สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี

RFID – CAR PARKING SYSTEM

นายคมสัน ระงับพิศม์

นายนิพนธ์ เพ็ชรคาน

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62613
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2549

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี

RFID – CAR PARKING SYSTEM

โดย

นายคมสัน ระงับพิศม์

นายนิพนธ์ เพ็ชรคาน

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ประสาร ตังติสานนท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี

RFID – CAR PARKING SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายคมสัน ระงับพิศม์ รหัสนักศึกษา 46015337

2. นายนิพนธ์ เพ็ชรคาน รหัสนักศึกษา 46015353

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ประสาร ดังติสานนท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี

นายคมสัน ระงับพิศม์	46015337
นายนิพนธ์ เพ็ชรคาน	46015353
อ. ประสาร ตังติสานนท์	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548	

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอโครงงานระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี (RFID) ในการพัฒนาระบบเพื่อเป็นกระบวนการนำเสนอ การนำเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีมาประยุกต์ใช้งาน ระบบคิดเงินค่าที่จอดรถโดยใช้แท็กเป็นบัตรที่ใช้แทนบัตรสมาชิก ซึ่งปัญหาที่เกิดกับการให้บริการเก็บเงินค่าที่จอดรถในปัจจุบันนี้ มีปัญหาหลายประการ เช่น ความล่าช้าในการคิดและเก็บเงิน ปัญหาการฉ้อโกงค่าที่จอดโดยพนักงาน เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการในปัจจุบันมีมาก จึงต้องเสียเวลาในการรอคิวจ่ายเงิน เป็นต้น โดยได้ออกแบบระบบที่จอดรถให้สามารถคิดเวลาและค่าที่จอดได้โดยอัตโนมัติ โดยช่วยให้ลดเวลาและความแออัดลงไปได้ เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีจะใช้คลื่นวิทยุในการส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านที่อยู่บริเวณทางผ่านเข้าออกที่จอดรถ เมื่อแสดงแท็กที่เป็นบัตรสมาชิก เครื่องอ่านจะทำการบันทึกเวลาเข้าและเวลาออก พร้อมทั้งคิดค่าบริการที่จอดรถ โดยข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูลเพื่อใช้ตรวจสอบภายหลังได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RFID – CAR PARKING SYSTEM

Mr. Khomsan Rangubpit	46015337
Mr. Nipon Pedkan	46015353
Mr. Prasarn Tangtisanon	*Advisor*
Academic Year 2005	

ABSTRACT

This thesis proposes Car Parking System used RFID technology in application system for process represent RFID technology to apply for system kept money to car parking using TAG instead member card because present have problem in keeping money various as belatedness in *kept money, graft problem* and because present have increasing of amount customers service cause exhausted time in wait pay money etc. By thought design system automatic car parking card *give can automatic kept money* to keep times. RFID technology used radio wave for data transmit between reader on imperative way by when indicate in reader field to transmit member ID. Reader will contains in time and *out time for calculates service price*. For all relation data was contained to database for checking after.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยข้าพเจ้าได้รับคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก อ.ประสาร ตังติสานนท์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา, อ.คณัฐ ตังติสานนท์ ที่แนะนำองค์กรสำหรับติดต่อเรื่องอุปกรณ์ในการทำวิจัย ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาและบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่อง ๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายคมสัน ระงับพิศม์
นายนิพนธ์ เพ็ชรคาน
17 มีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุผล.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.4 ขอบเขตของโครงงาน.....2

1.5 เนื้อหาของรายงาน.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ.....3

2.2 ความหมายและประวัติความเป็นมา.....4

2.2.1 ความหมายของ Auto-ID.....4

2.2.2 เปรียบเทียบข้อแตกต่างของเทคโนโลยีในแต่ละระบบ.....5

2.2.3 ความหมายของอาร์เอฟไอดี และประวัติความเป็นมา.....6

2.2.4 วิวัฒนาการของอาร์เอฟไอดี.....7

2.3 ส่วนประกอบของระบบอาร์เอฟไอดี.....8

2.3.1 องค์ประกอบของแท็ก (Tag/Transponder).....9

2.3.2 องค์ประกอบของเครื่องอ่าน (Reader) และหน้าที่การทำงาน.....13

2.3.3 ระยะในการอ่านข้อมูล.....15

2.3.4 การชนกันของข้อมูล.....15

2.4 การประยุกต์ใช้งานอาร์เอฟไอดี.....16

2.5 เปรียบเทียบอาร์เอฟไอดีกับบรหัสแท่ง.....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 การทำงานของอาร์เอฟไอดี....22
2.6.1 การทำงานของแท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟ....22
2.6.2 การทำงานของแท็กอาร์เอฟไอดีแบบแอ็กทีฟ....24
2.6.3 หลักการเบื้องต้นในการรับและส่งข้อมูลระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน....24
2.7 มาตรฐานของอาร์เอฟไอดี....27
2.8 คลื่นความถี่ใช้งานของอาร์เอฟไอดี....29
2.9 การประยุกต์ใช้อาร์เอฟไอดีในประเทศไทย....32
2.9.1 ระบบเก็บค่าโดยสารรถไฟฟ้ามหานครด้วยตั๋วอาร์เอฟไอดี....33
2.9.2 ระบบห้องสมุดอัจฉริยะ....34
2.9.3 ระบบจัดการฟาร์มเลี้ยงสัตว์อัตโนมัติ....35
2.9.4 ระบบที่จอดรถ....37
2.9.5 ระบบควบคุมการเข้า-ออกอาคารสำนักงาน....38
2.9.6 ระบบการตรวจสอบติดตาม และตรวจสอบย้อนกลับสินค้า....38
2.10 ความปลอดภัยของข้อมูลและสิทธิส่วนบุคคลของอาร์เอฟไอดี....39
2.10.1 สำหรับอาร์เอฟไอดีประสิทธิภาพสูงสำหรับการใช้งานเฉพาะทาง....39
2.10.2 สำหรับอาร์เอฟไอดีราคาต่ำที่จะต้องมีการใช้ทั่วไปใน EPC....41

บทที่ 3 การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 หลักการทำงานของระบบที่จอดรถ....41
3.2 ส่วนประกอบของระบบ RFID....42
3.2.1 เครื่องอ่าน ACR120 Contactless Reader/Writer....42
3.2.2 แท็ก (Tag)....45
3.3 โปรแกรมใช้งานของระบบและการออกแบบ....47
3.4 การออกแบบฐานข้อมูล....54
3.4.1 ตาราง RentDetail....55
3.4.2 ตาราง Car....55
3.4.3 ตาราง Member....56
3.4.4 ตาราง MemberType....56
3.4.5 ตาราง JoinCarMember....57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 การออกแบบฮาร์ดแวร์ประกอบการทดลอง....57
3.5.1 สวิทช์คบคุม....58
3.5.2 LED แสดงผลสถานะการทำงาน....58
3.5.3 ช่องทางเข้าที่จอดรถ....59
3.5.4 ช่องทางออกที่จอดรถ....61

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง
4.1. บทนำ....64
4.2. ขั้นตอนการทดลอง....64
4.2.1. การใช้โปรแกรมระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี....65
4.2.2. จบการทำงานโปรแกรม....71
4.3. ผลการทดลอง....72

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน
5.1. สรุปผลการทดลอง....73
5.2. ปัญหาและอุปสรรค....73
5.3. ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ปัญหา....73

บรรณานุกรม....75

ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. โครงสร้างและการทำงานของเครื่องอ่านและแท็ก....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อแตกต่างของเทคโนโลยีในแต่ละระบบ....5

2.2 เปรียบเทียบมาตรฐานระหว่าง ISO/IEC และ EPC....28

2.3 แสดงความถี่ที่ใช้งานของอาร์เอฟไอดี....30

2.4 แสดงข้อแตกต่างของอาร์เอฟไอดีระบบต่าง ๆ....30

3.1 แสดงหน้าที่การทำงานแต่ละขาของพอร์ตของ ACR120 Contactless Reader/Writer....45

3.2 แสดงรายละเอียดของตาราง RentDetail....55

3.3 แสดงรายละเอียดของตาราง Car....55

3.4 แสดงรายละเอียดของตาราง Member....56

3.5 แสดงรายละเอียดของตาราง MemberType....56

3.6 แสดงรายละเอียดของตาราง JoinCarMember....57

ก.1 แสดงข้อกำหนดของโครงสร้างข้อมูล....78

ก.2 แสดงเหตุการณ์ของการทำงานระหว่างเครื่องอ่านกับแท็ก....80

ก.3 แสดงชุดคำสั่งที่ใช้งาน....82

ก.4 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการรีเซ็ต....3

ก.5 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการอ่าน....83

ก.6 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการอ่านหน่วยความจำ EEPROM....83

ก.7 แสดงตัวอย่างการใช้คำสั่งอ่าน EEPROM....84

ก.8 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการเขียน....84

ก.9 แสดงช่วงเวลาของการทำงานในแต่ละกรณี....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ระบบ Auto-ID ในปัจจุบัน....3
2.2 ตัวอย่างระบบ Auto-ID ในแต่ละประเภท....4
2.3 เซอร์โรเบิร์ต อเล็กซานเดอร์ วัตสัน-วัตต์ กับเครื่องเรดาร์ในยุคแรก....6
2.4 ระบบอาร์เอฟไอดี....9
2.5 องค์ประกอบทั่วไปของแท็ก....10
2.6 แท็กในรูปแบบชนิดต่าง ๆ....11
2.7 สถาปัตยกรรมภายในไมโครชิปของแท็กแบบพาสซีฟ....12
2.8 แท็กแบบแอ็กทีฟ ที่มีแบตเตอรี่ลิเธี่ยม 2 ก้อน อยู่ภายในแท็ก....12
2.9 โครงสร้างภายในเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี....13
2.10 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีแบบพกพา....14
2.11 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีแบบติดผนัง....14
2.12 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีแบบอุโมงค์....14
2.13 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีแบบประตู....15
2.14 เทคนิคที่ใช้ในการอ่านหลายแท็กพร้อมกัน....16
2.15 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานในคลังสินค้า....17
2.16 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานในซูเปอร์มาร์เก็ต....17
2.17 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานในโรงพยาบาล....18
2.18 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานปศุสัตว์....18
2.19 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานระบบรักษาความปลอดภัยในการเข้าออกอาคาร....19
2.20 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในระบบกุญแจอิเล็กทรอนิกส์....19
2.21 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในระบบห้องสมุด....21
2.22 การตรวจสินค้า....21
2.23 การอ่านฉลากสินค้า....21
2.24 การตรวจสอบสินค้า....22
2.25 สนามแม่เหล็กจากกระบวนการคู่ควบแบบเหนี่ยวนำ....23
2.26 หลักการทำงานของ LF, HF, และ UHF....24
2.27 ตัวอย่างการเข้ารหัสแบบต่าง ๆ....25
2.28 ตัวอย่างการทำ ASK....26
2.29 เครื่องอ่านทำงานร่วมกับแท็กหลาย ๆ อันพร้อมกัน....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2.30 ตัวอย่างของอัลกอริธึมในการป้องกันการชนกันของข้อมูล (Anti-Collision) ในแท็ก.....27
2.31 แสดงความถี่ย่านที่ระบบอาร์เอฟไอดีถูกใช้งาน.....29
2.32 เหรียญโดยสาร (token) ซึ่งใช้เป็นตั๋วเที่ยวเดียว.....32
2.33 บัตรเอนกประสงค์ (smart card) ซึ่งใช้เป็นตั๋วเติมเงิน.....32
2.34 แสดงการใช้บัตรผู้โดยสาร.....32
3.35 หอสมุดป๋วย อึ้งภากรณ์.....33
2.36 แสดงการใช้อาร์เอฟไอดีกับระบบให้อาหารเพื่อควบคุมคุณภาพของแม่พันธ์สุกร.....35
2.37 แสดงการใช้งานอาร์เอฟไอดีกับระบบตรวจสอบต่าง ๆ.....37
2.38 แสดงอัลกอริธึมแบบสมมาตร (Symmetric algorithm).....38
2.39 ฉลากเตือนสินค้าที่มีอาร์เอฟไอดี.....40
3.1 แสดงหลักการทำงานของระบบที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี.....41
3.2 แสดงภาพของเครื่องอ่าน/เขียนข้อมูลและวงจรภายใน.....42
3.3 แสดงบอร์ดไดอะแกรมของ ACR120 Contactless Reader/Writer.....44
3.4 แสดงภาพของแท็กในระบบอาร์เอฟไอดี.....46
3.5 แสดงภาพวงจรภายในของแท็ก.....47
3.6 แสดงภาพองค์ประกอบภายในของแท็ก.....47
3.7 แสดงหน้าหลักของโปรแกรมระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี.....48
3.8 แสดงกล่องโต้ตอบคำยืนยันเมื่อมีการกดปุ่มจบการทำงาน.....49
3.9 แสดงหน้าต่างเข้าใช้บริการที่จอดรถ.....49
3.10 แสดงหน้าต่างเลิกใช้บริการที่จอดรถ.....50
3.11 แสดงกล่องโต้ตอบคำเตือนเมื่อไม่สามารถอ่านบัตรได้.....50
3.12 แสดงกล่องโต้ตอบคำยืนยันเมื่อมีการกดปุ่มบันทึกลงฐานข้อมูล.....51
3.13 แสดงกล่องโต้ตอบแสดงผลการบันทึกลงฐานข้อมูล.....51
3.14 แสดงหน้าต่างการเพิ่มข้อมูลสมาชิก.....52
3.15 แสดงหน้าต่างการเพิ่มข้อมูลในส่วนของข้อมูลรถ.....52
3.16 แสดงหน้าต่างรายชื่อสมาชิกทั้งหมด.....53
3.17 แสดงหน้าต่างรายการข้อมูลรถยนต์.....53
3.18 แสดงกล่องข้อความที่เป็นข้อมูลของผู้จัดทำ.....54
3.19 แสดงภาพของตารางและฟิลด์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.20 แสดงภาพรวมการออกแบบชุดทดลองที่จอดรถ....57
3.21 แสดงสวิทช์ซึ่งใช้แทนเซนเซอร์ตรวจจับรถที่เข้ามา....58
3.22 แสดงผลสถานะการทำงานด้วย LED....59
3.23 แสดงบริเวณทางเข้าที่จอดรถ....60
3.24 แสดงบริเวณทางออกที่จอดรถ....60
3.25 แสดงตัวอย่างใบบันทึกรายการ....61
4.1 แสดงหน้าต่างระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี....62
4.2 แสดงหน้าต่างเข้าใช้บริการที่จอดรถ....63
4.3 แสดงการบันทึกข้อมูลสมาชิกเข้าใช้บริการลงฐานข้อมูล....64
4.4 แสดงภาพการบันทึกลงฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว....64
4.5 แสดงหน้าต่างเลิกใช้บริการที่จอดรถ....65
4.6 แสดงหน้าต่างเพิ่มข้อมูลสมาชิก....66
4.7 แสดงการค้นหาเพื่อตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูล
(ก) แท็ปแสดงข้อมูลสมาชิก....66
(ข) แท็ปแสดงข้อมูลรถยนต์....67
4.8 แสดงการเพิ่มข้อมูลหรือการสมัครสมาชิกใหม่....67
4.9 แสดงรายชื่อสมาชิกทั้งหมด....68
4.10 แสดงรายการข้อมูลรถยนต์....68
4.11 แสดงหน้าต่างข้อมูลเกี่ยวกับเรา....69
4.12 แสดงการจบการทำงาน....69
ก.1 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำของบัตร....79
ก.2 แสดงเซ็กเตอร์ 0 / บล็อก 0....79
ก.3 แสดงบล็อกอื่น ๆ ในหน่วยความจำ....79
ก.4 แสดงกระบวนการทำงานของเครื่องอ่านกับแท็ก....80
ก.5 แสดงโครงสร้างของเฟรมของแอสกีโปรโตคอล....80
ก.6 แสดงโครงสร้างของเฟรมของไบนารี่โปรโตคอล....81
ก.7 แสดงข้อมูลของเฟรมที่ใช้งาน....81
ก.8 แสดงเฟรมของคำสั่ง....81
ก.9 แสดงเฟรมที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล....82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ก.10 แสดงข้อมูลคำสั่งในเฟรม....82
ก.11 แสดงช่วงเวลาในการอ่าน....85
ก.12 แสดงโครงสร้างภายในของแท็ก....87
ก.13 แสดงกระบวนการติดต่อของเครื่องอ่านกับแท็ก....88
ก.14 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำ EEPROM....90
ก.15 แสดงบล็อกข้อมูลจากโรงงาน....90
ก.16 แสดงบล็อกของหน่วยความจำ....91
ก.17 แสดงบล็อก 3 ของหน่วยความจำ....91
ก.18 แสดงบิตในบล็อก 3 ของหน่วยความจำ....91
ก.19 แสดงกระบวนการเข้าถึงหน่วยความจำ....92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุผล

ในปัจจุบันเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID : Radio Frequency Identification) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย และได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตประจำวันของคนเรา เช่น ระบบการขนส่ง (Logistics) ระบบคลังสินค้า ระบบการจัดการฟาร์มอัตโนมัติ การควบคุมการเข้าออก ระบบตั๋วอิเล็กทรอนิกส์ ระบบห้องสมุดอัจฉริยะ และอื่น ๆ อีกมากมาย

ด้วยความสามารถและการนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลายของเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีนี้เอง ทางผู้จัดทำโครงงานจึงมีแนวความคิดที่จะนำเทคโนโลยีมาใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบที่จอดรถที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน จึงได้จัดทำโครงงานระบบที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีขึ้นมา โดยเป็นการออกแบบระบบที่จอดรถโดยใช้แท็ก (Tag) เป็นบัตรผ่านในการเข้าออกที่จอดรถ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้บริการที่จอดรถมีความสะดวกรวดเร็ว อีกทั้งยังทำให้ผู้ให้บริการที่จอดรถสามารถควบคุมการเข้าออกได้อย่างมีระบบ ในการเก็บบันทึกข้อมูลการเข้าออกที่จอดรถ ทำให้สามารถตรวจสอบการใช้บริการย้อนหลังได้

ในส่วนของการติดต่อสื่อสารระหว่างแท็กกับเครื่องอ่าน (Reader) ที่ติดตั้งอยู่บริเวณทางเข้าและทางออกที่จอดรถนั้น จะใช้คลื่นวิทยุในการติดต่อสื่อสารกัน ซึ่งทำให้ไม่จำเป็นต้องมีการสัมผัสกันระหว่างเครื่องอ่านกับแท็ก เมื่อผู้ใช้บริการเข้ามาในบริเวณทางเข้าที่จอดรถ เครื่องอ่านก็จะอ่านข้อมูลจากแท็ก แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลแล้วบันทึกเวลาและข้อมูลของตัวรถและผู้ใช้บริการลงในฐานข้อมูลและเมื่อผู้ใช้บริการผ่านเข้ามาในบริเวณทางออกที่จอดรถ เครื่องอ่านก็จะทำการอ่านข้อมูลจากแท็กและนำข้อมูลเวลาเข้าออกที่จอดรถมาทำการคำนวณค่าใช้บริการพร้อมทั้งพิมพ์รายละเอียดของการใช้บริการที่จอดรถ และใบเสร็จรับเงินให้แก่ผู้ใช้บริการอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาเทคโนโลยีและการนำมาประยุกต์ใช้งานของระบบอาร์เอฟไอดี

1.2.2 เพื่อออกแบบระบบที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี

1.2.3 เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมระบบที่จอดรถโดยใช้ Microsoft Visual Basic .NET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี และสามารถนำเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีไปประยุกต์ใช้งานได้

1.3.2 ได้ระบบที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี

1.3.3 สามารถใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic .NET ในการเขียนโปรแกรมระบบที่จอดรถได้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1 ออกแบบระบบระบบที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี

1.4.2 ออกแบบและเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องอ่าน(Reader) กับเครื่องคอมพิวเตอร์

1.4.3 ออกแบบและเขียนโปรแกรมระบบที่จอดรถโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual-Basic .NET

1.5 เนื้อหาของรายงาน

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีทั้งหมด 5 บท โดยแต่ละบทมีเนื้อหาโดยสรุปดังนี้คือ

- บทที่ 1 เป็นเนื้อหาในส่วนของบทนำ โดยจะกล่าวถึงความเป็นมาและแนวความคิดการทำโครงงานนี้ซึ่งจะประกอบด้วย วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และขอบเขตของโครงงาน

- บทที่ 2 เป็นเนื้อหาที่กล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงงานนี้ เช่น ความหมายของอาร์เอฟไอดี หลักการทำงานของอาร์เอฟไอดี การสื่อสารแบบไร้สาย การสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านกับแท็ก และการนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ

- บทที่ 3 เป็นเนื้อหาในส่วนของการออกแบบระบบของโครงงานที่จอดรถ และขั้นตอนในการดำเนินงานของโครงงาน

- บทที่ 4 เป็นเนื้อหาในส่วนของผลการดำเนินงานของโครงงาน จากการออกแบบระบบและทดลองปฏิบัติการจริงของระบบที่ออกแบบมา

- บทที่ 5 เป็นเนื้อหาในส่วนของการสรุปผลการทดลองว่าเป็นไปตามทฤษฎีและระบบที่ออกแบบไว้ ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

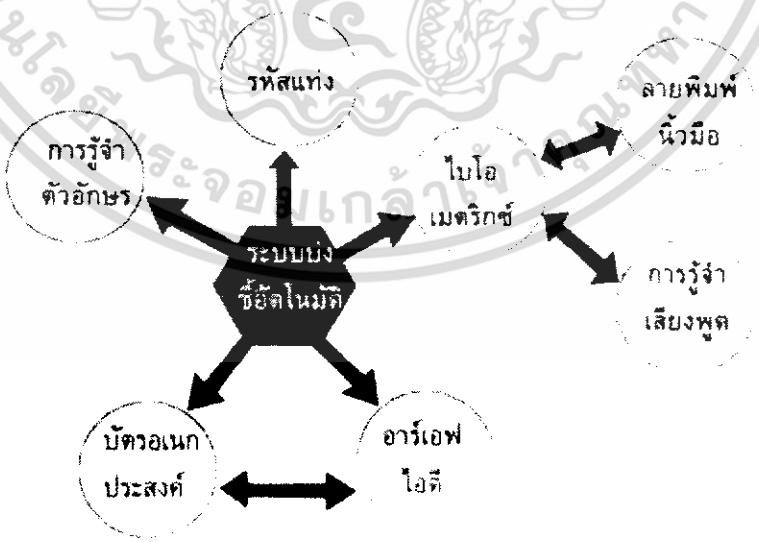
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในปัจจุบันการใช้ระบบตรวจสอบรหัสโดยใช้ความถี่วิทยุ (RFID) เป็นที่ยอมรับอย่างสูงว่าเป็นเทคโนโลยีที่เอื้ออำนวยต่อการใช้งานที่ต้องการการบ่งบอกความแตกต่างหรือข้อมูลเฉพาะของแต่ละบุคคลที่สามารถทำงานได้ถูกต้องแม่นยำ รวดเร็ว และมีความเป็นอัตโนมัติกว่าระบบตรวจสอบรหัสในระบบอื่น ๆ เช่น รหัสแบบแท่ง (Barcode) การใช้งานที่ง่ายและยังเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการเสริมในเชิงพาณิชย์ด้านต่าง ๆ อีกทั้งยังสอดคล้องกับเทคโนโลยีทางการเก็บข้อมูลคอมพิวเตอร์ ยังผลให้การขยายตัวของการใช้งานอาร์เอฟไอดีสูงขึ้น

เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification) หรือการระบุด้วยคลื่นวิทยุเป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทต่อการบริหารจัดการธุรกิจรูปแบบใหม่และอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินชีวิตอย่างมาก ซึ่งจะมีส่วนในการเปลี่ยนโฉมของสังคมเข้าสู่สังคมสารสนเทศของประเทศไทย เริ่มมีการใช้งานจริงหรือการทดสอบการใช้งานบ้างแล้ว ได้แก่ บัตรโดยสารรถไฟฟ้าใต้ดิน การทดสอบอาร์เอฟไอดี เพื่อการตรวจสอบย้อนกลับในอุตสาหกรรมอาหาร (food traceability) การใช้อาร์เอฟไอดีในการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง และการกระจายสินค้า จะเห็นได้ว่าอาร์เอฟไอดีเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มขีดการแข่งขันของประเทศเป็นอย่างมาก



ภาพที่ 2.1 ระบบ Auto-ID ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความหมายและประวัติความเป็นมา

2.2.1 ความหมายของ Auto-ID

Auto-ID หรือระบบบ่งชี้อัตโนมัติ เป็นคำเรียกรวม ๆ ของเทคโนโลยีที่ช่วยให้อุปกรณ์ เครื่องมือหรือเครื่องจักรสามารถบ่งบอกวัตถุ สิ่งของหรือแม้แต่คนหรือสัตว์ได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งโดยระบบแล้วมักจะประกอบด้วยส่วนที่อ่านหรือรับข้อมูลโดยอัตโนมัติ แล้วทำการประมวลผลหรือส่งข้อมูลนี้เข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์โดยอัตโนมัติโดยที่ไม่ต้องมีคนช่วย

ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างระบบ Auto-ID ในแต่ละประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของระบบบ่งชี้อัตโนมัตินี้เพื่อต้องการเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการทำงาน ลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ และยังลดเวลาของการจัดเก็บข้อมูล ตัวอย่างของเทคโนโลยีระบบบ่งชี้อัตโนมัติ ได้แก่ เทคโนโลยีรหัสแท่ง (barcode) เทคโนโลยีบัตรเอนกประสงค์ (smart card) เทคโนโลยีด้านชีวมาตร (การบ่งชี้โดยวิธีการตรวจวัดสภาพทางร่างกาย หรือ Biometric) เช่น ระบบการรู้จำเสียงพูด (voice recognition) ระบบลายพิมพ์นิ้วมือ (fingerprint scan) ระบบสแกนม่านตา (iris scan) เทคโนโลยีการรู้จำลายเซ็น (signature recognition) และเทคโนโลยีการบ่งชี้วัตถุโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุหรืออาร์เอฟไอดี

2.2.2 เปรียบเทียบข้อแตกต่างของเทคโนโลยีในแต่ละระบบ

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อแตกต่างของเทคโนโลยีในแต่ละระบบ

รายการ	รหัสแท่ง	การรู้จำอักษร (OCR)	การรู้จำเสียงพูด (Voice recognition)	ไบโอเมตริกซ์*	บัตรเอนกประสงค์	คลื่นวิทยุ
ความจุข้อมูล (byte)	1-100	1-100	-	-	2-8 kB	2-8 kB
การอ่านข้อมูลโดยมนุษย์	ได้ (จำกัด)	ง่าย	ง่าย	ยาก	ไม่ได้	ไม่ได้
ปัญหาการเปียกชื้น	มีผลกระทบสูง	มีผลกระทบสูง	ไม่มีผลกระทบ	-	มีผลต่อจุดสัมผัส	มีผลสำหรับความถี่สูงยิ่ง
มีสิ่งกีดขวาง	ไม่สามารถอ่านได้	ไม่สามารถอ่านได้	ไม่มีผลกระทบ	ยังคงทำงานได้	-	ไม่มีผลกระทบ
ทิศทางการอ่านมีผลกระทบ	น้อย	น้อย	-	-	อ่านได้แนวเดียว	ไม่มีผลกระทบ
การสึกหรอ/ชำรุด	ควบคุมได้	ควบคุมได้	-	-	ส่วนขั้วสัมผัส	ไม่มีผลกระทบ
ราคาอุปกรณ์และระบบ	ต่ำมาก	ปานกลาง	แพงมาก	แพงมาก	ต่ำถึงปานกลาง	ปานกลาง
การแก้ไขหรือปลอมแปลง	ทำได้ง่าย	ทำได้ง่าย	อาจทำได้ (บันทึกเสียง)	ทำยาก	ทำได้ยากมาก	ทำได้ยากมาก
อัตราเร็วในการอ่านข้อมูล	ช้า (4 วินาที)	ช้า (3 วินาที)	ช้า (มากกว่า 3 วินาที)	ช้า (มากกว่า 5 วินาที)	ช้า (4 วินาที)	เร็วมาก (0.5 วินาที)
ระยะในการอ่านข้อมูล	0-50 ซม.	น้อยกว่า 1 ซม.	0-50 ซม.	สัมผัสโดยตรงหรือใกล้มาก	สัมผัสโดยตรง	0-5 ม. หรือมากกว่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ความหมายของอาร์เอฟไอดีและประวัติความเป็นมา

RFID ย่อมาจาก Radio Frequency Identification เป็นเทคโนโลยีการระบุข้อมูลที่แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุหรือบุคคลด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่ได้ถูกพัฒนามาในยุคคริสตทศวรรษ 1970 เพื่อวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้ในการบ่งชี้วัตถุในระยะไกลได้ โดยมีจุดเด่นคือสามารถอ่านข้อมูลจากแท็ก (Tag) ได้ครั้งละหลาย ๆ แท็กแบบไร้สัมผัส และสามารถอ่านค่าได้แม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้น แรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทก และสามารถจะอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง โดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในไมโครชิปที่อยู่ในแท็ก ในปัจจุบันได้มีการนำเอาอาร์เอฟไอดีไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากนำมาใช้ทดแทนระบบบรหัสแท่งแบบเดิม ได้แก่ การใช้งานในบัตรชนิดต่าง ๆ เช่น บัตรประจำตัวพนักงาน บัตรโดยสาร บัตรสำหรับเปิดประตูห้องพักในโรงแรม บัตรที่จอดรถตามศูนย์การค้าต่าง ๆ แท็กสำหรับติดกระเป๋าเดินทาง แท็กสำหรับติดสินค้า หนังสือ หรือฉลากยา บางครั้งเราอาจพบเห็นอยู่ในรูปของแท็กสินค้าซึ่งมีขนาดเล็กจนสามารถแทรกลงระหว่างชั้นของเนื้อกระดาษได้ หรือเป็นแค็ปซูลขนาดเล็กฝังเอาไว้ในตัวสัตว์เพื่อบันทึกประวัติต่าง ๆ เป็นต้น

ประวัติการเริ่มต้นของเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีนั้น ย้อนกลับไปถึงสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งประเทศในกลุ่มพันธมิตรและกลุ่มอักษะได้มีการใช้เรดาร์ ซึ่งถูกค้นพบโดย เซอร์โรเบิร์ต อเล็กซานเดอร์ วัดสัน-วัตต์ ในปี ค.ศ. 1935 ใช้ในการตรวจจับและเตือนเครื่องบินที่กำลังเข้ามา แต่ปัญหาของการใช้เรดาร์ในยุคนั้นคือไม่สามารถแยกแยะระหว่างเครื่องบินรบว่าเป็นของฝ่ายไหน ทางฝั่งเยอรมันได้ค้นพบว่าเมื่อนักบินบินหมุนตัวแล้ว จะทำให้มีการสะท้อนสัญญาณเรดาร์ที่เปลี่ยนไป ทำให้ทราบว่าเครื่องบินที่บินเข้ามาเป็นของฝ่ายเยอรมัน ซึ่งเป็นจุดกำเนิดของอาร์เอฟไอดีแบบที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการสะท้อนคลื่นวิทยุโดยไม่ต้องมีเครื่องส่งวิทยุ (passive) ก็ว่าได้

ภาพที่ 2.3 เซอร์โรเบิร์ต อเล็กซานเดอร์ วัตสัน-วัตต์ กับเครื่องเรดาร์ในยุคแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเทคโนโลยีเรดาร์มีการพัฒนาขึ้น นักบินสามารถที่จะสื่อสารระหว่างเครื่องบินกับสถานีภาคพื้นดินหรือระหว่างนักบินด้วยกัน เป็นระบบแยกแยะระหว่างมิตรกับศัตรูหรือ IFF (aircraft Identification Friend or Foe systems) โดยที่เมื่อเครื่องบินได้รับสัญญาณเรดาร์จากภาคพื้นดินหรือระหว่างเครื่องบิน ตัวเครื่องบินจะส่งสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ตอบกลับไป ทำให้ทราบว่าเป็นเครื่องบินของฝ่ายไหน ซึ่งถือว่าเป็นการสื่อสารอาร์เอฟไอดีแบบที่วัตถุส่งคลื่นวิทยุจากตัวเองไปยังผู้ถาม (แบบ active)

ยุคเริ่มแรกของการใช้อาร์เอฟไอดี ในเชิงพาณิชย์ได้แก่ระบบกันขโมย (EAS : Electric Article Surveillance) ในห้างสรรพสินค้า ซึ่งตัวสินค้าจะมีการติดอาร์เอฟไอดีแบบ 1 บิตซึ่งจะมีค่าเป็น '0' หรือ '1' เมื่อสินค้ามีการชำระเงินตัวบิตจะถูกตั้งค่าเป็น '0' ทำให้สามารถนำออกจากร้านได้ ในกรณีที่ไม่มีการชำระสินค้า เมื่อนำสินค้าผ่านประตูเครื่องตรวจแท็กกันขโมย เมื่ออ่านค่าจากวัตถุในถุงของลูกค้ามีค่าเป็น '1' ก็จะมีสัญญาณเตือนขึ้นมา

2.2.4 วิวัฒนาการของอาร์เอฟไอดี

อย่างที่ได้กล่าวมาข้างต้น จุดเริ่มต้นของอาร์เอฟไอดี มีมาตั้งแต่ยุคสงครามโลกครั้งที่ 2 ทางด้านการพัฒนาได้มีการให้สิทธิบัตรของอเมริกาเกี่ยวกับอาร์เอฟไอดีอันแรกให้กับ Mario W. Cardullo เป็นสิทธิบัตรเกี่ยวกับแท็กแบบแอ็กทีฟ เมื่อวันที่ 23 มกราคม ค.ศ. 1973 และในปีเดียวกันได้มีการมอบสิทธิบัตรเกี่ยวกับแท็กแบบพาสซีฟ แก่ Charles Walton โดยประยุกต์ใช้งานสำหรับการเปิดล็อกประตู และ Chales Walton ได้อนุญาตสิทธิให้บริษัท Schlage เป็นผู้ผลิต

ในช่วงปี ค.ศ. 1970 รัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้มีการพัฒนาเกี่ยวกับอาร์เอฟไอดีเหมือนกันที่ศูนย์วิจัยแห่งชาติ ลอส อลามอส (Los Alamos National Laboratory) มลรัฐนิวเม็กซิโก ใช้สำหรับการติดตามวัตถุนิวเคลียร์ให้กับกระทรวงพลังงาน โดยใช้อาร์เอฟไอดีติดกับรถบรรทุกและเครื่องอ่านที่ประตูทางเข้าออก และเมื่อทีมนักวิทยาศาสตร์ของศูนย์วิจัยแห่งนี้ ได้ออกมาตั้งบริษัทและพัฒนาเป็นระบบเก็บค่าทางด่วนอัตโนมัติ

ในขณะเดียวกันกระทรวงเกษตรของสหรัฐมีความต้องการแท็กแบบพาสซีฟชนิดความถี่ 125 กิโลเฮิรตซ์ สำหรับติดโคเลี้ยง เพื่อใช้แยกแยะว่าโคตัวไหนมีการฉีดวัคซีนแล้วหรือไม่ ทางศูนย์วิจัยแห่งชาติลอส อลามอส ได้พัฒนาอาร์เอฟไอดีความถี่ 125 กิโลเฮิรตซ์ สำหรับฝังใต้ผิวหนังของโค อาร์เอฟไอดีความถี่ 125 กิโลเฮิรตซ์ ได้มีการใช้ในเชิงพาณิชย์ในหลายรูปแบบ และต่อมาได้มีการพัฒนาไปที่ความถี่ 13.56 เมกะเฮิรตซ์

ในช่วงต้นปี ค.ศ. 1990 บริษัทไอบีเอ็มได้พัฒนาและจดสิทธิบัตร อาร์เอฟไอดี ในย่านความถี่สูงยิ่ง UHF (ย่านความถี่ตั้งแต่ 300 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 3 กิกะเฮิรตซ์) แต่เมื่อไอบีเอ็มมีปัญหาการเงินได้ขายสิทธิบัตรเกี่ยวกับอาร์เอฟไอดีให้กับบริษัท Intermec ในช่วงกลาง ค.ศ. 1990 ในช่วงนั้นการใช้งานยังไม่แพร่หลายนักเนื่องจากอุปกรณ์ยังมีราคาแพงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาร์เอฟไอดีในย่านความถี่สูงยิ่ง UHF กลับมาแจ้งเกิดอีกครั้งในปี ค.ศ. 1999 เมื่อหน่วยงาน UCC (Uniform Code Council) หน่วยงาน EAN International บริษัท Procter & Gamble และบริษัท Gillette ได้ร่วมก่อตั้งศูนย์ Auto-ID ขึ้นที่สถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (MIT) ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อพัฒนาแนวทางการใช้อาร์เอฟไอดีในห่วงโซ่อุปทาน (supply chain) ในช่วงปี ค.ศ. 1999 – 2003 Auto-ID ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทเอกชนจำนวนมาก และได้มีการขยายศูนย์ Auto-ID ไปยังประเทศออสเตรเลีย อังกฤษ สวิตเซอร์แลนด์ ญี่ปุ่น และจีน ได้มีการพัฒนามาตรฐานใหม่ที่เรียกว่า รหัสสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ EPC ในเชิงพาณิชย์ ส่วนศูนย์ Auto-ID ได้ปิดตัวลงอย่างเป็นทางการ ยังคงเหลือเฉพาะส่วนปฏิบัติการวิจัยและพัฒนา (Auto-ID Lab) ในเดือนธันวาคม ค.ศ. 2004 ทาง EPCglobal ได้รับรองมาตรฐาน EPCGen2

