได้เชิญชวนพนักงานที่สนใจให้พัฒนาเป็นนวัตกรรมส่งเข้าทดสอบประสิทธิภาพการหาตำแหน่งจุดลัดวงจร

2. เครื่องมือค้นหาจุดลัดวงจรในระบบจำหน่ายแรงต่ำ

เครื่องมือฯ ที่พัฒนาขึ้นนี้ อาศัยหลักการพื้นฐานตรวจวัดสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบตัวนำ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วนคือ 1.LV Fault Tester และ 2.LV Scanner[2] ดังรูปที่ 1

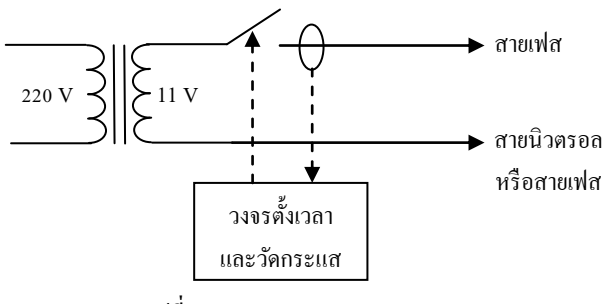


LV Fault Tester LV Scanner

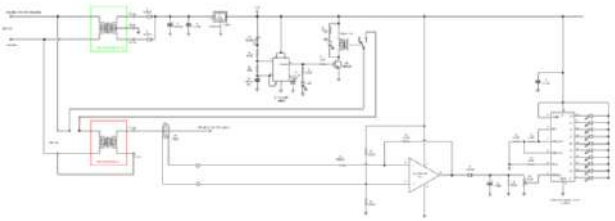
รูปที่ 1 เครื่องมือค้นหาตำแหน่งจุดลัดวงจร

2.1 LV Fault Tester

ภายในบรรจุหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 11 VA, วงจรตั้งเวลา[3], วงจรวัดกระแสไฟฟ้า[4][5] ซึ่งหม้อแปลงดังกล่าวทำหน้าที่จ่ายแรงดันขนาด 11 V_{AC} เป็นเวลา 1 วินาที และหยุด 3 วินาที ที่กระแสขนาด 0-25 A_{AC} (ขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ของระบบ) เข้าไปในสายเฟสที่ลัดวงจร โดยบรรจุภายในกล่องเพื่อสะดวกต่อการประกอบเข้าชุดฟิวส์สวิทช์แรงต่ำ ด้านข้างมีหัวเสียบ Hot Stick เพื่อให้ง่ายต่อการนำ LV Fault Tester ขึ้นไปแขวนติดตั้งแทนฟิวส์สวิทช์แรงต่ำที่ขาดชำรุดจากการลัดวงจรโดยมีผังการทำงานดังรูปที่ 2 และวงจรการทำงานดังรูปที่ 3



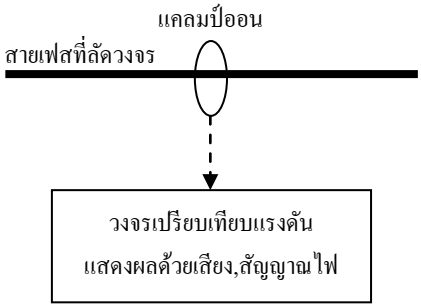
รูปที่ 2 ผังการทำงาน LV Fault Tester



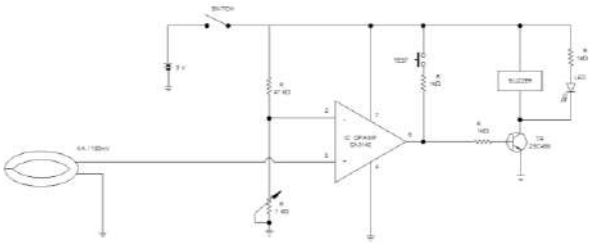
รูปที่ 3 วงจร LV Fault Tester

2.2 LV Scanner

ทำหน้าที่ตรวจหาสนามแม่เหล็กบริเวณรอบๆสายไฟฟ้า เมื่อ LV Fault Tester จ่ายแรงดันออกมา หากมีการลัดวงจร ทำให้อิมพีแดนซ์ในระบบต่ำมากก็จะทำให้เกิดกระแสไหลในสายไฟสูง มีเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำมาก ลักษณะของ LV Scanner เป็นแคลมป์ออน ปากสามารถเปิดออกได้เองเมื่อดันเสียบเข้ากับสายไฟฟ้า และเปิดออกเองเมื่อดึงออกจากสายไฟฟ้า ภายในบรรจุวงจรเปรียบเทียบแรงดัน[6] แสดงผลเป็นสัญญาณไฟ LED , เสียงจาก Buzzer และสวิทช์ทดสอบความพร้อมก่อนใช้งาน โดย LV Scanner จะถูกเสียบต่อเข้ากับปลายของ Hot stick ขณะใช้งาน มีผังการทำงานดังรูปที่ 4 และวงจรการทำงานดังรูปที่ 5



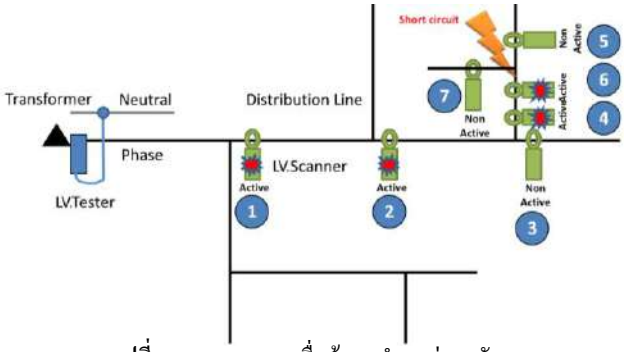
รูปที่ 4 ผังการทำงาน LV Scanner



รูปที่ 5 วงจร LV Scanner

3. การทำงานของเครื่องมือหาตำแหน่งจุดลัดวงจรในระบบจำหน่ายแรงต่ำ

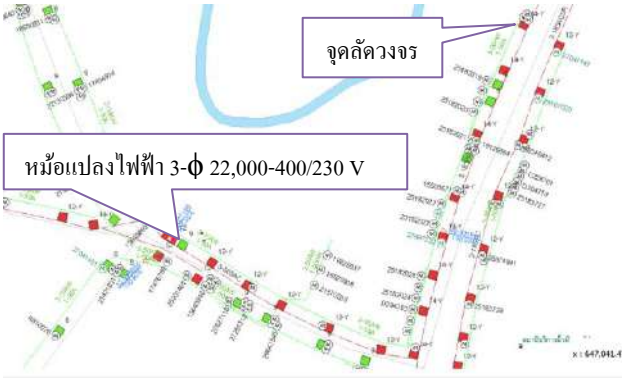
ทำการปลดฟิวส์สวิทช์แรงต่ำเฟสที่ขาดชำรุดจากการลัดวงจรออก และติดตั้ง LV Fault Tester แทน ซึ่งจะทำหน้าที่จ่ายแรงดันขนาด 11 V_{AC} ที่กระแสขนาด 0-25 A_{AC} (ขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ของระบบ) เข้าไปในสายเฟสที่ลัดวงจร จากนั้นใช้ LV Scanner เสียบคล้องเข้ากับสายไฟในตำแหน่งต่างๆหากตำแหน่งการลัดวงจรอยู่ถัดไปจากตำแหน่งของ LV Scanner จะเกิดสนามแม่เหล็กในสายไฟทำให้วงจรภายใน Active แสดงผลเป็นเสียงและสัญญาณไฟให้ทราบ แต่หากตำแหน่งการลัดวงจรอยู่ก่อนหน้าของตำแหน่ง LV Scanner จะตรวจไม่พบสนามแม่เหล็กทำให้เกิดสภาพ Non Active ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การตรวจสอบเพื่อค้นหาตำแหน่งจุดลัดวงจร

4. การทดสอบเครื่องมือฯ

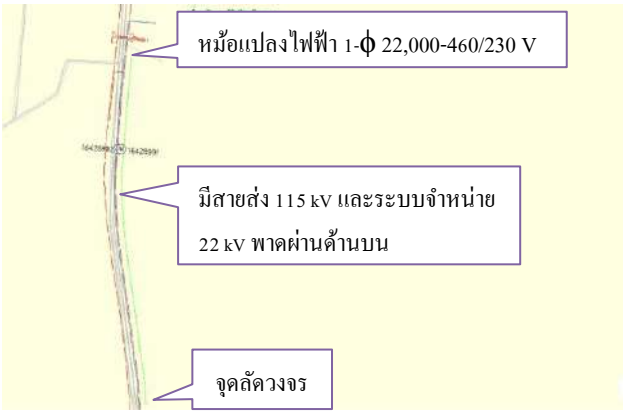
4.1 ทำการทดสอบในระบบจำหน่ายแรงต่ำ 3-ϕ 400/230 V บริเวณตลาดอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงรายโดยทำการปลดฟิวส์สวิทช์แรงต่ำ ϕ-A ออก เพื่อสมมุติเหตุการณ์ ϕ-A ลัดวงจร ส่วน ϕ-B และ ϕ-C จ่ายกระแสไฟฟ้าปกติ และมีคาปาซิเตอร์แรงต่ำต่ออยู่ในระบบฯ ทำการลัดวงจรที่ขั้วต่อมิเตอร์ ϕ-A และปิดฝาครอบขั้วต่อมิเตอร์ไว้ดังเดิม โดยไม่ให้ผู้ใช้งานเครื่องมือฯทราบตำแหน่ง สามารถใช้ LV Scanner ตรวจพบตำแหน่งจุดลัดวงจรได้อย่างถูกต้องในเวลาประมาณ 20 นาที (จุดลัดวงจรอยู่ห่างจากเสาต้นหม้อแปลงประมาณ 200 เมตร) นอกจากนี้คาปาซิเตอร์แรงต่ำที่ต่ออยู่ในระบบฯ ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องมือฯ พื้นที่ทดสอบดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 3-ϕ 400/230 V บริเวณที่ทดสอบเครื่องมือฯ

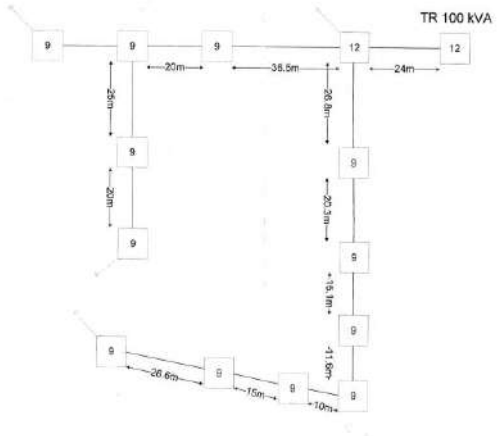
4.2 ทำการทดสอบในระบบจำหน่ายแรงต่ำ 1-ϕ 460/230V โดยมีสายส่ง 115 kV และระบบจำหน่าย 22 kV พาดผ่านอยู่ด้านบน บริเวณหน้าสถานีไฟฟ้าเชียงของ จังหวัดเชียงราย โดยทำการปลดฟิวส์สวิทช์แรงต่ำ ϕ-A และ ϕ-B ออก เพื่อสมมุติเหตุการณ์ ϕ-A-B ลัดวงจร หลังจากนั้นทำ

การลัดวงจรระหว่าง ϕ-A-B ที่บริเวณแร็คแรงต่ำ โดยไม่ให้ผู้ใช้งานเครื่องมือฯทราบตำแหน่ง LV Scanner สามารถตรวจพบตำแหน่งจุดลัดวงจรได้อย่างถูกต้องในเวลาประมาณ 15 นาที (จุดลัดวงจรห่างจากเสาต้นหม้อแปลงประมาณ 200 เมตร) และสนามไฟฟ้าจากสายส่ง 115 kV, ระบบจำหน่าย 22 kV ที่พาดผ่านด้านบนไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องมือฯ พื้นที่ทดสอบดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 1 ϕ 460/230 V บริเวณที่ทดสอบเครื่องมือฯ

4.3 เข้าร่วมทดสอบในระบบจำหน่ายแรงต่ำจำลองชนิด 3-ϕ 400/230 V ของกองวิจัย ฝ่ายวิจัยและพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ซึ่งจำลองเหตุการณ์ลัดวงจร เฟส-ดิน, เฟส-เฟส และเฟส-เฟส-ดิน ในบริเวณตำแหน่งต่างๆ โดยให้ค้นหาตำแหน่งจุดลัดวงจรเหตุการณ์ละไม่เกิน 30 นาที LV Scanner สามารถตรวจพบตำแหน่งจุดลัดวงจรได้อย่างถูกต้องและไม่เกินเวลาที่กำหนด พื้นที่ทดสอบดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ระบบจำหน่ายแรงต่ำจำลองชนิด 3 ϕ 400/230 V

5. ผลการทดสอบเครื่องมือฯ

จากการทดสอบเครื่องมือในลักษณะต่างๆตามข้อ 4.1-4.3 ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ลัดวงจร / ระบบ	เฟส-ดิน	เฟส-เฟส	เฟส-เฟส-ดิน
1-ϕ	ค้นหาตำแหน่งถูกต้อง	ค้นหาตำแหน่งถูกต้อง	ค้นหาตำแหน่งถูกต้อง
3-ϕ	ค้นหาตำแหน่งถูกต้อง	ค้นหาตำแหน่งถูกต้อง	ค้นหาตำแหน่งถูกต้อง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบ

6. สรุป

ชุดเครื่องมือฯ ที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ในส่วนของ LV Fault testerใช้เทคนิคการจ่ายแรงดันแบบคงที่ 1 วินาที หยุด 3 วินาทีเพื่อลดขนาดและความร้อนจากหม้อแปลง ส่งผลให้เครื่องมือฯ มีขนาดเล็กกว่าของเดิม เพิ่มความสะดวกต่อผู้ใช้งาน และในส่วนของ LV Scanner ได้พัฒนาบริเวณปากของแคลม์ออนให้มีความแข็งแรงกว่าของเดิม จากการทดสอบในภาคสนาม ซึ่งได้จำลองเหตุการณ์ลัดวงจรในลักษณะต่างๆ เครื่องมือฯ ดังกล่าวสามารถค้นหาตำแหน่งจุดลัดวงจรได้อย่างถูกต้อง โดยมีระยะหวังผลประมาณ 1,000 เมตร (วัดจากเสาต้นหม้อแปลงไฟฟ้า) ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาการค้นหาตำแหน่งจุดลัดวงจรแบบวิธีปกติด้วยสายตาลงได้ ทำให้สามารถแก้ไขสิ่งผิดปกติ และจ่ายกระแสไฟฟ้ากลับคืนให้กับประชาชนด้วยความรวดเร็วขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่ม กป.รวมพลัง แผนกก่อสร้างและปฏิบัติการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาอำเภอเชียงของ ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลเบื้องต้น และ กองวิจัย ฝ่ายวิจัยและพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่ให้การสนับสนุนสร้างเหตุการณ์จำลองในภาคสนาม สำหรับทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือฯ

เอกสารอ้างอิง

[1] แบบมาตรฐาน A0 การก่อสร้างระบบจำหน่ายแรงต่ำ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

[2] เอกสารเผยแพร่นวัตกรรม 2554 กลุ่ม"กป.รวมพลัง" แผนกก่อสร้างและปฏิบัติการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขา อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

[3] NE555 GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS , STMicroelectronics

[4] LM3914 Dot/Bar Display Driver , TEXAS INSTRUMENTS

[5] LM741 Operational Amplifier , TEXAS INSTRUMENTS

[6] CA3140 4.5MHz, BiMOS Operational Amplifier with MOSFET Input/Bipolar Output , HARRIS Semiconductor

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องลดความยืดของผ้ายืดด้วยเทคนิคการสั่น

Stretch Reducer of Elastic Fabric with Vibrating Technique

เชาว์ลิต พันธ์สังข์[1] และ สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ[2]

[1]บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

E-mail: phansung_22@hotmail.com[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องต้นแบบลดความยืดของผ้ายืดที่อยู่ในม้วนผ้า เพื่อทำให้ผ้ายืดมีความยืดหยุ่นใกล้เคียงเดิมมากที่สุด โดยใช้เทคนิคการสั่นซึ่งประกอบด้วยโครงสร้าง 4 ส่วนคือ ระบบปล่อยผ้าแรงดึงต่ำ ระบบสั่นผ้า ระบบม้วนเก็บแรงดึงต่ำ และระบบควบคุมการทำงาน จากผลการทดสอบพบว่าผ้ายืดที่ผ่านเครื่องลดความยืดของผ้ายืดที่นำเสนอนี้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อนำไปใช้งานจึงมีคุณสมบัติต่าง ๆ เหมาะสมมากขึ้น

Abstract

This research work proposes a stretch reducer of elastic fabric within fabric roller for flexibility improvement. The vibrating technique is used. The proposed stretch reducer system consists of four parts: unwinder, vibrator, rewinder and control systems. The experimental results show that the proposed system is found to be useful for elasticity increase of elastic fabric. Therefore, the given elastic fabric has more suitable property.

