การพัฒนาระบบบริการเชิงพื้นที่โดยใช้อาร์เอฟไอดีร่วมกับโทรศัพท์มือถือ

นายสิทธิพล พรรณวิไล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF LOCATION BASED SERVICE USING RFID AND MOBILE PHONES

Mr. Sittiphol Phanvilai

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for t he Degree of Master of Engineering Program in Computer Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบบริการเชิงพื้นที่โดยใช้อาร์เอฟไอดีร่วมกับโทรศัพท์มือถือ
โดย	นายสิทธิพล พรรณวิไล
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญชัย โสวรรณวณิชกุล)

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม)

.... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.อรรถวิทย์ สุดแสง)

.... กรรมการ

(อาจารย์เชษฐ พัฒโนทัย)

.... กรรมการ

(ดร.พศิน อิศรเสนา ณ อยุธยา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สิทธิพล พรรณวิไล : การพัฒนาระบบบริการเชิงพื้นที่โดยใช้อาร์เอฟไอดีร่วมกับโทรศัพท์มือถือ (DEVELOPMENT OF LOCATION BASED SERVICE USING RFID AND MOBILE PHONES). อาจารย์ที่ปรึกษา : อ.ดร.เศรษฐา ปานงาม, 53 หน้า

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาและการศึกษาการทำงานร่วมกันของโทรศัพท์มือถือและอาร์เอฟไอดีพร้อมทั้งทดสอบประสิทธิภาพและหาปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันเช่นพลังงานที่ใช้และสัญญาณรบกวน โดยทำการพัฒนาเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ติดต่อกับโทรศัพท์มือถือผ่านการสื่อสารไร้สายบลูทูธสร้างเป็นระบบบริการเชิงพื้นที่โดยมีโทรศัพท์มือถือเป็นส่วนต่อประสานผู้ใช้ ในระบบนี้ ข้อมูลตำแหน่งถูกเข้ารหัสข้อมูลเก็บในป้ายชื่อโดยใช้กลวิธีที่สามารถกู้คืนข้อมูลได้ในกรณีที่ข้อมูลที่ส่งออกเกิดความผิดพลาดเป็นบางส่วนอันเกิดจากสัญญาณรบกวน งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาหาปัญหาที่พบระหว่างการพัฒนาเครื่องอ่านดังกล่าวและนำเสนอวิธีการแก้ไขปรับปรุงปัญหาเหล่านั้น จากการทดสอบเครื่องอ่านที่พัฒนาเสร็จแล้วพบการรบกวนกันของสัญญาณเพียงเล็กน้อยจากภายในวงจรเองแต่ไม่พบการรบกวนจากบลูทูธและสัญญาณโทรศัพท์มือถือ ปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีใช้ค่อนข้างมาก ผลเสนอว่าอาร์เอฟไอดีมีประสิทธิภาพในด้านบริการเชิงพื้นที่สูงกว่าระบบระบุตัวตนชนิดอื่นที่มีอยู่แต่ก็ยังใช้พลังงานสูงกว่าแบบอื่นอยู่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	ลายมือชื่อนิสิต ....สิทธิพล พรรณวิไล..........
สาขาวิชา ....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....เศรษฐา..........
ปีการศึกษา 2550	

#4870516921 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING

KEYWORDS : RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION/ RFID/ LOCATION BASED SERVICE/ MOBILE PHONES/ BLUETOOTH

SITTIPHOL PHANVILAI : DEVELOPMENT OF LOCATION BASED SERVICE USING RFID AND MOBILE PHONES. THESIS ADVISOR : SETHA PAN-NGUM, Ph.D., 53 pp.

This research studies and develops an indoor location based service system using RFID and Mobile Phone. We study problems found through implementation process and potential usage problems such as noise and power over consumption. An RFID reader was developed. It communicates with user interface device, mobile phone, via Bluetooth. These form part of Location Based Service. Data stored in RFID Tag have been encoded using an error detection and error correction algorithm, which can restore data in case of data lost through noise. This research also studies the problems that could happen in an implementation process. Test results suggest that there is some signal interference between devices on the circuit board but not from bluetooth signal and GSM signal. Test also suggests that RFID reader consumes a large amount of battery. However, it is more effective than other automatic identification system in field of Location Based Service in some specific environments but still consumes more power.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department .... Computer Engineering ...   Student's signature ....

Field of study .... Computer Engineering ...   Advisor's signature ....

Academic year ..... 2007.................................

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เพราะได้รับการสนับสนุนและคำแนะนำด้วยดีตลอดมาจาก อาจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม ด้วยความรู้ใหม่ๆและแนวทางการวิจัยที่ท่านได้แนะนำมาทำให้เกิดเป็นวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้ขึ้นมา และต้องขอขอบพระคุณอาจารย์นครทิพย์ พร้อมพูล อย่างสูงที่ได้แนะนำข้าพเจ้าให้เรียนต่อระดับชั้นบัณฑิตศึกษาที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจนได้พานพบประสบการณ์ดีๆ นอกจากนี้ยังขอขอบพระคุณท่านคณะกรรมการทุกท่านจากใจจริง อันได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญชัย โสวรรณวณิชกุล ผู้เป็นประธานกรรมการ อาจารย์ ดร.อรรถวิทย์ สุดแสง อาจารย์เชษฐ พัฒโนทัย และ ดร.พศิน อิศรเสนา ณ อยุธยา ผู้เป็นกรรมการ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาให้คำชี้แนะแก่ข้าพเจ้าเพื่อให้ข้าพเจ้านำไปแก้ไขข้อบกพร่องทั้งตัวงานและตัวข้าพเจ้าเองไปพร้อมๆ กัน

ขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัว ไม่ว่าจะเป็นคุณพ่อ คุณแม่และพี่สาวสำหรับกำลังใจและการสนับสนุนทางด้านทุนการศึกษาตั้งแต่เด็กจนศึกษาจบในระดับบัณฑิตศึกษา รวมถึงคุณภคินี ศรีมังคละ ที่ให้กำลังใจข้าพเจ้าตลอดมาจนทำให้ผ่านเรื่องราวต่างๆไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆอันได้แก่ นายสรวิชญ์ ธนพานิชกูล และ นายณฤทธิ์ บุญให้เจริญ สำหรับความช่วยเหลือทั้งทางตรงและทางอ้อมจนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้ทำออกมาสำเร็จในที่สุด

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณจากใจสำหรับเหล่าคณาจารย์ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านสำหรับคำปรึกษา คำแนะนำและความอบอุ่นที่มีให้นิสิตอย่างข้าพเจ้าตลอด 7 ปีที่อยู่ในรั้วสีชมพูแห่งนี้ ข้าพเจ้าจะเก็บความทรงจำอันดีนี้อยู่ในใจข้าพเจ้าตลอดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ

กิตติกรรมประกาศ .... ฉ

สารบัญ .... ช

สารบัญตาราง .... ฎ

สารบัญรูปภาพ .... ฏ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.6 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 4

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 อาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification, RFID) 4

2.1.1 ความเป็นมา 4

2.1.2 หน่วยย่อยของระบบอาร์เอฟไอดี 5

2.1.3 เครื่องอ่านและเขียนอาร์เอฟไอดี (RFID Reader/Writer) 5

2.1.4 ส่วนแทค (Tag) 6

2.1.4.1 แทคแบบแอคทีฟ (Active Tag) 7

2.1.4.2 แทคแบบพาสซีฟ (Passive Tag) 7

2.1.5 หลักการในการสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านและแทค 7

2.2 โทรศัพท์มือถือ 8

หน้า

2.3 การสื่อสารไร้สายบลูทูธ 8
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 9
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
บทที่ 3 15
สถาปัตยกรรมระบบ 15
3.1 ส่วนประกอบของระบบ 15
3.2 โทรศัพท์มือถือ 15
3.3 ส่วนวงจรการอ่านอาร์เอฟไอดีที่ติดต่อกับอุปกรณ์อื่นผ่านการสื่อสารไร้สายบลูทูธ 16
3.3.1 โมดูลอ่านเขียนอาร์เอฟไอดี 16
3.3.2 อุปกรณ์บลูทูธ 17
3.3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 18
3.3.4 ส่วนแปลงแรงดันแหล่งจ่ายพลังงาน 18
3.3.5 ส่วนแปลงแรงดันสัญญาณ 19
3.3.6 การเชื่อมต่อองค์ประกอบทางฮาร์ดแวร์ 20
3.4 แทคอาร์เอฟไอดี 20
3.4.1 โปรโตคอล 20
3.4.2 การเก็บข้อมูล 20
บทที่ 4 23
การออกแบบและพัฒนาวงจรต้นแบบ 23
4.1 การออกแบบและพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์ 23
4.1.1 วงจรส่วนแปลงระดับแรงดันแหล่งจ่ายพลังงาน 23
4.1.2 วงจรส่วนบลูทูธโมดูล 24
4.1.3 วงจรส่วนส่วนแปลงระดับสัญญาณ 24
4.1.4 วงจรส่วนอาร์เอฟไอดีโมดูล 25
4.1.5 วงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ 25
4.2 การพัฒนาวงจร 26

หน้า

บทที่ 5......28
การพัฒนาซอฟต์แวร์......28
5.1 ซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์......28
5.1.1 ซอฟต์แวร์ส่วนระบบสื่อสารอนุกรม RS232 เสมือน......28
5.1.1.1 ระบบการสื่อสารอนุกรม RS232......28
5.1.1.2 สเตทแมชชีน......29
5.1.1.3 ซอร์สโค้ด......30
5.1.2 ส่วนประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากบลูทูธโมดูลและโมดูลอ่านเขียนอาร์เอฟไอดี..32
5.1.2.1 โปรโตคอล......32
5.1.3 อุปสรรคในการสร้างระบบการสร้างซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์......33
5.2 ซอฟต์แวร์โต้ตอบผู้ใช้บนโทรศัพท์มือถือ......34
5.2.1 ส่วนเชื่อมต่อบลูทูธ......34
5.2.2 ส่วนถอดรหัสข้อมูล......35
5.2.3 ส่วนต่อประสานผู้ใช้......36
บทที่ 6......38
การปรับปรุงระบบต้นแบบ......38
6.1 ประสิทธิภาพของระบบต้นแบบ......38
6.1.1 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และเวลาที่สามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง......38
6.1.2 ความเร็วในการตอบสนอง......38
6.2 ปัญหาที่พบ แนวคิดการแก้ปัญหาและการแก้ไขปรับปรุง......39
6.2.1 การลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้......39
6.2.1.1 การลดพลังงานส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์......39
6.2.1.2 การลดพลังงานส่วนอาร์เอฟไอดีโมดูล......39
6.2.1.3 การลดพลังงานส่วนบลูทูธโมดูล......40
6.2.2 สัญญาณรบกวนจากคลื่นที่ส่งออกมาจากอาร์เอฟไอดีโมดูล......40
6.2.3 การสูญหายของข้อมูลอันเนื่องมาจากปัจจัยอื่นๆ......42

หน้า

6.3 ประสิทธิภาพหลังจากการปรับปรุง 44
6.3.1 ด้านพลังงาน 44
6.3.2 ด้านความถูกต้องของข้อมูล 44
บทที่ 7 45
การทดสอบและผลการทดสอบ 45
7.1 ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น 45
7.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับระบบระบุตัวตนอัตโนมัติชนิดอื่นๆ 45
7.3 อัตราการสูญเสียของข้อมูลเมื่อมีการทำงานร่วมกันระหว่างบลูทูธและอาร์เอฟไอดี 45
7.4 อัตราการสูญเสียของข้อมูลจากสัญญาณโทรศัพท์มือถือ 46
7.5 วิเคราะห์ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในทางทฤษฎี 47
บทที่ 8 48
บทสรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อ 48
8.1 บทสรุป 48
8.2 ข้อจำกัดของระบบ 48
8.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ 48
8.3.1 การพัฒนาต่อด้านประหยัดพลังงาน 49
8.3.2 การพัฒนาต่อด้านความปลอดภัยของข้อมูล 49
8.3.3 การขยายความสามารถของระบบ 49
8.3.4 แก้ปัญหาข้อมูลสูญหายจากซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ 49
รายการอ้างอิง 50
ภาคผนวก 1 53
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 57

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 - ย่านความถี่ต่างๆของระบบอาร์เอฟไอดีและการใช้งาน 5
ตาราง 2 – การสำรองค่าที่ขาสัญญาณ BTTxD และ RFIDRxD...31
ตาราง 3 – การเรียงของเสตทแมชชีน 31
ตาราง 4 – ปริมาณข้อมูลที่เสียหาย 42
ตาราง 5 – ตารางเปรียบเทียบผลการทดสอบกับระบบอื่นๆ 45
ตาราง 6 – ผลการทดสอบการสูญเสียข้อมูลอันเนื่องมาจากสัญญาณโทรศัพท์มือถือ......................46

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 – ระบบโดยรวมของอาร์เอฟไอดี 5
รูปที่ 2 – ส่วนแทค 6
รูปที่ 3 – การสื่อสารระหว่างแทคและตัวอ่าน 8
รูปที่ 4 – ระบบช่วยเหลือลูกค้าในการซื้อของในห้างสรรพสินค้า 10
รูปที่ 5 – เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่อยู่ในรูปฝาครอบแบต 11
รูปที่ 6 – ภาพระบบเสมือนจริงการใช้งานอาร์เอฟไอดีร่วมกับโทรศัพท์มือถือ 11
รูปที่ 7 - การนำแผนที่จริงมาใช้เล่นเกมแพคแลน 12
รูปที่ 8 - ภาพโดยรวมของเครือข่ายเกมแพคแลน 12
รูปที่ 9 – การพิมพ์เอกสารโดยการสัมผัสเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีกับแทค 13
รูปที่ 10 – แทครูปแบบต่างๆ 13
รูปที่ 11 – สถาปัตยกรรมระบบ 15
รูปที่ 12 – โทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการซิมเบี้ยน 16
รูปที่ 13 – เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีสำเร็จรูป 16
รูปที่ 14 – โมดูลอ่านอาร์เอฟไอดี 17
รูปที่ 15 – อุปกรณ์บลูทูธ 17
รูปที่ 16 – หีบห่อแบบ TQFP ของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 18
รูปที่ 17 – แบตเตอรี่ที่ถูกเลือกใช้ในงานวิจัย 19
รูปที่ 18 – ส่วนแปลงแรงดันแหล่งจ่ายพลังงาน 19
รูปที่ 19 – การเชื่อมต่อองค์ประกอบทางฮาร์ดแวร์ 20
รูปที่ 20 – โครงสร้างการเก็บข้อมูลภายในแทค 21
รูปที่ 21 – ตำแหน่งของแทคเทียบกับจุดอ้างอิงในแผนที่ 22
รูปที่ 22 – รูปแบบข้อมูลที่เก็บในแทค 22
รูปที่ 23 – วงจรแปลงแรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็น 5 โวลต์ 23
รูปที่ 24 – วงจรแปลงแรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็น 3.3 โวลต์ 23
รูปที่ 25 - การเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารข้อมูลแบบ RS232 ของอุปกรณ์บลูทูธ 24

หน้า

รูปที่ 26 – วงจรแปลงสัญญาณจาก 5 โวลต์เป็น 3.3 โวลต์....24
รูปที่ 27 - การเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารข้อมูลแบบ RS232 ของอาร์เอฟไอดีโมดูล....25
รูปที่ 28 – วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์....26
รูปที่ 29 – วงจรต้นแบบ....27
รูปที่ 30 – ภาพรวมของซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์....28
รูปที่ 31 – รูปแบบของคลื่นสัญญาณของการสื่อสารอนุกรม RS232....28
รูปที่ 32 – สเตทแมชชีนของส่วนระบบสื่อสารอนุกรม RS232 เสมือน....29
รูปที่ 33 - แผนภาพลำดับแสดงการเดินทางของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ....33
รูปที่ 34 – การเชื่อมต่อองค์ประกอบทางซอฟต์แวร์บนโทรศัพท์มือถือ....34
รูปที่ 35 – แผนภาพลำดับแสดงการติดต่อบลูทูธ....35
รูปที่ 36 – หน้าจอตัวอย่างโปรแกรมบริการเชิงพื้นที่บนโทรศัพท์มือถือ....36
รูปที่ 37 – ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมแสดงตำแหน่งปัจจุบันหลังจากอ่านข้อมูล....36
รูปที่ 38 – กราฟกระแสไฟฟ้าที่ใช้สำหรับสัญญาณนาฬิกาต่างๆ....39
รูปที่ 39 – การเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานของโหมดอ่านข้อมูลต่อเนื่อง....40
รูปที่ 40 – การสั่นของกราวด์เนื่องจากคลื่นวิทยุที่ส่งออกมาจากอาร์เอฟไอดีโมดูล....41
รูปที่ 41 – วงจรต้นแบบที่มีกราวด์เพลน....41
รูปที่ 42 – โครงสร้างข้อมูลหลังทำการปรับปรุงแล้ว....43

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บริการเชิงพื้นที่ หรือ Location-Based Service เป็นบริการหาตำแหน่งผู้ใช้และสร้างเป็นบริการที่ให้ผลการทำงานต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ที่ผู้ใช้อยู่ มีทั้งแบบกลางแจ้งและแบบภายในอาคาร [1] แบบกลางแจ้งมีวิธีทำอยู่หลายวิธีด้วยกันเช่น การหาตำแหน่งผ่านเสาสัญญาณของเครือข่ายโทรศัพท์มือถือหรือที่เรียกว่าเซลล์ไซต์ (Cell-Site) ด้วยวิธีการอ้างอิงจากตำแหน่งเสานั้นๆ และการหาตำแหน่งผ่านสัญญาณดาวเทียมหรือที่เรียกว่าจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) ที่จะนำตำแหน่งของดาวเทียมที่ได้รับสัญญาณหลายๆดวงมาคำนวณ ส่วนแบบภายในอาคารจะเน้นไปทางการวางระบบเช่น การฝังจุดรับสัญญาณไว้ตำแหน่งต่างๆแล้วหาตำแหน่งผ่านคลื่นวิทยุ การวางรหัสแท่งหรือฝังแม่เหล็กเพื่อบอกตำแหน่งเมื่อตัวอ่านเคลื่อนผ่าน เป็นต้น ส่วนใหญ่จะใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งของหุ่นยนต์ในอาคาร เพื่อการทำระบบอัตโนมัติต่างๆ ในการหาตำแหน่งกลางแจ้งล้วนแล้วแต่เป็นระบบที่มีอยู่แล้ว แต่เป็นการนำมาใช้เสียเป็นส่วนใหญ่ ยกตัวอย่างเช่นระบบนำร่องผ่านดาวเทียม เราไม่สามารถวางระบบเพิ่มเติมได้เท่าใดนัก ในงานวิจัยนี้จะให้ความสนใจระบบบริการเชิงพื้นที่ภายในอาคาร สำหรับบริการเชิงพื้นที่ภายในอาคารนั้น ถ้าหากคำนึงถึงแต่การระบุตัวตนด้วยการอ่านรหัส เช่น บาร์โค้ด บาร์โค้ดสองมิติ สภาพแวดล้อมของแต่ละสถานที่จะมีผลโดยตรงต่อการใช้งาน เนื่องจากบาร์โค้ดและบาร์โค้ดสองมิติจำเป็นต้องใช้แสงเพื่ออ่านข้อมูล แต่ในบางสถานที่เช่นพิพิธภัณฑ์ อาจจะต้องเปิดไฟสลัวในบางจุด ส่งผลให้บาร์โค้ดและบาร์โค้ดสองมิติใช้งานไม่ได้ อาร์เอฟไอดี (RFID, Radio Frequency Identification) เป็นเทคโนโลยีการระบุตัวตนที่มีแนวโน้มว่าจะถูกใช้งานอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวันในอนาคต เหมือนเช่นที่รหัสแท่งหรือบาร์โค้ด (Barcode) เป็นอยู่ในปัจจุบัน จึงเป็นเทคโนโลยีต่อมาที่ถูกคำนึงถึง ด้วยเหตุผลที่ว่า ไม่ต้องสัมผัสถูกตัวอ่านเวลาอ่าน ตัวอ่านอาร์เอฟไอดีสามารถอ่านแทคได้มากกว่า 1 ชิ้นในเวลาเดียวกันและยังใช้ได้ในทุกสภาวะแวดล้อมอีกด้วย [2] ทุกวันนี้จึงมีงานวิจัยเกี่ยวกับอาร์เอฟไอดีขึ้นมาเป็นจำนวนมาก หนึ่งในนั้นเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้งานร่วมกันของอาร์เอฟไอดีและโทรศัพท์มือถือ [3-8] ด้วยเหตุผลที่ว่าโทรศัพท์มือถือเป็นสิ่งที่คาดว่าจะมาแทนคอมพิวเตอร์พกพาในอนาคตได้เนื่องจากมีขนาดเล็กและมีระบบปฏิบัติการในตัวอีกด้วย รวมถึงที่ทุกวันนี้โทรศัพท์มือถือถูกพัฒนาให้สามารถทำสิ่งต่างๆได้หลายอย่าง โดยการติดตั้งอุปกรณ์หลายๆชนิดไว้ เช่น บลูทูธ แลนไร้สาย เป็นต้น กอปรกับมีงานวิจัยเกี่ยวกับอาร์เอฟไอดีของโนเกียที่มีออกมาอย่างต่อเนื่อง [9] ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงคาดว่าในอนาคตอาร์เอฟไอดีมีโอกาสที่จะเป็นอีกมาตรฐานหนึ่งที่จะต้องถูกใส่เข้าไปในโทรศัพท์มือถือ งานวิจัยชิ้นนี้จึงจะทำการพัฒนาวงจรต้นแบบของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ทำงาน

ร่วมกับโทรศัพท์มือถือด้วยการติดต่อผ่านการสื่อสารไร้สายบลูทูธเพื่อมาใช้ในการให้บริการระบุตำแหน่งเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการให้บริการเชิงพื้นที่