ในส่วนของการใช้งานนั้นบริษัทใหญ่ ๆ เช่น Tesco และ Walmart หรือว่าแม้แต่กระทรวงกลาโหมสหรัฐฯ ได้วางแผนที่จะใช้ EPC สำหรับติดตามสินค้าที่ส่งในห่วงโซ่อุปทานของตนเอง

2.3 ส่วนประกอบของระบบอาร์เอฟไอดี

ในระบบอาร์เอฟไอดี มีองค์ประกอบหลัก ๆ อยู่ 3 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกคือ แท็ก หรือ ทรานสปอนเดอร์ (tag หรือ Transponder) ที่ใช้ติดกับวัตถุต่าง ๆ ที่เราต้องการ โดยแท็กนั้นจะประกอบด้วยสายอากาศและไมโครชิปที่มีการบันทึกหมายเลข (ID) หรือข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้นๆ

ส่วนที่สองคือ เครื่องสำหรับอ่านแท็ก (Interrogator/Reader) ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ถ้าเปรียบเทียบกับระบบบรหัสแท่ง แท็กในระบบอาร์เอฟไอดีเปรียบได้กับตัวรหัสแท่งที่ติดกับฉลากของสินค้า และเครื่องอ่านในระบบอาร์เอฟไอดีคือเครื่องอ่านรหัสแท่ง (Scanner) โดยข้อแตกต่างของทั้งสองระบบคือ ระบบอาร์เอฟไอดีจะใช้คลื่นความถี่วิทยุในการอ่าน/เขียน ส่วนระบบบรหัสแท่งจะใช้แสงเลเซอร์ในการอ่าน โดยข้อเสียของระบบบรหัสแท่งคือ การอ่าน (สแกน) เป็นการใช้แสงในการอ่านรหัสแท่งซึ่งจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง หรือต้องอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกับลำแสงที่ยิงจากเครื่องสแกน และสามารถอ่านได้ทีละรหัสในระยะใกล้ ๆ แต่ระบบอาร์เอฟไอดีมีความแตกต่างโดยสามารถอ่านรหัสจากแท็กได้โดยไม่ต้องเห็นแท็ก หรือแท็กนั้นซ่อนอยู่ภายในวัตถุและไม่จำเป็นต้องอยู่ในแนวเส้นตรงกับคลื่น เพียงอยู่ในบริเวณที่สามารถรับคลื่นวิทยุได้ก็สามารถอ่านข้อมูลได้ และการอ่านแท็กในระบบอาร์เอฟไอดียังสามารถอ่านได้ทีละหลาย ๆ แท็กในเวลาเดียวกัน โดยระยะในการอ่านข้อมูลได้ไกลกว่าระบบบรหัสแท่งอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่สาม ได้แก่ ระบบประยุกต์ใช้งาน รวมถึงระบบฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ประยุกต์ใช้งาน หรือระบบฐานข้อมูล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบการใช้งานที่เกี่ยวข้อง เช่น ระบบข้อมูลสินค้า ระบบบริหารงานบุคคล ฯลฯ

ภาพที่ 2.4 ระบบอาร์เอฟไอดี

2.3.1 องค์ประกอบของแท็ก (Tag/Transponder)

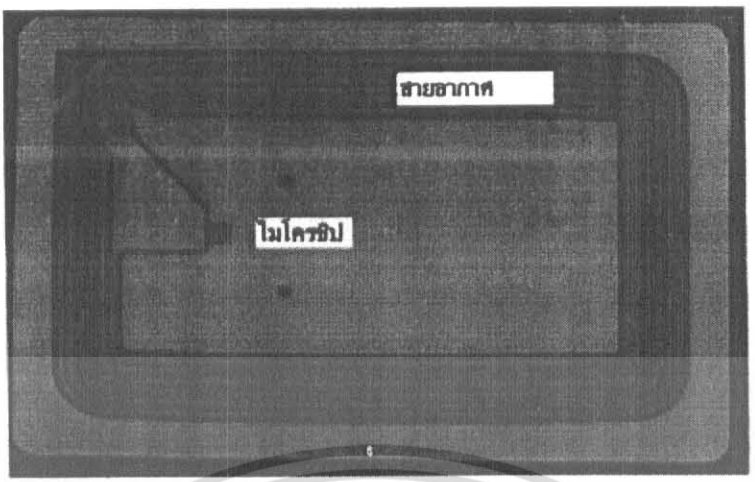
โครงสร้างภายในของแท็กจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ ส่วนของไมโครชิป (Microchip) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของวัตถุ เช่น รหัสสินค้า และขดลวดขนาดเล็ก หรือแบบบาง ๆ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna) สำหรับรับส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุและสร้างพลังงานป้อนให้ส่วนของไมโครชิป

โดยทั่วไปตัวแท็กอาจอยู่ในรูปแบบที่เป็นกระดาษ แผ่นฟิล์ม พลาสติก มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำเอาไปติด และมีหลายรูปแบบ เช่น บัตรเครดิต เหรียญ กระดุม ฉลากสินค้า แคปซูล หรือแท็ก เป็นต้น ทั้งนี้เราสามารถแบ่งแท็กที่มีใช้งานกันอยู่ได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่

- แท็กแบบพาสซีฟ
- แท็กแบบกึ่งพาสซีฟ
- แท็กแบบแอ็กทีฟ

โดยแต่ละชนิดก็จะมีความแตกต่างกันตามการใช้งาน ราคา โครงสร้างและหลักการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

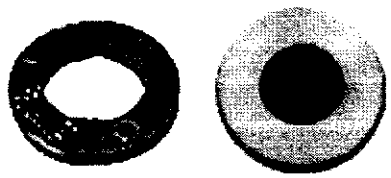


ภาพที่ 2.5 องค์ประกอบทั่วไปของแท็ก

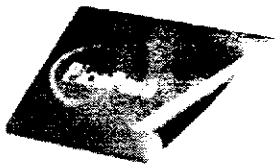
นอกจากการแบ่งจากชนิดที่ว่ามาแล้ว เราสามารถที่จะแบ่งประเภทของแท็กจากรูปแบบการอ่านและหรือบันทึกข้อมูลได้เป็น 3 แบบคือ

- แท็กชนิดที่สามารถถูกอ่านและเขียนข้อมูลได้หลายครั้ง (Read-Write)
- แท็กชนิดที่เขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้อย่างหลายครั้ง (Write-Once Read-Many หรือ WORM)
- แท็กชนิดที่อ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read-Only) หรือเรายังสามารถแบ่งชนิดของแท็กตามความถี่ของการใช้งาน เช่น แท็กย่านความถี่ต่ำ (LF) 125-134 กิโลเฮิรตซ์ แท็กย่านความถี่สูง (HF) 13.56 เมกะเฮิรตซ์ แท็กย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF) 433 และ 900 เมกะเฮิรตซ์ และแท็กย่านไมโครเวฟ 2.4 กิกะเฮิรตซ์

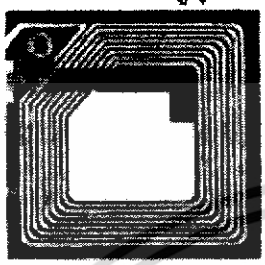
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



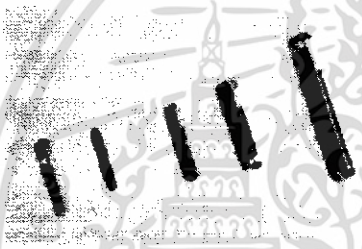
เป็นชิ้นส่วน RF-ID ด้านใน
ใช้สำหรับติดหูสุกร



โครงสร้างภายใน RF-ID ชนิดเป็นบัตร



โครงสร้างภายใน RF-ID
ใช้สำหรับติดสินค้า



เป็น RF-ID สำหรับฉีดฝัง
ในผิวหนัง

ป้าย RF-ID

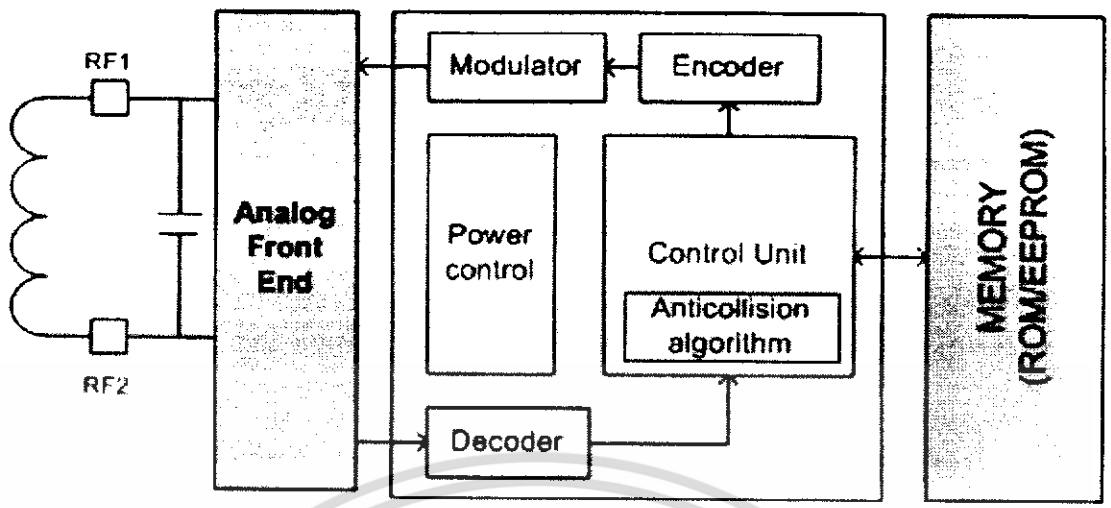
ภาพที่ 2.6 แท็กในรูปแบบชนิดต่าง ๆ

2.3.1.1 แท็กอาร์เอฟไอดีชนิดพาสซีฟ

แท็กชนิดนี้ทำงานได้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอกใด ๆ เพราะภายในแท็กจะมีวงจรกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดเล็กเป็นแหล่งจ่ายไฟในตัวอยู่ ทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนัก ระยะอ่านสูงสุดประมาณ 1 เมตร ขึ้นอยู่กับกำลังของเครื่องส่งและคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ โดยปกติแท็กชนิดนี้มักมีหน่วยความจำน้อย โดยทั่วไปประมาณ 16-1,024 ไบต์ มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ราคาต่อหน่วยต่ำ

ไมโครชิปหรือไอซีของแท็กชนิดพาสซีฟที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นได้ตั้งแต่แบบแท่งหรือแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารมองเห็นได้ไปจนถึงขนาดใหญ่สะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปโครงสร้างภายในส่วนที่เป็นไอซีของแท็กนั้นก็จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนของควบคุมการทำงานของภาครับส่งสัญญาณวิทยุ (Analog Front-End) ส่วนควบคุมภาคลอจิก (Digital Control Unit) ส่วนของหน่วยความจำ (Memory) ซึ่งอาจจะเป็นแบบ Rom หรือ EEPROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



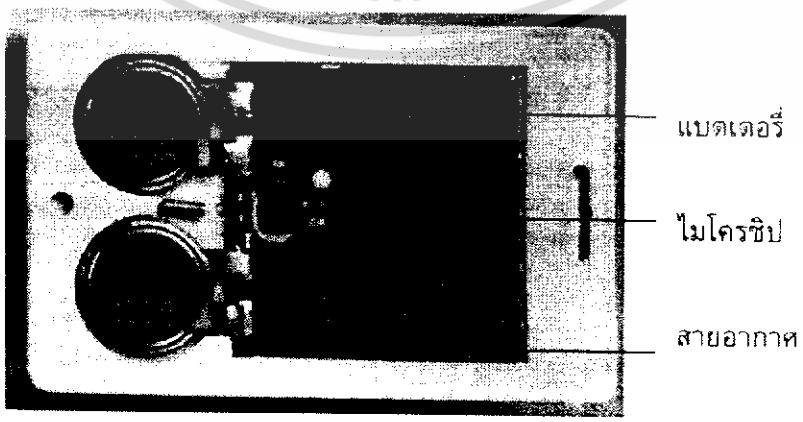
ภาพที่ 2.7 สถาปัตยกรรมภายในไมโครชิปของแท็กแบบพาสซีฟ

2.3.1.2 แท็กอาร์เอฟไอดีแบบกึ่งพาสซีฟ

แท็กชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอก ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ระยะไกลกว่าแท็กแบบพาสซีฟเพื่อประหยัดไฟ ตัวแท็กจะรอรับสัญญาณกระตุ้นให้ทำงานจากเครื่องอ่านแล้วจึงจะส่งข้อมูลกลับไปยังเครื่องอ่าน

2.3.1.3 แท็กอาร์เอฟไอดีแบบแอ็กทีฟ

แท็กชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอก เพื่อจ่ายพลังงานให้กับวงจรภายในทำงาน โดยแท็กแบบนี้สามารถมีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ และสามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 100 เมตร ข้อเสียของแท็กแบบนี้คือ มีราคาต่อหน่วยสูง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีอายุการใช้งานที่จำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ซึ่งจะมีอายุการใช้งานประมาณ 3-7 ปี และสามารถส่งสัญญาณออกมาเองได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น การตั้งเวลาหรือเมื่อกรณีที่มีเหตุอันควรตามที่โปรแกรมเอาไว้หรือเมื่อได้รับสัญญาณสอบถามจากเครื่องอ่าน

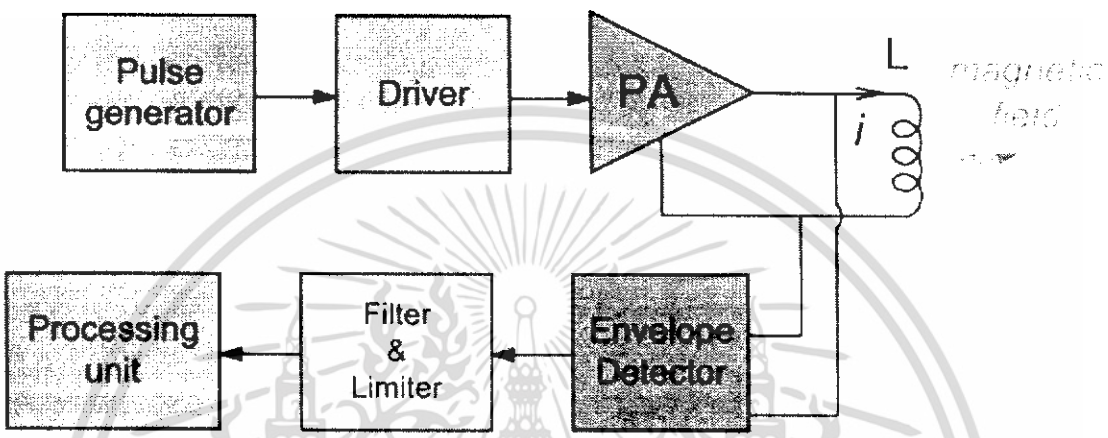


ภาพที่ 2.8 แท็กแบบแอ็กทีฟ ที่มีแบตเตอรี่ลิเธี่ยม 2 ก้อน อยู่ภายในแท็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 องค์ประกอบของเครื่องอ่าน (Reader) และหน้าที่การทำงาน

โดยหน้าที่ของเครื่องอ่านก็คือ การเชื่อมต่อเพื่ออ่านหรือเขียนข้อมูลลงในแท็กด้วยสัญญาณความถี่วิทยุ ภายในเครื่องอ่านจะประกอบด้วย เสาอากาศที่ทำจากขดลวดทองแดง เพื่อใช้รับ-ส่งสัญญาณ ภาครับและภาคส่งสัญญาณวิทยุ และวงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูลซึ่งมักจะเป็นวงจรจำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์

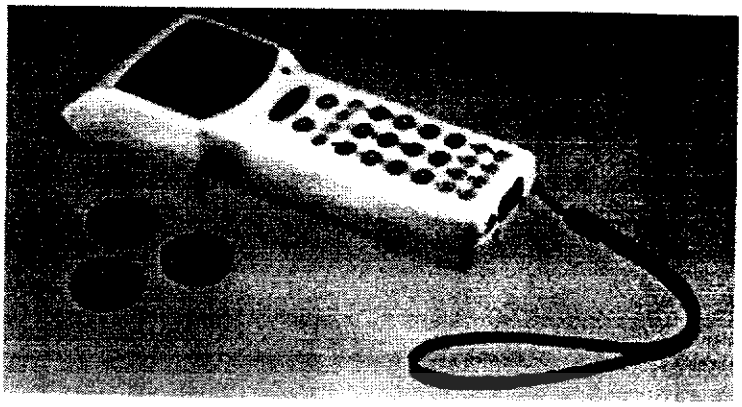


ภาพที่ 2.9 โครงสร้างภายในเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี

ภาพที่ 2.9 โครงสร้างภายในเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ของส่วนตัวอ่านในระบบอาร์เอฟไอดี ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเริ่มจากส่วนกำเนิดสัญญาณรูปเหลี่ยม (pulse generator) ความถี่พาห์เพื่อส่งสัญญาณไปยังภาคขับ (driver) เพื่อเพิ่มสมรรถนะในการขับภาคขยายกำลัง (Power Amplifier, AF) ซึ่งทำหน้าที่ขับกระแสสัญญาณต่อไปยังขดลวดเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กเชื่อมโยงไปยังส่วนแท็ก ขณะเดียวกัน ส่วนขดลวดดังกล่าวก็จะทำหน้าที่เสมือนเป็นสายอากาศ (Antenna) รับสัญญาณสนามแม่เหล็กความถี่คลื่นพาห์ที่ถูกมอดูเลตเชิงขนาดจากข้อมูลจำเพาะของส่วนแท็ก จากนั้นส่วนตรวจจับขอบ (envelope detector) ก็จะแยกข้อมูลออกจากสัญญาณคลื่นพาห์และขยายจนกระทั่งได้ระดับศักดาของข้อมูลตามมาตรฐานลอจิก เพื่อส่งต่อเข้าส่วนประมวลผลข้อมูล (processing unit) ต่อไป

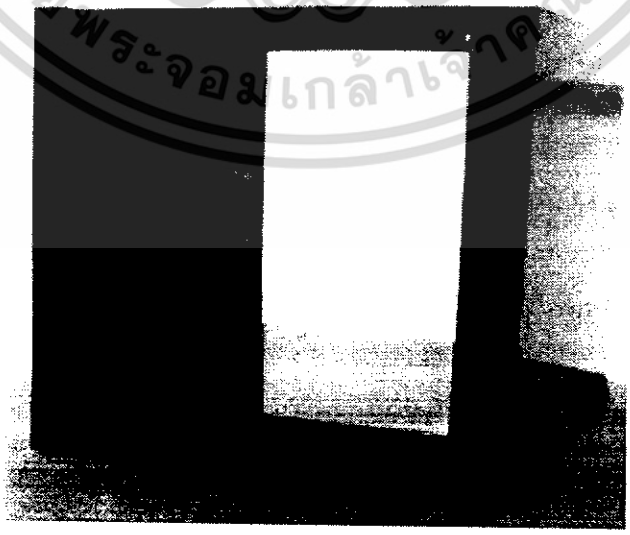
โดยทั่วไปหน่วยประมวลข้อมูลที่อยู่ภายในเครื่องอ่านมักใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งอัลกอริธึมที่อยู่ภายในโปรแกรมจะทำหน้าที่ถอดรหัสข้อมูล (decoding) ที่ได้รับ และทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยลักษณะ ขนาด และรูปร่างของเครื่องอ่านจะแตกต่างกันไปตามประเภทการใช้งาน เช่น แบบมือถือขนาดเล็กหรือติดผนังจนไปถึงขนาดใหญ่เท่าประตู (Gate size) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีแบบพกพา

ภาพที่ 2.11 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีแบบติดผนัง



ภาพที่ 2.12 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีแบบอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.13 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีแบบประตู

2.3.3 ระยะในการอ่านข้อมูล

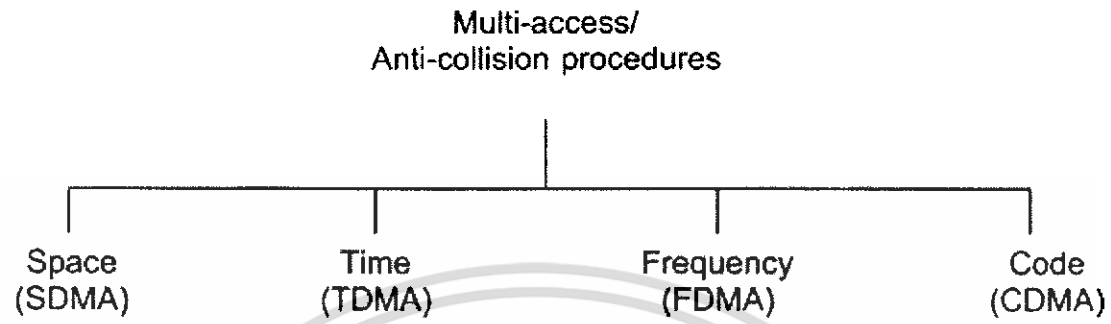
ระยะในการอ่านของเครื่องอ่านจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยได้แก่ กำลังส่งของเครื่องอ่านและชนิดของแท็ก ในการใช้งานทั่วไปแท็กความถี่ต่ำ (LF) มีระยะในการอ่านประมาณ 10-30 เซนติเมตร ความถี่สูง (HF) มีระยะในการอ่านประมาณ 15-100 เซนติเมตร แท็กชนิดความถี่สูงยิ่ง (UHF) มีระยะในการอ่านถึง 15 เมตร หรือถ้าเป็นแบบแอ็กทีฟ จะอ่านได้ถึง 100 เมตร

2.3.4 การชนกันของข้อมูล

เมื่อมีแท็กหลาย ๆ อันเข้ามาอยู่ใกล้เครื่องอ่าน เมื่อแท็กมีพลังงานเพียงพอ แท็กแต่ละอันจะพยายามส่งข้อมูลของตัวเองมาที่เครื่องอ่านพร้อม ๆ กัน ทำให้เครื่องอ่านไม่สามารถแยกแยะข้อมูลที่ส่งมาได้ ซึ่งเราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การชนกันของข้อมูล (Collision) วิธีการแก้ไขโดยการทำการเพิ่มฟังก์ชั่นป้องกันการชนกันบนแท็กและเครื่องอ่าน (Anti-collision) ซึ่งจะมีหลายเทคนิค เช่นจัดคิวการอ่านแท็กโดยทำเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ เมื่อแท็กถูกอ่านแล้วจะไม่มีการอ่านซ้ำอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น เทคนิค SDMA : Space Division Multiple Access TDMA, FDMA, CDMA หรือเทคนิคขั้นสูง จะใช้ FTDMA และการกระโดดความถี่ (frequency hopping) เข้าช่วย



ภาพที่ 2.14 เทคนิคที่ใช้ในการอ่านหลายแท็กพร้อมกัน

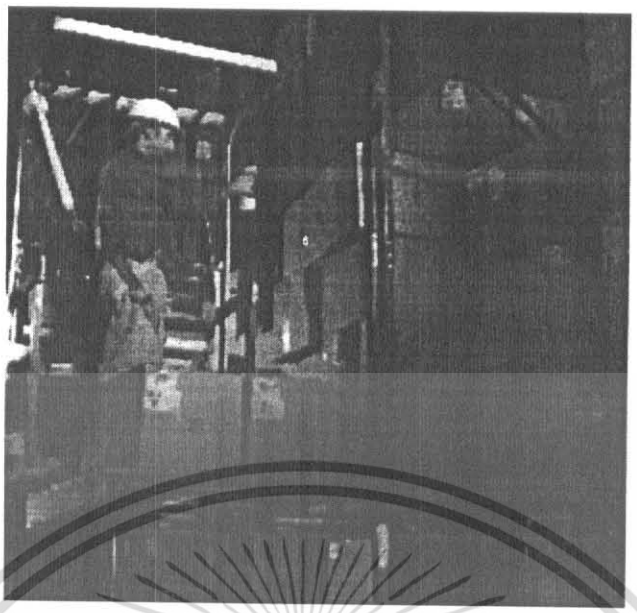
2.4 การประยุกต์ใช้งานอาร์เอฟไอดี

ในปัจจุบันการนำระบบอาร์เอฟไอดีมาประยุกต์ใช้งานหลากหลายด้าน เช่น ระบบคลังสินค้า ด้านระบบการขนส่ง ด้านการทหาร ด้านการแพทย์และสาธารณสุข ด้านการเกษตรกรรมและปศุสัตว์ ธุรกิจการบิน ธุรกิจการเงิน การศึกษา การท่องเที่ยว การผลิตอุตสาหกรรม ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่

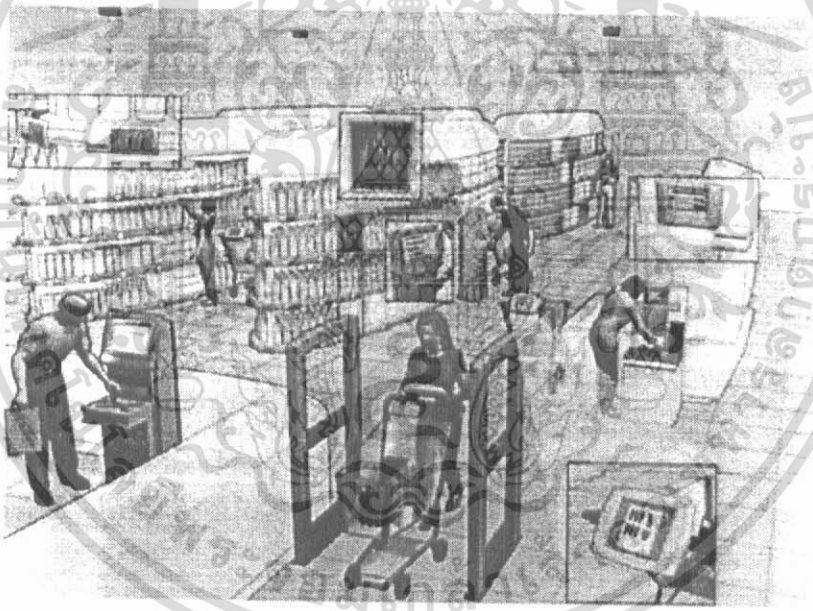
- ระบบห่วงโซ่อุปทาน การค้าปลีก การผลิต การกระจายสินค้า และลอจิสติกส์ ยกตัวอย่างการใช้งานในโรงงานโดยการติดแท็กไว้กับชิ้นงาน เมื่อชิ้นงานผ่านสายพานการผลิตในโรงงาน แต่ละแผนกจะรู้ว่าต้องทำอย่างไร ประกอบชิ้นงานอะไรบ้าง และต้องส่งงานไปยังสถานีถัดไป

- การจัดการสินค้าในคลังสินค้า เช่นการรับส่งสินค้า การจัดเก็บ ยกตัวอย่างการซื้อสินค้าในซูเปอร์มาร์เก็ต เมื่อมีการคำนวณราคารวม เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีสามารถอ่านคำนวณราคารวมภายในครั้งเดียวได้ทันที โดยที่ไม่ต้องมีการสแกนรหัสแท่งที่ติดกับสินค้าทีละชิ้นแบบเดิม ๆ และอาจจะเตือนผู้ซื้อได้หากสินค้าที่ซื้อหมดอายุ นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้งานสำหรับการขนถ่ายสินค้าที่เรียกว่า การค้าแบบปลอดภัย (secure trade หรือ operation safe commerce) เพิ่มความปลอดภัยในการขนส่งสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



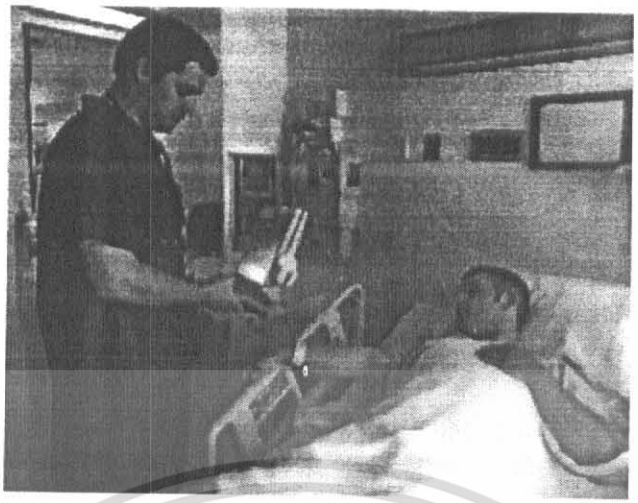
ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานในคลังสินค้า



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานในซูเปอร์มาร์เก็ต

- ด้านการแพทย์และสาธารณสุข มีการใช้งานสำหรับการติดตามทำทะเบียนสำหรับเครื่องมือแพทย์ที่มีราคาแพง ทำให้สามารถตรวจสอบการเก็บรักษาเครื่องมือแพทย์ได้สะดวกรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีการใช้อาร์เอฟไอดีเสริมในการผลิตสุขภัณฑ์ยาเพื่อตรวจสอบยาปลอมได้ เป็นการป้องกันความสูญเสียของผู้ผลิตจากสินค้าเลียนแบบ และป้องกันไม่ให้ผู้ป่วยได้รับยาที่ไม่มีคุณภาพหรือยาปลอมได้

62613
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานในโรงพยาบาล

- ด้านการเกษตรกรรมและปศุสัตว์ ระบบติดตามสัตว์ (Animal Tracking) มาใช้เหมาะกับเกษตรกรไทย ในการพัฒนาด้านปศุสัตว์ให้เป็นระบบฟาร์มออโตเมชันด้วยชิปอาร์เอฟไอดีติดตัวสัตว์เลี้ยง ทำให้สามารถตรวจสอบข้อมูลเฉพาะตัวของสัตว์แต่ละตัวได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง เช่น การตรวจสอบสายพันธุ์ การให้อาหาร ประวัติการฉีดวัคซีนและการควบคุมโรคติดต่อในสัตว์ได้ รวมถึงการใช้งานสำหรับทำการตรวจย้อนกลับแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์อาหาร (Food Traceability) หรือสินค้าเกษตรกรรมได้

ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานปศุสัตว์

- การควบคุมการเข้า-ออก/บัตรประจำตัว (Access Control / Personal Identification) เป็นระบบรักษาความปลอดภัยการเข้า-ออกอาคาร แทนการใช้บัตรแถบแม่เหล็ก เนื่องจากบัตรแถบแม่เหล็กเมื่อมีการใช้งานนานจะมีการชำรุดสูง แต่บัตรแบบอาร์เอฟไอดี (Proximity Card) ใช้เพียงแตะหรือแสดงผ่านหน้าเครื่องอ่านเท่านั้น รวมทั้งยังสามารถใช้ตรวจสอบเวลาเข้า-ออกงานของพนักงานด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

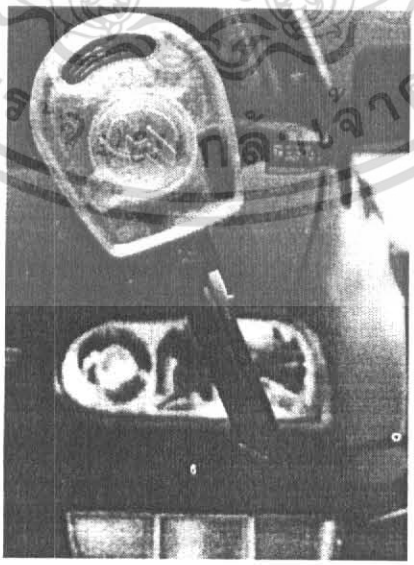
ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานระบบรักษาความปลอดภัยในการเข้า-ออกอาคาร

- ระบบตั๋วอิเล็กทรอนิกส์ (e-ticket) เช่น บัตรทางด่วน บัตรรถไฟฟ้าใต้ดิน

- ระบบหนังสือเดินทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-passport) เพื่อป้องกันผู้ก่อการร้ายหรือใช้งานสำหรับด้าน e-citizen ด้วย

- ระบบกุญแจอิเล็กทรอนิกส์ (Immobilizer) ในรถยนต์ป้องกันการใช้กุญแจผิดในการขโมยรถยนต์ (Smart Key entry) พวกไม่ใช้กุญแจ (Keyless) ในรถยนต์ราคาแพงบางรุ่นก็เริ่มนำมาใช้งานแล้ว

- ระบบห้องสมุด ในการยืมหรือคืนหนังสืออัตโนมัติ ทำให้ผู้ใช้บริการได้รวดเร็วและสะดวกสบายยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.20 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในระบบกุญแจอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.21 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในระบบห้องสมุด

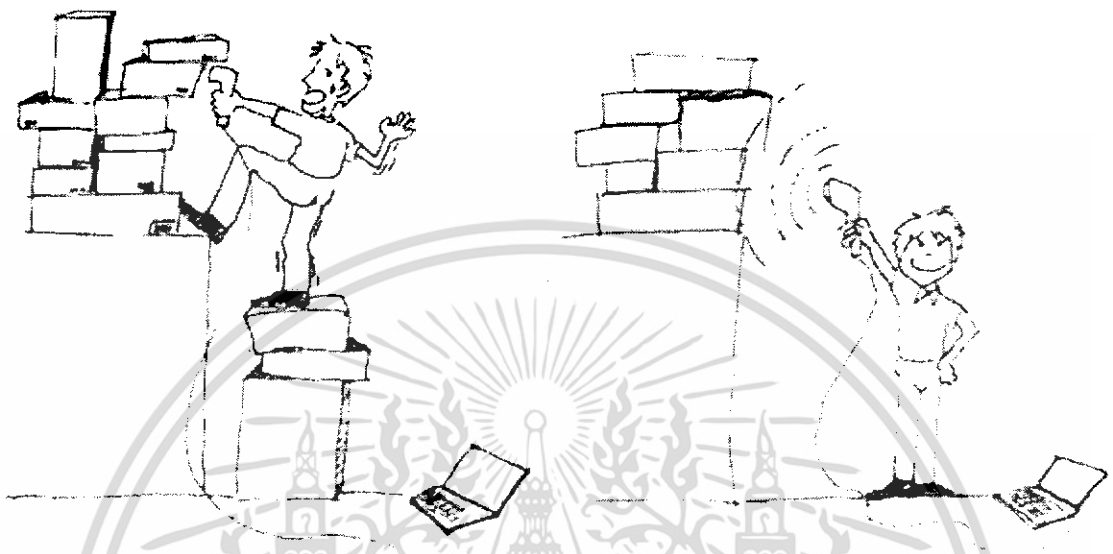
2.5 เปรียบเทียบอาร์เอฟไอดีกับรหัสแท่ง

- อาร์เอฟไอดีสามารถอ่านได้โดยอัตโนมัติ การใช้งานรหัสแท่งผู้ใช้จะต้องนำเครื่องสแกนไปอ่านที่แถบรหัส ขณะที่อาร์เอฟไอดีสามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัติเมื่อแท็กอยู่ในรัศมีของการอ่าน จึงเหมาะกับงานที่ต้องการการทำงานแบบอัตโนมัติ ไม่จำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติงาน เช่น ในระบบลำเลียงในโรงงาน เมื่อลำเลียงผ่านขบวนการใด ก็สามารถตรวจสอบและบันทึกได้ เพียงเคลื่อนสินค้าผ่านเครื่องอ่าน เครื่องอ่านก็จะทำงานโดยอัตโนมัติ

- อาร์เอฟไอดีสามารถทำได้ทั้งอ่านและเขียน ในขณะที่รหัสแท่งสามารถอ่านรหัสประจำตัวได้อย่างเดียว ระบบอาร์เอฟไอดีนอกจากอ่านรหัสประจำตัวมาทำการประมวลผลแล้วยังสามารถบันทึกข้อมูลอะไรบางอย่างกลับลงไปที่แท็กได้ ยกตัวอย่างการตรวจสอบสต็อกสินค้า เมื่อทำการอ่านข้อมูลแล้วก็จะทำการบันทึกกลับไปยังที่แท็กว่าได้รับการตรวจแล้ว เพื่อลดข้อผิดพลาดกรณีหยิบสินค้านั้นมาอ่านรหัสประจำตัวซ้ำอีกครั้ง จะทำให้ระบบตรวจสอบสินค้าผิดพลาดได้ ซึ่งระบบรหัสแท่งไม่สามารถทำได้

