ECTI Association

ECTI-CARD 2012

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 4

21 – 22 มิถุนายน 2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปทุมธานี

Message from the president of ECTI

Dear Colleagues,

You are most welcome to the ECTI-CARD 2012. The aim of this conference from the beginning is to gather and share the best practice in IT and computing. To this goal, you are the most important part of this venue. I am in one way or another always wonder about the dilemma of doing "research" and "practice". By doing research, we are investigating some subject that may or may not be useful for practical work. By being practical, it may not be so exciting. I believe they are reconcilable. This conference tries to face squarely with these two views. So, please enjoy the atmosphere and hopefully, we all learn from each other and go home being happier and wiser.

Prabhas Chongstitvatana

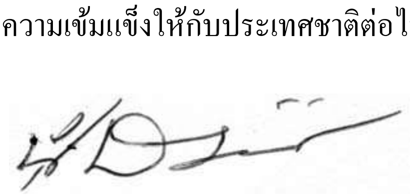
สารจากอธิการบดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ในนามของผู้บริหาร คณาจารย์และบุคลากร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี รู้สึกภาคภูมิใจเป็นอย่างยิ่งที่ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพ จัดการประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๔ ประจำปี ๒๕๕๕ (ECTI-CARD ๒๐๑๒) มีความยินดีและถือเป็นเกียรติที่ได้ต้อนรับผู้เชี่ยวชาญ นักวิชาการ นักวิจัย นักพัฒนานวัตกรรม และท่านผู้มีเกียรติทุกท่านที่มาร่วมแลกเปลี่ยนและเผยแพร่ความรู้อันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อชาติบ้านเมือง

การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๔ ที่เน้นประยุกต์องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคม และคอมพิวเตอร์ ไปใช้ในงานด้านต่าง ๆ นี้ เป็นแนวทางสำคัญในการผลักดันและขับเคลื่อนการพัฒนาองค์ความรู้สู่ภาคอุตสาหกรรม ซึ่งสอดคล้องกับอัตลักษณ์ (Identity) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ว่า "บัณฑิตนักปฏิบัติ เชี่ยวชาญวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี" มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีถือว่าการรับผิดชอบต่อสังคมเป็นเรื่องสำคัญประการหนึ่งของมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ที่นำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมในสาขาต่าง ๆ ต่อชุมชนวิชาการและบุคคลทั่วไป รวมถึงการสร้างเครือข่ายวิชาการที่หลากหลายสาขาที่จะพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ ๆ ร่วมกัน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๔ ประจำปี ๒๕๕๕ ในครั้งนี้จะเป็นการเปิดโอกาสให้กับคณาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา และผู้สนใจทุกท่านได้มีการแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการและประสบการณ์ อันก่อให้เกิดการเผยแพร่ความรู้และนวัตกรรม ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ชุมชน ทั้งภาครัฐและภาคอุตสาหกรรมนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลอย่างแท้จริง เป็นการเพิ่มศักยภาพที่มีอยู่ให้เพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและเสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับประเทศชาติต่อไป



(รองศาสตราจารย์ ดร. นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์)

อธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารจากคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี รู้สึกยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพจัดงานการประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๔ (ECTI-CARD ๒๐๑๒) ซึ่งในการจัดการประชุมครั้งนี้เป็นการประชุมที่มี คณาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัยและนักพัฒนานวัตกรรม จากสถาบันการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ มาแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็นในทางวิชาการที่ได้ศึกษาค้นคว้ามา ในการประชุมครั้งนี้เป็นการเน้นเนื้อหาเชิงประยุกต์ ที่นำเอาความรู้ด้าน ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ มาใช้กับงานด้านต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยในการพัฒนาประเทศชาติ

ความรู้ทางด้าน ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและสารสนเทศนั้น ไม่เป็นเพียงกลุ่มวิชาหนึ่งเท่านั้น แต่ยังเป็นส่วนที่จะมาสนับสนุนการพัฒนาทางเทคโนโลยีในงานด้านต่าง ๆ เช่น เกษตรกรรม การแพทย์ พลังงาน การขนส่งและอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งเป็นหัวใจในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๔ ครั้งนี้จะประสบความสำเร็จและบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ อันจะช่วยส่งเสริมการศึกษาค้นคว้าวิจัยด้านวิศวกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและสารสนเทศมีความเจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้น สุดท้ายนี้ผมใคร่ขอขอบคุณคณะกรรมการจัดงาน บุคลากรทุกท่านและหน่วยงานต่าง ๆ ที่ได้สนับสนุนการประชุมในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไป

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมหมาย ผิวสอาด)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Committee

<u>Steering Committee</u>

รศ.ดร.ประยุทธ อัครเอกฒาลิน (KMUTNB)
รศ.ดร.โกสินทร์ จำนงไทย (KMUTT)
รศ.ดร.วุฒิพงษ์ อารีกุล (KU)

<u>General Chair</u>

ศ.ดร.โมไนย ไกรฤกษ์ (KMITL)
ศ.ดร.ประภาส จงสถิตวัฒนา (CU)

<u>General Co-Chairs</u>

รศ.ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ (RMUTT)
ผศ.ดร.สมหมาย ผิวสอาด (RMUTT)

<u>Technical Program Chair</u>

รศ.ดร.ชาลี เจริญลาภนพรัตน์ (SIIT)

<u>Technical Program Co-Chair</u>

ผศ.จินตนา นาคะสุวรรณ (RMUTT)

<u>Local Arrangement Chair</u>

ดร.ไพฑูรย์ รักเหลือ (RMUTT)

<u>Publication Chair</u>

ผศ.ธนะพงศ์ นพวงศ์ ณ อยุธยา (RMUTT)

<u>Publicity Chair</u>

มาโนช ประชา (RMUTT)

<u>Finance Chairs</u>

วิโรจน์ พิราจเนนชัย (RMUTT)
รุจิพรรณ สัมปืนฉา (BU)
ไพริน แก้วกวย (ECTI)

<u>Exhibition Chair</u>

สมชาย เบียนสูงเนิน (RMUTT)

<u>Workshop Chair</u>

ดร.ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล (RMUTT)

<u>General Secretary</u>

ดร.วิสิทธิ์ ล้อธรรมจักร (RMUTT)

<u>General Assistant Secretary</u>

ผศ.วัฒนา พันธ์ลำเจียก (RMUTT)

<u>Technical Program Committee</u>

ผศ.ดร.ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์ (NPRU)
ดร.จีรนุช เสงี่ยมศักดิ์ (KKU)
รศ.ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์ (KMITL)
ดร.กสิน วิเชียรชม (KMITL)
ดร.นิธิโรจน์ พรสุวรรณเจริญ (RMUTI)
ดร.ก้องภพ อยู่เย็น (NASA)
รศ.ดร.กนก เจนจิระพงศ์เวช (KMITL)
ดร.วันวิสา ชัชวงษ์ (KMITL)
รศ.ดร.ธำรงรัตน์ อมรรักษา (KMUTT)
รศ.ดร.จันทนา จันทราพรชัย (SU)
ดร.สุภาภรณ์ เกียรติสิน (MU)
ดร.กิติวัฒณ์ นิ่มเกิดผล (RMUTT)
รศ.ณรงค์ บวบทอง (TU)
ดร.วินัย วิชัยพาณิชย์ (RMUTT)
ผศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ กีรติวินทกร (KMUTNB)
ดร.กมล เขมะรังษี (NECTEC)
ดร.มัชฌิกา อ่องแตง (DPU)
ดร.ดามพ์เมษ บุญยะเวศ (TU)

รศ.ดร.ชวลิต เบญจางคประเสริฐ (KMITL)

ดร.ณัฐพงศ์ ศิริรัตน์ (Skyworks)

ผศ.ดร.ดวงอาทิตย์ ศรีมูล (RSU)

รศ.เวก วิเวก (KMUTNB)

ดร.สมมาตร แสงเงิน (MUT)

ดร.ศราวุธ ชัยมูล (KMUTNB)

ผศ.ดร.เบญจมาศ พนมรัตนรักษ์ (KMUTT)

ดร.อิทธิเศก นิลกำแหง (SIIT)

รศ.ดร.เดวิด บรรเจิดพงศ์ชัย (CU)

ดร.พีระยศ แสนโภชน์ (KU)

ผศ.ดร.จิรวัฒน์ คชสาร (RMUTT)

ผศ.ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์ (RMUTT)

ผศ.ดร.ณัฐภพ นิ่มปิติวัน (BU)

ผศ.ดร.ธวัชชัย เตชัชอนันต์ (CU)

ผศ.ดร.ปานจิต ดำรงกุลกำจร (KU)

ดร.ณฐภัทร พันธ์คง (RMUTT)

ผศ.ดร.สมชัย หิรัญวโรดม (RMUTT)

ดร.สุรินทร์ แหงมงาม (RMUTT)

รศ.ดร.พรชัย ทรัพย์นิธิ (KMITL)

ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์ (RMUTI)

ผศ.ดร.สมเกียรติ ฤกษ์วรัญญู (KMITL)

ผศ.ดร.ยุพิน สรรพคุณ (KMUTNB)

ดร.สมเกียรติ์ อุดมหรรษากุล (RMUTSB)

ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร (RMUTT)

Mr.Lin M.M. Myint (SIU)

ดร.วิสิทธิ์ ล้อธรรมจักร (RMUTT)

คำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ที่ 997 /2555

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 4

เพื่อให้การดำเนินการจัดการประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 4 ที่จะจัดขึ้นในระหว่างวันที่ 18 – 22 มิถุนายน 2555 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพ และบังเกิดผลดีต่อทางราชการ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 27 (4) และ (9) แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2548 จึงแต่งตั้งผู้ดำรงตำแหน่งและผู้มีรายนามข้างท้ายนี้ เป็นคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 4 โดยมีหน้าที่ติดต่อประสานงาน และดำเนินกิจกรรมฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดประชุมฯ ประกอบด้วย

1. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์		ที่ปรึกษา
2. รองคณบดีฝ่ายวิชาการ		ที่ปรึกษา
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนะพงศ์	นพวงศ์ ณ อยุธยา	ประธานกรรมการ
4. นายวันชัย	ทรัพย์สิงห์	รองประธานและกรรมการ
5. นายวิโรจน์	พิราจเนนชัย	รองประธานและกรรมการ
6. นายมาโนช	ประชา	รองประธานและกรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวัฒน์	คชสาร	กรรมการ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐวุฒิ	โสมะเกษตรินทร์	กรรมการ
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริชัย	แดงเอม	กรรมการ
10. นายไพฑูรย์	รักเหลือ	กรรมการ
11. นายยศธน	เหลือภากร	กรรมการ
12. นายอัครเดช	รัตนพงษ์เพียร	กรรมการ
13. นายเกียงศักดิ์	เหลือประเสริฐ	กรรมการ
14. นางสาวอภิรดา	นามแสง	กรรมการ
15. นายวันเฉลิม	ชั้นวัฒนพงศ์	กรรมการ
16. นายสมชาย	เบียนสูงเนิน	กรรมการ
17. นายฉัตรชัย	ศุภพิทักษ์สกุล	กรรมการ
18. นายชาติชาย	น้อยสุวรรณ	กรรมการ
19. นายองอาจ	แสดใหม่	กรรมการ
20. นายเจษฎา	อรุณฤกษ์	กรรมการ
21. นายเดชรัชต์	ใจถวิล	กรรมการ
22. นายสมรรถชัย	จันทรัตน์	กรรมการ

..../23.นางสาววัชรากร

23. นางสาววัชรากร	บุรานนท์	กรรมการ
24. นางสาววิไล	สุขมูลศิริ	กรรมการ
25. นายภูเบต	แสงมะฮะหมัด	กรรมการ
26. นายสมยศ	จันเอ้า	กรรมการ
27. นายพิสันต์	แสนศึก	กรรมการ
28. นายสราวุธ	ทองรอด	กรรมการ
29. นายพงษธร	สุนธรแก้ว	กรรมการ
30. นางพงษ์ศรี	เต่าจันทร์	กรรมการ
31. นางชบารัตน์	อุ่นแจ่ม	กรรมการ
32. นายอภิชาติ	ทองมา	กรรมการ
33. นายอธิภัทร	ขอมสระน้อย	กรรมการ
34. นายบุญชอบ	วิกไสว	กรรมการ
35. นางชุติกาญจน์	แก่นเพ็ชร	กรรมการ
36. นางสาวดวงเดือน	สาทพุ่ม	กรรมการ
37. นายวิริยะ	กล่อมเกลี้ยง	กรรมการ
38. นายวิมล	เหมะธุลิน	กรรมการ
39. นายพงษ์ศักดิ์	พงษ์เจริญ	กรรมการ
40. นายวิสิทธิ์	ล้อธรรมจักร	กรรมการและเลขานุการ
41. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัฒนา	พันธ์ลำเจียก	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป จนกว่าการประชุมจะแล้วเสร็จ

สั่ง ณ วันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2555

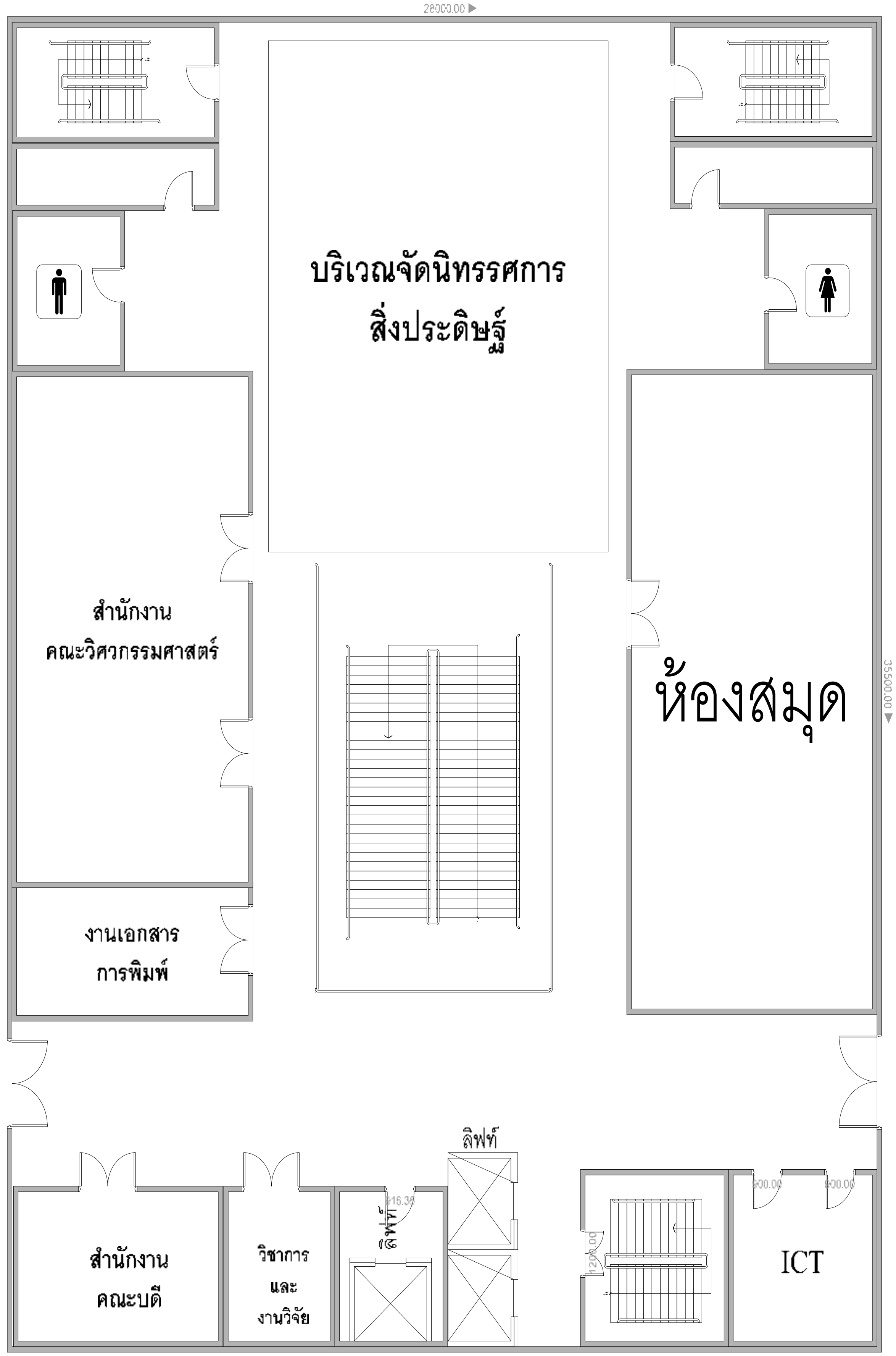
(รองศาสตราจารย์ ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สถิติการตอบรับบทความ การประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2012 แบ่งตามสาขา

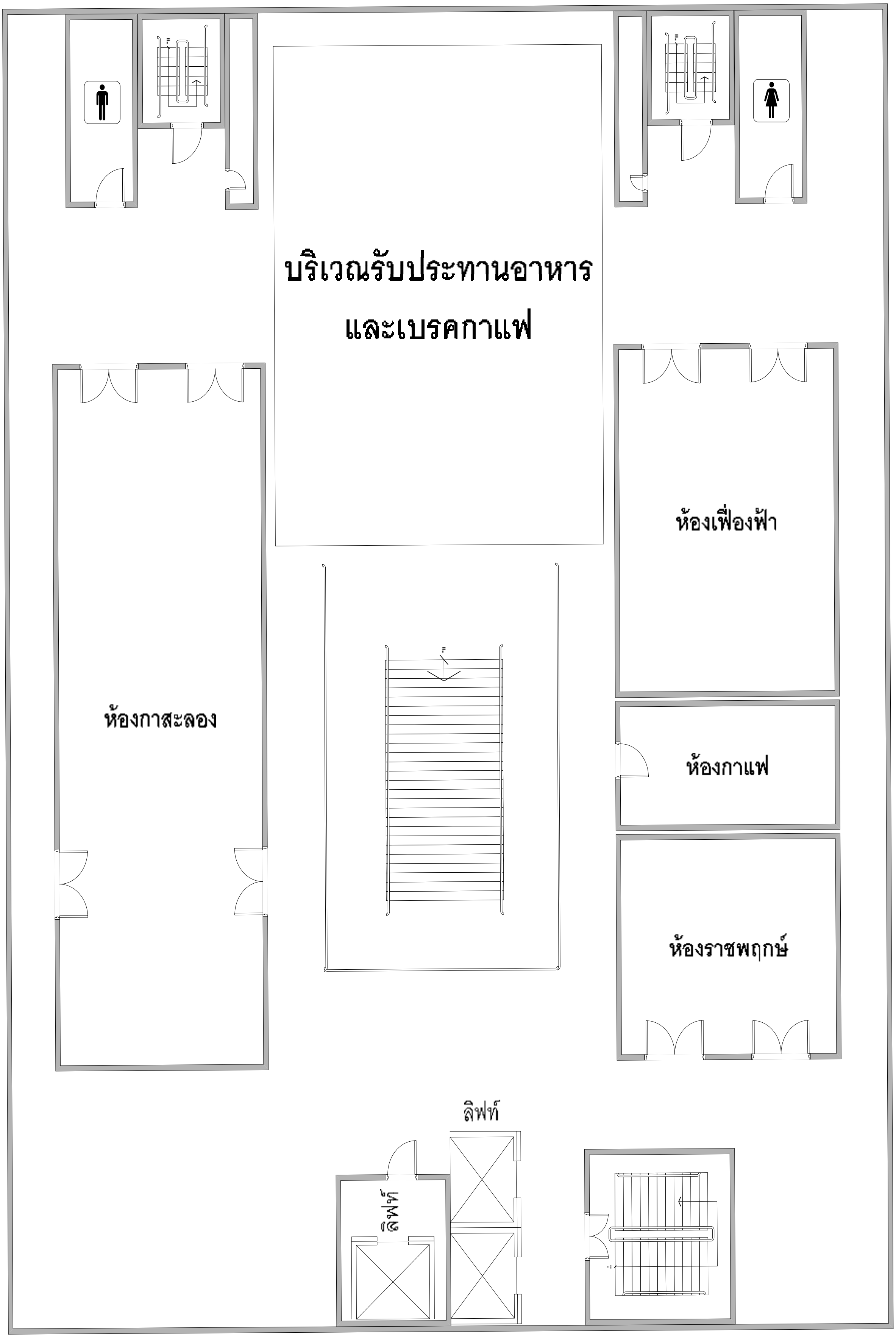
	กลุ่ม	จำนวนบทความ
1	Smart Logistic	3
2	Assistive Technology	3
3	Agricultural Technology	3
4	Communication	10
5	Networking	5
6	Energy Saving and Environment	5
7	Game and Living	5
8	Antenna design	5
9	Healthcare Technology	4
10	Software and Algorithm	4
11	Linguistic and service Technology	3
12	Warning and Disaster	5
13	Robotic and Control	6
	รวม	61

สถิติการตอบรับบทความ การประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2012 แบ่งตามหน่วยงาน

	หน่วยงาน	จำนวนบทความ
1	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	12
2	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	10
3	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	7
4	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	3
5	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	3
6	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	3
7	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม	3
8	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ	2
9	มหาวิทยาลัยรังสิต	2
10	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2
11	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2
12	มหาวิทยาศรีปทุม	2
13	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ	2
14	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	1
15	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	1
16	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	1
17	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	1
18	วิทยาลัยเฉลิมกาญจนา	1
19	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	1
20	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	1
21	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	1
	รวม	61



แผนผังชั้นที่ 2 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550



แผนผังชั้นที่ 3 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550

ECTI-CARD 2012 21 มิถุนายน 2555			
08:00-09:00	**ลงทะเบียนและ Excibition**		
09:00-09:30	**พิธีเปิดการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2012**		
09:30-10:30	Keynote Speaker คุณเอกชัย เมืองรอดไผ่		
10:30-10:50	Coffee Break		
	Room1	Room 2	Room 3
	Smart Logistic	Assistive Technology	Agricultural Technology
	ผศ. ดร. ดวงอาทิตย์ ศรีมูล (RSU)	รศ. ณรงค์ บวบทอง (TU)	อ.อรรถพล ป้อมสถิตย์ (SSRU)
10:50-11:10	1089 :การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์	1071 :การปรับปรุงซอฟต์แวร์จันทร์เจ้าสำหรับสร้างหนังสือเสียงเดซี	1017 :เครื่องควบคุมอุณหภูมิความชื้นสำหรับการใช้งานในระบบปิด
11:10-11:30	1006 :ระบบค้นหาและติดตามการส่งสินค้าด้วยโปรแกรมประยุกต์เอสเอฟและระบบจีพี	1073 :การปรับให้จุฬาทีทีเอสเป็นไปตาม SAPI5	1060 :ระบบคัดแยกคุณภาพเมล็ดพันธ์ข้าว
11:30-11:50	1001 :ระบบรายงานสภาพการจราจรบนแผนที่ Google Map	1063 :ระบบแปลตัวอักษรภาษามือไทยโดยใช้อุปกรณ์คิเนค	1051 :การศึกษาหาตำแหน่งที่เหมาสมของการก่อสร้างโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมโดยใช้ระบบสารสนเทศทาง
12:00-13:30	Lunch		
	Room1	Room 2	Room 3
	Communication I	Networking	Energy Saving and Environment
	ดร. วันวิสา ชัชวงษ์ (KMITL)	ผศ.อิฐอารัญ ปิติมล (RMUTT)	ผศ.ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์ (RMUTT)
13:30-13:50	1010 :การพัฒนาต่อยอดชุดซอร์ฟแวร์โอเพนซอร์ซสำหรับโทรศัพท์ผ่านเครือข่าย	1087 :การเพิ่มประสิทธิภาพของค่าปริมาณงานในระบบแลนไร้สายโดยการประยุกต์ใช้วิธีการรวมกลุ่มลิ้งค์	1009 :การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศด้วยการควบคุมการระบายอากาศตามปริมาณก๊าซ
13:50-14:10	1012 :ระบบส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายไร้สายและการสอบเทียบ สำหรับเครื่องมือ	1068 :แบบจำลองฟังชันมัลติโฮมมิงในสตีมคอนโทรลทรานสมิสชันโพรโทคอลโดยใช้คัลเลอร์พริติเนท	1035 :ระบบบริหารจัดการข้อมูลเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิเพื่อประหยัดพลังงาน
14:10-14:30	1044 :ระบบเฝ้าระวังการชำรุดของสายส่งเคเบิลเส้นใยนำแสงอย่างง่าย	1057 :การติดตั้งและตรวจสอบเครือข่ายไร้สายแบบเมช	1007 :เทคนิคการปรับเทียบการทำนายค่าอุณหภูมิสูงสุดจากไฟล์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศชนิดแอสกี
14:30-14:50	1082 :การออกแบบสร้างวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านกำลังสูงสำหรับย่านความถี่ 88 - 108	1054 :ระบบการจัดการสถานีตรวจวัดและอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย	1042 :การพัฒนาระบบตรวจวัดระดับออกซิเจนละลายแบบไร้สายเพื่อใช้ควบคุมเครื่องเติมอากาศในแหล่งน้ำ
14:50-15:10	1056 :การพัฒนาระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์พกพาผ่านบลูทูธ	1013 :การเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยฟัซซี่ลอจิก	1018 :เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองระบบ
15:10-15:30	Coffee Break		
	Room1	Room 2	Room 3
	Communication II	Games and Living	Antenna Design I
	ดร. สมมาตร แสงเงิน (MUT)	ดร. ชาลี เจริญลาภนพรัตน์ (SIIT)	ดร. ศราวุธ ชัยมูล (KMUTNB)
15:30-15:50	1040 :การออกแบบและพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบพกพาโดยใช้แอร์วิว2	1075 :Virtual treasures collection game on Android for marketing and tourism support	1079 :สายอากาศไมโครสตริปแบบไมล่าฟิล์มช่องสี่เหลี่ยมมุมโค้งสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์
15:50-16:10	1020 :ระบบแสดงสมรรถนะของรถยนต์ผ่านโครงข่ายไร้สาย	1034 :ระบบสแกนวัตถุสามมิติด้วยอุปกรณ์คิเนค	1074 :สายอากาศไมโครสตริปแถวลำดับแบบช่องเปิดมุมฉากสำหรับความถี่แถบกว้าง
16:10-16:30	1008 :การระบุตำแหน่งภายในอาคาร โดยการวัดความแรงสัญญาณวิทยุแบบไร้สาย	1014 :ยุทธการพระพิรุณ: เกมฝึกสมองบนระบบปฏิบัติการณ์ไอโอเอส	1069 :สายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่มีการแผ่พลังงานสองทิศทาง
16:30-16:50	1027 :กระบวนการทำดิทเธอร์โดยใช้ชุดพัฒนาการเรียนรู้ดิจิตอลออดิโอ	1039 :การประยุกต์ใช้สัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะไกล	1065 :An Improved Method for DOA Estimation
16:50-17:10	1036 :การออกแบบและสร้างต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อการประยุกต์ใช้	1041 : โป๊งแปะ : เกมซ่อนหาแบบหลายผู้เล่น	1016 :สายอากาศต้นทุนต่ำอัตราขยาย 10.5 dBi ที่แผ่คลื่นแบบชี้ทิศทางในย่าน 1.7 – 2.7 GHz
17:30-21:00		งานเลี้ยงรับรอง (Banquet) & มอบรางวัลบทความดีเด่น	

	22 มิถุนายน 2555		
09:00-10:15	Keynote Speaker คุณภานุวัฒน์ อรุณโรจน์ศิริ		
10:15-10:30	Coffee Break		
	Room1	Room 2	Room 3
	Healthcare Technology	Software and Algorithm	Linguistic and Service Technology
	ดร. ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล (RMUTT)	ดร. วินัย วิชัยพาณิชย์ (RMUTT)	ดร. อำนวย เรืองวารี (RMUTT)
10:30-10:50	ทฤษฎีแถวคอย	1048 :การปรับเพิ่มส่วนประสานกับผู้ใช้สำหรับโปรแกรมมูเดิ้ล	1061 :มัคคุเทศก์เสมือนบนโทรศัพท์มือถือ
10:50-11:10	1047 :สเตปโตสโคปไร้สาย	1038 :การตรวจจับ Malware สำหรับระบบตรวจสอบสถานะเว็บไซต์	1028 :ระบบสารสนเทศอัจฉริยะสำหรับการรอรถโดยสารประจำทาง
11:10-11:30	1049 :ระบบวัดอัตราการเต้นของหัวใจผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ	1050 :ระบบรายงานการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้	1045 :ระบบโทรศัพท์อัตโนมัติสำหรับผู้พิการทางสายตาหรือด้วย RFID
11:30-11:50	1003 :โปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะ สำหรับกิจวัตรประจำวันของผู้สูงอายุ	1092 :เทคนิคการปรับปรุงอัลกอริทึมอาณานิคมมดเพื่อการหาระยะทางการเจาะแผ่นวงจรที่เหมาะสมที่สุด	
12:00-13:30	Lunch		
	Room1	Room 2	Room 3
	Warning and Disaster	Robotic and Control	
	ผศ. ธนะพงศ์ นพวงศ์ ณ อยุธยา (RMUTT)	ดร. จักรี ศรีนนท์ฉัตร (RMUTT)	
13:30-13:50	1046 :ระบบเฝ้าระวังอุทกภัยแจ้งเตือนผ่านโซเชียลเน็ตเวิร์ก	1067 :การออกแบบหุ่นยนต์แมงมุมเพื่อการสำรวจและสอดแนม	
13:50-14:10	1085 :ระบบสนับสนุนการสำรวจพื้นที่ภัยพิบัติผ่านเครือข่ายแอดฮ็อก บน	1059 :Implementation and Design of the AU Self-Balancing Bicycle (ASUB)	
14:10-14:30	1091 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม	1043 : โหลดอิเล็กทรอนิกส์กำลังสูงระบายความร้อนด้วยน้ำสำหรับทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	
14:30-14:50	1032 :ประสิทธิภาพอุปกรณ์ตรวจสอบไฟรั่วในน้ำ	1062 :Way-Point Control of the AU Self-Balancing Bicycle (AUSB) using Compass and Encoder Sensors	
14:50-15:10	1084 :เครื่องแจ้งเตือนการรั่วของก๊าซ LPG สำหรับรถยนต์	1070 :การออกแบบทรานสดิวเซอร์วัดมุมโดยใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์	
15:10-15:30		1077 :สถาปัตยกรรมชุดหุ่นยนต์เพื่อการแข่งขันหุ่นยนต์ เอบียูแห่งภาคพื้นเอเชียและแปซิฟิก	
Coffee Break			

สารบัญ

Smart Logistic

1089 การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ 2

1006 ระบบค้นหาและติดตามการส่งสินค้าด้วยโปรแกรมประยุกต์เอสเอพีและระบบจีพีเอสแบบเวลาจริง 7

1001 ระบบรายงานสภาพการจราจรบนแผนที่ Google Map 13

Assistive Technology

1071 การปรับปรุงซอฟต์แวร์จันทร์เจ้าสำหรับสร้างหนังสือเสียงเดซี 22

1073 การปรับให้จุฬาทีทีเอสเป็นไปตาม SAPI5 27

1063 ระบบแปลตัวอักษรภาษามือไทยโดยใช้อุปกรณ์คิเนค 33

Agricultural Technology

1017 เครื่องควบคุมอุณหภูมิความชื้นสำหรับการใช้งานในระบบปิด 40

1060 ระบบคัดแยกคุณภาพเมล็ดพันธ์ข้าว 44

1051 การศึกษาหาตำแหน่งที่เหมาสมของการก่อสร้างโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ 50

Communication I

1010 การพัฒนาต่อยอดชุดซอร์ฟแวร์โอเพนซอร์ซสำหรับโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 58

1012 ระบบส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายไร้สายและการสอบเทียบสำหรับเครื่องมือตรวจวัดทางธรณีเทคนิคสำหรับบริเวณ Area 4.1 ในเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง 64

1044 ระบบเฝ้าระวังการชำรุดของสายส่งเคเบิลเส้นใยนำแสงอย่างง่าย 71

1082 การออกแบบสร้างวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านกำลังสูงสำหรับย่านความถี่ 88 - 108 MHz 77

1056 การพัฒนาระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์พกพาผ่านบลูทูธ 83

สารบัญ

Networking

1087 การเพิ่มประสิทธิภาพของค่าปริมาณงานในระบบแลนไร้สายโดยการประยุกต์ใช้วิธีการรวมกลุ่มลิ้งค์ 90

1068 แบบจำลองฟังชันมัลติโฮมมิงในสตีมคอนโทรลทรานสมิสชันโพรโทคอลโดยใช้คัลเลอร์พริติเนท 96

1057 การติดตั้งและตรวจสอบเครือข่ายไร้สายแบบเมช 102

1054 ระบบการจัดการสถานีตรวจวัดและอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย 108

1013 การเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยฟัซซี่ลอจิก 114

Energy Saving and Environment

1009 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศด้วยการควบคุมการระบายอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 120

1035 ระบบบริหารจัดการข้อมูลเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิเพื่อประหยัดพลังงาน 126

1007 เทคนิคการปรับเทียบการทำนายค่าอุณหภูมิสูงสุดจากไฟล์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศชนิดแอสกี 132

1042 การพัฒนาระบบตรวจวัดระดับออกซิเจนละลายแบบไร้สายเพื่อใช้ควบคุมเครื่องเติมอากาศในแหล่งน้ำ 138

1018 เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองระบบ 144

Communication II

1040 การออกแบบและพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบพกพาโดยใช้แอร์วิว2 และแทปเลทบน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 152

1020 ระบบแสดงสมรรถนะของรถยนต์ผ่านโครงข่ายไร้สาย 158

1008 การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการวัดความแรงสัญญาณวิทยุแบบไร้สาย 163

1027 กระบวนการทำดิทเธอร์โดยใช้ชุดพัฒนาการเรียนรู้ดิจิตอลออดิโอ 169

1036 การออกแบบและสร้างต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับระบบเฝ้าระวังและควบคุม 174

สารบัญ

Game and Living

1075	Virtual treasures collection game on Android for marketing and tourism support	180
1034	ระบบสแกนวัตถุสามมิติด้วยอุปกรณ์คิเนค	184
1014	ยุทธการพระพิรุณ: เกมฝึกสมองบนระบบปฏิบัติการณ์ไอโอเอส	190
1039	การประยุกต์ใช้สัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะไกล	196
1041	โป้งแปะ : เกมซ่อนหาแบบหลายผู้เล่น	201

Antenna design

1079	สายอากาศไมโครสตริปแบบไมล่าฟิล์มช่องสี่เหลี่ยมมุมโค้ง สำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์	208
1074	สายอากาศไมโครสตริปแถวลำดับแบบช่องเปิดมุมฉากสำหรับความถี่แถบกว้าง	214
1069	สายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่มีการแผ่พลังงานสองทิศทาง	220
1065	An Improved Method for DOA Estimation	226
1016	สายอากาศต้นทุนต่ำอัตราขยาย 10.5 dBi ที่แผ่คลื่นแบบชี้ทิศทาง ในย่าน 1.7 – 2.7 GHz	231

Healthcare Technology

1029	ซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์การให้บริการของโรงพยาบาล ทางจิตเวชโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย	238
1047	สเตปโตสโคปไร้สาย	244
1049	ระบบวัดอัตราการเต้นของหัวใจผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ	250
1003	โปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะ สำหรับกิจวัตรประจำวันของผู้สูงอายุ	256

Software and Algorithm

1048	การปรับเพิ่มส่วนประสานกับผู้ใช้สำหรับโปรแกรมมูเดิ้ล	264
1050	ระบบรายงานการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้	270
1038	การตรวจจับ Malware สำหรับระบบตรวจสอบสถานะเว็บไซต์	276
1092	เทคนิคการปรับปรุงอัลกอรีทึมอาณานิคมมดเพื่อการหา ระยะทางการเจาะแผ่นวงจรที่เหมาะสมที่สุด	282

สารบัญ

Linguistic and service Technology

1061 มัคคุเทศก์เสมือนบนโทรศัพท์มือถือ 290

1028 ระบบสารสนเทศอัจฉริยะสำหรับการรอรถโดยสารประจำทาง 296

1045 ระบบโทรศัพท์อัตโนมัติสำหรับผู้พิการทางสายตาหรือด้วย RFID 301

Warning and Disaster

1046 ระบบเฝ้าระวังอุทกภัยแจ้งเตือนผ่านโซเชียลเน็ตเวิร์ก 308

1085 ระบบสนับสนุนการสำรวจพื้นที่ภัยพิบัติผ่านเครือข่ายแอดฮ็อก บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ 314

1091 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม 320

1032 ประสิทธิภาพอุปกรณ์ตรวจสอบไฟรั่วในน้ำ 324

1084 เครื่องแจ้งเตือนการรั่วของก๊าซ LPG สำหรับรถยนต์ 330

Robotic and Control

1067 การออกแบบหุ่นยนต์แมงมุมเพื่อการสำรวจและสอดแนม 338

1059 Implementation and Design of the AU Self-Balancing Bicycle (ASUB) 344

1043 โหลดอิเล็กทรอนิกส์กำลังสูงระบายความร้อนด้วยน้ำสำหรับ ทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 348

1062 Way-Point Control of the AU Self-Balancing Bicycle (AUSB) using Compass and Encoder Sensors 354

1070 การออกแบบทรานสดิวเซอร์วัดมุมโดยใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์ 358

1077 สถาปัตยกรรมชุดหุ่นยนต์เพื่อการแข่งขันหุ่นยนต์เอบียูแห่งภาคพื้นเอเชียและแปซิฟิก 364

Smart Logistic

ECTI-CARD 2012

การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์

Thai OCR for Car License Plate Recognition

ไพศาล สุธีบรรเจิด

วิทยาลัยเฉลิมกาญจนา

dr.phaisarn@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยในแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ โดยทำการแบ่งกลุ่มของตัวอักษรให้เป็นกลุ่มย่อยโดยใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษร จากนั้นจึงนำตัวอักษรแต่ละตัวมาแบ่งเป็นบล็อกขนาด 5x7 บล็อก แล้วนับค่าความถี่สะสมของจุดภาพที่มีค่าความเข้มสีดำ (object) ในแต่ละบล็อก เพื่อใช้เป็นอินพุทให้กับระบบรู้จำ ในงานวิจัยนี้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับสี่ชั้น เป็นระบบในการรู้จำ จากผลการทดลองสามารถรู้จำตัวอักษรและตัวเลขในป้ายทะเบียนรถยนต์ได้อย่างถูกต้อง 96.04% จากจำนวนตัวอักษรและตัวเลขในป้ายทะเบียนทั้งหมด 202 ตัวอักษร

Abstract

This paper presents the method for Thai optical character recognition for car license plate (CLP). The method composes of two important steps to input data to the recognition and prediction system. Firstly, the group of characters will be divided into subgroups depending on its own dominant features. Secondly, each character will be divided into 5x7 blocks and counted the number of object pixels in each block. In this research, the four-layer back-propagation neural network (BPNN) is used to recognize and predict the characters. The results of the experiment from 202 samples show that the accuracy rate of the system is 96.04%.

คำสำคัญ

Car License Plate, Neural network, Optical character recognition

1. บทนำ

ระบบการรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบขนส่ง และจราจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transportation system, ITS) ระบบเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ และระบบบริหารจัดการสถานที่จอดรถยนต์ เป็นต้น ปัจจุบันมีงานวิจัยทางด้านการรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ทั้งในประเทศ [2-4] และ ต่างประเทศ [5] การรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ไทยให้มีความถูกต้องสูงทำได้ยาก เนื่องจากในขั้นตอนการแปลงจากภาพอักษรให้เป็นตัวอักษร (Optical character recognition, OCR) นั้นภาษาไทยมีตัวอักษรจำนวนมากถึง 44 ตัวอักษร

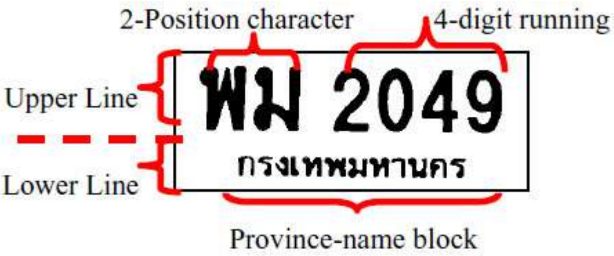
ในงานวิจัยนี้จึงนำวิธีการแบ่งกลุ่มตัวอักษรออกเป็นกลุ่มย่อยโดยใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษร [1] เพื่อให้ตัวอักษรในแต่ละกลุ่มมีจำนวนน้อยลง โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่ม จากนั้นนำตัวอักษรแต่ละตัวมาแบ่งเป็นบล็อกขนาด 5x7 บล็อก แล้วนับจำนวนพิกเซลในแต่ละบล็อก เพื่อใช้เป็นอินพุทให้กับระบบรู้จำ ในงานวิจัยนี้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับสี่ชั้น (four-layer back-propagation neural network: BPNN) ในการรู้จำตัวอักษรและตัวเลข จำนวน 6 ชุด (โครงข่ายประสาทเทียมแต่ละชุดใช้รู้จำตัวอักษรในแต่ละกลุ่ม)

2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ป้ายทะเบียนรถยนต์ไทย

ป้ายทะเบียนรถยนต์ประเภทสี่ล้อที่ใช้ในประเทศไทยประกอบด้วยสองบรรทัด คือบรรทัดบน (Upper Line) และบรรทัดล่าง (Lower Line) ซึ่งข้อมูลบรรทัดบนแสดง ข้อมูลตัวอักษรประจำหมวดจำนวน 2 ตัว (2-position character

category) และตามด้วยตัวเลขจำนวน 1 ถึง 4 ตัว (4-digit running number) สำหรับข้อมูลบรรทัดล่าง แสดงข้อมูลชื่อจังหวัด (Province-name block) [2] ดังรูปที่ 1



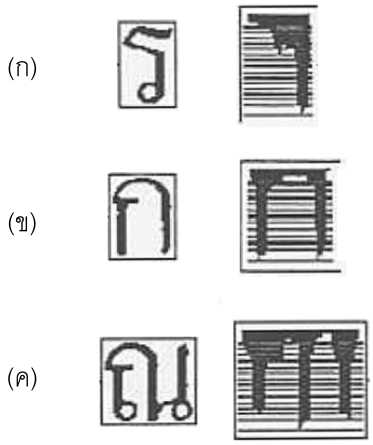
รูปที่ 1. ป้ายทะเบียนรถยนต์ประเภทสี่ล้อ

งานวิจัยการรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ไทยมีทั้งที่เป็นการรู้จำเพียงบางส่วน คือเป็นการรู้จำเฉพาะข้อมูลบรรทัดบน (Upper Line) [3] และการรู้จำทั้งบรรทัดบน และบรรทัดล่าง [2]

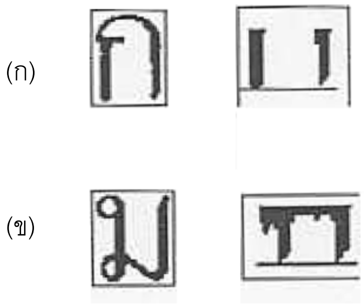
2.2 วิธีการรู้จำตัวอักษร

ในปี 2002 สุรการ ดวงผาสุข [1] ใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษรมาทำการแบ่งประเภทตัวอักษร โดยแบ่งตามลักษณะเด่นของขาตัวอักษรได้เป็น 3 ประเภทคือ จำนวน 1 ขา จำนวน 2 ขา และจำนวน 3 ขา โดยลักษณะเด่นของขาตัวอักษรนี้ได้มาจากการทำฮีสโตแกรมตัวอักษร ดังรูปที่ 2 และแบ่งตามลักษณะเด่นของขอบบนและขอบล่างของตัวอักษร โดยแบ่งได้เป็นขอบล่างปิด ขอบล่างเปิด ขอบบนปิด และขอบบนเปิด ตัวอย่างการหาขอบล่างเปิดและปิด ทำได้โดยการทำฮีสโตแกรมครึ่งล่างของตัวอักษร ดังแสดงในรูปที่ 3

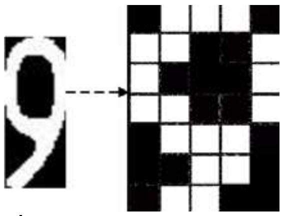
ในปี 2011 Martínez-Carballido และคณะ [5], เสนอวิธีการรู้จำเฉพาะตัวเลขโดยการใช้แม่แบบ (Template) ของตัวเลข ขนาด 5x7 พิกเซล แต่ละพิกเซลมีค่า 0 และ 1 การรู้จำทำได้โดยการลดขนาดของตัวเลขลงให้เหลือขนาด 5x7 พิกเซล ดังรูปที่ 4 แล้วนำไปเปรียบเทียบกับแม่แบบ วิธีนี้มีความถูกต้องในการรู้จำตัวเลข 97.3%



รูปที่ 2. ลักษณะเด่นของขาตัวอักษร 1 ขา 2 ขา และ 3 ขา ตามลำดับ

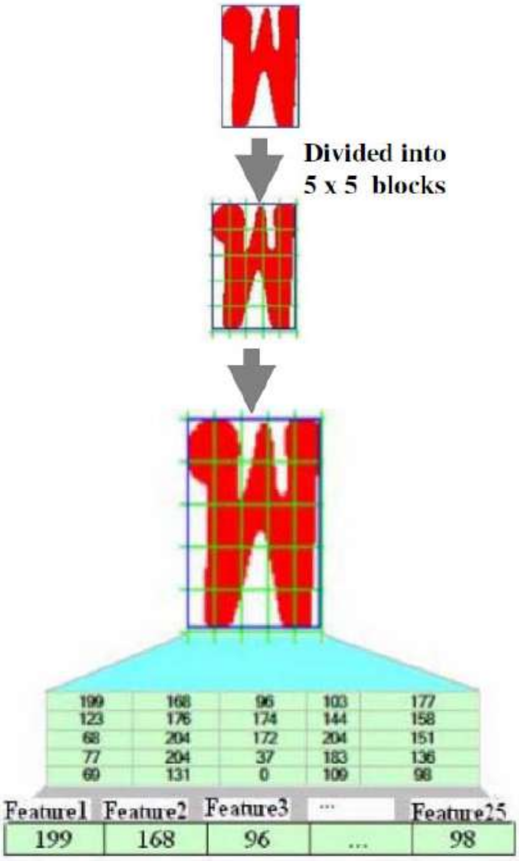


รูปที่ 3. ลักษณะเด่นของขอบล่างตัวอักษร ขอบล่างเปิด และขอบล่างปิด ตามลำดับ

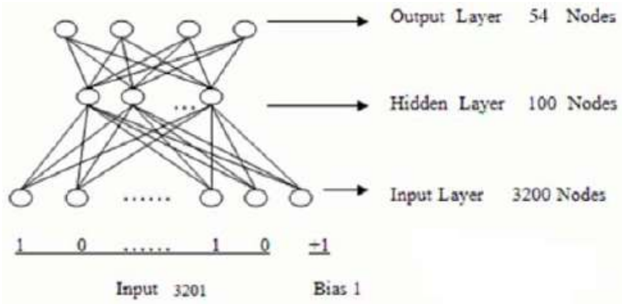


รูปที่ 4. ตัวเลขขนาด 5x7 พิกเซล

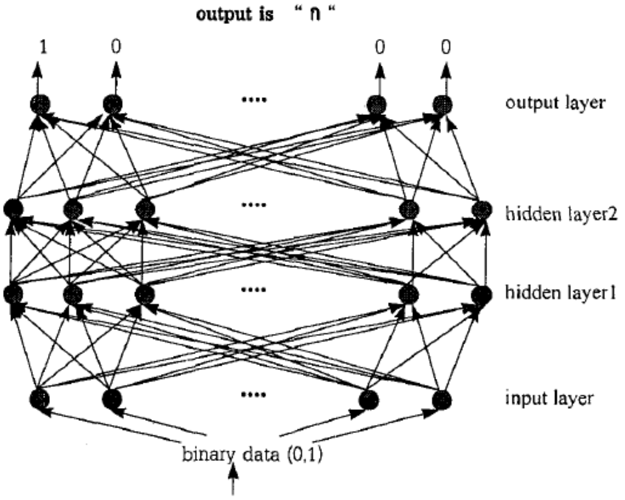
ในปี 2005 Juntanasub และ Sureerattanan [2] แบ่งตัวอักษรออกเป็นบล็อกขนาด 5x5 บล็อก เพื่อนับค่าความถี่สะสมของจุดภาพที่มีค่าความเข้มสีดำของแต่ละบล็อก ดังแสดงในรูปที่ 5 จากนั้นใช้เทคนิคเฮาดอรฟดิสแทนซ์ (Hausdorff distance technique) ในการรู้จำ ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้อง 92%.



รูปที่ 5. แบ่งตัวอักษรออกเป็น 5x5 บล็อก และนับค่าความถี่สะสมของจุดภาพสีดำของแต่ละบล็อก



รูปที่ 6. โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับสามชั้น



รูปที่ 7. โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับสี่ชั้น

ในปี 2010 Leelasantitham และ Kiattisin [3] เสนอวิธีการรู้จำตัวอักษรและตัวเลข โดยการเปลี่ยนขนาดของตัวอักษรและตัวเลขแต่ละตัวให้มีขนาด 40x80 พิกเซล (3,200 พิกเซล) จากนั้นใช้วิธีการโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับสามชั้น (three-layer back-propagation neural network, BPNN) โดยในชั้นอินพุทมี 3,200 โหนด ในชั้นซ่อนมี 100 โหนด และในชั้นเอาท์พุทมี 54 โหนด ดังแสดงในรูปที่ 6 มาใช้ในการรู้จำ ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้อง 97%

ในปี 1998 Sirithinaphong และ Chamnongthai [4] เสนอวิธีการโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับสี่ชั้น (four-layer back-propagation neural network, BPNN) ดังรูปที่ 7 ผลการรู้จำมีความถูกต้อง 80.81% จากตัวอย่างภาพป้ายทะเบียนรถยนต์ 70 ป้ายทะเบียน

3. วิธีการที่นำเสนอ

การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือแบ่งกลุ่มของตัวอักษรให้เป็นกลุ่มย่อยโดยใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษร และการนำภาพตัวอักษรและตัวเลขมาแบ่งเป็นบล็อกขนาด 5x7 บล็อก เพื่อนับค่าความถี่สะสมของจุดภาพที่มีค่าความเข้มสีดำ (object) ของแต่ละบล็อก เพื่อนำไปเป็นอินพุทให้กับระบบรู้จำโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับสี่ชั้น

3.1 การออกแบบและพัฒนาระบบ

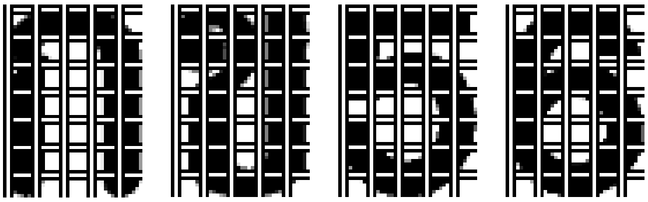
เนื่องจากภาษาไทยมีจำนวนตัวอักษรจำนวนมากถึง 44 ตัวอักษร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำวิธีการแบ่งกลุ่มตัวอักษรออกเป็นกลุ่มย่อยเพื่อให้ตัวอักษรในแต่ละกลุ่มมีจำนวนน้อยลง โดยใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษรคือจำนวนขาของตัวอักษรและลักษณะขอบบนและขอบล่างของตัวอักษร และเนื่องจาก

ตำแหน่งของตัวอักษรและตัวเลขในป้ายทะเบียนรถยนต์แบ่งแยกตำแหน่งกันอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงสามารถแยกตัวอักษร และตัวเลขออกจากกันได้ งานวิจัยนี้จึงแบ่งตัวอักษรและตัวเลขออกเป็น 6 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. กลุ่มของตัวอักษรที่แบ่งโดยใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษร

No.	กลุ่ม	จำนวน	ตัวอักษร
1	1ขา	5	ง จ ฐ ร ว
2	2ขาขอบบนปิด ขอบล่างปิด	8	ฉ ซ ฎ ฏ ธ ส อ ฮ
3	2ขาขอบบนปิด ขอบล่างเปิด	13	ก ค ฑ ด ต ถ ท พ ภ ฤ ล ฦ ศ
4	2ขาขอบบนเปิด	14	ข ฆ ช น บ ป ผ ฝ ฟ ม ย ษ ห ฬ
5	3ขา	4	ฌ ญ ฒ ณ
6	ตัวเลข	10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

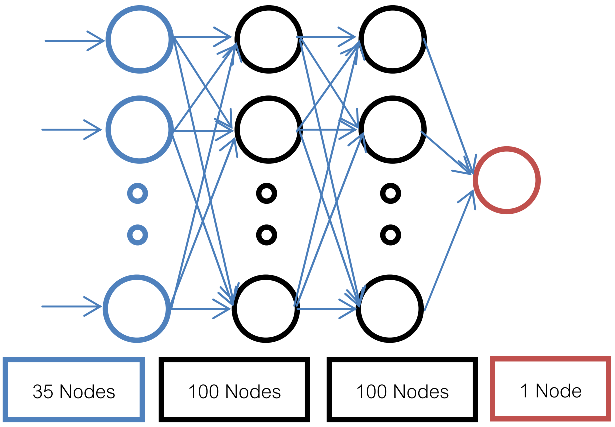
หลังจากรู้กลุ่มย่อยของตัวอักษรและตัวเลขแล้ว ให้นำภาพตัวอักษรและตัวเลขมาปรับขนาด เป็นขนาด 40x56 พิกเซล และนำภาพที่ปรับขนาดแล้วมาแบ่งเป็นบล็อกขนาด 5x7 บล็อก (แต่ละบล็อกมีขนาด 8x8 พิกเซล) ดังรูปที่ 8 จากนั้นทำการนับค่าความถี่สะสมของจุดภาพที่มีค่าความเข้มสีดำ (object) ภายในแต่ละบล็อก



รูปที่ 8. ตัวอักษรที่ปรับขนาดเป็น 40x56 พิกเซล และแบ่งเป็นบล็อกขนาด 5x7 บล็อก

3.2 การรู้จำด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

นำค่าความถี่สะสมทั้ง 35 ค่าที่นับได้ของแต่ละบล็อก (5x7 บล็อก หรือ 35 บล็อก) มาเป็นอินพุทให้กับโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับสี่ชั้น (four-layer back-propagation neural network, BPNN) เพื่อใช้ในการรู้จำตัวอักษร ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9. โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับสี่ชั้น

โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับสี่ชั้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ชั้นอินพุทมี 35 โหนด ชั้นซ่อนมี 2 ชั้นแต่ละชั้นมี 100 โหนด และในชั้นเอาท์พุทมี 1 โหนด โดยมีโครงข่ายประสาทเทียมดังกล่าวนี้จำนวน 6 ชุด เพื่อใช้ในการรู้จำตัวอักษรและตัวเลขในแต่ละกลุ่ม (ในตารางที่ 1) โดยเฉพาะ

3.3 ข้อจำกัดของระบบ

งานวิจัยการรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ไทย มีทั้งที่เป็นการรู้จำเพียงบางส่วน คือเป็นการรู้จำเฉพาะข้อมูลบรรทัดบน และการรู้จำทั้งบรรทัดบนและบรรทัดล่าง ในงานวิจัยนี้ ทำการรู้จำเฉพาะตัวอักษรและตัวเลขในบรรทัดบน

4. ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C++ โดยใช้ไลบรารี่ OpenCV เวอร์ชั่น 2.1 งานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างภาพป้ายทะเบียนรถยนต์ประเภทสี่ล้อ โดยนำเฉพาะบรรทัดบน (Upper Line) มาผ่านกระบวนการประมวลผลเบื้องต้น ได้ภาพสอง ระดับ (Binary image) จำนวน 35 ภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยตัวอักษร 70 ตัวอักษร และตัวเลข 132 ตัวอักษร รวมทั้งหมด 202 ตัวอักษร ตัวอย่างภาพป้ายทะเบียนรถยนต์จำนวน 4 ภาพ แสดงในรูปที่ 10 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2

รูปที่ 10. ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 2. ผลการทดลอง

No.	กลุ่ม	ทั้งหมด	ถูกต้อง	%ถูกต้อง
1	1ขา	12	12	100.00
2	2ขาขอบบนปิด ขอบล่างปิด	8	8	100.00
3	2ขาขอบบนปิด ขอบล่างเปิด	24	22	91.67
4	2ขาขอบบนเปิด	22	17	77.27
5	3ขา	4	4	100.00
6	ตัวเลข	132	131	99.24
	รวม	**202**	**194**	**96.04**

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ ทำการรู้จำตัวอักษรและตัวเลขในบรรทัดบนของป้ายทะเบียนรถยนต์ไทย โดยนำตัวอักษรมาแบ่งกลุ่มย่อยโดยใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษร จากนั้นจึงนำตัวอักษรและตัวเลขแต่ละตัวมาปรับขนาดเป็น 40x56 พิกเซล และนำภาพที่ปรับขนาดแล้วมาแบ่งเป็นบล็อกขนาด 5x7 บล็อก แล้วนับค่าความถี่สะสมในแต่ละบล็อก เพื่อใช้เป็นอินพุทให้กับระบบรู้จำ

ในงานวิจัยนี้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับสี่ชั้น (four-layer back-propagation neural network) เป็นระบบในการรู้จำ จากผลการทดลอง สามารถรู้จำตัวอักษรในป้ายทะเบียนรถยนต์ได้อย่างถูกต้องจำนวน 194 ตัวอักษร และไม่ถูกต้อง 8 ตัวอักษร จากตัวอักษรทั้งหมด 202 ตัวอักษร หรือคิดความถูกต้องเป็น 96.04%

5.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

ผลการทดลองของกลุ่มที่ 4 (ตัวอักษรมี 2 ขา และขอบบนเปิด) มีความผิดพลาดเกิดขึ้นมากกว่ากลุ่มอื่น เป็นเพราะกลุ่มนี้มีจำนวนตัวอักษรมากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น คือมีจำนวนตัวอักษรในกลุ่มนี้จำนวน 14 ตัวอักษร ดังนั้นในการพัฒนาต่อจึงควรที่จะแบ่งตัวอักษรในกลุ่มนี้ให้แยกเป็นกลุ่มย่อยเพื่อลดจำนวนตัวอักษรในกลุ่มนี้ให้น้อยลง โดยคาดหวังว่าความถูกต้องน่าจะเพิ่มขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สุรการ ดวงผาสุข, "การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยโดยวิธีลักษณะเด่นของตัวอักษรและโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1," วิทยานิพนธ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, กรุงเทพมหานคร, 2002.

[2] R. Juntanasub, N. Sureerattanan, "Car license plate recognition through Hausdorff distance technique," IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, ICTAI 05. 17th, 2005.

[3] A. Leelasantitham, S. Kiattisin, "A position-varied plate utilized for a Thai license plate recognition," Proceedings of SICE Annual Conference 2010, pp. 3303-3307, 2010.

[4] T. Sirithinaphong and K. Chamnongthai, "Extracting of car license extraction of car license plate using motor vehicle regulation and character pattern recognition," IEEE APCCAS 1998, pp.559 –562, 1998.

[5] J. Martínez-Carballido, R. Alfonso-López, and J.M. Ramírez-Cortés, "License plate digit recognition using 7×5 binary templates at an outdoor parking lot entrance," 21st Electrical Communications and Computers (CONIELECOMP), pp.18-21, 2011.

ระบบค้นหาและติดตามการส่งสินค้าด้วยโปรแกรมประยุกต์เอสเอพี และระบบจีพีเอสแบบเวลาจริง

Real Time Tracking System using SAP and GPS for Product Delivery

คมศักดิ์ เมฆสมุทร
วิทยาลัยศิลปะ สื่อ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่
komsak@ieee.org

วัชรสรณ์ รอดบ่วง
บริษัท กรุงเทพ เบล คอมมูนิเคชั่น จำกัด
9/30 Vista Park ประชาชื่น ถ. สามัคคี นนทบุรี
krai.sap@hotmail.com

อารีรัตน์ ตรงรัศมีทอง
วิทยาลัยศิลปะ สื่อ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่
areerat.t@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

จากความต้องการให้การบริหารโลจิสติกส์ซึ่งมีความสำคัญในการแข่งขันด้านธุรกิจในโลกปัจจุบัน ให้มีความสมบูรณ์ น่าเชื่อถือ สะดวก และรวดเร็วทันเหตุการณ์ โครงการนี้จึงได้เสนอการประยุกต์การวางแผนทรัพยากรขององค์กร โดยใช้โปรแกรมประยุกต์เอสเอพี ร่วมกับเทคโนโลยีจีพีเอสหรือระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก โดยผ่านทางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า และโปรแกรมประยุกต์เว็บ มาพัฒนาเป็นระบบต้นแบบเพื่อค้นหาและติดตามการส่งสินค้า โดยระบบสามารถจัดทำตาราง จัดเส้นทาง ค้นหาและติดตามขบวนขนส่งสินค้า ในลักษณะสารสนเทศการส่งสินค้าแบบเวลาจริงอย่างสมบูรณ์

Abstract

From the requirement that the logistics, which is important to the present global business competitiveness, shall be complete, reliable, convenient and timely; this project presented the application of ERP (Enterprise Resource Planning) by SAP (Systems, Applications and Products in Data Processing) with GPS (Global Positioning System) via pocket PC and web-applications to develop the prototype of product delivery tracking system. The system was able to schedule, route and track the goods transport with the complete real-time product delivery information.

คำสำคัญ

ระบบค้นหาและติดตามการส่งสินค้า, โปรแกรมประยุกต์เอสเอพี, ระบบจีพีเอส, คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า, โปรแกรมประยุกต์เว็บ

1. บทนำ

การดำเนินธุรกิจในโลกปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้เป็นเครื่องมือเสริมสร้างประสิทธิภาพในการแข่งขันในแต่ละอุตสาหกรรม โปรแกรมประยุกต์เอสเอพี (SAP) [1] เป็นการวางแผนทรัพยากรขององค์กร (ERP) ที่บริษัทต่างๆ ได้นำมาใช้เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพของการบริหารจัดการ จุดเด่นและคุณภาพของโปรแกรมประยุกต์เอสเอพีนั้นคือเป็นมาตรฐานเดียว เป็นระบบการทำงานแบบตามเวลาจริง (Real Time) และออนไลน์ (Online) ดังนั้นโครงการนี้จะนำจุดเด่นของการทำงานแบบตามเวลาจริง ของโปรแกรมประยุกต์เอสเอพีมาเพิ่มประสิทธิภาพให้เป็นสารสนเทศการส่งสินค้าแบบเวลาจริง โดยการนำระบบและอุปกรณ์ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกหรือจีพีเอส (GPS) มาต่อประสาน (Interface) พร้อมทั้งพัฒนาระบบให้สามารถ จัดตารางเวลาขนส่ง จัดเส้นทางขนส่ง และค้นหาและติดตามการลำเลียงขนส่งสินค้าด้วยเอกสารพิสูจน์การส่งมอบ (Proof of Delivery) ในโมดูลสั่งขายและกระจายสินค้า (Sales Order and Distribution Module)

การพัฒนาระบบนี้ [2] ใช้สำหรับธุรกิจค้าส่ง เพื่อลดช่องว่างของระยะทาง ช่องว่างด้านเวลา ช่องว่างด้านข้อมูล และลดจำนวนสต็อกของร้านค้าปลีก โดยให้ผู้ค้าส่งเป็นคลังข้อมูลและคลังสินค้าแทนร้านค้าปลีก การทำงานของระบบจะใช้ข้อมูลในโปรแกรมประยุกต์เอสเอพี เป็นตัวขับเคลื่อน ประมวลผลและส่งต่อให้เครื่องบริการโปรแกรม

ประยุกต์ เพื่อทำการติดตามข้อมูลการกระจายสินค้า การขนส่ง จนกระทั่งส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า รวมถึงการส่งข้อมูลกลับมาที่โปรแกรมประยุกต์เอสเอพี

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โปรแกรมประยุกต์เอสเอพี [1]

โปรแกรมประยุกต์เอสเอพี (SAP: Systems, Applications and Products in Data Processing) คือ ซอฟต์แวร์ทางด้านการวางแผนทรัพยากรขององค์กร เป็นซอฟต์แวร์ที่มีการรวบรวม หรือผนวกฟังก์ชันงานทั้งหมดในองค์กร หรือเชื่อมโยงในส่วนของโมดูลทั้งหมดเข้าด้วยกัน โดยมีการทำงานในลักษณะแบบเวลาจริง เอสเอพีถูกออกแบบมาบนพื้นฐานของวิธีการปฏิบัติที่ดีเลิศ (Best Practice) ในอุตสาหกรรม

2.2 ระบบจีพีเอส

ระบบจีพีเอส (GPS: Global Positioning System) คือ ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกผ่านดาวเทียม โดยใช้ร่วมกับระบบคลื่นวิทยุนำร่องที่ส่งมาจากดาวเทียมซึ่งมีตำแหน่งอยู่เหนือพื้นโลก 20,200 กิโลเมตร โคจรรอบโลกใช้เวลา 12 ชั่วโมง มีทั้งหมด 28 ดวง

2.3 แผนที่กูเกิล [3]

แผนที่กูเกิล (Google Maps) เป็นเว็บไซต์หนึ่งของกูเกิล ซึ่งให้บริการค้นหาสถานที่ต่างๆ สามารถประยุกต์เรียกใช้งานได้โดยผ่านส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์แผนที่กูเกิล (Google Maps API) เป็นจาวาสคริปต์ (JavaScript) ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้พัฒนาโปรแกรมหรือพัฒนาเว็บไซต์สามารถแทรกแผนที่กูเกิลเข้าไปเป็นองค์ประกอบหนึ่งของหน้าเว็บ ด้วยการเขียนภาษาเอชทีเอมแอล (HTML) และจาวาสคริปต์

2.4 ตัวเชื่อมต่อกับภาษาอื่นระหว่างโปรแกรมประยุกต์เอสเอพีและดอตเนต (SAP.NET Connector) [4]

เป็นคลัง (Library) ที่ทำการติดต่อระหว่างแพลตฟอร์มไมโครซอฟต์ดอตเน็ต (Microsoft.NET Platform) กับโปรแกรมประยุกต์เอสเอพีซึ่งสนับสนุนในส่วนของการเรียกใช้ฟังก์ชันจากระยะไกล (RFC: Remote Function Call) และเว็บเซอร์วิส (Web Service)

2.5 การประยุกต์ใช้ระบบจีพีเอสมาจัดการระบบขนส่ง (e-Truck Call Center) [5]

พัฒนาโดย ศุภเดช ตั้งสราลักษณ์ ได้เสนอการประยุกต์ใช้ระบบจีพีเอส มาจัดการระบบขนส่ง ร่วมกับระบบศูนย์บริการตอบรับทางโทรศัพท์ (Call Center) แต่ไม่มีการยืนยันจำนวนสินค้าเมื่อส่งถึงมือลูกค้าแต่ละราย ในพื้นที่เดียวกันหรือต่างพื้นที่ ตรงตามตำแหน่งพิกัดของลูกค้า มีเพียงยืนยันตำแหน่งพิกัดเมื่อไปถึงลูกค้า ซึ่งเหมาะสมกับบางธุรกิจ เช่นการส่งสินค้าเป็นตู้ส่งสินค้า แต่ไม่เพียงพอสำหรับการยืนยันการส่งสินค้าให้ถึงมือลูกค้า

2.6 ระบบติดตามรถโดยสารอัจฉริยะ (Smart Bus Tracking) [6]

พัฒนาโดย ภูเทพ ทิวถนอม และ สุพัตรา จิตวิริยะ เป็นระบบที่พัฒนาบน โปรแกรมประยุกต์แผนที่กูเกิล เช่นเดียวกับโครงการนี้ แต่ระบบนี้เหมาะสมสำหรับการติดตามรถโดยสารมากกว่าการติดตามการส่งสินค้า

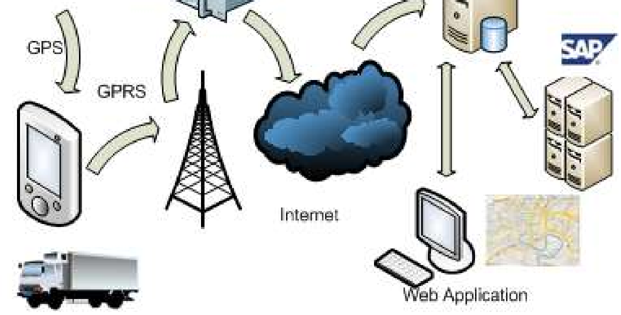
3. รายละเอียดการพัฒนา

ในหัวข้อ 3.1 จะกล่าวถึงภาพรวมของระบบ และหัวข้อ 3.2 จะกล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาระบบ

3.1 ภาพรวมของระบบ

แบ่งออกเป็นส่วนๆได้ดังนี้

3.1.1 การทำงานบนโปรแกรมประยุกต์เอสเอพี



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ ที่พัฒนาขึ้น

โครงการนี้นำเสนอระบบตั้งแต่พนักงานขายสินค้าสร้างเอกสารใบสั่งขาย (Sales Order) ในโปรแกรมประยุกต์เอสเอพี และพนักงานคลังสินค้าจะทำเอกสารใบสั่งปล่อยสินค้า (Delivery Order) โดยอ้างอิงจากเอกสารใบสั่งขาย และออกเอกสารพิสูจน์การส่งมอบ (Proof of Delivery)

3.1.2 การทำงานบนเครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์

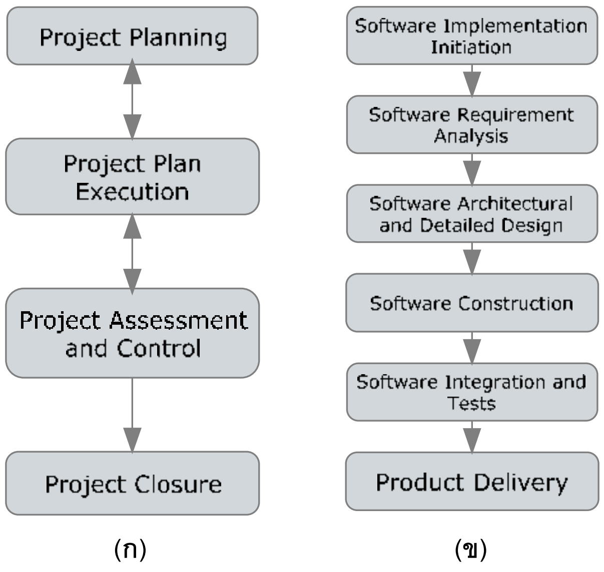
จากนั้นเครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์ (Application Server) จะดึงข้อมูลเอกสารพิสูจน์การส่งมอบ จากโปรแกรมประยุกต์เอสเอพีมาเก็บไว้ในฐานข้อมูลของเครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์ ต่อจากนั้นพนักงานจัดตารางการส่งสินค้าจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนตัวที่เป็นเครื่องรับบริการ (Client) ของโปรแกรมประยุกต์ระบบการติดตามการส่งสินค้าด้วยจีพีเอสแบบเวลาจริง ทำการประมวลผลการจัดตารางและจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า พร้อมทั้งปรับปรุงจัดตารางเวลาและจัดเส้นทางด้วยตนเองตามความเหมาะสม ข้อมูลตารางเวลาขนส่งและเส้นทางการขนส่งที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะถูกนำไปเขียนบนแผนที่กูเกิล ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) และทำการกำหนดเส้นทางการขนส่งให้รถขนส่งสินค้าแต่ละคันพร้อมทั้งจัดเตรียมข้อมูลตารางเวลาส่งสินค้าจุดที่ต้องส่งสินค้า และเส้นทางการขนส่งสินค้าไว้ที่เครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์ เพื่อเตรียมไว้ให้พนักงานส่งสินค้านำข้อมูลไปใช้ต่อไป

3.1.3 การทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า

เริ่มต้นการส่งสินค้า พนักงานส่งสินค้าจะทำการดึงข้อมูลจากเครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์ มายังเครื่องรับบริการคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า(Pocket PC Client) ที่ประจำรถขนส่งสินค้าแต่ละคัน เมื่อรถขนส่งสินค้าเคลื่อนที่ออกจากจุดเริ่มต้นของการปล่อยสินค้า เครื่องรับบริการคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า ที่ประจำอยู่ในรถขนส่งสินค้าแต่ละคัน จะส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่ง ผ่านระบบการสื่อสารจีพีอาร์เอส (GPRS: General Packet Radio Service) มาที่เครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์ ซึ่งทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่ารถขนส่งสินค้าอยู่ในตำแหน่งใด ของเส้นทางขนส่งใด ห่างจากจุดเริ่มต้นของการปล่อยสินค้าเป็นระยะทางยาวกี่กิโลเมตร และใช้เวลาการเดินทางกี่ชั่วโมงและกี่นาที ความถี่ของการส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งจากเครื่องรับบริการคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า ไปยังเครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์สามารถกำหนดได้บนเครื่องรับบริการคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า ว่าจะให้ส่งได้ทุกๆ กี่นาที เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการสื่อสารระบบจีพีอาร์เอส และขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะติดตามพิกัดตำแหน่งสุดท้ายของรถขนส่งสินค้าทุกๆ กี่นาที

3.1.4 ขั้นตอนการส่งมอบสินค้า

ขั้นตอนการปฏิบัติระหว่างการส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อรถขนส่งสินค้าถึงจุดของสถานที่ส่งสินค้า พนักงานส่งสินค้าจะนำสินค้าส่งให้กับลูกค้าและต้องทำการยืนยันการรับสินค้าของลูกค้า ตามเอกสารพิสูจน์การส่งมอบ ผ่านทางเครื่องรับบริการคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า หลังจากทำการยืนยันข้อมูลตามหมายเลขเอกสารพิสูจน์การส่งมอบ เช่น จำนวนสินค้า เวลาส่งสินค้า และข้อมูลพิกัดตำแหน่งก็จะถูกปรับปรุงแบบออนไลน์และเวลาจริง กลับมาที่เครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์ผ่านระบบการสื่อสารจีพีอาร์เอส ข้อมูลเหล่านั้นจะถูกเก็บเอาไว้ในฐานข้อมูลของเครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์เมื่อการปรับปรุงข้อมูลสำเร็จแล้วเครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์จะส่งข้อมูลยืนยันการรับสินค้าของลูกค้าตามหมายเลขเอกสารพิสูจน์การส่งมอบ กลับไปที่โปรแกรมประยุกต์เอสเอพี เพื่อเป็นการยืนยันการส่งสินค้าให้กับลูกค้าแบบสำเร็จสมบูรณ์ในโปร-



รูปที่ 2 (ก) การบริหารโครงการและ (ข) การพัฒนาระบบ

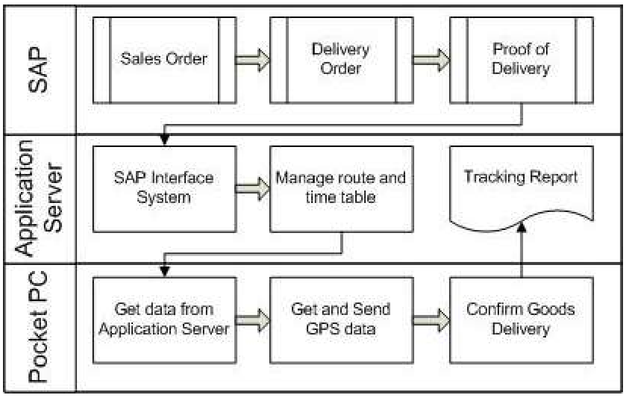
แกรมประยุกต์เอสเอพี กระบวนการต่างๆ ที่กล่าวแล้วมาตามลำดับ เป็นขั้นตอนการปรับปรุงข้อมูลแบบออนไลน์เวลาจริงในแต่ละจุดของการส่งสินค้าให้กับลูกค้า พนักงานส่งสินค้าจะกระทำตามกระบวนการนี้ในทุกๆ จุดของการส่งสินค้าให้กับลูกค้าจนกระทั่งถึงจุดสุดท้ายของการส่งสินค้า เมื่อส่งสินค้าครบทุกจุด รถขนส่งสินค้าก็เดินทางกลับมาที่บริษัท เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการขนส่งและการติดตามการขนส่งสินค้า

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

เพื่อเป็นการยืนยันความสำเร็จของโครงการจึงได้จัดทำโครงการอ้างอิงตามระเบียบวิธีเอเอสเอพี (ASAP: Accelerated SAP) [1] และ มาตรฐานวิศวกรรมซอฟต์แวร์สำหรับองค์กรขนาดเล็ก ISO29110-VSE (Software Engineering –Lifecycle Profiles for Very Small Enterprises) [7] คือการบริหารโครงการ และการพัฒนาระบบดังแสดงในรูปที่ 2 โดยเริ่มตั้งแต่การเขียนแผนงานโครงการ การทำงานตามแผนงานที่ได้วางแผนไว้ การกำหนดและการควบคุมโครงการ และการปิดโครงการ

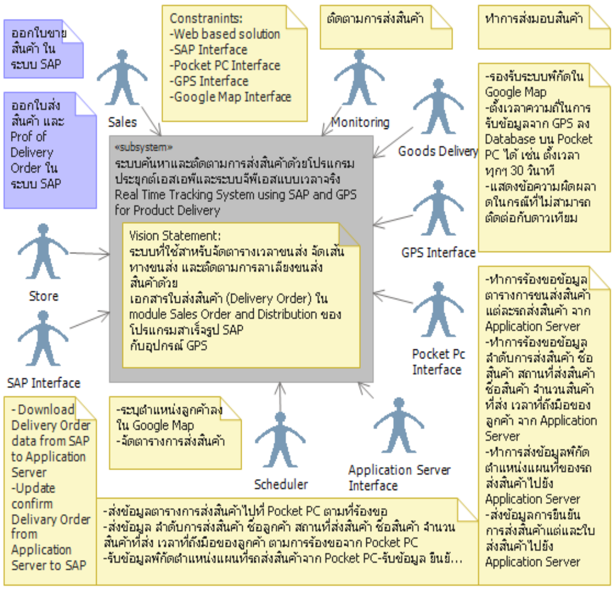
การพัฒนาระบบ เป็นไปตามมาตรฐานเริ่มตั้งแต่การหาความต้องการและวิเคราะห์ระบบงาน การออกแบบระบบงาน การพัฒนาระบบงาน การรวมระบบและทดสอบระบบ และการส่งมอบระบบ สามารถอธิบายได้ดังนี้

การเขียนกระแสงานธุรกิจ (Business Workflow) เพื่อให้ทราบการทำงานของทั้งระบบและทำความเข้าใจกับผู้ใช้งาน



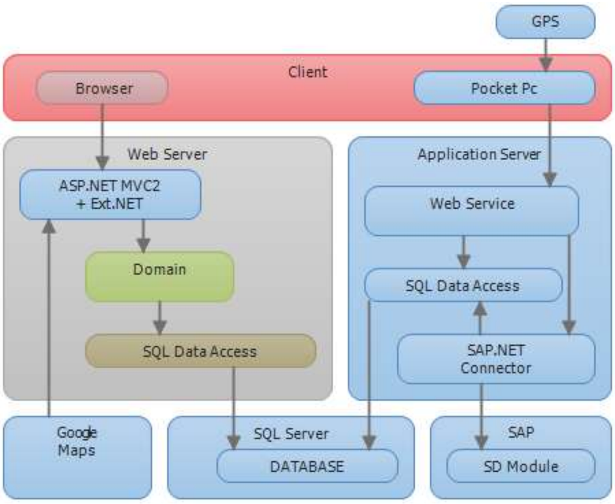
รูปที่ 3 กระแสงานธุรกิจ

การออกแบบยูเอ็มแอล (UML: Unified Modeling Language) เพื่อให้ทราบฟังก์ชันของแต่ละคนที่ทำงาน



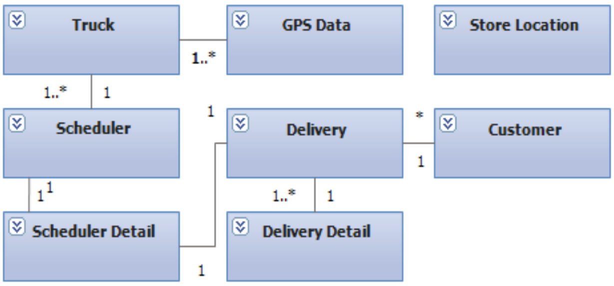
รูปที่ 4 ภาพรวมการออกแบบด้วย UML

การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบเพื่อให้ทราบส่วนการเชื่อมต่อภายในของทุกระบบเข้าหากันทั้งระบบ เช่นการติดต่อโปรแกรมประยุกต์เอสเอพี กับเครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์ด้วยตัวเชื่อมต่อกับภาษาอื่นระหว่างโปรแกรมประยุกต์เอสเอพีและดอตเน็ต การติดต่อระหว่างเครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า ด้วยเว็บเซอร์วิส การติดต่อระหว่างแผนที่กูเกิลโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ เครื่องรับบริการ และฐานข้อมูล ผ่านทางโปรแกรมประยุกต์เว็บด้วยเทคโนโลยีเอเอสพีดอตเน็ต เอ็มวีซี รุ่น 2 กับอีเอ็กซ์ทีดอตเน็ต (ASP.NET MVC 2+Ext.NET) [8]



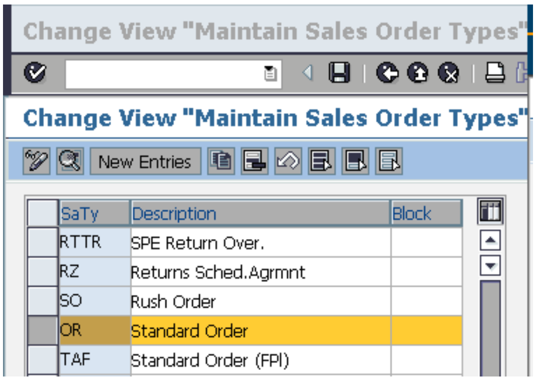
รูปที่ 5 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ

การออกแบบฐานข้อมูลบนไมโครซอฟต์ ซีควลเซิร์ฟเวอร์ (Microsoft SQL Server) 2008 เพื่อรองรับการจัดเก็บข้อมูลบนเครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์และ ฐานข้อมูล Sybase iAnywhere [9] บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า



รูปที่ 6 การออกแบบฐานข้อมูล

การทำโครงแบบโปรแกรมประยุกต์เอสเอพี (SAP Configuration) เป็นการกำหนดโปรแกรมประยุกต์เอสเอพี เพื่อให้สามารถออกเอกสารพิสูจน์การสั่งส่งมอบ



รูปที่ 7 โครงแบบโปรแกรมประยุกต์เอสเอพี [1]

รายละเอียดและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

3.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

- คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค Dell Inspiron n5010 Intel® Core™i5 CPU M460 @ 2.53 GHz Memory 4 GByte
- SAP Server, Australia
- Windows Mobile 6.5 HTC Touch 2

3.2.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

- SAP R/3 ECC6 [1]
- Microsoft Windows 7 64 bit
- Microsoft Visual Studio 2010
- SAP.NET Connect Version 2 [4]
- Ext.NET Version 1.1 [8]
- Microsoft SQL 2008 Express
- Microsoft ASP.NET MVC 2.0 [10]
- Pocket Builder Version 2.5 [9]
- Sybase iAnywhere 10 [9]

ข้อจำกัดของระบบ

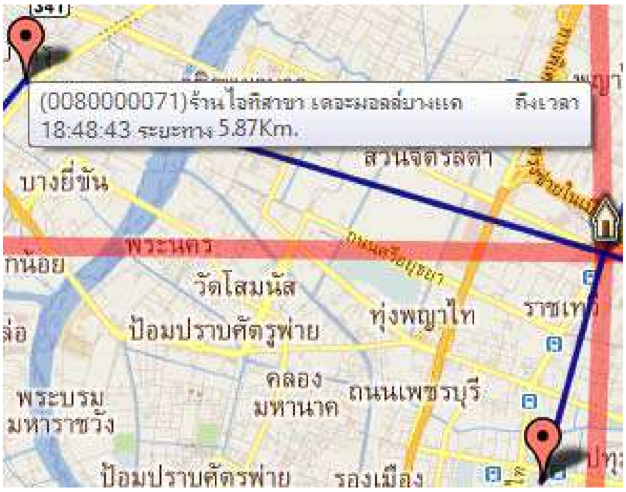
- แบตเตอรี่ของเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋าหมดเร็ว เพราะต้องเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า ตลอดเวลา เพื่อส่งข้อมูลตำแหน่งพิกัดกลับมาที่เครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์
- ระบบจะต้องติดต่อกับอินเตอร์เนตตลอดเวลาเพราะใช้แผนที่กูเกิล และการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า

4. การทดสอบการใช้งาน

แบ่งได้เป็นสองส่วน การทดสอบที่หนึ่งเป็นการจัดตารางและกำหนดเส้นทางการขนส่งสินค้า การทดสอบที่สองเป็นการติดตามการส่งสินค้า

4.1 การจัดตารางและกำหนดเส้นทางการส่งสินค้า

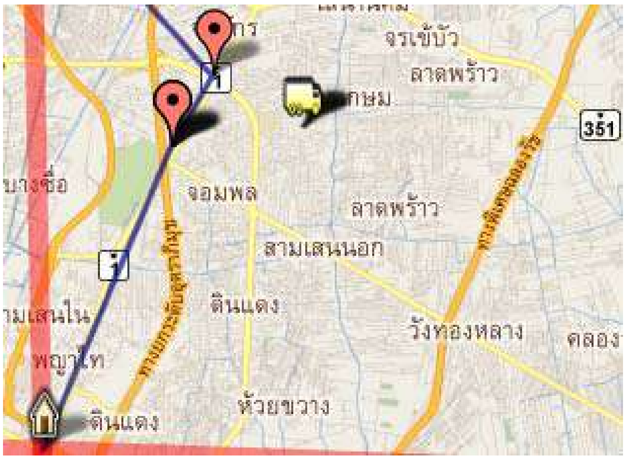
ทำโดยการดึงข้อมูลมาจากโปรแกรมประยุกต์เอสเอพี กำหนดตำแหน่งพิกัดบนแผนที่กูเกิลของคลังสินค้า ตรงส่วนที่เส้นสีแดงตัดกัน และพิกัดตำแหน่งของลูกค้าแต่ละราย เป็นหมุดสีแดงตามรูปด้านล่าง ทำการกำหนดทิศทางทางเดินรถส่งสินค้าเป็นสี่ทิศ เหนือ ใต้ ตะวันออก ตะวันตก เป็นเส้นทึบสีแดง ทำการสั่งการประมวลผลการจัดเส้นทางการส่งสินค้า เป็นเส้นสีน้ำเงิน โดยจุดเริ่มต้นเริ่มจากคลังสินค้าและหาลูกค้าที่ใกล้ที่สุดในเส้นทางเดินรถส่งสินค้า พร้อมทั้งคำนวณระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ในแต่ละจุดที่ส่งสินค้า



รูปที่ 8 การจัดตารางและกำหนดเส้นทางการส่งสินค้า

4.2 การติดตามการส่งสินค้า

เป็นการแสดงผลการติดตามการส่งสินค้าบนแผนที่กูเกิลผ่านทางโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ รูปรถสีเหลืองคือรถส่งสินค้าที่กำลังเดินทางไปส่งสินค้า จุดแดงสองจุดคือตำแหน่งพิกัดบนแผนที่ของลูกค้าแต่ละราย รูปบ้านที่อยู่ด้านล่างซ้ายแทนตำแหน่งพิกัดบนแผนที่ของคลังสินค้า



รูปที่ 9 การติดตามการส่งสินค้า

5. บทสรุป

ระบบการติดตามการส่งสินค้าด้วยจีพีเอสแบบเวลาจริง ระบบสามารถทำงานได้ระดับหนึ่ง ตามที่ได้ทำการออกแบบ พัฒนาและทดสอบ ทุกองค์ประกอบและระบบสามารถทำงานได้ แต่ในความเป็นจริงของการพัฒนาระบบงาน ควรนำไปใช้งานและทำการแก้ไขอย่างน้อยอีก 2 รอบของการพัฒนาระบบ ระบบจึงจะเสถียร ไม่มีข้อผิดผลาดในการใช้งาน และสามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างสมบูรณ์แบบโดยที่ไม่ต้องนำมาแก้ไขอีกเลย

5.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

- การยืนยันการรับสินค้าควรจะให้ลูกค้ายืนยันการรับสินค้าจากในระบบ เช่น ลายเซ็นของลูกค้า หรือรูปถ่ายใบส่งสินค้า นำมาเก็บเอาไว้ที่เครื่องบริการโปรแกรมประยุกต์แล้วนำข้อมูลไปเก็บเอาไว้ที่โปรแกรมประยุกต์เอสเอพี
- ปรับปรุงการใช้พลังงานแบตเตอรี่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลฉบับกระเป๋า ให้สามารถใช้งานได้นานขึ้น เช่น เชื่อมต่อไฟฟ้าจากรถที่ใช้งาน ติดตั้งสายอากาศภายนอก

6. เอกสารอ้างอิง

[1] SAP [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http:www.sap.com สืบค้น 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2554

[2] วัชรสรณ์ รอดบ่วง, 2554, ระบบการติดตามการส่งสินค้าด้วยจีพีเอสแบบเรียลไทม์ การค้นคว้าอิสระหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมซอฟต์แวร์) วิทยาลัยศิลปะ สื่อ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[3] Google Maps API [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://code.google.com/apis/maps/index.html สืบค้น 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2554

[4] SAP.NET Connector [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://help.sap.com สืบค้น 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2554

[5] ศุภเดช ตั้งสราลักษณ์, 2552. e-Track Call Center. บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[6] ภูเทพ ทิวถนอม, สุพัตรา จิตวิริยะ, 2552. Smart Bus Tracking. โครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

[7] ISO 29110 – VSE [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.center4vsc.net สืบค้น 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2554

[8] Ext.NET [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ext.net สืบค้น 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2554

[9] Sybase, United States Headquarters [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http:www.sybase.com สืบค้น 19 กันยายน 2554

[10] J. Galloway, et al., Professional ASP NET MVC 2, Wrox Press, 2010.

ระบบรายงานสภาพการจราจรบนแผนที่ Google Map

ประกิจ อินทะชัย[1] อภิฌาน กาญจนวาปสถิตย์[2] และอมรเทพ จิรัฐิติเจริญ[3]

[1] บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง อุดรธานี 41000

[3] ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530

prakit_007@hotmail.com , apichank@hotmail.com, amorntep@mut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบรายงานสภาพการจราจรโดยการนำข้อมูล GPS ที่เป็นพิกัดและความเร็ว จากเครื่องรับสัญญาณ GPS ที่ติดตั้งไว้ในรถยนต์ มาใช้ในการประมวลผลเพื่อประมาณสภาพการจราจรบนถนน โดยใช้แผนที่ Google Map ในการแสดงผลผ่านเว็บไซต์ ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสามารถทราบถึงสภาพการจราจรบนถนนได้ด้วยเวลาใกล้เคียงปัจจุบันและการแสดงผลมีความละเอียดในระดับ 100 เมตรจึงสามารถระบุตำแหน่งที่เกิดการจราจรที่คับคั่งได้อย่างตรงจุด

Abstract

This article presents a traffic reporting system by using the data of coordination and the velocities obtained from GPS receiver installed in cars. The GPS data are processed to estimate the traffic conditions on road and users can access the estimated results via Google Map on a website with the resolution at 100 meters. The system provides a real-time traffic conditions to users and with the high resolution the coordinates having high traffic congestion can be accurately pointed.

คำสำคัญ

ระบบรายงานสภาพการจราจร, การประยุกต์ใช้ข้อมูล GPS

1. บทนำ

การคาดการณ์ถึงระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางด้วยรถยนต์ไปยังจุดหมายปลายทางจากข้อมูลระยะทางเพียงอย่างเดียวในปัจจุบันทำได้ค่อนข้างยาก โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนหรือช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งจะเกิดความคับคั่งของการจราจรของรถยนต์จำนวนมากบนท้องถนน จึงอาจทำให้เกิดความผิดพลาดของเวลาที่ได้ทำการนัดหมาย ซึ่งสามารถส่งผลต่อผลประโยชน์ทางธุรกิจ แม้ว่าการแก้ปัญหาอาจใช้การออกเดินทางก่อนถึงเวลานัดหมายเป็นชั่วโมง แต่นั่นก็ทำให้เสียเวลาไปโดยไม่เกิดประโยชน์ ดังนั้น หากสามารถทราบสภาวะการจราจรล่วงหน้าหรือแม้แต่ในขณะเดินทางจะช่วยทำให้การวางแผนเส้นทางการเดินทางทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

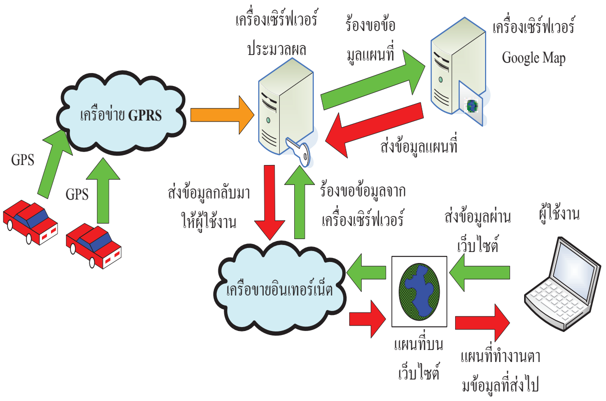
จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้มีการคิดค้นวิธีการที่ช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้การแสดงสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นบนถนนผ่านแผนที่ ซึ่งข้อมูลสภาพการจราจรที่จะนำไปแสดงบนแผนที่นั้นสามารถทำได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น การให้ผู้ที่ใช้รถแจ้งสภาพการจราจรเข้าไปที่ศูนย์รับแจ้งและการดูภาพการจราจรจากกล้องวงจรปิดที่ติดตั้งไว้ข้างถนนแล้วให้เจ้าหน้าที่มาทำการอัพเดทแผนที่ [1]-[2] อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจทำให้ข้อมูลที่แสดงไม่เป็นปัจจุบันเนื่องจากต้องรอการรับแจ้งจากผู้ใช้ รอการตรวจทานความถูกต้องของข้อมูล และรอการอัพเดตข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ อีกทั้งวิธีดังกล่าวยังไม่เป็นอัตโนมัติจึงอาจเกิดความผิดพลาดในการประมวลผล นอกจากนั้นแล้วยังมีวิธีการประมาณสภาพการจราจรจากการตรวจวัดจำนวนสัญญาณ (Signaling) ที่ส่งภายในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ [3] แต่วิธีนี้ให้ความถูกต้องของการประมาณการจราจรอยู่ในระดับต่ำเนื่องจากต้องแปลงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสัญญาณไปเป็นความหนาแน่นของการจราจร

ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอการประมาณสภาพการจราจรโดยใช้ข้อมูลจาก GPS และการรายงานผลผ่านแผนที่ Google Map [4]-[5] เนื่องจากข้อมูลที่ได้จาก GPS สามารถนำไปใช้ในการประมาณสภาพการจราจรได้ค่อนข้างแม่นยำ โดยในการทำงานจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณ GPS ไว้ในรถยนต์ และนำข้อมูลที่รับได้ส่งผ่านเครือข่าย GPRS หรือ EDGE ไปเก็บไว้ยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล และแสดงผลผ่านแผนที่ Google Map ในลักษณะของแถบสีตามสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงในขณะนั้น ซึ่งกระบวนการทั้งหมดเป็นการทำงานแบบอัตโนมัติจึงทำให้ลดการผิดพลาดจากการใช้เจ้าหน้าที่ป้อนข้อมูลและยังสามารถแจ้งสภาพการจราจรบนท้องถนนด้วยความละเอียดระดับ 100 เมตร

2. รายละเอียดของการพัฒนาระบบ

2.1 ภาพรวมการทำงาน

กระบวนการทำงานนี้จะนำไปสู่การประมาณสภาพการจราจรที่จะต้องใช้ข้อมูลที่รับได้จากเครื่องรับ GPS โดยข้อมูลที่สำคัญได้แก่ ข้อมูลพิกัด และข้อมูลความเร็ว จากนั้นนำข้อมูลที่ได้บันทึกลงฐานข้อมูลของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป ซึ่งกระบวนการทำงานดังกล่าวจะมีโครงสร้างของระบบตามรูปที่ 1



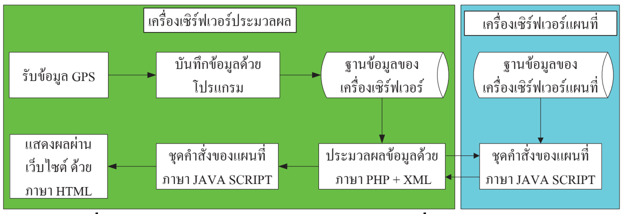
รูปที่ 1 โครงสร้างการทำงานของระบบโดยรวม

เมื่อผู้ใช้งานต้องการทราบสภาพจราจรจะต้องทำการล็อกอินเข้าสู่เว็บไซต์ที่ติดตั้งไว้ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผล จากนั้นผู้ใช้งานจะต้องส่งข้อมูลเส้นทางและช่วงเวลาที่ต้องการทราบสภาพการจราจรไปให้เครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผล เมื่อเครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผลได้รับข้อมูลของเส้นทางก็จะทำการเชื่อมต่อกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์แผนที่เพื่อทำการร้องขอการใช้งานและขอข้อมูลแผนที่ในเส้นทางที่ผู้ใช้งานกำหนด จากนั้นเครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผลจะทำการประมวลผลข้อมูลลงบนแผนที่จากข้อมูล GPS ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล แล้วเครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผลจะทำการแสดงผลโดยใช้วิธีการลากเส้นแถบสีบนแผนที่ตามเส้นทางที่กำหนดผ่านฟังก์ชันของ Google Map เพื่อให้ผู้ที่ใช้งานทราบถึงสภาพการจราจรต่อไป

2.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

2.2.1 กระบวนการทำงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์

ในส่วนของการทำงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักได้แก่ ส่วนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผล ซึ่งจะทำหน้าที่ในการรับข้อมูล GPS จากรถยนต์และบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลและใช้เป็นส่วนในการประมวลผลข้อมูลความเร็วเพื่อแสดงผลผ่านเว็บไซต์ และส่วนเครื่องเซิร์ฟเวอร์แผนที่ Google Map ซึ่งจะทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผลแผนที่ผ่านเว็บไซต์มาให้เครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผล โดยจะมีกระบวนการทำงานดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการทำงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์

จากรูปที่ 2 พบว่ากระบวนการทำงานที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผลจะใช้ชุดคำสั่ง PHP ในการเชื่อมต่อเข้ากับฐานข้อมูล MySQL และใช้ในการประมวลผลข้อมูล GPS และเมื่อต้องการนำข้อมูลที่ประมวลผลแล้วไปแสดงบนแผนที่ Google Map จะต้องทำการเชื่อมต่อกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์แผนที่ของ Google Map ซึ่งชุดคำสั่งที่ใช้ในการเชื่อมต่อจะเป็น

JAVA SCRIPT จากนั้นเครื่องเซิร์ฟเวอร์แผนที่จะทำการส่งข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผลแผนที่กลับมาให้เครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผล ซึ่งข้อมูลที่ส่งกลับมาจะอยู่ในรูปแบบของ JAVA SCRIPT เช่นกัน แต่เนื่องจากการทำงานที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผลเป็นชุดคำสั่ง PHP จึงต้องมีการใช้ชุดคำสั่ง XML ที่มีความสามารถในการอ่านและเก็บข้อมูลจาก PHP แล้วจึงส่งไปให้ JAVA SCRIPT เพื่อนำข้อมูลไปแสดงผลบนแผนที่ Google Map

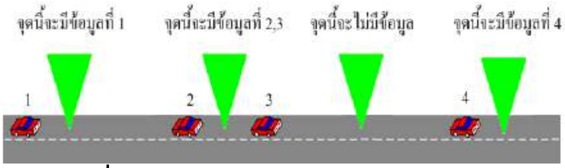
2.2.2 การกำหนดจุดอ้างอิงตามเส้นทางบนถนน

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการแสดงผลบนแผนที่ Google Map นั้นจะใช้การลากเส้นแถบสีผ่านฟังก์ชันของ Google Map ซึ่งต้องมีการกำหนดจุดในการลากเส้นแถบสี ดังนั้นจึงต้องกำหนดจุดอ้างอิงขึ้นมาตามเส้นทางบนถนน โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดระยะห่างระหว่างจุดทุกๆ 100 เมตร ดังรูปที่ 3 ทั้งนี้เพื่อให้การแสดงผลสภาพการจราจรได้รายละเอียดที่มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นซึ่งจะมีความแตกต่างจากระบบที่นำเสนอในเอกสารอ้างอิง [1]-[2] ที่แสดงผลสภาพการจราจรของถนนทั้งเส้น และนอกจากนั้นการแสดงสภาพการจราจรที่มีความละเอียดในระดับหนึ่งร้อยเมตรนี้ยังอาจจะใช้ในการกำหนดตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุได้อีกด้วย

รูปที่ 3 การกำหนดจุดอ้างอิงตามเส้นทางบนถนน

2.2.3 การตรวจสอบข้อมูลพิกัดเพื่อหาความเร็วเฉลี่ยระหว่างจุดอ้างอิง

จากที่ได้กล่าวไปแล้วว่าผู้ใช้จะต้องกำหนดช่วงเวลาและเส้นทางที่ต้องการตรวจสอบสภาพการจราจร ระบบจึงต้องนำเอาช่วงเวลาและเส้นทางที่กำหนดไปตรวจสอบในฐานข้อมูลของรถยนต์แต่ละคันที่ส่งข้อมูลไปเก็บไว้ยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผล เพื่อทำการค้นหาและดึงชุดข้อมูลออกมาจากฐานข้อมูล จากนั้นนำชุดข้อมูลไปทำการตรวจสอบว่าข้อมูลพิกัดของรถยนต์ใดอยู่ใกล้กับพิกัดที่จุดอ้างอิงภายในระยะไม่เกิน 50 เมตร แล้วทำการหาความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ในการเดินทางระหว่างจุดอ้างอิงสองจุดโดยใช้การเฉลี่ยข้อมูลความเร็วของรถยนต์ ณ พิกัดที่อยู่ภายในระยะ 50 เมตรจากจุดอ้างอิงสองจุดดังกล่าว จากตัวอย่างในรูปที่ 4 ซึ่ง สมมติว่ามีฐานข้อมูลของรถยนต์เพียงคันเดียว[1] ข้อมูลความเร็วที่ 1 อยู่ใกล้ระยะ 50 เมตรจากจุดอ้างอิงที่ 1 ส่วนจุดอ้างอิงที่ 2 มีข้อมูลความเร็วที่ 2 และ 3 ที่อยู่ใกล้ในระยะ 50 เมตร ดังนั้นในการคำนวณระบบจะนำเอาข้อมูลความเร็วที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 นำมาหาค่าความเร็วเฉลี่ยระหว่างจุดอ้างอิงที่ 1 และ 2 จากนั้นระบบจะทำการค้นหาว่าข้อมูลใดอยู่ใกล้จุดอ้างอิงที่ 3 หากไม่พบระบบจะทำการค้นหาสำหรับจุดอ้างอิงที่ 4 ต่อไปซึ่งจากตัวอย่างจะเป็นข้อมูลความเร็วที่ 4 ดังนั้น ระบบจะทำการหาความเร็วเฉลี่ยระหว่างจุดอ้างอิงที่ 2 และ 4 โดยใช้ข้อมูลความเร็วที่ 2 ที่ 3 และที่ 4



รูปที่ 4 การพิจารณาข้อมูลของจุดอ้างอิง

2.2.4 การคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างจุดอ้างอิง

ในส่วนของการคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วงของจุดอ้างอิง จะต้องคำนึงถึงข้อมูลความเร็วของรถยนต์ทั้งหมดที่อยู่ในช่วงของจุดอ้างอิงดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 2.2.3 เพื่อให้ได้ค่าความเร็วเฉลี่ยที่มีค่าความแม่นยำสูงตามจำนวนข้อมูลที่มากขึ้นดังที่ได้อธิบายไว้ในเอกสารอ้างอิง [6] ดังนั้นจะสามารถหาค่าความเร็วเฉลี่ยแต่ละจุดอ้างอิงได้ดังนี้

[1] จากตัวอย่างที่ยกมาอธิบายเป็นการใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของรถยนต์เพียงคันเดียว แต่ในทางปฏิบัติจะสามารถนำเอาข้อมูลความเร็วจากฐานข้อมูลของรถยนต์คันอื่นๆมาประมวลผลด้วย ซึ่งขึ้นอยู่กับการพัฒนาในส่วนของการเขียนโปรแกรมการทำงาน

$$\overline{V} = \frac{\text{ผลรวมข้อมูลความเร็วทั้งหมดในช่วงจุดอ้างอิง}}{\text{จำนวนข้อมูลในช่วงจุดอ้างอิง}} \quad (1)$$

เมื่อ $\overline{V}$ คือความเร็วเฉลี่ยในช่วงของจุดอ้างอิง มีหน่วยเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h)

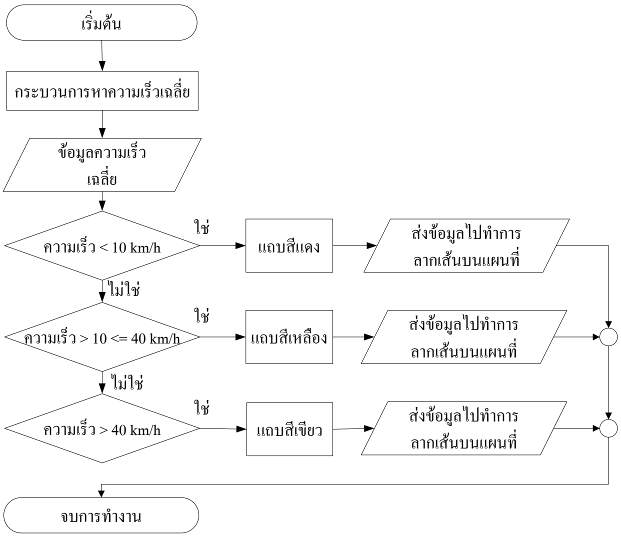
ดังนั้นหากต้องการหาระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางในแต่ละช่วงของจุดอ้างอิง จะสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$T = \left(\frac{S}{\overline{V}}\right) * 3600\text{วินาที} \quad (2)$$

เมื่อ T คือเวลาเฉลี่ยที่ใช้เดินทางในช่วงของจุดอ้างอิง มีหน่วยวินาที (sec) ส่วน S คือระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิง มีหน่วยเป็น เมตร (m)

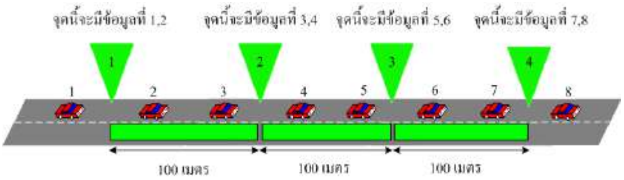
2.2.5 การแสดงผลโดยการลากเส้นแถบสีบนแผนที่

ในส่วนของการแสดงผลโดยใช้วิธีการลากเส้นแถบสีบนแผนที่ตามความเร็วเฉลี่ยที่คำนวณได้ในแต่ละช่วงของจุดอ้างอิง โดยจะกำหนดให้แถบสีแดงคือสถานะเมื่อมีความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่า 10 km/h สีเหลืองเมื่อมีความเร็วเฉลี่ย 10 – 40 km/h และสีเขียวเมื่อมีความเร็วเฉลี่ยมากกว่า 40 km/h ขึ้นไป โดยจะมีกระบวนการแปลงค่าความเร็วเป็นค่าแถบสีดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กระบวนการแปลงค่าความเร็วเป็นค่าแถบสี

จากกระบวนการดังกล่าวเป็นการแปลงค่าความเร็วเป็นค่าแถบสีตามความเร็วที่ได้กำหนด เพื่อใช้ในการลากเส้นบนแผนที่ ต่อไปจะเป็นกระบวนการลากเส้นแถบสีบนแผนที่ โดยจะนำข้อมูลความเร็วเฉลี่ยที่อยู่ในช่วงของจุดอ้างอิงที่ผ่านกระบวนการแปลงค่าแถบสีแล้ว มาทำการลากเส้นแถบสีดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การลากเส้นแถบสีตามข้อมูลความเร็วเฉลี่ยที่ตรวจพบในแต่ละช่วงของจุดอ้างอิง

3. การทดสอบระบบ

3.1 อุปกรณ์และสถานที่ในการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบระบบ ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นเครื่องเซิร์ฟเวอร์ประมวลผล ความเร็วของซีพียู 3.06 GHz หน่วยความจำ 2048 MB เชื่อมต่อกับ ADSL ความเร็ว 8Mbps/1Mbps
- เครื่องรับสัญญาณ GPS ส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย GPRS ติดตั้งไว้ในรถยนต์จำนวน 2 คัน

สำหรับสถานที่ทำการทดสอบอยู่บนถนนเชื่อมสัมพันธ์ ซึ่งเป็นถนนหน้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร

3.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

3.2.1 ทดสอบการประมาณเวลาที่ใช้ในการเดินทาง

ในการทดสอบการประมาณเวลาที่ใช้ในการเดินทางจะนำเอาข้อมูลความเร็วเฉลี่ยของแต่ละจุดอ้างอิงมาทำการคำนวณหาเวลาที่จะใช้ในการเดินทางผ่านจุดอ้างอิงแต่ละช่วง โดยในการ

ทดสอบนี้ได้นำรถยนต์ที่ติดตั้งเครื่องรับสัญญาณ GPS เคลื่อนที่บนถนนเชื่อมสัมพันธ์ ในวันอาทิตย์ ที่ 12 กรกฎาคม พศ.2554 ช่วงเวลาประมาณ 16.00 น. – 16.30 น. ซึ่งเป็นเวลาที่นักศึกษาส่วนหนึ่งเลิกเรียนทำให้มีการชะลอความเร็วในบางช่วงที่บริเวณหน้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ซึ่งผลการตรวจสอบข้อมูลที่อยู่ในแต่ละช่วงของจุดอ้างอิงแสดงในรูปที่ 8 และผลการคำนวณหาค่าความเร็วเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการเดินทางแสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งจะพบว่าเมื่อความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วงของจุดอ้างอิงมีความแตกต่างกัน จะทำให้เวลาที่ใช้ในการเดินทางในแต่ละช่วงมีความแตกต่างกันตามความเร็วเฉลี่ยที่คำนวณได้ และเมื่อนำข้อมูลเวลาเฉลี่ยในทุกช่วงมารวมกันจะสามารถใช้ประมาณระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางผ่านเส้นทางที่กำหนดได้แม่นยำมากกว่าการประมาณเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยที่ไม่มีข้อมูลเวลามาประกอบการตัดสินใจในการเดินทาง

ชื่อถนน	หมายเลขจุดอ้างอิง	หมายเลขรถยนต์	ความเร็วที่จุดอ้างอิง
Chueam Samphan	1	001	45 Km/h
Chueam Samphan	1	001	42 Km/h
Chueam Samphan	1	001	40 Km/h
Chueam Samphan	1	002	50 Km/h
Chueam Samphan	1	002	44 Km/h
Chueam Samphan	1	002	40 Km/h
Chueam Samphan	2	001	40 Km/h
Chueam Samphan	2	001	41 Km/h
Chueam Samphan	2	002	40 Km/h
Chueam Samphan	2	002	42 Km/h
Chueam Samphan	3	001	41 Km/h
Chueam Samphan	3	001	35 Km/h
Chueam Samphan	3	002	42 Km/h
Chueam Samphan	3	002	37 Km/h
Chueam Samphan	4	001	35 Km/h
Chueam Samphan	4	001	32 Km/h
Chueam Samphan	4	002	37 Km/h
Chueam Samphan	4	002	35 Km/h
Chueam Samphan	5	001	32 Km/h
Chueam Samphan	5	001	40 Km/h
Chueam Samphan	5	002	35 Km/h
Chueam Samphan	5	002	40 Km/h
Chueam Samphan	6	001	40 Km/h
Chueam Samphan	6	001	45 Km/h
Chueam Samphan	6	002	40 Km/h
Chueam Samphan	6	002	45 Km/h
Chueam Samphan	7	001	45 Km/h
Chueam Samphan	7	001	50 Km/h
Chueam Samphan	7	001	58 Km/h
Chueam Samphan	7	002	45 Km/h
Chueam Samphan	7	002	50 Km/h
Chueam Samphan	7	002	60 Km/h
Chueam Samphan	8	001	50 Km/h
Chueam Samphan	8	001	58 Km/h
Chueam Samphan	8	001	65 Km/h
Chueam Samphan	8	002	50 Km/h
Chueam Samphan	8	002	60 Km/h
Chueam Samphan	8	002	62 Km/h

รูปที่ 8 ข้อมูลความเร็วที่ตรวจพบในแต่ละช่วงจุดอ้างอิง

ชื่อถนน	หมายเลขจุดอ้างอิง	จำนวนข้อมูลที่จุดอ้างอิง	ความเร็วที่จุดอ้างอิง	เวลาที่ใช้เดินทางผ่านจุดอ้างอิง
Chueam Samphan	1	6	43.50 Km/h	8.28 วินาที
Chueam Samphan	2	4	40.75 Km/h	8.83 วินาที
Chueam Samphan	3	4	38.75 Km/h	9.29 วินาที
Chueam Samphan	4	4	34.75 Km/h	10.36 วินาที
Chueam Samphan	5	4	36.75 Km/h	9.80 วินาที
Chueam Samphan	6	4	42.50 Km/h	8.47 วินาที
Chueam Samphan	7	6	51.33 Km/h	7.01 วินาที
Chueam Samphan	8	6	57.50 Km/h	6.26 วินาที

รูปที่ 9 ความเร็วและเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเดินทางผ่านจุดอ้างอิงแต่ละช่วง

3.2.2 ทดสอบการลากเส้นแถบสีบนแผนที่

ในการทดสอบกระบวนการลากเส้นแถบสีบนแผนที่ ได้ใช้ข้อมูลความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วงของจุดอ้างอิงจากรูปที่ 9 มาผ่านกระบวนการลากเส้นแถบสีตามเส้นทางบนถนนเชื่อมสัมพันธ์ บริเวณหน้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร โดยจะมี

จุดอ้างอิงอยู่ทั้งหมด 8 จุด ซึ่งแต่ละช่วงมีความเร็วเฉลี่ยไม่เท่ากัน ดังนั้นแถบสีที่จะใช้ในการลากเส้นบนแผนที่ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วงของจุดอ้างอิงที่คำนวณได้ ซึ่งผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 การแสดงผลโดยการลากแถบสีบนแผนที่

จากรูปที่ 10 จะสังเกตุเห็นแถบสีที่เปลี่ยนแปลงตามความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วงของจุดอ้างอิงที่คำนวณได้ และจะพบว่าในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ บริเวณที่ทำการทดสอบมีสภาพการจราจรไม่แออัดมากนัก จะมีการชะลอตัวบ้างบริเวณช่วงหน้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครประมาณ 300 เมตร เท่านั้น ดังนั้นการแสดงผลจึงไม่ปรากฏแถบสีแดงบนแผนที่

4. บทสรุป

การประมาณสภาพการจราจรโดยใช้ข้อมูลจาก GPS นำมาผ่านกระบวนการลากเส้นบนแผนที่แล้วสามารถแสดงผลสภาพการจราจรบนเส้นทางได้อย่างชัดเจน และมีความละเอียดในการแสดงผลสูงมาก อีกทั้งข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลจากระบบ GPS ที่มีความแม่นยำสูง จึงทำให้วิธีการประมาณสภาพการจราจรโดยใช้ข้อมูลจากระบบ GPS มาใช้ในการวิเคราะห์ในการแสดงผลบนแผนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำ อีกทั้งระบบนี้ยังทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่มีการอัพเดทอยู่ตลอดเวลา

อย่างไรก็ตามเนื่องจากระบบที่ได้กล่าวมานี้เป็นระบบที่ได้มีการนำข้อมูลจากระบบ GPS มาใช้ในการวิเคราะห์ ดังนั้นความผิดพลาดในเรื่องของข้อมูลอาจเกิดขึ้นได้เมื่อรถยนต์อยู่ในสถานที่ที่ไม่สามารถรับสัญญาณ GPS ได้ เช่น บริเวณใต้ทางด่วน หรือบริเวณที่มีอาคารสูงหนาแน่น จึงอาจต้องมีการพัฒนาการวัดความเร็วและระยะทางของรถยนต์จากกล่อง ECU ที่ติดตั้งในรถยนต์ เพื่อนำมาทดแทนข้อมูลที่สูญหายไปในช่วงเวลาดังกล่าว

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ที่ให้ทุนการศึกษาในการเรียนระดับปริญญาโทสำหรับผู้เขียนบทความคนแรก

6. เอกสารอ้างอิง

[1] http://traffic.longdo.com

[2] http://traffic.thai.net/

[3] Danilo Valerio, Tobias Witek, Fabio Ricciato, Rene Pilz, Werner Wiedermann ;"Road traffic estimation from cellular network monitoring: a hands-on investigation", Austria; University of Salento, Lecce, Italy; Mobilkom Austria AG.

[4] http://code.google.com/intl/th-TH/APIs/maps/documentation/javascript/v2/basics.html

[5] http://www.googlemaps.in.th

[6] Jungkeun Yoon,Brian Noble,Mingyan Liu. Electrical Engineering and Computer Science. Surface Street Traffic Estimation, 2008.

ประกิจ อินทะชัย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม จากมหาวิทยาลัยราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร พ.ศ.2553

ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

อภิญาน กาญจนวาปสถิตย์ สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาเอก สาขาโทรคมนาคม จากมหาวิทยาลัยนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย พ.ศ. 2548 เคยปฏิบัติงานในตำแหน่งอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันปฏิบัติงานในตำแหน่งพนักงานมหาวิทยาลัย (อาจารย์) ในสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

อมรเทพ จิรัฐิติเจริญ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก จากมหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น พ.ศ. 2539 ปัจจุบันปฏิบัติงานในตำแหน่งอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

Assistive Technology

ECTI-CARD 2012

การปรับปรุงซอฟต์แวร์จันทร์เจ้าสำหรับสร้างหนังสือเสียงเดซี

An Improvement of JunJao - DAISY Audio Book Generator

ภาณุมาศ วิเชียรรัตนกุล[1] โปรดปราน บุณยพุกกณะ[2] และ อติวงศ์ สุชาโต[3]

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

E-mail : ann_pw27@hotmail.com[1], proadpran.p@chula.ac.th[2], atiwong.s@chula.ac.th[3]

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตหนังสือเสียงที่มีคุณภาพในปัจจุบันนั้นมีหลายขั้นตอนและต้องใช้เวลาค่อนข้างนาน ทำให้หนังสือเสียงในประเทศไทยมีจำนวนน้อย จึงมีการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการผลิตหนังสือเสียงเรียกว่า ซอฟต์แวร์จันทร์เจ้า อย่างไรก็ตามรหัสต้นฉบับของซอฟต์แวร์จันทร์เจ้ารุ่นแรกค่อนข้างซับซ้อน ทำให้ยากในการพัฒนาต่อ อีกทั้งซอฟต์แวร์ยังขาดฟังก์ชันการทำงานที่จำเป็นหลายอย่าง บทความนี้จึงได้นำเสนอการปรับปรุงซอฟต์แวร์จันทร์เจ้า โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์และแบบแผนการออกแบบ (Design Pattern) มาช่วยในการแก้ไข เพื่อให้การแก้ไขในอนาคตทำได้ง่ายขึ้น นอกเหนือจากนั้นงานวิจัยนี้ยังได้มีการเพิ่มความสามารถของซอฟต์แวร์ ได้แก่ความสามารถในการเพิ่มรูปภาพและการนำเข้าไฟล์ได้หลากหลายรูปแบบมากขึ้น

Abstract

To expedite the process of generating digital audio book, a software called "JunJao" was created. Nonetheless, its early version contained spaghetti codes and lack of several necessary features. This paper presents present the design and development by using software engineering tasks to identify codes and applies design patterns to improve it. New features include the ability to add picture and the capability to input several file formats.

คำสำคัญ

ผู้พิการทางสายตา, ซอฟต์แวร์สังเคราะห์หนังสือเสียง, จันทร์เจ้า

1. บทนำ

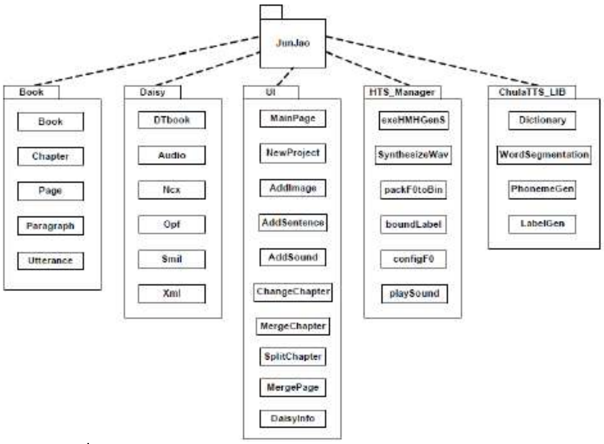
หนังสือเสียงเป็นช่องทางสำคัญในการให้ความรู้กับผู้มีความบกพร่องทางการมองเห็น ซึ่งเป็นผู้ที่มีข้อจำกัดในการเรียนรู้และไม่สามารถอ่านหนังสือด้วยสายตาได้

สำหรับการสร้างหนังสือเสียงในประเทศไทย ต้องอาศัยอาสาสมัครเป็นผู้อ่านหนังสือเสียงและบันทึกเสียงอ่าน แล้วนำเสียงอ่านที่ได้มาผ่านโปรแกรมเพื่อสร้างเป็นหนังสือเสียง ทั้งนี้ในการสร้างหนังสือเสียงที่มีคุณภาพต้องอาศัยอาสาสมัครที่มีประสบการณ์ในการอ่าน รวมถึงยังใช้เวลานานในการสร้างหนังสือแต่ละเล่ม ทำให้หนังสือเสียงในปัจจุบันมีจำนวนน้อยและมีความผิดพลาดอยู่บ้าง จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นจึงมีการพัฒนาซอฟต์แวร์จันทร์เจ้า [1] เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการสร้างหนังสือเสียงตามมาตฐานเดซี [2] ในประเทศไทย

การมีซอฟต์แวร์ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสร้างหนังสือเสียงซึ่งถือว่าเป็นแหล่งความรู้ที่สำคัญสำหรับผู้บกพร่องทางสายตา จะช่วยลดระยะเวลาและอำนวยความสะดวกในการสร้างหนังสือ เพราะไม่จำเป็นต้องอาศัยอาสาสมัครที่มีประสบการณ์ในการอ่านหนังสือ แต่เนื่องจากซอฟต์แวร์จันทร์เจ้าในปัจจุบันยังขาดฟังก์ชันที่สนับสนุนการทำงานที่สมบูรณ์ เช่น ไม่สามารถเปิดโปรเจคเดิมเพื่อแก้ไข ไม่สามารถหยุดการทำงานแบบชั่วคราวขณะที่ซอฟต์แวร์กำลังทำงาน ไม่มีฟังก์ชันสนับสนุนการทำงานเกี่ยวกับการเพิ่มคำอธิบายรูปภาพ เป็นต้น ดังนั้นการปรับปรุงซอฟต์แวร์จันทร์เจ้า ให้สมบูรณ์ตามหน้าที่การทำงานที่ควรจะทำ รวมไปถึงการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ที่สามารถนำเข้าหรือนำออกของคุณลักษณะใหม่ ๆ โดยไม่จำเป็นต้องคอมไพล์ใหม่ทั้งหมด จะช่วยอำนวยความสะดวกให้ทั้งผู้ใช้งานและผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ ทั้งในแง่การใช้งานและการบำรุงรักษา

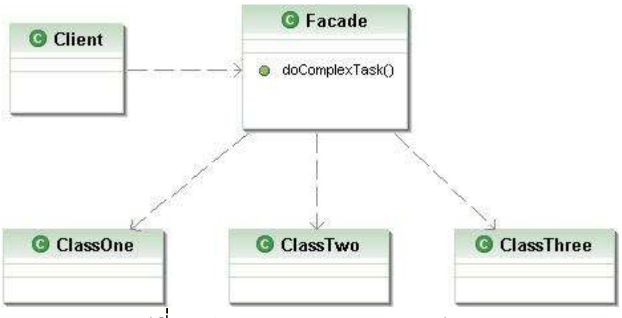
2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ซอฟต์แวร์จันทร์เจ้า [1, 3] เป็นซอฟต์แวร์สังเคราะห์เสียงภาษาไทยสำหรับการสร้างหนังสือเสียงนิทานในมาตรฐานเดซี 3.0 โดยซอฟต์แวร์จันทร์เจ้าเกิดจากแนวคิด 2 สิ่ง คือ การเพิ่มอรรถรสในการฟังหนังสือเสียง สามารถปรับแต่งเสียงให้มีความหลากหลายโดยการพัฒนาวิธีการสังเคราะห์เสียงจาก Text-to-Speech จากเดิมที่สังเคราะห์เสียงออกมาได้เพียงสัญญาณเสียง (Tone) เดียว และการสร้างหนังสือเสียงโดยอัตโนมัติ

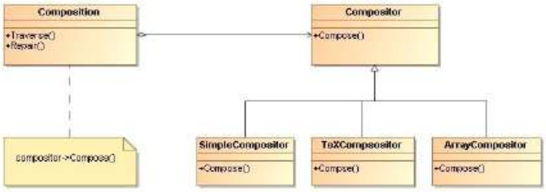


รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของซอฟต์แวร์จันทร์เจ้ารุ่นแรก [1]

แบบแผนการออกแบบ (Design Pattern) [4] ที่นำมาใช้ปรับปรุงซอฟต์แวร์จันทร์เจ้า ประกอบด้วย 2 ประเภท ได้แก่ ฟะซาด (Façade Pattern) ซึ่งช่วยลดความซับซ้อนในการเรียกใช้งานระบบย่อย [6] และแบบแผนกลยุทธ์ (Strategy Pattern) ซึ่งช่วยเลือกขั้นตอนวิธี (algorithm) แบบใดแบบหนึ่งตามที่ต้องการ



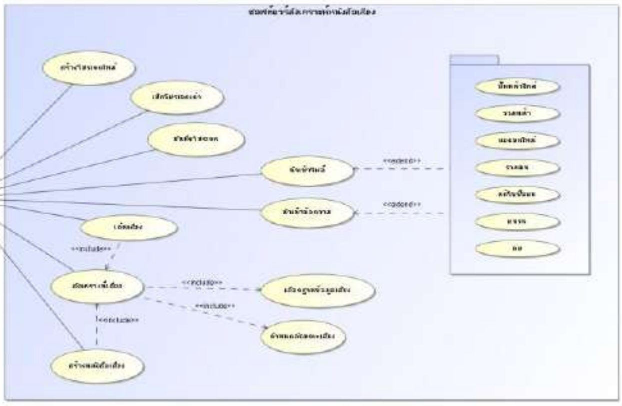
รูปที่ 2 ตัวอย่างแผนภาพคลาสฟะซาด [5]



รูปที่ 3 ตัวอย่างแผนภาพคลาสแบบแผนกลยุทธ์ [4]

3. รายละเอียดการพัฒนา

จากการศึกษาการทำงานของซอฟต์แวร์รุ่นแรก และรวบรวมความต้องการจากผู้ใช้งาน สามารถออกแบบซอฟต์แวร์รุ่นปรับปรุง ดังรูปที่ 4



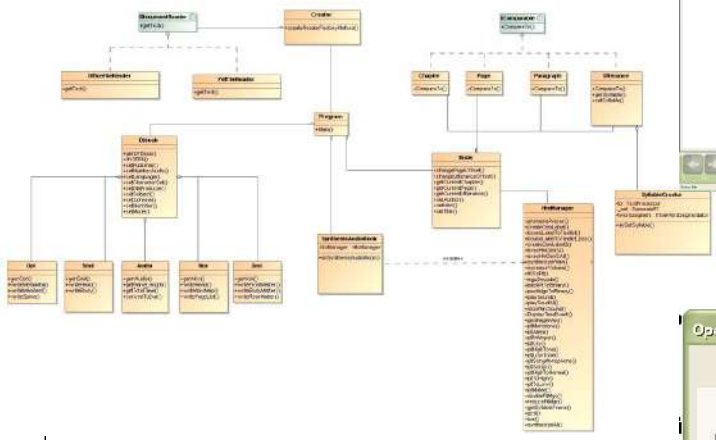
รูปที่ 4 แผนภาพยูสเคสแสดงการใช้งานจันทร์เจ้ารุ่นปรับปรุง

3.1 ภาพรวมของระบบ

รูปที่ 4 แสดงถึงความสามารถของซอฟต์แวร์จันทร์เจ้ารุ่นปรับปรุง ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่ (1) ส่วนการจัดการเกี่ยวกับโปรเจค โดยผู้ใช้สามารถสร้างโปรเจคใหม่ เปิดโปรเจคเก่า และบันทึกโปรเจค (2) ส่วนการจัดการข้อมูล โดยผู้ใช้สามารถนำเข้าข้อความทั้งที่เป็นไฟล์ (.doc หรือ .pdf) หรือนำเข้าข้อความจากหน้าจอหลักของซอฟต์แวร์ (3) ส่วนการสร้างสังเคราะห์เสียง โดยผู้ใช้สามารถปรับแต่งลักษณะของเสียง กำหนดเสียงตัวละคร สอดแทรกเสียงประกอบ และการเล่นเสียง (4) ส่วนการสร้างหนังสือเสียง เป็นส่วนการสร้างหนังสือเสียงในมาตรฐานเดซี

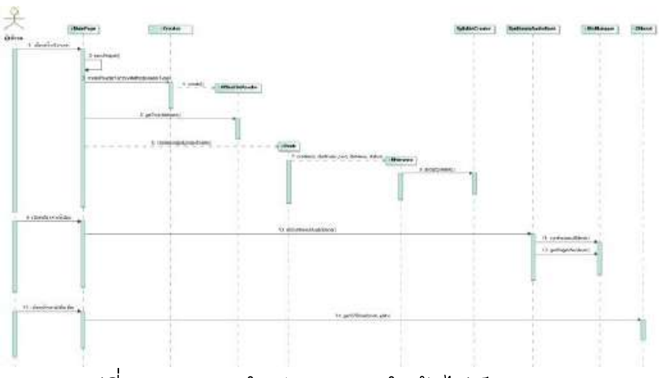
3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

การออกแบบเริ่มจาก (1) แผนภาพยูสเคสแสดงการใช้งานจันทร์เจ้ารุ่นปรับปรุง (use case diagram) เพื่อแสดงฟังก์ชันที่ผู้ใช้สามารถใช้งาน ดังรูปที่ 4 (2) แผนภาพคลาส (class diagram) ในการปรับปรุงโครงสร้าง ดังรูปที่ 5 (3) แผนภาพลำดับ เพื่อแสดงลำดับการทำงานของซอฟต์แวร์ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 แผนภาพคลาสแสดงโครงสร้างของซอฟต์แวร์จันทร์เจ้า

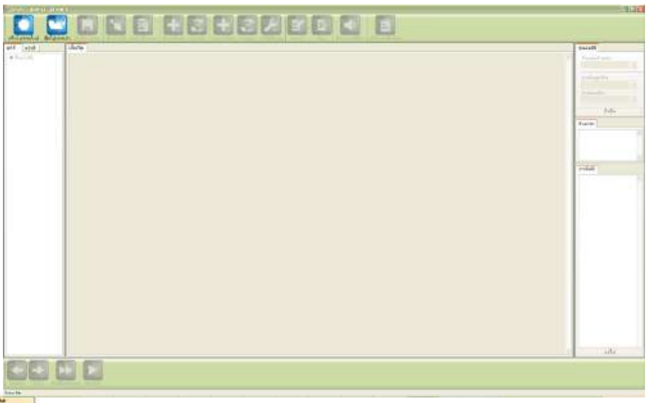
จากรูปที่ 5 มีการนำแบบแผนการออกแบบประเภทกลยุทธ์มาใช้ในการเพิ่มคุณลักษณะใหม่ให้กับซอฟต์แวร์ เพื่อให้ซอฟต์แวร์สามารถรับข้อมูลที่เป็นไฟล์ได้หลายประเภท โดยไม่จำเป็นต้องคอมไพล์รหัสต้นฉบับใหม่ทั้งหมด รวมไปถึงมีการเพิ่มคลาสที่ทำหน้าที่เป็นฟะซาด เพื่อลดความซับซ้อนในการเรียกใช้งานคลาสอื่น



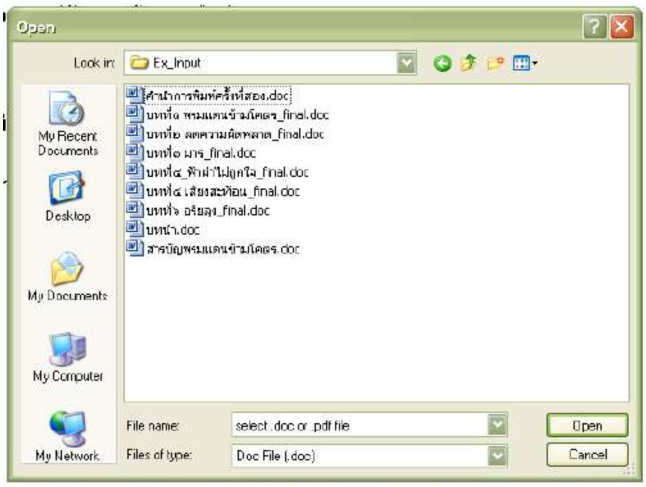
รูปที่ 6 แผนภาพลำดับของการนำเข้าไฟล์ .doc

โดยระบบได้รับการพัฒนาด้วยภาษาซีชาร์ปดอตเน็ต (C#.Net) เพื่อให้สอดคล้องกับซอฟต์แวร์จันทร์เจ้ารุ่นแรก

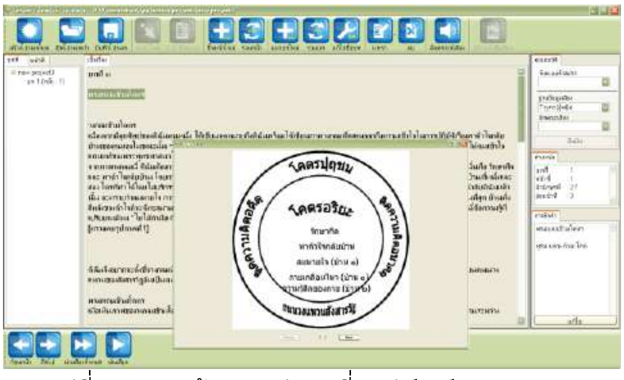
4. การทดสอบการใช้งาน



รูปที่ 7 แสดงหน้าจอหลักของซอฟต์แวร์จันทร์เจ้า



รูปที่ 8 แสดงหน้าต่างการนำเข้าไฟล์ประเภท .doc



รูปที่ 9 แสดงหน้าต่างรูปภาพที่ซอฟต์แวร์ตรวจพบจากการนำเข้าไฟล์

การทดสอบซอฟต์แวร์จันทร์เจ้า แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ (1) การทดสอบหน่วยย่อย (Unit Testing) เป็นการทดสอบขณะทำการพัฒนาซอฟต์แวร์ (2) การทดสอบแบบบูรณาการ (Integration Testing) ซึ่งทำการทดสอบตามแผนภาพยูสเคส (3) การทดสอบเพื่อยอมรับ (Acceptance Testing) เป็นการให้ผู้ใช้งานได้ทดลองใช้งานซอฟต์แวร์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงาน รวมทั้งทำการรวบรวมข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทำงานเพื่อนำมาใช้ปรับปรุงซอฟต์แวร์ต่อไป โดยตัวอย่างผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดสอบซอฟต์แวร์จันทร์เจ้า

รหัสกรณีทดสอบ	**ชื่อกรณีทดสอบ**	**ฟังก์ชันที่ทดสอบ**	**ผลการทดสอบ**	
			ผ่าน	**ไม่ผ่าน**
T-01	การแก้ไขโปรเจคเก่า	FR-01	✓	
T-02	การบันทึกโปรเจค	FR-02	✓	
T-03	การนำเข้าไฟล์ที่มีรูปภาพ	FR-03	✓	
T-04	การเพิ่มคำอธิบายรูปภาพ	FR-04	✓	
T-05	การกดปุ่มเพื่อเล่นเสียง	FR-05	✓	

5. บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอการปรับปรุงซอฟต์แวร์จันทร์ เพื่อให้ซอฟต์แวร์จันทร์เจ้ามีฟังก์ชันสนับสนุนการทำงานที่จำเป็นอย่างครบถ้วน อีกทั้งมีการนำ design pattern มาช่วยในการออกแบบให้ซอฟต์แวร์มีความยืดหยุ่นในการเพิ่มเติมหรือแก้ไข รวมถึงใช้กระบวนการทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์มาเป็นแบบแผน ทำให้การพัฒนาเป็นระบบระเบียบ และได้มาซึ่งเอกสารอธิบายการทำงานของซอฟต์แวร์มีคุณภาพตามมาตรฐานยิ่งขึ้น

5.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

ผู้พัฒนาพบว่ายังมีส่วนที่สามารถปรับปรุงและพัฒนาเพิ่มเติม ได้แก่ หลังจากนำเข้าไฟล์หรือข้อความแล้ว ควรอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถเลือกสร้างสังเคราะห์เสียงตามแต่ละย่อหน้า เนื่องจากการทำงานของซอฟต์แวร์ปัจจุบันนั้นจะต้องสังเคราะห์เสียงในครั้งเดียว ดังนั้นถ้าไฟล์มีขนาดใหญ่มากจะใช้เวลานาน และควรมีสถานะบ่งบอกว่าซอฟต์แวร์กำลังทำงานใดอยู่

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.โปรดปราน บุณยพุกกณะ และผศ.ดร. อติวงศ์ สุชาโต อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างยิ่ง ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแนวทางในการพัฒนา และขอขอบคุณ ดร.ประกาศิต กายะสิทธิ์ ผู้ช่วยนักวิจัยจากสถาบันวิศวกรรมฟื้นฟูสมรรถภาพและเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติเป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะดี ๆ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] นางสาวณัฐชลัยย์ ซื่อสัตตบงกช, นายธีรพล พงษ์กิตติพันธ์, นายศภวัฒน์ สุนทรวาณิชย์กิจ. “ซอฟต์แวร์สังเคราะห์เสียงภาษาไทยสำหรับสร้างหนังสือเสียงนิทาน (Thai Speech Synthesis Software for Creating Tale Audio Book)”, [ออนไลน์], เข้าถึงได้: https://sls-alt.com/?q=node/9, 10 กันยายน 2553.

[2] DAISY Consortium, “DAISY/NISO Standard”, [ออนไลน์], เข้าถึงได้:http://www.daisy.org/z3986/

[3] Atiwong Tangverapong, Teeraphon Pongkittiphan, Supawat Suntornwanitkit, Natchalai Suesattabongkot, Proadpran Punyabukkana, Digital Storytelling Book Generator with Customizable Synthetic Voice Styles, Proceedings of the 4th International Convention for Rehabillitation Engineering & Assistive Technology (i-CREATe 2010), Shanghai, China

[4] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides. Design Pattern, Addison-Wesley, Reading, MA, 1997.

[5] วิกิพีเดีย. "ฟะซาดแพตเทิร์น", [ออนไลน์], เข้าถึงได้: http://th.wikipedia.org/wiki/Fa%C3%A7ade_pattern, 10 ตุลาคม 2553.

[6] R.K. Pandey, Managing Software Design Complexity: Façade vs Role-Based Design, Proceedings of ACM SIGSOFT Software Engineering Notes archive Volume 34 Issue 1, New York, USA, January 2009.

การปรับให้จุฬาทีทีเอสเป็นไปตาม SAPI5

Conforming ChulaTTS to SAPI5

กิตติพันธ์ ศรีนอก[1] โปรดปราน บุณยพุกกณะ[2] อติวงศ์ สุชาโต[3]

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

E-mail: yingyos_srinok@hotmail.com[1], proadpran.p@chula.ac.th[2], atiwong.s@chula.ac.th[3]

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญ ในการอำนวยความสะดวก รวมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมต่าง ๆ แก่คนในสังคมเป็นอย่างมาก ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือ การอำนวยความสะดวกให้ผู้ที่มีความบกพร่องทางสายตาให้สามารถใช้งานคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวันได้โดยการรับรู้ทางเสียง ผ่านทางซอฟต์แวร์อ่านหน้าจอ (Screen Reader)

ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีช่วยเหลือผู้พิการ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงได้พัฒนาซอฟต์แวร์สังเคราะห์เสียงภาษาไทย ชื่อว่า จุฬาทีทีเอส (ChulaTTS) เพื่อเป็นส่วนต่อขยายของซอฟต์แวร์อ่านหน้าจอ ให้สามารถสังเคราะห์เสียงภาษาไทยจากข้อความหรือข้อมูลที่นำเข้ามาได้ ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงจุฬาทีทีเอส ให้สามารถต่อเชื่อมกับ Microsoft SAPI 5 ได้

Abstract

The update of technology is becoming more crucial in everyone's life, including people with disabilities. ChulaTTS, which is developed by Assistive Technology Laboratory, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, is speech-synthesis software for the blind to read aloud text in Thai.

This research is aimed at improving the current ChulaTTS to conform to Microsoft SAPI5 to be able to use with standard screen readers.

คำสำคัญ

จุฬาทีทีเอส, SAPI, ซอฟต์แวร์สังเคราะห์เสียง, ผู้พิการทางสายตา, ซอฟต์แวร์อ่านหน้าจอ

1. บทนำ

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญ ในการอำนวยความสะดวก รวมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมต่างๆ แก่คนในสังคมเป็นอย่างมาก ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือ การอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้พิการทางการมองเห็น สามารถใช้งานคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวันได้ โดยวิธีที่เป็นที่นิยมมากอย่างหนึ่งคือการรับรู้ทางเสียง ผ่านซอฟต์แวร์อ่านหน้าจอ (Screen Reader)

ซอฟต์แวร์อ่านหน้าจอจะมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลที่อยู่บนหน้าจอและแสดงผลลัพธ์ออกมาด้วยเสียงสังเคราะห์ เพื่อช่วยให้ผู้พิการทางสายตาสามารถใช้คอมพิวเตอร์ได้

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ซอฟต์แวร์อ่านหน้าจอในท้องตลาดปัจจุบันยังมีอยู่ไม่มาก ผู้พิการทางการมองเห็นในประเทศไทยนิยมใช้ จอวส์ (JAWS: Job Access with Speech) [1] ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ต้องจ่ายค่าลิขสิทธิ์ หรือ เอ็นวีดีเอ (NVDA: Non-Visual Desktop Access) [2] ซึ่งเป็นโปรแกรมโอเพนซอร์ส โปรแกรมเหล่านี้ได้รับพัฒนาเริ่มจากภาษาอังกฤษเป็นหลัก เมื่อมีการใช้งานกับภาษาอื่นใด โปรแกรมดังกล่าวจะทำการเรียกใช้โปรแกรมสังเคราะห์เสียง (TTS: Text-to-Speech) มาอ่านออกเสียง เช่น การนำโปรแกรมตาทิพย์ [3] ที่เป็นโปรแกรมสังเคราะห์เสียงภาษาไทย มาใช้กับ JAWS เป็นต้น

ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีช่วยเหลือผู้พิการ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พัฒนาซอฟต์แวร์สังเคราะห์เสียงภาษาไทย ชื่อว่า จุฬาทีทีเอส (ChulaTTS) [4] ซึ่งสามารถสังเคราะห์เสียง

ภาษาไทยได้ โดยที่การพัฒนาช่วงแรกนั้นโปรแกรมจะสามารถทำงานกับซอฟต์แวร์อื่นโดยการเรียกผ่านชุดคำสั่ง (DLL Library) เท่านั้น จึงทำให้มีข้อจำกัดในการนำไปใช้กับโปรแกรมอื่น ๆ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะนำจุฬาทีทีเอสมาปรับปรุงให้เป็นไปตามข้อกำหนดของ Microsoft SAPI 5 เพื่อที่จะทำให้จุฬาทีทีเอสสามารถใช้งานกับซอฟต์แวร์อ่านหน้าจอในท้องตลาดได้อย่างสะดวก

3. ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

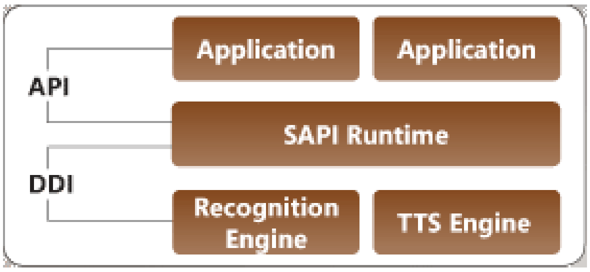
ในงานวิจัยนี้ การพัฒนาจุฬาทีทีเอสให้เป็นไปตามข้อกำหนดของ MS-SAPI 5 จะมุ่งเน้นการเชื่อมต่อจุฬาทีทีเอสเข้ากับซอฟต์แวร์อ่านหน้าจอ โดยจะใช้การศึกษาการเชื่อมต่อกับเอ็นวีดีเอเป็นหลัก โดยมีทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1 MS-SAPI 5

Microsoft Speech Application Programming Interface 5 (MS-SAPI 5) [5,6] เป็นส่วนต่อขยายเพิ่มของระบบปฏิบัติการ MS-Windows เพื่อรองรับการใช้งานในส่วนการวิเคราะห์จำแนกเสียงมนุษย์เพื่อใช้แทนการป้อนข้อมูลเข้าระบบ (Input) และสร้างเสียงสังเคราะห์จากข้อความทั่วไป (Text) MS-SAPI ประกอบไปด้วยชุดคำสั่งที่สำคัญ 2 ส่วน ดังนี้

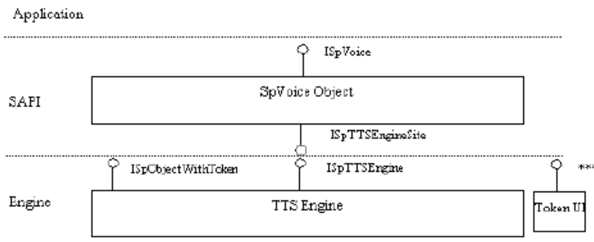
1) Speech Recognition (SR) เทคโนโลยีที่ใช้วิเคราะห์และควบคุมการทำงานคอมพิวเตอร์ด้วยเสียง
2) Text-to-Speech (TTS) เทคโนโลยีที่ใช้สร้างเสียงพูดสังเคราะห์ของมนุษย์ ด้วยการผสมเสียงจากตัวอักษรที่ประกอบเป็นคำหรือประโยค

ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยี MS-SAPI 5 ซึ่งเป็น API ที่ออกแบบมาเพื่อให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาชุดคำสั่ง Speech Recognition และ Text-to-Speech โดยใช้มาตรฐานเดียวกันและสามารถใช้ภาษาในการพัฒนาได้หลากหลาย โดยเฉพาะ MS-SAPI 5 นั้น ซอฟต์แวร์ประยุกต์และชุดคำสั่งไม่ต้องสื่อสารกันโดยตรง แต่ติดต่อกับ SAPI Runtime (sapi.dll) แทน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างการทำงานระหว่างซอฟต์แวร์ประยุกต์และ MS-SAPI Engine [6]

การทำงานภายในของการเชื่อมต่อกันระหว่างซอฟต์แวร์ประยุกต์และซอฟต์แวร์สังเคราะห์เสียงผ่านทาง MS-SAPI นั้น ซอฟต์แวร์ประยุกต์จะทำการเชื่อมต่อกับทาง SpVoice (SAPI) ซึ่งเป็นชุดคำสั่งที่ใช้ในการจัดการเรื่องเสียงผ่านทางส่วนต่อประสานที่ชื่อ ISpVoice ซึ่งจะเรียกใช้งานซอฟต์แวร์สังเคราะห์เสียงผ่านทางส่วนต่อประสานที่ชื่อ ISpTTSEngine โดยในระหว่างการทำงานนั้น ซอฟต์แวร์สังเคราะห์เสียงสามารถที่จะรับรู้คำสั่งหรือสัญญาณต่างๆ ของซอฟต์แวร์ประยุกต์ที่เรียกใช้งานผ่านทางส่วนต่อประสานที่ชื่อ ISpTTSEngineSite ดังแสดงในภาพที่ 2

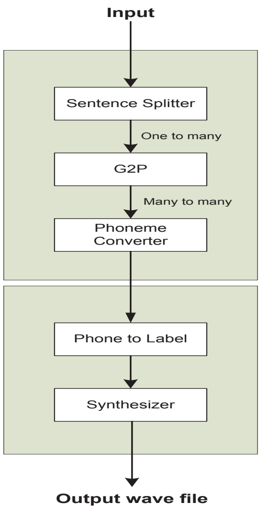


ภาพที่ 2 ส่วนต่อประสานของ MS-SAPI [6]

3.2 จุฬาทีทีเอส

จุฬาทีทีเอสได้ถูกพัฒนาด้วยภาษา C# โดยมีชุดคำสั่งสำคัญที่ใช้ในการทำงานอยู่ 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนของการจัดการรูปสัญลักษณ์ของเสียง (Phoneme) และส่วนของการสังเคราะห์เสียง (Synthesizer) และมีส่วนจัดการย่อยที่สำคัญอีก 3 ส่วน คือ ส่วนของการเล่นไฟล์เสียงที่ทำการสังเคราะห์ (Player) ส่วนของระบบจัดการคิว (Scheduler) และส่วนของช่องทางการเชื่อมต่อพิเศษ (Socket Server)

โครงสร้างการสังเคราะห์เสียงของจุฬาทีทีเอส สามารถแบ่งการทำงานออกได้เป็น 5 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของจุฬาทีทีเอส

3.2.1 Sentence Splitter

Sentence Splitter มีหน้าที่วิเคราะห์ข้อความที่ได้รับจากอินพุต เพื่อแปลงเป็นข้อมูลที่พร้อมสำหรับการทำสัญลักษณ์แทนหน่วยเสียงของคำ โดยจะมีหน้าที่ดังนี้

1) การแบ่งประโยค
2) กำหนดขอบเขตของข้อมูล

3.2.2 Grapheme-to-Phoneme (G2P)

G2P มีหน้าที่ในการรับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อความเพื่อทำการแปลงสัญลักษณ์ ตัวเลข ข้อความ และคำย่อต่าง ๆ เพื่อให้ส่วนของการสังเคราะห์เสียงสามารถทำการสังเคราะห์เสียงภาษาไทยได้อย่างถูกต้อง

3.2.3 Phoneme Converter

Phoneme Converter มีหน้าที่แปลงข้อความที่ได้ทำการวิเคราะห์ผ่านทางส่วน Sentence Splitter และ G2P เพื่อทำให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์แทนหน่วยเสียง

3.2.4 Phoneme to Label

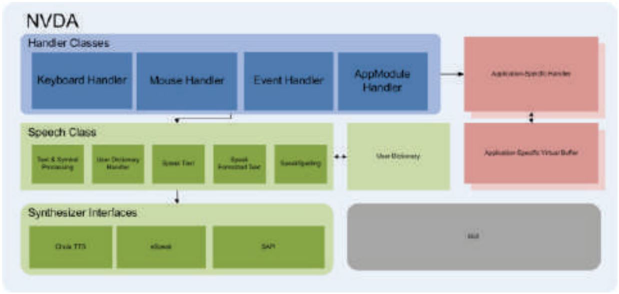
Phoneme to Label มีหน้าที่ในการแปลงรูปสัญลักษณ์แทนหน่วยเสียงให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมจะทำการสังเคราะห์เสียง

3.2.5 Synthesizer

ส่วนนี้จะมีหน้าที่ในการสังเคราะห์เสียงจากข้อความที่ผ่านกระบวนการทั้ง 4 กระบวนการก่อนหน้า

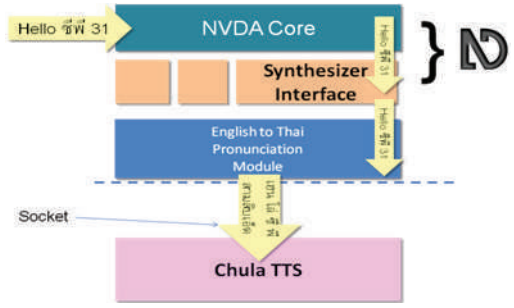
3.3 เอ็นวีดีเอ

จากโครงสร้างของเอ็นวีดีเอที่แสดงในภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าเอ็นวีดีเอจะทำการเรียกใช้โปรแกรมสังเคราะห์เสียงในส่วนของ Synthesizer Interfaces



ภาพที่ 4 โครงสร้างซอฟต์แวร์อ่านหน้าจอเอ็นวีดีเอ

จุฬาทีทีเอสในยุคแรกนั้น ถูกพัฒนาด้วยภาษา C# ทำให้ไม่สามารถติดต่อกับซอฟต์แวร์อ่านหน้าจอเอ็นวีดีเอได้โดยตรง และได้รับการออกแบบและพัฒนาให้ทำการเชื่อมต่อผ่านช่องทางพิเศษ ดังแสดงในภาพที่ 5

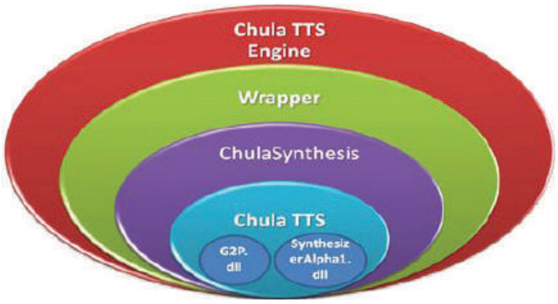


ภาพที่ 5 การเชื่อมต่อของซอฟต์แวร์อ่านหน้าจอเอ็นวีดีเอและจุฬาทีทีเอส [4]

4. การออกแบบและพัฒนาระบบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาส่วนต่อประสานระหว่างจุฬาทีทีเอสและชุดคำสั่ง MS-SAPI ด้วยภาษา C++ เพื่อให้ซอฟต์แวร์ประยุกต์เรียกใช้การสังเคราะห์เสียงของจุฬาทีทีเอสตามหลักการของ MS-SAPI 5

ภาพรวมของความสัมพันธ์ของโมดูลต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้แสดงในภาพที่ 6 ประกอบด้วย 4 ระดับชั้น ได้แก่



ภาพที่ 6 ภาพรวมของความสัมพันธ์ของโมดูลต่าง ๆ

4.1 ระดับชั้น ChulaTTS

ส่วนควบคุมการทำงานการสังเคราะห์เสียงของจุฬาทีทีเอส โดยจะมีชุดคำสั่ง (DLL Library) ที่ผู้วิจัยได้เรียกใช้อยู่ 2 ส่วน คือ G2P.dll และ SynthesizerAlpha1.dll

4.2 ระดับชั้น ChulaSynthesis

เป็นส่วนที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยทำการรวบรวมคำสั่งที่จำเป็นต้องใช้งาน อาทิ เช่น คำสั่งในการโหลด Configuration ของจุฬาทีทีเอส คำสั่งในการจัดการแปลงข้อความให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์แทนหน่วยเสียงของคำ คำสั่งในการสังเคราะห์เสียงให้อยู่ในชุดคำสั่งที่ชื่อ ChulaSynthesis.dll ซึ่งพัฒนาด้วยภาษา C# เพื่อสะดวกต่อการเรียกใช้งานในระดับชั้นต่อๆไป

4.3 ระดับชั้น Wrapper

ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างการทำงานของจุฬาทีทีเอสและส่วนต่อประสานในระดับชั้นต่อไปที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับ SAPI Runtime โดยใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า Common Language Runtime (CLR) [7] ซึ่งจะเป็นการสร้างระบบเสมือน (Virtual Machine) โดยจะทำการโหลดชุดคำสั่งของ ChulaSynthesis.dll ไว้ภายใต้ระบบเสมือน เพื่อสำหรับทำการเรียกใช้ เพื่อลดปัญหาที่อาจจะเกิดจากความแตกต่างของเครื่องที่ใช้งาน และนอกจากนี้ CLR ยังมีระบบที่คอยจัดการรักษาความปลอดภัย หน่วยความจำ และส่วนจัดการกับความผิดพลาด ที่จะช่วยให้การเรียกใช้ชุดคำสั่งจาก ChulaSynthesis.dll ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.4 ระดับชั้น ChulaTTS Engine

ส่วนต่อประสานที่จะมีหน้าที่คอยเชื่อมต่อกับ SAPI Runtime เพื่อคอยรับหรือส่งคำสั่งไปมา เพื่อให้ซอฟต์แวร์ประยุกต์ต่างๆที่สนับสนุนการทำงานร่วมกับ MS-SAPI 5 สามารถเรียกใช้งานจุฬาทีทีเอสได้ ซึ่งส่วนนี้จะถูกพัฒนาด้วยภาษา C++ เนื่องจากตัวภาษาสามารถรองรับการเขียนโปรแกรมในระดับภาษาเครื่องซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานระหว่างซอฟต์แวร์ประยุกต์และจุฬาทีทีเอสมีผลที่ดีกว่าการใช้ภาษา C#

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดของ MS-SAPI 5 และขอบเขตการพัฒนา

ข้อกำหนดของ MS-SAPI 5	อยู่ในขอบเขต	คำอธิบาย
Speak		
SPF_DEFAULT	✓	
SPF_PURGEBEFORESPEAK	✓	
SPF_IS_XML	✓	
SPF_ASYNC	✓	
SPF_SPEAK_NLP_PUNC	✓	
Speak Destroy	✓	
Speak Stop	✓	
GetOutput Format	✓	
Lexicon		
User Lexicon	✗	
App Lexicon	✗	
XML Tags		
Bookmark	✓	
Silence	✓	
Volume	✗	จุฬาทีทีเอสไม่รองรับ
Spell	✗	จุฬาทีทีเอสไม่รองรับ
Pron	✗	จุฬาทีทีเอสไม่รองรับ
Rate	✗	จุฬาทีทีเอสไม่รองรับ
Pitch	✗	จุฬาทีทีเอสไม่รองรับ
Context	✓	
Engine proprietary SAPI tags		
SetVolume	✗	จุฬาทีทีเอสไม่รองรับ
SetRate	✗	จุฬาทีทีเอสไม่รองรับ
Events		
SPEI_TTS_BOOKMARK	✓	
SPEI_WORD_BOUNDARY	✓	
SPEI_SENTENCE_BOUNDARY	✓	
Skip	✗	
Multiple Instances Test	✗	

4.5 ขอบเขตการพัฒนา

การพัฒนาจุฬาทีทีเอสให้เป็นไปตามข้อกำหนดของ MS-SAPI 5 [8] ในงานวิจัยนี้ ได้คัดเลือกเฉพาะข้อกำหนดที่จำเป็นในเบื้องต้นและที่สามารถประยุกต์ได้กับความสามารถของจุฬาทีทีเอสรุ่นแรก ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะแสดงข้อกำหนดหรือฟังก์ชันที่ MS-SAPI 5 และข้อกำหนดที่งานวิจัยนี้ได้ตั้งขอบเขตไว้

5. การทดสอบการใช้งาน

การประเมินประสิทธิภาพของจุฬาทีทีเอสรุ่น MS-SAPI 5 นี้ ได้เชิญกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไป และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาและออกแบบซอฟต์แวร์ รวมทั้งสิ้นจำนวน 30 คน ทดลองใช้งานเอ็นวีดีเอร่วมกับจุฬาทีทีเอสรุ่น MS-SAPI 5 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและความสมบูรณ์ของระบบ โดยโปรแกรมอ่านข้อความที่มีความยาว 4 หน้าภาษาไทยปนอังกฤษ จาก MS-Word, Internet Explorer และ Notepad แล้วให้คะแนนความพึงพอใจ เป็นคะแนนเชิงคุณภาพ 5 ระดับ และมาตรอันดับเชิงปริมาณ 5 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับเกณฑ์การให้คะแนน		ความหมาย
เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ	
ดีมาก	4.51-5.00	เสียงสังเคราะห์มีคุณภาพในระดับดีมาก
ดี	3.51-4.50	เสียงสังเคราะห์มีคุณภาพในระดับดี
ปานกลาง	2.51-3.50	เสียงสังเคราะห์มีคุณภาพในระดับพอใช้
น้อย	1.51-2.50	เสียงสังเคราะห์มีคุณภาพในระดับน้อย
น้อยที่สุด	11.50-00.	เสียงสังเคราะห์มีคุณภาพในระดับควรปรับปรุง

ตารางที่ 3 ผลการวัดความพึงพอใจจากกลุ่มผู้ใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไป

รูปแบบการประมวลผลการสังเคราะห์เสียง	การสังเคราะห์เสียง		
	$\overline{X}$	$S.D.$	แปลผล
1.การอ่านข้อความภาษาไทย	3.8	0.577	ดี
2.การอ่านข้อความภาษาอังกฤษ	1.88	0.781	น้อย
3.การอ่านข้อความที่มีทั้งภาษาไทยและอังกฤษ	2.68	0.627	ปานกลาง
4.การอ่านตัวเลข	4	0.764	ดี
5.การอ่านสัญลักษณ์พิเศษ	1.72	0.98	น้อย
6.ความถูกต้องในการอ่านวรรณยุกต์	3.44	0.712	ปานกลาง
7.ความถูกต้องในการอ่านสระ	3.28	0.792	ปานกลาง
8.ความถูกต้องในการอ่านคำควบกล้ำ	3.04	0.735	ปานกลาง
9.ความถูกต้องในการอ่านประโยค	3.24	0.779	ปานกลาง
10.ความครบถ้วนในการอ่าน	3.56	0.961	ดี
11.คุณภาพของเสียง	2.88	0.666	ปานกลาง
12.สรุปผลการประเมินคุณภาพโดยรวมของการสังเคราะห์เสียง	3.12	0.6	ปานกลาง

ตารางที่ 4 ผลการวัดความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาและออกแบบซอฟต์แวร์

รูปแบบการประมวลผลการสังเคราะห์เสียง	การสังเคราะห์เสียง		
	$\overline{X}$	$S.D.$	แปลผล
1.การอ่านข้อความภาษาไทย	4.2	0.837	ดี
2.การอ่านข้อความภาษาอังกฤษ	2.2	1.304	น้อย
3.การอ่านข้อความที่มีทั้งภาษาไทยและอังกฤษ	3	0.707	ปานกลาง
4.การอ่านตัวเลข	4.2	0.837	ดี
5.การอ่านสัญลักษณ์พิเศษ	1.8	0.548	น้อย
6.ความถูกต้องในการอ่านวรรณยุกต์	3.6	1.140	ดี
7.ความถูกต้องในการอ่านสระ	3.6	1.095	ดี
8.ความถูกต้องในการอ่านคำควบกล้ำ	3.6	0.894	ดี
9.ความถูกต้องในการอ่านประโยค	3.4	0.548	ปานกลาง
10.ความครบถ้วนในการอ่าน	3.8	0.447	ดี
11.คุณภาพของเสียง	2.6	0.548	ปานกลาง
12.ความเร็วในการอ่านออกเสียง	3.4	0.894	ปานกลาง
13.คุณภาพของเสียงเมื่อทำงานร่วมกับ MS-Word 2007	3.6	1.14	ดี
14.คุณภาพของเสียงเมื่อทำงานร่วมกับ Internet Explorer	3.8	1.095	ดี
15.คุณภาพของเสียงเมื่อทำงานร่วมกับ Notepad	4	0.707	ดี
16.คุณภาพของเสียงโดยรวมเมื่อทำงานร่วมกับโปรแกรมอื่น	3.6	0.548	ดี
17.สรุปผลการประเมินคุณภาพโดยรวมของการสังเคราะห์เสียง	3.2	0.447	ปานกลาง

ตารางที่ 3 และ 4 แสดงผลการประเมิน ผลการวัดความพึงพอใจของการสังเคราะห์เสียงทางด้านการอ่านออกเสียงและการได้ยินเสียงโดยผู้ใช้งานทางด้านคอมพิวเตอร์จำนวน 25 คน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาและออกแบบซอฟต์แวร์จำนวน 5 คน จากผลการประเมินจะสังเกตุได้ว่าผลของบุคคลทั้ง 2 กลุ่มค่อนข้างที่จะสอดคล้องไปในทางเดียวกัน แต่จะพบว่าผลของการประเมินในข้อที่ 6-8 มีความแตกต่างกันอยู่บ้าง โดยที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าการอ่านวรรณยุกต์ สระ และคำควบกล้ำทำได้ดี ขณะที่ผู้ใช้งานทั่วไปให้คะแนนปานกลาง ซึ่งอาจเป็นผลจากความคุ้นเคยหรือความสนใจในเรื่องภาษา ทั้งนี้ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นความสามารถของจุฬาทีทีเอส ไม่ใช่ผลจาก SAPI โดยตรง ฟังก์ชันที่เป็นผลจาก SAPI โดยตรงได้แก่ข้อประเมินที่ 10 และ 13-15 ซึ่งผลที่ได้ออกมานั้นอยู่ในเกณฑ์ดี ประเด็นที่ยังเป็นปัญหาคือการอ่านภาษาอังกฤษและการอ่านสัญลักษณ์ ซึ่งควรได้รับการปรับปรุงต่อไป

6. บทสรุป

ผลของงานวิจัยนี้แสดงว่าการพัฒนาจุฬาทีทีเอสให้เป็นไปตามข้อกำหนดของ MS-SAPI 5 นั้น เป็นที่ยอมรับของผู้ที่ได้ทดลอง โดยที่ยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาต่อในอนาคต เพื่อเพิ่มเติมส่วนที่ยังไม่ได้ครอบคลุมในงานวิจัยนี้

7. แนวทางการพัฒนาต่อ

สำหรับแนวทางการพัฒนาต่อนั้น ควรพัฒนาฟังก์ชันให้ครบทุกข้อกำหนดของ MS-SAPI 5 เพื่อให้โปรแกรมสมบูรณ์ที่สุด นอกเหนือจากนั้น อาจมุ่งเน้นการเพิ่มความสามารถของจุฬาทีทีเอสในการสังเคราะห์เสียง เช่น การปรับ Pitch, Rate, Volume หรือรูปแบบของไฟล์เสียง เพื่อให้เสียงที่สังเคราะห์ที่ออกมาเหมาะสมตรงตามความต้องการของผู้ฟังแต่ละบุคคล ตลอดจนการปรับปรุงการโหลดชุดคำสั่งของข้อมูลต่างๆใน ขั้นตอนเริ่มต้นการทำงานของจุฬาทีทีเอส เพื่อลดปัญหาเรื่องความหน่วงในการใช้งาน ซึ่งเกิดจากการที่จุฬาทีทีเอสจะมีการโหลดชุดคำสั่งก่อนการใช้งานก่อนเสมอ

8. เอกสารอ้างอิง

[1] JAWS for Windows Screen Reading Software. [Online]. 1995. Available at: http://www.freedomscientific.com/jaws-hq.asp

[2] NV Access Inc. NonVisual Desktop Access (NVDA). [Online]. 2007. Available at: http://www.nvda-project.org

[3] โปรแกรมตาทิพย์ (PPA Tatip).[Online]. 2003. Available at: http://www.tabod.com/node/38

[4] วิสันต์ สุเมธีนันทวงศ์, วีนนาท มงคลมาลย์, อติวงศ์ สุชาโต โปรดปราน บุณยพุกกณะ, "โปรแกรมอ่านหน้าจอและสังเคราะห์เสียงภาษาไทยสำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็น", โครงงานทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2007).

[5] Microsoft. Microsoft Speech Techologies. [online]. 2008. Available at: http://www.microsoft.com/speech/developers.aspx

[6] Microsoft. Microsoft Speech API (SAPI). [online]. 2000. Available at: http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee705648.aspx

[7] Common Language Runtime (CLR). [online]. 2008. Available at: http://msdn.microsoft.com/en-us/library/8bs2ecf4.aspx

[8] Compliance Tests (SAPI). [online]. 2000. Available at: http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms717033(v=vs.85).aspx#_Toc494711806

ระบบแปลตัวอักษรภาษามือไทยโดยใช้อุปกรณ์คิเนค

บรรจงภรณ์ เตพิมลรัตน์, เสกสรรค์ อุ่นแสงจันทร์, นันท์ดนัย ติงสมบัติยุทธ์, ฐิติวรรณ ศรีนาค

ห้องปฏิบัติการวิจัยนวัตกรรมวิทัศนศาสตร์ (GIVE – Graphics Innovation and Vision Engineering Laboratory)

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

sunniizzz@gmail.com, sekson_ounsaengchan@hotmail.com, nandanai23@hotmail.com, thitiwan.s@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีผู้พิการทางการได้ยินจำนวนมาก แต่ข้อจำกัดทางด้านการสื่อสารระหว่างผู้พิการทางการได้ยินกับบุคคลทั่วไปยังมีอยู่ เนื่องจากภาษามือที่ผู้พิการทางการได้ยินใช้ในการสื่อสารนั้นมีเพียงผู้พิการเองกับผู้ที่สนใจศึกษาหรือทำงานที่เกี่ยวข้องกับผู้พิการทางการได้ยินเท่านั้น จึงสามารถสื่อสารกับผู้พิการทางการได้ยินด้วยภาษามือได้ ดังนั้นเพื่อประโยชน์ในการสื่อการกับผู้พิการ และเป็นแนวทางในการเรียนรู้ภาษามือไทย โครงงานนี้จึงได้นำเสนอการศึกษา ออกแบบ และพัฒนาระบบจดจำตัวอักษรมือภาษาไทย โดยระบบจดจำตัวอักษรมือภาษาไทยนี้ใช้อุปกรณ์คิเนคในการจับภาพ และข้อมูลภาพแต่ละท่าทางการเคลื่อนไหวของมือที่จับได้จากกล้องจะถูกระบบนำไปวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแปลความหมายของแต่ละท่าทางเป็นตัวอักษรไทยที่สอดคล้องกัน

Abstract

Nowadays, there are many deaf people in our society, but the limitations of communication between deaf people and normal people still exist. Because the sign language is only known among deaf people and people who are involved. In order to provide advantages in communication with deaf people and to be guidance for the study of Thai sign language, this project thus studied, designed and developed a Thai sign language recognition system. This system used a Kinect device to capture image sequences of a hand movement. Each movement is then analyzed in order to translate to its corresponding Thai alphabet.

Keywords

Thai sign language, Sign language, Kinect, Deaf

1. บทนำ

เพื่อสร้างระบบในการจดจำตัวอักษรภาษามือไทยและสามารถแปลงผลลัพธ์เป็นตัวอักษรไทยได้อย่างถูกต้อง สามารถนำไปใช้ได้จริงกับผู้พิการทางการได้ยินสำหรับการสื่อสารกับบุคคลอื่น และสามารถใช้ได้จริงกับบุคคลทั่วไปสำหรับการสื่อสารกับผู้พิการและการเรียนรู้ภาษามือ ซึ่งระบบการจดจำและแปลตัวอักษรภาษามือไทยที่มีการพัฒนากันมาก่อนหน้าจะใช้กล้องเว็บแคมเป็นอุปกรณ์จับภาพ ทำให้ภาพที่ได้ไม่มีความละเอียด และแนวทางในการพัฒนาจำเป็นต้องใช้กระบวนการเกี่ยวกับการประมวลผลภาพอย่างเดียวเท่านั้น การนำอุปกรณ์คิเนคมาใช้ในการจับภาพจะช่วยแก้ปัญหาตรงส่วนนี้

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ผู้พัฒนาได้เล็งเห็นถึงปัญหาทางการสื่อสารของผู้พิการหูหนวกและเป็นใบ้ เนื่องจากผู้พิการนั้นจำเป็นต้องใช้ภาษามือเป็นสื่อในการติดต่อสื่อสารกับบุคคลรอบข้าง แต่ยังมีบุคคลทั่ว ไปที่ยังไม่รู้ภาษามืออีกจำนวนมาก ทำให้การติดต่อสื่อสารของผู้พิการกับบุคคลทั่วไปนั้นอาจสื่อความหมายผิดเพี้ยนและเกิดความเข้าใจไม่ตรงกันบางประการ ซึ่งจะส่งผลเสียต่างๆ ตามมามาก และปัญหาอีกประการหนึ่งก็คือ เกิดความไม่สะดวกสบายในการที่บุคคลที่ไม่มีความรู้ทางด้านภาษามือจะต้องติดต่อสื่อสารกับผู้พิการที่ต้องใช้ภาษามือ ผู้ที่ไม่รู้ภาษามือนั้นต้องมีความพยายามและตั้งใจอย่างสูงเพื่อทำความเข้าใจในภาษามือที่สื่อสารออกมาและเพื่อแสดงท่าทางภาษามือในการสื่อสารกลับไป ผู้พัฒนาจึงได้แนวคิดในการจัดทำโครงงานเกี่ยวกับ ระบบจดจำตัวอักษรมือภาษาไทยโดยใช้อุปกรณ์คิเนค (Kinect) เป็นโปรแกรมประยุกต์ใช้งานบน

ระบบปฏิบัติการอูบันตู (Ubuntu) ซึ่งสามารถแปลท่าทางตัวอักษรมือภาษาไทยเป็นตัวอักษรภาษาไทยปกติได้ โดยใช้อุปกรณ์คิเนคเป็นอุปกรณ์รับภาพ และแปลผลลัพธ์ออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ระบบนี้มีประโยชน์สำหรับการช่วยเหลือผู้พิการให้สามารถสื่อสารกับบุคคลทั่วไปได้ง่ายขึ้น และยังเป็นแนวทางในการเรียนรู้ภาษามือซึ่งเป็นประโยชน์แก่บุคคลทั่วไปที่สนใจศึกษาภาษามือ

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 คิเนค (Kinect)

คิเนค [1] ผลิตโดยบริษัทไมโครซอฟต์ เพื่อใช้งานสำหรับเครื่องวีดีโอเกมเอ็กซ์บ๊อกซ์360 (Xbox 360 video game console) และ วินโดวส์พีซี (Windows PCs)

คิเนคมีคุณลักษณะดังนี้

1) กล้องอาร์จีบี (RGB) เป็นส่วนในการจับภาพทั่วไป ให้ผลเหมือนกล้องเว็บแคม โดยแสดงผลออกมาเป็นภาพสี

2) เซ็นเซอร์วัดระยะ (Depth sensor) ประกอบด้วยตัวฉายแสงเลเซอร์แบบอินฟราเรด (Infrared laser) ร่วมกับซีมอสเซ็นเซอร์ (CMOS sensor) ซึ่งรวบรวมข้อมูลความลึกภายใต้สภาพแสงใด ๆ และช่วงของความลึกที่เซ็นเซอร์จับนั้นสามารถปรับเปลี่ยนได้

3) ระบบซอฟต์แวร์ที่สามารถจดจำท่าทาง ใบหน้า และเสียงได้

3.2 โอเพ่นเอ็นไอ (OpenNI)

โอเพ่นเอ็นไอ [2] หรือ Open Natural Interaction เป็นเฟรมเวิร์ค (Framework) ที่สามารถทำงานแบบข้ามแพลตฟอร์มได้ และรองรับการพัฒนาจากภาษาโปรแกรมหลายภาษา ซึ่งมีการกำหนดเอพีไอ (APIs) สำหรับสร้างแอพพลิเคชั่นไว้ จุดประสงค์หลักของโอเพ่นเอ็นไอคือ เป็นรูปแบบพื้นฐานของเอพีไอ ซึ่งสามารถเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่าง ภาพและเสียง โดยองค์ประกอบของซอฟต์แวร์ สามารถสังเคราะห์ข้อมูลภาพและเสียงที่ถูกบันทึกจากฉาก แล้วนำมาใช้ประโยชน์ ยกตัวอย่างเช่น ซอฟต์แวร์รับข้อมูลภาพเข้ามา และส่งตำแหน่งของฝ่ามือที่จับได้จากรูปภาพนั้นออกไปใช้งาน

3.3 อาร์โอเอส (ROS)

อาร์โอเอส [3] หรือ Robot Operating System เป็นโครงการโอเพ่นซอร์สซึ่งมีการทำงานบนระบบปฏิบัติการที่มีพื้นฐานจากยูนิกซ์ (Unix) โดยมีไลบรารี และเครื่องมือต่างๆ ที่ช่วยในการพัฒนาซอฟต์แวร์ ให้สามารถเขียนโปรแกรมสั่งการหุ่นยนต์ได้ และมีบริการต่าง ๆ ที่ผู้พัฒนาสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ เช่น แพ็คเกจตรวจจับมือ การส่งข้อความระหว่างโปรเซส

สาเหตุที่ผู้พัฒนาเลือกใช้อาร์โอเอสในการพัฒนาระบบ เนื่องจากการใช้งานอาร์โอเอสนั้นมีความยืดหยุ่นสูงในการพัฒนา ผู้พัฒนาสามารถพัฒนาในส่วนของระบบย่อยต่างๆ ได้อย่างอิสระ และใช้อาร์โอเอสช่วยจัดการในการเชื่อมต่อระบบย่อยต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทำให้การพัฒนามีความสะดวก อีกทั้งอาร์โอเอสได้รวมเครื่องมือ และคลังโปรแกรมที่จำเป็นต่าง ๆ เอาไว้แล้วด้วย

3.4 โอเพ่นซีวี (OpenCV)

โอเพ่นซีวี [4] หรือ Open Source Computer Vision Library เป็นไลบรารีสำหรับจัดการเกี่ยวกับภาพ หลักๆ จะเป็นเรื่องวิทัศนศาสตร์ โอเพ่นซีวีนี้ถูกพัฒนาโดยอินเทลไลบรารี (Intel Library) สามารถใช้งานข้ามแพลตฟอร์มได้ โดยจะเน้นทางด้านการประมวลผลภาพแบบใช้เวลาจริง ทฤษฎีทางโอเพ่นซีวีที่นำมาใช้ในการประมวลผลภาพมีดังนี้

3.4.1 ภาพดิจิทัล (Digital Image)

ภาพดิจิทัล [5] คือภาพที่อยู่ในรูปแบบของไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ โดยภาพดิจิทัลจะอยู่ในรูปของแผ่นตารางโดยแต่ละช่องจะเป็นส่วนหนึ่งของภาพหรืออักษร เรียกแต่ละจุดหรือช่องนั้นว่าพิกเซล (Pixel) แต่ละพิกเซลจะถูกกำหนดให้มีระดับของความเข้ม (สีดำ สีขาว สีเทา) หรือ สีอื่น ๆ ซึ่งแสดงให้อยู่ในรูปของรหัสไบนารี่ (Binary) 0 และ 1 โดย 0 แสดงเป็นสีดำ และ 1 แสดงเป็นสีขาว ซึ่งจะแทนด้วยไบนารี่ดิจิทัล (Binary digital) หรือ บิต (bits)

3.4.2 ค่าความลึกของสี (Bit Depth)

ค่าความลึกของสี [5] คือ การกำหนดตัวเลขจำนวนของบิตที่ใช้ระบุค่าของแต่ละพิกเซล ค่ายิ่งมาก ก็จะมีความลำดับชั้นสี

มากเช่นกัน ในการใช้แสดงภาพดิจิทัล อาจจะแสดงได้ทั้ง ขาว ดำ หรือไล่เฉดสี หรือสีอื่น ๆ

3.4.3 ภาพสี (Color Image) หรือภาพอาร์จีบี (RGB Image)
ภาพสี [5] คือภาพดิจิทัลที่แต่ละพิกเซลจะเก็บข้อมูลค่าสีสามสี คือ สีแดง (R) สีเขียว (G) และสีน้ำเงิน (B) โดยทั่วไปภาพสีที่มีค่าสีเป็น 24 บิต นั่นคือ บิตจะถูกแบ่งออกเป็นสามกลุ่ม 8 บิตแรกเป็นสีแดง 8 บิตต่อมาสำหรับสีเขียว และสีน้ำเงินตามลำดับ ในการแสดงผลจะนำสีทั้งสามสีมารวมกันเพื่อแสดงสีอื่น ๆ

3.4.4 ภาพสเกลสีเทา (Grayscale Image)
ภาพเกรย์สเกล [6] คือภาพดิจิทัลที่แต่ละพิกเซลจะเก็บข้อมูลเพียงอย่างเดียวนั่นคือความเข้มแสง โดยพิกเซลที่มีความเข้มแสงน้อยที่สุดจะเป็นสีดำไปจนถึงพิกเซลที่มีความเข้มแสงมากที่สุดจะเป็นสีขาว

3.5 **ฮาร์เทรนนิ่ง** (Haartraining)

ฮาร์เทรนนิ่ง [7] เป็นฟังก์ชันในไลบรารีของโอเพ่นซีวี ใช้สำหรับตรวจจับใบหน้าคน โดยใช้วิธีนำข้อมูลไปเรียนรู้เพื่อจดจำและแยกประเภท สามารถนำฟังก์ชันนี้ไปประยุกต์ใช้ได้โดยการกำหนดวัตถุที่เราจะนำไปแยกประเภท และนำฟังก์ชันนี้ไปใช้สำหรับการเรียนรู้ ข้อมูลที่ต้องเตรียมสำหรับนำไปเรียนรู้ มีสองประเภท คือ

1) รูปภาพเชิงบวก (Positive Images)

กระบวนการเรียนรู้ จำเป็นต้องสะสมรูปภาพเชิงบวกเพื่อระบุวัตถุที่เราสนใจว่ามีลักษณะอย่างไร เพื่อจะได้เรียนรู้ว่าลักษณะแบบนี้ใช่ โดยจะใช้รูปภาพเชิงบวกประมาณ 500 รูปแบบ สำหรับการเรียนรู้

2) รูปภาพเชิงลบ (Negative Images)

กระบวนการเรียนรู้ จำเป็นต้องสะสมรูปภาพเชิงลบที่ไม่มีวัตถุที่เราสนใจ เพื่อให้เรียนรู้ว่าลักษณะแบบนี้ไม่ใช่ ถึงแม้จะใกล้เคียงแต่มีความแตกต่าง โดยจะใช้รูปภาพเชิงลบประมาณ 3000 รูปสำหรับการเรียนรู้

3.6 **เมฆจุด** (Pointcloud)

เมฆจุด [8] คือเซตของจุดในระนาบสามมิติ โดยทั่วไปเมฆจุดมักใช้แสดงพื้นผิวของวัตถุที่ตรวจจับได้ ในแต่ละจุดจะเก็บข้อมูลพิกัด (x, y, z) หรืออาจรวมถึงข้อมูลสีอาร์จีบีของจุด ๆ นั้นด้วย เราสามารถนำเมฆจุดนี้ไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น สร้างภาพความลึก (Depth Image) หรือสร้างแบบจำลองสามมิติต่าง ๆ

3.7 **ภาษามือ**

ภาษามือ [9] คือ ภาษาที่แสดงลักษณะท่าทาง เพื่อใช้ในการสื่อความหมาย โดยจุดประสงค์หลักใช้เพื่อสื่อความหมายกับผู้พิการหูหนวกเป็นใบ้ เนื่องจากผู้พิการจะไม่สามารถพูดเปล่งเสียงได้หรือไม่สามารถได้ยิน ทำให้วิธีการสื่อสารโดยการพูดออกเสียงเป็นปัญหาสำหรับผู้พิการเหล่านี้ ผู้พิการจึงจำเป็นต้องใช้ภาษามือเป็นสื่อในการสื่อสารหลักกับบุคคลรอบข้าง เพื่อสื่อความหมายต่างๆ แต่ปัญหาที่พบในปัจจุบัน คือ บุคคลที่มีความรู้ทางด้านภาษามือยังมีจำนวนน้อย [10] ทำให้การสื่อสารของผู้พิการหูหนวกเป็นใบ้กับบุคคลรอบข้างเกิดความไม่สะดวก สบาย เช่น สื่อสารกันไม่เข้าใจ สื่อสารไม่ตรงกัน และต้องใช้ความพยายามในการสื่อสารเป็นอย่างมาก

4. **รายละเอียดการพัฒนา**

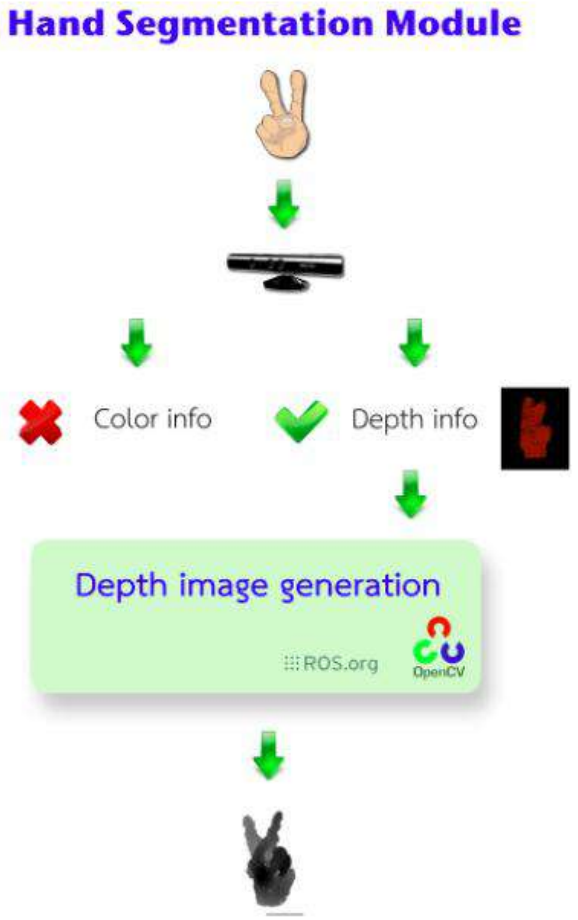
ระบบแปลตัวอักษรภาษามือประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนคัดแยกภาพมือ (Hand Segmentation Module) ส่วนการรู้จำ (Learning Module) และส่วนการประยุกต์ใช้งาน (.Application Module)

4.1 **ภาพรวมของระบบ**

การทำงานในภาพรวมของระบบ ผู้ใช้งานจะแสดงท่าภาษามือต่าง ๆ ต่อหน้าอุปกรณ์คิเนค และรับข้อมูลนำเข้า ซึ่งจะถูกนำมาประมวลผลโดยวิธีการคัดแยกภาพมือ และให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นรูปเฉพาะส่วนของมือที่ใส่สีตามค่าความลึก หลังจากนั้นนำรูปที่ได้ไปวิเคราะห์กับไฟล์ XML ที่ได้จากกระบวนการรู้จำ เพื่อประมวลผลว่าท่าทางที่แสดงหน้ากล้องนั้นมีความคล้ายคลึงกับท่าทางลักษณะใด จากนั้นก็จะนำท่าทางที่ได้ไปวิเคราะห์ลำดับท่าทางต่าง ๆ ในรูปแบบของแผนภาพสถานะ เพื่อประมวลผลว่าผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาเป็น

ตัวอักษรใด ส่วนการแสดงผลลัพธ์จะใช้คิวที [10] (QT) เป็นเครื่องมือในการเขียนหน้าต่างการแสดงผล และใช้พายไซด์ (PySide) เป็นตัวเชื่อมการทำงานกับภาษาไพธอนที่เขียนขึ้นมา โดยส่วนการแสดงผลลัพธ์นั้นจะทำงานประสานเชื่อมต่อกับส่วนที่วิเคราะห์ผลลัพธ์ โดยที่ส่วนวิเคราะห์ผลลัพธ์จะประกาศข้อมูล (Publish) ตามรูปแบบของอาร์โอเอส แล้วในส่วนของการแสดงผลจะรับข้อมูล(Subscribe) ตามรูปแบบข้อมูลที่ประกาศเพื่อรับค่าเข้ามา โดยในส่วนแสดงผลจะมีหน้าต่างแสดงผลอยู่สองส่วน ส่วนแรกเป็นหน้าต่างแสดงสถานะการทำงาน ส่วนที่สองแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นตัวอักษรโดยนำตัวอักษรมาต่อกันเป็นประโยค

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ



รูปที่ 1 การคัดแยกภาพมือจากกล้อง

ส่วนการคัดแยกภาพมือ

จากรูปที่ 1 ในกระบวนการนี้เราจะทำการตรวจหามือและตำแหน่งของมือข้างขวา จากนั้นก็จะใช้ข้อมูล ในรูปแบบของเมฆจุด ซึ่งเป็นข้อมูลจุดตำแหน่งต่างๆ ของมือมาขึ้นเป็นรูปภาพมือ [11] จากนั้นจะใช้ข้อมูลความลึกจากอุปกรณ์คิเนคในตำแหน่งต่างๆ มา mapping กับตำแหน่งต่างๆ ที่ขึ้นเป็นรูปมือ โดยใส่สีตามค่าความลึก แล้วทำการตัดภาพเฉพาะส่วนของมือออกมาโดยการตีกรอบตาม pixel ของมือที่ปรากฏบนภาพ

รูปที่ 2 การรู้จำภาพมือ

ส่วนการรู้จำ

จากรูปที่ 2 ในขั้นตอนนี้จะทำการเก็บรวบรวมภาพจำนวนมากทั้งรูปภาพเชิงบวก คือ รูปภาพที่เป็นรูปแบบที่ต้องการ และรูปภาพเชิงลบ คือ รูปภาพที่ไม่ใช่รูปแบบที่ต้องการ เพื่อเตรียมเป็นฐานข้อมูลที่จะนำไปเข้ากระบวนการ Machine Learning ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลภาพรูปแบบต่าง ๆ จากบุคคล 20 คน เพื่อจะได้เรียนรู้ความแตกต่างของขนาดและรูปร่างของมือที่แตกต่างกัน โดยเราจะแบ่งการเรียนรู้เป็น 38 รูปแบบ ซึ่งเป็นท่าทางต่าง ๆ ที่สามารถนำไปประกอบการประมวลผลเป็น 1

ตัวอักษรได้ จากนั้นนำไปเข้ากระบวนการเรียนรู้โดยใช้ Haartraining และกำหนด พารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้เหมาะสม หลังจากทำการเรียนรู้เสร็จจะได้ผลลัพธ์ของแต่ละท่าทางออกมาในรูปแบบของไฟล์ XML

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

1. โปรแกรมนี้รองรับเฉพาะตัวอักษรมือไทยเท่านั้น

2. โปรแกรมนี้รองรับการใช้งานได้ทีละคน

3. โปรแกรมนี้รองรับการใช้งานเฉพาะมือขวาเท่านั้น

4. ระยะห่างระหว่างผู้ใช้งานกับกล้องจำกัดภายในระยะที่เหมาะสม

5. ไม่มีข้อจำกัดเรื่องสภาพแสง

6. มีข้อจำกัดเรื่องจำนวนคนหรือสิ่งที่เคลื่อนไหวอยู่หลังกล้อง ควรมีผู้ใช้งานแค่คนเดียว ถ้ามีผู้อื่นแสดงการเคลื่อนไหวอาจส่งผลให้โปรแกรมทำงานผิดพลาด

5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเก็บภาพ คือ สภาพห้องภายใต้แสงไฟสีขาวปกติ ซึ่งตามทฤษฎีแล้ว สภาพแสงนั้นไม่มีผลต่อการตรวจจับความลึกด้วยกล้องอินฟราเรด ส่วนกล้องคิเนควางอยู่ในระนาบเดียวกับพื้นโดยสูงจากพื้นประมาณ 140 ซม. และผู้ใช้อยู่ห่างจากกล้องประมาณ 50 ซม.

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

การทดสอบประสิทธิภาพทำโดยการวัดผลผ่านการวัดค่าความผิดพลาดดังต่อไปนี้

True Positive (ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง) เมื่อแสดงท่าทางที่ถูกต้อง แล้วผลลัพธ์ที่แสดงออกมามีความถูกต้องตามจริง

False Positive (ผลลัพธ์ที่ไม่คาดว่าจะเกิดขึ้น) เมื่อแสดงท่าทางผิดพลาด แต่ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นตัวอักษร

สำหรับการทดสอบการรู้จำรูปแบบท่าทาง ผู้ทดสอบต้องแสดงท่าทางที่ถูกต้อง 10 ครั้งเพื่อหาค่า True Positive และแสดงท่าทางอื่นที่ไม่ใช่อีก 10 ครั้ง เพื่อหาค่า False Positive ผลการทดสอบท่าทางต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลการทดสอบ

รูปที่	Sign	True Positive	False Positive	Precision	Recall
1		0.7	0.4	0.64	0.54
2		0.8	0.3	0.73	0.53
3		0.6	0.4	0.6	0.5
4		0.6	0.1	0.86	0.35
5		0.7	0.2	0.78	0.47
6		0.6	0.2	0.75	0.43
7		0.7	0.3	0.7	0.5

การวิจารณ์ผล

จากการทดสอบนี้จะเห็นได้ว่าท่าที่มีความคล้ายคลึงอย่าง ก และ ค จะมี % ความผิดพลาดสูงกว่าตัวอักษรอื่น ซึ่งเป็นข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งของการใช้ภาพจากความลึกในการเทรนที่ภาพนั้นมีสีที่แตกต่างกันน้อยกว่าภาพจากกล้องโดยตรง

การทดสอบนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของตัวอักษรทั้งหมด ซึ่งยกมาเพียง 5 ตัว ซึ่งการใช้งานจริงนั้นถ้ามีรูปแบบของตัวอักษรมากกว่านี้อาจทำให้ความแม่นยำลดลง

6. บทสรุป

ระบบจดจำตัวอักษรสำหรับการสะกดตัวอักษรภาษามือโดยใช้อุปกรณ์ Kinect มีกระบวนการดังนี้ คือ การตรวจหารูปร่างของมือจากภาพ เมื่อได้เฉพาะส่วนของมือที่เป็นกลุ่มข้อมูลเมฆจุด (Point cloud) จะนำข้อมูลนี้มาแปลงเป็นภาพ แล้วจึงนำภาพเหล่านี้ไปจำแนกประเภทของท่าทางภาษามือ โดยอาศัยหลักการของ Haar Classifier และนำท่าทางนั้น ๆ ไปวิเคราะห์เพื่อหาว่าท่าทางนั้นคือตัวอักษรใด

กระบวนการสร้าง Haar Classifier นั้น สร้างจากรูปภาพเชิงบวก และรูปภาพเชิงลบ ยิ่งรูปภาพเชิงบวกและ

รูปภาพเชิงลบมีจำนวนมากและหลากหลายเท่าไร ตัวรู้จำจะยิ่งมีความแม่นยำมากขึ้นเท่านั้น ทว่าข้อเสียของการใช้วิธีนี้ก็คือ การใช้เวลาในการเรียนรู้จากภาพนั้นกินเวลานาน ตัวอักษรภาษามือบางท่ามีการทำท่าทางมากกว่า 1 ครั้ง การจะวิเคราะห์ท่าทางของตัวอักษรเหล่านี้ได้จำเป็นต้องสร้างเครื่องจักรสถานะ (State machine) มาช่วยในการแปลท่าทางของมือเหล่านั้นด้วย

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

ระบบจดจำตัวอักษรสำหรับการแปลตัวอักษรภาษามือไทยสามารถพัฒนาได้โดยเพิ่มความแม่นยำในส่วนของการรู้จำเช่น เพิ่มจำนวนภาพที่ใช้ในการเรียนรู้ ปรับขนาดของภาพที่ใช้ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นต้น

ในส่วนของโปรแกรมเราสามารถพัฒนาต่อยอดจากระบบ เช่น พัฒนาสื่อการสอนภาษามือ อาทิเช่น เกมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนุกสนานเพลิดเพลินในการเรียนรู้และเป็นการฝึกให้สะกดตัวอักษรภาษามือได้อย่างคล่องแคล่วอีกด้วย

7. กิตติกรรมประกาศ

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับความรู้ที่อบรมสั่งสอนในทุกด้าน คุณจิรพงษ์ วัฒนธรรม สำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับกระบวนการรู้จำ เพื่อนนิสิตที่เอื้อเฟื้อข้อมูลภาพ และคุณพ่อ คุณแม่ สำหรับความช่วยเหลือสนับสนุน และกำลังใจตลอดมา

8. เอกสารอ้างอิง

[1]. Wikipedia. “Kinect”. เข้าถึงจาก http://en.wikipedia.org/wiki/Kinect. [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2554

[2]. OpenNI organization . (2010) . “OpenNI User Guide”. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://www.openni.org/documentation สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2554

[3]. ROS.org. “ROS Documentation”. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://www.ros.org/wiki สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2554

[4]. Wikipedia. “OpenCV”. เข้าถึงจาก http://en.wikipedia.org/wiki/OpenCV [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2554

[5]. Bcoms.net. “สื่อบันทึกข้อมูล Digital”. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://www.bcoms.net/hardware/digitalimage.asp สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2555

[6]. Wikipedia. “Grayscale”. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก http://en.wikipedia.org/wiki/Grayscale สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2555

[7]. Naotoshi Seo. “Tutorial: OpenCV haartraining”. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://note.sonots.com/SciSoftware/haartraining.html สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2554

[8]. Wikipedia. “Point Cloud”. เข้าถึงจาก http://en.wikipedia.org/wiki/Point_cloud [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2554

[9]. ธรรมทวีธิกุล, อภิลักษณ์. “พจนานุกรมสารสนเทศภาษามือไทย”. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก http://pirun.ku.ac.th/~fhumalt/THSL/THSL/THSLindex.html สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2554

[10]. the Nokia-funded core developers. “PySide Python for Qt”. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://www.pyside.org สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2554

[11]. Nicolus Burrus. (2011). “Kinect Calibration”. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : http://nicolas.burrus.name/index.php/Research/KinectCalibration สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2555

Agricultural Technology

ECTI-CARD 2012

เครื่องควบคุมอุณหภูมิความชื้นสำหรับการใช้งานในระบบปิด

Temperature and Humidity Controller for Closed Systems

ธีรยศ เวียงทอง และ ประยูร จวงจันทร์

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถ. เชื่อมสัมพันธ์ หนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530 โทรศัพท์ 02-988-3655 ต่อ 1128 E-Mail: theerayo@mut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงวิธีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นในระบบปิดแบบอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ร่วมกับตัวเซนเซอร์วัดค่าอุณภูมิและความชื้น (SHT15) ที่สามารถควบคุมผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น พัดลม ตัวทำความร้อน เครื่องพ่นละอองน้ำ ทั้งที่เป็นแบบไฟกระแสตรง และกระแสสลับ เพื่อการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในสภาวะที่ต้องการ ตามเงื่อนไขต่าง ๆที่ออกแบบไว้ รวมทั้งความสามารถในการติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านปุ่มและจอแอลซีดี เพื่อโปรแกรมช่วงของอุณหภูมิ และความชื้นได้หลาย ๆ ชุด การเก็บบันทึกค่า และความสามารถเพิ่มเติมอื่น ๆ ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ซึ่งจากการทดสอบใช้งานกับโรงเรือนเพาะเห็ดขนาดเล็ก ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ สามารถควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการออกดอกเจริญเติบโตของเห็ดแต่ละชนิด

คำสำคัญ: การควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น, ระบบปิด, ระบบควบคุมอัตโนมัติ, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This paper presents the method to control temperature and humidity in closed systems. Microcontroller and the well-known temperature and humidity sensor (SHT15) are used to control AC or DC actuators such as blower, heater, and fogger to maintain temperature and humidity values in different conditions. To set the ranges of temperature and humidity, input buttons and LCD display are required. Data logging and more additional capabilities are provided for versatile uses. The real implementation has been carried out using a small mushroom greenhouse that can cultivate multiple types of mushrooms. As a result, both temperature and humidity can be controlled in determined ranges as required.