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

พัฒนาวงจรต้นแบบของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีและระบบบริการเชิงพื้นที่โดยใช้การทำงานร่วมกันระหว่างอาร์เอฟไอดีและโทรศัพท์มือถือแบบสลับตำแหน่งผ่านการสื่อสารไร้สายบลูทูธเพื่อหาข้อจำกัดและปัญหาของการใช้งานร่วมกันระหว่างอาร์เอฟไอดีและโทรศัพท์มือถือ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- พัฒนาวงจรต้นแบบของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีแบบพกพาที่สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางการสื่อสารไร้สายบลูทูธ
- พัฒนาโปรแกรมบริการเชิงพื้นที่บนโทรศัพท์มือถือเพื่อเชื่อมต่อกับวงจรเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีและทดสอบการทำงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้วงจรต้นแบบของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีเพื่อให้นักพัฒนานำไปต่อยอด
- ได้ข้อจำกัดในการใช้งานร่วมกันระหว่างอาร์เอฟไอดีและบลูทูธ จากขั้นตอนการสร้าง
- ได้ข้อจำกัดในการใช้งานร่วมกันระหว่างอาร์เอฟไอดีและโทรศัพท์มือถือ จากขั้นตอนการสร้าง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- ศึกษาค้นคว้างานวิจัยและผลงานที่เกี่ยวกับอาร์เอฟไอดี รวมถึงงานวิจัยที่มีการนำอาร์เอฟไอดีมาทำงานร่วมกับโทรศัพท์มือถือด้วย
- หาอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการทำวิจัย
- พัฒนาวงจรต้นแบบของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีและโปรแกรมบริการเชิงพื้นที่ที่เชื่อมต่อกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีผ่านบลูทูธบนโทรศัพท์มือถือ
- ทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือและเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีพกพาด้วยโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ
- สรุปผลการวิจัย
- เขียนเอกสารวิทยานิพนธ์

1.6 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ได้รับการตอบรับให้ตีพิมพ์เป็นบทความทางวิชาการในหัวข้อเรื่อง “Location Based Service using RFID and Mobile Phones” โดย สิทธิพล พรรณวิไล และ เศรษฐา ปานงาม ในงานประชุมวิชาการ “National Computer Science and Engineering Conference 2007 (NCSEC2007)” ณ โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ กรุงเทพมหานครในระหว่างวันที่ 19 - 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

2.1 อาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification, RFID)

2.1.1 ความเป็นมา

[1][2] ระบบ Radio Frequency IDentification (RFID) เป็นนวัตกรรมที่กำลังเข้ามาแทนที่ระบบรหัสแท่งแบบเดิมที่ถูกใช้มาตั้งแต่ปี 1970 และเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุเข้ามาช่วยอ่านค่าสินค้าหรือรหัสเฉพาะตัวของสินค้าโดยไม่จำเป็นต้องนำสินค้านั้นไปแนบติดกับเครื่องอ่านหรืออุปกรณ์อ่านค่าอย่างระบบบาร์โค้ด และสามารถนำอาร์เอฟไอดีไปติดหรือฝัง (Embedded) ไว้ที่จุดใดจุดหนึ่งของสินค้าได้ เนื่องจากมีขนาดเล็กมากๆ จึงสามารถนำไปติดไว้ที่รถขนของ เสื้อผ้า หรือสิ่งต่างๆได้ตามความต้องการของเรา ในขณะที่ระบบบาร์โค้ดปัจจุบันมีข้อจำกัดที่ต้องเอาสินค้ามาวางที่เครื่องอ่านทีละชิ้นและต้องวางให้ได้ระนาบถูกต้อง แต่เครื่องอ่านสัญญาณของอาร์เอฟไอดีสามารถจับสัญญาณของสินค้าได้พร้อมๆ กันหลายๆ ชิ้น รวมทั้งสามารถจับสัญญาณนั้นๆ ได้แม้ว่าสินค้าจะอยู่ห่างหรืออยู่ในระยะไกลจากเครื่องอ่านหรือพนักงานของห้าง ทำให้สามารถอ่านข้อมูลจากส่วนแทคอาร์เอฟไอดี(Tag)ได้ครั้งละจำนวนมากๆ หรืออย่างน้อย 50 ป้ายต่อวินาที โดยมีระยะที่เหมาะสมในการอ่านแทคอยู่ระหว่าง 3 เซนติเมตรถึง 10 เมตร

นอกจากนั้น เรายังสามารถนำเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีมาใช้ทำงานด้านอื่นๆ ได้ เช่น การบริหารคลังสินค้า การควบคุมอุณหภูมิ การติดตามสินค้าที่หายหรือถูกขโมย การควบคุมอุณหภูมิในช่วงขนส่ง หรือแม้แต่นำไปใช้ในสภาพแวดล้อมที่เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายกับมนุษย์ เช่น สถานที่/ห้องที่สกปรกเป็นห้องปิดทึบหรือในอุโมงค์ใต้ดินที่มีอากาศเบาบางหรือไม่มีระบบระบายอากาศที่เหมาะสมและได้มาตรฐาน หรือบริเวณ/พื้นที่ที่มีการรั่วของสารเคมีสารพิษในระดับอันตราย เป็นต้น [1]

อาร์เอฟไอดีเป็นไมโครชิปหรือ Digital Chip ที่มีขนาดเพียงไม่กี่ไมครอนเท่านั้นแต่มีขีดความสามารถเก็บข้อมูลต่างๆได้จำนวนมาก ด้วยสายอากาศที่ฝังไว้โดยรอบของชิปทำให้สามารถติดต่อประสานงานกับเครือข่ายหรือโอนถ่ายข้อมูลเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลหรือคลังสินค้าได้ ระบบอาร์เอฟไอดีมีลักษณะคล้ายกับระบบบาร์โค้ดแต่เป็นระบบบาร์โค้ดอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการติดต่อกับส่วนที่ไว้เก็บข้อมูล ระบบอาร์เอฟไอดีประกอบด้วยส่วนหลักๆ 2 ส่วน ได้แก่ เครื่องอ่านและเขียน (Reader/Writer) และแทค (Tag) ประกอบกันเป็นระบบดังรูปที่ 1 โดยในส่วนข้อมูลของสินค้าจะถูกบันทึกไว้ในชิปขนาดเล็กที่ติดอยู่กับตัวแทค ซึ่งในส่วนเครื่องอ่านและเขียนนี้จะมีเสารับสัญญาณเล็กๆติดไว้เพื่อใช้ในการสร้างสัญญาณและพลังงานสำหรับการ

ติดต่อสื่อสารกับส่วนแทค ดังนั้นเมื่อสินค้าที่ติดป้าย RFID เคลื่อนที่ผ่านเครื่องอ่านหรืออุปกรณ์อ่านค่าในระยะห่างพอประมาณ แทคดังกล่าวจะปล่อยสัญญาณที่ระบุข้อมูลที่เป็นรหัสเฉพาะของสินค้านั้นออกมาและเครื่องอ่านหรืออุปกรณ์อ่านค่าจะทำการอ่านและถอดรหัสส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลางที่ใช้ในการบริหารระบบควบคุมคลังสินค้า (Supply Chain) ทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้านี้จะปรากฏออกมาให้เห็นได้ทันที เช่น รหัสสินค้า ราคา สถานที่เก็บสินค้า จำนวนของสินค้าที่อยู่ในสต็อก เป็นต้น

รูปที่ 1 – ระบบโดยรวมของอาร์เอฟไอดี [2][11]

2.1.2 หน่วยย่อยของระบบอาร์เอฟไอดี

อาร์เอฟไอดีประกอบด้วยหน่วยย่อยสองส่วนทำงานประสานกันอันได้แก่เครื่องอ่านและเขียนอาร์เอฟไอดีและส่วนแทค

2.1.3 เครื่องอ่านและเขียนอาร์เอฟไอดี (RFID Reader/Writer)

บางครั้งจะเรียกว่า Interrogator จะเป็นตัวส่งสัญญาณไปยังส่วนแทค ซึ่งสัญญาณที่ส่งไปจะถูกแยกออกเป็นคลื่นพาหะและคลื่นสัญญาณ ตัวคลื่นพาหะจะแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานเพื่อจ่ายให้กับวงจรภายในแทค ส่วนคลื่นสัญญาณจะถูกนำไปใช้ในการอ่านหรือเขียนตามที่สั่ง จากนั้นแทคจะส่งสัญญาณตอบกลับมายังเครื่องอ่าน สำหรับเครื่องอ่านนี้จะมีระยะการทำงานแตกต่างกันตามความถี่ของคลื่นวิทยุ มีทั้งแบบคลื่นความถี่ต่ำ (LF, Low Frequency) จนถึงคลื่นความถี่สูงมาก (UHF, Ultra-High Frequency) เป็นผลทำให้ระยะทำงานจะแตกต่างกันตั้งแต่ 3 ซม.จนถึง 10 เมตร ดังตาราง 1 [2]

ตาราง 1 - ย่านความถี่ต่างๆของระบบอาร์เอฟไอดีและการใช้งาน

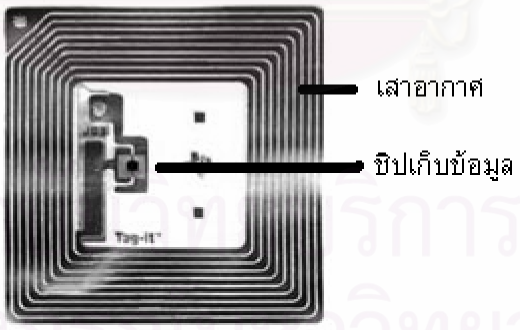
ย่านความถี่	คุณลักษณะ	การใช้งาน
ย่านความถี่ต่ำ 100-500 kHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 125 kHz	- ต้นทุนไม่สูง - ความเร็วในการอ่านข้อมูลต่ำ - ความถี่ในย่านนี้เป็นที่แพร่หลายทั่วโลก	-Access Control -ปศุสัตว์ -ระบบคงคลัง -รถยนต์

ย่านความถี่	คุณลักษณะ	การใช้งาน
ย่านความถี่กลาง 10-15 MHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 13.56 MHz	- ราคามีแนวโน้มถูกลงในอนาคต - ความเร็วในการอ่านข้อมูลปานกลาง - ความถี่ในย่านนี้เป็นที่แพร่หลายทั่วโลก	-Access Control -สมาร์ทการ์ด
ย่านความถี่สูง 850-950 MHz และ 2.4-5.8 GHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 2.45 GHz	- ระยะการรับส่งข้อมูลไกล (10 เมตร) -ความเร็วในการอ่านข้อมูลสูง -ราคาแพง	-รถไฟ -ระบบเก็บค่าผ่านทาง

ในส่วนของตัวอ่านนี้จะมีอยู่หลายลักษณะหลายขนาด ทั้งนี้การจะเลือกความถี่ใดและขนาดใดก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละงานและประเทศที่ใช้งานอีกด้วย เนื่องจากแต่ละประเทศจะมีการจัดสรรความถี่คลื่นวิทยุไม่เหมือนกัน ส่วนของเครื่องอ่านจะมีราคาค่อนข้างสูง ยิ่งระยะการทำงานสูงราคาก็จะยิ่งสูงขึ้นตาม

2.1.4 ส่วนแทค (Tag)

ส่วนแทคจะเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลเอาไว้ จะประกอบด้วยสองส่วนหลักๆได้แก่เสาอากาศ (Antenna) และชิปเล็กๆที่ไว้เก็บข้อมูล ดังรูปที่ 2 [11]



รูปที่ 2 – ส่วนแทค [11]

มีอยู่ 2 ประเภทด้วยกันได้แก่ แบบพาสซีฟและแบบแอคทีฟ [12] [13] ซึ่งมีคุณสมบัติและส่วนประกอบบางอย่างแตกต่างกันออกไป ดังนี้

2.1.4.1 แทคแบบแอคทีฟ (Active Tag)

แทคที่มีส่วนจ่ายพลังงานในตัว ซึ่งการที่มีส่วนจ่ายพลังงานนี้ทำให้แทคชนิดนี้มีขนาดใหญ่ หนาและมีอายุจำกัดตามอายุของส่วนจ่ายพลังงาน แต่ถ้ามีการออกแบบวงจรให้ใช้กระแสน้อยๆก็อาจจะมีอายุการใช้งานนับสิบปี นอกจากนั้นบางชนิดยังสามารถถอดเปลี่ยนส่วนจ่ายพลังงานเองได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานไม่จำกัดได้ แต่จำเป็นต้องคอยเปลี่ยนส่วนจ่ายพลังงาน ซึ่งเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่ง ข้อดีของแทคชนิดนี้คือสามารถสื่อสารกับตัวอ่านได้ไกลกว่าชนิดพาสซีฟและทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดี

2.1.4.2 แทคแบบพาสซีฟ (Passive Tag)

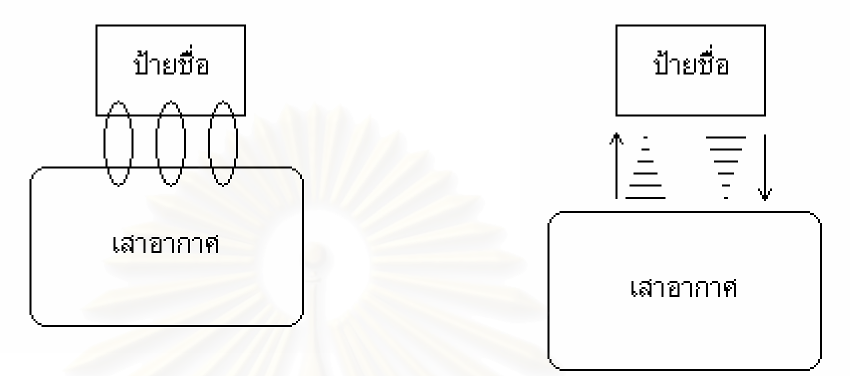
เป็นแทคที่ไม่มีส่วนจ่ายพลังงานในตัว แต่จะอาศัยพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวอ่านแทน เป็นเหตุผลที่ทำให้แทคชนิดนี้จึงมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบากว่าชนิดแอคทีฟอีกทั้งราคายังถูกกว่าและมีอายุการใช้งานไม่จำกัดอีกด้วย แต่ข้อเสียก็มีเช่นกัน เพราะว่าระยะการรับส่งข้อมูลจะใกล้มาก เนื่องจากต้องรับพลังงานจากการเหนี่ยวนำของเครื่องอ่านนั่นเอง ทำให้ตัวอ่านที่สามารถอ่านแทคชนิดนี้ได้จะต้องมีความไวสูงจึงจะอ่านได้ นอกจากนั้นแทคชนิดนี้ยังมีความทนต่อสัญญาณรบกวนต่ำ ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนได้เลย แต่ข้อได้เปรียบด้านราคาและอายุการใช้งาน ทำให้แทคแบบพาสซีฟจึงเป็นที่นิยมมากกว่า

หากเปรียบเทียบข้อดีของบาร์โค้ดกับอาร์เอฟไอดีที่อาจจะถูกนำมาใช้แทนบาร์โค้ดในอนาคต จะพบว่าอาร์เอฟไอดีมีประโยชน์ทางด้านเทคนิคสูงกว่าในหลายด้านอาทิเช่น สามารถอ่านและเขียนข้อมูลในแทคได้ ในขณะที่บาร์โค้ดทำไม่ได้ ทำให้เราสามารถนำแทคของอาร์เอฟไอดีกลับมาใช้ใหม่ได้เรื่อยๆ แต่ถ้าเป็นบาร์โค้ดหากเราต้องการแทคที่ข้อมูลต่างออกไปเราจำเป็นต้องพิมพ์ใหม่เท่านั้น อีกหนึ่งข้อดีของอาร์เอฟไอดีคือการที่อาร์เอฟไอดีส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ ทำให้การรับส่งข้อมูลจึงสามารถทะลุผ่านตัวกลางบางชนิดเช่นน้ำ รวมทั้งวัตถุทึบแสงบางประเภทได้ ส่งผลให้การใช้งานสะดวกกว่าบาร์โค้ดมาก แต่ข้อจำกัดที่ทำให้ไม่เป็นที่นิยมอยู่ในทุกวันนี้คือต้นทุนการผลิตอาร์เอฟไอดียังสูงและผลิตยากกว่าบาร์โค้ดมาก เพราะบาร์โค้ดสามารถผลิตโดยการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ได้ทันที แต่แทคอาร์เอฟไอดีเป็นวงจรจำเป็นต้องซื้อเป็นบัตรสำเร็จรูปมาเท่านั้น

2.1.5 หลักการในการสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านและแทค

หลักการของการสื่อสารระหว่างแทคและตัวอ่านคือการมอดูเลต (Modulate) ข้อมูลกับคลื่นพาหะที่เป็นคลื่นความถี่วิทยุโดยมีเสาอากาศ (Antenna) ที่อยู่ในตัวอ่านเป็นตัวรับและส่งคลื่นซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีได้แก่ วิธีเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Inductive Coupling หรือ Proximity

Electromagnetic) ซึ่งเสาอากาศจะส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปเหนี่ยวนำและอ่านข้อมูลจากสัญญาณที่ได้รับกลับมาดังรูปที่ 3ก ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Propagation Coupling) เป็นวิธีการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปยังแทค เมื่อแทคได้รับพลังงานก็จะส่งข้อมูลกลับไปในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากลับไปยังเครื่องอ่าน ดังรูปที่ 3ข



(ก) วิธีเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า **(ข) วิธีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า**

รูปที่ 3 – การสื่อสารระหว่างแทคและตัวอ่าน

2.2 โทรศัพท์มือถือ

โทรศัพท์มือถือเป็นอุปกรณ์สื่อสารที่มีขนาดเล็กและถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่โทรศัพท์แบบที่ใช้โทรศัพท์อย่างเดียว โทรศัพท์ที่สามารถลงโปรแกรมที่เขียนด้วยจาวามิดเลต (Java MIDLET) ได้ จนถึงโทรศัพท์ที่มีระบบปฏิบัติการแบบเปิดหรือเรียกว่าสมาร์ทโฟนซึ่งเป็นประเภทของโทรศัพท์มือถือที่เลือกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โทรศัพท์ประเภทสมาร์ทโฟนนี้เปิดกว้างให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรมเข้าไปใช้งานได้อย่างอิสระ หรืออีกนัยหนึ่งเราสามารถเทียบโทรศัพท์เหล่านี้ได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์พกพาขนาดเล็กนั่นเอง ด้วยความสามารถที่เปิดให้นักพัฒนาสามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์และอุปกรณ์ต่างๆในเครื่องเช่นบลูทูธได้อย่างเต็มที่ และยังมีใช้กันอย่างแพร่หลาย ด้วยเหตุผลเหล่านี้ผู้วิจัยจึงนำสมาร์ทโฟนมาใช้เป็นส่วนประสานงานกับผู้ใช้

2.3 การสื่อสารไร้สายบลูทูธ

เนื่องจากว่าอาร์เอฟไอดีและโทรศัพท์มือถืออยู่คนละส่วนกัน จึงจำเป็นต้องมีการสื่อสารระหว่างกัน สำหรับการสื่อสารมีอยู่หลายแบบด้วยกัน ทั้งแบบมีสายและแบบไร้สาย ตัวอย่างของการสื่อสารแบบมีสายที่เป็นมาตรฐานคือการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Interface) แต่ด้วยข้อจำกัดว่า โทรศัพท์มือถือบางเครื่องไม่มีพอร์ตอนุกรม และสำหรับเครื่องที่มีก็ไม่มีพอร์ตต่อภายนอกแบบมาตรฐานเหมือนกับคอมพิวเตอร์ การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมกับโทรศัพท์มือถือจึงไม่สามารถนำไปใช้ได้จริง ด้วยความไม่สะดวกในระบบการสื่อสารที่มีสาย และข้อจำกัดข้างต้น จึง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จำเป็นต้องพิจารณาการสื่อสารแบบไร้สายที่เป็นมาตรฐานบนโทรศัพท์มือถือ เช่น อินฟราเรด บลูทูธและแลนไร้สาย สำหรับอินฟราเรดนั้นมีข้อจำกัดในความไม่สะดวกในการใช้งาน เพราะจะต้องมีเส้นตรงการส่งข้อมูล (Line of Sight) ส่วนแลนไร้สายเป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงและยังไม่เป็นที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในโทรศัพท์มือถือมากนัก จึงเหลือการสื่อสารไร้สายบลูทูธที่มีความเหมาะสมกับงานวิจัยชินนี้ด้วยเหตุผลที่ว่าเป็นมาตรฐานหนึ่งที่มีอยู่ในโทรศัพท์มือถืออยู่แล้ว โดยใช้ช่วงความถี่ที่ 2.4 GHz ISM (Industrial, Scientific and Medical) และใช้เทคโนโลยีที่ชื่อว่า FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum) ในการสื่อสาร หลักการทำงานคือแบ่งช่องสัญญาณในช่วงความถี่ระหว่าง 2.402 GHz ถึง 2.480 GHz นี้ออกเป็น 79 ช่อง และจะใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ในการส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ตัวอย่างเช่น ใช้ช่องที่ 1 ช่องที่ 2 จนไปถึงช่องที่ 79 แล้ววนซ้ำมาช่องที่ 1 อีกครั้ง จนครบ 1,600 ครั้ง ด้านการใช้งาน บลูทูธมีระยะทำงานพอเหมาะประมาณ 10 ถึง 100 เมตร ไม่จำเป็นต้องมีเส้นตรงการส่งข้อมูล (Line of Sight) และสามารถติดต่อได้ถึง 80 อุปกรณ์ในบริเวณเดียวกัน โดยจะไม่มีปัญหาข้อมูลที่ส่งจะถูกส่งไปผิดอุปกรณ์ เพราะบลูทูธจะทำการจัดการส่งข้อมูลให้ไปถึงปลายทางโดยอ้างอิงจากเลขประจำตัวบลูทูธ (Bluetooth Address) ที่จะแตกต่างกันไปในแต่ละอุปกรณ์ ทั้งนี้ทั้งเครื่องส่งและเครื่องรับจะได้รับเลขประจำตัวบลูทูธจากขั้นตอนการเริ่มเชื่อมต่อที่ผู้ใช้จำเป็นต้องเลือกอุปกรณ์ที่จะติดต่อ [14]