***Keywords*:** elastic fabric, rewinder, stretch reducer, unwinder, vibrator

1. บทนำ

เนื่องจากผ้ายืดที่ใช้ในการเคลือบกาวจะต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะกับการใช้งาน แต่ก่อนที่จะนำผ้ายืดมาเคลือบกาวผ้ายืดจะต้องผ่านกระบวนการผลิตผ้าหรือทอผ้า ซึ่งจะต้องมีการม้วนเก็บเข้ากับเพลาม้วนตามขนาดและความยาวที่แตกต่างกันไปตามที่ลูกค้าต้องการ โดยคำนึงถึงแต่ความแน่นของม้วนผ้าที่จะไม่ทำให้ม้วนผ้าหลุดออกจากเพลา แต่กลับมองข้ามถึงความยืดหยุ่นของผ้า อีกทั้งระยะเวลาในการเก็บก่อนส่งมอบลูกค้านานเกินไป โดยเฉพาะผ้ายืดที่นำเข้าจากต่างประเทศ จะใช้เวลาในการส่งมอบถึงลูกค้านาน ทำให้ผ้ายืดที่ม้วนอยู่ในม้วนผ้ามีความยืดมากขึ้นหรือเสียความยืดหยุ่นไม่เหมาะที่จะนำมาเคลือบกาวหรือหากสามารถนำกลับไปแก้ไขยังผู้ผลิต อาจทำให้เสียค่าใช้จ่ายด้านขนส่งและทำให้การผลิต ผลิตภัณฑ์ล่าช้ากว่ากำหนด ฉะนั้นต้องมีการลดความยืดหรือรักษาความยืดหยุ่นของม้วนผ้าให้มีความยืดหยุ่นใกล้เคียงเดิมมากที่สุด โดยใช้หลักการควบคุมความตึง [1] และปล่อยม้วนผ้ายืดให้ไหลไปพื้นระนาบที่ไม่มีแรงดึง [2] ผ่านกระบวนการสั่น เพื่อทำให้การนำผ้าผืดคลายตัว และม้วนเก็บที่แรงดึงต่ำ ทำให้การนำใช้งานมีคุณภาพมากที่สุด และเสร็จตามเวลาที่กำหนด ดังนั้นจึงสร้างเครื่องต้นแบบมาแก้ปัญหาดังกล่าว ก่อนจะนำไปใช้งาน หรือการเคลือบกาว และเครื่องต้นแบบนี้ยังนำไปใช้ประยุกต์ใช้กับผ้าชิดอื่นได้อีกที่นอกเหนือจากผ้ายืด เช่น การรีโรลผ้าเพื่อตรวจวัดความยาวม้วนผ้า

2. โครงสร้างเครื่องต้นแบบ

การทำงานของเครื่องต้นแบบสำหรับลดความยืดของผ้ายืดจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ดังต่อไปนี้

2.1 ชุดปล่อยม้วนผ้า (Unwinder)

ชุดม้วนปล่อยผ้าประกอบด้วยเพลาที่ถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เกียร์ความเร็วรอบต่ำ มีอินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วรอบในการปล่อยม้วนผ้า และใช้อินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่ปรับความเร็วรอบแบบปรับด้วยตัวเอง (Manual) ในขณะเริ่มต้นการทำงาน โครงสร้างเป็นดังรูปที่ 1



(ก) โครงสร้าง



(ข) ขณะทำงานจริง

รูปที่ 1. ชุดปล่อยม้วนผ้า

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลาม้วน 2 นิ้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของม้วนผ้ายืดสูงสุดคือ 800 มิลลิเมตร ขนาดของแกนกระดาษรูในมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 3 นิ้ว และเส้นผ่าศูนย์กลางของม้วนผ้าเพื่อให้สามารถปล่อยม้วนผ้าได้มีขนาดสูงสุดเท่ากับ 1500 มิลลิเมตร

2.2 ชุดสั่นผ้า (Vibrator)

ชุดสั่นผ้ามีแผ่นเพลทที่วางทำมุม 20 องศา อยู่บนชุดสปริงที่ทำหน้าที่บังคับให้แผ่นเพลทเคลื่อนที่ขึ้นลงตามจังหวะที่เฟืองลูกเบี้ยวเคลื่อนที่มากระทบกับลูกล้อที่ติดตั้งอยู่ใต้แผ่นเพลท ซึ่งมีฐานเป็นสปริงแนวตั้งทำให้เกิดการขยับขึ้นลงตามจังหวะของลูกเบี้ยว ความเร็วของการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยวใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสขนาด 2 HP เป็นตัวขับที่สามารถควบคุมความเร็วรอบด้วยอินเวอร์เตอร์ กระบวนการทั้งหมดจึงทำให้เกิดการสั่น โดยมีผู้ปฏิบัติงานควบคุมความเร็วในการสั่นดังแสดงในรูปที่ 2



(ก) โครงสร้าง



(ข) ขณะทำงานจริง

รูปที่ 2. ชุดสั่นผ้า

2.3 ชุดม้วนเก็บ (Rewinder)

ชุดม้วนเก็บผ้านั้นใช้สำหรับม้วนเก็บผ้ายืดที่ผ่านกระบวนการสั่น (Vibrator) ในส่วนนี้โครงสร้างที่รองรับเพลาม้วนเก็บผ้ายืดจะสามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบ ซึ่งเคลื่อนที่ในทิศทางซ้ายและขวา เป็นการเคลื่อนที่จากตำแหน่งกึ่งกลางได้ ± 100 มิลลิเมตร จากการได้รับแรงกระทำจากกระบอกไฮดรอลิค มีเพลาม้วนเก็บขับเคลื่อนโดยมอเตอร์เกียร์ความเร็วรอบต่ำ มีชุดควบคุมแรงดึง (Tension controller) ควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมความเร็วรอบในการเก็บม้วนผ้า การทำงานจะสามารถทำการสั่งงานด้วยระบบควบคุมด้วยตัวเอง (Manual Mode) หรือระบบอัตโนมัติ (Auto Mode) ที่ถูกควบคุมด้วยชุดควบคุมแรงดึง ในการออกแบบโครงสร้างจะออกแบบให้ส่วนเคลื่อนที่ได้อยู่บนฐานโครงสร้าง เพื่อจัดทิศทางการคลื่อนของแนวขอบผ้าให้อยู่ในแนวระดับเดียวกัน โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนที่คือ Air sensor ซึ่งทำให้การม้วนเก็บม้วนผ้ายืดให้เรียบร้อย มีแนวตรงกันในแต่ละรอบของการม้วน และป้องกันม้วนผ้ายืดหลุดออกจากม้วน ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ เป็นดังรูปที่ 3 (ก) และ (ข)



(ก) โครงสร้าง



(ข) ขณะทำงานจริง

รูปที่ 3. ชุดม้วนเก็บ

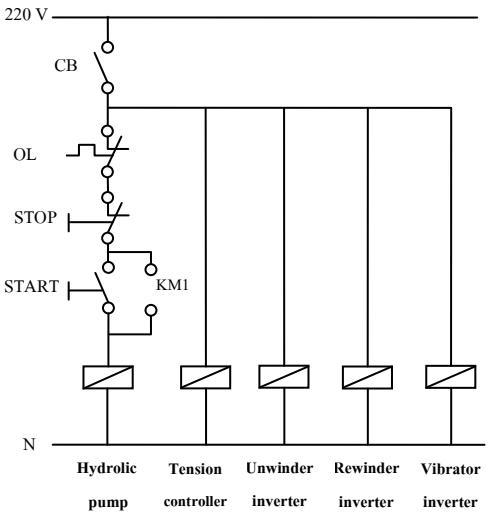
2.4 ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องต้นแบบ

ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องต้นแบบทั้งหมดถูกควบคุมด้วยระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส สำหรับวงจรการทำงานดังรูปที่ 4 (ก) ส่วนภายนอกตู้ควบคุมจะติดตั้งสวิตช์ควบคุมการทำงาน ปุ่มปรับความเร็วรอบมอเตอร์ และชุดควบคุมแรงดึง ดังรูปที่ 4 (ข) และส่วนประกอบภายในตู้ควบคุมจะประกอบด้วยเบรคเกอร์ แมคเนติค หม้อแปลงไฟฟ้า การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานดังรูปที่ 4 (ค)

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand



(ก) วงจรการทำงาน



(ข) โครงสร้างภายนอก



(ค) โครงสร้างภายใน

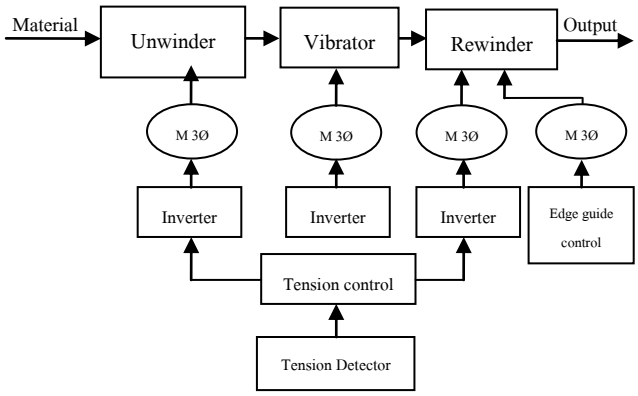
รูปที่ 4. ชุดควบคุมระบบไฟฟ้า

3. ระบบการทำงานของเครื่องต้นแบบ

กระบวนการทำงานเครื่องต้นแบบนั้นนำวัตถุดิบเข้าไปในส่วนของม้วนปล่อยผ้ายืด (Unwinder) จะถูกส่งต่อไปยังชุดสั่นผ้ายืดเพื่อให้ผ้ายืดคลายตัวซึ่งในส่วนนี้ผ้ายืดจะปราศจากแรงดึงใดๆทั้งสิ้น และส่งต่อไปยังชุดม้วนเก็บ ในกระบวนการนี้จะเกิดแรงดึงที่ผ้ายืดค่าต่ำๆ เพื่อทำให้ผ้ายืดยืดเกาะกับแกนเพลาม้วนเก็บ โดยมีการควบคุมทิศทางการเคลื่อนระยะขอบผ้า (Edge guide control) เพื่อให้ระยะขอบของผ้ายืดในม้วนมีระดับที่เสมอกัน ทำให้ม้วนผ้ายืดดูเรียบร้อยเหมาะกับการนำไปใช้งาน หรือนำไปเคลือบกาว ข้อมูลรายละเอียดการทำงานของเครื่องต้นแบบเปกระบวนการทั้งหมดของเครื่องต้นแบบนี้ทำงานโดยอาศัยการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 3 ตัว ควบคุมการทำงานโดยชุดควบคุมแรงดึง ซึ่งเป็นการควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้อินเวอร์เตอร์และชุดควบคุมแรงดึงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 V :ซึ่งมีบล๊อกไดอะแกรมการทำงานเป็นดังรูปที่ 5

ตารางที่ 1. ข้อมูลรายละเอียดการทำงานของเครื่องต้นแบบ

การใช้งาน	ชนิดของมอเตอร์
ระบบให้กำลังชุดปล่อยม้วนผ้า	เอซีมอเตอร์เกียร์ขนาด 2 แรงม้า
ระบบให้กำลังของชุดสั่นผ้า	เอซีมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า
ระบบให้กำลังของชุดม้วนเก็บ	เอซีมอเตอร์เกียร์ขนาด 2 แรงม้า
ระดับมาตรฐานการป้องกัน	IP 55
ชนิดกระแสไฟฟ้าที่ใช้	ไฟฟ้ากระแสสลับ 380V 3เฟส

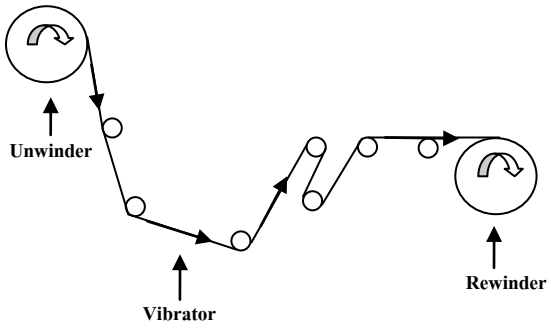


รูปที่ 5. บล๊อกไดอะแกรมการทำงานเครื่องต้นแบบ

3.1 รายละเอียดของเครื่องต้นแบบ

เครื่องต้นแบบมีขนาดความกว้าง 1950 mm. สูง 1900 mm. และยาว 4200 mm. ตั้งอยู่บนพื้นคอนกรีตที่รับน้ำหนักได้ประมาณ 1 ตัน ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 6 เครื่องที่ออกแบบนี้สามารถนำไปใช้กับม้วนผ้ายืดที่มีความกว้าง 1200 มิลลิเมตร ขนาดของม้วนผ้ายืดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มิลลิเมตร ความเร็วในการเดินเครื่อง 3 เมตรต่อนาที ควบคุมความเร็วด้วยแรงดึงไม่ให้เกิน 2 นิวตัน ควบคุมความเร็วโดยใช้อินเวอร์เตอร์ และมีชุดควบคุมขอบผ้า (Edge Guide Controller) ควบคุมขอบผ้าให้อยู่ในแนวตรงก่อนม้วนเก็บ ระบบการทำงานทั้งหมดของเครื่องถูกควบคุมด้วยระบบ

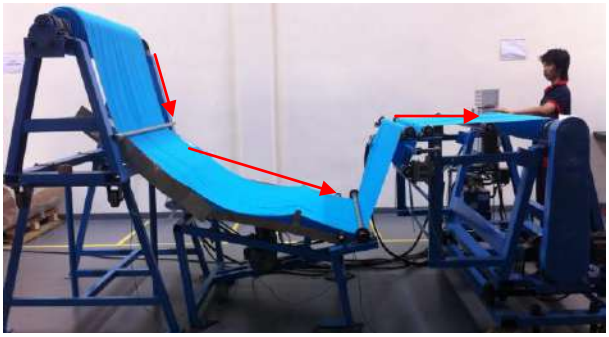
ไฟฟ้า 3 เฟส 380 V และ 1 เฟส 220 V ใช้กำลังไฟฟ้า 1.9 kW และมีสวิตช์ตัดการทำงานของเครื่องเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินเพื่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน และผู้ใช้ควบคุมการทำงานประมาณ 1-2 คน การทดสอบการทำงานจริงของเครื่องต้นแบบที่นำเสนอใช้ผ้าชนิด CS1 และ CS2 มาทดสอบ



(ก) เครื่องต้นแบบที่จัดสร้างขึ้น



(ข) เครื่องต้นแบบขณะทำงานจริง



(ค) ลำดับการทำงานในแต่ละส่วนของเครื่องต้นแบบ

รูปที่ 6. ส่วนประกอบโดยรวมเครื่องต้นแบบ

4. ผลการทดสอบความยืดหยุ่นของผ้ายืด

ในการเก็บผลทดสอบผ้ายืดจะเก็บผลก่อน และหลังจากการนำผ้ายืดผ่านเครื่องต้นแบบ หลังจากนั้นนำผลการทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบกัน โดยวิธีการทดสอบจะสุ่มวัดความยาวบนผ้ายืดที่ด้านซ้าย และด้านขวาของม้วนผ้า นำมายืดที่ค่าความดึงเท่ากับค่าความกว้างของผ้ายืดที่ทดสอบ โดยตัดผ้ายืด 1 ซม. และทำการทดสอบโดยใช้แรงดึงขนาด 1 นิวตัน หลังจากนั้นนำผลที่ได้มาบันทึกเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวของผ้ายืดดังตารางที่ 1 จากผลที่ได้จะเห็นได้ว่าค่าความยืดหยุ่นของผ้ายืดมีค่ามากขึ้น

ตารางที่ 1. ผลการทดสอบหาค่าความยืดหยุ่นของผ้ายืด

ชนิดผ้าทดสอบ	ตำแหน่งทดสอบ	ก่อนพัฒนา		หลังพัฒนา	
		Stretch (%)	Regain (%)	Stretch (%)	Regain (%)
CS1	ซ้าย	128.0	47.37	108.0	51.83
	ขวา	128.0	47.57	108.0	51.25
CS2	ซ้าย	127.0	48.19	106.0	49.87
	ขวา	127.0	48.37	106.0	49.95