Keywords: Temperature and humidity control, Closed system, Automatic control system, Microcontroller

1. บทนำ

ปัจจุบันมีหลาย ๆ กระบวนการผลิตที่ต้องการควบคุมค่าของทั้งอุณหภูมิ และความชื้น ในงานอุตสาหกรรม ที่มีต้นทุนเทคโนโลยีสูง สามารถที่จะเพื่อการควบคุมค่าอย่างแม่นยำ โดยค่าที่ควบคุมจะอยู่ในช่วงกว้าง เช่นอุณหภูมิไม่กี่องศา ถึงหลากพันองศา แตกต่างไปตามประเภทของอุตสาหกรรมนั้น ๆ

นอกจากนี้ในส่วนของงานทางด้านเกษตรกรรมหลาย ๆ อย่างก็มีความต้องการในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น รวมทั้งอาหาร และการเพาะเลี้ยง โดยทำในระบบปิดเพื่อเป็นการลดผลจากความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศ จากโรคระบาด หรือจากปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่นับวันจะมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ มาเกี่ยวข้องเพื่อการเพิ่มผลผลิตที่มากขึ้น โดยที่ค่าของอุณหภูมิ และความชื้นที่ต้องการจะอยู่ในช่วงไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส และ 100%RH (Relative Humidity) ตามลำดับ

ในบทความฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาตัวควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นโดยใช้ตัวเซนเซอร์ SHT15 ที่สามารถวัดได้ทั้งค่าอุณหภูมิ (-40 - 124ºC) และความชื้น (0 – 100%RH) โดยมีความแม่นยำ 0.5 องศาเซลเซียส และ ±2.0%RH [1] ร่วมกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino [2] ในการควบคุมการอ่านค่า การบันทึกค่า การประมวลผล การแสดงผล และการควบคุมผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้า (Actuators) ต่าง ๆ เพื่อให้สามารถคงค่าของอุณหภูมิ และความชื้นอยู่ในช่วงที่กำหนดได้โดยตัวผู้ใช้งาน โดยจะมีเงื่อนไขการปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ถึง 9 เงื่อนไขตามสภาวะค่าอุณหภูมิ และความชื้น ณ ขณะนั้น ทั้งนี้การออกแบบระบบจะคำนึงถึงความสามารถในการใช้งาน สามารถเปลี่ยนเงื่อนไขต่าง ๆ ได้โดยผู้ใช้งานผ่านทางปุ่มกด เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อาจเป็นตัวทำความร้อน ตัวทำความเย็น พัดลมเข้าออก หรือปั๊มน้ำ ทำให้ง่ายต่อการควบคุมและใช้งานได้หลากหลาย รวมทั้งมีระบบป้องกันความผิดพลาดต่าง ๆ เช่นกรณีไฟดับ หรือเซนเซอร์เสียเป็นต้น

ในหัวข้อถัดไปจะเป็นการนำเสนอโครงสร้างและการทำงานของระบบที่ได้ออกแบบ ในหัวข้อที่ 3 นำเสนอแนวทางการใช้งาน และรายละเอียดคุณสมบัติของตัวควบคุม หัวข้อที่ 4 เป็นการทดสอบใช้งานกับโรงเพาะเห็ดที่การควบคุมอุณหภูมิกับความชื้นมีความจำเป็นอย่างมาก ซึ่งได้ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ ก่อนที่จะสรุปผลในหัวข้อที่ 5

2. โครงสร้างและการทำงานของระบบ

ในการออกแบบตัวควบคุมอุณหภูมิกับความชื้น ได้พิจารณาถึงความง่ายในการออกแบบ จึงออกแบบให้ระบบใช้ตัวคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ที่สามารถเขียนโปรแกรมได้เร็วโดยใช้ภาษาชั้นสูง รวมถึงการมีไลบรารี อุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ ที่มีอย่างมากมาย ทำให้บอร์ด Arduino ได้ถูกนำมาใช้งาน ร่วมกับตัวเซนเซอร์ SHT15 ที่สามารถวัดอุณหภูมิและความชื้นได้ภายในตัวเดียวกัน

ชุดควบคุมจะรวมทั้งปุ่มกดจำนวน 5 ปุ่มในการรับอินพุทจากผู้ใช้งาน จอแสดงผลแบบ LCD (16x2) อุปกรณ์หน่วยความจำในการเก็บค่าต่าง ๆ (EEPROM) ตัวเซนเซอร์อุณหภูมิบนบอร์ด รวมทั้งตัวรักษาเวลา (Real-time Clock) ซึ่งทำให้สามารถออกแบบเพื่อรองรับการใช้งานได้อย่างหลากหลาย เช่นใช้บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้น หรือใช้เป็นตัวปิดเปิดอุปกรณ์ตามเวลา เป็นต้น

ในส่วนของการควบคุมโหลดที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ให้เปิดหรือปิดตามเงื่อนไขที่เกิดขึ้น จะทำผ่านวงจรสวิทช์ที่เป็น AC จำนวน 4 ช่องโดยใช้ตัวไตรแอค (Triac) และที่เป็น DC จำนวน 4 ช่องโดยใช้รีเลย์ ในรูปที่ 1 จะเป็นตัวอย่างการใช้งานโดยมีโหลดเป็นตัวทำความร้อน ปั๊มน้ำ สปริงเกอร์ และพัดลมระบายอากาศ เป็นต้น

เพื่อป้องกันการปิดเปิดบ่อยของโหลดบ่อยครั้ง ในการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นนั้นจะกำหนดให้เป็นช่วง (ด้านสูง H กับด้านต่ำ L) ตามรูปที่ 2 โดยที่ TO คือช่วงอุณหภูมิปกติที่ต้องการ TH คือช่วงด้านสูงกว่าปกติ TL คือช่วงด้านต่ำกว่าปกติ ทำนองเดียวกัน HO คือช่วงความชื้นปกติที่ต้องการ HH คือช่วงด้านสูงกว่าปกติ HL คือช่วงด้านต่ำกว่าปกติ

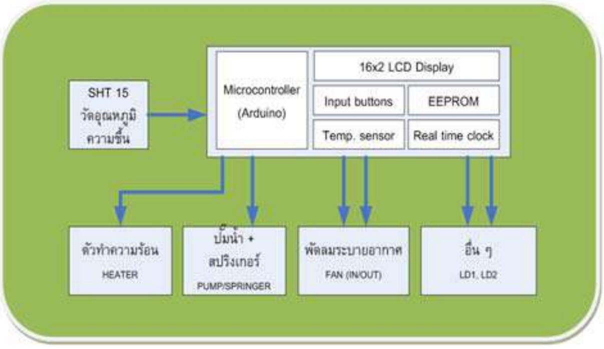
จะเห็นว่าทั้งค่าอุณหภูมิและความชื้น สามารถแบ่งได้เป็นสามช่วง คือช่วงปกติ สูงกว่าปกติ และต่ำกว่าปกติ บทความนี้จึงนำเสนอการแบ่งเงื่อนไขการควบคุมทั้งสองค่าได้ 9 เงื่อนไขด้วยกัน สำหรับกำหนดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ให้เหมาะสม ตัวอย่างแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้เงื่อนไขการปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ สามารถเปลี่ยนได้โดยผู้ใช้งานเพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำมาใช้งาน

2.1 การออกแบบซอฟท์แวร์

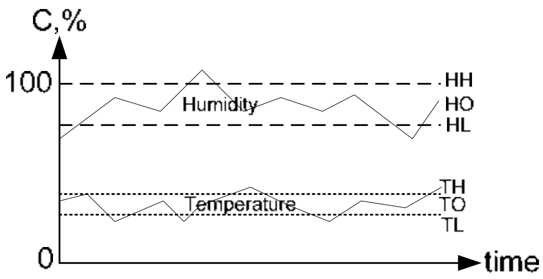
ในส่วนของโปรแกรมนั้นได้ออกแบบเพื่อให้สามารถรับข้อมูลจากคีย์กดต่าง ๆ สำหรับการป้อนค่าช่วงอุณหภูมิ ช่วงความชื้น ช่วงระยะเวลาของการอ่าน/บันทึกค่า รวมทั้งช่วงระยะเวลาของการควบคุมโหลดต่าง ๆ การตั้งเงื่อนไขการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้า นอกจากนี้ยังสามารถตั้งเวลา แสดงผลผ่านทางแอลซีดี การทดสอบโหลด เป็นต้น

การทำงานจะมีอยู่สองโหมดด้วยกัน การทำงานหากอยู่ในโหมด ***Plant*** อุณหภูมิและความชื้นจะถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ ระบบจะเริ่มทำงานโดยการตรวจสอบไทม์เมอร์ของระบบ เมื่อถึงระยะเวลาการอ่านที่กำหนดไว้ (Read interval) เช่น ทุก ๆ 10 วินาที ก็จะมีการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น เพื่อแสดงผล หรือเมื่อถึงระยะเวลาการบันทึกค่า (Write interval) ก็จะมีการบันทึกค่าลงในหน่วยความจำขนาด 32Kbyte รวมทั้งเมื่อถึงระยะเวลาการตรวจสอบเงื่อนไขค่าของอุณหภูมิและความชื้น เพื่อตัดสินใจควบคุมโหลดต่าง ๆ (Control interval) ให้ทำงาน (ตามตารางที่ 1) ซึ่งช่วงเวลาต่าง ๆ เหล่านี้ผู้ใช้สามารถกำหนดเปลี่ยนแปลงได้เองตามความเหมาะสม

หากทำงานในโหมด ***Timer*** จะเป็นความสามารถในการเปิดปิดโหลดตามเวลาที่กำหนดไว้ในแต่ละวัน หรือการเปิดเป็นช่วงในทุก ๆ รอบชั่วโมงที่กำหนด เช่นเปิดทุก ๆ 5 นาทีใน 6 ชั่วโมง เป็นต้น โดยออกแบบให้สามารถกำหนดค่าแต่ละรอบได้สูงสุด 100 ชั่วโมง และช่วงเวลาการเปิดสูงสุด 100 นาที โดยสามารถนำค่าอุณหภูมิ และความชื้นมาเป็นเงื่อนไขการทำงานได้ด้วย ทั้งนี้เพื่อการประยุกต์ใช้งานด้านอื่นได้อีกด้วย



รูปที่ 1 โครงสร้างและการทำงานของระบบควบคุม



รูปที่ 2 ช่วงของการควบคุมค่าอุณหภูมิ และความชื้น

Event		Fan	Heater	Pump
Temperatur	Humidit	(in/out/off)	(on/off)	(on/off)
High	High	In	Off	Off
High	Normal	In	Off	On
High	Low	In	Off	On
Normal	High	Out	Off	Off
Normal	Normal	Off	Off	Off
Normal	Low	Off	Off	On
Low	High	Out	On	Off
Low	Normal	Off	On	On
Low	Low	Off	On	On

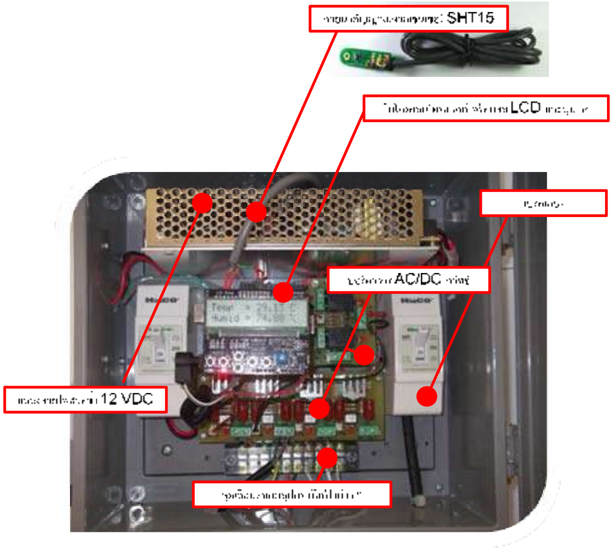
ตารางที่ 1 การทำงานในเงื่อนไขต่าง ๆ ของค่าอุณหภูมิและความชื้น

2.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์

รูปที่ 3 แสดงลักษณะของตัวกล่องควบคุมที่สร้างขึ้นมาใช้งานหลัก ๆ ประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟสวิทชิ่ง 12VDC 20A ชุดบอร์ดคอนโทรเลอร์พร้อมจอแอลซีดี และชุดวงจรสวิทช์ปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ

สัญญาณควบคุมจากบอร์ดคอลโทรลเลอร์จะมีจำนวน 8 เส้นด้วยกัน ใช้สำหรับเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นกระแสตรงจำนวน 4 เส้น และกระแสสลับจำนวน 4 เส้น ทั้งนี้ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามความเหมาะสม ตามการเงื่อนไขการทำงานในส่วนของโปรแกรมที่สามารถตั้งได้เอง

ในส่วนของวงจรสวิทช์เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ นั้นจะใช้วงจรที่ประกอบด้วยตัวไตรแอค (Triac) 4 ชุด เพื่อทำการปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 220VAC 16A รวมทั้งตัวรีเลย์สวิทช์ 12VDC จำนวน 2 ชุด สำหรับการปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง และวงจร H-Bridge 12VDC 10A จำนวน 1 ชุด สำหรับการบังคับทิศทางการหมุนของพัดลมเพื่อดูดลมเข้าหรือออกโดยใช้พัดลมเพียงตัวเดียว



รูปที่ 3 ระบบที่ออกแบบจริง

3. ความสามารถและการประยุกต์ใช้งาน

บอร์ดควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นนี้ สามารถนำไปใช้งานด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย นอกเหนือจากการเป็นเครื่องวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิความชื้นแล้ว งานทางด้านการเกษตรที่ต้องการควบคุมทั้งอุณหภูมิ และความชื้น เช่นการเลี้ยงสัตว์ในโรงเรือนแบบปิด [3], โรงเพาะเห็ด, บ้านรังนกนางแอ่น, เครื่องรดน้ำอัตโนมัติ (ไม่รดเมื่อฝนตก) เป็นต้น ด้วยมีคุณสมบัติต่าง ๆ ของระบบสรุปได้ดังนี้

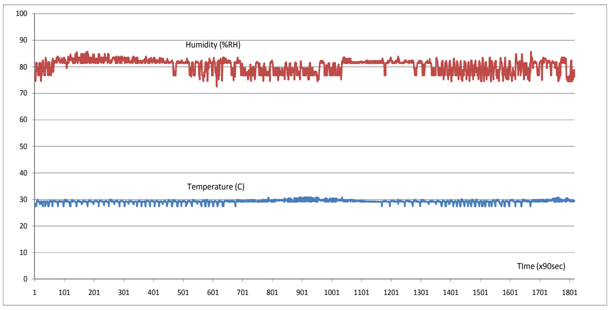
- มีปุ่มสำหรับตั้งค่าต่าง ๆ พร้อมจอแอลซีดีแสดงผลได้รูปแบบต่าง ๆ ได้ เช่นวัน เวลา ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น และค่าอุณหภูมิบนตัวบอร์ดควบคุม
- สามารถตั้งช่วงของการควบคุมได้ (ให้อยู่ในช่วงระหว่างสองค่าใด ๆ) แยกกันอิสระทั้งของอุณหภูมิ และความชื้น
- สามารถควบคุมอุณหภูมิความชื้นในโรงเรือน (Plant Mode) ให้อยู่ในช่วง (TH-TL, HH-HL) ที่กำหนดไว้
- สามารถตั้งค่าช่วงเวลาการของอ่านค่า ช่วงเวลาการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้น รวมทั้งช่วงเวลาในการตรวจสอบค่าเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ ในการรักษาค่าอุณหภูมิ และความชื้นของโรงเรือนให้อยู่ในช่วงที่กำหนด
- มีนาฬิกาแสดงวัน เดือน ปี และเวลา พร้อมแบตเตอรีสำรอง
- กำหนดค่าช่วงอุณหภูมิ และความชื้น (TH,TL,HH,HL) ล่วงหน้าที่ต้องการควบคุมได้ถึง 4 ชุด (พร้อมสำหรับโหลดมาใช้งาน)
- มีระบบบันทึกค่าอุณหภูมิ และความชื้น ได้สูงสุดอย่างละ 8000 ค่า และสามารถบอกค่าสูงสุดและต่ำสุดพร้อมวันเวลาที่เกิดขึ้นของทั้งอุณหภูมิ และความชื้น
- สามารถทำงานเป็นตัวเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ตามช่วงเวลาที่กำหนดได้ (Timing mode) โดยสามารถกำหนดการทำงานให้ขึ้นอยู่กับช่วงของค่าอุณหภูมิ และความชื้นในขณะนั้น ๆ ได้ด้วย
- ต่อพ่วงกับระบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ 8 ช่อง (AC 4 ช่อง DC 4 ช่อง) เช่น ปั๊มน้ำ พัดลม ตัวทำความร้อน ตัวทำความเย็น
- ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานในตารางที่ 1 เพื่อควบคุมการเปิดปิดให้เหมาะสมกับชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำมาใช้งาน เช่นใช้ตัวทำความเย็นแทนตัวทำความร้อน เพื่อทำโรงเรือนที่ต้องการอุณหภูมิต่ำ
- สามารถต่อเซนเซอร์ได้สองจุด กรณีเซนเซอร์เสียจะมีการแจ้งเตือนด้วยเสียง และไม่มีการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ
- กรณีไฟดับ ระบบสามารถโหลดค่าเดิมต่าง ๆ ที่ตั้งไว้ แล้วทำงานต่อโดยอัตโนมัติ

4. การทดลอง

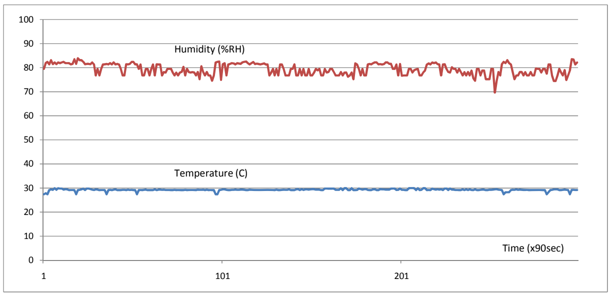
โรงเรือนเพาะเห็ดขนาดเล็กขนาด 1.2ม.×1.2ม.×2.0ม. (ก×ย×ส) ได้สร้างขึ้นมาเพื่อเป็นการทดสอบการใช้งานจริงของตัวควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในระบบโดยสามารถเพาะเห็ดได้หลายชนิดตามที่ต้องการตามความเหมาะสมของอุณหภูมิและความชื้นของเห็ดแต่ละชนิด [4] ผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้ที่บอร์ดควบคุม ซึ่งแตกต่างจาก [5] ที่เป็นการควบคุมแบบไร้สาย และมีการเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิและความชื้นที่กำหนดไว้เป็นค่าคงที่ค่าเดียว

ในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้งานเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นนั้น ประกอบด้วยตัวทำความร้อน (Heater) ขนาด

2000 วัตต์ วางตรงกลางในโรงเรือน พัดลมรถยนต์ 12VDC 3A ติดตั้งอยู่ที่เพดานโรงเรือน บนเครื่องสปินน้ำแบบฝอย (ULEM) ที่แขวนอยู่ภายในห่างลงมา 20 เซนติเมตรโดยจะทำงานพร้อมกับปั๊มน้ำพุ 220VAC 150W ตัวโรงเรือนติดตั้งอยู่ในร่มใกล้ชายคา มีแดดบางช่วงเวลาในตอนกลางวัน ในการทดสอบจะกำหนดให้ TH=33ºC TL=28ºC และHH=85%RH HL=75%RH สำหรับเห็ดนางฟ้าจำนวน 200 ก้อนบรรจุอยู่ภายใน ทำการอ่านค่าทุก ๆ 10 วินาที บันทึกค่าทุก ๆ 90 วินาที และควบคุมโหลดต่าง ๆ ตามเงื่อนไขในตารางที่ 1 ทุก ๆ 30 วินาที ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

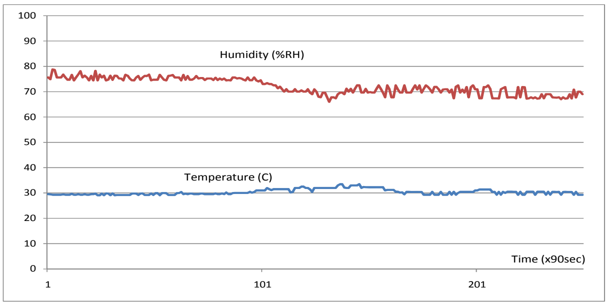


(ก)



(ข)

รูปที่ 4 ค่าอุณหภูมิความชื้นที่บันทึกไว้เมื่อมีการควบคุม



รูปที่ 5 ค่าอุณหภูมิความชื้นที่บันทึกไว้เมื่อไม่มีการควบคุม

รูปที่ 4 (ก) เป็นค่าของอุณหภูมิ (เส้นล่าง) และความชื้น (เส้นบน) ที่ทำการบันทึกค่าไว้ทุก ๆ 90 วินาที ประมาณสองวัน ซึ่งจะเห็นแนวโน้มค่าอุณหภูมิและความชื้นที่แตกต่างกันในตอนกลางวัน และกลางคืน โดยในช่วงของค่าตั้งแต่ 1-500 จะเป็นช่วงเวลา 6 โมงเย็นถึง 6 โมงเช้า ซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำลง ทำให้ตัวทำความร้อนทำงานเป็นช่วง ๆ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ และหากค่าความชื้นไม่เกินค่าเฉลี่ยของ HH และ HL นั่นคือ 80% ตัวสปินน้ำแบบฝอยก็จะทำงานร่วมด้วยเพื่อให้เกิดไอน้ำภายในโรงเรือน ทำให้ความร้อนกระจายได้อย่างทั่วถึง ซึ่งจะสังเกตได้ว่าค่าความชื้นจะอยู่ช่วงบน และหากมากเกินไปตัวพัดลมก็จะดูดระบายอากาศออกไป ส่วนค่าที่อยู่ระหว่าง 500-1000 จะเป็นช่วง 6 โมงเช้าถึง 6 โมงเย็นซึ่งอุณหภูมิจะสูงขึ้น และอยู่ในช่วง TH, TL ที่กำหนด จึงไม่มีการทำงานของตัวทำความร้อน แต่จะเป็นตัวสปินน้ำแบบฝอยที่ทำงานเป็นช่วง ๆ เพื่อเพิ่มความชื้นที่ลดลงในตอนกลางวัน ข้อมูลที่บันทึกไว้ทั้งหมดจำนวน 1800 ค่า มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 29.25 ºC ค่าเฉลี่ยของความชื้นเท่ากับ 80.41%RH ส่วนรูปที่ 4(ข) เป็นข้อมูลในบางช่วงเวลาที่นำมาแสดง เพื่อขยายให้เห็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ภายใต้สภาวะแวดล้อมในสถานที่เดียวกัน หากโรงเรือนนี้ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น ค่าที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 5 ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวันที่มีเมฆมาก ความชื้นลดลงถึง 66%RH ซึ่งเป็นผลจากการระเหย และค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้น

5. สรุป

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในระบบปิด สามารถทำได้ตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบไว้ ในเบื้องต้นได้ทำการทดสอบกับโรงเรือนเพาะเห็ดขนาดเล็ก ซึ่งผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจทั้งความสามารถในการควบคุม และผลผลิตที่เกิดขึ้น อนึ่งการควบคุมตัวแปรทั้งอุณหภูมิและความชื้นนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง อาทิเช่น ขนาดและสถานที่ตั้งโรงเรือน การระบายอากาศ ช่วงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกันทั้งหมด รวมทั้งการวิเคราะห์ในด้านของต้นทุนพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น งานวิจัยในช่วงต่อไปก็จะเป็นการทดสอบเพิ่มเติม เพื่อปรับปรุงการทำงานของตัวควบคุมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งคำนึงถึงการประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] SHT1x / SHT7x Humidity & Temperature Sensmitter, Datasheet, Sensirion, Zürich, Switzerland, June 2002

[2] Michael Margolis, “Arduino Cookbook”, 1st Edition, O’Reilly Publisher, March 2011

[3] M. Hansen, P. Andersen et.al, "Temperature and humidity control in livestock stables", Conference on Control Automation Robotics & Vision (ICARCV), Dec. 2010, page(s): 1905 - 1910

[4] ชาญยุทธ ภาณุทัต และคณะ, “คู่มือการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเห็ด”, กรุงเทพมหานคร, บริษัท นิวธรรมดาการพิมพ์ จำกัด, 2543

[5] ดนัย หล้าสุดตา และ วิรัติ อัศวานุวัตร, “การสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดจำลองแบบไร้สาย”, การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านครุศาสตร์อุตสาหกรรม ครั้งที่ 1, 2551, หน้า 54-61

ระบบคัดแยกคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว

Rice Grain Quality Classification System

วรวุฒิ เปรมกมลมาศ อาภัสสร ชูลิขิต และ ฐิติวรรณ ศรีนาค

ห้องปฏิบัติการวิจัยนวัตกรรมวิทัศนศาสตร์ (GIVE – Graphics Innovation and Vision Engineering Laboratory)

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

b5105210@ku.ac.th, b5105294@ku.ac.th, thitiwan.s@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันในประเทศไทยการวิจัยพันธุ์ข้าวยังไม่นิยมนำซอฟต์แวร์ช่วยในการวิเคราะห์เข้ามาใช้ ทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการวิจัย เนื่องจากต้องอาศัยแรงงานคนในการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวทีละเมล็ด ซึ่งอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดได้ หากผู้ตรวจสอบเกิดความเหนื่อยล้า การใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม แต่ทว่าซอฟต์แวร์ที่มีขายในท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นซอฟต์แวร์ที่นำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูงมาก ทางเลือกสำหรับการใช้ซอฟต์แวร์จึงมีผลทำให้งบประมาณที่ใช้ในการวิจัยสูงขึ้นไปด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอระบบคัดแยกคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีประสิทธิภาพเพื่อช่วยสนับสนุนงานด้านการวิจัยพัฒนาพันธุ์ข้าว และทดแทนการพึ่งพาซอฟต์แวร์จากต่างประเทศ อีกทั้งเครื่องมือที่ใช้พัฒนาซอฟต์แวร์นี้ยังเป็นเครื่องมือซึ่งไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดใด

Abstract

Currently in Thailand the rice research does not popularly involve using any aiding analysis software packages, thus the research process is retarded. This is because researchers have to manually measure physical properties of each rice grain which may cause error if the researchers are exhausted. Using an aiding software package is an appropriate option; however, most software packages in the market are imported and expensive. The choice of using software can cause highly expensive research budget. Therefore, in this research, we propose an efficient rice grain classification system to support research and development of rice species, and replace the need of imported software. Moreover, the development of the system is based on only open source tools.

คำสำคัญ

Digital Image Processing, rice grain quality, grain size, grain count

1. บทนำ

เกษตรกรเป็นอาชีพหลักของคนไทย และข้าวเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้หลักให้แก่ประเทศไทยโดยจากข้อมูลของสมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย มูลค่าการส่งออกข้าวในไตรมาสที่หนึ่งของปี 2011 สูงถึง 51,415,900,038 บาท ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดข้าวให้มีคุณภาพจึงเป็นเรื่องสำคัญ

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

การวิจัยเพื่อปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การตรวจสอบทางเคมี ซึ่งต้องใช้บุคคลากรที่มีความรู้และประสบการณ์สูง และอีกวิธีคือการตรวจสอบทางกายภาพ เช่น การวัดขนาดเมล็ดข้าว ซึ่งยังต้องอาศัยแรงงานคนทำให้ต้องใช้เวลาในการทำงานในส่วนนี้เป็นระยะเวลานาน ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดข้าวให้มีคุณภาพจึงเป็นเรื่องสำคัญ และในปัจจุบันกระบวนการวิจัยยังไม่มีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาใช้ เนื่องจากซอฟต์แวร์ที่จำหน่ายอยู่ในปัจจุบันเป็นซอฟต์แวร์ของต่างประเทศซึ่งมีราคาสูงมากทำให้กระบวนการวิจัยในประเทศ

ไทยยังมีความล่าช้า เช่น การวัดขนาดเมล็ดข้าวยังคงต้องใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์วัดทีละเมล็ด หรือการหาเมล็ดท้องไข่ก็ยังคงต้องนำเมล็ดมาส่องกับแสงและทำการหาเอง ซึ่งต้องใช้แรงงานคนเป็นสำคัญจึงทำให้เกิดความล่าช้าและอาจเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นการพัฒนากระบวนการวิจัยให้มีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวิจัยและพัฒนาสายพันธุ์ข้าว

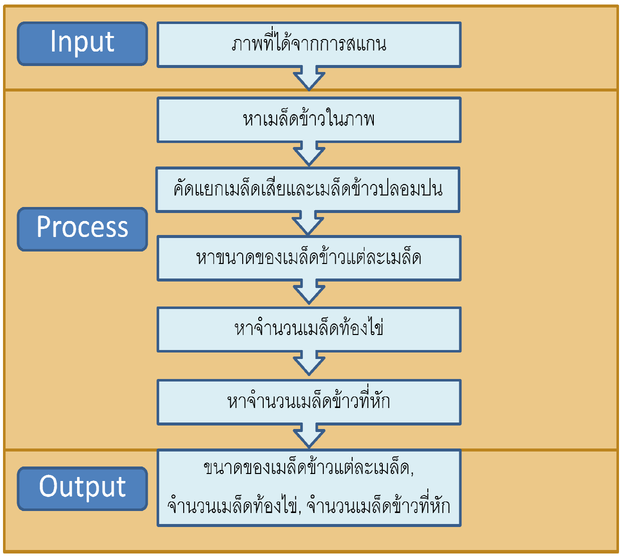
3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบเกี่ยวกับการวิเคราะห์เมล็ดข้าวได้มีการพัฒนามาแล้วดังต่อไปนี้ โดย Aggarwal Amit K. & Mohan Ratan [2] ได้นำเสนอกระบวนการหาอัตราส่วนของข้าวโดยแบ่งข้าวออกเป็นสามกลุ่มคือ เต็ม ครึ่ง และหัก โดยการแบ่งออกเป็นสามกลุ่มสามารถแบ่งได้โดยการใช้การประมวลผลภาพจากกล้องถ่ายรูปโดยการวัดความยาวของแต่ละเมล็ด โดยการจัดวางเมล็ดข้าวจะไม่สามารถวางติดต่อกันได้เนื่องจากจะทำให้การประมวลผลผิด Siriluk Sansomboonsuk และ Nitin Afzulpurkar [4] เสนอขั้นตอนวิธี Shrinkage ซึ่งเหมาะสำหรับการแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ติดกันออกจากกันโดยที่สามารถแยกได้ดีกับการติดกันแบบ Point touching kernels แต่จะไม่เหมาะกับการติดกันแบบ Line touching kernels ส่วน Aghayeghazvini H และคณะ [3] เสนอการคัดแยกเมล็ดหักเหมือนกันแต่สามารถนำเมล็ดหักมาประมวลผลเพื่อหาน้ำหนักของเมล็ดหักได้ด้วย ปริศนา ชัยยา และฐิติวรรณ ศรีนาค[6] ได้พัฒนาระบบที่สามารถนับจำนวนเมล็ดข้าว และ วัดขนาดความกว้างความยาวของเมล็ดข้าว เพื่อนำข้อมูลไปจำแนกตามหลักลักษณะการหัก นอกจากนี้ Wan, Y.-N.[5] เสนอการวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดข้าวโดยทำการวิเคราะห์ว่าคุณลักษณะของข้าวเป็นอย่างไร เช่น ข้าวที่เสีย ข้าวที่หัก หรือลักษณะอื่น ๆ โดยใช้หลักการของการประมวลผลภาพร่วมกับกระบวนการเรียนรู้ในการช่วยให้ระบบสามารถจำแนกได้ดีขึ้น

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบคัดแยกคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวนำเข้าข้อมูลภาพซึ่งได้จากการสแกนเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยเครื่องแสกนเนอร์พื้นฐานประกอบกับข้อมูลนำเข้าจากผู้ใช้คือ ขนาดความยาวต่ำสุดและความยาวสูงสุดที่จะนับเป็นเมล็ดข้าวหนึ่งเมล็ด จากนั้นระบบจะวิเคราะห์โดยการประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งและ ขนาดของเมล็ดข้าว เมล็ดท้องไข่ และจำนวนเมล็ดข้าวที่หัก โดยภาพรวมของระบบ แสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบคัดแยกคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

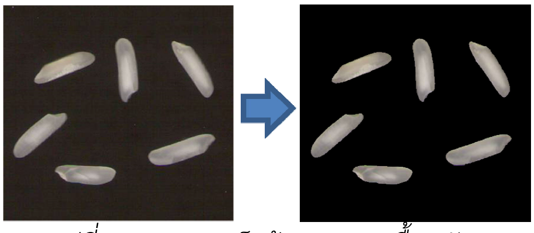
ส่วนนำเข้า (Input)

ส่วนนี้ทำหน้าที่รับภาพที่ได้จากการสแกนเมล็ดข้าวที่สุ่มมาจากกลุ่มเมล็ดข้าวที่ต้องการตรวจสอบ โดยเมล็ดข้าวจะต้องจัดวางไม่ติดกัน

กระบวนการ (Process)

ส่วนนี้ทำหน้าที่วิเคราะห์และประมวลผลภาพโดยประกอบด้วย 5 กระบวนการย่อย

1. ส่วนหาเมล็ดข้าวในภาพ ส่วนนี้ทำหน้าที่แยกภาพเฉพาะส่วนเมล็ดข้าวออกจากภาพพื้นหลังด้วยการแปลงภาพเป็นระดับสีเทา (Grayscale) และใช้เทคนิคค่าขีดแบ่ง (Thresholding) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนนี้จะเป็นภาพที่เมล็ดข้าวแยกออกจากพื้นหลังโดยสิ้นเชิงดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การแยกเมล็ดข้าวออกจากพื้นหลัง

2. ส่วนคัดแยกเมล็ดเสียและเมล็ดข้าวปลอมปน ส่วนนี้ทำหน้าที่คัดแยกเมล็ดที่เสียดังแสดงในรูปที่ 3 และเมล็ดข้าวเหนียวที่ปลอมปนเข้ามาดังแสดงในรูปที่ 4 โดยการคัดแยกเมล็ดที่เสียออกนั้นจะใช้สีเป็นหลักในการคัดออกโดยเมล็ดที่เสียคือ เมล็ดที่มีส่วนที่ไม่ใช่สีช่วงสีเทาปนอยู่ ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวที่ปลอมปนจะใช้เทคนิคค่าขีดแบ่งเข้าช่วย โดยเมล็ดข้าวเหนียวคือเมล็ดที่มีค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเกินกว่าค่าขีดแบ่งที่กำหนด โดยผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนนี้จะเหลือเพียงภาพของเมล็ดข้าวที่เราสนใจ

รูปที่ 3 ตัวอย่างเมล็ดเสีย

รูปที่ 4 ตัวอย่างเมล็ดข้าวเหนียวปลอมปน

3. ส่วนหาขนาดของเมล็ดข้าวแต่ละเมล็ด ส่วนนี้วัดความกว้าง ความยาว และหาตำแหน่งของเมล็ดข้าวแต่ละเมล็ด โดยใช้เทคนิคการตีกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบรูปเมล็ดข้าวดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งจะทำให้ได้ขนาดความกว้างและความยาวของเมล็ดข้าวแต่ละเมล็ดออกมา โดยผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนนี้จะเป็นความกว้าง ความยาวและตำแหน่งของข้าวแต่ละเมล็ด

รูปที่ 5 การตีกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบรูปเมล็ดข้าว

ระบบการแปลงหน่วยจากพิกเซล (Pixel) เป็นมิลลิเมตร (mm) กำหนดให้ dpi แทนความละเอียดของรูปที่ได้จากการสแกน (Dot per Inch) p แทนค่าขนาดของพิกเซลที่วัดได้ และ h คือค่าขนาดในหน่วยมิลลิเมตร โดยสามารถแปลงหน่วยจากพิกเซลเป็นมิลลิเมตรได้ดังสมการที่ 1

$$h = (pixel*2.54/dpi)*10 \quad (1)$$

4. ส่วนหาจำนวนเมล็ดท้องไข่ ส่วนนี้วิเคราะห์เพื่อระบุเมล็ดที่เป็นท้องไข่ เมล็ดท้องไข่คือ เมล็ดที่มีส่วนสีขาวขุ่นอยู่ในส่วนกลางของเมล็ดดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 ตัวอย่างเมล็ดข้าวท้องไข่

โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาบริเวณส่วนบนและส่วนล่างของเมล็ดซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่ใช่บริเวณสีขาวขุ่นของท้องไข่ เพราะสีขาวขุ่นของท้องไข่จะปรากฏเฉพาะบริเวณส่วนกลางของเมล็ดหลังจากนั้นจะนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาทำการขีดแบ่งเพื่อแยกส่วนที่เป็นสีขาวขุ่นกับส่วนที่ไม่ใช่สีขาวขุ่น หากพบสีขาวขุ่นมากพอแยกว่าเป็นเมล็ดท้องไข่ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนนี้คือ ตำแหน่งของเมล็ดท้องไข่ ระดับที่เป็นท้องไข่ของเมล็ดนั้นและจำนวนเมล็ดท้องไข่

5. *ส่วนหาจำนวนเมล็ดข้าวที่หัก* ส่วนนี้ทำหน้าที่ประกอบเมล็ดข้าวที่หักซึ่งแสดงในรูปที่ 7 ให้เป็นเมล็ดข้าวเต็มเมล็ดซึ่งแสดงในรูปที่ 8 เมล็ดข้าวหักพิจารณาจากความยาวซึ่งน้อยกว่าค่าความยาวต่ำสุดของเมล็ดข้าวที่ผู้ใช้กำหนด และเมล็ดที่เต็มพิจารณาจากความยาวซึ่งอยู่ระหว่างค่าความยาวต่ำสุดและค่าความยาวสูงสุดของเมล็ดที่ผู้ใช้กำหนด ประโยชน์ของการวิเคราะห์ในส่วนนี้คือ เพื่อประมาณจำนวนเมล็ดข้าวจริงที่หักจากกัน ผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนนี้คือ จำนวนเมล็ดข้าวที่หัก และรูปของเมล็ดข้าวหักที่นำมาต่อกัน

ส่วนแสดงผล (Output)

ส่วนนี้ทำหน้าที่รายงานผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่ได้จากแต่ละกระบวนการทำงานของระบบ

รูปที่ 7 ตัวอย่างเมล็ดที่หัก

รูปที่ 8 ตัวอย่างเมล็ดหักที่นำมาต่อได้ข้าวเต็มเมล็ด

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบสามารถทำการวัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าว คัดแยกเมล็ดท้องไข่ และนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ข้าวจำแนกตามลักษณะการหักของเมล็ดภายหลังการสี โดยจะทำการประมวลผลภาพที่ได้มาจากเครื่องสแกนเนอร์ที่มีความละเอียดอย่างน้อย 300 dpi โดยสามารถวางเมล็ดข้าวในแนวใดก็ได้ กี่เมล็ดก็ได้ แต่เมล็ดข้าวจะต้องไม่อยู่ติดกัน

5. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบระบบได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน

(1) การทดสอบความเร็วและความแม่นยำของการวัดขนาด (2) การทดสอบความเร็วและความถูกต้องในการนับจำนวนเมล็ดข้าว (3) การทดสอบความเร็วและความถูกต้องในการคัดแยกเมล็ดท้องไข่ และ (4) การทดสอบความถูกต้องในการนับจำนวนเมล็ดที่หัก

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบระบบมีดังนี้

- เมล็ดข้าว
- เครื่องสแกนเนอร์ Canon รุ่น Image Class MF4320d
- เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

การทดสอบความเร็วและความแม่นยำของการวัดขนาด

ทดสอบกับข้าว 10 เมล็ดดังแสดงในรูปที่ 9 โดยแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

รูปที่ 9 ภาพที่ใช้ในการทดสอบการวัดขนาด

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการวัดขนาด

No.	ความกว้าง(มิลลิเมตร)		ความยาว(มิลลิเมตร)	
	วัดด้วยคน	วัดด้วยระบบ	วัดด้วยคน	วัดด้วยระบบ
1	1.95	2.14	6.50	6.67
2	2.20	2.35	6.60	6.53
3	2.00	2.28	6.90	6.93
4	2.10	2.23	7.00	6.98
5	1.85	1.78	6.60	6.60
6	2.05	2.15	7.25	7.23
7	2.10	2.26	7.00	7.09
8	2.20	2.30	7.45	7.42
9	2.15	2.34	5.80	5.88
10	2.25	2.20	6.70	6.79
RMSE	0.155885		0.076811	

ตารางที่ 2 ระยะเวลาในการวัดความกว้างและความยาว

ระยะเวลาในการวัดความกว้างและความยาว (วินาที)	
วัดด้วยคน	วัดด้วยระบบ
435	3

การทดสอบความเร็วและความถูกต้องในการนับจำนวนเมล็ดข้าว

ทดสอบกับข้าว 100 เมล็ดดังแสดงในรูปที่ 10 โดยแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

รูปที่ 10 ภาพที่ใช้ในการทดสอบการนับจำนวนเมล็ดข้าว

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการนับจำนวนเมล็ดข้าว

จำนวนเมล็ดข้าวที่นับได้(เมล็ด)	
นับด้วยคน	นับด้วยระบบ
100	100

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการนับจำนวนเมล็ดข้าว

ระยะเวลาในการนับจำนวนเมล็ด(วินาที)	
นับด้วยคน	นับด้วยระบบ
101	17

การทดสอบความเร็วและความถูกต้องในการหาจำนวนเมล็ดท้องไข่

ทดสอบกับข้าวปกติ 190 เมล็ดและข้าวท้องไข่ 10 เมล็ดดังแสดงในรูปที่ 11 โดยแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6

รูปที่ 11 ภาพที่ใช้ในการทดสอบการหาจำนวนเมล็ดท้องไข่

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการนับจำนวนเมล็ดข้าว

ระยะเวลาในการนับจำนวนเมล็ด(วินาที)	
นับด้วยคน	นับด้วยระบบ
81	27

การทดสอบความถูกต้องในการนับจำนวนเมล็ดที่หัก

ทดสอบกับข้าวปกติ 10 เมล็ด แล้วนำมาทำให้หักเป็น 22 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 12 โดยแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 7

รูปที่ 12 ภาพที่ใช้ในการทดสอบการนับจำนวนเมล็ดที่หัก

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบการนับจำนวนเมล็ดที่หัก

จำนวนเมล็ด(เมล็ด)	
จำนวนเมล็ดก่อนหัก	จำนวนเมล็ดหักที่ระบบนับได้
10	10

6. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบคัดแยกคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว เพื่อวิเคราะห์หาขนาดของเมล็ดข้าว เมล็ดท้องไข่ และจำนวนเมล็ดข้าวที่หัก ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้เป็นประโยชน์ในงานวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยจากผลการทดสอบได้ความถูกต้องโดยเฉลี่ยของระบบคือ 94.775% และสามารถช่วยให้นักวิจัยพันธุ์ข้าวทำงานได้เร็วกว่าการทำงานแบบเดิมโดยเฉลี่ยถึง 50 เท่า

7. แนวทางการพัฒนาต่อ

ระบบคัดแยกคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเมล็ดพันธุ์ข้าวได้หลากหลายชนิดรวมไปถึงสามารถพัฒนาต่อเพื่อใช้งานกับข้าวสายพันธุ์อื่นๆ ที่ไม่ใช่สายพันธุ์ไทยได้ และแนวทางในการพัฒนาต่ออีกด้านหนึ่งคือการพัฒนาให้สามารถประมวลผลภาพเมล็ดข้าวที่ติดกันอยู่ให้สามารถแยกออกเป็นสองเมล็ดเพื่อการประมวลผลที่ไม่ผิดพลาด และมีความสะดวกแก่ผู้ใช้มากยิ่งขึ้นเพราะทำให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทำการเกลี่ยข้าวที่อยู่บนเครื่องสแกนเนอร์ให้ออกจากกัน หรือ อาจนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมสำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้นโดยรับภาพจากการถ่ายภาพของโทรศัพท์เคลื่อนที่เพราะเทคโนโลยีกล้องถ่ายภาพของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปัจจุบันพัฒนาแล้ว

8. กิตติกรรมประกาศ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลเกี่ยวกับเมล็ดพันธุ์ข้าว

9. เอกสารอ้างอิง

[1.] สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย.ออนไลน์)สถิติการส่งออกข้าว. Available: http://www.thairiceexporters.or.th/statistic_2011.html [2011,July 15]

[2.] Aggarwal Amit K. and Mohan Ratan (2010), "Aspect Ratio Analysis Using Image Processing for Rice Grain Quality," *International Journal of Food Engineering*: Vol. 6: Issue. 5, Article 8.

[3.] Aghayeghazvini H., Afzal A., Heidarisoltanabadi M., Malek S. and Mollabashi, “DETERMINING PERCENTAGE OF BROKEN RICE BY USING IMAGE ANALYSIS”, IFIP International Federation for Information Processing, Volume 294, *Computer and Computing Technologies* corrugated plate, and then analyzed by scion software. Statistical analysis *in Agriculture II, Volume 2*

[4.] Siriluk Sansomboonsuk and Nitin Afzulpurkar, “The Appropriate Algorithms of Image analysis for Rice Kernel Quality Evalution” The 20th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand, Nakhon Ratchasima, Thailand, October 18-20, 2006

[5.] Wan, Y.-N., “Automatic Grain Quality Inspection with Learning Mechanism”,

[6.] ปริศนา ชัยยา และฐิติวรรณ ศรีนาค , “ระบบวิเคราะห์และคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าว”, The 2nd ECTI-Conference on Application Research and Development (ECTI-CARD), Chonburi, Thailand, pages 7-12, May 10-12, 2010.

การศึกษาหาตำแหน่งที่เหมาะสมของการก่อสร้างโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ธนกฤต พลูน้อย
สาขาการจัดการลอจิสติกส์และโซ่อุปทาน
คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
email: thanakrit.ph@spu.ac.th

ปรีชา กอเจริญ
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
email: preecha.ko@spu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมของระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมในบริเวณพื้นที่สหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด (ในพระบรมราชูปถัมภ์) อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี พิจารณาโดยนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มาใช้ประกอบการวิเคราะห์เพื่อหาตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ในการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ภายใต้ขอบเขตของการศึกษาครอบคลุมผู้เลี้ยงโคนม 400 หลังคาเรือน ซึ่งมีโคนมจำนวน 9,572 ตัว โดยวิเคราะห์หาต้นทุนการขนส่ง ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนโครงการด้วยวิธีการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนและอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ ณ อัตราคิดลดร้อยละ 7 โดยตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ในการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่นำมาพิจารณาประกอบด้วย ตำแหน่งบริเวณที่ตั้งของสหกรณ์โคนม และตำแหน่งที่มีจำนวนโคนมมากที่สุด จากการศึกษาพบว่าตำแหน่งที่มีต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุดคือ ตำแหน่งบริเวณที่ตั้งของสหกรณ์โคนม และจากการวิเคราะห์ค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการพบว่าการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพในตำแหน่งบริเวณที่ตั้งของสหกรณ์โคนม ให้ผลตอบแทนการลงทุนที่สูงที่สุด

Abstract

The objectives of this study are to analyze the optimal placement of biogas plant from cow dung around the dairy co-operative, located in Nongpho Dairy Co-operative LTD(Under The Royal Patronage), Ratchaburi Province,which provides the maximum benefit of biogas plant. The optimal placement was analyzed by using geographic information system (GIS) in order to evaluate the feasible locations of biogas plants. The scope of this study covered 400 households with 9,572 cows. Which include transportation costs, biogas production, and maximum benefit of biogas plant investments. The maximum benefit of biogas plant was evaluated by net present value, benefit cost ratio and internal rate of return at discount rate of 7 percent. The feasible locations of biogas plant where considered are dairy co-operative and high cow density area. According to this study, the dairy co-operative with the lowest transportation cost and construction biogas plant at the dairy co-operative is the optimal placement of biogas plant to get the most benefit.

คำสำคัญ

โรงผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ พลังงานทางเลือก

1. บทนำ

เนื่องจากโลกในยุคปัจจุบันมีการพัฒนาขึ้นจากเดิมในหลายด้าน ทั้งเทคโนโลยีการคมนาคม อุตสาหกรรม เครื่องใช้และอุปกรณ์ ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นไปเพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันให้แก่มนุษย์ เป็นเหตุให้สังคมในยุคปัจจุบันมีความต้องการที่จะใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น จากสถานการณ์พลังงานที่มีแนวโน้มการใช้งานมากขึ้น หลายประเทศจึงได้เริ่มหาพลังงานที่

จะนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดิบหรือ ก๊าซธรรมชาติที่มีแนวโน้มของราคาที่สูงขึ้น และทำให้แหล่งของพลังงานเชื้อเพลิงลดปริมาณลงและไม่สามารถที่จะผลิตให้เพียงพอกับความต้องการในการใช้งานได้ ดังนั้นการหาแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการในปัจจุบันจึงมีความสำคัญ หนึ่งในพลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทน (Alternative Energy) ที่มีศักยภาพในการนำมาใช้คือก๊าซชีวภาพ [1], [2] เหตุผลเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงทำให้มีเศษวัสดุเหลือใช้เช่น มูลสัตว์ เศษซากพืช ซากสัตว์ เป็นจำนวนมาก

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทดแทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เช่น มูลสัตว์ที่ย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน มีคุณสมบัติ ติดไฟได้ สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ นอกจากนั้นยังไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสามารถช่วยลดการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก โดยทั่วไปมูลของโคนม 1 ตัว สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 0.75 ลูกบาศก์เมตร [3] จากสถิติของกรมปศุสัตว์ ปี 2552 พบว่าประเทศไทยมีการเลี้ยงโคนมจำนวน 483,899 ตัว ซึ่งสามารถให้พลังงานเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า 580,678 kW-hr/ปี โดยจังหวัดราชบุรีมีการเลี้ยงโคนมจำนวน 52,187 ตัว ซึ่งสามารถให้พลังงานเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า 62,624 kW-hr/ปี คิดเป็น 10.7% ของทั้งประเทศ

การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม บริเวณเขตพื้นที่จังหวัดราชบุรีเป็นที่น่าสนใจเนื่องจากมีการเลี้ยงโคนมปริมาณมาก โดยการก่อสร้างระบบก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์นั้นจำเป็นที่จะต้องศึกษาความเหมาะสมในทุกด้านโดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมีผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุน โดยต้นทุนด้านการขนส่งเป็นต้นทุนหลักต้นทุนหนึ่ง ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะศึกษาหาตำแหน่งของโรงผลิตก๊าซชีวภาพจากปัจจัยต่างๆที่ก่อให้เกิดเป็นต้นทุนด้านการขนส่ง โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาช่วยในการพิจารณาเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด [4]

3. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

3.1 บ่อก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์

บ่อก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ที่อยู่ในประเทศ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (Low Rate Anaerobic Digester) เป็นบ่อหมักที่ออกแบบโดยอาศัยกลุ่มของแบคทีเรียนิดที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ต้องใช้ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียนานประมาณ 30 - 50 วัน จึงจำเป็นต้องทำให้บ่อหมักมีขนาดใหญ่ 2) บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว (High rate anaerobic digester) เป็นบ่อที่เหมาะสำหรับใช้บำบัดน้ำเสียประเภทที่มีปริมาณสารอินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ บ่อหมักแบบนี้จะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายค่อนข้างเร็ว ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียประมาณ 0.5 - 3.0 วัน จึงทำให้บ่อหมักมีขนาดเล็ก ส่วนใหญ่บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็วจะไม่นิยมนำมาใช้กับน้ำเสียจากมูลสัตว์เนื่องจากตะกอนจากมูลสัตว์จะสร้างปัญหาแก่ระบบ

3.2 การวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบสารสนเทศข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลที่มีพิกัดตำแหน่ง ซึ่งเป็นการผสมผสานการทำงานระหว่างกระบวนวิธีวิเคราะห์ร่วมกับระบบฐานข้อมูลที่มีการอ้างอิงเชิงพิกัด ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จึงหมายรวมถึงทั้งระบบของการให้คำตอบเชิงพื้นที่ ซึ่งใช้เทคโนโลยีเพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ เริ่มตั้งแต่การรวบรวม และนำเข้าข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ การกำหนดเงื่อนไขสำหรับเลือกใช้ข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์หรือ สร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ และท้ายที่สุดจะทำการแสดงผลซึ่งเป็นการตอบคำถามเชิงพื้นที่ให้แก่ผู้ใช้ เครื่องมือระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถใช้โปรแกรมหรือ ชุดของคำสั่งสำเร็จรูป เช่น โปรแกรม Arc Info, MapInfo ฯลฯ [5] ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชั่นการทำงานและ เครื่องมือที่จำเป็นต่างๆ สำหรับนำเข้าและปรับแต่งข้อมูล, จัดการระบบฐานข้อมูล, เรียกค้น, วิเคราะห์และจำลองภาพ โดยที่ข้อมูลซึ่งหมายถึงรายละเอียดต่างๆ ที่จะใช้ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลโดยได้รับการดูแลจากระบบจัดการฐานข้อมูล

โดยข้อมูลใน ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท [6] คือ 1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) แสดงตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ของรูปลักษณ์ของพื้นที่ ซึ่งมี อยู่ 2 แบบ คือ ข้อมูลที่แสดงทิศทาง (Vector Data) และข้อมูลที่แสดงเป็นตารางกริด (Raster Data) และ 2) ข้อมูลเชิงบรรยาย (Non-Spatial Data or Attribute Data) มีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมเล็กๆ เท่ากันและต่อเนื่องกัน ซึ่งสามารถอ้างอิงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้ ขนาดของตารางกริดหรือความละเอียด ในการเก็บข้อมูลจะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับการจัดแบ่งจำนวนแถวและจำนวนคอลัมน์ ตัวอย่างข้อมูลที่จัดเก็บโดยใช้ตารางกริด เช่น ภาพดาวเทียม หรือข้อมูลระดับค่าความสูง (Digital Elevation Model : DEM) เป็นต้น

การทำงานของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ประกอบด้วย ขั้นตอนหลักๆ คือ 1) การวิเคราะห์ปัญหาหรือการกำหนดวัตถุประสงค์ 2) การจัดเตรียมฐานข้อมูล และ 3) การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3 เกณฑ์การตัดสินใจ

การศึกษาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขทางเศรษฐศาสตร์ใช้เกณฑ์การตัดสินใจโดยพิจารณาจาก 1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิคือ ผลรวมระหว่างผลต่างของมูลค่าปัจจุบันของรายได้ที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีกับมูลค่าปัจจุบันของรายจ่ายที่จ่ายออกไปตลอดอายุโครงการ ดัง(1)

$$NPV=\sum_{t=0}^{n}\frac{B_t-C_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

กำหนดให้ ;

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

B_t = มูลค่ารายได้จากการผลิตก๊าซในปีที่ t

C_t = มูลค่ารายจ่ายในการผลิตก๊าซในปีที่ t

t = อายุระบบก๊าซชีวภาพตั้งแต่ปีที่ 0, 1, 2, 3,……, n

n = อายุระบบก๊าซชีวภาพ 15 ปี

i = อัตราคิดลด

หลักเกณฑ์การตัดสินใจคือ ควรลงทุนเมื่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก และไม่ควรลงทุนถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นลบ

2) อัตราผลตอบแทนภายใน คือ อัตราดอกเบี้ยที่ใช้คิดหักส่วนลดแล้ว ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ ดัง (2)

$$\sum_{t=0}^{n}\frac{B_t-C_t}{\left(1+\frac{IRR}{100}\right)^t}=0 \quad (2)$$

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ คือ ถ้าค่าอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) ที่คำนวณได้สูงกว่าที่กำหนดก็ยอมรับโครงการนั้น ถ้าต่ำกว่าก็ปฏิเสธโครงการ โดยทั่วไปถ้าอัตราผลตอบแทนภายในมากกว่าอัตราคิดลด จะเหมาะสมในการลงทุน

3) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของรายได้กับมูลค่าปัจจุบันของรายจ่ายรวมตลอดอายุโครงการ ดัง (3)

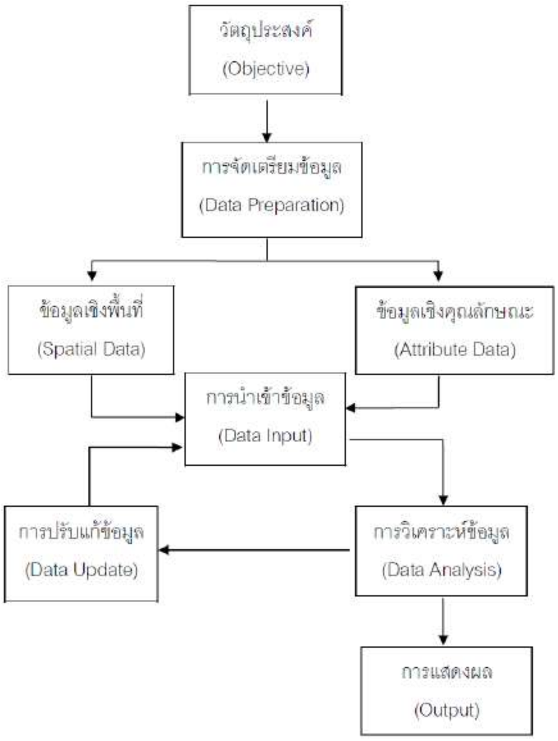
$$\frac{B}{C}=\sum_{t=0}^{n}\frac{B_t/(1+i)^t}{C_t/(1+i)^t} \quad (3)$$

หลักเกณฑ์การตัดสินใจ คือ ควรลงทุนเมื่ออัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง และไม่ควรลงทุนเมื่ออัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนค่าน้อยกว่า 1

4. การทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้พิจารณา ศึกษาหาตำแหน่งที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุดของการก่อสร้างโรงผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม โดยพิจารณานำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาใช้ในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งโดยมีวิธีดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นดังต่อไปนี้ และแสดงดังภาพที่ 1

- การสำรวจข้อมูลโดยการรวบรวมข้อมูลและจัดทำแบบสอบถาม จัดทำการสำรวจรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ในบริเวณพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาคือบริเวณสหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด (ในพระบรมราชูปถัมภ์) อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี โดยรวบรวมข้อมูลและศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้น เช่น รายชื่อสมาชิกสหกรณ์ที่สำรวจตามขอบเขตการวิจัย จำนวนโคนม ค่าใช้จ่ายโดยรวมในการเลี้ยงโคนม ปริมาณน้ำนมที่ได้จากการเลี้ยงโคนม รายได้ที่ได้จากการเลี้ยงโคนม ลักษณะการขนส่งน้ำนม ระยะทางการขนส่งน้ำนม ปริมาณน้ำนมที่ขนส่งต่อเที่ยว ปริมาณมูลที่เกิดขึ้นต่อวัน ปริมาณมูลที่สามารถรวบรวมได้ต่อวัน วิธีการจัดการกับมูลโคนม เป็นต้น



ภาพที่ 1: การวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

- การเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยทำการวัดพิกัดเพื่อใช้อ้างอิงตำแหน่งบนแผนที่ ซึ่งการนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์นั้นจำเป็นต้องทราบตำแหน่งที่แน่นอน เพื่อให้ผลของการนำเสนอมีความถูกต้อง รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความถูกต้องตามไปด้วย ดังนั้นการวัดพิกัดเพื่อใช้อ้างอิงตำแหน่งบนแผนที่ จะทำการวัดด้วยเครื่องมือวัดพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยวัดพิกัดในตำแหน่งทั้งหมดของฟาร์มที่อยู่ในขอบเขตการศึกษา แล้วนำข้อมูลพิกัดที่วัดได้ป้อนเข้าโปรแกรมจัดทำเป็นแผนที่แบบจุด ซึ่งใช้เป็นแผนที่ต้นแบบในการอ้างอิงค่าพิกัดตำแหน่งพื้นที่ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาตำแหน่งและระยะทางโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่เป็นลักษณะข้อมูลประเภท Shape file หลายๆชั้นข้อมูล และข้อมูลเชิงคุณลักษณะมาซ้อนทับกัน โดยการรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจภายในขอบเขตของการวิจัย และนำเข้าข้อมูลเส้นขอบเขตการปกครอง ชั้นข้อมูลถนน ที่เป็นข้อมูลประเภทเส้น และข้อมูลพิกัด โดยให้แสดงข้อมูลพิกัดประเภทจุดลงในแผนที่เพื่อทำการวิเคราะห์และกำหนดเงื่อนไขต่างๆ โดยการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เพื่อให้ได้ข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ของฟาร์มแต่ละแห่ง โดยตัวอย่างข้อมูลคุณลักษณะของค่าพิกัดฟาร์ม

- การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อศึกษาหาตำแหน่งที่เหมาะสมของการก่อสร้างโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม โดยศึกษาลักษณะการกระจายตัวและความหนาแน่นของจำนวนโคนม จำนวนฟาร์ม ตำแหน่งศูนย์กลางของการขนส่ง เส้นทางถนนและการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางการขนส่ง เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดตามแนวของเส้นทางถนน ด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมการทำงานของโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยวิเคราะห์หาระยะทางที่สั้นที่สุดจากตำแหน่งของฟาร์มแต่ละแห่ง ไปยังตำแหน่งของระบบผลิตก๊าซชีวภาพในตำแหน่งต่างๆ ที่มีความเป็นไปได้ โดยในการหาระยะทางที่สั้นที่สุดตามแนวเส้นถนน จะเป็นการหาระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดสองจุดคือตำแหน่งของการก่อสร้างโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมกับตำแหน่งของแต่ละฟาร์ม นำมาเปรียบเทียบระยะทางทั้งหมดในแต่ละตำแหน่งของการก่อสร้างโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม โดยในการหาระยะทางที่เหมาะสมที่สุดด้วยโปรแกรมวิเคราะห์โครงข่ายนี้ เมื่อต้องการให้โปรแกรมคำนวณหาระยะทางจากตำแหน่งพิกัดฟาร์มไปยังตำแหน่งของการก่อสร้างโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม โดยโปรแกรมสามารถวิเคราะห์หาเส้นทางถนนที่ใกล้กับจุดพิกัดที่กำหนดมากที่สุด และเลือกเส้นทางนั้นเพื่อเดินทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ต้องการ ในกรณีที่เส้นทางถนนที่ใกล้กับจุดพิกัดมีหลายเส้นทาง โปรแกรมสามารถหาเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุดและเลือกเส้นทางนั้นเพื่อเดินทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ต้องการได้เช่นกัน

- การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการประเมินหลายปัจจัย เช่น ปัจจัยด้านต้นทุนการขนส่ง ปัจจัยด้านผลผลิตก๊าซชีวภาพ และปัจจัยด้านการลงทุน นอกจากปัจจัยด้านต้นทุนการขนส่งที่มีผลต่อความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้ว ปัจจัยด้านผลผลิตก๊าซชีวภาพ ก็เป็นปัจจัยข้อหนึ่งที่มีผลเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

5. ผลการวิเคราะห์และการวิจารณ์ผล

การศึกษานี้ทำการวัดพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS รุ่น GARMIN NUVI 1250 โดยวัดในตำแหน่งของฟาร์มที่เป็นสมาชิกสหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด (ในพระบรมราชูปถัมภ์) จำนวน 400 ฟาร์ม โดยมีระยะทางจากสหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด (ในพระบรมราชูปถัมภ์)ไปยังฟาร์มแต่ละแห่งโดยรอบรัศมีไม่เกิน 20 กิโลเมตร ซึ่งจะครอบคลุมเขตตำบลหนองโพ และตำบลดอนกระเบื้อง อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี มีปริมาณมูลโคนมเฉลี่ย 10 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน มีจำนวนโคนม รวมกันทั้งสิ้น 9,572 ตัว ค่าการขนส่งด้วยรถรับจ้างคิดเป็นวันละ 0.02 บาทต่อกิโลกรัมต่อกิโลเมตรต่อเที่ยว

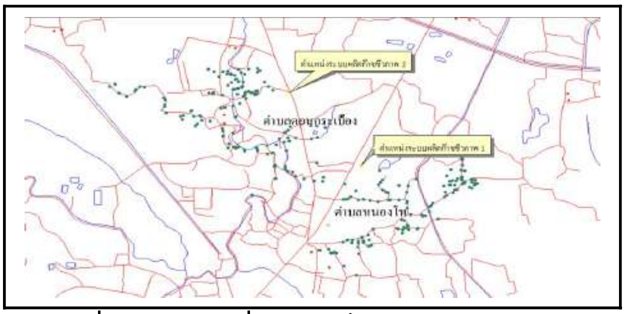
5.1 การหาตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้

การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากการสำรวจและวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ สามารถกำหนดตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูล โคนม ดังภาพที่ 2

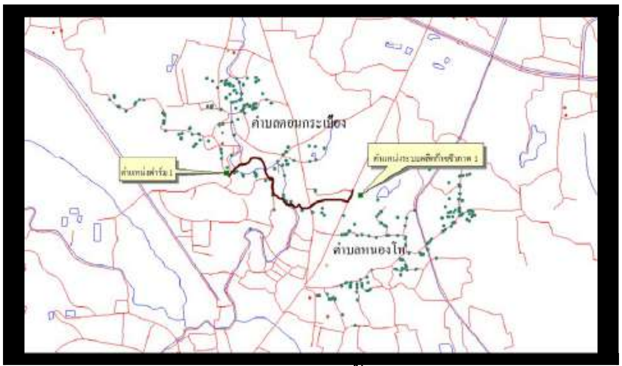
ตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ทั้งสองตำแหน่งมีข้อแตกต่างกัน เนื่องจากการเลี้ยงโคนมในตำบลหนองโพ และตำบลดอนกระเบื้อง อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี เป็นการเลี้ยงโดยชาวบ้าน ไม่ได้เลี้ยงเป็นฟาร์มขนาดใหญ่เพียงแห่งเดียว ดังนั้นตำแหน่งของครัวเรือนจึงเป็นตำแหน่งของครอบครัวที่มีการเลี้ยงโคนมหรือเป็นตำแหน่งของฟาร์มนั่นเอง ดังนั้นจึงได้เลือกศึกษาตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ทั้งสองตำแหน่ง โดยมีข้อแตกต่างกันดังนี้ 1) ตำแหน่งที่ 1 เป็นตำแหน่งบริเวณที่ตั้งของสหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด (ในพระบรมราชูปถัมภ์) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เป็นศูนย์กลางของฟาร์มโคนมที่อยู่ในขอบเขตการศึกษาทั้งหมด โดยเมื่อดูจากแผนที่แล้วบริเวณฟาร์มโคนมจะกระจายตัวอยู่รอบสหกรณ์ 2) ตำแหน่งที่ 2 เป็นตำแหน่งบริเวณที่มีจำนวนโคนม และจำนวนฟาร์มมากที่สุด จากฐานข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจำนวนโคนมของแต่ละฟาร์มและข้อมูลแผนที่ที่ได้จากโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ทั้ง 400 ฟาร์ม พบว่าบริเวณตำบลดอนกระเบื้องเป็นบริเวณที่มีจำนวนโคนมมากที่สุด โดยตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้จะอยู่ใกล้กับถนนทางหลวงสายหลัก

5.2 การวิเคราะห์ด้านการขนส่ง

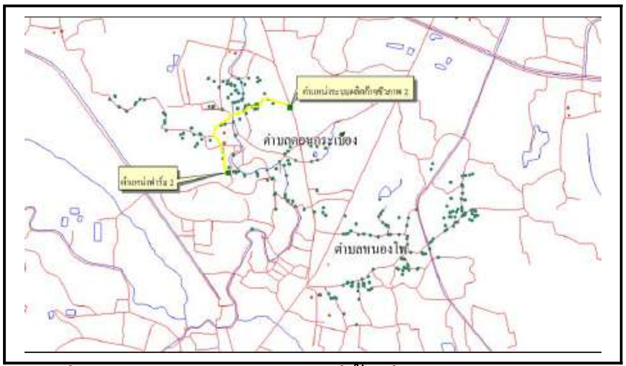
วิเคราะห์เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดตามแนวเส้นทางถนนจากตำแหน่งระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่เป็นไปได้ทั้งสองตำแหน่งกับตำแหน่งของครัวเรือนหรือฟาร์มด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์โครงข่าย ผลการวิเคราะห์พบว่าระยะทางทั้งหมดจากตำแหน่งของฟาร์มทั้ง 400 ฟาร์มไปยังตำแหน่งของระบบผลิตก๊าซชีวภาพทั้งสองตำแหน่งดังแสดงในภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 2: ตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ในการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม



ภาพที่ 3: เส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุดตามแนวเส้นถนนระหว่างตำแหน่งระบบผลิตก๊าซชีวภาพ 1 กับตำแหน่งครัวเรือนที่กำหนด



ภาพที่ 4: เส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุดตามแนวเส้นถนนระหว่างตำแหน่งระบบผลิตก๊าซชีวภาพ 2 กับตำแหน่งครัวเรือนที่กำหนด

6.สรุป

จากการศึกษาพบว่าตำแหน่งที่เหมาะสมในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมของสหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด (ในพระบรมราชูปถัมภ์) ตามขอบเขตงานวิจัย โดยตำแหน่งที่ 1 เป็นตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด คือบริเวณที่ตั้งของสหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด (ในพระบรมราชูปถัมภ์) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด คิดเป็นมูลค่า 1,504,939 บาทต่อปี เทียบกับตำแหน่งที่ 2 มีต้นทุนคิดเป็นมูลค่า 1,631,674 บาทต่อปี โดยก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพบ่อแบบพลาสติกคลุมบ่อโดยให้สามารถรองรับปริมาณผลผลิตก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทั้งหมด ระบบควรมีขนาด 9,000 ลูกบาศก์เมตร จำนวนสองบ่อก๊าซชีวภาพ และจากผลการวิเคราะห์ค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์หาผลตอบแทนตลอดอายุโครงการ 15 ปี โดยไม่ได้คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบัน พบว่าตำแหน่งที่ 1 ให้ค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด ณ อัตราคิดลดร้อยละ 7 ตลอดอายุโครงการ พบว่าอัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน มีค่าสูงถึง 28.06 % และเมื่อพิจารณามูลค่าผลตอบแทนสุทธิจากโครงการลงทุน พบว่ามีค่าเท่ากับ 81,642,274 บาท ณ อัตราคิดลดร้อยละ 7 ถือว่าอยู่ในระดับที่สูง สอดคล้องกับค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนที่มีค่า 1.68 ณ อัตราคิดลดร้อยละ 7 จึงสรุปได้ว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยการหาค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยไม่ได้คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบันเป็นเพียงการหาผลประโยชน์รวมของโครงการตลอดอายุโครงการอย่างคร่าวๆ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบและประเมินได้ว่าการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพในตำแหน่งใดจากตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ให้ค่าความคุ้มค่ามากที่สุด

7.แนวทางการพัฒนาต่อ

ควรมีการขยายขอบเขตการศึกษาเป็นครัวเรือนทั้งหมดที่เป็นสมาชิกสหกรณ์ โดยจะทำให้เกิดความแตกต่างที่ชัดเจนในประเด็นของต้นทุนการขนส่งและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากขึ้น ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจในการหาพื้นที่และตำแหน่งที่เหมาะสมของการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพในพื้นที่อื่นๆ ได้

8.กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม

9.เอกสารอ้างอิง

[1] Omer, A.M., & Fadalla, Y., “Biogas energy technology in Sudan”, Renewable Energy, Vol. 44, No. 28, 2003, pp. 499-507.

[2] Gunnarsson C., Vagstrom L., and Hansson P.A., “Logistics for forage harvest to biogas production-Timeliness, capacities and costs in a Swedish case study”, Biomass and Bioenergy, Vol 32, 2008, pp. 1263-1273.

[3] เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์ และ วัฒนา กสิกุล. 2548. “การวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรเป็นเชื้อเพลิง”, ในการสัมมนาเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1, พัทยา,ชลบุรี, 11-13 พฤษภาคม 2548: หน้า 1-6.

[4] Voivontas D., Assimacopoulos D., and Koukios E.G., “Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method”, Biomass and Bioenergy, Vol.20, No. 2, 2001, pp.101 - 112.

[5] สุเพชร จิรขจรกุล, "เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.2(พิมพ์ครั้งที่1)" กรุงเทพฯ: เอส.อาร์ พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์, 2551.

[6] อุทัย สุขสิงห์, "การจัดการระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) (พิมพ์ครั้งที่ 2)", กรุงเทพฯ: ส.ส.ท, 2549.

Communication I

ECTI-CARD 2012

Extended Development of Open Source VoIP Software Packages

การพัฒนาต่อยอดชุดซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซสำหรับโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

คธาวุฒิ จันบัวลา

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

khathawut.mit5@isan.msu.ac.th

สมนึก พ่วงพรพิทักษ์

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

somnuk.p@msu.ac.th

บทคัดย่อ

โทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (VoIP : Voice over IP) เป็นซอฟต์แวร์อำนวยความสะดวกสำหรับการสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ตและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เพื่อแทนที่เครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (PSTN) แบบเดิมที่นิยมใช้อยู่ก่อน Asterisk เป็นหนึ่งในซอฟต์แวร์ VoIP ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย อย่างไรก็ตามชุดซอฟต์แวร์ VoIP ที่พัฒนาบน Asterisk (เช่น Trixbox, Elastix, AsteriskNOW, EZY IP-PBX, ISANBox.A) ยังมีข้อบกพร่องด้านความมั่นคงบางอย่าง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอการพัฒนาต่อยอดชุดซอฟต์แวร์ VoIP เพื่อป้องกัน SIP flooding, SIP Registration Hijacking, RTP flooding, MITM, SVMAP และ cancel/bye attacks จากผลทดลองบนเครือข่ายการทดสอบ (test-bed) แสดงให้เป็นประสิทธิภาพด้านการรักษาความมั่นคงที่ดีกว่าชุดซอฟต์แวร์ VoIP ก่อนหน้าที่จะมีการพัฒนาต่อยอด

Abstract

Voice over IP (VoIP) is a set of facilities to manage the delivery of voice information over the Internet. It has been widely used to replace the old Traditional Public Switch Telephone network (PSTN). Asterisk is one of the most widely used the VoIP IPBX software, particularly in Thailand. However, from the literature, almost all Asterisk-based packages (such as Trixbox, Elastix, AsteriskNOW, EZY IP-PBX, ISANBox) still have some serious security drawbacks. So, in this paper, we have proposed to extend a VoIP package to protect against SIP flooding, SIP Registration Hijacking, RTP flooding, MITM, SVMAP, and cancel/bye attacks. Finally, the experimental results on a test-bed have demonstrated a better security performance of our new VoIP package over the previous ones.

คำสำคัญ

VoIP Package, VoIP Security, Asterisk, SIP flooding, SIP Registration Hijacking, RTP flooding

1. บทนำ

Asterisk [1] เป็นซอฟต์แวร์โทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (VoIP : Voice over Internet Protocol) แบบโอเพนซอร์ซตัวหนึ่งซึ่งเป็นที่กำลังเป็นที่นิยมและเติบโตมากทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายด้านโทรศัพท์ได้จำนวนมากและไม่เสียค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อซอฟต์แวร์ เมื่อเทียบกับเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (PSTN : Public Switch Telephone Network) ที่นิยมใช้อยู่ก่อน

ปัจจุบันได้มีผู้พัฒนาชุดซอฟต์แวร์ VoIP ที่ใช้ Asterisk เป็น IP-PBX [2] ซึ่งมีอยู่หลายตัว เช่น Trixbox [3], Elastix [4], AsterikNOW [5], EZY IP-PBX [6], ISANBox.A [7] เนื่องจากการใช้งาน ระบบ VoIP โดยตรงมีความยุ่งยาก ส่วนใหญ่จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้มากพอสมควรถึงจะสามารถติดตั้งและใช้งานได้ ชุดซอฟต์แวร์ VoIP จึงถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้งและใช้งานระบบ VoIP

ในประเทศไทยมีหลายหน่วยงานออกมาให้การสนับสนุนการใช้งาน Asterisk เพื่อเป็นระบบ VoIP เช่น คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กทช.) สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมโทรคมนาคม (TRIDI) โดยร่วมมือกับสถาบันการศึกษาพัฒนาชุดซอฟต์แวร์ VoIP ที่ใช้ Asterisk เป็น IP-PBX ขึ้นมาและผลักดันให้มีการใช้งานภายในหน่วยงานและองค์กรต่างๆ

จากงานวิจัย [8-11] ได้แสดงให้เห็นถึงปัญหาความบกพร่องจำนวนมากในระบบ VoIP ซึ่งปัญหาเหล่านั้นสามารถส่งผลเสียร้ายแรงต่อข้อมูลสำคัญและรวมไปถึงตัวระบบ VoIP และในงานวิจัย [12] ได้ทำการประเมินปัญหาด้านความมั่นคงของ

ชุดซอฟต์แวร์ VoIP 5 ตัว ที่ใช้ Asterisk เป็น IP-PBX โดยเป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซที่นิยมในท้องตลาดได้แก่ Trixbox, Elastix, AsterikNOW, EZY IP-PBX, ISANBox.A ผลคือชุดซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพด้านความมั่นคงสูงสุด คือ ISANBox.A แต่อย่างไรก็ตาม ISANBox.A ยังมีปัญหาต่อการจู่โจมแบบ SIP Flooding Attack [13] และ SIP Brute Force Attacks (การสุ่มเดา Username/Password)

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกใช้ ISANBox.A ที่มีประสิทธิภาพด้านความมั่นคงจากการประเมินของงานวิจัย [12] มาพัฒนาต่อยอดเพื่อปรับปรุงปัญหาที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข และทำการประเมินประสิทธิภาพหลังจากการพัฒนา

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

จากปัญหาด้านความมั่นคงจำนวนมากในระบบ VoIP ในผลของงานวิจัยต่างๆ (ที่ได้กล่าวมาข้างต้น) ซึ่งในชุดซอฟต์แวร์ VoIP ที่นิยมใช้กันในท้องตลาดส่วนใหญ่ยังไม่มีการแก้ไขเพื่อรับมือกับปัญหาเหล่านี้ แต่มีชุดซอฟต์แวร์ VoIP อยู่ตัวหนึ่งคือ ISANBox.A ซึ่งจากการประเมินในงานวิจัย [12] ทำให้เห็นถึงประสิทธิภาพด้านความมั่นคง แต่อย่างไรก็ตามยังมีปัญหาที่ยังไม่สามารถป้องกันได้ งานวิจัยจึงได้พัฒนาต่อยอด ISANBox.A เพื่อให้สามารถป้องกันปัญหาการจู่โจมแบบ SIP Flooding Attack และ SIP Brute Force Attacks จากนั้นทำการประเมินผลหลังจากพัฒนา

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 Asterisk

Asterisk [1] คือซอฟต์แวร์เสรีที่อยู่ภายใต้ GNU General Public License (GPL) ถูกสร้างขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1999 โดย Spencer ซึ่งทำหน้าที่หลักเป็น Softswitch, IP-PBX หรือที่เรียกว่าตู้ชุมสายโทรศัพท์ระบบ IP มีหน้าที่ในการควบคุมและจัดการบริหารการเชื่อมต่อ ระหว่างอุปกรณ์โทรศัพท์ผ่านเครือข่ายเน็ตเวิร์ค จะสามารถใช้โทรศัพท์ภายในองค์กร อีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย PSTN (Public Switch Telephone Network) ผ่านทางสาย Trunk Line ให้สามารถโทรออกไปยังโทรศัพท์บ้านทั่วไปได้

ในประเทศไทยมีหลายหน่วยงานให้การสนับสนุน และส่งเสริมการใช้งาน Asterisk เป็นระบบ VoIP เช่น คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กทช.) สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมโทรคมนาคม (TRIDI) และได้มีการร่วมมือกับสถานศึกษาที่มีชื่อเสียง เพื่อพัฒนาชุดซอฟต์แวร์ VoIP จาก Asterisk

นอกเหนือจากการพัฒนาชุดซอฟต์แวร์ VoIP ที่ใช้ Asterisk เป็น IP-PBX ยังมีงานวิจัย [14] ซึ่งได้พัฒนาบน FreeSWITCH เพื่อแก้ไขปัญหาความมั่นคงที่เกิดขึ้นเช่นกัน แต่งานวิจัยนี้ไม่ได้สนใจ FreeSWITCH แต่มุ่งเน้นการพัฒนาไปที่ Asterisk เนื่องจาก Asterisk เป็นผู้นำด้านโอเพนซอร์ซ IP-PBX ซึ่งเป็นที่รู้จักคุ้นเคยของ Admin โดยทั่วไป และที่สำคัญเป็นที่นิยมในตลาดประเทศไทย

3.2 ชุดซอฟต์แวร์ VoIP

เป็นชุดซอฟต์แวร์ที่มีการรวม Application ต่างๆ ที่จำเป็น ต่อระบบ VoIP เช่น Operating System (OS), ซอฟต์แวร์ VoIP (เช่น Asterisk FreeSWITCH [15] OpenSER [16]), Web-Interface, Database และอื่นๆ ทำให้ผู้ใช้งานติดตั้งและใช้งานได้ง่าย

Trixbox [3], Elastix [4], AsteriskNOW [5] คือชุดซอฟต์แวร์ VoIP ที่ใช้ Asterisk ทำหน้าที่หลักเป็น IP-PBX, Softswitch หรือที่เรียกว่าตู้ชุมสายโทรศัพท์ระบบและเป็นซอฟต์แวร์แบบโอเพนซอร์ซ ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถติดตั้งและใช้งานระบบ VoIP ได้ง่ายขึ้น

EZY IP-PBX [6] เป็นชุดซอฟต์แวร์สำหรับการใช้งาน ระบบ Voice Over IP (VoIP) ที่เป็นภาษาไทย โดยพัฒนาต่อจาก ANT [17]

ISANBox.A [7] เป็นชุดซอฟต์แวร์ VoIP ซึ่งมีจุดเด่นในเรื่องการความมั่นคงทั้งสัญญาณ (Signal) และภาพ-เสียง (Media) ผ่าน SRTP และ TLS อีกทั้งสนับสนุนการใช้งานระบบที่เป็นภาษาไทย

3.3 เทคนิคการจู่ระบบ VoIP

จากงานวิจัย [12] โดยได้ทำการประเมินด้านความมั่นคงของชุดซอฟต์แวร์ VoIP 5 ตัวได้แก่ Trixbox, Elastix, AsterikNOW, EZY IP-PBX, ISANBox.A ซึ่งได้ใช้เทคนิคการจู่โจม 6 แบบเพื่อใช้ในการประเมินซึ่งการจู่โจมสำคัญที่สร้าง

ผลเสียร้ายแรง งานวิจัยนี้จึงได้ทำเทคนิคการจู่โจมเหล่านั้นมาทำการประเมินชุดซอฟต์แวร์ VoIP ที่พัฒนาขึ้นดังนี้

SVMAP เป็นส่วนของชุดเครื่องมือที่เรียกว่า SIPVicious [18] ซึ่งมีความสามารถในการสแกนหาอุปกรณ์ที่เปิดใช้งาน SIP โพรโทคอล ภายในเครือข่ายเน็ตเวิร์ค แฮกเกอร์สามารถรู้ว่า IP ไหนใช้เป็น IP-PBX Server

Man-in-the-Middle (MitM) Attack คือการจู่โจมที่แฮกเกอร์เข้ามาแทรกแซงการสื่อสาร ในการสนทนาระหว่างสองฝ่าย แล้วทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลของคู่สนทนา โดยที่คู่สนทนาไม่สามารถทราบได้ว่ามีผู้อื่นเป็นผู้รับและส่งสารต่อกับคู่สนทนาของตนอยู่ ทำให้แฮกเกอร์สามารถใช้รูปแบบการโจมตีในลักษณะนี้ ในการดักฟังการสนทนาหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ทั้ง 2 ฝั่งสื่อสารกันอยู่ได้

SIP registration hijacking โดยปกติ UAC (User Agent Client) ต้องทำการยืนยันตัวตนและบอกตำแหน่ง (User location) กับ IP-PBX Server (Registrar) ก่อนจึงสามารถใช้งานได้ ในขณะนั้นหากแฮกเกอร์แทรกแซงการสื่อสาร และแก้ไข Contact field ของข้อความ SIP ให้เปลี่ยนเป็นไอพีแอดเดรสของแฮกเกอร์ ดังนั้นเมื่อมีสายเรียกเข้า (INVITE) IP-PBX Server จะทำการส่ง Packet ไปยังตำแหน่งของแฮกเกอร์ จากนั้นแฮกเกอร์จะพยายามค้นหารหัสผ่านที่ใช้ลงทะเบียนจากข้อความ SIP (REGISTER) ที่ดักรับได้ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น Directory attack, Brute-force attack เป็นต้น

SIP Flooding Attack แฮกเกอร์สามารถปลอมแปลงข้อความ (Malformed Message) ส่งให้ IP-PBX Server ในอัตราเร็วกว่าปกติ ส่งผลให้ IP-PBX Server มีภาระการทำงานเพิ่มขึ้น จึงปฏิเสธการบริการ หรือ DDoS (Distributed Denial of Service) [13] โดยปกติวิธี Flooding Attack จากต้นทางเดียว (Single Source) เป็นวิธีที่ง่ายต่อการตรวจสอบ และป้องกัน แต่ DDoS แฮกเกอร์จะปลอมเป็นเครื่องเหยื่อ หรือ IP-PBX Server แล้วจึงส่ง Packet นั้นออกไป ดังนั้น Packet จึงตอบกลับไปยังเครื่องที่ถูกแฮกเกอร์ปลอม ซึ่งเป็นวิธีที่ตรวจสอบผู้จู่โจมได้ยาก หรืออาจจะตรวจพบเป็นเครื่องเหยื่อ วิธีการนี้ส่งผลทำให้ IP-PBX Server ล่มในช่วงเวลานั้น ทำให้เครื่องลูกข่ายไม่สามารถลงทะเบียนเพื่อใช้บริการจาก IP-PBX Server ถึงแม้เครื่องลูกข่ายจะสามารถใช้งานได้ปกติก็ตาม

RTP Flooding Attack เป็นเทคนิคการจู่โจมที่คล้ายกับ SIP Flooding Attack แต่เป็นการจู่โจมบน Real Time Protocol (RTP) เพื่อทำการรบกวน RTP Packet ปกติ เป็นผลทำให้เสียงที่ได้ยินมีคุณภาพต่ำ

Cancel/Bye attack แฮกเกอร์สามารถปลอมแปลงข้อความ CANCEL หรือ BYE เพื่อยกเลิก และสิ้นสุดการโทรด้วยวิธีแก้ไขข้อความ SIP ของเหยื่อ

3.4 Fail2ban

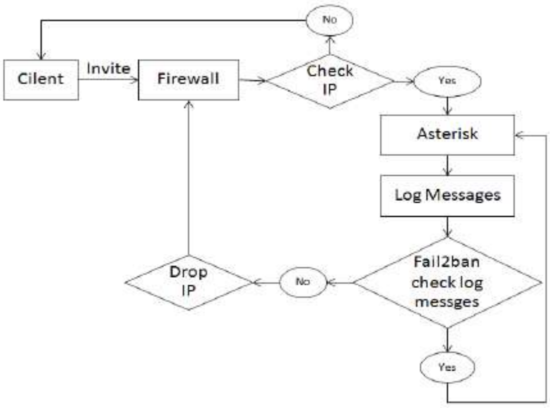
Fail2ban [19] คือซอฟต์แวร์ที่ใช้ติดตั้งบนระบบปฏิบัติการ Linux เพื่อใช้สแกนไฟล์ Log และทำการ Block IP ที่แสดงสัญญาณเป็นอันตรายต่อการคุกคามเครื่อง Fail2ban โดยทั่วไปแล้วใช้เพื่อปรับปรุงกฎไฟร์วอลล์เพื่อปฏิเสธ IP ที่ตรวจพบว่ามีการคุกคาม และมีระบบการแจ้งเตือน Fail2ban มาพร้อมกับตัวกรองสำหรับบริการต่างๆ เช่น Apache, curier, SSH, ฯลฯ

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมการพัฒนาต่อยอด

รูปที่ 1 การพัฒนาต่อยอด

จากรูปที่ 1 งานวิจัยได้ทำการนำเอา Fail2ban มารวมกับ ISANBox.A v1.0 โดยนำความสามารถ Fail2ban ในเรื่องการจัดการกับไฟร์วอลล์ เพื่อใช้ป้องกับการจู่โจมแบบ SIP Flooding Attack และ SIP Brute Force Attacks ซึ่งมีรูปแบบการทำงานและการป้องกันดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การทำงานร่วมกันของ Asterisk กับ Fail2ban

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

4.2.1 รูปแบบการป้องกัน SIP Flooding Attack และ SIP Brute Force Attacks

จากรูปที่ 2 เป็น Data Flow การทำงานร่วมกันระหว่าง Asterisk และ Fail2ban ซึ่งสามารถป้องกัน SIP flooding Attack และ SIP Brute Force Attacks โดย Fail2ban ทำหน้าที่คอยตรวจสอบ packet ที่ Asterisk ได้รับจากเครื่องเครื่องลูกข่ายว่าผิดปกติหรือไม่ ถ้ามีการตรวจพบความผิดปกติของ Packet Fail2ban จะสั่ง Drop IP นั้นทันที

4.2.2 ขั้นตอนการพัฒนา

ทำการติดตั้ง Fail2ban ซึ่งไฟล์ config สำคัญๆ ของ Fail2ban ได้แก่

```
/etc/fail2ban/filter.d/asterisk.conf
/etc/fail2ban/jail.conf
/etc/asterisk/logger.conf
```

ซึ่งไฟล์เหล่านี้ทำหน้าที่เป็นตัวกลางทำให้ Asterisk ที่อยู่ใน ISANBox.A สามารถทำงานร่วมกันกับ Fail2ban

ทดลองใช้ Backtrack 5 ทำการจู่โจมแบบ SIP Flooding Attack จากนั้นตรวจสอบไฟล์ Log ของ Asterisk ที่ /var/log/asterisk/messages จะพบการบันทึกข้อความ “rejected because extension not found in context” ที่ซ้ำกันจำนวนมากภายใน 1 วินาที โดยข้อความที่ตรวจสอบพบเป็นลักษณะการบันทึกข้อมูลการถูกจู่โจมแบบ SIP Flooding Attack

(ตัวอย่าง)

[2012-02-08 12:14:04] NOTICE[2174] chan_sip.c: Call from '' (10.35.9.23:9) to extension '2000' rejected because extension not found in context 'default'.

ทำการเพิ่มกฎการตรวจสอบเข้าไปในไฟล์ asterisk.conf เพื่อให้ Fail2ban ทำการตรวจสอบความผิดปกติของ Packet และ Drop IP ที่กำลังจู่โจมในขณะนั้น

(กฎ)

NOTICE.* .*: Call from '.*' \(<HOST>\) to extension '.*' rejected because extension not found in context '.*'.

ทดลองใช้ Softphone ทำการจู่โจมแบบ SIP Brute Force Attacks โดยสุ่มเดา Username/Password ซ้ำๆ ตรวจสอบไฟล์ Log ของ Asterisk ที่ /var/log/asterisk/messages จะพบการบันทึกข้อความ “No matching peer found” จำนวนมาก ซึ่งนั้นเป็นการบ่งบอกถึงมีการสุ่มเดา Username/Password เข้ามาที่ Asterisk

(ตัวอย่าง)

[2012-02-09 12:19:04] NOTICE[8818] chan_sip.c: Registration from '1000<sip:1000@10.35.9.20>' failed for '10.35.9.23' - No matching peer found

ทำการเพิ่มกฎการตรวจสอบให้กับ Fail2ban เพื่อให้ทำตรวจสอบความผิดปกติของ Packet และ Drop IP ที่กำลังจู่โจมในขณะนั้น

(กฎ)

NOTICE.* .*: Registration from '.*' failed for '<HOST>' - No matching peer found

4.2.3 สร้างแผ่นติดตั้ง ISANBox.A 1.1

รูปที่ 3 ISANBox.A 1.1

เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้งและใช้งาน งานวิจัยจึงได้นำส่วนที่พัฒนาขึ้นรวมเข้ากับ ISANBox.A 1.0 ที่เป็นตัวเดิม แล้วสร้างเป็นแผ่นการติดตั้งใหม่ขึ้นมาซึ่งเรียกว่า ISANBox.A 1.1 โดยมีหน้าการติดตั้งดังรูปที่ 3 ซึ่งสามารถดาวน์โหลดแผ่นติดตั้งพร้อมคู่มือการใช้งานได้ที่ http://www.isan.msu.ac.th/isan/products.php

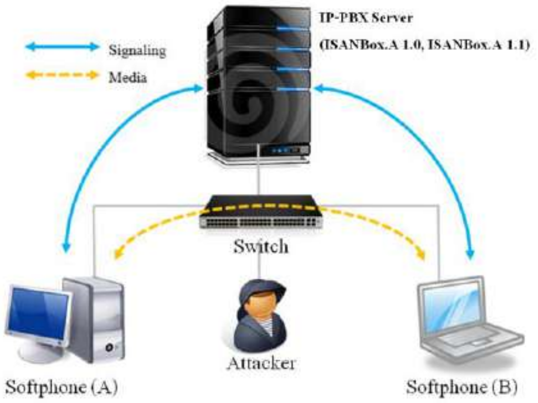
4.3 ข้อจำกัดของระบบ

Fail2ban ยังมีข้อจำกัดในการเพิ่มกฎการตรวจสอบที่จะต้องเพิ่มแบบ Manual ซึ่ง admin ต้องคอยตรวจสอบ Log

Messages ที่ผิดปกติใหม่ๆ อยู่เสมอ เพราะกฎที่ได้เพิ่มไปก่อนหน้านี้อาจจะมีรูปแบบข้อความไม่เหมือนเดิมกับข้อความใหม่ที่ได้รับ และต้องเพิ่มกฎใหม่ให้กับ Fail2ban อยู่เสมอ ซึ่งอาจทำให้ยุ่งยาก

5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ



รูปที่ 4 test-bed

การทดสอบประสิทธิภาพของการป้องกัน SIP flooding Attack ของ ISANBox.A 1.1 โดยทำการเปรียบเทียบ ISANBox.A ตัวเดิม โดยทำการโดยเชื่อมต่อเครื่องลูกข่ายกับ IP-PBX Server ผ่าน Switch L2 ส่วนเครื่อง Attacker เชื่อมต่อเข้ากับ Switch ตัวเดียวกันดังรูปที่ 4

เครื่อง IP-PBX Server : Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E7300 2.66 GHz, 2 GB of RAM, 10/100 Mbps Ethernet interface card

เครื่องลูกข่ายทั้ง 2 เครื่อง : ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 7, Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU 1.83 GHz, 3 GB of RAM, 10/100 Mbps Ethernet interface card และทำการติดตั้ง PhonerLite [20] เพื่อเป็น Softphone

เครื่องแฮกเกอร์ : ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 7 Intel(R) Core(TM)i5-2500 CPU 3.30 GHz, 4 GB of RAM, 10/100 Mbps Ethernet interface card

เครื่องมือที่ใช้ในการจู่โจม ได้แก่ Backtrack 5, Wireshark v1.4.7

งานวิจัยเลือกใช้ชุดซอฟต์แวร์ VoIP ซึ่งเป็นที่นิยมในท้องตลาด ได้แก่ Trixbox, Elastix, และ ISANBox.A เวอร์ชันเดิม เพื่อนำมาประเมินเปรียบเทียบกับ ISANbox.A เวอร์ชันใหม่ โดยการใช้เทคนิคการจู่โจมที่เป็นปัญหาสำคัญๆ และส่งผลเสียร้ายแรงต่อระบบ VoIP เพื่อใช้ประเมินความมั่นคงชุดซอฟต์แวร์ VoIP ดังนี้

(1) SVMAP เพื่อสแกนหา Server ที่เปิดใช้งาน SIP โพรโทคอล
(2) SIP Registration Hijacking เพื่อดักจับข้อมูล SIP (REGISTER) และค้นหารหัสผ่านของผู้ใช้บริการ
(3) SIP Brute Force Attacks
(4) MITM Attack เพื่อดักฟังการสนทนา
(5) SIP Flooding Attack เพื่อให้ปฏิเสธการบริการ
(6) RTP Flooding Attack เพื่อรบกวนการสนทนา
(7) Cancel/Bye Attack เพื่อทำให้การสื่อสารล้มเหลว

5.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการด้านความมั่นคง

จากผลการทดลอง ISANbox.A v1.1 สามารถป้องกันการการจู่โจมได้ทั้งหมดรวมไปถึง SIP Flooding Attack ที่พัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาจาก ISANbox.A v1.0 ส่วน EZY IP-PBX, Trixbox และ Elastix ไม่สามารถป้องกันการจู่โจมทั้ง 6 เทคนิค ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านความมั่นคง

IP-PBX / Features	ISANBox.A V1.1	ISANBox.A V1.0	EZY IP-PBX	Trixbox CE 2.8.0.4	Elastix 2.3.0
SIP Flooding Attack	✓	✕	✕	✕	✕
SIP Brute Force Attacks	✓	✕	✕	✕	✕
SIP Registration Hijacking	✓	✓	✕	✕	✕
MITM Attack	✓	✓	✕	✕	✕
SVMAP	✓	✓	✕	✕	✕
RTP Flooding Attack	✓	✓	✕	✕	✕
Cancel/Bye Attack	✓	✓	✕	✕	✕

(✓ ป้องกันได้, ✕ ป้องกันไม่ได้)

6. บทสรุป

ผลการวิจัยมุ่งเน้นการสร้างชุดซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซสำหรับโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีประสิทธิภาพด้านความมั่นคง เพราะเหตุผลอับดับแรกของการเลือกใช้ชุดซอฟต์แวร์เพื่อเป็นระบบ VoIP คงจะเป็นเรื่องความมั่นคงของข้อมูล โดยจะช่วยให้ข้อมูลที่สำคัญและเป็นความลับมีความมั่นคงไม่รั่วไหล

จนทำให้เกิดผลเสียร้ายแรงต่อหน่วยงานหรือองค์กรที่ได้ใช้ชุดซอฟต์แวร์ VoIP ซึ่ง ISANBox.A v1.1 สามารถป้องกันปัญหาจากการจู่โจมสำคัญๆ ที่มีผลเสียร้ายแรงต่อข้อมูลและตัวระบบ VoIP แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยไม่ได้มุ่งเน้นเพียงด้านความมั่นคงให้กับชุดซอฟต์แวร์แต่ยังมุ่งเน้นในเรื่องการติดตั้งและใช้งานที่ง่ายอีกทั้งยังสนับสนุนการใช้งานที่เป็นภาษาไทยเพื่อเป็นการผลักดันและสนับสนุนการใช้งาน VoIP ภายในประเทศไทยให้แพร่หลายยิ่งขึ้น

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

การพัฒนาต่อยอด ISANBox.A ซึ่งได้แก้ไขปัญหาจากการจู่โจมสำคัญๆ แต่อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหายังไม่ครอบคลุมเท่าที่ควร ยังมีเทคนิคการจู่โจมอีกหลายอย่างที่เป็นปัญหาต่อข้อมูลและตัวระบบ VoIP ที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข อีกทั้งส่วนการใช้งาน Web-Interface ที่ยังขาดความสามารถในการจัดการกับบางฟังก์ชันของ Asterisk ที่จำต้องใช้งาน ซึ่งจะเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาต่อยอด ISANBox.A ต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยจนประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Asterisk. [online]. 2010 [cited 8 August 2011]; http://www.asterisk.org.

[2] IP-PBX. [online]. 4 December 2011 [cited 8 November 2011]; http://en.wikipedia.org/wiki/IP_PBX.

[3] Trixbox. [online]. 2011 [cited 8 August 2011]; http://www.fonality.com/trixbox.

[4] Elastix. [online]. 2011 [cited 18 June 2011]; http://www.elastix.org.

[5] AsteriskNOW. [online]. 2010 [cited 8 August 2011]; http://www.asterisk.org.

[6] EZY IP-PBX. [online]. 8 February 2010 [cited 8 September 2011]; http://voip.sit.kmutt.ac.th/vcww.php.

[7] สมนึก พ่วงพรพิทักษ์ และปิยวัจน์ ค้าสบาย. ISANBox. [ออนไลน์]. 23 มีนาคม 2554 [สืบค้นเมื่อ 19 พฤศจิกายน 2554]; http://www.isan.msu.ac.th/isan/ISANBox.

[8] D. Sisalem JK, and S. Ehlert,. Denial of Service Attacks Targeting a SIP VoIP Infrastructure: Attack Scenarios and Prevention Mechanisms. IEEE Network; September 2006; pp. 26 - 31

[9] S. Salsano LVaDP. SIP security issues: the SIP authentication procedure and its processing load. IEEE Network; 24-28 April 2006; pp. 3187-3191.

[10] S. Sawda and P. Urien. SIP Security Attacks and Solutions: A state-of-the-art review. In Proceedings of ICTTA '06; 24-28 April 2006; Damascus, Syria. pp. 3187-3191.

[11] ปิยวัจน์ ค้าสบาย และสมนึก พ่วงพรพิทักษ์. การประเมินปัญหาด้านความมั่นคงของซอฟต์แวร์เสรีสาหรับโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายไอพี. Proceedings of National Conference on Computer Information Technologies (CIT); 13-15 มกราคม 2553; จันทบุรี. หน้า 33-38.

[12] คธาวุฒิ จันบัวลา และสมนึก พ่วงพรพิทักษ์. การประเมินปัญหาด้านความมั่นคงของชุดซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซสำหรับโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต. Proceedings of National Conference on Computer Information Technologies (CIT); 13 กุมภาพันธ์ 2555; เชียงใหม่.

[13] D. Sisalem, J. Kuthan, and S. Ehlert. Denial of Service Attacks Targeting a SIP VoIP Infrastructure: Attack Scenarios and Prevention Mechanisms. IEEE Network; September 2006; pp. 26-31.

[14] ประดิษฐ์ วงศ์สกุล, ปิยะนัฐ สุยังกุล, สมนึก พ่วงพรพิทักษ์. ระบบให้บริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตแบบมั่นคงโดยการต่อยอดฟรีสวิตช์. Proceedings of National Conference on Computer Information Technologies (CIT); 13 กุมภาพันธ์ 2555; เชียงใหม่.

[15] FreeSWITCH. [online]. 2010 [cited 20 August 2011]; http://www.freeswitch.org.

[16] Kamailio(OpenSER). [online]. 18 October 2011 [cited 30 August 2011]; http://www.kamailio.org.

[17] ANT. [online]. 8 February 2009 [cited 8 September 2011]; http://voip.sit.kmutt.ac.th/ant.php.

[18] SIPVicious. [online]. 2011 [cited 19 August 2011]; http://code.google.com/p/sipvicious/.

[19] Fail2ban. [online]. 7 September 2009 [cited 14 July 2011]; http://www.fail2ban.org/wiki/index.php/Main_Page.

[20] PhonerLite. [online]. 3 January 2012 [cited 16 July 2011]; http://www.phonerlite.de.

ระบบส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายไร้สายและการสอบเทียบ สำหรับเครื่องมือตรวจวัดทางธรณีเทคนิค สำหรับบริเวณ Area 4.1 ในเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

ธันวุฒิ วิวัฒน์ถาวรวงศ์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
g5314501147@ku.ac.th

พีระยศ แสนโภชน์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
และคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
ราชภัฏอุดรธานี อุดรธานี
fengpyp@ku.ac.th

บารเมศ วรรธนะภูติ
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
fengbmv@ku.ac.th

นายปริญญา ศรีธานี
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
g5214502893@ku.ac.th

วีริศ ถีราวุฒิ
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
g5314502534@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยย่อยนี้ดำเนินการเพื่อพัฒนาอุปกรณ์เฝ้าติดตามการเคลื่อนตัวของผนังบ่อเหมือง จากการทำเหมืองเปิดในพื้นที่บริเวณ Area 4.1 ที่เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยใช้เครื่องมือต้นแบบทางธรณีเทคนิค คือ Wire Extensometer และ Borehole Jointmeter โดยการพัฒนาเครื่องมือต้นแบบทางธรณีเทคนิค เพื่อใช้ตรวจวัดพฤติกรรมทางด้านเสถียรภาพของเชิงลาด นั้นจะต้องทนต่อสภาพแวดล้อมในสนาม ติดตั้งได้สะดวก และราคาประหยัด รวมทั้งพัฒนาชุดจัดเก็บข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย มาจัดเก็บยังคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและแจ้งเตือนเหตุการณ์ที่ไม่ปกติต่อไป

Abstract

A geotechnical instrumentation with remote monitoring system used to monitor for a motive opencast in the area 4.1 at Mae Moh mine, Thailand. The instrumentations contain wire extensometer, and Borehole Joint Meter. The development of the model instrument is for measuring shear zone, and it is durable and convenient. Moreover, it can collect data by using wireless network system, and save in the computer for warning unusual situations.

คำสำคัญ

เสถียรภาพเชิงลาด, ระบบการตรวจสอบระยะไกล, ระบบจัดเก็บข้อมูล, ระบบสื่อสารไร้สาย, ระบบเตือนภัย, Wire Extensometer, Borehole Jointmeter

1. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

งานวิจัยนี้เกิดขึ้นเนื่องจากทางการไฟฟ้าแม่เมาะ ได้คำนึงถึงการพังทลายของหน้าดินและพื้นที่บริเวณรอบๆ เมื่อมีการขุดแร่ลิกไนต์เพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นเพื่อให้การขุดแร่ลิกไนต์มีประสิทธิภาพสูงสุด ก่อนที่หน้าดินจะพังทลายและสร้างความเสียหายให้กับหน่วยงานและผู้ปฏิบัติงาน จึงต้องทำการติดตั้งระบบตรวจวัดและเตือนภัย โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานเป็นอันดับสูงสุด โดยที่ระบบเตือนภัยจะทำหน้าที่คอยแจ้งเตือนให้ผู้ที่รับผิดชอบหรือผู้ที่ปฏิบัติงานสามารถอพยพออกมาจากพื้นที่เสี่ยงภัยได้ทันเวลาก่อนที่หน้าดินจะพังทลายลงมา

งานวิจัยนี้ได้เพิ่มเติมในส่วนของการสอบเทียบข้อมูลของเครื่องวัด จาก [8] เพื่อให้ประสิทธิภาพในการวัดดียิ่งขึ้น

รูปที่ 1. บริเวณ Area 4.1 เมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ปริมาณการเคลื่อนตัวของเชิงลาดจาก Wire Extensometer เป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของลวดในกรณีการพิบัติเป็นแบบ Translational Slide ซึ่งมีสมมุติฐานดังนี้ เมื่อมีการเคลื่อนตัวเกิดขึ้นในระนาบพิบัติเพียงหนึ่งระนาบโดยที่ชั้นหินด้านบนและด้านล่างระนาบพิบัติไม่เกิดการเสียรูปขณะเชิงลาดมีการเคลื่อนตัว หลุมเจาะซึ่งติดตั้ง Wire Extensometer ต้องเป็นแนวดิ่งและปลายของลวดต้องยึดติดแน่นกับก้นหลุมเจาะซึ่งลึกกว่าระนาบพิบัติ ซึ่งวิธีคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของลวดในหลุมเจาะใช้หลักการทางเรขาคณิตเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของเชิงลาดกับการเคลื่อนที่สุทธิของลวด

เมื่อระนาบพิบัติเคลื่อนตัวส่งผลให้ผนังหลุมเจาะดันปลายด้านบนของ Borehole Joint Meter และเกิดการโก่งตัวของ Steel Bar และเกิดโมเมนต์ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นใน Steel Bar ซึ่งเปรียบเสมือนคานรับแรงในแนวตั้งฉากกับแนวแกน และเกิดการเสียรูปของคาน (Beam Deflection) โดยเครื่องมือ Borehole Joint Meter ถูกออกแบบเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการโก่งตัวของคาน คือ Restrained End Type และ Cantilever End Type โดยมีสมมุติฐานในการวิเคราะห์คือ วัสดุ Stainless Steel Bar ต้องมีคุณสมบัติทางอิลาสติก ตาม Hooke's Law ค่า Modulus of Elasticity สำหรับแรงกดและแรงดึงมีค่าเท่ากัน Stainless Steel Bar ต้องตรง และมีขนาดหน้าตัดคงที่

ระยะการเคลื่อนตัวและการโก่งตัวของ Steel Bar สามารถวิเคราะห์ได้โดยวิธี Double-Integration Method หรือ Area-Moment Method โดยมีผลลัพธ์ของสมการขึ้นกับลักษณะการโก่งตัว

3. รายละเอียดการพัฒนา

อุปกรณ์ตรวจวัดพฤติกรรมเชิงลาดในสนามที่นิยมสำหรับงานธรณีเทคนิค สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ การวัดหน่วยแรงในมวลดินหรือหิน, การวัดการเคลื่อนตัว และการวัดแรงดันน้ำ

โดยโครงการวิจัยนี้จะเน้นพัฒนาและออกแบบเครื่องมือตรวจวัดทางธรณีเทคนิคเพื่อตรวจวัดการเคลื่อนตัวเชิงลาดชนิด Translation Slide และหน่วยแรงที่เปลี่ยนแปลงในมวลหิน ควบคู่กับการออกแบบและพัฒนาระบบส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายไร้สาย เพื่อให้สามารถจัดเก็บข้อมูลและประเมินความปลอดภัยของเสถียรภาพเชิงลาดได้สะดวกยิ่งขึ้น

3.1 ภาพรวมของระบบ

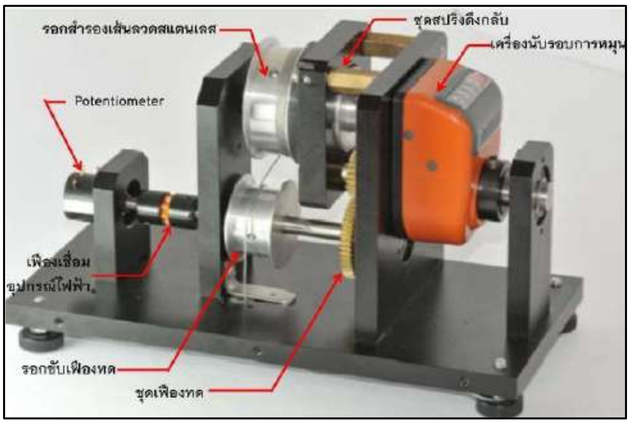
เครื่องมือตรวจวัดทางธรณีทำหน้าที่เก็บข้อมูลการเคลื่อนตัวของพื้นที่ที่ต้องการตรวจวัด แล้วส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้จัดเก็บข้อมูล เพื่อประมวลผลและแจ้งเตือนต่อไป

3.2 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือต้นแบบ Wire Extensometer (Slope Extensometer)

เครื่องมือ Wire Extensometer (รูปที่ 2) เป็นอุปกรณ์ใช้ตรวจวัดการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่าง 2 ตำแหน่ง เช่น ตำแหน่งที่เชิงลาดมีการเคลื่อนตัว และตำแหน่งที่ไม่เคลื่อนตัว

กลไกการทำงานของ Wire Extensometer คือ การนำลวดสเตนเลส ปลายด้านหนึ่งยึดติดกับชั้นหินที่ไม่เคลื่อนตัวก้นหลุมเจาะ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่ง ยึดติดกับกล่องชุดอุปกรณ์ Wire Extensometer ซึ่งติดตั้งบนแท่นเหนือหลุมเจาะบนผิวเชิงลาด ขณะที่เชิงลาดมีการเคลื่อนตัว ลวดจะเคลื่อนตัวชุดเพลาและเฟืองซึ่งเชื่อมต่อกับรอกและขับมาตรวัด ซึ่งแสดงปริมาณการเคลื่อนตัวของลวดและสัมพันธ์กับปริมาณการเคลื่อนตัวของเชิงลาด นอกจากนี้ชุดเพลายังเชื่อมต่อกับ Potentiometer

ซึ่งจะให้สัญญาณไฟฟ้าสัมพันธ์กับองศาและรอบการหมุนของชุดเพลา จากนั้นสัญญาณไฟฟ้าที่ต่อเชื่อมกับระบบสื่อสารจะส่งข้อมูลมายังวิศวกรเพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป



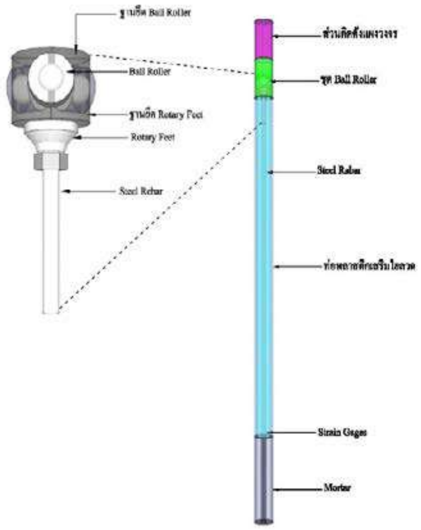
รูปที่ 2. Wire Extensometer

3.3 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือต้นแบบ

Borehole Jointmeter

เครื่องมือ Borehole Jointmeter (รูปที่ 3) เป็นเครื่องมือตรวจวัดที่มีความแม่นยำสูง นิยมใช้ในการวัดการเคลื่อนตัวของรอยแตก รอยเลื่อน หรือระนาบที่มีการเคลื่อนตัวใต้ผิวดิน โดยเครื่องมือ Borehole Jointmeter จะติดตั้งในหลุมเจาะ บริเวณระนาบหรือโซนที่คาดว่าจะมีการเคลื่อนตัว

เครื่องมือ Borehole Jointmeter ประกอบด้วยแท่งเหล็ก ซึ่งมี Strain Gage ติดตั้งปลายด้านล่างต่อเชื่อมกับท่อนเหล็กเพื่อถ่วงน้ำหนักและยึดติดกับหลุมเจาะ ส่วนปลายด้านบนยึดติดกับชุดลูกบอล เพื่อให้ปลายด้านบนสามารถเคลื่อนตัวได้ ทั้งแบบอิสระและไม่เกิดโมเมนต์ที่ปลายด้านบน (Cantilever End) และแบบเกิดโมเมนต์ที่ปลายด้านบน (Restrained End) ในรูปที่ 4 เมื่อชั้นหินมีการเคลื่อนตัวจะดันให้ปลายด้านบนของ Borehole Jointmeter เกิดการเคลื่อนที่และเกิดความเครียดในแท่งเหล็ก จากนั้นสัญญาณไฟฟ้าจาก Strain Gage จะส่งสัญญาณไฟฟ้ามายังเครื่องรับสัญญาณที่ผิวดินเพื่อประมวลผลต่อไป



รูปที่ 3. Borehole Jointmeter

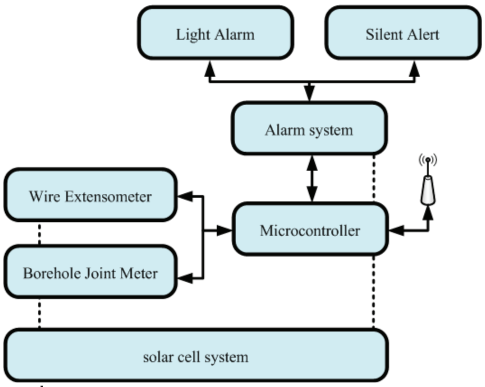
รูปที่ 4. Restrained และ Cantilever

3.4 การออกแบบและพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและประมวลผลผ่านเครือข่ายไร้สาย

ระบบจัดเก็บข้อมูลและประมวลผลผ่านเครือข่ายไร้สายแบ่งเป็น 2 ส่วนที่สำคัญคือ ส่วนที่ติดตั้งในพื้นที่ที่ต้องการตรวจสอบและส่วนที่ติดตั้งในกองวิศวกรรมธรณี

3.5 ส่วนที่ติดตั้งในพื้นที่ที่ต้องการตรวจสอบ

ระบบส่งสัญญาณจะติดตั้งกับชุดเครื่องมือตรวจวัดในส่วนนี้จะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการติดตั้งและแหล่งพลังงานที่จะมาใช้จ่ายไฟให้แก่ระบบ รวมทั้งการที่ระบบจะจัดส่งข้อมูลผ่านระบบไร้สายไปยังส่วนที่ใช้จัดเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูล ทั้งนี้ในเมื่อเกิดสภาวะผิดปกติ จะต้องสามารถแจ้งเตือนสัญญาณได้ถูกต้อง โดยจะมีแผนผังหลักการทำงานดังรูปที่ 5



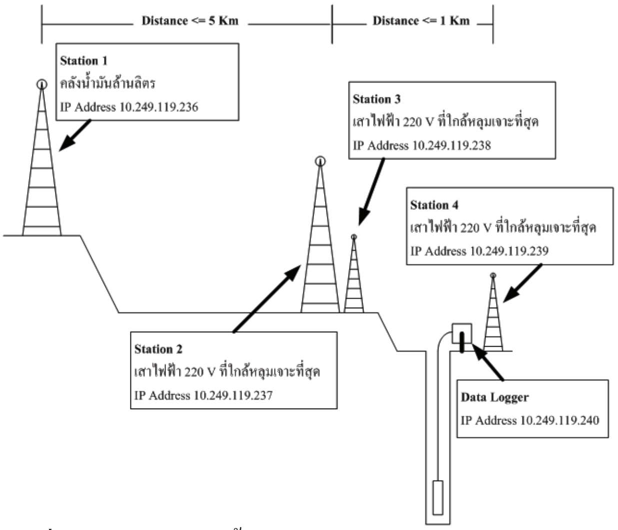
รูปที่ 5. แผนผังการทำงานของระบบจัดเก็บข้อมูล ที่ทำการติดตั้งในพื้นที่ที่ต้องการตรวจสอบ

เนื่องจากในปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์มีความสามารถมากขึ้นจึงสามารถรวมส่วน ระบบส่งสัญญาณ และระบบประมวลผลมาไว้ในไอซีตัวเดียวได้ จึงทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์และระบบประมวลผลสัญญาณรวมไว้ในตัวเดียวกันได้ เพื่อความสะดวกและลดจำนวนอุปกรณ์

ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น MSP430F47197 จากผู้ผลิต Texas Instruments ได้นำมาใช้พัฒนาชุดอุปกรณ์ตรวจวัด เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ต่ำและมีจำนวนช่องสัญญาณการแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอลที่เพียงพอต่อการใช้งาน และยังสามารถวัดสัญญาณอนาล็อคที่มีขนาดน้อยๆได้ดี

รูปที่ 6. IC MSP430F ของ 47197Texas Instruments

สำหรับระบบส่งสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งข้อมูลไปยัง คอมพิวเตอร์ จะใช้ระบบการส่งสัญญาณไร้สาย เข้ามาช่วยในการส่งสัญญาณ เนื่องจากทางการไฟฟ้าแม่เมาะได้มีระบบสื่อสารไร้สาย (wireless network) ติดตั้งไว้อยู่แล้ว จึงทำให้สะดวกต่อการใช้งาน และในกรณีที่มีชุดตรวจวัดหลายๆจุดทำให้ติดตั้งเพิ่มได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยมีลักษณะการส่งสัญญาณดังรูปที่ 7

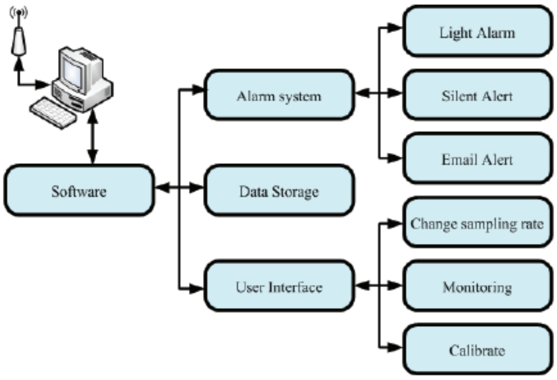


รูปที่ 7. แผนผังการติดตั้งเสาส่งสัญญาณไร้สาย ให้สามารถใช้งานได้ในบริเวณ Area 4.1

ทางด้านพลังงาน จะใช้ระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เป็นระบบจ่ายพลังที่ต้องเนื่อง ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่ต้องให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าไปเปลี่ยนแบตเตอรี่ จึงทำให้มีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น

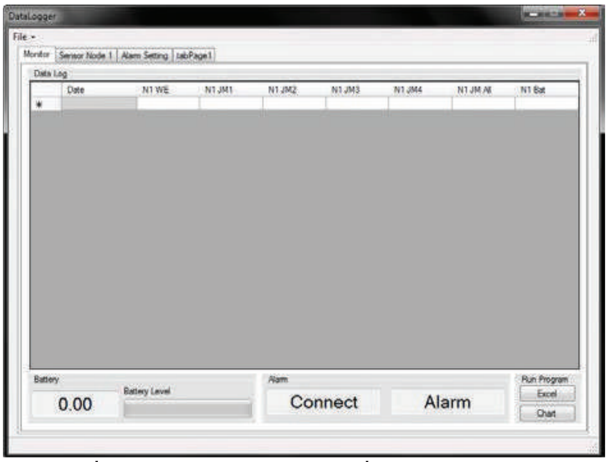
3.6 ส่วนที่ติดตั้งในกองวิศวกรรมธรณี

ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ ที่ทำการรับข้อมูลอยู่ที่กองวิศวกรรมธรณี ส่วนนี้จะรับข้อมูลมาจากพื้นที่ตรวจสอบ และนำข้อมูลที่ได้ทำการจัดเก็บและประมวลผลเพื่อแจ้งวิศวกรผู้ดูแลระบบโดยมีหลักการทำงานดังรูปที่ 8

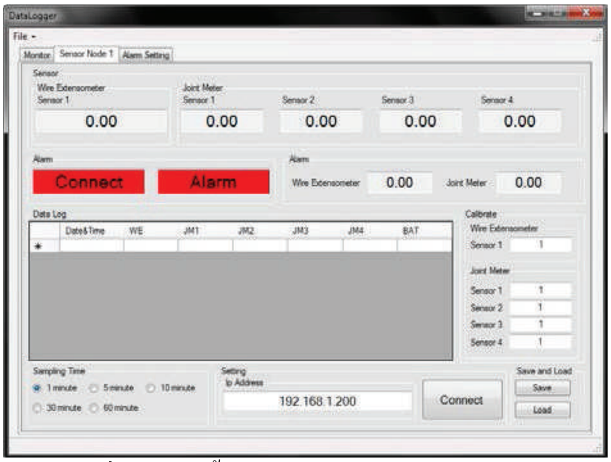


รูปที่ 8. แผนผังการทำงานของคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ ที่ทำการรับข้อมูลอยู่ที่กองวิศวกรรมธรณี

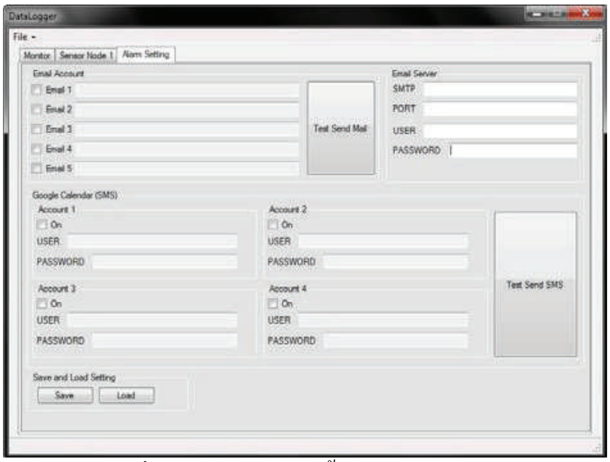
ส่วนที่ติดตั้งในกองวิศวกรรมธรณีจะประกอบไปด้วย คอมพิวเตอร์พื้นฐานที่สามารถเปิดได้ตลอด 24 ชั่วโมง รวมทั้งมีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายไร้สาย และคอมพิวเตอร์จะต้องติดต้องทำการติดตั้งซอฟต์แวร์ เพื่อที่ทำการเก็บข้อมูลมาเพื่อมาวิเคราะห์ และแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการไม่ปกติไปยังผู้ดูแล ทั้งทาง Email สัญญาณเสียง และ สัญญาณไฟกระพริบ โดยส่วนของ ซอฟต์แวร์ ประกอบไปด้วย ส่วนแสดงผลข้อมูล เป็นส่วนที่แสดงผลข้อมูลที่ได้มาจากชุดตรวจวัดต่างๆ เพื่อมาแสดงผลดังรูปที่ 9 ส่วนการปรับแต่งความถี่ในการวัดข้อมูลของชุดตรวจวัด ตั้งค่า IP Address ของชุดตรวจวัด ดูข้อมูลที่ชุดตรวจวัดส่งมา ปรับแก้ค่าให้มีความเที่ยงตรงจะแสดงดังรูปที่ 10 ส่วนการตั้งค่าการแจ้งเตือนจะสามารถแก้ปรับแต่งค่าได้ จะแสดงไว้ในรูปที่ 11



รูปที่ 9.หน้าต่างแสดงผลข้อมูลที่ได้จากชุดตรวจวัด



รูปที่ 10. ส่วนตั้งค่า IP Address ของ ชุดตรวจวัด



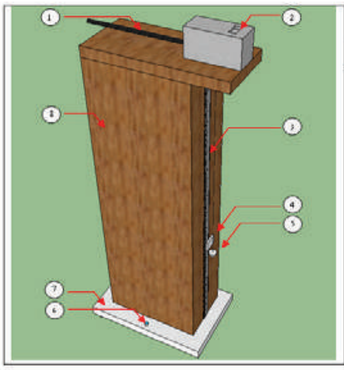
รูปที่ 11. หน้าต่างการตั้งค่าการแจ้งเตือน

4. การทดสอบการใช้งาน

การสอบเทียบชุดเครื่องมือจะดำเนินการในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเมื่อผ่านการสอบเทียบแล้ว จะส่งชุดเครื่องมือ ไปสอบเทียบที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (ฝ่ายมาตรวิทยามิติ) เพื่อออกใบรับรองคุณภาพและมาตรฐานของเครื่องมือตามมาตรฐานแห่งชาติและมาตรฐานสากล

4.1 การสอบเทียบ Wire Extensometer

สำหรับการสอบเทียบ Wire Extensometer จะทำการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของลวดโดยเทียบกับสเกลมาตรฐาน (เช่น ไม้บรรทัด และตลับเมตร) เทียบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องนับรอบการหมุน แสดงดังรูปที่ 12

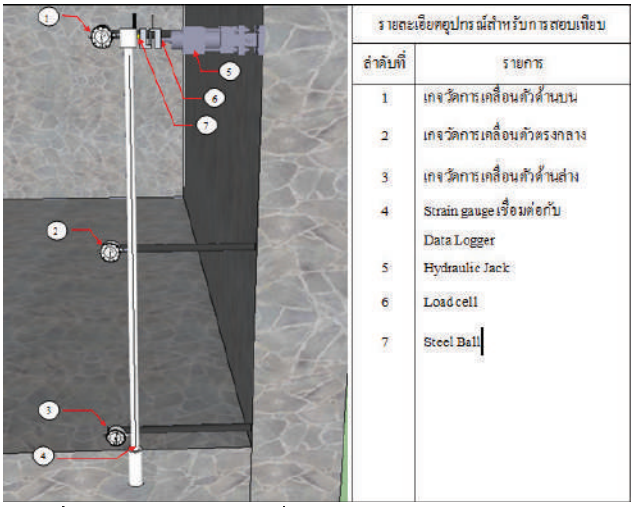


รายละเอียดอุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบ	
ลำดับที่	รายการ
1	สายส่งเพื่ออ่านค่าแบบดิจิตอล
2	ระบบอ่านค่าแบบอนาล็อก
3	เสกลมาตรฐาน
4	กระจกสำหรับเล็งอ่านระดับ
5	จุดอ่านค่าระดับ
6	ระดับน้ำเพื่อตั้งฐานเครื่องมือ
7	ฐานปรับระดับ
8	แท่นยึดเครื่องมือสอบเทียบ

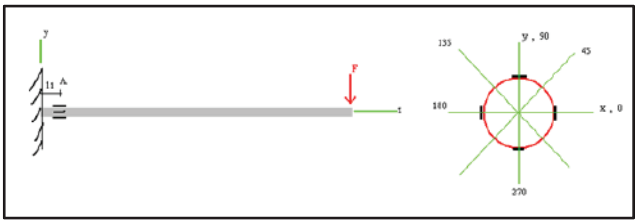
รูปที่ 12. การสอบเทียบเครื่องมือ Wire Extensometer ในห้องปฏิบัติการ

4.2 การสอบเทียบ Borehole Joint Meter

การสอบเทียบ Borehole Joint Meter ในห้องปฏิบัติการ จะทำการตรวจวัดการเคลื่อนตัวตามแนวแรงซึ่งกระทำตั้งฉากกับแกน Borehole Joint Meter และตรวจวัดค่าความเครียด ณ ตำแหน่งปลาย Fix End ของ Borehole Joint Meter เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำ การเคลื่อนตัว และค่าความเครียด โดยมีลักษณะวิธีการสอบเทียบดังภาพที่ 13 โดยทำการตรวจสอบทั้ง 3 แนวแกนซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งติดตั้ง Strain Gage ดังรูปที่ 14 โดยให้แรงกระทำตามแนวแกน x (0 และ 180 องศา) แกน y (90 และ 270 องศา) และแกน xy (45 และ 135 องศา)



รูปที่ 13. การสอบเทียบเครื่องมือ Borehole Joint Meter ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 14. ทิศทางแรงที่กระทำในระหว่างการสอบเทียบ และตำแหน่งติดตั้ง Strain Gage

4.3 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากผลการสอบเทียบเครื่องมือ Wire Extensometer จะสามารถเทียบระยะทางเป็นแรงดันได้เลยดังตารางที่ 1.1 ส่วนการสอบเทียบ Borehole Joint Meter เราสามารถเปรียบเทียบแรงที่กระทำต่อ Borehole Joint Meter มาเป็นแรงดันทางไฟฟ้า เพื่อจะนำค่าแรงดันทางไฟฟ้าที่ได้ส่งสัญญาณมาเพื่อประมวลผลต่อไป

ตาราง 1. การสอบเทียบ Wire Extensometer

Standard scale	The device displays a number		Data logger
mm.	READ	ERROR	READ
0	0	0.0	322
307	303.0	4.0	1317
197	194.8	2.2	960
430	424.5	5.5	1717
721	712.9	8.1	2667
96	95.6	0.4	636
93	92.0	1.0	625
683	674.7	8.3	2542
549	542.8	6.2	2108
192	190.0	2.0	944
519	512.2	6.8	2005
587	579.0	8.0	2229
351	347.4	3.6	1463
787	777.5	9.5	2886

ตาราง 2. ตัวอย่างการสอบเทียบ Borehole Joint Meter ที่มุม 0 องศา

Degree	Delta (mm.)	Poving ring READ (mm.)	Force (Kg)	Data Logger SG1 + SG2 READ (mV.)	Data Logger SG3+SG4 READ (mV.)	Volt Meter SG1 + SG2 READ (mV.)	Volt Meter SG3+SG4 READ (mV.)
0	0	0	0.0	15.97	15.28	16.00	15.30
	10	11.0	7.1	15.97	14.32	16.00	14.30
	20	23.0	14.7	15.99	13.34	16.00	13.30
	30	34.0	21.8	15.99	12.41	16.00	12.40
	40	45.0	28.8	16.02	11.45	16.00	11.40
	30	33.0	21.2	16.02	12.49	16.00	12.40
	20	20.5	13.1	16.00	13.50	16.00	13.50
	10	9.0	5.8	16.00	14.52	16.00	14.50
	0	0.0	0.0	15.96	15.31	16.00	15.30

5. บทสรุป

ผลการดำเนินงานจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคืองานพัฒนาตัวเครื่องมือตรวจวัดและงานพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและประมวลผลผ่านเครือข่ายไร้สาย

งานพัฒนาเครื่องมือตรวจวัด Wire Extensometer และ Borehole Joint Meter ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขรายละเอียดชิ้นส่วนอุปกรณ์ประกอบเครื่องมือเพื่อให้ระบบการทำงานของเครื่องมือเป็นไปตามทฤษฎีและสามารถติดตั้งได้ในสนาม

ส่วนงานพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและประมวลผลผ่านเครือข่ายไร้สาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบซอฟต์แวร์สำหรับเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือกับเครื่องแปลงสัญญาณไฟฟ้า และซอฟต์แวร์สำหรับเครื่องแปลงสัญญาณไฟฟ้าส่งสัญญาณเครือข่ายไปให้ระบบจัดเก็บข้อมูล รวมทั้งออกแบบระบบกำเนิดและเก็บไฟฟ้าเพื่อติดตั้งบริเวณพื้นที่ศึกษา

6. กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยในโครงการนี้ขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และ ขอขอบคุณกองวิศวกรรมธรณีแม่เมาะ ที่คอยกำกับดูแลและให้ข้อเสนอแนะในระหว่างการศึกษาวิจัยนี้ด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Sellers, J. B., “The Measurement of Stress Changes in Rock Using the Vibrating Wire Stress meter”, Proceedings of the International Symposium on Field Measurements in Rock Mechanics, Zurich, Kovari (ED.), Balkema, Rotterdam, Vol. 1, pp.275-288, 1977.

[2] Shuri. F.S., and G.E. Green, “Instrumentation for Nuclear Waste Studies in Salt”, submitted to 2nd International Symposium on Field Measurement in Geomechanics, Kobe, Japan, 1987.

[3] Angeli, M.G., P. Gasparetto, S. Silvano and G. Tonetti,. “An automatic recording system to detect the critical stability of slopes,” Proc. 5th Int. Symposium on Landslides, Lausanne Vol. 1. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 375–378, 1988.

[4] Dunnicliff, John. and G.E. Green, “Geotechnical Instrumentation for Monitoring Filed Perfomance,” New York, 1988.

[5] Angeli, M.G., P. Gasparetto, A. Pasuto and S. Silvano, “Examples of landslide instrumentation,” Proc. 12th Int. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering. Rio de Janeiro Vol. 3. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 1531–1534, 1989.

[6] Bonnard,C. and G. Steinmann, “Continuous measurement of landslide movement,” Geotechnical Instrumentation in Practice. Institution of civil Engineer. Thomas Telford, London, pp. 177-189, 1990.

[7] B. Vardhanabhuti, P. Sanpoth, K.Chantawarangkul, A. Jotisankasa, V.Teerawut, S. Seawsirikul, and Viwatthavonwong,T, “Development of ICT Geotechnical Instrumentation and Remote
Monitoring System for Mae Moh Mine, ”.GSIC International Symposium on Earthquake Hazard Potential and Preparedness for Safety in Coal Mining, 2011.

ระบบเฝ้าระวังการชำรุดของสายส่งเคเบิลเส้นใยนำแสงอย่างง่าย

A Simple Optical Fiber Monitoring System

สมมาตร แสงเงิน

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

sommart@mut.ac.th

ภูวเดช อินทร์ตะโคตร

ฝ่ายวิศวกรรมและกายภาพ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มหาวิทยาลัยมหิดล

intapuwadech@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอระบบเฝ้าระวังการชำรุดของสายเคเบิลเส้นใยนำแสง โดยอาศัยวงจรอย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วย ภาคส่งสัญญาณ ภาครับสัญญาณ ระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนแสดงผล และโมดูลจีเอสเอ็ม (GSM Module) ที่ใช้วงจร GSM sim300cz โดยภาคส่งจะใช้อุปกรณ์กำเนิดแสงแบบเลเซอร์ไดโอด (laser diode) ความยาวคลื่น 1310 นาโนเมตร ทำการส่งสัญญาณพัลส์ผ่านเส้นใยนำแสงที่ต้องการทดสอบระยะทาง 10 กิโลเมตรไปยังภาครับสัญญาณ โดยมีอุปกรณ์รับแสงแบบพิน (PIN photodiode) เมื่อเคเบิลเส้นใยนำแสงเกิดการชำรุด ระบบเฝ้าระวังการชำรุดของสายเคเบิลเส้นใยนำแสง จะทำการแจ้งเตือนในลักษณะข้อความไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้รับผิดชอบ

Abstract

This paper presents a simple optical fiber cable monitoring system. The system consists of driver circuit, detector, microcontroller, LCD display and GSM module respectively. Laser diode is used to transmits the pulse signal at 1310 nm. The transmission distance is 10 km over a single-mode fiber. The receiver uses a PIN photodiode. When the optical fiber cable has been damaged. The proposed system will alert a message to any mobile phone.

คำสำคัญ

ระบบเฝ้าระวัง, เคเบิลเส้นใยนำแสง, โครงข่ายเส้นใยนำแสง

1. บทนำ

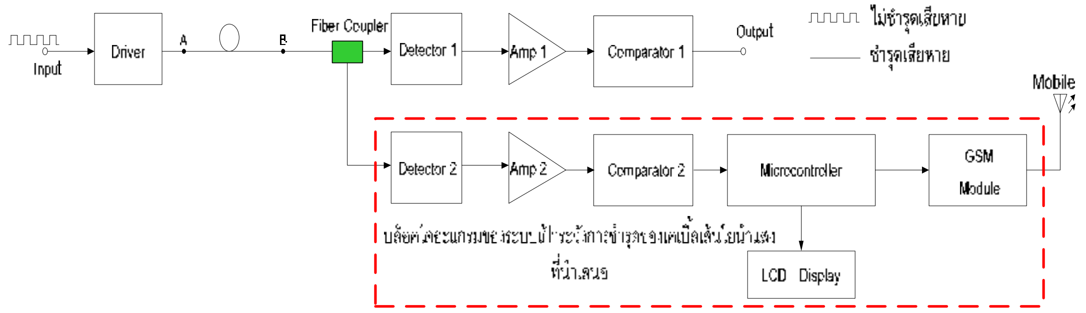
ปัจจุบันโครงข่ายเส้นใยนำแสง (optical network) ถูกนำมาใช้ในการรับส่งข้อมูลมากขึ้น โดยเฉพาะข้อมูลที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงๆ และมีค่าแบนด์วิดท์มาก ได้แก่ ระบบ DWDM [1] ระบบ SONET/SDH [2] เป็นต้น ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญของโครงข่ายเส้นใยนำแสง ก็คือ ระบบสายส่งสัญญาณที่ใช้เคเบิลเส้นใยนำแสง (optical cable) [3] ดังนั้นหากเคเบิลเส้นใยนำแสงที่นำมาใช้งานเกิดการชำรุดที่มีสาเหตุจากสิ่งแวดล้อมหรือฝีมือของมนุษย์ก็ตาม ส่งผลให้โครงข่ายนั้นเกิดความเสียหาย ทำให้ข้อมูลภายในโครงข่ายไม่สามารถรับส่งได้ ซึ่งการแก้ไขปัญหาดังกล่าวก็คือ การเข้าไปซ่อมแซมส่วนที่เสียหายของเคเบิลเส้นใยนำแสงเหล่านั้นให้สามารถใช้งานได้เหมือนเดิมและมีประสิทธิภาพ แต่ปัญหาการซ่อมแซมเคเบิลเส้นใยนำแสงที่เกิดการชำรุดเหล่านั้น ก็คือ การขาดระบบเฝ้าระวังเพื่อแจ้งเตือนการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสงไปยังผู้รับผิดชอบ โดยเฉพาะเคเบิลเส้นใยนำแสงที่อยู่ในระบบโครงข่ายย่อยขนาดเล็กที่กระจายออกมาจากโครงข่ายหลักเพื่อเชื่อมต่อไปยังพื้นที่ห่างไกลหรือในชนบท

บทความนี้ได้นำเสนอ ระบบเฝ้าระวังการชำรุดของสายเคเบิลเส้นใยนำแสง โดยการแจ้งเตือนข้อความผ่านไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้รับผิดชอบ ซึ่งระบบที่นำเสนอจะรับสัญญาณแสงจากการดึงสัญญาณแสงที่อยู่ภายในเคเบิลที่ต้องการตรวจสอบด้วยคับเปลอร์เส้นใยนำแสง (fiber coupler) เข้ามายังภาครับสัญญาณแสง จากนั้นทำการเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ป้อนเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณ วงจรจัดระดับสัญญาณ ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลจีเอสเอ็ม ตามลำดับ โดยส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบสัญญาณ ถ้าพบสัญญาณ ก็จะแสดงข้อความ “Fiber Optic Connect” ที่จอแอลซีดี แต่ถ้าไม่พบ

สัญญาณ จอแอลซีดีจะแสดงข้อความ “Fiber Optic Disconnect” โดยข้อความดังกล่าวจะถูกส่งไปยังเบอร์โทรศัพท์มือถือของผู้รับผิดชอบด้วยส่วนของโมดูลจีเอสเอ็ม เพื่อให้ผู้รับผิดชอบสามารถทราบถึงสถานะของเคเบิลเส้นใยนำแสง

2. การจำลองระบบ

การจำลองระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านเส้นใยนำแสงที่ทำงานร่วมกับระบบเฝ้าระวังการชำรุดของสายเคเบิลเส้นใยนำแสงในบทความนี้ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านเส้นใยนำแสงที่ติดตั้งระบบเฝ้าระวังการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสง

จากรูปที่ 1 สัญญาณดิจิตอลความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต ถูกส่งเข้าไปยังวงจรขับสัญญาณแสง (driver) เพื่อเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแสงความยาวคลื่น 1310 นาโนเมตร แล้วส่งผ่านเข้าไปในเส้นใยนำแสงชนิดโหมดเดี่ยว (single mode fiber) ที่มีระยะทาง 10 กิโลเมตร (จากจุด A ไปยังจุด B) เมื่อสัญญาณแสงเดินทางมาที่จุด B สัญญาณแสงจะถูกแบ่งออกเป็นสองสัญญาณ ด้วยอุปกรณ์คับเปลอร์เส้นใยนำแสง (fiber coupler) สัญญาณแสงตัวที่หนึ่งจะเดินทางเข้าสู่วงจรตรวจจับสัญญาณแสงที่ 1 (detector1) เพื่อเปลี่ยนสัญญาณแสงกลับเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วนำไปขยายสัญญาณและจัดระดับสัญญาณด้วยวงจรขยายสัญญาณที่ 1 (amplifier1) และวงจรเปรียบเทียบสัญญาณที่ 1 (comparator1) ตามลำดับ ซึ่งสัญญาณนี้ก็คือ สัญญาณเอาต์พุตของระบบที่ถูกนำไปใช้งานต่อไป สำหรับสัญญาณแสงตัวที่สองจะเดินทางเข้ามาที่วงจรตรวจจับสัญญาณแสงที่ 2 (detector2) และถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นทำการขยายสัญญาณ และจัดระดับสัญญาณด้วยวงจรขยายสัญญาณที่ 2 (amplifier2) และวงจรเปรียบเทียบสัญญาณที่ 2 (comparator2) เช่นกัน ซึ่งสัญญาณที่ได้จะถูกป้อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการตรวจสอบสัญญาณ หากพบสัญญาณที่เข้ามาสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ จอแอลซีดีจะแสดงข้อความ “Fiber Optic Connect” ซึ่งหมายถึง เคเบิลเส้นใยนำแสงไม่เกิดการชำรุดเสียหาย พร้อมทั้งสั่งให้โมดูลจีเอสเอ็มส่งข้อความ แจ้งเตือนไปยังเบอร์โทรศัพท์มือถือของผู้รับผิดชอบ

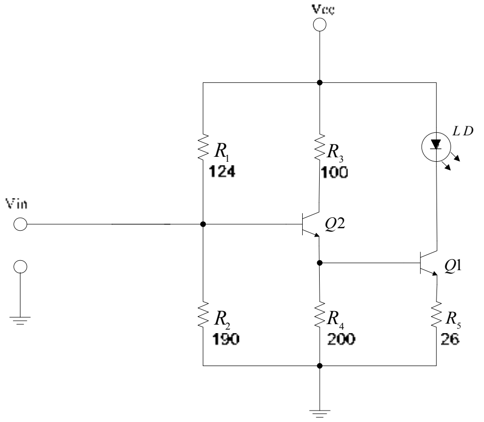
ในทางตรงกันข้าม หากไม่พบสัญญาณเข้ามาสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงว่าเคเบิลเส้นใยนำแสงเกิดการชำรุดเสียหาย จอแอลซีดีจะแสดงข้อความ “Fiber Optic Disconnect” และไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งไปยังโมดูลจีเอสเอ็มให้ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังเบอร์โทรศัพท์มือถือของผู้รับผิดชอบเช่นเดียวกัน

3. การออกแบบระบบ

3.1 วงจรขับสัญญาณแสง

วงจรส่งสัญญาณแสงหรือวงจรขับสัญญาณ (driver circuit) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง ในวงจรขับสัญญาณแสงประกอบด้วยทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2222A ต่อร่วมกันสองตัว ซึ่งทำงานร่วมกับแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ชนิดแฟร์บี้เฟอโรท์ (Fabry-Perot : LD) เบอร์ LDM-1310-F ที่มีความยาวคลื่นแสง

เท่ากับ 1310 นาโนเมตร โดยมีโครงสร้างของวงจรแบบคอมมอนคอลเลคเตอร์และวงจรแบบคอมมอนอิมิตเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2

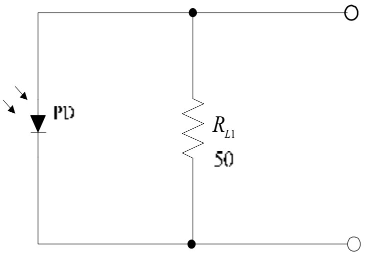


รูปที่ 2 วงจรขับสัญญาณแสงที่ใช้งาน

จากรูปที่ 2 กำหนดพารามิเตอร์เบื้องต้นเพื่อใช้ในการออกแบบวงจรดังนี้ ไฟเลี้ยง (V_{CC}) เท่ากับ 5 โวลต์ แรงดันตกคร่อมแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ (V_f) เท่ากับ 1.6 โวลต์ กระแสขับสัญญาณแสง (forward current : I_{C1}) เท่ากับ 50 มิลลิแอมป์ อัตราขยายกระแสของทรานซิเตอร์ (β) เท่ากับ 176 แรงดันตกคร่อมที่ขาเบสกับขาอีมิตเตอร์ (V_{BE}) เท่ากับ 0.7 โวลต์ และ แรงดันตกคร่อมที่ขาคอลเลคเตอร์กับขาอีมิตเตอร์ (V_{CE}) เท่ากับ 2 โวลต์ จากการวิเคราะห์วงจร สามารถหาค่าความต้านทานของวงจรเพื่อใช้งานดังนี้

3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณแสง

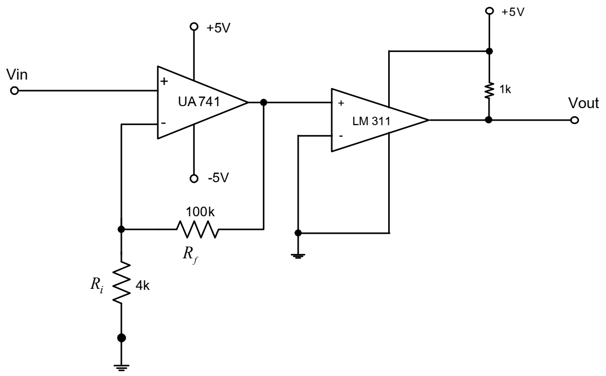
วงจรตรวจจับสัญญาณแสง (detector circuit) มีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งในวงจรนี้ประกอบด้วยโฟโต้ดีเทคเตอร์ชนิดพินโฟโตไดโอด (PIN photodiode : PD) เบอร์ LDM-1310-F ซึ่งใช้โหมดการทำงานแบบโฟโต้วอลตาอิก (photovoltaic) ซึ่งจะผลิตกระแสเมื่อมีสัญญาณแสงตกกระทบโดยไม่ต้องมีการไบอัสให้กับนิดพินโฟโตไดโอด โดยวงจรใช้งานในที่นี้ กำหนดให้ตัวต้านทานโหลด (R_{L1}) มีค่าเท่ากับ 50 โอห์ม เมื่อโฟโต้ไดโอดได้รับสัญญาณแสงมาตกกระทบ จะได้กระแสไหลผ่านมายังตัวต้านทานโหลด แล้วทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าออกมา จากนั้นจึงนำสัญญาณนั้นไปขยายสัญญาณต่อไป โดยวงจรตรวจจับสัญญาณแสงที่ใช้งานแสดงดังรูป 3



รูปที่ 3 วงจรตรวจจับสัญญาณแสงที่ใช้งาน

3.3 วงจรขยายสัญญาณและวงจรจัดระดับสัญญาณ

วงจรขยายสัญญาณในที่นี้จะใช้เป็นออปแอมป์ (op-amp) เบอร์ UA741 ทีมีโครงสร้างเป็นวงจรขยายสัญญาณแบบ Non-Inverting ซึ่งมีค่าอัตราขยาย (A_V) เท่ากับ 25 เท่า ส่วนวงจรจัดระดับสัญญาณจะอาศัยไอซีเบอร์ LM311 ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (voltage comparator) โดยวงจรทั้งสองที่ใช้ในการทดลองสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4

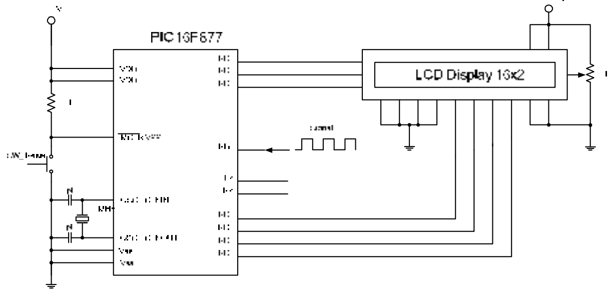


รูปที่ 4 วงจรขยายสัญญาณที่ต่อกับวงจรจัดระดับสัญญาณที่ใช้งาน

3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ในบทความนี้จะใช้ไอซีเบอร์ PIC16F877 จะเป็นตัวตรวจสอบสัญญาณและทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของโมดูลจีเอสเอ็ม รวมทั้งต่อ

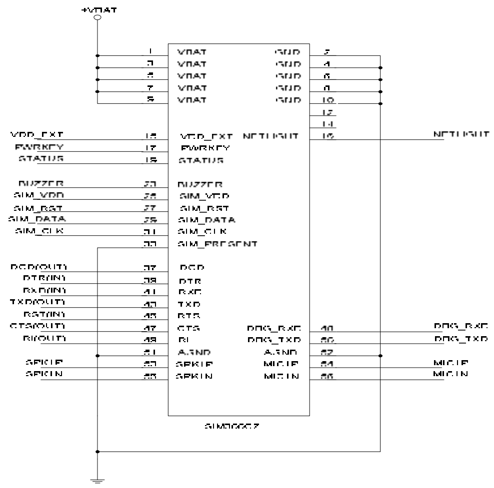
ร่วมกับจอแอลซีดี (LCD display) เพื่อใช้ในการแสดงผล โดยโครงสร้างของส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งาน

3.5 โมดูลจีเอสเอ็ม

โมดูลจีเอสเอ็มที่ใช้ในการทดลอง อาศัยโมดูล GSM sim300cz ซึ่งเป็นโมดูลสื่อสารระบบ GSM/GPRS ขนาดเล็กและรองรับระบบการสื่อสาร GSM ความถี่ 900/1800/1900MHz โดยสั่งงานผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 ด้วยชุดคำสั่ง AT command โดยโมดูล GSM sim300cz จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้รับผิดชอบหรือผู้ดูแลระบบ ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 6

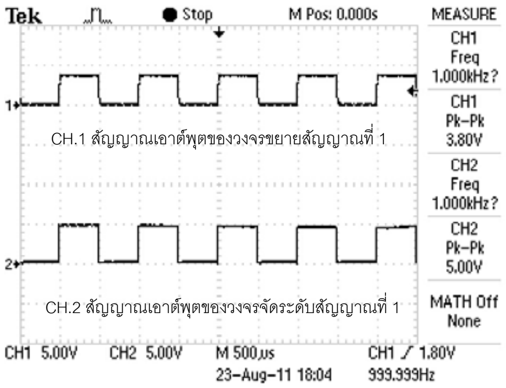


รูปที่ 6 โครงสร้าง GSM sim300cz

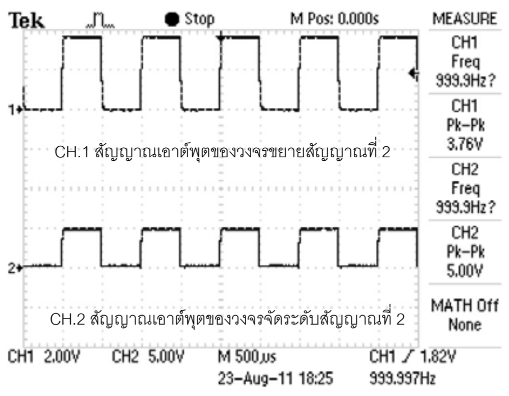
4. การทดลองและผลการทดลอง

สำหรับการทดลองการทำงานของระบบเฝ้าระวังการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสงที่นำเสนอในรูปที่ 1 ทำการส่งสัญญาณพัลส์ความถี่เท่ากับ 1 กิโลเฮิร์ต โดยกำหนดให้เป็นสัญญาณข้อมูล เข้าสู่วงจรขับสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่น 1310 นาโนเมตร แล้วส่งผ่านเส้นใยนำแสงชนิดโหมดเดี่ยวด้วยระยะทางที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลเมตรและทำการแยกสัญญาณออกเป็น 2 สัญญาณด้วยอุปกรณ์คับเปลอร์เส้นใยนำแสง จากนั้นสัญญาณทั้งสองจะเดินทางไปยังภาครับสัญญาณและระบบเฝ้าระวังการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสง โดยผลการทดลองของสัญญาณที่ได้จากทดสอบและการแสดงผลของระบบเฝ้าระวังการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสง สามารถแสดงได้ดังนี้

จากรูปที่ 7 (ก) แสดงสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณที่ 1และสัญญาณเอาต์พุตของวงจรจัดระดับสัญญาณที่ 1 โดยสัญญาณเอาต์พุตของวงจรจัดระดับสัญญาณที่ 1 เป็นสัญญาณพัลส์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับสัญญาณอินพุตที่ส่งมาจากภาคส่งสัญญาณ ดังนั้นสัญญาณเอาต์พุตของวงจรจัดระดับสัญญาณที่ 1 ก็คือสัญญาณเอาต์พุตของระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านเส้นใยนำแสงนั่นเอง ส่วนรูปที่ 7 (ข) แสดงสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณที่ 2 และสัญญาณเอาต์พุตของวงจรจัดระดับสัญญาณที่ 2 ของระบบเฝ้าระวังการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสง โดยสัญญาณเอาต์พุตของวงจรจัดระดับสัญญาณที่ 2 จะถูกส่งเข้าไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อแสดงสถานะของสายส่งเคเบิลเส้นใยนำแสง โดยแสดงข้อความว่า “Fiber Optic Connect” บนจอแอลซีดี ดังรูปที่ 8 เนื่องจากสัญญาณทั้งหมดที่แสดงในรูปที่ 7 นั้นเป็นสัญญาณที่ถูกส่งผ่านเคเบิลเส้นใยนำแสงที่ไม่เกิดการชำรุดนั่นเอง



(ก) ภาครับสัญญาณของระบบการสื่อสารข้อมูล



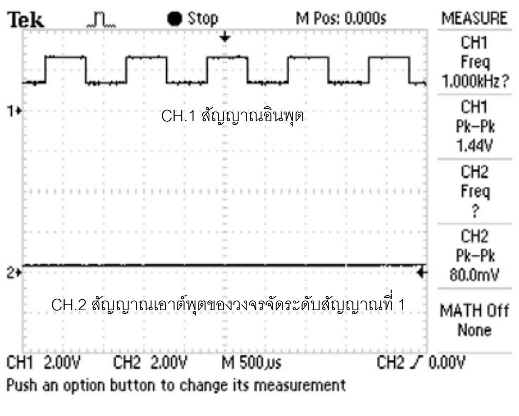
(ข) ระบบเฝ้าระวังการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสง

รูปที่ 7 สัญญาณข้อมูลที่ส่งผ่านสายส่งเคเบิลเส้นใยนำแสง

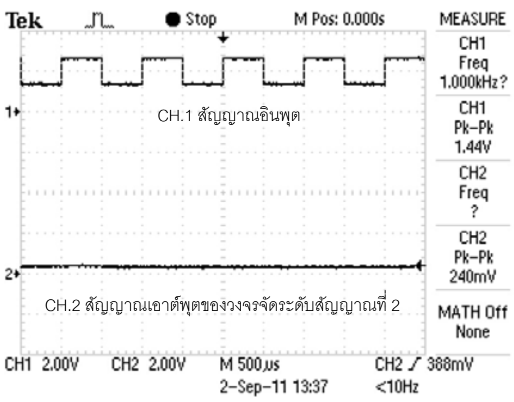
กรณีเคเบิลเส้นใยนำแสงไม่เกิดการชำรุด

รูปที่ 8 การแสดงสถานะของสายส่งเคเบิลเส้นใยนำแสง

ในกรณีเคเบิลเส้นใยนำแสงไม่เกิดการชำรุด



(ก) ภาครับสัญญาณของระบบการสื่อสารข้อมูล



(ข) ระบบเฝ้าระวังการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสง

รูปที่ 9 สัญญาณข้อมูลที่ส่งผ่านสายส่งเคเบิลเส้นใยนำแสง

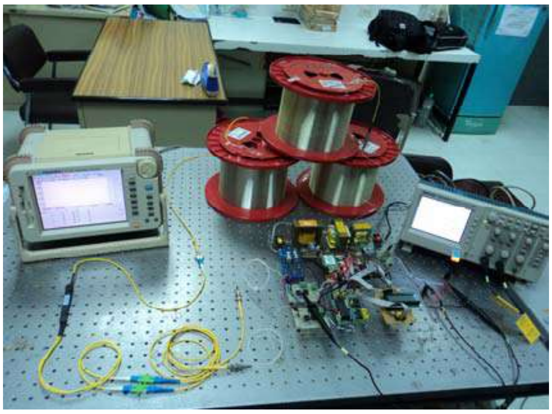
กรณีเคเบิลเส้นใยนำแสงเกิดการชำรุด

รูปที่ 10 การแสดงสถานะของสายส่งเคเบิลเส้นใยนำแสง

ในกรณีเคเบิลเส้นใยนำแสงเกิดการชำรุด

รูปที่ 11 การแสดงข้อความบนโทรศัพท์ของผู้รับผิดชอบ

รูปที่ 9 (ก) และ รูปที่ 9 (ข) แสดงสัญญาณอินพุตของระบบ สัญญาณเอาต์พุตของวงจรจัดระดับสัญญาณที่ 1 และ สัญญาณเอาต์พุตของวงจรจัดระดับสัญญาณที่ 2 ซึ่งพบว่าที่เอาต์พุตของวงจรจัดระดับสัญญาณที่ 1 และวงจรจัดระดับสัญญาณที่ 2 ไม่มีสัญญาณเอาต์พุตปรากฏออกมา ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าสายส่งเคเบิลเส้นใยนำแสงอาจจะเกิดการชำรุดและเสียหาย ดังนั้น เมื่อสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรจัดระดับสัญญาณที่ 2 ของระบบเฝ้าระวังการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสง ถูกส่งต่อเข้าไปในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล จอแอลซีดีจะแสดงข้อความดังนี้ "Fiber Optic Disconnect" พร้อมทั้งไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้โมดูลจีเอสเอ็ม ทำการส่งข้อความเพื่อแจ้งเตือนไปยังเบอร์โทรศัพท์ของผู้ที่รับผิดชอบดังแสดงในรูปที่ 10 และ รูปที่ 11 ตามลำดับ



รูปที่ 12 ระบบเฝ้าระวังการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสง

5. บทสรุป

ระบบเฝ้าระวังการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสงโดยประกอบด้วยวงจรอย่างง่ายที่ได้นำเสนอ ซึ่งถูกนำไปติดตั้งในระบบจำลองการสื่อสารข้อมูลผ่านเคเบิลเส้นใยนำแสงระยะทาง 10 กิโลเมตร พบว่าระบบเฝ้าระวังการชำรุดของเคเบิลเส้นใยนำแสง สามารถแจ้งเตือนสถานะของสายส่งเคเบิลเส้นใยนำแสงได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น จากหลักการทำงานของระบบที่นำเสนอดังกล่าว จึงสามารถนำไปประยุกต์สร้างเป็นอุปกรณ์สำหรับใช้งานจริง เพื่อใช้ในการแจ้งเตือนสถานะการทำงานของสายส่งในโครงข่ายการสื่อสารเชิงแสง โดยเฉพาะโครงข่ายขนาดเล็ก รวมถึงยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการบำรุงรักษาสายส่งในโครงข่าย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Ottmar Krauss, "*Introduction to DWDM Technology : Data in Rainbow*," Wiley-IEEE Press, 2000.

[2] Walter J. Goralski, "*SONET/SDH*," Third Edition, McGraw-Hill, 2002.

[3] Eric R. Pearson, "*The Complete Guide to Fiber Optic Cable Installation*," Delmar Cengage Learning, 1996.

การออกแบบสร้างวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านกำลังสูง สำหรับย่านความถี่ 88 - 108 MHz

ธนเสฏฐ์ ทศดีกรพัฒน์
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
thanaset@sut.ac.th

สำราญ สันทาลุนัย
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ja.s_tce@hotmail.com

ชาญชัย ทองโสภา
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
chan@sut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ย่านความถี่วิทยุ (88-108 MHz) สำหรับใช้งานร่วมกับระบบเครื่องส่งกำลังสูง ซึ่งการออกแบบได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการประมาณค่าแบบเชบีเชฟ (Chebyshev) ร่วมกับการออกแบบตัวเก็บประจุด้วยไมโครสตริป เพื่อทดแทนตัวเก็บประจุโดยทั่วไป เนื่องจากที่กำลังสูงมากกว่า 1000 วัตต์ นั้นตัวเก็บประจุหาซื้อได้ยากและมีราคาสูงมาก โดยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่นำเสนอถูกออกแบบบนแผ่นวงจรพิมพ์ RF-35 แบบสองหน้า ซึ่งวงจรดังกล่าวมีการออกแบบและจำลองผลการทำงานด้วยโปรแกรม CST โดยยืนยันผลการจำลองโปรแกรมด้วยการสร้างวงจรต้นแบบ และทำการวัดทดสอบจริง ซึ่งจากผลการทดสอบที่ย่านความถี่ปฏิบัติการพบว่าวงจรดังกล่าวมีค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ(S11) ต่ำกว่า -10 dB มีค่าการสูญเสียแบบใส่แทรก (S21) ประมาณ 0.45 dB และทนกำลังส่งได้ถึง 2000 วัตต์ ตลอดย่านการทำงาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ร่วมกับการออกแบบระบบเครื่องส่งกำลังสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Abstract

The design and experiment of high power filter is presented in the frequency ranges 88 - 108 MHz for high power transmitter systems. This low pass filter is designed by using the Chebyshev approximation and micro strip capacitive theory to replace the general capacitors. Because of power transmission more than 1000 watts, the capacitor can be difficult to finding and very expensive. The proposed filter is designed on RF-35 two copper patches, one on the top and one on the bottom of the substrate material. In filter designed, we analyze and simulate by using CST program. To confirmed simulation results, the purposed filter will be realized and experimented. In measurement, it is found that the low pass filter has a return loss less than -10 dB, an insertion loss about 0.45 dB and it can withstand up power transmission to 2000 watts covered the operating frequency range. The advantage of the propose filter is that it can be used to applied for designed high power transmission systems.

คำสำคัญ

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน, ไมโครสตริป, เชบีเชฟ, เครื่องส่งกำลังสูง

1. บทนำ

ปัจจุบันส่วนประกอบทางด้านเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคมได้มีการพัฒนาและขยายตัวอย่างรวดเร็ว เช่น ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบการสื่อสารดาวเทียม ระบบการรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ โดยเฉพาะระบบการสื่อสารวิทยุที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายทั้งในภาครัฐและเอกชน จึงทำให้ระบบวิทยุกระจายเสียงหรือสถานีวิทยุนั้นเกิดขึ้นจำนวนมาก ทั้งในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครปริมณฑลและในเขตภูมิภาคทั่วประเทศหลายพันสถานี นอกจากการก่อตั้งสถานีวิทยุที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วแล้ว ปัจจุบันสถานีวิทยุต่าง ๆ ยังได้มีการเพิ่มกำลังส่งให้สูงขึ้นเพื่อให้สามารถส่งสัญญาณได้ไกลขึ้นและสามารถเอาชนะสัญญาณรบกวนอื่นที่แทรกสอดเข้ามาได้ ซึ่งส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายคลื่นสัญญาณแปลกปลอมที่ก่อให้เกิดปัญหามากมายในปัจจุบัน โดยเฉพาะโครงข่ายสื่อสารทางการบินที่ใช้สำหรับการควบคุมจราจรทางอากาศ ซึ่งมีผลกระทบต่อความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามในระบบการสื่อสารต่าง ๆ นั้นจำเป็นต้องมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญส่วนหนึ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง นั่นคือ วงจรกรองความถี่ เนื่องจากในระบบการสื่อสารนั้นวงจรกรองความถี่จะทำหน้าที่ในการคัดแยกสัญญาณที่ต้องการออกจากสัญญาณที่ไม่ต้องการเพื่อป้อนเข้าสู่วงจรต่าง ๆ ในระบบ หรือแม้กระทั่งการลดทอนสัญญาณรบกวนออกจากระบบ [1] ซึ่งการออกแบบวงจรกรองความถี่จึงได้รับความสนใจและมีการพัฒนางานวิจัยมาอย่างต่อเนื่อง [2] โดยที่ผ่านมานั้นการวิจัยและพัฒนาวงจรกรองความถี่สำหรับวงจรกำลังสูงนั้นไม่ค่อยได้รับความสนใจมากนัก

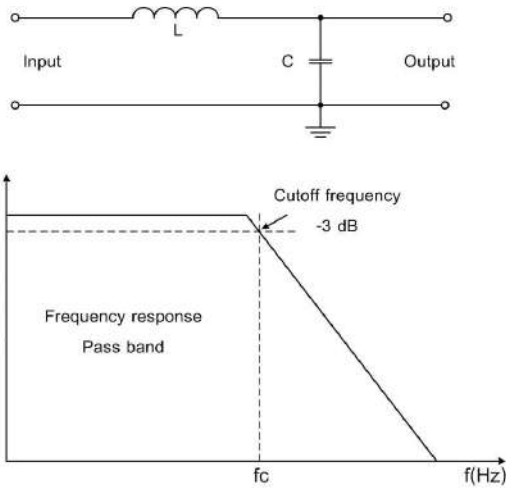
เนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น การพัฒนาเครื่องส่งที่มีกำลังสูงมากขึ้นตามเทคโนโลยีของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ การหาอุปกรณ์ในการออกแบบและสร้างค่อนข้างยาก โดยเฉพาะตัวเก็บประจุที่สามารถทนกำลังได้มากกว่า 1000 วัตต์ นั้นหาซื้อได้ยากและมีราคาสูงมาก ตลอดจนข้อมูลและเทคนิควิธีในการออกแบบมีน้อยและวิธีการออกแบบค่อนข้างมีความซับซ้อน

ดังนั้นบทความนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบกำลังสูง ในย่านความถี่ 88 – 108 MHz สำหรับการใช้งานร่วมกับระบบเครื่องส่งกำลังสูง ซึ่งการออกแบบได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการประมาณค่าแบบเชบีเชฟ (Chebyshev) [1], [4] ร่วมกับการออกแบบตัวเก็บประจุด้วยไมโครสตริป โดยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่นำเสนอถูกออกแบบบนแผ่นวงจรพิมพ์ RF-35 แบบสองหน้า ซึ่งมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ของวัสดุฐานรอง (Dielectric constant : ε_r) เท่ากับ 3.5 ความสูงของวัสดุฐานรอง (h) เท่ากับ 0.725 mm และความสูงของทองแดงเท่ากับ 0.035 mm วงจรดังกล่าวมีการออกแบบและจำลองผลการทำงานด้วยโปรแกรม CST และทำการสร้างวงจรต้นแบบเพื่อทำการวัดทดสอบจริง ซึ่งจากผลการทดสอบที่ย่านความถี่ปฏิบัติการพบว่าวงจรดังกล่าวมีค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (S11) ต่ำกว่า -10 dB มีค่าการสูญเสียแบบใส่แทรก (S21) ประมาณ 0.45 dB และทนกำลังส่งได้ถึง 2000 วัตต์ตลอดย่านการทำงาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ร่วมกับการออกแบบระบบเครื่องส่งกำลังสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบวงจรกรองความถี่

สำหรับวงจรกรองความถี่นั้นสามารถแบ่งตามคุณลักษณะของผลตอบสนองทางความถี่ (Frequency response) ได้ 4 รูปแบบ คือ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (low-pass filter; LPF) วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (high-pass filter; HPF) วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (band-pass filter; BPF) และวงจรกรองแถบความถี่หยุดผ่าน (band-stop filter; BSF) โดยบทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ย่านความถี่ 88 – 108 MHz ทั้งนี้เพื่อใช้งานร่วมกับระบบเครื่องส่งกำลังสูงของสถานีวิทยุ เนื่องจากเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงที่ไม่ได้มาตรฐานจะสร้างความถี่แปลกปลอมให้ออกอากาศมาด้วย ซึ่งเป็นการสร้างความถี่ทวีคูณหรือที่เรียกว่า “ความถี่ฮาร์มอนิก” เป็นจำนวน 2, 3, 4 ,…n เท่า ของความถี่ใช้งานและก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนต่อการใช้คลื่นความถี่วิทยุในโครงข่ายสื่อสารอื่น ๆ เช่น การรับชมโทรทัศน์ หรือแม้แต่โครงข่ายสื่อสารทางการบินที่ใช้ในการควบคุมการจราจรทางอากาศ เป็นต้น แต่ถ้าระบบเครื่องส่งวิทยุข้างต้นมีการใช้งานวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านร่วมด้วยปัญหาของการแพร่ความถี่ฮาร์มอนิกส์ดังกล่าวจะถูกลดทอนลง โดยหลักการทำงานของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านนั้นจะยอมให้สัญญาณความถี่ตั้งแต่ 0 Hz ถึงความถี่ที่กำหนดหรือความถี่ตัด (Cutoff frequency) ผ่านไปได้เท่านั้นส่วนความถี่ตั้งแต่ค่าความถี่ตัดขึ้นไปจะถูกลดทอนไปตามลำดับ

ซึ่งรูปแบบของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านนั้นจะมีการเชื่อมต่อตัวเหนี่ยวนำ L (Inductor) แบบอนุกรมกับวงจรและเชื่อมต่อตัวเก็บประจุ C (Capacitor) แบบขนานกับวงจร จึงทำให้วงจรมีคุณสมบัติที่ยอมให้ความถี่ต่ำในย่านที่กำหนดหรือต่ำกว่าค่าความถี่ตัดสามารถผ่านไปได้และจะลดทอนค่าความถี่ที่สูงกว่าค่าความถี่ตัดที่กำหนดให้ลดน้อยลง [1], [3-5] โดยคุณลักษณะพื้นฐานของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านและผลตอบสนองความถี่นั้นแสดงได้ดังรูปที่ 1

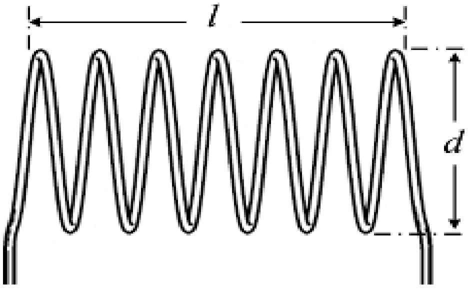


รูปที่ 1 คุณลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านและผลตอบสนองความถี่

สำหรับการเลือกใช้ค่าความเหนี่ยวนำและค่าความจุไฟฟ้านั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพิจารณาให้สัมพันธ์กับค่าความถี่ที่ต้องการใช้งาน ซึ่งค่าความเหนี่ยวนำนั้นสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้ [1], [3-5]

$$L(\mu H) = \frac{(d^2 n^2)}{(18d + 40l)} \quad (1)$$

เมื่อ L คือค่าความเหนียวนำมีหน่วยเป็น μH d คือเส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวด l คือความยาวของขดลวด และ n คือจำนวนรอบของขดลวด ซึ่งสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของขดลวดได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2 พารามิเตอร์ของขดลวดเหนี่ยวนำ

อย่างไรก็ตามการออกแบบวงจรกรองความถี่ที่นำเสนอ นั้นมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการประยุกต์ใช้งานร่วมกับการออกแบบระบบเครื่องส่งกำลังสูง ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของวงจรจะต้องสามารถทนกำลังงานและความร้อนได้สูงมาก โดยที่ขดลวดตัวเหนี่ยวนำนั้นสามารถเลือกขนาดได้ตามมาตรฐานของ AWG ส่วนค่าความจุไฟฟ้านั้นจะต้องใช้หลักการออกแบบด้วยไมโครสตริปบนวัสดุฐานรองที่มีคุณภาพสูง ซึ่งค่าความจุไฟฟ้าดังกล่าวสามารถคำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d} \quad (2)$$

โดยที่ C คือค่าความจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด (F) A คือขนาดพื้นที่ของแผ่นตัวนำ ε_0 คือค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าในอากาศว่างมีค่าเท่ากับ 8.854×10^{-12} ε_r คือค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าของวัสดุฐานรอง และ d คือความหนาของวัสดุฐานรอง ซึ่งจากทฤษฎีและหลักการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้จะได้นำไปใช้ในการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านต่อไป

3. การวิเคราะห์และออกแบบ

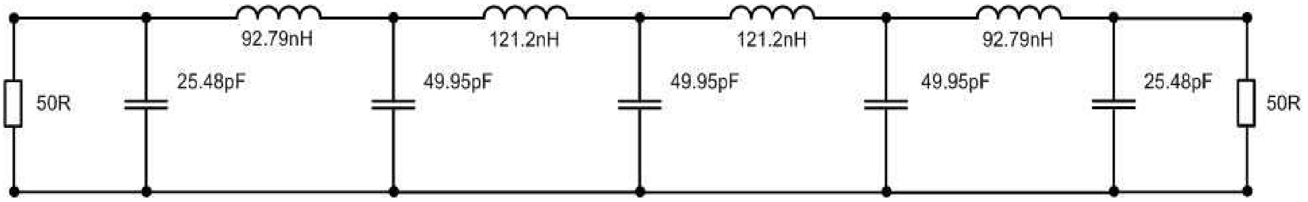
สำหรับการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านกำลังสูงที่นำเสนอนี้ได้เลือกใช้ทฤษฎีการประมาณค่าแบบเชบีเชฟและมีการลดทอนของช่วงความถี่ผ่าน (Ripple) เท่ากับ 0.1 dB โดยการออกแบบนั้นได้ทำการกำหนดค่าความถี่ตัดไว้ที่ 115 MHz และเลือกค่าอันดับของการตอบสนองความถี่เท่ากับ 4 ซึ่งจะได้วงจรสมมูลของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านดังรูปที่ 3

โดยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านดังกล่าวถูกออกแบบบนแผ่นวงจรพิมพ์ RF-35 แบบสองหน้า เนื่องจากสามารถทนความร้อนได้สูง ถ่ายเทความร้อนได้ดีและมีอัตราดูดซึมความชื้นต่ำ ซึ่งมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ของวัสดุฐานรองเท่ากับ 3.5 ความสูงของวัสดุฐานรองเท่ากับ 0.725 mm และความสูงของทองแดงเท่ากับ 0.035 mm โดยการคำนวณค่าความเหนี่ยวนำและค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากการออกแบบในรูปที่ 2 นั้น สามารถคำนวณหาค่าจำนวนรอบของขดลวดเหนี่ยวนำและขนาดพื้นที่ของแผ่นตัวนำของค่าความจุไฟฟ้าได้จากสมการที่ (1) และสมการที่ (2) ตามลำดับ โดยใช้ขนาดของเส้นลวดตามมาตรฐานของ AWG คือ AWG10 และกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวดเท่ากับ 14 mm ซึ่งที่ค่าความเหนี่ยวนำ 92.79 nH จะได้จำนวนรอบของขดลวดที่ 3 รอบ และขนาดความยาวของขดลวดเท่ากับ 14.986 mm ที่ค่าความเหนี่ยวนำ 121.2 nH จะได้จำนวนรอบของขดลวดที่ 4 รอบ และขนาดความยาวของขดลวดเท่ากับ 20.066 mm ส่วนตัวเก็บประจุที่ค่าความจุไฟฟ้า 25.48 pF จะมีขนาดพื้นที่ของแผ่นตัวนำเท่ากับ 596.11 mm^2 และที่ค่าความจุไฟฟ้า 49.95 pF จะมีขนาดพื้นที่ของแผ่นตัวนำเท่ากับ 1168.6 mm^2

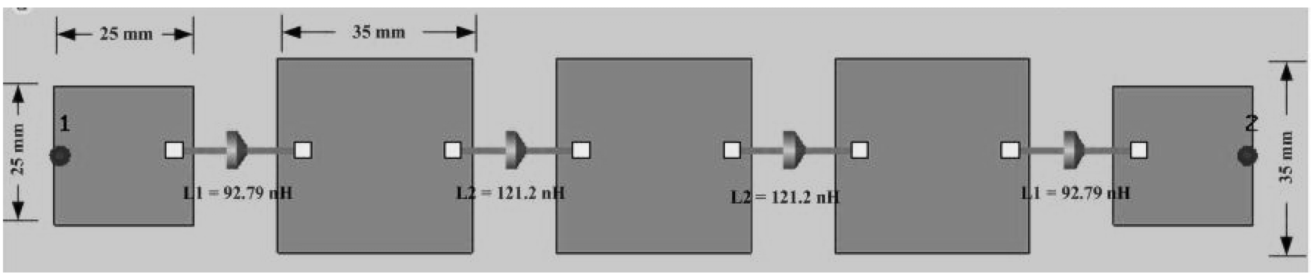
จากนั้นจะได้นำค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณไปสังเคราะห์บนแผ่นวงจรพิมพ์ RF-35 ในโครงสร้างข้างต้นด้วยโปรแกรม CST เพื่อวิเคราะห์ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรที่ได้ทำการออกแบบ ซึ่งจากผลการจำลองวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ออกแบบ โดยใช้โปรแกรม CST จำลองการทำงานของวงจร เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้เหมาะสม ซึ่งแสดงโครงสร้างได้ดังรูปที่ 4 และแสดงความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์กระจัดกระจายของค่าการสูญเสียเนื่องจากการ

ย้อนกลับ (S11) และค่าการสูญเสียแบบใส่แทรก (S21) ในหน่วยของเดซิเบลที่ความถี่ตัด 115 MHz แสดงได้ดังรูปที่ 5

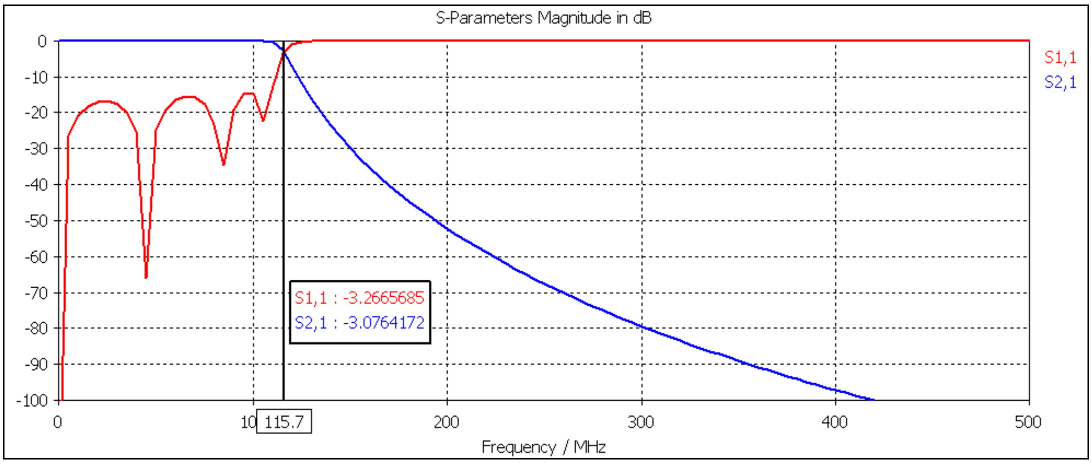
จากรูปที่ 5 จะเห็นว่าวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ทำการออกแบบนั้นสามารถใช้งานได้ครอบคลุมถึงความถี่ที่ 108 MHz และจะเริ่มลดทอนสัญญาณลงที่ความถี่ประมาณ 115.7 MHz ซึ่งเป็นค่าความถี่ตัดที่ได้กำหนดไว้ในเบื้องต้น โดยที่ความถี่ 115 .7 MHz นั้นวงจรจะมีค่าพารามิเตอร์การกระจัดกระจายของค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (S11) เท่ากับ -3.266 dB และค่าการสูญเสียแบบใส่แทรก (S21) เท่ากับ -3.076 dB ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลการจำลองแบบนั้นมีความถูกต้องและมีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณตามทฤษฎี โดยจะได้ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าสุดท้ายจากการจำลองแบบด้วยโปรแกรม CST ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4 จากนั้นจะได้นำค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวไปทำการสร้างต้นแบบและวัดทดสอบผล



รูปที่ 3 วงจรสมมูลสำหรับวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน



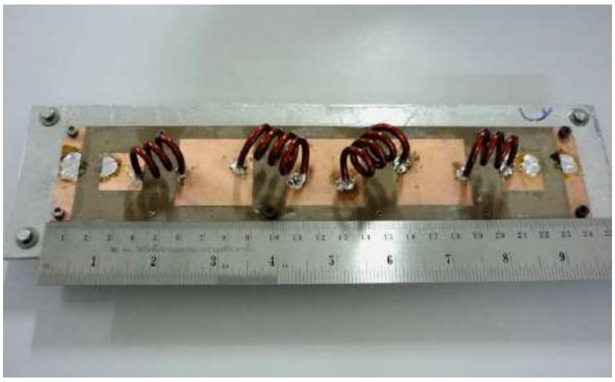
รูปที่ 4 โครงสร้างของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่จำลองผลด้วยโปรแกรม CST



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์กระจัดกระจายของค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (S11) และค่าการสูญเสียแบบใส่แทรก (S21)

4. การสร้างและวัดทดสอบ

จากการออกแบบและจำลองผลด้วยโปรแกรม CST โครงสร้างของวงจรกรองความถี่ดังกล่าวจะถูกนำมาสร้างจริงบนแผ่นวงจรพิมพ์ RF-35 แบบสองหน้า ซึ่งมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ของวัสดุฐานรอง เท่ากับ 3.5 ความสูงของวัสดุฐานรองเท่ากับ 0.725 mm และความสูงของทองแดงเท่ากับ 0.035 mm ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยมีค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ คือ ค่าความเหนี่ยวนำ 92.79 nH ที่จำนวนรอบของขดลวดเท่ากับ 3 รอบ และขนาดความยาวของขดลวดเท่ากับ 14 mm ค่าความเหนี่ยวนำ 121.2 nH ที่จำนวนรอบของขดลวดเท่ากับ 4 รอบ และขนาดความยาวของขดลวดเท่ากับ 20 mm โดยใช้ขนาดของเส้นลวดตามมาตรฐานของ AWG คือ AWG10 และกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวดเท่ากับ 14 mm ส่วนตัวเก็บประจุที่ค่าความจุไฟฟ้า 25.48 pF โดยมีขนาดพื้นที่ของแผ่นตัวนำเท่ากับ 625 mm^2 และที่ค่าความจุไฟฟ้า 49.95 pF ที่มีขนาดพื้นที่ของแผ่นตัวนำเท่ากับ 1225 mm^2 จะได้ต้นแบบของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านกำลังสูงที่มีการปรับจูนองค์ประกอบต่าง ๆ ทางไฟฟ้าที่อยู่บนวงจร เพื่อให้ได้ค่าความถี่ใช้งานตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 6



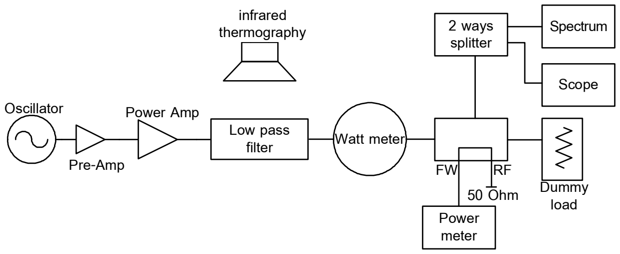
รูปที่ 6 ต้นแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านกำลังสูง

โดยจากผลการวัดทดสอบผลการตอบสนองทางความถี่ S11 และ S21ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านต้นแบบ ด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายเวกเตอร์ (Agilent 8753ES Network Analyzer) แสดงได้ดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ

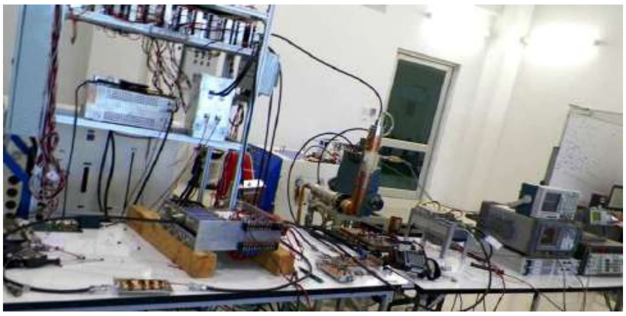
รูปที่ 7 ค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (S11) ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านต้นแบบ

รูปที่ 8 ค่าการสูญเสียแบบใส่แทรก (S21) ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านต้นแบบ

ซึ่งจากผลการทดสอบที่ย่านความถี่ปฏิบัติการพบว่าวงจรดังกล่าวมีค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (S11) ต่ำกว่า -10 dB มีค่าการสูญเสียแบบใส่แทรก (S21) ประมาณ 0.45 dB ตลอดย่านความถี่ใช้งาน โดยมีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณและการจำลองผล จากนั้นจะได้ทำการทดลองใช้งานร่วมกับระบบเครื่องส่งกำลังสูงขนาด 2000 วัตต์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและความสามารถต่อการทนอุณหภูมิ โดยโครงสร้างของระบบเครื่องส่งกำลังสูงแสดงได้ดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10

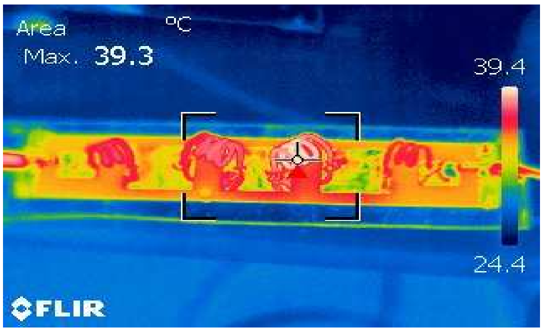


รูปที่ 9 โครงสร้างชุดทดสอบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านร่วมกับระบบเครื่องส่งกำลังสูง



รูปที่ 10 ชุดการทดสอบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านร่วมกับระบบเครื่องส่งกำลังสูง

เมื่อทดลองใช้งานวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ได้ทำการออกแบบร่วมกันกับระบบเครื่องส่งกำลังสูงขนาด 2000 วัตต์ แล้วใช้กล้องถ่ายภาพอินฟราเรด (Infrared thermograph) ถ่ายภาพอุณหภูมิความร้อนขณะเชื่อมต่อกับระบบเครื่องส่งกำลังสูง โดยแสดงผลได้ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ภาพถ่ายความร้อนของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านต้นแบบขณะใช้งานร่วมกับระบบเครื่องส่งกำลังสูง

จากผลการทดลองพบว่าวงจรสามารถทดความร้อนได้ค่อนข้างสูง ซึ่งการทดลองนั้นมีการทดสอบใช้งานเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวงจรที่ออกแบบนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ร่วมกับระบบเครื่องส่งกำลังสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบกำลังสูงที่ย่านความถี่ 88 – 108 MHz สำหรับใช้งานร่วมกับระบบเครื่องส่งกำลังสูง โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการประมาณค่าแบบเชบีเชฟร่วมกับการออกแบบตัวเก็บประจุด้วยไมโครสตริป เพื่อใช้ทดแทนตัวเก็บประจุกำลังสูงที่หาซื้อได้ยากและมีราคาแพงมาก ซึ่งวงจรดังกล่าวออกแบบบนแผ่นวงจรพิมพ์ RF-35 และจำลองผลการทำงานด้วยโปรแกรม CST และทำการสร้างวงจรต้นแบบเพื่อทำการวัดทดสอบจริง จากผลการทดสอบที่ย่านความถี่ปฏิบัติการพบว่าวงจรดังกล่าวมีค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (S11) ต่ำกว่า -10 dB มีค่าการสูญเสียแบบใส่แทรก (S21) ประมาณ 0.45 dB และทนกำลังส่งได้ถึง 2000 วัตต์ ตลอดย่านการทำงาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ร่วมกับการออกแบบระบบเครื่องส่งกำลังสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และสำนักงานการอุดมศึกษาภายใต้โครงการ NRU แห่งประเทศไทย รวมถึงนักศึกษาปฏิบัติงานทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ชาญชัย ทองโสภา, 427451 การออกแบบวงจรคลื่นความถี่วิทยุ (R.F. Circuit design), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 2549.

[2] D. Ahn, J. S. Park, C. S. Kim, J. Kim, Y. Qian, and T. Itoh, “A design of the low-pass filter using the novel microstrip defected ground structure, IEEE Trans. Microw. Theory. Tech., vol. 49, no. 1, pp. 86-92, 2001.

[3] J. S. Hong and M. J. Lancaster, “Microstrip Filters for RF/Microwave Applications,” John Wiley and Sons,” New York, 2001.

[4] C. Bowick, RF circuit design. Chapter 1-3, H.W. Sams , Inc , 1982.

[5] D. M Pozar, “Microwave Engineering,” John Wiley and Son, New York, 2001.

การพัฒนาระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์พกพาผ่านบลูทูธ

อัฐพงศ์ ชูละออง อภิรักษ์ จันทร์สร้าง ชัยพร ใจแก้ว อนันต์ ผลเพิ่ม*

ห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย ภาควิชาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

{b5105131, aphirak.j, chaiporn.j, anan.p*}@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์พกพาผ่านบลูทูธถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาพอร์ตการเชื่อมต่อที่มีอยู่อย่างจำกัดของอุปกรณ์พกพาโดยปกติอุปกรณ์เหล่านี้มีวิธีในการรับข้อมูลเข้าได้อย่างจำกัด เช่น จากระบบสัมผัส คีย์บอร์ดเสมือน จากการถ่ายรูปเพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลต่อ หรือจากการเชื่อมต่อแบบไร้สาย ทำให้อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วส่วนมากที่มีการเชื่อมต่อเป็นแบบยูเอสบี เช่น คีย์บอร์ด เมาส์ ไม่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์พกพาได้ ระบบนี้ได้ทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์แบบยูเอสบีและอุปกรณ์พกพาโดยทำหน้าที่แปลงสัญญาณข้อมูลแบบยูเอสบีแล้วทำการส่งออกในรูปแบบการเชื่อมต่อไร้สายแบบบลูทูธเพื่อส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ดังกล่าว นอกจากทำให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทั่วไปอย่างคีย์บอร์ดหรือเมาส์ได้แล้ว ระบบยังช่วยเพิ่มความสามารถในการรับข้อมูลของอุปกรณ์พกพาจากอุปกรณ์ยูเอสบีชนิดอื่น ๆ เช่น เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี เครื่องอ่านลายนิ้วมือ หรือเครื่องอ่านบาร์โค้ด ส่งผลให้เกิดการพัฒนาของโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์พกพาที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

Abstract

The mobile device interconnection via Bluetooth was developed to resolve the problem of limited number of ports found in most mobile devices. Typically, these devices can only receive data via a few ways such as touch screen, soft keyboard, and wireless connection. Devices such as USB keyboards and mice cannot be connected to these mobile devices due to the lack of USB port. This system resolves this problem by serving as a middleware for data communication between USB devices and mobile devices by converting data received from USB into Bluetooth signals. The signals are then sent wirelessly to mobile devices. In addition this project will also increase capabilities of mobile devices to interface with various kinds of devices such as RFID readers or finger scanners, enabling many new applications on the mobile platform.

คำสำคัญ

Bluetooth, Mobile device, USB, RFID

1. บทนำ

อุปกรณ์พกพา (Mobile Device) [1] ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินชีวิตของคนในยุคปัจจุบันเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีการพัฒนาจากอดีตในหลายๆด้านไม่ว่าจะเป็น รูปร่าง การใช้งาน หรือ โปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์พกพาที่มีการติดตั้งได้ง่ายและตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น อย่างไรก็ตามในการรับข้อมูลเข้าของอุปกรณ์พกพานั้นมีอยู่จำกัด เช่น ผ่านทางจอสัมผัส หรือ กล้องถ่ายรูป เมื่อเปรียบเทียบกับการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนคอมพิวเตอร์ที่สามารถรับข้อมูลได้อย่างหลากหลายผ่านทางอุปกรณ์ต่างๆที่มีการเชื่อมต่อแบบยูเอสบีแล้ว การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์พกพานั้น ถือว่ามีการรับข้อมูลเข้าที่น้อยกว่ามาก

บทความนี้นำเสนอ การพัฒนาระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์พกพาผ่านบลูทูธที่ทำให้อุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบยูเอสบีสามารถที่จะส่งข้อมูลออกมากในรูปของการเชื่อมต่อแบบบลูทูธได้ เมื่อทำการเชื่อมต่อเข้ากับระบบแล้วทำให้การส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์พกพาและอุปกรณ์ยูเอสบีสามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้พอร์ตทางกายภาพที่ตัวอุปกรณ์พกพา เช่นพอร์ตอนุกรม

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับพอร์ตเชื่อมต่อที่มีอยู่อย่างจำกัดในอุปกรณ์แบบพกพา ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานนั้นไม่สามารถใช้งานอุปกรณ์พกพาเหล่านั้นให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ และยังต้องการแก้ปัญหาการสูญเสียเงินในการซื้ออุปกรณ์เสริมจากบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์พกพาในราคาที่แพงกว่าปกติเพื่อจะซื้ออุปกรณ์ต่างๆที่ตนมีอยู่แล้วแต่ต่างประเภทการ

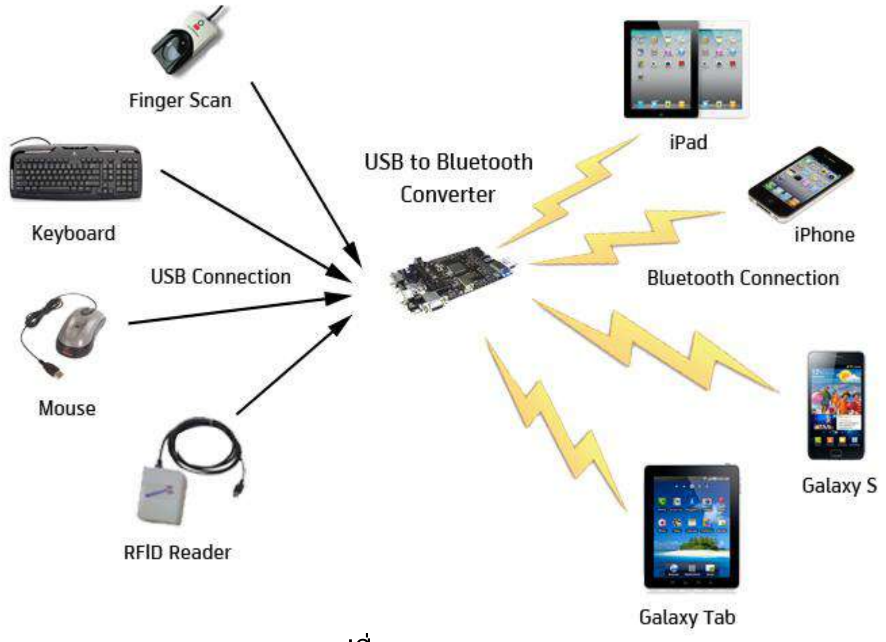
เชื่อมต่อ เช่น เดิมผู้ใช้มีคีย์บอร์ดที่มีพอร์ตการเชื่อมต่อแบบยูเบสบี (USB) [2] อยู่ แต่เมื่อผู้ใช้ต้องการจะทำการเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์พกพาก็พบว่า อุปกรณ์พกพานั้นไม่รองรับการเชื่อมต่อแบบยูเอสบี ทำให้ผู้ใช้จำเป็นต้องตัดสินใจซื้อคีย์บอร์ดไร้สายที่มีการเชื่อมต่อแบบบลูทูธ (Bluetooth) [3] ที่ผู้ผลิตทำการผลิตขึ้นมาขายคู่กับอุปกรณ์พกพาของบริษัทในราคาที่แพงกว่าคีย์บอร์ดเดิมที่มีอยู่ประมาณ 2-3 เท่าตัว จากเหตุการณ์ตัวอย่างข้างต้นทำให้ผู้จัดทำเกิดความคิดขึ้นมาว่า หากมีอุปกรณ์สักชิ้นหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการเชื่อมต่อแบบ ยูเอสบีให้เป็นการเชื่อมต่อแบบบลูทูธได้ปัญหาดังกล่าวก็ย่อมถูกแก้ไปโดยปริยาย เมื่อปัญหาเกี่ยวกับพอร์ตการเชื่อมต่อมีอยู่อย่างจำกัดนั้นถูกแก้ไข ย่อมส่งผลให้เกิดโปรแกรมประยุกต์ใหม่ ๆ ที่ออกมาเพื่อรองรับอุปกรณ์การเชื่อมต่อที่มีอยู่มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ผู้พัฒนาทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่ทำหน้าที่บันทึกเวลาเข้าเรียนของนิสิต จากเดิมมีอุปกรณ์รองรับเพียงแค่คีย์บอร์ดไร้สายที่มีการเชื่อมต่อแบบบลูทูธของบริษัทผู้ผลิตจึงต้องให้นิสิตทำการป้อนข้อมูลเข้าด้วยตัวเอง แต่เมื่อมีอุปกรณ์ที่ทำหน้ามีเปลี่ยนการเชื่อมต่อแบบยูเอสบีให้เป็นการเชื่อมต่อแบบบลูทูธ ทำให้เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีสามารถการเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์เชื่อมต่อพกพาได้ ทำให้ผู้พัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ให้ใช้เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีในการบันทึกเวลาเข้าเรียนแทนการพิมข้อมูลเองของนิสิตซึ่งอาจเกิดปัญหาการลงเวลาเข้าเรียนให้กันได้

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

PARANI-SD100 [4] เป็นอุปกรณ์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการแปลงข้อมูลแบบอนุกรมให้เป็นสัญญาณบลูทูธ โดยรองรับอุปกรณ์ทุกชนิดที่มีการเชื่อมต่อแบบอนุกรมผ่านทางพอร์ต RS-232 [5] และส่งข้อมูลออกแบบบลูทูธที่มีโปรไฟล์เป็นแบบอนุกรม เวอร์ชั่น 1.2 และสามารถต่อเสาสัญญาณเพื่อเพิ่มระยะการส่งข้อมูลได้ แต่ไม่สามารถรองรับอุปกรณ์นอกเหนือจากการเชื่อมต่อแบบ RS-232 เช่นยูเอสบีคีย์บอร์ดได้

4. รายละเอียดการพัฒนา

โครงการนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาให้เป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งานแบบพกพาโดยเน้นความสะดวกในการทำให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่คุ้นเคยอยู่แล้วในชีวิตประจำวันแบบเข้ากับอุปกรณ์เชื่อมต่อแบบพกพาได้อย่างรวดเร็วผ่านการเชื่อมต่อแบบบลูทูธ ทำให้เกิดการพัฒนาของโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์แบบพกพาชนิดใหม่ ๆ ที่สามารถรับข้อมูลเข้าได้หลากหลายช่องทางมากยิ่งขึ้น ไม่ถูกจำกัดโดยความสามารถของอุปกรณ์พกพาเนื่องจากการเชื่อมต่อแบบไร้สายชนิดบลูทูธนั้น



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

มีความนิยมและเป็นมาตรฐานในอุปกรณ์พกพาทุกชนิดและทุกยี่ห้ออยู่แล้วทำให้ระบบสามารถทำการเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์พกพาได้ง่าย สะดวกในการใช้งาน

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบมีภาพรวมของระบบดังรูปที่ 1 โดยระบบจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบยูเอสบีกับอุปกรณ์เชื่อมต่อแบบพกพา

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ดังรูปที่ 2

4.2.1 ส่วนจัดการข้อมูลแบบยูเอสบี : ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลเข้าจากอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบยูเอสบีเพื่ออ่านข้อมูลและทำหน้าที่ในการจัดการข้อมูลของอุปกรณ์ยูเอสบีเพื่อทราบตำแหน่งการเชื่อมต่อเพื่อใช้ในการส่งข้อมูล รวมทั้งเป็นส่วนจัดการข้อมูลก่อนที่จะทำการส่งไปยังส่วนส่งข้อมูลแบบบูลทูธ

4.2.2 ส่วนส่งข้อมูลแบบบลูทูธ : ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลที่ได้รับจากส่วนจัดการยูเอสบีไปยังอุปกรณ์เชื่อมต่อพกพาตลอดจนจัดการการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เชื่อมต่อพกพา

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

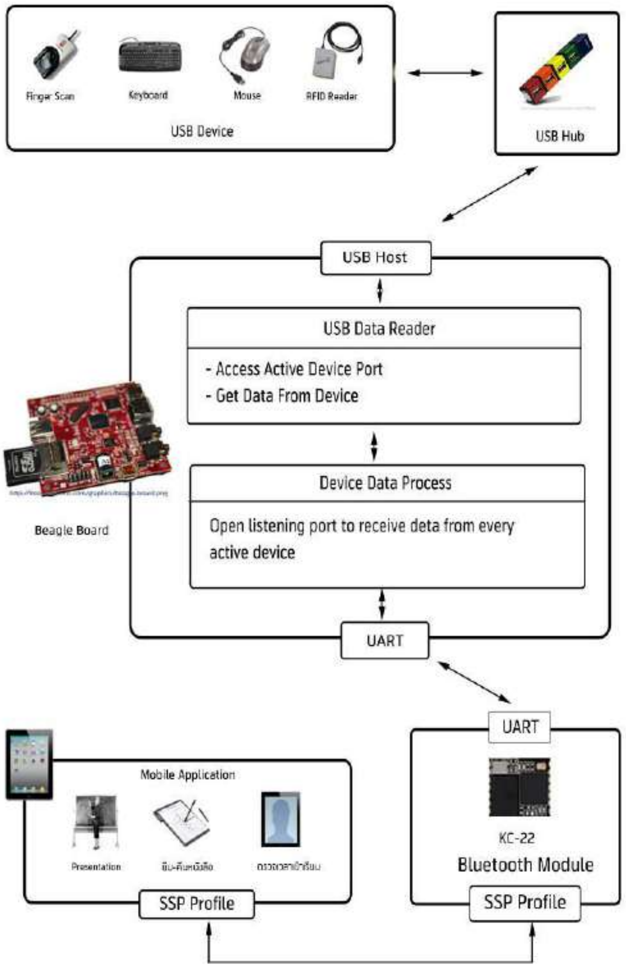
ในขณะนี้ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับอุปกรณ์พกพาที่มีบลูทูธโปรไฟล์แบบอนุกรมเท่านั้น

5. การทดสอบการใช้งาน

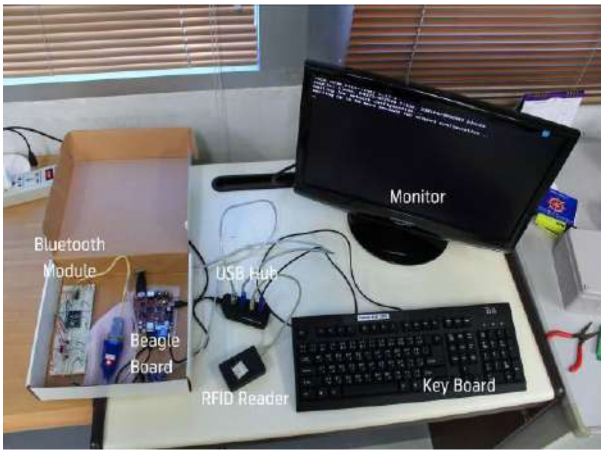
ในการทดสอบการพัฒนาระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์พกพาผ่านบลูทูธนั้น สามารถแบ่งการทดสอบระบบได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

5.1.1 ทดสอบอุปกรณ์ที่รองรับ

เนื่องจากระบบปฏิบัติการที่ใช้ใน Beagle Board เป็น Ubuntu 11.04 minimal ทำให้ตัวระบบรองรับอุปกรณ์ได้น้อยชิ้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากระบบเป็น Ubuntu ทำให้สามารถหาไดร์ฟเวอร์มาติดตั้งเพิ่มเติมในระบบได้ ซึ่งอุปกรณ์ที่ระบบรองรับอยู่ตอนนี้ ได้แก่ คีย์บอร์ด และเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ทางห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สายพัฒนาขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 องค์ประกอบของระบบ

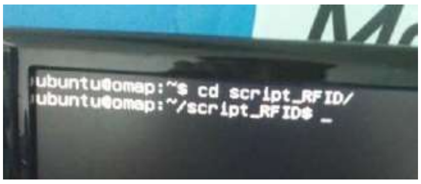


รูปที่ 3 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี และ คีย์บอร์ดที่ทำการเชื่อมต่อเข้ากับระบบ

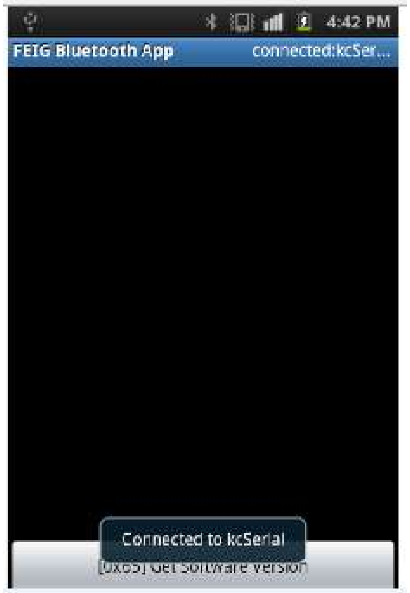
5.1.2 ทดสอบความหน่วงเวลาในการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ยูเอสบีไปยังอุปกรณ์พกพาผ่านระบบ

ทำการทดสอบโดยการส่งข้อความจากระบบมายังอุปกรณ์พกพาเพื่อหาเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลโดยมีอักขระพิเศษเพื่อบอกจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของข้อมูล ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

- เข้าสู่ระบบปฏิบัติการของ Beagle Board ดังรูปที่ 4
- ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับระบบ ดังรูปที่ 5
- เรียกโปรแกรมประยุกต์เพื่อทำการเริ่มส่งข้อมูลไปจากระบบไปยังอุปกรณ์พกพา ดังรูปที่ 6
- โปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์พกพารับข้อมูลจากระบบและทำการจับเวลาเมื่อได้รับข้อมูลตัวอักษร ‘0’ และหยุดเวลาเมื่อได้รับข้อมูลตัวอักษร ‘9’ ดังรูปที่ 7

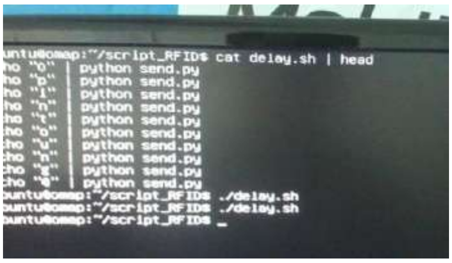


รูปที่ 4 ระบบปฏิบัติการที่ติดตั้งบน Beagle Board



รูปที่ 5 อุปกรณ์พกพาที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบ

รูปที่ 6 ตัวอย่างโปรแกรมส่งข้อมูลตัวอักษรเพื่อหาค่าความหน่วงเวลา



รูปที่ 7 การทำงานของโปรแกรมหาค่าความหน่วงในการส่งข้อมูลจากระบบมายังอุปกรณ์พกพา

5.2 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

การทดสอบทำบนโทรศัพท์ Samsung Galaxy S ที่ลงระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2.3 โดยทำการเชื่อมต่อกับโครงงานผ่านทางโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น

5.3 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากการทดสอบในข้อ 5.1.1 พบว่าระบบสามารถทำการส่งข้อมูลจากเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีและคีย์บอร์ดที่มีการเชื่อมต่อแบบยูเอสบีไปยังอุปกรณ์พกพาในรูปแบบของบลูทูธได้ดังรูปที่ 8 และ 9 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์

ตารางที่ 1 เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลเมื่อจำนวนตัวอักษรที่ส่งแตกต่างกัน

ครั้งที่ / จำนวน characters	1 (ms)	2 (ms)	3 (ms)	4 (ms)	5 (ms)	Average (ms)	Speed (ms/Char)
13	6,122	6,190	6,409	6,324	6,316	6,272	482.4
39	18,563	18,555	18,679	18,610	18,719	18,625	477.5
117	55,270	55,315	55,265	55,340	55,069	55,251	472.2

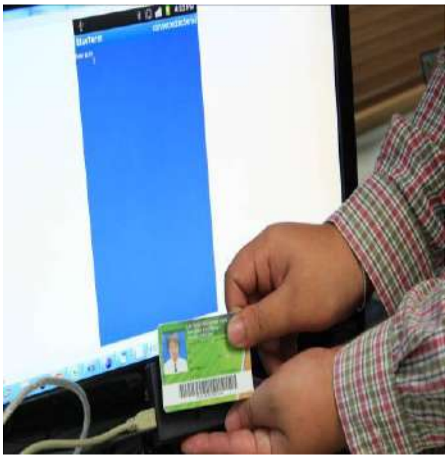
จากการทดลองในข้อ 5.1.2 พบว่าเมื่อทำการเพิ่มจำนวนตัวอักษรที่ทำการส่งจากระบบ เวลาที่ใช้ในการส่งตัวอักษรทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นด้วย ดังตารางที่ 1 ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่า ระบบมีความหน่วงเวลาในการส่งข้อมูลจากระบบมายังอุปกรณ์พกพาประมาณ 477 มิลลิวินาทีต่อการส่งข้อมูล 1 ตัวอักษร ซึ่งจากการทดสอบใช้งาน พบว่าสามารถใช้งานได้ดีไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้อุปกรณ์ยูเอสบี เช่น คีย์บอร์ด หรือเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี

6. บทสรุป

จากการทดสอบ พบว่าระบบสามารถทำการส่งข้อมูลต่างๆ จากระบบมายังอุปกรณ์เชื่อมต่อแบบพกพาได้อย่างถูกต้อง และ สามารถส่งข้อมูลจากอุปกรณ์แบบยูเอสบีได้หลายชนิดในเวลาเดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานอุปกรณ์เชื่อมต่อแบบพกพาที่มากขึ้น ผู้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์เองก็สามารถที่จะเลือกรับข้อมูลได้หลากหลายมากขึ้น ทำให้การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์เชื่อมต่อแบบพกพานั้นมีการพัฒนายิ่งขึ้น

จากระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาพัฒนาต่อเพื่อนำไปใช้งานในด้านต่างๆได้หลายด้าน เช่น

ด้านการศึกษา สามารถใช้ความสามารถของอุปกรณ์พกพาร่วมกับความสามารถในการอ่านบัตรอาร์เอฟไอดีของระบบในการพัฒนาระบบตรวจเวลาเข้าเรียนของนิสิต



รูปที่ 8 ข้อมูลที่อุปกรณ์พกพาได้รับจากเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี

รูปที่ 9 ข้อมูลที่อุปกรณ์พกพาได้รับจากคีย์บอร์ด

ด้านการพัฒนาโปรแกรมเพื่อความบันเทิง สามารถใช้เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีในการประยุกต์เป็นเกมต่างๆโดยใช้ข้อมูลจากบัตรแทนตัวละคร หรือ เหตุการณ์ต่างๆ เช่น เมื่อผู้เล่นทำการแตะบัตรแล้ว หน้าจอของอุปกรณ์พกพา จะทำหน้าที่แสดงรายละเอียดต่างๆของตัวละคร หรือ ทำการโจมตีด้วยทักษะที่แตกต่างกันเมื่อใช้บัตรคนละใบเป็นต้น

ด้านการพัฒนาทั่วไป สามารถพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ในการเข้าถึงอุปกรณ์เก็บข้อมูลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ฮาร์ดดิสก์ แฟลชไดรฟ์ เพื่อทำการอ่านข้อมูลเหล่านั้นแบบไร้สายได้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] “Mobile device”, Available from: URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_device

[2] “USB”, Available from: URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus

[3] “Bluetooth (7/2/2011)”, Available from: URL: http://www.bcoms.net/tipcomputer/detail.asp?id=547

[4] “PARANI-SD100 Serial to Bluetooth Converter Class1”, Available from: URL: http://www.kanda.com/products/Sena/PARANI-SD100.html

Networking

การเพิ่มประสิทธิภาพของค่าปริมาณงานในระบบแลนไร้สาย โดยการประยุกต์ใช้วิธีการรวมกลุ่มลิ้งค์

Improve the throughput value for wireless LAN System (Wi-Fi) with Link Aggregation

นิสิต ภูครองตา	ดร.ไพฑูรย์ รักเหลือ	ผศ.อิฐอารัญ ปิติมล
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
แขนงโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์	และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
E-mail: nisit.p@en.rmutt.ac.th	E-mail: p_ruglure@hotmail.com	E-mail: itarun.p@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของค่าปริมาณงานในระบบแลนไร้สาย โดยการประยุกต์ใช้วิธีการรวมกลุ่มลิ้งค์ ซึ่งโดยปกติมีการใช้อยู่ในระบบสายตามมาตรฐาน IEEE802.3ad จากผลการทดลองพบว่า นอกจากค่า Interference Power และค่า SNR แล้ว ค่า Interference Power Station ยังมีผลต่อค่าปริมาณงานด้วย ซึ่งพบว่าถ้าค่าความแตกต่างระหว่างค่า Interference Power Station กับค่า Interference Power มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าปริมาณงาน เพิ่มขึ้นด้วย

คำสำคัญ: *การรวมกลุ่มลิ้งค์, ระบบแลนไร้สาย, 802.11,802.3ad*

Abstract

An application of Link Aggregation, which normally use in wire system in IEEE802.3ad standard, for wireless LAN System (Wi-Fi) to improve the throughput value is proposed in this paper. The experimental results show that not only the Interference Power value and SNR value affect to the throughput value but interference power station value also affect to the throughput value. If the difference value between the interference power value and the interference power station value increase, the throughput value is also increased.