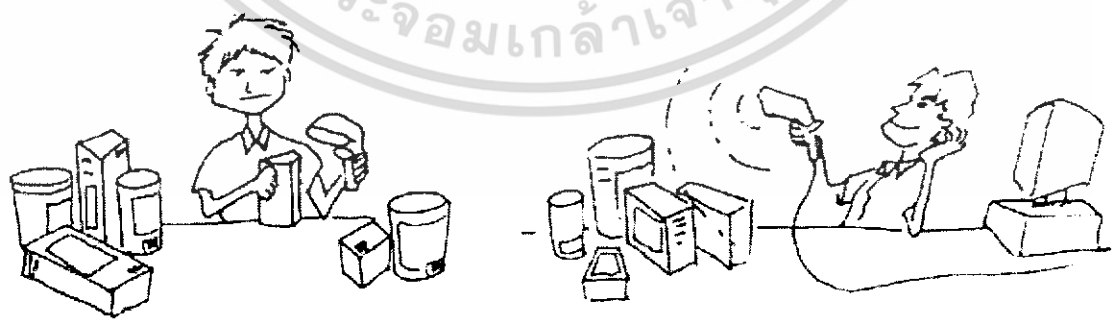
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อาร์เอฟไอดีสามารถอ่านได้จากระยะไกล ในขณะที่รหัสแท่งต้องอยู่ในระยะใกล้และตำแหน่งที่แสงสามารถสแกนถึง อาร์เอฟดีสามารถอ่านข้อมูลจากแท็กได้อย่างสะดวก แม้ว่าอยู่ในพื้นที่ที่ไม่สะดวกหรือในพื้นที่อันตรายต่อการปฏิบัติงาน เช่น ห้องพ่นสีหรือพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง



ภาพที่ 2.22 การตรวจสินค้า (ซ้าย) ใช้รหัสแท่งอ่านได้ระยะใกล้ไม่สะดวก
(ขวา) ใช้อาร์เอฟไอดีอ่านได้ระยะไกล

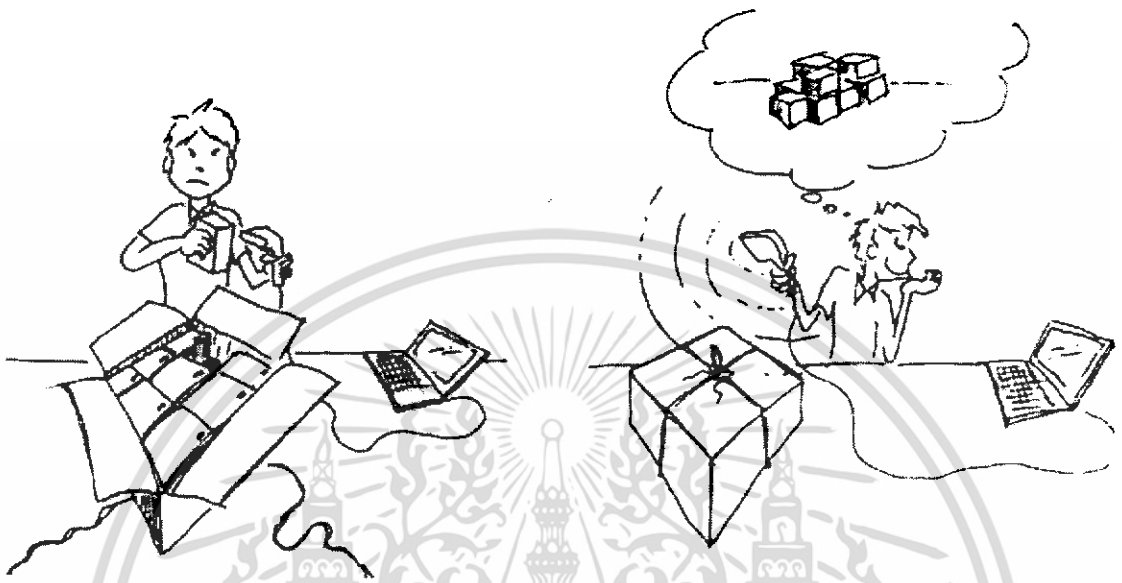
- อาร์เอฟไอดี สามารถอ่านข้อมูลได้พร้อม ๆ กัน ในขณะที่ระบบแท่งจะต้องทำการสแกนแถบรหัสทีละแถบ ในขณะที่อาร์เอฟไอดีสามารถอ่านได้พร้อมกันหลาย ๆ แท็ก เพียงแค่นำสิ่งของที่ติดแท็กมาวางไว้ในพื้นที่รัศมีของเครื่องอ่านก็สามารถอ่านได้พร้อมกันอย่างรวดเร็ว สามารถลดเวลาการทงานและลดข้อผิพลาดในการเคลื่อนย้ายสิ่งของ



ภาพที่ 2.23 การอ่านฉลากสินค้า (ซ้าย) ใช้รหัสแท่งอ่านได้ทีละชิ้น
(ขวา) ใช้อาร์เอฟไอดีอ่านได้ทีละหลายชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อาร์เอฟไอดีสามารถอ่านได้แม้ไม่เห็นตัวแท็กที่ติดอยู่ ทำให้สะดวกในการไม่ต้องเคลื่อนย้ายสิ่งของ เช่น การตรวจสอบสินค้าในตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้ระบบอาร์เอฟไอดี สามารถทราบรายละเอียดสินค้าในตู้สินค้า โดยไม่ต้องเปิดตู้เพื่มระบบความปลอดภัยได้



ภาพที่ 2.24 การตรวจสอบสินค้า (ซ้าย) ใช้รหัสแท่งเวลาอ่านต้องเห็นรหัสแท่งอย่างชัดเจนและอยู่ในระนาบเดียวกับเครื่องอ่าน (ขวา) ใช้อาร์เอฟไอดีเวลาอ่านไม่ต้องเห็นแท็ก (อ่านทะลุหีบห่อได้) และไม่ต้องอยู่ในระนาบเดียวกับเครื่องอ่าน

- อาร์เอฟไอดีมีความปลอดภัยสูง เนื่องจากข้อมูลเป็นข้อมูลดิจิตอลในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้สามารถเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูลด้วยการเข้ารหัสลับเพื่อไม่ให้ผู้อื่นทราบข้อมูลที่ไม่ต้องการเปิดเผยได้

- อาร์เอฟไอดีสามารถบันทึกประวัติการเคลื่อนย้ายของสินค้าได้ (Dynamic data on items) เช่น บันทึกเวลาเข้าออกไว้บนสินค้าเอง หรือบันทึกเวลาต่าง ๆ ลงบนสินค้าได้โดยตรง ในขณะที่รหัสแท่งไม่สามารถทำได้ ต้องบันทึกไว้ในระบบฐานข้อมูล ซึ่งเมื่อสินค้าไปอยู่ในพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงฐานข้อมูลทำให้ไม่สามารถรู้ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้านั้น ๆ ได้

2.6 การทำงานของอาร์เอฟไอดี

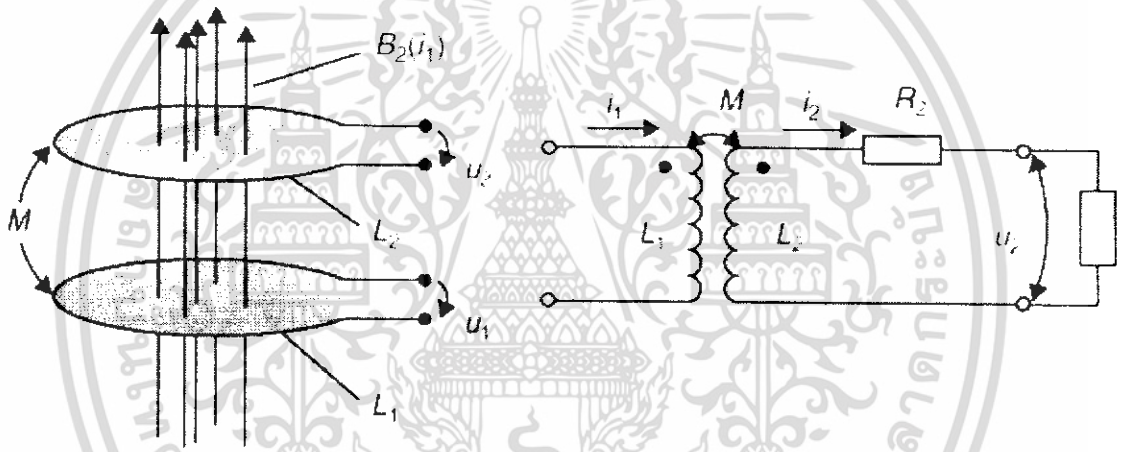
2.6.1 การทำงานของแท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟ

แท็กชนิดนี้ทำงานได้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอกใด ๆ โดยทั่วไปการทำงานของแท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟ ในย่านความถี่ต่ำและสูง (LF และ HF) จะใช้หลักการคู่ควบแบบเหนี่ยวนำ (Inductive coupling) ซึ่งเกิดจากการอยู่ใกล้กันของขดลวดจากเครื่องอ่านที่กำลังทำงาน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสายอากาศของแท็ก ทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานจากเครื่องอ่านไปยังไมโครชิปในแท็กผ่านสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เมื่อไมโครชิปได้รับพลังงานก็จะทำงานตามลักษณะเฉพาะของข้อมูลรหัสประจำตัว ปฏิกิริยาของไมโครชิปดังกล่าวเครื่องอ่านจะรับรู้ได้ผ่านสนามเหล็กและจะทำการตีความเป็นข้อมูลดิจิตอลแสดงถึงรหัสประจำตัวที่ส่งมาจากแท็กได้ ลักษณะเงื่อนไขในการทำการเหนี่ยวนำแบบชักพาทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนัก โดยทั่วไประยะอ่านสูงสุดจะประมาณ 1 เมตรขึ้นอยู่กับกำลังงานของเครื่องส่งและคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้

โดยปกติแท็กชนิดนี้มักมีหน่วยความจำขนาดเล็ก โดยทั่วไปประมาณ 16-1,024 ไบต์ มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ราคาต่อหน่วยต่ำ ไมโครชิปหรือไอซีของแท็กชนิดพาสซีฟที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นได้ตั้งแต่แบบแท่ง หรือแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารมองเห็นได้ไปจนถึงขนาดใหญ่สะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดการใช้งานที่แตกต่างกัน

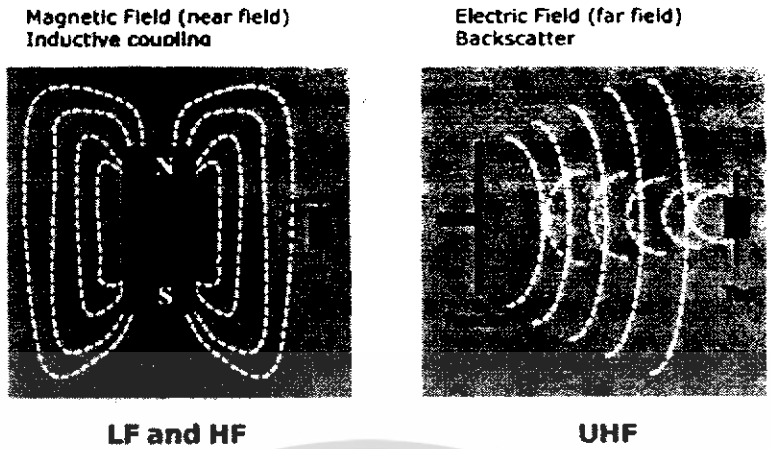


ภาพที่ 2.25 สนามแม่เหล็กจากกระบวนการคู่ควบแบบเหนี่ยวนำ

ส่วนในระบบความถี่สูงยิ่ง (UHF) แทนที่จะใช้การสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะใช้การคู่ควบแบบแผ่กระจาย (Propagation coupling) โดยที่สายอากาศของเครื่องอ่านจะทำการส่งพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปคลื่นวิทยุออกมา ซึ่งเมื่อแท็กได้รับสัญญาณผ่านสายอากาศของตน แท็กก็จะทำงานโดยการสะท้อนกลับคลื่นที่ได้รับซึ่งถูกปรับค่าตามรหัสประจำตัวของตนไปยังเครื่องอ่าน (backscattering)

ทั้งนี้การทำงานในย่านความถี่ต่างกันจะทำให้มีคุณสมบัติการทะลวงต่างกันรวมทั้งประสิทธิภาพโดยรวมจะขึ้นกับเงื่อนไขอื่น ๆ ด้วย เช่น ขนาดของสายอากาศหรือสัญญาณรบกวนอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.26 หลักการทำงานของ LF, HF, และ UHF

2.6.2 การทำงานของแท็กอาร์เอฟไอดีแบบแอ็กทีฟ

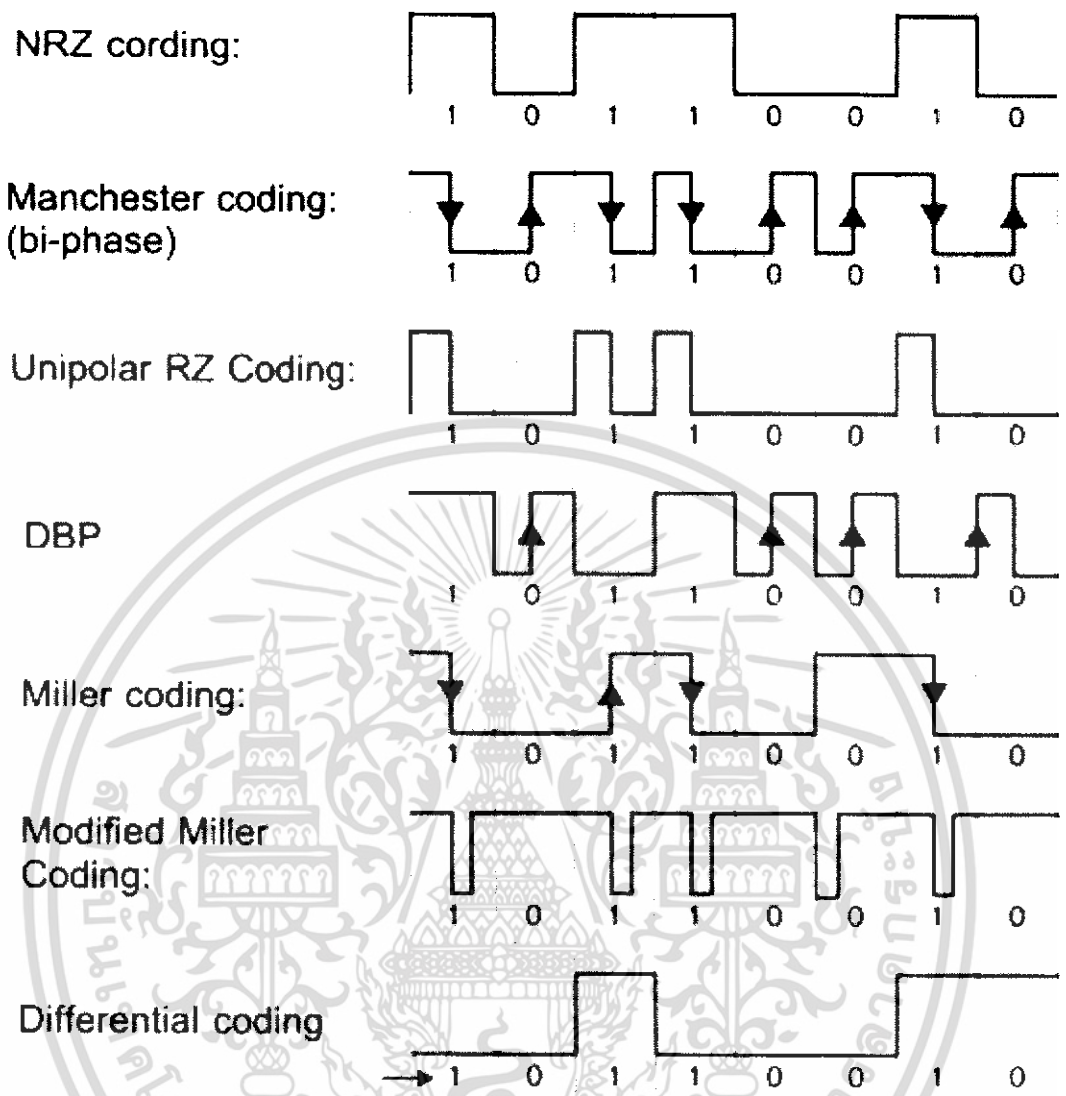
แท็กชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอก เพื่อจ่ายพลังงานให้กับวงจรภายในทำงาน โดยหลักใหญ่อาจสามารถแบ่งตามหลักการทำงานได้เป็น ทรานสปอนเดอร์แบบแอ็กทีฟ ซึ่งจะทำการส่งข้อมูลออกก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณจากเครื่องอ่านและแบบเครื่องบอกตำแหน่ง หรือเบคอน (beacon) ซึ่งสัญญาณจะถูกปล่อยออกมาเป็นระยะ ๆ ตลอดเวลาการใช้งานของแท็กหรือทรานสปอนเดอร์แบบแอ็กทีฟนั้น อาจพบได้ในระบบ เช่น ระบบจ่ายเงินในทางด่วนหรือด่านตรวจ ขณะที่เบคอนอาจพบได้ในระบบที่ต้องการการบ่งชี้พิกัดแบบเวลาจริง (Real-time locating system, RTLS) เช่น การจัดการการขนส่งสินค้า เป็นต้น

โดยแท็กแบบนี้สามารถมีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ และสามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 100 เมตร ข้อเสียของแท็กแบบนี้คือ มีราคาต่อหน่วยสูง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีอายุการใช้งานที่จำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ซึ่งจะมีอายุการใช้งานประมาณ 3-7 ปี

2.6.3 หลักการและเทคนิคเบื้องต้นในการรับและส่งข้อมูลระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน

กระบวนการส่งสัญญาณระหว่างอาร์เอฟไอดีและเครื่องอ่านโดยทั่วไป เป็นไปตามกระบวนการทางด้านการสื่อสารระบบดิจิตอล นั่นคือ การเตรียมข้อมูลดิจิตอลที่จะส่งผ่านโดยการทำการเข้ารหัสให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมสำหรับการส่งผ่านช่องสัญญาณ (channel) คำว่าเหมาะสมหมายถึงว่าสัญญาณมีโอกาสจะถูกส่งผ่านช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวน (noise) โดยมีค่าผิดพลาดน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ซึ่งวิธีการเข้ารหัสนั้นมีได้หลายแบบโดยการเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับช่องสัญญาณที่จะส่งผ่าน ตัวอย่างเทคนิคการเข้ารหัส เช่น การเข้ารหัสสัญญาณแบบ NRZ การเข้ารหัสแบบ Manchester การเข้ารหัสแบบ Miller การเข้ารหัสแบบ Differential เป็นต้น

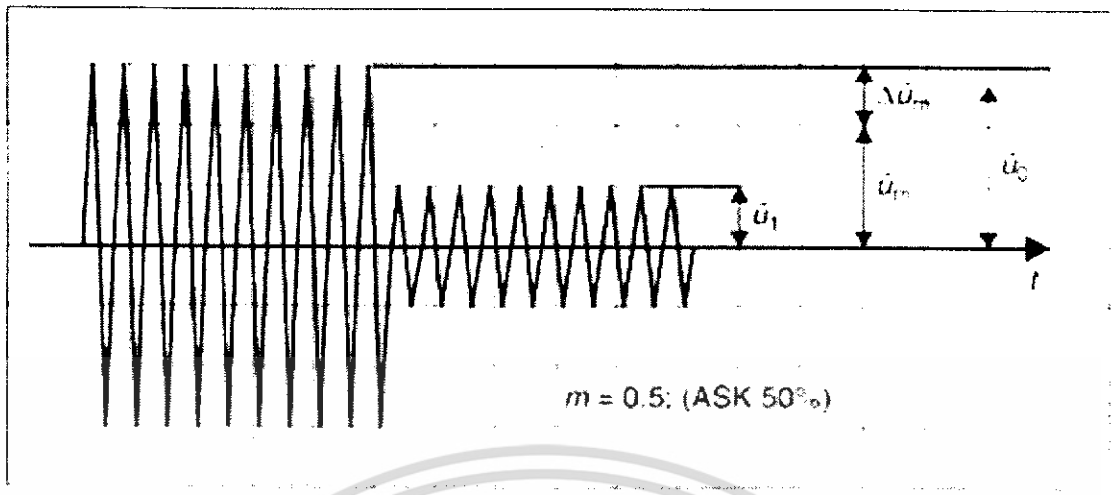
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.27 ตัวอย่างการเข้ารหัสแบบต่าง ๆ

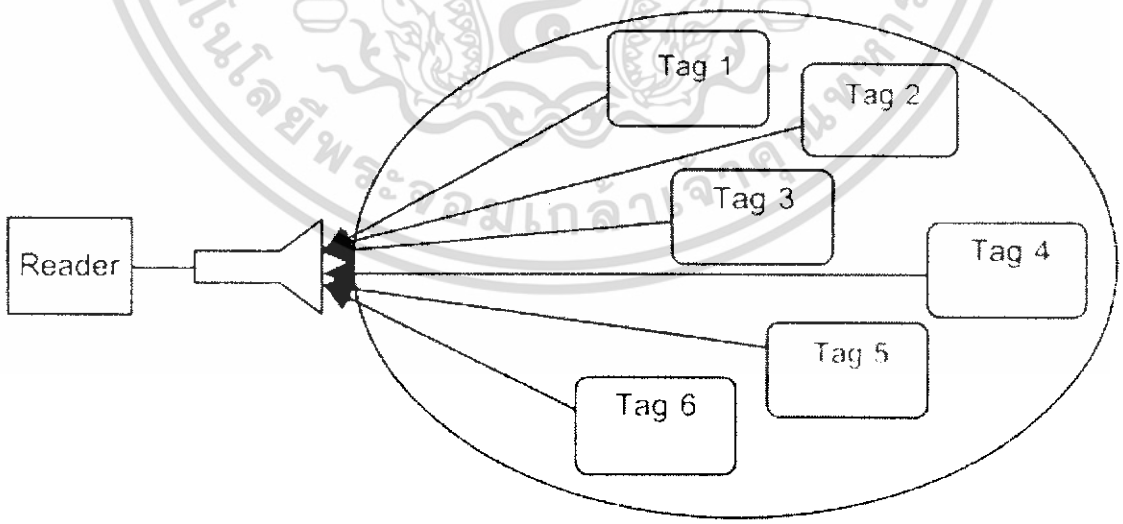
ซึ่งหลังจากการเข้ารหัสสัญญาณแล้ว สัญญาณจะถูกทำการกล้ำสัญญาณ (modulation) กับคลื่นพาหะย่านที่สูงกว่าเพื่อทำการส่งรับข้อมูลในย่านนั้น ๆ การกล้ำสัญญาณ หมายถึงการปรับเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ของคลื่นพาหะซึ่งเป็นคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น แอมปลิจูด เฟส หรือความถี่ ตามค่าของข้อมูลที่จะส่ง ตัวอย่างเช่น ในการกล้ำสัญญาณแบบ ASK (amplitude shift keying) ค่าแอมปลิจูดของคลื่นพาหะจะถูกเปลี่ยนอยู่ระหว่างค่าสองค่าขึ้นกับค่าไบนารีของสัญญาณที่ถูกเข้ารหัส ดังเช่นในภาพที่ 2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



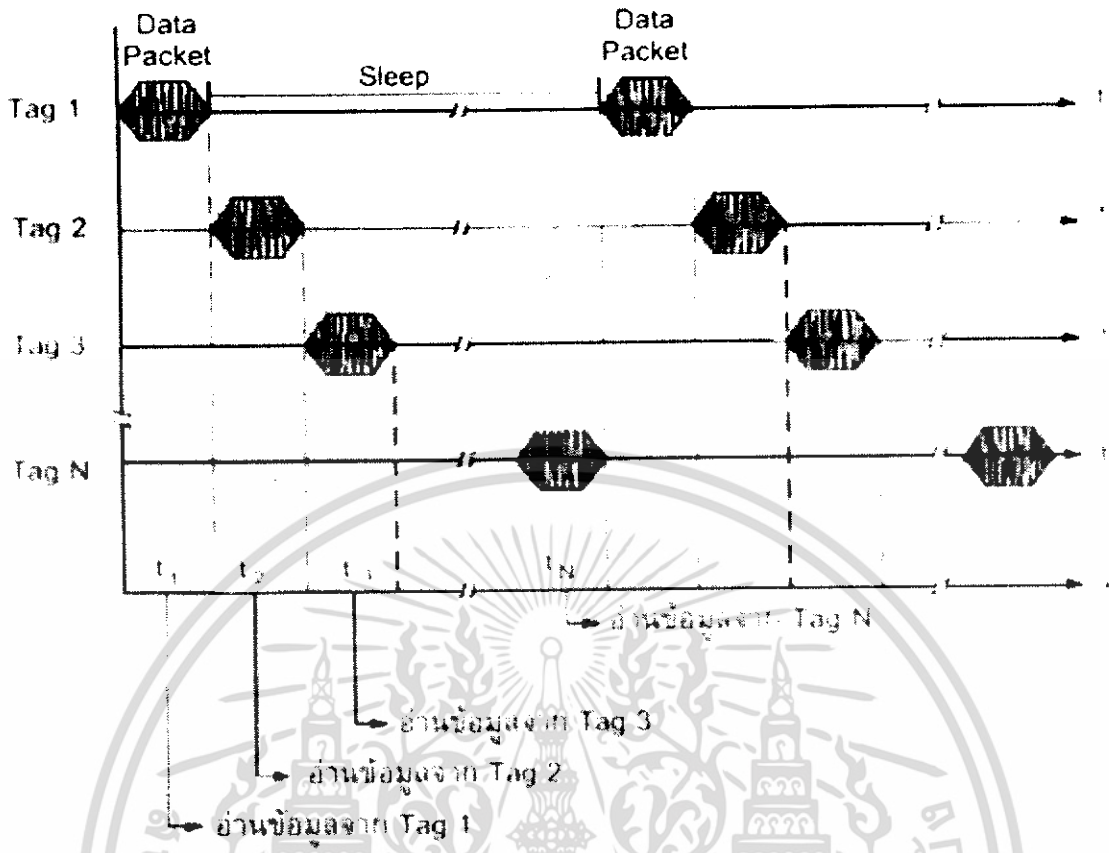
ภาพที่ 2.28 ตัวอย่างการทำ ASK

นอกจากนี้ ข้อดีอีกส่วนหนึ่งของระบบอาร์เอฟไอดี คือการอ่านข้อมูลจากแท็กได้หลายแท็กในเวลาเดียวกัน โดยระบบป้องกันการชนกันของสัญญาณข้อมูล (Anti-collision) ซึ่งจะทำให้การอ่านข้อมูลของแท็กจำนวนมากทำได้อย่างรวดเร็วพร้อม ๆ กัน ตัวอย่างการทำการป้องกันการชนกัน เช่น การใช้เทคนิค TDMA (Time Division Multiple Access) ซึ่งจะเป็นการจัดลำดับการอ่านค่าจากแท็กในเวลาที่ต่าง ๆ กันไปทำให้สามารถอ่านได้ครบทุกแท็ก เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น อาร์เอฟไอดี ยังมีกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ เช่น การทำผลรวมตรวจสอบ (Checksum)



ภาพที่ 2.29 เครื่องอ่านทำงานร่วมกับแท็กหลาย ๆ อันพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.30 ตัวอย่างของอัลกอริธึมในการป้องกันการชนกันของข้อมูล (Anti-Collision) ในแท็ก

2.7 มาตรฐานของอาร์เอฟไอดี

โดยมาตรฐานระหว่างประเทศ สำหรับการใช้งานอาร์เอฟไอดีมีอยู่ 2 หน่วยงานหลัก ได้แก่ International Organization of Standard หรือ ISO (http:/www.iso.org) EPC Global (http:/www.epcglobalinc.org) โดยที่มาตรฐานของอาร์เอฟไอดีมีการกำหนดไว้ 4 ด้านดังนี้

- มาตรฐานด้านเทคโนโลยี (Technology)
- มาตรฐานรูปแบบของข้อมูล (Data format)
- มาตรฐานวิธีการทดสอบ (Conformance)
- มาตรฐานการใช้งาน (Applications)

ทั้งนี้ทั้งสองหน่วยงานได้มีการกำหนดมาตรฐานต่าง ๆ ของอาร์เอฟไอดีไว้ดังตารางที่ 2.2 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบมาตรฐานระหว่าง ISO/IEC และ EPC

	ISO/IEC	EPC
เทคโนโลยี	ISO/IEC 18000 – RF-IC for Item Management Part2 -< 135 kHz Part3 – 13.56 MHz Part4 – 2450 MHz Part6 – 860 – 960 MHz Part7 – 433.92 MHz (active)	Class I-V (13.56 and UHF only) Class 0/Class I: read-only passive tags Class II tags : passive tags with additional functionality Class III tags:semi–passive RFID tags Class IV tags: active tags With broad-band peer-to-peer Communication Class V tags : Readers Can Power other Class I, II and III tags: Communication with Classes IV and V
รูปแบบของข้อมูล	ISO/IEC 15418 – Application Identifiers & Data Identifiers ISO/IEC 15434 – Syntax ISO/IEC 15459 – Transport License Plate ISO/IEC 15961 – Data Protocol: Application Interface ISO/IEC 15962 – Data Protocol: Data Encoding Rules and Logical Memory Functions	EPC Class 0 – 64 bits Class 1 – 96 bits Class 1 G2 – 128/256 bits Class 2 – Class 1 with larger Memory and read/write Class 3 – Class 2 with Sensors (semi-passive) Class 4 – passive tags
วิธีการทดสอบ	ISO/IEC 18047 – RF-ID device Conformance test methods	-
การใช้งาน	Vary by Industries e.g. ISO 10374 – Freight containers - Automatic identification ISO 18185 – Freight Containers – Radio-frequency Communication protocol for Electronic seal ISO 11785 – Radio – Frequency identification of Animals	-

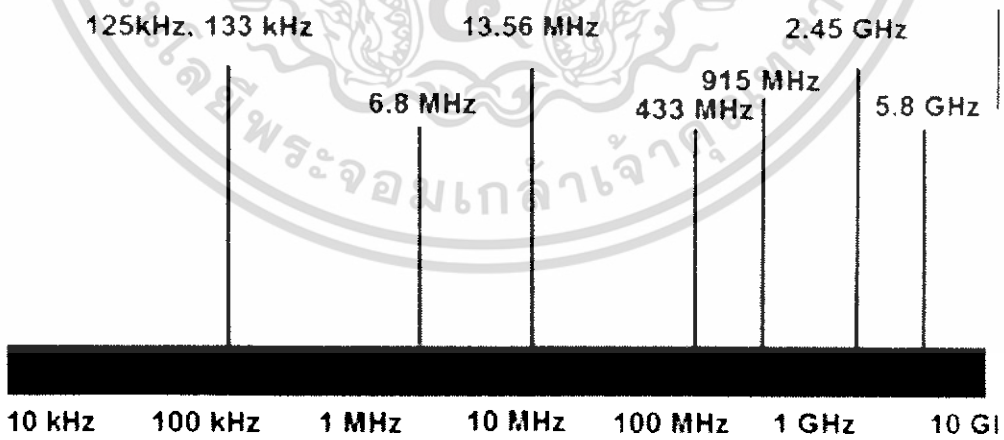
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : EPC: Electronic Product code คือการกำหนดรหัสสินค้าโดยใช้ระบบ อิเล็กทรอนิกส์ และนอกเหนือจาก ISO และนอกเหนือจาก ISO และ EPC Global แล้วยังมีหน่วยงานอื่นอีก เช่น Ubiquitous ID หรือมาตรฐาน UID ที่ทางประเทศญี่ปุ่นให้การสนับสนุนและกำหนดมาตรฐานเพื่อใช้งานในประเทศโดยมีความแตกต่างกับ ISO และ EPC Global ในเชิงรายละเอียดทางเทคนิค หรือจะเป็นมาตรฐาน AIM (Automatic Identification Manufacturers) ที่กำหนดโดย AIDC (Automatic Identification and Data Collection) ซึ่งเป็นผู้เริ่มต้นทำรหัสแท่ง เป็นต้น

2.8 คลื่นความถี่ใช้งานของอาร์เอฟไอดี

ในปัจจุบันคลื่นพาหะที่ใช้งานกันในระบบอาร์เอฟไอดี จะอยู่ในย่านความถี่พลเรือน ISM (Industrial-Scientific-Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่กำหนดในการใช้งานในเชิงการแพทย์ วิทยาศาสตร์ และอุตสาหกรรม สามารถใช้งานได้โดยไม่ตรงกับย่านความถี่ที่ใช้งานในการสื่อสารโดยทั่วไป โดยมี 4 ย่านความถี่ใช้งาน คือ สำหรับคลื่นพาหะที่ใช้กันในระบบอาร์เอฟไอดี อาจแบ่งออกได้เป็น 4 ย่านใหญ่ ๆ ได้แก่

- ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency : LF)ต่ำกว่า 150 กิโลเฮิรตซ์ (kHz)
- ย่านความถี่สูง (High Frequency : HF) 13.56/27.125 เมกะเฮิรตซ์ (MHz)
- ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency: UHF) 433/868/915 เมกะเฮิรตซ์ (MHz)
- ย่านความถี่ไมโครเวฟ (Microwave frequency) 2.45/5.8 กิกะเฮิรตซ์ (GHz)



ภาพที่ 2.31 แสดงความถี่ย่านที่ระบบอาร์เอฟไอดีถูกใช้งาน

ถ้าเปรียบเทียบคลื่นความถี่ที่ใช้งานในแต่ละย่านความถี่ในด้านของระยะการอ่าน สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงความถี่ที่ใช้งานของอาร์เอฟไอดี

ความถี่	ระยะที่อ่านได้
125 – 134 กิโลเฮิรตซ์	น้อยกว่า 1 เมตร (10 เซนติเมตร)
13.56 เมกะเฮิรตซ์	น้อยกว่า 1.5 เมตร (~1 เมตร)
860 – 960 เมกะเฮิรตซ์	2-5 เมตร 1 – 100 เมตร (แท็กแบบแอ็กทีฟ)
2.45 กิกะเฮิรตซ์	น้อยกว่า 1 เมตร (แท็กแบบพาสซีฟ) 1-15 เมตร (แท็กแบบแอ็กทีฟ)

ในการใช้งาน 2 ย่านความถี่แรกจะเหมาะสำหรับงานที่มีระยะการสื่อสาร ข้อมูลในระยะใกล้ โดยย่านความถี่ต่ำ (LF) 125 กิโลเฮิรตซ์ และ 134 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งนิยมใช้สำหรับควบคุมการเข้าออกสถานที่และการลงทะเบียนสัตว์ ส่วนย่านความถี่สูง (HF) 13.56 เมกะเฮิรตซ์ นิยมใช้ในบัตรอเนกประสงค์แบบไร้สัมผัสและหนังสือเดินทางอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนย่านความถี่สูงยิ่งจะถูกใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลในระยะไกล (UHF ระยะอ่านประมาณ 2-5 เมตร) เช่น ระบบเก็บค่าบริการทางด่วน ระบบขนส่งสินค้า เป็นต้น เนื่องจากอาร์เอฟไอดีมีหลายระบบและหลายมาตรฐาน พอจะเปรียบเทียบให้เห็นข้อแตกต่างได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงข้อแตกต่างของอาร์เอฟไอดีระบบต่าง ๆ

พารามิเตอร์	ย่านความถี่ต่ำ (LF)	ย่านความถี่สูง (HF)			ย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF)	ย่านไมโครเวฟ
ความถี่	125–134 KHz	13.56 MHz	13.56 MHz	PJM 13.56 MHz (*)	868–915 MHz	2.45–5.8 GHz
ส่วนแบ่งตลาด (**)	74 %	17 %		เริ่มใช้งานปี 2003	6 %	3 %
ระยะในการอ่าน	ถึง 1.2 ม.	0.7–1.2 ม.	ถึง 1.2 ม.	ถึง 1.2 ม.	ถึง 4 ม. (***)	ถึง 15 ม. (****)
ความเร็วในการอ่าน	ไม่เร็วมาก	น้อยกว่า 1–5 วินาที (5s for 32 KB)	ปานกลาง (0.5 m/s)	เร็วมาก (4 m/s)	เร็ว	เร็วมาก
สภาวะที่ชื้น	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	มีผลกระทบ	มีผลกระทบ
มาตรฐาน ISO	11784/85 และ 14223	14443 A+B+C	18000-3.1/15693	18000-3.2	18000-6 และ EPC C0/C1/C1G2	18000-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) แสดงข้อแตกต่างของอาร์เอฟไอดีระบบต่าง ๆ

พารามิเตอร์	ย่านความถี่ต่ำ (LF)	ย่านความถี่สูง (HF)			ย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF)	ย่านไมโครเวฟ
การประยุกต์ใช้งาน	Access Immobilizer, gas, laundry	Smart cards: identification, electronic ID, ticketing	Library, ticketing for big events, goods logistics, tracking/tracing, pallets' registration	Baggage handling at airport, boarding pass, postal, pharmacy	Palletts' Registration, trucks registry, trailer tracking	Road tolling, container tracking
หมายเหตุ: (*) Phase jitter modulation, (**) VDC-Report 2002, worldwide shipment of RF-ID transponders (units), (***) in USA, (****) active transponder with battery						