5. สรุป

เครื่องต้นแบบใช้ ม้วนผ้าได้ที่ความเร็ว 3 m/min และเมื่อผ่านเครื่องต้นแบบจะทำให้ความยืดของผ้ายืดลดลงประมาณ 20 เปอร์เซนต์ ซึ่งเหมาะกับอุตสาหกรรมทอผ้าและกระบานการผลิตที่ใช้ผ้ายืดเคลือบกาว เครื่องต้นแบบยังนำมาใช้ประโยชน์อื่นๆอีก เช่น ใช้ รีโรลหรือคลายม้วนผ้า เพื่อวัดหรือตรวจสอบความยาวม้วนผ้ายืดที่ได้จากผู้ผลิต,สลับผิวหน้าของพื้นผ้า , การต่อม้วนผ้าให้มีขนาดความยาวเพิ่มขึ้นตามที่ผู้ใช้ต้องการ ซึ่งเครื่องต้นแบบนี้มีประโยชน์หลายอย่างขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งานแต่เครื่องต้นแบบนี้ก็ยังข้อดีและข้อเสียคือ

ข้อดี

1. มีการทำงานไม่สลับซับซ้อนง่ายต่อการใช้งาน
2. ง่ายต่อการบำรุงรักษา
3. ใช้กับผ้าได้หลายชนิด
4. ต้นทุนต่ำ ประสิทธิภาพสูง
5. ช่วยให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและส่งมอบทันตามกำหนด
6. เครื่องต้นแบบออกแบบมาให้ง่ายต่อการเคลื่อนย้ายไปยังพื้นที่อื่นโดยได้สร้างฐานที่เป็นล้อเพื่อให้เหมาะกับการย้ายตำแหน่ง

ข้อเสีย

1. ชุดสั่นมีเสียงดังเกินไป ซึ่งเกิดกระทบกันของสปริงและแผ่นเพลท
2. มีโครงสร้างเป็นเหล็กทำให้มีน้ำหนักมาก

เอกสารอ้างอิง

[1] Sliting& Spooling Machine Operation Manual SV MACHINERY, page 16,25-30

[2] Coating& Laminating Machine Operation Manual JUNG CHANG TAIWAN, page 35-50

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

เครื่องทำน้ำเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์

Thermoelectric Cooler Water Machine

อนุชล หอมเสียง[1],อนุพงศ์ ไพโรจน์[2] ,ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล[3],จารุพงษ์ สร้อยคำ[4], มุกระวี ดีสุ่น[5] และ อานนท์ วีระวงศ์[6]

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: chon@rmutl.ac.th[1] , anupong@rmutl.ac.th[2], kwuanchai@rmutl.ac.th[3] , i_amjohn_@hotmail.com[4] , janjo_1234@hotmail.com[5], dodo_lp2010@hotmail.com[6]

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของบทความนี้ เพื่อสร้างเครื่องทำน้ำเย็นโดยใช้ เทอร์โมอิเล็กทริกส์เป็นหลัก ซึ่งแตกต่างจากเครื่องทำน้ำเย็นทั่วๆ ไป ที่ใช้ระบบคอมเพรสเซอร์ มีขนาดใหญ่, ไม่มีระบบแสดงผล และไม่สามารถตั้งอุณภูมิได้ เครื่องนี้ใช้ระบบแลกเปลี่ยนความร้อน โดยตัวเทอร์โมอิเล็กทริกส์ดึงความร้อนออกจากหม้อน้ำแล้วระบายความร้อนออกทางฮีตซิ้งค์ ส่วนการแสดงผลและการควบคุมอุณหภูมิ ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมอุณหภูมิ

จากการทดลองใส่น้ำ 2 ลิตร ในเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำลดลงได้ตามที่ตั้งไว้ วงจรควบคุมก็จะทำการสั่งให้เทอร์โมอิเล็กทริกส์หยุดทำงานและจะเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น

Abstract

The purpose of this article was to generate cold water using a thermo electric principle. Unlike conventional machines was using large compressor system, no display and uncontrolled the temperature. This machine uses heat exchangers by Thermo Electric to pull the heat from the boiler thru heat sink. The display and temperature control using electronics temperature control circuit.

From experimental using 2 liters of water in about one hour, the temperature is dropping, according to the set. The controller will be directed to a thermo dielectric stopped working and will start again when the water temperature rises.

***Keywords*:** Thermoelectric, Cooler Water.

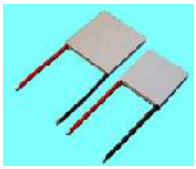
1. บทนำ

ปัจจุบันเครื่องทำน้ำเย็นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมกันมากในสำนักงาน,โรงพยาบาล,สถานศึกษา,บริษัทต่างๆเป็นต้น แต่โดยปกติแล้วเครื่องทำน้ำเย็นทั่วไปมีขนาดใหญ่ยากต่อการพกพาไปไหนและยังไม่สามารถปรับอุณหภูมิตามที่เราต้องการได้ แถมยังเปลืองไฟมากเพราะเราต้องเสียบปลั๊กทิ้งไว้ตลอดเวลา แนวทางการแก้ปัญหา ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาถึงวิธีการประหยัดพลังงานในเครื่องทำน้ำเย็น โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ช่วยในการประหยัดพลังงาน จากนั้นใช้วงจรควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำให้เราสามมารถกำหนดอุณหภูมิตามที่เราต้องการได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทอร์โมอิเล็กทริกส์(Thermoelectric)

เซลล์เทอร์โมอิเล็กทริกส์ทำหน้าที่เปลี่ยนจากพลังงานความร้อนเป็นพลังงานฟ้า



รูปที่ 2.1 ตัวเทอร์โมอิเล็กทริกส์

2.2 พาวเวอร์ซัพพลาย(Power Supply)

เป็นอุปกรณ์หลักที่คอยจ่ายไฟให้กับชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆทั้งหมดภายในเครื่อง



รูปที่ 2.2 พาวเวอร์ซัพพลาย

2.3 Heat sink

ฮีตซิงก์ คือแท่งโลหะ ที่ใช้สำหรับระบายความร้อน



รูปที่ 2.3 Heat sink

2.4 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

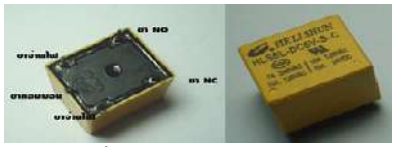
เครื่องควบคุมอุณหภูมิเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้



รูปที่ 2.4 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

2.5 รีเลย์ 12V

เป็นอุปกรณ์ควบคุมวงจรไฟฟ้าที่มีการทำงานในลักษณะเป็นเครื่องกลไฟฟ้า



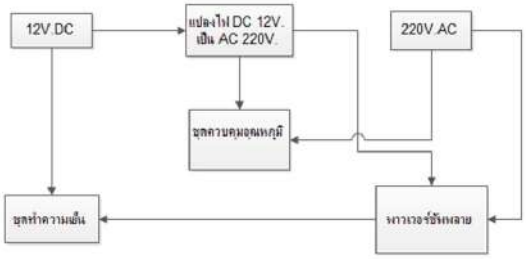
รูปที่ 2.5 รูปแสดงตำแหน่งขาของรีเลย์

2.6 เครื่องแปลงไฟ 12V เป็น 220V 500W

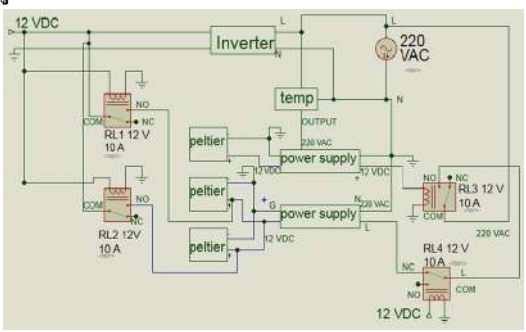


รูปที่ 2.6 รูปเครื่องแปลงไฟ 12V เป็น 220V 500W

3. การออกแบบ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องทำน้ำเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์



รูปที่ 3.2 วงจรชุดควบคุมอุณหภูมิ

ในการออกแบบการควบคุมอุณหภูมินั้นเราจะใช้ microcontroller ในการควบคุมอุณหภูมิ ในการทำงานของ ระบบนั้นจะเริ่มจาก microcontroller รับค่าอุณหภูมิมาจาก DS1820 ซึ่งเป็น IC ที่ใช้ในวัดอุณหภูมิ ซึ่งมีย่านวัดอยู่ที่ +125 ถึง -55 C เมื่อ microcontroller รับค่ามาแล้วจะทำการแสดงผลออกมาทางหน้าจอ LCD ซึ่งหน้าจอ LCD ต่อไว้ที่ PORT B ของ microcontroller จากนั้นเรานำวงจรรีเลย์ไปต่อไว้ที่ PORT C ของ microcontroller โดยรีเลย์เราจะเลือกขาที่เป็น NO เพื่อที่เวลาไม่มีไฟเข้ามาจะทำให้วงจรในรีเลย์เปิดอยู่ ถ้ามีไฟจาก microcontroller เข้ามาจะทำให้ PORT C ของ microcontroller ทำงานมีสถานะเป็น 1 วงจรรีเลย์ก็จะปิดทำให้ไฟฟ้าไหลครบวงจรทำให้ thermoelectric ทำงาน เมื่อถึงอุณหภูมิที่เราเขียนไว้ในโปรแกรมที่อยู่ใน microcontroller ก็จะทำให้ไม่มีไฟเข้ามาในรีเลย์ ทำให้ PORT C ของ microcontroller มีสถานะเป็น 0 วงจรรีเลย์ก็จะเปิดออก ทำให้ตัดการทำงานของ thermoelectric และ เมื่อถึงอุณหภูมิที่เราตั้งให้มันทำงาน PORT C ของ microcontroller ทำงานมีสถานะเป็น 1 วงจรรีเลย์ก็จะปิดทำให้ thermoelectric ทำงาน โดยการทำงานของวงจรควบคุมอุณหภูมิก็จะ เป็นเช่นนี้เรื่อยๆไป

4. ผลการทดลอง

ทดลองนำเครื่องทำน้ำเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ใช้กับไฟ 220VAC โดยใส่น้ำลงไปถังจำนวน 2 ลิตร อุณหภูมิของน้ำ ลงจาก 25.6 องศา ซึ่งเป็นอุณหภูมิเริ่มต้น เป็น 15.5 องศา ภายในระยะเวลา 60 นาที และทดลองใช้กับไฟจากแบตเตอรี่ 12VDC โดยใส่น้ำลงไปถังจำนวน 2 ลิตรเท่าเดิม อุณหภูมิของน้ำ ลงจาก 25.6 องศา ซึ่งเป็นอุณหภูมิเริ่มต้น เป็น 17.6 องศา ภายในระยะเวลา 60 นาที



รูปที่ 4 เครื่องทำน้ำเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ที่ประกอบสำเร็จแล้ว

5. สรุป

เครื่องทำน้ำเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ สามารถลดอุณหภูมิของน้ำดื่มได้จากอุณหภูมิของน้ำปรกติ ให้ต่ำเพียงพอสำหรับเป็นน้ำเย็นสำหรับดื่มได้ เมื่อใช้กับไฟบ้าน 220 Vac จะใช้เวลาน้อยกว่าการใช้กับแบตเตอรี่ของรถยนต์

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.olympichitech.com/web_cooler/?action=product , 9 กรกฎาคม 2556.

[2] http://www.itandhome.com , 9 กรกฎาคม 2556.

สิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การสร้างเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส 3 เฟสแบบขั้วยื่นขนาดเล็ก

The Building of 3 Phase Salient Pole Synchronous Machine

พร้อมรบ คำธาร[1], สุพัตรชัย สีแก้วมี[2], และนันทพันธ์ สารตันติดาธรม์[3]

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

E-mail: Promrop@rmutl.ac.th[1] , supatchai_ep35@hotmail.com[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการดัดแปลง สร้าง และทดสอบชุดต้นแบบเครื่องกลไฟฟ้าแบบซิงโครนัส 3 เฟสแบบขั้วยื่นต้นทุนต่ำ ขนาด 220/380Volt 50Hz 1500RPM 1.5kVA 2HP เพื่อใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอนสำหรับห้องปฏิบัติการเครื่องกลไฟฟ้า (Electrical Machines Laboratory) และห้องปฏิบัติการระบบไฟฟ้ากำลัง (Power System Laboratory) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ ต้นแบบเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัสที่ถูกสร้างขึ้นมีต้นทุนต่ำ สามารถหาวัสดุอุปกรณ์ ซ่อมบำรุงได้ง่าย และสามารถทำงานได้เทียบเคียงกับเครื่องกลไฟฟ้าซิงโครนัสที่มีขายตามท้องตลาดซึ่งมีราคาแพง และหาซื้อได้ยาก ซึ่งจากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าต้นแบบเครื่องจักรไฟฟ้าแบบซิงโครนัสที่นำเสนอสามารถทำงานได้ทั้ง 2 โหมด คือมอเตอร์โหมด และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโหมด โดยในโหมดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถทำงานได้ทั้งแบบแยกตัวอิสระ และแบบเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าได้ซึ่งเหมาะสำหรับนำไปใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอบสำหรับห้องปฏิบัติการได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส,ขั้วยื่น, สเตเตอร์, โรเตอร์,ขดลวดสนามแม่เหล็ก

Abstract

This paper propose the building of low cost 3 phase salient pole synchronous machine compose of designing, modifying ,building and experimental result. The machine is designed in 220/380Volt 50Hz 1500RPM 1.5kW 2HP for Electrical laboratory and Power system laboratory Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai. The prototype is build for simple material, row cost, simple repair and can work like a machine commercially available, which are expensive and rare. The experimental result show that the prototype machine can operate two modes is that the motor mode and generator mode. The generator mode able to work stand alone and grid connect. The propose synchronous machine it is suitable for the laboratory exam as well.

***Keywords*:** Synchronous Machine , Salient Pole, Stator, Rotor, Filed Coil

1. บทนำ

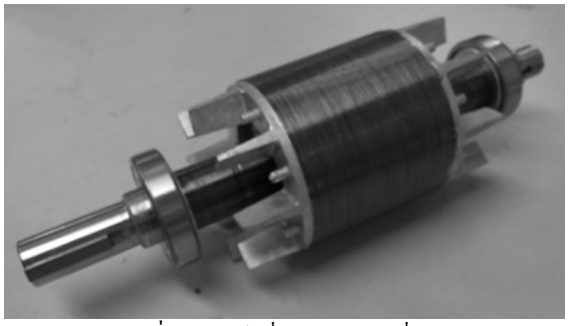
เนื่องจากชุดทดลองเพื่อการศึกษาที่มีอยู่ในปัจจุบันของสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา นั้นมีสภาพที่เก่าและชำรุดอยู่ในสภาพที่ไม่พร้อมใช้งานบ่อยครั้งที่เกิดอันตรายต่อนักศึกษาและทำให้ชุดทดลองไม่เพียงพอต่อนักศึกษา และเครื่องกลไฟฟ้าที่ขาดแคลน ไม่เพียงพอต่อห้องปฏิบัติการ มีความจำเป็นต่อการศึกษาและทดลองคือเครื่องกลไฟฟ้าแบบซิงโครนัสขนาดเล็ก เนื่องจากมีราคาที่แพงและหาซื้อได้ยากในท้องตลาดทั่วไป จึงเป็นสาเหตุต้องสั่งมาจากต่างประเทศ และต้องใช้เวลานานในการดำเนินการกว่ามาถึงประเทศไทย รวมไปถึงการตั้งค่าต่างๆของมอเตอร์ในครั้งแรกค่อนข้างที่จะยุ่งยาก

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้เกิดแนวคิดในการสร้างต้นแบบเครื่องกลไฟฟ้าแบบซิงโครนัสที่มีต้นทุนต่ำ สามารถหาวัสดุอุปกรณ์ได้ตามท้องตลาด และสามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย เพื่อรองรับความต้องการของห้องปฏิบัติการเครื่องกลไฟฟ้า ห้องปฏิบัติการสายส่งกำลังไฟฟ้า และห้องปฏิบัติการระบบไฟฟ้ากำลังของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ซึ่งบทความนี้จะนำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบซิงโครนัสซึ่งในหัวข้อที่ 2 จะนำเสนอการออกแบบสเตเตอร์ โรเตอร์แบบขั้วยื่น รวมถึงสลิปลิง ในส่วนของหัวข้อถัดไปจะนำเสนอถึงวิธีการสร้างเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบซิงโครนัสที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้น ส่วนการทดสอบการทำงานจะนำเสนอในหัวข้อที่ 4 และสรุปในหัวข้อสุดท้าย

2. การออกแบบเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส 3 เฟสแบบขั้วยื่น