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกนำมาใช้ในการควบคุมและประสานการทำงานระหว่างอุปกรณ์ต่างๆในส่วนของวงจรซึ่งประกอบด้วยอาร์เอฟไอดีโมดูลสำหรับการอ่านและเขียนข้อมูลลงบนแทคและบลูทูธโมดูลสำหรับการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านการสื่อสารไร้สายบลูทูธ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่เป็นระบบคอมพิวเตอร์ฝังตัวสำหรับประสานงานเชื่อมโยงส่วนของวงจรเหล่านี้เข้าด้วยกัน

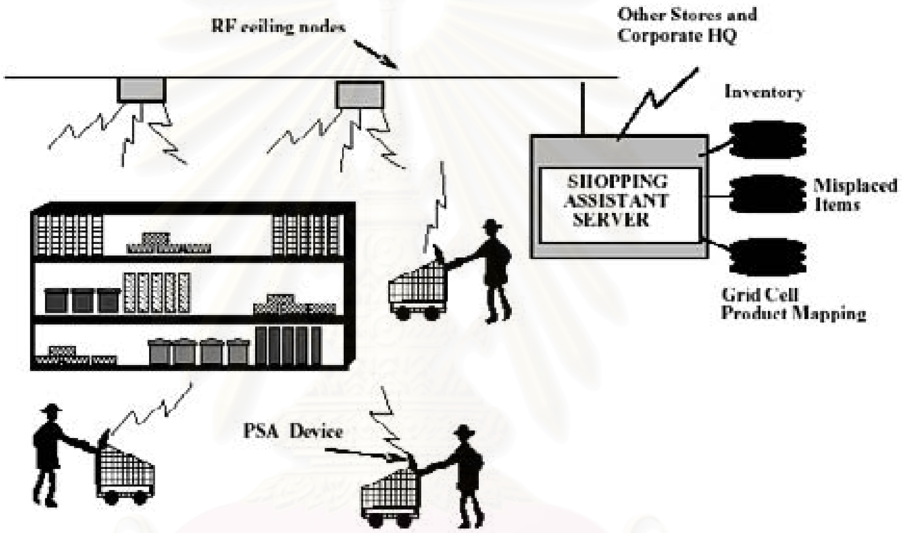
อีกหนึ่งประโยชน์ของการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ควบคุมวงจรคือความยืดหยุ่นในการขยายขีดความสามารถ หากต้องการเพิ่มความสามารถใดให้กับส่วนวงจร เราก็สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อจัดการควบคุมได้ทันทีโดยไม่จำเป็นต้องกัดลายวงจรใหม่

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Abhaya Asthana Mark Cravatts และ Paul Krzyzanowski [3] ได้เสนอแนวคิดของระบบช่วยเหลือลูกค้าในการซื้อของในห้างสรรพสินค้า โดยระบบประกอบด้วยเซอร์ฟเวอร์หลัก จุดรับสัญญาณย่อย และอุปกรณ์ลูกที่ติดอยู่บนรถเข็น ดังรูปที่ 4 ซึ่งตัวอุปกรณ์ลูกจะประกอบด้วยหน้าจอ ลำโพง ไมโครโฟน ปุ่มกด และเสาอากาศ ตัวระบบจะมีการโต้ตอบระหว่างลูกค้าที่มาเลือกซื้อสินค้าในห้างกับระบบตอบรับอัตโนมัติ เช่น ลูกค้าจะพูดว่า “สวัสดี” ใส่อุปกรณ์ลูก เสียงดังกล่าวก็

จะถูกส่งไปประมวลผลที่เซอร์ฟเวอร์กลาง และจะตอบกลับมาว่า “สวัสดีคุณเจน ยินดีต้อนรับสู่ห้างสรรพสินค้าของเรา” เป็นต้น บริการที่มีก็สามารถพัฒนาได้เพิ่มเรื่อยๆ อีกบริการหนึ่งที่ผู้วิจัยนำเสนอคือ บริการระบุตำแหน่งของสินค้า โดยเมื่อลูกค้าพูดชื่อสินค้าลงไป ระบบจะตอบเป็นสถานที่ที่สินค้านั้นๆวางอยู่กลับมา เช่น ลูกค้าพูดว่า “ถั่วเขียว” ระบบจะตอบกลับมาว่า “ผักสดจะอยู่ในพื้นที่ ก15” เป็นต้น สุดท้ายผู้วิจัยได้ทิ้งท้ายถึงบริการเชิงตำแหน่งไว้อีกด้วย โดยใช้แนวคิดที่ว่าจะแบ่งเซอร์ฟเวอร์ออกเป็นเซอร์ฟเวอร์ย่อยๆ เพื่อรับผิดชอบการทำงานในบริเวณที่ต่างๆกัน ซึ่งจะมีข้อดีที่ปริมาณข้อมูลต่อเซอร์ฟเวอร์จะลดลงถ้าเทียบกับระบบที่มีเซอร์ฟเวอร์เพียงอันเดียว

สำหรับงานชิ้นนี้ถูกตีพิมพ์ตั้งแต่ปี ค.ศ.1994 โดยยังคงเป็นแนวคิดและไม่ได้ทำออกมาจริง แต่ถือว่าเป็นงานที่จุดประกายความคิดให้กับงานวิจัยรุ่นหลังเกี่ยวกับบริการเชิงพื้นที่ภายในอาคาร



รูปที่ 4 – ระบบช่วยเหลือลูกค้าในการซื้อของในห้างสรรพสินค้า [3]

Lauri Pohjanheimo Heikki Keranen และ Heikki Ailisto [9] นักวิจัยในฟินแลนด์ ได้เสนอการนำอุปกรณ์อ่านรหัสต่างๆอาทิเช่น อาร์เอฟไอดี บาร์โค้ดและบาร์โค้ดสองมิติ มาใช้งานบนโทรศัพท์มือถือ โดยการแนบเครื่องอ่านไว้กับโทรศัพท์มือถือเพื่อนำไปใช้ในบริการทางดิจิตอลต่างๆ ในบทความนี้จะเสนอตัวอย่างทั้งหมด 4 ตัวอย่างด้วยกัน โดย 3 ในนั้นเป็นตัวอย่างการใช้อาร์เอฟไอดีร่วมกับโทรศัพท์มือถือซึ่งมีการซิงโครไนซ์ภาพระหว่างโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ โดยแทคจะติดอยู่กับคอมพิวเตอร์และเก็บเลขประจำตัวบลูทูธของคอมพิวเตอร์เอาไว้ เมื่อเครื่องอ่านอ่านเลขนั้นได้ก็จะส่งไฟล์ภาพไปยังบลูทูธนั้นๆ ตัวอย่างต่อไปเป็นการติดแทคลงไปในนามบัตรเพื่อสั่งงานโทรออกทันทีที่เอาโทรศัพท์มือถือไปเข้าใกล้นามบัตรนั้น และสุดท้ายเป็นการจ่ายเงินผ่านระบบโทรศัพท์หรือที่เรียกว่าโมบายเพเม้นท์ โดยติดแทคที่เก็บเบอร์โทรศัพท์ที่จัดการเรื่องการเก็บเงินไว้ที่ตู้ขายน้ำอัดลมอัตโนมัติ เมื่อนำมือถือเข้าไปใกล้ๆตู้แล้ว โทรศัพท์จะโทรออกไปยังเบอร์

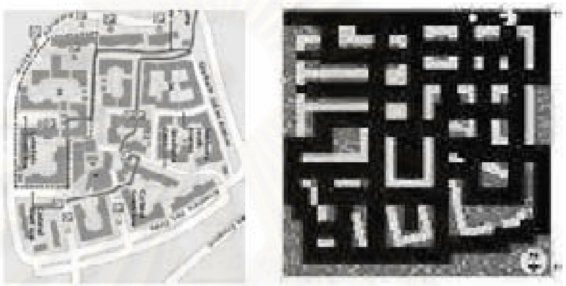
นั้นๆเพื่อจ่ายเงินและรับสินค้า อุปกรณ์อ่านอาร์เอฟไอดีที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้จะมีขนาดเล็กเท่ากับโทรศัพท์มือถือเท่านั้นเอง โดยทางโนเกียได้ออกแบบมาเป็นฝาครอบแบตของโทรศัพท์มือถือ ดังรูปที่ 5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผู้ผลิตโทรศัพท์มือถือก็ได้เตรียมพร้อมสำหรับการนำอาร์เอฟไอดีบนโทรศัพท์มือถือแล้วเช่นกัน ทั้งนี้งานวิจัยชิ้นนี้ยังคงนำเสนอในแง่ทฤษฎีอยู่ แต่ตัวงานก็นำเสนอสิ่งที่อาจจะสามารถใช้งานจริงได้ในอนาคตเช่น การเก็บเงินแบบอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยอิงข้อมูลการชำระเงินจากอาร์เอฟไอดีที่ติดไว้ที่ตู้ขายน้ำเป็นต้น

รูปที่ 5 – เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่อยู่ในรูปฝาครอบแบต [9]

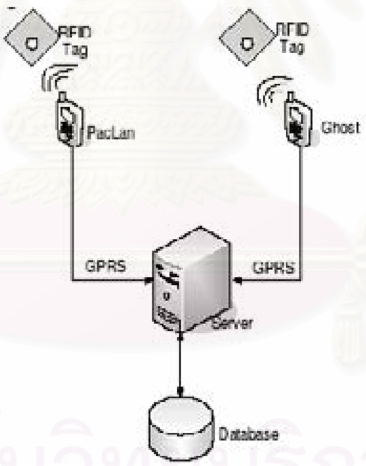
Pertti Repo Mikko Kerttula Marko Salmela และ Heikki Huomo [6]นักวิจัยจากประเทศฟินแลนด์อีกกลุ่มหนึ่งรวมถึงคนจากโนเกียได้สร้างระบบเสมือนจริงของการใช้อาร์เอฟไอดีไว้ทำงานบนคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 6 ถึงแม้ตัวงานจะไม่ได้มีไว้เพื่อเอาไปใช้จริงในชีวิตประจำวัน แต่งานวิจัยชิ้นนี้ได้แสดงให้เห็นว่าแม้แต่ผู้ผลิตโทรศัพท์มือถือรายใหญ่ของโลกก็ยังให้ความสำคัญกับการพัฒนาอาร์เอฟไอดีให้ใช้บนโทรศัพท์มือถือ จึงให้ความเชื่อมั่นได้ระดับหนึ่งว่าในอนาคตอาร์เอฟไอดีอาจจะเป็นอุปกรณ์มาตรฐานบนโทรศัพท์มือถือก็เป็นได้

รูปที่ 6 – ภาพระบบเสมือนจริงการใช้งานอาร์เอฟไอดีร่วมกับโทรศัพท์มือถือ [6]

Omer Rashid Paul Coulton Reuben Edwards และ William Bamford [5] ได้นำเสนองานวิจัยที่ประยุกต์เอาอาร์เอฟไอดีและโทรศัพท์มือถือมาใช้ร่วมกันในการสร้างเกมเชิงตำแหน่ง โดยยกเกมแพคแมนมาเป็นตัวอย่าง ดังรูปที่ 7 ตัวอ่านอาร์เอฟไอดีจะถูกติดอยู่กับโทรศัพท์มือถือ ส่วนตัวแทคซึ่งมีไว้บอกตำแหน่งจะถูกติดตั้งไว้ตำแหน่งต่างๆของสถานที่ที่ใช้เล่นเกม เมื่อโทรศัพท์มือถือได้รับสัญญาณจากแทคก็จะส่งสัญญาณไปยังเซอร์ฟเวอร์ผ่านจีพีอาร์เอสเพื่อประมวลผลกลาง ดังรูปที่ 8 สำหรับงานวิจัยนี้ใกล้เคียงกับงานวิจัยที่จะทำมาก เพียงแต่งานวิจัยที่จะทำจะไม่มีเซอร์ฟเวอร์กลาง และจะทำงานบนโทรศัพท์มือถือเท่านั้น



รูปที่ 7 - การนำแผนที่จริงมาใช้เล่นเกมแพคแลน [5]



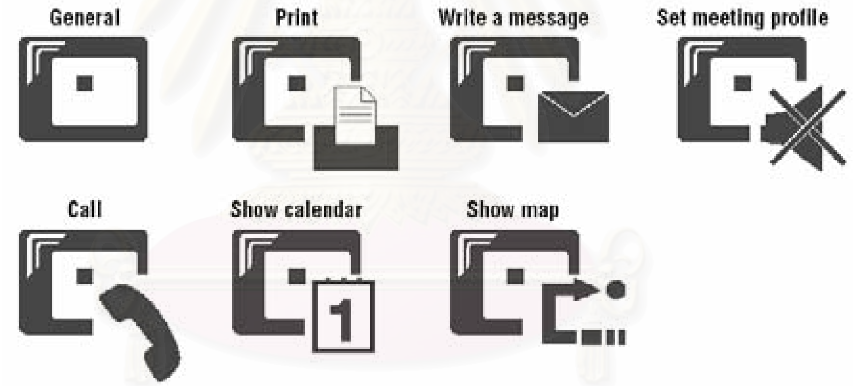
รูปที่ 8 - ภาพโดยรวมของเครือข่ายเกมแพคแลน [5]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Ismo Alakärppä Jukka Riekki และ Timo Salminen [7] ได้สร้างงานวิจัยขึ้นมาชิ้นหนึ่งด้วยแนวคิด "สัมผัสเพื่อใช้บริการ" ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำอุปกรณ์ต่างๆเช่น เครื่องพิมพ์ มาต่อประสานกับผู้ใช้ผ่านอาร์เอฟไอดีด้วยวิธีการสัมผัส เช่นถ้าผู้ใช้ต้องการพิมพ์เอกสารที่อยู่ในโทรศัพท์มือถือ ผู้ใช้ก็เพียงเอาเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีไปสัมผัสกับแทคที่ติดอยู่ตามจุดต่างๆของสำนักงาน แล้วเอกสารดังกล่าวก็จะถูกพิมพ์ออกมายังเครื่องพิมพ์ทันที ดังรูปที่ 9

รูปที่ 9 – การพิมพ์เอกสารโดยการสัมผัสเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีกับแทค [7]

แน่นอนว่าบริการมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ตามตัวอย่างที่งานวิจัยนี้ทำมาก็มี การโทรออกไปยังเบอร์ที่เก็บไว้ในแทค การแสดงข้อความเอสเอ็มเอสในโทรศัพท์มือถือออกหน้าจอคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ทำให้แทคจึงมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ออกแบบเป็นรูปร่างหน้าตาต่างๆเพื่อให้ผู้ใช้สะดวกในการใช้ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 – แทครูปแบบต่างๆ [7]

ถึงอย่างไรก็ดี ตัวอาร์เอฟไอดีไม่สามารถส่งข้อมูลจำนวนมาก เช่นเอกสารที่จะนำออกไปพิมพ์ในเครื่องพิมพ์ ดังนั้นระบบจึงมีส่วนรับส่งข้อมูล ในที่นี้ใช้เป็นการสื่อสารไร้สายบลูทูธ โดยแทคจะเก็บเลขประจำตัวบลูทูธไว้ เมื่อตัวอ่านอาร์เอฟไอดีอ่านเลขนั้นมาได้ก็จะทำการติดต่อกับอุปกรณ์ต่างๆผ่านบลูทูธนี้เอง

จากการทดสอบการใช้งาน พบว่าผู้ใช้รู้สึกว่าระบบใช้งานง่าย แต่อย่างไรก็ดี การหาแทคที่ถูกต้องต่อการใช้งานชนิดนั้นๆยังคงยากอยู่ ผู้วิจัยได้ทดลองสร้างแทคแบบทั่วไป (General Tag) ขึ้นมา โดยเป็นแทคที่สามารถทำงานได้ทุกอย่างแล้วแต่ว่าเราจะเลือกทำงานชนิดไหนในโทรศัพท์มือถือ แต่จากการทดสอบโดยผู้ใช้แล้ว ผู้ใช้บอกว่าการแยกแทคเป็นชนิดต่างๆนั้นใช้งาน

ง่ายกว่า และผิดพลาดน้อยกว่า งานวิจัยนี้เป็นหนึ่งในงานวิจัยเกี่ยวกับอาร์เอฟไอดีที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้

สุดท้าย Katariina Penttila Nina Pere Mikael Soini Lauri Sydanheimo และ Markku Kivikoski [8] ได้สร้างงานวิจัยที่นำโทรศัพท์มือถือมาทำงานร่วมกับอาร์เอฟไอดีเพื่องานทางด้านร้านค้า งานวิจัยชิ้นนี้เน้นไปทางความสะดวกในการระบุชนิดสินค้าของลูกค้า โดยมีขั้นตอนคือ ทำการค้นหาสินค้ารอบตัวด้วยอาร์เอฟไอดี เมื่อเจอสินค้าชนิดใดก็สามารถดูรายละเอียดของสินค้านั้นๆ โดยดาวน์โหลดจากเซอร์ฟเวอร์ผ่านจีพีอาร์เอส ทั้งนี้ระบบยังคงยุ่งยากและช้า เนื่องจากหากมีสินค้าจำนวนมาก การค้นหาแต่ละครั้งจะใช้เวลานาน และหาสินค้าในโทรศัพท์มือถือได้ด้วยความยากลำบาก ประกอบกับการที่ต้องรับส่งข้อมูลกับเซอร์ฟเวอร์จะทำให้เสียเวลาไปจำนวนหนึ่งอีกด้วย

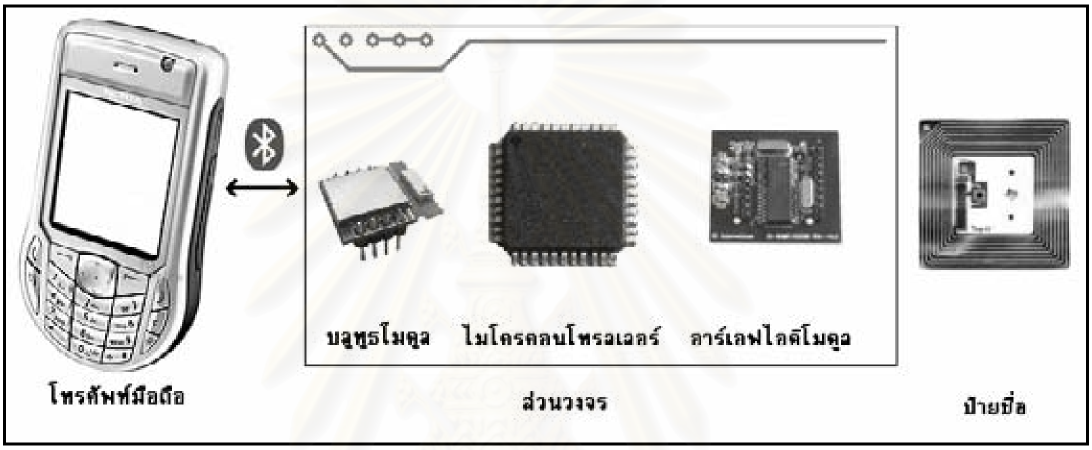
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

สถาปัตยกรรมระบบ

3.1 ส่วนประกอบของระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 5 ส่วนได้แก่ (1) โทรศัพท์มือถือ (2) โมดูลอ่านอาร์เอฟไอดี (3) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (4) อุปกรณ์บลูทูธและ (5) แทคอาร์เอฟไอดี ทำงานร่วมกับดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 – สถาปัตยกรรมระบบ

3.2 โทรศัพท์มือถือ

โทรศัพท์มือถือประเภทสมาร์ทโฟนถูกนำมาใช้เป็นส่วนประสานงานกับผู้ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ด้วยความสามารถในการพัฒนาโปรแกรมติดต่อกับฮาร์ดแวร์และอุปกรณ์ต่างๆในเครื่องเช่นบลูทูธได้อย่างเต็มที่ จนเทียบได้กับคอมพิวเตอร์พกพาขนาดเล็กเครื่องหนึ่ง สำหรับระบบปฏิบัติการบนโทรศัพท์สมาร์ทโฟนมีอยู่หลายชนิดไม่ว่าจะเป็นซิมเบี้ยน วินโดวส์โมบาย ไอโฟน ปาล์มและลินุกซ์อีกจำนวนหลายดิสโทร สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยเลือกใช้โทรศัพท์มือถือที่มีระบบปฏิบัติการซิมเบี้ยน เนื่องจากมีราคาโดยเฉลี่ยถูกกว่าสมาร์ทโฟนชนิดอื่นๆแต่ก็มีประสิทธิภาพการทำงานที่ไม่ด้อยไปกว่าชนิดอื่นๆ ถึงแม้ในแง่การพัฒนาจะยากกว่าวินโดส์มากทั้งทางด้านโครงสร้างภาษาและความละเอียดอ่อนในจัดการหน่วยความจำ แต่หากพิจารณาในแง่ส่วนแบ่งการตลาดแล้ว โทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการซิมเบี้ยนนั้นมีส่วนแบ่งการตลาดที่สูงกว่า [15] จึงมีโอกาสนำไปใช้งานจริงได้มากกว่า ตัวอย่างของโทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการซิมเบี้ยนถูกแสดงดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 – โทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการซิมเบี้ยน [16]

3.3 ส่วนวงจรการอ่านอาร์เอฟไอดีที่ติดต่อกับอุปกรณ์อื่นผ่านการสื่อสารไร้สายบลูทูธ

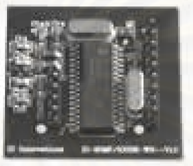
ส่วนของวงจรจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆสามส่วนด้วยกันได้แก่ (1)โมดูลอ่านเขียนอาร์เอฟไอดี (2) อุปกรณ์บลูทูธและ (3) ไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนั้นยังมีส่วนประกอบย่อยอีกเล็กน้อยเช่น ส่วนแปลงแรงดันของแหล่งจ่ายพลังงานและสัญญาณเนื่องจากอุปกรณ์บนวงจรมีทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ไฟระดับ 5 โวลต์และ 3.3 โวลต์