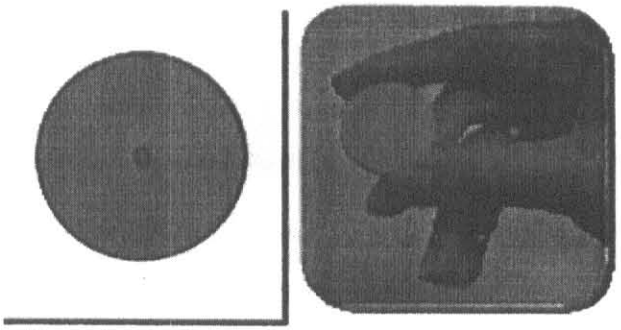
2.9 การประยุกต์ใช้อาร์เอฟไอดีในประเทศไทย

ในระยะเวลา 2-3 ปีที่ผ่านมา เราสามารถพบเห็นการนำอาร์เอฟไอดี มาประยุกต์ใช้งานในประเทศไทยมากขึ้น เราอาจเคยสัมผัสอาร์เอฟไอดีในรูปแบบต่าง ๆ โดยไม่รู้ตัว เนื่องจากอาร์เอฟไอดีเป็นเทคโนโลยีที่สามารถปรับใช้กับกระบวนการทางธุรกิจต่าง ๆ ได้อย่างอเนกประสงค์ และลงตัว ตัวอย่างการประยุกต์ใช้อาร์เอฟไอดี ที่พบเห็นได้ในปัจจุบัน ได้แก่

2.9.1 ระบบเก็บค่าโดยสารรถไฟฟ้ามหานครด้วยตั๋วอาร์เอฟไอดี

รถไฟฟ้ามหานคร (รฟม./MRT) สายเฉลิมรัชมงคล (สายสีน้ำเงิน ระยะแรกหัวลำโพง-บางซื่อ) หรือที่คนทั่วไปมักเรียกว่า "รถไฟฟ้าใต้ดิน" เปิดให้บริการเป็นครั้งแรกเมื่อกลางปี พ.ศ. 2547 โดยมีการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม./MRTA) และบริษัทรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ให้บริการระบบรถไฟฟ้าดังกล่าวได้ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยหลายอย่าง รวมทั้งระบบเก็บค่าโดยสาร ซึ่งใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี ในรูปแบบบัตรอเนกประสงค์ชนิดไร้สัมผัส (contactless smart card) ซึ่งแบ่งเป็นบัตรโดยสารแบบเติมเงิน (Stored-value ticket) และเหรียญโดยสารเที่ยวเดียว (Single-journey token)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.32 เหรียญโดยสาร (token) ซึ่งใช้เป็นตั๋วเที่ยวเดียว

ภาพที่ 2.33 บัตรเอนกประสงค์ (smart card) ซึ่งใช้เป็นตั๋วเติมเงิน

ระบบดังกล่าวเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจำหน่ายบัตรผู้โดยสาร เพิ่มความรวดเร็วในการผ่านเข้าออกของผู้โดยสาร เพิ่มความสะดวกให้กับผู้โดยสาร กล่าวคือ ผู้โดยสารไม่จำเป็นต้องนำบัตรออกมาจากกระเป๋าเงิน เพื่อสอดบัตรเข้าเครื่องอ่านบัตร เพียงแต่นำบัตรที่อยู่ในกระเป๋ามาใกล้กับที่อ่านบัตรในระยะห่างประมาณ 1-5 เซ็นติเมตรเท่านั้น ผู้โดยสารก็สามารถผ่านเข้าออกได้โดยไม่เสียเวลา

ภาพที่ 2.34 แสดงการใช้บัตรผู้โดยสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ รฟม. ยังใช้ระบบอาร์เอฟไอดีรูปแบบบัตรอเนกประสงค์แบบไร้สัมผัสในการควบคุมการเข้าออกและเก็บค่าจอดรถ สำหรับอาคารจอดแล้วจร (Park and Ride) ที่สถานี รฟม. ลาดพร้าว อีกด้วย ซึ่งระบบดังกล่าวทำให้ รฟม. บริหารจัดการที่จอดรถได้อย่าง สะดวกรวดเร็วและปลอดภัย สามารถแจ้งจำนวนที่จอดรถที่ยังว่างอยู่ให้ผู้ใช้บริการทราบล่วงหน้า และให้ส่วนลดแก่ผู้จอดรถที่ใช้บริการรถไฟฟ้าใต้ดินด้วยการจัดให้มีเครื่องบันทึกส่วนลดค่าจอดรถ (ด้วยสัญญาณความถี่วิทยุ) ที่สถานีปลายทาง

ในอนาคต คาดว่าจะมีการนำระบบตั๋วอาร์เอฟไอดีมาใช้ในการขนส่งมวลชน ทุกระบบ ไม่ว่าจะเป็นระบบไฟฟ้ามหานคร สายสีม่วง สายสีส้ม และส่วนต่อขยาย สายสีน้ำเงิน หรือรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนระบบอื่น ๆ เช่น BTS (สายสีเขียว) ซึ่งบริษัทระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ผู้ให้บริการ มีแผนที่จะปรับระบบตั๋วจากเดิมที่ใช้บัตรแถบแม่เหล็กชนิดที่ซ่อนแถบแม่เหล็กไว้ภายในเนื้อบัตร (invisible magnetic stripe) ซึ่งต้องสอดบัตรเข้าเครื่องอ่านให้เป็นบัตรอเนกประสงค์ชนิดไร้สัมผัสซึ่งนอกจากจะเพิ่มความสะดวกรวดเร็วแล้ว ยังสมารถขยายให้มีการใช้ตั๋วร่วม (common ticketing) ระหว่างขนส่งมวลชนทุกระบบอีกด้วย

2.9.2 ระบบห้องสมุดอัจฉริยะ

ห้องสมุดเป็นศูนย์รวมหนังสือและเอกสารหลายรูปแบบ ซึ่งมีจำนวนมากงานบรรณารักษ์จึงต้องอาศัยเทคโนโลยีการระบุข้อมูลอัตโนมัติเข้ามาช่วยในการตรวจสอบหนังสือ การยืม-คืน และการจัดวางหนังสือบนชั้นเพื่อความสะดวกรวดเร็ว ปัจจุบันมีการใช้รหัสแท่ง (barcode) กันอย่างแพร่หลายตามห้องสมุดขนาดใหญ่ แต่ก็มีห้องสมุดอย่างน้อยสองแห่งที่ได้นำระบบอาร์เอฟไอดี เข้ามาเสริมเพื่อให้การยืม-คืน มีความสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น ห้องสมุดดังกล่าว คือ หอสมุดป๋วย อึ๊งภากรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี และ หอสมุดมหาวิทยาลัยชินวัตร อ.สามโคก จ.ปทุมธานี

ภาพที่ 3.35 หอสมุดป๋วย อึ๊งภากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอสมุดป๋วย อึ้งภากรณ์ เป็นห้องสมุดกลุ่มสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ สำหรับมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต มีพื้นที่ใช้สอย 18,669 ตารางเมตร แบ่งออกเป็น 3 ชั้น มีหนังสือและสิ่งพิมพ์ให้บริการในระบบชั้นเปิดประมาณ 90,000 เล่ม หนังสือในคลังหนังสือประมาณ 100,000 เล่ม

ปัจจุบันมีบริษัทไทยที่ให้บริการวางระบบห้องสมุดโดยใช้อาร์เอฟไอดีแล้วหลายบริษัท เช่น บริษัท Computer Technology System จำกัด ที่ได้วางระบบห้องสมุดอาร์เอฟไอดีให้กับโรงเรียนต่าง ๆ ไปแล้วกว่า 80 โรงเรียน และกำลังพัฒนาระบบให้มีความสามารถรองรับห้องสมุดที่ใหญ่มากขึ้นอย่างห้องสมุดมหาวิทยาลัย

2.9.3 ระบบจัดการฟาร์มเลี้ยงสัตว์อัตโนมัติ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ส่งออกสินค้าเกษตรและอาหารมากเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก จนอาจกล่าวได้ว่าไทยเป็น "ครัวของโลก" การเลี้ยงปศุสัตว์เพื่อการใช้งานหรือเป็นอาหารแต่เดิมมาจะใช้วิธีแบบง่าย ๆ ที่ไม่ได้มีการบริหารจัดการมากมายนัก เมื่อการแข่งขันในตลาดโลกมีความรุนแรงมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อประเทศคู่ค้ามีความเข้มงวดในเรื่องความปลอดภัยอาหารและความสามารถในการตรวจสอบย้อยกลับสินค้าอาหาร ผู้เลี้ยงปศุสัตว์จึงต้องหาวิธีที่เหมาะสมในการบริหารจัดการเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มคุณภาพของสินค้าเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ผู้ซื้อกำหนด ปัจจุบันมีฟาร์มในประเทศไทยที่ทดลองนำระบบอาร์เอฟไอดีมาใช้งานแล้ว หนึ่งในฟาร์มดังกล่าวคือฟาร์มสุกรของบริษัท SPM Feed Mill จำกัด อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี

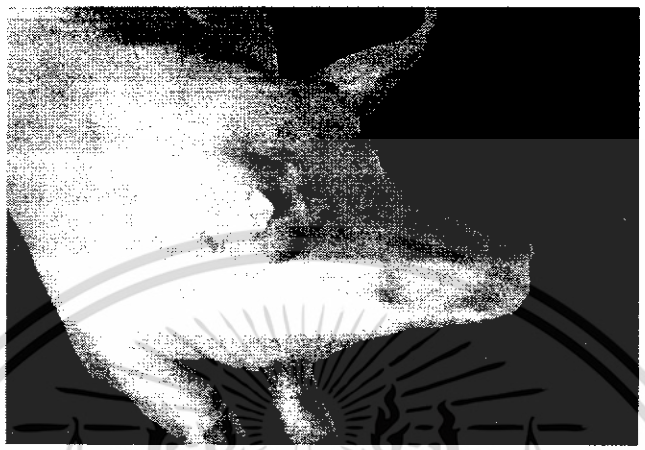
ฟาร์มเอสพีเอ็ม ได้นำอาร์เอฟไอดีเข้ามาใช้ตั้งแต่เมื่อ 10 ปีที่แล้ว การริเริ่มนำระบบอาร์เอฟไอดีเข้ามาใช้เนื่องจากคุณสมชาย เจ้าของฟาร์มไปดูงานในประเทศแถบยุโรปและเห็นมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากในยุโรปมีปัญหาเรื่องการจัดฟาร์ม และเรื่องของต้นทุนที่สูงขึ้น คุณสมชายเห็นว่าในอนาคตฟาร์มในประเทศไทยก็ต้องประสบปัญหาเช่นเดียวกัน จึงตัดสินใจนำระบบอาร์เอฟไอดีเข้ามาใช้ในการจัดการเกี่ยวกับ ระบบควบคุมการให้อาหารแม่พันธุ์สุกรในฟาร์มของตนเองเพื่อลดต้นทุนและทำให้แม่พันธุ์สุกรมีสุขภาพที่ดีไม่อ้วนหรือผอมเกินไป เนื่องจากได้รับอาหารในปริมาณที่เหมาะสม

การเลี้ยงแม่พันธุ์สุกรแบบเดิมนั้นจะเลี้ยงในกรงตับ (หรือกรงแบบขังเดี่ยวเรียงเป็นแถว) คนเลี้ยงจะตักอาหารให้ในรางอาหาร ซึ่งไม่สามารถทราบได้ว่าสุกรกินอาหารได้ในปริมาณที่เหมาะสมแล้วหรือยัง จึงทำให้เกิดปัญหาสุกรอ้วนหรือผอมเกินไป อีกทั้งอาหารที่กินก็อาจมากหรือน้อยกว่าที่จำเป็น นอกจากนั้นแรงงานที่เลี้ยงสุกรเริ่มหายากและค่าแรงแพงขึ้น (โดยเฉลี่ยจะใช้คนงานประมาณ 1 คนต่อสุกร 200 ตัว)

สำหรับการเลี้ยงแบบใหม่จะใช้วิธีเลี้ยงรวมในพื้นที่กว้าง ซึ่งมีส่วนช่วยในการลดความเครียดให้แม่พันธุ์สุกรแทนการขังในกรงตับแบบแคบ ๆ อีกทั้งยังช่วยให้แม่พันธุ์สุกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเดินออกกำลังกายได้อีกด้วย อย่างไรก็ดีการเลี้ยงรวมในพื้นที่กว้างขึ้น จำเป็นต้องดูแลระบบการให้อาหารอย่างทั่วถึงและปริมาณที่เหมาะสมเพื่อควบคุมคุณภาพของแม่พันธ์สุกร ดังนั้นฟาร์มเอสพีเอ็มจึงนำระบบอาร์เอฟไอดี เข้ามาช่วยในระบบการให้อาหาร



ภาพที่ 2.36 แสดงการใช้อาร์เอฟไอดีกับระบบให้อาหารเพื่อควบคุมคุณภาพของแม่พันธ์สุกร

แท็กที่มีไมโครชิปข้างในซึ่งถูกติดบริเวณใบหูของแม่พันธุ์สุกร จะบรรจุข้อมูลเกี่ยวกับอายุของสุกร น้ำหนัก การให้ลูก ปริมาณอาหารที่ควรจะได้รับในแต่ละวัน (ซึ่งโดยเฉลี่ยจะกินตัวละ 3 กิโลกรัมต่อวัน) หลักการทำงานของระบบควบคุมการให้อาหารไม่ยุ่งยาก เพียงแต่ต้องออกแบบทางเดินสำหรับให้แม่พันธ์สุกรเข้าไปกินอาหารได้ทีละตัวและมีทางเข้าทางเดียว เมื่อถึงเวลากินอาหารตามที่ถูกฝึกไว้ แม่พันธุ์สุกรจะเดินเข้าไปในคอกให้อาหารทีละตัว เมื่อแม่พันธุ์สุกรเดินเข้าไปถึงรางอาหารภายในคอกให้อาหาร เครื่องอ่าน (Reader) ที่รางให้อาหารจะอ่านข้อมูลจากแท็กที่ติดไว้ที่ใบหู แล้วส่งข้อมูลผ่านกล่องรับ-ส่ง ข้อมูลที่ติดไว้บริเวณคอสุกร ไปยังระบบควบคุมเพื่อให้เครื่องให้อาหารปล่อยอาหารออกมาให้แม่พันธุ์สุกรตามปริมาณที่ตั้งไว้โดยปล่อยอาหารออกมา ทีละ 1 ขีดเรื่อยไปจนครบจำนวนที่ตั้งไว้ในระบบควบคุม เมื่อแม่พันธุ์สุกรกินจนพอหรือได้ตามปริมาณที่ตั้งไว้ แม่พันธุ์สุกรจะเดินออกไปในทางออกในปลายอีกด้านของคอกให้อาหาร หลังจากนั้นแม่พันธุ์สุกรตัวใหม่ก็จะเดินเข้ามา วิธีการให้อาหารแบบนี้ต้องมีการฝึกแม่พันธุ์สุกรตัวใหม่ก็จะเดินเข้ามา วิธีการให้อาหารแบบนี้ต้องมีการฝึกแม่พันธ์สุกรที่เข้ามาในกรงรวมครั้งแรกโดยผู้ดูแลจะฝึกให้แม่พันธ์สุกรรู้จักเดินเข้าไปกินอาหารในคอกให้อาหาร

อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ที่ฟาร์มเอสพีเอ็มใช้ ยังเป็นอุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศเมื่อประมาณ 10 ปีที่แล้ว แต่ปัจจุบันนี้ได้มีบริษัทของคนไทยที่สามารถออกแบบและผลิตอุปกรณ์ได้เองในประเทศ ได้ร่วมกับเนคเทค/สวทช. ทำโครงการนำร่องทดลองใช้อาร์เอฟไอดี ที่ผลิตในประเทศในฟาร์มทดลองของภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวบาลแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ.เมือง จ.นครปฐม บริษัทดังกล่าว คือ บริษัท ซิลิคอนคราฟท์เทคโนโลยี จำกัด และบริษัท ไอ.อี. เทคโนโลยี จำกัด

2.9.4 ระบบที่จอดรถ

อาร์เอฟไอดี เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยควบคุมการเข้าออก อาคารสถานที่ได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันได้มีผู้ดูแลที่จอดรถนำระบบอาร์เอฟไอดี มาใช้แล้วหลายแห่ง อาทิ อาคารจอดรถ ณ สถานีรฟม. ลาดพร้าว ที่จอดรถของศูนย์การค้าฟิวเจอร์พาร์ครังสิต อ.ธัญบุรี จ. ปทุมธานี ที่จอดรถของศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ กทม. เป็นต้น

นอกจากนี้ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ(เนคเทค/สวทช.) ได้ร่วมกับบริษัทฟอร์เวิร์ดซิสเต็ม จำกัด ทำโครงการวิจัยเพื่อทดลองอุปกรณ์อาร์เอฟไอดี ที่เป็นผลงานการพัฒนาโดยนักวิจัยของศูนย์มาใช้ในวางระบบควบคุมยานพาหนะผ่านเข้าออกอุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ด้วย

2.9.5 ระบบควบคุมการเข้า-ออกอาคารสำนักงาน

ดังที่กล่าวข้างต้น อาร์เอฟไอดีเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยควบคุมการเข้าออกอาคารสถานที่ได้เป็นอย่างดี จึงมีการนำมาใช้เป็นระบบควบคุมการเข้าออกอาคารสำนักงานหลายแห่ง โดยมีข้อดีคือ สะดวก รวดเร็ว และปลอดภัยใจการเข้า-ออกห้อง หรือสถานที่ต่าง ๆ โดยศูนย์พัฒนาธุรกิจออกแบบวงจรรวม (TIDI) ภายใต้เนคเทค ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ราคาเหมาะสำหรับระบบควบคุมการเข้า-ออกอาคารโดยเฉพาะ โดยทดสอบการใช้งานภายในอาคารเนคเทค สนใจรายละเอียดเพิ่มเติมสามารถดูได้ที่ http:www.tidi.nectec.or.th.

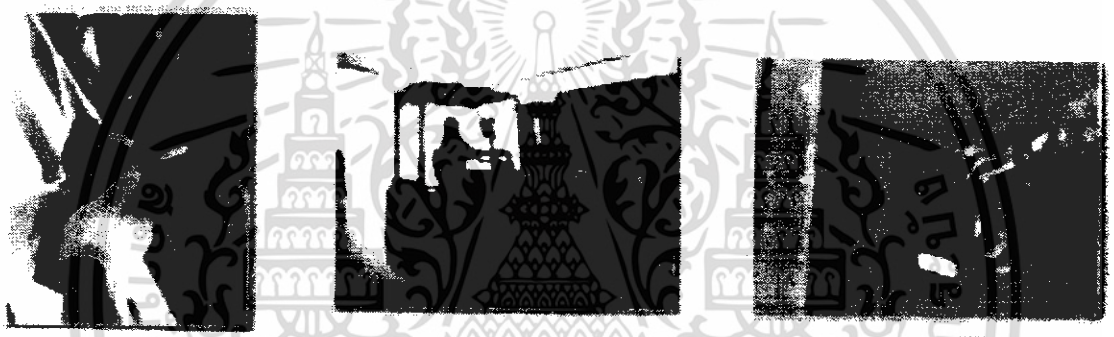
2.9.6 ระบบการตรวจสอบติดตาม และตรวจสอบย้อนกลับสินค้า

ปัจจุบันมีบริษัทในเมืองไทยที่เริ่มตระหนักถึงศักยภาพของระบบอาร์เอฟไอดี ในการเพิ่มความสะดวกรวดเร็วและความมั่นคงปลอดภัยในกระบวนการขนส่งสินค้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งสินค้าที่ต้องมีการควบคุมคุณภาพระหว่างการขนส่งและสินค้า ได้รับการยกเว้นภาษีเพื่อการส่งออกจากกรมศุลกากร ซึ่งต้องมีการควบคุมเส้นทางการขนส่งอย่างเข้มงวด บริษัทดังกล่าวคือบริษัท Western Digital (ประเทศไทย) จำกัด ผู้ผลิตฮาร์ทดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน อ.บางปะอิน จ. อยุธยา ได้มีส่วนร่วมกับกองเขตปลอดภัย (Free Zone Division) กรมศุลกากร ทำโครงการนำร่องใช้ผนึกอิเล็กทรอนิกส์หรือ e-seal ซึ่งเป็นแท็กอาร์เอฟไอดีแบบแอ็กทีฟรูปแบบหนึ่งในการปิดล็อกประตูตู้สินค้า เก็บข้อมูลและบันทึกความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตลอดเส้นทางการขนส่ง เช่น เวลาออกเดินทาง เวลาถึงที่หมาย และการเปิดปิดประตูตู้สินค้าระหว่างเส้นทาง (ซึ่งไม่ควรเกิดขึ้นในกรณีปกติ) โครงการนี้ในระยะแรกจะครอบคลุมการใช้ e-seal [illegible] การขนส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นส่วนจากโรงงานในบางปะอินสู่โรงงาน Westem Digital 1 และ 2 ซึ่งตั้งอยู่ในเขตปลอดอากร ในระยะที่สองจะใช้ขนส่งผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสไดรฟ์ที่ประกอบเสร็จแล้วไปยังท่าอากาศยานกรุงเทพเพื่อการส่งออก ทางบริษัทจะลงทุนซื้อ e-seal และเครื่องอ่านที่สถานีตรวจสอบสินค้าของศุลกากร (customs checking post) ในโครงการนำร่องนี้ โดยที่อุปกรณ์อาร์เอฟไอดีทั้งหมดผลิตในประเทศโดยบริษัทไอเดนทิไฟ จำกัด

สำหรับการขนส่งทางเรือ กรมศุลกากร การท่าเรือแห่งประเทศไทย และ สวทช. (โดยเนคเทค) ได้ร่วมมือกันทำโครงการนำร่องยกระดับท่าเรือแหลมฉบังให้เป็นท่าขนส่งอิเล็กทรอนิกส์ หรือ e-port ซึ่งในโครงการนี้นอกจากจะมีการพัฒนาระบบแลกเปลี่ยนข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัยยิ่งขึ้นแล้วยังจะมีการทดลองใช้แท็กอาร์เอฟไอดี ในระบบ e-seal (เพื่อตรวจสอบตู้สินค้า) และระบบ e-toll (ระบบเก็บเงินค่ารถบรรทุกผ่านท่า) อีกด้วย



ภาพที่ 2.37 แสดงการใช้งานอาร์เอฟไอดีกับระบบตรวจสอบต่าง ๆ

นอกจากนี้เนคเทคและสวทช. จะร่วมมือกับกรมประมงในการดำเนินโครงการนำร่องพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับอาหารในโรงงานด้วยอาร์เอฟไอดี ที่เรียกว่า Factory Food Traceability System โดยจะนำร่องในโรงงานแปรรูปกุ้งของบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) อ.แกลง จ.ระยอง และบริษัท จันทบุรีโฟนเซนฟู้ด จำกัด ภายในปลายปี 2548 นี้ ซึ่งจะใช้อุปกรณ์อาร์เอฟไอดี ทั้งไมโครชิปและเครื่องอ่านที่ผลิตในประเทศไทย (บริษัท ซิลิคอนคราฟท์เทคโนโลยี จำกัด และบริษัท ไอ.อี.เทคโนโลยี จำกัด) และซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดยบริษัทไทย (บริษัทเอฟเอ็กซ์เอ จำกัด)

2.10 ความปลอดภัยของข้อมูลและสิทธิส่วนบุคคลของอาร์เอฟไอดี

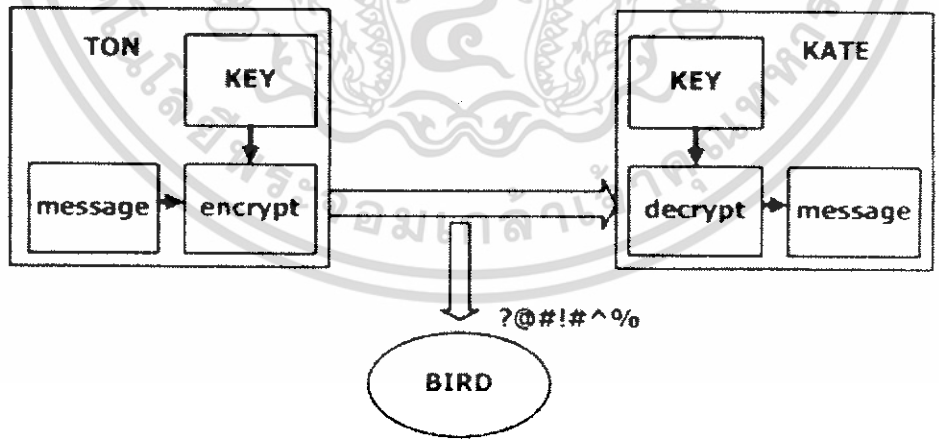
เนื่องจากอาร์เอฟไอดี จะถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวันของเราอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลนั้น ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารผ่านสายหรือผ่านคลื่น ดังเช่นในกรณีของอาร์เอฟไอดี ล้วนมีความเสี่ยงต่อการถูกจู่โจมทั้งจากการดักฟัง ปิดกั้น แก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือพยายามแอบฟังเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นมีได้ทั้งในระดับบุคคล หรือองค์กร ซึ่งอาจมีค่ามหาศาล จึงเป็นการปกติที่ระบบต่าง ๆ จะต้องมีการใช้มาตรการรักษาความปลอดภัยให้เพียงพอสำหรับงานนั้น ๆ

2.10.1 สำหรับอาร์เอฟไอดีประสิทธิภาพสูงสำหรับการใช้งานเฉพาะทาง

การรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในอาร์เอฟไอดีประสิทธิภาพสูงนั้น ทำได้โดยผ่านการเข้ารหัสลับและการพิสูจน์ตัวจริง (authentication) ซึ่งในปัจจุบันมีรูปแบบหลัก ๆ 2 รูปแบบ คือ การใช้อัลกอริธึมแบบสมมาตร (symmetric algorithm) และแบบอสมมาตร (asymmetric algorithm) ซึ่งทั้งสองระบบนั้นเป็นการทำการเข้ารหัสลับโดยการอาศัยกุญแจลับ หมายความว่าอัลกอริธึมที่ใช้นั้นถูกเปิดเผยได้ แต่ตราบใดที่ผู้รับไม่มีกุญแจที่ถูกต้อง ก็ไม่สามารถเข้าถึงความจริงของข้อมูลได้ ซึ่งหลักการนี้แตกต่างเป็นอย่างมากกับการเข้ารหัสลับในสมัยโบราณที่อาศัยคลามลับของอัลกอริธึมเป็นหลักซึ่งง่ายกว่าต่อการถูกแกะข้อมูล (ตัวอย่างเช่น กระบวนการสับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมตำแหน่งของตัวอักษรอย่างเป็นระบบ ดังเช่นที่ถูกใช้ในระบบการส่งข้อมูลข่าวสารทางการทหารในสมัยโบราณ เป็นต้น) ทั้งนี้กระบวนการทำงานของการเข้ารหัสลับ และการพิสูจน์ตัวจริงโดยใช้ระบบกุญแจนั้น โดยทั่วไปต้องการเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง มีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลเพียงพอ สำหรับในระบบอาร์เอฟไอดี ก็อาจหมายถึงอาร์เอฟไอดีชนิดที่มีหน่วยประมวลผล (MCU : microcontroller) ข้างในหรืออีกนัยหนึ่งนั่นก็คือ บัตรอเนกประสงค์ชนิดไร้สัมผัส หรือ contactless smart card (proximity card) ตามมาตรฐาน ISO14443



ภาพที่ 2.38 แสดงอัลกอริธึมแบบสมมาตร (Symmetric algorithm)

ในการเข้ารหัสลับแบบสมมาตร หรือที่เรียกอีกแบบว่า อัลกอริธึมกุญแจลับ (Secret-key algorithm) นั้นข้อมูลจากผู้ส่ง เช่น ระหว่างผู้ส่งคือ "ต้น" กับผู้รับคือ "เกษ" เมื่อต้นส่งข้อความซึ่งเรียกว่า ข้อความธรรมดา (plaintext) จะถูกเข้ารหัสลับด้วยกุญแจส่วนตัว (private key) กลายเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อความลับ (cipher text) เมื่อเกษได้รับข้อมูลนั้น ก็จะใช้กุญแจชุดเดียวกันในการถอดรหัสข้อความ โดยที่ในระหว่างทางแม้จะมีผู้แอบฟังคือ "เบิร์ด" ซึ่งแอบฟังอยู่จะเห็นตัวข้อความลับ (cipher text) แต่เมื่อไม่ทราบกุญแจก็จะไม่สามารถตีความหมายได้ ยกตัวอย่างการเข้ารหัสง่าย ๆ เช่น ต้น (หรือแท็กอาร์เอฟไอดี) ต้องการส่งสัญญาณไบนารี 1101 ให้เกษ เมื่อมีการเข้ารหัสโดยการ XOR กับกุญแจค่า 1001 จะได้ข้อมูลที่เข้ารหัสลับมีค่าเท่ากับ XOR(1101,1001) = 0100 ซึ่งจะเป็นค่าที่เบิร์ดได้เห็นเมื่อมีการดักฟัง เกษซึ่งเป็นผู้มีกุญแจก็สามารถถอดรหัสข้อความ โดยใช้กุญแจชุดเดียวกันคือ 0100 XOR 1001 = 1101 ซึ่งได้เป็นค่าข้อความที่ถูกต้อง เป็นต้น

ส่วนการเข้ารหัสลับแบบอสมมาตร หรือที่เรียกอีกแบบหนึ่งว่า อัลกอริธึม แบบกุญแจสาธารณะ (public-key algorithm) นั้น แตกต่างจากสมมาตรตรงที่การเข้ารหัสลับและการถอดรหัสใช้กุญแจลับต่างกัน โดยการเข้ารหัสลับจะใช้กุญแจสาธารณะ (public key) ซึ่งสามารถเผยแพร่โดยทั่วไปได้ ซึ่งผู้ที่จะสามารถอ่านข้อความที่ถูกเข้ารหัสลับโดยกุญแจสาธารณะนั้นได้จะต้องเป็นผู้ที่มีกุญแจส่วนตัว (private key) ซึ่งเป็นคู่ของกุญแจสาธารณะนั้น ๆ โดยตรงเท่านั้น โดยที่มีความเป็นได้ยากมากหรือเป็นไปไม่ได้เลย (อย่างน้อยในเชิงทฤษฎี) ที่จะคาดเดากุญแจส่วนบุคคลจากอัลกอริธึมแบบกุญแจสาธารณะ อัลกอริธึมแบบอสมมาตรมีความซับซ้อนสูง แต่มีความปลอดภัยสูงเช่นกัน ตัวอย่างอัลกอริธึมที่ใช้ เช่น RSA,ECC เป็นต้น ซึ่งอัลกอริธึมแบบอสมมาตรเหมาะสำหรับการใช้งานรักษาความปลอดภัยประเภทกระจาย (Many-to-many) เช่น ใน e-commerce โดยเราอาจจะใช้กุญแจสาธารณะ ซึ่งสามารถมีจำนวนมากได้ในการเข้าสลักการสั่งสินค้า ส่วนการถอดสลักโดยบริษัทจะสามารถทำได้อาศัยกุญแจส่วนตัวเฉพาะของบริษัทเท่านั้นเป็นต้น

2.10.2 สำหรับอาร์เอฟไอดีราคาต่ำที่จะต้องมีการใช้ทั่วไปใน EPC

เนื่องจากเงื่อนไขทางด้านราคาที่จะต้องถูกที่สุดเพื่อนำไปใช้อย่างกว้างขวางเป็นเป้าหมายหลักที่ต้องทำก่อน ข้อกำหนดทางด้านความปลอดภัยจึงยังไม่ชัดเจนนัก ซึ่งประเด็นสำคัญเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลและสิทธิส่วนบุคคล เช่น

2.10.2.1 การถูกขโมยรหัสประจำตัว

ถ้ามีการซ่อนอาร์เอฟไอดีไว้ในผลิตภัณฑ์ มีความเป็นได้ทางเทคนิคที่จะมีการแอบอ่านข้อมูล แต่ทั้งนี้การจะทำได้นั้นต้องทำในระยะใกล้มาก ซึ่งทำให้เงื่อนไขสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้มีน้อยหรือต้องการเครื่องอ่านที่ใช้กำลังส่งแรงผิดปกติมาก ซึ่งอาจทำการสังเกตและป้องกันได้

2.10.2.2 การป้องกันข้อมูลของป้ายราคาต่ำที่ติดสำหรับอะไรไว้มีความจำเป็นที่ต้องมี

โดยหลักใหญ่แล้ว ป้ายอาร์เอฟไอดีราคาต่ำ โดยเฉพาะ EPC ถูกติดเพื่ออำนวยความสะดวกในการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง ความหมายของรหัสประจำตัวซึ่งจะบ่งถึงชนิดและข้อมูลเฉพาะของสินค้าชิ้นนั้น ๆ เช่น กระบวนการบริหารจัดการกับผลิตภัณฑ์ชิ้นนั้นที่ผ่านมาจะถูก

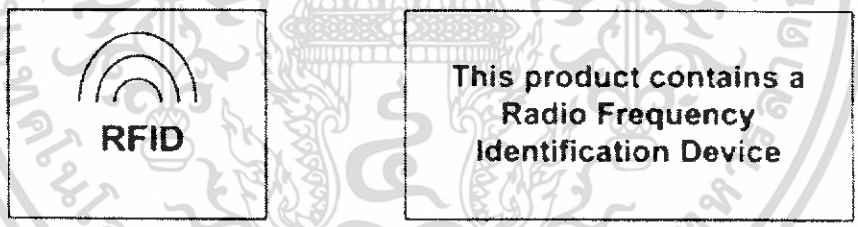
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูล การเข้าถึงรหัสประจำตัวอย่างเดียวโดยไม่รู้ถึงข้อมูลในฐานข้อมูล อาจไม่เกิดประโยชน์สำหรับผู้ดักฟัง

2.10.2.3 การใช้อาร์เอฟไอดีเพื่อจับตาวิเคราะห์ความเคลื่อนไหว

ถ้าไม่ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล ก็มีความเป็นไปได้ที่เราอาจมีการดักอ่านโดยการวางเครื่องอ่านไว้ตามจุดต่าง ๆ เพื่อจะดูความเคลื่อนไหวของผลิตภัณฑ์ที่มีการใส่ป้ายอาร์เอฟไอดีอยู่ ซึ่งนอกจากในเชิงการจัดการวิเคราะห์วัตถุแล้ว ยังอาจใช้ในการวิเคราะห์ถึงตัวผู้ใช้ได้ ซึ่งจะเกี่ยวเนื่องกับสิทธิส่วนบุคคล เนื่องจากอาร์เอฟไอดีมีขนาดเล็กมาก อาจถูกซ่อนไว้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เราใช้อยู่ แม้เป็นไปได้ยากแต่ก็อาจทำให้มีการละเมิดสิทธิส่วนบุคคลได้ ซึ่งแนวทางการป้องกันที่อาจใช้เป็นกรอบเพื่อความสบายใจของผู้บริโภค ได้เคยมีผู้เสนอดังนี้คือ

- สิทธิที่จะทราบว่า ผลิตภัณฑ์มีป้ายอาร์เอฟไอดี
- สิทธิที่จะทำการถอด หยุดการทำงาน หรือทำลายป้าย หลังจากการซื้อผลิตภัณฑ์
- สิทธิที่จะมีทางเลือกในการซื้อสินค้าหรือรับบริการที่เหมือนกันแต่ไม่มีอาร์เอฟไอดีร่วมด้วย
- สิทธิที่จะทราบถึงข้อมูลที่ถูกบรรจุในป้าย และข้อมูลที่เกี่ยวข้องในฐานข้อมูลและสิทธิที่จะแก้ไขในกรณีที่ข้อมูลไม่ถูกต้อง
- สิทธิที่จะทราบว่า เมื่อไร ที่ไหน และทำไม ป้ายถึงถูกอ่าน



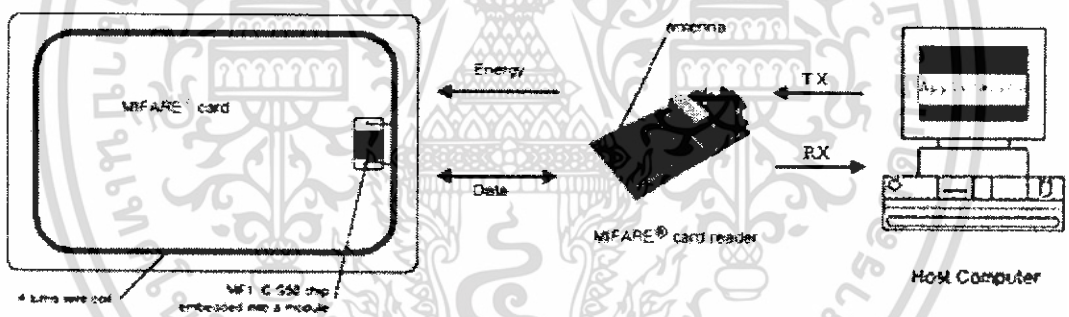
ภาพที่ 2.39 ฉลากเตือนสินค้าที่มีอาร์เอฟไอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 หลักการทำงานของระบบที่จอดรถ

เมื่อเครื่องอ่านเขียนข้อมูล (Reader) ได้รับคำสั่ง (Command) จากส่วนควบคุมที่สูงกว่า หรือคอมพิวเตอร์เครื่องอ่านจะทำการประมวลผลคำสั่งว่า ส่วนควบคุมต้องการให้ทำอะไร จากนั้นก็จะสั่งให้ส่วนของภาครับส่งวิทยุที่มีส่วนของวงจรเข้ารหัส (Coding) ทำการเข้ารหัสเป็นสัญญาณดิจิตอลในรูปแบบของ Line Code จากนั้นส่วนของวงจรผสมสัญญาณ (Modulation) จะทำการผสมข้อมูลเข้ากับคลื่นพาหะแล้วทำการส่งออกไปทางสายอากาศ ขนาดของพื้นที่ที่มีสัญญาณอยู่นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของสายอากาศและพลังงาน (Watt) ของสายอากาศของแท็ก (Tag) เมื่อแท็กเข้ามาในพื้นที่ที่มีสัญญาณแล้วสายอากาศภายในบัตร จะได้รับการคล้องสัญญาณทำให้แท็ก สามารถทำงานได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงหลักการทำงานของระบบที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี

หลังจากนั้นวงจรถอดรหัส (Demodulation) จะทำการแยกสัญญาณข้อมูล ที่ถูกผสมมาจากเครื่องอ่านออกจากคลื่นพาหะแล้วทำการแปลงรหัส (Decoding) จากนั้น หน่วยประมวลผลของแท็กจะรับคำสั่งไปประมวลผล ถ้าเป็นคำสั่งเขียนข้อมูล เครื่องอ่านจะบันทึกข้อมูลที่ส่งมาลงในหน่วยความจำของแท็ก แต่ถ้าเป็นคำสั่งอ่านข้อมูล เครื่องอ่านจะดึงข้อมูลจากหน่วยความจำที่ระบุไว้จากคำสั่ง แล้วทำการผสมข้อมูลที่วงจรผสมข้อมูลภายในแท็กกับคลื่นพาหะ แล้วส่งออกไปทางสายอากาศ เมื่อเครื่องอ่านได้รับสัญญาณจากแท็ก วงจรถอดรหัสของเครื่องอ่านก็จะถอดเอาข้อมูลออกจากคลื่นพาหะแล้วส่งไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลต่อไป

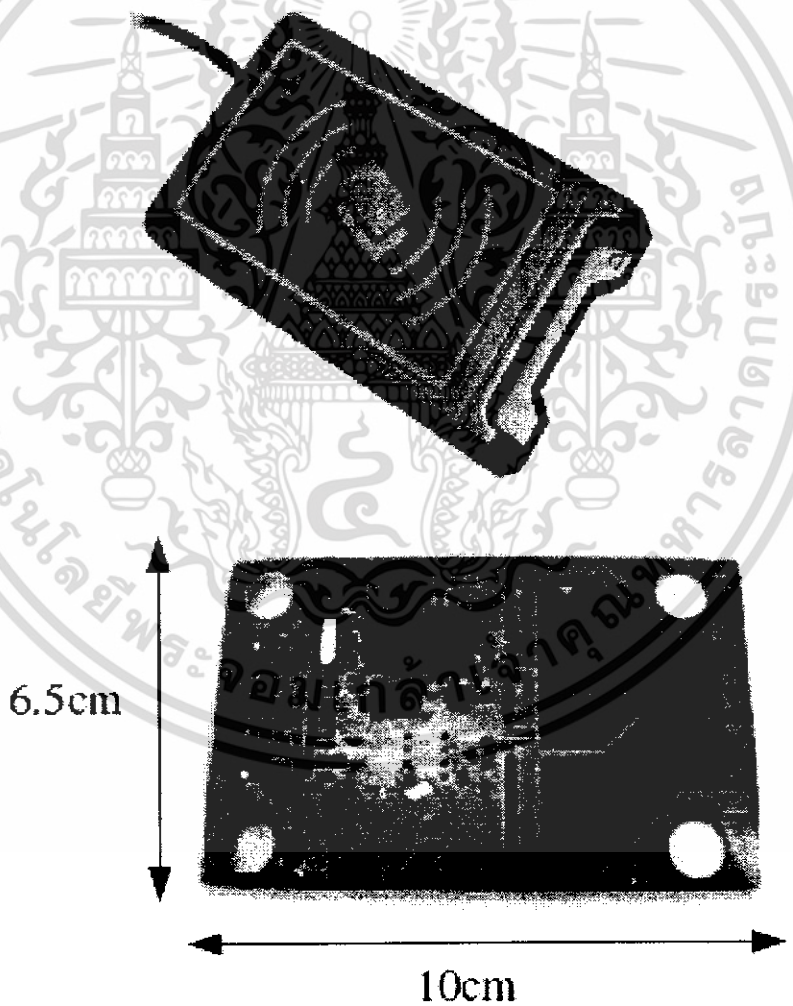
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของระบบที่จอดรถมีดังนี้

- เครื่องอ่าน (Reader) จะติดตั้งอยู่บริเวณประตูทางเข้าที่จอดรถ
- บัตร (Tag) ใช้เป็นบัตรสมาชิกหรือบัตรเข้าใช้บริการที่จอดรถ
- โปรแกรมระบบที่จอดรถ สำหรับการติดต่อระหว่างเครื่องอ่านและบัตรจอดรถ และคำนวณอัตราค่าบริการที่จอดรถแสดงผลของโปรแกรมที่ใช้งานของระบบมอนิเตอร์ (Monitor) ใช้สำหรับ

3.2 ส่วนประกอบของระบบอาร์เอฟไอดี

3.2.1 เครื่องอ่าน ACR120 Contactless Reader/Writer



ภาพที่ 3.2 แสดงภาพของเครื่องอ่าน/เขียนข้อมูลและวงจรภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACR120 Contactless Reader/Writer เป็นตัวอ่านเขียนข้อมูลที่สนับสนุนแท็กมาตรฐาน Mifare Cards , ISO 14443 A and B Cards ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้หลายย่านความถี่ และง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ เช่น การควบคุมการเข้าออก การจองตั๋ว ระบบที่จอดรถ เป็นต้น

ในการออกแบบวงจร สายอากาศจะถูกติดตั้งไว้บนแผ่น PCB มีรัศมีในการอ่าน 5 เซนติเมตร และมีการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต RS-232 โดยใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง 5 โวลต์

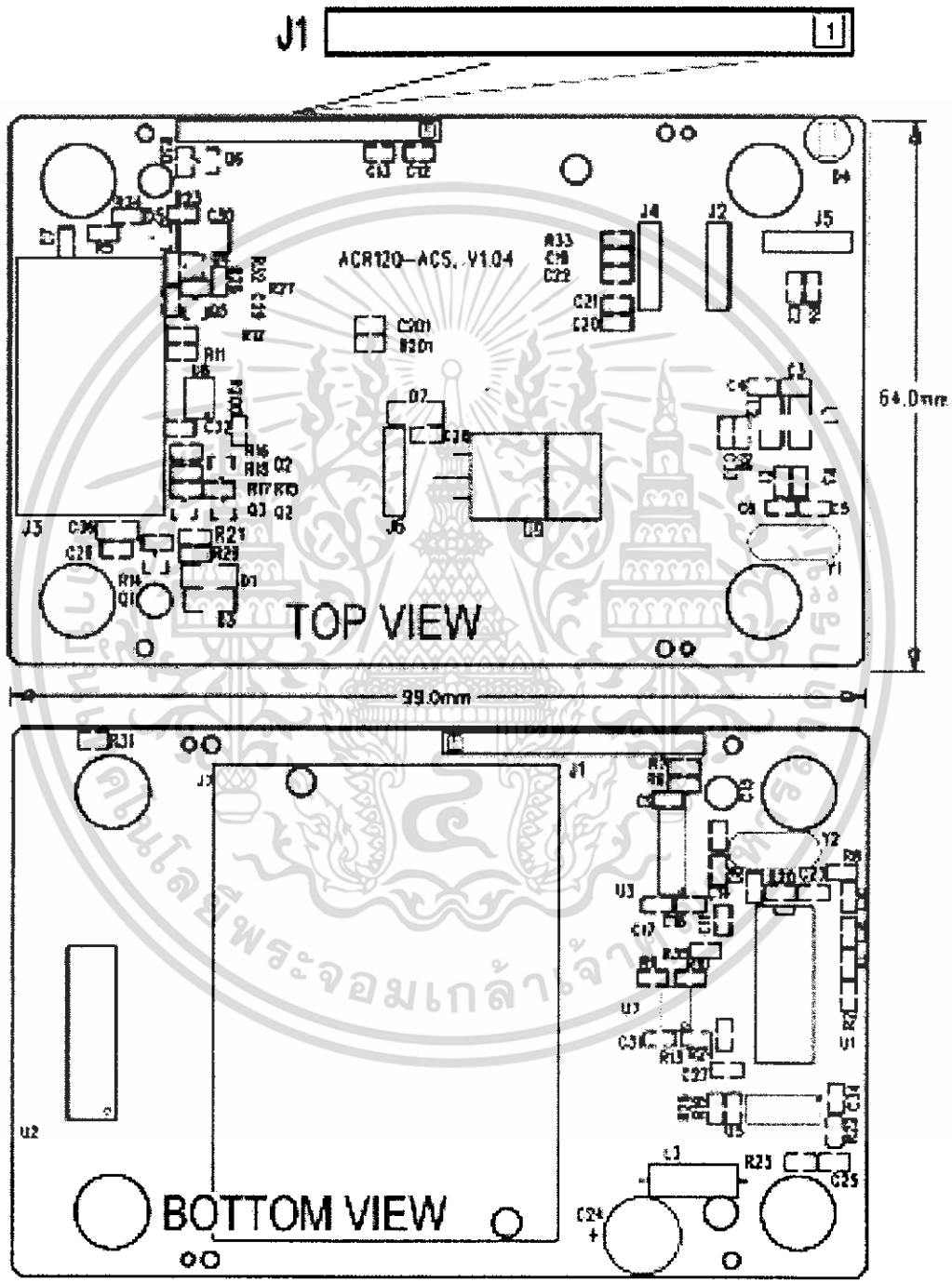
3.2.1.1 คุณสมบัติทางเทคนิค ACR120 Contactless Reader

- Full MIFARE® functionality
- ใช้งานร่วมกับ ISO 14443 and Mifare® Cards ได้
- อ่านและเขียนข้อมูลได้
- อัตราการส่งข้อมูลสูง
- สายอากาศแบบฝังในตัว
- แสดงสถานการทำงานด้วย LED
- Built-in contact smart card slots (on request)
- SAM slot (on request)
- การอ่านและเขียนลงในไมโครโปรเซสเซอร์ทั้งหมดของบัตรโดยใช้โปรโตคอล T=0 หรือ T=1 สนับสนุนหน่วยความจำของบัตรด้วย SLE 4418/28/32/42
- การเชื่อมต่อใช้พอร์ตอนุกรม RS-232 หรือ USB
- แรงดันไฟฟ้า Regulated 5 โวลต์ DC
- รัศมีการทำงานไม่เกิน 50 มิลลิเมตร
- กระแสไฟฟ้า 80 มิลลิแอมป์
- อุณหภูมิการทำงาน 0-70 องศาเซลเซียส
- ขนาด 120 mm (L) x 73mm (B) x 20mm (H)
- ความถี่ที่ใช้งาน 13.56 MHz
- มาตรฐาน / การรับรอง ISO 14443 and Mifare®cards
- ระบบที่สนับสนุนการทำงาน Windows 98, Me, 2K and XP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 บอร์ดไดอะแกรม

บอร์ดไดอะแกรมจะแสดงแผนภาพวงจร ตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเครื่องอ่าน ACR120 Contactless Reader/Writer ทั้งด้านบนและด้านล่าง ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 แสดงบอร์ดไดอะแกรมของ ACR120 Contactless Reader/Writer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของแต่ละขา ที่ใช้งานในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.1

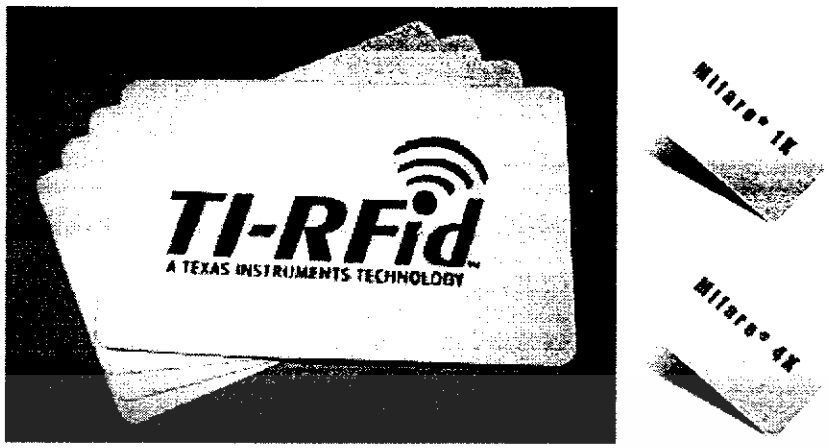
ตารางที่ 3.1 แสดงหน้าที่การทำงานแต่ละขาของพอร์ตของ ACR120 Contactless Reader/Writer

ขา	สัญญาณ	รายละเอียด
1	-RESET	Pulling the signal to ground resets the module.
2	USB-/RS232Tx/RS485+	USB- : not available RS485+ : not available RS232Tx : RS232 Transmit
3	USB+/RS232Tx/RS485-	USB+ : not available RS485- : not available RS232Rx : RS232 Receive. Pulling this signal low for 100 ms will trigger a reset to module.
4	RS422Rx+	Not available
5	RS422Rx-	Not available
6	SDA	I^2C Data
7	SCL	I^2C Clock
8	VCC	+5V supply to the module
9	N.C.	Not connected
10	LED-/User Port	Cathode of on module LED. Can be configured as User Port (Open Collector).
11	VPP	Should connect to GND signal.
12	GND	Power and signal Ground.

3.2.2 แท็ก (Tag)

ในส่วนของแท็กจะมีลักษณะต่าง ๆ แล้วแต่ความสะดวกในการใช้งาน ในระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดีนี้เราจะใช้แท็กที่มีลักษณะเป็นบัตรบาง ๆ ใช้เป็นบัตรสมาชิกหรือบัตรที่จอดรถสำหรับลูกค้าทั่วไป ดังแสดงในภาพที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แสดงภาพของแท็กในระบบอาร์เอฟไอดี

3.2.2.1 คุณสมบัติของแท็กด้านการเชื่อมต่อคลื่นความถี่วิทยุ

- การถ่ายโอนข้อมูลและพลังงานแบบไร้สัมผัส (ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่)
- ระยะการทำงาน : มากกว่า 100 mm (ขึ้นอยู่กับสายอากาศ)
- ความถี่ : 13.56 MHz ISD 14443A
- ความเร็วในการขนส่งข้อมูล : 106 Kbps
- การตรวจสอบความถูกต้อง : CRC 16 bit, Parity, Bit Coding, Bit Counting
- มีการป้องกันการชนกันของข้อมูล
- การถ่ายโอนข้อมูลโดยทั่วไปของบัตรน้อยกว่า 100 ms (รวมถึงการจัดการ Backup)
- ย่านการทำงานโดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 2.5" to 3.9"

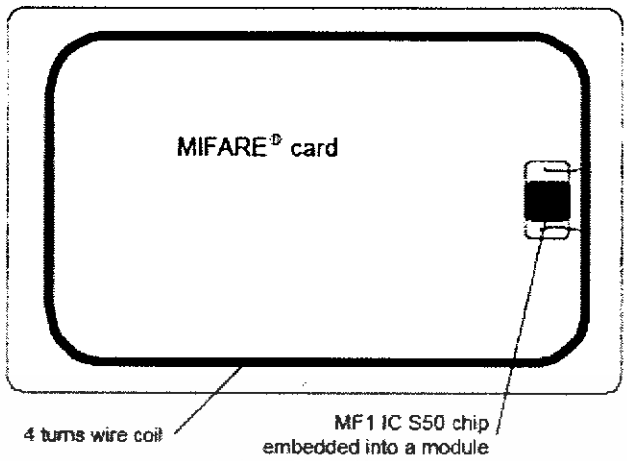
3.2.2.2 คุณสมบัติของแท็กด้านหน่วยความจำ EEPROM

- หน่วยความจำแบบ EEPROM ขนาด 1 กิโลไบต์ หรือ 4 กิโลไบต์ ประกอบด้วย 16 sector แบ่งเป็น 4 block แต่ละ block มี 16 byte
- ผู้ใช้สามารถกำหนดเงื่อนไขการเข้าถึงหน่วยความจำแต่ละ block ได้
- ข้อมูลมีอายุนาน 10 ปี
- สามารถเขียนซ้ำได้ 100,000 ครั้ง

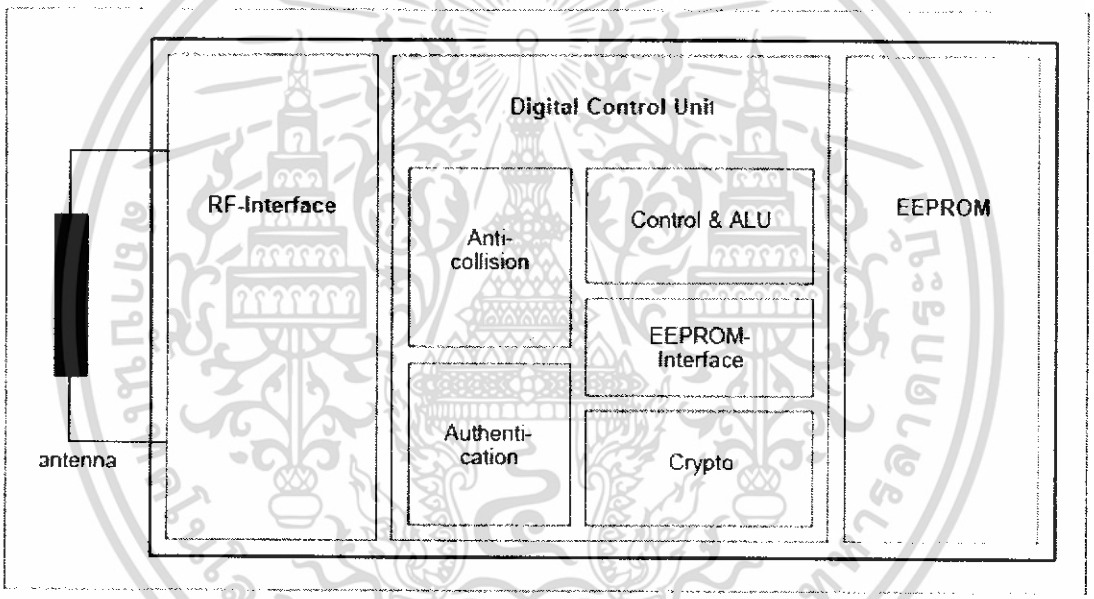
3.2.2.3 คุณสมบัติของแท็กด้านระบบความปลอดภัย

- การพิสูจน์ตัวตนแบบ Mutual three pass authentication (ISO/IEC DIDS9798-2)
- การเข้ารหัสแบบ RF-channel โดยมีการป้องกันการถูกแทรกแซง
- มีชุดคีย์สองชุดต่อเซ็กเตอร์ (ต่อ application) เพื่อสนับสนุน Multi-Application ด้วยคีย์แบบลำดับชั้น
- มีหมายเลขประจำตัวของบัตรแต่ละใบ
- มีรหัสป้องกันการเข้าถึง EEPROM บนชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 แสดงภาพวงจรภายในของแท็ก



ภาพที่ 3.6 แสดงภาพองค์ประกอบภายในของแท็ก

3.3 โปรแกรมใช้งานของระบบและการออกแบบ

โปรแกรมที่ใช้เขียนระบบที่จอดรถนี้ ใช้ภาษา Visual Basic .NET ซึ่งจะประกอบด้วยคลาสและฟังก์ชั่นการทำงานต่าง ๆ อธิบายดังต่อไปนี้

- คลาส FormMain ควบคุมการทำงานของหน้าต่างหลัก ในการเรียกใช้งานส่วนต่าง ๆ ของระบบ
- คลาส FormRent ควบคุมการทำงานของการเข้าใช้บริการ
- คลาส FormReturn ควบคุมการทำงานของการเลิกใช้บริการ

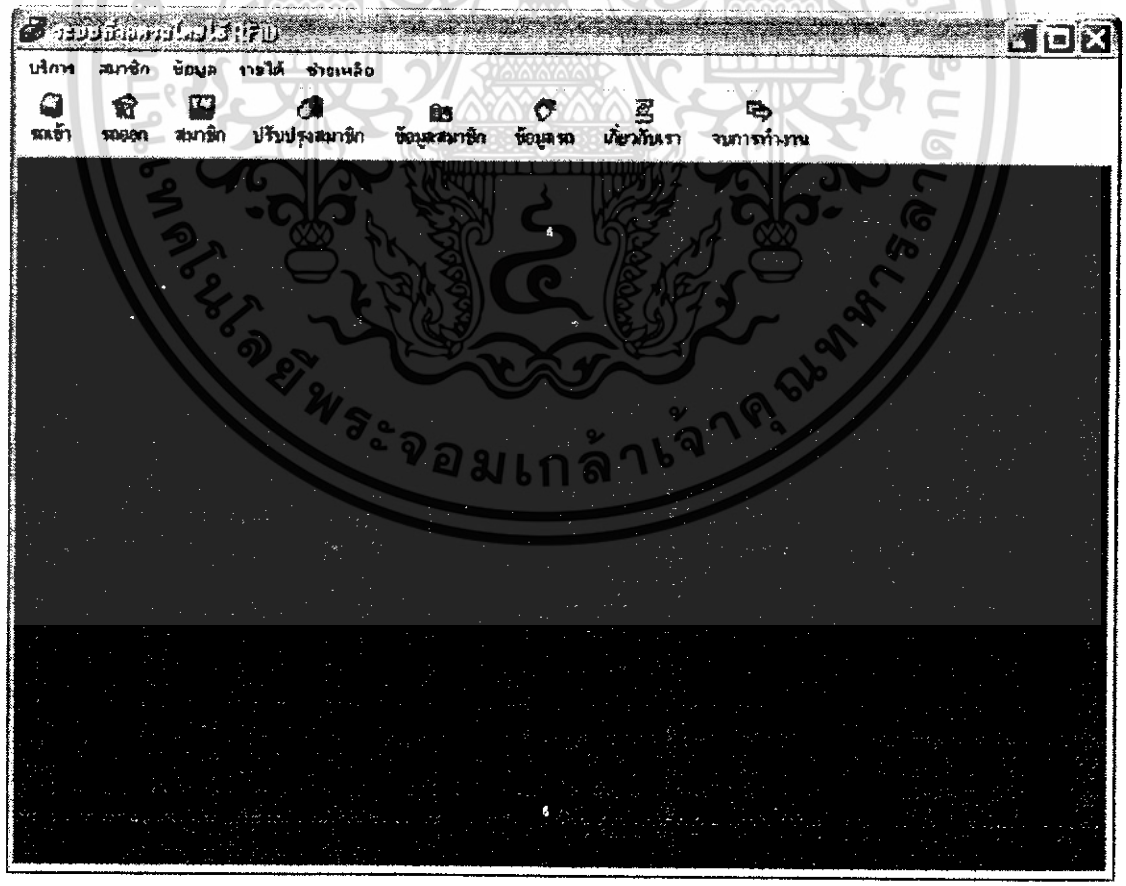
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คลาส FormCarData ควบคุมการทำงานของข้อมูลรถยนต์
- คลาส FormMemberData ควบคุมการทำงานของข้อมูลสมาชิก
- คลาส FormAddMember ควบคุมการทำงานของการสมัครสมาชิกและการเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูล

3.3.1.1 หน้าหลักของโปรแกรม

การทำงานของระบบในขั้นตอนแรกจะเข้าสู่หน้าหลักของโปรแกรม ซึ่งจะประกอบไปด้วยเมนูหลัก แถบเครื่องมือและบริเวณว่างสำหรับหน้าต่างย่อยต่อไป ในส่วนของเมนูหลักและแถบเครื่องมือนั้นจะมีคำสั่งเพื่อสั่งให้ทำงานที่เหมือนกัน ดังแสดงในภาพที่ 3.7 ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

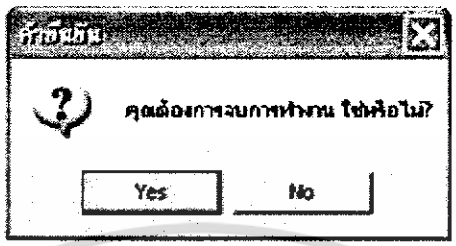
- บริการ ประกอบด้วย รถเข้า รถออก และจบการทำงาน
- สมาชิก ประกอบด้วย เพิ่มข้อมูลสมาชิก และปรับปรุงสมาชิก
- ข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลสมาชิก และข้อมูลรถ
- รายได้ ประกอบด้วย รายได้จากการให้บริการ
- ช่วยเหลือ ประกอบด้วย เกี่ยวกับเรา



ภาพที่ 3.7 แสดงหน้าหลักของโปรแกรมระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

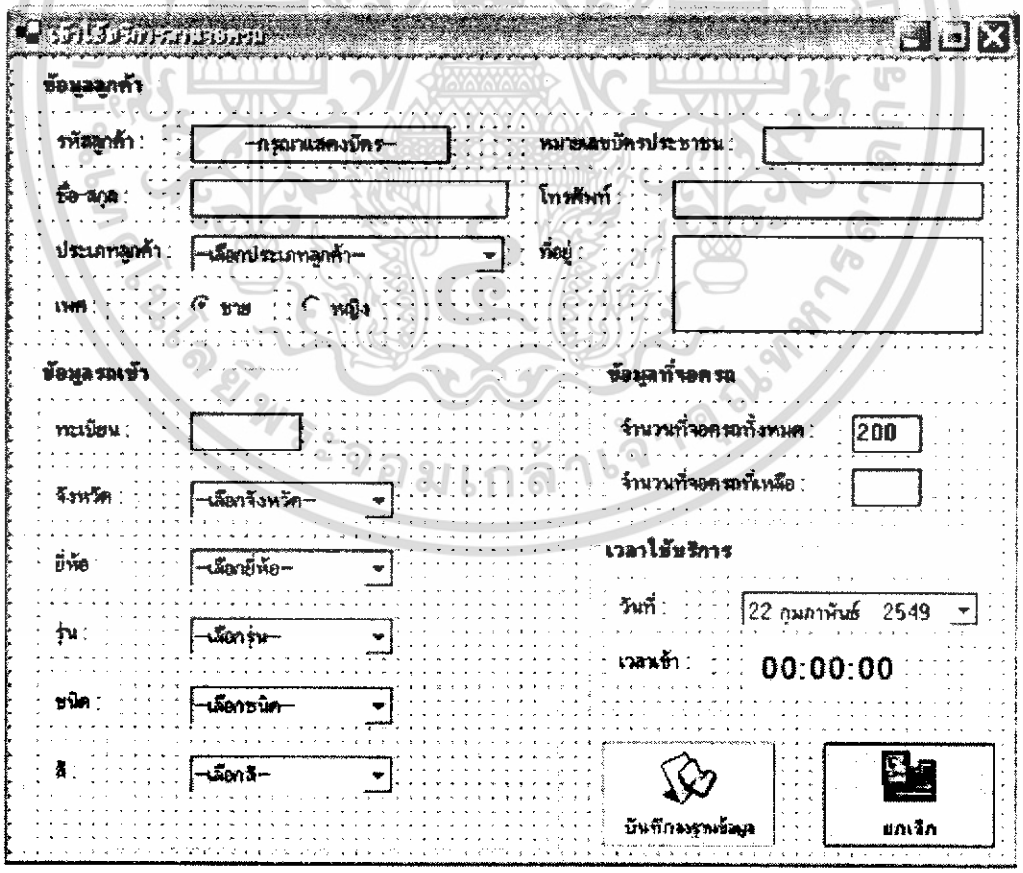
แต่ละคำสั่งจะทำการเปิดหน้าต่างย่อยขึ้นมาใหม่เพื่อการทำงานในแต่ละส่วนของระบบ และเมื่อมีการกดปุ่มจบการทำงาน จะมีกล่องโต้ตอบคำยืนยันปรากฏขึ้นมาเพื่อถามความแน่ใจของผู้ใช้ก่อนปิดโปรแกรม ดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 แสดงกล่องโต้ตอบคำยืนยันเมื่อมีการกดปุ่มจบการทำงาน

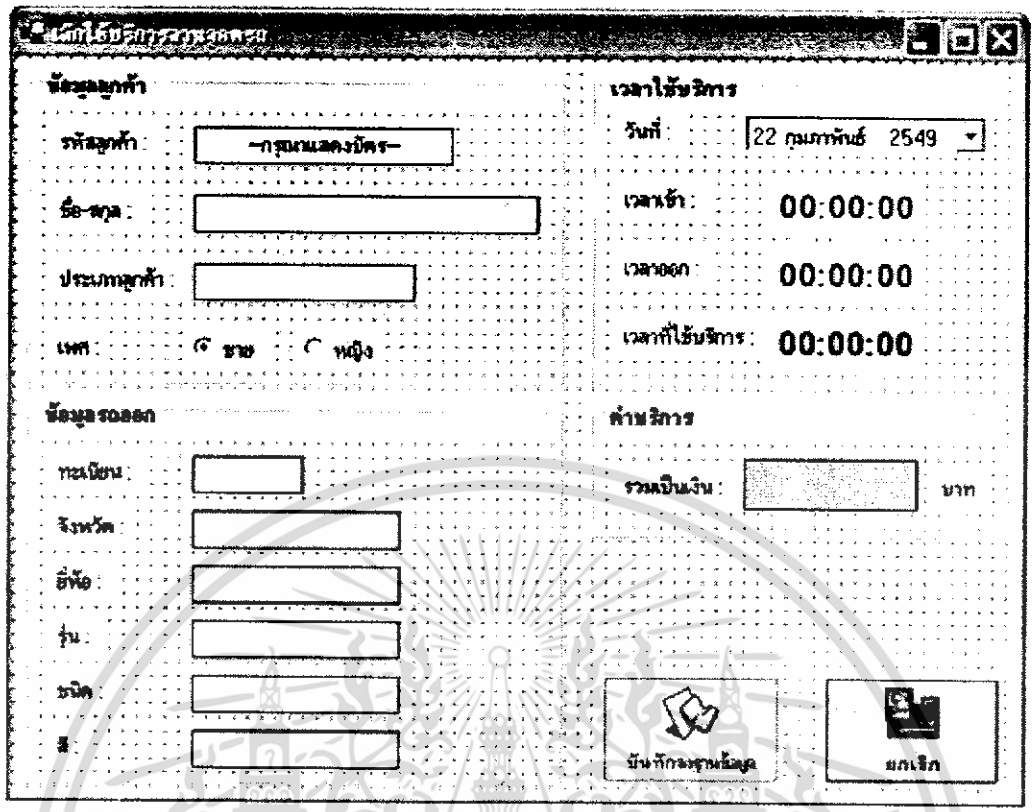
3.3.1.2 การบริการเข้า-ออกที่จอดรถ

ส่วนของการให้บริการลูกค้าจะมีอยู่สองหน้าต่างด้วยกันคือ หน้าต่างเข้าใช้บริการและหน้าต่างเลิกใช้บริการดังแสดงในภาพที่ 3.11 และ 3.12



ภาพที่ 3.9 แสดงหน้าต่างเข้าใช้บริการที่จอดรถ

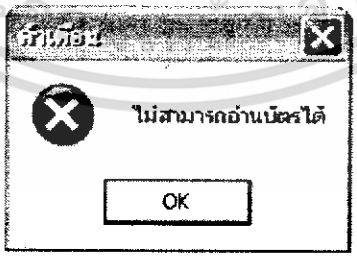
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 แสดงหน้าต่างเลิกใช้บริการที่จอดรถ

ทั้งสองหน้าต่างนี้จะมีส่วนประกอบที่ใช้แสดงข้อมูลต่าง ๆ ของลูกค้าเวลาเข้าและออกที่จอดรถ โดยหน้าต่างเข้าใช้บริการจะมีช่องบอกจำนวนที่จอดรถ ส่วนหน้าต่างเลิกใช้บริการจะมีการเพิ่มส่วนของเวลาที่ใช้บริการและอัตราค่าบริการที่จอดรถ

โดยในขั้นตอนแรกผู้ใช้จะต้องนำบัตรมาไว้ในบริเวณรัศมีการอ่านของเครื่องอ่าน แล้วเครื่องอ่านจะอ่านรหัสบัตร หากไม่สามารถอ่านบัตรได้จะแสดงกล่องโต้ตอบคำเตือนขึ้นมาดังภาพที่ 3.11

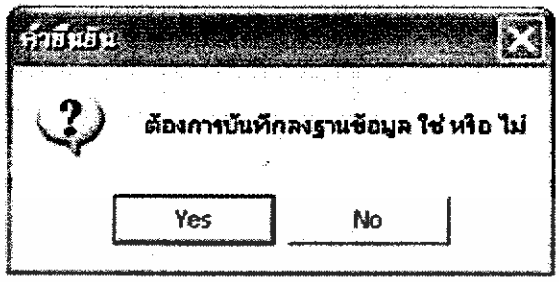


ภาพที่ 3.11 แสดงกล่องโต้ตอบคำเตือนเมื่อไม่สามารถอ่านบัตรได้

เมื่ออ่านข้อมูลจากบัตรได้แล้วระบบจะทำการเปรียบเทียบข้อมูลจากบัตรกับฐานข้อมูล แล้วนำผลมาแสดงในช่องข้อมูล แต่ถ้ามีการกดปุ่มยกเลิกข้อมูลทั้งหมดจะถูกลบออกเหลือเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องว่างเพื่ออ่านข้อมูลใหม่ เมื่อต้องการทำการบันทึกลงฐานข้อมูล ซึ่งจะมีกล่องโต้ตอบคำยืนยันปรากฏขึ้นมาถามความแน่ใจของผู้ใช้ว่าต้องการบันทึกลงฐานข้อมูลหรือไม่ ดังแสดงในภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 แสดงกล่องโต้ตอบคำยืนยันเมื่อมีการกดปุ่มบันทึกลงฐานข้อมูล

ถ้าผู้ใช้ตอบว่าต้องการบันทึก โปรแกรมก็จะแสดงผลการบันทึกให้ทราบ หากสามารถบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลได้จะแสดงกล่องโต้ตอบดังแสดงในภาพที่ 3.13

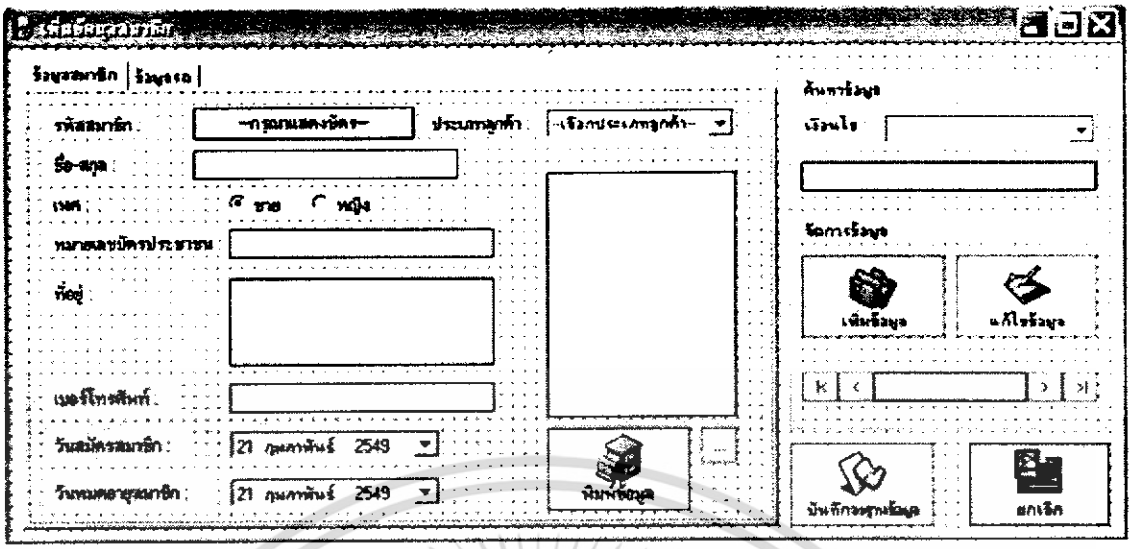
ภาพที่ 3.13 แสดงกล่องโต้ตอบแสดงผลการบันทึกลงฐานข้อมูล

3.3.1.3 การสมัครสมาชิกและการแก้ไขข้อมูล

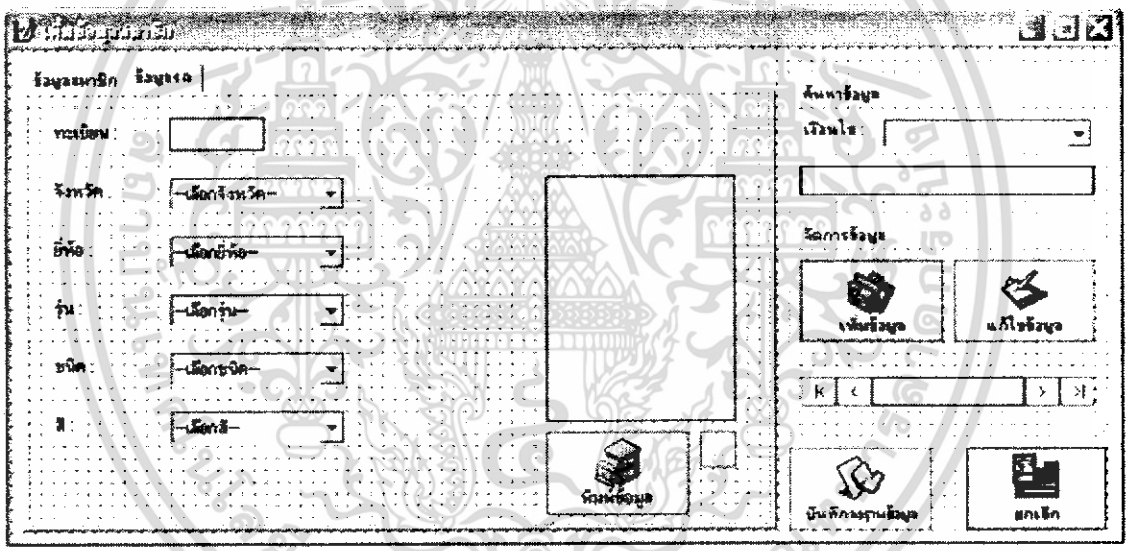
ในส่วนของการสมัครสมาชิกและการแก้ไขข้อมูลจะเป็นหน้าต่างของการเพิ่มข้อมูลสมาชิก ประกอบด้วยแท็บของข้อมูลสมาชิกและแท็บของข้อมูลรถ โดยทางด้านขวามือของหน้าต่างนี้จะมีส่วนของการค้นหาข้อมูลเมื่อต้องการดูข้อมูลลูกค้าหรือต้องแก้ไข ดังแสดงในภาพที่ 13.14 และ 13.15

ซึ่งในการค้นหาข้อมูลนั้นผู้ใช้สามารถกำหนดชนิดของข้อมูลที่เป็นคำสำคัญของการค้นหาได้โดยระบุในช่องของเงื่อนไข จำนวนที่ค้นพบจะแสดงในสีเหลืองซึ่งแสดงจำนวนเร็กคอร์ดที่ค้นพบ ลูกศรด้านซ้ายและขวาใช้เลื่อนเพื่อแสดงข้อมูลกรณีที่มีข้อมูลมากกว่าหนึ่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 แสดงหน้าต่างการเพิ่มข้อมูลสมาชิก



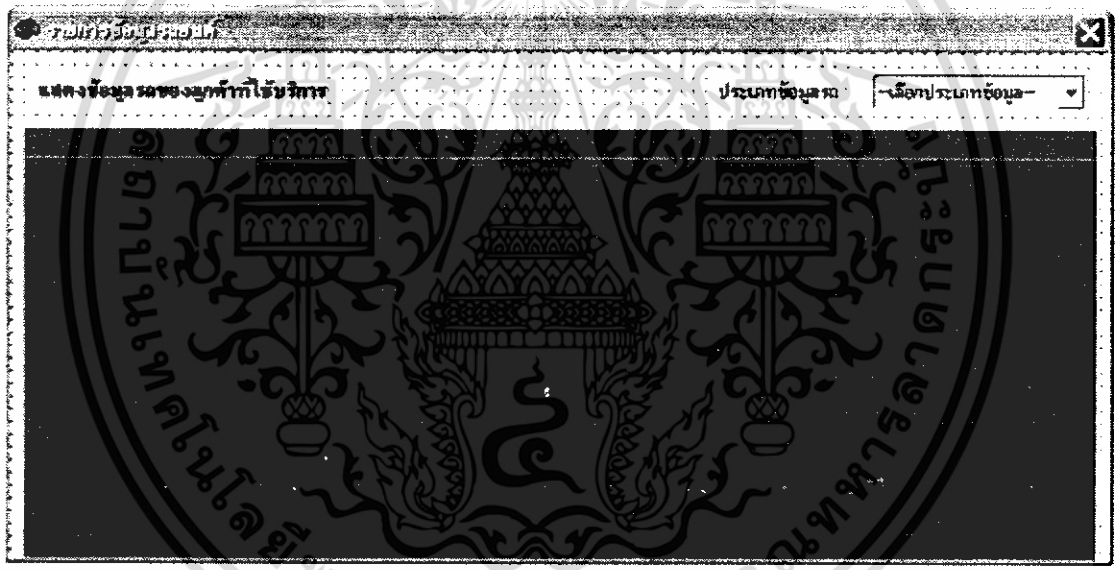
ภาพที่ 3.15 แสดงหน้าต่างการเพิ่มข้อมูลในส่วนของข้อมูลรถ

3.3.1.4 การแสดงข้อมูลของลูกค้าและรถทั้งหมดที่ใช้บริการ

หน้าต่างของการแสดงข้อมูลจะมีสองแบบคือ หน้าต่างแสดงข้อมูลลูกค้าที่ใช้บริการสามารถเลือกประเภทข้อมูลลูกค้าเป็นทั่วไปกับสมาชิก ดังแสดงในภาพที่ 13.16 และหน้าต่างแสดงข้อมูลรถของลูกค้าที่ใช้บริการสามารถเลือกประเภทข้อมูลรถเป็นรถที่จอดอยู่กับรถที่ออกไปแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 13.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.16 แสดงหน้าต่างรายชื่อสมาชิกทั้งหมด



ภาพที่ 3.17 แสดงหน้าต่างรายการข้อมูลรถยนต์

3.3.1.5 กล่องข้อมูลของผู้จัดทำ

ในส่วนของหน้าต่างเกี่ยวกับเรานี้จะแสดงข้อมูลชื่อระบบ ผู้จัดทำ และข้อมูลของผู้จัดทำ ดังแสดงในภาพที่ 13.18

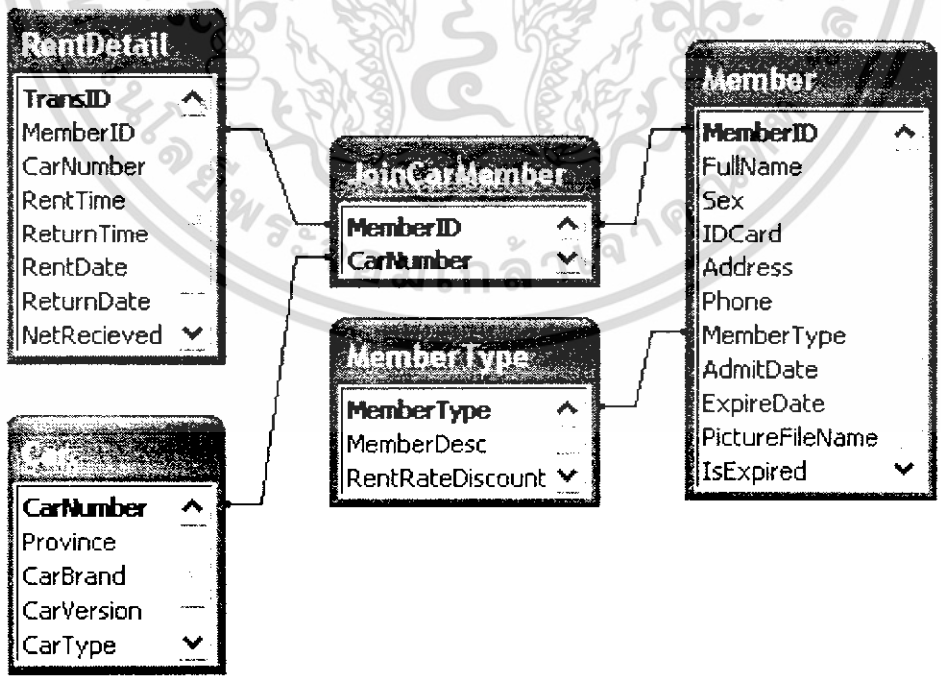
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.18 แสดงกล่องข้อความที่เป็นข้อมูลของผู้จัดทำ

3.4 การออกแบบฐานข้อมูล

ในการออกแบบฐานข้อมูล จะมีการสร้างตารางขึ้นมาเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับสมาชิกและการใช้บริการที่จอดรถซึ่งจะประกอบไปด้วยตารางดังต่อไปนี้

- ตาราง RentDetail ทำหน้าที่เก็บรายละเอียดการให้บริการที่จอดรถ
- ตาราง Car ทำหน้าที่เก็บรายละเอียดของรถยนต์
- ตาราง Member ทำหน้าที่เก็บรายละเอียดของสมาชิก
- ตาราง MemberType ทำหน้าที่เก็บประเภทของสมาชิก
- ตาราง JoinCarMember ทำหน้าที่เชื่อมกันของตาราง Car และ Member



ภาพที่ 3.19 แสดงภาพของตารางและฟิลด์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 ตาราง RentDetail

เป็นตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นรายละเอียดของการใช้บริการที่จอดรถ โดยมีการกำหนดค่าต่าง ๆ และรายละเอียดของแต่ละฟิลด์ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของตาราง RentDetail

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขอบเขตข้อมูล	คำอธิบาย
TransID	Number	Long Integer	ลำดับรายการ เป็น Primary Key ของตาราง
MemberID	Text	50 อักษร	รหัสลูกค้า หรือรหัสสมาชิก
CarNumber	Text	50 อักษร	ทะเบียนรถ
RentTime	Date/Time	Long Time	เวลารถเข้า
ReturnTime	Date/Time	Long Time	เวลารถออก
RentDate	Date/Time	Long Date	วันที่ใช้บริการ
ReturnDate	Date/Time	Long Date	วันที่เลิกใช้บริการ
NetRecieved	Number	Integer	จำนวนเงินที่ได้รับ
IsReturn	Text	1 อักษร	สถานการณ์จอดรถ 0 = อยู่ในที่จอด 1 = ไม่อยู่ในที่จอด

3.4.2 ตาราง Car

เป็นตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นรายละเอียดของรถที่เข้ามาใช้บริการที่จอดรถ โดยมีการกำหนดค่าต่าง ๆ และรายละเอียดของแต่ละฟิลด์ ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดของตาราง Car

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขอบเขตข้อมูล	คำอธิบาย
CarNumber	Text	7 อักษร	ทะเบียนรถ เป็น Primary Key ของตาราง
Province	Text	30 อักษร	จังหวัดของทะเบียนรถ
CarBrand	Text	30 อักษร	ยี่ห้อของรถ
CarVersion	Text	30 อักษร	ยี่ห้อของรถ
CarType	Text	10 อักษร	ชนิดของรถ
CarColor	Text	30 อักษร	สีของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ตาราง Member

เป็นตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นรายละเอียดของสมาชิกที่เข้ามาใช้บริการที่จอดรถ โดยมีการกำหนดค่าต่าง ๆ และรายละเอียดของแต่ละฟิลด์ ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของตาราง Member

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขอบเขตข้อมูล	คำอธิบาย
MemberID	Text	20 อักษร	รหัสสมาชิก เป็น Primary Key ของตาราง
FullName	Text	100 อักษร	ชื่อ-สกุลของลูกค้า
Sex	Text	1 อักษร	เพศ M=ชาย F=หญิง
IDCard	Text	17 อักษร	หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
Address	Text	255 อักษร	ที่อยู่
Phone	Text	35 อักษร	เบอร์โทรศัพท์
MemberType	Text	1 อักษร	ประเภทลูกค้า 0=ลูกค้าปกติ 1=สมาชิก
AdmitDate	Date/Time	Long Date	วันสมัครสมาชิก
ExpireDate	Date/Time	Long Date	วันหมดอายุสมาชิก
PictureFileName	Text	255 อักษร	เก็บพาธของรูปภาพลูกค้า
IsExpired	Text	1 อักษร	สถานะการเป็นสมาชิก 0=หมดอายุแล้ว 1=ยังไม่หมดอายุ

3.4.4 ตาราง MemberType

เป็นตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นรายละเอียดของประเภทสมาชิกที่เข้ามาใช้บริการที่จอดรถ โดยมีการกำหนดค่าต่าง ๆ และรายละเอียดของแต่ละฟิลด์ ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียดของตาราง MemberType

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขอบเขตข้อมูล	คำอธิบาย
MemberType	Text	1 อักษร	ประเภทลูกค้า เป็น Primary Key ของตาราง
MemberDesc	Text	20 อักษร	รายละเอียดประเภทลูกค้า
RentRateDiscount	Number	Single	อัตราส่วนลด (%) การใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 ตาราง JoinCarMember

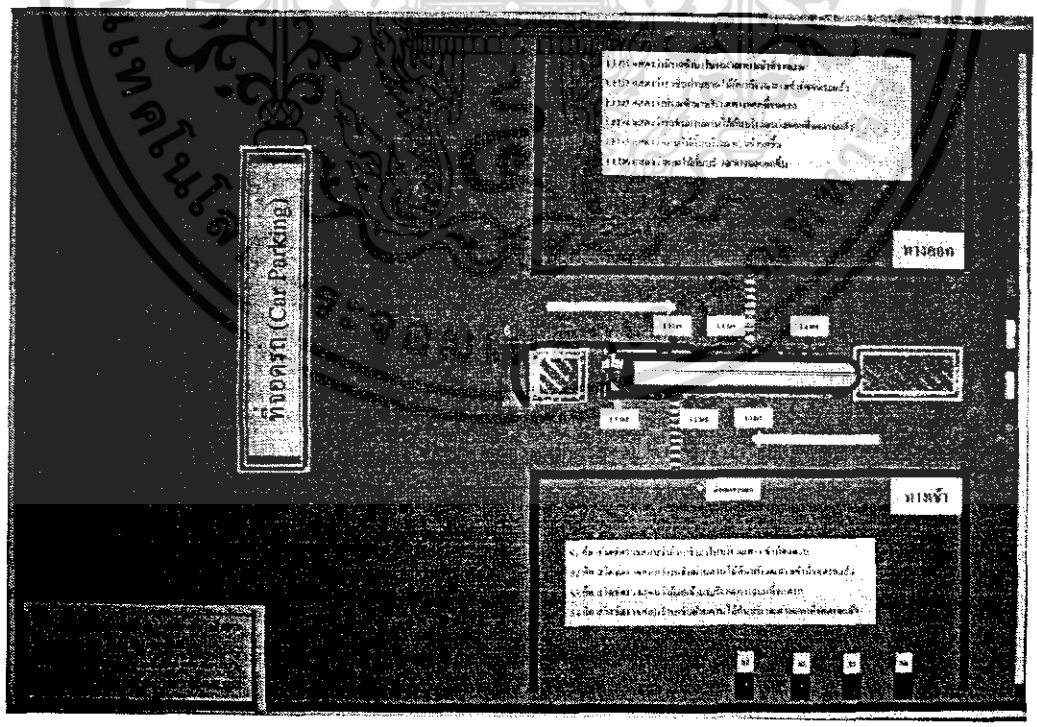
เป็นตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นรายละเอียดของรหัสสมาชิกและทะเบียนรถ ซึ่งเป็นการ Join กันระหว่างตาราง Member และตาราง Car โดยมีการกำหนดค่าต่าง ๆ และรายละเอียดของแต่ละฟิลด์ ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียดของตาราง JoinCarMember

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	ขอบเขตข้อมูล	คำอธิบาย
MemberID	Text	50 อักษร	รหัสลูกค้า หรือรหัสสมาชิก
CarNumber	Text	7 อักษร	ทะเบียนรถ

3.5 การออกแบบฮาร์ดแวร์ประกอบการทดลอง

ในการออกแบบระบบที่จอดรถนี้เพื่อให้มีการแสดงการทดลองให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้นจึงได้มีการจัดทำชุดทดลองที่จอดรถดังแสดงในภาพที่ 3.20 ในชุดทดลองนี้จะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เครื่องอ่าน ช่องทางเข้า ช่องทางออก บริเวณที่จอดรถ สวิทช์ตรวจจับรถเข้าออก และ LED แสดงผล



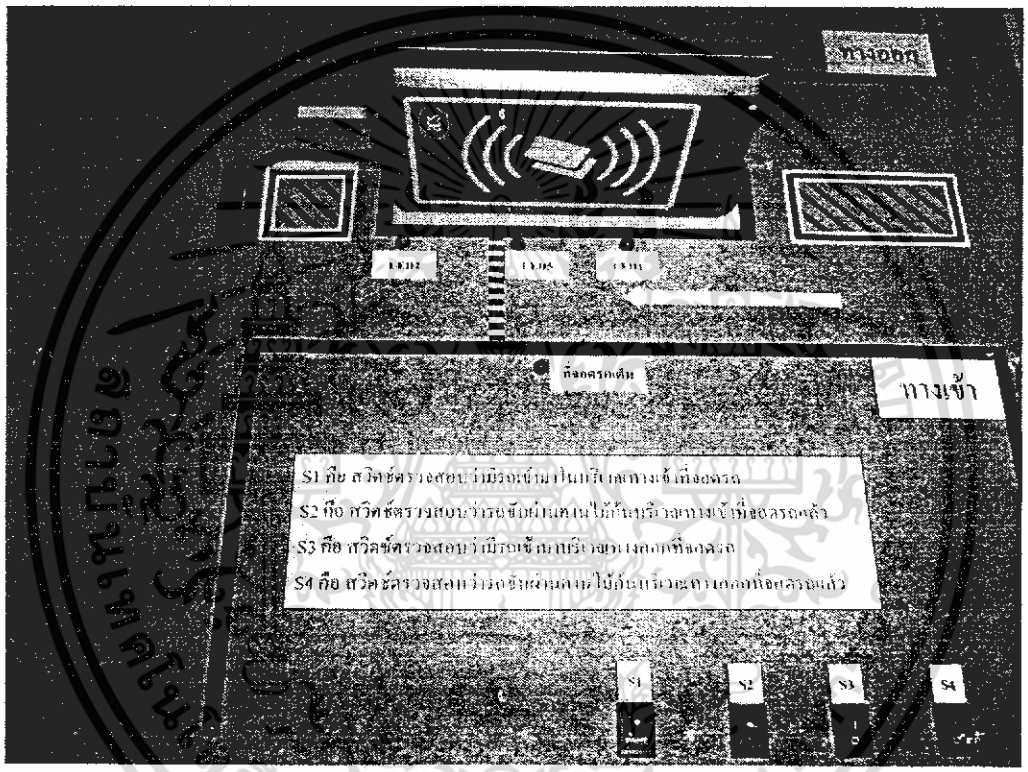
ภาพที่ 3.20 แสดงภาพรวมการออกแบบชุดทดลองที่จอดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 สวิทช์ควบคุม

สวิทช์ในชุดทดลองนี้ใช้งานแทนอุปกรณ์ตรวจจับการเข้าออกของรถ ประกอบไปด้วยสวิทช์ 4 ตัว ได้แก่

- S1 คือ สวิทช์ตรวจสอบว่ามีรถเข้ามาในบริเวณที่จอดรถ
- S2 คือ สวิทช์ตรวจสอบว่ารถเคลื่อนที่ผ่านคานไม้กั้นบริเวณทางเข้าที่จอดรถแล้ว
- S3 คือ สวิทช์ตรวจสอบว่ามีตถเข้ามาบริเวณทางออกที่จอดรถ
- S4 คือ สวิทช์ตรวจสอบว่ารถเคลื่อนที่ผ่านคานไม้กั้นบริเวณทางออกที่จอดรถแล้ว



ภาพที่ 3.21 แสดงสวิทช์ซึ่งใช้แทนอุปกรณ์ตรวจจับรถที่เข้ามา

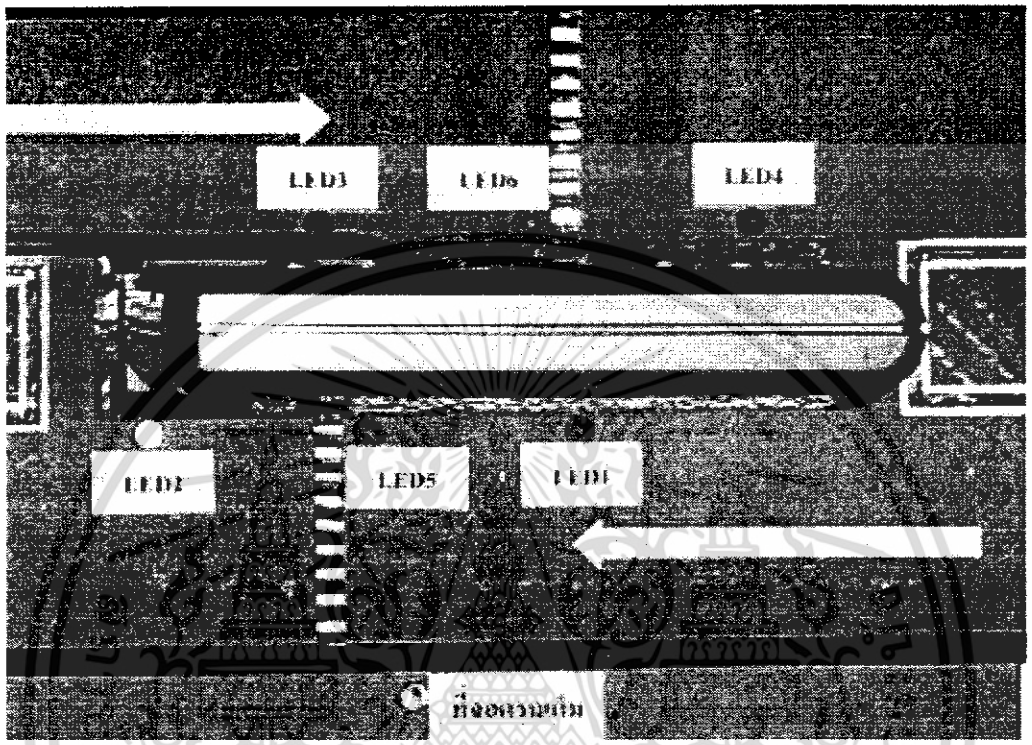
3.5.2 LED แสดงผลสถานะการทำงาน

LED แสดงผลสถานะการทำงานของชุดทดลองที่จอดรถนี้ใช้แทนการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับรถที่เข้าออกที่จอดรถ อย่างเช่น การอ่านบัตรของเครื่องอ่าน การเปิดปิดคานไม้กั้น เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 3.22 ซึ่งอธิบายการทำงานดังนี้

- LED1 แสดงว่ามีรถเข้ามาในบริเวณทางเข้าจอดรถ
- LED2 แสดงว่ารถเคลื่อนที่ผ่านคานไม้กั้นบริเวณทางเข้าที่จอดรถแล้ว
- LED3 แสดงว่ามีรถเข้ามาในบริเวณทางออกที่จอดรถ
- LED4 แสดงว่ารถเคลื่อนที่ผ่านคานไม้กั้นบริเวณทางออกที่จอดรถแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- LED5 แสดงว่าคานไม้กั้นบริเวณทางเข้ายกขึ้น
- LED6 แสดงว่าคานไม้กั้นบริเวณทางออกยกขึ้น
- LED ที่จอดรถเต็ม แสดงว่าขณะนี้บริเวณที่จอดรถเต็มแล้ว



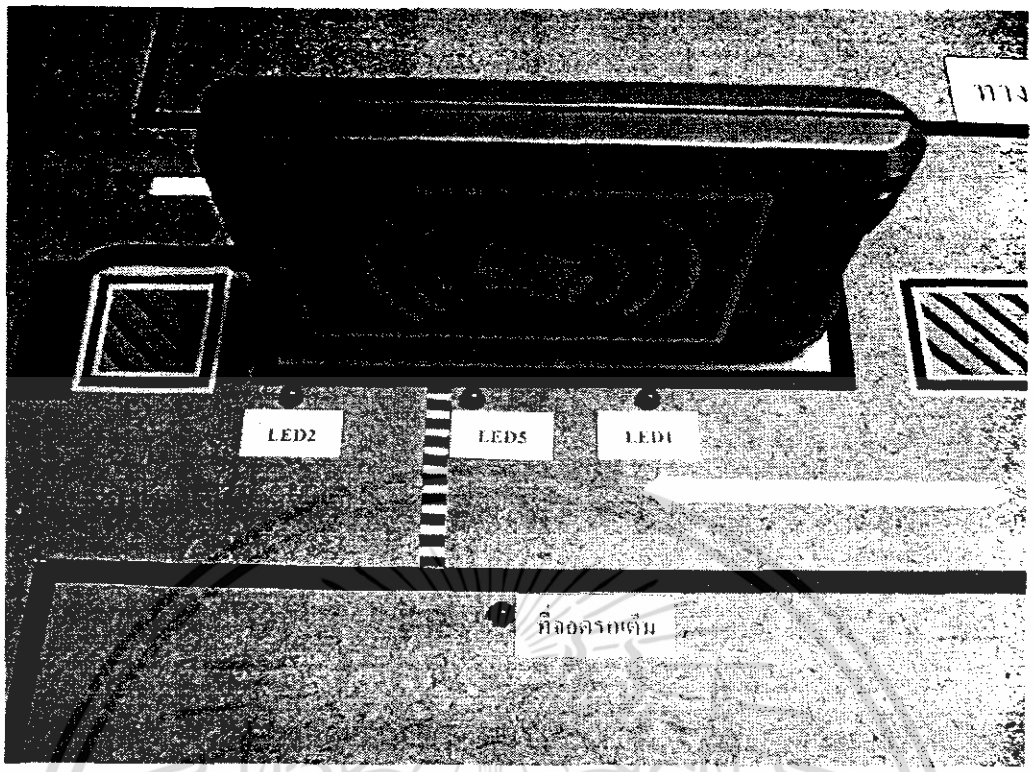
ภาพที่ 3.22 แสดงผลสถานะการทำงานด้วย LED

3.5.3 ช่องทางเข้าที่จอดรถ

เมื่อมีรถเข้ามาในบริเวณทางเข้าที่จอดรถ S1 จะทำงานซึ่งแทนอุปกรณ์ตรวจจับรถที่เข้ามาและแสดงผลด้วย LED1 เพื่อบอกว่าเครื่องอ่านกำลังทำการอ่านบัตร เมื่อเครื่องอ่านทำการอ่านบัตรและเจ้าหน้าที่ทำการบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว คานไม้กั้นจะยกขึ้นแสดงผลด้วย LED5 เพื่อให้รถเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปจนถึงตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับรถผ่านเข้าที่จอดรถซึ่งควบคุมโดยสวิทช์ S1 และแสดงผลด้วย LED2 โปรแกรมจะหน่วงเวลาแล้วสั่งให้คานไม้กั้นปิดลง

ในกรณีที่มีรถเข้าใช้บริการที่จอดรถจนเต็มแล้ว จะมีการแสดงผลที่ LED ที่จอดรถเต็ม กรณีนี้รถที่ต้องการเข้าใช้บริการต้องรอให้รถออกจากที่จอดรถก่อนเพื่อให้มีที่ว่าง จึงจะสามารถเข้าใช้บริการได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.23 แสดงบริเวณทางเข้าที่จอดรถ

ภาพที่ 3.24 แสดงบริเวณทางออกที่จอดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 ช่องทางออกที่จอดรถ

เมื่อมีรถเข้ามาในบริเวณทางออกที่จอดรถ S3 จะทำงานซึ่งแทนอุปกรณ์ตรวจจับรถที่ออกมาและแสดงผลด้วย LED3 เพื่อบอกว่าเครื่องอ่านกำลังทำการอ่านบัตร เมื่อเครื่องอ่านทำการอ่านบัตรและเจ้าหน้าที่ทำการบันทึกข้อมูลและพิมพ์ใบบันทึกรายการเรียบร้อยแล้ว คานไม้กั้นจะยกขึ้นแสดงผลด้วย LED6 เพื่อให้รถเคลื่อนที่ผ่านออกไปจนถึงตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับรถผ่านออกจากที่จอดรถซึ่งควบคุมโดยสวิทช์ S4 และแสดงผลด้วย LED4 โปรแกรมจะหน่วงเวลาแล้วสั่งให้คานไม้กั้นปิดลง ดังแสดงในภาพที่ 3.24 และตัวอย่างใบบันทึกรายการแสดงดังภาพที่ 3.25 ด้านล่างนี้

ใบบันทึกรายการ

วันที่ 13 มีนาคม 2549
เวลาเข้า 16:39:57
เวลาออก 16:42:36

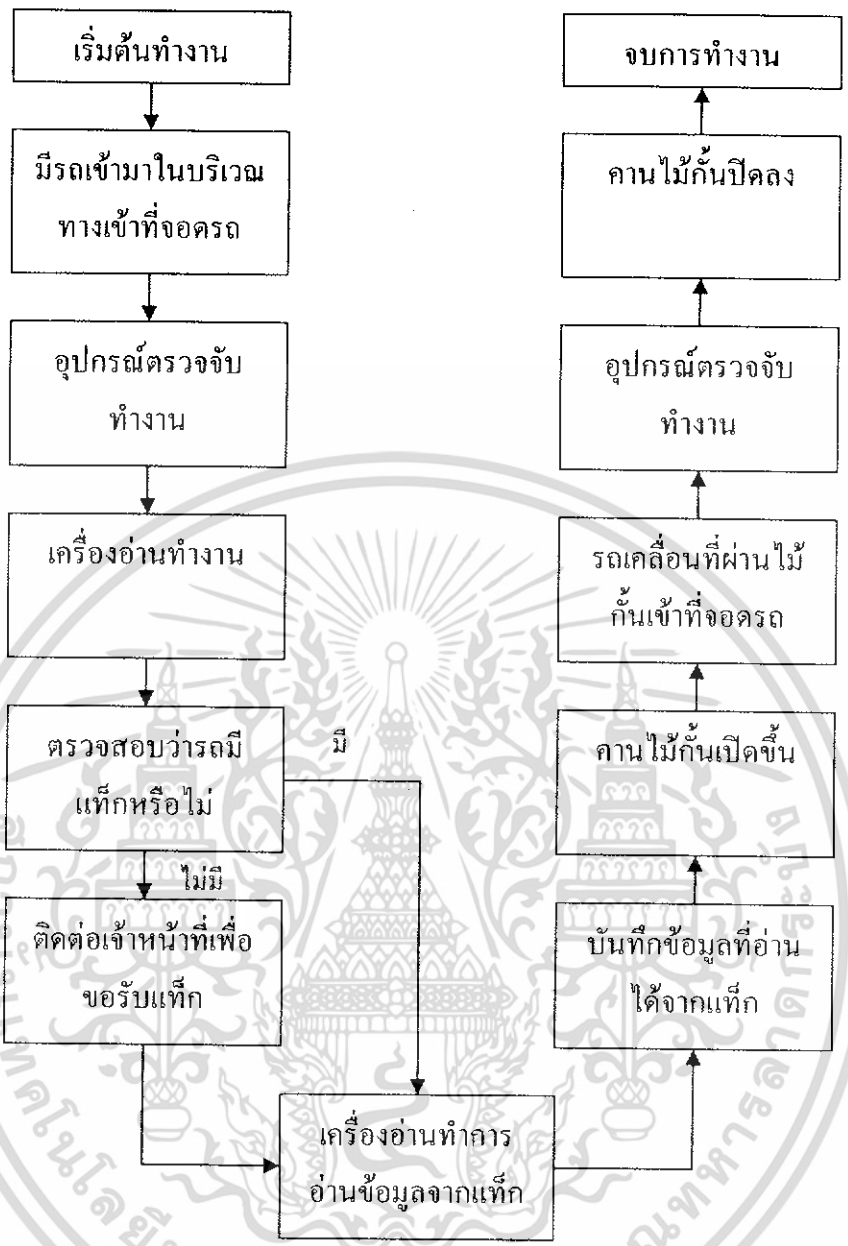
ทะเบียนรถ กง-8383
จำนวนเงิน 0.00 บาท

****

ภาพที่ 3.25 แสดงตัวอย่างใบบันทึกรายการ

จากการที่ได้ออกแบบระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี ทั้งในส่วนของโปรแกรมที่ใช้กับระบบและส่วนที่เป็นชุดทดลอง จะเห็นได้ว่ามีขั้นตอนการทำงานมากมายซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถเห็นขั้นตอนการทำงานได้ชัดเจน จึงได้ทำการสรุปการทำงานและเขียนเป็นแผนภูมิขั้นตอนการทำงานของส่วนทางเข้าที่จอดรถได้ดังแสดงในภาพที่ 3.26 และส่วนทางออกที่จอดรถดังแสดงในภาพที่ 3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.26 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของส่วนทางเข้าที่จอดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.27 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของส่วนทางออกที่จอดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

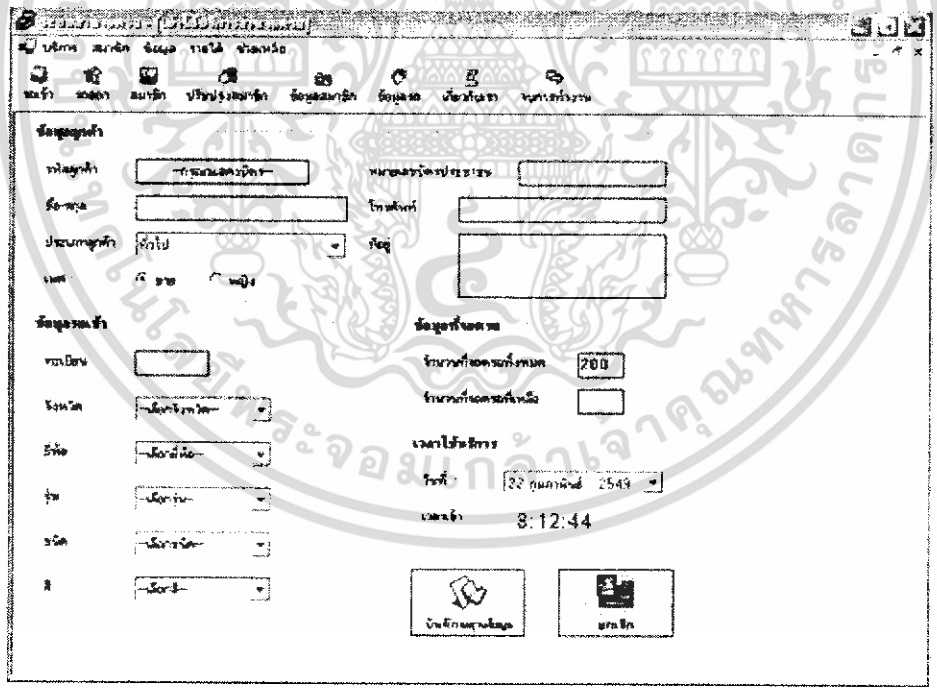
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในส่วนของการทดลองนี้ เราได้ทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมของระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี เป็นโปรแกรมการใช้บริการที่จอดรถและติดต่อกับเครื่องอ่านข้อมูล

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

ในขั้นตอนแรกนั้นเราจะต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์และโปรแกรมระบบที่จอดรถ โดยเชื่อมต่อเครื่องอ่านเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่านคอมพอร์ต RS-232 เพื่อการรับส่งข้อมูลและพอร์ต PS-2 เพื่อจ่ายไฟให้กับเครื่องอ่าน หลังจากติดตั้งอุปกรณ์และโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้วสามารถเริ่มการใช้งานระบบได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 แสดงหน้าต่างระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

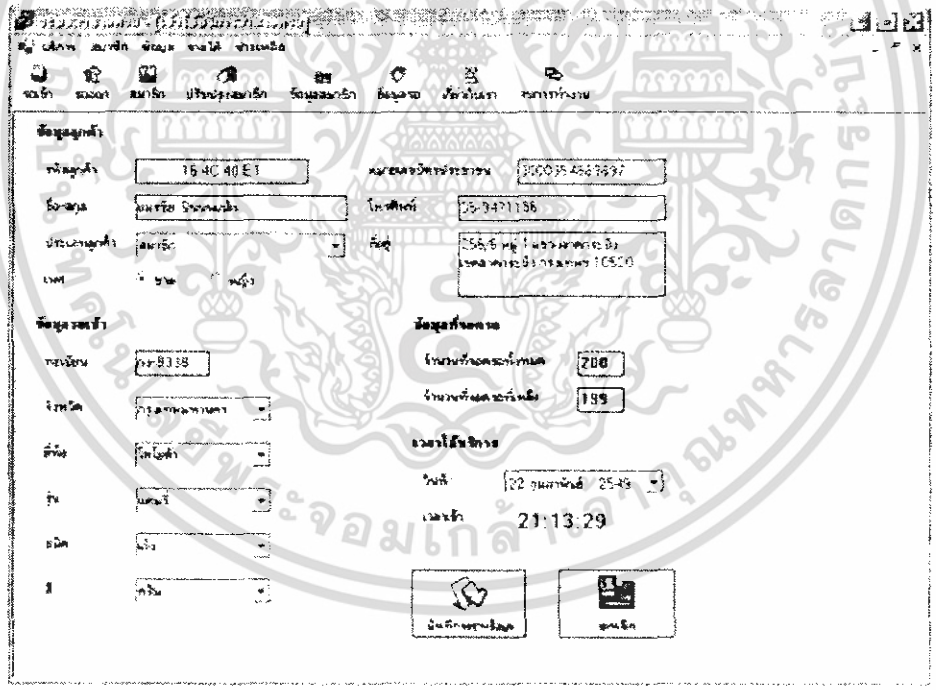
4.2.1 การใช้โปรแกรมระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี

ทำการเปิดตัวโปรแกรมที่ใช้กับระบบที่จอดรถขึ้นมา ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ในหน้าต่างแรกจะแสดงส่วนของการเข้าใช้บริการที่จอดรถ

4.2.1.1 การบริการที่จอดรถให้ลูกค้า

หลังจากที่ทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมาแล้ว จากนั้นทดลองเหตุการณ์เมื่อมีรถเข้ามาใช้บริการที่จอดรถ โดยสมาชิกจะต้องแสดงบัตรในบริเวณรัศมีการอ่านของเครื่องอ่าน แล้วเครื่องอ่านจะทำการอ่านรหัสบัตร ข้อมูลของสมาชิก (กรณีที่ทำการลงทะเบียนสมาชิกไว้แล้ว) ดังแสดงในภาพที่ 4.2 ข้อมูลต่าง ๆ ที่แสดงประกอบด้วย

- ข้อมูลของลูกค้าได้แก่ รหัสลูกค้า ชื่อ-สกุล ประเภทลูกค้า เพศ หมายเลขบัตรประชาชน โทรศัพท์ และที่อยู่
- ข้อมูลของรถ ได้แก่ ทะเบียน จังหวัด ยี่ห้อ รุ่น ชนิด และสี
- ข้อมูลที่จอดรถ ได้แก่ จำนวนที่จอดรถที่เหลือ
- เวลาใช้บริการ ได้แก่ วันที่ และเวลาเข้า

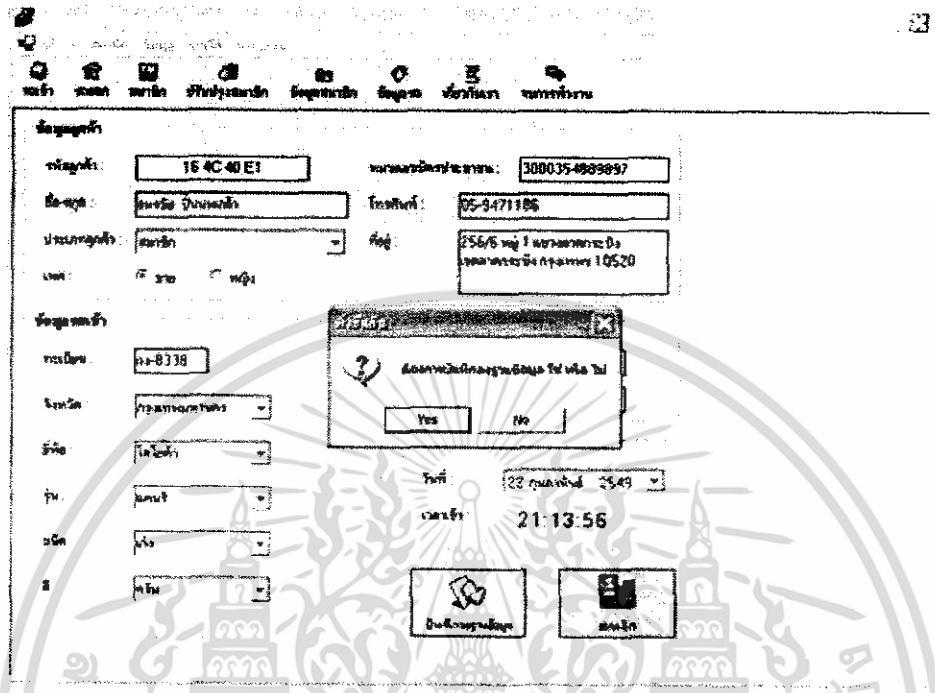


ภาพที่ 4.2 แสดงหน้าต่างเข้าใช้บริการที่จอดรถ

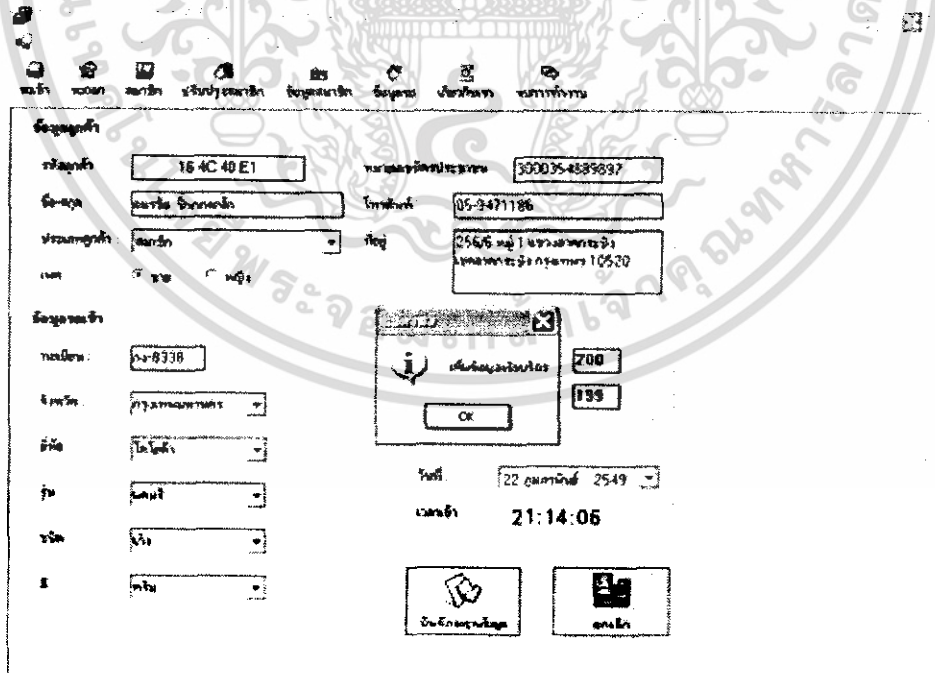
จากนั้นให้บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล โดยจะมีกล่องโต้ตอบคำยืนยัน ว่าต้องการบันทึกลงฐานข้อมูลใช่หรือไม่ ดังแสดงในภาพที่ 4.3 เมื่อตอบ Yes จะมีกล่องโต้ตอบแสดงขึ้นมาบอกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มข้อมูลเรียบร้อย ดังแสดงในภาพที่ 4.4 แต่ถ้าไม่ต้องการบันทึกหรือว่าต้องการยกเลิก ข้อมูลในหน้าต่างนี้จะถูกลบออกเหลือเฉพาะช่องว่างเพื่อรอการกรอกข้อมูลต่อไป



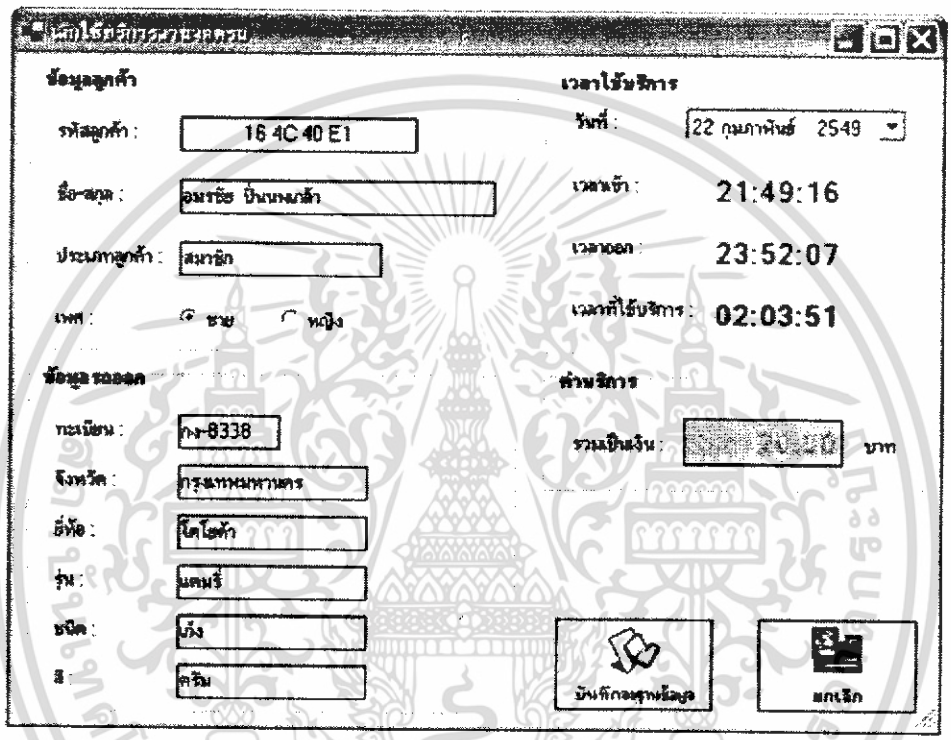
ภาพที่ 4.3 แสดงการบันทึกข้อมูลสมาชิกเข้าใช้บริการลงฐานข้อมูล



ภาพที่ 4.4 แสดงภาพการบันทึกลงฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผ่านกระบวนการของการเข้าใช้บริการที่จอดรถแล้ว ในส่วนของการเลิกใช้บริการที่จอดรถ หน้าตาของส่วนนี้จะคล้ายกับหน้าต่างแรก การทำงานรูปแบบเดียวกัน เมื่อมีรถลูกค้าต้องการออกจากที่จอดรถ และแสดงบัตรที่เครื่องอ่านแล้ว เจ้าหน้าที่กดปุ่มเพื่ออ่านรหัสบัตร ข้อมูลลูกค้าที่เข้าใช้บริการจะแสดงขึ้นมาเพื่อตรวจสอบข้อมูลว่าตรงกันกับรถที่ออกหรือไม่ พร้อมกันนั้นโปรแกรมจะทำการบันทึกเวลาที่ออกและเวลาที่ใช้บริการ แล้วคำนวณอัตราค่าบริการที่จอดรถ ดังแสดงในภาพที่ 4.5



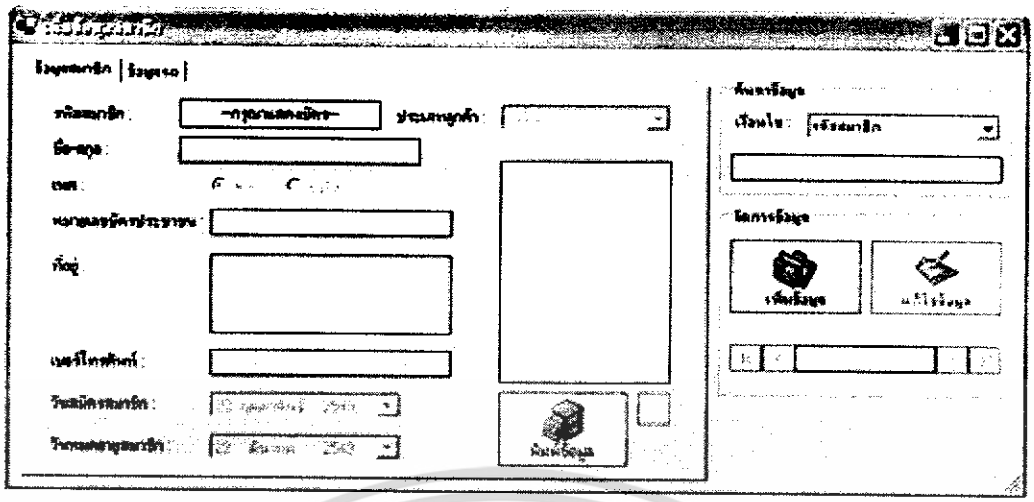
ภาพที่ 4.5 แสดงหน้าต่างเลิกใช้บริการที่จอดรถ

การบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล จะบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงในรายการใช้บริการของระบบ โดยจะเป็นการปรับปรุงข้อมูลส่วนที่เป็น วันที่ เวลาออก และค่าบริการเพื่อเป็นประวัติการใช้บริการของลูกค้า แต่ถ้าไม่ต้องการบันทึกหรือว่าต้องการยกเลิก ข้อมูลในหน้าต่างนี้จะถูกลบออกเหลือเฉพาะช่องว่างเพื่อรอการกรอกข้อมูลต่อไป

4.2.1.2 การเพิ่มข้อมูลสมาชิก

ภาพที่ 4.6 เป็นหน้าต่างของการเพิ่มข้อมูลสมาชิกจะมีส่วนของการค้นหาข้อมูลประกอบด้วย เงื่อนไขการค้นหาข้อมูลซึ่งจะเป็นประเภทของคำสำคัญในการค้นหาข้อมูล การจัดการข้อมูลประกอบด้วย ปุ่มคำสั่งเพิ่มข้อมูล และปุ่มคำสั่งแก้ไขข้อมูล และส่วนของการแสดงข้อมูลประกอบด้วยแท็ปข้อมูลสมาชิก และแท็ปข้อมูลรถ

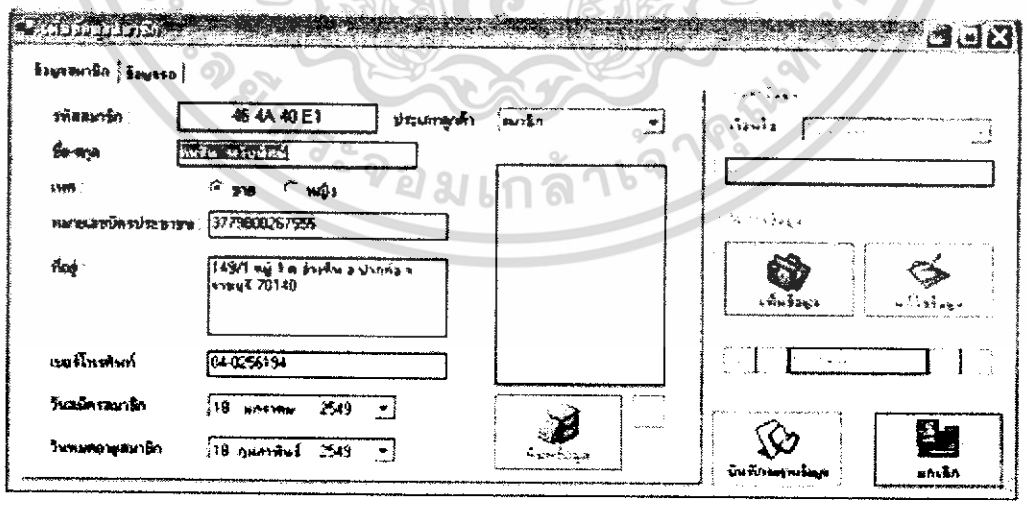
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 แสดงหน้าต่างเพิ่มข้อมูลสมาชิก

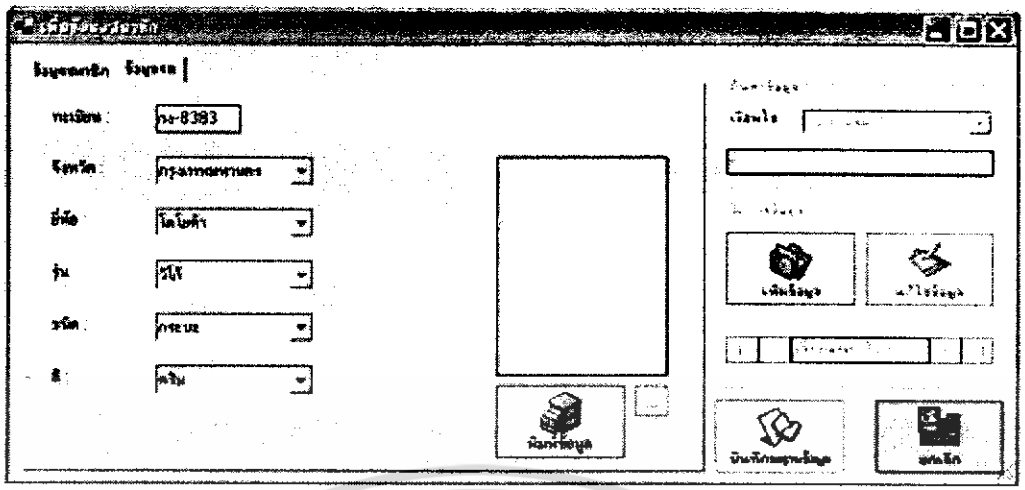
ส่วนของการค้นหาข้อมูลเจ้าหน้าที่จะต้องระบุเงื่อนไขการค้นหาและต้องกรอกคำสำคัญให้ตรงกับประเภทเงื่อนไขที่เลือก แล้วกดแป้น ENTER บนคีย์บอร์ดเพื่อเริ่มค้นหา ข้อมูลที่ต้องการค้นหาจะแสดงลงในช่องต่าง ๆ ทั้งในแท็ปข้อมูลสมาชิกและแท็ปข้อมูลรถ ดังแสดงในภาพที่ 4.7 ซึ่งจำนวนข้อมูลที่พบจะแสดงในช่องเร็คคอร์ด สามารถเลื่อนดูข้อมูลได้ที่ปุ่มลูกศรบริเวณที่หัวและท้ายของช่องแสดงเร็คคอร์ด

การค้นหาข้อมูลกระทำเพื่อต้องการตรวจสอบหรือต้องการที่จะแก้ไขข้อมูลของสมาชิก หลังจากนั้นก็ทำการบันทึกลงฐานข้อมูล หรือถ้าไม่ต้องการบันทึกให้ทำการยกเลิกแล้วข้อมูลในหน้าต่างนี้จะถูกลบออกเหลือเฉพาะช่องว่างเพื่อรอการกรอกข้อมูลต่อไป



(ก)

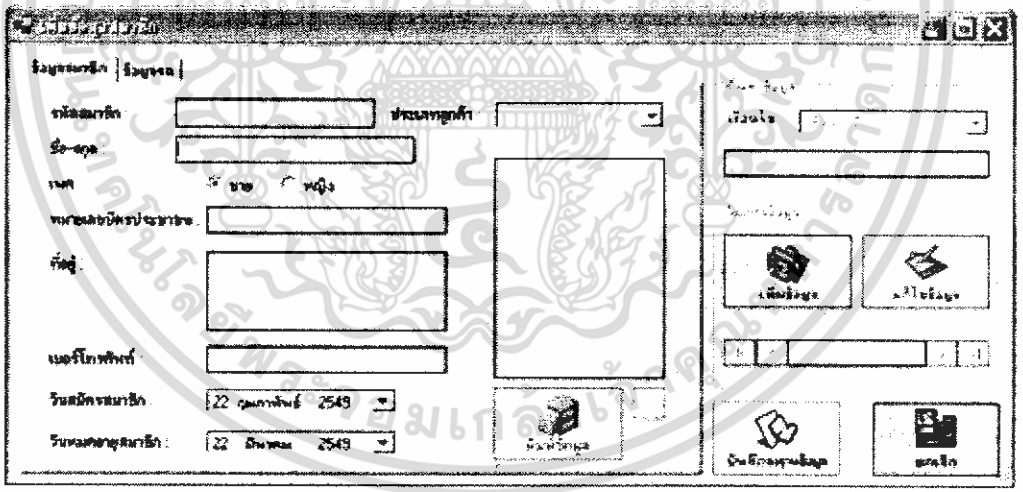
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

ภาพที่ 4.7 แสดงการค้นหาเพื่อตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูล
(ก) แท็ปแสดงข้อมูลสมาชิก (ข) แท็ปแสดงข้อมูลรถยนต์

ส่วนของการเพิ่มข้อมูลลูกค้าหรือการลงทะเบียนสมาชิก จะมีการกำหนดวันหมดอายุสมาชิกหลังจากวันที่สมัครสมาชิกเป็นระยะเวลาหนึ่งเดือนโดยอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 4.8



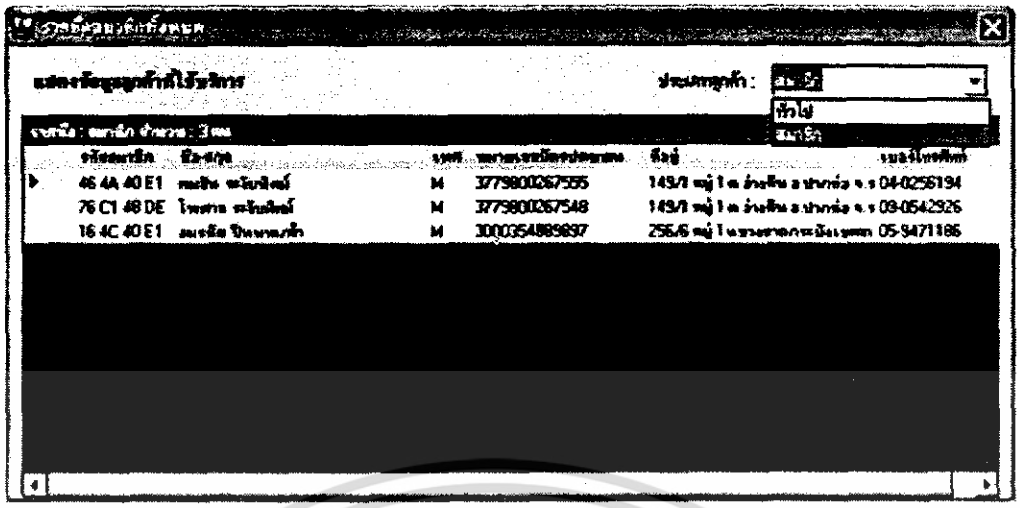
ภาพที่ 4.8 แสดงการเพิ่มข้อมูลหรือการสมัครสมาชิกใหม่

4.2.1.3 การแสดงผลรายงานของรายการใช้บริการ

การแสดงผลการใช้บริการที่จอดรถของลูกค้า จะมีหน้าต่างแสดงผลสองแบบคือ

- รายชื่อสมาชิกทั้งหมด โดยจะมีประเภทของลูกค้าให้เลือกว่าต้องการให้แสดงผลของลูกค้าที่เป็นสมาชิกและลูกค้าทั่วไป ซึ่งข้อมูลที่แสดงประกอบด้วย รหัสสมาชิก ชื่อ-สกุล เพศ หมายเลขบัตรประชาชน ที่อยู่ และเบอร์โทรศัพท์ ดังแสดงในภาพที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 แสดงรายชื่อสมาชิกทั้งหมด

- รายการข้อมูลรถยนต์ โดยจะมีประเภทของรถที่ใช้บริการให้เลือกว่าเป็นรถที่ยังจอดอยู่ในที่จอดและรถที่ออกจากที่จอดไปแล้ว ซึ่งข้อมูลที่แสดงประกอบด้วย ทะเบียนรถ จังหวัด ยี่ห้อ รุ่น ประเภท สี และเวลาออก ดังแสดงในภาพที่ 4.10

ภาพที่ 4.10 แสดงรายการข้อมูลรถยนต์

4.2.1.4 การแสดงข้อมูลเพิ่มเติม

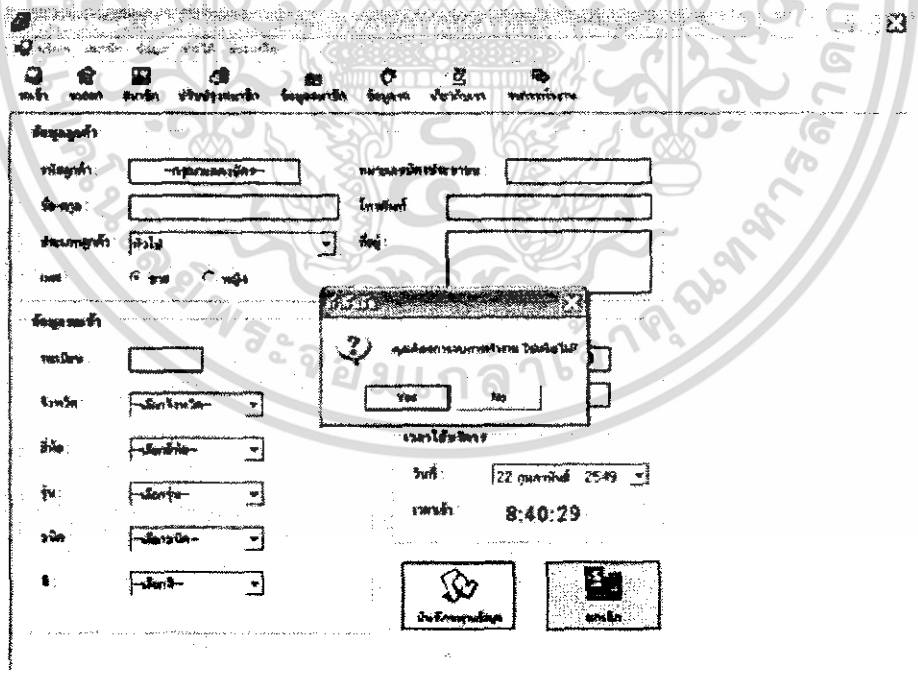
หน้าต่างนี้จะเป็นส่วนของการแสดงข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับชื่อของระบบ ชื่อผู้จัดทำ และข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผู้จัดทำ ดังแสดงในภาพที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.11 แสดงหน้าต่างข้อมูลเกี่ยวกับเรา

4.2.2 จบการทำงานโปรแกรม

หลังจากการทำงานของโปรแกรมระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดีครบขั้นตอนตามความต้องการแล้ว เมื่อเจ้าหน้าที่หรือผู้ใช้โปรแกรมต้องการจบการทำงานของโปรแกรมสามารถทำได้โดยเลือกปุ่มคำสั่งจบการทำงานบนแถบเครื่องมือ หรือจะเลือกปิดโปรแกรมที่ไอคอนเครื่องหมายกากบาทที่มุมขวามือด้านบนของหน้าต่างหลักก็ได้ ซึ่งจะมีกล่องโต้ตอบคำยืนยันถามว่าต้องการจบการทำงานหรือไม่ หากต้องการจบการทำงานให้เลือก Yes หรือไม่ต้องการจบการทำงานเลือก No ดังแสดงในภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 แสดงการจบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง

จากที่ได้ทำการทดลองการใช้โปรแกรมของระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดีแล้ว ซึ่งการทดลองใช้โปรแกรมนี้ประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมระบบที่จอดรถและเครื่องอ่านข้อมูลที่ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านพอร์ต RS-232 และขั้นตอนของการอ่านข้อมูลจากแท็กและการบันทึกข้อมูล โดยที่บัตรนั้นจะต้องมีหมายเลขประจำของแต่ละใบ รวมถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นการยืนยันตัวตนของสมาชิกซึ่งเป็นเจ้าของบัตรเพื่อการใช้บริการของระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดี

ผลที่ได้จากการทดลองนี้ถือเป็นที่น่าพอใจตามจุดประสงค์และขอบเขตของโครงงานที่ออกแบบไว้แล้วในขั้นตอนของการวางแผน และเพื่อให้โปรแกรมนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นในการที่จะนำไปพัฒนาใช้งานจริงกับระบบที่จอดรถตามสถานที่ต่าง ๆ ยังจะต้องมีบางส่วนที่ต้องปรับปรุงให้การทำงานมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและค้นคว้าการทำงานของระบบอาร์เอฟไอดีแต่ละส่วนแล้ว ทำให้เข้าใจการทำงานของระบบ และสามารถออกแบบระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดีได้ ซึ่งจะเป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย เครื่องอ่าน บัตรหรือแท็ก และชุดแสดงตัวอย่างทางเข้า-ออกที่จอดรถ และซอฟท์แวร์ ประกอบด้วย โปรแกรมระบบที่จอดรถ และหลังจากที่ได้มีการทดลองการทำงานของระบบ ผลการทดลองที่ได้ถือเป็นที่น่าพอใจสำหรับผู้จัดทำในระดับหนึ่ง เพราะระบบที่ผู้จัดทำได้ออกแบบและลงมือปฏิบัติยังคงมีข้อผิดพลาด หรือมีส่วนบกพร่องที่ต้องปรับปรุงเพิ่มเติมในโอกาสต่อไประบบจึงจะสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

- การออกแบบระบบที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี ผู้จัดทำจะต้องค้นคว้าข้อมูลซึ่งในบางส่วนนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายนักในปัจจุบัน จึงต้องใช้เวลาพอสมควร และจะต้องเปรียบเทียบกับระบบที่มีใช้กันอยู่แล้วในปัจจุบันด้วย

- การออกแบบระบบฐานข้อมูลที่ใช้กับระบบ ผู้จัดทำได้สร้างฐานข้อมูลโดยใช้ MS-Access ซึ่งจะต้องกำหนดข้อมูลที่ใช้ให้มีความครอบคลุม และไม่ซ้ำซ้อน

- การติดต่อระหว่างอาร์เอฟไอดีกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ผู้จัดทำต้องศึกษาการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชิ้น แต่ยังมีบางส่วนที่ไม่สามารถใช้งานได้ครบตามความสามารถของอุปกรณ์ อย่างเช่น การแก้ไขหรือการเข้ารหัสและการถอดรหัสขึ้นมาใหม่ ซึ่งตัวเครื่องอ่านจะมีโปรแกรมภายในอัตโนมัติอยู่แล้ว

- การออกแบบโปรแกรมที่ใช้กับระบบ การใช้งานโดยรวมยังมีความบกพร่องอีกหลายส่วน เช่น รูปแบบของหน้าตาโปรแกรมยังมีบางส่วนที่แสดงข้อมูลเกินความจำเป็นเวลาใช้งานจริง และในส่วนของการพิมพ์รายงานอาจยังมีสัดส่วนที่ยังไม่เหมาะสม

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ปัญหา

- สามารถนำระบบที่จอดรถโดยใช้อาร์เอฟไอดีนี้ไปพัฒนาเพื่อใช้งานจริงได้ เช่น ที่จอดรถในห้างสรรพสินค้า โรงแรม หรือสถานที่ที่ต้องการจัดระเบียบด้านการจอดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี และการประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ให้มากขึ้น

- ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับการออกแบบฐานข้อมูลให้มากขึ้นหรือปรึกษากับผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านฐานข้อมูล เพื่อให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

- ศึกษาระบบอาร์เอฟไอดี และการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชิ้นเป็นอย่างดี เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

- ทำการทดลองใช้โปรแกรมตัวอย่างของระบบที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง อย่างเช่น แก้ไขปรับปรุงหน้าตาของโปรแกรมบางส่วนที่ใช้แสดงข้อมูลไม่ให้มากเกินความจำเป็นเวลาใช้งานจริง เป็นต้น เพื่อให้สามารถใช้งานโปรแกรมได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และช่วงของการเข้าใช้บริการให้มีการบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ โดยมีเจ้าหน้าที่เฉพาะในส่วนของทางออกเท่านั้น ซึ่งจะช่วยให้ลดเวลาในการเข้าใช้บริการได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] "Fundamental Operating Principles of RFID-Systems." [Online]. Available :http://rfid-handbook.com/

[2] "RFID Technology." [Online]. Available :http://www.samsys.com

[3] "RFID Inc. features radio frequency indefication products." [Online]. Available :http://www.rfida.com/nb/rfidinc.htm

[4] "RFID, Parking Access Control, Car Park Management, long range RFID systems." [Online]. Available :http://www.dassnagar.com/Software/AMgm/RF_products/it_RF_carparking.htm

[5] "RFID Parking Access Control Systems." [Online]. Available : http://www.transcore.com/wdparkingaccess.html

[6] "Smart Card & RF-ID Cluster" [Online]. Available :http://www.tidi.nectec.or.th/rfid-cluster/

[7] ศุภชัย สมพานิช. "สร้างระบบงานฐานข้อมูลด้วย Visual Basic .NET ฉบับโปรแกรมเมอร์" นนทบุรี :สำนักพิมพ์ ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โครงสร้างและการทำงานของเครื่องอ่านและแท็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ขอบเขตการทำงานของ ARC120 MIFARE

ACR120 Serial Protocol เป็นเครื่องอ่านเพื่อการติดต่อกับ ARC120 MIFARE และแท็กหรือทรานสปอนเดอร์ ISO14443 ชนิด A และชนิด B การใช้งานหลักมีดังนี้คือ

- การควบคุมการเข้าถึง (Access control) การบ่งชี้เฉพาะ (Identification) จะมีการอ่านหมายเลขประจำ (Serial numbers) ของบัตรทั้งหมดในสนามแม่เหล็ก
- การจัดเก็บข้อมูล (Data Storage) จะมีการทำการเข้ารหัสการอ่านและเขียน
- บัตร (Ticking) จะมีการทำการอ่าน เขียน เพิ่ม และลด ในการเข้ารหัส

2. MIFARE Data Structures

2.1 ข้อกำหนด

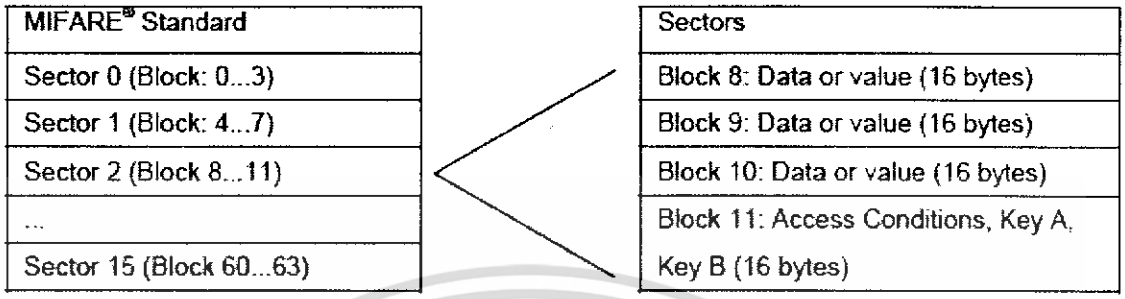
ตารางที่ ก.1 แสดงข้อกำหนดของโครงสร้างข้อมูล

Sector	เซ็กเมนต์หน่วยความจำของบัตรมาตรฐาน MIFARE แต่ละเซ็กเมนต์ปรกอบด้วย 4 บล็อก และมีคีย์เฉพาะและสภาวะการเข้าถึง โดยทั่วไปในหลาย ๆ แอปพลิเคชั่น ส่วนต่าง ๆ จะถูกกำหนดเพื่อการทำงานนั้น
Key	แต่ละเซ็กเตอร์ของบัตรถูกกำหนดโครงสร้างไว้ 6 ไบต์ เครื่องอ่านอาจจะเก็บได้ถึง 32 คีย์ ใน EEPROM หรือ 1 คีย์ใน RAM
Transport Key	คีย์ถูกเก็บหลังจากได้ส่งให้จากโรงงาน (f.e. A0A1A2A3A4A5, B0B1B2B3B4B5 or FFFFFFFFFFFF)
Block	เซ็กเมนต์หน่วยความจำ 16 ไบต์ของบัตรมาตรฐาน MIFARE
Value	ตัวแปร 4 ไบต์ (unsigned long) ถูกเก็บในรูปแบบพิเศษในหนึ่งบล็อก ค่าคือจำนวน 2s คอมพลิเมนต์ ซึ่งสามารถเป็นลบได้ ค่าที่ถูกใช้สำหรับจ่ายเงิน ค่าสำเร็จแต่ละบล็อกจะใช้การซ้ำซ้อนเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง
Card ID	หมายเลขประจำ 4 ไบต์ (single size type) รหัสเดียวกันกับของโรงงานและไบต์ตรวจสอบ 16 ไบต์ อ่านได้อย่างเดียว จะถูกเก็บในบล็อก 0 (เซ็กเตอร์ 0) ของแต่ละแท็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

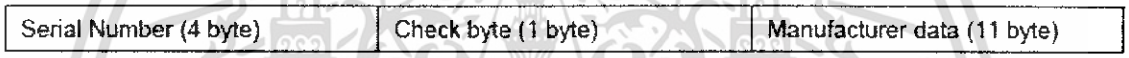
2.2 บัตรมาตรฐาน MIFARE

ประกอบด้วย 16 เซ็กเตอร์ แต่ละเซ็กเตอร์มี 4 บล็อก แต่ละบล็อกมี 16 ไบต์



ภาพที่ ก.1 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำของบัตร

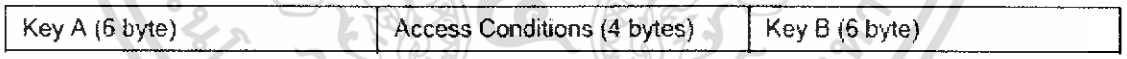
2.2.1 เซ็กเตอร์ 0 / บล็อก 0



ภาพที่ ก.2 แสดงเซ็กเตอร์ 0 / บล็อก 0

บล็อกนี้สามารถอ่านได้อย่างเดียว เราไม่สามารถเข้าไปแก้ไขค่าต่าง ๆ ภายในได้

2.2.2 บล็อก 3, 7, 11, 15, ...