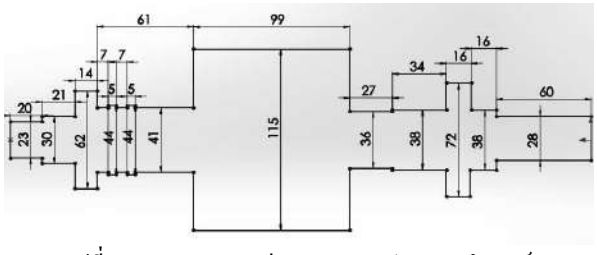
เพื่อให้ง่ายต่อการสร้างเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส 3 เฟสแบบขั้วยื่น ในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องจักรกลไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ออกแบบและคำนวนเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของส่วนที่อยู่กับที่ และส่วนที่เคลื่อนที่ โดยนำผลที่ได้ไปศึกษาหาข้อมูลของส่วนที่อยู่กับที่ ของเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นใช้ในประเทศ โดยผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำของบริษัทมิทซูบิชิ ขนาด 5 hp (3.7 KW) 230/400 V 4 pole 50 Hz Type SF-JR IP-55 Class F เป็นโครงสร้างหลักในการออกแบบ และสร้างเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส 3 เฟสแบบขั้วยื่นครั้งนี้

2.1 การออกแบบโรเตอร์เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัสแบบขั้วยื่น เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัสที่นำเสนอนี้จะมีโรเตอร์เป็นขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กมีจำนวน 4 ขั้วแม่เหล็กแบบขั้วยื่น ที่ความเร็วซิงโครนัสเท่ากับ 1500 RPM และเพื่อให้ง่ายต่อการสร้างโรเตอร์ โรเตอร์จะถูกดัดแปลงจากโรเตอร์เดิมของเครื่องกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำแสดงดังภาพที่ 1



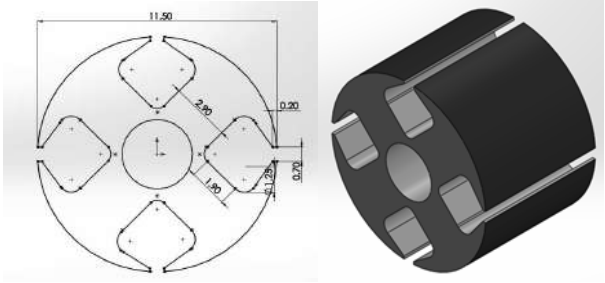
ภาพที่ 1 โรเตอร์เครื่องกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ในส่วนของโรเตอร์เครื่องจักรกลไฟฟ้าชิงโครนัสจะประกอบไปด้วย ส่วนของขั้วแม่เหล็ก และส่วนของสลิปลิงที่ใช้ในการส่งผ่านแรงดันกระแสตรงเข้าไปยังขดลวดเพื่อใช้สร้างขั้วแม่เหล็ก และได้ทำการวัดขนาดของโรเตอร์และตำแหน่งการวางอุปกรณ์ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขนาดและตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์บนโรเตอร์

ในส่วนของขั้วแม่เหล็กจะถูกออกแบบให้เป็นแบบขั้วยื่น ซึ่งมีขนาดดังรูปที่ 3 (ก) ส่วนภาพที่ 3 (ข) จะเป็นภาพของขั้วแม่เหล็กที่ได้ออกแบบไว้ด้วยโปรแกรม Solid Work



(ก) (ข)

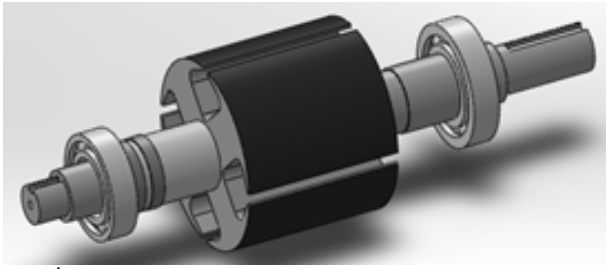
รูปที่ 3 (ก)การออกแบบขั้วแม่เหล็ก (ข)ลักษณะขั้วแม่เหล็กที่นำเสนอ



(ก) (ข)

รูปที่ 4 (ก)ซูปเปอร์ลีนรองวงแหวนลื่น (ข)วงแหวนลื่น

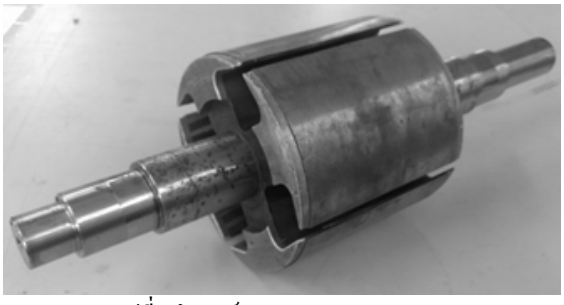
ในส่วนของสลิปริงถูกแสดงดังรูปที่ 4 (ข) ซึ่งถูกออกแบบให้ใช้ทองเหลืองสวมอัดกับซูปเปอลีนดังภาพที่ 4 (ก) สลิปริงผู้วิจัยใช้แท่งทองเหลืองในการทำ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งทองเหลืองประมาณ 4.45 เซนติเมตร โดยตัดให้มีขนาด 0.5 เซนติเมตร และเจาะรูตรงกลางให้มีขนาด 4.07 เซนติเมตร จำนวน 2 วง และในส่วนของโรเตอร์ที่เสร็จสมบูรณ์ถูกแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ลักษณะของโรเตอร์เครื่องจักรกลไฟฟ้าชิงโครนัสที่นำเสนอ

3. การสร้างเครื่องจักรกลไฟฟ้าชิงโครนัส 3 เฟสแบบขั้วยื่น

เพื่อให้ชุดทดลองสร้างตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างชุดทดลองตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ข้างต้น การดัดแปลงโรเตอร์มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เป็นโรเตอร์ของเครื่องจักรกลไฟฟ้าชิงโครนัส เนื่องจากโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มีลักษณะเป็นกรงกระรอก ผู้วิจัยจึงได้ทำการดัดแปลงโรเตอร์นี้ให้เป็นแบบขั้วยื่นโดยใช้เครื่อง Wire Cut ในการตัดโรเตอร์ให้ได้ตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้น ซึ่งแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 โรเตอร์หลังการทำการ Wire Cut

หลังจากทำการ Wire Cut ร่องโรเตอร์ได้ทำการลงขดลวดดังที่ได้ออกแบบไว้และนำซูปเปอร์ลีนสวมใส่ดังรูปที่ 7 (ก)และ (ข) ตามลำดับ

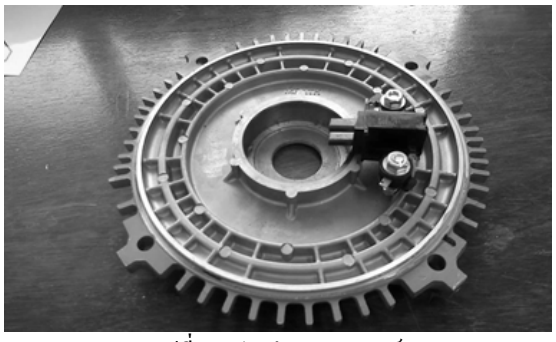


(ก) (ข)

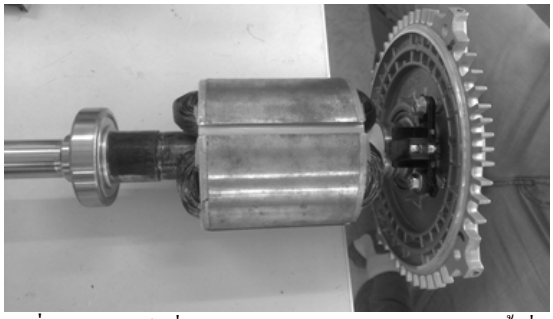
รูปที่ 7 (ก)การพันโรเตอร์ชั้นแรก (ข) ซูปเปอร์ลีนและสลิปริง

ส่วนรูปที่ 8 แสดงการติดตั้งแปรงถ่านที่ได้ออกแบบไว้ตอนต้น ซึ่งจะนำมาประกอบกับชุดฝาปิดของเครื่องกล และหลังจากนั้นนำส่วนของฝา

ครอบ และโรเตอร์ประกอบเข้าด้วยกันดังรูปที่ 9 และประกอบเข้ากับชุดสเตเตอร์ที่ได้ลงขดลวดดังที่ได้ออกแบบไว้แล้วข้างต้น



รูปที่ 8 แปรงถ่านของรถยนต์



รูปที่ 9 ชุดโรเตอร์เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส 3 เฟสแบบขั้วยื่น

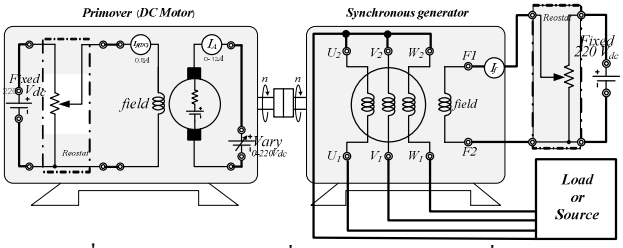
4. การทดสอบ

4.1 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การทดสอบเครื่องกลไฟฟ้าซิงโครนัสจะทดสอบในสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแยกตัวอิสระ โดยต่อกับโหลด R L และ C การทดสอบหาค่าซิงโครนัสรีแอกแตนซ์โดยการทดสอบเปิดวงจร และลัดวงจร การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกรณีเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้า การทดสอบในสภาวะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า และการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าโดยการวัดรูปคลื่นแรงดันในสภาวะไม่มีภาระ ซึ่งพารามิเตอร์เครื่องกลไฟฟ้าซิงโครนัสแสดงดังตารางที่ 1 และภาพวงจรการทดสอบแสดงดังรูปที่ 10 และระบบทดสอบแสดงดังรูปที่ 11 ตามลำดับ

ตารางที่1 พารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

พารามิเตอร์	ขนาด
ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ซิงโครนัสแบบขั้วยื่น
พิกัดกำลังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1.5kVA x 0.8
พิกัดกำลังเครื่องมอเตอร์ไฟฟ้า	1.2kW
พิกัดอาร์เมเจอร์ D/Y	220/380V 4.2/2.4Amp 50Hz
พิกัดโรเตอร์	220 Vdc 1.4Amp
ขนาดของขดลวดสเตเตอร์	#21 SWG
ขนาดของขดลวดโรเตอร์	#26 SWG
จำนวนขั้วแม่เหล็ก	4 ขั้ว
จำนวนรอบของขดลวดสเตเตอร์	54 รอบ
จำนวนรอบของขดลวดโรเตอร์	1000 รอบ
ความต้านทานของขดลวดเฟส A, B, C	5 , 5 , 5 Ω
ความเหนี่ยวนำของขดลวดเฟส A, B, C	50mH , 50mH ,50mH

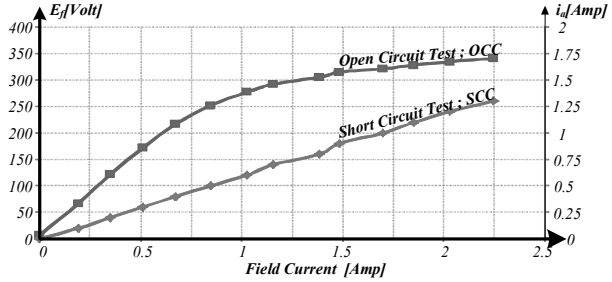


รูปที่ 10 วงจรการทดลองเครื่องกลไฟฟ้าซิงโครนัสที่นำเสนอ



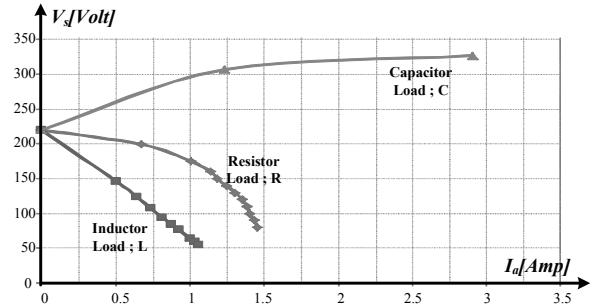
รูปที่ 11 ระบบการทดลองเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบซิงโครนัส

ผลการทดสอบขณะเปิดวงจรเมื่อเพิ่มกระแสฟิลด์ค่าของแรงดันก็จะเพิ่มขึ้นตามลักษณะของ BH-Curve และผลการทดสอบขณะลัดวงจรเมื่อเพิ่มกระแสฟิลด์ค่ากระแสลัดวงจรจะเพิ่มขึ้นมีลักษณะเชิงเส้นดังรูปที่ 12



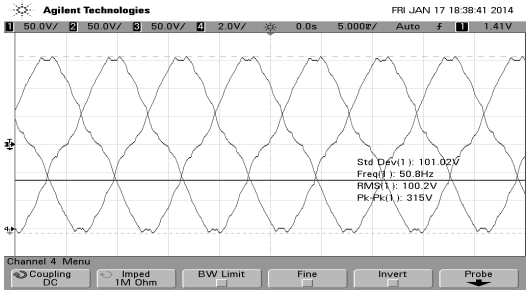
รูปที่ 12 ผลการทดสอบ Open Circuit Test และ Short Circuit Test

ผลการทดสอบขณะทำการจ่ายโหลดต่างๆ ดังรูปที่ 13 เพื่อหาคุณลักษณะ Load Characteristic พบว่าผลที่ได้สอดคล้องกันกับทฤษฎี



รูปที่ 13 ผลทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแยกตัวอิสระที่โหลดต่างๆ

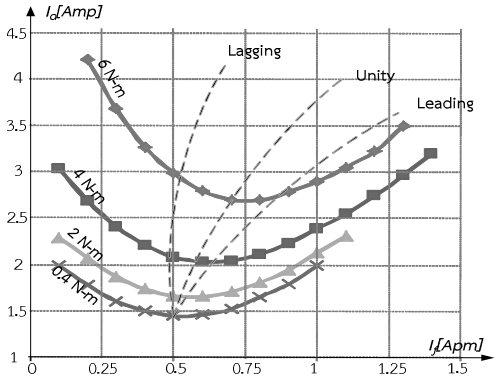
รูปที่ 14 คือรูปคลื่นแรงดันขณะที่ไม่มีโหลด พบว่ามีรูปคลื่นที่ได้ใกล้เคียงกับรูปคลื่นไซน์ของการไฟฟ้าและรอยหยักที่ในรูปคลื่นไซน์อาจจะเป็นผลมาจากการกระจายตัวของฟลั๊กแม่เหล็กในโรเตอร์มีไม่สม่ำเสมอเนื่องจากการที่นำเอาโรเตอร์ไป Wire Cut เพื่อทำให้เป็นโรเตอร์แบบขั้วยื่น



รูปที่ 14 แรงดันทั้ง 3 เฟสขณะไม่มีโหลด

4.2 การทดสอบในสภาวะมอเตอร์

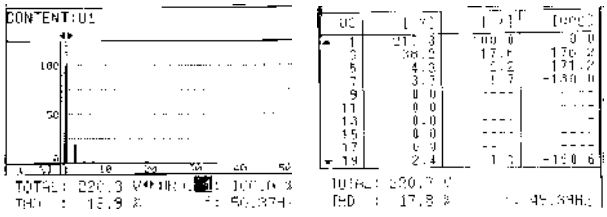
การทดสอบในสภาวะมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อหาคุณลักษณะ V-curve ของ Synchronous Motor นำไปเปรียบเทียบกับทางทฤฎีจะได้ความสัมพันธ์ของกราฟสอดคล้องกันกับทางทฤษฎี ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 V-Curve ของ Synchronous Motor

4.3 ผลการวัดฮาร์มอนิกส์ที่ลำดับต่างๆ

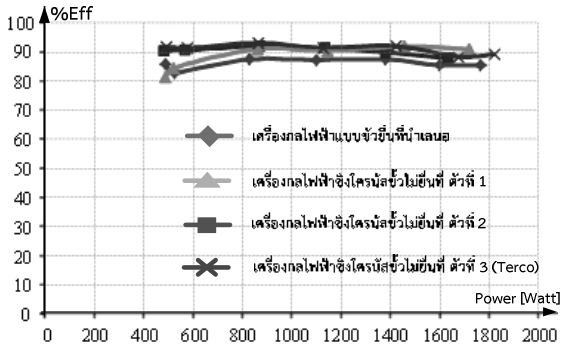
เมื่อได้ทำการทดสอบในโหมดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อหาค่าฮาร์มอนิกส์พบว่าค่า %THD_V มีค่า เท่ากับ 18.8 % ซึ่งจะประกอบไปด้วย ฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3 ปริมาณ 17% ลำดับที่ 5 ปริมาณ 2.2% และลำดับที่ 7 ปริมาณ 1.7% แสดงดังรูปที่ 16