Keywords: *Link Aggregation, 802.11, Interference Power, wireless LAN*

1. บทนำ

ตามมาตรฐาน IEEE 802.3ad การรวมกลุ่มลิ้งค์ (Link Aggregation) [1] เป็นการรวมช่องสัญญาณอีเทอร์เนต (multiple Ether-channel) เพื่อเพิ่มแบนด์วิดท์ในการติดต่อสื่อสาร โดยการนำเอาลิงค์มากกว่าหนึ่งลิ้งค์มารวมกันให้เป็นกลุ่มเดียว โดยใช้สื่อกลางแบบมีสายตามเทคโนโลยีฟาสต์อีเทอร์เน็ต IEEE 802.3u [2] ที่ส่งข้อมูลสูงสุดได้ 100 Mbps (TX, RX) จากข้อดีของ IEEE 802.3ad การรวมกลุ่มลิ้งค์ที่มีการเพิ่มแบนด์วิดท์ในการสื่อสารในสื่อกลางแบบสาย (wire) จึงมีการนำมาใช้กับสื่อกลางแบบไร้สาย(wireless) แบบต่างๆ เช่น ไวแมกซ์ (WiMax), วายฟาย (Wi-Fi) [4] เพื่อเพิ่มค่าปริมาณงาน (throughput) ในการรับส่งข้อมูลไม่ว่าจะเป็นการปรับค่าดีเลย์ในการส่งแบบเครือข่ายไร้สาย[5] การจัดสรรปริมาณการใช้โดยใช้วิธี Support Vector Machine [6] ซึ่งเป็นการทำการรวมกลุ่มลิ้งค์เครือข่ายไร้สายแบบต่างๆ (Multi-Radio System) โดยไม่เฉพาะเจาะจงว่าเป็นเครือข่ายไร้สายแบบใด

บทความนี้นำเสนอการประเมินผลของค่าปริมาณงานของการรวมกลุ่มลิ้งค์เครือข่ายแลนไร้สาย 802.11bg โดยเปลี่ยนการรวมกลุ่มลิ้งค์จากเดิมที่สื่อกลางเป็นแบบสาย มาเป็นสื่อกลางที่เป็นแบบไร้สาย ในความถี่ที่ 2.4 GHz ใช้

ช่องสัญญาณ 20 MHz ที่ไม่รบกวนกัน 3 ช่องสัญญาณ เพื่อประเมินผลค่าปริมาณงาน โดยจะทดสอบทีละช่องสัญญาณ ตั้งแต่ช่องสัญญาณที่ 1, 6 และ 11 ตามลำดับ และปรับค่า Interference Power ว่าจะส่งผลต่อค่าปริมาณงานอย่างไรบ้าง

2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ถึงแม้ว่าการสื่อสารที่มีการรับส่งข้อมูลแบบมีสายจะมีอัตราค่าปริมาณงานสูง แต่ข้อจำกัดของระบบคือไม่สามารถเดินระบบสายได้สะดวก ในบางพื้นที่ที่สภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวย เช่น การเดินสายข้ามตึกอาคาร หรือแม้แต่การใช้งานชั่วคราว งานกีฬา งานรับพระราชทานปริญญาบัตรเป็นต้น ซึ่งหากถ้าลงทุนเดินระบบสายอาจต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานาน พร้อมทั้งรื้อถอนลำบาก ดังนั้นการสื่อสารแบบไร้สายจึงเข้ามามีบทบาทในการสื่อสารข้อมูล เนื่องจากมีความสะดวกในการติดตั้ง ลดภาระค่าใช้จ่าย และสามารถรื้อถอนได้ง่าย หรืองานด้านกระจายสัญญาณให้กับระบบความปลอดภัยต่างๆ เช่น การกระจายสัญญาณสำหรับกล้อง ไอพี วงจรปิดแบบไร้สาย หรือ ใช้กับระบบตรวจการณ์ระยะไกล แต่ข้อจำกัดของการสื่อสารก็จะมีในเรื่องของ การรับส่งข้อมูลที่ให้อัตราการค่าปริมาณงาน ที่ค่อนข้างต่ำ เพราะมีปัจจัยในสภาพแวดล้อมที่ติดตั้ง รวมถึง ตึก อาคาร ที่จะมาลดทอนประสิทธิภาพของการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย จากปัญหาดังกล่าวในงานวิจัยนี้จึงอยากเสนอแนวคิดในการรวมกลุ่มลิ้งค์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพช่องทางการสื่อสารแบนด์วิดท์ให้เพิ่มมากขึ้นจากที่ระบบเดิมจะใช้สื่อกลางแบบสายทำการรวมกลุ่มลิ้งค์ แต่งานวิจัยนี้จะใช้สื่อกลางแบบไร้สายในการรวมกลุ่มลิ้งค์และประเมินผลของค่าปริมาณงาน

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐาน IEEE802.3ad การรวมกลุ่มลิ้งค์ หรือเรียกอย่างหนึ่งว่า อีเทอร์ แชนแนล (Ether Channel) นั้นเป็นคุณสมบัติที่ทำให้สามารถรวมหลาย ๆ อินเทอร์เฟสแบบฟิซิคอล (Physical) เข้าด้วยกันเป็นอินเทอร์เฟสแบบลอจิคอล (Logical) เพียงอันเดียวได้ ใช้เพื่อแก้ปัญหาความคับคั่ง (Congestion) ในการใช้งานระบบเครือข่าย หรือใช้แก้ปัญหาเมื่อมีปริมาณการใช้งานระบบเครือข่ายมากเกินไปจนทำให้การรับ-ส่งข้อมูลทำได้ช้า เสมือนเป็นการเพิ่มเส้นทางข้อมูลขึ้น จากเส้นทางเดียวเป็นหลาย ๆ เส้น ทางเพื่อที่จะทำการแชร์ปริมาณการใช้ (Traffic) ไปในหลาย ๆ เส้นทาง พร้อมทั้งยังเป็นการทำ ส่วนซ้ำซ้อน(Redundant) ในกรณีที่มีบางลิ้งค์ที่เป็นสมาชิกของอีเทอร์ แชนแนล เกิดมีปัญหาได้ และใช้เกณฑ์วิธี(Protocol) Link Aggregation Control Protocol (LACP) ในการรับ-ส่ง ข้อมูลกัน

มาตรฐาน 802.11b (11 Mbps) เป็นมาตรฐานเครือข่ายแลนไร้สายที่ใช้ความถี่ย่าน 2.4 GHz ซึ่งเป็นความถี่เสรีที่ทุกประเทศเปิดให้ใช้โดยอิสระ และการที่ถูกประกาศเป็นมาตรฐานตั้งแต่ปี 1999 มีความเร็วในการทำงาน 4 ระดับ คือ 11, 5.5, 2 และ 1 Mbps เครือข่ายที่ให้บริการอินเตอร์เน็ตไร้สายแบบจุดพร้อมโยง(Hotspot) ส่วนใหญ่จะใช้มาตรฐานนี้ แต่เครือข่ายเครือข่ายแลนไร้สายมีปัญหาคือ มีความเร็วต่ำที่สุดในมาตรฐานเครือข่ายแลนไร้สาย

มาตรฐาน 802.11g (54 Mbps) มีความเร็วในการทำงานสูงถึง 54 Mbps และมีระยะการทำงานไกลสุดเท่ากับมาตราฐาน 802.11b ใช้ความถี่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นช่วงที่ใช้งานได้เสรี มีความสามารถทำงานร่วมกันกับเครือข่ายแลนไร้สายตามมาตราฐาน 802.11b ได้

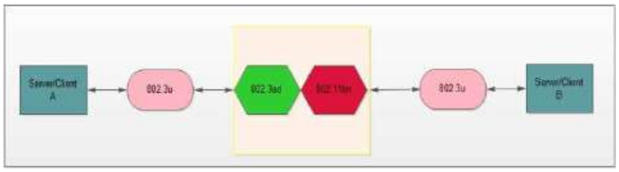
มาตรฐาน 802.11n (300 - 600 Mbps) เป็นแลนไร้สายที่มีความเร็วสูงสุดถึง 600 Mbps โดยส่งผ่าน 4 Stream ซึ่งประกอบไปด้วยเสาอากาศ 4 ชุดทั้งภาครับและส่ง แต่ละ Stream จะมีความเร็วที่ 150 Mbps สามารถใช้งานได้ทั้งย่านความถี่ 2.4 GHz และ 5 GHz หากใช้งานช่องสัญญาณขนาด 40 MHz จะส่งข้อมูลได้สูงกว่าการใช้ช่องสัญญานขนาดมาตรฐานคือ 20 MHz ไวร์เลส 802.11n นี้จะเป็นมาตฐานที่อยู่ในโน้ตบุ๊คใหม่ตั้งแต่ 2009 ขึ้นไป โดยจะสามารถรับส่งข้อมูล 2 – 3 Stream ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนภาครับส่ง

และเสา หากเป็นรุ่นที่มี 2 เสาจะมีความเร็วสูงสุดที่ 300 Mbps แต่ถ้าเป็นรุ่น 4 เสา จะมีความเร็วสูงสุดที่ 600 Mbps

4. วิธีการที่นำเสนอ

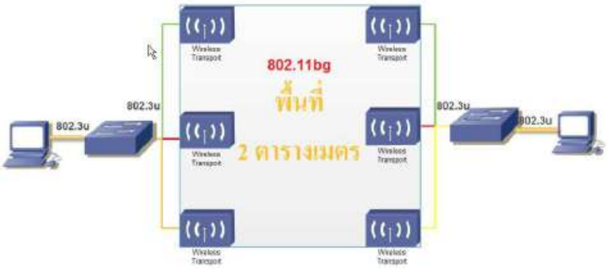
4.1 ภาพรวมของระบบ

การรวมกลุ่มลิ้งค์ระบบไร้สาย ดังแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การรวมกลุ่มลิ้งค์ระบบแลนไร้สาย

โดยจะมี ระบบรับ-ให้บริการ (Server/Client) A ใช้รับ-ส่งข้อมูลไปยัง ระบบรับ-ให้บริการ B ผ่านสวิตซ์ A ที่ทำการรวมกลุ่มลิ้งค์ต่อด้วยระบบแลนไร้สาย ทำ Point-to-Point ผ่านสวิตย์B ไปยังระบบรับ-ให้บริการB ดังรูปที่ 2

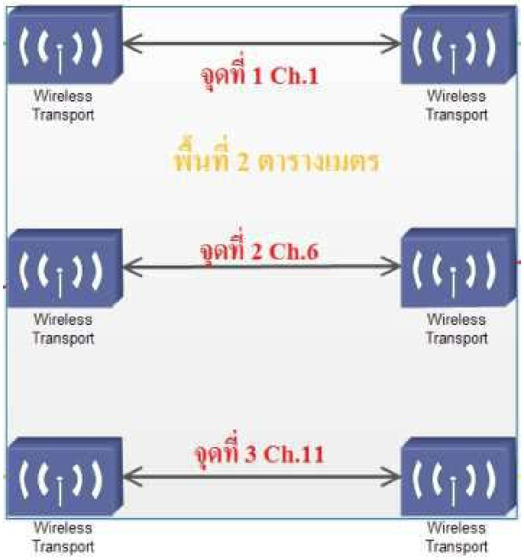


รูปที่ 2 แสดงการเชื่อมต่อการรวมกลุ่มลิ้งค์ของระบบแลนไร้สาย Server/Client A ใช้รับ-ส่งข้อมูลไปยัง Server/Client B

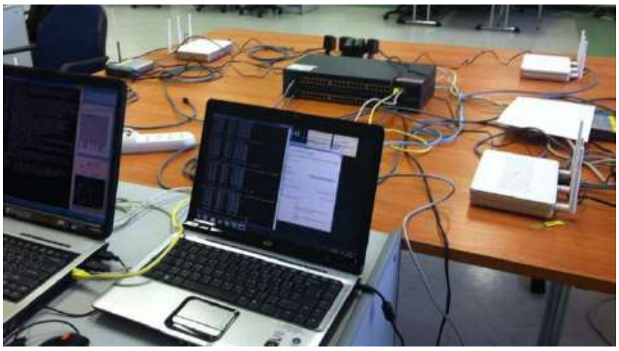
เริ่มแรกจะวาง Access Point ที่ใช้ทดสอบ แบ่งออกเป็น 3 จุดดังรูปที่ 3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพค่าปริมาณงาน (throughput) ของการรวมกลุ่มลิ้งค์ของระบบแลนไร้สายที่ละจุดและ 3จุดรวมกัน โดยใช้ IEEE 802.11bg

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบจะประกอบไปด้วย คอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง 1.Toshiba Satellite L100, HP Pavilion T7000 CPU1.6Ghz Ram 512 MB Ethernet Card 10/100



รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งการเชื่อมต่อการรวมกลุ่มลิ้งค์ของระบบแลนไร้สายทั้ง 3 จุดและ 3 ช่องสัญญาณ



รูปที่ 4 ภาพรวมของระบบการรวมกลุ่มลิ้งค์ระบบแลนไร้สายที่ทดสอบด้วยอุปกรณ์จริง(1)

Mb Full Duplex , สวิตซ์ที่รองรับการทำการรวมกลุ่มลิ้งค์ (Link Aggregation) 2 ตัว ในการทดสอบใช้ Cisco Catalyst 2960 24 พอร์ต ,สายUTP Cat5e 8 เส้น, แอคเซสพ้อยซ์ 6 ตัว D-Link 2 ตัว , ASUS RT10 4 ตัว ,การ์ดวัด

สเปกตรัมและค่าปริมาณงานของ Cisco รุ่น AIR-CSCO-SE-WIFI-C

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

ทดสอบในพื้นที่ 2 ตารางเมตร ที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง เนื่องจากเป็นระยะที่ทำให้สัญญานมีประสิทธิภาพสูงสุด [7] ตำแหน่งการวาง 3 จุด 1.มุมพื้นที่ 2.กึ่งกลางพื้นที่ 3.มุมพื้นที่ ดังรูปที่ 3. และใช้ความถี่ 2.4 GHz ในช่องสัญญาณ 20 MHz ที่ช่องสัญญาณ 1, 6 และ 11

รูปที่ 5 ภาพรวมของระบบการรวมกลุ่มลิ้งค์ระบบแลนไร้สายที่ทดสอบด้วยอุปกรณ์จริง(2)

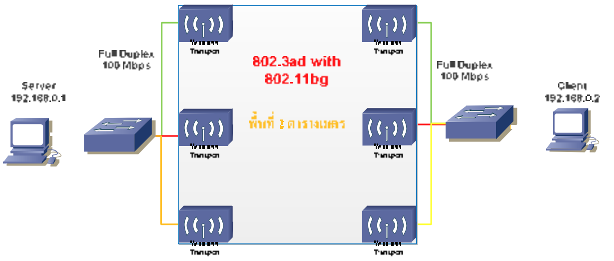
5. การทดสอบและผลการทดสอบ

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

การทดสอบจะทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีสิ่งกีดขวางในระยะ 2 เมตร เนื่องจากเป็นระยะที่ทำให้สัญญานมีประสิทธิภาพสูงสุด [7] และใช้ความถี่ 2.4 GHz ในช่องสัญญาณ 20 MHz

5.2 ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

ทดสอบค่าปริมาณงาน ของการรวมกลุ่มลิ้งค์ โดยใช้เครือข่ายแลนไร้สาย IEEE 802.11bg ทดสอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง (Server/Client) กำหนดไอพีแอดเดรสเครื่องแม่ข่าย เครื่องที่ 1 : 192.168.0.1 , เครื่องลูกข่าย เครื่องที่ 2 : 192.168.0.2 และใช้ โปรแกรม nuttcp-5.5.5.win32 [8] เพื่อสร้าง Traffic รับ-ส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายไปยังเครื่องแม่ข่าย

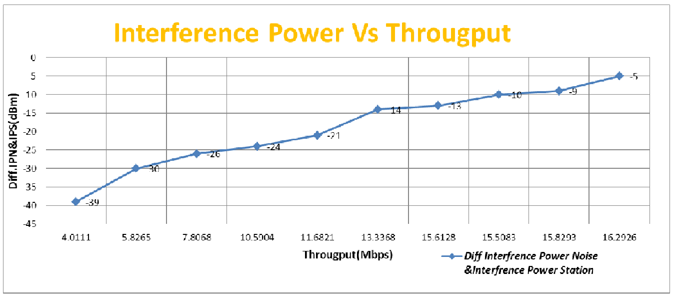


รูปที่ 6 การรวมกลุ่มลิ้งค์ด้วย IEEE 802.11

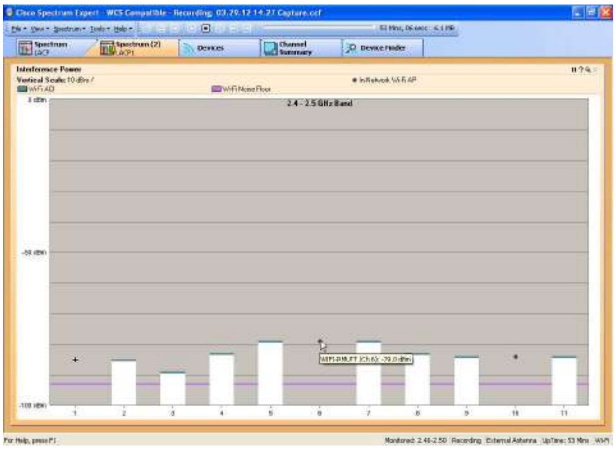
จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าถ้าค่า ความแตกต่างระหว่าง Interference Power Station กับค่า Interference Power Noise (แทนด้วยตัวแปร A) มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า Throughput (แทนด้วยตัวแปร B) เพิ่มขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่นเมื่อค่า Interference มีค่า-5dBm สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ 16.2926 Mbps

ตารางที่ 1 ค่าความแตกต่างระหว่าง Interference Power และ Throughput

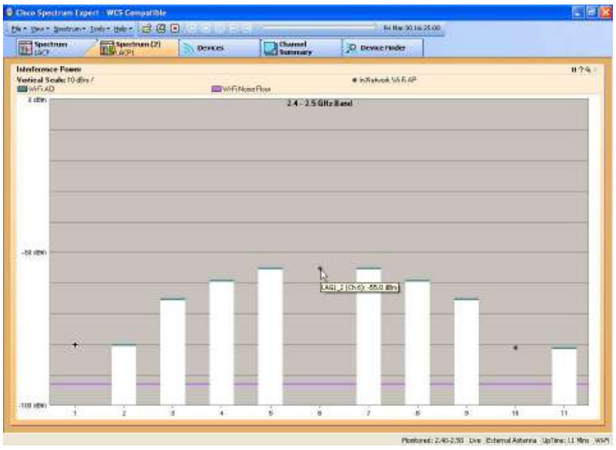
Interfrence Power Noise	Interfrence Power Station	Diff Interfrence Power Noise &Interfrence Power Station (A)	Thoughput avg (B)
-79	-40	-39	4.0111
-79	-49	-30	5.8265
-63	-37	-26	7.8068
-79	-55	-24	10.5904
-79	-58	-21	11.6821
-52	-38	-14	13.3368
-50	-37	-13	15.6128
-53	-43	-10	15.5083
-45	-36	-9	15.8293
-40	-35	-5	16.2926



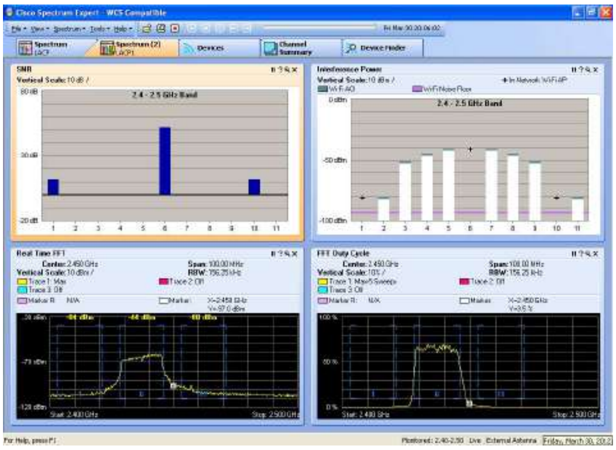
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างระหว่าง A กับB



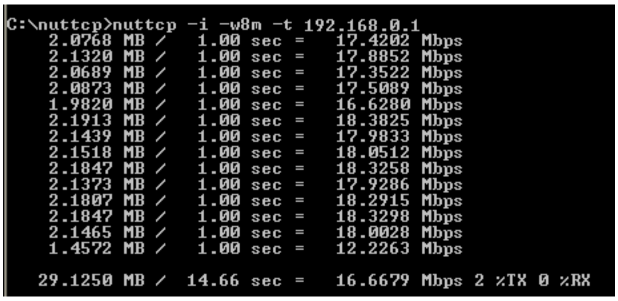
รูปที่ 8 ค่า Interference Power ก่อนต่อ Link Aggregation



รูปที่ 9 ค่า Interference Power เมื่อต่อ Link Aggregation



รูปที่ 10 ค่า SNR เมื่อต่อ Link Aggregation



```
C:\nuttcp>nuttcp -i -w8m -t 192.168.0.1
    2.0768 MB /   1.00 sec =   17.4202 Mbps
    2.1320 MB /   1.00 sec =   17.8852 Mbps
    2.0689 MB /   1.00 sec =   17.3522 Mbps
    2.0873 MB /   1.00 sec =   17.5089 Mbps
    1.9820 MB /   1.00 sec =   16.6280 Mbps
    2.1913 MB /   1.00 sec =   18.3825 Mbps
    2.1439 MB /   1.00 sec =   17.9833 Mbps
    2.1518 MB /   1.00 sec =   18.0512 Mbps
    2.1847 MB /   1.00 sec =   18.3258 Mbps
    2.1373 MB /   1.00 sec =   17.9286 Mbps
    2.1807 MB /   1.00 sec =   18.2915 Mbps
    2.1847 MB /   1.00 sec =   18.3298 Mbps
    2.1465 MB /   1.00 sec =   18.0028 Mbps
    1.4572 MB /   1.00 sec =   12.2263 Mbps

   29.1250 MB /  14.66 sec =   16.6679 Mbps 2 %TX 0 %RX
```

รูปที่ 11 ค่าปริมาณงานที่ทดสอบจากโปรแกรม nuttcp

6.สรุป

การรวมกลุ่มลิ้งค์ในระบบสายตามมาตราฐาน IEEE802.3ad เมื่อนำมาใช้กับระบบแลนไร้สายเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของค่าปริมาณงาน ซึ่งตัวแปรที่มีผลต่อค่าปริมาณงานทั้งในเรื่องของ Interference Power, SNR ซึ่งหากมีค่ามากจะทำให้ค่าปริมาณงานมีค่าเพิ่มขึ้น และแสดงให้เห็นว่านอกจากค่า Interference Power แล้ว ตัวแปร Interference Power Station ก็ส่งผลต่อค่า ค่าปริมาณงานด้วยเช่นกัน

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

ทดสอบโดยใช้ย่านความถี่ 2.4 GHz และเปรียบเทียบหากมีการ Interference ของช่องสัญญาณทับซ้อนกัน จะมีผลต่อค่า ค่าปริมาณงาน เช่นไร และหากมีผลจะมาสามารถที่จะมีแนวคิดเพื่อแก้ไขหรือไม่ และสามารถทดสอบโดยใช้ย่านความถี่ 5 GHz เพื่อทดสอบในมาตราฐาน 802.11n ที่สามารถส่งได้ระยะทางไกลขึ้นด้วย

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการทดสอบและเก็บข้อมูล

8. เอกสารอ้างอิง

[1] IEEE Std 802.3u-1995 "IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks: Supplement to Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layer, Medium Attachment Units, and Repeater for 100 Mb/s Operation, Type 100BASE-T (Clauses 21-30)."

[2] IEEE Std 802.3ad-2000, "Amendment to carrier sens multiple access with collision detection (CSMA/CD access method and physical layer specification aggregation of multiple link segments"

[3] IEEE Std 802.11v-2011 "IEEE Standard for Information Technology--Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 8: IEEE 802.11 Wireless Network Management."

[4] H. Raza, "A brief survey of radio access network backhaul evolution: part I," *Communications Magazine, IEEE,* vol. 49, pp. 164-171, 2011.

[5] A. Yamaguchi*, et al.*, "Downlink Link Aggregation Performance with Delay Adjustment Capability in Multi-Radio Access System," Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2011 IEEE 73rd, 2011.

[6] K. Hashiguchi*, et al.*, "Traffic allocation control using support vector machine in heterogeneous wireless link aggregation," Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2011 IEEE, 2011.

[7] S. *Samad and Peng Li.*, "Evaluating IPv6 in Peer-to Peer 802.11n Wireless LANs," IEEE Internet Computing ,2011 IEEE, 2011.

[8] Nuttcp. http://nuttcp.org/nuttcp/Welcome%20Page.html

แบบจำลองฟังก์ชันมัลติโฮมมิงในสตรีมคอนโทรลทรานสมิสชันโพรโทคอลโดยใช้คัลเลอร์พริติเนท

ปิยะพัทธ์ โสนันทะ
สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์โทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
takidio@hotmail.com

สมศักดิ์ วาณิชอนันต์ชัย
สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์โทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
somsav@sut.ac.th

บทคัดย่อ

สตรีมคอนโทรลทรานสมิสชันโพรโทคอล(SCTP) ไดนามิกแอดเดรสรีคอนฟิกูเรชัน (DAR) หรือ Request for Comments (RFC) 5061 เป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนหมายเลข IP ของโพรโทคอล SCTP ซึ่งเป็นส่วนเพิ่มเติมจาก RFC 4960 บทความนี้อธิบายการใช้คัลเลอร์พริติเนท (CPN) จำลองการทำงาน ของโพรโทคอล SCTP โดยเฉพาะ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนหมายเลข IP ตามมาตรฐาน RFC 5061 และใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์หาการทำงานที่มาตรฐานไม่ได้กำหนด ผลการวิเคราะห์แบบจำลองพบว่ามีความเป็นไปได้ที่กระบวนการการเปลี่ยนแปลงหมายเลข IP เสร็จสิ้นแล้ว แต่ยังคงมีแพ็คเก็ต ASCONF-ACK ค้างอยู่ในบัฟเฟอร์ซึ่งในมาตรฐาน RFC 5061 ไม่ได้กำหนดว่าควรทำอย่างไรกับแพ็คเก็ตดังกล่าว

Abstract

Dynamic Address Reconfiguration (DAR) of the Stream Control Transmission Protocol (SCTP), Request for Comments (RFC) 5061, which is extended from RFC 4960, is specified by the Internet Engineering Task Force (IETF) in 2007. This paper presents a Coloured Petri Net (CPN) model of SCTP's Dynamic Address Reconfiguration (RFC 5061). It is used to search for unspecified actions. We focus on sequence numbers and procedures of SCTP-DAR. Analysis result reveals a scenario that the procedure of SCTP-DAR is already completed but there is a ASCONF-ACK chunk remained in the buffer. RFC 5061 does not specify how to cope with this remainder.

คำสำคัญ

SCTP, SCTP-DAR, CPN, ASCONF, ASCONF-ACK, HEARTBEAT, HEARTBEAT-ACK, Chunk

1. บทนำ

SCTP เป็นโพรโทคอลชั้นทรานสปอร์ตที่ทำงานบน Internet Protocol (IP) มีหน้าที่รับประกันการรับส่งข้อมูลของทุกหน่วยที่ส่งว่าจะถึงผู้รับอย่างถูกต้อง ในปี 2000 Internet Engineering Task Force (IETF) ได้ให้ความเห็นชอบโพรโทคอล SCTP และตีพิมพ์มาตรฐาน Request for Comment (RFC) 2960 ต่อมาในปี 2006 IETF ได้นำข้อบกพร่องต่างๆในมาตรฐาน RFC 2960 แล้วนำมารวบรวมอยู่ใน RFC 4460 และปีถัดมา IETF ยังได้แก้ไขมาตรฐาน SCTP โดยการตีพิมพ์มาตรฐาน RFC 4960 [1] และยกเลิก RFC 2960 ในขณะเดียวกันได้ตีพิมพ์มาตรฐาน RFC 5061 [2] ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนหมายเลข IP (Dynamic Address Reconfiguration) เพื่อสนับสนุนการเชื่อมต่อระหว่างกลุ่มของหมายเลข IP ที่เรียกว่าฟังก์ชันมัลติโฮม นอกจากคุณภาพพื้นฐานของบริการในระบบเครือข่ายโทรคมนาคม เช่น ความเร็วและความถูกต้องของข้อมูลที่รับได้แล้ว ในปัจจุบันการใช้เครือข่ายสำรอง (Backup) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ และฟังก์ชันการจัดการการเคลื่อนที่ (Handover) เริ่มมีความสำคัญเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารในปัจจุบันมีความสามารถเพิ่มและลบหมายเลข IP ของการ์ดเครือข่าย Wi-Fi หรือ WiMAX ได้ ความซับซ้อนนี้ปรากฏอยู่ในเครือข่ายของผู้ให้บริการที่ใช้ใน IPv6 แบบเคลื่อนที่ [6] ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนเส้นทางการรับส่งข้อมูลได้ โดยการเปลี่ยนหมายเลข IP ทำให้ยังคงรับส่งข้อมูลถึงกันได้ แม้ว่าเส้นทางปกติที่ใช้จะขัดข้องก็ตาม

SCTP มีฟังก์ชันที่สำคัญ คือ การรับส่งข้อมูลแบบมัลติสตรีม (Multi-stream) และมัลติโฮม (Multi-home) มัลติสตรีมเป็นการส่งข้อมูลไปในช่องทางที่เรียกว่าสตรีมของข้อมูลพร้อมกันในหลายๆ สตรีมภายใต้การเชื่อมต่อคู่เดียวกัน และยังสามารถแยกข้อมูลจากแอปพลิเคชันลงในมัลติสตรีมที่มีการ

ส่งมอบข้อมูลที่มีลำดับการส่งอันเป็นอิสระต่อกัน ถ้าหากสตรีมใดสตรีมหนึ่งติดขัด จะไม่มีผลต่อสตรีมอื่นๆ ในขณะที่ฟังก์ชันมัลติโฮมนั้นเป็นการเชื่อมโยงรับส่งข้อมูลระหว่างกลุ่มหมายเลข IP ทำให้แพ็กเก็ตข้อมูลสามารถเดินทางไปยังผู้รับโดยผ่านเส้นทางและเครือข่ายที่แตกต่างกันได้

2. ที่มาและแรงจูงใจ

ตามมาตรฐาน RFC 4960 ในช่วงแรกของการเปิดการติดต่อโหนดทั้งสองจะแลกเปลี่ยนกลุ่มหมายเลข IP กัน หลังจากเปิดการติดต่อและเริ่มรับส่งข้อมูลกันแล้ว จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงกลุ่มหมายเลข IP ได้ ซึ่งเป็นปัญหาเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานที่ผู้ใช้เคลื่อนที่ (Mobility) ซึ่งต้องมีการเปลี่ยนแปลงหมายเลข IP อยู่บ่อยครั้ง ดังนั้นจึงมีการนำเสนอไดนามิกแอดเดรสรีคอนฟิกูเรชันในมาตรฐาน RFC 5061 ขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการตรวจสอบการทำงานของมาตรฐานการเปลี่ยนแปลงหมายเลข IP ใน RCF 5061 โดยการสร้างแบบจำลอง CPN ขึ้น นั้นจะมีประโยชน์ในด้านการทำความเข้าใจในขั้นตอนการทำงานได้ง่ายและยังสามารถยังค้นพบการกระทำที่ไม่ได้ระบุไว้ได้ง่ายเช่นกัน [3] นอกจากนั้นผู้เขียนยังต้องการเพิ่มประสบการณ์ในการสร้างแบบจำลอง CPN โดยตรงจากมาตรฐาน RFC 5061

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 คัลเลอร์พริติเนท (CPN)

คัลเลอร์พริติเนท (CPN) เป็นเครื่องมือที่ใช้สร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ระบบที่มีความซับซ้อน เช่น Network Protocol, Healthcare System เป็นต้น ส่วนประกอบหลักของคัลเลอร์พริติเนท ได้แก่ Places Transitions Tokens และ Arc

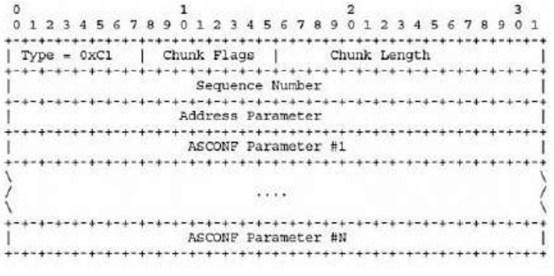
Tokens เป็นข้อมูลที่เก็บอยู่ใน Places แต่ละ Place จะต้องระบุชนิดของข้อมูลที่จะจัดเก็บ ชนิดของข้อมูลเรียกว่า Token Colour หรือ Colour Set

Transitions มีตัวควบคุม 3 ชนิดได้แก่ Guard Inscription ซึ่งเงื่อนไขตั้งต้นก่อนการเปลี่ยนสถานะ Timed Inscription ใช้กำหนดเวลาในการ Firing Transition และ Code Segment เป็นชุดคำสั่งที่ทำงานก่อนการ Firing Transition

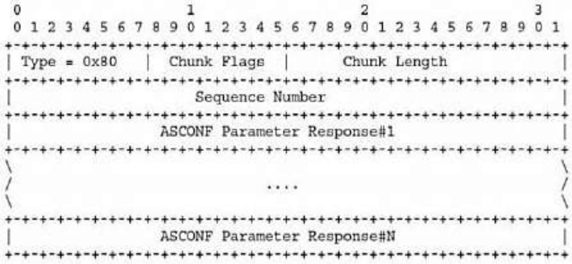
Arc Inscription ใช้กำหนดตัวแปรที่ใช้เป็นอินพุทในการ Firing และเอาท์พุทที่ได้หลังการ Firing หรือใช้ตัวแปรดังกล่าวร่วมกับนิพจน์เพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนย้าย Tokens [8] จากการทำงานของแบบจำลอง CPN เราสามารถวิเคราะห์และทำความเข้าใจรายละเอียดการทำงานของระบบที่ต้องการศึกษาได้

3.2 ชนิดของ Chunk

Chunk คือข้อมูลหนึ่งหน่วยของแพ็คเก็ต SCTP มี 2 ประเภท ได้แก่ chunk ควบคุมที่มี 14 ชนิด และ chunk ข้อมูลอีกหนึ่งชนิด ในบทความนี้จะกล่าวถึง chunk เพียง 4 ชนิด ที่จะนำมาใช้ในการเปลี่ยนแปลงหมายเลข IP 2 ชนิดของ chunk คือ ASCONF และ ASCONF-ACK เพื่อที่กำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงเลขที่อยู่และการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างไคลเอ็นต์กับเซิร์ฟเวอร์ ส่วนอีก 2 ชนิดจะใช้ในการตรวจสอบเส้นทางที่เชื่อมต่อระหว่างไคลเอ็นต์กับเซิร์ฟเวอร์คือ HEARTBEAT และ HEARTBEAT-ACK ใน RFC 5061 [2] จะกำหนดเพียง 2 ชนิดคือ ASCONF และ ASCONF-ACK โครงสร้างตามรูปที่ 1 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



(ก)



(ข)

รูปที่ 1: *(ก) ASCONF Chunk [2]*
(ข) ASCONF-ACK Chunk [2]

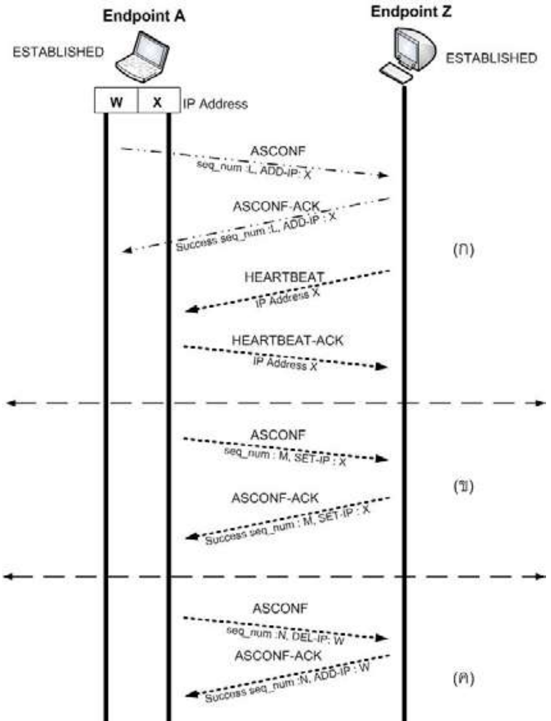
3.3 ขั้นตอนการทำงานของ SCTP-DAR

การเปลี่ยนค่าหมายเลข IP ของโพรโทคอล SCTP คือขั้นตอนของชนิด chunk ที่เป็นแบบเฉพาะเจาะจงสำหรับการกำหนดการเปลี่ยนแปลงที่อยู่และการประมวลผลของ SCTP ตัวอย่างของการเพิ่มหมายเลข IP , การลบหมายเลข IP และขั้นตอนการตั้งค่าเลขที่อยู่หลักจะแสดงในรูปที่ 2 แล้วในขั้นตอนต่างๆจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนการทำงาน ASCONF Chunk
  - การเพิ่มหมายเลข IP
  - การตั้งค่าที่อยู่หลัก
  - การลบหมายเลข IP

- ขั้นตอนการทำงาน ASCONF-ACK Chunk
  - ตัวบ่งบอกความสำเร็จ
  - ตัวบ่งบอกความล้มเหลว

- ขั้นตอนการทำงาน HEARTBEAT Chunk



***รูปที่** 2: ตัวอย่างแผนภูมิลำดับข้อความ*

(ก) การเพิ่มหมายเลข IP

(ข) การตั้งค่าเลขที่อยู่หลัก

(ค) การลบหมายเลข IP

ขั้นตอนการทำงาน ASCONF Chunk ในการเชื่อมต่อระหว่างสองโหนด A และ Z คือเริ่ม ณ “Endpoint A” ที่เริ่มต้นจากผู้ใช้งานที่ต้องการเพิ่มหมายเลข IP โดยการออกคำสั่ง “ASCONF_ADD” ไปยังโพรโทคอล SCTP หลังจากนั้นโพรโทคอลจะส่งแพ็คเก็ต SCTP กับ verification tag ที่มีค่า vtag ที่ใช้ในการเชื่อมต่อในปัจจุบัน ในแพ็คเก็ต SCTP จะมี ASCONF chunk ที่มีหมายเลข IP ใหม่ที่ต้องการระบุบการเพิ่มและลำดับหมายเลข โดยลำดับหมายเลขจะเพิ่มขึ้นที่ละหนึ่งเมื่อมีการสร้าง ASCONF Chunk ใหม่ขึ้นมา ที่แสดงในรูปที่ 2 (ก) จากนั้นแพ็คเก็ต SCTP จะถูกส่งไปตามเส้นทางการเชื่อมต่อในปัจจุบันไปยัง “Endpoint Z” แล้วที่ “Endpoint A” ก็จะไม่ทำการดำเนินการใดๆจนกว่าการดำเนินงาน ASCONF chunk ปัจจุบันจะได้รับการตอบรับโดย ASCONF-ACK chunk หรือหมดเวลา (time-out) เมื่อการกระบวนการการเพิ่มหมายเลข IP เสร็จสมบรูณ์ หมายเลข IP ใหม่จะสามารถใช้ในการเชื่อมโยงได้ก็ต่อเมื่อต้องผ่านการตรวจสอบเส้นทางของขั้นตอนของ HEARTBEAT Chunk เสียก่อนซึ่งจะกล่าวในภายหลัง

เมื่อโพรโทคอลได้รับคำสั่ง “ASCONF_SET” ซึ่งเป็นการกำหนดหมายเลข IP หลักใหม่ทั้งสองฝั่งที่ใช้การเชื่อมต่อกันอยู่ การดำเนินการจะแสดงดังรูปที่ 2 (ข) ส่วนในรูปที่ 2 (ค) เป็นการได้รับคำสั่ง “ASCONF_DEL” เพื่อที่จะลบหมายเลข IP ในกลุ่มหมายเลข IP ของการเชื่อมโยงแต่ต้องไม่เป็นหมายเลข IP หลักที่ใช้ในปัจจุบัน

ขั้นตอนการทำงาน ASCONF-ACK Chunk จากรูปที่ 2 จะแสดงการเปลี่ยนค่าหมายเลข IP ของโพรโทคอล SCTP ที่มีขั้นตอนของ ASCONF-ACK Chunk ที่ไม่ได้มีข้อผิดพลาดในการดำเนินงาน โดยที่สาเหตุที่จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดใน RFC 5061 มีดังนี้

(1) ปลายทางได้รับการร้องขอให้ลบหมายเลข IP สุดท้ายที่อยู่ในกลุ่มของการเชื่อมโยง

(2) ไม่สามารถคัดลอง TLV ที่มากับ ASCONF ซึ่งเป็นสาเหตุของข้อผิดพลาด

(3) ปลายทางได้รับการร้องขอให้ลบหมายเลข IP ที่เป็นหมายเลข IP ของแหล่งที่มาข้อความ ASCONF

(4) ได้รับลำดับหมายเลข ASCONF-ACK ที่มีจำนวนที่มากกว่าจำนวนลำดับปัจจุบันที่ต้องการ

(5) เกิดจากข้อผิดพลาดของการถูกปฏิเสธจากการรักษาความปลอดภัยของ local ท้องถิ่น

ในบทความนี้ไม่ได้กล่าวถึงชั้นบนว่ามีการดำเนินการอย่างไรเมื่อได้รับแจ้งข้อผิดพลาด

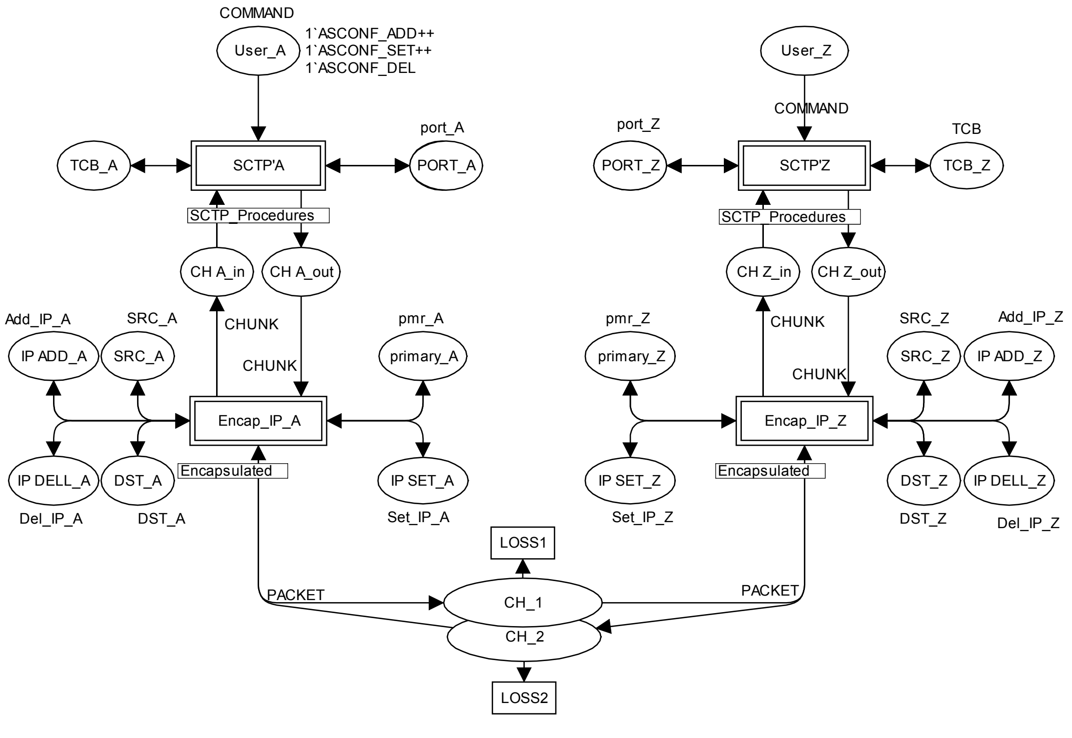
ขั้นตอนของ HEARTBEAT Chunk ดูจากรูปที่ 2 (ก) จะเห็นว่าขั้นตอนของ HEARTBEAT Chunk จะเริ่มขึ้นหลังจากขั้นตอนของการเพิ่มหมายเลข IP เสร็จสมบูรณ์ แต่ในความเป็นจริงจะมีการดำเนินการตรวจสอบเส้นทางเป็นระยะๆ แต่ในบทความนี้จะกำหนดไว้เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ระบบ

4. รายละเอียดการพัฒนาแบบจำลอง CPN สำหรับ SCTP Dynamic Address Reconfiguration

ในหัวข้อนี้จะอธิบายแบบจำลองของ CPN ที่ใช้จำลองขั้นตอนการทำงานของโพรโทคอลดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นข้อกำหนดใน RFC 5061 [2] ตามหัวข้อ 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 และ 5.5 แล้วใน RFC 4960 [1] ตามหัวข้อ 8.1, 8.2 และ 8.3 แบบจำลองถูกสร้างขึ้นและแก้ไขโดยใช้โปรแกรม CPN Tools ซึ่งสามารถจำลองและการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับ CPN

4.1 ภาพรวมของ CPN Model ของ SCTP-DAR

รูปที่ 3 แสดงถึงส่วนหน้าบนสุดของแบบจำลอง CPN ประกอบด้วย Places 24 อันและ Substitution Transitions 4 ชุด ที่ Substitution Transitions 2 ชุดบนสุด (SCTP'A และ SCTP'Z) คือโหนดปลายทางของ "A" และ "Z" ที่ Places ชื่อ User_A และ User_Z เก็บชุดคำสั่งที่ใช้ในการสั่งโพรโทคอล Places ชื่อ TCB จะเก็บตัวแปรสถานะที่ใช้ควบคุมการทำงานของโพรโทคอล โพรโทคอล SCTP นี้ก็จะเชื่อมต่อกันผ่าน Substitution Transitions ที่ชื่อว่า Encapsulated ถ้าดูจากโครงสร้างของแบบจำลองในรูปที่ 3 จะสะท้อนให้เห็นถึงรูปแบบเป็นชั้น ๆ ในโครงสร้างแบบจำลองแบ่งออกได้เป็น 4 ชั้นหลัก ๆ โดยที่ว่า Places ด้านบนสุดเปรียบเสมือนชั้นที่อยู่ถัดไปด้านบนของ transport layer ชั้นที่มี Substitution Transitions ของ SCTP'A และ SCTP'Z อยู่นั้นเปรียบเสมือนชั้นของ transport layer ชั้นที่มี Substitution Transitions ของ Encapsulated เหมือนชั้น network layer แล้ว Places 2 อันล่างสุดเหมือนชั้นถัดลงมาจากชั้น network layer



***รูปที่** 3: แสดงหน้า Top-level CPN*

4.2 โครงสร้างของข้อมูลชนิด Chunk

รูปที่ 4 แสดงการกำหนดโครงสร้างข้อมูลของแพ็กเก็ต SCTP ที่เรียกว่า CHUNK ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ส่งทีละหนึ่ง Chunk เท่านั้น ชนิดต่างๆถูกกำหนดไว้ในบรรทัดที่ 24 ประกอบด้วย colour sets 5 ชนิด ในบรรทัดที่ 1 และ 2 กำหนดว่าหน่วยแบบจำลองของ TAG และ TsN คือจำนวนเต็ม บรรทัดที่ 8 กำหนด ASCONF Parameter Request ในฟังก์ชันการทำงานของ ASCONF ได้แก่ ADD_IP, DEL_IP และ SET_IP บรรทัดที่ 12 แสดงสาเหตุความผิดพลาดตั้งแต่ X00A0 ถึง X00A4 ที่กำหนดอยู่ใน RFC 5061 ส่วน X0005 เป็นความผิดพลาดที่เกี่ยวกับ unresolvable address ที่อยู่ใน RFC 4960

```
1 colset TAG = int;
2 colset TsN = int;
3 colset PORT = product TAG*TAG;
4 colset VITag = product TAG * TAG;
5 colset IP=product INT*INT*INT*INT;
6 colset SEQ_NUM=record seq_num:TsN;
7 colset Head_SCTP=record Port:PORT*Vtag:VITag;
8 colset REQUEST = with ADD_IP
9                          | DEL_IP
10                         | SET_IP;
11 colset VALUE = record value:IP;
12 colset CAUSE_CODE = with X0005
13                            | X00A0
14                            | X00A1
15                            | X00A2
16                            | X00A3
17                            | X00A4;
18 colset DTA = product IP*IP;
19 colset SCTP_ASCONF=product Head_SCTP*SEQ_NUM*REQUEST*VALUE;
20 colset SCTP_ASCONF_ACK_SUCCESS= product Head_SCTP*SEQ_NUM
21                                                  *REQUEST*VALUE;
22 colset SCTP_ASCONF_ACK_ERROR= product Head_SCTP*SEQ_NUM*REQUEST
23                                               *VALUE*CAUSE_CODE;
24 colset CHUNK = union Heartbeat:DTA
25                          + HeartbeatAck:DTA
26                          + Asconf:SCTP_ASCONF
27                          + AsconfAckSuccess:SCTP_ASCONF_ACK_SUCCESS
28                          + AsconfAckError:SCTP_ASCONF_ACK_ERROR;
```

รูปที่ 4 *: แสดงการกำหนดค่าสำหรับ SCTP Chunk*

5. วิเคราะห์ SCTP-DAR Model

5.1 การใช้งานและการกำหนดค่าเริ่มต้น

ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม CPN Tools รุ่น 3.2.2 บน Intel Core i5-2410M 2.30 GHz กับ RAM 4 GB เพื่อสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์แบบจำลอง SCTP-DAR การทดสอบต่าง ๆ จะเริ่มต้นมีคำสั่งเริ่มส่งจาก “User A” และ Places ที่จำลองช่องสัญญาณจะว่างทุก Places ส่วนการกำหนดค่าเริ่มต้นของคำสั่งของผู้ใช้และสถานะเริ่มต้นของ TCB แสดงในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 แสดงจำนวนหมายเลข IP ของการเชื่องโยงด้วยมัลติแอดเดรสของแต่ละปลายทางและหมายเลข IP ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงหมายเลข IP ของโพรโทคอล SCTP

ตารางที่ 1: *กำหนดค่าเริ่มต้น*

<table>
<tr><th rowspan="2">Case</th><th colspan="3">Initial Markings in place</th></tr>
<tr><th>User_A</th><th>TCB_A</th><th>TCB_Z</th></tr>
<tr><td>A</td><td>ASCONF_ADD</td><td rowspan="4">TCBexist(established, {SV_VT=(7,8), Seq=17)</td><td rowspan="4">TCBexist(established, {SV_VT=(8,7), Seq=17)</td></tr>
<tr><td>B</td><td>ASCONF_SET</td></tr>
<tr><td>C</td><td>ASCONF_DEL</td></tr>
<tr><td>ALL</td><td>ASCONF_ADD+ ASCONF_SET+ ASCONF_DEL</td></tr>
</table>

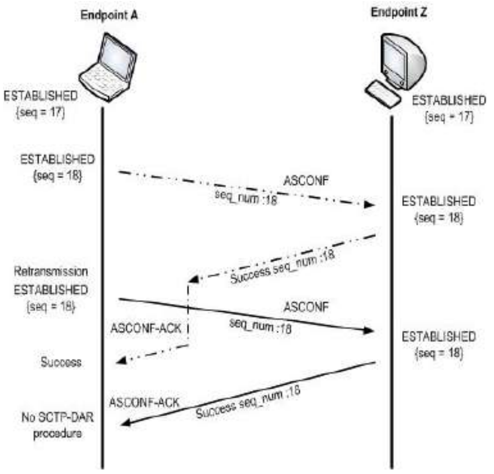
ตารางที่ 2: *ค่าเริ่มต้นของหมายเลข* IP

<table>
<tr><th>Place</th><th>Initial Markings in place</th><th>Note</th></tr>
<tr><td>Primary_A</td><td>1‘{(10,1,0,3),(100,4,5,3)}</td><td rowspan="2">Primary path</td></tr>
<tr><td>Primary_Z</td><td>1‘{(100,4,5,3),(10,1,0,3)}</td></tr>
<tr><td>SRC_A</td><td>1‘(10,1,0,1)++1‘(10,1,0,2)++ 1‘(10,1,0,3)</td><td rowspan="2">Source address</td></tr>
<tr><td>SRC_Z</td><td>1‘(100,4,5,1)++1‘(100,4,5,2)++ 1‘(100,4,5,3)</td></tr>
<tr><td>DST_A</td><td>1‘(100,4,5,1)++1‘(100,4,5,2)</td><td rowspan="2">Destination address</td></tr>
<tr><td>DST_Z</td><td>1‘(10,1,0,1)++1‘(10,1,0,2)</td></tr>
<tr><td>IP ADD_A</td><td>1‘(10,1,0,4)</td><td>IP Add</td></tr>
<tr><td>IP SET_A</td><td>1‘(10,1,0,4)</td><td>IP deleted</td></tr>
<tr><td>IP DEL_A</td><td>1‘(10,1,0,3)</td><td>IP Set</td></tr>
</table>

5.2 ผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์แบ่งออกเป็นสี่กรณีคือกรณีที่มีการเพิ่มหมายเลข IP ,กำหนดหมายเลขที่อยู่หลัก, ลบหมายเลข IP และการดำเนินงานที่มีทั้งเพิ่ม,ตั้งค่าที่อยู่หลักและลบตามลำดับ แล้วแบ่งสถานการณ์ออกเป็นสองสถานการณ์เป็นเหตุการณ์ที่มีการสูญเสียในช่องสัญญาณกับไม่มีการสูญเสีย จากการวิเคราะห์ของทุกๆกรณีและทุกสถานการณ์โดยพิจารณาจากสถานการณ์ที่สามารถเป็นไปได้ทั้งหมดของแบบจำลอง ได้พบหนึ่งเหตุการณ์ที่ไม่ได้ระบุบไว้ในมาตรฐาน RFC 5061 คือเหตุการณ์ที่แพ็คเก็ต ASCONF-ACK เหลือในบัฟเฟอร์ระหว่างชั้น Transport layer และ Network layer ดังขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 5 ซึ่งเกิดขึ้นจากค่าลำดับหมายเลขของ chunk ที่มีค่าเท่ากันกับลำดับที่ต้องการของโพรโทคอล แต่การทำงานของโพรโทคอลได้เสร็จสิ้นไปแล้ว ซึ่งในมาตรฐาน RFC 5061 ได้ระบุบไว้ว่าให้ทำการเพิ่มจำนวนลำดับหมายเลขที่ละหนึ่งเมื่อมี

การสร้าง Chunk ใหม่จึงทำให้เกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น บทความนี้ขอเสนอการแก้ปัญหานี้โดยให้เพิ่มจำนวนลำดับหมายเลขเมื่อได้รับ ASCONF-ACK chunk ที่เป็นการตอบกลับที่สมบูรณ์จึงสามารถทำให้ Chunk ที่เหลืออยู่กลายเป็น chunk ที่ล่าช้าโดยปริยาย



รูปที่ 5 : สถานการณ์ที่เกิดการ Delay ของ ASCONF-ACK Chunk

6. บทสรุปและแนวทางการพัฒนาต่อ

RCF 5061 เป็นมาตรฐานที่ขยายต่อมาจาก RFC 4960 และเกี่ยวข้องกับวิธีการเปลี่ยนแปลงหมายเลข IP บทความนี้นำเสนอการสร้างแบบจำลอง CPN Model ที่อ้างอิงจาก RFC 5061 เป็นหลัก เพื่อที่จะตรวจสอบค้นหาการกระทำที่ไม่ได้ระบุไว้ในมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าพบแพ็คเก็ต ASCONF-ACK chunk หลงเหลือในบัฟเฟอร์ของโพรโทคอล ทั้งๆที่การทำงานได้ยุติลงแล้ว ซึ่งมาตรฐานไม่ได้กำหนดว่าให้ทำอย่างไรกับแพ็คเก็ตดังกล่าว งานในอนาคตเราต้องการสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจสอบโดยการเพิ่มการป้องกันการโจมตี และเพิ่มการทำงานของ SCTP ผ่าน Network address translation (NAT) ซึ่งทำให้แบบจำลองมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] R. Stewart Ed., (2007) Stream Control Transmission Protocol (SCTP), RFC4960, Available via Available http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4960.txt.

[2] R. Stewart, Q. Xie, M. Tuexen, S. Maruyama and M. Kozuka, (2007) Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Dynamic Address Reconfiguration, RFC 5061, Available via http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5061.txt.

[3] S. Vanit-Anunchai, (2007) Towards Formal Modelling and Analysis of SCTP Connection Management, In the *9th Workshop and Tutorial on Practical Use of Coloured Petri Nets and the CPN Tools*, Department of Computer Science, University of Aarhus, Denmark, page 163-182.

[4] S. Vanit-Anunchai and J. Billington, (2007) Modelling the Datagram Congestion Control Protocol's Connection Management and Synchronisation Procedures. In J. Kleijn and A. Yakovlev, editors, Proceedings of the 28th International Conference on Application and Theory of Petri Nets and Other Models of Concurrency (ICATPN'07), volume 4546 of Lecture Notes in Computer Science, pages 423–444.

[5] T. D. Wallace and A. Shami, (2011) A Review of Multihoming Issues Using the Stream Control Transmission Protocol, Communications Surveys & Tutorials, *IEEE*, Volume: 13 Issue: 4, page 1-14.

[6] V. Nelson, J. Tania and H. Yezekael, (2008) *Performance of SCTP in Wi-Fi and WiMAX networks with multi-homed mobiles*, In *Proceedings of ValueTools'08*, Belgium.

[7] Y. Qiao, S. Zhang, A. Matthews, G. Hayes and E. Fallon, (2010) EAU:Efficient Address Updating for Seamless Handover in Multi-homed Mobile Environments, IFIP International Federation for Information Processing, NETWORKING 2010, Vol. 6091 Springer, pp. 227–238.

[8] W. Chokeanankun and S. Rongviriyapanish, (2010) Formal Modeling and Verification of COSMOS based Construction Process Using Coloured Petri Nets, *The 6TH National Conference on Computing and Information Technology*.

การติดตั้งและตรวจสอบเครือข่ายไร้สายแบบเมช

Wireless Mesh Network Configuration and Monitoring System

บริรักษ์ มูลผลา อภิรักษ์ จันทร์สร้าง ชัยพร ใจแก้ว อนันต์ ผลเพิ่ม*

ห้องปฏิบัติการเครือข่ายไร้สาย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

{b5105246, chaiporn.j, aphirak.j, anan.p}@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบติดตามและเฝ้าดูระบบโครงข่ายแบบเมชไร้สายโดยใช้มาตรฐาน IEEE 802.11s และใช้ OLSR เป็นโพรโทคอลในการค้นหาเส้นทาง เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบการทำงานของระบบได้ง่ายขึ้น ระบบซอฟต์แวร์สำหรับเมชไร้สายโดยทั่วไปนั้นมักจะมีเพียงข้อมูลแบบตัวอักษรสำหรับแสดงสถานะเท่านั้นทำให้ผู้ดูแลระบบมองภาพรวมได้ลำบาก ซึ่งในบทความนี้ใช้อุปกรณ์ที่เมชเราท์เตอร์คือ Linksys WRT54GL และ ASUS WL-500g Premium V.2

บทความนี้ได้นำเอาข้อมูลที่เป็นตัวอักษรวิเคราะห์และสร้างเป็นแผนผังการเชื่อมต่อผ่านทาง Google Maps API โดยผู้ดูแลระบบสามารถดูแผนผังการเชื่อมต่อ ณ เวลาปัจจุบัน เรียกดูเส้นทางการเดินทางข้อมูลระหว่างแอคเซสพอยต์แต่ละตัว ดูข้อมูลแมคแอดเดรสของเครื่องลูกข่ายที่เชื่อมต่อ ณ เวลาปัจจุบัน ตรวจสอบและแจ้งเตือนได้เมื่อมีแอคเซสพอยต์ตัวใหม่ถูกติดตั้งเข้ามาในระบบรวมถึงสามารถเพิ่มลบเปลี่ยนแปลงข้อมูลบน Google Maps และมีการวัดอัตราการส่งข้อมูลของเครือข่ายไร้สายแบบเมชระหว่างใช้ระบบตรวจสอบระบบกับไม่ใช้ระบบตรวจสอบระบบโดยผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ระบบตรวจสอบระบบในการส่งข้อมูลระหว่างแอคเซสพอยต์ 1 หรือ 2 hop อัตราการส่งข้อมูลจะลดลงประมาณ 6 % แต่ถ้าเพิ่มเป็น 3 hop อัตราการส่งข้อมูลจะลดลงประมาณ 38 %

Abstract

A wireless mesh network configuration and monitoring system has been developed to allow network operators to conveniently monitor the overall status of mesh networks. It use IEEE 802.11s standard and use OLSR in the Routing Protocol. Typical software for wireless mesh networks only display status in plain text, which is difficult for network operators to look at the overall conditions of the network. In this project, using a mesh router is Linksys WRT54GL and ASUS WL-500g Premium V.2

This project visualizes the textual information into a graphical diagram and displays it via the Google Maps API. Network operations can then monitor the current network connectivity, routes between any pair of access points, clients MAC addresses. It can also detect newly installed access points, as well as adding and deleting information on the Google Maps and measuring the throughput of the wireless mesh network between the monitoring system and no monitoring system. The test results can be seen that when the monitoring system to transmit data between the Access Point 1 or 2 hop data transfer rate is reduced by about 6%, but if a 3 hop data transfer rate is reduced by about 38%.

คำสำคัญ

ระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมช, ระบบจัดการบริการเครือข่ายไร้สายแบบเมช, ระบบตรวจสอบการทำงานเครือข่ายไร้สายแบบเมช

1. บทนำ

ระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมช[1] คือเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายซึ่งมีมาตรฐานคือ IEEE802.11s[2] ที่ทำให้แอคเซสพอยต์สามารถส่งข้อมูลถึงกันโดยตรงแบบไร้สาย ซึ่งซอฟแวร์สำหรับเมชไร้สายแบบทั่วไปมักจะมีเพียงข้อมูลแบบตัวอักษรสำหรับแสดงสถานะเท่านั้นซึ่งจะเป็นการยากของผู้ดูแลระบบในการตรวจสอบดูแลระบบ

ในปัจจุบันนี้ระบบเครือข่ายไร้สายได้มีการขยายขนาดอย่างรวดเร็วซึ่งในบางกรณีการขยายระบบเครือข่ายไปยังบริเวณที่มีอุปสรรคหรือบริเวณที่ต้องการขยายระบบแค่เพียงชั่วคราวนั้นการที่จะวางสายเพื่อขยายระบบจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากจึงได้เสนอวิธีแก้ปัญหานี้โดยใช้ระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมชซึ่งจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการวางสายไปได้ โดยทั่วไประบบตรวจสอบเครือข่ายไร้สายแบบเมชยังเป็นรูปแบบตัวอักษรอยู่ซึ่งทำให้ผู้ดูแลระบบ

ยากที่จะตรวจสอบแผนผังการเชื่อมต่อว่าแต่ละแอคเซสพอยต์มีการเชื่อมต่อกันแบบไหน จึงได้มีการจัดทำระบบตรวจสอบเครือข่ายไร้สายแบบเมชซึ่งสามารถตรวจสอบแผนผังการเชื่อมต่อของระบบ ตรวจสอบเครื่องลูกข่ายที่ใช้งานอยู่ รวมทั้งสามารถตรวจจับแอคเซสพอยต์ที่ได้ติดตั้งใหม่อีกด้วย เพื่อช่วยผู้ดูแลระบบในการตรวจสอบระบบ

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

โดยทั่วไประบบตรวจสอบเครือข่ายไร้สายแบบเมชยังเป็นรูปแบบตัวอักษรดังรูปที่ 1 อยู่ซึ่งทำให้ผู้ดูแลระบบยากที่จะตรวจสอบแผนผังการเชื่อมต่อว่าแต่ละแอคเซสพอยต์มีการเชื่อมต่อกันแบบไหน จึงได้มีการจัดทำระบบตรวจสอบเครือข่ายไร้สายแบบเมชซึ่งสามารถตรวจสอบแผนผังการเชื่อมต่อของระบบ ตรวจสอบเครื่องลูกข่ายที่ใช้งานอยู่ รวมทั้งสามารถตรวจจับแอคเซสพอยต์ที่ได้ทำการติดตั้งใหม่อีกด้วย ดังรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบแผนผังการเชื่อมต่อ ณ เวลาขณะนั้นได้ในทันที

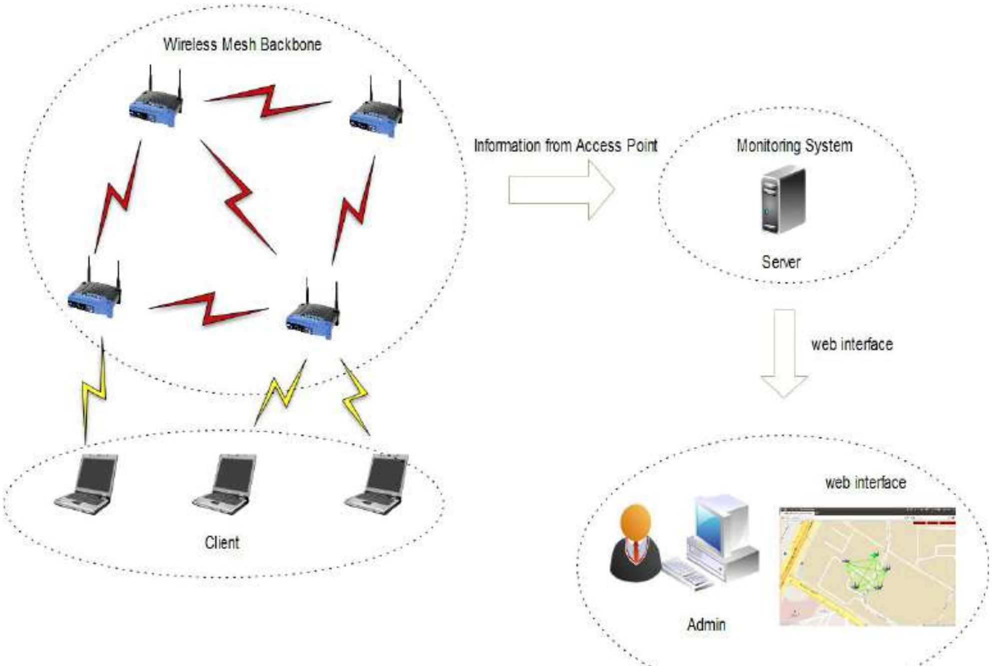
3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เครือข่ายไร้สายแบบเมชที่มีการพัฒนาแล้วนำมาประยุกต์ใช้มีดังนี้

Wireless Mesh Network for Intra-University Campus Networking[3] เป็นระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมชที่พัฒนาขึ้น

รูปที่ 1 ระบบที่ใช้ตัวอักษรในการตรวจสอบระบบ

รูปที่ 2 ระบบที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ตรวจสอบระบบ



รูปที่ 3 ภาพรวมระบบ

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เครือข่ายไร้สายแบบเมชที่มีการพัฒนาแล้วนำมาประยุกต์ใช้มีดังนี้

Wireless Mesh Network for Intra-University Campus Networking[3] เป็นระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมชที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในมหาวิทยาลัยโดยใช้เฟิร์มแวร์ OpenWRT มาพัฒนาโดยใช้โพรโตคอล OLSR[4] ในการหาเส้นทาง ซึ่งในส่วนการตรวจสอบระบบยังเป็นรูปแบบของตัวอักษรอยู่

Building a Rural Wireless Mesh Network[5] เป็นระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมชที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในประเทศแถบทวีปแอฟริกา จะใช้เฟิร์มแวร์ Freifunk ซึ่งเป็นเฟิร์มแวร์ที่พัฒนาต่อมาจาก OpenWRT แต่เฟิร์มแวร์นี้มีข้อจำกัดคือสนับสนุนการเชื่อมต่อระยะไกลแบบเมชเท่านั้น ไม่ได้สนับสนุนการเชื่อมต่อระยะใกล้เพื่อให้บริการลูกข่าย

4. รายละเอียดการพัฒนา

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงรายละเอียดการพัฒนาดังนี้

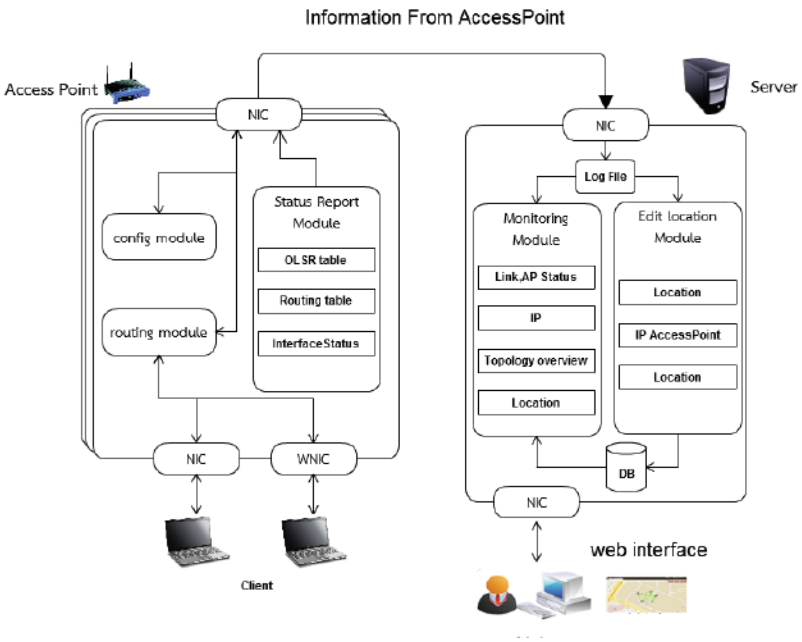
4.1 ภาพรวมของระบบ

ภาพรวมของระบบจะประกอบด้วยส่วนต่างๆทั้งหมด 4 ส่วนดังรูปที่ 3

- Wireless Mesh Backbone จะประกอบด้วยแอคเซสพอยต์ หลายตัวต่อกันอยู่ในรูปแบบของเมชโดยแต่ละแอคเซสพอยต์สามารถให้บริการลูกข่ายทั้งแบบมีสายและไร้สายรวมทั้งยังสามารถหาเส้นทางได้เองเมื่อมีการเชื่อมต่อบางเส้นทางหายไป และเมื่อถึงช่วงเวลาหนึ่งแอคเซสพอยต์แต่ละตัวจะส่งข้อมูล Routing Table, ARP Table, Topology Table ที่แอคเซสพอยต์แต่ละตัวไปที่เครื่องแม่ข่าย โดยจะมีการกำหนดค่าให้แอคเซสพอยต์แต่ละตัวดังนี้

เครือข่ายที่เชื่อมต่อแบบเมชจะใช้กลุ่มเครือข่าย 10.0.1.x /24 โดย x นั้นผู้ดูแลระบบจะเป็นผู้กำหนดให้แอคเซสพอยต์แต่ละตัว ส่วนเครือข่ายที่จะให้ลูกข่ายใช้งานจะอยู่ในกลุ่มเครือข่าย 192.168.x.y /24 โดย x คือกลุ่มเครือข่ายที่จะกำหนดให้กับแอคเซสพอยต์แต่ละตัว โดยจะให้แอคเซสพอยต์เป็น DHCP ในการแจกไอพีให้กับเครื่องลูกข่าย

- Server เมื่อได้รับข้อมูลจากแอคเซสพอยต์แต่ละตัวก็จะประมวลผลและแสดงผลของการเชื่อมต่อออกมาในรูปแบบเว็บอินเตอร์เฟสโดยใช้ Google Maps API[6] ในการแสดง
- Admin สามารถเรียกดูข้อมูลผ่านเว็บอินเตอร์เฟสได้
- Client สามารถใช้บริการระบบได้ทั้งแบบมีสายและไร้สาย



รูปที่ 4 โครงสร้างของระบบ

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบจะแบ่งการพัฒนาเป็น 2 ส่วนตามรูปที่ 4 ดังนี้

1. ฝั่งแอคเซสพอยต์จะมีโมดูลที่พัฒนาดังนี้

- Config Module เป็นโมดูลในการตั้งค่าของแอคเซสพอยต์แต่ละตัวซึ่งจะใช้การ secure shell (SSH) เพื่อทำการตั้งค่า

- Routing Module ใช้โพรโทคอลที่ชื่อว่า OLSR ในการค้นหาเส้นทาง

- Status Report Module จะส่งข้อมูลของ OLSR Table, Routing Table, Interface Status โดยใช้การเขียน สคริปต์สั่งให้ส่งข้อมูลทุกๆ 10 วินาที

- โมดูลการให้บริการลูกข่ายซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งแบบมีสายและไร้สาย

ในการติดตั้งแอคเซสพอยต์แต่ละตัวนั้นจะต้องตรวจสอบการใช้งานของแอคเซสพอยต์ที่วางอยู่ในบริเวณก่อนว่ามีการเปิดใช้งานช่องสัญญาณที่เท่าไร ผู้ดูแลระบบควรพยายามหลีกเลี่ยงไม่ใช้ช่องสัญญาณที่ทับซ้อนกับแอคเซสพอยต์ ที่เปิดใช้งานอยู่

2. ฝั่งเซิร์ฟเวอร์จะมีโมดูลที่พัฒนาดังนี้

- ส่วนของการรับข้อมูลจากแอคเซสพอยต์จะเขียน C++ เปิดพอร์ตรอรับข้อมูล ซึ่งเมื่อได้รับข้อมูลก็จะนำไปบันทึกเป็น Log File เก็บไว้

- Monitoring Module จะเป็นส่วนการแสดงผลของการเชื่อมต่อออกมาในรูปแบบของ Google Maps API โดยข้อมูลของตำแหน่งแอคเซสพอยต์แต่ละตัวจะดึงมาจาก Database ข้อมูลที่จะแสดงในโมดูลนี้จะมีแผนผังการเชื่อมต่อสถานะของแอคเซสพอยต์แต่ละตัวและสามารถแจ้งเตือนเมื่อมีแอคเซสพอยต์ตัวใหม่เข้ามาในระบบได้ โดยจะดึงข้อมูลจาก Log File มาแสดง

- Edit Location Module เป็นส่วนของการเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้งของแอคเซสพอยต์ซึ่งสามารถเพิ่มลบแอคเซสพอยต์ เปลี่ยนข้อมูลของแอคเซสพอยต์แต่ละโดยข้อมูลจะไปเก็บไว้ในที่ Database

- Database เป็นส่วนที่จะเก็บข้อมูลของแอคเซสพอยต์ซึ่งจะเก็บข้อมูลดังนี้ พิกัดของแอคเซสพอยต์, ไอพีแอคเซสพอยต์ของเครือข่ายเมช, ไอพีแอคเซสพอยต์ของเครือข่ายที่ให้บริการลูกข่าย

รูปแบบของข้อมูลที่ดึงออกมาจากแอคเซสพอยต์จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมด 4 ส่วนดังนี้

1. Timestamp จะเก็บเวลาขณะที่ข้อมูลส่งมาที่เครื่องแม่ข่าย

```
Mon Apr  9 23:35:55 2012
```

2. ARP Table

```
IP address HW type Flags HW address Mask Device
10.0.1.3 0x1 0x2 00:23:CD:BF:62:77 * wl0
```

3. Topolgy Table

```
Dest. IP Last hop IP LQ NLQ Cost
10.0.1.2 10.0.1.1 0.940 1.000 1.063
```

4. Routing Table

```
Destination Gateway IP Metric ETX Interface
10.0.1.2/32 10.0.1.2 1 1.063  wl0
```

โครงสร้างฐานข้อมูลมีทั้งหมด 1 ตาราง

APid	lat	lng	ipMesh	ipAP
Mesh11	13.8467157869068	100.564740144844	10.0.1.11	192.168.11.1
Mesh01	13.8481637524019	100.565067374344	10.0.1.1	192.168.1.1
Mesh03	13.8479554125988	100.563930117722	10.0.1.3	192.168.3.1
Mesh02	13.8477574896123	100.56592031681	10.0.1.2	192.168.2.1
Mesh13	13.847116843001	100.565357052916	10.0.1.13	192.168.1.13
Mesh12	13.8472262218159	100.564219796295	10.0.1.12	192.168.1.12
mesh110	13.8467157869068	100.564740144844	10.0.1.11	192.168.11.1

รูปที่ 5 ตารางฐานข้อมูล

จากรูปที่ 5 ในตารางฐานข้อมูลจะแบ่งทั้งหมด 5 คอลัมน์

- APid เก็บชื่อของแอคเซสพอยต์
- lat เก็บละติจูดของแอคเซสพอยต์
- lng เก็บลองติจูดของแอคเซสพอยต์
- ipMesh เก็บไอพีของแอคเซสพอยต์ที่เชื่อมต่ออยู่ในเครือข่ายไร้สายแบบเมช

- ipAP เก็บไอพีของแอคเซสพอยต์ที่เชื่อมต่ออยู่ในเครือข่ายให้บริการลูกข่าย

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

อุปกรณ์แอคเซสพอยต์ที่ต้องการใช้ระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมชต้องสามารถติดตั้งเฟิร์มแวร์ OpenWRT ได้และถ้าต้องการให้บริการลูกข่ายแบบไร้สายด้วยต้องมีการใช้การ์ดยูเอสบีเพื่อเพิ่มช่องอินเตอร์เฟสของไวร์เลสเพื่อทำให้สามารถเปิดให้บริการได้

ระบบการตรวจสอบระบบโดยใช้ Google Maps API นั้นจะมีการเข้าถึงข้อมูลไปยังเวบไซด์ของทาง Google ดังนั้นเครื่องที่จะเรียกใช้บริการเพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมชจะต้องสามารถเชื่อมต่อกับอินเตอร์เนตได้

ในการหาค่าตำแหน่งละติจูดและลองติจูด แอคเซสพอยต์แต่ละตัวจะไม่สามารถหาตำแหน่งของตัวเองได้ จึงต้องให้ผู้ดูแลระบบค้นหาตำแหน่งเองโดยอาจจะใช้โทรศัพท์มือถือที่สามารถใช้ GPS เพื่อหาตำแหน่งได้เป็นต้น

5. การทดสอบการใช้งาน

ในการทดสอบใช้งานจะเป็นการทดสอบอัตราการส่งข้อมูลของระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมชระหว่างระบบที่มีการใช้ระบบการตรวจสอบระบบและระบบที่ไม่ใช้ระบบการตรวจสอบระบบ

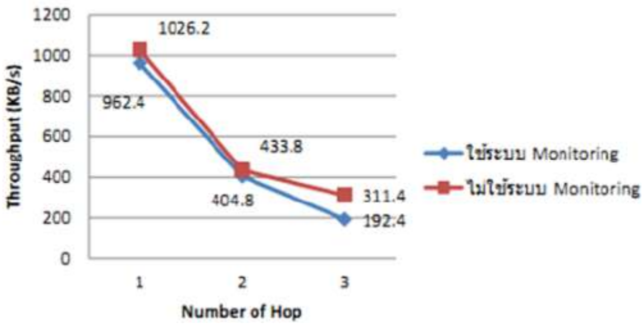
5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ใช้แอคเซสพอยต์ Linksys WRT54GL จำนวนทั้งหมด 4 ตัวตามรูปที่ 6 เพื่อทดสอบโดยแต่ละแอคเซสพอยต์จะถอดเสาอากาศเพื่อให้กำลังส่งลดลง แล้วนำมาวางเป็นเส้นตรงโดยที่ระยะห่างระหว่างแอคเซสพอยต์คือ 1 เมตรซึ่งแต่ละแอคเซสพอยต์จะใช้เฟิร์มแวร์ OpenWRT และใช้โพรโทคอลในการหาเส้นทางคือ OLSR พร้อมทั้งเปิดการทำงานอัลกอริธึม ETX (Expected Retransmission Count) เนื่องจากให้ผลการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในแง่ของอัตราการส่งข้อมูลโดยการทดลองแบบใช้ระบบตรวจสอบระบบทุกแอคเซสพอยต์ วิธีการทดลองคือจะมีการส่งแพคเก็ตวิ่งเข้าหาเซิร์ฟเวอร์ทุกๆ 10 วินาที โดยจะส่งข้อมูลแบบ UDP 1 แพ็คเกตขนาด 8 Kbyte ทุกๆ 2 วินาทีเก็บข้อมูลอัตราการส่งข้อมูล จนครบ 60 วินาที ทำซ้ำทั้งหมด 5 รอบ แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยกันเพื่อทำการวิเคราะห์

รูปที่ 6 การวางอุปกรณ์ขณะที่กำลังทดสอบ

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

ผลการทดสอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 เมื่อทำการส่งข้อมูลที่ห่างออกไป 1 hop ถ้าใช้ระบบตรวจสอบระบบจะได้อัตราการส่งข้อมูล 1026.2 KB/s ในขณะที่ถ้าไม่ใช้ระบบตรวจสอบระบบจะได้อัตราการส่งข้อมูล 962.4 KB/s จะเห็นได้ว่าอัตราการส่งข้อมูลจะลดลงไป 63.8 KB/s ซึ่งอัตราการส่งข้อมูลจะลดลงโดยรวมประมาณ 6.21 %



รูปที่ 7 กราฟแสดงอัตราการส่งข้อมูล

ในขณะที่ทำการส่งข้อมูลที่ห่างออกไป 2 hop เมื่อใช้ระบบตรวจสอบระบบจะได้อัตราการส่งข้อมูล 433.8 KB/s แต่ถ้าไม่ใช้ระบบตรวจสอบระบบจะได้อัตราการส่งข้อมูล 404.8 KB/s

จะเห็นได้ว่าอัตราการส่งข้อมูล จะลดลงไป 29 KB/s ซึ่งอัตราการส่งข้อมูลจะลดลงโดยรวมประมาณ 6.68 % และสำหรับ 3 hop จะเห็นได้ว่าความเร็วจะลดลงไปโดยรวมประมาณ 38.21%

สรุปการทดสอบ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อเปิดใช้ระบบตรวจสอบระบบในระบบที่มีการส่งข้อมูลเพียงแค่ 1 หรือ 2 hop จะไม่ค่อยส่งผลกระทบกับอัตราการส่งข้อมูลของระบบโดยรวมคือลดลงประมาณ 6% แต่ถ้าในส่งข้อมูลที่มี 3 hop ก็จะทำให้อัตราการส่งข้อมูลของระบบโดยรวมลดลงไปประมาณ 38 %

6. บทสรุป

ระบบที่ใช้ระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมชที่นำเสนอจะมีประโยชน์กับผู้ดูแลระบบ โดยที่งานวิจัยก่อนหน้านั้นยังไม่มีระบบตรวจสอบการทำงานที่มีรูปภาพแสดงการเชื่อมต่อ แต่จะมีแค่ตัวอักษรบอกการทำงานเท่านั้นซึ่งทำให้ผู้ดูแลระบบดูแลระบบได้ยาก และได้ทดสอบความเร็วของระบบที่ใช้ระบบตรวจสอบระบบและไม่ใช่ระบบตรวจสอบระบบซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการส่งข้อมูลในการเชื่อมต่อ 1 hop และ 2 hop อัตราการส่งข้อมูลจะลดลงไม่มาก แต่ถ้าเพิ่มเป็น 3 hop อัตราการส่งข้อมูลจะช้าลงอย่างเห็นได้ชัด

ในส่วนของระบบการตรวจสอบระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมชนั้นสามารถพัฒนาในส่วนการดูข้อมูลย้อนหลังได้ในช่วงเวลาทีเราต้องการเพื่อนำไปสู่การศึกษาพฤติกรรมของระบบที่กำลังทำงานอยู่เพื่อตรวจสอบหาสิ่งผิดปกติภายในระบบ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Wireless mesh network [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_mesh_network

[2] IEEE 802.11s [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11s

[3] Wireless Mesh Network for Intra-University Campus Networking. [Online]. Available: http://www.ecti-thailand.org/assets/papers/1147_pub_37.pdf

[4] OLSR [Online]. Available: http://www.olsr.org/

[5] Building a Rural Wireless Mesh Network [Online]. Available: http://wirelessafrica.meraka.org.za/wiki/index.php/Wireless_Africa_Home_Page

[6] Google Maps API [Online]. Available: https://developers.google.com/maps/

ระบบการจัดการสถานีตรวจวัดและอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย

อรุณี ไชยชาญ อนันต์ ผลเพิ่ม อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และ ชัยพร ใจแก้ว*

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ziiporiiz@gmail.com {anan.p, aphirak.j, chaiporn.j}@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายตรวจวัดไร้สายนั้นมีความจำเป็นต้องหมั่นตรวจสอบสถานะของสถานีตรวจวัด รวมถึงคุณภาพของการเชื่อมต่อไร้สายเพื่อคงความครบถ้วนของข้อมูลวัดที่ถูกส่งกลับมายังศูนย์กลาง บทความนี้นำเสนอระบบการจัดการสถานีตรวจวัดและอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สายเพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ โดยนำข้อมูลสถานะที่รายงานจากสถานีตรวจวัดมาเก็บบันทึกไว้ในฐานข้อมูล และนำข้อมูลเหล่านี้มาประมวลผลเพื่อแสดงผลออกมาในรูปของแผนภาพ เราได้ศึกษาการทำงานของระบบภายใต้การเชื่อมต่อแบบหนาแน่นและเบาบาง จากการทดสอบความถูกต้องของระบบโดยให้สถานีตรวจวัดหยุดทำงาน ระบบจะตอบสนองโดยแสดงผลลัพธ์ให้ผู้ดูแลระบบทราบได้ภายเวลาอันสั้น และแพ็กเกตส่วนมากจะสูญหายเนื่องจากการเชื่อมต่อแบบเบาบางเพราะใช้หลายฮ็อปในการส่งข้อมูล โดยข้อมูลจะสูญหายน้อยลงเมื่อช่วงเวลาในการส่งแพ็กเกตมากขึ้น เพราะการชนกันของแพ็กเกตจะมีโอกาสน้อย

Abstract

Measuring environmental data via wireless sensor networks requires wireless sensor nodes and their connectivity to be regularly monitored for completeness of sensory data. This paper presents the development of a management system for sensor nodes and gateway in wireless sensor networks to monitor network conditions via web browsers. Current operational conditions reported by sensor nodes are recorded in a database, which are later on processed and visualized into a graphical diagram. We studied system's behavior under dense and sparse network connectivity. Our experiments verify the correctness of the system that by disconnecting sensor nodes, the system is able to generate a response to the user in a timely manner. In addition, it is found that more data packets are lost in sparse connectivity due to greater hop counts for relaying packets. In addition, less data are lost when hello and monitor intervals are increased because of less packet collisions.

คำสำคัญ

เครือข่ายตรวจวัดไร้สาย ระบบการจัดการ

Wireless Sensor Network, Management System

1. บทนำ

ในระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย [1][2] นั้น มีการตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความชื้นในอากาศ โดยการนำสถานีตรวจวัดไร้สายไปติดตั้งตามสถานที่ต่างๆ ที่สนใจ และเมื่อถึงเวลาที่กำหนดสถานีตรวจวัดที่ถูกโปรแกรมไว้ก็จะส่งข้อมูลผ่านสถานีใกล้เคียงมายังเกตเวย์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย เพื่อที่จะอัพโหลดข้อมูลเข้าสู่เครื่องบริการ แล้วเก็บบันทึกลงในฐานข้อมูล อย่างไรก็ตาม ในระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมมีความจำเป็นต้องหมั่นตรวจสอบสถานะของสถานีตรวจวัด ว่าสถานีตรวจวัดนั้นทำงานอยู่หรือไม่ สาเหตุที่ระบบไม่ทำงาน ได้แก่ แบตเตอรี่หมดหรือ เกิดความผิดปกติขึ้นในพื้นที่บริเวณนั้นเป็นต้น หรือมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดหรืออุปกรณ์เกตเวย์เพิ่มเติม รวมไปถึงคุณภาพการเชื่อมต่อไร้สายของแต่ละสถานีตรวจวัดเพื่อคงความครบถ้วนของข้อมูลที่วัดได้ที่ถูกส่งกลับมายังศูนย์กลาง

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ในระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมเดิมนั้น หากต้องการตั้งค่าปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขการทำงานใดๆ ต้องทำการแก้ไขที่ตัวรหัสต้นฉบับใหม่ทุกๆครั้ง หรือเข้าไปดูข้อมูลที่ฐานข้อมูลโดยตรง ซึ่งทำให้การจัดการหรือควบคุมการทำงานของระบบมีความยุ่งยาก ไม่สะดวกต่อการใช้งาน จึงได้มีการพัฒนาระบบการจัดการสถานีตรวจวัดและอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย เพื่อที่จะตรวจสอบการทำงานของระบบผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ โดยนำข้อมูลสถานะที่รายงานจากสถานีตรวจวัด

มาเก็บบันทึกไว้ในฐานข้อมูล และนำข้อมูลเหล่านี้มาประมวลผลเพื่อแสดงผลออกมาในรูปของแผนภาพ ซึ่งจะแสดงสถานะ แบตเตอรี่ของสถานีตรวจวัดแต่ละสถานี และคุณภาพการเชื่อมต่อไร้สายของสถานีตรวจวัดแต่ละสถานี ว่าทำงานปกติหรือไม่อย่างไร

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายตรวจวัดไร้สายใน [2] เป็นระบบเก็บบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม โดยเมื่อถึงเวลาที่กำหนดสถานีตรวจวัดที่ถูกโปรแกรมไว้ก็จะส่งข้อมูลมายังเกตเวย์ผ่านสถานีใกล้เคียงผ่านเครือข่ายตรวจวัดไร้สายเพื่อที่จะอัพโหลดข้อมูลเข้าสู่เครื่องบริการด้วยการส่งแบบมัลติฮ็อป ซึ่งในระบบนี้ยังไม่มีส่วนในการแสดงสถานะการทำงานของสถานีตรวจวัดและการเชื่อมต่อในเครือข่ายตรวจวัดไร้สายเพื่อการจัดการและควบคุมการทำงานของระบบจากส่วนกลาง

ระบบข้อมูลสารสนเทศสำหรับเครือข่ายตรวจวัดไร้สายใน [3] เป็นระบบที่ผู้ใช้งานสามารถติดตามข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแสงผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ โดยจะมีเครื่องให้บริการ FTP ที่จะรอรับข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ได้จากสถานีตรวจวัดไร้สาย จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้ไปเก็บในฐานข้อมูล เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลและแสดงผลออกมาในรูปของกราฟและโทนสี อย่างไรก็ตามระบบนี้ยังไม่รองรับการปรับปรุงแก้ไขตำแหน่งของสถานีตรวจวัด รวมถึงการอัพโหลดแผนที่จากผู้ใช้

4. รายละเอียดการพัฒนา

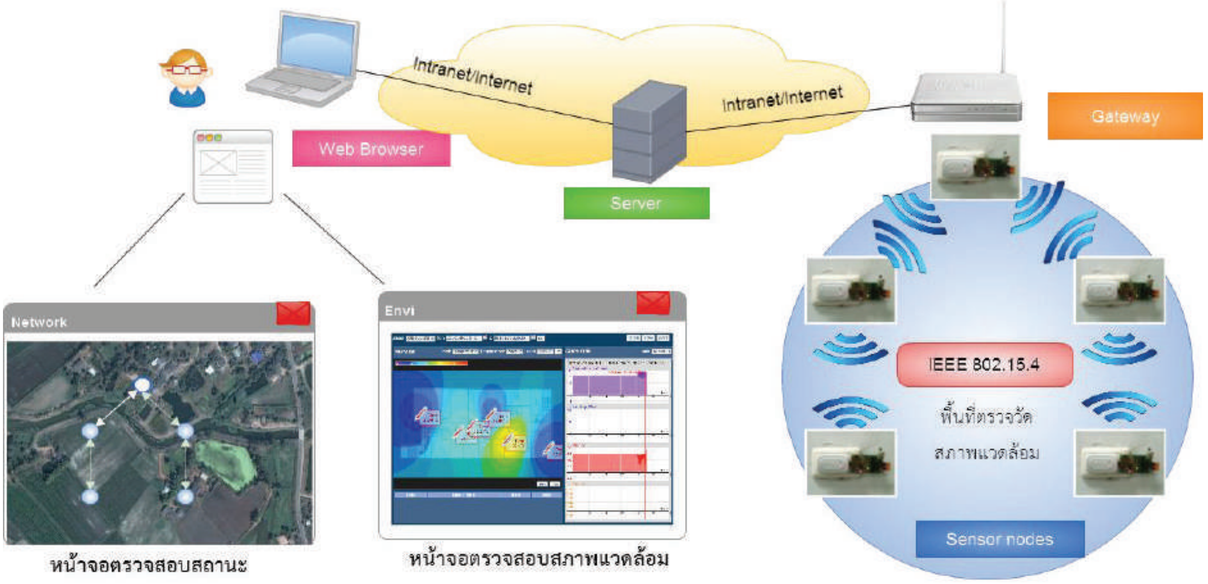
4.1 ภาพรวมของระบบ

ผู้ดูแลระบบเลือกเครือข่ายที่ต้องการตรวจสอบผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งแต่ละเครือข่ายก็จะมีแผนภาพแสดงสถานะแบตเตอรี่ของสถานีตรวจวัดที่ตำแหน่งต่างๆ และแสดงแผนภาพการเชื่อมต่อไร้สายของแต่ละสถานีที่เวลาล่าสุด โดยเครื่องบริการจะรับข้อมูลเหล่านี้มาจากเกตเวย์ผ่านทางเครือข่ายแลนไร้สาย (IEEE 802.11) เมื่อถึงเวลาที่แต่ละสถานีโปรแกรมไว้ สถานีตรวจวัดก็จะส่งข้อมูลไปยังเกตเวย์ผ่านสถานีใกล้เคียงตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 [4] แบบมัลติฮ็อป เมื่อเครื่องบริการได้รับข้อมูลก็จะเก็บบันทึกลงในฐานข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลและแสดงผลออกมาในรูปของแผนภาพ ภาพรวมของระบบแสดงในรูปที่ 1

4.2 แบบจำลองของระบบ (System Model)

4.2.1 แบบจำลองเครือข่าย

เพื่อรองรับการเชื่อมต่อที่ไม่สมมาตร (asymmetric link) เครือข่ายตรวจวัดไร้สายแต่ละเครือข่ายจะถูกจำลองด้วยกราฟแบบมีทิศทาง (directed graph) [5] $G = (V, E)$ โดยที่ V คือเซ็ตของสถานีตรวจวัดและเกตเวย์ภายในเครือข่าย และ E คือเซ็ตของคู่ลำดับ $(u,v) \in V \times V$ หากสถานี v สามารถรับสัญญาณการสื่อสารไร้สายได้โดยตรงจากสถานี u นอกจากนี้ข้อมูลสถานีและการเชื่อมต่อยังถูกกำกับด้วยฟังก์ชันอีกสาม



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

ฟังก์ชัน ได้แก่

- $\text{Batt} : V \rightarrow [0,100]$ ระบุระดับพลังงานคงเหลือของแบตเตอรีในแต่ละสถานีในรูปร้อยละ ค่านี้ขึ้นอยู่กับประเภทของแบตเตอรีและถูกคำนวณจากระดับแรงดันไฟฟ้าปัจจุบันของแบตเตอรี
- $\overline{\text{Rel}} : E \rightarrow [0,1]$ ระบุความน่าเชื่อถือเฉลี่ยของสัญญาณเชื่อมต่อไร้สาย (link reliability) ระหว่างสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง รายละเอียดการคำนวณได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 4.2.2
- $\text{Age} : V \rightarrow \Re$ ระบุระยะเวลานับจากเวลาที่ได้รับข้อมูลจากแต่ละสถานีครั้งสุดท้ายจนถึงเวลาปัจจุบัน

4.2.2 การคำนวณความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อ

แต่ละสถานีจะถูกโปรแกรมให้ส่งเมสเสจ HELLO แบบบรอดคาสต์ออกมาในทุก ๆ ช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อเป็นการตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อกับสถานีรอบข้าง ในรอบที่ t ของการส่ง HELLO นั้นแต่ละสถานี v จะคำนวณค่าความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อกับสถานี u ในทิศทาง $u \rightarrow v$ โดยตรวจสอบจากสถานะการได้รับเมสเสจ HELLO จากสถานี u ดังนี้

$$\text{Rel}_t(u,v) = \begin{cases} 1 & v \text{ ได้รับ HELLO จาก } u \text{ ในรอบที่ผ่านมา} \\ 0 & v \text{ ไม่ได้รับ HELLO จาก } u \text{ ในรอบที่ผ่านมา} \end{cases}$$

จากนั้นค่าความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อในรอบที่ t จะถูกนำมาคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือเฉลี่ยร่วมกับรอบที่ผ่านมาโดยใช้ Exponential moving average [6] ดังนี้

$$\overline{\text{Rel}}_t(u,v) = (1-\alpha)\overline{\text{Rel}}_{t-1}(u,v) + \alpha\,\text{Rel}_t(u,v)$$

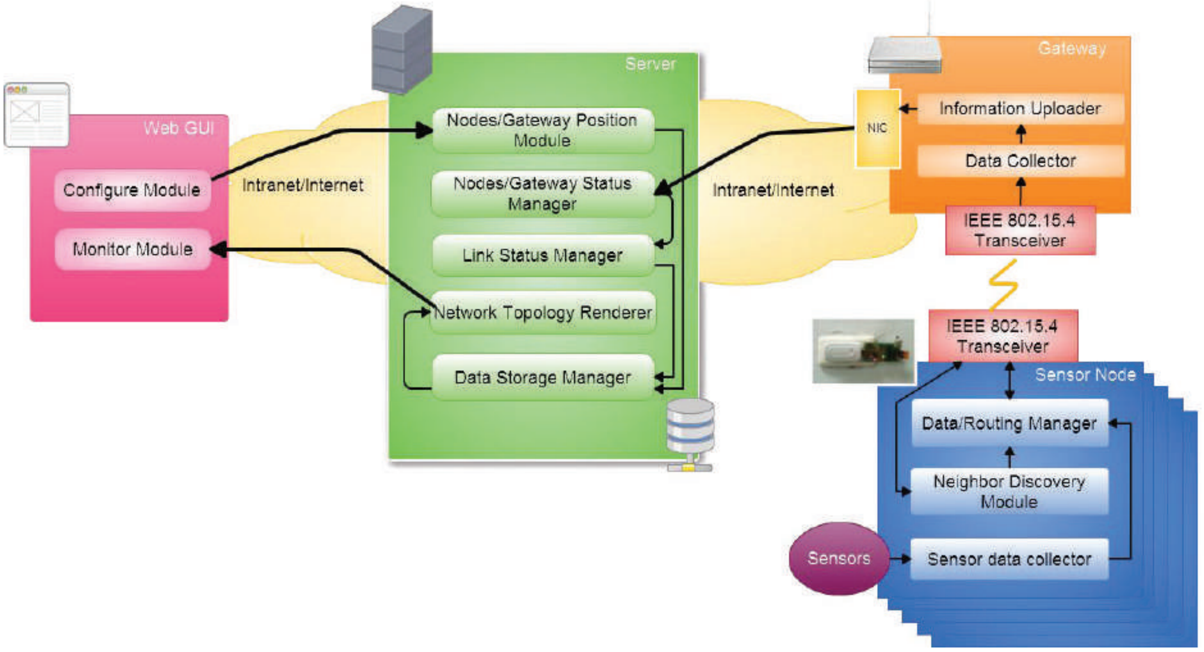
โดยให้ $\overline{\text{Rel}}_0(u,v) = 0$ และให้ค่าสัมประสิทธิ์การปรับความเรียบ α เท่ากับ 1/4 เนื่องจากธรรมชาติที่ไม่เสถียรของการส่งสัญญาณแบบไร้สาย ค่าความน่าเชื่อถือเฉลี่ยที่คำนวณได้จะถูกบันทึกไว้ในแบบจำลองกราฟของเครือข่ายเพื่อนำไปแสดงผลให้กับผู้ใช้ในรูปของแผนภาพต่อไป

4.3 โครงสร้างระบบ

โครงสร้างซอฟต์แวร์แบ่งออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ส่วนของ Web GUI ส่วนของเครื่องบริการ ส่วนของเกตเวย์ และส่วนของสถานีตรวจวัดไร้สาย ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ส่วนของสถานีตรวจวัดไร้สาย

- Neighbor Discovery Module คอยรับส่งแพ็กเก็ต HELLO ทุก ๆ ช่วงเวลาเพื่อประเมินความน่าเชื่อถือ



รูปที่ 2 โครงสร้างระบบ

ของการเชื่อมต่อกับสถานีรอบข้าง รวมถึงตรวจสอบการเชื่อมต่อที่ไม่สมมาตร

- Sensor Data Collector เป็นส่วนที่คอยเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมที่วัดได้ รวมถึงระดับแรงดันของแบตเตอรี่ที่ติดตั้งไว้ที่ตัวสถานี
- Data/Routing Manager เป็นส่วนที่ทำหน้าที่คำนวณเส้นทางไปยังเกตเวย์ และมีการรวบรวมข้อมูลวัดรวมถึงข้อมูลสถานะของสถานีและการเชื่อมต่อกับสถานีรอบข้างส่งกลับไปยังเกตเวย์ทุก ๆ ช่วงเวลาที่กำหนดไว้

4.3.2 ส่วนของเกตเวย์

- Data Collector เป็นส่วนที่คอยประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากสถานีตรวจวัดในเครือข่าย โดยจะมีการส่งเมสเสจ Gateway Advertisement ออกไปยังสถานีตรวจวัดทุกสถานีในเครือข่ายทุก ๆ ช่วงเวลาที่กำหนด
- Information Uploader เป็นส่วนที่นำข้อมูลตรวจวัดและสถานะของสถานีอัพโหลดเข้าสู่เครื่องบริการในรูปของ CSV

4.3.3 ส่วนของเครื่องบริการ

- Node/Gateway Position Module เป็นส่วนของการเก็บค่าตำแหน่งของสถานีตรวจวัดและเกตเวย์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจากผู้ใช้ จากนั้นจะเก็บบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล
- Node/Gateway Status Manager เป็นส่วนที่คอยรับข้อมูลสถานะของสถานีตรวจวัด แบตเตอรี่จากเกตเวย์ จากนั้นเก็บบันทึกลงในฐานข้อมูล
- Link Status Manager เป็นส่วนที่คอยรับข้อมูลสถานะการเชื่อมต่อของแต่ละสถานีตรวจวัด รวมไปถึงคุณภาพการเชื่อมต่อของสถานีตรวจวัดจากเกตเวย์ จากนั้นเก็บบันทึกลงในฐานข้อมูล
- Network Topology Renderer เป็นส่วนที่นำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาประมวลผล สถานะของเครือข่าย สถานะของสถานีตรวจวัด แบตเตอรี่ เทียบกับเวลาปัจจุบัน จากนั้นก็ส่งข้อมูลในรูปแบบ JSON (JavaScript Object Notation) ไปยังหน้าจอเว็บเบราว์เซอร์ที่ผู้ดูแลระบบใช้งานอยู่
- Data Storage Manager เป็นส่วนที่รับผิดชอบในการติดต่อกับฐานข้อมูล

4.3.4 ส่วนของ Web GUI

- Configure Module ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ผู้ใช้สามารถเลือกแผนที่เพื่ออัพโหลดเข้าสู่เครื่องบริการในการตรวจสอบการทำงานในแต่ละตำแหน่งของสถานีตรวจวัดไร้สายได้ และผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสถานีตรวจวัดได้
- Monitor Module ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ผู้ใช้สามารถตรวจสอบการทำงานของระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมได้ โดยที่รับข้อมูลจากเครื่องบริการในรูปของ JSON จากนั้นใช้ไลบรารี D3.js [7] แปลงข้อมูลจาก JSON เป็น SVG (Scalable Vector Graphics) [8] ซึ่งแสดงแผนภาพการเชื่อมต่อของสถานีตรวจวัดแต่ละจุด และยังสามารถตรวจสอบสถานะแบตเตอรี่ โดยคำนวณค่าความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อจากฟังก์ชัน $\overline{\mathrm{Rel}}_t(u,v)$ ค่าที่คำนวณได้จะนำไปกำหนดสีของเส้นกราฟดังตารางที่ 1

ค่าความน่าเชื่อถือ	Rel ≥75	25≤Rel<75	Rel<25
ระดับความน่าเชื่อถือ	ดี	ปานกลาง	แย่
สีในการแสดงผล	เขียว	เหลือง	แดง

ตารางที่ 1 ระดับความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อ

ฟังก์ชัน Age จะถูกนำมากำหนดสถานะการคงอยู่ของสถานี โดยปกติสถานีจะถูกแสดงผลเป็นสีขาว หาก Age มีค่าเกินเวลาที่กำหนดไว้สถานีตรวจวัดจะแสดงผลเป็นสีแดง ส่วนค่าจากฟังก์ชัน Batt จะถูกนำมาแสดงผลเป็นแถบพลังงานคงเหลือของแต่ละสถานี

5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ระบบการจัดการสถานีตรวจวัด สถานีตรวจวัด และอุปกรณ์เกตเวย์ถูกติดตั้งไว้ที่อาคารภาควิศวกรรมคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชั้น 7 เพื่อเป็นการทดสอบการทำงาน โดยติดตั้งสถานีตรวจวัดไร้สาย 6 สถานีต่อกับปลั๊กไฟผ่านตัวแปลง USB และเกตเวย์จำนวน 1 ตัว โดยแบ่งเป็น (1) การทดสอบความถูกต้องของระบบโดยการติดตั้งสถานีตัวใหม่และนำสถานีตัวนั้นออก แล้วจับเวลาในการตอบสนองของระบบเมื่อสถานีตรวจวัดไม่ทำงานเทียบกับช่วงเวลาในการส่งข้อมูล และ (2) การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบซึ่งได้ศึกษาการเชื่อมต่อสองรูปแบบคือ

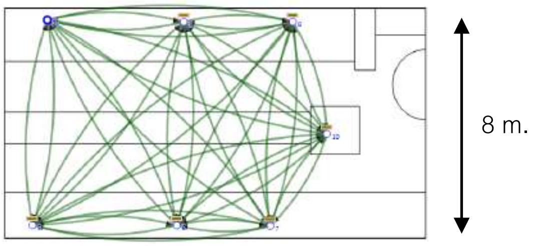
- การเชื่อมต่อแบบหนาแน่น (Dense) สถานีตรวจวัดถูกติดตั้งไว้ที่มุมต่าง ๆ ภายในห้อง และตรงกลางของห้อง โดยแต่ละสถานีมีสถานีมีการเชื่อมต่อโดยตรงกับสถานีข้างเคียงโดยเฉลี่ย 6 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 3 เครือข่ายตรวจวัดลักษณะนี้มักพบในพื้นที่ที่ค่าการวัดมีอัตราการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่สูง เช่นการวัดอุณหภูมิในห้องเครื่องบริการ
- การเชื่อมต่อแบบเบาบาง (Sparse) สถานีตรวจวัดถูกติดตั้งไว้ที่ริมโถงทางเดินและห้องปฏิบัติการวิจัยต่างๆ โดยแต่ละสถานีมีสถานีมีการเชื่อมต่อโดยตรงกับสถานีข้างเคียงโดยเฉลี่ย 4 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 4 เครือข่ายตรวจวัดลักษณะนี้มักใช้ในสภาพแวดล้อมที่ค่าการวัดมีอัตราการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ต่ำ เช่นการวัดอุณหภูมิในแปลงเพาะปลูก

การทดลองมีการปรับค่าช่วงเวลาการรายงานข้อมูลของสถานีตรวจวัด (Monitor Interval) ตั้งแต่ 2 ถึง 20 วินาที แต่ละช่วงเวลาจะเก็บข้อมูลประมาณ 100 แพ็กเกต และมีการทำซ้ำ 2 รอบ โดยทดสอบระบบในวันทำงาน ช่วงเวลากลางวัน

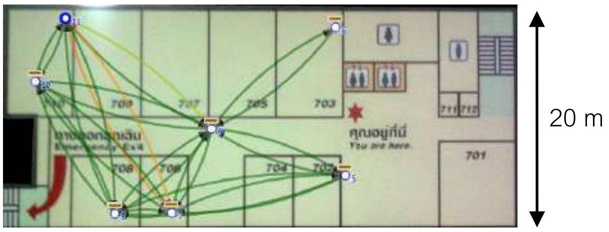
5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

ผลการทดสอบความถูกต้องของระบบในการตรวจสอบการทำงานของระบบเมื่อระบบทำงานปกติ สถานีตรวจวัดจะถูกแสดงผลเป็นสีขาว และเส้นการเชื่อมต่อมีสีเขียว แสดงว่าคุณภาพการเชื่อมต่อดีหมายถึงสามารถรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีโดยไม่มีการสูญหาย เส้นกราฟมีสีเหลืองแสดงว่าคุณภาพการเชื่อมต่อปานกลางหมายถึงความสามารถในการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีมีการสูญหายบ้างเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 4 และเมื่อสถานีตรวจวัดเบอร์ 10 ไม่ทำงาน สถานีตรวจวัดจะมีสีแดง และเส้นกราฟมีสีแดงแสดงว่าคุณภาพการเชื่อมต่อไม่ดีหมายถึงความสามารถในการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีมีการสูญหายมากดังแสดงในรูปที่ 5

จากการทดสอบจับเวลาเริ่มเมื่อสถานีตรวจวัดไม่ทำงานจนกระทั่งแสดงผลบนหน้าจอ เทียบกับช่วงระยะเวลาในการส่งแพ็กเกต โดยเมื่อมีความถี่ในการส่งข้อมูลลดลง เวลาที่จะใช้ในการตอบสนองก็จะมากขึ้นเนื่องจากมีความหน่วงของเวลา

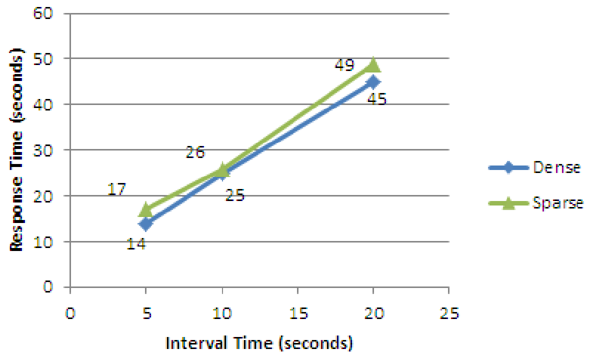


รูปที่ 3 การเชื่อมต่อของสถานีตรวจวัดแบบ Dense

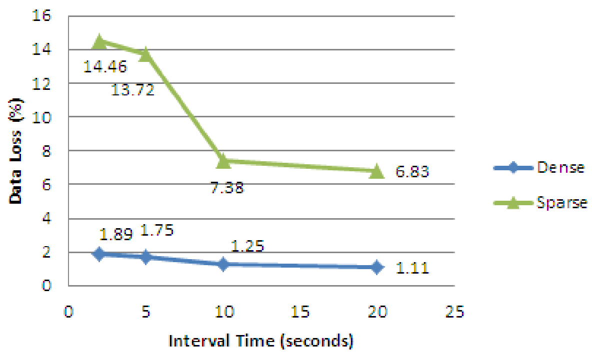


รูปที่ 4 การเชื่อมต่อของสถานีตรวจวัดแบบ Sparse

รูปที่ 5 ผลการทำงานเมื่อสถานีหมายเลข 10 ไม่ทำงาน



รูปที่ 6 เวลาที่ระบบใช้ในการตอบสนองที่คาบการรายงานสถานะต่างๆ



รูปที่ 7 การสูญหายของข้อมูลที่คาบการรายงานสถานะต่างๆ

เกิดจากเครื่องบริการยังไม่ได้รับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดส่งมา ดังรูปที่ 6

จากการทดสอบเก็บข้อมูลโดยเทียบเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลที่สูญหายเทียบกับช่วงระยะเวลาในการส่งแพ็กเกต โดยเมื่อความถี่ในการส่งข้อมูลลดลง เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลที่สูญหายจะมีค่าลดลง เนื่องจากความถี่สูงแพ็กเกตที่ถูกส่งมาในเครือข่ายจะมีจำนวนมาก ซึ่งอาจทำให้เกิดการชนกันของข้อมูล (collision) ซึ่งทำให้แพ็กเกตดังกล่าวไม่สามารถส่งข้อมูลถึงปลายทางได้ ซึ่งในห้องมีเส้นทางการส่งข้อมูลเพียงฮ็อปเดียวจึงทำให้ข้อมูลเกิดความสูญหายน้อยกว่าภายนอกห้องซึ่งมีเส้นทางการส่งข้อมูลแบบหลายฮ็อป ดังรูปที่ 7

6. บทสรุป

ระบบการจัดการสถานีตรวจวัดและอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สายนี้ ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ดูแลระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมสามารถจัดการหรือควบคุมการทำงานจากศูนย์กลางได้ทันที โดยจากการทดสอบโปรแกรม ระบบการจัดการสถานีตรวจวัดและอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย ได้ผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ดี โดยเครื่องบริการสามารถรับข้อมูลจาก เกตเวย์เพื่อนำมาแสดงผลได้ เมื่อสถานีหรือเกตเวย์ถูกเคลื่อนย้ายหรือเปลี่ยนแปลงได้ และหากลิงค์การเชื่อมต่อหรือสถานีตรวจวัดไม่สามารถใช้งานได้ก็จะแสดงผลได้ในเวลารวดเร็ว โดยแพ็กเกตส่วนมากจะสูญหายเนื่องจากการเชื่อมต่อแบบเบาบางเพราะใช้หลายฮ็อปในการส่งข้อมูล โดยข้อมูลจะสูญหายน้อยลงเมื่อช่วงเวลาในการส่งแพ็กเกตมากขึ้น เพราะการชนกันของแพ็กเกตจะมีโอกาสน้อย สำหรับแนวทางการพัฒนาต่อระบบนี้สามารถพัฒนาในส่วนของการตั้งค่าต่างๆ ของสถานีตรวจวัดผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ หรือพัฒนาโดยการรวมระบบของระบบการจัดการกับระบบข้อมูลสารสนเทศไว้เป็นระบบเดียวกัน

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รหัสโครงการ ว-ท(ด)57.51

8. เอกสารอ้างอิง

[1] “Wireless Sensor Network”, [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 17 สิงหาคม 2554 : http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network

[2] ภรภัทรา ชัยโรจน์, “ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย”, โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2553

[3] ศวิตา น้ำมังคละ, “Information Service System for Wireless Sensor Networks”, โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2549

[4] “IEEE 802.15.4”, [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 18 สิงหาคม 2554 : http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4-2006

[5] Biggs, N.; Lloyd, E.; Wilson, R. (1986), “Graph Theory,” 1736–1936, Oxford University Press.

[6] “Moving average.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 24 พฤษภาคม 2555: http://en.wikipedia.org/wiki/Moving_average

[7] “D3”, [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 3 มกราคม 2555 : http://mbostock.github.com/d3/

[8] “Scalable Vector Graphics (SVG)”, [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 30 พฤษภาคม 2555 : http://www.w3.org/Graphics/SVG/

การเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยฟัซซี่ลอจิก

วีระชัย แย้มวจี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
weerachai.y@en.rmutt.ac.th

อำนวย เรืองวารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
amnoiy@hotmail.com

บทคัดย่อ

เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้มีโครงสร้างของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากโหนดสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ทำให้เส้นทางการสื่อสารมีโอกาสที่จะขาดการติดต่อได้บ่อยครั้ง เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการสื่อสารลดลงได้ โพรโทคอลที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายก็คือเอโอดีวี ซึ่งถูกกำหนดโดยไออีทีเอฟให้เป็นมาตรฐานหนึ่งในการใช้งานบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนได้ แต่ก็ยังมีปัญหาเกิดขึ้น ในกรณีที่มีการส่งข้อมูลในระบบมากขึ้นจนเกิดความแออัดของข้อมูล ในเอกสารงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเอโอดีวีด้วยวิธีการทางฟัซซี่ลอจิก ในการกำหนดเงื่อนไขและทางเลือกให้กับเอโอดีวีที่มีความหลากหลายของข้อจำกัด ให้ทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่ดีที่สุด จากการทดลองได้ใช้โปรแกรม NS-2 จำลองการทำงานและวัดประสิทธิภาพโพรโทคอลเอโอดีวีกับโพรโทคอลที่ได้นำเสนอการปรับปรุง พบว่าโพรโทคอลที่ได้นำเสนอสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพดีกว่า โดยดูได้จากค่าอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล ในกรณีที่มีการส่งข้อมูลในระบบมากขึ้นจนเกิดความแออัดของข้อมูล

Abstract

Wireless mobile ad hoc network has the structure of the system have changed. Because nodes can move freely. The communication path is likely to lost. As a result, reduced the efficiency of communication. Protocol AODV that is used widely. It has been determined by the IETF as a standard one in use on a mobile ad hoc wireless network. But a problem arises. In the case of the transport system up to the congestion of data. In this study presents a method for increasing the effectiveness of AODV by fuzzy logic. In determining the criteria and alternatives to AODV with a variety of restrictions. The best work environment. Of experiments using NS-2 simulation and measurement protocol in the AODV protocol with the present improvement. The protocol of the present work the better. In view of the success rate of data transmission. In the case of the transport system up to the congestion of data.

คำสำคัญ

เครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจ, เอโอดีวี, ฟัซซี่ลอจิก

1. บทนำ

เครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Ad hoc Network - MANET)[1-2] เป็นเครือข่ายของอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ มีการติดต่อสื่อสารกันเพื่อส่งข้อมูลกันอย่างอิสระ ไม่มีการควบคุมจากส่วนกลาง รูปแบบของเครือข่ายสามารถปรับเปลี่ยนตัวเองได้ ทำให้เกิดปัญหาในการจัดการเส้นทาง (Routing Protocols) จากปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาโพรโทคอลที่ใช้จัดการเส้นทางในการส่งข้อมูลเกิดขึ้น เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โพรโทคอลค้นหาเส้นทาง สำหรับเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มที่มีการสร้างตารางเส้นทางไว้ก่อน (Proactive) ได้แก่ DSDV[3], CGSR และ WRP และกลุ่มที่จะสร้างเส้นทางเมื่อมีการร้องขอ (Reactive) ได้แก่ AODV[4], DSR[5], TORA, ABR และ SSR

กลุ่มที่มีการสร้างตารางเส้นทางไว้ก่อน จะมีข้อดีคือ ไม่เสียเวลาในการประมวลผล จึงทำให้ค่าการหน่วงตลอดเส้นทาง (End-to-End delay) น้อย แต่ข้อเสียคือสิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บตารางเส้นทาง และจะต้องมีการรับส่งข้อมูล เพื่อทำการปรับปรุงตารางเส้นทางอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการจราจรเพิ่มขึ้นในเครือข่าย (Overhead) ส่วนกลุ่มที่จะสร้างเส้นทางเมื่อมีการร้องขอ ข้อดีคือไม่สิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บตารางเส้นทาง เพราะจะทำการเส้นทางเฉพาะตอนที่มีการร้องขอของต้นทาง ที่ต้องการส่งข้อมูลไปยังปลายทางเท่านั้น แต่

ข้อเสียก็คือจะใช้เวลาในการตัดสินใจเลือกเส้นทางมากขึ้น ถ้าไม่เคยมีการติดต่อไปยังปลายทางเลย

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อทำการศึกษาผลกระทบของความหนาแน่นของการจราจรในเครือข่าย กับโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง ด้วยการทดลองบนระบบจำลองการทำงานของเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ โดยใช้โปแกรม Network Simulator 2 (NS-2) แล้วทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น แล้วทำการปรับปรุงด้วยวิธีการทางฟัซซี่ลอจิก แล้วประเมินผลด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง

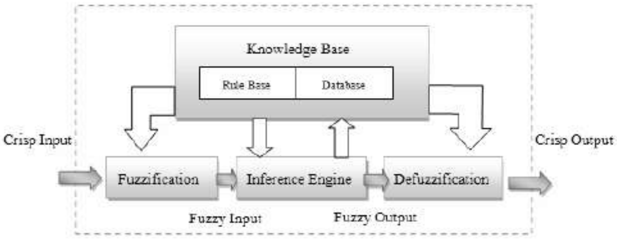
2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งานเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ งานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยเทคนิคการปรับอัตราการส่งข้อมูลแบบพลวัต[7] ได้แสดงให้เห็นว่าการเกิดความแออัดเกิดจากการส่งข้อมูลมากเกินไปจึงต้องมีวิธีในการลดอัตราการส่งลงที่เหมาะสม ส่วนงานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีด้วยโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบพิจารณาเส้นทางสำรองด้วยกลไกทางฟีดแบ็คสำหรับเครือข่ายไร้สายแอดฮอค[9] ได้แสดงให้เห็นว่าการเกิดปัญหาความแออัดอาจจะเกิดจากการที่เส้นทางการส่งข้อมูลมีปัญหา เนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของโหนดที่ถูกใช้งานเกิดหลุดออกจากรัศมีการให้บริการ จึงต้องมีการหาเส้นทางสำรองเก็บไว้ เพื่อใช้งานในตอนที่เส้นทางหลักเกิดปัญหา และในงานวิจัยการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในทอพอโลยีและโพรโทคอลการค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ[8] ในสภาพแวดล้อมจริงการที่จะเกิดปัญหาจากเส้นทางหลักไม่สามารถให้บริการได้และยังไม่มีเส้นทางสำรองอื่นแทนได้นั้นก็เกิดขึ้นได้ ดังนั้นจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเงื่อนไขในการทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงมีได้หลายด้านหลายรูปแบบและมีวิธีการแก้ไขที่หลากหลายการนำเอาฟัซซี่ลอจิกมาช่วยตัดสินใจจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกกรณี

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ฟัซซี่ลอจิก[13]นิยมในการแก้ความผิดพลาดประสิทธิภาพสูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการรับข้อมูลผ่านช่องสัญญาณแบนด์วิดท์จำกัด ที่ข้อมูลถูกรบกวนด้วยสัญญาณรบกวน จะใช้ในการจำลองความรู้ หรือประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ โดยการใช้เหตุผล หรือ การตัดสินใจต่อสภาวะการณ์ต่างๆ ของมนุษย์นั้น สามารถเขียนอยู่ในรูปเชิงภาษาศาสตร์ของ ระบบกฎเกณฑ์ (Rule-based System) คือ เงื่อนไข IF/THEN หรืออยู่ในรูปอื่นที่เท่าเทียมกัน เช่น เมทริกซ์เปลี่ยนหมู่ฟัซซี (Fuzzy Associative Matrices)

ในทางปฏิบัติ การนำกฎเกณฑ์ความชำนาญนี้มาใช้งานมักจะเกี่ยวข้องกับค่าที่แน่นอน เช่น ค่าที่ได้จากการวัด และค่าที่ส่งออกเพื่อใช้งานก็มักจะเป็นค่าที่แน่นอนเช่นเดียวกัน ส่วนที่ทำการแปลงค่ารับเข้าที่เป็นค่าแน่นอนนี้ ไปสู่เซตภัชนัยด้วยฟังก์ชันภาวะสมาชิก เรียกว่า ตัวทำให้คลุมเครือ (Fuzzifier) และส่วนที่ทำการส่งค่าผลลัพธ์จากเงื่อนไขไปสู่ค่าแน่นอนเพื่อส่งออกไปใช้งานจริง เรียก ตัวกำจัดความคลุมเครือ (Defuzzifier) นอกจากนั้นแล้วในการสร้างกฎเกณฑ์ฟัซซี ที่มีตัวแปรค่ารับเข้าเป็นจำนวนมาก ให้ครอบคลุมทุกเงื่อนไขนั้นเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ บางครั้งจึงต้องมีการผสมเงื่อนไขหลายเงื่อนไขในกฎเกณฑ์ฟัซซีเข้าด้วยกัน โดยมีส่วนตีความผลลัพธ์ร่วมจากการผสมเงื่อนไข เรียก เครื่องอนุมานฟัซซี (Fuzzy Inference Engine) ซึ่งมีหลายชนิดด้วยกัน



รูปที่ 1. โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

จากรูปที่ 1 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก มีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแปลงอินพุตที่

เป็นค่าจริง (Crisp input) ให้เปลี่ยนเป็นอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี โดยสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ซึ่งจะมีลักษณะเป็นการกำหนดภาษาสามัญ เพื่อให้เป็นฟัซซีการอินพุต ขั้นตอนที่ 2 เป็นการหาฟัซซีอินพุต โดยมีการสร้างกฎฟัซซีแบบ IF <Condition> THEN <Action> เพื่อนำมาแปลงค่าฟัซซีสำหรับการประมวลผลโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่เลือกใช้ Max-Min Method ขั้นตอนที่ 3 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการอินพุตทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุตที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผลโดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบ ซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (IF) และ (AND) หรือ (OR) ซึ่งเป็นภาษาสามัญ นำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อตัดสินใจหาเหตุผลที่เหมาะสมและขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสรุปเหตุผลฟัซซี โดยจะเปลี่ยนฟัซซีเอาต์พุตให้เป็นค่าจริงของเอาต์พุตด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่นวิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central Of Gravity)

เอโอดีวีมีพื้นฐานมาจากดีเอสดีวีแต่มีการทำงานเป็นแบบ Reactive คือมีกระบวนการหาเส้นทางเกิดขึ้น เมื่อมีการร้องขอใช้เส้นทาง โดยจะมีการส่ง RREQ จากโหนดต้นทางไปยังโหนดข้างเคียงและกระจายไปเรื่อยๆจนถึงโหนดปลายทาง โหนดปลายทางก็จะตอบ RREP กลับมาโดยเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดจากข้อมูลใน RREQ ที่ได้รับ เมื่อโหนดต้นทางได้รับ RREP แล้วก็จะสามารถส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางได้ ในทางปฏิบัติ เอโอดีวีจีมีการทำงานลดลงจากการที่เกิดการแออัดของข้อมูล เนื่องมากจากกระจายข้อมูล RREQ จะทำให้เกิดข้อมูลจำนวนมาก การส่งข้อมูลที่ล่าช้า เนื่องมาจากเส้นทางหลักมีปัญหา แล้วมีการหาเส้นทางสำรองเพื่อใช้งานแทน

4. รายละเอียดการพัฒนา

จากงานวิจัยหลายฉบับ[10-12] ได้นำเสนอวิธีการนำเอาฟัซซี่ลอจิกมาช่วยในการตัดสินใจในกระบวนการทำงานต่างๆของเอโอดีวี เพื่อขจัดปัญหาที่จำทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง ซึ่งจำต้องนำฟัซซี่ลอจิกมาใช้งานในทุกๆกระบวนการถึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากที่สุด ดังนั้นเงื่อนไขของฟัซซี่ต้องครอบคลุมในหลายส่วน เพื่อให้มีความหลากหลายในการตัดสินในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

ปกติในการเลือกเส้นทางเอโอดีวีจะดูจากจำนวนเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเพื่อให้การทำงานของฟัซซี่ลอจิกหลากหลายจะมีการเพิ่มข้อมูลของโหนดเข้าไป เช่น อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล RREQ พลังงานของแหล่งจ่าย และกำลังส่งแต่ละโหนด เพื่อใช้เลือกเส้นทางที่มีปัญหาน้อยที่สุดและจะได้มีเส้นทางสำรองเกิดขึ้นในคราวเดียวกันด้วย

วิธีที่นำเสนอจะกำหนดอินพุตจำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนระยะทาง (hop) ความแรงของกำลังส่ง (signal) ระดับพลังงานของแหล่งจ่ายไฟ (batt) เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล RREQ (time) และ อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล (ratio) ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่อยู่ 3 ระดับ คือ สูง (high) ปานกลาง (medium) และต่ำ (low) และกำหนดเอาพุตจำนวน 3 ตัวแปร ได้แก่ อัตราการส่งข้อมูล (rate) ช่วงเวลาการหยุดรอ (backoff) และความน่าเชื่อถือของแต่ละเส้นทาง (reliable) ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่อยู่ 5 ระดับ คือ สูงมาก (very high) สูง (high) ปานกลาง (medium) ต่ำ (low) และต่ำมาก (very low) โดยมีความสัมพันธ์ของอินพุตกับเอาต์พุตเป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของอินพุตกับเอาต์พุต

hop	batt	signal	ratio	time	rate	backoff	reliable
low	high	high	high	low	very high	very low	very high
low	low	low	low	high	low	high	low
low	low	low	low	low	medium	medium	low
medium	medium	medium	medium	medium	medium	medium	medium
high	high	high	high	high	low	high	high
high	high	high	high	low	high	high	high
high	low	low	low	high	very low	very high	very low

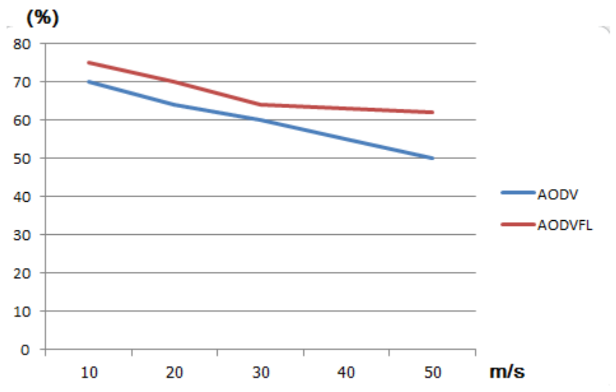
5. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบจะใช้การจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้บน NS-2 โดยมีการกำหนดสภาพแวดล้อมด้วยพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ จำนวนโหนด 100 โหนดเคลื่อนที่แบบ Random Waypoint บนพื้นที่ขนาด

1,000x1,000 ตารางเมตร แต่ละโหนดมีขอบเขตของกำลังส่งประมาณ 250 เมตร ช่องสัญญาณมีแบนด์วิธ 2 เมกะบิต การเคลื่อนที่ของโหนดที่ความเร็ว 10, 20, 30, 40, 50 เมตรต่อวินาที การส่งข้อมูลจะใช้การส่งแบบขนาดคงที่ 512 ไบต์ อัตราการส่งที่ 100 แพ็กเก็ตต่อวินาที จากโหนดต้นทางจำนวน 20 โหนด เวลาในการจำลอง 1,500 วินาที ทำการทดลองทั้งหมด 5 รอบ แล้วเฉลี่ยผลมาทำการวาดกราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล และการหน่วงเวลาตลอดเส้นทาง

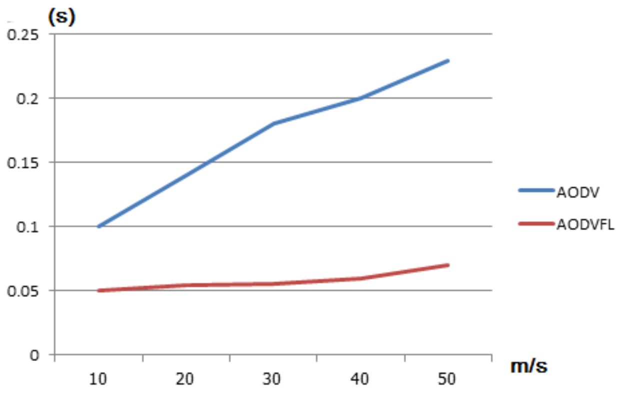
5.1 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากรูปที่ 2 แสดงกราฟของอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด



รูปที่ 2. อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด

จากรูปที่ 3 แสดงกราฟของการหน่วงเวลาตลอดเส้นทางเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด



รูปที่ 3. การหน่วงเวลาตลอดเส้นทางเทียบกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละโหนด

จากผลการทดลองพบว่าวิธีที่นำเสนอด้วยการนำเอาฟัซซีลอจิกมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทำให้อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น และการหน่วงเวลาตลอดเส้นทางลดลงจากเอโอดีวีต้นแบบ

6. บทสรุป

งานวิจัยที่ได้นำเสนอ ได้แสดงถึงวิธีการนำเอาฟัซซีลอจิกมาปรับปรุงกระบวนการทำงานของระบบเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ ด้วยการกำหนดสาเหตุของปัญหาและวิธีการแก้ไขจากหลากหลายวิธีมาใช้งานอย่างเหมาะสม ทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น

สำหรับงานวิจัยในอนาคตจะทำการนำเอาแนวทางที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ไปทดลองกับโพรโทคอลอื่น ๆ เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและวิธีแก้ไขในแต่ละโพรโทคอล

7. เอกสารอ้างอิง

[1] “IETF Mobile Ad-Hoc Network Working Group,” http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html

[2] S. Corson and J. Macker, "Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations," RFC 2501, January 1999.

[3] Charles E. Perkins and Pravin Bhaqwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," SIGCOMM, August 1994.

[4] Charles E. Perkins, Elisabeth M. Belding-Royer and Samir R. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing ," RFC 3561, July 2003.

[5] David B' Johnson, David A. Maltz and Yih-Chun Hu, "The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4," RFC 4728, February 2007.

[6] Jintana Nakasuwan and Paitoon Rakluea, "Performance Comparison of AODV and OLSR for MANET," International Conference on Control, Automation and Systems 2010, Gyeonggi-do, Korea, pp. 1974-1977, October 27-30, 2010.

[7] ประทีป ปรุงประเสริฐ และศักดิ์ชัย ทิพย์จักษุรัตน์, "การเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจด้วยเทคนิคการปรับอัตราการส่งข้อมูลแบบพลวัต". การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8, หน้า 243-246, 22-23 เมษายน 2553.

[8] วาริส จันอิ และสกุณา เจริญปัญญาศักดิ์. "การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในทอพอโลยีและโพรโทคอลการค้นหาเส้นทางสำหรับเครือข่ายไร้สายแบบเฉพาะกิจ". การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6, หน้า 297-302, 3-5 มิถุนายน 2553.

[9] ธนรรษ พานนิล และศักดิ์ชัย ทิพย์จักษุรัตน์. "การเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีด้วยโพรโทคอลค้นหาเส้นทางแบบพิจารณาเส้นทางสำรองด้วยกลไกทางฟีดแบ็คสำหรับเครือข่ายไร้สายแอดฮอค". การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 7, หน้า 631-637, 11-12 พฤษภาคม 2554.

[10] Hui Liu, Jie Li, Yan-Qing Zhang and Yi Pan, "An Adaptive Genetic Fuzzy Multi-path Routing Protocol for Wireless Ad-Hoc Networks," In the Proceedings of Sixth International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing and First ACIS International Workshop on Self-Assembling Wireless Networks (SNPD/SAWN'05), SNPD 2005, pp.468-475.

[11] A. Banerjee and P. Dutta, "Fuzzy-Controlled Route Discovery For Mobile Ad Hoc Networks," International Journal of Engineering Science and Technology, 2010, pp.2347-2353.

[12] S. Marwaha, D. Srinivasan, K. T. Chen and A. Vasilakos, "Evolutionary fuzzy multi-objective routing for wireless mobile ad hoc networks," Congress on Eutionary Computation, pp.1964-1971.

[13] C.C. Lee, " Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller-Part I and II," IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, pp.404–418.

Energy Saving and Environment

ECTI-CARD 2012

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศด้วยการควบคุมการระบายอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

สัญญา ผาสุข
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
psunya@hotmail.com

ศุภชัย อรุณพันธ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
supachaisir@hotmail.com

พรชัย แคล้วอ้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
pornchai_K@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมพัดลมระบายอากาศที่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องสำนักงานที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เพื่อลดการสิ้นเปลืองของพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการระบายอากาศเย็นทิ้งออกจากห้องตลอดเวลา ทำให้อากาศจากภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไหลเข้าสู่ภายในห้อง เป็นการเพิ่มภาระงานให้กับเครื่องปรับอากาศส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นกว่าความจำเป็น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบควบคุมการทำงานของพัดลมระบายอากาศให้ทำงานเฉพาะในช่วงที่เกิดมลถาวะทางอากาศเกิดขึ้นเท่านั้น ซึ่งหากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกินกว่า 700 ppm จะควบคุมให้มีการระบายอากาศ และหากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่า 700 ppm ให้หยุดการระบายอากาศ เป็นผลให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าลดลง 25.18 เปอร์เซนต์ต่อวัน

Abstract

This research and development of control system for ventilate the gaseous carbon dioxide from air conditioned offices room to reduce electrical energy consumption. The ventilation all time is case high temperature flow to inside room. It become more load of air conditioner. So this research is developed the ventilation control system to ventilate carbon dioxide gas when it over 700 ppm only. It can reduce consumption of electrical energy 25.18 % per day

คำสำคัญ

Carbon dioxide gas, ventilation, reduce electrical energy

1. บทนำ

การติดตั้งพัดลมระบายอากาศมักจะคู่กับการติดตั้งเครื่องปรับปรับอากาศในสำนักงานต่างๆของหลายๆหน่วยงาน ซึ่งหลายสำนักงานมักจะเปิดพัดลมระบายอากาศไว้ตลอดเวลาพร้อมกับเครื่องปรับอากาศ เพื่อระบายมลภาวะทางอากาศเช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจและการระบายกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เมื่อมีการระบายอากาศออกไปข้างนอกจะทำให้เกิดการไหลของอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องแทนที่ โดยผ่านทางช่องธรณีประตูหรือจากการเปิดปิดประตู ซึ่งจะทำให้มีออกซิเจนเข้าสู่ภายในห้องทำให้อากาศในห้องมีความสดชื่นขึ้น ทั้งนี้อุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าสู่ภายในห้องจะเป็นอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าภายใน จึงเป็นภาระแก่เครื่องปรับอากาศที่ต้องทำงานหนักมากขึ้นในการปรับลดอุณหภูมิให้เหมาะสมแก่การทำงาน เป็นผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงได้แนวคิดเพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการระบายอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำทิ้งตลอดเวลา มาเป็นการควบคุมการระบายอากาศเฉพาะเมื่อมลภาวะอากาศในห้องมีค่าปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์เกินกว่า 700 ppm โดยการสร้างระบบควบคุมระบายอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้อง หากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าค่าที่กำหนดก็จะควบคุมให้พัดลม

ทำงานเพื่อระบายอากาศเสียหรือกาซคาร์บอนไดออก ไซด์ออกไป เมื่อมลภาวะทางอากาศดีขึ้นหรือปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าที่กำหนด พัดลมระบายอากาศก็จะหยุดทำงาน เป็นผลให้ลดความสูญเสียของอากาศเย็นที่จะถูกระบายทิ้งออกไปข้างนอกตลอดเวลา ดังนั้นระบบจะระบายอากาศที่มีความเย็นทิ้งออกไปเฉพาะในช่วงที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าเกณฑ์เท่านั้น ซึ่งจะเป็นผลให้เครื่องปรับอากาศทำงานน้อยลงและส่งผลให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ตามไปด้วย

3. การระบายอากาศ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide : CO_2) เป็นกาซที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟ เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า -78° C ที่ความดัน 1 atm ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีสถานะเป็นของแข็ง เป็นก๊าซที่ช่วยในการดำรงชีพของมนุษย์ ยังใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่มเบา ๆ และในเครื่องดับเพลิงและนำมาทำเป็นน้ำแข็งแห้งที่ใช้ได้สารพัดประโยชน์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นได้จากการหายใจของมนุษย์ ซึ่งหากทำกิจกรรมร่วมกันหลายคนเช่นในห้องเรียน ห้องบรรยายหรือสำนักงานก็จะทำให้เกิดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ จะถูกใช้เป็นตัวบอกคุณภาพของอากาศในห้อง ถ้าหากความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องมากเกินไป (อยู่ที่ระดับไม่เกิน 1000 ppm) จะทำให้รู้สึก "อบอ้าวและอับ" คุณภาพของอากาศในห้องที่ไม่ดีเป็นสาเหตุให้เกิดอาการโรคอ่อนล้าสูญเสียสมาธิและเจ็บป่วยและเป็นเหตุให้เกิดความไม่สบาย

การระบายอากาศหมายถึงการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปในทิศทางและความเร็วที่กำหนด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ เช่น มลพิษ ความร้อน ความชื้น ควันและอื่นๆให้ออกไปเพื่อให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่ ซึ่งเป็นการระบายอากาศด้วยวิธีเจือจาง เพื่อให้เกิดความรู้สึกสบาย ส่วนใหญ่จะเป็นการระบายอากาศในสถานที่พักอาศัย สำนักงาน ซึ่งจะควบคู่ไปกับการปรับอากาศให้อุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่าภายนอกเพื่อให้ผู้ที่อยู่ภายในห้องรู้สึกเย็นสบายโดยการดึงความร้อนออกจากห้อง ยิ่งหากต้องการความเย็นมากขึ้นก็จะเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับภายในมากยิ่งขึ้น อัตราแลกเปลี่ยนอากาศที่เกิดจากการระบายอากาศย่อมมากขึ้นด้วย ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักเพิ่มขึ้นเป็นผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าตามไปด้วย

รูปที่ 1 พัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว

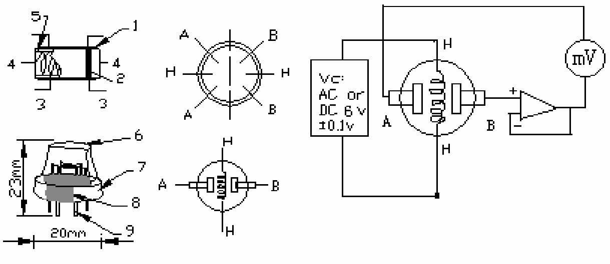
4. การออกแบบและพัฒนาระบบ

การออกแบบนี้จะกล่าวถึงการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วงจรการขยายสัญญาณระบบควบคุมการระบายอากาศตามลำดับดังนี้

4.1 อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณก๊าซ

การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะใช้อุปกรณ์ตรวจวัด แบบ Metal Oxide Sensor ซึ่งต้องให้ความร้อนที่ตัวถังจนได้ที่จึงจะทำงาน ซึ่งสามารถวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ 350 -10,000 ppm. จะให้เอาท์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้า (EMF) โดยค่าแรงดัน EMF จะมีค่าแปรผกผันกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ทำปฏิกิริยากับอุปกรณ์ตรวจจับ ค่าแรงดัน EMF จะมีแรงดันอยู่ในระดับมิลลิโวลท์ ซึ่งจะต้องออกแบบวงจรขยายสัญญาณให้ระดับแรงดันเป็นระดับโวลท์ก่อนนำไปใช้งาน โครงสร้างประกอบด้วย วัสดุชั้นในจะเป็นขั้วอิเลคโตรด, แผ่นแพลตตินัมและฮีทเตอร์ วัสดุชั้นนอกจะหุ้มด้วย นิเกิลและทองแดง และขาใช้งานทำมาจากนิเกิลและทองแดง ประกอบด้วย 6 ขา ขา H จะเป็นขาที่ต่อกับไฟ 6 โวลท์ ดังแสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3

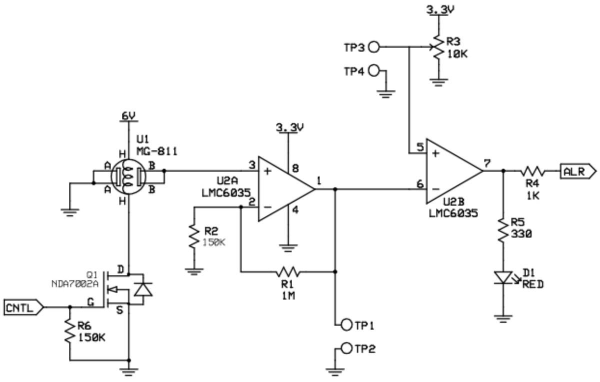
รูปที่ 2 แสดง CO_2 Sensors รุ่น MG811



รูปที่ 3 โครงสร้างและการต่อใช้งาน CO_2 Sensors

4.2 การขยายสัญญาณ

เนื่องจากแรงดันเอาท์พุทที่ได้จากเซ็นเซอร์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังที่กล่าวมามีแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุตน้อยเกินไป โดยมีย่านการวัดที่ระดับแรงดันประมาณ 300 มิลลิโวลท์ ถึงค่าสูงสุดประมาณ 420 มิลลิโวลท์ จึงจำเป็นต้องขยายสัญญาณก่อนนำไปประยุกต์ใช้งาน ซึ่งได้ใช้วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสด้วยออปแอมป์เบอร์ 6035 ของ Hanwei Electronics จะให้อัตราขยาย 7.67 เท่า ดังวงจรการขยายสัญญาณ ในรูปที่ 4

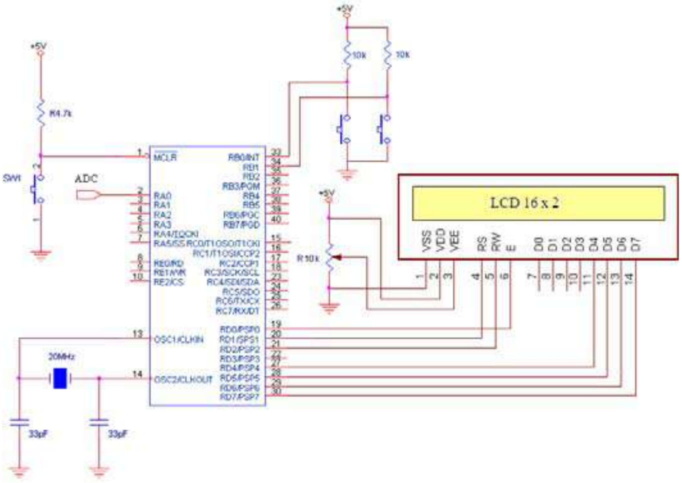


รูปที่ 4 วงจรการขยายสัญญาณ 7.67 เท่า

รูปที่ 5 CO_2 Sensors Module

4.3 ระบบควบคุม

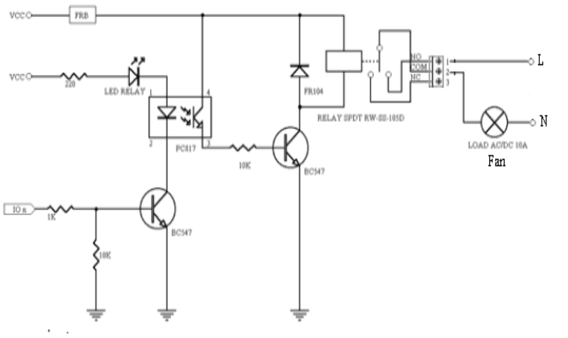
ระบบควบคุมการระบายอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 16F877 ซึ่งมีระบบแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter) ขนาด 10 บิตอยู่ภายใน ทำให้สะดวกต่อการพัฒนา และใช้ LCD เป็นตัวแสดงผลค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อ่านได้ และแสดงโหมดการควบคุมโดยมีลักษณะวงจรดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 วงจรการทำงานของระบบควบคุม

4.4 การควบคุมพัดลมระบายอากาศ

การควบคุมการทำงานของพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้วแรงดันไฟฟ้า 220 โวลท์จะใช้ชุดรีเลย์ควบคุม โดยมีการแยกกราวด์ (Opto Isolation) ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขับรีเลย์ขนาดแรงดัน 5 โวลท์ หน้าสัมผัส ทนแรงดัน 220 โวลท์ กระแส 5 แอมป์ ทรานซิสเตอร์จะรับสัญญาณควบคุมมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ หากได้รับลอจิก "1" จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน เป็นผลให้ ออปโตนำกระแสและเป็นผลให้ทรานซิสเตอร์ที่ขับรีเลย์ทำงาน หน้าสัมผัสจะต่อให้วงจรพัดลมครบวงจรและทำงานเพื่อระบายอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 วงจรขับรีเลย์ควบคุมพัดลมระบายอากาศ

5. การทดสอบการใช้งาน

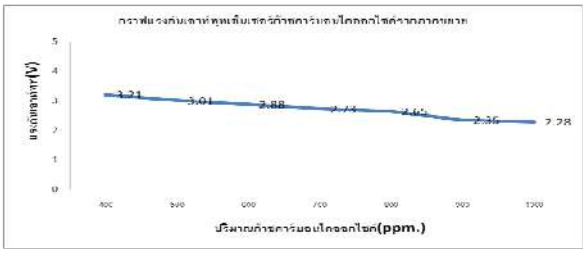
ก่อนนำระบบควบคุมการระบายอากาศที่แปรผันตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้งานจะต้องทดสอบระบบในส่วนต่างๆ และเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดก๊าซมาตรฐาน เพื่อความถูกต้องของการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

5.1 การทดสอบตัวตรวจวัดก๊าซ

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบการตรวจวัดของตัวเซนเซอร์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และวงจรขยายสัญญาณ ว่าสามารถทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ โดยการสร้างปริมาณความเข้มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามค่าที่กำหนดตั้งแต่ค่า 400 ppmถึง 1000 ppm และวัดแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุตของตัวเซนเซอร์และเอาท์พุตของวงจรขยาย ได้ผลการวัดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าแรงดันไฟฟ้าจากเอาท์พุตส่วนต่าง ๆ

ปริมาณก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (ppm.)	แรงดันเอาท์พุท จาก Sensor (mV)	แรงดันเอาท์พุท จากวงจรขยาย (V)
400	415	3.21
500	396	3.01
600	378	2.88
700	358	2.73
800	340	2.65
900	319	2.35
1000	298	2.28



รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้น

ผลจากการวัดเห็นได้ว่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากตัวเซ็นเซอร์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และผ่านเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณที่มีอัตราเกณฑ์ขยาย 7.67 เท่า มีค่าผกผันกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะลดลง ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้นี้จะถูกส่งเข้าสู่วงจรแปลง สัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้สำหรับประมวลผลต่อไป

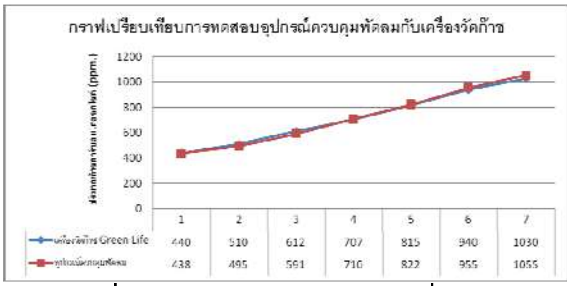
5.2 การทดสอบค่าที่วัดได้จากระบบ

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าที่วัดหรืออ่านค่าได้จากระบบควบคุมการระบายอากาศที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะเป็นค่าที่ใช้อ้างอิงความถูกต้องของค่าที่วัดได้จากระบบ โดยเครื่องมือวัดที่ใช้เปรียบเทียบนี้เป็นเครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รุ่น Green Life ที่สามารถวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ตั้งแต่ 0 – 9999 ppm. รวมถึงสามารถวัดอุณหภูมิ และความชื้นได้อีกด้วยโดยมีผลการเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเครื่องวัดกับระบบที่สร้างขึ้น

เครื่องวัดก๊าซ (ppm.)	ระบบควบคุมพัดลมระบายอากาศ (ppm.)	ค่าผิดพลาด (%)
440	438	0.456
510	495	3.030
612	591	3.553
707	710	-0.423
815	822	-0.852
940	955	-1.571

1030	1055	-2.369



รูปที่ 9 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่วัดได้

การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องจากการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือวัดก๊าซนั้น มีความใกล้เคียงกัน มีความผิดพลาดของการวัดในย่านการวัดตั้งแต่ 400 – 1000 ppm ไม่เกิน 4 % ซึ่งสามารถนำไปใช้สำหรับระบบการควบคุมการระบายอากาศในสำนักงานได้

5.3 การทดสอบระบายอากาศ

การทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีการเปิดพัดลมระบายอากาศตลอดเวลาขณะเครื่องปรับอากาศทำงานกับการระบายอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้ห้องสำนักงานขนาดพื้นที่ 64 ตารางเมตร (กว้าง 8 เมตร และยาว 8 เมตร) ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 35,000 บีทียูชนิด 3 เฟส ตั้งอุณหภูมิที่ 24 องศาเซลเซียสเปิดใช้งานตั้งแต่ 9.00 น – 12.00น. และ 13.00 น – 16.00 น รวมเวลาเป็น 6 ชั่วโมงต่อวัน มีพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว ปริมาณการไหลของอากาศ 118 CFM หรือ 200 CMH จำนวน 2 ตัว มีผู้ปฏิบัติงานในห้องสำนักงาน 7-8 คน ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 10 วันเพื่อดูค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละวัน โดยข้อมูลของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการใช้เครื่องปรับอากาศที่มีการเปิดพัดลมระบายอากาศไว้ตลอดเวลาดังตารางที่ 3

และได้ทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการระบายอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งได้กำหนดการทำงานไว้คือ หากค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 700 ppm ให้พัดลมระบายอากาศทำงานทั้ง 2 ตัว และหากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า 700 ppm ให้พัดลมระบายอากาศทั้ง 2 ตัวหยุดทำงาน โดยมีข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละวันเมื่อเปิดพัดลมระบายอากาศตลอดเวลา

วันที่	จำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	อุณหภูมิ (°C)	CO_2 เฉลี่ย (ppm)
1	13	24.5	480
2	14	24.1	500
3	13	24.5	495
4	15	24.4	486
5	13	24.8	490
6	13	24.5	510
7	15	25.0	520
8	12	24.8	485
9	14	24.5	490
10	13	24.5	504

ตารางที่ 4 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละวันเมื่อควบคุมการระบายอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

วันที่	จำนวนพลังงาน (kW)	อุณหภูมิ (°C)	CO_2 เฉลี่ย (ppm)
1	10	24.1	480
2	11	24.5	500
3	9	25.0	495
4	11	24.8	486
5	10	24.5	490
6	10	24.5	510
7	9	24.8	520

8	11	24.8	485
9	11	24.5	490
10	9	24.5	504

5.4 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากตารางที่ 3 การทดสอบเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบ 10 วันของเครื่องปรับอากาศขนาด 35,000 บีทียู พบว่าหากเปิดพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้วจำนวน 2 ตัวตลอดเวลา การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศประมาณ 12 – 15 kw-h ต่อวัน ใช้เวลาในการทดสอบในห้องทดสอบเป็นระยะเวลา 10 วัน จะได้ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ 13.5 kw-h และจากตารางที่ 4 เมื่อติดตั้งระบบควบคุมการระบายอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะเห็นได้ว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลดลงเหลือประมาณ 9 – 11 kw-h ต่อวัน ได้ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ 10.1 kw-h

ทำให้ลดการสิ้นเปลืองการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้โดยเฉลี่ย 3.4 kW-h หรือสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 25.18 %

หากนำมาคำนวณในรูปตัวเงิน ซึ่งจากข้อมูลของ กฟภ. จะคิดราคาการชำระเงินค่ากระแสไฟฟ้าซึ่งรวมค่า Ft หน่วยละประมาณ 3 บาทต่อหน่วย ดังนั้นคิดเป็นตัวเงินในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศขนาด 35,000 บีทียูจำนวน 1 เครื่อง 3.4 หน่วย x 3 บาท/หน่วย ได้เป็น 10.20 บาทต่อวันและสามารถประหยัดได้เป็น 306 บาทต่อเดือน หรือประมาณ 3,700 ต่อปี

6. บทสรุป

จากการวิจัยนี้ได้ผลตามสมมติฐานว่าการเปิดพัดลมระบายอากาศไว้ตลอดเวลาของสำนักงานในหลายๆสำนักงานจะเป็นการนำเอาอากาศเย็นอยู่แล้วจากในห้องทิ้งออกไปข้างนอก เป็นผลให้อากาศที่อุณหภูมิสูงกว่าจากภายนอกไหลเข้าสู่ในห้องสำนักงานตลอดเวลา ซึ่งเป็นภาระให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักขึ้น เป็นผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นและในการออกแบบเครื่องปรับอากาศสำหรับห้องที่มีพัดลมระบายอากาศขนาดของเครื่องปรับอากาศก็ต้องมีขนาดบีทียูทีมากกว่าห้องที่ไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ซึ่งหากไม่มีการระบายอากาศก็จะทำให้มลภาวะอากาศในห้องสำนักงาน ดังนั้นเพื่อเป็นการลดมลภาวะทางอากาศภายในห้องให้เหมาะสม และสามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงเห็นว่าการควบคุม การระบายอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีความเหมาะสม และเป็นประโยชน์ในการนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้งานจริงได้ ทั้งนี้ยังเป็นผลให้การออกแบบติดตั้งเครื่องปรับอากาศในคราวต่อไปในอนาคตก็สามารถลดขนาดบีทียูของเครื่องปรับอากาศให้น้อยลงได้อีกด้วย

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

แนวทางการพัฒนาต่อของการระบบควบคุมการระบายอากาศด้วยปริมาณก๊าซคาบอนไดออกไซด์นี้สามารถพัฒนาไปสู่นวัฒกรรมเชิงพานิชย์ เพื่อนำไปสู่การลดพลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลือง เนื่องจากการเปิดพัดลมระบายอากาศในสำนักงานตลอดเวลา

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือในครั้งนี้

8. อ้างอิง

[1] ธีรศาน ธรรมโชติ. ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอัตราการระบายอากาศในห้องบรรยายของมหาวิทยาลัย : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[2] ธนู แสงอุทัย. การศึกษาพลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองจากการใช้พัดลมดูดอากาศในห้องปรับอากาศ :ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ระบบบริหารจัดการข้อมูลเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิเพื่อประหยัดพลังงาน

ฤทธิ์ณรงค์ พรมยา
NECTEC
ridnarong.promya@nectec.or.th

วิภาดา นฤพิพัฒน์
NECTEC
wibhadan@gmail.com

เฉลิมพล ชาญศรีภิญโญ
NECTEC
chalermpol@nectec.or.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิเพื่อการประหยัดพลังงาน ระบบดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูล การแสดงผล และการแจ้งเตือน จากการทดลองใช้งานพบว่าระบบดังกล่าวสามารถจัดเก็บข้อมูลปริมาณมาก สามารถเรียกดูข้อมูลที่ตรวจวัด การแสดงผลข้อมูลเชิงสถิติ การจัดการผู้ใช้ และสามารถแจ้งเตือนความผิดปกติของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ได้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Abstract

This paper presents a development of wireless sensor network data management system in temperature control for energy saving. The management system can help increasing the efficiency of data collection, data display, and system alert. From the experiment, the management system can efficiently manage high data volume, statistically display collected information, provide user management and system alert of sensor node equipment.

คำสำคัญ

ระบบบริหารจัดการข้อมูล, เครือข่ายเซ็นเซอร์, โปรแกรมประยุกต์บนเว็บ, สถาปัตถยกรรม MVC

1. บทนำ

เครือข่ายเซ็นเซอร์ (sensor network) เป็นระบบเครือข่ายที่ประกอบด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่หลากหลายชนิดหรือชนิดเดียวกัน เชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายและส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน (base station) ซึ่งอาจจะเชื่อมต่อด้วยเทคโนโลยีใช้สายหรือเทคโนโลยีไร้สายตามความเหมาะสมของพื้นที่และการใช้งาน โดยจุดประสงค์เพื่อนำไปตรวจวัดค่าที่สนใจ ในการติดตั้งมักจะนำอุปกรณ์เซ็นเซอร์หลายตัวไปติดตั้งเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ในบริเวณที่ต้องการตรวจสอบ งานที่นิยมนำเครือข่ายเซ็นเซอร์ไปใช้ ได้แก่ งานด้านเกษตรกรรม เช่น ค่าความชื้นในดิน ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น งานด้านการจัดการภัยพิบัติ โดยการ นำอุปกรณ์เซนเซอร์ไปตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เป็นสัญญาณของภัยพิบัติ งานด้านการอนุรักษ์พลังงาน และอาคารอัจฉริยะ โดยการนำอุปกรณ์ไปติดตั้ง เพื่อวัดปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงาน และนำไปวิเคราะห์เพื่อนำไปกำหนดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการประหยัดพลังงาน เช่นโครงการ Google Power Meter [1] และโครงการเครือข่ายอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในภายบ้านในชื่อ X10 [2] จะเห็นได้ว่า ปัจจุบันเครือข่ายเซนเซอร์ได้รับความสนใจและถูกนำมาประยุกต์ใช้งาน เพื่อรองรับความต้องการในทุกด้าน

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวันอย่างมาก ถ้าปราศจากพลังไฟฟ้าอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆก็ไม่สามารถใช้งานได้ การผลิตพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่อาศัยทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่จำกัดและกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าก็อาจจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมของโลกด้วย ดังนั้นการช่วยกันอนุรักษ์และประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งที่ทุกคนและหน่วยงานทุกระดับต้องร่วมกันให้ความร่วมมือ จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาต้นแบบระบบบริหารจัดการและควบคุมอุณหภูมิในอาคารสำนักงานสำหรับการอนุรักษ์พลังงาน โดยอุปกรณ์เซ็นเซอร์สำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นเพื่อเก็บข้อมูลที่มีผลต่อการทำงานของระบบปรับอากาศ สำหรับทำการวิเคราะห์และควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของ

เครื่องปรับอากาศ ข้อมูลจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์จะถูกส่งผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ด้วยโพรโทคอล TCP/IP เข้าสู่ฐานข้อมูล (database) บนเครื่องแม่ข่าย (server) เพื่อทำการประมวลผล ทำให้มีข้อมูลสำหรับใช้คาดการณ์ และวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ ซึ่งผู้ดูแลระบบหรือผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลบนระบบและแสดงผลข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (web application) จากการประยุกต์ใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่กล่าวถึงข้างต้น จะมีการนำอุปกรณ์เซนเซอร์หลายตัวไปติดตั้งในบริเวณที่ต้องการตรวจสอบและมีการส่งข้อมูลมายังสถานีฐานเป็นระยะ เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์มีจำนวนมาก จึงต้องมีเครื่องมือให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้สะดวกและถูกต้อง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีระบบสำหรับจัดเก็บข้อมูลที่ได้รับและระบบสำหรับการจัดการทั้งอุปกรณ์และข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์โหนด

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลขึ้นมา สำหรับการจัดเก็บข้อมูลและจัดการอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ประยุกต์ในการตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิในอาคาร ผู้พัฒนาได้สร้างระบบการจัดการข้อมูลเซ็นเซอร์ขึ้นมา โดยรับข้อมูลจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ถูกติดตั้งไว้ในแต่ละห้อง ซึ่งจะส่งข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในห้อง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้มีระบบการตรวจวัดและจัดการกลางที่สามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมและการใช้พลังงานของแต่ละห้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สำหรับระบบบริหารจัดการโดยโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (web application) ที่ถูกนำมาใช้งานจริง เช่น Google Power Meter ซึ่งเป็นโครงการที่ร่วมกับบริษัทที่ผลิตอุปกรณ์วัดการใช้กระแสไฟฟ้าสำหรับนำไปติดตั้งตามบ้านของผู้ใช้ โดยจะถูกกำหนดให้ส่งข้อมูลมายังระบบของ Google power Meter ซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่นำไปติดตั้งได้ Pachube [3] เป็นโปรแกรมประยุกต์บนเว็บทำหน้าที่ เป็นตัวกลางในการเป็นแหล่งข้อมูลของเครือข่ายเซนเซอร์ โดยทางด้านผู้ที่พัฒนาอุปกรณ์เซ็นเซอร์ จะเชื่อมโยงอุปกรณ์มายัง Pachube และส่งข้อมูลเก็บไว้ในฐานข้อมูลของระบบ ส่วนด้านของผู้ที่ต้องการนำข้อมูลไปใช้ สามารถลงทะเบียนเพื่อรับสิทธิในการนำข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ได้รับการอนุญาตไปใช้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ของตนเองได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยในต่างประเทศที่ออกแบบระบบบริหารจัดการและการแสดงผลด้วยโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ เช่น ในงานวิจัย [4] นำเสนอสถาปัตยกรรมการส่งผ่านข้อมูลระหว่างฐานข้อมูล และ การใช้งานผ่านหน้าเว็บ (Web base User Interface) ที่พัฒนามาจากเทคโนโลยี scalable vector graphics (SVG) ร่วมกับ Ajax ในงานวิจัย [5] ได้ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ ซึ่งใช้สถาปัตถยกรรม MVC (Model-View-Control) ในการพัฒนา โดยการออกแบบสถาปัตถยกรรม MVC จะมีการออกแบบที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้พัฒนา โดยอาศัยหลักคิดพื้นฐาน สถาปัตถยกรรม MVC (Model-View-Control) ดังนี้

สถาปัตถยกรรม MVC (Model-View-Control) Design pattern เป็นคำแนะนำการออกแบบระบบ โดยมีวัตถุประสงค์ในการแยกส่วนการคำนวน ออกจากส่วนการแสดงผล โดยสามารถแยกส่วนการพัฒนา ให้มีผลกระทบต่อกันน้อยที่สุด ซึ่งจะแยกองค์ประกอบออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบจำลอง (Model) เป็นส่วนที่ติดต่อกับฐานข้อมูล และจัดเตรียมข้อมูล ทุกครั้งที่มีการเรียกข้อมูลจากฐานข้อมูล จะทำงานผ่านโมเดล เท่านั้น

ส่วนที่ 2 ทรรศนะ (View) เป็นส่วนที่ใช้แสดงผล ติดต่อกับผู้ใช้งาน ข้อดีของการแยกส่วนแสดงผลคือ ทำให้การพัฒนาแอพพลิเคชั่นให้สนับสนุนการแสดงในรูปแบบต่างๆ ได้หลากหลาย (เช่น อาจให้แสดงผลในรูปแบบของ HTML XML หรือ JSON โดยไม่มีผลกระทบต่อส่วนอื่น)

ส่วนที่ 3 ตัวควบคุม (Controller) เป็นส่วนที่ประมวลผลข้อมูล (Logic) อัลกอริทึม เช่น การคำนวนค่าต่าง ๆ โดยอาศัยเรียกข้อมูลผ่าน แบบจำลอง และนำค่าที่คำนวนได้ แสดงผลโดยผ่าน ทรรศนะ

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

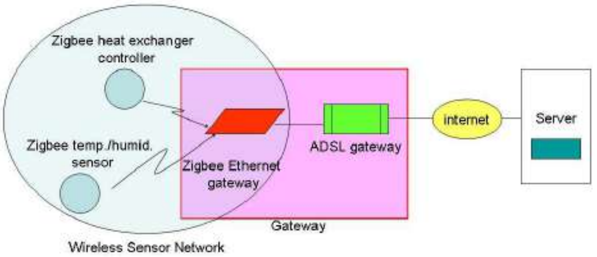
ระบบบริหารจัดการและควบคุมอุณหภูมิในอาคาร แสดงไว้ในรูปที่ 1 ประกอบไปด้วย อุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

1. เซ็นเซอร์โหนด (sensor node) แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ โหนดตรวจวัดอุณภูมิและความชื้น โหนดตรวจวัดอุณหภูมิในท่อน้ำเย็น โหนดสำหรับควบคุมอุณหภูมิ

2. สถานีฐาน/ซิกบีเกตเวย์ (base station/zigbee Ethernet gateway) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์โหนดไปยังอินเตอร์เน็ตเกตเวย์ เพื่อส่งต่อสู่ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

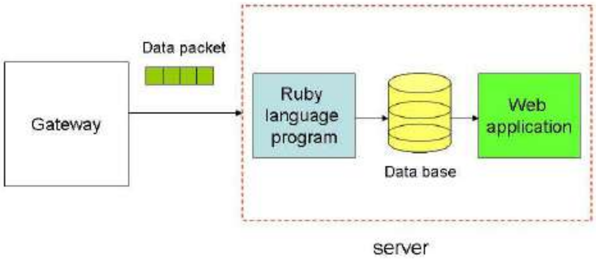
3. อินเตอร์เน็ตเกตเวย์ (internet gateway) ทำหน้าที่ รับข้อมูลจากสถานีฐาน/ซิกบีเกตเวย์ เพื่อเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ตไปยังเครื่องแม่ข่ายที่ทำการจัดเก็บข้อมูล

4. เครื่องแม่ข่าย ทำหน้าที่ รับข้อมูลที่ส่งผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต แล้วทำการบริหารจัดการข้อมูลให้เป็นฐานข้อมูล เพื่อการแสดงข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ



รูปที่ 1 โครงสร้างระบบบริหารจัดการและควบคุมอุณหภูมิ

ข้อมูลทั้งหมดจากเซ็นเซอร์โหนดจะถูกส่งมาที่เครื่องแม่ข่าย ซึ่งการบริหารจัดการข้อมูลภายในเครื่องแม่ข่าย แสดงตามรูปที่ 2 ส่วนที่ 1 จะทำข้อตกลงการสื่อสารให้เป็นรูปแบบเดียวกันระหว่างเกตเวย์ และ เครื่องแม่ข่าย เพื่อทำให้เกตเวย์ และเครื่องแม่ข่าย สามารถสื่อสารกันได้ ส่วนที่ 2 เป็นที่จัดเก็บข้อมูลที่ได้ในรูปแบบของตารางลงฐานข้อมูล โดยเก็บข้อมูลเป็นเอกสารข้อความ แบบ ปูม (log) ซึ่งเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิและความชื้น ในแต่ละ วัน เวลา และ สถานที่ ส่วนที่ 3 ทำหน้าที่เป็น เครื่องบริการเว็บ เพื่อรองรับการร้องขอข้อมูลจากเว็บเบราว์เซอร์ หรือ ผู้ใช้



รูปที่ 2 ส่วนบริหารจัดการข้อมูลภายในเครื่องแม่ข่าย

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ผู้พัฒนาได้สร้างระบบการจัดการข้อมูลเซ็นเซอร์ ขึ้นมาโดยรับข้อมูลจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ภายในอาคาร ซึ่งจะส่งข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในห้อง

องค์ประกอบของระบบประกอบด้วย ระบบจัดการอุปกรณ์ เป็นระบบที่ให้ผู้ดูแลกรอกข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ ระบบแสดงผลข้อมูล ในรูปแบบของกราฟเส้นและแบบตาราง ระบบวิเคราะห์อื่น ๆ เช่น การตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ เวลาส่งล่าสุด หรือจำนวนการส่ง เพื่อตรวจสอบความผิดปกติ และระบบการจัดการการเข้าถึง โดยสร้างระบบผู้ใช้ให้เข้าใช้งานได้เฉพาะผู้ที่มี ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่านเท่านั้น การพัฒนาระบบนี้ได้ใช้แนวคิดของ MCV และใช้ Ruby On Rails Web Application Framework เป็นเครื่องมือในการพัฒนา

โดยผู้พัฒนาได้นำแนวคิดนี้ มาใช้ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลเซ็นเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยแบ่งโครงสร้างระบบ ดังนี้

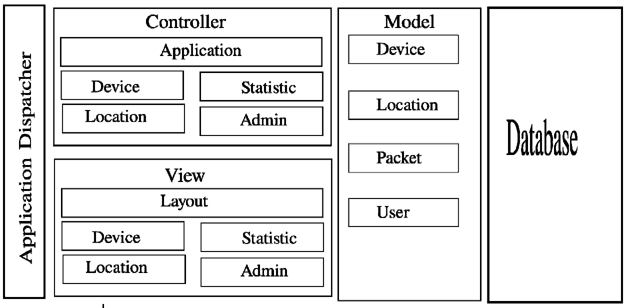
โปรแกรมเลือกจ่ายงาน (Application Dispatcher) เป็นส่วนที่รอรับการร้องขอจากผู้ใช้ และส่งต่อการร้องขอนั้นไปยังตัวควบคุม ที่รับผิดชอบ และรับผลจาก ทรรศนะ เพื่อนำส่งให้กับผู้ใช้ ต่อไป

ส่วน แบบจำลอง ภายในระบบประกอบด้วยคลาส ที่มีการเชื่อมโยงกับข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล คือ (1) Device สำหรับเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ (2) Location สำหรับเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ของอุปกรณ์ (3) Packet สำหรับเก็บข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ และ (4) User สำหรับเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้งานระบบ

ส่วน ตัวควบคุม ภายในระบบประกอบไปด้วย (1) Application สำหรับกรองการร้องขอที่เข้ามาในระบบ (2)

Device สำหรับดูแลการจัดการอุปกรณ์ (3) Statistic ดูแลการจัดการสถิติ เช่น แสดงกราฟ (4) Location ดูและการจัดการตำแหน่งของอุปกรณ์ และ (5) Admin ดูแลเกี่ยวกับสิทธิการเข้าถึงข้อมูล

ส่วน ทรรศนะ ภายในระบบประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลที่ใช้สำหรับแสดงผล โดยจะสอดคล้องกับ ตัวควบคุม คือ ประกอบด้วย device, stat, location, admin และมีส่วนที่เป็น layout ในการจัดหน้าในภาพรวมของทั้งระบบ



รูปที่ 3 โครงสร้างและการออกแบบสถาปัตยกรรม

สำหรับการแสดงข้อมูลในโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสามารถนำเสนอได้ดังต่อไปนี้

เมื่อเข้าสู่ระบบให้กรอกชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน หลังจากเข้าระบบด้วยชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่านแล้ว จะพบกับหน้าหลัก ซึ่งแสดงตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งด้านขวาจะแสดงห้องที่ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ ดังรูปที่ 4

ในรูปที่ 5 ที่เมนู “Last active” แสดงการส่งข้อมูลครั้งล่าสุดของเซ็นเซอร์โหนดแต่ละตัว ระบุเป็น ปี เดือน วัน และเวลา ตามลำดับ ซึ่งหากมีข้อมูลบางโหนดหายไปจะทำให้ทราบได้ว่าเซ็นเซอร์โหนดหยุดการส่งข้อมูลไปตั้งแต่เมื่อไร

ในรูปที่ 6 แสดงข้อมูลด้วยกราฟผู้ใช้สามารถเรียกช่วงเวลาที่จะเรียกดูกราฟได้โดย ระบุ วัน-เวลาเริ่มต้นและวัน-เวลาสิ้นสุด เรียกดูข้อมูลได้โดยการ ทำแถบสี (high light) ที่หมายเลขโหนดที่ต้องการเรียกดูด้านขวามือ

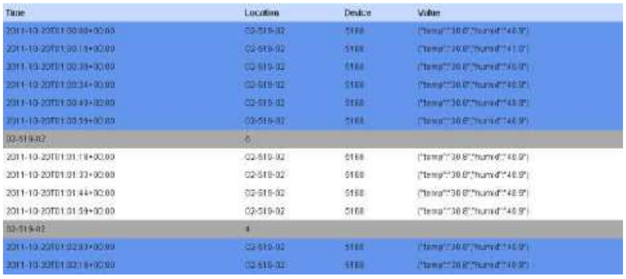
ในรูปที่ 7 แสดง “Log inspector” เป็นการแสดงข้อมูลดิบที่ส่งจากเซ็นเซอร์โหนดแต่ละตัว มายังเครื่องแม่ข่าย โดยจะนับจำนวนแพคเกตแต่ละนาที ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูการส่งข้อมูลดิบของโหนดแต่ละตัวโดยเลือกช่วงวันและเวลาที่ต้องการดูข้อมูลได้

รูปที่ 4 หน้าหลักหลัง log in แสดง Floor plan

name	Location	Last Active	operation
02-511-04	NECTEC@511	2012-03-27 13:31:30 +0700	Edit
02-511-02	NECTEC@511	2012-03-27 13:32:33 +0700	Edit
02-519-01	NECTEC@519	2012-03-27 13:32:35 +0700	Edit
02-511-01	NECTEC@511	2012-03-27 13:32:38 +0700	Edit
02-511-05	NECTEC@511	2012-03-27 13:32:12 +0700	Edit
02-511-06	NECTEC@511	2012-03-27 13:32:24 +0700	Edit
02-519-02	NECTEC@519	2012-03-27 13:32:32 +0700	Edit
02-511-03	NECTEC@511	2012-03-27 13:32:35 +0700	Edit

รูปที่ 5 ข้อมูลที่แสดงในเมนู Management -> Device

รูปที่ 6 ข้อมูลที่แสดงในเมนู Graph -> Detail Graph



รูปที่ 7 การแสดงข้อมูลดิบในเมนูย่อย “Log inspector”

5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

การทดลองติดตั้งระบบเซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิ จำนวน 8 โหนด โดยทำการติดตั้งไว้ 2 ห้อง ในห้องแรกติดตั้ง จำนวน 2 โหนด และห้องที่สอง จำนวน 6 โหนด เซ็นเซอร์โหนดทั้ง 8 โหนดนี้ จะส่งข้อมูลมายังสถานีฐาน ซึ่งทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ เพื่อส่งต่อข้อมูลผ่านไปยังเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งมีเครื่องแม่ข่ายอยู่ที่ศูนย์ข้อมูล

5.2 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบเก็บข้อมูลที่ส่งมาจากเซ็นเซอร์โหนด พบว่าในแต่ละวันจะมีจำนวนแพคเก็ตข้อมูลที่ได้รับจำนวนมาก หากตั้งค่าให้แต่ละเซ็นเซอร์โหนดส่งค่าทุก 10 วินาที จะได้รับข้อมูลจำนวน 8640 แพคเกตต่อ 1 เซ็นเซอร์โหนดใน 1 วัน เมื่อมีจำนวนเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งเพิ่มขึ้น ก็จะมีปริมาณข้อมูลที่ได้รับเพิ่มมากขึ้น ทำให้การเรียกดูข้อมูลและการแสดงผลเกิดความล่าช้า จึงได้ทำการแก้ปัญหาโดยการคำนวณหาค่าตัวแทนในแต่ละช่วงเวลาสำหรับนำมาแสดงและใช้ในการวิเคราะห์ ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธภาพในการแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งผลที่ได้จากการหาค่าตัวแทนสำหรับแต่ละช่วงเวลาไม่ได้ทำให้ค่าที่ต้องการแตกต่างกันมากดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าตัวแทนข้อมูลสำหรับช่วงเวลาที่ต่างกัน

ช่วงเวลาในการหาค่าตัวแทน	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%RH)
1 นาที	20.95	56.8
5 นาที	20.95	56.7
15 นาที	21	57.3

จากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นที่ได้จากเซ็นเซอร์โหนดได้มีการส่งคำสั่งให้ไปควบคุมการเปิดปิดวาล์วท่อน้ำเย็นของระบบปรับอากาศในอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ ตามค่าอุณหภูมิภายในห้องที่ต้องการ ซึ่งจากการเรียกดูข้อมูลในระบบบริหารจัดการดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่าระบบควบคุมการไหลของน้ำเย็นได้มีการปรับเปลี่ยนตามอุณหภูมิที่กำหนด ซึ่งจะนำไปสู่การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศได้

นอกจากการเรียกดูข้อมูลแล้วระบบบริหารจัดการดังกล่าวยังสามารถแจ้งเตือนความผิดปกติของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ในการทำงานโดยตรวจสอบจากข้อมูลที่ส่งมายังระบบบริหารจัดการได้

รูปที่ 8 แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำเย็นระบบปรับอากาศและค่าอุณหภูมิห้อง

6. บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอระบบบริหารจัดการข้อมูลเครือข่ายเซ็นเซอร์สำหรับระบบตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิเพื่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งได้มีการออกแบบและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดสอบใช้งานจริง ระบบดังกล่าวสามารถตรวจพบความผิดปกติของอุปกรณ์ได้ทันทีโดยอาศัยการ เฝ้าสังเกตผ่านทางโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ ซึ่งนอกเหนือจากการตรวจจับสิ่งปกติได้แล้วยังสามารถแสดงดูข้อมูลที่ตรวจวัด การแสดงข้อมูลเชิงสถิติ การจัดการผู้ใช้และความปลอดภัยในการกำหนดหน้า ลงบันทึกเข้า ก่อนเข้าดูข้อมูลได้สะดวกรวดเร็ว

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Google Power Meter, http://www.google.com/powermeter/about/

[2] X10, http://www.x10.com

[3] Prachube, http://www.pachube.com

[4] Yuan-Jen Chang; Chin-Hsing Chen; Wen-Tzeng Huang; You-Yin Chen; Chih-Yuan Kuo, A Data-Driven Architecture for Remote Control of Sensors

over a Wireless Sensor Network and the Internet, Pervasive Systems, Algorithms, and Networks (ISPAN), 2009 10th International Symposium Page(s): 344 - 349

[5] Hussain, S.; Schofield, N.; Matin, A.W., Design of a Web-Based Application for Wireless Sensor Networks, Database and Expert Systems Applications, 2006. DEXA '06. 17th International Workshop on 2006 , Page(s): 319 - 326

เทคนิคการปรับเทียบการทำนายค่าอุณหภูมิสูงสุด จากไฟล์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศชนิดแอสกี

A Calibration Technique for Predicting the Maximum Temperature from the Climate ASCII Data File

สิทธิศักดิ์ กันทะหล้า, ดวงอาทิตย์ ศรีมูล

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
52/347 เมืองเอก ถนนพหลโยธิน ต.หลักหก อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000
E-mail: sittisak@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเทคนิคการปรับเทียบการทำนายค่าอุณหภูมิสูงสุดจากไฟล์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศชนิดแอสกี เป็นการปรับแก้ผลการจำลองอุณหภูมิสูงสุดซึ่งยังไม่ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงให้ใกล้เคียงกับค่าการตรวจวัดมากที่สุดในปีปัจจุบัน เพื่อที่จะได้นำไปใช้วิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในปีถัดไปหรือในอนาคตได้อย่างเหมาะสม ทั้งในระดับภูมิภาคและระดับประเทศ การปรับค่าความคาดเคลื่อนของอุณหภูมิสูงสุดนี้ ได้ใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีการปรับความคาดเคลื่อนด้วยผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุด ผลลัพธ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกับค่าการตรวจวัดเป็นอย่างดี การศึกษาในบทความนี้ได้ใช้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งของกรุงเทพมหานคร

คำสำคัญ : อุณหภูมิสูงสุด, การปรับเทียบ, การตรวจวัด, การจำลองอุณหภูมิสูงสุด

Abstract

This paper presents the calibration technique for predicting the maximum temperature from the climate ASCII data file. It is the calibration of a highest temperature simulated results that is not close to the experimental results to more close to in the present year. And use it to analyze the impact that will be occur in the next year or in the future properly both regionally and nationally. For the calibration of the incorrect highest temperature, we chose the theory of the Time Series Analysis apply with the method of adjustment of the differences between the experimental and the simulated highest temperature. The results show that the simulated is similar to the experimental. In this study, the data of Bangkok region are chosen.

Keywords: Maximum temperature, calibration, observation, maximum temperature simulation

1. บทนำ

การศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศนั้นจะต้องมองไปในอนาคตระยะยาว การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศนั้น เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซึ่งต้องใช้เวลานานกว่าที่จะสังเกตพบได้ แต่สภาพภูมิอากาศในปัจจุบันนั้น มีความแปรปรวนมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว ภัยธรรมชาติต่าง ๆ เป็นต้น จึงทำให้เกิดความสนใจว่าในอนาคตสภาพภูมิอากาศจะเปลี่ยนแปลงเป็นไปในทิศทางใด

แนวทางหนึ่งต่อการทำความเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว คือ จะต้องใช้การจำลองสภาพที่เกิดขึ้นในอนาคตภายใต้สมมติฐานหรือเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นบางประการ ทั้งนี้พบว่า ผลจากการจำลองค่าที่ได้ยังไม่ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริง อีกทั้งพลวัตของภาคส่วน

ต่าง ๆ ก็ส่งผลให้เกิดความความคลาดเคลื่อนไม่แน่นอนได้มาก ดังนั้น ต้องทำการปรับค่าความคาดเคลื่อนที่ได้จากการจำลองสภาพภูมิอากาศเพิ่มเติม โดยจากการศึกษาของศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ด้วยวิธีการปรับความคาดเคลื่อนของผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดจริงที่ได้กับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุดด้วยโปรแกรมแบบจำลองภูมิอากาศโลก (Providing Regional Climates for Impacts Studies: PRECIS) [1] ผลที่ได้ยังมีความคาดเคลื่อนอยู่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดจริง [2] ทำให้ต้องหาวิธีการปรับค่าให้ใกล้เคียงกับค่าที่เกิดขึ้นจริงให้มากที่สุด

จากเหตุผลข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการสำหรับปรับแก้ความคาดเคลื่อนของผลต่างระหว่างข้อมูลการตรวจวัดอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นจริงกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุดในปีเดียวกันที่ได้จำลองไว้ก่อนล่วงหน้า โดยได้นำวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) ของทฤษฎีวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) มาปรับแก้ให้ค่าทั้งสองมีความใกล้เคียงกันมากขึ้น จากนั้นจึงนำค่าการปรับแก้ดังกล่าวไปใช้กับข้อมูลผลการจำลองเพื่อทำนายในปีถัดไปหรือในอนาคตล่วงหน้าในหลายปี

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

วิธีการปรับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลการจำลองอุณหภูมิสูงสุดแบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย

2.1 วิธีการปรับความคาดเคลื่อนด้วยผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุด

การปรับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายเดือน จะต้องทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายเดือน โดยการหาผลต่างระหว่างผลเฉลี่ยจากแบบจำลองและผลเฉลี่ยจากการตรวจวัด ดังสมการ (1)

$$k_i = \overline{T}_{x_{Simulated}} - \overline{T}_{x_{Observed}} \quad (1)$$

โดย k_i คือ ค่าสัมประสิทธิการปรับลดความคลาดเคลื่อนที่กริด i ขณะที่ $\overline{T}_{x_{Simulated}}$ คือ ค่าเฉลี่ยการจำลองอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนที่กริด i และ $\overline{T}_{x_{Observed}}$ คือ ค่าเฉลี่ยการตรวจวัดอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนที่กริด i โดยที่ i คือพื้นที่ตำแหน่งตารางกริดมีหน่วยเป็น °ละติจูด x °ลองจิจูด โดยค่าสัมประสิทธินี้จะถูกนำไปลบกับอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนจากแบบจำลองที่กริดเดียวกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนที่ผ่านการปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว ดังสมการ (2)

$$Tx_i' = Tx_i - k_i \quad (2)$$

เมื่อ Tx_i' คือ อุณหภูมิสูงสุดรายเดือนหลังปรับความคลาดเคลื่อนที่กริด i และ Tx_i คือ อุณหภูมิสูงสุดรายเดือนก่อนปรับความคลาดเคลื่อนที่กริด i [2]

2.2 วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของทฤษฎีวิเคราะห์อนุกรมเวลาเป็นการเฉลี่ยชุดของข้อมูลที่สังเกตการณ์ในรูปของลำดับช่วงคาบเวลา โดยจะคำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ต่อเนื่องกันด้วยจำนวนของช่วงเวลาที่สังเกตการณ์ จุดประสงค์ภายใต้ของวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่คือ การปรับชุดของข้อมูลให้เรียบจากชุดของข้อมูลที่มีความแปรผัน เพื่อจัดเตรียมข้อมูลสำหรับเป็นเกณฑ์แนวทางเพื่อปรับค่าในทิศทางที่เหมาะสม ในการคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยข้อมูลในอดีตตามฤดูกาลมาเป็นเกณฑ์ในการปรับข้อมูลที่มีความแปรผันให้ราบเรียบใกล้เคียงกลับค่าตรวจวัดสมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่มีดังนี้

$$S_f = \frac{S_{Observed}}{w_{Observed}} \quad (3)$$

โดย S_f คือ ผลเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดตามฤดูกาล $S_{Observed}$ คือ ค่าการตรวจวัดอุณหภูมิสูงสุด $w_{Observed}$ คือ ผลเฉลี่ยรวมของค่าการตรวจวัดอุณหภูมิสูงสุด

$$M_T = \frac{x_T + x_{T-1} + x_{T-2} + \ldots + x_{T-N+1}}{N} \quad (4)$$

$$M_T = \frac{x_T + (x_{T-1} + x_{T-2} + \ldots + x_{T-N+1} + x_{T-N}) - x_{T-N}}{N} \quad (5)$$

$$M_T = \frac{x_T + x_{T-1} + x_{T-2} + \ldots + x_{T-N}}{N} \quad (6)$$

โดย M_T คือ ค่าเฉลี่ยเกณฑ์วัดที่เวลา T x_T คือ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดที่ได้จากการคำนวณ S_f ที่เวลา T และ N คือจำนวนปีที่ใช้หาค่าเฉลี่ย [3]

3. วิธีการดำเนินงาน

การปรับค่าข้อมูลจากการจำลองอุณหภูมิสูงสุด นั้นจะต้องนำข้อมูลในการตรวจวัดในอดีตมาเป็นเกณฑ์วัด เพื่อให้ได้ผลที่ได้จากการปรับค่าข้อมูลการจำลองอุณหภูมิสูงสุดตรงกับข้อมูลในอดีต ก่อนจะทำการปรับค่าความคาดเคลื่อนในอนาคตต่อไป ในงานวิจัยนี้นำข้อมูลในอดีตค่าการตรวจวัดอุณหภูมิสูงสุดรายเดือน ในพื้นที่กรุงเทพมหานครในช่วง 10 ปี ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2000 ถึงปี ค.ศ. 2009 มาเป็นเกณฑ์วัดการปรับความคาดเคลื่อนของข้อมูลการจำลองอุณหภูมิสูงสุด ในการหาค่าเฉลี่ยข้อมูลการตรวจวัดจะแบ่งเป็น 5 ชุด ประกอบด้วยข้อมูลการตรวจวัดในอดีตชุดที่ 1 จะนำข้อมูลปี ค.ศ. 2000 ถึงปี ค.ศ. 2001 ชุดที่ 2 ข้อมูลปี ค.ศ. 2002 ถึงปี ค.ศ. 2003 ชุดที่ 3 ข้อมูลปี ค.ศ. 2004 ถึงปี ค.ศ. 2005 ชุดที่ 4 ข้อมูลปี ค.ศ. 2006 ถึงปี ค.ศ. 2007 และชุดที่ 5 ข้อมูลปี ค.ศ. 2008 ถึงปี ค.ศ. 2009 มาทำการหาค่าเฉลี่ยเกณฑ์วัดแต่ละชุดด้วยวิธีการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ และผลเฉลี่ยเกณฑ์วัดที่ได้จากการคำนวณทั้ง 5 ชุด มาทำการทดสอบการปรับเทียบค่าความคาดเคลื่อนของข้อมูลการจำลองอุณหภูมิสูงสุด ในงานวิจัยฉบับนี้เลือกผลการจำลองอุณหภูมิสูงสุดรายเดือน พื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ได้จากการจำลองสภาพภูมิอากาศ PRECIS ซึ่งเป็นข้อมูลชนิด ASCII อยู่ในรูปของ Text ไฟล์ ในปี ค.ศ. 2001, 2003, 2005, 2007, และ 2009 การจำลองอุณหภูมิสูงสุดรายเดือน ซึ่ง 1 ปี จะประกอบไปด้วยข้อมูลจำนวน 12 ตัวเลข จะถูกนำมาทำการทดสอบปรับความคาดเคลื่อน แล้วนำผลที่ได้จากการทดสอบการปรับเทียบค่าความคาดเคลื่อนของข้อมูลการจำลองอุณหภูมิสูงสุดแต่ละชุด มาวิเคราะห์ว่ามีความใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดเหมือนกันทั้ง 5 ชุดหรือไม่ จากนั้นนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาสรุปการปรับเทียบค่าความคาดเคลื่อนของข้อมูลการจำลองอุณหภูมิสูงสุดต่อไป

4. การทดสอบ

ในบทความนี้ได้ลำดับขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

1) นำข้อมูลค่าตรวจวัดอุณหภูมิสูงสุดจากการตรวจวัดในพื้นที่กรุงเทพมหานครในช่วง 10 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ถึงปี ค.ศ. 2009 มาแบ่งข้อมูลค่าการตรวจวัดอุณหภูมิสูงสุดเป็น 5 ชุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดตามฤดูกาลประกอบด้วยชุดที่ 1 ข้อมูลปี ค.ศ. 2000 ถึงปี ค.ศ. 2001 ชุดที่ 2 ข้อมูลปี ค.ศ. 2002 ถึงปี ค.ศ.2003 ชุดที่ 3 ข้อมูลปี ค.ศ. 2004 ถึงปี ค.ศ. 2005 ชุดที่ 4 ข้อมูลปี ค.ศ. 2006 ถึงปี ค.ศ. 2007 ชุดที่ 5 ข้อมูลปี ค.ศ. 2008 ถึงปี ค.ศ. 2009 มาคำนวณตามสมการ (3) ในบทความนี้จะแสดงการคำนวณปรับเทียบค่าข้อมูลชุดที่ 1 เพียงชุดเดียว ตามตารางที่ 1, 2 ,3 และ 4

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดตามฤดูกาล ชุดที่ 1

เดือนที่	อุณหภูมิสูงสุด (°C)		S_f	
	ปี 2000	ปี 2001	ปี 2000	ปี 2001
1	35.50	35.70	0.99	1.00
2	35.70	36.90	1.00	1.03
3	37.71	36.40	1.04	1.02
4	36.10	37.40	1.04	1.05
5	34.10	36.20	1.01	1.01
6	34.40	35.50	0.96	0.99
7	35.10	35.70	0.98	1.00
8	35.15	38.65	0.99	0.99
9	35.50	37.50	1.00	1.01
10	35.45	36.45	1.04	1.00
11	35.30	37.80	1.04	1.00
12	35.40	36.40	1.01	0.99
เฉลี่ย	35.54	35.98		

2) นำผลเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดตามฤดูกาลจากข้อ (1) มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเกณฑ์วัดจากสมการ (6) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยเกณฑ์วัด ชุดที่ 1

เดือนที่	S_f จากตารางที่ 1		ค่าเฉลี่ยเกณฑ์วัด (M_T)
	ปี 2000	ปี 2001	
1	0.99	1.00	(0.99+1.00)/2=0.99
2	1.00	1.03	(1.00+1.03)/2=1.01
3	1.04	1.02	(1.04+1.02)/2=1.03
4	1.04	1.05	(1.04+1.05)/2=1.04
5	1.01	1.01	(1.01+1.01)/2=1.01
6	0.96	0.99	(0.96+0.99)/2=0.97
7	0.98	1.00	(0.98+1.00)/2=0.99
8	0.99	0.99	(0.99+0.99)/2=0.99
9	1.00	1.01	(1.00+1.00)/2=0.98
10	1.04	1.00	(1.04+1.00)/2=0.99
11	1.04	1.00	(1.04+1.00)/2=0.99
12	1.01	0.99	(1.01+0.99)/2=0.99

3) ทำการปรับค่าอุณหภูมิสูงสุดจากการจำลอง โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดจากการจำลองคูณกับค่าเฉลี่ยเกณฑ์วัดที่ได้จากข้อ (2) แล้วนำผลการปรับค่าอุณหภูมิสูงสุดจากการจำลองข้อมูลชุดที่1 ทำการทดสอบการปรับเทียบค่าความคาดเคลื่อนของอุณหภูมิสูงสุดจากการจำลองในปี ค.ศ. 2001 ในสมการ (2) ดังแสดงในตารางที่ 3

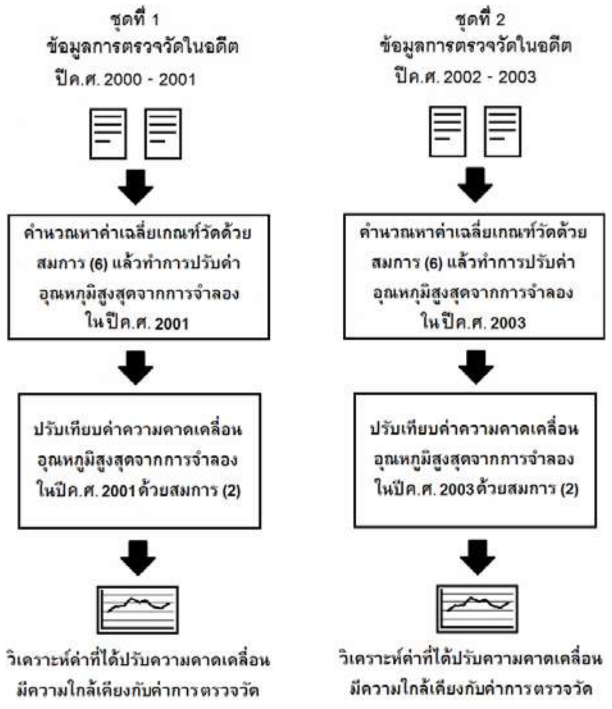
ค่า 2.3 ในตารางที่ 3 คือค่าสัมประสิทธิการปรับลดความคลาดเคลื่อน ได้มาจากการคำนวณสมการ (1) โดยแทนค่าเฉลี่ยการปรับค่าอุณหภูมิสูงสุดจากการจำลองลบกับค่าเฉลี่ยการตรวจวัดปี ค.ศ. 2000 กับปี ค.ศ. 2001 จะได้ 38.05 - 35.75 = 2.3

ตารางที่ 3 ค่าความคาดเคลื่อนปี ค.ศ. 2001 ชุดที่ 1

เดือนที่	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	ปรับค่าอุณหภูมิสูงสุด (°C)	ปรับค่าตามสมการ (2)
1	38.60	0.99*38.25=38.05	38.05-2.3=35.55
2	40.30	1.01*38.25=38.82	38.82-2.3=36.32
3	39.70	1.03*38.25=39.39	39.39-2.3=36.89
4	42.20	1.04*38.25=39.97	39.97-2.3=37.47
5	38.10	1.01*38.25=38.63	38.63-2.3=36.13
6	35.90	0.97*38.25=37.29	37.29-2.3=34.79
7	37.40	0.99*38.25=37.86	37.86-2.3=35.36
8	38.65	0.99*38.25=37.48	37.48-2.3=34.98
9	37.50	0.98*38.25=38.05	38.05-2.3=35.55
10	36.45	0.99*38.25=37.86	37.86-2.3=35.36
11	37.80	0.99*38.25=37.86	37.86-2.3=35.36
12	36.40	0.99*38.25=38.05	38.05-2.3=35.55
เฉลี่ย	38.25		

4) ผลที่ได้จากการปรับเทียบค่าความคาดเคลื่อนของข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดจากการจำลองแต่ละชุด นำมาวิเคราะห์ว่ามีความใกล้เคียงกับการค่าตรวจวัดทุกชุดหรือไม่

ภาพรวมลำดับขั้นตอนการทดสอบการปรับเทียบค่าความคาดเคลื่อนอุณหภูมิสูงสุด โดยแสดงลำดับขั้นตอนชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ในส่วนชุดที่ 3, 4, และ5 มีลำดับขั้นตอนแบบเดียวกันกับชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ดังแสดงรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพรวมลำดับขั้นตอนการทดสอบการปรับเทียบค่าความคาดเคลื่อนอุณหภูมิสูงสุดจากการจำลอง

5. ผลการทดสอบ

5.1 ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและผลการทดสอบ

ผลการทดสอบตารางข้อมูลของชุดที่ 1 จะมีข้อมูลเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดการตรวจวัดปี ค.ศ. 2000 ถึงปี ค.ศ. 2001 มี 12 เดือน และค่าอุณหภูมิสูงสุดการจำลองปี ค.ศ. 2001 มี 12 เดือน มาคำนวณดังแสดงในตารางที่ 1, 2, 3 เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณอุณหภูมิสูงสุดในตารางที่ 4 ได้ว่าสมการ (6) ประยุกต์ใช้ร่วมกับสมการ (2) จะมีความใกล้เคียงค่าอุณหภูมิสูงสุดการตรวจวัดมากกว่าผลคำนวณอุณหภูมิสูงสุดจากสมการ (2) เพียงสมการเดียว ซึ่งข้อมูลชุดที่2 ถึงชุดที่5 ผลจากการทดสอบนั้นเป็นลักษณะแนวทางเดียวกันกับข้อมูลชุดที่1 โดยแสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณข้อมูลชุดที่ 1 ได้ในตารางที่ 4

ค่า 2.5 ในตารางที่ 4 คือค่าสัมประสิทธิการปรับลดความคลาดเคลื่อน ได้มาจากการคำนวณสมการ (1) โดยแทนค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดของการจำลองปี ค.ศ.2001 ลบกับค่าเฉลี่ยการตรวจวัดปี ค.ศ.2000 กับปี ค.ศ. 2001 จะได้ 38.25 - 35.75 = 2.5

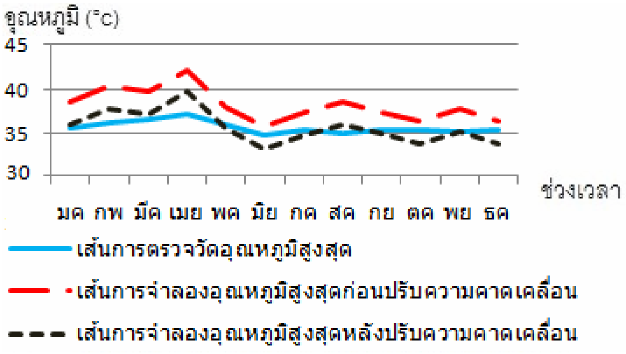
ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผลการคำนวณค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ได้จากการจำลอง ชุดที่ 1

เดือนที่	อุณหภูมิสูงสุด(°C)		
	การตรวจวัด	การจำลองจากตารางที่ 3	คำนวณสมการ(2) สมการเดียว
1	35.60	35.55	38.60-2.5=36.10
2	36.30	36.32	40.30-2.5=37.80
3	36.70	36.89	39.70-2.5=37.20
4	37.20	37.47	42.20-2.5=39.70
5	36.10	36.13	38.10-2.5=35.60
6	34.90	34.79	35.90-2.5=33.40
7	35.40	35.36	37.40-2.5=34.90
8	35.15	34.98	38.65-2.5=36.15
9	35.50	35.55	37.50-2.5=35.00
10	35.45	35.36	36.45-2.5=33.95
11	35.30	35.36	37.80-2.5=35.30
12	35.40	35.55	36.40-2.5=33.90

5.2 ผลจากการปรับค่าความคาดเคลื่อน

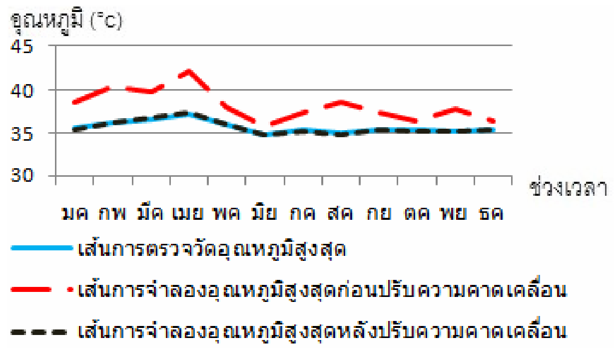
5.2.1 ผลการคำนวณปรับความคาดเคลื่อนชุดที่ 1

1) เส้นจำลองอุณหภูมิสูงสุดก่อนปรับความคาดเคลื่อนจะมีค่าสูงกว่าเส้นการตรวจวัดประมาณ 3 – 6 องศาเซลเซียสทุกจุด ซึ่งผลการปรับค่าความคาดเคลื่อนเส้นจำลองอุณหภูมิสูงสุดหลังปรับความคาดเคลื่อนด้วยวิธีผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลอง ผลที่ได้เส้นจำลองอุณหภูมิสูงสุดหลังปรับความคาดเคลื่อนค่าจะปรับลดลงมาแต่ยังมีลักษณะแนวเส้นเหมือนกับเส้นจำลองอุณหภูมิสูงสุดก่อนปรับความคาดเคลื่อนและยังมีหลายจุดสูงหรือต่ำเกินเส้นการตรวจวัดอุณหภูมิสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การปรับค่าความคาดเคลื่อนด้วยวิธีผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุด

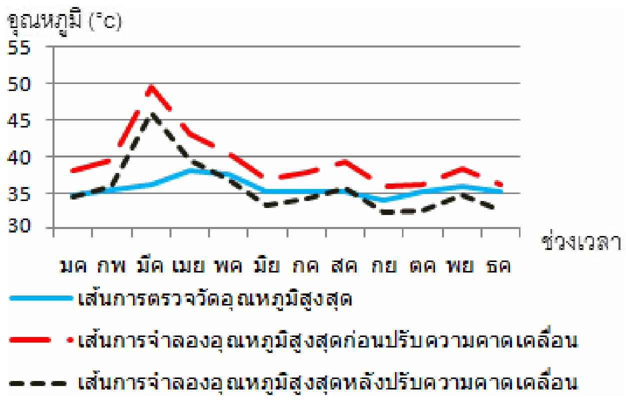
2) ผลการปรับค่าความคาดเคลื่อนเส้นจำลองอุณหภูมิสูงสุดหลังปรับความคาดเคลื่อนด้วยวิธีการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุด ผลที่ได้จะปรับลดค่าเส้นจำลองอุณหภูมิสูงสุดก่อนปรับความคาดเคลื่อนที่สูงเกินลงมามีลักษณะแนวเส้นเหมือนกับเส้นตรวจวัดมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การปรับค่าความคาดเคลื่อนด้วยวิธีการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุด

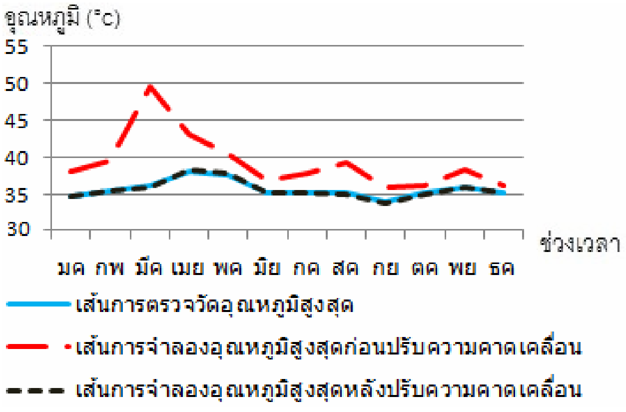
5.2.2 ผลการคำนวณปรับความคาดเคลื่อนชุดที่ 2

1) เส้นจำลองสภาพภูมิอากาศก่อนปรับความคาดเคลื่อนจะมีค่าสูงกว่าเส้นการตรวจวัดประมาณ 3 – 10 องศาเซลเซียสทุกจุด หลังการปรับความคาดเคลื่อนแนวเส้นยังมีหลายจุดสูงหรือต่ำต่างกัน เช่นเดียวกับการทดลองชุดที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การปรับค่าความคาดเคลื่อนด้วยวิธีผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุด

2) ผลการปรับค่าความคาดเคลื่อนเส้นจำลองอุณหภูมิสูงสุดที่มีหลายจุดมีค่าเกินค่าการตรวจวัดอุณหภูมิสูงสุด ภายหลังการปรับความคาดเคลื่อนมีลักษณะแนวเส้นเหมือนกับเส้นการตรวจวัดมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การปรับค่าความคาดเคลื่อนด้วยวิธีการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุด

ในส่วนชุดที่ 3, 4 และ 5 ได้ทำการทดสอบ ผลที่ได้มีแนวโน้มเป็นในทางเดียวกัน คือ เส้นจำลองอุณหภูมิสูงสุดหลังปรับความคาดเคลื่อนด้วยวิธีการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุด มีความใกล้เคียงเส้นตรวจวัดมากกว่าเส้นจำลองอุณหภูมิสูงสุดหลังปรับความคาดเคลื่อนด้วยวิธีผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุด

6. สรุป

จากการทดสอบวิธีการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ นำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีการปรับความคาดเคลื่อนด้วยผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุด จากการแสดงตัวอย่างการทดสอบการคำนวณ จะเห็นได้ว่าค่าที่ปรับความคาดเคลื่อนที่ได้จากแบบจำลองอุณหภูมิสูงสุด ดังที่แสดงผลเป็นเส้นกราฟนั้นมีความใกล้เคียงกับค่าข้อมูลการตรวจวัดในอดีตมาก คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 0.28 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับวิธีการปรับความคาดเคลื่อนด้วยผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับค่าการจำลองอุณหภูมิสูงสุดเพียงวิธีเดียว คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 2.44 เปอร์เซ็นต์

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ให้ข้อมูลการจำลองอุณหภูมิสูงสุดและกรมอุตุนิยมวิทยาที่ให้ข้อมูลการตรวจวัดอุณหภูมิสูงสุดสำหรับการวิเคราะห์ในบทความนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยเหลือแนะนำให้คำปรึกษา มา ณ โอกาสนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] http://precis.metoffice.com

[2] รศ.ดร.กัณฑรีย์ บุญประกอบ, รศ.ดร.เจียมใจ เครือสุวรรณ , และศุภกร ชินวรรโณ, "การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต", พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2553.

[3] Douglas C. Montgomery, "Forecasting and Time Series Analysis: International Edition", 1990.

[4] อำนาจ ชิดไธสง, "การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 1 สภาพภูมิอากาศในอดีต", พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552.

การพัฒนาระบบตรวจวัดระดับออกซิเจนละลายแบบไร้สาย เพื่อใช้ควบคุมเครื่องเติมอากาศในแหล่งน้ำ

หฤทัย ดิ้นสกุล
โปรแกรมวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
harutai@npru.ac.th

โสภาพรรณ สุวรรณสว่าง
โปรแกรมวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
sopapun@gmail.com

ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์
โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
piya@npru.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบตรวจวัดระดับออกซิเจนละลายในน้ำแบบไร้สายเพื่อใช้ควบคุมเครื่องเติมอากาศในแหล่งน้ำ ประกอบด้วยส่วนวัดออกซิเจนละลายในน้ำ ส่วนส่งค่าแบบไร้สายความถี่ 2.4 GHz และส่วนแสดงผลค่าปริมาณออกซิเจนละลาย เพื่อนำค่าออกซิเจนละลายมาใช้เป็นระดับการตัดสินใจในการเปิดปิดเครื่องเติมอากาศ เป็นส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าอีกทางหนึ่ง จากผลการทดลองพบว่าสามารถตรวจวัดระดับออกซิเจนละลายในน้ำแบบไร้สายได้ โดยมีค่าความเที่ยงตรงและค่าความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งสามารถนำผลการวัดมาใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมเครื่องเติมอากาศในแหล่งน้ำ

Abstract

This paper presents the development of a wireless dissolve oxygen monitoring system to control aerator in water reservoir. The system consists of 3 main parts. Dissolved oxygen sensor can be used to measure the concentration of dissolved oxygen in water. Microcontroller and Xbee are used as a controller and a wireless communication, respectively. The monitor part could display the measured data, in order to evaluate the capacity of water oxygen to decide in the control of aerator. This system could also save the electrical energy. Based on experimental results, we found that the system can measure dissolved oxygen in water with precision and accuracy more than 90 percentage. As a result, this system can be used to control an aerator.

คำสำคัญ

ระบบตรวจวัดระดับออกซิเจนละลาย, หัววัดปริมาณออกซิเจนละลาย, วิธี Azide Modification, Xbee

1. บทนำ

น้ำเป็นแหล่งที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืช ในอดีตยังไม่เกิดปัญหาด้านมลพิษทางน้ำเนื่องจาก จำนวนประชากรน้อย แหล่งอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และพาณิชยกรรมยังมีการเติบโตน้อย และธรรมชาติสามารถปรับสมดุลหรือฟื้นฟูได้เอง แต่ในปัจจุบันไม่เป็นเช่นนั้น จึงทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียในแหล่งน้ำเกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา [1] แหล่งน้ำบางแห่ง ถูกแก้ปัญหาน้ำเน่าเสียโดยการใช้เครื่องเติมอากาศซึ่งมีหลายประเภท อย่างไรก็ตามเครื่องเติมอากาศไม่จำเป็นต้องทำงานตลอดเวลาหากค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเพียงพอต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ถือว่าเป็นน้ำเสีย ซึ่งจะช่วยให้หน่วยงาน ตลอดจนเกษตรกรสามารถประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องเติมอากาศได้อีกทางหนึ่งด้วย การตรวจค่าออกซิเจนละลาย (DO: Dissolve Oxygen) คือการหาปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายในน้ำเพื่อบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำว่ามีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยทั่วไปในแหล่งน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ควรมีค่า DO ประมาณ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร (มก./ลิตร)

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการเฝ้าระวังปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ โดยทำการวัดปริมาณออกซิเจนละลายโดยใช้หัววัดปริมาณออกซิเจนละลายบริเวณกลางแหล่งน้ำ และส่งค่าปริมาณออกซิเจนละลายมายังส่วนภาครับเพื่อแสดงผลและใช้เป็นข้อมูลที่วัดได้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องเติมอากาศในน้ำต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวัดค่าออกซิเจนละลาย

ปริมาณออกซิเจนละลายในแหล่งน้ำเป็นค่าที่มีความจำเป็นต่อการหายใจของพืชและสัตว์น้ำ หากปริมาณออกซิเจนละลายในแหล่งน้ำเหลือน้อย ก็จะมีผลกระทบต่อการอยู่รอดของพืชและสัตว์น้ำในแหล่งน้ำนั้นได้ หากปริมาณออกซิเจนละลายมีมากกว่า 10 มก./ลิตร อาจมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติของสาหร่าย โดยทั่วไปปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ และดำรงชีวิตได้อย่างปกติมีค่าไม่ต่ำกว่า 3-4 มก./ลิตร ปริมาณออกซิเจนละลาย 2 มก./ลิตร ไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของปลาและสัตว์น้ำส่วนใหญ่ ในทางปฏิบัติน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพที่ดีควรมีค่าออกซิเจนละลายระหว่าง 5-7 มก./ลิตร [2, 3]

2.2 หัววัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ

หัววัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. หัววัดแบบแกลแวนิก (Galvanic probe)
2. หัววัดแบบโพลาโรกราฟฟิก (Polarographics probe)

งานวิจัยนี้ใช้หัววัดแบบแกลแวนิกซึ่งประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบที่ทำจากโลหะต่างชนิดกัน จุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยที่ปลายหัววัดจะถูกหุ้มด้วยแผ่นเยื่อที่ยอมให้ก๊าซออกซิเจนละลายแพร่ผ่าน โดยอัตราการแพร่ผ่านของก๊าซออกซิเจนละลายจะแปรผันตรงกับความดันย่อยกับก๊าซออกซิเจนละลาย ถ้าปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายสามารถแพร่ผ่านแผ่นเยื่อได้มาก ก็จะส่งผลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากขึ้น และมีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วลบและขั้วบวก โดยหัววัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วลบและขั้วบวกเป็นมิลลิโวลต์ (mV)

การปรับเทียบหัววัดด้วยวิธีนี้พบว่า หากความดันของน้ำปกติ จะทำให้อัตราส่วนความดันอากาศในน้ำอยู่ให้สภาวะปกติด้วยเช่นกัน หรืออยู่ในสภาวะคงที่ (saturation) โดยเกิดจากอัตราส่วนของแรงดันเอาต์พุตของหัววัดขณะอยู่ในน้ำต่อแรงดันเอาต์พุตของหัววัดขณะอยู่ในอากาศที่มีความดันปกติ นั่นคือ

$$\%\,\text{saturation} = \frac{\text{mV (in water)}}{\text{mV (in air)}} \times 100$$

จากนั้นทำการทดลองเพื่อหาค่าแรงดันเอาต์พุตของหัววัด (หาค่า %saturation) โดยเติมสารโซเดียมซัลไฟต์ (Na_2So_3) เพื่อค่อยๆ ลดปริมาณออกซิเจนละลาย จนกระทั่งเหลือออกซิเจนละลายเพียง 0 มก./ลิตร

2.3 มอดูลสื่อสารไร้สาย Xbee ความถี่ 2.4 GHz

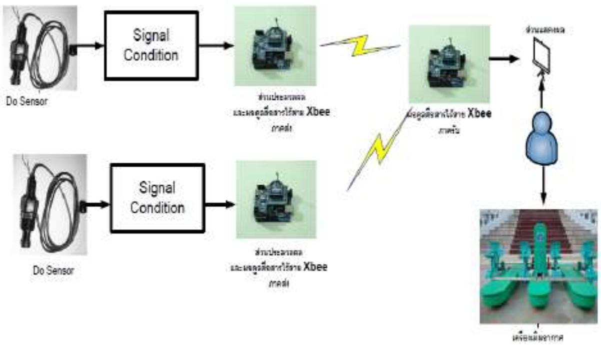
มอดูลสื่อสารไร้สาย Xbee ความถี่ 2.4 GHz เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับส่งข้อมูลแบบไร้สาย ด้วยคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz และสามารถสร้างระบบเครือข่ายได้ โดยอ้างอิงตามมาตรฐานโพรโทคอล ZigBee/IEEE 802.15 IEEE 802.15.4 [4]

3. การทำงานและออกแบบ

3.1 การทำงานของระบบ

การทำงานประกอบด้วยส่วนตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายโดยใช้หัววัดค่าออกซิเจนละลายรุ่น DO1200 วัดปริมาณออกซิเจนละลาย และส่งเข้าส่วนปรับแต่งสัญญาณ (signal condition) เพื่อให้มีระดับแรงดันอยู่ในช่วง 0–5 โวลต์ จากนั้นส่งให้ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA328P ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลและส่งให้กับมอดูลสื่อสารไร้สาย Xbee 2.4 GHz

ในส่วนภาครับทำหน้าที่รับค่าปริมาณออกซิเจนละลายเพื่อแสดงผลค่าปริมาณออกซิเจนละลายเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมการทำงานของเครื่องเติมอากาศต่อไป ดังรูปที่ 1



รูปที่1 แผนภาพการทำงานระบบตรวจวัดระดับออกซิเจนละลายแบบไร้สายเพื่อใช้ควบคุมเครื่องเติมอากาศละลายในแหล่งน้ำ

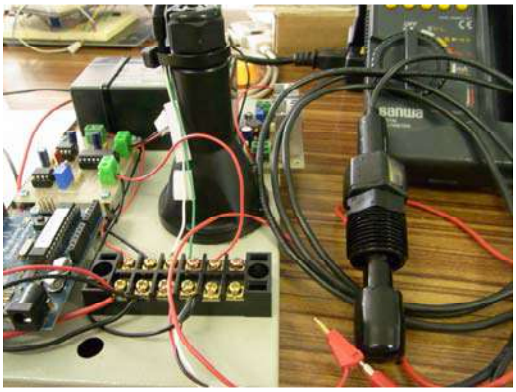
รูปที่ 2 หัววัดค่าออกซิเจนละลาย รุ่น DO1200

รูปที่ 3 ชุดวัดปริมาณออกซิเจนละลายแบบวิธี Azide Modification

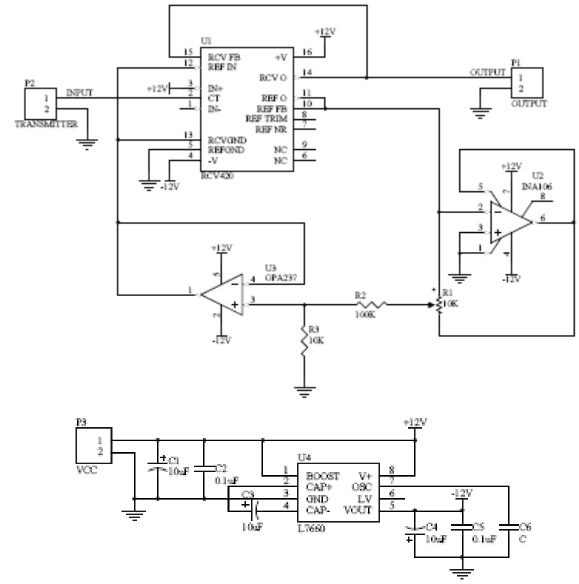
3.2 การออกแบบระบบ

3.2.1 หัววัดค่าออกซิเจนละลาย [5, 6]

ในการวัดปริมาณออกซิเจนละลาย งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้หัววัด DO 1200 ต่อร่วมกับ DOML4-20mA และทำการปรับเทียบค่าปริมาณออกซิเจนละลาย กับวิธีการหาปริมาณออกซิเจนละลายแบบ Azide Modification [3] ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำแบบภาคสนาม ที่มีความแม่นยำคิดเป็นร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในห้องทดลอง โดยเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนละลายที่ได้จากชุดประมวลผลค่าออกซิเจนละลายกับปริมาณ



รูปที่ 4 หัววัดค่าออกซิเจนละลาย และ DOML4-20mA



รูปที่ 5 ส่วนปรับแต่งสัญญาณ (signal condition)

ออกซิเจนละลายที่ได้ จากการหาปริมาณออกซิเจนละลายด้วยชุดวัดด้วยวิธี Azide Modification ดังรูปที่ 3

3.2.2 ส่วนปรับแต่งสัญญาณ (signal condition)

ส่วนปรับแต่งสัญญาณทำหน้าที่รับกระแสจากหัววัดค่าออกซิเจนละลายที่ต่อร่วมกับ DOML4-20mA และปรับแต่งให้เป็นแรงดันอยู่ในช่วง 0 – 5 โวลต์ เพื่อส่งต่อให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA328P ประมวลผลเป็นค่าปริมาณออกซิเจนละลาย ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ตามลำดับ

3.2.3 ส่วนประมวลผลและมอดูลสื่อสารไร้สาย Xbee ความถี่ 2.4 GHz

ส่วนประมวลผลนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA328P (ตามรูปที่ 6) ทำหน้าที่ประมวลผลค่าแรงดันที่ได้รับจากส่วน

รูปที่ 6 ส่วนประมวลผลและมอดูลสื่อสารไร้สาย 2.4 GHz

ปรับแต่งสัญญาณซึ่งเป็นแรงดันที่อยู่ในช่วง 0 – 5 โวลต์ ให้เป็นค่าปริมาณออกซิเจนละลาย โดยทำการปรับเทียบให้มีค่าเท่ากับ 0 ppm ด้วยวิธีเติมสารเคมีโซเดียมซัลไฟต์ ปริมาณ 1 กรัม ลงในน้ำปริมาณ 1 ลิตร และให้หัววัดค่าออกซิเจนละลายวัดน้ำที่ได้รับการเติมสารเคมีลงไป ซึ่งน้ำดังกล่าวจะมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายเท่ากับ 0 ppm

4. ผลการทดลอง

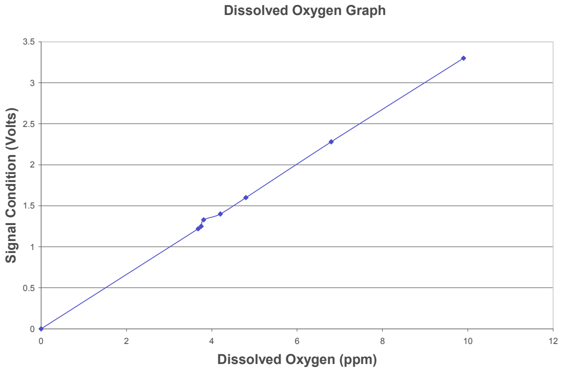
การทดลองประกอบด้วย 3 ส่วน คือการทดสอบส่วนหัววัดและส่วนปรับแต่งสัญญาณ การทดสอบส่วนการวัดค่าปริมาณออกซิเจนละลายด้วยวิธี Azide Modification และการทดสอบส่วนมอดูลสื่อสารไร้สายและส่วนแสดงผล

4.1 การทดสอบส่วนหัววัดปริมาณออกซิเจนละลาย

หัววัดค่าออกซิเจนละลายละลายรุ่น DO1200 ต่อร่วมกับDO ML4-20mA โดยจะให้สัญญาณเอาต์พุตอยู่ในรูปกระแสไฟฟ้าขนาด 4 – 20 มิลลิแอมป์ หลังจากนั้นนำค่ากระแสที่อยู่ในช่วง 4 – 20 มิลลิแอมป์ มาผ่านส่วนปรับแต่งสัญญาณ ให้เป็นค่าแรงดันอยู่ในช่วง 0 – 5 โวลต์ ดังรูปที่ 7

4.2 การทดสอบส่วนการวัดค่าปริมาณออกซิเจนละลายด้วยวิธี Azide Modification

การทดสอบส่วนการวัดค่าปริมาณออกซิเจนละลายด้วยวิธี Azide Modification แสดงในรูปที่ 7 โดยมีขั้นตอนการตรวจปริมาณออกซิเจนละลายดังนี้ ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำที่ต้องการตรวจปริมาณออกซิเจนละลาย แล้วเติมสารแมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4$) 1 มิลลิลิตร ตามด้วยการเติมสารอัลคาไลค์ไอโอไดด์เอไซต์ (AIA) 1 มิลลิลิตร



รูปที่ 7 ปริมาณออกซิเจนละลายกับแรงดันจากส่วนปรับแต่งสัญญาณ

หลังจากนั้นปิดจุกขวดแล้วเขย่าให้เข้ากันประมาณ 20 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนไม่ต่ำกว่าครึ่งขวด สังเกตว่าต้องมีส่วนน้ำใสมากกว่าครึ่งหนึ่งของขวด จากนั้นเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) 1 มิลลิลิตร ปิดจุกขวดเขย่าเพื่อให้ตะกอนลอย แล้วนำตัวอย่างที่ได้จำนวน 201 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่เพื่อสะดวกต่อการดำเนินการขั้นต่อไป

จากนั้นทำการไตเทรตด้วยสารโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น ($Na_2S_2O_3$) 0.0125 นอร์มัล โดยค่อยๆ หยดจนตัวอย่างมีสีจาง แล้วจึงค่อยเติมสารละลายแป้ง 1 มิลลิลิตร ลงไป หยดสารโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.0125 นอร์มัล ลงไปจนกระทั่งตัวอย่างน้ำมีลักษณะใส ดังรูปที่ 8 จากนั้นจึงคำนวณหาปริมาณออกซิเจนละลายโดยปริมาณออกซิเจนละลายสามารถคำนวณได้จากปริมาณของสารโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้นที่ใช้ในการไตเทรตจนกระทั่งตัวอย่างมีสีจาง

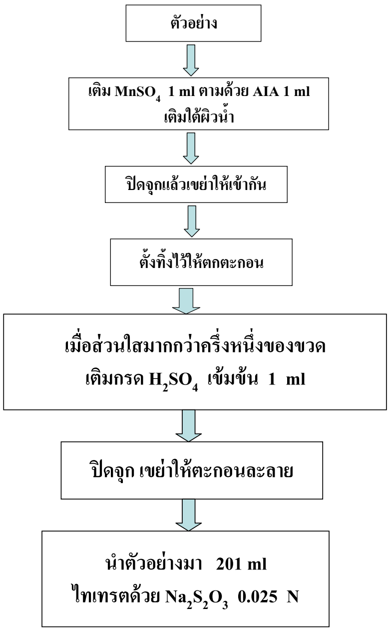
4.3 การทดสอบส่วนมอดูลสื่อสารไร้สายและส่วนแสดงผล

ส่วนมอดูลสื่อสารไร้สายทำหน้าที่รับค่าออกซิเจนละลายจากส่วนประมวลผล และส่งให้มอดูลสื่อสารไร้สายส่งค่าปริมาณออกซิเจนไปยังภาครับ โดยที่ภาครับทำหน้าที่รับและแสดงผลทางหน้าจอ ดังรูปที่ 9 และ10 ตามลำดับ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเปิดปิดเครื่องเติมอากาศต่อไป

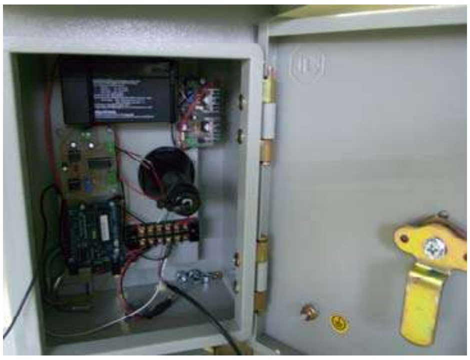
ผลการทดลองพบว่าระบบตรวจวัดออกซิเจนแบบไร้สายเทียบกับการวัดด้วยวิธี Azide Modification มีค่าความเที่ยงตรงและความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเปิดปิดเครื่องเติมอากาศ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวัดค่าปริมาณออกซิเจนด้วยวิธี Azide Modification เทียบกับการวัดด้วยการตรวจวัดระดับออกซิเจนละลายในน้ำแบบไร้สาย

วิธี Azide Modification (ppm)	ตรวจวัดระดับออกซิเจนละลายในน้ำแบบไร้สาย (ppm)			ค่าความเที่ยงตรง (ร้อยละ)	ค่าความถูกต้อง (ร้อยละ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
0	0	0	0	100	100
0.7	0.65	0.75	0.70	100	100
1.2	1.40	1.25	1.30	91.14	90.28
2.5	2.52	2.55	2.60	97.78	97.73
3.1	3.06	3.15	3.00	99.02	99.03
3.5	3.24	3.33	3.20	92.53	93.05
4.2	4.40	4.30	4.25	97.30	97.22
5.5	5.20	5.40	5.30	96.23	96.36
6.7	6.80	6.90	6.67	98.67	98.66



รูปที่ 8 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนละลายโดยวิธี Azide Modification



รูปที่ 9 ส่วนภาคส่งค่าปริมาณออกซิเจน

รูปที่ 10 ส่วนภาครับค่าปริมาณออกซิเจน

5. สรุป

ระบบตรวจวัดระดับออกซิเจนละลายในน้ำแบบไร้สาย เพื่อใช้ควบคุมเครื่องเติมอากาศในแหล่งน้ำ สามารถรายงานค่าออกซิเจนละลายได้ดี เมื่อเทียบกับการวัดด้วยวิธี Azide Modification โดยมีค่าความเที่ยงตรงและค่าความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งเกษตรกรหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถ นำระบบนี้มาใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเปิดปิดเครื่องเติมอากาศในแหล่งน้ำได้

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของทุนวิจัยนวมินทร์ปี พ.ศ. 2553 สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และทุนวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปี พ.ศ. 2552 นอกจากนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระ กาญจนสินธุ, อาจารย์ธวัชชัย ทองเหลี่ยม, และอาจารย์วิโรจน์ บัวงาม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่ดีเสมอมา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม. คู่มือการเก็บตัวอย่างมลพิษ (น้ำ อากาศ ดิน กากอุตสาหกรรม). [ออนไลน์]. [สืบค้น วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2554].

[2] กรมควบคุมมลพิษ.คู่มือการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม. [ออนไลน์] พฤศจิกายน 2547. [สืบค้น วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2554].

[3] พรรณทิพย์ แสงสุขเอี่ยม. เคมีทั่วไปสำหรับอุตสาหกรรมการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม: สถาบันราชภัฏนครปฐม, 2546.

[4] “XBee”, [ออนไลน+] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ.2554: http://www.thaieasyelec.com/Review-Product-Article/what-is-xbee.html

[5] บุญชัย กิ่งรุ้งเพชร และคณะ. 2544 “การพัฒนาอุปกรณ์ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและส่งเสริมเครือข่ายการเฝ้าระวังติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ เสนอกรมควบคุมมลพิษ” โดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

[6] มานะ ศรียุทธศักดิ์, มนตรี สวัสดิ์ศฤงฆาร, และธารา ชลปราณี. 2535 รายงานการวิจัย “การพัฒนา หัววัดน้ำตาลกลูโคสและหัววัดออกซิเจน” เสนอศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองระบบ

Two System of DC Welding Machine

เกายาง แซ่ต๋าย ภานุวัฒน์ พวงทอง บุญช่วย เจริญผล

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

chanrit.t@rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองระบบ โดยใช้หลักการฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ทำงานที่ความถี่ 80-106 kHz มีกระแสเชื่อมสูงสุด 160 A โดยใช้ไอซีเบอร์ KA3525 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์วิทมอดดูเลชันเพื่อควบคุมวงจรแปลงผันไฟตรงแบบฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ เครื่องเชื่อมสามารถเชื่อมได้สองระบบ คือระบบ SMAW และ GTAW โดยกระแสเอาต์พุตเป็นกระแสตรง สามารถเชื่อมเหล็กและสแตนเลสที่มีความหนาตั้งแต่ 1-10 มม. ผลการทดสอบเมื่อทำการเชื่อมด้วยระบบ SMAW มีแรงดันไฟตรงทางด้านเอาต์พุตขณะเชื่อมชิ้นงานมีค่าประมาณ 24 โวลต์ กำลังงานทางด้านเอาต์พุตสูงสุด 3.84 กิโลวัตต์ และประสิทธิภาพสูงสุดของระบบ 83.7% ส่วนการเชื่อมระบบ GTAW มีแรงดันไฟตรงทางด้านเอาต์พุตขณะเชื่อมชิ้นงานมีค่าประมาณ 11-14 โวลต์กำลังงานทางด้านขาออกสูงสุด 2.24 กิโลวัตต์ และประสิทธิภาพสูงสุดของระบบ 79.51%

Abstract

This article presented the design of two system dc welding machine. The full-bridge dc to dc converter is used for the machine which is switching frequency is 80-106 kHz and maximum current is 160 A. An Integrated Circuit (IC) Number KA3525 is used for Pulse-width modulation and current control of dc to dc converter. The machine can weld in SMAW and GTAW system and 1-10 mm. of steel and stainless steel. The SMAW welding result are 24 voltage output, 3.84 kW maximum power and 83.4 % efficiency, and the GTAW welding result are 11-14 voltage output, 2.24 kW maximum power and 79.51 % efficiency.

คำสำคัญ

เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรง, ฟลูบริดจ์คอนเวอร์เตอร์, ควบคุมกระแส, GTAW, SMAW

1. บทนำ

ในปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมได้ก้าวหน้าไปเป็นอย่างมาก งานเชื่อมโลหะมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับโลหะ เนื่องจากช่างแทบทุกสาขามีความจำเป็นต้องนำวิธีการเชื่อมโลหะไปใช้งาน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงและคงทน งานเชื่อมได้ขยายวงกว้างออกไปมีทั้งลักษณะหยาบและละเอียด มีทั้งใช้เทคนิคขั้นพื้นฐานตลอดจนถึงเทคโนโลยีขั้นสูง ทำให้ต้องใช้เครื่องเชื่อมที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป เช่น เครื่องเชื่อมโลหะแบบใช้ไฟฟ้า หรือ เครื่องเชื่อมโลหะแบบใช้แก๊สเป็นต้น

เครื่องเชื่อมโลหะแบบใช้ไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็นสองชนิดหลักๆ[1] คือ ชนิดแรกเป็นเครื่องเชื่อมที่ให้แรงดันขาออกเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และชนิดที่สองเป็นเครื่องเชื่อมที่ให้แรงดันขาออกเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ชนิดที่ให้แรงดันขาออกเป็นไฟฟ้ากระแสสลับนั้นนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยเนื่องจากสร้างได้ง่าย โดยสามารถที่จะสร้างขึ้นเองได้ในประเทศและมีราคาถูก อย่างไรก็ดีเครื่องเชื่อมไฟฟ้าชนิดนี้ ก็จะมีข้อเสียหลายประการคือ มีขนาดที่ใหญ่และน้ำหนักมาก เนื่องจากจะใช้หลักการของแกนเหล็กที่ถ่ายพลังงานที่ความถี่ต่ำ จึงทำให้เคลื่อนย้ายไปใช้งานนอกสถานที่ได้ลำบาก

สำหรับเครื่องเชื่อมชนิดที่ให้แรงดันขาออกเป็นไฟฟ้ากระแสตรงนั้น ปัจจุบันได้มีการนำเอาวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการสร้างเครื่องเชื่อมอย่างมาก โดยเฉพาะการนำเอาหลักการของวงจรแปลงผันไฟตรงแบบสวิตซ์ที่มีความถี่สูง (High Frequency Switching Converter) ชนิดต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการสร้างเครื่องเชื่อมอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง บทความนี้ได้เสนอวงจรฟลูบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full-Bridge Converter) ควบคุมการทำงานแบบพีดับบลิวเอ็ม (PWM) เพราะมีคุณสมบัติที่น่าสนใจกว่าแบบอื่น คือ สามารถควบคุมได้ง่ายด้วยการปรับความกว้างของพัลส์ มีความเหมาะสมกับงานที่ต้องการกำลังเอาต์พุตสูงอย่างเช่นเครื่องเชื่อมโลหะ และยังเป็นการใช้หม้อแปลงได้เกิดประโยชน์สูงสุด [2]

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเชื่อมไฟฟ้า

การเชื่อมไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ การเชื่อมด้วยไฟฟ้ากระแสตรงกับการเชื่อมด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งการเชื่อมด้วยไฟฟ้ากระแสตรงจะมีข้อดี คือ กระแสไฟฟ้ามีความราบเรียบสูง สามารถเลือกขั้วเชื่อมได้การเลือกขั้วเชื่อมของการเชื่อมกระแสตรงมี 2 วิธีคือ [1]

วิธีแรกการเชื่อมไฟตรงขั้วตรง (Direct Current Straight Polarity: DCSP) โดยต่อขั้วลบเข้ากับลวดเชื่อม ขั้วบวกต่อกับชิ้นงาน การเชื่อมในลักษณะนี้อิเล็กตรอนจะวิ่งจากลวดเชื่อมไปสู่ชิ้นงาน และเมื่ออิเล็กตรอนชนกับชิ้นงานจะเกิดการเสียโมเมนตัมขึ้น ดังนั้นความร้อนส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ชิ้นงานประมาณ 70 % และอีก 30 % จะเกิดขึ้นที่ลวดเชื่อม การต่อขั้วเชื่อมแบบนี้เหมาะกับการเชื่อมเหล็กหนา เพราะมีการกินลึกที่ดีรอยเชื่อมแคบ เช่นท่อ หรือภาชนะ ที่ใช้กับความดันสูง

วิธีที่สอง การเชื่อมกระแสตรงขั้วกลับ (Direct Current Reverse Polarity : DCRP) โดยต่อขั้วบวกเข้ากับลวดเชื่อม ขั้วลบต่อกับชิ้นงาน การเชื่อมในลักษณะนี้ ความร้อนประมาณ 30 % เกิดขึ้นที่ชิ้นงานอีก 70 % เกิดขึ้นที่ลวดเชื่อม (เพราะอิเล็กตรอนเกิดการเสียโมเมนตัมที่ลวดเชื่อม) เหมาะกับการเชื่อมเหล็กบาง เพราะการกินลึกน้อย รอยเชื่อมกว้าง สำหรับข้อเสียของการเชื่อมแบบ กระแสตรงจะอยู่ที่การเกิด เปลวอาร์คเฉเมื่อเชื่อมที่กระแสสูงๆ ซึ่งเกิดจากเปลวอาร์ค (มีลักษณะเป็นตัวนำที่มีความยืดหยุ่นสูง) ถูกเหนี่ยวนำโดยสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการไหลของกระแสเชื่อม แต่ปัญหานี้ลดลงได้โดยการวนสายเชื่อมรอบชิ้นงานเพื่อให้สนามแม่เหล็กเกิดการหักล้างกัน

การเชื่อมไฟฟ้าเป็นวิธีการเชื่อมที่ใช้กระแสไฟฟ้าสร้างความร้อนสูงพอที่จะหลอมละลายโลหะ ซึ่งทำให้ประสานชิ้นโลหะให้ยึดติดเป็นชิ้นเดียวกันได้เมื่อกลับไปสู่สภาวะแข็งตัว ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะการเชื่อมอาร์คเท่านั้น การเชื่อมอาร์คเป็นการเชื่อมที่ใช้ความร้อนจากการอาร์คระหว่างอิเล็กโทรดมาสร้างความร้อนบนชิ้นงานจนเกิดเป็นบ่อเชื่อม ปัจจุบันที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสามารถแบ่งย่อยได้ 2 แบบ

2.1.1 กระบวนการเชื่อมอาร์คโลหะทังสเตนก๊าซคลุม (Gas Tungsten Arc Welding Process; GTAW)

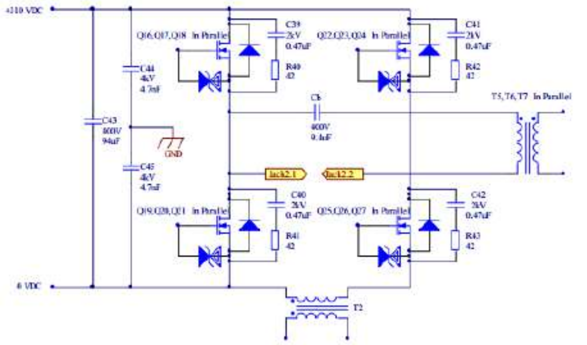
กระบวนการเชื่อมนี้การอาร์คจะเกิดขึ้นระหว่างแท่งอิเล็กโทรดทังสเตน (Tungsten electrode) กับโลหะชิ้นงาน และบริเวณการอาร์คจะถูกปกคลุมไปด้วยก๊าซเฉื่อยหรือก๊าซคลุม ซึ่งพ่นลงมาจากหัวเชื่อม โดยลวดเชื่อมที่ต้องเติมลงไปในแนวเชื่อมจะใช้หรืออาจไม่ใช้ก็ได้ขึ้นอยู่กับชิ้นงานเชื่อม แท่งอิเล็กโทรดทังสเตนเป็นแท่งอิเล็กโทรดชนิดไม่หลอมละลาย (Non-consumable electrode) มีจุดหลอมละลายสูงมากประมาณ 3, 816องศาเซลเซียส (ก๊าซที่ใช้ปกคลุมได้แก่ ก๊าซอาร์กอนหรือก๊าซฮีเลียม) แต่ส่วนใหญ่จะใช้ก๊าซอาร์กอน

2.1.2 กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ Shield Metal Arc Welding Process; SMAW)

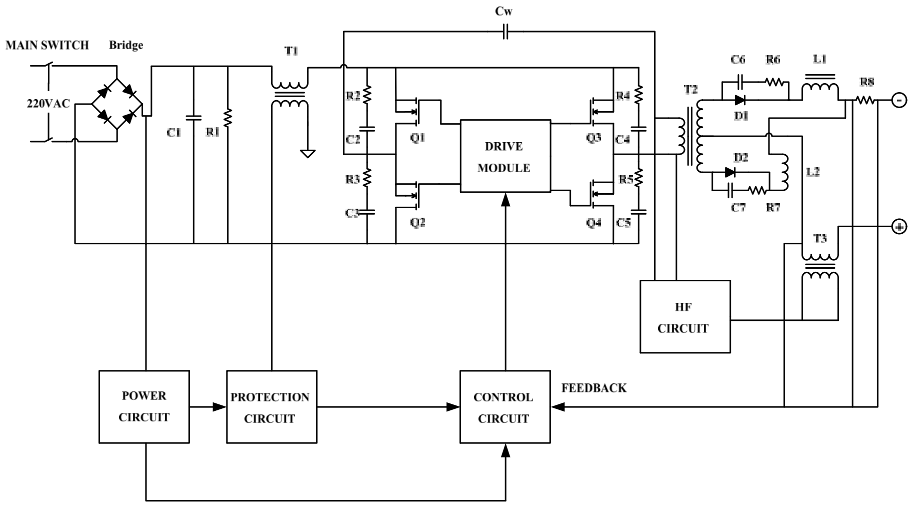
กระบวนการเชื่อมเกิดจากการอาร์คระหว่างปลายลวดเชื่อมไฟฟ้า(Electrode) กับชิ้นงาน (Base metal) ทำให้เกิดความร้อนอันรุนแรงประมาณ 5,500- 3,300องศาเซลเซียส (เผาแผ่นโลหะงานตรงจุดนั้นหลอมละลายเป็นแอ่ง) ขณะเดียวกันปลายของลวดเชื่อมก็หลอมละลายเช่นกันและหยดเติมลงไปในแอ่งนั้น ส่วนฟลักซ์ที่หุ้มลวดเชื่อมเมื่อได้รับความร้อนส่วนหนึ่งจะหลอมละลายปกคลุมแนวเชื่อม ช่วยลดอัตราการเย็นตัวของแนวเชื่อม เมื่อฟลักซ์เย็นตัวลงจะแข็งและเปราะเรียกว่า สแลก(Slag) และฟลักซ์บางส่วนก็จะกลายเป็นก๊าซปกคลุมแนวเชื่อมเพื่อป้องกันอากาศภายนอกรอบๆการอาร์คมิให้เข้ามาทำปฏิกิริยากับแนวเชื่อม

2.2วงจรฟลูบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

วงจรแปลงผันไฟตรงแบบฟูลบริดจ์ในภาพที่ 1 [3] มอสเฟทกำลังทั้ง 12 ตัวจะสลับการทำงานกันเป็นคู่คือ $Q_{16}-Q_{18}$ และ $Q_{25}-Q_{27}$ จะนำกระแสพร้อมกันในสัญญาณช่วงครึ่งคาบแรก ส่วนในครึ่งคาบหลัง $Q_{19}-Q_{21}$ และ $Q_{22}-Q_{24}$ นำกระแส ส่วน$Q_{16}-Q_{18}$ และ $Q_{25}-Q_{27}$ หยุดนำกระแสทำให้แรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ที่ขดลวดด้านปฐมภูมิเป็นรูปสี่เหลี่ยมซึ่งมีค่ายอดถึงค่ายอดเท่ากับสองเท่าของแรงดันไฟตรงที่ป้อนเลี้ยงวงจรในภาคกำลัง ตัวเก็บประจุบล็อกกิ้ง C_b ที่ต่อเพิ่มเข้ามาในวงจรนั้น มีหน้าที่หลักคือป้องกันการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์ขณะทำงาน เพราะในทางปฏิบัติการไม่แมตซ์กันของสวิตซ์ อาจทำให้เกิดปัญหาการไม่สมมาตรฟลักซ์ขึ้นได้



ภาพที่ 1 วงจรกำลังฟูลบริดจ์ดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองระบบ

3. การออกแบบเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองระบบ

จากภาพที่ 2 การทำงานเป็นดังนี้วงจรบริดจ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบฟูลบริดจ์ ตัวเก็บประจุ C_1 ทำหน้าที่กรองแรงดันให้เรียบ ตัวต้านทาน R_1 ดิสชาร์จกระแสที่ตกค้างในตัวเก็บประจุ C_1 ในกรณีที่มอสเฟทเกิดลัดวงจร หรือกินกระแสเกินพิกัดทางด้านขดลวดปฐมภูมิด้านของหม้อแปลง T_1 จะมีกระแสไหลผ่านมากจึงทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทางด้านขดลวดทุติยภูมิให้มีกระแสไหลมากตามกระแสที่ไหลมากนี้จะไปสั่งให้วงจรป้องกันทำงาน แล้ววงจรป้องกันนี้จะสั่งให้วงจรควบคุมหยุดทำงาน เมื่อวงจรควบคุมหยุดทำงานมอสเฟทก็จะหยุดทำงานตามไปด้วย

ตัวต้านทาน R_2, R_3, R_4, R_5 และตัวเก็บประจุ C_2, C_3, C_4, C_5 เป็นวงจรสนับเบอร์สำหรับมอสเฟททำหน้าที่ในการจำกัดค่า dv/dt

วงจรขับ (Drive Module) ทำหน้าที่ขับมอสเฟท ตัวเก็บประจุ C_w ต่ออนุกรมกับหม้อแปลงกำลังความถี่สูง T_2 ด้านขดลวดปฐมภูมิ เพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กเฉลี่ยมีค่าเป็นศูนย์ (Zero Average Flux) Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 ทำหน้าที่เหมือนสวิตซ์เปิด-ปิด แปลงแรงดันกระแสตรงเป็นแรงดันกระแสสลับจ่ายให้กับหม้อแปลงกำลังความถี่สูง T_2

วงจรกำลังทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟตรงขนาด 12 โวลต์และ 24 โวลต์

วงจรป้องกันในกรณีมอสเฟทหรือไดโอดเกิดลัดวงจร และหม้อแปลงร้อนเกินพิกัด วงจรควบคุมจะควบคุมการทำงานของมอสเฟทรวมถึงการปรับกระแสในการเชื่อม วงจรความถี่สูงสร้างความถี่สูงให้กับกระบวนการเชื่อมระบบ GTAW เท่านั้น

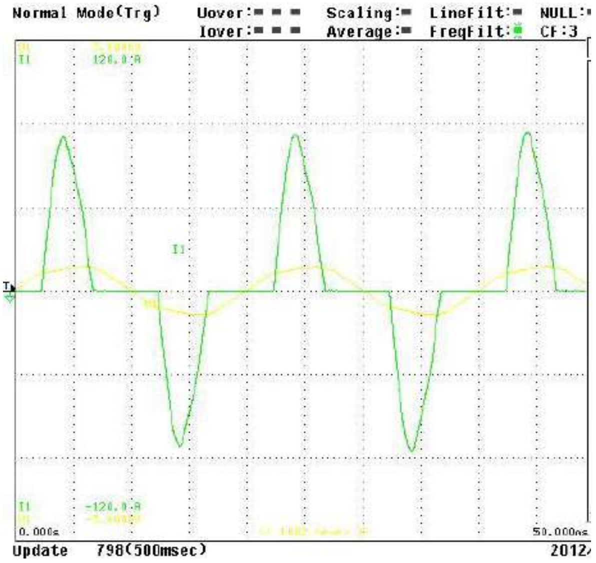
ตัวต้านทาน R_6, R_7 และตัวเก็บประจุ C_6, C_7 เป็นวงจรสนับเบอร์ สำหรับไดโอดทำหน้าที่ในการจำกัดค่า dv/dt ตัวเหนี่ยวนำ L_1, L_2 กรองกระแสทางด้านขาออกให้เรียบ และหน่วงกระแสให้ไดโอดที่ขนานกันนำกระแสพร้อมกัน หม้อแปลง T_3 ทำหน้าที่กรองกระแสให้เรียบ และช่วยในการสตาร์ทขณะเริ่มเชื่อมในกระบวนการเชื่อมระบบ GTAW ตัวต้านทาน R_8 ทำหน้าที่เหมือนชันท์แปลงกระแสเป็นแรงดันเพื่อป้อนกลับแรงดันให้กับวงจรควบคุม

เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงชนิดความถี่สูงโดยใช้หลักการฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์จะถูกควบคุมแบบลูปปิดเพื่อให้ได้กระแสเชื่อมที่มีความต่อเนื่อง การทำงานคือช่วงเริ่มต้นกระแสเชื่อมจะออกมาสูงสุดและหลังจากเชื่อมไปแล้ว กระแสเชื่อมจะมีขนาดเท่ากับที่ตั้งไว้กับความต้านทานปรับค่าสำหรับปรับกระแส เพราะช่วงเริ่มต้นจุดที่เชื่อมมีอุณหภูมิต่ำ และหลังจากเชื่อมไปแล้วอุณหภูมิจุดเชื่อมจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นความกว้างของพัลส์ ช่วงเริ่มต้นเชื่อมจะกว้างสุด และหลังจากนั้นจะแคบลงตามที่ตั้งไว้กับตัวต้านทานปรับค่าสำหรับปรับกระแสเชื่อม

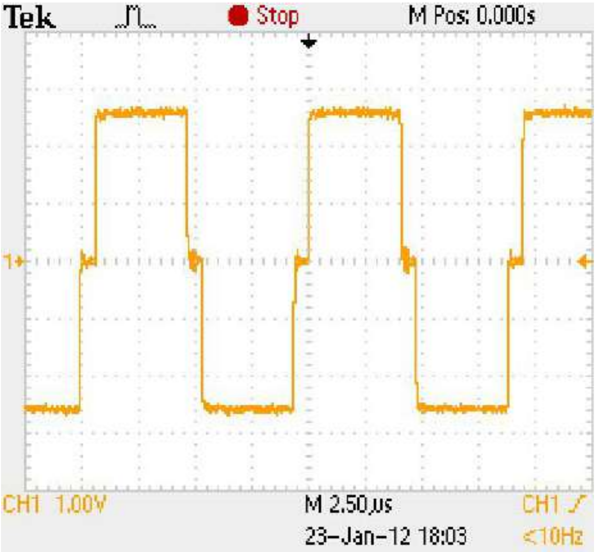
4. การทดสอบการใช้งาน

4.1 การเชื่อมแบบ SMAW

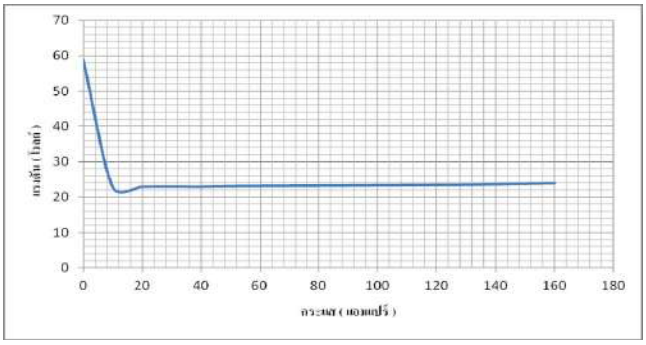
การทดสอบเครื่องต้นแบบจะเป็นการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าตามจุดสำคัญต่างๆ ในวงจรเพื่อตรวจสอบสภาวะการทำงานและประสิทธิภาพของเครื่องเชื่อมโลหะไฟฟ้า โดยเครื่องต้นแบบรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณต่างๆทางไฟฟ้าประกอบด้วย ดิจิตอลออสซิลโลสโคปยี่ห้อ Tektronix รุ่น TDS2004C และ Yokogawa รุ่น WT500



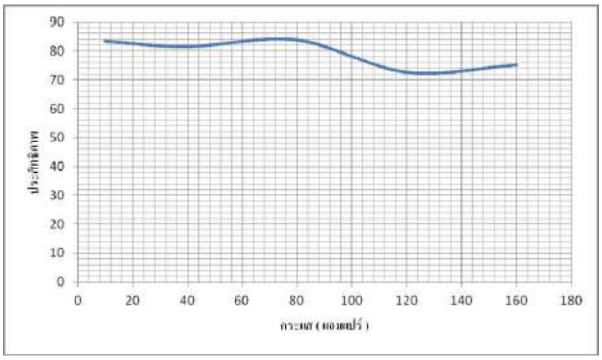
ภาพที่ 3 สัญญาณด้านอินพุตที่กระแสเชื่อม 160 แอมแปร์



ภาพที่ 4 สัญญาณหม้อแปลงพัลส์อินพุตที่กระแสเชื่อม 160 แอมแปร์ (ปรับ10X ที่สายโพรบ)



ภาพที่ 5 กราฟระหว่างแรงดันและกระแสของการเชื่อมแบบ SMAW



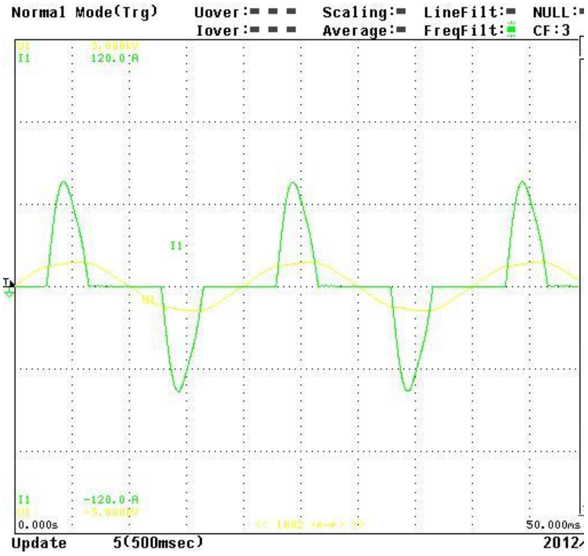
ภาพที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพและกระแสไฟฟ้าด้านขาออกของกระบวนการเชื่อมระบบ SMAW

(ก) (ข)

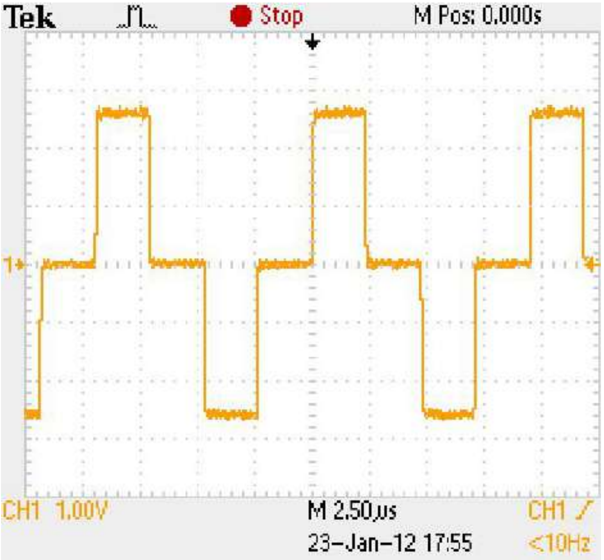
(ค) (ง)

ภาพที่ 7 แนวเชื่อมระบบ SMAW (ก) เหล็กหนา 5 mm (ข) เหล็กหนา 10 mm (ค) สแตนเลสหนา 5 mm (ง) สแตนเลสหนา 10 mm

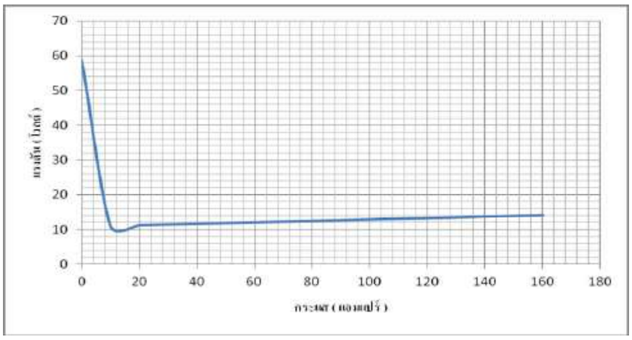
4.2 การเชื่อมแบบ GTAW



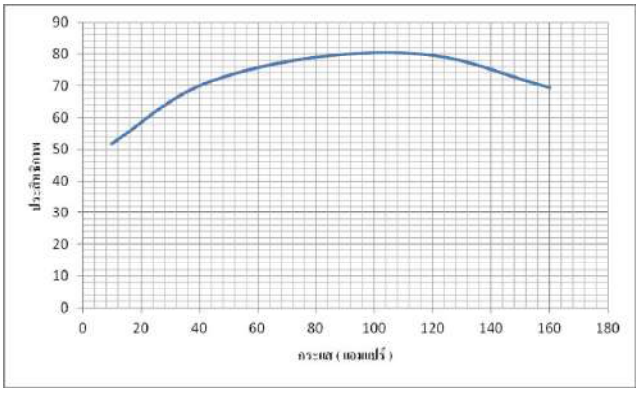
ภาพที่ 8 สัญญาณด้านอินพุตที่กระแสเชื่อม 160 แอมแปร์



ภาพที่ 9 สัญญาณหม้อแปลงพัลส์อินพุตที่กระแสเชื่อม 160 แอมแปร์ (ปรับ10X ที่สายโพรบ)



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสของการเชื่อมแบบ GTAW



ภาพที่ 11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพและกระแสไฟฟ้าด้านขาออกของกระบวนการเชื่อมระบบ GTAW

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 12 แนวเชื่อมระบบ GTAW (ก) เหล็กหนา 5 mm (ข) เหล็กหนา 10 mm (ค) สแตนเลสหนา 5 mm (ง) สแตนเลสหนา 10 mm

จากการทดสอบและวัดค่าสัญญาณจริงที่วัดได้ ณ จุดต่างๆ ในวงจรของเครื่องต้นแบบ และวิเคราะห์รูปคลื่นสัญญาณ จึงสรุปได้ว่าผลการทดลองนี้เป็นไปตามทฤษฎีของวงจรคอนเวอร์เตอร์ฟลูบริดจ์ทำงานแบบพีดับบลิวเอ็ม โดยที่กระแสด้านขาออกในขณะที่ทำการเชื่อมชิ้นงานค่อนข้างคงที่ทำให้การเชื่อมมีความต่อเนื่องไม่เกิดการติดขัดและได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ

(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 13 (ก) เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองระบบ

(ข) อุปกรณ์ของกระบวนการเชื่อมระบบ SMAW

(ค) อุปกรณ์ของกระบวนการเชื่อมระบบ GTAW

5. สรุปผลการทดสอบ

การสร้างเครื่องเชื่อมอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองระบบ โดยใช้วงจรฟลูบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ทำงานแบบพีดับบลิวเอ็ม ซึ่งสามารถควบคุมกระแสไฟตรงด้านขาออกในการเชื่อมชิ้นงานให้คงที่ได้ตามต้องการมีข้อดีคือ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ให้กระแสเชื่อมคงที่ ควบคุมการทำงานได้ง่าย ใช้หม้อแปลงอย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับงานที่ต้องการกำลังงานสูง เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองระบบที่ได้ออกแบบสร้างขึ้น มีกระแสไฟตรงทางด้านขาออกในการเชื่อมชิ้นงานสามารถปรับได้ในช่วง10-160 แอมแปร์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วิทยา ทองขาว, 2538, งานเชื่อมไฟฟ้า กรุงเทพมหานคร บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

[2] เกียรติคุณ ศีรษะภูมิ, 2546, “เครื่องเชื่อมโลหะไฟฟ้าความถี่สูง.” ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[3] Rashid. Muhammad H., 2004., Power Electronics, United States of America, Pearson Prentice Hall

Communication II

ECTI-CARD 2012

การออกแบบและพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบพกพาโดยใช้แอร์วิว2 และแทปเลทบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

อาณกร จงยินดี อภิรักษ์ จันทร์สร้าง ชัยพร ใจแก้ว อนันต์ ผลเพิ่ม*

ห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย ภาควิชาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

{b5105896, aphirak.j, chaiporn.j, anan.p*}@ku.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมคืออุปกรณ์ที่ใช้อ่านค่าคลื่นวิทยุในช่วงความถี่ใดความถี่หนึ่งที่อยู่รอบตัวเรา โดยนำค่าที่อ่านได้มาวิเคราะห์และตีความแสดงผลในแบบต่าง ๆตามการใช้งาน นิยมใช้เพื่อวางแผนในการวางจุดปล่อยคลื่นสัญญาณใหม่ เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนและแทรกสอดกับคลื่นสัญญาณอื่น งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบพกพาโดยใช้แอร์วิว2 ซึ่งเป็น อุปกรณ์การอ่านสเปคตรัมแบบพกพาในรูปของยูเอสบีขนาดเล็ก นำมาเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แทปเลทที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผ่านทางการเชื่อมต่อแบบยูเอสบี พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนแอนดรอยด์เพื่อรับค่าจากอุปกรณ์ดังกล่าว และสร้างการแสดงผลที่มีความเป็นมิตรกับผู้ใช้และเพิ่มความสามารถขึ้นมาจากโปรแกรมประยุกต์เดิมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ให้สามารถบันทึกค่าคลื่นความถี่ที่อ่านมาเก็บและนำไปวิเคราะห์ในภายหลัง และสามารถปรับแต่งค่าตัวแปรต่าง ๆผ่านระบบจอสัมผัสก่อนการแสดงผลได้ อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ทำให้ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์สเปคตรัมได้ในราคาที่ถูกลงและพกพาสะดวก สามารถแสดงผลค่าสัญญาณพื้นฐานได้ตรงตามโปรแกรมประยุกต์เดิม และด้วยฟังก์ชันที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้กว้างขวางมากขึ้น

Abstract

Spectrum Analyzers are tools for detecting and analyzing certain bands of radio frequency, then visualizing results in various aspects. They are generally used for planning deployment of wireless network infrastructures to minimize interferences with other devices. This work describes the design and implementation of the Low Cost Hand-held Spectrum Analyzer using AirView2, a small USB-based spectrum analyzer originally designed to be used with personal computers with very limited software options. Our spectrum analyzer is connected to an Android tablet via a USB port and controlled by an application to manage communication between devices. In addition, the application's graphical user interface has been specifically designed for touch screen and provide the ability to record and analyze the captured data. The result is a low-cost, portable hand-held spectrum analyzer that is capable of presenting similar information done by the original software, but with additional features.

คำสำคัญ

แอร์วิว2, เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัม, โปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุปกรณ์ไร้สายหลายชนิดได้เข้ามามีส่วนร่วมในชีวิตประจำวันของเรามากขึ้น ตั้งแต่การใช้งานเครือข่าย Wi-Fi เทคโนโลยีบลูทูธ [1] ไปจนถึงกล้องวงจรปิดแบบไร้สาย เป็นที่น่าสนใจว่าช่วงความถี่คลื่นวิทยุในช่วงความถี่ 2.4 GHz นั้นถูกเลือกใช้งานมากเป็นพิเศษ นอกจากนี้ยังรวมถึงโทรศัพท์บ้านแบบไร้สาย คลื่นไมโครเวฟ Zigbee [2] อุปกรณ์ติดตามเด็กทารก ไปจนถึงสัญญาณเตือนภัยในรถยนตร์ล้วนมีการใช้งานในช่วงความถี่นี้ทั้งสิ้น ด้วยความหนาแน่นในช่วงสัญญาณนี้เอง ที่ได้ทำให้เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมเข้ามามีบทบาทในปัจจุบัน

เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมหมายถึงเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้อ่านค่าคลื่นวิทยุในช่วงความถี่ใดความถี่หนึ่งที่อยู่โดยรอบตัวเรา โดยนำค่าที่อ่านได้มาวิเคราะห์และตีความแสดงผลในแบบต่างๆตามการใช้งาน เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบสำเร็จรูปถูกสร้างโดยบริษัทต่างๆเพื่อการค้ามากมาย โดยราคาของอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาสูงตามประสิทธิภาพและการใช้งานของเครื่อง (Portable Spectrum Analyzer รุ่น 8565EC [3] ของบริษัท Agilent มีราคาสูงถึงสี่ล้านบาท) โดยมีการใช้งานทั้งแบบพกพาและแบบตั้งโต๊ะ สำหรับการใช้งานเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมในช่วงคลื่นวิทยุ 2.4 GHz นั้นนิยมใช้เพื่ออ่านคลื่นสัญญาณ Wi-Fi หรือสัญญาณประเภทอื่นในบริเวณที่ต้องการ เพื่อวางแผนในการเลือกช่องสัญญาณ (Channel) เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนและแทรกสอดกับคลื่นสัญญาณอื่นและเพื่อประสิทธิภาพในการสื่อสารที่สูงสุด

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมสำเร็จรูปแบบพกพาที่ขายในตลาดนั้นมีราคาสูง และเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบยูเอสบีที่มีราคาถูกกว่านั้นต้องการคอมพิวเตอร์ในการใช้งานทำให้สูญเสียความคล่องตัวในการใช้งาน ในโลกแห่งความเป็นจริงเมื่อเราต้องการจะทำการสำรวจพื้นที่(Site-survey) เพื่อติดตั้งแอคเซสพอยต์ใหม่ ผู้ทำการสำรวจมักจะต้องการความคล่องตัว และบันทึกค่าต่างๆได้ง่าย ซึ่งเมื่อเราใช้เครื่องนี้กับคอมพิวเตอร์หรือคอมพิวเตอร์พกพาจะไม่สามารถทำงานได้สะดวก และด้วยข้อจำกัดของโปรแกรมประยุกต์ที่มาพร้อมกับอุปกรณ์เหล่านี้ที่ผู้ใช้มักจะไม่สามารถปรับแต่งค่าต่างๆได้ หรือไม่สามารถบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ภายหลังได้ (หรือทำได้ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายในส่วนของโปรแกรมประยุกต์ซึ่งมีราคาสูงตามความสามารถของโปรแกรม) ในงานวิจัยชิ้นนี้เลือกนำแอร์วิว2 ซึ่งเป็นเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบยูเอสบีมีขนาดเล็กมาเชื่อมต่อกับแทปเลทบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งแทปเลทนั้นถูกออกแบบให้สามารถพกพาได้ง่าย และพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อติดต่อกับอุปกรณ์แอร์วิวนี้ให้สามารถแสดงผลค่าสัญญาณต่างๆในช่วงความถี่ 2.4GHz ได้ และยังเพิ่มการปรับแต่งค่าต่างๆหรือส่วนการบันทึกผลเข้ามาเพื่อแก้ปัญหาต่างๆดังกล่าวข้างต้น ทำให้ได้เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบพกพาที่มีราคาถูกลงเมื่อเทียบกับการซื้อเครื่องแบบสำเร็จรูป และยังสามารถปรับแต่งโปรแกรมได้หลายรูปแบบอีกด้วย

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมถูกตีพิมพ์ไม่มาก เช่น [4] ทำการสร้างเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมโดยใช้ Matlab แต่งานวิจัยนี้เป็นงานแรกที่พัฒนาเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมโดยใช้แทปเลทแอนดรอยด์และแอร์วิว ในหัวข้อนี้จึงเน้นไปที่ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1 การทับกันของสัญญาณ Wi-Fi และคลื่นวิทยุแทรกสอดในช่วงสัญญาณ 2.4 GHz

คลื่นวิทยุแทรกสอดในช่วงสัญญาณ 2.4 GHz นั้นสามารถส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์หลายชนิด เนื่องจากในช่วงช่องสัญญาณนี้มีอุปกรณ์หลายชนิดที่มีการใช้งานอยู่ตั้งแต่อุปกรณ์บลูทูธ ไมโครเวฟ กล้องวงจรปิดไร้สาย ไปจนถึง Wi-Fi ทำให้ในช่วงสัญญาณ 2.4 GHz นั้นมีความหนาแน่นมาก แม้แต่ช่องการใช้งาน Wi-Fi ยังมีการทับซ้อนกันเองเนื่องจากมีการแบ่งช่องสัญญาณอย่างจำกัด เปรียบเสมือนถนนที่มีการจราจรหนาแน่น เมื่อเกิดการแทรกสอดของคลื่นจะส่งผลให้ผู้ใช้ใช้งานอุปกรณ์ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

ตามปกติแล้วการหาต้นเหตุของสัญญาณแทรกสอดนั้นหาได้โดยใช้เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมช่วยหาต้นตอของสัญญาณรบกวนนั้นได้ แล้วผู้ใช้จัดการกับต้นตอของสัญญาณรบกวนนั้นเอง ส่วนการแก้ไขการทับซ้อนกันเองของสัญญาณในช่องสัญญาณ Wi-Fi นั้น ก่อนอื่นเราต้องใช้เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมเพื่อหาว่าการใช้งานในช่องสัญญาณใดที่มีความหนาแน่น และแก้ไขโดยการเปลี่ยนช่องสัญญาณไปใช้ในช่องสัญญาณอื่น

3.2 โปรแกรมประยุกต์สำหรับอ่านค่าจากเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมและอุปกรณ์แอร์วิว

แอร์วิว คือ ชื่อทางการค้าของเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบยูเอสบีพัฒนาโดยบริษัท Ubiquiti Networks โดยชื่อทางการค้านี้มีสินค้าหลายตัว ประกอบด้วย แอร์วิว2, แอร์วิว2-EXT, แอร์วิว9, แอร์วิว9-EXT ซึ่งแต่ละโมเดลจะมีความสามารถที่แตกต่างกันไป

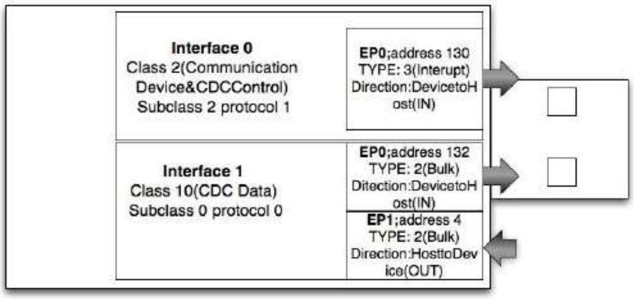
อุปกรณ์วิเคราะห์สเปคตรัมแบบพกพาที่มีขายตามท้องตลาดมักจะขายพร้อมกับโปรแกรมประยุกต์ ซึ่งโปรแกรมประยุกต์เหล่านี้ควรจะสามารถแสดงผลได้อย่างน้อยหนึ่งรูปแบบ เช่นการแสดงผลเป็นกราฟระหว่างกำลังสัญญาณ (โดยมีความเข้มเป็น dBm หรือหน่วยอื่นๆ) กับ แกนความถี่(มีหน่วยเป็น MHz, GHz)เป็นต้น

3.2.1 รายละเอียดอุปกรณ์วิเคราะห์สเปคตรัม แอร์วิว

แอร์วิว ที่งานนี้เลือกใช้นั้นเป็นรุ่นที่เรียกวา แอร์วิว2 สามารถอ่านค่าความถี่ในช่วง 2.399-2.485 GHz ซึ่งครอบคลุมการใช้งาน Wi-Fi, บลูทูธ, คลื่นไมโครเวฟ และอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้งานในช่วงความถี่นี้ โดยอุปกรณ์แอร์วิวจะรับค่าสัญญาณวิทยุรอบตัวและส่งค่าสัญญาณเหล่านั้นออกมา

ผ่านการเชื่อมต่อแบบยูเอสบี โดยจะมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ทำงานได้บนคอมพิวเตอร์เพื่ออ่านค่า และแสดงผลการวิเคราะห์แบบต่างๆออกทางหน้าจอ

แอร์วิว 2 รองรับคำสั่งได้ 4 คำสั่ง ซึ่งการสั่งคำสั่งเหล่านี้ผู้ใช้สามารถทำได้โดยเขียนคำสั่งลง Buffer ของ Serial Device โดยตรง และค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์สามารถอ่านจาก Buffer โดยตรงเช่นกัน



รูปที่ 1 โครงสร้างลักษณะการเชื่อมต่อของแอร์วิว2

แต่เนื่องด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ไม่รองรับการสื่อสารแบบ Serial ทำให้ในการพัฒนาระบบนี้ต้องเขียนหรืออ่านคำสั่งผ่านทาง End Point (EP) ของยูเอสบีโดยผ่านทางโครงสร้างของ Interface และ EP ภายในอุปกรณ์แอร์วิว 2 ดังแสดงในรูปที่ 1

Interface 0 ใช้สำหรับระบบปฏิบัติการเพื่อควบคุมอุปกรณ์และควบคุมการเชื่อมต่อเท่านั้น EP ของ Interface นี้โดยไม่ได้ส่งค่ากลับมาที่ผู้ใช้สามารถอ่านได้

Interface 1 มี 2 EP ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อชนิด Bulk ดังนี้

- EP0 (Address 132) สำหรับส่งค่าจากอุปกรณ์แอร์วิว 2 ไปยังอุปกรณ์ที่เป็นโฮสต์
- EP1 (Address 4) สำหรับรับค่าจากอุปกรณ์ที่เป็นโฮสต์

เมื่อต้องการเขียนค่าลงไปยังอุปกรณ์(เขียนคำสั่ง) จะใช้คำสั่ง bulktransfer ของ Android Usb API ไปยัง End Point Address 4 (Interface 1 EP 1) และเมื่อต้องการรับค่าจากอุปกรณ์จะใช้คำสั่ง bulktransfer ไปรับค่ามาจาก End Point Address 132 (Interface 1 EP 0)

4. รายละเอียดการพัฒนา

ผู้พัฒนาใช้ภาษา Java ในการเขียนโปรแกรม บน Eclipse และเลือกพัฒนาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เวอร์ชัน 3.0 เนื่องจากระบบปฏิบัติการเวอร์ชันนี้รองรับการเชื่อมต่อกับยูเอสบี ในงานวิจัยนี้ใช้แทปเลท Acer Iconia Tab A500 [5] ในการทดสอบ

4.1 ภาพรวมของระบบ

เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมที่พัฒนานั้น ต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์สเปคตรัมแบบพื้นฐาน และเพิ่มความสามารถมาจากการใช้งานเดิมบนคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถดังนี้

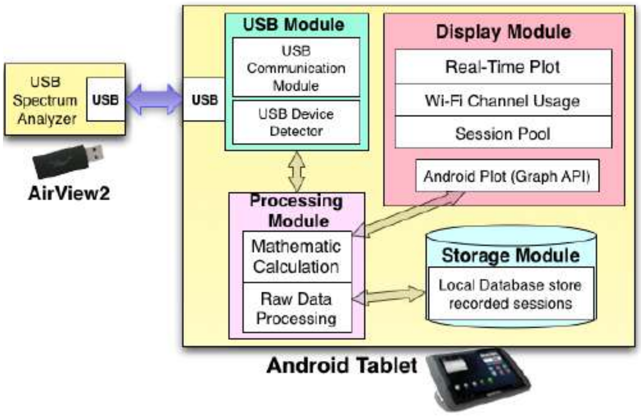
- สามารถแสดงผลค่าความถี่ที่อ่านมาจากอุปกรณ์แอร์วิว2 แบบพื้นฐาน (กราฟความเข้ม-ความถี่) ได้อย่างถูกต้อง
- สามารถแสดงการใช้งาน Wi-Fiในแต่ละช่องสัญญาณได้ เพื่อใช้ในวิเคราะห์แก้ไขปัญหาช่องสัญญาณหนาแน่น
- เมื่อผู้ใช้ต้องการบันทึกข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์เครือข่าย ผู้ใช้ต้องสามารถบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลได้ และสามารถเรียกข้อมูลที่บันทึกไว้ออกมาแสดงผลเพื่อการวิเคราะห์ในภายหลังได้

รูปที่ 2 ภาพรวมของระบบ

จากการพัฒนาทำให้เราได้เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบพกพาในราคาประหยัด มีคุณสมบัติการใช้งานที่เพิ่มมาจากการใช้กับโปรแกรมสำเร็จรูปที่มาพร้อมกับอุปกรณ์แอร์วิวสามารถประยุกต์ใช้งานหลากหลายดังรูปที่ 2

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

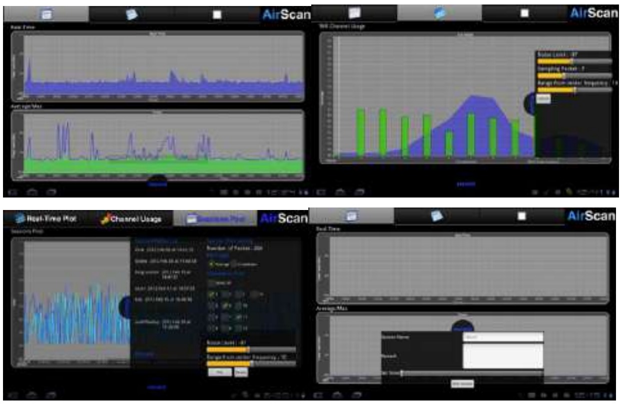
ผู้พัฒนาได้แบ่งการพัฒนาโปรแกรมเป็นหลายโมดูล เพื่อความสะดวกในการแก้ไขภายหลัง รูปที่ 3 แสดงแผนภาพแบบบล็อกของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ภายในแต่ละโมดูลมีความรับผิดชอบ ในการทำงานหลักๆ ดังนี้



รูปที่ 3 แผนภาพแบบบล็อกของโปรแกรมที่พัฒนา

USB Module เป็นส่วนการติดต่อกับอุปกรณ์วิเคราะห์สเปคตรัมแบบยูเอสบี จะทำงานเบื้องหลัง คอยตรวจจับการเชื่อมต่อและติดต่อกับ EndPoint ของแอร์วิว2 คอยรับค่าจากอุปกรณ์และส่งต่อให้ Processing Module

Display Module เป็นส่วนแสดงผลภาพกราฟฟิคให้ผู้ใช้งานแสดงผลหลักๆผ่าน 3rd Party Library Graph API ที่ชื่อว่า Android Plot ซึ่งเป็น Open Source Software มีการแสดงผลหลักๆสามแบบคือ Real-Time, Wi-Fi Channel Usage และ Session Pool หน้าแสดงผลแบบแรกจะแสดงผลค่าสัญญาณแบบตามเวลาจริง แสดงเป็นความเข้มของสัญญาณเทียบกับช่วงความถี่ หน้าแสดงผลแบบ Wi-Fi Channel Usage จะแสดงความหนาแน่นของการใช้งานช่องสัญญาณ Wi-Fi ในแต่ละช่อง และสุดท้ายหน้า Session Pool ไว้สำหรับแสดงผลสัญญาณที่ผู้ใช้ได้ทำการบันทึกไว้เทียบกับแกนเวลา ตัวอย่างการแสดงผลแสดงไว้ในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างการแสดงผลของโปรแกรมด้วย Android Plot

Processing Module เป็นโมดูลสำหรับการคำนวณค่าต่างภายในโปรแกรม เช่น รับค่าที่ได้มาจากโมดูลยูเอสบี แล้วส่งต่อให้โมดูลแสดงผล หรือทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์ต่างๆก่อนที่จะออกมาแสดงผลเป็นกราฟวิเคราะห์

Storage Module เป็นส่วนในการจัดเก็บข้อมูลที่ผู้ใช้บันทึกโดยใช้ MySQL เก็บเป็นฐานข้อมูล และสามารถ Export ฐานข้อมูลนี้ไปยังคอมพิวเตอร์ในรูปแบบไฟล์นามสกุล .db เพื่อการวิเคราะห์ภายหลังได้

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

4.3.1 ข้อจำกัดของฮาร์ดแวร์

แทปเลทที่นำมาใช้ต้องมีพอร์ตการเชื่อมต่อแบบ USB โดยไม่จำกัดว่าเป็นประเภทใด หากเป็น micro-USB หรือ mini-USB ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้โดยผ่านทางสาย Usb on-the-go cable ได้เช่นกัน สำหรับ Acer Iconia Tab A500 ที่เลือกใช้นั้นมีช่องการเชื่อมต่อแบบยูอสบีแบบเต็มอยู่แล้ว ทำให้ไม่ต้องใช้สายในการเชื่อมต่อ

4.3.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้

เพื่อให้โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ยูเอสบีได้ ทำให้ระบบนี้ต้องการแทปเลทที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เป็นเวอร์ชัน 3.0 (Honeycomb) เป็นต้นไป ระบบปฏิบัติการเวอร์ชั่นนี้มี API สำหรับการเชื่อมต่อแบบยูเอสบีมาให้ผู้พัฒนาได้ใช้โดยผู้พัฒนาไม่ต้องทำการเพิ่มระดับการเข้าถึง (Root access) เครื่อง ซึ่งวิธีดังกล่าวไม่ถูกรองรับอย่างเป็นทางการจาก Google นั่นเอง

5. การทดสอบการใช้งาน

ผู้พัฒนาแบ่งการทดสอบเป็นสองส่วนคือการทดสอบความเร็วในการรับค่าสัญญาณ กับการทดสอบการแสดงผลเทียบกับโปรแกรมประยุกต์เดิม

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

การทดสอบในส่วนนี้ จะแบ่งออกเป็น 3 สถานการณ์ โดยในแต่ละสถานการณ์ทำการทดลองด้วยการเปิดการเชื่อมต่อแบบ Ad-hoc ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาสองเครื่อง เครื่องที่ทำหน้าที่เป็นโฮสต์จะปล่อยคลื่นสัญญาณในช่องสัญญาณที่ 1, 6 และ 11 และใช้โปรแกรม iperf ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับทดสอบ Bandwidth ของระบบเครือข่ายในการสร้างการจราจรทางเครือข่ายระหว่างเครื่องทั้งสอง เพื่อให้สามารถเห็นการใช้งานช่องสัญญาณนั้นได้อย่างชัดเจน และเปรียบเทียบการแสดงผลของทั้งสองโปรแกรม

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

5.2.1 การทดสอบความเร็วในการอ่านค่าสัญญาณ

ทำการทดสอบอัตราการอ่านค่าสัญญาณมีหน่วยเป็นจำนวน Sample ต่อหน่วยเวลาเป็นวินาที ทำการทดสอบโดยนับจำนวนSample ทั้งหมดในเวลา 10 นาที ผลลัพธ์แสดงไว้ในตารางที่ 1

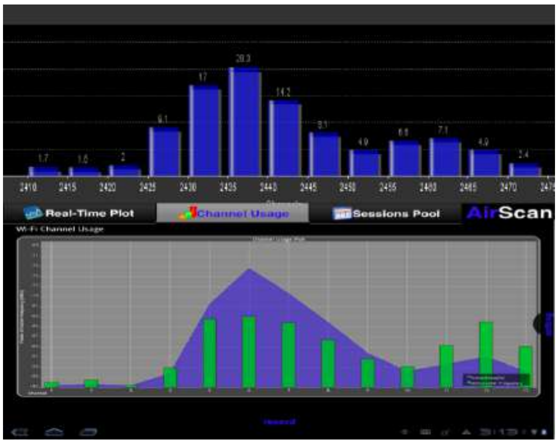
ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบความเร็วในอ่านข้อมูล

อัตราการอ่านข้อมูลในอุดมคติ (Sample/sec)	อัตราการอ่านข้อมูลของโปรแกรมเดิม (Sample/sec)	อัตราการอ่านข้อมูลของโปรแกรม AirScan ที่พัฒนาขึ้น (Sample/sec)
7.3	3.6	1.5

5.2.2 การทดสอบวิเคราะห์การใช้งานช่องสัญญาณ Wi-Fi

เป็นการทดสอบโดยการแบ่งเป็น 3 สถานการณ์คือ โดยใช้ช่องสัญญาณ 1, 6 และ 11 โดยมีผลการทดสอบดังรูปที่ 5 (a) – (c) ตามลำดับ

(a)



(b)

(c)

รูปที่ 5 กราฟการวิเคราะห์การใช้ช่องสัญญาณ Wi-Fi ระหว่างโปรแกรมประยุกต์เดิม (บน) กับโปรแกรม AirScan (ล่าง) เมื่อปล่อยสัญญาณใน (a) ช่องสัญญาณ 1 (b) ช่องสัญญาณ 6 (c) ช่องสัญญาณ 11

5.2.3 สรุปผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

จากการทดสอบโปรแกรมตามวิธีการศึกษาข้างต้น พบว่าโปรแกรมสามารถแสดงผลค่าที่อ่านออกมาจากอุปกรณ์แอร์วิว 2 ในรูปแบบต่างๆได้ใกล้เคียงกับโปรแกรมประยุกต์เดิมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ กราฟแสดงผลออกมาได้ถูกต้องตามจุดประสงค์ ผู้ใช้สามารถใช้วิเคราะห์การใช้งานช่องสัญญาณ Wi-Fi ได้จริง และมีความสามารถเพิ่มมาจากโปรแกรมประยุกต์เดิมคือ ผู้ใช้สามารถปรับค่าต่างๆก่อนการแสดงผลได้ และโปรแกรมยังสามารถบันทึกข้อมูลที่รับมา และแสดงผลออกมาอีกครั้งในรูปแบบแกนเวลาในหน้าต่าง Session Pool ได้อย่างถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็นแบบค่าเฉลี่ยหรือแบบความหนาแน่นก็ตาม

มีข้อสังเกตที่น่าสนใจคือความถี่ในการรับข้อมูลจากอุปกรณ์แอร์วิว 2 นั้นไม่คงที่ ทั้งๆที่ตามคุณลักษณะของแอร์วิว 2 นั้นมีอัตราการอ่านอยู่ที่ 7.1 ครั้งต่อวินาที แต่ในการใช้งานจริงพบว่าข้อมูลนั้นมีการอ่านได้อย่างไม่ต่อเนื่อง เฉลี่ย 1.5 ครั้งต่อวินาที ซึ่งน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ตามคุณลักษณะ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปัจจัยหลายอย่าง เช่นความเร็วในการประมวลผลของอุปกรณ์แทปเลทเอง จำนวนโปรแกรมที่ผู้ใช้เปิดใช้งานในขณะนั้นๆ ข้อจำกัดของ Android USB API ที่ไม่สามารถสร้างการเชื่อมต่อแบบ Serial ได้ ทำให้อัตราการอ่าน Packet ออกมาไม่สม่ำเสมอ (ขึ้นอยู่กับทรัพยากรที่แทปเลทจัดสรรให้กับการเชื่อมต่ออุปกรณ์) และมีค่าที่น้อยกว่าโปรแกรมประยุกต์บนคอมพิวเตอร์นั่นเอง

6. บทสรุป

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบพกพาโดยใช้แทปเลทระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบยูเอสบีที่ชื่อว่าแอร์วิว2 จุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้งานคลื่นวิทยุในย่าน 2.4 GHz โดยระบบนี้เพิ่มความสะดวกในการพกพาและประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบสำเร็จรูป ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลค่าสัญญาณวิทยุในช่วง 2.4 GHz ได้อย่างถูกต้อง และสามารถนำไปวิเคราะห์การแบ่งช่องสัญญาณของ Wi-Fi ได้จริง นอกจากนั้นยังมีฟังก์ชันการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นจากโปรแกรมประยุกต์เดิม เช่น การบันทึกค่าสัญญาณลงฐานข้อมูล หรือตัวแปรต่างๆที่ผู้ใช้สามารถปรับแต่งได้ก่อนการแสดงผล เป็นต้น

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

ในปัจจุบันระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วิเคราะห์สเปคตรัมได้เพียงชนิดเดียวคือ แอร์วิว 2 เท่านั้น แนวทางในการพัฒนาต่อทำได้โดยปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถเชื่อมต่อได้กับเครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมแบบพกพามากกว่าหนึ่งชนิด ทำให้ได้เครื่องวิเคราะห์สเปคตรัมที่ครอบคลุมการใช้งานในช่วงความถี่กว้างขึ้น อาจจะเริ่มด้วยการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แอร์วิวในรุ่นอื่นๆก่อนเพื่อความสะดวกในการพัฒนา เนื่องจากอุปกรณ์แอร์วิวแต่ละชนิดจะมีลักษณะการของการส่งข้อมูลที่คล้ายกัน เช่น แอร์วิว 9 ที่สามารถอ่านค่าคลื่นวิทยุในช่วง 900 MHz หรือ แอร์วิว5 ที่อ่านค่าคลื่นวิทยุในช่วง 5 GHz เป็นต้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth. สืบค้น 27 มีนาคม พ.ศ. 2555

[2] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://en.wikipedia.org/wiki/Zigbee. สืบค้น 27 มีนาคม พ.ศ. 2555

[3] Agilent [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก http://www.home.agilent.com/agilent. สืบค้น 27 มีนาคม พ.ศ. 2555

[4] P. Vary, U. Heute, A short-time spectrum analyzer with polyphase-network and DFT, Signal Processing, Volume 2, Issue 1, January 1980, Pages 55-65.

[5] Acer [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก http://acer.us/ac/en/US/content/iconia-tab-a500 สืบค้น 27 มีนาคม พ.ศ. 2555

ระบบแสดงสมรรถนะของรถยนต์ผ่านโครงข่ายไร้สาย

Car Performance Monitoring System through Wireless Network

คูน บุตราช[1] นลิน สีดาห้าว[2] อภิฌาน กาญจนวาปสถิตย์[3]

[1] บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530

[3] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง อุดรธานี 41000

khoon@technicprachin.ac.th, nalin@mut.ac.th, apichank@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบแสดงสมรรถนะของรถยนต์ผ่านโครงข่ายไร้สาย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งคำสั่งร้องขอข้อมูลเซนเซอร์ที่สำคัญของรถยนต์ เช่น รอบเครื่องยนต์ ความเร็วรถยนต์ ผ่านเครื่องโอบีดีทูสแกนเนอร์เข้าไปยังอีซียูของรถยนต์ จากนั้นส่งข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับคืนมาจากอีซียูไปแสดงผลยังเครื่องเซอร์เวอร์ที่ติดตั้งโปรแกรมแลบวิวเพื่อแสดงผลในรูปแบบกราฟิก ระบบนี้ทำให้สามารถดูข้อมูลสมรรถนะจากรถยนต์ที่กำลังวิ่งในลักษณะเวลาจริงได้ จึงเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานในการแข่งขันรถยนต์ที่ต้องการทราบสมรรถนะของรถยนต์ตลอดเวลาในขณะแข่งขัน

Abstract

This paper presents the design of a system to monitor car performance via GPRS. In the system, a microcontroller is used to receive important sensor data (e.g. engine RPM and vehicle speed) from ECU through ODBII scanner. Then the obtained data are sent through GPRS to display at a server installed LabView to display the car performance in the form of graphics. Since the proposed system could display the performance of a running car in real-time, it therefore can apply to monitor performance of a racing car of which the mechanical engineer need to know the performance of the racing car for the whole competition.

คำสำคัญ

แลบวิว; อีซียู; โอบีดีทู

1. บทนำ

รถยนต์ในปัจจุบันมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ประกอบต่างๆในรถยนต์ เรียกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ดังกล่าวว่า อีซียู (Electronic Control Unit: ECU) ซึ่งเป็นระบบสมองกลฝังตัวที่ภายในประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ที่ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่รับมาจากเซนเซอร์ชนิดต่างๆที่ติดตั้งไว้ในรถยนต์แล้วส่งค่าการประมวลผลกลับไปควบคุมระบบต่างๆของรถยนต์ เช่น ระบบการสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและการจุดระเบิด ระบบวาล์วแปรผัน ระบบระบายความร้อน ระบบเบรคเอบีเอส รวมถึงระบบกันขโมย

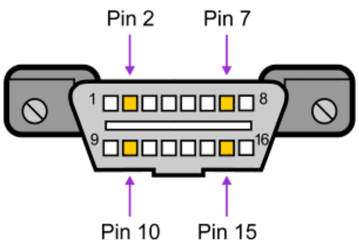
เนื่องจากอีซียูทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ชนิดต่างๆที่ติดตั้งภายในรถยนต์ จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานการสื่อสารเพื่อเข้าถึงข้อมูลเซนเซอร์ของระบบต่างๆ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วต่อช่างเทคนิคในการวิเคราะห์หาเหตุเสียต่างๆที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ มาตรฐานดังกล่าวเรียกว่า โอบีดี (On Board Diagnostics: OBD) ปัจจุบันรถยนต์ส่วนใหญ่จะสนับสนุนมาตรฐานโอบีดีทู (OBD-II) และในการอ่านค่าจากเซนเซอร์ระบบต่างๆนั้นจะต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่องสแกนเนอร์ ซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อเข้าไปยังพอร์ตของโอบีดีทูเพื่อรับส่งข้อมูลต่อเข้าไปยังอีซียู ในปัจจุบันเครื่องสแกนเนอร์จะมีทั้งแบบสแตนอโลน (Stand alone OBD-II scanner) ที่

สามารถอ่านค่าเซนเซอร์และแสดงผลได้ในตัวเอง และเครื่องสแกนเนอร์ที่ต้องอาศัยโปรแกรมที่ติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC-based OBD-II scanner)

งานวิจัยที่นำเสนอในบทความ [1] มีความคล้ายกับงานวิจัยที่นำเสนอในบทความนี้ หากแต่ในบทความดังกล่าวเป็นการออกแบบระบบที่ส่งข้อมูลเฉพาะกรณีที่อีซียูตรวจพบปัญหาจากเซนเซอร์ต่างๆและประยุกต์ใช้กับระบบการจราจรอัจฉริยะ ส่วนบทความนี้เป็นการออกแบบระบบแสดงผลสมรรถนะของรถยนต์โดยการอ่านข้อมูลต่างๆที่สำคัญพร้อมทั้งปัญหาจากเซนเซอร์ที่ตรวจพบจากพอร์ตโอบีดีทูผ่านเครื่องสแกนเนอร์ จากนั้นส่งข้อมูลที่อ่านได้ผ่านโครงข่าย GPRS เพื่อไปแสดงผลยังเครื่องเซอร์เวอร์โดยใช้โปรแกรม LabView ช่วยในการแสดงผลในลักษณะกราฟิก ระบบที่นำเสนอนี้จึงสามารถนำไปประยุกต์กับการแข่งขันรถยนต์ในสนามแข่งขันเพื่อให้ทีมช่างสามารถวิเคราะห์สมรรถนะและปัญหาของรถแข่งในขณะที่รถกำลังวิ่งเพื่อเตรียมการในการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นและข้อมูลยังสามารถเก็บไว้ใช้ในการวิเคราะห์หลังจบการแข่งขัน

2. โอบีดีทู

โอบีดีทู (On-Board Diagnostics Generation II) เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นร่วมกันระหว่าง SAE (Society of Automotive Engineers) และ ISO (International Standard Organization) โดยกำหนดมาตรฐานวิธีการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางดิจิตอลระหว่างอีซียูที่ติดตั้งบนรถยนต์กับเครื่องสแกนข้อมูล มีผลบังคับใช้กับรถยนต์ที่จำหน่ายในอเมริกาตั้งแต่รุ่นปี 1996 ข้อมูลที่อ่านจากโอบีดีทูจะบอกให้ทราบถึงสถานะของส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเครื่องยนต์เกือบทั้งหมด ส่วนที่เป็นประโยชน์มากสำหรับผู้ใช้รถยนต์หรือช่างเทคนิคก็คือ การอ่านรหัสผิดพลาดที่อีซียูได้บันทึกไว้ และเตือนให้ผู้ขับขี่ทราบผ่านทางไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ (Check Engine Light) หรือ ใช้สำหรับอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ต่างๆแบบเวลาจริง



รูปที่ 1 ตำแหน่งขาของโอบีดีทูคอนเนคเตอร์

จากรูปที่ 1 จะบอกถึงตำแหน่งขาของโอบีดีทู ซึ่งมีทั้งหมด 16 ขา แต่จะใช้งานจริงเพียง 9 ขา โดยขาที่ 16 เป็นไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ ขาที่ 4 และ 5 เป็นกราวด์ ส่วนขาอื่นๆจะบอกถึงโพรโทคอลสื่อสารที่ใช้งานสำหรับรถยนต์คันนั้นๆ โดยสามารถดูได้จากตารางที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากโรงงานผู้ผลิตรถยนต์จะกำหนดรูปแบบการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตโอบีดีทูที่แตกต่างกันตามรุ่นของรถยนต์จึงจำเป็นที่อุปกรณ์สแกนเนอร์จะต้องกำหนดความเร็ว รูปแบบและวิธีในการรับส่งข้อมูลให้สอดคล้องกับโพรโทคอลที่รถยนต์รุ่นนั้นๆใช้ สำหรับรถยนต์รุ่นเก่าๆที่มีพอร์ตโอบีดีทูโดยเฉพาะที่มาจากญี่ปุ่นจะใช้โพรโทคอล ISO 9141-2 แต่รถยนต์รุ่นใหม่ๆทีได้ผลิตออกมาในระยะหลังส่วนใหญ่จะกำหนดให้ใช้โพรโทคอล ISO15765 หรือแคน (CAN: Controller Area network) แคนเองก็มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ สำหรับตารางที่ 2 จะแสดงความเร็วในการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตโอบีดีทูของแต่ละโพรโทคอลที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 ตำแหน่งขาคอนเนคเตอร์ตามชนิดโพรโทคอล

ขา 2	ขา 6	ขา 7	ขา 10	ขา 14	ขา 15	โพรโทคอล
มี	-	-	มี	-	-	J1850 PWM
มี	-	-	-	-	-	J1850 VPW
-	-	มี	-	-	อาจมี	ISO9141/14230
-	มี	-	-	มี	-	ISO15765(CAN)

ตารางที่ 2 ความเร็วการส่งข้อมูลของแต่ละโพรโทคอล

โปรโตคอล	ความเร็วการสื่อสาร
SAE J1850 PWM	41.6 Kbaud
SAE J1850 VPW	10.4 Kbaud
ISO 9141-2	10.4 Kbaud
ISO 14230-4 KWP(slow)	5 baud init, 10.4 kbaud

ISO 14230-4 KWP(fast)	fast init, 10.4 kbaud
ISO 15765-4 CAN-11	500 Kbaud
ISO 15765-4 CAN-29	500 Kbaud
ISO 15765-4 CAN-11	250 Kbaud
ISO 15765-4 CAN-29	250 Kbaud

2.1 P-CODE หรือ OBDII-PIDs

P-CODE หรือ OBDII-PIDs เป็นรหัสสำหรับการร้องขอข้อมูลจากรถยนต์ผ่านเครื่องสแกนเนอร์เข้าไปยังโอบีดีทูคอนเนคเตอร์ SEA ได้กำหนดเป็นมาตรฐานที่เรียกว่า SAE J1979 ซึ่งประกอบด้วย โมดการทำงานของโอบีดีทู รหัส PID และจำนวนไบต์ข้อมูลในแต่ละรหัสที่ส่งกลับมา ตัวอย่างของโมด เช่น โมดที่ 1 ใช้สำหรับแสดงข้อมูลปัจจุบัน โมดที่ 2 ใช้แสดงข้อมูลช่วงเวลาที่รถยนต์เกิดข้อบกพร่อง สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้เฉพาะโมดที่ 1 เท่านั้น ซึ่งตัวอย่างการอ่านค่ารอบเครื่องยนต์และความเร็วของรถยนต์ได้แสดงดังตารางที่ 3

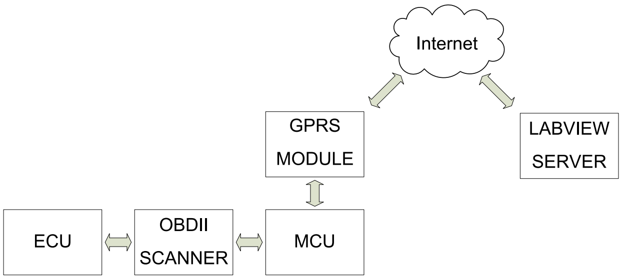
ตารางที่ 3 ตัวอย่าง P-CODE หรือ OBDII-PIDs สำหรับการอ่านข้อมูลในโมดที่ 1

โมด (hex)	PID (hex)	จำนวนไบต์ที่ส่งกลับ	รายละเอียด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	หน่วย
01	0C	2	รอบเครื่องยนต์	0	16,383.75	rpm
01	0D	1	ความเร็วรถยนต์	0	255	km/h

3. รายละเอียดการพัฒนา

3.1 ภาพรวมของระบบ

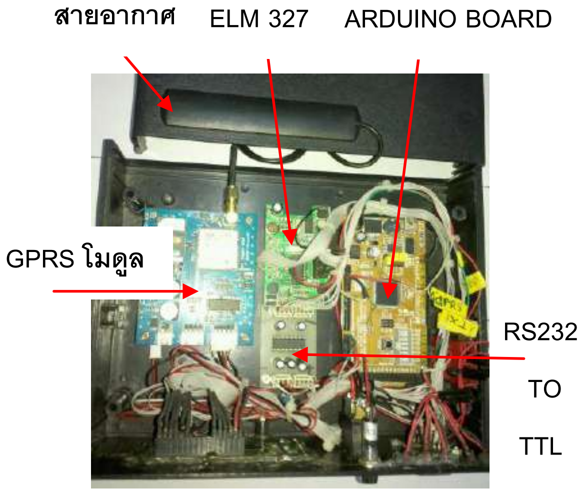
การส่งข้อมูลสมรรถนะของรถยนต์ผ่านโครงข่ายไร้สายนั้นมีภาพรวมการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นหัวใจหลักในการทำงานของระบบในการทำหน้าที่ร้องขอค่าสมรรถนะต่างๆของรถยนต์จากอีซียูผ่านเครื่องสแกนเนอร์ จากนั้นเมื่อได้รับค่าสมรรถนะตอบกลับมาไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่าต่อไปยังโมดูล GPRS เพื่อส่งผ่านระบบอินเทอร์เน็ตไปแสดงผลยังเครื่องเซอร์เวอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม LabView [2]



รูปที่ 2 ภาพรวมการทำงานของระบบ

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนา

ส่วนของเครื่องสแกนเนอร์ใช้โมดูล ELM327 [3] รุ่น 1.3a ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลคำสั่งการร้องขอข้อมูลจากเครื่องไมโครคอนโทรเลอร์เป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านเข้าไปยังพอร์ตโอบีดีทู ในการติดต่อจากไมโครคอนโทรเลอร์ไปยัง ELM327 นั้นจะติดต่อผ่านการใช้คำสั่ง AT COMMAND สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเลือกใช้ AVR เบอร์ ATMEGA 2560 ซึ่งได้ติดตั้ง Boot loader ของ Arduino ซึ่งจะช่วยในการพัฒนาโปรแกรมให้สะดวกมากยิ่งขึ้น [4] ในส่วนโมดูล GPRS นั้นเลือกใช้โมดูลของ Sagem M2M รุ่น Hi-Lo ส่วนเครื่องเซอร์เวอร์ทำการติดตั้งโปรแกรม LabView เวอร์ชั่น 8.6 เพื่อทำหน้าที่รับข้อมูลที่ส่งมาจากโมดูล GPRS แล้วจึงนำไปแสดงผลในรูปแบบกราฟิก ภาพจริงของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการพัฒนาแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพจริงของอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้นมา

3.3 การกำหนดรูปแบบเฟรมข้อมูล

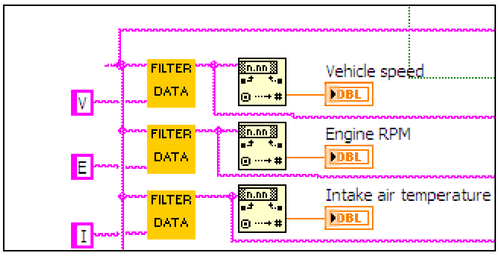
ข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ไมโครคอนโทรเลอร์ร้องขอมาจากอีซียูจะอยู่ในรูปแบบของเลขฐานสิบหกซึ่งจะต้องนำมาคำนวณให้อยู่ในรูปแบบของค่าที่เป็นเลขฐานสิบแล้วจึงส่งต่อไปยังโมดูล GPRS ในรูปแบบของรหัสแอสกี (ASCII Code) ในการส่งข้อมูลไปแสดงยังโปรแกรม Labview จะต้องมีการกำหนดรูปแบบของเฟรมข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่คำนวณได้แต่ละค่าในรูปแบบของรหัสแอสกีจะนำหน้าด้วยส่วนอักขระ ID มีขนาด 1 ไบต์ที่ใช้ระบุค่าจากเซนเซอร์แต่ละค่าออกจากกัน ตัวอย่างของโค้ดที่ใช้ในการส่งค่าไปยังโมดูล GPRS แสดงในรูปที่ 5 ซึ่งเป็นการส่งค่าความเร็วของรถยนต์และกำหนดส่วน ID ด้วยอักขระ “V” เมื่อเฟรมข้อมูลเดินทางถึงเครื่องเซอร์เวอร์ โปรแกรม LabView จะทำการตรวจสอบหาอักขระ ID ที่นำหน้าค่าแต่ละค่าแล้วจึงนำค่าที่สกัดออกมาไปแสดงผลในลักษณะกราฟิก ตัวอย่างโค้ดของ Labview ที่ใช้สกัดค่าแต่ละค่าออกมาแสดงในรูปที่ 6

ID1 1byte	ค่าที่คำนวณได้ ค่าที่ 1	ID2 1byte	ค่าที่คำนวณได้ ค่าที่ 2	……	IDn 1byte	ค่าที่คำนวณได้ ค่าที่ n

รูปที่ 4 รูปแบบเฟรมข้อมูลที่ส่งไปยังเครื่องเซอร์เวอร์

```
void loop(){
char str[STRLEN];
get_pid(VEHICLE_SPEED, str, &tempLong);
V1=tempLong;
GPRS.print("V");
GPRS.print(V1);
}
```

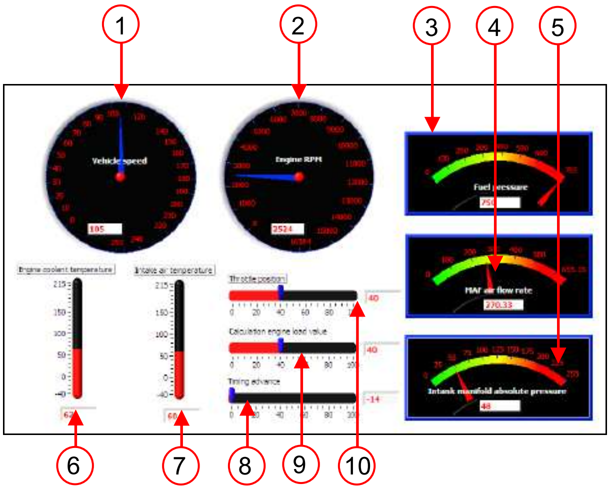
รูปที่ 5 โค้ดสำหรับส่งค่าความเร็วของรถยนต์



รูปที่ 6 โค้ดโปรแกรม LabVIEW ในการสกัดข้อมูล

3.4 การออกแบบหน้าจอแสดงผล

การออกแบบหน้าจอเพื่อแสดงผลค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์นั้นเลือกใช้โปรแกรม Labview จากบริษัทเนชั่นแนลอินสทรูเม้นส์ที่ใช้การเขียนโปรแกรมในลักษณะรูปภาพกราฟิก (Graphical programming) และมีการต่อสายส่งค่าข้อมูลคล้ายกับการวาดรูปทำให้เข้าใจได้ง่ายและลดเวลาในการออกแบบได้มาก อีกทั้งโปรแกรม Labview ยังมีรูปกราฟิกที่สวยงามให้เลือกใช้หลายรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับนำมาแสดงผลในงานวิจัยนี้ รูปที่ 7 แสดงหน้าจอของการแสดงผลซึ่งจะเห็นว่าได้ใช้เกจ์แบบวงกลมในส่วนของความเร็วของรถยนต์และรอบเครื่องยนต์ ส่วนค่าอื่นๆก็ได้เลือกรูปกราฟิกเพื่อให้สะดวกต่อการอ่านค่าและมีความสวยงามในการแสดงผล



รูปที่ 7 หน้าจอแสดงผลค่าสมรรถนะต่างๆ

4. การทดสอบการใช้งาน

4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

เพื่อเปรียบเทียบความเร็วของการอ่านข้อมูลจากแต่ละโพรโทคอล ผู้วิจัยจึงได้ทดสอบระบบที่ออกแบบกับรถยนต์ Honda รุ่น Civic Dimension ปี 2003 ที่ใช้โพรโทคอล ISO 9141-2 และรถยนต์ TOYOTA รุ่น VIOS ปี 2011 ที่ใช้โพรโทคอล ISO 15765-4 CAN-11 โดยได้มีการเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์จำนวน 10 ข้อมูลเพื่อแสดงสมรรถนะของรถยนต์ข้อมูลมีดังต่อไปนี้

1) ความเร็วรถยนต์ (Vehicle Speed)

2) รอบเครื่องยนต์ (Engine RPM)

3) สถานะระบบน้ำมัน (Fuel System Status)

4) อัตราการไหลของอากาศผ่านท่อไอดี (Air Flow Rate)

5) แรงดันในท่อไอดี (Intake Manifold Pressure)

6) อุณหภูมิหม้อน้ำ (Coolant Temperature)

7) อุณหภูมิในท่อไอดี (Intake Air Temperature)

8) องศาการจุดระเบิด (Timing Advance)

9) การคำนวณภาระที่เครื่องยนต์ (Calculated Load Value)

10) ค่าลิ้นเร่งหรือคันเร่ง (Absolute Throttle Position)

4.2 วิธีการทดสอบ

ทำการส่งคำสั่งจากไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อร้องขอข้อมูลไปที่อีซียูและรอรับข้อมูลที่ตอบกลับมาจนได้ข้อมูลครบทั้ง 10 ค่าแล้วบันทึกค่าเวลาที่ใช้ต่อรอบเอาไว้ จากนั้นทำซ้ำจนครบ 100 ครั้งแล้วนำเวลาในแต่ละรอบมาหาค่าเฉลี่ย (หมายเหตุ การทดลองนี้ไม่ได้ทำการส่งข้อมูลผ่าน GPRS)

4.3 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4 เป็นผลการคำนวณหาเวลาเฉลี่ยของการได้ข้อมูลครบทั้ง 10 ค่า ซึ่งจะเห็นว่าโพรโทคอล ISO 15765-4 (CAN-11) ให้ค่าเวลาเฉลี่ยน้อยกว่าโพรโทคอล ISO 9141-2 ประมาณห้าเท่า สอดคล้องกับข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 2 ที่แสดงว่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลของโพรโทคอล ISO 15765-4 (CAN-11) มีความเร็วมากกว่า จึงอาจสรุปได้ว่าในการนำระบบที่ออกแบบไปใช้งานจริง ค่าที่นำไปแสดงผลควรเป็นแบบเวลาจริง ยิ่งการนำไปใช้กับการแข่งขันรถยนต์ที่มีความเร็วสูง ความรวดเร็วของระบบจึงต้องสูงตามไปด้วย ดังนั้นโพรโทคอลที่ให้ค่าเฉลี่ยของเวลาในการได้รับข้อมูลต่ำที่สุดจะมีความเหมาะสมในการนำไปใช้มากที่สุด

ตารางที่ 4 เวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลครบทั้ง 10 ข้อมูลของแต่ละโพรโทคอล

ชนิดของโพรโทคอล	ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้
โพรโทคอล ISO 15765-4 (CAN-11)	325 ms
โพรโทคอล ISO 9141-2	1674 ms

5. บทสรุปและงานวิจัยในอนาคต

บทความนี้ได้ออกแบบระบบแสดงสมรรถนะของรถยนต์ผ่านโครงข่ายไร้สาย ซึ่งจะมีประโยชน์มากกับการนำไปประยุกต์ใช้กับการแข่งขันรถยนต์ในสนามแข่งขัน แต่การรับส่งข้อมูลไปแสดงผลควรจะต้องใช้เวลาให้น้อยที่สุดเนื่องจากรถยนต์ที่แข่งขันจะใช้ความเร็วสูง ดังนั้น จะต้องเลือกใช้โพรโทคอลที่มีความเร็วของการรับส่งข้อมูลที่สูงที่สุด เช่น โพรโทคอล ISO 15765-4 ซึ่งมีใช้ในรถยนต์รุ่นใหม่ๆ และใช้การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายไร้สายที่ความเร็วสูง เช่น โครงข่าย 3G

สำหรับงานวิจัยที่จะทำต่อไปในอนาคตนั้นจะเพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหาการหลุดของสัญญาณให้สามารถเชื่อมต่อสัญญาณกลับได้อย่างรวดเร็วและสร้างระบบสำรองข้อมูลภายในชุดที่พัฒนาขึ้นในกรณีที่มีการหลุดหรือการแฮ็งค์ของ GPRS โมดูล อีกทั้งยังเพิ่มการแสดงแผนที่เพื่อแสดงตำแหน่งของรถยนต์ในขณะแข่งขันจริง จึงต้องเพิ่มโมดูล GPS เข้าไปกับระบบเพื่อให้ส่งตำแหน่งของรถยนต์ไปพร้อมกับค่าเซนเซอร์ที่ได้รับจากอีซียู

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ คุณอำนาจ ประจงและคุณไชยยันต์ ชนะพรมมาที่ช่วยชี้แนะในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่ น้องและภรรยาของข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุนในการศึกษาและให้กำลังใจเสมอมา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Chin E.Lin et. Al. “Real-Time Remote Onboard Diagnostics Using Embedded GPRS Surveillance Technology” IEEE Trans. VEHICULAR TECHNOLOGY, Vol. 56, No. 3, May 2007

[2] กิจไพบูลย์ ชีวพันธุศรี, NATIONAL INSTRUMENT Lab VIEW ซอร์ฟแวร์เพื่อการพัฒนาระบบการวัดและควบคุม, กรุงเทพ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2554.

[3] ELM327,[ออนไลน์],เข้าถึงได้จาก: http://www.elmelectronics.com สืบค้น 12 มกราคม พ.ศ. 2555

[4] Jonathan Oxer, Hugh Blemings, Practical Arduino Cool Projects for Open Source Hardware ,US: Apress , Publishing, 2009

การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการวัดความแรงสัญญาณวิทยุแบบไร้สาย

Indoor Positioning Method Using Wireless Signal Strength

นาย สันติ ประทุมเนตร , ดร. มานพ อ้อพิมาย และ ดร.วีระชัย มาลยเวช

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถ. เชื่อมสัมพันธ์ หนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530 โทรศัพท์ 02-588-3655 ต่อ 1113

E-Mail: santi_pratumnate@acushnetgolf.com , manop@mut.ac.th , veeracha@mut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการระบุตำแหน่งภายในอาคารซึ่งสัญญาณจากการระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียม เช่น ระบบจีพีเอส อาจไม่สามารถรับได้ โดยสัญญาณที่นำมาใช้จะได้มาจากระบบไวร์เลสแลน ซึ่งระดับความแรงของสัญญาณวิทยุจะแปรเปลี่ยนไปตามระยะทางระหว่างตัวรับกับตัวส่งสัญญาณ จากสมการคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง จึงได้ทำการออกแบบตัวกรองแบบอันเซ็นเต็ดคาลแมนเพื่อประมาณค่าสถานะของการเคลื่อนที่ ซึ่งผลทั้งการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์และการทดลองจริงภาคสนามแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนี้ทำงานได้เป็นอย่างดีด้วยผลการระบุตำแหน่งที่มีความแม่นยำเพียงพอสำหรับการประยุกต์ใช้งานภายในอาคาร

คำสำคัญ: ตัวกรอง อันเซ็นเต็ด คาลแมน , ความแรงของสัญญาณ , การระบุตำแหน่งภายในอาคาร

Abstract

This article discusses an indoor positioning problem where the signal from GPS (Global Positioning System) may not be available. Instead, the signal from a wireless LAN system is proposed for localization. The signal strength which varies with the distance between transmitter and receiver can be mathematically modeled. Then, an Unscented Kalman Filter is designed to estimate of motion. The results gained from both computer simulation and from field experimentation confirm that the proposed scheme performs well, and the positioning accuracy is indeed sufficient for many indoor applications.

Keywords: Unscented Kalman filter , Signal Strength , Indoor positioning

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้งานด้านการระบุตำแหน่งอย่างแพร่หลาย ทั้งในด้านการระบุตำแหน่งบุคคลหรือการระบุตำแหน่งรถยนต์ เครื่องบิน ทางเรือ และ ทางการทหาร ซึ่งเป็นการระบุตำแหน่งภายนอกอาคาร โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า จีพีเอส(ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก) [1] การระบุตำแหน่งภายในอาคารก็มีความจำเป็นเช่นเดียวกันแต่ก็มีข้อจำกัดของสัญญาณวิทยุจากดาวเทียม ไม่สามารถทะลุทะลวงเข้าไปถึงตัวรับสัญญาณได้ จึงมีผลงานวิจัยต่างๆ เพื่อมาแก้ปัญหานี้ โดยใช้วิธีการนำกลุ่มของเซนเซอร์ วางตัวในตำแหน่งพิกัดที่แน่นอนจากนั้นนำหุ่นยนต์ที่ติดตั้งตัวรับสัญญาณวิ่งเข้าไปในพื้นที่เพื่อปฏิบัติภารกิจซึ่งผู้ควบคุมหุ่นยนต์สามารถดูตำแหน่งจากจอภาพระยะไกล [2],[3] ตัวส่งสัญญาณวิทยุที่น่าสนใจและได้นำมาเพื่อการศึกษาวิจัยการระบุตำแหน่งซึ่งใช้หลักการที่คล้ายๆกันคือการนำสัญญาณวิทยุจากคลื่น โทรศัพท์ระบบ Cellular มาใช้เพื่อระบุตำแหน่ง [4],[5] ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อช่วยหาตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือที่อยู่ในพื้นที่ของเสาส่งสัญญาณบริเวณนั้นๆ Radio Frequency Identification (RFID) ก็เป็นอุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณวิทยุเช่นเดียวกันและยังเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้กันแพร่หลายในด้านธุรกิจการค้าหรือ ส่วนใหญ่ใช้ในงานด้านคลังสินค้า อีกทั้งในตัวโปรแกรมที่มีการบันทึกค่าการใช้งาน ข้อมูลภายในโดยเฉพาะค่าความแรงของสัญญาณ จึงมีการนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการระบุตำแหน่งภายในอาคารเช่นกัน [6]

อุปกรณ์ ตัวรับส่ง สัญญาณไวร์เลสแลน หรือ Access point เป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ติดตั้งมากับคอมพิวเตอร์แบบพกพา ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 , IEEE 802.11b/g , IEEE 802.11a , IEEE 802.11n คือมาตรฐานของเครือข่ายไร้สาย หรือจะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Wireless Ethernet [7] มีคุณสมบัติในการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ และเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมีการติดตั้งในตำแหน่งที่แน่นนอนในตัวอาคารสถานที่ต่างๆ อย่างเช่น สนามบิน มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล ใน สถานีรถไฟใต้ดิน ด้วยเหตุนี้อุปกรณ์ ตัวรับส่ง สัญญาณไวร์เลสแลน จึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาวิจัยในการนำมาใช้ในการระบุตำแหน่ง จาก [8] ได้ทำการศึกษาวิจัยการระบุตำแหน่งภายในอาคารซึ่งได้ระบุถึง สัญญาณดาวเทียม ไม่สามารถผ่านเข้าไปในอาคารได้ นอกจากนี้ยังได้มีการนำมาพัฒนาต่อเพื่อใช้ในการนำหุ่นยนต์เพื่อเข้าไปในสถานที่ต่างๆที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปได้เช่นการกู้ภัย ในสถานที่อันตรายหรือสภาพที่เป็นสารเคมีรั่วไหล หรือแม้แต่ การรั่วไหลของรังสีดังผลงานวิจัย [9],[10]

เนื่องจากคุณสมบัติของความแรงสัญญาณตัวรับส่ง สัญญาณไวร์เลสแลนมีคุณสมบัติ ที่เป็นสัญญาณไม่เป็นเชิงเส้น จึงไม่สามารถใช้การประมาณค่าแบบเชิงเส้นได้ ตัวกรอง Unscented Kalman [11] ที่มีคุณสมบัติ การประมาณค่าข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยโดยกลุ่ม Sigma point และ การพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้า มีการวัดสัญญาณเข้ามาเพื่อหาค่า ความผิดพลาด เพื่อนำมาปรับปรุงค่าในการระบุตำแหน่ง จึงถูกนำมาใช้ใน

การศึกษาวิจัยเพื่อให้การทำงานที่สะดวกและแม่นยำ ดังเช่น การใช้งานในการหาตำแหน่งของยานยนต์ไร้คนขับที่ใช้ระบบ GPS ร่วมกับเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ [13][14]

2. ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงสัญญาณวิทยุกับระยะทาง

ในการระบุตำแหน่งที่ใช้ความแรงของสัญญาณนั้นจะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับความแรงของสัญญาณดังสมการที่ 1

$$Pr(d) = Pr_0 - 10n\log(d) + X_\sigma \quad [3],[5] \tag{1}$$

$Pr(d)$ คือ ความแรงของสัญญาณที่วัดได้ที่ระยะทาง d มีหน่วยเป็น dBm

Pr_0 คือ ความแรงของสัญญาณที่ระยะห่างจากตัวส่ง 1 เมตร มีหน่วยเป็น dB

d คือ ระยะทาง มีหน่วยเป็นเมตร

X_σ คือ ค่าสัญญาณรบกวนที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก

n คือ ค่าคงที่การกระจายของสัญญาณ

จากนั้นหาพิกัดตำแหน่งได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2

$$d_1 = \sqrt{(x0 - x1)^2 + (y0 - y1)^2} \tag{2}$$

เมื่อ d_1 คือ ระยะทางระหว่างตัวรับสัญญาณกับตัวส่งสัญญาณ

$x0$ คือ ตำแหน่งพิกัดทางแกน x ของตัวรับสัญญาณ

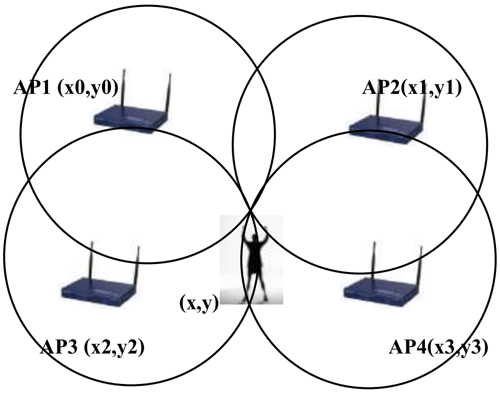
$x1$ คือ ตำแหน่งพิกัดทางแกน x ของตัวส่งสัญญาณตัวที่หนึ่ง

$y0$ คือ ตำแหน่งพิกัดทางแกน y ของตัวรับสัญญาณ

$y1$ คือ ตำแหน่งพิกัดทางแกน y ของตัวส่งสัญญาณตัวที่หนึ่ง

แนวคิดในการนำความแรงสัญญาณมาระบุตำแหน่ง

การระบุตำแหน่งที่ให้การระบุตำแหน่งมีความแม่นยำให้มากที่สุดนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการใช้ตัวส่งสัญญาณอย่างน้อย 3 ตัว แต่ในกรณีนี้ใช้ทั้งหมด 4 ตัว ดังรูปที่ 1 ในการอ้างอิง ซึ่งเป็นหลักการทางคณิตศาสตร์ ในการหาจุดตัดเพื่อให้ได้พิกัดเพียงจุดเดียว ต้องใช้วงกลมอย่างน้อยสามวง



รูปที่ 1 การอ้างอิงตำแหน่งที่ใช้ ตัวส่งสัญญาณความถี่วิทยุ 4 ตัว

เมื่อใช้ตัวส่งสัญญาณวิทยุ 4 ตัวสามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังสมการที่ 3

$$Pr_i(d) = Pr_i - 10n\log(\sqrt{(x0 - xi)^2 + (y0 - yi)^2}) + X_\sigma \tag{3}$$

เมื่อ i คือ ลำดับที่ของตัวส่งสัญญาณวิทยุในกรณีนี้ $i = 1,..,4$

3. ตัวกรองคาลแมนแบบ Unscented Kalman Filter (UKF)

ในปัจจุบัน UKF เป็นที่นิยมใช้มากกว่า Extended Kalman Filter (EKF) เนื่องจาก EKF ใช้การประมาณค่าความเป็นเชิงเส้นในช่วงสั้น ๆ ซึ่ง Simon J.Julier [11] ได้ชี้ข้อบกพร่องของกระบวนการนี้ไว้ว่าหากระบบที่ไม่มีความคงทนต่อสัญญาณรบกวนหรือระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทันทีทันใด การใช้กระบวนการความเป็นเชิงเส้นอาจไม่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ อีกทั้งการหา Jacobian Matrix ของระบบที่ซับซ้อนสูงนั้นยากและเสี่ยงต่อความผิดพลาดในการคำนวณ กระบวนการ Unscented transformation (UT) ดังรูปที่ 2 จึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของกระบวนการประมาณความเป็นเชิงเส้น โดยใช้หลักการของทฤษฎีความน่าจะเป็นของการกระจายตัวรอบค่าเฉลี่ยของระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นหรือที่เรียกว่า "จุดซิกม่า Sigma point" เป็นตัวกำหนดค่าความแปรปรวนร่วมของสัญญาณรบกวนของระบบและค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้าโดยลักษณะของสมการที่ไม่เป็นเชิง

UKF มีสมการพื้นฐาน ไม่เป็นเชิงเส้นดังสมการที่ 4-5

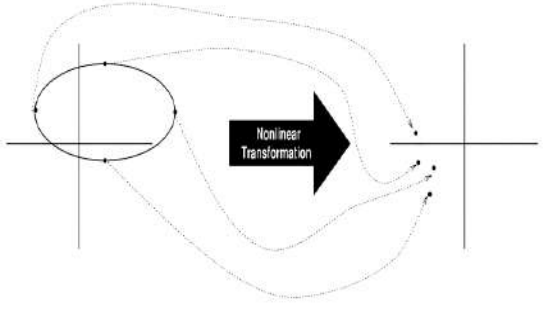
แบบจำลองพลศาสตร์ระบบไม่เป็นเชิงเส้น

$$x_{k+1} = f(x_k, u_k, k) + w_k \ , \ w_k \sim N(0, Q_k) \tag{4}$$

แบบจำลองการวัดไม่เป็นเชิงเส้น

$$y_k = h(x_k, k) + v_k \ , \quad v_k \sim N(0, R_k) \tag{5}$$

โดยที่ w_k และ v_k คือ สัญญาณรบกวน ของพลศาสตร์ระบบ และแบบจำลองการวัด ตามลำดับ คุณสมบัติคือ เป็นตัวแปรสุ่มแบบ Gaussian noise มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวน เท่ากับ Q_k และ R_k ตามลำดับ โดยค่าความแปรปรวนร่วม หาได้จาก $E[w_k \cdot w_k^T] = Q_k$ และ $E[v_k \cdot v_k^T] = R_k$ โดยที่ $E[\cdot]$ เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึงค่าความคาดหวัง



รูปที่ 2 วิธีการแปลงค่าอันเซ็นเต็ด(UT:Unsecented Transformation) Method

กระบวนการต่อมาคำนวณจุดซิกม่าจากค่าประมาณตัวแปรสถานะเริ่มต้น $(\hat{x}_0)$ หากกำหนดให้

$$\mathrm{E}[x_0] = \hat{x}_0 \quad , \quad \mathrm{E}\left[(x_0 - \hat{x}_0)\cdot(x_0 - \hat{x}_0)^T\right] = P_0 \qquad (6)$$

$$\omega^0 = \omega_m{}^0$$

$\omega_m{}^0$ คือ ค่าน้ำหนักรอบค่าเฉลี่ย

คำนวณหาจุดซิกม่า

ค่าเฉลี่ย: $$X_k^0 = \hat{x}_k \qquad (7)$$

จุดซิกม่า:

$$X_k^{(i)} = \hat{x}_k + (-1)^i \left(\sqrt{\frac{n}{1-\omega^{(0)}} P_k}\right)_i \qquad (8)$$

Propagation of Mean and Covariance คือ กระบวนการนำค่าจุดซิกม่าแทนลงในสมการพลศาสตร์ของระบบเพื่อประมาณค่าตัวแปรสถานะต่อไป (t_{k+1}) ของระบบ

$$X_{k+1}^{(i)} = F_k\left(X_k^{(i)}, u_k, k\right), \quad \forall i = 0,1,...2n \qquad (9)$$

$$\hat{x}_{k+1}^- = \sum_{i=0}^{2n} \omega^{(i)} X_{k+1}^{(i)} \qquad (10)$$

$$P_{k+1}^- = \sum_{i=0}^{2n} \omega^{(i)} \left(X_{k+1}^{(i)} - \hat{x}_{k+1}^-\right)\left(X_{k+1}^{(i)} - \hat{x}_{k+1}^-\right)^T + Q_k \qquad (11)$$

Measurement Update คือ กระบวนการปรับปรุงตัวแปรสถานะโดยที่พิจารณาผลของสมการการวัดเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

$$\tilde{y}_{k=1}^{(i)} = H_{k+1}\left(X_{k+1}^{(i)}, k+1\right), \quad \forall i = 0,1,...,2n \qquad (12)$$

$$\hat{y}_{k+1} = \sum_{i=0}^{2n} \omega^{(i)} \tilde{y}_{k+1}^{(i)}; \qquad (13)$$

Measurement covariance คือ ความแปรปรวนร่วมของการวัด

$$\Psi_{k+1} = \sum_{i=0}^{2n} \omega^{(i)} \left(\tilde{y}_{k+1}^{(i)} - \hat{y}_{k+1}\right)\left(\tilde{y}_{k+1}^{(i)} - \hat{y}_{k+1}\right)^T + R_k \qquad (14)$$

Cross covariance คือ ความแปรปรวนร่วมที่คาบเกี่ยวกัน

$$\Phi_{k+1} = \sum_{i=0}^{2n} \omega^{(i)} \left(X_{k+1}^{(i)} - \hat{x}_{k+1}\right)\left(\tilde{y}_{k+1}^{(i)} - \hat{y}_{k+1}\right)^T \qquad (15)$$

Kalman Gain คือ อัตราขยาย คาลแมน

$$K_{k+1} = \Phi_{k+1} \Psi_{k+1}^{-1} \qquad (16)$$

Mean Update คือ ปรับปรุงค่ากลาง

$$\hat{x}_{k+1} = \hat{x}_{k+1}^- + K_{k+1}\left(y_{k+1} - \hat{y}_{k+1}\right) \qquad (17)$$

Covariance Update คือ ปรับปรุงค่าความแปรปรวนร่วม

$$P_{k+1} = P_{k+1}^- - K_{k+1} \Psi_{k+1} K_{k+1}^T \qquad (18)$$

โดยที่ $X_k^{(i)}$ คือ จุดที่แทนการกระจายตัวรอบค่าเฉลี่ย เรียกว่า "Sigma point"

$\left(\sqrt{\frac{n}{1-\omega^{(0)}} P_k}\right)_i$ แทนตำแหน่งแถวที่ i ของกระบวนการหาค่ารากที่สองของเมทริกซ์

$\sqrt{\frac{n}{1-\omega^{(0)}} P_k}$ และ $\omega^{(i)}$ คือ ตัวประกอบค่าน้ำหนักของข้อมูลตำแหน่งที่ i

โดยที่ $\sum_{i=0}^{2n} \omega^{(i)} = 1$

โดยที่ i คือ อันดับของจุดซิกม่า

n เป็นขนาดเมทริกซ์ ของระบบ

4. การออกแบบระบบ

สมการประมาณความไม่เป็นเชิงเส้นของระบบ x_{k+1} และการวัด y_k ตามสมการที่ 19-20

$$x_{k+1} = F_k\left(x_k, u_k, k\right) + w_k \qquad (19)$$

$$y_k = H_k\left(x_k, k\right) + v_k \qquad (20)$$

การออกแบบจำลองพลวัตรของการเคลื่อนที่ของตัวรับสัญญาณ (โดยในการทดลองนี้ใช้การเคลื่อนที่ของมนุษย์) โดยนำข้อมูลพิกัด $(Position : p)$ และความเร็ว $(Velocity : v)$ โดยระบุลงในระบบพิกัดแบบ Cartesian ดังนั้นตัวแปรพลวัตรการเคลื่อนที่ของ มนุษย์ในปริภูมิเวกเตอร์ x มีตามสมการที่ 21

$$x = \begin{bmatrix} p^x & p^y & v^x & v^y \end{bmatrix}^T \qquad (21)$$

กำหนดให้

p^x, p^y คือ ตำแหน่งของมนุษย์ ในแนวแกน x และแกน y

v^x, v^y คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และแกน y

สัญญาณที่ใช้ในการควบคุม u คือ ค่าความเร่ง(Acceleration: a) ของมนุษย์ กำหนดให้ a^x, a^y เป็นเวกตอร์ความเร่งในการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และแกน y ตามสมการที่ 22

$$u = \begin{bmatrix} a^x & a^y \end{bmatrix}^T \qquad (22)$$

เพราะฉะนั้นสมการแบบจำลองพลวัตรการเคลื่อนที่ของมนุษย์ หรือ Process Model ที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง กำหนดลงในปริภูมิเวกเตอร์มีดังนี้

$$x_{k+1} = A_k x_k + B_k u_k + w_k, \qquad \forall k \in \mathrm{Z}^+ \qquad (23)$$

เมื่อ A คือ เมทริกซ์ส่งผ่านค่าตัวแปร(Transition Matrix)

$$A_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & dt & 0 \\ 0 & 1 & 0 & dt \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad (24)$$

B_k คือ เมทริกซ์สัญญาณควบคุม (Control Signal Matrix)

$$B_k = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (25)$$

หลังจากที่ทราบสมการของกระบวนการแล้วสิ่งที่จะต้องทราบอีกคือสมการการวัดของระบบ (Measurement Model) ซึ่งปริมาณของสัญญาณที่ได้นี้จะอยู่ในรูปแบบของความแรงของสัญญาณ RSS (Received Signal strength) ตามสมการที่ 3

ในการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมตัวกรองคาลแมนแบบ(UKF) พารามิเตอร์ Q_k และ R_k จะเป็นตัวที่เราได้จากการคำนวณเพื่อปรับค่าน้ำหนักของข้อมูลที่มาจาก ระบบ และ การวัด

5. การทดลอง และ ผลการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

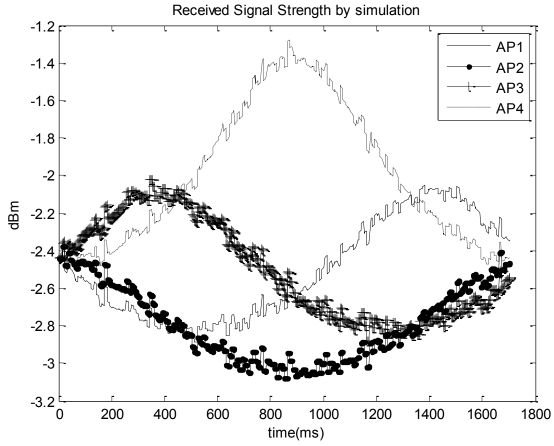
ส่วนแรก คือ การจำลอง ระบบขึ้นมาโดยจำลองเส้นทางเดินของตัวรับสัญญาณให้เป็นวงกลม วางตำแหน่งของตัวส่งสัญญาณความถี่วิทยุทั้งหมด 4 ตัวที่ตำแหน่ง (-10,-10),(10,-10),(10,10),(-10,10) มีหน่วยเป็นเมตรโดยใช้โปรแกรมจำลองระบบ (Simulink) จะได้ความแรงสัญญาณวิทยุที่ได้จากการจำลองดังรูปที่ 4 จากนั้นนำ ตัวกรองอันเซ็นเต็ด คาลแมน มาทำการประมาณค่า จะได้ผลดังรูปที่ 5

ส่วนที่สอง คือ การทดลองโดยใช้อุปกรณ์จริงวางตำแหน่งของตัวส่งสัญญาณความถี่วิทยุทั้งหมด 4 ตัวที่ตำแหน่ง (0,0),(0,40),(14,40),(14,0) มีหน่วยเป็นเมตร ซึ่งเป็นพิกัดของ AP1 ถึง AP4 ตามลำดับ พิกัดดังกล่าวได้จากการกำหนดจุดภายในอาคารโรงงาน จากนั้นทำการเดินวัดความความแรงสัญญาณ จะได้ความแรงสัญญาณวิทยุดังรูปที่ 6 จากพื้นที่จริงที่เข้าไปวัดความแรงที่มีสภาพที่เป็นเครื่องจักรจำนวนจากโดยกำหนดให้ค่าคงที่การกระจาย n = 2.5 จากนั้นนำตัวกรองอันเซ็นเต็ด คาลแมน มาทำการประมาณค่า ปรับเมตริกซ์โควาเรียนการรบกวนของระบบ Q_k และเมตริกซ์โควาเรียนการรบกวนของการวัด R_k

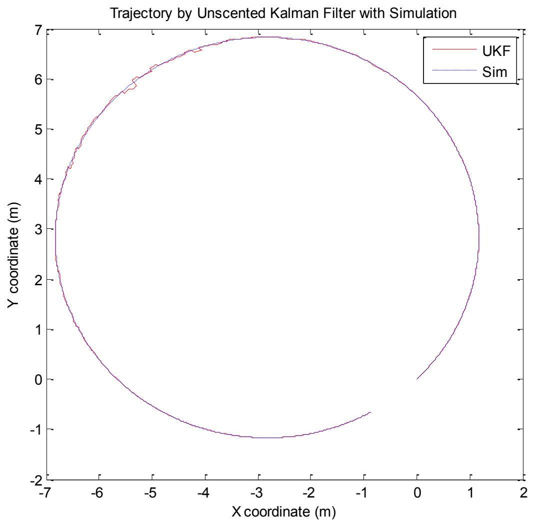
Q_k =[1 0 0 0;0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1]x10^0;

R_k =[0.76555 0 0 0;0 0.15555 0 0;0 0 0.85555 0;0 0 0 0.5555]x10^(2);

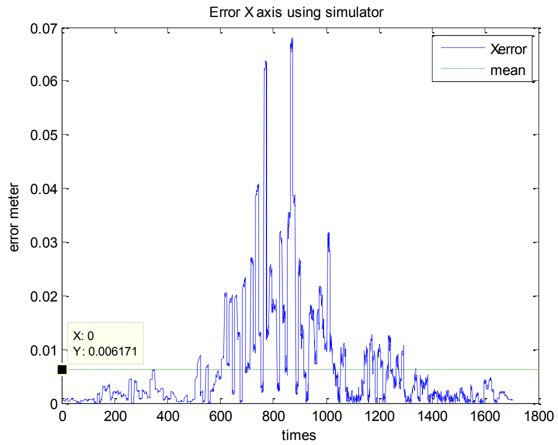
จะได้เส้นทางเดินดังรูปที่ 7



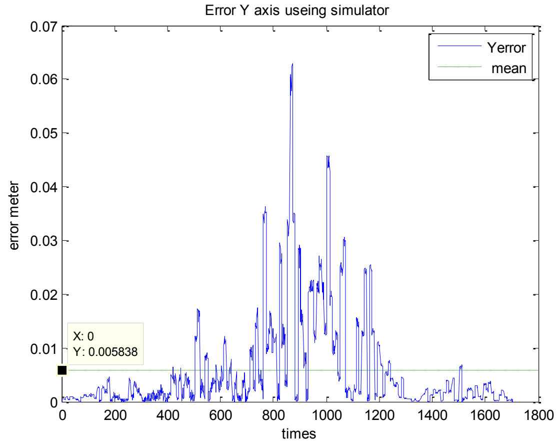
รูปที่ 4 ความแรงสัญญาณวิทยุที่ได้จากการจำลองระบบ



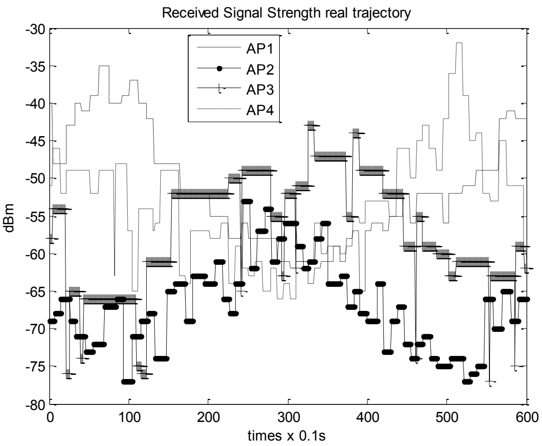
รูปที่ 5 เปรียบเทียบเส้นทางเดินจากการจำลองระบบกับ เส้นทางเดินที่ได้จากการใช้ ตัวกรอง อันเซ็นเต็ด คาลแมน



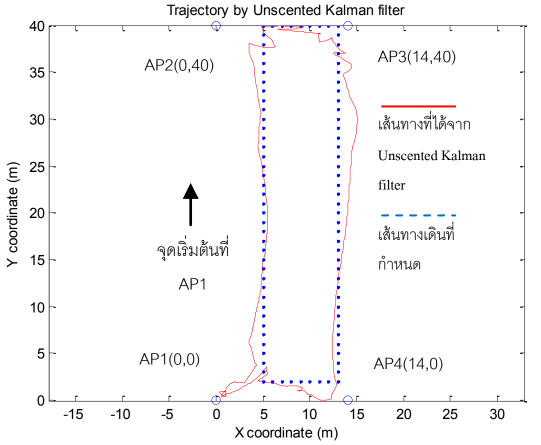
รูปที่ 6 ค่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดแกน X จากการจำลองระบบ



รูปที่ 7 ค่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดแกน Y จากการจำลองระบบ



รูปที่ 8 ความแรงสัญญาณวิทยุที่ได้จากการวัดสัญญาณจริง



รูปที่ 9 เส้นทางเดินที่ได้จากการประมาณค่าด้วยตัวกรอง อันเซ็นเต็ด คาลแมน

6. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลที่ได้เปรียบเทียบระหว่างเส้นทางเดินที่จำลองขึ้นมากับเส้นทางเดินที่ได้จากการประมาณค่าด้วย Unscented Kalman filter มีค่าความคลาดเคลื่อน แสดงดังในรูปที่ 6 มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดทางแกน X เท่ากับ 0.006171 เมตร และ ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดทางแกน Y มีค่าเท่ากับ 0.005838 เมตร ถือว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก ซึ่งแสดงเส้นทางเดินที่ได้ ดังรูปที่ 5 จากการวิเคราะห์กราฟการเปลี่ยนแปลงของความแรงสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามระยะห่างระหว่างตัวรับและตัวส่งอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 4 สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการจำลองเส้นทางเดินสามารถจำกัดให้อยู่ในระดับที่น้อยมากเมื่อเทียบกับสัญญาณที่วัดได้เพราะฉะนั้นจึงทำให้การประมาณค่ามีความถูกต้องซึ่งก็เป็นการยืนยันว่าแนวคิดการนำค่าความแรงสัญญาณมาเพื่อระบุตำแหน่งโดยใช้ Unscented Kalman Filter นั้นสามารถทำได้จริง

จากนั้นทำการทดลองจริงในอาคารโรงงานที่มีเครื่องจักรจำนวนมาก จากรูปที่ 8 เป็นกราฟแสดงความแรงสัญญาณที่วัดได้ของตัวรับส่งสัญญาณไวร์เลสแลนจากพื้นที่จริง รูปสัญญาณมีความไม่เป็นเชิงเส้นและสัญญาณรบกวนที่มากเมื่อเทียบกับสัญญาณวิทยุ เส้นทางเดินที่ได้ดังรูปที่ 9 ถือว่าใกล้เคียงกัน จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้ค่าความแรงสัญญาณวิทยุนั้นสามารถทำได้จริง

เอกสารอ้างอิง

[1] Jules G. McNeff, “The Global Positioning System,” IEEE Transactions on Microwave theory and Techniques, vol. 50, no. 3, March 2002.

[2] Pubudu N. Pathirana, Nirupama Bulusu, Andrey V. Savkin, and Sanjay Jha, “Node Localization Using Mobile Robots in Delay-Tolerant Sensor Networks,” IEEE Transactions On Mobile Computing, vol. 4, No. 3, May/June 2005.

[3] Pubudu N. Pathirana, Adrian N. Bishop, and Andrey V. Savkin, “Localization of Mobile Transmitters by Means of Linear State Estimation Using RSS Measurements,” 2008 10th Intl. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision Hanoi, Vietnam, 17-20 December 2008.

[4] Martin Hellebrandt and Rudolf Mathar, “Localization Tracking of Mobiles in Cellular Radio Networks,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.48, No. 5, September 1999.

[5] Pubudu N. Pathirana, Andrey V. Savkin, and Sanjay Jha, “Location Estimation and Trajectory Prediction for Cellular Networks With Mobile Base Stations,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.53, no. 6, November 2004.

[6] M. Suruz Miah and Wail Gueaieb, “A Stochastic Approach of Mobile Robot Navigation Using Customized RFID Systems,” 2009 International Conference on Signals, Circuits and Systems.

[7] อำนาจ มีมงคล, อรรณพ ขันธิกุล, ออกแบบและติดตั้งระบบ Wireless Lan Second Edition. นนทบุรี : ไอดีซีฯ, 2553.

[8] Hyun-Hun Cho,Rak-Hee and Joon-Goo Park, “Adaptive Parameter Estimation Method for Wireless Location Using RSSI Measurements,” Journal of Electrical Engineering & Technology Vol. 6, No. 6, pp. 883-887, 2011. 883 http://dx.doi.org/10.5370/JEET.2011.6.6.883

[9] M. Ocaña, L. M. Bergasa, M.A. Sotelo, J. Nuevo, and R. Flores, “Indoor Robot Localization System Using WiFi Signal Measure and Minimizing Calibration Effort,” IEEE ISIE 2005, June 20-23, 2005, Dubrovnik, Croatia.

[10] Albert Ko and Henry Y. K. Lau, "Robot Assisted Emergency Search and Rescue System With a Wireless Sensor Network," International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 3, February , 2009.

[11] S.J.Julier and J.K.Uhlmann, "Unscented filtering and nonlinear estimation," Proceeding of the IEEE,vol. 92 no. 3, pp. 401-422 Mar.2004.

[12] Mohinder S. Grewal, Kalman Filtering Theory and Practice Using MATLAB Second Edition. : John Wiley & Sons,Inc 2001.

[13] Veerachai Malyavej, Peerapong Torteeka, Siripong Wongkharn, Theerayod Wiangtong "Pose estimation of unmanned ground vehicle based on dead-reckoning/GPS sensor fusion by unscented Kalman filter", 6th International Conference on Electrical EngineeringElectronics Computer Telecommunications and Information Technology, Chonburee, Thailand, 2009.

[14] Veerachai Malyavej, Peerapong Torteeka "Unmanned ground vehicle localization by dead-reckoning/GPS sensor fusion" ", 7th International Conference on Electrical EngineeringElectronics Computer Telecommunications and Information Technology, Chaing Mai, Thailand, 2010.

รูปถ่าย
2 cm x 2 cm

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายสันติ ประทุมเนตร วศ.บ วิศวกรรมไฟฟ้า ระบบวัดคุม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบัน วิศวกรไฟฟ้า บริษัท แอคูชเน็ท ไทเทิลลิสต์ ประเทศไทย จำกัด

กระบวนการทำดิทเธอร์โดยใช้ชุดพัฒนาการเรียนรู้ดิจิตอลออดิโอ

Dithering using a Digital Audio Learning Kit

พัลลภ พันธุปรีชารัตน์ และ พงษ์ศักดิ์ พร้อมวงศ์
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530
E-mail: panlop@mut.ac.th, pongsack@mut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอถึงการใช้กระบวนการทำดิทเธอร์ (Dithering) เพื่อลดความเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ (Harmonics distortion) ที่เกิดจากความผิดพลาดควอนไตซ์ (Quantization error) สัญญาณที่เกิดขึ้นซ้ำๆที่เพิ่มเข้ามาให้กลายเป็นสัญญาณพื้นหลัง (Background noise) ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนที่มีความถี่แถบกว้าง และไม่เป็นปัญหาสำคัญต่อการรับรู้ของมนุษย์มากนัก โดยสามารถทดลองการใช้งานทางเสียง (Audio) กับชุดทดลองเพื่อการเรียนรู้ทางดิจิตอลออดิโอ (A digital audio learning kit : DALK) และเปรียบเทียบกับการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม LabVIEW ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องและเป็นไปตามทฤษฎีของดิทเธอร์

คำสำคัญ: ดิทเธอร์, ควอนไตซ์, สัญญาณรบกวนพื้นหลัง, DAC, SPDIF

Abstract

In this paper, the dither is introduced in order to ignore the quantization error. Dithering is used in processing of both digital audio and digital video data. Two experiments using the digital audio data format are set for DALK compared with the results from LabVIEW software. The simulation results are shown that by the use of dither signal can reduce the effects of amplitude of quantization noise.

Keywords: ดิทเธอร์, ควอนไตซ์, สัญญาณรบกวนพื้นหลัง, DAC, SPDIF

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้เป็นยุคแห่งการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล สัญญาณทุกแบบสามารถที่จะแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลได้ ผ่านขบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยการทำควอนไตซ์ (Quantization) ได้ แต่จะสร้างปัญหาอื่นขึ้นมาได้ ในปัญหาที่สนใจนั้นจะกล่าวถึงในกรณีที่สัญญาณที่จะนำมาควอนไตซ์ที่มีระดับต่ำๆ เช่น ช่วงหางเสียงของตัวโน้ตดนตรี เมื่อนำมาใช้งานทางด้านออดิโอ (Audio) จะสังเกตได้ถึงความผิดพลาดที่เกิดจากการทำควอนไตซ์ได้ง่าย จากธรรมชาติของการรับรู้ของสมองมนุษย์ที่ให้ความสำคัญกับสิ่งที่เกิดขึ้นแปลกๆ ในตอนต้นๆ แต่ถ้าเหตุการณ์นั้นยังคงเกิดขึ้นต่อเนื่อง ซ้ำๆ และไม่รบกวนจนเกินไป หรือ จะเรียกว่า เป็นสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (Background Noise) ที่มีคุณสมบัติเป็นสัญญาณรบกวนที่มีแถบกว้าง สมองจะลดลำดับความสำคัญในการรับรู้ จนไปถึงระดับไม่ให้ความสนใจ ดังนั้นจึงเกิดขั้นตอนที่จะทำการลดความสำคัญของสัญญาณที่เกิดขึ้นซ้ำๆกันให้กลายเป็นสัญญาณที่สมองให้ความสำคัญในการรับรู้ลดลงนั้น เป็นกระบวนการทำดิทเธอร์ (Dithering)

งานวิจัยนี้จะทำการทดสอบความเข้าใจนี้และสามารถสร้างเป็นการทดลองที่สามารถเข้าใจกระบวนการก่อนหน้านี้ ได้โดยสร้างสัญญาณดิทเธอร์เข้ารวมกับสัญญาณที่เราต้องการก่อน แล้วทำการสังเกตุก่อนและหลังการทำควอนไตซ์ด้วยชุดทดลองเพื่อการเรียนรู้กระบวนการแปลงสัญญาณทางดิจิตอลออดิโอ (A digital audio learning kit: DALK) โดยเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ นำมาเปรียบเทียบกับการจำลองการทำงานกับโปรแกรม LabVIEW

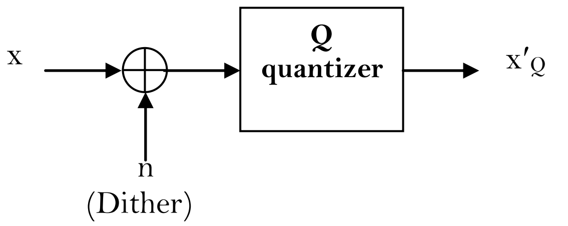
2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

การควอนไตซ์ (Quantization) เป็นกระบวนการแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อนำไปใช้ประมวลผลด้วยอุปกรณ์ประมวลสัญญาณดิจิตอล ความผิดพลาดของสัญญาณที่เกิดจาการทำควอนไตซ์ หรือเรียกว่า ความผิดพลาดควอนไตซ์ (Quantization error) ทำให้เกิดสัญญาณแปลกปลอมเข้ามาที่มีความถี่เป็นจำนวนเท่ากับความถี่เดิม หรือที่เรียกว่า ฮาร์โมนิกส์ (Harmonics) ดังนั้นการทำควอนไตซ์จึงเป็นการสร้างองค์ประกอบทางความถี่ที่ไม่ได้มีอยู่ในสัญญาณอะนาลอก ให้เกิดเป็นองค์ประกอบทางความที่ไม่ต้องการขึ้นมา ที่เรียกว่า ความเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ (Harmonics Distortion) สรุปได้ว่า การทำควอนไตซ์นั้นเป็นสาเหตุของการเกิดความเพี้ยน

มีทฤษฎีที่ชี้ให้เห็นว่า การได้สัญญาณรบกวนชนิดหนึ่งในระดับหนึ่งเข้าไปก่อนการทำควอนไตซ์สามารถลดผลของความผิดเพี้ยนควอนไตซ์ได้ ทำให้องค์ประกอบของสัญญาณฮาร์โมนิกทั้งหลายหายไปได้ ซึ่งสามารถเห็นได้จากสัญญาณที่แปลงกลับแล้ว แต่มีสัญญาณรบกวนพื้นหลังเพิ่มขึ้น แต่ด้วยธรรมชาติของสมองมนุษย์ที่จะไม่สนใจสัญญาณรบกวนพื้นหลังมาก จะสนใจแต่สัญญาณหลัก และองค์ประกอบทางความถี่ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง เช่นในขบวนการผลิตทางด้านการอัดเสียง ดังนั้น จึงมีแนวคิดที่สามารถสร้างการทดลองเพื่อทำความเข้าใจแล้วรู้จักคุณประโยชน์ของขบวนการนี้ในงานต่างๆได้อย่างมีนัยสำคัญ

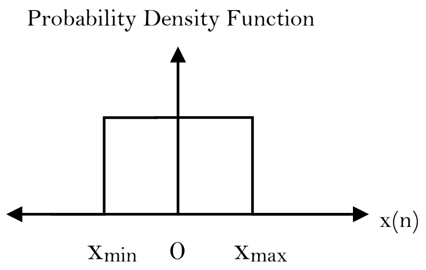
3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ดิทเธอร์ (Dither) คือ กระบวนการเพิ่มสัญญาณรบกวนเพื่อลดความเพี้ยน ซึ่งจะหมายความรวมถึงสัญญาณความถี่อื่นๆ รวมทั้งฮาร์โมนิกส์ที่เพิ่มเข้ามาในสัญญาณเดิมด้วย [1] โดยหลักการคือ การทำให้ฮาร์โมนิกส์ที่เกิดจากการควอนไตซ์เป็นความเพี้ยนที่สามารถรับรู้ได้ง่าย และนำมาปรับให้กลายเป็นสัญญาณพื้นหลังที่สังเกตได้ยาก เพราะแท้ที่จริงแล้วดิทเธอร์คือสัญญาณรบกวนชนิดหนึ่งแต่เป็นสัญญาณรบกวนที่เราต้องการ โดยการเพิ่มกระบวนการการเพิ่มสัญญาณสุ่มเทียม (Pseudo-random noise) เข้าไปก่อนทำการควอนไตซ์ ซึ่งเรียกว่า การทำดิทเธอร์ (Dithering) [2]



รูปที่ 1 การทำดิทเธอร์โดยการเพิ่มสัญญาณสุ่มให้กับสัญญาณก่อนที่จะทำการควอนไตซ์

กระบวนการทำดิทเธอร์นั้น จะเป็นการบวกสัญญาณรบกวน (Noise signal) หรือ ดิทเธอร์ เพิ่มเข้าไปในสัญญาณก่อนที่จะทำการควอนไตซ์ หรือเรียกว่า การทำรีควอนไตซ์ (Requantization) การรบกวนการทำควอนไตซ์นี้จะทำให้รูปแบบของความถี่หรือ ฮาร์โมนิกส์ของความผิดพลาดของการควอนไตซ์มีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นดิทเธอร์จัดเป็นสัญญาณสุ่ม (Random signal) ประเภทหนึ่งโดยในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้เฉพาะดิทเธอร์ที่มีลักษณะเชิงสถิติของการกระจายตัวที่เรียกว่า รูปแบบการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Uniform distribution) ซึ่งเป็นหนึ่งในรูปแบบที่ใช้กันมาก



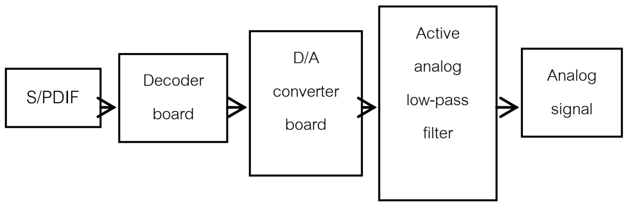
รูปที่ 2 รูปแบบการกระจายตัวของสัญญาณดิทเธอร์แบบยูนิฟอร์ม [1]

4 รายละเอียดชุดพัฒนาเพื่อการเรียนรู้กระบวนการประมวลสัญญาณทางด้านดิจิตอลออดิโอ (A digital audio learning kit: DALK)

ชุดทดลอง DALK [3] เป็นชุดทดลองเพื่อประกอบการเรียนรู้การประมวลสัญญาณทางด้านดิจิตอลออดิโอ ทำให้สามารถเข้าใจพื้นฐานผลิตภัณฑ์ทางด้านดิจิตอลออดิโออื่นๆได้ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของบอร์ดถอดรหัส (Decoder board) และ ส่วนของบอร์ดแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก (Digital to analog board: D/A board)

4.1 หลักการทำงานของชุดทดลอง DALK

หลักการทำงาน คือ สัญญาณดิจิตอลอินพุตที่อยู่ในรูปแบบของ SPDIF (Sony/Phillips digital interconnect format) หรือ S/PDIF (Sony/Philips digital interface) ที่มีความถี่สุ่ม (Sampling frequency) ตั้งแต่ 44.1-192 kHz และต่อมาทำการถอดรหัสด้วยบอร์ดถอดรหัส แล้วส่งสัญญาณที่ได้เพื่อทำการแปลงเป็นสัญญาณอะนาลอกด้วยบอร์ดแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก ขนาด 16-24 บิต แล้วผ่านวงจรกรองแถบความถี่ต่ำผ่าน (Active analog low-pass filter) จากนั้นส่งออกภาคเอาต์พุตเพื่อทำการขยายสัญญาณต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมของชุดทดลอง DALK

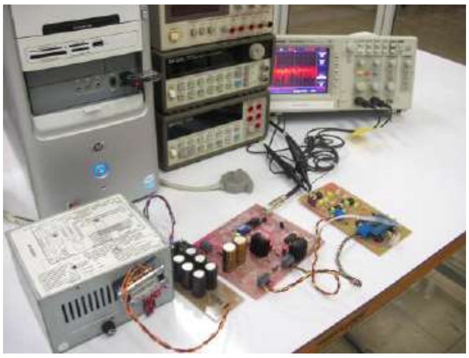
5 วิธีและตัวอย่างการทดลอง

5.1 วิธีการทดลองสำหรับโปรแกรม LabVIEW

ทำการสร้างสัญญาณไซน์ความถี่ 1 kHz ขนาดตามต้องการ โดยใช้ความถี่สุ่ม 44.1kHz และ 11.025 kHz โดยทำดิทเธอร์ที่มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม ในส่วนการใช้โปรแกรม LabVIEW นั้นอ้างอิงวิธีการเขียนโปรแกรมโดยละเอียด ใน [1]

5.2 วิธีการทดลองสำหรับชุดทดลอง DALK

สร้างสัญญาณไซน์ที่มีความถี่ 1 kHz และขนาดตามต้องการ นำมารวมกับสัญญาณรบกวนสีชมพู (Pink noise) ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีแถบความถี่เสียงเท่ากันทุกความถี่ ซึ่งมีย่านความถี่เสียงอยู่ที่ 20- 20kHz แล้วทำการแปลงเป็นไฟล์ดิจิตอลตามความถี่สุ่มที่กำหนดคือ 44.1k และ 11.025kHz ด้วยความละเอียด 16 บิท โดยสร้างจากโปรแกรมสำเร็จรูป แล้วนำสัญญาณที่ได้มาทำการ playback ผ่านทางช่อง SPDIF แล้วผ่านไปชุดทดลอง DALK ทำการวัดโดยออสซิลสโคปในโหมด FFT ดังรูปที่ 4

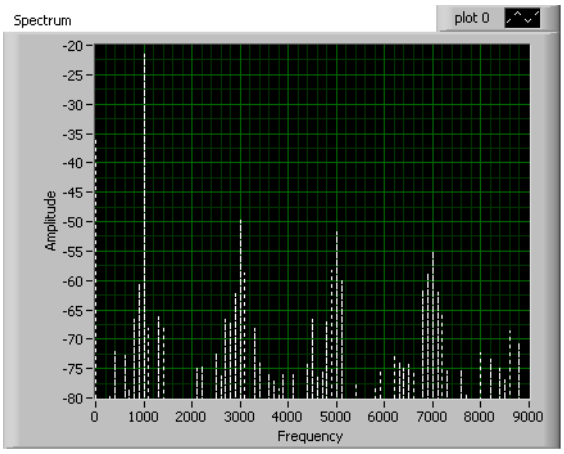


รูปที่ 4 การใช้งานบอร์ดทดลอง DALK

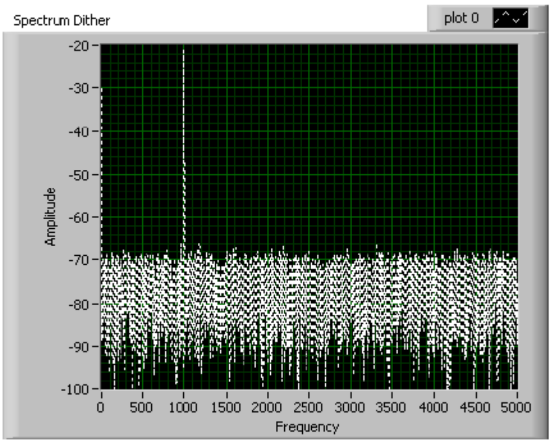
6 ผลการทดลอง

6.1 ผลการทดลองจากโปรแกรม LabVIEW

ดังรูปที่ 5 ผลที่ได้จากการเลือกใช้ความถี่สุ่ม 44.1kHz สำหรับการสร้างสัญญาณไซน์ที่ไม่สมบูรณ์ โดยจะมีองค์ประกอบของฮาร์โมนิคคี่ปะปนอยู่ และต่อมาเมื่อทำการเพิ่มสัญญาณดิทเธอร์เข้าไป จะแสดงผลที่ได้ดังรูปที่ 6 พบว่า สัญญาณไซน์ที่ได้ไม่มีองค์ประกอบของฮาร์โมนิคคี่อยู่ แต่ปรากฏสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (Background noise) ที่ระดับ -70dB และสำหรับการทดลองที่ความถี่สุ่ม 11.025kHz จะได้ผลการทดลองสอดคล้องกัน ดังรูปที่ 7 และ 8



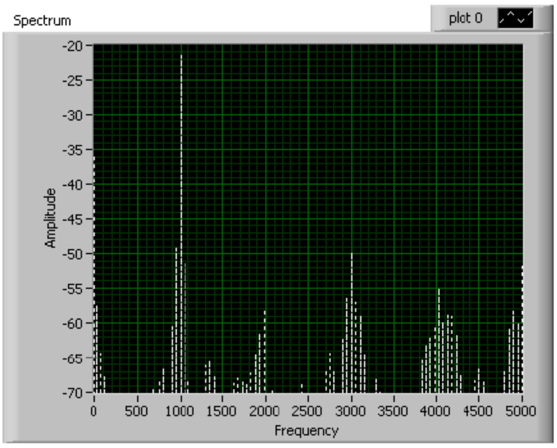
รูปที่ 5 สัญญาณที่ความถี่ 1 kHz ด้วยความถี่สุ่ม 44.1kHz



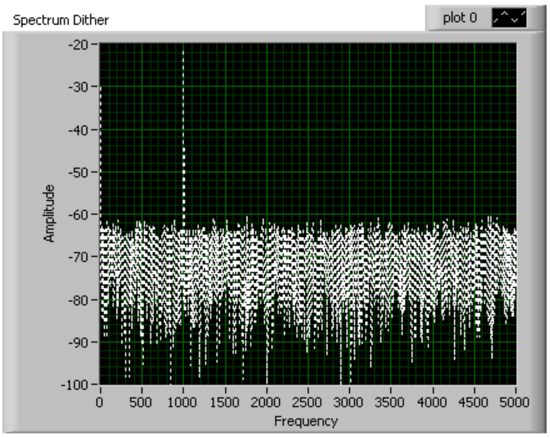
รูปที่ 6 สัญญาณที่ความถี่ 1 kHz ด้วยความถี่สุ่ม 44.1kHz รวมกับสัญญาณดิทเธอร์ -18dB

6.2 ผลการทดลองจากชุดทดลอง DALK

ดังรูปที่ 9 พบว่า การสร้างสัญญาณที่ความถี่สุ่ม 44.1kHz สำโดยจะมีทั้งองค์ประกอบของฮาร์โมนิคคู่และคี่ปะปนกัน เมื่อเพิ่มสัญญาณดิทเธอร์เข้าไป จะได้ผลดังรูปที่ 10 พบว่า สัญญาณรบกวนพื้นหลังที่ได้ มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ไม่มีผลขององค์ประกอบของฮาร์โมนิคคู่และคี่ปรากฏ และสำหรับการทดลองที่ความถี่สุ่ม 11.025kHz จะได้ผลการทดลองสอดคล้องกัน ดังรูปที่ 11 และ 12



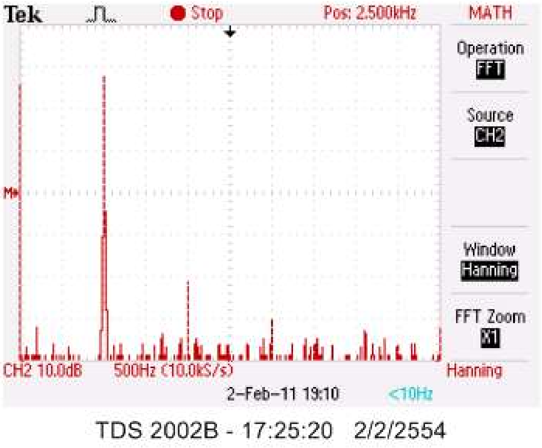
รูปที่ 7 สัญญาณที่ความถี่ 1 kHz ด้วยความถี่สุ่ม 11.025kHz



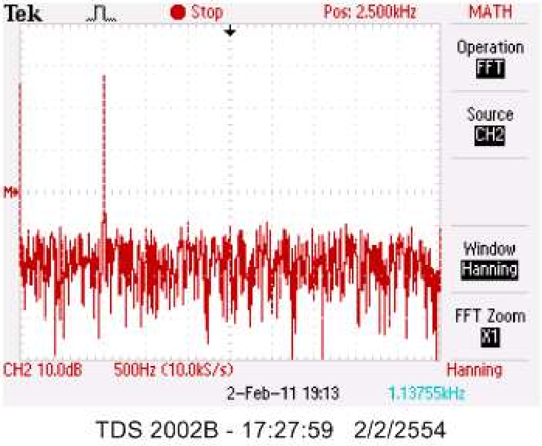
รูปที่ 8 สัญญาณที่ความถี่ 1 kHz ด้วยความถี่สุ่ม 11.025 kHz รวมกับสัญญาณดิทเธอร์ -18dB

7 สรุปผลการทดลอง

การทำดิทเธอร์นั้น คือการเพิ่มสัญญาณสุ่มก่อนทำการควอนไตซ์สัญญาณ เพื่อลดโอกาสการเกิดฮาร์โมนิค ซึ่งเป็นที่มาของความเพี้ยนของสัญญาณ แต่สัญญาณรบกวนพื้นหลังที่ได้กลับมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่ว่าสัญญาณรบกวนพื้นหลังที่เพิ่มขึ้นมานั้นไม่ได้จัดเป็นความเพี้ยนของสัญญาณที่ต้องการ ซึ่งผลการทดลองที่ได้ทั้งโปรแกรม LabVIEW และการทดลองด้วยชุดทดลอง DALK นั้นให้ผลสอดคล้องและเป็นไปตามทฤษฎีของดิทเธอร์



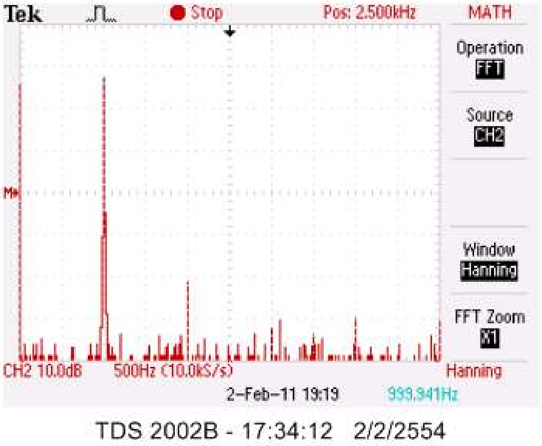
รูปที่ 9 สัญญาณที่ความถี่ 1 kHz 16 บิทด้วยความถี่สุ่ม 44.1kHz



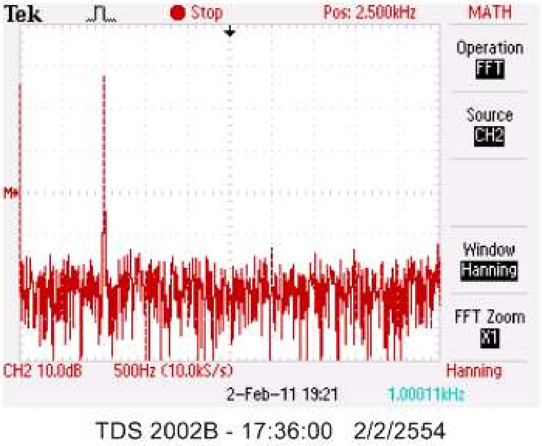
รูปที่ 10 สัญญาณที่ความถี่ 1 kHz 16 บิท ด้วยความถี่สุ่ม 44.1kHz รวมกับสัญญาณดิทเธอร์ -18dB

8 กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร.พีระพล ยุวภูษิตานนท์ และ ดร.สุชาดา สิทธิ์จงสถาพร ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครจากการสนทนาในกิจกรรมของภาควิชาฯ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของงานวิจัยครั้งนี้



รูปที่ 11 สัญญาณที่ความถี่ 1 kHz 16 บิทด้วยความถี่สุ่ม 11.025kHz



รูปที่ 12 สัญญาณที่ความถี่ 1 kHz 16 บิทด้วยความถี่สุ่ม 11.025kHz รวมกับสัญญาณดิทเธอร์ -18dB

เอกสารอ้างอิง

[1] พีระพล ยุวภูษิตานนท์, “ไขความลับของดิทเธอร์ด้วย LabVIEW”, วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 349, หน้า110-119, ตุลาคม 2553.

[2] L. Schuchman, “Dither Signals and Their Effect on Quantization Noise”, *IEEE Trans. on Comm. Tech.*, vol. 12, no. 4, pp. 162-165, Dec. 1964.

[3] พัลลภ พันธุปรีชารัตน์, พงษ์ศักดิ์ พร้อมวงค์ และ ประจวบ ปวรางกูร “ชุดพัฒนาการเรียนรู้ดิจิตอลออดิโอ”, ECTI-CARD ’ 2011, pp. 36-41, พ.ค. 2554.

การออกแบบและสร้างต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับระบบเฝ้าระวังและควบคุม

Design and Implementation of a Prototype Wireless Sensor Network for Monitoring and Control

อภิสิทธิ์ นำชัยชนะกิจ อภิลักษณ์ เพ็งจันทร์ และ กสิน วิเชียรชม

วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซ.ฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 E-mail: kvkasin@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการออกแบบและการสร้างโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายด้วยเทคโนโลยีซิกบี โคร่งข่ายประกอบด้วย Gateway ที่พัฒนาบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 และเซ็นเซอร์โหนดกระจายครอบคลุมบริเวณที่กำหนด แต่ละโหนดทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ และความชื้น ตามระยะเวลาที่กำหนด ส่งไปยังคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์กลาง ซึ่งทำงานด้วยซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประมวลผลข้อมูล สร้างฐานข้อมูล และ แสดงผลข้อมูลผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในลักษณะเรียลไทม์ โครงข่ายดังกล่าวได้ถูกทดสอบทั้งในลักษณะการเก็บข้อมูลในระบบเปิดและระบบปิด พบว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้

คำสำคัญ: ซิกบี, ระบบเฝ้าระวังและควบคุม, โครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

Abstract

This paper describes the design and implementation of wireless sensor network (WSN) using Zigbee technology. The network is composed of a gateway and sensor nodes distributed over the designated area. Each node collects the environmental data such as temperature and humidity and periodically sends it to the gateway via the Zigbee compliant wireless link. In this design, the X-Bee modules and the Arm-7 based cortex-m3 development board are used as the Zigbee transceiver for the sensor nodes and the gateway respectively. The client/server system using a PC as a server and gateways as clients has been developed. The server receives and stores the data from each gateway using MySQL database management. The system allows one to monitor each sensor node and in some cases to control switches attached to the node using its interactive GUI. In addition, all the collected data and system status can be viewed over the internet through the system webpage. The system was tested under both open and closed environments. It performs as designed. This prototype system is suitable for applications such as the environmental monitoring and control system.

Keywords: Zigbee, Monitoring and Control System, Wireless Sensor Network

1. บทนำ

ปัจจุบัน การศึกษาและวิจัย ทางด้านวิทยาศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านการเกษตร มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการจัดเก็บและบันทึกข้อมูลที่สนใจ เป็นช่วงระยะเวลานานติดต่อกัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ประมวลผล ลักษณะของระบบดังกล่าวโดยทั่วไปจะประกอบด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับปริมาณที่สนใจ อุปกรณ์บันทึกข้อมูล และ แหล่งจ่ายพลังงาน เรียกรวมกันว่า โหนด จำนวนของโหนดจะสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่ที่ศึกษา หากต้องครอบคลุมเป็นบริเวณกว้างและปริมาณที่สนใจมีความแตกต่างกันมากในแต่ละตำแหน่ง จำนวนโหนดอาจมีมากกว่า 1000 โหนดได้ ข้อมูลที่ได้จากแต่ละโหนดจะถูกรวบรวมเพื่อนำมาวิเคราะห์และประมวลผลต่อไป

จากที่กล่าวมานี้พบว่าระบบโครงข่ายที่ใช้โปรโตคอลซิกบี ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 มีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานในลักษณะนี้ เนื่องจากโครงข่ายที่มีการเชื่อมแบบไร้สาย เมื่อเชื่อมต่อด้วย โทโปโลยี่ (topology) ที่เหมาะสมจะทำให้สามารถรวบรวมข้อมูลจากแต่ละโหนดเข้าสู่ส่วนประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถทำได้ในลักษณะเรียลไทม์ โปรโตคอลซิกบียังได้ถูกออกแบบให้มีความซับซ้อนต่ำและมีระบบการทำงานที่ประหยัดพลังงานส่งผลให้อุปกรณ์ประมวลผลและอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้กินกำลังไฟฟ้าต่ำ จึงเหมาะกับเครือข่ายขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่กว้างและใช้จำนวนโหนดสูง ในบทความนี้จะได้นำเสนอการออกแบบระบบโครงข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สายด้วยอุปกรณ์ซิกบี สำหรับการใช้งานทางวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อต่อไปจะเป็นข้อมูลพื้นฐานของ ซิกบี จากนั้นจะเป็นรายละเอียดของการออกแบบระบบ ผลการทดสอบระบบต้นแบบ และ ท้ายที่สุดเป็นการสรุปผลการออกแบบและทดสอบระบบต้นแบบ

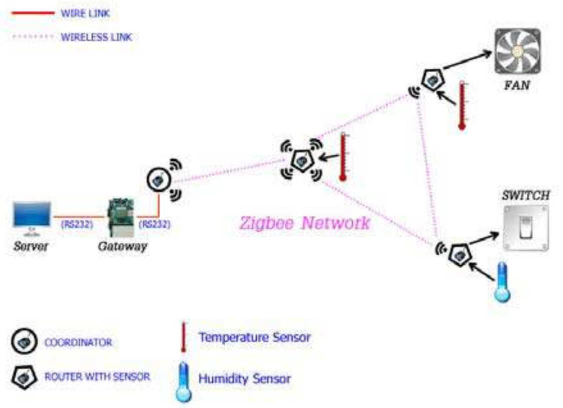
2. โครงข่ายซิกบี

ซิกบี เป็นโปรโตคอลสำหรับ การส่งข้อมูลที่มีความเร็วต่ำ, ระยะสั้น แบบไร้สาย มีความถี่พาห์ให้เลือกใช้ 3 ความถี่ คือ 868 MHz, 915MHz และ 2.4GHz มีความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 250 Kbps รูปแบบเครือข่ายไร้สาย (topology) ของ ซิกบี มีอยู่ 3 แบบคือ star, tree และ mesh แต่ละรูปแบบจะมีความสามารถในการรับ-ส่งข้อมูลได้แตกต่างกัน การเลือกใช้งานจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และลักษณะของข้อมูลที่ทำการรับส่ง[1]

สำหรับในงานวิจัยนี้เลือกใช้อุปกรณ์ที่ทำงานในช่วงความถี่ 2.4 GHz รุ่น X-Bee Series2 ของบริษัท Digi [2] และใช้รูปแบบเครือข่ายแบบ mesh

3. ระบบต้นแบบ

ระบบการทำงานของระบบต้นแบบ แสดงดังรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นเครือข่ายแบบ mesh แสดงโหนดเพียง 4 โหนด จากจำนวนโหนดสูงสุดที่รองรับได้ในทางทฤษฎี 65,536 โหนด [1][2] แต่ละโหนดจะมีเซ็นเซอร์วัดปริมาณที่สนใจและสามารถต่ออุปกรณ์ควบคุมแบบปิด-เปิด (on-off control device) โดยทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 Cortex-M3 ซึ่งทำหน้าที่เป็น Gateway เชื่อมต่อกับหน่วยประมวลผลระบบหรือเซิร์ฟเวอร์ ผ่านทางพอร์ต RS-232 โดยเซิร์ฟเวอร์ของระบบต้นแบบนั้นจะมีซอฟท์แวร์



รูปที่ 4.1 เครือข่ายแบบ mesh ของระบบต้นแบบ ซึ่งแสดงจำนวนโหนดเพียงบางส่วน

เฝ้าระวังและควบคุม คอยทำหน้าที่แสดงผลภาพรวมของระบบขณะทำการเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ระบบที่ศึกษาเป็นได้ทั้งระบบเปิดและระบบปิด ในเป็นกรณีระบบเปิด จะเป็นเพียงการเก็บข้อมูลและการเฝ้าระวังเท่านั้น โดยข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ตามโหนดปลายทางของระบบที่อยู่บริเวณต่างๆนั้น จะถูกนำมาบันทึกค่าและประมวลผลเพื่อแสดงค่าต่อไป หากเป็นกรณีที่เป็นระบบปิด ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์นั้นนอกจากจะถูกนำมาบันทึกไว้แล้ว จะถูกนำมาประมวลผลผ่านซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุม หากข้อมูลของปริมาณเหล่านั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ต่ำกว่า หรือ สูงกว่า ค่าที่ถูกกำหนดไว้ จะมีการส่งสัญญาณควบคุมไปยัง ณ จุดปลายทางเหล่านั้น เพื่อควบคุมให้เกิดสภาวะที่เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้งานสามารถรักษาสภาวะ ในระบบปิดได้โดยง่าย ผ่านทางซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุม นอกจากนี้ระบบต้นแบบ ยังสามารถรองรับฟังก์ชั่นการทำงาน เฝ้าระวัง และ ควบคุม ได้หลายรูปแบบ ด้วยการเปลี่ยนชนิดของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ และประเภทของอุปกรณ์ควบคุมปลายทางเป็นแบบต่างๆ ได้โดยง่าย ทำให้สามารถเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้หลายรูปแบบ

ในการเก็บข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์นั้น จำเป็นที่จะต้องเก็บข้อมูลในระยะยาว เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้น มาแสดงผลความสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจและการวิเคราะห์ เช่น เป็นกราฟเทียบกับเวลา เป็นต้น รวมทั้ง สามารถแสดงผลผ่านทางเว็บไซต์ได้เพื่อสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล ในระบบต้นแบบนี้เซิร์ฟเวอร์กลาง ที่ใช้ในการประมวลผลกลางของระบบนั้น ได้ถูกพัฒนาให้จัดเก็บข้อมูลในลักษณะเป็นฐานข้อมูลออนไลน์ และ สามารถตรวจสอบข้อมูลเหล่านั้นได้ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตอีกด้วย ระบบโครงงานต้นแบบมี 3ส่วน ดังนี้

3.1 หน่วยประมวลผลระบบ (Server)

หน่วยประมวลผลระบบหรือเซิร์ฟเวอร์ (Server) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆได้แก่ ส่วนของซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุม และ ส่วนของเว็บเซิร์ฟเวอร์ ซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุมนั้น ได้ถูกพัฒนาโดยใช้ภาษา C#.NET ในการเขียน GUI (Graphic User Interface) เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หน้าที่หลักของซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุมนำข้อมูลของระบบที่ถูกส่งมารวบรวมไว้ที่ Gateway ส่งไปยัง เซิร์ฟเวอร์ และในทางกลับกัน นำคำสั่งและข้อมูลที่จำเป็นส่งไปยังระบบผ่านทาง Gateway เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ นอกจากนี้ซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุม ยังมีหน้าที่ในการนำข้อมูลที่ได้รับจากโหนดปลายทางต่างๆไปสร้างระบบฐานข้อมูล เพื่อใช้ประมวลผลในอนาคต สำหรับจัดการฐานข้อมูล ได้เลือกใช้ซอฟท์แวร์ MySQL ดังนั้นในการพัฒนาซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุม จึงต้อง พัฒนาให้สามารถสื่อสารกับซอฟท์แวร์การจัดการฐานข้อมูลได้ด้วย นอกจากนั้น เพื่อให้สามารถแสดงผลข้อมูลย้อนหลัง หรือข้อมูลที่เก็บอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ผ่านทางเว็บไซต์ ในระบบอินเตอร์เน็ต เซิร์ฟเวอร์ของระบบจึงทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้ด้วย รูปที่ 4.2 แสดง GUI ของ ซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุม มีฟังก์ชั่นการทำงานที่หลากหลาย ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

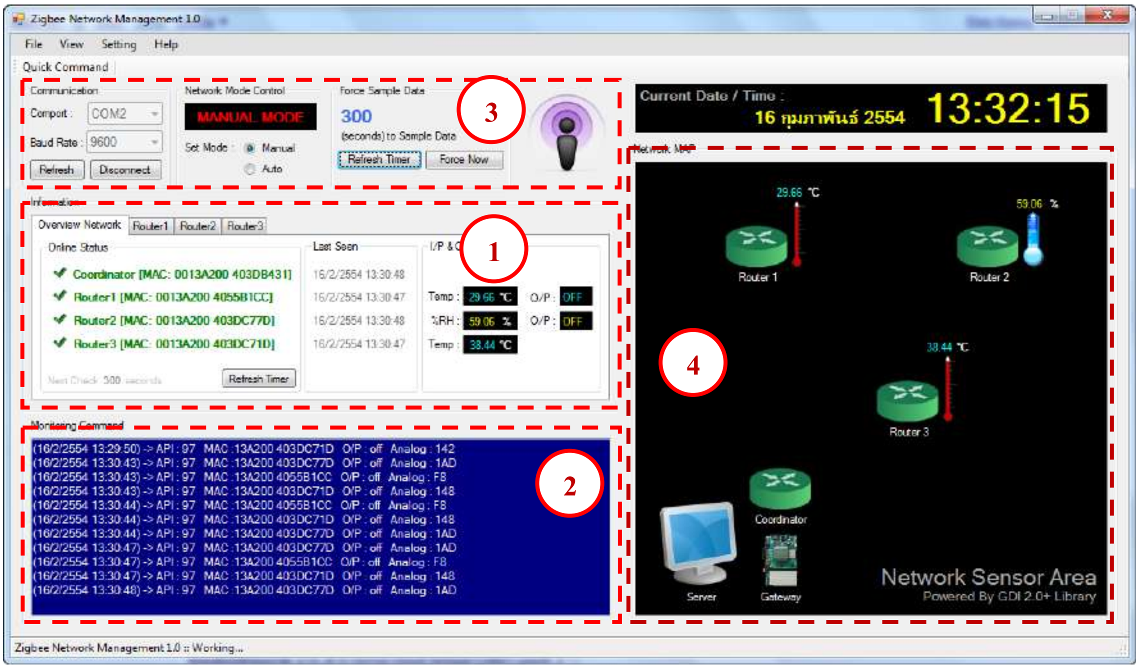
ส่วนแรก (หมายเลข 1) เป็นการแสดงผลภาพรวมของระบบ โดยแสดงข้อมูลที่ได้ล่าสุด จากโหนดต่างๆ เพื่อนำมาแสดงให้กับผู้ใช้อย่างคร่าวๆ โดยข้อมูลเหล่านั้น จะมีเวลาระบุ ทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่ามีความผิดพลาดในการทำงานของแต่ละโหนดหรือไม่ นอกจากนี้ ผู้ใช้ยังสามารถเลือกแถบเมนูระบุแสดงรายละเอียดเฉพาะโหนดนั้นๆ (ในกรณีนี้คือแถบ Router1, Router2, Router3) เพื่อดูข้อมูลเฉพาะเจาะจง เช่น ข้อมูลระดับบิตที่ได้จาก A/D Converter, ข้อมูลดิบที่ผ่านการคำนวณแล้ว ตลอดจนสถานะทางด้านเอาท์พุท ของโหนดนั้นๆที่แสดงว่าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่นั้น อยู่ในสถานะเปิดหรือปิด

ส่วนที่สอง(หมายเลข 2) เป็นการแสดงผลข้อมูลทางด้านเทคนิคที่เกิดเหตุการณ์ต่างๆขึ้นกับระบบ ข้อมูลที่แสดง จะอยู่ในรูปของตัวอักษร เช่น วันและเวลาที่เกิดเหตุการณ์นั้นๆ, แพ็กเก็ตข้อมูลที่ได้รับ, ลักษณะการทำงานของแพ็กเก็ตเฟรมนั้นๆ, ที่อยู่ของโหนดปลายทางที่ส่งมา ตลอดจน สถานะข้อมูล Analog หรือ Digital ในขณะนั้น นอกจากการแสดงผลในลักษณะดังข้างต้นแล้ว ซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุม จะมี

การเก็บข้อมูลเหล่านี้ ในรูปแบบของ Text File ทำให้สามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังผ่านไฟล์เหล่านั้นผ่านการเปิดไฟล์เหล่านั้น โดยไม่ต้องลงซอฟท์แวร์อื่นๆเพิ่มเติม นอกจากเก็บข้อมูลในรูปแบบ Text File แล้ว ซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุมยังเก็บ ข้อมูลลงในฐานข้อมูลอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้ใช้งานผ่านเว็บไซต์ สามารถตรวจสอบข้อมูลเหล่านั้นด้วยเช่นกัน

ส่วนที่สาม (หมายเลข 3) แสดงส่วนของโหมดการทำงานของระบบ ซึ่งสามารถกำหนดได้ จากรูป 4.2 การทำงานของระบบมีอยู่สองแบบคือ การทำงานแบบอัตโนมัติ และ การทำงานแบบมีผู้ควบคุม

เมื่อระบบเข้าสู่โหมดการทำงานแบบอัตโนมัตินั้น ข้อมูลที่ได้รับจากโหนดต่างๆ ที่มีอุปกรณ์ควบคุมต่ออยู่ จะถูกส่งมายังซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุม เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ถูกกำหนดไว้ (Target Values) หากพบว่า ค่าของข้อมูลเหล่านั้น มากกว่า หรือ น้อยกว่า ซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุม จะส่งสัญญาณควบคุมออกไป ผ่าน Gateway ของระบบเพื่อให้แม่ข่ายของระบบนั้น ส่งสัญญาณเหล่านั้นต่อไปยังโหนดปลายทาง เพื่อเปิดหรือปิดอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ ทำให้ระบบสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมที่อยู่ในระบบปิด ให้กลับมาอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมตามต้องการได้หากการทำงานของซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุม อยู่ในโหมดการทำงานแบบมีผู้ควบคุม ระบบจะทำงานในลักษณะมอนิเตอร์ระบบเพียงอย่างเดียว เมื่อผู้ควบคุมเห็นการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมที่ไม่ปกติ ผู้ควบคุมสามารถส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ตามโหนดนั้นๆ ด้วยการกดปุ่มสั่งงาน ให้สถานะลอจิกทางด้านเอาท์พุทของอุปกรณ์เหล่านั้น เป็นแบบเปิดหรือปิด ได้โดยตรง



รูปที่ 4.2 GUI ซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุมที่ได้ออกแบบไว้

ส่วนที่สี่เป็นการกำหนดระยะเวลาในการทำงานของฟังก์ชั่นต่างๆ และระยะเวลาการตรวจสอบสถานะของระบบ เนื่องจากระบบมีการใช้งานในระยะยาว บางโหนดของระบบ อาจจะได้รับความเสียหายจากสิ่งแวดล้อม เกิดความผิดพลาดจนไม่สามารถทำงานต่อไปได้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจสอบสถานะของระบบเป็นช่วงๆ เช่น 12 ชั่วโมง ต่อ 1 ครั้ง หรือ 1 วัน ต่อ 1 ครั้ง เป็นต้น เพื่อตรวจสอบแต่ละโหนดว่ายังทำงานได้ตามปกติหรือไม่ นอกจากนี้ ยังมีการกำหนดเวลาทางด้านอื่นๆอีก เช่น ระยะเวลาระหว่างการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง เช่น ระบบเก็บข้อมูล ทุกๆ 24 ชั่วโมง หรือ ทุกๆ 1 อาทิตย์เป็นต้น

จากรูปที่ 4.2 บริเวณหมายเลข (4) เป็นการแสดงเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเห็นภาพรวมของระบบ ว่าแต่ละโหนดมีการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์แบบใด และอยู่จุดใดของพื้นที่ ซึ่งสามารถคลิกที่โหนดต่างๆ เพื่อแสดงข้อมูลสถานะของโหนดเหล่านั้นได้

ส่วนสุดท้าย แสดงในรูปที่ 4.3 เป็นหน้าต่างเว็บไซต์ที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อการเข้าถึงข้อมูลผ่านทางเว็บเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งแสดงผลข้อมูลที่จำเป็น ทั้งในลักษณะที่เป็นตัวเลข และในรูปของกราฟเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านั้นได้โดยง่าย และเพื่อความปลอดภัยเว็บไซต์ของระบบที่ได้ออกแบบไว้ จะใช้แสดงผลเพียงอย่างเดียวไม่สามารถควบคุมระบบได้ นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถนำข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในฐานข้อมูลส่งออก (export) ตามช่วงเวลาที่ผู้ใช้ต้องการได้ โดยทำการส่งออกอยู่ในรูปไฟล์ตาราง Excel ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ต่อไปได้ในอนาคต

รูปที่ 4.3 หน้าต่างเว็บไซต์ที่ได้ถูกออกแบบ

3.2 หน่วยประมวลผลเครือข่าย (Gateway and Coordinator)

ในส่วนของหน่วยประมวลผลเครือข่าย (Gateway and Coordinator) นี้จะประกอบด้วยโมดูล X-Bee ทำหน้าที่เป็นโหนดแม่ข่าย (Coordinator) ในการสร้างเครือข่าย ซิกบี ขึ้นมาเชื่อมต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 Cortex-M3 ซึ่งจะเป็นตัวรับ-ส่ง และประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากเครือข่าย ซิกบีซึ่งอยู่ในลักษณะของแพ็คเก็จ API ผ่านทางโหนดแม่ข่ายไปยัง ซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุม ที่รอรับ-ส่ง ข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ของระบบ

3.3 โหนดต่างๆภายในเครือข่าย (Router)

โหนดวัดอุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.4ในส่วนของโหนดวัดอุณหภูมินี้จะมีโมดูล X-Bee ที่ทำหน้าที่เป็น Router ต่อกับเข้ากับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ LM35 DZ และวงจรขับรีเลย์ซึ่งใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์ปรับอากาศ (ในโครงงานต้นแบบนี้จำลองเป็นพัดลม 12V) โหนดวัดอุณหภูมิมีการทำงานดังนี้ โมดูล X-Bee จะส่งค่าที่ข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จาก LM35 DZ โดยทางด้านเอาท์พุท ที่ออกจาก LM35 DZ นั้นจะเป็นค่าของแรงดันไฟฟ้า โมดูล X-Bee จะนำค่าแรงดันที่ได้รับ ผ่าน A/D เพื่อแปลงแรงดันเป็นค่า ดิจิตอล จากนั้นส่งข้อมูลไปยัง Gateway ผ่านโหนดแม่ข่าย เพื่อส่งต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์ โดยจะถูกส่งไปยังแม่ข่ายตามคาบเวลาที่เรากำหนด เช่น ทุกๆ 5 นาที ในกรณีที่ซอฟท์แวร์เฝ้าระวังและควบคุมทำงานในโหมดอัตโนมัติ หากอุณหภูมิที่วัดได้มีค่ามากกว่าอุณหภูมิที่ถูกตั้งไว้ในระบบ ระบบจะส่งสัญญาณกลับไปยังโหนดวัดอุณหภูมิสั่งให้วงจรขับรีเลย์ทำงาน ทำให้พัดลมหมุนจนกระทั่งอุณหภูมิกลับเข้าสู่สภาวะปกติ

โหนดวัดปริมาณความชื้นในอากาศ

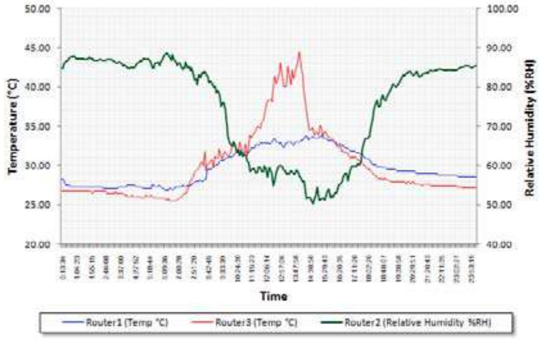
โหนดวัดปริมาณความชื้นในอากาศนี้จะมีโมดูล X-Bee ที่ทำหน้าที่เป็น Router ต่อกับเข้ากับโมดูลวัดความชื้น และมีการควบคุม ในทำนองเดียวกับโหนดวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 4.4 (ก) โหนดวัดอุณหภูมิ (ข) โหนดวัดความชื้น

3.4 การทดสอบและผลการทดสอบ

ในขั้นตอนแรกเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการทดสอบได้ถูกนำไปสอบเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์และอุปกรณ์วัดความชื้นมาตรฐานเพื่อตรวจสอบค่าความถูกต้องและช่วงที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ค่าความผิดพลาดของเซ็นเซอร์และช่วงการใช้งานที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ถูกแก้ไขด้วยการชดเชยในซอฟท์แวร์แปลงค่า จากนั้นจึงนำไปใช้ทดสอบกับระบบต้นแบบ

การทดสอบในระบบเปิด ประกอบด้วย โหนดวัด อุณหภูมิในที่ร่ม โหนดวัดอุณหภูมิกลางแจ้ง และ โหนดวัดความชื้นสัมพัทธ์ ทดลองเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แสดงผลได้ดังรูป รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟอุณหภูมิ (สีแดงกลางแจ้ง สีฟ้าในที่ร่ม)
และความชื้นสัมพัทธ์ (สีเขียว)

การทดสอบในระบบปิด ใช้โรงเรือนจำลองขนาดกว้าง 2 ฟุต ยาว 3 ฟุต สูง 1 ฟุต ติดตั้งโหนดวัดอุณหภูมิ และ โหนดวัดความชื้น เครื่องสร้างความชื้น พัดลม หลอดไฟให้ความร้อน และถังน้ำแข็งเพื่อควบแน่น ทดสอบระบบโดยการตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการ พบว่าระบบสามารถควบคุมให้โรงเรือนจำลองมีอุณหภูมิและความชื้นตามที่กำหนดได้

4. สรุป

ระบบต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายตามมาตรฐานซิกบี ได้ถูกออกแบบและทดสอบการทำงานเบื้องต้น ผลการทดสอบแสดงว่าระบบต้นแบบดังกล่าวสามารถใช้งานได้จริง และเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้กับการศึกษาและเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Shahin Farahani, *Zigbee Wireless Networks and Transceivers*, Newnes, 2008

[2] Digi Technical Support, *X-Bee/X-Bee-Pro ZB RF Modules*, Digi International, 2009

Games and Living

ECTI-CARD 2012

Virtual treasures collection game on Android for marketing and tourism support

Kitiphan Pikulvech, Ratchanee Vongnoppadondecha, and Sethavidh Gertphol
Department of Computer Science, Faculty of Science
Kasetsart University
50 Ngamvongvan Rd. Jatujak Bangkok 10903

Abstract—**Nowadays many companies begin to incorporate several hardware features into their smart phones such as Internet connectivity, a GPS receiver that can pinpoint device location, and accelerometers that can detect device movement. The data collected from various sensors in a smart phone can be used to provide location-specific and time-specific services to users. We have developed an application platform based on modern smart phones and a central server. This platform is very versatile and can be used for both product promotions and tourism industry. In order to attract and retain customers, the platform is constructed around gaming experience that relies on collections and rewards to attract and retain customers.**

Keywords-Android; Locastion-based; Game; Advertising; Tourism

I. INTRODUCTION

Nowadays many companies begin to incorporate several hardware features into their smart phones to attract potential customers with more functionality. These features include Internet connectivity using 3G or 4G and WiFi, a GPS receiver that can pinpoint device location, and accelerometers that can detect device movement. This combined hardware can provide several novel services to users in many application fields. For example, in gaming, accelerometers enable the motion of tilting to control in-game characters, while the GPS receiver allows players to find nearby players for score comparison

This data collected from various sensors in a smart phone can be used to provide location-specific and time-specific services to users. In some business application, two nearby users can exchange business card without connecting to each other phone by shaking their own device (roughly) at the same time [1]. The locations of the two devices are transmitted back to a central server that matches the exchange and send a digital business card back to each user. Several mobile social on-line games overlay a game world on real-world locations where players can interact with game objects only when physically presented at that real life location [2]. In advertising business, the use of location data to craft specially target ads for customers is also gaining wide-spread attention [3].

We have developed an application platform based on modern smart phones and a central server. This platform is very versatile and can be used for both product promotions and tourism industry. A business partner enters promotional information and rewards to be given into the central server, while the customers access this information through their smart phone. The platform will use location-based information from mobile devices to deliver promotional information and rewards, while time information at the server will also limit the information and rewards given.

In order to attract and retain customers, the platform is constructed around gaming experience. The player (customer) plays a role of a treasure hunter that can dig for (in-game) treasures in real-world locations. Treasures are intermediary for promotional information and rewards given out by business partners. The game relies on rewards, collectible, and social aspects to motivate customers to keep playing.

This paper is organized as follows. Section 2 explains overview of the game and its reward system, while Section 3 discusses technologies used to implement the platform and shows sample code and schema diagram of the system. Section 4 outlines strategies that utilize the platform for advertising and tourism business sectors. Finally, Section 5 contains discussion and future work.

II. THE PLATFORM

This section explains the concept of the game and its reward system. The overview of the application can be seen in Figure 1.

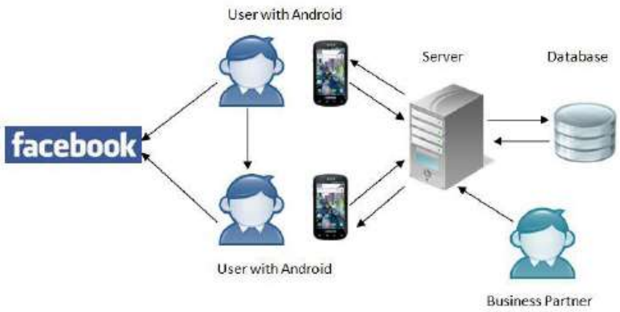


Figure 1. System Overview

A. Game Overview

The application was developed as a location-based treasure hunt game, with a game application running on Android OS smart phones and a central server acting as a game database. The smart phone must be able to connect to the Internet and should have built-in accelerometers and a GPS receiver. The first entity that uses the platform is called the *Players*. Each player downloads and installs the mobile application on their smart phone, then registers an account with the central server.

Another entity that uses the platform is called *Business Partners*, who configure "treasure" locations (as a GPS coordinate) and probability of finding that treasure on the server (Figure 2). There can be many treasures around the same location, and each treasure has its own probability of being found. A partner can also specify when and how long a specific treasure can be found. The total number of treasures to be given out can also be configured too.

Figure 2. Configuring treasure locations.

The player plays the game by shaking the smart phone to simulate "digging". The accelerometer built-in on the device registers the vibration and a GPS co-ordinate is collected. The "digging" together with the co-ordinate and the user account is transmitted to the central server through the Internet. The server then determines whether which treasure is found. If a treasure is found, it is added into the player's collection and a notification is sent back to the smart phone. When the player receives the notification of found treasure, he can opt to post the finding onto his Facebook wall as well.

B. Reward system

The treasures that are found can be traded in for in-game cash. The cash in turn can be used to buy many useful items and decorations. Useful items include a better shovel that improves the base probability of finding items, while decorative items include shirts, pants, hair styles, and accessories to dress up the player's in-game avatar (see Figure 3). Some found treasures can also be gifted directly to other players too. The business partner controls whether a treasure can be gifted or not by configure a flag in that treasure's entry database.

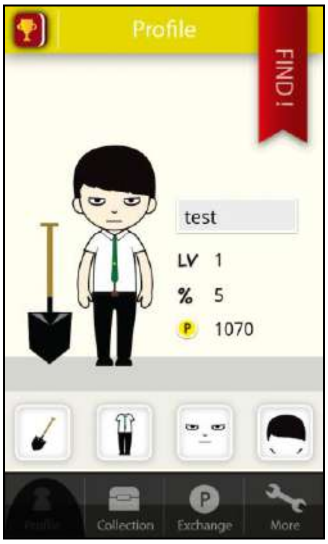


Figure 3. Game screen showing player avatar and items.

A more involved treasure hunting is an album (Figure 4), which is configured by Business Partners to contain several stickers. A sticker is a regular treasure that can be found by digging. However, a reward will be given only when all stickers in an album have been found.

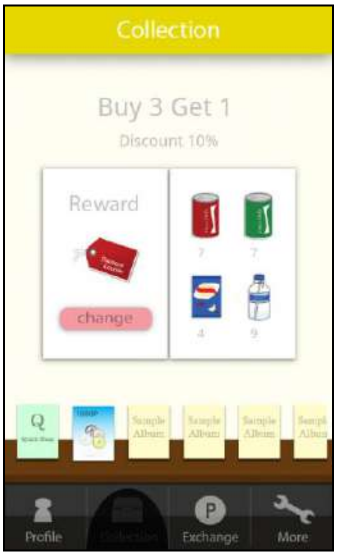


Figure 4. Game screen showing an album.

III. APPLICATION DEVELOPMENT

The application was developed using several technologies. The mobile application was developed to run on smart phones with Android OS, while the server that stores item and location database was developed using PHP and MySQL database server. At the time of the development, an Android application cannot connect to a database server directly, so the application utilizes HttpPost functionalities to execute SQL statement through PHP files on the server. The information exchanged between the smart phone and the server is in form of JSON [4]. The application also utilizes Facebook API[5], which has an

SDK for Android, to post player's treasure finding on Facebook as promotional activities.

The mobile application consists of four packages. There are two user interface libraries (com.devsmart.android.ui and com.tani.app.ui) and facebook api library (com.facebook.android). The main program is in another package called com.earnz.fnf, which consists of the following modules

- CollectionActivity.java: a class that manages the treasure collection screen.
- DBConnect.java: a class that manages connection to database.
- ExchangeActivity.java: a class that manages treasures trade-in screen.
- FindItemsActivity.java: a class that manages digging for treasure screen.
- FriendActivity.java: a class that adds and manages player's friends.
- LoginActivity.java: a class that manages login screen.
- MainActivity.java: the first class that becomes active when the program is executed on Android OS.
- MD5.java: a class used to encrypt user's password.
- MoreActivity.java: a class that manages additional screens.
- ProfileActivity.java: a class that manages player's information screen.
- RecommendActivity.java: a class that manages location recommendation screen.
- RegisterActivity.java: a class used to manage player registration.
- SelectActivity.java: a class used to select friend to which to send treasures.
- SendActivity.java: a class to manage confirmation of treasure sending screen.
- ShopActivity.java: a class that manages buying of items and decoration.

The game program can detect "digging" motion by overriding the method onSensorChanged() in FindItemsActivity.java as follows.

FindItemsActivity.java

```
@Override
public void onSensorChanged(int sensor, float[] values) {
     if (sensor == SensorManager.SENSOR_ACCELEROMETER) {
          long curTime = System.currentTimeMillis();
          if ((curTime - lastUpdate) > 100) {
               long diffTime = (curTime - lastUpdate);
               lastUpdate = curTime;
               if(itemsArray != null){
                    x = values[SensorManager.DATA_X];
                    y = values[SensorManager.DATA_Y];
                    z = values[SensorManager.DATA_Z];
                    float speed = Math.abs(x+y+z - last_x -
last_y - last_z) / diffTime * 10000;
                    if (speed > SHAKE_THRESHOLD) {
                         random =
(int)Math.ceil(Math.random()*100);
                         if(random < probValue){
                              found();
                         else{
                              notFound();
                         }

                         last_x = x;
                         last_y = y;
                         last_z = z;
                    }
               }
          }

     }
}
```

The central server is implemented by PHP using MySQL as a database server. The schema diagram is shown in Figure 5.

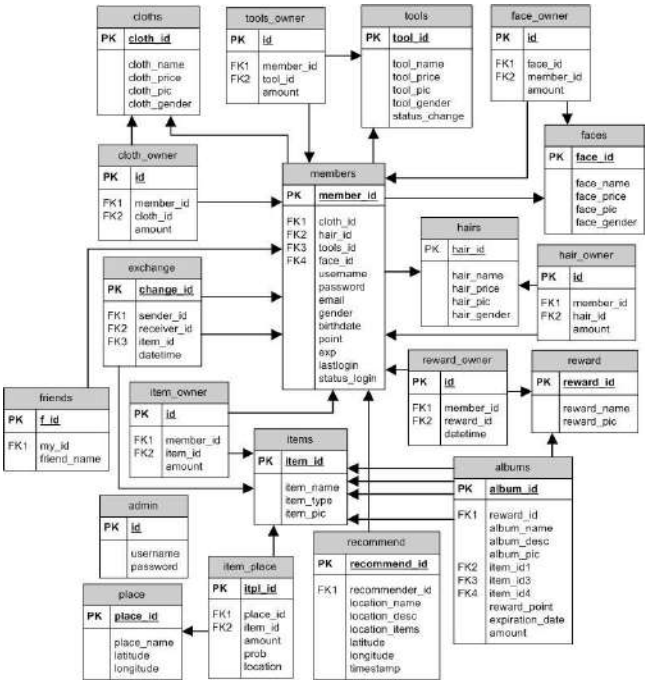


Figure 5. Schema diagram.

IV. BUSINESS STRATEGIES

The authors envision several strategies to promote products and services through the application as follows.

1. Single item promotion. A business partner adds a real-world product as an in-game treasure. When the treasure is found, it is sent to the player with promotional message and a URL to the business website. The business partner can

configure the location of the treasure such that it is found near the partner's store. This technique leverages the location-aware nature of the game.

2. Trade-in treasures for real-world rewards. The business partner can configure some rare treasures or an album (collection of treasures) to be traded in as real-world rewards at the partner's store.

3. Album as collectibles. Since a treasure is found based on location of the player, the business partner can stimulate the player to go to specified locations by allowing a certain treasure to be found at that location only. This technique works well with tourism, for example, a "9 grand temples" album can be filled with stickers that can be found near each of the nine temples only.

4. Treasure at promotional event. A treasure can be configured to be found at some certain time and place. So a business can "give out" a treasure at a specific event held in real-world, for example, a grand opening of a new store. A player can get this treasure only if he is at the store location at the event time. Tourism industry can also use this technique to promote local attractions, for example, a special treasure that can be found only in the morning of New Year Day at Doi Intanon.

There are many other possibilities to use the location-based and time-based information to promote products and services using this game platform.

V. DISCUSSION AND FUTURE WORK

This paper discusses a platform for using time and location information to provide advertisements and promotions to customers. The platform is built around a treasure hunting game experiences that rely on collections and rewards to attract and retain customers. This platform can be extended in several dimensions. Currently, the social aspect of the game is limited to posting found treasure to Facebook and gifting treasures to other players. Other methods to leverage social aspects, such as digging as a team or treasure trading, should be included. Also, there is little feedback to business partners regarding the usage and popularity of treasures and promotions. In the future iterations, the platform should be able to summarize analytical data, such as most frequent locations that players dig for treasures, for business partners too.

REFERENCES

[1] Jennifer Van Grove, "Bump Brings Digital Contact Exchange to the Masses", Retrieved from http://mashable.com/2009/12/28/bump/

[2] JP Manninen, "New generation of location games catches on", Retrieved from http://venturebeat.com/2010/05/07/advertisers-location-based-games/

[3] ABIresearch, "Mobile Advertisers Forecast to Spend $1.8 Billion on Location-Based Campaigns in 2015", Retrieved from http://www.abiresearch.com/press/3502-Mobile+Advertisers+Forecast+to+Spend+%241.8+Billion+on+Location-Based+Campaigns+in+2015

[4] Introducing JSON. JSON. Retrieved from http://www.json.org/.

[5] Getting Started. facebook developers. Retrieved from http://developers.facebook.com/docs/.

ระบบสแกนวัตถุสามมิติด้วยอุปกรณ์คิเนค

3D Scanner System using a Kinect

จักรพันธ์ ยกเซ็น ปารเมศ ลิ้มตระกูล และฐิติวรรณ ศรีนาค

ห้องปฏิบัติการวิจัยนวัตกรรมวิทัศนศาสตร์ (GIVE – Graphics Innovation and Vision Engineering Laboratory)

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

b5105553@ku.ac.th, b5105272@ku.ac.th, thitiwan.s@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การสร้างแบบจำลองจากวัตถุจริงโดยอาศัยเครื่องสแกนเนอร์สามมิติระดับมืออาชีพ ยังคงเป็นเรื่องที่ทำได้ยากและไม่แพร่หลายนักเพราะเครื่องสแกนเนอร์ระดับนี้มีราคาสูงมาก แต่ทว่าในปัจจุบันการสร้างแบบจำลองสามมิติจากวัตถุจริงมีความเป็นไปได้โดยอาศัยเทคโนโลยีราคาไม่แพงจากอุปกรณ์กล้องคิเนค (Kinect) ในงานวิจัยนี้เรานำเสนอการพัฒนาระบบสแกนเนอร์สามมิติโดยใช้กล้องคิเนค จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แบบจำลองมีความใกล้เคียงกับวัตถุ แต่ยังคงมีความผิดพลาดอยู่บ้างเนื่องจากความละเอียดของกล้องคิเนคที่ค่อนข้างต่ำ

Abstract

It is not practical and not popular to generate 3D models by using a professional 3D scanner because this kind of scanner is highly expensive. But now the creation of 3D models from real objects can come true due to the low price technology of Kinect. In this research, we propose a development of a 3D scanner by using Kinect. From the experiments, it can be seen that resulting models are similar to the real objects, but there are still some mistakes because of the low resolution images produced from Kinect.

คำสำคัญ

Kinect, Point Cloud Data, 3D scanner, Reconstruction, 3D models

1. บทนำ

อุปกรณ์หลายประเภทที่ใช้ในการสแกนวัตถุสามมิติมีหลักการ คือ ใช้ลำแสงกราดไปที่วัตถุ และไล่สแกนเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นผิวของวัตถุเช่น CTscanner ซึ่งป็นเครื่องสแกนที่ใช้รังสีในการเก็บข้อมูลเป็นสองมิติ จากนั้นนำข้อมูลผ่านการประมวลผลให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลสามมิติ หรืออุปกรณ์สแกนวัตถุด้วยเลเซอร์โดยกล้องที่ติดเซนเซอร์เพื่อเก็บข้อมูลจากการสแกนเข้ามาสำหรับสร้างแบบจำลองสามมิติ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์เหล่านี้เหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะทางมากกว่า เนื่องจากมีราคาที่สูงมากเกินกว่าที่คนทั่วไปหรือหน่วยงานขนาดเล็กจะซื้อหามาใช้ได้ ปัจจุบันบริษัทไมโครซอฟต์ได้พัฒนาอุปกรณ์สแกนเนอร์ที่เรียกว่า “คิเนค” สำหรับใช้ในการเล่นเกมกับเครื่อง XBOX360 ตัวกล้องคิเนคเองสามารถรับข้อมูลภาพ RGB และความลึกของพื้นผิววัตถุได้ในอุปกรณ์เพียงตัวเดียว ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์และประมวลผลเพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติได้

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ปัจจุบันความต้องการใช้งานแบบจำลองสามมิติมีสูงขึ้นในหลายวงการได้แก่ ด้านการแพทย์เพื่อสร้างแบบจำลองของอวัยวะผู้ป่วยสำหรับการวินิจฉัย ด้านอุตสาหกรรมบันเทิงเพื่อใช้แบบจำลองสามมิติสำหรับตัวละคร วัตถุ หรือฉากภายในภาพยนตร์ หรือเกม เป็นต้น ดังนั้นการสร้างอุปกรณ์สแกนเนอร์ราคาถูกเพื่อช่วยในการสร้างแบบจำลองจึงเป็นสิ่งที่มีความต้องการสูง เพราะสามารถประหยัดงบประมาณในการจัดหาอุปกรณ์ราคาแพง และแบบจำลองที่ได้ยังเป็นประโยชน์แทนการขึ้นรูปสำหรับนักออกแบบงานกราฟิกส์อีกด้วย

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

อุปกรณ์คิเนค (Kinect)

อุปกรณ์คิเนค [1] เป็นอุปกรณ์ประเภทกล้องจากบริษัทไมโครซอฟต์ มีลักษณะเป็นรูปแท่งวางตัวในแนวนอน ซึ่งเชื่อมต่อกับฐานขนาดเล็ก ที่แกนมีมอเตอร์ในตัว ซึ่งทำหน้าที่ขยับมุมกล้อง ส่วนรับข้อมูลประกอบด้วยกล้อง RGB มีความละเอียดอยู่ที่ 640x480 พิกเซล กล้องคิเนคสามารถจับภาพเคลื่อนไหวได้ 30 เฟรมต่อวินาที นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยเซนเซอร์ตรวจจับความลึก (Infrared laser) และไมโครโฟนจำนวนสี่แถว การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยใช้พอร์ต USB 2.0 รูปที่ 1 แสดงภาพกล้องคิเนค

รูปที่ 1 กล้องคิเนค (Kinect) [1]

การสร้างแบบจำลองสามมิติ (3D Modeling)

การสร้างแบบจำลองสามมิติ [2] คือกระบวนในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของพื้นผิวในระบบสามมิติของวัตถุใด ๆ โดยผลที่ได้จะเรียกว่า "แบบจำลองสามมิติ" (3D Model) ซึ่งเราสามารถมองเห็นภาพแบบจำลองนี้ผ่านหน้าแสดงผลได้โดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า "เรนเดอร์สามมิติ" (3D Rendering) แบบจำลองสามมิติเป็นตัวแทนของวัตถุสามมิติโดยเก็บข้อมูลเป็นจุดในระบบพิกัดสามมิติ ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยรูปแบบทางเรขาคณิต เช่น สามเหลี่ยม เส้นโค้ง หรือพื้นผิว แบบจำลองสามมิติสามารถสร้างได้เองจากโปรแกรมประยุกต์เพื่อการออกแบบด้านกราฟิกส์สามมิติ โดยใช้ขั้นตอนวิธีการคำนวณหรือจากการสแกน

เมฆจุด (Point Cloud)

เมฆจุด [3] นำเสนอเซตของจุดในระบบคอร์ออดิเนตสามมิติ โดยปกติความสัมพันธ์ในพิกัดของ XYZ มักถูกใช้เป็นตัวแทนของพื้นผิวภายนอกของวัตถุ โดยส่วนมากเมฆจุด มักถูกสร้างมาจากเครื่องสแกนเนอร์สามมิติ ผลที่ได้จากการสแกนส่วนมากมักจะถูกใช้ในงานออกแบบชิ้นส่วน เพื่อตรวจสอบคุณภาพ เมฆจุดในงานสามมิติมักถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบจำลองพื้นผิว (Surface Model) ในลักษณะแบบจำลองโครงข่าย (Mesh Model) เพื่อทำให้ง่ายต่อความเข้าใจ และสะดวกต่อการใช้ประโยชน์ในงานที่หลากหลาย

Iterative Closest Point algorithm (ICP)

ICP [4] เป็นขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ (Spatial Transformation) ของข้อมูลเมฆจุด (Point Cloud Data-PCD) สองชุดที่มีความคล้ายคลึงกัน หรือซ้อนทับกันในบางลักษณะ ในการใช้ ICP เราต้องทำให้ข้อมูลเมฆจุดมีระยะห่างที่ต่างกันน้อยที่สุด เพื่อให้เกิดความถูกต้องมากที่สุด อินพุตของ ICP คือ ข้อมูลเมฆจุดสองชุดที่ได้จากการสแกนสำหรับพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระหว่างชุดข้อมูล และกำหนดเงื่อนไขการสิ้นสุดการคำนวนของ ICP ที่สำคัญคือ ระยะห่างสูงสุดที่เป็นไปได้ระหว่างชุดข้อมูลทั้งสองเอาท์พุตของ ICP คือ เมฆจุดที่มีเปลี่ยนแปลงเรียบร้อยแล้วขั้นตอนการทำงานคือ (1) หาความสัมพันธ์ของเมฆจุดที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (2) พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ (3) เปลี่ยนแปลงเมฆจุดตามพารามิเตอร์ที่ได้คำนวณไว้ และ (4) พิจารณาความสัมพันธ์ของเมฆจุดอีกครั้งหนึ่ง สำหรับข้อเสียของ ICP คือมีความเสี่ยงที่เกิดข้อผิดพลาดสะสม (Accumulation Error) จากการทำ ICP ของหลายชุดข้อมูลต่อเนื่องกัน

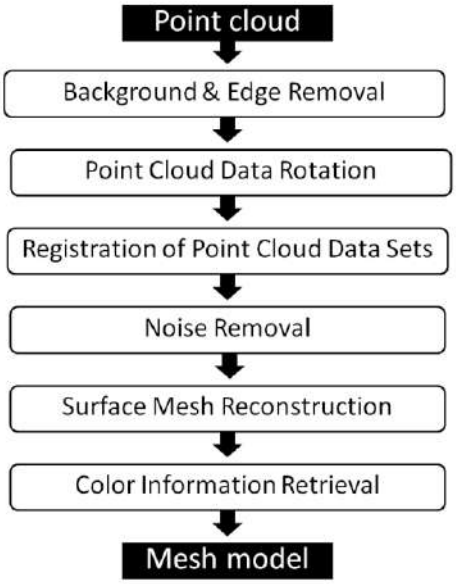
Poisson Surface Reconstruction Algorithm

Poisson surface reconstruction [5] ใช้สำหรับสร้างโครงสร้างพื้นผิวแบบโครงข่าย (Surface Mesh) จากข้อมูลเมฆจุด วิธีนี้เป็นที่นิยมในการสร้างพื้นผิวให้กับข้อมูลที่ได้มาจากเครื่องสแกนเนอร์ เพราะเนื่องจากมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนสูง แนวคิดโดยสังเขปคือ มุ่งหมายเพื่อแก้สมการในรูปแบบ Poisson โดยการประมาณ Indicator Function ของกลุ่มเมฆจุดจาก Indicator Gradient ของกลุ่มเมฆจุดเอง และมีการปรับค่า Scalar Function ซึ่งได้มาจากค่า Adaptive Octree เพื่อใช้ในการแก้สมการ Poisson สำหรับหาโครงสร้างพื้นผิวแบบโครงข่ายได้

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบสแกนวัตถุสามมิติด้วยอุปกรณ์คิเนคได้รับข้อมูลนำเข้าเป็นลักษณะข้อมูลเมฆจุด หลังจากที่ได้ข้อมูลเมฆจุดมาแล้ว กระบวนการโดยย่อคือ เรานำข้อมูลเมฆจุดเข้าสู่กระบวนการ Registration และกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการออกจากระบบในขั้นตอนสุดท้าย วัตถุผลลัพธ์ที่ได้จากการทำ Registration จะเข้าสู่ขั้นตอน Meshing เพื่อสร้างพื้นผิวให้กับวัตถุ และทำการถ่ายโอนสีให้กับวัตถุเป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยผลลัพธ์ที่ได้คือแบบจำลองต้นแบบสามมิติของวัตถุจริง ภาพรวมการทำงานของระบบได้แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของระบบ

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

รายละเอียดการทำงานของระบบสแกนวัตถุสามมิติด้วยอุปกรณ์คิเนคมีขั้นตอนในการทำงานดังต่อไปนี้ เริ่มจากการรับข้อมูลจากอุปกรณ์คิเนคมาในลักษณะของข้อมูลเมฆจุด ซึ่งเราได้เก็บข้อมูลมาทั้งหมด 8 มุมมอง ระยะความห่างของแต่ละมุมมองห่างกัน 45 องศา หลังจากที่เก็บข้อมูลเมฆจุดแต่ละมุมมองมาครบแล้ว เราก็จะนำข้อมูลเมฆจุดมาประมวลผลในขั้นตอนต่อไป

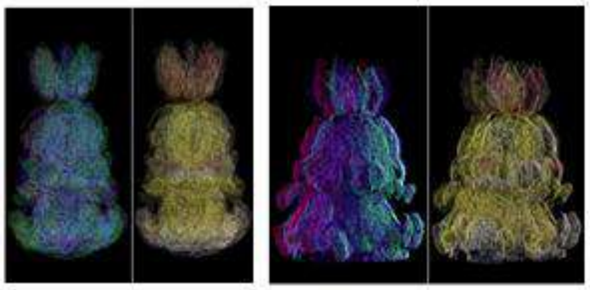
Background & Edge Removal

เนื่องจากข้อมูลเมฆจุดที่ได้มานั้นมีข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับวัตถุติดมาด้วย เช่น พื้นหลัง ซึ่งเราสามารถกำจัดด้วยการใช้ Pass-through filter ซึ่งใช้กำจัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องในแนวแกน X แกน Y และแกน Z และใช้ Statically outlier removal filter เพื่อกำจัดข้อมูลบริเวณขอบของวัตถุซึ่งมีความไม่เสถียรอยู่ ตัวอย่างข้อมูลเมฆจุดที่ได้มาแสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 ภาพทั้ง 8 มุมมองหลังจากกำจัดพื้นหลังแล้ว

Point Cloud Data Rotation

ก่อนการเรียกใช้งาน ICP เราจำเป็นต้องจัดเรียงข้อมูลให้อยู่ในตำแหน่งที่สอดคล้องกับตำแหน่งมุมการเก็บภาพจริงของวัตถุ ดังนั้นเราจึงต้องหมุนข้อมูลเมฆจุดให้อยู่ในตำแหน่งที่เป็นมุมมองข้อมูลเอง ซึ่งก่อนที่เราจะหมุนข้อมูลเมฆจุดได้นั้น ข้อมูลเมฆจุดต้องถูกย้ายให้ไปอยู่ในตำแหน่งของจุดกำเนิด (0,0,0) ซึ่งในที่นี้คือตำแหน่งกล้อง ดังนั้นเราจึงทำการเลื่อนข้อมูลเมฆจุดเข้าสู่จุด (0,0,0) โดยระยะแกน Z จะเป็นระยะห่างของกล้องถึงกลางวัตถุ เมื่อเลื่อนมาอยู่ในตำแหน่งจุด (0,0,0) แล้วเราก็จะทำการหมุนวัตถุให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องของได้ ดังแสดงผลในรูปที่ 4



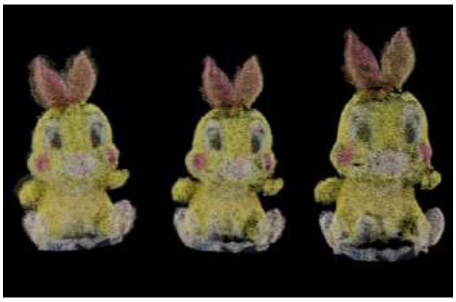
รูปที่ 4 ภาพทางซ้ายเป็นข้อมูลเมฆจุดก่อนหมุน ภาพทางขวาการแสดงข้อมูลเมฆจุดหลังจากหมุนเรียบร้อยแล้ว

Point Cloud Data Registration

หลังจากที่เราเตรียมข้อมูลเมฆจุดเสร็จเรียบร้อย ข้อมูลที่ได้มามีลักษณะการเรียงที่ใกล้เคียงกับวัตถุจริง แต่ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก ทำให้ต้องใช้ ICP เพื่อคำนวณหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเมฆจุดแต่ละชุด เมื่อข้อมูลในแต่ละมุมเลื่อนไปสู่ตำแหน่งที่ถูกต้องมากขึ้น การหาความสัมพันธ์สามารถทำได้โดยใช้ข้อมูลเมฆจุดแต่ละคู่ที่อยู่ติดกันมาคำนวณ และทรานสฟอร์มข้อมูลแต่ละคู่เข้าด้วยกัน หลังจากนั้นเราจะทำการคำนวณและรวมข้อมูลเมฆจุดจากคู่ด้านหลังวัตถุที่มุม180 องศารวมเข้ามาจนถึงด้านหน้าวัตถุ โดยการรวมเราจะแบ่งข้อมูลเป็นสองด้านคือ ซ้าย และขวาหลังจากที่ได้ชุดข้อมูลเมฆจุดด้านซ้ายและข้อมูลเมฆจุดด้านขวาของวัตถุแล้วเราเรียกใช้ ICP อีกครั้งเพื่อรวมข้อมูลทั้งสองชุดเข้าด้วยกัน และสุดท้ายเราจะได้ข้อมูลเมฆจุดที่เกิดจาก 8 มุมมองรวมกัน

Noise Removal

ข้อมูลเมฆจุดที่ได้จากการรวมแล้วจะมีข้อมูลจุดบางส่วน ที่เป็นส่วนเกินออกมา เราจึงต้องทำการกำจัดจุดเหล่านี้โดยใช้ตัวกรอง Statical Outlier Removal Filter ก็จะทำให้ข้อมูลเมฆจุดที่ได้มีปริมาณจุดส่วนที่เกินออกมาลดน้อยลงไป ในขั้นตอนสุดท้ายเราปรับพื้นผิวให้เรียบโดยการปรับเรียบ (Smoothing) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 รูปซ้ายเป็นกข้อมูลเมฆจุดหลังจากการใช้ ICP **ภาพตรงกลางเป็นการใช้** Statical outlier removal filter **ภาพขวาเป็นภาพหลังจากการทำการปรับเรียบ**

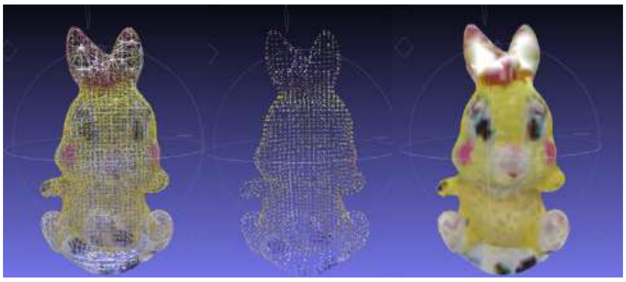
Surface Mesh Reconstruction

เมื่อเราได้ข้อมูลเมฆจุดที่ผ่านการ Registration แล้วเราจะนำข้อมูลเมฆจุดนั้นมาคำนวณหาพื้นผิวให้กับวัตถุ ในที่นี้เราใช้ขั้นตอนวิธี Poisson Surface Reconstruction แต่ก่อนอื่นเราต้องคำนวณหา Normal Vectors ของข้อมูลเมฆจุดก่อนโดยใช้ขั้นตอนวิธี K-Nearest Neighbor มาช่วยในการคำนวนหากลุ่มจุดที่อยู่ใกล้กันเพื่อนำไปใช้คำนวนหา Normal Vector ของแต่ละจุดได้ ผลจากการใช้ Poisson Surface Reconstruction คือ ข้อมูลจุดชุดใหม่ที่มีจำนวนน้อยลงจากเดิม และได้พื้นผิวสื่อความสัมพันธ์โครงข่ายระหว่างจุด ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 ผลการปูพื้นผิวของวัตถุ

Color Information Retrieval

หลังจากที่เราได้ปูพื้นผิวเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะพบว่าพื้นผิวนั้นยังไม่มีข้อมูลสี ดังนั้นเราจะต้องนำค่าสีจากข้อมูลเมฆจุดเดิมซึ่งมีค่า RGB ของแต่ละจุดอยู่ เข้าสู่พื้นผิวที่สร้างขึ้นใหม่ โดยขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการทำงาน ในที่สุดเราจะได้แบบจำลองสามมิติของวัตถุที่มาจากการสแกนเป็นที่เรียบร้อย ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 7



รูปที่ 7 โครงสร้างที่มีการโอนค่าสีเข้าสู่พื้นผิวที่สร้างขึ้นใหม่ และแสดงผลสุดท้ายของโมเดลที่ได้ในรูปขวาสุด

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

เครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ประกอบด้วยอุปกรณ์คิเนค 1 เครื่อง เครื่องคอมพิวเตอร์ CPU Intel Core i5-2410M (2.30 GHz, 3 MB L3 Cache, up to 2.90 GHz) Graphic Chip AMD Radeon HD 6630M (1GB GDDR3) สำหรับการประมวลผล 1 เครื่อง ส่วนด้านซอฟต์แวร์ประกอบด้วยระบบปฏิบัติการ

Ubuntu เวอร์ชั่น 11.10 PCL (Point Cloud Library) [6], ROS (Robot Operating System) [7] และ MeshLab [8]

4.4 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบยังคงมีข้อจำกัดดังต่อไปนี้ (1) ข้อมูลเมฆจุดที่เก็บมาต้องมีการเรียงข้อมูลเป็นลำดับที่ถูกต้อง (2) ยังไม่สามารถสแกนวัตถุที่มีขนาดเล็กมากเกินไปเนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอต่อการคำนวณ (3) การวางวัตถุควรวางอยู่กลางกล้อง และ (4) ไม่สามารถสแกนวัตถุที่มีลักษณะโปร่งใสได้เนื่องจากกล้องคิเนคไม่สามารถจับข้อมูลความลึกในส่วนนั้นได้

5. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบผลการทำงานของระบบแบ่งออกเป็นการทดสอบประสิทธิภาพในด้านความเร็วในการทำงานของระบบ และด้านความถูกต้องของขนาดและลักษณะผลลัพธ์แบบจำลองสามมิติที่ได้

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบระบบประกอบด้วย อุปกรณ์คิเนค แท่นหมุนสำหรับวางวัตถุ สายวัด และวัตถุ 5 ชนิดที่มีขนาดและรูปทรงแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 8

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

รูปที่ 9 แสดงผลลัพธ์ของแบบจำลองสามมิติที่ได้จากระบบ การทดสอบความเร็วในการคำนวณ เราวัดความเร็วในการประมวลผลผลการทดลองดังกล่าวแสดงในตารางที่ 1

รูปที่ 8 ภาพวัตถุ 5 ชนิดที่ใช้ทดสอบ

รูปที่ 9 ผลที่ได้จากการสแกนวัตถุ 5 ชนิด

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเวลาการทำงาน

วัตถุ	Point cloud pre-process (points)	Point cloud post-process (points)	Total time (sec)
1	103,821	8,929	253
2	91,922	6,698	229
3	273,461	4,895	705
4	103,585	9,065	288
5	269,374	3,482	597

จากการทดสอบเราพบว่า เวลาในการทำงานแปรผันตามจำนวนของข้อมูลเมฆจุด หรือขนาดของวัตถุ ถ้าวัตถุมีขนาดใหญ่ ระบบก็ใช้เวลาในการคำนวณมาก การทดสอบความถูกต้องของขนาดและลักษณะของแบบจำลองผลลัพธ์ที่ได้จากการสแกน เราทำการทดสอบโดยใช้วัตถุทั้งหมด 5 ชนิด ในการทดสอบเราใช้สายวัดเพื่อวัดขนาดจริงซึ่งเป็นขนาดสูงตามแนวแกน X แกน Y และแกน Z ของวัตถุ เพื่อดูความแตกต่างของวัตถุจริงกับวัตถุสามมิติผลที่ได้เป็นตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองกับวัตถุจริง

วัตถุ	ขนาดจริง (cm) (X/Y/Z)	ขนาดโมเดล(cm) (X/Y/Z)	%ความคลาดเคลื่อน (X/Y/Z)
1	17.25/ 9.20/ 12.45	16.54/ 9.54/ 12.76	-4.12/ 3.50/ 2.49
2	11.00/ 15.00/ 8.00	10.61/ 15.19/ 8.57	-3.54/ 1.26/ 7.13
3	20.10/ 33.50/ 13.80	20.23/ 33.22/ 16.74	0.64/ -0.84/ 21.30
4	9.90/ 16.30/ 9.90	10.47/ 14.60/ 10.34	5.76/ -16.56/ 4.44
5	38.10/ 15.05/ 12.10	39.67/ 14.8/ 13.99	4.12/ -1.26/ 15.62

จากการทดสอบ เราพบว่าวัตถุที่มีขนาดเล็กมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวัตถุที่มีขนาดใหญ่ ความคลาดเคลื่อนในแนวแกน Z มีความคลาดเคลื่อนสูงที่สุด ลักษณะโดยรวมของวัตถุที่สแกนมาได้นั้นถือว่ามีรูปทรงสมบูรณ์ แต่รายละเอียดและส่วนของวัตถุที่มีความคมขาดหายไป เนื่องจากภาพตั้งต้นมีความละเอียดที่ต่ำและกระบวนการปรับผิวเรียบก็มีส่วนทำให้ข้อมูลขาดหายไป และขนาดของแบบจำลองยังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง อย่างไรก็ตามโดยรวมแล้วสัดส่วนที่ได้ยังคงมีความถูกต้องอยู่

6. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบสแกนวัตถุสามมิติด้วยการใช้ Iterative Closest Point Algorithm (ICP) ในการสร้างแบบจำลองสามมิติของวัตถุ จากข้อมูลเฆมจุดที่ได้มาจากอุปกรณ์คิเนค จากผลการทดลองแบบผลลัพธ์จำลองสามมิติที่ได้ยังรักษารูปทรงโดยรวมของวัตถุได้ถูกต้อง แต่ว่ารายละเอียดขาดหายไป ส่วนความเร็วในการประมวลผลขึ้นอยู่กับขนาดข้อมูลเมฆจุดที่ได้รับมาจากอุปกรณ์คิเนค

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

เราสามารถพัฒนาให้ระบบนี้สามารถสแกนวัตถุที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และเราอาจเพิ่มจำนวนอุปกรณ์คิเนคเพื่อให้สามารถสแกนวัตถุในรอบเดียวซึ่งจะทำให้ความคลาดเคลื่อนลดลงได้ นอกจากนี้ยังอาจเปลี่ยนจากการวางกล้องอยู่ที่ตำแหน่งคงที่มาเป็นขยับกล้องแทนการขยับวัตถุ แต่ทว่ารูปแบบการคำนวนจะแตกต่างออกไป และท้ายที่สุดคือการพัฒนาขั้นตอนวิธีให้การคำนวณมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ว-ท(ด) 91.53)

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Kinect [ออนไลน์], เข้าถึงได้ http://en.wikipedia.org/wiki/Kinect.

[2] Hearn, Donald and Baker, M. Pauline. Computer Graphics C version, Second Edition. 1996.

[3] Point cloud [ออนไลน์], เข้าถึงได้ http://en.wikipedia.org/wiki/Point_cloud

[4] A. Makadia, A. I. Petterson and K. Daniilidis. Fully Automatic Registration of 3D Point Clouds. Computer Vision and Pattern Recognition, 2006. CVPR ’06. IEEE Conference on, Pages 1297 – 1304.

[5] M.Kazhdan, ,M.Bolitho and H.Hoppe. Poisson Surface Reconstruction, The fourth Eurographics symposium on Geometry Processing, 2006. SGP ’06. Pages 61 – 70.

[6] R. Bogdan Rusu and S.Cousins. 3D is here: Point Cloud Library (PCL).International Conference on Robotics and Automation. 2011. ICRA ‘11.

[7] ROS (Robot Operating System) [ออนไลน์], เข้าถึงได้ http://www.ros.org/wiki/

[8] MeshLab [ออนไลน์], เข้าถึงได้ http://meshlab.sourceforge.net/

ยุทธการพระพิรุณ: เกมฝึกสมองบนระบบปฏิบัติการณ์ไอโอเอส

เลอพงศ์ ชัยสิงหาญ   วิริยะ มนตรีวสุวัฒน์   เอกลักษณ์ วชิรตรังสฤษดิ์   ฐิติวรรณ ศรีนาค

ห้องปฏิบัติการวิจัยนวัตกรรมวิทัศนศาสตร์ (GIVE – Graphics Innovation and Vision Engineering Laboratory)

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

cloud28114@gmail.com, jviriya__@hotmail.com, ekkaluk_v@hotmail.com, thitiwan.s@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอุปกรณ์สื่อสารประเภทสมาร์ตโฟน และคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตได้รับความนิยมสูงมาก เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้สามารถติดตั้งซอฟต์แวร์เพิ่มเติมได้โดยง่าย โปรแกรมประยุกต์ประเภทหนึ่งที่ได้รับความสนใจมากคือ เกม เพราะสามารถเข้าถึงผู้คนได้ทุกเพศทุกวัย ในโครงงานนี้ผู้พัฒนาจึงนำเสนอการพัฒนาเกมฝึกสมองที่ชื่อว่า ยุทธการพระพิรุณ ซึ่งทำงานบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส เกมฝึกสมองมีประโยชน์ในด้านการฝึกทักษะไหวพริบการแก้ปัญหาตั้งแต่ระดับง่ายไปจนถึงระดับซับซ้อนมาก โดยไม่เน้นเรื่องราวแต่จะเน้นไปที่ความท้าทายให้ผู้เล่นกลับมาเล่นซ้ำในระดับที่ยากขึ้น นอกจากนี้ยุทธการพระพิรุณยังสามารถที่จะใช้เป็นซอฟต์แวร์เกมต้นแบบ และกรณีศึกษาสำหรับการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการไอโอเอสต่อไป

Abstract

Nowadays smartphones and tablet computers become highly popular since they can easily be installed various software applications. One of the most popular applications is game because games can be used by every gender and age. In this project, we propose a development of a puzzle game called “Pirun Battle” which operates on iOS. A puzzle game provides benefits in problem solving skills beginning from easy to complex levels. The game does not dominate on a story line but emphasizes on challenging to pursuit the player to keep playing in higher levels. Moreover, Pirun Battle can be a game software prototype and a case study for the development of applications on the iOS operating system.

คำสำคัญ

เกมฝึกสมอง, คอมพิวเตอร์แท็บเล็ต, iOS

1. บทนำ

เกมยุทธการพระพิรุณเป็นเกมฝึกสมอง (Puzzle) บนระบบปฏิบัติการณ์ไอโอเอส กิจกรรมภายในเกมนั้นไม่สนับสนุนความรุนแรง แรงบันดาลใจของเกมนี้มากจากลักษณะของน้ำที่ไม่ดีชนิดต่างๆ ที่ประชาชนชาวไทยพบเจอในช่วงมหาอุทกภัยปี 2554 ผู้เล่นจะต้องทำหน้าที่เคลื่อนย้ายและทำลายก้อนน้ำที่พยายามเอ่อเข้ามาก่อนที่จะสะสมจนท่วมล้นหน้าจอตามพื้นที่ที่กำหนด ในเกมผู้เล่นสามารถที่จะเล่นเพียงคนเดียวบนเครื่องหรือจะเล่นกับเพื่อนเพื่อทำการแข่งขันกันบนระบบผู้เล่นหลายคนได้ ลักษณะของเกมยุทธการพระพิรุณเน้นการตอบสนองแบบทันทีทันใดโดยให้ความสนุกสนานและความท้าทายแก่ผู้เล่นเกม รูปแบบการแสดงผลจะใช้การแสดงผลของเกมเป็นกราฟฟิกส์แบบสามมิติ และสองมิติผสมผสานกัน การปฏิสัมพันธ์ระหว่างเกมกับผู้เล่นกระทำผ่านหน้าจอสัมผัส

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

หากพิจารณาจากยอดการจำหน่ายโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์สมาร์ตโฟนในช่วงปี 2009-2010 [1] เราจะเห็นได้ว่า Apple App Store มีรายได้สูงสุดทิ้งห่างจากคู่แข่งรายอื่นอย่างมากดังแสดงการเปรียบเทียบรายได้ในตารางที่ 1 ดังนั้นทีมผู้พัฒนาจึงได้สนใจในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการไอโอเอส โดยเฉพาะโปรแกรมประยุกต์ประเภทเกมเพราะสามารถเข้าถึงผู้คนได้อย่างกว้างขวาง แต่เกมที่ผลิตออกมาส่วนใหญ่มีลักษณะให้ผู้เล่นมีปฏิสัมพันธ์กับเกมเท่านั้น โดยไม่สนับสนุนให้ผู้เล่นเล่นร่วมกับผู้อื่นได้ซึ่งจะทำให้ใช้ความสามารถของเทคโนโลยีได้อย่างไม่เต็มที่

และขาดความท้าทายใหม่ ๆ ที่จะพบเจอได้จากการเล่นกับคนเท่านั้น อีกทั้งเกมทั่วไปมักไม่สร้างสรรค์ และก่อความรุนแรงซึ่งเป็นการชี้นำเยาวชนให้เสพย์ติดความก้าวร้าวไปถึงการเลียนแบบพฤติกรรมที่ผิดได้ จากปัญหาดังกล่าว ผู้พัฒนาจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเกมยุทธการพระพิรุณซึ่งทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตไอแพด เพื่อเป็นหนึ่งในสื่อสร้างสรรค์สำหรับสังคม

ตารางที่ 1 รายได้สุทธิ (ล้านเหรียญดอลล่าร์สหรัฐ) ของร้านโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ปี 2009 และ 2010 [1]

Store	2009	2010
Apple App Store	$769	$1782
Blackberry App World	$36	$165
Nokia Ovi Store	$13	$105
Google Android Market	$11	$102
Total	$828	$2155

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 กราฟิกส์

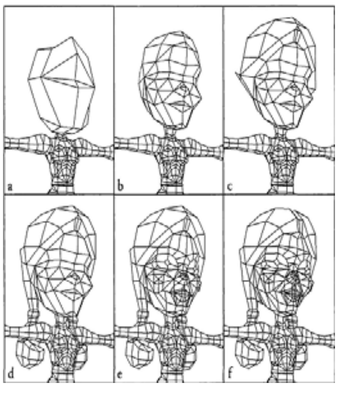
กราฟิกส์ [2, 3] คือการประมวลผลภาพในระบบสามมิติเพื่อแสดงผลบนระบบจอภาพสองมิติในรูปแบบพิกเซล ในปัจจุบันมีการใช้กราฟิกส์การ์ดกันอย่างแพร่หลายในคอมพิวเตอร์เดสทอป และระบบคอนโซลที่ต้องใช้ระบบกราฟิกส์โดยเฉพาะ ซึ่งจะมีความคล้ายคลึงกันของแต่ละแพลทฟอร์ม ผู้พัฒนาสามารถพัฒนาระบบกราฟิกส์เอนจิ้นให้สามารถทำงานได้ในแต่ละแพลทฟอร์ม ซึ่งการพัฒนาผู้พัฒนาไม่ต้องคำนึงถึงการใช้ Low-level interface หรือ API แต่อย่างใด ในระบบกราฟิกส์จะมีการใช้จุด (Vertices) ในการระบุตำแหน่งในระบบสามมิติ Textures เป็นการใช้สีในระบบ RGB เพื่อแสดงเป็นรูปภาพ Shaders เป็นระบบการประมวลผล โทนของสี โทนของแสง และระดับของสี Materials เป็นการประมวลผลที่ใช้ Shaders textures และข้อมูลจากจุดในระบบสามมิติ เพื่อแสดงรายละเอียดของวัตถุ

3.2 กราฟิกส์ซอฟต์แวร์

กราฟิกส์ซอฟต์แวร์ [2] แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือแพคเกจโปรแกรมทั่วไป และแพคเกจที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานเฉพาะทาง ซึ่งแพคเกจกราฟิกส์แบบทั่วไปนั้นจะมีชุดของฟังก์ชันกราฟิกส์ที่สามารถนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาระดับสูง เช่น C หรือ FORTRAN โดยตัวอย่างของแพคเกจกราฟิกส์แบบทั่วไปคือ GL (Graphics Library) ซึ่งมีฟังก์ชันพื้นฐานในการสร้างองค์ประกอบของภาพ (เส้นตรง รูปหลายเหลี่ยมหรือโพลีกอน วงกลม และตัวเลขอื่น ๆ) การตั้งค่าสีและค่าความเข้ม การเลือกมุมมองและการประยุกต์ใช้การแปลงตำแหน่ง โดยแพคเกจโปรแกรมกราฟิกส์นั้นออกแบบมาสำหรับบุคคลทั่วไปเพื่อให้ใช้งานสร้างผลงานผ่านหน้าจอโดยไม่ต้องกังวลถึงกระบวนการทำงานทางกราฟิกส์เบื้องหลัง

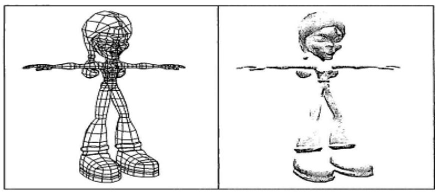
3.3 การขึ้นรูปโมเดล 3 มิติ

กระบวนการการสร้างโมเดล 3 มิติ (3D Modeling)[3] สร้างได้หลายวิธี เช่น การขึ้นรูปด้วยกล่องโดยใช้วิธีแบบโพลีกอน โดยต้องเริ่มจากการวาดภาพของโมเดลที่เราต้องการสร้างด้านหน้า และ ด้านข้าง แบบคร่าวๆ มาก่อน และก่อนที่จะทำการขึ้นรูปนั้น ต้องทำการกำหนดจำนวนของโพลิกอนที่เราต้องใช้ไว้ ต่อไปเป็นการขึ้นรูปโมเดลแบบหยาบ เริ่มโดยการนำกล่องโพลิกอนมาปรับต่อไปเป็นขั้นตอนการฟอกโมเดล ซึ่งคือการลงรายละเอียดโมเดลให้เป็นรูปที่ต้องการ เช่น ทำให้มีรูปร่างหน้าตา มีนิ้วมือนิ้วเท้า ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การลงรายละเอียดโมเดล [3]

ขั้นสุดท้ายเป็นการใส่สี และเงาลงไป ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การใส่สีและเงา [3]

นอกจากนี้ยังมีการสร้างโมเดล 3 มิติอีกมากเช่น วิธีปั้น 3 มิติ (3D Sculpting) วิธีวิศวกรรมย้อนกลับ วิธีการขึ้นรูปแบบ BSP วิธีการขึ้นรูปโดยใช้โพลิกอนน้อย (low-polygon Modeling) และการขึ้นรูปแบบระเบียบวิธีเป็นต้น

3.4 Character Animation

Character Animation [3] คือการทำให้โมเดลหรือตัวละครเกิดการเคลื่อนไหวซึ่งการทำกระดูกให้ตัวละครนั้นเป็นหัวใจหลักของการทำแอนิเมชั่นซึ่งการทำกระดูกนั้นมักจะมีเป็นลำดับชั้น (Hierarchy) โดยแต่ละกระดูกอาจจะเป็นกระดูกเพียงชิ้นเดียว (Parent bone) หรืออาจมีกระดูกหลายชิ้น (child bones) ภายใต้กระดูกหนึ่งชิ้น เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้

3.5 ไอโอเอส

ไอโอเอส (iOS) [4] เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับสมาร์ตโฟนและคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตของบริษัทแอปเปิล โดยเริ่มต้นพัฒนาสำหรับใช้ในโทรศัพท์ไอโฟน และได้พัฒนาต่อใช้สำหรับ ไอพอดทัช และ ไอแพด เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับ

ระบบปฏิบัติการไอโอเอส ได้แก่ โปรแกรมเอ็คโค้ด (Xcode) [5] เป็นเครื่องมือของนักพัฒนา Apple เอาไว้สร้างแอปพลิเคชันสำหรับเครื่อง Mac, iPhone และ iPad ซึ่งจะมีคลาสไลบรารี่ สำหรับใช้พัฒนาแอปพลิเคชัน

3.6 เกม

เกม [3] เป็นกิจกรรมของมนุษย์เพื่อประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น เพื่อความสนุกสนานบันเทิง เพื่อฝึกทักษะ และเพื่อการเรียนรู้ เป็นต้น เกมประกอบด้วยเป้าหมาย กฎเกณฑ์ การแข่งขันและปฏิสัมพันธ์ เกมมักจะเป็นการแข่งขันทางจิตใจหรือด้านร่างกาย หรือทั้งสองอย่างรวมกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดพัฒนาการของทักษะใช้เป็นรูปแบบของการออกกำลังกาย หรือการศึกษาบทบาทสมมุติ และจิตศาสตร์ เป็นต้น

สำหรับเกมฝึกสมอง **(Puzzle Game)** การออกแบบจะอาศัยการอ้างอิงรูปแบบและระบบของโปรเจคเกม โดยก่อนหน้าได้มีผู้พัฒนาเกมแนวฝึกสมองออกมาหลากหลาย โดยเกมแรกที่ได้รับความนิยมคือ **Tertris** ตัวเกมออกแบบโดย อเล็กเซย์ ปายีตนอฟ **(Alexey Pajitnov)** นักออกแบบเกมชาวรัสเซีย ออกแบบสำหรับเล่นในเครื่อง Electronika 60 ไว้เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2528 เป็นเกมที่ใช้การต่อบล็อกให้เต็มแถวแล้วแถวจะหายไปโดยพอแถวหายไปแล้วก็จะได้คะแนนออกมาโดยเป็นเกมที่เล่นโดยเก็บคะแนนจนกว่าแถวของบล็อกจะหลุดกรอบออกไปก็จะถือว่าจบเกม

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

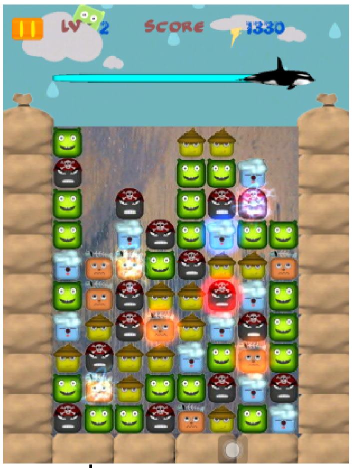
ระบบเกมยุทธการพระพิรุณประกอบด้วย หน้าเกมหลักคือ หน้า Start Menu หน้า Single player หน้า Multiplayer และหน้าการเชื่อมต่อ Multiplayer

รูปที่ 3 หน้า Start Menu

หน้า Start Menu ดังแสดงในรูปที่ 3 เป็นหน้าแรกที่ติดต่อกับผู้เล่น ผู้เล่นสามารถเลือกได้ว่าจะเล่น

เกมแบบเล่นคนเดียว หรือเล่นแบบผู้เล่นหลายคน และสามารถดูสถิติคะแนน และข้อมูลผู้พัฒนาโปรแกรมได้

หน้า Single player ดังแสดงในรูปที่ 4 เป็นหน้าหลักสำหรับการเล่นในระบบเล่นคนเดียวโดยผู้เล่นสามารถเคลื่อนย้ายวัตถุซึ่งเป็นก้อนน้ำลักษณะแตกต่างกัน 5 แบบ โดยการใช้นิ้วสัมผัสก้อนน้ำเหล่านั้น เมื่อก้อนน้ำที่เหมือนกันอยู่ติดกันตั้งแต่สามก้อนขึ้นไปจะทำให้ก้อนน้ำกลุ่มนั้นระเบิด ถ้าอยู่ติดกันตั้งแต่สี่ก้อนขึ้นไปจะทำให้ระเบิดแล้วเกิดเป็นก้อนน้ำพิเศษแบบใหม่ออกมาที่สามารถนำไปทำให้เกิดระเบิดที่ใหญ่กว่าเดิมต่อไปได้เมื่อนำไปเป็นส่วนหนึ่งของการระเบิดครั้งต่อไป เกมจะยุติเมื่อก้อนน้ำท่วมเต็มหน้าจอ



รูปที่ 4 **หน้า** Single Player

หน้าการเชื่อมต่อ Multiplayer เป็นหน้าที่ผู้เล่นสามารถทำการสร้างตัวเองเป็นเซิฟเวอร์ (Server) หรือจะทำตัวเองเป็นผู้เชื่อมต่อ (Client) ก็ได้โดยจะสามารถดูได้ว่าในวงเน็ตเวิร์คที่เราอยู่นั้นมีผู้ที่เปิดเซิฟเวอร์รอไว้อยู่รึเปล่าถ้ามีจะมีปรากฏขึ้นให้ผู้เล่นสามารถทำการเชื่อมต่อได้

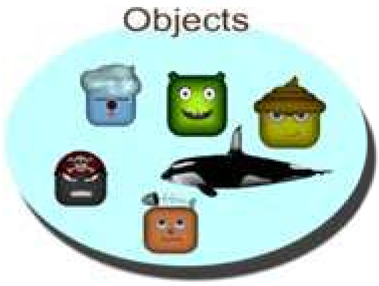
หน้า Multiplayer ดังแสดงในรูปที่ 5 เป็นหน้าที่ใช้เล่นกันระหว่างผู้เล่นสองคนโดยผู้เล่นจะสามารถมองเห็นหน้าจอของผู้เล่นฝ่ายตรงข้ามได้ผ่านส่วนแสดงผลขนาดเล็กด้านล่างขวามือ ผู้เล่นสามารถระเบิดก้อนน้ำในหน้าจอตนเอง เพื่อส่งไปยังหน้าจอของฝ่ายตรงข้าม กติกาคือ ใครไม่สามารถกำจัดก่อนน้ำได้ก่อนที่จะโดนก้อนน้ำท่วมล้นหน้าจอ ฝ่ายนั้นเป็นฝ่ายแพ้

รูปที่ 5 **หน้า** Multiplayer

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

เมื่อผู้เล่นส่งคำสั่งต่าง ๆ ผ่านอินเตอร์เฟสของโปรแกรม เช่น เคลื่อนย้ายก้อนน้ำ ระเบิดกลุ่มก้อนน้ำ รวมตัวก้อนน้ำ เป็นต้น โปรแกรมจะประมวลผลคำสั่งของผู้เล่น โดยรูปแบบการประมวลผลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ Behavior script และ Status script

Behavior script ทำหน้าที่ประมวลผลและกำหนดการกระทำของวัตถุในโปรแกรมอันได้แก่ ก้อนน้ำและวาฬสำหรับบอกคะแนนดังแสดงในรูปที่ 6 เพื่อส่งข้อมูลต่อไปยัง Status Script ซึ่งทำหน้าที่คอยควบคุมการทำงานและกิจกรรมโดยรวมของระบบว่าควรจะเป็นลักษณะใด



รูปที่ 6 **วัตถุภายในระบบ**

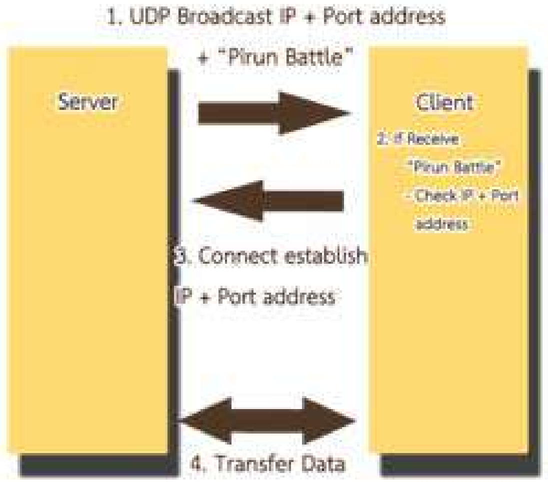
ส่วนการเล่นในระบบผู้เล่นหลายคนจะต้องมีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ไอแพด 2 เครื่อง โดยเครื่องหนึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพื่อรอการเชื่อมต่อจากเครื่องไคลเอนต์ ดังแสดงในรูปที่ 7

ขั้นที่ 1 เครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่ง UDP Broadcast โดยภายในแพคเกจจะประกอบด้วยข้อมูลสำคัญคือ ที่อยู่ไอพี (IP address) และเลขที่พอร์ต (Port) ของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ทำการเปิดไว้เพื่อรอรับการเชื่อม และมีสายอักขระ “Pirun Battle” เพื่อใช้ในการยืนยันตัวเกมไปยังเครื่องไคลเอนต์ว่าเป็นเกมเดียวกัน

ขั้นที่ 2 เมื่อเครื่องไคลเอนต์ได้รับแพคเกจจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์แล้ว เครื่องไคลเอนต์ทำการตรวจสอบสายอักขระภายในแพคเกจที่ส่งมาก่อนว่าใช่ “Pirun Battle” หรือไม่ ถ้าใช่ก็จะทำการตรวจสอบเลขที่อยู่ไอพีและพอร์ต แล้วระบบจะถามให้ผู้เล่นยืนยันการตัดสินใจว่าจะทำการเชื่อมต่อกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์นี้หรือไม่

ขั้นที่ 3 ผู้เล่นเลือกเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ต้องการเชื่อมต่อ แล้วเครื่องไคลเอนต์จะส่งที่อยู่ไอพีและเลขที่พอร์ตของตนไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์

ขั้นที่ 4 เมื่อเครื่องเซิร์ฟเวอร์ได้รับเลขที่อยู่ไอพีและเลขที่พอร์ตจากเครื่องไคลเอนต์แล้ว เครื่องเซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูลกลับไปเพื่อแจ้งว่าการเชื่อมต่อประสบความสำเร็จแล้ว จากนั้นการรับส่งข้อมูลระหว่างสองเครื่องก็สามารถดำเนินการได้ต่อไป



รูปที่ 7 การเชื่อมต่อในระบบผู้เล่นหลายคน

4.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

4.2.1.1 เอ๊คโค้ด

เอ๊คโค้ด (Xcode) [5] เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการไอโอเอสที่ทางบริษัท Apple ได้พัฒนาขึ้นมาและเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบเกมจากโปรแกรมยูนิตี้สามดีลงในเครื่องที่ทำงานบนระบบไอโอเอส

4.2.1.2 ยูนิตี้สามดี

ยูนิตี้สามดี (Unity3D) [6] เป็นโปรแกรมพัฒนาเกมสามมิติและสองมิติโดยสามารถช่วยนักพัฒนาให้พัฒนาเกมได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถรองรับได้หลายหลายระบบปฏิบัติการณ์ทั้ง Windows และ OSX อีกทั้งยังรองรับภาษาในการพัฒนาได้หลากหลายภาษา

4.2.1.3 มายา

มายา (Maya) [7] เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับออกแบบและสร้างโมเดลสามมิติ รวมทั้งสร้างแอนนิเมชั่นให้กับโมเดลสามมิติเพื่อนำไปใช้ในการสร้างวัตถุในโปรแกรมยูนิตี้สามดีในการพัฒนาเกม

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบสามารถทำงานได้บนอุปกรณ์ไอแพดเท่านั้น และต้องทำงานบนระบบปฏิบัติการณ์ไอโอเอส 4.3.3 ขึ้นไป และถ้าต้องการเล่นหลายผู้เล่นจะต้องทำการเชื่อมต่อไวไฟ (WiFi)/Edge/3G และสามารถเล่นพร้อมกันได้สูงสุดสองคนเท่านั้น

5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

เครื่องไอแพดที่มีข้อกำหนดด้านฮาร์ดแวร์เดียวกันแต่ละเครื่องนั้นจะมีประสิทธิภาพที่เท่าเทียมกัน แต่หากมีระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกัน อาจมีผลต่อภาพการตอบสนองต่อผู้เล่น สำหรับประสิทธิภาพด้านการตอบสนองนี้ กระทำโดยวัดอัตราความเร็วของเฟรมในขณะที่มีวัตถุอยู่ในฉากมากที่สุดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนเฟรมต่อวินาทีของเกม

Smart Phone	OS Version	Vertices (vtx)	Framerate (fps)
iPad 2	4.3.3	8688	30
iPad 2	5.0.1	8688	30

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าระบบปฏิบัติการที่รุ่นแตกต่างกันให้ค่าอัตราความเร็วของเฟรมที่เท่ากัน

โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเล่นเกม อย่างไรก็ตามหากผู้เล่นเคลื่อนย้ายวัตถุในเกมเร็วเกินไป อาจทำให้เกิดปัญหาการซ้อนกันของวัตถุภายในเกมได้ ดังแสดงในรูปที่ 8

รูป 8 ตัวอย่างความผิดพลาดการซ้อนทับกันของวัตถุ

5.2 การประเมินความพึงพอใจของผู้เล่น

เกณฑ์ในการให้คะแนนจาก ไลเคิร์ทสเกล (Likert scale) [8] โดยแบ่งการประเมินเป็น 5 ด้านคือ กราฟิกส์ (Graphics) เสียงประกอบ (Sounds) การควบคุม (Controls) ความสมบูรณ์ (Playability) และความยั่งยืน (Lastability) ซึ่งให้ระดับคะแนนดังต่อไปนี้ ดีมาก (5), ดี (4), ปานกลาง (3), พอใช้ (2), และควรปรับปรุง (1)

ผู้ประเมินคือ นักเรียนนักศึกษาช่วงอายุตั้งแต่ 20-25 จำนวน 30 คน ผลการประเมินคือ ความพึงพอใจในส่วนของกราฟิกส์มากที่สุด รองลงมาเป็นส่วนของความยั่งยืน ความสมบูรณ์ ความยั่งยืน เสียงประกอบและการควบคุม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

โดยในส่วนการควบคุมยังเกินความผิดพลาดในการซ้อนทับกันของวัตถุทำให้ได้ความพึ่งพอใจต่ำสุด

ตารางที่ 3 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจ

การประเมิน	คะแนนเฉลี่ย
ด้านกราฟิกส์	4.93
ด้านเสียงประกอบ	4.53
ด้านการควบคุม	3.90
ด้านความสมบูรณ์	4.57
ด้านความยั่งยืน	4.60
คะแนนเฉลี่ยโดยรวม	4.51

6. บทสรุป

เกมยุทธการพระพิรุณเป็นเกมฝึกสมองแบบหลายผู้เล่นที่พัฒนามาเพื่อใช้บนระบบปฏิบัติการณ์ไอโอเอสบนอุปกรณ์ไอแพดผู้เล่นสามารถแข่งขันกับผู้เล่นคนอื่นได้ โดยผลคะแนนความพึงพอใจโดยรวมของผู้เล่นเฉลี่ยที่ 4.51 ซึ่งอยู่ในระดับดีถึงดีมาก

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

การปรับปรุงในเรื่องความเร็วในการทำงานของเกม แก้ไขปัญหาการเคลื่อนที่วัตถุและเพิ่มความน่าสนใจของเกมทางด้านแอนิเมชั่นและเอฟเฟค

7. กิตติกรรมประกาศ

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. เอกสารอ้างอิง

[1]. Tablet Computer [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://en.wikipedia.org/wiki/Tablet_computer. เข้าถึงเมื่อวันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2555

[2]. Hearn, Donald and Baker, M. Pauline. Computer Graphics C version Second Edition. pp.75, 1996.

[3]. Steve Rabin. Introduction to Game Development Second Edition. pp. 1-41, 423-476, 477-520, 657-678, 687-700, 2010.

[4]. iOS Developer [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: developer.apple.com/devcenter/ios/index.action. เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

[5]. Xcode [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: developer.apple.com/technologies/tools. เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

[6]. Unity3D [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: unity3d.com เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

[7]. Maya [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: usa.autodesk.com/maya. เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2555

[8]. Likert scale [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: en.wikipedia.org/wiki/Likert_scale. เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2555

การประยุกต์ใช้สัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะไกล

โสภาพรรณ สุวรรณสว่าง	ทศพร แหลมหลัก	ทศพล นาคา
โปรแกรมวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม	โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
sopapun@gmail.com	00_bat_00@windowslive.com	pokpak_11@windowslive.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อลายโดยส่งสัญญาณกล้ามเนื้อ เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบระยะไกล ซึ่งประกอบด้วยชุดวัดสัญญาณ ชุดควบคุมการสื่อสารแบบไร้สาย ชุดประมวลผลและแสดงผล และชุดควบคุมอุปกรณ์ภายนอก การทดสอบทำได้โดยใช้สัญญาณกล้ามเนื้อบริเวณแขนของอาสาสมัคร 4 คนในการสั่งงานมอเตอร์และรีโมทรถบังคับวิทยุ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าสามารถควบคุมให้อุปกรณ์ทั้งสองทำงานและหยุดทำงานได้ตามเป้าหมายอย่างถูกต้องแม่นยำ ทั้งนี้งานวิจัยนี้สามารถปรับใช้กับผู้ป่วยที่ผู้พิการอัมพาตบางส่วนหรือแขนขาอ่อนแรงให้สามารถช่วยเหลือตนเองได้จากการบังคับกล้ามเนื้อของร่างกายเพื่อควบคุมอุปกรณ์อำนวยความสะดวกจากระยะไกล เช่น การเปิด-ปิดไฟ เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

Abstract

This article introduces an application of wireless surface electromyography (sEMG) measurement for electrical equipment control. This prototype consists of 4 main parts, a measuring circuit, controller and wireless communication module, a signal processing and display module, and an electrical equipment control module. The prototype was applied to measure the sEMG signal at the Biceps Brachii. There were 4 volunteers who were required to control motor and RC car remote control. Results from the experiment demonstrate that the prototype can be correctly worked well. This proposed system is useful for disabled people or injury patients to help them in activities of daily living.

คำสำคัญ

sEMG, Zigbee, Xbee, Microcontroller.

1. บทนำ

ผู้ป่วยที่พิการทางด้านการเคลื่อนไหวหรือกล้ามเนื้ออ่อนแรง ที่สามารถขยับกล้ามเนื้อได้บางส่วน โดยส่วนใหญ่ต้องรอรับการช่วยเหลือจากผู้อื่น หากมีวิธีที่สามารถช่วยให้ผู้ป่วยเหล่านี้พึ่งพาหรืออำนวยความสะดวกให้ตัวเอง เช่น การเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า การเปิด - ปิด เพิ่ม - ลดเสียง การเปลี่ยนช่องโทรทัศน์หรือวิทยุ รวมถึงการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือในกรณีฉุกเฉินที่ผู้ดูแลไม่ได้อยู่ใกล้ชิดผู้ป่วย จะถือเป็นการลดภาระของผู้ดูแลผู้ป่วยในการดูแลอำนวยความสะดวก บนพื้นฐานการคิดค้นพัฒนาขึ้นภายในประเทศ เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายในการดูแลผู้ป่วยลง รวมถึงส่งผลให้ผู้ป่วยมีสภาพจิตใจที่ดีขึ้นเมื่อสามารถช่วยเหลือตัวเองได้บ้าง

จากแนวความคิดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงนำเสนอชุดต้นแบบที่ประยุกต์ใช้การตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ เช่น สัญญาณกล้ามเนื้อบริเวณแขน ในการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยทำการส่งสัญญาณกล้ามเนื้อที่ได้จากชุดวัดสัญญาณผ่านมอดูลไร้สาย XBee จากนั้นทำการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปสั่งการควบคุมอุปกรณ์ภายนอก

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ผู้ป่วยที่พิการบางกลุ่ม เช่น ผู้ที่พิการหรือเป็นอัมพาตจากอุบัติเหตุ จะมีสภาพจิตใจที่ไม่ดี คิดท้อแท้ เสียใจที่ต้องคอยเป็นภาระและพึ่งพาผู้อื่น หากมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถอำนวยความสะดวก ราคาไม่แพง การใช้งานไม่ยุ่งยาก แต่สามารถแบ่งเบาภาระผู้ดูแลและผู้ป่วยให้ช่วยเหลือตัวเองได้ จะก่อให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลาย

สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลาย (EMG) เกิดจากการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อลายซึ่งได้รับการกระตุ้นโดยสัญญาณ

ประสาท (Nerve impulse) ที่มาจากเซลล์ประสาท เนื่องจากเซลล์กล้ามเนื้อและเซลล์ประสาทเป็น Excitable tissue สามารถสร้างสัญญาณไฟฟ้าขึ้นได้เองเมื่อได้รับการกระตุ้นที่เหมาะสม โดยสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อนี้จะมีย่านแรงดันของสัญญาณขนาดประมาณ 50 μV-100 mV และมีความถี่ของสัญญาณอยู่ในย่าน 0 -500 Hz แต่พลังงานของสัญญาณส่วนใหญ่อยู่ในย่าน 10-150 Hz [1]

สำหรับการวัดสัญญาณ EMG ทำได้ 2 วิธี [2] คือ

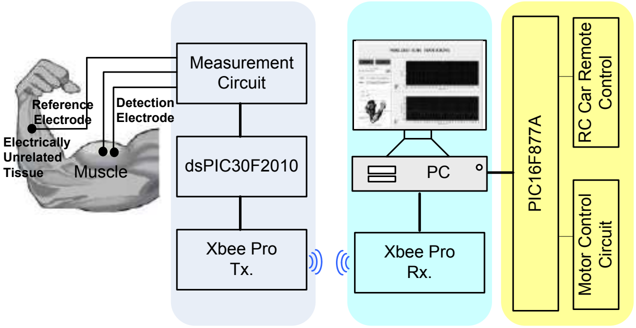
1) การวัดด้วยขั้วไฟฟ้าแบบเข็ม (needle EMG) ซึ่งจะใช้ขั้วไฟฟ้าขนาดเล็กเจาะลงไปในผิวหนังแล้ววัด EMG จากเส้นใยกล้ามเนื้อโดยตรง เป็นการวัดเส้นใยกล้ามเนื้อกลุ่มเล็กๆ หรือเฉพาะมัดใยกล้ามเนื้อที่ต้องการวัด โดยการวัดแบบนี้จะต้องใช้ความรู้ทางด้านสรีรวิทยาเพื่อระบุตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่ต้องการวัด และต้องใช้ความชำนาญในการเจาะขั้วไฟฟ้าลงบนตัวผู้วัด

2) การวัดด้วยขั้วรับสัญญาณที่ผิวสัมผัส (surface EMG) ซึ่งจะใช้แผ่นรับสัญญาณติดที่ผิวหนังตรงบริเวณกล้ามเนื้อที่ต้องการวัด จะเป็นการวัดการทำงานของกล้ามเนื้อโดยรวมในบริเวณที่มีการติดแผ่นรับสัญญาณ

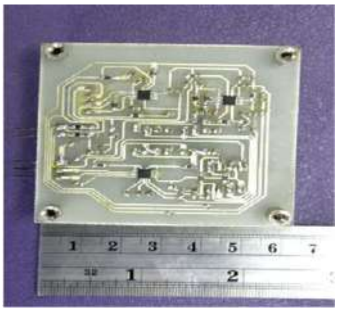
จากการศึกษาวิธีการวัดสัญญาณ EMG งานวิจัยนี้เลือกใช้การวัดด้วยขั้วรับสัญญาณที่ผิวสัมผัส เนื่องจากการติดแผ่นรับสัญญาณนั้นทำได้ง่าย เหมาะกับการใช้งานและมีความปลอดภัยมากกว่า

3.2 Zigbee

Zigbee [3] เป็นเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายที่มีการใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก อาศัยพลังจากเซลล์แสงอาทิตย์หรือแบตเตอรีขนาดเล็ก สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยให้รองรับกับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 การทำงานของเทคโนโลยีชนิดนี้ จะเป็นการรับ-ส่งคลื่นสัญญาณข้อมูลผ่านชิปขนาดเล็กจุดต่อจุดไปจนถึงปลายทางและทำการดาวน์โหลดข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ทำการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้มอดูล Xbee Pro [4] ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน โพรโตคอล Zigbee ในการรับส่งข้อมูล



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ



รูปที่ 2 ชุดวงจรวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

4. รายละเอียดการพัฒนา

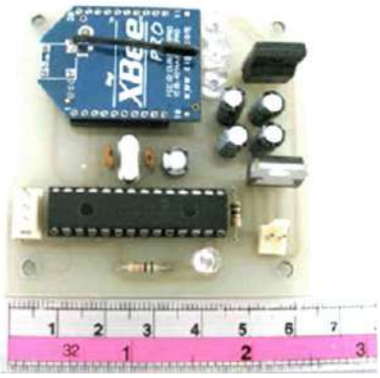
4.1 ภาพรวมของระบบ

ชุดต้นแบบในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ชุดวงจรวัดสัญญาณจากกล้ามเนื้อ ชุดควบคุมการสื่อสารแบบไร้สาย ส่วนประมวลผลและแสดงผล และสุดท้ายคือชุดควบคุมอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งภาพรวมของชุดต้นแบบแสดงดังรูปที่ 1

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

4.2.1 ชุดวงจรวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลาย

วงจรวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลายมีการออกแบบให้มีคุณสมบัติ คือ ใช้ไฟเลี้ยง ± 2.7 V มีอัตราการขยายสัญญาณเท่ากับ 512 เท่า ผลตอบสนองความถี่ที่ย่าน 10-500 Hz สามารถกำจัดแรงดันออฟเซตได้ ± 20 mV และมีค่า CMRR เท่ากับ 88 dB ตลอดช่วงความถี่ 10-500 Hz สามารถยกระดับแรงดันให้เหมาะสมเพื่อจะส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ซึ่งชุดวงจรวัดสัญญาณแสดงในรูปที่ 2



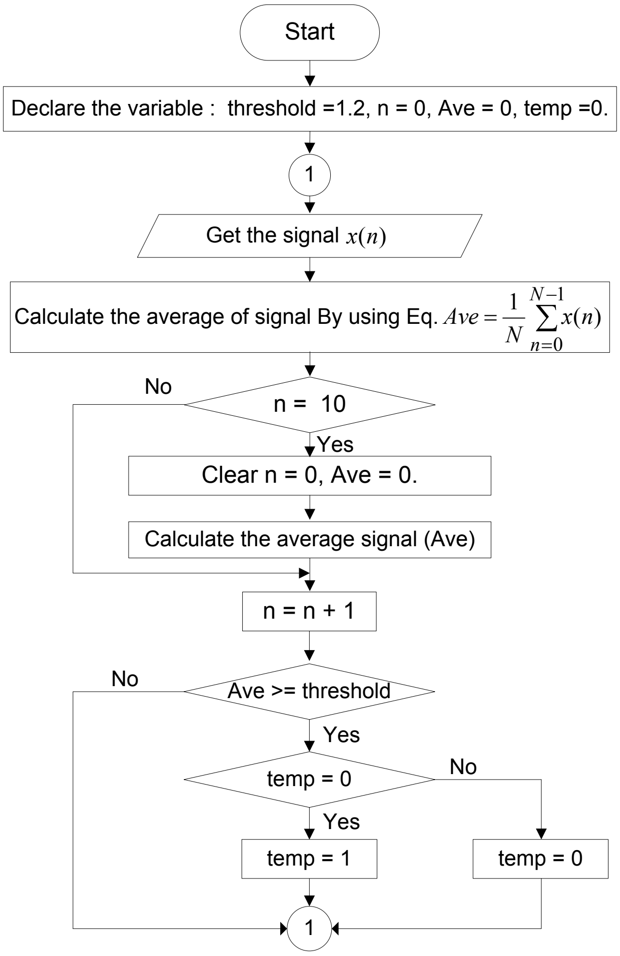
รูปที่ 3 ชุดควบคุมการส่งสัญญาณแบบไร้สาย

4.2.2 ชุดควบคุมการสื่อสารแบบไร้สาย

ชุดควบคุมการสื่อสารแบบไร้สาย ประกอบด้วยภาคส่งและภาครับ ซึ่งมีรายละเอียดคือรับสัญญาณแอนะล็อกจากวงจรวัดสัญญาณมาทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยเขียนโปรแกรมควบคุมการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลบนไมโครคอลโทรลเลอร์ตระกูล dsPIC30F2010 [5] จำนวน 1 ช่องสัญญาณ ความละเอียดขนาด 10 บิต อัตราการสุ่มสัญญาณในการประมวลผลเท่ากับ 2000 ข้อมูลต่อวินาที จากนั้นส่งสัญญาณเอาท์พุทดิจิทัลที่ได้ให้กับมอดูลสื่อสาร XBee Pro ภาคส่ง และทำการรับสัญญาณแบบไร้สายโดยเชื่อมต่อมอดูลสื่อสาร XBee Pro ภาครับกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งชุดควบคุมการสื่อสารแบบไร้สายภาคส่งแสดงในรูปที่ 3

4.2.3 ส่วนประมวลผลและแสดงผล

ส่วนประมวลผลและแสดงผล ในเบื้องต้นมีการออกแบบบนคอมพิวเตอร์ โดยทำการเขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าสัญญาณจากมอดูลสื่อสาร XBee Pro ภาครับผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ มาแสดงรูปสัญญาณ พร้อมทั้งนำสัญญาณมาคำนวณเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวซึ่งในที่นี้ใช้ลักษณะการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อเพื่อสั่งการเปิด-ปิดอุปกรณ์ภายนอก โดยกระบวนการทำงานของโปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นไปตามผังการทำงานในรูปที่ 4 โดยสรุปได้ว่าทำการหาค่าเฉลี่ยของสัญญาณทุกๆ 10 จุดสัญญาณ หากสัญญาณกล้ามเนื้อที่รับเข้ามามีค่าสูงกว่าค่าอ้างอิง โปรแกรมมีการทำงานแบบ Toggle คือจะส่งสัญญาณลอจิก “0” หรือลอจิก “1” ไปควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ ต่อไป



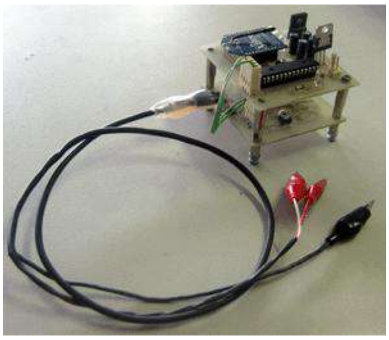
รูปที่ 4 กระบวนการทำงานของโปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ

4.2.4 ชุดควบคุมอุปกรณ์ภายนอก

ชุดควบคุมอุปกรณ์ภายนอกจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877A เป็นตัวรับสัญญาณที่ผ่านการประมวลผลจากคอมพิวเตอร์ โดยในงานวิจัยนี้ทำชุดควบคุมไว้ 2 ลักษณะคือ รีโมทรถบังคับวิทยุ [6] และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 3 โวลต์ ซึ่งการควบคุมมอเตอร์ต้องมีวงจรขับมอเตอร์ เนื่องด้วยกระแสจาก PIC18F877A ไม่มากพอที่จะทำให้มอเตอร์หมุนได้

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

- แบตเตอรีที่ใช (Rhino 460mAh 2S 7.4V) สามารถจ่ายกำลังไฟให้กับระบบต่อเนื่องได้ประมาณ 2-6 ชั่วโมง
- การรับ-ส่งสัญญาณผ่านมอดูล XBee Pro ภายในอาคารจะเกิดความผิดพลาดเมื่อทำการรับ-ส่งข้ามพื้นที่ระหว่างชั้น



รูปที่ 5 ชุดต้นแบบ

รูปที่ 6 การติดขั้วรับสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

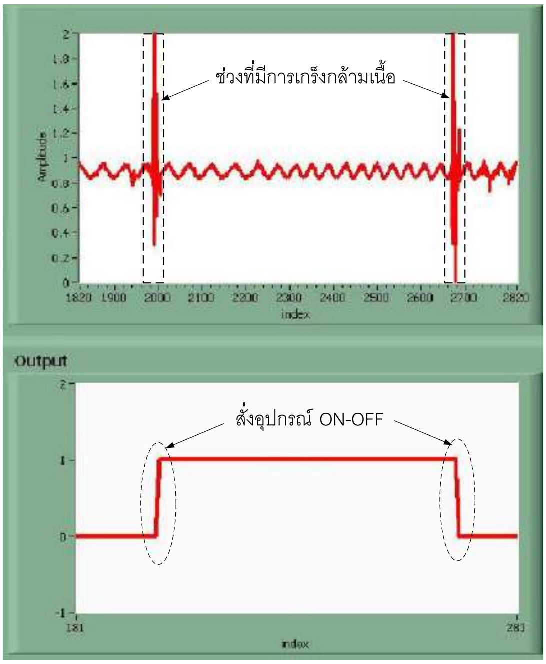
5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

การทดสอบกระทำโดยใช้ขั้วรับสัญญาณชนิดติดผิวหนัง (surface electrode) ของบริษัท 3M จำนวนทั้งหมด 3 ชิ้น ติดที่กล้ามเนื้อบริเวณไบเซ็บ (Biceps Brachii) จำนวน 2 ชิ้น ระยะห่างระหว่างขั้วรับทั้ง 2 ชิ้นประมาณ 2 เซนติเมตร และติดที่บริเวณด้านล่างของข้อพับแขนเพื่อทำหน้าที่เป็นกราวด์อีก 1 ชิ้น โดยมีการทำความสะอาดผิวหนังด้วยแอลกอฮอล์ก่อนติดขั้วรับเพื่อลดความต้านทานที่ผิวหนังลง

ในการทดลองนี้จะใช้อาสาสมัครจำนวน 4 คน เป็นคนอ้วน คนผอม ผู้ชาย และผู้หญิง ซึ่งกำหนดตำแหน่งของผู้ทดสอบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าให้อยู่ภายในอาคารบริเวณพื้นที่ชั้นเดียวกันที่มีผนังห้องและสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ระยะทางสูงสุดไม่เกิน 20 เมตร โดยวัสดุอุปกรณ์และบริเวณทดสอบแสดงในรูปที่ 5, 6, 7 ตามลำดับ

รูปที่ 7 สถานที่ทดสอบภายในอาคาร

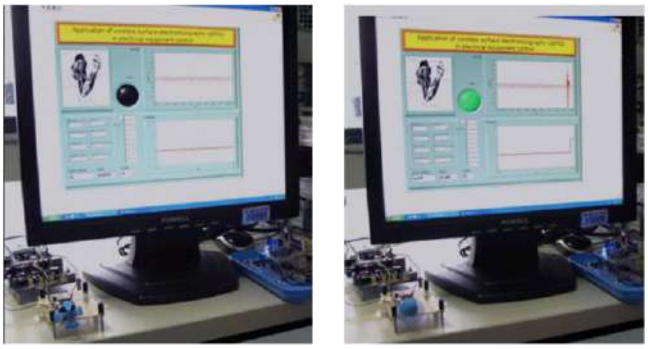


รูปที่ 8 สัญญาณกล้ามเนื้อ (บน) และสัญญาณที่ได้จากการประมวลผลเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอก (ล่าง)

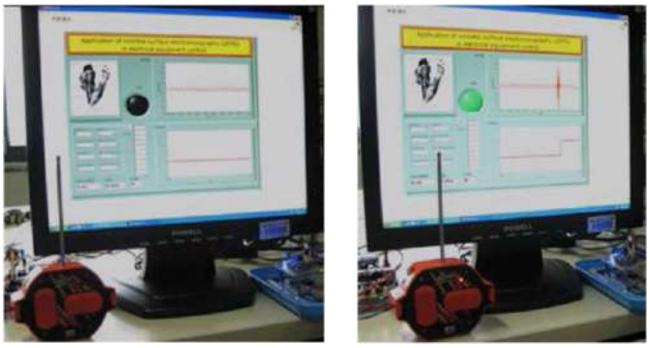
5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

ชุดต้นแบบที่ประยุกต์ใช้การตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อบริเวณแขนของอาสาสมัคร 4 คนๆ ละ 10 ครั้งเพื่อทำการสั่งมอเตอร์ทำงาน-หยุดทำงาน และสั่งรถบังคับวิทยุเดินหน้า-ถอยหลัง ผลการทดสอบพบว่าสามารถทำงานได้จริงตามเป้าหมายอย่างแม่นยำ ดังตัวอย่างของผลการทดสอบที่แสดงในรูปที่ 8, 9 และ 10 ตามลำดับ

สำหรับการทดสอบภายในอาคารที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางได้ จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อพลังงานที่ใช้ เมื่อระยะทางมากขึ้นก็จะส่งผลให้มอดูลสื่อสารไร้สาย XBee Pro ตัวส่งต้องใช้พลังงานสูงขึ้นในการตรวจหาตัวรับ ซึ่งทำให้



รูปที่ 9 ผลการทดสอบในการควบคุมมอเตอร์
มอเตอร์ขณะไม่ทำงาน (ซ้าย) และ มอเตอร์ขณะทำงาน (ขวา)



รูปที่ 10 ผลการทดสอบในการควบคุมรีโมทรถบังคับวิทยุ
รีโมทขณะไม่ทำงาน (ซ้าย) และ รีโมทขณะทำงาน (ขวา)

ระยะเวลาในการจ่ายพลังงานของแบตเตอรีจะน้อยลงตามไปด้วย

6. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้สร้างชุดต้นแบบที่ประยุกต์ใช้การตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อเพื่อนำไปสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะไกล จากการทดสอบเบื้องต้นในแต่ละส่วน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าชุดต้นแบบสามารถทำงานตามแนวทางที่มีความเป็นไปได้ หากมีการทดลองนำไปใช้และพัฒนาแก้ไขให้มีฟังก์ชันการทำงานมากขึ้น โดยการศึกษาคุณลักษณะของสัญญาณและวิธีการแปลความ เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขให้ระบบมีความสามารถสูงขึ้น บนพื้นฐานของทรัพยากรราคาถูกและไม่ก่อให้เกิดความยุ่งยากรำคาญใจแก่ผู้ใช้งานมากจนเกินไป จะทำให้เกิดอุปกรณ์ที่ดีและมีประโยชน์ในทางการแพทย์ โดยถือเป็นการคิดค้นและพัฒนาขึ้นภายในประเทศ รวมถึงเปิดโอกาสให้ผู้ป่วยที่มีรายได้น้อย สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีที่ช่วยให้การดำเนินชีวิตง่ายขึ้นได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร. ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์ และบุคลากรกลุ่มโปรแกรมวิศกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมทุกท่าน รวมถึง ผศ.ดร. พรชัย พฤกษ์ภัทรานนต์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับข้อแนะนำและประสบการณ์ที่ดีในการทำงานวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] J. D. Bronzin, *The Biomedical Engineering Handbook*. CRC&IEEE Press, USA, 1995.

[2] "Electromyography". [ออนไลน]. เขาถึงไดจาก: http://en.wikipedia.org/wiki/Electromyography.

[3] "Zigbee and Xbee BASIC ตอน Xbee คืออะไร". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thaieasyelec.com/Embedded-Electronics-Application/what-is-xbee.html.

[4] MaxStream. XBee / XBee-PRO OEM RF Modules, 2006.

[5] ประจิน พลังสันติกุล, *การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์dsPIC30F ด้วยคอมไพเลอร์ MPLAB C*. กรุงเทพฯ: บริษัท แอพซอฟต์เทค จำกัด, 2551.

[6] ป้องบิน, "การดัดแปลงรีโมทรถกระป๋องตราเพชร". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www2.rtafa.ac.th/~tewa/index.php?option=com_content&view=article&id =76& Itemid=68.

โป้งแปะ: เกมซ่อนหาแบบหลายผู้เล่น

เบญจรงค์ กัลยานมิตตา อิทธิพงศ์ ลี้จินดา ศิรวัชร พิทักษ์สฤษดิ์ ฐิติวรรณ ศรีนาค

ห้องปฏิบัติการวิจัยนวัตกรรมวิทัศนศาสตร์ (GIVE – Graphics Innovation and Vision Engineering Laboratory)

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

pandaben7890@gmail.com, boat_6882@hotmail.com, pyasry@gmail.com, thitiwan.s@ku.ac.th

บทคัดย่อ

"โป้งแปะ" เป็นการละเล่นของไทยซึ่งเรียบง่ายแต่เต็มไปด้วยความสนุกสนานอย่างยิ่ง เมื่อได้เล่นร่วมกันกับเพื่อน ๆ ความสุขของการซ่อน และการรอคอยโอกาสเพื่อแปะโต้กลับไม่สามารถถูกแทนที่ได้ด้วยเกมใด แต่เป็นเรื่องน่าเสียดายที่เมื่อเราเติบโตขึ้น เราไม่มีโอกาสได้เล่นโป้งแปะอีกแล้ว ถึงแม้ว่าบางคนยังคงหวนถึงอดีตของการเล่นโป้งแปะอยู่ ดังนั้นในโครงงานนี้ เราภูมิใจนำเสนอโป้งแปะในรูปแบบของเกมคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกส์แบบสามมิติ และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ซึ่งทำให้ในที่สุดเราสามารถย้อนเวลาสู่อดีตไปสู่ความสนุกในเยาว์วัยอีกครั้งกับเพื่อนของเรา

Abstract

'Hide-and-seek' or 'Son Ha' in Thai is simple yet immensely fun when we play with friends. The joy of hiding and waiting for an opportunity to strike back is not replaceable by any means. But sadly when we grow up, we can't play the game anymore because of age barrier. Despite some people actually wanted to play but they will look really weird when playing hide-and-seek on their ages. In this work, we thus proudly present 'Son Ha' in the form of computer software. With the technology of 3D computer graphics and network, now we can finally go back in time to feel the fun again when we once had together with our friends.

คำสำคัญ

เกมสามมิติ, โป้งแปะ, ซ่อนหา

1. บทนำ

โป้งแปะเป็นเกม 3 มิติในมุมมองบุคคลที่หนึ่งซึ่งมุ่งหมายในการถ่ายทอดความสนุกสนาน และภาพเหตุการณ์ของการเล่นโป้งแปะเพื่อให้ผู้เล่นได้หวนคิดถึงเพื่อน ๆ และความสนุกที่ได้จากการละเล่นต่าง ๆ ทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้ที่ไม่เคยเล่นได้สัมผัสบรรยากาศความสนุกเฉพาะตัวของการละเล่นประเภทนี้ เกมนี้จึงมีกติกาเหมือนการเล่นโป้งแปะ อันมีจุดเด่นของเกมที่ผู้เล่นสามารถใช้สิ่งรอบข้างเพื่อเป็นประโยชน์ในได้รับชัยชนะเช่น แอบหลังเสา หรือมุดใต้โต๊ะ ซึ่งวัตถุในฉากก็จะมีประโยชน์แตกต่างกันไป และสามารถเล่นไปเรื่อย ๆ ด้วยกติกาดั้งเดิม 'ใครโดนโป้งก่อน เป็น' หรือเล่นแบบวัดคะแนนกันด้วยกติกา 'ผลัดกันเป็น'

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ปัจจุบันนี้เกมคอมพิวเตอร์ประเภทเกมยิงมุมมองบุคคลที่หนึ่ง (First Person Shooter) ได้เข้ามามีอิทธิพลต่อผู้เล่นโดยเฉพาะเยาวชน และได้รับความนิยมอย่างมากในสังคมทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศ เนื่องด้วยความสมจริง (Realism) และความรู้สึกเหมือนผู้เล่นได้เข้าไปอยู่ในโลกของเกมจริง (Immersion) อย่างไรก็ตามเกมในประเภทนี้มักได้รับการกล่าวขานถึงกันอย่างมากในแง่ของการส่งเสริมความรุนแรง (Violence) ซึ่งก่อให้เกิดความก้าวร้าวให้กับลักษณะนิสัยของเยาวชน โดยเกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยมสูงได้แก่ Doom (1993), Quake (1996), BioShock (2007) ซึ่งล้วนแต่

เป็นเกมที่ผู้เล่นต้องจับอาวุธเพื่อต่อสู้และทำลายล้างศัตรูสมมติภายในเกมทั้งสิ้น

ดังนั้นเราจึงมีแนวคิดในปฏิวัติเกมประเภทเกมยิงมุมมองบุคคลที่หนึ่ง ให้มีลักษณะที่สร้างสรรค์ และสนุกสนานได้โดยไม่ส่งเสริมความรุนแรง อีกทั้งยังสนับสนุนศิลปะวัฒนธรรมการละเล่นอันดีงามของประเทศไทยอีกด้วย เราจึงเสนอการจำลองการเล่นโป้งแปะในรูปเกมคอมพิวเตอร์แบบสามมิติ ซึ่งสามารถเล่นด้วยกันผ่านระบบเครือข่ายได้ เพื่อช่วยให้คนที่เคยเล่นเกมนี้เมื่อวัยเด็กได้มีโอกาสสัมผัสการเล่นนี้อีกครั้ง และคนที่ไม่เคยเล่นเลย ก็ได้มีโอกาสสัมผัสการเล่นอันงดงาม สนุกสนาน และปราศจากความรุนแรง ซึ่งแม้แต่ผู้พัฒนาเองก็ยังคิดถึงการเล่นโป้งแปะอยู่

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 คอมพิวเตอร์กราฟิกส์

คอมพิวเตอร์กราฟิกส์ [1] เป็นศาสตร์แห่งการนำเสนอข้อมูลซึ่งผนวกความรู้ด้านคณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และศาสตร์แห่งคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อสร้างภาพผลงานสำหรับนำเสนอข้อมูลที่สวยงามน่าประทับใจและสื่อความหมายได้อย่างถูกต้องในรูปแบบดิจิตัล นอกจากนี้การแสดงผลยังสามารถอยู่ในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหว หรือแอนิเมชั่น (Animation) ได้อีกด้วย ดังนั้นเมื่อผสานกับความก้าวทางเทคโนโลยีด้านสถาปัตยกรรมที่สามารถพัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงที่รองรับการคำนวนขนาดใหญ่ได้ ความก้าวหน้าทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกส์จึงมีมากขึ้นตามมา งานประยุกต์ด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกส์และแอนิเมชั่นจึงเข้ามามีอิทธิพลต่อการดำเนินชีวิตอย่างมากในหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น โฆษณา สิ่งพิมพ์ ภาพยนตร์ การแพทย์ อุตสาหกรรม การศึกษา เป็นต้น

3.2 เกมคอมพิวเตอร์

เกม [2] ถือเป็นกิจกรรมมนุษย์เพื่อความบันเทิงในลักษณะหนึ่ง หรือเพื่อประโยชน์อื่นอันเกี่ยวข้อง การเล่นเกมอาจกระทำเพียงคนเดียว หรือร่วมกับผู้อื่นก็ได้ เกมคอมพิวเตอร์ก็เป็นอีกลักษณะหนึ่งของเกมซึ่งได้ถูกแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะการเล่น มุมมอง และการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เล่นเกม

สำหรับเกมยิงมุมมองบุคคลที่หนึ่ง [2] นั้นถูกจัดเป็นเกมแนวต่อสู้ (Action) ซึ่งกำหนดให้ผู้เล่นเปรียมเสมือนยืนอยู่ด้านหลังสายตา (Behind the eyes) ของตัวละคร โดยส่วนใหญ่ผู้เล่นจะสามารถเลือกอาวุธ เพื่อใช้กำจัดศัตรูภายในเกมโดยการยิง (Shooting)

4. รายระเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

โป้งแปะมีข้อกำหนดการรับค่าอินพุทผ่านอุปกรณ์คีย์บอร์ดและเมาส์ เพื่อใช้เลือกการกระทำและควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวละครภายในเกม และข้อกำหนดการแสดงค่าเอาท์พุทคือ กริยาการกระทำของตัวละคร และเสียงประกอบของตัวละครหรือฉากผ่านลำโพงในทิศทางที่สอดคล้องกับตัวละครหรือวัตถุภายในฉากนั้น ๆ

รูปแบบการกระทำผ่านอินพุทของเกมมี 7 รูปแบบคือ เดิน กระโดด วิ่ง นั่งลง ซ่อนแอบ ขานชื่อ และดูคะแนน โดยวิธีการกดปุ่มคีย์บอร์ดแสดงให้ผู้เล่นเห็นบนจอภาพด้านซ้ายมือ ดังในรูปที่ 1 และขณะเล่นผู้เล่นสามารถดูระดับพลังของตัวเองได้ผ่านบาร์ด้านล่าง

รูปที่ 1 คำสั่งต่าง ๆ ภายในโป้งแปะ

ตัวละครภายในเกมประกอบด้วย 4 ตัว ชายสองคน และหญิงสองคน ดังแสดงในรูปที่ 2 เมื่อผู้เล่นสามารถเชื่อมต่อเกมได้แล้ว ต่อไปก็จะต้องเลือกตัว

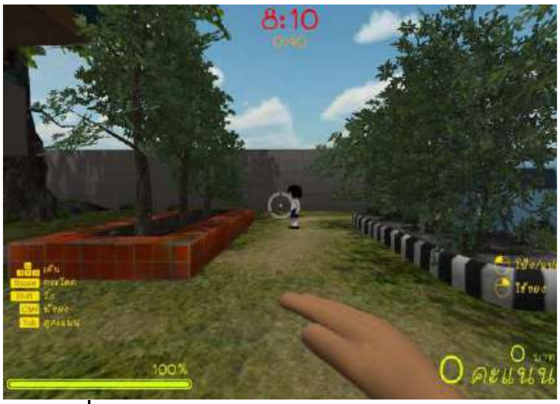
ละคร โดยจะต้องจำลักษณะและชื่อของตัวละครให้ได้ โดยเฉพาะหากผู้เล่นต้องเป็นคนโป้ง

รูปที่ 2 ตัวละครในโป้งแปะ

ลักษณะการเล่นโป้งแปะ [3] คือ ผู้เล่นแบ่งออกเป็นสองพวกคือ ผู้โป้งและผู้แปะ ผู้โป้งหรือผู้หาทำหน้าที่เดินค้นหาผู้เล่นคนอื่นที่เหลือ ซึ่งทำหน้าที่ซ่อนตัวอยู่ภายในบริเวณต่าง ๆ ของฉาก และเมื่อผู้โป้งพบเจอและขานชื่อโดยการกดเรียกชื่อผู้แปะได้ถูกต้องทุกคน ก็ถือว่าจบเกมและเปลี่ยนผู้โป้งคนใหม่ต่อไป รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างมุมมองของผู้โป้ง ผู้แปะหรือผู้ซ่อนทำหน้าที่ซ่อนตัวจากผู้โป้ง และคอยหาโอกาสวิ่งเข้าไปประชิดตัวและใช้มือแปะผู้โป้งก่อนที่จะถูกขานชื่อ หากแปะได้ก่อนก็ถือว่า ผู้โป้งเป็นฝ่ายแพ้และต้องเป็นผู้โป้งซ้ำต่อไปอีกหนึ่งตา สำหรับผู้แปะที่โดนโป้งไปแล้วจะถูกบังคับให้อยู่นิ่งไม่สามารถเคลื่อนไหวได้อีก และผู้โดนแปะคนแรกจะต้องเป็นผู้โป้งในการเล่นครั้งต่อไป หากผู้แปะสามารถขานชื่อผู้แปะได้ครบทุกคนก่อนโดนแปะ รูปที่ 4 และ 5 แสดงตัวอย่างมุมมองของผู้แปะ

รูปที่ 3 ตัวอย่างภาพมุมมองของผู้โป้งหรือผู้หา

ภายในเกมยังมีระบบซื้อของซึ่งสามารถใช้เป็นประโยชน์ได้สำหรับการเล่นอาทิเช่น ไมวัลตินเพิ่มพลังงาน สีทาบ้านใช้หารอยเท้า รองเท้าแตะช่วยวิ่งเร็ว ลูกแก้วให้รู้ว่ามีคนเดินมาแล้ว และบอลพลาสติกปาไปเบี่ยงเบนความสนใจด้วยเสียงบอล รูปที่ 6 แสดงภาพของที่ผู้เล่นสามารถซื้อหาได้เพื่อใช้ประกอบการเล่น รูปที่ 7 แสดงภาพตัวอย่างผลของการใช้สีทาบ้าน



รูปที่ 4 ตัวอย่างภาพมุมมองของผู้แปะหรือผู้ซ่อน

รูปที่ 5 ตัวอย่างภาพมุมมองของผู้แปะหรือผู้ซ่อน

รูปที่ 6 สิ่งของสนับสนุนการเล่นโป้งแปะ

รูปที่ 7 ตัวอย่างผลการใช้สีทาบ้าน

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

เนื่องจากเกมนี้รองรับระบบผู้เล่นหลายคนผ่านการเชื่อมต่อกันด้วยระบบเครือข่าย ผู้เล่นที่เป็นเจ้าของห้องหรือโฮสต์ (Host) สามารถกำหนดกติกาการเล่นได้สองแบบ คือ “ใครโดนโป้งก่อนเป็น” หรือ “ผลัดกันเป็น”

สำหรับแบบ “ใครโดนโป้งก่อนเป็น” เจ้าของห้องจะเป็นคนกำหนดเวลาเล่นก่อนถึงการตัดสินผลคะแนน เมื่อเริ่มเกมผู้เล่นแต่ละคนจะถูกสุ่มบทบาทให้เป็นผู้โป้งหรือผู้แปะ โดยจะมีเพียงหนึ่งคนเท่านั้นที่จะได้เป็นผู้โป้ง ส่วนที่เหลือจะเป็นผู้แปะ เมื่อเกมจบด้วยการที่ผู้โป้งโดนแปะก่อนจะทำการโป้งทุกคน ผู้โป้งจะยังต้องรับบทเป็นผู้โป้งเหมือนเดิมไปจนกว่าจะมีรอบที่สามารถโป้งผู้แปะได้ครบทุกคน จึงจะเปลี่ยนให้ผู้ที่โดนโป้งคนแรกมาเป็นผู้โป้งแทนคนเดิมในรอบถัดไป

ต่างกับแบบ “ผลัดกันเป็น” ที่เมื่อเริ่มเกมผู้เล่นทั้งหมดจะถูกสุ่มบทบาท จะมีผู้เล่นหนึ่งคนเป็นผู้โป้งและที่เหลือเป็นผู้แปะ ไม่ว่าในรอบนี้ผู้หาจะแพ้หรือชนะ ผู้เล่นที่ยังไม่เคยเป็นผู้โป้งจะสุ่มให้รับบทนี้ในรอบถัดไปและที่เหลือเป็นผู้แปะ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งผู้เล่นทุกคนเคยได้รับบทบาทเป็นผู้โป้งแล้ว เกมจะจบและจะสรุปคะแนนทั้งหมดว่าใครเป็นผู้ชนะ

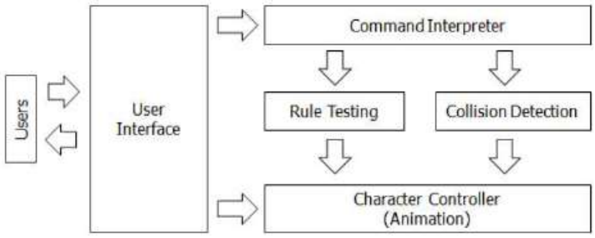
เมื่อผู้เล่นทุกคนเข้ามาอยู่ในเกมแล้ว ทุกคนจะอยู่ในแผนที่สภาพแวดล้อมเดียวกันซึ่งได้กำหนดไว้แล้วล่วงหน้าคือ โรงเรียนจำลองแห่งหนึ่งของผู้พัฒนาดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 8

รูปที่ 8 แบบจำลองโรงเรียนภายในโป้งแปะ

4.3 สถาปัตยกรรมระบบ

รูปที่ 9 แสดงภาพรวมของสถาปัตยกรรมระบบของเกมโป้งแปะ ผู้เล่นจะส่งอินพุทผ่านทางส่วนติดต่อผู้ใช้เข้ามาให้ส่วนตีความคำสั่ง (Command Interpreter) เพื่อแปลว่าผู้เล่นทำการสั่งให้ตัวละครทำอะไร โดยตรวจสอบว่า ถ้าผู้เล่นได้ทำการเดินไปในสถานที่ต่าง ๆ แล้วมีการชนกันของวัตถุเกิดขึ้นหรือไม่ (Collision Detection) ถ้ามีการชนเกิดขึ้น ก็จะสั่งไม่ให้ตัวละครเดินทะลุวัตถุ หรือสิ่งก่อสร้างได้ ในกรณีที่ถ้ามีการโป้ง แปะ หรือซ่อนนั้น

ส่วนทดสอบกติกา (Rule Testing) ทำหน้าที่ตรวจสอบว่า คำสั่งที่ทำมาใช้ได้ หรือไม่ได้ นอกจากนี้ส่วนนี้ยังทำหน้าตรวจสอบว่าเกมนั้นมีผลแพ้ หรือชนะอย่างไร หลังจากนั้นจึงส่งไปให้ส่วนควบคุมตัวละคร (Character Controller) ที่จะเป็นตัวบอกว่าตัวละครควรแสดงการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ออกมา เป็นท่าทางใด แล้วส่งกลับไปให้ทางผู้เล่นเห็นผ่านทางส่วนแสดงผลทางหน้าจอ



รูปที่ 9 สถาปัตยกรรมระบบเกมโป้งแปะ

การทดสอบการชนกันของระหว่างวัตถุภายในเกม เช่น ตัวละครกับตัวละคร ตัวละครกับฉาก จะใช้วิธีตรวจสอบการชนกันของวัตถุแบบ Mesh Collision ที่ตรวจสอบการชนแบบละเอียด ทำให้ตัวละครสามารถเข้าไปในตึกหรืออาคารได้ ต่างกับการใช้ Box Collision ที่จะเป็นการตรวจสอบการชนแบบเป็นกล่องโดยถือว่าหนึ่งโมเดลคือกล่องใหญ่ๆ ทำให้ตัวละครไม่สามารถเข้าไปข้างในตึกได้จะเหมือนโดนกั้นด้วยผนังที่มองไม่เห็น

เนื่องจากภายในเกมระบบแสดงผลในรูปแบบสามมิติ ตัวละครเมื่อมีการวิ่งผู้เล่นอื่นจะสามารถได้ยินเสียงฝีเท้าได้ว่ามาจากทางซ้ายหรือขวา โดยเมื่อแหล่งเสียงมีการส่งเสียงออกมา เราจะกำหนดความดังของลำโพงให้ข้างซ้ายและข้างขวามีความดังตามการคำนวณของความห่าง และทิศทางของเสียงที่ได้ยิน เมื่อกด “โป้ง” จะมีการสร้างกล่องสี่เหลี่ยมที่มีความกว้างเล็กน้อย แต่มีความยาวเท่ากับระยะสูงสุดที่จะถือว่าโป้งสำเร็จ ถ้ากล่องสี่เหลี่ยมที่เกิดขึ้นมามีการตัดกัน (Intersect) จะถือว่าผู้เล่นนั้นอยู่ในสถานะโดนโป้ง นอกจากนี้สถานที่บางที่ในฉากจะมีจุดที่เป็นกล่องปลอมที่ผู้เล่นมองไม่เห็น (Dummy Unit) ที่ผู้เล่นสามารถซ่อน มุด พิง แอบ เมื่อกดปุ่มบนคีย์บอร์ดได้

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

ยูนิตี้สามดี

ยูนิตี้สามดี (Unity3D) [4] เป็นเครื่องมือพัฒนาเกมสามมิติ และสองมิติ โดยรองรับหลายระบบปฏิบัติการณ์ทั้ง Windows และ OSX อีกทั้งยังรองรับภาษาในการพัฒนาได้หลากหลายภาษา

อะโดบีโฟโตชอบ

อะโดบีโฟโตชอบ (Adobe Photoshop) [5] เป็นโปรแกรมสำหรับตกแต่งแก้ไขภาพ สามารถรองรับไฟล์ภาพได้หลากหลายรูปแบบ และประกอบด้วยเครื่องมือประมวลผลภาพที่หลากหลาย โปรแกรมนี้จึงได้รับความนิยมสูงมาก

เบลนเดอร์

เบลนเดอร์ (Blender) [6] เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับสร้างโมเดลสามมิติและแอนิเมชั่นให้กับโมเดลสามมิติเพื่อนำไปใช้ในโปรแกรมยูนิตี้สามดีในการพัฒนาเกม เบลนเดอร์ถือเป็นซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์สที่มีประสิทธิภาพสูงทัดเทียมซอฟต์แวร์เชิงพานิชย์

สามดีสตูดิโอเม็กซ์

สามดีสตูดิโอเม็กซ์ (3D StudioMax) [7] เป็นโปรแกรมเชิงพานิชย์ที่ใช้สำหรับสร้างโมเดลสามมิติและแอนิเมชันเช่นเดียวกับโปรแกรมเบลนเดอร์

โกลด์เวฟ

โกลด์เวฟ (GoldWave) [8] เป็นโปรแกรมที่ใช้แก้ไข ตัดแต่ง และประมวลผลข้อมูลเสียงสำหรับสร้างเสียงบรรยากาศ และดนตรีประกอบภายในเกม

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

โป้งแปะรองรับผู้เล่นหลายคนตั้งแต่ 2 คน ถึง 4 คน โดยเล่นร่วมกันผ่านทางระบบเครือข่าย ผู้เล่นสามารถเลือกตัวละครเด็กประถมที่มีอยู่ทั้งหมด 4 แบบ

5. การทดสอบการใช้งาน

โป้งแปะได้ผ่านการทดลองเล่นจริงโดยนิสิตระดับปริญญาตรีช่วงอายุ 20 – 21 ปีจำนวน 16 คน เพศชายจำนวน 14 คนและเพศหญิงจำนวน 2 คน เมื่อเล่นเสร็จแล้วให้นิสิตประเมินความพึงพอใจเกมนี้ใน 5 ด้านคือ ด้านกราฟิกส์ (Graphics) ซึ่งสื่อถึงความสวยงามของภาพที่ปรากฏ ด้านเสียงประกอบ (Sound) ซึ่งแสดงถึงความเหมาะสมของดนตรีประกอบที่ใช้ในการสร้างบรรยากาศการเล่น ด้านการควบคุม (Control) ซึ่งหมายถึงความสะดวกสบายในการเล่นเกมผ่านอุปกรณ์อินพุท ด้านความสมบูรณ์ (Playability) ซึ่งหมายถึง

ความสมบูรณ์ลงตัวในการเล่น และด้านความยั่งยืน (Lastability) ซึ่งสื่อถึงความต้องการเล่นเกมนี้อย่างต่อเนื่องต่อไป โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนได้อาศัยจากไลเคิร์ทสเกล (Likert scale) [9] ระดับคะแนนประกอบด้วย 1 (ควรปรับปรุง), 2 (พอใช้), 3 (ปานกลาง), 4 (ดี) และ 5 (ดีมาก) ตารางที่ 1 แสดงการสรุปผลการประเมินความพึงพอใจ

จากผลการประเมินเราสามารถสรุปได้ว่าความพึงพอใจในทุกด้านอยู่ในระดับดีถึงดีมาก โดยเฉพาะด้านกราฟิกส์และเสียงประกอบ แต่มีข้อที่เห็นว่าควรปรับปรุงคือ เรื่องของการควบคุมซึ่งได้ระดับคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ผู้ประเมินได้ให้ความเห็นว่า การควบคุมเข้าถึงยากโดยเฉพาะคนที่ไม่เคยเล่นเกมลักษณะนี้มาก่อน

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจ

การประเมิน	คะแนนเฉลี่ย
ด้านกราฟิกส์	4.812
ด้านเสียงประกอบ	4.625
ด้านการควบคุม	4.3125
ด้านความสมบูรณ์	4.75
ด้านความยั่งยืน	4.375
คะแนนเฉลี่ยโดยรวม	4.575

6. บทสรุป

โป้งแปะได้ถูกออกแบบและพัฒนาในรูปแบบของเกมคอมพิวเตอร์สามมิติ ลักษณะการเล่นของเกมจัดอยู่ในประเภทเกมยิงมุมมองบุคคลที่หนึ่ง แต่โป้งแปะไม่ได้เน้นสร้างความสนุกจากชัยชนะในการต่อสู้ที่รุนแรง โป้งแปะสามารถถ่ายทอดบรรยากาศของการละเล่นโป้งแปะของไทยได้อย่างเรียบง่าย ลงตัว และสวยงาม โป้งแปะอาจถือเป็นอีกหนึ่งสื่อสร้างสรรค์เพื่อจรรโลงสังคม ให้ลดจากความรุนแรง และส่งเสริมวัฒนธรรมการละเล่นที่ดีงามแต่แฝงไว้ซึ่งความสุข และความสนุกสนานอย่างที่เยาวชนของชาติควรจะได้รับ

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

เกมโป้งแปะสามารถพัฒนาต่อเพื่อขยายความสามารถของเกมได้ดังต่อไปนี้ เพิ่มตัวละคร AI ภายในเกมเพื่อที่ผู้เล่นจะสามารถฝึกซ้อมเล่นคนเดียวได้ เพิ่มระบบรองรับเซิร์ฟเวอร์ เพื่อให้มีหน้าบ้านรับรองผู้เล่นอื่น เพื่อที่ผู้เล่นสามารถหาผู้ร่วมเล่นด้วยได้ทุกเวลาแม้จะไม่ทราบเลขที่ไอพีเครื่องของกันและกันเลย เพิ่มฉากที่หลากหลายมากขึ้นเพื่อให้ผู้เล่นเลือก นอกจากนี้เกมนี้ยังสามารถนำไปติดตั้งในแหล่งท่องเที่ยวเพื่อเป็นกิจกรรมส่งเสริม และดึงดูดนักท่องเที่ยวได้อีกด้วย

7. กิตติกรรมประกาศ

การแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 14 โดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

8. เอกสารอ้างอิง

[1]. Hearn, Donald and Baker, M. Pauline. Computer Graphics C version Second Edition. pp.75, 1996.

[2]. Steve Rabin. Introduction to Game Development Second Edition. pp. 1-41, 423-476, 477-520, 657-678, 687-700, 2010.

[3]. ซ่อนหาหรือโป้งแปะ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www.panyathai.or.th/wiki/index.php/ซ่อนหา

[4]. Unity3D [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: unity3d.com/

[5]. Adobe [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.adobe.com/products/photoshop.html

[6]. Blender [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.blender.org/

[7]. 3D Studio Max [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: usa.autodesk.com/3ds-max/

[8]. GoldWave [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.goldwave.com

[9]. Likert scale [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://en.wikipedia.org/wiki/Likert_scale. เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2555

Antenna design

สายอากาศไมโครสตริปแบบไมล่าฟิล์มช่องสี่เหลี่ยมมุมโค้งสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์

พรเทพ ทองย้อย ธนะพงศ์ นพวงศ์ ณ อยุธยา ไพฑูรย์ รักเหลือ วิโรจน์ พิราจเนนชัย

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

E-mail : boy_el@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริปสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์ที่กระตุ้นด้วยสายส่งสัญญาณระนาบร่วม โดยสายอากาศที่นำเสนอจะถูกสร้างอยู่บนวัสดุฐานรองแบบไมล่าฟิลม์ ที่มีค่าคงตัวไดอิเล็กตริก 3.2 และมีความหนา 0.4 มม. ขนาดของสายอากาศ คือ 53.3 x 60 มม.^{2} มีแบนด์วิดท์อยู่ในช่วงความถี่ 2-11.6 GHz สายอากาศอัลตร้าไวด์แบนด์นี้จะถูกออกแบบโดยการใช้สตับรูปคล้ายส้อมขอบโค้งที่ถูกกระตุ้นด้วยสายส่งสัญญาณระนาบร่วม ช่องว่างระหว่างสตับและกราวด์จะถูกออกแบบให้มุมทั้ง 4 เป็นมุมโค้ง โดยในบทความนี้จะนำเสนอ ค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (S_{11}), แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ และอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน (VSWR) ที่ได้จากการวัดจริง

Abstract

This article presents design and analysis the microstrip antenna for ultra-wideband (UWB), fed by coplanar waveguide (CPW). The proposed antenna is printed on a mylar polyester film substrate, dielectric constant of 3.2, and thickness of 0.4 mm. The size of the antenna is 53.3 x 60 mm^2. The first antenna was designed with bandwidth of frequency band from 2-12.6 GHz. The UWB antenna was designed by using fork-like curved edges stub fed by CPW. Gap between the stub and the ground is being designed as a curved edge. This article is presented return loss, radiation patterns and VSWR. obtained from the actual measurement.

คำสำคัญ

สายอากาศแบบไมล่าฟิล์ม, ระบบอัลตร้าไวด์แบนด์, สตับรูปคล้ายส้อม, มุมโค้ง

1. บทนำ

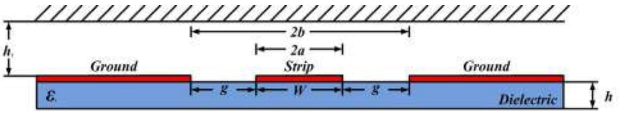
ที่ผ่านมาเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคมได้มีการพัฒนาและขยายตัวอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะระบบการสื่อสารไร้สาย เช่น ระบบสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบสื่อสารโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายรวมถึงระบบสื่อสารที่เป็นโครงข่ายไร้สายส่วนบุคคลที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั้งในสำนักงานหรืออาคารบ้านเรือน เนื่องจากทำให้การเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มีความสะดวกสบายและคล่องตัว โดยไม่จำเป็นต้องมีการเดินสายนำสัญญาณไปยังอุปกรณ์ปลายทาง ทำให้การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ปลายทางเป็นไปอย่างอิสระ รวมทั้งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการสร้างโครงข่าย ซึ่งปัจจุบันการเชื่อมต่อดังกล่าวจะใช้เทคโนโลยี Wi-Fi และ Bluetooth แต่เทคโนโลยีเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เช่น แบนด์วิดท์แคบ อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลไม่มากนัก ไม่สามารถรองรับการเชื่อมต่อข้อมูลที่เป็นมัลติมีเดียได้ ซึ่งไม่ตอบสนองความต้องการของมนุษย์ที่มีมากขึ้นเรื่อยๆ อย่างไม่หยุดยั้ง และปัจจุบันได้เกิดกระแสความสนใจอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับเทคโนโลยีอัลตร้าไวด์แบนด์ (Ultra Wideband: UWB)

งานวิจัยนี้จึงมีการศึกษาและวิเคราะห์ออกแบบสายอากาศไมโครสตริปสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์สตับรูปคล้ายส้อม [1] มีลักษณะเป็นสายอากาศแบบช่องสี่เหลี่ยม [2]-[3] โดยทำการออกแบบให้สตับรูปคล้ายส้อมและช่องสี่เหลี่ยมนั้นมีขอบโค้งบางส่วน [4]-[5] ใช้วัสดุฐานรองแบบใหม่ซึ่งมีขนาดที่บางกว่า FR-4 และสามารถที่จะประยุกต์ใช้งานในระบบอัลตร้าไวด์แบนด์ได้ [6] ซึ่งการออกแบบ

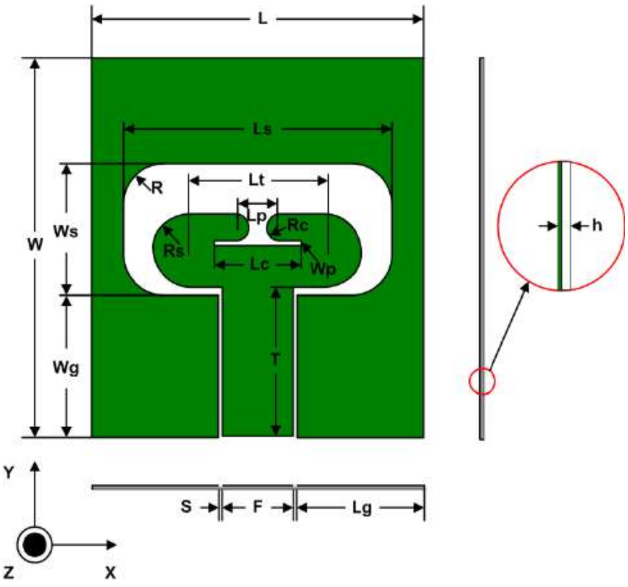
สายอากาศมีการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป IE3D (Zeland) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎี Method of Moment (MoM) รวมทั้งทำการสร้างเป็นสายอากาศต้นแบบ โดยสายอากาศที่ออกแบบจะมีขนาดเล็ก โครงสร้างไม่ซับซ้อน มีแบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานที่ดีและค่าการสูญเสียย้อนกลับต่ำกว่า -10 dB ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้โดยมีแบนด์วิดท์ครอบคลุมตลอดย่านความถี่ 3.1-10.6 GHz (Federal Communication Commission: FCC) ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในระบบสื่อสารไร้สายอัลตร้าไวด์แบนด์ที่มีประสิทธิภาพต่อไป

2. โครงสร้างสายอากาศและการออกแบบ

สายนำสัญญาณแบบระนาบร่วมที่ได้ทำการออกแบบ คือ สายนำสัญญาณแบบระนาบร่วมชนิดไม่มีกราวด์ด้านล่าง (Co-Planar Waveguide: CPW) โครงสร้างของสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วมชนิดไม่มีกราวด์ด้านล่างซึ่งประกอบด้วยสตริป (Strip) อยู่ตรงกลางด้านบนของฐานไดอิเล็กตริก (Substrate) โดยมีความกว้างของสตริป คือ *g* ด้านข้างทั้ง 2 ด้านของสตริปมีลักษณะเป็นร่อง (Slot) และระนาบกราวด์ตามลำดับ มีความกว้างระหว่างสตริปถึงระนาบกราวด์ คือ *W* และมีความหนาของฐานรองไดอิเล็กตริก คือ *h* ลักษณะการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบนสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วมจะเป็นลักษณะแบบ Quasi-TEM ข้อดีของสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วม คือ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เช่น ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุได้ง่ายมาก เนื่องมาจากไม่ต้องมีการเจาะรูผ่านฐานรองไดอิเล็กตริกเพื่อเชื่อมต่อกราวด์ให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นสามารถนำมาต่อรวมในวงจรเดียวกันกับไมโครสตริปได้ง่าย การผิดเพี้ยนของรูปสัญญาณ (Dispersion) และค่าความสูญเสีย (Loss) ต่ำกว่าการใช้ไมโครสตริป จากข้อดีที่กล่าวมาข้างต้นทำให้โครงสร้างสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วมเหมาะกับการทำเป็นวงจรรวมไมโครเวฟ รูปโครงสร้างของสายนำสัญญาณระนาบร่วมชนิดไม่มีกราวด์ด้านล่างแสดงให้เห็นในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างสายนำสัญญาณระนาบร่วมชนิดไม่มีกราวด์ด้านล่าง



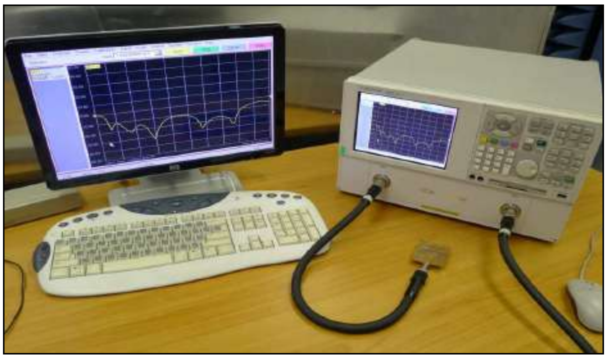
รูปที่ 2 โครงสร้างสายอากาศ

ในการออกแบบโครงสร้างสายอากาศไมล่าฟิล์มสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์ที่มีสายส่งสัญญาณแบบระนาบร่วมชนิดไม่มีกราวด์ด้านล่าง โดยเริ่มต้นจากแนวความคิดที่จะออกแบบสายอากาศที่รองรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์ ซึ่งมีสายนำสัญญาณแบบ CPW และมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนก่อน เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด ในที่นี้ใช้วัสดุฐานรองชนิด Mylar® Polyester Film ที่มีความบางเพียง 0.3 มม. เป็นวัสดุฐานรอง แล้วใช้ทองแดงที่หนา 0.1มม. เป็นตัวนำไฟฟ้า และในการออกแบบกำหนดให้อิมพีแดนซ์ของสายอากาศที่ 50 โอห์ม สายอากาศมีขนาด 53.3 x 60 มม.^{2} ช่องสี่เหลี่ยมระหว่างสตับและกราวน์มีความกว้างเท่ากับ Ws x Ls โดยทำมุมของช่องให้เป็นมุมโค้งมีรัศมีเป็น R ส่วนสตับรูปคล้ายส้อมออกแบบมาให้มีมุมที่โค้งโดยมีรัศมีเป็น Rs และ Rc ดังรูปที่ 2

สุดท้ายนี้ก็ได้ค่าพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการสร้างสายอากาศ ที่มีแบนด์วิดท์การใช้งานตั้งแต่ 2-12.6 GHz มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่แสดงในรูปที่ 2 ดังนี้ Ws = 20.8 มม., Ls = 43.3 มม., R = 6.5 มม., Rs = 11.5 มม., Lt = 7.25 มม., Rc = 4.2 มม., Lc = 13.8 มม., Wp = 0.8 มม., Lp = 7.1 มม. , Wg = 22.5 มม., Lg = 20.3 มม., T = 23.7 มม., F = 11.7 มม. และ S = 0.5 มม.

3. ผลการทดสอบสายอากาศ

ผลการทดสอบสายอากาศไมโครสตริปแบบไมล่าฟิล์มช่องสี่เหลี่ยมมุมโค้งสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์ ได้แบ่งการทดสอบเป็น 3 ส่วน คือ ค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ, แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ และอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน

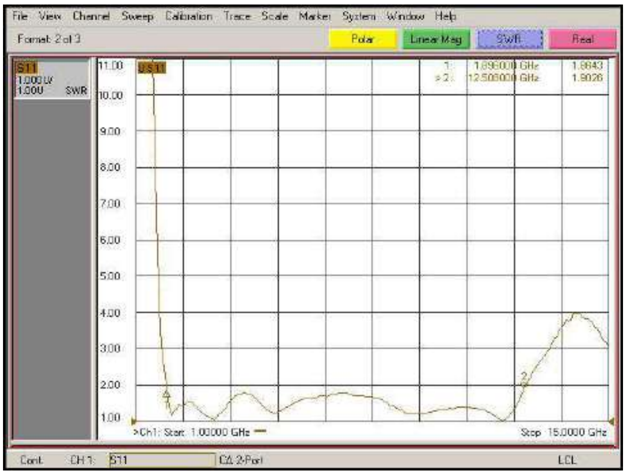


รูปที่ 3 วิธีการวัดและวิเคราะห์สายอากาศไมล่าฟิล์มสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงวิธีการวัดและวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริปแบบไมล่าฟิล์มช่องสี่เหลี่ยมมุมโค้งสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์โครงข่าย Network Analyzer รุ่น E8363B เพื่อวัดหาค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ และอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันของสายอากาศที่สร้างขึ้น ซึ่งการทดลองการต่อสายอากาศเข้ากับเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย แสดงให้เห็นดังรูป

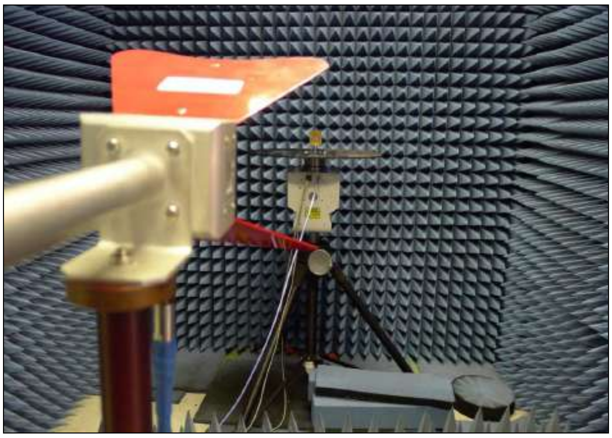
รูปที่ 4 ผลการวัดจริงของค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับของสายอากาศไมโครสตริปแบบไมล่าฟิล์มช่องสี่เหลี่ยมมุมโค้งสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์

จากรูปที่ 4 แสดงแสดงให้เห็นถึงผลการวัดค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ ของสายอากาศไมโครสตริปแบบไมล่าฟิล์มช่องสี่เหลี่ยมมุมโค้งสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์ ที่ช่วงความถี่ระหว่าง 1.0 – 15.0 GHz ซึ่งมีค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับตั้งแต่ 1.9 – 12.5 GHz



รูปที่ 5 ผลการวัดจริงของอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันของสายอากาศไมโครสตริปแบบไมล่าฟิล์มช่องสี่เหลี่ยมมุมโค้งสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์

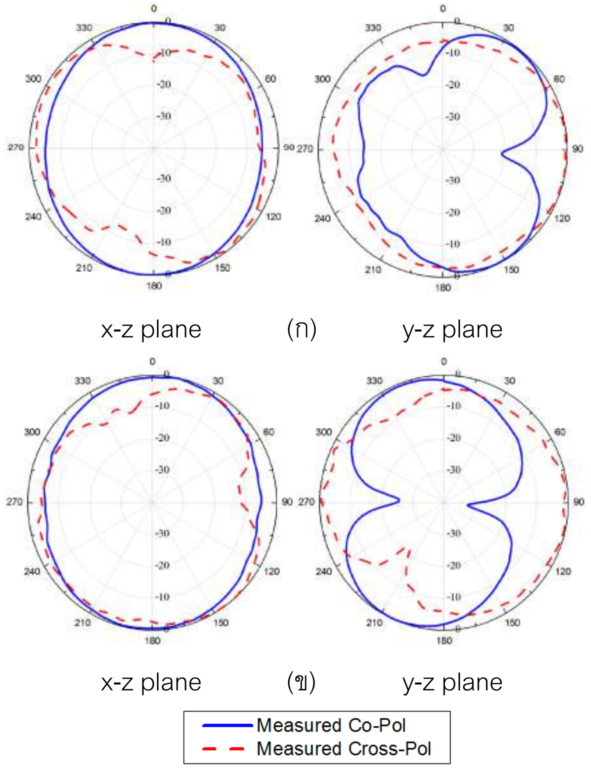
จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงผลการวัดค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันของสายอากาศไมโครสตริปแบบไมล่าฟิล์มช่องสี่เหลี่ยมมุมโค้งสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์ ที่ช่วงความถี่ระหว่าง 1.0 – 15.0 GHz ซึ่งมีค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันที่ต่ำกว่า 2 ตั้งแต่ 1.9 – 12.5 GHz



รูปที่ 6 การต่ออุปกรณ์วัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมล่าฟิล์มสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์

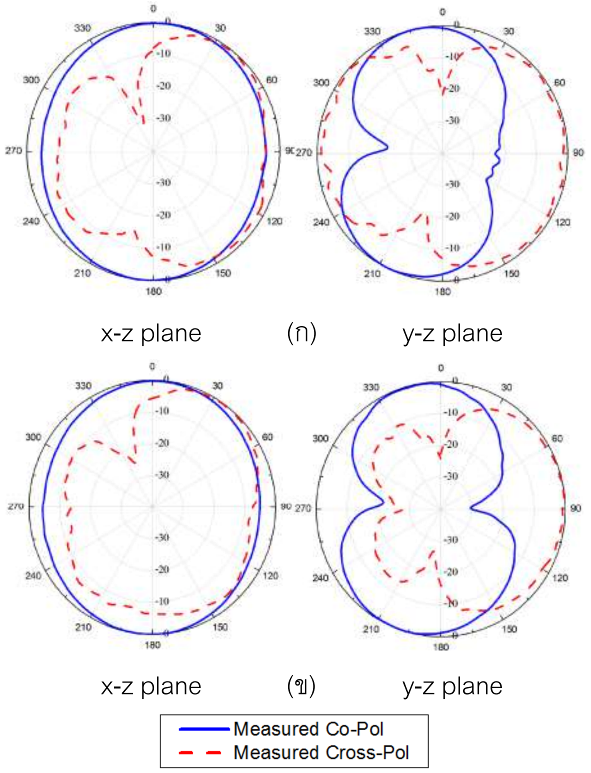
จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงวิธีการวัดวิเคราะห์คุณลักษณะและประสิทธิภาพของสายอากาศโดยที่มีสายอากาศสองตัวต่อเข้ากับเครื่องมือวัดวิเคราะห์ โดยที่สายอากาศปากแตรทำหน้าที่เป็นสายอากาศส่งและสายอากาศไมโครสตริปแบบไมล่าฟิล์มช่องสี่เหลี่ยมมุมโค้งสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์ ทำหน้าที่เป็นสายอากาศรับเพื่อวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ ซึ่งการทดลองการต่อสายอากาศเข้ากับอุปกรณ์

จากรูปที่ 7 แสดงแบบรูปการแผ่พลังงาน (Radiation Pattern) ของการวัดวิเคราะห์สายอากาศที่สร้างจริงที่ความถี่ 2.1 GHz และ 2.35 GHz ในการวัดจริงพบว่าสายอากาศมีแบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบ x-z (Co-Pol) มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบรอบทิศทาง และแบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบ y-z (Cross-Pol) มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบสองทิศทาง และจากรูปที่ 8 แสดงแบบรูปการแผ่พลังงานของการวัดวิเคราะห์สายอากาศที่สร้างจริงที่ความถี่ 2.45 GHz และ 2.6 GHz



รูปที่ 7 การวัดจริงแบบรูปการแผ่พลังงาน

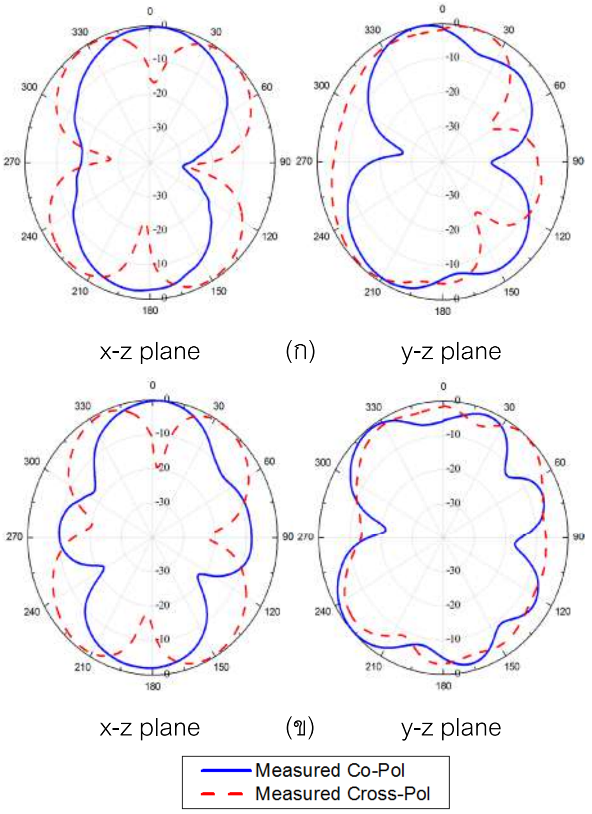
(ก) ที่ความถี่ 2.1GHz (ข) ที่ความถี่ 2.35GHz



รูปที่ 8 การวัดจริงแบบรูปการแผ่พลังงาน

(ก) ที่ความถี่ 2.45GHz (ข) ที่ความถี่ 2.6GHz

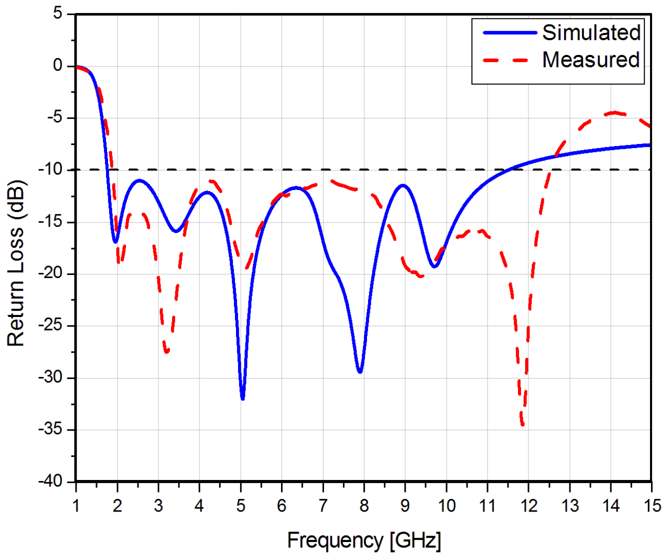
ในการวัดจริงพบว่าสายอากาศมีการแผ่พลังงานในระนาบ x-z (Co-Pol) มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบรอบทิศทาง และการแผ่พลังงานในระนาบ y-z (Cross-Pol) มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบสองทิศทาง



รูปที่ 9 การวัดจริงของแบบรูปการแผ่กลังงาน

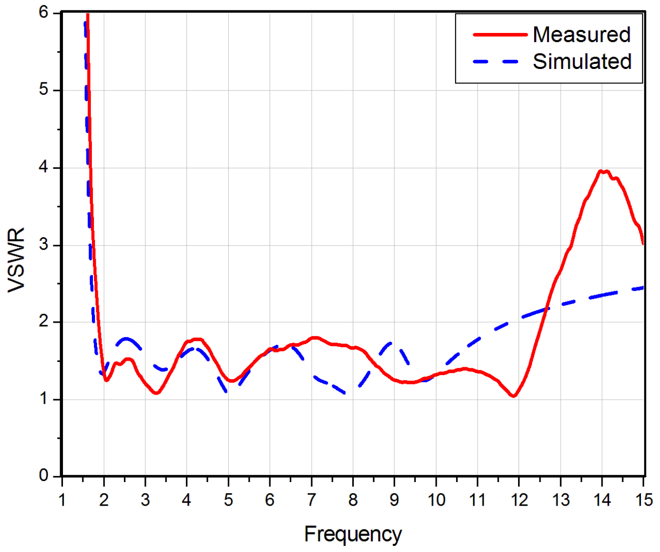
(ก) ที่ความถี่ 5.2GHz (ข) ที่ความถี่ 7GHz

จากรูปที่ 9 แสดงแบบรูปการแผ่พลังงานของการวัดวิเคราะห์สายอากาศที่สร้างจริงที่ความถี่ 5.2 GHz และ 7 GHz ในการวัดจริงพบว่าสายอากาศมีการแผ่พลังงานในระนาบ x-z มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบสองทิศทาง และการแผ่พลังงานในระนาบ y-z มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบสองทิศทาง



รูปที่ 10 ค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับของสายอากาศเปรียบเทียบระหว่างการจำลองและการวัดจริง

จากรูปที่ 10 เป็นการทดสอบเพื่อหาคุณลักษณะและประสิทธิภาพของสายอากาศนั้น ต้องใช้เครื่องมือในการทดสอบคือเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย Agilent PNA Network Analyzers ในการวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) จากรูปจะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกัน ซึ่งผลจากการวัดจริงจะมีการเลื่อนขึ้นไปทางด้านความถี่สูง



รูปที่ 11 ค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งของสายอากาศเปรียบเทียบระหว่างการจำลองและการวัดจริง

จากรูปที่ 11 ผลที่ได้จากการวัดชิ้นงานจริงและผลที่ได้จากการจำลองการทำงานของอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันมีความสอดคล้องกัน เช่นเดียวกับผลของการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ ซึ่งได้ค่าในการวัดชิ้นงานจะเลื่อนขึ้นไปทางด้านความถี่สูงและมีแบนด์วิดท์กว้างขึ้น อาจเป็นเพราะมีการคลาดเคลื่อนของค่าตัวเลขทศนิยมในการสร้างชิ้นงานของสายอากาศจริงที่ไม่ละเอียด เหมือนในการจำลองการทำงาน หรืออาจจะเป็นเพราะค่าคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาสร้างที่ไม่คงที่เท่าที่ควร จึงมีผลให้ค่าจากการวัดทดสอบคลาดเคลื่อนไป แต่แถบความถี่ก็ยังอยู่ในช่วงของการใช้งานได้

รูปที่ 12 สายอากาศที่นำเสนอ

4. สรุปผลการวิจัย

ในบทความนี้เราได้นำเสนอสายอากาศไมโครสตริปสำหรับระบบอัลตร้าไวด์แบนด์ที่กระตุ้นด้วยสายส่งสัญญาณระนาบร่วมรูปคล้ายส้อมช่องสี่เหลี่ยมมุมโค้งบางส่วนแบบฟิลม์ ที่มีค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับย้อนกลับ น้อยกว่า -10 dB, อัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันมีค่าที่ต่ำกว่า 2 ที่ความถี่ตั้งแต่ 2-11.6 GHz และยังคงสามารถแผ่กระจายคลื่นในแนวโน้มรอบทิศทาง สุดท้ายนี้เราสามารถสร้างสายอากาศระบบอัลตร้าไวด์แบนด์แบบฟิลม์ได้สำเร็จ มีค่าการจำลองและการวัดจริงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สายอากาศนี้ถูกออกแบบที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในโทรศัพท์มือถือ, แท็บเล็ต, UWB Wireless communication และWireless local-area network (WLAN) เนื่องจากสายอากาศทีความบางเพียง 0.4 มม.

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายบุญฤทธิ์ คุ้มเขต และภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือในให้คำปรึกษา การสร้างและทดสอบสายอากาศในบทความนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Paitoon Rakluea and Jintana Nakasuwan "Planar UWB Antenna with Single Band-Notched Characteristic," ICCAS Oct. 27-30, 2010.

[2] M. D'Amico, R. Cassetta, "A Novel CPW-Fed Rectangular Wide Slot Antenna for UWB Applications," IEEE APWC, pp.19 - 22, Sept. 12-16, 2011

[3] R.Chair, A. Kishk and K. F. Lee, "Ultra-wideband coplanar waveguide-fed rectangular slot antenna," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.,* vol. 3, no. 1, pp. 227–229, 2004.

[4] X. Chen, W. Zhang, R. Ma, J. Zhang and J. Gao, "Ultra-wideband CPW-fed antenna with round corner rectangular slot and partial circular patch," IET Microw. Antennas Propag., Vol. 1, No. 4, August 2007

[5] Mohammed Al-Husseini, Ali Ramadan, Youssef Tawk, Ali El-Hajj, and Karim Y. Kabalan, "Design and Ground Plane Consideration of a CPW-Fed UWB Antenna," ELECO Nov. 5-8, 2009

[6] Maleeya Tangitjetsada, Boonyarit Kumkhet and Paitoon Rakluea, "A Novel Thin-Film UWB Antennas with Single or Dual Band-Notched Performances," ISAP October. 25-28, 2011

สายอากาศไมโครสตริปแถวลำดับแบบช่องเปิดมุมฉากสำหรับความถี่แถบกว้าง

อนุชา มาละใจ วันเฉลิม ชั้นวัฒนพงศ์ ไพฑูรย์ รักเหลือ

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปุทมธานี 12110

E-mail: anucha_aong@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอสายอากาศที่แปลกใหม่โดยใช้ฟิล์มบางแถวลำดับแบบช่องเปิดมุมฉากสำหรับความถี่แถบกว้าง สำหรับการใช้งาน WLAN, WiMAX และ3 G สายอากาศนี้ได้สร้างซับสเตรต (substrate) ไมลาร์ฟิล์ม)Mylar® Polyester Film(ที่มีขนาดของ 12.75 × 15 มิลลิเมตร, มีความหนาเพียง 0.4 มิลลิเมตร ซึ่งบางมากและมีค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (dielectric) 3.2 งานวิจัยได้ออกแบบและจำลองสายอากาศด้วยโปรแกรม IE3D สายอากาศนี้ออกแบบได้ไม่ยากโดยใช้ช่องเปิดแบบมุมฉาก ช่อง 4ในขนาดและระยะที่เหมาะสมเพื่อควบคุมแถบความถี่กว้างที่เราต้องการ สายอากาศทำงานในช่วงความถี่ 3.04-2.02GHz ที่มีแบนด์วิดท์ 1.02GHz (Return loss < -10 dB) ที่ใช้งานในระบบ 3G 2.1)GHz), WLAN2.5-2.4) GHz),WiMAX2.7-2.3) GHz)

Abstract

This paper presents a novel Thin-Film wideband right angle array slot antenna for WLAN, WiMAX and 3G applications. This antenna is printed on Mylar® Polyester Film substrate with size of 12.75×15 mm^2, thickness of 0.3 mm, and dielectric constant of 3.2. The proposed antenna is designed by using IE3D simulation software. This antenna is simple to design using four right angle slot size at appropriate position to achieve wideband which can control the desirable resonant frequency. The length of slot is approximately a half-wavelength at the desirable center frequency. The antenna operated in the frequency range 2.02 – 3.04 GHz with impedance bandwidth are 1.02 GHz (Return loss < -10 dB) working in the 3G (2.1 GHz), WLAN (2.4-2.5 GHz), WiMAX (2.3-2.7 GHz).

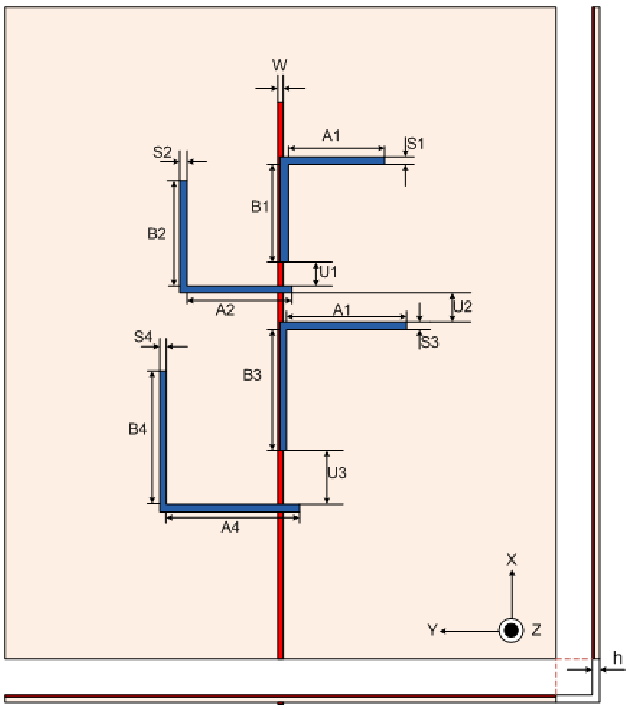
คำสำคัญ

แถบความถี่กว้าง, ช่องเปิด, ฟิล์มบาง, แถวลำดับ, ไมลาร์ฟิล์ม

1. บทนำ

ในปัจจุบันวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีด้านการสื่อสารได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงมีการพัฒนาในส่วนของการรับและแพร่กระจายคลื่นสัญญาณให้มีความเหมาะสม โดยสายอากาศที่นิยมใช้ในด้านการศึกษาและพัฒนาอย่างกว้างขวางชนิดหนึ่งก็คือสายอากาศไมโครสตริปเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการคือ มีน้ำหนักเบา มีรูปร่างไม่ซับซ้อน ออกแบบและสร้างได้ง่าย ราคาไม่สูงมากนัก และสามารถออกแบบให้สายอากาศสามารถตอบสนองสัญญาณแถบความถี่กว้างได้อย่างไม่ยากนัก ในบทความนี้ได้นำเสนอการออกสายอากาศแถวลำดับช่องเปิดแบบมุมฉาก [1] - [5] ด้วยโปรแกรม IE3D ในช่วงความถี่ 2.02-3.04 GHz ที่มีแบนด์วิดท์(Bandwidth) 1.02 GHz (Return loss < -10 dB) ด้วยความถี่ที่หนึ่ง 3G (2.1 GHz), ความถี่ที่สอง WLAN (2.4-2.5 GHz), ความถี่ที่สาม WiMAX (2.3-2.7GHz) สร้างบนวัสดุฐานรองชนิดไมลาร์ฟิล์มที่มีขนาดของ 12.75 × 15 mm. , มีความหนาของ 0.4 mm. และมีค่าคงตัวไดอิเล็กตริก 3.2 สายอากศได้รับการพัฒนาเพื่อใช้งานสำหรับ WLAN, WiMAX และ 3G ซึ่งถูกนำไปใช้กับอย่างมากกับแท็บเล็ต (Tablet) จะเห็นได้ชัดว่ากลายเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดสำหรับการ ใช้ระบบการสื่อสารงานของสายอากาศทั้งในปัจจุบันและในอนาคต

2. โครงสร้างสายอากาศและการออกแบบ



รูปที่ 1 โครงสร้างสายอากาศที่ออกแบบ

โครงสร้างของสายอากาศจะมี รูปร่างเป็นสตริปหรือแถบโลหะแคบๆ อยู่บนซับสเตรต ซึ่งเป็นสารไดอิเล็กตริกและด้านล่างของซับสเตรตเป็นผิวโลหะ พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะส่งผ่านอยู่ในซับสเตรตบริเวณที่อยู่ระหว่างแถบโลหะแคบๆ กับผิวโลหะด้านล่าง ความกว้างของสตริปนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับการใช้เทคโนโลยีแบบฟิล์มบาง หรือแบบฟิล์มหนาในการสร้างสตริปนั้นในการออกแบบสายไมโครสตริปช่องเปิดแบบมุมฉากที่สามารถรับและส่งได้แบบแถบความถี่กว้างนั้นสามารถทำได้ไม่ยากนัก ดังนั้นจึงต้องทำการออกแบบไปที่ละช่องจนครบทั้ง 4 ช่อง ก่อนกาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในตำแหน่งที่ดีที่สุด และนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้วางไว้ในสายอากาศเดียวกันเพื่อที่จะสามารถรับส่งได้แบบแถบความถี่กว้าง ในบทความนี้ใช้วัสดุฐานรองชนิดไมลาร์ฟิล์มมีขนาดของ 12.75 × 15 มิลลิเมตร มีความหนาของ 0.4 มิลลิเมตร และมีค่าคงตัวไดอิเล็กตริกเท่ากับ3.2 สายนำสัญญาณแบบไมโครสตริปที่มีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม สำหรับแมตซ์อิมพีแดนซ์สามารถที่จะคำนวณหาค่าความกว้างของสายนำสัญญาณ (W) จากสมการที่ (1) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าไดอิเล็กตริก (ε_r) และความหนาของหรือความสูงของวัสดุฐานรอง (h)

$$\frac{W}{3.175}=\frac{2}{\pi}\left\{6.62-1-\ln(13.24-1)+\frac{3.2-1}{6.4}\left[\ln(6.62-1)\right]+0.39-\frac{0.61}{3.2}\right\} \quad (1)$$

$$B=\frac{60\pi^2}{Z_o\sqrt{\varepsilon_r}}=6.62 \quad (2)$$

$$f_r=\frac{0.5c}{(A+B)\sqrt{\varepsilon_{eff}}} \quad (3)$$

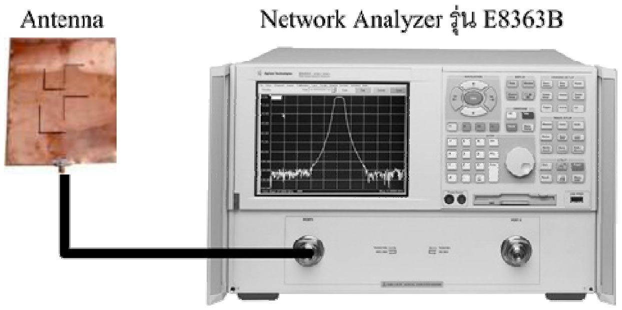
เมื่อ
$$\varepsilon_{eff}=\frac{\varepsilon_r+1}{2}+\frac{\varepsilon_r+1}{2}(1+\frac{12h}{W})^{-\frac{1}{2}} \quad , \frac{W}{h}>1 \quad (4)$$

ที่ ε_{eff} ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกประสิทธิผลและความเร็วแสง (c) เท่ากับ 3×10^8 เมตร/วินาที สามารถคำนวณความกว้างของสายนำสัญญาณไมโครสตริปเท่ากับ 0.78 $\approx$ 1mm. เราสามารถคำนวณหาขนาดความยาวของช่องเปิดได้จากสมการที่ (3)

การออกแบบแถบความถี่กว้างโดยใช้ช่อง {(A1+B1) และ (A2+B2)}, {(A3+B3) และ (A4+B4)} ได้ความถี่ในช่วง 2.02–3.04 และมีแบนด์วิดธ์ 1.02 GHz

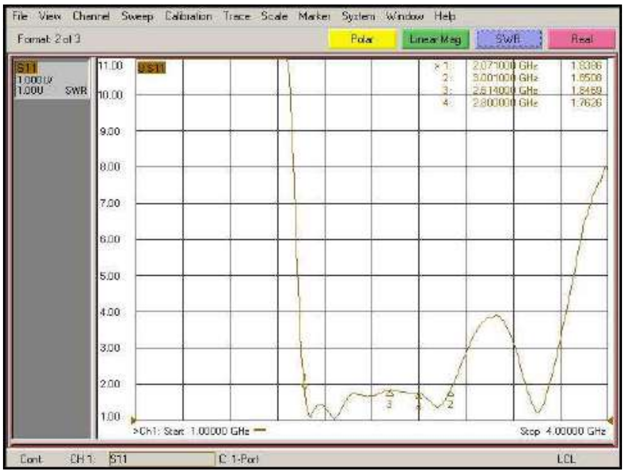
3. ผลการวิเคราะห์และการอภิปรายผล

การการออกแบบส่วนประกอบต่างๆ ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดแบบมุมฉากแบบแถบความถี่กว้าง ที่จำลองแบบโครงสร้างในโปรแกรม IE3D ทำการปรับค่าตัวแปรต่างๆที่ทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) โดยงานวิจัยได้แบนด์วิดธ์ 0.94 GHz ที่วัดมาจาก (Network Analyzer) รุ่น E8363B ดังรูปที่ 3 ในช่วงความถี่ 2.07-3.01 GHz โดยมีค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับ (s_{11}) น้อยกว่าหรือเท่ากับ -10 dB และมีค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) ต้องไม่เกิน 2 แสดงในรูที่ 5 ซึ่งก็ครอบคลุมในช่วงความถี่ 2.07-3.01 GHz รวมไปถึงแบบรูปการแผ่กระจายคลื่น (Radiation Pattern)

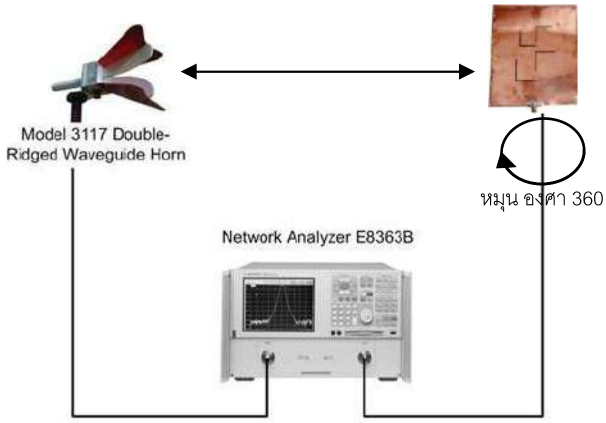


รูปที่ 2 วิธีการวัดและวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริปแถวลำดับแบบช่องเปิดมุมฉากสำหรับความถี่แถบกว้าง

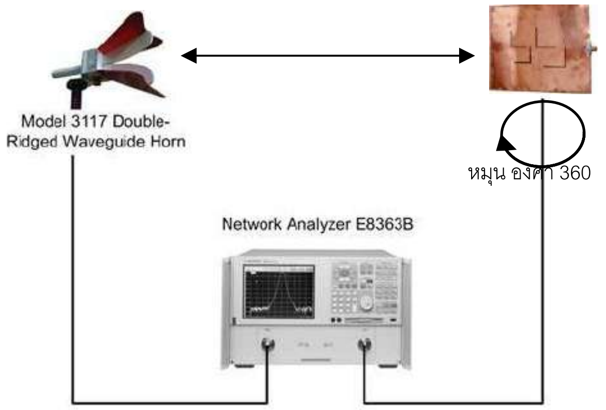
รูปที่ 3 ผลการวัดการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับ



รูปที่ 4 ผลการวัดอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง

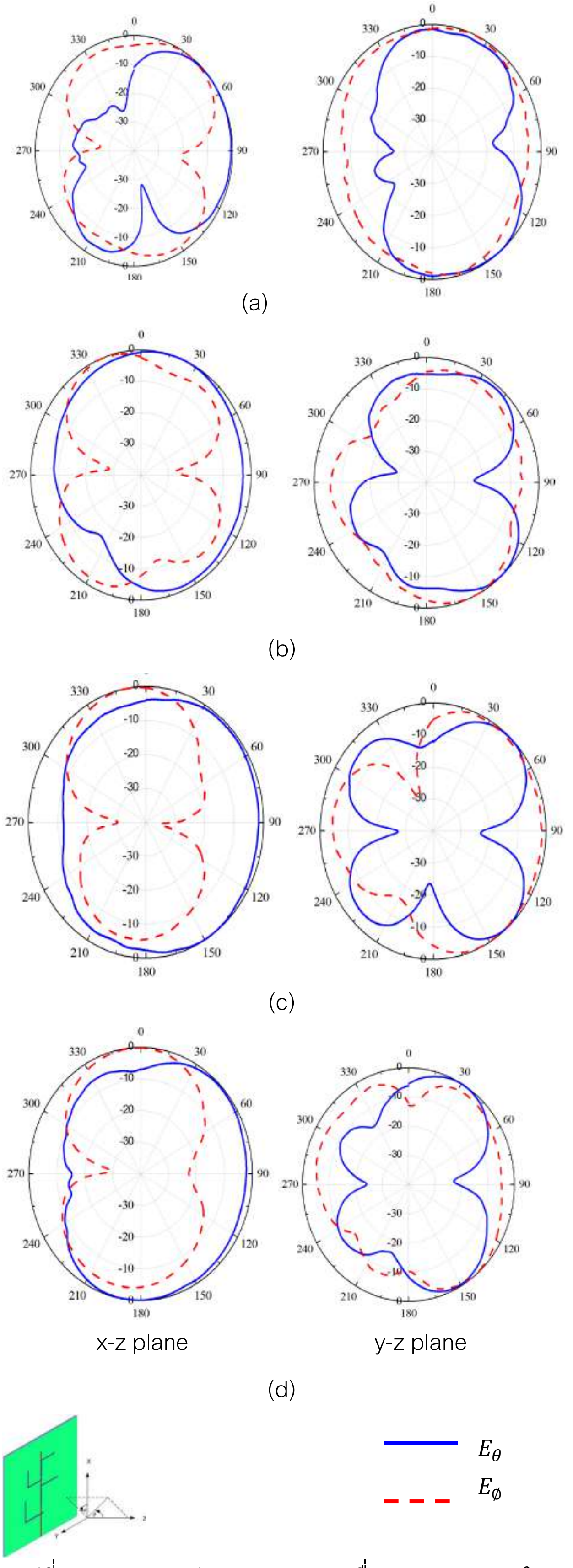


รูปที่ 6 การต่ออุปกรณ์วัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศในแนวระนาบ x-z

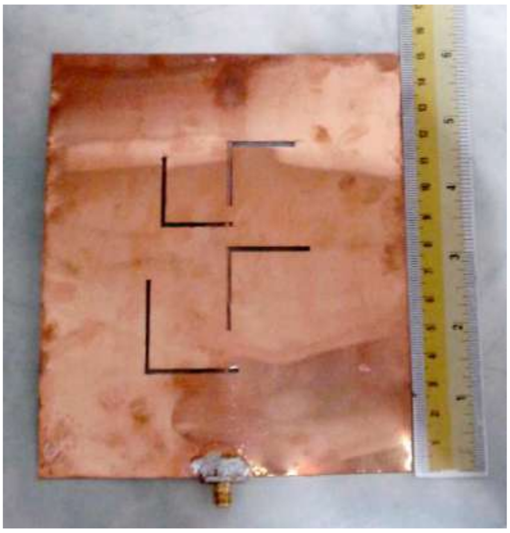


รูปที่ 7 การต่ออุปกรณ์วัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศในแนวระนาบ y-z

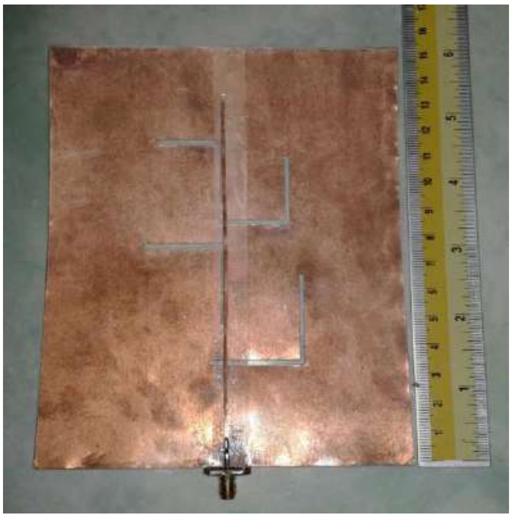
ในข้างต้นที่กล่าวมาแสดงให้เห็นผลการวัดแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นมุมเงย (Elevation) และมุมกวาด (Azimuth) ที่หลากหลาย การวัดแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นในสนามไฟฟ้า (E-plane) และสนามแม่เหล็ก H (H-plane) ใน 4 ความถี่ที่แตกต่างกัน 2.1 GHz, 2.3 GHz, 2.45GHz, 2.6 GHz แสดงในรูปที่8 (a), (b), (c), (d) ตามลำดับ



รูปที่ 8 แสดงแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศใน ระนาบ xz และ ระนาบ yz (a) 2.1 GHz (b) 2.3 GHz (c) 2.45GHz (d) 2.6 GHz



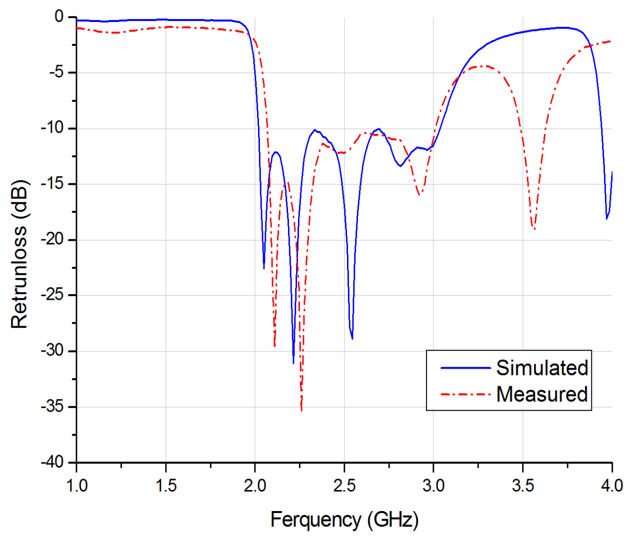
รูปที่ 9 รูปถ่ายตัวต้นแบบที่สร้างจริงของสายอากาศ ด้านกราวด์เพลน



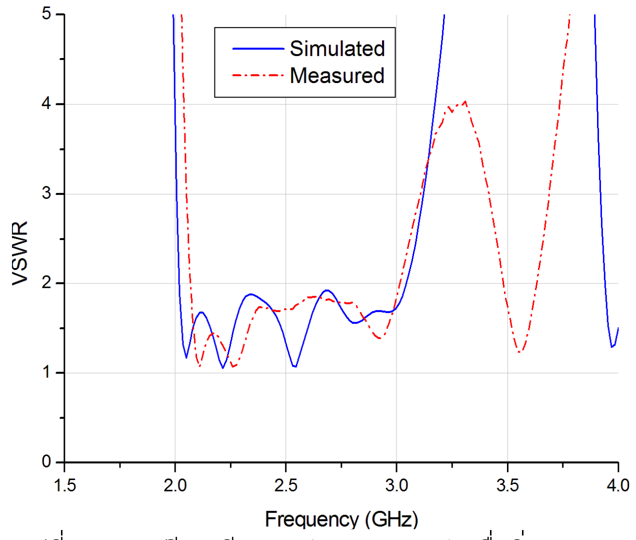
รูปที่ 10 รูปถ่ายตัวต้นแบบที่สร้างจริงของสายอากาศ ด้านไมโครสตริป

รูปที่ 11 รูปถ่ายแสดงความหนาของสายอากาศ

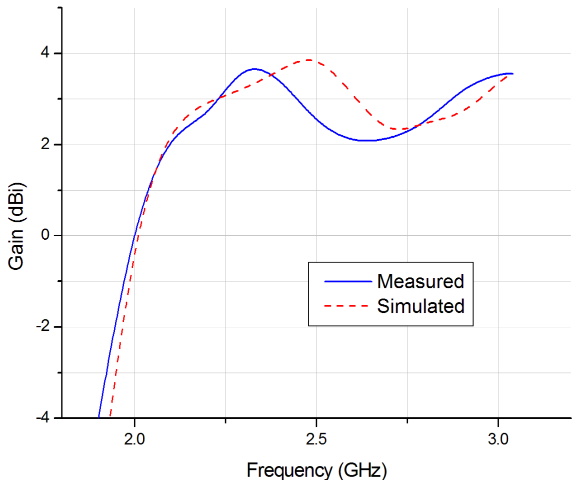
ภาพถ่ายสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดแบบมุมฉากแถบความถี่กว้างที่สร้างจริงแสดงในรูปที่ 10 มีขนาดระนาบกราวด์ (ground plane) 12.75 cm. × 15 cm. (Wg × Lg) ซึ่งมีการวัดแบนด์วิดท์ได้ 0.96 GHz (2.07 GHz - 3.03 GHz) มีการทำงานที่ครอบคุลม WLAN, WiMAX และ 3G ซึ่งสามารถนำไปใช้กับแท็บเล็ต เนื่องจากแท็บเล็ตมีขนาดที่สามารถใส่สายอากาศนี้ได้



รูปที่ 12 การเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับระหว่างผลจากการจำลองและการวัดของสายอากาศ



รูปที่ 13 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งระหว่างผลจากการจำลองและการวัดของสายอากาศ



รูปที่ 14 การเปรียบเทียบค่าอัตราการขยายระหว่างผลจากการจำลองและการวัดของสายอากาศ

การเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับระหว่างผลจากการจำลองและการวัดของสายอากาศแสดงในรูที่ 12 ผลจากการจำลองมีแบนด์วิดท์ 1.02 GHz ในช่วงความถี่ 2.02-3.04 GHz ส่วนผลการวัดมีแบนด์วิดท์ 0.96 GHz ในช่วงความถี่ 2.07- 3.03 GHz ผลที่ออกมาใกล้เคียงกันแต่ในช่วงความถี่สูงนั้นผลที่จะแตกต่างกันออกไปอันเนื่องมาจากการสร้างสายอากาศ ที่ไม่ได้ขนาดตามการจำลอง ซึ่งยังครอบคลุมสามารถนำไปใช้งาน WLAN, WiMAX และ 3G

แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งระหว่างผลจากการจำลองและการวัดของสายอากาศในรูปที่ 13 ต้องไม่เกิน 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงที่ 2.07-3.01 GHz มีค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งน้อยกว่า 2 ทั้งผลจากการจำลองและการวัดผลที่ได้นั้นจะสอดคล้องกับค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับทั้งผลการจำลองและการผล

แสดงการเปรียบเทียบค่าการขยายระหว่างผลจากการจำลองและการวัดของสายอากาศในรูปที่ 14 จะเห็นได้ว่าผลจากการจำลองและวัดจิงใกล้เคียงกัน อัตราการขยายนั้นมากว่า 2 dBi ณ ความถี่ที่ใช้ WLAN 2.45 GHz, WiMAX 2.3 - 2.69 GHz และ 3G 2.1 GHz

4. บทสรุป

ในบทความนี้ได้นำเสนอการออกสายอากาศแถวลำดับช่องเปิดแบบมุมฉากเป็นสายอากาศที่มีรูปร่างที่ไม่ซับซ้อนและง่ายต่อการออกแบบและสร้างจริง ในการศึกษาทดลองนั้นระยะห่างระหว่างช่องเปิดมีผลกระทบต่อความกว้างของแบนด์วิดธ์ จึงนำค่าที่ได้ทำการออกแบบและการสร้างจริง โดยที่สายอากาศมีขนาดของ 12.75× 15 มิลลิเมตร, มีความหนาเพียง 0.4 มิลลิเมตร ซึ่งมีแบนด์วิดท์ในการจำลองผลในช่วงความถี่ 1.02 GHz (3.04-2.02GHz) แล้วนำค่าคุณสมบัติจากการออกแบบ สร้างเป็นสายอากาศจริงมีผลของแบนด์วิดธ์ในช่วงความถี่ 0.96GHz (3.0-2.071 GHz) และมีค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งไม่เกิน 2 (3.0-2.071 GHz) จะเห็นได้ว่าผลใกล้เคียงจากการจำลองโดยโปรแกรม IE3D ทั้งการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับและอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งเหมาะสมในการประยุกต์ใช้งานกับ WLAN, WiMAX และ 3G ซึ่งครอบคลุมความถี่ที่ใช้งาน ด้วยขนาดของสายอากาศและความบางแล้วเหมาะสมกับการนำไปใช้ในแท็บเล็ต

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ด้านสถานที่เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและคำชี้แจ้งแนะในการทำวิจัยฉบับนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Roberto Caso, Student Member, IEEE, Andrea A. Serra, Marcos Rodriguez-Pino, Paolo Nepa, Member, IEEE, andGiuliano Manara, Fellow, IEEE, “A Wideband Slot-Coupled Stacked-Patch Array for Wireless Communications,” IEEE Antennas And Wireless Propagtion Letters, Vol. 9, 2010.

[2] Lev Pazin and Yehuda Leviatan, “Inverted-F Laptop AntennaWith Enhanced Bandwidth for Wi-Fi/WiMAX Applications,” IEEE Transaction on Antennas and Propagtion, Vol.59, No.3, March 2011.

[3] Y. Sung, “A Printed Wide-Slot Antenna With a Modiﬁed L-Shaped Microstrip Line for Wideband Applications,” IEEE Transaction on Antennas and Propagtion, Vol.59, No.10, October 2011.

[4] A. Pomsathit, C. Benjangkaprasert, N. Anantrasirichai, Paitoon Rakluea and T. Wakabayashi, “Design of Right Angle Slot Antenna for Dual Band and Dual Polarized with Wireless Network,” International Conference on Control, Automation and Systems 2010, Gyeonggi-do, Korea, Oct. 27-30, 2010 in KINTEX.

[5] Hossein Eskandari, Mahmood Rafaei Booket, Manouchehr Kamyab, and Mehdi Veysi, Student Member, IEEE, “Investigations on a Class of Wideband Printed Slot Antenna,” IEEE Antennas And Wireless Propagtion Letters, Vol. 9, 2010.

สายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่มีการแผ่พลังงานสองทิศทาง

กิตติศักดิ์ ทองดา วิโรจน์ พิราจเนนชัย ไพฑูรย์ รักเหลือ

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

E-mail : Kittis5@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการศึกษาและการออกแบบสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก ที่มีการแผ่พลังงานสองทิศทาง โดยจะทำการวิเคราะห์ด้วยการจำลองแบบโครงสร้างของสายอากาศด้วยโปรแกรม IE3D เพื่อประยุกต์การใช้งานกับเครือข่ายตรวจจับแบบไร้สายความถี่ที่ 2.45GHz ซึ่งจะครอบคลุมมาตรฐานของ IEEE802.11b/g (2.4-2.4835GHz) โดยได้การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับที่ -33dB อัตราการขยายของสายอากาศ 3.28dBi และขนาดของแบนด์วิดท์ขาเข้า (2.395-2.515GHz) 180MHz ซึ่งผลจากการทดลองของสายอากาศใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ด้วยการจำลองโครงสร้างสายอากาศ

Abstract

This paper presents analysis angle microstrip slot antenna. The pattern antenna bidirectional of simulation procedure is confirmed by comparing IE3D software. An antenna for wireless sensor network (WSN) at frequency 2.45GHz Comprehensive standard IEEE 802.11b/g (2.4-2.4835GHz) of the return losses -33dB gain antenna 3.28dBi and Impedance bandwidth (2.395-2.515GHz) 180MHz. The results of the experiment microstrip antenna nearby results of the analysis.

คำสำคัญ

สายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดแบบมุมฉาก, การแผ่พลังงานสองทิศทาง, เครือข่ายตรวจจับแบบไร้สาย

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้วิวัฒนาการทางเทคโนโลยีในด้านการสื่อสารได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมีความเติบโตอย่างรวดเร็วทางด้านสายอากาศก็เช่นเดียวกัน สายอากาศไมโครสตริป (Microstrip Antenna) [1] นับได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้อย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ คือ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีรูปร่างไม่ซับซ้อน ออกแบบ และสร้างได้ง่าย ราคาไม่สูงมากนัก สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบของการสื่อสารไร้สายต่างๆได้ดี เช่น ระบบเครือข่ายตรวจจับแบบไร้สาย (wireless sensor network) [2]

แนวคิดของการสร้างสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก (Microstrip Slot Antenna) [3]-[5] ที่มีการแผ่พลังงานสองทิศทาง (Bidirectional) นั้น เกิดจากต้องการที่จะทำการพัฒนาสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่มีเพียงการแผ่พลังงานรอบทิศทาง (Omnidirectional) ให้สามารถที่จะมีการแผ่พลังงาน (Radiation Pattern) แบบอื่นๆได้บ้าง เช่น การแผ่พลังงานสองทิศทาง เพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์การสร้างสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่ทีการแผ่พลังงานรูปแบบอื่น ๆ ต่อไป

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่มีการแผ่พลังงานสองทิศทาง เพื่อที่จะนำประยุกต์ใช้งานกับเครือข่ายตรวจจับแบบไร้สาย (wireless sensor network) โดยให้ได้ตามมาตรฐานของIEEE802.11b/g (2.4-2.4835 GHz) ที่ความถี่ (Frequency) 2.45GHz โดยได้การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับที่ -33dB อัตราการขยายของสายอากาศ 3.28dBi และแบนด์วิดท์ขาเข้า (Impedance Bandwidth) เท่ากับ180MHz (2.395-2.515GHz) โดยในส่วนของการวิเคราะห์การจำลองแบบโครงสร้างสายอากาศด้วยโปรแกรม IE3D

2. การออกแบบและสร้างสายอากาศ

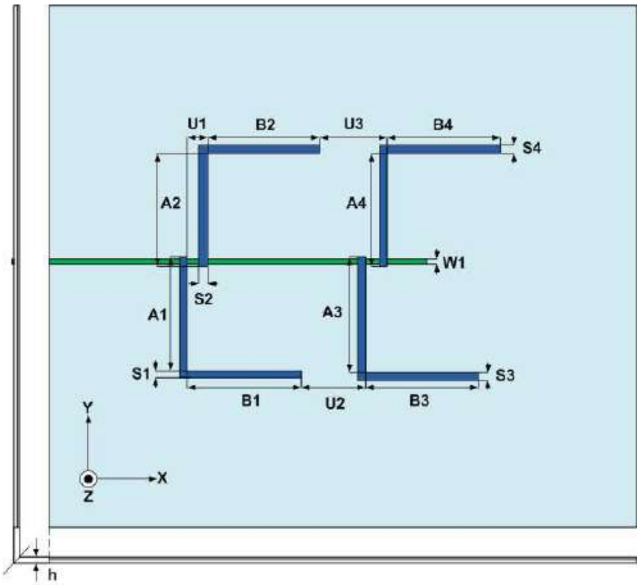
สายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากนั้น ออกแบบมาจากแผ่นทองแดง (Copperplate) นำมาประกอบเข้ากันกับตัวแผ่นโพลีเอสเตอร์ฟิล์ม (Polyester film) โดยที่พื้นผิวของแผ่นโพลีเอสเตอร์ฟิล์มมีค่าไดอิเล็กทริก (Dielectric) คงที่ ε_r =3.2และมีความหนา h = 0.4 มิลลิเมตร โดยที่ช่องเปิดส่วน A และ B นั้นมีขนาดเท่ากันทุกประการ และทำการกำหนดความถี่ต่างๆที่ต้องการใช้งานโดยคำนวณจากสมการที่ (1)

$$f_r = \frac{0.5c}{(A+B)\sqrt{\varepsilon_{eff}}} \quad (1)$$

และ

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r + 1}{2}(1 + \frac{12h}{W})^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

โดยที่ค่า ε_{eff} นั้นเป็นค่าประสิทธิผล (Effective Value) ของค่าคงตัวไดอิเล็กตริกได้จากสมการที่ (2) เมื่อคำนวนออกมาแล้วจะเห็นได้ว่าจะได้ความยาวของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก *(A+B)* ที่เราต้องการได้ โดยทำการปรับแต่งตัว *A* , *B* และ *U* ซึ่งจะมีผลกระทบถึงคุณลักษณะของสายอากาศ (Parameter) ต่างๆ ของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก สายอากาศจะถูกสร้างเหมือนในรูปที่ 1 โดยประกอบด้วยมุมแนวนอน *(A)* และมุมแนวตั้ง *(B)* โดยที่ *A* และ *B* มีขนาดเท่ากันทุกประการ ส่วน $A=B = 0.25\ \lambda_g$ และความยาวของช่องสายอากาศจะเป็น $A+B = 0.5\ \lambda_g$ เท่ากับ 25.8 มิลลิเมตร โดยที่ให้ความยาวของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก *A1=A2=A3=A4* และ *B1=B2=B3=B4*

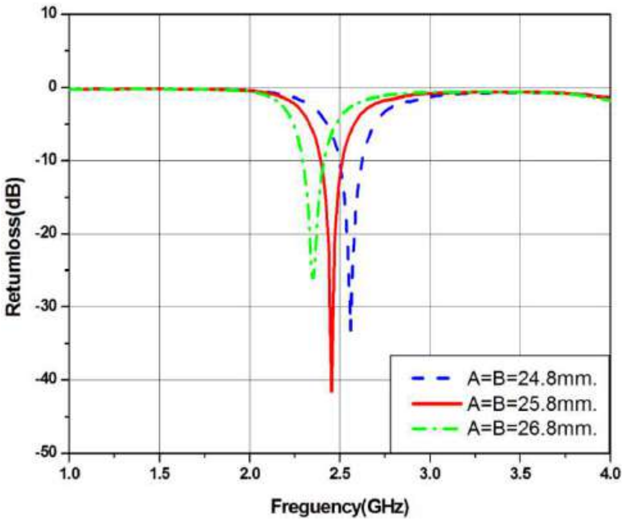


รูปที่ 1 สายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก

ส่วนความกว้างของช่องสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก *(S1)* นั้นเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร โดยที่ *S1=S2=S3=S4* จะมีขนาดเท่ากัน เพื่อที่จะได้รองรับกับระบบการสื่อสารทั่วไปที่มีค่าอิมพีแดนซ์ของระบบ (Impedance) ที่ 50 โอห์ม ในที่นี้สายนำสัญญาณไมโครสตริปจะมีความกว้าง *(W1)* = 1 มิลลิเมตร ในส่วนของระยะห่างระหว่างช่องเปิดมุมฉากช่องที่ 1 กับช่องเปิดมุมฉากช่องที่ 2 *(U1)* = 3 มิลลิเมตร ระยะห่างจากช่องเปิดมุมฉากช่องที่ 1 กับช่องเปิดมุมฉากช่องที่ 3*(U2)* = 13 มิลลิเมตร และระยะห่างจากช่องเปิดมุมฉากช่องที่ 2 กับช่องเปิดมุมฉากช่องที่ 4 *(U3)* = 13 มิลลิเมตร

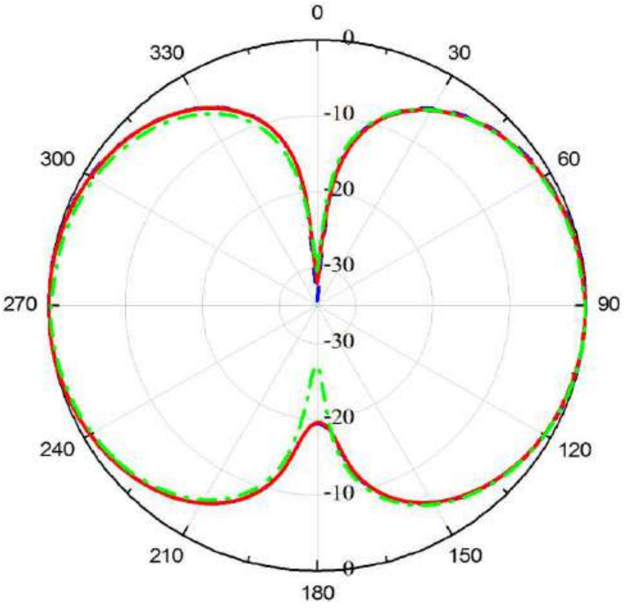
3. ผลการวิเคราะห์และผลการทดลอง

เมื่อทำการวิเคราะห์การจำลองแบบโครงสร้างสายอากาศจะเห็นว่า ระยะของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก *(A=B)* จะมีผลกระทบอย่างมากกับการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (Return Loss) และแบนด์วิดท์ ดังในรูปที่ 2 ทำให้การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับและแบนด์วิดท์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

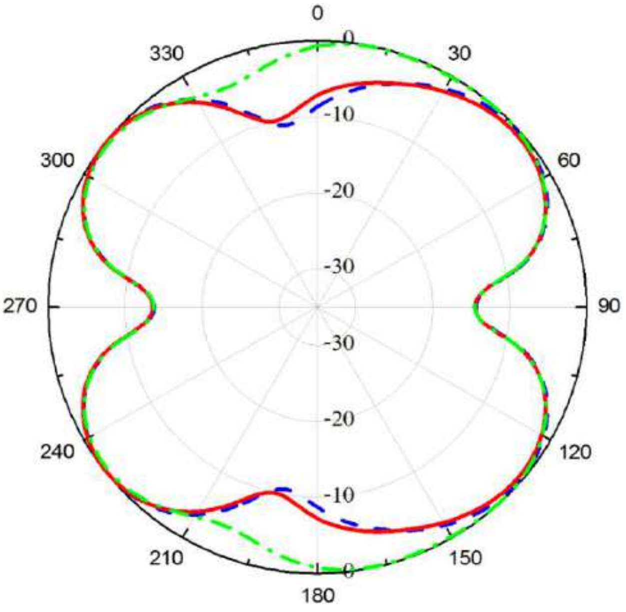


รูปที่ 2 เปรียบเทียบการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับที่ความยาวช่องเปิดต่าง ๆ กัน

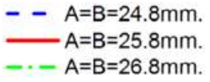
แบบรูปการแผ่พลังงานก็มีผลกระทบจากระยะของสายอากาศที่ต่างกัน ทำการเปรียบเทียบแบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xz และระนาบ yz ดังในรูปที่ 3 เปรียบเทียบแบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xz ที่ระยะทางต่างๆกันที่ความถี่ 2.45GHz (ก) แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศที่โพลาไรซ์แบบแนวตั้ง (E_θ) และ (ข) แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศที่โพลาไรซ์แบบแนวนอน (E_ϕ) ทั้งสองระนาบ



(ก) แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศที่โพลาไรซ์แบบแนวตั้ง (E_θ)

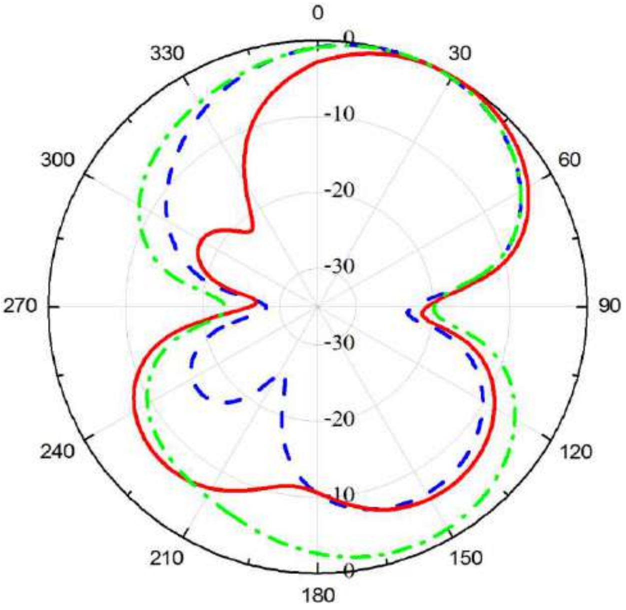


(ข) แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศที่โพลาไรซ์แบบแนวนอน ($E_\varnothing$)

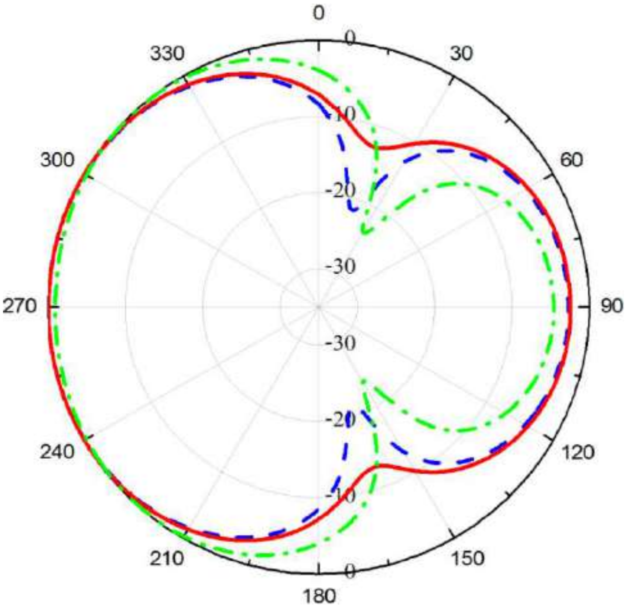


รูปที่ 3 แบบรูปการแผ่พลังงานในระยะไกลระนาบ xz ที่ระยะทางต่างๆกัน

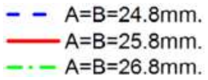
ส่วนในรูปที่ 4 เปรียบเทียบแบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ yz ที่ระยะทางต่างๆกันที่ความถี่ 2.45GHz (ก) แบบรูปแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศที่โพลาไรซ์แบบแนวตั้ง (E_θ) และ (ข) แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศที่โพลาไรซ์แบบแนวนอน ($E_\varnothing$) ทั้งสองระนาบเช่นกัน



(ก) แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศที่โพลาไรซ์แบบแนวตั้ง (E_θ)



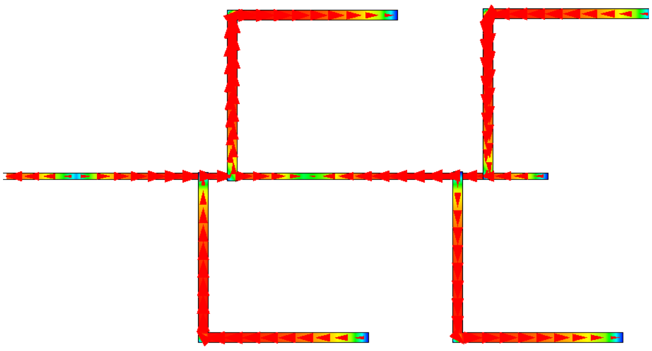
(ข) แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศที่โพลาไรซ์แบบแนวนอน ($E_\varnothing$)



รูปที่ 4 แบบรูปการแผ่พลังงานในระยะไกลระนาบ yz ที่ระยะทางต่างๆกัน

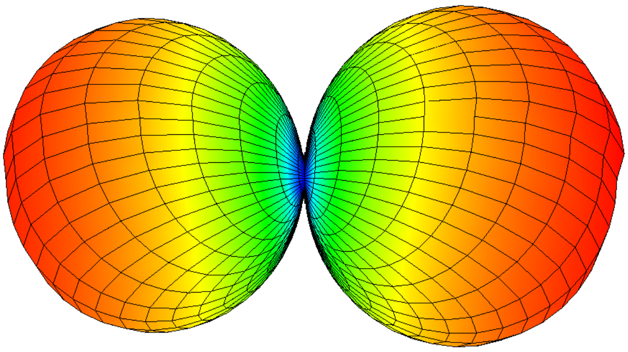
จากการจำลองความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งอยู่ภายในสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก ที่มีการแผ่พลังงาน

สองทิศทางที่ความถี่ 2.45GHz จะพบว่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะไหลจากสายอากาศในช่องที่ 1 *(A1+B1)* ไปเสริมกำลังกับความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสายอากาศในช่องที่ 3 *(A3+B3)* และในขณะเดียวกันนั้นเอง ความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ไหลมาจากตัวสายอากาศในช่องที่ 2 *(A2+B2)* ก็จะไปเสริมกำลังกับความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสายอากาศในช่องที่ 4 *(A4+B4)* อีกด้วยเป็นเช่นนี้ดังในรูปที่ 5 จะสังเกตได้ว่าความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก จะมีมากที่สุดในช่วงบริเวณมุมฉากของสายอากาศและจะมีน้อยที่สุดในช่วงบริเวณปลายทั้งสองด้านของมุมฉากของสายอากาศ



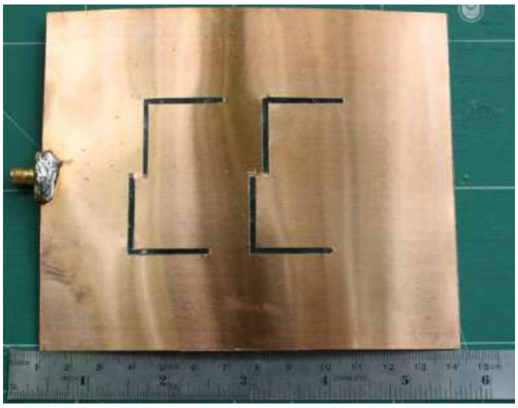
รูปที่ 5 จำลองความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่ความถี่ 2.45GHz

ส่วนของการจำลองรูปแบบการแผ่พลังงานแบบสามมิติของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่มีการแผ่พลังงานสองทิศทางที่ความถี่ 2.45GHz จะเห็นได้ว่าจะเป็นรูปแบบการแผ่พลังงานสองทิศทาง โดยทั้งคู่จะมีขนาดใกล้เคียงกัน ดังในรูปที่ 6



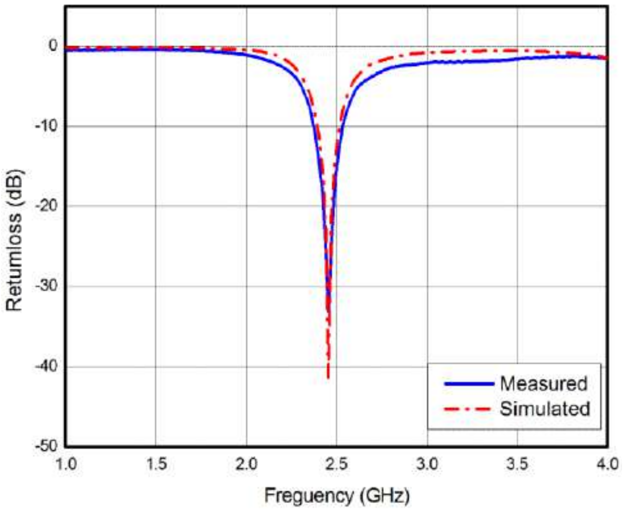
รูปที่ 6 จำลองแบบรูปการแผ่พลังงานแบบสามมิติของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่ความถี่ 2.45GHz

ภาพถ่ายของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่มีการแผ่พลังงานสองทิศทาง ที่ความถี่ 2.45GHz ที่ใช้ในการวัดจริง โดยจะมีขนาดพื้นที่ทั้งหมดคือ ความกว้างคูณความยาวคูณความสูง เท่ากับ 112 x 134 x 0.4 มิลลิเมตร ดังในรูปที่ 7



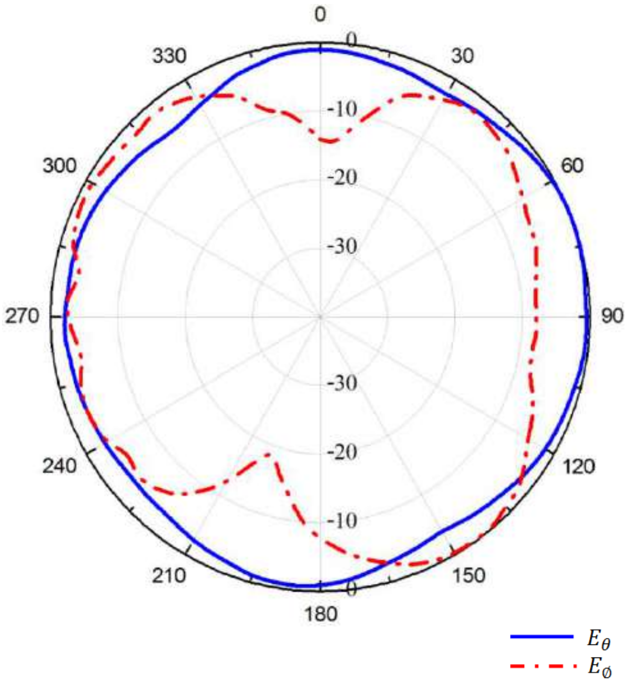
รูปที่ 7 สายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก

เมื่อทำการเปรียบเทียบการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ ระหว่างการวัดจริงกับการวิเคราะห์การจำลองแบบโครงสร้างสายอากาศด้วยโปรแกรม IE3D ของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่มีการแผ่พลังงานสองทิศทาง ที่ความถี่ 2.45GHz นั้น ผลการวิเคราะห์ได้ค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับที่ -41dB แบนด์วิดท์ (2.4-2.5GHz) 100MHz ส่วนผลการทดลองวัดจริงนั้นได้ ค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับอยู่ที่ -33dB แบนด์วิดท์ (2.395-2.515GHz) 180MHz ดังที่เห็นในรูปที่ 8

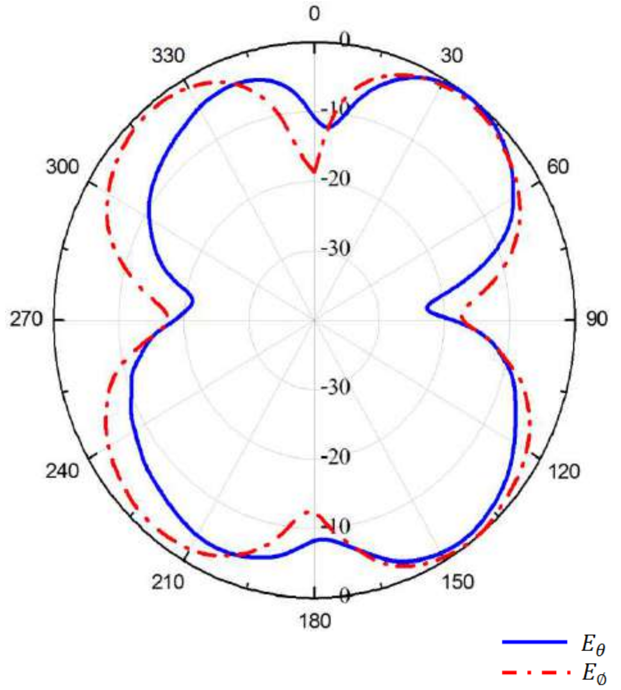


รูปที่ 8 เปรียบเทียบอัตราการสูญเสียระหว่างการวัดจริงกับการจำลอง

ข้อมูลการเปรียบเทียบแบบรูปการแผ่พลังงานในระยะไกลระนาบ xz ของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่ความถี่ 2.45GHz อยู่ในรูปที่ 9 ส่วนแบบรูปการแผ่พลังงานในระยะไกลระนาบ yz ของสายอากาศแบบช่องเปิดมุมฉากที่ความถี่ 2.45 GHz อยู่ในรูปที่ 10 เช่นกัน

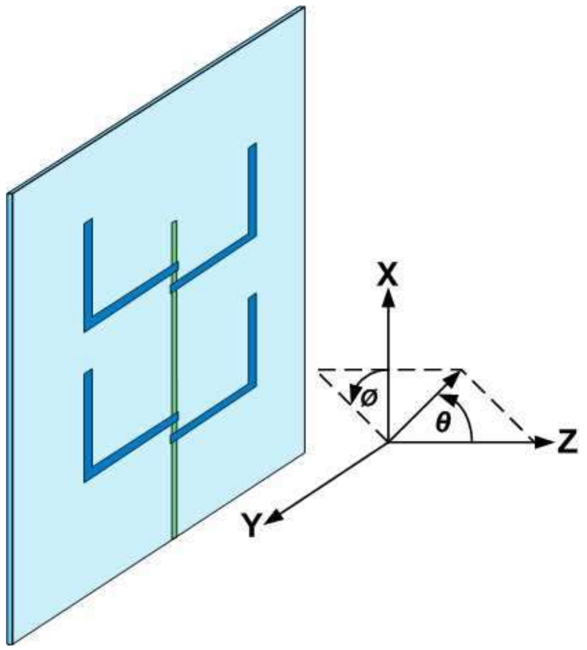


รูปที่ 9 แบบรูปการแผ่พลังงานในระยะไกลระนาบ xz ที่ความถี่ 2.45GHz



รูปที่ 10 แบบรูปการแผ่พลังงานในระยะไกลระนาบ yz ที่ความถี่ 2.45GHz

การจัดวางตำแหน่งของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่มีการแผ่พลังงานสองทิศทาง ที่ความถี่ 2.45GHz ดังในรูปที่ 11



รูปที่ 11 พิกัดเชิงขั้วของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก

ตารางคุณลักษณะของสายอากาศของสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉากที่มีการแผ่พลังงานสองทิศทางที่ความถี่2.45GHz โดยเปรียบเทียบระหว่างการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง อัตราการขยายของสายอากาศ อิมพีแดนซ์ขาเข้า และแบนด์วิดท์จากผลที่ได้จากการจำลองกับผลที่ได้จากการวัดจริงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลระหว่างการจำลองกับการวัดจริง

คุณลักษณะของสายอากาศ	**ผลที่ได้ที่ย่านความถี่ 2.45 GHz**	
	การจำลอง	**การวัดจริง**
การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (Return Loss)	-41 dB	-33 dB
อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR)	1.11 : 1	1.20 : 1
อัตราการขยายของสายอากาศ (Gain)	4.47dBi	3.28dBi
อิมพีแดนซ์ขาเข้า (Input Impedance: Zin)	51.09-j0.34 Ω	53.74+j7.22 Ω
แบนด์วิดท์ (Impedance Bandwidth)	2.4–2.5 GHz (100 MHz)	2.395-2.515GHz (180 MHz)

4. สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาสายอากาศเปิดแบบมุมฉากนั้นสามารถทำการกำหนดความถี่ที่ 2.45GHz รูปแบบการแผ่พลังงานสองทิศทางได้ ส่วนสายอากาศประกอบด้วยตัวสายอากาศและตัวช่องเปิดแบบมุมฉากเพื่อให้กำเนิดความถี่ออกมา ส่วนความยาวของช่องเปิดมุมฉากนั้น *(A+B)* ซึ่งมีขนาดเท่ากันที่ $A=B$ = 0.25 λ_g และ $A+B = 0.5\lambda_g$ โดย *A*, *B* และ *U* จะสามารถปรับแต่งเพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ และเสริมกำลังอัตราการขยายของสายอากาศให้สูงขึ้นอีกด้วย แล้วสายอากาศช่องเปิดแบบมุมฉาก ได้การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับที่ -33dB อัตราการขยายของสายอากาศที่ 3.28dBi และแบนด์วิดท์ 180MHz (2.395-2.515GHz)

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Natarajamani, S K Behera and S K Patra, "Compact Slot Antenna For UWB Application and Band," *International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks*, 2010

[2] A. G. Alhaddad, R. A. Abd-Alhameed, D. Zhou, C. H. See, E. A. Elkhazmi, and P. S. Excell, "Compact Dual-band Balanced Handset Antenna for WLAN Application," PIERS Online, 2010.

[3] A. Pomsathit, C. Benjangkaprasert, N. Anantrasirichai, Paitoon Rakluea and T. Wakabayashi, "Design of Right Angle Slot Antenna for Dual Band and Dual Polarized with Wireless Network," *International Conference on Control, Automation and Systems 2010*, Gyeonggi-do, Korea, Oct. 27-30, 2010 in KINTEX.

[4] T. Jangjing, P. Rakluea, W.Chanwattanapng and S. Chaimool, "A Nove Dual Band and Dual Pattern Right Angle Slot Antenna" *Thailand-Japan MicroWave (TJMW2011) King Mongkut's Institute of Technology*, Ladkrabang, Thailand August 10-12, 2011

[5] M Tangitjetsada , B Kumkhet , P Rakluea , and C Benjangkaprasert, "A Novel Thin-Film UWB Antennas with Single or Dual Band-Notched Performances" *International Conference on Intelligent System Application on Power Systems (ISAP2011)*,Lotte Hotel Jeju, Jeju, Korea, December 25-28, 2011

An Improved Method for DOA Estimation

Pakorn Ubolkosold
Engineering School, Bangkok University, Thailand
Tel: +49-271-740-4067, Fax: +49-271-740-4018
Email: pakorn.u@bu.ac.th

***Abstract*—This paper presents an improved method for tracking of direction-of-arrival (DOA) of GPS signals via GPS/INS integration approach. Two concatenated Kalman filters are employed in order to remove the noise and fuse two data sets obtained from two different type of sensors (GPS and inertia sensors). The proposed method exploits the well-known complementary features of GPS and inertia navigation system (INS) to combat with the interferences embedded in the received GPS signals. Simulation results show that the method reduces tracking error, significantly.**

I. Introduction

Typically, algorithms for tracking of the DOA of a particular GPS satellite shall properly handle the GPS-signal interferences caused by other GPS signals, which can be complicated. Ignoring these interferences will lead to a significant DOA estimation/tracking error [1]–[5]. The proposed concept however, can cope with this problem by incorporating the additional DOA information obtained from the inertia navigation system (INS) [6], [7]. The INS data is usually fused with GPS data which is known as GPS/INS integration (see Fig. 1). This architecture consists of two concatenated Kalman filters (see also Appendix A), one is designed for filtering and tracking the DOA located after the Uniform Linear Array (ULA) of GPS antennas and the corresponding demodulators. While the second is meant for combining DOA obtained from the first Kalman filter and the DOA produced from the INS system.

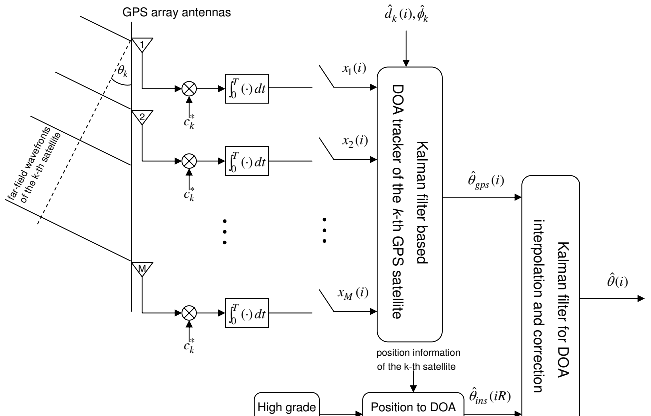


Fig. 1. GPS/INS integration architecture for DOA tracking. The uniform linear array (ULA) consisting of M equally spaced GPS antennas followed by simple Kalman filter-based DOA tracker, is combined with INS based DOA tracker via another Kalman filter.

This article is organized as follows. In section II, models and assumptions for DOA tracking problem are defined. In section III, the GPS/INS integration strategy and the corresponding Kalman filter formulation are given. In section IV, the simulation results are discussed. Section V concludes this article. Finally, appendix A and B explain the extended Kalman filter algorithm and the concept of INS, respectively.

II. Signal Model

Consider a uniform linear array (ULA) with an M-element array with half-wavelength ($d = \lambda/2$) spaced antenna elements. Thus, the received signal at the m-th antenna may be expressed as

$$y_m(t) = \sum_{k=1}^{K} s_k(t) \exp\{j(m-1)\pi \sin\theta_k(t) + \phi_k\} + n_m(t) \quad (1)$$

where K is the number of sources (GPS satellites in view), $\theta_k(t)$ is the azimuthal DOA of the k-th sources, ϕ_k is the carrier phase which is uniformly distributed in $[0, 2\pi]$, $s_k(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} d_k(i) c_k(t - iT - \tau_k)$, $d_k(t)$ is the transmitted data, $c_k(t)$ denotes the spreading sequence waveform, $n_k(t)$ is the additive white Gaussian noise, τ and T are the time delay and the symbol interval, respectively. The received signal may be written in a vector form as

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{A}(\boldsymbol{\theta}(t))\mathbf{S}(t) + \mathbf{n}(t) \quad (2)$$

where

- $\mathbf{y}(t) = [y_1(t), y_2(t), \cdots, y_M(t)]^T$ is an $M \times 1$ vector of the received signals at time t.
- $\boldsymbol{\theta}(t) = [\theta_1(t), \theta_2(t), \cdots, \theta_K]^T$is the source DOA parameter vector.
- $\mathbf{A}(\boldsymbol{\theta}(t))$ is the array response matrix which is determined by the DOA of signals. The k-th column of $\mathbf{A}(\boldsymbol{\theta}(t))$ is defined as the array response vector associated with the k-th source and is given by $\mathbf{a}(\theta_k(t)) = [1, e^{-j\pi \sin\theta_k(t)}, \cdots, e^{-j\pi(M-1)\sin\theta_k(t)}]^T$.
- $\mathbf{S}(t) = \mathrm{diag}[s_1(t)e^{j\phi_1}, s_2(t)e^{j\phi_2}, \cdots, s_K(t)e^{j\phi_K}]$.
- $\mathbf{n}(t) = [n_1(t), n_2(t), \cdots, n_M(t)]^T$ is an $M \times 1$ additive noise vector, which is assumed to be spatially and temporally white Gaussian.

The received signals are despread by the users' own spreading sequences for each of the antenna elements. Therefore, the k-th users' despread and sampled array vector signal, $\mathbf{x}_k(i)$ may

be expressed as

$$\mathbf{y}_k(i) = d_k(i)\mathbf{a}(\theta_k(i))e^{j\phi_k} + \sum_{l=1,\ l\neq k}^{K} \psi_{kl} d_l(i)\mathbf{a}(\theta_l(i))e^{j\phi_l} + \mathbf{n}_k(i) \tag{3}$$

where the cross-correlation of the spread sequence, ψ_{kl} may be defined as $\psi_{kl} \triangleq \int_0^T c_k(t)c_l(t)dt$ when the time delay of all users are zero and $\mathbf{n}_k(i)$ is the despread noise signal vector whose covariance matrix is $\sigma_n^2\mathbf{I}$. The outputs are then multiplied by a conjugate of the transmitted data estimate $\hat{d}_k^*(i)$ and carrier phase estimate $e^{-j\hat{\phi}_k}$ to remove the effect of $d_k(i)$ and ϕ_k. With the assumption that $\hat{d}_k^*(i) = d_k(i)$ and $\hat{\phi}_k = \phi_k$, $\mathbf{y}_k(i)\hat{d}_k^*(i)e^{-j\hat{\phi}_k}$ can be written as

$$\begin{aligned}\tilde{\mathbf{y}}_k(i) &= \mathbf{y}_k(i)\hat{d}_k^*(i)e^{-j\hat{\phi}_k} \\ &= \mathbf{a}(\theta_k(i)) + \hat{d}_k^*(i)e^{-j\hat{\phi}_k} \sum_{l=1,\ l\neq k}^{K} \psi_{kl} d_l(i)\mathbf{a}(\theta_l(i))e^{j\phi_l} \\ &+ \hat{d}_k^*(i)e^{-j\hat{\phi}_k}\mathbf{n}_k(i) \\ &= \mathbf{a}(\theta_k(i)) + \boldsymbol{\alpha}_k(i) + \tilde{\mathbf{n}}_k(i)\end{aligned} \tag{4}$$

where $\boldsymbol{\alpha}_k(i)$ is a vector containing the interference of the despread signal of the k-th satellite, and $\tilde{\mathbf{n}}_k(i)$ represents the noise vector with the unchanged statistical properties.

III. DOA tracking via extended Kalman filter

In order to track the DOA of the k-th satellite, $\theta_k(i)$, an extended Kalman filter (EKF) is used. The Kalman filtering algorithm can be formulated as follow:

1) State space model: For simplicity, the index k indicating the satellite number is omitted. The $\theta(i)$ is modeled as a random walk process.

$$\mathbf{x}_{i+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_i + \mathbf{w}_i$$

$$\begin{bmatrix} \theta_{gps}(i+1) \\ \dot{\theta}_{gps}(i+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_{gps}(i) \\ \dot{\theta}_{gps}(i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ w_{\theta_{gps}}(i) \end{bmatrix}. \tag{5}$$

2) Observation model: The cross-correlation (interference) term, $\boldsymbol{\alpha}_k(i)$, contributed to the despread signal is ignored and only the measurement noise is considered. A simple observation model can be written as

$$\mathbf{y}_i = \mathbf{h}(\mathbf{x}_i) + \mathbf{v}_i$$

$$\begin{bmatrix} \mathrm{Re}\{\tilde{y}_1(i)\} \\ \mathrm{Re}\{\tilde{y}_2(i)\} \\ \vdots \\ \mathrm{Re}\{\tilde{y}_M(i)\} \\ \mathrm{Im}\{\tilde{y}_1(i)\} \\ \mathrm{Im}\{\tilde{y}_2(i)\} \\ \vdots \\ \mathrm{Im}\{\tilde{y}_M(i)\} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(0) \\ \cos(-1\pi \sin\theta_{gps}(i)) \\ \vdots \\ \cos(-(M-1)\pi\sin\theta_{gps}(i)) \\ \sin(0) \\ \sin(-1\pi\sin\theta_{gps}(i)) \\ \vdots \\ \sin(-(M-1)\sin\theta_{gps}(i)) \end{bmatrix} + \mathbf{v}_i \tag{6}$$

where $\mathrm{Re}\{\tilde{y}_m(i)\}$ and $\mathrm{Im}\{\tilde{y}_m(i)\}$ are respectively the real and imaginary part of $\tilde{y}_m(i)$ at the m-th antenna, and $\mathbf{v}_i = [\mathrm{Re}\{\tilde{n}_1(i)\}, \cdots, \mathrm{Re}\{\tilde{n}_M(i)\}, \mathrm{Im}\{\tilde{n}_1(i)\}, \cdots, \mathrm{Im}\{\tilde{n}_M(i)\}]^T$ where $\mathrm{Re}\{\tilde{n}_m(i)\}$ and $\mathrm{Im}\{\tilde{n}_m(i)\}$ are the real and imaginary part of $\tilde{n}_m(i)$ at the m-th antenna. $\mathbf{h}(\cdot)$ is the nonlinear mapping between $\mathbf{y}_i$ and $\mathbf{x}_i$.

The EKF requires the linearized observation matrix (Jacobian matrix) which can be obtained by

$$\mathbf{H}(i) = \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}_i}\mathbf{h}(\mathbf{x}_i)|_{\mathbf{x}_i=\hat{\mathbf{x}}_i^-} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1\pi\cos\hat{\theta}_{gps}^-(i)\sin(-1\pi\sin\hat{\theta}_{gps}^-(i)) & 0 \\ \vdots & \vdots \\ (M-1)\pi\cos\hat{\theta}_{gps}^-(i)\sin(-(M-1)\pi\sin\hat{\theta}_{gps}^-(i)) & 0 \\ 0 & 0 \\ -1\pi\cos\hat{\theta}_{gps}^-(i)\cos(-1\pi\sin\hat{\theta}_{gps}^-(i)) & 0 \\ \vdots & \vdots \\ -(M-1)\pi\cos\hat{\theta}_{gps}^-(i)\cos(-(M-1)\pi\sin\hat{\theta}_{gps}^-(i)) & 0 \end{bmatrix}. \tag{7}$$

The linearized observation model is then

$$\mathbf{y}_i = \mathbf{H}(i)\mathbf{x}_i + \mathbf{v}_i. \tag{8}$$

Since the cross-correlation matrix is unknown and ignored, therefore, one can expect bias errors embedded in the output estimates, $\hat{\theta}(i)$.

A. GPS/INS integration for DOA tracking

The outputs from the array-GPS DOA tracker, $\hat{\theta}_{gps}(i)$, will be fused with the DOA estimates obtained from the INS unit, $\hat{\theta}_{ins}(iR)$, via an additional Kalman filter. This approach may be comparable to the well known loosely-coupled GPS/INS integration [6]–[8]. Assuming that the INS provides accurate position estimates for a sufficiently long period of time and the satellites' positions are available to the INS so that the INS can use this information to transform its position into the DOA (see Appendix B). The array-GPS DOA tracker outputs the DOA estimates at a much higher rate than that of the INS ($\sim 100-200$ Hz), therefore, the integration filter (Kalman filter) will complete the whole iteration (prediction and correction loops) only when the DOA from INS is available otherwise it will only run in the prediction loop. The outputs of the array-GPS DOA tracker are erroneous since the cross-correlations are not considered. However, by fusing the erroneous estimates with the DOA from a high grade INS unit, the error can be significantly reduced.

The state space model is defined as

$$\mathbf{x}_{i+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_i + \mathbf{w}_i$$

$$\begin{bmatrix} \Delta\theta(i+1) \\ \Delta\dot{\theta}(i+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\theta(i) \\ \Delta\dot{\theta}(i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ w_{\Delta\theta}(i) \end{bmatrix}. \tag{9}$$

Since the difference between the reliable DOA obtained from INS and DOA estimates obtained from the array-GPS, is used

as the measurement. The simple linear observation model can be obtained as

$$\mathbf{y}_i = \mathbf{H}\mathbf{x}_i + \mathbf{v}_i$$

$$\left[\ \theta_{ins}(i) - \theta_{gps}(i)\ \right] = \left[\ 1 \quad 0\ \right] \left[\begin{array}{c} \Delta\theta(i) \\ \Delta\dot{\theta}(i) \end{array} \right] + \left[\ v(i)\ \right]. \tag{10}$$

The integrated DOA estimate, $\hat{\theta}(i)$, is obtained by (see also Fig. 2)

$$\hat{\theta}(i) = \theta_{gps}(i) + \Delta\hat{\theta}(i). \tag{11}$$

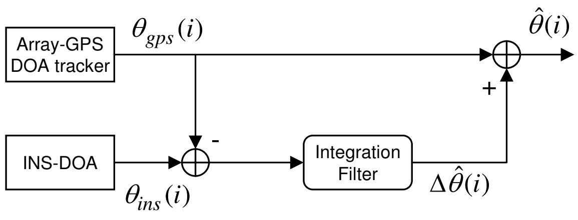


Fig. 2. GPS/INS integration scheme.

IV. Time Alignment and Synchronization

In practice, the DOA estimates rate obtained from the GPS array system is higher than that from the INS system, thus the measurement times between both systems are most likely to be different. Therefore, time alignment (i.e., interpolation or extrapolation) of the DOA estimates of the two systems is needed (see Fig. 3). In real-time processing, a simple linear extrapolation can be used to obtain the GPS's estimated DOA at the time when INS produces its DOA estimate. The extrapolation can be computed using the following equations

$$\theta_{gps}(t_{ins}) = \theta_{gps}(t_{k-1}) + \frac{\theta_{gps}(t_{k-1}) - \theta_{gps}(t_{k-2})}{t_{k-1} - t_{k-2}}(t_{ins} - t_{k-1}) \tag{12}$$

where θ_{gps} is GPS linear array system's estimated DOA.

If the linear interpolation is applied rather than the extrapolation the following equation can be applied

$$\theta_{gps}(t_{ins}) = \frac{t_k - t_{ins}}{t_k - t_{k-1}}\theta_{gps}(t_{k-1}) + \frac{t_{ins} - t_{k-1}}{t_k - t_{k-1}}\theta_{gps}(t_k). \tag{13}$$

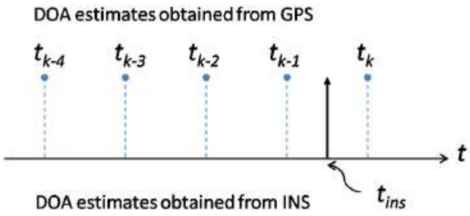


Fig. 3. Time alignment of estimates obtained from GPS and INS systems

V. Simulation Results

For simulation purpose, the direction-of-arrivals of the GPS signals are generated randomly following the sinusoidal functions. The PN-sequences are used to generate the transmitted and received GPS signals. The following assumptions are also assumed in the simulations.

- 8 GPS linear array antennas are used.
- The data bits are known and can be removed from the received signal.
- Maximum of 12 GPS satellites are seen by all antennas.
- The array-GPS outputs DOA estimates 100 times faster than INS.
- High quality INS is available.
- Calibration and synchronization are perfect.

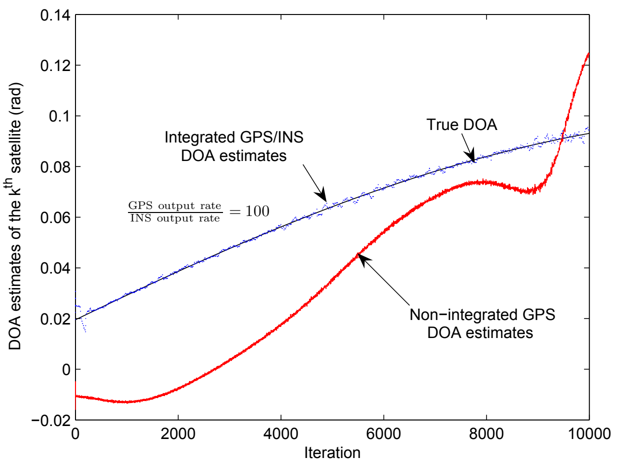


Fig. 4. DOA tracking result via GPS/INS integration.

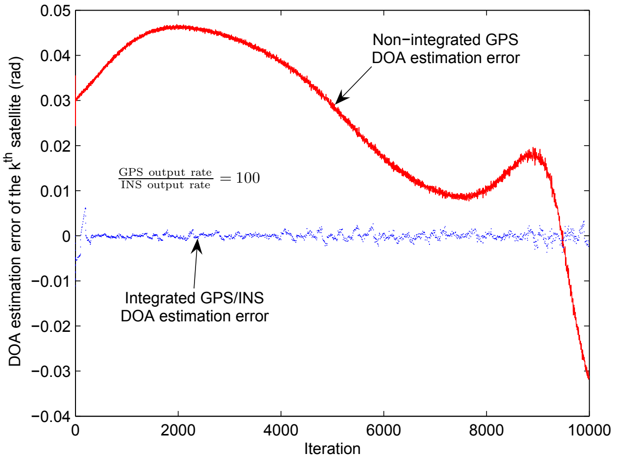


Fig. 5. DOA tracking error via GPS/INS integration.

Fig. 4 and Fig. 5 show the DOA tracking ability of the array-GPS based DOA tracker with and without INS aiding. It can be

seen that if the cross-correlation or interference term is ignored and not compensated for, the DOA estimation error is large. However, by using the proposed GPS/INS integration concept for DOA tracking, this error can be significantly reduced. It should be noted that the quality of the INS plays an important roll in reducing the estimation error.

VI. Conclusion

The formulation of two concatenated Kalman filters for tracking of DOA of GPS signals using GPS/INS integration approach is given. It is shown that an additional DOA information can greatly reduce the GPS-alone DOA estimation error caused by the uncompensated cross-correlation of the despread GPS signals of other GPS satellites. Although, the additional DOA information obtained from INS is provided with a much slower rate but it however does not contained the error caused by the interferences. Therefore, combining both GPS-alone DOA estimates with DOA estimates obtained from INS results in such an improvement.

Appendix A
Extended Kalman Filter

The linear Kalman filter is described by the system state, $\mathbf{x} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$ and measurement equation, $\mathbf{y} = \mathbf{h}(\mathbf{x})$ which are both linear. i.e., $\mathbf{f}(\mathbf{x}) = \mathbf{\Phi} \cdot \mathbf{x}$ and $\mathbf{h}(\mathbf{x}) = \mathbf{H} \cdot \mathbf{x}$. In general, the Kalman filter consists of two main loops, namely Prediction and Correction, which are iteratively executed. However, in most real world problems the system state and measurement equations are nonlinear which makes the direct formulation of the linear Kalman filter unfeasible. One possible work around for this problem is to linearize the system state equation around the predicted state $\frac{\partial}{\partial \mathbf{x}_k}\mathbf{f}(\mathbf{x}_k)|_{\mathbf{x}_k=\hat{\mathbf{x}}_k^+}$, and to linearize the measurement equation around the corrected state, $\frac{\partial}{\partial \mathbf{x}_k}\mathbf{h}(\mathbf{x}_k)|_{\mathbf{x}_k=\hat{\mathbf{x}}_k^-}$. Dealing with the nonlinearities of the state and measurement equations this way is known as the Extended Kalman Filter (EKF). The EKF algorithm is summarized below as

Initialization:

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{x}}_0^- &= \mathrm{E}\{\mathbf{x}_0\}\\ \mathbf{P}_0^- &= \mathrm{E}\{(\mathbf{x}_0 - \hat{\mathbf{x}}_0)(\mathbf{x}_0 - \hat{\mathbf{x}}_0)^T\}\end{aligned}$$

Time propagation (Prediction):

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{x}}_{k+1}^- &= \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}}_k^+, \mathbf{u}_k)\\ \mathbf{P}_{k+1}^- &= \mathbf{\Phi}_k \mathbf{P}_k^+ \mathbf{\Phi}_k^T + \mathbf{Q}_k\end{aligned}$$

Measurement update (Correction):

$$\begin{aligned}\mathbf{K}_{k+1} &= \mathbf{P}_{k+1}^- \mathbf{H}_{k+1}^T [\mathbf{R}_{k+1} + \mathbf{H}_{k+1}\mathbf{P}_{k+1}^- \mathbf{H}_{k+1}^T]^{-1}\\ \hat{\mathbf{x}}_{k+1}^+ &= \hat{\mathbf{x}}_{k+1}^- + \mathbf{K}_{k+1}[\mathbf{y}_{k+1} - \mathbf{h}(\hat{\mathbf{x}}_{k+1}^-)]\\ \mathbf{P}_{k+1}^+ &= [\mathbf{I} - \mathbf{K}_{k+1}\mathbf{H}_{k+1}]\mathbf{P}_{k+1}^-\end{aligned}$$

Definitions:

$$\begin{aligned}\mathbf{\Phi}_k &= \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}_k}\mathbf{f}(\mathbf{x}_k)|_{\mathbf{x}_k=\hat{\mathbf{x}}_k^+} = \mathbf{f}'(\hat{\mathbf{x}}_k^+)\\ \mathbf{H}_k &= \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}_k}\mathbf{h}(\mathbf{x}_k)|_{\mathbf{x}_k=\hat{\mathbf{x}}_k^-} = \mathbf{h}'(\hat{\mathbf{x}}_k^-)\end{aligned}$$

where $\mathbf{y}_{k+1}$ is the current measurement at the time $k + 1$.

Appendix B
Inertia Navigation System (INS)

Generally, an INS system composes of an Inertial Measurement Unit (IMU), assembled from three accelerometers and three gyroscopes mounted in a strap-down configuration, and a navigation processor that transforms the accelerometers and gyros readings into position, velocity, and attitude. INS outputs the navigation solutions at higher rate as compared to GPS but it suffers from the sensors accumulated errors caused mainly by sensors biases and noise. INS is often integrated with GPS to obtain a reliable navigation system with high data rate.

The IMU composes of three orthogonal accelerometers (accelerations) and gyroscopes (angular rates). The readings from accelerometers and gyroscopes will be transformed into position ($\mathbf{p}_n$), velocity ($\mathbf{v}_n$), and attitude ($\mathbf{\Psi}_n$) by a proper mechanization model. For understanding, a simple form of mechanization model is presented in which the effects from the earth rotation are not considered here. The simplified fixed frame mechanization model [9] can then be expressed (in North-East-Down, or NED frame) as

$$\begin{aligned}\mathbf{p}_n(k+1) &= \mathbf{p}_n(k) + \mathbf{v}_n(k) \cdot T\\ \mathbf{v}_n(k+1) &= \mathbf{v}_n(k) + [\mathbf{C}_b^n(k) \cdot \mathbf{f}_b(k) + \mathbf{g}_n] \cdot T\\ \mathbf{\Psi}_n(k+1) &= \mathbf{\Psi}_n(k) + \mathbf{E}_b^n(k) \cdot \boldsymbol{\omega}_b(k) \cdot T\end{aligned}$$

where $\mathbf{f}_b$ and $\boldsymbol{\omega}_b$ are the body frame accelerations and rotation rates which are provided by IMU sensors, $\mathbf{g}_n$ is the acceleration due to gravity, and $\mathbf{\Psi}_n = [\phi, \theta, \psi]^T$ contains Euler angles. The rotation matrix $\mathbf{C}_b^n$ and rotation rate transformation matrix $\mathbf{E}_b^n$ between the body and navigation frame are given in the next section. These two transformation matrices are given as

$$\begin{aligned}\mathbf{C}_b^n &= \begin{bmatrix} c_\psi c_\theta & c_\psi s_\theta s_\phi - s_\psi c_\phi & c_\psi s_\theta c_\phi + s_\psi s_\phi \\ s_\psi c_\theta & s_\psi s_\theta s_\phi + c_\psi c_\phi & s_\psi s_\theta c_\phi - c_\psi s_\phi \\ -s_\theta & c_\theta s_\phi & c_\theta c_\phi \end{bmatrix}\\ &= \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix}\end{aligned}$$

with the corresponding rotation rate transformation matrix given as

$$\mathbf{E}_b^n = \begin{bmatrix} 1 & s_\phi t_\theta & c_\phi t_\theta \\ 0 & c_\phi & -s_\phi \\ 0 & s_\phi sec_\theta & c_\phi sec_\theta \end{bmatrix}$$

where c_x, s_x, and t_x represent $\cos(x)$, $\sin(x)$, and $\tan(x)$, respectively. $\psi = \tan^{-1}(C_{21}/C_{11})$ is heading or yaw, $\theta = -\sin^{-1}(C_{31})$ is pitch, and $\phi = \tan^{-1}(C_{32}/C_{33})$ is roll.

Note that when $\theta = \pm\pi/2$ or equivalent to climbing up or descending down by 90 degree, $\mathbf{E}_b^n$ is singular since $\sec(\pm\pi/2)$ is undefined. This problem can be easily overcome by using quaternion representation.

Acknowledgement

The author would like to thank Prof. Dr.-Ing. Otmar Loffeld and Dr.-Ing. Stefan Knedlik at Center for Sensor Systems (ZESS), University of Siegen for their insightful advices on several issues related to Kalman filter and their valuable comments on the early version of this work [10].

REFERENCES

[1] A. Paulraj, and T. Kailath, "Direction-of-arrival estimation by eigenstructure methods with imperfect spatial coherence of wave fronts," *J. Acoust. Soc. Amer.*, vol. 83, pp. 10341040, Mar. 1988.

[2] O. Besson, and P. Stoica, "Decoupled estimation of DOA and angular spread for a spatially distributed source," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 48, pp. 18721882, Jul. 2000.

[3] O. Besson, F. Vincent, P. Stoica, and B. A. Gershman, "Approximation maximum likelihood estimators for array processing in multiplicative noise environments," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 48, pp. 2506-2518, Jul. 2000.

[4] A. Swami, and M. Ghogho, "Estimating of direction of arrival in the presence of angular spread and Rician fading," in Proceedings of Conference on Information Sciences and Systems, Princeton, NJ, Mar. 2000.

[5] M. Ghogho, O. Besson, and A. Swami, "Estimation of directions of arrival of multiple scattered sources," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 49, pp. 2467-2480, Nov. 2001.

[6] B. Hofmann-Wellenhof, K. Legat, and M. Wieser, *Navigation: principles of positioning and guidance*, SpringerWienNewYork, 2003.

[7] A. J. Farrell, and M. Barth, *The global positioning system and inertial navigation*, McGraw-Hill, New York, 1999.

[8] C. Jekeli, *Inertial navigation systems with geodetic applications*, Walter de Gruyter, 2001.

[9] S. Sukkarieh, *Aided Inertial Navigation Systems for Autonomous Land Vehicles*, PhD Thesis, Australian Centre for Field Robotics, The University of Sydney, Australia, 1999.

[10] P. Ubolkosold, *Frequency estimation for single-carrier and OFDM signals in communication and radar systems*, Doctoral Thesis, University of Siegen, Germany, 2008.

สายอากาศต้นทุนต่ำอัตราขยาย 10.5 dBi ที่แผ่คลื่นแบบชี้ทิศทางในย่าน 1.7 – 2.7 GHz

ดวงอาทิตย์ ศรีมูล

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

52/347 เมืองเอก ถนนพหลโยธิน ต.หลักหก อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

อีเมล์ : duang-arthit@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอสายอากาศต้นทุนต่ำที่แผ่คลื่นแบบชี้ทิศทาง อัตราขยายเฉลี่ย 10.5 dBi ย่านความถี่ 1.7 – 2.7 GHz โครงสร้างสายอากาศเป็นไดโพลเหนือระนาบกราวนด์รูปตัวยูซึ่งอาร์เรย์กัน 2 หน่วยสายอากาศ ในแนวตั้ง ระยะห่าง 0.8λ ที่ความถี่กลาง ความกว้างลำครึ่งกำลังของสายอากาศนี้ในระนาบแนวระดับคือ 98 องศา และในระนาบแนวตั้ง 31 องศา ข้อดีของสายอากาศคือ อัตราขยายสูง แถบความถี่กว้าง และโครงสร้างไม่ซับซ้อน ใช้วัสดุราคาถูกสร้างทำให้เป็นสายอากาศต้นทุนต่ำ สามารถใช้เป็นสายอากาศสถานีฐานได้ ทั้งภายในและภายนอกอาคาร

Abstract

This paper presents the low cost antenna that radiated in unidirectional. It has the gain of 10.5 dBi with the operating frequency band of 1.7 – 2.7 GHz. The antenna structure is the dipole on U-shaped cross-sectional ground plane which array in the vertical by 2 elements. The separation is 0.8λ at the central band. Half power beam-width of the antenna is 98 degrees in the horizontal plane and 31 degrees in the vertical plane. The advantages of the antenna are high gain, wide bandwidth, and non complex structure. It is created by low cost material makes it is the low cost antenna as well. It is able to use as a base station antenna in both indoor and outdoor.

คำสำคัญ

สายอากาศต้นทุนต่ำ, สายอากาศแถบกว้าง, ความกว้างแถบ, ค่าการสูญเสียย้อนกลับ, อัตราขยาย, แบบรูปการแผ่พลังงาน

1. บทนำ

อุปกรณ์จำเป็นในทุกระบบการสื่อสารไร้สาย คือ สายอากาศ (Antenna) เนื่องจากสายอากาศมีหน้าที่ในการเป็นตัวกระจายคลื่นวิทยุออกไปจากตัวมันทางด้านอุปกรณ์ส่งสัญญาณหรือใช้ดักจับเอาคลื่นวิทยุเข้าสู่ตัวมันทางด้านอุปกรณ์รับสัญญาณ [1] สายอากาศถูกพัฒนาให้มีรูปลักษณ์และคุณสมบัติหลากหลายขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน โดยมีทั้งแผ่คลื่นแบบชี้ทิศทาง (Unidirectional) แบบสองทิศทาง (Bi-directional) หรือแบบโดยรอบ (Omni-directional) ปัจจุบันมีให้เลือกใช้งานกันโดยทั่วไปแต่ราคายังค่อยข้างสูง เนื่องจากส่วนใหญ่ผลิตจากต่างประเทศ

สำหรับช่วงความถี่ 1.7–2.7 GHz เป็นช่วงที่มีหลายระบบการสื่อสารใช้งานอยู่ เช่น ระบบโทรศัพท์มือถือ ประกอบด้วย ระบบ DCS (Digital Cellular System) ดำเนินการช่วง 1.71–1.88 GHz ระบบ PCS (Personal Communications System) ดำเนินการช่วง 1.85–1.99 GHz และระบบ UMTS (Universal Mobile Communications System) ดำเนินการช่วง 1.92–2.17 GHz ซึ่งเป็นระบบการสื่อสารยุคที่ 3 หรือ 3G ที่ประเทศไทยกำลังเริ่มใช้กัน และสำหรับระบบการสื่อสารที่เป็นอินเตอร์เน็ต ประกอบด้วยระบบ WLAN (Wireless Local Area Network) ดำเนินการช่วง 2.400–2.483 GHz และระบบ WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) มีการใช้งาน 2 ช่วงความถี่ คือ ระหว่าง 2.010–2.025 GHz และ 2.496–2.690 GHz เป็นต้น สังเกตว่าช่วงความถี่ 1.7–2.7 GHz เป็นช่วงที่กว้าง สามารถคำนวณเป็นเปอร์เซนต์ความกว้างแถบจากความถี่กลางได้เป็น 45% ดังนั้น การใช้สายอากาศเพียงตัวเดียวให้สามารถครอบคลุมช่วงความถี่นี้ได้ จะต้องเป็นสายอากาศชนิดแบนด์กว้าง (Wideband Antenna) เท่านั้น

สายอากาศแบนด์กว้างมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดแต่ที่นิยม คือ สายอากาศในตระกูลแพตช์ เดิมนั้นสายอากาศแพตช์เป็นสายอากาศที่มีช่วงความถี่การใช้งานแคบเพียง 2–4% เท่านั้น ภายหลังได้มีการพัฒนาและปรับปรุงโดยหลายนักวิจัยจึงสามารถให้แบนด์ที่กว้างขึ้นได้ เช่น การเพิ่มชั้นหรือการนำเอาหลายแพตช์ที่เรโซแนนซ์ต่างความถี่กันมาวางซ้อนกัน การเซาะร่องเป็นรูปตัว U หรือ L บนแพตช์นั้นเพื่อให้ได้เรโซแนนซ์ที่สอง ซึ่งการรวมกันระหว่างสองเรโซแนนซ์ทำให้ได้แบนด์กว้างขึ้น นอกจากนี้ ยังได้มีการเพิ่มความสูงของแพตช์จากกราวนด์หรือใช้วัสดุฐานรองที่มีค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ (Permittivity, ε_r) ต่ำ ร่วมด้วย

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

การสื่อสารไร้สายเกือบทุกระบบย่อมต้องการสัญญาณที่มีความแรงพอสมควรทั้งภาครับและภาคส่งเพื่อให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างไกลและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลให้ดียิ่งขึ้น การเพิ่มกำลังขยายของระบบวิธีการหนึ่งที่สามารถทำได้ คือ เปลี่ยนสายอากาศให้มีอัตราขยายสูงขึ้น (High gain antenna)

ในการสร้างสายอากาศชนิดอัตราขยายสูง ปกติแล้วจะใช้วิธีนำสายอากาศชนิดเดียวกันหลายตัวมาเรียงต่อกัน เรียกว่า การแถวลำดับสายอากาศ (Antenna array) [2] โดยสามารถวางเรียงต่อกันได้ทั้งในแนวตั้ง แนวนอน หรือแนวระนาบ และเรียกสายอากาศแต่ละตัวนั้นว่า อิลิเมนต์หรือหน่วยสายอากาศ จากนั้นทำการกำหนดลักษณะลำคลื่นที่จะให้แผ่ออก ด้วยการปรับเปลี่ยนขนาดกำลัง (amplitude) และเฟส (phase) ของแต่ละหน่วยสายอากาศจนได้ลักษณะลำคลื่นที่ต้องการ [2] อย่างไรก็ตาม บทความเกี่ยวกับการออกแบบการแถวลำดับสายอากาศยังมีไม่มากนัก ส่วนใหญ่จะเป็นความลับหรือมีการจดสิทธิบัตรไว้กับบริษัทผู้ผลิต บทความนี้จึงเป็นอีกบทความหนึ่งซึ่งอาจมีประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจในการแถวลำดับสายอากาศ

สำหรับความต้องการในสายอากาศของผู้ผลิต คือ สร้างง่าย โครงสร้างไม่ซับซ้อน สามารถใช้วัสดุราคาต่ำได้ เพื่อทำให้ต้นทุนในการผลิตไม่สูง สายอากาศที่นำเสนอในบทความนี้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ผลิตได้

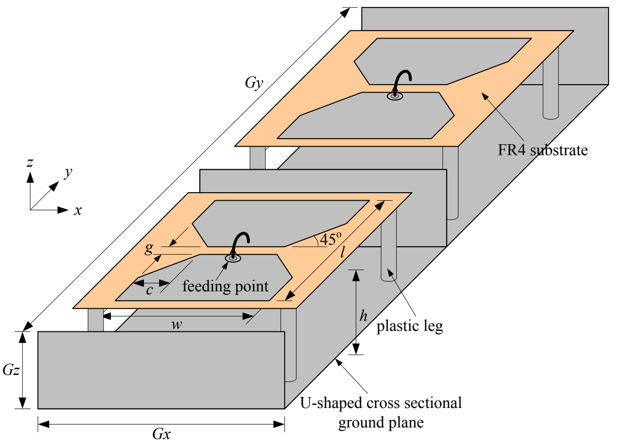
3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สายอากาศที่ได้นำมาสร้างเป็นสายอากาศอัตราขยายสูงด้วยการแถวลำดับในบทความนี้ คือ สายอากาศไดโพลเหนือระนาบกราวน์ดรูปตัวยู [3] เป็นสายอากาศที่แผ่คลื่นแบบชี้ทิศทาง มีโพลาไรซ์เชิงเส้นชัดเจนและแถบความถี่กว้างซึ่งเพียงพอสำหรับช่วง 1.7 – 2.7 GHz โครงสร้างสายอากาศ คือ การผสมผสานกันระหว่างแพตช์กับไดโพล กล่าวคือ มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแผ่นบาง คล้ายสายอากาศแพตช์แต่ประกอบด้วยสองแผ่นคู่ สองมุมของแต่ละแผ่นใกล้ตำแหน่งป้อนสัญญาณถูกตัดมุม ทำมุม 45 องศา การตัดมุมเข้านี่เอง ทำให้สายอากาศแมตช์ (Matching) ดีและแถบกว้าง เปรียบเสมือนเป็นปากแตร (Horn) ที่แผ่คลื่นได้หลายความถี่ ตัวแผ่คลื่นสายอากาศสร้างจากแผ่นทองแดง FR4 ด้านเดียว ลอยอยู่เหนือระนาบกราวนด์ รองรับด้วยขาพลาสติก

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

โครงสร้างสายอากาศแสดงดังรูปที่ 1 โดยโครงสร้างก่อนนำมาแถวลำดับ คือ โครงสร้างที่นำเสนอไว้ใน [3]



รูปที่ 1 โครงสร้างสายอากาศนำเสนอ

วัสดุที่ใช้สร้างส่วนการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศ คือ ทองแดงบนวัสดุฐานรอง FR4 ด้านเดียว ซึ่งวางลอยอยู่เหนือระนาบกราวนด์ ณ ตำแหน่งศูนย์กลางของแต่ละหน่วยสายอากาศ รองรับด้วยขาพลาสติก 4 ขา โดยระนาบกราวนด์สร้างจากทองเหลืองหนา 0.4 mm จากรูปที่ 1 ตัวแปรต่าง ๆ มีขนาดดังนี้ ความกว้างของไดโพล w = 52 mm ความยาว l = 52 mm เช่นกัน ระยะห่างระหว่างโพล g = 2 mm ความยาว c = 15 mm เมื่อ FR4 กว้าง = ยาว = 90 mm หนา 1.6 mm มีค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ 4.9 ทองแดงที่เคลือบบน FR4 สำหรับสร้างเป็นไดโพลหนา ≈0.05 mm ไดโพลอยู่เหนือระนาบกราวนด์ระยะ h = 35 mm โดยระนาบกราวนด์มีขนาด Gx = 160 mm Gy = 220 mm Gz = 40 mm วัสดุอื่น ๆ สำหรับใช้สร้างสายอากาศ ประกอบด้วย

- กล่องพลาสติกชนิด ABS ขนาด 240 mm x 180 mm x 60 mm สำหรับใช้เป็นวัสดุครอบ (Radome)

- สายนำสัญญาณชนิดแกนร่วม (Coaxial Cable) RG-3 อิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม

- หัวต่อ (Connector) ชนิด R-SMA (Reverse – Sub-Miniature version A)

- วัสดุอื่น ๆ เช่น ท่อหด สกรู

4.2 การออกแบบ

จากหน่วยสายอากาศใน [3] เมื่อนำมาแถวลำดับกัน 2 ตัว ด้านแนวตั้งหรือตามโพลาไลซ์สนามไฟฟ้าในคุณสมบัติของสายอากาศ จะได้สายอากาศดังรูปที่ 1 ในส่วนของการจำลองโครงสร้างด้วยโปรแกรม CST ใช้วิธีจำลองโครงสร้างเพียงหน่วยสายอากาศเดียว จากนั้นทำการหาแบบรูปการแผ่พลังงานกับโครงสร้างการแถวลำดับจากหน่วยสายอากาศเดียวนั้น

หลักของการแถวลำดับเพื่อหาสนามระยะไกล E_{ff} (far field) คือ การคูณสนามระยะใกล้ (near field) ของสายอากาศเพียงตัวเดียวกับแฟคเตอร์การแถวลำดับ (Array factor) ดังสมการต่อไปนี้ [4]

$$E_{ff} = n \times E_0 \times AF \qquad (1)$$

เมื่อ n คือ จำนวนหน่วยสายอากาศแถวลำดับ E_0 คือสนามไฟฟ้าระยะใกล้และ AF คือ แฟคเตอร์การแถวลำดับ ซึ่งค่าของสนามการแถวลำดับจะขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัย คือ 1) โครงสร้างการวางของแถวลำดับ 2) ความต่างเฟสของกระแสระหว่างหน่วยสายอากาศและ 3) ความถี่ดำเนินการ

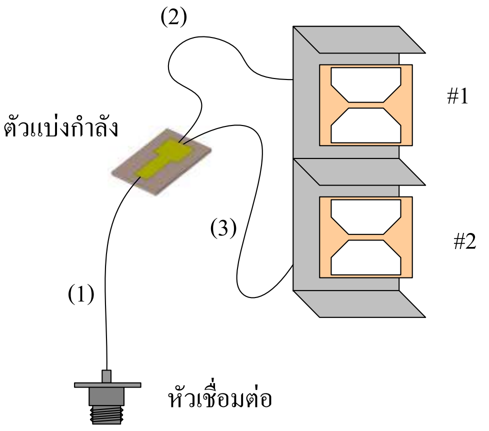
แฟคเตอร์การแถวลำดับสำหรับการแถวลำดับเชิงเส้นแนวตั้งที่ป้อนกระแสร่วมเฟสกัน สามารถเขียนได้เป็น

$$AF = \frac{1}{n}\frac{\sin\left[n(k_0 s\sin\theta\sin\phi)/2\right]}{\sin\left[(k_0 s\sin\theta\sin\phi)/2\right]} \qquad (2)$$

เมื่อ $k_0 = 2\pi/\lambda_0$ คือเลขคลื่น λ_0 คือความยาวคลื่นในอวกาศ และ s คือระยะห่างระหว่างแต่ละหน่วยสายอากาศ

4.2.1 การประกอบรวมสายอากาศ

โครงสร้างภายในของสายอากาศแถวลำดับแสดงดังรูปที่ 2 ประกอบด้วยสายอากาศ 2 ตัว โดยจะกำหนดให้ตัวที่อยู่ด้านบนเป็นหน่วยสายอากาศที่ #1 ด้านล่างเป็นหน่วยสายอากาศที่ #2 และสำหรับโครงสร้างที่มีเพียง 2 หน่วยสายอากาศนี้จะกำหนดให้แอมพลิจูดทั้งสองหน่วยสายอากาศเท่ากัน โดยสามารถออกแบบโครงข่ายการป้อนได้ดังนี้ คือ ใช้ตัวแบ่งกำลังจำนวน 1 ตัว เริ่มจากหัวเชื่อมต่อส่งกำลังผ่านสายส่งแกนร่วมหมายเลข (1) ไปยังตัวแบ่งกำลังซึ่งจะแบ่งกำลังออกเป็นสองส่วน ๆ ละเท่า ๆ กัน เนื่องจากการแบ่งกำลังในที่นี้จะสมมาตร ระหว่างหน่วยสายอากาศ #1 และ #2 โดยที่สายส่งแกนร่วมหมายเลข (2) จะป้อนไปที่หน่วยสายอากาศหมายเลข #1 และสายส่งแกนร่วมหมายเลข (3) จะป้อนไปที่หน่วยสายอากาศหมายเลข #2 ตัวแบ่งกำลังและสายป้อนสัญญาณทั้งหมดจะอยู่ด้านหลังระนาบกราวนด์และเจาะทะลุผ่านมาสู่แต่ละหน่วยสายอากาศด้านหน้า



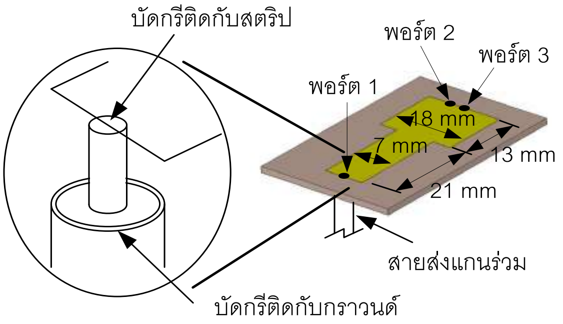
รูปที่ 2 การเชื่อมต่อภายในของสายอากาศ

วิธีการสร้างไดโพลจากแผ่น FR4 และการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณเข้ากับไดโพลโดยใช้สาย RG-3 สามารถศึกษาได้จาก [3] ในบทความนี้จะกล่าวเพิ่มเติมอีก 1 หัวข้อ คือ การสร้างตัวแบ่งกำลัง (Power divider) เพื่อป้อนให้กับสายอากาศแต่ละตัว

4.2.2 การสร้างตัวแบ่งกำลัง

ตัวแบ่งกำลังมีความสำคัญมากสำหรับสายอากาศแบบแถวลำดับ เนื่องจากจะต้องมีการแบ่งกำลังจากพอร์ตด้านเข้า (Input port) ไปสู่หน่วยสายอากาศต่าง ๆ ที่แถวลำดับกันอยู่นั้น การแบ่งกำลังสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สตริปไลน์ [5] หรือการใช้วงแหวนตัวยึด (ferrule) เป็นต้น ปกติแล้วสายป้อนสัญญาณจะถูกออกแบบให้ป้อนไปสู้สายอากาศด้วยเฟสที่เหมือนกัน จาก 1 พอร์ต แยกเป็นสอง สี่ และแปดสาขา เรื่อยไปจนครบกับจำนวนหน่วยสายอากาศ แต่สามารถต่างเฟสกันได้ด้วยการลดหรือเพิ่มความยาวของสายป้อน ทั้งนี้เพื่อการปรับลำคลื่นหรือเพื่อการลดระดับพูข้าง (Side lobe) แต่จำนวนหน่วยสายอากาศจะต้องมีตั้งแต่ 4 ขึ้นไป ถึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงโดยชัดเจน

โครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้แสดงดังรูปที่ 3 โดยสามารถจำลองได้จากโปรแกรม CST เช่นกัน ปกติแล้ว ตัวแบ่งกำลังจะต้องทำให้กำลังสูญเสียไปกับตัวมันให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ นั่นคือ ค่าการสูญเสียย้อนกลับ S_{11} จะต้องน้อยมาก ๆ ระหว่างช่วงความถี่ใช้งาน การออกแบบสายอากาศในบทความนี้ จะให้ค่าการสูญเสียย้อนกลับระหว่างช่วงความถี่ 1.7–2.7 GHz มีค่าน้อยกว่า -20 dB และแบ่งกำลังแยกออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน หรือจะได้ S_{12} = S_{13} = -3 dB ตลอดย่าน นอกจากนี้ยังมีเฟสที่เท่ากันด้วย ในการสร้าง ตัวแบ่งกำลังนี้ได้ใช้วัสดุฐานรองที่มีค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ $\varepsilon_r = 3$ หนา 1.6 mm ชนิดเทปลอน ซึ่งกราวนด์และสตริปเป็นทองแดง



รูปที่ 3 ตัวแบ่งกำลังชนิดอินพุต 1 พอร์ตและเอาต์พุต 2 พอร์ตที่แบ่งกำลังเท่า ๆ กันและเฟสเดียวกัน

จากรูปที่ 3 สตริปของตัวแบ่งกำลังมีรูปร่างเหมือนอักษรภาษาอังกฤษตัว T เมื่อพอร์ต 1 คือ อินพุต พอร์ต 2 และ 3 คือ เอาต์พุต ความกว้างมากสุดของสตริป คือ 18 mm และแคบสุด คือ 7 mm ส่วนความยาว คือ 34 mm วางอยู่ตรงกลางของระนาบกราวนด์ขนาด 40 mm x 55 mm การเชื่อมต่อกับสายส่งแกนร่วม ใช้วิธีการเจาะทะลุวัสดุฐานรองผ่านระนาบกราวนด์เป็นรูวงกลม จำนวน 3 ตำแหน่ง ณ ปลายของสตริป แล้วเชื่อมแกนในของสายส่งแกนร่วมกับสตริปและแกนนอกกับระนาบกราวนด์ โดยมีข้อควรระวัง คือ อย่าให้แกนในกับแกนนอกของสายส่งแกนร่วมชอร์ต (Short circuit) กันและบัดกรีให้แกนนอกติดกับระนาบกราวนด์โดยรอบ

5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

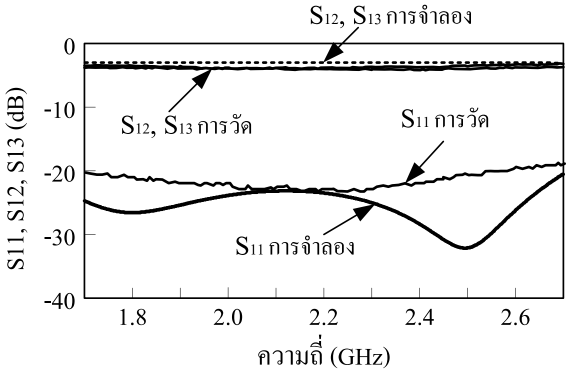
การทดสอบสายอากาศกระทำในพื้นที่โล่งแจ้ง

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

5.2.1 ผลการจำลองและทดสอบตัวแบ่งกำลัง

ผลของค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) และค่าสูญเสียการส่งผ่าน (S_{12}, S_{13}) ของตัวแบ่งกำลังทั้งจากการจำลองและการทดสอบแสดงไว้ในรูปที่ 4 พบว่าค่าการสูญเสีย

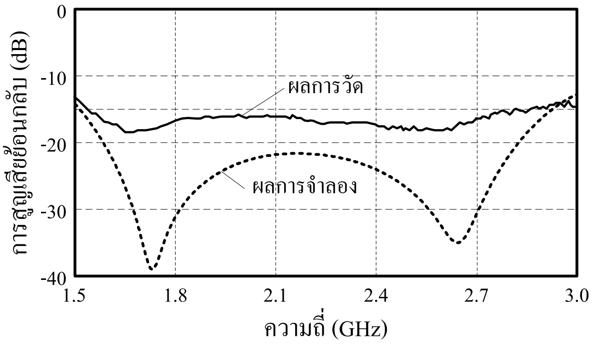
ย้อนกลับที่ได้จากการทดสอบจะมีค่าสูงกว่าจากการจำลองตลอดทั้งย่าน แต่ไม่เกิน -20 dB ซึ่งถือว่าน้อยเพียงพอสำหรับนำไปใช้งาน ส่วนค่าสูญเสียการส่งผ่านที่ได้จากการทดสอบจะน้อยกว่าจากการจำลองเล็กน้อย ที่ประมาณ -3.5 dB ขณะที่การจำลองอยู่ที่ -3 dB ทั้งนี้เกิดจากการสร้างและวัสดุที่มีการสูญเสีย



รูปที่ 4 ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) และค่าสูญเสียการส่งผ่าน (S_{12}, S_{13}) ของตัวแบ่งกำลัง

5.2.2 การสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ

ค่าการสูญเสียย้อนกลับคือค่าที่แสดงถึงช่วงความถี่การทำงานของสายอากาศ ปกติพิจารณาในหน่วยของเดซิเบล (dB) และต้องน้อยกว่า -15 dB ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ได้จากการวัดเปรียบเทียบกับที่ได้จากการจำลองแสดงดังรูปที่ 5

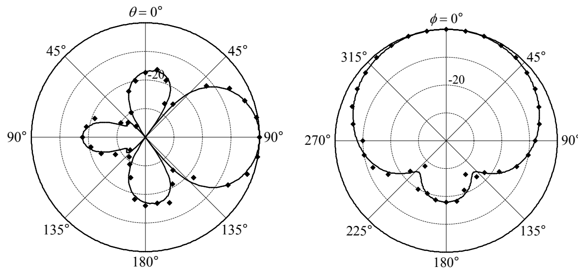


รูปที่ 5 ผลลัพธ์การสูญเสียย้อนกลับที่ได้จากการวัดเปรียบเทียบกับการจำลอง

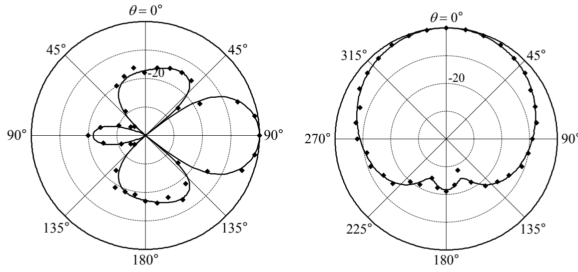
จากรูปที่ 5 ค่าจากการจำลองเป็นผลลัพธ์ของสายอากาศเพียงหน่วยสายอากาศเดียว ส่วนผลที่ได้จากการวัดจริงมาจากการแถวลำดับ 2 หน่วยสายอากาศ ตามรูปที่ 1 สามารถวัดความกว้างแถบได้มากกว่า 61% ระหว่างความถี่ 1.54 – 2.89 GHz ช่วงความถี่ที่ได้จากการวัดจะเลื่อนต่ำกว่าและแมตช์น้อยกว่าผลการจำลอง ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างที่ขนาดต่าง ๆ คลาดเคลื่อนไปจากการจำลอง

5.2.3 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ

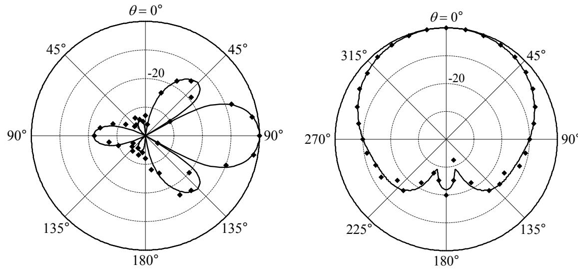
แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศที่ได้จากการคำนวณโดยการจำลองสายอากาศและการวัด ณ ความถี่ต่ำ กลาง สูง คือ 1.7 2.2 และ 2.7 GHz ตามลำดับ ดังรูปที่ 6



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 6 แบบรูปการแผ่พลังงานระนาบ E และระนาบ H ณ ความถี่ (ก) 1.7 GHz (ข) 2.2 GHz และ (ค) 2.7 GHz เมื่อเส้นทึบคือผลจากการจำลองและจุดคือค่าที่ได้จากการวัดห่างกัน 10 องศา

จากรูปที่ 6 เมื่อด้านซ้าย คือ โพลาไรซ์ร่วมระนาบ E หรือการแสดงค่าในระนาบ *xz* ตามพิกัดในรูปที่ 1 และด้านขวา

คือ โพลาไรซ์ร่วมระนาบ H หรือระนาบ *yz* ผลที่ได้พบว่า อัตราส่วนการแผ่พลังงานหน้าต่อหลัง (Front to back ratio, F/B) มีค่า >18 dB ทั้งสามความถี่ ความกว้างลำครึ่งกำลัง แนวนอนหรือระนาบ H มีค่า 118°, 98°, 102° ส่วนในแนวตั้ง หรือระนาบ E มีค่า 41°, 31°, 26° ตามลำดับ แบบรูปการแผ่ พลังงานดังกล่าวมีความสมมาตรดี และสายอากาศนี้มี อัตราขยาย 9.5, 11, 11.5 dBi ณ ความถี่ ต่ำ กลางและสูง ตามลำดับ

6. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอการสร้างสายอากาศที่แถว ลำดับกันจำนวน 2 หน่วยสายอากาศ จากสายอากาศไดโพล เหนือระนาบกราวนด์รูปตัวยู เป็นสายอากาศที่โครงสร้างไม่ ซับซ้อน ป้อนสัญญาณได้ง่าย ต้นทุนต่ำ แผ่คลื่นแบบชี้ทิศทาง ย่านความถี่ 1.7 – 2.7 GHz ในการแถวลำดับได้ออกแบบตัว แบ่งกำลังเพื่อป้อนให้กับ 2 หน่วยสายอากาศ ซึ่งแมตช์เป็น อย่างดีที่ค่าการสูญเสียย้อนกลับ < -20 dB ตลอดช่วงความถี่ การใช้งาน จากการสร้างและทดสอบสายอากาศทำให้ทราบว่า มีอัตราขยายเฉลี่ย 10.5 dBi ความกว้างลำครึ่งกำลังในระนาบ แนวระดับ 98 องศา และแนวตั้ง 31 องศา ณ ความถี่กลาง

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับการเอื้อเฟื้อให้ใช้โปรแกรม CST จาก สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา

8. เอกสารอ้างอิง

[1] วิวัฒน์ กิรานนท์, “พื้นฐานการสื่อสาร”, วิศวกรรมสถาน แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ, 2539

[2] ดวงอาทิตย์ ศรีมูล, “การออกแบบสายอากาศสถานีฐาน สำหรับย่านความถี่ 1.71 – 2.17 GHz,” วารสารวิชาการ RSU JET, มหาวิทยาลัยรังสิต, หน้า13 – 26, มกราคม – เมษายน, 2552

[3] ดวงอาทิตย์ ศรีมูล, “เทคนิคการสร้างสายอากาศแบบง่าย และต้นทุนต่ำที่แผ่คลื่นแบบชี้ทิศทางในย่าน 1.7 – 2.7 GHz”, ECTI-CARD 2011 มหาวิทยาลัยรังสิต, vol. 1, May 2011, pp. 170-175.

[4] C. A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, 2nd ed., New York: IEEE Press, 1997.

[5] D. M. Pozar and D. H. Schaubert, Microstrip Antenna: the Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays, New York: IEEE Press, 1995.

Healthcare Technology

ECTI-CARD 2012

ซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์การให้บริการของ
โรงพยาบาลทางจิตเวชโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย

ประชาสันต์ แว่นไธสง
โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาฯ
prachasan@jvkorat.go.th

จิติมนต์ อั่งสกุล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
jitimon@sut.ac.th

ธรา อั่งสกุล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
angskun@sut.ac.th

บทคัดย่อ

เวลาในการให้บริการเป็นปัจจัยที่สำคัญของโรงพยาบาลจิตเวช เนื่องจากความล่าช้าในการให้บริการอาจลดโอกาสในการรักษาทางจิตสำหรับผู้ป่วยบางราย หรืออาจส่งผลต่อชีวิตของผู้ป่วยได้ บทความนี้นำเสนอการพัฒนาซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์การให้บริการสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชโดยใช้ทฤษฎีแถวคอยเพื่อช่วยวิเคราะห์ปัญหาความล่าช้าในการให้บริการแบบผู้ป่วยนอก ผลการทดสอบซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์ที่พัฒนาขึ้นพบว่าซอฟต์แวร์สามารถจำลองสถานการณ์การให้บริการได้ใกล้เคียงกับข้อมูลการให้บริการจริง ซอฟต์แวร์ดังกล่าวทำให้สามารถทดลองปรับค่าต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมกับแต่ละจุดบริการที่สุดโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการให้บริการจริง

Abstract

Time of service is an important factor for psychiatric hospitals because delaying in service time could reduce chance in treatment of mental disorder for some patients or it could affect patient life. This paper presents a development of simulation software for psychiatric hospitals using Queuing theory to analyze service time of the outpatient department (OPD). The experimental results indicated that the developed software has potential to simulate real environment. It provides capability to adjust several parameters for each service point without affecting to the real services.

คำสำคัญ

การจำลองสถานการณ์ ทฤษฎีแถวคอย

1. บทนำ

โรงพยาบาล หรือสถานพยาบาล เป็นสถานที่สำหรับให้บริการด้านสาธารณสุขแก่ประชาชนทั้งในด้านร่างกายและจิตใจ ในแต่ละวันจะมีประชาชนเข้ารับบริการเป็นจำนวนมาก ทำให้ส่งผลต่อระยะเวลาของการให้บริการแก่ผู้ป่วย ซึ่งอาจทำให้ผู้ป่วยบางรายไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงที

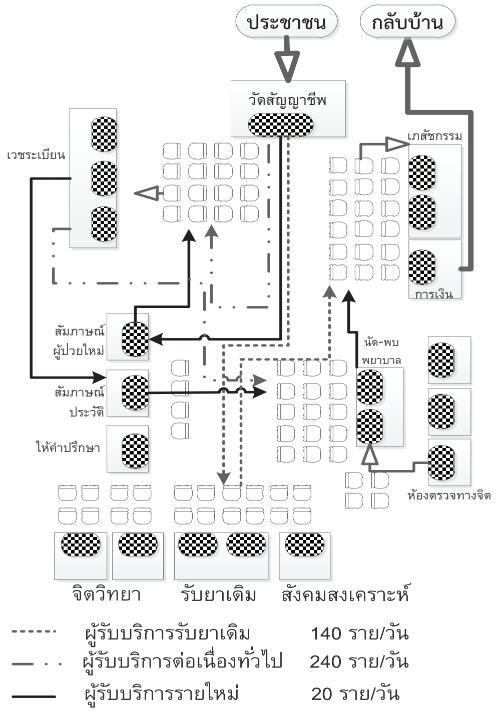
จากปัญหาการรอรับบริการที่กล่าวมา นับเป็นปัญหาสำคัญอย่างยิ่งต่อโรงพยาบาลเกือบทุกแห่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงพยาบาลที่รักษาผู้ป่วยทางด้านจิตเวช เพราะหากผู้ป่วยที่รอรับบริการอยู่นั้นมีอาการฉุกเฉินทางจิตเวชอาจมีพฤติกรรมรุนแรง คลุ้มคลั่งทำร้ายผู้อื่นที่อยู่ในระหว่างการรับบริการความเสี่ยงนี้อาจนำไปสู่การเสียชีวิตหรือพิการอย่างถาวรได้เพียงในเวลาไม่กี่นาที [1]

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

โรงพยาบาลจิตเวชเป็นโรงพยาบาลที่ให้บริการประชาชนด้านสุขภาพจิตและจิตเวช สังกัดกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งในปัจจุบันมีผู้ป่วยมารับการตรวจรักษากับทางโรงพยาบาลจิตเวชเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น [2] เนื่องจากจำนวนบุคลากร และทรัพยากรต่าง ๆ ที่ให้บริการมีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ผู้รับบริการได้รับบริการล่าช้า และเกิดความเสี่ยงจากการรอนาน ความล่าช้าในการบริการดังกล่าวอาจลดโอกาสในการรักษา หรืออาจส่งผลต่อชีวิตและความปลอดภัยของผู้ที่กำลังรอรับบริการ

ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอการศึกษาและวิเคราะห์ระบบบริการแบบผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลจิตเวช โดยใช้โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็น 1 ใน 17 แห่งของโรงพยาบาลจิตเวชในประเทศไทยเป็นกรณีศึกษา เพื่อหาแนวทางปรับปรุงและพัฒนาระบบบริการให้มีความรวดเร็วเพื่อลดความเสี่ยงดังกล่าวที่อาจจะเกิดขึ้นและทำให้การบริการเป็นไปอย่างมี

ประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระยะเวลาการให้บริการคือ รูปแบบการให้บริการ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดเรื่องทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) [3,4] มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อลดระยะเวลารอคอยของผู้ป่วยจิตเวชในการรอรับบริการ อีกทั้งยังเน้นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากที่สุด ไม่ส่งผลกระทบกับระบบงานจริงที่กำลังเนินอยู่ ช่วยลดเวลา และไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงระบบจนกว่าจะได้ระบบที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งรูปแบบการให้บริการแผนกผู้ป่วยนอกในปัจจุบันของโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบการให้บริการของแผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การลดระยะเวลาในการรอคอยโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย ได้มีงานจำนวนมากได้นำไปประยุกต์ใช้ ทั้งที่เป็นการวิเคราะห์โดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Formula) และการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Simulation Model) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยและแก้ปัญหาความล่าช้าในการบริการผู้ป่วย ในปี พ.ศ. 2547 คิแนน หวัง (Qinan Wang, 2002) [5] ได้นำเทคนิคแถวคอยมาประยุกต์ใช้เพื่อลดระยะเวลารอคอยของผู้ป่วย โดยเน้นการจำแนกตามระดับอาการสำคัญและความเสี่ยงที่แตกต่างกันของผู้ป่วยเพื่อช่วยในการวางแผนการรักษา ในช่วงเดียวกัน วรรณภัทร มุกดาหาร (2547) [6] ได้ศึกษาระบบแถวคอยเพื่อให้บริการแผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลศรีนครินทร์ขอนแก่น ซึ่งได้ศึกษาวิเคราะห์ 3 งาน คือ งานเวชระเบียน งานห้องตรวจโรค และงานเภสัชกรรม โดยเน้นการศึกษาการอัตราการว่างงานของเจ้าหน้าที่ในแต่ละงานให้น้อยที่สุด ในทำนองเดียวกัน สายสุรางค์ โชติพานิช(2547) [7] ได้ศึกษาระบบแถวคอยการเข้ารับบริการการเจาะเลือดของโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช นอกจากจะวิเคราะห์อัตราการว่างงานของเจ้าหน้าที่แล้ว ยังวิเคราะห์ร่วมกับระยะเวลารอคอยเฉลี่ยของผู้มารับบริการด้วย ในปีต่อมา กรชนก สุวรรณมาโจ (2548) [8] ได้ศึกษาระบบแถวคอยของโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดชอีกครั้ง ในครั้งนี้ได้ศึกษาระบบการให้บริการแผนกผู้ป่วยนอกเพื่อลดระยะเวลารอคอยของผู้ป่วย การวิจัยนี้เน้นการเพิ่มจำนวนบุคลากรและเพิ่มเวลาการออกตรวจของแพทย์เป็นหลัก และ จันทรา ณ นคร (2548) [9] ได้ศึกษาปัญหาการรอคอยของแผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลกันตรังเช่นกัน โดยพิจารณาผู้ให้บริการในแต่ละขั้นตอนที่เหมาะสม โดยศึกษาจากเวลารอคอยเฉลี่ยของผู้มารับบริการร่วมกับเวลาเฉลี่ยของผู้ให้บริการ หลังจากนั้น สัทธพงศ์ ใจจิตร (2550) [10] ได้ศึกษาระบบการให้บริการแผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลป่าซาง จังหวัดลำพูน ซึ่งครั้งนี้ได้เน้นการจัดลำดับการรอคอยของผู้ป่วยและเน้นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด และยังมีการลดขั้นตอนบางขั้นตอนเพื่อให้บริการร่วมกัน รวมถึงการลดจำนวนแถวคอย ในขณะที่จำนวนผู้ให้บริการเท่าเดิม ซึ่งทำให้เวลาเฉลี่ยในการให้บริการลดลงแล้วยังสามารถให้บริการผู้ป่วยได้จำนวนเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นผลการศึกษาของ กัญชลา สุดตาชาติ และพิสิฐ เจือไทย (2552) [11] เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของแถวคอย ของแผนกจ่ายยาในโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร นอกจากการนำทฤษฎีแถวคอยไปประยุกต์ใช้กับการลดระยะเวลาการรอคอยแล้ว ยังมีการนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการระบบสารสนเทศ โดย วนิศา จันทร์ศรี และมณเฑียร รัตนรศิริวงศ์วุฒิ(2552) [12] ได้นำแนวคิดเรื่อง

แถวคอยวิเคราะห์การจัดการระบบสารสนเทศของห้องไอซียูสำหรับผู้ป่วยหลังการผ่าตัด เพื่อสนับสนุนในการตัดสินใจการอนุมัติใช้เตียงของผู้ป่วยให้กับเจ้าหน้าที่ การพยายามลดระยะเวลาอาจจะทำให้เกิดต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายขึ้นในระบบ ดังนั้น สถิตย์ เทศาราช และสมบัติ สินธุเชาว์ (2553) [13] จึงได้ศึกษาระบบแถวคอยแผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งนอกจากจะเน้นการลดระยะเวลารอคอยของผู้ป่วยแล้ว ยังได้นำต้นทุนที่เกิดขึ้นในการลดระยะเวลารอยคอยมาวิเคราะห์ร่วมด้วย ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 1

บริการของผู้ป่วย อัตราการให้บริการของหน่วยบริการ จำนวนผู้ให้บริการ และรูปแบบของแถวคอยที่ให้บริการ

ส่วนที่ 2 ส่วนวิเคราะห์การให้บริการโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ (*Mathematical Formula*) โดยรับข้อมูลจากส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ จากนั้นจึงคำนวณค่าต่าง ๆ ตามสมการทางคณิตศาสตร์

ส่วนที่ 3 ส่วนจัดเก็บข้อมูลที่ช่วยแก้ปัญหาการรอรับบริการ (*Queuing Solution Repository*) โดยจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในฐานข้อมูล ได้แก่ ปัจจัยต่าง ๆ ด้านทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้

ตารางที่ 1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

		งานวิจัย [เอกสารอ้างอิง]									งานวิจัยนี้
		[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	
การวิเคราะห์	จัดสรรทรัพยากรหน่วยบริการ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงาน	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	✓
	ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป(A)/พัฒนาเอง(D)	-	D	D	A	D	A	A	D	A	D
ใช้ทรัพยากรที่จำกัดเป็นเกณฑ์		-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓
จิตเวช(P)/สถานพยาบาลทั่วไป(H)		H	H	H	H	H	H	H	H	H	P

4. รายละเอียดการพัฒนา

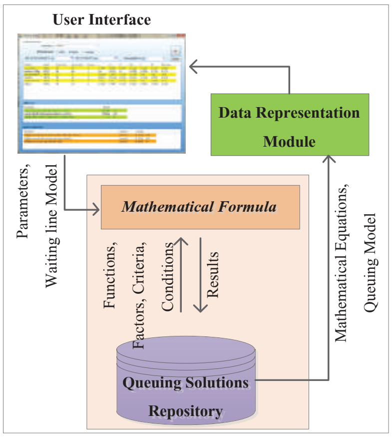
บทความนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์การให้บริการสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช โดยใช้ทฤษฎีแถวคอยซึ่งวิเคราะห์ด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Formula) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยและแก้ปัญหาความล่าช้าในการบริการผู้ป่วยของแผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ โดยสามารถระบุค่าตัวแปรต่าง ๆ ของระบบงานที่ต้องการผ่านทางส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ (User Interface)

4.1 ภาพรวมของระบบ

ซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์การให้บริการสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชด้วยเทคนิคแถวคอย มีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ (*User Interface*) เป็นส่วนที่รับข้อมูลการนำเข้าต่าง ๆ จากผู้ใช้ ได้แก่ อัตราการเข้ารับ

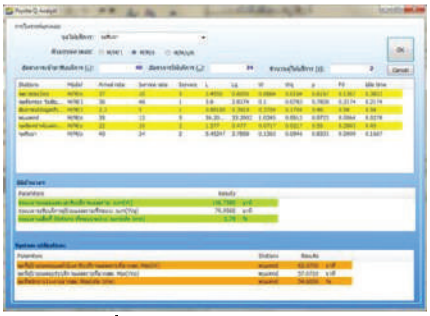
ส่วนที่ 4 ส่วนการแปลงผลลัพธ์ (*Data Representation Module*) เป็นส่วนที่ใช้ในการแปลงผลลัพธ์จากสมการที่มีค่าต่าง ๆ ที่เข้าใจได้ยากให้อยู่ในรูปแบบที่ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ได้แก่ อัตราการเข้ามารับบริการ(λ) อัตราการให้บริการ (μ) ความหนาแน่นของแต่ละหน่วยให้บริการ(ρ) ความยาวของแถวคอยโดยเฉลี่ย(L_q) เวลารอรับบริการโดยเฉลี่ย (w) และอัตราการว่างของแต่ละหน่วยให้บริการ ($Idle\ time$)



ภาพที่ 2 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของซอฟต์แวร์

4.2 การออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์

การออกแบบซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์นั้นได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะเวลาการให้บริการเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ถึงอัตราการเข้ามารับบริการ อัตราการให้บริการ จำนวนผู้ให้บริการ และขั้นตอนในการรับบริการของผู้รับบริการแต่ละประเภท รวมถึงจำนวนผู้รับบริการที่จะเข้ารับบริการในแต่ละขั้นตอนของผู้ป่วยแต่ละประเภท ตั้งแต่เข้าสู่กระบวนการจนได้รับบริการแล้วเสร็จ โดยที่งานวิจัยนี้จะแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ผู้รับบริการรายเดิมหรือมารับการตรวจรักษาต่อเนื่อง มีจำนวนประมาณร้อยละ 60 ซึ่งจะต้องผ่านจุดบริการ เวชระเบียน วัดสัญญาณชีพ ตรวจรักษาโดยจิตแพทย์ พบยาบาล และนัดครั้งถัดไป จากนั้นจึงรอรับยาและชำระค่าบริการ 2) ผู้รับบริการรายใหม่ มีจำนวนประมาณร้อยละ 5 จะต้องผ่านจุดบริการทำนองเดียวกับประเภทแรกแต่จะมีขั้นตอนเพิ่มขึ้นคือจะต้องสัมภาษณ์ประวัติการเจ็บป่วยโดยพยาบาลก่อนที่จะพบจิตแพทย์และ 3) มารับบริการรับยาเดิม มีจำนวนประมาณร้อยละ 35 ผู้รับบริการประเภทนี้จะไม่ต้องพบจิตแพทย์ กล่าวคือ จะผ่านจุดบริการวัดสัญญาณชีพแล้วรอรับบริการนัดรับยาเดิม จากนั้นจึงไปที่จุดบริการรับยาและชำระค่าบริการ จากการศึกษาและวิเคราะห์การรับบริการดังกล่าว จึงนำมาสร้างเป็นแผนภาพแสดงได้ดังภาพที่ 3 ซึ่งความหมายจุดบริการต่าง ๆ คือ A คือ จุดบริการเวชระเบียน B คือ จุดบริการคัดกรอง วัดสัญญาณชีพ C คือ จุดบริการสัมภาษณ์ประวัติผู้รับบริการรายใหม่ D คือ จุดบริการตรวจรักษาโดยจิตแพทย์ E คือ จุดบริการพบพยาบาลและนัดครั้งต่อไป F คือ จุดบริการรับนัดรับยาเดิม และ G คือ จุดบริการจ่ายยาและชำระค่าบริการ เมื่อวิเคราะห์ขั้นตอนต่าง ๆ และลักษณะของการให้บริการแล้ว จากนั้นจึงพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของทฤษฎีแถวคอยที่ได้นำมาประยุกต์ใช้ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้ได้กับการวิเคราะห์รูปแบบการให้บริการแบบผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลจิตเวชเท่านั้น เพราะมีลักษณะการดำเนินงานคล้ายกับโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

5. การทดสอบการใช้งาน

ข้อมูลระยะเวลาการให้บริการที่นำมาทดสอบนั้น เป็นข้อมูลระยะเวลาการให้บริการแบบผู้ป่วยนอกที่ได้จากการเก็บรวบรวมของทางโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 2 จากผลการทดลองสามารถคำนวณระยะเวลาได้ดังนี้

1) ผู้รับบริการตรวจรักษาต่อเนื่องทั่วไป ใช้เวลาในการรับบริการ $(W: W_A + W_B + W_D + W_E + W_G)$ = (0.06 + 0.10 + 1.03 + 0.05 + 0.12) x 60 = 81.6 นาที

2) ผู้รับบริการรายใหม่ ใช้เวลาในการรับบริการ $(W: W_A + W_B + W_C + W_D + W_E + W_G)$ = (0.06 + 0.10 + 0.37 + 1.03 + 0.05 + 0.12) x 60 = 103.8 นาที

3) ผู้รับบริการรับยาเดิม ใช้เวลาในการรับบริการ $(W: W_B + W_F + W_G)$ = (0.10 + 0.06 + 0.12) x 60 = 16.8 นาที

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ในการทดสอบนั้นได้เก็บรวบรวมระยะเวลาในการให้บริการวันที่ 4 – 29 กรกฎาคม 2554 เว้นวันเสาร์และวันอาทิตย์ รวมทั้งสิ้น 20 วันทำการ จากนั้นนำข้อมูลระยะเวลามาคำนวณค่าต่าง ๆ ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ของทฤษฎีแถวคอยผ่านซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

การทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของสมการที่ได้ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: *MAE*) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย โดยไม่คำนึงถึงทิศทางบวกหรือลบเพื่อหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากสมการแถวคอยและค่าจริงของระบบงาน โดยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ แสดงดังสมการที่ (1)

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|Q_i - F_i| \qquad (1)$$

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์จากการใช้ทฤษฎีแถวคอยด้วยการคำนวณทางสมการคณิตศาสตร์

ตัวแปร/หน่วยบริการ	จำนวนผู้ให้บริการ (S)		A	B	C	D	F	E	G
	S=1	S>1							
จำนวนผู้ให้บริการ (คน) (S)			3	1	1	3	2	2	2
อัตราการเข้ามา (คน/ชม.)(λ)			37	36	2.3	35	16	12	35
อัตราการให้บริการ (คน/ชม.) (μ)			20	46	5	12	20	20	24
อรรถประโยชน์หน่วยบริการ (ρ)	$\frac{\lambda}{\mu}$	$\frac{\lambda}{s\mu}$	0.62	0.78	0.46	0.97	0.40	0.30	0.80
จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ย ณ เวลาใด ๆ (คน) (L)	$\frac{\lambda}{(\mu-\lambda)}$	$L_q+\frac{\lambda}{\mu}$	2.45	3.60	0.85	36.09	0.95	0.66	4.33
จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย ณ เวลาใด ๆ (คน) (L_q)	$\frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}$	$\frac{\rho^{s+1}s^s}{s!\,(1-\rho)^2}P_0$	0.64	2.81	0.4	33.17	0.15	0.06	2.74
เวลาเฉลี่ย (ช.ม.) ที่ผู้รับบริการแต่ละ รายใช้ (W)	$\frac{L}{\lambda}$	$\frac{L}{\lambda}$	0.06	0.10	0.37	1.03	0.06	0.05	0.12
เวลาเฉลี่ย (ช.ม.) ที่ผู้รับบริการแต่ละรายใช้ในแถว (W_q)	$\frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}$	$\frac{L_q}{\lambda}$	0.02	0.07	0.17	0.94	0.01	0.01	0.08
ความน่าจะเป็นที่ผู้รับบริการไม่ต้องรอ (P_o)	$1-\frac{\lambda}{\mu}$	$\frac{1}{\sum_{i=0}^{(s-1)}\frac{(\lambda/\mu)^i}{i!}+\frac{(\lambda/\mu)^s}{s!\,(1-\rho)}}$	0.14	0.22	0.54	0.02	0.43	0.54	0.11

เมื่อ F_i คือ ค่าที่ได้จากสมการแถวคอย

Q_i คือ ค่าจริงจากระบบงาน

n คือ จำนวนชุดทดสอบทั้งหมด

แทนค่าเวลาที่คำนวณได้กับเวลาที่วัดได้จริงในสมการ (1) จะได้

1) ผู้รับบริการตรวจรักษาต่อเนื่องทั่วไป

$MAE = |81.09 - 81.60| = 0.51$ นาที

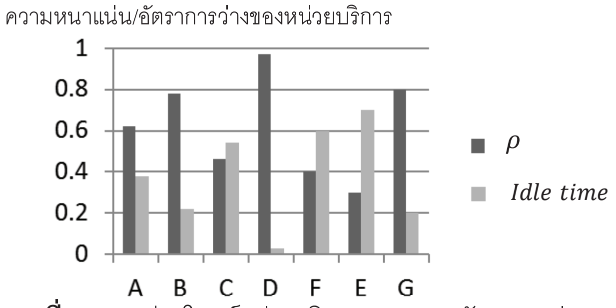
2) ผู้รับบริการรายใหม่

$MAE = |106 - 103.8| = 2.20$ นาที

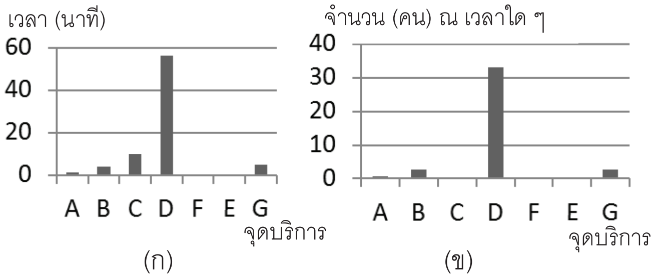
3) ผู้รับบริการรับยาเดิม

$MAE = |19.58 - 16.80| = 2.78$ นาที

ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับค่าของระยะเวลาในการดำเนินงานจริงของการให้บริการทั้งสามรูปแบบ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ถึงความหนาแน่นของการให้บริการ (ρ) เปรียบเทียบกับอัตราการว่างงาน (Idle time) พบว่า จุดวัดสัญญาณชีพ (B) จุดตรวจทางจิต (D) จุดพบพยาบาล(E) และจุดจ่ายยาและชำระค่าบริการ (G) มีค่าสูง ทั้งนี้จุดดังกล่าวเป็นจุดบริการร่วมที่ผู้รับบริการทั้งสามประเภทต้องใช้บริการ ดังภาพที่ 5 และเมื่อพิจารณาในด้านเวลาของการรอคอยโดยเฉลี่ยก่อนที่จะได้รับบริการในแต่ละจุดบริการ (W_q) และจำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย ณ เวลาใด ๆ (L_q) พบว่าจุดบริการที่ผู้รับบริการใช้เวลารอรับบริการนานที่สุดคือ จุดบริการรอตรวจโดยจิตแพทย์ (D) เนื่องจากต้องให้บริการผู้รับบริการส่วนใหญ่ซึ่งมาจากผู้รับบริการทั้งสามประเภท (ร้อยละ 70) และมีจำนวนจิตแพทย์ให้บริการจำนวนจำกัด ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 อรรถประโยชน์หน่วยบริการ (ρ) และอัตราการว่างงานของแต่ละหน่วย $(Idle\ time)$



ภาพที่ 6 (ก) เวลาคาดหมายโดยเฉลี่ยที่จะต้องคอย (W_q) (ข) จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในแถวคอย ณ เวลาใด ๆ (L_q)

6. บทสรุป

ซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์แถวคอยที่พัฒนาขึ้นสามารถจำลองสถานการณ์การให้บริการแต่ละจุดบริการได้เหมือนกับระบบจริง ซึ่งสามารถทดลองปรับค่าต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมกับแต่ละจุดบริการโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการให้บริการกับระบบจริง

แนวทางในการพัฒนาต่อคือ ให้ระบบสามารถคำนวณระยะเวลาที่ผู้รับบริการใช้ระหว่างจุดบริการหนึ่งไปยังอีกจุดบริการหนึ่ง เพื่อให้การคำนวณมีความแม่นยำยิ่งขึ้น และควรมีการแบ่งช่วงเวลาการให้บริการ เช่น ควรแยกการวิเคราะห์ออกเป็นช่วงเช้าและช่วงบ่าย ทั้งนี้การพัฒนาซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์การให้บริการนี้ สามารถนำไปใช้ในการจัดรูปแบบการให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีประโยชน์ทั้งต่อองค์กรและผู้มารับบริการ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ปริทรรศ ศิลปะกิจ. (2553). **การศึกษาเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ของผู้ป่วยจิตเวช**. วารสารสุขภาพจิตแห่งประเทศไทย 18(3):139-148.

[2] กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข. (2553). **รายงานประจำปีกรมสุขภาพจิต ปีงบประมาณ 2553**. กรุงเทพฯ: บางกอกบล๊อก.

[3] Frederick S. Hiller, Gerald J. Lieberman.(2005) Introduction to Operations Research. แปลโดย พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. กรุงเทพฯ:ท้อป.

[4] Giovanni Giambene. (2005). Queuing Theory and Telecommunications Networks and Applications. Springer Science + Business Media Inc.

[5] Wang, Qinun. (2002). Modeling and analysis of high risk patient queue. Available online at http://www.sciencedirect.com

[6] วรรณภัทร มุกดาหาร. (2547). **การวิเคราะห์ระบบการให้บริการผู้ป่วย แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีนครินทร์ ขอนแก่น** [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

[7] สายสุรางค์ โชติพานิช. (2547). **การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของการเข้ารับบริการบริจาคเลือด โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช** [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

[8] กรชนก สววรรณมาโจ. (2548). **แบบจำลองระบบบริการผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช**. [On-line], (การศึกษาค้นคว้าอิสระระดับปริญญาโท, มหาวิทยาหอการค้าไทย)

[9] จันทรา ณ นคร. (2548). **การจำลองแบบปัญหาการอคอยของผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลกันตรัง จังหวัดตรัง** [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

[10] สัทธพงศ์ ใจจิตร. (2550). **การวิเคราะห์การทำงานของระบบการให้บริการผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลป่าซาง จังหวัดลำพูน โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์แถวคอย** [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

[11] กัญชลา สุดตาชาติ และพิสิฐ เจือไทย. (2552). **การปรับปรุงประสิทธิภาพแถวคอยในการให้บริการของแผนกจ่ายยาโดยการใช้การจำลองสถานการณ์** [On-line], วารสารการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 7, 21-22 พฤษภาคม 2552. หน้า 487-494.

[12] วนิศา จันทร์ศรี และ มณเฑียร รัตนรศิริวงศ์วุฒิ. (2552). **ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการห้องไอซียูสำหรับผู้ป่วยในหลังผ่าตัดโดยใช้ทฤษฎีแถวคอยโดยใช้ลำดับความสำคัญ** [On-line] (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)

[13] สถิตย์ เทศาราช และ สมบัติ สินธุเชาวน์. (2553). **การจำลองปัญหาของระบบแถวคอยเพื่อลดระยะเวลารอคอยของผู้มารับบริการ กรณีศึกษา โรงพยาบาลตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี** [On-line],วารสารการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ 2553.

สเตปโตสโคปไร้สาย

Wireless Stethoscope

ธนทรรศน์ แซ่ลิ้ม ชัยรัช เม้ยนรทา ฐปนัท อินจงใจ และ วีรยุทธ วุฒิอำพล

สาขาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

tanatat@mut.ac.th, chairatch.m@hotmail.com, amp_tapanut@hotmail.com, blink_reflex@hotmail.com

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาสเตปโตสโคปไร้สาย โดยอาศัยมอดูลบลูทูธในการส่งผ่านข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ ในส่วนภาคส่งจะใช้ไมค์คอนเดนเซอร์ต่อกับหูฟังแพทย์ตรงส่วนที่เรียกว่า Chest piece โดยไมค์จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณอนาล็อก ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการแปลงสัญญาณอนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งข้อมูลไปยังภาครับโดยใช้มอดูลบลูทูธ ในส่วนของภาครับจะทำการอ่านค่าจากมอดูลบลูทูธ แล้วนำค่ามาเก็บในรูปแบบอาร์เรย์ แล้วนำข้อมูลไปแสดงเป็นกราฟแบบเวลาจริง และเข้าอัลกอรึทึมในการแสดงผลอัตราการเต้นของเสียงหัวใจ และสามารถบันทึกเก็บเป็นไฟล์เสียง .wav เพื่อสามารถนำไปฟังย้อนหลังได้

คำสำคัญ

สเตปโตสโคปไร้สาย, อัตราการเต้นของหัวใจ, เสียงหัวใจ

Abstract

This project presents the design and development of a Wireless Stethoscope based on Bluetooth technology which is able to transmit data to a computer. The part of a transmission connected to a condenser microphone in a stethoscope is called the chest piece. This converts the audio signal to an analog signal. This signal is then sent to a microcontroller which converts analog signals to digital signals. The microcontroller sends data to a receiver using a Bluetooth module. The receiver reads a value from the Bluetooth module, and then the value is stored in an array of formats. This displays heart sound waveforms in real-time. Algorithms are used to display the heart rate. These can be saved as audio .wav files which are then able to be played back and can store patient's medical records into a database for future reference.

Key Word

Wireless stethoscope, heart rate, heart sound

1. บทนำ

ในการวินิจฉัยโรคแพทย์จะใช้หูฟังแพทย์ (Stethoscope) [1] ซึ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานในการฟังเสียงหัวใจ และอวัยวะอื่นๆ ซึ่งอาจจะเกิดผลเสียได้ เมื่อแพทย์ผู้วินิจฉัยโรคอยู่ในสถานที่หรือสถานการณ์ที่มีโอกาสติดเชื้อโรคจากผู้ป่วย เช่น ผู้ป่วยที่มีประวัติสงสัยในการติดเชื้อจากไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่ ผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรง เมื่อแพทย์จำเป็นต้องตรวจคัดกรองผู้ป่วยอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงกับแพทย์ และในบางครั้งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการวินิจฉัยโรคได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างเครื่องฟังเสียงหัวใจแบบไร้สาย ซึ่งเป็นหูฟังแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยส่งข้อมูลผ่านบลูทูธ และใช้ซอฟต์แวร์ในการแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจ ทำให้แพทย์สามารถนำไปใช้ตรวจคัดกรองผู้ป่วยในขั้นต้นได้ อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นระบบปรึกษาทางไกล (Telemedicine) [2] สำหรับโรงพยาบาลที่ขาดแคลนบุคลากรทางการแพทย์ โดยส่งข้อมูลเสียงหัวใจที่ได้บันทึกไว้ ผ่านโปรแกรมที่พัฒนาไปยังศูนย์การแพทย์ที่มีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง เพื่อวินิจฉัยโรคต่อไป ระบบยังสามารถจัดเก็บข้อมูลต่างๆที่ได้จากการบันทึกผลจากผู้ป่วยนำไปเก็บลงในฐานข้อมูล เพื่อง่ายต่อการตรวจสอบประวัติ และยังสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนของนักศึกษาแพทย์ได้อีกด้วย

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

การที่จะฝึกแพทย์ให้สามารถวินิจฉัยความผิดปกติของหัวใจ ได้ต้องใช้เวลานาน ทำให้แพทย์เฉพาะทางด้านนี้มีน้อย ไม่สามารถกระจายไปสู่โรงพยาบาลในชนบทได้ทั่วถึง จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาวิธีการที่จะรับสัญญาณเสียงหัวใจแล้วแปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล เพื่อที่จะสามารถนำมาแสดงผลและประมวลผลสัญญาณเสียงหัวใจด้วยคอมพิวเตอร์

ซึ่งจะสามารถช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถวิเคราะห์วินิจฉัยโรคได้ดีและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถให้กับโรงพยาบาลในชนบทให้สามารถวินิจฉัย หรือคัดกรองผู้ที่มีความผิดปกติทางหัวใจได้ด้วย

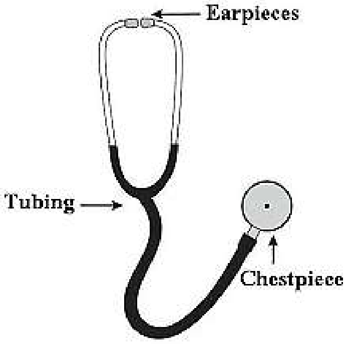
3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทความนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ทั้งหมด 4 ส่วนด้วยกัน ดังต่อไปนี้ คือ

3.1 หูฟังสำหรับแพทย์

หูฟังสำหรับแพทย์ (Stethoscope) เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์พื้นฐานที่ใช้ในการตรวจฟังเสียงจากการทำงานของอวัยวะต่างๆ โดยเฉพาะที่ระบบหัวใจ และระบบการหายใจ ส่วนประกอบของหูฟังแพทย์โดยทั่วไปจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 1 ดังนี้

1. Earpieces ใช้ใส่หูในการฟัง
2. Chest piece ใช้วางแนบตรงตำแหน่งที่จะตรวจฟัง ส่วนใหญ่มี 2 ด้าน คือ ด้าน Bell ใช้ฟังเสียงความถี่ต่ำ เช่น เสียงจากระบบหัวใจ และด้าน Diaphragm ใช้ฟังเสียงที่มีความถี่สูง เช่น เสียงจากระบบหายใจ
3. Tubing เป็นท่อนำเสียงจากส่วน Chestpiece ไปถึงส่วน Earpieces



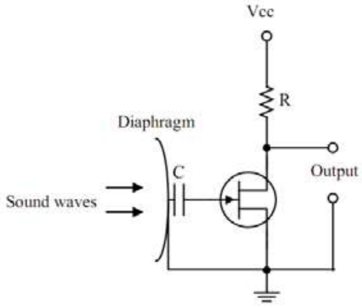
รูปที่ 1 ส่วนประกอบของหูฟังแพทย์

3.2 บลูทูธ

บลูทูธ (Bluetooth) หรือ IEEE 802.15.1 [3] คือเทคโนโลยีคลื่นสัญญาณวิทยุระยะสั้นในย่านความถี่ที่ 2.45 GHz ISM band ที่รองรับตามมาตรฐานอุตสาหกรรมขององค์กร Bluetooth SIG (Special Interest Group) สามารถใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน เป็นเครือข่ายไร้สายแบบส่วนบุคคล (PANs: Personal Area Networks) [4] และด้วยเหตุที่เป็นเทคโนโลยีที่กินพลังงานต่ำและมีขนาดเล็ก จึงเป็นที่นิยมนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ไร้สายในหลายๆ ประเภท

3.3 คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนภายในจะประกอบด้วยเฟต ซึ่งจะต้องทำการไบอัสกระแสผ่านตัวต้านทานมาเลี้ยงตัวไมโครโฟน เพื่อทำงาน และยังมีแผ่นโลหะสองแผ่น แผ่นหนึ่งจะอยู่คงที่และอีกแผ่นจะเคลื่อนที่อย่างอิสระ ทำหน้าที่เป็นแผ่นไดอะแฟรม เป็นผลทำให้ค่าความจุเปลี่ยนแปลง โดยแผ่นโลหะทั้งสองจะถูกคั้นไว้ด้วยฉนวน ดังรูปที่ 2 เมื่อมีคลื่นเสียงมากระทบที่แผ่นไดอะแฟรม เป็นผลทำให้ค่าความจุเปลี่ยนแปลง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน และค่าแรงดันตกคร่อม เป็นสัญญาณเอาต์พุต ของไมโครโฟน



รูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

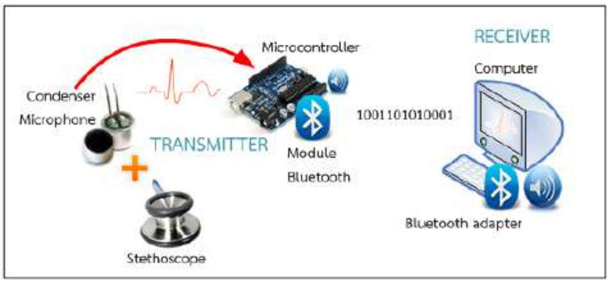
ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คืออุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ ระบบสัญญาณนาฬิกา และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยถูกนำไปใช้ในระบบสมองกลฝังตัว ซึ่งเป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กอยู่ภายในเครื่องจักรกล เครื่องใช้ไฟฟ้า กลไกขนาดเล็กที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น เพื่อเพิ่มความชาญฉลาด หรือเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องมือ ลักษณะงานที่เหมาะในการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้ในงานควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ I/O เช่น ควบคุมมอเตอร์, ควบคุม LCD เป็นต้น

4. รายละเอียดการพัฒนา

รายละเอียดการพัฒนา สามารถ แบ่งออกเป็น ดังนี้

4.1 ภาพรวมของระบบ

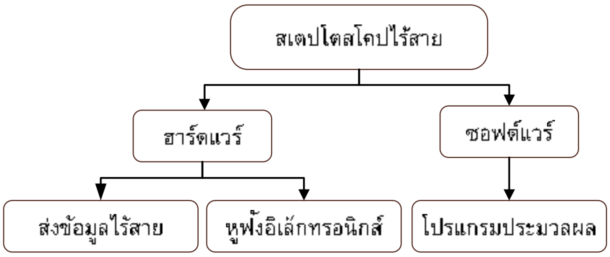
ภาพรวมขอบระบบจะประกอบไปด้วยส่วนของภาคส่งโดยใช้อุปกรณ์สเตปโตสโคปไร้สาย ส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ ผ่านบลูทูธ และส่วนของภาครับ คือ โปรแกรมที่ใช้แสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจ และกราฟหัวใจเก็บลงในฐานข้อมูล ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพรวมระบบสเตปโตสโคปไร้สาย

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

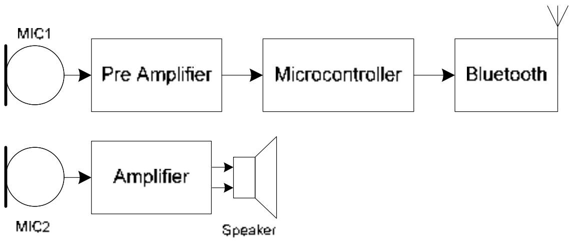
การออกแบบได้ 2 ส่วน คือ การออกแบบฮาร์ดแวร์ และการออกแบบซอฟต์แวร์ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงสร้างการออกแบบ

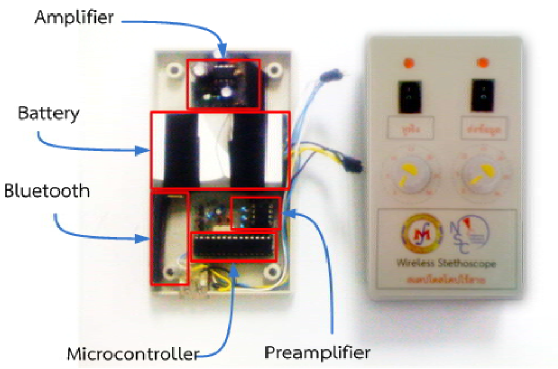
4.2.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

การออกแบบฮาร์ดแวร์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการส่งข้อมูลไร้สายและส่วนของหูฟังอิเล็กทรอนิกส์ สามารถเขียนเป็นไดอะแกรมของระบบได้ ดังแสดง รูปที่ 5



รูปที่ 5 ไดอะแกรมของระบบสเตปโตสโคปไร้สาย

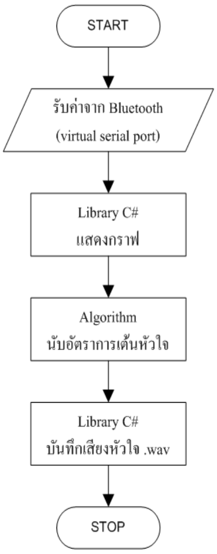
ส่วนของการส่งข้อมูลไร้สายจะใช้ไมค์คอนเดนเซอร์ตัวที่ 1 ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณเสียงเข้ามาและต่อเข้ากับวงจรปรีแอมปลิไฟเออร์เพื่อขยายสัญญาณให้มีขนาดเหมาะสมเพื่อให้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการแปลงสัญญาณอนาล็อก ให้เป็นข้อมูลดิจิตอล เมื่อได้ข้อมูลดิจิตอลแล้วก็จะส่งผ่านข้อมูลผ่านทางพอร์ต Tx ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปยังพอร์ต Rx ของมอดูลบลูทูธ เพื่อส่งข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลยังคอมพิวเตอร์ ส่วนที่ 2 หูฟังอิเล็กทรอนิกส์ จะใช้ไมค์คอนเดนเซอร์ตัวที่ 2 รับสัญญาณเสียงแล้วส่งสัญญาณเสียงที่ได้ไปที่วงจรแอมปลิไฟเออร์ เพื่อขยายสัญญาณเสียงออกทางลำโพงหรือหูฟังด้วยอัตราขยาย 100 เท่า จากนั้นพัฒนาวงจรต้นแบบของเตปโตสโคปไร้สาย ให้เป็นชุด อุปกรณ์ทางการแพทย์ให้มีขนาดเล็กกะทัดรัด ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ชุดวงจรสเตปโตสโคปไร้สาย

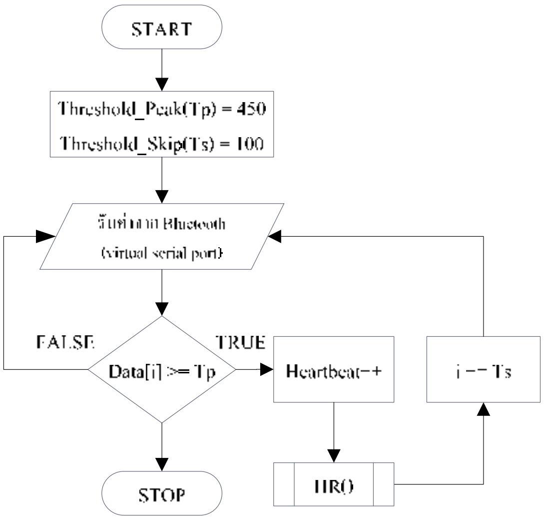
4.2.2 การออกแบบซอร์ฟแวร์

ในส่วนของการออกแบบซอฟต์แวร์ภาครับ จะใช้บลูทูธชนิดมาสเตอร์เป็นตัวรับข้อมูล การเขียนโปรแกรมได้ใช้โปรแกรม Microsoft VISUAL C# 2010 EXPRESS ในการเขียน หลักการทำงานก็จะอ่านค่าที่รับมาได้นั้น นำมาเก็บเป็นชนิดรูปแบบอาร์เรย์ Data []=463, 475, 478, 474, 483, 483, 480, 483, 470, 462, 451, 448,463, 560, 531, 381, 323, 440, 556, 636, 411, 451, 514, 502,…….จากนั้นก็นำข้อมูลไปแสดงเป็นกราฟแบบเวลาจริง สามารถบันทึกเก็บเป็นไฟล์เสียง .wav เพื่อสามารถนำไปฟังย้อนหลังได้ ดังโฟลว์ชาร์ตการทำงานของซอฟต์แวร์ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 โฟลว์ชาร์ตระบบแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจ

โดยหลังการในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจนั้น โปรแกรมจะทำการรับค่าจากบลูทูธ และทำการตรวจสอบค่าข้อมูลว่ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ Threshold_Peak หรือไม่ ถ้าค่าของข้อมูลน้อยกว่าค่า Threshold_Peak จะทำการตรวจสอบค่าของข้อมูลในตำแหน่งถัดไป แต่ถ้าค่าข้อมูลมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า Threshold_Peak ซึ่งหมายความว่าพบเสียงหัวใจที่ 1 หรือ S1 (First Heart Sound) จากนั้นจะทำการเพิ่มค่า Heartbeat อีก 1 และเพิ่มค่า i ด้วยการบวกค่า i กับ Threshold_Skip หมายความว่า เมื่อพบเสียงหัวใจที่ 1 แล้วให้ข้ามการตรวจสอบเสียงหัวใจที่ 2 ไปได้เลย เพื่อป้องกันการนับค่าเสียงหัวใจที่ 1 ซ้ำ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 หลักการในการแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ

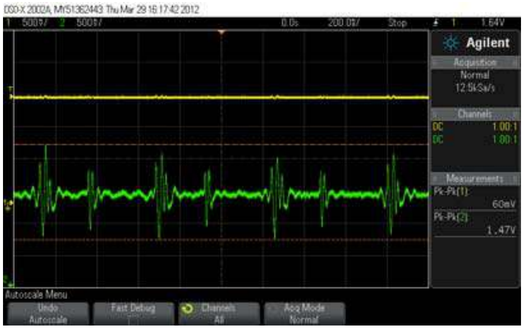
จากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่ฟังก์ชั่น HR() ซึ่งใช้ในการคำนวณค่าอัตราการเต้นของหัวใจในหนึ่งนาที หลังจากนั้นโปรแกรมก็จะทำการวนตรวจค่าเช่นนี้ไปจนกว่าจะถึงเวลาที่ตั้งไว้

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

สาเหตุที่ทำให้อุปกรณ์วัดค่าและทำงานผิดพลาดนั้นเกิดมาจากจุดหรือตำแหน่งที่ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ลักษณะของบุคคล และสภาพแวดล้อมโดยรอบ อีกทั้งยังรวมไปถึงความชำนาญในการใช้เครื่องมือด้วย

5. การทดสอบการใช้งาน

ทดลองวัดคลื่นเสียงหัวใจก่อนทำการขยายสัญญาณและหลังทำการขยายสัญญาณ โดยที่ CH 1 วัดที่จุดเอาต์พุตของวงจรคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน ส่วน CH 2 วัดที่จุดเอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณแล้วทำการปรับค่าแรงดันต่อช่อง (Volt/Div) ที่เครื่องออสซิลโลสโคปทั้ง CH 1 และ CH 2 เท่ากับ 500mV ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลการวัดคลื่นเสียงหัวใจกับเครื่องออสซิลโลสโคป

ส่วนของโปรแกรมแสดงผล ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ และตั้งเวลาในการบันทึกผล จากนั้นก็กดปุ่ม “Record” โปรแกรมก็เริ่มทำงาน โดยการแสดงกราฟหัวใจ พร้อมทั้งแสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ในแบบ Real-Time ดังแสดง รูปที่ 10

รูปที่ 10 หน้าจอโปรแกรมแสดงผลที่ใช้ควบคู่กับอุปกรณ์

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ในสภาพแวดล้อมห้องตรวจโรค ที่ปิดมิดชิด เงียบสงบ ปราศจากเสียงรบกวนจากภายนอก

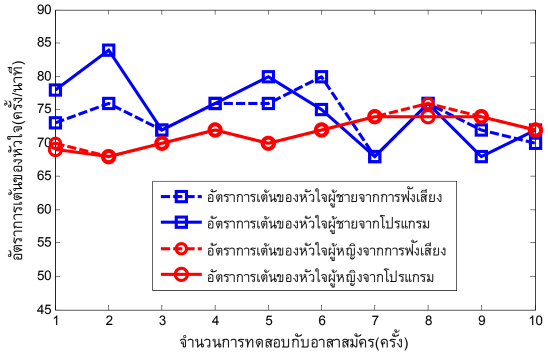
5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

ทดลองโดยการฟังเสียงจากอุปกรณ์สเตปโตสโคปไร้สาย และใช้โปรแกรมแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจผ่านบลูทูธ ทำการเปรียบเทียบการนับจังหวะอัตราการเต้นของหัวใจจะแบ่งเป็น 2 รูปแบบได้แก่ รูปแบบแรกจะอาสาสมัครชาย 1 คน อาสาสมัครเพศหญิง 1 คน โดยมีทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พร้อมหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดในการทดสอบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าความผิดพลาดของอาสาสมัครเพศชายและเพศหญิง (ตัวอย่าง)

ครั้งที่	การฟังเสียง		โปรแกรม		ค่าความผิดพลาด	
	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
1	73	78	78	69	6.85	1.43
2	76	68	84	68	10.53	0.00
3	72	70	72	70	0.00	0.00
4	76	72	76	72	0.00	0.00
5	76	70	80	70	5.26	0.00
6	80	72	75	72	6.25	0.00
7	68	74	68	74	0.00	0.00
8	76	76	76	74	0.00	2.63
9	72	74	68	74	5.56	0.00
10	70	72	72	72	2.86	0.00
เฉลี่ย	73.90	71.80	74.90	71.50	1.35	0.42

จากรูปที่ 11 เป็นกราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจของอาสาสมัครชายและหญิงจำนวนละ 1 คน โดยมีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจของอาสาสมัครจากการทดสอบด้วยการวัดจากโปรแกรมเมื่อเทียบกับวัดด้วยการฟังเสียง จะพบว่าค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของเพศชายมีค่าเท่ากับ 1.35% และค่าความถูกต้องเฉลี่ย 98.65% ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของเพศหญิงมีค่าเท่ากับ 0.42% และค่าความถูกต้องเฉลี่ย 99.58%



รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจของอาสาสมัครชายและหญิง

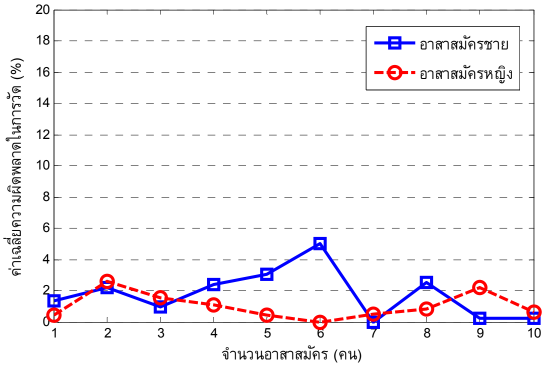
ในการทดสอบรูปแบบที่สองจะใช้อาสาสมัครจำนวน 20 คน แบ่งเป็น เพศชาย 10 คน และเพศหญิง 10 คน เริ่มต้นทดสอบโดยการนับจากการฟังเสียงใน 30 วินาที และผลจากโปรแกรมแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจ ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 10 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ยการฟังเสียง ค่าเฉลี่ยจากโปรแกรมแสดงผลและค่าเฉลี่ยความผิดพลาดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางเปอร์เซนต์ความผิดพลาดของอาสาสมัครชายและหญิงจำนวน 20 คน

จำนวนอาสาสมัคร	ค่าความผิดพลาดเพศชาย (%)	ค่าความผิดพลาดเพศหญิง (%)
คนที่ 1	1.35	0.42
คนที่ 2	2.19	2.58
คนที่ 3	0.92	1.55
คนที่ 4	2.42	1.05
คนที่ 5	3.02	0.45
คนที่ 6	4.99	0.00
คนที่ 7	0.00	0.51
คนที่ 8	2.53	0.81
คนที่ 9	0.2	2.22
คนที่ 10	0.24	0.61
ค่าเฉลี่ย	1.79	1.02

จากกราฟรูปที่ 12 เป็นเปอร์เซนต์ความผิดพลาดในการตรวจวัดด้วยโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจวัดด้วยการฟัง โดยค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของอาสาสมัครเพศชาย จะมีค่าเท่ากับ 1.79% และมีค่าความถูกต้อง 98.21% และค่า

ความผิดพลาดเฉลี่ยของอาสาสมัครเพศหญิง ได้ค่าเท่ากับ 1.02% และมีค่าความถูกต้อง 98.98 %



รูปที่ 12 กราฟเปอร์เซนต์ความผิดพลาดในการตรวจวัด

6. บทสรุป

ผู้เขียนบทความนี้ได้ทำการสร้างสเตปโตสโคปไร้สายขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของซอร์ฟแวร์ ส่วนของฮาร์ดแวร์ จะทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณเสียงหัวใจและทำหน้าที่เป็นภาคส่ง ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1.ส่งข้อมูลไร้สาย จะทำหน้าที่เป็นอ่านค่าและส่งค่าที่ได้ไปยังภาครับ 2.หูฟังอิเล็กทรอนิกส์ จะทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงและขยายเสียงออกทางหูฟังหรือลำโพง ต่อมาคือ ส่วนของซอร์ฟแวร์ จะทำหน้าที่รับค่าและประมวลผล โดยจะใช้บลูทูธ ชนิดมาสเตอร์เป็นตัวรับข้อมูลอ่านค่าที่รับเข้ามาแล้วนำมาเก็บในรูปแบบอาร์เรย์ จากนั้น ก็นำข้อมูลไปแสดงเป็นกราฟ แบบ Real-time แสดงผลอัตราการเต้นของเสียงหัวใจ บันทึกเก็บเป็นไฟล์เสียง .wav และจัดเก็บลงในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลย้อนหลังได้ รวมถึงใช้สำหรับเป็นสื่อการเรียนการสอนของนักศึกษาแพทย์ ในการฟังอัตราการเต้นของหัวใจในรูปแบบต่างๆได้อีกด้วย

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

แนวทางการพัฒนาต่อในทางฮาร์ดแวร์สามารถทำให้ตัวอุปกรณ์มีขนาดที่เล็กกะทัดรัด ง่ายต่อการใช้งานทางการแพทย์ ส่วนทางซอร์ฟแวร์ปัจจุบันสามารถแสดงกราฟ และอัตราการเต้นของหัวใจได้แล้ว ต่อไปควรที่จะให้โปรแกรมสามารถบ่งบอกได้ถึงความผิดปกติต่างๆ ของหัวใจและแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับความอนุเคราะห์ จากนายแพทย์สิทธิเดช มะลิทอง อายุรแพทย์โรคหัวใจ โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี ที่ให้ความช่วยเหลือคณะผู้จัดทำ ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลจากซอฟแวร์ และอุปกณ์ที่ได้สร้างขึ้น รวมทั้งการเก็บผลข้อมูลผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษา อีกทั้งภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ที่อนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์ ในการพัฒนาระบบ

8. เอกสารอ้างอิง

[1] L.A. Geddes, "Birth of the stethoscope", Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE, 2005, pp 84-86

[2] L. Deng, M.S. Poole, "Learning Through Telemedicine Networks" Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'03).

[3] "Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs) Replaced by IEEE 802.15.1", IEEE, 2005

[4] R.A. Rashid, R. Yusoff, "Bluetooth Performance Analysis in Personal Area Network (PAN)", International RF and Microwave conference procedings 2006, Putrajaya, Malaysia, pp 393- 397

ระบบวัดอัตราการเต้นของหัวใจผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ

A Wireless-Based Pulse Measuring System on Mobile (AWMSM)

พาณิชย์ สุดโคต
เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
pon.ict@gmail.com

เบญจวรรณ อินทระ
เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
panglum_pp@hotmail.com

ฉัตรตระกูล สมบัติธีระ
เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
chattrakul.s@msu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัญหาการเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจเป็นหนึ่งในปัญหาทางสาธารณสุข และมีปริมาณสูงติด 1 ใน 4 ของสาเหตุการเสียชีวิตของประชาชนทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทย แนวทางการป้องกันและรักษาผู้ป่วยคือ การพัฒนาเทคโนโลยีประยุกต์ใช้ในวิทยาศาสตร์การแพทย์ เพื่อสนับสนุนการรักษาผู้ป่วยให้แก่แพทย์ งานวิจัยนี้พัฒนาเครื่องมือสำหรับจัดเก็บข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อเป็นข้อมูลในการวินิจฉัยโรค รวมทั้งสามารถแจ้งเตือนแพทย์ได้อย่างทันท่วงทีในช่วงเวลาที่อัตราการเต้นของหัวใจผิดปกติ ซึ่งงานวิจัยนี้ออกแบบและพัฒนาระบบวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยการประยุกต์ใช้เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อเสนอข้อมูลที่ได้ในรูปแบบของกราฟอัตราการเต้นของหัวใจบนโทรศัพท์มือถือและบนหน้าเว็บไซต์ของโรงพยาบาล จากผลการทดสอบระบบต้นแบบแสดงความแม่นยำในการวัด ระบบที่ได้มีความสะดวกในการแสดงข้อมูลเพื่อวินิจฉัยโรค รวมทั้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันและรักษาโรคของผู้ป่วย

Abstract

Heart disease is one of the major causes of death in Thailand. One of the four going trend of curing the patience is to apply information technology to help the treatment of doctors. This research develops a tool to gather information about heart beats of the patience for supporting the doctor in healing the disease. In addition, the tool can inform the doctor in case of emergency when the heart beat is abnormal. We develop a wireless-based system for monitoring the heartbeat of the patience, using mobile phone and a sensor. The information can be viewed on the patience's mobile and the hospital's server. We measured the accuracy of the tool. The results show that the reliability is acceptable. The information about heart beat can help the doctor in treating the patience. Furthermore, the patience can look after herself more effectively.

คำสำคัญ

อัตราการเต้นของหัวใจ, โทรศัพท์มือถือ, เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ , สัญญาณบลูทูธ

1. บทนำ

โรคหัวใจนับว่า เป็นสาเหตุหนึ่งของการเสียชีวิตของผู้ป่วยจำนวนมากในจังหวัดมหาสารคามจำนวนผู้ป่วย ด้วยโรคหัวใจที่มารับการรักษา ณ โรงพยาบาลจังหวัดมหาสารคามโดยเฉลี่ยมีประมาณ 4,000 คน/ปี ซึ่งแยกได้เป็นผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด โรคกล้ามเนื้อหัวใจโต โรคลิ้นหัวใจรั่วโรคเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบ และโรคหัวใจเต้นผิดจังหวะ (ซึ่งมีจำนวนโดยเฉลี่ยมากถึง 1,800 คน/ปี)

อาการที่บ่งชี้ถึงการกำเริบของโรคและระดับความรุนแรง เช่น อาการแน่นหน้าอก ใจสั่น หัวใจเต้นผิดจังหวะ หวิวหน้ามืด เป็นลม ในทางการแพทย์เมื่ออาการเหล่านี้ปรากฏขึ้นเนื่องจากโรคหัวใจที่เป็นอยู่คือ ดัชนีแสดงว่าขณะนั้นผู้ป่วยมีความเสี่ยงสูงต่อการเสียชีวิต เนื่องจากโรคกำเริบเฉียบพลันมากที่สุด และสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการตรวจ เพื่อเป็นการป้องกันและการรักษาโรคหัวใจคือ เครื่องมือที่สามารถใช้ในการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจของผู้ป่วยได้ ซึ่งผู้ป่วยต้องมารับการตรวจวัดและรอคิวที่โรงพยาบาล กว่าผู้ป่วยจะเดินทางมาถึงโรงพยาบาลอาการหรือคลื่นหัวใจ ขณะที่ผิดปกติอาจจะหายไป ทำให้แพทย์ไม่สามารถวิเคราะห์หรือวินิจฉัยได้

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยก่อนหน้านี้ [4] ที่พัฒนาเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อวิเคราะห์และตรวจจับความผิดปกติของหัวใจผู้ป่วยและแจ้งเตือนเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินเพื่อเชื่อมโยงส่งผ่านข้อมูลที่วัดได้ไปยังโรงพยาบาลที่รักษาผู้ป่วย อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ ยังขาดระบบมาสนับสนุนการ

สื่อสารระหว่างแพทย์กับผู้ป่วย และอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีขนาดใหญ่มีความเทอะทะไม่สะดวกต่อการพกพาสำหรับผู้ป่วย ดังนั้น จึงพัฒนาระบบต้นแบบ เพื่อรองรับการสื่อสารระหว่างแพทย์กับผู้ป่วยและสามารถจัดเก็บข้อมูลที่จำเป็นต่อการวินิจฉัยทั้งในกรณีฉุกเฉินและการรักษาตามปกติ นอกจากนี้ยังสามารถแจ้งเตือนผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่มายังแพทย์ที่ดูแล โดยระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ จะเป็นต้นแบบที่โรงพยาบาลของรัฐและเอกชน สามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาผู้ป่วยให้แก่แพทย์ได้

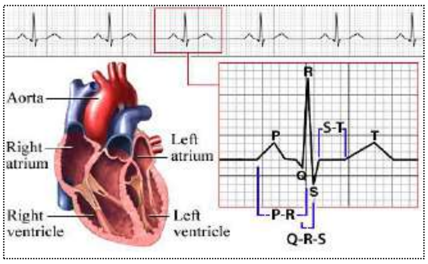
ตารางที่ 1 เปรียบเทียบ AMON[4] กับ AWMSM

ความสามารถของระบบ	AMON	AWMSM
ระบบสามารถวัดอัตราการเต้นของหัวใจได้	มี	มี
ระบบวิเคราะห์และตรวจจับความผิดปกติของคลื่นหัวใจได้	มี	มี
ระบบแจ้งเตือน เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินได้	มี	มี
การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของกราฟ	มี	มี
การแสดงกราฟคลื่นหัวใจย้อนหลังได้บนโทรศัพท์มือถือของผู้ป่วยและบนเว็บไซต์ของโรงพยาบาล	ไม่มี	มี
อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดคลื่นหัวใจสะดวกต่อการพกพา	ไม่สะดวกต่อการพกพา	สะดวกต่อการพกพา
สามารถส่งข้อมูลคลื่นหัวใจไปยัง Server ของโรงพยาบาลได้	ได้ เฉพาะกรณีที่ตรวจจับความผิดปกติได้	ได้ ทุกข้อมูลที่ตรวจวัด และส่งอัตโนมัติในกรณีฉุกเฉิน
การสื่อสารระหว่างแพทย์กับผู้ป่วยผ่านทางเว็บไซต์	ไม่มี	มี
มีเว็บไซต์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล Heart rateแก่แพทย์กับผู้ป่วย	ไม่มี	มี
พิมพ์ข้อมูล Heart rate ในรูปแบบของไฟล์ PDF ได้	ไม่มี	มี

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงลักษณะของคลื่นไฟฟ้าการเต้นของหัวใจและระบบวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่ได้มีการพัฒนามาแล้วก่อนหน้านี้

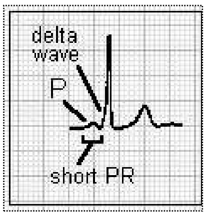
2.1 ลักษณะคลื่นอัตราการเต้นของหัวใจปกติ



รูปที่ 1 ตัวอย่างคลื่นไฟฟ้าหัวใจปกติ

จากรูปที่ 1 แสดงมีลักษณะคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ปกติตามตำแหน่ง ซึ่งประกอบด้วย 1) P wave เป็นคลื่นที่เกิดจาก SA node ส่งไปยัง Atrium ให้มี depolarization เกิดการหดรัดตัว ความสูงของคลื่นไม่เกิน 3 mv. กว้างไม่เกิน 0.11 วินาที 2) P-R interval เริ่มจาก Atrium มี depolarization ถึง ventricle เริ่มมี depolarization ระยะเวลาประมาณ 0.12-0.20 วินาที 3) QRS complex เป็นคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะที่ Ventricle มี depolarization ทำให้ ventricle หดตัว ขนาดคลื่นสูง 0.5-3 mv. กว้าง 0.04-0.11วินาที ถ้ากว้างมากพบใน bundle branch block 4) Q wave คลื่นลึกไม่เกิน 1 ใน 4 ของ QRS wave กว้างไม่เกิน 0.04 วินาที 5) T wave เป็นคลื่นเกิดจาก ventricle มี repolarization ถ้า T wave สูงมากพบได้ในภาวะ Hyperkalemia ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจปกติ จะเต้นในอัตรา 60-100 ครั้ง/นาที [1]

2.2 ลักษณะอัตราการเต้นของหัวใจที่ผิดปกติ



รูปที่ 2 ตัวอย่างอัตราการเต้นของหัวใจที่ผิดปกติ

จากรูปที่ 2 แสดงลักษณะของอัตราการเต้นของหัวใจที่ผิดปกติ ลักษณะของ PR interval < 0.12sec เรียกว่ามี short PR interval สาเหตุของ short PR interval ได้แก่ 1) AV junctional and low atrial rhythms 2) Wolff-Parkinson-

White syndrome (WPW syndrome or preexcitation syndrome) ซึ่งจะเห็นมี delta wave ในส่วนหน้าสุดของ QRS complex 3) Lown-Ganong-Levine syndrome(LGL syndrome) 4) glycogen storage disease type II (Pompe's) 5) HT บางราย 6) normal variation 7) Fabry ,s disease 8) pheochromocytoma 9) Duchenne muscular dystrophy 10) HOCM[2]

2.3 ภาวะอัตราการเต้นของหัวใจผิดปกติออกได้ 3 ลักษณะดังนี้

2.3.1 หัวใจเต้นช้าผิดปกติ หัวใจเต้นช้าผิดปกติ เรียกว่า Bradyarrhythmia โดยทั่วไปคือน้อยกว่า 60 ครั้งต่อนาที แต่ในนักกีฬาที่ออกกำลังกายสม่ำเสมออาจมีหัวใจเต้นช้าเป็นปกติได้ อาจเกิดจากการรับประทานยาลดความดันบางชนิด

2.3.2 หัวใจเต้นเร็วผิดปกติ หัวใจเต้นเร็วผิดปกติ เรียกว่า Tachyarrhythmia โดยทั่วไป คือเต้นเร็วกว่า 100 ครั้งต่อนาที แต่ที่ทำให้เกิดอาการร้ายแรงมักเต้นเร็วกว่า 150 ครั้งต่อนาที แบ่งกว้างๆ จากสาเหตุได้ 2 แบบคือ สาเหตุจากหัวใจห้องบนและสาเหตุจากหัวใจห้องล่าง

2.3.3 หัวใจเต้นไม่สม่ำเสมอ ลักษณะคลื่น QRS แคบ หัวใจเต้นเร็วจากไซนัส: สม่ำเสมอ เห็นคลื่น P หัวใจห้องบนเต้นเร็วแบบฟลัตเตอร์: สม่ำเสมอ ฟันเลื่อย หัวใจห้องบนเต้นเร็วแบบสั่นพริ้ว: ภูเขามาไม่สม่ำเสมอ พื้นดินพลิ้วไหว [3]

2.4 A Wearable Multiparameter Medical Monitoring and Alert System (AMON)

รูปที่ 3 AMON prototype.

จากการศึกษางานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่มีการพัฒนาเครื่องวัดข้อมูลของผู้ป่วยด้วยโรคหัวใจ (cardiac/respiratory) ที่มีความเสี่ยงสูง ข้อมูลที่วัดประกอบด้วย คลื่นไฟฟ้าของหัวใจ ความดันโลหิต ปริมาณออกซิเจนในเลือด เซนเซอร์ต่างๆ ที่ใช้ถูกประกอบรวมเข้าด้วยกันเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ผูกติดกับข้อมือคล้ายกับนาฬิกาข้อมือขนาดใหญ่มีหน้าปัทม์ สำหรับแสดงข้อมูลที่วัดได้ สามารถวิเคราะห์ ตรวจจับความผิดปกติของหัวใจ แจ้งเตือนเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินและเชื่อมโยงส่งผ่านข้อมูลที่วัดได้ไปยังโรงพยาบาลเพื่อการรักษาที่ถูกต้อง [4]

3. รายละเอียดการพัฒนา

สำหรับการเสนอการพัฒนาระบบวัดอัตราการเต้นของหัวใจผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ โดยในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบระบบดังต่อไปนี้

1) เพื่อนำเสนอข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจแก่แพทย์และผู้ป่วย

2) ผู้ป่วยสามารถพกพาอุปกรณ์ได้อย่างสะดวก

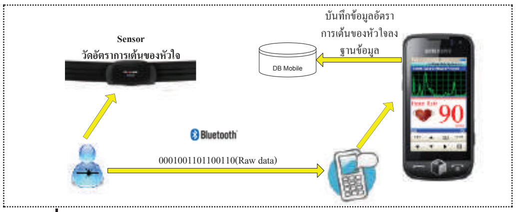
3) สามารถแจ้งเตือนผ่าน SMS ให้แก่แพทย์ ในกรณีที่ผู้ป่วยมีอัตราการเต้นของหัวใจที่ผิดปกติ คือ ผู้ป่วยมีอัตราการเต้นของหัวใจที่ช้าผิดปกติและมีอัตราการเต้นของหัวใจเร็วผิดปกติ

ในการพัฒนาระบบ โดยใช้ภาษา J2ME ในการพัฒนาซอฟต์แวร์บนแพลตฟอร์มของโทรศัพท์มือถือเคลื่อนที่ และใช้ภาษา PHP กับ MySQL ในการพัฒนาเว็บไซต์และฐานข้อมูลของระบบ

3.1 ภาพรวมของระบบ

การออกแบบระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

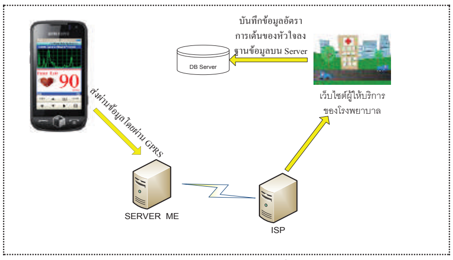
3.1.1 การทำงานบนโทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 5 การทำงานบนโทรศัพท์มือถือและ Sensor

จากรูปที่ 5 ผู้ป่วยสวมใส่ Sensor (Polar Wear Link ® + Transmitter Bluetooth) [6] วัดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ทำกิจวัตรประจำวัน และมีการส่งข้อมูลที่ตรวจวัดผ่านสัญญาณไร้สายบูลทูธ [7] ไปยังโทรศัพท์มือถือ จากนั้นก็จะมีการจัดเก็บข้อมูลไว้ที่ฐานข้อมูลบนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งสามารถแสดงข้อมูล ในรูปแบบของกราฟอัตราการเต้นของหัวใจบนโทรศัพท์มือถือของผู้ป่วย ซึ่งมีการพัฒนาระบบ โดยใช้ภาษา J2ME [8] ในการพัฒนาซอฟต์แวร์บนแพลตฟอร์มของโทรศัพท์มือถือเคลื่อนที่

3.1.2 การทำงานบน Server



รูปที่ 6 การส่งข้อมูลจากโทรศัพท์มือถือไปยัง Server

จากรูปที่ 6 อุปกรณ์โทรศัพท์มือถือจะมีโปรแกรมที่ทำการต่อเชื่อมกับเครือข่าย GPRS [9], EDGE และ 3G ในโทรศัพท์มือถือ [10] เพื่อเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตและส่งข้อมูลดิบที่ได้จากการวัดอัตราการเต้นของหัวใจไปยัง Server ของโรงพยาบาลที่ผู้ป่วยรักษา และบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจลงฐานข้อมูลส่วนกลาง เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมานำเสนอแก่แพทย์และผู้ป่วยผ่านทางเว็บไซต์ของโรงพยาบาล ซึ่งในการพัฒนาระบบ ใช้ภาษา PHP [11] และ MySQL ในการพัฒนาเว็บไซต์และฐานข้อมูลของระบบ นอกจากนี้ในกรณีที่ผู้ป่วยมีอัตราการเต้นของหัวใจที่ผิดปกติระบบจะทำการแจ้งเตือนแพทย์ประจำตัวผู้ป่วยผ่านทางข้อความ (SMS) ไปยังโทรศัพท์มือถือของแพทย์

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบของงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบและพัฒนาการทำงานโดยแยกออกเป็นสองส่วนหลักๆ คือ

1) การนำระบบไปใช้กับผู้ป่วย และแสดงผลมายังแพทย์ที่ทำการรักษาการ

2) พัฒนาระบบเครือข่ายไร้สาย เพื่อแจ้งเตือนข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจให้กับแพทย์ เพื่อใช้ในการวินิจฉัยและการรักษาผู้ป่วยโรคหัวใจ

3) พัฒนาและออกแบบระบบให้สามารถส่ง SMS แจ้งเตือนแก่แพทย์ได้ ในกรณีที่ผู้ป่วยมีอัตราการเต้นของหัวใจที่เต้นเร็วผิดปกติและเต้นช้าผิดปกติ

3.3 ข้อจำกัดของระบบ

3.3.1 อุปกรณ์ที่เป็นตัวเซ็นเซอร์ไม่สามารถใช้ในน้ำได้

3.3.2 ในส่วนของการส่งข้อมูลยังมีข้อจำกัดทางเครือข่ายอยู่เนื่องจากไม่สามารถส่งข้อมูลเป็นแบบ real time ได้ หรือไม่สามารถส่งข้อมูลเข้า server ของโรงพยาบาลไดทันทีต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้ส่งข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจของตนเองไปยัง server ของโรงพยาบาล

3.3.3 ในบางกรณีที่ผู้ป่วยมีอัตราการเต้นของหัวใจที่ผิดปกติโทรศัพท์มือถือจะทำการส่งข้อมูลไปยัง Server โดยอัตโนมัติ และในขณะที่กำลังส่งข้อมูล อาจเกิดความขับคั่งของข้อมูลบนเครือข่าย ทำให้ข้อมูลที่ส่งไปเกิดการ Delay ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฮาร์ดแวร์ที่ใช้ด้วย

4. การทดสอบการใช้งาน

4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้นำซอฟต์แวร์บนโทรศัพท์มือถือไปทดสอบกับกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ที่หมู่บ้านหนองบัว อำเภอคง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 25-26 ตุลาคม 2554 เพื่อประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำในการแสดงผลกราฟอัตราการเต้นของหัวใจจากการวัดอัตราการเต้นหัวใจของผู้ร่วมทดสอบ แสดงตัวอย่างผลกราฟที่ได้จากการวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยมีการแสดงข้อมูลในรูปแบบของกราฟอัตราการเต้นของหัวใจบนซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นบนโทรศัพท์มือถือดังรูปที่ 7

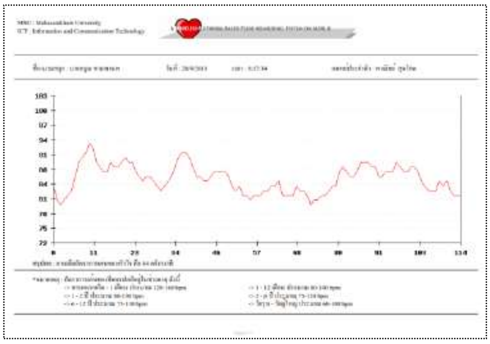
รูปที่ 7 กราฟอัตราการเต้นหัวใจบนโทรศัพท์มือถือ

จากรูปที่ 7 เป็นลักษณะของกราฟอัตราการเต้นของหัวใจ โดยการนำข้อมูลที่ได้จากตัว Sensor วัดอัตราการเต้นของหัวใจมาแสดงผลบนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งกราฟจะประกอบไปด้วยแกน x แสดงถึงขอบเขตของอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ใช้ แกน y แสดงถึงอัตราการเต้นของหัวใจต่อนาที กราฟ 1 cycle จะแสดงตัวเลขอัตราการเต้นหัวใจของผู้ใช้ 1 ครั้ง มีความแม่นยำจากการตรวจสอบโดย จับชีพจร 10sec. จากนั้นนำจำนวนครั้งที่จับได้มาคูณ 6 ผลที่ได้ออกมาตรงกับโปรแกรมที่จับได้ และมีการแสดงผลได้ไม่ผิดเพี้ยน จากนั้นก็ทำการทดสอบส่งข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจบนโทรศัพท์มือถือไปยัง Server ของโรงพยาบาล เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลในลักษณะของกราฟอัตราการเต้นของหัวใจบนเว็บไซต์ ในส่วนนี้จะเป็นการอำนวยความสะดวกให้แก่แพทย์ในการดูกราฟอัตราการเต้นของหัวใจซึ่งลักษณะของกราฟอัตราการเต้นของหัวใจจะเหมือนกับที่

แสดงบนโทรศัพท์มือถือ โดยที่กราฟจะประกอบไปด้วยแกน x แสดงถึงขอบเขตของอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ใช้ แกน y แสดงถึงอัตราการเต้นของหัวใจต่อนาที กราฟ 1 cycle จะแสดงตัวเลขอัตราการเต้นหัวใจของผู้ใช้ 1 ครั้ง ดังตัวอย่างของการแสดงผลบนเว็บไซต์รูปที่ 8

รูปที่ 8 กราฟอัตราการเต้นของหัวใจบน Server

นอกจากนี้ ยังมีการแสดงข้อมูลรายงานกราฟอัตราการเต้นของหัวใจที่เป็นไฟล์ PDF โดยลักษณะของกราฟอัตราการเต้นของหัวใจที่แสดงผลแกน x แสดงถึงขอบเขตของอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ใช้ แกน y แสดงถึงอัตราการเต้นของหัวใจต่อนาที ดังรูปที่ 9 รวมทั้งในกรณีที่อัตราการเต้นของหัวใจผิดปกติ ระบบจะทำการส่งข้อความแจ้งเตือนแก่แพทย์ผู้รักษา



รูปที่ 9 รายงานกราฟอัตราการเต้นของหัวใจ

4.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างระบบแสดงผลการเต้นของหัวใจในช่วงเวลา (ชั่วโมง วัน สัปดาห์ เดือน) ซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ การนำเสนอข้อมูลบนโทรศัพท์มือถือและบน Server ซึ่งจากการทดลองตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจผ่านเครือข่ายไร้สาย มีผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน สามารถตรวจวัดความแม่นยำในการแสดงข้อมูลอัตราการเต้นหัวใจบนโทรศัพท์มือถือและการส่งข้อมูลไปยัง Server ซึ่งสามารถนำเสนอข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจได้ 42 heart rate คิดเป็นอัตราส่วนได้ 84 % และผลจากความผิดพลาดในการส่งข้อมูลเพื่อแสดงข้อมูลกราฟอัตราการเต้นของหัวใจบนโทรศัพท์มือถือและเว็บไซต์มี 8 heart rate คิดเป็นอัตราส่วนได้ 16 % แสดงค่าที่ตรวจวัดได้และค่าความผิดพลาดดังตารางที่ 2 โดยให้ผู้ร่วมทดลองทำกิจวัตรประจำวันของตนเอง ผลการทดลองวัดอัตราการเต้นของหัวใจและนำเสนอข้อมูล โดยแบ่งเป็นประเภทตามช่วงอายุของบุคคล ได้แก่ ช่วงอายุ 20-30 ปี จำนวน 10 คน, อายุ 31-40 ปี จำนวน 10 คน, อายุ 45-50 ปี จำนวน 10 คน, อายุ 51-60 ปี จำนวน 10 คน และอายุ 61 ปีขึ้นไป จำนวน 10 คน ในแต่ละข้อมูลที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดนั้น ได้จากการจดบันทึกของผู้วิจัย

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่แม่นยำ และความผิดพลาดจากการตรวจวัด

บุคคลแต่ละช่วงอายุ(ปี)	ทั้งหมด (คน)	การตรวจวัด,การส่งข้อมูลและการแสดงกราฟ(heart rate)		ร้อยละ	
		ค่าของความแม่นยำ	ค่าความผิดพลาด	ค่าของความแม่นยำ	ค่าความผิดพลาด
20 – 30	10	8	2	80	20
31 – 40	10	9	1	90	10
45 – 50	10	7	3	70	30
51 – 60	10	8	2	80	20
61 ปีขึ้นไป	10	10	-	100	100
ทั้งหมด	50	42	8	84	16

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพ AWMSM **เทียบกับ**AMON [4]

หัวข้อ	AWMSM	AMON
การแสดงกราฟคลื่นหัวใจย้อนหลังได้บนโทรศัพท์มือถือของผู้ป่วยและบนเว็บไซต์ของโรงพยาบาล	มี	ไม่มี
อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดคลื่นหัวใจสะดวกต่อการพกพา	สะดวกต่อการพกพา	ไม่สะดวกต่อการพกพา
สามารถส่งข้อมูลคลื่นหัวใจไปยัง Server ของโรงพยาบาลได้	ได้ ทุกข้อมูลที่ตรวจวัด และส่งอัตโนมัติในกรณีฉุกเฉิน	ได้ เฉพาะกรณีที่ตรวจจับความผิดปกติได้
การสื่อสารระหว่างแพทย์กับผู้ป่วยผ่านทางเว็บไซต์	มี	ไม่มี

หัวข้อ	AWMSM	AMON
มีเว็บไซต์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล Heart rateแก่แพทย์กับผู้ป่วย	มี	ไม่มี
พิมพ์ข้อมูล Heart rate ในรูปแบบของไฟล์ PDF ได้	มี	ไม่มี

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำเสนอข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจที่แม่นยำ โดยออกแบบและพัฒนาต้นแบบให้รองรับการทำงานบนโทรศัพท์มือถือและบนเว็บไซต์ เพื่อความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล จากผลการทดลองสามารถตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่แม่นยำและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของกราฟคลื่นหัวใจได้คิดเป็น 84 % ซึ่งผลที่ได้ถือว่าค่อนข้างดี และมีประโยชน์ต่อการรักษาผู้ป่วยโรคหัวใจให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แพทย์สามารถรู้ถึงข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นต่อการวินิจฉัย ทั้งในกรณีฉุกเฉินและการรักษาตามปกติ จึงควรจัดให้มีระบบสารสนเทศเพื่อจัดเก็บข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นต่อการรักษา รวมทั้งสามารถแจ้งเตือนผ่านเครือข่ายไร้สายมายังโรงพยาบาล เพื่อเตรียมการรักษาผู้ป่วยได้อย่างทันท่วงที เมื่อเกิดกรณีโรคกำเริบเฉียบพลัน

5.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

5.1.1 พัฒนาระบบในส่วนของการส่งข้อมูลให้สามารถส่งข้อมูลแบบ Real Time ได้

5.1.2 พัฒนาระบบระบุตำแหน่งของผู้ป่วยในกรณีที่ผู้ป่วยมีอัตราการเต้นของหัวใจที่ผิดปกติโดยใช้ระบบ GPS

5.1.3 พัฒนา application บนมือถือให้สนับสนุนหลายระบบปฏิบัติการ

5.1.4 พัฒนาฟังก์ชันเสริมให้สามารถวัดค่าต่างๆได้หลายแบบนอกเหนือจากอัตราการเต้นของหัวใจ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย และผู้ร่วมทดสอบทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ยงยุทธ สหัสกุล, “ECG ทางคลินิก”, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : งานตำราวารสารและ สิ่งพิมพ์ เทคโนโลยีการศึกษาแพทย์ศาสตร์ คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2546.

[2] น.พ. เจริญลาภ อุทานปทุมรส, “BASIC ECG Interpretation”, http://www.thaiheartclinic.com.

[3] นพ.วรวุฒิ เจริญศิริ, “การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ”, http://www.bangkokhealth.com/index.php/Heart/368-Electrocardiogram.html.

[4] U . Anliker, J. A. Ward, P. Lukowicz, G. Troster, F. Dolveck, M. Baer, F. Keita, E. B. Schenker, F. Catarsi, L. Coluccini, A. Belardinelli, D. Shklarski, M. Alon, E. Hirt, R. Schmid and M. Vuskovic, “A Wearable Multiparameter Medical Monitoring and Alert System (AMON)”, Switzerland Information Technology in Biomedicine,IEEE Transactions, Dec 2004.

[5] S. Litchfield, “Polar Wear Link with Bluetooth transmitter” [Online]. 3 July 2010. http://www.allaboutsymbian.com/reviews/item/Sports_Tracker__Polar_WearLink_with_Bluetooth_transmitter.php.

[6] ผศ. วลาวรรณ รกผกาวงศ, “บลูทูธเทคโนโลยี” http://www.cs.tu.ac.th/file/article/bluetooth.pdf.

[7] ทรงเกียรติ ภาวดี, “เก่ง J2ME ให้ครบสูตร”, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : วิตตี้ กรุ๊ป, 2546.

[8] อมรรัตน์ สุขสงวน, อุทุมพร อุ้งเภา, “GPRS” http://learners.in.th/file/chuty_c/GPRS.doc.

[9] “Samsung S8003 Jet” http://www.siamphone.com/catalog/samsung/jet.htm; 2009.

[10] กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, จันทรขจร แซ่อุ๊น, “PHP”, พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ : เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์, 2552.

โปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะ สำหรับกิจวัตรประจำวันของผู้สูงอายุ

เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

nuengwong.tun@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้สูงอายุในประเทศไทยมีจำนวนมากขึ้น ผู้สูงอายุที่ต้องอาศัยอยู่ตามลำพังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และผู้สูงอายุจำนวนมากต้องดูแลความเป็นอยู่และสุขภาพด้วยตนเอง ผู้สูงอายุจำเป็นต้องได้รับยาตามเวลาที่กำหนดอย่างเคร่งครัด และควรออกกำลังกายสม่ำเสมอ นอกจากนี้ อุปกรณ์ที่ผู้สูงอายุนิยมพกพาได้อย่างสะดวกได้แก่ โทรศัพท์เคลื่อนที่ และโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะ หรือ Smart Phone ก็เพิ่มความนิยมอย่างรวดเร็ว ผู้วิจัยจึงได้วิจัยและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะเพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้อย่างปกติสุข โปรแกรมนี้ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย 5 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรมโทรออก โปรแกรม SMS โปรแกรมออกกำลังกาย โปรแกรมแว่นขยาย และโปรแกรมการตั้งเวลาการทานยา โดยพิจารณาถึงการให้ผู้สูงอายุใช้งานระบบได้ง่ายเป็นสำคัญ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามความต้องการและสามารถช่วยเหลือผู้สูงอายุในการดำเนินกิจวัตรประจำวันได้

Abstract

Recently, the number of senior citizens in Thailand is significantly growing. Additionally, the number of Senior Citizens who live alone is also increasing. Those senior citizens must take care of themselves in both their living conditions and their health. In addition, they require intensive care for their medication and exercise behaviors. However, the most popular portable equipment the senior citizens carry is a mobile phone. While Smart Phone increases its popularity over time, we developed a set of applications for a smart phone to ease the senior citizen's daily activities. These set of applications include five applications, i.e. out-going call, SMS reader, Exercise, Magnifier, and Medication Alarm. We have developed these applications to be senior-citizen-friendly. These applications satisfy their functional requirements, and help senior citizen do their daily activities with ease.

คำสำคัญ

ผู้สูงอายุ, โทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะ, ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์, โปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีผู้สูงอายุจำนวนมาก ข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี 2552 ประเทศไทยมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปจำนวนกว่า 7 ล้านคน(คิดเป็น 11.33%) [1] และมีแนวโน้มที่สูงขึ้น (6.8%ในปี 2537,9.4%ในปี 2545 และ 10.7%ในปี 2550) ผู้สูงอายุที่ต้องอาศัยอยู่ตามลำพังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และผู้สูงอายุจำนวนมากต้องดูแลความเป็นอยู่และสุขภาพด้วยตนเอง[2]

จากการสำรวจในปี 2550 พบว่าโรคที่ผู้สูงอายุเป็นมากที่สุด [2] ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง (31.7%) โรคเบาหวาน (13.3%) โรคหัวใจ (7.0%) โรคหลอดเลือดในสมองตีบ (1.6%) และโรคมะเร็ง (0.5%) ซึ่งการรักษาโรคเหล่านี้จำเป็นต้องให้ยาอย่างสม่ำเสมอ เช่น ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคหัวใจ ต้องรับยา 1-4 ครั้งต่อวัน ตามแต่ชนิดของยา [6-10] และควรออกกำลังกายสม่ำเสมออย่างน้อยสัปดาห์ละ 150 นาที [11]

ในปัจจุบัน โทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะ (Smart phone) เป็นที่นิยมอย่างมาก มีการแข่งขันจากหลายบริษัทผู้ผลิต ทำให้ผู้ผลิตจำนวนมากได้ผลิตโทรศัพท์อัจฉริยะออกมาให้เลือกใช้อย่างหลากหลาย ตั้งแต่ราคาหลายหมื่นบาท จนถึงราคาไม่กี่พันบาท จึงทำให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถซื้อโทรศัพท์อัจฉริยะมาใช้งานได้ คุณสมบัติหนึ่งของโทรศัพท์อัจฉริยะคือ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงและเลือกติดตั้งโปรแกรมได้หลากหลาย ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงโปรแกรมประยุกต์ที่ติดตั้งมาพร้อมกับโทรศัพท์เท่านั้น ดังนั้นผู้ใช้งานสามารถติดตั้งโปรแกรมที่เหมาะสมกับการดำเนินชีวิตของผู้ใช้เฉพาะบุคคลได้

สถิติในเดือนมีนาคม 2554 ระบุว่าระบบปฏิบัติการที่ได้รับความนิยมที่สุดคือระบบปฏิบัติการ Android และได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากส่วนแบ่งการตลาดเป็นอันดับ 3 (15%) ในช่วงเดือนมิถุนายน 2553 [5] จนกระทั่งมีส่วนแบ่งการตลาดเป็นอันดับหนึ่ง(29%) ในเดือนมีนาคม 2554

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะวิจัยและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ Android เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้อย่างปกติสุข

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

อุปกรณ์ที่ผู้สูงอายุพกพาได้สะดวกได้แก่โทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยมีผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในปี 2552 จำนวนกว่า 2 ล้านคน [3] ในปัจจุบัน ผู้ผลิตโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้เพิ่มคุณสมบัติต่างๆเพื่อให้ความสะดวกและช่วยดูแลสุขภาพให้แก่ผู้สูงอายุ เช่น วัดความดัน และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ อย่างไรก็ตาม โทรศัพท์เคลื่อนที่ยังขาดคุณสมบัติบางอย่างที่จะเป็นประโยชน์อย่างมากแก่ผู้สูงอายุและโปรแกรมเหล่านี้ควรต้องมีการปรับปรุงให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุแต่ละคน เช่น การตั้งเวลาการทานยา โปรแกรมช่วยการมองเห็น/การได้ยิน และโปรแกรมแสดงสถิติการออกกำลังกาย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้วิจัยและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบ Android ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่ได้รับความนิยมอย่างสูง เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้อย่างปกติสุข ได้แก่

- แป้นตัวเลขขนาดใหญ่สำหรับการโทรออก
- หน้าจอแสดงข้อความ SMS ตัวอักษรขนาดใหญ่
- โปรแกรมแสดงสถิติการออกกำลังกาย
- การตั้งเวลาการทานยา
- โปรแกรมช่วยการมองเห็น (แว่นขยาย)

โดยพิจารณาถึงการให้ผู้สูงอายุใช้งานระบบได้ง่ายเป็นสำคัญ

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Kerniawan และคณะ[15]ได้ศึกษาคุณลักษณะของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ผู้สูงอายุต้องการ ดังนี้

1. เครื่องช่วยจำ เช่นนัดหมายและเตือนเมื่อถึงเวลา สามารถบันทึกที่อยู่ รูปภาพ ข้อมูลส่วนตัว และนาฬิกาปลุก

2. เครื่องช่วยในการมองเห็น เช่นมีแสงในที่มืด ตัวอักษรขนาดใหญ่ สีสันเด่น และปุ่มขนาดใหญ่

3. เครื่องช่วยกันกระแทก เช่นขอบยาง

4. ลดความผิดพลาดที่เกิดจากผู้ใช้ เช่น ล็อกปุ่ม มีหน้าจอย้ำอีกครั้ง และการเตือนที่เห็นได้ชัด

5. คุณลักษณะเพื่อความปลอดภัย เช่นปุ่มขอความช่วยเหลือ และ การโทรออกอย่างรวดเร็ว (speed dial)

McGree-Lennon [16] แนะนำคุณลักษณะของระบบดูแลผู้สูงอายุภายในบ้านว่าต้องสามารถทำการสื่อสารระหว่างผู้สูงอายุและญาติ หรือแพทย์ที่เกี่ยวข้องที่อยู่ห่างไกลได้ ซึ่งอุปกรณ์ควรสามารถตรวจวัดสุขภาพเบื้องต้นได้ เช่น ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และสัญญาณชีพอื่น ๆ และสามารถปรับเปลี่ยนค่าสัญญาณชีพให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุแต่ละคนได้อีกด้วย

ในประเทศไทยมีการวิจัยและพัฒนาระบบดูแลผู้สูงอายุภายในบ้านขึ้น [19] ซึ่งสามารถตรวจจับความผิดปกติของการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิ และการล้มได้ พร้อมทั้งส่งข้อมูลสัญญาณชีพไปยังโรงพยาบาลและส่งแผนที่ให้กับรถพยาบาลเพื่อมารับผู้สูงอายุอีกด้วย แต่ระบบดังกล่าวไม่ได้ใช้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะ และผู้ป่วยไม่สามารถใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับนอกบริเวณบ้านได้

กลุ่มนักวิจัยในออสเตรเลีย [17 -18] ได้แนะนำให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รวมเอาคุณลักษณะด้านการดูแลสุขภาพเข้าไปด้วย ได้แก่ การเฝ้าระวังด้านสุขภาพ ข้อมูลส่วนตัว ความต้องการด้านสังคม เช่น การโทรเข้าและโทรออก หรือรายงานความเป็นอยู่ของผู้สูงอายุแก่ผู้เกี่ยวข้อง

ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะจำนวนมาก [20] ที่สามารถช่วยเหลือผู้สูงอายุได้ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถติดตั้งแต่ละโปรแกรมแยกกันเช่น BIG LAUNCHER ที่รวมเอาโปรแกรมพื้นฐานโทรศัพท์ เช่น การโทรออก SMS กล้อง แกลอรี่ ปุ่มขอความช่วยเหลือ และแอพลิเคชันเมนู มาแสดงด้วยตัวอักษรขนาดใหญ่ แต่ไม่มีเรื่องของการ

ดูแลสุขภาพผู้สูงอายุ หรือ โปรแกรม BigDialer และ BIG Phone Pad ที่มีแป้นตัวเลขขนาดใหญ่สำหรับการโทรออก แต่ไม่มีเสียงอ่านตัวเลขให้ผู้ใช้ฟัง ส่วนโปรแกรมช่วยด้านการออกกำลังกายส่วนใหญ่เน้นผู้ใช้ทั่วไป เช่น DroidFit , Workout Trainer, และ JEFIT ซึ่งผู้สูงอายุใช้งานได้ยากเนื่องจากใช้ตัวอักษรขนาดเล็ก เป็นต้น

งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะสำหรับกิจวัตรประจำวันของผู้สูงอายุขึ้น เพื่อเติมเต็มในงานวิจัยที่ได้กล่าวมา โดยเน้นให้ผู้สูงอายุสามารถประกอบกิจวัตรประจำวันได้ง่ายขึ้น

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นประกอบด้วยโปรแกรมย่อยจำนวน 5 โปรแกรมย่อย ดังต่อไปนี้

1. โปรแกรมโทรออก ที่มีแป้นตัวเลขขนาดใหญ่และเสียง
2. โปรแกรมแสดงข้อความ SMS ขนาดใหญ่
3. โปรแกรมออกกำลังกาย
4. โปรแกรมส่งเสียงเตือนเมื่อถึงเวลาทานยา
5. โปรแกรมแว่นขยาย

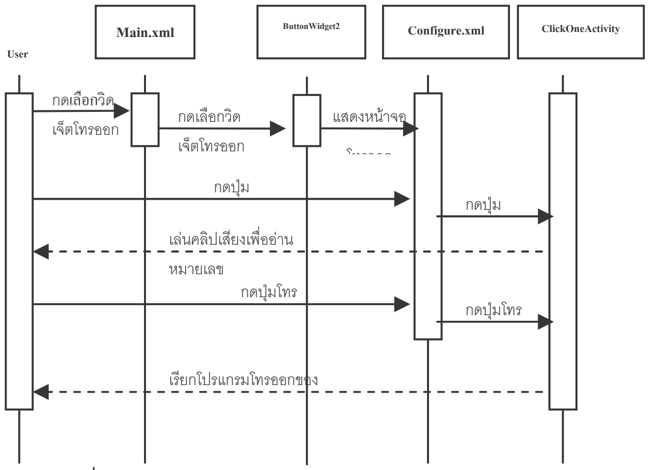
โปรแกรมย่อยทั้งหมดพัฒนาด้วยภาษา Java บน Eclipse Classic ที่ติดตั้ง ADT Plugin และ Android SDK [21]

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

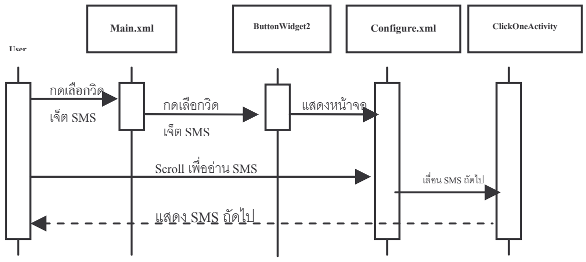
การทำงานของโปรแกรมย่อยแต่ละส่วน สามารถแสดงโดยใช้ Sequence Diagram โดยแสดงในรูปที่ 4.1-4.5

ในส่วนโปรแกรมโทรออก ผู้ใช้จะเรียกใช้ได้จากวิดเจ็ตบนหน้าจอหลักของโทรศัพท์ โดยออกแบบให้วิดเจ็ตเป็นรูปโทรศัพท์ขนาดใหญ่ให้กดเลือกได้ง่าย เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้งานบ่อยที่สุด เมื่อเข้ามาในหน้าจอโปรแกรมหลัก โปรแกรมจะแสดงปุ่มหมายเลขที่มีขนาดใหญ่ และเมื่อผู้ใช้กดหมายเลขใด โปรแกรมจะออกเสียงหมายเลขนั้นให้ผู้ใช้ฟังอีกด้วย

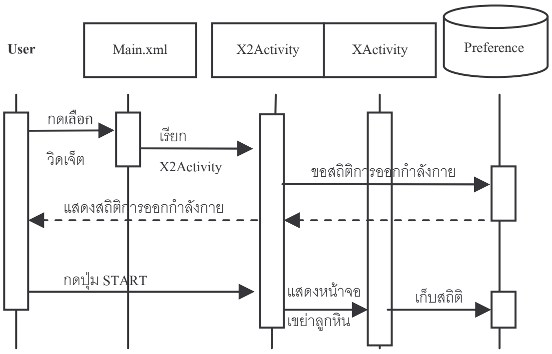
ในส่วนโปรแกรม SMS ผู้ใช้จะเรียกใช้ได้จากวิดเจ็ตบนหน้าจอหลักของโทรศัพท์ โดยออกแบบให้วิดเจ็ตเป็นไอคอนขนาดใหญ่ให้กดเลือกได้ง่าย เมื่อเข้ามาในหน้าจอโปรแกรมหลัก โปรแกรมจะแสดงข้อความ SMS ด้วยตัวอักษรขนาดใหญ่ และผู้ใช้สามารถเลือกอ่านข้อความถัดไปได้โดยการ scroll นิ้วมือบนหน้าจอ



รูปที่ 4.1 Sequence Diagram: โปรแกรมโทรออก



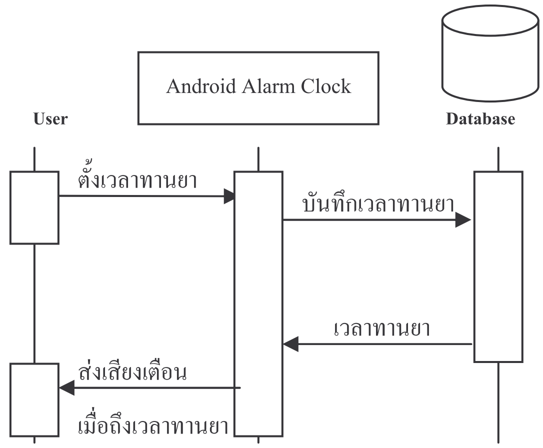
รูปที่ 4.2 Sequence Diagram: โปรแกรม SMS



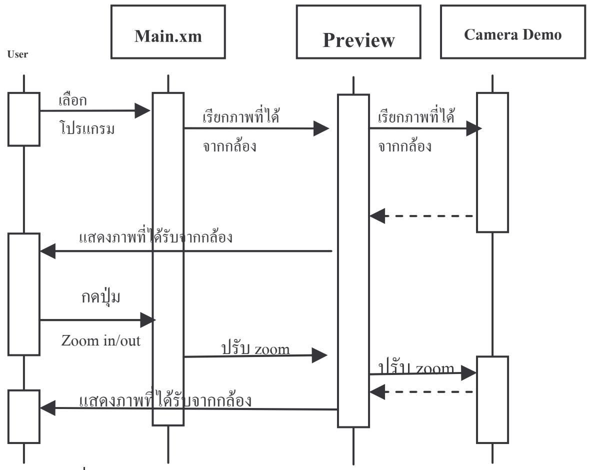
รูปที่ 4.3 Sequence Diagram: โปรแกรมออกกำลังกาย

เมื่อผู้ใช้เรียกใช้โปรแกรมออกกำลังกาย โปรแกรมจะแสดงจำนวนนาทีที่ผู้ใช้ได้ออกกำลังกายไปแล้ว เมื่อผู้ใช้กดปุ่มเริ่มออกกำลังกาย โปรแกรมจะจับเวลาการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้ใช้ หากผู้ใช้ไม่เคลื่อนไหว โปรแกรมจะไม่จับเวลาการออกกำลังกายให้

โปรแกรมส่งเสียงเตือนเมื่อถึงเวลาทานยาได้เรียกใช้โปรแกรม Alarm Clock ในระบบปฏิบัติการ Android



รูปที่ 4.4 Sequence Diagram: โปรแกรมเตือนทานยา



รูปที่ 4.5 Sequence Diagram: โปรแกรมแว่นขยาย

โปรแกรมแว่นขยายทำงานโดยเรียกใช้ไลบรารีกล้องของโทรศัพท์เพื่อแสดงภาพ preview และปรับระยะซูมเข้าหรือซูมออกตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยผู้ใช้สามารถกดปุ่มซูมค้างไว้เพื่อปรับระยะซูมคราวละมาก ๆ ได้อีกด้วย โดยกล้องจะปรับโฟกัสให้อัตโนมัติ

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

โปรแกรมได้พัฒนาขึ้นสำหรับโทรศัพท์อัจฉริยะที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Android 2.2 ขึ้นไป ที่มีเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Accelerometer) จอภาพแบบสัมผัส (touch screen) กล้องที่สามารถซูมเข้าออกได้ และมีลำโพง

5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

โปรแกรมทั้ง 5 ถูกพัฒนาและติดตั้งลงบนโทรศัพท์ Samsung Galaxy Mini GT-S5570 บนระบบปฏิบัติการ Android 2.2.1 Froyo ส่วนติดต่อผู้ใช้แสดงในรูปที่ 5.1-5.3

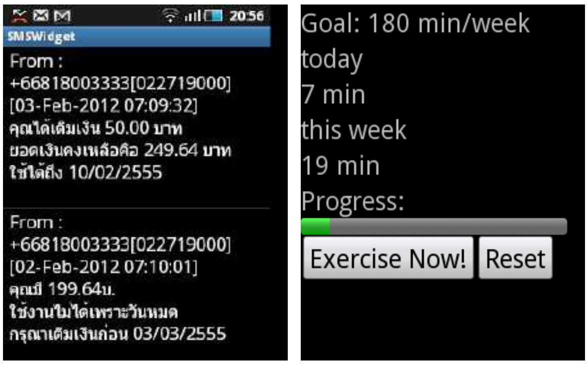
5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

หน้าจอหลักของโทรศัพท์ ดังแสดงในรูปที่ 5.1 (ซ้าย) ประกอบด้วยวิดเจ็ตโปรแกรมโทรออก วิดเจ็ตโปรแกรม SMS และไอคอนโปรแกรมออกกำลังกายและโปรแกรมแว่นขยาย ส่วนโปรแกรมตั้งเวลาทานยาไม่แสดงบนหน้าจอหลัก

เมื่อผู้ใช้กดบนวิดเจ็ตโปรแกรมโทรออก หน้าจอโทรศัพท์จะเปลี่ยนเป็นแป้นโทรศัพท์ดังรูปที่ 5.1(ขวา) และเมื่อผู้ใช้กดปุ่มหมายเลข โปรแกรมจะอ่านหมายเลขให้ฟัง เพื่อยืนยันการกดหมายเลขที่ถูกต้อง ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม del เพื่อลบหมายเลขทีละตัว หรือกดค้างเพื่อลบหมายเลขทั้งหมด

เมื่อผู้ใช้กดเลือกวิดเจ็ต SMS จากหน้าจอหลัก โปรแกรม SMS จะแสดงข้อความ SMS ขนาดใหญ่ เมื่อทดสอบโดยให้ผู้สูงอายุอ่านข้อความ SMS ผู้สูงอายุสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนและอ่านข้อความได้อย่างถูกต้อง

รูปที่ 5.1 หน้าจอหลักของโทรศัพท์ และ โปรแกรมโทรออก



รูปที่ 5.2 โปรแกรม SMS และ โปรแกรมออกกำลังกาย

รูปที่ 5.2 (ขวา) แสดงโปรแกรมออกกำลังกาย ซึ่งจะแสดงข้อความเตือนให้ผู้ใช้ออกกำลังกาย 180 นาทีต่อสัปดาห์ จำนวนนาทีที่ออกกำลังกายแล้วในวันนี้ และจำนวนนาทีสะสม

ทั้งสัปดาห์ โดยโปรแกรมจะนับเฉพาะนาทีที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายหลังการกดปุ่ม Exercise Now! เท่านั้น นอกจากนี้โปรแกรมจะเริ่มต้นสัปดาห์ใหม่ให้ หากระยะเวลาปัจจุบันเลยจากวันที่ออกกำลังกายวันแรกมากกว่า 1 สัปดาห์

รูปที่ 5.3 โปรแกรมแว่นขยาย

โปรแกรมแว่นขยายจะแสดงปุ่มซูมเข้า (+) และซูมออก (-) ทางด้านขวาของหน้าจอ โดยโปรแกรมจะเพิ่มหรือลดระยะการซูมทีละ 1 เท่าเมื่อผู้ใช้กดปุ่มซูม หากผู้ใช้สามารถกดปุ่มซูมค้างไว้ โปรแกรมจะเพิ่มระยะซูมครั้งละ 5 เท่าแทน

เราได้ให้ผู้สูงอายุจำนวน 20 คน ทดสอบใช้โปรแกรมทั้ง 5 โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น และสอบถามความพึงพอใจ โดยให้ผู้สูงอายุให้ระดับความพึงพอใจได้ 5 ระดับ คือ พอใจมาก (5), พอใจ(4), เฉยๆ (3) , ไม่พอใจ (2) และ ไม่พอใจมาก (1) ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ระดับความพึงพอใจเฉลี่ยต่อโปรแกรมทั้ง 5

โปรแกรม	**ระดับความพึงพอใจเฉลี่ย**
โปรแกรมสำหรับการโทรออก	4.63
โปรแกรม SMS	4.37
โปรแกรมสถิติการออกกำลังกาย	4.47
โปรแกรมการตั้งเวลาการทานยา	4.37
โปรแกรมแว่นขยาย	4.05
เฉลี่ยรวม	**4.38**

ผลการทดสอบพบว่า ความพึงพอใจที่ผู้สูงอายุให้แก่โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีค่าสูง (4.38) และมากกว่าความพึงพอใจที่ผู้สูงอายุให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งได้รับความพึงพอใจเฉลี่ยเพียง 3.93 เท่านั้น

6. บทสรุป

ผู้วิจัยได้วิจัยและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่อัจฉริยะเพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้อย่างปกติสุข โปรแกรมนี้ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย 5 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรมโทรออก โปรแกรม SMS โปรแกรมออกกำลังกาย โปรแกรมแว่นขยาย และโปรแกรมการตั้งเวลาการทานยา โดยพิจารณาถึงการให้ผู้สูงอายุใช้งานระบบได้ง่ายเป็นสำคัญ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามความต้องการ และผู้สูงอายุให้ระดับความพึงพอใจเฉลี่ยที่ 4.38 จาก 5

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

โปรแกรมสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ดังนี้

1. จัดเก็บข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุและส่งต่อไปยังผู้เกี่ยวข้อง
2. พัฒนาโปรแกรมขอความช่วยเหลือในกรณีฉุกเฉินและส่งตำแหน่งของผู้สูงอายุไปยังผู้เกี่ยวข้องได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์เป็นอย่างสูง ที่ให้ทุนในการทำวิจัยและพัฒนาโปรแกรมนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. จำนวนประชากร จำแนกตามกลุ่มอายุ เพศ ภาค และและเขตการปกครอง พ.ศ.2552. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://service.nso.go.th/nso/nso_center/project/table/files/S-ict-hh-q/2552/000/00_S-ict-hh-q_2552_000_010000_00100.xls (วันที่ค้นข้อมูล : 15 มี.ค. 54)

[2] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. รายงานการสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2550. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/service/survey/rep_older50.pdf (วันที่ค้นข้อมูล : 15 มี.ค. 54)

[3] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. จำนวนประชากรอายุ 6 ปีขึ้นไป จำแนกตามการใช้คอมพิวเตอร์/อินเทอร์เน็ต/

โทรศัพท์เคลื่อนที่ กลุ่มอายุ เพศ ทั่วราชอาณาจักร พ.ศ. 2552., [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://service.nso.go.th/nso/nso_center/project/table/files/S-ict-hh-q/2552/000/00_S-ict-hh-q_2552_000_010000_00300.xls (วันที่ค้นข้อมูล : 15 มี.ค. 54)

[4] Chris Ziegler. Visualized: US smartphone market share, by manufacturer and platform, made pretty. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.engadget.com/2011/03/03/visualized-us-smartphone-market-share-by-manufacturer-and-plat/ (วันที่ค้นข้อมูล : 15 มี.ค. 54)

[5] "Android Nipping at iOS' Heels in Market Share". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://mashable.com/2011/01/03/us-smartphone-share-november/ (วันที่ค้นข้อมูล : 15 มี.ค. 54)

[6] Lacy CF, Armstrong LL, Goldman MP, Lance LL. Drug information handbook. 14th ed. Ohio: Lexi-comp; 2006.

[7] DRUGDEX® editorial staff. Phenobarbital. In: Drugdex evaluations: DRUGDEX® System. MICROMEDEX, Inc., Englewood, Colorado (Edition expires [2007]).

[8] Wallace A, Chinn D, Rubin G. Taking simvastatin in the morning compared with in the evening: randomised controlled trial. BMJ 2003;327:788.

[9] การรักษาโรคเบาหวานด้วยยา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.siamhealth.net/public_html/Disease/endocrine/DM/drug.htm (วันที่ค้นข้อมูล : 15 มี.ค. 54)

[10] ยารักษาโรคหัวใจ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.thaiheartclinic.com/data9.asp (วันที่ค้นข้อมูล : 15 มี.ค. 54)

[11] US Department of Health and Human Services. 2008 Physical Activity Guidelines for Americans. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.health.gov/paguidelines/guidelines/default.aspx. (วันที่ค้นข้อมูล : 21 มี.ค. 54)

[12] สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2553). การดูแลสุขภาพผู้สูงอายุระยะยาว. กทม. : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด

[13] สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ. กทม. : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด. เอกสารเผยแพร่ ISBN974-7740-43-5.

[14] Senior Friendly and Easy To Use Mobile Phones [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.cell-phone-plan.net

[15] Kurniawan, S., 2008, Older people and mobile phones: A multi-method investigation, Int.J. Human-Computer Studies 66, pp889-901

[16] Lorenz, A. and Oppermann, R., 2008, Mobile health monitoring for the elderly: Designing for diversity, Pervasive and Mobile Computing 5, pp478-495

[17] Chau, S. and Turner, P., 2006, Utilisation of mobile handheld devices for care management at an Australian aged care facility, Electronic Commerce Research and Applications 5, pp301-212

[18] Yu, P., Li, H. and Gagnon, M.P., 2009, Health IT acceptance factors in long-term care facilities: Across-sectional survey, international journal of medical informatics 78 pp219-229

[19] ธัญสิทธิ์ ผลประสิทธิ์ และคณะ. (2554). ระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินอัตโนมัติ สำหรับผู้สูงอายุ. EECON-34, พัทยา ชลบุรี, 30 พ.ย. 2554 - 2 ธ.ค. 2554.

[20] Google Play [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://play.google.com/ (วันที่ค้นข้อมูล : 30 พ.ค. 55)

[21] Android Developer [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://developer.android.com(วันค้นข้อมูล:15 มี.ค.54)

Software and Algorithm

การปรับเพิ่มส่วนประสานกับผู้ใช้สำหรับโปรแกรมมูเดิ้ล

HCI Enhancement for MOODLE

อุมาพร จันโสภา
คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
umaporn.j@msu.ac.th

จิรัฏฐา ภูบุญอบ
คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
jiratta.p@msu.ac.th

สมนึก พ่วงพรพิทักษ์ *
คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
somnuk.p@msu.ac.th

บทคัดย่อ

มูเดิ้ลเป็นระบบบริหารจัดการการเรียนการสอนแบบซอฟต์แวร์เสรี ที่มีความสามารถที่หลากหลายเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นระบบสนับสนุนการเรียนการสอน และโปรแกรมมูเดิ้ลถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ ทั่วโลก แต่อย่างไรก็ตามโปรแกรมมูเดิ้ลก็ยังมีอินเทอร์เฟสการใช้งานที่ค่อนข้างยากและไม่มีความเป็นมิตรกับผู้ใช้โดยเฉพาะการใช้งานในส่วนของผู้สอน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อประเมินปัญหาของโปรแกรมมูเดิ้ลกับผู้ใช้ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้พัฒนาวิซาร์ดและยูทิลิตี้เพิ่มเติมในโปรแกรมมูเดิ้ล เพื่อช่วยแก้ปัญหาด้านอินเทอร์เฟสการใช้งานเพื่อแก้ปัญหาที่พบอีกด้วย และมีการวัดประสิทธิภาพของวิซาร์ดและยูทิลิตี้โดยใช้ KLM และการทดสอบประสบการณ์ผู้ใช้ ซึ่งผลของการวิจัยพบว่าโมดูลที่พัฒนาขึ้นมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้ดีกว่าโปรแกรมมูเดิ้ลเดิม

Abstract

MOODLE is an open-source Learning Management System (LMS). Due to its richness of education-supporting functions, MOODLE is very popular and widely used around the world. However, MOODLE interfaces for teachers have been very notorious in terms of user-friendliness. Hence, this paper has proposed to evaluate the Human Computer Interaction (HCI) problem in MOODLE. Furthermore, the extended modules for usage wizards and utilities have been implemented to solve the problem. User experience testing and Key-stroke Level Model (KLM) are deployed as evaluation methods. Finally, the results have demonstrated a better HCI for MOODLE.

คำสำคัญ

โมดูล, มูเดิ้ล, User Experience Testing, HCI

บทนำ

ปัจจุบันซอฟต์แวร์บริหารจัดการระบบ E-Learning มีอยู่หลายโปรแกรม เช่น Blackboard [1], Dell Learning System [2] หรือ MOODLE (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) [3] เป็นต้น

โปรแกรม MOODLE เป็นระบบการจัดการเรียนการสอน (Learning Management System; LMS) ที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง เพื่อใช้สร้างระบบการเรียนการสอนออนไลน์ (E-Learning) เนื่องจาก MOODLE มีฟังก์ชันต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับ E-Learning และยังช่วยอำนวยความสะดวกในการสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอนผ่านเว็บบอร์ด หรือ ระบบห้องติวออนไลน์ ในระบบ E-Learning อีกด้วย ดังนั้นการมี E-Learning ที่ดีจึงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การเรียนการสอนเกิดผลสัมฤทธิ์มากขึ้น

แม้โปรแกรม MOODLE จะมีฟังก์ชันการทำงานที่เหมาะสำหรับการนำมาสร้างเป็นระบบ E-Learning และถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย แต่ MOODLE ยังมีปัญหาในหลายๆ ส่วน เช่น โครงสร้างของโปรแกรมเนื่องจากมีผู้พัฒนาจากทั่วโลก ปัญหาด้านความปลอดภัยของโปรแกรมจากการจู่โจมระบบ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาด้านการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ (Human Computer Interaction; HCI) ทำให้ผู้ใช้บางส่วนเปลี่ยนไปใช้ระบบ E-Learning ที่มีฟังก์ชันการทำงานน้อยกว่า แต่การใช้งานง่ายและผู้ใช้มีความคุ้นเคยในการใช้งานมากกว่า

ในงานวิจัยนี้จึงมีการประเมินปัญหาด้าน HCI ของโปรแกรม MOODLE พร้อมทั้งออกแบบ พัฒนา Wizard และ Utilities สำหรับ MOODLE เพื่อให้มีความเป็นมิตรกับผู้ใช้มากขึ้น (User Friendliness) โดยใช้การวัดประสิทธิภาพของ Wizard และ Utilities ที่สร้างขึ้นด้วย KLM (Keystroke Level Model) [4] และ User Experience Testing

* Corresponding author

1. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

โปรแกรม MOODLE เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถที่เหมาะสมสำหรับการนำมาสร้างระบบ E-Learning เนื่องจากมีระบบการสร้างเอกสารประกอบการสอน การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียน-ผู้สอน การสร้างข้อสอบ และระบบการให้คะแนน เป็นต้น

MOODLE ยังมีปัญหาในตัวเองในหลายๆ ส่วนโดยเฉพาะปัญหาทางด้าน HCI แม้ว่าจะมีงานวิจัย ที่ได้เคยเสนอการแก้ปัญหาด้าน HCI โดยอาศัย Wizard [5] [6] ซึ่งได้ช่วยให้ฟังก์ชันการทำงานของ E-Learning ใน MOODLE สามารถถูกใช้งานได้โดยผู้ใช้งานระบบได้ง่ายและสะดวกขึ้น แต่เป็นการแก้ปัญหาได้ดีขึ้นเพียงส่วนหนึ่ง

จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า MOODLE ยังมีปัญหาในส่วน User Interface อีกหลายส่วน ที่แม้แต่ Wizard Modules จากงานวิจัยที่มีอยู่แล้วไม่อาจแก้ได้ เช่น เมนูของ MOODLE นั้นอยู่ลึกและซับซ้อน ผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้ยาก เมื่อผู้ใช้ต้องการใช้งานเมนูใดต้องผ่านหลายขั้นตอนเพื่อเข้าสู่เมนูนั้น เช่น เมื่อต้องการเพิ่มผู้ใช้เข้าสู่ระบบ ผู้ใช้ต้องทำขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ (1) ไปที่ส่วนของ "การจัดการระบบ" (2) เลือกเมนู "สมาชิก" (3) เลือกเมนู "บัญชีผู้ใช้" (4) เลือกเมนู "รายชื่อสมาชิก" (5) เลือกเมนู "เพิ่มสมาชิก" จากนั้นจึงจะแสดงหน้าต่างให้เพิ่มรายชื่อสมาชิกได้ จะเห็นได้ว่าผู้ใช้ต้องคลิกหลายเมนูจึงจะสามารถเพิ่มรายชื่อผู้ใช้เข้าระบบได้

นอกจากนี้ยังมีปัญหาอื่นด้าน HCI ของโปรแกรมคือชื่อเมนูหรือคำอธิบายของโปรแกรมไม่สอดคล้องกับหน้าต่างในการทำงาน ทำให้การตอบสนองของโปรแกรมไม่เป็นไปตามที่ผู้ใช้คาดหวัง รวมถึงปัญหาการใช้งานที่ซับซ้อนของโปรแกรมทำให้ผู้ใช้ไม่เกิดความคุ้นเคยในการใช้งาน

จากปัญหาดังกล่าวการใช้ KLM ในการวัดประสิทธิภาพยังไม่เพียงพอในการแก้ปัญหา ต้องใช้เทคนิคการวิจัยทางด้าน HCI อื่นๆ เข้ามาช่วยในการพัฒนา Wizard และ Utilities เช่น การทำ User Experience Testing ในอินเทอร์เฟสต่างๆ ของ MOODLE และต้องพัฒนาปรับแก้โครงสร้างอินเทอร์เฟสต่างๆ ใหม่

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการแก้ปัญหา User Interface ของ MOODLE เพิ่มเติม โดยทดสอบและปรับปรุงอินเทอร์เฟสจากการทดสอบ User Experience Testing ซึ่งการดำเนินการดังกล่าว จะส่งผลให้ได้ MOODLE ที่มีประสิทธิภาพและลดความซับซ้อนของการใช้งานสำหรับผู้ใช้ทั้งผู้ดูแลระบบ ผู้สอนและผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้เหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็น E-Learning ให้กับการเรียนการสอนออนไลน์ต่อไป

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Learning Management System (LMS)

ระบบบริหารจัดการการเรียนการสอนหรือ Learning Management System (LMS) เป็นระบบที่ใช้ในการบริหารจัดการการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ซึ่งมีเครื่องมือและส่วนประกอบที่สำคัญในการบริหารจัดการระบบ สำหรับผู้ดูแลระบบ ผู้สอนและผู้เรียน

LMS ประกอบไปด้วย (1) **ระบบจัดการหลักสูตร** โดยกลุ่มผู้ใช้งานแบ่งเป็น 3 ระดับคือ ผู้เรียน ผู้สอน และผู้บริหารระบบ (2) **ระบบการสร้างบทเรียน** ประกอบด้วยเครื่องมือในการช่วยสร้างเนื้อหา และบทเรียนในรูปแบบสื่อมัลติมีเดีย (3) **ระบบการทดสอบและประเมินผล** โดยมีระบบคลังข้อสอบ คะแนน และสถิติการเข้าเรียนของนักเรียน (4) **ระบบส่งเสริมการเรียน** ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้สื่อสารระหว่างผู้เรียน - ผู้สอน และ ผู้เรียน - ผู้เรียน (5) **ระบบจัดการข้อมูล** ประกอบด้วยระบบจัดการไฟล์และโฟลเดอร์ โดยผู้สอนมีเนื้อที่เก็บข้อมูลบทเรียนเป็นของตนเอง

2.1.2 Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment [3]

MOODLE ย่อมาจาก Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment เป็นซอฟต์แวร์เสรี (Open source software) ที่ใช้สำหรับเป็นระบบจัดการเนื้อหา (Course Management System; CMS) หรือจะเรียกว่าระบบจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System; LMS) ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยในการจัดการเรียนการสอน จากข้อมูลใน

เว็บไซต์ MOODLE กล่าวไว้ว่า ปัจจุบันมีผู้ใช้งานเฉพาะที่ลงทะเบียนไว้กว่า 49,654 เว็บไซต์ จาก 213 ประเทศทั่วโลก นอกจากนี้ยังมีเว็บไซต์ที่ไม่ได้ลงทะเบียนอีกเป็นจำนวนมาก เนื่องจาก MOODLE มีความสามารถต่างๆ มากมายที่จำเป็นในการสร้างระบบ LMS นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนการติดตั้งและการใช้งานง่าย และไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานอีกด้วย

2.1.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้ (Human-Computer Interaction: HCI) [7]

Dix และคณะ [7] ได้กล่าวไว้ว่า Human Computer Interaction (HCI) เป็นศาสตร์ด้านการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ กับผู้ใช้งาน โดยมีจุดประสงค์หลัก เพื่อตอบโจทย์ว่าทำอย่างไรจึงจะทำให้ระบบคอมพิวเตอร์ใช้งานง่าย ซึ่งเป็นแขนงที่มุ่งความสนใจว่าทำอย่างไรให้คอมพิวเตอร์ง่ายและเหมาะสมกับผู้ใช้งาน และทำให้ผู้ใช้งานใช้งานโปรแกรมอย่างมีประสิทธิภาพตามความสามารถของโปรแกรม

2.1.4 User Experience Testing

User Experience Testing เป็นวิธีการในการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ แต่ไม่ใช่เป็นเพียงการวัดด้านการออกแบบระบบให้สวย ง่ายต่อการใช้งานของผู้ใช้เท่านั้น แต่ User Experience Testing เป็นการวัดความสัมพันธ์ระหว่าง ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ จิตวิทยา ความรู้สึกของผู้ใช้ นั่นคือมองลึกไปกว่าการสัมผัส จับต้อง และมองลึกไปถึงรูปแบบการประมวลผลของสมอง การจดจำ การเรียนรู้ การรับรู้ของสมอง

การทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยวิธี User Experience Testing ต้องพยายามทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกเป็นกันเองในระดับหนึ่ง พยายามนำคำถามจากการสังเกตมาสอบถาม กล่าวคือพยายามหาจุดที่ตรงใจผู้ใช้งาน เพื่อหาประเด็นจากความคิดเห็นของผู้ใช้งาน หรือในบางครั้งอาจจะต้องถามแบบนำร่องก่อน เพื่อให้ผู้ใช้งานตอบและเล่าออกมา บางคำถามอาจต้องอ้อมไปถามถึงพฤติกรรมการใช้งานเว็บไซต์อื่นๆ ก่อนเชื่อมโยงมาถามเรื่องเกี่ยวกับเว็บไซต์ที่กำลังทำการทดสอบ

การนำ User Experience Testing เข้ามาใช้ในการทดสอบความพึงพอใจต่อระบบของผู้ใช้จะช่วยให้ทราบปัญหาที่แท้จริงของผู้ใช้งาน และสามารถออกแบบและพัฒนาระบบให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ได้มากที่สุด

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2007 Machado และ Tao [8] ได้เสนองานวิจัยในเรื่อง “Blackboard vs. Moodle: Comparing User Experience of Learning Management Systems” ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ User Experience Testing เพื่อทดสอบการใช้งานของโปรแกรมระบบ LMS 2 ระบบ คือ Blackboard [1] ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เพื่อการค้า และ MOODLE [3] ที่เป็นซอฟต์แวร์แบบเสรี โดยทดสอบในส่วนของความใช้งานอย่างเป็นธรรมชาติ และความง่ายในงานใช้งาน แต่ในงานวิจัยนี้ยังไม่มีการทดสอบผู้ใช้ในส่วนของรายละเอียดลึกลงไป เช่น ความเหมาะสมของตำแหน่งเมนู หรือการสื่อความหมายของเมนู หรือการตอบสนองของโปรแกรมต่อผู้ใช้ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ [5] และ [6] ซึ่งมีการศึกษาปัญหาด้าน HCI ของ MOODLE แล้วพบว่าผู้ใช้ส่วนใหญ่มีปัญหาเกี่ยวกับความไม่คุ้นเคยในการใช้งาน ความซับซ้อนของการทำงานของโปรแกรม และการตอบสนองของโปรแกรมต่อผู้ใช้งาน และพยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการใช้ KLM เข้ามาช่วยในการวัดประสิทธิภาพ

จากงานวิจัยดังกล่าวพบว่าการใช้เพียง KLM ยังไม่เพียงพอในการวัดประสิทธิภาพของโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวของผู้ใช้ได้ แต่ต้องมีการนำวิธีการของ User Experience Testing เข้ามาช่วยในการวัดประสิทธิภาพด้วย

3. กระบวนการวิจัย

3.1 การประเมินปัญหา

จากงานวิจัย [5] และ [6] ได้มีการประเมินปัญหาปัญหาทางด้าน HCI ของโปรแกรม MOODLE พบว่า MOODLE มีปัญหาเกี่ยวกับความคุ้นเคยของผู้ใช้ในการใช้งาน คือผู้เริ่มต้นใช้งานใหม่ไม่เข้าใจวิธีการทำงานของโปรแกรม ปัญหาด้านการตอบสนองของโปรแกรมไม่ตรงกับที่ผู้ใช้คาดหวัง รวมทั้งโปรแกรมยังมีความซับซ้อนในการทำงานอีกด้วย

ในงานวิจัยนี้ได้มีการสัมภาษณ์ ตอบแบบสอบถาม และทดสอบประสบการณ์ผู้ใช้โปรแกรม MOODLE ทั้งผู้ที่คุ้นเคยในการใช้งาน และผู้เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม โดยทดสอบกับกลุ่มผู้ดูแลระบบ ผู้สอน และผู้เรียน พบว่ากลุ่มที่มีปัญหาในการใช้งานมากที่สุดคือ กลุ่มผู้สอน โดยปัญหาที่พบ คือ ปัญหาการทำงานซับซ้อน หลายขั้นตอน และการหาเมนูการทำงานที่ต้องการไม่พบ เนื่องจากเมนูอยู่ลึกและเข้าถึงได้ยาก

ในการประเมินปัญหาในการใช้งานของผู้สอนนั้นพบว่าเมนูการทำงานที่ผู้ใช้ใช้งานบ่อยและมีปัญหามากที่สุด คือ

(1) การเพิ่มเอกสารประกอบการสอน ปัญหาที่พบคือผู้ใช้ไม่สามารถหาเมนูในการเพิ่มเอกสารประกอบการสอนได้ เนื่องจากผู้ใช้ต้องคลิกที่เมนู “เริ่มการแก้ไขหน้านี้” จึงจะปรากฏช่องให้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการเพิ่มเอกสารประกอบการสอนจากนั้นผู้ใช้จึงจะสามารถเพิ่มเอกสารประกอบการสอนได้

(2) การเพิ่มการบ้านในรายวิชา ปัญหาที่พบคือผู้ใช้ไม่สามารถหาเมนูพบเช่นกัน และอีกปัญหาคือผู้สอนไม่สามารถแนบไฟล์ประกอบการบ้านได้ ต้องทำการเพิ่มเอกสารประกอบการสอนแล้วค่อยแจ้งลิงค์ของไฟล์ประกอบให้ผู้เรียนทราบอีกครั้ง

(3) การเพิ่มผู้เรียนในรายวิชา ปัญหาที่พบคือการการเพิ่มผู้เรียนเข้าในรายวิชา ผู้สอนต้องกรอกข้อมูลต่างๆ ของผู้เรียน แล้วจึงเพิ่มผู้เรียนเข้าสู่ระบบ จากนั้นจึงเพิ่มผู้เรียนเข้าสู่รายวิชาอีกครั้ง และ MOODLE เองก็ไม่มีการเข้ารหัสรหัสผ่านก่อนส่งไปประมวลผลทำให้ระบบไม่มีความปลอดภัย

(4) การอัพโหลดเอกสาร ปัญหาที่พบคือ ผู้สอนสามารถอัพโหลดเอกสารในระบบได้แค่ครั้งละ 1 เอกสาร ทำให้เสียเวลาในกรณีที่มีเอกสารที่ต้องการอัพโหลดจำนวนมาก

(5) การสร้างรายวิชาใหม่ พบปัญหาคือในบางครั้งการเปิดรายวิชาเดิมในภาคการศึกษาใหม่ และมีเอกสารในรายวิชาเดิมที่ต้องย้ายมา ผู้สอนต้องเสียเวลามานั่งเพิ่มเอกสารครั้งละ 1 เอกสาร ทำให้เกิดการทำงานที่ซ้ำๆ และเสียเวลา

จากการศึกษาพบว่าแม้ KLM จะวัดประสิทธิภาพในเรื่องของการลดระยะเวลา และลดขั้นตอนการทำงานได้ แต่ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างที่ต้องการ เพราะผู้ใช้ยังมีปัญหาในเรื่องของการสื่อความหมายของเมนู และการหาเมนูการทำงานไม่พบเนื่องจากเมนูอยู่ลึกเกินไป

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการใช้ KLM ร่วมกับการใช้ User Experience Testing เข้ามาช่วยในการวัดประสิทธิภาพของ Wizard และ Utilities ที่พัฒนาขึ้น

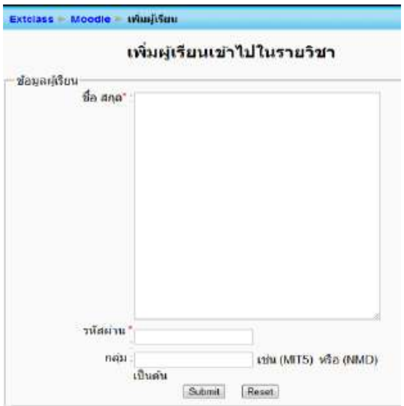
3.2 การออกแบบพัฒนา

จากการประเมินปัญหาดังกล่าวข้างต้น ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.2.1 การพัฒนา Wizard

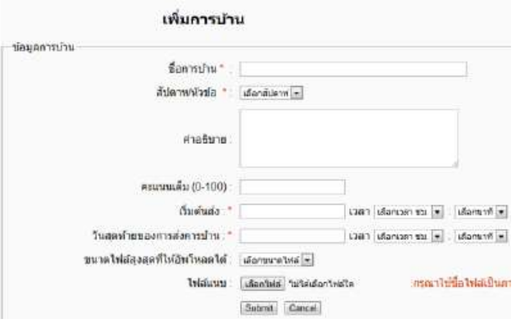
ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนา Wizard ที่ช่วยลดความซับซ้อนและขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม MOODLE ตามที่ได้ประเมินไปในหัวข้อ 3.1 ดังนี้

1. **การเพิ่มผู้เรียนในรายวิชา** โดยผู้สอนสามารถเพิ่มผู้เรียนในรายวิชาได้ครั้งละหลายๆ คน และรหัสผ่านของผู้เรียนก็มีการเข้ารหัสก่อนส่งไปประมวลผลที่ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งระบบเดิมของ MOODLE ไม่สามารถทำได้ ดังรูปที่ 1



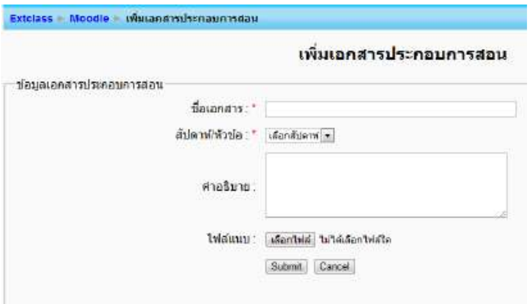
รูปที่ 1 การเพิ่มผู้เรียน

2. **การเพิ่มการบ้านในรายวิชา** ดังรูปที่ 2 ช่วยให้ผู้สอนสามารถแนบไฟล์เอกสารประกอบการบ้านได้ เพื่อแก้ปัญหาที่ระบบเดิมไม่สามารถแนบไฟล์ในการบ้านได้ ผู้สอนต้องไปเพิ่มไฟล์ประกอบเป็นเอกสารประกอบการสอนแล้วจึงแจ้งลิงค์ให้ผู้เรียนทราบ



รูปที่ 2 การเพิ่มการบ้าน

3. **การเพิ่มเอกสารประกอบการสอน** ช่วยให้ผู้สอนสามารถเพิ่มเอกสารประกอบการสอนได้ทันทีอย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องอัพโหลดเอกสารก่อน แล้วจึงมาสร้างลิงค์ของเอกสารอีกครั้ง ดังรูปที่ 3 ซึ่งจากเดิมต้องเพิ่มใน 2 ขั้นตอน คือ การอัพโหลดเอกสารแล้วจึงเลือกไฟล์ที่อัพโหลดอีกครั้ง

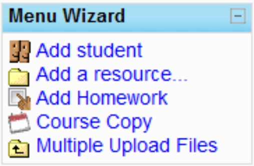


รูปที่ 3 การเพิ่มเอกสารประกอบการสอน

3.2.2 การพัฒนา Utilities

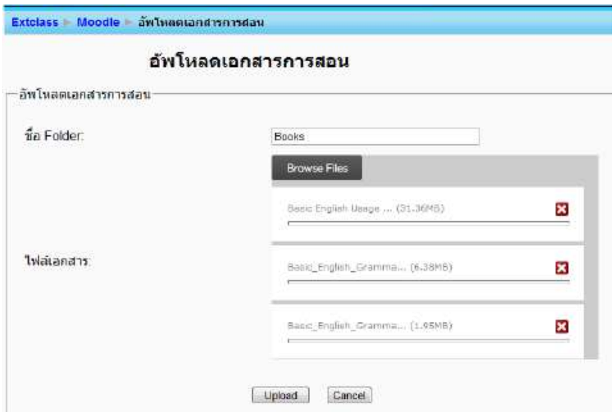
ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนา Utilities ใหม่เพิ่มขึ้นมาจากระบบเดิม 3 ส่วน คือ (1) ส่วนที่พัฒนาบล็อกของกลุ่มเมนู (2) การพัฒนาโมดูลเพิ่มเติมในส่วนของการอัพโหลดแบบหลายไฟล์ (Multiple Upload Files) และ (3) การคัดลอกรายวิชา ดังนี้

1. **บล็อกของกลุ่มเมนูโมดูล** ซึ่งผู้ใช้สามารถนำไฟล์ไปวางไว้ในตำแหน่งที่โปรแกรม MOODLE กำหนด จากนั้นเพิ่มบล็อกเข้ามาในรายวิชา และวางในตำแหน่งที่ผู้ใช้ต้องการได้ตามความเหมาะสมและความถนัดของผู้ใช้แต่ละคนซึ่งจะช่วยผู้ใช้ในเรื่องของความลึกและเมนูไม่สื่อความหมาย ดังรูปที่ 4



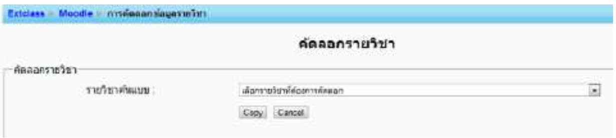
รูปที่ 4 กลุ่มเมนูโมดูล

2. **การอัพโหลดแบบหลายไฟล์** ผู้ใช้สามารถคลิกที่เมนู Multiple Upload Files จะปรากฏหน้าต่างให้ผู้ใช้อัพโหลดไฟล์ ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกอัพโหลดได้ครั้งละหลายๆ ไฟล์ โดยเลือกได้ว่าจะอัพโหลดเอกสารไว้ในโฟล์เดอร์ที่มีอยู่แล้ว หรือสร้างโฟล์เดอร์ใหม่ในการเก็บเอกสาร แล้วจึงเลือกไฟล์ที่ต้องการอัพโหลด ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การอัพโหลดแบบหลายไฟล์

3. **การคัดลอกรายวิชา** ผู้สอนสามารถคัดลอกข้อมูลต่างๆ จากรายวิชาที่ต้องการที่มีอยู่ในระบบได้ โดยระบบจะคัดลอกข้อมูลไฟล์เอกสาร และหัวข้อการสอนต่างๆ มาได้ทั้งหมด ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การคัดลอกรายวิชา

4. การประเมินประสิทธิภาพ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของ Wizard และ Utilities ที่พัฒนาขึ้น โดยการใช้ KLM พบว่า

(1) การเพิ่มผู้เรียนในรายวิชา ระบบเดิมใช้เวลา 58.85 วินาที ต่อผู้เรียน 1 คน แต่ Wizard ที่พัฒนาขึ้นใช้เวลา 23.7 วินาที ต่อผู้ใช้ทุกคน

(2) การเพิ่มการบ้านในรายวิชา ระบบเดิมใช้เวลา 103.95 วินาที แต่ Wizard ที่พัฒนาขึ้นใช้เวลา 63.65 วินาที

(3) การเพิ่มเอกสารประกอบการสอน ระบบเดิมใช้เวลา 42.7 วินาที แต่ Wizard ที่พัฒนาขึ้นใช้เวลา 28 วินาที

(4) โมดูลในการอัพโหลดเอกสารแบบเดิมใช้เวลา 28 วินาทีต่อ 1 ไฟล์ แต่ Utilities การอัพโหลดแบบหลายไฟล์ที่พัฒนาขึ้น ใช้เวลา 15.6 วินาที ต่อ 3 ไฟล์

(5) การสร้างรายวิชาและเพิ่มเอกสารการสอนในแบบเดิมใช้เวลา 42.7 วินาทีต่อ 1 เอกสารประกอบการสอน แต่ใน Utilities การคัดลอกรายวิชา สามารถเพิ่มเอกสารการสอนทั้งหมด ใช้เวลา 6.6 วินาที

จากผลการทดสอบด้วย KLM ดังกล่าวพบว่าโมดูลที่พัฒนาขึ้นสามารถลดเวลาในการทำงานและเพิ่มความสะดวกของผู้ใช้ได้เมื่อเทียบกับระยะเวลาในงานทำงานในระบบเดิมของโปรแกรมมูเดิ้ล

นอกจากนี้การวัดประสิทธิภาพของ Wizard และ Utilities โดยวิธี User Experience Testing โดยการสังเกต สัมภาษณ์ และตอบแบบสอบถามของผู้ใช้ ในด้านการสื่อความหมายของเมนู การลดความซับซ้อนของการเข้าถึงเมนูการทำงาน ความคุ้นเคยกับการใช้งานโปรแกรม และการตอบสนองของโปรแกรมเป็นไปตามที่คาดหวังไว้ พบว่าผู้ใช้พอใจใน Wizard และ Utilities ที่พัฒนาขึ้นในระดับ 4.3 จาก 5 ระดับ

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้มีการประเมินปัญหาทางด้าน HCI ของโปรแกรม MOODLE จากผู้ใช้งาน จากนั้นจึงนำปัญหาที่พบนั้นมาออกแบบและพัฒนา Wizard และ Utilities เพิ่มเติมเข้าไปในโปรแกรม MOODLE โดยส่วนที่พัฒนาคือ การเพิ่มเอกสารประกอบการสอน การเพิ่มการบ้าน การเพิ่มผู้เรียน การอัพโหลดเอกสารแบบหลายไฟล์ และการคัดลอกรายวิชา

จากการทดสอบทดสอบประสิทธิภาพของ Wizard และ Utilities ที่พัฒนาขึ้นด้วยวิธีการของ KLM พบว่าสามารถเพิ่มความสะดวกและลดระยะเวลาการใช้งานของผู้ใช้ได้มากกว่าระบบเดิม

การทดสอบด้วยวิธี User Experience Testing กับผู้ใช้จำนวน 30 คน พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้งาน Wizard และ Utilities ที่พัฒนาขึ้น ในระดับ 4.3 จาก 5 ระดับ โดยมีการทดสอบผู้ใช้ทั้งในเรื่องของเมนูที่สื่อความหมาย ตำแหน่งของเมนูที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย และปรับเลื่อนตำแหน่งได้ตามความต้องการ และการลดขั้นตอนการทำงานของผู้ใช้ การตอบสนองของโปรแกรม และแก้ปัญหาในเรื่องความไม่คุ้นเคยกับการใช้งานโปรแกรมของผู้ใช้

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณสำนักศึกษาทั่วไป ประจำปี 2555 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Blackboard Teams. Blackboard. [online]. December 2011 [cited 5 January 2012]; http://www.blackboard.com/.

[2] Dell learning System [online]. 10 December 2011 [cited 10 January 2012]; http://www.dell.com/content/topics/global.aspx/services/tnc/tnc_dls?c=us&l=en.

[3] Moodle Support Team. Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (Moodle) [online]. 1 February 2012 [cited 20 February 2012]; http://moodle.org.

[4] Card SK, Moran TP, Newell A. The keystroke-level model for user performance time with interactive systems. Commun ACM 1980; 23[7]: 396-410.

[5] อุมาพร จันโสภา, ชูชีพ สุธรรม, ชัชวาล โอสถานนท์, เดชสิทธิ์ พรรษา, สมนึก พ่วงพรพิทักษ์. การพัฒนาโมดูลของมูเดิ้ลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ครั้งที่ 7; 8-9 กันยายน 2554. มหาสารคาม. หน้า 230-236.

[6] Hinze-Hoare V. HCI and Educational Metrics as Tools for VLE Evaluation. [online]. 13 September 2011; http://arxiv.org/ftp/cs/papers/0604/0604102.pdf

[7] Dix A, Finlay J, Abowd G, Beale R. Human-Computer Interaction. New York Pearson/PrenticeHall 2004.

[8] Machado M, Tao E. Blackboard vs. moodle: Comparing user experience of learning management systems. Proceeding of 37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference; 10-13 October 2007; Milwaukee, WI. S4J-7-S4J-12.

ระบบรายงานการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้

User Login Activity Reporting System

พันเลิศ ภัทรอนุวงศ์ [1]และ เจษฎาพล แสงวิจิตร [2]

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

E-Mail: punlert.p@gmail.com[1], k_kump@hotmail.com[2]

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ.2550 กำหนดให้ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตต้องจัดเก็บข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถตรวจสอบและระบุตัวตนผู้ใช้บริการได้ สำหรับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของสถาบันหนึ่งซึ่งมีผู้ใช้บริการจำนวนกว่า 20,000 คน ได้ดำเนินการจัดเก็บข้อมูลตามพระราชบัญญัติดังกล่าว แต่พบว่ายังไม่มีระบบที่อำนวยความสะดวกในการรายงานการใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เช่น ถ้าต้องการตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งผู้ใช้งานเครือข่าย ณ เวลาหนึ่ง พบว่ายังคงมีความยุ่งยากในการค้นหาข้อมูล

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวผู้พัฒนาจึงนำเสนอระบบที่อำนวยความสะดวกในการตรวจสอบการใช้งานเครือข่ายของผู้ใช้ขึ้น ประกอบด้วยการทำงาน 2 ส่วน คือ ส่วนการประมวลผลล็อกไฟล์ที่เก็บข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้มาซึ่งประวัติการใช้เครือข่ายของผู้ใช้ และ ส่วนรายงานที่แสดงผลเป็นภาพกราฟิกเพื่อระบุตำแหน่งของผู้ใช้บริการที่เข้าใช้งาน ณ เวลาต่างๆ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากดาวเทียมเพื่อช่วยระบุตำแหน่งดังกล่าว

Abstract

As the Computer Crime Act B.E. 2550 requires Internet service providers to store some information for user identification. The number of active users of computer networks of one institute are more than 20,000 people which is high number while there is no supporting system for usage report.

To resolve the problem, we propose a facilitate monitoring system of the network accesses. The system consists of two parts, a user activity processing and a reporting system.

คำสำคัญ

log file

1.บทนำ

ในปัจจุบันการเก็บข้อมูลการใช้บริการเครือข่ายของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตนับว่ามีความสำคัญเนื่องจากพระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ.2550 ในส่วนของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต หมวด 2 มาตรา 26 ได้ระบุไว้ว่า ผู้ให้บริการเครือข่ายต้องเก็บรักษาข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ไว้ไม่น้อยกว่าเก้าสิบวันนับแต่วันที่ข้อมูลนั้นเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ ด้วยเหตุนี้ทางศูนย์คอมพิวเตอร์ของสถาบันจึงจัดให้มีระบบล็อกอินเข้าใช้งานเครือข่ายแก่ผู้ใช้ทุกคน เพื่อเป็นกลไกในการระบุตัวตน โดยข้อมูลดังกล่าวจัดเก็บไว้ในรูปแบบของล็อกไฟล์ตามช่วงเวลาใช้งาน แต่ประเด็นปัญหาที่ตามมา คือ เมื่อเกิดกรณีทางกฎหมายที่ต้องตรวจสอบประวัติการใช้งานเครือข่ายของบุคคลจะทำได้ยากเนื่องจากไม่มีเครื่องมือช่วยคัดกรองสารสนเทศที่ต้องการจากข้อมูลในล็อกไฟล์ออกมา จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้พัฒนาจึงเสนอการพัฒนาระบบเพื่อรายงานประวัติการเข้าใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของสถาบันในประเด็นต่างๆ เช่น การ

ตรวจสอบระยะเวลาการใช้งานของผู้ใช้ ไอพีแอดเดรส และสถานที่ใช้งานเครือข่าย รวมถึงการตรวจสอบการล็อกอินเข้าใช้เครือข่ายซ้ำซ้อนในช่วงเวลาเดียวกัน เป็นต้น เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ดูแลเครือข่ายตรวจสอบประวัติการเข้าใช้เครือข่ายของผู้ใช้ตามบุคคลทำได้โดยสะดวกขึ้น

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานที่เกี่ยวข้อง

พันธ์รัตน์ และ ศิฬาณี [1] ได้นำเสนอการออกแบบระบบสารสนเทศและคลังข้อมูลสำหรับจัดเก็บ log file ของการใช้อินเทอร์เน็ตของข้าราชการกองทัพเรือที่อยู่ในรูป Text-Based File ให้อยู่ในรูปฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และใช้เทคนิค Online - Analytic Processing (OLAP) ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำผลลัพธ์มาใช้ในการวิเคราะห์ สนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศและปรับปรุงระเบียบข้อบังคับในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

2.2 ล็อกไฟล์

ล็อกไฟล์เป็นไฟล์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยอัตโนมัติจากระบบปฏิบัติการหรือโปรแกรม เพื่อทำหน้าที่บันทึกข้อผิดพลาด รวมไปถึงสถานะต่างๆ เช่น ล็อกไฟล์บันทึกข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วยข้อมูลเกี่ยวกับการติดต่อสื่อสารระหว่างระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งแสดงถึงแหลงกำเนิด ต้นทาง ปลายทาง เส้นทาง เวลา วันที่ ปริมาณ ระยะเวลา ชนิดของบริการ เป็นต้น

2.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [2] คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งพิกัดในแผนที่และแผนที่ใน GIS เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลาย จะสามารถนำมาวิเคราะห์ และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้

2.4 Google Maps

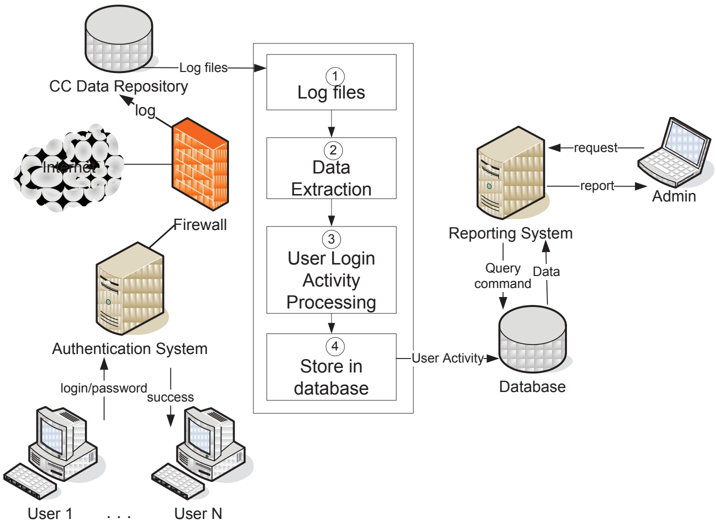
Google Maps เป็นบริการแผนที่แบบ Vector และภาพถ่ายจากดาวเทียมของ Google ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์โดยไม่จำเป็นต้องดาวน์โหลดโปรแกรม ผู้ใช้สามารถสามารถดูแผนที่พื้นฐานหรือแผนที่กำหนดเอง ข้อมูลธุรกิจท้องถิ่น สืบค้นเส้นทางการเดินทาง โดยผู้ใช้สามารถเลื่อน ลด ขยายและกวาดดูแผนที่ได้ รวมไปถึงเปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถกำหนดเลเยอร์เพื่อซ้อนกับแผนที่ การปักหมุดให้กับสถานที่เพื่อกำหนดรายละเอียดต่างๆ นอกจากนี้ ผู้ใช้สามารถนำแผนที่ไปใช้กับเว็บไซต์ของตนเองและพัฒนาต่อยอดเป็น Web Application ที่ต้องการผ่าน Google Maps API [3]

2.5 ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

เป็นมุมมองการออกแบบข้อมูลให้อยู่ในรูปของตารางที่ประกอบด้วยแถวและสดมภ์ ที่มีการกำหนดความสัมพันธ์ของตารางและสามารถจัดการกับข้อมูลในตารางด้วยลักษณะของแถวและสดมภ์ได้ ซึ่งในปัจจุบันมีเครื่องมือที่ออกแบบมาให้เหมาะกับการจัดการฐานข้อมูล เช่น MySQL เป็นต้น [4]

3. รายละเอียดการพัฒนา

3.1 ภาพรวมของระบบ



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบโดยรวม

รูปที่ 1 แสดงภาพรวมของการใช้บริการเครือข่าย โดยผู้ใช้ทุกคนต้องทำการล็อกอินผ่านระบบยืนยันตัวตนก่อน ข้อมูลการสื่อสารที่เกิดขึ้นระหว่างภายในและภายนอกของสถาบันจะมีการส่งผ่านไฟร์วอลล์และไฟร์วอลล์จะทำการบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไว้ในล็อกไฟล์ ข้อมูลในล็อกไฟล์แต่ละระเบียนประกอบไปด้วย ชื่อผู้ใช้งาน (UID) ไอพีแอดเดรส พอร์ตต้นทาง พอร์ตปลายทาง วันและเวลาที่ใช้เครือข่าย โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสาร และอื่นๆจำนวนมาก

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบรายงานการเข้าใช้เครือข่ายแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนประมวลผลล็อกไฟล์ และ ส่วนของเว็บแอพพลิเคชันที่ใช้แสดงรายงาน ส่วนของการประมวลผลล็อกไฟล์มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. นำล็อกไฟล์มาจาก Data Repository โดยข้อมูลในล็อกไฟล์ประกอบไปด้วยระเบียนข้อมูลต่างๆทีมีฟิลด์จำนวนมาก แต่ละฟิลด์มีความหมายเฉพาะและถูกแยกด้วยเครื่องหมายคอมมา ตัวอย่างของข้อมูลแสดงดังรูปที่ 2

```
2010-09-15T15:03:31+07:00 hfw 1,2010/09/15 15:03:30,0005A100239,
TRAFFIC,start,34,2010/09/15 15:03:29,192.168.2.42,10.120.0.2,0.0.0.0,
0.0.0.0,Out_any_alow_knownuser,5035511036,,web-browsing,vsys1,InHY,
OutHY,ethernet1/2,ethernet1/3,PSU Log Forward,2010/09/15 15:03:29,
1028472,1,55966,80,0,0,0x20,tcp,allow,826,826,826,4,2010/09/15
15:03:30,0,any,0.
```

รูปที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลในล็อกไฟล์ 1 ระเบียน

2. เนื่องจากในระเบียนข้อมูลประกอบไปด้วยฟิลด์ข้อมูลจำนวนมากที่ไม่จำเป็นในการนำมาใช้กับระบบ จึงต้องมีการสกัดข้อมูลตัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นในการนำมาประมวลผลเพื่อหาประวัติการเข้าใช้งานเครือข่ายทิ้งไป ในส่วนนี้ต้องการเฉพาะฟิลด์ระบุข้อมูลของชื่อผู้ใช้ วันที่และเวลาที่ใช้เครือข่าย ไอพีแอดเดรสต้นทาง

3. รับข้อมูลที่ผ่านการสกัดมาประมวลผลเพื่อหาประวัติการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้แต่ละบุคคล และ การเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ซ้ำซ้อนของผู้ใช้คนเดียวกันที่เกิดในช่วงเวลาทับซ้อน ขั้นตอนวิธีที่ใช้แสดงดังรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 ตามลำดับ

```
Algorithm UserLoginActivity
// input logrecUID[1..n] (UID, DateTime, SrcIP)
// output  activity (UID, startDateTime, endDateTime, IPaddr)
1. initial timeout = 900
2. if logrecUID is the first record of the UID then
3.    startDateTime = DateTime
4.    endDateTime = NULL
5.    IPaddr = DrcIP
6. else if (UnixTimeStamp(DateTime – startDateTime) < timeout)
then
7.    endDateTime = DateTime
8.  else if (endDateTime != NULL) then
9.     insert activity to database
10.else
11.     endDateTime = startDateTime + timeout
12.     insert activity to database
13. end
```

รูปที่ 3 ขั้นตอนวิธีในการหาประวัติการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้

ในขั้นตอนวิธีสำหรับหาประวัติการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ อาศัยข้อกำหนดที่สถาบันได้กำหนดไว้ คือ ภายหลังจากผู้ใช้ทำการล็อกอินเข้าใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หากไม่มีข้อมูลถูกส่งผ่านเครือข่ายในระยะเวลา 15 นาที หรือ 900 วินาที ระบบยืนยันตัวตนจะบังคับให้ผู้ใช้ออกจากการใช้งาน จากข้อกำหนดดังกล่าวจึงสามารถประยุกต์ใช้ในกระบวนการหาระยะเวลาสิ้นสุดการใช้เครือข่ายของผู้ใช้ได้

```
Algorithm DuplicateLogin
// input logrecUID[1..n] (UID, DateTime, SrcIP)
//output DuplicateLoginData (UID, startDateTime, endDateTime,
IPaddr)
1. if (UID variable is created and Source IP does not match) then
2.     insert DuplicateLoginData to database
3. end
```

รูปที่ 4 ขั้นตอนวิธีในการตรวจสอบการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ซ้ำซ้อน

4. ข้อมูลการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้แต่ละคนถูกส่งไปเก็บยังตารางในฐานข้อมูลที่ระบบรายงานการเข้าใช้เครือข่ายได้สร้างขึ้น ส่วนของข้อมูลการเข้าใช้เครือข่ายซ้ำซ้อนจะมีการส่งไปเก็บยังตารางที่มีการแยกตามเดือน

ส่วนของเว็บแอพพลิเคชันสำหรับรายงานการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนการค้นหาประวัติการใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วยฟอร์มสำหรับป้อนรายละเอียด คือ ชื่อผู้ใช้งานที่ต้องการค้นหา ช่วงของวันและเวลาที่ต้องการ เมื่อสั่งให้ระบบทำงานจะมีการแสดงผลตำแหน่งของสถานที่ที่ใช้เครือข่ายแทนด้วยหมุดบน Google Map และมีตารางข้อมูลแสดงรายละเอียดประกอบ ได้แก่ ชื่อผู้ใช้งาน วันที่และเวลาการเข้าใช้และออกจากเครือข่าย ไอพีแอดเดรส และ ชื่อสถานที่ใช้งานของผู้ใช้

ข้อมูลสถานที่ซึ่งแสดงบนตารางข้อมูลหาได้จากการนำข้อมูลเครือข่ายภายในของสถาบันมาช่วยในการค้นหา โดยเก็บข้อมูลไว้ในตารางของฐานข้อมูล เมื่อต้องการระบุสถานที่จะใช้ไอพีแอดเดรสทำการหาว่าอยู่ในช่วงระหว่าง Start และ End ของสถานที่ใด เมื่อพบผลลัพธ์จึงแสดงข้อมูลชื่อสถานที่ ตัวอย่างของข้อมูลเครือข่ายภายในสถาบันแสดงดังรูปที่ 5

หน่วยงาน	Prefix	Start	End
วิทยาการคอมพิวเตอร์	172.16.0.0/ 16	172.16.0.1	172.16.255.255
วิทยาการจัดการ	172.17.0.0/ 16	172.17.0.1	172.17.255.255
วิทยาศาสตร์	172.18.0.0/ 16	172.18.0.1	172.18.255.255
แพทยศาสตร์	172.19.0.0/ 16	172.19.0.1	172.19.255.255

รูปที่ 5 ตัวอย่างข้อมูลเครือข่ายภายในของสถาบัน

ในส่วนของการแสดงหมุดเพื่อระบุตำแหน่งบนแผนที่จะต้องมีการรวบรวมค่าของละติจูดและลองติจูดของแต่ละสถานที่ภายในสถาบันเก็บไว้ในฐานข้อมูล จากนั้นเมื่อนำค่าไอพีแอดเดรสมาหาตำแหน่งได้ก็จะใช้ค่าละติจูดและลองติจูดของสถานที่นั้นทำการปักหมุดบนแผนที่ด้วยคำสั่งของ Google Map API

id	name	lat	lng
1	ศูนย์ประชุม	7.001890	100.505119
3	ทรัพยากรธรรมชาติ	7.005245	100.499603
4	วิศวกรรมศาสตร์	7.006789	100.500999
5	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	7.007279	100.502037
6	วิทยาการคอมพิวเตอร์	7.007689	100.499870

รูปที่ 6 ตัวอย่างข้อมูลพิกัดของสถานที่ภายในสถาบัน

2. ส่วนการแสดงข้อมูลผู้ใช้ที่ล็อกอินเข้าใช้เครือข่ายซ้ำซ้อนในช่วงเวลาเดียวกัน จะทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลออกมาแสดงในรูปตารางตามเดือน

3.3 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบรายงานการเข้าใช้เครือข่ายไม่สามารถตรวจสอบการใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เกิดขึ้นเฉพาะภายในสถาบันได้เนื่องจากไม่ได้มีการเก็บล็อกไฟล์ที่เป็นการสื่อสารภายในของสถาบันไว้

4. การทดสอบการใช้งาน

4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ระบบรายงานการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ทุกคนพัฒนาบนระบบปฏิบัติการ Linux Ubuntu โดยใช้ภาษา HTML และ PHP ในการพัฒนาร่วมกับ JavaScript และใช้ฐานข้อมูล MySQL สำหรับเก็บข้อมูล

4.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

เมื่อทำการสั่งรันสคริปส์การทำงานเพื่อประมวลผลล็อกไฟล์เสร็จสิ้น ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าสู่ระบบรายงานการเข้าใช้เครือข่ายได้ผ่านเบราว์เซอร์ แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การเรียกดูประวัติการเข้าใช้เครือข่ายของผู้ใช้เป็นรายบุคคล แบ่งเป็นการค้นหาแบบวันเดียวและหลายวัน สำหรับการค้นหาแบบวันเดียวสามารถระบุชื่อผู้ใช้ที่ต้องการค้นหาข้อมูล วันที่ และ เวลา ส่วนการค้นหาแบบหลายวันต้องระบุช่วงของวันที่ที่ต้องการทราบข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 7 และรูปที่ 8

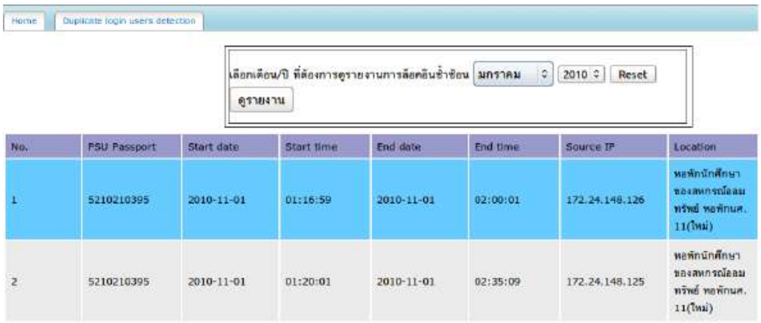
รูปที่ 7 หน้าจอค้นหาประวัติการเข้าใช้เครือข่ายแบบวันเดียว

รูปที่ 8 หน้าจอค้นหาประวัติการเข้าใช้เครือข่ายแบบหลายวัน

รูปที่ 9 ผลลัพธ์การค้นหาประวัติการเข้าใช้เครือข่ายของผู้ใช้

ผลลัพธ์การทำงานของระบบจะแสดงตำแหน่งของผู้ใช้แทนด้วยหมุดและมีหมายเลขนับจำนวนครั้งของการเข้าใช้งาน ประกอบกับตารางแสดงรายละเอียดที่มีข้อมูล คือ วันและเวลาการเริ่มใช้งานเครือข่าย วันและเวลาสิ้นสุดการใช้เครือข่าย ไอพีแอดเดรส และ สถานที่ใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 9

2. การตรวจสอบการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ซ้ำซ้อนในช่วงเวลาเดียวกัน ทำได้โดยการระบุเดือนและปีที่ต้องการดูรายงาน ผลลัพธ์จะแสดงข้อมูลในรูปแบบตาราง ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ผลลัพธ์การตรวจสอบการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ซ้ำซ้อน

จากการทดสอบด้วยการใช้งานจริง พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ แต่อาจประสบปัญหาในการตรวจสอบประวัติการใช้งานของผู้ใช้ในรูปแบบแผนที่ทางอากาศเล็กน้อย เนื่องจากบางส่วนของภาพถ่ายอาจถูกปกคลุมด้วยเมฆ ส่งผลให้ไม่สามารถเห็นรายละเอียดของพื้นที่ แต่แก้ไขได้ด้วยการกำหนดให้ระบบแสดงผลในรูปแบบแผนที่ปกติ

5. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอระบบรายงานการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ทุกคน จัดทำขึ้นเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ดูแลระบบในการเข้าถึงข้อมูลการใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทั้งการตรวจสอบประวัติการเข้าใช้เครือข่ายของผู้ใช้และการตรวจสอบการเข้าใช้เครือข่ายซ้ำซ้อนของผู้ใช้คนเดียวกัน นำเสนอในรูปแบบของเว็บแอพพลิเคชันที่มีการใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมาช่วย

5.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

การพัฒนาระบบรายงานการเข้าใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ทุกคน ยังไม่สามารถแสดงผลลัพธ์ข้อมูลการเข้าใช้เครือข่ายในรูปแบบแผนที่ดาวเทียม เมื่อมีการกำหนดให้แสดงข้อมูลจำนวนมากได้ดีเท่าที่ควร ทำให้ผู้ใช้อาจเกิดความสับสน

แนวทางในการพัฒนาระบบในอนาคต นั้นจะมุ่งเน้นในส่วนของการแสดงผลข้อมูลให้มีความสมบูรณ์ และปรับปรุงระบบให้มีความสวยงาม ใช้งานได้ง่าย

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้พัฒนาระบบขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนช่วยสนับสนุนการทำโครงงานนี้ ได้แก่ ผศ.ดร.นิษฐิดา เอลซ์ คุณพรพิทักษ์ สันติภาพถาวร และ คุณวิภัทร ศรุติพรหม ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลในการทำงาน และให้คำปรึกษาต่างๆ เป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] พันธ์รัตน์ และ ศิฬาณี. “ระบบคลังข้อมูลจาก Log File ของการใช้อินเทอร์เน็ต.” The 5th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT 2009), 2009

[2] GIS [Online]. Available From http://gisthia.org [2010, 20 July]

[3] Google API [Online]. Available From http://code .google.com/apis/maps/index.html [2010, 20 July]

[4] ลาภลอย วานิชอังกูร ,การออกแบบฐานข้อมูล , กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช , 2553: 438-452, 449

การตรวจจับ Malware สำหรับระบบตรวจสอบสถานะเว็บไซต์

อนุวัตร สมบุญ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
anuwat.sombun@nectec.or.th

บุญชัย งามวงศ์วัฒนา
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
boonchai.ngamwongwatana@nectec.or.th

บทคัดย่อ

เว็บไซต์เป็นสื่อสารสนเทศที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง สำหรับการดำเนินงานของหน่วยงานและองค์กรต่างๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจสอบ เพื่อให้แน่ใจได้ว่าเว็บไซต์ทำงานได้อย่างถูกต้องและตลอดเวลา ระบบตรวจสอบสถานะเว็บไวต์ (Website Monitoring System) เป็นเครื่องมืออันหนึ่งที่ช่วยให้การตรวจสอบเว็บไซต์ทำได้อย่างอัตโนมัติ ง่ายขึ้น และสะดวกขึ้น เมื่อเกิดปัญหาขึ้นกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์หรือเมื่อผู้ใช้งานไม่สามารถเข้าถึงเว็บไซต์ได้ ก็จะมีการแจ้งเตือนออกมาเพื่อให้ผู้ดูแลเข้าไปตรวจสอบและแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญอีกอันหนึ่งในปัจจุบัน คือเรื่องของการถูกจู่โจมจากผู้ไม่หวังดี ซึ่งเจาะเข้าไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ แล้วทำการแก้ไขดัดแปลงหน้าเว็บให้ทำหน้าที่กระจาย Malware โดยเมื่อผู้ใช้งานเข้าชมหน้าเว็บก็จะได้รับ Malware เข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้เกิดความเสียหายต่อผู้ใช้งานเป็นจำนวนมากได้ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความเสียหายต่อเจ้าของเว็บไซต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางธุรกิจ ความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นรวมถึง การสูญเสียความน่าเชื่อถือ การสูญเสียลูกค้า และการสูญเสียรายได้ ด้วยเล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวข้างต้น ทีมวิจัยจึงได้พัฒนาระบบการตรวจจับ Malware เพื่อเป็นการเพิ่มขีดความสามารถให้ระบบตรวจสอบสถานะเว็บไซต์ ให้สามารถตรวจสอบสถานะหน้าเว็บและตรวจจับ Malware ได้ในคราวเดียวกัน

Abstract

Websites are a very efficient communication method for companies and organizations. Therefore, it is very important to check and ensure the availability of the website at all times. Website monitoring system is a tool that can automate the process of checking the availability, making it easier and more convenient. If a server goes down or it is not accessible, the system can send an alert notification so that the administrator can check and solve the problem promptly. However, besides the availability, another important issue that can affect websites today is malware attacks. A hacker can penetrate into the server and modify web pages, making them as malware distributor. When users access such web pages, they can be infected by the malware. This can also has a great impact for the website's owner, causing loss of revenues, trust, and customers. In order to deal with this problem, we develop a method for detecting malware that can increase the capability of the website monitoring system.

คำสำคัญ

Website Monitoring, Malware Detection

1. บทนำ

ปัจจุบันเว็บไซต์เป็นสื่อสารสนเทศที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง สำหรับการดำเนินงานของหน่วยงาน และองค์กรต่างๆ รวมถึงทำให้เกิดการซื้อขายสินค้าหรือการให้บริการแบบออนไลน์ เมื่อเกิดปัญหาที่ผู้ใช้งานไม่สามารถเข้าใช้งานเว็บไวต์ได้ เราจะทราบได้อย่างไรว่าเกิดปัญหาขึ้นแล้ว เพื่อที่จะได้ทำการแก้ไขได้อย่างรวดเร็วและทันท่วงที และจำกัดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ ระบบตรวจสอบสถานะเว็บไวต์ (Website Monitoring System) จึงเป็นงานที่สำคัญงานอันหนึ่ง ที่ทำหน้าที่คอยเฝ้าระวังตรวจสอบและแจ้งเตือนเมื่อพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้น ด้วยเล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวข้างต้น ทีมวิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนา ระบบตรวจสอบสถานะเว็บไซต์พร้อมการแจ้งเตือนอัตโนมัติ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้งานจริงของผู้ดูแลระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบให้เป็นแบบ Software as a Service คือผู้ดูแลระบบจึงไม่จำเป็นทำการติดตั้ง หรือมีขั้นตอนที่ยุ่งยากในการใช้งานระบบตรวจสอบแต่อย่างไร เพียงแค่การหนดค่าต่างๆผ่านทาง Control Panel ที่ได้ออกแบบเป็น Web Interface ก็สามารถทำให้ระบบสามารถทำการตรวจสอบได้อย่างอัตโนมัติ และเมื่อใดที่พบปัญหา ระบบก็จะทำการแจ้งเตือนอัตโนมัติ ได้ผ่านทางทั้ง Email หรือ SMS โดยเหตุการต่างๆที่เกิดขึ้นจะได้รับการบันทึกลงในฐานข้อมูล เพื่อให้สามารถนำมาประเมินผลการทำงาน (Service Level Agreement) ได้อีกด้วย ดังนั้นระบบที่พัฒนาขึ้นจึงสามารถช่วยลดขั้นตอนการทำงานของผู้ดูแลระบบ และยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้

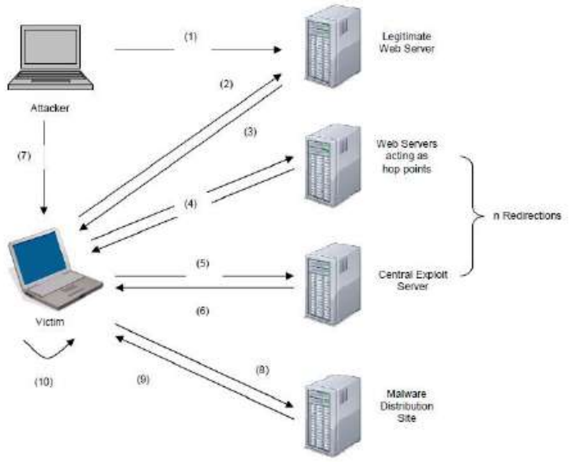
ในส่วนของการตรวจสอบสถานะการทำงานของเว็บไซต์ หรือที่เรียกว่า Availability จะใช้เทคนิคของการส่ง Probe ในรูปแบบของ HTTP Request ไปยังหน้าเว็บ แล้วดูการตอบสนองว่าถูกต้องหรือไม่ โดยผลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยว่าปัญหาเกิดจากสาเหตุใด ในส่วนของการตรวจสอบเว็บไซต์นั้น ปัญหาที่สำคัญอีกอันหนึ่งในปัจจุบัน คือเรื่องของการถูกจู่โจมจากผู้ไม่หวังดี ซึ่งเจาะเข้าไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ แล้วทำการแก้ไขดัดแปลงหน้าเว็บให้ทำหน้าที่กระจาย Malware โดยเมื่อผู้ใช้งานเข้าชมหน้าเว็บก็จะได้รับ Malware เข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้เกิดความเสียหายต่อผู้ใช้งานเป็นจำนวนมากได้ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความเสียหายต่อเจ้าของเว็บไซต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางธุรกิจ ความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นรวมถึง การสูญเสียความน่าเชื่อถือ การสูญเสียลูกค้า และการสูญเสียรายได้ เป็นต้น ดังนั้นระบบที่พัฒนาขึ้นจึงได้มีการเพิ่มเติมความสามารถในส่วนของการตรวจจับ Malware ด้วย โดยเมื่อมีการตรวจสอบสถานะของหน้าเว็บก็จะทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วยว่า มีลักษณะเฉพาะที่อาจจะถูกแก้ไขโดยเพิ่มเพื่อการการกระจาย Malware หรือไม่ เพื่อแจ้งให้ผู้ดูแลระบบเข้ามาตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ดังที่ได้กล่าวถึงข้างต้น เว็บไซต์เป็นสื่อสารสนเทศที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการดำเนินงานของหน่วยงาน และองค์กรต่างๆ การตรวจสอบสถานะสถานะการทำงานของเว็บไซต์เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะเว็บไซต์และตรวจจับ Malware เรามีจุดมุ่งหมายเพื่อสนองต่อความต้องการของหน่วยงานและองค์กรขนาดกลาง-เล็กต่างๆ ที่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรและบุคลากร เราได้พัฒนาระบบในแบบของ Software as a Service ที่สามารถใช้งานง่าย โดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องทำการติดตั้งระบบแต่อย่างไร ผลที่ได้จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับหน่วยงาน โดยระบบสามารถช่วยลดภาระในการตรวจสอบ และยังสามารถแจ้งเตือนเมื่อเกิดปัญหาขึ้นได้อย่างอัตโนมัติเพื่อการแก้ปัญหาได้อย่างทันท่วงที

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Malware ย่อมาจาก Malicious Software ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีจุดประสงค์ร้ายในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องด้วยในปัจจุบันมีการใช้งานอินเทอร์เน็ตกันอย่างแพร่หลาย จึงมีการกระจาย Malware ส่วนใหญ่อยู่บนเว็บไซต์ต่างๆ เมื่อมีการเข้าชมเว็บไซต์ที่มีการเชื่อมต่อกับการกระจาย Malware มันก็ถูกดึงมาติดตั้งลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่ผู้ใช้งานไม่ต้องการ ไม่ยินยอม หรือไม่ทราบด้วยว่าได้แอบทำงานอยู่แล้ว จุดประสงค์และการทำงานของ Malware แตกต่างกันไป เช่น เพื่อดึงโปรแกรม Virus มาลงบนเครื่อง เพื่อให้เกิดความเสียหาย หรือเพื่อเก็บข้อมูลสำคัญของผู้ใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วส่งออกไป เป็นต้น การกระจาย Malware จากเว็บไซต์ต่างๆ เกิดจากผู้ดูแลเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ไม่ได้มีการติดตั้งระบบรักษาความปลอดภัยอย่างเพียงพอ ทำให้เกิดช่องโหว่หรือจุดอ่อนที่ผู้ไม่หวังดี (Attacker) สามารถเข้าถึงระบบและทำการแก้ไขดัดแปลงส่วนใดส่วนหนึ่งได้ รูปที่ 1 แสดงการกระจาย Malware หรือที่เรียกว่า Drive-By Download Attack ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการกระจาย Malware แบบ Drive-By Download Attack

1. ผู้ไม่หวังดี (Attacker) อาศัยช่องโหว่ในการเข้าถึงเครื่องเซิร์ฟเวอร์ของเว็บไซต์ทั่วไป เพื่อเพิ่มชุดคำสั่ง หรือ Script บนหน้าเว็บ
2. ผู้ใช้เข้าชมหน้าเว็บที่ถูกแก้ไขด้วยผู้ไม่หวังดี

3. เว็บเซิร์ฟเวอร์ทำงานตามชุดคำสั่ง หรือมีการเชื่อมต่อหลายครั้งไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์อื่นเพื่อดึงชุดคำสั่งอีกทอดหนึ่ง
4. จากนั้นชุดคำสั่งจึงทำการดึง Malware มาติดตั้งลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่ผู้ใช้งานไม่ได้ตั้งใจหรือไม่ทราบ

จากขั้นตอนที่กล่าวถึงข้างต้น จะเห็นได้ว่าเว็บไซต์ที่ให้บริการทั่วไป หรือเป็นที่น่าเชื่อถือ ก็สามารถเป็นแหล่งกระจาย Malware ได้โดยง่าย โดยที่เจ้าของหรือผู้ดูแลเว็บไซต์อาจจะไม่ทราบเลย หรือจะทราบก็ต่อเมื่อเกิดความเสียหายต่อผู้เข้าชมเว็บไซต์เป็นจำนวนมากแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางธุรกิจ ความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นรวมถึง การเสียความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ การสูญเสียลูกค้า และการสูญเสียรายได้ เป็นต้น ดังนั้น สำหรับผู้ดูแลเครื่องเซิร์ฟเวอร์และเว็บไซต์ต่างๆ แล้ว นอกเหนือจากการตรวจสอบการให้บริการในด้านความถูกต้องและต่อเนื่อง (หรือ Availability) แล้ว ยังต้องมีมาตรการในการที่จะตรวจสอบการให้บริการที่ปราศจาก Malware ด้วย

สำหรับการป้องกัน Malware ระบบที่ได้ความนิยมอันหนึ่งคือ Google Safe Browsing [1] โดยปกติแล้วระบบของ Google จะมีการเก็บข้อมูลจากเว็บไซต์ต่างๆด้วยวิธีการ Crawling อยู่แล้ว จึงได้มีการสร้างระบบ Blacklist ของเว็บไซต์ที่เข้าข่ายเป็นการกระจาย Malware ขึ้น โดยนักพัฒนาโปรแกรมสามารถใช้ระบบของ Google Safe Browsing ในการตรวจสอบเว็บไซต์ที่อาจจะมีการการะจาย Malware ได้ นอกจากนี้ โปรแกรม Browser ต่างๆ เช่น Firefox ก็มีการเชื่อมต่อกับระบบของ Google Safe Browsing เช่นกัน เพื่อแจ้งเตือนให้กับผู้ใช้งานก่อนที่จะเข้าชมเว็บไซต์ที่อยู่ใน Blacklist อย่างไรก็ตาม การป้องกันการกระจาย Malware ด้วยวิธีการ Blacklist ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่ในประเด็นดังนี้ คือ เรื่องของความถูกต้องแม่นยำ (Quality) ความครอบคลุม (Coverage) และ เวลาที่ใช้ในการค้นพบ (Discovery) เว็บไซต์ที่เข้าข่ายเป็นการกระจาย Malware และถูกรวมเข้าไปอยู่ใน Blacklist แม้ว่าระบบของ Google จะมีการสำรวจเว็บไซต์ต่างๆอยู่สม่ำเสมอ แต่จากงานวิจัยโดย [2] พบว่า Google อาจจะใช้เวลามากถึง 12 วันในการค้นพบเว็บไซต์ที่เข้าข่ายเป็นการกระจาย Malware ก่อนที่จะถูกเก็บเข้าไปใน Blacklist ดังนั้นจึงมีช่องว่างของช่วงเวลาที่เว็บไซต์หนึ่งจะทำการกระจาย Malware ไปยังผู้ใช้งานได้อยู่เสมอ

4. รายละเอียดการพัฒนา

ในการพัฒนาระบบระบบตรวจสอบสถานะเว็บไซต์และตรวจจับ Malware เรามีจุดมุ่งหมายหลักในการแจ้งเตือนผู้ดูแลว่า เว็บไซต์ที่ตรวจสอบอาจจะถูกแก้ไขและน่าสงสัยว่าเป็นแหล่งกระจาย Malware เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถทำการตรวจสอบและดำเนินการได้อย่างทันท่วงที ดังนั้นการนำระบบของ Google Safe Browsing มาใช้งานโดยตรงจึงไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เว็บไซต์ของหน่วยงาน หรือองค์กรขนาดเล็ก ที่มีผู้เข้าชมน้อย การตรวจสอบจากระบบของ Google Safe Browsing ก็จะใช้เวลานาน ก่อนที่จะค้นพบเว็บไซต์ที่น่าสงสัยและถูกรวมเข้าอยู่ใน Blacklist ดังนั้น เราจึงได้พัฒนาระบบการวิเคราะห์หน้าเว็บ (Page Analysis) ขึ้น โดยเมื่อระบบการตรวจสอบสถานะของเว็บไซต์ทางด้าน Availability จะทำการส่ง HTTP Request ไปยังหน้าเว็บที่ตรวจสอบตามช่วงเวลาที่กำหนด ระบบก็จะทำการตรวจสอบและประมวลผลส่วนของหน้าเว็บที่ได้รับจากเซิร์ฟเวอร์ในคราวเดียวกัน ว่ามีส่วนประกอบที่อาจจะเป็นการกระจาย Malware หรือไม่ ด้วยวิธีการนี้ จึงทำให้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแจ้งเตือนปัญหาเกี่ยวกับ Malware ให้กับผู้ดูแลได้อย่างรวดเร็ว

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นจะทำการตรวจสอบสถานะของเว็บไซต์ด้วย Service HTTP หรือ HTTPS โดยการส่ง HTTP Request ไปยังหน้าเว็บหรือ URL ที่ต้องการตรวจสอบ เมื่อได้รับการตอบกลับด้วย HTTP Response ก็จะทำการแปลความหมายของสถานะของหน้าเว็บ ก่อนที่จะนำผลที่ได้บันทึกลงบนฐานข้อมูล ในด้านความปลอดภัย เนื่องจากปัจจุบัน หน้าเว็บสามารถถูกผู้ไม่หวังดีทำการแก้ไขให้เป็นแหล่งกระจาย

ตารางที่ 1 ตัวอย่าง Tags สำคัญต่างๆที่ถือว่าเป็นอันตรายต่อการเชื่อมต่อไปสู่ Malware

Tags	ความเสี่ยงต่อการเชื่อมต่อไปสู่ Malware
IFRAME	Tag นี้ใช้ในการจัดหน้าเว็บซึ่งประกอบด้วยหลายๆ หน้าเว็บย่อย โดยอาจจะถูกใช้ในการเชื่อมต่อไปสู่ Malware ได้ ดังตัวอย่างเช่น <iframe src="http://malwaresite" width=0 height=0></iframe>
IMG	Tag นี้ใช้ในการแสดงรูปภาพบนหน้าเว็บ โดยอาจจะถูกใช้ในการเชื่อมต่อไปสู่ Malware ได้ ดังตัวอย่างเช่น <img height=0 width=0 src="http://malwaresite/bad.gif">
META	Tag นี้ใช้ในการบรรยายข้อมูลเกี่ยวกับหน้าเว็บ โดยอาจจะถูกใช้ในการเชื่อมต่อไปสู่ Malware ได้ ดังตัวอย่างเช่น <meta http-equiv="refresh" content="0;url=javascript: malware code">
SYTLE	Tag นี้ใช้ในการกำหนดค่าต่างๆ เกี่ยวกับหน้าเว็บ โดยอาจจะถูกใช้ในการเชื่อมต่อไปสู่ Malware ได้ ดังตัวอย่างเช่น <style type="text/css">body {background-image:url(javascript: open('http://malware'))}</style>
EMBED	Tag นี้ใช้ในการส่งไฟล์เสียงหรือภาพบนหน้าเว็บ โดยอาจจะถูกใช้ในการเชื่อมต่อไปสู่ Malware ได้ ดังตัวอย่างเช่น <embed src="http://malware/bad.swf" width="560" height="100"></embed>
OBJECT	Tag นี้ใช้ในการส่งไฟล์เสียงหรือภาพเช่นเดียวกับ Tag EMBED โดยอาจจะถูกใช้ในการเชื่อมต่อไปสู่ Malware ได้ ดังตัวอย่างเช่น <object data="javascript: malware code;"></object>
SCRIPT	Tag นี้เป็นการเรียกใช้ Javascript บนหน้าเว็บ โดยสามารถที่ถูกสั่งให้ทำงานอะไรก็ได้ หรือแม้แต่การเข้ารหัสเพื่อให้การวิเคราะห์ทำได้ยาก เช่น http://%77%2E%65%35%78%38%2E%63%6F%6D/js.js = http://w.e5x8.com/js.js

Malware ได้ โดยอาศัยช่องโหว่ต่างๆบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เราจึงพัฒนาระบบการตรวจสอบเว็บไซต์ให้มีความสามารถทางด้านการตรวจจับ Malware เพิ่มเติมด้วย โดยเมื่อมีการตรวจสอบสถานะของหน้าเว็บแล้ว ก็จะทำการวิเคราะห์หน้าเว็บต่อไปในคราวเดียวกัน ว่ามีความผิดปกติทางด้านความปลอดภัยหรือไม่

หลักการทั่วไปของการวิเคราะห์หน้าเว็บ (Page Analysis) สำหรับการตรวจจับ Malware จะเป็นการตรวจสอบเนื้อหาของหน้าเว็บในส่วนของ HTML และ Script ต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ว่ามีลักษณะเฉพาะที่เข้าข่ายจะเป็นการกระจาย Malware หรือไม่ โดยประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับการทำ Machine Learning เพื่อให้สามารถตีความ HTML Tags และ Properties ต่างๆว่าจะสามารถทำการประเมินผลได้อย่างถูกต้องหรือไม่ ตัวอย่าง Tags สำคัญต่างๆ ที่ถือว่าเป็นอันตรายที่อาจจะเชื่อมต่อไปสู่ Malware แสดงดังตารางที่ 1

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

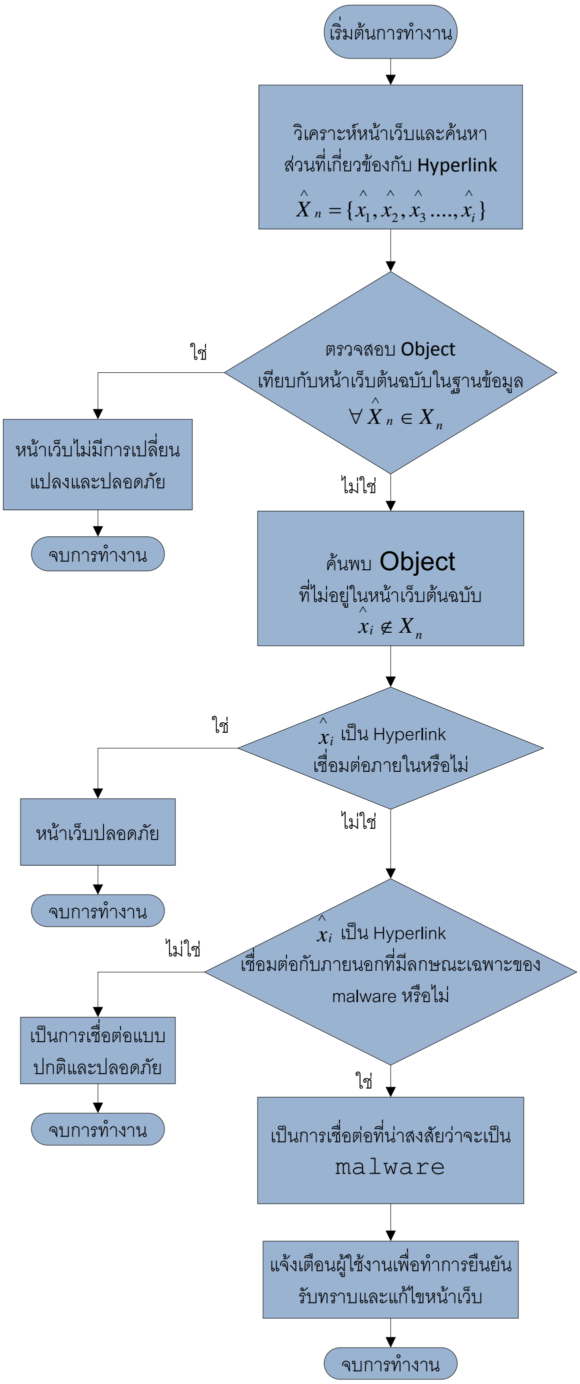
ระบบที่ได้พัฒนาขึ้นในการตรวจจับ Malware นั้น ใช้หลักการของ Page Analysis เช่นกัน แต่เป็นวิธีการที่แตกต่างกันดังนี้คือ การทำ Page Analysis โดยทั่วไปนั้น จะทำการวิเคราะห์หน้าเว็บหรือ URL ใดๆ ก็ได้ เพื่อหาลักษณะเฉพาะแล้วทำการประเมินว่ามีลักษณะของการกระจาย Malware หรือไม่ แต่วิธีการที่เราพัฒนาขึ้นสำหรับระบบตรวจสอบสถานะนั้น อยู่บนพื้นฐานที่แตกต่างกันว่าผู้ใช้งานได้ทำการลงทะเบียนโดยแจ้งหน้าเว็บที่ต้องการจะตรวจสอบไว้ก่อน ดังนั้นระบบจึงถือว่ามีหน้าเว็บต้นฉบับที่ไม่มี Malware อยู่ก่อน โดยในการตรวจสอบสถานะของหน้าเว็บครั้งต่อๆ ไป จึงสามารถนำข้อมูลหน้าเว็บ ณ ปัจจุบัน มาเปรียบเทียบกับหน้าเว็บต้นฉบับได้ อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้มีความท้าทายอยู่ที่ว่า หน้าเว็บที่เป็น Dynamic Page ที่มีการใช้ Server Side Script เช่น PHP เป็นต้น จะมีเนื้อหาของ

หน้าเว็บที่เปลี่ยนไปมาอยู่เสมอ ดังนั้น จึงไม่สามารถใช้เพียงการตรวจสอบระหว่างหน้าเว็บ ณ ปัจจุบันกับต้นฉบับได้

เนื่องจากหน้าเว็บที่ถูกแก้ไขให้กระจาย Malware นั้นจะมีลักษณะเฉพาะคือ มีการเพิ่ม Hyperlink แปลกปลอมเพิ่มเชื่อมต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์อีกทอดหนึ่ง เพื่อดึง Malware มาลงบนเครื่องของผู้ใช้งาน ดังนั้นสิ่งที่ถูกแก้ไขหรือเพิ่มมานั้นจะต้องปรากฏอยู่ใน Source Code ของหน้าเว็บ ดังนั้นวิธีการที่เราพัฒนาขึ้นจึงไม่ได้ใช้การตรวจสอบหน้าเว็บ ณ ปัจจุบันเปรียบเทียบกับต้นฉบับ โดยมีหลักการทำงานโดยย่อดังนี้ เมื่อผู้ดูแลระบบทำการลงทะเบียนหน้าเว็บใดหน้าหนึ่งระบบจะทำการวิเคราะห์และค้นหาทุกส่วนที่เกี่ยวข้องเป็น Hyperlink โดยแต่ละส่วนจะถือว่าเป็นหนึ่ง Object เช่นหนึ่งหน้าเว็บ X_n จะประกอบด้วย $\{x_1, x_2, x_3, \ldots\}$ ส่วนนี้จะถูกเก็บอยู่ในฐานข้อมูล เมื่อมีการตรวจสอบหน้าเว็บครั้งต่อไป ก็จะมีการทำงานเช่นเดียวกัน คือมีการวิเคราะห์หาส่วนที่เกี่ยวข้องเป็น Hyperlink โดยจะได้เป็น $\hat{X}_n = \{\hat{x}_1, \hat{x}_2, \hat{x}_3, \ldots\}$ จากนั้นจะทำการตรวจสอบ โดยส่วนของ $\hat{x}_i$ ที่เป็นสมาชิกของ X_n (หรือ $\hat{x}_i \in X_n$) คือไม่ได้มีการถูกแก้ไขและปลอดภัย สำหรับส่วนของ $\hat{x}_i$ ที่ไม่เป็นสมาชิกของ X_n (หรือ $\hat{x}_i \notin X_n$) คือส่วนที่น่าสงสัยว่าอาจจะถูกแก้ไขหรือถูกเพิ่มเข้า ส่วนนี้จะถูกนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติม เช่น ถ้า $\hat{x}_i$ เป็น Hyperlink ที่เชื่อมต่ออยู่ภายใน หรือเชื่อมต่อกับเว็บไซต์ที่อยู่ใน White List ถือว่ามีความปลอดภัย ถ้าเป็นการเชื่อมต่อไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์อื่นๆ หรือมีลักษณะที่มีลักษณะเข้าข่ายเป็นการกระจาย Malware เช่นมีการเข้ารหัสของ Hyperlink เป็นต้น ระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งาน เพื่อให้สามารถทำการตรวจสอบและยืนยันความถูกต้อง หรือดำเนินการได้อย่างทันท่วงที วิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถช่วยให้การวิเคราะห์หน้าเว็บ สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังสามารถช่วยเพิ่มความเร็วของการวิเคราะห์หน้าเว็บได้ ขั้นตอนการทำงานของการตรวจจับความผิดปกติจาก Malware สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่บนพื้นฐานที่ว่า ผู้ใช้งานได้ทำการลงทะเบียนโดยแจ้งหน้าเว็บที่ต้องการจะตรวจสอบไว้ก่อน ดังนั้นระบบจึงถือว่ามีหน้าเว็บต้นฉบับที่ไม่มี Malware อยู่ก่อน โดยในการตรวจสอบสถานะของหน้าเว็บครั้งต่อๆ ไป จึงสามารถนำข้อมูลหน้าเว็บ ณ ปัจจุบัน มาเปรียบเทียบกับหน้าเว็บต้นฉบับได้ว่ามี Hyperlink ที่น่าสงสัยว่าเป็นการถูกจู่โจมเพื่อการกระจาย Malware หรือไม่



รูปที่ 2 อัลกอริทึมการตรวจจับความผิดปกติจาก Malware

5. การทดสอบการใช้งาน

เพื่อทดสอบวิธีการตรวจจับ Malware ที่พัฒนาขึ้น เราได้ทำการพัฒนาอัลกอริทึมให้อยู่ในรูปแบบที่เป็น plug-in สำหรับการใช้งานโดยระบบตรวจสอบสถานะเว็บไซต์ พร้อมการแจ้งเตือนอัตโนมัติ โดยได้มีการกำหนดให้ระบบทำการตรวจสอบหน้าเว็บทดสอบต่างๆ ซึ่งจะถูกแก้ไขในรูปแบบต่างๆกัน แล้วตรวจสอบว่า ระบบมีการตรวจจับ Malware และแจ้งเตือนอย่างถูกต้องหรือไม่อย่างไร

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

เราได้ทำการลงทะเบียนหน้าเว็บสำหรับการทดสอบต่างๆ ในระบบตรวจสอบสถานะเว็บไซต์ พร้อมการแจ้งเตือนอัตโนมัติ จากนั้นทำการแก้ไขหน้าเว็บทดสอบเหล่านั้น ในรูปแบบต่างๆกัน ดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อระบบเริ่มทำการตรวจสอบหน้าเว็บต่างๆ เราได้ทำการเก็บผลการทดสอบว่าระบบมีการแจ้งเตือนอย่างไร

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า ในกรณีที่เจ้าของหน้าเว็บทำการอัพเดทหรือแก้ไขหน้าเว็บทั่วไปต่างๆ เช่น ข้อความ รูปแบบการแสดงผล รูปภาพ เป็นต้น ระบบไม่ได้ทำการแจ้งเตือนความผิดปกติออกมา เช่นเดียวกัน เมื่อมีการแก้ไขหรือเพิ่ม Hyperlink ทั้งภายในเว็บไวต์เดียวกันหรือเว็บไซต์ที่นิยมต่างๆ ระบบก็ไม่ได้มีการแจ้งเตือนความผิดปกติออกมา แต่เมื่อมีการแก้ไขหรือเพิ่ม Hyperlink ไปยังเว็บไซต์อื่นๆ หรือ Hyperlink ที่มีการเข้ารหัส ระบบจะทำการแจ้งเตือนออกมา ในกรณีมีความเป็นไปได้ที่หน้าเว็บอาจจะถูกจู่โจมเพื่อการกระจาย Malware หรือถ้าเป็นกรณีที่เจ้าของหน้าเว็บเป็นผู้ดำเนินการเอง ก็สามารถทำการยืนยัน Hyperlink จากการแจ้งเตือนได้ เพื่อเก็บข้อมูลเข้าไปในฐานข้อมูลสำหรับหน้าเว็บนั้นๆ และเมื่อมีการตรวจสอบหน้าเว็บครั้งต่อไป ก็จะไม่มีการแจ้งเตือนซ้ำอีก โดยสรุป ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยการเปลี่ยนแปลงหรืออัพเดทหน้าเว็บตามปกติ จะไม่มีการแจ้งเตือนเกิดขึ้น ซึ่งการแจ้งเตือนจะเกิดขึ้นเมื่อ หน้าเว็บมีความเป็นไปได้ที่จะถูกจู่โจมโดย Malware เท่านั้น

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการตรวจจับ Malware

การแก้ไขหน้าเว็บ	การแจ้งเตือน
การแก้ไขข้อมูลทั่วไป เช่น ข้อความ รูปแบบการแสดงผล รูปภาพ เป็นต้น	No
การแก้ไขและการเพิ่ม Hyperlink ซึ่งเชื่อมต่ออยู่ภายในเว็บไซต์เดียวกัน	No
การแก้ไขและการเพิ่ม Hyperlink ไปยังเว็บไซต์ที่นิยมต่างๆ เช่น Google, Facebook, Yahoo เป็นต้น	No
การแก้ไขและการเพิ่ม Hyperlink ซึ่งเชื่อมต่อไปยังเว็บไซต์อื่นๆ หรือ Hyperlink ที่เข้ารหัส เป็นต้น	Yes

6. บทสรุป

เราได้นำเสนอวิธีการตรวจจับ Malware สำหรับระบบตรวจสอบสถานะเว็บไซต์ ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของหน้าเว็บ ที่อาจจะถูกจู่โจมเพื่อการกระจาย Malware ได้ วิธีการนี้สามารถตรวจสอบและแจ้งเตือนไปยังเจ้าของหน้าเว็บได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้เข้ามาตรวจสอบและทำการแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว และทันท่วงที เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อไปได้

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

วิธีการตรวจจับ Malware สำหรับระบบตรวจสอบสถานะเว็บไซต์ สามารถพัฒนาต่อโดยการศึกษาและรวบรวมเทคนิคและวิธีการกระจาย Malware ในรูปแบบอื่นๆ ให้มากขึ้น แล้วนำมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมให้มีความฉลาดมากขึ้น สามารถตรวจจับ Malware ชนิดต่างๆ ได้มากขึ้น และแม่นยำยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] http://code.google.com/apis/safebrowsing/developers_guide.html

[2] C. Ludl, and C. Kruegel, “On the Effectiveness of Techniques to Detect Phishing Sites,” 4th Intl conference on Detection of Intrusions & Malware, and Vulnerability Assessment, 2007

เทคนิคการปรับปรุงอัลกอริทึมอาณานิคมมดเพื่อการหาระยะทางการเจาะแผ่นวงจรที่เหมาะสมที่สุด

A Technique of Improving Ant Colony Algorithm for Drilling Path Optimization

นราศักดิ์ วงษ์วาสน์[1,2] นลิน สีดาห้าว[2,3]

[1]บัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[2]ศูนย์ออกแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์และการประมวลสัญญาณ (CESdSP)

[3]ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถ.เชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530

narasuk_1@hotmail.com, nalin@mut.ac.th

บทคัดย่อ

วิธีการอาณานิคมมดเป็นวิธีการสุ่มค่าหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุด บทความนี้จึงได้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานอัลกอริทึมอาณานิคมมดสำหรับการหาระยะทางในการเจาะแผ่นวงจรที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุดหรือเหมาะสมที่สุด และได้เพิ่มเทคนิคในการเพิ่มโอกาสในการค้นหาเส้นทางที่สั้นได้ดีขึ้น ซึ่งช่วยให้ระยะทางการเคลื่อนที่ของหัวเจาะลดน้อยลง ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการหาผลเฉลยที่ดีกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาผลเฉลยของปัญหาที่มีจำนวนรูเจาะมากขึ้น

Abstract

Ant Colony Optimization is a way to find the best or most appropriate. This paper presents an improved Ant Colony algorithm for the application of drilling path optimization. The results show that our proposed technique provides superior performance of shortest distances over typical Ant Colony one especially for higher number of holes.

คำสำคัญ

Ant Colony Optimization, Drilling Path Optimization, Travelling Salesman Problem

1. บทนำ

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยอาณานิคมมด (Ant Colony Optimisation : ACO) ซึ่งได้เสนอโดย Marco Dorigo และผู้ร่วมวิจัยใน [1] เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้หลักการซึ่งได้มาจากแนวคิดจากพฤติกรรมการหาอาหารของมด พื้นฐานที่สำคัญของ ACO เป็นขบวนการทำงานเป็นวงรอบแบบซ้ำๆ ซึ่งในขบวนการดังกล่าว ประชากรของมดจะสร้างตัวแทนของผลเฉลยที่เหมาะที่จะถูกเลือก ขบวนการสร้างนี้เป็นหลักของความน่าจะเป็นที่ได้รับมาจากข้อมูลฮิวริสติก (Heuristic) ของปัญหาที่ถูกให้มา รวมทั้งการแบ่งปันการจดจำซึ่งเป็นข้อมูลความรู้จากมดต่างๆ ในวงรอบการทำงานก่อนหน้า โดยการจดจำดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับรอยกลิ่นของฟีโรโมน (Pheromone) [2]

โดยทั่วไป ACO มักจะถูกนำไปประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดเชิงการจัด (combinatorial optimization problem) [3] ตัวอย่างเช่น ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem : TSP) [4], ปัญหาการจัดตารางเวลา (Scheduling) [5], ปัญหาการจัดวางตำแหน่งของทรัพยากร (Facility placement) [6] เป็นต้น ซึ่งเป็นปัญหาเอ็นพีแบบยาก (NP-hard) [2] อีกทั้งยังถูก

นำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายวงการ ซึ่งสามารถหาผลเฉลยที่ดีได้สำหรับปัญหาที่พบในทางปฏิบัติ

ในอุตสาหกรรมด้านอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เครื่อง CNC ในการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board: PCB) จะมีการสูญเสียเวลาไปกับกระบวนการหลักๆ 2 กระบวนการ คือ เวลาของการเจาะรู (drill-processing time) และเวลาของการเคลื่อนที่ของหัวเจาะระหว่างรูเจาะทั้งหมด (drill-movement time) การเคลื่อนที่นี้เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อจำนวนผลิตผลที่ได้ ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคในการเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของหัวเจาะซึ่งช่วยลดเวลาที่สูญเสียไปกับกระบวนการดังกล่าว โดยหลักการที่สำคัญ คือการหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของหัวเจาะไปยังรูเจาะทั้งหมดให้มีระยะทางโดยรวมน้อยที่สุด ซึ่งนั่นคือเป็นปัญหาที่พิจารณาให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันกับปัญหาของ TSP [7-10] โดยที่ผ่านมีงานวิจัยก่อนหน้าใน [9] ที่ใช้หลักการ ACO ใน [2] นำมาแก้ปัญหานี้ ซึ่งได้เพิ่มเติมการปรับพารามิเตอร์ของอัลกอริทึมเพื่อให้มีการประมวลผลเร็วขึ้นโดยใช้ประชากรน้อยกว่าและวงรอบการทำงานซ้ำน้อยกว่า เมื่อเทียบกับวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดของฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization : PSO) ใน [10] อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวได้จำกัดการวิเคราะห์ปัญหาไว้ที่จำนวนรูเจาะเพียง 14 รูเจาะ

ในบทความนี้นำเสนอการหาระยะทางการเจาะแผ่นวงจรที่เหมาะสมที่สุดด้วย ACO ใน [2] รวมกับการเพิ่มเทคนิคเพื่อเป็นข้อมูลฮิวริสติกเพิ่มเติม ซึ่งทำให้ได้ผลเฉลยที่ดีกว่าวิธี ACO ปกติ ผลการทดลองจากจำนวนรูเจาะ 20 ถึง 160 รูเจาะ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการหาผลเฉลยที่ดีกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาผลเฉลยของปัญหาที่มีจำนวนรูเจาะมากขึ้น เทคนิคดังกล่าวมีความซับซ้อนน้อยมากซึ่งส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการประมวลผลแทบที่จะไม่ได้แตกต่างจากวิธีปกติเลย

ในบทความนี้ ได้แบ่งเนื้อหาโดยเริ่มจากหัวข้อที่ 1 บทนำ และในหัวข้อที่ 2 จะเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3 อธิบายรายละเอียดการพัฒนา ซึ่งจะกล่าวถึงเทคนิคที่ผู้วิจัยนำเสนอ และหัวข้อที่ 4 และ 5 จะเป็นการทดลองและสรุปผลตามลำดับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีการอาณานิคมมด

วิธีการอาณานิคมมด [2] นี้มีที่มาจากพฤติกรรมการเดินทางค้นหาอาหารของมดระหว่างรังและแหล่งอาหาร ซึ่งระหว่างเดินทางมดจะปล่อยสารเคมีที่เรียกว่า ฟีโรโมน ลงบนเส้นทางที่เดินผ่าน เพื่อเป็นร่องรอยการเดินทางกลับรังและสื่อสารไปยังมดตัวอื่นๆ ให้เดินทางตาม เมื่อเวลาผ่านไปฟีโรโมนจะมีการระเหย ดังนั้นเมื่อระยะทางใดมีระยะทางที่ยาว ปริมาณฟีโรโมนก็จะมีการระเหยมาก แต่ถ้าเส้นทางใดมีระยะทางที่สั้นปริมาณฟีโรโมนจะระเหยน้อย ปริมาณฟีโรโมนจึงเป็นปัจจัยที่มีผลดึงดูดต่อคำตอบนั้นๆ ซึ่งคำตอบใดเป็นคำตอบที่ถูกเลือกบ่อยครั้งก็จะมีปริมาณฟีโรโมนที่มากตามไปด้วย ซึ่งจะมีผลต่อค่าความน่าสนใจ $(Attractiveness : \omega(i,j))$ ดังสมการ (1) เป็นผลคูณของค่าฟีโรโมนของคู่เชื่อมเส้นทางระหว่างเมืองสองเมืองกับระยะทางระหว่างเส้นทางเชื่อมสองเมืองนั้น ในปัญหา TSP ค่าความน่าสนใจจะมี 2 พารามิเตอร์ คือแอลฟา (α) และบีตา (β) โดยแอลฟาจะเป็นน้ำหนักที่ให้กับฟีโรโมน ส่วนบีตาจะเป็นน้ำหนักที่ให้กับระยะทางเชื่อม

$$\omega(i,j) = \tau_{i,j}^{\alpha} \times \pi_{i,j}^{\beta} \qquad (1)$$

ค่า $\omega(i,j)$ คือค่าความสนใจของการเดินทางจากเมือง i ไปเมือง j เมื่อค่า $\tau_{i,j}^{\alpha}$ คือค่าฟีโรโมนของการเดินทางระหว่างเมือง i ไปเมือง j ที่ให้น้ำหนัก (ยกกำลัง) ด้วยค่าน้ำหนักของฟีโรโมน เมื่อค่า $\pi_{i,j}^{\beta}$ เป็นส่วนกลับของระยะทางระหว่างเมืองสองเมือง ซึ่งค่า $\pi = 1/d_{i,j}$ ถ้า $1/d_{i,j}$ คือระยะทางระหว่างเมือง i กับเมือง j

2.2 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (TSP) เป็นปัญหาที่เกี่ยวกับการหาเส้นทางของพนักงานที่ต้องเดินทางจากเมืองหนึ่งไปยังเมืองต่างๆ โดยเดินทางผ่านเมืองละ 1 ครั้งจนครบทุกเมืองแล้วกลับมายังเมืองเริ่มต้น เพื่อให้ได้ระยะทางรวมที่สั้นที่สุด วิธี ACO จึงนำปัญหา TSP มาใช้ในการหาคำตอบโดยหากระยะทางที่ได้สั้น มดจะวางปริมาณฟีโรโมนไว้มาก แต่ถ้าระยะทางที่ได้ยาว มดจะวางปริมาณฟีโรโมนไว้น้อย

วิธีการสร้างคำตอบเริ่มต้นในปัญหา TSP นิยมสร้างด้วยการสุ่มจากค่า $\omega(i,j)$ การสุ่มจะต้องหาค่าความน่าจะเป็นของการเลือกแต่ละเมืองเป็นจุดเริ่มต้นด้วยสมการที่ (2)

$$p_{i,j} = \frac{\omega(i,j)}{\sum_{j=1}^{J \in S} \omega(i,j)} \qquad (2)$$

จากสมการที่ (2) ค่า S คือ ชุดของเมืองที่ยังไม่ได้ถูกเลือกเข้าไปอยู่ในเส้นทาง เมื่อได้ความน่าจะเป็นที่แต่ละเมืองมีโอกาสถูกเลือกเป็นเมืองที่พนักงานขายจะเดินทางไปแล้ว จะใช้หลักการของวงกลมรูเล็ต (Roulette Wheel) มาใช้ในการสุ่มหาเมืองที่จะเดินทางต่อไป โดยสุ่มค่าระหว่าง 0 - 1

ความน่าจะเป็นสะสม คือ ผลรวมของความน่าจะเป็นของเมืองในลำดับแรกถึงเมืองที่ j ดังสมการที่ (3)

$$cumpop_{i,j} = \sum_{k=1}^{j} p_{i,j} \qquad (3)$$

การปรับปรุงหรืออัปเดตค่าฟีโรโมน เมื่อมดได้คำตอบของเส้นทาง จะทำการอัปเดตค่าฟีโรโมนบนเส้นทางนั้นๆ ดังสมการที่ (4)

$\tau_{i,j}^{n} = (1-p)(\tau_{i,j}^{n-1})$; i,j ไม่ได้อยู่ในเส้นทางที่มดเลือก

$\tau_{i,j}^{n} = (1-p)(\tau_{i,j}^{n-1}) + \pi^{l}$; i,j อยู่ในเส้นทางที่มดเลือก

(4)

1. ตั้งค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น ซึ่งได้แก่ จำนวนประชากรมด (N), จำนวนรอบการวนซ้ำในการหาคำตอบ (I), ค่าฟีโรโมนเริ่มต้น
2. มดหาคำตอบเริ่มต้น
   2.1 หาค่าความสนใจของแต่ละเส้นทาง (1)
   2.2 หาค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเมืองจะถูกเลือก (2)
   2.3 หาค่าความน่าจะเป็นสะสมของแต่ละเมือง (3)
3. ปรับปรุงค่าของคำตอบ (4)
4. วนซ้ำจนหยุดการทำงาน

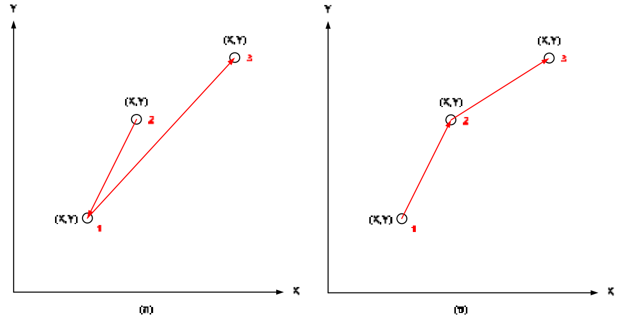
รูปที่ 1 ลำดับขั้นของวิธี ACO

จากสมการที่ (4) จะพบว่ามีการอัปเดตอยู่ 2 ขั้นตอน คือ จะต้องให้ฟีโรโมนที่มีอยู่ปัจจุบันระเหยไปก่อน (Evaporation) โดย p หมายถึง อัตราการระเหย (Evaporation Rate) ของค่าฟีโรโมน ซึ่งมีค่า 0 ถึง 1 จากนั้นจึงจะอัปเดตค่าฟีโรโมนใหม่เพิ่มเข้าไปบนเส้นทางที่มดเลือก

จากหลักการของ ACO ข้างต้นที่ได้ถูกนำมาใช้ในรูปแบบปัญหา TSP สามารถสรุปลำดับขั้นตอนได้ดังรูปที่ 1

3. รายละเอียดการพัฒนา

ในการพัฒนา ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดจากการตั้งสมมุติฐานที่ว่าในเส้นทางที่มดหาได้ระหว่างรูเจาะ 3 รูเจาะมีเส้นทางไปในทิศทางเดียวกัน เส้นทางดังกล่าวก็น่าที่จะมีระยะทางที่สั้นกว่า ดังตัวอย่างรูปที่ 2 รูปที่ 2(ก) เป็นเส้นทางการเดินทางของมดไปยังรูเจาะในทิศทางคนละทิศทางกัน แต่ถ้าเส้นทางเป็นดังรูปที่ 2(ข) เป็นเส้นทางที่มีทิศทางเดียวกัน จะเห็นว่าถ้าเส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่มีทิศทางเดียวกัน ระยะทางในการเดินทางของมดจะสั้นลง จึงได้ทำการเพิ่มความน่าสนใจของเส้นทางดังกล่าวให้มีมากขึ้นด้วยการเพิ่มปริมาณฟีโรโมนเข้าไปบนคู่เชื่อมเส้นทางนั้นๆ



รูปที่ 2 แบบสมมติเส้นทางที่ผ่านรูเจาะ 3 รูเจาะ

การเพิ่มปริมาณฟีโรโมนด้วยวิธีนี้ เพื่อเพิ่มโอกาสในการค้นหาระยะทางที่สั้นลง เพื่อให้ง่ายต่อการอธิบาย ผู้วิจัยขอเรียกเทคนิคนี้ว่า Pheromone Smooth

เทคนิคดังกล่าวสามารถเขียนเป็นลำดับขั้นตอนที่เพิ่มเข้าไปใน ACO ดังรูปที่ 3 โดยหลังจากที่ ACO ได้คำตอบของเส้นทางแล้วทำการปรับปรุงค่าฟีโรโมนของเส้นทางนั้น ก่อนที่จะกลับไปทำการค้นหาคำตอบในรอบถัดไป จะเพิ่มขั้นตอน Pheromone Smooth เข้าไป โดยทำการตรวจสอบคำตอบเส้นทางที่มดหาได้ว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ถ้าเส้นทางใดใช่ จะเพิ่มปริมาณฟีโรโมนอีกครั้งหนึ่ง เพื่อเพิ่มความน่าสนใจของเส้นทางที่คิดว่าทำให้การเคลื่อนที่ของหัวเจาะลดน้อยลง จากนั้นจึงกลับไปค้นหาคำตอบของเส้นทางในรอบถัดไป

1. ตั้งค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น ซึ่งได้แก่ จำนวนประชากรมด (N), จำนวนรอบการวนซ้ำในการหาคำตอบ (I), ค่าฟีโรโมนเริ่มต้น

2. มดหาคำตอบเริ่มต้น

   2.1 หาค่าความสนใจของแต่ละเส้นทาง (1)

   2.2 หาค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเมืองจะถูกเลือก (2)

   2.3 หาค่าความน่าจะเป็นสะสมของแต่ละเมือง (3)

3. ปรับปรุงค่าของคำตอบ (4)

   3.1 ตรวจสอบทิศทางของเส้นทาง

   3.2 เพิ่มปริมาณฟีโรโมน

4. วนซ้ำจนหยุดการทำงาน

รูปที่ 3 ACO + เทคนิค Pheromone Smooth

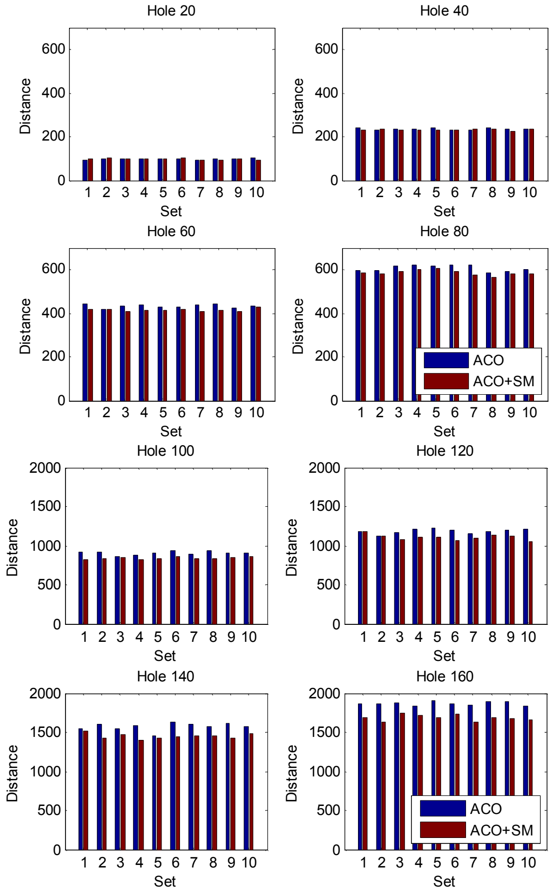
4. ผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทดสอบการสุ่มสร้างรูเจาะด้วยโปรแกรม MATLAB [11] บนคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ Intel Xeon Quad-Core E5620 2.4GHz โดยให้มีจำนวนรูเจาะ (Hole) เท่ากับ 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 และ 160 จุด โดยใช้จำนวนประชากรมด (N) เท่ากับจำนวนรูเจาะ จำนวนรอบการวนซ้ำ (Iteration : I) เป็น 10 เท่าของจำนวนรูเจาะ ค่าฟีโรโมนเริ่มต้นเท่ากับ 1 ส่วนค่า Pheromone Smooth เท่ากับ 0.1, ค่า p เท่ากับ 0.03 จากนั้นใช้วิธี ACO ปกติและวิธี ACO + Pheromone Smooth หาระยะทางที่สั้นที่สุดจากจำนวนรอบที่ทำการค้นหาให้เป็นจำนวน 10 ชุด (Set) คำตอบในแต่ละจำนวนรูเจาะต่างๆ

สังเกตผลในรูปที่ 4 พบว่า โดยรวมแล้วเมื่อปัญหาหรือจำนวนรูเจาะเพิ่มมากขึ้น เทคนิค Pheromone Smooth ที่เพิ่มเข้าไป สามารถช่วยให้การค้นหาเส้นทางที่มีระยะทางได้สั้นกว่าแบบวิธี ACO เพียงอย่างเดียว และเมื่อนำคำตอบที่ดีที่สุดใน 10 ชุดคำตอบของแต่ละรูเจาะ และเวลาที่ใช้การประมวลผลนั้นๆ มาเปรียบเทียบกันในตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 วิธีการที่นำเสนอสามารถหาผลเฉลยที่มีระยะทางสั้นกว่าถึง 10.7% ที่จำนวนรูเจาะ 160 รูเจาะ อย่างไรก็ตามที่จำนวนรูเจาะที่มากขึ้น จะต้องใช้เวลาในการประมวลผลมากขึ้นตามไปด้วย โดยทั้งสองวิธีใช้เวลาการประมวลที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ซึ่งมีฟังก์ชันของค่าเวลาโดยประมาณ เท่ากับ 2E-05(Holes)$^{3.94}$ วินาที

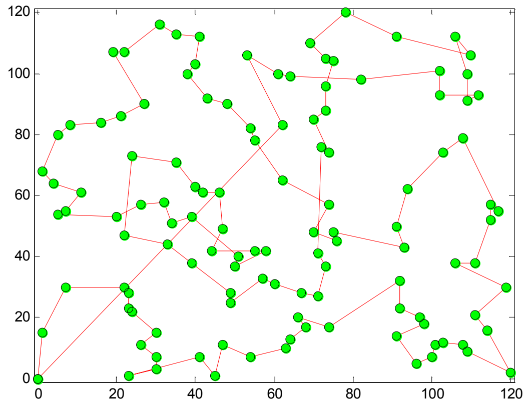
<u>หมายเหตุ</u> ตัวอย่างผลการจำลองด้วย MATLAB เพื่อหาเส้นทางของปัญหารูเจาะจำนวน 120 รูเจาะของทั้งสองวิธีแสดงดังรูปที่ 5



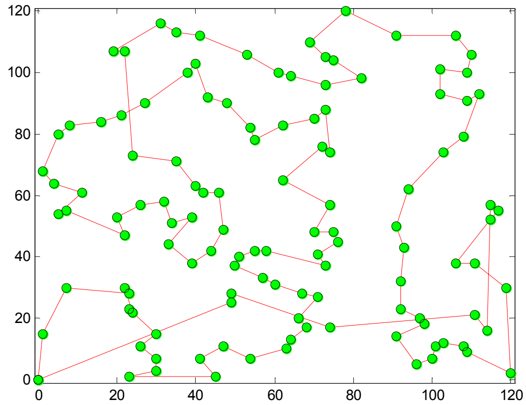
รูปที่ 4 ระยะทางที่สั้นที่สุดของ 10 ชุดของจำนวนรูเจาะ 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 และ 160

ตารางที่ 1 ค่าคำตอบที่ดีที่สุดของวิธี ACO และวิธี ACO + Pheromone Smooth และเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

Holes	Distance		Time (sec)	
	ACO	ACO + PSM	ACO	ACO + PSM
20	94.55	94.05	2.92	3.23
40	230.68	226.97	31.36	35.02
60	423.12	407.82	155.09	159.31
80	584.42	582.39	498.20	483.46
100	862.94	815.67	1334.86	1301.05
120	1126.51	1047.26	2841.34	2839.47
140	1451.47	1391.42	5795.20	5565.96
160	1830.88	1633.78	10054.7	10263.62



ก)



ข)

รูปที่ 5 ตัวอย่างการผลหาเส้นทางของรูเจาะจำนวน 120

ก) วิธี ACO

ข) วิธี ACO + Pheromone Smooth

ในรูป 5 ข) จะมีระยะทางที่สั้นกว่ารูปที่ 5 ก) ดังตารางที่ 1 (1047.26 และ 1126.51) โดยภาพรวมจากการสังเกต ในรูปที่ 5 ข) ทุกๆ 3 รูเจาะที่ต่อเนื่องกันจะมีแนวโน้มของเส้นทางการเจาะไปในทิศทางเดียวกันมากกว่ารูป 5 ก)

5. บทสรุป

เมื่อขนาดของปัญหาหรือจุดเจาะเพิ่มมากขึ้น วิธี ACO ที่มีการเพิ่มเทคนิค Pheromone Smooth ซึ่งเป็นการเพิ่มเติมข้อมูลฮิวริสติก ได้เป็นช่วยเพิ่มโอกาสให้การค้นหาคำตอบของเส้นทางที่มีระยะทางที่สั้นได้ดีกว่าแบบ ACO เพียงอย่างเดียว แม้ว่าในงานวิจัยนี้ในเบื้องต้นได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Pheromone Smooth เป็นค่าคงที่ที่ใช้ในงานวิจัยคือ 0.1 อย่างไรก็ตาม เราก็เห็นว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่จะได้วิเคราะห์ผลของ Pheromone Smooth ค่าอื่นๆ ที่มีต่อความสามารถในการหาผลเฉลยของปัญหาการเจาะแผ่นวงจรพิมพ์ต่อไป

สำหรับแนวทางการพัฒนาในทางฮาร์ดแวร์ต่อไป เนื่องจากประโยชน์ของเทคนิคที่นำเสนอมีการใช้การคำนวณที่ซับซ้อนน้อยภายใต้ปัญหาที่มีความซับซ้อนจากจำนวนรูเจาะที่มีจำนวนมากได้ จึงเป็นไปได้ที่จะศึกษาและทดลองนำอัลกอริทึมไปดำเนินการแบบขนานและดำเนินการบนระบบสมองกลฝังตัว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือการทำงานที่เหมาะสมกับระบบเครื่องเจาะที่ใช้งานทั่วไปที่ไม่ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีราคาที่สูงมากเกินไป โดยก่อนหน้านี้ได้มีการนำเสนองานวิจัยที่น่าสนใจเกี่ยวกับสร้างอัลกอริทึม ACO ด้วยระบบสมองกลฝังตัวบนแพล็ตฟอร์มของเอฟพีจีเอใน [12]

6. เอกสารอ้างอิง

[1] M. Dorigo, V. Maniezzo, and A. Colorni. *Positive feedback as a search strategy*. Technical Report 91–016, Dip. Elettronica, Politecnico di Milano, Italy, June 1991

[2] M. Dorigo and T. Stützle, , *Ant Colony Optimization*, A Bradford Book, 2004

[3] B. Korte and J. Vygen, *Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms (Algorithms and Combinatorics)*, Springer, 2010

[4] Z. Ju-fang, “Solving the Travelling Salesman Problem by the Program of Ant Colony Algorithm,” *Proceedings of Int’l Conf. on Computational Intelligence and Software Engineering*, Beijing, China, pp. 1-3, Dec 2009

[5] K.R. Ku-Mahamud and H.J.A Nasir, “Ant Colony Algorithm for Job Scheduling in Grid Computing,” *Proceedings of the Asia Modelling Symposium*, Kota Kinabalu, Malaysia, pp. 40-45, May 2010

[6] W. Xu, K. Xu, and X. Xu, “A Novel Placement Algorithm for Symmetrical FPGA,” *Proceedings of*

IEEE Conference on ASIC (ASICON), Guilin, China, Nov 2007

[7] M. Ancău, "The optimization of printed circuit board manufacturing by improving the drilling process productivity," *Journal of Computers and Industrial Engineering*, 55 (2), pp. 279-294, Sept 2008

[8] E. Aoyama, "Optimizing drilling conditions in printed circuit board by considering hole quality : Optimization from viewpoint of drill-movement time," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 155-156, pp. 1544-1550, Nov 2004

[9] M. S. Saelal, A. F. Z. Abidin, A. Adam, N. Nordin, K. Khalil, J. A. A. Mukred, Z. M. Yusof and Z. Ibrahim, "An Ant Colony System for Routing in PCB Holes Drilling Process," Proceedings of the Int'l Symp. on Innovative Management Information Production, pp. 292-297, 2011

[10] G. Y. Zhu, "Drilling path optimization based on swarm intelligent algorithm," *Proceedings of IEEE Int'l Conf. on Robotics and Biomimetics*, pp.193-96, 2006

[11] ดร. ปริญญา สงวนสัตย์, "คู่มือ MATLAB ฉบับสมบูรณ์", ไอดีซี พรีเมียร์, มีนาคม พ.ศ. 2553

[12] R. Laptik, V. Arminas and D. Navakauskas, "Ant System Implementation using Microblaze: Some Preliminary Results on Efficiency Study," *Electronics and Electrical Engineering*, 6(94):27-30, 2009

Linguistic and Service Technology

ECTI-CARD 2012

มัคคุเทศก์เสมือนบนโทรศัพท์มือถือ

The virtual tour guide on a mobile phone

จิตรพัฒน์ อังสาชน	วัจนา ขาวฟ้า	อรศิริ ศิลาสัย	สุวัจชัย กมลสันติโรจน์
วิทยาการคอมพิวเตอร์	วิทยาการคอมพิวเตอร์	วิทยาการคอมพิวเตอร์	วิทยาการคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
magecold2002@hotmail.com	kwachana@gmail.com	o_silasai@hotmail.com	suwatchai.kom@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์มือถือในระบบ Android โดยได้รวมเอาพฤติกรรมของผู้ใช้โทรศัพท์ที่ชื่นชอบการถ่ายภาพและแบ่งปันข้อมูลเหล่านั้นบนสังคมออนไลน์มาประยุกต์เข้ากับเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยระบบสามารถที่จะอธิบายรายละเอียดของสถานที่ท่องเที่ยวได้หลังจากที่ผู้ใช้ถ่ายรูปจากโทรศัพท์มือถือ โดยระบบจะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี GrabCut Algorithm และ Density Distribution Feature with Location Based โดยผลการทดสอบมีค่าความถูกต้อง 79.36% นอกจากนี้ระบบยังเพิ่มส่วนการจัดโปรแกรมการท่องเที่ยวที่ให้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการของนักท่องเที่ยวและส่วนประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวผ่าน Facebook

คำสำคัญ การประมวลผลภาพ, สังคมออนไลน์, โปรแกรมท่องเที่ยว

Abstract

This research is an application development based on Android phone by gathering user behaviors in term of fondness for photograph taking and sharing their pictures with people through social network apply with Image Processing. The system can give details of traveling place by analyzing input photo using GrabCut Algorithm and Density Distribution Feature with Location Based after the user took and uploaded the photo into system. As a result, the accuracy is 79.36%. Moreover, a travel planning management part that meets tourist's requirement and a public relation of traveling place on Facebook are included in this system.

Keyword: Image Processing, Social Network, Travel Planning

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้ใช้โทรศัพท์มือถือนำโทรศัพท์มือถือมาใช้ในการถ่ายรูป เพื่อบันทึกภาพเหตุการณ์และสถานที่ท่องเที่ยว จากนั้นก็ทำการแบ่งปันให้กับกลุ่มเพื่อนผ่านสังคมออนไลน์ ซึ่งต่างจากเดิมที่โทรศัพท์มือถือเป็นแค่อุปกรณ์สื่อสารเท่านั้น งานวิจัยชิ้นนี้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้งานบนโทรศัพท์มือถือซึ่งนำเอาพฤติกรรมของผู้ใช้ประยุกต์เข้ากับเทคนิคการประมวลผลภาพที่ช่วยสนับสนุนการการท่องเที่ยว โดยนำเอาเทคนิค Density Distribution Feature with Location Based มาใช้ในการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของรูปทรงของสถานที่ท่องเที่ยวเพื่อเปรียบเทียบกับสถานที่ท่องเที่ยวในฐานข้อมูล โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้นำพิกัดปัจจุบันของสถานที่มาช่วยในการประมวลผลด้วย นอกจากนี้ระบบยังเพิ่มส่วนการจัดโปรแกรมการท่องเที่ยวที่ให้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการของนักท่องเที่ยวและส่วนประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวผ่าน Facebook

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

โดยปกตินักท่องเที่ยวคนไทยส่วนใหญ่มักจะไม่นิยมจ้างมัคคุเทศก์ เนื่องจากมีราคาแพงและไม่เป็นส่วนตัว นอกจากนั้นยังไม่นิยมหาข้อมูลเพื่อเตรียมพร้อมก่อนการเดินทางท่องเที่ยว จึงทำให้การไปเที่ยวนั้นไม่คุ้มค่าหรือไม่ได้รับข้อมูลจากสถานที่ท่องเที่ยวอย่างเต็มที่ เดิมนักท่องเที่ยวมักจะพกกล้องถ่ายรูปติดตัวไปเพื่อทำการบันทึกภาพและนำมาแบ่งปันให้ผู้อื่นดูภายหลัง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความไม่คล่องตัว แต่ในปัจจุบันนักท่องเที่ยวจำนวนหนึ่งชอบที่จะใช้มือถือถ่ายรูปแทนกล้อง เนื่องจากโทรศัพท์มือถือได้รับการพัฒนา

ประสิทธิภาพของการถ่ายรูปให้สามารถถ่ายรูปได้เกือบจะทัดเทียมกับกล้องถ่ายรูปจริงและจากพฤติกรรมของผู้ใช้โทรศัพท์ที่ชื่นชอบการถ่ายรูปและแบ่งปันรูปเหล่านั้นบนสังคมออนไลน์ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเกิดแรงบันดาลใจที่สร้างโปรแกรมประยุกต์โดยใช้ประโยชน์ของโทรศัพท์มือถือที่สามารถตอบสนองต่อพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวได้ คือ ช่วยให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวแก่นักท่องเที่ยวได้ในขณะเดินทางเพียงแค่การถ่ายรูปของสถานที่ท่องเที่ยว อีกทั้งยังช่วยในการจัดโปรแกรมการท่องเที่ยวที่ให้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการของนักท่องเที่ยวและส่วนประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวผ่าน Facebook จึงเป็นที่มาของระบบมัคคุเทศก์เสมือนบนโทรศัพท์มือถือ

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การหาวัตถุของรูปภาพ

การหาวัตถุของรูปภาพเป็นการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง โดยงานวิจัย [1] ใช้วิธี GrabCut Algorithm สำหรับการทำ Segmentation ซึ่ง GrabCut Algorithm ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1) ข้อมูลเข้า(Input) GrabCut Algorithm มี 3 ส่วน ได้แก่ ตำแหน่งวัตถุที่เด่นสุดของภาพ (Foreground), พื้นหลัง (Background) และบริเวณภาพที่ยังไม่สามารถระบุได้ (Unknown Part) ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้งวัตถุและพื้นหลังของภาพนั้น โดยผู้ใช้ทำการวาดสี่เหลี่ยมผืนผ้าคลุมพื้นที่ของวัตถุที่สนใจและกำหนดให้เป็นพื้นที่ Unknown Part ส่วนพื้นที่ที่อยู่นอกกรอบสี่เหลี่ยมกำหนดให้เป็น Known Part

2) จากข้อที่ 1 กำหนดให้บริเวณ Unknown Part เป็น Foreground และบริเวณ Know Part เป็น Background ของรูปภาพ

3) Foreground และ Background ของรูปภาพจะถูกจำแนกตาม Gaussian Mixture Models (GMMs) ด้วยวิธี Orchard-Bouman Clustering Algorithm โดยรายละเอียดแสดงดังงานวิจัย [2]

4) ทุกๆ พิกเซลที่อยู่ในส่วนของ Foreground จะถูกกำหนดค่า Probable Gaussian Component ตาม Foreground GMMs ในขณะที่ทุกๆ พิกเซลที่อยู่ในส่วนของ Background จะใช้ Background GMMs

5) GMMs ใหม่จะถูกเรียนรู้จากทุกๆ พิกเซลซึ่งเป็นผลจากกระบวนการในข้อ 4

6) เส้น Graph จะถูกลากตามผลที่ได้จาก ข้อ 5 จากนั้นทำการแบ่งแยก Foreground กับ Background ออกจากกันตามวิธีการของ GraphCut

7) ทำซ้ำตามวิธีการในข้อ 4 – 6 จนกระทั่งจบการจำแนก Foreground และ Background ของรูปภาพ

3.2 การหาความคล้ายคลึงกันของรูปภาพ

รูปร่างของวัตถุ (Object shape) ถือว่าเป็นส่วนสำคัญในการจำแนกวัตถุหรือการรู้จำวัตถุ โดยรูปร่างของวัตถุสามารถกำหนดได้ด้วยค่าการกระจายตัวของพิกเซล (Pixels' Distribution) ในขอบเขตพื้นที่ที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า ถ้ารูป 2 รูปมีความคล้ายคลึงกันแล้วค่า Pixels' Distribution ที่ได้ก็ควรจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยวิธี Density Distribution Feature (DDF) [3] คือ วิธีการหาค่าความคล้ายคลึงกันของรูปร่างของวัตถุด้วยค่า Pixels' Distribution โดยรูปร่างของวัตถุถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบของ Binary Image ข้อดีของวิธี DDF คือ DDF มีการกำหนดจุดศูนย์กลางของวัตถุ (Shape Center) และทำการแบ่งรูปร่างของวัตถุเป็นวงกลมชั้นย่อยๆ จากนั้นหาสัดส่วนของความคล้ายคลึงของแต่ละชั้นย่อย ทำให้ค่า DDF ที่คำนวณได้จากรูปภาพอื่นที่มีลักษณะเดียวกันได้ผลของ DDF ออกมาใกล้เคียงกัน จึงทำให้ง่ายในการวิเคราะห์หารูปภาพที่คล้ายกัน อีกทั้ง DDF ของวัตถุที่เหมือนกันแต่มีขนาดแตกต่างกันก็ยังมีค่า DDF ใกล้เคียงกัน โดยขั้นตอนการทำงานของ DDF มีดังนี้

1) หาจุดศูนย์กลางของวัตถุ $(\bar{x}, \bar{y})$ ดังสมการ (1)-(3)

$$\bar{x} = \sum\sum i \times \frac{f(i,j)}{\sum\sum f(i,j)} \tag{1}$$

$$\bar{y} = \sum\sum j \times \frac{f(i,j)}{\sum\sum f(i,j)} \tag{2}$$

$$f(i,j) = \begin{cases} 1 & if \ \ f(i,j) \in D \\ 0 & other \end{cases} \tag{3}$$

โดย D คือ ขอบเขตวัตถุในรูปแบบ Binary Image

2) คำนวณหาระยะที่ยาวที่สุด $D_{\max}$ จากจุดศูนย์กลางของวัตถุไปยังขอบของ Object's Pixel จากนั้นทำการแบ่งวัตถุออกเป็นวงกลมย่อย $t_i(x,y),\ i \in M$ โดย M คือจำนวนชั้นที่ต้องการแบ่งและวงกลมนอกสุดรัศมีน้อยกว่า $D_{\max}$ โดย $t_i(x,y)$ แสดงดังสมการ (4)

$$t_i(x,y) = \left\{ (x,y) \middle| (i-1)\times P < [(x-\bar{x})^2 + (y-\bar{y})^2]^{1/2} \leq i \times P \right\} \quad (4)$$

โดยที่ $P = D_{\max} / M,\ (x,y) \in f(x,y),\ 1 \leq i \leq M$

3) นับจำนวน Object Pixel ในแต่ละชั้นย่อย $s_i,\ i \in M$ จากนั้นหาค่า maximum $S = \max_{i=1,\ldots,M} (s_i)$

4) คำนวณหาค่า r โดย r คือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ในแต่ละชั้นย่อย โดย r หาค่าได้ดังสมการ (5)

$$r_i = s_i\ ,\ i \in M \quad (5)$$

5) คำนวณหาค่า dr โดย dr คือ ผลต่างของความหนาแน่นสัมพัทธ์ในทิศทางของรัศมี โดย dr หาค่าได้ดังสมการ (6)

$$dr_i = \begin{cases} |r_1 - r_2| & , i = 1 \\ |2r_i - r_{i-1} - r_{i+1}| & , 1 < i < M \\ |r_M - r_{M-1}| & , i = M \end{cases} \quad (6)$$

6) จากขั้นตอน 4)-5) จะได้ว่า $DDF = f(r_i,\ldots,r_M,$ $dr_i,\ldots,dr_M)$ ซึ่ง DDF เป็นฟังก์ชันกับ r และ dr และสามารถคำนวณได้จากสมการ (7)

$$DDF = \alpha\tilde{r} + \beta\widetilde{dr} \quad (7)$$

โดย α, β คือ ค่าน้ำหนักและ $\alpha + B = 1$ ในงานชิ้นกำหนดให้ $\alpha = B = 0.5$, $\tilde{r}, \widetilde{dr}$ คือ ค่า Normalized ของ r และ dr ตามลำดับ โดย $\tilde{r}, \widetilde{dr}$ หาได้ดังสมการ (8)

$$\tilde{z} = \begin{cases} 1 & , z < \bar{z} - 3\sigma_z \\ \dfrac{\dfrac{z-\bar{z}}{3\sigma_z} + 1}{2} & , \bar{z} - 3\sigma_z < z < \bar{z} + 3\sigma_z \\ 1 & , z > \bar{z} + 3\sigma_z \end{cases} \quad (8)$$

โดย $z \in \{r, dr\}$, $\bar{z}$ คือ ค่าเฉลี่ย, σ_z คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

7) ค่าความคล้ายคลึงของรูปปัจจุบัน c กับรูปในฐานข้อมูล n หาได้จากสมการ (9)

$$\left| DDF_c^i - DDF_n^i \right|,\ i \in M \quad (9)$$

โดย $n \in N$ คือ เซตของรูปที่ทั้งหมดที่อยู่ภายในรัศมี R จากจุดพิกัดปัจจุบัน

3.3 การจัดโปรแกรมการท่องเที่ยว

ระบบการจัดโปรแกรมการท่องเที่ยวตามความต้องการของนักท่องเที่ยวได้นำเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิสและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchical Process) [4] มาประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเป็นกระบวนการที่ใช้ในการวัดค่าระดับของการตัดสินใจในเรื่องต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลการตัดสินใจที่ถูกต้องตรงกับเป้าหมายของการตัดสินใจได้มากที่สุด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) สร้างแผนภูมิลำดับชั้น หรือแบบจำลองการตัดสินใจ

2) ให้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การประเมิน เนื่องจากเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจแต่ละเกณฑ์นั้นมีความสำคัญต่อเป้าหมายในการตัดสินใจไม่เท่ากัน

3) นำทางเลือกที่กำหนดไว้ มาทำการประเมินตามเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก

4) นำทางเลือกที่เปรียบเทียบ ตามเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจทีละเกณฑ์

4. รายละเอียดการพัฒนา

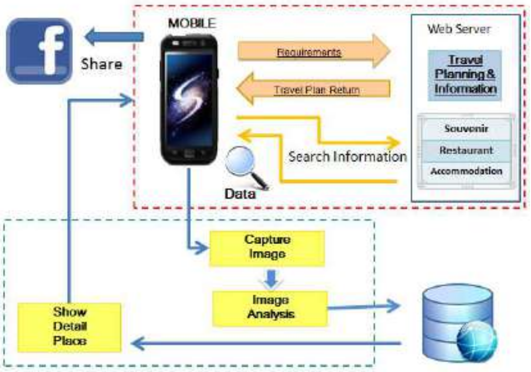
4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบมัคคุเทศก์เสมือนบนโทรศัพท์มือถือมีฟังก์ชันการใช้งานทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของมัคคุเทศก์เสมือน ส่วนของการจัดโปรแกรมการท่องเที่ยว และส่วนของการประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวผ่าน Facebook แสดงดังรูปที่ 1

4.1.1 ส่วนมัคคุเทศก์เสมือน

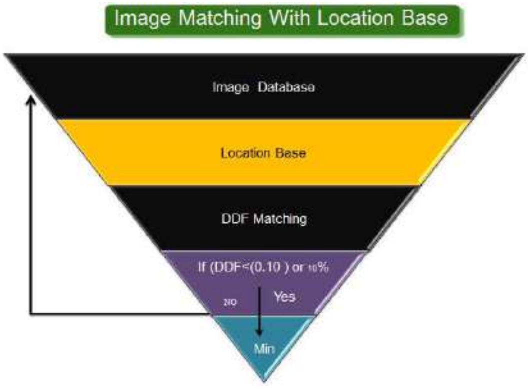
ระบบสามารถบอกรายละเอียดของสถานที่ท่องเที่ยวได้หลังจากที่ผู้ใช้งานถ่ายรูปสถานที่ท่องเที่ยว ขบวนการทำงานแสดงดังรูปที่ 2 โดยระบบเริ่มต้นทำกระบวนการ Location Based เพื่อกรองเฉพาะสถานที่อยู่ในรัศมี 1 กิโลเมตรจาก

ตำแหน่ง Latitude และ Longitude ของรูปภาพ จากนั้นระบบจะทำการวิเคราะห์หา Object ที่อยู่ในภาพ



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบมัคคุเทศก์เสมือนบนโทรศัพท์มือถือ

ด้วยวิธีการGrabCut หลังจากนั้นจะนำ Object ที่ได้เข้าสู่ขั้นตอน DDF เพื่อหาสถานที่ที่มีลักษณะเหมือนกับ Object นั้น หลังจากนั้นระบบจะทำการวิเคราะห์ กรณีค่า DDF < 0.10 หรือ 10% แสดงว่าเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่มีอยู่แล้วในฐานข้อมูล ระบบจะแสดงรายละเอียดสถานที่ท่องเที่ยว โดยหากมีผลลัพธ์ของสถานที่ท่องเที่ยวมากกว่าหนึ่งสถานที่ระบบจะเลือกสถานที่ที่มีค่า DDF น้อยที่สุดมาเป็นผลลัพธ์ ส่วนในกรณีค่า DDF > 0.10 ระบบจะมองเป็นสถานที่ท่องเที่ยวแห่งใหม่และทำการจัดเก็บเป็นข้อมูลใหม่เพื่อนำไปใช้ในโอกาสต่อไป



รูปที่ 2 แสดงการทำงานในส่วนของระบบมัคคุเทศก์เสมือน

4.1.2 ส่วนการจัดโปรแกรมการท่องเที่ยว

ผู้ใช้หรือนักท่องเที่ยวสามารถระบุสถานที่ กิจกรรม จำนวนวัน และงบประมาณที่ต้องการเข้าสู่ระบบจัดโปรแกรมการเดินทางท่องเที่ยวด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น เพื่อให้ได้โปรแกรมการท่องเที่ยวที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ นอกจากนี้ ระบบยังสามารถค้นหาร้านค้า/ของฝาก ที่พัก และร้านอาหารได้อีกด้วย

4.1.3 ส่วนของการประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวผ่าน Facebook

ระบบสามารถที่จะกระจายข่าวสาร ข้อมูลการท่องเที่ยว สถานที่ท่องเที่ยว รวมทั้งรูปภาพที่อัพโหลดโดยผู้ใช้ ผ่าน Facebook ด้วย Facebook API

4.2 ผลลัพธ์การพัฒนาระบบ

ระบบมัคคุเทศก์เสมือนบนโทรศัพท์มือถือ แบ่งการทำงานออกเป็น 6 โมดูลหลัก แสดงดังรูปที่ 3 โดยโมดูลที่ 1 คือ โมดูลการวางแผนการท่องเที่ยว แสดงดังรูปที่ 4 โมดูลที่ 2 คือ โมดูลกระจายข่าวสารและข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว ผ่าน Facebook ดังแสดงในรูปที่ 5 ส่วนโมดูลที่ 3 คือ โมดูลมัคคุเทศก์เสมือน ซึ่งผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมมัคคุเทศก์เสมือน แสดงดังรูปที่ 6 ส่วนโมดูลที่ 4-6 ช่วยให้นักท่องเที่ยวสามารถดูรายละเอียดของสถานที่ท่องเที่ยวรวมทั้งค้นหาที่พัก ร้านอาหาร และร้านขายของฝากผ่านทางโทรศัพท์มือถือ

รูปที่ 3 หน้าจอแสดงเมนู

รูปที่ 4 หน้าจอวางแผนการท่องเที่ยว

รูปที่ 5 ผลการกระจายข่าวสาร

รูปที่ 6 ผลการค้นหาสถานที่ด้วยภาพ

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

4.3.1 ข้อจำกัดเชิงเทคนิค

โทรศัพท์มือถือจะต้องใช้ระบบปฏิบัติการ Android เวอร์ชั่น 2.3 ขึ้นไปหรือเทียบเท่า โทรศัพท์มือถือต้องสามารถเชื่อมต่อ Internet และรองรับ GPS ได้ ความละเอียดของกล้องในโทรศัพท์อย่างน้อย 2048 x 1536 ขึ้นไป

4.3.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม

สีของวัตถุที่อยู่ในรูปภาพต้องมีความแตกต่างกับพื้นหลังอย่างชัดเจน ระบบจึงจะสามารถประมวลผลภาพได้ดี ถ้าสีของวัตถุที่อยู่ในรูปภาพมีความคล้ายกับพื้นหลังมากเกินไปจะทำให้การประมวลผลภาพด้วยวิธี GrabCut ใช้เวลามากและมีความถูกต้องน้อย

5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

การทดสอบการใช้งานจะทดสอบในส่วนระบบมัคคุเทศก์เสมือนที่ใช้กระบวนการประมวลผลภาพ โดยการหาค่าความคล้ายคลึงกันของภาพด้วยวิธี DDF โดยกำหนดภาพเจดีย์ (ซึ่งอยู่ภายในวัด) จำนวนทั้งหมด 63 ภาพในการทดสอบ

5.2 ผลการทดสอบ

ผลลัพธ์ของส่วนมัคคุเทศก์เสมือนแสดงดังรูปที่ 7-8 โดยรูปที่ 7 แสดงวิธีการกำหนดขอบเขตของวัตถุก่อนเข้า GrabCut Algorithm ส่วนรูปที่ 8 แสดงผลลัพธ์หลังจากผ่านขบวนการ GrabCut Algorithm ซึ่งได้ค่า DDF ดังนี้ DDF[0] = 0.52 , DDF[1] = 0.7, DDF[2] = 0.57, DDF[3] = 0.4, DDF[4] = 0.31 โดยที่ DDF[x] คือ ค่าความคลายคลึงที่รัศมี x ตามสมการที่ (7)

รูปที่ 7 กำหนดขอบเขตของวัตถุก่อนเข้า GrabCut Algorithm

รูปที่ 8 ผลลัพธ์หลังจากผ่านขบวนการ GrabCut Algorithm

จากนั้นนำค่า DDF ของรูปที่ถ่ายมาเปรียบเทียบกับค่า DDF ของรูปในฐานข้อมูล กำหนดให้ $\sum_{i=0}^{D_{\max}} \left| DDF_c^i - DDF_n^i \right|$ คือ ค่าผลรวมของผลต่างความคลาดเคลื่อนของรูปถ่าย c กับรูปในฐานข้อมูล n ของชั้นที่ i, $i < D_{\max}$, การทดลองครั้งนี้ได้สถานที่ท่องเที่ยวที่มีค่า $DDF < 0.01$ มีจำนวน 5 ที่ $N = 5$ โดยค่าผลรวมของผลต่างความคลาดเคลื่อนแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าผลรวมของผลต่างความคลาดเคลื่อนของรูปที่ถ่ายและรูปในฐานข้อมูล

รูปที่	รูปในฐานข้อมูล	$\sum_{i=0}^{D_{\max}} \left| DDF_m^i - DDF_n^i \right|$
1		0.00807
2		0.048
3		0.1
4		0.1
5		0.148

จากตารางที่ 1 รูปที่ทำการค้นหา มีค่าความคล้ายคลึงกับรูปที่ 1 มากที่สุด เนื่องจากมีผลรวมผลต่างความคลาดเคลื่อนที่มีค่าน้อยที่สุด จากนั้นระบบจะไปดึงข้อมูลรายละเอียดของสถานที่ดังกล่าวออกมาแสดงดังรูปที่ 9

รูปที่ 9 แสดงผลการค้นหาข้อมูลของสถานที่

5.2.2 การวิจารณ์ผล

ผลลัพธ์การประมวลผลภาพด้วยวิธีเปรียบเทียบความคล้ายคลึงในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้เพิ่มความถูกต้องด้วยการกำหนดขอบเขตของสถานที่ด้วย Location Based ซึ่งเปรียบเสมือนการกรองสถานที่ที่ต้องการค้นหา รวมทั้งได้กำหนดเกณฑ์การ Update รูปในฐานข้อมูลเพิ่มเมื่อค่า DDF > 0.1 หรือผลรวมผลต่างความคลาดเคลื่อนที่มากกว่า 10% โดยประสิทธิภาพของระบบมัคคุเทศก์เสมือนแสดงตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการกรองสถานที่ที่ต้องการค้นหา ด้วย DDF with Location Based

จำนวน	DDF with Location Based	**ร้อยละ**
63	50	79.36

จากตารางเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของระบบอยู่ที่ 79.36% คือ ระบบสามารถตอบสถานที่ถูกได้ถึง 50 สถานที่จาก 63 สถานที่

6. บทสรุป

การประมวลผลภาพด้วยวิธี GrabCut และการหาค่าความคล้ายของภาพด้วยวิธี Density Distribution Feature with Location Based สามารถที่จะค้นหาสถานที่ออกมาได้ค่าความถูกต้อง 79.36% นอกจากนี้ ระบบยังเพิ่มส่วนการจัดโปรแกรมการท่องเที่ยวที่ให้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการของนักท่องเที่ยวและส่วนประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวผ่าน Facebook

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

ควรปรับปรุงเทคนิคในการประมวลผลภาพให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยสามารถที่จะแยกภาพที่มีความซับซ้อนได้ เช่น ภาพที่สีของ Object คล้ายกับ สี Background เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของวิธี GrabCut รวมทั้ง GrabCut ใช้เวลาการประมวลผลค่อนข้างนาน นอกจากนั้น การใช้ DDF ในการอธิบายรูปร่างของวัตถุ ในบางครั้งวัตถุภาพที่มีลักษณะหรือรูปทรงที่แตกต่างกัน แต่มีค่า DDF เหมือนกัน ก่อให้เกิดความไม่คงเส้นคงวาของผลลัพธ์ที่ได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Carsten Rother, Vladimir Kolmogorov and Andrew Blake. *"GrabCut" — Interactive Foreground Extraction using Iterated Graph Cuts*. Microsoft Research Cambridge, UK.

[2] Michael T. Orchard. **Color quantization of images.** IEEE Transactions on Signal Processing. vol 39, issue 12, pp. 2677-2690. 1991.

[3] Chunmu Huang Lili Zhou Xinwei Wang. *Region-based Shape Representation and Similarity Measure Suitable for Binary Image Retrieval*. *In* ICSP2006 Proceedings, vol 2, 2006.

[4] สุธรรม อรุณ. **การตัดสินใจโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์** (Analysis Hierarchy Process : AHP), โปรดักทิวิตี้ เวิลด์ (Productivity world) ปีที่ 11, ฉบับที่ 64, หน้า 83-89. 2549.

ระบบสารสนเทศอัจฉริยะสำหรับการรอรถโดยสารประจำทาง

กุณฑล เลาหะรัตน์
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
goonthol.l@gmail.com

เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
nuengwong.tun@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้โดยสารรถประจำทางไม่สามารถบริหารเวลาในการรอรถโดยสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการที่ไม่ทราบตำแหน่งของรถ เนื่องจากสภาพการจราจรและปริมาณของรถโดยสารที่อาจไม่เพียงพอ ทำให้เสียเวลารอรถนาน ส่งผลให้มีการตัดสินใจใช้รถยนต์ส่วนบุคคลมากขึ้นทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน

เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ระบบสารสนเทศอัจฉริยะสำหรับการรอรถโดยสารประจำทางจึงถูกออกแบบมาให้ช่วยแสดงข้อมูลตำแหน่งของรถโดยสารประจำทาง โดยให้พนักงานขับรถ พนักงานเก็บค่าโดยสา หรือ ผู้โดยสารที่เป็นอาสาสมัครเปิดใช้งาน Application บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ Android เพื่อส่งข้อมูลตำแหน่ง GPS, เวลาของตำแหน่งรถโดยสาร, หมายเลขของรถ และสายของรถโดยสารประจำทางให้กับระบบโดยอัตโนมัติ จากนั้นระบบจะทำการจัดเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล เมื่อมีผู้โดยสารที่กำลังรอรถโดยสารประจำทางขอข้อมูลตำแหน่งของรถ ระบบจะทำการประมวลผลตำแหน่งของรถพร้อมแสดงผลบนแผนที่ผ่านทางเว็บบราวเซอร์

ระบบสารสนเทศอัจฉริยะสำหรับการรอรถโดยสารประจำทางสามารถแสดงตำแหน่งของรถโดยสารเพื่อใช้ในการตัดสินในการใช้บริการรถโดยสารตามที่ร้องขอ แต่อาจพบปัญหา (1)ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งรถโดยสาร จากปัญหาการส่งข้อมูลในสภาพอากาศปิด หรือความแตกต่างของอุปกรณ์ GPS ใน Android phone (2)ระบบจะแสดงตำแหน่งของรถโดยสารในคาบเวลาก่อนปัจจุบันเล็กน้อยประมาณ 10-15 วินาที เนื่องจากการส่งข้อมูลเป็นคาบเวลา แต่ก็พบว่าสารสนเทศจากระบบเป็นประโยชน์ต่อการรอรถโดยสารประจำทาง ช่วยให้ประหยัดเวลาและพลังงานจากการที่ผู้โดยสารเลือกใช้รถโดยสารสาธารณะอีกทางหนึ่ง

Abstract

Currently, the BMTA passengers are not able to manage their waiting time efficiently because the bus whereabouts are unknown. The reason is unpredictable traffic condition and insufficient number of buses. Therefore, the passengers take a long time to wait for a bus. As a result, this leads to using more private cars, which consume more energy.

To solve this problem, the Information System for BMTA bus positions is developed. The system can display the bus position, which comes from the bus drivers, the ticket takers, or the volunteer passengers that activate this Android application. The Android application sends automatically the bus GPS position, time of the bus placement, the bus number, and the bus route number via an Android Phone. Then, the system collects these data to the system's database. When a passenger requests for a bus' information, the system will display the bus position on a map via a web browser.

This Information System can display the bus positions to facilitate the passenger's travelling decision. However, the system has some problems: (1) the deviation in the bus position from GPS signal blockage or the differences in Android Phone GPS equipment, and (2) the system displaying only the most current bus positions, which may lag for 10-15 seconds due to the period of the position sending. However, this Information System is very useful for the bus passengers in terms of minimizing waiting time and reducing the energy used if the passengers choose to travel by bus instead of by car.

คำสำคัญ

รถโดยสารประจำทาง, รอ, GPS, Android phone, แผนที่

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบัน ประชาชนทั่วไปมีความจำเป็นต้องใช้บริการขนส่งสาธารณะในชีวิตประจำวันเพื่อการปฏิบัติหน้าที่ต่างๆ โดยบริการขนส่งสาธารณะที่สำคัญอย่างหนึ่งก็คือ รถโดยสารประจำทาง จากข้อมูลสถิติการใช้รถโดยสารประจำทาง ขสมก. ประจำปีงบประมาณ 2554 มีผู้ใช้รถโดยสารประจำทางถึง 1,022,589 คน/วัน[1] ซึ่งผู้ที่ต้องการโดยสารรถประจำทางจะต้องไปอยู่ที่ป้ายรถโดยสารรถประจำทางเพื่อรอใช้บริการ

บทความนี้นำเสนอระบบสารสนเทศที่จะช่วยให้ผู้โดยสารที่กำลังรอรถโดยสารประจำทางทราบถึงตำแหน่งของรถโดยสารประจำทางว่าอยู่ในจุดใดของเส้นทาง เพื่อให้สามารถบริหารเวลาในการรอโดยสารรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดความเครียด สร้างความสุขในการใช้รถโดยสารประจำทาง ส่งเสริมให้มีการใช้ระบบขนส่งสาธารณะเพื่อประหยัดพลังงาน และลดปัญหาโลกร้อนได้

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

เนื่องจากในเมืองที่มีขนาดใหญ่ในปัจจุบัน เช่น กรุงเทพมหานคร มักประสบกับปัญหาการจราจรที่ติดขัด ทำให้การรอรถโดยสารประจำทางนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากลำบาก เนื่องจากเวลาที่รถโดยสารประจำทางถึงป้ายโดยสารรถประจำทางนั้นไม่มีความแน่นอน ผู้โดยสารไม่ทราบตำแหน่งของรถโดยสารประจำทาง ไม่ทราบว่ารถโดยสารประจำทางหยุดให้บริการหรือไม่ ไม่ทราบว่ารถโดยสารประจำทางที่ตนจะใช้บริการนั้นหมดรอบการให้บริการหรือยัง เป็นผลให้ไม่สามารถบริหารเวลาที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งทำให้เกิดความเครียดในการใช้รถโดยสารประจำทางอีกด้วย

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์การทำงานของ GPS, Smart Phone, การประมวลผลตำแหน่งบนแผนที่ และ Web technology มาช่วยในการระบุตำแหน่งของรถโดยสารประจำทาง โดยมีแนวคิดที่จะใช้เทคโนโลยีดังกล่าวในต้นทุนที่ประหยัด และสามารถนำไปใช้งานโดยไม่ยากนัก เพื่อให้ผู้โดยสารรถประจำทางสามารถบริหารเวลาในการรอโดยสารรถประจำทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดความเครียด สร้างความสุขในการใช้รถโดยสารประจำทาง ส่งเสริมให้มีการใช้ระบบขนส่งสาธารณะเพื่อประหยัดพลังงาน และลดปัญหาโลกร้อนได้

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

GPS [3] คือ ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ย่อมาจากคำว่า Global Positioning System ซึ่งระบบ GPS ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

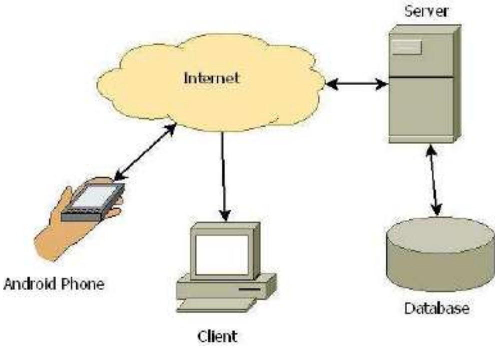
1. ส่วนอวกาศ ประกอบด้วยเครือข่ายดาวเทียม
2. ส่วนควบคุม ประกอบด้วยกลุ่มของสถานีควบคุมดาวเทียม ทำหน้าที่ควบคุมวงโคจรดาวเทียม คำนวณวงโคจรและตำแหน่งดาวเทียม ตรวจวัดความผิดพลาดของวงโคจร ปรับแก้ความถูกต้องของสัญญาณเวลา
3. ส่วนผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานต้องมีเครื่องรับสัญญาณที่สามารถรับคลื่นและแปรรหัสจากดาวเทียมเพื่อนำมาประมวลผลให้เหมาะสมกับการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งมีภาพรวมของระบบดังนี้

4.1.1 สถาปัตยกรรม Hardware



รูป 4.1.1 สถาปัตยกรรม Hardware

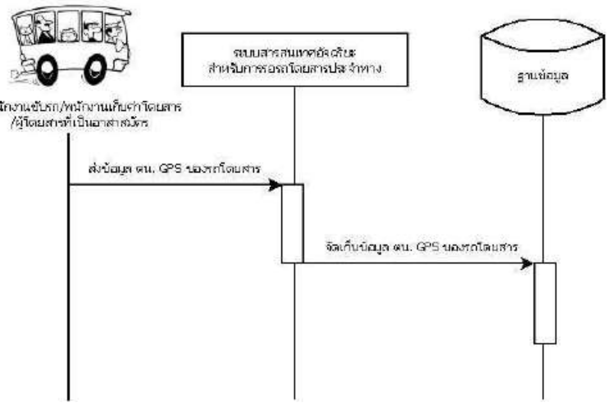
ระบบจะได้รับข้อมูลตำแหน่ง GPS ของรถโดยสาร, เวลาของตำแหน่งรถโดยสาร, หมายเลขและสายของรถโดยสารประจำทาง จาก Application บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ Android ผ่านเครือข่าย Internet โดยเครื่องแม่ข่ายของระบบสารสนเทศอัจฉริยะรอรถโดยสารประจำทางจะนำข้อมูลดังกล่าวไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลและประมวลผลเป็นตำแหน่งบนแผนที่ โดยผู้ใช้งานระบบสามารถเรียกแผนที่ตำแหน่งรถโดยสารประจำทางได้จากเว็บบราวเซอร์ทั้งทาง Smart Phone และเครื่อง PC

4.1.2 Software ที่ใช้ในการพัฒนา

ระบบนี้พัฒนาบนโปรแกรม Dreamweaver, Eclipse & ADT plugin และ Android SDK และพัฒนาโดยใช้ภาษา Java และ PHP โดยมี MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล

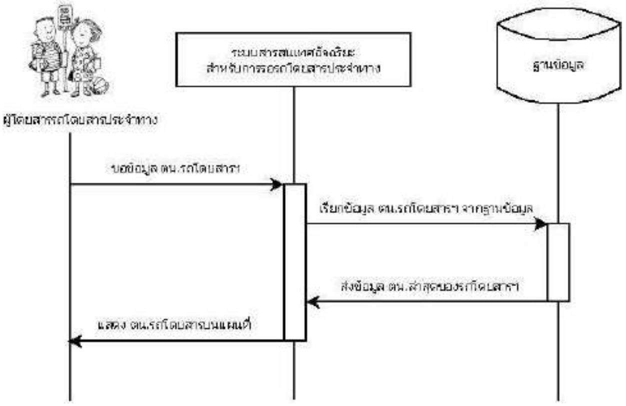
4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

Software ที่ใช้ในการพัฒนาระบบประกอบด้วย Dreamweaver, Eclipse & ADT plugin, Android SDK, Java, PHP, MySQL โดยการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถอธิบายได้โดย Sequence diagram ดังรูป



รูป 4.2.1 การส่งข้อมูลพิกัด GPS ของรถโดยสารเข้าสู่ระบบ

พนักงานขับรถ พนักงานเก็บค่าโดยสาร หรือผู้โดยสารอาสาสมัครจะทำการเปิด Application ในโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อทำการส่งข้อมูลตำแหน่ง GPS ปัจจุบันของรถโดยสาร โดย Application ใน Smartphone จะส่งข้อมูลเป็นคาบเวลาโดยอัตโนมัติ ทุกๆ 15 วินาที ไปยังระบบสารสนเทศอัจฉริยะสำหรับการรอรถโดยสารประจำทาง จากนั้นระบบจะทำการจัดเก็บข้อมูลตำแหน่งรถไปยังฐานข้อมูล



รูป 4.2.2 การขอข้อมูลพิกัดรถโดยสารเพื่อแสดงบนแผนที่

สำหรับผู้โดยสารรถโดยสารประจำทางซึ่งอาจกำลังรอรถโดยสารที่ป้ายรถโดยสาร หรือทำภารกิจอยู่ในที่อื่นๆ เมื่อต้องการทราบตำแหน่งของรถโดยสารที่ต้องการจะโดยสารก็จะทำการเข้าสู่ระบบสารสนเทศอัจฉริยะสำหรับการรอรถโดยสารประจำทางเพื่อขอข้อมูล โดยสามารถเข้าใช้ผ่านเว็บบราวเซอร์ซึ่งใช้งานได้ทั้งทาง Smartphone และ PC เมื่อระบบถูกทำการร้องขอข้อมูล ระบบจะทำการค้นหาข้อมูลตำแหน่งรถโดยสารประจำทางสายที่ต้องการจากข้อมูลในคาบเวลาล่าสุดมาแสดงผลตำแหน่งบนแผนที่ให้กับผู้โดยสาร ที่รอรถโดยสารประจำทาง เพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าจะเลือกหรือ ไม่เลือกใช้รถโดยสาร หรือพิจารณาเพื่อเดินทางไปยังป้ายรถโดยสารอย่างรวดเร็ว หรือทำภารกิจอื่นๆ ไปก่อน

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

การส่งข้อมูล GPS จาก Smart Phone ในระบบนี้จำกัดการส่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Android เท่านั้น

5. การทดสอบการใช้งาน

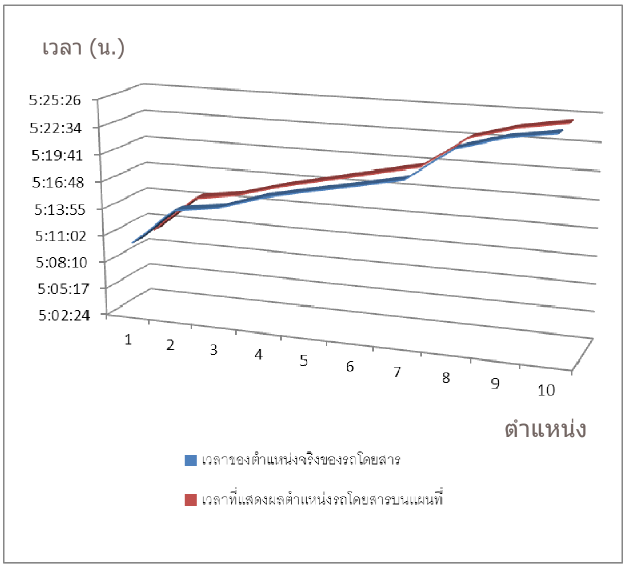
5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

เราได้ทำการทดสอบระบบบนเครื่องแม่ข่ายที่ทำการติดตั้ง Apache HTTP Server มีโปรเซสเซอร์ dual-core ความเร็ว 2.20 GHz และมีหน่วยความจำหลัก 4 GB ส่วนโทรศัพท์เคลื่อนที่ Smartphone ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ Android Virtual Device (AVD) และโทรศัพท์เคลื่อนที่ SAMSUNG Galaxy Gio

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

รูป 5.2.1 ระบบสารสนเทศอัจฉริยะ
สำหรับการรอรถโดยสารประจำทาง

รูป 5.2.1 แสดงหน้าจอเว็บระบบสารสนเทศอัจฉริยะสำหรับการรอรถโดยสารประจำทาง จากรูปแสดงให้เห็นว่า Smartphone สามารถส่งข้อมูลตำแหน่ง GPS ให้กับ ระบบได้ และเมื่อระบบได้รับข้อมูลแล้วก็จะทำการจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล เมื่อมีผู้ใช้งานขอข้อมูลตำแหน่งรถโดยสารบนแผนที่ ระบบก็สามารถแสดงผลตำแหน่งล่าสุดของรถโดยสารบนแผนที่ได้อย่างถูกต้อง



รูป 5.2.2 กราฟเวลาของตำแหน่งจริงของรถโดยสารเทียบกับเวลาที่แสดงผลตำแหน่งรถโดยสารบนแผนที่

รูป 5.2.2 แสดงเวลาของตำแหน่งรถโดยสารประจำทางที่ถูกส่งจาก Application บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ Android เปรียบเทียบกับเวลาการแสดงผลตำแหน่งรถโดยสารที่ผู้ใช้งานเห็นได้จากแผนที่ในระบบสารสนเทศอัจฉริยะสำหรับการรอรถโดยสารประจำทาง โดยพบว่าแผนที่จะแสดงผลช้ากว่าตำแหน่งรถโดยสารจริงเล็กน้อย ซึ่งเราได้ทำการแก้ไขโดยให้แผนที่แสดงค่าเวลาที่ทำการส่งค่าตำแหน่งรถโดยสารจากโทรศัพท์ด้วย เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบเวลาของตำแหน่งรถที่แสดงเพื่อประกอบการตัดสินใจ

6. บทสรุป

ระบบสารสนเทศอัจฉริยะสำหรับการรอรถโดยสารประจำทางสามารถช่วยบอกตำแหน่งของรถโดยสารให้กับผู้ใช้รถโดยสารได้ แต่ยังพบปัญหาการแสดงผลตำแหน่งล่าช้ากว่าความเป็นจริงเล็กน้อยเนื่องจากข้อมูลตำแหน่ง GPS ที่ส่งจาก Smartphone ไปยัง server จะทำการส่งเป็นคาบเวลา และตำแหน่ง GPS อาจคลาดเคลื่อนจากอุปกรณ์และสภาพอากาศได้

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

จากการที่ตำแหน่งของรถโดยสารประจำทางอาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเล็กน้อย สำหรับการพัฒนาในอนาคต เราจะทำการศึกษาเพื่อปรับคาบเวลาในการส่งตำแหน่งอัตโนมัติ ที่ทำให้ค่าตำแหน่งที่แสดงบนแผนที่ไม่ต่างจากความเป็นจริงมากนัก และไม่ทำให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ทำงานหนักเกินไป รวมทั้งการคำนวณความเร็วของรถโดยสารว่าสามารถเคลื่อนที่ได้เร็ว หรือช้า ให้กับผู้ใช้งานเพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้รถโดยสารได้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ. สถิติจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการรถเมล์ ขสมก. เฉลี่ย/วัน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.bmta.co.th. (วันที่ค้นข้อมูล : 24 มีนาคม 2555).

[2] MTA.info. MTA BusTime. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.mta.info/nyct/BusTime.htm. (วันที่ค้นข้อมูล : 24 มีนาคม 2555).

[3] Schiller, J. and A. Voisard. Location-Based Services. Morgan Kaufmann, 2004.

ระบบโทรศัพท์อัตโนมัติสำหรับผู้พิการทางสายตาหรือด้วย RFID

ธนทรรศน์ แซ่ลิ้ม ปรัชญา ชาวเมืองโขง และ ปกรณ์ ขุมทรัพย์

สาขาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

tanatat@mut.ac.th, tangmo1506@hotmail.com, kon.pk@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบโทรศัพท์อัตโนมัติด้วย RFID (Radio Frequency Identification) สำหรับผู้พิการทางสายตาหรือผู้ที่มีปัญหาในการจดจำหมายเลขโทรศัพท์ ระบบนี้จะเป็นการนำเทคโนโลยีด้านอาร์เอฟไอดีมาประยุกต์งานกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ ซึ่งในแท็กการ์ดจะถูกบันทึกหลายเลขโทรศัพท์ปลายทางไว้ โดยบนแท็กการ์ดนั้นจะมีรูปของเจ้าของหมายเลขและชื่อเจ้าของหมายเลขซึ่งอยู่เป็นลักษณะของอักษรเบล เมื่อผู้ใช้งานทำแท็กการ์ดเข้าไปใกล้กับเครื่องโทรศัพท์ เครื่องโทรศัพท์จะทำการโทรออกไปยังหมายเลขปลายทางที่บันทึกอยู่ในแท็กการ์ดได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถสนทนากับปลายทางได้โดยปกติเหมือนกับโทรศัพท์ทั่วไป

Abstract

This paper presents a design and development of an automatic RFID telephone for blinders controlled by a microcontroller-based unit. A tag card with a picture and a name in Braille of the receiver is given to the blinder. When the blinder places the tag card nearby the RFID reader, the telephone will automatically call to that receiver so the blinder is able to call everyone without touching any button of the telephone.

คำสำคัญ

อาร์เอฟไอดี, แท็กการ์ด

1. บทนำ

การสื่อสารในปัจจุบันมีความสำคัญมาก เนื่องจากมนุษย์ทุกคนต้องการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลต่างๆ ซึ่งกันและกัน โดยอุปกรณ์ที่อยู่ใกล้ตัวมากที่สุดคือโทรศัพท์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มความสะดวกสบายในการติดต่อสื่อสารของมนุษย์ เพียงกดหมายเลขปลายทางก็สามารถติดต่อสื่อสารกับปลายทางได้ แต่ในกรณีที่บุคคลที่ความบกพร่องทางด้านร่างกาย เช่น ผู้พิการทางสายตา ผู้สูงอายุหรือแม้กระทั่งบุคคลที่ไม่มีความรู้ความชำนาญทางด้านเทคโนโลยีใหม่ๆ ของโทรศัพท์ รวมถึงผู้ที่มีปัญหาในการจดจำหมายเลขปลายทางนั้น จะทำให้สามารถใช้งานโทรศัพท์ เพื่อติดต่อสื่อสารได้ยาก ในกรณีของผู้พิการทางสายตาจะไม่สามารถมองเห็นหมายเลขบนแป้นโทรศัพท์ได้ ส่วนผู้สูงอายุ เด็กหรือผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับความจำ จะประสบปัญหาเกี่ยวกับการจดจำเลขหมายโทรศัพท์ รวมไปถึงผู้ที่ไม่มีความรู้ความชำนาญทางด้านเทคโนโลยีทำให้เกิดความไม่สะดวกในการใช้งาน จากปัญหาข้างต้นที่กล่าวมานั้น ทางผู้พัฒนาได้เล็งเห็นถึงปัญหาต่างๆ มากมาย และต้องการหาหนทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับบุคคลเหล่านี้ ให้สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้เหมือนบุคคลทั่วไป ผู้พัฒนาจึงได้พัฒนาระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ โดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหานี้

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

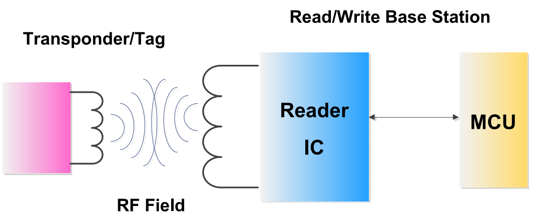
จากปัญหาของผู้พิการทางสายตาต้องการใช้ประโยชน์จากสิ่งอำนวยความสะดวกจากเทคโนโลยีทางด้านโทรศัพท์ เพื่อใช้สื่อสารไปยังบุคคลที่ต้องจะสนทนา หรือต้องการจะแจ้งเหตุด่วน และเหตุฉุกเฉินในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ต่างๆ แต่ความต้องการจากการใช้งานของเทคโนโลยีโทรศัพท์ของผู้พิการทางสายตานั้นยังไม่ครอบคลุมไปยังบุคคลเหล่านี้อันเนื่องมาจากตัวเครื่องโทรศัพท์ที่มีในปัจจุบันนั้นไม่ได้ออกแบบขึ้นมาเพื่อให้ผู้พิการทางสายตาได้ใช้งานได้สะดวกไม่ว่าจะเป็นแป้นกดเลขหมายโทรศัพท์เพื่อกดเลขหมายโทรศัพท์ปลายทางหรือแม้กระทั่งแป้นกดเพื่อเรียกเลขหมายโทรศัพท์ปลายทาง ทำให้ผู้พิการทางสายตานั้น เกิดความไม่สะดวกในการใช้งานเครื่องโทรศัพท์ทั่วไปเป็นอย่างมาก

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี และหลักการที่ใช้ในการศึกษาและพัฒนาระบบโทรศัพท์อัตโนมัติด้วย RFID มีด้วยกันทั้งหมด 3 ส่วนได้แก่ เทคโนโลยีทางด้านอาร์เอฟไอดี (RFID-Radio Frequency Identification) จีเอสเอ็มมอดูล [2] (GSM Module) และไมโครคอนโทรเลอร์ (PIC16F877A)

3.1 เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID)

เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID) เป็นวิธีการที่ใช้จัดเก็บและเรียกข้อมูลของวัตถุจากระยะไกล โดยใช้อุปกรณ์ ที่เรียกว่า อาร์เอฟไอดีแท็ก (RFID Tags) โดยที่แท็กเป็นชิ้นส่วนเล็กๆ ที่นำไปติดไว้กับสิ่งของ สัตว์ หรือแม้แต่ที่ตัวบุคคลโดยในแท็กนี้จะมีส่วนที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศที่สามารถรับและส่งคลื่นวิทยุไปยังเครื่องส่งอาร์เอฟไอดีโดยจะมีส่วนประกอบการทำงานดังนี้ 1. ภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ 2. ภาคสร้างสัญญาณคลื่นพาห์ 3. ขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศ 4. วงจรปรับจูนสัญญาณ 5. หน่วยประมวลผลข้อมูล และภาคติดต่อกับคอมพิวเตอร์



ปที่ 1 อาร์เอฟไอดี (RFID)

3.2 รูปแบบการใช้งานคำสั่งเพื่อติดต่อกับอาร์เอฟไอดี

รูปแบบการติดต่อสื่อสารไปยังอาร์เอฟไอดี เมื่อต้องการส่งคำสั่งไปต่างๆ ไปยังอาร์เอฟไอดีจะมีโพรโทคอลอยู่ 5 ชนิดคือ Header, Len, Command, Data และ Checksum

ตารางที่ 1 รายละเอียดการสื่อสารไปยังอาร์เอฟไอดี

รูปแบบ	รายละเอียด
Header	คำสั่งเริ่มต้นในการติดต่อ ไบต์จากต้นทางไปยังปลายทาง 1: OxBA
Len	ความยาวที่เริ่มนับจากคำสั่งถึงผลรวมของการตรวจสอบ 1 ไบต์
Command	คำสั่ง ไบต์ 1
Data	ข้อมูล
Checksum	ผลของ XOR จากคำสั่งเริ่มต้นรวมถึงคำสั่งสุดท้าย ไบต์ 1

รูปแบบการติดต่อสื่อสารเมื่ออาร์เอฟไอดีตอบกลับมาจะมีโพรโทคอลอยู่ 6 ชนิดคือ Header, Len, Command, Status, Data และ Checksum

ตารางที่ 2 รายละเอียดการตอบกลับของอาร์เอฟไอดี

รูปแบบ	รายละเอียด
Header	คำสั่งเริ่มต้นในการติดต่อ 1 ไบต์จากต้นทางไปยังปลายทาง: OxBD
Len	ความยาวที่เริ่มนับจากคำสั่งถึงผลรวมของการตรวจสอบ 1 ไบต์
Command	คำสั่ง 1 ไบต์
Status	สถานะคำสั่ง 1 ไบต์
Data	ข้อมูล
Checksum	ผลของ XOR จากคำสั่งเริ่มต้นรวมถึงคำสั่งสุดท้าย ไบต์ 1

<u>รูปแบบการใช้งานเขียนข้อมูลลงไปในแท็กการ์ด</u>

ตารางที่ 3 เฟรมเขียนข้อมูลลงไปในแท็กการ์ด

Header	Len	Command	Block	Data	Checksum
0xBA	Len	0x34	Block	Data	Checksum

Block: บล็อกในแท็กการ์ดที่ต้องการบันทึกข้อมูล

Data: ข้อมูลที่ต้องการบันทึกสูงสุด 4 ไบต์

<u>รูปแบบการใช้งานอ่านข้อมูลในแท็กการ์ด</u>

ตารางที่ 4 เฟรมอ่านข้อมูลในแท็กการ์ด

Header	Len	Command	Block	Number	Checksum
0xBA	Len	0x33	Block	Number	Checksum

Block: หมายเลขบล็อกที่เริ่มอ่านจากแท็ก

Number: จำนวนบล็อกที่ต้องการอ่านสูงสุด 15 บล็อก

3.3 เทคโนโลยีจีเอสเอ็ม (GSM)

ระบบโครงข่ายจีเอสเอ็ม (GSM) นั้นเป็นระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ (Cellular Network) ซึ่งจะแบ่งพื้นที่การทำงานออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ เพื่อให้โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถติดต่อกับเครือข่ายการให้บริการ โดยพื้นที่การบริการจะเป็นพื้นที่ขนาดเล็กหรือพื้นที่ขนาดใหญ่ จะขึ้นอยู่กับการจำนวนผู้ใช้งาน กำลังรับ และกำลังส่ง ในด้านโครงสร้างหลักของระบบ GSM ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ 1.สถานีฐาน (BTS) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างผู้ใช้งานกับเครือข่ายผู้ให้บริการ 2.ระบบควบคุมสถานีฐาน (BSC) ทำหน้าที่ควบคุมสถานีฐาน 3.ชุมสายสวิตซ์ชิงแบบต่อผ่าน (MSC) เป็นตัว

เชื่อมโยงโครงข่ายไร้สายไปยังสถานีฐาน และระบบควบคุมสถานีฐาน

3.4 ไมโครคอนโทรเลอร์ (PIC16F877A)

ไมโครคอนโทรเลอร์เป็นชนิด RISC [3] (Reduced Instruction Set Computer) คือ มีการทำงานที่มีจำนวนชุดคำสั่งน้อย แต่ละคำสั่งจะทำงานแบบง่ายๆ ทำให้ความเร็วในการทำงานแต่ละคำสั่งสูง หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 บิต เป็นผลให้จำนวนชุดคำสั่งของ PIC มีน้อย ในปัจจุบัน PIC เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลที่ยอดนิยมตระกูลหนึ่งเพราะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ประสิทธิภาพสูง และราคาค่อนข้างถูก

4. รายละเอียดการพัฒนา

ในส่วนของการพัฒนาระบบโทรศัพท์อัตโนมัติด้วย RFID จะประกอบไปด้วยส่วนหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของซอฟต์แวร์ ส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นจะเป็นตัวเครื่องโทรศัพท์อัตโนมัติด้วย RFID ซึ่งจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ คืออาร์เอฟไอดีรีดเดอร์ (RFID Reader), จีเอสเอ็มมอดูล (GSM Module) และไมโครคอนโทรเลอร์ (PIC16F877A) ส่วนของซอฟต์แวร์เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้บันทึกเลขหมายโทรศัพท์ลงไปในแท็กการ์ดเพื่อเรียกเลขหมายปลายทาง และส่งข้อความสั้นไปยังปลายทาง

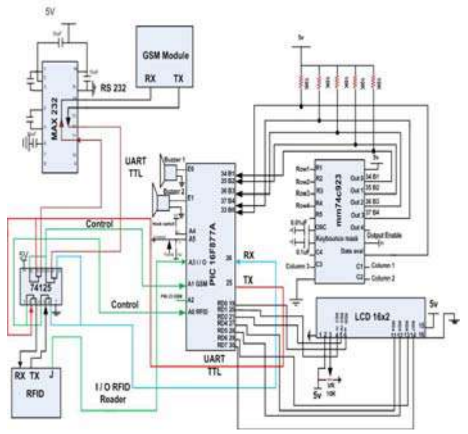
4.1 ภาพรวมของระบบ

โทรศัพท์อัตโนมัติด้วย RFID จะมีไมโครคอนโทรเลอร์ (PIC16F877A) ทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานทั้งหมดของวงจร ในส่วนของการเรียกเลขหมายโทรศัพท์ปลายทางกับการส่งข้อความสั้นนั้นจะมีแท็กการ์ดที่บันทึกเลขหมายโทรศัพท์เพื่อใช้เรียกเลขหมายไปยังปลายทางผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (GSM) โดยจะมีเลขหมายโทรศัพท์ที่บันทึกอยู่ในแท็กการ์ดแสดงบนจอ LCD ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ภาพรวมการทำงานของระบบโทรศัพท์

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

วงจรการทำงานของระบบโทรศัพท์อัตโนมัติจะประกอบด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ อาร์เอฟไอดีรีดเดอร์ จีเอสเอ็มมอดูล โดยอาร์เอฟไอดีรีดเดอร์จะทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลจากแท็กจากนั้นไมโครคอนโทรเลอร์จะนำข้อมูลที่ซึ่งเป็นเลขหมายโทรศัพท์ส่งออกไปให้กับจีเอสเอ็มมอดูลในรูปแบบของ AT Command โดยมีไอซี 74LS125 ทำหน้าที่เป็นไอซีสวิตซ์ดิจิทัลเพื่อเปิดเส้นทางการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรเลอร์กับอาร์เอฟไอดีรีดเดอร์ และไมโครคอนโทรเลอร์กับจีเอสเอ็มมอดูลดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรการทำงานระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ

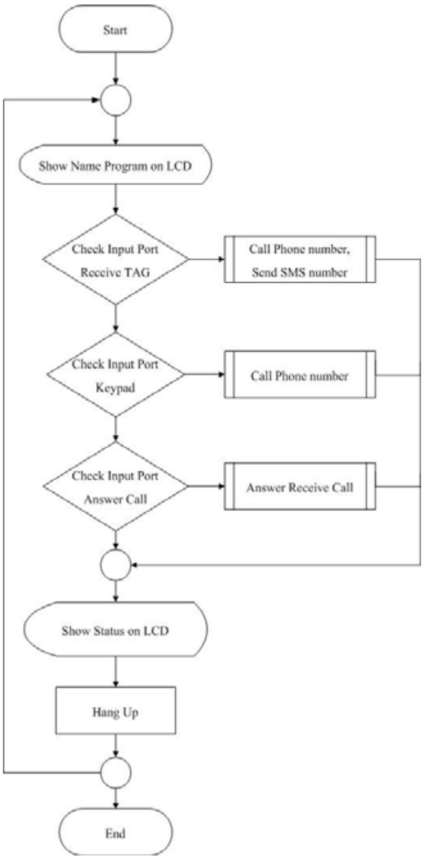
โดยการต่อขาควบคุมเข้ากับพอร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ โดยเลขหมายโทรศัพท์ปลายทางจะทำการแสดงผลบนจอ LCD เมื่อทำการนำแท็กไปที่บริเวณคลื่นความถี่วิทยุที่ปล่อยออกมาจากอาร์เอฟไอดีรีดเดอร์ ในส่วนของการใช้งานคีย์แพดก็จะมีไอซีสำหรับการเข้ารหัสคีย์แพด MM74C923N โดยการรับค่าจากการกดปุ่ม ในการทำงานขั้นตอนต่างๆ บนเครื่องโทรศัพท์จะมีสัญญาณเสียงบ่งบอกสถานะการทำงานต่างๆ การบันทึกเลขหมายโทรศัพท์ลงไปในแท็กการ์ดนั้น จะมีโปรแกรมประยุกต์เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถพิมพ์เลขหมายโทรศัพท์ลงไปในตัวโปรแกรม เพื่อนำไปใช้ในการเรียกเลขหมายโทรศัพท์ปลายทางหรือส่งข้อความสั้นไปยังปลายทางโดยเครื่องโทรศัพท์อัตโนมัติด้วย RFID

ในส่วนของแท็กการ์ดที่บันทึกเลขหมายโทรศัพท์ปลายทางสำหรับผู้พิการทางสายตาจะใช้อักษรเบลเพื่อ

บ่งบอกว่าเลขหมายโทรศัพท์ปลายทางเป็นเลขหมายของผู้ใด สำหรับผู้สูงอายุจะมีรูปภาพเป็นสัญลักษณ์แทนตัวบุคคลที่ต้องการติดต่อด้วยดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 แท็กการ์ดที่บันทึกเลขหมายโทรศัพท์

การทำงานของระบบโทรศัพท์อัตโนมัตินี้ เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานจะทำการแสดงชื่อระบบที่จอแสดงผล แล้วให้โปรแกรมทำการตรวจสอบว่ามีข้อมูลเข้ามาที่พอร์ตไหน โดยถ้ามีข้อมูลเข้ามาที่พอร์ตในการรับแท็กก็ให้โปรแกรมเข้าไปทำงานในการรับเลขหมายจากแท็กแล้วให้โทรออกหรือส่งข้อความสั้นไปยังปลายทางดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โฟวชาร์ตการทำงานของระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ

หากมีการกดปุ่มบนคีย์แพดก็ให้เข้าไปทำงานในการโทรออกด้วยการกดปุ่มเลขหมายจากคีย์แพด และถ้าพอร์ตตรวจสอบได้ว่ามีสายเรียกเข้ามายังตัวโทรศัพท์ ระบบจะเข้าไปทำงานในส่วนของการรับสาย โดยการทำงานทั้งหมดนี้ไม่ว่าจะกรณีใดๆ จะมีแสดงสถานะการทำงานบนจอ LCD ตลอดเวลา และเมื่อสนทนาเสร็จแล้วเมื่อทำการวางสายโปรแกรมจะกลับไปเริ่มต้นการทำงานใหม่อีกครั้ง

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

ผู้ใช้ที่ต้องการบันทึกเลขหมายโทรศัพท์ลงในแท็กต้องมีความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เครื่องโทรศัพท์ไม่สามารถแสดงชื่อผู้ที่ต้องการติดต่อได้แต่จะระบุเป็นรูปภาพสำหรับผู้สูงอายุและอักษรเบลสำหรับผู้พิการทางสายตาบนแท็กการ์ดแทน

5. การทดสอบการใช้งาน

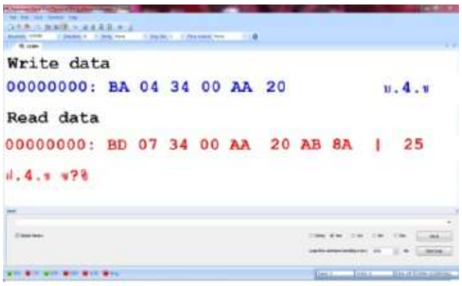
การทดสอบระบบโทรศัพท์อัตโนมัติด้วย RFID นั้นจะประกอบไปด้วยการทดสอบการบันทึกเลขหมายโทรศัพท์ลงไปในแท็กการ์ด และการใช้แท็กการ์ดเพื่อทำการเรียกเลขหมายโทรศัพท์ไปยังปลายทางและการส่งข้อความสั้นไปยังปลายทาง ด้วยการทดสอบผ่านทางโปรแกรมแอดวานซ์ซีเรียลพอร์ต

<u>การทดสอบการเขียนข้อมูลลงในแท็กการ์ด</u>

การเขียนข้อมูล AA ลงไปในบล็อกที่ 0 ของแท็กการ์ด

ตารางที่ 5 เฟรมข้อมูลการเขียนแท็กการ์ด

Header	Len	Command	Block	Data	Checksum
BA	04	34	00	AA	20



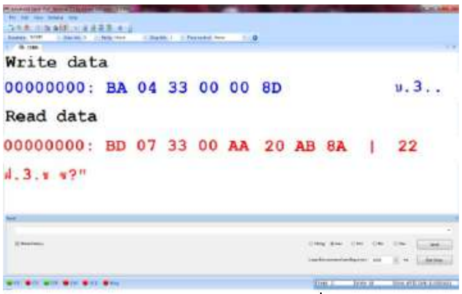
รูปที่ 6 การเขียนข้อมูล AA ลงไปในบล็อกที่ 0

<u>การทดสอบการอ่านข้อมูลในบล็อกที่ 0 ของแท็กการ์ด</u>

การอ่านข้อมูลในบล็อกที่ 0 ของแท็กการ์ด

ตารางที่ 6 เฟรมข้อมูลการอ่านแท็ก

Header	Len	Command	Block	Number	Checksum
BA	04	33	00	00	8D

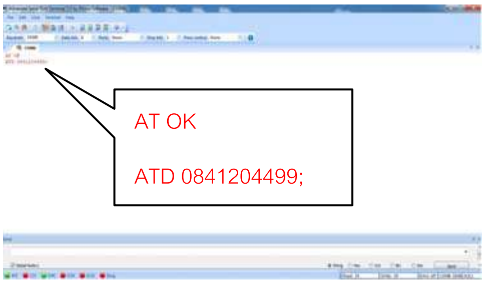


รูปที่ 7 การอ่านข้อมูลในบล็อกที่ 0 ของแท็การ์ด

<u>การทดสอบการเรียกเลขหมายโทรศัพท์ไปยังจีเอสเอ็มมอดูล</u>

ตารางที่ 7 AT Command การเรียกเลขหมายโทรศัพท์

AT Command	ตัวอย่างการใช้งาน	ความหมาย
ATD	ATD 0853320087;<Ent>	คำสั่งที่ใช้โทรออก

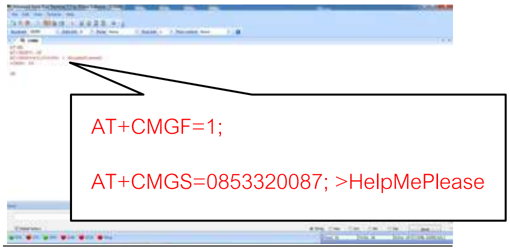


รูปที่ 8 การเรียกเลขหมายโทรศัพท์ไปยังปลายทาง

<u>การทดสอบการส่งข้อความสั้นไปยังปลายทาง</u>

ตารางที่ 8 AT Command การส่งข้อความสั้นไปยังปลายทาง

AT Command	ตัวอย่างการใช้งาน	ความหมาย
AT+CMGF=1	AT+CMGF=1<Ent>	ข้อความสั้นแบบเท็กโหมด
AT+CMGS=	AT+CMGS=0853320087;<Ent>	ใส่เลขหมายโทรศัพท์
>……<Ctrl+Z>	>Test Send SMS<Ctrl+Z><Ent>	ใส่ข้อความที่ต้องการส่ง



รูปที่ 9 การส่งข้อความสั้นไปยังปลายทาง

ในส่วนของผลการทดสอบการทำงานของโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยอาร์เอฟไอดีโดยที่รับเลขหมายโทรศัพท์มาจากแท็กการ์ดที่ทำการบันทึกผ่านโปรแกรมประยุกต์ให้ทำการเรียกเลขหมายไปยังปลายทางเพื่อทำการสนทนากับบุคคลที่ต้องการติดต่อสื่อสารด้วยจะแสดงเลขหมายโทรศัพท์ที่อยู่ในแท็กการ์ดจำนวน 10 หลักที่จอแสดงผล LCD ดังรูปที่ 10 และการส่งข้อความสั้นไปยังปลายทางดังรูปที่ 11

รูปที่ 10 การเรียกเลขหมายโทรศัพท์ปลายทางด้วยแท็ก

รูปที่ 11 การส่งข้อความสั้นไปยังปลายทางด้วยแท็ก

ผลการทดสอบการบันทึกเลขหมายโทรศัพท์เพื่อส่งข้อความสั้นลงไปในแท็กการ์ดจะอยู่ในแท็บ Save SMS number เมื่ออยู่ในแท็บนี้แล้วให้พิมพ์เลขหมายโทรศัพท์ลงไปแล้วกดปุ่มบันทึก จากนั้นโปรแกรมก็จะบันทึกเลขหมายโทรศัพท์ปลายทางลงในแท็กการ์ดเป็นที่เรียบร้อยแล้วดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 การบันทึกเลขหมายโทรศัพท์เพื่อส่งข้อความสั้น

ผลการทดสอบการใช้งานจริงจากการเรียกเลขหมายโทรศัพท์ดังรูปที่13 และการส่งข้อความสั้นไปยังปลายทาง ดังรูปที่ 14

รูปที่ 13 การใช้งานจริงด้วยการเรียกเลขหมายโทรศัพท์

รูปที่ 14 การใช้งานจริงด้วยการส่งข้อความสั้น

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ระบบโทรศัพท์อัตโนมัติด้วย RFID สามารถติดตั้งไว้ที่ใดก็ได้ที่มีระบบไฟฟ้าเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ รวมถึงสามารถรับสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ตามความต้องการและความเหมาะสมของผู้ใช้งาน

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

ระบบโทรศัพท์อัตโนมัติด้วย RFID สามารถใช้งานได้เหมือนโทรศัพท์ทั่วๆ ไป โดยมีความพิเศษคือสามารถเรียกเลขหมายโทรศัพท์ปลายทาง และส่งข้อความสั้นไปยังปลายทางได้ เพียงนำแท็กการ์ดเข้าไปใกล้โทรศัพท์อัตโนมัติแทนการกดปุ่ม

6. บทสรุป

การทำงานของระบบโทรศัพท์อัตโนมัติด้วย RFID สามารถใช้งานได้ดีเหมือนโทรศัพท์ทั่วๆ ไป มีฟังก์ชันการใช้งานที่ง่าย แต่มีการเพิ่มเทคโนโลยี RFID เข้ามาเพื่ออำนวยความสะดวกกับผู้พิการทางสายตา และผู้สูงอายุโดยการบันทึกเลขหมายโทรศัพท์ลงในแท็กเพื่อเรียกเลขหมายไปยังปลายทางแทนการกดเลขหมายโทรศัพท์ โดยที่แท็กจะมีสัญลักษณ์รูปภาพและอักษรเบล ติดลงบนแท็กเพื่อระบุตัวตนของผู้ที่ต้องการติดต่อด้วย ตัวเครื่องโทรศัพท์สามารถนำไปติดตั้งภายในสถานที่พักคนชรา สมาคมคนตาบอด หรือแม้กระทั่งบ้านพักอาศัยที่มีผู้พิการทางสายตาและคนชราอาศัยอยู่ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้โทรศัพท์แก่บุคคลเหล่านี้ต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติที่ได้มอบทุนในการสนับสนุนการทำระบบโทรศัพท์อัตโนมัติด้วย RFID

8. เอกสารอ้างอิง

[1] R. Pathak, S. Joshi, "Recent trends in RFID and a java based software framework for its integration in mobile phones", International Conference on Internet 2009 (AH-ICI 2009), pp. 1-5

[2] M. Yuchun, H. Yinghong, Z. Kun, L. Zhuang, "General Application Research on GSM Module", International Conference on Internet Computing and Information Services 2011 (ICICIS2011), pp 525-528

[3] W. Lyons, "Meeting the embedded design needs of automotive applications [RISC instruction set architecture]", Proceedings of the Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition (DATE’05), pp 142-147

Warning and Disaster

ECTI-CARD 2012

ระบบเฝ้าระวังอุทกภัยแจ้งเตือนผ่านโซเชียลเน็ตเวิร์ก

ธนทรรศน์ แซ่ลิ้ม วัลลภ จิตต์นุพงศ์ ภาณุมาศ บุญเจริญปัญญา และ สุทธาวุฒิ บุตราช

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

tanatat@mut.ac.th, amoatza@gmail.com, m_in_side@hotmail.com, master_tanny@hotmail.com

บทคัดย่อ

จากปัญหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นเป็นที่ทราบกันดีว่ามีความรุนแรงและสร้างความเสียหายมาก ผู้พัฒนาจึงมีแนวคิดในการแก้ปัญหาโดยการพัฒนาระบบเฝ้าระวังอุทกภัย ที่สามารถแจ้งเตือนผ่านระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยอาศัยมอดูลจีเอสเอ็มมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค โดยใช้มอดูลจีเอสเอ็มในการแจ้งเตือนภัยผ่านข้อความสั้น (SMS) และส่งข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำผ่านระบบ GPRS ไปยังสถานีแม่ข่าย ซึ่งจะประมวลผลข้อมูลและแสดงผลผ่านเว็บไซต์เพจ และมีการแจ้งเตือนผ่านโซเชียลเน็ตเวิร์ก รวมถึงสามารถตรวจสอบระดับน้ำย้อนหลังได้อีกด้วย

Abstract

This paper presents a design and development of flood monitoring system controlled by a microcontroller-based unit. It measures the water level with the ultrasonic sensor and sends data to a server through GSM Network. The server processes data and shows information on website using google API. When water level is almost reaches the threshold level, the system will send data to the social network, facebook and twitter. The website also shows the previous water levels in the graph.

คำสำคัญ

เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค , อุทกภัย

1. บทนำ

เหตุการณ์อุทกภัยที่ผ่านมาในปี 2554 สร้างความเดือดร้อนให้ชาวบ้านและสร้างความเสียหายให้เขตเศรษฐกิจในประเทศเป็นอย่างมากหลายครอบครัวได้รับความสูญเสียหลายโรงงานหลายบริษัทได้รับความเสียหายเส้นทางคมนาคมในบางพื้นที่ถูกตัดขาดเนื่องจากระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นสูงจากแม่น้ำและไหลเข้าท่วมพื้นที่ต่างๆ โดยหากเราสามารถรับรู้ปริมาณน้ำที่ขึ้นสูงอย่างรวดเร็ว น่าจะสามารถลดความเสียหายที่เกิดจากอุทกภัยได้ และปัญหาสำคัญอีกอย่างที่มองข้ามไป คือระบบการแจ้งเตือนล่วงหน้าที่มีประสิทธิภาพ การแจ้งเตือนในปัจจุบันนั้นยังไม่สามารถแจ้งเตือนไปยังผู้ที่อยู่อาศัยได้โดยตรง ทำให้การอพยพหรือขนย้ายทรัพย์สินหรือกั้นกระสอบทรายทำได้ไม่ทันท่วงที จึงเกิดความสูญเสียเป็นจำนวนมาก

ในระบบแจ้งเตือนอุทกภัย มีส่วนประกอบหลักคืออัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ GSM Module [1] ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ มาประยุกต์ใช้เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด หลักการทำงานของตัวเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคจะปล่อยสัญญาณเสียงไปกระทบกับผิวน้ำและส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อคำนวณระยะห่างระหว่างน้ำกับอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ จากนั้นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลปริมาณน้ำโดยใช้เทคโนโลยี GPRS [2] ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อแสดงผลระดับน้ำบนเว็บไซต์เพจโดยใช้ Google map API [3] แสดงรายละเอียดของแผนที่ที่อุปกรณ์ติดตั้งอยู่และแสดงระดับปริมาณน้ำในจุดที่มีการติดตั้งอุปกรณ์อยู่ ในกรณีที่ระดับน้ำขึ้นสูงเกินกว่าระดับที่กำหนดไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่ง GSM Module ส่งข้อความสั้น (SMS) ไปยังเลขหมายของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อแจ้งเตือนประชาชนและในเว็บเพจจะแจ้งเตือนในลักษณะของสัญลักษณ์ต่างๆ บนตัวแผนที่พร้อมบอกระดับน้ำ รวมถึงแจ้งเตือนสถานการณ์และข้อมูลระดับน้ำผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

เหตุการณ์อุทกภัยที่เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ในประเทศไทย สาเหตุมักเกิดจากปริมาณน้ำฝนมีมากผิดปกติ น้ำป่าไหลหลาก น้ำ

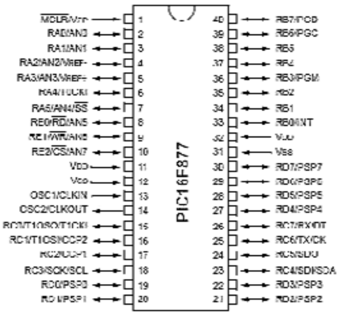
ทะเลหนุน ส่งผลให้แม่น้ำสายหลักเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และไหลเข้าท่วมบริเวณที่อยู่อาศัยของประชาชนแม้ว่าจะเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้นๆ แต่ผลกระทบที่ทิ้งไว้เบื้องหลังคือความสูญเสียต่างๆ มากมายที่ตามมา โดยส่วนใหญ่ประชนชนจะทราบถึงสถานการณ์ก็ต่อเมื่อกระแสน้ำได้ไหลเข้าท่วมบ้านเรือนแล้ว ผู้พัฒนาจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบเตือนภัยด้วยการตรวจสอบระดับความสูงของน้ำที่ห่างจากตลิ่ง เพื่อช่วยแจ้งเตือนไปยังประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ให้มีการเตรียมรับมือกับเหตุการณ์อุทกภัย

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทความนี้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถเป็นออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน ส่วนที่ 1 จะกล่าวถึงไมโครคอนโทรเลอร์ ส่วนที่ 2 กล่าวถึง มอดูลจีเอสเอ็ม ส่วนที่ 3 กล่าวถึง เซนเซอร์อัลตร้าโซนิคและในส่วนที่ 4 จะกล่าวถึงเครื่อข่ายสังคม

3.1 ไมโครคอนโทรเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (Peripheral Interface Controller) ผลิตโดยบริษัท Microchip ในบทความนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F877A เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาด 8 บิตมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย รวมถึงมีคุณสมบัติครอบคลุมขอบเขตของการพัฒนา ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้



รูปที่ 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F877A

3.2 มอดูลจีเอสเอ็ม (GSM Module)

มอดูลจีเอสเอ็มของ SIMCOM รุ่น SIM300CZ เนื่องจากมอดูลมีขนาดเล็ก รองรับ GSM ย่านความถี่ 1900/1800/900 (Tri-Band), GPRS Class 10 ซึ่งมีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันและสามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ได้ โดยมีการใช้งาน GPRS เพื่อนำมาใช้สำหรับทำการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบอินเตอร์เน็ต รวมถึงการส่งข้อความสั้นแจ้งเตือนระดับน้ำ ซึ่งในการทำงานสามารถเชื่อมต่อแบบพอร์ตอนุกรมได้ อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล 19200 บิตต่อวินาที

รูปที่ 2 มอดูลจีเอสเอ็มของ SIMCOM รุ่น SIM300CZ

3.3 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

อัลตร้าโซนิค คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วของมนุษย์โดยเฉลี่ย จะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 KHz เท่านั้น แต่สำหรับเด็กอาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอัลตร้าโซนิคมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นทีมีทิศทางทำให้สามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง ซึ่งเรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตร้าโซนิค จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มิลลิเมตรเท่านั้น คลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบๆ หรือที่เรียกว่า มีทิศทาง

รูปที่ 3 Ultrasonic sensor รุ่น SRF05

3.4 เครือข่ายสังคม (Social Network)

ในปัจจุบันเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เพิ่มมากขึ้น เครือข่ายอินเทอร์เนตเข้าถึงประชาชนได้อย่างทั่วถึง จึงทำให้การดำเนินชีวิตในประจำวันเปลี่ยนไปผู้คนส่วนใหญ่ใช้เวลาอยู่กับคอมพิวเตอร์วันละหลายชั่วโมง มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตติดต่อสื่อสารกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เนตทั้งนี้เพราะเว็บไซต์ในปัจจุบันมีลักษณะเป็นเครือข่ายสังคมออนไลน์ ผู้ใช้สามารถเผยแพร่ข้อมูลส่วนบุคคล ความ

เป็นตัวตน เขียนเล่าเรื่องราวต่างๆ ผ่านบล็อกหรือแสดงรูปภาพ เพื่อให้คนอื่นได้รับข้อมูลที่เป็นปัจจุบันของผู้ใช้ รวมถึงการเปิดโอกาสให้มีการทำความรู้จักกับบุคคลอื่นๆ ผ่านทางบุคคลรู้จักของผู้ใช้ ร่วมถึงเป็นช่องทางในการติดต่อสื่อสารและกระจายข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

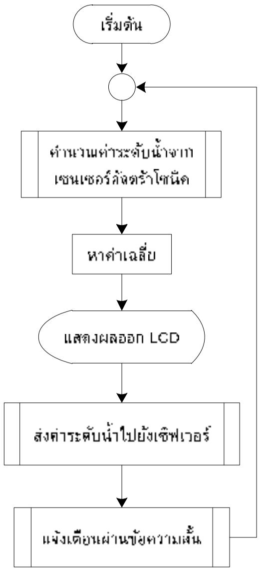
ในบทความจึงนำเครือข่ายสังคมมาประยุกต์ใช้งาน เพื่อให้การแจ้งเตือนนั้นมีความรวดเร็วและเข้าถึงบุคคลทั่วไปได้ง่าย เป็นการใช้ Twitter และ Facebook ช่วยในการแจ้งเตือนข้อมูลการเฝ้าระวังอุทกภัย ซึ่งปัจจุบันมีบุคคลต่างๆ ใช้งานเครือข่ายสังคมออนไลน์เป็นจำนวนมาก ทางทีมผู้พัฒนาจึงใช้ช่องทางนี้เป็นการแจ้งเตือนอีกหนึ่งชิ่งทาง เพื่อให้ทุกคนได้รับข่าวสารข้อมูลการแจ้งเตือนภัยอุทกภัยนั้นอย่างรวดเร็ว

4. รายละเอียดการพัฒนา

ในรายละเอียดการพัฒนาจะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

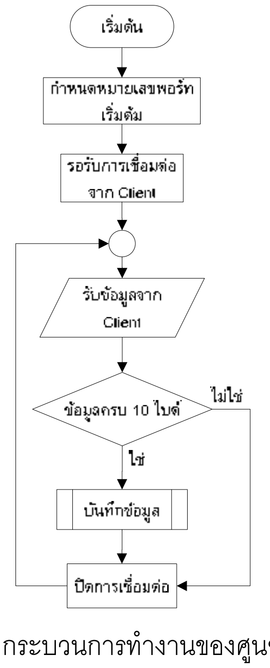
4.1 ภาพรวมของระบบ

ในส่วนของระบบเฝ้าระวังอุทกภัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ อุปกรณ์ตรวจวัดและศูนย์ข้อมูล ในส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดจะประกอบไปด้วย เซนเซอร์อัลต้าโซนิค จะทำหน้าที่วัดค่าระดับน้ำและส่งค่าระดับน้ำไปยัง หน่วยประมวลผลคือไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อคำนวนค่าระดับน้ำ จากนั้นจะทำการส่งค่าระดับน้ำผ่านเครือข่ายโทรศัพท์โดยใช้ มอดูลจีเอสเอ็มไปยังศูนย์ข้อมูล เมื่อโปรแกรมเริ่มต้นการทำงานจะทำการคำนวณค่าระดับน้ำจากเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ซึ่งจะคำนวณค่าระดับน้ำแล้วเก็บลงในอาเรย์จำนวน 10 ค่า แล้วจึงทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ค่าระดับน้ำใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด จากนั้นค่าระดับน้ำที่ได้จะแสดงผลออกหน้าจอ LCD แล้วทำการส่งค่าระดับน้ำไปยังแม่ข่าย หลังจากนั้นจะทำการแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้น โดยที่จะมีการตรวจสอบระดับน้ำก่อนจะแจ้งเตือนดังรูปที่ 4

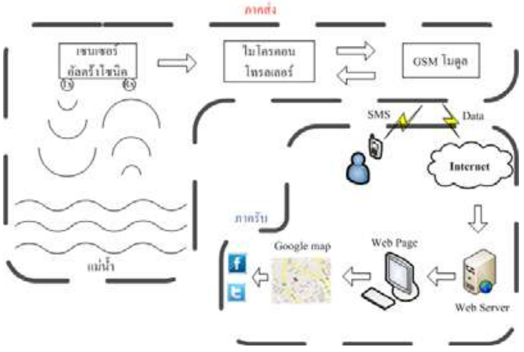


รูปที่ 4 กระบวนการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัด

ในส่วนของศูนย์ข้อมูลดังรูปที่ 5 จะมีเครื่องแม่ข่ายรอรับข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Visual Basic ซึ่งทำหน้าที่กำหนดพอร์ตในการรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากอุปกรณ์วัดระดับน้ำและนำข้อมูลที่ได้รับ บันทึกลงในเครื่องแม่ข่ายและนำไปแสดงผลบนเว็บไซต์ไซต์ รวมถึงแจ้งเตือนผ่านเครือข่ายสังคมเมื่อระดับน้ำอยู่ในระดับแจ้งเตือน ซึ่งระบบเฝ้าระวังอุทกภัยจะมีภาพรวมดังรูปที่ 6



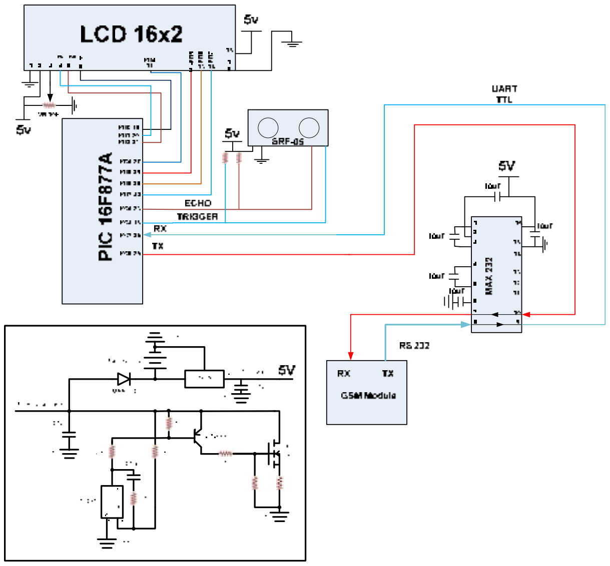
รูปที่ 5 กระบวนการทำงานของศูนย์ข้อมูล



รูปที่ 6 การทำงานของระบบเฝ้าระวังอุทกภัย

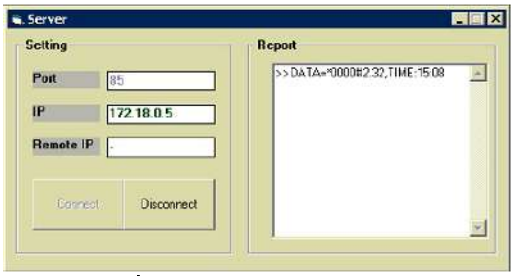
4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ในส่วนของการเปิดใช้งานเครื่องไมโครคอนโทรเลอร์จะสั่งให้ขา C3 ส่งสัญญาณ TRIGGER เพื่อสั่งให้เซนเซอร์อัลต้าโซนิคเริ่มทำงาน แล้วรอจนกว่าจะมีสัญญา ECHO ตอบกลับมาที่ขา C4 จากนั้นไมโครคอนโทรเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลกลางจะทำการคำนวณค่าระยะทางที่วัดได้ และทำการเปรียบเทียบถ้าค่าระยะทางถึงที่กำหนด จะทำการส่ง AT Command ไปยังจีเอสเอ็มมอดูล เพื่อทำการส่งข้อความสั้นและส่งค่าระยะทางไปยังแม่ข่าย โดยใช้คำสั่ง AT Command ในการใช้งาน GPRS เพื่อส่งข้อมูล โดยจะต้องทำการเปลี่ยนรูปแบบการรับส่งข้อมูลจาก TTL ไปเป็นรูปแบบ RS232 ดังนั้นจะต้องมี ไอซี MAX232 ทำการเปลี่ยนสัญญาณ TTL เป็น RS232 และจาก RS232 เป็น TTL ดังรูปที่ 7 ซึ่งเป็นวงจรรวมของระบบ



รูปที่ 7 วงจรรวมทั้งหมดของระบบเฝ้าระวังอุทกภัย

ในส่วนแบตเตอร์รี่ เลือกใช้ขนาด 12V จ่ายกระแสได้ 3A เนื่องจากการใช้พลังงานทั้งวงจรเฉลี่ยแล้ว 220 mAทำให้เพียงพอสำหรับตอนกลางคืน 12 ชั่วโมง ที่ไม่มีแสงแดดสำหรับการชาร์ตแบตเตอร์รี่ส่วนโซล่าเซลล์สามารถชาร์ตได้ 800 mA/hr เพียงพอสำหรับต่อกลางวันที่จะชาร์ตแบตเตอรี่ ในส่วนของโปรแกรม VB ทำหน้าที่กำหนดพอร์ตในการรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากอุปกรณ์วัดระดับน้ำและนำข้อมูลที่ได้รับมาไปเก็บบนเครื่องแม่ข่ายดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 โปรแกรมศูนย์ข้อมูล

ในส่วนของการแสดงผลผ่านเว็บไซต์ จะนำข้อมูลระดับน้ำมาประมวลผลและแสดงในรูปแบบของสีบนสัญลักษณ์ที่อยู่บนตัวแผนที่ ดังรูปที่9

รูปที่ 9 เว็บไซต์ใช้ Google Map API

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

เนื่องจากระบบเฝ้าระวังอุทกภัยนี้ใช้อัลต้าโซนิคในการวัดระดับน้ำ ระยะที่อัลต้าโซนิคสามารถวัดได้คือ 3 ซม. ถึง 4 ม. มีการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ตลอดเวลาดังนั้นพื้นที่ ที่ติดตั้งจำเป็นต้องมีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ครอบคลุมและใช้พลังงานจากแบตเตอรีและโซลาเซล การติดตั้งอุปกรณ์จึงต้องนำไปติดตั้งในพื้นที่ๆ มีแสงอาทิตย์ส่องถึง

5. การทดสอบการใช้งาน

จากการทดสอบการใช้งานสามารถวัดระดับน้ำและส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ไปให้ศูนย์ข้อมูล เพื่อนำไปประมวลผลและแสดงข้อมูลผ่านเว็บไซต์ได้ โดยใช้อุปกรณ์ดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 อุปกรณ์อุปกรณ์ตรวจวัด

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

สภาพแวดล้อมในการทดสอบเป็นพื้นที่บริเวณริมตลิ่งลำคลองและมีเครือข่ายโทรศัพท์ครอบคลุมโดยที่ตัวเซนเซอร์อัลต้าโซนิคจะยื่นไปบนผิวน้ำเพื่อส่งคลื่นเสียงไปสะท้อนกับผิวน้ำ

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากการทดสอบในการวัดระดับน้ำจากลำคลองค่าที่วัดได้ค่อนข้างแม่นยำเมื่อเทียบกับการวัดจากเครื่องมือวัดจริง และข้อมูลระดับน้ำที่ส่งมายังแม่ข่ายสามารถแสดงค่าในเว็บไซต์พร้อมแสดงระดับน้ำย้อนหลังได้อย่างถูกต้อง และเมื่อระดับน้ำสูงกว่าระดับน้ำที่ได้กำหนดไว้จะมีการส่งข้อความสั้นไปยังผู้ที่รับผิดชอบในการบริหารจัดการน้ำในชุมชนต่างๆ ดังรูปที่ 11

รูปที่ 11 ข้อความที่ถูกส่งมายังเลขหมายโทรศัพท์ปลายทาง

ในการทดสอบหาค่าความผิดผลาดนั้น จะทำการสั่งโดยในส่วนของการทดสอบความแม่นยำในการวัดระดับน้ำนั้น ระบบจะให้เซนเซอร์ทำการวัดระดับน้ำเป็นจำนวน 10 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย โดยได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของในการวัดระยะของเซนเซอร์

ระยะทางจริง	ค่าเฉลี่ย	ค่าคลาดเคลื่อน (%)
0.50	0.500	0.000
1.00	1.000	0.000
1.50	1.506	0.006
2.00	2.007	0.007
2.50	2.519	0.019
3.00	3.032	0.032
3.50	3.553	0.053
4.00	4.108	0.108
ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน		0.0225

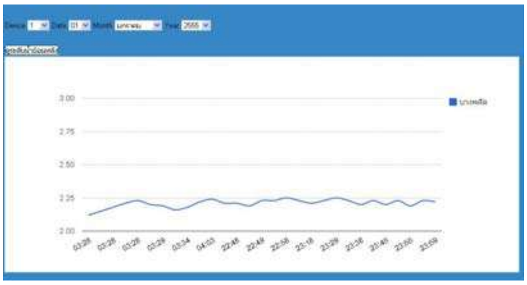
ในส่วนของเว็บไซต์มีการใช้ Google Map API ในการแสดงผลโดยการทำงาน โดยจะดึงข้อมูลในไฟล์ที่เป็นข้อมูลระดับน้ำล่าสุดและวันเวลาล่าสุดมาเช็คระดับน้ำในโปรแกรมและแสดงผลเป็นสัญลักษณ์สีเขียวในกรณีที่ระดับน้ำปกติ สัญลักษณ์สีเหลืองระดับน้ำเฝ้าระวัง สัญลักษณ์สีแดงระดับน้ำเตือนภัย ดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 พิกัดภาพสีต่างๆ แสดงถึงปริมาณน้ำในพื้นที่ต่างๆ

โดยเมื่อเลือกตัวสัญลักษณ์ในแต่ละพื้นที่ จะพบกับข้อมูลของวันที่ เวลา ระดับน้ำ รูปภาพของสถานที่ที่ได้นำไปติดตั้งและข้อมูลระดับน้ำย้อนหลังได้ดังรูปที่ 13

รูปที่ 13 ข้อมูลรายละเอียดในพิกัดต่างๆ

เมื่อเลือกดูข้อมูลระดับน้ำย้อนหลังจะมีวัน เดือน ปี ให้เลือกเพื่อดูข้อมูลของระดับน้ำโดยจะแสดงผลในรูปแบบกราฟดังรูปที่ 14 และเมื่อระดับน้ำที่วัดได้มีค่าสูงกว่าระดับน้ำที่ได้กำหนดไว้จะมีการแจ้งเตือนผ่านสังคมออนไลน์ ไม่ว่าจะเป็นเฟสบุคหรือทวิตเตอร์ได้โดยอัตโนมัติดังรูปที่ 15



รูปที่ 14 กราฟแสดงข้อมูลระดับน้ำย้อนหลัง

รูปที่ 15 การแจ้งเตือนระดับน้ำผ่านสังคมออนไลน์

6. บทสรุป

ระบบเฝ้าระวังอุทกภัยที่ได้ออกแบบขึ้นนี้ จากการทดสอบในการใช้งานจริงพบว่าอุปกรณ์สามารถคำนวณหาระดับน้ำเฉลี่ยในเวลาจริงได้ จากนั้นจะส่งข้อมูลระดับน้ำดังกล่าวไปให้เครื่องแม่ข่ายผ่านโครงข่ายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังศูนย์ข้อมูล เพื่อนำไปประมวลผลและแสดงข้อมูลผ่านเว็บไซต์ในรูปแบบตำแหน่งพิกัดต่างๆ ที่ได้นำอุปกรณ์ไปติดตั้ง โดยในการแจ้งเตือนผ่านเว็บไซต์ไซต์นั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับได้แก่ ระดับปกติ ระดับเฝ้าระวัง ระดับอพยพ ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์สีเขียว สีเหลือง สีแดง ตามลำดับ และสามารถดูระดับปริมาณน้ำย้อนหลังได้ผ่านเว็บไซต์ไซด์ได้ และในส่วนของการแจ้งเตือนสามารถแจ้งเตือนผ่านเครือข่ายสังคม รวมถึงสามารถแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้นไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่อแจ้งไปยังประชาชนให้เตรียมตัวป้องกันหรืออพยพต่อไป

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

สามารถเปลี่ยนรูปแบบการส่งข้อมูล เป็นแบบเซนเซอร์เน็ตเวิร์ค โดยมีโปรโตคอลที่ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่สามารถส่งข้อมูลไปยังสถานีแม่ข่ายได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้พัฒนาโครงการต้องขอขอบพระคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ในการให้ทุนสนับสนุนการพัฒนาของระบบเฝ้าระวังอุทกภัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] M. Yuchun, H. Yinghong, Z. Kun, L. Zhuang, "General Application Research on GSM Module", International Conference on Internet Computing and Information Services) 2011ICICIS(2011, pp -525 528

[2] L. Weiping, L. Yanwen, L. Ru, W. Pai, "Research and Development of Communication Between PC and Mobile Base on Embedded System and GPRS", International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce 2011, (AIMSEC2011), pp 4180-4183

[3] M. Konarski, W. Zabierowski, "Using Google Maps API along with technology .NET", International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science 2010 (TCSET2010), pp 180 - 182

ระบบสนับสนุนการสำรวจพื้นที่ภัยพิบัติผ่านเครือข่ายแอดฮ็อกบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

ณัฐวุฒิ ถนอมวงษ์ อภิรักษ์ จันทร์สร้าง อนันต์ ผลเพิ่ม และ ชัยพร ใจแก้ว*

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

nattawut.tnw@hotmail.com {aphirak.j , anan.p , chaiporn.j}@ku.ac.th

บทคัดย่อ

เมื่อเกิดเหตุภัยพิบัติร้ายแรง เช่นเหตุแผ่นดินไหวหรือคลื่นยักษ์สึนามิ ทำให้เกิดความเสียหายซึ่งการสื่อสารเพื่อประสานงานการ ช่วยเหลือไม่สามารถทำได้เพราะโครงสร้างพื้นฐานการสื่อสารหลักนั้น ถูกทำลายลง บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบการสนับสนุนการสำรวจพื้นที่ภัยพิบัติที่สามารถส่งข้อมูลภาพและข้อความ ผ่านเครือข่ายแอด-ฮ็อกไร้สายในรูปแบบมัลติฮ็อป ระบบมีการทำงานบนสมาร์ตโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยอาศัยโพรโทคอล OLSR [1] (Optimized Link State Routing) ในการหาเส้นทางการส่งข้อมูลภาพจากทีมช่วยเหลือในพื้นที่ประสบภัยมายังสถานีฐานเพื่อประเมินและตอบสนองต่อสถานการณ์ฉุกเฉินได้อย่างเหมาะสม

Abstract

During disasters, such as earthquake or tsunami, communication infrastructures are often destroyed, disabling interaction among rescue team members. This paper presents the development of communication support system for disaster recovery. The system allows pictures and messages to be transferred wirelessly via a multi-hop ad hoc network. It operates on Android smartphones and relies on OLSR (Optimized Link State Routing) protocol for transferring picture data from the rescue team in the disaster field to the base so that the situation can be evaluated and appropriately responded.

คำสำคัญ

Mobile Ad Hoc Networks, Optimized Link State Routing (OLSR), Disaster Response

1. บทนำ

ภัยจากธรรมชาติเช่น เหตุการณ์แผ่นดินไหวและคลื่นยักษ์สึนามิที่สร้างความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สิน ตัวอย่างเช่นเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ญี่ปุ่นวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ.2554 ได้สร้างความเสียหายที่ไม่สามารถประเมินค่าได้ รวมถึงความเสียหายที่ได้รับผลกระทบจากโรงงานไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่เสียหายจากแผ่นดินไหวแต่ไม่มีผู้เชี่ยวชาญเข้าไปแก้ไขปัญหาอย่างทันท่วงที นอกจากนี้การช่วยเหลือผู้ที่ประสบภัยที่ต้องให้ผู้ที่ความรู้เกี่ยวกับการช่วยเหลือในสถานการณ์ต่างๆไม่สามารถเข้าไปช่วยได้และการจะใช้อินเตอร์เน็ตส่งข้อมูลภาพจากสภาพที่จริงไม่สามารถทำได้ เพราะการเกิดภัยพิบัติที่รุนแรงดังกล่าวจนทำให้สร้างความเสียหายแก่ระบบการสื่อสารเช่น เสาโทรศัพท์ ชุมสายต่างๆ ไม่สามารถให้บริการได้ ทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นอัมพาต แต่ถ้าผู้มีความชำนาญสามารถเข้าถึงการช่วยเหลือประสบพื้นที่ภัยพิบัติและให้คำแนะนำได้อย่างทันท่วงที และมีอุปกรณ์ช่วยการสำรวจจะทำให้การบริหารการช่วยเหลือเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจะช่วยให้ลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้มากขึ้นกว่า

ระบบสนับสนุนการสำรวจพื้นที่ภัยพิบัติผ่านระบบแอดฮ็อกไร้สายบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ พัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการเข้าช่วยเหลือในพื้นที่ประสบภัยพิบัติ ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานการสื่อสาร ไม่สามารถให้บริการได้ โดยสามารถส่งผ่านข้อความ รูปภาพ พิกัดจีพีเอสจากดาวเทียม และข้อมูลอื่นๆที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเข้าไปช่วยเหลือในพื้นที่ประสบภัย โดยไม่ต้องพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐานการสื่อสาร

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

การเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยในพื้นที่ประสบภัยพิบัติ โดยทั่วไปการใช้วิทยุสื่อสาร วิทยุสื่อสารนั้นไม่สามารถส่งภาพที่สถานที่จริง ไม่สามารถบอกพิกัดตำแหน่งที่อยู่ และการสื่อสารโดยใช้คำพูดนั้นมีความกำกวมอยู่บ้างและการช่วยเหลือที่จะขอคำแนะนำจากผู้มีความเชี่ยวชาญเพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการส่งภาพจากสถานที่จริงให้ผู้มีความเชี่ยวชาญแต่ไม่สามารถใช้การสื่อสารแบบปกติอย่างการใช้อินเตอร์เน็ตจึงพัฒนาโปรแกรมประยุกต์โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ทำงานบนการสื่อสารแบบแอดฮ็อกไร้สายเพื่อสนับสนุนการสำรวจพื้นที่ภัยพิบัติ

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

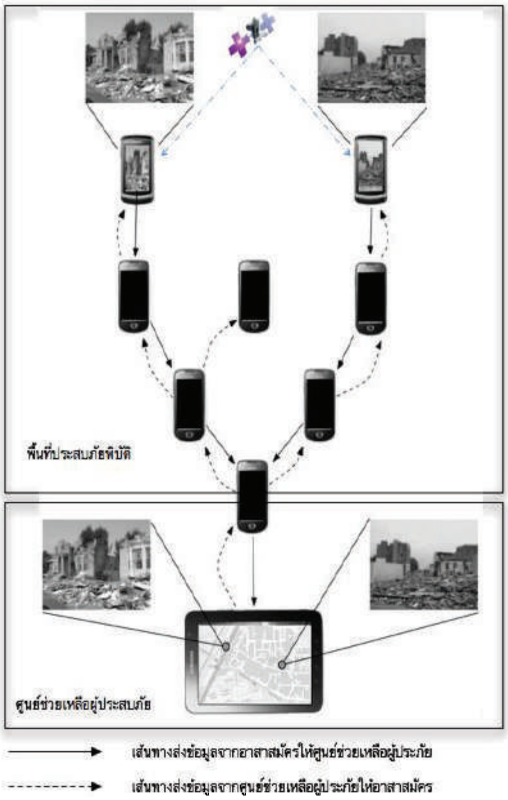
Building A Long-distance Multimedia Wireless Mesh Network for Collaborative Disaster Emergency Responses [2] มีการศึกษางานวิจัยออกแบบและศึกษาการใช้เครือข่ายเมชไร้สายในการสนับสนุนทีมช่วยเหลือในพื้นที่ประสบภัยขนาดใหญ่ ในสถานการณ์ที่โครงสร้างพื้นฐานการสื่อสารถูกทำลายเครือข่ายและได้ใช้การสื่อสารผ่านดาวเทียมระยะไกลเข้ามาผสมเพื่อเพิ่มระยะทางการส่งมูลระหว่าง ศูนย์ช่วยเหลือและพื้นที่ประสบภัยพิบัติ ในด้านโปรแกรมประยุกต์ได้ร่วมฟังก์ชันการทำงาที่เป็นประโยชน์แก่การช่วยเหลือในสถานการณ์ฉุกเฉินไว้ เช่น การส่งสื่อมัลติมีเดีย อุปกรณ์ตรวจจับ-สภาพแวดล้อมต่างๆ

A Multimedia Communication System for Collaborative Emergency Response Operation in Disaster-affected Areas [3] เป็นงานที่ศึกษาการทำงานของ Mobile ad hoc network (MANET) ด้วยการใช้เครือข่ายไอพีดาวเทียมช่วยในการช่วยเหลือในพื้นที่ประสบภัยพิบัติ จากระบบDUMBONET ด้วยการทดลองการใช้งานจริงซึ่งมีการทำงานแบบเพียร์ทูเพียร์ (peer-to-peer), sensor network และ face recognition ซึ่งทำงานศึกษาประสิทธิภาพของระบบ

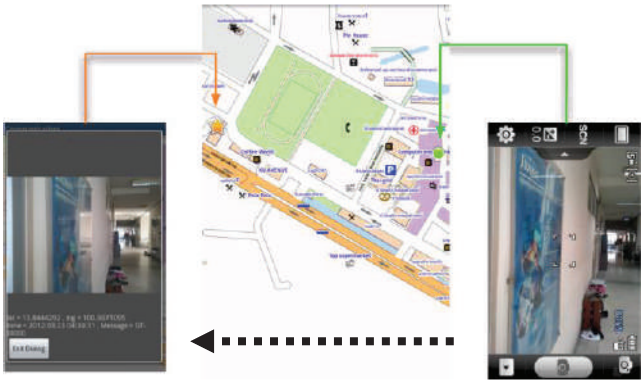
Disaster Alert [4] เป็นโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีการรายงานตำแหน่งที่เกิดเหตุภัยพิบัติขึ้นบนแผนที่กราฟฟิคซึ่งระบบของ Disaster Alert ทำงานจากการดึงข้อมูลการรายงานหรือข่าว แต่การใช้งานของระบบดังกล่าวจำเป็นต้องเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตจึงจะสามารถรับข้อมูลใหม่ๆได้ และระบบไม่รองรับให้สามารถสื่อสารกับคนในพื้นที่ประสบภัยพิบัติได้

3.1 ภาพรวมของระบบ

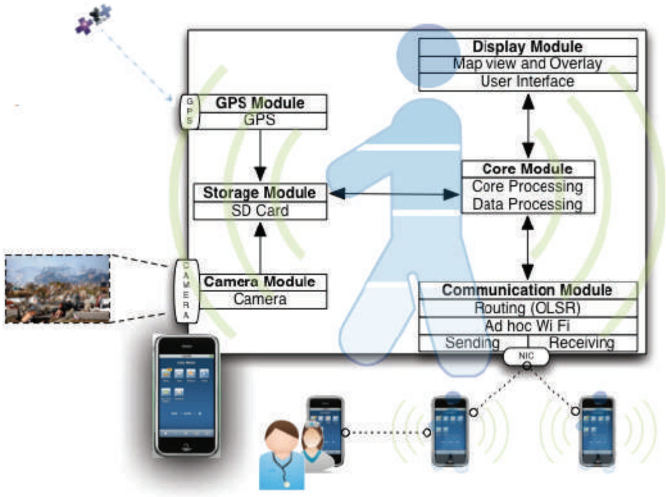
ดังภาพที่ 1 เมื่อเกิดเหตุภัยพิบัติกลุ่มอาสาสมัครที่จะออกไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยรวมตัวกันจัดตั้งศูนย์ประสานงานโดยจะมีผู้เชี่ยวชาญการช่วยเหลือประจำอยู่เพื่อรอการให้คำแนะนำ และมีกลุ่มอาสาสมัครที่ถือโทรศัพท์ระบบแอนดรอยด์ออกไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยโดยจะสามารถสื่อสารกับผู้ที่มีความรู้ในการช่วยเหลือผู้บาดเจ็บได้โดยการสื่อสารโดยระบบแอดฮ็อก โดยอาสาสมัครที่ออกไปช่วยเหลือจะสามารถส่งข้อความ รูปภาพ และพิกัดจีพีเอส ที่ศูนย์ประสานงานสามารถดูความต้องการของบริเวณที่ต้องการเพิ่มจำนวนอาสาสมัครเข้าไปช่วยเหลือ ในรูปแบบการแสดงผลบนแผนที่ออฟไลน์ดังภาพที่ 2 โดยอาศัยไลบรารี Mapsforge [5] และข้อมูลแผนที่จาก Openstreetmap [6]



ภาพที่ 1 ภาพรวมของระบบ



ภาพที่ 2 การถ่ายภาพและแสดงผล



ภาพที่ 3 การทำงานของระบบ

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

การทำงานของระบบสนับสนุนการสำรวจพื้นที่ภัยพิบัติเป็นดังภาพที่ 3 โดยจะทำงานจากที่อาสาสมัครเลือกใช้ฟังก์ชันจากหน้าจอ Display module (1) เลือกฟังก์ชันถ่ายภาพจากกล้องถ่ายรูปจากการทำงานของ Camera module (6) จากนั้นจะเก็บลงในหน่วยความจำเอสดีการ์ดซึ่งจัดการด้วย Storage module (5) แล้วทำการขอพิกัดจากจีพีเอสจากดาวเทียม GPS module (4) มาแนบไว้กับรูปแล้วทำการส่งต่อไปที่ Communication module (3) แล้วจึงส่งต่อไปให้ศูนย์ช่วยเหลือผู้ประสบภัยหรืออาสาสมัครผู้อื่นซึ่งจะรับภาพมาจาก Communication module (3) แล้วประมวลผลที่ Core module (2) และแสดงผลบนแผนที่กราฟฟิคที่จัดการโดย Display module (1)

3.3 ข้อจำกัดของระบบ

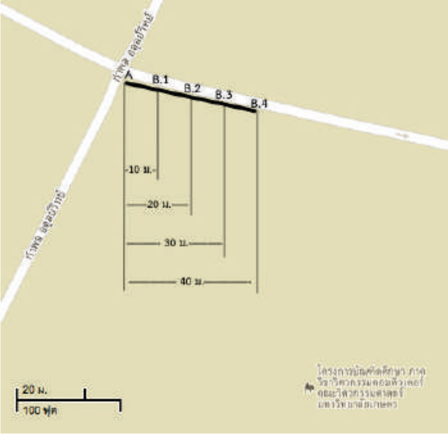
- รองรับเฉพาะโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่มีความสามารถใช้งาน GPS และ Wi-Fi
- ขณะใช้งานจำเป็นต้องเปิดโปรแกรมระบบสนับสนุนการสำรวจพื้นที่ภัยพิบัติผ่านการสื่อสารไร้สายแบบแอดฮ็อกบนสมาร์ทโฟน
- ขอบเขตการรับส่งข้อมูลจากโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนมีระยะจำกัด จำเป็นต้องมีโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนอยู่ในขอบเขตการรับส่ง เพื่อทำส่งข้อมูลต่อไปได้
- ต้อง Root เครื่องโทรศัพท์เพื่อใช้สิทธิ์ในการเปิดแอด-ฮ็อก Wi-Fi

4. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบการใช้งานของระบบทดสอบโดยโทรศัพท์เคลื่อนที่ Samsung Galaxy S ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2.1 โดยทำการทดสอบดังต่อไปนี้

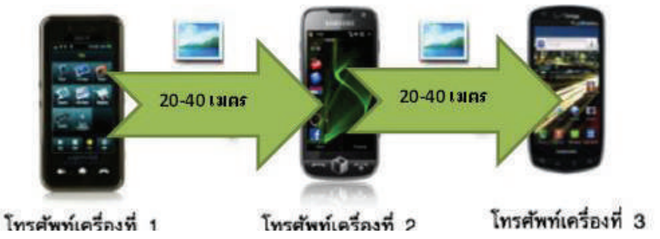
การทดลองที่ 1 ทดลองการส่งไฟล์ จากจุด A ไปจุด B.1 B.2 B.3 และ B.4 ในระยะ 10 20 30 และ 40 เมตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 4 และ 5 ด้วยภาพประเภท JPEG ขนาด 1.3-1.7 เมกกะไบต์แบบซิงเกิ้ลฮ็อปเพื่อศึกษาระยะทางที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการส่งไฟล์

ภาพที่ 4 การทดลองส่งไฟล์แบบซิงเกิ้ลฮ็อป

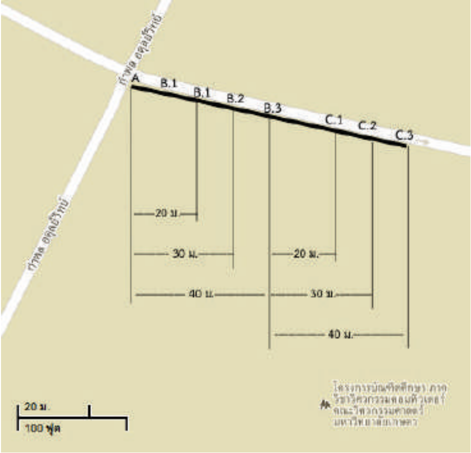


ภาพที่ 5 การทดลองส่งไฟล์แบบซิงเกิ้ลฮ็อป
ที่ระยะ 10-40 เมตร

การทดลองที่ 2 ทดลองการส่งไฟล์ กำหนดระยะจุด A ไปจุด B.1 20 เมตรและจากจุด B.1 ไปจุด C.1 20 เมตร รวมระยะเป็น 40 เมตร โดย จุด A,B,C เรียงกันในแนวเส้นตรง แล้วเพิ่มระยะจากจุด A ไปจุด B.2 เป็นระยะ 30 เมตร และจุด B.2 ไปจุด C.2 เป็นระยะ 30 เมตร รวมระยะเป็น 60 เมตร และเพิ่มระยะจากจุด A ไปจุด B.3 เป็นระยะ 40 เมตร และจุด B.3 ไปจุด C.3 เป็นระยะ 40 เมตร รวมระยะเป็น 80 เมตร ดังรูปที่ 6 และ 7 โดยส่งไฟล์ภาพประเภท JPEG ขนาด 1.3-1.7 เมกกะไบต์ ตามลำดับ เพื่อศึกษาระยะทางที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการส่งไฟล์ภาพแบบมัลติฮ็อป ในการทดลองนี้จำเป็นต้องรอให้ OLSR นั้นทำงานก่อน โดยใช้เวลาอย่างน้อย 30 วินาที เพื่อมั่นใจได้ว่ามีการอัพเดตเส้นทางการส่งข้อมูลแล้ว เนื่องจากเป็นส่งข้อมูลเป็นสายข้อมูล หากระบบไม่ส่งข้อมูลไฟล์ภาพให้สมบูรณ์จะทำให้ไฟล์ภาพนั้นไม่สามารถเปิดได้หรือคุณภาพไม่สามารถใช้งานได้ ดังนั้นต้องการส่งไฟล์ภาพที่สมบูรณ์สามารถนำไปใช้งานได้ และในการทดลองนี้ภาพจะไม่สมบูรณ์ ในกรณีที่ในขณะที่ส่งข้อมูลภาพนั้น มีระยะเวลาของการขาดเส้นทางการส่งข้อมูนเกินเวลาที่ TCP กำหนด (Time out) จะทำให้ไฟล์ภาพเสียได้



ภาพที่ 6 การทดลองส่งไฟล์แบบมัลติฮ็อป



ภาพที่ 7 การทดลองส่งไฟล์แบบมัลติฮ็อป
ที่ระยะ 40 – 80 เมตร

การทดลองที่ 3 ทดสอบอัตราการใช้พลังงานเมื่อใช้ระบบสนับสนุนการสำรวจพื้นที่ภัยพิบัติ เปรียบเทียบกับการเปิดโทรศัพท์ที่เชื่อมต่อกับ Wi-Fi รอจนกระทั่งแบตเตอรี่หมด โดยทำการทดลองบน Samsung Galaxy S จำนวน 3 เครื่อง เพื่อหาค่าเฉลี่ยเวลาที่เปิดทิ้งไว้จนกระทั่งแบตเตอรี่หมด ทั้งสองกรณี

4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

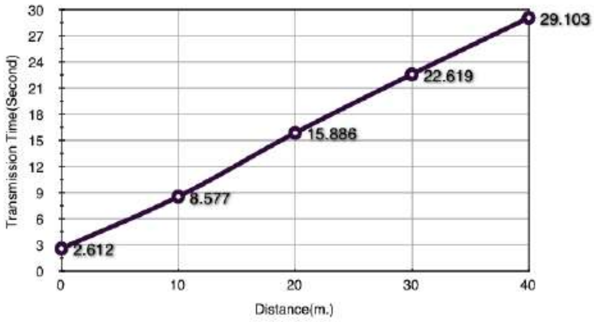
การทดสอบจัดทำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน บริเวณหน้าอาคารพยาบาลดังรูปที่ 8 บริเวณนี้มีความแรงของสัญญาณอินเตอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยค่อนข้างน้อยซึ่งสัญญาณที่ใช้ในการส่งไฟล์ภาพจะถูกรบกวนน้อยตามไปด้วย การทดลองจัดทำใน เวลา 17.00 ถึง 18.30 นาฬิกา ซึ่งเป็นเวลาค่อนข้างเย็นจึงมารถยนต์สัญจรไปมาอาจทำให้เกิดการแทรกสอดของคลื่นสัญญาณไร้สายซึ่งมีผลต่อเวลาในการส่งข้อมูล

ภาพที่ 8 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ ซ้าย: มุมมองจากจุด A ไปยังจุด B และ C ขวา: มุมมองจากจุด B และ C ไปยังจุด A

4.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

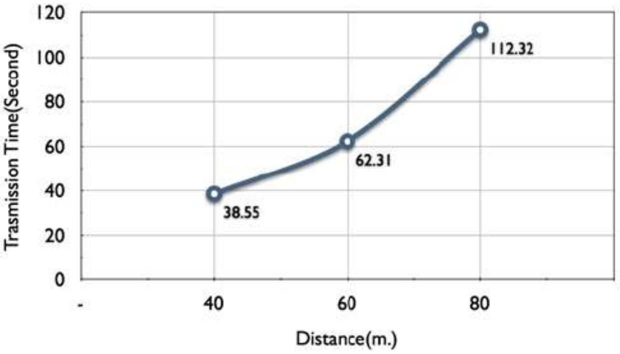
จากการทดสอบทั้งสามการทดลองได้ผลดังนี้

ผลการทสอบการทดลองที่ 1 พบว่าจากผลการทดลองการเพิ่มระยะทางในการส่งข้อมูลไฟล์ภาพมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการส่งภาพ ระยะสูงสุดที่สามารถส่งไฟล์ภาพขนาด 1.3-1.7 เมกกะไบต์ได้สำเร็จอยู่ในระยะ 30-40 เมตรจะใช้เวลาประมาณ 30 วินาที ดังภาพที่ 10 ดังนั้นระยะทางในการส่งไฟล์น้อยเวลาที่ใช้จะน้อย แต่ถ้าระยะทางในการส่งไฟล์มากเวลาที่ใช้ก็จะมากตามไปด้วย



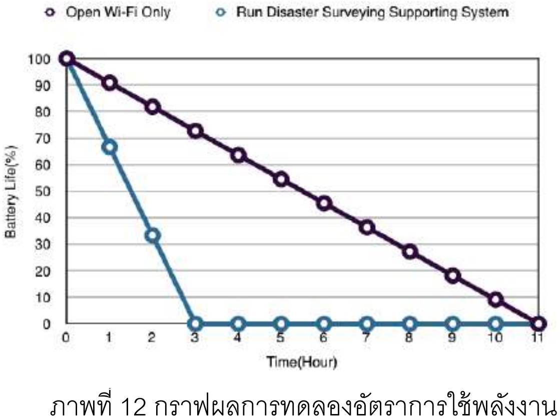
ภาพที่ 10 กราฟผลการส่งไฟล์ภาพแบบซิงเกิ้ลฮอป

ผลการทดสอบการทดลองที่ 2 พบว่าจากผลการทดลองการเพิ่มระยะในการส่งข้อมูลไฟล์ภาพ มีผลต่อระยะเวลาในการส่งข้อมูลไฟล์ภาพ ในการทดลองการส่งไฟล์แบบมัลติฮ็อปจำนวนสองฮ็อป สามารถส่งไฟล์ภาพขนาด 1.3-1.7 เมกกะไบต์ ได้สำเร็จอยู่ในระยะ 60-80 เมตร ใช้เวลาประมาณ 120 วินาที ดังภาพที่ 11 ดังนั้นจำนวนฮ็อปที่ส่งผ่านน้อยฮ็อปจะทำให้เวลาที่ใช้น้อยตามด้วย แต่ถ้าเพิ่มจำนวนฮ็อปเวลาที่ใช้ก็จะมากขึ้นตามไปด้วย และระยะส่งไฟล์เพิ่มขึ้นจากระยะทางเดิมที่น้อยจะใช้เวลาในระยะเวลาในการส่งไฟล์จะเพิ่มขึ้นน้อยกว่า เมื่อระยะทางในการส่งไฟล์ที่มากขึ้นจากระยะทางเดิมที่มีระยะมากอยู่แล้วซึ่งจะมีผลต่อเวลาในระยะเวลาในการส่งไฟล์ให้มากขึ้นด้วยไปอีก ทั้งนี้เวลาที่เพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่สูงขึ้นเมื่อระยะที่เพิ่มขึ้นจากระยะเดิมที่มีมากอยู่แล้วเป็นเพราะในการส่งไฟล์หากมีความผิดพลาดในการส่งข้อมูลแล้ว TCP จะพยายามทำให้การส่งไฟล์ภาพนั้นสมบูรณ์แต่ถ้าระยะที่ส่งข้อมูลและจำนวนโหนดมากขึ้นโอกาสที่เกิดความผิดพลาดจะมากกว่าที่ระยะส่งไฟล์น้อยและจำนวนโหนดน้อย



ภาพที่ 11 กราฟผลการส่งไฟล์ภาพแบบมัลติฮอป

ผลการทดสอบการทดลองที่ 3 จากผลการทดลองพบว่าการทำงานของระบบสนับสนุนการช่วยเหลือพื้นที่ภัยพิบัติโทรศัพท์เคลื่อนที่จะใช้พลังงานหมดก่อนที่เวลา 3 ชั่วโมง แต่ถ้าหากใช้โทรศัพท์เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตเพียงอย่างเดียวทิ้งไว้จะใช้เวลา 11 ชั่วโมงดังภาพที่ 12 ซึ่งเมื่อใช้ระบบสนับสนุนการช่วยเหลือพื้นที่ภัยพิบัติโทรศัพท์เคลื่อนที่จะใช้พลังงานมากกว่าการใช้งานโทรศัพท์เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตใช้พลังงานมากกว่า 3.67 เท่า ดังนั้นการใช้ระบบสนับสนุนการช่วยเหลือพื้นที่ภัยพิบัติโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีข้อจำกัดในเรื่องของพลังงานที่ใช้ ทั้งนี้เนื่องจากระบบมีการเชื่อมตอแบบแอด-ฮ็อกการทำงานของ OLSR และการวาดวัตถุลงแผนที่กราฟฟิค ซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องการพลังงานเพื่อการทำงานมากกว่าการใช้โทรศัพท์ทั่วไป



ภาพที่ 12 กราฟผลการทดลองอัตราการใช้พลังงาน

5. บทสรุป

จากผลการทดสอบการทำงานของระบบสนับสนุนการช่วยเหลือพื้นที่ภัยพิบัติผลการทำงานสามารถส่งไฟล์รูปขนาด 1.3-1.7 เมกกะไบต์ ได้ในระยะ 30-40 เมตร แบบซิงเกิ้ลฮ็อปในเวลาประมาณ 30 วินาที และระยะรวม 80 เมตร แบบมัลติ-

ฮ็อป ในระยะเวลา 120 วินาที โดยสามารถนำมาแสดงผลบนแผนที่กราฟฟิคได้อย่างถูกต้อง และการใช้พลังงานของระบบสนับสนุนการช่วยเหลือพื้นที่ภัยพิบัติ จะใช้งานได้ 3 ชั่วโมงจากแบตเตอรี่เต็มจนกระทั่งแบตเตอรี่หมด แต่ถ้าหากใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟนเชื่อมต่อกับ Wi-Fi ปกติจะสามารถเปิดทิ้งไว้นาน 11 ชั่วโมง แสดงว่าการใช้งานระบบสนับสนุนการช่วยเหลือพื้นที่ภัยพิบัติจะใช้พลังงานมากกว่า 3.67 เท่า ส่วนของระบบสนับสนุนการช่วยเหลือพื้นที่ภัยพิบัติที่ต้องการการใช้พลังงานมากได้แก่ การแสดงผลแบบแผนที่กราฟฟิค การเปิดโหมดแอดฮอคไร้สาย และการทำงานของOLSR ซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางการพัฒนาต่อได้

5.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

แนวทางที่หนึ่ง คือ กรณีที่ยังคงมีโครงสร้างพื้นฐาน ทำให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้และมีคุณสมบัติในการส่งข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นเช่น สามารถส่งข้อความเสียง หรือการสนทนาได้ และสามารถสนทนากันในรูปแบบวีดีโอ เนื่องจากปัจจุบันมีระบบ3G ที่สามารถทำให้การสื่อสารส่งข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปทำระบบสนับสนุนการช่วยเหลือในพื้นที่ประสบภัยพิบัติให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

แนวทางที่สอง คือ ยังสามารถปรับปรุงการหาเส้นทางของ OLSR ได้อีก เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร เพิ่มความรวดเร็วในการหาเส้นทางส่งข้อมูลใหม่ และการประหยัดพลังงานของโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนแต่ในการพัฒนาการหาเส้นของOLSR จะเป็นงานเชิงวิชาการ ที่ต้องศึกษางานวิจัย ที่จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบเครือข่ายแอดฮ็อก

แนวทางที่สาม คือ ในกรณีที่มีรูปที่รับมาจากอาสาสมัครจำนวนมาก สามารถปรับปรุงการแสดงผลบนแผนที่กราฟฟิคให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น ด้วยการเลือกแสดงภาพแต่ละภาพจากจุดพิกัดที่วาดลงบนแผนที่กราฟฟิคและเพิ่มการแสดงความหนาแน่นของอาสาสมัครแต่ละบริเวณลงบนแผนที่กราฟฟิคจะทำให้เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์และจัดการสถานการณ์ได้สะดวกยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดของAPI ของไลบรารีของ Mapsforge

แนวทางที่สี่ คือ เพิ่มความสามารถของระบบให้สามารถรองรับการจัดตั้งศูนย์ช่วยเหลือได้มากกว่าหนึ่งศูนย์ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาในการกระจายกำลังอาสาสมัครและการจัดการข้อมูลที่อาสาสมัครจะเลือกส่งข้อมูลให้ศูนย์ช่วยเหลือที่อยู่ใกล้ที่สุดเพื่อความรวดเร็วในการส่งข้อมูลและการเข้าช่วยเหลือ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] OLSRD [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก: http://www.olsr.org/ เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2555

[2] K Kanchanasut, “Building A Long-distance Multimedia Wireless Mesh Network for Collaborative Disaster Emergency Responses” , Publisher: Internet Education and Research Laboratory, Asian Institute of Technology (AIT), Pages: 1-19 , ” April 2007

[3] Kanchana Kanchanasut , “A Multimedia Communication System for Collaborative Emergency Response Operation in Disaster-affected Areas”, Journal International Journal of Emergency Management , Publisher Inderscience Enterprises Ltd. , November 13, 2007

[4] Disasteralert [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก: http://www.pdc.org/iweb/disasteralert.jsp เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2555

[5] Mapsforge [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก: http://code.google.com/p/mapsforge/ เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2555

[6] Openstreetmap [ออนไลน์] , เข้าถึงได้จาก: http://www.openstreetmap.org/ เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2555

การทดสอบอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม

ภาคภูมิ ภู่สอาด ภาณุวัฒน์ ศรีเมือง จรัส สถาพรนุวงศ์

สัญญา คูณขาว ปรีชา กอเจริญ

กลุ่มศึกษาและวิจัยเชิงประยุกต์ไมโครคอนโทรลเลอร์ อิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม (SARGMET)

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

email: preecha.ko@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการทดสอบอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม โดยทำการสร้างวงจรที่ได้รับความนิยมจำนวน 3 วงจร และทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลที่นำมาทดสอบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามแนวทางที่ได้ถูกออกแบบไว้

Abstract

This article presents the electrical current leakage detection equipment for the flood. Three popular circuits were constructed and tested in the laboratory. The results show that all the tested equipments are work effectively in accordance with the design.

คำสำคัญ

อุปกรณ์ตรวจสอบไฟฟ้ารั่ว อิเล็กทรอนิกส์ อุทกภัย

1. บทนำ

จากสถานการณ์อุทกภัยครั้งใหญ่ในปีพุทธศักราช 2554 ก่อให้เกิดผลกระทบต่อประชาชน และชุมชนจำนวนมากทั้งในเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดต่างๆที่เป็นทางผ่านของน้ำ เมื่อเกิดอุทกภัยในชุมชนเมือง ที่มีจำนวนบ้านพักอาศัย ทาวน์เฮาส์อยู่ติดกันเป็นจำนวนมาก อันตรายและอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการถูกกระแสไฟฟ้าดูดถึงขั้นเสียชีวิตก็มีจำนวนมากขึ้นตามไปด้วย ในช่วงเวลาดังกล่าว หลายหน่วยงานทางภาคการศึกษาและประชาชนที่มีความรู้พื้นฐานด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่นอกเขตที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย ได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์สำหรับตรวจเช็คกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสถานการณ์น้ำท่วม เพื่อแจกจ่ายให้กับประชาชนที่ได้รับผลกระทบ เป็นจำนวนมาก แต่ทั้งนี้จำนวนดังกล่าวก็ยังไม่มากเพียงพอสำหรับทุกชุมชนที่ได้รับผลกระทบ ดังเช่นในพื้นที่ชุมชนริมคลองบางบัวที่อยู่ใกล้เคียงกับมหาวิทยาลัยศรีปทุม ก็ไม่ได้รับอุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วอย่างเพียงพอ

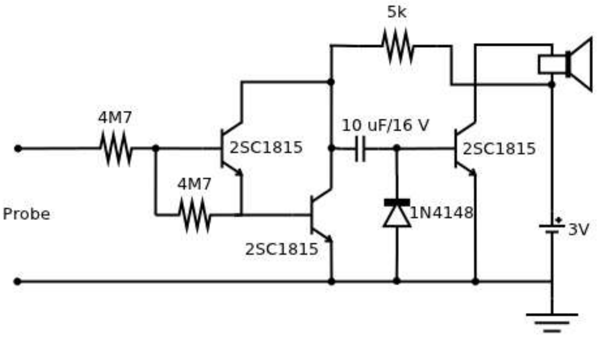
2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

ชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์น้ำท่วมไม่ได้รับอุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วอย่างเพียงพอ ทั้งผู้หวังดีที่ออกแบบและสร้างวงจรก็มีจำนวนมาก เช่นเป็ดน้อยเตือนภัย [1] คทาตรวจไฟฟ้ารั่ว [2] วงจรตรวจเช็คไฟรั่วในน้ำ [3] และ [4] ฯลฯ ซึ่งวงจรดังกล่าวเหล่านี้สามารถตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสภาวะน้ำท่วมได้จริงหรือไม่ จำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยหากเกิดเหตุอุทกภัยขึ้นอีก สถาบันการศึกษาที่อยู่ใกล้เคียงกับชุมชน จะเป็นที่พึ่งในการถ่ายทอดความรู้ เพื่อให้ชาวบ้านที่เป็นช่างไฟฟ้าประจำชุมชนสามารถสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วได้เอง ซึ่งจะทำให้สามารถผลิตอุปกรณ์ดังกล่าวได้เพียงพอต่อความต้องการของชุมชนได้

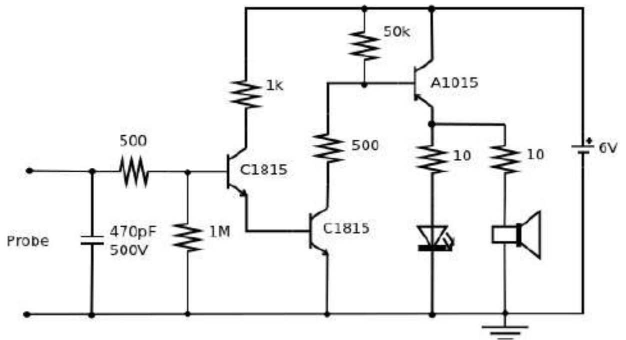
3. รายละเอียดการพัฒนา

อุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วในน้ำมีผู้ออกแบบ และผลิตแจกจ่ายอย่างแพร่หลายหลายชนิด โดยได้รับความนิยมอยู่สามชนิดดังแสดงในภาพที่ 1ถึงภาพที่ 3 หลักการทำงานทั้งสามวงจรมีความคล้ายคลึงกัน เป็นวงจรทำหน้าที่ขยายแรงดันที่แตกต่างระหว่างขั้วโพรบทั้งสอง โดยใช้แหล่งจ่ายจากแบตเตอรี่เพื่อขยายสัญญาณและขับลำโพง หรือไดโอดเปล่งแสง เพื่อแจ้งเตือนเมื่อมีแรงดันในน้ำสูงกว่าค่าระดับแรงดันอ้างอิง การออกแบบวงจรดังกล่าวนอกจากต้องการให้มีความแม่นยำในการตรวจวัดแล้ว ยังต้องออกแบบให้มีความง่ายต่อการสร้าง

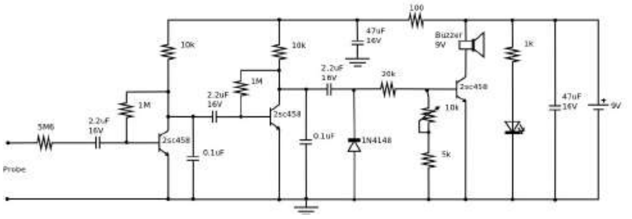
และมีจำนวนอุปกรณ์น้อย เพื่อให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ เหมาะสำหรับการผลิตเพื่อแจกจ่ายให้แก่ผู้ประสบภัยน้ำท่วม



ภาพที่ 1: วงจรตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำวงจรที่ 1



ภาพที่ 2: วงจรตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำวงจรที่ 2



ภาพที่ 3: วงจรตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำวงจรที่ 3

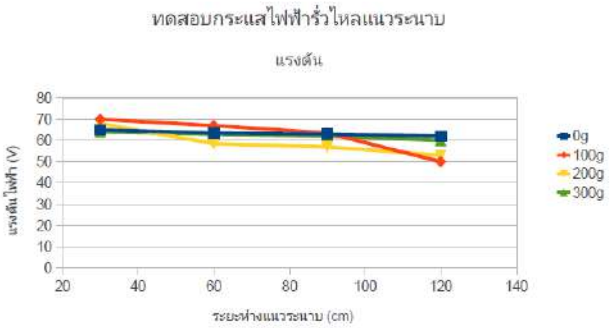
4.การทดสอบการใช้งาน

4.1 การทดสอบค่ากระแสไฟฟ้ารั่วไหล

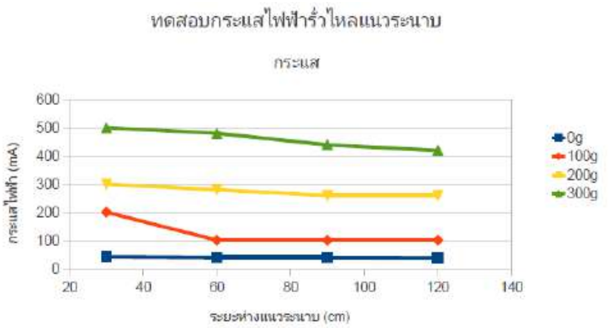
ทำการทดลองวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำจากแหล่งกำเนิดในระยะห่างต่างๆทั้งในแนวระนาบและแนวความลึก โดยทำการทดลองในภาชนะไฟเบอร์ขนาดกว้าง x ยาว x ลึก เท่ากับ 1 x 1.5 x 0.6 เมตร จ่ายกระแสไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดัน 220 โวลต์ ระยะห่างระหว่างขั้วของโพรบเท่ากับ 5 เซนติเมตร ทำการทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้ารั่วไหลที่ระยะห่างในแนวระนาบจากแหล่งจ่ายที่ระยะ 30, 60, 90 และ 120 เซนติเมตร ตามลำดับ จากนั้นเติมเกลือในปริมาณ 100, 200 และ 300 กรัม เพื่อลดค่าความต้านทานในน้ำเสมือนกับน้ำที่มีความสกปรกจากการท่วมขังเป็นเวลานาน ดังแสดงในตารางที่ 1 นำค่าการทดลองที่ได้พล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงแรงดันตามระยะห่างและปริมาณเกลือ และกราฟการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าตามระยะห่างและปริมาณเกลือ ดังแสดงในภาพที่ 4 และภาพที่ 5 และทำการคำนวณและพล็อตค่าความต้านทานเฉลี่ยของน้ำที่ถูกเติมเกลือลงไปในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 6

ตารางที่ 1 การทดสอบวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้ารั่วไหลที่ระยะห่างในแนวระนาบ

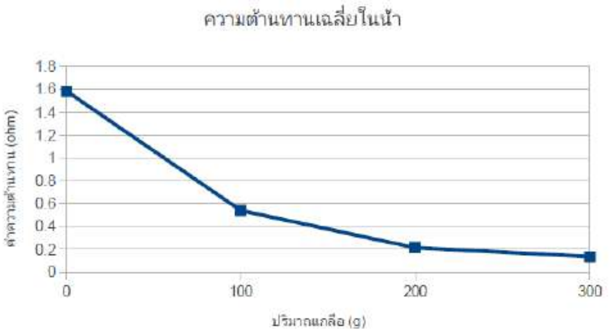
ระยะ (cm)	0g		100g		200g		300g	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
30	65	42	70	200	68	300	64	500
60	63.5	40	67	100	58.5	280	63	480
90	63	40	63.5	100	57	260	62	440
120	62	38	50	100	53	260	60	420



ภาพที่ 4: การเปลี่ยนแปลงแรงดันตามระยะห่างและปริมาณเกลือ



ภาพที่ 5: การเปลี่ยนแปลงกระแสตามระยะห่างและปริมาณเกลือ

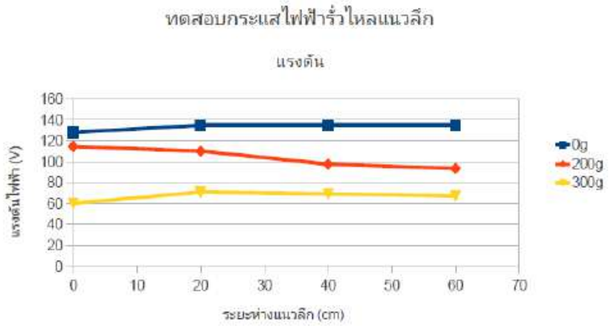


ภาพที่ 6: ความต้านทานเฉลี่ยของน้ำที่ถูกเติมเกลือลงไปในปริมาณที่แตกต่างกัน

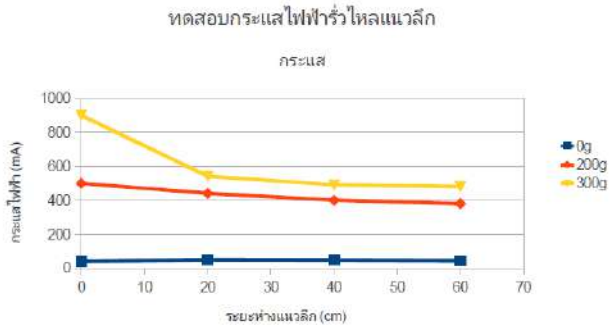
ทำการทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้ารั่วไหลที่ระยะห่างในแนวลึกจากแหล่งจ่ายที่ระยะ 0, 20, 40 และ 60 เซนติเมตร ตามลำดับ จากนั้นเติมเกลือในปริมาณ 200 และ 300 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 2 นำค่าการทดลองที่ได้พล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงแรงดันตามระยะความลึกและปริมาณเกลือ และกราฟการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าตามระยะความลึกและปริมาณเกลือ ดังแสดงในภาพที่ 7 และภาพที่ 8 และทำการคำนวณค่าความต้านทานเฉลี่ยของน้ำที่ถูกเติมเกลือลงไปในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งได้ค่าความต้านทานเท่ากับ 2.94, 0.24 และ 0.12 โอห์ม ตามลำดับ

ตารางที่ 2 การทดสอบวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้ารั่วไหลที่ระยะห่างในแนวลึก

ระยะ (cm)	0g		200g		300g	
	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)
0	128	40	114.6	500	60	900
20	134.6	50	110	440	71	540
40	134.6	48	97.5	400	69.3	490
60	134.6	44	93.6	380	67.3	480



ภาพที่ 7: การเปลี่ยนแปลงแรงดันตามระยะความลึกและปริมาณเกลือ



ภาพที่ 8: การเปลี่ยนแปลงกระแสตามระยะความลึกและปริมาณเกลือ

4.2 ทดสอบการทำงานของวงจรตรวจวัด 3 วงจร

ทดสอบวงจรการตรววัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลจำนวน 3 วงจร ดังแสดงในภาพที่ 1 ถึงภาพที่ 3 ในระยะห่างจากแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลตำแหน่งต่างๆทั้งในแนวระนาบ และแนวความลึก ดังแสดงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ

ตารางที่3 การทดสอบการตรวจจับกระแสไฟฟ้ารั่วแนวระนาบ

ระยะห่าง (cm)	วงจรที่ 1		วงจรที่ 2		วงจรที่ 3	
	แสดงผล	ไม่แสดง	แสดงผล	ไม่แสดง	แสดงผล	ไม่แสดง
30	/		/		/	
60	/		/		/	
90	/		/		/	
120	/		/		/	

ตารางที่4 การทดสอบการตรวจจับกระแสไฟฟ้ารั่วแนวลึก

ความลึก (cm)	วงจรที่ 1		วงจรที่ 2		วงจรที่ 3	
	แสดงผล	ไม่แสดง	แสดงผล	ไม่แสดง	แสดงผล	ไม่แสดง
0	/		/		/	
20	/		/		/	
40	/		/		/	
60	/		/		/	

5. สรุป

จากการทดสอบค่ากระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำพบว่า สภาวะน้ำสะอาดจะนำกระแสไฟฟ้าได้ไม่ดีนัก แต่เมื่อน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน น้ำท่วมขังจะสกปรกมากขึ้นมีผลทำให้การนำกระแสไฟฟ้าทำได้ดีขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายจากแหล่งรั่วไหลในรัศมีกว้างมากยิ่งขึ้นด้วย นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบวงจรตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วที่มีการแจกจ่ายและได้รับความนิยมจำนวน 3 วงจร ผลการทดสอบแสดงว่าวงจรทั้งสามมีประสิทธิภาพและความแม่นยำในการวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำได้ดีมีความถูกต้องสูง

6. แนวทางการพัฒนาต่อ

การตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วในสถานการณ์น้ำท่วมจำเป็นจะต้องทราบถึงค่ากระแสไฟฟ้าที่รั่วไหลมาก หรือรั่วไหลน้อย ในบริเวณที่ถูกน้ำท่วม เพื่อใช้แยกแยะพื้นที่อันตรายที่เป็นแหล่งกำเนิดกระแสรั่วไหล และพื้นที่ปลอดภัยได้โดยง่าย สามารถแสดงเป็นค่าระดับการรั่วไหลที่แตกต่างตามจำนวนไดโอดเปล่งแสงแสดงสถานะ และมีระดับเสียงเตือนที่แตกต่างอย่างชัดเจนเพื่อให้ผู้ประสบภัยน้ำท่วมสามารถใช้ตรวจวัด และเดินเลี่ยงออกมาจากบริเวณอันตรายนั้นได้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) และมหาวิทยาลัยศรีปทุม โดยเป็นส่วนหนึ่งของโครงการ มหาวิทยาลัยช่วยเหลือสังคมที่ประสบภัย ภายใต้ชุดโครงการ การจัดการภัยพิบัติทางธรรมชาติในเขตพื้นที่ชุมชนบางบัว และพื้นที่ใกล้เคียงแบบบูรณาการและยั่งยืน

8. เอกสารอ้างอิง

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, “เป็ดน้อยเตือนภัย ,” เข้าถึงเมื่อ 14 มีนาคม 2555 จาก http://www.facebook.com/floodduck54

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, “คทาตรวจไฟรั่ว,” เข้าถึงเมื่อ 14 มีนาคม 2555 จาก http://www.facebook.com/floodbaton

[3] -, “วงจรทำไม้เท้าตรวจไฟรั่วในน้ำ ,” เข้าถึงเมื่อ 14 มีนาคม 2555 จาก http://www.facebook.com/notes/narongrit-aqua-artist/แจกฟรี-วงจรทำ ไม้เท้าตรวจไฟรั่วในน้ำ/284167364950425

[4] สกุลธรรม เสนาะพิมพ์ และอำนาจ สาธานนท์, "ชุดทดสอบไฟรั่ว," คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เข้าถึงเมื่อ 14 มีนาคม 2555 จาก http://www.sc.chula.ac.th/th/newsDetail.asp?newsID=313

ประสิทธิภาพอุปกรณ์ตรวจสอบไฟรั่วในน้ำ

ศราวุธ ชัยมูล ธนันต์ หงส์นรา ฉัตรชัย โชคชัย พิมพ์สุรีย์ อวยพร

กลุ่มวิจัยสื่อสารไร้สาย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถ. พิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

E-mail:sarawuth@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับไฟรั่วในน้ำแบบต่าง ๆ พร้อมทั้งแสดงถึง จุดเด่น จุดด้อยและข้อจำกัดของอุปกรณ์ตรวจจับไฟรั่ว นอกจากนี้ได้นำเสนออุปกรณ์ตรวจจับไฟรั่วขึ้นมาใหม่อีกแบบที่สามารถวัดไฟรั่วได้แบบสะเทิ้นน้ำสะเทิ้นบก กอปรกับ ต้องการแสดงและเก็บข้อมูลต่าง ๆ ไว้เพื่อให้นักวิจัยได้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับกับเหตุการณ์อุทกภัยที่อาจจะเกิดขึ้นอีกในภายภาคหน้า

Abstract

This paper presents performances of leakage current detectors (LCDs). Strength, prominent points and limitations have been compared and discussed. Also, we propose a new LCD that can be used amphibious. Moreover, we hope that researchers will continually develop leakage current detectors for supporting the next flood disaster.

คำสำคัญ

อุปกรณ์ตรวจสอบไฟรั่ว, น้ำท่วม, อุทกภัย, สะเทิ้นน้ำสะเทิ้นบก

1. บทนำ

จากสถานการณ์อุทกภัยที่เกิดขึ้นในช่วงปลายปี พ. ศ. 2554 และต่อเนื่องนานมากกว่าสองเดือน ได้สร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินและความสูญเสียต่อบุคคลเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามท่ามกลางความสูญเสียที่เกิดขึ้น อีกมุมหนึ่งก็สะท้อนให้เห็นถึงความรักความสามัคคีของคนไทยที่มีต่อกัน ตลอดจนจิตอาสาที่ช่วยเหลือกัน นอกจากนี้ในส่วนของนักวิชาการต่าง ๆ หลายภาคส่วนได้ออกมานำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากอุทกภัย ไม่ว่าจะเป็น หลักการบริหารน้ำ วิธีการกั้นน้ำ การแก้ปัญหาน้ำเสีย ตลอดจนวิธีการใช้ชีวิตอยู่กับน้ำ ซึ่งมีทั้งประสบความสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จ

ส่วนในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้าคงหนีไม่พ้นเรื่องปัญหาเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้ารั่ว ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้มีผู้เสียชีวิตจำนวนมากในการเกิดอุทกภัยครั้งนี้ ดังนั้นอาจารย์ นักศึกษา นักวิจัยและบุคคลทั่วไปได้นำเสนออุปกรณ์ตรวจสอบไฟรั่วในน้ำหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็น เป็ดน้อยตรวจไฟรั่ว [1] คทาตรวจไฟรั่ว [2] กระทงเซฟตี้ตรวจไฟรั่ว [3] ไม้เช็คไฟฟ้ารั่ว [4] และเครื่องตรวจไฟรั่ว [5-6] เป็นต้น เมื่อผู้ประสบภัยหรือบุคคลทั่วไปนำอุปกรณ์ดังกล่าวไปใช้งานย่อมคาดหวังและเชื่อมั่นในระดับหนึ่งว่าอุปกรณ์ดังกล่าวจะสามารถช่วยป้องกันชีวิตหรือเตือนได้ว่าบริเวณที่นำไปใช้มีไฟรั่วน้ำหรือไม่ โดยไม่สนใจว่าอยู่ในสภาพแวดล้อมแบบใด ไม่ว่าจะเป็นน้ำท่วมเล็กน้อยหรือระดับอกหรือท่วมหัว หรือไม่ว่าจะเดินเข้าลุยในน้ำหรือนั่งบนเรือเข้าไป อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ตรวจสอบไฟฟ้ารั่วแต่ละแบบย่อมมีข้อจำกัดการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป โดยจากการสำรวจพบว่าผู้ใช้ส่วนใหญ่ไม่ทราบถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่นำไปใช้ เช่น ระยะที่สามารถตรวจจับได้ บริเวณที่สามารถใช้ได้ เป็นต้น

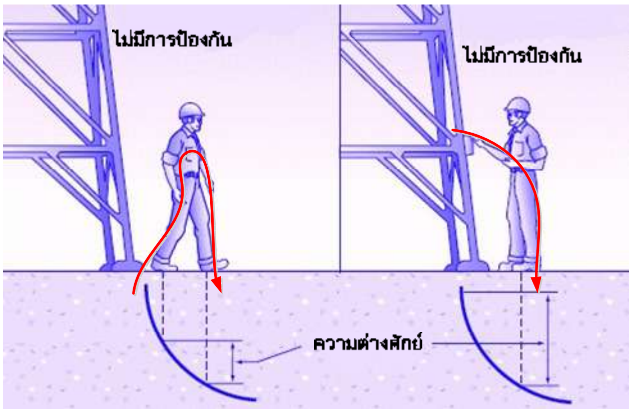
ดังนั้นบทความนี้จึงรวบรวมและนำเสนอประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจสอบไฟรั่วแบบต่าง ๆ เพื่อให้ทราบถึงข้อจำกัด จุดเด่น จุดด้อย ตลอดจนแนวทางการพัฒนาต่อเพื่อให้อุปกรณ์ตรวจสอบไฟรั่วมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พร้อมสำหรับการใช้ในโอกาสถัดไป (จริง ๆ ไม่อยากให้เกิดขึ้นอีก) และบทความนี้มิได้มีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบอุปกรณ์ของสถาบันใดดีกว่าสถาบันใด เพียงแต่ต้องการชี้ให้เห็นข้อจำกัดและข้อด้อยเท่านั้น เพราะจุดเริ่มต้นของการคิดประดิษฐ์อุปกรณ์ตรวจสอบไฟรั่วเพื่อให้ผู้ประสบภัยหรือประชาชนใช้เพื่อความปลอดภัยและเกือบทั้งหมดให้ฟรีโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใด ๆ และในส่วนท้ายผู้วิจัยได้นำเสนออุปกรณ์ตรวจสอบไฟรั่วอีกชุดโดยใช้ข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละแบบนำมาใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2. การเกิดไฟรั่ว

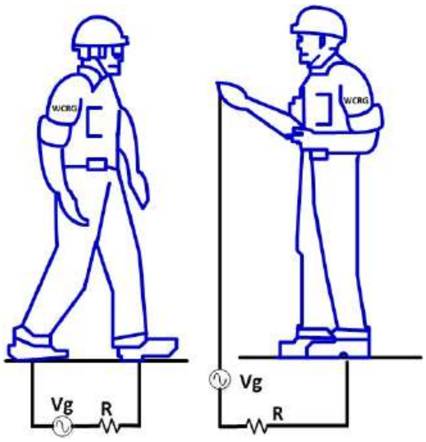
อันตรายที่เกิดจากไฟฟ้าก่อให้เกิดอันตรายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน โดยอาจจะเกิดได้ 2 สาเหตุคือ ไฟฟ้าช๊อตหรือไฟฟ้าลัดวงจร (Short circuit) และไฟฟ้าดูด (Electric shock) โดยไฟฟ้าช๊อต คือ กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจรโดยไม่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งทำให้เกิดความร้อนซึ่งเป็นสาเหตุของเพลิงไหม้ ในขณะที่ไฟฟ้าดูด คือ การที่ไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย คำว่า “ดูด” มาจากอาการที่ไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายแล้วไม่สามารถสะบัดให้หลุดออกมาได้ซึ่งอาจจะทำให้ผู้ที่โดยไฟฟ้าดูดเสียเสียชีวิต ในบทความนี้จะพิจารณาการเสียชีวิตที่เกิดจากไฟฟ้าดูดเท่านั้น

การเกิดไฟฟ้าดูดกระแสจะต้องไหลครบวงจร กล่าวคือ จะต้องมีจุดกระแสไหลเข้าและไหลออกจากร่างกาย นั่นหมายความว่าร่างกายต้องสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าอย่างน้อยสองจุดพร้อมกันและมีศักย์ไฟฟ้าที่ต่างกันโดยการเกิดศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดไฟฟ้าดูดแบ่งได้เป็น 2 แบบหลัก ๆ [7] คือ (i) แรงดันช่วงก้าว (Step voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอยู่ระหว่างเท้าทั้งสองข้างของบุคคล โดยกระแสไฟฟ้าจะไหล ผ่านจากเท้าข้างหนึ่งไปสู่เท้าอีกข้างหนึ่ง (ดังรูปที่ 1 (ก)) และ (ii) แรงดันสัมผัส (Touch voltage) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ร่างกายของบุคคล โดยเกิดจากการที่บุคคลได้สัมผัสกับตัวถังของเครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือโครงสร้างของเสา เป็นต้น ค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้าจะเกิดขึ้นระหว่างจุดที่สัมผัสกับเท้าทั้งสองของบุคคลซึ่งสัมผัสกับดิน (ดังรูปที่ 1 (ข)) โดยวงจรสมมูลย์แรงดันทั้งสองแสดงดังรูปที่ 2 เมื่อ Vg คือ แรงดันที่เกิดขึ้นและ R คือ ความต้านทานของบุคคล เพราะฉะนั้นกระแสที่ไหลผ่านตัวบุคคลจะมีค่าเท่ากับ Vg/R โดยกระแสที่ไหลผ่านแต่ละคนจะไม่เท่ากันซึ่งทำให้บาดเจ็บหรืออาจเสียชีวิตได้ [8]

จากการเกิดศักย์ไฟฟ้าทั้งสองจะพบว่าการถูกไฟฟ้าดูดอาจจะเกิดจากการสัมผัสโดยตรง คือ บุคคลไปสัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้าโดยตรง ที่อาจจะเกิดความชำรุด เช่น สายไฟเกิดฉนวนหลุดออก และอีกแบบเกิดจากการสัมผัสโดยอ้อมกล่าวคือ บุคคลไม่ได้สัมผัสกับส่วนที่มีไฟฟ้าโดยตรงแต่อาจจะเกิดจากไฟฟ้ารั่วไปยังโครงสร้างโลหะ เช่น เสาเหล็กตู้โทรศัพท์หรือกรณีที่มีน้ำขังไฟฟ้าก็จะรั่วในน้ำ ซึ่งการเกิดไฟฟ้าดูดส่วนใหญ่ในช่วงอุทกภัยจะเกิดจากการสัมผัสโดยอ้อมเพราะผู้สัมผัสขาดความระมัดระวังเพราะคิดว่าโดยปกติส่วนโครงสร้างนั้นหรือบริเวณเหล่านั้นในยามปกติจะไม่มีไฟฟ้าอยู่ [9]



รูปที่ 1 แรงดันช่วงก้าว (ก) และแรงดันสัมผัส (ข)



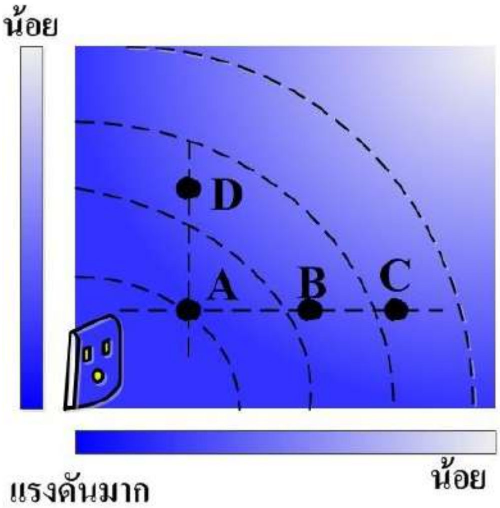
(ก) (ข)

รูปที่ 2 วงจรสมมูลย์ของการเกิดความต่างศักย์ (ก) ช่วงก้าว และ (ข) สัมผัส

3. เทคนิคการวัดไฟรั่วในน้ำ

จากหัวข้อที่ผ่านมากล่าวถึงเรื่องของศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดไฟฟ้าดูดเกิดได้จาก 2 ลักษณะ คือ แรงดันช่วงก้าวและแรงดันสัมผัส ดังนั้นการวัดไฟฟ้ารั่วในน้ำ ก็คือ การวัดหาแรงดันที่อาจจะเกิดจากแรงดันทั้งสองลักษณะ โดยแนวทางการวัดอาจจะแบ่งได้ 2 แนวทางหลัก ๆ คือ

3.1 การวัดความต่างศักย์โดยตรงระหว่างจุดสองจุดในที่นี้อาจจะวัดในน้ำ ผิวน้ำ หรือบริเวณที่มีน้ำเปียกแฉะ ซึ่งความต่างศักย์ระหว่างจุดสองจุดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็น ระยะห่างของจุดทั้งสอง หรือระยะห่างจากจุดกำเนิดไฟรั่ว [10] เช่น เต้าเสียบ โดยทั่วไปแล้วจุดที่ห่างจากจุดกำเนิดมากกว่าจะมีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าจากรูปที่ 3 จุด A จะมีศักย์ไฟฟ้ามากกว่าจุด B C และ D ในขณะที่จุด B และ D อาจจะมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ถึงแม้ว่าจะมีระยะห่างจากจุดกำเนิด



รูปที่ 3 ตัวอย่างศักย์ไฟฟ้า ณ จุดต่าง ๆ ในบริเวณน้ำท่วม

เท่ากันเพราะจุด B ใกล้พื้นดินมากกว่าจุด D จะพบว่าความต่างศักย์คือ ผลต่างของแรงดันที่ทำการวัดเทียบกันระหว่างจุดสองจุด เช่น $\Delta V = |V_A - V_B|$ โดยค่า ΔV นี้เองที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหรือแสดงผลของเครื่องมือวัดหรือใช้บอกถึงความไว (Sensitivity) ของอุปกรณ์ตรวจจับว่าสามารถตรวจจับที่ระดับแรงดันต่ำสุดได้เท่าไร นอกจากระยะทางแล้ว ความสะอาดของน้ำก็ส่งผลต่อความต้านทาน โดยทั่วไปน้ำสกปรกจะนำไฟฟ้าได้ดีกว่าน้ำสะอาด [11]

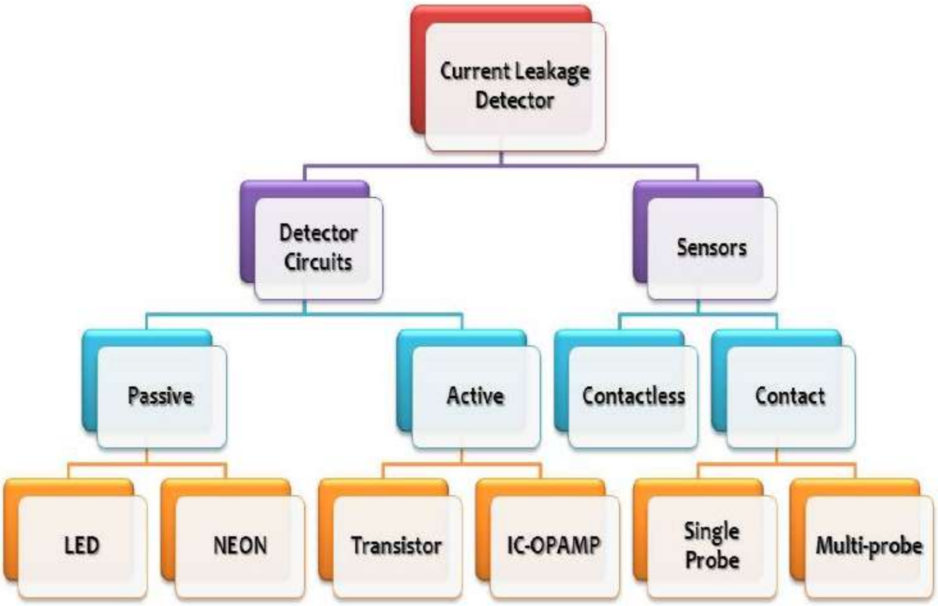
3.2 การวัดความต่างศักย์ทางอ้อมโดยการวัดสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็ก โดยเมื่อมีความต่างศักย์จะเกิดสนามไฟฟ้าเกิดขึ้นหรือในบริเวณที่มีโลหะ เช่น สายไฟขาดพาดตู้โทรศัพท์ทำให้เกิดมีกระแสไหลครบวงจรตามตู้โทรศัพท์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ บริเวณดังกล่าว นั่นหมายความว่าเราสามารถออกแบบวงจรตรวจจับสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็กเพื่อตรวจสอบว่าบริเวณนั้นมีไฟฟ้ารั่วหรือไม่ โดยเครื่องมือที่ใช้ทดสอบไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับน้ำหรือวัตถุโดยตรง (Contactless)

จากหลักการวัดทั้ง 2 แบบเราอาจจะแบ่งแนวทางการออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับไฟรั่วได้ดังรูปที่ 4 โดยอุปกรณ์ตรวจจับจะประกอบด้วยสองส่วนสำคัญ คือ ส่วนของเซนเซอร์ (Sensor) และส่วนของวงจรตรวจจับ (Detector circuit)

1. การออกแบบเซนเซอร์เนื่องจากเซนเซอร์ เป็นส่วนแรกที่จะทำการจับ (Capture) แรงดันก่อนเข้าส่วนขยายหรือส่วนแสดงผล ดังนั้นการออกแบบเซนเซอร์ที่ดี ย่อมทำให้ประสิทธิภาพรวมของอุปกรณ์ตรวจจับดีขึ้น ในส่วนของเซนเซอร์อาจจะแบ่งออกเป็นสองแบบคือ แบบที่ต้องสัมผัสกับน้ำ (Contact) และแบบที่ไม่ต้องสัมผัส (Contactless) โดยแบบที่ไม่ต้องสัมผัสจะใช้หลักการวัดแรงดันโดยอ้อมโดยการวัดสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมาเหมาะกับการตรวจจับไฟรั่วที่รั่วผ่านโลหะ ในขณะที่เซนเซอร์แบบสัมผัสจะใช้เทคนิคการวัดโดยตรงซึ่งแรงดันที่ได้เกิดจากความต่างศักย์ของจุดอย่างน้อยสองจุด เช่น จุด A และ D ในรูปที่ 3 สำหรับกรณีที่ใช้แบบโพรบคู่ ส่วนกรณีที่ใช้โพรบเดี่ยวจะใช้หลักการวัดเหมือนกับไขควงตรวจไฟคือ ให้กระแสน้อย ๆ ไหลครบวงจรโดยผ่านตัวคนวัด เซนเซอร์ทั้งสองแสดงดังรูปที่ 5

ในส่วนของเซนเซอร์มีส่วนที่ต้องพิจารณาสองอย่างที่ต้องแลกกันอยู่ (Trade off) คือระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันและขนาดที่กะทัดรัด โดยทั่วไปเมื่อวางขั้วเซนเซอร์ให้ห่างกันผลต่างของแรงดันจะมีค่าสูง เช่น ถ้าขั้วเซนเซอร์อยู่จุด A กับ C จะได้แรงดันที่สูงกว่าขั้วเซนเซอร์ที่อยู่ระหว่างจุด A กับ B แต่จะทำให้ขนาดโดยรวมของอุปกรณ์ตรวจจับมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นขนาดที่เหมาะสมผู้ออกแบบต้องคำนึงถึง เพื่อนำไปออกแบบหรือชดเชยให้เหมาะกับวงจรตรวจจับ โดยทั่วไปเซนเซอร์ที่มีใช้อยู่จะมีลักษณะดังรูปที่ 5 (ค) คือ จะวางเซนเซอร์ห่างกันในแนวตั้ง ข้อดีคือ ขนาดกะทัดรัดเพราะสามารถพันโลหะที่ใช้ทำเป็นเซนเซอร์บนท่อพลาสติกได้เลย แต่จะมีข้อจำกัดคือ ถ้าระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ถ้าน้อยเกินไปจะให้แรงดันที่ได้ต่ำแต่ถ้าห่างมากเกินไปและระดับน้ำที่จะนำไปใช้ในการวัดต้องสูงกว่าระดับของเซนเซอร์ ในขณะที่เป็นโพรบเดียว (รูปที่ 5(ก) และ (ข)) จะใช้งานไม่ได้บางกรณีโดยเฉพาะถ้าผู้ใช้ที่ใส่รองเท้าที่เป็นฉนวนอย่างดีหรือกรณีที่นั่งบนเรือเพราะจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร

2. ส่วนของวงจรตรวจจับ ในที่นี้ อาจรวมทั้งส่วนของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน วงจรขยายสัญญาณ วงจรแสดงผลรวมทั้งวงจรในการตรวจสถานะการทำงานของอุปกรณ์โดยรวม ซึ่งแบ่งเป็นแบบแอกทีฟ (Active) และพาสซีฟ (Passive) โดยวงจรตรวจจับที่เป็นแอกทีฟจะให้ความไวมากกว่าพาสซีฟหลายเท่ากล่าวคือ จะเตือนได้ว่ามีไฟรั่วจากจุดกำเนิดได้ไกลกว่าแบบพาสซีฟแต่อุปกรณ์แบบแอกทีฟจะต้องมีแบตเตอรี่เพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ โดยทั่วไปอุปกรณ์แบบแอกทีฟที่ใช้ไอซีจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ทรานซิสเตอร์หรือเฟต (FET) แต่



รูปที่ 4 แนวทางการออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่ว

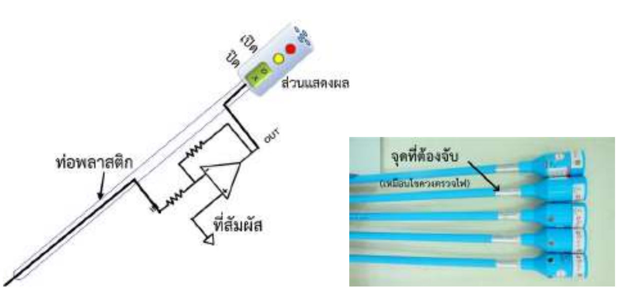
ราคาจะสูงกว่าตัวอย่างจาแบบแอกทีฟที่ใช้ทั้งแบบโพรบเดี่ยวและโพรบคู่แสดงดังรูปที่ 6 ในขณะที่ส่วนวงจรพาสซีพจะใช้แรงดันหรือความต่างศักย์ที่ขั้วของเซนเซอร์โดยตรงเพื่อไปขับหลอดไฟ LED หรือหลอดนีออน กรณีที่ใช้หลอดนีออนซึ่งโดยทั่วไปจะเริ่มทำงานที่แรงดัน 40-50 V_{ac} ซึ่งส่งผลให้ระยะการตรวจสอบใกล้กับจุดกำเนิดมาก (เงื่อนไขเดียวกันกับการใช้ไขตวงตรวจไฟ) ส่วนกรณีใช้หลอด LED ส่วนใหญ่จะใช้กับโพรบคู่ปัญหาก็จะตรงกันข้ามกับหลอดนีออนคือ ถ้าแรงดันมากเกินไปหลอด LED จะเกิดเบรกดาวน์ทำให้หลอดเสียหาย นอกจากนี้การใช้หลอดไฟเพียงอย่างเดียวจะสังเกตได้ยากมากเมื่อใช้เวลากลางวันเพราะฉะนั้นอุปกรณ์ส่วนใหญ่ ยกเว้น กรณีที่ใช้ไขควงตรวจไฟจะต่อบัซเซอร์ (Buzzer) เพื่อให้ผู้ใช้ได้ยินเสียงเมื่อเจอไฟฟ้ารั่ว ในส่วนของวงจรเช็คสภาพอุปกรณ์อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้แต่กรณีไม่มีควรมีวิธีการปรับแต่ง (Calibration) อย่างง่ายเบื้องต้นให้แก่ผู้ใช้ เพราะเมื่อจะนำกลับมาใช้ใหม่อีกต้องมีการตรวจสอบก่อนว่าใช้งานได้อยู่หรือไม่ รวมทั้ง ระบบตรวจสอบแบตเตอรี่ว่าพร้อมใช้หรือไม่

จากจุดดี-จุดด้อยและข้อจำกัดของอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วที่กล่าวมาในตอนต้นแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเสนออุปกรณ์ตรวจจับไฟรั่วอีกแบบเพื่อเป็นทางเลือกและให้สามารถใช้ได้ทุกพื้นที่ โดยในที่นี้จะใช้วงจรตรวจจับแบบแอกทีฟเพราะได้ระยะทางในการตรวจจับที่ค่อนข้างไกลและเลือกใช้ ออปแอมป์เป็นตัวจับแรงดันและวงจรขยายแรงดันซึ่งอาจจะใช้วงจรของ [6] โดยมีอัตราขยายประมาณ 4 เท่า ส่วนของการแสดงผลจะใช้ทั้งส่วนของเสียงผ่านบัซเซอร์และส่วนของแสงโดยผ่านหลอด LED ส่วนของเซนเซอร์เลือกใช้แบบโพรบคู่แต่จะใช้โพรบแนวนอนแทนแนวตั้งทั้งนี้เพราะต้องการให้สามารถวัดได้กับน้ำทุกระดับไม่ว่าจะสูงหรือต่ำกว่าระดับหัวเข่า หรือกรณีที่เป็นพื้นผิวแฉะ ๆ (หลังน้ำลดหรือพื้นห้องน้ำ) ตัวอย่างการใช้งานแสดงดังรูปที่ 6 และข้อดีและข้อจำกัดแสดงดังตารางที่ 1 (ผลการทดสอบเพิ่มเติมที่เป็นวิดีโอสามารถดูได้ที่ [12]) อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีเวลาจำกัดในการออกแบบและต้องนำไปใช้ในช่วงน้ำท่วม ดังนั้น ในส่วนของการตรวจแบตเตอรี่จึงไม่ได้ออกแบบรวมเข้าไปด้วย

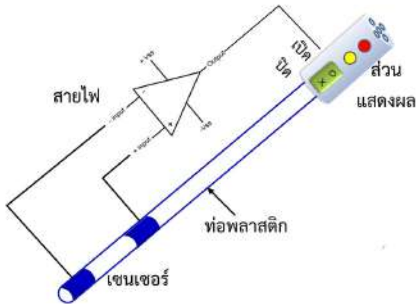
4. สรุป

บทความนี้นำเสนอประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจวัดไฟฟ้ารั่วในน้ำแบบต่าง ๆ รวมทั้งได้นำเสนออุปกรณ์ตรวจจับไฟรั่วเพิ่มขึ้นอีกแบบที่สามารถใช้ได้แบบสะเทิ้นน้ำสะเทิ้นบก ซึ่งจะพบว่าแต่ละแบบจะมีข้อดี ข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไปทั้งนี้อาจจะเนื่องจากมีเวลากำจัดในการออกแบบ สร้างและทดสอบ เพราะจะนำไปใช้งานให้ทันกับอุทกภัย อย่างไรก็ตาม ยังมีส่วนของการพัฒนาและปรับปรุงอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วอีกหลายส่วนที่ยังต้องการนักวิจัยที่จะช่วยกันต่อไปในอนาคต

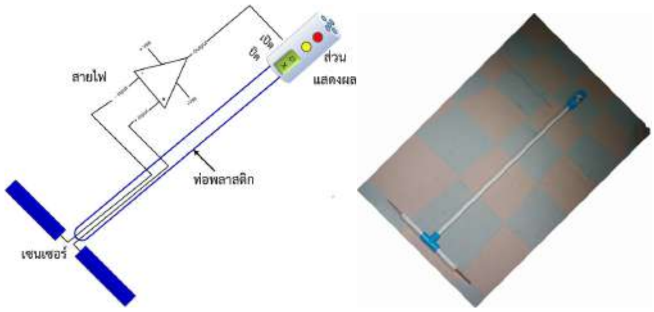
(ก)



(ข)



(ค)

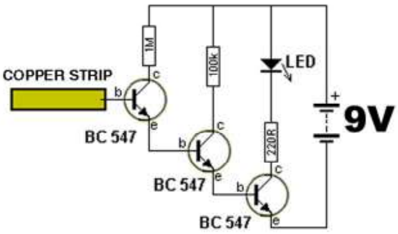


(ง)

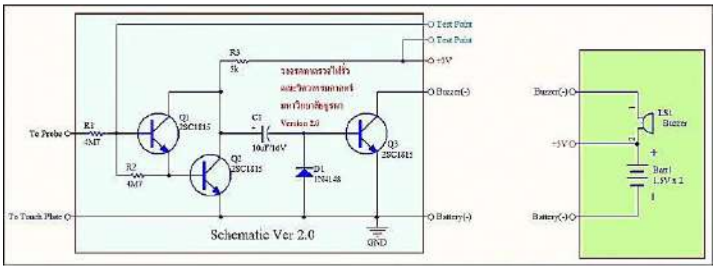
รูปที่ 5 ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจจับไฟรั่ว (ก) พาสซีฟที่ใช้โพรบเดี่ยว (ข) แอกทีฟที่ใช้โพรบเดี่ยว (ค) แอกทีฟที่ใช้โพรบคู่แนวตั้ง และ (ง) แอกทีฟที่ใช้โพรบคู่แนวนอน

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับไฟรั่วในน้ำ

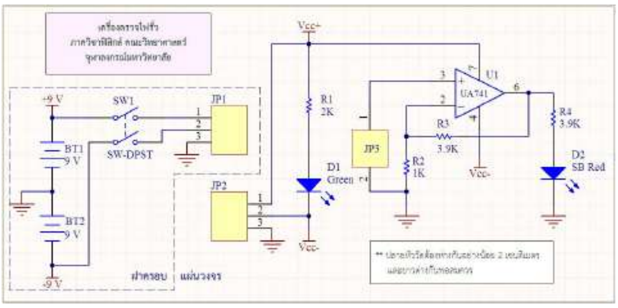
<table>
<tr><th>ชนิดของวงจรตรวจจับ</th><th>ชนิดของโพรบ</th><th>ข้อดี-ข้อเด่น</th><th colspan="2">ข้อด้อย-ข้อจำกัด</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Passive</td><td>โพรบเดี่ยว
(ไขควงวัดไฟ,หลอดนีออน,LED)
รูปที่ 5 (ก)</td><td rowspan="2">1. ไม่ต้องใช้ถ่าน
2. ขนาดกะทัดรัด
3. ราคาถูก
4. ง่ายต่อการออกแบบ</td><td rowspan="2">1. ความไวต่ำ เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ขยายสัญญาณ
2. เมื่อน้ำลึก ตรวจจับไฟรั่วที่ใต้น้ำ ทำได้ไม่ดี
3. ไม่สามารถควบคุมทิศทางได้
4. วัดที่น้ำตื้นหรือผิวแฉะไม่ได้</td><td>มีโอกาสวัดไม่ได้ในหลายกรณี เช่น ถ้าผู้วัดอยู่บนเรือและใส่รองเท้าที่เป็นฉนวนที่ดี</td></tr>
<tr><td>โพรบคู่</td><td>ระยะของโพรบมีผลอย่างมากต่อระยะทำการ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Active</td><td>โพรบเดี่ยว
รูปที่ 5 (ข)</td><td rowspan="2">1. ความไวค่อนข้างสูง
2. ราคาไม่แพงมากนัก
3. ระยะทำการค่อนข้างไกล</td><td colspan="2" rowspan="2">1. ต้องมีการเปลี่ยนแบตเตอรี่
2. ความไวส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับระยะห่างของเซนเซอร์
3. ถ้าเซนเซอร์วางแนวตั้ง ดังนั้นอาจจะวัดไม่ได้เมื่อระดับต่ำกว่าระดับเซนเซอร์
4. พกพายาก (ขนาดยาว)
5. ถ้าอุปกรณ์ชำรุดเสียหายอาจจะไม่มีระบบเตือน</td></tr>
<tr><td>โพรบคู่
รูปที่ 5 (ค) และ (ง)</td></tr>
</table>



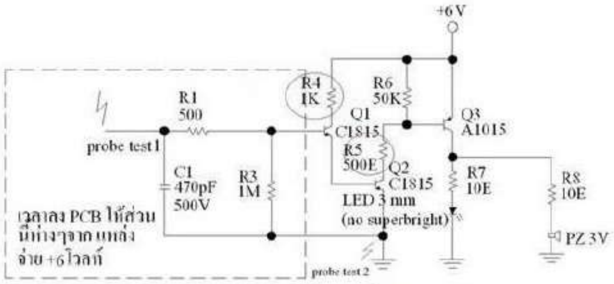
(ก)



(ข)

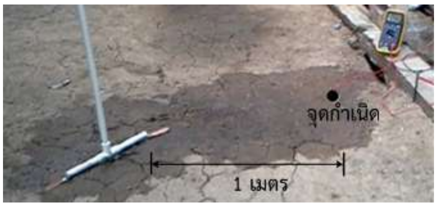


(ค)



(ง)

รูปที่ 6 ตัวอย่างวงจรตรวจจับไฟรั่ว (ก) แบบไม่สัมผัส (ข) สัมผัสที่ใช้โพรบเดี่ยวของ ม. บูรพา (ค) สัมผัสที่ใช้โพรบคู่ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ (ง) สัมผัสที่ใช้โพรบคู่ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 7 ตัวอย่างการใช้งานของโพรบที่นำเสนอ (ก) ใช้บนผิวดินชื้น (ข) ใช้ผิวแฉะบนปูน และ (ค) ใช้ในน้ำ

5. เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.facebook.com/floodduck54

[2] http://www.facebook.com/floodbaton

[3] http://www.teakmutnb.org/

[4] http://www.facebook.com/maicheckfirerua

[5] http://www.facebook.com/ELRseries8

[6] http://www.sc.chula.ac.th/

[7] B. Scaddam, *Electrical installation work*, Elsevier, Boston, Newnes, 2008.

[8] J. Cadick, *Electrical safety handbook*, Newyork: McGraw-Hill, 2000

[9] Prime team, Handbook of international electrical safety practices, Hobcken, N. J., Wiley, 2010.

[10] C. F. Palziel, “Electric shock hazards of fresh water swimming pools,” IEEE Trans. Indus. General App., vol. GA-3, no.4, July-Aug, 1966.

[11] R. Arora, W. Mosch, *High voltage and electrical insulation engineering*, Hobcken, N. J., Wiley, 2011.

[12] http://www.youtube.com/watch?v=2DXoLJES1nQ

เครื่องแจ้งเตือนการรั่วของก๊าซ LPG สำหรับรถยนต์

โชคชัย บ่วงรักษ์
โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
E-mail: ton-kps-ku@hotmail.com

จีรวัฒน์ บุบผาหอม
โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
E-mail: jeerawat_105@hotmail.com

ธวัชชัย ทองเหลี่ยม
โปรแกรมวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
E-mail: tony_tct@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเครื่องแจ้งเตือนการรั่วของก๊าซ LPG ที่ใช้ในรถยนต์ ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51AC3 เป็นตัวประมวลผลกลาง และเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ก๊าซ LPG MQ-6 ทำการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซ ใช้ LCD และหลอด LED ทำหน้าที่แสดงสถานะและตำแหน่งของหัวเซนเซอร์ และได้ใช้ลำโพงกำเหนิดเสียง (Buzzer) แจ้งเตื่อนเมื่ออยู่ในสถานะสถานะก๊าซรั่วไหลอันตราย จากผลการทดลองเราพบว่าเครื่องแจ้งเตือนการรั่วไหลของก๊าซ LPG สามารถแจ้งเตือนการรั่วไหลของก๊าซ LPG ณ พื้นที่ควบคุมได้ 3 สถานะ ตามที่โปรแกรมกำหนดไว้ คือ 1) สถานะปรกติ (Normal), 2) สถานะก๊าซรั่วไหล (Warning) และ 3) สถานะก๊าซรั่วไหลอันตราย (Dangerous) โดยสามารถทำงานได้ตรงตามที่โปรแกรมกำหนดไว้

Abstract

This paper proposed a warning for leakage of LPG gas, that used in car, which is controlled by a microcontroller AT89C51AC3. The microcontroller is processors and connected to LPG gas sensors. LPG gas sensors (MQ-6) used to detect the leakage of gas. The LCD and LED lamps are display warning and status of LPG gas sensors. The buzzer used to alarm the leakage of gas. The experimental and result of warning for leakage of LPG gas can be alerted to leakage of LPG gas, at the control area, which is the 3 states is 1) the state normal, 2) the status warning and 3) the status dangerous. The warning for leakage of LPG gas can run the program exactly.

คำสำคัญ : ชุดแจ้งเตือน, MQ-6 gas sensor, การรั่วไหล, ก๊าซ LPG, ก๊าซธรรมชาติ ,ไมโครคอนโทรลเลอร์

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซินมีการปรับราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงได้มีการใช้พลังงานทดแทนจากก๊าซธรรมชาติที่มีอยู่เป็นจำนวนมากมาใช้ทดแทนน้ำมันสำหรับเครื่องยนต์ เช่น ก๊าซ LPG, ก๊าซ NGV, Biodiesel เป็นต้น [1] พลังงานทดแทนเหล่านี้มีราคาที่ถูกกว่าน้ำมันหลายเท่า ช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ต้องสิ้นเปลืองไปกับน้ำมันในราคาสูง แต่การใช้พลังงานทดแทนเหล่านี้จำเป็นต้องมีการดัดแปลงอุปกรณ์สำหรับติดตั้งเสริมให้กับเครื่องยนต์เพื่อให้สามารถใช้เชื้อเพลิงพลังงานทดแทนได้ตามความเหมาะสมของก๊าซธรรมชาติแต่ละชนิดให้ได้ประสิทธิภาพตามมาตรฐานกฎระเบียบของกระทรวงคมนาคมที่ได้กำหนดไว้อย่างชัดเจน

ก๊าซ LPG (Liquefied Petroleum Gas) เป็นก๊าซที่ไม่มีสีไม่มีกลิ่น เบากว่าน้ำแต่หนักกว่าอากาศจึงลอยอยู่ในระดับต่ำ มีการสะสมและเป็นเชื้อเพลิงที่มีความไวไฟสูง เมื่อเกิดการรั่วไหลจะเกิดการสะสม ตามพื้นล่าง หากมีประกายไฟจะสามารถทำให้ติดไฟได้ ซึ่งขีดจำกัดของการติดไฟนั้นอยู่ที่ประมาณ 2-9.5% โดยปริมาตร ปริมาณของก๊าซ LPG ตั้งแต่ 2% ขึ้นไปสามารถลุกติดไฟได้ ส่วนอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการลุกไหม้เท่ากับ $480^{o}C$ หากได้รับการติดตั้งไม่ถูกวิธีอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงขึ้นได้

จากความอันตรายของการใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์นั้น คณะวิจัยจึงได้มีแนวคิดสร้างเครื่องแจ้งเตือนการรั่วของก๊าซ LPG ที่ใช้ในรถยนต์ขึ้นมา โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับก๊าซ LPG ตรงบริเวณที่เสี่ยงต่อการรั่วไหลของก๊าซ เช่น ข้อต่อของท่อก๊าซกับหม้อต้มในรถยนต์และบริเวณข้อต่อของถังก๊าซแล้วส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลและแสดงสถานะของการรั่วไหลของก๊าซ LPG 3 สถานะ โดยมีอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับแจ้งเตือนได้แก่ จอ LCD ขนาด16x2, Buzzer, หลอด LED

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

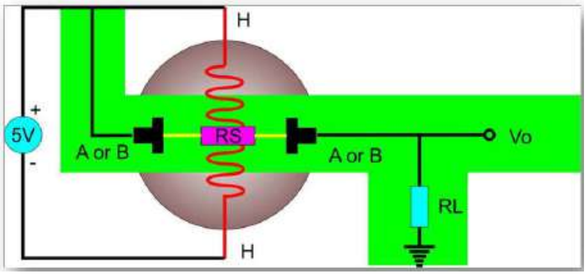
2.1 ก๊าซ LPG [2]

ก๊าซ LPG (Liquefied Petroleum Gas) มีชื่อเป็นทางการว่า "ก๊าซปิโตรเลียมเหลว" หรือที่ชาวบ้านทั่วไปเรียกว่า "ก๊าซหุงต้ม" เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมันหรือแยกก๊าซธรรมชาติในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ ก๊าซ LPG ประกอบด้วยส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด คือ โพรเพน และบิวเทนในอัตราส่วนเท่าใดก็ได้หรืออาจเป็นโพรเพนบริสุทธิ์ 100% หรือ บิวเทน 100% ก็ได้เช่นกัน สำหรับในประเทศไทยก๊าซหุงต้มส่วนใหญ่ได้จากโรงแยกก๊าซธรรมชาติ โดยใช้อัตราส่วนผสมของโพรเพนและบิวเทนประมาณ 70 : 30

2.2 เซนเซอร์ก๊าซ LPG เบอร์ MQ-6 [3]

เซนเซอร์ก๊าซ LPG เบอร์ MQ-6 คือ อุปกรณ์ตรวจจับก๊าซ LPG เมื่ออุปกรณ์ได้รับก๊าซ LPG เข้าที่บริเวณหัวของเซนเซอร์ส่งผลให้ค่าความต้านทานภายในของเซนเซอร์จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของก๊าซที่เซนเซอร์ได้รับ กล่าวคือเมื่อปริมาณก๊าซที่ได้รับเพิ่มมากขึ้นค่าความต้านทาน (*RS*) จะมีค่าละลง

รูปที่ 1 เซนเซอร์ก๊าซ LPG



รูปที่ 2 วงจรเทียบเคียงชุดวงจรเซนเซอร์ก๊าซ LPG

รูปที่ 1 แสดงเซนเซอร์ก๊าซ LPG และรูปที่ 2 แสดงวงจรเทียบเคียงชุดวงจรเซนเซอร์ก๊าซ LPG ซึ่งภายในเซนเซอร์เปรียบเสมือนมีตัวต้านทานต่ออยู่ การต่อใช้งานต้องจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงเท่ากับ 5 *V* และต่อตัวต้านทาน R_L ลักษณะอนุกรม แรงดัน V_O ที่ตกคร่อม R_L มีค่าเท่ากับ

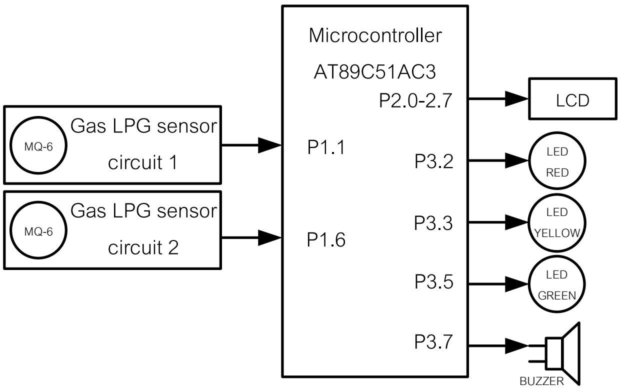
$$V_O = \frac{R_L}{R_S + R_L} \times 5V \qquad (1)$$

จากหลักการทำงานของเซนเซอร์ก๊าซ LPG ดังที่กล่าวมา เมื่อปริมาณก๊าซที่ได้รับเพิ่มมากขึ้น แรงดันเอาต์พุต V_O ค่าเพิ่มขึ้นตาม ซึ่งแรงดันที่ได้จากชุดวงจรเซนเซอร์ก๊าซ LPG จะถูกส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลต่อไป

3. ระบบการแจ้งเตือนการรั่วของก๊าซ LPG

3.1 วงจรแจ้งเตือนการรั่วของก๊าซ LPG

รูปที่ 3 แสดงวงจรแจ้งเตือนการรั่วของก๊าซ LPG ที่ใช้ในรถยนต์โดยใช้เซนเซอร์ก๊าซ LPG MQ-6 ตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซ LPG โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและแสดงผลเตือนทางจอ LCD, LED และ Buzzer



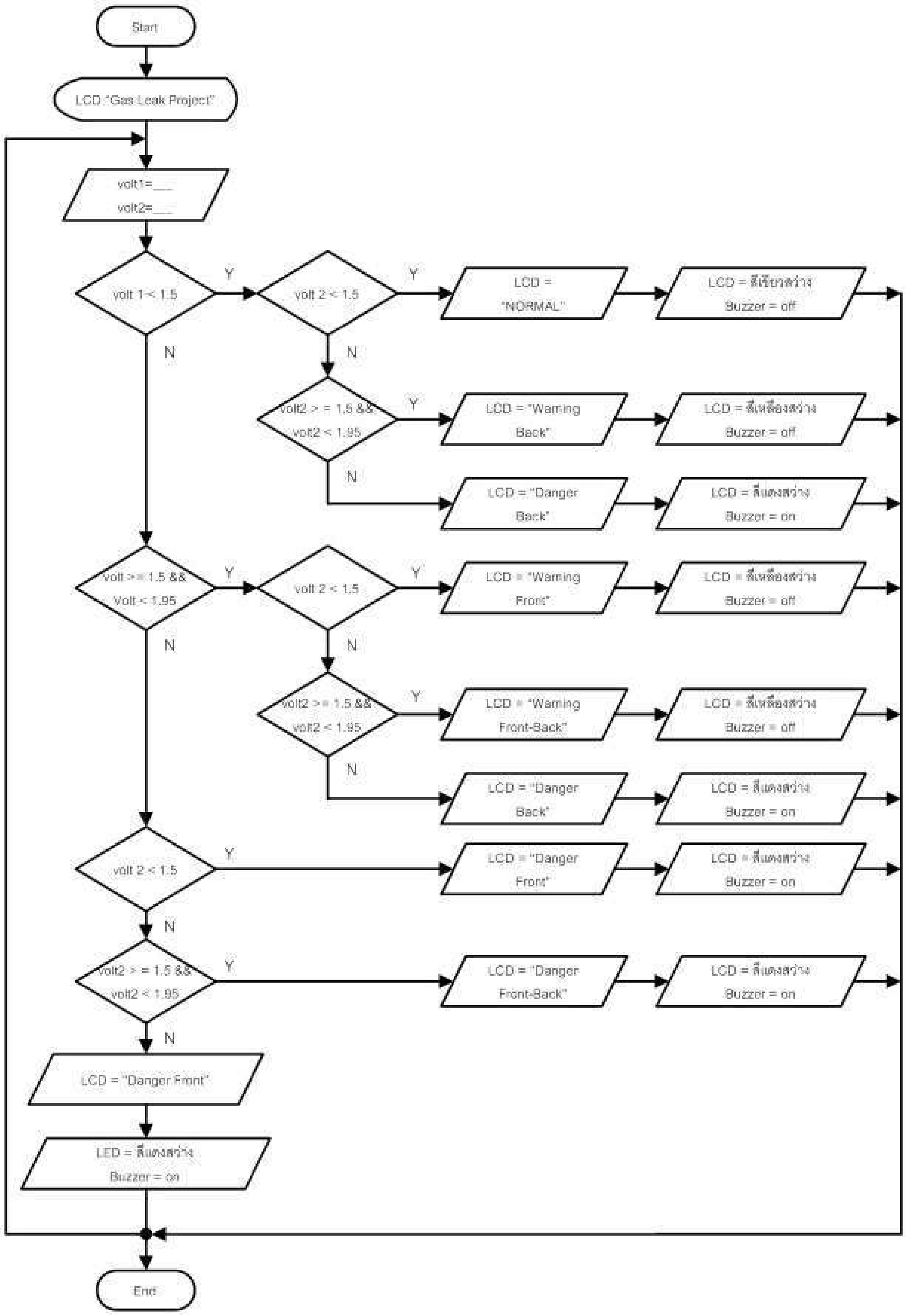
รูปที่ 3 วงจรแจ้งเตือนการรั่วของก๊าซ LPG

การทำงานของวงจรอธิบายได้ดังนี้ กล่าวคือ ขณะผู้ใช้รถยนต์เริ่มสตาร์ทเครื่อง ก๊าซจะถูกปล่อยออกจากถังไปยังเครื่องยนต์ ขณะเดียวกันเซนเซอร์ก๊าซข้างหน้าและข้างหลังรถยนต์ทำการตรวจจับก๊าซที่อาจเกิดการรั่วไหลออกมาบริเวณข้อต่อ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้แบ่งระดับการรั่วออกเป็น 3 สถานะคือ 1) สถานะปรกติ (Normal) หมายถึงไม่มีการรั่วไหลของก๊าซ LPG 2) สถานะรั่วไหล (Warning) หมายถึงมีการรั่วไหลของก๊าซ LPG แต่ไม่มากนัก และ 3) สถานะรั่วไหลขั้นอันตราย (Dangerous) หมายถึงมีการรั่วไหลของก๊าซ LPG ในปริมาณมาก ชุดวงจรตรวจจับก๊าซจะทำการเปลี่ยนปริมาณก๊าซที่ตรวจจับไปแปลงเป็นแรงดันแล้วส่งต่อไปยัง

ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล ถ้าปริมาณก๊าซที่รั่วไหลออกมาอยู่ในระดับใด เครื่องจะทำการแสดงผลออกที่จอ LCD แสดงสัญญาณไฟ LED และส่งเสียงเตือนด้วย Buzzer เพื่อให้ผู้ใช้รถยนต์ได้ทราบและดับเครื่องยนต์เพื่อตรวจเช็คหรือเรียกช่างซ่อมทันทีก่อนที่จะเกิดเหตุอันตราย

รูปที่ 4 แสดงชุดวงจรเซนเซอร์ก๊าซ LPG ทำหน้าที่ตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซ LPG

รูปที่ 4 ชุดวงจรเซนเซอร์ก๊าซ LPG



รูปที่ 5 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรม

3.2 ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรม

รูปที่ 5 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรม โดยกำหนดตัวแปร volt1 หมายถึงค่าแรงดันเอาต์พุตจากชุดวงจรเซนเซอร์ก๊าซ LPG หน้ารถ และ volt2 หมายถึงค่าแรงดันเอาต์พุตจากชุดวงจรเซนเซอร์ก๊าซ LPG หลังรถ ซึ่งการทำงานของโปรแกรมโดยรวมได้อธิบายได้ดังนี้ กล่าวคือ โปรแกรมจะเริ่มต้นการทำงานด้วยการแสดงคำว่า “GAS LEAK ALRAM” เพื่อแสดงว่าเครื่องพร้อมใช้งานแล้ว จากนั้นจะเป็นการประมวลผลจากจุดของเซนเซอร์ก๊าซ LPG 2 จุด ตามเงื่อนไขดังนี้

- ค่าแรงดัน volt1, volt2 มีค่าน้อยกว่า 1.5 V สภาวะการรั่วของก๊าซอยู่ในสถานะปกติ เครื่องแสดงสถานะ Normal

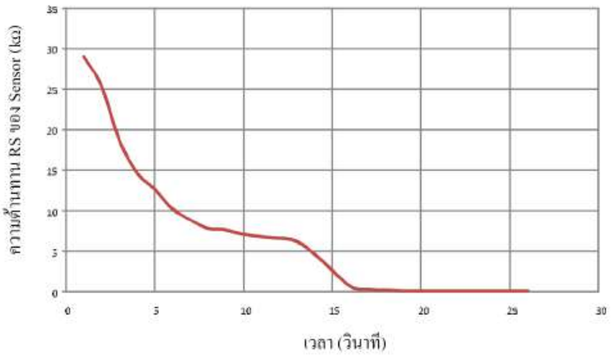
- หากค่าแรงดัน volt1 (volt2, volt1 และ volt2) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 V และน้อยกว่า 1.95 V สภาวะการรั่วของก๊าซอยู่ในสถานะรั่วไหลของก๊าซข้างหน้า (ข้างหลัง, ข้างหน้า และข้างหลัง) ซึ่งเครื่องแสดงสถานะ Warning Front sensor (Back sensor, Font-Back)

- หากค่าแรงดัน volt1 (volt2, volt1 และ volt2) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.95 V สภาวะการรั่วของก๊าซอยู่ในสถานะรั่วไหลของก๊าซข้างหน้า (ข้างหลัง, ข้างหน้า และข้างหลัง) ซึ่งเครื่องแสดงสถานะ Dangerous Front sensor (Back sensor, Font-Back)

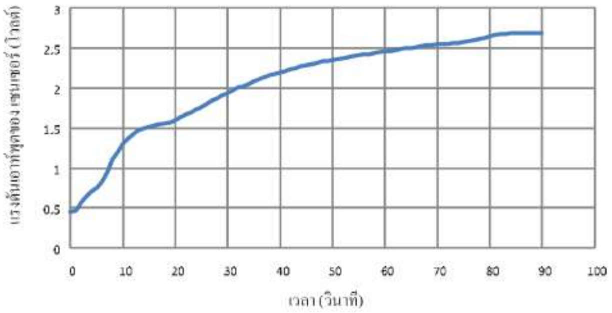
4. การทดลองและผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทดลองการทำงานของชุดเซ็นเซอร์ตรวจจับก๊าซ LPG เพื่อนำค่าความต้านทานที่มีการเปลี่ยนแปลงไปขณะตรวจวัดก๊าซไปออกแบบ รูปที่ 6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทาน RS และเวลาการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน RS ของเซนเซอร์ก๊าซ LPG เบอร์ MQ-6 มีค่าความต้านทานที่ลดลงตามระยะเวลาที่ได้รับก๊าซ LPG อย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุตของชุดเซนเซอร์ก๊าซ LPG กับระยะเวลาการรั่วไหลของก๊าซ LPG เมื่อก๊าซ LPG มีปริมาณรั่วไหลมากขึ้นค่าแรงดันเอาต์พุตของชุดเซนเซอร์ก๊าซ LPG มีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 6 กราฟการเปลี่ยนแปลงของความต้านทาน R_S ของเซนเซอร์ก๊าซ LPG



รูปที่ 7 กราฟแรงดันเอาต์พุตของชุดเซนเซอร์ก๊าซ LPG เมื่อก๊าซ LPG มีปริมาณรั่วมากขึ้น

รูปที่ 8 บริเวณติดตั้งเซนเซอร์ก๊าซ LPG ด้านหน้า

รูปที่ 9 บริเวณติดตั้งเซนเซอร์ก๊าซ LPG ด้านหลัง

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเมื่อติดตั้งเครื่องแจ้งเตือนการรั่วไหลของก๊าซ LPG ในรถยนต์

ลำดับ	สภาวะการรั่วของก๊าซ LPG	ผลการทดลอง
1	ไม่มีก๊าซ LPG รั่วไหล ดังนั้น - จอ LCD แสดง NORMAL - ไฟ LED สีเขียวสว่าง - Buzzer ไม่มีเสียงเตือน	
2	มีก๊าซ LPG รั่วไหลข้างหน้า (ข้างหลัง, ข้างหน้าและข้างหลัง) หัวก๊าซเซนเซอร์หัวที่ 1 (2, 1 และ 2) ตรวจจับก๊าซรั่วไหลได้ ดังนั้น - จอ LCD แสดง WARNING FRONT SENSOR (BACK SENSOR, FRONT-BACK) - ไฟ LED สีเหลืองสว่าง - Buzzer ไม่มีเสียงเตือน	ข้างหน้า ข้างหลัง ข้างหน้าและข้างหลัง
3	มีก๊าซ LPG รั่วไหลข้างหน้า (ข้างหลัง, ข้างหน้าและข้างหลัง) ก๊าซเซนเซอร์หัวที่ 1 (2, 1 และ 2) ตรวจจับก๊าซรั่วไหลได้ ดังนั้น - จอ LCD แสดงค่า DANGER FRONT SENSOR (BACK SENSOR, FRONT - BACK) - ไฟ LED สีแดงสว่าง - Buzzer มีเสียงเตือน	ข้างหน้า ข้างหลัง ข้างหน้าและข้างหลัง

ทำการทดลองการทำงานของเครื่องแจ้งเตือนการรั่วไหลของก๊าซ LPG ที่ติดตั้งไว้บริเวณขั่วต่อของก๊าซด้านหน้าของรถยนต์ซึ่งถูกคลอบด้วยท่อยาง และด้านหลังของรถยนต์โดยไม่ถูกคลอบด้วยท่อยาง รูปที่ 8 แสดงบริเวณติดตั้งเซนเซอร์ก๊าซ LPG ด้านหน้า และรูปที่ 9 แสดงบริเวณติดตั้งเซนเซอร์ก๊าซ LPG ด้านหลัง

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองเมื่อติดตั้งเครื่องแจ้งเตือนการรั่วของก๊าซ LPG ในรถยนต์ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเครื่องแจ้งเตือนการรั่วของก๊าซ LPG สามารถแสดงสถานะการรั่วของก๊าซได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

5. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอชุดแจ้งเตือนการรั่วไหลของก๊าซ LPG ที่ใช้ในรถยนต์ ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51AC3 ได้ใช้เซนเซอร์ก๊าซ LPG MQ-6 ทำการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซ จอ LCD และหลอด LED ทำหน้าที่แสดงสถานะและตำแหน่งของหัวเซนเซอร์ และได้ใช้ลำโพงกำเนิดเสียง (Buzzer) แจ้งเตือนเมื่ออยู่ในสถานะสถานะก๊าซรั่วไหลอันตราย จากผลการทดลองเราพบว่าชุดแจ้งเตือนการรั่วไหลของก๊าซ LPG สามารถอ่านปริมาณก๊าซ LPG สามารถแจ้งสถานะการเตือนออกเป็น 3 สถานะ คือ 1) สถานะปรกติ (Normal), 2) สถานะก๊าซรั่วไหล (Warning) และ 3) สถานะก๊าซรั่วไหลอันตราย (Dangerous) ซึ่งชุดแจ้งเตือนสามารถทำงานได้ตรงตามที่โปรแกรมกำหนดไว้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] **ก๊าซแอลพีจี**. [ออนไลน์] : http://www.linhgas.com/linh/faq.html#link1. (25 มิถุนายน 2553)

[2] MQ-6 LPG gas sensor (http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-6.pdf).

[3] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และประจิน พลังสันติกุล. ปฏิบัติการไมโครคอลโทรลเลอร์-MCS-51 กับ Keil C51 คอมไพเลอร์. กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.

Robotic and Control

การออกแบบหุ่นยนต์แมงมุมเพื่อการสำรวจและสอดแนม

เกรียงศักดิ์ เหลือประเสริฐ วันเฉลิม ชั้นวัฒนพงศ์ ไพฑูรย์ รักเหลือ

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

E-mail : p_ruglure@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบหุ่นยนต์แมงมุมเพื่อการสำรวจและสอดแนม โดยในบางพื้นที่นั้นจำเป็นต้องใช้หุ่นยนต์เข้ามาช่วยในการสำรวจ เนื่องจากสถานที่บางแห่งมนุษย์ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่นั้นได้ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อช่วยในการสำรวจมากขึ้น และได้เพิ่มความสามารถต่างๆ ให้หุ่นยนต์ ไม่ว่าจะเป็นการจดจำภาพและเสียง ดังนั้นหุ่นยนต์แมงมุมจึงได้ถูกพัฒนาเพื่อที่จะแก้ปัญหาในการเข้าถึงพื้นที่ขรุขระได้ดี โดยที่หุ่นยนต์จะถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนได้ด้วยการใช้ขา 6 ขา และหุ่นยนต์มีขนาดเล็กซึ่งสามารถเคลื่อนที่ผ่านช่องแคบได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถส่งข้อมูลภาพและเสียงกลับมายผู้ควบคุมได้ในระยะการควบคุมระหว่าง 1 เมตร - 30 เมตร

Abstract

This paper presents the design of the spider robot for the exploration and reconnaissance. In some areas it is necessary to use a robot to help in the survey because some people do not have access to the area. At present, development of robots to explore more, and has added capabilities to the robot, such as voice or image recognition. The spider robot has been developed to solve the problem in a very rough terrain. The robot is designed to move the legs with 6 legs. And then, the robot has small size that can move through the channel as well. In addition, the robot can send video and audio back to the controller in the control between 1 m. - 30 m.

คำสำคัญ

หุ่นยนต์แมงมุม การสำรวจและสอดแนม พื้นที่ขรุขระ 6 ขา

1. บทนำ

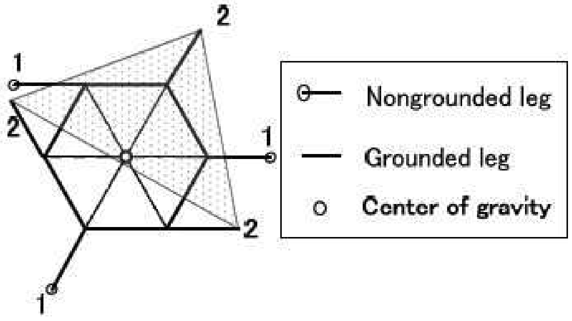
ปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีมากมายเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ซึ่งเทคโนโลยีต่างๆ ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มความสะดวก ความปลอดภัย และตามความต้องการที่ไม่สิ้นสุดของมนุษย์ ซึ่งหุ่นยนต์ [1] เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง หุ่นยนต์ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน คือ หนึ่งหุ่นยนต์ชนิดที่ติดตั้งอยู่กับที่ *(fixed robot)* เป็นหุ่นยนต์ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนได้ด้วยตัวเอง มีลักษณะเป็นแขนกล สามารถขยับและเคลื่อนไหวได้เฉพาะแต่ละข้อต่อ ภายในตัวเองเท่านั้น มักนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม อีกแบบหนึ่งเป็นหุ่นยนต์ชนิดที่เคลื่อนที่ได้ *(mobile robot)* หุ่นยนต์ประเภทนี้จะแตกต่างจากหุ่นยนต์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ เพราะสามารถเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ด้วยตัวเอง โดยการใช้ล้อหรือการใช้ขา[2]-[5] ซึ่งหุ่นยนต์ประเภทนี้ปัจจุบันยังเป็นงานวิจัยที่ทำการศึกษาอยู่ในปัจจุบัน เพื่อพัฒนาออกมาใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมนุษย์สามารถสร้างให้หุ่นยนต์มีลักษณะเสมือนสิ่งมีชีวิต ไม่เว้นแม้แต่มนุษย์ด้วยกัน จนบางครั้งไม่สามารถแยกแยะความจริงกับสิ่งเสมือนได้ นอกจากนี้ยังมีการสร้างหุ่นยนต์สำหรับงานประเภทต่างๆ ตัวอย่างเช่นหุ่นยนต์ที่ใช้ในการทำความสะอาด, หุ่นยนต์ตรวจจับวัตถุสิ่งแปลกปลอม หรือจะเป็นหุ่นยนต์ที่ใช้ในการสำรวจตามสถานที่แปลกใหม่ หรือสถานที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเข้าถึงโดยมนุษย์

จากแนวความคิดดังกล่าวจึงเป็นที่มาของบทความวิจัยนี้ที่ทำการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แมงมุมเพื่อการสำรวจและสอดแนม ในการออกแบบตัวหุ่นยนต์จะมีลักษณะคล้ายแมงมุมซึ่งมีส่วนขา 6 ขา และเคลื่อนที่ด้วยวิธีการก้าวเดินซึ่งทำให้เข้าถึงพื้นที่ได้ดีกว่าหุ่นยนต์ที่ใช้ล้อ รวมทั้งหุ่นยนต์สามารถส่งสัญญาณภาพและเสียงโดยการควบคุมผ่านระบบคอมพิวเตอร์แบบไร้สายระยะทางอยู่ในช่วง 1 เมตร - 30 เมตร

สำหรับจุดประสงค์หลักของบทความนี้จะเน้นการออกแบบหุ่นยนต์แมงมุมเพื่อให้นำหุ่นยนต์ไปใช้ในทางที่เหมาะสม และก่อประโยชน์สูงสุดสำหรับผู้ใช้งานต่อไป

2. โครงสร้างและการออกแบบหุ่นยนต์

โครงสร้างและการออกแบบหุ่นยนต์แมงมุม 6 ขา เพื่อการสำรวจและสอดแนมในบทความนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนควบคุมหุ่นยนต์และส่วนของตัวหุ่นยนต์ ในส่วนควบคุมหุ่นยนต์นั้น ผู้ควบคุมหุ่นยนต์จะสั่งงานโดยใช้แป้นพิมพ์ของคอมพิวเตอร์ จากนั้นคำสั่งต่างๆ จะถูกส่งออกผ่านพอร์ตอนุกรม และนำไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วส่งออกผ่านทางโมดูลรับและส่งสัญญาณแบบไร้สาย แพร่กระจายออกไปในรูปแบบของคลื่นวิทยุ ในส่วนของภาครับหรือตัวหุ่นยนต์นั้นจะรับสัญญาณด้วยโมดูลรับและส่งข้อมูลที่ความถี่เดียวกัน แล้วจะส่งสัญญาณไปแปลความหมายเป็นคำสั่งควบคุมกลไกการทำงานส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ในทางกลับกันที่ตัวหุ่นยนต์ ซึ่งติดตั้งกล้องและไมโครโฟนแบบไร้สายไว้ จะส่งสัญญาณภาพและเสียงกลับมาเพื่อแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ให้ผู้ควบคุมหุ่นยนต์สามารถเห็นภาพและได้ยินเสียงในบริเวณที่ทำการสำรวจและสอดแนม



รูปที่ 1 เงื่อนไขการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อทำให้เกิดความสมดุล

ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 6 ขา เพื่อที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่อย่างสมดุลนั้น จำเป็นจะต้องพิจารณาจุดศูนย์ถ่วงของตัวหุ่นยนต์ ซึ่งสามารถทำได้โดยการแบ่งการควบคุมขาเป็น 2 ชุด คือชุดที่วางบนพื้นกับชุดที่ยกเพื่อเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าจุดศูนย์ถ่วงนั้นจะต้องอยู่ภายในหรือสัมผัสสามเหลี่ยมด้านใดด้านหนึ่งซึ่งเกิดจากขาทั้งสามที่วางอยู่บนพื้น ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แมงมุม 6 ขานั้น มีรูปแบบอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน ซึ่งเป็นอัลกอริทึมการเคลื่อนที่ของขาของหุ่นยนต์ขั้นพื้นฐานดังแสดงในรูปที่ 2 คือ

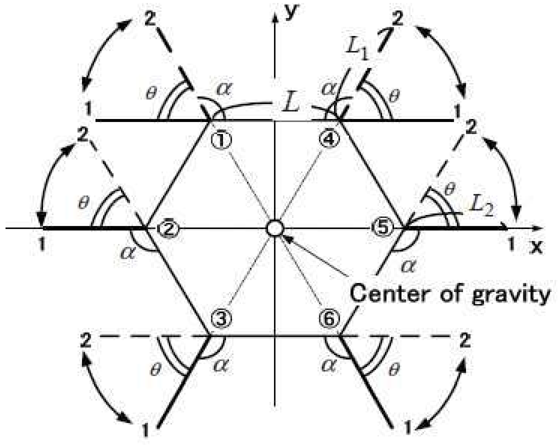
1) เลือกตำแหน่งของขาชุดที่ 1 หรือ 2

2) ขาเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 1 ไปตำแหน่งที่ 2 หรือจากตำแหน่งที่ 2 ไปตำแหน่งที่ 1

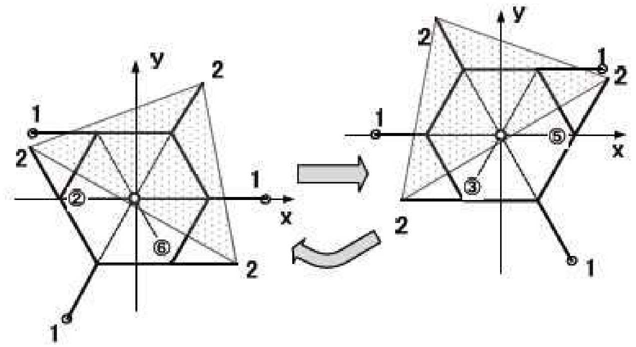
3) กำหนดให้การเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 1 ไปตำแหน่งที่ 2 เป็นขาที่ไม่วางอยู่บนพื้น และ การเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 2 ไปตำแหน่งที่ 1 เป็นขาที่วางอยู่บนพื้น

4) หมุนมุม θ ให้เท่ากันทุกขา

5) มุม α ต้องเท่ากันทุกขา



รูปที่ 2 อัลกอริทึมการเคลื่อนที่ของขาของหุ่นยนต์



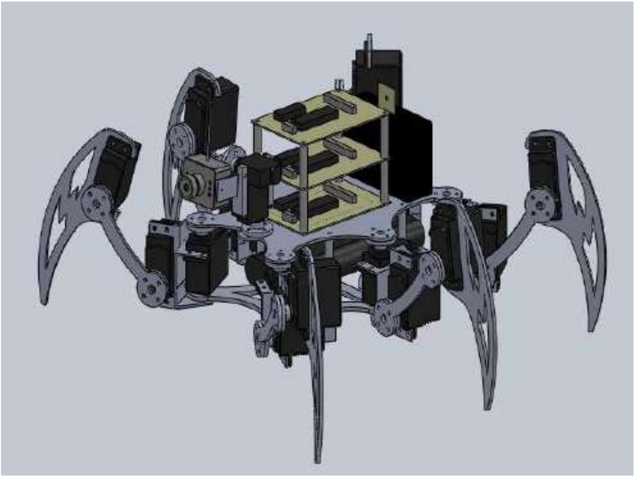
รูปที่ 3 รูปแบบการเคลื่อนที่เหมาะสมสำหรับหุ่นยนต์เพื่อให้เกิดความสมดุลและตามเงื่อนไขของการออกแบบ

จากรูปที่ 3 เป็นตัวอย่างหนึ่งของรูปแบบที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดความสมดุลในการเคลื่อนที่และตรงตามเงื่อนไขในการออกแบบหุ่นยนต์แมงมุม 6 ขา จะเห็นได้ว่าจุดศูนย์ถ่วงของหุ่นยนต์สัมผัสกับเส้นที่เกิดจากขาในชุดที่ 2 ซึ่งเป็นขาชุด ที่วางอยู่บนพื้น จากเงื่อนไขนี้ ผลรวมของมุมทั้งหมดจะเท่ากับ $\alpha+\theta$ ดังรูปที่ 2 และจากรูปโครงสร้างของขาหุ่นยนต์จะเห็นว่าผลรวมสูงสุดของมุมทั้งหมดคือ $\alpha+\theta=\frac{4\pi}{3}$ เมื่อมุม $\pi\leq\alpha+\theta\leq\frac{4\pi}{3}$ จะทำให้ความยาวของขาหุ่นยนต์ถูกจำกัดดังสมการที่ (1)

$$L_1 \leq \frac{1}{2}L \qquad (1)$$

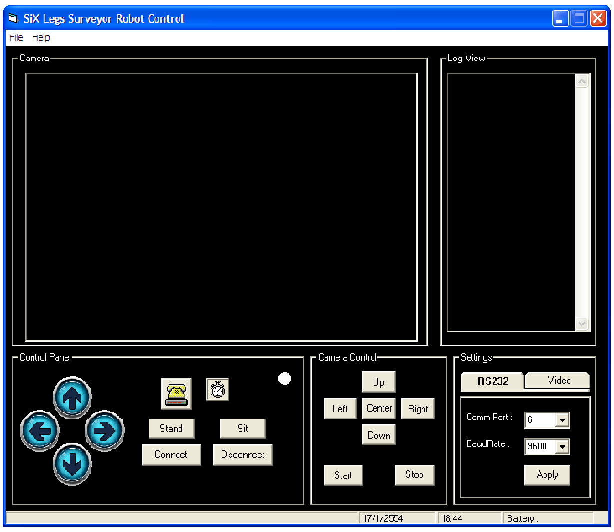
เมื่อ L_1 คือ ความยาวของขา

L คือ ความยาวแต่ละด้านของตัวหุ่นยนต์เมื่อมุม $\alpha+\theta\leq\pi$ จะได้สมการ $L_1 \leq L$



รูปที่ 4 โครงสร้างของหุ่นยนต์แมงมุม

จากรูปที่ 4 แสดงโครงสร้างของหุ่นยนต์แมงมุมเพื่อการสำรวจและสอดแนม ซึ่งประกอบด้วยส่วนลำตัวและส่วนขาทั้งหมด 6 ขา ซึ่งอยู่ด้านข้างของลำตัวด้านละ 3 ขา โดยแต่ละขาจะแบ่งเป็น 3 ส่วน แต่ละส่วนจะมีเซอร์โวมอเตอร์ทำหน้าที่ขับเคลื่อนและเคลื่อนที่เป็นอิสระต่อกันเพื่อทำให้หุ่นยนต์มีความคล่องตัวสูง โดยหุ่นยนต์มีขนาดความกว้างของลำตัว 154 มิลลิเมตร และมีความยาว 194 มิลลิเมตร ที่ด้านหน้าของหุ่นยนต์มีเซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัว สำหรับทำหน้าที่ควบคุมทิศทางของกล้องในแนวราบและแนวดิ่ง ชิ้นส่วนในการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์โดยส่วนใหญ่จะใช้วัสดุอลูมิเนียมที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร เนื่องจากอลูมิเนียมเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักไม่มากเกินไปและมีความแข็งแรงที่เหมาะสมต่อการนำมาประกอบเป็นหุ่นยนต์



รูปที่ 5 โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แมงมุม

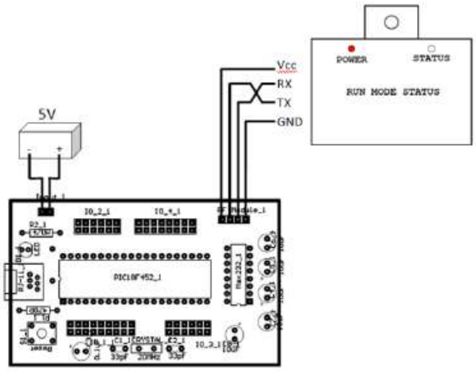
รูปที่ 5 แสดงโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แมงมุมโดยการใช้เมาส์หรือคีย์บอร์ในการการควบคุม โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์โดยผ่านการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F452 โดยหลักการทำงานนั้นจะออกแบบให้โปรแกรมเกิดการอินเตอร์รัพเมื่อมีสัญญาณข้อมูลเข้ามาที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจะตรวจสอบว่ามีรหัสข้อมูลตรงกับที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าใช่จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์วิดธ์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 20 ตัว เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวตามที่ได้กำหนดไว้ รวมถึงส่งข้อความบอกสถานะกระบวนการทำงานในปัจจุบันไปยังโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์บนคอมพิวเตอร์ แต่ในกรณีที่ไม่มีการรับข้อมูลเข้ามานั้น โปรแกรมจะสร้างสัญญาณพัลส์วิดธ์ให้กับมอเตอร์เซอร์โวให้กระทำการยืนหรือนั่ง ขึ้นอยู่กับว่าก่อนหน้านั้นคำสั่งเป็นคำสั่งอะไร

3. ผลการทดสอบหุ่นยนต์แมงมุม 6 ขา

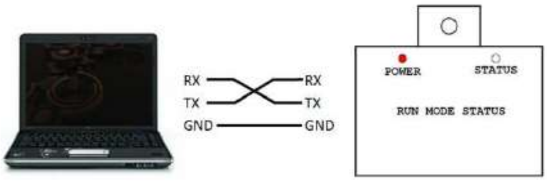
ผลการทดสอบหุ่นยนต์แมงมุมเพื่อการสำรวจและสอดแนม ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ส่วน คือ

3.1 การทดสอบระบบการสื่อสารข้อมูลไร้สาย

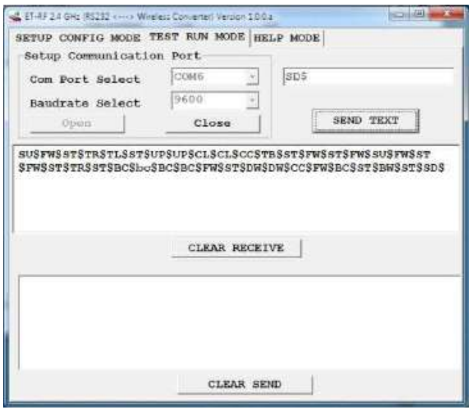
การทดสอบนี้จะทำการทดสอบระบบการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายระหว่างคอมพิวเตอร์กับหุ่นยนต์ โดยใช้อุปกรณ์ในการทดสอบประกอบด้วย คอมพิวเตอร์ โมดูล ET-RF24G V1.0 วงจรประมวลผลหลักของหุ่นยนต์ และแหล่งจ่ายไฟ 5V ดังรูปที่ 6 และ 7



รูปที่ 6 การเชื่อมต่อโมดูล ET-RF24G V1.0 เข้ากับวงจรประมวลผลหลักของหุ่นยนต์



รูปที่ 7 การเชื่อมต่อโมดูลเข้ากับคอมพิวเตอร์คอมพิวเตอร์



รูปที่ 8 ผลการทดสอบด้วยโมดูล ET-RF24G V1.0

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 8 สรุปได้ว่าสามารถส่งข้อมูลควบคุมต่างๆ ผ่านระบบสื่อสารแบบไร้สายด้วยโมดูล ET-RF24G V1.0 ไปมาระหว่างคอมพิวเตอร์กับหุ่นยนต์ได้

3.2 การทดสอบระยะทางและทิศทางในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

รูปที่ 9 การทดสอบหุ่นยนต์ในพื้นที่ผิวเรียบ

รูปที่ 10 การทดสอบหุ่นยนต์ในพื้นที่ผิวขรุขระ

การทดสอบในส่วนนี้เป็นการทดสอบระยะทางและทิศทางในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในสถาวะพื้นที่ผิวเรียบและผิวขรุขระ โดยแบ่งทิศทางในการทดสอบเป็น 5 ทิศทาง คือ เคลื่อนที่ไปข้างหน้า เคลื่อนที่ไปข้างหลัง หมุนไปทางขวา หมุนไปทางซ้าย และหมุนกลับหลัง ซึ่งการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและ

การเคลื่อนที่ไปข้างหลัง ทำการทดสอบโดยควบคุมหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นระยะทางตั้งแต่ 1 เมตร – 50 เมตร แล้วทำการวัดทิศทางที่เปลี่ยนไปจากจุดเริ่มต้น ส่วนการทดสอบการเคลื่อนที่หมุนไปทางขวา หมุนไปทางซ้าย และหมุนกลับหลัง จะทดสอบโดยควบคุมหุ่นยนต์ให้หมุนหนึ่งครั้งแล้วทำการวัดค่ามุมที่ได้

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจะมีทิศทางคลาดเคลื่อนไปโดยเฉลี่ย 2 องศา/เมตร และการเคลื่อนที่ไปข้างหลังจะมีทิศทางคลาดเคลื่อนไปโดยเฉลี่ย 0.5 องศา/เมตร สำหรับการหมุนใน 1 ครั้ง เมื่อหมุนไปทางขวาและซ้ายจะได้มุมโดยเฉลี่ย 20 องศา/ครั้ง และเมื่อหมุนกลับหลังจะได้มุมโดยเฉลี่ย 170 องศา/ครั้ง รวมทั้งระยะทางในการควบคุมหุ่นยนต์ที่เหมาะสมจะมีค่าอยู่ในช่วง 1 เมตร - 30 เมตร

4. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้นำเสนอการออกแบบหุ่นยนต์แมงมุมเพื่อการสำรวจและสอดแนม โดยที่หุ่นยนต์จะถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนได้ด้วยการใช้ขา 6 ขา ซึ่งอยู่ด้านข้างของลำตัวด้านละ 3 ขา โดยแต่ละขาจะแบ่งเป็น 3 ส่วน แต่ละส่วนจะมีเซอร์โวมอเตอร์ทำหน้าที่ขับเคลื่อนและเคลื่อนที่เป็นอิสระต่อกันเพื่อทำให้หุ่นยนต์มีความคล่องตัวสูง โดยหุ่นยนต์มีขนาดความกว้างของลำตัว 154 มิลลิเมตร และมีความยาว 194 มิลลิเมตร ที่ด้านหน้าของหุ่นยนต์มีเซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัว สำหรับทำหน้าที่ควบคุมทิศทางของกล้องในแนวราบและแนวดิ่ง จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจะมีทิศทางคลาดเคลื่อนไปโดยเฉลี่ย 2 องศา/เมตร และการเคลื่อนที่ไปข้างหลังจะมีทิศทางคลาดเคลื่อนไปโดยเฉลี่ย 0.5 องศา/เมตร สำหรับการหมุนใน 1 ครั้ง เมื่อหมุนไปทางขวาและซ้ายจะได้มุมโดยเฉลี่ย 20 องศา/ครั้ง และเมื่อหมุนกลับหลังจะได้มุมโดยเฉลี่ย 170 องศา/ครั้ง รวมทั้งระยะทางในการควบคุมหุ่นยนต์ที่เหมาะสมจะมีค่าอยู่ในช่วง 1 เมตร - 30 เมตร

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายสราวุธ ป้อมเชียงพิณและนายพิพัฒน์ ลับเลิศลบ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการสร้างและทดสอบหุ่นยนต์ในบทความนี้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Autonomous Robots, by George A. Bekey, Massachusetts Institute of Technology Press, 2005.

[2] T. Kikuchi, K. Oda, and J. Furusho, “Leg-Robot for demonstration of spastic movements of brain-injured patients with compact MR fluid clutch”, *Advanced Robotics*, Vol.24, pp.671-686, 2010

[3] Okamoto N. ,and Y. Kurihara, “Motion control of multi-legged machines,” *ICCAS-SICE Conf.*, Fukuoka, Japan, Aug. 18-21, 2009.

[4] T. Kikuchi, K. Oda, and J.Furusho, “Development of Leg-Robot for Simulation of Spastic Movement with Compact MR Fluid Clutch”, *Proceedings of 2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2009)*, pp.1903-1908, Kobe, Japan, 2009

[5] P. Gonzalez, J.A. Cobano, E. Garcia, and M. Armada, “A six-legged robot-based system for humanitarian demining,” missions, Mechatronic 17, 2007.

Implementation and Design of the AU Self-Balancing Bicycle (AUSB)

Panuwat Janwattanapong[1], Neeranut Ratchatanantakit[2], Sudarat Tangnimitchok[3], Nonnarit O-larnnithipong[4] and Narong Aphiratsakun[5]

Faculty of Engineering
Assumption University,
Ramkhamheng 24 Road, Huamark, Bangkapi, 10240, Thailand
jarrja@me.com[1], nann.ratch@gmail.com[2], amy_fatty@hotmail.com[3], ong.nonnarit @gmail.com[4], nott_abac@hotmail.com[5]

Abstract **- this paper is focused on designing a mechanical structure of an unmanned bicycle and a controller by using a classic control, PD control and applies it to AU Self-balancing Bicycle (AUSB). The main objective of this project is to control the balancing ability of the bicycle automatically. The main concept applying in this project is the Gyroscopic effect. Data obtained from the Gyroscope sensor will be the process variable (θ_{pv}) of the controlling system, which will be captured in a dsPIC microcontroller. This microcontroller will control the output in term of percentage of Pulse-Width-Modulation (PWM) with the value appropriate due to the error obtained from the Gyroscope sensor and send this output to control the direction of the flywheel.**

Index Terms - AUSB, Bicyrobo, Gyroscopic effect, Proportional-Derivative (PD) control).

I. INTRODUCTION

The AU Self-balancing Bicycle (AUSB) robot is one of the challenging problems in the area of control systems. This project concerns the same idea as of the inverted pendulum, which is to use the linear control to stabilize the unstable systems. Self-balancing bicycle robot leads us to change from an original bicycle to be the one that can be balanced by itself without any physical supports or human's control. Similar to famous self-balancing bicycle riding robot called Murata Boy [1], it can be balanced by itself whether it is stationary, moving or even when it comes to stop immediately. The gyro sensor will detect the little slanting angle of the bicycle. When the slanting angle is determined, a large disc in the robot's body will rotate and then generate force to eliminate the slant. We apply this control system idea to use in AUSB robot.

Gyroscopic effect is the main theory for this project, by the behaviour of a gyroscope. To simplify the theory, a top is a great example to describe the theory. The gyroscopic effect is focused on and applied to use in stabilization of unstable bicycle. A mechanical gyroscope [2] consists of massive spinning wheel and the free axis that allows the wheel to orient in any direction. The orientation of the wheel will remain fixed unless the external force or torque is applied. Because of the moment of inertia, the high-speed spinning wheel will generate angular momentum and the upward force to compensate the external torque and remain fixed in its same orientation again. The direction of torque vector is also based on the directions of the other vectors. This torque is the key to balance the top, which is the same concept of balancing the bicycle. [3, 4, 5] has used the gyroscopic concept to balance their bicycle. [4, 5] used the Particle Swarm Optimization-Based Structure Specified method and Fuzzy Sliding Mode Control (SMC) on their bicycle respectively. Their bicycle had an excellent performance.

The AUSB robot also uses the spinning flywheels acting like the mechanical gyroscope to generate the force to maintain the balance of the bicycle. We use two same mass and shape flywheels in order to produce more force in both upper part and lower part of the bicycle. The microcontroller dsPIC30F4011 is used as the controller module in this project. When the gyro sensor, which is installed in the middle of the bicycle, can detect a little error of slant angle, it results in analog voltage passing the value through analog-to-digital converter (ADC) into the microcontroller. The microcontroller calculates the Proportional-Derivative (PD) controller output to control speed of the flywheels input motor by adjusting the duty cycle of pulse width modulation. Since the double flywheels with constant spinning speed are controlled. The slant angle of flywheels are changed, resulting in changing of force direction to pull back the bicycle, and reduce the error in bicycle slant angle to be zero, then the bicycle can be balanced by itself.
The inspiration for this project is the Bicyrobo competition in 2012. The challenge of this project is to create and construct a controller to balance the bicycle with less error or in other word, to perfect the controller.

This paper describes the implementation of the balancing of the AUSB. Section 2 briefly explained AUSB's system; both mechanical hardware and electronics controller. The classical PD control system is highlighted in section 3. Section 4 shows experimental results of balancing testing on AUSB by PD controller. Finally, conclusions are made in section 5.

II. AUSB: AU SELF-BALANCING BICYCLE

AUSB is a modified bicycle consisted of flywheels as the actuator. Flywheels were control with 3 DC motors: 2 motors for spinning control and 1 for direction control. The dsPIC

microcontroller is used as a main controller. The details of these are discussed briefly in the following sub-sections.

A. Mechanical Structure

Each flywheel is constructed with 30mm thickness and the distance between flywheels is fixed with 180mm apart. Both flywheels are connected to spinning motors with a specification of 250W and 2650rpm. Note that the two motors' direction of spinning will be in the opposite direction. At the rear of the flywheels, it is connected with a gear train, which is driven forwardly and backwardly by the direction control motor with a specification of 36W and 7000rpm.

Fig. 1 reviews the structure and dimensions of the AUSB. The positions of both flywheels and gyroscope sensor are located above the ground according to table 1. Fig. 2 and Fig. 3 show the CAD design and real mechanical design of the AUSB.

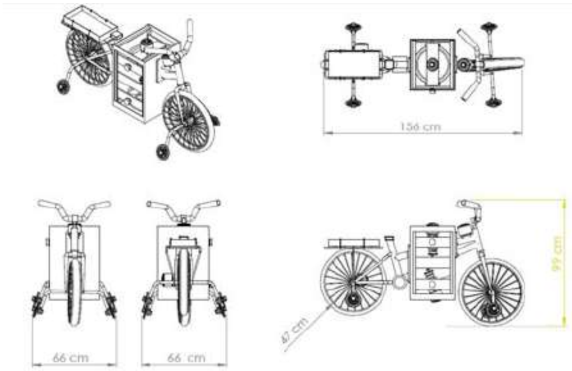


Fig. 1: AUSB structure

TABLE I
MECHANICAL PARAMETERS

	Height from ground (mm)	Thickness (mm)	Radius (mm)
Upper flywheel	615	30	150
Lower flywheel	270	30	150

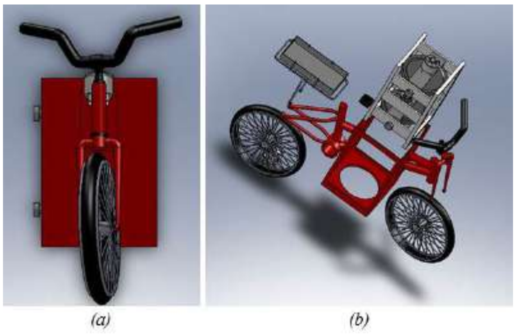


Fig. 2: AUSB CAD design (a) Side view and (b) Exploded view

Fig. 3: The AUSB

B. Controller: dsPIC 30F4011

In this work the dsPIC30F4011 from Microchip is used as a main controller. Our team has designed a multi purpose PCB based on dsPIC 30F4011. Overview of the ABAC's PCB layout is show in Fig. 4. This 16 bit microprocessor is based on Harvard architecture with 24 bit instruction. Many functions are available such as PWM, UARTS, QEP, I^{2}C, SPI and ADC/DAC.

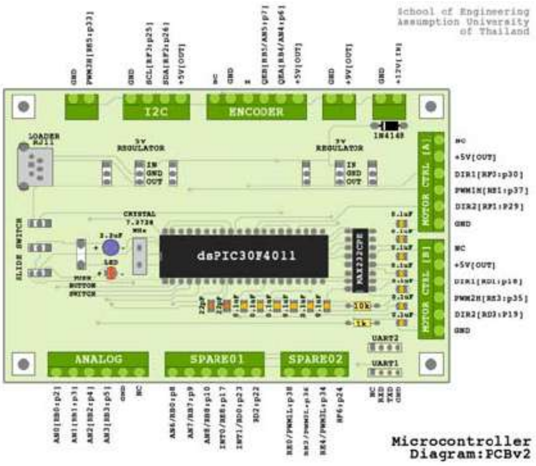


Fig. 4: ABAC's PCB: dsPIC30F4011

C. Gyro Sensor: MicroStrain 3DM-GX1

Gyro sensor by Microstrain model 3DM-GX1 is used as a main sensor of this work. Analog output of the Gyro sensor is scaled to 0-5V and directly feed to dsPIC30F4011's ADC pin. Fig. 5 shows the mounting of the gyro sensor on the AUSB.

Fig. 5: Gyro sensor: MicroStrain 3DM-GX1

III. Balancing Control System

This section explained the balancing control method of AUSB. Conventional PD controller is used to control the balanced position of AUSB. Fig. 6 shows the classical PD control system. In the loop, PD controller is used for tracking of set-point, $\theta_{setpoint}$, which is the bicycle in the middle (balance) position. The controller output $U(s)$ is given in (1) and position error is specified in (2).

$$U(s) = K_p(\Theta_{error}(s)) + K_d s\Theta_{error}(s) \quad (1)$$

$$\Theta_{error}(s) = \Theta_{setpoint}(s) - \Theta_{pv}(s) \quad (2)$$

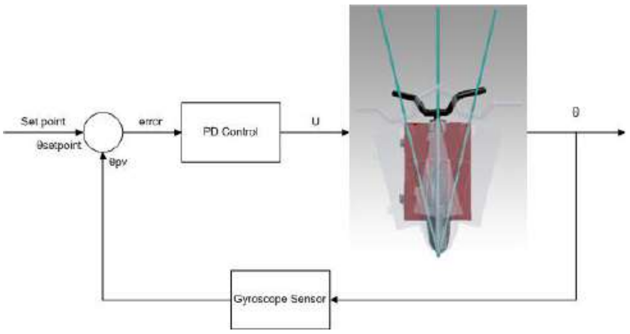


Fig. 6: Conventional PD Controller for AUSB

Where

$\theta_{setpoint}$: bicycle set point (balanced) angle.

θ_{pv} : bicycle leaning angle from gyroscope sensor.

error : error between the set point and the leaning angle of the bicycle.

K_p : proportional constant.

K_d : derivative constant.

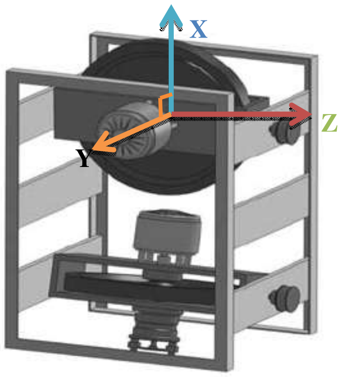


Fig. 7: The limitation of the flywheel

The upper flywheel location according to Fig. 7 shows the limitation of the system. When the flywheel is perpendicular to the ground combine with the input to the system, the direction of the output-axis in the form of torque will point downward which is considered as a useless force due to the system.

The process for the balancing control for AUSB is summarized as flow chart shows in Fig. 8.

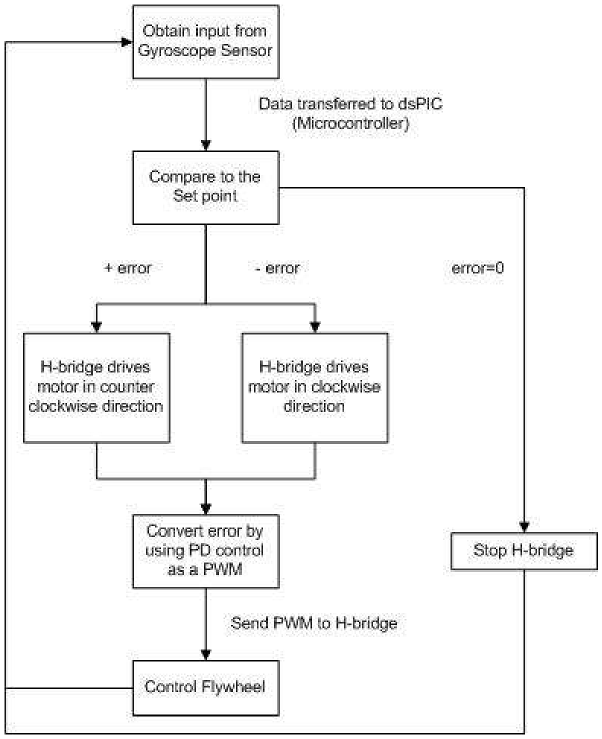


Fig. 8: Flow chart of PD control for AUSB

IV. Experimental Results

In order to evaluate the performance of the AUSB with the PD controller, the gains (K_p, K_d) of PD controller need to be varied to analyze and obtain the best result. The results of the experiments are plotted and show from Fig. 9 to Fig. 13. The data set points according to the figures are set to be 512, this is due to the 10-bits gyroscope sensor.

With the gain: $K_p = 293$ and $K_d = 154$, the AUSB is able to balance with the tracking performance as show in Fig. 9. The bicycle leaning error is limited to 1.76° ($\frac{5}{1023} \times 360°$). These gains setting give an excellent balancing performance.

A. *Variation of K_p ($K_d = 154$)*

With variation of $K_p = 290$, the AUSB gives poorer response. The AUSB is oscillated and lean to the other side and could not track back to the balanced position. Fig. 10 shows the response of these gains.

With variation of $K_p = 296$, the AUSB gives higher oscillation. The AUSB is oscillated and lean to the other side too much and could not track back to the balanced position. Fig. 11 shows the response of these gains.

B. *Variation of K_d (K_p =293)*

With variation of K_d = 152, the AUSB gives poorer dynamic response. The AUSB has higher oscillation to one side and could not track back to the balanced position. Fig. 12 shows the response of these gains.

With variation of K_d = 156, the AUSB gives a very smooth oscillation. The AUSB has a very small oscillation and keep track around the balanced position. Fig. 13 shows the response of these gains.

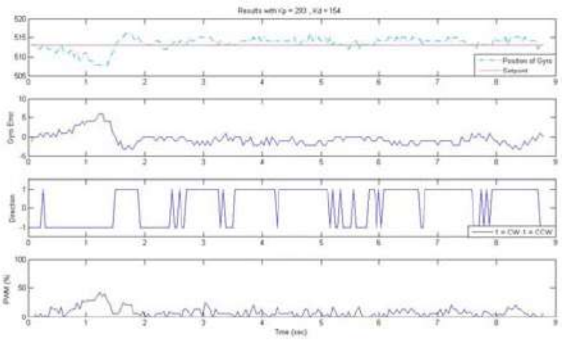


Fig. 9: Plot of AUSB responses: K_p = 293, K_d = 154

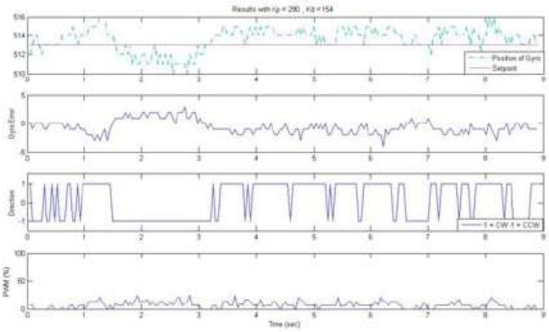


Fig. 10: Plot of AUSB responses: K_p = 290, K_d = 154

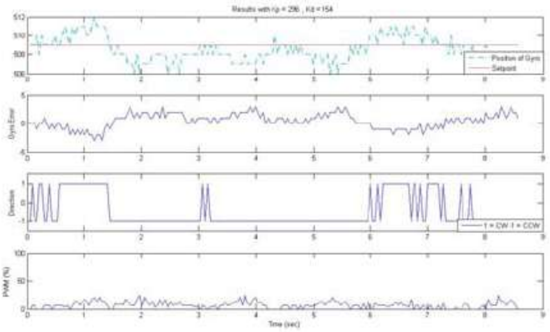


Fig. 11: Plot of AUSB responses: K_p = 296, K_d = 154

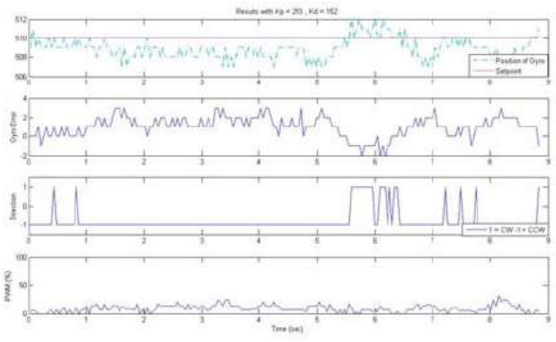


Fig. 12: Plot of AUSB responses: K_p = 293, K_d = 152

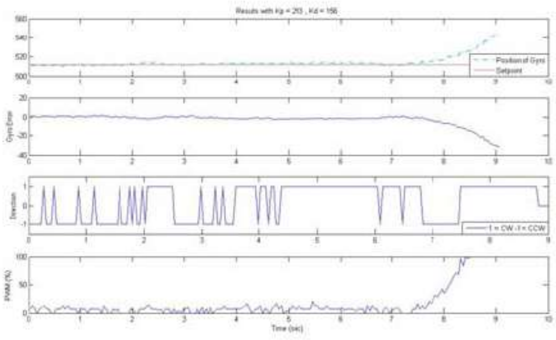


Fig. 13: Plot of AUSB responses: K_p = 293, K_d = 156

V. CONCLUSION

This paper described AUSB in a detail of both mechanical and controller designs. This controller is composed of Proportional-Derivative (PD) control and is proposed for the balancing control of the AUSB.

The controller's gains of K_p and K_d are adjusted base on the position error detected from the gyroscope sensor. The performance is very good in the real application. The gains are adjusted to check on the response to the system. Hence, the gains K_p = 293 is set and adjusted K_d = 156 to smoothen the oscillation of the system. Table II reviews the performance of the AUSB with variable of gains. With the gains K_p = 293 and make K_d higher smoothen the oscillation of the system.

TABLE II
GAINS VALUE

K_D \ K_P	290	293	296
152	-	high oscillation	-
154	poor response	slight oscillation	good dynamic but high oscillation
156	-	smooth oscillation	-

In the future work, an encoder loop will be included for better performance of the system.

ACKNOWLEDGMENT

This research is financially supported by Assumption University (ABAC), Thailand. We acknowledge the consultant and assistant from Asst. Prof. Dr. Kittiphan Techakittiroj, Asst. Prof. Dr. Virach Wongpaibool, and Dr. Wutthikorn Threevithayanon

REFERENCES

[1] http://www.murata.com/corporate/boy_girl/boy/index.html

[2] Pom, Y., L., "Gyroscopic stabilization of a kid-size bicycle", The 5th IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS), pp. 247-252, 17-19 September 2011.

[3] Suprato, "Development of a gyroscopic unmanned bicycle", Master Thesis, Asian Institution of Technology, May 2006.

[4] Thanh, B. T., "Balancing control of bicycle robot by particle swarm optimization-based structure-specified H_2/H_∞ Control", Dissertation, Asian Institution of Technology, September 2008.

[5] Pornnutvuttikul, W.,, "Performance and robustness analysis of balancing control of a bicycle robot by Fuzzy Sliding Mode control", Master Thesis, Asian Institution of Technology, December 2009.

โหลดอิเล็กทรอนิกส์กำลังสูงระบายความร้อนด้วยน้ำสำหรับทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

จักรพงศ์ ใจบุญเรือง	รศ.ดร.ปฏิพัทธ์ ทวนทอง	ผศ.ดร.ฐิติพงษ์ เลิศวิริยะประภา
ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า	ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า	ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
jjr.student@gmail.com	phtt@kmutnb.ac.th	ttp@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาโหลดอิเล็กทรอนิกส์กำลังสูงสำหรับทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง มีพิสัยการใช้งานกระแสและแรงดันกว้าง ระบายความร้อนด้วยน้ำ ใช้สำหรับทดสอบคุณสมบัติของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ แผงโซลาร์เซลล์ เซลล์เชื้อเพลิง แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบสวิตชิ่งและแบบลิเนียร์ เป็นต้น โดยใช้อุปกรณ์ราคาถูกที่มีขายตามท้องตลาดเพื่อให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ และทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง

โหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่นำเสนอ ออกแบบให้ทำงานในโหมดกระแสคงที่ มีพิกัดกำลังใช้งานสูงสุด 1,500 วัตต์ พิสัยแรงดัน 0-100 โวลท์ สามารถปรับกระแสได้ตั้งแต่ 0-100 แอมป์ การทดสอบการใช้งานพบว่าโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่นำเสนอ ให้ค่ากระแสที่คงที่สม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการทดสอบ 96 ชั่วโมง หรือ 4 วัน โดยมีค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์สูงสุดเพียง 0.1 แอมป์ โหลดอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว มีต้นทุนการผลิตต่ำ สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

Abstract

This paper presents a design and development of water cooling system high-power DC electronic load. The proposed DC electronic load provides wide range of voltage and current. It can be used for testing DC power supplies and sources, such as batteries, solar-arrays switching and linear power supplies. In this paper, we propose an efficient low-cost electronic load by using available commercial electronic components that are easy to find in local market. The result shows that the proposed electronic load has desire performance which is comparable with any commercial electronic load in the market.

The proposed DC electronic load is designed in current-regulation mode, in which the power source must deliver current value that is set in electronic load. The proposed electronic load can handle maximum power consumption up to 1,500 watts with 0-100 Amps and 0-100 Volts range. The testing process has taken 96 hours or 4 days for using the proposed electronic load in current-regulation mode. The result shows that the electronic load achieves small variation in current with maximum absolute error 0.1 Amp. Therefore, the proposed electronic load provides as good performance as the commercial product but low-cost.

คำสำคัญ

โหลดอิเล็กทรอนิกส์กำลังสูง, ตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ (P-I Controller), มอสเฟต (MOSFET)

1. บทนำ

ในอุตสาหกรรมพลังงานทางเลือกที่ใช้แบตเตอรี่เป็นพลังงานหลัก เช่น รถสกูตเตอร์ไฟฟ้า รถยนต์ไฮบริดจ์ รถกอล์ฟ เป็นต้น เครื่องทดสอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ในสภาวะที่มีโหลดกระแสค่าต่าง ๆ เป็นเครื่องมือที่สำคัญในอุตสาหกรรมดังกล่าว เพื่อใช้ทดสอบการส่งกำลังให้โหลดในเทอมเวลา การตอบสนองต่อโหลดอย่างทันทีทันใด (Transient-response) ความสามารถในการจ่ายพลังงานให้โหลดกำลังสูงได้อย่างต่อเนื่อง (continuous high-power source) ในปัจจุบันเครื่องทดสอบดังกล่าวมีราคาสูง และต้องนำเข้าจากต่างประเทศ พิสัยการใช้งานแรงดันและกระแสยังครอบคลุมการใช้งานเฉพาะอย่างเท่านั้น

ความต้องการในการใช้งานโหลดอิเล็กทรอนิกส์มีเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีพลังงานทางเลือกที่มีแบตเตอรี่เป็นส่วนประกอบหลัก บทความจึงนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาโหลดอิเล็กทรอนิกส์กำลังสูงสำหรับไฟฟ้ากระแสตรง มีพิสัยการใช้งานกระแสและแรงดันกว้าง ระบายความร้อนด้วยน้ำ ใช้สำหรับทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงทั้งแบบสวิตชิ่งและแบบลิเนียร์ แบตเตอรี่ แผงโซลาร์เซลล์ และเซลล์เชื้อเพลิง เป็นต้น [1-2] โดยใช้อุปกรณ์ที่มีขายตามท้องตลาดเพื่อให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ และทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง

เนื่องจากที่ผ่านมาโหลดอิเล็กทรอนิกส์ใช้การระบายความร้อนโดยผ่านอากาศ การเพิ่มพิกัดกำลังให้สูงขึ้นจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนตัวอุปกรณ์ ทำให้มีราคาสูงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

การระบายความร้อนด้วยน้ำช่วยให้โหลดมีพิกัดกำลังที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับการระบายความร้อนผ่านอากาศ [3] เนื่องจากระบายความร้อนได้เร็ว ส่งผลให้มีพิสัยการใช้งานแรงดันและกระแสที่สูงขึ้น และใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนน้อยชิ้น เพื่อให้ต้นทุนการผลิตถูกลง

โหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นใช้มอสเฟตทำหน้าที่เป็นโหลด ควบคุมกระแสให้คงที่โดยใช้ตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ (P-I Controller) โครงงานนี้ใช้วงจรควบคุมทั้งหมดแบบอะนาล็อค และใช้อุปกรณ์ราคาถูกมีขายตามท้องตลาด เพื่อให้ต้นทุนการผลิตต่ำ

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

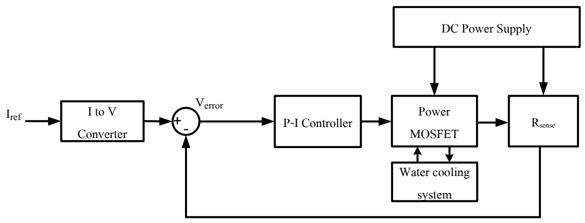
ตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ (PI-Controller) เป็นส่วนสำคัญที่สุดส่วนหนึ่งขององค์ประกอบของการควบคุมที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในกระบวนการควบคุมในงานอุตสาหกรรม [4] เช่น การควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมมอเตอร์ และควบคุมความดัน เป็นต้น การใช้งานตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ เป็นการใช้ข้อดีของตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับการใช้ข้อดีของตัวควบคุมแบบปริพันธ์ดังนี้ คือ การเพิ่มค่าคงที่สัดส่วนทำให้การตอบสนองต่อค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และการใช้ตัวควบคุมแบบปริพันธ์สามารถขจัดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวได้ เช่น ค่าผิดพลาดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น

มอสเฟต (MOSFET) เป็นทรานซิสเตอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้สนามไฟฟ้าในการทำงาน ข้อดีของมอสเฟต คือ ใช้แรงดันในการควบคุมการทำงาน มีค่าความต้านทานอินพุตสูงมาก มีแบนด์วิธที่กว้างกว่าทรานซิสเตอร์ชนิดไบโพล่าร์ สามารถนำกระแสได้มากในสภาวะอิ่มตัวเมื่อเทียบกับทรานซิสเตอร์ชนิดไบโพลาร์ เนื่องจากในสภาวะอิ่มตัวของมอสเฟตถูกกำหนดด้วยค่าความต้านทาน r_{DSon} แต่สภาวะอิ่มตัวของทรานซิสเตอร์ ถูกกำหนดโดยแรงดันขนาด 0.2 ถึง 0.3 โวลท์ [5]

3. รายละเอียดการพัฒนา

3.1 ภาพรวมของระบบ

การทำงานของโหลดอิเล็กทรอนิกส์สามารถแสดงได้ด้วยบล็อคไดอะแกรมดังภาพที่ 1



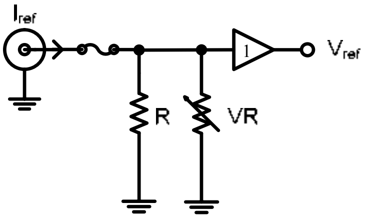
ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของโหลดอิเล็กทรอนิกส์

จากบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่า มอสเฟต (MOSFET) ถูกควบคุมให้มีกระแสไหลผ่านคงที่ตามค่ากระแสอ้างอิงที่กำหนด โดยอาศัยแรงดันป้อนกลับจากวงจรตรวจจับกระแส เปรียบเทียบกับค่ากระแสอ้างอิง เพื่อป้อนเข้าสู่วงจรควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ (P-I Controller) ดังนั้น กระแสที่ไหลผ่านมอสเฟต (MOSFET) จึงมีค่าคงที่ถึงแม้ว่าสภาวะแวดล้อมในการใช้งานมีการเปลี่ยนไป

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

จากบล็อคไดอะแกรมดังภาพที่ 1 การปรับกระแสของโหลดอิเล็กทรอนิกส์ขนาด 0 ถึง 100 A แทนด้วยการปรับกระแสอ้างอิง (I_{ref}) ขนาด 0 ถึง 100 mA กระแสอ้างอิงดังกล่าวถูกเปลี่ยนเป็นแรงดันเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับค่าแรงดันป้อนกลับได้

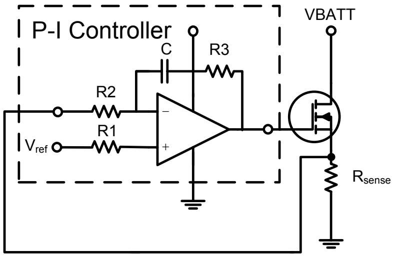
การใช้กระแสเป็นอินพุตในการควบคุมโหลดอิเล็กทรอนิกส์มีจุดมุ่งหมาย เพื่อให้สอดคล้องกับระบบควบคุมทางอุตสาหกรรมที่ใช้กระแสในการควบคุม เช่น ระบบ 0-20 mA และ 4-20 mA ภาพที่ 2 แสดงวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน โดยมีตัวต้านทาน R เป็นกำหนดพิสัยกระแสอ้างอิงในการปรับพิกัดกระแสสูงสุดของโหลด โดยมีตัวต้านทาน VR ทำหน้าที่ปรับชดเชยกระแส



ภาพที่ 2 วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน

ฟังก์ชันการควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ สร้างขึ้นโดยใช้ออปแอมป์เบอร์ CA3240 เพียงตัวเดียวต่อใช้งานร่วมกับตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ค่า R1=1 kΩ, R2=1 kΩ, R3=47 kΩ, C=1 µF ดังภาพที่ 3 แสดงไดอะแกรมของวงจรควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ และภาพที่ 4 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์

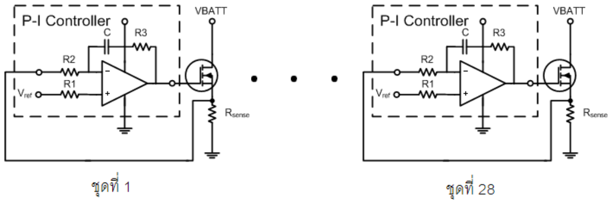
การตรวจจับกระแสเพื่อป้อนกลับมายังวงจรควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ทำได้โดยใช้ ตัวต้านทาน R_{sense} ค่า 0.5 โอห์ม ขนาด 10 วัตต์ ต่อระหว่างขาซอร์สและกราวด์ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วงจรควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์และการต่อใช้งานร่วมกับมอสเฟตเบอร์ IRFP260

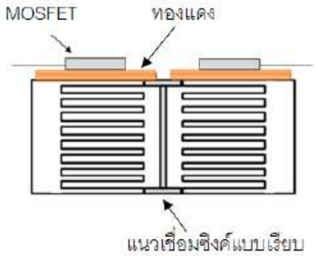
ภาพที่ 4 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์

การเพิ่มพิกัดกำลังของโหลดอิเล็กทรอนิกส์ให้สูงขึ้นสามารถทำได้โดยการการเพิ่มชุดควบคุมและมอสเฟต โดยการต่อขนานกับแหล่งจ่ายที่ใช้ทดสอบ [6] ในโครงงานนี้ใช้ตัวควบคุมและมอสเฟตจำนวน 28 ชุด เพื่อให้ได้พิกัดกำลังขนาด 1,500 วัตต์ ดังภาพที่ 5

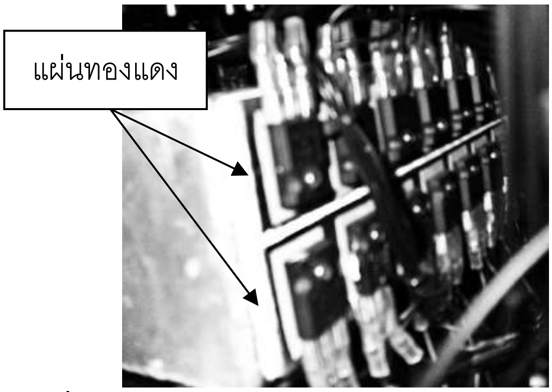


ภาพที่ 5 การต่อขนานกันของมอสเฟตเพื่อเพิ่มพิกัดกำลังของโหลดอิเล็กทรอนิกส์

การเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อนให้กับมอสเฟตทำได้โดยใช้แผ่นทองแดงซึ่งมีค่าการนำความร้อนสูงส่งผ่านความร้อนระหว่างตัวมอสเฟตกับชุดระบายความร้อน ดังภาพที่ 6 และ 7

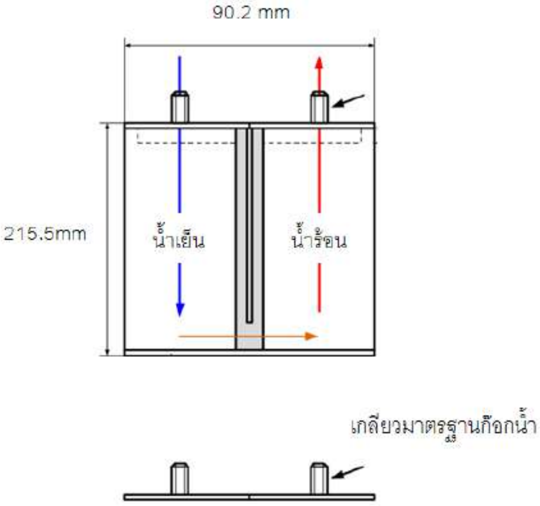


ภาพที่ 6 การระบายความร้อนจากตัว MOSFET

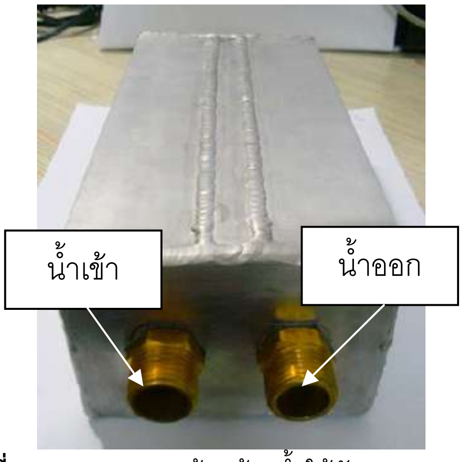


ภาพที่ 7 การใช้ทองแดงส่งผ่านระหว่างตัว MOSFET และ Heat-sink

ชุดระบายความร้อนใช้น้ำวนเข้าและปล่อยออก ดังแสดงในภาพที่ 8 และ 9 ชุดระบายความร้อนดังกล่าวทำจากอลูมิเนียมทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ 70x90.2x215.5 มิลลิเมตร เชื่อมปิดรอบด้าน



ภาพที่ 8 ขนาดและทิศทางการไหลของนำในชุดระบายความร้อนให้กับ MOSFET



ภาพที่ 9 ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำให้กับ MOSFET

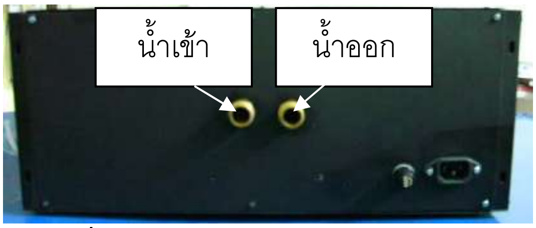
ผลลัพธ์จากการออกแบบและพัฒนาระบบทำให้ได้โหลดอิเล็กทรอนิกส์ ดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 เครื่องโหลดอิเล็กทรอนิกส์

ภาพที่ 11 แสดงด้านหน้าของตัวเครื่องซึ่งประกอบไปด้วยขั้วทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง หน้าปัทม์ดิจิตอลสำหรับแสดงค่าแรงดันและกระแส

ภาพที่ 11 ด้านหน้าของโหลดอิเล็กทรอนิกส์

ภาพที่ 12 แสดงด้านหลังของโหลดอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งประกอบไปด้วยรูน้ำเข้าและออกสำหรับระบายความร้อนให้กับ MOSFET และขั้วต่อไฟฟ้า 220 VAC สำหรับใช้ในการทำงานของวงจรควบคุมและส่วนแสดงผล



ภาพที่ 12 ด้านหลังของโหลดอิเล็กทรอนิกส์

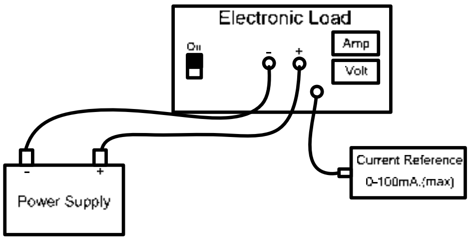
3.3 ข้อจำกัดของระบบ

การออกแบบและพัฒนาโหลดอิเล็กทรอนิกส์ในโครงงานนี้ออกแบบให้ครอบคลุมการใช้งานแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงทุกชนิด ซึ่งมีพิสัยการใช้งานและข้อจำกัด ดังนี้

- โหลดอิเล็กทรอนิกส์ทำงานในโหมดควบคุมกระแสให้คงที่
- แปรผันกำลังไฟฟ้าสูงสุด 1,500 วัตต์
- ใช้งานแรงดันได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 โวลท์
- ปรับกระแสได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 แอมป์

4. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบการใช้งานโหลดอิเล็กทรอนิกส์ แสดงดังไดอะแกรม ภาพที่ 13 ทำการทดสอบการใช้งานในโหมดปรับกระแสคงที่ และทดสอบการใช้งานกำลังสูงในเวลาเดียวกัน โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ ขนาด 37.9 โวลท์ ปรับกระแสคงที่ขนาด 40.4 แอมป์ ดังภาพที่ 16 กำลังไฟฟ้า 1,531 วัตต์ เป็นเวลา 96 ชั่วโมง หรือ 4 วัน



ภาพที่ 13 ไดอะแกรมการต่อใช้งานโหลดอิเล็กทรอนิกส์

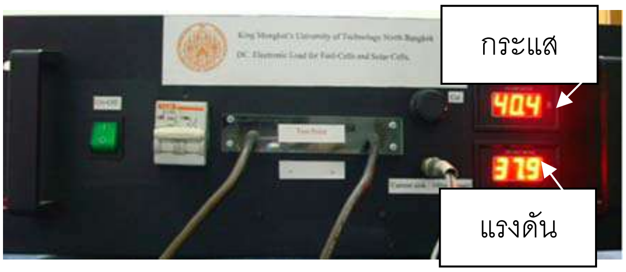
4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ทดสอบการใช้งานโหลดอิเล็กทรอนิกส์ ในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ 27-35 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 14 และระบายความร้อนด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง ดังภาพที่ 15

ภาพที่ 14 สภาวะแวดล้อมทดสอบการใช้งาน

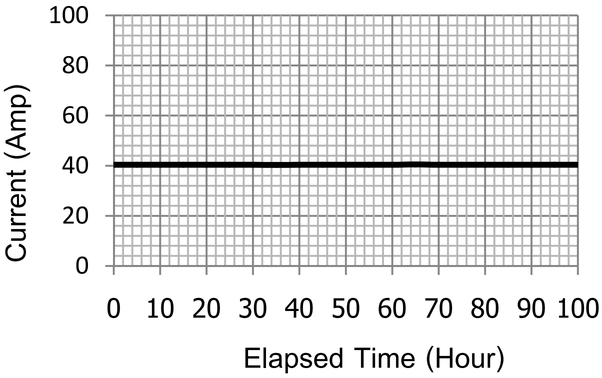
ภาพที่ 15 การต่อโหลดอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับชุดระบายน้ำ

4.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล



ภาพที่ 16 การทดสอบการใช้งานโหลดอิเล็กทรอนิกส์

ผลการทดสอบเมื่อปรับกระแสไหลผ่านโหลดให้ค่าคงที่ขนาด 40.4 แอมป์ เป็นเวลา 96 ชั่วโมง หรือ 4 วัน แสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ค่ากระแส (แอมป์) เทียบกับเวลาที่ใช้ในการทดสอบ (ชั่วโมง)

ตลอดช่วงเวลาการทดสอบต่อเนื่อง 96 ชั่วโมง กระแสที่ไหลผ่านโหลดมีการเปลี่ยนแปลง จากค่าที่ตั้งไว้ไม่เกิน 100 มิลลิแอมป์ ถึงแม้ว่าอุณหภูมิที่ตัวมอสเฟตและสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง

5. บทสรุป

โครงงานนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาโหลดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรงกำลังสูง 1,500 วัตต์ พิสัยการใช้งานแรงดันตั้งแต่ 0 ถึง 100 โวลท์ ปรับกระแสได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 แอมป์ โดยใช้อุปกรณ์ราคาถูกที่มีขายตามท้องตลาด

โครงงานนี้ใช้มอสเฟตทำหน้าที่เป็นโหลด ระบายความร้อนด้วยน้ำ ควบคุมการปรับกระแสให้คงที่ด้วยการป้อนกลับแบบอะนาล็อคชนิดสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ ผลลัพธ์จากโครงการดังกล่าวทำให้ได้โหลดอิเล็กทรอนิกส์ต้นทุนต่ำที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับโหลดอิเล็กทรอนิกส์ราคาแพงที่มีขายเชิงพาณิชย์ และมีความสามารถในการใช้งานกำลังสูงด้วยพิสัยแรงดันและกระแสที่กว้าง

ในอนาคตสามารถปรับปรุงและเพิ่มเติมความสามารถของโหลดอิเล็กทรอนิกส์ได้อีกหลายประการ เช่น ทำงานได้ในโหมดแรงดันคงที่ โหมดความต้านทานคงที่ แปรผันกำลังได้ไฟฟ้าสูงขึ้น รองรับการใช้งานไฟฟ้ากระแสสลับ ทำงานโดยผ่านการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำโครงงานนี้จนประสบผลสำเร็จได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Yingying Kuai and S. Yuvarajan, .**An electronic load for testing photovoltaic panels.** Sciencedirect, 2005.

[2] Shih-Fang. Wong, Tsung-Jen Chuang and Jun Li. **Electronic Load.**, United State Patent, 2008.

[3] Mustafa. **Heatsink Characteristics-Application Notes.** International Rectifier, 2002.

[4] Richard C. Dorf and Robert H. Bishop. **Modern Control Systems**, 12th Ed., Prentice Hall, 2011.

[5] Vrej Barkhordarian. **Power MOSFET Basics-Application Notes.** International Rectifier, 2002.

[6] Steven A. Morris. **High Temperature linear operation of paralleled power mosfets.** HITEN conference, 2007.

Way-Point Control of the AU Self-Balancing Bicycle (AUSB) using Compass and Encoder Sensors

Padipat Pluemworasawat[1], Supanut Vathunyoupracha[2], Promphan Ounchanum[3], Nonnarit O-larnnithipong[4] and Narong Aphiratsakun[5]

Faculty of Engineering
Assumption University,
Ramkhamheng 24 Road, Huamark, Bangkapi, 10240, Thailand
padipat.mew@gmail.com[1], Tunakung@gmail.com[2], ztmika@gmail.com[3], ong.nonnarit@gmail.com[4], nott_abac@hotmail.com[5]

***Abstract* - The way-point control is use to control the AU Self-balancing Bicycle (AUSB) reaching the check termination that we have set. There are two factors considering in control the AUSB which are 1: direction of the bicycle and 2: displacement between the check termination and the AUSB. To guide the path for AUSB, we used dsPIC30F4011 micro-controller to control the hand steering direction by computing with sensors: compass and encoder. The result of the system is very good and AUSB could reach the termination point.**

Index Terms - AUSB, Bicyrobo, navigation system, way points control.

I. INTRODUCTION

Nowadays many technologies about vehicle have been improved; the automatic vehicle locating and auto-directional control are also improved for many years. The technicians and inventors have tried to invent the smart cars which do not need to have drivers. The way-point control system is the model system for control the direction automatically by using the compass sensor.

The main propose of this system is for helping the elders or the handicaps who normally have difficulties in performing the tasks especially driving due to the physical limitation. The way-point control system will act like arms and eyes of the drivers so that the drivers can let the vehicle travelling by itself. These advantages can improve the comfortable in driving especially for the long way travelling.

The waypoint [1] tracking control is the control of the bicycle's movement into the position and the direction we want according to the Earth's physical coordinates, which are longitude and latitude.

The AUSB bicycle robot is the project to build the two-wheel bicycle that can be balanced by itself without any physical supports or human's control. Apart from the balancing control, this robot can move forwardly in the expected direction and speed by using waypoint-tracking control. This system is developed for using with bicycle, and hope to be developed for using with motorcycles and cars in the future.

The AUSB uses compass module INEX CPMS03 [2] to detect which direction the bicycle is now heading. The data of heading angle referred to the north is passed to the microcontroller combined with the steering encoder values, and then we can control the position of steering motor in order to head up to the position and direction we expected the AUSB to move to.

This paper describes the implementation of the way-points control of the AUSB. Section 2 briefly explained AUSB's navigation system; mechanical hardware arrangement, dsPIC micro-controller and sensors (compass and encoder). The control system is highlighted in section 3. Section 4 shows experimental results of way-points control of the AUSB. Finally, conclusions are made in section 5.

II. AUSB NAVIGATION SYSTEM

AUSB is a modified bicycle consisted of flywheels as the actuator. Flywheels were control with 3 DC motors: 2 motors for spinning control and 1 for direction control. The dsPIC microcontroller is used as a main controller. The CAD drawing and the actual system of the AUSB are shown in Fig.1 and Fig. 2 respectively.

The navigation system is added to the AUSB consisted of steering control system: DC gear motor, encoder and belt transmission and forwarding motor system: DC gear motor. The details of these are discussed briefly in the following sub-sections.

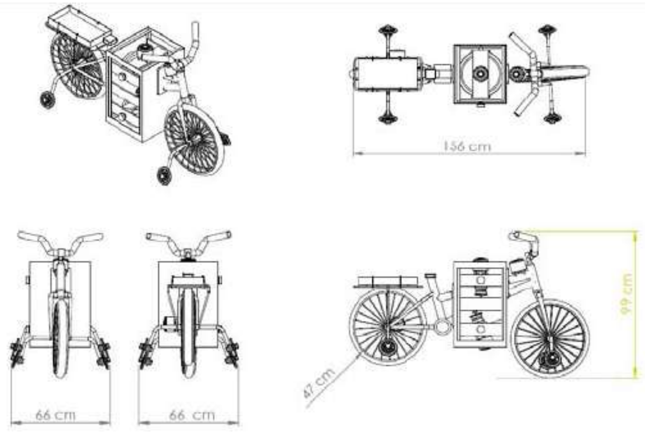


Fig. 1: AUSB structure

Fig. 2: The AUSB

A. *Steering Control*

The steering control is consisted of DC Gear Motor: 24V, 10 rpm transmission by toothed belt system and 500 RPM incremental encoder. Incremental encoder will be used to sense the number of revolutions the motor has rotated. Moreover, this encoder can determine whether the direction of the rotation. Fig. 3 gives the AUSB steering control system.

Fig. 3: The steering system

B. *Forwarding Control*

The forwarding DC gear motor: SNK GM-24350, 24V 250W 250rpm is used. The forwarding motor of the AUSB is show in Fig. 4.

Fig. 4: The forwarding system

C. *Controller: dsPIC 30F4011*

In this work the dsPIC30F4011 from Microchip is used as a main controller. Our team has designed a multi purpose PCB based on dsPIC 30F4011. Overview of the ABAC's PCB layout is show in Fig. 5. This 16 bit microprocessor is based on Harvard architecture with 24 bit instruction. Many functions are available such as PWM, UARTS, QEP, I^2C, SPI and ADC/DAC.

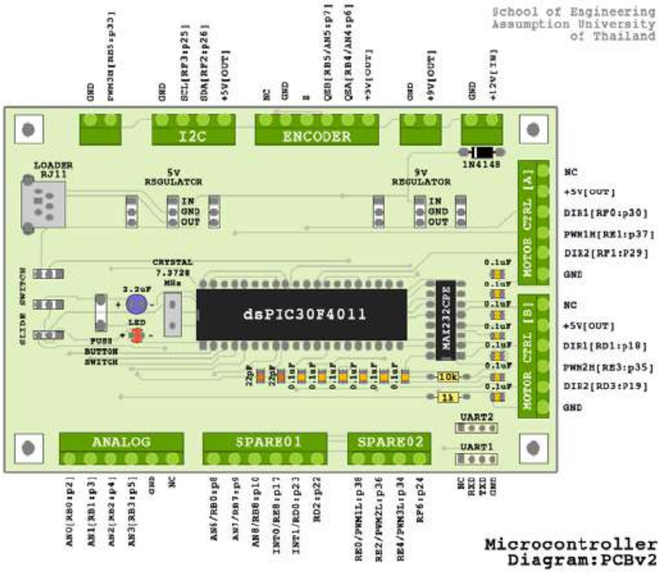


Fig. 5: ABAC's PCB: dsPIC30F4011

D. *Sensor: Digital Compass CMPS03*

Compass sensor module model CMPS03 is used as a main navigation sensor of this work. The digital output transmitted through I^2C directly feed to dsPIC30F4011's SDA and SCL pins. Fig. 6 shows the mounting of the compass sensor on the AUSB.

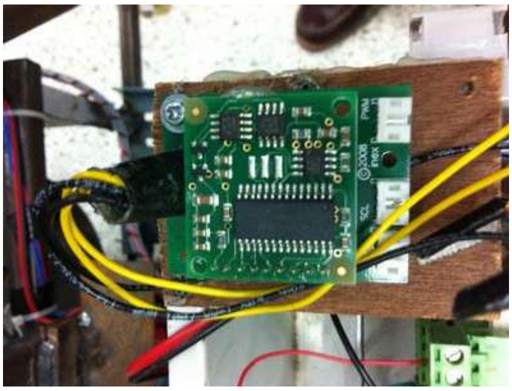


Fig. 6: Digital compass sensor: CMPS03

The block diagram of the navigation system is show as a block diagram in Fig. 7. Generally, 2 H-bridges were used with a digital compass communicate with I^2C and encoder connected to QEP (quadrature encoder peripheral).

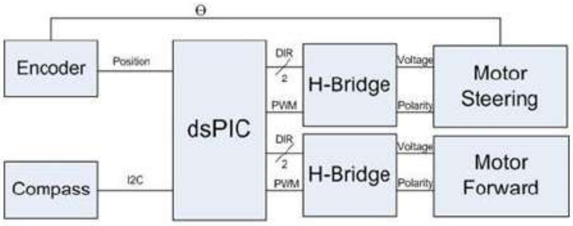


Fig. 7: Block diagram of navigation system

III. WAY-POINTS CONTROL SYSTEM

This section explained the navigation control method of the AUSB. The way-points control system can be divided into two parts that are steering direction control part and speed control of the AUSB part. The steering direction control part is use to check the angle of bicycle whether the angle is out of range or not while the AUSB is moving. This angle can tell the direction of the bicycle is heading. If the angle is out of range, the AUSB will miss the set path so that the hand will be forced to turn in the opposite direction until the AUSB is in the correct angle. The forwarding speed of the AUSB is controlled by the forwarding motor mounted at the back wheel.

Fig. 8 explains the steering control of the AUSB. First the set point of the compass is set to 180°, and then forwarding motor is driven. When the AUSB is moving, the angle between the set point and the bicycle will be checked whether the angle is out of range or not (the range is set to 30° for this work). If the angle is out of range, the hand will be forced to turn in opposite direction which checked the angle by counting the round of the motor by the encoder. Then the hand will be turned to the first position. The system will repeat checking the direction of bicycle again. The procedure is explained as flow chart given in Fig. 9.

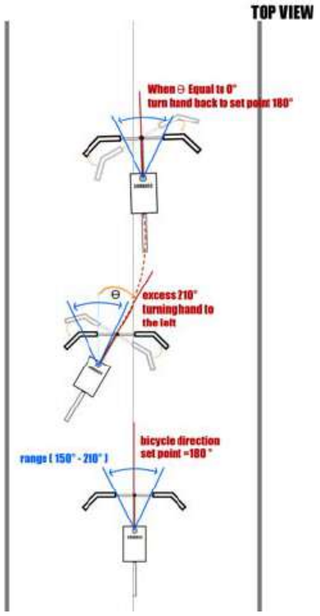


Fig. 8: Steering control method

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

The path is set to test the navigation of the AUSB. A simple straight line (diagonal) is tested. The result shows that the AUSB is able to track a simple line with a little oscillation of the steering system. Direction is showing the steering direction (CW:1 or CCW:-1). Fig. 10 shows the result of the AUSB navigation system.

where

- *Check case* is the case that can tell which way the bicycle is out of range if check case is 0 that mean bicycle is in the path we have set. if check case is 1 ,that mean bicycle is out of range at right (CMP>180+range) if check case is 2 ,that mean bicycle is out of range at left (CMP< 180-range).
- *Back case* is for the CMP has already reach set point after out of range and need to turn hand back to the set point position if back case is 0 ,that mean there is no need to turn hand back to set point if back case is 1 ,the hand will be turned to the set point position.

V. CONCLUSION

This paper described the AUSB in a detail of navigation control system. The navigation included of steering control system and forwarding system. The steering control used the digital compass as the main sensor and incremental encoder to check the rotation of steering.

From the testing, the result shows that there are some errors in the system. When the compass shows the bicycle is out of range and the hand try to get the bicycle back into the position, but the bicycle cannot get into the best position. This error may be caused by the flexibility of the toothed belt so that some tooth of the belt does not fit into the pit of the gear completely. Moreover, the compass that used in the paper has large error range. However, the navigation system of the AUSB is successful track on the set way points.

In the future work, an improvement will be focus on the digital compass to get an accurate result.

ACKNOWLEDGMENT

This research is financially supported by Assumption University (ABAC), Thailand. We acknowledge the consultant and assistant from Asst. Prof. Dr. Kittiphan Techakittiroj, Asst. Prof. Dr. Virach Wongpaibool, and Dr. Wutthikorn Threevithayanon.

REFERENCES

[1] Borhaug, E., Pettersen, K. Y, “Adaaptive way-point tracking control for underactuated autonomous vehicles”, The 44th IEEE International Conference on Decision and Control and European Control Conference (CDC-ECC), pp. 4028-4034, 12-15 December 2005.

[2] http://www.robotstorehk.com/CMPS03_release.pdf

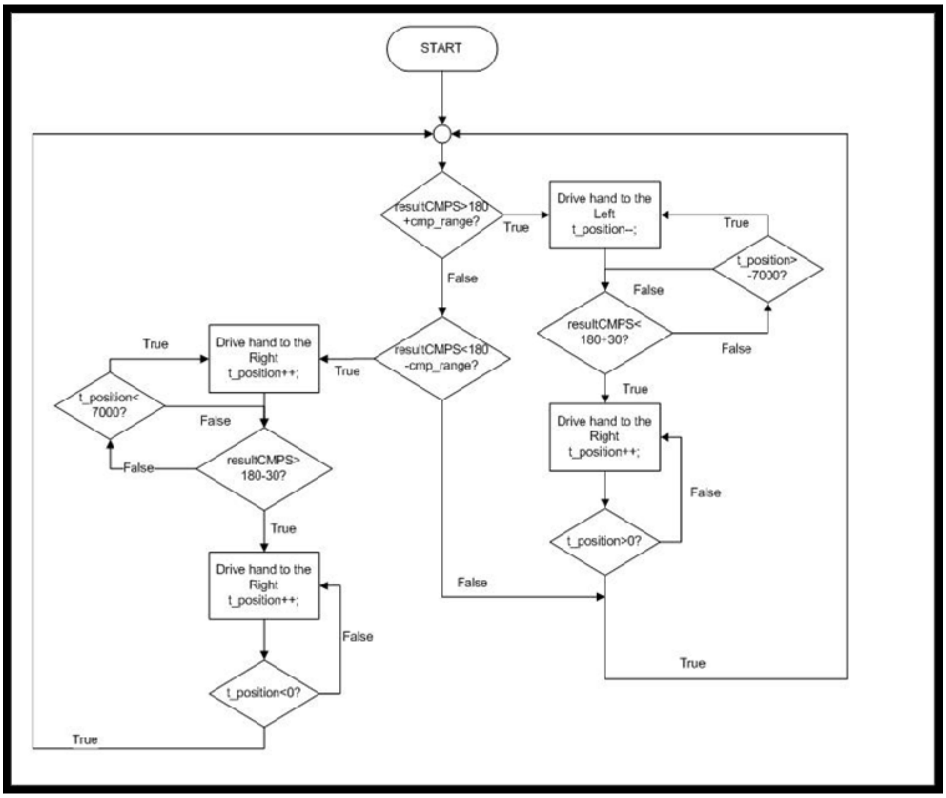


Fig. 9: Flow chart of PD control for AUSB

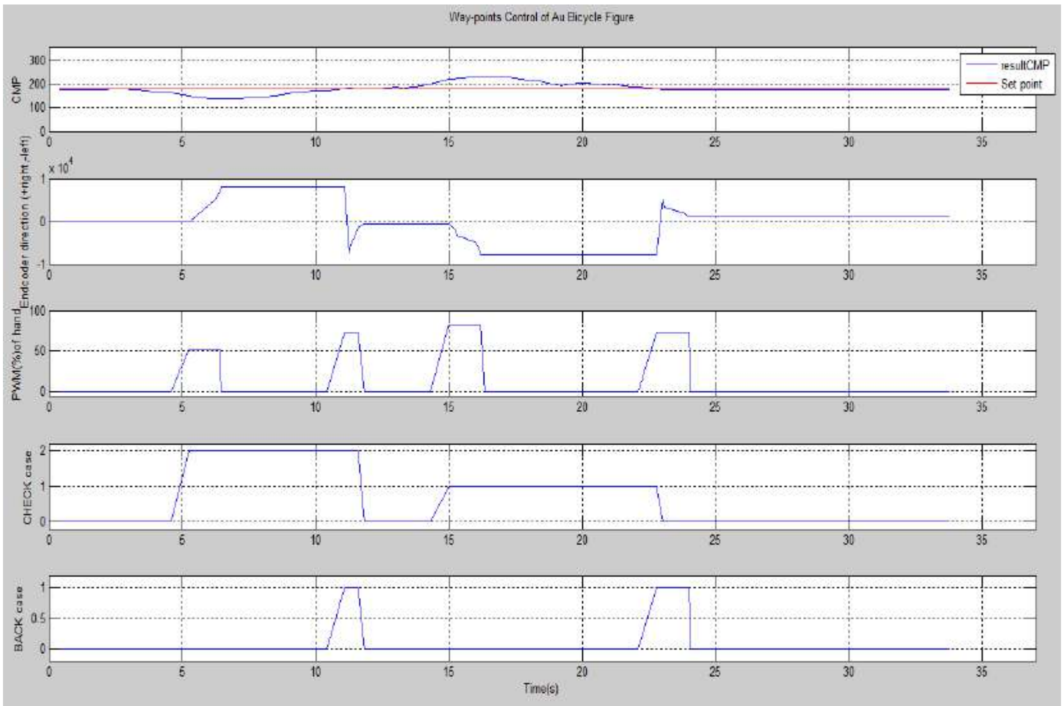


Fig. 10: Experimental result of the navigation system

การออกแบบทรานสดิวเซอร์วัดมุมโดยใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์

Angle Transducer Designing Using Hall Effect Sensing Device.

สรชัณ บุญทาศรี
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คลอง 6 อ.ธัญบุรี ปทุมธานี 12110 โทร.087-5784412
E-Mail: son_boon@hotmail.co.th and

ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คลอง 6 อ.ธัญบุรี ปทุมธานี 12110 โทร.02-549-3420
E-Mail: schai910@yahoo.co.uk

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบทรานสดิวเซอร์วัดมุม(Angle transducer)แบบหมุนรอบแกน 360 องศา โดยใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์ (Hall effect sensor)ซึ่งมีราคาถูกออกแบบง่าย ใช้หลักการตรวจจับความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก ทรานสดิวเซอร์ที่ออกแบบประกอบด้วยแกนยึดแม่เหล็กถาวรที่สามารถเคลื่อนที่รอบแกนหมุน 360 องศาและฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ ทำหน้าที่ตรวจจับความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กตามทิศทางการเคลื่อนที่ของแกนหมุน สามารถวัดมุมได้ตั้งแต่ 0 ถึง 360 องศา โดยมีความคลาดเคลื่อน ±0.2 และ ±0.5 องศา ที่ความละเอียด 0.1 องศา และ 1 องศา ตามลำดับ

คำสำคัญ: ทรานสดิวเซอร์วัดมุม, ฮอลเอ็ฟเฟคเซ็นเซอร์, แม่เหล็ก

Abstract

This paper presents the design of angle transducer rotate around the axis 360 degrees using hall effects sensing device to recognize. That is low-cost and simple design . The principle of measurement is used to detect the density of magnetic field of angle rotate around the axis 360 degrees Translation Dew's design consists Permanent magnet that can move the spindle rotation axis 360 degrees and hall effect sensor mounted in place. Serves to detect the density of magnetic. Can measure the angle from 0-360 degrees with accuracy of ± 0.2 and ± 0.5 at the resolution of 0.1 and 1 degree, respectively.

Keywords: Angle transducer, Hall Effect Sensor, Magnet.

1. บทนำ

ระบบควบคุมอัตโนมัติ ถูกรับรู้กระบวนการทำงานผ่านตัวตรวจจับ ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ หรือการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบแกน การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ถูกต้อง จำเป็นจะต้องมีตัวตรวจจับที่แม่นยำ ยิ่งตัวตรวจจับมีความละเอียดมาก การควบคุมก็จะมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นด้วย ตัวตรวจจับมุมได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้หลักการต่างๆมากมาย แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ

1. กระบวนการทางแสง [1] ข้อดีคือมีความถูกต้องแม่นยำและความไวสูง แต่มีความไวต่อสิ่งสกปรก และฝุ่น

2. กระบวนการเปลี่ยนค่าความต้านทาน [2] ข้อดีคือมีความถูกต้องแม่นยำ ง่ายต่อการนำไปแปลผล แต่ มีค่าความเสียดทานที่เกิดขึ้นจากหน้าสัมผัส การตอนสนองช้า การเคลื่อนที่แบบฉับพลันอาจทำให้เกิดความเสียหายได้

3.กระบวนการเปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้า[3] ข้อดีคือการเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้าเพื่อกำเนิดความถี่ที่เป็นสัดส่วนกับการเคลื่อนที่

4.กระบวนการฮอลล์เอฟเฟกต์[4, 5] ข้อดีคือการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำที่เป็นสัดส่วนกับมุมที่เปลี่ยนไปราคาถูกตอบสนองเร็วและเป็นเชิงเส้น การติดตั้งง่ายไม่จำเป็นต้องยึดแกนหมุนติดกับตัวเซนเซอร์โดยตรง และไม่มีค่าความเสียดทานที่เกิดขึ้นจากหน้าสัมผัส

บทความนี้จึงนำหลักการฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์มาพัฒนาทรานสดิวเซอร์สำหรับวัดมุม360องศาเพื่อเพิ่มความละเอียดในการวัด โดยการแบ่งผลการวัดมุมเป็นช่วงๆ เพื่อลดค่าความผิดพลาดสูงสุด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์ อาศัยปรากฏการณ์ฮอลล์ทำให้เกิดแรงดันเอาต์พุตค่าหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับค่าการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มของสนามแม่เหล็ก ดังนี้ [5]

$$B = (VB - VO)K^{-1} \qquad (1)$$

โดยที่ VO คือแรงดันเอาต์พุตขณะไม่มีสนามแม่เหล็ก (V)

VB คือแรงดันเอาต์พุตขณะมีสนามแม่เหล็ก (V)

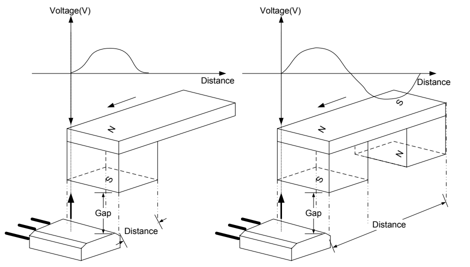
K คือสัมประสิทธิ์ความไว (V/T)

B คือความเข้มของสนามแม่เหล็ก (T)

เมื่อต้องการหาค่าแรงดัน VB จะได้สมการ(2) ตามการเปลี่ยนแปลงตามความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก

VB =(B / K-1) +VO (2)

การใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์สำหรับการตรวจสอบตำแหน่งหรือการเคลื่อนที่ แบบเคลื่อนที่ผ่าน(Slide-by) ทั้งแบบแม่เหล็ก ขั้วเดี่ยว (Unipola) และ ขั้วคู่ (Bipola) ดังรูปที่ 1



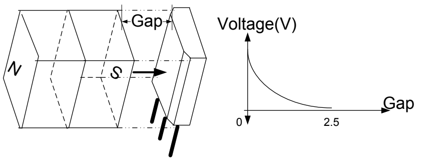
(ก) (ข)

รูปที่ 1 การใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์สำหรับการตรวจสอบตำแหน่ง(ก)เคลื่อนที่ผ่านแม่เหล็กขั้วเดี่ยว (ข)เคลื่อนที่ผ่านแม่เหล็กขั้วคู่

3. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

3.1 การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะห่างของฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์ และแม่เหล็ก กับค่าแรงดัน

ระยะห่างระหว่างแม่เหล็กเริ่มต้นที่จุด 0 องศาจะเป็นบริเวณที่มีค่าความหนาแน่นสนามแม่เหล็กมากที่สุดทำการทดสอบเพื่อหาระยะห่างที่เหมาะสมด้วยวิธีการตรวจจับความเข้มของสนาม แม่เหล็ก แบบ Unipolarhead-on modeดังรูปที่ 1



รูปที่ 2 การทดลองตรวจจับความเข้มสนามแม่เหล็กUnipolarhead-on mode

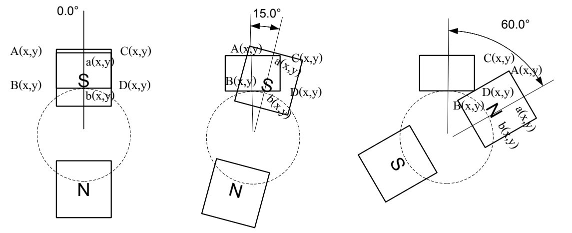
โดยตั้งระยะความห่างระหว่างขั้วใต้ของแม่เหล็กถาวรกับฮอลล์เอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์ที่ 0.5 มิลลิเมตร จากนั้นทำการเพิ่มระยะความห่างขึ้นทีละ 0.5มิลลิเมตรจนถึง 2.5 มิลลิเมตร ทำการทดสอบซ้ำเช่นนี้เป็นจำนวน 5 ครั้งต่อตัว พร้อมกับบันทึกค่า เบอร์ที่ใช้คือ 1A1302 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความไวเท่ากับ 1.3 mV/G

ระยะ (mm.)	แรงดันตัวที่1(V)	แรงดันตัวที่2(V)	แรงดันตัวที่3 (V)
0.5	4.99	4.991	4.991
1	4.001	4	4.002
1.5	3.502	3.501	3.501
2	3.251	3.253	3.251
2.5	3.101	3.102	3.101

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะห่างขั้วแม่เหล็กกับฮอลล์เอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์และ ค่าแรงดันเอาต์พุตเอาต์พุทเฉลี่ยของกับฮอลล์เอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์แต่ละตัว

3.2 การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง มุมเคลื่อนที่(องศา) ของแม่เหล็ก โดยเปลี่ยนรูปแบบการวางฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์กับค่าแรงดัน

จากสมมุติฐานการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบแกนเมื่อแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านตัวเซนเซอร์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเข็มสนามแม่เหล็ก ตามพื้นที่ซ้อนกันระหว่างแม่เหล็ก และตัวเซนเซอร์

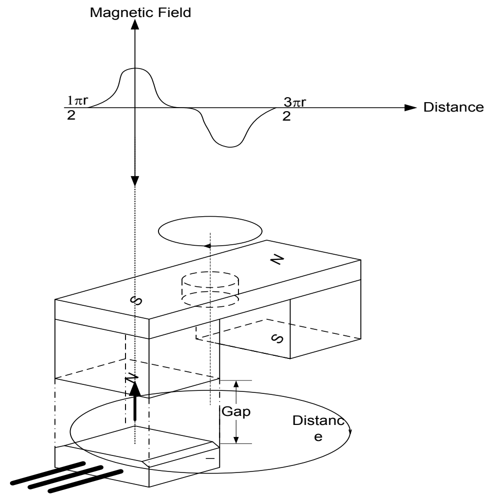


(ก) (ข) (ค)

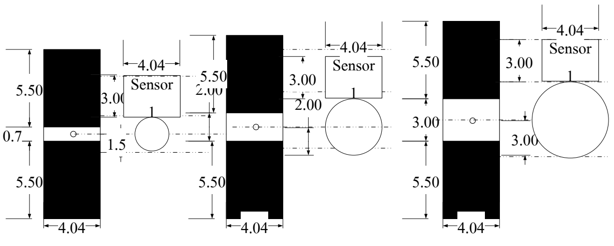
รูปที่ 3 สมมุติฐานการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบแกนเมื่อแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านตัวเซนเซอร์

นำมาทดสอบการเคลื่อนที่แบบรอบแกนหมุนเพื่อหาค่าความเหมาะสมในการวัดค่ามุมโดยทดลองดังรูปที่ 3

การทดลอง Bipolar Slide-by Mode แบบเคลื่อนที่รอบแกนหมุนแบบตามเข็มนาฬิกา



รูปที่ 4 การทดลองตรวจจับความเข้มสนามแม่เหล็ก Bipolar Slide-by Mode แบบเคลื่อนที่รอบจุดหมุน



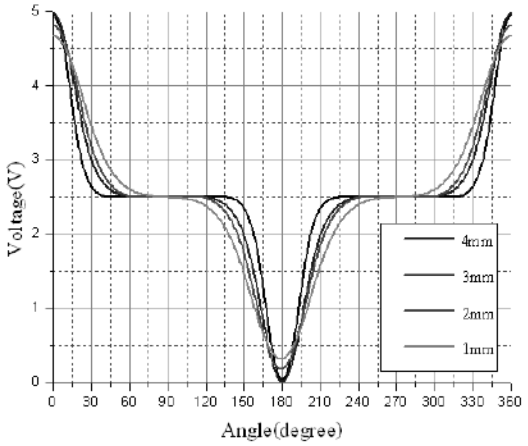
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 5 (ก) ขนาดของตัวเซนเซอร์และแม่เหล็กรัศมี 1.5 มิลลิเมตร

(ข) ขนาดของตัวเซนเซอร์และแม่เหล็กรัศมี 2 มิลลิเมตร

(ค) ขนาดของตัวเซนเซอร์และแม่เหล็กรัศมี 3 มิลลิเมตร

ทำการทดลองโดยเริ่มจากวางเซนเซอร์ เส้นรอบวงของวงกลมขอบนอกรัศมี1.5 มิลลิเมตร รัศมี 2 มิลลิเมตร รัศมี 3 มิลลิเมตร และรัศมี 4 มิลลิเมตร จากการวัดจริง และการคำนวณพื้นที่ซ้อนกัน มีค่าความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่เป็นไปในทิศทางเดียวกันแสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับค่าแรงดันที่วัดได้ ที่รัศมี1.5 มิลลิเมตร 2 มิลลิเมตร 3 มิลลิเมตรและ 4 มิลลิเมตร ตามลำดับ

จากกราฟจะเห็นว่ารัศมีแกนหมุนยิ่งมากค่ามุมที่วัดได้ยิ่งน้อยลง ที่รัศมี1.5 มิลลิเมตร สามารถเห็นค่าความเปลี่ยนแปลง ตั้งแต่ 0 ถึง 75 องศา ที่รัศมี 2 มิลลิเมตร สามารถเห็นค่าความเปลี่ยนแปลง ตั้งแต่ 0 ถึง 60 องศา ที่รัศมี 3 มิลลิเมตร สามารถเห็นค่าความเปลี่ยนแปลง ตั้งแต่ 0 ถึง 52 องศา และที่ 4 มิลลิเมตร สามารถเห็นค่าความเปลี่ยนแปลง ตั้งแต่ 0 ถึง 40 องศาเท่านั้น

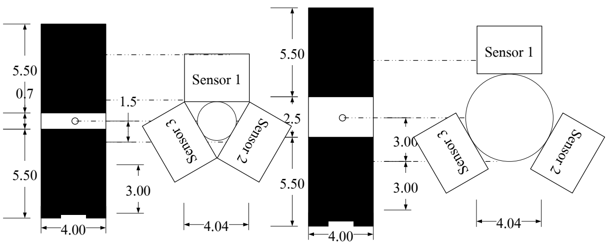
จากรูปที่ 6 จะเห็นว่าถ้าเราใช้ ฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์ ตัวเดียวเราไม่สามารถวัดค่ามุม ทั้ง 360 องศาได้ เนื่องจากที่ค่ามุมต่างๆ จะมีค่าแรงดันที่เท่ากันในบางมุม เช่น ที่มุม 30 องศา กับ 330 องศา หรือที่ 60 องศา กับ 300 องศา ในทางอุดมคติ ควรจะวัดได้ 180 องศา แต่จากการทดลองจะเห็นว่า มุมที่สามารถตรวจจับได้จะ ขึ้นอยู่กับรัศมีด้วย

มุม	รัศมี 1.5 mm แรงดัน(V)	แรงดัน (V)/องศา	รัศมี 3 mm แรงดัน(V)	แรงดัน (V)/องศา
0	4.946	0.005	4.810	0.001
1	4.941	0.020	4.809	0.007
178	0.079	0.020	0.191	0.001
179	0.059	0.005	0.190	0.001
180	0.054	- 0.005	0.191	- 0.001
181	0.059	- 0.020	0.198	- 0.001
359	4.941	- 0.020	4.809	- 0.007
360	4.946	- 0.005	4.810	- 0.001

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมแม่เหล็กกับฮอลล์เอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์และ ค่าแรงดันเอาต์พุตเอาต์พุทที่เปลี่ยนไปฮอลล์เอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์ที่สามารถแปลผลค่ามุมได้น้อย

จากการทดลองค่าแรงดัน ณ มุมจุด 0 องศา และ 180 องศา ไม่สามารถนำมาหาค่ามุมได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันต่อมุมน้อยมากดังแสดงในตารางที่ 2 รวมไปถึงบริเวณมุมที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง มุมขั้วแม่เหล็กกับฮอลล์เอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์มีผลต่อ ค่าแรงดันเอาต์พุตเอาต์พุทของฮอลล์เอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์แต่ละตัวจึงจำเป็นจะต้องเลือกเอาเฉพาะส่วนที่สามารถแปลค่าได้และมีค่าความละเอียดเพียงพอ

สุดท้ายเป็นการ ทดสอบทรานสดิวเซอร์วัดมุม จากโครงสร้างที่ทำการออกแบบตามรัศมีที่ทำการทดสอบ

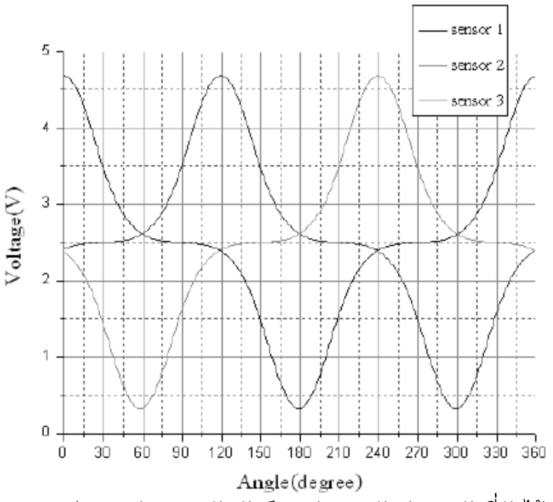


(ก) (ข)

รูปที่ 7 (ก)โครงสร้างรัศมี 1.5 มิลลิเมตร ใช้ เซนเซอร์3ตัว

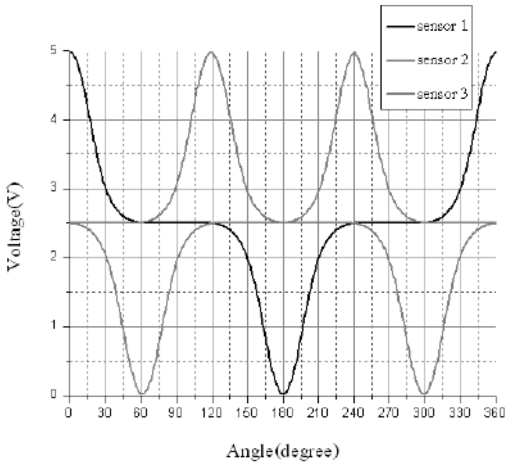
(ข)โครงสร้างรัศมี 3 มิลลิเมตร ใช้ เซนเซอร์ 3ตัว

จากรูปที่ 7 (ก)โครงสร้างรัศมี 1.5 มิลลิเมตร นำฮอลล์เอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์ 3ตัวมาวางโดยตัวที่ 1 จะเริ่มที่มุม 0 องศา ตัวที่ 2 จะเริ่มที่มุม 120 องศาและ ตัวที่ 3 จะเริ่มที่มุม 240 องศา จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง มุมหน่วยเป็นองศา ต่อ แรงดัน ณ มุมต่างๆดังรูปที่ 8

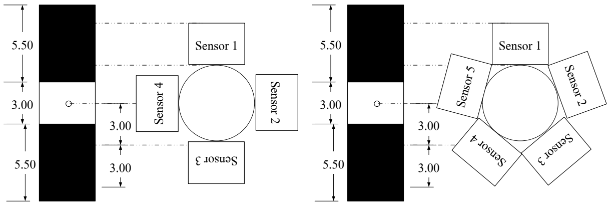


รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับค่าแรงดันที่วัดได้ ที่รัศมี1.5 มิลลิเมตรใช้ เซนเซอร์ 3ตัว

จากรูปที่ 7 (ข)โครงสร้างรัศมี 3 มิลลิเมตร นำฮอลล์เอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์ 3ตัวมาวางโดยตัวที่ 1 จะเริ่มที่มุม 0 องศา ตัวที่ 2 จะเริ่มที่มุม 120 องศาและ ตัวที่ 3 จะเริ่มที่มุม 240 องศา จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง มุมหน่วยเป็นองศา ต่อ แรงดัน ณ มุมต่างๆดังรูปที่ 9



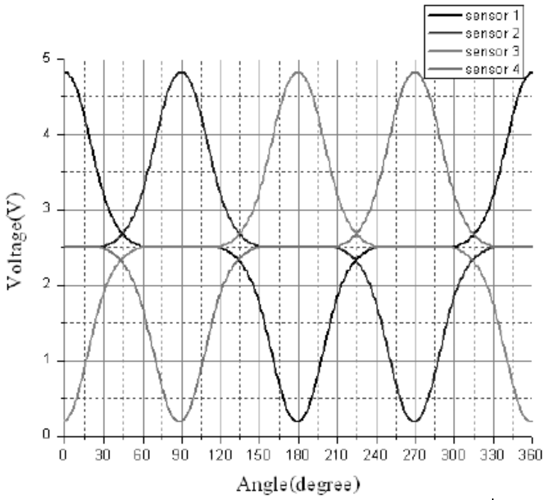
รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับค่าแรงดันที่วัดได้ ที่รัศมี 3 มิลลิเมตรใช้ เซนเซอร์ 3ตัว



รูปที่ 10 (ก)โครงสร้างรัศมี 3 มิลลิเมตรใช้ เซนเซอร์4 ตัว

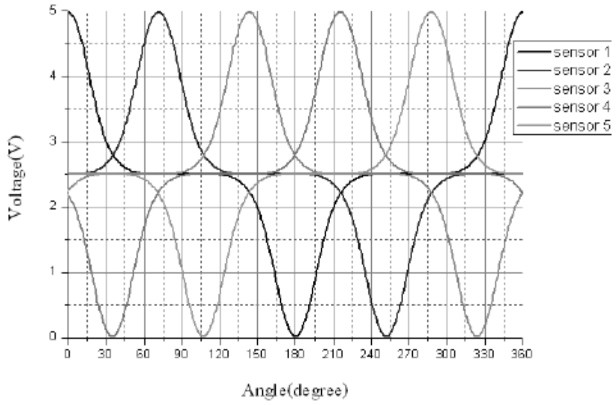
(ข)โครงสร้างรัศมี 3 มิลลิเมตรใช้ เซนเซอร์ 5 ตัว

จากรูปที่ 10 (ก)โครงสร้างรัศมี 3 มิลลิเมตร นำฮอลล์เอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์ 4 ตัวมาวางโดยตัวที่ 1 จะเริ่มที่มุม 0 องศา ตัวที่ 2 จะเริ่มที่มุม 90 องศาและ ตัวที่ 3 จะเริ่มที่มุม 180 องศา ตัวที่ 4 จะเริ่มที่มุม 270 องศา จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง มุมหน่วยเป็นองศา ต่อแรงดัน ณ มุมต่างๆดังรูปที่ 11



รูปที่11 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับค่าแรงดันที่วัดได้ ที่รัศมี 3 มิลลิเมตรใช้ เซนเซอร์ 4ตัว

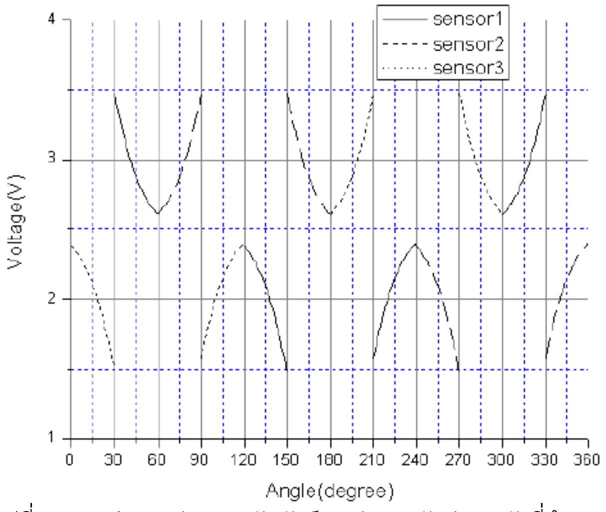
จากรูปที่ 10 (ข)โครงสร้างรัศมี 3 มิลลิเมตร นำฮอลล์เอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์ 5 ตัวมาวางโดยตัวที่ 1 จะเริ่มที่มุม 0 องศา ตัวที่ 2 จะเริ่มที่มุม 72 องศาและ ตัวที่ 3 จะเริ่มที่มุม 144 องศา ตัวที่ 4 จะเริ่มที่มุม 216 องศา ตัวที่ 5 จะเริ่มที่มุม 288 องศา จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง มุมหน่วยเป็นองศา ต่อ แรงดัน ณ มุมต่างๆดังรูปที่ 12



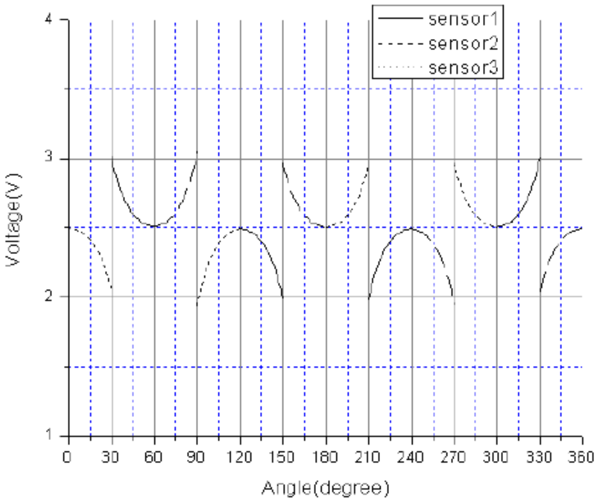
รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับค่าแรงดันที่วัดได้ ที่รัศมี 3 มิลลิเมตรใช้ เซนเซอร์ 5ตัว

3.2 นำค่าความสัมพันธ์ระหว่าง มุมเคลื่อนที่(องศา)ของแม่เหล็ก โดยเปลี่ยนรูปแบบการวางฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์กับค่าแรงดัน ที่เปลี่ยนแปลงมาทำการแบ่งช่วงมุมเลือกแรงดันแปลผลจากเซนเซอร์

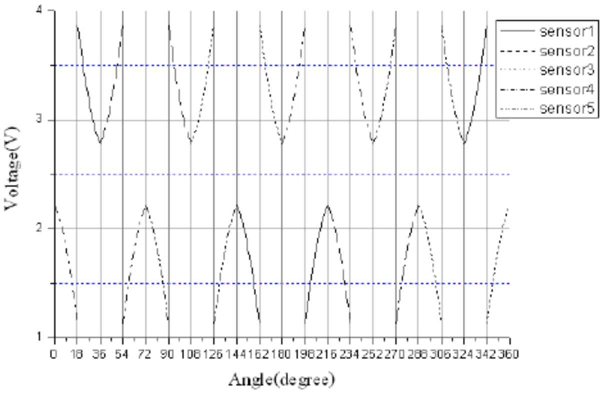
จากการทดสอบการวางโครงสร้างเซนเซอร์จะเห็นว่าโครงสร้างใช้เซนเซอร์4 ตัว มีค่าแรงดันที่มีรูปแบบเหมือนกัน ส่วนโครงสร้างใช้เซนเซอร์ 3 ตัว และ 5 ตัวจะมีความสัมพันธ์ระหว่าง มุม ต่อแรงดัน ณ มุมต่างๆ ซึ่งสามารถนำค่าแรงดัน ณ มุม ต่างๆของเซนเซอร์แต่ละตัวมาทำการหาค่ามุม ณ มุมต่างๆโดยวิธีการแบ่งช่วงมุมและเลือกค่าแรงดันแปลผล



รูปที่13 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับค่าแรงดันที่ทำการแบ่งช่วงมุมและเลือกค่าแรงดันแปลผล ที่รัศมี 1.5 มิลลิเมตรใช้ เซนเซอร์ 3ตัว



รูปที่14 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับค่าแรงดันที่ทำการแบ่งช่วงมุมและเลือกค่าแรงดันแปลผล ที่รัศมี 3 มิลลิเมตรใช้ เซนเซอร์ 3ตัว



รูปที่15 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับค่าแรงดันที่ทำการแบ่งช่วงมุมและเลือกค่าแรงดันแปลผล ที่รัศมี 3 มิลลิเมตรใช้ เซนเซอร์ 5ตัว

จากกราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับค่าแรงดันที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างเซนเซอร์ 3ตัว รัศมี 1.5 มิลลิเมตร กับรัศมี 3 มิลลิเมตร จะเห็นว่าทั้งสองแบบจะสามารถแบ่งช่วงมุมและเลือกค่าแรงดันแปลผล ได้ทั้งหมด 12 ช่วง

โครงสร้าง รัศมี 3 มิลลิเมตรเซนเซอร์ 4 ตัว ไม่สามารถนำมาหามุมโดยวิธีการนี้ได้เนื่องจากไม่สามารถเลือกส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสมได้

แต่เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้าง รัศมี 3 มิลลิเมตรเซนเซอร์ 3ตัว กับ เซนเซอร์ 5ตัวจะเห็นว่าโครงสร้างเซนเซอร์ 5ตัวสามารถแบ่งช่วงมุมและเลือกค่าแรงดันแปลผล ได้ทั้งหมด 20 ช่วง ซึ่งทำให้ค่าแรงดันที่เราจะนำไปแปลผลเป็นค่ามุมมีช่วงกว้างมากยิ่งขึ้น

ตัวอย่างการหาค่าความแตกต่างแรงดัน ณ จุดต่ำสุด ที่มุม 0 องศาสามารถแสดงได้ดังตารางที่3

มุม	Sensor1	Sensor2	Sensor3	Sensor4	Sensor5
0	4.978	2.500	2.219	2.219	2.500
1	4.970	2.500	2.249	2.189	2.500
ต่างแรงดัน	0.008	0.000	0.030	0.030	0.000

ตารางที่ 3 แสดงตารางการเปรียบเทียบค่าแรงดันของเซนเซอร์แต่ละตัว ในช่วงมุม 0 ถึง 1 องศา และการเลือกแรงดันแปลผล จากเซนเซอร์ของโครงสร้าง รัศมี 3 มิลลิเมตรใช้ เซนเซอร์ 5ตัว

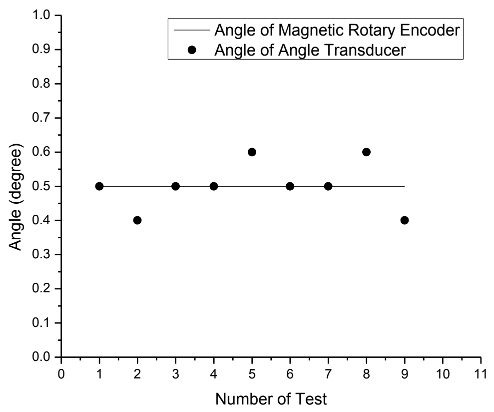
จะเห็นว่า ค่าผลต่างแรงดัน เท่ากับ 0.03 โวลต์ ที่ เซนเซอร์ตัวที่ 3 และ ตัวที่ 4 ที่เราเลือก หากคิดเป็นค่า ระยะห่างของระดับข้อมูลดิจิตอลในวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล แรงดัน 0 – 5 โวลต์ ความละเอียด 12 บิต จะได้ 0.0013 โวลต์ ต่อ 1 หน่วยดิจิตอล หรือมีค่าเท่ากับ 23 หน่วย ดิจิตอล ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปประมวลผลที่ค่าความละเอียด 0.1 องศา

3.3 การออกแบบ ซอฟท์แวร์

หลังจากไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าแรงดันเอาต์พุตจากเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัวในการประมวลผล โดยอาศัยหลักการเปรียบเทียบแรงดันที่รับเข้ามาทั้งหมด เพื่อ เลือกช่วงการประมวลผลมุม และเลือกแรงดันที่จะนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลแรงดัน ณ มุมต่างๆ เพื่อแสดงผล

มุม	แรงดันเอาต์พุต			เงื่อนไข						
	s 1	s 2	s 3	s1> s2	s1> s3	s2> s3	s1> 2.5	s2> 2.5	s3> 2.5	Sen sor
0	4.500	2.138	2.138	2^5	2^4	0	2^2	0		2
1	4.499	2.157	2.117	2^5	2^4	2^3	2^2	0	0	3
30	3.914	2.5	1.086	2^5	2^4	2^3	2^2	0	0	3
31	3.875	2.507	1.048	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	0	1
59	2.883	2.843	0.501	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	0	1
60	2.862	2.862	0.5	0	2^4	2^3	2^2	2^1	0	2
89	2.507	3.875	1.048	0	2^4	2^3	2^2	2^1	0	2
90	2.5	3.914	1.086	0	2^4	2^3	0	2^1	0	3
119	2.157	4.499	2.117	0	2^4	2^3	0	2^1	0	3
120	2.138	4.5	2.138	0	0	2^3	0	2^1	0	1
150	1.086	3.914	2.5	0	0	2^3	0	2^1	0	1
151	1.048	3.875	2.507	0	0	2^3	0	2^1	2^0	2
179	0.501	2.883	2.843	0	0	2^3	0	2^1	2^0	2
180	0.5	2.862	2.862	0	0	0	0	2^1	2^0	3
209	1.048	2.507	3.875	0	0	0	0	2^1	2^0	3
210	1.086	2.5	3.914	0	0	0	0	0	2^0	1
240	2.138	2.138	4.5	0	0	0	0	0	2^0	1
241	2.157	2.117	4.499	2^5	0	0	0	0	2^0	2
270	2.5	1.086	3.914	2^5	0	0	0	0	2^0	2
271	2.507	1.048	3.875	2^5	0	0	2^2	0	2^0	3
300	2.862	0.5	2.862	2^5	0	0	2^2	0	2^0	3
301	2.883	0.501	2.843	2^5	2^4	0	2^2	0	2^0	1
329	3.875	1.048	2.507	2^5	2^4	0	2^2	0	2^0	1
330	3.914	1.086	2.5	2^5	2^4	0	2^2	0	0	2
360	4.5	2.138	2.138	2^5	2^4	0	2^2	0	0	2

ตารางที่ 4 แสดงตารางการเปรียบเทียบค่าแรงดันของเซนเซอร์แต่ละตัว ในช่วงมุม ทั้ง 12 ช่วง และการเลือกแรงดันแปลผล จากเซนเซอร์ของโครงสร้าง รัศมี 1.5 และ 3 มิลลิเมตรใช้ เซนเซอร์ 3ตัว



ภาพที่ 4.9 ค่าความผิดพลาดของมุมที่วัดได้โดยทรานสดิวเซอร์วัดมุม ที่ความละเอียด 0.1 องศา ที่มุม 0.5 องศา

จากกราฟแสดงค่าผิดพลาดของมุมที่วัดได้โดยทรานสดิวเซอร์วัดมุม ที่ความละเอียด 0.1 องศา ประมาณ ±0.1 องศา คือช่วงที่มีค่าผลต่างแรงดันน้อย ทำให้การกำหนดช่วงการแปลผลมุมน้อยไปด้วย เมื่อเกิดการแก่วงของแรงดันเมื่อผ่านวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล

4. สรุปผล

จากการทดลองออกแบบทรานสดิวเซอร์วัดมุมโดยใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์ ขนาดกว้าง4 มิลลิเมตร สูง 3 มิลลิเมตร ใช้แม่เหล็กขนาดกว้าง4 มิลลิเมตร สูง 5.5 มิลลิเมตร โครงสร้างที่รัศมี 3 มิลลิเมตร เซนเซอร์ 5 ตัว ใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ 12บิตในการประมวลผล สามารถวัดมุมได้ตั้งแต่ 0 – 360 องศา แบบหมุนรอบแกน ความละเอียด 0.1 องศา ค่าความผิดพลาดสูงสุด 1 องศา ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดมุมแบบหมุนรอบแกนหมุน 360 องศา ได้เป็นที่น่าพอใจ

5. ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองหากมีการขยับระยะห่างระหว่างแม่เหล็ก กับเซนเซอร์แม่เพียงเล็กน้อย เช่นเกิดการสั่น ความไม่นิ่งของแรงดันที่เกิดจากระยะห่างของแม่เหล็กจะทำให้ค่าแปลผลมุมที่ได้จะเกิดการผิดพลาด การยึดแม่เหล็กกับเซนเซอร์ติดกับแท่นเพื่อให้ได้ค่าระยะห่างระหว่างแม่เหล็ก กับเซนเซอร์ที่แน่นอนเป็นการลดปัญหานี้ได้ส่วนหนึ่ง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่สนับสนุนซอฟท์แวร์ เครื่องมือและสถานที่ในการทดสอบ รวมทั้งขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเขตพื้นที่เชียงราย สำหรับสถาน ที่ และวัสดุในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ZMT 32 Magnetic Field Angle Sensor Datasheet, ZETEX Semiconductors

[2] P. Kejik, S. Reymond, and R.S. Popovic, Circular Hall Transducer For Angular Position Sensing, Frnce, 2007

[3]จำนง พุ่มคำ 2536. คณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) กรุงเทพฯ หน้า 18,21-23 และ 37-38

[4]David S. Nyce, Linear Position Sensors Theory and Applications Wiley-interscience, USA, 2004

[5]Joe Gilbert and Ray Dewey ,Linear Hall-Effect Sensors Allegro Micro Systems, Inc.

[6]นะรา เฉลิมกลิ่น และฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล. 2551. การออกแบบทรานสดิวเซอร์วัดแรงโดยใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์, EENET2008 ปทุมธานี

[7]สรษัณ บุญทาศรี และฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล. 2555. ออกแบบทรานสดิวเซอร์วัดมุมโดยใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์, EENET2012 หนองคาย

[8]A1301 and A1302 Linear Hall Effect Sensor Datasheet

ประวัติผู้วิจัย

สรษัณ บุญทาศรี สำเร็จการศึกษา ปริญญาตรี ค.อ.บ. สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคมจาก สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปัจจุบันกำลัง ศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าแขนงอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งานวิจัยที่สนใจด้านระบบควบคุม และ ตัวตรวจจับอุตสาหกรรม

ดร.ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุลสำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วศบ.(วิศวกรรมไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร Ph.D. Northumbria University, Newcastle England และ เป็นอาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งานวิจัยที่สนใจ การระมวลผลสัญญาณภาพดิจิตอล การออกแบบทรานสดิวเซอร์และการประยุกต์ใช้งาน การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม เครื่องมือวัดด้านวิศวกรรมการแพทย์

สถาปัตยกรรมชุดหุ่นยนต์เพื่อการแข่งขันหุ่นยนต์เอบียูแห่งภาคพื้นเอเชียและแปซิฟิก

ณรงค์เดช กีรติพรานนท์
ภาคววิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
narongdech.ken@dpu.ac.th

เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
nuengwong.tun@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวคิดในการออกแบบและสถาปัตยกรรมหุ่นยนต์ทั้ง 3 ตัวที่ใช้ในการแข่งขัน ABU Asia-Pacific Robot Contest 2011 ของทีมที่ได้รับรางวัลชนะเลิศ รวมถึงผลการทดลองปฏิบัติงานในสนามฝึกซ้อม ที่ทำเวลาเฉลี่ย 50.15 วินาทีในการปฏิบัติภารกิจให้เสร็จตามกติกา

Abstract

This article presents the structural designs of the three robots of the Champion team in the ABU Asia-Pacific Robot Contest 2011, and the experimental results in the test field. These designs led all three robots to co-operate efficiently and achieve the assigned duty in only 50.15 seconds.

คำสำคัญ

ABU RoboCon; สถาปัตยกรรมหุ่นยนต์; การออกแบบหุ่นยนต์; การพัฒนาหุ่นยนต์;

1. บทนำ

การแข่งขันหุ่นยนต์ นับเป็นกิจกรรมที่ช่วยกระตุ้นให้เยาวชนตื่นตัวด้านเทคโนโลยี ซึ่งเกมการแข่งขันจะช่วยให้ผู้เข้าร่วม คิดค้นและพัฒนาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาเดียวกัน ทำให้สามารถวัดประสิทธิภาพจากวิธีที่ต่างกัน ด้วยมาตรฐานเดียวกันได้ [1,2]

การแข่งขัน ABU Asia-Pacific Robot Contest หรือ ABU Robocon ได้รับการจัดตั้งโดยกลุ่มสหภาพวิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์แห่งภาคพื้นเอเชียและแปซิฟิก (Asia-Pacific Broadcasting Union, ABU) เพื่อส่งเสริมความสัมพันธ์และพัฒนานวัตกรรมในหมู่เยาวชนของประเทศสมาชิก จัดขึ้นครั้งแรกที่กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่นในปี ค.ศ. 2002 [3] และได้จัดการแข่งขันอย่างต่อเนื่องทุกปี โดยประเทศสมาชิกผลัดเปลี่ยนกันเป็นเจ้าภาพ โดยกติกาจะประยุกต์มาจากจุดเด่นของประเทศเจ้าภาพ

ในประเทศไทย การแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon เป็นการแข่งขันหุ่นยนต์ ที่ได้รับความสนใจมากที่สุดรายการหนึ่งจากผู้ชมทั่วประเทศ โดยมีทีมที่เข้าแข่งขันจากสถาบันการศึกษาทั้งระดับอาชีวศึกษาและระดับอุดมศึกษากว่า 200 ทีมทั่วประเทศ และมีการถ่ายทอดสดการแข่งขันทางสถานีโทรทัศน์โมเดิร์นไนท์ทีวี โดยผู้ชนะในระดับประเทศจะได้รับเกียรติเป็นตัวแทนประเทศเข้าร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU ระดับนานาชาติ

ในปี ค.ศ. 2011 ประเทศไทยได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพ ภายใต้หัวข้อ “ลอยกระทง จุดประกายแห่งความสุขด้วยมิตรภาพ (Lighting Happiness with Friendship)” โดยประยุกต์เอาประเพณีการลอยกระทงเป็นโจทย์ในการแข่งขัน

ผลการแข่งขันปรากฏว่าทีมจากประเทศไทยได้รับทั้งรางวัลชนะเลิศและรองชนะเลิศจากการแข่งขัน ABU Robocon ระดับนานาชาติ [3] อย่างไรก็ตาม สิ่งที่สำคัญไปกว่าการได้รับรางวัลระดับนานาชาติ คือ การถ่ายทอดความรู้ในอันที่จะพัฒนาต่อยอดความรู้และประสบการณ์ด้านการพัฒนาหุ่นยนต์ในประเทศไทย และเป็นการสร้างความแข็งแกร่งทางวิชาการให้กับวงการหุ่นยนต์ในประเทศไทยอย่างยั่งยืน

บทความนี้นำเสนอแนวคิดในการออกแบบโครงสร้างและสถาปัตยกรรมหุ่นยนต์ทั้ง 3 ตัวที่ใช้ในการแข่งขัน ABU Robot Contest 2011 ของทีมลูกเจ้าแม่คลองประปา The Limited ซึ่งได้รับทั้งรางวัลชนะเลิศและการออกแบบยอดเยี่ยม รวมถึงนำเสนอผลการทดลองปฏิบัติงานในสนามฝึกซ้อม

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

การแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon เป็นการแข่งขันหุ่นยนต์ระดับนานาชาติ ที่ได้รับความสนใจมากที่สุดรายการหนึ่งจากผู้ชมทั่วประเทศ ในปี 2011 ผลการแข่งขันปรากฏว่าทีมจากประเทศไทยได้รับทั้งรางวัลชนะเลิศและรองชนะเลิศจากการแข่งขัน ABU Robocon ระดับนานาชาติ แต่สิ่งที่สำคัญไปกว่าการได้รับรางวัลระดับนานาชาติ คือ การแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้สนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทีมจากสถาบันการศึกษาในประเทศไทยควรได้รับการถ่ายทอดความรู้ในอันที่จะพัฒนาต่อยอดความรู้และประสบการณ์ด้านการพัฒนาหุ่นยนต์ในประเทศไทย และเป็นการสร้างความแข็งแกร่งทางวิชาการให้กับวงการหุ่นยนต์ในประเทศไทยอย่างยั่งยืน

บทความนี้นำเสนอแนวคิดในการออกแบบโครงสร้างและสถาปัตยกรรมหุ่นยนต์ทั้ง 3 ตัวที่ใช้ในการแข่งขัน ABU Robot Contest 2011 ของทีมลูกเจ้าแม่คลองประปา The Limited ซึ่งได้รับทั้งรางวัลชนะเลิศและการออกแบบยอดเยี่ยม รวมถึงนำเสนอผลการทดลองปฏิบัติงานในสนามฝึกซ้อม

เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องความยาวของบทความ ผู้เขียนจึงเน้นอธิบายในภาพรวมเท่านั้น อันได้แก่ กลยุทธ์การแข่งขัน การแบ่งหน้าที่ของหุ่นยนต์ การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ และองค์ประกอบของหุ่นยนต์

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 เกมการแข่งขัน

ในการแข่งขัน ABU Robocon 2011 แต่ละทีมจะต้องพัฒนาหุ่นยนต์ 3 ตัว ได้แก่ หุ่นยนต์บังคับด้วยมือ 1 ตัว และหุ่นยนต์อัตโนมัติ 2 ตัว โดยหุ่นยนต์ทั้งสามตัวและผู้บังคับหุ่นยนต์ 1 คน ต้องทำงานประสานกันเพื่อนำส่วนประกอบของกระทงที่วางอยู่ตามจุดต่าง ๆ ในสนาม มาประกอบยังจุดที่กำหนด และให้หุ่นยนต์อัตโนมัตินำกระทงที่ประกอบสมบูรณ์แล้วไปลอยบนแม่น้ำ เพื่อให้หุ่นยนต์อัตโนมัติอีกตัวปล่อยเปลวเทียนลงบนกระทงที่กำลังลอยอยู่บนแม่น้ำ [4] โดยรูปที่ 1 แสดงองค์ประกอบของกระทง และรูปที่ 2 แสดงแผนผังของสนามแข่งขัน ทั้งนี้ขั้นตอนการแข่งขันตามกติกาเป็นดังต่อไปนี้

รูปที่ 1: องค์ประกอบของกระทง [4]

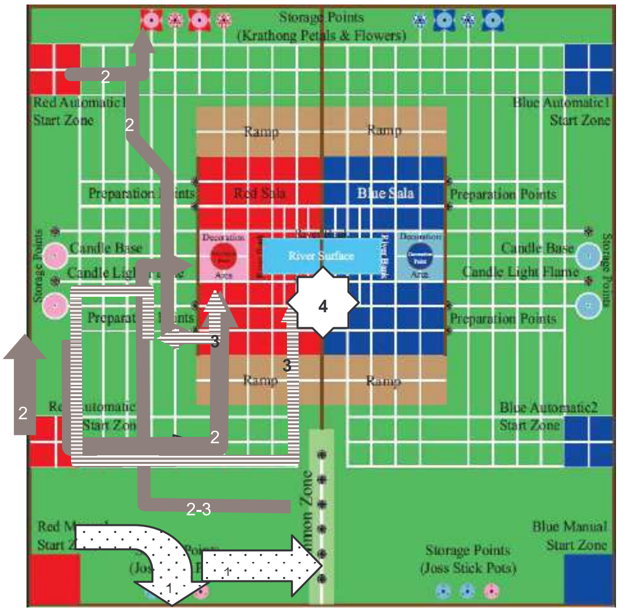
หุ่นยนต์บังคับด้วยมือ จะต้องหยิบกระถางธูป 3 ชุด ไปวางในบริเวณ Common Zone ให้สำเร็จก่อน จึงจะมีสิทธิ์ปล่อยหุ่นยนต์อัตโนมัติไปทำภารกิจอื่นต่อไป

หุ่นยนต์บังคับด้วยมือหรือหุ่นยนต์อัตโนมัติ หยิบฐานต้นเทียน ไปวาง ณ จุดประดับกระทง ที่อยู่บนศาลา และหุ่นยนต์บังคับด้วยมือหยิบธูปเพื่อเตรียมประกอบกระทง

จากนั้น หุ่นยนต์อัตโนมัติ ตัวใดตัวหนึ่ง จะนำกลีบกระทงและดอกไม้ มาวาง ณ จุดเตรียมประกอบกระทง เพื่อให้หุ่นยนต์อัตโนมัติ ตัวใดตัวหนึ่ง ทำการประกอบกระทงบนศาลา โดยการหยิบ ชิ้นส่วนมาประกอบบนฐานต้นเทียน ได้แก่ กลีบกระทง 1 ชิ้น และ ดอกไม้ 1 ชิ้น

หลังจากนั้น หุ่นยนต์บังคับด้วยมือจะวางธูป 3 ดอก ลงบนกระทงที่ประกอบรอไว้ และหุ่นยนต์อัตโนมัติจะนำกระทงที่สมบูรณ์ไปลอยบนผิวน้ำในฝั่งของตนเอง ซึ่งจำลองโดยใช้สะพานสลิง โดยการลอยนี้ ห้ามหุ่นยนต์สัมผัสกับผิวน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม จากนั้น หุ่นยนต์อัตโนมัติอีกตัว จะนำเปลวเทียนไปปล่อยครอบบนฐานต้นเทียน โดยห้ามมิให้ส่วนหนึ่งส่วนใดของหุ่นยนต์สัมผัสกับผิวน้ำ และกระทง ทีมใดที่หุ่นยนต์สามารถนำเปลวเทียนไปวางครอบบนกระทงที่ลอยอยู่ในน้ำได้ก่อนจะเป็นฝ่ายชนะ

การแข่งขันจะแบ่งเป็น ฝ่ายสีแดงและสีน้ำเงิน โดยมีกำหนดเวลาทั้งหมด 3 นาที ในกรณีหมดเวลาการแข่งขันก่อนให้นับคะแนนจากภารกิจที่ทำได้



รูปที่ 2: สนามแข่งขัน [1] และกลยุทธ์การแข่งขัน

3.2 องค์ประกอบของสนามแข่งขัน

สนามแข่งขันจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. Common Zone
2. จุดประดับกระทง (Decorating Point)
3. ศาลา (Sala)
4. จุดเชิงเทียน (Candlestick)
5. จุดเตรียมประกอบกระทง(Preparing Points)
6. ผิวน้ำ (River Surface)

3. 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

องค์ความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ ในการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ แบ่งได้เป็น 4 ระบบคือ ระบบโครงสร้างทางกล ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ระบบตรวจจับ และระบบควบคุม

วัสดุหลักที่ใช้ทำโครงสร้างของหุ่นยนต์ สำหรับการแข่งขันรายการนี้คือ อลูมิเนียมเพราะมีน้ำหนักเบาและมีกำลังวัสดุต่อน้ำหนักสูง สามารถตัด ยึด เจาะได้ง่าย อีกทั้งยังหาได้สะดวกและราคาไม่แพง ทั้งนี้ระบบขับเคลื่อนของหุ่นยนต์โดยมากมักออกแบบให้มี 4 ล้อ โดยขับเคลื่อนล้อหลังอิสระ 2 ล้อ ส่วนล้อหน้าจะเป็นล้อตาม [5] แต่ทั้งนี้ก็ยังสามารถออกแบบให้มีลักษณะการขับเคลื่อนคล้ายรถยนต์คือ 2 ล้อหลังเชื่อมกันด้วยเพลาและได้รับกำลังจากมอเตอร์ตัวเดียว ส่วน 2 ล้อหน้าจะสามารถกำหนดทิศทางการเอียงของล้อโดยผ่านเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งการออกแบบให้ขับเคลื่อนคล้ายรถยนต์นี้จะทำให้การเลี้ยวและการเคลื่อนที่ตามเส้นทำได้ดี แต่ข้อจำกัดสำคัญคือหุ่นยนต์ไม่สามารถเลี้ยวอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่เป็นมุมฉากได้ สำหรับการออกแบบเพื่อให้เลี้ยวฉากได้ อาจจะทำโดยการออกแบบให้ล้อสามารถบิดตัวได้ 90 องศา หรือบางทีมได้เลือกใช้ระบบขับเคลื่อนแบบทุกทิศทาง (Omni-directional wheel) ซึ่งใช้มากในทีมจากต่างประเทศ [6]

แหล่งพลังงานที่ใช้ในการแข่งขัน ถูกกำหนดให้ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงไม่เกิน 24 โวลต์ [3] ซึ่งโดยมากจะใช้แบตเตอรี่ 2 รูปแบบคือ แบตเตอรี่แบบแห้ง (Sealed Lead Acid Battery) และแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมโพลิเมอร์ (LiPo, Lithium Polymer Battery) [7] ทั้งนี้แบตเตอรี่แบบ LiPo จะให้พลังงานในอัตราที่สูงกว่า น้ำหนักเบา แต่มีราคาแพงและดูแลรักษายากกว่า สำหรับระบบอิเล็กทรอนิกส์นั้น วงจรที่สำคัญคือวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ วงจรขับเซอร์โวมอเตอร์ วงจรแปลงสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับเข้าสู่ชุดควบคุม

ระบบตรวจจับที่ใช้ในการแข่งขันโดยมากจะแบ่งเป็น 4 กลุ่ม [8] ตามวัตถุประสงค์คือ กลุ่มแรกจะใช้เพื่อการเคลื่อนที่ตามเส้นที่กำหนดไว้เป็นตารางในสนาม กลุ่มที่สองเพื่อตรวจจับตำแหน่งของสนามและอุปกรณ์สนาม กลุ่มที่สามเพื่อตรวจจับระยะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และกลุ่มที่สี่เพื่อตรวจจับตำแหน่งปลายเทียนที่แกว่งอยู่บนผิวสะพาน ทั้งนี้การเลือกใช้ชนิดของเซนเซอร์ จะขึ้นอยู่กับกลยุทธ์และความพร้อมของแต่ละทีม

ระบบควบคุมจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ๆคือ ใช้ระบบ PLC [9] และระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยระบบ PLC มีข้อดีคือมีเสถียรภาพสูง ต่อกับอุปกรณ์ต่อพ่วงที่ใช้ไฟกระแสตรง 12 โวลต์ได้โดยตรง เขียนโปรแกรมง่าย ไม่ซับซ้อน ส่วนระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ มีจุดเด่นที่สามารถพัฒนาให้

ระบบมีความยืดหยุ่น รวมทั้งควบคุมงานที่ซับซ้อน อีกทั้งยังสามารถกำหนดสัญญาณแบบลูกคลื่น PWM เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ น้ำหนักเบา ต่อกับอุปกรณ์ได้ทั้งแบบอนาลอกและดิจิทัล

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบและกลยุทธ์การแข่งขัน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามกติกาการแข่งขัน หุ่นยนต์ทั้ง 3 ตัวได้ถูกออกแบบให้ทำหน้าที่ประสานกันโดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ซึ่งแต่ละช่วงหุ่นยนต์แต่ละตัวจะทำงานที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นการแสดงแผนผังภารกิจของหุ่นยนต์ในแต่ละช่วง

ช่วงที่ 1 *หุ่นยนต์บังคับด้วยมือ (ม.)* เคลื่อนที่เพื่อไปนำกระถางธูป 3 กระถาง ไปวางยังเสาของเขต Common Zone

ช่วงที่ 2 ให้*หุ่นยนต์อัตโนมัติตัวที่ 1 (อ.1)* นำกลีบกระทงและดอกไม้จากจุดวางชิ้นงาน ไปวางยังจุดเตรียมการ และให้*หุ่นยนต์อัตโนมัติตัวที่ 2 (อ.2)* หยิบฐานต้นเทียนไปวางไว้ที่จุดตกแต่งบนศาลา

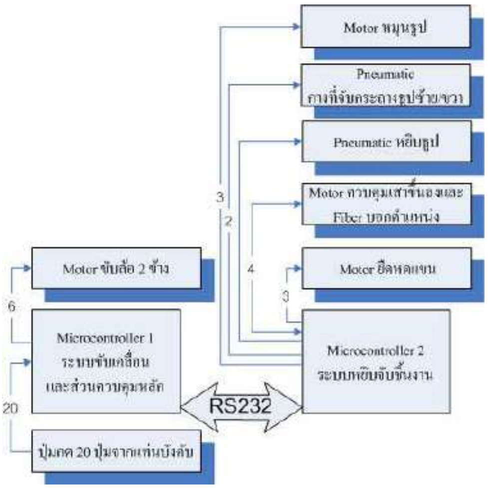
ช่วงที่ 3 ให้หุ่นยนต์ อ.2 ประกอบกระทงที่จุดตกแต่ง ขณะที่หุ่นยนต์ ม. จะนำธูปมาใส่บนกระทง ก่อนที่หุ่นยนต์ อ.2 จะนำไปลอยบนแม่น้ำ ขณะเดียวกันหุ่นยนต์ อ.1 ไปหยิบเปลวเทียนที่จุดวางและเคลื่อนที่ไปบนศาลาเพื่อเตรียมจุดเปลวเทียน

ช่วงที่ 4 เป็นช่วงที่หุ่นยนต์ อ.1 ปล่อยเปลวเทียนลงบนกระทงที่ถูกลอยอยู่บนแม่น้ำ

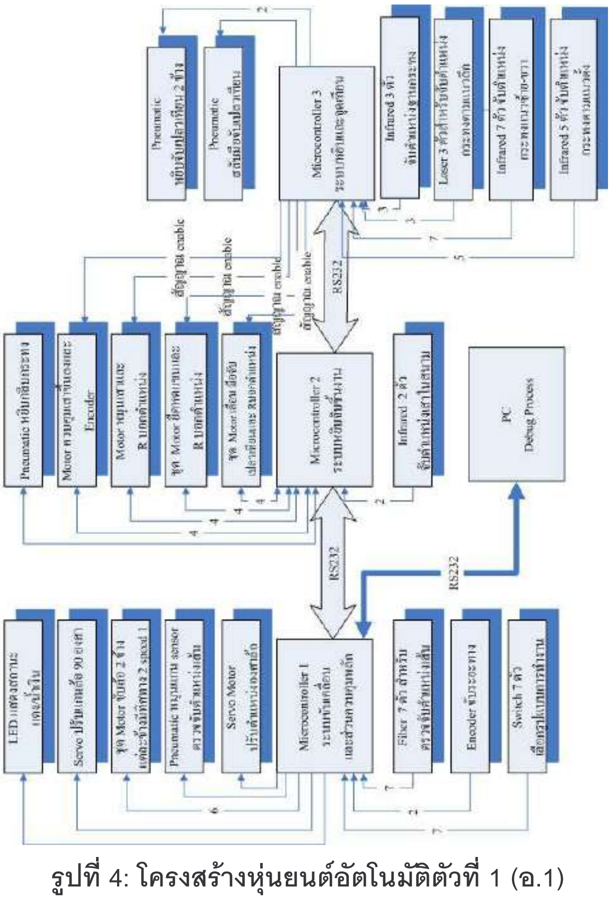
4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

หุ่นยนต์แต่ละตัวจะถูกออกแบบให้สามารถทำตามกลยุทธ์ที่วางไว้ โดยสรุปดังนี้

หุ่นยนต์ ม. สามารถหยิบจับกระถางธูปได้ 3 กระถางในครั้งเดียว สามารถหยิบจับธูปได้ 3 ดอกและยังสามารถหยิบฐานต้นเทียนไปวางบนจุดตกแต่งได้เพื่อเป็นระบบสำรองกรณีที่หุ่นยนต์อัตโนมัติทำภารกิจพลาด โดยระบบการควบคุมจะเป็นกึ่งอัตโนมัติเพื่อช่วยผู้บังคับหุ่นยนต์ กล่าวคือ ส่วนควบคุมจะทำการยกระดับของแขนจับ และระดับของการยืดแขนตามตำแหน่งของชิ้นงานในสนามเมื่อถึงจุดที่กำหนด โดยแผนผังการออกแบบหุ่นยนต์บังคับด้วยมือแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3: โครงสร้างหุ่นยนต์บังคับด้วยมือ (ม.)

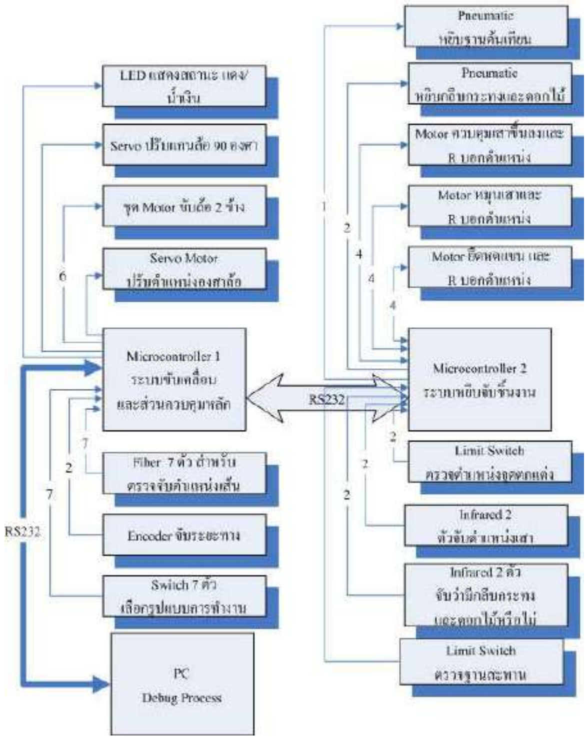


รูปที่ 4: โครงสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติตัวที่ 1 (อ.1)

หุ่นยนต์ อ.1 สามารถหยิบจับวางกลีบกระทงและดอกไม้ในจุดที่กำหนดโดยใช้ระบบลม และสามารถนำเปลวเทียน 2 เปลวไปปล่อยบนกระทงที่ลอยอยู่บนแม่น้ำได้ ทั้งนี้ระบบขับ

เคลื่อนจะใช้แบบ 4 ล้อโดยล้อและเซนเซอร์ตรวจจับเส้นสามารถบิดหมุนเป็นมุมฉากได้ เพื่อให้มีการเคลื่อนที่อย่างคล่องตัว สำหรับระบบการปล่อยเปลวเทียนจะใช้เซนเซอร์อินฟราเรดเพื่อจับตำแหน่งปลายกระทงในแนวราบและระดับความสูง ใช้เลเซอร์ตรวจจับระยะความลึก โดยแผนผังการออกแบบหุ่นยนต์นี้แสดงในรูปที่ 4

หุ่นยนต์ อ.2 ทำหน้าที่หยิบฐานต้นเทียนโดยใช้ระบบลมแล้วเคลื่อนที่ไปวางบนศาลา โดยการเคลื่อนที่จะเน้นการใช้เอนโคดเดอร์ และล้อแบบบิดฉากได้ สำหรับการประกอบกระทงจะใช้การหนีบทั้งกลีบกระทงและดอกไม้พร้อมกันโดยระบบลมและประกอบใส่ฐานต้นเทียนทีละชิ้น แผนผังการออกแบบหุ่นยนต์นี้แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5: โครงสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติตัวที่ 2 (อ.2)

5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบหุ่นยนต์ ผู้วิจัยได้จัดสร้างสนามแข่งขันจำลองที่สอดคล้องกับกติกาการแข่งขัน และได้จับเวลาทดสอบหุ่นยนต์ในแต่ละภารกิจ ภารกิจละ 50 ครั้ง ซึ่งผลที่ได้แสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้ข้อมูลเวลาที่ใช้เฉลี่ยจะนับเฉลี่ยเฉพาะครั้งที่ทำภารกิจสำเร็จเท่านั้น

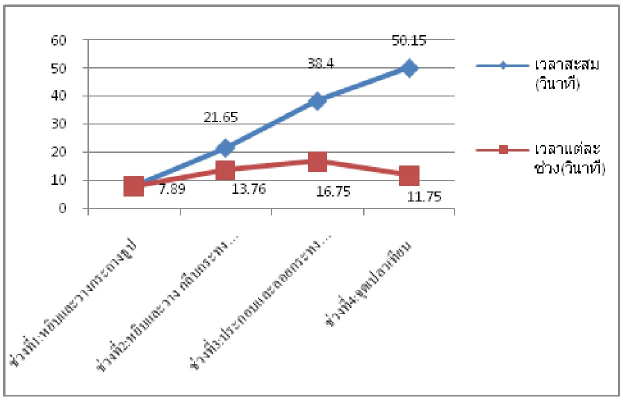
5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าในแต่ละภารกิจมีเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จในสัดส่วนที่สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ โดยครั้งที่ไม่สำเร็จส่วนมาก เป็นเพราะหุ่นยนต์หยุดไม่ตรงตำแหน่งและระบบตรวจสอบตำแหน่ง ของหุ่นยนต์ไม่สามารถจะชดเชยตำแหน่งที่คลาดเคลื่อนได้

ตารางที่ 1: เปอร์เซ็นต์ที่หุ่นยนต์ทำภารกิจสำเร็จและเวลาที่ใช้โดยเฉลี่ย

ช่วง	ภารกิจ	หุ่นยนต์	% สำเร็จ	เวลาเฉลี่ย(s)
1	นำกระถางธูปไปวางยังเขต Common Zone	ม.	96	7.63
2 – 3	นำธูปจาก Common Zone มารอประกอบกระทง	ม.	98	15.45
2	หยิบกลีบกระทงและดอกไม้มาไว้ในตัวหุ่นยนต์	อ.1	90	4.07
2	นำกลีบกระทงและดอกไม้มาไว้ที่จุดวางชิ้นงาน	อ.1	92	6.54
2	หยิบฐานต้นเทียนและกลับมาจุดเริ่มต้น	อ.2	90	2.84
2	นำฐานต้นเทียนมาไว้ที่จุดตกแต่ง	อ. 2	92	7.50
3	ประกอบกระทง	อ.2,ม.	90	9.86
3	นำกระทงไปลอยในแม่น้ำ	อ.2	98	3.79
3	หยิบเปลวเทียน	อ.1	90	8.05
3	เคลื่อนไปบนศาลาเตรียมปล่อยเปลวเทียน	อ.1	96	7.23
4	ปล่อยเปลวเทียนลงบนกระทง *	อ.1	92	12.15

*ถ้าปล่อยเทียนครั้งแรกพลาดจะสลับแขนจับและปล่อยอีกครั้ง



รูปที่ 6: เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติภารกิจ

นอกจากการทดสอบหุ่นยนต์ตามภารกิจแล้ว ยังมีการทดสอบจับเวลาตั้งแต่เริ่มปล่อยหุ่น จนกระทั่งสามารถจุดเทียนบนกระทงได้ ซึ่งการทดลองนี้ทดสอบรวม 20 ครั้ง ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 6

จากรูปที่ 6 เวลาเฉลี่ยในแต่ละเกมจะอยู่ที่ 50.15 วินาที โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานอยู่ที่ 7.76 ทั้งนี้ใน 20 ครั้งที่ทดลองหุ่นยนต์สามารถจุดเปลวเทียนได้ทุกครั้ง แต่มี 5 ครั้งที่ต้องขอ retry ทำให้เวลาในครั้งนั้นๆ ใช้มากกว่าปกติ และเวลาที่ดีที่สุดอยู่ที่ 37.75 วินาที

6. บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอแนวคิด ในการออกแบบโครงสร้างและสถาปัตยกรรมของหุ่นยนต์ที่ได้รับรางวัลชนะเลิศและการออกแบบยอดเยี่ยมจากการแข่งขันหุ่นยนต์นานาชาติ ABU Asia-Pacific Robot Contest 2011 ภายใต้หัวข้อ “ลอยกระทง จุดประกายแห่งความสุขด้วยมิตรภาพ”

จากการทดลองชุดหุ่นยนต์ที่ได้ออกแบบและพัฒนานี้ สามารถทำภารกิจทั้งหมดเสร็จในเวลาเฉลี่ย 50.15 วินาที โดยเวลาที่ดีที่สุดอยู่ที่ 37.75 วินาที และใช้เวลาทั้งหมด 63 วินาทีในการแข่งขันรอบชิงชนะเลิศระดับนานาชาติ ซึ่งสถิตินี้เป็นเวลาที่ดีที่สุดในการแข่งขันระดับนานาชาติ

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

จากการได้รับรางวัลระดับนานาชาติ แสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์ชุดนี้มีสมรรถนะและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งผู้วิจัยมีแผนที่จะพัฒนาต่อยอดหุ่นยนต์ชุดนี้เพื่อให้มีระบบตอบสนองอัตโนมัติ และใช้ระบบแขนกลของหุ่นยนต์ในการหยิบจับสิ่งของทั่วไปได้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Minoru Asada and Hiroaki Kitano. The robocup challenge. Robotics and Autonomous Systems, 29(1):3-12, 1999.

[2] Narongdech Keeratipranon, Frederic Maire, and Joaquin Sitte. Robot soccer KheperaSot league: Challenges and future direction. In Autonomous Minirobots for Research and Edutainment, pages 141–146, Fukui, Japan, 2005. Springer.

[3] Asia-Pacific Broadcasting Union, "Thailand wins ABU Robocon Grand Prix," 2011.

[4] Host Organizing Committee, "Theme & Rules Loy Krathong, Lighting Happiness with Friendship"," Bangkok 2011.

[5] R. Siegwart and I. R. Nourbakhsh, Introduction to autonomous mobile robots. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2004.

[6] B.-J. Yi and W. K. Kim, "The kinematics for redundantly actuated omnidirectional mobile robots," in IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2000, pp. 2485-2492.

[7] Gholam-Abbas Nazri and Gianfranco Pistoia, Lithium Batteries: Science and Technology: Springer, 2009.

[8] H. R. Everett, Sensors for Mobile Robots : Theory and Application. Wellesley, Massachusetts: A K Peters, Ltd., 1995.

[9] ผศ.ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ, เรียนรู้การใช้งาน PLC ฉบับสมบูรณ์ ไอดีซี, 2009.