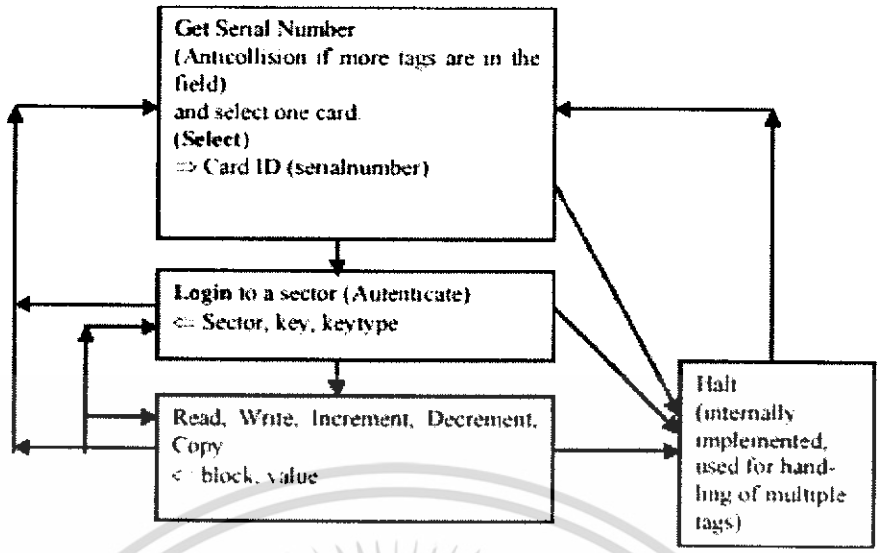


ภาพที่ ก.3 แสดงบล็อกอื่น ๆ ในหน่วยความจำ

2.2.3 แนวความคิดของ MIFARE

การทำงานสามารถอ่านในสนามได้ครั้งละหลายแท็ก และมีการเข้ารหัสหน่วยความจำเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน คุณสมบัติการทำงานสามารถอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.4 แสดงกระบวนการทำงานของเครื่องอ่านกับแท็ก

สถานการณ์การทำงานได้ถูกจับเข้ากับการใช้งานของคำสั่งเครื่องอ่านดังแสดงในตารางที่ ก.1 ด้านล่างนี้

ตารางที่ ก.2 แสดงเหตุการณ์ของการทำงานระหว่างเครื่องอ่านกับแท็ก

Get Serial Number	"c" continuously reads serial numbers of all cards in the field "m<CR> displays a list of all tags in the field
Select	"s" reads a serial number and selects a single card in the field "m...<CR>" selects a specific card in the field
Login	"l" does the authentication procedure for a sector; always requires a select (using "s" or "m...") before
Read, Write, Increment, Decrement, Copy	"r", "w", "+", "-", "=" does the reading, writing and value handling; always requires a select and a login before

3. โปรโตคอลและชุดคำสั่งที่ใช้งาน

3.1 แอสกีโปรโตคอล

โปรโตคอลนี้ถูกออกแบบให้ใช้งานได้ง่าย คำสั่งสามารถใช้กับโปรแกรมประเภทเทอร์มินอลได้ ข้อมูลที่ส่งเป็นแบบ ASCII Hex ซึ่งสามารแสดงให้เห็นได้ในโปรแกรมเทอร์มอนอล (Hyperterminal)

Command M bytes	Data N bytes

ภาพที่ ก.5 แสดงโครงสร้างของเฟรมของแอสกีโปรโตคอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ไบนารี่โปรโตคอล

โปรโตคอลนี้ถูกแบบสำหรับการใช้งานอุตสาหกรรมโดยใช้การซิงโครไนเซชั่น และการตรวจสอบเฟรม การส่งข้อมูลจะเป็นแบบไบนารี่

STX 1 byte	Station ID 1 byte	Length 1 byte	Command/Data N bytes	BCC 1 byte	ETX 1 byte

ภาพที่ ก.6 แสดงโครงสร้างของเฟรมของไบนารี่โปรโตคอล

- STX : Start of Text (ASCII 02h)
- Station ID : Unique ID of the Station
  ID 0 ถูกจองสำหรับบัสหลัก (controller device)
  ID FFh ถูกจองการตอบกลับทั้งหมด (Get ID Instruction)
- Length : ตัววัดความยาวข้อมูล แทนความยาวของบล็อก Command/Data
- Command/Data : เป็นบล็อกคำสั่ง ใช้เก็บคำสั่งและข้อมูล โดยค่าของคำสั่งจะอยู่ในรูปของ ASCII ส่วนข้อมูลจะถูกส่งเป็นไบนารี่แทน ASCII Hex
  ความยาวของบล็อกคำสั่งขึ้นอยู่กับคำสั่งที่ใช้
- BCC : Block Check Character ใช้ในการตรวจสอบการส่งผิดพลาด
  คำนวณโดย XOR แต่ละไบต์ของเฟรมรวมกับ STX/BCC และ ETX
  BCC = (Station ID) XOR (Length) XOR (Data/Command 1) XOR (Data/Command 2) XOR…XOR (Data/Command N)
- ETX : End of Text

ตัวอย่างข้อมูลของเฟรมที่ใช้งาน

02h	64h	01h	78h	1Dh	03h
STX	Station ID	Length	'x'	BCC	ETX

ภาพที่ ก.7 แสดงข้อมูลของเฟรมที่ใช้งาน

เฟรมคำสั่งนี้จะรีเซ็ตเครื่องอ่านด้วย station ID 64h เครื่องอ่านจะไม่ส่งคำร้องสำหรับคำสั่งนี้

02h	25h	02h	72h	04h	51h	03h
STX	Station ID	Length	'r'	block	BCC	ETX

ภาพที่ ก.8 แสดงเฟรมของคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟรมนี้จะอ่านบล็อกที่สี่ (ที่ถูกเลือกและถูกยืนยันตัวตน) ของบัตรในสนามของเครื่องอ่าน ด้วย 25h ถ้าการอ่านสำเร็จจะตอบกลับดังเฟรมตัวอย่าง

02h	00h	04h	01h	05h	05h	03h	04h	02h	06h	07h	08h	0Fh	0Eh	0Bh	0Ch	0Dh	0Ah	09h	0Fh	03h
STX	Bus Master ID	Length	Data Byte Nr 0	Data Byte Nr 1	Data Byte Nr 2	Data Byte Nr 3	Data Byte Nr 4	Data Byte Nr 5	Data Byte Nr 6	Data Byte Nr 7	Data Byte Nr 8	Data Byte Nr 9	Data Byte Nr 10	Data Byte Nr 11	Data Byte Nr 12	Data Byte Nr 13	Data Byte Nr 14	Data Byte Nr 15	BCC	ETX

ภาพที่ ก.9 แสดงเฟรมที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล

ข้อมูลในบล็อก 4 คือ "01 00 056 03 04 02 06 07 08 0F 0E 0B 0C 0D 0A 09" ถ้าการอ่านล้มเหลวเป็นเพราะแท็กถูกย้ายออกจากสนามก่อนที่เครื่องอ่านจะตอบกลับ

02h	00h	01h	4Eh	4Fh	03h
STX	Master ID Length	'N'		BCC	ETX

ภาพที่ ก.10 แสดงข้อมูลคำสั่งในเฟรม

3.3 ชุดคำสั่ง

ตารางที่ ก.3 แสดงชุดคำสั่งที่ใช้งาน

Command Byte	MIFARE® Application Oriented Protocol Command	MIFARE® Low Level Command
'x'	Reset	-
'c'	Continuous Read	Anticollision
's'	Select	Select
'm'	MultiTag Select / Tag list	Select / Anticollision
'l'	Login [sector, keytype, key]	Authenticate
'r'	Read [block]	Read
'rv'	Read value [block]	Read
're'	Read register [register]	-
'w'	Write [block, data]	Write
'wv'	Write value [block, value]	Write
'we'	Write register [register, data]	-
'wm'	Write key register [register, key]	-
'+'	Increment [block, value]	Increment
'-'	Decrement [block, value]	Decrement
'='	Copy [block, block]	Restore
'g'	Get ID of reader module	-
't'	Transfer data telegram [length, option, data]	various
'poff'/'pon'	Turn the antenna power on or off	-
'pr'/'pw'	Read Write the 1 bit user Port	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 คำสั่งการ RESET

ตารางที่ ก.4 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการรีเซ็ต

Command	
CMD	DATA
'x'	None
Binary Frame	02 01 01 78 78 03

Answer	
ANS	DATA
none	Binary Mode: None ASCII Mode: "ACR120 x.xx" + CR + LF, where x.xx is the major and minor version number of the firmware installed.

3.3.2 คำสั่งการ READ

ตารางที่ ก.5 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการอ่าน

Command	
CMD	DATA
'r' read block	block (1 byte) 00…3F (for a Mifare® Standard TAG)
'rv' read value block	block (1 byte) 00…3F
're' read reader EEPROM	register (1 byte) 00…13
Binary Frame:	read block 04h: 02 01 02 72 04 75 03 read value block 04h: 02 01 03 72 76 04 02 03 read register 10h(user data): 02 01 03 72 65 10 05 03

Answer	
ANS	DATA
none	read block: Data (16 bytes) read value: Value (4 bytes)
	read EEPROM: Data (1 byte)
'N': no TAG	none
'I': no value block	none
'F': read failure	none
Binary Frame:	Read block: 02 00 10 <16 bytes data> cc 03 Read value: 02 00 04 <4 bytes data> cc 03 Read EEPROM: 02 00 01 nn cc 03

3.3.3 การอ่าน EEPROM ของเครื่องอ่าน

ตารางที่ ก.6 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการอ่านหน่วยความจำ EEPROM

MIFARE® Reader Module EEPROM Memory Organization		
Number	Name	Description
00h…03h	unique device ID (32 bit)	This number is unique for each device and therefore read only.
04h	Station ID	Indicates the address ID for every station. The ID is used for addressing within a party line and is read only.
05h	Protocol Configuration	Set protocol type, power on behavior
06h	Baud Rate Selection	Defines communication speed
07h…0Fh	reserved	
10h…13h	user data	free usage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 แสดงตัวอย่างการใช้คำสั่งอ่าน EEPROM

r05	reads block 4 (sector 1)
00112233445566778899AABBCCEEDDFF	reply from reader if Mifare® Standard block 5 contains "001122..."
r00	reads Manufacturer Code (sector 0)
rv04	reads value of block 4
00112233	reply from reader if Mifare® Standard value block 4 contains "00112233"
re04	reads register 4 (Station ID)
01	reply if Station ID is set to 01
re05	reads register 5 (Protocol Configuration)
01	reply if Protocol Configuration register is set to 01
re06	reads register 6 (Baud Rate Selection)
03	reply if baudrate is set to 57600 baud

3.3.4 คำสั่งการ WRITE

ตารางที่ ก.8 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการเขียน

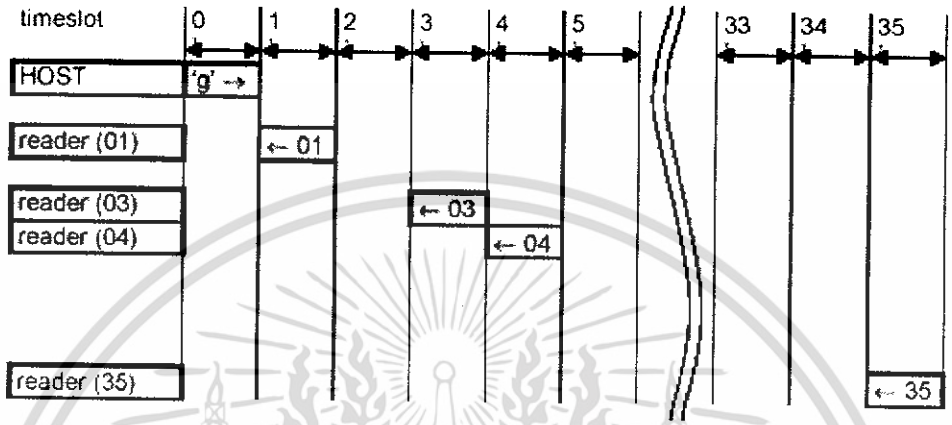
Command	
CMD	DATA
'w' write block	block (1 byte) 00...3F data (16 bytes)
'wv' write value block	block (1 byte) 00...3F value (4 bytes)
'we' write register	register (1 byte) 00..0F data (1 byte)
'wm' write master key	key number (1 byte) 00...1F key (6 bytes)
Binary Frame:	write block 04h, data 001122...: 02 01 12 77 04 00 11 22 33 44 55 66 77 88 99 AA BB CC DD EE FF 60 03 write value block 04h, value 00112233: 02 01 07 77 76 04 00 11 22 33 03 03 write register 10h (user data), data AAh 02 01 04 77 65 10 AA AD 03 write master key 0, keydata A0A1A2A3A4A5: 02 01 09 77 6D 00 A0 A1 A2 A3 A4 A5 13 03

Answer	
ANS	DATA
None	write block: written data (16 bytes) write value: written value (4 bytes) write register: written value (1 byte) write master key: written key (6 bytes)
'X': unable to read after write	none
'U': read after write error	none
'N': no TAG	none
'F': write failure	none
'I': write failure	none
Binary Frame:	Write block: 02 00 10 (16 bytes of data) cc 03 Write register: 02 00 01 nn cc 03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ช่วงเวลาการทำงาน

เพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของการอ่านจึงได้มีการจัดสรรเวลาและกระบวนการดังแสดงในรูปช่วงเวลาด้านล่างนี้

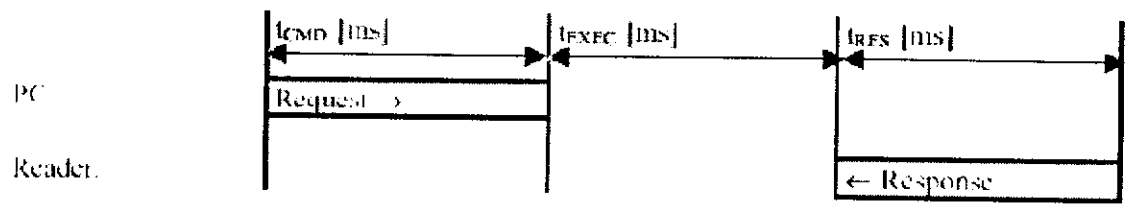


ภาพที่ ก.11 แสดงช่วงเวลาในการอ่าน

ตารางช่วงเวลาที่ใช้งานในกรณีต่าง ๆ ซึ่งจะแสดงถึงช่วงเวลาในการทำงานกับคำสั่งต่าง ๆ ได้แก่ การอ่าน การเขียน และคำสั่งย่อย ๆ เพื่อควบคุมการทำงานของการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านกับแท็กดังแสดงในตารางที่ ก.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 แสดงช่วงเวลาของการทำงานในแต่ละกรณี



Command	Command			Execution			Response		
	t_{MIN} [1]	t_{TYP} [1]	t_{MAX} [1]	t_{FAIL} [2,3]	t_{SUCC} [4]	t_{NOTG} [5]	t_{MIN} [1]	t_{TYP} [1,4]	t_{MAX} [1]
Reset		1.0			67.6			30.0[6]	
Cont. Read		1.0			- [7]	..[8]		10.4	
Select [2]		1.0		7.6	15.0	26.0	3.1	10.4	10.4
Multi Tag	2.1	2.1	5.2		various			various	
Login	4.2		17.7	16.6	5.4	15.0		3.1	
Read									
Data [r]		4.2		1.3	3.6	13.4	3.1	35.4	35.4
Value [rv]		4.2		3.8	3.8	13.4	3.1	10.4	10.4
EEPROM [re]		3.1			1.0			1.0	
Write [6]									
Data [w]		36.5		1.3	11.2	13.4	3.1	35.4	35.4
Value [wv]		12.5		1.3	11.2	13.4	3.1	10.4	10.4
EEPROM [we]		4.2			9.6			1.0	
Master Key [m]		9.4			115.0		1.0	6.3	6.3
Power ON		3.1			<0.3			1.0	
Power OFF		4.2			<0.4			1.0	
Port									
write [w]		3.1			<0.1			1.0	
read [r]		2.1			<0.4			1.0	
Get ID		1.0			various			1.0	
Transfer Telegram		various			various			various	
Increment [9]		11.5		1.3	18.0	13.4	3.1	10.4	10.4
Decrement [9]		11.5		1.3	18.0	13.4	3.1	10.4	10.4
Copy [9]		3.1		3.6	14.5	13.4	3.1	10.4	10.4

5. รายละเอียดของฟังก์ชั่นการทำงาน

5.1 รายละเอียดของบล็อก

ชิป MF1 IC S50 ประกอบด้วย EEPROM 1 กิโลไบต์ RF-Interface และ หน่วยควบคุมดิจิตอล พลังงานและข้อมูลที่ถูกส่งผ่านสายอากาศซึ่งประกอบด้วย ขดลวดที่ขดกันเป็นวงเชื่อมต่อกับชิป MF1 IC S50 ดังแสดงในภาพที่ ก.12

5.1.1 RF-Interface

- ตัวมอดูเลต/ตัวดีมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรเรียงกระแส

- ตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

- รีเซ็ตพลังงาน

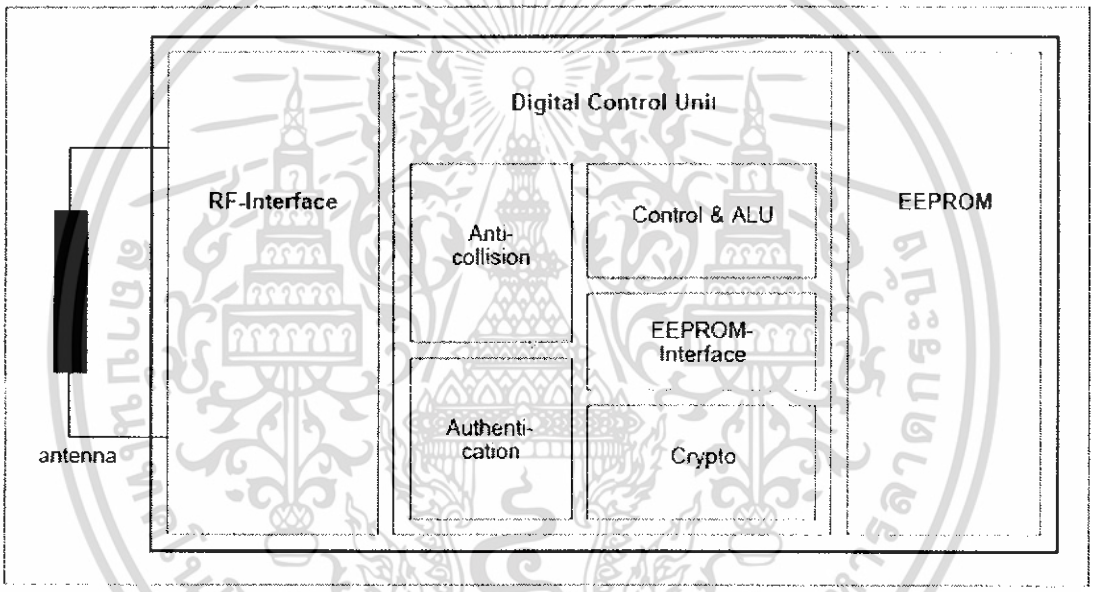
- ตัวเร็กกูเลตแรงดัน

5.1.2 การป้องกันการชนกันของข้อมูล

บัตรหลาย ๆ ใบที่อยู่ในสนามอาจจะถูกเลือกและถูกสั่งให้ทำงานตามลำดับ

5.1.3 การพิสูจน์ตัวตน

ก่อนอื่นกระบวนการพิสูจน์ตัวตนเพื่อให้แน่ใจของหน่วยความจำ ซึ่งการเข้าถึงบล็อกที่เป็นไปได้ผ่านด้วยสองคีย์เฉพาะสำหรับแต่ละบล็อก



ภาพที่ ก.12 แสดงโครงสร้างภายในของแท็ก

5.1.4 หน่วยประมวลผลทางลอจิก ค่าที่เก็บจะอยู่ในรูปแบบที่ซับซ้อนและสามารถถูกเพิ่มและลดได้

5.1.5 EEPROM-Interface

5.1.6 หน่วย Crypto เพื่อให้มีความแน่ใจได้ถึงความปลอดภัยในการเปลี่ยนแปลงข้อมูล

5.1.7 EEPROM หน่วยความจำ 1 กิโลไบต์ถูกกำหนดให้เป็น 16 เซ็กเตอร์ แต่เซ็กเตอร์มี 4 บล็อก หนึ่งบล็อกเก็บได้ 16 ไบต์ บล็อกสุดท้ายของแต่ละเซ็กเตอร์ถูกเรียกว่า “trailer” ซึ่งใช้เก็บคีย์ลับสองคีย์และใช้โปรแกรมเป็นเงื่อนไขในการเข้าถึงแต่ละบล็อกในเซ็กเตอร์นี้

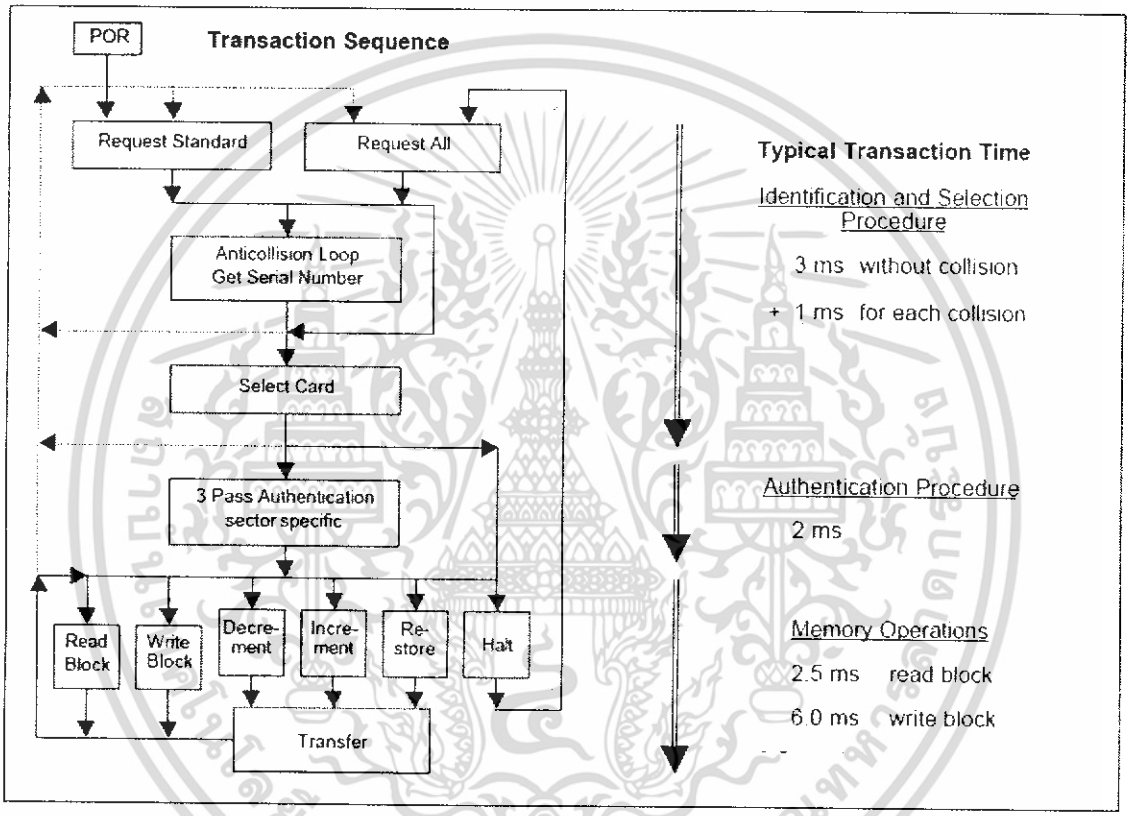
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 หลักการติดต่อสื่อสาร

คำสั่งต่าง ๆ ถูกกำหนดโดย RWD และถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมดิจิตอลของ MF1 IC S50 เพื่อเป็นเงื่อนไขการเข้าถึงจากการตอบสนองของเซ็กเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ ก.13

5.2.1 REQUEST STANDARD/ALL

หลังจากพลังงานรีเซ็ตของบัตร สามารถตอบรับคำสั่งการร้องขอ ส่งโดย RWD ไปยังบัตรทุกใบในสนามของสายอากาศ โดยส่งคำตอบไปยังรหัสที่ร้องขอมา



ภาพที่ ก.13 แสดงกระบวนการติดต่อของเครื่องอ่านกับแท็ก

5.2.2 ANTICOLLISION LOOP

ในลูปของการป้องกันการชนกันของหมายเลขประจำของบัตรในการอ่าน ถ้าบัตรหลายใบในย่านการทำงานของ RWD บัตรเหล่านั้นสามารถแยกเป็นหมายเลขประจำที่ไม่ซ้ำกับบัตรอื่นและหนึ่งในนั้นจะถูกเลือกสำหรับการรับส่งข้อมูล บัตรที่ไม่ถูกเลือกจะรอคอยการตอบรับคำสั่ง

5.2.3 SELECT CARD

คำสั่งการเลือกบัตร RWD เลือกบัตรหนึ่งใบสำหรับพิสูจน์ตัวตนและการทำงานที่สัมพันธ์กับคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 3 PASS AUTHENTICATION

หลังจากการเลือกของบัตรเฉพาะ RWD ตำแหน่งหน่วยความจำของการเข้าถึงหน่วยความจำและใช้คีย์ตอบสนองสำหรับกระบวนการ 3 pass authentication หลังจากการพิสูจน์ตัวตนสำเร็จแล้วหน่วยความจำทั้งหมดจะถูกทำการเข้ารหัส

5.2.5 การทำงานของหน่วยความจำ

หลังจากการพิสูจน์ตัวตนมีหลักการทำงานดังนี้

- การอ่านบล็อก
- การเขียนบล็อก
- การลดเนื้อหาของบล็อกและเก็บผลในส่วนสำรองข้อมูลภายใน
- การเพิ่มเนื้อหาของบล็อกและเก็บผลในส่วนสำรองข้อมูลภายใน
- การรีสโตร์
- การรับส่งข้อมูล

5.3 ความปลอดภัยของข้อมูล

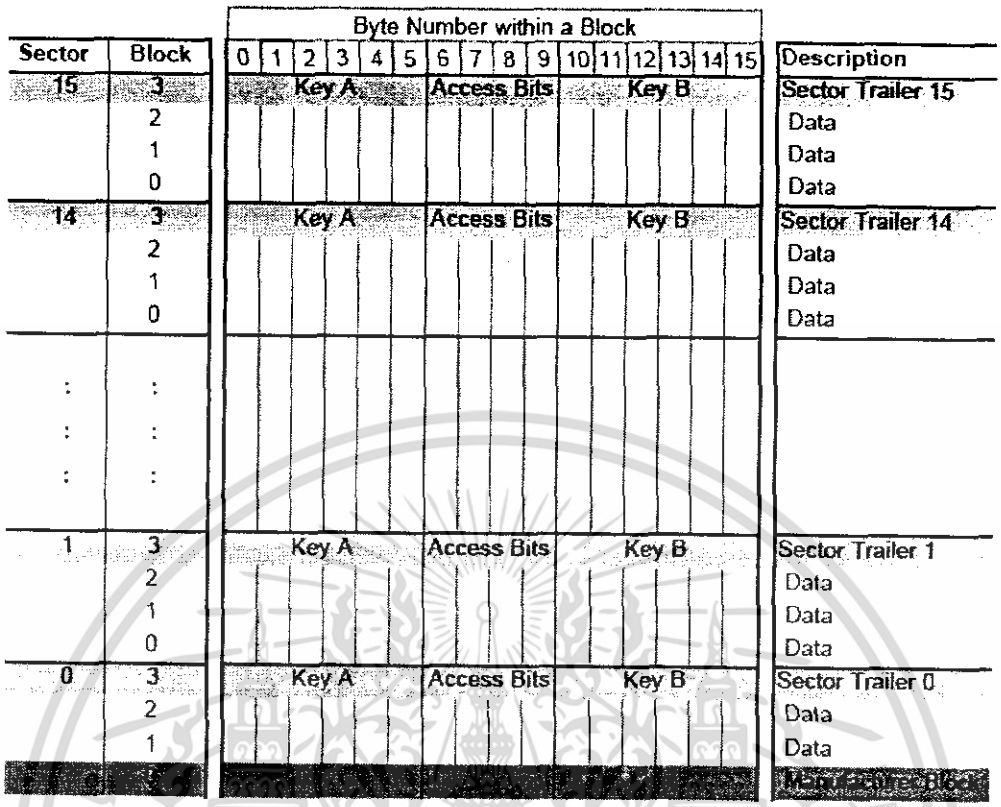
ตามกลไกการนำไปใช้งานสำหรับการติดต่อโดยไร้สัมผัสระหว่าง RWD และบัตร เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของการรับส่งข้อมูล

- CRC 16 บิตต่อบล็อก
- พาริตี้บิตสำหรับแต่ละไบต์
- ตรวจสอบด้วยการนับบิต
- ทำบิตรหัสเพื่อแยกระหว่าง “0”, “1” และไม่มีข้อมูล
- ส่วนการสอดส่องดูแล (ลำดับโปรโตคอลและการวิเคราะห์บิตที่เป็นชุด)

5.4 โครงสร้างหน่วยความจำ

หน่วยความจำ EEPROM 1024x8 บิต ถูกจัดโครงสร้างเป็น 16 เซ็กเตอร์ที่มี 4 บล็อก ในแต่ละบล็อกมี 16 ไบต์ แสดงดังภาพที่ ก.14

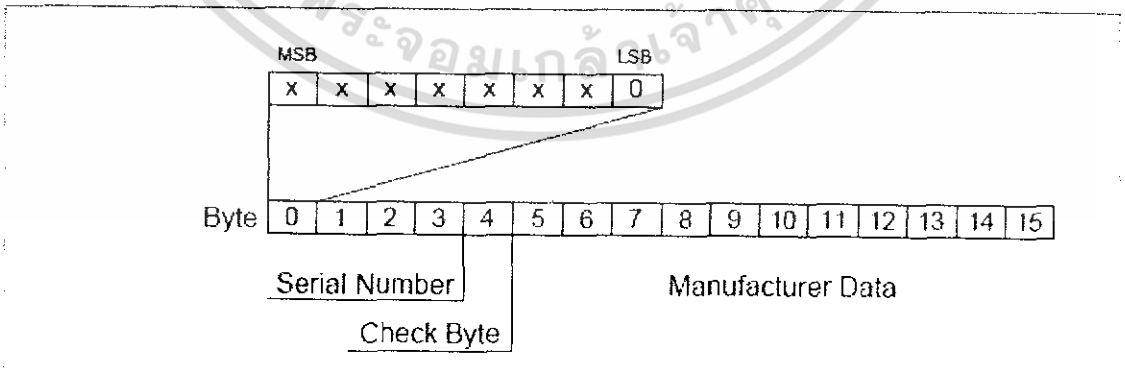
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.14 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำ EEPROM

5.4.1 บล็อกข้อมูลจากโรงงาน

ข้อมูลบล็อกแรก (บล็อก 0) ของเซ็กเตอร์แรก (เซ็กเตอร์ 0) จะเก็บข้อมูลของ IC จากโรงงาน ส่วนนี้จะถูกป้องกันการเขียนข้อมูลทับลงไป แสดงดังภาพที่ ก.15



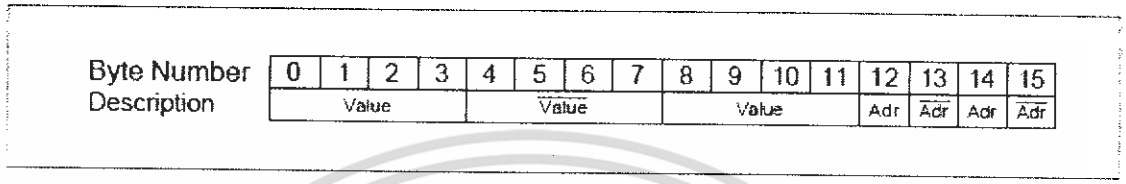
ภาพที่ ก.15 แสดงบล็อกข้อมูลจากโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 บล็อกข้อมูล

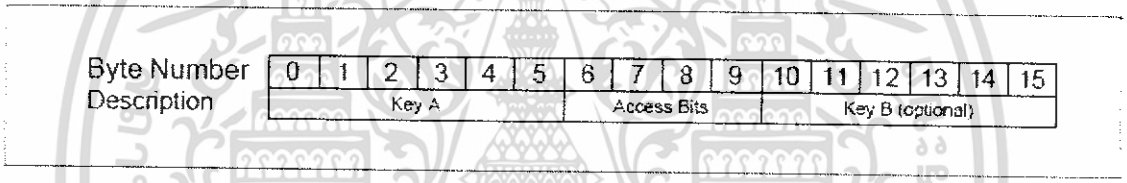
เซ็กเตอร์ทั้งหมดจะเก็บ 3 บล็อกที่ 16 ไบต์ในบล็อก สำหรับเก็บข้อมูล (เซ็กเตอร์ 0 เก็บเฉพาะสองบล็อกข้อมูลและเป็นบล็อกที่อ่านได้อย่างเดียว)

ค่าของบล็อกจะถูกกำหนดรูปแบบข้อมูลซึ่งอนุญาตให้ตรวจสอบความผิดพลาดและความถูกต้องและการจัดการสำรองข้อมูล ซึ่งแสดงในภาพที่ ก.16

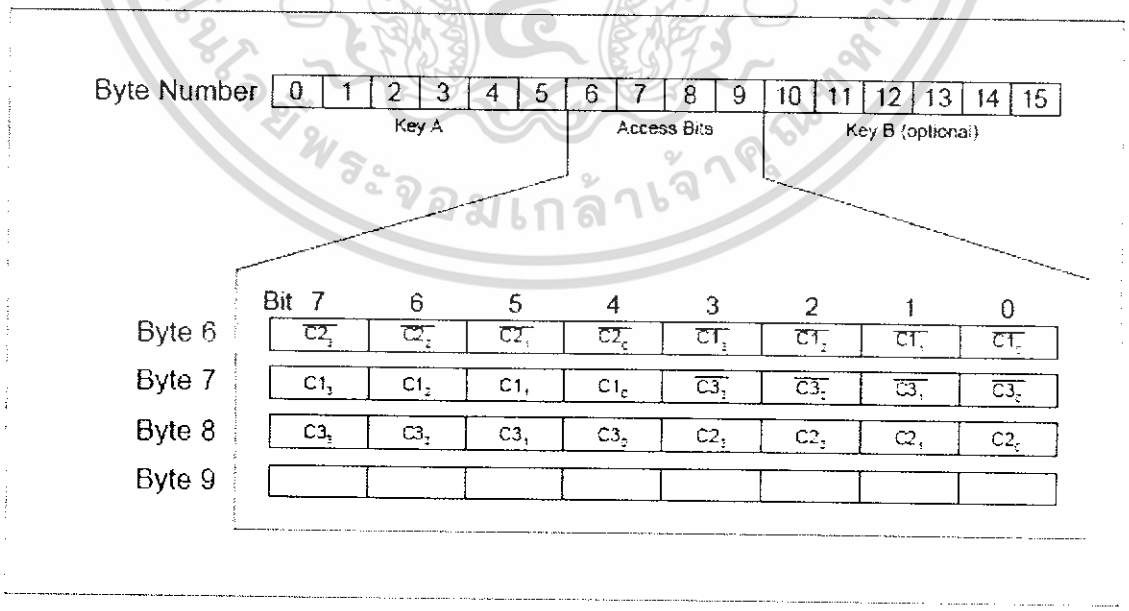


ภาพที่ ก.16 แสดงบล็อกของหน่วยความจำ

5.4.3 ส่วนท้ายเซ็กเตอร์ (บล็อก 3) แสดงในภาพที่ ก.17 และ ก.18



ภาพที่ ก.17 แสดงบล็อก 3 ของหน่วยความจำ

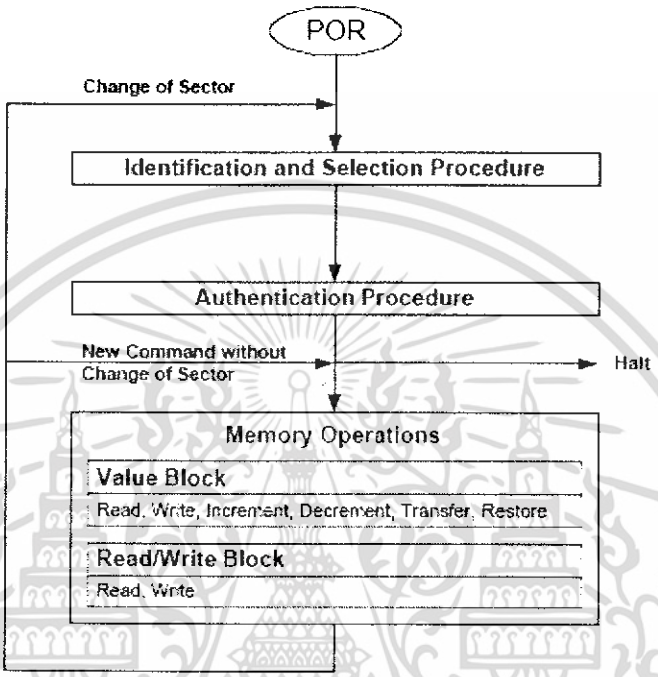


ภาพที่ ก.18 แสดงบิตในบล็อก 3 ของหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การเข้าถึงหน่วยความจำ

ก่อนที่หน่วยความจำจะทำงาน บัตรจะต้องผ่านการถูกเลือกและพิสูจน์ตัวตนก่อน ซึ่งได้อธิบายตามภาพที่ ก.19 ด้านล่างนี้



ภาพที่ ก.19 แสดงกระบวนการเข้าถึงหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้