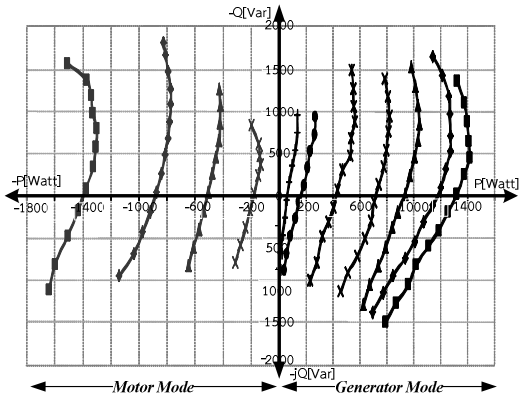
รูปที่ 16 ผลการวัดฮาร์มอนิกส์

4.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องจักรกลซิงโครนัส

เครื่องจักรกลซิงโครนัสที่ได้นำมาเปรียบเทียบได้แก่ เครื่องจักรกลซิงโครนัสของ ดร.จตุฤทธิ์ ทองปรอน จำนวน 2 ตัว [1] คือ แบบขั้วยื่น (Salient Pole) และแบบขั้วไม่ยื่น (Non-Salient Pole) และ เครื่องจักรกลซิงโครนัสแบบขั้วไม่ยื่นของ Terco ซึ่งเป็นชุดทดลองของห้องปฏิบัติการเครื่องกลไฟฟ้า พบว่าประสิทธิภาพของเครื่องกลซิงโครนัสที่ทางกลุ่มได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันทั้ง 4 ตัวที่ได้นำมาทดสอบ ดังรูปที่ 17 และรูปที่ 18 จะแสดงให้เห็นถึงขอบเขตการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้าในสภาวะเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย



รูปที่ 17 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องกลไฟฟ้าซิงโครนัส



รูปที่ 18 ผลการทดสอบการจ่ายกำลังไฟฟ้าในโมดเชื่อมต่อระบบจำหน่าย

5. สรุป

การศึกษาและสร้างเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัสขนาดเล็ก ขนาด 1.5kW สำหรับห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ใช้ในการศึกษา ทดลอง หาคุณลักษณะ ของเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัสที่สามารถใช้ได้ทั้ง Synchronous Generator และ Synchronous Motor การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส สามารถนำไปทดลองจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบจำหน่ายได้ สามารถนำไปใช้ในการทดลองการหาคุณสมบัติ V-Curve Characteristic ได้ ซึ่งมีค่าฮาร์มอนิกส์รวมของแรงดันที่ผลิตออกมาเท่ากับ 18.9% และเครื่องกลไฟฟ้าซิงโครนัสมีประสิทธิภาพ 87 % ซึ่งเครื่องกลไฟฟ้าซิงโครนัสที่นำเสนอนี้ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับเครื่องกลไฟฟ้าซิงโครนัสมาตรฐานซึ่งเหมาะที่จะนำไปใช้สำหรับเป็นสื่อการเรียนการสอน ห้องปฏิบัติการ และนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

เอกสารอ้างอิง

[1] จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน. “กรณีศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบและสร้างเครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัสสำหรับการผลิตภายในประเทศเพื่อใช้ในการศึกษา”. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า. บัณฑิตวิทยาลัยสถาบัน เทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าพระนครเหนือ; 2536.

[2] อนนท์ นำอิน. (2551). การพัฒนาชุดทดลองเครื่องจักรกลไฟฟ้า.

ERROR: syntaxerror
OFFENDING COMMAND: --nostringval--

STACK:

/Title
()
/Subject
(D:20140401163042+07’00’)
/ModDate
()
/Keywords
(PDFCreator Version 0.9.5)
/Creator
(D:20140401163042+07’00’)
/CreationDate
(Doy)
/Author
-mark-

บทความสิ่งประดิษฐ์

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

การออกแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าด้วยหลักการทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

The Design of Water Turbine Generator Using Computational Fluid Dynamics Technique

วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล[1]

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

E-mail: werayoot_mechanical@hotmail.com[1]

บทคัดย่อ

กังหันน้ำเป็นเครื่องจักรกลการไหลที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปของพลังงานจลน์ของน้ำให้กลายเป็นพลังงานกลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ในวัตถุประสงค์งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการไหลของน้ำภายในวงล้อกังหันน้ำ ด้วยกระบวนการทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) โดยอาศัยรูปแบบการคำนวณแบบปริมาตรสืบเนื่อง (Finite Volume Method, FVM) ซึ่งเป็นการคำนวณจากปริมาตรควบคุม ที่คำนวณผ่านปริมาตรควบคุมหรือเอลิเมนต์ เพื่อทำนายการไหลบริเวณที่ศึกษา ซึ่งการคำนวณแบบนี้เอลิเมนต์เป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการคำนวณผล ดังนั้นงานวิจัยจึงได้ทำการศึกษาผลต่างของความละเอียดของเอลิเมนต์สำหรับการคำนวณหารอบการหมุนสูงสุด เปรียบเทียบกับการทดสอบจริงจากต้นแบบที่สร้างขึ้น ผลจากการศึกษาพบว่า การคำนวณผลด้วย (CFD) ที่ประสิทธิภาพความละเอียดของเอลิเมนต์ 80 % ให้ค่ารอบการหมุนสูงสุดที่ความเร็วน้ำ 12 m/s เท่ากับ 1,764 RPM ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไปจากการทดสอบจริงอยู่ที่ 0.22%

Abstract

Water turbine is the fluid machinery that changes kinetic energy of water into mechanical energy for electricity generation. The objectives of this research are to study flow of water inside water turbine wheel using computational fluid dynamics employing Finite Volume Method. Finite Volume Method was used to calculate velocities in the water turbine. Number of Element is an important variable affecting calculation accuracy. Then, the accuracy of element was studied and comparison was made with results from experiment and simulation. The calculation result of CFD show that the elements efficiency of 80% results in the maximum rotation speeds of a 7 m / s at 1,764 RPM, which shows percent error of 0.22% as compared to the actual testing.

***Keywords*:** Mash Element, Computational Fluid Dynamics (CFD)

1. บทนำ

ในสถานะการด้านวิกฤติทางด้านพลังงานที่เกิดขึ้น ได้ส่งผลให้ราคาสินค้าที่ใช้ในปัจจุบันมีราคาที่แพงขึ้น ด้วยเงื่อนไขทางด้านการขนส่ง จนกลายเป็นปัญหาหลักในปัจจุบัน ด้วยเหตุนี้พลังงานทดแทนจึงเป็นทางออกของพลังงานที่สำคัญของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานน้ำขนาดเล็ก ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูงและมีต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับรูปแบบพลังงานด้านอื่นๆ [1] น้ำเป็นสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติไม่มีวันหมด เพราะน้ำมีวัฏจักรที่หมุนวนไปเรื่อยๆไม่มีที่สิ้นสุด และน้ำยังเป็นสิ่งที่มีความสำคัญของมนุษย์อย่างมากทั้งในการอุปโภค บริโภค เมื่อมนุษย์มีเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าขึ้น มนุษย์ได้นำคุณสมบัติต่างๆของน้ำ เช่น แรงดันน้ำ การไหล คลื่น เป็นต้น [2] ใช้เป็นพลังงานขั้นต้นเพื่อใช้เปลี่ยนเป็นพลังงานอื่นๆที่ต้องการ พลังงานที่ได้นั้นเรียกว่า พลังงานน้ำ ในการดึงพลังงานน้ำเพื่อประโยชน์นั้นมีอยู่หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็จำเป็นจะต้องใช้เครื่องมือเพื่อทำการเปลี่ยนรูปพลังงานน้ำมาใช้ประโยชน์ เครื่องมือที่เป็นที่รู้จักกันมากที่สุดก็คือ กังหันน้ำ [3] กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า เป็นเครื่องจักรกลการไหลที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ที่มีอยู่ในน้ำไหลให้กลายเป็นพลังงานกลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า หลักการขั้นต้นของกังหันน้ำคือ การใช้พลังงานน้ำช่วยในการหมุนของกังหัน และการหมุนที่ได้จะนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น การหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า [4] งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบระบบการทำงานของกังหันน้ำ โดยเน้นไปที่การออกแบบรอบการหมุนที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างชุดทดสอบกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าต่อไป

2. ทฤษฎี

2.1ทฤษฎีพื้นฐาน

ตัวแปรที่สำคัญสำหรับพลังงานน้ำ [3] ก็คือ ความสูงของหัวน้ำ (H) และอัตราการไหล (Volume flow rate, (Q)) โดยสามารถให้พลังงานออกมาได้ดังสมการที่ (1)

$$P = \eta \rho g Q H \quad (1)$$

เมื่อ P คือ กำลังงานกลที่กังหันน้ำผลิตได้ (Watt)

η คือ ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ (%)

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

g คือ แรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

Q คือ อัตราการไหล (m^3/s)

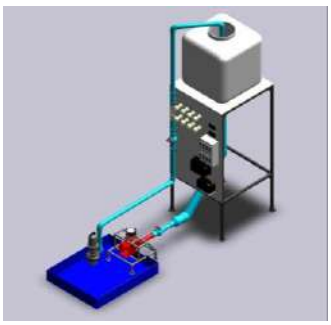
H คือ ความสูงของหัวน้ำ (m)

กังหันน้ำที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไปสามารถแบ่งประเภทตามกลไกการสร้างแรงหมุนได้ 2 ประเภท คือ Impulse Turbine และ Reaction Turbine สำหรับกังหันน้ำประเภท Impulse เหมาะกับเขื่อนที่มีหัวน้ำที่สูง ตัวอย่างของกังหันประเภทนี้ Pelton turbine, Turgo Turbine, Crossflow turbine

และ Banki turbine [3] สำหรับกังหันน้ำประเภท Reaction ยังแบ่งตามรูปแบบการไหลของน้ำภายในตัวกังหัน เป็นแบบ Radail flow หรือ Mixed flow เช่น Francis turbine และ Kaplan turbine และ แบบ Axial flow เช่น Propeller turbine และ Bulb turbine เป็นต้น ต้นแบบกังหันที่ได้สร้างและทดสอบเป็นกังหันน้ำที่มีระดับน้ำที่ต่ำ ที่มีระดับความสูงของหัวน้ำ 2-3 เมตรน้ำ ดังรูปที่ 1



(ก)



(ข)

รูปที่ 1. (ก) ต้นแบบกังหันน้ำที่สร้าง (ข) แบบจำลองกังหันน้ำที่ได้ออกแบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.2 ทฤษฎีทางพลศาสตร์ของไหล

สมการความต่อเนื่อง [3]

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i}+\frac{\partial(\rho v_i)}{\partial y_i}=0 \tag{2}$$

สมการโมเมนตัมในแนวแกน

$$\frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j}+\frac{\partial(\rho u_i v_j)}{\partial y_j}=-\frac{\partial p}{\partial x_i}+\left[\frac{\partial}{\partial x_i}u\left[\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\right]+\frac{\partial}{\partial y_j}\mu\left[\frac{\partial u_i}{\partial y_j}\right]\right] \tag{3}$$

สมการโมเมนตัมในแนวแกน y

$$\frac{\partial(\rho u_i v_j)}{\partial x_j}+\frac{\partial(\rho v_i v_j)}{\partial y_j}=-\frac{\partial p}{\partial y_i}+\left[\frac{\partial}{\partial x_i}u\left[\frac{\partial v_i}{\partial x_i}\right]+\frac{\partial}{\partial y_j}\mu\left[\frac{\partial v_i}{\partial y_j}\right]\right]+(\rho-\rho_0)g \tag{4}$$

สมการพลังงาน

$$\rho c_p\left[\frac{\partial(u_i T_j)}{\partial x_i}+\frac{\partial(v_i T_j}{\partial y}\right]=\frac{\partial}{\partial x_i}\left[k\frac{\partial T_j}{\partial x_i}\right]+\frac{\partial}{\partial y_i}\left[k\frac{\partial T_j}{\partial y_i}\right] \tag{5}$$

ค่าความเค้นเฉลี่ยเนื่องจากความหนืด, $\bar{t}_{ij}$ จะประมาณเป็น

$$\bar{t}_{ij}\cong\mu\left[\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right] \tag{6}$$

โดย u คือ Laminar viscosity ส่วนค่าความเค้นเฉลี่ยของ Reynolds. Stress, $\bar{t}_{ij}$ จะเขียนอยู่ในรูป

$$\bar{t}_{ij}=\overline{\rho u_i' u_j'} \tag{7}$$

ค่า $\bar{t}_{ij}$ ซึ่งยังไม่ทราบค่า ดังนั้นจึงต้องอาศัยแบบจำลอง $k-\varepsilon$ Model ในการหาค่า $\bar{t}_{ij}$

ใน $k-\varepsilon$ Model เทอมของ Reynolds Stress, จะถูกสร้างเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ Mean Stress Rate โดย Eddy Viscosity จะกำหนดให้มีความสัมพันธ์กับ Turbulent Kinetic Energy, (K) และ Dissipation Rate (ε) โดยใช้ Bossiness's approximation (3, 4) คือ

$$t_{ij}=-\frac{2}{3}\delta_{ij}(\rho k)+u_t\left[\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right] \tag{8}$$

โดยที่ $u_t=\rho c_u k^2/\varepsilon$ คือ Turbulent Eddy Viscosity

สมการของ Turbulent Kinetic Energy (TKE) (k) จะอยู่ในรูปสมการที่ (3,4)

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j k)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\frac{u_e}{\sigma_k}+\frac{\partial_k}{\partial x_j}\right]+G-\rho\varepsilon \tag{9}$$

สมการของ Dissipation Rate ของ Turbulent Kinetic Energy (3, 4) จะได้

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j\varepsilon)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\frac{u_e}{\sigma_k}+\frac{\partial_k}{\partial x_j}\right]+\frac{\varepsilon}{k}(C_{\varepsilon 1}G-C_{\varepsilon 2}\rho\varepsilon) \tag{10}$$

ซึ่ง G แทน Generation Rate of Turbulent Kinetic Energy ขณะที่ $\rho\varepsilon$ เป็น Dissipation Rate โดย G จะเป็น

$$G=u_e\left[\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)\frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right] \tag{11}$$

ค่าขอบเขตสำหรับค่าต่างๆของ Turbulent ที่ใกล้ผนังสามารถหาค่าได้จาก Wall Function โดยมีค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับค่าสมการต่างๆที่ผ่านมามีดังนี้คือ

σ_k =1.0, σ_ε =1.3, $C_{\varepsilon 1}$ =1.44, $C_{\varepsilon 2}$ =1.92, และ C_u =0.09 เป็นค่าคงที่ [3] โดยที่ $u_e=u_t+u$

Reynolds Stress Model (RSM)

Reynolds-Averaged Transport Equation สำหรับการแก้ปัญหา ซึ่ง $\bar{t}_{ij}$ (6, 7) แล้วสามารถจัดรูปสมการต่างๆได้ไหมเป็น

$$\frac{\partial \tau_{ij}}{\partial t}+\frac{\partial (u_k \tau_{ij})}{\partial x_k}=-G_{ij}-\phi_{ij}+D_{ij}+\varepsilon_{ij} \quad (12)$$

$$G_{ij}=\rho P_{ij}=-\left[\overline{\rho u_i' u_k'}\frac{\partial u_j}{\partial x_k}+\rho u_j' u_k'\frac{\partial u_i}{\partial x_k}\right]$$

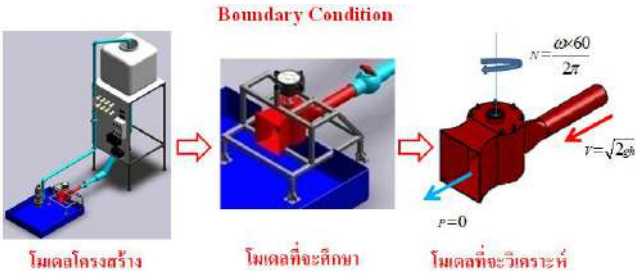
$$\phi_{ij}=\rho P_{ij}=-c_1\frac{\rho\varepsilon}{k}\left[u_i' u_j'-\frac{2}{3}k\delta_{ij}\right]-c_2\left[G_{ij}-\frac{2}{3}G\delta_{ij}\right]$$

$$D_{ij}=-\frac{\partial}{\partial x_k}\left[(\frac{u_e}{\sigma T})\frac{\partial u_i' u_j'}{\partial x_k}\right] \quad =\varepsilon_{ij}=-\left[\frac{2}{3}\rho\varepsilon\delta_{ij}\right]$$

โดยที่ G_{ij} = Local production ϕ_{ij} = Local pressure strain, D_{ij} = Net diffusive transport ε_{ij} = Local dissipation tenser โดยที่ C_1=2.5 และ C_2=0.55 เป็นค่าคงที่ [3]

2.3 ทฤษฎีทาง CFD

การวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล จะอาศัยโมเดลต้นแบบที่ได้จากการออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ จะใช้เฉพาะส่วนที่สำคัญเพื่อลดเวลาในการสร้างเอลิเมนต์และลดเวลาในการคำนวณลง ดังรูปที่ 2

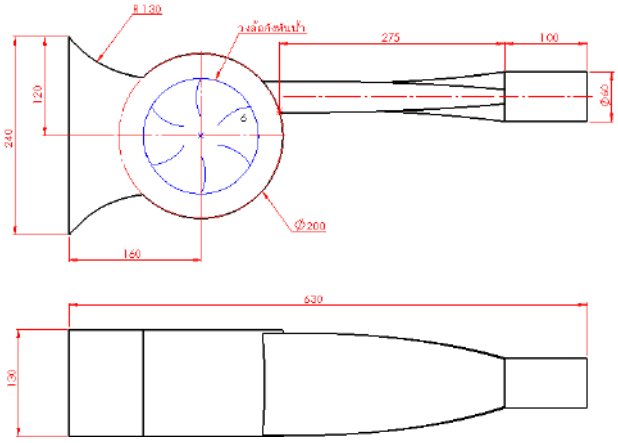


รูปที่ 2 ปัญหาขอบเขต (Boundary Condition)

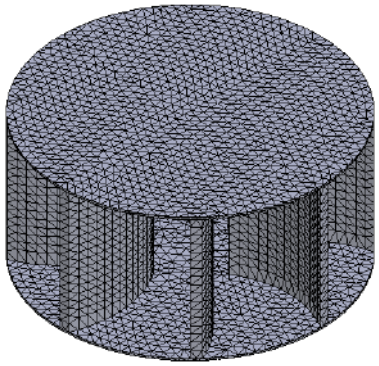
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เงื่อนไขการจำลอง

ในการคำนวณผลทางพลศาสตร์ของไหลในงานวิจัยนี้ ได้ใช้โปรแกรมคำนวณผลทางพลศาสตร์ของไหลในการจำลองสนามการไหลน้ำผ่านช่องทางน้ำเข้าสู่ตัวโวลูตน้ำเพื่อสร้างรอบการหมุน สำหรับใช้เป็นชุดข้อมูลในการเปรียบเทียบผลจากการทดสอบจริง โดยขนาดของโมเดลกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แสดงได้ดังรูปที่ 3 โดยรูปที่ 3 ที่ได้แสดงขนาดของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า ส่วนรูปที่ 4 แสดงเมชเอลิเมนต์บนโมเดลวงล้อกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า และรูปที่ 5 แสดงเมชเอลิเมนต์ของตัวโวลูตน้ำ การสร้างเมชเอลิเมนต์ในงานวิจัยนี้จะอาศัยรูปแบบชุดเครื่องมือบนโหมดฟังก์ชั่น Grid Element Analysis ภายในโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งลักษณะของเมชเอลิเมนต์จะเป็นแบบ Tetrahedral ที่มีการจัดเรียงตัวมีลักษณะเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม



รูปที่ 3 ขนาดของรูปทรงโวลูตกังหันน้ำ

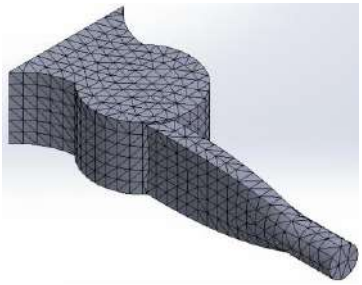


รูปที่ 4 เมชเอลิเมนต์บนโมเดลวงล้อกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า

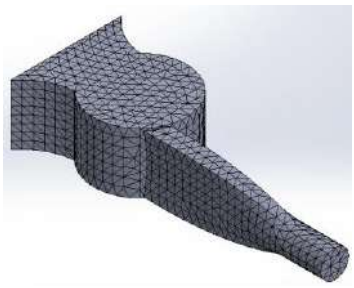


รูปที่ 5 เมชเอลิเมนต์ของตัวโวลูตน้ำ

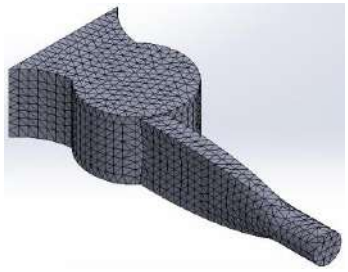
รูปแบบการแบ่งเมชเอลิเมนต์ในงานวิจัยนี้ ได้สร้างโมเดลสำหรับการวิเคราะห์ไว้ 5 โมเดล ซึ่งแต่ละโมเดลจะมีขนาดและประสิทธิภาพของเมชเอลิเมนต์ที่แตกต่างกัน โดยแต่ละโมเดลจะมีประสิทธิภาพเมชเอลิเมนต์ดังนี้ โมดลที่ 1 = 70,000 เอลิเมนต์ ดังรูปที่ 6 (ก), โมเดลที่ 2 = 80,000 เอลิเมนต์ ดังรูปที่ 6 (ข), โมเดลที่ 3 = 90,000 เอลิเมนต์ ดังรูปที่ 6 (ค), โมเดลที่ 4 = 100,000 เอลิเมนต์ ดังรูปที่ 6 (ง), โมเดลที่ 5 = 110,000 เอลิเมนต์ ดังรูปที่ 6 (จ)



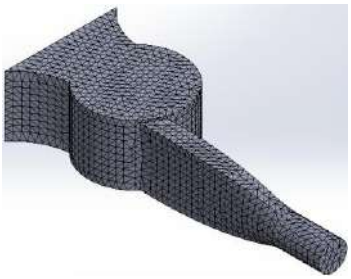
รูปที่ 6. (ก)โมดลที่ 1 = 70,000 เอลิเมนต์



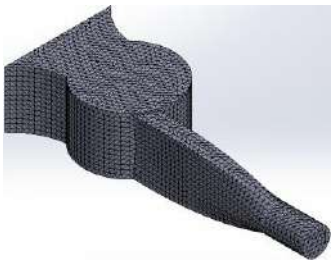
รูปที่ 6. (ข)โมดลที่ 2 = 80,000 เอลิเมนต์



รูปที่ 6. (ค)โมดลที่ 3 = 90,000 เอลิเมนต์



รูปที่ 6. (ง)โมดลที่ 4 = 100,000 เอลิเมนต์



รูปที่ 6. (จ)โมดลที่ 5 = 110,000 เอลิเมนต์

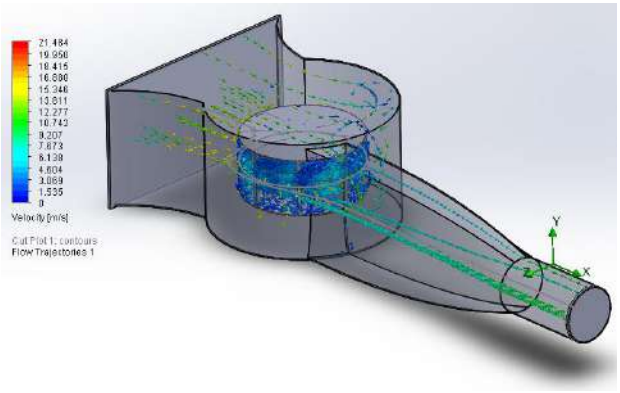
องค์ประกอบการวิเคราะห์ จะตั้งสมมุติฐานให้น้ำมีการไหล 9 m/s, 10 m/s, 11 m/s, 12 m/s และ 13 m/s ซึ่งได้จากเปอร์เซ็นต์การเปิดหัวฉีด ดังรูปที่ 7 ซึ่งคิดที่ความสูงของหัวน้ำ 3 เมตรน้ำ โดยกำหนดให้ Moment of Inertia ของวงล้อกังหันน้ำ เท่ากับ 0.01 และความดันที่ทางออกมีค่า (P = 101325 Pa) เป็นค่าเริ่มต้นการคำนวณ



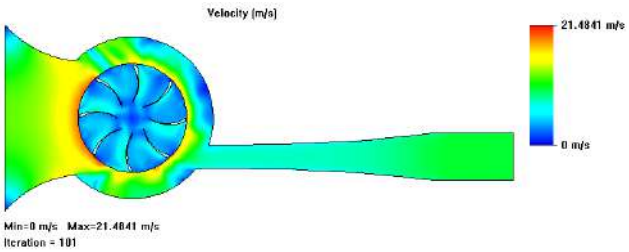
รูปที่ 7. เปอร์เซ็นต์การเปิดหัวฉีด

4. ผลการคำนวณและวิจารณ์ผล

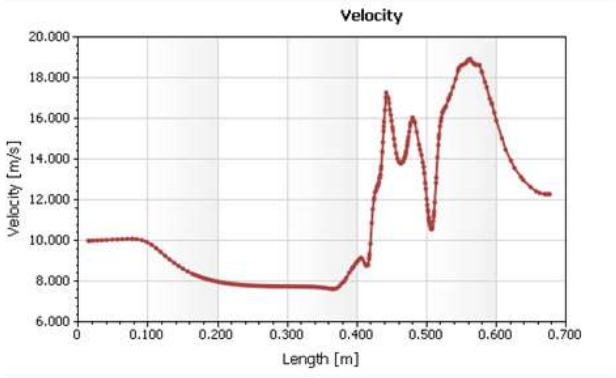
จากการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล สำหรับการวิเคราะห์รอบการหมุนของวงล้อกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า และได้เวกเตอร์และรูปแบบการหมุน ดังรูปที่ 8 แล้วนำผลการวิเคราะห์มาทำการเปรียบเทียบกับผลการจำลองเชิงตัวเลขและผลการทดลอง ซึ่งผลที่ได้ดังตารางที่ 1



รูปที่ 8. เวกเตอร์และรูปแบบการหมุนจากการวิเคราะห์



รูปที่ 9. Plot Contour ของความเร็ว



รูปที่ 10. การวัดค่าความเร็วที่พิกัดต่างๆในโวลูตน้ำ

ตารางที่ 1 ผลการทดลอง

%เปิดหัวฉีด	ความเร็วลำน้ำ (m/s)	รอบการหมุนทางทฤษฎี (RPM)	รอบการหมุนทดสอบ (RPM)	รอบการหมุน (CFD) โมเดลที่ 5 (RPM)	% Error
25%	9	1,322	1,319	1,325	0.45
50%	10	1,469	1,465	1,471	0.40
75%	11	1,616	1,614	1,619	0.30
100%	12	1,763	1,760	1,764	0.22

หมายเหตุ รอบการหมุนที่ได้จาก (CFD) และทฤษฎี

เป็นรอบการหมุนที่ไม่คิดการสูญเสีย

4.1 ตัวอย่างการคำนวณหารอบการหมุนทางทฤษฎี

การคำนวณหารอบการหมุนของวงล้อกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าทางทฤษฎีจะอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้ [4]

$$N = \frac{\omega \times 60}{2\pi} \tag{13}$$

โดยที่ N คือ รอบการหมุน (*RPM*)

$\omega = \frac{V}{R}$ โดยที่ R คือ รัศมีวงล้อกังหันน้ำ (m)

V คือ ความเร็วน้ำ (m/s)

$$\therefore \omega = \frac{9}{(0.13/2)} = 138.46$$

$$N = \frac{138.46 \times 60}{2\pi} = 1322 \text{ RPM}$$

จากผลการคำนวณที่ความเร็วน้ำ 9 m/s สามารถสร้างรอบการหมุนของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าได้ 1,322 *RPM*

4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการปรับค่าของเมชเอลิเมนต์ โดยให้ได้เปอร์เซ็นต์ในการจัดเรียงตัวที่ละเอียดมากที่สุดในโมเดลที่ 5 ซึ่งมีเอลิเมนต์ 100,000 เอลิเมนต์ให้ผลการวิเคราะห์ที่ลู่เข้าของคำตอบได้ใกล้เคียงกว่าโมเดลอื่นเมื่อเทียบกันตามเปอร์เซ็นต์การเปิดหัวฉีด พร้อมกับการปรับขนาดของเอลิเมนต์ในโมเดลต่างๆ ดังแสดงผลได้ดังตารางที่ 1 โดยที่เปอร์เซ็นต์การเปิดหัวฉีดที่ 100 จะให้รอบการหมุนสูงสุดทางทฤษฎี 1,763 *RPM* และให้รอบการหมุนที่ได้จากการทดสอบจริงจากต้นแบบ 1,760 *RPM* และให้รอบการหมุนสูงสุดที่ได้จาก (CFD) 1,764 *RPM* เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนโดยใช้ผลของรอบการหมุนทางทฤษฎีเทียบกับรอบการหมุนทาง (CFD) จะได้เปอร์เซ็นต์คาดเคลื่อน 0.22 % จากผลการทดลองสามารถอธิบายได้ว่า ความละเอียดของเมชเอลิเมนต์บริเวณที่ทำการศึกษาย่อมมีผลต่อการจำลองเชิงตัวเลขในการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ของไหล

5. สรุปผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าทั้ง 5 โมเดลการวิเคราะห์ที่ได้สร้างขึ้น และนำมาเปรียบเทียบผลกับผลการศึกษาทางทฤษฎีและผลการทดสอบจริง จำนวนของเมชเอลิเมนต์มีผลต่อความแม่นยำในการคำนวณและวิเคราะห์ผลทางพลศาสตร์ของไหล

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.พิพัฒน์ ปราโมทย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โปรแกรม ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ที่ให้ความสะดวกในการใช้สถานที่สำหรับทำการวิจัย ตลอดจนงบวิจัยต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] ยอดชาย เตียเปี้ย, นพพงษ์ ศรีตระกูล และ ปราโมทย์ ฉมามหัทธนา, "การออกแบบใบพัดสำหรับกังหันน้ำขนาดเล็กโดยอาศัยเทคนิคการจำลอง", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20, นครราชสีมา, 18 - 20 ตุลาคม 2549.

[2] ยอดชาย เตียเปี้ย, นพพงษ์ ศรีตระกูล และ ปราโมทย์ ฉมามหัทธนา, "การทดสอบและการจำลองเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็ก", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21, ชลบุรี, 17 - 19 ตุลาคม 2550.

[3] เศรษฐา สมจิตต์ชอบ, พรหมพร เชื้อกุลา และ จิระกานต์ ศิริวิชญ์ไมตรี, "การทดสอบประสิทธิภาพกังหันพลังน้ำแกนตั้งแบบลดแรงเสียดทาน", การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5, พิษณุโลก, 29 - 1 พฤษภาคม 2552.

[4] Javed, A. C. et al: "Design of a cross-flow turbine for micro-hydro Power application", proceeding of ASME 2010 Power Conference, July, Chicago, Illinois, USA, 2010.