3.3.1 โมดูลอ่านเขียนอาร์เอฟไอดี

อุปกรณ์อ่านอาร์เอฟไอดีที่ผลิตออกมามีทั้งแบบสำเร็จรูปซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม RS232 หรือยูเอสบี และแบบที่เป็นอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับวงจรที่เราพัฒนาขึ้นเองได้ผ่านทางการสื่อสารชนิดต่างๆเช่น RS232, SPI และ I2C สำหรับแบบสำเร็จรูปนั้นจะมีขนาดที่ใหญ่และมีสายไฟที่ค่อนข้างยาวดังรูปที่ 13 จึงไม่เหมาะอย่างยิ่งในการจะนำมาพัฒนาเป็นอุปกรณ์พกพาร่วมกับโทรศัพท์มือถือ

รูปที่ 13 – เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีสำเร็จรูป

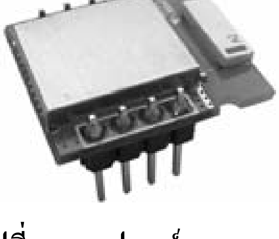
ในงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบการทำงานร่วมกันระหว่างโทรศัพท์มือถือและอาร์เอฟไอดีแบบพกพาเพื่อการศึกษาข้อจำกัดและปัญหาการทำงานร่วมกันจึงต้องการใช้อุปกรณ์อ่านอาร์เอฟไอดีที่มีขนาดเล็ก พกพาได้ ซึ่งอาจจะรวมอยู่ในโทรศัพท์มือถือในอนาคตได้ จึงเลือกใช้อุปกรณ์อ่านอาร์เอฟไอดีแบบฮาร์ดแวร์ที่สื่อสารกับอุปกรณ์อื่นผ่านระบบการสื่อสารอนุกรม RS232 หรือที่เรียกว่าโมดูลอ่านอาร์เอฟไอดีเนื่องจากขนาดที่เล็กกว่ามากและไม่มีสายไฟใดๆออกมาจากอุปกรณ์เลย ซึ่งทำให้ประหยัดพื้นที่ใช้งานได้มากดังรูปที่ 14 อีกทั้งโมดูลอ่านอาร์เอฟไอดียังใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า จึงเหมาะกับการใช้งานแบบพกพาคู่กับโทรศัพท์มือถือมากกว่า สำหรับอุปกรณ์ที่ถูกเลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้มีชื่อว่า ID-20MF [17]



รูปที่ 14 – โมดูลอ่านอาร์เอฟไอดี

3.3.2 อุปกรณ์บลูทูธ

บลูทูธที่มีขายในท้องตลาดที่เห็นกันโดยทั่วไปจะเป็นบลูทูธยูเอสบีหรือที่เรียกกันว่าบลูทูธดองเกิ้ล (Bluetooth Dongle) บลูทูธชนิดนี้จะใช้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตยูเอสบีเท่านั้น ถึงราคาจะถูกแต่การจะนำมาเป็นส่วนประกอบของวงจรทำได้ยากมากเนื่องจากการเชื่อมต่อเป็นแบบยูเอสบี ทำให้บนวงจรต้องมีตัวยูเอสบีโฮสต์และต้องเขียนไดรเวอร์ขึ้นมาเอง อุปกรณ์บลูทูธที่เป็นลักษณะของอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ที่สามารถติดต่อควบคุมกับอุปกรณ์ควบคุมอื่นๆภายในวงจรผ่านทางการสื่อสารอนุกรม RS232 จึงถูกเลือกขึ้นมาใช้ ในงานวิจัยนี้อุปกรณ์บลูทูธเบอร์ Promi-ESD 200 [18] ดังรูปที่ 15 ถูกเลือกขึ้นมาใช้ เนื่องจากนอกจากจะมีคุณสมบัติในการติดต่อกับอุปกรณ์อื่นผ่านทาง RS232 แล้วอุปกรณ์บลูทูธนี้ยังมีขนาดที่เล็กมากเพียง 1.8 เซนติเมตร x 2 เซนติเมตรเท่านั้น ทำให้เหมาะสมกับการทำงานร่วมกับอุปกรณ์พกพาอย่างโทรศัพท์มือถือมากกว่า



รูปที่ 15 – อุปกรณ์บลูทูธ [18]

3.3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

อย่างที่ได้กล่าวไว้ในส่วนของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกนำมาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆภายในวงจร สำหรับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีอยู่หลายตระกูลด้วยกันเช่น MCS-51, PIC และ AVR เป็นต้น โดยแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติและปริมาณพลังงานที่ใช้แตกต่างกันไป ในงานวิจัยชิ้นนี้มีอุปกรณ์สองชนิดที่ต้องติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านพอร์ตอนุกรมได้แก่ โมดูลอ่านเขียนอาร์เอฟไอดีและบลูทูธโมดูล แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยทั่วไปจะมีพอร์ตอนุกรมเพียงแค่ 1 พอร์ต หรือในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีพอร์ตอนุกรมหลายพอร์ตก็จะใช้พลังงานสูงกว่าชนิดทั่วไปและยังราคาสูงมากอีกด้วย ด้วยเหตุผลนี้จึงจำเป็นต้องออกแบบวงจรเป็นพิเศษและพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรองรับพอร์ตอนุกรมสองพอร์ต เนื่องด้วยไม่มีความจำเป็นต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดพิเศษใดๆแล้ว ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดทั่วไปตระกูล MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 [19] เนื่องจากใช้พลังงานน้อย อีกทั้งยังมีขนาดเล็กมากเพราะมีหีบห่อแบบ Thin Quad Flat Pack (TQFP) ดังรูปที่ 16 ซึ่งมีขนาดเพียง 1 เซนติเมตร x 1 เซนติเมตร ส่งผลให้โอกาสในการนำไปใช้งานได้จริงมีสูงกว่า

รูปที่ 16 – หีบห่อแบบ TQFP ของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 [19]

3.3.4 ส่วนแปลงแรงดันแหล่งจ่ายพลังงาน

วงจรที่สร้างขึ้นเป็นอุปกรณ์แบบพกพา แหล่งจ่ายพลังงานที่ใช้ในการจ่ายไฟจึงเป็นแบตเตอรี่ ซึ่งขนาดของแบตเตอรี่นี้มีผลต่อขนาดของอุปกรณ์เป็นอย่างมากดังนั้นจึงต้องเลือกใช้แหล่งจ่ายพลังงานที่มีขนาดเล็กและจำนวนน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ด้วยข้อจำกัดดังกล่าวแบตเตอรี่ที่ผู้วิจัยเลือกใช้จึงมีอยู่สองประเภทได้แก่แบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือของโนเกีย BL-5C ความจุไฟฟ้า 850 mAH จำนวน 1 ก้อน และถ่านชนิดสามารถประจุไฟใหม่ได้ขนาดความจุ 2500 mAH จำนวนสามก้อน ดังรูปที่ 17

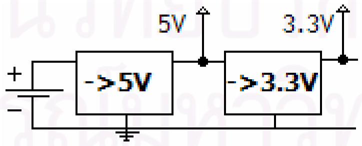
(ก) Nokia BL-5C [20]

(ข) ถ่านชาร์จความจุ 2500 mAH [21]

รูปที่ 17 – แบตเตอรี่ที่ถูกเลือกใช้ในงานวิจัย

ที่เลือกใช้ BL-5C ก็เพราะว่ามีขนาดที่เล็ก บางและการใช้แบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือจะทำให้สามารถศึกษาการใช้อาร์เอฟไอดีร่วมกับโทรศัพท์มือถือในด้านพลังงานได้ ส่วนถ่านแบบประจุไฟฟ้าใหม่ได้ขนาด 2500 mAH สามก้อนก็มีขนาดที่ใหญ่กว่าแต่อยู่ในระดับที่รับได้ แต่ถ้ามีมากกว่าสามก้อนขนาดก็จะใหญ่และหนักจนเกินไป ซึ่งไม่เหมาะกับการทำงานแบบพกพา แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟทั้งสองแบบจึงอยู่ที่ 3.6 โวลต์เพราะ BL-5C มีแรงดัน 3.6 โวลต์ส่วนถ่านแบบประจุไฟฟ้าใหม่ได้จะมีแรงดันต่อเซลล์อยู่ที่ 1.2 โวลต์ต่ออนุกรมกันสามเซลล์จึงมี 3.6 โวลต์

แต่อุปกรณ์ที่อยู่บนวงจรนั้นมีทั้งอุปกรณ์ที่ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์และ 3.3 โวลต์อยู่ จึงไม่สามารถนำไฟฟ้าขนาด 3.6 โวลต์ไปใช้ได้โดยตรง ต้องผ่านวงจรแปลงแรงดันแหล่งจ่ายพลังงานเสียก่อน โดยวงจรดังกล่าวนี้จะประกอบด้วยสองส่วนด้วยกันได้แก่ ส่วนแปลงแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็น 5 โวลต์ด้วยวงจรรวมแปลงแรงดันกระแสตรงแบบปั๊มอัพเบอร์ TPS60131 เพื่อนำไฟที่ได้ไปจ่ายให้กับอุปกรณ์ 5 โวลต์และส่วนแปลงแรงดันจากไฟฟ้าที่ได้จากส่วนแรกไปเป็น 3.3 โวลต์ด้วยวงจรรวมแปลงแรงดันกระแสตรงลงแบบเส้นตรงเบอร์ LM1117 เพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ 3.3 โวลต์อันได้แก่บลูทูธโมดูลและไอซีแปลงแรงดันสัญญาณจาก 5 โวลต์เป็น 3.3 โวลต์ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 – ส่วนแปลงแรงดันแหล่งจ่ายพลังงาน

3.3.5 ส่วนแปลงแรงดันสัญญาณ

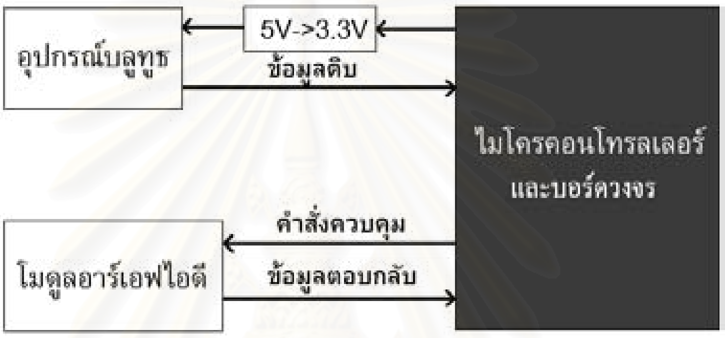
ในวงจรนี้อุปกรณ์เกือบทั้งหมดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดัน 5 โวลต์ยกเว้นบลูทูธโมดูลที่ใช้แรงดัน 3.3 โวลต์ จึงต้องมีส่วนแปลงแรงดันสัญญาณจาก 5 โวลต์เป็น 3.3 โวลต์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์และบลูทูธโมดูลที่ทำงานที่คนละระดับสัญญาณไฟฟ้าสามารถสื่อสารกันได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุปกรณ์ใช้ในการแปลงระดับสัญญาณดังกล่าวคือไอซีบัฟเฟอร์เบอร์ 74LV244 สำหรับสัญญาณที่บลูทูธส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอยู่ที่ระดับสัญญาณ 3.3 โวลต์นั้นไม่จำเป็นต้องมีการแปลงใดๆ เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตรวจสอบสัญญาณ 3.3 โวลต์เป็นลอจิก 1 ได้เช่นเดียวกับสัญญาณ 5 โวลต์ [22]

3.3.6 การเชื่อมต่อองค์ประกอบทางฮาร์ดแวร์

องค์ประกอบทางฮาร์ดแวร์ทั้งหมดยกเว้นส่วนแปลงแรงดันแหล่งจ่ายพลังงานถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 – การเชื่อมต่อองค์ประกอบทางฮาร์ดแวร์

3.4 แทคอาร์เอฟไอดี

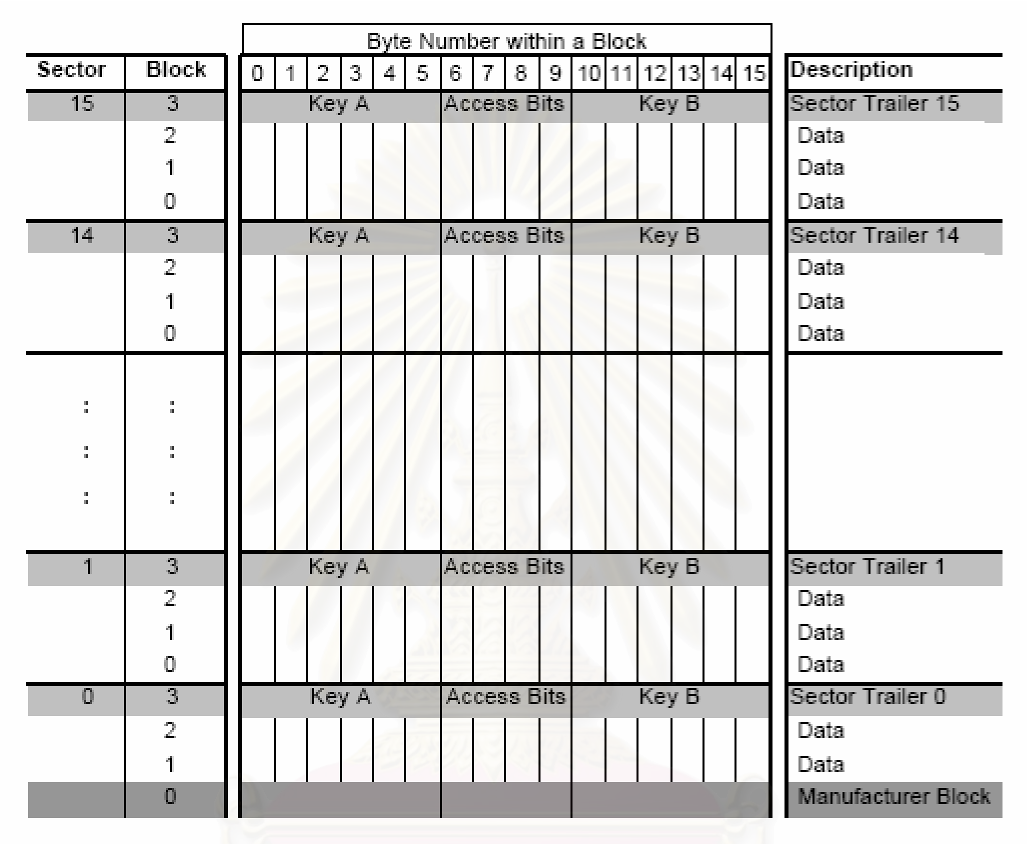
3.4.1 โปรโตคอล

อาร์เอฟไอดีมีโปรโตคอลมาตรฐานอยู่หลายตัวเช่น ISO 14443, ISO 15693 และ ISO 18000 เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้อาร์เอฟไอดีที่ใช้โปรโตคอลมาตรฐาน MIFARE [23] ถูกเลือกมาใช้งาน โปรโตคอลนี้เป็นโปรโตคอลที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัทฟิลิปส์โดยมีพื้นฐานต่อยอดมาจากโปรโตคอลมาตรฐาน ISO 14443 สาเหตุที่เลือก MIFARE ก็เนื่องมาจากมาตรฐานนี้มีการล็อคการเข้าถึงข้อมูลในแทคด้วยรหัสผ่าน ทำให้เหมาะสมกับงานที่ต้องวางแทคข้อมูลไว้ตามจุดต่างๆ เนื่องจากถ้าไม่มีการล็อคการเข้าถึงข้อมูลในแทคด้วยรหัสผ่านแล้วอาจจะมีผู้ไม่ประสงค์ดีทำการแก้ไขข้อมูลในแทคจนเกิดความเสียหายต่อระบบก็เป็นได้

3.4.2 การเก็บข้อมูล

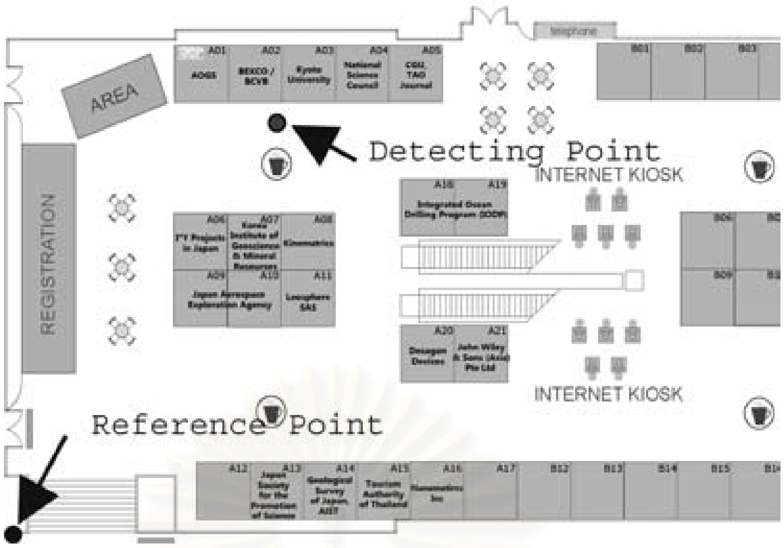
แทค MIFARE แต่ละแทคจะเก็บข้อมูลได้ขนาดต่างๆกันตามรุ่นที่ใช้งานเช่น 1 กิโลไบต์ และ 4 กิโลไบต์เป็นต้น โดยข้อมูลในแทคจะถูกแบ่งเป็นย่อยเป็น Sector แต่ละ Sector จะประกอบด้วยข้อมูลช่องละ 16 ไบต์จำนวน 4 ช่องดังรูปที่ 20 ในแต่ละ Sector จึงประกอบด้วยข้อมูล 64 ไบต์ แต่ที่ใช้ได้จริงๆจะมีแค่เพียง 3 ช่องหรือ 48 ไบต์ เพราะอีกช่องหนึ่งมีไว้สำหรับเก็บข้อมูล

รหัสผ่านเพื่อใช้ล็อคการเข้าถึงข้อมูลใน Sector นั้นๆ โดยข้อมูลส่วนนี้จะเข้าถึงได้ด้วยวงจรในตัวแทคอย่างเดียว เราไม่สามารถที่จะเข้าถึงได้ด้วยวิธีใดๆ นอกจากนั้นยังมีช่องแรกของ Sector 0 อีกช่องที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ เพราะเป็นส่วนที่เอาไว้เก็บข้อมูลประจำบัตรเช่นเลขประจำตัวบัตร และประเภทของบัตรเป็นต้น



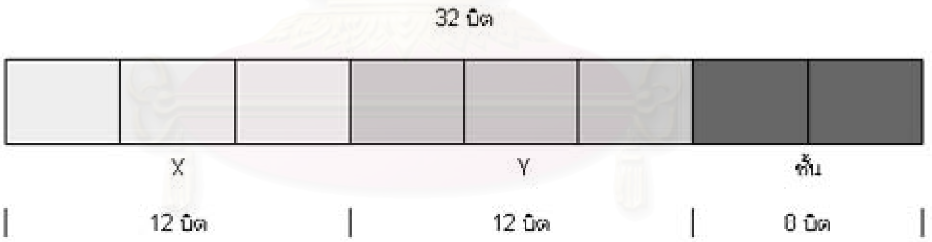
รูปที่ 20 – โครงสร้างการเก็บข้อมูลภายในแทค [24]

แทคอาร์เอฟไอดีถูกออกแบบให้เก็บข้อมูลตำแหน่งที่แทคนั้นๆวางอยู่ไว้ มาตรฐานตำแหน่งกลางแจ้งจะมีหน่วยเป็นละติจูดลองจิจูดอย่างเช่นที่ระบบจีพีเอสนำมาใช้ แต่เราไม่สามารถหาค่าเหล่านี้ได้ภายในอาคาร ประกอบกับค่าตำแหน่งภายในอาคารไม่จำเป็นต้องอ้างอิงกับภายนอก ด้วยเหตุผลนี้จึงใช้วิธีเก็บค่าตำแหน่งสัมพัทธ์กับจุดอ้างอิงในแผนที่นั้นๆไว้ในแทคแทนดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 – ตำแหน่งของแทคเทียบกับจุดอ้างอิงในแผนที่

โดยแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็นระยะสัมพัทธ์กับจุดอ้างอิงในแนวกว้างและแนวยาวอย่างละ 12 บิตซึ่งได้ความละเอียด 4096 ค่า เลขที่ชั้น 8 บิตซึ่งเก็บได้ทั้งหมด 256 ชั้น รวมทั้งหมด 32 บิต ดังรูปที่ 22 โดยค่า 32 บิตนี้จะบรรจุเป็นส่วนหนึ่งของค่า 16 ไบต์ในแต่ละช่องข้อมูลของแทค ทั้งนี้ค่าต่างๆเหล่านี้สามารถปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสมของแต่ละสถานที่ได้ เบื้องต้นงานวิจัยนี้ใช้จำนวนข้อมูล 32 บิตหรือ 4 ไบต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้แทคที่มีความจุน้อยที่สุดคือ 1 กิโลไบต์



รูปที่ 22 – รูปแบบข้อมูลที่เก็บในแทค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

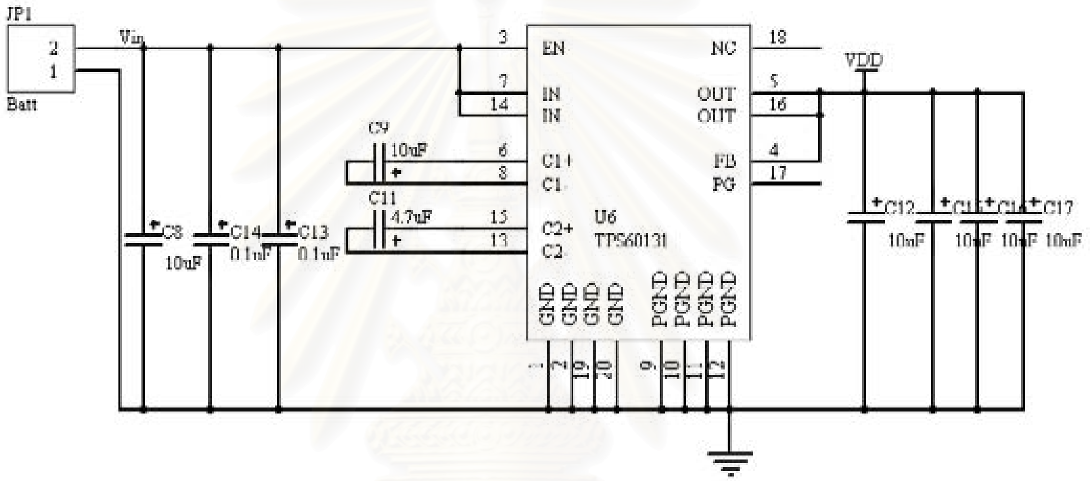
บทที่ 4

การออกแบบและพัฒนาวงจรต้นแบบ

4.1 การออกแบบและพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์

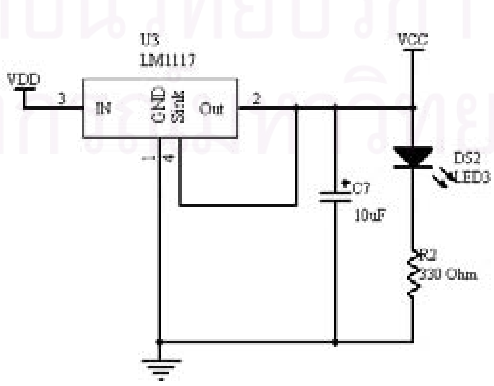
4.1.1 วงจรส่วนแปลงระดับแรงดันแหล่งจ่ายพลังงาน

ส่วนแปลงระดับแรงดันแหล่งจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่เป็น 5 โวลต์จะใช้วงจรรวมแปลงแรงดันกระแสตรงแบบปั๊มอัพเบอร์ TPS60131 ต่อเป็นวงจรดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 – วงจรแปลงแรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็น 5 โวลต์

อีกส่วนเป็นการแปลงแรงดันจาก 5 โวลต์เป็น 3.3 โวลต์โดยใช้วงจรรวมแปลงแรงดันกระแสตรงลงแบบเส้นตรงเบอร์ LM1117 ดังรูปที่ 24

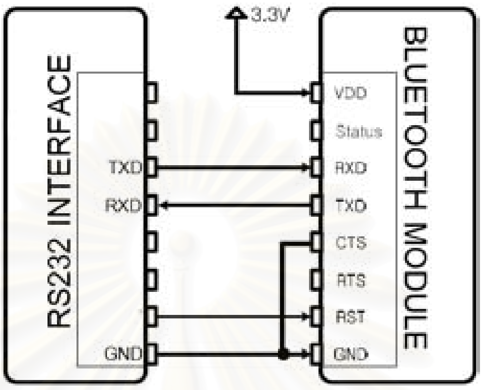


รูปที่ 24 – วงจรแปลงแรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็น 3.3 โวลต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 วงจรส่วนบลูทูธโมดูล

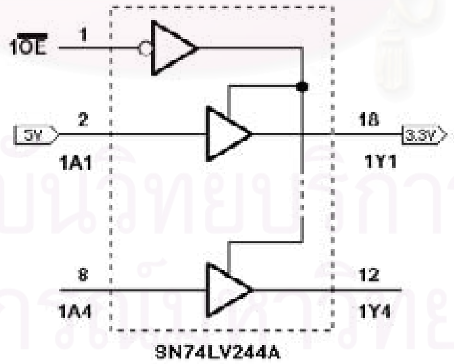
บลูทูธโมดูลสำหรับสื่อสารระหว่างโทรศัพท์มือถือและส่วนวงจรผ่านการสื่อสารไร้สาย บลูทูธ เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมผ่านทางการสื่อสารอนุกรม RS232 ดังรูปที่ 25 ที่ระดับสัญญาณไฟฟ้า 3.3 โวลต์



รูปที่ 25 - การเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารข้อมูลแบบ RS232 ของอุปกรณ์บลูทูธ

4.1.3 วงจรส่วนส่วนแปลงระดับสัญญาณ

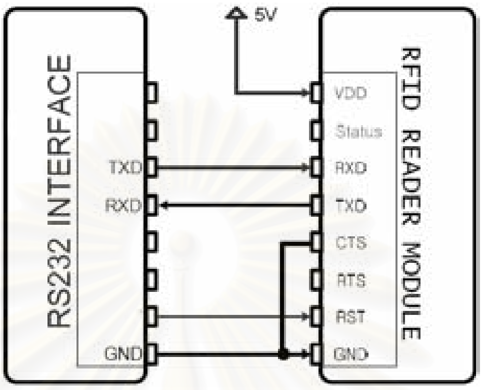
ส่วนแปลงสัญญาณ 5 โวลต์เป็น 3.3 โวลต์เพื่อให้บลูทูธโมดูลและไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานกันที่คนละระดับสัญญาณไฟฟ้าสามารถสื่อสารกันได้โดยใช้วงจรรวมเบอร์ SN74LV244A ซึ่งเป็นวงจรรวมบัฟเฟอร์ที่สามารถรับสัญญาณเข้าที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าไฟเลี้ยงได้ การต่อวงจรถูกแสดงดังรูปที่ 26



รูปที่ 26 – วงจรแปลงสัญญาณจาก 5 โวลต์เป็น 3.3 โวลต์ [25]

4.1.4 วงจรส่วนอาร์เอฟไอดีโมดูล

อาร์เอฟไอดีโมดูลเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านระบบการสื่อสารอนุกรม RS232 เช่นเดียวกับบลูทูธโมดูลดังรูปที่ 27 แต่ต่างกันตรงที่อาร์เอฟไอดีโมดูลจะสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง



รูปที่ 27 - การเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารข้อมูลแบบ RS232 ของอาร์เอฟไอดีโมดูล

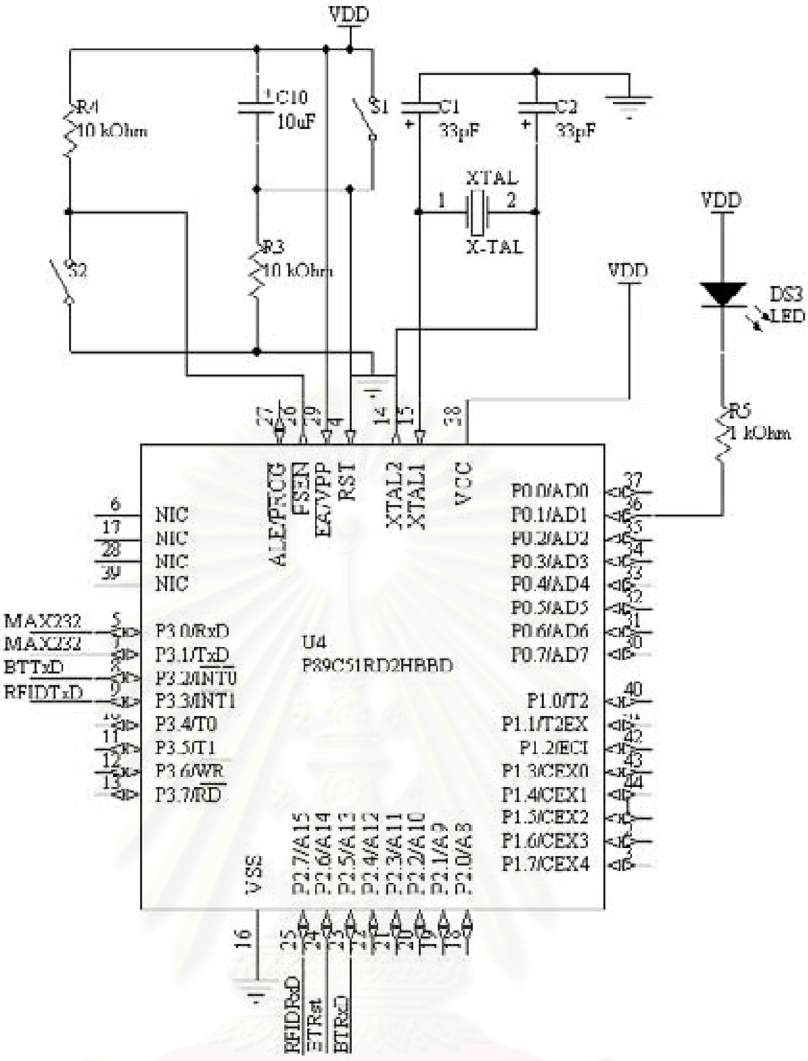
4.1.5 วงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วย

- ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89V51RD2
- ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอันได้แก่คริสตัลและตัวเก็บประจุสองตัว
- สวิตซ์รีเซ็ทต่อไปยังขารีเซ็ทแบบทำงานเมื่อลอจิคเป็นหนึ่ง พร้อมตัวเก็บประจุสำหรับดีเบาวซ์สวิตซ์
- แอลอีดีสำหรับแสดงสถานะของการจ่ายไฟ

ทุกส่วนประกอบกันดังรูปที่ 28 โดยมีสายสัญญาณต่อออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่หลายสายด้วยกันได้แก่

- สายสื่อสารอนุกรมสำหรับการโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ (MAX232)
- สายสื่อสารอนุกรมสำหรับสื่อสารกับบลูทูธโมดูล (BTRxD, BTTxD)
- สายสัญญาณเพื่อสั่งรีเซ็ทบลูทูธโมดูล (BTRst)
- สายสื่อสารอนุกรมสำหรับสื่อสารกับอาร์เอฟไอดีโมดูล (RFIDRxD, RFIDTxD)

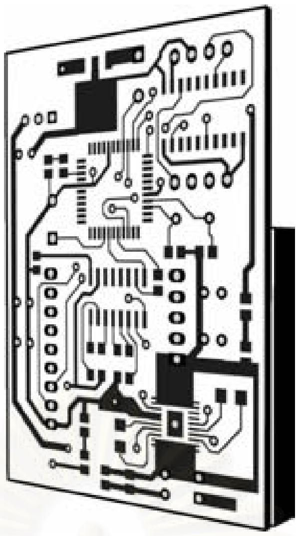


รูปที่ 28 – วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

4.2 การพัฒนาวงจร

ลายวงจรถูกสร้างขึ้นตามการออกแบบข้างต้นโดยคำนึงถึงขนาดของวงจรเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานแบบพกพา จึงได้มาเป็นวงจรต้นแบบดังรูปที่ 29 ซึ่งเป็นวงจรสองหน้าที่เชื่อมต่อกันแบบ Through Hole และอุปกรณ์ทุกชนิดยกเว้นอาร์เอฟไอดีโมดูลและบลูทูธโมดูลถูกเลือกให้อยู่ในรูปแบบ Surface Mount ทำให้วงจรมีขนาดเพียง 6 เซนติเมตร x 4.2 เซนติเมตร x 1.6 เซนติเมตร เท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 29 – วงจรต้นแบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

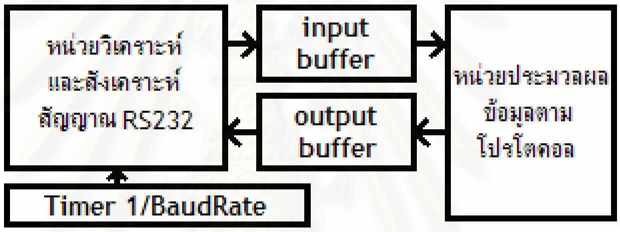
บทที่ 5

การพัฒนาซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ที่ต้องพัฒนาขึ้นประกอบด้วยสองส่วนได้แก่ซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์และซอฟต์แวร์บนส่วนประสานงานกับผู้ใช้ซึ่งก็คือโทรศัพท์มือถือ

5.1 ซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์

ซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์แบ่งเป็นสองส่วนด้วยกันได้แก่ (1) ส่วนระบบสื่อสารอนุกรมเสมือนและ (2) ส่วนประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากบลูทูธโมดูลและโมดูลอ่านเขียนอาร์เอฟไอดี ดังรูปที่ 30

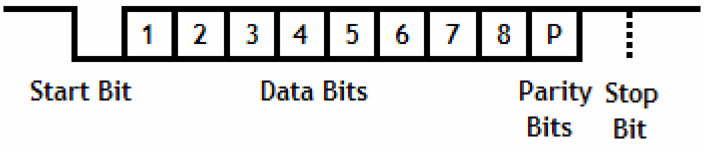


รูปที่ 30 – ภาพรวมของซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์

5.1.1 ซอฟต์แวร์ส่วนระบบสื่อสารอนุกรม RS232 เสมือน

5.1.1.1 ระบบการสื่อสารอนุกรม RS232

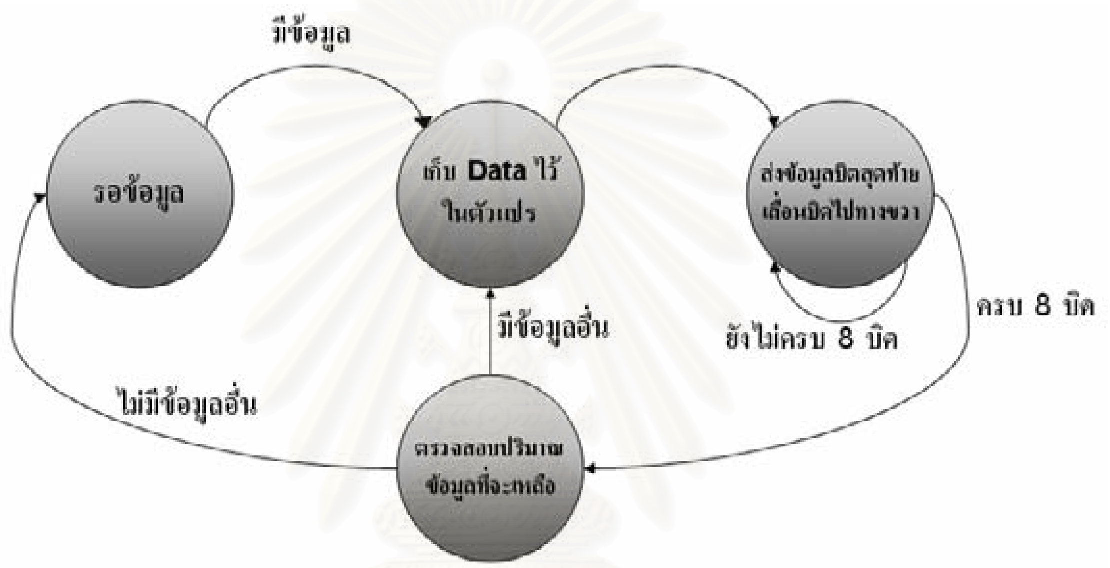
ไมโครคอนโทรลเลอร์มีพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม RS232 เพียงช่องเดียว แต่การทำงานของระบบที่จะพัฒนาขึ้นจะต้องใช้การสื่อสารอนุกรมสองทางเต็มอัตราถึงสองพอร์ตด้วยกัน เราจึงต้องพัฒนาระบบสื่อสารอนุกรม RS232 เสมือนที่สร้างด้วยซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ขึ้นมา โดยสังเคราะห์และตรวจจับสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบของคลื่นสัญญาณของการสื่อสารอนุกรม RS232 ในรูปที่ 31



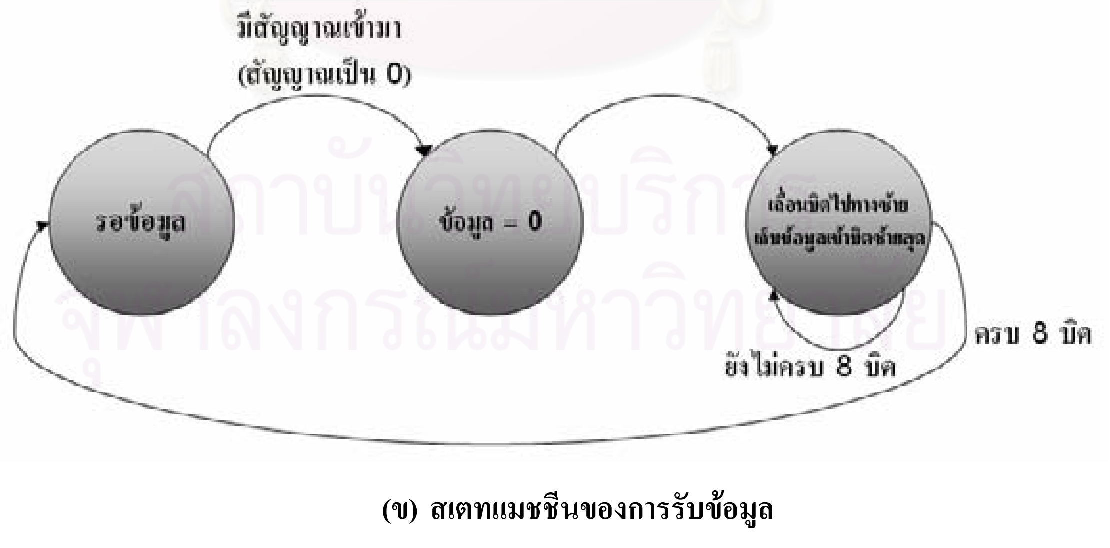
รูปที่ 31 – รูปแบบของคลื่นสัญญาณของการสื่อสารอนุกรม RS232 [26]

5.1.1.2 สเตทแมชชีน

การทำงานของระบบสื่อสารอนุกรม RS232 เสมือนที่สร้างด้วยซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะประกอบด้วย 4 เสตทแมชชีนทำงานพร้อมกันไปแบบขนานได้แก่เสตทแมชชีนของการอ่านข้อมูลจากโมดูลอาร์เอฟไอดี การส่งข้อมูลไปยังโมดูลอาร์เอฟไอดี การอ่านข้อมูลจากบลูทูธโมดูลและการส่งข้อมูลไปยังบลูทูธโมดูล ดังแสดงในรูปที่ 32 โดยจะทำทุกในฟังก์ชั่นอินเทอร์รัปที่ถูกตั้งโดย Timer2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เรียกทุกๆ 1/Baudrate วินาที โดย Baudrate ที่ใช้สื่อสารคือ 9600 บิตต่อวินาทีดังนั้นคำสั่งนี้จะถูกเรียกทุกๆ 104 ไมโครวินาที



(ก) สเตทแมชชีนของการส่งข้อมูล



(ข) สเตทแมชชีนของการรับข้อมูล

รูปที่ 32 – สเตทแมชชีนของส่วนระบบสื่อสารอนุกรม RS232 เสมือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.1.3 ซอร์สโค้ด

ซอร์สโค้ดของซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนของระบบสื่อสารอนุกรม RS232 เสมือนถูกพัฒนามาใช้เวลาในการทำงานน้อยเพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาษาที่ใช้พัฒนาคือภาษาซีสำหรับ MCS-51 มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

RFIDTxD : ขาสัญญาณส่งข้อมูลไปยังบลูทูธโมดูล
RFIDRxD : ขาสัญญาณรับข้อมูลจากบลูทูธโมดูล
BTTxD : ขาสัญญาณส่งข้อมูลไปยังอาร์เอฟไอดีโมดูล
BTRxD : ขาสัญญาณรับข้อมูลจากอาร์เอฟไอดีโมดูล

g_RFID_Write_State : สเตทของการส่งข้อมูลไปยังอาร์เอฟไอดีโมดูล
g_RFID_Read_State : สเตทของการรับข้อมูลจากอาร์เอฟไอดีโมดูล
g_Bluetooth_Write_State : สเตทของการส่งข้อมูลไปยังบลูทูธโมดูล
g_Bluetooth_Read_State : สเตทของการรับข้อมูลจากบลูทูธโมดูล

g_RFID_Printing_Char : ข้อมูลที่กำลังส่งไปยังอาร์เอฟไอดีโมดูล
g_RFID_Reading_Char : ข้อมูลที่กำลังอ่านจากอาร์เอฟไอดีโมดูล

g_RFID_Buffin : อะเรย์ที่ไว้เก็บข้อมูลที่รับมาจากอาร์เอฟไอดีโมดูล
g_RFID_Buffout : อะเรย์ที่ไว้เก็บข้อมูลที่ต้องการส่งไปยังอาร์เอฟไอดีโมดูล

โดยอะเรย์ของข้อมูลจะถูกเก็บอยู่ในรูปแบบเวียนรอบ (Circular Array) จึงมีอีกสองตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูลในอะเรย์ดังกล่าวได้แก่

g_RFID_Buffout_index : ตำแหน่งแรกที่ชี้อยู่ในอะเรย์ g_RFID_Buffout
g_RFID_Buffout_length : ปริมาณข้อมูลในอะเรย์ g_RFID_Buffout
g_RFID_Buffin_index : ตำแหน่งแรกที่ชี้อยู่ในอะเรย์ g_RFID_Buffin
g_RFID_Buffin_length : ปริมาณข้อมูลในอะเรย์ g_RFID_Buffin

สำหรับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอะเรย์สำหรับการสื่อสารกับบลูทูธโมดูลได้แก่

g_Bluetooth_Printing_Char : ข้อมูลที่กำลังส่งไปยังบลูทูธโมดูล
g_Bluetooth_Reading_Char : ข้อมูลที่กำลังอ่านจากบลูทูธโมดูล

g_Bluetooth_Buffin : อะเรย์ที่ไว้เก็บข้อมูลที่รับมาจากบลูทูธโมดูล

g_Bluetooth_Buffout : อะเรย์ที่ไว้เก็บข้อมูลที่ต้องการส่งไปยังบลูทูธโมดูล

g_RFID_Buffout_index : ตำแหน่งแรกที่ชี้อยู่ในอะเรย์ g_Bluetooth_Buffout

g_RFID_Buffout_length : ปริมาณข้อมูลในอะเรย์ g_Bluetooth_Buffout

g_RFID_Buffin_index : ตำแหน่งแรกที่ชี้อยู่ในอะเรย์ g_Bluetooth_Buffin

g_RFID_Buffin_length : ปริมาณข้อมูลในอะเรย์ g_Bluetooth_Buffin

สำหรับการอ่านค่านั้นจะมีการสำรองค่าที่ขาสัญญาณ BTRxD และ RFIDRxD ไว้ในตัวแปร tmp_BTRxD และ tmp_RFIDRxD ตอนเริ่มฟังก์ชั่นเพื่อให้ข้อมูลไม่เกิดการคลาดเคลื่อนขึ้นจากการหน่วงเวลาอันเนื่องมาจากการทำงานของเสตทแมชชีนส่วนส่งข้อมูลดังตาราง 2

ตาราง 2 – การสำรองค่าที่ขาสัญญาณ BTTxD และ RFIDRxD

```
void Timer2_Interrupt() interrupt 5
{
      TF2 = 0;
      tmp_BTRxD = BTRxD;
      tmp_RFIDRxD = RFIDRxD;
      ...
```

นอกจากตัวแปรสำหรับการรับส่งข้อมูลแล้วยังมีอีกตัวแปรหนึ่งสำหรับเก็บจำนวนครั้งที่ผ่านไปโดยไม่มีการรับส่งข้อมูลจากอาร์เอฟไอดี ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ในการนับเวลาที่จะร้องขอข้อมูลจากอาร์เอฟไอดีครั้งต่อไปในอีกส่วนหนึ่งของซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะการส่งข้อมูลไปยังอาร์เอฟไอดีโมดูลต้องกระทำระหว่างที่ไม่มีการรับส่งข้อมูลใดๆขึ้น มิฉะนั้นจะเกิดการชนกันของข้อมูลรวมทั้งการกวนกันของสัญญาณขึ้น ตัวแปรตัวนี้มีชื่อว่า g_Idle_Count

สเตทแมชชีนทั้งสี่ที่ได้กล่าวถึงข้างต้นจะทำงานกันแบบขนานโดยใน 1 รอบไซเคิลจะแต่ละสเตทแมชชีนจะทำงานไป 1 เสตท แต่ละเสตทแมชชีนจึงถูกเรียงกันไปดังตาราง 3

ตาราง 3 – การเรียงของเสตทแมชชีน

```
      ...
      switch (g_RFID_Write_State)
      {
            ...
      }
      switch (g_Bluetooth_Write_State)
      {
            ...
      }
      ...
```

ซอร์สโค้ดในส่วนระบบอนุกรม RS232 เสมือนถูกแสดงในภาคผนวก 1

5.1.2 ส่วนประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากบลูทูธโมดูลและโมดูลอ่านเขียนอาร์เอฟไอดี

เมื่อมีการส่งข้อมูลจากบลูทูธโมดูลหรืออาร์เอฟไอดีโมดูลเข้ามายังไมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อมูลจะถูกจัดเก็บไว้ในอะเรย์ `g_Bluetooth_Buffin` และ `g_RFID_Buffin` โดยส่วนการสื่อสารอนุกรมเสมือน RS232 จากนั้นข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปวิเคราะห์และประมวลผล สำหรับข้อมูลที่ได้รับมาจากอาร์เอฟไอดีจะเป็นข้อมูลที่ตัวอาร์เอฟไอดีโมดูลตอบรับจากคำสั่งที่ส่งไป ส่วนข้อมูลที่ส่งมาจากบลูทูธโมดูลจริงๆแล้วก็คือข้อมูลที่ถูกส่งมาจากโทรศัพท์มือถือผ่านทางบลูทูธนั่นเอง หรืออีกนัยหนึ่งข้อมูลเหล่านี้ก็คือคำสั่งต่างๆที่ถูกส่งมาจากโทรศัพท์มือถือนั่นเองเช่น คำสั่งเขียน คำสั่งอ่าน คำสั่งอ่านต่อเนื่อง เป็นต้น ซึ่งส่วนนี้เองเป็นส่วนที่เราต้องทำการเขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผล

5.1.2.1 โปรโตคอล

ข้อตกลงการสื่อสารระหว่างโทรศัพท์มือถือและไมโครคอนโทรลเลอร์หรือโปรโตคอลถูกกำหนดขึ้นเพื่อแยกข้อมูลจริงที่ส่งมาจากโทรศัพท์มือถือออกจากข้อมูลสถานะการเชื่อมต่อที่สร้างขึ้นมาจากอุปกรณ์บลูทูธซึ่งจะออกมาปะปนกันขณะใช้งาน เพื่อคัดกรองเฉพาะข้อมูลที่ถูกต้องไปประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์

โปรโตคอลที่กำหนดขึ้นจะอยู่ในรูปแบบคำสั่ง 1 ไบต์ตามด้วยข้อมูลที่ต้องร่วมใช้ในการประมวลผลและปิดท้ายคำสั่งด้วยรหัสขึ้นบรรทัดใหม่หรือรหัสแอสกี้ (ASCII) 0x0D เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้หลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นการเขียนข้อมูลลงแทค การอ่านแทคครั้งเดียว หรือการอ่านแทคแบบต่อเนื่อง สำหรับการเขียนข้อมูลลงแทคจะใช้คำสั่ง ‘W’ ตามด้วยข้อมูลที่ต้องการจะเขียนจำนวน 16 ไบต์ดังนี้

W + DATA + 0x0D

การอ่านครั้งเดียวจะใช้คำสั่ง ‘R’ ส่วนการอ่านต่อเนื่องจะใช้คำสั่ง ‘N’ ดังนี้

R + 0x0D

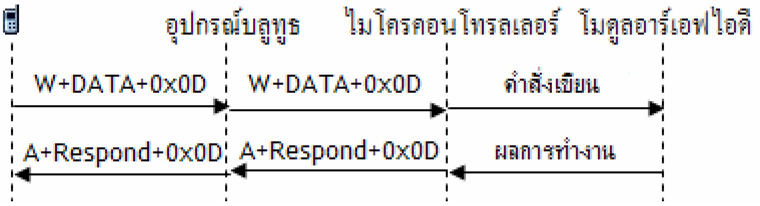
N + 0x0D

ส่วนข้อมูลที่ตอบกลับไปยังโทรศัพท์มือถือจะใช้รูปแบบดังนี้

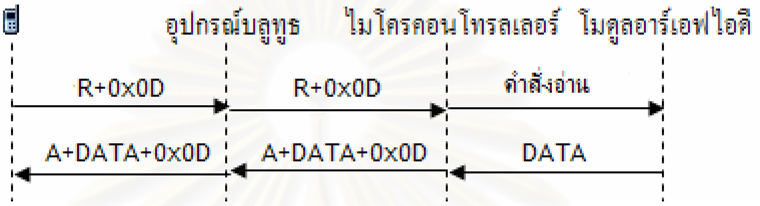
A + DATA + 0x0D

เมื่อโทรศัพท์มือถือได้รับข้อมูลตอบกลับจากวงจรแล้วก็จะนำมาพิจารณาผลการทำงานซึ่งถ้าเป็นคำสั่งเขียนก็จะเป็นค่าแสดงความสำเร็จในการบันทึก ส่วนถ้าเป็นคำสั่งอ่านค่าที่ได้จะเป็นค่าที่อ่านได้จากแทค

ตัวอย่างการส่งข้อมูลแสดงในแผนภาพลำดับแสดงการเดินทางของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ ดังรูปที่ 33



(ก) ขณะส่งสัญญาณเพื่อเขียนข้อมูลลงแทค



(ข) ขณะส่งสัญญาณเพื่ออ่านข้อมูลในแทค

รูปที่ 33 - แผนภาพลำดับแสดงการเดินทางของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ

5.1.3 อุปสรรคในการสร้างระบบการสร้างซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์

อุปสรรคที่พบในการสร้างซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์หลักๆจะเป็นเรื่องของการทำงานไม่ทัน จากการคำนวณ การสื่อสารอนุกรมที่ความเร็วบอด 9600 บิตต่อวินาที โดยใช้สัญญาณนาฬิกา 12 เมกกะเฮิรตซ์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้อยู่นั้น 1 คำสั่งจะทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกา 6 รอบด้วยกัน จำนวนคำสั่งที่ทำงานได้ในหนึ่งวินาทีจะคำนวณได้จากสูตร

ความถี่นาฬิกา / 6 คำสั่ง

ได้ว่าจำนวนคำสั่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้ในหนึ่งวินาทีคือ

12 ล้าน/ 6 = 2 ล้านคำสั่ง

นั่นแปลว่าในแต่ละรอบการทำงานของการสื่อสารแบบอนุกรมจะห่างกัน

จำนวนคำสั่ง / ความเร็วบอด คำสั่ง

คำนวณได้เป็น

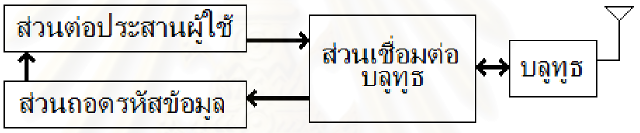
2000000 / 9600 = 208 คำสั่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือในแต่ละรอบการทำงานของส่วนการสื่อสารแบบอนุกรมเสมือนจะมีคำสั่งได้อย่างมากที่สุดเพียง 208 คำสั่ง มิฉะนั้นจะเกิดการคลาดเคลื่อนของข้อมูลทันที ทั้งนี้ 208 คำสั่งยังต้องรวมเวลาที่ใช้สำหรับส่วนประมวลผลข้อมูลด้วย สิ่งนี้เองที่เป็นอุปสรรคในการเขียนซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ โค้ดต้องถูกทำให้เหมาะที่สุดจึงจะสามารถใช้งานได้อย่างไม่มีปัญหา

5.2 ซอฟต์แวร์โต้ตอบผู้ใช้บนโทรศัพท์มือถือ

ซอฟต์แวร์ส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้เป็นซอฟต์แวร์ที่ถูกเขียนขึ้นเพื่อทำงานบนโทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบซิมเบี้ยนปฏิบัติการซิมเบี้ยน เขียนด้วยภาษาซิมเบี้ยนซีพลัสพลัส มีองค์ประกอบทางซอฟต์แวร์สามส่วนด้วยกันได้แก่ ส่วนต่อประสานผู้ใช้ ส่วนถอดรหัสข้อมูลและส่วนเชื่อมต่อกับบลูทูธทำงานประสานกันดังรูปที่ 34 โดยสองส่วนหลังถือเป็นส่วนหลักของซอฟต์แวร์บนโทรศัพท์มือถือ สำหรับส่วนสุดท้ายเป็นส่วนที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม

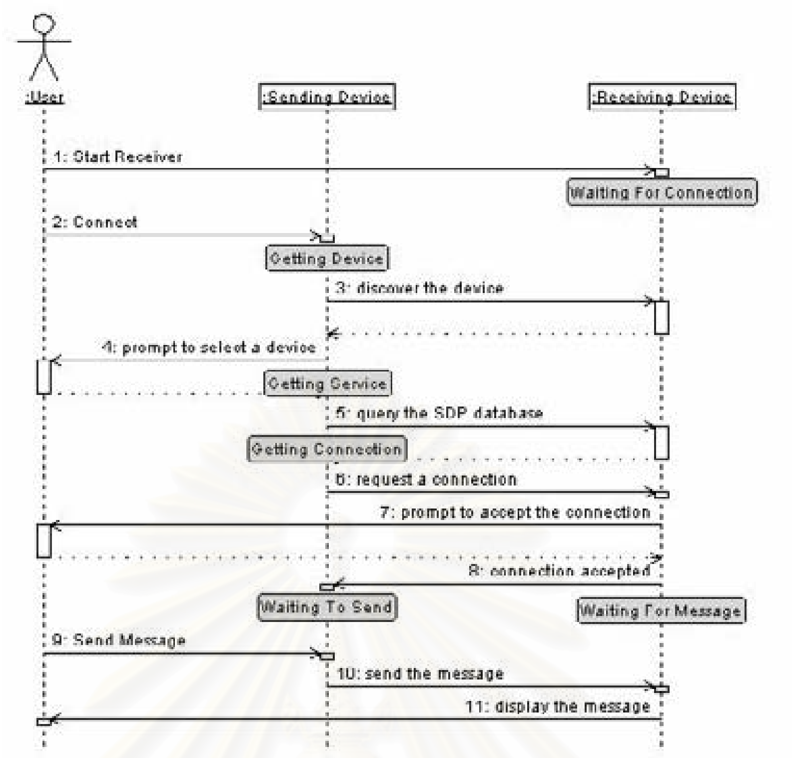


รูปที่ 34 – การเชื่อมต่อองค์ประกอบทางซอฟต์แวร์บนโทรศัพท์มือถือ

5.2.1 ส่วนเชื่อมต่อบลูทูธ

ซอฟต์แวร์ส่วนนี้เป็นส่วนของการเชื่อมต่อระหว่างองค์ประกอบทางซอฟต์แวร์อื่นๆและอุปกรณ์บลูทูธซึ่งเป็นฮาร์ดแวร์บนโทรศัพท์มือถือ โดยใช้ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ของซิมเบี้ยนทำงานดังรูปที่ 35

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 35 – แผนภาพลำดับแสดงการติดต่อบลูทูธ [22]

เมื่อผู้ใช้พยายามทำการติดต่อกับอุปกรณ์บลูทูธส่วนเชื่อมต่อบลูทูธจะทำการค้นหาอุปกรณ์รอบข้างที่เปิดการเชื่อมต่อแบบบลูทูธไว้และจะแสดงรายการชื่ออุปกรณ์เหล่านั้นให้กับผู้ใช้ได้เลือก เมื่อผู้ใช้ได้เลือกอุปกรณ์อ่านอาร์เอฟไอดีที่พัฒนาขึ้นแล้วอุปกรณ์บลูทูธบนวงจรจะตรวจพบการร้องขอและส่งสัญญาณดังกล่าวไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์และสั่งให้วงจรเริ่มทำงานในที่สุด จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์และโทรศัพท์มือถือก็จะสามารถสื่อสารโดยตรงต่อกันได้ผ่านทางอุปกรณ์บลูทูธบนวงจรและส่วนเชื่อมต่อบลูทูธบนซอฟต์แวร์บนโทรศัพท์มือถือ

5.2.2 ส่วนถอดรหัสข้อมูล

เมื่อมีการร้องขอการอ่านหรือเขียนข้อมูลไปที่อุปกรณ์อ่านและเขียนอาร์เอฟไอดีที่พัฒนาขึ้น โทรศัพท์มือถือจะได้รับผลการทำงานกลับมาในรูปแบบ

A + DATA + 0x0D

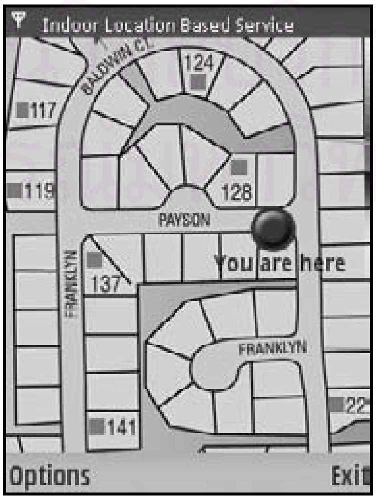
ส่วนถอดรหัสข้อมูลจะทำหน้าที่แกะรหัสส่วนข้อมูล (DATA) ออกมาและนำไปแสดงผลบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือผ่านส่วนต่อประสานผู้ใช้

5.2.3 ส่วนต่อประสานผู้ใช้

เป็นส่วนที่แสดงผลและรับคำสั่งจากผู้ใช้เพื่อสั่งงานวงจรตามต้องการ ในส่วนนี้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของแต่ละบริการ ยกตัวอย่างเช่นระบบบริการเชิงพื้นที่ที่เราต้องการหาว่าตอนนี้เราอยู่ตำแหน่งใดในพื้นที่ เมื่อเข้าโปรแกรมและทำการเชื่อมต่อกับวงจรผ่านการสื่อสารไร้สายบลูทูธเป็นที่เรียบร้อยแล้ว หน้าจอจะแสดงรูปเพื่อบอกให้ผู้ใช้นำวงจรไปใกล้กับแทคเพื่ออ่านข้อมูลดังรูปที่ 36

รูปที่ 36 – หน้าจอตัวอย่างโปรแกรมบริการเชิงพื้นที่บนโทรศัพท์มือถือ

เมื่อผู้ใช้นำส่วนวงจรไปใกล้แทคตัวอุปกรณ์จะอ่านข้อมูลจากแทคโดยอัตโนมัติ ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งมายังโทรศัพท์มือถือเพื่อประมวลผลหาตำแหน่งปัจจุบันและแสดงออกทางหน้าจอดังรูปที่ 37



รูปที่ 37 – ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมแสดงตำแหน่งปัจจุบันหลังจากอ่านข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เราสามารถต่อยอดเพื่อสร้างบริการให้เหมาะสมกับสถานที่ต่างๆกันไปได้เช่น อาจจะสร้างระบบนำทางไปยังสินค้าในห้างสรรพสินค้า หรือระบบนำทางเดินและแนะนำสิ่งของต่างๆในพิพิธภัณฑ์ เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การปรับปรุงระบบต้นแบบ

6.1 ประสิทธิภาพของระบบต้นแบบ

6.1.1 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และเวลาที่สามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง

วัดปริมาณไฟฟ้าที่วงจรใช้โดยจ่ายไฟให้วงจรด้วยเครื่องจ่ายไฟกระแสตรงแล้วทำการจดบันทึกปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ไปซึ่งถูกแสดงบนหน้าปัดของเครื่องจ่ายไฟพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในสถานะปกติไม่มีการอ่านหรือเขียนข้อมูลใดๆจะอยู่ที่ 280 มิลลิแอมป์ ในขณะที่ในสถานะที่มีการอ่านหรือเขียนข้อมูลจะอยู่ที่ 300 มิลลิแอมป์แบ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 24 มิลลิแอมป์[19] บลูทูธโมดูล 150 มิลลิแอมป์ [18] และอาร์เอฟไอดีโมดูล 60-80 มิลลิแอมป์ [17] ที่เหลือเป็นอุปกรณ์ต่างๆบนวงจรเช่นแอลอีดี ที่สองสถานะใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกันเพียงเล็กน้อยก็เพราะว่าอาร์เอฟไอดีโมดูลเป็นแบบระยะสั้นจึงใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่งไม่มากนัก หากพิจารณาถึงเวลาที่สามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง หากใช้แบตเตอรี่ BL-5C ของโนเกียซึ่งเก็บไฟฟ้าได้ 850 มิลลิแอมป์ชั่วโมงจะใช้งานได้ประมาณ 3 ชั่วโมง แต่ถ้าเป็นถ่านแบบประจุไฟฟ้าใหม่ได้ซึ่งเก็บไฟฟ้าได้ 2500 มิลลิแอมป์ชั่วโมงจะใช้งานได้ประมาณ 8 ชั่วโมงครึ่ง

6.1.2 ความเร็วในการตอบสนอง

จากการวัดเวลาที่ใช้ในการสั่งงานจากโทรศัพท์มือถือและได้รับผลการทำงานกลับด้วยการจับเวลาบนโทรศัพท์มือถือตั้งแต่เวลาที่ส่งไปจนถึงเวลาที่ได้รับข้อมูลกลับพบว่าเวลาตอบสนองจะอยู่ที่ประมาณ 350 มิลลิวินาทีโดยเฉลี่ย จากการคำนวณปริมาณข้อมูลที่มีการรับส่งจะอยู่ที่ 100 ไบต์ แบ่งเป็น

- ส่งจากโทรศัพท์มือถือผ่านบลูทูธ 2 ไบต์
- ส่งจากบลูทูธโมดูลไปไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ไบต์
- ส่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังอาร์เอฟไอดีโมดูล 20 ไบต์
- ได้รับข้อมูลกลับจากอาร์เอฟไอดีโมดูล 25 ไบต์
- ส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังบลูทูธโมดูล 25 ไบต์
- ส่งข้อมูลจากบลูทูธโมดูลเข้าโทรศัพท์มือถือ 25 ไบต์

ด้วยความเร็วบอด 9600 บิตต่อวินาทีหรือ 1200 ไบต์ต่อวินาทีจะพบว่าใช้เวลาในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมทั้งบนโทรศัพท์มือถือและบนส่วนของวงจรรวมแล้วประมาณ 85 มิลลิวินาทีและ

ที่เหลืออีก 265 มิลลิวินาทีเป็นเวลาหน่วงจากการตรวจหาแทคอาร์เอฟไอดีของอุปกรณ์อ่านอาร์เอฟไอดีรวมถึงการหน่วงจากการสื่อสารแบบไร้สายทั้งบลูทูธและอาร์เอฟไอดี

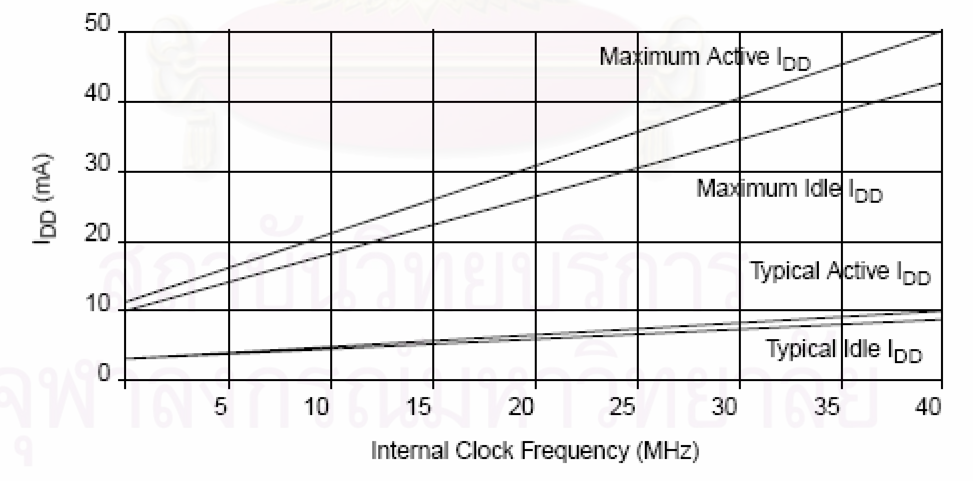
6.2 ปัญหาที่พบ แนวคิดการแก้ปัญหาและการแก้ไขปรับปรุง

6.2.1 การลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

หากกล่าวถึงพลังงานที่ถูกใช้ในวงจร ส่วนที่ใช้พลังงานมากจะได้แก่ส่วนอาร์เอฟไอดีโมดูล บลูทูธโมดูลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งทั้งสามส่วนนี้สามารถนำเทคนิคทั้งด้านซอร์ฟแวร์และฮาร์ดแวร์ในการลดพลังงานที่ใช้ได้

6.2.1.1 การลดพลังงานส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

สำหรับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาจะมีผลโดยตรงต่อพลังงานที่ใช้ดังเส้น Maximum Active I_{DD} ในกราฟรูปที่ 38 [19] ในวงจรต้นแบบได้ใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่ความถี่ 12 เมกกะเฮิรตซ์ และความเร็วในการส่งข้อมูลอนุกรมที่ 9600 บิตต่อวินาที เวลาการตอบสนองอยู่ที่ 350 มิลลิวินาทีซึ่งถือว่าตอบสนองได้เร็วพอสมควร จึงมีแนวคิดว่าถ้าหากตอบสนองช้ากว่านี้เท่าตัวหนึ่งหรือ 700 มิลลิวินาทีก็ยังเป็นเวลาตอบสนองที่ยังรับได้อยู่โดยเทียบกับการตอบสนองของประตูรถไฟฟ้าใต้ดิน เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานที่ใช้ลง แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาและความเร็วในการส่งข้อมูลอนุกรมจึงถูกลดลงเป็น 11.0592 เมกกะเฮิรตซ์และ 4800 บิตต่อวินาทีตามลำดับ



รูปที่ 38 – กราฟกระแสไฟฟ้าที่ใช้สำหรับสัญญาณนาฬิกาต่างๆ [19]

6.2.1.2 การลดพลังงานส่วนอาร์เอฟไอดีโมดูล

อาร์เอฟไอดีโมดูลจะมีโหมดประหยัดพลังงานหรือ Halt Mode อยู่ เมื่อเข้าสู่โหมดนี้อาร์เอฟไอดีโมดูลจะไม่สามารถทำงานใดๆได้ รอเพียงสัญญาณปลุกเพื่อให้หลุดออกจากโหมดนี้

แล้วทำงานต่อ ทำให้การใช้ไฟฟ้าในโหมดนี้จะลดลงมาก จากการวัดด้วยเครื่องจ่ายไฟกระแสตรง พบว่าลดลงจาก 88 มิลลิแอมป์เหลือเพียง 22 มิลลิแอมป์ ในโหมดการอ่านครั้งเดียวจึงกำหนดให้อาร์เอฟไอดีโมดูลอยู่ในโหมดประหยัดพลังงานเป็นสถานะปกติ เมื่อมีสัญญาณร้องขอการอ่านข้อมูลจึงปลุกอาร์เอฟไอดีเข้าสู่โหมดทำงานและอ่านข้อมูลให้เรียบร้อยแล้วถึงกลับไปสู่โหมดประหยัดพลังงานอีกทีหนึ่ง ตรงนี้จะช่วยประหยัดพลังงานลงไปมาก ส่วนในโหมดการอ่านแบบต่อเนื่องจะใช้วิธีหลังจากอ่านข้อมูลในแต่ละรอบจบจะเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานเป็นเวลา 300 มิลลิวินาทีดังรูปที่ 39 แต่ละรอบการอ่านจึงใช้เวลา 1 วินาที แต่จะประหยัดพลังงานลงมาก

รูปที่ 39 – การเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานของโหมดอ่านข้อมูลต่อเนื่อง

นอกจากนั้นอาร์เอฟไอดีโมดูลยังถูกลดความเร็วบอดลงเหลือ 4800 บิตต่อวินาทีอีกด้วย เพื่อให้สามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ จากการวัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง พบว่าการลดความเร็วบอดนี้จะทำให้อาร์เอฟไอดีโมดูลใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงประมาณ 1-3 มิลลิแอมป์

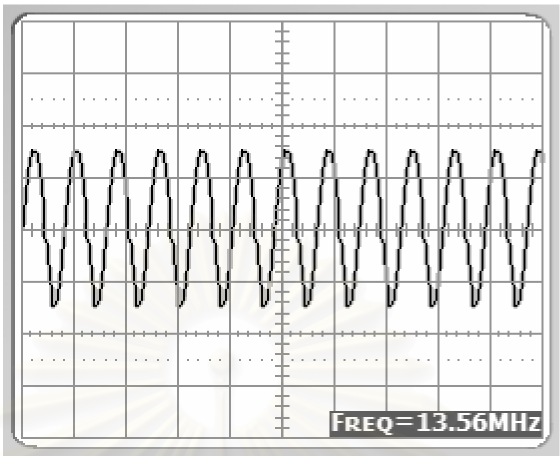
6.2.1.3 การลดพลังงานส่วนบลูทูธโมดูล

เทคนิคที่ใช้ในการลดพลังงานที่ใช้ในบลูทูธโมดูลจะค่อนข้างคล้ายกับที่ใช้ในส่วนอาร์เอฟไอดีโมดูลคือการลดความเร็วบอดลงเหลือ 4800 บิตต่อวินาทีจากเดิม 9600 บิตต่อวินาที จากการวัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงพบว่าใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงไป 1-3 มิลลิแอมป์ ส่วนเทคนิคการเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานนั้นบลูทูธโมดูลไม่สามารถทำได้ เนื่องจากเมื่อเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานการติดต่อจะถูกตัดทันที เมื่อต้องการจะสื่อสารใหม่ก็ต้องทำการเชื่อมต่อใหม่ ซึ่งจะต้องใช้เวลากว่า 1 วินาทีในการติดต่อ

6.2.2 สัญญาณรบกวนจากคลื่นที่ส่งออกมาจากอาร์เอฟไอดีโมดูล

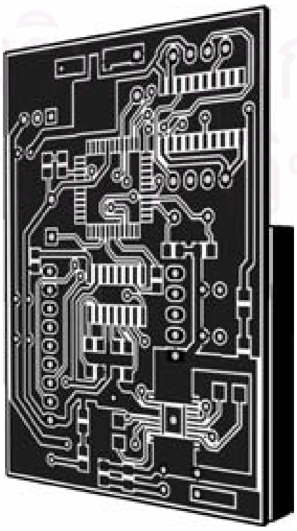
จากการทดลองผลการทำงานของวงจรต้นแบบตามรูปที่ 29 พบว่า วงจรต้นแบบข้างต้นทำงานได้แต่มีอัตราการสูญเสียของข้อมูลถึง 37% โดยเฉลี่ยจากจำนวนข้อมูลทดสอบ 10240 บิต ซึ่งถือว่าสูงมากจนไม่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ จากการวัดสัญญาณบนวงจรด้วยออสซิลโลสโคปพบว่ากราวด์สองจุดบนลายวงจรมีศักย์ไฟฟ้าต่างกันเป็นรูปคลื่นดังกราฟในรูปที่ 40 จะเห็นว่า

สัญญาณกราวด์เกิดการสั่นด้วยความถี่ 13.56 MHz ซึ่งเป็นความถี่เดียวกับคลื่นวิทยุที่ถูกส่งออกมาจากอาร์เอฟไอดีโมดูล และมีแอมพลิจูดถึง 2 โวลต์



รูปที่ 40 – การสั่นของกราวด์เนื่องจากคลื่นวิทยุที่ส่งออกมาจากอาร์เอฟไอดีโมดูล

จากจุดนี้เองได้ค้นพบข้อควรระวังในการออกแบบวงจรที่มีอุปกรณ์อ่านอาร์เอฟไอดีอยู่บนวงจร ไม่ควรมีอุปกรณ์ใดๆรวมทั้งสายสัญญาณอยู่ใต้อุปกรณ์นั้นเป็นอันขาด มิฉะนั้นจะโดนรบกวนด้วยสัญญาณวิทยุที่ถูกส่งออกมาจากอาร์เอฟไอดีทันที ซึ่งถ้าหากพิจารณาตามรูปที่ 29 แล้วจะพบว่ามีทั้งอุปกรณ์และสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ใต้อาร์เอฟไอดีโมดูลซึ่งปรากฏเป็นวัตถุสีดำในภาพ แต่ด้วยข้อจำกัดทางด้านขนาดของวงจรแล้วทำให้ไม่สามารถย้ายสายสัญญาณและอุปกรณ์ไปบริเวณอื่นได้ จึงต้องแก้ไขปัญหานี้ด้วยการทำให้กราวด์ทุกจุดเท่ากันโดยใส่สภาพของกราวด์หรือกราวด์เพลน (Ground Plane) [27] เข้าไปในวงจร การสร้างกราวด์เพลนทำได้โดยถมพื้นที่ว่างทั้งหมดด้วยลายทองแดงและเชื่อมกราวด์ทุกจุดเข้าด้วยกัน หลังจากใส่กราวด์เพลนให้วงจรแล้วจะได้วงจรรูปแบบใหม่ดังรูปที่ 41



รูปที่ 41 – วงจรต้นแบบที่มีกราวด์เพลน

เมื่อนำวงจรแบบใหม่นี้ไปทดสอบด้วยออสซิลโลสโคปอีกครั้งพบว่าการสั่นของกราวด์ลดลงมาก คงเหลือเพียงคลื่นลูกเล็กๆที่มีแอมพลิจูดต่ำกว่า 0.5 โวลต์ซึ่งแทบไม่ส่งผลต่อการรับส่งข้อมูลเลย สำหรับอัตราการผิดพลาดของข้อมูลตรงนี้ยังพอมีอยู่ โดยทำการทดสอบจากการรับส่งตัวอย่างข้อมูลจำนวน 10240 บิตจำนวน 10 ครั้งพบว่ามีข้อมูลเสียหายดังตาราง 4

ตาราง 4 – ผลการทดลองวัดปริมาณข้อมูลที่เสียหาย

ครั้งที่	ปริมาณข้อมูลที่สูญหาย
1	294
2	281
3	261
4	274
5	278
6	270
7	282
8	270
9	273
10	262
รวม	**2745**

คิดโดยเฉลี่ยแล้วพบว่ามีข้อมูลเสียหายไปจำนวน 274.50 บิต หรือคิดเป็นประมาณ 2.68%

6.2.3 การสูญหายของข้อมูลอันเนื่องมาจากปัจจัยอื่นๆ

นอกจากปัจจัยสัญญาณรบกวนอันเนื่องมาจากคลื่นวิทยุที่ถูกส่งออกมาจากอาร์เอฟไอดีโมดูลแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆอีกเช่นการรบกวนกันเองของสายสัญญาณหรือการรบกวนจากคลื่นวิทยุภายนอกเช่นสัญญาณโทรศัพท์มือถือ ดังนั้นถึงจะชิลล์วงจรด้วยกราวด์เพลนจนปัญหาการสั่นของกราวด์หายไปแล้วแต่การสูญหายของข้อมูลก็ยังคงมีอยู่บ้าง การเข้ารหัสข้อมูลในแทคด้วยรหัสแก้ไขความผิดพลาดซึ่งเป็นกลวิธีตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาดในกรณีที่ข้อมูลสูญหายเป็นบางส่วน (Error Detection and Error Correction) จึงถูกนำมาใช้ สำหรับกลวิธีที่ถูกเลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้คือการเข้ารหัสข้อมูลแบบรีดโซโลมอน (Reed-Solomon) [28] ซึ่งใช้ในอุปกรณ์สื่อสารดิจิตอลหลายชนิดเช่น อินเทอร์เน็ตโมเด็ม สูตรคำนวณจำนวนไบต์ที่ต้องใช้เก็บข้อมูลทั้งหมดเป็นไปดังสมการ

$$n = 2^m - 1$$

โดย n เป็นจำนวนไบต์ทั้งหมดที่ใช้และ m เป็นจำนวนบิตต่อ 1 ไบต์ สำหรับงานวิจัยนี้จะเก็บข้อมูลเป็นเลขฐาน 16 จึงใช้เพียง 4 บิตต่อ 1 ไบต์ข้อมูล เมื่อคำนวณออกมาแล้ว จำนวนไบต์ที่ต้องใช้ในการเก็บข้อมูล 1 ชุดคือ 15 ไบต์ จากนั้นกำหนดให้ในแต่ละชุดข้อมูลสามารถมีข้อมูลผิดพลาดได้ 3 ไบต์ จำนวนข้อมูลจริงที่เก็บได้จะเป็นไปดังสมการ

$$k = n - 2t$$

โดย k เป็นจำนวนข้อมูลจริงที่เก็บได้และ t เป็นจำนวนไบต์ที่ผิดพลาดได้ คำนวณออกมาจะได้ว่าใน 15 ไบต์นี้เราสามารถเก็บข้อมูลจริงได้ 9 ไบต์หรือ 36 บิตนั่นเอง จะพบว่ามีที่ตำแหน่งที่ยังไม่มีการใช้งานอีก 1 ไบต์เนื่องจากในข้อมูลแต่ละชุดของแทคอาร์เอฟไอดีจะเก็บได้ 16 ไบต์ แต่เราใช้ไปเพียง 15 ไบต์ จึงใช้ไบต์ดังกล่าวในการเก็บค่าผลรวมตรวจสอบหรือ Checksum เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทั้ง 9 ไบต์ที่ถูกถอดรหัสแล้วอีกครั้งหนึ่ง สุดท้ายเมื่อได้ข้อมูลตำแหน่งแล้ว เราก็สามารถต่อยอดทำเป็นบริการเชิงพื้นที่ได้ตามต้องการ ทั้งนี้นอกจากเหตุผลทางด้านการสูญหายของข้อมูลแล้ว การเข้ารหัสดังกล่าวยังช่วยเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูลอีกด้วย

การเข้ารหัสข้อมูลด้วยกลวิธีรีดโซโลมอนนี้จะทำให้โครงสร้างของข้อมูลที่เก็บไว้ในแทคเปลี่ยนไป โดยโครงสร้างใหม่จะใช้เนื้อที่ 64 บิตในการเก็บข้อมูลจากเดิมใช้ 32 บิต ดังรูปที่ 42

รูปที่ 42 – โครงสร้างข้อมูลหลังทำการปรับปรุงแล้ว

นอกจากนั้นโค้ดส่วนถอดรหัสข้อมูลบนโทรศัพท์มือถือก็ต้องเปลี่ยนไปด้วย โดยเมื่อแยกเอาข้อมูล (DATA) เข้ามา ก็จะทำการถอดรหัสข้อมูลด้วยกลวิธีรีด-โซโลมอนเสียก่อน แล้วจึงนำข้อมูลทั้ง 9 ไบต์มาตรวจสอบกับ CheckSum อีกทีหนึ่ง หากถูกต้องก็สามารถนำข้อมูลไปใช้ต่อได้ทันที

6.3 ประสิทธิภาพหลังจากการปรับปรุง

6.3.1 ด้านพลังงาน

จากการวัดพลังงานที่ใช้ในวงจรที่ปรับปรุงแล้วด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในสถานะปกติไม่มีการอ่านหรือเขียนข้อมูลใดๆจะอยู่ที่ 200 มิลลิแอมป์ ในขณะที่ในสถานะที่มีการอ่านหรือเขียนข้อมูลจะอยู่ที่ 250 มิลลิแอมป์ หากพิจารณาเวลาที่สามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง หากใช้แบตเตอรี่ตัว BL-5C ของโนเกียซึ่งเก็บไฟฟ้าได้ 850 มิลลิแอมป์ชั่วโมงจะใช้งานได้ประมาณ 4 ชั่วโมงเพิ่มขึ้นจากเดิมหนึ่งชั่วโมง แต่ถ้าเป็นถ่านแบบประจุไฟฟ้าใหม่ได้ซึ่งเก็บไฟฟ้าได้ 2500 มิลลิแอมป์ชั่วโมงจะใช้งานได้ประมาณ 12 ชั่วโมงสามสิบนาที เพิ่มขึ้นจากเดิมถึงสี่ชั่วโมง ส่วนเวลาตอบสนองหลังปรับปรุงแล้วจะเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 480 มิลลิวินาทีในโหมดอ่านครั้งเดียวและ 1 วินาทีในโหมดอ่านต่อเนื่อง โดยเราสามารถสั่งเปลี่ยนโหมดได้ผ่านโทรศัพท์มือถือ

6.3.2 ด้านความถูกต้องของข้อมูล

หลังจากปรับปรุงจึงทำการทดสอบอัตราการสูญเสียข้อมูลด้วยวิธีเดิมจำนวน 10240 บิตเป็นจำนวน 5 ครั้งพบว่าข้อมูลดิบยังคงมีอัตราการสูญเสียอยู่ที่ 2.7% โดยประมาณ แต่เนื่องจากข้อมูลได้ถูกเข้ารหัสด้วยรหัสแก้ไขความผิดพลาดแล้วทำให้สามารถนำมาแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลได้ จากการทดสอบด้วยการรับส่งตัวอย่างข้อมูล 10240 บิตเป็นจำนวน 10 ครั้งพบว่าสามารถนำข้อมูลที่ถอดรหัสแล้วมาใช้งานได้ทั้งหมด 100% ทั้งนี้เพราะว่าข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสไว้มีข้อมูลจริงอยู่ 9 ไบต์และสามารถผิดพลาดได้ 3 ไบต์หรือคิดเป็น 33.33% ในขณะที่จำนวนข้อมูลที่ผิดพลาดมีเพียง 2.7% เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามหากทดลองด้วยจำนวนข้อมูลที่มากๆ เช่น หนึ่งล้านบิต อาจจะมีชุดข้อมูลที่ผิดพลาดก็เป็นได้ เพียงแต่โอกาสเกิดมีน้อยมาก แต่ถ้าเกิดขึ้นแล้วเราก็สามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากไบต์สุดท้ายซึ่งเป็นไบต์เก็บค่าผลรวมตรวจสอบได้ หากไม่ถูกต้องก็สามารถเพิกเฉยต่อข้อมูลชุดนั้นๆได้โดยไม่มีผลต่อระบบแต่อย่างใด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

การทดสอบและผลการทดสอบ

7.1 ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

จากการวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงพบว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นใช้พลังงาน 250 มิลลิแอมป์ในขณะอ่านและใช้ 200 มิลลิแอมป์ในสถานะนิ่งเฉย จากการวัดความเร็วในการตอบสนองด้วยการจับเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปยังวงจรและรับกลับบนโทรศัพท์มือถือพบว่ามีความเร็วในการตอบสนองอยู่ที่ 480 มิลลิวินาที มีอัตราการสูญเสียของข้อมูลดิบ 2.7% และมีอัตราการใช้งานได้ของข้อมูลอยู่ที่ 100%

7.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับระบบระบุตัวตนอัตโนมัติชนิดอื่นๆ

เปรียบเทียบระบบที่วิจัยนี้กับบาร์โค้ดและบาร์โค้ดสองมิติ นำค่ามาตรฐานสรุปมาเป็นตาราง 5

ตาราง 5 – ตารางเปรียบเทียบผลการทดสอบกับระบบอื่นๆ

คุณสมบัติ	RFID	บาร์โค้ด	2D บาร์โค้ด
1.อ่านในที่มืด	ได้	ได้	ไม่ได้
2.แทคฝังในตัวกลางทึบ	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
3.ระนาบการอ่าน	ไม่ต้อง	ต้อง	ต้อง
4.ความเร็ว	เร็ว	ช้า	ช้า
5.อายุการใช้งาน	สูง	ต่ำ	ต่ำ
6.งบประมาณ	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง

หากวิเคราะห์ตามข้อมูลตามตารางแล้ว อาร์เอฟไอดีจะเป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับงานประเภทนี้ที่สุด เนื่องด้วยคุณสมบัติการใช้งานได้ทุกสภาวะแวดล้อม และการที่แทคฝังได้ในตัวกลางทำให้สามารถวางแทคได้เรียบร้อยกว่าบาร์โค้ดและบาร์โค้ดสองมิติ อีกทั้งอายุการใช้งานของอาร์เอฟไอดีจะสูงกว่าทำให้ประหยัดงบประมาณในการบำรุงซ่อมแซมได้มาก

7.3 อัตราการสูญเสียของข้อมูลเมื่อมีการทำงานร่วมกันระหว่างบลูทูธและอาร์เอฟไอดี

บลูทูธเป็นอุปกรณ์ที่มีการปล่อยคลื่นสัญญาณวิทยุ เมื่อบลูทูธและอาร์เอฟไอดีอยู่บนวงจรเดียวกันจึงต้องทดสอบว่ามีการรบกวนกันของสัญญาณเกิดขึ้นหรือไม่ เบื้องต้นอัตราการสูญเสีย

ของข้อมูล 2.7% ที่ได้กล่าวถึงข้างต้นไม่ได้เกิดมาจากการรบกวนของบลูทูธแต่อย่างใด แต่เกิดมาจากตัววงจรและไมโครคอนโทรลเลอร์เอง เพราะการทดสอบว่ามีอัตราการสูญเสีย 2.7% ดังที่ได้อธิบายไว้ในรายละเอียดด้านหน้านั้นเป็นการทดสอบโดยการต่อวงจรเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านสายสื่อสารอนุกรม ส่วนอุปกรณ์บลูทูธถูกปิดไว้ขณะทดสอบ

การทดสอบครั้งนี้ทำโดยทดสอบแบบเต็มระบบคือเปิดใช้อุปกรณ์ให้สื่อสารกับโทรศัพท์มือถือผ่านการสื่อสารไร้สายบลูทูธ พบว่าข้อมูลมีอัตราการสูญเสียไม่เพิ่มขึ้น ยังคงอยู่ที่ 2.7% เท่าเดิม จึงสรุปได้ว่าสัญญาณบลูทูธไม่มีผลต่อการทำงานของอาร์เอฟไอดีและไม่ส่งผลต่อระบบโดยรวม

7.4 อัตราการสูญเสียของข้อมูลจากสัญญาณโทรศัพท์มือถือ

โทรศัพท์มือถือเป็นหนึ่งในอุปกรณ์สื่อสารที่มีการปล่อยคลื่นสัญญาณวิทยุค่อนข้างแรง จึงจำเป็นต้องทดสอบปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นและโทรศัพท์มือถือ ทดสอบด้วยการวางโทรศัพท์มือถือไว้ใกล้กับอุปกรณ์และลองทำการเรียกเข้าและโทรออกอย่างละ 5 ครั้งและวัดผลการสูญเสียของข้อมูลดิบจากข้อมูลจำนวน 10240 บิตได้ผลดังตาราง 6

ตาราง 6 – ผลการทดสอบการสูญเสียข้อมูลอันเนื่องมาจากสัญญาณโทรศัพท์มือถือ

การทดสอบ	**การสูญเสียข้อมูลดิบเฉลี่ย จาก 10240 บิต**	
	ปริมาณ	**อัตรา**
ใช้โทรศัพท์โทรออก	280.50	2.74%
ใช้โทรศัพท์เครื่องอื่นเรียกสายเข้า	276.10	2.70%
วางโทรศัพท์มือถือสองเครื่องไว้ใกล้อุปกรณ์และทำการโทรหากัน	274.40	2.68%

ผลการทดสอบพบว่าอัตราการสูญเสียของข้อมูลดิบไม่เพิ่มขึ้นยังคงอยู่ที่ประมาณ 2.6-2.7% เท่าเดิม จึงสรุปได้ว่าสัญญาณโทรศัพท์มือถือไม่มีผลต่อการทำงานของอาร์เอฟไอดีและการทำงานของการสื่อสารไร้สายบลูทูธ

ทั้งนี้จะพบว่าทั้งบลูทูธและสัญญาณโทรศัพท์มือถือไม่มีผลต่ออัตราการสูญเสียข้อมูล การสูญเสียข้อมูล 2.7% ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นจึงอาจเกิดจากการรบกวนกันของสัญญาณในวงจรรวมถึงการสูญเสียอันเนื่องมาจากความผิดพลาดทางซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนสังเคราะห์สัญญาณ RS232 เช่นปัญหาสัญญาณนาฬิกาเลื่อนหรือ Clock Drift

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.5 วิเคราะห์ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในทางทฤษฎี

หากวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในทางทฤษฎีแล้วพบว่าสามารถทำให้ใช้พลังงานน้อยกว่านี้ได้อีกโดยใช้ไอซีถอดรหัสอาร์เอฟไอดีแทนอาร์เอฟไอดีโมดูลเช่นไอซี TRF796x [29] โดยไอซีเบอร์ดังกล่าวจะใช้พลังงานไฟฟ้าในการอ่านเพียง 20 มิลลิแอมป์เท่านั้น ลดจากที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ถึง 4 เท่าจาก 88 มิลลิแอมป์เป็น 20 มิลลิแอมป์ นอกจากนั้นก็ใช้สามารถใช้ FPGA แทนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วยซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ [30] แต่ทั้งนี้ก็อาจจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดกินพลังงานน้อยกว่า FPGA ก็เป็นได้ ซึ่งตรงนี้เป็นสิ่งที่ไม่สามารถหาข้อจำกัดได้ ส่วนบลูทูธโมดูลนั้นมีอยู่หลายยี่ห้อหลายรุ่น โดยแต่ละรุ่นก็จะใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกันไป แต่ก็จะทำให้ระยะทางรับส่งต่างกันไปด้วยเช่นกัน ตรงนี้เราสามารถเลือกใช้ให้ตรงกับงานตามที่ต้องการได้ เช่นในงานวิจัยชิ้นนี้บลูทูธโมดูลที่ใช้พลังงานไฟฟ้าถึง 150 มิลลิแอมป์แต่ก็ยังมีอีกรุ่นหนึ่งที่ใช้พลังงานแค่เพียง 95 มิลลิแอมป์เท่านั้น [31]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8

บทสรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อ

8.1 บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้เสนอการนำอาร์เอฟไอดีมาใช้งานร่วมกับโทรศัพท์มือถือเพื่อสร้างเป็นระบบบริการเชิงพื้นที่ โดยผลจากการทดสอบเปรียบเทียบพบว่าอาร์เอฟไอดีเหมาะสมกับบริการเชิงพื้นที่ภายในอาคารที่มักจะมีสภาพแวดล้อมแตกต่างกันมากกว่าระบบระบุตัวตนชนิดบาร์โค้ดและบาร์โค้ดสองมิติในงบประมาณที่เหมาะสม เบื้องต้นงานวิจัยนี้อาจจะนำไปใช้ประโยชน์เลยไม่ได้ เพราะระบบที่ใช้งานได้ต้องถูกปรับแต่งเพื่อให้เหมาะกับสถานที่ต่างๆกันไป แต่งานวิจัยนี้ก็ได้เสนอถึงปัญหาและอุปสรรคที่ต้องพบระหว่างการพัฒนา เพื่อให้สามารถต่อยอดเพื่อนำไปใช้ในสถานที่ต่างๆกันไปได้ โดยปัญหาที่พบจากการนำอาร์เอฟไอดีและโทรศัพท์มือถือมาทำงานร่วมกันได้แก่ปัญหาอันเนื่องมาจากข้อจำกัดทางการออกแบบเพราะวงจรที่ได้ต้องมีขนาดเล็กเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานบนโทรศัพท์มือถือส่งผลให้เกิดปัญหาการรบกวนกันของสัญญาณบนวงจรตามมาและทำให้เกิดการสูญหายของข้อมูลแต่ก็สามารถแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลได้โดยเข้ารหัสด้วยรหัสกู้คืนข้อมูล นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านพลังงานแต่ก็สามารถลดการใช้พลังงานด้วยเทคนิคต่างๆเช่น ทำให้อาร์เอฟไอดีโมดูลเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานในขณะที่ไม่ได้ใช้งานเป็นต้น วงจรเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่สร้างขึ้นนั้นมีโหมดการอ่านทั้งแบบอ่านเฉพาะเมื่อต้องการใช้และอ่านต่อเนื่อง จากการวิเคราะห์ผลการทำงานขอเสนอว่าการทำงานร่วมกับโทรศัพท์มือถือควรจะเปิดเป็นโหมดอ่านเมื่อต้องการใช้งานเท่านั้นเพราะเหตุผลทางด้านการประหยัดพลังงานอีกทั้งโดยทั่วไปผู้ใช้มักจะไม่มีความจำเป็นต้องอ่านข้อมูลแบบต่อเนื่อง

8.2 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบยังมีข้อจำกัดทางด้านพลังงานที่ใช้จะทำให้การใช้งานจำกัดอยู่ที่ประมาณ 3-5 ชั่วโมง ระบบจึงเหมาะกับการใช้บริการเชิงพื้นที่ที่ใช้เวลาไม่นานเช่นการเที่ยวชมพิพิธภัณฑ์ การเดินซื้อของในห้างสรรพสินค้า เป็นต้น

8.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพได้อีกไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาด้านพลังงาน ด้านความปลอดภัยของข้อมูล รวมทั้งยังสามารถนำไปต่อยอดเพื่อให้เป็นระบบที่สมบูรณ์แบบขึ้นได้

8.3.1 การพัฒนาต่อด้านประหยัดพลังงาน

ในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมส่วนวงจรทำให้ใช้พลังงานไฟค่อนข้างสูง หากใช้ FPGA อาจจะทำให้ประหยัดพลังงานลงกว่านี้มากเพราะเราสามารถผนวกรวมวงจรหลายๆส่วนไว้ใน FPGA ตัวเดียว อีกทั้งโมดูลอ่านอาร์เอฟไอดีที่ใช้เป็นแบบสำเร็จรูปซึ่งมีคอนโทรลเลอร์อยู่ภายใน ทำให้เปลืองพลังงานเช่นกัน หากพัฒนาโมดูลอ่านอาร์เอฟไอดีจากไอซีถอดรหัสสัญญาณอาร์เอฟไอดีแล้วสร้างเสาอากาศเองจะทำให้ประหยัดพลังงานลงได้อีก

8.3.2 การพัฒนาต่อด้านความปลอดภัยของข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ข้อมูลถูกออกแบบมาให้มีความปลอดภัยของข้อมูลอยู่สองระดับแล้วได้แก่การล็อคการเข้าถึงด้วยรหัสผ่านด้วยความสามารถของแทค MIFARE และการเข้ารหัสด้วยรหัสแก้ไขการผิดพลาดตามกลวิธีรีด-โซโลมอน ถือว่ามีความปลอดภัยของข้อมูลอยู่ระดับหนึ่ง แต่วิธีข้างต้นยังสามารถถอดรหัสด้วยกลวิธีบรู้ทฟอร์สได้อยู่ ดังนั้นข้อมูลจึงยังไม่ปลอดภัยมาก ถ้างานต้องการความปลอดภัยของข้อมูลสูงขึ้นไปอีก วิธีการเข้ารหัสซ้อนเป็นวิธีที่น่าจะนำมาประยุกต์ใช้ วิธีนี้ทำได้โดยเข้ารหัสข้อมูลด้วยกลวิธีที่ได้ผลออกมาเป็นคีย์และข้อมูลที่ถูกเข้ารหัส จากนั้นให้แยกข้อมูลทั้งสองไว้ในคนละช่องข้อมูลในแทค ในขั้นตอนการอ่านต้องอ่านคีย์เสียก่อนแล้วจึงนำคีย์นั้นไปถอดรหัสข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในอีกช่อง วิธีนี้จะทำให้เสียเวลาขึ้นเท่าตัวการพยายามแฮคข้อมูลด้วยกลวิธีบรู้ทฟอร์สจะทำได้ลำบากขึ้นมาก ยิ่งถ้าทำการเข้ารหัสหลายขั้นมากเท่าใดกลวิธีบรู้ทฟอร์สก็จะยิ่งทำงานได้ยากขึ้นเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ต้องคำนึงถึงเวลาตอบสนองของการทำงานในสภาวะปกติด้วย

8.3.3 การขยายความสามารถของระบบ

แทคแต่ละแทคสามารถเก็บข้อมูลได้ 1 กิโลไบต์จนถึง 4 กิโลไบต์แล้วแต่ชนิด ซึ่งเมื่อเทียบปริมาณข้อมูลที่ใช้ในการทำบริการเชิงพื้นที่ในงานวิจัยนี้แล้ว จะพบว่าใช้ปริมาณเนื้อที่เก็บข้อมูลที่ใช้มีเพียง 16 ไบต์ซึ่งถือว่าเป็นส่วนที่น้อยมาก ดังนั้นเราสามารถขยายความสามารถของแทคได้โดยใช้เนื้อที่ในส่วนที่เหลือเช่นติดตั้งแทคไว้หน้าห้องต่างๆในอาคารและทำการเก็บเบอร์โทรศัพท์ของเจ้าของห้องนั้นๆเพื่อใช้ในการติดต่อไปด้วยเลย เป็นต้น

8.3.4 แก้ปัญหาข้อมูลสูญหายจากซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์

ในตัววงจรยังพบปัญหาการสูญหายของข้อมูลอยู่ 2.7% สาเหตุหลักๆน่าจะเกิดจากปัญหาสัญญาณนาฬิกาเลื่อนหรือ Clock Drift ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการปรับปรุงซอฟต์แวร์

รายการอ้างอิง

[1] VASILEIOS ZEIMPEKIS, GEORGE M. GIAGLIS and GEORGE LEKAKOS, Athens University of Economics and Business, Department of Management Science & Technology. A Taxonomy of Indoor and Outdoor Positioning Techniques for Mobile Location Services, 2002

[2] SE-ED Co. Ltd. RFID Technology. Available from: http://industrial.se-ed.com/itr93/itr93_107.asp [2006, June 25]

[3] Asthana A., Cravatts M. and Krzyzanowski P. An indoor wireless system for personalized shopping assistance, Dec 1994

[4] LIONEL M.NI, YUNHAO LIU, YIU CHO LAU, ABHISHEK P. PATIL. LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID. Wireless Networks 10, pp. 701-710. 2004.

[5] Omer Rashid, Paul Coulton, Reuben Edwards and William Bamford. Utilising RFID for Mixed Reality Mobile Games, 2006

[6] Pertti Repo, Mikko Kerttula, Marko Salmela and Heikki Huomo. Virtual Product Design Case Study: The Nokia RFID Tag Reader, 2005

[7] Ismo Alak¨arpp¨a, Jukka Riekki and Timo Salminen. Requesting Pervasive Services by Touching RFID Tags, 2006

[8] Penttila, K.Pere, N.Sioni, M.Sydanheimo, L.Kivikoski, M. Use and interface definition of mobile RFID reader integrated in a smart phone, 2005

[9] Lauri Pohjanheimo, Heikki Keranen and Heikki Ailisto. Implementing TouchMe Paradigm with a Mobile Phone, October 2005

[10] Rao, An Overview of Back Scattered Radio Frequency Identification System (RFID), 1999

[11] RFID Informationen. Available from: http://rfid-informationen.de/info/was-ist-rfid.html, [2006, November]

[12] Jim Evans. Active/Passive Technology. Available from: http://www.transcore.com/enabling-technologies-overview/rfid/active-passive.html [2006, September 7]

[13] What's the difference between passive and active tags. Available from: http://www.rfidjournal.com/faq/18/68 [2006, September 7]

[14] C Bisdikian. An Overview of the Bluetooth wireless technology. IEEE COMMUN MAG, 2001

[15] Symbian Fast Facts Q4 2007. Available from: http://www.symbian.com/about/fastfacts /fastfacts.html [2008, March 14]

[16] Nokia Media Resources. Available from: http://www.nokia.com/A4630648?category=n95, [2008, March 14]

[17] ID Innovations. Datasheet for ID-20MF series v3.0 2006-4-1. April, 2006

[18] Parani ESD100 ESD110 ESD200 ESD210. Available from: http://www.sena.com /download/manual/ manual_parani_esd-v1.1.3.pdf [2007, August 14]

[19] NXP P89V51RB2, P89V51RC2, P89V51RD2 Datasheet. Available from: http://www.keil.com/dd/docs/ datashts/ philips/p89v51rd2.pdf [2007, August 14]

[20] Wireless Phone Gallery. Available from: http://www.wirelessphonegallery.com [2008, March 14]

[21] BRM. Available from: http://www.brmmotors.com [2008, March 14]

[22] Sittiphol Phanvilai, Nakornthip Prompoon, Setha Pan-ngum. Wireless Control System Through Bluetooth in Mobile Phones for Home Electronic Appliances, The 9th National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC), 2005

[23] MIFARE Official Site. Available from: http://www.mifare.net [2008, January 12]

[24] Philips. Mifare Standard Card IC MF1 IC S50 Functional Specification Rev. 5.1, May 2001

[25] SN74LV244A Datasheet. Available from: http://www-s.ti.com/sc/ds/sn74lv244a.pdf [2006, October]

[26] Look RS232 – RS 232 (serial port) programming. Available from: http://www.lookrs232.com/rs232/ waveforms.htm [2008, Jan 14]

[27] S Gong, H Hentzell, ST Persson, H Hesselbom. Techniques for reducing switching noise in high speed digital systems, ASIC Conference and Exhibit, 1995. Proceedings of the Eighth Annual IEEE International, September 1995

[28] I. S. 'Reed and G. Solomon. Polynomial codes over certain finite fields J. SIAM 8(1960): 300-304

[29] Texas Instruments (TI). Multi-Standard Fully Integrated 13.56-MHz Radio Frequency Identification (RFID) Analog Front End and Data Framing Reader System. Available From: http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/trf7960.pdf [2006, August]

[30] Koji Gardiner, Stanford University. Comparing Power Consumption of FPGAs with Customizable Microcontrollers. FPGA and Programmable Logic Journal, March 18, 2008

[31] Module Technologies Inc. CSR Bluetooth Modules MB-C04. Available From: http://www.es.co.th/Schemetic/PDF/MB-C04.PDF. April 7,2008

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก 1

ซอร์สโค้ด

ซอร์สโค้ดของซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนของระบบสื่อสารอนุกรมเสมือนเป็นดังนี้

```
void Timer2_Interrupt() interrupt 5
{
	TF2 = 0;

	tmp_BTRxD = BTRxD;
	tmp_RFIDRxD = RFIDRxD;

	g_Idle_Count++;

	// State Machine of Writing Data to RFID Module
	switch (g_RFID_Write_State)
	{
		case 0:
			RFIDTxD = 0;
			g_RFID_Printing_Char =
			     g_RFID_Buffout[g_RFID_Buffout_index];
			g_RFID_Write_State++;
			g_Idle_Count = 0;
			break;
		case 1:
		case 2:
		case 3:
		case 4:
		case 5:
		case 6:
		case 7:
		case 8:
			RFIDTxD = g_RFID_Printing_Char & 0x01;
			g_RFID_Write_State++;
			g_RFID_Printing_Char = g_RFID_Printing_Char >> 1;
			g_Idle_Count = 0;
			break;
		case 9:
			RFIDTxD = 1;
			g_RFID_Write_State++;
			g_RFID_Buffout_length--;
			g_RFID_Buffout_index++;
			if (g_RFID_Buffout_index >= RFID_BUFFOUT_MAX)
				g_RFID_Buffout_index = 0;
			g_Idle_Count = 0;
			break;
		case 10:
			if (g_RFID_Buffout_length > 0)
				g_RFID_Write_State = 0;
			else
				g_RFID_Write_State = 11;
			break;
		case 11:
```

```
                if (g_DelayIdleClkCount > 0)
                        g_DelayIdleClkCount--;
                else if (g_RFID_Buffout_length > 0)
                        g_RFID_Write_State = 0;
                break;
        default:
                break;
}

// State Machine of Writing Data to Bluetooth Module
switch (g_Bluetooth_Write_State)
{
        case 0:
                BTTxD = 0;
                g_Bluetooth_Printing_Char =
                    g_Bluetooth_Buffout[g_Bluetooth_Buffout_index];
                g_Bluetooth_Write_State++;
                break;
        case 1:
        case 2:
        case 3:
        case 4:
        case 5:
        case 6:
        case 7:
        case 8:
                BTTxD = g_Bluetooth_Printing_Char & 0x01;
                g_Bluetooth_Write_State++;
                g_Bluetooth_Printing_Char =
                    g_Bluetooth_Printing_Char >> 1;
                break;
        case 9:
                BTTxD = 1;
                g_Bluetooth_Write_State++;
                g_Bluetooth_Buffout_length--;
                g_Bluetooth_Buffout_index++;
                if (g_Bluetooth_Buffout_index >= BT_BUFFOUT_MAX)
                        g_Bluetooth_Buffout_index = 0;
                break;
        case 10:
                if (g_Bluetooth_Buffout_length > 0)
                        g_Bluetooth_Write_State = 0;
                break;
        default:
                break;
}

// State Machine of Reading Data from RFID Module
switch (g_RFID_Read_State)
{
        case 0:
                g_RFID_Reading_Char = 0;
                g_RFID_Read_State++;
                g_Idle_Count = 0;
                break;
        case 1:
        case 2:
        case 3:
        case 4:
        case 5:
        case 6:
```

```
		case 7:
		case 8:
			g_RFID_Read_State++;
			g_RFID_Reading_Char = g_RFID_Reading_Char >> 1;
			if (tmp_RFIDRxD)
			  g_RFID_Reading_Char= g_RFID_Reading_Char | 0x80;
			g_Idle_Count = 0;
			break;

		case 9:
			{
			i = g_RFID_Buffin_index+g_RFID_Buffin_length;
			if (i >= RFID_BUFFIN_MAX)
				g_RFID_Buffin[i-RFID_BUFFIN_MAX] =
				   g_RFID_Reading_Char;
			else
				g_RFID_Buffin[i] = g_RFID_Reading_Char;
			g_RFID_Buffin_length++;
			g_RFID_Read_State++;
			g_Idle_Count = 0;
			}
			break;
		case 10:
			if (tmp_RFIDRxD == 0)
				g_RFID_Read_State = 1;
			break;
		default:
			break;
	}

	// State Machine of Reading Data from Bluetooth Module
	switch (g_Bluetooth_Read_State)
	{
		case 0:
			g_Bluetooth_Reading_Char = 0;
			g_Bluetooth_Read_State++;
			break;
		case 1:
		case 2:
		case 3:
		case 4:
		case 5:
		case 6:
		case 7:
		case 8:
			g_Bluetooth_Read_State++;
			g_Bluetooth_Reading_Char =
			   g_Bluetooth_Reading_Char>> 1;
			if (tmp_BTRxD)
				g_Bluetooth_Reading_Char =
				  g_Bluetooth_Reading_Char | 0x80;
			break;
		case 9:
			{
			g_Bluetooth_Read_State++;
			i = g_Bluetooth_Buffin_index +
				  g_Bluetooth_Buffin_length;
			if (i >= BT_BUFFIN_MAX)
				g_Bluetooth_Buffin[i-BT_BUFFIN_MAX] =
				     g_Bluetooth_Reading_Char;
			else
```

```
                        g_Bluetooth_Buffin[i] =
                             g_Bluetooth_Reading_Char;
                  g_Bluetooth_Buffin_length++;
                  }
                  break;
            case 10:
                  if (tmp_BTRxD == 0)
                        g_Bluetooth_Read_State = 1;
                  break;
            default:
                  break;
      }
}
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสิทธิพล พรรณวิไล เกิดเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2527 ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอัสสัมชัญบางรักและระดับปริญญาบัณฑิตจาก ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2547 มีความสนใจเป็นพิเศษด้านการพัฒนาโปรแกรมสำหรับโทรศัพท์มือถือและด้านการทำวงจรอิเลคทรอนิกส์รวมถึงหุ่นยนต์ด้วย เคยได้รับรางวัลชมเชยจากการแข่งขัน DTAC & Nokia DOT Awards II รางวัลชนะเลิศจากการแข่งขัน DTAC & Nokia DOT Awards III รางวัลชนะเลิศจากการแข่งขัน Samart Innovation Awards 2005 รางวัลชนะเลิศจากแข่งขัน Microsoft Thailand Gadget Development Competition รางวัลชนะเลิศการแข่งขัน Robocup Thailand Championship 2003-2004 รางวัลชนะเลิศการแข่งขันออกแบบ FPGA จาก NECTEC FPGA Contest ครั้งที่ 1 และรางวัลชนะเลิศจากการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือระดับนานาชาติ Forum Nokia Open C Challenge

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย