รหัสโครงการ SUT 7-709-54-12-49

รายงานการวิจัย

การแสดงตัวตนและระบุตำแหน่งรถไฟฟ้าโดยใช้ RFID

(RFID-Based Local Identification for Smart Electric Vehicle)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT 7-709-54-12-49

รายงานการวิจัย

การแสดงตัวตนและระบุตำแหน่งรถไฟฟ้าโดยใช้ RFID

(RFID-Based Local Identification for Smart Electric Vehicle)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร. ประโยชน์ คำสวัสดิ์

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2555

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติ อัตถกิจมงคล และรองศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของสถานวิจัยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และสถาบันวิจัยพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้ความสะดวกในด้านข้อมูล งานเอกสารแบบฟอร์มต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการดำเนินโครงการวิจัย จนทำให้งานเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ดำเนินไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายธนกร ดียิ่ง นักศึกษาปริญญาโทที่ช่วยงานวิจัย ทำการทดลอง เก็บข้อมูลการวิจัย จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

ประโยชน์ คำสวัสดิ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอ การออกแบบระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อระบุตัวตนของรถไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย Zigbee ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบสมาร์ทโหนด (Smart Node) เพื่อติดตั้งตามสถานีต่าง ๆซึ่งอยู่ในเส้นทางของการเดินรถไฟฟ้าเพื่ออ่านข้อมูลจากแท็กส์ RFID และส่งข้อมูลที่อ่านได้มายังศูนย์ควบคุม เมื่อรถไฟฟ้าที่ติดแท็กส์ RFID เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนด ตัวอ่าน RFID จะอ่านข้อมูลจากแทกส์และทำการส่งข้อมูลของแท็กส์ไปยังศูนย์ควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สาย จากนั้นโปรแกรมที่ศูนย์ควบคุมจะนำข้อมูลที่ได้รับมาประมวลผลและตรวจสอบเพื่อการระบุตัวตนรถไฟฟ้ารวมถึงการแสดงผลการเดินทางของรถไฟฟ้า ผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าระบบที่นำเสนอสามารถทำงานได้จริง โดยที่มีการทำงานของระบบต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายและการระบุตัวตนรถไฟฟ้าสามารถทำงานได้แบบเวลาจริง

คำหลัก : การระบุยานพาหนะ การชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เครือข่ายตรวจรู้ไร้สาย ไมโครคอนโทรลเลอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

In this report, the vehicles identification system based on RFID and wireless sensor networks technologies for vehicles identification is proposed. We have developed a smart node that has RFID reader and networking abilities. RFID tags are affixed to vehicle windscreens and can store information and send it to the RFID reader. Once the reader has received the identity sent from the tag, the reader will report the vehicle arrival or departure data to the control center by the ZigBee wireless networks. The experiments results demonstrate that our proposed system is feasible and the system functions such as vehicle information collection, wireless transmission and real-time vehicles identification are realized.

Keywords : Vehicles identification, Radio frequency identification, ZigBee, Wireless sensor networks, Microcontroller

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ……ก
บทคัดย่อภาษาไทย ……ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ……ค
สารบัญ ……ง
สารบัญตาราง ……จ
สารบัญภาพ ……ช
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย …… 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ……2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย ……2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง…… 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย ……3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง
2.1 บทนำ ……4
2.2 ระบบ RFID……4
2.3 เครือข่ายไร้สาย Zigbee ……17
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์……21
2.5 การทบทวนวรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง ……24
บทที่ 3 การออกแบบระบบการรับ-ส่งข้อมูลและโปรแกรมฐานข้อมูล
3.1 บทนำ ……27
3.2 การออกแบบระบบการส่งข้อมูล……27
3.3 การออกแบบสมาร์ทโหนด……28
3.4 การออกแบบในส่วนของศูนย์ควบคุม……34
3.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมฐานข้อมูล……36
3.6 สรุป ……38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 บทนำ ……..……..……..……..……..……39

4.2 ขั้นตอนการทดสอบ……..……..……..……39

4.3 ผลการทดสอบ……..……..……..……42

4.4 สรุป ……..……..……..…… 58

บทที่ 5 บทสรุป

5.1 สรุปผลงานวิจัย ……..……..…59

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางวิจัยต่อไปในอนาคต ……..…… 60

บรรณานุกรม ……..61

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่..... 63

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงการเปรียบเทียบเทคโนโลยีไร้สาย.....17
2.2 โครงสร้าง Zigbee ……..……20
4.1 สรุปผลการทดสอบในเส้นทางที่ 1…….....51
4.2 สรุปผลการทดสอบในเส้นทางที่2.....57

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 องค์ประกอบต่างๆ ของระบบ RFID 5
2.2 ตำแหน่งของแท็กส์ที่เหมาะสมสำหรับย่านของสายอากาศที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ..7
2.3 การอ่าน/เขียนข้อมูลอย่างง่ายของ RFID….....7
2.4 แท็กส์ในรูปแบบต่าง ๆ…….....9
2.5 ตัวอย่างการใช้งานแท็กส์และตัวอ่านข้อมูล (Reader)....10
2.6 แผนผังการทำงานของระบบ RFID……..... 12
2.7 การเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ……...14
2.8 ตัวอย่างสัญญาณ Amplitude modulation ……...15
2.9 การติดต่อกันระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก ……...16
2.10 ตัวอย่างภาครับ 16
2.11 ปริมาณการใช้ Throughput ของมาตรฐานการสื่อสารไร้สายแบบต่างๆ…….....18
2.12 ตัวอย่างการสร้างเครือข่ายของอุปกรณ์ Zigbee ……..……..……..…….. 19
2.13 โครงสร้างบอร์ดโครงสร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega64/128……..…...… 23
3.1 แผนภาพของระบบการรับ - ส่งข้อมูลในเครือข่ายไร้สาย Zigbee ……...……...……. 27
3.2 อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในสมาร์ทโหนด…….……..... 28
3.3 แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในสมาร์ทโหนด 28
3.4 วงจรที่ใช้เชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านพอร์ตอนุกรม……..……29
3.5 PCB ของวงจรที่ใช้เชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านพอร์ตอนุกรม…….……30
3.6 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมที่ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์……..…… 31
3.7 หน้าต่างการตั้งค่าใน X-CTU หน้า PC Settings ……...……..…… 32
3.8 หน้าต่างการตั้งค่าใน X-CTU หน้า Modem Configuration ……...…… 33
3.9 การตั้งค่า Zigbee Coordinator…… 34
3.10 โปรแกรมฐานข้อมูล…….……35
3.11 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ของศูนย์ควบคุม……..……35
3.12 โปรแกรมอ่านข้อมูลที่รับได้จาก Zigbee แล้วนำมาแสดงผล……36
3.13 ข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกลงฐานข้อมูลในส่วนของเวลา……..…… 37
3.14 ข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกลงฐานข้อมูลในส่วนของแต่ละสถานี…..…..……...… 37

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.15 ข้อมูลแต่ละแท็กส์..... 38
4.1 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1 40
4.2 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 2..... 41
4.3 รถไฟฟ้าติดตั้งแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ.....42
4.4 สมาร์ทโหนด.....43
4.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Zigbee กับคอมพิวเตอร์.....43
4.6 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1..... 44
4.7 ค่าที่ได้เมื่อมีรถไฟฟ้าวิ่งผ่าน.....45
4.8 การเลือกแสดงผลข้อมูลของแต่ละแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ..... 46
4.9 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 1 46
4.10 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 2 47
4.11 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 3..... 47
4.12 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 4..... 48
4.13 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 5..... 48
4.14 ข้อมูลของสถานีที่ 1.....49
4.15 ข้อมูลของสถานีที่ 2.....50
4.16 ข้อมูลของสถานีที่ 3.....50
4.17 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 2..... 52
4.18 ค่าที่ได้เมื่อมีรถไฟฟ้าวิ่งผ่าน.....53
4.19 การเลือกแสดงผลข้อมูลของแต่ละแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ..... 54
4.20 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 1..... 54
4.21 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 2..... 55
4.22 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 3..... 55
4.23 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 1.....56
4.24 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 2.....56
4.25 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 3.....57

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เทคโนโลยีแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติ (Automatic identification หรือ Auto-ID) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนามาเป็นเวลานาน รวมทั้งยังมีการนำมาประยุกต์ใช้งานในชีวิตประจำวันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นในด้านโลจิสติกส์ ด้านการแพทย์ ด้านการศึกษาและวิจัย ด้านความบันเทิง ด้านการท่องเที่ยว ระบบคลังสินค้า ร้านค้าปลีก หรือแม้กระทั่งในสายการผลิตของอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของทุกคนในสังคมและมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ

โครงการวิจัยนี้ นำเสนอการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าด้วยระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency identification, RFID) ทั้งนี้เพื่อเฝ้าตรวจติดตามและระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าที่กำลังเดินทางว่าอยู่ในบริเวณใด เพื่อให้ศูนย์ควบคุมการเดินรถรับทราบ ขณะเดียวกันก็สามารถแจ้งข้อมูลข่าวสาร ตำแหน่งของการเดินทางให้ผู้โดยสารได้รับทราบตลอดการเดินทาง เช่น สามารถบอกได้ว่าอีกนานเท่าไรจะเดินทางถึงจุดหมาย หรือสถานีข้างหน้าคือสถานที่ใด โดยตัวรถไฟฟ้าจะติดป้ายอิเล็กทรอนิกส์ หรือ RFID Tag ที่สามารถอ่านค่าได้โดยผ่านคลื่นวิทยุโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยการสัมผัส (Contact-less) หรือต้องเห็นแท็กส์นั้น ๆ ก่อน ข้อมูลที่ได้จากระบบ RFID จะถูกส่งผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สาย (Wireless sensor networks, WSN) ที่ใช้เทคโนโลยี Zigbee ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของการประหยัดพลังงาน (Ultra-low power consumption) จำนวนของอุปกรณ์ในเครือข่ายมีได้เป็นจำนวนมาก และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบมีราคาถูก (Low-cost node implementation) โดยเครือข่ายนี้จะเป็นเครือข่ายหลักในการรับส่งข้อมูลจากระบบ RFID กลับมายังศูนย์ควบคุม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อออกแบบระบบการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าด้วยระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

2. เพื่อออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการรับส่งข้อมูลจากระบบ RFID กลับมายังศูนย์ควบคุม

3. เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ในด้านระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับระบบสมองกลฝังตัว (Wireless embedded system) เพื่อเป็นแนวทางในการต่อยอดงานวิจัยในอนาคต

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ทำการออกแบบระบบการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าโดยใช้ระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย และควบคุมการทำงานของระบบย่อยทั้งหมดด้วยระบบสมองกลฝังตัว (Embedded systems)

2. ทำการออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการรับส่งข้อมูลจากระบบ RFID กลับมายังศูนย์ควบคุม

3. ทำการทดสอบการทำงานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายตามมาตรฐานโปรโตคอล Zigbee/IEEE 802.15.4

1.4 วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง

1. ทำการศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

2. ทำการออกแบบระบบการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าด้วยระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

3. ทำการออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการรับส่งข้อมูลของระบบ RFID

4. ทำการจำลองระบบการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

5. ทำการสร้างชุดต้นแบบระบบการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้า

6. ทำการทดสอบระบบและปรับปรุงระบบ

7. เก็บรวบรวมผลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลและจัดทำรายงานการวิจัย

สถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้ระบบการแสดงตัวตนแบบอัตโนมัติและการระบุตำแหน่งของรถไฟฟ้าด้วยระบบการชี้ เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

2. ได้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการรับส่งข้อมูลของระบบ RFID

3. ได้องค์ความรู้ใหม่ในด้านระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

4. ได้บทความวิจัย เผยแพร่ระดับชาติ และ/หรือระดับนานาชาติ

5. ผลที่ได้จากการวิจัย จะนำไปสอนนักศึกษาทั้งระดับปริญญาตรีและปริญญาโท เพื่อให้เป็นแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคต

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีที่ใช้ โดยจะได้กล่าวถึงหลักการทำงานของ RFID อุปกรณ์ Zigbee ระบบสมองกลฝังตัวที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล และกล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้องเป็นส่วนสุดท้าย

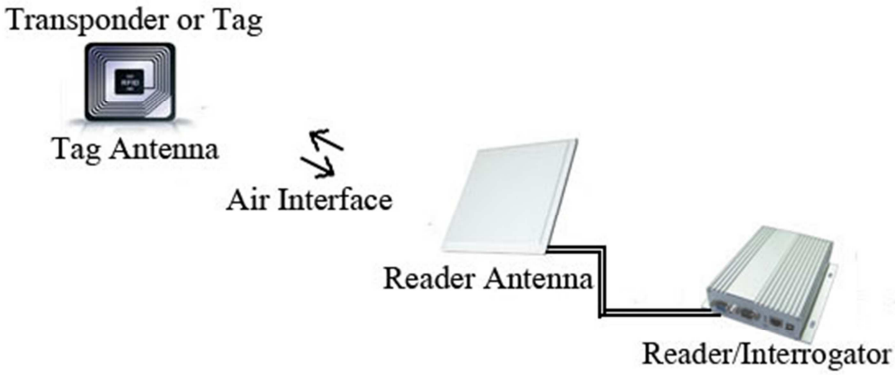
2.2 ระบบ RFID

RFID ย่อมาจากคำว่า Radio Frequency Identification เป็นระบบฉลากหรือป้ายอิเล็กทรอนิกส์ (Tag) ที่ได้ถูกพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 เพื่อวัตถุประสงค์หลักในการใช้งานที่ระบบฉลากแบบบาร์โค้ดไม่สามารถใช้ได้ โดยจุดเด่นของ RFID คือ ความสามารถในการอ่านข้อมูลของฉลากได้โดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัส สามารถอ่านค่าได้แม่นยำแม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้น แรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทก และสามารถอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง

ปัจจุบันมีการนำ RFID มาประยุกต์ใช้งานหลากหลายไม่ว่าจะเป็นในบัตรชนิดต่าง ๆ เช่น บัตรประจำตัวประชาชน บัตรเอทีเอ็ม บัตรสำหรับผ่านเข้าออกห้องพัก บัตรโดยสารของสายการบิน บัตรจอดรถ ในฉลากของสินค้าหรือแม้แต่ใช้ฝังลงในตัวสัตว์เพื่อบันทึกประวัติ เป็นต้น การนำ RFID มาใช้งานก็เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบการผ่านเข้าออกบริเวณใดบริเวณหนึ่ง หรือเพื่ออ่านหรือเก็บข้อมูลบางอย่างเอาไว้ ยกตัวอย่างเช่นในกรณีที่เป็นฉลากสินค้า RFID ก็จะถูกนำมาใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า เพื่อให้สามารถทราบถึงที่มาที่ไปของสินค้าชิ้นนั้น ๆ ได้ เป็นต้น สำหรับรูปแบบของเทคโนโลยี RFID ที่ใช้ในการดังกล่าวก็มีทั้งแบบสมาร์ดการ์ด (Smart Card) ที่สามารถถูกเขียนหรืออ่านข้อมูลออกมาได้โดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับเครื่องอ่านบัตรหรือคอนแทคเลสสมาร์ดการ์ด (Contact less Smart card) เหรียญ ป้ายชื่อหรือฉลากซึ่งมีขนาดเล็กมากจนสามารถแทรกลงระหว่างชั้นของเนื้อกระดาษหรือฝังเอาไว้ในตัวสัตว์ได้

เครื่องอ่าน RFID ที่ใช้สามารถอ่านแท็กส์ที่อยู่ไกลได้ ในระยะห่างประมาณ 6-12 เมตร และความเร็วที่สามารถตรวจจับข้อมูลได้อย่างเสถียรเมื่อรถเคลื่อนที่ผ่านได้ในช่วงความเร็วประมาณ 60 กม./ชั่วโมง

2.2.1 องค์ประกอบของระบบ RFID



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบ RFID

องค์ประกอบในระบบ RFID จะมีหลัก ๆ อยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนแรกคือฉลากหรือป้ายขนาดเล็กที่จะถูกผนึกอยู่กับวัตถุที่เราสนใจ โดยฉลากนี้จะทำการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้น ๆ เอาไว้ ฉลากดังกล่าวมีชื่อเรียกว่า ทรานสพอนเดอร์ (Transponder, Transmitter & Responder) หรือที่เรียกกันโดยทั่ว ๆ ไปว่า “แท็กส์” (Tag) ส่วนที่สองก็คืออุปกรณ์สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลภายในแท็กส์ มีชื่อเรียกอย่างรวม ๆ ว่า ทรานสซิฟเวอร์ (Transceiver, Transmitter & Receiver) หรือที่เรียกกันโดยทั่ว ๆ ไปว่า “เครื่องอ่าน” (Reader) ทั้งสองส่วนติดต่อสื่อสารถึงกัน โดยอาศัยคลื่นความถี่วิทยุสัญญาณนี้ผ่านได้ทั้งโลหะและอโลหะแต่ละไม่สามารถติดต่อกับเครื่องอ่านให้อ่านได้โดยตรง เมื่อเครื่องอ่านส่งข้อมูลผ่านความถี่วิทยุในรูปที่ 2.1 แสดงถึงความต้องการข้อมูลที่ถูกระบุไว้จากป้าย ป้ายจะตอบข้อมูลกลับและเครื่องอ่านจะส่งข้อมูลต่อไปยังส่วนประมวลผลหลักของคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องอ่านจะติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านสายเครือข่าย LAN (Local Area Network) หรือส่งผ่านทางความถี่วิทยุจากทั้งอุปกรณ์มีสายและอุปกรณ์ไร้สาย

2.2.2 แท็กส์ (Tag) หรือ ทรานสปอนเดอร์ (Transponder)

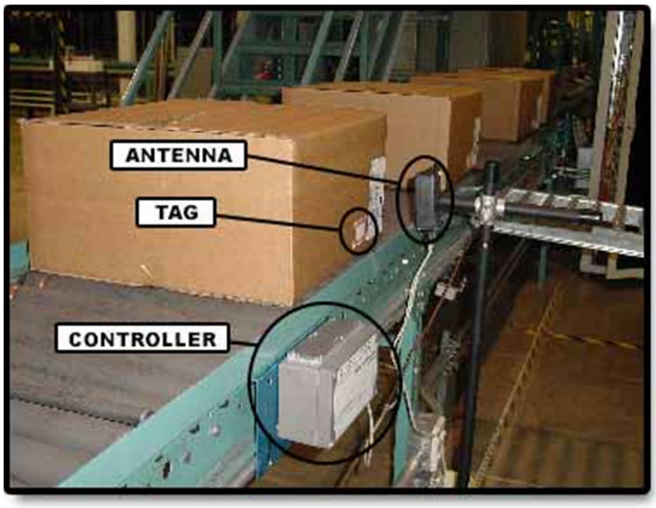
แท็กส์ (Tag) นั้นเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าทรานสปอนเดอร์ (Transponder) มาจากคำว่า ทรานสมิตเตอร์ (Transmitter) ผสมกับคำว่าเรสปอนเดอร์ (Responder) ถ้าจะแปลให้ตรงตามศัพท์ แท็กส์ก็จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณหรือข้อมูลที่บันทึกอยู่ในแท็กส์ตอบสนองไปที่ตัวอ่านข้อมูล การสื่อสารระหว่างแท็กส์และตัวอ่านข้อมูลจะเป็นการสื่อสารกันโดยอาศัยช่องความถี่วิทยุผ่านอากาศ โครงสร้างภายในแท็กส์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ ส่วนของไอซี (Integrated Circuit) ซึ่งเป็นชิปสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Chip) และส่วนของขดลวดซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna) สำหรับรับส่งข้อมูลโดยทั้งสองส่วนนี้จะเชื่อมต่ออยู่ด้วยกัน

ไอซีของแท็กส์ที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดและรูปร่างแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็น หรือไปจนถึงขนาดใหญ่จนสะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดงานที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปโครงสร้างภายในส่วนที่เป็นไอซีของแท็กส์นั้นก็จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่

1. ส่วนของการควบคุมภาครับส่งสัญญาณวิทยุ สำหรับโครงสร้างของส่วนนี้ประกอบด้วย ภาคมอดูเลต (Modulation) และภาคดีมอดูเลต (Demodulation) (สำหรับรับส่งข้อมูลระหว่างแท็กส์กับตัวเครื่องอ่าน) และวงจรกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

2. ส่วนของการควบคุมภาคดิจิตอล ซึ่งรับหน้าที่จัดการเกี่ยวกับกระบวนการทางดิจิตอลทั้งหมด โครงสร้างหลัก ๆ ของส่วนการทำงานนี้ประกอบด้วย ส่วนบันทึกข้อมูล (ประกอบด้วยหน่วยความจำแรม (RAM) รอม (ROM) อีอีพรอม (EEPROM)) ส่วนของการเข้ารหัส (Crypts Unit) ส่วนตอบรับสัญญาณร้องขอ (Answer to Request) ส่วนควบคุมและประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (Control and Arthritic Unit)

อย่างไรก็ตามโครงสร้างภายในของแท็กส์ที่ต่างผู้ผลิตหรือต่างรุ่นกัน บางครั้งก็อาจมีไม่ครบถ้วนทุกส่วนอย่างที่ได้ยกมา ซึ่งรายละเอียดโครงสร้างตลอดจนรายละเอียดในการทำงานของแท็กส์เบอร์ใด ๆ ก็สามารถดูได้จากดาต้าชีตของบริษัทผู้ผลิตแท็กส์เบอร์นั้น ๆ



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งของแท็กส์ที่เหมาะสมสำหรับย่านของสายอากาศที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทรานสปอนเดอร์หรือแท็กส์มีลักษณะเป็นไมโครชิฟ (Microchip) ที่ยอมให้ผู้ใช้ติดเข้าระหว่างชั้นของกระดาษหรือพลาสติกที่ใช้ทำป้ายฉลาก ชิฟหรือแท็กส์อาจมีรูปร่างได้หลายแบบขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน โดยอาจมีรูปร่างเหมือนบัตรเครดิตในการใช้งานทั่วไป หรือเล็กขนาดไส้ดินสอยาวเพียง 10 มิลลิเมตร เพื่อฝังเข้าไปใต้ผิวหนังสัตว์ในกรณีนำไปใช้ในงานปศุสัตว์ หรืออาจมีขนาดใหญ่มากสำหรับแท็กส์ที่ใช้ติดกับเครื่องจักรขณะทำการขนส่ง แท็กส์อาจนำไปติดไว้กับสินค้าในร้านค้าปลีกทั่วไปเพื่อป้องกันขโมย โดยจะมีการติดตั้งสายอากาศของตัวอ่านข้อมูลขนาดใหญ่ไว้ตรงประตูทางออกเพื่อทำการตรวจจับขโมย โดยแท็กส์จะรับพลังงานจากสัญญาณ RF เพื่อติดต่อสื่อสารกับเครื่องอ่าน หรือใช้พลังงานจากแบตตารี่ที่บรรจุภายในป้าย ซึ่งเป็นแบตตารี่ Lithium-lon มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน จึงมักนำมาใช้กับแผ่นป้ายนี้

รูปที่ 2.3 การอ่าน/เขียนข้อมูลอย่างง่ายของ RFID

แท็กส์จะประกอบไปด้วยสายอากาศที่มีขนาดเล็กที่จะช่วยให้แท็กส์ตอบสนองกับเครื่องอ่าน โดยสายอากาศจะแผ่สัญญาณวิทยุจำนวนหนึ่งออกมา เพื่อกระตุ้นให้แท็กส์อ่านหรือเขียนข้อมูลลงไป สายอากาศสามารถทำได้ทุกขนาดและรูปร่าง เพื่อที่จะสามารถออกแบบให้ติดตั้งได้ทุกที่ และเพื่อให้เกิดความครอบคลุมได้ดีที่สุดในหลาย ๆ ระบบสายอากาศจะถูกติดไปโดยตรงกับ Transceiver เหมือนกับเป็นอุปกรณ์ติดกัน

ชิปที่อยู่ในแท็กส์จะมีหน่วยความจำซึ่งอาจเป็นแบบอ่านได้อย่างเดียว (ROM) หรือทั้งอ่านทั้งเขียน (RAM) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน โดยปกติหน่วยความจำแบบ ROM จะใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัย เช่นข้อมูลของบุคคลที่มีสิทธิผ่านเข้าออกในบริเวณที่มีการควบคุมหรือระบบปฏิบัติการ ในขณะที่ RAM จะใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวในระหว่างที่แท็กส์และตัวอ่านข้อมูลทำการติดต่อสื่อสารกัน

นอกจากนี้อาจมีการนำหน่วยความจำแบบ EEPROM มาใช้ในกรณีต้องการเก็บข้อมูลในระหว่างที่แท็กส์และตัวอ่านข้อมูลทำการสื่อสาร และข้อมูลยังคงอยู่ถึงแม้จะไม่มีพลังงานไฟฟ้าป้อนให้แก่แท็กส์

แท็กส์ที่มีการใช้งานกันอยู่นั้นจะมีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ ๆ โดยแต่ละชนิดก็จะมีความแตกต่างกันในแง่ของการใช้งาน ราคา โครงสร้างและหลักการทำงานอยู่ ซึ่งจะสามารถแยกออกเป็นหัวข้อดังนี้

1. แท็กส์ชนิดแอ็กตีฟ (Active Tag) แท็กส์ชนิดนี้จะมีแบตตารี่อยู่ภายในซึ่งใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟขนาดเล็ก เพื่อป้อนพลังงานไฟฟ้าให้แท็กส์ทำงานโดยปกติ โดยแท็กส์ชนิดนี้มีฟังก์ชั่นการทำงานทั่วไปทั้งอ่านและเขียนข้อมูลลงในแท็กส์ได้ และการที่ต้องใช้แบตตารี่จึงทำให้แท็กส์ชนิดแอ๊กตีฟมีอายุการใช้งานจำกัดตามอายุของแบตตารี่ เมื่อแบตตารี่หมดก็ต้องนำแท็กส์ไปทิ้งไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากจะมีการซีล (Seal) ที่ตัวแท็กส์จึงไม่สามารถเปลี่ยนแบตตารี่ได้ อย่างไรก็ตามถ้าสามารถออกแบบวงจรของแท็กส์ให้กินกระแสไฟน้อย ๆ ก็อาจจะมีอายุการใช้งานนานนับสิบปี

แท็กส์ชนิดแอ็กทีฟนี้จะมีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ มีกำลังส่งสูงและมีระยะการรับส่งข้อมูลไกลสูงสุดถึง 6 เมตร ซึ่งไกลกว่าแท็กส์ชนิดพาสซีฟ นอกจากนี้ยังทำงาน

ในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี แม้แท็กส์ชนิดนี้จะมีข้อดีอยู่หลายข้อแต่ก็มีข้อเสียอยู่ด้วยเหมือนกัน เช่น ราคาต่อหน่วยแพง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีระยะเวลาในการใช้งานที่จำกัด

2. แท็กส์ชนิดพาสซีฟ (Passive Tag) จะไม่มีแบตตารี่อยู่ภายในหรือไม่จำเป็นต้องรับแหล่งจ่ายไฟใด ๆ เพราะจะทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวอ่านข้อมูล (มีวงจรกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กอยู่ในตัว) หรือที่เรียกว่าอุปกรณ์ Transceiver จึงทำให้แท็กส์ชนิดพาสซีฟมีน้ำหนักเบาและเล็กกว่าแท็กส์ชนิดแอ็กทีฟ ราคาถูกกว่า และมีอายุการใช้งานไม่จำกัด แต่ข้อเสียก็คือระยะการรับส่งข้อมูลใกล้ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ไกลสุดเพียง 1.5 เมตร ซึ่งเป็นระยะการอ่านที่สั้น มีหน่วยความจำขนาดเล็กซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปประมาณ 32 ถึง 128 บิต และตัวเครื่องอ่านข้อมูลจะต้องมีความไวและกำลังที่สูง นอกจากนี้แท็กส์ชนิดพาสซีฟมักจะมีปัญหาเมื่อนำไปใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่มีสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนสูงอีกด้วย แต่ข้อได้เปรียบในเรื่องราคาต่อหน่วยที่ต่ำกว่าแท็กส์ชนิดแอ็กทีฟและอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า ทำให้แท็กส์ชนิดพาสซีฟนี้เป็นที่นิยมมากกว่า

ไอซีของแท็กส์ชนิดพาสซีฟที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็นได้ ไปจนถึงขนาดใหญ่จนสะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดงานที่แตกต่างกัน

รูปที่ 2.4 แท็กส์ในรูปแบบต่าง ๆ

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการใช้งานแท็กส์และตัวอ่านข้อมูล (Reader)

นอกจากการแท็กส์แบ่งจากชนิดที่ว่ามาแล้วแท็กส์ก็ยังถูกแบ่งประเภทจากรูปแบบในการใช้งานได้เป็น 3 แบบ คือ

1. แบบที่สามารถถูกอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระ (Read-write)

2. แบบเขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้อย่างอิสระ (Write-One, Read-Many หรือ WORM)

3. แบบอ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read-Only)

2.2.3 ตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator)

หน้าที่สำคัญของตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator) ก็คือการรับข้อมูลที่ส่งมาจากแท็กส์ แล้วทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ถอดรหัสสัญญาณข้อมูลที่ได้รับซึ่งกระทำโดยไมโครคอนโทรเลอร์ อัลกอริทึมที่อยู่ในเฟิร์มแวร์ (Firmware) ของตัวไมโครคอนโทรเลอร์จะทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณ ถอดรหัสสัญญาณที่ได้ และทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลผ่านเข้าสู่กระบวนการต่อไป นอกจากนี้ตัวอ่านข้อมูลที่ดีต้องมีความสามารถในการป้องกันการอ่านข้อมูลซ้ำ เช่นในกรณีที่แท็กส์ถูกวางทิ้งอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตัวอ่านข้อมูลสร้างขึ้นหรืออยู่ในระยะการรับส่ง ก็อาจทำให้ตัวอ่านข้อมูลทำการรับหรืออ่านข้อมูลจากแท็กส์ซ้ำอยู่เรื่อย ๆ ไม่สิ้นสุด

ดังนั้นตัวอ่านข้อมูลที่ดีต้องมีระบบป้องกันเหตุการณ์เช่นนี้ที่เรียกว่าระบบ "Hands Down Polling" โดยตัวอ่านข้อมูล จะสั่งให้แท็กส์หยุดการส่งข้อมูลในกรณีเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว หรืออาจมีบางกรณีที่มีแท็กส์หลายแท็กส์อยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมกัน หรือที่เรียกว่า "Batch Reading" ตัวอ่านข้อมูลควรมีความสามารถที่จะจัดลำดับการอ่านแท็กส์ทีละตัวได้

ส่วนประกอบของตัวอ่านข้อมูล RFID

ตัวอ่าน RFID จะมีส่วนประกอบหลักดังนี้

- ภาคส่งสัญญาณวิทยุ เกิดจากส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่ภาคกำเนิดความถี่ ซึ่งอาจจะเป็นคริสตอล ออสซิลเลตอร์ หรือวงจร LC ออสซิลเลเตอร์ วงจรเฟสล็อกลูป เพื่อควบคุมความถี่ให้มีความแม่นยำมากขึ้น ภาคขยายกำลัง (Power Amplifier) สำหรับขับกำลังออกไปที่ สายอากาศ
- ภาครับสัญญาณวิทยุ เป็นส่วนที่รับสัญญาณที่สะท้อนกลับคลื่นวิทยุจากสายอากาศ ซึ่งจะมีทั้งข้อมูลและสัญญาณพาหะกลับมาด้วย
- ภาคประมวลผลดิจิตอล สัญญาณที่ได้จากภาคยังคงเป็นสัญญาญที่ไม่สามารถนำไปใช้ได้ต้องผ่านการประมวลผลต่าง ๆ เพื่อคัดกรอง แยกข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้ต่อไป
- ภาคติดกับภายนอก หลังจากที่ได้ข้อมูลจากส่วนประมวลผล แล้วข้อมูลจะต้องถูกส่งออกไปยังภายนอกหรือผู้ที่จะนำข้อมูลไปใช้ ซึ่งจะมีวิธีการเชื่อมต่อออกไปหลาย ๆ รูปแบบขึ้นกับขนาดของโครงการที่นำ RFID ไปใช้ในธุรกิจ การเชื่อมต่อต่าง ๆ เช่น RS-232 USB Ethernet CAN bus หรือบางครั้งก็ต่อเข้าส่วนแสดงข้อมูลเช่นจอ LCD ได้เลยเช่นเครื่องอ่านแบบมือถือ (Hand Held) ในกรณีที่ต่อผ่าน RS-232 หรือ USB ก็จะเป็นการต่อตรงเข้ากับคอมพิวเตอร์ ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลและจัดเก็บลงฐานข้อมูลเพื่อประมวลผล รายงานต่อไป แต่ถ้าเชื่อมต่อผ่าน Ethernet จะเป็นการนำไปใช้ในระบบงานขนาดใหญ่เช่นในโรงงานผลิตสินค้า หรือ ศูนย์กระจายสินค้า ต่าง ๆ นั้นเอง

2.2.4 ลักษณะการทำงานของระบบ RFID

หัวใจของเทคโนโลยี RFID ได้แก่ "Inlay" ที่บรรจุอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับโลหะที่ยืดหยุ่นได้สำหรับการติดตามหรือทำหน้าที่เป็นสายอากาศ Inlay มีความหนาสูงสุดอยู่ที่ 0.375

มิลลิเมตร สามารถทำเป็นแผ่นบางอัดเป็นชั้น ๆ ระหว่างกระดาษ แผ่นฟิล์ม หรือพลาสติกก็ได้ ซึ่งเป็นการผลิตเครื่องหมายหรือฉลาก จากวัสดุที่มีราคาไม่แพงมากนัก ซึ่งจะเห็นว่า Inlay มีลักษณะรูปร่างที่บางมาก จึงทำให้ง่ายต่อการติดเป็นป้ายชื่อหรือฉลากของชิ้นงานหรือวัตถุนั้น ๆ ได้สะดวก

RFID เป็นระบบที่นำเอาคลื่นวิทยุมาเป็นคลื่นพาหะเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สองชนิดที่เรียกว่า แท็กส์ (Tag) และตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator) ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless) โดยการนำข้อมูลที่ต้องการส่ง มาทำการมอดูเลต (Modulation) กับคลื่นวิทยุแล้วส่งออกผ่านทางสายอากาศที่อยู่ในตัวรับข้อมูล ดังแผนผังการทำงานของระบบ RFID ในรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 แผนผังการทำงานของระบบ RFID

การประยุกต์ใช้งาน RFID จะมีลักษณะการใช้งานที่คล้ายกับบาร์โค้ด (Bar code) และยังสามารถรองรับความต้องการอีกหลายอย่างที่บาร์โค้ดไม่สามารถตอบสนองได้ เนื่องจากบาร์โค้ดจะเป็นระบบที่อ่านได้อย่างเดียว (Read only) ไม่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อยู่บนบาร์โค้ดได้ แต่แท็กส์ของระบบ RFID จะสามารถทั้งอ่านและบันทึกข้อมูลได้ ดังนั้นเราจึงสามารถเปลี่ยนแปลงหรือทำการบันทึกข้อมูลที่อยู่ในแท็กส์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ระบบ RFID ยังสามารถใช้งานได้แม้ในขณะที่วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เช่นในขณะสินค้ากำลังเคลื่อนที่อยู่บนสายพานการผลิต (Conveyor) หรือในบางประเทศก็มีการใช้ระบบ RFID ในการเก็บค่าผ่านทางด่วนโดยที่ผู้ใช้บริการทางด่วนไม่ต้องหยุดรถเพื่อจ่ายค่าบริการ ผู้ใช้บริการทางด่วนจะมีแท็กส์ติดอยู่กับรถ และแท็กส์จะทำการสื่อสารกับตัวอ่านข้อมูล ผ่านสายอากาศขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ตรงบริเวณทางขึ้นทางด่วน ในขณะที่รถแล่นผ่านสายอากาศ ตัวอ่านข้อมูลก็จะคิดค่าบริการ

และบันทึกจำนวนเงินที่เหลือลงในแท็กส์โดยอัตโนมัติ หรือแม้กระทั่งการใช้งานในปศุสัตว์เพื่อบันทึกประวัติ หรือระบุความแตกต่างของสัตว์แต่ละตัวที่อยู่ในฟาร์ม

ข้อดีของระบบ RFID อีกอย่างก็คือ แท็กส์และตัวอ่านข้อมูลสามารถสื่อสารผ่านตัวกลางได้หลายอย่างเช่น น้ำ พลาสติก กระจก หรือวัสดุทึบแสงอื่น ๆ ในขณะที่บาร์โค้ดทำไม่ได้

2.2.5 วิธีการรับส่งข้อมูลระหว่างแท็กส์และเครื่องอ่าน

โดยมากมักจะใช้วิธีการมอดูเลตทางแอมปลิจูดหรือใช้การมอดูเลตทางแอมปลิจูดบวกกับการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์ (Manchester encoded AM) แต่ทว่าในปัจจุบันก็มีแท็กส์ที่ใช้การมอดูเลตแบบอื่น ๆ ด้วย เช่น การมอดูเลชั่นแบบเฟสซีฟคีย์อิ้ง (Phase Shift Keying : PSK) ฟรีเควนซี่ซีฟคีย์อิ้ง (Freqeuecy Shift Keying : FSK) หรือการใช้การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation : FM)

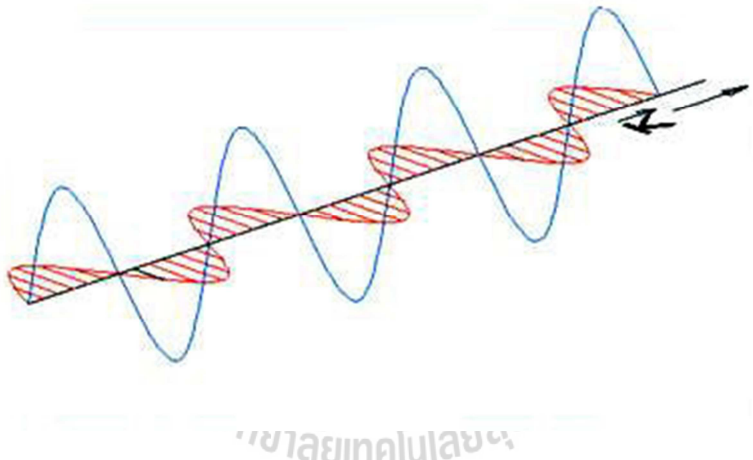
ในการรับส่งข้อมูลหรือสัญญาณวิทยุระหว่างแท็กส์กับเครื่องอ่าน จะได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อเมื่อสายอากาศมีความยาวที่เหมาะสมกับความถี่พาหะที่ใช้งาน เช่น เมื่อความถี่ใช้งานเป็น 13.56 เมกะเฮิรตซ์ ความยาวของเสาอากาศ (เป็นเส้นตรง) ที่เหมาะสมก็คือ 22.12 แน่นอนว่าในทางปฏิบัติคงไม่สามารถนำเสาอากาศที่ใหญ่ขนาดนั้นมาใช้งานกับแท็กส์ขนาดเล็กได้ สายอากาศที่ดูจะเหมาะจะใช้ร่วมกับแท็กส์มากที่สุดก็คือ สายอากาศที่เป็นขดลวดขนาดเล็กหรือที่มีชื่ออย่างเป็นทางการว่าสายอากาศแบบแมกเนติกไดโพล (Magnetic dipole Antenna) รูปแบบของสายอากาศแบบนี้ก็จะมีอยู่หลากหลายทั้งแบบที่เป็นขดลวดพันแกนอากาศหรือแกนเฟอร์ไรต์ แบบที่เป็นวงลูปที่ทำขึ้นจากลายทองแดงบนแผ่นวงจรพิมพ์ ทั้งที่เป็นลูปแบบวงกลมและสี่เหลี่ยม ทั้งนี้ความเหมาะสมในการใช้งานก็แตกต่างกันไปตามความถี่พาหะและประเภทของงานด้วยเช่นกัน

นอกจากการรับส่งข้อมูลแล้วสายอากาศก็ยังทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับแท็กส์ด้วย โดยอาศัยหลักการทำงานตามแนวคิดของไมเคิล ฟาราเดย์ เรื่องแรงดันเหนี่ยวนำในขดลวดที่เกิดขึ้นจากเส้นแรงแม่เหล็ก (จากเครื่องอ่าน) ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Time-varying magnetic field) พุ่งผ่านสายอากาศของแท็กส์ เมื่อแท็กส์และเครื่องอ่านตั้งอยู่ห่างกันในระยะ 0.16 เท่าของความยาวของคลื่นพาหะที่ใช้ เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า Transformer-type Coupling ซึ่งเป็นปรากฏการณ์แบบเดียวกับการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นระหว่างขดลวดปฐมภูมิ (Primary) และขดลวดทุติยภูมิ

(Secondary) ในทรานสฟอร์เมอร์ (Transformer) จึงเป็นวงจรพื้นฐานสำหรับอธิบายกลไกที่เกิดขึ้นในการส่งข้อมูลของแท็กส์

2.2.6 หลักการทำงานของระบบ RFID

คลื่นวิทยุเป็นส่วนประกอบของสนามไฟฟ้า (Electronic Field) และสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) ซึ่งเดินทางไปทิศทางด้วยกันแต่ทั้งสองสนามจะทำมุมตั้งฉากกัน (Outhogonal) เสมอ โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถเดินทางด้วยความเร็ว 299,792,458 เมตรต่อวินาทีซึ่งใกล้เคียงกับความเร็วแสง ที่ 300,000 กิโลเมตร /วินาที ในรูปที่ 2.7 เป็นการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า



รูปที่ 2.7 การเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่น่าสนใจ

- ไม่จำเป็นต้องมีตัวกลางในการเคลื่อนที่
- สามารถเปลี่ยนแปลงถ่ายเทพลังงานจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่งได้
- สามารถถูกปล่อยออกมาและดูดกลืนได้โดยสสารหรือวัตถุใด
- มีคุณสมบัติในการแทรกสอด สะท้อน หักเห และเลี้ยวเบนได้

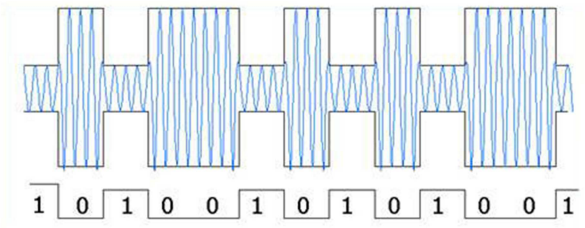
ในการนำคลื่นวิทยุมาใช้ในในการบ่งชี้ จะมีหลักการทำงาน 2 วิธีการคือ

1. RFID ทำงานด้วยหลักการเหนี่ยวนำคลื่นวิทยุ (Inductive Coupling)

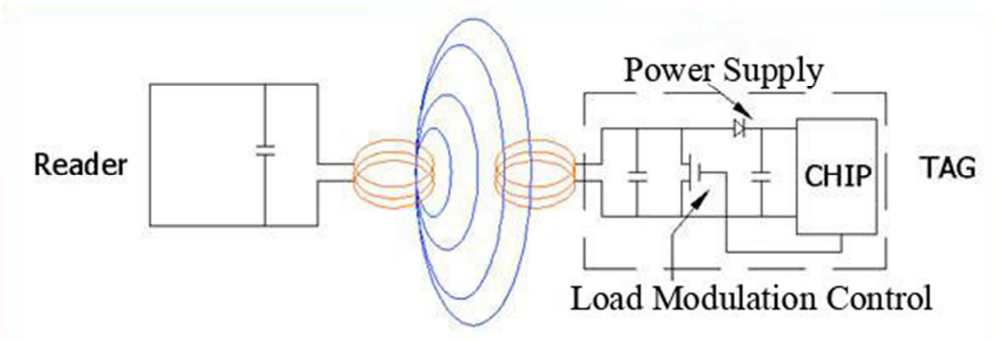
2. RFID ทำงานด้วยหลักการแผ่รกระจายคลื่นวิทยุ (Propagation Coupling)

ทั้งสองแบบมีการทำงานที่แตกต่างกันทำให้ อุปกรณ์ในทางกายภาพก็จะมีความแตกต่างกันด้วย รายละเอียดของแต่ละวิธีการมีดังนี้

1.) RFID ทำงานด้วยหลักการเหนี่ยวนำคลื่นวิทยุ (Inductive Coupling) เป็นวิธีการที่ใช้กันใน RFID ที่ทำงานในย่านความถี่ต่ำและความถี่สูง ย้อนไปถึงหลักการของคลื่นวิทยุโดยกฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) เมื่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตัดกับขดลวดจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดนั้น โดยหลักการของ RFID เมื่อเครื่องอ่าน (Reader) ต้องการค้นหา แท็ก ในบริเวณที่ครอบคลุมก็จะส่งกระจายคลื่นวิทยุออกไปในทุกทิศทุกทางและเมื่อคลื่นวิทยุซึ่งก็คือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตัดกับขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศของ แท็กก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าขึ้นแต่เนื่องจากระดับของแรงดันนั้นมีน้อยมาก จึงต้องมีวงจรเพิ่มแรงดันซึ่งประกอบด้วย ไดโอดจำนวนหนึ่งประกอบกันเป็นวงจรทวีคูณแรงดันจนระดับที่วงจรไมโครโปรเซสเซอร์ในแท็กทำงานได้ และอ่านค่าประจำตัวของแท็กซึ่งเก็บอยู่ในหน่วยความจำมาเตรียมพร้อมที่จะส่งกลับ ซึ่ง จริง ๆ แล้วแท็กไม่สามารถส่งข้อมูลกลับไปยังเครื่องอ่านได้โดยตรง แต่การส่งกลับจะใช้วิธีการ Load Modulation โดยไมโครโปรเซสเซอร์บนแท็กจะประพฤติตัวมันเองเป็นโหลดให้กับเครื่องอ่านดึงและปล่อยสัญญาณเป็นจังหวะตาม ข้อมูลในแต่ละบิตของค่าประจำตัวของแท็ก จนครบทุก ๆ บิต ซึ่งด้านสายอากาศด้านรับของเครื่องอ่านก็จะมีภาครับสัญญาณที่สะท้อนกลับนี้ไปผ่านภาคถอดรหัสข้อมูลออกมา (demodulate) ซึ่งจะรับรู้หมายเลขของ แท็กได้ โดยการเข้ารหัสนี้จะเป็นวิธีการที่เรียกว่า Amplitude Modulation ตัวอย่างสัญญาณ Amplitude modulation ดังรูปที่ 2.8

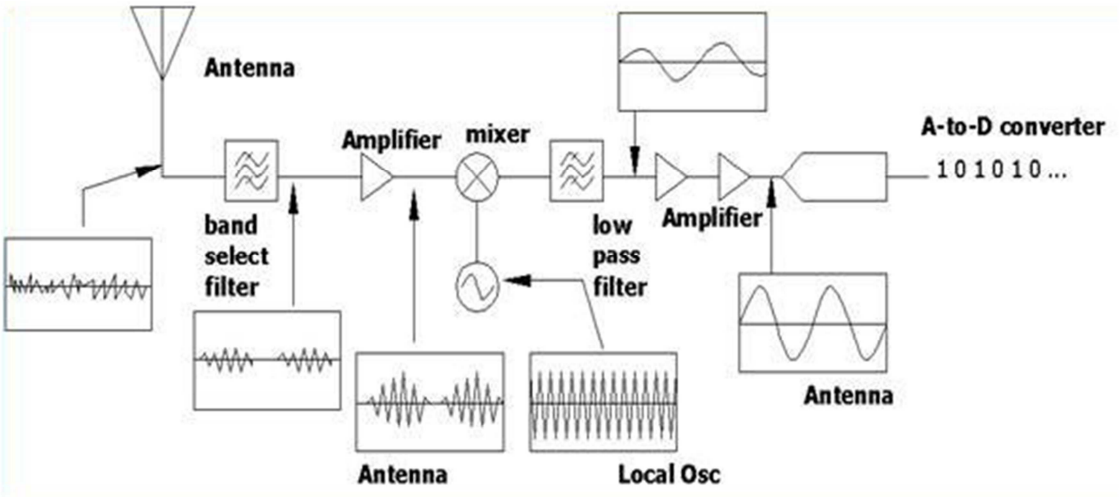


รูปที่ 2.8 ตัวอย่างสัญญาณ Amplitude modulation



รูปที่ 2.9 การติดต่อกันระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก

2.) RFID ทำงานด้วยหลักการแผ่กระจายคลื่นวิทยุ (Propagation Coupling) เป็นวิธีการที่ใช้กันใน RFID ที่ทำงานในย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF) จะเรียกว่าเป็นแบบแผ่กระจาย (propagation coupling) โดยเครื่องอ่านจะส่งพลังงานในรูปคลื่นวิทยุ (Electromagnetic Field) ออกมา ทำให้เมื่อเมื่อแท็กได้รับสัญญาณผ่านสายอากาศ แท็กก็จะทำงานโดยการสะท้อนกลับคลื่นที่ได้รับ ซึ่งจะเป็นค่า ID หรือรหัสประจำตัวกลับไปยังเครื่องอ่าน (Back Scattering) โดยวิธีการนี้ทำให้สามารถอ่านได้ระยะไกลมากขึ้นกว่าแบบ Inductive Coupling ซึ่งโดยทั่วไปจะมีระยะตั้งแต่ 2 ถึง 10 เมตร ขึ้นอยู่กับกำลังส่ง ขนาดของเครื่องอ่านนั้น ๆ



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างภาครับ

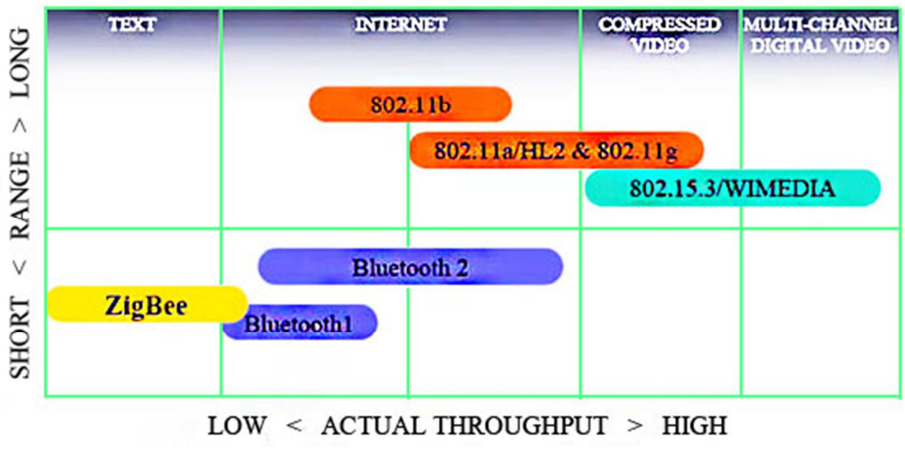
2.3 เครือข่ายไร้สาย Zigbee

Zigbee เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่ถูกพัฒนาขึ้น ให้มีจุดเด่นกว่าเทคโนโลยีไร้สายแบบอื่น ๆ กล่าวคือ ราคาต่ำ ใช้พลังงานน้อย จึงสามารถติดตั้ง ไว้ได้นาน และสามารถสร้างเครือข่ายได้ ซึ่งเหมาะกับการใช้งานด้านเซนเซอร์ไร้สาย ตรวจสอบตำแหน่งของวัตถุ และตรวจสอบสภาพแวดล้อม โดยสามารถแสดงการเปรียบเทียบ Zigbee กับ เทคโนโลยีไร้สายแบบอื่น ๆ ในด้านต่าง ๆ ได้ ดังตารางที่ 2.1 และ รูปที่ 2.11

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบเทคโนโลยีไร้สาย

Standard	**Zigbee** **802.15.4**	**Wi-Fi** **802.11b**	**Bluetooth** **802.15.1**
Transmission Range (meters)	100 – 1,500	1 - 100	1 - 10
Network Size (nodes)	64,000	32	7
Application	Monitoring & Control	Web, Email, Video	Cable Replacement
Throughput (kb/s)	20 - 250	11,000	720

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.11 ปริมาณการใช้ Throughput ของมาตรฐานการสื่อสารไร้สายแบบต่าง ๆ

2.3.1 คุณสมบัติของ Zigbee

1. อัตราการส่งข้อมูล 250 kbps (2.4 GHz) 40 kbps (915 MHz) และ 20 kbps (868 MHz)

2. High throughput และ low latency Duty Cycle ต่ำ (< 0.1%)

3. มีการเข้าถึง Channel แบบ Channel Access using Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA - CA)

4. สามารถรองรับ Address ได้ถึง 64 bit IEEE address (65,535 network)

5. รับประกันการส่งแบบ Full hand shaked protocol

6. เชื่อมต่อ Topology ได้หลายแบบ เช่น Star Peer-to-peer หรือ Mesh

7. ใช้พลังงานต่ำ (สามารถใช้ได้หลายเดือนจนถึงปี)

8. ระยะทางการส่งพื้นฐาน 5-500 เมตร

2.3.2 ส่วนประกอบของ Zigbee

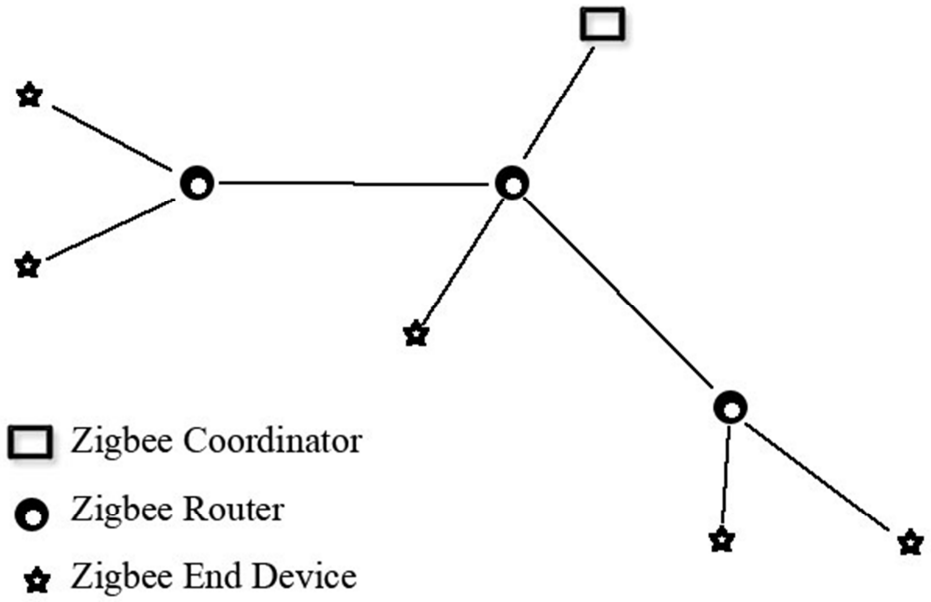
Zigbee แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. Zigbee Coordinator ทำหน้าที่สร้างโครงข่าย จัดการโหนดในโครงข่าย และเก็บข่าวสารของโหนดในโครงข่าย

2. Zigbee Router ทำหน้าที่จัดการเส้นทางของข้อมูลที่ส่งผ่านภายในโครงข่ายระหว่างโหนด

3. Zigbee End Device เป็นจุดปลายของโครงสร้างเครือข่าย อยู่ในส่วนของผู้ใช้งานโดยสามารถเป็นได้ทั้ง แบบ RFD และ FFD

ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Zigbee ได้แสดงไว้ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการสร้างเครือข่ายของอุปกรณ์ Zigbee

2.3.3 โครงสร้างของ Zigbee

Zigbee ถูกออกแบบมาเฉพาะในส่วนของ Application layer Application support layer และ Network layer เท่านั้น แต่ใช้ MAC layer และ Physical layer ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 โครงสร้าง Zigbee

<table>
<tr><td rowspan="3">Zigbee define</td><td>Application layer</td><td>ZDO</td></tr>
<tr><td colspan="2">Application support sub-layer</td></tr>
<tr><td colspan="2">Network layer</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IEEE 802.15.4</td><td colspan="2">MAC layer</td></tr>
<tr><td colspan="2">Physical layer</td></tr>
</table>

โดยโครงสร้างของ Zigbee จะแบ่งเป็น layer ต่าง ๆ ดังนี้

1. Application layer เป็นชั้นที่มีส่วนของ Endpoint อยู่ เรียกว่า Application framework โดยมี Zigbee Device Object (ZDO) ทำหน้าที่ในการจัดการในการเข้าถึงและใช้งาน Application layer

2. Application support sub-layer ทำหน้าที่ในการสร้างเฟรมของ Application layer และทำหน้าที่ในการรับ-ส่งข้อมูล รวมถึง การจัดการด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Application layer

3. Network layer ทำหน้าที่ในการ Routing ข้อมูลต่าง ๆ จากต้นทางไปยังปลายทางที่อาจอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกัน หรือต่างเครือข่ายกัน

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded system) ในการควบคุม โดยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR ของบริษัท Atmel เป็นตัวประมวลผลหลัก ซึ่งบอร์ดที่ใช้เป็นบอร์ดรุ่น ET-BASE AVR ATmega64/128 ซึ่งเน้นการใช้งานทรัพยากรของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เองเป็นหลัก โดยจะมีการต่อขาสัญญาณ I/O ออกมาจัดเรียงให้เป็นพอร์ต PA PB PC PD PE PF และพอร์ต ET-CLCD เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน พร้อมทั้งพอร์ตสำหรับดาวน์โหลดโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีวงจรไดร์ฟเวอร์ RS-232 เพื่อให้สามารถใช้งานทางด้านพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

2.4.1 คุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในงานวิจัย

• ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เบอร์ ATmega64 หรือ ATmega128 ของ Atmel ซึ่งเป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8–Bit โดยเลือกใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบ XTAL ความถี่ 16 MHz ซึ่งคุณสมบัติเด่น ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แก่

- มีหน่วยความจำ Flash สำหรับเขียนโปรแกรม 64 KBytes สำหรับ ATmega64 หรือ 128K Bytes สำหรับ ATmega128 และมี RAM 4 KBytes

- มีหน่วยความจำข้อมูลถาวรแบบ EEPROM ขนาด 2K Bytes สำหรับ ATmega64 หรือ 4 K Byte สำหรับ ATmega128 ซึ่งสามารถลบและเขียนซ้ำได้กว่า 100,000 ครั้ง

- จำนวน I/O สูงสุดถึง 53 I/O Pins

- มีวงจรสื่อสาร SPI จำนวน 1 ช่อง Inter-Integrated Circuit (I2C) จำนวน 1 ช่อง Programmable Serial USARTs จำนวน 2 ช่อง

- มี ADC ขนาด 10-Bit จำนวน 8 ช่อง

- มี Timers/Counters 8-Bit จำนวน 2 ช่อง Timers/Counters 16-Bit จำนวน 2 ช่อง 8-Bit PWM 2 ช่อง Watchdog Timer Real Time Counter

• I/O PORT 10 PIN จำนวน 6 PORT ดังนี้ PA PB PC PD PE PF

• พอร์ต ISP LOAD สำหรับโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ (ต้องใช้ร่วมกับET-AVR ISP หรือเครื่องโปรแกรม ISP อื่นที่มีการจัดเรียงขาสัญญาณเหมือนกัน)

• วงจร Line Driver สำหรับพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 จำนวน 2 ช่อง โดยเชื่อมต่อกับสัญญาณ PE0 (RXD0) และ PE1 (TXD0) จำนวน 1 ช่อง ส่วนที่เหลืออีก 1 ช่อง จะต่อกับสัญญาณ PD2 (RXD1) และ PD3 (TXD1) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถต่อทดลองการติดต่อสื่อสาร RS232

• วงจรเชื่อมต่อจอแสดงผล LCD แบบ Character (ET-CLCD) พร้อม VR ปรับความสว่างของ LCD ซึ่งใช้การเชื่อมต่อวงจรกับ LCD แบบ 4 Bit Interface

• วงจร Voltage Regulator ขนาด +5V / 1A สำหรับใช้งานเป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรให้กับจอแสดงผล LCD และอุปกรณ์ I/O ต่าง ๆ ที่ใช้กับแหล่งจ่ายขนาดขนาด +5V พร้อม LED แสดงสถานะ

• ขนาด PCB Size 8 X 6 cm

2.4.2 โครงสร้างของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 2.13 และมีรายละเอียดของบอร์ดที่แสดงตามหมายเลขมีดังนี้

• หมายเลข 1 คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega64 หรือ ATmega128 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR จาก ATMEL

• หมายเลข 2 คือ Switch RESET ใช้สำหรับ Reset การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

• หมายเลข 3 คือ Crystal ค่า 16 MHz

• หมายเลข 4 คือ ตัวต้านทานสำหรับปรับค่าความสว่างให้ LCD

• หมายเลข 5 คือ PORTC มีขนาด 8 Bit คือ PC0-PC7

• หมายเลข 6 คือ พอร์ต ISP LOAD ใช้สำหรับดาวน์โหลด Hex File ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

• หมายเลข 7 คือ พอร์ต ET-CLCD สำหรับเชื่อมต่อกับ LCD ชนิด Character Type ซึ่งใช้การเชื่อมต่อแบบ 4 Bit

• หมายเลข 8 คือ PORTD มีขนาด 8 Bit คือ PD0-PD7

• หมายเลข 9 คือ PORTB มีขนาด 8 Bit คือ PB0-PB7

• หมายเลข 10 คือ PORTE มีขนาด 8 Bit คือ PE0-PE7

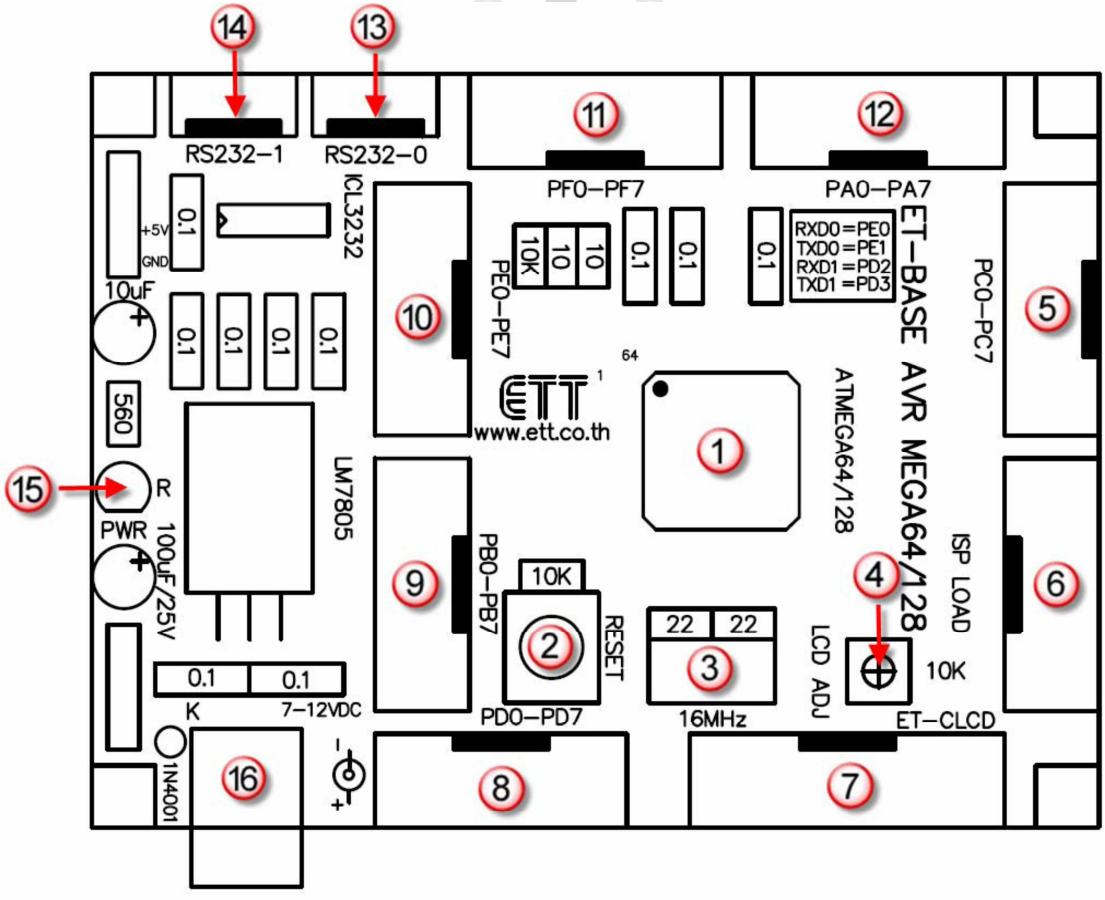
• หมายเลข 11 คือ PORTF มีขนาด 8 Bit คือ PF0-PF7

• หมายเลข 12 คือ PORTA มีขนาด 8 Bit คือ PA0-PA7

• หมายเลข 13 และ 14 คือ ขั้วต่อ RS232 สำหรับใช้งานทั่วไป

• หมายเลข 15 คือ LED Power ใช้สำหรับแสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ +5VDC

• หมายเลข 16 คือ ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟสำหรับเลี้ยงวงจรของบอร์ด



รูปที่ 2.13 โครงสร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega64/128

2.5 การทบทวนวรรณกรรม (Reviewed literature) / สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

จากการสืบค้นงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารและบทความในฐานข้อมูลต่าง ๆ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ในงานวิจัยของ Leung C.W. Law S.M. Chan W.S. และ Siu Y.M. (2008) [1] มีการใช้งานโครงสร้างสองชั้นสำหรับการงานใช้ระบบ RFID ด้วยการออกแบบให้มีเครือข่าย Zigbee 2.4GHz เป็นแกนหลักของเครือข่ายไร้สายในขณะที่เครือข่าย RFID 900MHz จะใช้สำหรับอ่านแท็กส์ หมายเลขประจำตัวของแท็กส์จะถูกเก็บรวบรวมผ่านทางเครือข่าย RFID 900 MHz และถูกส่งไปยัง Terminal ผ่านทางเครือข่าย Zigbee

ในงานวิจัยของ Aqeel-ur-Rehman Abu Zafar Abbasi และ Zubair A. Shaikh (2008) [2] จะใช้ RFID ในการพัฒนามหาวิทยาลัยอัจฉริยะ โดยต้นแบบของการพัฒนาแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีของ RFID สามารถมีส่วนร่วมในการปรับปรุงการรักษาความปลอดภัย การอนุรักษ์พลังงาน การติดตามคน และอื่น ๆ โดยบทความนี้นำเสนอระบบต้นแบบของสำนักงานอัจฉริยะ

ในงานวิจัยของ Ting Zhang Yuanxin Ouyang และ Yuheng Liu (2008) [3] เป็นหนึ่งในการปฏิวัติในเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่คอมพิวเตอร์จะถูกฝังอยู่ในสภาพแวดล้อมและวัตถุในชีวิตประจำวัน เป็นการรวมกันของโลกข้อมูลและโลกทางกายภาพที่ทำให้คนได้รับการบริการอย่างต่อเนื่องโดยการปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นเองในระบบคอมพิวเตอร์โดยใช้ RFID ร่วมกับระบบเซ็นเซอร์บันทึกสภาพแวดล้อมทางกายภาพและทำการประมวลผล นอกจากนี้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายยังให้ความสามารถในการสื่อสารแก่ข้อมูลที่รวบรวมโดย RFID ด้วย

ในงานวิจัยของ Junjie Chen Jianqiu Zeng และ Yuchen Zhou (2009) [4] ได้มีการวิเคราะห์ Packet Error Rate (PER) ของ Zigbee ในที่ที่มีการรบกวนของ RFID แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กล่าวว่าเกิดจาก Bit Error Rate (BER) และเวลาในการชนกันของข้อมูล มีการวิเคราะห์ในเชิงทฤษฎีและมีการจำลองเพื่อปรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผลของการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงกับปัญหาการใช้งานร่วมกันของ Zigbee และ RFID ได้

ในงานวิจัยของ Said A. Elshayeb Khalid Bin Hasnan และ Chua Yik Yen (2009) [5] ใช้ RFID เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุและติดตามสิ่งของแบบเวลาจริงในขั้นตอนต่าง ๆ ของห่วงโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมค้าปลีก โดยได้ทำการนำ RFID แท็กส์ติดตามหุ่นยนต์เลโก้ในสภาพแวดล้อมจำลองและใช้เครือข่าย Zigbee ในการสื่อสารแบบไร้สายระหว่างเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลและเครื่องอ่าน RFID และได้พิสูจน์ว่าการใช้เทคโนโลยี RFID กับเครือข่าย Zigbee สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงการติดตามในห่วงโซ่อุปทานได้โดยมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำ เนื่องจากความเรียบง่ายของโปรแกรมอินเตอร์เฟซและระบบการจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ LabVIEW และ MS Excel ระบบมีราคาไม่แพงมากและใช้ได้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก

ในงานวิจัยของ Chung-Hsin Liu และ Jian-Yun Lo (2010) [6] ได้ใช้ RFID และ Zigbee เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการหาตำแหน่ง พบว่าเมื่อใช้อุปกรณ์ Zigbee ร่วมกับการทำงานของ RFID มีความถูกต้องสูงกว่าการใช้ Zigbee เพียงอย่างเดียว แต่ยังมีปัญหามากมายที่จะต้องเอาชนะเช่นความถูกต้องของเทคโนโลยีระบุตำแหน่ง การรักษาความปลอดภัย และการสูญเสียพลังงานในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ในงานวิจัยของ Feng Feng Hou Shengyu และ Xu Qi (2010) [7] มีการประยุกต์ใช้การรวมกันของสองเทคโนโลยี คือ WSN และ RFID โดยใช้ข้อดีของทั้งสองเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือในการรักษาความปลอดภัยในเหมืองถ่านหิน การใช้สองเทคโนโลยี ทำให้การส่งข้อมูลดีขึ้นและมีความปลอดภัยสูงขึ้น

ในงานวิจัยของ Hyuntae Cho Sanghyun Son และ Yunju Baek (2011) [8] นำเสนอการใช้งานระบบแอคทีฟ RFID ขนาดใหญ่โดยใช้เครือข่าย Zigbee ในการทำงานเพื่อขยายพื้นที่การอ่านสัญญาณวิทยุ โดย RFID แบบแอคทีฟนั้นจะสามารถอ่านได้ไกลมากกว่า 100 เมตร ตัวอ่าน RFID จะเก็บรวบรวมแท็กส์ภายในพื้นที่การอ่านสัญญาณและยังเก็บแท็กส์จากนอกพื้นที่การอ่านสัญญาณผ่านการใช้งาน Collection Agents (CA) หลายตัวในเครือข่าย Zigbee ทำให้เพิ่มขอบเขตของเครื่องอ่าน RFID ได้

ในงานวิจัยของ Qiang Ruan Wensheng Xu และ Gaoxiang Wang (2011) [9] มีการวิเคราะห์คุณสมบัติและข้อดีของ RFID กับ Zigbee และเสนอสถาปัตยกรรมของ RFID และ Zigbee เป็นระบบการตรวจสอบการผลิต มีการพัฒนาระบบต้นแบบของระบบการตรวจสอบด้วย RFID และ Zigbee และแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดี สามารถให้ผู้บริหารองค์กรทราบข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ แบบเวลาจริง เช่น ข้อมูลของแต่ละผลิตภัณฑ์ รายระเอียดกระบวนการ ตำแหน่งในปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ การเข้าทำงานของแรงงาน และรายละเอียดอุปกรณ์ เป็นต้น ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้นได้ จุดอ่อนของระบบนี้ คือเมื่อมันถูกใช้ในปริมาณมากอาจเกิดปัญหาการรบกวนกันและการรบกวนจากสภาพแวดล้อม

ในงานวิจัยของ Srinivasan S. Ranganathan H. และ Srivel R. (2011) [10] ได้มีการใช้งาน RFID Reader หลาย ๆ ตัวติดตั้งในที่ทำงาน และพนักงานแต่ละคนจะมีแท็กส์ซึ่งภายในจะมีเลขประจำตัวของแต่ละคน แท็กส์จะถูกอ่านจากเครื่องอ่าน RFID ที่ติดตั้งตามที่ต่าง ๆเช่น ประตูทางเข้าทางไปโรงอาหาร เป็นต้น ข้อมูลจะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ด้วยเครือข่ายไร้สาย Zigbee ข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบระยะเวลาในการทำงานจริง ๆของพนักงานแต่ละคนได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

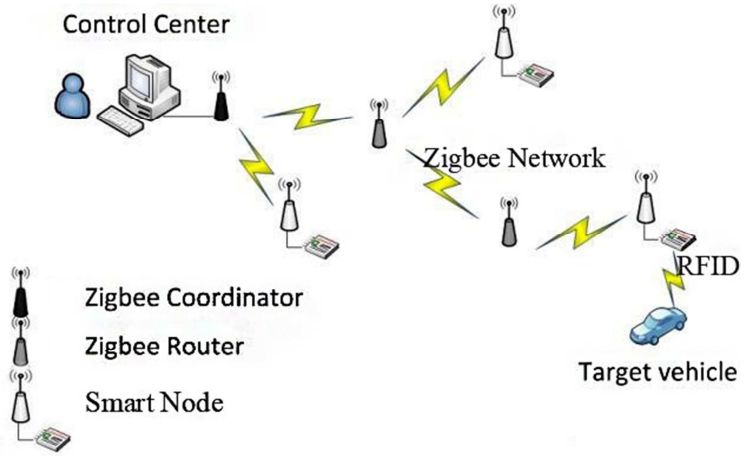
การออกแบบระบบการรับ - ส่งข้อมูลและโปรแกรมฐานข้อมูล

3.1 บทนำ

ในการที่จะให้ RFID สามารถส่งข้อมูลแท็กส์ที่อ่านได้ไปยังศูนย์ควบคุมที่อยู่ห่างไกลนั้น จะต้องใช้สายสัญญาณที่มีความยาวมาก ๆ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา งานวิจัยนี้จึงออกแบบให้มีการทำงานร่วมกันของตัวอ่าน RFID และอุปกรณ์ต่าง ๆผ่านเครือข่ายแบบไร้สาย Zigbee โดยมีการออกแบบระบบควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างตัวอ่าน RFID และ Zigbee ด้วยระบบสมองกลฝังตัวทั้งนี้เพื่อให้การสื่อสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการออกแบบโปรแกรมฐานข้อมูลที่ศูนย์ควบคุม เพื่อใช้ในการระบุตัวตนของรถไฟฟ้าอัจฉริยะจากข้อมูลแท็กส์ที่ส่งผ่านมาทางเครือข่ายไร้สาย และเพื่อเก็บข้อมูลการเดินทางของรถไฟฟ้าในเส้นทางต่าง ๆ

3.2 การออกแบบระบบการส่งข้อมูล

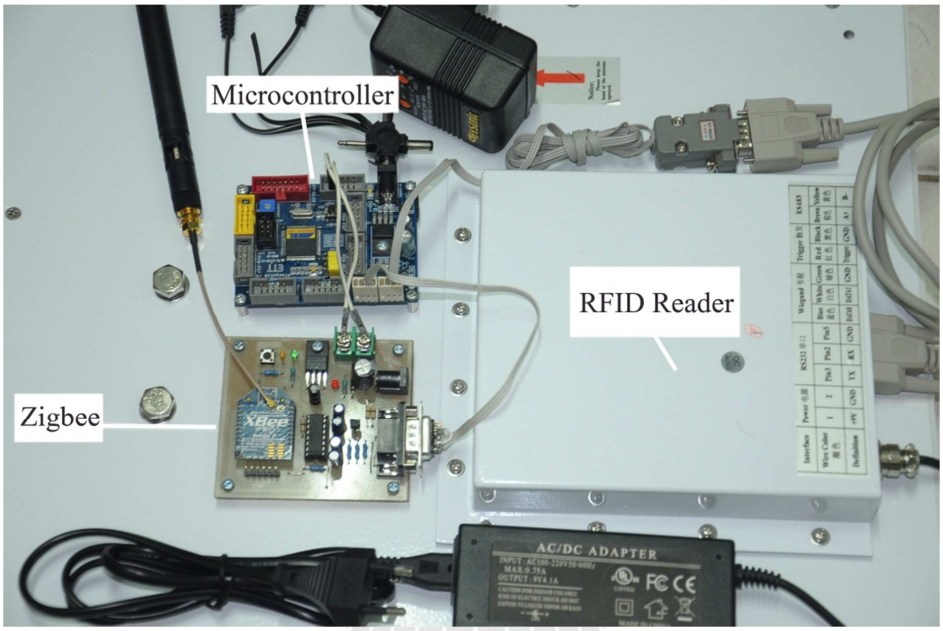
การทำงานของระบบจะมีการติดตั้ง RFID แท็กส์ไว้ที่รถไฟฟ้าและติดตั้งเครื่องอ่าน RFID ไว้ที่จุดต่าง ๆ ในเส้นทางที่รถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านเพื่อคอยอ่านแท็กส์ RFID และเมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน เครื่องอ่าน RFID จะทำการอ่านข้อมูลแท็กส์ที่ติดตั้งมากับรถไฟฟ้าแล้วส่งข้อมูลของแท็กส์นั้นไปยังศูนย์ควบคุมผ่านทางเครือข่ายไร้สาย Zigbee ทำให้ศูนย์ควบคุมสามารถทราบได้ว่ารถไฟฟ้าอยู่ที่จุดไหน โดยมีแผนภาพการทำงานของระบบดังรูปที่ 3.1



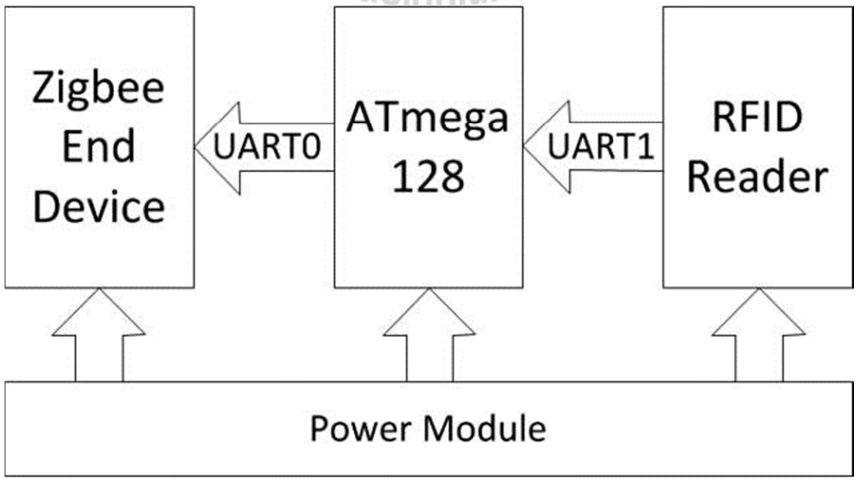
รูปที่ 3.1 แผนภาพของระบบการรับ - ส่งข้อมูลในเครือข่ายไร้สาย Zigbee

3.3 การออกแบบสมาร์ทโหนด (Smart Node)

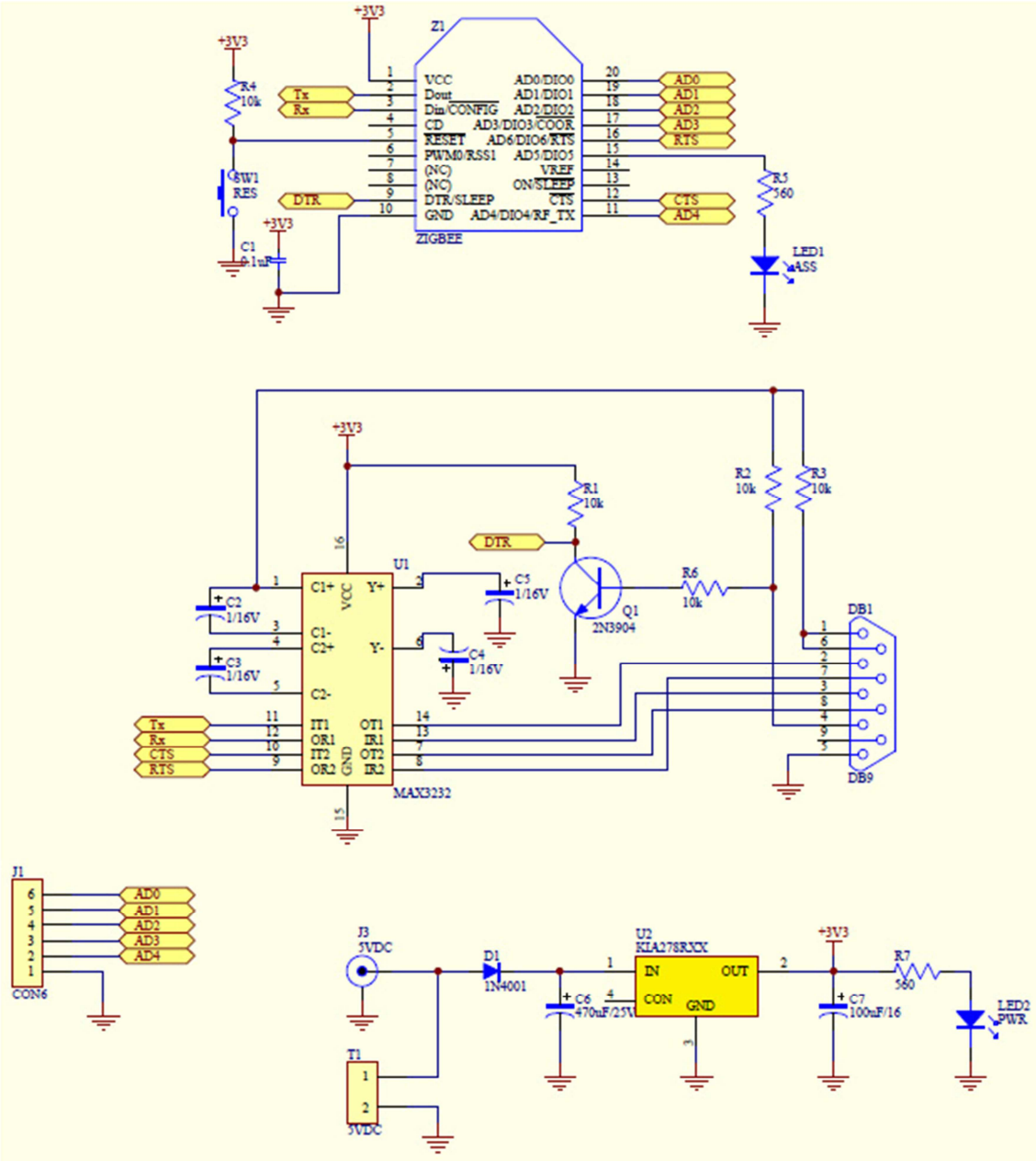
ในด้านฮาร์ดแวร์ได้มีการออกแบบและสร้างสมาร์ทโหนด (Smart Node) ขึ้นมาเพื่อให้ตัวอ่าน RFID สามารถทำงานร่วมกันเป็นเครือข่ายไร้สาย ซึ่งในสมาร์ทโหนด จะประกอบไปด้วย ตัวอ่าน RFID ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ Zigbee ดังรูปที่ 3.2 และมีแผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในสมาร์ทโหนดดังรูปที่ 3.3 ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อกับ Zigbee มีลายวงจรดังรูปที่ 3.4



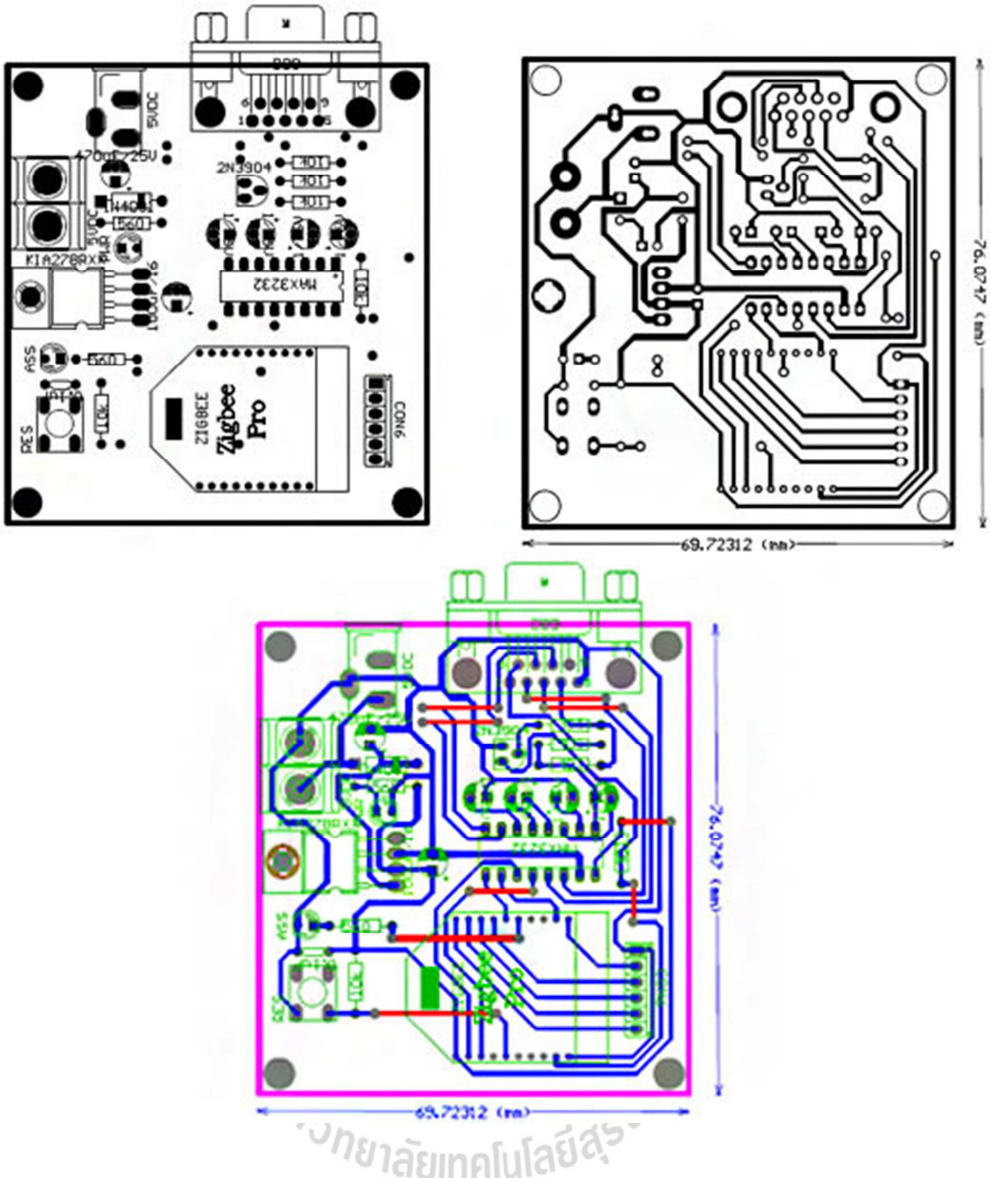
รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในสมาร์ทโหนด



รูปที่ 3.3 แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในสมาร์ทโหนด



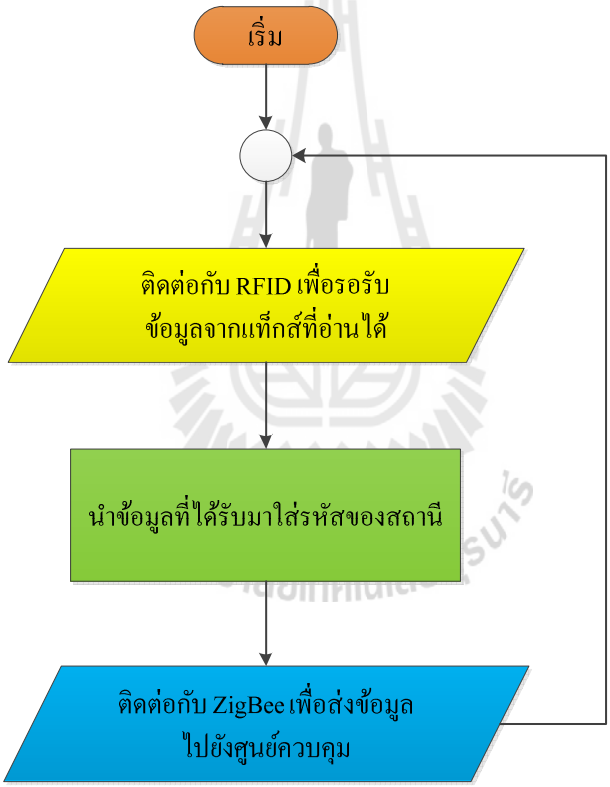
รูปที่ 3.4 วงจรที่ใช้เชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านพอร์ตอนุกรม



รูปที่ 3.5 PCB ของวงจรที่ใช้เชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านพอร์ตอนุกรม

จากภาพในรูปที่ 3.3 เป็นการทำงานของสมาร์ทโหนด คือ เมื่อมีแท็กส์ผ่านเข้ามาอยู่ในระยะการอ่าน เครื่องอ่าน RFID จะทำการส่งข้อมูลที่อ่านได้เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลแล้วส่งไปยังเครือข่ายไร้สาย Zigbee เพื่อส่งต่อไปยังศูนย์ควบคุม และรูปที่ 3.4 เป็นวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านทางพอร์ตอนุกรม และ รูปที่ 3.5 เป็น PCB ของวงจรที่ใช้เชื่อมต่อกับ Zigbee ผ่านพอร์ตอนุกรม

และในด้านซอฟต์แวร์มีการเขียนโปรแกรมในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้โปรแกรม AVR Studio 4 ในการเขียนโปรแกรมภาษา C ซึ่งกระบวนการการทำงานสำหรับโปรแกรมที่ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแสดงได้ดังแผนภาพในรูปที่ 3.6 โดยในขั้นตอนของการทำงานนั้น เมื่อเครื่องอ่าน RFID อ่านข้อมูลแท็กส์เข้ามาข้อมูลที่อ่านได้จะถูกประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะทำการตัดให้เหลือเฉพาะข้อมูลแท็กส์ในส่วนที่ต้องการและทำการใส่รหัสของแต่ละสถานีไว้เพื่อให้โปรแกรมฐานข้อมูลสามารถตรวจสอบได้ว่าข้อมูลของแท็กส์ดังกล่าวถูกส่งมาจากสถานีใด จากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย Zigbee ไปยังศูนย์ควบคุมต่อไป

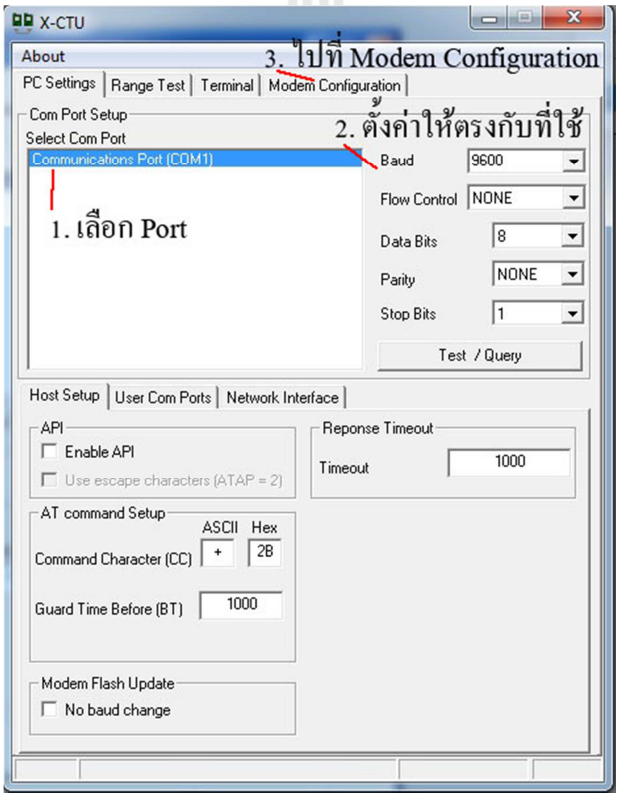


รูปที่ 3.6 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมที่ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์

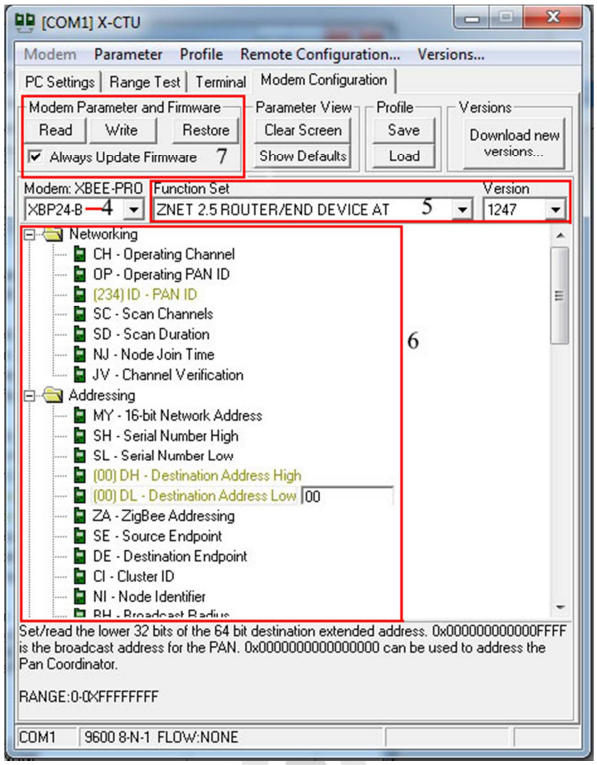
เพื่อให้การรับ – ส่งข้อมูลในเครือข่ายไร้สายผ่านอุปกรณ์ Zigbee เป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจะต้องปรับตั้งค่าอุปกรณ์ Zigbee ให้มีการโทโพโลจี (Topology) ของเครือข่ายเป็นแบบ Mech network โดยใช้โปรแกรม X-CTU โดยมีรายละเอียดดังนี้

การตั้งค่าของอุปกรณ์ Zigbee โดยใช้โปรแกรม X-CTU มีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดโปรแกรม X-CTU และทำการเลือก Com Port ที่เชื่อมต่อเข้ากับ Zigbee ที่จะตั้งค่า
2. ทำการตั้งค่าต่าง ๆ ให้ตรงกับ Zigbee ดังรูปที่ 3.7
3. คลิกที่ Modem Configuration จะได้หน้าต่างดังรูปที่ 3.8
4. ทำการเลือกรุ่นของ Zigbee ที่ใช้งาน
5. ทำการเลือก Function Set และ Version ที่ใช้งาน
6. ทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ
7. เลือก Always Update Firmware แล้วกด Write



รูปที่ 3.7 หน้าต่างการตั้งค่าใน X-CTU หน้า PC Settings



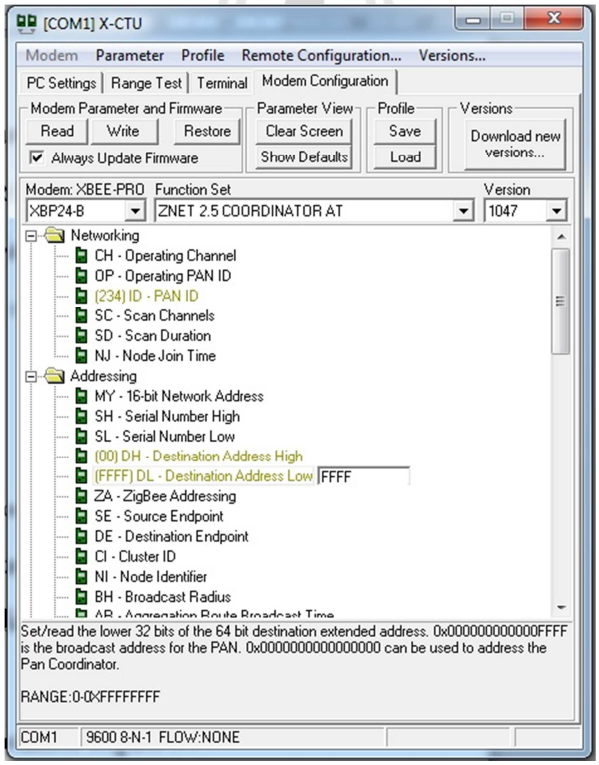
รูปที่ 3.8 หน้าต่างการตั้งค่าใน X-CTU หน้า Modem Configuration

รูปที่ 3.7 และ รูปที่ 3.8 เป็นการตั้งค่า Zigbee ซึ่งติดตั้งในส่วนของสมาร์ท ซึ่งจะทำการตั้งค่ารุ่นของ Zigbee เป็น XBP24-B และ Function Set เป็น ZNET 2.5 ROUTER/END DEVICE AT Version 1247 และตั้งพารามิเตอร์ในส่วนของ PAN ID เป็น 234 เพื่อให้ตรงกับ Zigbee Coordinator และตั้งค่า Destination Address High กับ Destination Address Low เป็น 00

3.4 การออกแบบในส่วนของศูนย์ควบคุม

ในส่วนของฮาร์ดแวร์ จะทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Zigbee กับคอมพิวเตอร์ที่ศูนย์ควบคุม โดยกำหนดให้อุปกรณ์ Zigbee ทำงานเป็น Zigbee Coordinator โดยใช้อุปกรณ์ XBee Explorer Dongle และมีการออกแบบในส่วนของโปรแกรมฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio และ Microsoft Access 2010 เพื่อรับข้อมูลที่ได้จาก Zigbee มาเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น

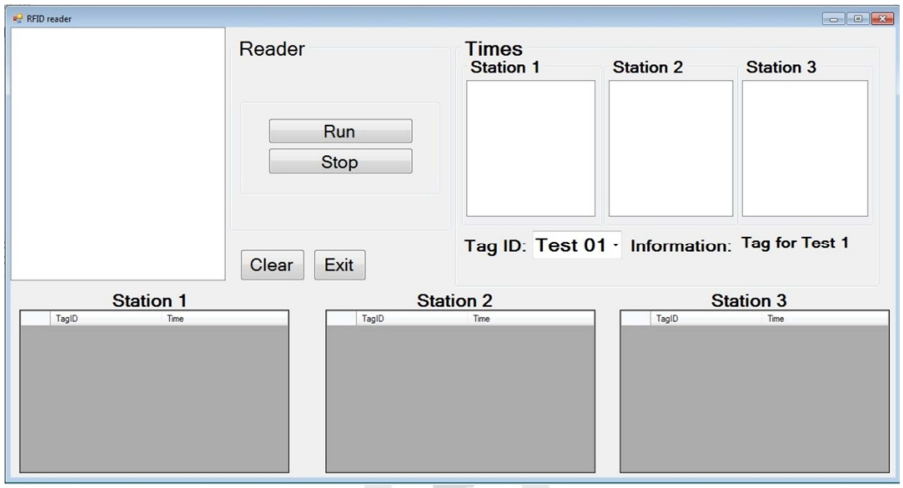
ในส่วนของการตั้งค่า Zigbee จะตั้งให้เป็น Zigbee Coordinator โดยใช้โปรแกรม X-CTU ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ซึ่งจะมีการตั้งค่ารุ่นของ Zigbee เป็น XBP24-B และ Function Set เป็น ZNET 2.5 COORDINATOR AT Version 1047 และตั้งพารามิเตอร์ในส่วนของ PAN ID เป็น 234 เพื่อให้ตรงกับ Zigbee Coordinator และตั้งค่า Destination Address High กับ Destination Address Low เป็น FFFF



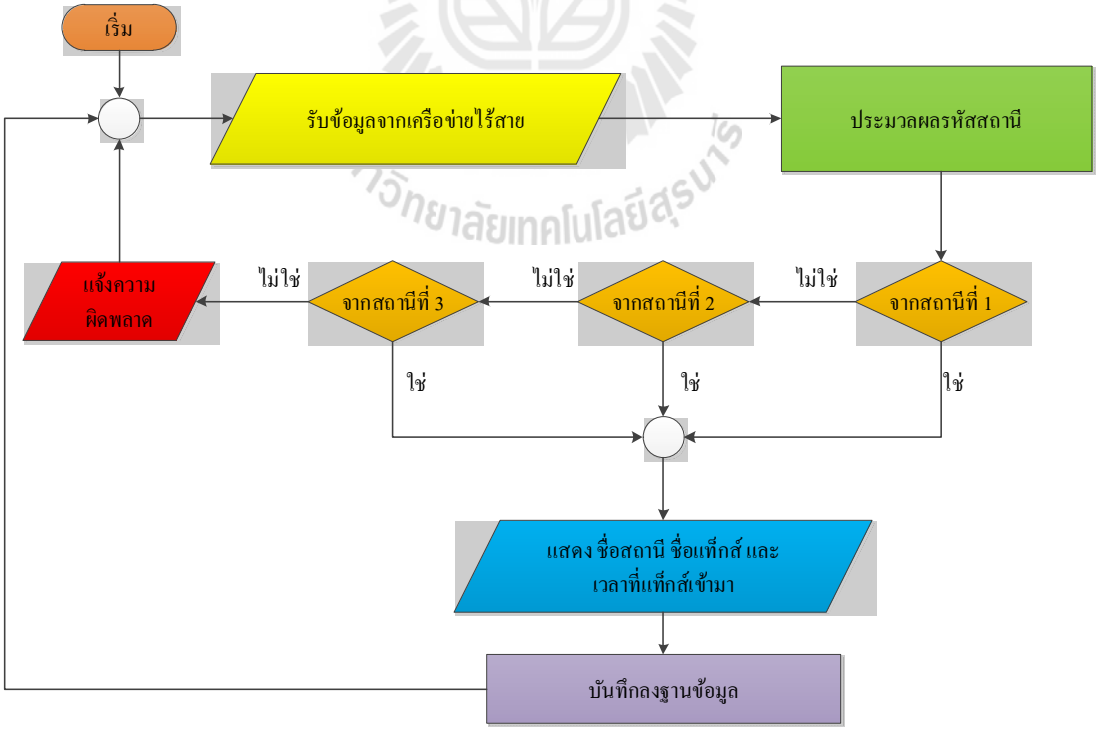
รูปที่ 3.9 การตั้งค่า Zigbee Coordinator

ในส่วนของโปรแกรมฐานข้อมูล จะเริ่มการทำงานเมื่อเครื่องอ่าน RFID ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย Zigbee มายังศูนย์ควบคุม โดยโปรแกรมฐานข้อมูลจะรับค่ามาจากเครือข่ายไร้สาย

และทำการประมวลผลและเก็บบันทึกค่าลงไปในฐานข้อมูล โดยค่าที่บันทึกลงไปนั้นจะแบ่งออกเป็นข้อมูลของแต่ละสถานี โดยจะบันทึกข้อมูล TagID และเวลาที่แท็กส์ผ่านสถานีนั้น ๆ ซึ่งหน้าต่างของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 3.10 และแผนภาพการทำงานของโปรแกรมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ของศูนย์ควบคุมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.11



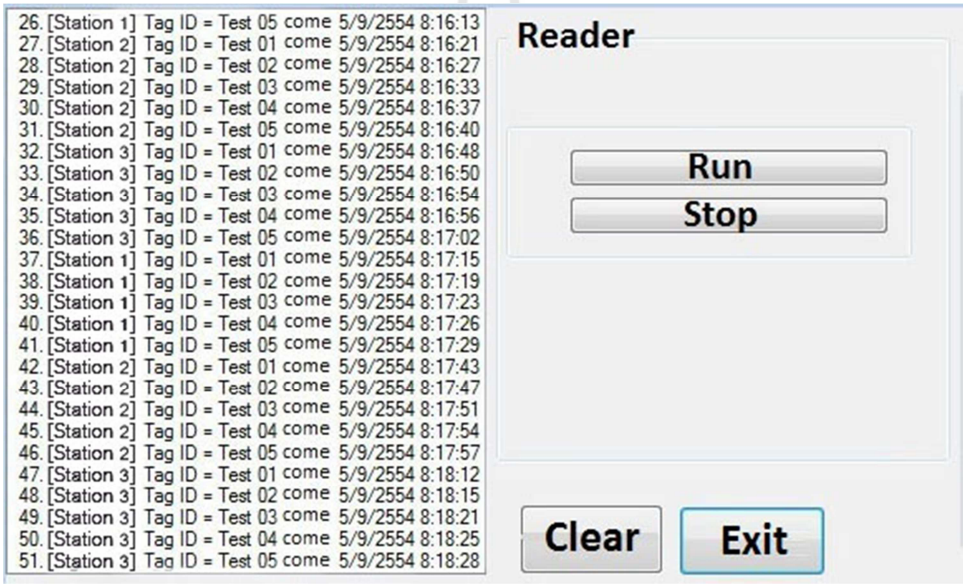
รูปที่ 3.10 โปรแกรมฐานข้อมูล



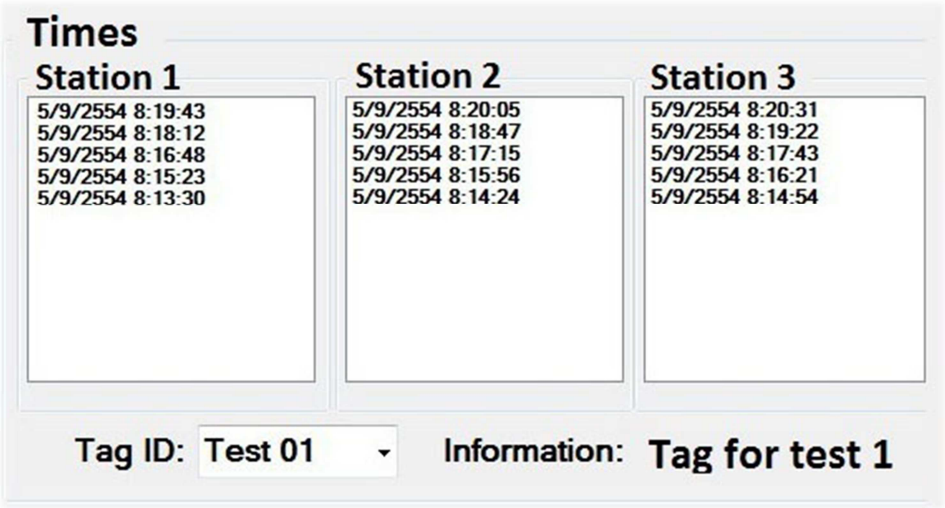
รูปที่ 3.11 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ของศูนย์ควบคุม

3.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมฐานข้อมูล

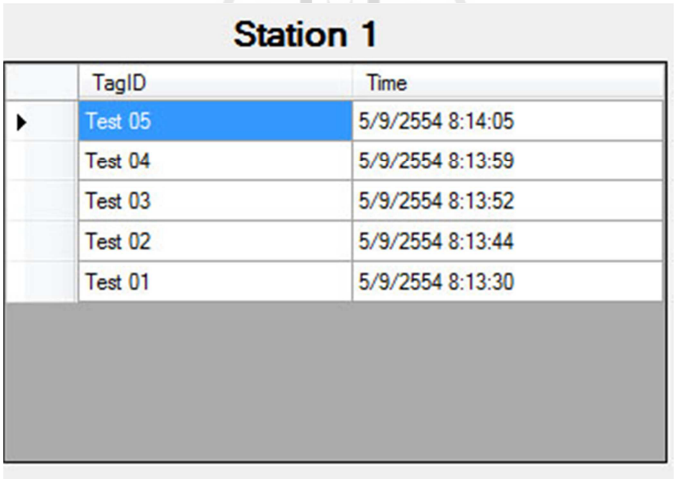
เมื่อโปรแกรมฐานข้อมูลเริ่มทำงาน โปรแกรมจะรอรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม ซึ่งเป็นพอร์ตที่เชื่อมต่อเข้ากับ Zigbee เมื่อมีการส่งข้อมูลมาจาก Zigbee โปรแกรมจะทำการตรวจสอบส่วนหัวของข้อมูล (Header Data) เพื่อระบุสถานีที่ส่งพร้อมกับประมวลผลเพื่อระบุตัวตนของรถไฟฟ้า จากนั้นจะแสดงให้เราเห็นว่ามีแท็กส์เข้ามาเมื่อเวลาเท่าไรดังรูปที่ 3.12 จากนั้นโปรแกรมจะนำค่าที่ได้ไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลและมีการแสดงผลบนโปรแกรมด้วย ซึ่งเราจะเห็นว่าข้อมูลได้ถูกเพิ่มเข้าไปในฐานข้อมูลในส่วนของเวลา (Times) ทางด้านขวาของโปรแกรม และในส่วนของข้อมูลในแต่ละสถานี (Station) ทางด้านล่างของโปรแกรมดังรูปที่ 3.13 และ รูปที่ 3.14



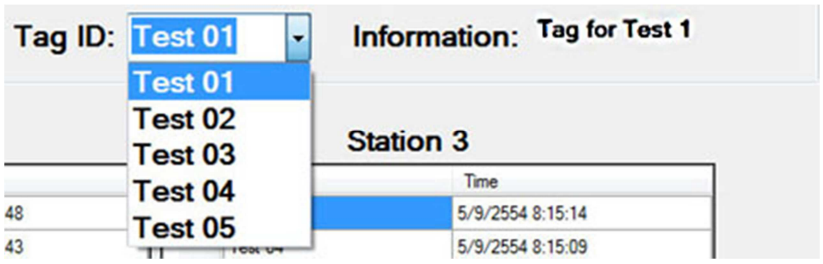
รูปที่ 3.12 โปรแกรมอ่านข้อมูลที่รับได้จาก Zigbee แล้วนำมาแสดงผล



รูปที่ 3.13 ข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกลงฐานข้อมูลในส่วนของเวลาที่แต่ละสถานีสามารถตรวจจับรถไฟฟ้า (แท็กส์) ได้



รูปที่ 3.14 ข้อมูลที่ได้ถูกบันทึกลงฐานข้อมูลในส่วนของแต่ละสถานีตามลำดับของรถไฟฟ้า (แท็กส์) ที่ตรวจจับได้



รูปที่ 3.15 ข้อมูลแต่ละแท็กส์

3.6 สรุป

บทนี้ได้นำเสนอการออกแบบระบบการรับ - ส่งข้อมูลโดยได้ทำการติดตั้งสมาร์ทโหนด (Smart Node) ไว้ตามสถานีต่าง ๆของเส้นทางเดินรถไฟฟ้า เพื่อทำหน้าที่คอยอ่านแท็กส์ซึ่งติดตั้งไว้ที่รถไฟฟ้า เมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านเครื่องอ่าน RFID จะทำการอ่านข้อมูลแล้วส่งข้อมูลนั้นไปยังศูนย์ควบคุมผ่านทางเครือข่ายไร้สาย Zigbee สมาร์ทโหนดจะประกอบด้วย เครื่องอ่าน RFID ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ Zigbee โดยมีการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โปรแกรมการแสดงผลที่ศูนย์ควบคุม และโปรแกรมฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลการทำงานของรถไฟฟ้าที่วิ่งทดสอบในเส้นทางต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

จากการออกแบบระบบการส่งข้อมูลของ RFID และเครือข่ายไร้สาย Zigbee และการออกแบบโปรแกรมฐานข้อมูลที่ศูนย์ควบคุม เราได้ทำการติดตั้งสมาร์ทโหนด (Smart Node) ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องอ่าน RFID ไมโครคอลโทรลเลอร์ และชุดอุปกรณ์ Zigbee ไว้ตามจุดต่าง ๆ ในเส้นทางการทดสอบเพื่อทดสอบและบันทึกผล ซึ่งเส้นทางในการทดสอบและบันทึกผลนั้นเราได้ทำการทดสอบและบันทึกผลสองครั้งในเส้นทางที่ต่างกัน

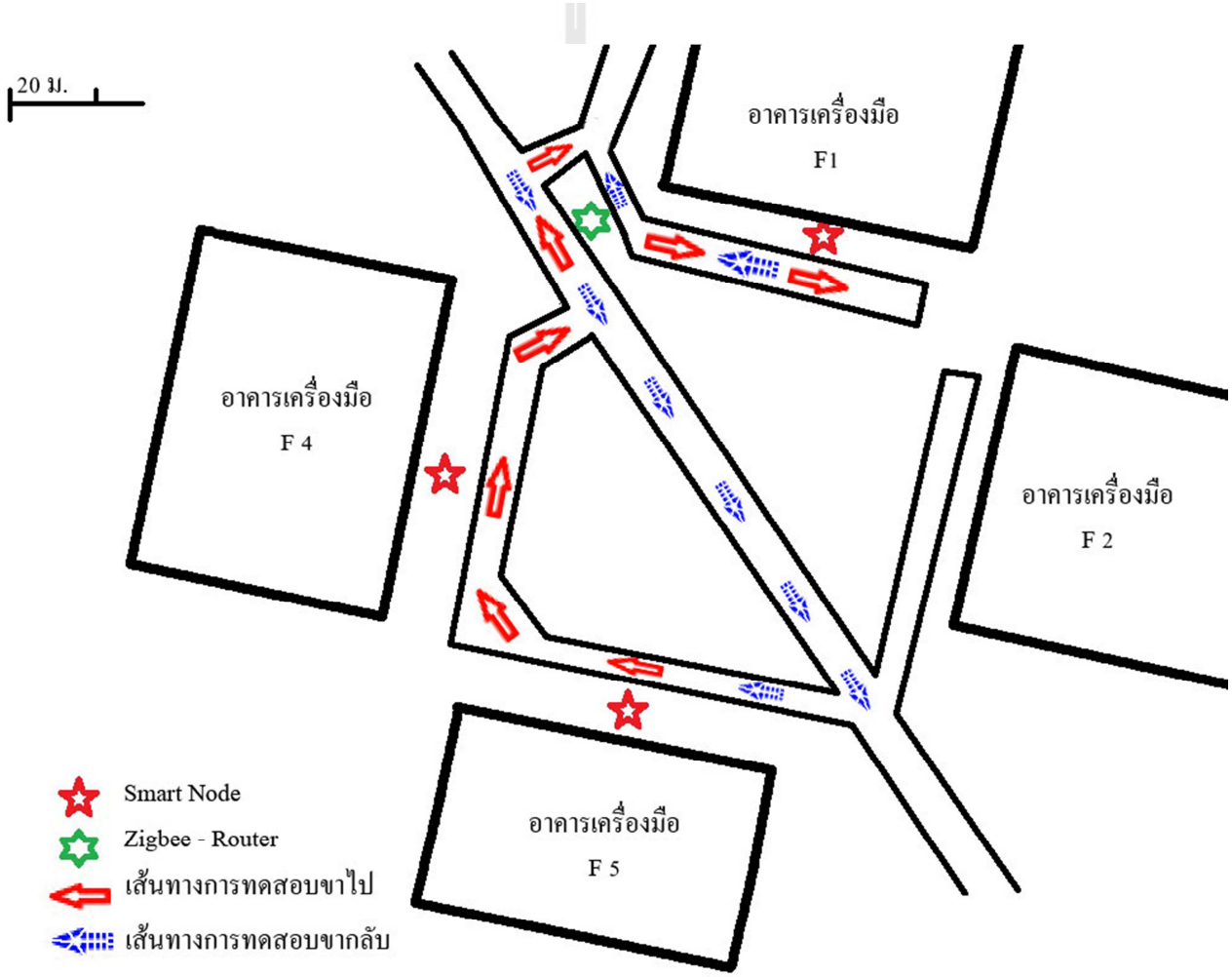
4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ติดตั้งสมาร์ทโหนดไว้ที่จุดต่าง ๆ ตามแผนภาพการทดสอบรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2
2. ติดตั้งแท็กส์เข้ากับรถที่ใช้ในการทดสอบ
3. ทำการเปิดโปรแกรมการแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมและโปรแกรมฐานข้อมูล
4. นำรถไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบวิ่งผ่านสถานีที่ติดตั้งสมาร์ทโหนดตามเส้นทางการทดสอบ
5. เก็บรวบรวมผลการทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

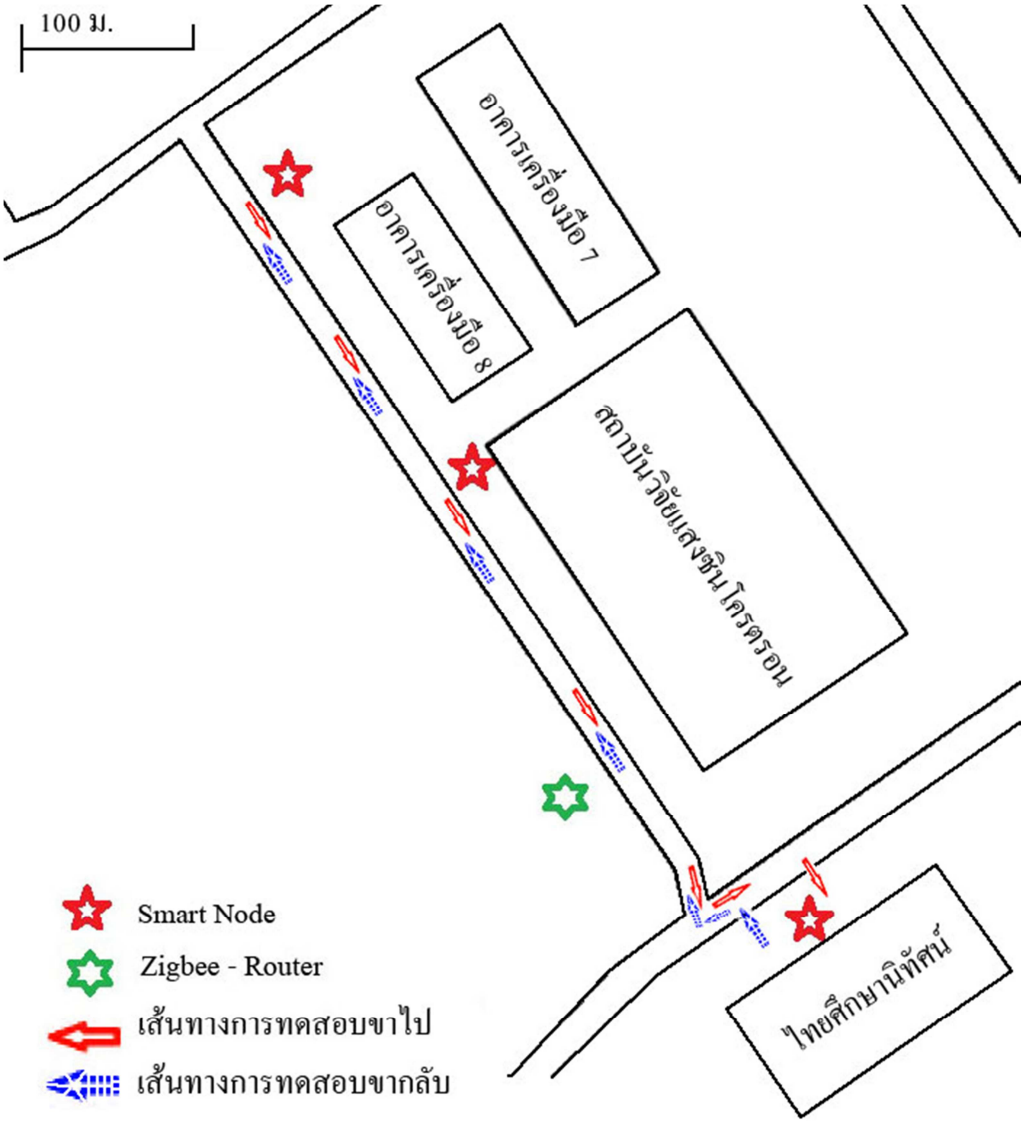
แผนภาพเส้นทางการทดสอบ

เส้นทางการทดสอบที่ 1 เป็นเส้นทางการทดสอบที่ให้รถไฟฟ้าเดินทางผ่านอาคารเครื่องมือต่าง ๆ โดยการเดินทางของรถไฟฟ้าเริ่มจากอาคารเครื่องมือ 5 ไปยังอาคารเครื่องมือที่ 4 ระยะทางประมาณ 100 เมตร และจากอาคารเครื่องมือที่ 4 ไปยังอาคารเครื่องมือที่ 1 ระยะทางประมาณ 200 เมตร จากนั้นให้รถไฟฟ้าเดินทางกลับมายังอาคารเครื่องมือที่ 5 ระยะทางประมาณ 300 เมตร ดังในแผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1 รูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1

เส้นทางการทดสอบที่ 2 เป็นเส้นทางการทดสอบที่ให้รถไฟฟ้าเดินทางจากอาคารเครื่องมือไปยังไทยศึกษานิทัศน์ โดยการเดินทางของรถไฟฟ้าเริ่มจากผ่านอาคารเครื่องมือ 8 ไปยังสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน ระยะทางประมาณ 200 เมตร และจากสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน ไปยังไทยศึกษานิทัศน์ระยะทางประมาณ 400 เมตร จากนั้นให้รถไฟฟ้าเดินทางกลับตามเส้นทางเดิม ดังในแผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 2 รูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 2

4.3 ผลการทดสอบ

ในการทดสอบนำรถที่ติดตั้งแท็กส์เดินทางไปตามเส้นทางการทดสอบให้เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องอ่าน RFID ไมโครคอลโทรลเลอร์ และชุดอุปกรณ์ Zigbee พบว่าเมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนด โปรแกรมฐานข้อมูลสามารถรับข้อมูลจากแท็กส์มาเก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งมีรถไฟฟ้าติดตั้งแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบดังภาพที่ 4.3 สมาร์ทโหนดที่ติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.4 ศูนย์ควบคุมที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ Zigbee กับคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 4.5 และได้ผลจากการทดสอบสองครั้งดังนี้

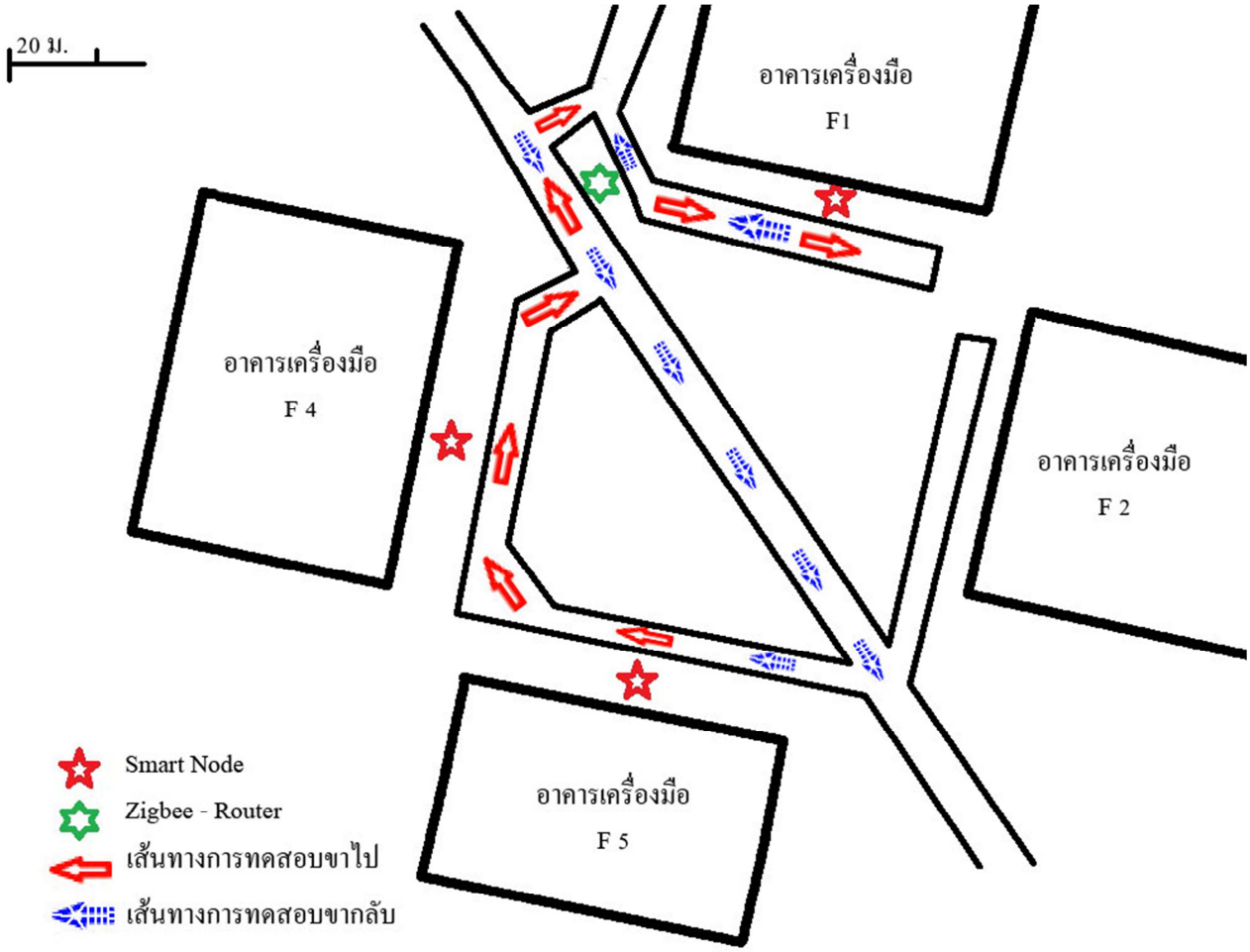
รูปที่ 4.3 รถไฟฟ้าติดตั้งแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ

รูปที่ 4.4 สมาร์ทโหนด

รูปที่ 4.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Zigbee กับคอมพิวเตอร์

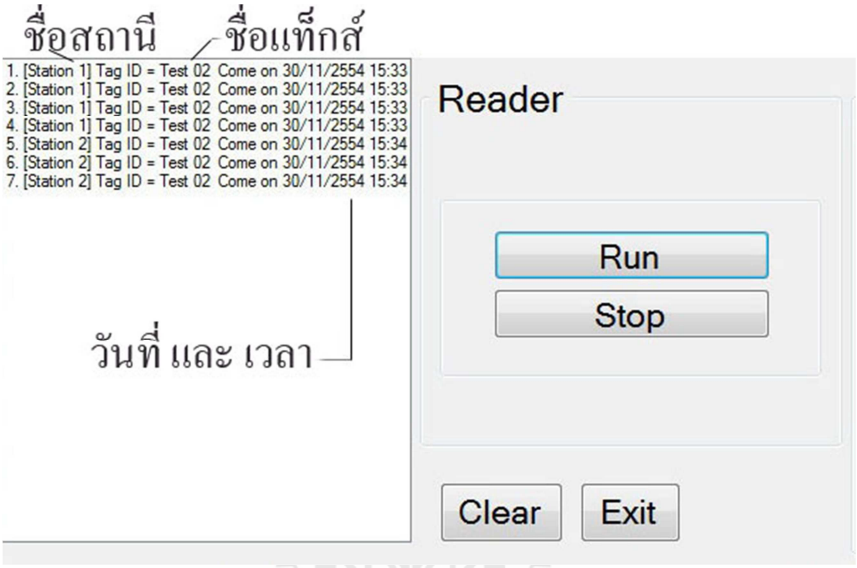
4.3.1 ผลการทดสอบในเส้นทางที่ 1

เมื่อทำการนำรถที่ติดตั้งแท็กส์เดินทางไปตามเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1 ในรูปที่ 4.6 พบว่าเมื่อรถไฟฟ้าที่ติดตั้งแท็กส์เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องอ่าน RFID ไมโครคอลโทรลเลอร์ และชุดอุปกรณ์ Zigbee โปรแกรมฐานข้อมูลที่อยู่ในศูนย์ควบคุมสามารถรับข้อมูลจากเครือข่าย Zigbee ได้และได้ผลการทดสอบดังนี้



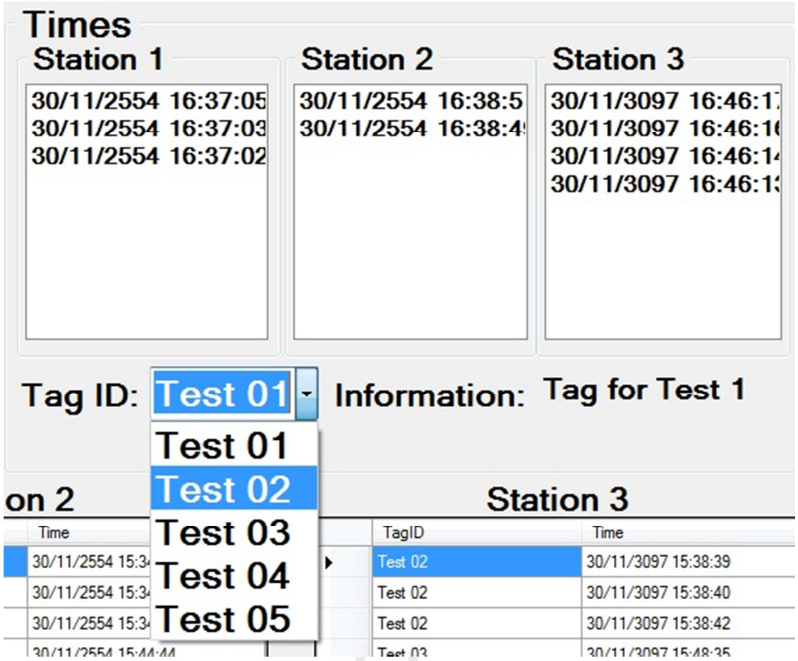
รูปที่ 4.6 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 1

เมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดจะมีการส่งข้อมูลของแท็กส์มายังศูนย์ควบคุมผ่านทางเครือข่าย Zigbee โปรแกรมฐานข้อมูลจะทำการประมวลผลเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลที่ส่งมานั้นมาจากสถานีไหนแล้วทำการแสดงผล โดยในส่วนของ Reader จะแสดงรายระเอียดแบบเวลาจริง โดยจะแสดงชื่อสถานี ชื่อแท็กส์ที่เข้ามา วันที่ และเวลา แต่เนื่องจากใช้การหน่วงเวลาที่สั้นเมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านอย่างช้า ๆ ทำให้มีการส่งข้อมูลแท็กส์เดิมซ้ำดังรูปที่ 4.7

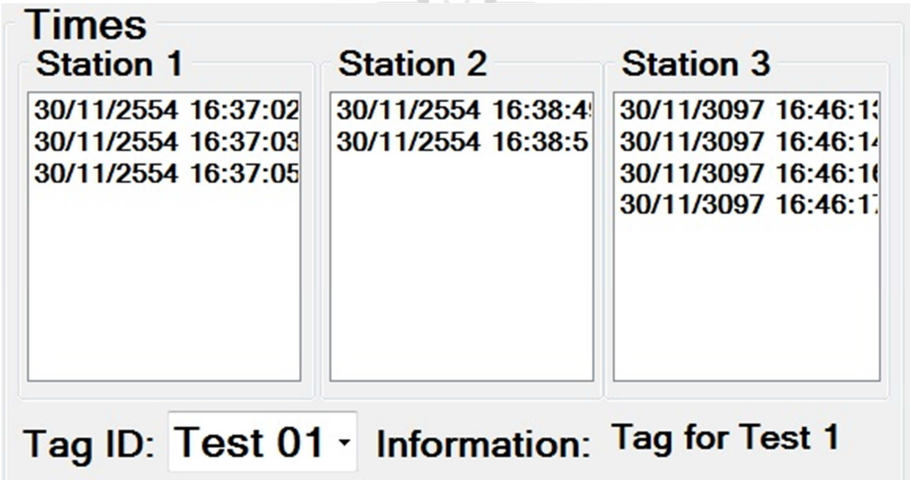


รูปที่ 4.7 การแสดงผลข้อมูลของแท็กส์เมื่อรถไฟฟ้าวิ่งผ่านสมาร์ทโหนด

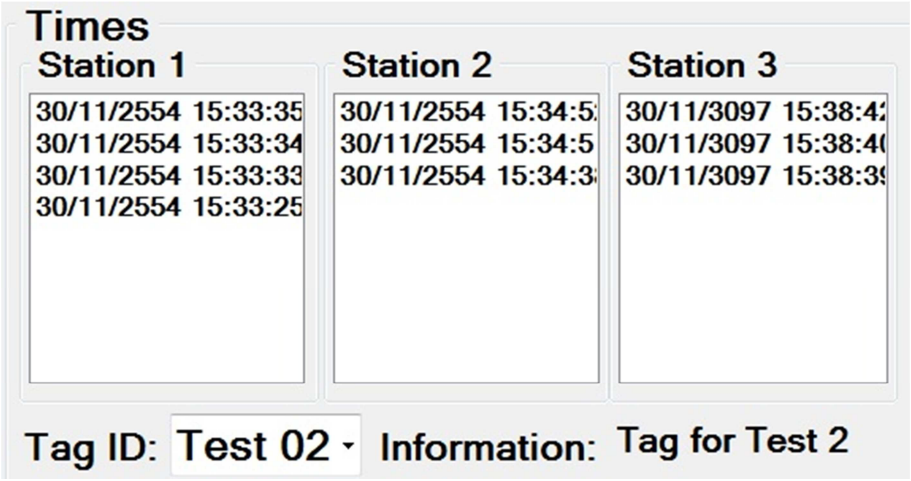
ในส่วนของข้อมูล Time เราสามารถเลือกที่จะดูข้อมูลเวลาของแต่ละแท็กส์ว่าแท็กส์นั้น ๆ เข้ามายังสถานีที่เวลาใด ดังในรูปที่ 4.8 เมื่อทำการเลือกชื่อแท็กส์ โปรแกรมจะมีการแสดงข้อมูลรายระเอียดของแท็กส์ วันที่ และเวลาที่แท็กส์เข้ามายังแต่ละสถานี ตัวอย่างเช่น เมื่อเราเลือกแท็กส์ทดสอบที่ 1 (หรือรถไฟฟ้าคันที่ 1) จะมีการแสดงเฉพาะวันที่และเวลาที่แท็กส์ทดสอบที่ 1 เคลื่อนที่ผ่านสถานีดังรูปที่ 4.9 และเมื่อเลือกดูแท็กส์ทดสอบที่ 2 แท็กส์ทดสอบที่ 3 แท็กส์ทดสอบที่ 4 และแท็กส์ทดสอบที่ 5 ก็จะมีข้อมูลของแท็กส์นั้น ๆ แสดงดังรูปที่ 4.10 ถึงรูปที่ 4.13 ตามลำดับ



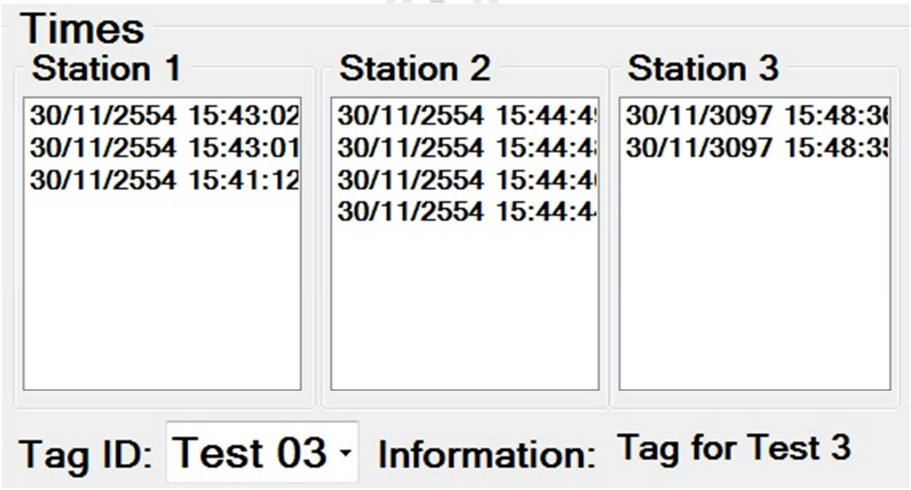
รูปที่ 4.8 การเลือกแสดงผลข้อมูลของแต่ละแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ



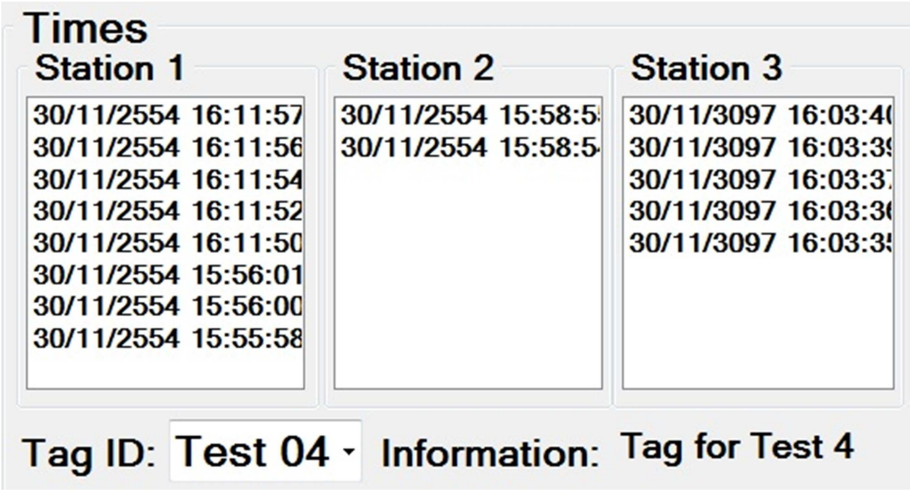
รูปที่ 4.9 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 1



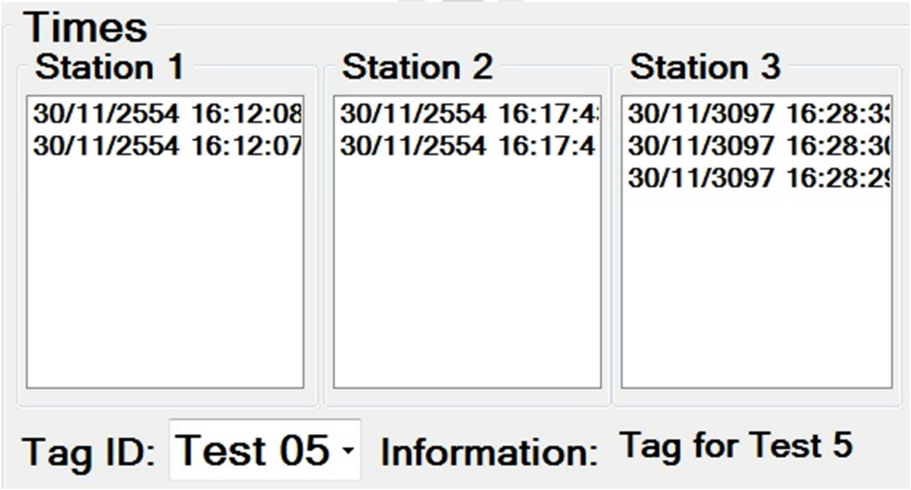
รูปที่ 4.10 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 2



รูปที่ 4.11 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 3

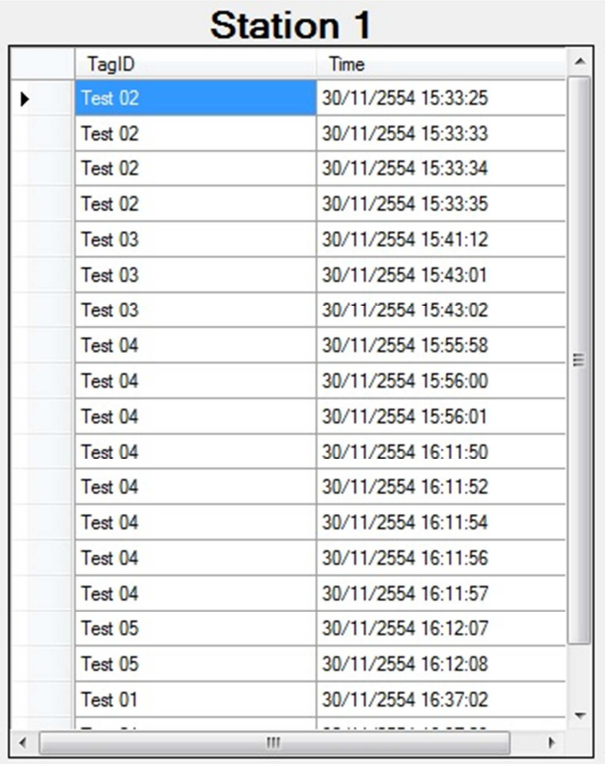


รูปที่ 4.12 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 4

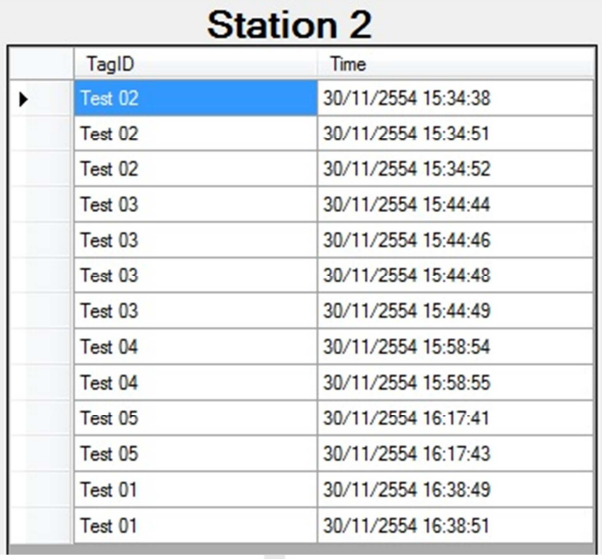


รูปที่ 4.13 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 5

ในส่วนของข้อมูลแต่ละสถานีโปแกรมสามารถแสดงข้อมูลของแต่ละสถานีให้ทราบ โดยจะแสดงรายละเอียดต่าง ๆของแท็กส์ เช่น ชื่อแท็กส์ วันที่และเวลาที่แท็กส์ผ่าน ดังรูปที่ 4.14 แสดงข้อมูลรายระเอียดชื่อแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 1 และวันที่และเวลาที่แท็กส์นั้นผ่านสถานีที่ 1 และสำหรับสถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3 ได้แสดงดังรูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16 ตามลำดับ



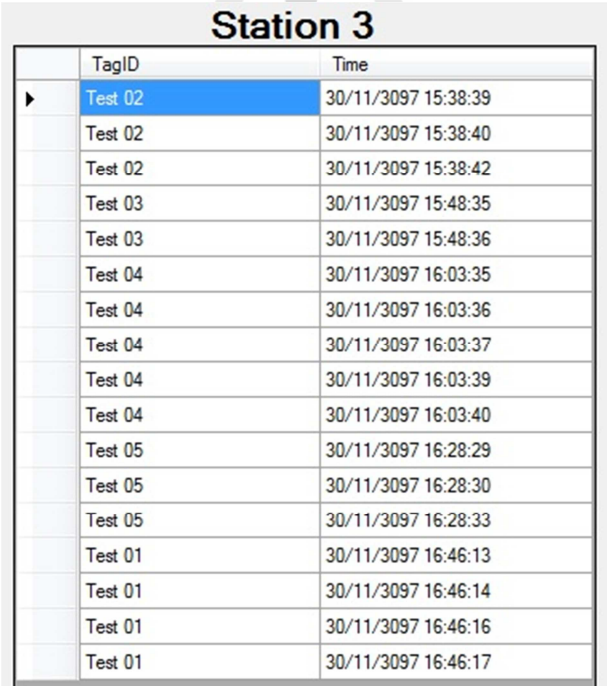
รูปที่ 4.14 ข้อมูลของสถานีที่ 1



Station 2

	TagID	Time
▶	Test 02	30/11/2554 15:34:38
	Test 02	30/11/2554 15:34:51
	Test 02	30/11/2554 15:34:52
	Test 03	30/11/2554 15:44:44
	Test 03	30/11/2554 15:44:46
	Test 03	30/11/2554 15:44:48
	Test 03	30/11/2554 15:44:49
	Test 04	30/11/2554 15:58:54
	Test 04	30/11/2554 15:58:55
	Test 05	30/11/2554 16:17:41
	Test 05	30/11/2554 16:17:43
	Test 01	30/11/2554 16:38:49
	Test 01	30/11/2554 16:38:51

รูปที่ 4.15 ข้อมูลของสถานีที่ 2



Station 3

	TagID	Time
▶	Test 02	30/11/3097 15:38:39
	Test 02	30/11/3097 15:38:40
	Test 02	30/11/3097 15:38:42
	Test 03	30/11/3097 15:48:35
	Test 03	30/11/3097 15:48:36
	Test 04	30/11/3097 16:03:35
	Test 04	30/11/3097 16:03:36
	Test 04	30/11/3097 16:03:37
	Test 04	30/11/3097 16:03:39
	Test 04	30/11/3097 16:03:40
	Test 05	30/11/3097 16:28:29
	Test 05	30/11/3097 16:28:30
	Test 05	30/11/3097 16:28:33
	Test 01	30/11/3097 16:46:13
	Test 01	30/11/3097 16:46:14
	Test 01	30/11/3097 16:46:16
	Test 01	30/11/3097 16:46:17

รูปที่ 4.16 ข้อมูลของสถานีที่ 3

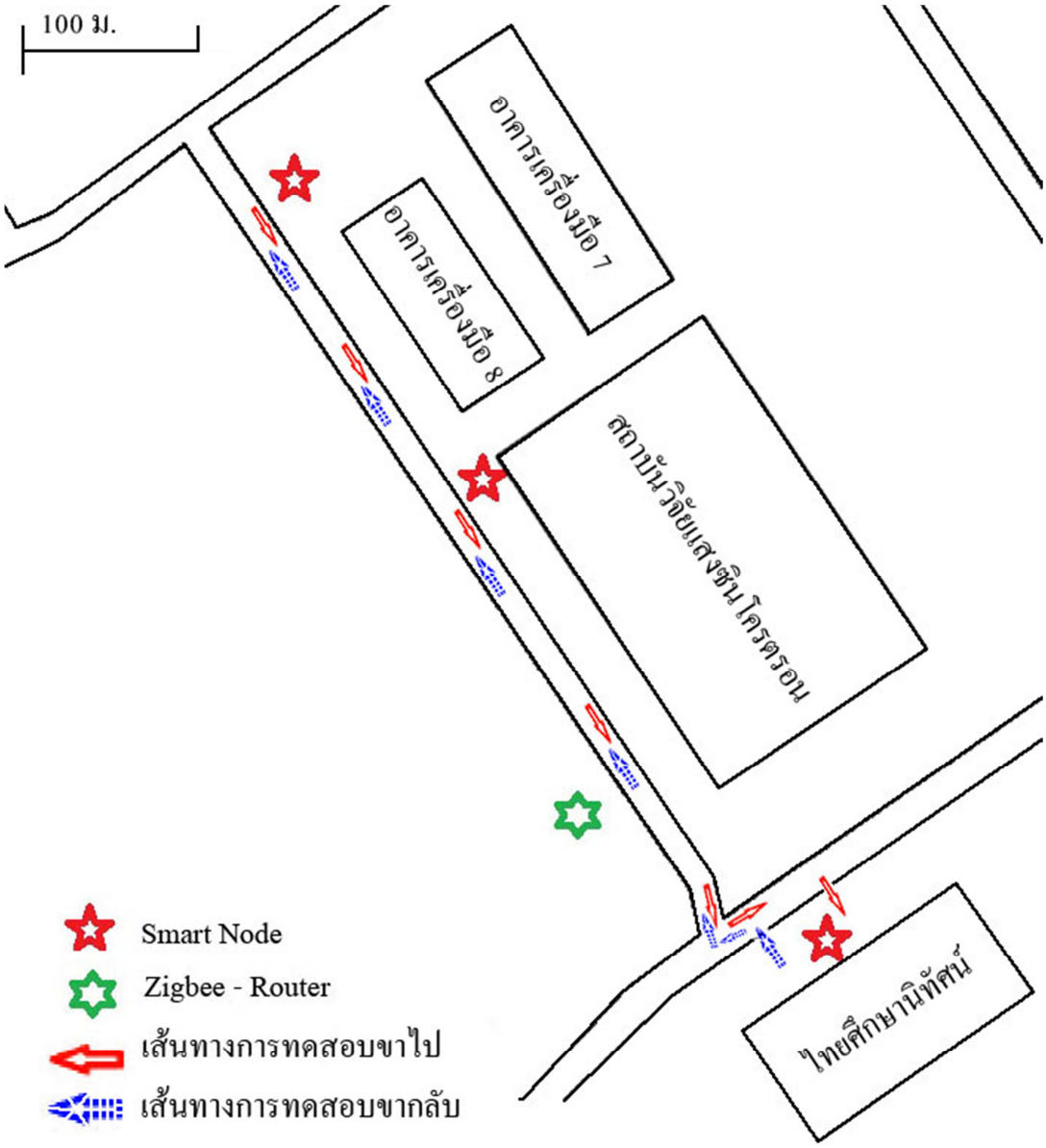
ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดสอบในเส้นทางที่ 1

สถานี / ชื่อแท็กส์	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3
Test 02	15:33:35	15:34:52	15:38:42
Test 03	15:43:02	15:44:49	15:48:36
Test 04	15:56:01	15:58:55	16:03:40
Test 05	16:12:08	16:17:43	16:28:33
Test 01	16:37:05	16:38:51	16:46:17

4.3.2 ผลการทดสอบในเส้นทางที่ 2

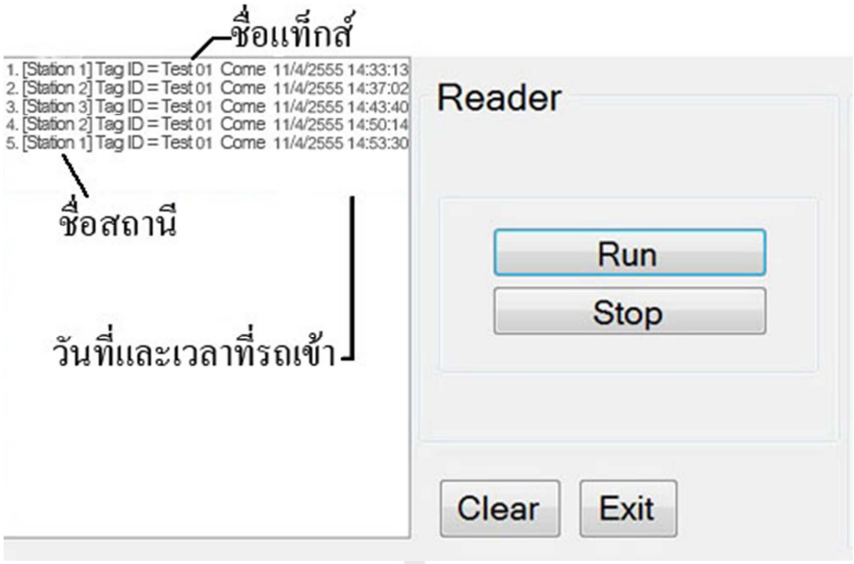
เมื่อทำการนำรถที่ติดตั้งแท็กส์เดินทางไปตามเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 2 ในรูปที่ 4.17 พบว่าเมื่อรถไฟฟ้าที่ติดตั้งแท็กส์เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องอ่าน RFID ไมโครคอลโทรลเลอร์ และชุดอุปกรณ์ Zigbee โปรแกรมฐานข้อมูลที่อยู่ในศูนย์ควบคุมสามารถรับข้อมูลจากเครือข่าย Zigbee ได้และได้ผลการทดสอบดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.17 แผนภาพเส้นทางการทดสอบเส้นทางที่ 2

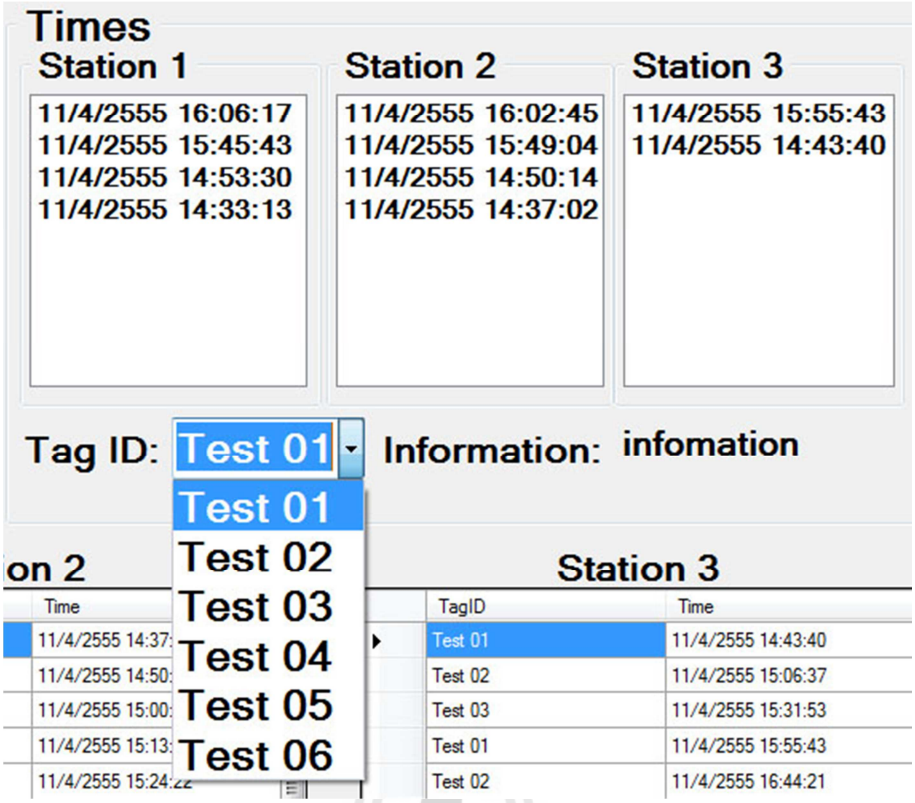
เมื่อรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนดจะมีการส่งข้อมูลของแท็กส์มายังศูนย์ควบคุมผ่านทางเครือข่ายไร้สาย Zigbee โดยโปรแกรมฐานข้อมูลจะทำการประมวลผลเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลที่ส่งมานั้นมาจากสถานีไหนแล้วทำการแสดงผล โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 4.18



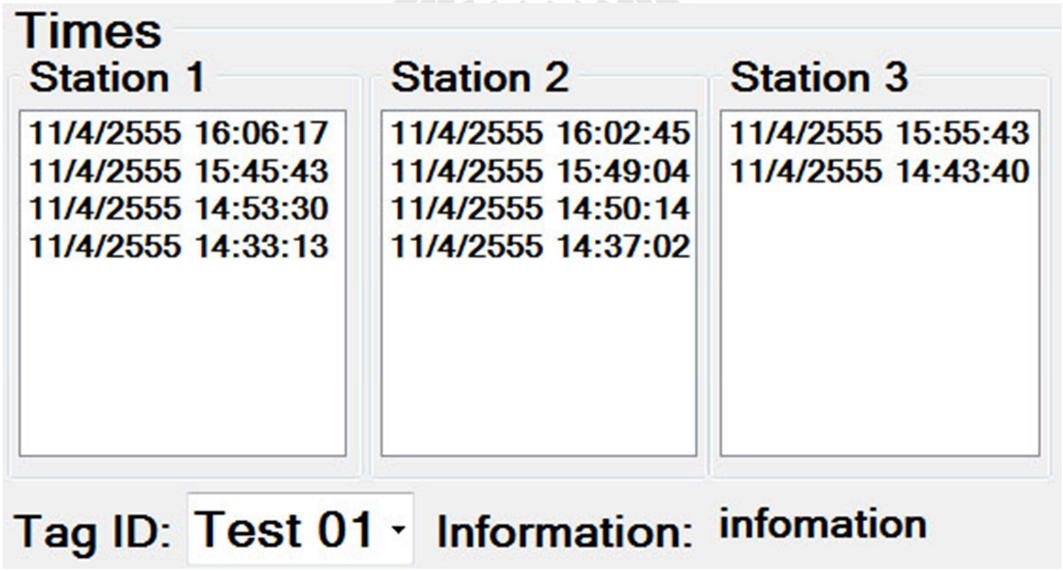
รูปที่ 4.18 การแสดงผลข้อมูลที่อ่านได้จากแท็กส์เมื่อรถไฟฟ้าวิ่งผ่านสมาร์ทโหนด

ในส่วนของข้อมูล Time เราสามารถตรวจสอบข้อมูลเวลาของแต่ละแท็กส์ว่าแท็กส์นั้น ๆ เข้ามายังสถานีเมื่อใดได้ดังรูปที่ 4.19 โดยเมื่อเราเลือกชื่อแท็กส์ จะมีการแสดงข้อมูลรายระเอียดของแท็กส์ วันที่ และเวลาที่แท็กส์เข้ามายังแต่ละสถานี ตัวอย่างเช่น เมื่อเราเลือกแท็กส์ทดสอบที่ 1 จะมีการแสดงเฉพาะวันที่และเวลาที่แท็กส์ทดสอบที่ 1 เคลื่อนที่ผ่านสถานีดังรูปที่ 4.20 ซึ่งเมื่อเลือกดูแท็กส์ทดสอบที่ 2 ก็จะเป็นข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 2 ดังรูปที่ 4.21 และเมื่อเลือกแท็กส์ทดสอบที่ 3 ก็จะเป็นข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 3 ดังรูปที่ 4.22

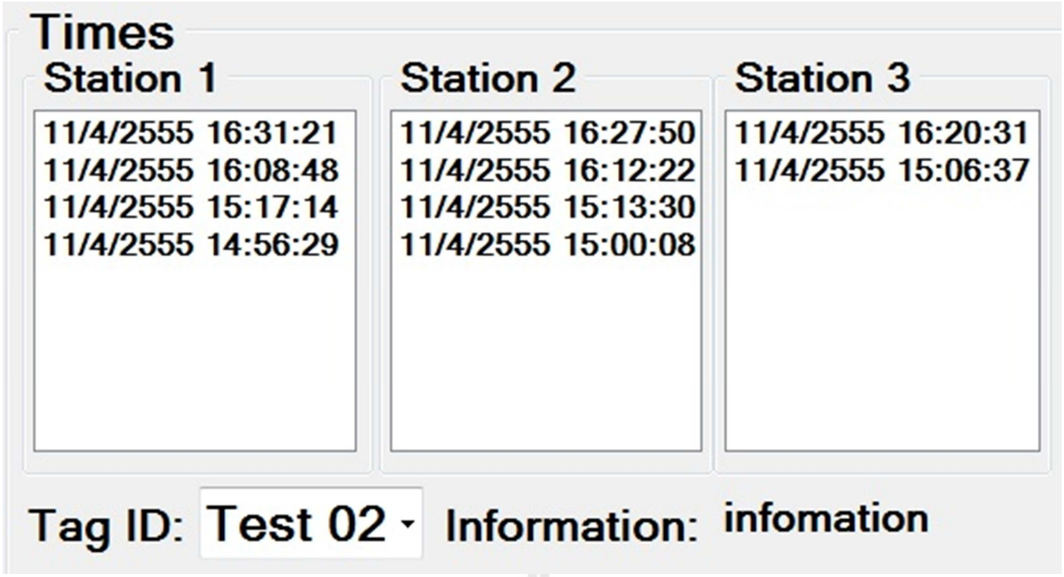
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



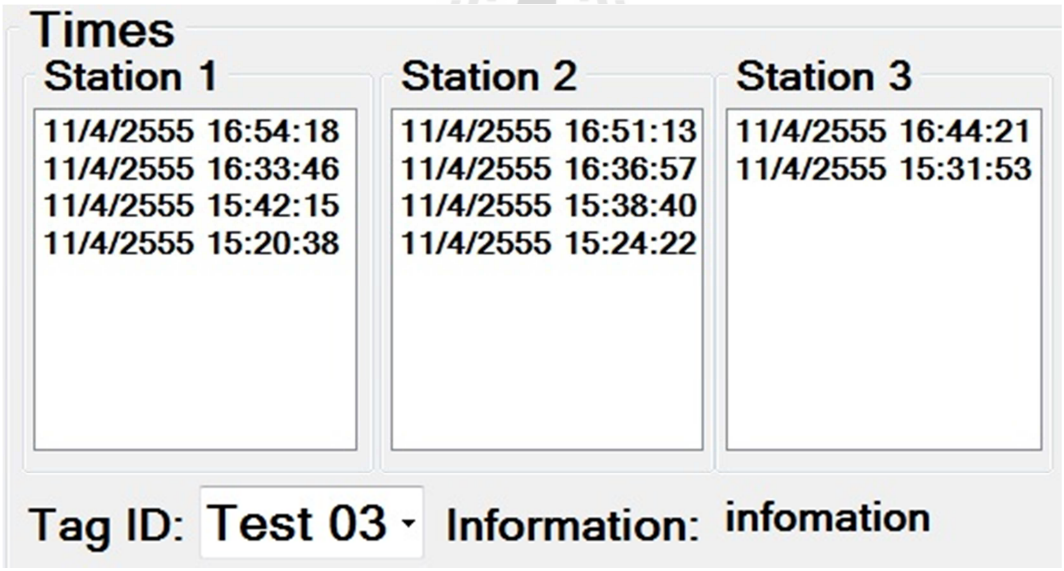
รูปที่ 4.19 การเลือกแสดงผลข้อมูลของแต่ละแท็กส์ที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 4.20 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 1

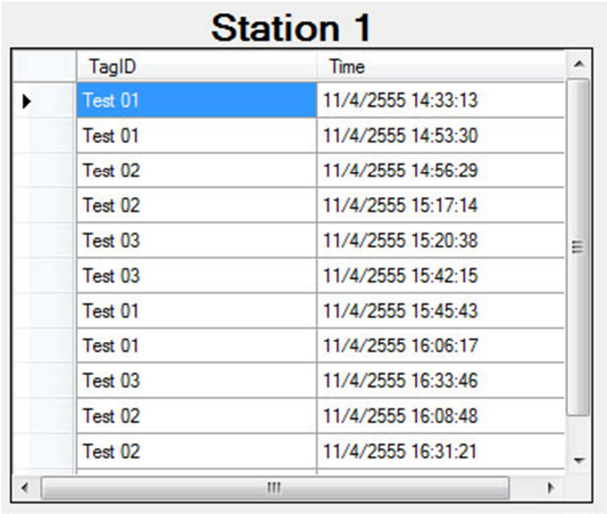


รูปที่ 4.21 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 2



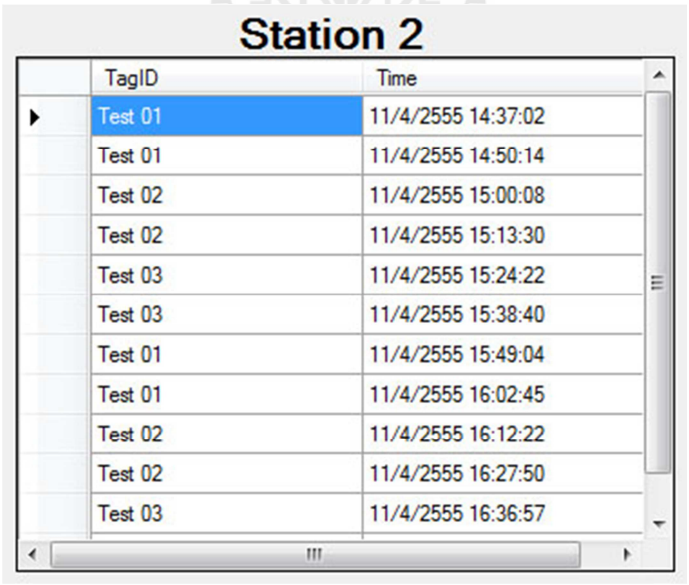
รูปที่ 4.22 ข้อมูลของแท็กส์ทดสอบที่ 3

ในส่วนของข้อมูลสถานี (Station) โปรแกรมจะแสดงข้อมูลของแต่ละสถานีให้ทราบ โดยจะแสดงรายละเอียดของชื่อแท็กส์ที่ผ่าน วันที่และเวลาที่แท็กส์ผ่านสถานี ดังรูปที่ 4.23 แสดงข้อมูลรายระเอียดชื่อแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 1 และวันที่และเวลาที่แท็กส์นั้นผ่านสถานีที่ 1 และสำหรับสถานีที่ 2 และ สถานีที่ 3 ได้แสดงดังรูปที่ 4.24 และรูปที่ 4.25 ตามลำดับ


Station 1

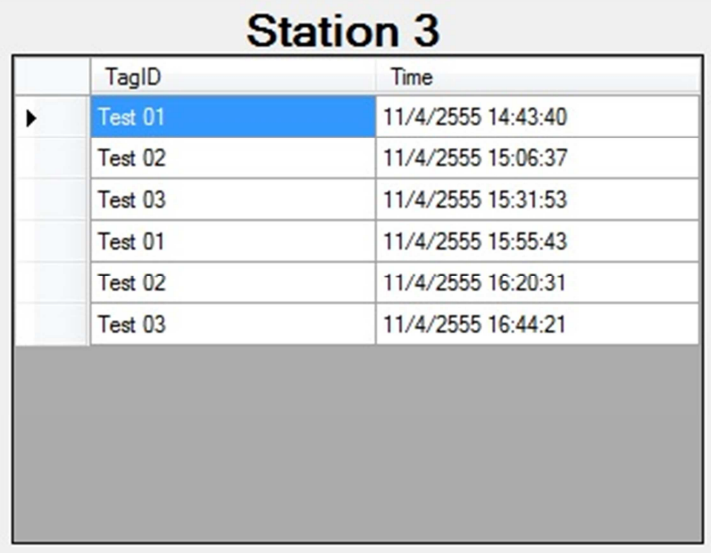
TagID	Time
Test 01	11/4/2555 14:33:13
Test 01	11/4/2555 14:53:30
Test 02	11/4/2555 14:56:29
Test 02	11/4/2555 15:17:14
Test 03	11/4/2555 15:20:38
Test 03	11/4/2555 15:42:15
Test 01	11/4/2555 15:45:43
Test 01	11/4/2555 16:06:17
Test 03	11/4/2555 16:33:46
Test 02	11/4/2555 16:08:48
Test 02	11/4/2555 16:31:21

รูปที่ 4.23 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 1


Station 2

TagID	Time
Test 01	11/4/2555 14:37:02
Test 01	11/4/2555 14:50:14
Test 02	11/4/2555 15:00:08
Test 02	11/4/2555 15:13:30
Test 03	11/4/2555 15:24:22
Test 03	11/4/2555 15:38:40
Test 01	11/4/2555 15:49:04
Test 01	11/4/2555 16:02:45
Test 02	11/4/2555 16:12:22
Test 02	11/4/2555 16:27:50
Test 03	11/4/2555 16:36:57

รูปที่ 4.24 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 2



รูปที่ 4.25 ข้อมูลแท็กส์ที่ผ่านสถานีที่ 3

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดสอบในเส้นทางที่ 2

สถานี / ชื่อแท็กส์	สถานีที่ 1	สถานีที่ 2	สถานีที่ 3	สถานีที่ 2	สถานีที่ 1
Test 01	14:33:13	14:37:12	14:43:40	14:50:14	14:53:30
Test 02	14:56:29	15:00:08	15:06:37	15:13:30	15:17:14
Test 03	15:20:38	15:24:22	15:31:53	15:38:40	15:42:15
Test 01	15:45:43	15:49:04	15:55:43	16:02:45	16:06:17
Test 02	16:08:48	16:12:22	16:20:31	16:27:50	16:31:21
Test 03	16:33:46	16:36:57	16:44:21	16:51:13	16:54:18

4.3.3 การคาดคะเนตำแหน่งของรถไฟฟ้าในเส้นทางที่ 1 และเส้นทางที่ 2

เราสามารคาดคะเนตำแหน่งของรถไฟฟ้าที่กำลังเดินทางอยู่ในเส้นทางของการเดินรถได้จากระยะทางของแต่ละสถานี และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่รถไฟฟ้าใช้ในการเดินทาง

ในเส้นทางการทดสอบที่ 1 จากอาคารเครื่องมือ 5 ไปยังอาคารเครื่องมือที่ 4 ระยะทางประมาณ 100 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 2 นาที จากอาคารเครื่องมือที่ 4 ไปยังอาคารเครื่องมือที่ 1 ระยะทางประมาณ 200 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 6 นาที และระยะทางที่รถไฟฟ้าเดินทางกลับมายังอาคารเครื่องมือที่ 5 ระยะทางประมาณ 300 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 7 นาที

ในเส้นทางการทดสอบที่ 2 จากอาคารเครื่องมือ 8 ไปยังสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน ระยะทางประมาณ 200 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 4 นาที และจากสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน ไปยังไทยศึกษานิทัศน์ระยะทางประมาณ 400 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 7 นาที จากนั้นให้รถไฟฟ้าเดินทางกลับตามเส้นทางเดิมจากไทยศึกษานิทัศน์ ไปยังสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอนระยะทางประมาณ 400 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 7 นาที และจากสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน ไปยังอาคารเครื่องมือ 8 ระยะทางประมาณ 200 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 4 นาที

4.4 สรุป

ในบทนี้นำเสนอ ผลการทดสอบการทำงานของระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อระบุตัวตนของรถไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยผู้วิจัยได้ทำการติดแท็กส์ RFID ไว้ที่รถไฟฟ้า จากนั้นนำรถไฟฟ้าวิ่งไปตามเส้นทางการทดสอบที่กำหนดขึ้น เมื่อรถไฟฟ้าที่ติดแท็กส์ RFID เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนด ตัวอ่าน RFID จะอ่านข้อมูลจากแทกส์และทำการส่งข้อมูลของแท็กส์ไปยังศูนย์ควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สาย ZigBee โดยโปรแกรมการแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมจะนำข้อมูลที่รับได้มาประมวลผลและตรวจสอบเพื่อการระบุตัวตนรถไฟฟ้ารวมถึงการแสดงผลการเดินทางของรถไฟฟ้าตามเส้นทางที่เคลื่อนที่ได้แบบเวลาจริง เช่น สามารถแสดงชื่อสถานี ชื่อแท็กส์ซึ่งจะตรงกับหมายเลขรถไฟฟ้า วันและเวลาที่สามารถอ่านแท็กส์ได้ การประมวลจากข้อมูลดังกล่าวทำให้สามารถทราบระยะเวลาเฉลี่ยที่รถไฟฟ้าใช้ในการเดินทางจากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง และสามารถที่จะคาดคะเนตำแหน่งของรถไฟฟ้าที่วิ่งผ่านแต่ละสถานีได้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลงานวิจัย

รายงานฉบับนี้นำเสนอ การออกแบบระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อระบุตัวตนของรถไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยในระบบสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ การอ่านแท็กส์ RFID การรับ-ส่งข้อมูลด้วยเครือข่ายไร้สาย Zigbee และการเฝ้าระวัง ติดตามการทำงานของรถไฟฟ้าโดยอาศัยโปรแกรมการแสดงผลสำหรับศูนย์ควบคุมและโปรแกรมฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบสมาร์ทโหนด (Smart Node) เพื่อติดตั้งตามสถานีต่าง ๆซึ่งอยู่ในเส้นทางของการเดินรถไฟฟ้า โดยสมาร์ทโหนดดังกล่าวประกอบด้วย เครื่องอ่าน RFID อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณไร้สาย Zigbee ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 และระบบสมองกลฝังตัวเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของสมาร์ทโหนด นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ออกแบบโปรแกรมแสดงผลสำหรับศูนย์ควบคุมและโปรแกรมฐานข้อมูล โดยโปรแกรมดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 2008 และ Microsoft Access 2008 โดยสามารถทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณไร้สาย Zigbee และสามารถแสดงผลการทำงานของรถไฟฟ้าได้แบบเวลาจริง ซึ่งข้อมูลการทำงานของรถไฟฟ้าอัจฉริยะทั้งหมดจะสามารถตรวจสอบได้จากโปรแกรมการแสดงผลและโปรแกรมฐานข้อมูลซึ่งจะติดตั้งไว้ที่ศูนย์ควบคุม (Control Center)

ในการทดสอบการทำงานของระบบ ผู้วิจัยได้ทำการติดแท็กส์ RFID ไว้ที่รถไฟฟ้า จากนั้นนำรถไฟฟ้าวิ่งไปตามเส้นทางการทดสอบที่กำหนดขึ้น เมื่อรถไฟฟ้าที่ติดแท็กส์ RFID เคลื่อนที่ผ่านสมาร์ทโหนด ตัวอ่าน RFID จะอ่านข้อมูลจากแทกส์และทำการส่งข้อมูลของแท็กส์ไปยังศูนย์ควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สาย ZigBee โดยโปรแกรมการแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมจะนำข้อมูลที่รับได้มาประมวลผลและตรวจสอบเพื่อการระบุตัวตนรถไฟฟ้ารวมถึงการแสดงผลการเดินทางของรถไฟฟ้าตามเส้นทางที่เคลื่อนที่ เช่น ชื่อสถานี ชื่อแท็กส์ซึ่งจะตรงกับหมายเลขรถไฟฟ้า วันและเวลาที่สามารถอ่านแท็กส์ได้ ทำให้สามารถทราบระยะเวลาเฉลี่ยที่รถไฟฟ้าใช้ในการเดินทางจากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง และสามารถที่จะคาดคะเนตำแหน่งของรถไฟฟ้าที่วิ่งผ่านแต่ละสถานีได้แบบเวลาจริง ซึ่งการระบุตัวตนและแสดงผลดังกล่าวทำให้ศูนย์ควบคุมการเดินรถไฟฟ้าสามารถทราบสถานะและตำแหน่งปัจจุบันของรถไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้การบริหารจัดการมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางวิจัยต่อไปในอนาคต

1. ในการใช้งานจริง ระบบควรมีเครือข่ายสื่อสารไร้สายสำรอง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มเสถียรภาพในการทำงานของระบบ เช่น การรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย (Wifi IEEE 802.11) เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (GPRS) หรือใช้เครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (PSTN) เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องในกรณีที่เครือข่ายไร้สาย Zigbee ไม่สามารถใช้งานได้

2. ประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เพื่อช่วยในการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระบบ โดยฝึกสอนให้เครือข่ายประสาทเทียมเรียนรู้จำกระสวน (Pattern) ของข้อมูลที่ได้รับจากสมาร์ทโหนด เพื่อใช้ในการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดตั้งอยู่ในสมาร์ทโหนดซึ่งจะทำให้สามารถทราบได้ว่าอุปกรณ์ทำงานได้ปกติทุกอุปกรณ์หรือไม่

3. ประยุกต์ใช้เซลแสงอาทิตย์ (Solar Cell) ให้เป็นแหล่งพลังงานหลักของสมาร์ทโหนด ซึ่งจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้า และยังช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอีกด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

[1] Leung C.W. , Law S.M. , Chan W.S. , Siu Y.M. , " Design and implementation of a two layer RFID network ", Asia-Pacific Microwave Conference, 2008. APMC 2008. Pages : 1 - 4.

[2] Aqeel-ur-Rehman , Abu Z. A. , Zubair A. S., " Building A Smart University using RFID Technology " , International Conference on Computer Science and Software Engineering, 2008. Pages : 641 – 644.

[3] T. Zhang, Y. Ouyang, Y. Liu, " SmartExhibition: Case Study of Integrating RFID with Wireless Sensor Network for Pervasive Computing ", 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM '08. Pages : 1– 4.

[4] J. Chen , J. Zeng , Y. Zhou, " Packet Error Rate of Zigbee under the Interference of RFID International Conference on Advanced Computer Control, 2009. ICACC '09. Pages : 581 – 585.

[5] S. A. Elshayeb , K. B. Hasnan , C.Yen," RFID Technology and Zigbee Networking in Improving Supply Chain Traceability ", Instrumentation , Communications , 2009 International Conference on Information Technology , and Biomedical Engineering , 2009. Pages : 1 – 3.

[6] Chung-Hsin Liu , Jian-Yun Lo ," The study for the Zigbee with RFID Positioning System ", Second International Conference on Multimedia and Information Technology , 2010. Pages : 104 – 107.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[7] F. Feng , H. Shengyu , X. Qi ," The Research of the Zigbee and RFID Fusion Technology in the Coal Mine Safety ", International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, 2010. Pages : 32 – 36.

[8] H. Cho, H. Jang, Y. Baek ," Large Scale Active RFID System Utilizing Zigbee Networks ", 3rd IEEE International Conference on Consumer Electronics, 2011. Pages : 429 – 430.

[9] Q. Ruan , W. Xu , G. Wang , " RFID and Zigbee Based Manufacturing Monitoring System ", International Conference on Electric Information and Control Engineering , 15-17 April 2011. Pages : 1672 – 1675.

[10] Srinivasan S. , Ranganathan H. , Srivel R. , “ Employee monitoring & HR management using RFID ” , International Conference on Electronics , Communication and Computing Technologies (ICECCT) , 2011. Pages : 53 - 58

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Thanakorn Deeying , Prayoth Kumsawat , Kitti Attakitmongcol , Arthit Srikaew , " RFID – Based Identigication for Smart Electric Vehicle " , 1st ASEAN Plus Three Graduate Research Congress 2012 . AGRC 2012, pp. 585-588 .

Proceedings: 1st ASEAN Plus Three Graduate Research Congress

GRC 2012
1st ASEAN PLUS THREE GRADUATE RESEARCH CONGRESS
Chiang Mai, Thailand

RFID-Based Identification for Smart Electric Vehicle

Thanakorn Deeying*, Prayoth Kumsawat**, Kitti Attakitmongcol*** and Arthit Srikaew***
School of Telecommunication Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand

Abstract

In this paper, the vehicle identification system based on RFID and wireless sensor network technologies is proposed. We have developed a smart node that has RFID reader and networking abilities. RFID tags which are affixed to vehicle windscreens can store and send information to the RFID reader. Once the reader has received the identity sent from the tags, the reader will report the vehicle arrival or departure data to the control center by the ZigBee wireless networks. The simulation results demonstrate that our proposed system is feasible and the system functions such as vehicle information collection, wireless transmission and real-time vehicles identification are accomplished.

Keywords: Vehicle Identification, Radio Frequency Identification, ZigBee, Wireless Sensor Networks, Microcontroller

Introduction

With the rapid growth of the electronics and communication network technologies, Radio Frequency Identification (RFID) has become one of the most proposing automated identity technologies. Compared with other traditional identify technology, RFID has the advantage such as contact-less device, multi-object recognition, non-line-of-sight system, long distance, programmability and penetrability. In similar fashion, ZigBee is a new type of wireless transmission standard. It has many significant features such as short distance, low complexity, low power consumption, low data rate, lower cost and it has a self-organized network, which is very fit for the network-combination of sensor and actuating mechanism in the automate identification and control applications.

Recently, organizations use RFID and ZigBee to effectively find solutions for a variety of applications including: smart university [1], smart exhibition [2], positioning system [3], monitoring system [4], industrial management [5] as well as coal-mine safety [6]. Next, we give a brief overview of the RFID and ZigBee.

RFID

Radio-frequency Identification (RFID) comprises two types of elements which are readers and nodes known as tags. The main application of RFIDs is the identification and tracking of products using radio frequency signals for establishing communication among the tags and one or more readers. An RFID system can be viewed as a collection of constrained nodes (known as tags) that can be physically added, or even inserted into the object under observation that can be merchandise, animal, or person. Most tags have a reading range of several meters and beyond in the line of sight of the reader. More precisely, an RFID system is composed of the following elements:

The reader: This element is an electronic device that can read and write several classes of tags. Moreover, in the case that this device is equipped with cryptographic functionality, it can authenticate tags. Commonly, a reader is connected to a host or sometimes it can work as an independent device.

Tags: These are the RFID devices that will be incorporated to the product that one wants to identify. There exist

* Master Student, School of Telecommunication Engineering, Suranaree University of Technology, e-mail address: b4902362@hotmail.com
** Assistant Professor, School of Telecommunication Engineering, Suranaree University of Technology, e-mail address: prayoth@sut.ac.th
*** Associate Professor, School of Electrical Engineering, Suranaree University of Technology

three different types of tags: active, passive and semi-active nodes.

• An active tag is equipped with a battery as its main power supply. This allows high communication range and improves storing capabilities. A battery can last several years in an active device.

• The passive tags do not have any power supply. In fact, the electrical current is induced via the electromagnetic field which is sufficient for the identifier to wake-up and respond to the reader request. The passive tag has a smaller reading range and less capability for data storing when compared with an active identifier.

Zigbee

ZigBee is a specification for a suite of communication protocols based on the IEEE 802.15.4-2003 standard, which targets wireless personal area networks. We note that Zigbee operates in the network layer using as a transport layer This services are provided by the IEEE 802.15.4-2003 protocol. Actually,the IEEE 802.15.4 defines two physical layers which operate in three frequencies .The physical layer at 2.4 GHz with a maximum transfer rate of 250 kbps. There are no restriction for using this band around the world.

Zigbee Device Types: There exist three types of Zigbee devices:

• The Zigbee Coordinator (ZC): This is the most powerful Zigbee device. The coordinator can be seen as the root of the network topology and it can also be utilized as a gateway to other piconets. Sometimes, the coordinator is used as a trust entity that can maintain the system's key repository.

• Zigbee Router (ZR): This device can execute a common application and can work as intermediate router in order to send data to other Zigbee devices.

• Zigbee End Device (ZED): This device has limited functionalities such as exchanging information with the ZC or the ZR devices. A ZED cannot forward data to other devices. The main feature of this device is that it keeps the device stay in the low-power consumption mode most of the time. This allows the saving of significant battery life time. This device requires less amount of memory and is the cheapest Zigbee device. Table I shows the comparison between Zigbee with several other wireless sensor network technologies.

In this paper, we propose the vehicle identification system based on RFID and ZigBee networks. The vehicles identification system is designed for use in the smart electric vehicle system to identify electric vehicle arriving at or departing from stops and terminals. The system reports the identities of the vehicle to the control center for various applications, such as traffic information system, maintenance system, vehicle positioning system, etc.

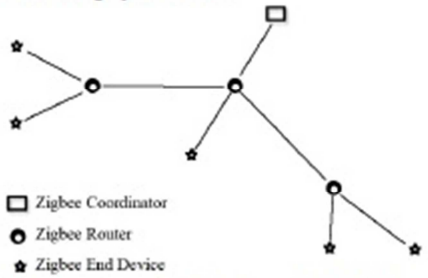


Fig. 1. Example of a network of ZigBee devices

Table I. Comparison of several wireless sensor network technologies

Standard	ZigBee 802.15.4	Wi-Fi 802.11b	Bluetooth 802.15.1
Transmission Range	100 – 1,500 meters	1 –100 meters	1 – 10 meters
Throughput	20 - 250 kb/s	11,000 kb/s	720 kb/s
Network Size	64,000 nodes	32 nodes	7 nodes
Cost	Lowest	Higher	Lower
Battery Life	Several years	Several days	Several days

Methodology/Experimental Design

The vehicle identification system is designed for use in the smart electric vehicle system to identify electric vehicles arriving at or departing from stops and terminals.

We have developed a smart node that has RFID reader and networking abilities. The fundamental smart node shown in Fig. 3 was composed of four components: ZigBee, Microcontroller, RFID reader and power module. The wireless sensor nodes are based on the ZigBee compliance product from Maxstream Company that can operate within the ISM 2.4 GHz frequency band. ATmega128 is chosen as the main controller of the smart node for its low costs and high performance. The ATmega128 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega128 achieves throughputs approaching 1MIPS per MHz.

In the proposed system, the RFID reader is designed to collect the vehicle identity sent from the RFID tags. RFID tags are affixed to electric vehicle windscreens. They can store and send information to the RFID reader. Once the reader has received the identity sent from the tag, the reader will report the vehicle arrival or departure data to the control center by the ZigBee wireless networks. Data received is displayed on PC using the GUI at the control center. The user friendly GUI is programmed using the Visual Basic 2008 and able to receive information data in real-time. Fig. 4 shows the architecture design of the vehicle identification system using RFID technology.

Results and Discussion

An experiment has been carried out in order to explore the feasibility of using the smart node for the vehicle identification system. The simulated system consists of three stations. The smart node is installed in each station to collect the signal from RFID tag in forward and backward direction of the target vehicles. In addition, the host computer system at the control center is build up with a PC and ZigBee USB dongle.

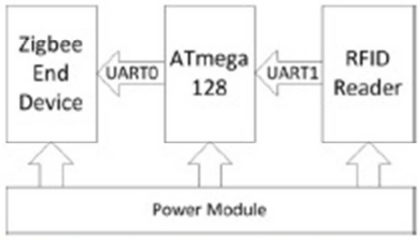


Fig. 3. Hardware structure of the smart node

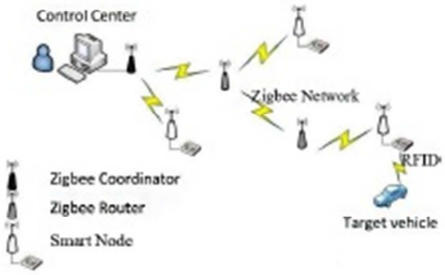


Fig. 4. The architecture design of the vehicle identification system

Host computer functions as a server where it was connected to the entire wireless network using ZigBee module. The database system that was developed in our work was installed in the server . It can collect and store the reading from all RFID readers. In order to provide users with an easy visual way to configure vehicle identification system, a graphical and friendly GUI has been provided. The snapshots of this application are also shown in Fig. 5 and Fig.6. The arrival time of 5 vehicles are summarized in Table II. These experimental results demonstrated that the smart node can be used for vehicle identification. Furthermore, the control center is able to receive information data in real-time.

Conclusion

This paper proposed the vehicle identification system based on RFID and wireless sensor network technologies for smart electric vehicle identification. We have developed a smart node that has RFID reader and networking abilities.

Fig. 5. Tag reader

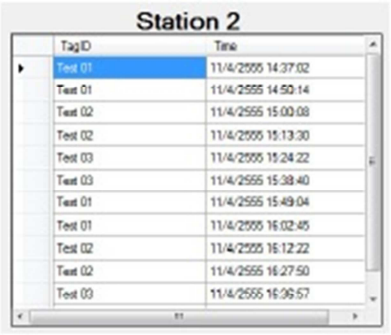


Fig.6. Information time of each Station

Table II Arrival time of 5 vehicles

Station / Tag name	Station 1	Station 2	Station 3
Test 02	15:33:35	15:34:52	15:38:42
Test 03	15:43:02	15:44:49	15:48:36
Test 04	15:56:01	15:58:55	16:03:40
Test 05	16:12:08	16:17:43	16:28:33
Test 01	16:37:05	16:38:51	16:46:17

It is equipped with a low power microcontroller and RF device that can support physical-layer functionalities of IEEE 802.15.4-2003 standard. The simulation results demonstrate that our proposed system is feasible and the system functions such as vehicle information collection, wireless transmission and information real-time vehicle identification are realized. This system can be applied to various applications, including traffic information and management system, maintenance system, vehicle positioning system and vehicle theft protection.

Acknowledgment

This work was supported by a grant from SUT Research and Development Fund, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand.

References

[1] Aqeel-ur-Rehman, Abu Z. A., Zubair A. S., "Building A Smart University using RFID Technology", International Conference on Computer Science and Software Engineering, 2008.

[2] T. Zhang, Y. Ouyang, Y. Liu, "Smart Exhibition: Case Study of Integrating RFID with Wireless Sensor Network for Pervasive Computing", 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. (WiCOM '08).

[3] Chung-Hsin Liu, Jian-Yun Lo, "The study for the ZigBee with RFID Positioning System", Second International Conference on Multimedia and Information Technology, 2010.

[4] Q. Ruan, W. Xu, G. Wang, "RFID and ZigBee Based Manufacturing Monitoring System", International Conference on Electric Information and Control Engineering , 15-17 April 2011.

[5] S. A. Elshayeb, K. B. Hasnan, C.Yen, "RFID Technology and ZigBee Networking in Improving Supply Chain Traceability", Instrumentation, Communications, 2009 International Conference on Information Technology, and Biomedical Engineering, 2009.

[6] F. Feng, H. Shengyu, X. Qi, "The Research of the ZigBee and RFID Fusion Technology in the Coal Mine Safety", International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, 2010.