Author Index

ก

เกรียงไกร สุยะ D369
เกษม ตรีภาค D79 D166
เกษรินทร์ ชาวเกวียน D196
กนกพงษ์ ศรีเที่ยง D24
กมล จิรเสรีอมรกุล D365
กมล บุญล้อม D221 E92
กรกต แสงบุญมี E48
กรวิชญ์ สมฤทธิ์ D378
กฤตกรณ์ ศรีวันนา D221 E94
กฤตา ปัทมสิริวัฒน์ D157
กฤษดา ยิ่งขยัน E35
กล้าณรงค์ ศรีวงศ์ D221
กลิ่นประทุม ปัญญาปิง D515
กวิน ขนบธรรมชัย D329
กษิดิษ ลีละสกุลมีเกียรติ D112
กัญญารัตน์ ศรีอนรรฆวานิช E125
กันยาพร ไชยวงศ์ E13
กานดา ผาตินาวิน D201
กิตตินันท์ น้อยมณี D234 D346
กิตติวัฒน์ บุรณจรรยากุล D242
กุลวัฒน์ คำเพราะ D137
โกศล โอฬารไพโรจน์ D7 D183 D350
K. Kirtikara D85
Karnthidaporn Wattanakul E17
Kasikrit Damkliang D320
Kiadisak Salayong E17

ข

ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล D413 E10 E56 E84 E137

ค

คณิตพงศ์ เพ็งวัน E59 E62 E69
คมศักดิ์ เมฆสมุทร D426 D434 D498
ครรชิต เงินคำคง D120

จ

จเร นะราชา D460
จตุภูมิ อ้ายโน E92
จักรกฤษณ์ จันทรศิริ D171
จักรพงษ์ อินทรรุจิกุล E10
จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน D74 D79 D460
จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์ D50
จามรี ศรีจันทร์ D523
จารุพงษ์ สร้อยคำ E137
จิติมนต์ อั่งสกุล D58
จินดา สามัคคี D270
จินตนา เข็มประสิทธิ์ D54
จิรทีปต์ วุฒิชยันต์ D50
จิรพงศ์ ใจหล้า D179
จิรภูมิ บุตรโท E74
จิรวัฒน์ จิตประสูตวิทย์ E21
จิระวัฒน์ วันยาม D179
จิรัชญา พูลสวัสดิ์ E3
จิรัฏฐา ภูบุญอบ D259
จิรายุ ผัดยา E10
จีรวัฒน์ สัญญา E48
จุฑาทิพย์ เฉลิมผล E35
จุฑาทิพย์ ทองเดชาสามารถ D473 D477
เจตน์ชรินทร์ ร่วมชาติ D413
C. Jivacate D85

ฉ

ฉัตรตระกูล สมบัติธีระ D103 D282
เฉลิม ยาวิลาศ D71
เฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์ E38 E106

ช

ชนนิกานต์ พานิชนอก D299
ชนิดร์นนท์ จันทร์สกาว D434
ชยธร สิมะเสถียร D132
ชยานันท์ ลิ้มจำรูญรัตน์ E77
ชัชชล สุวรรณโชติ D266
ชัชรินทร์ นิยติวัฒน์ชาญชัย D452
ชัชวาล รัตนโสภา E56
ชัยนิกร กุลวงษ์ D473 D477
ชัยพร เขมะภาตะพันธ์ D430
ชัยพร ใจแก้ว D132 D153 D157 D329 D502 D506
ชาญยุทธ์ กาญจนพิบูลย์ D365
ชินานาฏ วิทยาประภากร D511
ชีวิน ชนะวรรโณ D307
ชูธง สัมมัตตะ D369
เชาว์ลิต พันธ์สังข์ E133
ไชยยันต์ บุญมี D355
Chakrapong Charumit D361
D. Chenvidhya D85
N. Chomnawang D116

ซ

เซง เลิศมโนรัตน์ E21

ฐ

ฐปน ชื่นบาล D120
ฐิติกร โตยิ่งไพบูลย์ D50
ฐิตินนท์ ผลโพธิ์ E74
ฐิติพงษ์ เลิศวิริยะประภา E30

ฑ

ฑิตยาดาวังปา E7

ณ

ณฐพงศ์ สว่างเมือง E59 E62 E69
ณฐพล พันวงศ์ D242
ณรงค์ศักดิ์ แสนคำอ้าย E27
ณัชชลิดา ศรีประทุม D443
ณัฐกานต์ พุทธรักษ์ E3 E7 E77
ณัฐชนันย์ เจริญเกียรติ D58
ณัฐฐา ธรรมชาติ D242
ณัฐพงศ์ แพน้อย D192
ณัฐพงศ์ ตัณฑนุช D94
ณัฐพงศ์ พันธุนะ D89 D141
ณัฐพงศ์ วงศ์แสงนาค E7
ณัฐพงศ์ สอนอาจ D128
ณัฐพงษ์ สมตัะ E71
ณัฐพงษ์ สุขแก้ว E27
ณัฐพล กิจติสร D94
ณัฐพล คำมงคล D24
ณัฐพล คำราพิช D71
ณัฐพล สกุณา D486
ณัฐพล สิทธิศรีจันทร์ D107
ณัฐวุฒิ รัตนาวิล D24

ด

ดวงพร อ่อนหวาน D45
ดวงอาทิตย์ ศรีมูล D246
ดำรงค์ชัย สมยาราช D238
ดำรงศักดิ์ อรัญกูล D128 D175
ดิราภา สุวรรณฤทธิ์ D19
C. Dehthummarong D85

ต

ตะวัน ขุนอาสา D403
ตุลลา ลิมปิติ E3 E7
เตชัส บางเจริญสุข E42
ไตรภูมิ แซ่วะ D221

ท

ทรงพล กัทลี D394
ทรงสมศักดิ์ บุญมิ่ง D299
ทวี สุนันตะ D201
ทวีชัย ตันติวิชาญ D286
ทวีทรัพย์ บรรณสาร E102
ทศพล จันทร์แดง E102
ทศพล บ้านคลองสี่ D417
ทัศวรรณ พุทธสกุล D112
ทินธินาถ สิงห์แก้ว E94
ทิพบุฏษ์ เอกแสงศรี D443 D527
J. Thongpron D85
S. Thepa D85

ธ

ธเนศ บุญญเศรษฐกุล D54
ธงไชย แซ่อุง D274
ธนบดินทร์ วงษ์เมืองแก่น D45
ธนพล ภิรมย์พร้อม D238
ธนภูมิ พรหมแก้ว E7
ธนมินทร์ มุนินทร์ E87
ธนวัฒน์ เมืองสองสงค์ D71
ธนวิชญ์ ปลอดดี E74 E77
ธนัญ จารุวิทยโกวิท D430
ธนัฐ สมบูรณ์ E84
ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์ D221 D238
ธนิต เกตุแก้ว E56 E80
ธนิต บุญใส D7 D183
ธรา อั่งสกุล D58 D325
ธราดล โกมลมิศร์ E59 E62 E69
ธวัชชัย ทองเหลี่ยม D67 D124
ธวัชชัย สุวรรณโชติ D430
ธาดา อุ่นใจ D465 E99
ธีรพงศ์ ลีลานุภาพ D316
ธีรพงษ์ โชคสถิตย์ E65
ธีรพรรดิ์ วงษ์อัครนนท์ D153
ธีรยุทธ บุนนาค E102
ธีรศักดิ์ ใจทอง D183
ธีรศักดิ์ ขอพุทธพรชัย D262
ธีรศักดิ์ สมศักดิ์ E113
ธีระพงศ์ ก้อนคำ E13
ธีระวัฒน์ วงค์คำปัน D188
ธีระศักดิ์ สมศักดิ์ D74 D79 D162
D460
Titipong Lertwiriyaprapa E17
Thepparit Sinthamrongruk D342

น

นเรศ ศิริเกษร D36
นครินทร์ เกษมทรัพย์ D15
นครินทร์ ป้อมภา E87
นนท์ เขียวหวาน D132
นนทวัฒน์ จุลเดชะ D15
นพพร พัชรประกิติ D24 D166
นพรัตน์ การะเกต E54
นภดล ทองเชื้อ D205
นรินทร์ สายปัน E48
นฤเทพ สุวรรณธาดา D494
นลินภัสร์ ปรวัฒน์ปรียกร D334
นัฐวุติ มะณี E54
นัททิกา อุปนาศักดิ์ D40
นันทชัย ทองแป้น D145
นันทพันธ์ สารตันติดาธรม์ E139
นำชัย ห้วยทราย D32
นิคม สุวรรณวร D262
นิติพัฒน์ จอมมงคล D382
นิภาภณธ์ ศิริพล D426 D434
เนาวัล ศิริพัธนะ D307
เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ D286 D303
Narong Aphiratsakun D481
Nattaporn Chaiyat D447
Noppanunt Utamaphethai D490

บ

บรรเจิด เจริญพันธ์ D67 D124
บรรพต ศิริณัฏสมบูรณ์ D40
บุญส่ง สุตะพันธ์ D201 D230
D312
บูชิต ปิตานุสร E13
เบญจพร ปาวะรีย์ E65
เบญจวรรณ อินทระ D103 D282
Bhovornsak Somkror D214

ป

ปกรณ์ เนตรผาบ E87
ปกรณ์ เสรีเผ่าวงษ์ D24
ประเสริฐ นามเวช E23
ประกาศิต ศรีทะแก้ว D24
ประชา ยืนยงกุล D188
ประถม เอกรัตน์ D15
ประยุทธ อัครเอกฒาลิน D291
ปรัชญา ปัญญาแก้ว E110
ปริญญา นิรุตติวัฒน์ D205
ปองพล งามตา E62
ปานวิทย์ ธุวะนุติ D50 D407
ปิติ กฤตยานุกูล D502
ปิยดนัย บุญไมตรี D295
ปุณยภัทร ภูมิภาค D32
Pagon Mingsiripreeda D342
Panuwat Janwattanapong D481
Phaanarai Anachotikul D320
Pollakrit Toonkum D214
Pongsakorn Jaiyaprab D214
Prabhas Chongstitvatana D225
R. Phatthanakun D116

ผ

ผุสดี มุหะหมัด D307
ไผ่ ยมนา E90

พ

พงศธร รอดเจริญ D266
พงษ์พิษณุ เชื้อหมอ D221
พรชัย ทรัพย์นิธิ E74 E77 E82
พรพรรณ พงษ์พันธ์ D456
พระพีพัฒน์ ภาสบุตร D452 D456
D519 D523
พร้อมรบ คำธาร E139
พฤทธิ์ เนตรสว่าง D71
พสิษฐ์ สังข์คำ E46
พสิษฐ์ สุวรรณภิงคาร D89 D94 D141
พัชราธรณ์ พูนเกตุ E71
พัชราภา จารุวัฒน์ D511
พัชรี ยางยืน D386
พัฒนะ ธโนภาสสกุล E87
พาณิชย์ สุโคต D103 D282
พานิช อินต๊ะ D24
พิเชฐ ม่วงนวล D28
พิเชษฐ์ ทานิล D382
พิชิต ทนันชัย D255
พินิต แสงวัฒนะ E130
พิษณุ แก้วเทพ D498
พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร D11 D192
D278
พิสิษฐ์พงศ์ วิศาลเจริญยิ่ง D506
พีรวัส จิรกาลนุกูล E42
พีรวุฒิ ยุทธโกวิท D99
พีระพงศ์ ฟักเขียว E30
พีราวิชญ์ ภาคนนท์กุล D36
พุทสายัน นราพินิจ D137
พูนทรัพย์ คุ้มวงศ์ D145
เพ็ญศรี จุลกาญจน์ D338
ไพโรจน์ ทองประศรี D3
W. Pummara D116
S.Promwokorn D116

ภ

ภัทรวุฒิ จรัสพันธุ์กุล E69
ภัสส์กุญช์ ฐิติมหัทธนกุศล D295
ภาณุเดช ทิพย์อักษร E10 E84 E87
E110
ภาณุพงศ์ เหลืองปทุม D316
ภาณุพงศ์ ช่วยเจริญสุข E42
ภาณุพงศ์ ระย้าแก้ว E59
ภาสวรรธน์ วัชรดำรงศักดิ์ D422 E56
ภูวดล คำวงษา E110
ภูวนัย ใจบ้านเอื้อม E90

ม

มงคล ธุระ E97 E99
มงคลชย ภิรมย์ E84
มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ D334
มนตรี โพธิโสโนทัย D196
มนัส สังวรศิลป์ D112
มลคล ธุระ D465
มัชญา ปะทะนมปีย์ D498
มุกระวี ดีสุ่น E137
Marong Phadoongsidhi D490
Montree Saowadee E17

ย

ยลดา พานทอง E74
ยศนัย ศรีอุทัยศิริวงศ์ D373
ยศวีย์ แก้วมณี E125
ยุทธนา เฟื่องฟุ้ง D99
ยุทธนา กันทะพะเยา E38 E106
ยุทธนา ขำสุวรรณ D355 D373
ยุทธนา ปิติธีรภาพ D145
ยุพดี หัตถสิน D422 E56 E102
ยุรนันท์ ฉิมบรรเลง D303

ร

รติกร ชัยวัฒนธรรม E21
ระบิน ปาลี E46
ระพินทร์ ขัดปิก D426
รังสรรค์ เมืองเหลือ D486
รัชนก สันธิ E94
รัฐศาสตร์ อัมฤทธิ์ D201
รัตติญา ปงกา E71
รุ่งนภา พงษ์ช้าง D390
เรวัฒ คำวัน D188

ฤ

ฤทธิ์ณรงค์ เสน่หา E56

ล

ลลิตา สายศิลป์ D312
ลักขณา โชคสกุลทรัพย์ D54
ลัดดา ปรีชาวีรกุล D307
ลาวัณย์ สัมพันธ์พร D201 D230

ว

วรจักร์ เมืองใจ D7 D183 E113
วรพล ลีลาเกียรติกุล D196 D438
วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์ E23
วรรณิดา ชินบุตร E13
วรรัตน์ ปัตรประกร D452 D456 D519 D523
วัชร ไชยมงคล D221
วัชรพล นาคทอง D295 D299
วัชระ วณาลักษณ์ E13
วัลลภ มั่นน้อย D407
วาทิต เบญจพลกุล D19
วิชาญ จันที D7 D183
วิฑูรย์ พรมมี D378
วิทวัส ปิงวัง E56
วินัย ใจกล้า D369
วิภา สุคนธพงศ์ D325
วิภาวัลย์ นาคทรัพย์ D469
วิศรุต รัตนอาภรณ์ E125
วิศิษฐ์ ตันสินชัย D188
วิษณุ บัวเทศ D350
วีรชัย วงศ์คีรีวรรณ E71
วีรยุทธ ประเสริฐศรี D183
วีรวิทย์ ณ วรรณมา D413
วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล E145
วีระศักดิ์ ชื่นตา D124
วุฒิชัย อัศวินชัยโชติ D390
วุฒินันท์ ธรรมรงค์ D94
วุฒินันท์ วามะกัน D291
เวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ D141
ไวยพจน์ ศุภบวรเสถียร D469

ศ

ศราวุฒิ รุ่งเรืองวจีเอก E77 E82
ศรินญา ตะติยา E94
ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส E23
ศักดา จงแก้ววัฒนา E35
ศิราภรณ์ ชื่นบาล D120
ศิริเรือง พัฒน์ช่วย D251
ศิริฉัตร์ ทองเหล็กเพชร D274

ศิริลักษณ์ กรุดเงิน E113
ศิวัช ศิริคุณ D378
ศุภกิต แก้วดวงตา E71 E90
ศุภชัย อรุณพันธ์ D270
ศุภนิจ พรธีรภัทร D312
ศุภลักษณ์ ศรีตา E115 E119
E122
เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล D382

ส

สนิท สิทธิ D386
สมผล โกศัลวิตร์ D426
สมพร เรืองสินชัยวานิช D107
สมพร อ่อนเกตุผล E97
สมสิน วางขุนทด D291
สมหมาย บัวแย้มแสง D218
สรกฤช ศรีเกษม D473 D477
สรรเพชญ เที่ยงเกตุ D386
สราวิทย์ ทิมอิ่ม D422
สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ D15 D32 D99
E133
สอนธิ วนาลัยสุชสันต์ E92
สัญญา คูณขาว D28
สัญญา ผาสุก D270
สัญญา อุทธโยธา D205 D422
สันติภาพ โคตทะเล D63
สาคต จำปาอิ่ม D74
สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์ D141
สาวิตรี กาทองทุ่ง D511
สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ D171
สิทธากร พลาอาด D149 E13
สิทธิพงษ์ เพ็งประเดิม D107
สิริกร กรมโพธิ์ D334
สิริพงษ์ มาทาเม D422
สุเทพ บุญมาบำรุง D149
สุเมธ ประภาวัต E65
สุจินดา ปัญญาคันธา E46
สุทธิวัส ปะสุนะ E84
สุธี สุขพันธุ์ E27
สุพัตรชัย สีแก้วมี E139
สุพัตรา บุตรดี E92
สุภาธิณี กรสิงค์ D295
สุมนฑา เอี่ยมเจริญ D519
สุรเชษฐ์ ตั้งทรัพย์สกุล D259
สุรฉัตร ปัดครบุรี D89
สุรบดินทร์ เพ็ชรฉ่ำ D238
สุรพล มโนวงศ์ D338
สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ E115 E119
E122
สุรางค์รัตน์ เชาว์โคกสูง D266 D274 E42
สุรินทร์ อ่อนน้อม D291
สุริยา อดิเรก D369
เสกสรร กันธรรม D137
เสกสรร พิบูลผดุงทรัพย์ E10
เสกสรร อ้วนสอาด D149
เสฐียรพงษ์ ทองรุน D316
เสาวนีย์ สันติวงศ์ D196
เสาวลักษณ์ วรรธนาภา D36
C. Sriphung D116
Supachai Thongsuk D225
Sutean Tunyasrirut D361

ห

หยั่งหทัย ชัยอาภร D386
หฤทัย ดิ้นสกุล D124

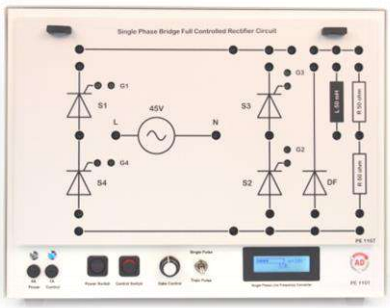
อ

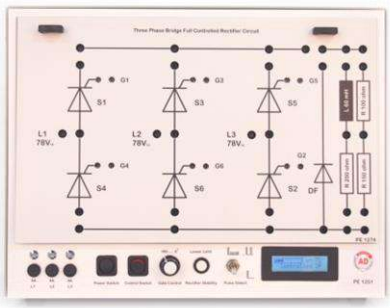
อเนก เพ็ชรแบน E52
อดิเรก วงค์วารินทร์ D137
อดิศร บุตรโพธิ์ D94
อธิคม ศิริ D221 D238
อนนท์ นำอิน D179 D394
อนวัทย นิลเนตร D527
อนันต์ ผลเพิ่ม D132 D153
D157 D329
D502 D506
อนันต์ วงษ์จันทร์ D137 E46
อนันท์ ทับเกิด D399
อนุชล หอมเสียง E137
อนุชา เรืองพานิช D486
อนุชา สว่างวงศ์ D438
อนุพงศ์ ไพโรจน์ E27 E137
อภิชฎา ทองรักษ์ D28
อภิชาต ใสงาม E128

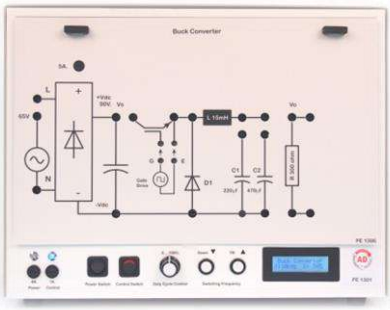
อภิรักษ์ จันทร์สร้าง	D132 D153
	D157 D329
	D502 D506
อภิสิทธิ์ ดำรงศ์พิวัฒน์	E3
อรรถกฤตย์ วีระเดช	E3
อรรถพล วิเวก	D205 E48
อริยะ แสนทวีสุข	E13
อลงกต กองมณี	D386
อลงกรณ์ ลัง	E52
อาโมทย์ สมบูรณ์แก้ว	D201 D312
อาทิตย์ ยาวุฑฒิ	D24
อานนท์ วีระวงศ์	E137
อานนท์ สิงห์เสถียร	D89 D94 D141
อานันท์ เจริญรัตน์	E82
อำนวย เรืองวารี	D295 D299
อำพล แก่นชัยภูมิ	D89
อิดริด แก้วดำ	E82
อิศเรศ ไชยพิสุทธิพงศ์	D71
อุเทน คำน่าน	E115 E119
	E122
อุดม เครือเทพ	D63
อุดม สุธาคำ	D210
เอกชัย ชัยดี	D394
เอกทัศน์ พฤกษวรรณ	E52 E54
เอกรินทร์ วิจิตต์พันธ์	D251
เอกลักษณ์ ปัญญารัตน์	E90
Ittipol Thirasat	D490

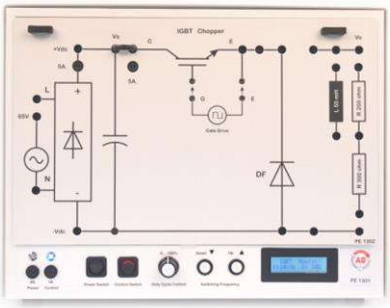
AUTO DIDACTIC CO.,LTD
บริษัท ออโต ไดแด็กติก จำกัด

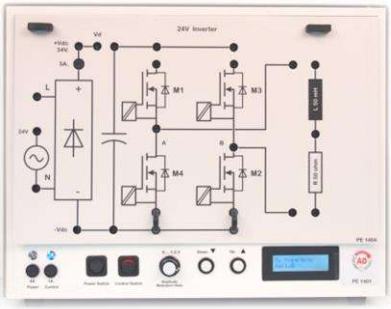
Power Electronics Didactic

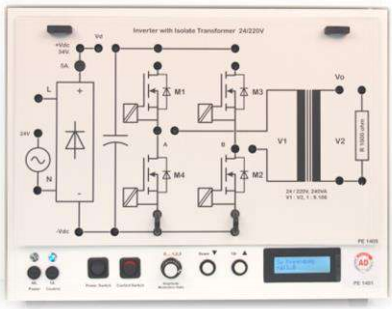


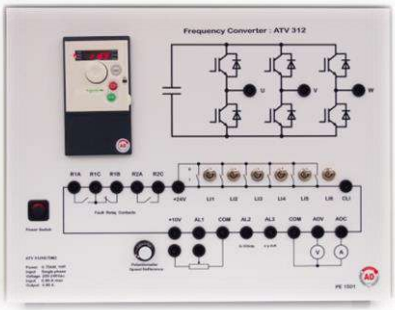


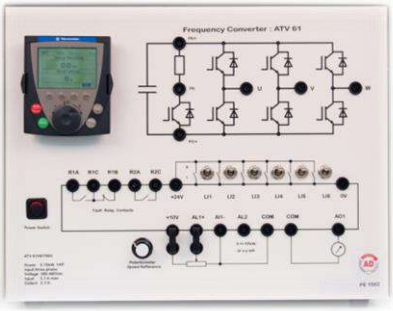












PE 1251 : Line Frequency Converter

PE 1101 : Single Phase Line Frequency Converter

PE 1401 : DC – AC Converter

PE 1301 : DC – DC Converter

PE 1502 : Frequency Converter ATV 61

PE 1501 : Frequency Converter ATV 312

AUTO DIDACTIC CO.,LTD
บริษัท ออโต ไดแด็กติก จำกัด

Power Electronics Didactic

Single Phase/ Three Phase Line Frequency Converter : PE 1101, PE1251

Single Phase / Three Phase AC–DC and AC-AC Converter

- **Specification**

- Input Voltage : Three Phase 220/380V 50Hz.
- Semiconductor : SCR , Triac , Power Diode, Free wheeling Diode
- Load : Resistor , Inductor , Capacitor
- Control System
  - Graphic Display : 16 character 2 Line LCD Module (Show Gate Angle)
  - Gate Signal : 0...120/150/180 Degree Gate Signal for SCR Triac
  - Selected : Single Pulse / Train Pulse / Double Pulse
  - Button Switch : Lower Limit Rectifier Stability

- **Experiment for Line Frequency Converter**

- Characteristic of Diode
- Characteristic of SCR
- Characteristic of Triac
- Single Phase Half wave Rectifier Circuit
- Single Phase with center-tap transformer
- Single Phase Bridge Rectifier Circuit
- Single Phase Half wave Controlled Rectifier Circuit
- Single Phase Full wave Controlled Rectifier with center-tap transformer
- Single Phase Bridge Half-Controlled
- Single Phase Bridge Full-Controlled
- Single Phase Bridge Twin-Armed Half-Controlled Rectifier Circuit with DC Motor
- Single Phase Bridge Full-Controlled Rectifier Circuit with DC Motor
- Three Phase Half wave Rectifier Circuit
- Three Phase Bridge Rectifier Circuit
- Three Phase Half Wave Controlled Rectifier Circuit/ with DC Motor
- Three Phase Bridge Half-Controlled Rectifier Circuit/ with DC Motor
- Three Phase Bridge Full-Controlled Rectifier Circuit/ with DC Motor
- Three Phase AC-Voltage Control with SCR
- Three Phase AC-Voltage Control with Triac Circuit
- Single Phase AC Voltage Control with Triac Circuit
- Single Phase AC Voltage Control with SCR

AUTO DIDACTIC CO.,LTD
บริษัท ออโต ไดแด็กติก จำกัด

Power Electronics Didactic

DC – DC Converter : PE 1301

DC Chopper and Buck Converter

- Input Voltage : Single Phase 220V 50/60Hz.
- Transformer : 220V/65-130V (+/-10%) , 3.4A , Power 442VA.
- Semiconductor : IGBT , MOSFET , Diode
- Device : Resistor , Inductor , Capacitor
- Graphic Display : 16 character 2 Line LCD Module (Show Duty Cycle)
- Gate Signal : - Gate Driver for IGBT , MOSFET
  - Switching Frequency 2–40kHz. (Step Selected) , Duty Cycle 0...100% adj.

- **Experiment for DC – DC Converter**
  - IGBT Chopper, IGBT Chopper with DC Motor
  - MOSFET Chopper, MOSFET Chopper with DC Motor, Buck Converter

DC – AC Converter : PE 1401

- Input Voltage : Single Phase 220V 50/60Hz.
- Input Transformer : 220V/12-24V (+/-10%) , 10A , Power 240VA.
- Isolate Transformer : 220V/12-24V (+/-10%) , 10A , Power 240VA.
- Semiconductor : MOSFET
- Load : Resistor , Inductor
- Graphic Display : 16 character 2 Line LCD Module (Show Amplitude Modulation Ratio)
- Gate Signal : - Gate Driver for MOSFET , Switching Frequency 1, 4 kHz.
- Sine PWM Control, Amplitude Modulation Ratio 0...1 adj.
- Fundamental Frequency 50 Hz. (+/-1%)

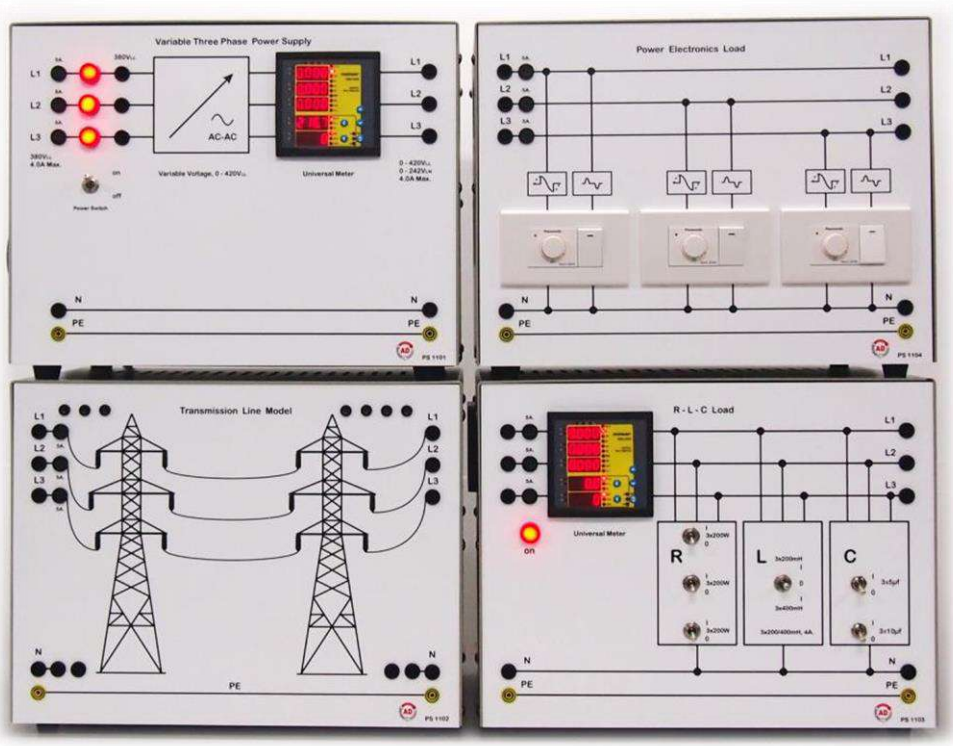
- **Experiment for DC – AC Converter**

- Sine PWM Signal
- 24 Volt Single Phase Bridge Inverter
- 12 Volt Single Phase Bridge Inverter
- Single Phase Inverter with 110V Transformer
- Single Phase Inverter with 220V Transformer

AUTO DIDACTIC CO.,LTD
บริษัท ออโต ไดแด็กติก จำกัด

Power System Didactic

Transmission Line Didactic : PS 1100

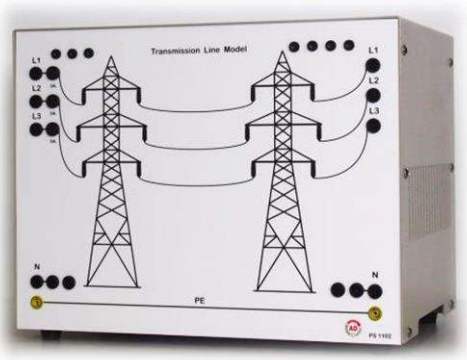


The transmission line model PS 1102 can be used to a series of experiments with transmission lines. Consist short transmission line model , medium transmission line model , long transmission line model and long transmission line with return line model. Those listed and described in detail in the instruction manual include : Characteristic of the short/medium/long transmission line models.Voltage drop on the short/medium/long transmission line models. Short circuit tests, Earth fault.

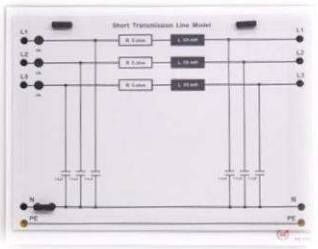
Specification Power rated : Three Phase 0-240V_{LN}/420V_{LL}. , 4A. (max.)

Universal Meter : measuring for Three Phase Voltage can be measuring

Current, Voltage , Power Factor, Watt , Var , kWhr : LED Display

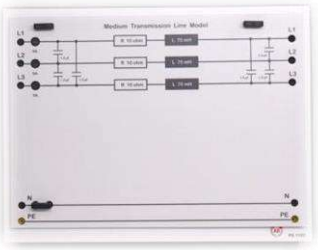






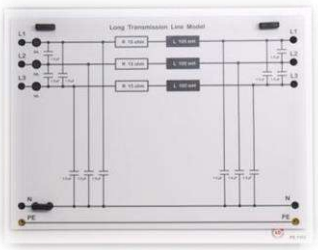
Short Transmission Line Model

- Resistance 6 ohm
- Inductance 65 mH
- Capacitance 1.0 uf



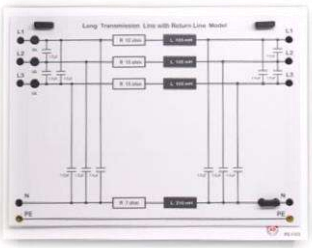
Medium Transmission Line Model

- Resistance 11 ohm
- Inductance 90 mH
- Capacitance 1.5 uf



Long Transmission Line Model

- Resistance 17 ohm
- Inductance 130 mH
- Capacitance 1.0 uf
- Capacitance 1.5 uf



Long Transmission Line with Return Line Model

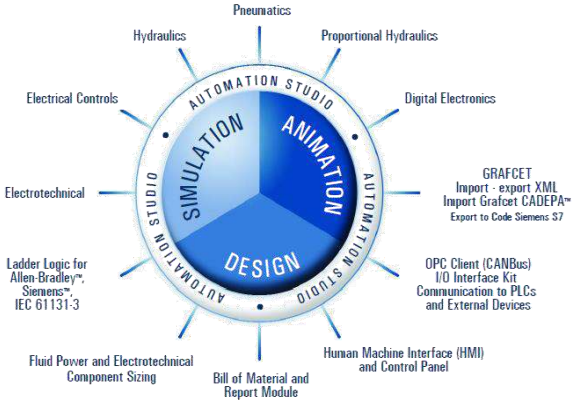
- Resistance 17 ohm,Inductance 130 mH ,Capacitance 1.0/1.5 uf
- Return line 7 ohm, 210mH

AUTODIDACTIC.,CO.LTD

With advanced knowledge and new technology,

AD influences and leads global educational environment

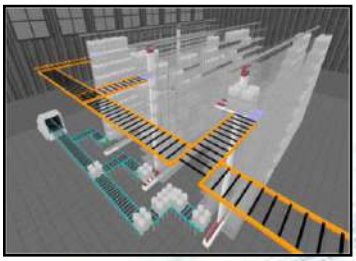


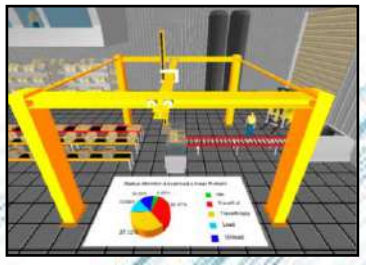






ED Corporation





LOGISTICS

INCONTROL Simulation Solutions



TERCO

Famic Technologies Inc.

ROBO BUILDER

www.AUTODIDACTIC.co.th

111 Soi Sukhumvit 62/1 Sukhumvit Rd., Bangjak, Prakanong, Bangkok 10260

Tel. : (662) 311-2111 Fax. : (662) 332-9372 email : ad@autodidactic.co.th

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6

การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI Association

ECTI-CARD 2014



21-23 พฤษภาคม 2557 โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา