

การพัฒนาระบบที่ใช้ในการกำหนดลักษณะประจำตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้
ในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ
A DEVELOPMENT OF ELECTRONIC IDENTIFICATION SYSTEM
FOR AUTOMATIC MATERIAL TRACKING



นายสัมฤทธิ์ บุญอมร
MR. SUMRIT BUNAMORN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2539

ISBN 974-621-746-1

ชื่อ.....
เลขทะเบียน..... 27291
เดือน, ปี 8 ส.ค. 2540

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ซึ่งการขยู่ยงในการก๊อปปี้หรือการนำเอาเนื้อหาไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A DEVELOPMENT OF ELECTRONIC IDENTIFICATION SYSTEM
FOR AUTOMATIC MATERIAL TRACKING**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

1996

ISBN 974-621-746-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบที่ใช้กำหนดลักษณะประจำตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ
ชื่อนักศึกษา	นายสัมฤทธิ์ บุญอมร
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.รัตติกกร วรากุลศิริพันธุ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2539

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอผลงานวิจัยด้านการออกแบบและพัฒนาระบบที่ใช้ในการกำหนดลักษณะประจำตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำไปใช้ในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ โดยนำหลักการของการส่งและรับคลื่นวิทยุมาใช้งาน ทั้งนี้เนื่องจากระบบอื่นๆที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่สามารถตอบสนองความต้องการด้านการกำหนดลักษณะประจำตัวในบางกรณีได้ เช่นการติดตามวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

องค์ประกอบของระบบประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือแผ่นการ์ดที่ติดประจำตัววัตถุซึ่งเป็นเสมือนบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์(Tag)ที่มีรหัสเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติเฉพาะของวัตถุและส่วนอุปกรณ์ Interrogator ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมเพื่ออ่านหรือตรวจจับสัญญาณรหัสของวัตถุ และควบคุมการบันทึกข้อมูลบนการ์ดอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดประจำตัววัตถุเมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่าน อุปกรณ์Interrogatorจะถูกนำไปติดตั้งไว้ในจุดที่ต้องการตรวจจับหรือบันทึกข้อมูล โครงสร้างภายในประกอบด้วยส่วนควบคุมหรือไมโครคอมพิวเตอร์ ไมโครและเรดิโอทรานซีฟเวอร์ซึ่งใช้ในการสื่อสารกับการ์ดประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้คลื่นวิทยุ โดยใช้ความถี่ย่าน 275 MHz เนื่องจากหาอุปกรณ์ได้ง่ายและเป็นความถี่ที่นำมาใช้ในการสื่อสารระยะไกลอยู่แล้วและเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำสูงสุดจึงต้องอาศัย โปรโตคอลในการควบคุมการสื่อสารด้วย ซึ่งในกรณีนี้ได้ออกแบบโปรโตคอลขึ้นมาเพื่อให้เป็นการเฉพาะด้วย

Thesis Title	A Development of Electronic Identification System for Automatic Material Tracking
Student	Mr.Sumrit Bunamorn
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Ruttikorn Varakulsiripunth
Level of Student	Master of Engineering in Electrical Engineering
Department	Electronics, Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Year	1996

Abstract

This thesis is presented a research on the design and development of the Electronic Identification System which focuses on Automatic Material Tracking application. The system is designed by introducing the technology of Radio Frequency Identification(RFID), This is because of RFID can serve in some application of communication, which all other existing technologies can not, for examples of tracking of high speed moved materials.

The system developed in this thesis is composed of 2 main components; the Electronic Identification card or Tag which is used to identify the personal code of each individual material, and the Interrogator. The Interrogator acts as the radio sensor or detector to catch the signal of personal code from a Tag, Its other function is to control the writing of information to a Tag of moved material which is passing through the sensing area. Normally, Interrogator is installed in the area which the moved material need to be detected for collecting their personal data. The Tag is composed of microcontroller to act as control module and the radio transceiver to be used for communication with the Interrogator. The radio frequency to be used is 275 MHz band. To reduce the communication error between the Interrogator and Tag, the communication protocol has been used and it is proprietary design protocol.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้เขียนขอขอบพระคุณทุกท่านดังต่อไปนี้

รองศาสตราจารย์ ดร. รัตติกกร วรากุลศิริพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำแนะนำและความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย ทั้งเรื่องอำนาจอุปกรณ์ หนังสือ รวมทั้งการให้กำลังใจในการทำงาน

สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ที่กรุณาให้ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือวัด และสถานที่
ขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆ ที่สำนักวิจัยฯ ห้องแล็บรองศาสตราจารย์ ดร.โมไนย ไกรฤกษ์
ห้องแล็บ EMI ทุกคนที่ เสียสละเวลา และเป็นธุระในการดำเนินการทุกๆ เรื่อง รวมทั้งช่วยเหลือ
สนับสนุนในการทดลอง ให้ยืมเครื่องมือ ช่วยเก็บข้อมูล และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ซึ่งไม่
อาจจะเลยที่จะกล่าวถึงในที่นี้ แผน อ้วน ใจ๋ หนึ่ง ฤทธิ์ เม้ง สัมฤทธิ์ ตาม ด้อย บุรณ์ แหม่ม วอน
พีสุพัฒน์ ภา อุดม วิเศษ สิงค์

บุคคลอื่นที่ไม่สามารถกล่าวถึงในที่นี้

ทั้งนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณ

- รองศาสตราจารย์ ดร.รัตติกกร วรากุลศิริพันธุ์
- รองศาสตราจารย์ ดร. จเร สุรวัฒน์ปัญญา
- รองศาสตราจารย์ ดร. ถวิล พึ่งมา
- อาจารย์ ประภากร สุวรรณะ
- ดร. ทองทศ วาณิชศรี

ที่ให้ความกรุณามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำในการปรับปรุงรูปแบบ
และเนื้อหาในครั้งนี้

สัมฤทธิ์ บุญอมร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่	
1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาของวิทยานิพนธ์	1
ลักษณะทั่วไปของการติดตามวัตถุเคลื่อนที่	2
โครงสร้างของระบบ ATCS	4
วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย	5
โครงร่างของวิทยานิพนธ์	6
2. พื้นฐานของ RFID ที่นำมาใช้กับระบบ ATCS	8
ลักษณะทั่วไปของระบบ	8
หลักการและทฤษฎีพื้นฐานของ RFID	9
3. การออกแบบระบบ	17
แนวคิดและปรัชญาในการออกแบบระบบ	17
ปัญหาและความต้องการใช้งาน	19
องค์ประกอบของระบบและการทำงาน.....	27
การกำหนด Reading Zone	28
การออกแบบโปรโตคอล	34
แผนผังโปรแกรมควบคุมการทำงาน.....	48
อุปกรณ์ Interrogator.....	56

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่

3. RF-module.....	58
การออกแบบ Tag	67
การคำนวณความเร็ว Tag.....	71
4. การประเมินผลการทำงาน	79
การทดลองการใช้งานระบบ	79
ผลการทดลอง	81
สรุปผลการทดลอง.....	91
5. บทสรุป	95
สรุปผลการวิจัย	95
ประโยชน์ที่จะได้รับ	97
แนวทางการพัฒนาในอนาคต	98
6. การประยุกต์ใช้และตัวอย่างการใช้งาน.....	100
บรรณานุกรม.....	104
ภาคผนวก	105
1. การออกแบบสายอากาศ.....	106
2. การออกแบบโปรแกรม PIC	112
3.รายละเอียดโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Interrogator.....	117
4.รายละเอียดโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Tag.....	121
คำศัพท์และนิยาม.....	131
ประวัติผู้เขียน	133

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 แสดงเวลาที่ Tag อยู่ใน Reading Zone ที่ความเร็วรถต่างกัน.....	72
2 แสดงการคำนวณเวลาที่ทำงานจนครบไซเคิลของกรณีที่ 1-4	77
3 ผลการทดลองที่ความเร็วต่างๆ กัน.....	81



สารบัญภาพ

หน้า

1	แสดงโครงสร้างของระบบ ATCS.....	5
2	แสดงองค์ประกอบระบบ ATCS ที่ทำการพัฒนา.....	6
3	แสดง Mode การทำงานของ Tag และความเข้มของสัญญาณที่เกิดจาก การ Simulate RF Field.....	9
4	แสดงการมอดูเลทสัญญาณ ดิจิตอลแบบ ASK, FSK และ PSK.....	12
5	แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งวิทยุ.....	13
6	แสดง Asynchronous Data Format.....	14
7	แสดงโปรโตคอลอย่างง่ายเพื่อส่งข่าวสารจาก A ไปยัง B.....	15
8	แสดงวิธีการทำงานในการติดตามรถที่เคลื่อนที่.....	18
9	การเข้าคิวเพื่อจ่ายเงินค่าผ่านทางในการใช้ทางด่วนของรถ.....	20
10	แสดงโครงสร้างข้อมูลของ Tag.....	23
11	แสดงรายละเอียดของโครงสร้างข้อมูลที่เก็บที่ Tag ของ Frame A และ B.....	26
12	แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ.....	28
13	แสดงการกำหนด Beam ของสายอากาศ ที่ใช้ในการกำหนด Reading Zone.....	29
14	แสดงการเข้าสู่ Reading Zone ของรถ.....	29
15	แสดงการตอบสนองของ Tag เมื่อได้รับคำสั่งอ่าน.....	35
16	แสดงโครงสร้าง Response Data ที่ส่งจาก Tag.....	36
17	แสดงการตอบสนองของ Tag เมื่อได้รับคำสั่ง Write.....	37
18	แสดงโครงสร้างของเฟรม Write Information ที่ส่งออกอากาศโดย Interrogator.....	38
19	แสดงการตอบสนองของ Interrogator เมื่อรับคำสั่ง ACK.....	39
20	แสดงการตอบสนองของ Interrogator เมื่อได้รับคำสั่ง NACK จาก Tag.....	40
21	ภาพแสดงกระบวนการทำงานเมื่ออ่าน/เขียน Tag สำเร็จใน 1 ไซเคิลมาตรฐาน.....	41
22	แสดงการทำงานสำเร็จโดยทำการเขียนซ้ำ.....	43
23	ภาพแสดงกระบวนการทำงาน เมื่อมีการอ่าน Tag ผิดพลาด.....	45

สารบัญญภาพ(ต่อ)

หน้า

24	แสดงการอ่านและเขียนซ้ำ.....	47
25	แสดงแผนผังการทำงาน โปรแกรมหลักของ Interrogator.....	50
26	แสดงผังการทำงานของ โปรแกรมในการตรวจสอบความถูกต้องของ Tag ID โดย Interrogator	51
27	แผนผังการทำงานของ Tag.....	53
28	แผนผังการทำงานการตรวจสอบความถูกต้องของ Write Information โดย Tag	54
29	แสดงโครงสร้างข้อมูล 1 ไบท์.....	56
30	แสดงการนำพีซีมาใช้เป็นอุปกรณ์ Interrogator โดยการเชื่อมโยงกับ RF-Module ผ่าน RS-232	57
31	แสดงโครงสร้างภายในของ RF-Module	58
32	แสดงวงจรอินเทอร์เฟส RS-232 ขาส่ง.....	60
33	แสดงวงจรอินเทอร์เฟส RS-232 ในส่วนที่เชื่อมโยงกับขา RX และภาครับคลื่นวิทยุ.....	61
34	แสดงวงจรภาคส่ง.....	62
35	แสดง Radio Receiver Schematic Diagram	64
36	แสดง RF-Module Schematic Diagram.....	66
37	บล็อกไดอะแกรมของ Tag	67
38	แสดง Tag Schematic Diagram	69
39	แสดงการเข้าสู่ Reading Zone ของรถที่ใช้ทางด่วน.....	71
40	แสดงช่วงเวลาในการส่ง 'Read Command' ที่ความเร็ว 4800 บิต/วินาที.....	73
41	แสดงเวลาที่ต้องการน้อยที่สุด.....	75
42	แสดงเวลาที่ต้องการมากที่สุด	76
43	แสดงแผนผังวิธีการทดสอบการทำงาน	79
44 ก)	แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อทดลองใส่ค่า 'Write Information'	80
44 ข)	แสดงหน้าจอที่เปรียบเทียบผลการทดลอง.....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ(ต่อ)

หน้า

45	แสดง Spectrum ของสัญญาณที่ส่งออกจากภาคส่งของ RF-Module.....	82
46 ก)	แสดงแพทเทอรันของสายอากาศใน E-Plane	84
46 ข)	แสดงแพทเทอรันของสายอากาศใน E-Plane พิกัดฉาก	85
46 ค)	แสดงแพทเทอรันของสายอากาศใน H-Plane.....	86
46 ง)	แสดงแพทเทอรันของสายอากาศใน H-Plane พิกัดฉาก	87
46 จ)	ภาพแสดงกำลังของสัญญาณที่รับได้บริเวณต่างๆใน Reading Zone	88
47 ก)	แสดงเอาท์พุทของวงจรภาครับที่ผ่านภาคขยายแล้ว	89
47 ข)	แสดงเอาท์พุทของวงจรภาครับของ Tag ที่เปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้ว	90
48 ก)	การเก็บเงินที่ทางด่วนอัตโนมัติ	100
48 ข)	แสดงการนำไปใช้บริหารการจราจรของรถไฟและใช้ติดตามคอนเทนเนอร์เคลื่อนที่.....	102
48 ค)	การติดตามคอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ.....	103

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของวิทยานิพนธ์

ในยุคที่ข้อมูลข่าวสารมีความสำคัญมากในการช่วยตัดสินใจสำหรับการบริหาร ไม่ว่าจะเป็นในองค์กรธุรกิจ ราชการ หรือองค์กรที่เกี่ยวกับความมั่นคง ทำให้ระบบที่ใช้ในการกำหนดลักษณะประจำตัว (Identification) มีความสำคัญตามไปด้วย เนื่องจากทำให้การติดตามและเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ระบบที่นำมาใช้ ซึ่งมีหลากหลาย สามารถเลือกได้ตามวัตถุประสงค์ของกรใช้งานและความเหมาะสม โดยพิจารณาจากปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น ความยากง่ายในการใช้งาน ต้นทุนของระบบ ความเที่ยงตรงของข้อมูล (Data Accuracy) ปริมาณข้อมูลที่ต้องการเก็บ และลักษณะของการใช้งาน

อย่างไรก็ตามระบบที่ใช้ในการกำหนดลักษณะประจำตัว เพื่อการติดตามและเก็บรวบรวมข้อมูลในอดีตที่ใช้งานอยู่แล้ว ไม่สามารถตอบสนองในการใช้งานบางประเภทได้ เช่น ในการติดตามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลของวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง การติดตามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลของวัตถุเคลื่อนที่ในพื้นที่เปียกหรือมีความชื้นสูง หรือพื้นที่อันตราย ที่ไม่สามารถใช้คนในการปฏิบัติการ และการตอบสนองการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีความจำเป็นในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลประจำตัวของวัตถุโดยเฉพาะขณะที่วัตถุทำการเคลื่อนที่ในทางปฏิบัติมีวิธีการมากมายที่นำมาใช้ในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่ อย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานอยู่มาก และเป็นอุปสรรคสำคัญในการเจริญก้าวหน้าขององค์กร หากไม่สามารถนำระบบที่มีประสิทธิภาพมาใช้ได้ ซึ่งสาเหตุใหญ่มีอยู่ 2 ประการคือ

(ก) การที่ระบบ ยังต้องการทำงานโดยอาศัยคนในการปฏิบัติการ (Manual Process)

วิธีการแบบนี้จะมีข้อจำกัดเมื่อมีปริมาณข้อมูลการดำเนินการเป็นจำนวนมาก และต้องการประมวลผลอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นระบบนี้ยังมีข้อจำกัดด้านความถูกต้องของข้อมูล เนื่องจากการใช้คนในการปฏิบัติการทำให้มีโอกาสในการผิดพลาด

ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในกรณีนี้คือ การติดตามและเก็บรวบรวมข้อมูลของคอนเทนเนอร์ที่ท่าเรือที่มีปริมาณ 80000 ชิ้นต่อวันต้องใช้คนและระบบเอกสารเป็นจำนวนมากในการจัดการ ขั้นตอนที่เกิดขึ้นและการเชื่อมโยงระบบเอกสารมีโอกาสผิดพลาดได้ตลอดเวลา

(ข) ปัญหาอุปสรรคของสิ่งแวดล้อมและระยะทางที่ต้องการในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการปฏิบัติงานทั่วไปมีความจำเป็นตลอดเวลาที่จะต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลภายนอกอาคารที่มีสิ่งแวดล้อมและระยะทางที่เกินการปฏิบัติการโดยวิธีการธรรมดาได้ กรณีตัวอย่างจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของรถไฟที่ทำการบรรทุกคอนเทนเนอร์ขณะที่กำลังวิ่งด้วยความเร็วสูง

กรณีเช่นนี้ต้องการระบบติดตามและเก็บรวบรวมที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ทำงานโดยไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและข้อจำกัดของระยะทางได้

ลักษณะทั่วไปของการติดตามวัตถุเคลื่อนที่

โดยทั่วไปมีระบบและวิธีกำหนดลักษณะประจำตัวที่ใช้ในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่อยู่หลายชนิดอย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านี้ มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ไปซึ่งพอจะจำแนกได้ดังนี้

(1) วิธีการที่ใช้คนปฏิบัติการตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการสุดท้ายวิธีการนี้ไม่เหมาะสมเมื่อมีปริมาณ Transaction เป็นจำนวนมาก และต้องการความเร็วในการติดตาม

(2) ระบบที่ใช้ระบบบาร์โค้ด (Barcode System) วิธีนี้การเก็บรวบรวมข้อมูลของวัตถุ ใช้วิธีติดแถบบาร์โค้ดที่ข้างกล่องวัตถุ และต้องอยู่ในจุดที่มองเห็นได้ เพื่อให้อุปกรณ์อ่านทำการสแกนแถบได้ อย่างไรก็ตามระบบนี้ไม่สามารถสแกนแถบบาร์โค้ดได้ทันทีเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและไม่เหมาะสมถ้าต้องใช้งานภายนอกอาคาร

(3) ระบบที่ใช้แถบแม่เหล็ก (Magnetic Stripe) ระบบนี้ให้ความปลอดภัยของข้อมูลสูงขึ้นเนื่องจากเก็บข้อมูลไว้ในแถบแม่เหล็ก แต่ระบบนี้ก็ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการปฏิบัติการด้วยคนและไม่เหมาะสมในการใช้งานนอกอาคาร การปฏิบัติการทุกครั้งต้องใช้คนในการสอดบัตรที่ติดแถบแม่เหล็ก การใช้งานในลักษณะเช่นนี้ไม่เหมาะสมเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่อากาศหนาว ฝนตก หรือฝุ่นละอองหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ระบบที่ใช้ IC (Active card) เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลชนิดจำกัดและการใช้งานเหมือนกับระบบที่ใช้แถบแม่เหล็ก แต่ระบบนี้ให้ความปลอดภัยของข้อมูลสูงขึ้น

(5) ระบบRFID (Radio Frequency Identification System) ระบบนี้ใช้บัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ในการเก็บข้อมูลและนำคลื่นวิทยุมาใช้ในการสื่อสารเพื่อทำการอ่าน และบันทึกข้อมูลลงบนบัตร ซึ่งช่วยแก้ปัญหาที่ระบบอื่นๆไม่สามารถสนองได้โดยมีข้อดีดังต่อไปนี้

- สามารถติดตามเพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูลของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง
- ทำงานอัตโนมัติโดยไม่ต้องมีคนมีคนในการปฏิบัติการและทำงานได้ในสภาพแวดล้อมทุกชนิด
- ทำงานได้รวดเร็ว
- บันทึกและเปลี่ยนแปลงข้อมูลประจำตัวของวัตถุได้ตลอดเวลา
- เก็บข้อมูลได้ปริมาณมาก
- ให้ความถูกต้องและปลอดภัยของข้อมูลสูง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการพัฒนาระบบเพื่อสนองความต้องการในการกำหนดลักษณะประจำตัวเพื่อใช้ติดตามวัตถุเคลื่อนที่ในสถานการณ์ที่ระบบอื่นๆไม่สามารถตอบสนองได้ โดยนำพื้นฐานของระบบ RFID มาใช้งาน ในการกำหนดลักษณะประจำตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์ ให้กับวัตถุโดยการนำคลื่นวิทยุมาใช้ ทั้งนี้เน้นในการพัฒนาระบบไปใช้เพื่อการติดตามรถยนต์ ที่ใช้ทางด่วน เพื่อวัตถุประสงค์ในการเก็บเงินค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ (Automatic Toll Collection System:ATCS)

ระบบเก็บข้อมูลได้เป็นจำนวนมากและทำการบันทึกและเปลี่ยนแปลงข้อมูลการใช้ทางด่วนได้ตลอดเวลา ทำให้ยืดหยุ่นในการเก็บเงินค่าใช้ทางด่วน ช่วยแก้ปัญหาที่ต้องใช้ระบบโครงข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีราคาแพง และให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการโดยไม่ต้องหยุดรถเพื่อจ่ายเงิน

โครงสร้างของระบบ ATCS

เนื่องจากการติดตามรถยนต์ที่เคลื่อนที่ เพื่อวัตถุประสงค์หลักในการเก็บเงินค่าผ่านทางด่วน ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำหลักการและพื้นฐานของระบบ RFID มาใช้ระบบนี้มีองค์ประกอบของระบบที่สำคัญดังต่อไปนี้

1 Interrogator

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการตรวจจับหรืออ่านรหัสสัญญาณจากบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดประจำตัวรถ ที่ส่งเข้ามาในรูปของคลื่นวิทยุ (Radio Frequency) และทำนองเดียวกันจะทำการส่งคำสั่งควบคุม (ในรูปของคลื่นวิทยุเช่นเดียวกัน) เพื่อให้บัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ ทำการบันทึกข้อมูลในหน่วยความจำ

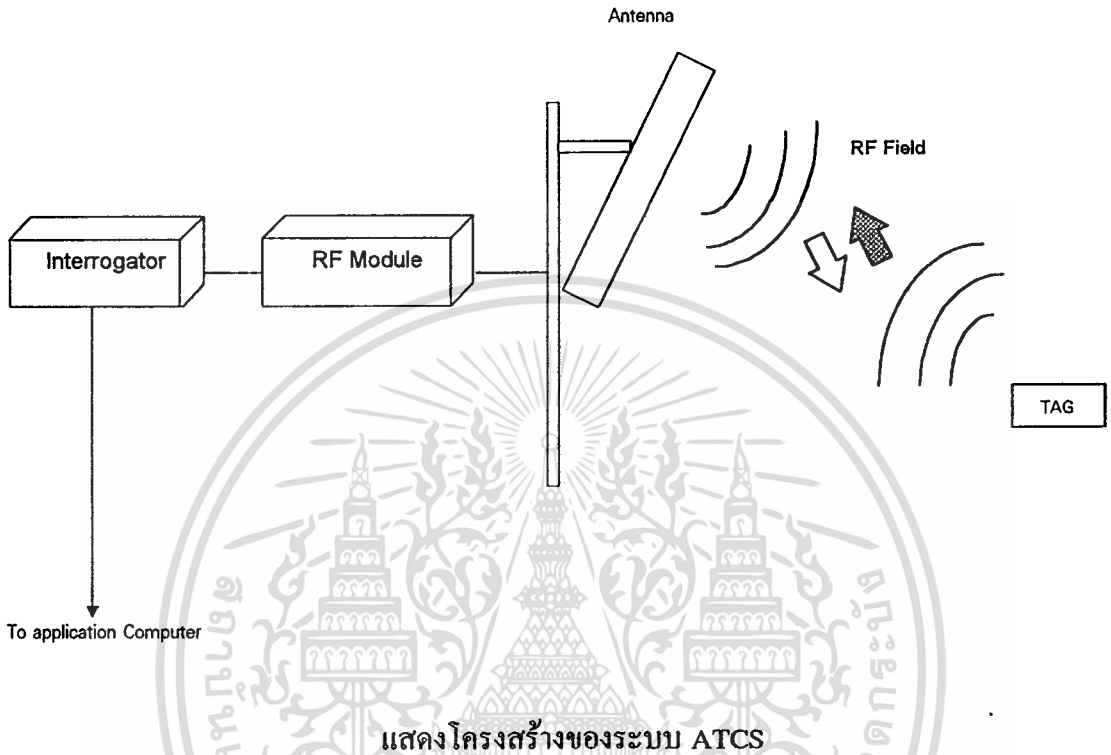
2 RF-Module

เป็นอุปกรณ์ภาคส่งและรับคลื่นวิทยุเพื่อทำการเชื่อมโยงการทำงานระหว่าง Interrogator และ Tag โดยทำการเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลดิจิทัลจาก Interrogator ไปเป็นคลื่นวิทยุ เพื่อส่งให้ Tag ทำงาน และทำการรับคลื่นวิทยุจาก Tag แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งให้ Interrogator

3 Tag

เป็นบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ติดประจำตัวรถยนต์ ซึ่งเก็บข้อมูลเฉพาะตัวของรถ สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ตรวจจับรหัสโดยใช้คลื่นวิทยุ โครงสร้างของระบบ ATCS ที่กล่าวถึงแสดงดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1



วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอผลงานวิจัยที่ครบวงจรในการออกแบบและพัฒนาระบบ กำหนดลักษณะประจำตัวขึ้นมาเพื่อนำไปใช้ในการติดตามวัตถุที่เคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ โดยเน้นในการพัฒนาเพื่อติดตามรถยนต์เพื่อวัตถุประสงค์ของการเก็บเงินค่าผ่านทางด่วนแบบอัตโนมัติ (ATCS) โดยมีจุดเด่นของระบบคือติดตามลักษณะเฉพาะของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง และระบบสามารถทำการอ่านและบันทึกข้อมูลได้ โดยนำเสนอการพัฒนาตั้งแต่ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทั้งนี้เน้นที่เป็นระบบที่ราคาถูกและใช้วัสดุอุปกรณ์ ที่หาได้ในประเทศ ให้ความปลอดภัยของข้อมูลสูงและระบบสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้เองเพื่อนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ โดยมีขอบเขตของงานวิจัยดังต่อไปนี้

- ออกแบบและพัฒนา Tag แบบอ่านและเขียนได้ (Read/Write Tag) เพื่อให้เก็บข้อมูลประจำตัวและข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงได้จำนวน 18 ไบท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

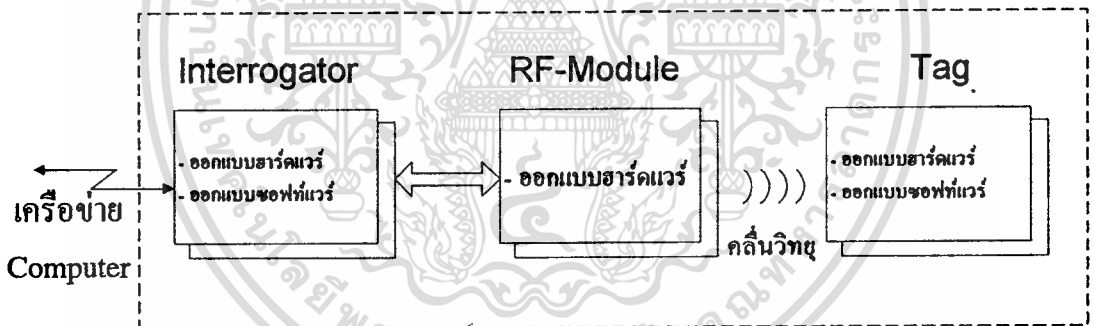
- ออกแบบและพัฒนา Interrogator และ RF-Module ที่มีกำลังส่งต่ำ เพื่อใช้ในการอ่านและบันทึกข้อมูล Tag ที่ติดประจำตัวรถได้ ภายในระยะทาง 5 เมตรจากสายอากาศ ทั้งนี้เพื่อทำการบังคับให้ระบบทำการอ่านและบันทึกข้อมูลลงบน Tag ได้ จากระยะเพียงครั้งละ 1 คัน ทั้งนี้เนื่องจากการให้บริการทางด่วนของรถยนต์แต่ละช่องทางนั้น รถจะถูกบังคับให้เข้าคิวเพื่อทำการผ่านทางเพียงครั้งละ 1 คันเท่านั้นใน 1 ช่องทาง

- ระบบสามารถให้ความถูกต้องในการอ่านและบันทึกข้อมูลที่ Tag ได้ไม่น้อยกว่า 95% เมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เกิน 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

- พัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมการ อ่านและบันทึกข้อมูลที่ Tag ของ Interrogator

- พัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Tag เพื่อใช้สื่อสารกับ Interrogator แผนผังของโครงการทั้งหมดที่ประกอบขึ้นเป็นวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2

ภาพที่ 2



แสดงองค์ประกอบระบบ ATCS ที่ทำการพัฒนา

โครงร่างวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยบทต่างๆ ที่มีสาระสำคัญดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงบทนำ ความเป็นมาของวิทยานิพนธ์ วิธีการติดตามวัตถุเคลื่อนที่และโครงสร้างของระบบ ATCS วัตถุประสงค์ ขอบเขตรวมทั้งโครงร่างของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงพื้นฐานและหลักการของระบบ RFID ที่นำมาพัฒนาระบบ และกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และนำมาใช้ในระบบเพื่อติดตามวัตถุเคลื่อนที่

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบระบบ แนวคิดและปรัชญาในการออกแบบรวมทั้งการออกแบบบ้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบต่างๆ ในระบบที่ประกอบขึ้นเป็นโครงการในวิทยานิพนธ์ รวมทั้งฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ การคำนวณความเร็วของ Tag ที่สามารถตรวจจับรหัสข้อมูลได้

บทที่ 4 กล่าวถึงการประเมินผลการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้น โดยนำเสนอวิธีการทดลอง ผลการทดสอบการทำงานและสรุปผลการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยและประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้รวมทั้งแนวทางในการพัฒนาในอนาคต

บทที่ 6 กล่าวถึงการประยุกต์ระบบไปใช้ในงานจริง และตัวอย่างการใช้งาน



บทที่ 2

พื้นฐานของ RFID ที่นำมาใช้ในระบบ ATCS

ลักษณะทั่วไปของระบบ RFID

หลักการของระบบ RFID ที่ได้นำมาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาระบบ ATCS ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ใช้หลักการกำหนดรหัสประจำตัว (ID) ให้กับวัตถุ โดยทำการติดบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ (Tag) ประจำตัววัตถุ แล้วใช้อุปกรณ์เช่นเซอร์หรือ Interrogator ทำการตรวจจับและควบคุมการบันทึกข้อมูล โดยใช้การสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านจุดที่อยู่ในพื้นที่สำหรับอ่านและเขียน (Reading Zone) ที่มีความเข้มของสัญญาณเพียงพอในการที่ Tag จะรับและนำไปทำงานได้ กล่าวคือ RF-Module ซึ่งต่อเชื่อมอยู่กับ Interrogator จะต้องทำการส่งคลื่นวิทยุ เพื่อไปจุดกำเนิดให้มีพื้นที่ ในการอ่าน/เขียน Tag ขึ้น ดังนั้น Tag ที่ถูกออกแบบให้รับค่าความเข้มสัญญาณ ณ พื้นที่นี้ได้ จึงตอบสนอง โดยส่งสัญญาณ RF กลับมาซึ่งขึ้นกับคำสั่งจาก Interrogator ว่าต้องการให้ Tag ทำอะไร

อย่างไรก็ตามในการจัดการกับโอกาสในการตอบสนองของ Tag นั้นมีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบให้สมดุลกันระหว่างกำลังส่งของภาคส่งใน RF-Module และค่าความเซนซิวิตีของ Tag ด้วย Tag ที่ติดประจำตัววัตถุจะตอบสนองตามที่ต้องการได้ รายละเอียดจะกล่าวต่อไปในบทที่ 3

ลักษณะโดยทั่วไปของระบบ RFID ลักษณะสำคัญที่สรุปได้ดังนี้

1. ใช้บัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ในการกำหนดลักษณะประจำตัวให้กับวัตถุ โดยมีรหัสเป็นตัวกำหนดลักษณะเฉพาะ

2. ใช้อุปกรณ์อ่าน/ตรวจจับรหัสประจำตัวในการติดตามวัตถุ

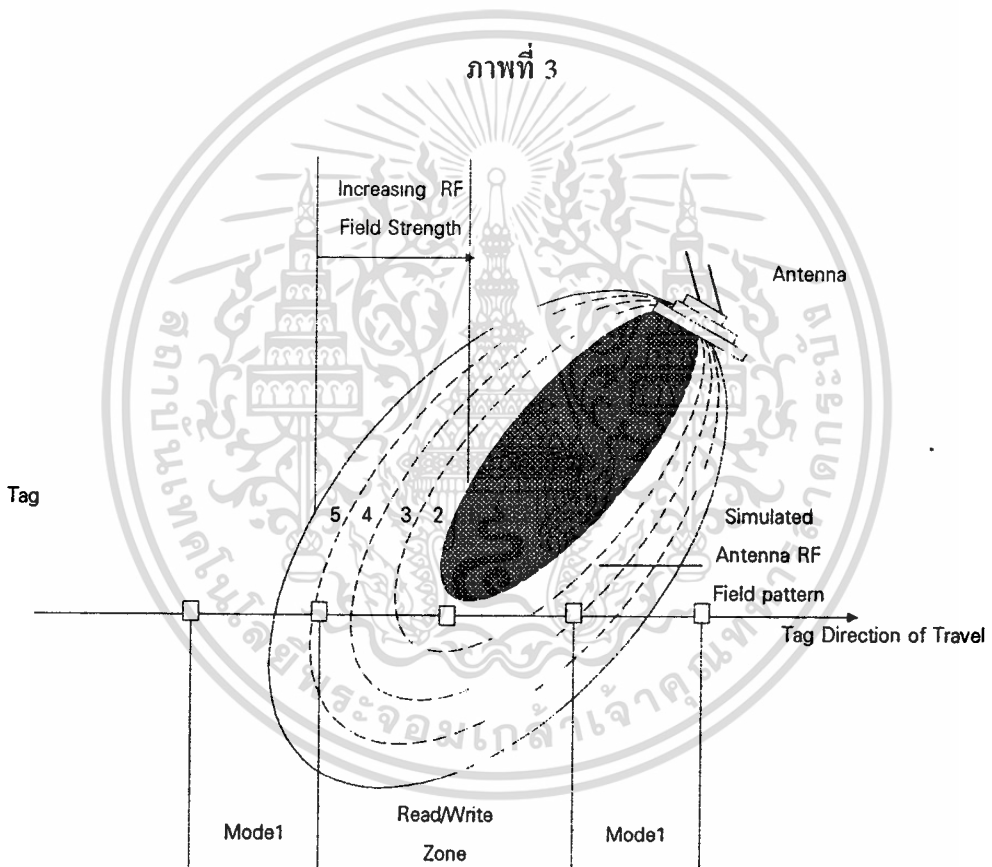
3. การอ่านหรือตรวจจับรหัสและการบันทึกข้อมูล ใช้คลื่นวิทยุในการสื่อสารเพื่อให้อ่าน/บันทึกข้อมูลได้แม้ขณะกำลังเคลื่อนที่

4. บัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์สามารถทำการอ่านหรือบันทึกข้อมูลด้วยก็ได้ (Read/Write) ซึ่งขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการใช้งานว่าต้องการบันทึกข้อมูลประจำตัวที่เปลี่ยนแปลงได้หรือไม่

อาศัยการทำงานเหล่านี้ สามารถนำหลักการไปประยุกต์ใช้ในระบบติดตามหรือเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทต่างๆ ได้มากมาย ซึ่งรวมทั้งระบบ ATCS ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วย

หลักการและทฤษฎีของ RFID

1 หลักการในการ อ่านและเขียนข้อมูลที่ Tag โดย Interrogator



แสดง mode การทำงานของ Tag และ ความเข้มของสัญญาณ ที่เกิดจากการ Simulate RF Field

จากภาพกำหนดให้แพทเทิร์นของคลื่นวิทยุที่ถูกกำเนิดจากสายอากาศภาคส่งของ RF-Module จะมีความเข้ม (Field Strength) ไม่เท่ากันที่ระยะห่างจากสายอากาศต่างๆกัน จากแพทเทิร์นของสายอากาศที่ทำการออกแบบ กำหนดให้วงในสุด (1) เป็นระยะที่ห่างจากสายอากาศน้อยที่สุด และมีความเข้มของคลื่นวิทยุสูงสุด ที่วงนอก (2), (3), (4) และ (5) ความเข้มของคลื่นจะลดลงตามลำดับไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอาศัยหลักการความเข้มของคลื่นไม่เท่ากันที่บริเวณต่างๆที่สามารถกำหนดเป็นกระบวนการเพื่อทำการเขียนและอ่าน Tag ได้ดังนี้

เมื่อ Tag เคลื่อนที่เข้ามาใน Mode1 ซึ่งมีความเข้มของสัญญาณไม่เพียงพอทำให้ Tag รับสัญญาณไม่ได้จึงไม่ปฏิบัติงานใดๆ แต่เมื่อเคลื่อนที่เข้ามาใน Mode 2 (Read/Write Mode) ซึ่งมีความเข้มของสัญญาณ สูงกว่า Tag จะทำการ คิมอคูเลทสัญญาณที่เข้ามาในรูปสัญญาณ RF แล้วนำไปประมวลผล ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าสัญญาณที่รับเข้ามาเป็นคำสั่งให้ Tag ทำอะไรเช่น เพื่อให้ Tag ตอบสนอง ID กลับไป (Read Command) หรือ เพื่อให้ Tag ทำการเขียนข้อมูลลงบนหน่วยความจำ (Write Command)

เราเรียกพื้นที่ ที่มีความเข้มของสัญญาณเพียงพอที่จะทำให้ Tag ตอบสนองได้ในกระบวนการอ่านและเขียน Tag ว่า 'Reading Zone'

2 หลักการรับ-ส่งคลื่นวิทยุ

ตามปกติในการส่งสัญญาณข้อมูลจากแหล่งกำเนิดใดๆเพื่อส่ง ไปถึงอุปกรณ์รับโดยทางคลื่นวิทยุนั้น ข้อมูลจากแหล่งกำเนิดมักจะมีคุณสมบัติเหมาะสมไม่เพียงพอในการส่ง เช่นการส่งเสียงพูดจากไมโครโฟน ไปทางอากาศนั้นเราจะพบว่าหากต้องการให้ย่านความถี่ของเสียงพูดนี้ส่งกระจายในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังเครื่องรับแล้วจำเป็นจะต้องใช้สายอากาศที่มีความยาวหลายกิโลเมตร ดังนั้นในการใช้งานจริงสัญญาณข้อมูลเหล่านี้จะต้องถูกนำไปฝากกับคลื่นที่มีความถี่สูงเพื่อทำตัวเป็นคลื่นพาหะ (Carrier) ช่วยนำสัญญาณข้อมูลนั้นไปถึงเครื่องรับ ซึ่งสายอากาศที่ช่วยกระจายและรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก็จะมีขนาดสั้นลง (เพราะความถี่ของคลื่นที่ใช้งานสูงขึ้น) วิธีการฝากสัญญาณข้อมูลเหล่านี้ก็คือการ มอดูเลชัน (Modulation) ซึ่งมีอยู่หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันมาก AM (Amplitude Modulation) และ FM (Frequency Modulation)

1) การมอดูเลทสัญญาณดิจิทัล (Digital Modulation)

เนื่องจากในวิทยานิพนธ์จะต้องมีการส่งข้อมูลดิจิทัลจาก Interrogator เพื่อถามข้อมูลจาก Tag ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องกล่าวถึงการมอดูเลชันแบบนี้ ในการส่งสัญญาณข้อมูลดิจิทัลผ่านตัวกลางที่เป็น บรรยากาศนั้น เราไม่สามารถส่งข้อมูลนั้น ไปโดยตรงได้ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติไม่เหมาะสมดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องฝากข้อมูล ดิจิตอล นี้ไปกับคลื่นพาหะ (Carrier) ที่เหมาะสม และเนื่องจากสัญญาณ ดิจิตอลมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เพียง 2 สถานะ หรือ 2 ระดับเท่านั้น คือ 0 'ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้'

และ 1 ดังนั้นคลื่นที่ถูก มอดูเลทแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เพียง 2 สถานะเช่นเดียวกัน คือถ้าเป็นการ มอดูเลท แบบ AM แล้วขนาดของ แอมพลิจูดของคลื่นพาหะ ซึ่ง เกิดจากการ มอดูเลท กับ สัญญาณดิจิตอลแล้วจะมีความเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 2 ค่านี้ และถ้าเป็นการ มอดูเลชัน แบบ FM คลื่นพาหะ จะมีการเปลี่ยนแปลงความถี่สูง-ต่ำ อยู่ระหว่าง 2 ความถี่ และถ้าเป็นการ มอดูเลชัน แบบ PM. คลื่นพาหะที่เกิดจากการ มอดูเลทนั้น จะมีค่าของ เฟสเปลี่ยนไป อยู่ระหว่าง ค่า เฟส 2 ค่า การเปลี่ยนแปลงไปมาอยู่ระหว่าง 2 ค่า ของการ มอดูเลชัน ทั้ง 3 ประเภทนี้ เสมือนเป็นการใช้ คีย์มาเปลี่ยนค่า พารามิเตอร์ ของคลื่นพาหะนี้ ซึ่งเรียกรวมวิธีการ มอดูเลชันนี้ว่า Amplitude Shift Keying (ASK), Frequency Shift Keying (FSK) และ Phase Shift Keying (PSK) รูปคลื่นที่เกิดจากการ มอดูเลททั้ง 3 ประเภท แสดงดังภาพที่ 4

กรณีของการมอดูเลทแบบ ASK

ถ้ากำหนดให้คลื่นพาหะเป็นรูปคลื่นแบบซายน์ สัญญาณข้อมูลดิจิตอลที่ต้องการส่งเป็นค่า ไบนารี ที่แทนค่า on ด้วย 1 และ off ด้วยค่า 0

สัญญาณที่ทำการมอดูเลทแบบ ASK จะได้

$$X(t) = \left\{ \sum_n a_n \text{rect} \left[\frac{(t-nT)}{T} \right] \right\} \cos(2\pi F_c t)$$

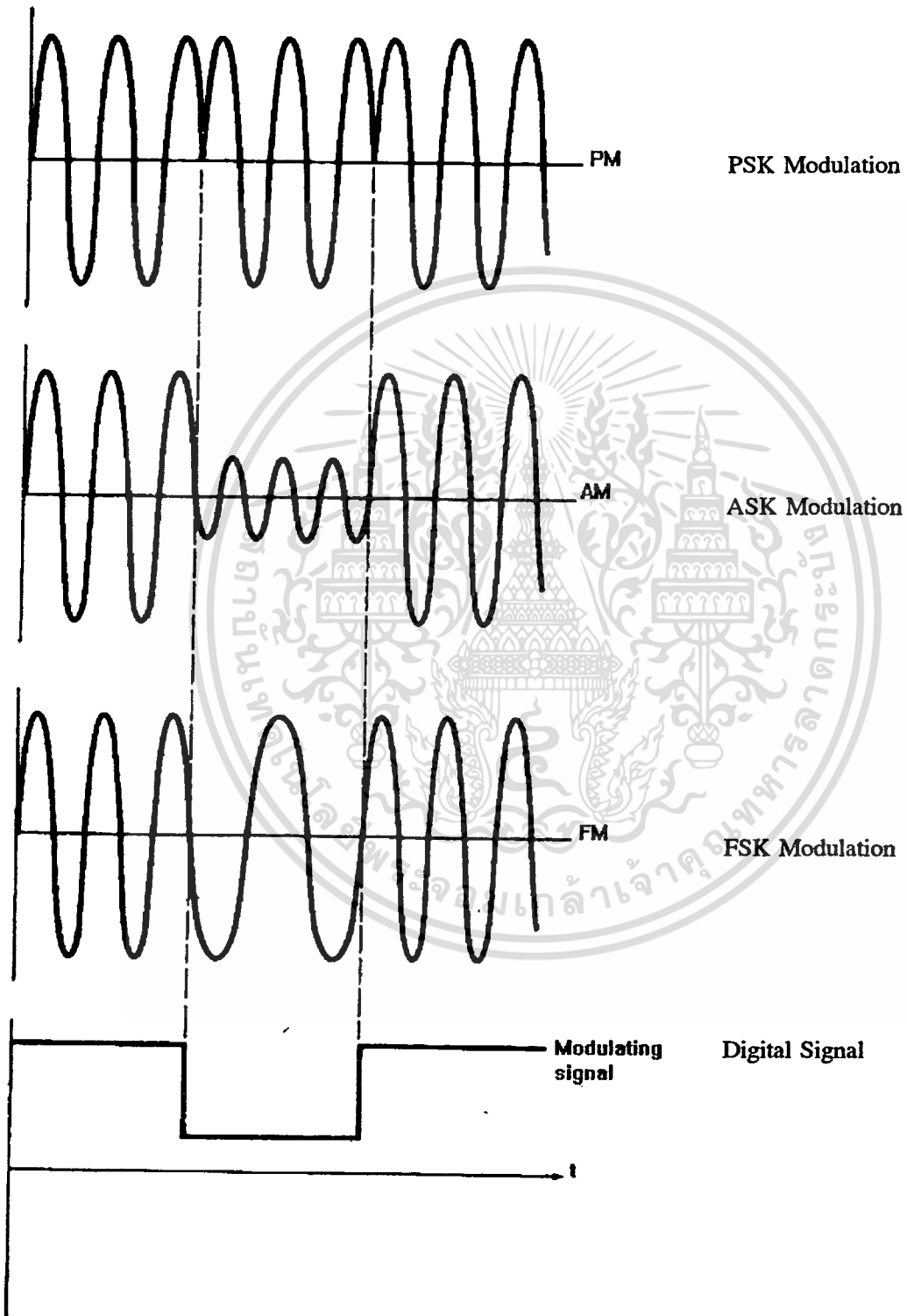
โดยที่ F_c เป็นความถี่ของคลื่นพาหะ

$1/T$ เป็นค่าอัตราของสัญญาณ

$a_n = 0$ และ 1 สำหรับสัญญาณดิจิตอล

ซึ่งจะพบว่าค่าของสัญญาณที่ได้จะขึ้นกับค่า a_n และค่า $a_n=1$ จะทำให้สัญญาณที่ได้มีค่าหลายระดับเสมือนเป็นค่าฟังก์ชันของซายน์

ภาพที่ 4



แสดงการมอดูเลตสัญญาณ คิวคิตอลแบบ ASK, FSK และ PSK
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเข้าถึงเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ให้ผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

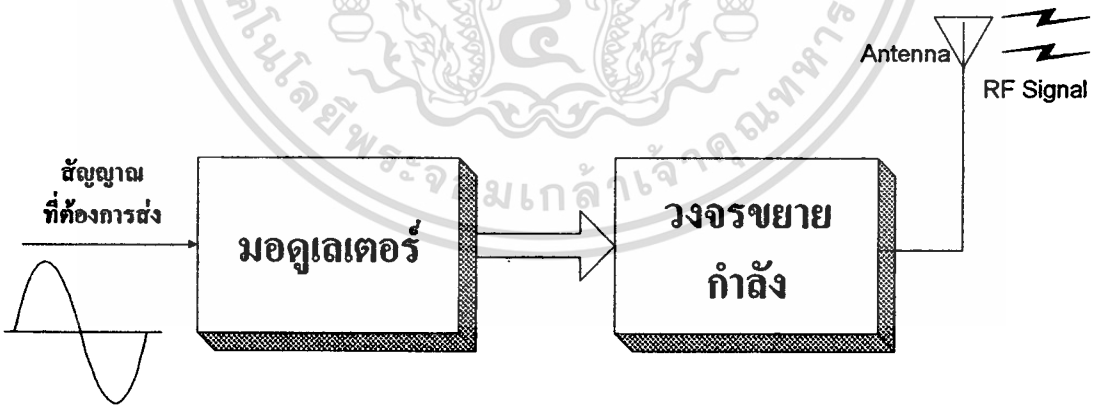
2) ทฤษฎีการส่งคลื่นวิทยุ

ในการส่งสัญญาณใดๆ ไปทางอากาศนั้นมีความจำเป็นจะต้องสร้างสัญญาณ RF ที่เหมาะสม เพื่อที่จะนำไปออกอากาศได้ ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณที่มีความถี่ต่ำ เช่น ความถี่เสียงถ้าจะทำการส่งโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณให้เหมาะสมแล้วนอกจากจะถูกรบกวนได้ง่ายแล้วยังต้องใช้สายอากาศยาวเป็นกิโลเมตร

ในทางปฏิบัติแล้ว การสร้างสัญญาณ RF ที่เหมาะสมในเครื่องส่งวิทยุ นั้น ก็คือการนำสัญญาณต้นฉบับ มาทำการมอดูเลชันนั่นเอง อย่างที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนั้นการมอดูเลชัน ทำให้เกิดการขยายสเปกตรัมของสัญญาณต้นฉบับขึ้น ทำให้ปลอดภัยต่อการรบกวนจากสัญญาณภายนอกด้วย

ดังนั้นในเครื่องส่งวิทยุ เมื่อมีการมอดูเลทสัญญาณเพื่อสร้างสัญญาณ RF ที่เหมาะสมแล้วก็เหลือเพียงการนำสัญญาณไปขยายในอัตราที่ต้องการ เพื่อที่จะทำการส่งออกอากาศต่อไปดังภาพที่ 5 แสดงบล็อกไดอะแกรมอย่างง่ายของเครื่องส่งวิทยุ

ภาพที่ 5



แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งวิทยุ

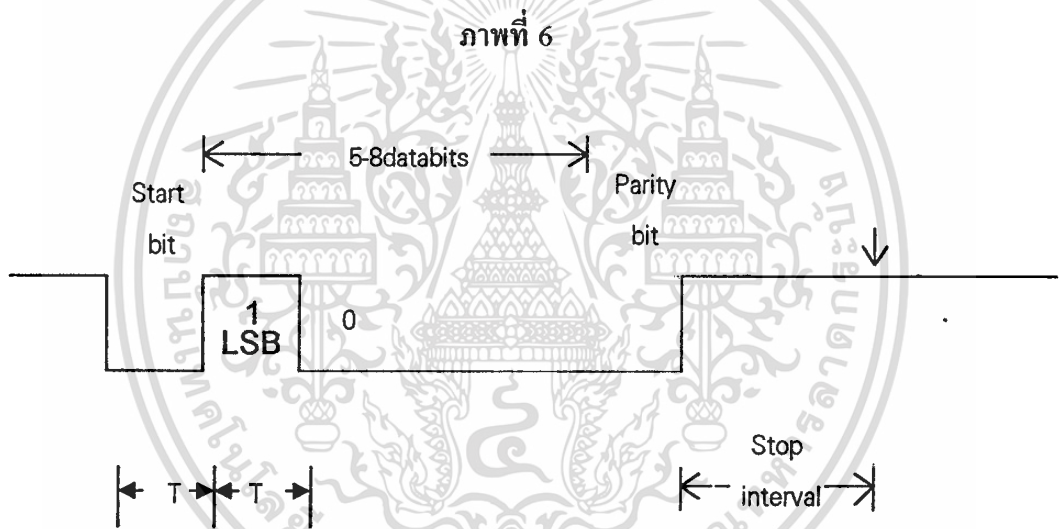
3. ทฤษฎีการสื่อสารข้อมูล

เนื่องจากระบบ RFID ที่พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ต้องใช้ระบบสื่อสารข้อมูลโดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในประโยชน์ทางการค้า อาศัยตัวกลางที่เป็นคลื่นวิทยุ ในการเชื่อมโยงเพื่อส่งและรับข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ Interrogator ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Tag จึงมีความจำเป็น ที่จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในระบบนี้ได้เลือกใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโดยใช้ พอร์ตอนุกรมแบบ RS-232 ซึ่งทำการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

1) การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Data Communication)

การส่งข้อมูลแบบนี้ ข้อมูลจะถูกส่งทีละไบต์ โดยแต่ละไบต์จะเริ่มต้นด้วย บิตเริ่ม (Start Bit) และบิตสุดท้าย (Stop Bit) เพื่อแยกข้อมูลแต่ละไบต์ออกจากกัน อย่างไรก็ตามในการ ตรวจสอบความถูกต้องสามารถใส่ บิตตรวจสอบ (Parity bit) ตามลงไปด้วย



แสดง Asynchronous Data Format

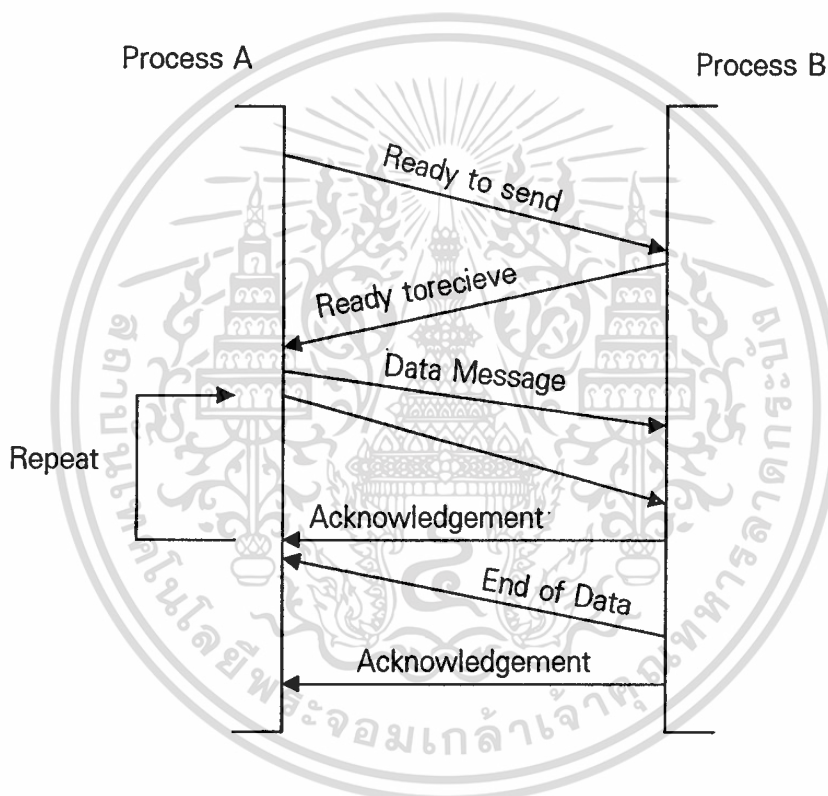
การส่งข้อมูลแบบนี้จะให้ความเร็วค่อนข้างช้า ทั้งนี้เนื่องจากทุกๆไบต์ของข้อมูลจะประกอบด้วย บิต อื่นๆ ตามมาด้วยเสมอ (บิตเริ่มต้น,บิตสิ้นสุด,บิตแพริตี้) ในทางปฏิบัติบิตแพริตี้สามารถเลือกใช้หรือไม่ใช้ก็ได้

2) หลักการของโปรโตคอล (Communication Protocol)

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการลดความผิดพลาดของการสื่อสารระหว่าง Interrogator กับ Tag โดยได้ทำการออกแบบโปรโตคอลแบบเฉพาะขึ้นมาใช้ วัตถุประสงค์หลักของการนำโปรโตคอลมาใช้ก็เพื่อสร้างรูปแบบหรือกระบวนการในการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างผู้รับ และผู้ส่งไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลเบื้องเลื่องเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งและทั้งยังใช้เพื่อประสิทธิภาพในการจัดการการสื่อสารด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ข่าวสารที่มีการแลกเปลี่ยนกันในกระบวนการสื่อสารมีความถูกต้องและรวดเร็วด้วย ภาพที่ 7 แสดงโปรโตคอลอย่างง่ายที่นำไปใช้ในการกระบวนการสื่อสารข้อมูล

ภาพที่ 7



แสดงโปรโตคอลอย่างง่ายเพื่อส่งข่าวสารจาก A ไปยัง B

โดยมีลำดับการทำงานพื้นฐานดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้น A ส่ง "Ready to Send" ซึ่งเป็น Control message ให้กับ B
2. B ตอบสนอง "Ready to Receive" เพื่อบอกความพร้อมในการรับข้อมูล
3. A ส่งข้อมูลให้ B และการตอบกลับจาก B จะเป็นการยืนยันการได้รับข้อมูล ทำซ้ำจน A ส่งข้อมูลหมด
4. A ส่ง "End of Data" เพื่อบอกให้ B รับรู้ว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว
5. B ตอบสนอง Acknowledgement เพื่อยืนยันการรับรู้เพื่อจบกระบวนการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโปรโตคอลที่ใช้ในกระบวนการนี้จะต้องมีการกำหนดรูปแบบ ของ Control message ให้ชัดเจน “Ready to receive” หรือ Acknowledgement ให้ชัดเจน นอกจากนั้น ยังต้องกำหนด ส่วนหัวของข่าวสาร (Header of Message) และเวลาในกระบวนการให้ชัดเจนด้วย (เช่น เวลาที่ ข่าวสารจะต้องถูกส่งหลังจากได้รับ Ready to Receive ที่สำคัญที่สุดในกระบวนการสื่อสารคือ ทั้ง A และ B จะต้องปฏิบัติตามกฎที่ตกลงกันได้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบระบบ

แนวคิดในการออกแบบระบบ

ระบบ ATCS ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ออกแบบขึ้นโดยมีแนวคิดและปรัชญาดังต่อไปนี้

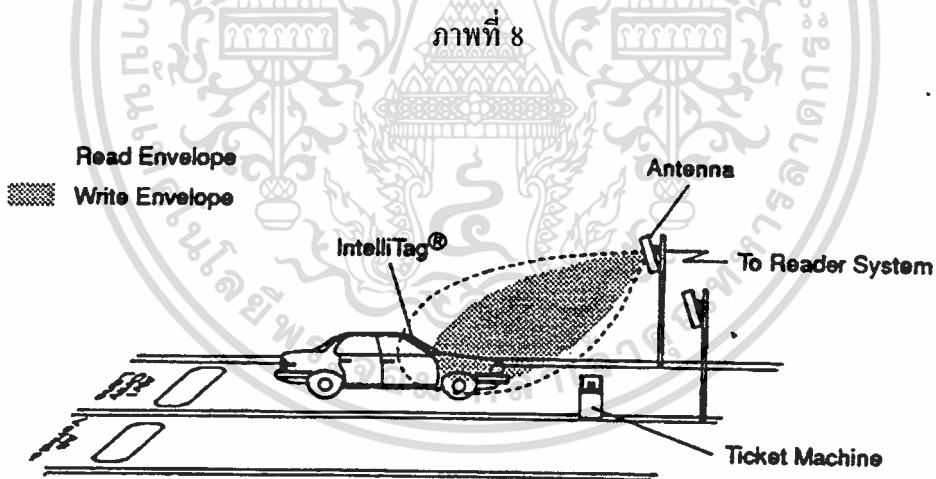
1. กำหนดให้รหัส ที่ต้องการติดตาม ติดบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์(Tag) ซึ่งเป็นบัตรที่ใช้ในการกำหนดลักษณะประจำตัว ภายในมีรหัสเฉพาะตัวที่ถูกบันทึกไว้แล้ว(Identification Code)
2. ดังนั้นการติดตามรถจึงสามารถกระทำได้ โดยการติดตามรหัสที่ถูกบันทึกไว้ใน Tag
3. หลักการติดตามใช้วิธีการนำอุปกรณ์ที่สามารถตรวจรหัสของ Tag เพื่อทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์ (Interrogator) โดยการนำไปติดตั้งไว้ในจุดหรือบริเวณที่ต้องการตรวจจับซึ่งเป็นจุดที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่าน
4. หลักการตรวจจับใช้วิธีที่ทำให้ Interrogator สามารถโต้ตอบกับ Tag เมื่อ Tag เคลื่อนที่ผ่านได้ โดยใช้การสื่อสารข้อมูลที่ผ่านตัวกลางที่เป็นคลื่นวิทยุ
5. ดังนั้นทั้ง Interrogator และ Tag จึงต้องมีองค์ประกอบภายในที่สามารถ รับ/ส่งคลื่นวิทยุได้ โดยให้ Tag ทำการได้ตอบเมื่อได้รับคำสั่ง(ที่อยู่ในรูปของคลื่นวิทยุ)จาก Interrogator อย่างไรก็ตามการได้ตอบเพื่อสื่อสารระหว่างกันได้นั้น Tag จะต้องเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความเข้มของคลื่นวิทยุอย่างเพียงพอ
6. เพื่อให้มีหลักประกันว่าทุกครั้ง Tag เคลื่อนที่ผ่านจะสามารถอ่านรหัสได้ จึงต้องกำหนดพื้นที่ ที่ทำการอ่าน/ตรวจจับรหัส Tag(Reading Zone) ได้ โดยการกำหนดจากแพทเทิร์นการกระจายคลื่นของสายอากาศ (Radiation Pattern) ที่เลือกใช้ และกำลังส่งของภาคส่งคลื่นวิทยุ ซึ่งจะทำให้ส่งได้ไกลตามต้องการเพื่อที่จะให้ครอบคลุมพื้นที่ ที่ทำการอ่านและเขียน Tag เมื่อเคลื่อนที่เข้ามาใน Reading Zone ได้

7. เพื่อให้ข้อมูลที่อ่านและเขียนมีความถูกต้องและเชื่อถือได้สูง ได้กำหนดโปรโตคอลเฉพาะขึ้นมาใช้เพื่อควบคุมการสื่อสารระหว่าง Tag และ Interrogator ที่ทำการโต้ตอบกันขณะที่ Tag เคลื่อนที่

8. กำหนดให้ Interrogator และ Tag ทำการโต้ตอบกันได้มากกว่า 1 ครั้ง ขณะเคลื่อนที่อยู่ใน Reading Zone ทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาที่ Tag อยู่ในโซน(ซึ่งขึ้นกับความเร็วของรถที่กำลังเคลื่อนที่)

9. ในกรณี ที่ Tag หลายชุดเคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณ Reading Zone พร้อมกัน มีโอกาสเป็นไปได้สูงที่ จะตอบสนองคำสั่งจาก Interrogator พร้อมกันแล้วทำให้เกิดการรบกวนของสัญญาณ แล้วทำให้อ่านค่าผิดพลาดเนื่องจาก Tag ใช้ความถี่เดียวกันในการส่ง ปัญหานี้เตรียมการแก้ปัญหาโดยการออกแบบ Tag ให้ทำงานเฉพาะภายใน Reading Zone เท่านั้น

วิธีการทำงานของระบบที่ออกแบบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แสดงดังภาพที่ 8



แสดงวิธีการทำงานในการติดตามรถที่เคลื่อนที่

จากภาพจะพบว่าสัญญาณวิทยุจาก RF-Module ได้สร้าง Reading Zone โดยอาศัยความเข้มของสัญญาณที่ไม่เท่ากันที่จุดต่างๆ เมื่อรถที่ติด Tag เคลื่อนที่เข้ามาในโซนที่มีความเข้มของสัญญาณเพียงพอ (Read/Write Envelope) ทำให้ Tag สามารถรับส่งข้อมูลของตนเอง Interrogator ได้ แล้วจึงส่งสัญญาณตอบกลับ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าจะเขียนตัวส่งอ่านหรือทักสลับเขียน

ถ้ามองเผินๆ เหมือนรถเคลื่อนที่ผ่าน Reading Zone ทำให้เกิดความเข้มของสัญญาณ จาก RF Module ใกล้เคียงพอ ทำให้ Tag รับสัญญาณจากตัวส่งจาก Interrogator "ไม่ได้" จึงไม่ตอบสนองใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การดูแลของสำนักงานวิทยุคมนาคม การค้าไม่ว่าการค้าใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อรถคันต่อไปเคลื่อนที่เข้ามาใน Reading Zone ก็จะตอบตนเองต่อคำสั่งของ Interrogator ไม่ถึงระยะเวลาดังกล่าว

ปัญหาและขอความต้องการใช้งาน (Requirement)

ในการออกแบบระบบเพื่อใช้ในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่โดยวิธีการกำหนดลักษณะประจำตัวให้กับวัตถุนั้น เพื่อสามารถระบุวัตถุที่ระบุไปใช้งานที่มีปริมาณรวมและแต่ละจากที่มีจำนวนต้องทราบและข้อกำหนดที่แตกต่างกันมาก ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเฉพาะการติดตามรถคันที่วิ่งมาตามตัวรถ เพื่อวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้เพื่อเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ (ATCS)

ระบบ ATCS ที่ได้รับผลกระทบเบื้องต้นได้พิจารณาจากปัจจัยและความต้องการดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

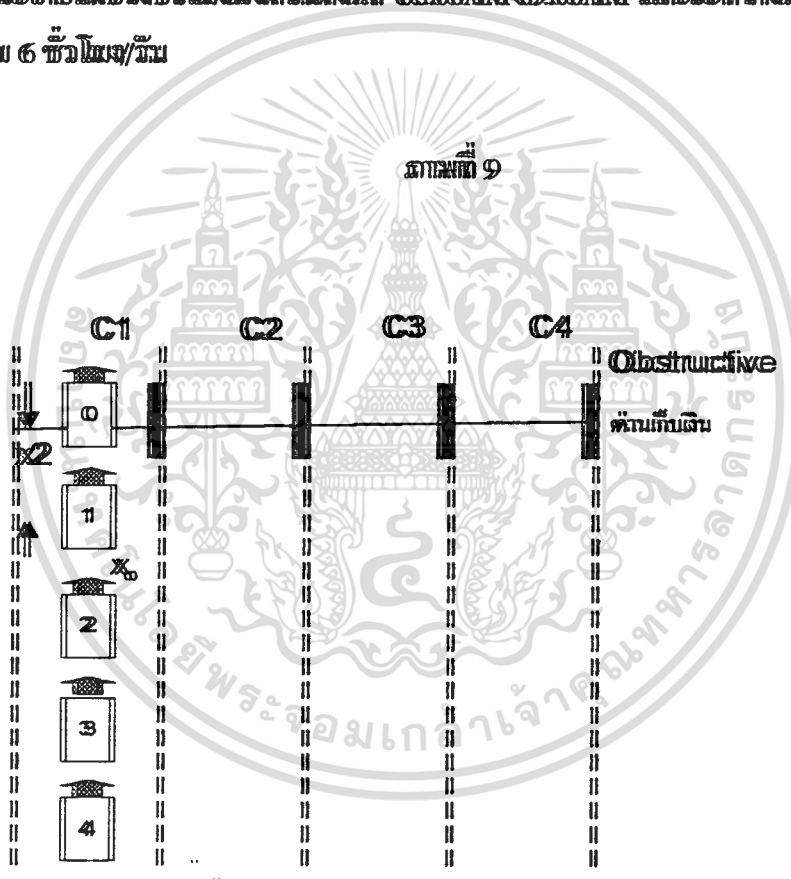
1. ปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละวัน และปริมาณสูงสุดที่ต้องการให้รองรับได้ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (Peak-Hours) ดังนั้นเพื่อจะออกแบบ Tag ให้มีความเร็วเพียงพอตามที่ต้องการได้
2. ปริมาณข้อมูลที่ต้องการเก็บไว้ใน Tag
3. ค่าใช้จ่ายของระบบให้เหมาะสม ในกรณีที่รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงเกินไปจะทำให้ Interrogator ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณรบกวนและบันทึกข้อมูลบน Tag ได้ทัน
4. การควบคุมการเขียนและอ่าน Tag ให้อยู่ใน Reading Zone ทั้งนี้เนื่องจากต้องการควบคุมให้ Tag จากรถเพียง 1 คันที่สามารถสื่อสารกับ Interrogator ณ เวลาใดๆ โดยที่ Tag จากรถคันอื่นที่วิ่งมาตามตัวรถต่อไปไม่ต้องตอบสนองต่อคำสั่งอ่านและเขียนจาก Interrogator กรณีนี้จึงต้องนำการออกแบบสายขดลวดของ RF-Module เพื่อให้มีค่าแอมพลิจูดที่สัมพันธ์กับ Reading Zone ที่ต้องการแล้วทำการขึงลวดบนตัว ให้เข้ามาในทางได้ทีละคัน โดยตามกำหนดที่ตั้งของทางวิ่งทางด้านเก็บเงิน

ในกรณีที่เมื่อไม่พบสัญญาณในการตอบของจาก Tag ที่เกิดจากรถคันอื่นๆที่อยู่ในช่องทางติดตามและจากรถคันที่ตามมา Tag นี้ขอเสนออีกต้องมีลักษณะภายในอาคารรับสัญญาณเฉพาะใน Reading Zone เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตารางวิเคราะห์ปริมาณจราจร เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ย Tag

จากสถิติของทางหลวงพิเศษแห่งประเทศไทย ปริมาณจราจรที่หนาแน่นที่สุดคือที่ด่านเก็บเงินเดิมแปลง ซึ่งมีปริมาณรถใช้บัตรค่าผ่านทางที่สูงสุดคือวันละ 90000 คัน [รายงานผลการเก็บเงินของทางหลวงพิเศษปี 2537] และมีปริมาณของรถจราจรทางตรงทั้งหมด 11 ช่องทางและปริมาณจราจรส่วนใหญ่ 70% กระจายไปในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตั้งแต่ 06:00AM-09:00AM และระหว่างเวลา 17:00PM-20:00PM รวม 6 ชั่วโมง/วัน



ภาพเชิงตีพิมพ์เพื่ออธิบายเงื่อนไขการจราจรในทางใช้ทางด่วนของรถ

จากสภาพการเข้าถึงของเงื่อนไขการจราจรในทางใช้ทางด่วนของรถ, เราสามารถคำนวณปริมาณจราจรได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

y = ปริมาณรถเฉลี่ยที่ผ่านช่องทางจราจรต่อช่องทางต่อชั่วโมง

Y = ปริมาณรถที่ใช้บริการทางด่วนต่อวันและรถเหล่านี้มาใช้ทางด่วนพร้อมกันในชั่วโมงเร่งด่วน

n = ชั่วโมงเร่งด่วนต่อวัน

c = จำนวนช่องทางจราจรที่รถวิ่งผ่านเพื่อจ่ายเงิน

เราสามารถคำนวณค่า y ได้ดังต่อไปนี้

$$y = \frac{Y}{(n \times c)}$$

กรณีของปริมาณจราจรที่ด้านดินแดงที่มีสูงสุดในปัจจุบันจะได้ว่า

$$Y = 90000 \text{ คัน}$$

$$n = 6 \text{ ชั่วโมง/วัน}$$

$$c = 11 \text{ ช่องทาง}$$

$$\text{จะได้ปริมาณรถเฉลี่ยที่ผ่าน 1 ช่องจราจร/ชม (y) = } 90000 / (6 \times 11) \text{ คัน/ชม.}$$

$$y = 1363 \text{ คัน/ชม.}$$

[1]

ดังนั้นเราจะพบว่าปริมาณ Load ที่เกิดสำหรับแต่ละช่องทางในปัจจุบัน เฉลี่ยประมาณ 23 คัน/นาที ในชั่วโมงเร่งด่วน

นั่นคือระบบเก็บเงินค่าผ่านทางที่ใช้คนปฏิบัติการจะใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 3 วินาทีต่อ Transaction ในชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งหมายถึงการเคลื่อนที่จากจุดกึ่งกลางของรถคันถัดไปมาถึงจุดเก็บเงินจะใช้เวลาประมาณ 3 วินาที

นำไปคำนวณหาความเร็วรถที่ผ่านทางแบบ Manual

v = ความเร็วรถเฉลี่ยที่วิ่งผ่านช่องทางเก็บเงินต่อหน่วยเวลา

X_0 = ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างรถ 2 คันที่เข้าคิวเพื่อเข้าไปในช่องทางเก็บเงิน (มีค่าประมาณ 2 เมตร)

X_1 = ความยาวรถยนต์ที่เข้าคิว โดยเฉลี่ยมีค่า = 4 เมตร

X_2 = ระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางรถยนต์ที่จอดติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t = เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากจุดกึ่งกลางของรถคันต่อไปจนถึงด่านเก็บเงิน
(วินาที)

เราสามารถคำนวณหาค่าความเร็วรถที่วิ่งผ่านช่องเก็บเงินได้ดังต่อไปนี้

$$X_2 = 2x(X_1/2) + X_0 \\ = 6 \text{ เมตร}$$

$$\therefore v = X_2/t \\ = 2 \text{ เมตร/วินาที} \quad [2]$$

ถ้าหาความเร็วรถที่วิ่งผ่านช่องเก็บเงินใน 1 ชั่วโมง
เพราะฉะนั้น

$$v = 7.2 \text{ กิโลเมตร/ชั่วโมง} \quad [3]$$

ซึ่งหมายถึงความเร็วรถในชั่วโมงเร่งด่วนที่วิ่งผ่านช่องเก็บเงินมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 2 เมตร/วินาที หรือ 7.2 กิโลเมตร/ชั่วโมง

ซึ่งถ้าวิเคราะห์ในเชิงตัวเลขแล้วจะพบว่ากรณีปกติรถวิ่งบนทางด่วนด้วยความเร็วไม่น้อยกว่า 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเมื่อมาถึงด่านเก็บเงินค่าผ่านทาง (Toll Gate) แล้วความเร็วรถลดเหลือเพียง 7.2 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งเป็นเสมือนคอขวดในการไหลเวียนของการจราจร ซึ่งผลที่ได้ก็คือเกิดการจราจรติดขัดที่ด่านเก็บเงินตามที่ปรากฏในปัจจุบัน

จาก [3] เราต้องการออกแบบระบบเก็บเงินค่าใช้ทางด่วนให้มีประสิทธิภาพโดย จำเป็นต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วยคือ ระบบต้องทำงานเร็วเพียงพอและช่วยลดการจราจรติดขัดที่ด่านเก็บเงินด้วย

ดังนั้นระบบที่พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงต้องออกแบบระบบให้มีขีดความสามารถในการอ่านและเขียน Tag ได้เมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคือถึงระดับหนึ่ง เพื่อให้ระบบทำงานแล้วสามารถลดปัญหาจราจรที่ด่านเก็บเงินได้ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเรื่องการคำนวณความเร็ว Tag)

2. วิเคราะห์ความต้องการปริมาณข้อมูลที่ต้องการเก็บที่ Tag

ความต้องการในการนำระบบที่ทำการพัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อไปใช้ในระบบ ATCS นั้นปริมาณความต้องการในการเก็บข้อมูลและบันทึกใน Tag สามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

(1) Tag ที่อ่านและเขียน (Read/Write) ได้ต้องการเก็บข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลที่คงที่ (Fixed Data Frame) และข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงได้ (Variable Frame) ดังนั้นจึงต้องมีโครงสร้างข้อมูล 2 เฟรมเพื่อทำการบันทึกในหน่วยความจำของ Tag

(2) ในการเก็บเงินค่าทางด่วนแบบอัตโนมัติต้องการให้ Tag เก็บข้อมูลประวัติการใช้ทางด่วนด้วย กล่าวคือการบันทึกจุดขึ้นและลงทางด่วน ไว้ใน Tag เพื่อวัตถุประสงค์การเก็บเงินตามระยะทาง (Closed Toll) โดยไม่ต้องนำเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่มาทำงานแทน

(3) ต้องการให้ Tag เป็นบัตรที่จ่ายเงินล่วงหน้า (Prepaid Card) ค่าใช้ทาง ดังนั้นการใช้ทางแต่ละครั้งจำนวนเงินที่ถูกบันทึกไว้จะถูกลดลง

ดังนั้นเพื่อให้ตอบสนองวัตถุประสงค์นี้ จึงได้ทำการออกแบบโครงสร้างข้อมูลของ Tag ดังนี้

กำหนดให้

เฟรม A เป็นรหัสประจำตัวของ Tag (Tag ID) และเป็นโครงสร้างของข้อมูลที่คงที่ (Fixed Frame)

เฟรม B เป็นโครงสร้างข้อมูลแบบเปลี่ยนแปลงได้ (Variable Data Frame) ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลการใช้ทางด่วน และเก็บยอดเงินคงเหลือการใช้ทาง โดยทั้งสองเฟรมจะมีโครงสร้างข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 10

ภาพที่ 10

Frame A (Tag ID)	IND. CODE	SPEC. CODE	USER ID		
Frame B (Variable Data)	DATE	TIME	LOCATION	ENTRY/EXIT	BALANCCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แสดงโครงสร้างการเก็บข้อมูลของ Tag
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1). Frame A(Tag ID)

เฟรม A ได้ใช้มาตรฐานเดียวกับสมาคมผู้ผลิตรถยนต์ในอเมริกา(AIAG)เพื่อว่าหากในอนาคต Tag ที่ติดประจำตัวรถยนต์ จากโรงงานจะสามารถใช้งานร่วมกันได้กับ Interrogator ของระบบ ATCS โดยมีโครงสร้างของเฟรมดังต่อไปนี้

IND. CODE = Industry Code

ใช้เพื่อบอกว่า Tag ชิ้นนี้ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทใดเช่น ขนส่ง, การผลิต etc. โดยให้มีความยาว 2 ไบท์ เพื่อให้รองรับประเภทอุตสาหกรรมทั้งหมดได้ 65536 ชนิด (2^{16})

SPEC CODE = Special Code

ใช้เพื่อวัตถุประสงค์พิเศษที่จะใช้งานในอนาคตโดยมีความยาว 3 ไบท์ สามารถจำแนกออกเป็นรหัสพิเศษได้ถึง 16,777,216 ชนิด (2^{24})

USER ID = Tag Identification Code

เป็นรหัสประจำตัวของผู้ใช้หรือรหัสประจำตัวของรถมีความยาวทั้งหมด 3 ไบท์ โดยสามารถกำหนดปริมาณรถทั้งหมดจำนวนเท่ากับ 16,777,216 คัน (2^{24})

(2). Frame B(Variable Data Frame)

เฟรม B เนื่องจากเป็นเฟรมที่เก็บข้อมูลที่ต้องเปลี่ยนแปลงไปตามสถานะการใช้ทางด่วน ซึ่งจะผูกพันกับเงื่อนไขเวลา และวันที่ใช้ทางด่วน จึงได้กำหนดไบท์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

DATE = วันที่ใช้ทางด่วนมีฟอร์แมทเป็น DDMMYY (3 ไบท์)

DD เป็นวันที่มีค่าตั้งแต่ 1-31 ใช้ 1 ไบท์ ($2^8=256$)

MM เป็นเดือนมีค่าตั้งแต่ 1-12 ใช้ 1 ไบท์

YY เป็นปีมีค่าตั้งแต่ 90-99 ใช้ 1 ไบท์

TIME = เวลาที่ใช้ทางด่วนมีฟอร์แมตเป็น HHMMSS (3 ไบท์)

HH เป็นชั่วโมงมีค่าตั้งแต่ 0-24 ใช้ 1 ไบท์

MM นาที มีค่าตั้งแต่ 0-60 ใช้ 1 ไบท์

SS วินาที มีค่าตั้งแต่ 0-60 ใช้ 1 ไบท์

LOCATION = เป็นตำแหน่งของด่านเก็บเงินที่มีการใช้ทางด่วน มีความยาว 1 ไบท์ โดยทำการกำหนดด่านเก็บเงินได้ถึง 256 ด่าน (2^8)

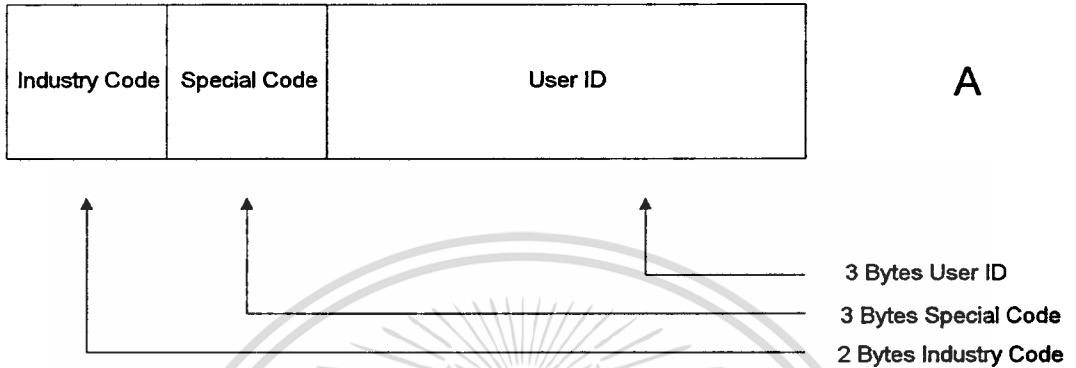
ENTRY/EXIT = เป็นสถานะสำหรับบอกว่าขึ้นหรือลงทางด่วน ความยาว 1 ไบท์

BALANCE = ใช้สำหรับบอกปริมาณเงินที่เหลืออยู่ในการใช้ทางด่วนหลังจากถูกหักบัญชีอัตโนมัติแล้ว ใช้ 2 ไบท์เพื่อให้เก็บยอดเงินได้ถึง 65536 บาท (2^{16}) * รายละเอียดโครงสร้างของเฟรม A และเฟรม B แสดงดังภาพที่ 11

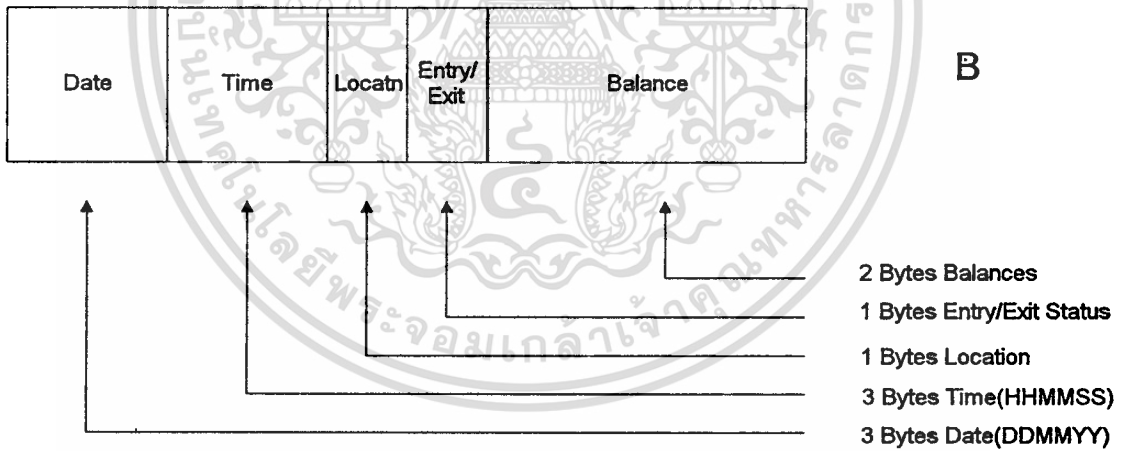
* ในทางปฏิบัติการใช้ Tag ที่เป็นบัตรที่จ่ายเงินล่วงหน้านั้น User จะต้องทำการไปเติมเงินทุกครั้งที่มีสัญญาณเตือนที่ด่านเก็บเงินว่ายอดเงินใกล้หมด และที่สถานีเติมเงิน (Recharge Station) จะทำการโปรแกรมข้อมูลจำนวนเงินที่เติมลงใน Tag เพื่อปรับปรุงยอด Balance และให้สามารถตัดบัญชีได้เมื่อมีการใช้ทางด่วนครั้งต่อไป

ภาพที่ 11

1.Fixed Frame 'A' -8 Bytes (Tag ID)



2.Variable Frame 'B' -10 Bytes (Variable Data)



แสดงรายละเอียดของโครงสร้างข้อมูลที่เก็บที่ Tag ของ Frame A และ B

3. การจำกัดความเร็วรถ

ระบบที่ทำการออกแบบยังต้องการจำกัดความเร็วรถที่เคลื่อนที่ผ่าน Interrogator ที่ด่านเก็บเงินด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นหลักประกันว่าทุกครั้งที่รถเคลื่อนที่ผ่าน Reading Zone ที่บริเวณด่านเก็บเงินนั้น Tag จะสามารถถูกอ่านและทำการบันทึกข้อมูลได้ทัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีนี้การจำกัดความเร็วรถให้เคลื่อนที่ช้าลงประมาณ 40-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงนั้นทำได้โดยการออกแบบช่องทางที่ด่านเก็บเงิน(ที่เป็นสถานที่ติดตั้ง Interrogator) ให้มีขนาดแคบลงโดยนำวัสดุกีดขวาง(Obstructive)ไปวางไว้ระหว่างช่องทางตามแสดงในภาพที่ 9 รถที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูงก็จะชะลอความเร็วลง

องค์ประกอบของระบบและการทำงาน

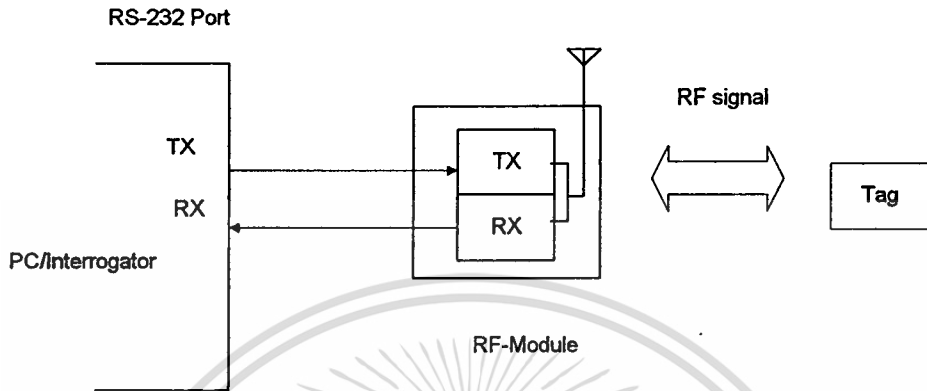
องค์ประกอบทั้งหมดของระบบติดตามวัตถุที่เคลื่อนที่แบบอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีส่วนสำคัญดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์ Interrogator ได้นำ คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก เข้ามาประยุกต์ใช้ โดยทำการเชื่อมโยงกับโลกภายนอกโดยผ่านทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม RS-232
2. อุปกรณ์ RF-Module ได้ออกแบบวงจรเครื่องรับ/ส่งวิทยุ กำลังต่ำมาใช้งานเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่าง Interrogator และ Tag ในระยะใกล้ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้งานระบบ ATCS ปกติต้องการสื่อสารเฉพาะรถที่อยู่ในช่องทางการจราจรและ Interrogator ที่ติดตั้งข้างช่องทางเท่านั้น
3. อุปกรณ์สายอากาศ(Antenna)
4. Tag เป็นส่วนอุปกรณ์ที่ติดประจำตัววัตถุที่เคลื่อนที่ โดยภายในประกอบด้วยระบบรับ/ส่งวิทยุและไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กเพื่อทำการเก็บและประมวลผลข้อมูล ID ของ Tag และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทางด่วน

หลักการทำงาน

จากภาพที่ 12 กำหนดให้รถที่ต้องการติดตาม ติด Tag ไว้ประจำตัวเพื่อเป็นอุปกรณ์ในการกำหนดลักษณะประจำตัว เมื่อต้องการทราบสถานะและข้อมูลเฉพาะ โดยการนำ Interrogator ไปติดตั้งไว้ที่ด่านเก็บเงินและโดยการบังคับให้รถเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในช่องทางด่วนซึ่งได้ถูกกำหนดให้เป็น Reading Zone เนื่องจากมีความเข้มของคลื่นวิทยุ(RF-Field)ที่เกิดจาก RF-Module เพียงพอทำให้ Tag ที่เคลื่อนเข้ามาในโซนสามารถรับสัญญาณ และทำการสื่อสารได้ตอบกับ Interrogator เพื่อประมวลผลตามคำสั่งอ่านและเขียนข้อมูลได้

ภาพที่ 12



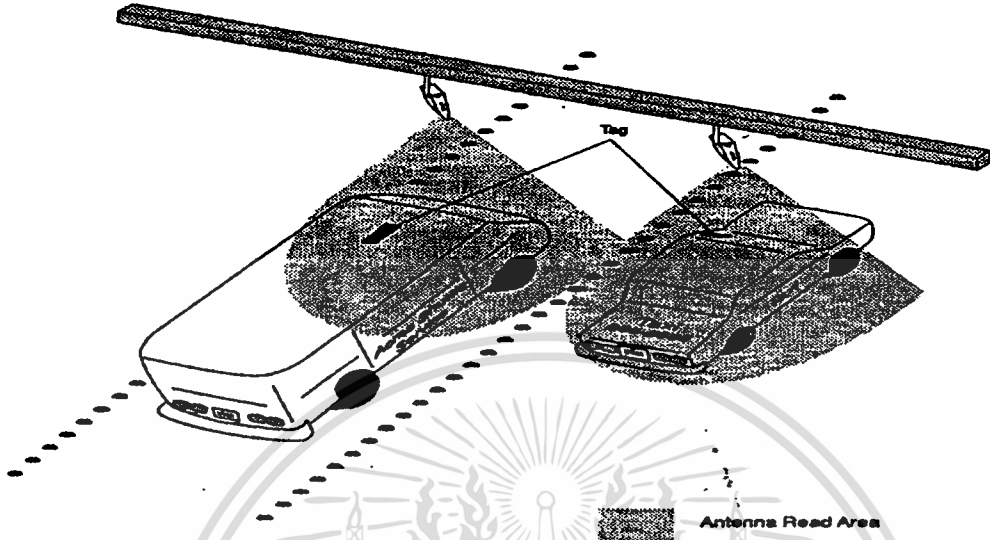
แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

การกำหนด Reading Zone

การกำหนด Reading Zone ให้กับ Tag มีความจำเป็นมากเนื่องจากการประยุกต์ระบบมาใช้ในระบบ ATCS นั้นต้องควบคุมให้ Tag จากระดเพียง 1 คันตอบสนองคำสั่งอ่านและเขียนจาก Interrogator ณ เวลาใดๆ เพื่อว่ารถที่เข้ามาในโซนจะถูกประมวลผลทีละ Transaction เท่านั้น ในการกำหนดโซนจึงต้องกำหนดให้ครอบคลุมเฉพาะรถเพียง 1 คันและต้องบังคับให้รถเคลื่อนที่เข้ามาในโซนครั้งละ 1 คันเช่นเดียวกัน ในทางปฏิบัติจะต้องมีสิ่งกีดขวางมาคั่นเหมือนคานเก็บเงินเพื่อให้รถสามารถเข้าคิวได้ดังแสดงในภาพที่ 9 รถคันต่อไปที่เข้าคิวเพื่อผ่านคานจะอยู่นอกโซน ทำให้ตอบสนองคำสั่งของ Interrogator ไม่ได้ จึงมีรถเพียงคันเดียวที่อยู่ใน Reading Zone เท่านั้นที่ตอบสนองคำสั่ง ของ Interrogator

โดยการเลือกสายอากาศที่นำมาใช้เพื่อเลือกรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น(Radiation Pattern) ตามที่ต้องการ ในทำนองเดียวกันกำลังส่งของภาคส่งวิทยุ จาก RF-Module จะต้องพอเหมาะเพื่อให้ได้ความเข้มสัญญาณที่ Tag จากระดที่อยู่ในโซนจะรับและนำไปประมวลผลได้ ภาพที่ 13 แสดงการติดตั้งสายอากาศของ RF-Module ที่บังคับให้บีม(Beam) ครอบคลุมพื้นที่ สำหรับรถที่เข้ามาเพียง 1 คัน ซึ่งโดยปกติจะให้ครอบคลุมระยะทางในแนวการเคลื่อนที่ของรถประมาณ 3-4 เมตร

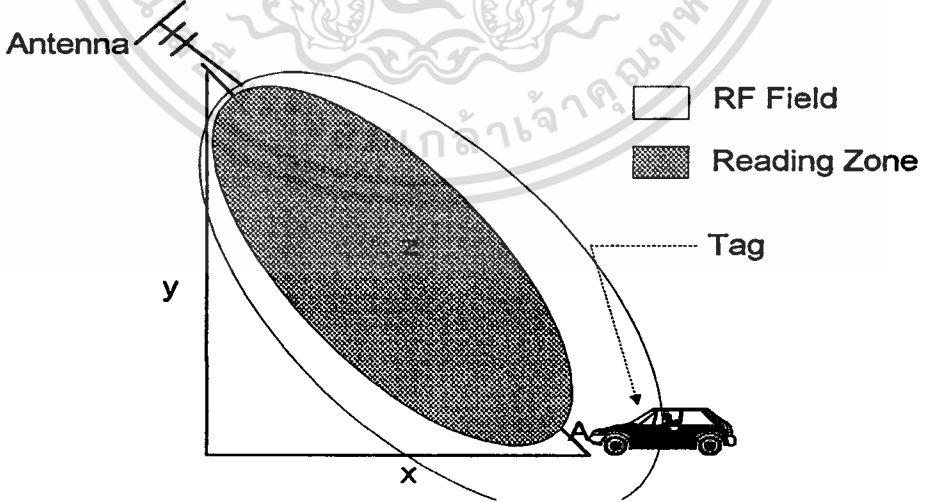
ภาพที่ 13



แสดง Beam ของสายอากาศที่ใช้ในการกำหนด Reading Zone

สำหรับการออกแบบกำลังส่งของภาคส่ง เพื่อให้มีความเข้มของสัญญาณครอบคลุม Reading Zone ที่ต้องการ แสดงตามภาพที่ 14

ภาพที่ 14



แสดงการเข้าสู่ Reading Zone ของรถ

ถ้ากำหนดให้ $x = 3$ เมตร เพื่อให้เป็น Reading Zone ที่ครอบคลุมระยะของรถเพียง 1 คัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ใช้เห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร กรุณาแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกำหนดให้ z เป็นระยะตามลำคลื่นหลัก (Main Beam) ที่ห่างจากสายอากาศ 5 เมตร เราสามารถเลือกความสูงของสายอากาศได้ตามหลักการเรขาคณิตดังนี้

$$Z^2 = x^2 + y^2$$

$$5^2 = y^2 + 3^2$$

$$y^2 = 16$$

$$y = 4 \text{ เมตร}$$

[4]

ดังนั้นถ้าต้องการให้ Beam ของสายอากาศกระทบกับรถในระยะทางในแนวที่รถเคลื่อนที่เป็นระยะ 3 เมตร จากกำลังส่งที่ส่งได้ไกล 5 เมตร สายอากาศควรอยู่สูงจากพื้น 4 เมตร

เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้สายอากาศยาก็ และจากรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น ในภาพที่ 14 กำหนดให้ A เป็นจุดใดๆใน Reading Zone เพื่อทำการอ่าน Tag เราสามารถออกแบบให้ Tag คอบสนองเมื่อมีความเข้มสัญญาณภายใน 3 เมตรเท่านั้น โดยที่สายอากาศที่ใช้มีรายละเอียดต่อไปนี้(รายละเอียดการออกแบบสายอากาศใน ภาคผนวก 1)

Gain 9.5 dB

Beamwidth 60 degree

F/B 27.38 dB

ถ้ากำหนดให้ภาพที่แสดงเป็นรูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ สามารถคำนวณหากำลังของสัญญาณที่ Tag รับได้ ณ.จุดใดๆใน Reading Zone ได้ดังนี้

$$P_r = P_t + G_t - L_s + G_r$$

ซึ่ง P = Receive Power Level

G_t = Transmitter Antenna Gain

L_s = Free Space Loss

P_t = Transmitted Power

G_r = Receiver Antenna Gain

ถ้ากำลังส่งของภาคส่ง = -21 dBm (ค่าจากการวัด)

Gain ของสายอากาศ ที่ออกแบบ = 9.5 dB

และระยะทางที่ห่างจากสายอากาศ = 5 เมตรแล้วจะได้ว่า

$$L_s = 20 \log \lambda / 4\pi D$$

$$\text{ถ้าความถี่} = 275 \text{ MHz}$$

$$\lambda = 3 \times 10^8 / 275 \times 10^6 = 1.09 \text{ เมตร}$$

$$L_s = 20 \log (1.09) / 4\pi (5)$$

$$= -35.2 \text{ dB}$$

$$P_r = P_t + G_t - L_s + G_r$$

$$G_r = \frac{1.5Ra}{R} \text{ ; เลือกใช้ Small Loop Antenna เป็นสายอากาศ Tag}$$

$$R = R_c + R_a$$

$$R_a = 20(K_0^2 N \pi a^2)^2$$

$$K_0 = \frac{w}{c} \text{ ; } w = 2\pi f = \frac{(2\pi \times 275 \times 10^6)}{3 \times 10^8} = 5.7595$$

$$N = \text{รอบ} = 2$$

$$a = \text{รัศมี} = 0.25 \text{ cm}$$

$$R_a = 20 \left((5.7595)^2 \times 2 \times \pi \times (0.25 \times 10^{-2})^2 \right)^2$$

$$= 20 \left(33.173 \times 2 \times \pi \times 6.25 \times 10^{-6} \right)^2$$

$$R_a = 3.394 \times 10^{-5}$$

$$R_c = \frac{A}{\sigma l}$$

$$= 5 \times 10^7 \text{ S/m} \text{ ; ค่าความนำของลวดทองแดง}$$

$$l = 3.14 \text{ cm}$$

$$A = 0.785 \text{ mm}^2$$

$$R_c = \frac{0.785 \times 10^{-6}}{5 \times 10^7 \times 3.14 \times 10^{-2}}$$

$$R_c = 5 \times 10^{-17} \text{ } \Omega$$

$$R = R_c + R_a$$

$$= 3.394 \times 10^{-5} + 5 \times 10^{-17}$$

$$R = 3.394 \times 10^{-5} \text{ } \Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่งานวิจัย $G_r = \frac{1.5Ra}{R}$ ารใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 G_r &= \frac{15(3.394 \times 10^{-5})}{(3.394 \times 10^{-5})} \\
 &= 1.5 \text{ เท่า} \\
 &= 1.76 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_t + G_t - L_s + G_r \\
 P_r &= ((-21) + 9.5 - 35.2 + 1.76) \\
 &= -44.94 \text{ dBm}
 \end{aligned} \tag{5}$$

หรือ $= 39 \times 10^{-6} \text{ mW}$

นั่นคือกำลังที่ Tag รับได้ในบริเวณ 5 เมตรจากสายอากาศมีค่าเท่ากับ $39 \times 10^{-6} \text{ mW}$

การหาค่าความเข้มสนามใน Reading Zone และ Sensitivity ของ Tag

ในการคำนวณหาค่า Required Sensitivity ของ Tag ที่ระยะทางห่างจากสายอากาศยาก็ (R) 5 เมตร ซึ่งเป็นระยะใช้งาน จะสามารถคำนวณได้จากความเข้มของสนามไฟฟ้าและความหนาแน่นของพลังงานในบริเวณ Reading Zone โดยสามารถหาได้จาก ค่าทวีกำลัง (G_t) และกำลังส่ง (P_t) ของเครื่องส่ง ซึ่งได้มาจากการทดสอบ (บทที่ 4)

Sensitivity Tag สามารถแสดงด้วยค่าความหนาแน่นของกำลังงาน (Power Density : W) ซึ่งการคำนวณจะได้แสดงดังต่อไปนี้

$$W = \frac{G_t P_t}{4\pi R^2} \tag{6ก}$$

ค่าทวีกำลัง $G_t = 8 \text{ dB}_i$

แปลงให้มีหน่วย $G_t = 10^{\frac{8}{10}} = 6.3 \text{ เท่า}$ [6ข]

กำลังส่ง $P_t = 10^{\frac{-21}{10}} = 0.0079 \text{ mW}$ [6ค]

แทนค่าระยะทาง (R), [6.ข] และ [6.ค] ลงใน [6.ก] จะได้เป็น

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6.3 \times 7.9 \times 10^{-6}}{4\pi(5)^2} = 0.15 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 0.15 \times 10^{-6} \frac{W}{m^2} \quad [7]$$

แต่ Sensitivity โดยทั่วไปจะนิยมแสดงในรูปความเข้มของสนามไฟฟ้า (Electric Field Intensity : E) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของกำลังงาน ซึ่งจะคำนวณได้ดังนี้ จากความสัมพันธ์ของสนามและกำลังงานของคลื่น

$$= \frac{1}{2} \text{Re}[E \times H^*] \quad [8ก]$$

กำหนดให้สนามไฟฟ้า (E) และสนามแม่เหล็ก (H) เป็นปริมาณสเกลาร์

$$= \frac{1}{2} E \times H \quad [8ข]$$

โดยใช้สมการช่วยจากความสัมพันธ์ของสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก กับความต้านทานการแพร่กระจายคลื่นของอากาศ (Intrinsic Impedance : $\eta = \frac{E}{H}$) เมื่อ $\eta \approx 120\pi$

$$H = \frac{E}{\eta} \quad [8ค]$$

แทน [8ค] ลงใน [8ข]

$$= \frac{1}{2} \frac{E^2}{\eta} \quad [8ง]$$

จะให้อยู่ในรูปของสนามไฟฟ้า

$$E = \sqrt{2\eta W} \quad [8จ]$$

แทน (7) ลงใน [8จ]

$$E = \sqrt{2 \times 120 \times \pi \times 0.15 \times 10^{-6}}$$

[9]

$$= 10 \times 10^{-3} \frac{V}{m}$$

ค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าที่แพร่กระจายจากสายอากาศยึกที่ระยะห่าง 5 เมตร จะมีค่า $10 \times 10^{-3} \frac{V}{m}$ ดังสมการที่ [9] และก็เป็นค่า Sensitivity ต่ำสุดที่ Tag จำเป็นต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบโปรโตคอล (Communication Protocol Design)

การสื่อสารระหว่าง Interrogator และ Tag มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากที่สุด จึงกำหนดให้กระบวนการอ่าน/เขียนข้อมูลทำได้มากกว่า 1 ไชเคิล เมื่อรอยู่ใน Reading Zone ทั้งนี้ขึ้นกับความเร็ว Tag ที่เคลื่อนที่ผ่านโซน

1) กำหนดให้มีโปรโตคอล 4 ระดับในการควบคุมการสื่อสารระหว่าง Tag และ Interrogator

- ระดับที่ 1 ให้มีการสื่อสารเพื่อทำการอ่านและเขียน Tag เพียง 1 รอบ
- ระดับที่ 2 ให้มีการเขียนข้อมูลซ้ำ ถ้าครั้งแรกทำการเขียนผิดพลาด
- ระดับที่ 3 ให้มีการอ่านข้อมูลซ้ำ ถ้าครั้งแรกทำการอ่านผิดพลาด
- ระดับที่ 4 ให้มีการเขียน และอ่านข้อมูลซ้ำ 2 ครั้ง

2) ทิศทางการสื่อสารระหว่าง Interrogator และ Tag กำหนดให้เป็นแบบ ฮาร์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex)

3) วิธีการสื่อสารที่ใช้ เป็นระบบ Polling กล่าวคือ Tag จะปฏิบัติงานก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณคำสั่งจาก Interrogator ในรูปของสัญญาณ RF การตอบสนองของ Tag ต่อคำสั่งต่างๆมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

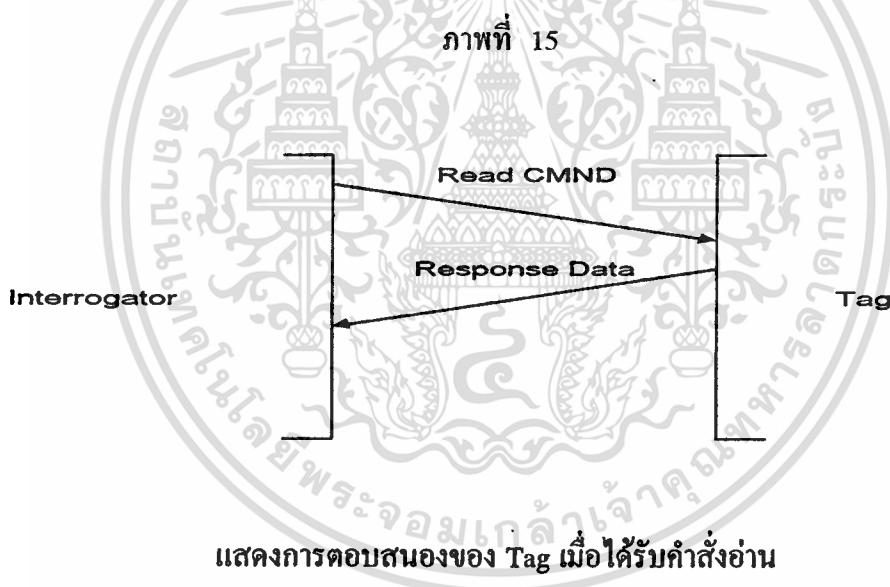
1. Interrogator Command

Read Command (07H)

มีความยาว 1 ไบต์ และมีค่าเท่ากับ 07H โดยมีฟอร์แมตของบิตคือ

0	0	0	0	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

เป็นคำสั่งที่ Interrogator ใช้ในการสั่งให้ Tag รายงานรหัสประจำตัว (Tag ID) และข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงได้ (Variable data) ที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำ(ซึ่งเรียกรวมว่าเป็น Response data)



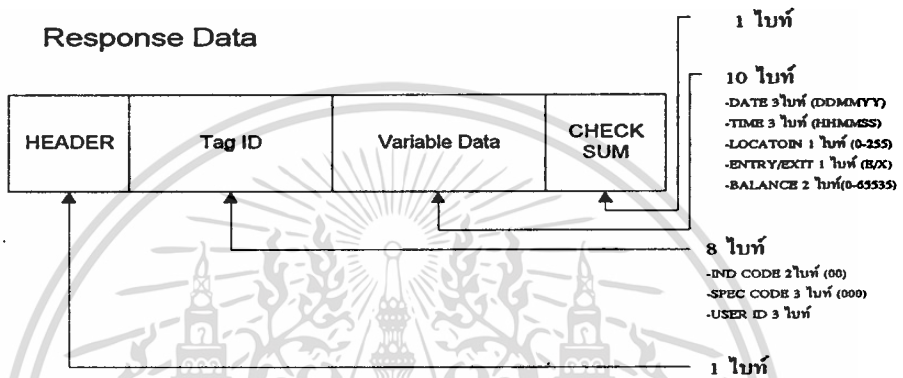
เมื่อ Tag ได้รับคำสั่งอ่าน จะตอบสนองโดยการส่งรหัส (Response Data) ขนาด 20 ไบต์
ตอบกลับ ไปให้ Interrogator

Interrogator เมื่อส่งคำสั่งอ่านแล้วจะกลับไปรอรับ Response Data เป็นเวลา 1 มิลลิวินาที
หากไม่มีสัญญาณตอบกลับจาก Tag จากนั้นก็จะกลับไปส่งคำสั่งอ่านและรอการตอบกลับจาก Tag
ซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมี Response Data เข้ามา

สำหรับข้อมูลที่ได้รับการตอบกลับ จาก Tag ให้ Interrogator จะทำการบวกไบต์ควบคุม
เพิ่ม 2 ไบต์ จากข้อมูลเดิมที่เป็นรหัสประจำตัวและข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงได้คือ Header Byte 1
ไบต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 00H และไบต์ที่ใช้ตรวจสอบความผิดพลาด Check-Sum 1 ไบต์ ค่าของไบต์
นี้จะขึ้นกับการทำฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ Exclusive OR(XOR) ของข้อมูลที่เป็นรหัสประจำตัว
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงได้ระหว่างไบนารีที่ 1 ถึง ไบนารีที่ 10 โดยข้อมูลที่ Interrogator ได้รับจากกระบวนการอ่าน แสดงดังภาพที่ 16

ภาพที่ 16

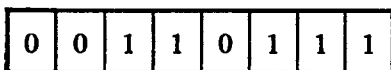


แสดงโครงสร้าง Response Data ที่ส่งจาก Tag

ดังนั้น เมื่อ Interrogator รับข้อมูลขนาด 20 ไบนารี แล้วจะทำการแยกไบนารีที่เป็น Header และไบนารีที่เป็น Check Sum ออกแล้วทำการตรวจเช็คความถูกต้องของ Response Data กับค่าใน ไบนารี Check Sum หากถูกต้อง ก็จะไปทำกระบวนการอื่นต่อไป

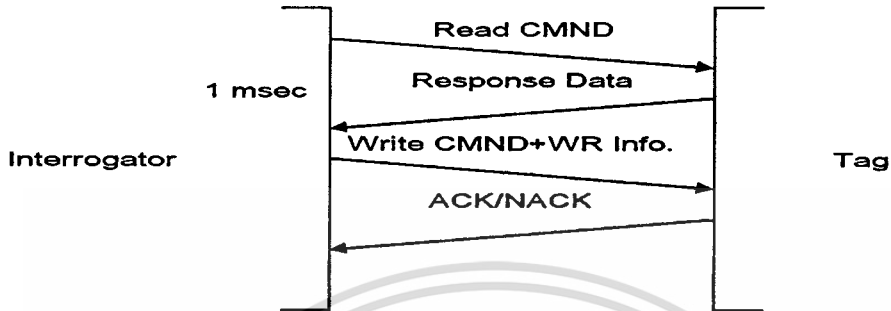
Write Command (37H)

มีความยาว 1 ไบนารี และมีค่าเท่ากับ 37H โดยมีฟอร์แมทของบิตคือ



เป็นคำสั่งขนาด 1 ไบนารีที่ Interrogator บอกให้ Tag รับรู้เพื่อนำข้อมูลที่ตามมากับคำสั่งไปทำการบันทึกลงในหน่วยความจำ

ภาพที่ 17



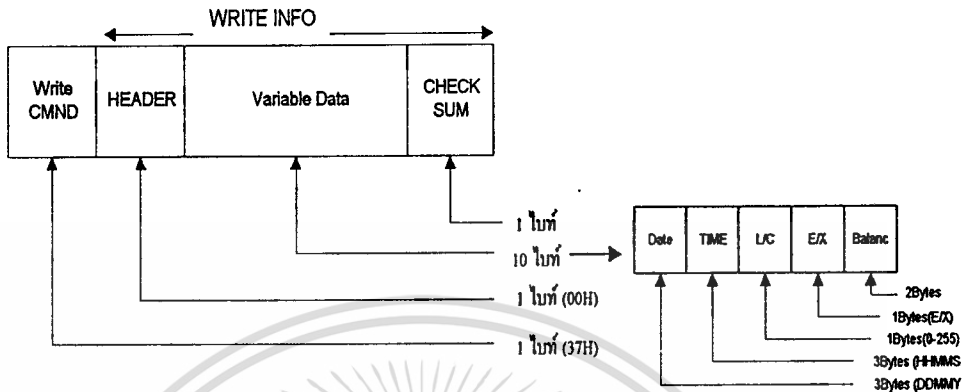
แสดงการตอบสนองของ Tag เมื่อได้รับคำสั่ง Write

โดยปกติ Write Command จะตามด้วย Write Information จำนวน 10 ไบต์ และไบต์ควบคุม 2 ไบต์(ไบต์แรก-Header Byte และไบต์สุดท้าย-Check Sum Byte)

Tag เมื่อได้รับคำสั่ง Write Command จะทำการตรวจสอบข้อผิดพลาดของ Write Information โดยการตรวจสอบกับไบต์ Check-Sum หากข้อมูลที่รับได้ถูกต้องจะทำการบันทึกลงในหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลที่เป็น Variable Frame

ดังนั้น Write Information ที่ส่งออกอากาศโดย Interrogator ในกระบวนการของการคำสั่งเขียน จะมีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 18

ภาพที่ 18

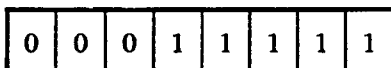


แสดงโครงสร้างของเฟรม Write Information ที่ส่งออกอากาศโดย Interrogator

1. Header Byte เป็นไบนารีที่บอกการเริ่มต้นข้อมูลโดยมีความยาว จำนวน 1 ไบนารีที่มีค่าเท่ากับ 00H
2. Variable Data เป็นไบนารีข้อมูลมีความยาว 10 ไบนารี โดยปกติค่านี้จะเป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงได้ซึ่ง Tag จะทำการบันทึกไว้ในส่วนที่เป็น Variable Frame
3. Check-Sum Byte เป็นไบนารีที่ใช้ตรวจสอบความผิดพลาดมีความยาว 1 ไบนารี ค่าของไบนารีนี้จะขึ้นกับการทำฟังก์ชันคณิตศาสตร์(Exclusive OR:XOR) ระหว่างข้อมูลไบนารีที่ 1 ถึงไบนารีที่ 10

2. Tag Command

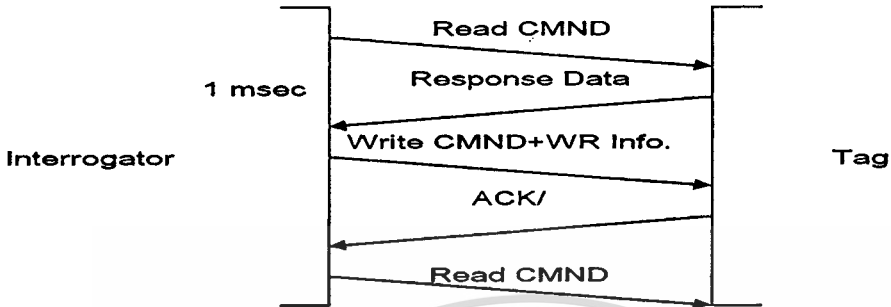
Acknowledgement (ACK:1FH)



เป็นคำสั่งที่ Tag ใช้ในการตอบให้ Interrogator ทราบ ว่าข้อมูล ที่ส่งมากับ Write Command นั้น ได้รับการบันทึกเข้าหน่วยความจำเรียบร้อยแล้ว มีความยาว 1 ไบนารี และมีค่าเท่ากับ 1FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 19



แสดงการตอบสนองของ Interrogator เมื่อรับคำสั่ง ACK

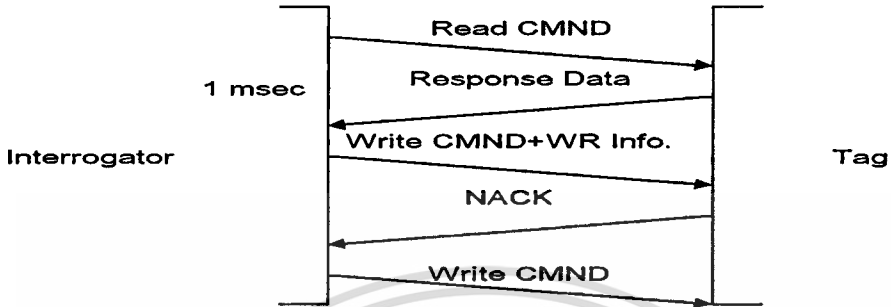
เมื่อ Interrogator ได้รับคำสั่งนี้แล้ว จะกลับไปทำการเริ่มต้นใหม่ เพื่อส่ง Read Command เพื่ออ่าน Tag ที่เข้ามาของรถคันต่อไป

Negative Acknowledgement(NACK:7FH)

0	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

เป็นคำสั่งที่ Tag ใช้ในการตอบให้ Interrogator ทราบ ว่าข้อมูล ที่ส่งมากับ Write Command นั้นมีความผิดพลาดและไม่ได้รับการบันทึกลงในหน่วยความจำมีความยาว 1 ไบต์ และมีค่าเท่ากับ 7FH

ภาพที่ 20



แสดงการตอบสนองของ Interrogator เมื่อได้รับคำสั่ง NACK จาก Tag

Interrogator เมื่อได้รับคำสั่งนี้ จะส่ง Write Command ซ้ำ ถ้ายังไม่ Time Out ที่ Tag ยังเคลื่อนที่อยู่ใน Reading Zone

ภาพที่ 21 ถึง 24 แสดงระดับของโปรโตคอลที่ใช้ในกระบวนการสื่อสารระหว่าง Interrogator และ Tag เพื่ออ่านและเขียนข้อมูล จนครบไซเคิลมี 4 ระดับดังต่อไปนี้

ระดับที่ 1 อ่านและเขียนสำเร็จใน 1 ไซเคิลมาตรฐานโดยไม่มีการทำซ้ำ (อ่านและเขียน 1 ครั้ง)

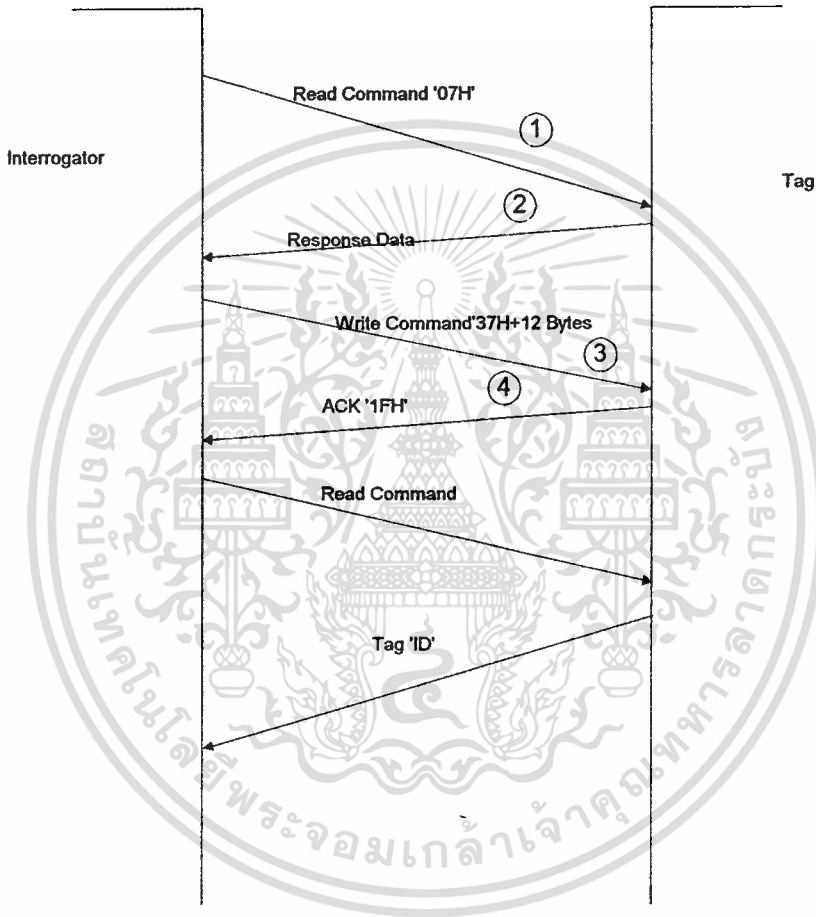
ระดับที่ 2 อ่านสำเร็จแต่ต้องเขียนซ้ำ (อ่าน 1 ครั้ง เขียน 2 ครั้ง)

ระดับที่ 3 อ่านซ้ำเป็นครั้งที่ 2 แต่เขียนสำเร็จโดยการทำงานเพียง 1 ครั้ง (อ่าน 2 ครั้ง เขียน 1 ครั้ง)

ระดับที่ 4 อ่านและเขียนซ้ำ 2 ครั้ง

ระดับที่ 1 Interrogator ทำการอ่านและเขียน Tag สำเร็จใน 1 ไซเคิลมาตรฐาน โดยไม่ต้องอ่านและเขียนซ้ำดังแสดงในภาพที่ 21

นิยาม: 1 ไซเคิลมาตรฐานคือเวลาที่ใช้ในการทำงานสำเร็จตั้งแต่กระบวนการที่1-กระบวนการที่4
ภาพที่ 21



ภาพแสดงกระบวนการทำงานเมื่ออ่าน/เขียน Tag สำเร็จใน 1 ไซเคิลมาตรฐาน

การทำงาน

1. เริ่มต้น Interrogator ส่งคำสั่งอ่าน '07H'
2. Tag ซึ่งทำการรอรับ จะทำการตรวจสอบว่าเป็นคำสั่งอ่านหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะส่งรหัส Response Data คอบกลับ แล้วกลับไปรอคำสั่งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Interrogator จะรอรับรหัสจาก Tag เป็นเวลา 1 มิลลิวินาที (ซึ่งเป็นเวลาเพียงพอในการที่ Tag จะสามารถส่งรหัสตอบได้ทันที) หากไม่มีสัญญาณตอบกลับจาก Tag ก็จะกลับไปส่งคำสั่งอ่านซ้ำ

4. กรณีที่ Tag ส่งรหัสที่ถูกต้องมาให้ Interrogator จะทำการส่งคำสั่งเขียน ซึ่งประกอบด้วย 'Write Command : 37H' และ 'Write Information' อีก 12 ไบท์ ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานะการขึ้น/ลงทางค่านรวมทั้งยอด Balance 10 ไบท์(และไบท์ควบคุม 2 ไบท์)

5. Tag ทำการตรวจสอบ คำสั่งเขียน หากใช้ก็จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของ 'Data Bytes' กับไบท์ที่ Check Sum หากข้อมูลถูกต้องก็จะทำการเขียน 'Data Bytes' ในเฟรม B หรือ Variable Frame

6. Tag ส่งรหัส ACK '1FH' เพื่อทำการ Acknowledgement ให้กับ Interrogator

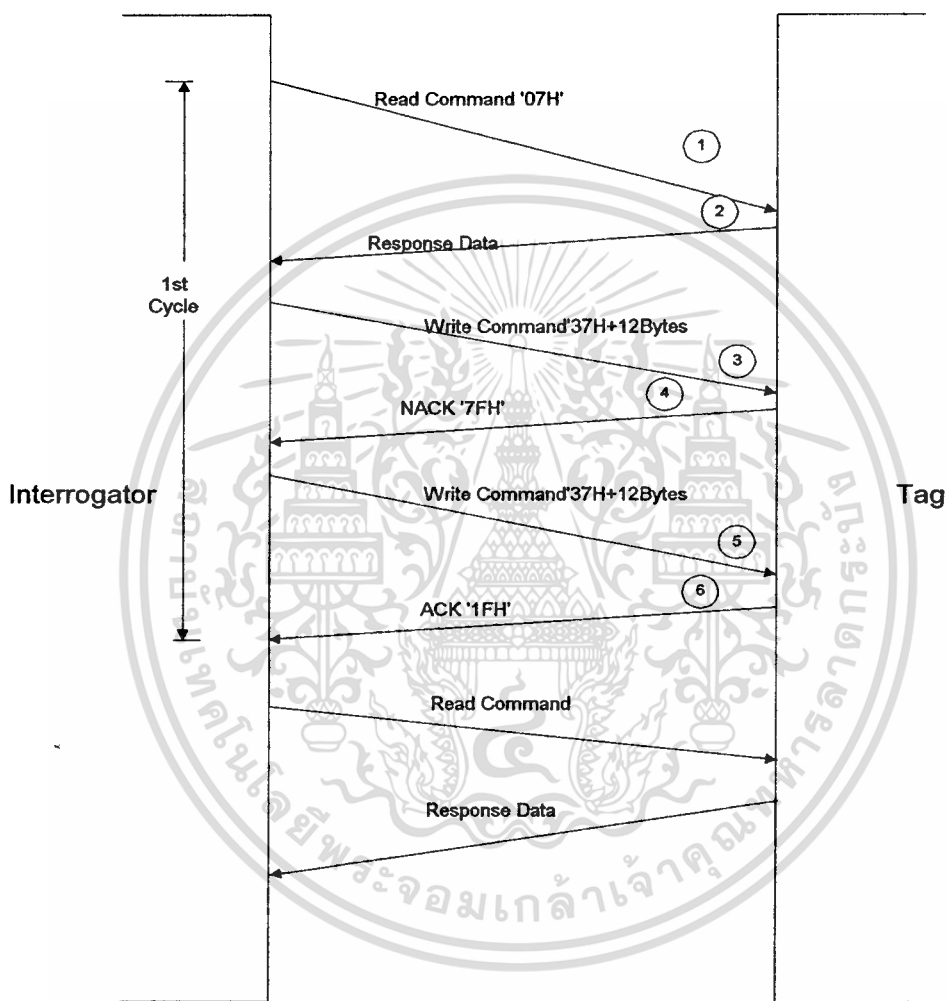
7. การสิ้นสุดการสื่อสาร 1 ไซเคิลมาตรฐานเมื่อ Interrogator ได้รับรหัส 'ACK' เรียบร้อยแล้วจึงจะกลับไปเริ่มต้นใหม่เพื่อส่งคำสั่งอ่านสำหรับรถคันต่อไปที่เข้ามาใน Reading Zone

เวลาในการจบกระบวนการสื่อสารครบ 1 ไซเคิลมาตรฐานเมื่ออ่านและเขียนข้อมูลไม่ผิดพลาดใช้เวลาทั้งหมด 72.84 มิลลิวินาที(ดูรายละเอียดในการคำนวณความเร็วสูงสุดของ Tag)

ในกรณีนี้ถ้าหากรถคันเดิมยังอยู่ใน Reading Zone ก็จะสามารถทำการสื่อสารซ้ำได้ โดยจะกลับไปส่ง Read Command เพื่อเริ่มต้นใหม่ ทำแบบนี้ซ้ำเรื่อยๆ จนกว่าจะมีรถคันต่อไปเข้ามาใน Reading Zone

ระดับที่ 2 อ่านสำเร็จแต่ต้องเขียนซ้ำ (อ่าน 2 ครั้ง เขียน 1 ครั้ง)

ภาพที่ 22



แสดงการทำงานสำเร็จโดยทำการเขียนซ้ำ

การทำงาน

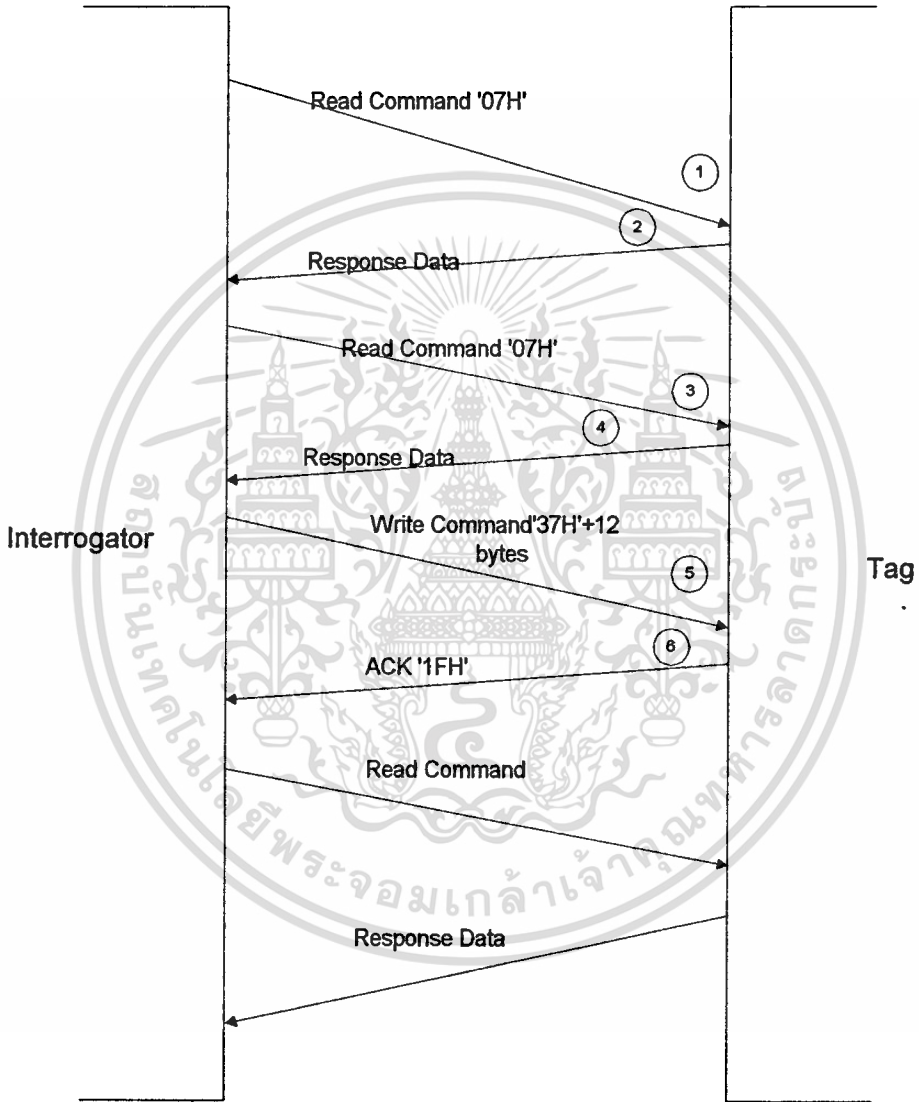
เมื่อข้อมูลที่ทำการเขียนมีการผิดพลาด (เช็คได้จาก ไบท์ Check-Sum เทียบกับข้อมูลใน Variable Data) ในกรณีนี้ Tag จะส่งสัญญาณ 'NACK' ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7FH เพื่อเป็นการบอก Negative Acknowledgement ให้แก่ Interrogator เพื่อส่งคำสั่งเขียนเป็นครั้งที่ 2 ถ้าหากการเขียนครั้งต่อไปสำเร็จ Tag จึงจะส่ง Acknowledgement ไปบอก Interrogator จึงจะถือว่าจบกระบวนการ 1 ไซเคิล

ในกรณีนี้ใช้เวลาทำงานทั้งหมดเท่ากับ 102.8 มิลลิวินาที



ระดับที่ ๑ อ่านซ้ำเป็นครั้งที่ 2 แต่เขียนสำเร็จ

ภาพที่ 23



ภาพแสดงกระบวนการทำงาน เมื่อมีการอ่าน Tag ผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน

กรณีนี้ เมื่อ Interrogator ทำการตรวจสอบ Response Data แล้วพบความผิดพลาด ก็จะทำให้การส่ง Read Command ซ้ำเป็นครั้งที่สอง สัญญาที่ Tag ตอบกลับในครั้งนี้อาจหาก Interrogator ทำการตรวจสอบแล้วถูกต้อง จึงจะส่ง Write Command เพื่อให้ Tag เขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำของ Frame B ต่อไป

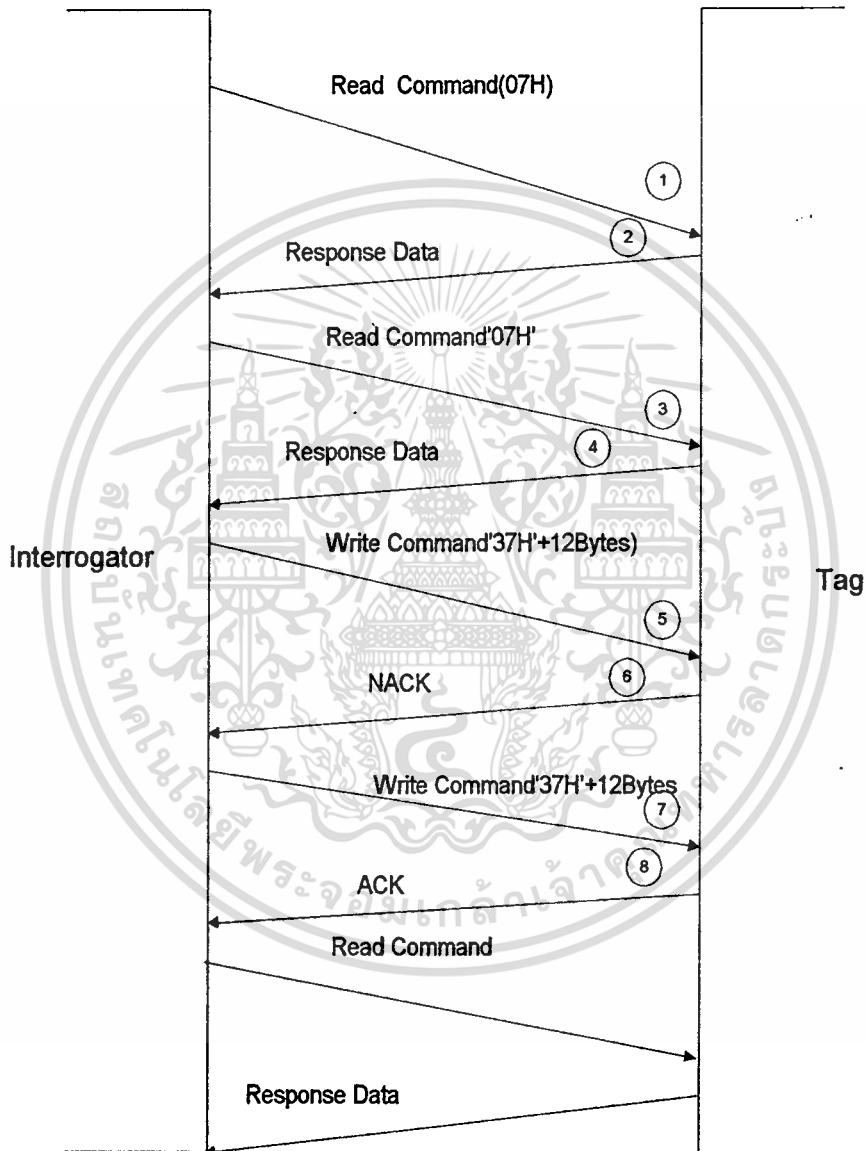
ทำนองเดียวกันถ้ารหัสที่ Tag ตอบกลับมามีการผิดพลาด Interrogator จะทำการส่ง Read Command ซ้ำจนกว่าจะได้รหัสของ Tag ที่ถูกต้อง

ในกรณีนี้การสื่อสารครบ 1 ไชเคิล ใช้เวลา 166.52 มิลลิวินาที



ระดับที่ 4 เมื่อเกิดการผิดพลาดและต้องอ่านและเขียนซ้ำ

ภาพที่ 24



แสดงการอ่านและเขียนซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน

กรณีนี้เมื่อ Interrogator ตรวจสอบความผิดพลาดของรหัส Tag ที่อ่านได้ก็จะทำการส่ง Read Command ซ้ำเหมือนกับกรณีที่สาม จนกระทั่ง Response ที่ Tag ตอบกลับมาเป็นครั้งที่สอง ถูกต้องจึงจะส่ง Write Command เพื่อให้ Tag เขียนข้อมูลลงบน Frame B

ทำนองเดียวกันเมื่อ Tag ค้นพบความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การเขียนก็จะส่ง Negative Acknowledgement ตอบกลับมาให้ Interrogator ทราบเพื่อจะส่ง Write Command ซ้ำ ถ้าหาก Tag ไม่พบความผิดพลาดใดๆ ของ Write Information ในครั้งที่สองก็จะทำการเขียนข้อมูลลงบน Variable Frame แล้วจึงส่ง Acknowledgement ตอบกลับมาให้ Interrogator จึงจะถือว่าจบกระบวนการสื่อสารใน 1 ไชเคิล

เวลาที่ใช้ทำงานให้ครบ 1 ไชเคิลในกรณีนี้ ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 145 มิลลิวินาที ถ้าหาก Tag ทำการเขียนข้อมูลไม่สำเร็จในครั้งที่สอง Interrogator จะยกเลิกกระบวนการทั้งหมดแล้วกลับไปเริ่มต้นใหม่ เพื่ออ่าน Tag จากครั้งต่อไป ถ้าหากรถเคลื่อนที่ต่ำกว่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง Tag ก็จะสามารถถูกอ่านและเขียนซ้ำได้ (กรณีที่รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะใช้เวลาอยู่ใน Reading Zone 145 มิลลิวินาทีทำให้ Interrogator ไม่สามารถทำงานซ้ำได้ทันที

แผนผังโปรแกรมควบคุมการทำงาน

การทำงานของ Interrogator

เริ่มต้น Interrogator จะทำการส่ง Read Command สุ่มแล้วกลับมารอเป็นเวลาประมาณ 1 มิลลิวินาที กรณีที่อ่านข้อมูลจาก Tag ได้ ก็จะไปทำการตรวจสอบว่า ข้อมูลถูกต้องหรือไม่ หากถูกก็จะทำการส่ง Write Command เพื่อให้ Tag ทำการเขียนข้อมูลลงบน Variable Frame แต่ถ้าหาก Tag ID ที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง Interrogator ก็จะทำการส่ง Read Command ซ้ำจนกว่าจะได้ Tag ID ที่ถูกต้อง

หลังจากส่ง Write Command แล้ว Interrogator จะทำการรอเป็นเวลา 1 มิลลิวินาที จนกระทั่ง Time-out แล้วจึงกลับไปส่ง Read Command เพื่อเริ่มต้นกระบวนการใหม่ต่อไป

ถ้าภายใน 1 มิลลิวินาที รหัสที่ได้รับเป็น Negative Acknowledgement (NACK) Interrogator จะทำการส่ง Write Command ซ้ำ จนครบ 2 ครั้ง ถ้าหากครบแล้ว ข้อมูลที่ทำการเขียนยังไม่ถูกต้อง ก็จะยกเลิกกระบวนการ แล้วกลับไปเริ่มต้นใหม่

ให้มีการทำซ้ำเพื่อการเขียน Tag 2 ครั้ง เนื่องจากการทำงานทั้งหมด ใช้เวลา 145 มิลลิวินาที ซึ่งเพียงพอกับเวลาที่รถเคลื่อนที่อยู่ใน Reading Zone

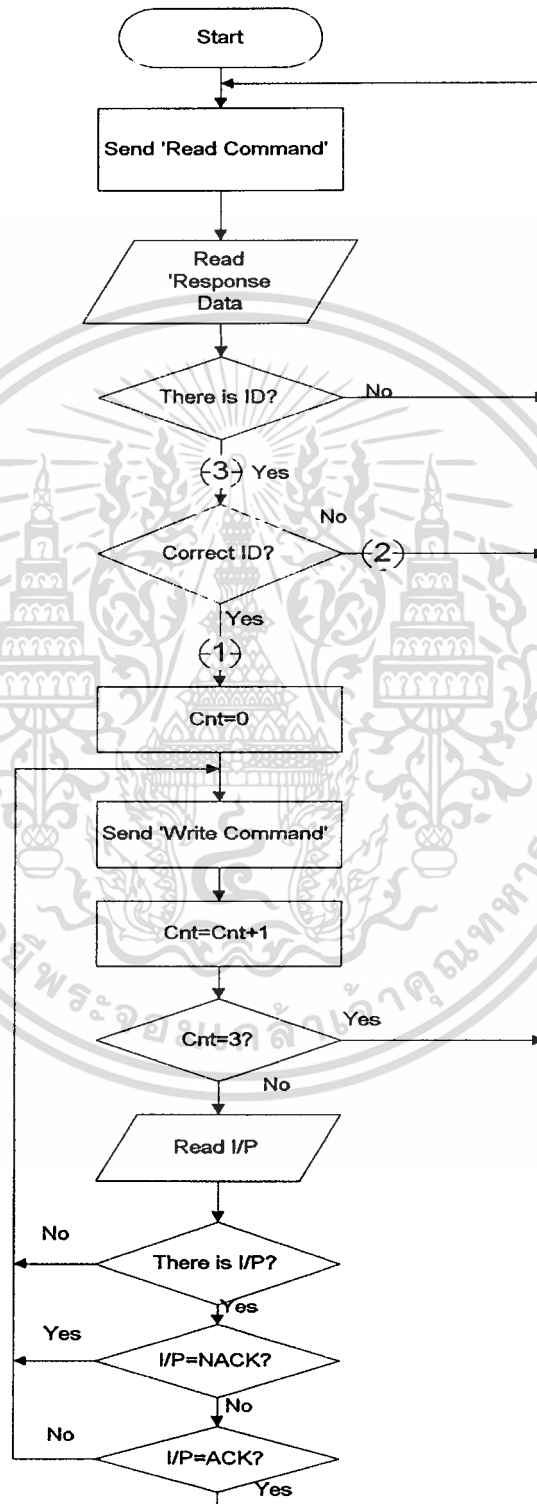
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่รหัสที่รับได้เป็น Acknowledgement (ACK) Interrogator จะจบการทำงานและกลับไปเริ่มกระบวนการอ่านในครั้งต่อไป แผนผังการทำงานของโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 25

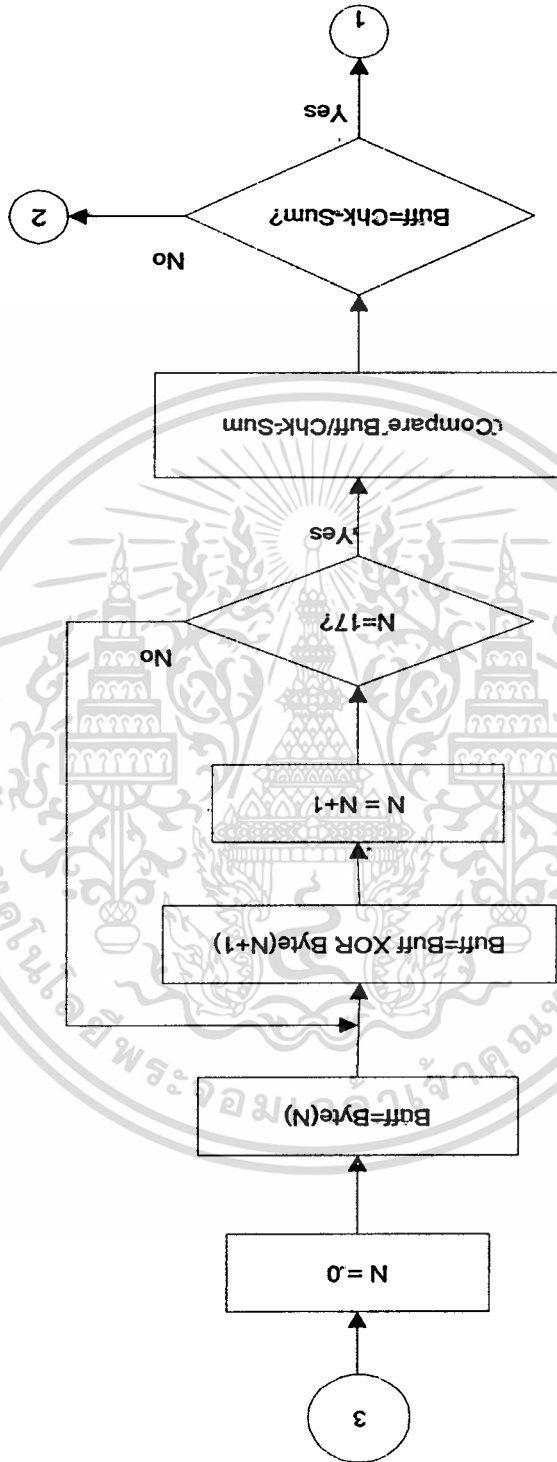


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ บริษัท เทคโนโลยี การขนส่ง จำกัด เมื่อผู้ซื้อได้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 26

การทำงานของโปรแกรมตรวจเช็คความถูกต้อง

เริ่มต้นกำหนดให้ Byte Counter (N) ให้เป็น 0 แล้วทำการอ่านไบนารีที่ N เข้ามาเก็บไว้ในตัวแปรที่ชื่อ Buff แล้วเอาค่าตัวแปร Buff ไปทำการ XOR กับไบนารีถัดไป ผลที่ได้นำไปเก็บในตัวแปร Buff ทำเสร็จ 1 ครั้งแล้วทำการเพิ่มค่า Byte Counter ไปอีก 1 ถ้าหาก Byte Counter ยังไม่ครบ 17 (ไบนารีสุดท้ายคือไบนารีที่ 17) ก็ไปทำการ XOR เรื่อยๆ จนกว่าจะครบทั้ง 18 ไบนารี

ผลที่ได้จากการนำข้อมูลไป XOR กันแต่ละไบนารีนำไปเปรียบเทียบกับค่าในไบนารี Check-Sum แล้วไม่เท่ากันก็แสดงว่าข้อมูลที่ได้รับเข้ามาไม่ถูกต้อง ก็จะไปตามกระบวนการหมายเลข 1 ต่อไป

ทำนองเดียวกันถ้าเปรียบเทียบแล้วไม่เท่ากันก็แสดงว่าข้อมูลที่ได้รับเข้ามาไม่ถูกต้อง แล้วจึงไปทำกระบวนการที่ 2 ต่อไป

การทำงานของ Tag

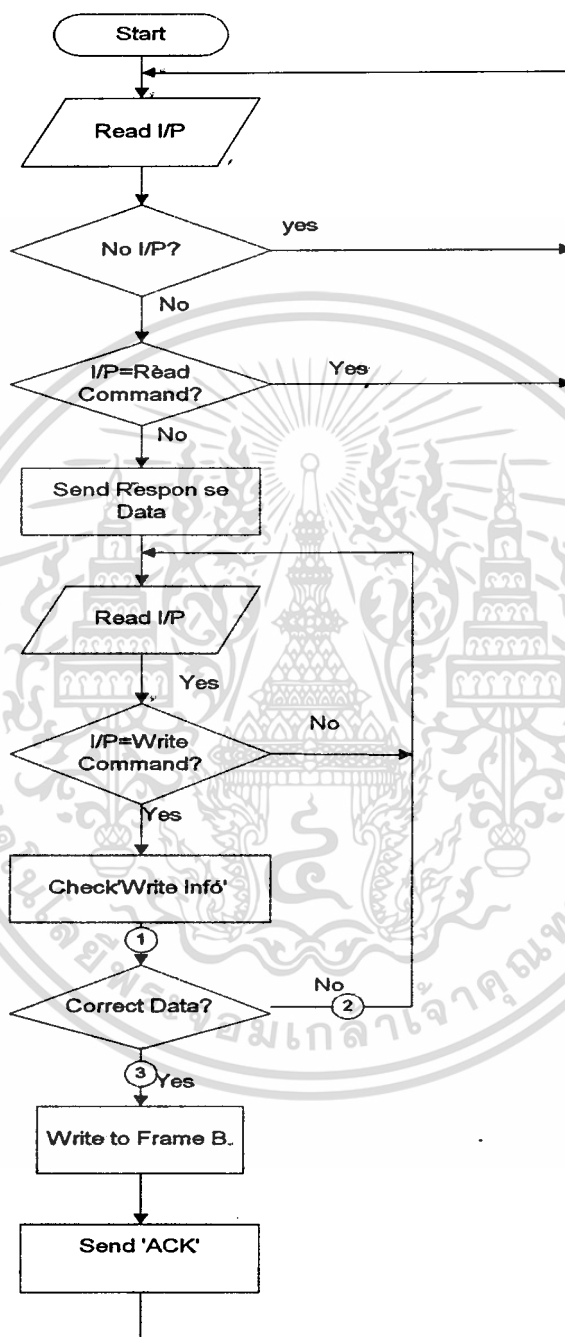
Tag จะเริ่มทำงานโดยการคัดกรออินพุทจาก Interrogator แล้วจึงทำการกลับเฟสข้อมูลที่ได้รับได้เพื่อคืนสถานะเดิมของข้อมูลที่ถูกกลับเฟสจากวงจรอินเวอร์ตเฟส RS-232 หากอินพุทที่ได้รับได้เป็น Read Command จาก Interrogator มาแล้วจะทำการตรวจสอบว่าเป็น '07H' หรือไม่ ถ้าใช่ก็จะตอบสนองโดยการส่ง Response Data ตอบ ถ้าไม่ใช่ ก็จะกลับไปรอคำสั่งอีกครั้งจนกว่าจะมีสัญญาณเข้ามา ตามแผนผังการทำงานในภาพที่ 27

เมื่อ Tag ตอบสนองโดยการส่ง Response Data ตอบไปแล้วก็จะกลับไปรอคำสั่งต่อไป หากข้อมูลที่ได้รับได้เป็นคำสั่งเขียน Tag ก็จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ที่ตามมากับคำสั่งขนาด 12 ไบนารี โดยการเปรียบเทียบกับไบนารี Check-Sum

หากข้อมูลที่ได้รับได้ ไม่มีข้อผิดพลาดใดๆ Tag ก็จะทำการเขียนลงบนหน่วยความจำที่เป็น Variable Frame แล้วจึงส่ง Acknowledgement ตอบกลับให้ Interrogator

แต่ถ้าค้นพบว่า ข้อมูลที่ต้องการเขียน มีข้อผิดพลาด Tag จะส่ง Negative Acknowledgement ตอบกลับให้ Interrogator แล้วกลับไปรอ Write Command อีกครั้งเพื่อทำการสื่อสารในขั้นตอนต่อไป จนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการเขียน แผนผังการทำงานของโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 27

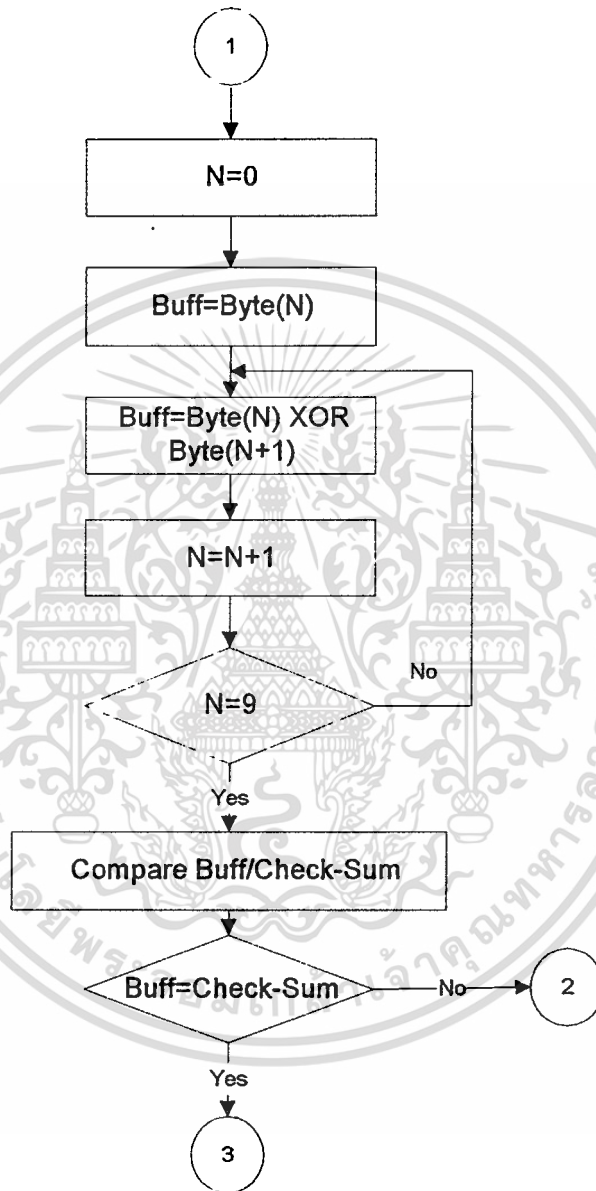
ภาพที่ 27



แผนผังการทำงานของ Tag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 28



แผนผังการทำงานการตรวจสอบความถูกต้องของ Write Information โดย Tag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโปรแกรมตรวจเช็คความถูกต้องของ Tag

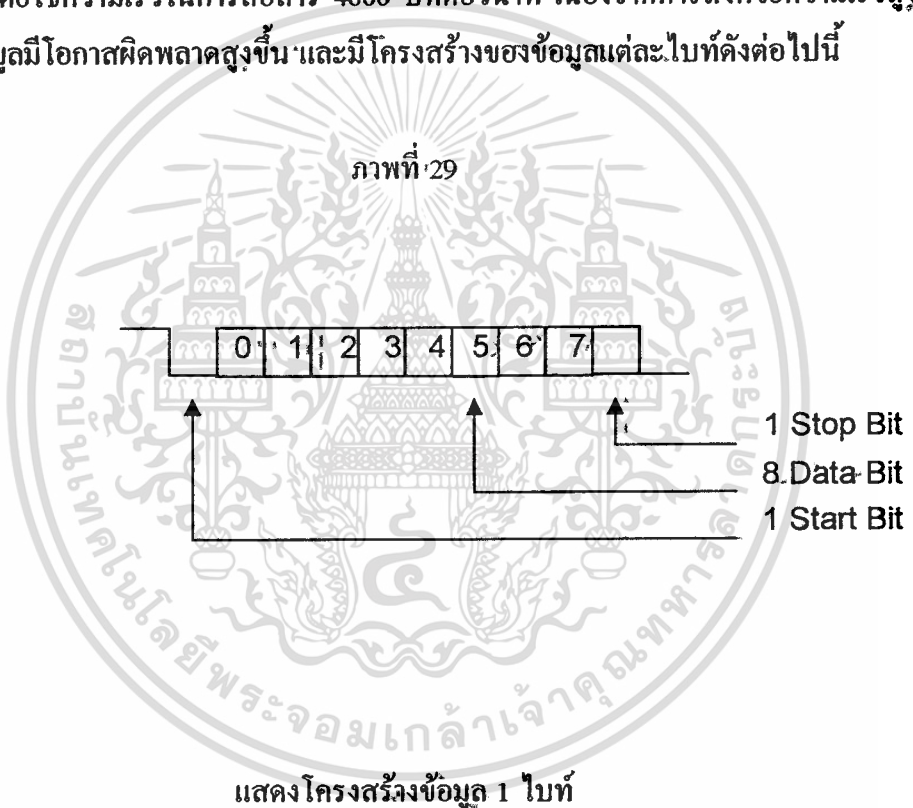
เริ่มต้นกำหนดให้ Byte Counter (N) ให้เป็น 0 แล้วทำการอ่านไบท์ที่ N เข้ามาเก็บไว้ในตัวแปรที่ชื่อ Buff แล้วเอาค่าตัวแปร Buff ไปทำการ XOR กับไบท์ถัดไป ผลที่ได้นำไปเก็บในตัวแปร Buff ทำเสร็จ 1 ครั้งแล้วทำการเพิ่มค่า Byte Counter ไปอีก 1 ถ้าหาก Byte Counter ยังไม่ครบ 9 (ไบท์สุดท้ายคือไบท์ที่ 10) ก็ไปทำการ XOR เรื่อยๆ จนกว่าจะครบทั้ง 10 ไบท์

การทำงานอื่นๆจะเหมือนกับการทำงานของ Interrogator ต่างกันที่ จำนวนไบท์เท่านั้น



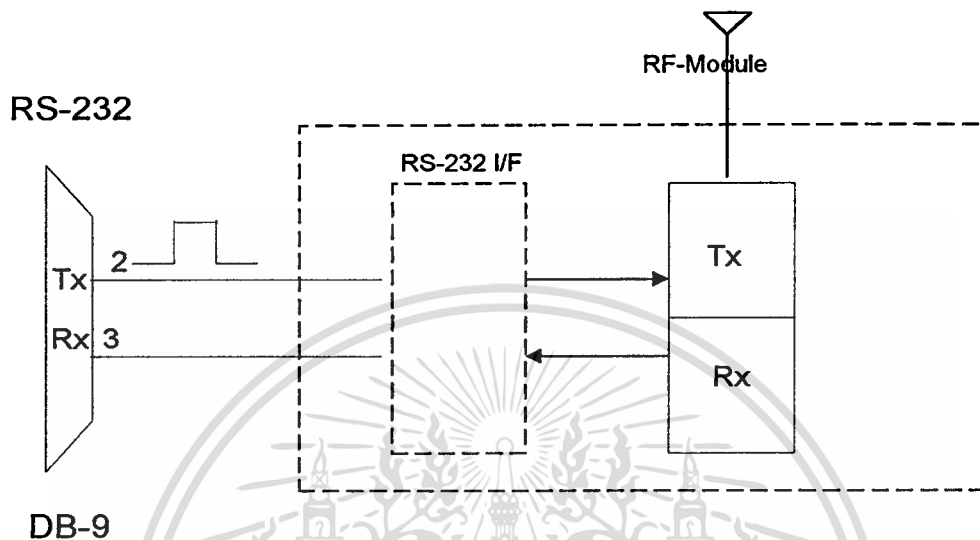
อุปกรณ์ Interrogator

อุปกรณ์ Interrogator ที่นำมาใช้ ในงานวิจัยนี้ ได้ประยุกต์นำเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี-โน้ตบุ๊กเข้ามาใช้งานเพื่อทำหน้าที่ในการอ่านสัญญาณรหัสจาก Tag และทำหน้าที่ในการส่งคำสั่งเพื่อให้ Tag ทำการบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำโดยผ่าน RF-Module ที่ทำการเชื่อมโยงถึงกัน โดยใช้พอร์ตสื่อสารอนุกรม RS-232 แล้วทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการส่งและรับข้อมูลโดยใช้ภาษา C โดยใช้ความเร็วในการสื่อสาร 4800 บิตต่อวินาที เนื่องจากการส่งด้วยความเร็วสูงเกินไปจะทำให้ข้อมูลมีโอกาสผิดพลาดสูงขึ้น และมีโครงสร้างของข้อมูลแต่ละไบต์ดังต่อไปนี้



สำหรับโครงสร้างฮาร์ดแวร์ของ Interrogator ที่นำมาใช้โดยติดต่อกับ RF-Module โดยผ่านพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมแสดงดังภาพที่.30

ภาพที่ 30



แสดงการนำพีซีมาใช้เป็นอุปกรณ์ Interrogator โดยการเชื่อมโยงกับ RF-Module ผ่าน RS-232

การทำงาน

Read และ Write Command จะถูกส่งออกจากขา Tx ของพอร์ต RS-232 ของพีซีซึ่งเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้คอนเนกเตอร์แบบ DB-9 ขา Tx จะเชื่อมต่อกับวงจร RS-232 อินเทอร์เฟซ เพื่อทำการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจากระดับของ RS-232 ขนาด -15 ถึง +15 โวลต์ ให้เป็น 0 ถึง 5 โวลต์ตามค่า 'Mark' และ 'Space' ที่ส่งจากพีซีเพื่อส่งไปทำการมอดูเลตในอุปกรณ์ภาคส่งของ RF-Module

นอกจากนั้นยังทำหน้าที่ในการกลับเฟสของสัญญาณที่ส่งออกจากขา Tx 180 องศาด้วย ทั้งนี้เพื่อวัตถุประสงค์ในการกลับเฟสของบิตสตาร์ทให้เป็นลอจิก 1 (ซึ่งโดยปกติเป็นลอจิก 0) เพื่อเตือนให้ภาครับสามารถทราบได้ว่ามีข้อมูลส่งมาแล้ว เนื่องจากใน Stand-By Mode ภาครับมีสถานะเป็นลอจิก 0

ดังนั้น ถ้าไม่มีการส่งบิตสตาร์ท ซึ่งเป็น 1 นำ ภาครับจะไม่ทราบว่าการส่งเริ่มต้นเมื่อไร

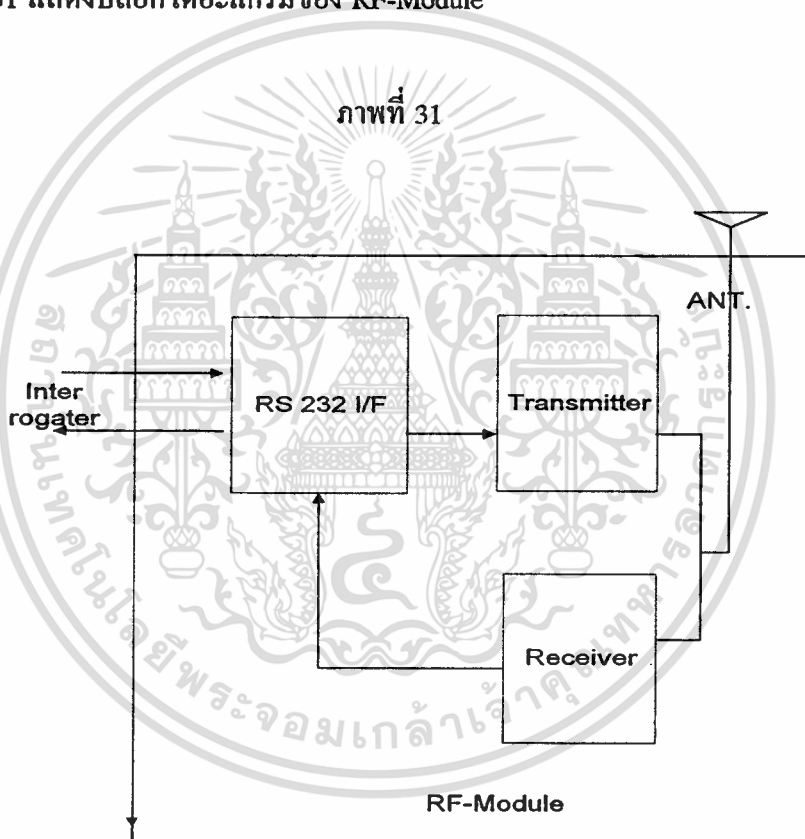
สำหรับการรับข้อมูล จาก Tag ที่ตอบกลับมานั้น สัญญาณที่ถูกคิมมอดูเลตแล้ว จาก RF-Module และจะถูกแปลงกลับเป็นระดับแรงดัน RS-232 โดยวงจร RS-232 อินเทอร์เฟซแล้ว จะถูกอ่านเข้ามาทางขา Rx (ขา 3 ของ DB-9) Interrogator ซึ่งทำการตั้งความเร็วและโครงสร้างบิตที่เหมือนกันไว้กับขาส่งก็สามารถรับข้อมูลได้เมื่อมีสัญญาณเข้ามา

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RF-Module

RF-Module เป็นส่วนของวงจรที่รับสัญญาณดิจิทัลจาก Interrogator ทางพอร์ต RS-232 แล้วทำการเปลี่ยนแรงดันและกลับเฟสของสัญญาณโดยวงจรอินเวอร์ต RS-232 ก่อนที่จะส่งเข้าทำการมอดูเลต โดยวิธี Amplitude Shift Keying: ASK ที่ภาคส่ง(Transmitter)ก่อนที่จะทำส่งออกอากาศ ด้วยความถี่ประมาณ 275 MHz นอกจากนี้ส่วนนี้ยังมีหน้าที่ในการรับคลื่นวิทยุจาก Tag ที่ความถี่เดียวกัน แล้วทำการดีมอดูเลต เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ส่งจาก Tag และส่งต่อไป Interrogator ต่อไป ภาพที่ 31 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ RF-Module



แสดงโครงสร้างภายในของ RF-Module

จากภาพจะพบว่า โครงสร้างภายในประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือ

- วงจรอินเวอร์ต RS-232 (RS-232 I/F)
- อุปกรณ์ภาคส่ง (Transmitter)
- อุปกรณ์ภาครับ (Receiver)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับหน้าทิวจรของ RF-Module ทั้งหมดตามที่แสดงในภาพที่ 32

เมื่อต้องการส่ง เริ่มต้นที่สัญญาณดิจิทัลจาก Interrogator ในระดับแรงดันของ RS-232 (-15 ถึง +15 โวลต์) ที่ถูกส่งจากขา Tx ของ RS-232 จะถูกส่งเข้าวงจรอินเทอร์เฟส RS-232 เพื่อเปลี่ยนให้เป็นแรงดันขนาด 0-5 โวลต์ตามค่าไบนารีที่เป็น 0 และ 1 ที่ถูกส่งจาก Interrogator นอกจากนั้นจะทำการกลับเฟสของสัญญาณ 180 องศา เพื่อให้บิตสตาร์ทมีค่าเป็นลอจิก 1 แล้วจึงส่งเข้าวงจรภาคส่ง เพื่อทำการมอดูเลทแบบ ASK แล้วส่งออกอากาศในย่านความถี่ 275 MHz

ในการทำงานเดียวกันกรณีที่เป็นกรับ เริ่มต้นคลื่นวิทยุที่เป็นข้อมูลประจำตัวของ Tag ที่รับได้จากสายอากาศของภากรับในรูปคลื่นที่ผ่านการมอดูเลทแบบ ASK ที่ความถี่ 275 MHz นั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลเหมือนต้นฉบับโดยทำการดีมอดูเลทที่วงจรภากรับ หลังจากทำการกรองความถี่สูงที่ปนมากับสัญญาณออกแล้ว และสัญญาณถูกปรับระดับให้อยู่ในระดับแรงดันที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สัญญาณดิจิทัลที่สมบูรณ์แล้วจึงทำการส่งเข้าวงจรอินเทอร์เฟส RS-232 อีกครั้งเพื่อแปลงระดับแรงดันลอจิก 0 และ 1 ให้อยู่ในระดับ +15 ถึง -15 โวลต์ของ RS-232 เพื่อให้ Interrogator นำไปประมวลผลต่อไป

วงจรอินเทอร์เฟส RS-232

วงจรอินเทอร์เฟสกับภาคส่ง

ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแรงดัน RS-232 ให้เป็นแรงดันปกติ 0 และ 5 โวลต์ ตามค่าไบนารีที่เป็น 0 และ 1 และทำหน้าที่กลับเฟสสัญญาณ 180 องศา

เนื่องจากใน Stand-By Mode, เอาท์พุทที่ขา Tx ของ RS-232 จะมีสัญญาณเป็นลอจิก “1” (-12 โวลต์)และในทางปฏิบัติ RS-232 เมื่อมีการส่งข้อมูลที่ขา Tx จะเปลี่ยนเป็นสัญญาณขอลง เพื่อให้บิตสตาร์ทเป็น ลอจิก “0” ในทางปฏิบัติกรณีที่ส่งสัญญาณด้วยคลื่นวิทยุ ถ้าบิตข้อมูลที่ส่งบิตแรกเป็น 0 จะทำให้ภากรับไม่สามารถแยกได้ว่าข้อมูลเริ่มต้นที่จุดใด เนื่องจาก Stand By Mode ขา Rx ของ RS-232 จะมีสถานะเป็นลอจิก 0

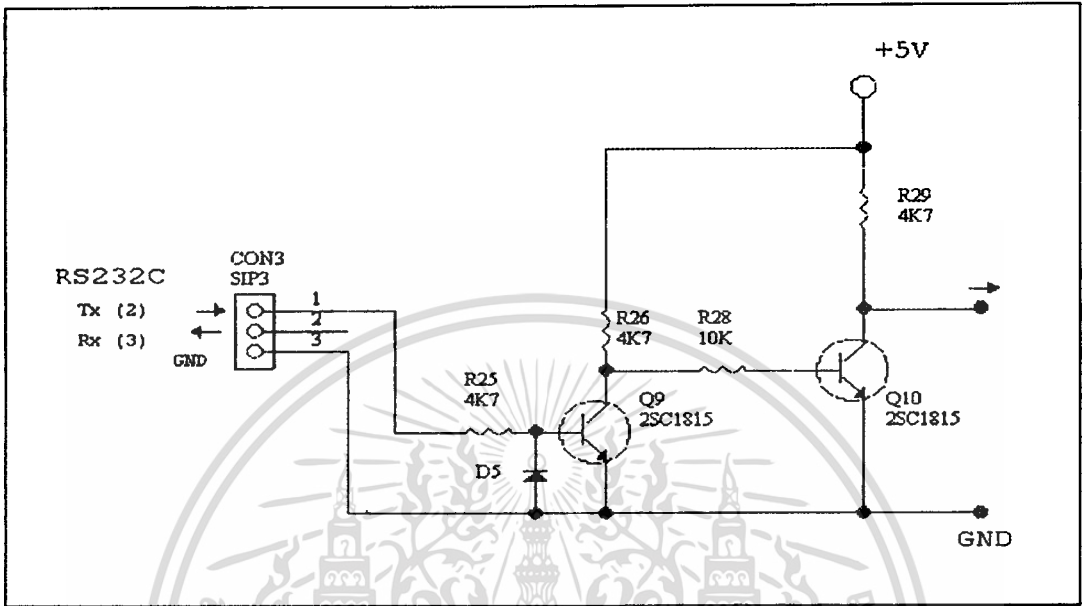
ดังนั้น เมื่อต้องการใช้งานเพื่อส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ จึงต้องกลับเฟสบิตสตาร์ทให้เป็น “1” เพื่อให้ทราบว่าข้อมูลบิตแรกที่ทำการส่ง (LSB) เริ่มต้นที่ใด

นอกจากนั้นการกลับเฟสของบิต ทำให้ใน Stand-By Mode ของภาคส่งวิทยุไม่ต้องทำงานตลอดเวลา เนื่องจากสัญญาณ Stand-By ที่ขา Tx ถูกเปลี่ยนจาก ลอจิก 1 เป็น 0

การทำงานของวงจรอินเทอร์เฟส RS-232 ที่เชื่อมโยงกับขา TX และ ภาคส่งวิทยุ แสดงดังภาพที่

เอกสาร 32 เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 32



แสดงวงจรอินเวอร์ตเฟส RS-232 ขาส่ง

การทำงาน

จากภาพที่ 33 เมื่ออยู่ในสภาวะ Stand-By ขา Tx จะมีค่าเป็นลอจิก '1' (-12 volts) ทำให้ Q9 ไม่ทำงานเนื่องจากไม่มีการไบอัสทรานซิสเตอร์ และทำให้ Q10 ถูกไบอัสด้วยกระแสที่ผ่าน R26 และ R28 ทำให้เอาต์พุตเป็น '0' นั่นคือเมื่ออินพุตเข้าสู่วงจรอินเวอร์ตเฟส RS-232 เป็น 1 จะทำให้เอาต์พุตเทอร์มินอลมีค่าเป็นลอจิก '0' ตามต้องการ

เมื่อสัญญาณอินพุตมีค่าเป็นลอจิก '0' (+12 โวลท์) เข้ามาผ่าน R25 ทำให้ Q9 ทำงานเกิดกระแส I_c ไหลลงกราวด์ ทำให้ Q10 ไม่เกิดการไบอัส แรงดันคร่อมเอาต์พุตเทอร์มินอลจึง มีค่าเป็น '1' (5 โวลท์)

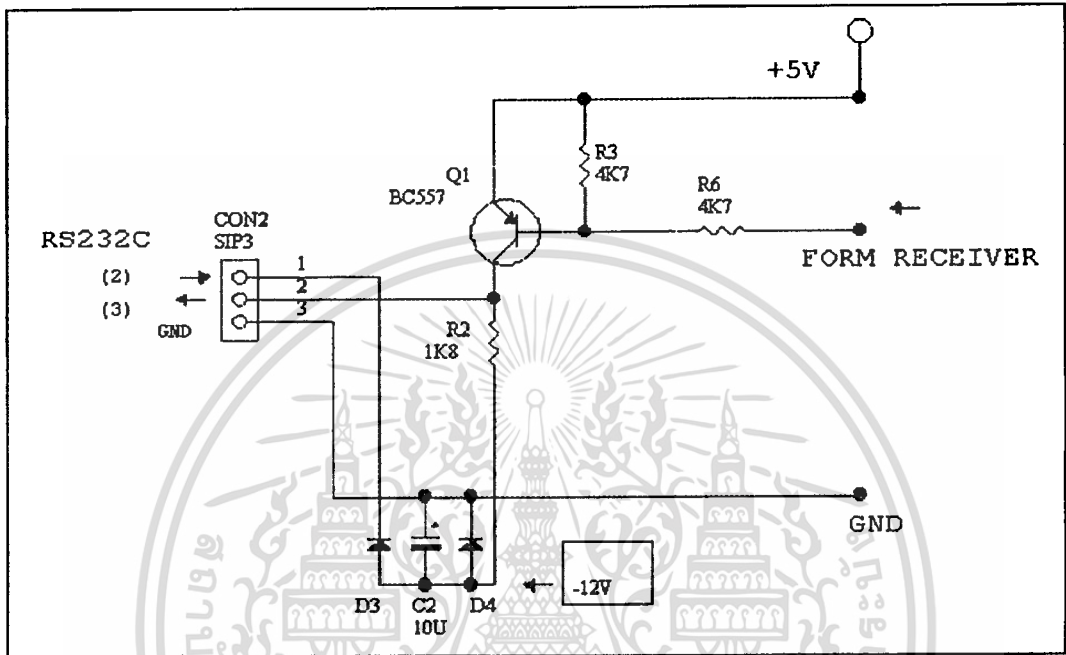
ไดโอด D5 ต่อไว้เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของไฟลบบจาก RS-232

วงจรอินเวอร์ตเฟสกับภาครับ

ทำนองเดียวกันสัญญาณดิจิทัลที่เป็นเอาต์พุตของ วงจรภาครับคลื่นวิทยุ ก่อนที่จะส่งเข้า RS-232 ก็มีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนจากแรงดันปกติ ที่แทนลอจิก '0' และ '1' ด้วย 0 และ 5 โวลท์ ให้เป็นแรงดัน RS-232 ที่มีค่าลอจิก '0' เป็น +5 โวลท์ และลอจิก '1' เป็น -12 โวลท์ การทำงานของวงจร ส่วนนี้แสดงดังภาพที่ 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 33



แสดงวงจรอินเทอร์เฟส RS-232 ในส่วนที่เชื่อมโยงกับ ขา RX และภาครับคลื่นวิทยุ

การทำงาน

ไดโอด D3 และ D4 และ C2 ทำหน้าที่เป็นตัวเรียงกระแส (Rectify) เมื่อนำไฟ -12 โวลต์ จากขา Tx ในขณะที่ไม่ได้ส่งข้อมูล มาใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟ -12 ให้กับ Q1 เมื่อสัญญาณที่เป็นลอจิก 1 เข้ามาที่ขาเบสของ Q1 ทำให้ Q1 ไม่ทำงาน (เนื่องจาก Q1 เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP) ทำให้ Q1 เปิดวงจรและที่ขาคอลเล็กเตอร์จะมีความต่างศักย์เป็น -12 โวลต์ จากชุดเรียงกระแสผ่าน R2 ไปยังขา Rx

และเมื่อที่ขาเบสของ Q1 เป็นลอจิก 0 จะทำให้ Q1 ทำงานเกิดกระแส I_{EC} ทำให้แรงดันคร่อม R2 มีค่าเป็น +5 โวลต์ (ลอจิก 0 ของ RS232)

ภาคส่งคลื่นวิทยุ(Transmitter)

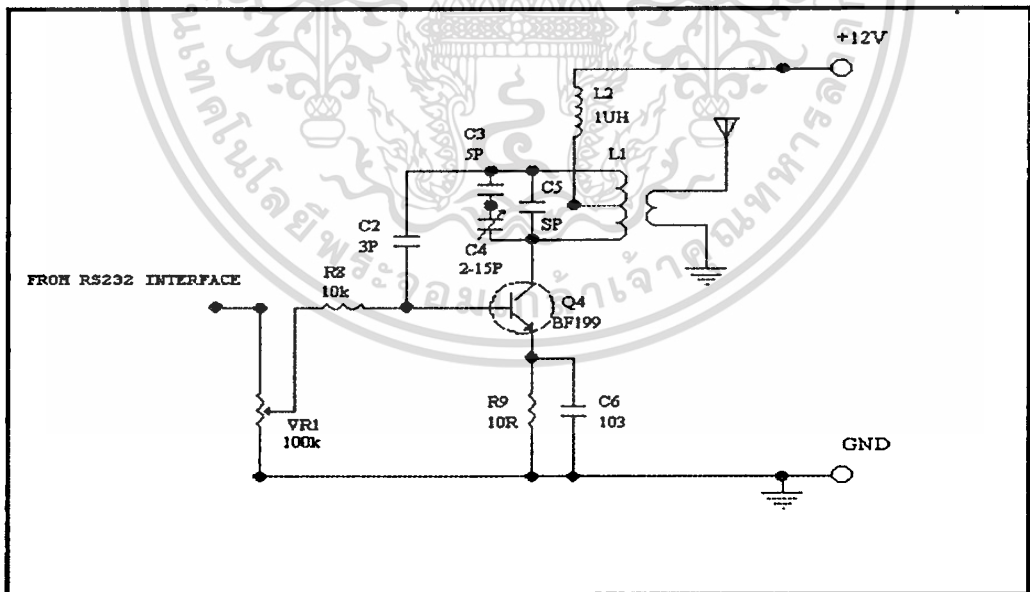
ในการออกแบบให้สัญญาณดิจิทัลจาก Interrogator ที่ส่งผ่าน RS-232 เพื่อทำการส่ง Read และ Write Command นั้น ได้ใช้วิธีการ มอดูเลตสัญญาณแบบ ASK แล้วจึงส่งออกอากาศ โดยการนำวงจรที่ใช้กับรีโมทคอนโทรล (RF Remote Control) มาดัดแปลง ซึ่งภายในประกอบด้วยวงจร LC แท็งค์เรโซแนนท์ ทำการออสซิลเลทเพื่อส่งความถี่วิทยุออกไปย่านความถี่ 275 MHz

จากภาพที่ 34 จะพบว่าวงจร LC แท็งค์แบบขนานจะมีค่าคาปาซิเตอร์แบบปรับค่าได้ 2-15pF เพื่อให้สามารถปรับค่า C เพื่อให้วงจรเรโซแนนท์ที่ความถี่ที่ต้องการได้ ซึ่งจากวงจรเรโซแนนท์จะได้ว่าความถี่ที่ออสซิลเลทออกมาจะมีค่า

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

การทำงานของวงจรภาคส่งคลื่นวิทยุแสดงดังภาพที่ 34

ภาพที่ 34



แสดงวงจรภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน

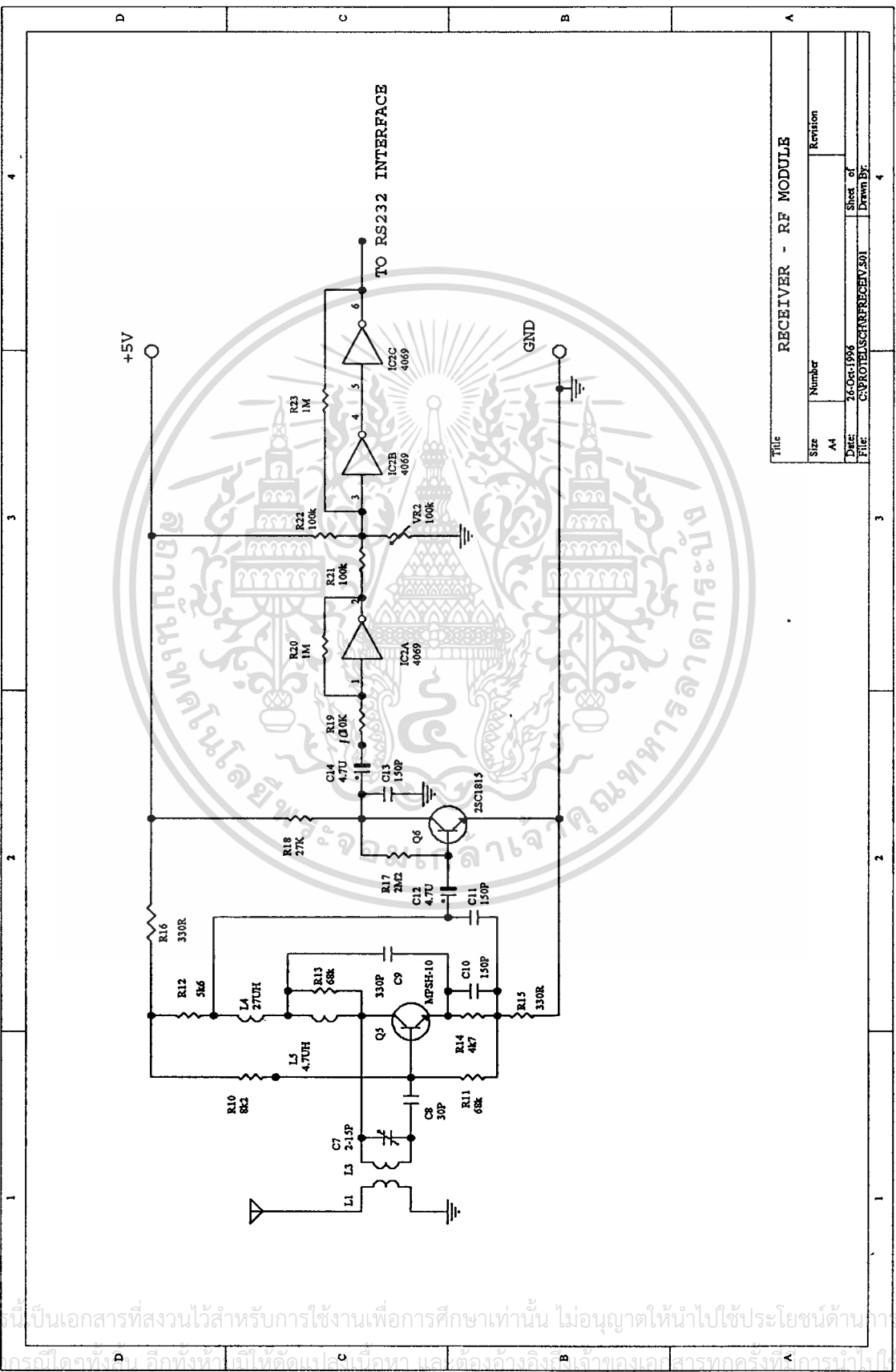
ข้อมูลดิจิตอลจากวงจรอินเทอร์เฟส RS-232 ที่มีค่า เป็นลอจิก “1” ที่รับเข้ามาทำให้เกิดการไบอัสทรานซิสเตอร์ Q4 (BF199) ทำให้วงจรเกิดออสซิลเลท ส่งคลื่นความถี่ วิทย์ออกไป ด้วยความถี่ประมาณ 275 MHz C4 ซึ่งเป็นคาปาซิเตอร์ ปรับค่าได้ จะทำให้สามารถปรับให้วงจรเกิดการออสซิลเลทที่ความถี่ที่ต้องการได้ สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จะขึ้นกับค่า ลอจิก “1” และ “0” ที่เข้ามาไบอัส

เมื่อสัญญาณดิจิตอลที่ส่งเข้ามามีค่าเป็น ลอจิก “0” ก็จะไม่เกิดการไบอัสทรานซิสเตอร์ วงจร ก็จะไม่มีการออสซิลเลทและส่งความถี่วิทย์ออกมา

VR1 ซึ่งเป็นความต้านทานแบบปรับค่าได้นำมาใช้เพื่อปรับให้มีการ ไบอัสทรานซิสเตอร์ เพื่อให้มีกระแส Ib สูงต่ำตามต้องการเพื่อสร้างกระแส Ic หรือความแรงของสัญญาณที่ต้องการส่งออก

ภาครับคลื่นวิทย์(Receiver)

RF-Module นอกจากจะทำการมอดูเลทสัญญาณดิจิตอลแล้วทำการส่งออกอากาศแล้ว อีกหน้าที่หนึ่งก็จะทำหน้าที่ในการรับคลื่นวิทย์ที่ส่งจากTag ทำการดีมอดูเลทกลับเพื่อให้ได้สัญญาณดิจิตอลก่อนที่จะส่งให้กับ วงจรอินเทอร์เฟส RS-232 เพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันให้เป็นระดับ RS-232 ต่อไป ภาพที่ 35 แสดงรายละเอียดของวงจรภาครับ



Title		RECEIVER - RF MODULE	
Size	Number	Revision	
A4			
Date:	16-Oct-1996	Sheet of	
File:	C:\PROTEL\SCH\RFRECEV.SOI	Drawn By:	

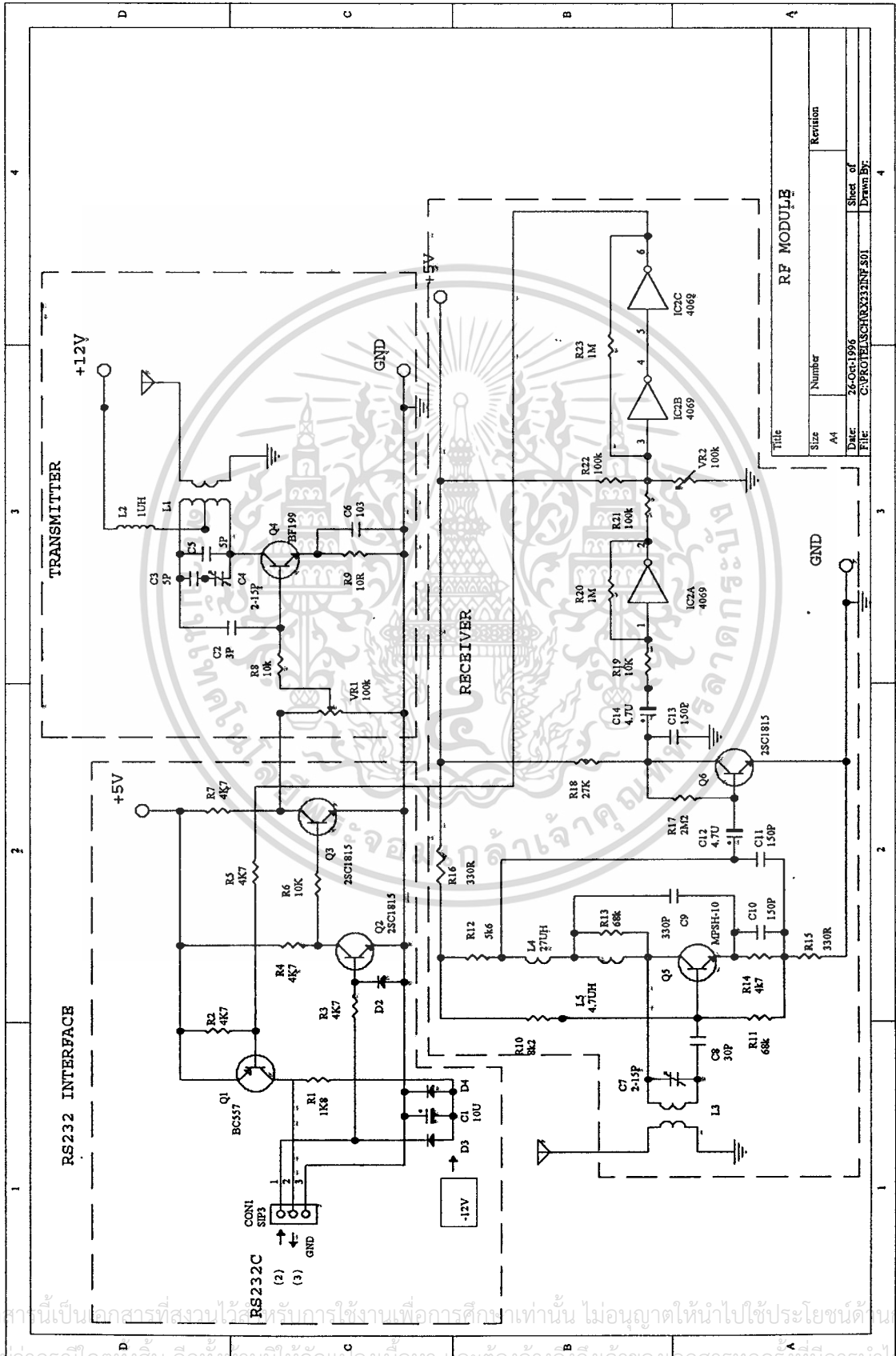
การทำงาน

ภาครับเป็นวงจรแบบ Regenerative ซึ่งดัดแปลงมาจากกริโมทคอนโทรล ประกอบด้วย วงจร L3 และ C7 ทำหน้าที่เลือกความถี่ที่ต้องการ Q5 จะถูกไบอัสด้วย R10, R11 ให้วงจร เดือบจะออสซิลเลทอยู่แล้ว เมื่อมีสัญญาณที่มีความถี่ตรงกับวงจรเข้ามาจะทำให้แรงดันทรอม L3 และ C7 เปลี่ยนแปลง แรงดันที่เปลี่ยนแปลงนี้จะส่งผ่าน C8 เข้าขาเบสของ Q5 ทำให้จุดทำงานเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส IC ด้วย L4 และ L5 เป็น RFC (Radio Frequency Choke) จะมีอิมพีแดนซ์สูงที่ความถี่สูงเพื่อป้องกันความถี่สูงที่ปรากฏที่ขา C ของ Q5 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของภาครับนี้ L4 และ L5 ถูกต่อคั่นอย่างอนุกรม ซึ่งคล้ายกับสวดเหนียวน้ำที่มีแม่เหล็กตรงกลางเพื่อใช้ในการแม่เหล็ก ซึ่งจะต่อกับ C9 เพื่อควบคุมการออสซิลเลทให้อยู่ในความถี่ที่ต้องการ R13 ที่ต่อขนานกับ L5 เพื่อไม่ให้ IC ของ Q5 น้อยเกินไปที่ความถี่สูง ซึ่งจะทำให้กระแสที่ไปเลี้ยง วงจรลดลงด้วย R14 ที่ต่อที่ขา E ของ Q5 เป็นการป้อนกลับแบบลบ ซึ่งจะช่วยให้วงจรมีเสถียรภาพดีขึ้น ไม่เกิดการออสซิลเลทขึ้นมาเองเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงหรือระดับแรงดัน Vcc เปลี่ยนแปลง C10 เป็น AC-Pass ช่วยให้สัญญาณกระแสสลับที่มอดูเลทมาที่ความถี่สูงผ่านได้ดียิ่งขึ้น เอาต์พุตจากภาครับจะถูกกรองความถี่สูงด้วย C11 และจะส่งผ่าน C12 ไปยังขาเบสของ Q6 ซึ่งจะ เป็นภาคขยายสัญญาณขนาดเล็ก สัญญาณที่ออกจากภาคขยายจะถูก C13 กรองความถี่สูงอีกทีหนึ่ง ก่อนถูกส่งเข้าขาอินพุตของ IC2A ซึ่งเป็น IC ดิจิตอลประเภทซีมอสให้ระดับสัญญาณที่มีค่ามากกว่า 0.8 โวลต์ จะถูกแยกเป็นลอจิก 1 ทำให้กำจัดสัญญาณรบกวนที่มีค่าต่ำกว่านี้ลงไปได้ส่วนหนึ่ง เพื่อให้เสถียรภาพของวงจรดีขึ้น เอาต์พุตของ IC2A จะถูกป้อนกลับแบบลบกลับไปยังอินพุต ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ หาได้จาก R20/R19 เอาต์พุตของ IC2A จะถูกส่งต่อมายังวงจรซีมอสทริกเกอร์โดย R22 และ VR2 จะถูกต่อเป็นแบบ Voltage Divider การปรับ VR2 เป็นการตั้งค่าพิกัด (Threshold) ที่ขาสามของ IC2B ซึ่งเป็น IC ดิจิตอลประเภทซีมอสเช่นเดียวกันซึ่งถ้าหากเอาต์พุตของ IC2A มีค่าสูงกว่าค่าพิกัดนี้ จะทำให้สัญญาณผ่านไปได้ในทางปฏิบัติค่าพิกัดนี้ จะตั้งไว้ ประมาณ $V_{cc}/2$ หรือ 2.5 โวลต์ ททำให้ระดับสัญญาณรบกวนต่ำๆ ไม่สามารถผ่านไปได้ R23 จะถูกป้อนกลับแบบบวกจากเอาต์พุตของ IC2C ไปยังอินพุตของ IC2B เพื่อให้สัญญาณมีความคมชัดมากขึ้น (การไต่ระดับจาก 0 ไป 1 หรือจาก 1 ไป 0 กระทำได้เร็วขึ้น) เอาต์พุตจาก IC2C จะได้เป็นสัญญาณดิจิตอลที่สมบูรณ์ก่อนที่จะถูกส่งต่อไปยังภาค RS232 อินเตอร์เฟสอีกทีหนึ่ง

สำหรับภาครับของ TAG จะมีการทำงานเช่นเดียวกันกับที่กล่าวมาที่ต่างกันที่เอาต์พุตของ ภาครับจะออกจากเอาต์พุตของ IC2D ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรรวมของ RF-Module ตั้ง

เอกสาร: แคว้งจอร์อินเตอร์เฟส RS-232, ภาคส่งและภาครับคลื่นวิทยุแสดงรายละเอียดในภาพที่ 36 ขันด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



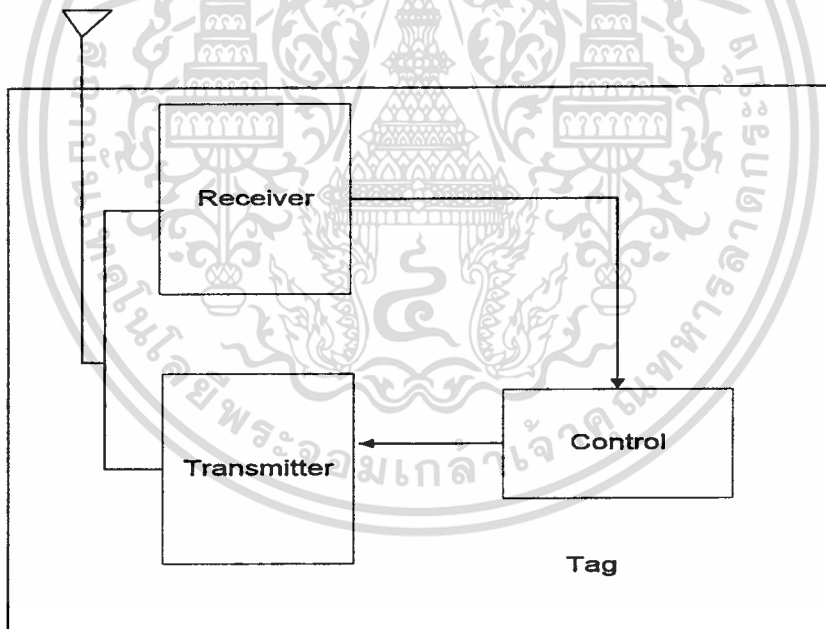
Revision	
Size	Number
A4	
Date	26-Oct-1996
File	C:\PROTEL\SCH\RX332INF.SOI
Sheet of	3
Drawn By	

RF MODULE

การออกแบบ Tag

สำหรับ Tag ซึ่งทำหน้าที่เป็น บัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ นั้นประกอบด้วยส่วนหลัก 3 ส่วนคือวงจรภาครับ, วงจรส่วนควบคุมและวงจรภาคส่งความถี่วิทยุ ซึ่งในส่วนของภาครับและภาคส่งได้นำวงจรที่ใช้ใน RF-Module มาใช้ส่วนที่เป็นวงจรควบคุมได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC 16C54 มาใช้โดยทำหน้าที่ในการตอบสนองคำสั่ง Read และ Write จาก Interrogator แล้วทำการตรวจเช็คกรณีที่เป็นค่าที่ถูกต้องก็จะทำการส่ง “Tag ID” และข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงได้ในเฟรม B ตอบกลับถ้าคำสั่งเป็นคำสั่ง Read หรือทำการเขียนข้อมูลลงบนเฟรม B ถ้าเป็นคำสั่ง Write บล็อกไดอะแกรมของ Tag แสดงดังภาพที่ 37

ภาพที่ 37



แสดงบล็อกไดอะแกรมของ Tag

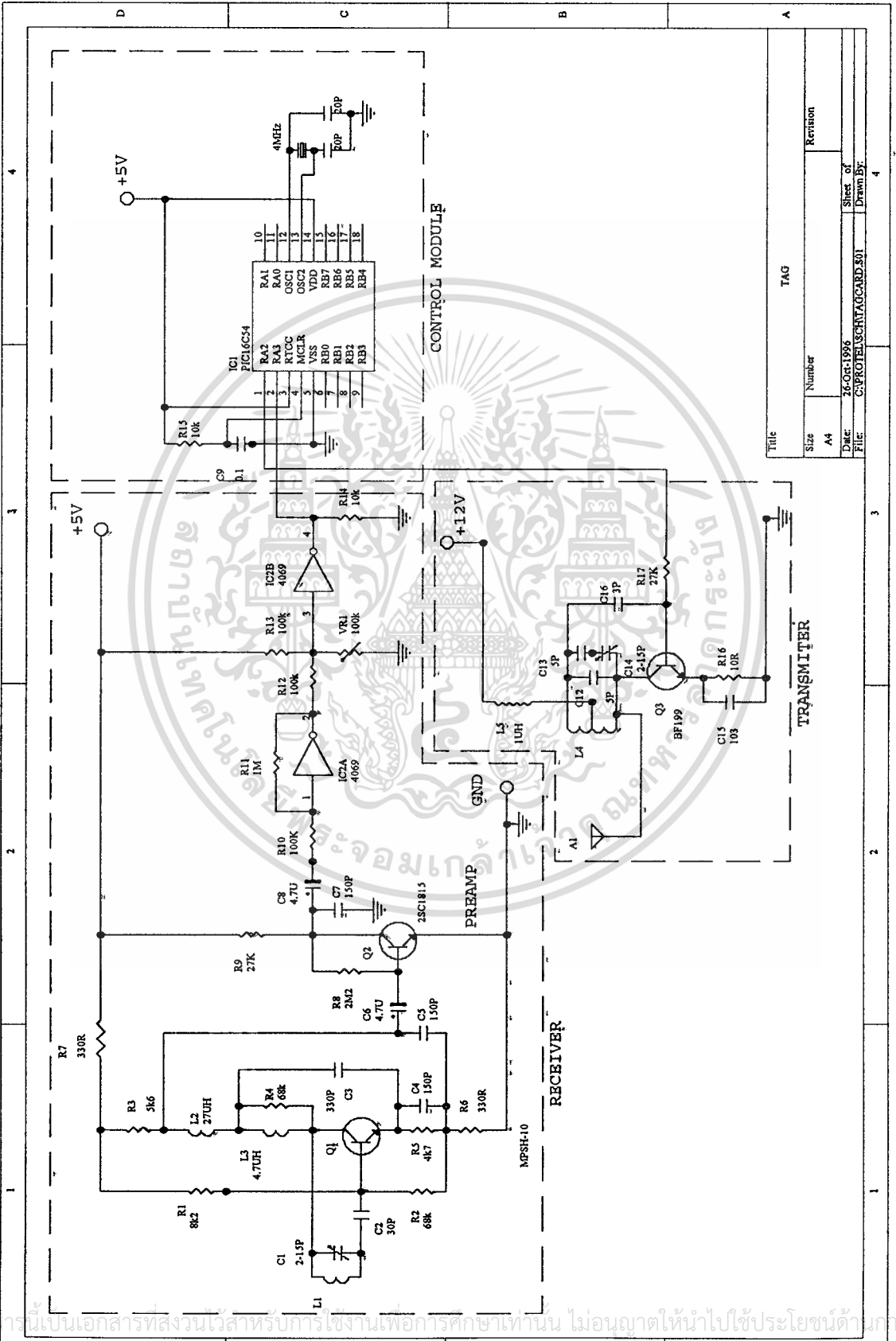
ภาครับทำหน้าที่ในการรับคลื่นวิทยุที่ส่งจาก Interrogator หลังจากแปลงกลับเป็นสัญญาณดิจิทัลที่สมบูรณ์แล้ว จะถูกส่งเข้าสู่ภาคควบคุมที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16C54 ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมและเก็บรหัสประจำตัวของ Tag นอกจากนี้ PIC ยังทำหน้าที่ ในการประมวลผลคำสั่งที่ได้รับจาก Interrogator เพื่อทำการตอบสนองตามคำสั่งนั้น (Read และ Write Command) การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการตอบสนองต่อคำสั่งของ Interrogator ถ้าเป็นคำสั่ง Read PIC จะทำการตรวจสอบ ถ้าถูกต้องจะส่งข้อมูลที่เป็นรหัสประจำตัวของ Tag ที่เก็บไว้ในหน่วยความจำตอบกลับให้ Interrogator โดยส่งเอาท์พุทไปยังภาคส่งคลื่นวิทยุ

ถ้าคำสั่งที่รับมาเป็นคำสั่ง Write PIC จะนำข้อมูลที่ตามมากับคำสั่ง Write ขนาด 10 ไบต์ เขียนลงบนหน่วยความจำ อย่างไรก็ตาม PIC จะต้องทำการตรวจสอบก่อนเสมอว่า Write Information ที่รับเข้ามานั้นจะถูกต้องหรือไม่ กรณีที่ถูกต้องเท่านั้นจึงจะนำข้อมูลเขียนลงหน่วยความจำแล้วทำการตอบ Acknowledgement กลับไปให้ Interrogator สำหรับกรณีที่ข้อมูลนั้นไม่ถูกต้อง PIC จะทำการตอบ Negative Acknowledgement กลับไป

ทั้งนี้การสื่อสารทั้งไปและกลับระหว่างรีดเคอร์และ Tag ใช้วิธีฮาร์ฟดูเพล็กซ์ ภาพที่ 38 แสดงรายละเอียดวงจรของ Tag





Title		TAG	
Size	Number	Revision	
A4			
Date:	26-Oct-1996		Sheet of
File:	CAPROTEL/SCHTAYAGCARD.501		Drawn By:
			4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการมีเพียงสิ่งอื่น อีกทั้งที่ ไม่มีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

การทำงาน

วงจรในภาพที่ 38 ทำงานโดย สัญญาณ Read และ Write Command จาก Interrogator สามารถรับได้จากวงจรภาครับซึ่งเป็นวงจร LC แทงค์ ที่ถูกออกแบบให้เรโซแนนซ์เมื่อมีสัญญาณเข้ามา ที่ความถี่ 275 MHz (การทำงานของวงจรภาครับและภาคส่งครายละเอียดใน RF-Module)

สัญญาณวิทยุที่รับเข้ามาจากภาครับหลังจากกรองความถี่สูงออกแล้ว และผ่านวงจร Threshold เพื่อให้ได้ระดับแรงดันที่เหมาะสม แล้วเอาท์พุทที่ได้จาก IC2B จะเป็นสัญญาณดิจิทัลที่สมบูรณ์ เพื่อส่งไปให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16C54 ที่ขา RA3 ที่ถูกโปรแกรมให้เป็น พอร์ตอินพุทแบบอนุกรม (Serial Input Port) เพื่อจะได้นำไปแปลความหมาย และตรวจสอบต่อไป

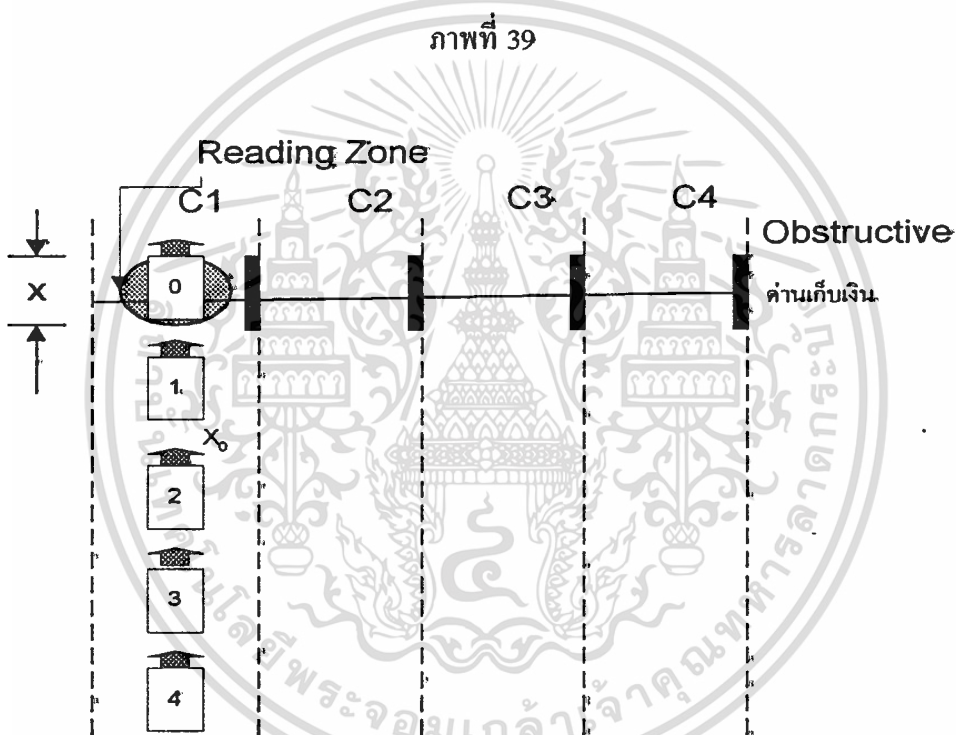
ในกรณีที่ข้อมูลที่ได้รับมีค่า เป็นคำสั่ง 'Read' ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะอ่านข้อมูลที่เป็น Tag ID และข้อมูลแบบเปลี่ยนแปลงได้ที่ถูกเก็บไว้ใน หน่วยความจำเฟรม A และ เฟรม B แล้วทำการส่งออกไป ทางพอร์ต RA2 ซึ่งถูกโปรแกรมให้เป็น พอร์ตเอาท์พุทแบบอนุกรม เพื่อส่งไปยัง ภาคส่ง (Transmitter) เพื่อเปลี่ยนเป็นคลื่นวิทยุต่อไป

ในกรณีที่ข้อมูลที่ได้รับได้เป็นคำสั่ง 'Write' ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการเขียนข้อมูลลงบนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลเฟรม B (Data Memory) ก่อนที่จะตอบ Acknowledgement กลับไปทางพอร์ต RA2

การคำนวณความเร็วสูงสุดของ Tag

ในการหาความเร็วในการเคลื่อนที่สูงสุดของ Tag ที่ทำให้ Interrogator ยังสามารถอ่านและเขียนข้อมูลที่ Tag ได้ถูกต้องนั้นสามารถพิจารณาจากปัจจัยต่อไปนี้

(1) กำหนดเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่าน Reading Zone 3 เมตร



กำหนดให้ x = ระยะใน reading zone = 3 เมตร
แสดงการเข้าสู่ reading zone ของรถที่ใช้ทางด่วน

เราสามารถคำนวณหาเวลาที่ tag เคลื่อนที่อยู่ใน Reading Zone ได้ดังต่อไปนี้
กำหนดให้

v = ความเร็วรถที่เคลื่อนที่ผ่าน Reading Zone

x = ระยะทางใน Reading Zone (3 เมตร)

t_v = เวลาที่รถอยู่ใน Reading Zone เมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ใดๆ

เอกสารนี้เป็นจะได้ว่าที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t_v = x/v$$

[10]

ดังนั้นจะพบว่าที่ความเร็วรถที่เข้ามาใน Reading Zone ต่างกัน จะทำให้เวลาที่รถอยู่ใน Reading Zone ไม่เท่ากันด้วย

จากสมการที่ [3] สามารถคำนวณเวลาทั้งหมดที่รถเคลื่อนที่อยู่ใน Reading Zone ที่ความเร็ว ตั้งแต่ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมงถึง 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1

No.	Tag speed(KM/H)	Time to Stay in Reading Zone(msec)
1	10	1080
2	20	540
3	30	360
4	40	270
5	50	216
6	60	180
7	70	154
8	80	135
9	90	120
10	100	108

แสดงเวลาที่ Tag อยู่ใน Reading Zone ที่ความเร็วรถต่างกัน

(2) พิจารณาเวลาที่ต้องการใช้ในการสื่อสารระหว่าง Interrogator และ Tag

ความเร็วของ Tag เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากระบบ ATCS ที่ทำการออกแบบนั้น ให้ทำงานใน Reading Zone ที่มีระยะทางสั้นเพียง 3 เมตร ดังนั้นเพื่อให้การทำงานของระบบมีความถูกต้องมากที่สุดจึงจำเป็นต้องให้การสื่อสารระหว่าง Tag และ Interrogator ทำงานโดยใช้เวลาน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อว่าหากมีการผิดพลาดในการสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้น จะสามารถทำการสื่อสารซ้ำได้ ก่อนที่ Tag จะเคลื่อนที่ออกนอกโซนไปก่อน ดังนั้นระยะที่ทำการออกแบบขึ้นนี้จึงจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความเร็ว Tag ก่อนเพื่อให้สามารถทราบความเร็วสูงสุด

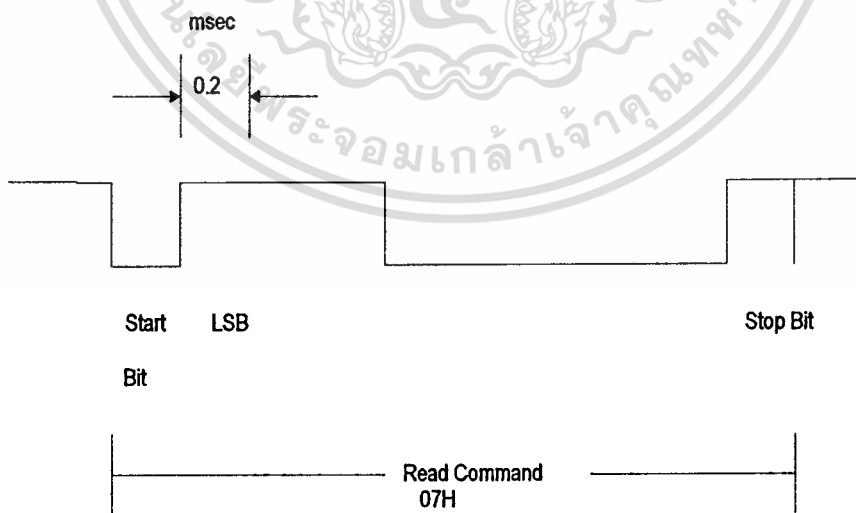
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Tag ที่ระบบจะสามารถทำงานได้ เพื่อนำไปควบคุมรถที่เคลื่อนที่เข้ามาในช่องทางจราจรให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เกินความเร็วสูงสุดที่ระบบจะสามารถทำงานได้ถูกต้อง ซึ่งขึ้นกับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. อัตราเร็วในการส่งข้อมูลระหว่าง Interrogator และ Tag
2. ปริมาณข้อมูลที่ทำกรส่งในแต่ละกระบวนการ
3. จำนวน Machine Cycle ที่ใช้ในการทำงานรับ-ส่ง ข้อมูลระหว่าง Interrogator และ Tag
4. จำนวนครั้งในการทำซ้ำ (Repeat Command) ระหว่างกระบวนการสื่อสาร

สำหรับเวลาในการปฏิบัติงานให้ครบวงจร ในการอ่านและเขียนข้อมูลให้ครบวงจร 1 ไซเคิลสามารถพิจารณาได้จากตัวอย่างของการส่ง Read Command ยาว 1 ไบต์(8บิต) เมื่อรวม Over Head (บิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุด) แล้วข้อมูล/คำสั่งขนาด 1 ไบต์จะกลายเป็น 10 บิตและในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่อัตรา 4800บิตต่อวินาที (เนื่องจากเป็นความเร็วสูงสุดที่ยังทำให้การส่งและรับมีความเชื่อถือได้สูงเพียงพอ) โดยสามารถคำนวณเวลาในการส่งและรับข้อมูลแต่ละบิตได้ดังภาพที่ 39

ภาพที่ 40



แสดงช่วงเวลาในการส่ง 'Read Command' ที่ความเร็ว 4800 บิต/วินาที

และตามกระบวนการสื่อสารที่ออกแบบไว้ในระดับที่ 1-4 จะพบว่าเวลาในการทำงานให้ครบวงจร ตั้งแต่ Read Command จนกระทั่ง Interrogator ได้รับสัญญาณ 'ACK' จาก Tag สามารถแยกเป็น ขั้นตอนต่างๆดังต่อไปนี้

1. Read Command (ส่งและรับ) ใช้เวลา 2.08 msec
2. Response Data คอบกลับ (ส่งและรับ) .ใช้เวลา 41.6 msec
- 3 Write Command (ส่งและรับ) ใช้เวลา 27.08 msec
4. ACK และ NACK (ส่งและรับ) .ใช้เวลา 2.08 msec

ดังนั้นถ้าพิจารณาจากโปรโตคอลระดับที่ 1-4 เราสามารถคำนวณหาเวลาที่ต้องการน้อยที่สุด (Minimum Requirement) และเวลาที่ต้องการมากที่สุด (Maximum Requirement) ในการทำงานให้ครบวงจร ได้ดังต่อไปนี้

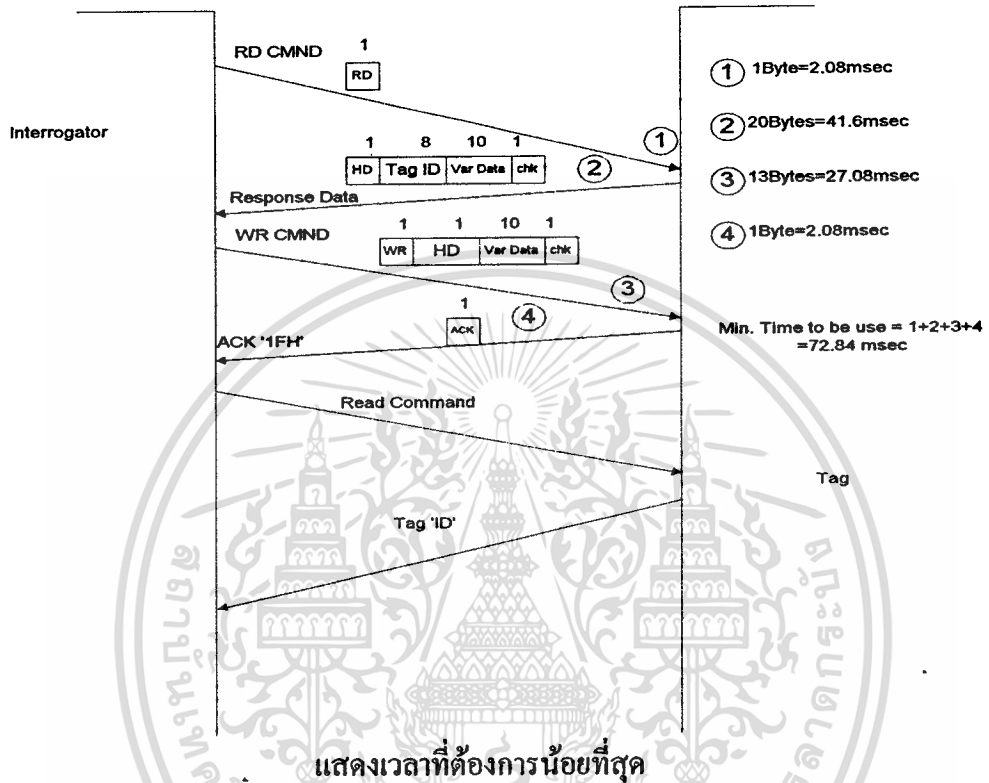
1. พิจารณาเวลาที่เป็น Minimum Requirement

กำหนดให้

$$t_{\min} = \text{เวลาที่ต้องการน้อยที่สุดในการทำงานให้สำเร็จเพื่ออ่านและเขียน Tag}$$

(เวลาที่ใช้ในโปรโตคอลระดับที่ 1)

ภาพที่ 41



แสดงเวลาที่ต้องการน้อยที่สุด

จากรูปจะพบว่า การทำงานของโปรโตคอลในระดับที่ 1 จะสิ้นสุดไฉเกิดการทำงานที่ Interrogator ทำการอ่านและบันทึกข้อมูลที่ Tag สำเร็จนั้นต้องการ กระบวนการทำงาน 4 กระบวนการ ตั้งแต่ กระบวนการที่ 1 ถึงกระบวนการที่ 4 และเวลาที่ใช้มากที่สุดในแต่ละกระบวนการคือเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลตั้งแต่บิตแรกจนถึงบิตสุดท้ายถึงผู้รับ (สำหรับเวลาที่ใช้ในกระบวนการทำงานภายในของ Tag และ Interrogator เองมีค่าน้อยมากเป็นไมโครวินาทีจนสามารถตัดทิ้งได้ เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้เป็นมิลลิวินาทีในระบบการส่งข้อมูลอนุกรม) ดังนั้น t_{min} ที่ทำให้ Interrogator ทำการอ่านและบันทึกข้อมูลสำเร็จในโปรโตคอลระดับที่ 1 คือ

$$t_{min} = \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (1)} + \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (2)} + \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (3)} + \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (4)}$$

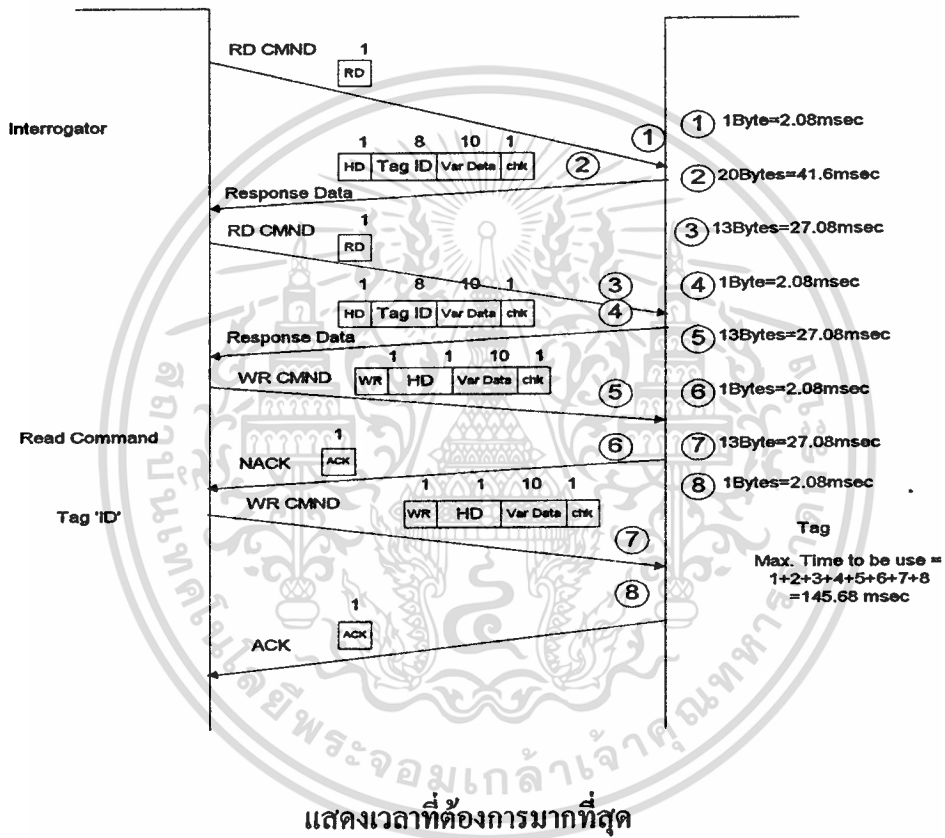
$$t_{min} = 72.84 \text{ msec}$$

[11]

2. พิจารณาเวลาที่ต้องการมากที่สุด
กำหนดให้

t_{max} = เวลาที่ต้องการมากที่สุดในการทำงานให้สำเร็จ(อ่านและเขียน Tag) ซึ่งสามารถหาได้จากเวลาที่ใช้ในการทำงานในกระบวนการต่างๆของโปรโตคอลระดับที่4ดังภาพที่42

ภาพที่ 42



จากภาพจะพบว่า t_{max} = เวลาที่ใช้ในการทำงานตั้งแต่กระบวนการที่ 1 ถึงกระบวนการที่ 8 และเป็นเวลาที่ถือเสมือนเกิดจากการรับและส่งข้อมูล แต่เพียงอย่างเดียว (เนื่องจากคัตเวลาที่ เป็น Machine Instruction ที่ เพราะมีค่าน้อยมาก)

ดังนั้น

$$t_{max} = \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (1)} + \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (2)} \\ + \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (3)} + \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (4)} \\ + \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (5)} + \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (6)} \\ + \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (7)} + \text{เวลาที่ใช้ในกระบวนการที่ (8)}$$

ทำนองเดียวกัน เวลาที่ใช้ในการทำงานสำหรับโปรโตคอลระดับที่ 2 และ 3 ก็สามารรถคำนวณได้ ในลักษณะเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

No.	Transaction Detail	Process Time	Case#1	Spending	Case#2	Spending	Case#3	Spending	Case#4	Spending
		(msec)	#of Send&Rc	Time	#of Send&Rc	Time	#of Send&Rc	Time	#of Send&Rc	Time
1	Read Command	2.08	1	2.08	1	2.08	2	4.16	2	4.16
2	Tag Response Data	41.16	1	41.16	1	41.16	2	82.32	2	82.32
3	Write Command	27.08	1	27.08	2	54.16	1	27.08	2	54.16
4	Acknowledgement	2.08	1	2.08	1	2.08	1	2.08	1	2.08
5	NACK	2.08	0	0	1	2.08	0	0	1	2.08
Total Process Time				72.4		101.56		115.64		144.8

*** Calculation at Data Speed =4800 Bit/sec

** Spending Time = Time for Sending and Recieve each individual command

แสดงการคำนวณเวลาที่ทำงานจนครบไซเคิลของกรณีที่ 1-4

ดังนั้นถ้าให้

v_{max} = ความเร็วสูงสุดของ Tag ที่ยังทำให้การสื่อสารระหว่าง Interrogator และ Tag ทำงานได้ถูกต้อง (สามารถสื่อสารได้ครบไซเคิล เมื่ออยู่ใน Reading Zone)

จะได้ว่า

ความเร็วสูงสุดของ Tag ที่สามารถทำการสื่อสารได้ถูกต้องคือ

$$t_v > t_{max}$$

[13]

$$t_{max} = 145.68 \text{ msec}$$

จากตารางที่ 1 ค่า t_v สูงสุดที่ทำให้ [13] เป็นจริง คือ

$$t_v = 154 \text{ msec}$$

ที่ $v = 70$ กิโลเมตร/ชั่วโมง

ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ $v_{max} = 70$ กิโลเมตร/ชั่วโมง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาเท่านั้น [14]

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ถ้าต้องการให้ระบบทำการอ่านและบันทึกข้อมูล Tag ได้ทุกครั้งที่รถเคลื่อนที่เข้ามาในโซน จะต้องจำกัดความเร็วรถที่เคลื่อนที่ให้เข้ามาในโซนด้วยความเร็วไม่เกิน 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ในทางปฏิบัติ เมื่อให้การสื่อสารระหว่าง Interrogator และ Tag มีความปลอดภัยจนเป็นที่พอใจ (99.9% ขึ้นไป) ควรลดความเร็วรถให้ต่ำกว่านี้ เพื่อว่าจะสามารถทำให้การสื่อสารระหว่าง Tag และ Interrogator สามารถ ทำงานซ้ำได้หลายครั้ง

จากตารางที่ 2 จะพบว่าเวลาที่ระบบทำงานครบวงจร 1 ไซเคิล เพื่อสื่อสารจนสำเร็จนั้นจะใช้เวลาต่างกัน ขึ้นกับจำนวนการทำซ้ำ(Retransmission) ในแต่ละกระบวนการดังจะเปรียบเทียบได้ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1	72.40 msec
กรณีที่ 2	101.56 msec
กรณีที่ 3	115.64 msec
กรณีที่ 4	144.80 msec

จากตารางที่ 2 จะพบว่าเวลาที่ใช้ในการสื่อสารครบวงจรตั้งแต่กรณีที่ใช้น้อยที่สุดในระดับที่ 1 (72.84 msec) จนถึงกรณีที่ใช้นานมากที่สุดในระดับที่ 4 (145.68 msec) จะพบว่า ถ้าทุกครั้งที่ทำกรสื่อสารระหว่าง Interrogator และ Tag และมีการอ่านและเขียนซ้ำ(เหมือนกรณีที่ 4) จะใช้เวลาใกล้เคียงกับเวลาที่รถเคลื่อนที่อยู่โซนเมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 70กิโลเมตรต่อชั่วโมง(270 msec)

ดังนั้นจึงควรจำกัดความเร็วรถที่เคลื่อนที่เพื่อขึ้นทางด่วนให้ไม่เกิน 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อว่าหากมีการอ่านและเขียนซ้ำแล้ว Tag และ Interrogator ยังจะสื่อสารได้จนครบไซเคิล ก่อนที่ Tag จะเคลื่อนที่ ผ่านพื้น Reading Zone ซึ่งสามารถสรุปจำนวนครั้งที่สามารถทำงานได้ทันที ที่ความเร็วต่างๆ ได้ดังนี้(พิจารณาใน โพรโตคอลระดับที่ 4)

1. ที่ความเร็ว 20 กม./ชม. อ่าน/เขียนได้ 4 ครั้ง
2. ที่ความเร็ว 30 กม./ชม. อ่าน/เขียนได้ 2 ครั้ง
3. ที่ความเร็ว 40 กม./ชม. อ่าน/เขียนได้ 1 ครั้ง
4. ที่ความเร็ว 50 กม./ชม. อ่าน/เขียนได้ 1 ครั้ง
5. ที่ความเร็ว 60 กม./ชม. อ่าน/เขียนได้ 1 ครั้ง
6. ที่ความเร็ว 70 กม./ชม. อ่าน/เขียนได้ 1 ครั้ง

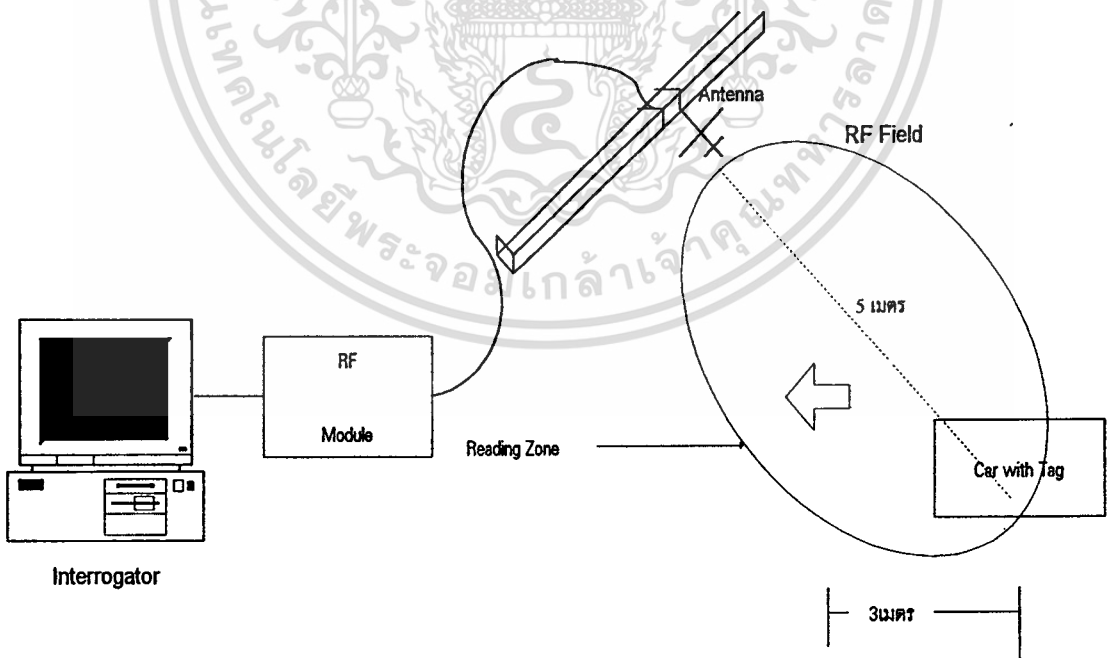
บทที่ 4

การประเมินผลการทำงาน

การทดลองและการทำงานของระบบ

จากอุปกรณ์ต้นแบบที่ได้รับการออกแบบไว้ ได้ทำการทดสอบการทำงาน โดยมีแผนผังการทำงานของอุปกรณ์ ดังภาพที่ 43

ภาพที่ 43



แสดงแผนผังวิธีการทดสอบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองได้ทำการติดตั้งสายอากาศ ห่างจากแนวที่รถเคลื่อนที่ 5 เมตรแล้วกำหนด Reading Zone ซึ่งมีระยะ 3 เมตรในแนวที่รถเคลื่อนที่จากสายอากาศทำการทดสอบโดยการติด Tag ไว้ที่กระถงรถยนต์ด้านหน้า แล้วทำการทดสอบตามกระบวนการต่อไปนี้

1. ทำการติดตั้ง Interrogator , RF-module และสายอากาศ ในจุดที่ต้องการอ่านและเขียน Tag , Turn-On เพื่อให้ Interrogator ทำงานเพื่อส่ง Read และ Write Command
2. กำหนด Reading Zone โดยการติดตั้งสายอากาศให้มีพื้นที่ครอบคลุมบริเวณที่รถเคลื่อนที่ผ่าน เพื่อเป็นการจำลองช่องทางจราจรของทางด่วน
4. ทดสอบความถูกต้องของข้อมูลที่อ่านได้จาก Tag และข้อมูลที่เขียนลงบน Variable Frame โดยการเขียนข้อมูล(Write Information)ลงบน Tag เพื่อให้เฟรม B มีข้อมูลคอนเริ่มต้น
5. แสดงผลข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ทดลองป้อนและข้อมูลที่อ่านได้จากการรับจาก Tag โดยมีภาพหน้าจอแสดงดังภาพที่ 44 (ก) และ (ข)

ภาพที่ 44(ก)

```

Write Data' Input Menu
Date (DDMMYY)      : Automatic by M/C
Time (HHMMSS)     : Automatic by M/C
Location(0-255)   : 10
Entry/Exit (E/X)  : E
Balance (0-65535) : 3000
Press Enter if OK :
  
```

แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อทดลองใส่ค่า 'Write Data'

ภาพที่ 44(ข)

Data Comparison		
	Data I/P	Data to be Read
1.	005 00 009 170996 142021 10 E 3000	170996 142021 10 E 3000
2.	005 00 009 170996 142221 10 x 2500	170996 142221 10 x 2500

แสดงหน้าจอที่เปรียบเทียบผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ขับรถผ่าน Reading Zone ด้วยความเร็วต่างๆกันตั้งแต่ 10-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงโดยแต่ละความเร็วจะทำการทดสอบซ้ำ 10 ครั้ง เพื่อดูผลของการทำงาน

จากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ค้นแบบพบว่าผลที่ได้จากการทดลองยังสามารถทำงานได้ไม่ครบ 100% แม้ว่าจะจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เกินขีดจำกัดของระบบก็ตาม

ผลการทดลอง

1). ผลการทดสอบการใช้งาน

ผลการทดลองในกระบวนการข้างต้น สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3

ระยะห่าง ANT-Tag	ความเร็ว Tag	จำนวนครั้งที่อ่านถูกต้อง	%
5	10 กิโลเมตร/ชั่วโมง	10	100 %
5	20 กิโลเมตร/ชั่วโมง	10	100 %
5	30 กิโลเมตร/ชั่วโมง	10	100 %
5	40 กิโลเมตร/ชั่วโมง	9	90 %
5	50 กิโลเมตร/ชั่วโมง	7	70 %

ผลการทดลองที่ความเร็วต่างๆ กัน

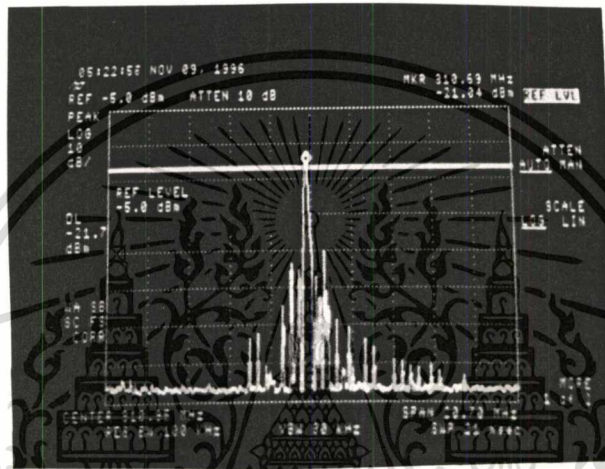
หลังจากทำการทดสอบได้ผลการทดลองดังกล่าวแล้ว ได้ทำการวัดสัญญาณเอาท์พุทของภาคส่งวิทยุเพื่อคุณลักษณะของสัญญาณดังภาพที่ 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2). วัดสัญญาณเพื่อดูแถบความถี่(Frequency Spectrum)และกำลังส่งของภาคส่ง

หลังจากทำการทดสอบการทำงานแล้ว ได้วัดเอาต์พุตที่ออกจากภาคส่งของ RF-Module ก่อนส่งออกอากาศ ได้ลักษณะแถบความถี่ของสัญญาณ (Frequency Spectrum) แสดงดังภาพที่ 45

ภาพที่45



แสดง Spectrum ของสัญญาณที่ออกจากภาคส่งของ RF-Module

โดยได้ค่าพารามิเตอร์จากการวัดดังต่อไปนี้

ก). เอาต์พุตจากภาคส่งของ RF-Module

-Spectrum มีความถี่กลาง ที่ 310 MHz

-กำลังส่งสูงสุด(Maximum Transmitting Power) ที่วัดได้คือ -21 dBm

ข). เอาต์พุตจากภาคส่งของ Tag

-Spectrum มีความถี่กลาง ที่ 309.62 MHz

-กำลังส่งสูงสุด(Maximum Transmitting Power) ที่วัดได้คือ -93.12 dBm

3). วัดคุณสมบัติของสายอากาศที่ออกแบบ(Antenna Characteristics)

ก). แพทเทอรันการกระจายคลื่นของสายอากาศ

เนื่องจากระบบที่ทำการออกแบบให้ทำงานนั้นประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นวิทยุของสายอากาศด้วย เนื่องจากเป็นตัวกำหนด Reading Zone โดยได้ทำการวัดแพทเทอรันของสายอากาศเพื่อเทียบกับระบบที่ได้รับการออกแบบ โดยทำการวัดในระยะ Far Field ซึ่งเป็นระยะใช้งานของสายอากาศ

คำนวณระยะ Far Field ของสายอากาศ $> 2D^2/\lambda$

D = Dimension ที่ยาวที่สุดของสายอากาศ

= 0.7 เมตร

และความถี่ที่ได้จากการทดลอง 310 MHz,

$\lambda = 0.96$ เมตร

ดังนั้น

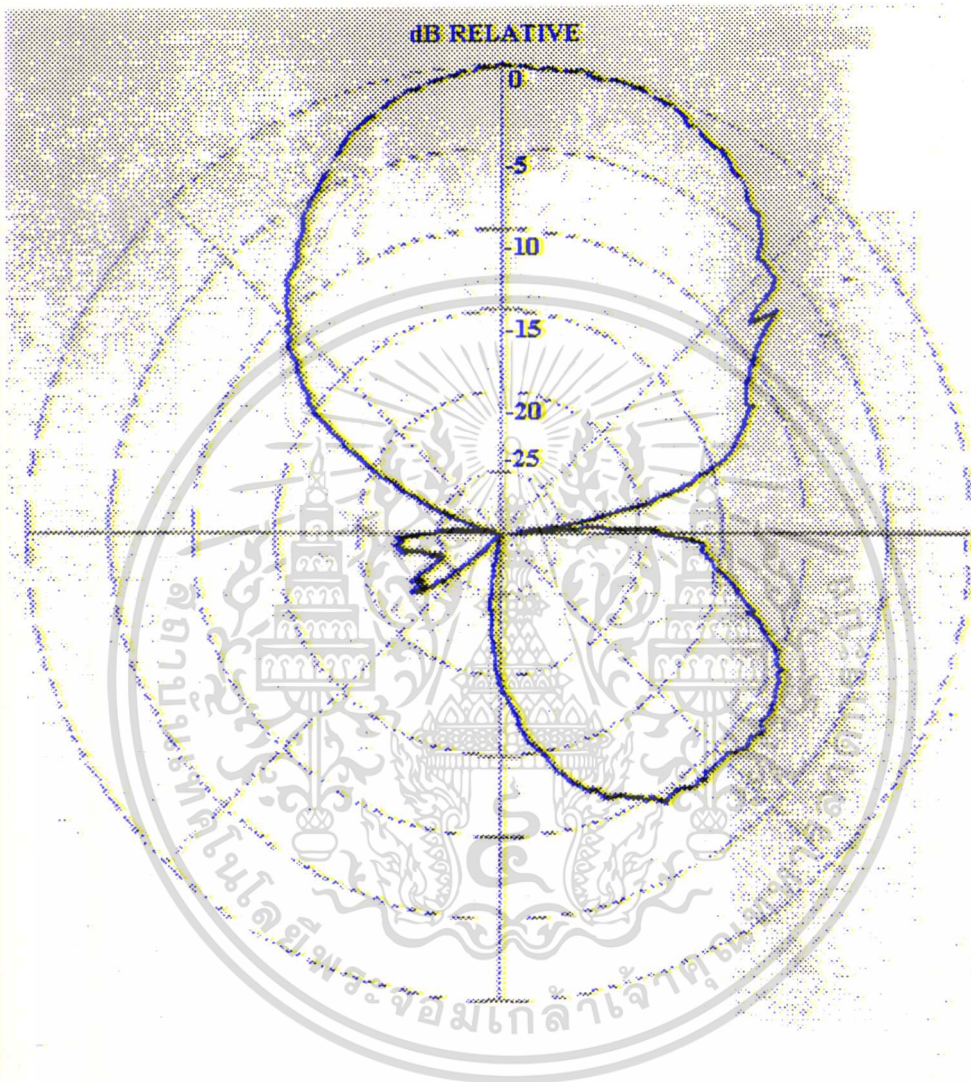
ระยะ Far Field $> 2 \times (0.7)^2 / 0.96$

> 1.02 เมตร

ในการทดลองนี้เลือกใช้ ระยะ Far Field = 10 เมตร เนื่องจากสายอากาศได้โพลาไรซ์ฐานที่เลือกใช้และทราบ Gain นั้นวัดที่ ระยะ Far Field = 10 เมตร

ได้ผลการทดลองของแพทเทอรันดังแสดงในภาพที่ 46

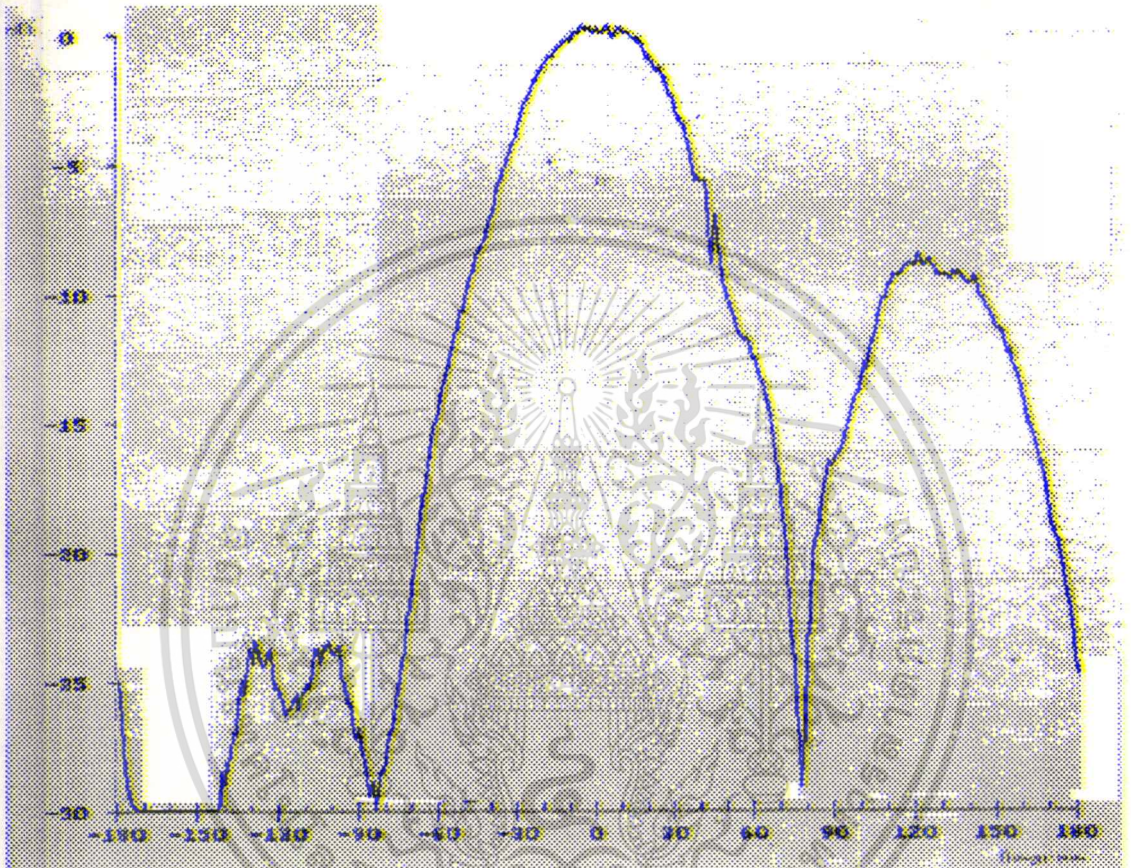
ภาพที่ 46(ก)



แสดงแพทเทอรันของสายอากาศใน E-Plane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

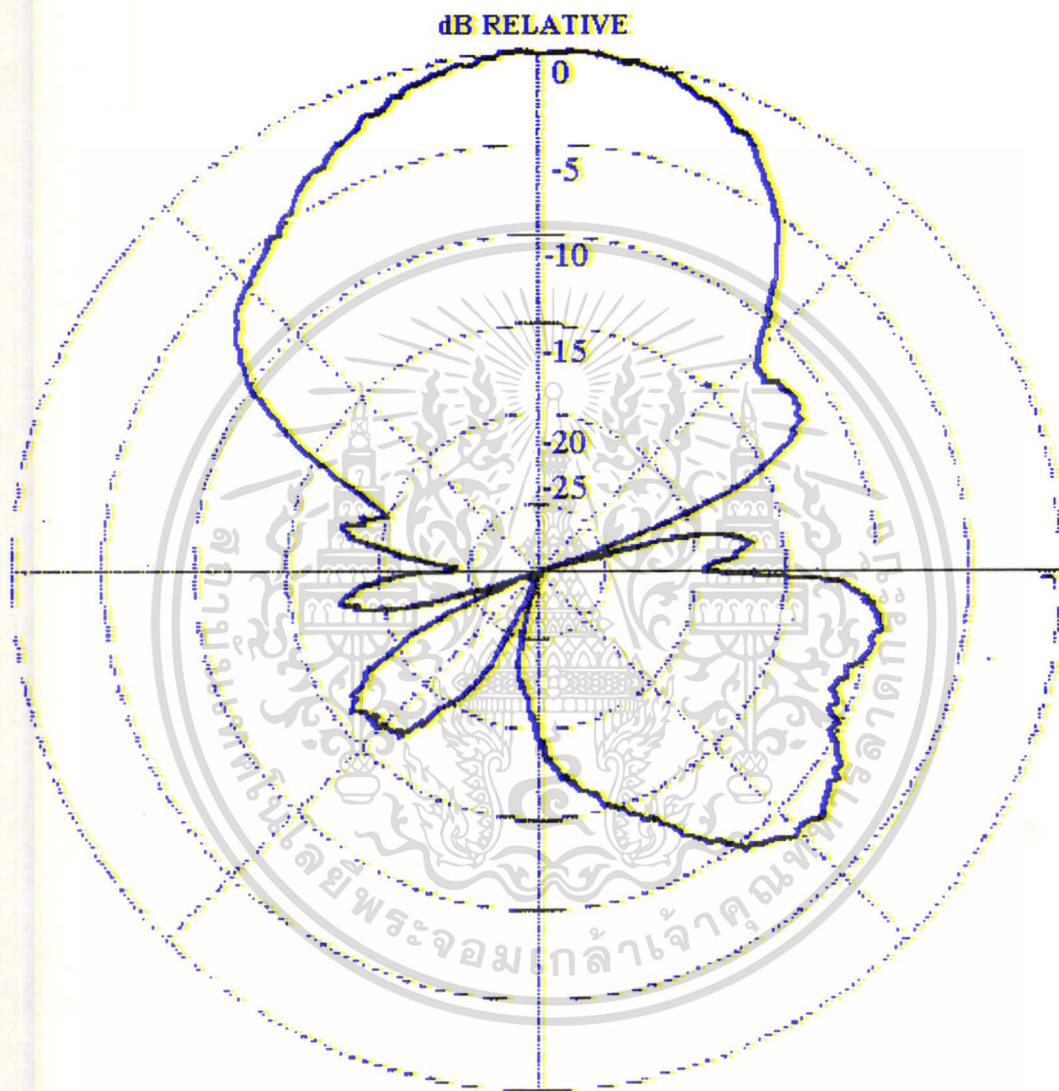
ภาพที่ 46(ข)



แสดงแพทเทอรันของสายอากาศใน E-Plane พิกัดฉาก

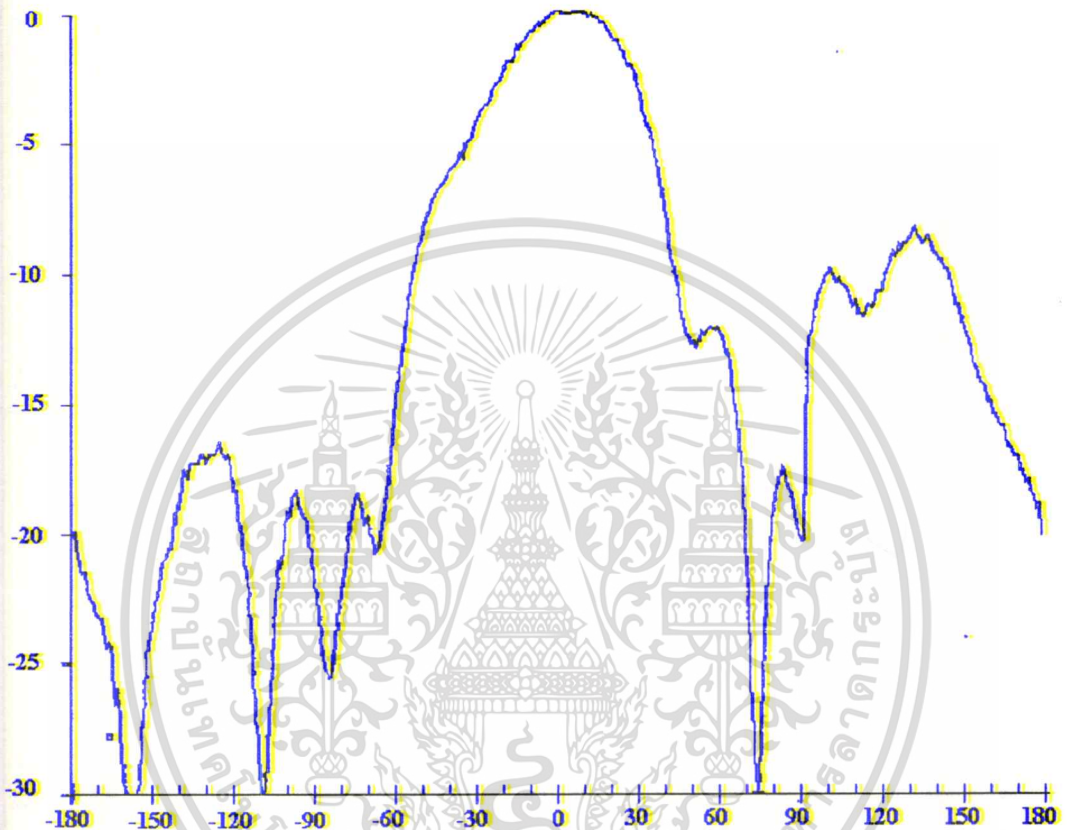
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 46(ค)



แสดงแพทเทิร์นสายอากาศใน H-Plane

ภาพที่ 46(ง)



แสดงแพทเทิร์นของ H-Plane ในพิกัดฉาก

ข). Beamwidth ของสายอากาศ

จากแพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ จะได้ Beamwidth ประมาณ 50

องศา

ค). วัดค่าทวีกำลัง (Gain)

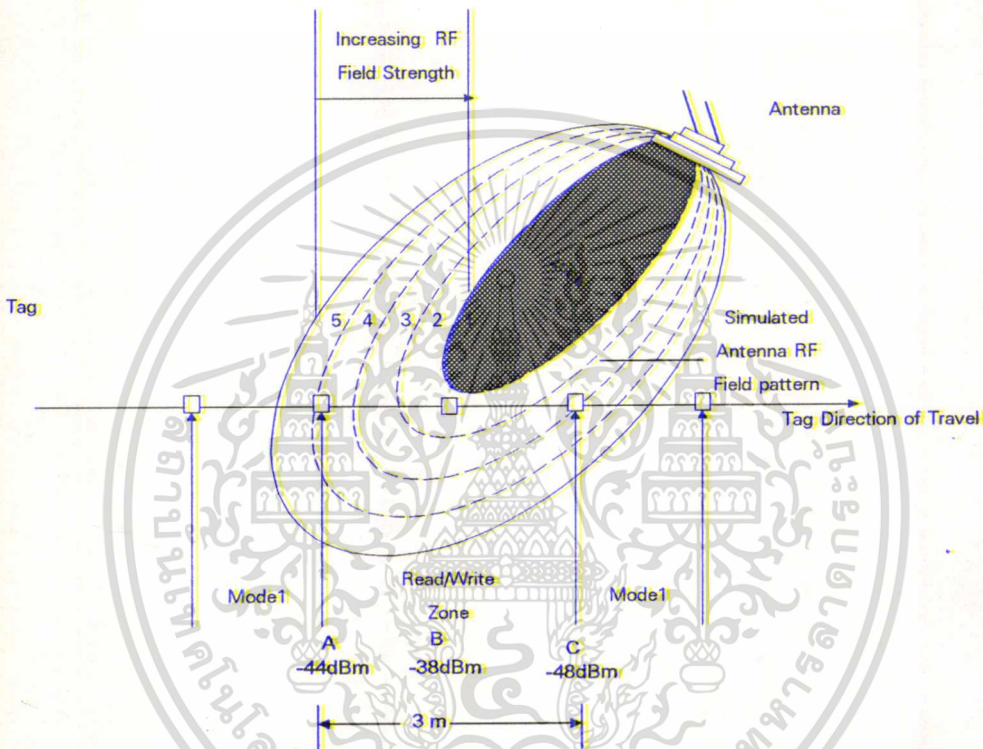
ทำการวัดค่าทวีกำลังของสายอากาศโดยการเปรียบเทียบกับสายอากาศไดโพลมาตรฐานที่

ทราบ Gain (2 dB) ได้ค่าทวีกำลังของสายอากาศ เท่ากับ 8 dBi

4) วัตกำลังของสัญญาณที่รับได้ใน Reading Zone

ได้ทำการทดลองวัดกำลังของสัญญาณที่ทำให้ Tag ทำงานใน Reading Zone ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 46(จ)

ภาพที่ 46(จ)



ภาพแสดงกำลังของสัญญาณที่รับได้บริเวณต่างๆ ใน Reading Zone

การวัดกำลังของสัญญาณที่รับได้บริเวณต่างๆ ใน Reading Zone โดยกำหนดให้มีระยะในโซนที่ Tag เริ่มทำงาน(จุด A) จนถึงจุดที่ Tag หยุดทำงาน(จุด C) ซึ่งเป็นระยะประมาณ 3 เมตร ตามที่ได้ออกแบบได้ผลดังต่อไปนี้

- กำลังที่รับได้ที่จุด A -44 dBm
- กำลังที่รับได้ที่จุด B -38 dBm
- กำลังที่รับได้ที่จุด C -48 dBm

5). วัดสัญญาณที่ส่วนต่างๆของวงจร

(ก). ลักษณะของสัญญาณดิจิทัลที่ผ่านภาครับแล้วทำการขยายจากวงจร Preamp เรียบร้อย แล้วก่อนส่งเข้าสู่ IC ดิจิตอล(ICI)

ภาพที่ 47(ก)



แสดงเอาต์พุตของสัญญาณภาครับที่ผ่านภาคขยาย

(ข). ลักษณะของสัญญาณดิจิทัลที่สมบูรณ์ที่เป็นเอาต์พุตของ IC3 ก่อนส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ทำงาน

ภาพที่ 47(ข)



แสดงเอาต์พุตของสัญญาณภาครับของ Tag ที่แปลงเป็นดิจิทัลเรียบร้อยแล้วก่อนส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบตามที่ได้กล่าวมาแล้วสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

1) ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง(อ่านและเขียนข้อมูลที่ Tag) ได้ตามเป้าที่วางไว้คือ 95% เมื่อความเร็วรถที่เคลื่อนที่ไม่เกิน 40 กิโลเมตร/ชั่วโมง

2) กรณีที่ความเร็วรถอยู่ระหว่าง 40-50 กิโลเมตร/ชั่วโมงพบว่าการทำงานยังมีความผิดพลาดอยู่ค่อนข้างสูงจึงให้ผลการทดลองที่ถูกต้องเพียง 70%

3) ทำการทดลองวัดแถบความถี่ของสัญญาณที่ส่งออกจากภาคส่งของ RF-Module ได้สัญญาณที่มีความถี่กลางที่ 310 MHz และกำลังส่งสูงสุดที่วัดได้ (Maximum Transmitting Power) ที่ -21 dBm

และทำการทดลองวัดแถบความถี่ของสัญญาณที่ส่งออกจากภาคส่งของ Tag ได้สัญญาณที่มีความถี่กลางที่ประมาณ 309.62 MHz และกำลังส่งสูงสุดที่วัดได้ (Maximum Transmitting Power) ที่ -93.12 dBm

4) เปรียบเทียบแพทเทิร์นของสายอากาศตามทฤษฎีและตามผลการทดลองแพทเทิร์นการกระจายคลื่นที่มีความแตกต่างอยู่บ้าง ค่า Beamwidth ที่ได้มีค่า 50° และมีค่า Gain = 8dBi ต่ำกว่า Gain จากการคำนวณ 1.5 dB

5). ค่าความไวที่ต้องการของ Tag ที่ต้องการเพื่อให้สามารถทำงานได้ใน Reading Zone นั้น หาได้จากความเข้มของสนามไฟฟ้า ซึ่งสามารถหาได้จากความหนาแน่นของพลังงานและการวัด ค่าทวิกำลังของสายอากาศ และกำลังของเครื่องส่ง) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 มิลลิวัตต์ต่อเมตร และเป็นค่าความไวอย่างต่ำที่ Tag จะต้องพึงมีเพื่อทำงานใน Reading Zone(เนื่องจากไม่สามารถหาเครื่องมือวัดที่ทำการวัดความไวของสัญญาณโดยตรงได้จึงทำการวัดทางอ้อมโดยการ วัด G_t และ P_t เพื่อหาค่าความหนาแน่นของพลังงาน(W) ก่อน แล้วจึงไปคำนวณเป็นค่าความเข้มของสนามไฟฟ้า (E) ค่าที่ได้เป็นค่าความเข้มของสนามในบริเวณ Reading Zone (โชน 4,3,2,1) ค่าที่คำนวณได้ใน โชน 4 เป็นค่าความไวต่ำที่สุดที่ Tag จะพึงมี เพื่อให้ทำงานได้ใน Reading Zone

สำหรับผลการทดลองที่เกิดขึ้นสามารถวิเคราะห์และอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ก) กรณีที่รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง และให้ผลการทดลองถูกต้องไม่ครบ 100 % เนื่องจาก

ก).1 กรณีนี้เนื่องจากการทำงาน เพื่ออ่านและเขียน Tag ต้องใช้เวลาตั้งแต่ 72 ถึง 145 มิลลิวินาที ซึ่งขึ้นกับว่า จะต้องทำการอ่านและเขียนซ้ำหรือไม่(หมายถึง โปรโตคอลระดับที่เท่าใดทำงาน ถ้าไม่มีการอ่านและเขียนซ้ำเลยในระดับที่ 1 จะใช้เวลาในการทำงาน 72 มิลลิวินาที)

อย่างไรก็ตาม กรณีที่รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วขนาดนี้รถจะสามารถอยู่ใน Reading Zone ได้ถึง 216 มิลลิวินาที ซึ่งเพียงพอในการที่โปรแกรมจะทำซ้ำได้ในโปรโตคอลระดับที่ 4 เพียง 1 ครั้ง ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าหากมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในช่วงนั้นทำให้ Interrogator ไม่สามารถทำการบันทึกข้อมูลที่ Tag ได้ทัน เนื่องจากรถเคลื่อนที่พ้น Reading Zone ไปเรียบร้อยแล้ว

ในกรณีนี้จึงเป็นปัญหาของการออกแบบที่เลือกใช้การมอดูเลชันแบบ ASK ซึ่งมีความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนได้ไม่ดึ้นัก หากมีสัญญาณรบกวนที่มีขนาด(Amplitude) สูงเพียงพอ

ก).2 ปัญหาจากสายอากาศภาคส่งของ Tag ที่ทำให้ประสิทธิภาพของการส่งไม่ดึ้นัก เนื่องจากไม่ได้หุ้มสายอากาศไว้ที่แผ่นปริ้นส์ ของวงจร(เนื่องจากต้องการให้ Tag มีขนาดเล็ก) สังเกตได้จากเมื่อต่อสายอากาศภายนอกเข้าไป ทำให้ความสามารถในการรับและส่งดึ้น

ก).3 ปัญหาของโปรโตคอลที่ทำการออกแบบที่ใช้ วิธี Exclusive OR ในการตรวจสอบข้อผิดพลาดของไบท์ Check-Sum วิธีนี้ตรวจสอบความผิดพลาดได้ไม่ครบ 100% เนื่องจากกรณีที่ข้อมูลที่มีการสลับตำแหน่งบิต(แต่มีจำนวนบิตที่เป็น 0 และ 1 เท่าเดิมในแต่ละไบท์นั้น) ก็ยังให้ผลของการทำ XOR เท่าเดิม

ข). จากแพทเทอร์นของสายอากาศที่ได้ทำการวัด สายอากาศที่ได้ทำการออกแบบและสร้างจะมี Beamwidth เท่ากับ 50° ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณจะเท่ากับ 60° โดยค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากระบบการวัดสายอากาศ ซึ่งเสาที่ใช้ในการจับสายอากาศเป็นเสาโลหะทำให้เกิดการสะท้อนของคลื่นทำให้มีผลกับการวัด สำหรับค่าทวิกำลังที่ได้จากการวัดมีค่า 8 dBi ซึ่งต่ำกว่าค่าทวิกำลังที่ได้จากการคำนวณ 1.5 dB

ค). จากแพทเทอร์นของสายอากาศที่ได้จากการวัดทั้งใน E-Plane และ H-Plane จะเห็นได้ว่าลำคลื่นหลัก (Main Beam) รวมทั้ง Beamwidth จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณ แต่จะเห็นว่าพู่หลัง(Back Lobe) ที่เกิดขึ้นจะมี 2 พู่ โดยที่พู่หลังที่มีขนาดใหญ่ขึ้นนั้นเกิดขึ้นจากการ

ได้ว่าลำคลื่นหลัก (Main Beam) รวมทั้ง Beamwidth จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณ แต่จะเห็นว่าพู่หลัง (Back Lobe) ที่เกิดขึ้นจะมี 2 พู โดยที่พู่หลังที่มีขนาดใหญ่ขึ้นนั้นเกิดขึ้นจากการสะท้อนของคลื่น เนื่องจากกำแพงที่อยู่บริเวณด้านหลังของสายอากาศที่ทำการวัด ส่วนพู่หลังที่มีขนาดเล็กนั้นเป็นพู่หลังของสายอากาศที่เกิดขึ้นจริง

ในการใช้งานจริงของระบบจะทำการติดตั้งสายอากาศไว้บนที่สูงกว่ารถ และตัวสายอากาศ จะทำมุมก้มกับแนวระดับเพื่อทำการส่งคลื่นไปยัง Tag ซึ่งมีความไวต่ำสุดในการตรวจจับสัญญาณ เท่ากับ 10 มิลลิวัตต์/เมตร (ดูรายละเอียดในการหาค่าความไวในบทที่ 3) ในการใช้งานจริงคลื่นที่ส่งออกมาจากสายอากาศจะไม่ใช่ไปรบกวนกับ Tag ที่อยู่ใกล้เคียง เนื่องจากการออกแบบการใช้งานที่เหมาะสม

ง). ผลการทดลองที่วัด Spectrum ของสัญญาณที่ออกจากภาคส่งของทั้ง RF-Module และ Tag จะพบว่าความถี่ที่ทำงานเปลี่ยนแปลงไปจากที่ออกแบบมาก (ออกแบบให้ทำงานในย่าน 275 MHz แต่ความถี่ที่ได้จากการวัด มีค่า ประมาณ 310 Mhz) ทั้งนี้มีสาเหตุ 2 ประการ คือ เนื่องจากวงจรเรโซแนนซ์ที่ออกแบบมาใช้นั้น ใช้คาปาซิเตอร์ที่ปรับค่าได้ ช่วงที่ปรับให้วงจรทำงานเป็นค่าที่ทำให้วงจรเกิดออสซิลเลชันด้วยความถี่สูงสุด

นอกจากนั้นยังได้นำอินดักแตนซ์ ที่ไม่สามารถควบคุมค่าที่แท้จริงได้ มาใช้งาน กล่าวคือ เกิดจากการขาดลายปรินต์ (ลายทองแดง) มาใช้เพื่อทำตัวเป็นอินดักแตนซ์ (เพื่อเหตุผลของการลดขนาดของภาคส่งและรับ) ทำให้ค่าที่ได้ไม่เป็นไปตามที่ต้องการ แล้วทำให้คำนวณความถี่ที่ได้ไม่ตรงตามความเป็นจริง

สาเหตุเหล่านี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลการทดลองส่วนใหญ่ มีค่าต่างไปจากทฤษฎีที่คำนวณและออกแบบได้พอสมควร

อย่างไรก็ตามในการใช้งานจริงปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ไม่ยากนัก โดยการนำค่าอินดักแตนซ์ ที่ทราบค่าแน่นอนมาใช้ และคาปาซิเตอร์ ก็เช่นเดียวกันหลังจากทำการทดลองและได้ความถี่ที่ต้องการแล้ว ก็สามารถ เปลี่ยนเป็นค่าคงที่ได้ ทั้งนี้จะช่วยลดปัญหาความไม่คงตัวของความถี่ได้ด้วย

จากระบบที่ทำการออกแบบและผลการทดสอบการทำงาน สามารถสรุปรายละเอียดทางเทคนิค(Technical Specification)และความสามารถของระบบได้ดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาในการทำงานใน Reading Zone(ตามแนวการเคลื่อนที่)	3 เมตร
2. ความเร็วสูงสุดของ Tag(Maximum Speed)	40 กิโลเมตร/ชั่วโมง
3. ความเร็วในการสื่อสารข้อมูล	4800 บิต/วินาที
4. ความจุในการเก็บข้อมูลที่ Tag	18 ไบท์
-Fixed Data	8 ไบท์
-Variable Data	10 ไบท์
4. RF-Module	
-กำลังส่งสูงสุด(Maximum Transmitting Power)	-21 dBm (0.0079.mW)
-ความถี่ที่ใช้ส่งและรับ(Up-link/Down-Link Frequency)	310 MHz
-วิธีการมอดูเลชัน	ASK
5. Antenna(RF-Module)	
-ค่าทวีกำลัง(Gain)	8 dB
-Beamwidth	50 องศา
6. Tag	
-ความไวในการรับสัญญาณที่ต่ำที่สุด(ได้จากการคำนวณ)	10 มิลลิวัตต์/เมตร
-Antenna Gain(ได้จากการคำนวณ)	1.76 dB
-กำลังส่งสูงสุด(Maximum Transmitting Power)	-93.12 dBm
7. Reading Zone	
กำลังที่รับได้ใน Reading Zone(ตำแหน่ง 0-3 เมตรในแนวการเคลื่อนที่)	
-ที่ระยะ 0 เมตรของ Reading Zone	-44 dBm
-ที่จุดความแรงสัญญาณสูงสุด(0 องศา)	-38 dBm
-ที่ระยะ 3 เมตรของ Reading Zone	-48 dBm

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอการพัฒนาระบบที่ใช้ในการกำหนดลักษณะประจำตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยนำเทคโนโลยี Radio Frequency Identification มาใช้ โดยเน้นในการนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการกำหนดลักษณะประจำตัวของรถยนต์ เพื่อนำไปใช้ในระบบเก็บเงินค่าใช้ทางด่วนแบบอัตโนมัติ (ATCS) ทั้งนี้เพื่อตอบสนองการใช้งานการเก็บเงินค่าใช้ทางที่มีรถใช้บริการเป็นปริมาณมากและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เพื่อนำไปแก้ปัญหาการเก็บเงินด้วยคนที่ทำงานช้าและก่อให้เกิดจราจรติดขัดที่ด่านเก็บเงินและการที่ไม่สามารถเก็บเงินตามระยะทางได้ ระบบที่ทำการพัฒนาสามารถทำการบันทึกและเปลี่ยนแปลงข้อมูลประวัติของรถในการใช้ทางด่วนคือ บันทึกเส้นทางการขึ้นลงทางด่วนของรถยนต์เพื่อเก็บเงินค่าใช้ทางด่วนตามระยะทาง และยอดเงินที่เหลือจากการใช้ทางแต่ละครั้งได้ การเก็บข้อมูลเหล่านี้ที่ Tag ซึ่งประจำตัวรถยนต์ทำให้มีข้อมูลประจำตัวครบถ้วนเมื่อรถเคลื่อนที่ไปที่จุดใดๆ ก็ทำให้มีข้อมูลปัจจุบันของรถนั้นอยู่ตลอดเวลา ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่มาเพื่อบริหาร Transaction การใช้ทางด่วน เพื่อปฏิบัติงานแบบ On-line เมื่อรถใช้บริการโดยรถที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงนั้นเครือข่ายคอมพิวเตอร์จะต้องทำงานด้วยความเร็วสูงเพื่อตรวจสอบฐานข้อมูลที่ระบบคอมพิวเตอร์กลาง (Central Computer) แล้วจึงทำการสื่อสารกับ Tag ที่ติดประจำรถยนต์ กรณีเช่นนี้หากระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทำงานได้ไม่ทันการก็จะทำให้มีข้อจำกัดของความเร็วรถที่ใช้ทางด่วนด้วย ผลที่ได้ อาจตอบสนองการใช้งานที่ความเร็วของรถไม่สูงนัก

ในทางกลับกันหากไปพัฒนาการทำงานแบบรวมศูนย์ โดยเพิ่มความเร็วของเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อให้ตอบสนองการทำงานแบบ On-line ขณะที่รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงแล้วระบบข่ายสายเชื่อมโยง (Transmission Link) จะต้องมีประสิทธิภาพสูงคือทั้งให้บริการด้วยความเร็วสูงและต้องมีอัตราความผิดพลาด (Error Rate) ต่ำ ซึ่งโครงข่ายเช่นนี้มีราคาแพงเนื่องจากใช้สื่อกลางที่มีคุณภาพสูงเช่นใช้สายใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) ตัวอย่างเครือข่ายเหล่านี้ที่นิยม

เอกลี...
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันเช่น เครือข่าย SDH (Synchronous Digital Hierarchy) ATM (Asynchronous Transfer Mode) และเครือข่ายที่ใช้เฟรมรีเลย์ (Frame Relay)

การพัฒนาในระบบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ช่วยลดค่าใช้จ่ายและการลงทุนเหล่านี้ได้เป็นจำนวนมาก หากโครงข่ายทางด่วนยิ่งมากและซับซ้อนเท่าไร ย่อมช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านโครงข่ายคอมพิวเตอร์ได้เท่านั้น เนื่องจากระบบได้แยกภาระการเก็บข้อมูลจากระบบคอมพิวเตอร์รวมศูนย์ มาไว้ที่ Tag ทำให้เรียกใช้และติดตามข้อมูลได้ตลอดเวลา

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการพัฒนาระบบอย่างครบวงจร ตั้งแต่อุปกรณ์ตรวจจับรหัสสัญญาณ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ จนถึงบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการคิดประจำตัวรถ งานวิจัยยังครอบคลุมถึงการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุม เพื่อให้อุปกรณ์ตรวจจับและบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ทำงาน โดยอุปกรณ์ต้นแบบที่ทำการพัฒนาสามารถใช้งานได้ในระดับหนึ่ง การนำไปใช้งานต่างๆควรพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความถูกต้องของข้อมูลให้ดีขึ้น และพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ (Application Program) ตามวัตถุประสงค์ขึ้นมาเพิ่มเติมก็จะสามารถนำไปใช้งานได้ ปริมาณข้อมูลที่ระบบทำการอ่านและบันทึกลงบนบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ได้สำเร็จ เมื่อรถที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เกิน 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นั้นมีความยาวทั้งหมด 18 ไมล์

จุดเด่นและข้อดีของระบบที่เทียบกับระบบอื่นๆ ที่มีใช้ในท้องตลาด ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เมื่อเทียบกับระบบอื่นๆที่เป็น RFID เหมือนกัน ระบบนี้มีราคาถูก ทั้ง Interrogator และ Tag โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Tag มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นตัวแปรในการตัดสินใจในการใช้งานของผู้ใช้ (End User) Tag ที่พัฒนาขึ้นมีราคาต่ำกว่า 200 บาท

2. ระบบที่ทำการพัฒนาขึ้นนี้เป็นชนิดอ่านและบันทึกข้อมูลที่ Tag ได้ ดีกว่าระบบที่มีอยู่ในท้องตลาดทั่วไป ซึ่งมักจะเป็น Tag แบบอ่านได้อย่างเดียว (Read Only Tag) ทำให้นำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขึ้น เนื่องจากการใช้งานหลายประเภทต้องการเปลี่ยนแปลงและบันทึกข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน เพื่อนำข้อมูลไปใช้งาน

3. ระบบ RFID ที่มีอยู่ในท้องตลาดไม่สามารถปรับแต่งเพื่อนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากการนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ย่อมต้องการโครงสร้างการเก็บข้อมูลภายใน Tag และโปรโตคอลที่แตกต่างกันด้วย ระบบนี้สามารถปรับแต่งเพื่อนำไปใช้งานได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษาที่เป็นมาตรฐานและเปิดเผยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Tag ที่ทำการพัฒนานี้ให้ความปลอดภัยสูงป้องกันการลอกเลียนรหัสของผู้ใช้ (UserID) ซึ่งเป็นรหัสสำคัญได้ เนื่องจากข้อมูลถูกเก็บลงบน ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ไม่สามารถอ่านได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากเวลาในการทำวิจัยชิ้นนี้มีจำกัดทำให้ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของวงจรและซอฟต์แวร์ได้มากนัก

ประโยชน์ที่จะได้รับ

การพัฒนาระบบจนครบวงจรในงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อให้ได้อุปกรณ์ต้นแบบสามารถทำงานเองได้โดยไม่ต้องพึ่งพาอุปกรณ์ภายนอกนั้นสามารถนำไปใช้งานโดยไม่ต้องไปเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมมากนัก ประโยชน์ของระบบที่มองเห็นได้ชัดเมื่อนำไปใช้งาน มีดังต่อไปนี้

1. ลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานคนในการทำงานเนื่องจากระบบสามารถทำงานเองโดยอัตโนมัติ
2. เป็นระบบสารสนเทศ (Information System) ที่ให้ข้อมูลเป็นปัจจุบันสามารถนำไปในการบริหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ถ้านำไปใช้ในระบบเก็บเงินค่าใช้ทางด่วนแล้วทำให้ทราบปริมาณรถ ข้อมูลความหนาแน่นจราจรบนทางด่วน และปริมาณยอดเงินที่เก็บได้
3. ระบบช่วยในการทำงานมีความยืดหยุ่นสูงสามารถปรับแต่งกระบวนการทำงานได้ตามความเหมาะสม เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายประเภท การเปลี่ยนแปลงตามการใช้งานแต่ละประเภททำได้ง่าย เพียงแต่เปลี่ยนโครงสร้างข้อมูลของ Tag และซอฟต์แวร์ที่ต้องการให้ทำงานตามวัตถุประสงค์ การนำไปใช้ในวัตถุประสงค์เพื่อสื่อสารระยะไกล ทำได้โดยเพิ่มกำลังส่งของภาคส่งให้สูงขึ้น
4. ช่วยลดความยุ่งยากซับซ้อนและความผิดพลาด ในการทำงานด้วยเอกสาร โดยการทำงานของระบบนี้ช่วยลดปริมาณเอกสารในองค์กรได้ (Paperless Organization) เนื่องจากปริมาณ Transaction ที่เกิดจากการดำเนินการจะถูกนำไปประมวลผล และให้ผลลัพธ์ออกมาโดยกระบวนการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
5. ให้ความถูกต้องเที่ยงตรงของข้อมูลสูง ลดความผิดพลาดจากการปฏิบัติการด้วยคน และให้ความปลอดภัยของข้อมูลสูง
6. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และเพิ่มคุณภาพชีวิตของคนทำงานโดยไม่ต้องไปนั่งทำงานในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ในระบบการเก็บเงินค่าใช้ทางควมแบบอัตโนมัติ การนำระบบไปใช้ช่วยลดปัญหาการจราจรที่ค่านเก็บเงิน เนื่องจากไม่ต้องชะลอความเร็วเพื่อหยุดรถ และจ่ายเงินเป็นค่าผ่านทาง

แนวทางการพัฒนาในอนาคต

ในการนำระบบ ที่ออกแบบขึ้นนี้ไปใช้งานจริง จำเป็นจะต้องมีการ เพิ่มประสิทธิภาพและปรับแต่งการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งขอเสนอแนะต่อไปนี้

1. ควรพัฒนาให้อุปกรณ์ Interrogator และ RF- Module มีความทนทาน และ เชื่อถือได้สูงขึ้นในสภาวะที่ทำงานนอกอาคารและ 24 ชั่วโมงต่อวัน ทั้งนี้โดยการใช้แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ออกแบบเฉพาะมาใช้งานแทน คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก
2. ควรพัฒนาโปรโตคอล ให้สามารถทำงานได้ แม้จะมี Tag หลายชุดอยู่ในที่เดียวกัน เพื่อสนองการใช้งานได้หลายประเภทแม้วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยทิศทางไม่แน่นอนทั้งนี้อาจนำเทคนิคของ TDMA (Time Division Multiple Access) มาใช้ แต่อย่างไรก็ตามอาจทำให้ราคาของ Tag สูงขึ้น
3. กรณีที่ต้องการให้ แบตเตอรี่ที่ Tag ใช้ได้นาน ควรออกแบบใหม่ให้เป็น Passive Tag โดยไม่ต้องมีแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถทำได้โดยการนำเทคโนโลยีแบบ Modulated Backscatter มาใช้ กล่าว คือนำพลังงานจากคลื่นวิทยุ ที่รับเข้ามาทางสายอากาศ เป็นต้นกำเนิดพลังงานเพื่อมาถอดสัญญาณที่ Tag ต้องการส่งกลับ ไปให้ Interrogator
4. ปรับปรุงวงจรที่ทำการรับส่งคลื่นวิทยุให้มีความเที่ยงตรงมากขึ้น โดยอาจนำไอซีที่มีขายในตลาดมาใช้งานเช่น Low Power Transmitter และ Receiver ซึ่งอาจทำให้การรับส่งข้อมูล มีความเชื่อถือได้มากขึ้น
5. ควรปรับปรุงการทำงานให้ใช้ความถี่ ที่ใช้กันเป็นมาตรฐาน คือย่าน 902-928 Mhz หรือ ย่าน 2.4-2.435 Ghz เพื่อว่าอุปกรณ์จะเป็นมาตรฐานและสามารถใช้ร่วมกับผู้ผลิตรายอื่นได้
6. ควรปรับปรุงความถี่ในการใช้เพื่อส่งและรับ(Up-Link and Down-Link Frequency) ให้ใช้คนละความถี่ ทั้งนี้สามารถทำได้อยู่แล้วเนื่องจากระบบที่ทำการออกแบบสามารถทำการ ฐานเพื่อให้อุปกรณ์ทำงานในย่านความถี่ใกล้เคียงได้อยู่แล้ว ในช่วงประมาณ 275-310MHZ ทั้งนี้จะช่วยลดปัญหาที่ภาครับก็สามารถรับสัญญาณได้ขณะที่ภาคส่งทำงาน การทดลองเลื่อน ไปใช้ความถี่ Down-Link ที่ความถี่อื่น ทำให้แก้ปัญหานี้ได้

อย่างไรก็ตามปัญหานี้ก็สามารถแก้ได้อยู่แล้วโดยใช้ ซอฟต์แวร์ กล่าวคือไม่สนใจสัญญาณที่รับได้จากเครื่องรับขณะที่ ภาคส่งทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ควรปรับปรุงระบบสื่อสารข้อมูล ให้สามารถใช้อัตราเร็วในการส่งข้อมูลได้สูงขึ้นเพื่อจะสามารถทำงานเมื่อ Tag เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงขึ้นได้ ซึ่งอาจเปลี่ยนวิธีการมอดูเลชัน ไปใช้ FSK เนื่องจากการมอดูเลชันแบบนี้มีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้มากกว่า ASK

8. เพื่อให้ Tag มีความสามารถในการรับสัญญาณได้ดีขึ้น สายอากาศของ Tag ควรปรับปรุงให้เป็นแบบไมโครสตริป กล่าวคืออาจใช้ลวดวงจรปริ้นต์แทนการใช้ Small Loop Antenna ซึ่งอาจทำให้ Tag มีขนาด ใหญ่ขึ้นบ้าง

9. ควรเพิ่มความเชื่อถือได้ของวงจร Tag ให้ดีขึ้นโดยการใช้ คอมโพเนนท์ ที่เป็น Surface Mounting หากนำไปใช้ในทางการค้า

10. โปรโตคอลในการสื่อสารควรมีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลให้ดีขึ้นโดยนำวิธีการอื่นๆ มาใช้แทนการทำ Exclusive OR เช่นการใช้วิธี CRC (Cyclic Redundancy Code) ที่มีการใช้ Polynomial Function มาใช้

11. กรณีที่ต้องการนำระบบไปใช้งานจริง ระบบนี้ควรทำการเชื่อมโยงกับระบบอื่นๆที่เกี่ยวข้องด้วยเพื่อให้การทำงานสมบูรณ์ยิ่งขึ้นคือ

อินเตอร์เฟสกับระบบแสดงผลที่เป็นป้ายอิเล็กทรอนิกส์และสัญญาณไฟประจำช่องทางจราจรเพื่อเป็นสัญญาณเตือนให้ผู้ใช้ รถที่ติด Tag ทราบสถานะการใช้ทาง การอนุญาตให้ช่องทางจราจรเปิดและปิด รวมทั้งการเตือนให้ผู้ใช้ Tag ไปทำการเติมเงินเพิ่มที่สถานี(Recharge Station) เมื่อยอด Balance ของบัญชีค่าใช้ทางลดลงต่ำถึงจุดที่กำหนด

อินเตอร์เฟสกับระบบบังคับการใช้ทางด่วน(Enforcement System) เช่น ไม้บังคับการเปิดและปิดช่องทางสำหรับรถที่ติด Tag ที่ได้รับอนุญาตและไม่ได้รับอนุญาต ให้เข้าช่องทางจราจรกรณีนี้ต้องทำการปรับปรุงโปรแกรมที่ควบคุม Interrogator เพื่อให้ควบคุมอุปกรณ์เหล่านี้ด้วยเช่นในกรณีที่ Tag เข้ามาในช่องทางแล้วได้รับอนุญาต Interrogator ต้องสั่งให้ไปยกไม้กั้นช่องทาง เพื่อเปิดให้รถผ่านได้ หรือการอินเตอร์เฟสกับระบบ Closed Circuit TV เพื่อทำการถ่ายภาพป้ายทะเบียนรถที่ทำผิดกฎหมาย หรือรถที่ แบตเตอรี่ของ Tag หมด เพื่อทำการเก็บบันทึกประวัติและเรียกเก็บเงินค่าใช้ทางในโอกาสต่อไป ในกรณีเช่นนี้โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการสื่อสารระหว่าง Interrogator และ Tag จะต้องตรวจสอบสถานะเหล่านี้ของ Tag ด้วย เพื่อให้ Interrogator ส่งการควบคุมไปยังอุปกรณ์เอาท์พุทเหล่านี้ นอกจากนี้ยังช่วยแก้ปัญหาเมื่อรถเคลื่อนที่ผ่าน Reading Zone ไปแล้วแต่การ

อ่านและเขียน Tag ยังไม่สำเร็จ ทำให้ Interrogator ยังสามารถควบคุมรถได้
เอกสาร์นี้เป็นเอกสาร์ที่... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

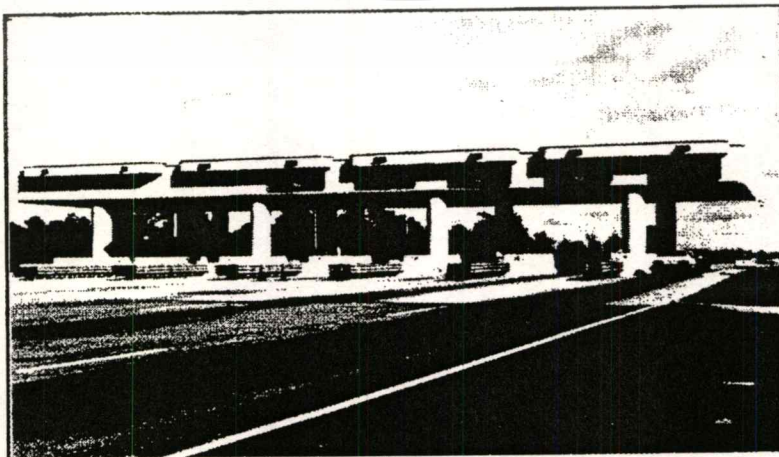
การประยุกต์ใช้และตัวอย่างการใช้งาน

เนื่องจากคุณสมบัติในการกำหนดลักษณะประจำตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์ และการทำงานที่ใช้คลื่นวิทยุในการควบคุม ทำให้นำระบบไปใช้ในการติดตามและเก็บรวบรวมข้อมูลแบบอัตโนมัติได้มากมาย ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาที่ระบบที่มีอยู่แล้วไม่สามารถตอบสนองได้ ดังต่อไปนี้

- 1). การทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและมีปริมาณ Transaction เป็นจำนวนมากต่อวันและต้องการการประมวลผลที่ทำได้รวดเร็วและผิดพลาดต่ำ
- 2). การเก็บรวบรวมข้อมูลในสิ่งแวดล้อมที่ไม่สามารถปฏิบัติการด้วยคนได้
- 3). การเก็บรวบรวมและติดตามวัตถุที่ต้องการในการเปลี่ยนแปลงสถานะของข้อมูล(อ่านและบันทึกข้อมูลได้)

การนำระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้งานจริงเพื่อการเก็บเงินค่าใช้ทางด่วนแบบอัตโนมัติ (ATCS) แสดงดังภาพที่ 48(ก) โดยระบบจะถูกนำเข้าไปติดตั้งแทน Toll Booth ที่ใช้คนในการเก็บเงิน อุปกรณ์ Interrogator จะถูกนำไปติดตั้งไว้ข้างช่องทางจราจร และสายอากาศของ RF-Module มักจะติดตั้งไว้เหนือศรีษะ ที่รถเคลื่อนที่ผ่าน

ภาพที่ 48 (ก)



แสดงการเก็บเงินที่ทางด่วนอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบRFIDลักษณะเดียวกับที่ทำการพัฒนาขึ้นนี้กำลังถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานโดย ANSI (American National Standard Institute) โดยกำหนดไว้ใน X3.T6 (Non-Contact Information System Interface : NCISI) ทั้งนี้เพื่อการประยุกต์เพื่อนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆดังตัวอย่างต่อไปนี้

ระบบ คาด้า คอลเลกชัน (Data Collection) ในกระบวนการผลิต

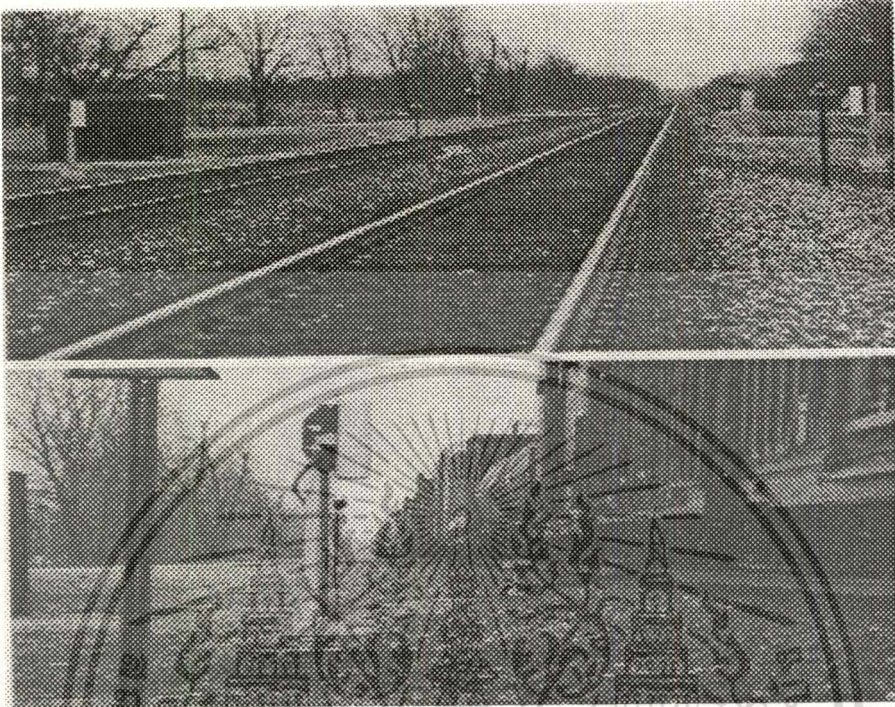
- การติดตามสถานะการผลิตรถยนต์ ที่ผ่านสายการผลิตต่างๆแบบอัตโนมัติโดยข้อมูลที่ผ่านแต่ละกระบวนการจะถูกบันทึกลงใน Tag เพื่อบอกสถานะของการผลิตแทนการติดตามการผลิตด้วยคนและใช้กระดาษในการรายงาน
- การติดตามสถานะของการผลิตวัสดุอันตราย เนื่องจากไม่สามารถใช้คนในการปฏิบัติการได้ จึงต้องเก็บข้อมูลไว้ใน Tag แล้วให้ระบบรายงานผลอัตโนมัติ

ระบบคาด้าคอลเลกชัน ในกระบวนการขนส่ง

- การติดตามรถยนต์เพื่อตรวจสอบสถานะการจราจร บนถนน
- การติดตาม/บริหารการจราจร ของรถไฟ
- การชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่ด่านชั่งแบบอัตโนมัติ (Weigh-in--Motion)
- การบริหาร/เก็บเงินที่ลานจอดรถสาธารณะ

ตัวอย่างการใช้งานแสดงดังภาพที่ 48(ข) ที่นำไปใช้ในการบริหารการจราจรรถไฟและติดตามคอนเทนเนอร์ จะพบว่าInterrogator และสายอากาศถูกติดตั้งไว้ข้างทางรถไฟ เพื่อทำการตรวจจับสัญญาณจาก Tag ที่ติดอยู่ข้างตู้รถไฟหรือตู้คอนเทนเนอร์

ภาพที่ 48 (ข)



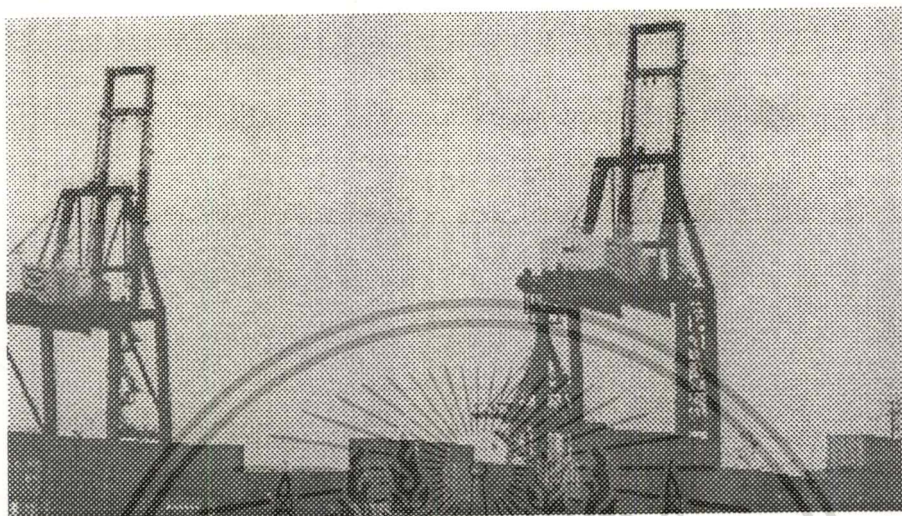
แสดงการนำไปใช้ที่บริหารการจราจรของรถไฟและใช้ติดตามคอนเทนเนอร์ที่เคลื่อนที่

ระบบบริหารสินค้าคงคลัง (Inventory Management and Tracking)

- การติดตาม/บริหาร คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ, สนามบิน
- การตรวจสอบสินค้าคงคลังที่เป็นสิ่งมีชีวิต เช่น สัตว์ในฟาร์ม
- การติดตาม / กันขโมย สินค้าที่มีราคาสูง
- การติดตามสินค้าที่อันตราย

ตัวอย่างการใช้งานแสดงดังภาพที่ 48(ค) กรณีนี้ Tag จะถูกนำไปติดตั้งไว้ข้างตู้คอนเทนเนอร์ และสายอากาศของ RF-Module จะถูกนำไปติดตั้งไว้ที่ Gantry Crane

ภาพที่ 48(ค)



(ค). การติดตามคอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ

นำไปใช้เป็นบัตรประจำตัว (Personal Identification)

- เป็นบัตรประจำตัวผู้ป่วยในโรงพยาบาล
- เป็นบัตรประจำตัวพนักงานในองค์กรที่ต้องการความปลอดภัยสูง
- บัตรประจำตัวรถยนต์ เพื่อเก็บประวัติการบำรุงรักษา

บรรณานุกรม

1. วิวัฒน์ กิรานนท์, “พื้นฐานการสื่อสาร”, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2536
2. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์, “หลักการไฟฟ้าสื่อสาร”, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530
3. J.J. O'Reilly, “Telecommunication Principles”, Chapman & Hall, 1993
4. Joseph J. Carr, “Secrets of RF Circuit Design”, McGraw-Hill, 1991
5. The American Radio Relay League, “The ARRL Antenna Book”, 1990
6. William L. Schoveber, “Data Communication”, McGraw Hill, 1988
7. J. D. Gerdeman, “RF/ID Radio Frequency Identification Application 2000”, Research Triangle Consultants, Inc., 1995
8. Amtech Corporation, “ETTM: The Future The Today”, 1993
9. R.E. COLLIN, “Antennas and Radio Wave Propagation”, McGraw-Hill, 1985
10. Constantine A. Balanis, “Antenna Theory Analysis”, The Harper & Row, 1982

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

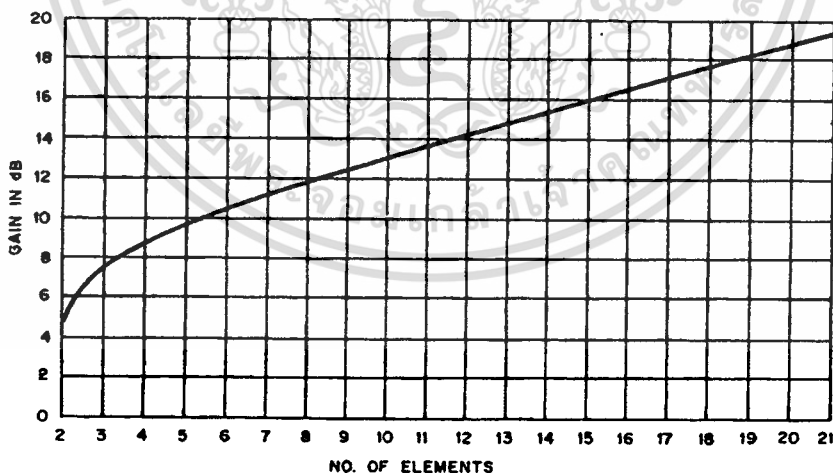
ภาคผนวก 1

การออกแบบสายอากาศ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เลือกใช้สายอากาศแบบ ยากิ มาใช้งาน ทั้งนี้เนื่องจากเหมาะกับย่านความถี่ที่ใช้งานในย่าน VHF, UHF และความถี่ที่นำมาใช้ก็คือ 275 MHz (VHF Band)

การออกแบบสายอากาศแบบ ยากิ แบบหลาย Elements สิ่งแรกที่ต้องพิจารณาคือ ย่านความถี่ที่จะใช้งาน เนื่องจากสายอากาศ ยากิ ที่มี จำนวน Elements น้อยๆ จะเหมาะสำหรับย่านความถี่ต่ำ และจำนวน Elements มากขึ้นก็จะเหมาะกับความถี่สูงขึ้น ทั้งนี้ในการเพิ่มจำนวน Elements ให้มากขึ้น Gain ของสายอากาศ ก็จะยิ่งสูงขึ้นด้วย ดังภาพที่ A-1

ภาพที่ A-1

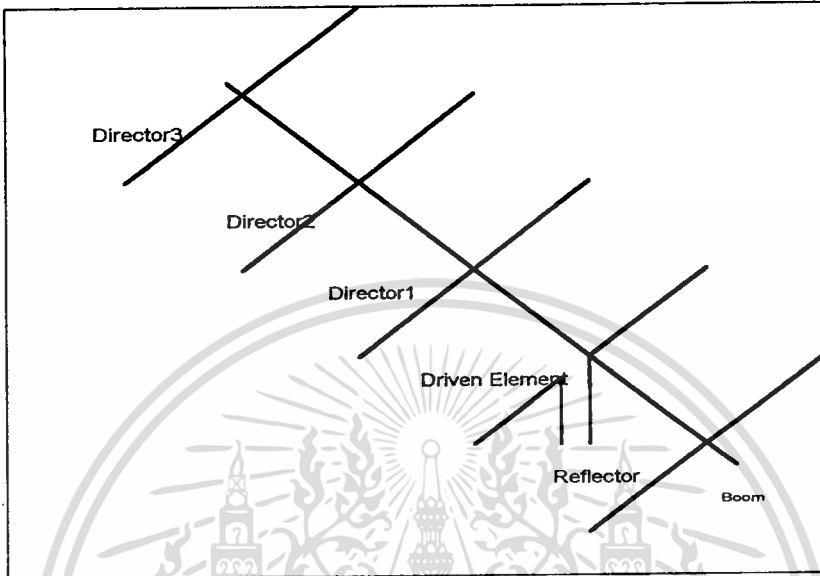


แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน Elements และ Gain ของสายอากาศ

สายอากาศ ยากิ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ A-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

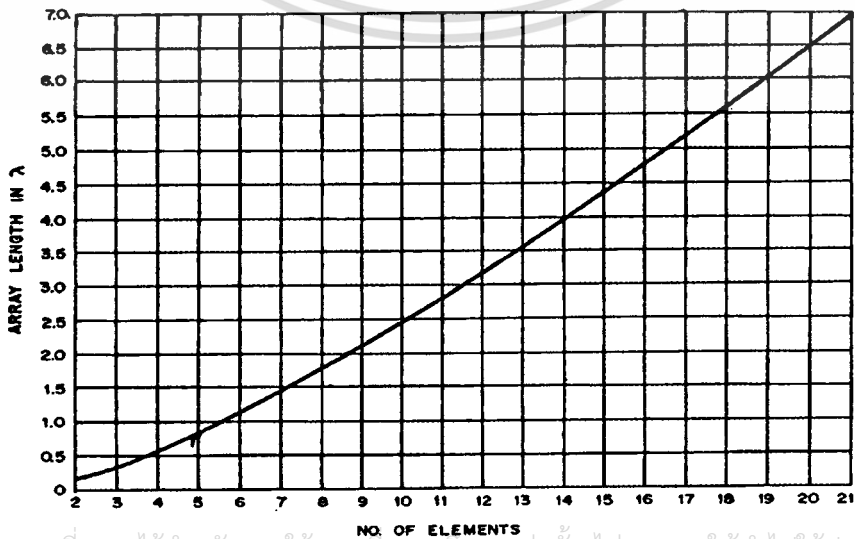
ภาพที่ A-2



แสดงส่วนประกอบต่างๆของสายอากาศ ยากิ 5 Elements

Boom เป็นแกนโลหะสำหรับยึด Element อื่นๆ ต้องพิจารณาว่า เส้นผ่าศูนย์กลางของ Element อื่นมีขนาดเท่าใด แล้วจึงเลือกให้ขนาดของ Boom มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ใหญ่กว่า 2-3 เท่า สำหรับความยาวของ Boom จะขึ้นกับจำนวน Elements ที่เลือกใช้ จะหาได้จากภาพที่ A-3

ภาพที่ A-3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปได้ประโยชน์ด้านการค้า
 แสดงความสัมพันธ์ของความยาวของสายอากาศและจำนวน Elements
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวาง Elements ต่างๆ ลงบน Boom สามารถใช้ ตารางที่ A-1 ในการออกแบบ

ตารางที่ A-1

No. Elements	R-DE	DE-D ₁	D ₁ -D ₂	D ₂ -D ₃	D ₃ -D ₄	D ₄ -D ₅	D ₅ -D ₆
2	0.15-0.2 λ						
2		0.07-0.11 λ					
3	0.16-0.23	0.16-0.19					
4	0.18-0.22	0.13-0.17	0.14-0.18 λ				
5	0.18-0.22	0.14-0.17	0.15-0.20	0.17-0.23 λ			
6	0.18-0.20	0.14-0.17	0.16-0.25	0.22-0.30	0.25-0.32 λ		
8	0.16-0.20	0.14-0.16	0.18-0.25	0.25-0.35	0.27-0.32	0.27-0.33 λ	0.30-0.40 λ
8 to N	0.16-0.20	0.14-0.16	0.18-0.25	0.25-0.35	0.27-0.32	0.27-0.33	0.35-0.42

DE—Driven Element; R—Reflector; D—Director; N—any number; director spacings beyond D₆ should be 0.35-0.42 λ.

แสดงระยะห่างของ Elements ต่างๆ ที่วางบน Boom

ซึ่งในสายอากาศแบบ Yagi 5 Elements ที่เลือกใช้จะมีระยะของแต่ละ Element ดังต่อไปนี้

R-DE มีระยะ 0.18-0.22 Lamda

DE-D1 มีระยะ 0.14-0.17 Lamda

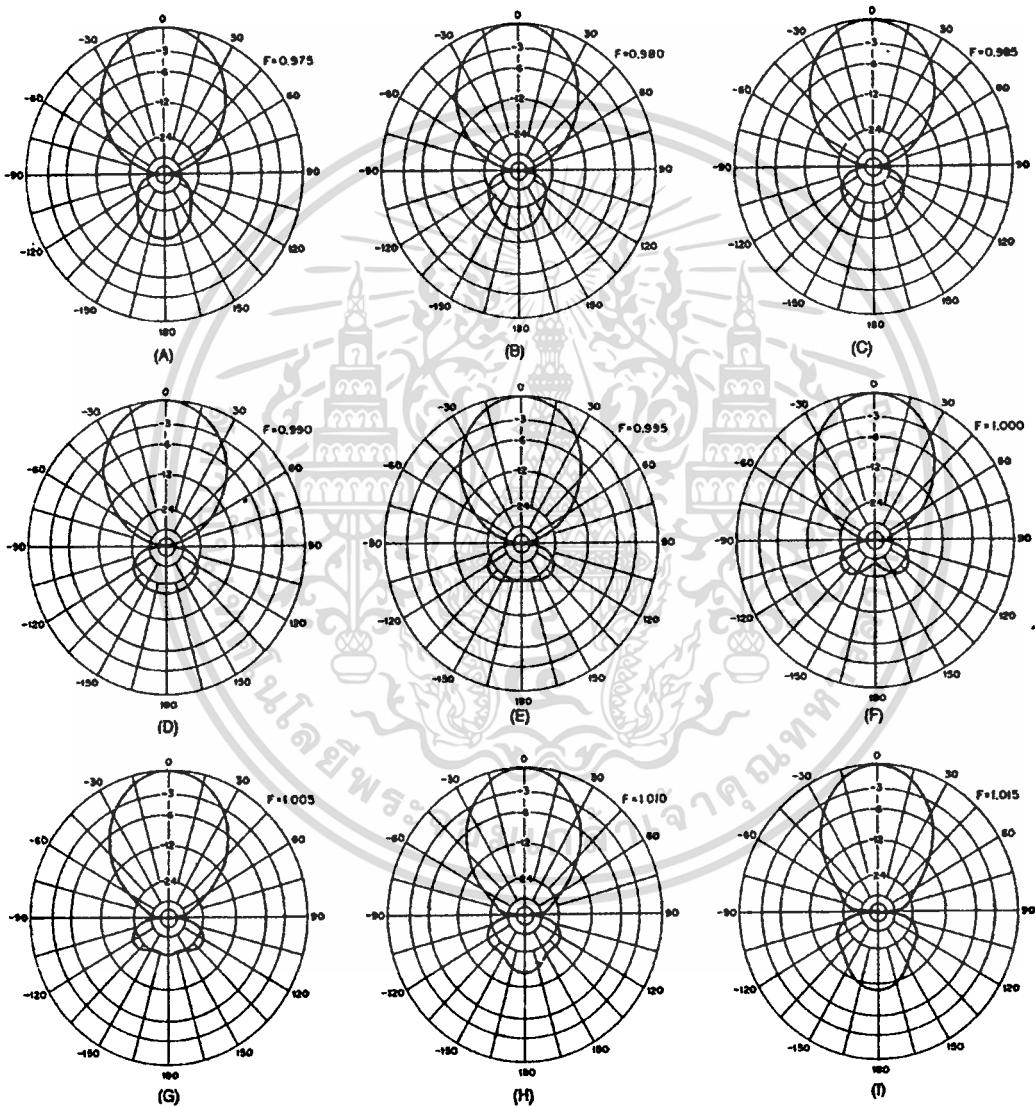
D1-D2 มีระยะ 0.15-0.20 Lamda

D2-D3 มีระยะ 0.17-0.23 Lamda

และขนาดความยาวของแต่ละ Elements จะขึ้นกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของโลหะที่ใช้ ดังแสดง
ในภาพที่ A-4

สำหรับรูปแบบการกระจายคลื่น (Radiation Pattern) ของสายอากาศที่เลือกใช้ตามความถี่ใช้งาน ที่แตกต่างจาก ความถี่กลางที่ออกแบบ (Normalized Frequency) ต่างๆ นั้นแสดง ตามภาพที่ A-5

ภาพที่ A-5



แสดง Radiation Pattern ของสายอากาศ ยากิ

สำหรับค่า Gain และ F/B Ratio ที่ค่า Normalized Frequency ต่างๆ นั้น แสดงดัง ตารางที่

A-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ A-3

<i>Normalized Frequency</i>	<i>Gain (dBi)</i>	<i>F/B Ratio</i>	<i>Input Impedance, Ω</i>
0.9750	9.16	14.15 dB	24.96 - j37.82
0.9775	9.18	14.84	25.70 - j35.48
0.9800	9.21	15.57	26.25 - j33.29
0.9825	9.24	16.37	26.58 - j31.20
0.9850	9.28	17.28	26.65 - j29.19
0.9875	9.31	18.35	26.43 - j27.20
0.9900	9.36	19.68	25.90 - j25.17
0.9925	9.41	21.42	25.04 - j23.03
0.9950	9.46	23.82	23.88 - j20.71
0.9975	9.51	27.38	22.45 - j18.12
1.0000	9.56	31.74	20.79 - j15.20
1.0025	9.60	28.81	18.98 - j11.89
1.0050	9.63	23.30	17.12 - j8.16
1.0075	9.62	19.18	15.30 - j4.01
1.0100	9.57	15.95	13.60 + j0.54
1.0125	9.44	13.25	12.10 + j5.45
1.0150	9.21	10.88	10.86 + j10.66
1.0175	8.85	8.74	9.93 + j16.10

แสดงความสัมพันธ์ของ Gain และ F/B Ratio ที่ค่า Normalized Frequency ต่างๆกัน

และถ้าความถี่กลาง ที่ออกแบบคือ 275 MHz และความถี่ที่เลือกใช้งาน คือ 275.5 MHz ดังนั้นค่า Normalized Frequency . ในกรณีนี้ มีค่าเท่ากับ $275/275.5 = 0.998$ และจากตารางที่ A-3 และ จากภาพที่ A-5 ทำให้ได้คุณสมบัติของสายอากาศที่เลือกใช้ดังต่อไปนี้

Gain	=	9.5 dB
F/B Ratio	=	27.38 dB
Beam Width	=	60 องศา

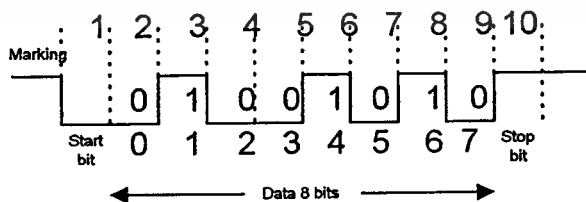
ภาคผนวก 2

การออกแบบโปรแกรม PIC

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16C54 ทำงานเพื่อควบคุมการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนั้นมีความจำเป็นจะต้องทราบเวลาในการทำงานแต่ละรอบ (Machine Cycle) ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วของสัญญาณนาฬิกา (Clock) ที่นำมาใช้ (สำหรับ PIC ไมโครคอนโทรลเลอร์ สัญญาณนาฬิกาที่นำไปใช้ (System clock) จะมีค่าเท่ากับ 1 ใน 4 ของความถี่ของคริสตอล) ทั้งนี้เพื่อวัตถุประสงค์ที่จะนำไปคำนวณเวลาการทำงานของซีพียูในการ Execute แต่ละคำสั่ง สำหรับแต่ละคำสั่งจะมีจำนวน Machine Cycle ที่ใช้ทำงานไม่เท่ากัน

ในการเขียนโปรแกรมสื่อสารเพื่อรับข้อมูลแบบ อะซิงโครนัสนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องทราบเวลาที่ต้องหน่วง (Delay Time) เพื่อรอรับข้อมูลที่ถูกส่งมาแบบอนุกรมซึ่งต้องพอดีกับอัตราเร็วของข้อมูล (Bit Rate) ที่ส่งมาจากผู้ส่ง (ในที่นี้คือ Interrogator) ซึ่งสามารถคำนวณ ค่าพารามิเตอร์ที่แทนเวลาในการหน่วง ได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ภาพที่ B-1



แสดง Bit Stream ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

จากภาพที่ C1 เมื่ออยู่ในสถานะ Standby เอาท์พุทจะอยู่ในสภาวะ “1” หรือเตรียมพร้อม เมื่อเริ่มส่งจะมี Start Bit เป็น “0” แล้วจะตามด้วย Data Bit 8 บิต บิตสุดท้ายเป็น Stop Bit ,ซึ่งมีลอจิกเป็น“1” ดังนั้น ในการส่งข้อมูล 1 ไบท์ จะประกอบด้วย Pulse ซึ่งแทนบิตต่างๆ จำนวน 10 บิต ความเร็วในการส่งเรียกว่า Baud Rate

ตัวอย่าง Baud Rate 4800 บิตต่อวินาที หมายถึง

$$\begin{aligned} 4800 \text{ บิต ใช้เวลา } & 1 \text{ Sec} \\ 1 \text{ " } & \text{" } \\ & 1/4800 \text{ " } \\ & = 208 \times 10^{-6} \\ & = 208 \text{ } \mu\text{sec} \end{aligned}$$

ดังนั้นในการเขียนโปรแกรม PIC จะต้องหนด่วงเวลาในแต่ละ บิต =208 μsec

ถ้าใช้ Clock 4 Mhz

$$\text{System Clock ที่ PIC นำไปใช้} = (1/4) * 4 \text{ MHz}$$

ดังนั้น

$$1 \text{ Machine Cycle ของ PIC} = 4/4 \times 10^6 = 1 \text{ } \mu\text{sec}$$

และจะต้องเขียนโปรแกรมหนด่วงเวลาให้พอดีกับ 208 μsec

ถ้าให้ K เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ แทนจำนวนที่ใช้ในการหนด่วงเวลาในโปรแกรม และ ให้มีการเรียก Sub-routine ของโปรแกรมหนด่วงเวลาดังนี้

		#Machine Cycles
	call bit-delay	2
	bit-delay mov delay-cntr,#K	2
:l	:loop nop	
	djnz delay-cntr,:loop	3
	ret	2

ในการกระทำ Loop จำนวน K จะต้องเป็นเท็จ 1 ครั้งเพื่อสิ้นสุด loop

ดังนั้น ใน K loop จะเป็นจริง K-1 ครั้ง

$$\text{จำนวน Machine Cycle} = T_n(K-1) + F_n$$

T_n เป็นจำนวน Machine cycle ขณะเงื่อนไขเป็นจริง

F_n เป็นจำนวน Machine cycle ขณะเงื่อนไขเป็นเท็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่หรือแจกจ่ายให้ผู้อื่นได้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางผู้จัดทำเอกสาร หากมีข้อผิดพลาดประการใดทางผู้จัดทำขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน Machine Cycle ทั้งหมดรวมทั้ง call, mov, ret

$$\begin{aligned} 4(K-1) + 3 + C &= 2+2+2+4(K-1) + 3 \\ &= 4(K-1) + 9 \\ &= 4K-4+9 \end{aligned}$$

$$\text{Machine Cycle รวม} = 4K+5$$

1 Machine Cycle ของ PIC, $t = 4/f$; f = ความถี่ของ Crystal ที่ใช้

คาบเวลาของ โปรแกรมเมื่อใช้ Crystal ความถี่ f

$$= (4K+5)4/f$$

$$= (4K + 5)t$$

คาบเวลาของ Program ที่ใช้หน่วยเวลา = คาบเวลาของ 1 บิต(เพื่อหน่วยเวลาให้พอดี)

คาบเวลา 1 บิต $= 1/\text{Baudrate}$

$$= 1/B$$

เพราะฉะนั้น $(4K+5)t = 1/B$

$$K = \frac{((1/Bt) - 5)/4}{1}$$

[1]

โดยที่ B = Baud Rate

t = คาบเวลาใน 1 Machine Cycle = $4/f$

ตัวอย่างที่ 1. ใช้ Crystal 4 MHz & Baud Rate = 9600 บิต/วินาที

$$Bt = 9600 \times 4/4 \times 10^{-6} = 9600 \times 1 \times 10^{-6}$$

$$1/Bt \approx 104$$

$$K = 104 - 5/4 = 24.75$$

$$K = 25$$

ตัวอย่างที่ 2. ใช้ Crystal 2 MHz , Baud Rate 600 บิต/วินาที

$$Bt = 600 \times 4/2 \times 10^{-6} = 1.2 \times 10^{-3}$$

$$1/Bt = 833.3$$

$$K = 833 - 5/4$$

$$K = 207$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจาก (1) เราสามารถคำนวณ หาค่า K เมื่อความถี่ของ Crystal 4 MHz และ ค่า Baud Rate ต่างๆ โดยทำการจำลอง ค่า 1/Baud เปรียบเทียบ ได้ผลการจำลองดังต่อไปนี้

Baud Rate(BPS)	1/Baud	K	Simulation	Error
1200	833	207	833	0
2400	417	103	417	0
4800	208	51	209	+1
9600	104	25	105	+1
19200	52	12	53	+1

การออกแบบ Program Delay ควรมีค่า K อยู่ในช่วง 0-255 (0-FFH) และครอบคลุม Baud Rate ที่ต้องการตั้งแต่ 1200-9600 บิตต่อวินาที

ในกรณีที่ไม่มี nop จะทำให้ loop เล็ก ค่า K มากเกินกว่า 255 ที่ Baud Rate 1200 เมื่อเพิ่ม nop แล้วทำให้ Loop ใหญ่ขึ้นทำให้ค่า K ที่ 1200 BPS ลดเหลือ 207

$$\text{จากค่า K} = \frac{1}{Bt} - 5/4$$

ค่า 4 เกิดจาก Inter loop ที่เงื่อนไขเป็นจริง

$$\text{nop} \quad Tn \quad Fn$$

$$\text{djnz} \quad 3 \quad 2$$

$$4$$

เนื่องจาก djnz = 3 Cycles คงที่แล้ว ผลต่าง 4-3=1 ก็คือ nop 1 ครั้ง

ทำให้ค่านี้ = 3 + nop เราจะหาค่าที่เหมาะสมของค่า K ที่ Baud Rate ต่างๆ ได้

$$K = ((1/Bt) - 5)/3 + \text{nop}$$

$$3 + \text{nop} = ((1/Bt) - 5)/K$$

$$\text{nop} = ((1/Bt) - 5 - 3)/K$$

$$K = 250 \text{ ที่ Baud Rate} = 600 \text{ Crystal} = 4 \text{ MHz}$$

$$Bt = 600 \times 4/4 \times 10^6 = 6 \times 10^4$$

$$1/Bt = 1666.7$$

$$\text{nop} = 1666.7 - 5 - 3/250$$

$$\text{nop} = 3.6$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ≈ 4 ครั้ง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่า K อีกครั้งที่ nop = 4 ครั้ง

$$K = (1/Bt) - 5/3 + 4$$

$$Bt = 600 \times 4 / 4 \times 10^6 = 6 \times 10^{-4}$$

$$1/Bt = 1666.7$$

$$K = 1666.7/7$$

$$K = 237$$

∴ เพิ่ม nop เป็น 4 ครั้ง จะได้ ค่า K = 237 ที่ B = 600 และ f = 4 MHz



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 3

รายละเอียดโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Interrogator

```
#include <stdio.h>
#include <bios.h>
#include <dos.h>
#include <conio.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>

#define COM1 0
#define DATA_READY 0x100
#define SETTINGS (_COM_4800 | _COM_CHR8 | _COM_STOP2 |
_COM_NOPARITY)
//#define SETTINGS (_COM_9600 | _COM_CHR8 | _COM_STOP2 |
_COM_NOPARITY)
#define ESC 0x11b
void SendMessage(char *Str);
char ChkSum(char *Scr);
int main(void)
{
char key8, CmdBuff[81], Str[80], *WRTCmd= "WRT", Buff[80],
numf, chksum;
char *msg0 = "\x0DRDT\x0D", *msg1 = "\x0DWRT1234X",
*msg2 = "\x0DST1\x0D", *msg3 = "\x0DST2\x0D";
unsigned int in, out, status, k16, len;
int i, value = 0, x, y, c, xx, yy, Loopflag, cn, cmp, first;

Buff[0] = 0; cn = 0; first = 0;
out = 0;
Loopflag = 0;
CmdBuff[80] = 0;
c = 0;
//initial com port
_bios_serialcom(_COM_INIT, COM1, SETTINGS);
clrscr();
gotoxy(1,2);
cprintf("... TAG RECEIVER ...\r\n");
gotoxy(1,25);
cprintf("F1 = RDT F2 = WRTxxxxs F3 = ST1 F4 = ST2 F5 =
Enter new data"
" F9 = reset \r\n");
gotoxy(1,4);
```

```

k16 = NULL;
while(k16!=ESC)
{
    if(Loopflag==1 && cn == 0)
        SendMessage(msg0);

    status = _bios_serialcom(_COM_STATUS, COM1, 0);
    if(status & DATA_READY)
    {
        out = _bios_serialcom(_COM_RECEIVE, COM1, 0) & 0
x7F;
        if (out != 0 && first != 0)
        {
            y = wherey();
            if(y>=24)
            {
                clrscr();
                gotoxy(1,2);
            }
            if(c<80 && (char)out != '\r' && (char)out != '\
n')
            {
                CmdBuff[c] = (char)out;
                c++;
            }
            else
            {
                CmdBuff[c] = 0;
                c = 0;
                if(strlen(CmdBuff)!=0)
                {
                    xx = wherex();
                    yy = wherey();
                    gotoxy(65, 1);
                    cprintf(" ");
                    gotoxy(65, 1);
                    cmp = strcmp(CmdBuff,"TAG",3);
                    chksum = ChkSum(CmdBuff);
                    cprintf("%s",CmdBuff);
                    gotoxy(xx,yy);
                }
            }
            putchar(out);        //print out to crt
        }
    }
}

//check key press
if (bioskey(1) )
{
    k16 = bioskey(0);
    key8 = k16&0x00ff;        //low byte
}

```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย

```

case ESC:
    break;
case 0x3B00: //F1
    SendMessage(msg0);
    break;
case 0x3C00: //F2
    SendMessage(msg1);
    break;
case 0x3D00: //F3
    SendMessage(msg2);
    break;
case 0x3E00: //F4
    SendMessage(msg3);
    break;
case 0x3F00: //F5
    printf("\n Message to Send :");
    scanf("%s", Str);
    sprintf(Buff, "WRT%s", Str);
    SendMessage(Buff);
    break;
case 0x4000: //F6
    if (Loopflag==0)
        Loopflag = 1;
    else
        Loopflag = 0;
    break;
case 0x4100: //F7
    gotoxy(1,1);
    printf("a\n");
    break;

case 0x4300: //F9
    x = wherex();
    y = wherex();
    clrscr();
    break;
case 0x4400: //F10
    break;

default:
    bios_serialcom(_COM_SEND, COM1, key8);
}
}

if (Loopflag==1)
{
    cn++;
    if (cn>=800)
        cn = 0;
}
first = 1;
}

```

เอกสารนี้ **return 0**; วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถแก้ไขทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void SendMessage(char *Str)
{
    unsigned int out,status;
    int len,i;

    len=strlen(Str);
    for(i=0;i<len;i++)
    {
        //write
        bios_serialcom(_COM_SEND, COM1, Str[i]);
        //read
        status = _bios_serialcom(_COM_STATUS, COM1, 0);
        if (status & DATA_READY)
            if ((out = _bios_serialcom(_COM_RECEIVE, COM1,
0) & 0x7F) != 0)
                putchar(out); //print out to crt
    }
}
char ChkSum(char *Scr)
{
    char al;
    int i;

    al = 0xFF;
    for(i=0;i<17;i++)
    {
        al ^= Scr[i];
    }
    return(al);
}

```

ภาคผนวก 4

รายละเอียดโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Tag

```
;Tx inverse
;   - pause 200
;   - ra.0 is supply of Tx
; Receiving RS-232 (inverse) And Echo Serial
PROGRAM: TAGCARD.SRC
;
;constant
NULL      = 00h
LF        = 0Ah
CR        = 0Dh
Buff      = 07h ;gerneral reg in 54,65,58
only
ms        = 251 ;delay const 1 ms in
delay
RcvByte   = 08h ;size of block to receive
CmdSize   = 03h ;command size 3byte
MaxCmd    = 05h ;Maximum Command
BlockSize = 04h ;size of block

;address
CmdBuff   = 10h
DataPos   = 13h ;location of data in
CmdBuff   = 18h ;start address of ID
IDblock2  = 1Ch ;start address of ID
block 2

;
pointer   = 00h ;fr(0) file pointer
AX        = 08h ;argument
BX        = 0Ah ;base
CX        = 0Ch ;count
DX        = 0Eh ;data

ah        = 08h
al        = 09h
bh        = 0Ah
bl        = 0Bh
ch        = 0Ch
cl        = 0Dh
dh        = 0Eh
```

```

dl          = 0Fh

bitK        =          50          ;for 4,800 -baud
operation @ 4 MHz
half_bit    =          bitK/2      ;as shown in table.

;I/O port name
spkr        =          rb
spkr_bit    =          00010000b    ;speaker bit is rb.4
serial_out  =          ra.2
serial_in   =          ra.3

; Org 0 sets ROM origin to beginning for program.
org         0

device      pic16c54,xt_osc,wdt_off,protect_off
reset       main

;*** main ***
; Set up I/O ports.
main        mov     !ra, #00001010b ;Use ra.3 for
serial input.
mov         !rb, #11101111b
mov         rb,#0
mov         ra,#0

mov         ch,#20          ;frequency
mov         dh,#10         ;duration
call        Sound

jmp         Hello

:InitRx     mov     FSR,#CmdBuff      ;point to command
buffer

:Receive    call    Rx232            ;get 1 char in al
            ;call Tx232            ;echo to PC
            mov     w,al
            xor     w,#0Dh          ;test Enter command
(0D hex)
            jz      CheckCmd        ;is Enter command
check command

            mov     pointer,al      ;else store char in
CmdBuff
;
;test receive byte is full
            inc     FSR
            mov     w,#0F8h        ;0E0h+CmdBuff+RcvByte
            xor     w,FSR          ;test buffer full
            jnz     :Receive        ;no goto echo to

display

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ;if full RcvByte
 ไม่ควรแก้ไขที่อื่น อีกทีหากมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        jmp    CheckCmd                ;check command is
valid or not                          ;al = flag ,bh = #Cmd
                                        ;--- send back to PC ---
;input = Buff, send data is point with Buff
;
:SendBack mov    !ra, #00001010b      ;on ra.2 to
output
        mov     w,ra
        or      ra,#00000001b         ;on ra.0 to supply
Tx
        mov     ch,#200                ;pause
        call    delays
        mov     al,#0Dh                ;send cariage return
        call    Tx232
        mov     al,#0Ah                ;send line feed
        call    Tx232
:Sends   mov     FSR,Buff              ;point to first buffer
        mov     cl,#RcvByte
:echo    mov     al,pointer
        call    Tx232
        inc     FSR
        djnz   cl,:echo
        mov     al,#0Dh                ;send cariage return
        call    Tx232
        mov     al,#0Ah                ;send line feed
        call    Tx232
input    mov     !ra, #00001111b      ;off ra.2 & ra.0 to
        mov     w,ra
        and     ra,#11111110b         ;off ra.0 with supply
Tx
;end :SendBack
;
;clear CmdBuff with CmdSize
        mov     cl,#CmdSize           ;count command size
        mov     FSR,#CmdBuff         ;point to first
buffer
:clrBuff clr     pointer              ;clear buffer
        inc     FSR                   ;next
        djnz   cl,:clrBuff           ;is all
        mov     FSR,#CmdBuff         ;reset buffer
        jmp     SayBeep               ;send beep with bh
        jmp     :Receive
;end main

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

*** Sound ***

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;Working send out put to toggle spkr_bit
;input freq in ch & duration in dh
;use ch,cl,dh,dl
;no return
Sound      mov     dl,#50                ;start internal
loop
:next      mov     cl,ch                ;start count
           xor     spkr,#spkr_bit      ;toggle spkr
:loop      nop
           nop
           nop
           djnz   cl,:loop             ;count is zero
           djnz   dl,:next
           mov    dl,#50
           djnz   dh,:next
           ret

;*** Receive RS232 ***
;read data in serial_in pin and wait until receive byte
ok
;
;      AX      BX      CX      0D
;      ah al   bh bl   ch cl   dh dl
;      08 09   0A 0B   0C 0D   0E 0F
;
;      X      o
;
;call delay
;no input Argument
;return in data al
Rx232
:start_bit sb     serial_in           ;Detect start bit.
'1'
           jmp    :start_bit         ;No start bit yet?
Keep watching.
           mov    ch,#half_bit       ;half delay time.
           call   delay              ;Wait one-half bit time to
the
           ;middle of the start bit.
           jnb   Serial_in,:start_bit ;If the start bit
is still good
           ;continue. Otherwise,resume waiting.
           mov    ah,#8              ;Set to receive 8
data bits
           clr    al                 ;Clear the receive
byte to get
           ;ready for new
data.
:receive   mov    ch,#bitK           ;bit delay time.
           call   delay              ;Wait one bit
time.
           movb   c,/Serial_in      ;Put inverse data
bit into carry.
           rr     al                 ;Rotate the carry
bit into
           ;the receive byte.

```

```

        djnz ah,:receive          ;Not eight bits
yet? Get next bit.

        mov  ch,#bitK            ;bit delay time.
        call delay              ;Wait for stop
bit.

        jnb  Serial_in,:exit     ;check stop bit is
valid return

        jmp  :start_bit         ;Framing Err goto
start

:exit
        ret

```

```

;*** send RS232 (inverse) ***
;send data in serial_out pin
;
;   AX   BX   CX   OD
;   ah al bh bl ch cl dh dl
;   08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F
;
;           X   i           x
;call delay
;input Argument in al
;no return

Tx232   mov  dl,al              ;load in data reg use
to send byte

byte.   mov  ah,#8              ;Eight bits in a
        setb serial_out        ;Start bit
        mov  ch,#bitK          ;bit delay time.
        call delay            ;delay Start bit.

:xmit   rr   dl                ;Rotate right moves data bits
into

        movb serial_out,/c     ;* inverse bit *
        mov  ch,#bitK          ;bit delay time.
        call delay            ;Data bit.
        djnz ah,:xmit         ;Not eight bits yet? Send next
data bit

        clrb serial_out        ;Stop bit
        mov  ch,#bitK          ;bit delay time.
        call delay            ;delay Stop bit.
        ret

;end Tx232

```

```

;--- this routine can't USE call again ---

```

```

;*** short delay ***
;delay time in 1 ms ch = 251
;$USE ch
;no return

```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วาทกรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        djnz    ch, :loop
        ret
;*** long delay ***
;delay time in ch
;$USE ch cl
delays    clr    cl
:loop     nop
        djnz    cl, :loop
        djnz    ch, :loop
        ret

```

```

;*** select command in table ***
;bh = select command
;bl = select char in command
;return char to select in w

```

```

CmdTable  mov    w, bh
        jmp    PC+w
        jmp    CMD0
        jmp    CMD1
        jmp    CMD2
        jmp    CMD3
        jmp    CMD4
        ret

```

```

CMD0     mov    w, bl
        jmp    pc+w
        retw   'RDT'

```

```

CMD1     mov    w, bl
        jmp    pc+w
        retw   'WRT'

```

```

CMD2     mov    w, bl
        jmp    pc+w
        retw   'ST1'

```

```

CMD3     mov    w, bl
        jmp    pc+w
        retw   'ST2'

```

```

CMD4     mov    w, bl
        jmp    pc+w
        retw   'TXZ'

```

```

;end Cmdtable

```

```

;--- String Message ---

```

```

LineFeed jmp    pc+w
        retw   CR, LF

```

```

MSG1     jmp    pc+w
        retw   CR, 'PIC16C5X READY...', CR, LF, NULL

```

```

MSG2     jmp    pc+w
        retw   'TAG53928', NULL

```

```

;1/2 -----
---
DoCmd      mov    w,bh                ;Cmd
           cje   bh,#0,:DoCmd0      ; 0   Read  command
RDT        cje   bh,#1,:DoCmd1      ; 1   Write command
WRT        cje   bh,#2,:DoCmd2      ; 2   Store  command
in block 1 ST1
           cje   bh,#3,:DoCmd3      ; 3   Store  command
in block 2 ST2
           cje   bh,#4,:DoCmd4      ; 4   send loop
TXZ

;-- Get ID ---
;send ID fix code in ROM
;
:DoCmd0    mov    !ra, #00001010b    ;on ra.2 to
output
           mov   w,ra
           or    ra,#00000001b      ;on ra.0 to supply
Tx
           mov   ch,#200            ;pause
           call  delays
           clr   cl                  ;clear string
pointer
:loop      mov   w,cl                ;point to string
           call  MSG2
           mov   al,w
           call  Tx232              ;send 1 char
           inc   cl                  ;point to next char
           cjne  cl,#08h,:loop
           mov   Buff,#IDblock      ;load ID
           jmp   main:Sends

:DoCmd1    mov   Buff,#CmdBuff      ;set position
before send back
           jmp   main:SendBack
;-- command write block 1 ---
:DoCmd2    mov   cl,#BlockSize      ;ID Block tranfer
size
           mov   ah,#DataPos        ;start pos of source
           mov   al,#IDblock        ;start pos of
destination
           jmp   :tranfer

:DoCmd3    mov   cl,#BlockSize      ;ID Block tranfer
size
           mov   ah,#DataPos        ;start pos of source
           mov   al,#IDblock2      ;start pos of
destination
;tranfer data to ID block 1 (4 byte)
:tranfer   mov   FSR,ah             ;load source

```

```

        mov     Buff,pointer           ;save in buffer
        mov     FSR,al                ;select destination
        mov     pointer,Buff         ;copy to destination
        inc     ah                    ;next source
        inc     al                    ;next destination
        djnz   cl,:transfer          ;end of block?

        mov     Buff,#CmdBuff        ;set position to
send back
        jmp     main:Sends

:DoCmd4   mov     !ra, #00001010b     ;on ra.2 to
output
        mov     w,ra
        or      ra,#00000001b        ;on ra.0 to supply
Tx
:sendloop mov     al,#41h             ;send A loop
        call    Tx232                 ;send 1 char
        mov     ch,#10                ;pause
        call    delays
        jmp     :sendloop

;end DoCmd

;*** Send Hello to PC***
Hello    clr     bl                    ;clear string
base pointer
:loop    mov     w,bl                 ;point to string
        call    MSG1
        mov     al,w
        test    al                    ;is null
        jz     main:InitRx           ;if the end of
string exit
        call    Tx232                 ;send 1 char
        inc     bl                    ;point to next char
        jmp     :loop

;end Hello

;*** check command ***
;check command in CmdBuff
;output bh hold command
;
CheckCmd mov     FSR,#CmdBuff        ;reset buffer
        mov     ah,#CmdBuff         ;address of source
string
        jmp     IsCmd                ;find is valid
command

:Chkflag test    al                    ;test al
        jnz    DoCmd                 ;if al is not 0 is
valid comand
;else invalid command
        mov     FSR,#CmdBuff         ;reset buffer

```

```

        jmp     main:Receive          ;Receive again

;end CheckCmd

;*** find command in table ***
;ah = address of source string
;al = success flag
;
;      AX      BX      CX      0D
;      ah al   bh bl   ch cl   dh dl
;      08 09   0A 0B   0C 0D   0E 0F
;
;              i   o   o   x
;call CmdTable      x   x
;Use FSR point to string
;   bh hold command
;   bl hold the next byte
;return command No. in bh
;
;       al = 1 is a valid   command
;       al = 0 is a invalid command
IsCmd   mov     FSR,ah              ;point to source
string
        clr     bh                  ;first command
        clr     bl                  ;byte count
:nextb  call    CmdTable            ;look up command
        xor     w,pointer          ;compare in source
string
        jnz    :nexts              ;not equal chage to
next command
; * is equal compare with the next char *
        inc     bl                  ;is correct point
to next char
        inc     FSR                ;and inc pointer
        cjne   bl,#CmdSize,:nextb ;check command size
; * found command valid code *
        mov     al,#01              ;set success flag
        jmp     :exit

:nexts  clr     bl                  ;restart point to
the first byte
        mov     FSR,ah              ;restart the first
byte of string
        inc     bh                  ;point to next cmd
        cjne   bh,#MaxCmd,:nextb   ;check command max

; * not found *
        clr     al                  ;clear success flag
:exit   jmp     CheckCmd:Chkflag
;end IsCmd
;*** Beep Sound ***
;bh = hold command

```

```

SayBeep      mov    bh,bh                ;load No. command
in bh
              inc    bh                ;add command +1
:beep        mov    ch,#20              ;frequency
              mov    dh,#10            ;duration
              call   Sound
              mov    ch,#75
              call   delays
              djnz   bh,:beep

              jmp    main:Receive
;end beep

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำศัพท์และนิยาม (Terms and Definition)

1. Electronic Identification (EID)

เป็นวิธีการที่กำหนดลักษณะเฉพาะตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งโดยทั่วไป หมายถึง เทคโนโลยีที่ใช้เครื่องอ่านบาร์โค้ด เครื่องอ่านแถบแม่เหล็ก เครื่องอ่านบัตรสมาร์ตการ์ด รวมทั้งเทคโนโลยีใหม่ที่เป็น Radio Frequency Identification (RFID) ด้วย

2. Radio Frequency Identification (RFID)

เป็นวิธีการกำหนดลักษณะประจำตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่ง โดยนำคลื่นวิทยุมาใช้ในการควบคุมการอ่านและบันทึกข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่อ่าน (Interrogator) และบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ (Tag)

3. Tag

เป็นคำเฉพาะที่ใช้เรียกแทนบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ของระบบ RFID ซึ่งใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการเก็บข้อมูลที่บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ได้บัญญัติไว้ ปัจจุบันกลายเป็นชื่อมาตรฐานไปแล้ว

4. Transponder

เป็นคำที่มีความหมาย เช่นเดียวกับ Tag แต่เป็นเทอมที่ถูกกำหนดโดยมาตรฐาน ANSI (American National Standard Institute) ปัจจุบันได้กำหนดให้ X3T6 เป็นมาตรฐานใหม่สำหรับ Non-Contract Information System Interface (NCISI) ซึ่งนำระบบ RFID มาใช้

5. RF-Module

หมายถึง ส่วนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้องในการส่งและรับคลื่นวิทยุ เช่น ภาคส่ง ภาครับ อุปกรณ์กรองความถี่

6. Interrogator

เป็นอุปกรณ์ส่วนควบคุม เพื่อทำการอ่านข้อมูลและบันทึกข้อมูลที่ Tag โดยส่งคำสั่งผ่าน RF-Module ทำการควบคุมเพื่ออ่านและเขียน Tag โดยใช้การสื่อสารทางคลื่นวิทยุ

7. Reading Zone

หมายถึงพื้นที่ที่มีความเข้มของคลื่นวิทยุ(Signal Strength) ที่เกิดจากการแผ่กระจายจากสายอากาศของ RF-Module เพียงพอ ในการที่ Tag จะสามารถรับและสามารถนำไปทำงานได้ เพื่อว่าจะสามารถแปลความหมายของสัญญาณคำสั่งของ Interrogator (ที่อยู่ในรูปของสัญญาณ RF) แล้วนำไปประมวลผลเพื่อตอบกลับได้ สำหรับกรณีที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลลงบน Tag โชนนี้จะหมายถึง โชนที่ให้ความเข้มของคลื่นวิทยุเพียงพอในการที่ Tag จะนำข้อมูลที่รับได้ไปเขียนบันทึกลงในหน่วยความจำด้วย



ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นายสัมฤทธิ์ บุญอมร
วันเดือนปีเกิด	6 กันยายน 2506
สถานที่เกิด	จังหวัดนครศรีธรรมราช
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2529
อาชีพปัจจุบัน	รับจ้าง บริษัท เวิลด์ เคเบิล เน็ตเวอร์คจำกัด(มหาชน)
ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับ	ระบบติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ (A DEVELOPMENT OF AUTOMATIC MATERIAL TRACKING) วิศวกรรมสาร วิศวกรรม สถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
ประสบการณ์ทำงาน	
2538-2539	ผู้จัดการทั่วไป บริษัท เวิลด์ เคเบิล เน็ตเวอร์คจำกัด(มหาชน)
2537-2538	ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายพัฒนาธุรกิจ บมจ. โทเทิล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น(TAC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้