สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบบอกตำแหน่งโดยใช้อุปกรณ์ GPS

GPS Tracking System

โดย

นาย อภิชาติ เธียรปรีชา

นาย อภิชาติ ศิริรัตนบุญชัย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61893
วัน,เดือน,ปี 24 ก.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบบอกตำแหน่งโดยใช้อุปกรณ์ GPS

GPS Tracking System

โดย

นาย อภิชาติ เธียรปรีชา 44010584

นาย อภิชาติ ศิริรัตนบุญชัย 44010585

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ระบบบอกตำแหน่งโดยใช้อุปกรณ์ GPS**

GPS Tracking System

ผู้จัดทำ

1. นายอภิชาติ เธียรปรีชา 44010584
2. นายอภิชาติ ศิริรัตนบุญชัย 44010585

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบบอกตำแหน่งโดยใช้อุปกรณ์ GPS

GPS Tracking System

โดย 1. อภิชาติ เธียรปรีชา 44010584

2. อภิชาติ ศิริรัตนบุญชัย 44010585

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

รศ.ดร.สุวิพล สิทธิชีวภาค

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน มีบริษัทขนส่งมากมายซึ่งค่าใช้จ่ายหลักคือค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการขนส่งและพนักงานขับรถ ซึ่งบริษัทบางแห่งมีปัญหาในการตรวจสอบพฤติกรรมการขับรถของคนขับรถ ดังนั้นเพื่อให้บริษัทสามารถลดค่าใช้จ่ายบางส่วนลง จึงต้องมีการตรวจสอบพฤติกรรมของคนขับรถขึ้น โครงงานนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้งาน GPS (Global Positioning System) เพื่อใช้ในการตรวจสอบพฤติกรรมของคนขับรถว่าได้ขับรถออกนอกเส้นทางทำให้ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อเที่ยวเพิ่มขึ้นหรือไม่ โดยการนำวงจรไฟฟ้ามาใช้บันทึกเส้นทางการเดินรถ, ใช้แจ้งเตือนไปยังสถานีฐานเมื่อรถออกนอกพื้นที่ที่กำหนดผ่านทางโมเด็มโทรศัพท์เคลื่อนที่ และสามารถใช้บอกตำแหน่งของรถในปัจจุบันได้

Abstract

Nowadays there are so many transportable companies that big amount in their expense spent by drivers. Also, some companies faced problems about investigating driver's behavior. Therefore, in order to decrease their expense, they need to track and investigate their driver's behavior. This project presents an application of GPS (Global Positioning System) for investigating driver's behavior whether they drive out of area that make higher expense per time of transportation or not. This application program uses electrical circuit for recording transport route, warning base station when vehicle is out of area via mobile modem and informing present position of vehicle.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่1 บทนำ 1

บทที่2 ทฤษฎีและหลักการ 3

2.1 ภาพรวมของระบบ 3

2.1.1 ส่วนอวกาศ 3

2.1.2 ส่วนสถานีควบคุม 4

2.1.3 ส่วนของผู้ใช้ 5

2.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส 6

2.2.1 สายอากาศ 6

2.2.2 เครื่องรับ 6

2.2.3 โพรเซสเซอร์ 7

2.2.4 อุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท 7

2.2.5 แหล่งจ่ายไฟ 8

2.3 ระบบพิกัดอ้างอิงของจีพีเอส 8

2.4 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอและโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของจีพีเอส 12

2.4.1 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ 12

2.4.2 การอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้า 12

2.4.3 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ– 0183 13

2.4.4 โปรโตคอลเอ็นเอ็มอีเอ– 0183 13

2.4.5 ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ 13

2.4.6 รายละเอียดภายในเรคอร์ดต่าง ๆ ของข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ 14

2.5 ระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบไอสแควซีบัส 19

2.5.1 ความรู้เรื่องการสื่อสารแบบไอสแควซีบัส 19

2.5.2 การเชื่อมต่อบัสแบบไอสแควซีบัส 19

2.5.3 การรับส่งข้อมูลของไอสแควซีบัส 20

2.5.4 ข้อกำหนดในการเริ่มต้น (Start) และสิ้นสุด (Stop) 21

2.5.5 การแจ้งสภาวะรับทราบในบัส (Acknowledge) 22

2.6 หน่วยความจำอีสแควพรอมแบบไอสแควซี (24XX) 23

2.6.1 คุณสมบัติของหน่วยความจำอีสแควพรอมแบบไอสแควซี 23

2.6.2 การจัดขาสัญญาณของหน่วยความจำ 24XX 24

2.6.3 การเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำ 26

2.6.4 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ 28

2.7 มาตรฐานคำสั่งของโมเด็ม 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การสื่อสารข้อมูลอนุกรม 35
2.8.1 ความเร็วของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม 36
2.8.2 รูปแบบของการส่งข้อมูลอนุกรม 36
2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 36
2.9.1 การใช้งานพอร์ทสื่อสารอนุกรม 36
2.9.2 กระบวนการรับและส่งข้อมูลอนุกรมของ MCS-51 38
2.9.2.1 พอร์ทอนุกรม (โหมด0) 38
2.9.2.2 พอร์ทอนุกรม (โหมด1) 38
2.9.2.3 พอร์ทอนุกรม (โหมด2) 38
2.9.2.4 พอร์ทอนุกรม (โหมด3) 39
2.9.3 รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรม SCON 39
บทที่3 การคำนวณและการสร้าง 40
3.1 การออกแบบโครงงาน 40
3.2 ส่วนรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส 41
3.2.1 การจัดการกับข้อมูลที่รับมาจากโมดูลจีพีเอส 41
3.2.2 วงจรที่ใช้ในการรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส 44
3.2.3 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอสสองสามสอง 47
3.2.4 วงจรจ่ายไฟสำรอง 47
3.2.5 วงจรการรับส่งสัญญาณของหน่วยความจำอีสแควพรอม 48
3.3 ส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 48
3.3.1 การจัดการกับข้อมูลที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ 48
3.3.2 การจัดการฐานข้อมูล 53
3.3.3 การเปลี่ยนค่าละติจูดลองจิจูดเป็นพิกัดเอ็กวายในแผนที่ 57
3.3.4 การเชื่อมต่อกับโมเด็มและบอกตำแหน่งเมื่อมีการเตือนจากชิ้นงาน 58
3.3.5 การส่งค่ากรอบพื้นที่เฝ้าระวังไปยังตัวชิ้นงาน 60
บทที่4 การทดลองและผลการทดลอง 61
4.1 กล่าวนำ 61
4.2 การทดลองเครื่องรับจีพีเอส 61
4.3 การทดลองกรองข้อมูลที่รับมาจากจีพีเอส 62
4.4 การทดลองความแม่นยำของจีพีเอส 62
4.5 การทดลองการลดขนาด 63
4.6 การทดลองเขียนและอ่านข้อมูลของหน่วยความจำ 64
4.7 การทดลองการใส่ค่าพิกัดเข้าไปในชิ้นงาน 64
4.8 การทดลองใช้งานอุปกรณ์ภายในรถ 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การทดลองการเตือนจากชิ้นงานไปยังโปรแกรม 66
4.9.1 การทดลองการเชื่อมต่อระหว่างโมเด็มมือถือกับโมเด็มคอมพิวเตอร์ 66
4.9.2 การทดลองโปรแกรมในการรับข้อมูลผ่านโมเด็มและ
บอกตำแหน่งปัจจุบันของรถ 67
4.10 การทดลองรับข้อมูลจากชิ้นงานเพื่อแปลความหมายข้อมูล 67
4.11 การทดลองให้โปรแกรมวาดเส้นทางลงบนแผนที่ 68
4.12 การทดลองการจัดการฐานข้อมูล 69
4.13 การทดลองเรียกจากเครื่องฐานเพื่อแสดงตำแหน่งปัจจุบันของรถ 70
4.14 การทดลองใช้งานโปรแกรมกับแผนที่กรุงเทพฯ 71
บทที่5 บทวิจารณ์และบทสรุป **73**
5.1 สรุปผลการทดลอง 73
5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง 73
5.3 แนวทางพัฒนาต่อไป 73
ภาคผนวก
หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 ภาพรวมของระบบจีพีเอส 3
รูปที่ 2.2 ตำแหน่งและการโคจรของดาวเทียมจีพีเอส รอบโลก 3
รูปที่ 2.3 การประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้ 6
รูปที่ 2.4 การหาความยาวของวายเมื่อทราบความยาวเอกซ์, แซด และค่ามุมต่าง ๆ 8
รูปที่ 2.5 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส 8
รูปที่ 2.6 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมมีรัศมี 22,000 กิโลเมตร 9
รูปที่ 2.7 การตัดกันของทรงกลมสองทรงกลม 9
รูปที่ 2.8 การตัดกันของทรงกลมสามทรงกลม 10
รูปที่ 2.9 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ และ บี 10
รูปที่ 2.10 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ และ บี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป 11
รูปที่ 2.11 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ, บี, ซี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป 11
รูปที่ 2.12 จุดตัดกันอย่างถูกต้องของดาวเทียม เอ, บี, ซี 11
รูปที่ 2.13 ลักษณะโครงสร้างการต่อบัสแบบไอสแควซีบัส 19
รูปที่ 2.14 ลักษณะของคอนโทรลไบต์ของไอสแควซี 20
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างรูปแบบของการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ไอโอแบบไอสแควซีบัสตัวหนึ่ง 21
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างรูปแบบของการเขียนข้อมูลให้กับอุปกรณ์ไอโอแบบไอสแควซีบัสตัวหนึ่ง 21
รูปที่ 2.17 ลักษณะการสร้างสภาวะเริ่มต้นและสภาวะสิ้นสุดของไอสแควซี 22
รูปที่ 2.18 ลักษณะการรับส่งบิตข้อมูลของไอสแควซี 22
รูปที่ 2.19 ลักษณะของสภาวะการรับส่งข้อมูลในบัสแบบไอสแควซี 23
รูปที่ 2.20 บล็อกไดอะแกรมของหน่วยความจำอีสแควพรอมตระกูล 24XX 24
รูปที่ 2.21 ขาสัญญาณโดยทั่วไปของไอซี 24XX 24
รูปที่ 2.22 รหัสคอนโทรลไบต์ของ 24XX/32/64/128/256 ของไมโครชิพ 25
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างการเขียนข้อมูลให้หน่วยความจำแบบทีละไบต์ 27
รูปที่ 2.24 ตัวอย่างการเขียนข้อมูลให้หน่วยความจำแบบครั้งละหน้า 27
รูปที่ 2.25 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ 28
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์ 29
รูปที่ 2.27 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ 29
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานโดยรวมของชิ้นงาน 40
รูปที่ 3.2 การเปลี่ยนแปลงจำนวนไบต์จากโมดูลจีพีเอสถึงหน่วยความจำอีสแควพรอม 43
รูปที่ 3.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 44
รูปที่ 3.4 โฟล์วชาร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 45
รูปที่ 3.5 โฟล์วชาร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 47
รูปที่ 3.7 วงจรจ่ายไฟสำรอง 47
รูปที่ 3.8 วงจรหน่วยความจำอีสแคว่พรอม 48
รูปที่ 3.9 โฟล์วชาร์ทการจัดการกับข้อมูลที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ 52
รูปที่ 3.10 โฟล์วชาร์ทการใส่ข้อมูลลงฐานข้อมูล 54
รูปที่ 3.11 โฟล์วชาร์ทการลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูล 55
รูปที่ 3.12 โฟล์วชาร์ทการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลออกมาบนแผนที่ 56
รูปที่ 3.13 ตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดในแผนที่ที่ควรทราบ 57
รูปที่ 3.14 ตำแหน่งของพิกเซลในแผนที่ 57
รูปที่ 3.15 โฟล์วชาร์ทการเฝ้าระวัง 59
รูปที่ 3.16 โฟล์วชาร์ทขั้นตอนการส่งค่าขอบพื้นที่ไปยังชิ้นงาน 60
รูปที่ 4.1 ระดับสัญญาณของข้อมูลที่ส่งออกมาจากโมดูลจีพีเอส 61
รูปที่ 4.2 ระดับสัญญาณข้อมูลที่ส่งออกมาจากไอซี MAX-232 61
รูปที่ 4.3 ข้อมูลที่จีพีเอสส่งออกมา 62
รูปที่ 4.4 ข้อมูลหลังจากกรองประโยคที่ต้องการ 62
รูปที่ 4.5 ข้อมูลที่ได้จากการลดขนาดข้อมูล 63
รูปที่ 4.6 ผลการเขียนและอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ 64
รูปที่ 4.7 การวาดกรอบในแผนที่ 65
รูปที่ 4.8 ค่าพิกัดที่โปรแกรมส่งไปยังชิ้นงาน 65
รูปที่ 4.9 ลักษณะสัญญาณไฟในขณะที่ชิ้นงานทำงาน 65
รูปที่ 4.10 ลักษณะของสัญญาณไฟเมื่อข้อมูลที่รับจากโมดูลจีพีเอสสามารถนำไปใช้ได้ 66
รูปที่ 4.11 ลักษณะของหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่ในสถานะปกติ 66
รูปที่ 4.12 ลักษณะของหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่ขณะทำการเรียกผ่านโมเด็มโดยใช้เอที
คอมมานด์และหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อทำการเชื่อมต่อกับโมเด็มคอมพิวเตอร์ 66
รูปที่ 4.13 การรับรู้การเรียกของตัวโปรแกรมและการเชื่อมต่อเสร็จสมบูรณ์ 66
รูปที่ 4.14 รูปการบอกตำแหน่งของตัวโปรแกรม 67
รูปที่ 4.15 รูปโปรแกรมการรับข้อมูลที่ส่งมาจากชิ้นงาน 67
รูปที่ 4.16 รูปการรับข้อมูลของโปรแกรม 67
รูปที่ 4.17 รูปการรับข้อมูลของโปรแกรมเมื่อเสร็จเรียบร้อย 68
รูปที่ 4.18 การบอกวันที่ เดือน ปีของข้อมูลที่แปลความหมายได้ 68
รูปที่ 4.19 สถานะการทำงานของชิ้นงานเมื่อส่งข้อมูลหมดแล้ว 68
รูปที่ 4.20 เส้นทางการเดินรถของข้อมูลที่รับเข้ามา 68
รูปที่ 4.21 ตารางฐานข้อมูล Access 69
รูปที่ 4.22 ข้อมูลที่ถูกใส่เข้าไปในฐานข้อมูล Access โดยใช้โปรแกรม 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.23 การเรียกจากเครื่องฐาน 70
รูปที่ 4.24 การแสดงตำแหน่งของโปรแกรมและค่ากรอบในแผนที่ 70
รูปที่ 4.25 แสดงภาพรวมโปรแกรมของโครงงานนี้ 71
รูปที่ 4.26 เส้นทางการเคลื่อนที่และกรอบที่กำหนดในแผนที่กรุงเทพฯ 71
รูปที่ 4.27 การแจ้งเตือนของตัวชิ้นงานในแผนที่กรุงเทพฯ 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 เรคอร์ดหลักๆ ในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอที่มักถูกนำมาใช้งาน 13
ตารางที่ 2.2 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีจีเอ 14
ตารางที่ 2.3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีแอลแอล 15
ตารางที่ 2.4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสเอ 16
ตารางที่ 2.5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสวี 17
ตารางที่ 2.6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดอาร์เอ็มซี 17
ตารางที่ 2.7 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดวีทีจี 18
ตารางที่ 2.8 ตารางสรุปคุณสมบัติของ 6 เรคอร์ดหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ 18
ตารางที่ 2.9 คอนโทรลไบต์ของหน่วยความจำแบบไอสแควซีบัสของไมโครชิพ 26
ตารางที่ 2.10 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ 33
ตารางที่ 2.11 โหมดการทำงานของพอร์ทสื่อสารอนุกรม 37
ตารางที่ 3.1 ตารางการลดขนาดข้อมูล 42
ตารางที่ 3.2 การเปลี่ยนข้อมูลที่เป็นเลขฐานสิบหกแต่ละตัวเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต 50
ตารางที่ 3.3 การเปลี่ยนเป็นข้อมูลเดิม 51
ตารางที่ 4.1 ค่าจากจีพีเอสโมดูล ณ จุดเดียวกัน 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในการเดินทางของมนุษย์ไม่ว่าในสมัยใด สิ่งจำเป็นในการเดินทางก็คือสิ่งที่ช่วยบอกว่ากำลังเดินทางไปยังตำแหน่งและทิศทางใด ก่อนมีการใช้ระบบจีพีเอส มนุษย์ยังไม่เคยมีเครื่องมือใดที่ใช้บอกตำแหน่งหรือทิศทางได้อย่างสมบูรณ์เลย วิวัฒนาการของการบอกทางเริ่มจากการดูดาวบนท้องฟ้าซึ่งใช้ได้ดีเพราะดาวอยู่ไกลมาก ทำให้สามารถมองเห็นดาวได้จากที่ต่าง ๆ ในบริเวณกว้างได้ แต่จะสามารถเห็นดาวได้เฉพาะตอนกลางคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใสเท่านั้น ในยุคอิเล็คทรอนิคส์ มนุษย์สร้างเครื่องมือในการเดินเรือชื่อ โลแรน (LORAN) ที่ใช้คลื่นวิทยุซึ่งติดตั้งตามพื้นที่ส่วนต่างๆ และระบบต่อมาใช้ดาวเทียมเหมือนจีพีเอส คือระบบการส่งผ่าน (TRANSMIT SYSTEM) หรือ แซทนาฟ (SATNAV) ทั้งสองระบบได้เลิกใช้ไปแล้วเนื่องจากมีข้อบกพร่อง คือสำหรับโลแรนนั้นสามารถบอกตำแหน่งได้เพียงบริเวณหนึ่ง ๆ เท่านั้นไม่สามารถครอบคลุมทั้งหมด ส่วนระบบการส่งผ่านสามารถที่จะบอกตำแหน่งครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าแต่ก็มีข้อบกพร่อง คือวงโคจรของดาวเทียมต่ำเกินไปและมีจำนวนน้อยเกินไป และคลาดเคลื่อนได้ง่าย

กระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา ได้ดำเนินโครงการระบบหาพิกัดตำแหน่งด้วยดาวเทียมหรือจีพีเอสขึ้น โดยจีพีเอสใช้ดาวเทียม 24 ดวง โคจรอยู่ในระดับที่สูงพ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลก และวิธีการที่สามารถให้ความถูกต้องเพียงพอที่จะใช้ชี้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตำแหน่งทางราบไม่เกิน 50 เมตรและถ้าใช้วิธีวัดแบบอนุพันธ์ (Differential) จะให้ความถูกต้องถึงระดับเซนติเมตร จากการพัฒนาทางอิเล็กทรอนิกส์ทำให้สามารถผลิตเครื่องรับจีพีเอส ที่มีขนาดเล็กลง และมีราคาถูกลงกว่าเครื่องรับระบบการส่งผ่านเดิมเป็นอย่างมาก

ปัจจุบันมีการนำจีพีเอสมาใช้ในหลายด้าน เช่น งานที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจ อาทิเช่นภูมิศาสตร์, วิศวกรรมศาสตร์, สิ่งแวดล้อม เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าการที่มนุษย์สามารถทราบรายละเอียดทั้งพิกัดตำแหน่ง ความเร็วรวมทั้งเวลาของการเดินทางได้นั้นจะช่วยให้สามารถปรับปรุงการเดินทางนั้น ๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ ไม่ว่าจะเป็นการหาเส้นทางที่ดีที่สุดในการเดินทางเพื่อประหยัดเชื้อเพลิงและเวลา หรือ หากสามารถประเมินทรัพยากรต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการเดินทางของรถแต่ละคันในแต่ละเส้นทางได้ จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งต่างๆ ที่ต้องใช้พาหนะในการขนส่งเป็นสำคัญ

ปัญหาหนึ่งที่มักเกิดกับผู้ประกอบการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งก็คือการที่ไม่สามารถควบคุม และรับรู้พฤติกรรมของคนขับรถในขณะที่นำรถออกไปใช้ได้ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาอื่น ๆ อีกมากมายตามมาก็คือ คนขับรถอาจขับรถด้วยความประมาท ทำให้สิ่งที่บรรทุกไปเกิดความเสียหายได้ หรือคนขับรถอาจนำรถออกไปใช้นอกเส้นทางทำให้เปลืองทรัพยากรของผู้ประกอบการได้ หรือคนขับรถอาจแวะหยุดกลางทางเพื่อทำกิจกรรมบางอย่างที่นำความเสียหายมาให้แก่ผู้ประกอบการได้ เป็นต้น

โครงงานชิ้นนี้เป็นโครงงานที่ช่วยแก้ปัญหาเหล่านั้น กล่าวคือ โครงงานนี้ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ที่แบ่งออกเป็นสองส่วน โดยส่วนหนึ่งเป็นส่วนที่ติดอยู่บนพาหนะ มีความสามารถในการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดต่างๆ ของการเดินทาง อาทิเช่น เส้นทางการเดินรถ, ความเร็วที่ใช้ในการเดินทาง, วันที่ และเวลาในการเดินทาง แล้วเก็บข้อมูลที่ได้ลงบนหน่วยความจำที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นไปประมวลผลในส่วนที่สอง ซึ่งจะติดตั้งอยู่ในสำนักงาน หรืออาคาร เพื่อเก็บข้อมูลการเดินรถที่ได้ลงบนฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์ แล้วสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์ในรูปแบบกราฟิก เมื่อรถมาถึงที่หมายแล้วเพื่อให้สะดวกแก่การใช้งาน ซึ่งจะช่วยให้ผู้ประกอบการเกี่ยวกับการขนส่งต่างๆ สามารถรับทราบการทำงานของพนักงานเพื่อใช้ในการควบคุมการปฏิบัติงานและติดตามความเคลื่อนไหวของพนักงานได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลออกมาประมวลผลใหม่ในโอกาสต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

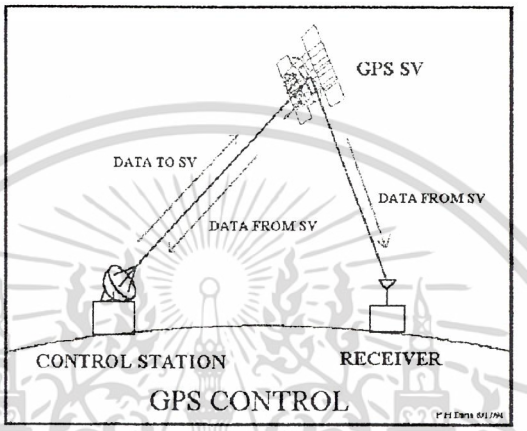
บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ภาพรวมของระบบ (System Overview) ระบบจีพีเอสประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ คือ

2.1.1 ส่วนอวกาศ (Space Segment)

2.1.2 ส่วนสถานีควบคุม (Operation Control Segment)

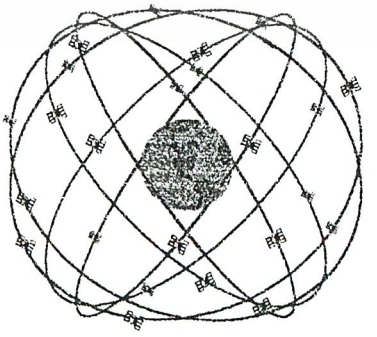
2.1.3 ส่วนของผู้ใช้ (User Receiving Segment)



รูปที่ 2.1 ภาพรวมของระบบจีพีเอส

2.1.1 ส่วนอวกาศ

ในระบบดาวเทียมจีพีเอส จะประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง โดยดาวเทียมจำนวน 21 ดวง จะใช้ในการบอกพิกัด ส่วนที่เหลือ 3 ดวงจะสำรองเอาไว้ ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้จะมีวงโคจรอยู่ 6 วงโคจร ด้วยกัน โดยแบ่งจำนวนดาวเทียมวงโคจรละ 4 ดวง และมีรัศมีวงโคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 20,000 กิโลเมตร (12,600 ไมล์) วงโคจรทั้ง 6 จะเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร (Euator) เป็นมุม 55 องศาในลักษณะสานกันคล้ายลูกตะกร้อดาวเทียมแต่ละดวงจะใช้เวลาในการโคจรครบรอบ 12 ชั่วโมง/รอบ นั่นคือคาบของการโคจรเป็น 12 ชั่วโมง/รอบ ความถี่ที่ใช้ในการบอกตำแหน่งค่าพิกัดของดาวเทียมแต่ละดวงมี 2 ความถี่ คือ ความถี่ Link1 (L1) : 1,575.42 MHz และความถี่ Link2 (L2) : 1,227.60 MHz



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งและการโคจรของดาวเทียมจีพีเอส รอบโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียมจะโคจรครบ 1 รอบ โดยใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที ดาวเทียมจึงควรถูกวางในระนาบโคจร 4 ดวงขึ้นไป สำหรับการบอกตำแหน่งที่จะต้องสังเกตได้ ณ ทุก ๆ ที่บนโลกดาวเทียมจะส่งสัญญาณเพื่อการวัดระยะทาง (Ranging Signal) บน 2 ความถี่ แอลหนึ่ง (L1) ที่ 1575.42 เมกกะเฮิรตซ์และแอลสอง (L2) ที่ 1227.6 เมกกะเฮิรตซ์ สัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งด้วยเทคนิค สเปรดสเปคตรัม (Spread Spectrum) โดยใช้รหัสที่แตกต่างกัน 2 แบบ คือ รหัสซีเอโค้ด (C/A: Coarse/Acquisition Code) ที่ความถี่ 1.023 เมกกะเฮริตซ์บนแอลหนึ่ง และรหัสพีวายโค้ด (Precision Code) ความถี่ 10.23 เมกกะเฮิรตซ์ บนแอลหนึ่ง และแอลสอง ทั้งรหัสซีเอโค้ด และรหัสพีวายโค้ดสามารถถูกใช้เพื่อบอกระยะทางระหว่างดาวเทียมกับผู้ใช้งานได้ แต่ตามปกติรหัสพีจะถูกเข้ารหัสไว้และสามารถถูกใช้บอกระยะทางระหว่างทางการเท่านั้น รหัสพีที่ถูกเข้ารหัสอีกครั้งจะเรียกว่ารหัสวาย ส่วนข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message) คือข้อมูลไบอัสสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม (Satellite Clock Bias Data) ข้อมูลอีฟีเมอริส (Satellite Ephemeris Data) สำหรับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดจากการเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionospheric Signal Propagation Correction Data) นั้นมีข้อมูลอัลมาแนคของดาวเทียม (Satellite Almanac Data) และดาวเทียมทุกดวงในกลุ่มส่วนสถานีควบคุม

2.1.2 ส่วนสถานีควบคุม

ในส่วนของสถานีควบคุมจะประกอบด้วย 5 สถานีย่อย (Monitor Station) ตั้งอยู่ที่เมือง Diego, Garcia Ascention Island, Kwajalein และHawaii ส่วนสถานีควบคุมหลัก (Master Control Station) 1 สถานี ซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบดาวเทียมจีพีเอสตั้งอยู่ที่เมือง Colorado Springs รัฐ Colorado สหรัฐอเมริกา สถานีควบคุมต่าง ๆ เหล่านี้มีหน้าที่คอยติดต่อสื่อสาร (Tracking) กับดาวเทียมทำการคำนวณผล (Computation) เพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และส่งข้อมูลที่ได้ไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ทันสมัยอยู่เสมอ

สถานีควบคุมมีหน้าที่รับผิดชอบการทำงานของดาวเทียมจีพีเอส เช่นการรักษาตำแหน่งของดาวเทียม (Station Keeping) ตรวจสภาพและสถานะของระบบต่าง ๆ บนดาวเทียม แผงเซลแสงอาทิตย์ ระดับพลังงานของแบตเตอรี่ การเปิดดาวเทียมสำรอง ปรับปรุง ข้อมูลอีฟีเมอริส ข้อมูลอัลมาแนคและตัวชี้ค่าอื่น ๆ ในข่าวสารการนำร่อง วันละครั้งหรือตามแต่ความจำเป็นค่าอีฟีเมอริสพารามิเตอร์ คือ ข้อมูลที่แม่นยำของวงโคจรดาวเทียมที่จะปรับปรุงทุก ๆ 4 – 6 ชั่วโมง ซึ่งข้อมูลข่าวสารการนำร่องสามารถเก็บไว้ได้อย่างน้อย 14 – 20 วัน การปรับปรุงทุก ๆ 4 – 6 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับดาวเทียมแต่ละรุ่น ข้อมูลอัลมาแนคเป็นสับเซตของอีฟีเมอริสพารามิเตอร์ที่ไม่เที่ยงตรงมาก จะประกอบไปด้วย 7 พารามิเตอร์จากอีฟีเมอริส 15 ตัว ซึ่งใช้ในการทำนายตำแหน่งโดยประมาณของดาวเทียมและการรับสัญญาณ นอกจากนี้ส่วนสถานีควบคุมจะทำการวัดซูโดเรนจ์ (Pseudo Range) และเดลต้าเรนจ์ (Delta Range) เพื่อกำหนดตัวแปรแก้ไขเวลา, ข้อมูลอัลมาแนค และข้อมูลอีฟีเมอริส ส่วนสถานีควบคุมประกอบด้วย 3 ส่วนคือ สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station: MCS) สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station: MS) และจานสายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Antenna: GA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีสังเกตการณ์

สถานีสังเกตการณ์จะมีเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสทั้ง 2 ความถี่ (L1 และL2) โดยจะทำการวัดค่าซูโดเรนจ์ และเดลต้าเรนจ์ของแต่ละดาวเทียมที่ผ่านสถานีและมีนาฬิกา Cesium 2 ตัวที่ตั้งเวลาเพื่อใช้ในการอ้างอิงกับเวลาของระบบจีพีเอส

สัญญาณจากดาวเทียมที่ส่งมาถึงสถานีสังเกตการณ์นั้นมีการหักเหและล่าช้าในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ และโทรโพสเฟียร์ เรียกการล่าช้านี้ว่า ไอโอโนสเฟียดีเลย์ (Ionosphere Delay) และโทรโพสเฟียร์ดีเลย์ (Tropospheric Delay) การล่าช้านี้จะทำให้เกิดการผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งการแก้ไขนั้นสถานีสังเกตการณ์จะรวบรวมข้อมูลจากสัญญาณที่ได้รับทั้ง 2 ความถี่ อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และจะส่งไปยังสถานีควบคุมหลักโดยกรมอุตุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกา เพื่อทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดและหาข้อมูลที่ต้องใช้ต่อไป

สถานีควบคุมหลัก

สถานีควบคุมหลักมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากสถานีสังเกตการณ์เพื่อตรวจสอบและกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูลอีฟีเมอริสให้ถูกต้องโดยเริ่มจากแก้ไขค่าซูโดเรนจ์ที่เกิดจากการล่าช้าเนื่องจากการผ่านชั้นบรรยากาศของทุก ๆ สถานีสังเกตการณ์จากนั้นจึงนำไปผ่านคาลมานฟิลเตอร์ (Kalman Filter) เพื่อให้ได้ค่าอีฟีเมอริสและค่าการเหลื่อมของสัญญาณนาฬิกาที่ถูกต้องโดยฟิลเตอร์จะถูกอัพเดททุก ๆ 15 นาทีด้วยค่าตำแหน่งของดาวเทียมที่ถูกคำนวณในระบบโคออดิเนตแบบเอิร์ธเซนเตอร์เอิร์ธฟิกซ์ (Earth – Center Earth – Fixed (ECEF)) สถานีควบคุมหลักจะเป็นศูนย์กลางในการทำงานของส่วนควบคุม ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศ Falcon, Colorado Spring, CO. ส่วนสถานีสังเกตการณ์จะกระจายอยู่ตามที่ต่าง ๆ เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมในย่านแอลแบนด์ (L – Band) และจะส่งสัญญาณเตือนไปยังสถานีควบคุมหลักภายใน 60 วินาทีหากตรวจพบความผิดพลาด

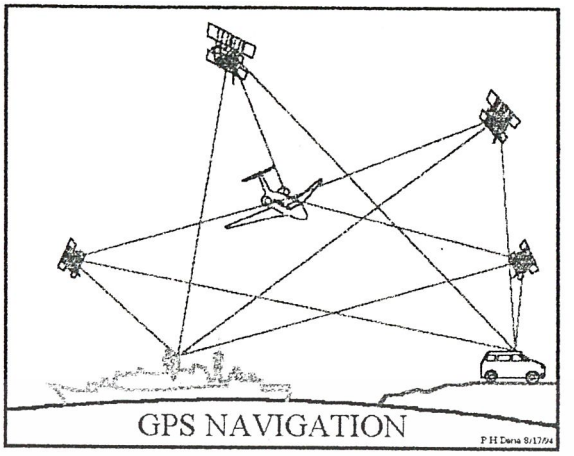
สายอากาศภาคพื้นดิน

จะทำหน้าที่ส่งคำสั่งและข้อมูลการนำร่องรวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ ที่เรียกว่าทีทีแอนด์ซี (TT&C: Telemetry, Tracking and Command) ซึ่งเตรียมโดยสถานควบคุมหลัก สำหรับดาวเทียมแต่ละดวงข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังสายอากาศภาคพื้นดิน และเก็บไว้จนกว่าดาวเทียมจะผ่านมาโดยส่งผ่านคลื่นความถี่ย่านเอสแบนด์ (S – Band) สายอากาศจะตั้งอยู่คู่กับสถานีสังเกตการณ์

2.1.3 ส่วนของผู้ใช้

ผู้ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลเรือน (Civilian) และส่วนที่เกี่ยวกับทางทหาร (Military) ในส่วนของผู้ใช้จะมีหน้าที่พัฒนาเครื่องรับสัญญาณ (Receiver) ให้ทันสมัยและสะดวกแก่การใช้งาน สามารถที่จะใช้ได้ในทุกแห่งในโลก และให้ค่าที่มีความถูกต้องสูง ส่วนประกอบที่สำคัญคือเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสโดยจะรับสัญญาณแอลแบนด์ที่ถูกส่งมาจากดาวเทียม และนำมาคำนวณเพื่อหาค่าตำแหน่ง, ความเร็ว และเวลาของเครื่องรับจากนั้นจะนำค่าไปประยุกต์ใช้งานตามแต่ลักษณะการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้

2.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

ชุดอุปกรณ์เครื่องรับประกอบไปด้วย 5 ส่วน คือสายอากาศ (Antenna), เครื่องรับ (Receiver), โปรเซสเซอร์ (Processor), อุปกรณ์ อินพุท/เอาท์พุท (Input – Output Element) และแหล่งจ่ายไฟ (Battery)

2.2.1 สายอากาศ

สัญญาณจากดาวเทียมจะถูกรับเข้ามาทางสายอากาศ ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีโพลาไรซ์ของคลื่นแบบวงกลมหมุนขวาและรับได้ในช่วงเกือบครึ่งวงกลมโดยทั่วไปครอบคลุม 160 องศา โดยมีกำลังขยายต่าง ๆ ตั้งแต่ประมาณ 2.5 dBic ที่จุดสูงสุดของกำลังขยายไปจนถึง 0 dBic ที่มุมเอเลเวชั่น 10 องศานี้ กำลังขยายจะเป็นลบ เนื่องจากสัญญาณดาวเทียมเป็นแบบวงกลมหมุนขวา สายอากาศแบบโคนีคอลเฮลิกซ์ หรือรูปแบบอื่น ๆ ที่ใช้งานได้จึงเหมาะสม เครื่องรับจีพีเอสที่แทรครหัสพีวายโค้ด ที่อยู่ในแอลหนึ่งและแอลสอง ต้องการแบนด์วิดธ์ 20.46 เมกกะเฮิรตซ์สำหรับทั้งสองความถี่ ถ้าเครื่องรับแทรคเฉพาะรหัสซีเอโค้ดที่อยู่บนแอลหนึ่ง สายอากาศเครื่องรับจะต้องมีแบนด์วิดธ์อย่างน้อย 2.046 เมกกะเฮิรตซ์ รูปแบบของสายอากาศที่ใช้มีหลาย ๆ รูปแบบ การเลือกใช้สายอากาศนั้นโดยรวม ๆ แล้วดูจากค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศ เช่น เกทแพทเทิร์น ขนาดของพื้นที่ที่ตั้ง คุณสมบัติทางแอโรไดนามิก ฯลฯ การเลือกใช้สายอากาศยังต้องคำนึงถึงความต้านทานเนื่องจากการรบกวนจากสัญญาณอื่น ๆ ด้วย

2.2.2 เครื่องรับ

ชนิดของเครื่องรับพื้นฐานในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ เครื่องรับที่แทรคทั้งรหัสพีวายโค้ดและรหัสซีเอโค้ด และเครื่องรับที่แทรคเฉพาะรหัสซีเอโค้ด ผู้ใช้แบบพีพีเอสโดยทั่วไปจะใช้เครื่องรับที่แทรครหัสพีวายโค้ดบนแอลหนึ่งและแอลสอง เครื่องรับแบบนี้จะเริ่มทำงานโดยการแทรครหัสซีเอโค้ดบนแอลหนึ่งเพียงอย่างเดียว แล้วสับเปลี่ยนมาทำการแทรครหัสพีวายโค้ดบนแอลหนึ่งและแอลสอง การแทรครหัสวายนี้จะทำกับเครื่องรับที่มีอุปกรณ์คริพโตกราฟฟิค (Cryptographic Equipment) เท่านั้นถ้าส่งมาจากดาวเทียมถูกเอนคริพ และเครื่องรับไม่มีอุปกรณ์คริพโตกราฟฟิคที่เหมาะสมเครื่องรับจะทำการแทรครหัสซีเอโค้ดบนแอลหนึ่งเป็นหลัก ผู้รับแบบเอสพีเอสจะใช้เครื่องรับที่แทรคโค้ดรหัสซีเอโค้ดบนแอลหนึ่งเพียงอย่างเดียว เนื่องจากแอลหนึ่งเป็นเพียงความถี่เดียวที่ส่งรหัสซีเอโค้ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับส่วนใหญ่จะมีช่องสัญญาณหลายช่อง โดยที่แต่ละช่องสัญญาณจะแทรคสัญญาณจากดาวเทียมดวงเดียว สัญญาณย่านความถี่ต่อจากฟิลเตอร์นั้นจะตามด้วยปรีแอมปลิฟลายเออร์เพื่อขยายสัญญาณ สัญญาณอาร์เอฟจะถูกดาวน์คอนเวอร์เตอร์เป็นสัญญาณอินเตอร์มิเดียตฟรีเควนซี (Intermediate frequency) หรือ สัญญาณไอเอฟในเครื่องรับสมัยใหม่ สัญญาณไอเอฟจะถูกสุ่มตัวอย่างและทำการดิจิไตซ์โดยเอทูดีคอนเวอร์เตอร์อัตราการสุ่มตัวอย่างโดยทั่วไปจะเป็นแปดถึงสิบสองเท่าของอัตราชิพของรหัสพีอาร์เอ็น (1.023 เมกกะเฮิรตซ์สำหรับซีเอโค้ดในแอลหนึ่ง และ10.23 เมกกะเฮิรตซ์สำหรับพีวายในแอลหนึ่ง และแอลสอง) อัตราการสุ่มตัวอย่างอย่างน้อยที่สุดจะเป็นสองเท่าของแบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารเพื่อเป็นไปตามกฎของไนส์ควิดส์ สำหรับเครื่องรับที่แทรคเฉพาะรหัสซีเอโค้ดแบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 2 เมกกะเฮิรตซ์ ในเครื่องรับที่แทรครหัสพีวายโค้ดแบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 20 เมกกะเฮิรตซ์ แซมเปิลจะถูกส่งต่อไปยังดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์ ดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์จะมีเอ็นแชนแนลช่องสัญญาณที่ขนานกัน เพื่อการแทรคสัญญาณคลื่นพาห์และรหัสพร้อม ๆ กัน ได้จากดาวเทียมเอ็นดวง (ในเครื่องรับปัจจุบัน เอ็นมีค่าตั้งแต่ 5 - 12) แต่ละช่องสัญญาณจะบรรจุโค้ดแทรคกิ้งลูปและแคร์เรียแทรคกิ้งลูปเพื่อแทรครหัสและคลื่นพาห์ ซึ่งก็คือการดีมอดูเลตข่าวสารการนำร่องนั่นเอง ช่องสัญญาณจะคำนวณการวัดที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือซูโดเรนจ์, เดลต้าเรนจ์ และอินทิเกรตดอปเปอร์ ขึ้นอยู่กับการทำงาน ค่าที่วัดได้ และข่าวสารการนำร่องที่ถูกดีมอดูเลตออกมาจะส่งต่อไปยังโปรเซสเซอร์

2.2.3. โพรเซสเซอร์

จะทำการควบคุมและสั่งงานให้เครื่องรับทำงานตามลำดับการปฏิบัติงานเริ่มจากการค้นหาสัญญาณตามด้วยการแทรคและการดึงข้อมูลออกมานอกจากนั้นโปรเซสเซอร์จะให้ผลลัพธ์ของตำแหน่ง, ความเร็ว และเวลา พีวีทีของเครื่องรับจากค่าที่วัดได้จากเครื่องรับในการใช้งานบางอย่างอาจมีโปรเซสเซอร์แยกกัน เพื่อคำนวณหาผลลัพธ์พีวีที และใช้งานในการนำร่องอื่น ๆ โปรเซสเซอร์ส่วนใหญ่จะให้ผลลัพธ์พีวีทีด้วยความถี่ 1 เฮิรตซ์ เป็นพื้นฐาน อย่างไรก็ตามเครื่องรับที่ถูกออกแบบสำหรับงานเกี่ยวกับการบินจะต้องการความถูกต้องแม่นยำ และการตอบสนองเร็วกว่า โดยทั่วไปแล้วต้องการการคำนวณผลลัพธ์พีวีทีที่อัตราอย่างน้อย 5 เฮิรตซ์ผลลัพธ์ที่คำนวณออกมาได้และข้อมูลการนำร่องที่เกี่ยวข้องจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท

2.2.4. อุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท

เป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟสระหว่างชุดเครื่องรับจีพีเอสและผู้ใช้ อุปกรณ์ไอโอแบบพื้นฐานมีอยู่ 2 ชนิด คือ รวมอยู่ในตัวเครื่องและภายนอกอุปกรณ์ไอโอ จะเป็นส่วนควบคุมและแสดงผล (CDU: Control Display Unit) ซีดียูจะให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลเข้าแสดงสถานะพารามิเตอร์การนำร่องต่าง ๆ เครื่องรับขนาดมือถือหรือขนาดเล็กจะมีซีดียู รวมอยู่ในตัวเครื่องในการติดตั้งแบบอื่น ๆ อุปกรณ์ไอโอจะถูกรวมไว้ในแผงควบคุมร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ นอกจากนั้นงานบางอย่างต้องทำงานร่วมกับเซนเซอร์อื่น ๆ ในการอินเตอร์เฟสเพื่อป้อนข้อมูลอินพุทเข้า และข้อมูลเอาท์พุทออก อินเตอร์เฟสที่มีอยู่ทั่วไป คือ ARINC 429, MIL – STD 1553V, อาร์เอส- 232 (RS-232) และRF422

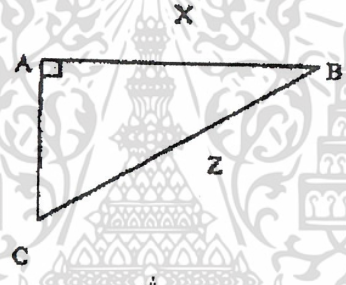
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.แหล่งจ่ายไฟ

มีทั้งแบบที่อยู่ในตัวเครื่องรับเองหรือแบบภายนอก หรือทั้งสองแบบรวมกัน อัลคาไลน์แบตเตอรี่หรือลิเทียมแบตเตอรี่ใช้สำหรับแหล่งจ่ายภายใน เช่นในเครื่องรับจีพีเอสแบบมือถือ แหล่งจ่ายไฟภายนอกใช้สำหรับงานที่เครื่องรับจีพีเอสใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่นเครื่องรับแบบที่เป็นการ์ดที่ติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือที่ติดตั้งในเรือ, เครื่องบิน นอกจากนี้การใช้แบตเตอรี่ภายในก็เพื่อรักษาข้อมูลที่เก็บไว้ในเม็มโมรี่

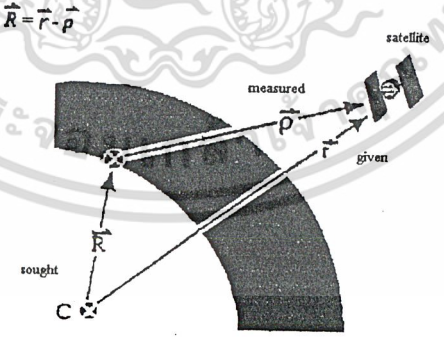
2.3 ระบบพิกัดอ้างอิงของ จีพีเอส

ในวิชาเรขาคณิตพื้นฐานที่เคยศึกษามาเกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยม ทำให้ทราบว่าถ้ารู้เส้นรอบรูปสามเหลี่ยมและมุมภายในรูปสามเหลี่ยมจะสามารถหาเส้นที่สามได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น สมมุติว่ามีรูปสามเหลี่ยมทางเรขาคณิตอย่างง่ายดังรูปที่ 2.4 โดยอาศัยความรู้เบื้องต้นจะเขียนได้ว่า $y^2 = z^2 - x^2$ หรือกล่าวได้ง่าย ๆ ว่าถ้ารู้ความยาวของแซด และเอกซ์ และมุมต่าง ๆ แล้วจะหาค่าความยาวของวายได้



รูปที่ 2.4 การหาความยาวของวายเมื่อทราบความยาวเอกซ์, แซด และค่ามุมต่าง ๆ

ทำนองเดียวกันจะอาศัยแนวคิดนี้ในการกำหนดพิกัดบนพื้นผิวโลกของระบบจีพีเอสได้ดังรูปที่ 2.5



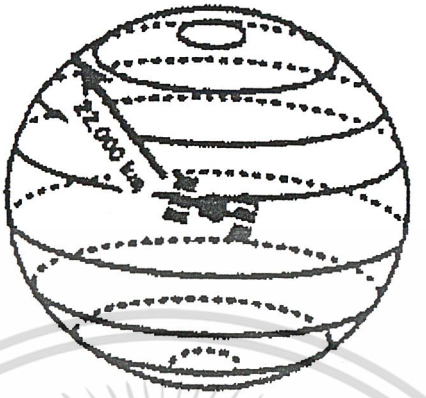
รูปที่ 2.5 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส

จากรูปที่ 2.5 ถือว่าจุดซีเป็นศูนย์กลางของโลก สายอากาศอยู่ที่พื้นผิวโลก ดาวเทียมลอยอยู่เหนือพื้นผิวโลก เครื่องรับที่ต่ออยู่กับสายอากาศสามารถวัดได้ว่า ดาวเทียมอยู่ห่างจากสายอากาศเท่าใด (P) และดาวเทียมส่งข้อมูลมาบอกเครื่องรับว่าตัวมันห่างจากจุดซีเท่าใด (r) ตัวเครื่องรับก็จะหาได้ว่าตำแหน่งของสายอากาศอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใดโดยอาศัย สมการทางคณิตศาสตร์เข้าช่วย คือ

$$\vec{R} = \vec{r} - \vec{p}$$

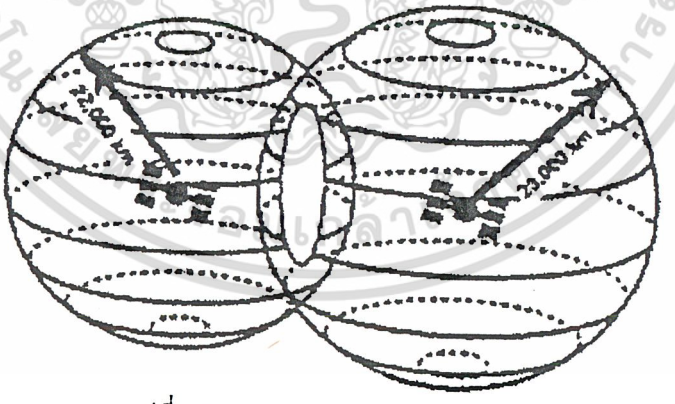
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเด็นต่อมาคือเครื่องรับมีหลักการในการวัดระยะห่างระหว่างตัวมันกับดาวเทียมอย่างไรในช่วงแรกขอสมมุติว่า ดาวเทียมดวงแรกโคจรอยู่เหนือพื้นโลก 22,000 กิโลเมตร ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมมีรัศมี 22,000 กิโลเมตร

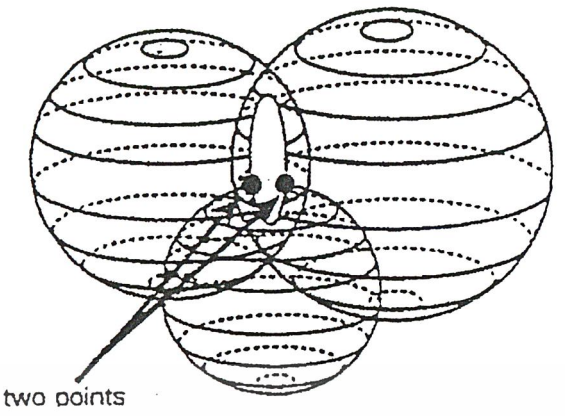
จากรูปที่ 2.6 จะเห็นว่าเครื่องรับที่อยู่บนพื้นผิวโลกอาจจะอยู่บริเวณใดก็ได้บนพื้นผิวทรงกลมที่สร้างขึ้นมาล้อมรอบดาวเทียมเพราะเราไม่รู้ว่าที่จุดใดของทรงกลมแตะอยู่กับพื้นโลก รู้แต่เพียงว่าจะมีอยู่จุดหนึ่งเท่านั้นที่สัมพันธ์กับพื้นผิวโลก ถ้ามีดาวเทียมอีกดวงหนึ่งโคจรอยู่เหนือพื้นดิน 23,000 กิโลกเมตร เราก็จะสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่งถ้าทรงกลมทั้งสองมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นวงกลมเล็ก ๆ เกิดขึ้น เครื่องรับน่าจะอยู่ที่ใดที่หนึ่งในวงกลมนี้ ซึ่งยังคงเป็นพื้นที่ที่กว้างเกินไป



รูปที่ 2.7 การตัดกันของทรงกลมสองทรงกลม

ถ้ามีดาวเทียมอีกดวงเป็นดวงที่สามโคจรอยู่เหนือพื้นโลก 24,000 กิโลเมตรก็สามารถสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสามมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นจุดสองจุดที่ขอบของวงกลมเล็ก ๆ เครื่องรับน่าจะอยู่จุดใดจุดหนึ่งในสองจุดนี้ แต่จะมีจุดเดียวเท่านั้นที่เป็นไปได้ในทางทฤษฎี (ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยอาศัยคณิตศาสตร์เข้าช่วย)

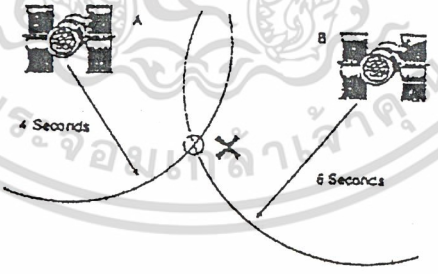
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การตัดกันของทรงกลมสามทรงกลม

ประเด็นถัดมาลองมาดูว่าตัวเครื่องรับสัญญาณจะรู้ว่าดาวเทียมอยู่ห่างจากสายอากาศของเครื่องรับเป็นระยะทางเท่าใดอย่างไร โดยหลักการแล้วถือว่าคลื่นเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสงดังนั้นถ้าสมมุติว่าดาวเทียมส่งข้อมูล เอบีซี ออกมาจากดาวเทียมเมื่อเวลา 8.00 นาฬิกา แล้วเครื่องรับรับข้อมูล เอบีซี ได้เวลา 8.01 นาฬิกาแสดงว่าข้อมูลใช้เวลาเดินทางจากดาวเทียมมายังสายอากาศใช้เวลา 1 นาที เมื่อนำค่านี้คูณด้วยความเร็วของแสงก็จะทำให้ได้ระยะทางออกมาเช่นเดียวกัน

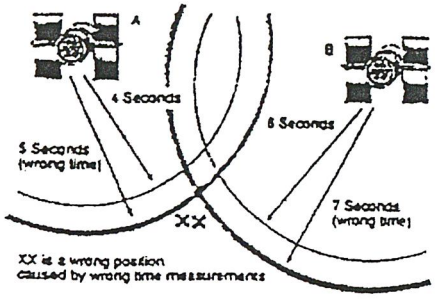
ดังนั้นแทนที่เราจะบอกเป็นระยะทางว่าดาวเทียมโคจรอยู่สูงจากพื้นผิวโลกกี่กิโลเมตร เราอาจบอกเป็นเวลาก็ได้ เช่นดาวเทียมสองดวงอยู่ห่างจากสายอากาศ 4 และ6 วินาที เพื่อให้ง่ายขึ้นจะมองทรงกลมที่สมมุติขึ้นมาล้อมรอบดาวเทียมแค่สองมิติเป็นวงกลมล้อมรอบดาวเทียม เอ และบี และสมมุติว่าเกิดจุดตัดกันออกมาที่จุด เอกซ์ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ และบี

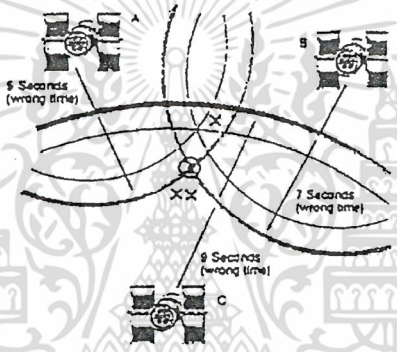
แต่ถ้าเวลาที่วัดได้เกิดการผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นจะด้วยสาเหตุใดก็ตาม เช่นดาวเทียม เอ จาก 4 วินาทีเป็น 5 วินาที และดาวเทียม บี จาก 6 วินาทีเป็น 7 วินาที ผลที่เกิดขึ้นก็คือแทนที่จะเกิดจุดตัดขึ้นที่จุดเอกซ์ กลับเกิดที่จุดเอกซ์เอกซ์ ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



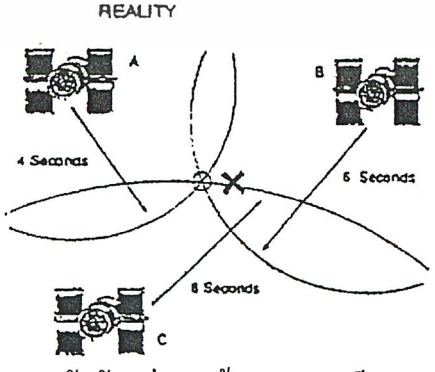
รูปที่ 2.10 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ และบี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป

แม้ว่าจะใช้ดาวเทียมดวงที่สาม (ดาวเทียม ซี) เข้าช่วยเพื่อหาตำแหน่งที่แน่นอนดังกล่าวมาแล้วในตอนต้น ถ้าเวลาผิดพลาดไปก็จะเกิดจุดตัดที่ผิดพลาดขึ้นมาเช่นกัน ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 จุดตัดกันของดาวเทียม เอ, บี, ซี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป

จากรูปที่ 2.11 จะเห็นว่าจุดที่ถูกต้องตามที่ต้องการในครั้งแรกก็คือจุดเอกซ์ ซึ่งจะเป็นจุดตัดจุดเดียวเท่านั้น ไมโครโปรเซสเซอร์ในเครื่องรับจะเริ่มทำการปรับค่าความผิดพลาดของเวลาของดาวเทียมแต่ละดวง การทำเช่นนี้จำต้องอาศัยดาวเทียมอีกดวงหนึ่งเข้าช่วยเพื่อทำการปรับตั้งเวลาในเครื่องรับให้แม่นยำขึ้น จากนั้นจึงทำการขยับเวลาที่ทำการวัดได้จากดาวเทียมแต่ละดวงเพื่อทำการลดค่าผิดพลาดให้น้อยลง เมื่อทำการปรับได้อย่างถูกต้องแล้วก็จะทำให้ได้จุดตัดออกมาอย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 จุดตัดกันอย่างถูกต้องของดาวเทียม เอ, บี, ซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่ได้อธิบายมาข้างต้นจะเห็นว่าความแม่นยำของเวลาเป็นหัวใจของระบบทีเดียว ดังนั้นบนดาวเทียม จีพีเอสจึงมีนาฬิกาอะตอมที่มีความแม่นยำสูงบรรจุอยู่ถึง 4 เครื่อง นาฬิกาเหล่านี้จะถูกปรับตั้งให้มีความแม่นยำอยู่ตลอดเวลาโดยสถานีควบคุมภาคพื้นดิน จากแนวความคิดที่กล่าวมานี้ถ้าเครื่องรับ รับสัญญาณอยู่บนพื้นโลกจะทำให้เครื่องรับทราบว่าตัวมันห่างจากดาวเทียมเท่าใด เสมือนกับได้ระยะทางด้านหนึ่งของสามเหลี่ยมแล้ว คือด้านพีด้านที่สองของสามเหลี่ยมคืออาร์ เครื่องรับจะทราบได้โดยดาวเทียมจะส่งข้อมูลมาบอกว่ามันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด ดังนั้นเครื่องรับจะคำนวณได้ว่าตัวมันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด

เนื่องจากพิกัดที่ได้จากเครื่องจีพีเอสมักจะอยู่ในรูปของ ละติจูด, ลองจิจูด หรือค่าตัวแปรเอกซ์วาย แซด การกำหนดค่าดาตัมผิดจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นอย่างมาก

จีโอเดติคดาตัม คือ การกำหนดระบบอ้างอิงที่ใช้อธิบายขนาดและรูปร่างของโลก ว่าควรมีลักษณะอย่างไรในสมัยโบราณถือว่าโลกแบน ดังนั้นระนาบอ้างอิงจึงเป็นแพลนระนาบต่อมาพบว่าโลกเป็นทรงกลม ระบบอ้างอิงจึงถูกเปลี่ยนเป็นทรงกลมตามไปด้วยจนภายหลังพบว่ารูปร่างของโลกที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดเป็นรูปไข่ และใช้มาจนถึงปัจจุบันนี้ เมื่อผนวกเข้ากับระบบการกำหนดพิกัดอ้างอิงก็จะทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกได้อย่างแม่นยำ

2.4 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA) และโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของจีพีเอส

2.4.1 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA standard)

เอ็นเอ็มอีเอเป็นโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารซึ่งกำหนดขึ้นโดยองค์กรกลางคือ National Marine Electronics Association ในแรกเริ่มนั้นเอ็นเอ็มอีเอถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเซ็นเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเดินเรือเป็นหลัก ต่อมาเมื่อระบบจีพีเอสถูกนำมาใช้และมีบทบาทในการเดินเรือมากขึ้นตามวันเวลาที่ผ่านไป จึงทำให้เอ็นเอ็มอีเอถูกพัฒนามาเป็นมาตรฐานกลางสำหรับใช้สื่อสารระหว่างอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสและอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ๆ (Terminal equipment) แต่ถึงกระนั้นก็ยังคงมีอยู่ที่อุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสอยู่บ้างบางผู้ผลิตที่มีโปรโตคอลเฉพาะสำหรับใช้งานเอง แต่เนื่องจากเป็นเพียงส่วนน้อยเท่านั้นเราจึงจะไม่ขอกล่าวถึง

สำหรับมาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอที่หมายถึงในที่นี้คือมาตรฐานซึ่งมีชื่อเรียกเต็ม ๆ ว่าเอ็นเอ็มอีเอ-0183 เวอร์ชัน 1.5 หรือ 2.2 ซึ่งเป็นสำหรับมาตรฐานที่ใช้กัน อย่างไรก็ตามมาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ- 0183 เวอร์ชัน 2.2 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ถูกประกาศใช้มาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1997 เป็นเวอร์ชันซึ่งใหม่กว่าและในปัจจุบันอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสส่วนใหญ่สามารถรองรับได้

2.4.2 การอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้า (Electrical Interface)

มาตรฐานนี้สามารถใช้เป็นระบบที่มีตัวส่ง (Talker) เดียวและมีตัวรับ (Listener) สายที่แนะนำให้ใช้เป็นแบบชิลด์ทวิสท์แพร์โดยต่อกราวด์ที่ตัวส่งเท่านั้นมาตรฐานไม่ได้กำหนดชนิด คอนเนคเตอร์ (Connector) เจาะจง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ- 0183

มาตรฐานที่เอาท์พุทจะเป็นแบบอีไอเอ- 422 และมีสายสัญญาณ 2 เส้นคือเอ และบี โวลต์เตจบนเส้นเอจะเป็นเหมือนกับสายทีทีแอลเดี่ยวแบบเดิม ขณะที่บีโวลต์เตจจะกลับทางกันกับเอ เช่น เอเป็น +5 บีจะเป็นกราวด์ ในการใช้งานจะใช้สายเพียงสายเดียว คือสายเอในอีไอเอ– 422 อาจถูกใช้เชื่อมต่อกับอาร์เอส– 232 ซึ่งเป็นอินพุทของเครื่องคอมพิวเตอร์ในมาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ– 0183 ตัวอักขระที่ใช้คือแอสกีซึ่งสามารถพิมพ์ได้ เอ็นเอ็มอีเอ- 0183 นั้นข้อมูลจะถูกส่งด้วยอัตรา 4800 บิตต่อวินาที ข้อมูลจะถูกส่งในรูปของประโยค แต่ละประโยคเริ่มต้นด้วย $ และแคร์เรียรีเทอร์นและไลน์ฟีด

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ (Field) ไม่สามารถหาได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไปแต่คอมม่าที่ทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะว่าในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูลเครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ของข้อมูลที่ต้องการโดยการนับเครื่องหมายคอมม่าเช็คซัมที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ประกอบด้วย “*” และ2 บิตของเลขฐาน 16 แทนการเอกซ์คูซีฟออร์ของตัวอักษรทั้งหมดแต่ไม่รวม “$” และ“*” ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยค ในมาตรฐานจะอนุญาตแต่ละผู้ผลิตในการนิยามรูปแบบประโยค ประโยคเหล่านี้เริ่มต้นด้วย “$GP” และตัวอักษรสามตัว ที่ตามมาเป็นไอดีที่ถูกกำหนดมาจากโรงงานตามด้วยข้อมูลซึ่งเป็นไปตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

2.4.4 โปรโตคอลเอ็นเอ็มอีเอ- 0183

เอ็นเอ็มอีเอ คือโปรโตคอลมาตรฐานถูกนำมาใช้โดยเครื่องรับจีพีเอสเพื่อส่งข้อมูล เอ็นเอ็มอีเอ- 0183 เอาท์พุทจะเป็นโปรโตคอล อีไอเอ- 422เอ แต่เราสามารถนำไปใช้ร่วมงานกับ อาร์เอส– 232 ได้โดยอัตราการส่งข้อมูลเป็น 4800 บิตต่อวินาที, 8 ดาต้าบิต, ไม่มีพาริตี้บิต แต่มีหนึ่งสตอบบิต และประโยคของเอ็นเอ็มอีเอ- 183 จะเป็นแอสกีทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วย “$” และจบลงด้วย “<CR><LF>” และข้อมูลจะถูกแบ่งขั้นด้วย “,” เครื่องรับจีพีเอสบางตัวไม่ส่งฟิลด์ข้อมูลเช็คซัม (ถูกเพิ่มเข้าไปในบางกรณี)

2.4.5 ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA Message)

ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอคือข้อมูลที่ส่งออกมาจากโมดูลรับสัญญาณจีพีเอสข้อมูลในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอสามารถแบ่งได้เป็นเรคอร์ด (Record) หรือฟิลด์ย่อยโดยในแต่ละเรคอร์ดจะประกอบด้วยอักขระแอสกีซึ่งมีความยาวรวมไม่เกิน 80 ตัวอักษร เราสามารถอ่านดูข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอที่ว่านี้ได้โดยการใช้ซอฟต์แวร์สื่อสาร เช่น HyperTerminal เรคอร์ดข้อมูลในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอแต่ละเวอร์ชันอาจมีอยู่มากน้อยแตกต่างกันแต่เรคอร์ดที่มักใช้กันเป็นหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอจะมีอยู่ 6 เรคอร์ดดังตารางที่ 2.1

NMEA Record	Description
GGA	Global positioning system fixed data
GLL	Geographic position – latitude / longitude
GSA	GNSS DOP and active satellites
GSV	GNSS satellites in view
RMC	Recommended minimum specific GNSS data
VTG	Course over ground and ground speed

ตารางที่ 2.1 เรคอร์ดหลัก ๆ ในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอที่มักถูกนำมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 รายละเอียดภายในเรคอร์ดต่าง ๆ ของข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ

- GGA (Global Positioning System Fixed Data)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด, ลองจิจูด, เวลา, จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด (Satellites used) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (MSL Altitude) โดยตัวอย่างของเรคอร์ด จีจีเอ (GGA) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้ (ดูตารางที่ 2.2 ประกอบ)

$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M,,,,0000*18<CR><LF>

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGGA		GGA protocol header
UTC Position	161229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Position Fix Indicator	1		
Satellites Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude	9.0	Meters	
Units	M	Meters	
Geoid Separation		Meters	
Units	M	Meters	
Age of Diff. Corr.		Second	Null fields when DGPS is not used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*18		
<CR><LF>			End of message termination

Value	Description
0	Fix not available or invalid
1	GPS SPS Mode, fix valid
2	Differential GPS, SPS Mode, fix valid
3	GPS PPS Mode, fix valid

ตารางที่ 2.2 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีจีเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- GLL (Geographic Position – Latitude/Longitude)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด, ลองจิจูด, ทิศทาง, เวลา, และสถานะในการรับสัญญาณ (Status) โดยตัวอย่างของเรคอร์ดจีแอลแอล (GLL) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมาจะมีโครงสร้างเป็นดังนี้ (ดูตารางที่ 2.3 ประกอบ)

$GPGLL,3723.2475,N,12158.3416,W,161229.487,A*2C<CR><LF>

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGLL		GLL protocol header
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
UTC Position	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A=data valid or V=data not valid
Checksum	*2C		
<CR><LF>			End of message termination

ตารางที่ 2.3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีแอลแอล

- GSA (GNSS DOP and Active Satellites)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัดละติจูด, ลองจิจูด, ทิศทาง, เวลา, และสถานะในการรับสัญญาณ โดยตัวอย่างของเรคอร์ดจีเอสเอ (GSA) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมาจะมีโครงสร้างเป็นดังนี้ (ดูตารางที่ 2.4 ประกอบ)

$GPGSA,A,3,07,02,26,27,09,04,15,,,,,,1.8,1.0,1.5*33<CR><LF>

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSA		GSA protocol header
Mode 1	A		
Mode 2	3		
Satellite Used	07		Sv on Channel 1
Satellite Used	02		Sv on Channel 2
…			…
Satellite Used			Sv on Channel 12

ตารางที่ 2.4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PDOP	1.8		Position Dilution of Precision
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
VDOP	1.5		Vertical Dilution of Precision
Checksum	*33		
<CR><LF>			End of message termination

Value	Description
1	Fix not available
2	2D
3	3D

Value	Description
M	Manual-forced to operate in 2D or 3D mode
A	Automatic-allowed to automatically switch 2D/3D

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสเอ

- GSV (GNSS Satellites in View)

เรคอร์ดนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าทางเทคนิคต่างๆ ที่ได้รับจากดาวเทียมจีพีเอสที่โมดูลรับสัญญาณได้โดยตัวอย่างของเรคอร์ดจีเอสวี (GSV) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้ (ดูตางรางที่ 2.5 ประกอบ)

$GPGSV,2,1,07,07,79,048,42,02,51,062,43,26,36,256,42,27,27,138,42*71<CR><LF>

$GPGSV2,2,07,09,23,313,42,04,19,159,41,15,12,041,42*41<CR><LF>

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSV		GSV protocol header
Number of Messages	2		Range 1 to 3
Messages Number	1		Range 1 to 3
Satellites in View	07		
Satellite ID	07		Channel 1(Range 1 to 32)
Elevation	79	Degrees	Channel 1(Maximum 90)
Azimuth	048	Degrees	Channel 1(True, Range 0 to 359)
SNR (C/No)	42	dBHz	Range 0 to 99, null when not tracking
…			…

ตารางที่ 2.5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Satellite ID	27		Channel 4(Range 1 to 32)
Elevation	27	Degrees	Channel 4(Maximum 90)
Azimuth	138	Degrees	Channel 4(True, Range 0 to 359)
SNR (C/No)	42	dBHz	Range 0 to 99, null when not tracking
Checksum	*71		
<CR><LF>			End of message termination

ตารางที่ 2.5 (ต่อ) ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสวี

- RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าวันที่และเวลา, สถานะในการรับสัญญาณ, ตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด, ทิศทาง, และความเร็ว โดยตัวอย่างของเรคอร์ดอาร์เอ็มซี (RMC) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้ (ดูตารางที่ 2.6 ประกอบ)

$GPRMC,161229.487,A,3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598,,*10<CR><LF>

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPRMC		RMC protocol header
UTC Position	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A=data valid or V=data not valid
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Speed Over Ground	0.13	Knots	
Course Over Ground	309.62	Degrees	True
Date	120598		ddmmyy
Magnetic Variation		Degrees	E=east or W=west
Checksum	*10		
<CR><LF>			End of message termination

ตารางที่ 2.6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดอาร์เอ็มซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61893

- VTG (Course Over Ground and Ground Speed)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงทิศทางและความเร็ว โดยตัวอย่างของเรคอร์ดวีทีจี (VTG) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้ (ดูตารางที่ 2.7 ประกอบ)

$GPVTG,309.62,T,,M,0.13,N,0.2,K*6E<CR><LF>

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPVTG		VTG protocol header
Course	309.62	Degrees	Measured heading
Reference	T		True
Course		Degrees	Measured heading
Reference	M		Magnetic
Speed	0.13	Knots	Measured horizontal speed
Units	N		Knots
Speed	0.2	Km/hr	Measured horizontal speed
Units	K		Kilometer per hour
Checksum	*6E		
<CR><LF>			End of message termination

ตารางที่ 2.7 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดวีทีจี

จากรายละเอียดของแต่ละเรคอร์ดภายในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าแต่ละเรคอร์ดต่างก็มีประโยชน์ใช้สอยเฉพาะตัวที่แตกต่างกันซึ่งเราสามารถหยิบมาใช้งานได้ตามความเหมาะสม เมื่อต้องการนำข้อมูลใดมาใช้งานก็จะต้องเลือกเรคอร์ดที่เหมาะสมซึ่งมีข้อมูลนั้น ๆ อยู่ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ต้องการทราบความเร็วในการเคลื่อนที่ก็จะต้องเลือกอ่านเรคอร์ดอาร์เอ็มซี หรือวีทีจี เป็นต้น ในที่นี้ได้ทำการสรุปและจัดหมวดหมู่คุณสมบัติของแต่ละเรคอร์ดไว้ดังตารางที่ 2.8 เพื่อเป็นการสรุปความและเพื่อให้สามารถหยิบมาใช้สอยได้โดยง่าย

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการ	เรคอร์ดที่เก็บข้อมูลที่ต้องการไว้
การระบุพิกัดตำแหน่ง	$GPGGA, $GPGLL, $GPRMC
ความเร็ว	$GPRMC, $GPVTG
วัน, เวลา	$GPRMC, $GPGGA, $GPGLL
ระดับแนวระนาบ, ความสูง	$GPGSA, $GPGGA
ข้อมูลของดาวเทียม	$GPGSV
สถานะของตัวรับ	$GPGGA, $GPGSA
การแก้ไขในเรื่อง DGPS	$GPGGA

ตารางที่ 2.8 ตารางสรุปคุณสมบัติของ 6 เรคอร์ดหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

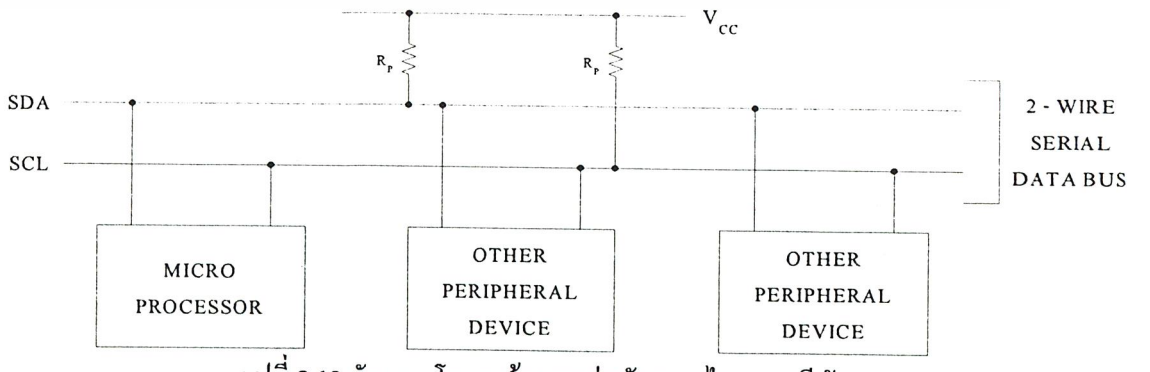
2.5 ระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบไอสแควซีบัส (I^2C Bus)

2.5.1 ความรู้เรื่องการสื่อสารแบบไอสแควซีบัส

ไอสแควซีบัส (ย่อมาจาก **I**nter **I**ntegrate **C**ircuit **B**us (IIC Bus)) ซึ่งนิยมเรียกกันสั้น ๆ ว่า "ไอสแควซีบัส" ซึ่งเป็นชื่อของวิธีการติดต่อสื่อสารอนุกรมแบบหนึ่ง ซึ่งถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นโดย "ฟิลลิปส์เซมิคอนดักเตอร์ (PHILIPS SEMICONDUCTOR)" เมื่อหลายปีก่อน แต่เพิ่งมาได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในระยะหลัง ๆ มานี้เอง ซึ่งในยุคแรก ๆ นั้นอุปกรณ์จำพวกที่ใช้วิธีการเชื่อมต่อแบบไอสแควซีบัส นี้จะมีเพียง "ฟิลลิปส์เซมิคอนดักเตอร์" เท่านั้นที่ทำการผลิตออกใช้งานแต่ในปัจจุบันเริ่มมีผู้ผลิตรายอื่น ๆ หันมาให้ความสนใจและผลิตอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้วิธีการเชื่อมต่อแบบไอสแควซีบัสนี้กันมากขึ้น เช่น บริษัทATMEL บริษัทไมโครชิพ (MICROCHIPS) และบริษัทDALLAS เป็นต้น เนื่องจากรูปแบบในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ด้วยระบบบัสแบบนี้จะมีข้อดี คือ ใช้สัญญาณในการเชื่อมต่อเพียงสองเส้น (เอสซีแอลและเอสดีเอ) แต่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนหลาย ๆ ตัวร่วมในบัสเดียวกันได้ ซึ่งในปัจจุบันถือได้ว่าเป็นยุคสมัยของไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก เนื่องจากระบบการทำงานของวงจรต่าง ๆ จะมุ่งเน้นออกแบบให้มีขนาดเล็กกระทัดรัดและสามารถใช้งานได้หลากหลาย ดังนั้นอุปกรณ์จำพวกชิพซับพอร์ท (Chips Support) ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นไอซีหน่วยความจำ ไอซีเอดีซี (ADC) ไอซีฐานเวลา (RTC) หรือไอซีจำพวกพอร์ทอินพุทเอาท์พุท ต่าง ๆ ก็เริ่มมีการออกแบบให้ใช้การเชื่อมต่อกับซีพียูเป็นบัสแบบไอสแควซีบัสกันมากยิ่งขึ้น ซึ่งข้อกำหนดของการเชื่อมต่อบัสแบบนี้จะมีรูปแบบที่เป็นมาตรฐานเหมือนกัน แต่อาจมีความแตกต่างกันบ้างในบางจุด เช่นจำนวนของไบต์ของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารของอุปกรณ์แต่ละประเภทอาจใช้จำนวนไบต์มากน้อยไม่เท่ากัน แต่รูปแบบโดยรวมจะมีความเหมือนกันซึ่งมีรายละเอียดและข้อกำหนดพอสังเขปดังต่อไปนี้

2.5.2 การเชื่อมต่อบัสแบบไอสแควซีบัส

ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์โดยใช้บัสแบบไอสแควซีบัสนี้จะใช้สัญญาณทั้งหมด 2 เส้น คือ เอสซีแอล (SCL) และเอสดีเอ (SDA) โดยการติดต่อระหว่างอุปกรณ์จะเป็นแบบ 2 ทิศทาง โดยสัญญาณทั้งสองเส้นจะต้องต่อกับตัวต้านทาน พูลอัป ไว้ เพื่อให้สถานะของบัสในขณะไม่ถูกใช้งานจะมีสภาวะเป็นบัสว่างหรือ "1" ทั้งคู่ โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ออกแบบมาเชื่อมต่อกับระบบบัสแบบนี้ จะต้องสร้างวงจรภาคเอาท์พุทให้เป็นแบบ โอเพนเดรน (Open Drain) หรือ โอเพนคอลเลคเตอร์ (Open Collector) เสมอ เพื่อให้สามารถต่ออุปกรณ์ร่วมกันในระบบบัสเดียวกันได้มากกว่าหนึ่งอุปกรณ์

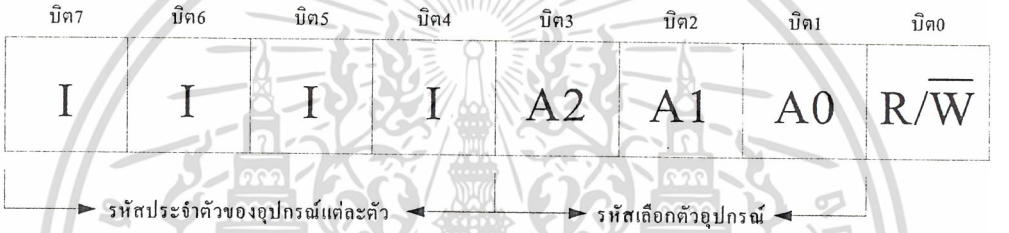


รูปที่ 2.13 ลักษณะโครงสร้างการต่อบัสแบบไอสแควซีบัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 การรับส่งข้อมูลของไอสแควซีบัส

การรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์ไอสแควซีบัสจะเริ่มต้นด้วยการที่ตัวแม่สร้างสภาวะเริ่มต้น (Start Condition) เพื่อขอใช้บัสจากนั้นจึงเริ่มการส่งคอนโทรลไบต์ (Control Byte) เพื่อใช้ระบุตำแหน่งแอดเดรสของตัวลูกที่ต้องการจะติดต่อด้วยในระบบบัส โดยค่าตำแหน่งแอดเดรสนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะมีรหัสแอดเดรสเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป ไม่มีการซ้ำกันในระบบบัสเดียวกัน โดยคอนโทรลไบต์นี้จะมีขนาด 8 บิต ซึ่ง 7 บิตแรก (เริ่มจาก MSB) จะเป็นค่าตำแหน่งแอดเดรสของตัวลูกส่วนบิตที่ 8 (LSB) จะเป็นบิตสุดท้ายของไบต์ใช้สำหรับระบุทิศทางของข้อมูลในการรับส่ง (R/W) โดยถ้าบิต แอลเอสบี (LSB) มีค่าเป็น “0” จะหมายถึงตัวแม่ (CPU) เขียนข้อมูลไปให้ตัวลูก (อุปกรณ์) แต่ถ้าแอลเอสบีมีค่าเป็น “1” จะหมายถึงตัวแม่ต้องการอ่านข้อมูลจากตัวลูก โดยข้อมูลจะทำการรับส่งกันครั้งละ 1 ไบต์ (8บิต) และปิดท้ายข้อมูลของแต่ละไบต์ด้วยบิตแสดงการตอบรับ (Acknowledge Bit) โดยลักษณะโครงสร้างของคอนโทรลไบต์ของอุปกรณ์แบบไอสแควซี มีดังนี้



รูปที่ 2.14 ลักษณะของคอนโทรลไบต์ของไอสแควซี

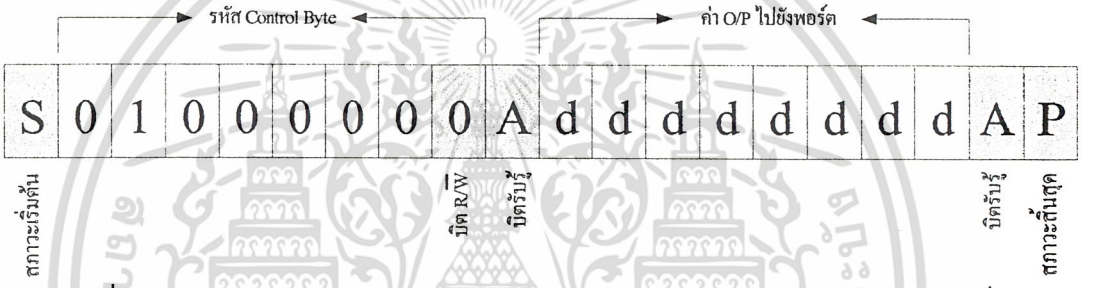
ซึ่งจะเห็นได้ว่าคอนโทรลไบต์ของอุปกรณ์ไอสแควซีนั้นจะมีขนาด 8 บิต โดยที่บิต7 – บิต4 จะเป็นรหัสประจำตัวของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ถูกกำหนดไว้ตายตัวจากโรงงาน ซึ่งผู้ใช้งานต้องศึกษาจากคู่มือดาต้าชีต (Data Sheet) ของอุปกรณ์นั้น ๆ เองว่าอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งานมีรหัสประจำตัวเป็นเท่าใด ส่วนบิต3 – บิต1 นั้น จะมีไว้สำหรับเลือกเบอร์อุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในบัส โดยค่าของทั้ง 3 บิตนี้จะต้องมีค่าตรงกับการกำหนดสถานะทางลอจิกให้กับขาสัญญาณ A2, A1 และA0 ของอุปกรณ์ด้วย ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ที่มีรหัสประจำตัวเป็น “0111” อาจถูกออกแบบให้สามารถต่อร่วมกันภายในบัสเดียวกันได้จำนวน 8 ตัว โดยการกำหนดสภาวะทางลอจิกให้กับขาสัญญาณ A2, A1 และA0 ของอุปกรณ์ให้มีความแตกต่างกันจากวงจรที่ต่ออยู่ดังนั้นเมื่อตัวแม่ต้องการติดต่ออุปกรณ์ที่มีรหัสประจำตัว “0111” ตัวใดในระบบบัสก็จะส่งค่าคอนโทรลไบต์ด้วยค่าใน บิต3 – บิต1 ตรงกับสถานะทางลอจิกของอุปกรณ์ตัวนั้นออกไป ตัวอย่างเช่น ถ้าตัวแม่ส่งรหัสคอนโทรลไบต์ด้วยค่า “01110000” ออกไปในบัส ก็จะหมายถึงว่าตัวแม่ต้องการจะเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่มีรหัสประจำตัว “0111” ตัวที่ขาสัญญาณ A2, A1 และA0 มีค่าเป็น “0” อยู่ ส่วนตัวอุปกรณ์ที่มีรหัส “0111” แต่มีสภาวะทางลอจิกของขาสัญญาณ A2, A1 และA0 ไม่ตรงกับ “000” ก็จะไม่สนใจรหัสนั้น

แต่อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ไอสแควซีบางตัวอาจถูกออกแบบให้ต่อได้ในระบบบัสเดียวกันเพียงตัวเดียวโดยไม่มีขาสัญญาณในการเลือกตำแหน่งของอุปกรณ์อยู่ด้วยค่าของคอนโทรลไบต์ในตำแหน่งบิต3 – บิต1 ก็อาจถูกกำหนดไว้ตายตัวเป็น “000” เสมอก็เป็นได้ ส่วนค่าคอนโทรลไบต์ในตำแหน่งของบิต0 นั้น

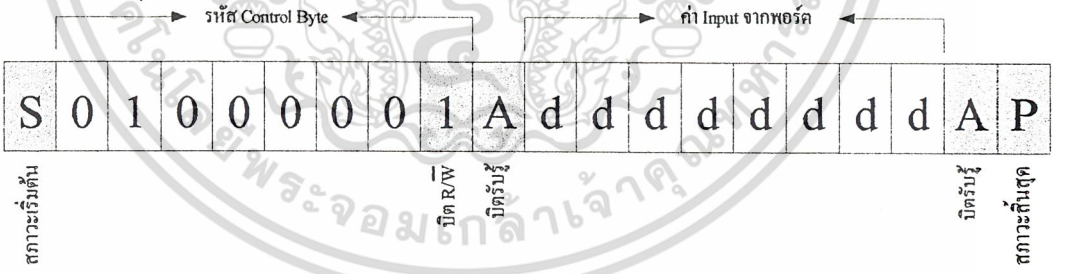
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้เป็นบิตกำหนดทิศทางของข้อมูล โดยถ้าบิต0 มีค่าเป็น" 0" จะหมายถึงตัวแม่ต้องการเขียนค่าไปยังอุปกรณ์ แต่ถ้าค่าในบิต0 มีค่าเป็น "1" จะหมายถึงตัวแม่ต้องการอ่านค่าข้อมูลจากอุปกรณ์เป็นต้น

สำหรับจำนวนไบต์ข้อมูลในการรับส่งกันนั้น ไม่มีข้อกำหนดตายตัวว่าจะต้องส่งกันครั้งละกี่ไบต์ ขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างอุปกรณ์แต่ละชนิดจะกำหนดขึ้น โดยในการรับส่งแต่ละครั้งนั้น ตัวแม่จะเป็นตัวควบคุมการรับส่งเองทั้งหมด ซึ่งในกรณีที่ตัวแม่ต้องการติดต่อกับอุปกรณ์หลาย ๆ ตัวนั้น หลังจากตัวแม่สร้างสภาวะเริ่มต้นขึ้นมาและทำการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ตัวหนึ่งเสร็จแล้ว ไม่จำเป็นต้องสร้างสภาวะสิ้นสุด (Stop Condition) เพื่อกลับไปเริ่มต้นรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ตัวต่อไปอีกก็ได้ แต่ตัวแม่สามารถสร้างสภาวะเริ่มต้นขึ้นมาซ้ำใหม่พร้อมกับส่งค่าคอนโทรลไบต์ซึ่งระบุตำแหน่งแอดเดรสของอุปกรณ์ตัวต่อไปที่ต้องการติดต่อด้วยได้ทันที แต่เมื่อทำการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ทุกตัวในบัสเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงสร้างสภาวะสิ้นสุดเพื่อเป็นการเลิกใช้บัส และทำให้บัสอยู่ในสภาวะว่างในภายหลังก็ได้เช่นกัน



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างรูปแบบของการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ไอโอแบบไอสแควซีบัส ตัวหนึ่ง



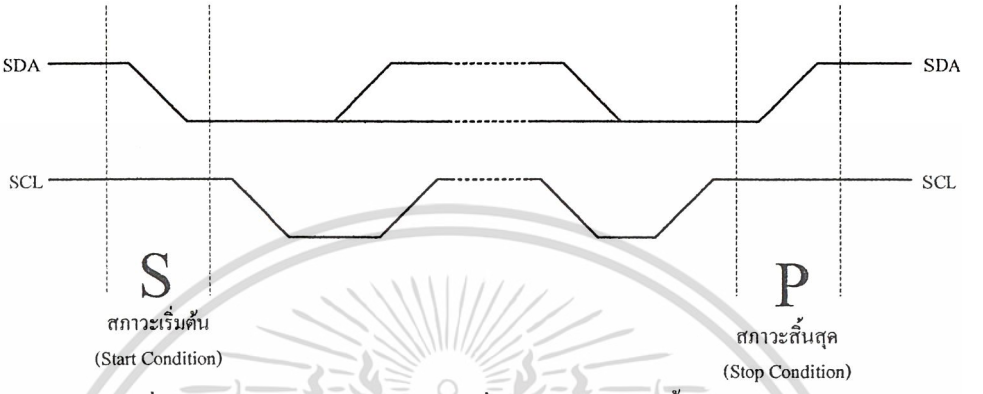
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างรูปแบบของการเขียนข้อมูลให้กับอุปกรณ์ไอโอแบบไอสแควซีบัสตัวหนึ่ง

2.5.4 ข้อกำหนดในการเริ่มต้น (Start) และสิ้นสุด (Stop)

การกำหนดสภาวะเริ่มต้น และสภาวะสิ้นสุดจะถูกกำหนดโดยตัวแม่โดยสภาวะปรกติของบัสหรือสภาวะบัสว่างนั้นสัญญาณเอสซีแอล และเอสดีเอจะมีสถานะเป็น "1" ทั้งคู่ แต่เมื่อต้องการเริ่มต้นการรับส่งข้อมูลในบัส ตัวแม่จะต้องสร้างสภาวะเริ่มต้นโดยการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณเอสดีเอจาก "1" มาเป็น "0" ในขณะที่สัญญาณเอสซีแอลยังมีค่าเป็น "1" อยู่ ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวลูกจะรอคอยตรวจสอบสภาวะการเปลี่ยนแปลงของบัสอยู่เสมอ เมื่อตรวจพบสภาวะเริ่มต้นจึงมีการเริ่มต้นรับส่งข้อมูลกัน โดยตัวแม่จะต้องส่งข้อมูลของคอนโทรลไบต์เป็นไบต์เริ่มต้น เพื่อกำหนดตำแหน่งแอดเดรสของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

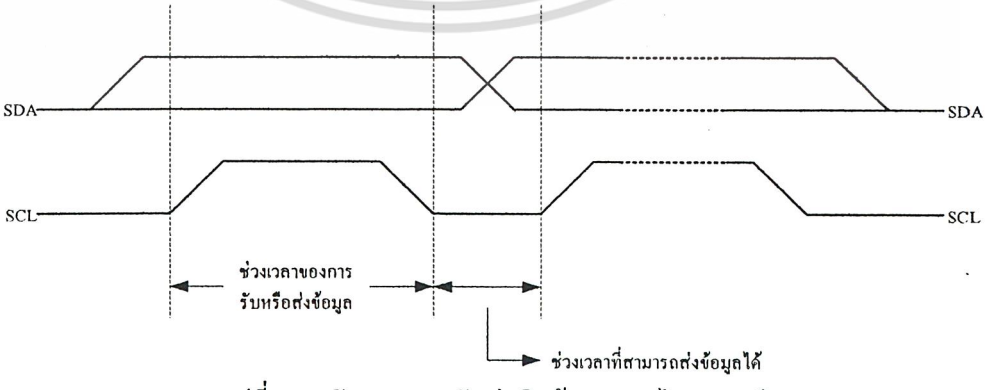
อุปกรณ์ปลายทางที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยตัวแม่จะเป็นตัวสร้างสัญญาณเอสซีแอลเพื่อควบคุมการรับส่งข้อมูลในบัสตลอดการรับส่ง โดยสภาวะของสัญญาณข้อมูลเอสดีเอจะถูกเปลี่ยนแปลงขณะที่สัญญาณนาฬิกาเอสซีแอลมีค่าเป็น “0” โดยข้อมูลจะถูกรับส่งในขณะที่สัญญาณนาฬิกาเอสซีแอลมีค่าเป็น “1” และเมื่อต้องการสิ้นสุดการใช้บัส ตัวแม่ก็จะสร้างสภาวะสิ้นสุดโดยการเปลี่ยนสภาวะของสัญญาณเอสดีเอจาก “0” กลับไปเป็น “1” ในขณะที่สัญญาณเอสซีแอลยังมีค่าเป็น “1” อยู่



รูปที่ 2.17 ลักษณะการสร้างสภาวะเริ่มต้นและสภาวะสิ้นสุดของไอสแควซี

2.5.5 การแจ้งสภาวะรับทราบในบัส (Acknowledge)

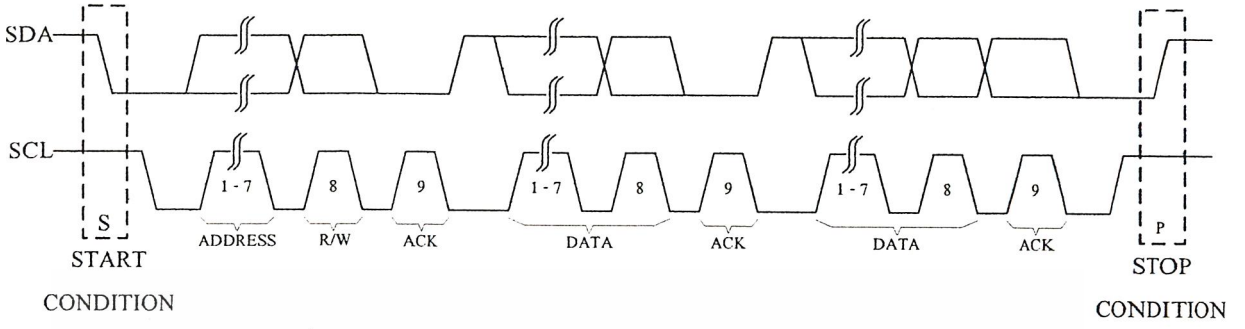
ข้อบังคับอีกประการหนึ่งในการรับส่งข้อมูลในระบบบัสแบบไอสแควซีบัส คือ จะต้องมีการแจ้งสภาวะรับทราบเพื่อแจ้งให้ทราบว่า ข้อมูลที่ถูกส่งออกไปนั้นได้รับแล้วและมีความถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งตัวแม่จะใช้สัญญาณนาฬิกาเอสซีแอลในการควบคุมการรับส่งข้อมูลทางขาเอสดีเอ เมื่อข้อมูลถูกส่งครบ 8 บิต ตัวลูกต้องมีการตอบรับให้ตัวแม่รับรู้ โดยเมื่อตัวแม่ส่งข้อมูลครบ 8 บิตแล้ว ตัวแม่จะปล่อยสัญญาณข้อมูลเอสดีเอให้อยู่ในสภาวะว่าง (“1”) และสร้างสัญญาณนาฬิกาเอสซีแอลออกมาในบัสอีกจำนวน 1 ลูกคลื่น ซึ่งในสภาวะนี้ตัวลูกจะต้องส่งสัญญาณ “0” ออกมาทางขาเอสดีเอในช่วงที่สัญญาณนาฬิกาเอสซีแอลมีค่าเป็น “0” เป็นเวลา 1 ลูกคลื่นของสัญญาณนาฬิกาเอสซีแอล และตัวแม่ก็จะทำการตรวจสอบสัญญาณการรับรู้นี้ในช่วงที่สัญญาณนาฬิกามีค่าเป็น “1” เสมอ



รูปที่ 2.18 ลักษณะการรับส่งบิตข้อมูลของไอสแควซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ตัวลูกไม่ยอมส่งสัญญาณการรับรู้มาให้ ตัวแม่อาจต้องเริ่มต้นกระบวนการส่งข้อมูลใหม่ทั้งหมด หรือยกเลิก หรือหยุดการติดต่อการรับส่งข้อมูลในครั้งนั้นก็ได้



รูปที่ 2.19 ลักษณะของสภาวะการรับส่งข้อมูลในบัสแบบไอสแควซี

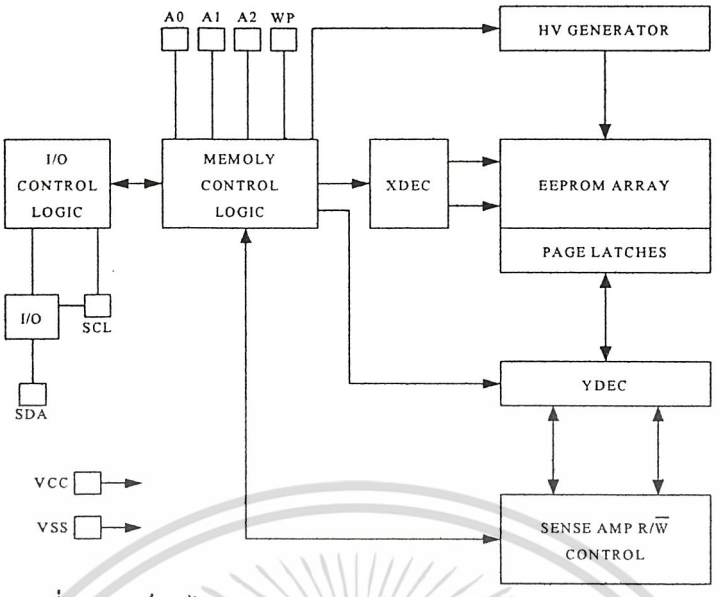
สำหรับรายละเอียดที่กล่าวอธิบายมาแล้วนี้จะเป็นลักษณะข้อกำหนดโดยรวมของวิธีการสื่อสารอนุกรมแบบไอสแควซีบัสเท่านั้น ซึ่งตามปรกติแล้วอุปกรณ์ทุกตัวที่ออกแบบให้ใช้การติดต่อสื่อสารกันแบบอนุกรมไอสแควซีบัสนั้น มักจะใช้ข้อกำหนดต่าง ๆ เหล่านี้เป็นมาตรฐานเดียวกันแทบทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นลักษณะของสัญญาณในการสร้างสภาวะเริ่มต้น สภาวะสิ้นสุด วิธีการแจ้งสภาวะรับทราบในบัส ช่วงเวลาของการรับรู้ข้อมูล ช่วงเวลาของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณข้อมูล และช่วงเวลาของการส่งข้อมูล เป็นต้น

2.6 หน่วยความจำ อีสแควพรอม (E^2PROM) แบบไอสแควซี (24XX)

2.6.1 คุณสมบัติของหน่วยความจำอีสแควพรอมแบบไอสแควซี

หน่วยความจำแบบอีอีพรอม หรือที่นิยมเรียกสั้น ๆ ว่าอีสแควพรอมนั้น จัดเป็นหน่วยความจำประเภทหน่วยความจำถาวร เนื่องจากสามารถเก็บรักษาข้อมูลภายในตัวไว้ได้ถึงแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับตัวหน่วยความจำก็ตาม ซึ่งหน่วยความจำแบบนี้จะมีจุดเด่นประการหนึ่งคือสามารถทำการลบและเขียนซ้ำได้หลาย ๆ ครั้งด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งทำให้มีความสะดวกมากในการออกแบบวงจรและการนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยหน่วยความจำแบบนี้จะมีรูปแบบในการเชื่อมต่อกับตัวแม่ได้หลายแบบ แต่สำหรับหน่วยความจำที่นิยมนำมาใช้เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แก่ หน่วยความจำแบบที่ใช้วิธีการเชื่อมต่อแบบอนุกรม ซึ่งนิยมเรียกว่า ซีเรียลอีอีพรอม ซึ่งจะใช้สัญญาณในการเชื่อมต่อน้อยเส้น โดยหน่วยความจำซีเรียลอีอีพรอม แบบที่กำลังได้รับความนิยมในการใช้งานในปัจจุบันได้แก่หน่วยความจำที่ใช้การเชื่อมต่อแบบอนุกรมไอสแควซีบัสในตระกูล 24XX (มีรหัสเบอร์ขึ้นต้นด้วย 24) ซึ่งหน่วยความจำแบบนี้มีคุณสมบัติที่น่าสนใจหลายประการคือมีตัวถังขนาดเล็ก ใช้สัญญาณในการเชื่อมต่อน้อยเส้น และสามารถเก็บรักษาข้อมูลไว้ได้นานกว่า 200 ปี นอกจากนี้ยังสามารถลบและเขียนซ้ำได้ถึง 1 ล้านครั้ง (อ้างอิงจากไมโครชิพ) จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน ในด้านที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาข้อมูล ที่ต้องการพื้นที่ของหน่วยความจำ จำนวนมากแต่ไม่ต้องการความเร็วในการอ่านเขียน และไม่ได้เปลี่ยนแปลงค่าข้อมูลบ่อยมากนักได้เป็นอย่างดี

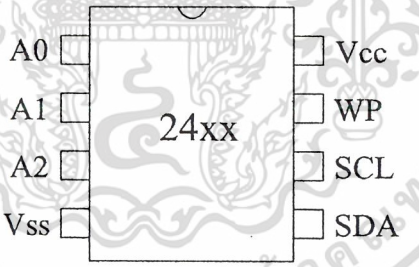
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 บล็อกไดอะแกรมของหน่วยความจำอีสแควพรอมตระกูล 24XX

2.6.2 การจัดขาสัญญาณของหน่วยความจำ 24XX

สำหรับลักษณะรูปร่างของหน่วยความจำตระกูล 24XX นั้นจะมีขนาด 8 ขา โดยมีให้เลือกใช้ทั้งแบบที่เป็นตัวถังตื้นตะขาบขนาด 8 ขา หรือ DIP8 (Dual in-line package) และแบบที่เป็นตัวถังแบบอุปกรณ์พื้นผิว หรือ SOP8 (Small Outline package) โดยทั้ง 2 แบบจะมีลักษณะของการจัดเรียงขาสัญญาณเหมือนกันดังนี้



รูปที่ 2.21 ขาสัญญาณโดยทั่วไปของไอซี 24XX

- A0, A1, A2 เป็นขาสัญญาณแอดเดรสอินพุท ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งการทำงานของอีสแควพรอมแต่ละตัวที่จะเชื่อมต่อกันภายในบัส ซึ่งขาสัญญาณแอดเดรสนี้แต่ละตัวอาจมีไม่เท่ากันบางตัวอาจมี 3 ขา บางตัวอาจมีเพียง 1 หรือ 2 ขา บางตัวอาจไม่มีเลย โดยถ้าตัวใดไม่มีการออกแบบให้กำหนดค่าแอดเดรสจากทางฮาร์ดแวร์ได้ ขาสัญญาณเหล่านี้จะถูกปล่อยว่าง (NC) ไว้
- VSS เป็นขาสัญญาณอ้างอิง หรือ GND
- เอสดีเอเป็นขาข้อมูลแบบ 2 ทิศทางของไอสแควซี สำหรับรับส่งข้อมูลระหว่างอีสแควพรอมและไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะทำหน้าที่เป็นอินพุทในการรับข้อมูลจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะส่งให้กับอีสแควพรอม และในทางกลับกันก็จะทำหน้าที่เป็นเอาท์พุท สำหรับส่งข้อมูลจากอีสแควพรอมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

- เอสซีแอลเป็นขาสัญญาณนาฬิกาอินพุทของไอสแควซี ใช้สำหรับควบคุมการรับส่งหรืออ่านเขียนข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ และอีสแควพรอม
- WP เป็นขาสัญญาณไรท์โพเทค (Write Protect) โดยมีสภาวะเป็นอินพุท ทำหน้าที่ป้องกันการเขียนข้อมูลให้กับอีอีพรอม โดยถ้าขานี้มีสภาวะเป็น “0” จะสามารถสั่งเขียนข้อมูลให้กับอีสแควพรอมได้ ถ้าขานี้มีสภาวะเป็น “1” จะไม่สามารถขียนข้อมูลให้กับอีสแควพรอมได้

ซึ่งปัจจุบันหน่วยความจำในกลุ่มนี้จะมีผลิตออกจำหน่ายเพื่อให้ผู้ใช้ได้เลือกใช้งานกันตามความเหมาะสมมากมายหลายเบอร์ โดยส่วนมากจะมีรหัสเบอร์เริ่มต้นด้วย 24 เช่น 2416, 2432, 2464, 24128, 24256 และ24512 เป็นต้น ซึ่งหน่วยความจำเหล่านี้จะเป็นแบบที่ใช้การเชื่อมต่อแบบไอสแควซีบัสเหมือนกันทั้งหมด และจะมีลักษณะของขาสัญญาณที่เข้ากันได้ทุกประการสามารถนำไปทดแทนกันได้ โดยแต่ละเบอร์จะมีความแตกต่างกันในบางเรื่อง เช่นขนาดของจำนวนความจุในการเก็บข้อมูล ความเร็วในการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำ และระดับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงในการทำงาน เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้เองสามารถออกแบบวงจรและเลือกติดตั้งหน่วยความจำเพื่อใช้งานกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้มากมายหลายเบอร์ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และขนาดของหน่วยความจำที่ต้องการ โดยอีสแควพรอมในตระกูล 24XX (ไอสแควซีบัส) ในกลุ่มนี้บางเบอร์สามารถต่อร่วมกันภายในบัสเดียวกันได้มากกว่า 1 ตัว โดยแต่ละตัวจะมีขาแอดเดรสสำหรับกำหนดรหัสตำแหน่งของอุปกรณ์ภายในบัสจากฮาร์ดแวร์ (ขาสัญญาณ A2, A1 และA0) ได้เช่น เบอร์ 24XX32, 64 ,128 และ24XX256 ของไมโครชิพ เป็นต้น โดยหน่วยความจำแต่ละตัวจะมีรหัสในการติดต่อเรียกว่าคอนโทรลไบต์ซึ่งมีลักษณะดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
1	0	1	0	A2	A1	A0	$R/\overline{W}$

รูปที่ 2.22 รหัสคอนโทรลไบต์ของ 24XX/32/64/128/256 ของไมโครชิพ

สำหรับหน่วยความจำเบอร์ 24XX32, 24XX64, 24XX128 และ24XX256 ของไมโครชิพนั้นจะเห็นได้ว่ารหัสคอนโทรลไบต์ในตำแหน่ง 4 บิตบน (บิต7, 6, 5 และ4) จะมีค่าเป็น “1010” ส่วนบิต 3, 2 และ1 นั้นจะขึ้นอยู่กับสภาวะทางลอจิกของขาสัญญาณ A2, A1 และA0 ในวงจร ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวจะทำให้สามารถทำการต่อหน่วยความจำดังกล่าวได้มากถึง 8 ตัวภายในบัสเดียวกัน โดยกำหนดสภาวะของขาสัญญาณลอจิกแอดเดรสที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถสรุปให้เห็นได้ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์(ความจุ)	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
24XX32 (4K x 8)	1	0	1	0	A2	A1	A0	R/W
24XX64 (8K x 8)	1	0	1	0	A2	A1	A0	R/W
24XX128 (16K x 8)	1	0	1	0	A2	A1	A0	R/W
24XX256 (32K x 8)	1	0	1	0	A2	A1	A0	R/W

ตารางที่ 2.9 คอนโทรลไบต์ของหน่วยความจำแบบไอสแควซีบัสของไมโครชิพ

จากตารางจะเห็นได้ว่า หน่วยความจำอีสแควพรอมแบบไอสแควซีบัส 24XX32/64/128/256 ของไมโครชิพนั้นจะมีคอนโทรลไบต์ที่เหมือนกันทุกเบอร์ แต่จะมีความแตกต่างกันที่ขนาดความจุในการเก็บรักษาข้อมูลของแต่ละเบอร์

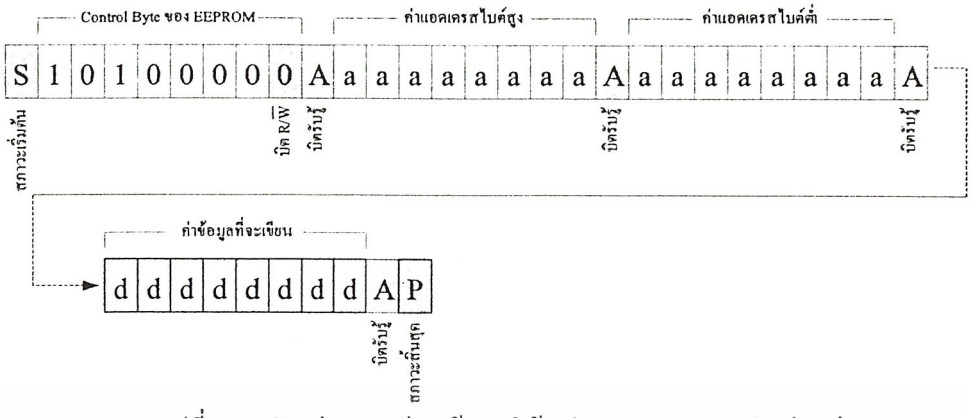
2.6.3 การเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำ

สำหรับรูปแบบของวิธีการอ่านเขียนข้อมูลของหน่วยความจำแต่ละเบอร์นั้น โดยมากแล้วจะมีรูปแบบมาตรฐานที่คล้ายกัน แต่อาจมีความแตกต่างกันบ้างในบางเบอร์บางยี่ห้อ เช่น ความเร็วในการเขียนบางยี่ห้อใช้เวลา 4 ms บางยี่ห้ออาจใช้เวลาในการเขียนเพิ่มขึ้นเป็น 5 ms หรือ 10 ms เป็นต้น ดังนั้นเมื่อจะเลือกใช้หน่วยความจำเบอร์ใดยี่ห้อใด ควรศึกษารายละเอียดคาต้าชีตเพิ่มเติมถึงคุณสมบัติเหล่านี้ประกอบด้วย

ในการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำอีสแควพรอมนั้น จะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ การเขียนแบบทีละไบต์ (Byte Write) ซึ่งในการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำด้วยวิธีการนี้สามารถที่จะเข้าถึงตำแหน่งแอดเดรสใด ๆ ของหน่วยความจำที่มีอยู่ตามต้องการ โดยในการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำในแต่ละครั้งนั้น จะต้องทำการส่งคอนโทรลไบต์ตามด้วยแอดเดรสไบต์ และดาต้าไบต์ ตามลำดับ ส่วนการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำอีกวิธีหนึ่งก็คือ การเขียนแบบครั้งละหน้า (Page Write) ซึ่งในการเขียนแบบนี้จะมีข้อดีคือสามารถเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำได้ครั้งละหลาย ๆ ไบต์โดยการส่งค่าคอนโทรลไบต์ และแอดเดรสไบต์ เพียงครั้งเดียวแต่ต้องเขียนข้อมูลในตำแหน่งแอดเดรสที่ต่อเนื่องกันและอยู่ภายในหน้า (Page) เดียวกันด้วย

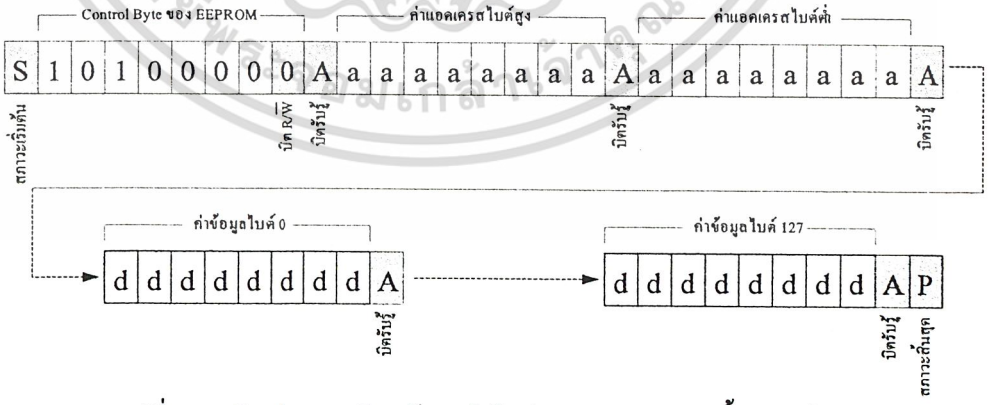
การเขียนแบบทีละไบต์ เป็นการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำครั้งละ 1 ไบต์ โดยการสั่งเขียนข้อมูลแบบนี้ จะสามารถเขียนข้อมูลในตำแหน่งใด ๆ ภายในตัวหน่วยความจำก็ได้ ซึ่งทุก ๆ ครั้งที่เขียนข้อมูลให้หน่วยความจำนั้น หลังจากสร้างสภาวะเริ่มต้นแล้วจะต้องส่งค่าคอนโทรลไบต์ จำนวน 1 ไบต์ ตามด้วยค่าแอดเดรสไบต์ ซึ่งอาจจะเป็น 1 ไบต์หรือ 2 ไบต์ ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของหน่วยความจำเบอร์ที่ใช้อยู่ แต่สำหรับหน่วยความจำตั้งแต่เบอร์ 24XX32 เป็นต้นไป ไบต์แอดเดรสจะมีขนาด 2 ไบต์เสมอ จากนั้นจึงตามด้วยไบต์ข้อมูลที่ต้องการจะเขียนอีก 1 ไบต์ แล้วจึงสิ้นสุดด้วยสภาวะสิ้นสุดเป็นลำดับสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 ตัวอย่างการเขียนข้อมูลให้หน่วยความจำแบบทีละไบต์

การเขียนแบบครั้งละหน้า เป็นการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำครั้งละหลาย ๆ ไบต์ โดยการสั่งเขียนข้อมูลแบบนี้ จะสามารถเขียนข้อมูลในตำแหน่งหน่วยความจำที่อยู่ในหน้า (Page) เดียวกันได้ครั้งละหลาย ๆ ไบต์ ซึ่งทุก ๆ ครั้งที่จะเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำนั้น หลังจากสร้างสภาวะเริ่มต้นแล้วจะต้องส่งค่าคอนโทรลไบต์จำนวน 1 ไบต์ ตามด้วยค่าแอดเดรสไบต์ซึ่งอาจจะเป็น 1 ไบต์หรือ 2 ไบต์ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของหน่วยความจำเบอร์ที่ใช้อยู่ จากนั้นจึงตามด้วยไบต์ข้อมูลที่ต้องการจะเขียนอีกครั้งละ 1 ไบต์ ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ แล้วจึงจบด้วยสภาวะสิ้นสุดเป็นลำดับสุดท้าย โดยจำนวนของไบต์ข้อมูลนั้นจะต้องดูจากขนาดของหน้าที่กำหนดไว้ในหน่วยความจำแต่ละเบอร์ว่ามีขนาดกี่ไบต์ โดยการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำวิธีนี้จะมีข้อดีคือ ไม่ต้องเสียเวลาในการส่งค่าคอนโทรลไบต์ และค่าแอดเดรสไบต์ใหม่บ่อย ๆ แต่มีข้อจำกัดคือ ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำที่ต้องการจะเขียนนั้น จะต้องต่อเนื่องกันไม่สามารถกระโดดข้ามได้ และในการเขียนแต่ละครั้งต้องไม่เกินหน้าด้วย เนื่องจากเมื่อตำแหน่งแอดเดรสของอีสแควพรอมถูกเพิ่มเป็นค่าสูงสุดในหน้า แล้วค่าตำแหน่งแอดเดรสจะวนกลับไปเป็นค่าตำแหน่งเริ่มต้นของหน้าใหม่



รูปที่ 2.24 ตัวอย่างการเขียนข้อมูลให้หน่วยความจำแบบครั้งละหน้า

ซึ่งจากวิธีการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำอีสแควพรอมทั้ง 2 แบบที่อธิบายมาแล้วนั้น สามารถนำมาเรียบเรียงเป็นขั้นตอนให้เห็นได้ดังต่อไปนี้

1. ส่งสภาวะเริ่มต้นไปยังบัสเพื่อเริ่มต้นการสื่อสาร

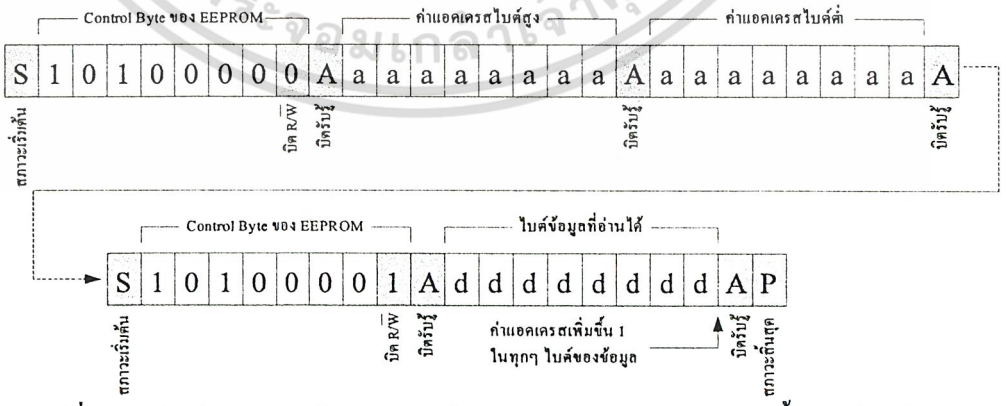
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอมสำหรับการเขียน ซึ่งก็คือ “10100000”
3. ส่งค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูงที่ต้องการเขียนข้อมูลไปให้ อีสแควพรอม
4. ส่งค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำที่ต้องการเขียนข้อมูลไปให้ อีสแควพรอม
5. ส่งค่าข้อมูลที่ต้องการเขียนไปยังอีสแควพรอมในตำแหน่งแอดเดรสที่ระบุในข้อ 3 และ4
6. ส่งค่าข้อมูลไบต์ถัดไปที่ต้องการเขียนไปยังอีสแควพรอมจนกว่าจะครบหน้าหรือส่งค่าสภาวะสิ้นสุดเพื่อจบการสื่อสารถ้าต้องการเขียนเพียง 1 ไบต์
7. ส่งสภาวะสิ้นสุดไปยังบัสเพื่อจบการสื่อสาร

2.6.4 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ

ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำอีสแควพรอมนั้นจะสามารถสั่งอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำได้ 3 แบบ คือการอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ (Random Read) การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์ (Sequential Read) และการอ่านโดยไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ (Current Address Read) ซึ่งวิธีการสั่งอ่านข้อมูลแต่ละแบบนั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถอธิบายถึงวิธีการพอสังเขปดังนี้

การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ เป็นการสั่งอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำตำแหน่งแอดเดรสใด ๆ ภายในตัวหน่วยความจำก็ได้ โดยสามารถอ่านข้อมูลได้ครั้งละ 1 ไบต์ โดยกระบวนการอ่านข้อมูลวิธีนี้ จะเริ่มต้นด้วยการสร้างสภาวะเริ่มต้นจากนั้นจึงเริ่มส่งคอนโทรลไบต์ สำหรับบ่งบอกการเขียน (บิต LSB = ”0”) จำนวน 1 ไบต์ตามด้วยค่าของแอดเดรสไบต์ซึ่งอาจจะเป็น 1 ไบต์หรือ 2 ไบต์ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของหน่วยความจำเบอร์ที่ใช้อยู่ หลังจากเขียนแอดเดรสไบต์ครบแล้วให้สร้างสภาวะเริ่มต้นใหม่อีกครั้งหนึ่ง พร้อมกับส่งค่าคอนโทรลไบต์สำหรับบ่งบอกการอ่านบิต(บิต LSB = ”1”) จำนวน 1 ไบต์ แล้วจึงรอรับไบต์ข้อมูล จากหน่วยความจำตามตำแหน่งแอดเดรสที่ระบุไว้ จากนั้นจึงจบด้วยการส่งสภาวะหยุดเพื่อจบการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ

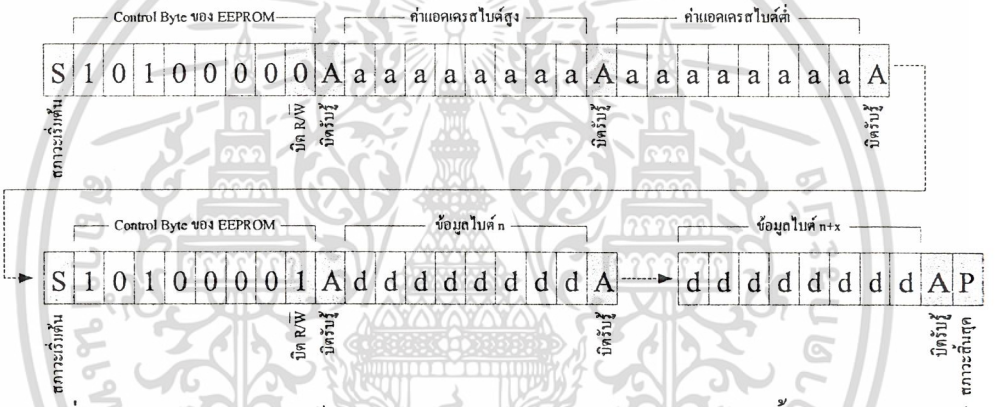


รูปที่ 2.25 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์

การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์ เป็นการสั่งอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำตำแหน่งแอดเดรสใด ๆ ภายในตัวหน่วยความจำก็ได้ ตามปรกติแล้วคำสั่งนี้จะมีลักษณะคล้ายกับคำสั่งอ่านข้อมูล

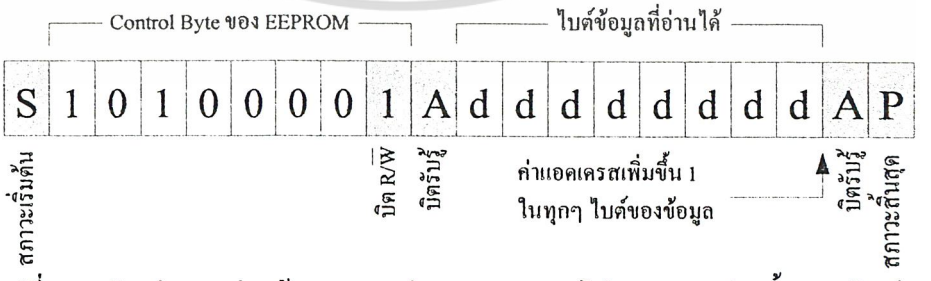
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ โดยสามารถอ่านข้อมูลได้ครั้งละหลาย ๆ ไบต์ต่อเนื่องกันไป ซึ่งเมื่ออ่านข้อมูลแต่ละไบต์เสร็จแล้วค่าแอดเดรสจะเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 ตำแหน่งโดยอัตโนมัติ โดยไม่ต้องส่งค่าคอนโทรลไบต์ และแอดเดรสไบต์ ในการอ่านใหม่ให้เสียเวลาโดยหน่วยความจำจะส่งข้อมูลออกมาทางขาเอสดีเอครั้งละ 1 ไบต์ ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบสภาวะสิ้นสุดโดยกระบวนการอ่านข้อมูลวิธีนี้ จะเริ่มต้นด้วยการสร้างสภาวะเริ่มต้น จากนั้นจึงเริ่มส่งคอนโทรลไบต์สำหรับบ่งบอกการเขียน (บิต LSB= "0") จำนวน 1 ไบต์ตามด้วยค่าของแอดเดรสไบต์ซึ่งอาจมีขนาดเป็น 1 ไบต์หรือ 2 ไบต์ก็ได้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของหน่วยความจำแต่ละเบอร์ หลังจากเขียนแอดเดรสไบต์ครบแล้วให้สร้างสภาวะเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง พร้อมกับส่งค่ารหัสคอนโทรลไบต์สำหรับบ่งบอกการอ่าน (บิต LSB= "1") จำนวน 1 ไบต์ แล้วจึงรอรับไบต์ข้อมูลจากหน่วยความจำตามตำแหน่งแอดเดรสที่ระบุไว้ จากนั้นก็ยังสามารถอ่านข้อมูลตำแหน่งถัดไปในหน่วยความจำได้อีกเรื่อย ๆ ตามต้องการ เมื่ออ่านข้อมูลได้ครบตามต้องการแล้วจึงจบด้วยการส่งสภาวะหยุด



รูปที่ 2.26 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์

การอ่านโดยไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์ เป็นการสั่งอ่านข้อมูลตำแหน่งแอดเดรสต่อเนื่องจากครั้งสุดท้าย ซึ่งการสั่งอ่านข้อมูลแบบนี้จะมีความรวดเร็วกว่าแบบอื่นเนื่องจากไม่ต้องส่งแอดเดรสไบต์ไปให้กับหน่วยความจำ ซึ่งมีรูปแบบในการสั่งอ่านข้อมูลเป็นดังนี้



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์

ซึ่งจากวิธีการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ อีสแควพรอม ทั้ง 3 แบบที่อธิบายมาแล้วนั้นสามารถนำมาเรียบเรียงเป็นขั้นตอนให้เห็นได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์
    1.1 ส่งสภาวะเริ่มต้นไปยังบัส เพื่อเริ่มต้นการสื่อสาร
    1.2 ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอม สำหรับการเขียน ซึ่งก็คือ “10100000”
    1.3 ส่งค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูงที่ต้องการเริ่มต้นการอ่านข้อมูลไปให้อีสแควพรอม
    1.4 ส่งค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำที่ต้องการเริ่มต้นการอ่านข้อมูลไปให้อีสแควพรอม
    1.5 ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอมสำหรับการอ่าน ซึ่งก็คือ “10100001”
    1.6 อ่านข้อมูลหน่วยความจำจากแอดเดรสที่ระบุไว้ในข้อ 1.3 และ1.4 จำนวน 1 ไบต์
    1.7 ส่งสภาวะสิ้นสุดไปยังบัส เพื่อจบการสื่อสาร
2. การอ่านแบบระบุตำแหน่งครั้งละหลาย ๆ ไบต์
    2.1 ส่งสภาวะเริ่มต้นไปยังบัส เพื่อเริ่มต้นการสื่อสาร (เหมือนข้อ 1.1-1.4)
    2.2 ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอม สำหรับการอ่าน ซึ่งก็คือ “10100001”
    2.3 อ่านข้อมูลไบต์แรกจากหน่วยความจำที่แอดเดรสที่ระบุไว้
    2.4 อ่านข้อมูลไบต์ถัดไปเรื่อย ๆ ตามต้องการ
    2.5 ส่งสภาวะสิ้นสุดไปยังบัส เพื่อจบการสื่อสาร
3. การอ่านโดยไม่ระบุตำแหน่งครั้งละ 1 ไบต์
    3.1 ส่งสภาวะเริ่มต้นไปยังบัส เพื่อเริ่มต้นการสื่อสาร
    3.2 ส่งคอนโทรลไบต์ของอีสแควพรอม สำหรับการอ่าน ซึ่งก็คือ “10100001”
    3.3 อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ จำนวน 1 ไบต์ที่แอดเดรสที่ต่อเนื่องจากที่เคยอ่านแล้ว
    3.4 ส่งสภาวะสิ้นสุดไปยังบัส เพื่อจบการสื่อสาร

สำหรับวิธีการอ่านเขียนต่าง ๆ ที่กล่าวอธิบายมาแล้วนั้น จะอ้างอิงจากคุณสมบัติของหน่วยความจำเบอร์ 24XX256 ของไมโครชิพเป็นหลัก ซึ่งถ้าหากว่าผู้ใช้เลือกติดตั้งใช้งานหน่วยความจำเป็นเบอร์อื่นอาจต้องพิจารณารายละเอียดเพิ่มเติมจากดาต้าชีตของหน่วยความจำเบอร์และยี่ห้อที่จะใช้ประกอบด้วย เนื่องจากคุณสมบัติบางประการของหน่วยความจำที่เบอร์ต่างกันอาจไม่เหมือนกันทั้งหมด หรือในบางครั้งนั้นถึงแม้ว่าจะเป็นหน่วยความจำที่มีรหัสเบอร์เหมือนกันแต่ต่างยี่ห้อต่างผู้ผลิตกันก็อาจมีคุณสมบัติบางประการที่แตกต่างกันออกไปในบางส่วนด้วยเช่นกัน ซึ่งวิธีการที่แสดงให้เห็นนั้นอาจใช้สำหรับเป็นแนวทางในการใช้งานก็ได้

*****หมายเหตุ***** จากตัวอย่างที่อธิบายมาข้างต้นนั้นจะอ้างอิงคอนโทรลไบต์ของหน่วยความจำที่กำหนดขาสัญญาณแอดเดรสเป็น “0” ทั้งหมด ซึ่งในการใช้งานจริงถ้าลักษณะการจัดวงจรมีการกำหนดสภาวะลอจิกของขาสัญญาณแอดเดรส ไม่ตรงตามนี้ต้องเปลี่ยนแปลงคอนโทรลไบต์ให้ตรงกับที่ใช้ด้วย

2.7 มาตรฐานคำสั่งของโมเด็ม

บริษัท Hayes Microcomputer Products Tnc. เป็นผู้คิดชุดคำสั่งชุดหนึ่งขึ้นมา เพื่อสั่งงานโมเด็มสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และได้รับความนิยมอย่างมากจนถือเป็นมาตรฐานอันหนึ่ง มาตรฐานคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้เรียกว่า ชุดคำสั่งของเฮย์ (Hayes Command Set) เป็นคำสั่งที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดการทำงานต่าง ๆ ของโมเด็มได้ โดยใช้ซอฟต์แวร์ สั่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มโดยตรง ทำให้เราไม่ต้องปรับสวิทช์ เพื่อเลือกการทำงานแบบต่าง ๆ ของโมเด็มอีกต่อไป โมเด็มที่เราใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเกือบทั้งหมดจะรับคำสั่งตามมาตรฐานของเฮย์ (Hayes) นี้ซึ่งคำสั่งต่าง ๆ จะกล่าวถึงต่อไป

คำสั่งโมเด็มจะควบคุมการทำงานที่จำเป็นทั้งหมดของโมเด็ม เช่น ตอบรับสัญญาณโทรศัพท์ที่เรียกเข้ามา เลือกให้ทำงานในแบบ Echo on หรือ Echo off ต่อเข้าสายโทรศัพท์หรือวางสายโทรศัพท์ รีเซตโมเด็ม สั่งให้โมเด็มหมุนโทรศัพท์ตามเบอร์ที่กำหนด ปรับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของโมเด็ม ฯลฯ ซึ่งถ้าหากไม่ใช้คำสั่งโมเด็มแล้ว ผู้ใช้จะต้องกำหนดตัวแปรเหล่านั้น ด้วยวิธีการผลักสวิทช์บนโมเด็มตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น การใช้คำสั่งจึงสะดวกและง่ายต่อการใช้งานมาก ข้อดีอันหนึ่งของการใช้คอมพิวเตอร์ส่งคำสั่งโมเด็มก็คือ ซอฟต์แวร์ติดต่อสื่อสารสามารถปรับค่าต่าง ๆ ของโมเด็มให้เป็นไปอย่างที่ต้องการได้โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องรู้รายละเอียดใด ๆ เลย โปรแกรมจะจัดการให้เสร็จและติดต่อส่งข้อมูลได้ทันที โปรแกรมคนละโปรแกรมอาจใช้งานโมเด็มไม่เหมือนกัน แต่ละโปรแกรมก็จะปรับโมเด็มให้ทำงานต่างกันได้โดยไม่ต้องแก้ไขส่วนฮาร์ดแวร์ของโมเด็มเลย การใช้งานโมเด็มจึงมีความคล่องตัวมากกว่าการใช้สวิทช์เลือกแบบเก่า ซึ่งถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอะไรเราก็ต้องปรับสวิทช์กันทีหนึ่งทุกครั้งไป และอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่ายกว่าการใช้คำสั่ง สั่งงานโมเด็ม

ภายในตัวโมเด็มจะมีหน่วยความจำพิเศษสำหรับเก็บตัวแปรในการทำงานแทนที่สวิทช์แบบเก่า หน่วยความจำนี้จะยังคงเก็บค่าต่าง ๆ เอาไว้ได้ แม้ว่าจะปิดโมเด็ม หรือดึงปลั๊กโมเด็มออกก็ตาม โมเด็มที่ใช้คำสั่งของเฮย์เรียกหน่วยความจำส่วนนี้ว่า S-Register เอาไว้ใช้เก็บพารามิเตอร์ในการทำงานของโมเด็ม เช่น จำนวนครั้งที่จะตอบรับสัญญาณเรียกเข้า ช่วงเวลาสำหรับรอสัญญาณก่อนหมุนโทรศัพท์ ฯลฯ

ซอฟต์แวร์ที่ใช้สื่อสารสามารถเปลี่ยนค่าตัวแปรเหล่านี้ชั่วคราว หรือเปลี่ยนค่าถาวรไปเลยก็ได้ โดยใช้คำสั่งเก็บค่าตัวแปรเอาไว้ หน่วยความจำพิเศษนี้ บางชนิดใช้แบตเตอรี่เล็ก ๆ คอยจ่ายไฟให้เวลาที่เราปิดโมเด็ม เพื่อป้องกันค่าต่าง ๆ หายไปจากหน่วยความจำ ดังนั้นเมื่อใช้โมเด็มไปนาน ๆ แบตเตอรี่ดังกล่าวจะหมดลง เราจำเป็นต้องเปลี่ยนอันใหม่ให้ ไม่เช่นนั้นการทำงานของโมเด็มอาจผิดพลาดได้ เนื่องจากค่าของตัวแปรในหน่วยความจำหายไป โมเด็มบางชนิดเก็บค่าตัวแปรในหน่วยความจำแบบที่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่จ่ายไฟสำรองให้โมเด็มแบบนี้เราก็ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ภายในให้มัน และโมเด็มบางแบบก็ยอมให้เราเปลี่ยนค่าตัวแปรเหล่านี้อย่างถาวรโดยเก็บค่าต่าง ๆ เอาไว้ใน ROM การเปลี่ยนค่าตัวแปรจะเป็นไปชั่วคราวเท่านั้น เมื่อเปิดปิดโมเด็มใหม่ ค่าต่าง ๆ จะกลับเหมือนเดิมตามที่ผู้ผลิตกำหนดเอาไว้ใน ROM ของโมเด็มนั่นเอง

ต่อไปจะกล่าวถึงคำสั่งที่มีใช้งานของเฮย์ว่าแต่ละคำสั่งทำหน้าที่อะไรและใช้คำสั่งว่าอย่างไร เพื่อให้เข้าใจการทำงานของคำสั่งโมเด็มมากยิ่งขึ้นดังนี้

คำสั่งของเฮย์เป็นคำสั่งที่ใช้สั่งงานโมเด็ม มีอีกชื่อหนึ่งเรียกกันว่า เอทีคอมมานด์ (AT Command) เพราะคำสั่งทุกคำสั่งขึ้นต้นด้วยตัวอักษรเอที (AT) เสมอ เมื่อจบคำสั่งให้ปิดท้ายด้วย CR (Carriage Return: รหัสแอสกีเท่ากับ 13) หรือกดปุ่ม Enter โมเด็มจะรับคำสั่งนั้นไปทำงานทันที และตอบคำว่า โอเค (OK) กลับมา คำสั่งเรียงตามตัวอักษร เอ ถึง แซด มีดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การออนไลน์และออฟไลน์

สภาวะออฟไลน์จะเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าสภาวะคำสั่ง (Command state) หมายถึง สภาวะที่ผู้ใช้สามารถจะส่งคำสั่งต่าง ๆไปยังโมเด็มได้ หรือ จะพูดอีกนัยหนึ่งก็คือ สภาวะที่โมเด็มจะแปลความหมายของข้อมูลที่ได้รับมาจาก พีซี (PC) ให้เป็นคำสั่งเท่านั้น ซึ่งสภาวะนี้โมเด็มจะไม่ได้รับส่งข้อมูลกับโมเด็มปลายทางแต่จะสื่อสารกันกับพีซีเท่านั้น ส่วนสภาวะออนไลน์ หมายถึง สภาวะที่โมเด็มได้เชื่อมต่อกับโมเด็มปลายทางเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ข้อมูลที่ส่งออกมาจากพีซีก็จะผ่านจากโมเด็มต้นทางไปยังโมเด็มปลายทางเสมอ ในกรณีนี้ถ้าหากผู้ใช้ต้องการที่จะส่งคำสั่งให้กับโมเด็มหรือต้องการให้โมเด็มกลับมาอยู่ในสภาวะออฟไลน์ เพื่อรับคำสั่งจากพีซีก็สามารถทำได้โดยมีวิธีการอยู่ 2 วิธีคือ หนึ่งให้โมเด็มวางสายแล้วกลับมาอยู่ในสภาวะออนไลน์ใหม่ และวิธีที่สองคือ ส่งชุดอักขระ เอสเขปซีเควน (Escape Sequence) เข้าไปยังโมเด็มในขณะที่ออนไลน์ ซึ่งวิธีหลังจะมาความเหมาะสมกว่า เพราะการเชื่อมต่อระหว่างโมเด็มจะยังคงดำเนินอยู่ และหลังจากที่ได้ส่งคำสั่งต่าง ๆ ให้กับโมเด็มเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะสามารถกลับเข้าไปอยู่ในสภาวะออนไลน์ได้เช่นเดิม วิธีการส่งชุดอักขระเอสเขปซีเควนสำหรับโมเด็มที่เข้ากันได้กับโมเด็มของเฮย์คือให้รอ 1 วินาที (เรียกว่า Guard Time) แล้วกดปุ่ม + ติดต่อกัน 3 ครั้ง (+++) การที่ต้องรอ 1 วินาทีก่อนที่จะกดปุ่มเครื่องหมาย + เป็นสิ่งที่จำเป็นเนื่องจากว่าโมเด็มจะได้รู้ว่าอักษร + นั้นเป็นส่วนของอักขระเอสเขปซีเควน ไม่ใช่ส่วนของข้อมูลที่จะต้องส่งไปยังโมเด็มปลายทาง

- ATA (รับโทรศัพท์)

คำสั่งนี้จะทำให้โมเด็มสามารถรับสายโทรเข้าได้ แต่มักจะใช้กรณีชั่วคราวที่จำเป็นเท่านั้น โดยปกติแล้วผู้ใช้จะสามารถกำหนดให้โมเด็มรับสายทุกครั้งที่มีเสียงริง (Ringing) ได้โดยตั้งค่ารีจิสเตอร์ S0 ให้มีค่าเป็น 1 ส่วนในกรณีที่ไม่ต้องการให้โมเด็มรับสายโทรเข้า ก็ให้ตั้งค่ารีจิสเตอร์ S0 เป็น 0 แต่ในบางครั้งผู้ใช้อาจจะต้องการให้โมเด็มสามารถรับสายได้ทันทีได้ ทั้ง ๆ ที่ตั้งค่ารีจิสเตอร์ S0 ไว้เป็น 0 โดยการใช้คำสั่ง ATA ซึ่งการทำงานของโมเด็มหลังจากที่ได้รับคำสั่งก็คือ โมเด็มจะยกหูโทรศัพท์ขึ้น (Off-hook) และจะส่งสัญญาณพาหะ (Carrier) ไปยังโมเด็มปลายทาง หลังจากนั้นโมเด็มก็จะรอเป็นเวลา X วินาทีตามที่ได้ตั้งไว้ในรีจิสเตอร์ S7 ถ้าไม่มีสัญญาณพาหะตอบกลับมาภายในระยะเวลาดังกล่าว โมเด็มก็จะวางหูโทรศัพท์และจะกลับมาอยู่ในสภาวะคำสั่ง (Off-line) อีกครั้ง

- ATD (หมุนหมายเลขโทรศัพท์)

คำสั่ง ATD จะทำให้โมเด็มยกหูโทรศัพท์ขึ้น และหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออกด้วยหมายเลขที่คุณกำหนดเอาไว้ในพารามิเตอร์ของคำสั่ง โดยมีรูปแบบดังตัวอย่าง ATD3197707 ซึ่งคำสั่ง ATD นี้จะต้องการพารามิเตอร์บางอย่างทุกครั้งที่คุณใช้คำสั่งนี้เสมอ อย่างเช่น “T” (Tone), “P” (Pulse), “W” (Wait), หรือ “,” ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.10

พารามิเตอร์	ความหมาย
!	วางหูโทรศัพท์ชั่วคราว
,	หยุดรอเป็นเวลา 2 วินาทีขณะหมุนหมายเลข
;	หลังจากหมุนหมายเลขแล้วจะส่งไปที่สภาวะคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P	หมุนหมายเลขด้วยระบบพัลส์ (Pulse)
R	เรียกโหมดรีเวิร์ส
S=x	เก็บหมายเลขโทรศัพท์ไว้ที่พื้นที่ x
T	หมุนหมายเลขด้วยระบบโทน (Tone)
W	รอฟังเสียงสัญญาณ “สายว่าง”

ตารางที่ 2.10 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหมุนหมายเลขโทรศัพท์

พารามิเตอร์ “P” หมายถึงให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ด้วยระบบพัลส์ ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันในโทรศัพท์แบบหมุน ส่วนพารามิเตอร์ “T” หมายถึงให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออกด้วยระบบแบบ โทน ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันในโทรศัพท์แบบกดปุ่มทั่วไป (บางครั้งอาจจะเรียกโทนว่า DTMF: Dual Tone Multi-Frequency) ดังตัวอย่าง ATDP3197707 (พัลส์) ATDT3197707 (โทน) โดยปกติแล้วถ้าใช้คำสั่งเพียง ATD และตามด้วยหมายเลข ก็หมายความว่า โมเด็มจะทำการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ด้วยวิธีล่าสุดที่เคยหมุนหมายเลขโทรศัพท์มา เพราะฉะนั้นก่อนที่จะสั่งให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออกผู้ใช้ก็ควรจะทราบเสียก่อนว่าสายโทรศัพท์ที่ต่ออยู่กับโมเด็มนั้นใช้ระบบพัลส์ หรือโทน

พารามิเตอร์ “W” และ“,” มักจะใช้ในกรณีที่โมเด็มต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์ภายใน (Private Branch Exchange: PBX) โดยที่ “W” จะมีความหมายว่าให้โมเด็มรอฟังเสียงไดอัลโทน (เสียงที่บอกว่าสายว่าง) ครั้งที่สองก่อนที่จะหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออกดังตัวอย่าง ATDT9W3197707 หมายถึงให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออกด้วยระบบโทน โดยเริ่มหมุนหมายเลข 9 (เพื่อจะตัดสายออก) จากนั้นก็ให้รอฟังเสียงไดอัลโทนอีกครั้งหนึ่งแล้วจึงหมุนหมายเลข 3197707 ซึ่งเสียงไดอัลโทนที่โมเด็มได้ยินครั้งแรกก่อนที่จะหมุนหมายเลข 9 นั้นจะเป็นเสียงที่ส่งออกมาจากชุมสายโทรศัพท์ภายใน และเสียงไดอัลโทนครั้งที่สองหลังจากที่หมุนหมายเลข 9 นั้นจะเป็นเสียงที่ส่งออกมาโดยชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ถ้าหากโมเด็มไม่ได้ยินเสียง ครั้งที่สองในเวลา X วินาทีตามที่ได้กำหนดไว้ในรีจิสเตอร์ S6 โมเด็มก็จะส่ง โค้ดผลลัพท์ (Result Code) ออกมาว่า “NO DIALTONE” ส่วนพารามิเตอร์ “,” (เครื่องหมายคอมม่า)หมายถึงให้โมเด็มหยุดรอเป็นเวลา X วินาทีก่อนที่จะหมุนหมายเลขโทรศัพท์ต่อไป ซึ่งเวลาดังกล่าวจะถูกกำหนดด้วยค่าที่อยู่ใน รีจิสเตอร์ S8 โดยจะมีค่าดีฟอลต์เป็น 2 วินาที ในบางครั้งผู้ใช้อาจสามารถใช้ “,” แทน “W” ได้ ดังตัวอย่าง ATDT9,3197707 หมายความว่าให้โมเด็มหมุนหมายเลข 9 และหยุดรอ 2 วินาที จากนั้นก็หมุนหมายเลข 3197707

พารามิเตอร์ “R” (Reverse Mode) หมายถึงให้โมเด็มเปลี่ยนไปเป็นโหมดตอบรับ (Answer mode) หลังจากที่หมุนหมายเลขโทรศัพท์เรียบร้อยแล้ว ซึ่งโดยปกติแล้วโมเด็มตัวต้นทางที่เป็นผู้หมุนหมายเลขโทรศัพท์ออก จะเป็นโหมดกำเนิด (Originate mode) และปลายทางจะเป็นโหมดตอบรับ (สำหรับโหมดดังกล่าวทั้งคู่ หมายถึงย่านความถี่ที่โมเด็มใช้สื่อสารกัน) พารามิเตอร์ “R” นี้มักจะใช้อยู่หลังหมายเลขโทรศัพท์ดังตัวอย่าง ATDT3197707R

พารามิเตอร์ “!” หมายถึงให้โมเด็มวางหูโทรศัพท์ชั่วขณะเป็นเวลา 500-600 ไมโครวินาที และจากนั้นก็ยกหูโทรศัพท์ขึ้นมาอีกครั้ง ลักษณะการวางหูและยกหูโทรศัพท์เช่นนี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า Flash ใช้กันมากในระบบชุมสายโทรศัพท์ภายใน ซึ่งเครื่องโทรศัพท์รุ่นเก่าก็จะต้องใช้มือกดและปล่อยในขณะที่เครื่องโทรศัพท์รุ่นใหม่จะมีปุ่ม Flash สำหรับชุมสายโทรศัพท์ภายในบางชนิดมักจะใช้ลักษณะการ Flash เพื่อควบคุมและสั่งงานพิเศษเกี่ยวกับการโทรศัพท์เข้าและออก

พารามิเตอร์ S=x หมายถึงให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ที่เก็บเอาไว้ในเอ็นวีแรม (NVRAM) ตำแหน่งที่ x ดังตัวอย่าง ATDS=2 ก็คือให้โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ที่เก็บเอาไว้ในเอ็นวีแรม ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งโมเด็มของเฮย์โดยทั่วไปแล้วสามารถเก็บหมายเลขโทรศัพท์เอาไว้ได้ 4 หมายเลข คือตำแหน่งที่ 0 จนถึงตำแหน่งที่ 3 สำหรับคำสั่งที่ใช้เก็บหมายเลขโทรศัพท์ให้ดูที่ AT&Z ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากรีจิสเตอร์ S6, S7, S8 และคำสั่ง ATX, AT&Z

- ATH ยกหูและวางหูโทรศัพท์

  คำสั่งนี้ทำให้โมเด็มวางหูหรือยกหูโทรศัพท์ โดยมีรูปแบบดังนี้

  ATH0 หรือ ATH : ให้โมเด็มวางหูโทรศัพท์

  ATH1 : ให้โมเด็มยกหูโทรศัพท์

  คำสั่ง ATH0 หรือ ATH มักจะใช้หลังจากที่ส่ง เอสเขปซีเควน (+++) ให้แก่โมเด็มเพื่อให้โมเด็มกลับเข้าสู่สภาวะคำสั่ง ซึ่งโปรแกรมสื่อสารทั่ว ๆ ไปมักจะใช้วิธีนี้ เพื่อทำการหยุดการสื่อสารหรือตัดสาย (Disconnect)

- ATO กลับสู่สภาวะออนไลน์

  การใช้คำสั่งนี้ในสภาวะคำสั่ง (Command state) จะทำให้โมเด็มกลับเข้าไปสู่สภาวะออนไลน์อีกครั้งหนึ่ง มักจะใช้ในกรณีที่โมเด็มกำลังอยู่ในสภาวะออนไลน์ และผู้ใช้กดรหัสเอสเขปซีเควน (+++) ออกมาสู่สภาวะคำสั่งเพื่อออกคำสั่ง เอที ต่าง ๆ แก่โมเด็ม แล้วต้องการกลับเข้าไปอยู่สภาวะออนไลน์อีกครั้งหนึ่ง

- ATS คำสั่งตั้งค่าให้แก่รีจิสเตอร์ S

  ชุดคำสั่ง ATS จะช่วยให้คุณสามารถขอดูและเปลี่ยนแปลงค่าที่อยู่ในรีจิสเตอร์ S ต่าง ๆ ได้ สำหรับการตั้งค่ารีจิสเตอร์ S มีรูปแบบดังนี้ ATSx = y โดยที่ x เป็นหมายเลขรีจิสเตอร์ S และy หมายถึงค่าที่ต้องการบรรจุลงไปในรีจิสเตอร์ S ตัวนั้น ๆ ดังตัวอย่าง ถ้าหากต้องการกำหนดให้รีจิสเตอร์ S ตัวที่ 1 มีค่าเท่ากับ 10 ก็ให้ใช้คำสั่งดังนี้ ATS1 = 10 และสำหรับการขอดูค่าในรีจิสเตอร์ S ก็จะมีรูปแบบดังนี้ ATSx? หรืออาจจะใช้คำสั่ง AT&V เพื่อขอดูค่ารีจิสเตอร์ S ทั้งหมดรวมทั้งข้อมูลการเซตทั้งหมดที่เก็บเอาไว้ในเอ็นวีแรม สำหรับรีจิสเตอร์ S ที่สำคัญต่าง ๆ จะมีดังต่อไปนี้

- S0 : ใช้เก็บค่าจำนวนครั้งของเสียงกระดิ่งโทรศัพท์ ก่อนที่โมเด็มจะรับสายโทรศัพท์ สามารถตั้งค่าให้สูงได้ถึง 255 (หมายถึง ให้เสียงกระดิ่งดัง 255 ครั้งแล้ว โมเด็มจึงจะรับโทรศัพท์) หรือถ้าตั้งเป็น 0 ก็จะมีความหมายว่าไม่ให้โมเด็มรับสายโทรเข้า
- S2 : รีจิสเตอร์ตัวนี้ใช้เก็บค่ารหัส ASCII (ในลักษณะฐาน 10) ที่ต้องการใช้เป็นรหัส เอสเขปซีเควน โดยปกติแล้วจะมีดีฟอลต์เป็น 43 ซึ่งตรงกับตัวอักษร "+"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- S3 : รีจิสเตอร์ตัวนี้ใช้เก็บค่ารหัส ASCII (ในลักษณะฐาน 10) ที่ต้องการใช้เป็นรหัส Carriage Return (CR) โดยปกติแล้วจะมีดีฟอลต์เป็น 13 ซึ่งจะเหมือนกับการกดปุ่ม Enter
- S4 : รีจิสเตอร์ตัวนี้ใช้เก็บค่ารหัส ASCII (ในลักษณะฐาน 10) ที่ต้องการใช้เป็นรหัส Line Feed โดยปกติแล้วจะมีดีฟอลต์เป็น 10
- S5 : รีจิสเตอร์ตัวนี้ใช้เก็บค่ารหัส ASCII (ในลักษณะฐาน 10) ที่ต้องการใช้เป็นรหัส Backspace โดยปกติแล้วจะมีดีฟอลต์เป็น 8 ซึ่งจะเหมือนกับการกดปุ่ม Backspace
- S7 : ใช้เก็บค่าของเวลาในการรอฟังสัญญาณพาหะของโมเด็มปลายทางมีหน่วยเป็นวินาที หลังจากที่โมเด็มหมุนหมายเลขโทรศัพท์ออก หรือรับสายโทรศัพท์เข้า โมเด็มจะรอฟังสัญญาณพาหะเป็นเวลา S7 วินาที ซึ่งในกรณีที่ต้องการโทรศัพท์ระหว่างประเทศก็อาจจะต้องตั้งค่า S7 ให้มากกว่า 50 วินาที แล้วแต่ความเหมาะสม
- S8 : ใช้เก็บค่าของเวลาในการรอ มีหน่วยเป็นวินาที หลังจากที่โมเด็มได้รับพารามิเตอร์ "," ในคำสั่ง ATD โมเด็มก็จะหยุดรอเป็นเวลา S8 วินาที ก่อนที่จะทำคำสั่ง หรือพารามิเตอร์ตัวต่อไป S8 นี้จะสามารถมีค่าได้ตั้งแต่ 2 ไปจนถึง 255 วินาที แต่โดยปกติแล้วจะมีดีฟอลต์เป็น 2 วินาที

- ATZ รีเซตโมเด็ม

คำสั่งนี้จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถนำเอาข้อมูลการจัดตั้งที่เก็บเอาไว้ใน เอ็นวีแรม ที่ถูกเซตโดยผู้ผลิตมาเก็บไว้ใน Active Profile เพื่อใช้งานได้เช่นเดิม โดยมีรูปแบบดังต่อไปนี้

ATZ0 หรือ ATZ :โหลดข้อมูลการเซตจากโพรไฟล์ที่ 0 กลับมาเก็บไว้ในแอกทีฟโพรไฟล์

ATZ :โหลดข้อมูลการเซตจากโพรไฟล์ที่ 1 กลับมาเก็บไว้ในแอกทีฟโพรไฟล์

ทั้งหมดนี้เป็นตัวอย่างคำสั่งมาตรฐานของโมเด็มตามแบบเฮย์ซึ่งซอฟต์แวร์สื่อสารใช้ในการสั่งงานและควบคุมโมเด็ม ปัจจุบันโมเด็มบางแบบอาจมีคำสั่งเพิ่มเติมมากกว่านี้เพื่อให้การใช้งานสะดวกขึ้น เราเรียกคำสั่งที่เพิ่มมานี้ว่า Extended Command Set แต่ซอฟต์แวร์สื่อสารทั่ว ๆ ไป ยังคงใช้เพียงแค่คำสั่งมาตรฐานนี้เท่านั้น เนื่องจากถ้าใช้คำสั่งที่เพิ่มขึ้นมา โมเด็มบางแบบจะรับคำสั่งไม่ได้โดยเฉพาะโมเด็มราคาถูกทั่วไปจะรับแต่คำสั่งมาตรฐาน ดังนั้นคำสั่งที่เพิ่มขึ้นมาจึงยังไม่มีผู้นิยมใช้กันเท่าใดนัก

2.8 การสื่อสารข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลอนุกรมเป็นการรับหรือส่งข้อมูลในลักษณะกลุ่มของบิต คราวละหนึ่งบิต เรียงลำดับเรื่อยไปจนสิ้นสุด การสื่อสารแบบนี้จะมีข้อแตกต่างจากการสื่อสารแบบขนานเป็นอย่างมาก เนื่องจากการสื่อสารข้อมูลแบบขนานมีการโอนย้ายมาพร้อมกัน จึงมีความจำเป็นต้องใช้จำนวนเส้นสัญญาณมากขึ้นตามจำนวนบิตของข้อมูลด้วย ในขณะที่การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นต้องการเส้นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงสองหรือสามเส้นเท่านั้น ดังนั้นการสื่อสารแบบขนานจึงไม่เหมาะในการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกเป็นระยะทางไกล ๆ เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก

2.8.1 ความเร็วของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

เนื่องจากการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรับ/ส่งข้อมูลในลักษณะกลุ่มของบิตข้อมูล (Bit Stream) ดังนั้น จึงต้องให้ความสนใจในการพิจารณาเรื่องอัตราเร็วในการรับ/ส่งบิตเหล่านี้เป็นอันดับแรก โดยทั่วไปมักจะระบุกันในหน่วยของจำนวนบิตข้อมูลภายในเวลาหนึ่งวินาที เรียกว่า อัตราบอด ตามค่ามาตรฐานเหล่านี้ ได้แก่ 110, 150, 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 บอด ข้อมูลทั้งแปดบิตนี้หากว่าถูกส่งออกมาด้วยอัตรา 9600 บอด จะใช้เวลาในการส่งข้อมูงหนึ่งบิตมีค่าเท่ากับ 1/9600 หรือ 104 us และเวลาในการส่งข้อมูลทั้งแปดบิตมีค่าเท่ากับ 8*104 หรือ 832 us

2.8.2 รูปแบบของการส่งข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัสจะใช้การแปลงข้อมูลขนานให้เป็นอนุกรมแล้วเพิ่มเติมบิตบางอย่างร่วมไปกับการส่งข้อมูลจริงซึ่งได้แก่

1. บิตเริ่มต้น (Stat Bit)

บิตเริ่มต้นมีหน้าที่สำหรับการบ่งบอกให้ทราบถึงตำแหน่งเริ่มต้นก่อนบิตข้อมูล ตามปกติแล้วค่าของบิตเริ่มต้นจะเป็นระดับลอจิกต่ำ

2. บิตแสดงภาวะความเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ (Parity Bit)

บิตนี้มีหน้าที่เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยทั่วไปมักเรียกว่าบิตพาริตี้ และจำนำไปต่อท้ายบิตของข้อมูล ค่าของบิตนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนค่าของบิตที่เป็น 1 ซึ่งจะเป็นได้สองลักษณะคือ พาริตี้คู่ (Even Parity) หรือพาริตี้คี่ (Odd Parity) ตัวอย่างเช่นระบบที่ติดต่อกันโดยระบุว่าจะใช้พาริตี้คู่ ทางด้านส่งจะนำค่าข้อมูลที่จะส่งมาพิจารณาหาจำนวนของบิตที่มีค่า 1 หากเป็นเลขจำนวนคู่อยู่แล้ว ค่าของพาริตี้จะมีค่าเป็นศูนย์ แต่หากว่าจำนวนของบิตที่มีค่าเป็น 1 เป็นเลขจำนวนคี่ ค่าของพาริตี้ก็จะมีค่า 1 การพิจารณาทางด้านรับเป็นการตรวจสอบจำนวนบิตที่มีค่าเป็น 1 ของข้อมูลที่ได้รับมาทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ ถ้ามีค่าเป็นเลขจำนวนคู่ แสดงว่าข้อมูลที่ได้รับเข้ามานี้ถูกต้องแต่หากไม่เป็นเลขจำนวนคู่แสดงว่าเกิดการผิดพลาดของข้อมูลขึ้น เป็นต้น

3. บิตสุดท้าย (Stop Bit)

บิตสุดท้ายเป็นบิตที่เพิ่มขึ้นเพื่อระบุถึงของเขตการสิ้นสุดของกลุ่มบิตข้อมูล บิตสุดท้ายสามารถโปรแกรมได้คือ 1 บิต 1 ½ บิต และ2 บิต ดังนั้นกรณีของการส่งข้อมูล 8 บิต หากข้อมูลถูกส่งออกไปด้วยอัตราเร็ว 9600 บอด เวลาโดยรวมในการส่งข้อมูลหนึ่งไบต์ จะมีค่าเป็น 12*104 หรือ1.25 ms

2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.9.1 การใช้งานพอร์ทสื่อสารอนุกรม

พอร์ทสื่อสารอนุกรมมีโครงสร้างการทำงานในแบบที่เรียกว่าฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) สามารถรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน

Serial Port Buffer (SBUF) ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลอนุกรมโดยมีอยู่ 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ทสื่อสารอนุกรมสามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกันโดยเลือกทีละบิต SM1 และSM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม SCON การทำงานของทั้ง 4 โหมด ของพอร์ทสื่อสารอนุกรม มีดังนี้

SM0	SM1	โหมด	การทำงาน
0	0	0	Shift Register ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลเท่ากับ (1/12) ของ CPU Osc
0	1	1	8 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดได้จาก Timer1,2
1	0	2	9 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูล = (1/32) หรือ (1/64) เท่าของ CPU Osc โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON
1	1	3	9 BIT UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดที่ Timer1, 2

ตารางที่ 2.11 โหมดการทำงานของพอร์ทสื่อสารอนุกรม

โหมด 0: พอร์ทสื่อสารอนุกรม 8 บิต โดยการส่งข้อมูลจะเลื่อนออกทีละบิตโดยส่งบิต D0 ออกไปก่อนทางขา RxD เนื่องจากไม่มีการส่ง Start Bit แต่จะส่ง shift clock ทางขา TxD (ความเร็ว 1/12 เท่าของ CPU Osc)

โหมด 1: พอร์ทสื่อสารอนุกรม 10 บิต ข้อมูล 8 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ1 บิตสุดท้าย และสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของ Timer1, 2

บอดเรท โหมด 1, 3 = $\frac{2^{SMOD} \times CPUOsc}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]}$ โดยใช้ไทเมอร์ 1

บอดเรท โหมด 1, 3 = $\frac{CPUOsc}{32 \times [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)]}$ โดยใช้ไทเมอร์ 2

โหมด 2: พอร์ทสื่อสารอนุกรม 11 บิต ข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ1 บิตสุดท้าย (TB8 นิยมนำมาใช้ส่งพาริตีบิต) ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ 1/32 หรือ 1/64 เท่าของ CPU Osc โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON

$$\text{บอดเรท (โหมด 2)} = \frac{(2^{SMOD})CPUOsc}{64}$$

- บอดเรท (โหมด 2) = 1/32 CPU Osc เมื่อ SMOD = 1
- บอดเรท (โหมด 2) = 1/64 CPU Osc เมื่อ SMOD = 0

โหมด 3: พอร์ทสื่อสารอนุกรม 11 บิต ข้อมูล 8 บิต 1 บิตเริ่มต้น และ1 บิตสุดท้าย เหมือนโหมด 2 ยกเว้นอัตราความเร็วจะขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หรือ อัตราโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{บอดเรท โหมด 1, 3} = \frac{2^{SMOD} \times \text{CPUOsc}}{32 \times 12 \times [256-(TH1)]} \quad \text{โดยใช้ Timer 1}$$

$$\text{บอดเรท โหมด 1, 3} = \frac{\text{CPUOsc}}{32 \times [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)]} \quad \text{โดยใช้ Timer 2}$$

2.9.2 กระบวนการรับและส่งข้อมูลอนุกรมของ MCS-51

การส่งข้อมูลออกทางพอร์ทอนุกรมของ MCS-51 จะเริ่มต้นขึ้นภายหลังเมื่อมีการเขียนข้อมูลลงไปใน SBUF ข้อมูลนี้ จะถูกเลื่อนทีละบิต และส่งสัญญาณออกไปภายนอกโดยอัตโนมัติ เมื่อข้อมูลเหล่านี้ได้ส่งออกไปครบถ้วนแล้วจะทำให้ค่าของแฟล็ก TI เป็น 1 เพื่อแจ้งให้ทราบว่าขณะนี้ SBUF ว่างและพร้อมที่จะส่งข้อมูลไบต์ต่อไปแล้ว ในกรณีที่ใช้เขียนข้อมูลใหม่ลงในรีจิสเตอร์ SBUF โดยไม่รอให้แฟล็ก TI มีค่าเป็น 1 ก่อน จะมีผลทำให้ข้อมูลที่ส่งไปผิดพลาดได้

สำหรับการรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรมจะต้องเริ่มต้นโดยการกำหนดค่า REN (Receive Enable) ให้มีค่าเป็น 1 ก่อน หลังจากนั้นเมื่อมีข้อมูลภายนอกถูกส่งเข้ามายัง 8051 ทีละบิตจนครบ และเมื่อบิตสุดท้ายถูกเลื่อนเข้ามาเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลนั้นจะถูกย้ายมาเก็บไว้ยังรีจิสเตอร์ SBUF และแฟล็ก RI ก็จะมีค่าเป็น 1 (ถูกเซ็ต)

2.9.2.1 พอร์ทอนุกรม (โหมด0)

การทำงานของพอร์ทอนุกรม (โหมด 0) เป็นการรับและส่งข้อมูลอนุกรมจำนวน 8 บิต โดยใช้เพียงขาสัญญาณ RxD เท่านั้น (ขานี้ใช้งาน 2 หน้าที่ใช้ส่งและรับข้อมูล) ส่วนขาสัญญาณ TxD จะนำไปใช้เพื่อเป็นขาสัญญาณนาฬิกาในการให้จังหวะ การเลื่อนข้อมูลกับวงจร เลื่อนบิตภายนอก สำหรับอัตราเร็วจะถูกกำหนดไว้คงที่ที่ค่า 1/12 เท่าของ CPU Osc เนื่องจากโหมดนี้ไม่มีการส่งบิตเริ่มต้นและบิตสุดท้าย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องส่งสัญญาณ shift clock ออกไป เพื่อใช้ synchronize ระหว่างฝ่ายรับและฝ่ายส่ง โดยจะใช้ขา TxD ส่วนการรับข้อมูลจะรับข้อมูลเข้าทางขา RxD และรับ shift clock เข้าทางขา TxD ถ้า CPU Osc มีค่าเท่ากับ 12MHz ก็จะส่งได้ถึง 1 ล้านบอด ซึ่งโหมด 0 เป็นโหมดที่ส่งข้อมูลได้เร็วที่สุด

2.9.2.2 พอร์ทอนุกรม (โหมด1)

การทำงานในโหมด 1 เป็นการสื่อสารข้อมูลอนุกรมจำนวน 10 บิต ประกอบด้วยบิตเริ่มต้น 1 บิต ข้อมูลจำนวน 8 บิต และบิตสุดท้ายอีก 1 บิต โดยข้อมูลจะถูกส่งออกทาง TxD และรับเข้ามาทางขาสัญญาณ RxD ในส่วนของข้อมูล 8 บิต ที่ได้รับหรือทำการส่งออก จะเป็นบิตนัยสำคัญต่ำเป็นลำดับแรก ส่งทางฝ่ายรับค่าของบิตสุดท้าย จะส่งเข้ามาจัดเก็บไว้ในบิต RB8 ภายในรีจิสเตอร์ SCON สำหรับอัตราเร็วในการส่งข้อมูลในการส่งข้อมูลของโหมด 1 นั้น สามารถกำหนดเลือกได้จากไทเมอร์ 1

2.9.2.3 พอร์ทอนุกรม (โหมด2)

โหมดนี้ใช้ทั้งหมด 11 บิต โดยแบ่งเป็น บิตเริ่มต้น, 9 บิตข้อมูล และบิตสุดท้าย โดยบิตที่ 9 ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเองได้ว่าจะส่งค่าอะไรออกไป โดยจะต้องนำไปใส่ไว้ในบิต TB8 ในรีจิสเตอร์ SCON ส่วนมากผู้ใช้มักจะนำบิตนี้มาใช้เป็นพาริตี้บิต โดยหลักค่ามาจากพาริตี้แฟล็กใน PSW ส่วนทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านรับบิตที่ 9 จะถูกนำมาเก็บไว้ใน RB8 อัตราเร็วในการส่ง/รับข้อมูลขึ้นกับCPU Osc และค่า SMOD ซึ่งอยู่ในบิต 7 ใน SCON

2.9.2.4 พอร์ทอนุกรม (โหมด3)

เหมือนกับโหมด 2 ทุกอย่าง ยกเว้นความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะขึ้นกับอัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หรือ ไทเมอร์ 2

2.9.3 รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรม SCON

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SM0,SM1 : บิตเลือกโหมดการทำงาน

SM2 : บิตเลือกการทำงานแบบ Single Processors Environment หรือ Multiprocessor Environment

1 : เลือก Multiprocessor Environment ใช้ได้กับโหมด 2,3

0 : เลือก Single Processor Environment ใช้ได้กับทุกโหมด

REN (Receive Enable) : บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

1 : ให้รับข้อมูลได้

0 : ห้ามรับข้อมูล

TB8 (Transmit bit D8) : ข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งออกไปในโหมด 2, 3 ให้ใส่ในบิตนี้

RB8 (Receive bit D8) : ข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาจะมาเก็บในบิตนี้

TI : แฟลกซ์ TI จะเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล 1 ไบต์

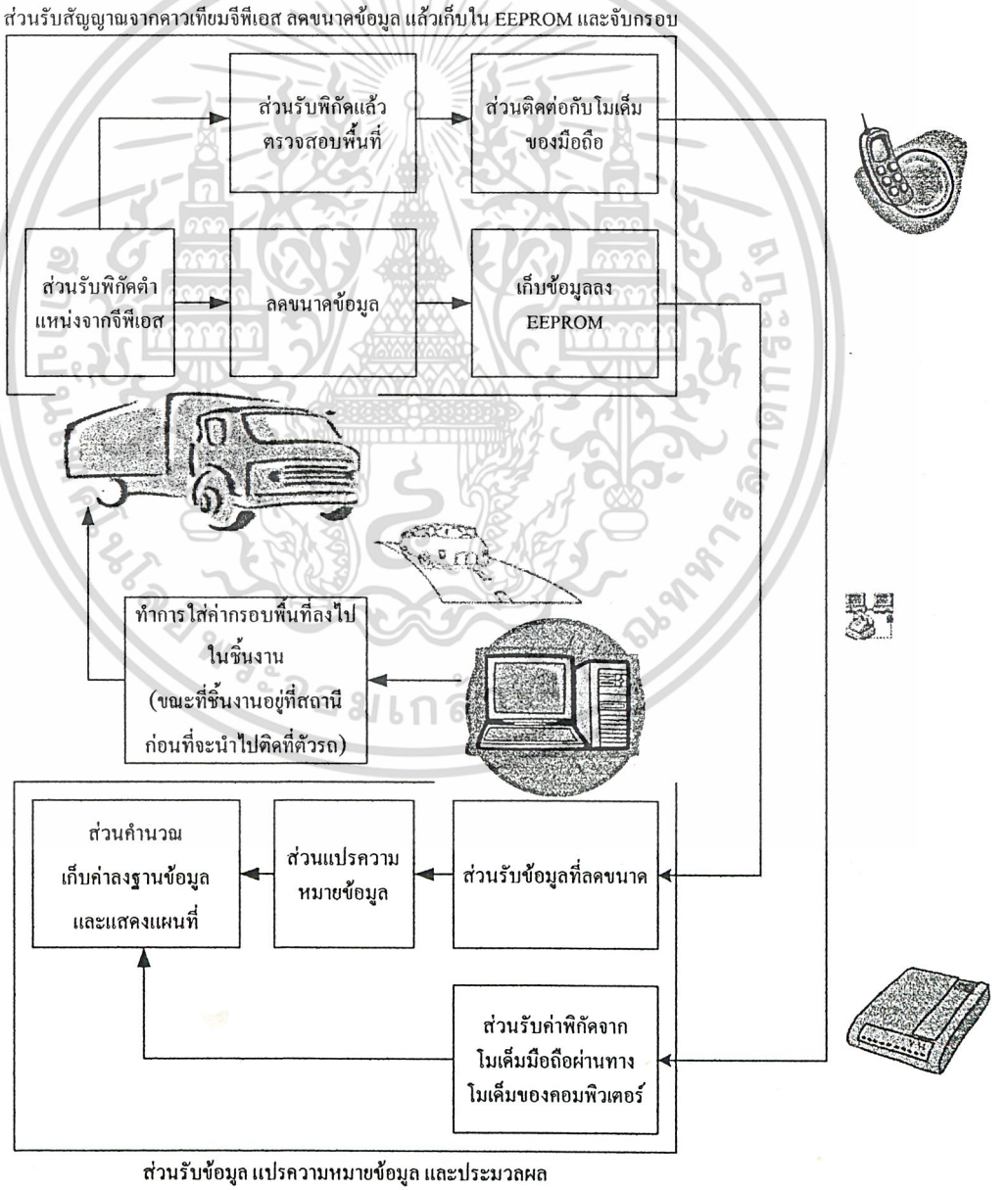
RI : แฟลกซ์ RI จะเป็น 1 เมื่อรับข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 การออกแบบโครงงาน

บทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการออกแบบทั้งหมดและขั้นตอนการทำงานของชิ้นงาน โดยรายละเอียดในการออกแบบทั้งหมดแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน โดยในส่วนแรกจะทำหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอส, ลดขนาดข้อมูล, เขียน-อ่านข้อมูลลงอีสแควพรอม และเตือนเมื่อรถออกนอกพื้นที่ที่กำหนด ในส่วนที่สอง จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากส่วนแรก, แปรความหมายข้อมูลที่ถูกลดขนาด, คำนวณหาค่าตำแหน่งในแผนที่, เก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล, แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถ, แสดงตำแหน่งบนแผนที่เมื่อออกนอกพื้นที่ที่กำหนด และเก็บค่าพิกัดที่รถออกนอกพื้นที่ลงฐานข้อมูล



รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานโดยรวมของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส

3.2.1 การจัดการกับข้อมูลที่รับมาจากโมดูลจีพีเอส

โครงงานนี้จะใช้การลดขนาดข้อมูลแบบไบนารี คือ การแทนข้อมูลด้วยตัวเลข โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการในการแปลงจากรหัสแอสกีให้อยู่ในรูปเลขฐาน 2 โดยทำการนำข้อมูลมาทั้งประโยคมาเก็บไว้ในตัวแปรตัวหนึ่ง หลังจากนั้นจึงทำการดูว่าอักขระแต่ละตัวใช้แสดงเซตข้อมูลอะไร (โดยใช้ลูกน้ำเป็นตัวนับ) และเป็นอักขระที่เท่าไรในเซตข้อมูลนั้น จากนั้นจึงนำไปแปลงเป็นเลขฐานสอง โดยประโยคที่นำมาให้งานคือประโยคอาร์เอ็มซี ซึ่งมีลักษณะประโยคอาร์เอ็มซีเป็นดังนี้

$GPRMC,hhmmss.sss,a,ddmm.mmmm,n,dddmm.mmmm,e,sss.ss,ggg.gg,ddmmyy,,*K<CR><LF>

ข้อมูลที่เราต้องการคือ เวลายูทีซี (UTC Time), ละติจูด, ลองจิจูด, ความเร็ว และ วันที่ จะเห็นได้ว่า ในประโยคอาร์เอ็มซีข้างต้นนั้นมีข้อมูลทั้งหมดที่เราต้องการอยู่แล้ว (ข้อมูลที่ขีดเส้นใต้) เราจึงเลือกเอาประโยคอาร์เอ็มซีมาใช้งาน โดยมีความยาวของข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 68-77 ไบต์ (อักขระแอสกี 1 ตัวมีความยาว 1 ไบต์) แต่เนื่องจากการส่งข้อมูลของจีพีเอสนั้นจะส่งออกมาทุก ๆ วินาที และในแต่ละวินาทีจะส่งมาทุกประโยค ถ้ารับประโยคที่ต้องการมาทุกวินาที และเก็บลงในหน่วยความจำ จะเป็นข้อมูลที่มีปริมาณมาก เพราะต้องเก็บข้อมูลการเดินรถตลอดทั้งวัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการลดขนาดข้อมูลก่อนที่จะเก็บเพื่อให้ข้อมูลอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม โดยในตารางที่ 3.1 จะเป็นจำนวนบิตที่ใช้ในการแทนข้อมูลอักขระแต่ละตัว

ชนิดข้อมูล	ช่วงข้อมูลที่เป็นไปได้	จำนวนบิตที่ใช้แทน (บิต)
ชั่วโมง1	0 – 2	2
ชั่วโมง2	0 – 9	4
นาที1	0 – 5	3
นาที2	0 – 9	4
วินาที1	0 – 5	3
วินาที2	0 – 9	4
องศา1	0 – 9	4
องศา2	0 – 9	4
ลิปดา1	0 – 9	4
ลิปดา2	0 – 9	4
ลิปดา3	0 – 9	4
ลิปดา4	0 – 9	4
ลิปดา5	0 – 9	4
ลิปดา6	0 – 9	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

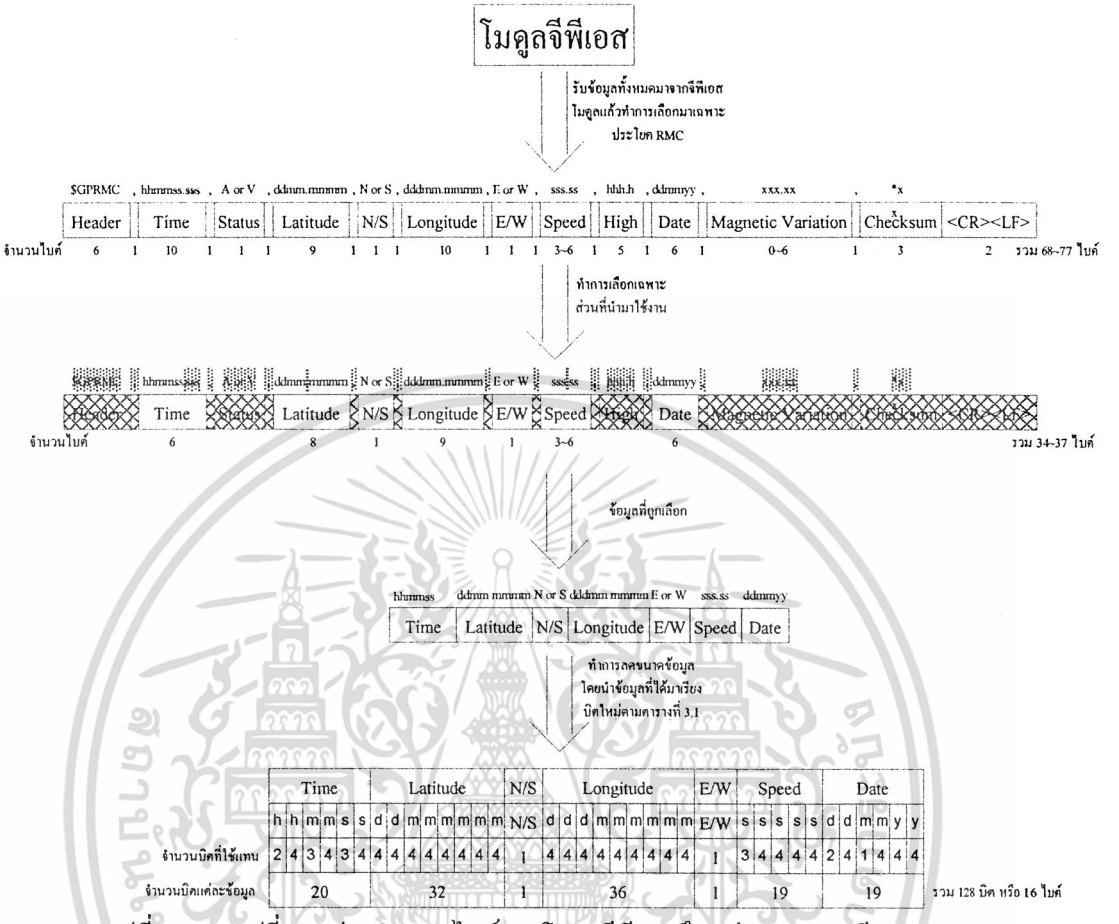
เหนือ/ใต้	N / S	N คือ 1 , S คือ 0
องศา1	0 – 9	4
องศา2	0 – 9	4
องศา3	0 – 9	4
ลิปดา1	0 – 9	4
ลิปดา2	0 – 9	4
ลิปดา3	0 – 9	4
ลิปดา4	0 – 9	4
ลิปดา5	0 – 9	4
ลิปดา6	0 – 9	4
ตะวันออก/ตะวันตก	E / W	E คือ 1 , W คือ 0
ความเร็ว1	0 – 2	3
ความเร็ว2	0 – 9	4
ความเร็ว3	0 – 9	4
ความเร็ว4	0 – 9	4
ความเร็ว5	0 – 9	4
วันที่1	0 – 3	2
วันที่2	0 – 9	4
เดือน1	0 – 1	1
เดือน2	0 – 9	4
ปี1	0 – 9	4
ปี2	0 – 9	4

ตารางที่ 3.1 ตารางการลดขนาดข้อมูล

ขนาดของข้อมูลหลังจากผ่านการลดขนาดข้อมูลแล้วจะมีขนาดรวม 128 บิต (16 ไบต์) ซึ่งจากเดิมขนาดของข้อมูลมีค่าประมาณ 68 ไบต์ จะเห็นได้ว่าจำนวนข้อมูลที่เรารับเข้ามา 1 บรรทัด จะลดลง 68-16 = 52 ไบต์ เนื่องจากใน 1 วันมี $60\times60\times24=86{,}400$ วินาที เพราะฉะนั้น หน่วยความจำที่ใช้จะต้องมีขนาด $86400\times16\times8=11{,}059{,}200$ บิต หรือประมาณ 11 เมกกะบิต ซึ่งจะเห็นว่าต้องใช้หน่วยความจำมาก ดังนั้นจากความคิดที่ว่าเราไม่ต้องการข้อมูลในทุก ๆ วินาทีที่ใช้ในการเดินทาง ดังนั้นจึงทำการเว้นช่วงในการเก็บข้อมูลโดย ให้เก็บค่าทุก ๆ 3 วินาทีเนื่องจากสมมติให้ความเร็วเฉลี่ยในการเดินรถเท่ากับ 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจึงได้ระยะทางในเวลา 3 วินาทีเท่ากับ $(70000)/(60\times20)=58.33$ เมตร ดังนั้นเราจึงทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 58.33 m เพราะฉะนั้นหน่วยความจำจึงมีขนาดลดลงเหลือ $24\times60\times20\times16\times8=3{,}686{,}400$ บิต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถลดขนาดข้อมูลลงได้ประมาณ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่าเลยทีเดียว โดยรูปที่ 3.2 จะแสดงการเปลี่ยนแปลงจำนวนไบต์ของข้อมูลที่รับมาจากโมดูลจีพีเอสไปถึงหน่วยความจำอีสแควพรอม



รูปที่ 3.2 การเปลี่ยนแปลงจำนวนไบต์จากโมดูลจีพีเอสถึงหน่วยความจำอีสแควพรอม

ตัวอย่างของการลดขนาดข้อมูล

หากข้อมูลที่ได้รับเป็นดังนี้

$GPRMC,161229.999,A,1343.6524,N,10046.5696,E,10.8,309.62,120704,,*10<CF><LF>

เมื่อส่วนที่ขีดเส้นใต้คือข้อมูลที่จะใช้งาน จะเห็นว่าเขตข้อมูลที่ใช้งานในประโยค อาร์เอ็มซี ประกอบด้วย

เวลา = 16:12:29

ละติจูด = 13 องศา 43.6524 ลิปดา

N/S = N

ลองจิจูด = 100 องศา 46.5696 ลิปดา

E/W = E

ความเร็ว= 10.8 น็อต (20.00016 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

วันที่ = วันที่ 12 เดือน 7 ปี 2004

เมื่อนำข้อมูลที่ต้องการไปทำการลดขนาดแล้วจะได้ออกมาเป็นลักษณะ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0101100010010010100100010011010000110110010100100100100010000000001000110010
10110100101101000000100001000000000100100011100000100

หรือสามารถแสดงในรูปข้อมูลเลขฐาน 16 ซึ่งแต่ละตัวใช้เลขฐาน 2 จำนวน 4 บิตได้ดังนี้

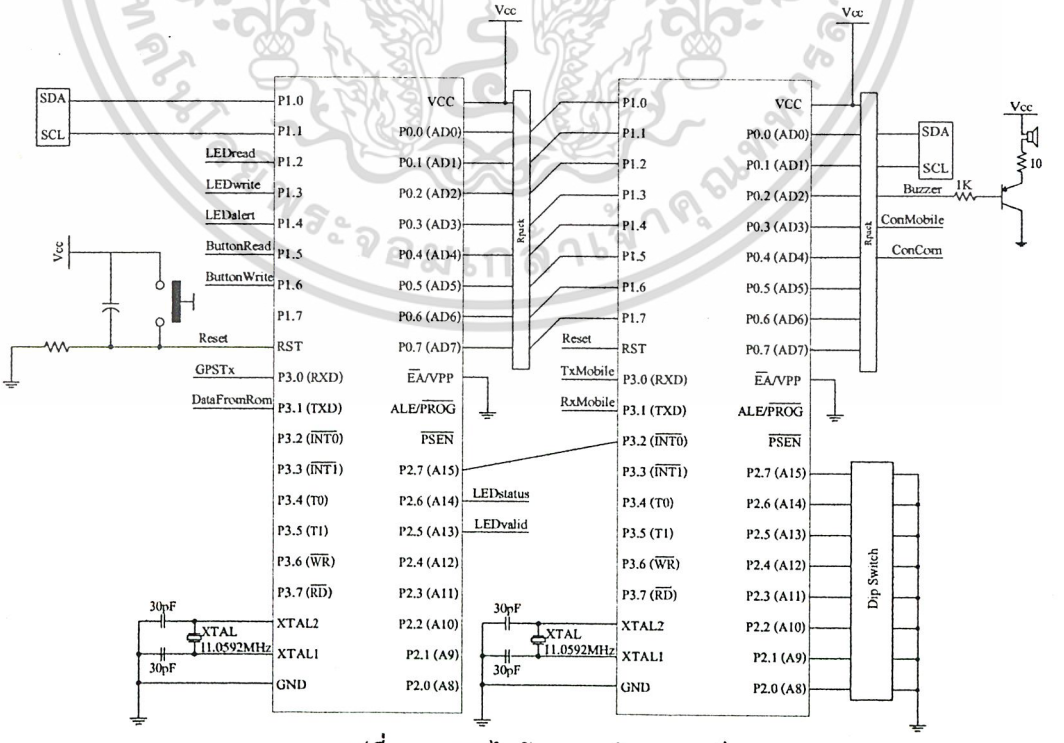
589291343652488023 2B4B4084024704

จากนั้นนำข้อมูลที่ทำการลดขนาดแล้ว ส่งไปเก็บในหน่วยความจำต่อไป

3.2.2 วงจรที่ใช้ในการรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส

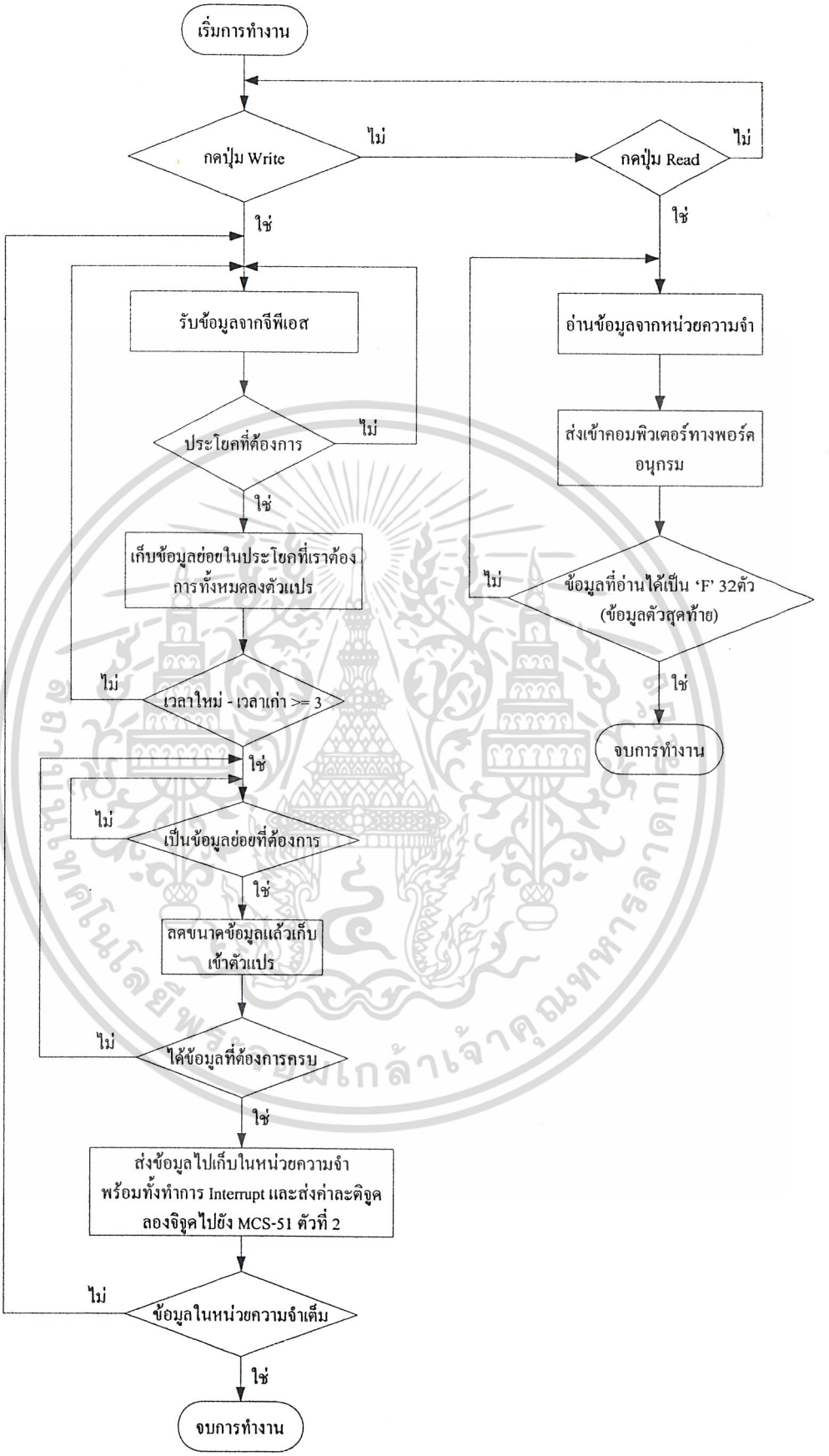
วงจรที่ใช้ในการรับข้อมูลจากโมดูลจีพีเอสจะใช้วงจร ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 (AT89C52) จะถูกใช้งานทั้งในส่วนของการรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส, การลดขนาดข้อมูล, เขียน – อ่าน ข้อมูลเข้า - ออกอีสแควพรอม โดยรูปที่ 3.3 จะเป็นการแสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และรูปที่ 3.4 จะเป็นผังการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1

ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวที่ 2 (AT89C55WD) จะใช้งานในส่วนของการรับค่ากรอบพื้นที่จากคอมพิวเตอร์ที่สถานีฐานเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ, รับข้อมูลจากตัวแรกผ่านการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt) แล้วส่งเข้าพอร์ต 1 เมื่อรับข้อมูลแล้วจะทำการตรวจว่ารถออกนอกพื้นที่ที่กำหนดหรือไม่ ถ้าอยู่นอกพื้นที่ที่กำหนดจะเตือนโดยการเรียกไปยังโมเด็มคอมพิวเตอร์ โดยเรียกผ่านโมเด็มมือถือเพื่อส่งค่าละติจูด, ลองจิจูด ณ ตำแหน่งปัจจุบัน และใช้ดูว่ามีการเรียกมาจากคอมพิวเตอร์ที่สถานีฐานหรือไม่ (ต้องเป็นเบอร์ที่สถานีฐานเท่านั้นถ้าเป็นเบอร์อื่นจะไม่สนใจ) ถ้ามีก็ให้ทำการวางสายแล้วโทรกลับไปยังสถานีฐานเพื่อส่งข้อมูลละติจูด, ลองจิจูด ณ ตำแหน่งปัจจุบันไปให้ เนื่องจากถ้าทำการรับสายเลยมือถือจะมองว่าเป็นการโทรเข้าเพื่อพูดคุยธรรมดาไม่ใช่การส่งข้อมูล รูปที่ 3.5 จะเป็นผังการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2



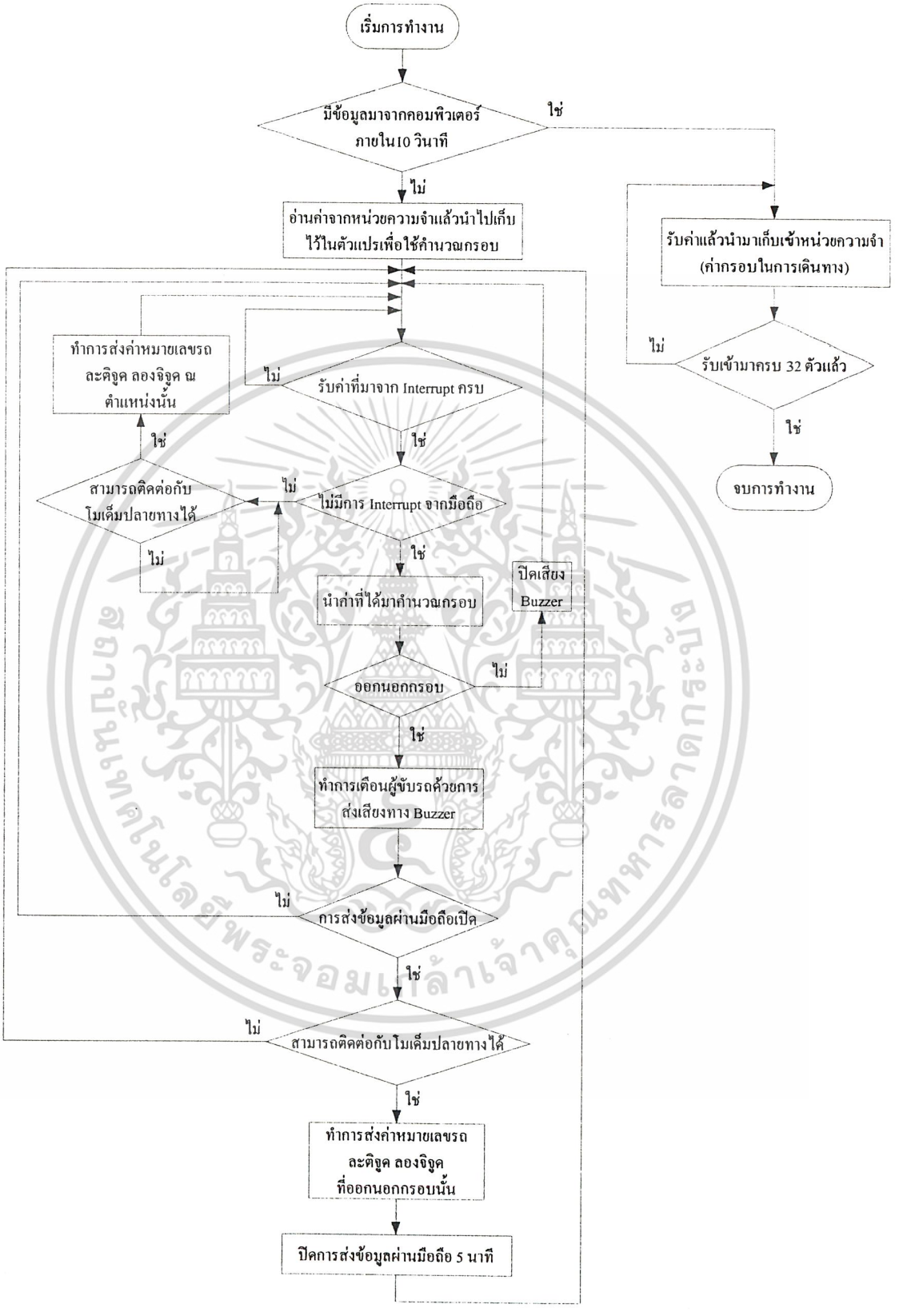
รูปที่ 3.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 โฟล์วชาร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

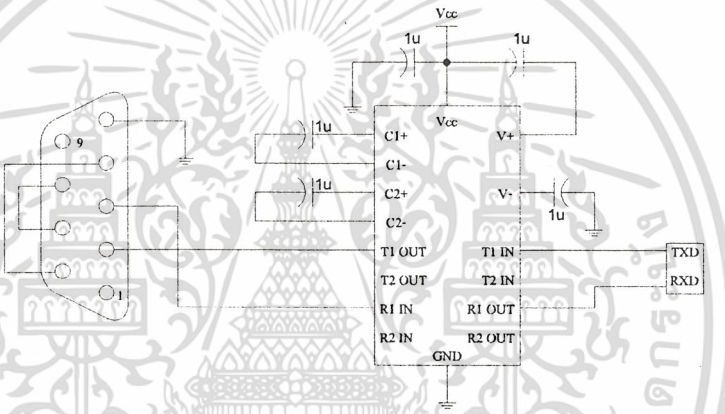


รูปที่ 3.5 โฟล์วชาร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232

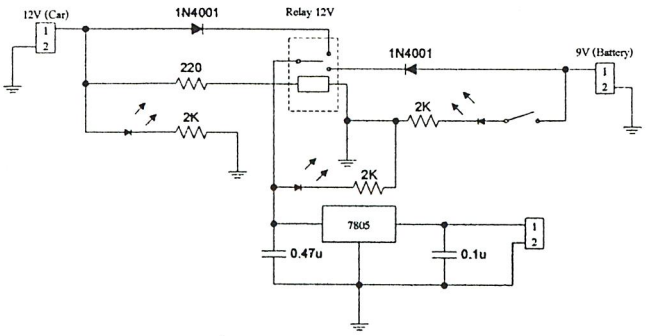
การสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ภายหลังอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำอีสแควพรอมแล้ว วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ สำหรับโครงงานนี้ได้เลือกใช้ไอซี MAX232 ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 จากที่ได้กล่าวไว้ว่าการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 จะกำหนดให้ระดับแรงดัน +3 โวลต์ถึง +25 โวลต์ แทนสัญลักษณ์ลอจิก 0 และแรงดัน –25 โวลต์ถึง –3 โวลต์ แทนสัญลักษณ์ลอจิก 1 แต่แหล่งจ่ายแรงดันในวงจรมีแรงดันสูงสุดเพียง 5 โวลต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอซี MAX232 เนื่องจากไอซีนี้ต้องการไฟเลี้ยงเพียง +5 โวลต์ เท่านั้นแต่สามารถให้สัญญาณเอาท์พุตออกมา +10 โวลต์ และ –10 โวลต์ได้ โดยใช้หลักการของวงจรทวีแรงดันขนาด 2 เท่า รูปที่ 3.6 จะเป็นการแสดงการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซี MAX232



รูปที่ 3.6 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232

3.2.4 วงจรจ่ายไฟสำรอง

เนื่องจากในการนำชิ้นงานไปใช้งานจริง ในขณะที่รถจอดระหว่างทางแล้วดับเครื่องทำให้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมและไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกตัดการทำงานได้ ดังนั้นจึงมีวงจรจ่ายไฟสำรองเอาไว้ โดยวงจรนี้จะทำงานเมื่อตรวจพบว่าไฟที่จ่ายจากรถยนต์ขาดหายไป และให้ใช้ไฟจากแบตเตอรี่ของชิ้นงานแทน โดยรูปที่ 3.7 จะเป็นรายละเอียดของวงจรจ่ายไฟสำรอง



รูปที่ 3.7 วงจรจ่ายไฟสำรอง

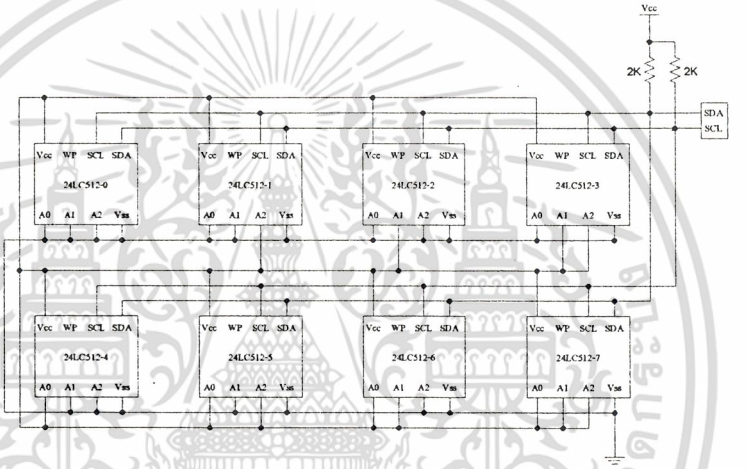
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 วงจรการรับส่งสัญญาณของหน่วยความจำอีสแควพรอม

หน่วยความจำที่เลือกมาใช้คือ 24LC512 เป็นไอซีอีสแควพรอมแบบอนุกรม โดยใช้บัสไอสแควซี ซึ่งสามารถต่อในบัสเดียวกันได้หลายตัวขึ้นอยู่กับเบอร์ไอซีที่ใช้ แต่ไอซีตัวนี้สามารถรองรับได้ถึง 8 ตัวในบัสเดียวกัน ซึ่งแต่ละตัวมีความจุ 64 กิโลไบต์ ทำให้หน่วยความจำมีความจุสูงสุดมากถึง 512 กิโลไบต์ (4 เมกกะบิต) โดยมีขาที่ใช้ดังนี้คือ

- เอสดีเอเป็นขาที่ใช้รับ-ส่งข้อมูล
- เอสซีแอลเป็นขาที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูล ซึ่งควบคุมโดยตัวแม่เท่านั้น
- A0,A1,A2 เป็นขาที่ใช้กำหนดแอดเดรสของไอซี

โดยที่ขาเอสดีเอ และเอสซีแอลจะต้องต่อกับตัวต้านทานพูลอัพไว้ด้วย เพื่อให้สถานะของบัสในขณะไม่ถูกใช้งานจะมีสภาวะเป็นบัสว่างหรือ “1” ทั้งคู่ โดยจะมีลักษณะของวงจรดังนี้



รูปที่ 3.8 วงจรหน่วยความจำอีสแควพรอม

เมื่อได้ส่วนประกอบทั้งหมดของชิ้นงานทั้งหมดแล้ว ก็นำวงจรทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นวงจรชุดรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอส ลดขนาดข้อมูล เขียน-อ่าน ข้อมูล เข้า-ออกหน่วยความจำอีสแควพรอม, เตือนเมื่อรถออกนอกพื้นที่ที่กำหนด และบอกตำแหน่งปัจจุบันเมื่อสถานีฐานเรียก

3.3 ส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.3.1 การจัดการกับข้อมูลที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากเมื่อซื้ออีสแควพรอมมาแล้ว ข้อมูลที่ถูกตั้งอยู่ในอีสแควพรอมเป็นอักษร “f” ทั้งหมด ฉะนั้นเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านข้อมูลในอีสแควพรอมแล้ว ข้อมูล ณ ตัวที่ถูกอ่านเราจะทำการแทนด้วยตัวอักษร“f”เข้าไป การทำเช่นนี้เสมือนกับว่าเป็นการลบข้อมูลที่ถูกอ่านนั่นเอง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านข้อมูลในอีสแควพรอมจนเจอตัวอักษร “f” 32 ตัว หรือ อ่านข้อมูลจนหมดอีสแควพรอมแล้วจึงหยุดการอ่าน ข้อมูลที่ถูกอ่านนั้นจะถูกส่งเข้ามายังคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีข้อมูลเข้ามาทางพอร์ตอนุกรม โปรแกรมจะรับข้อมูลเข้ามาแล้วแสดงผลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ทันทีทำให้ผู้ใช้ได้ทราบว่าขณะนี้ข้อมูลกำลังส่งมาจากชิ้นงาน หลังจากรับข้อมูลเข้ามาจนหมดแล้วก็จะทำการแปลความหมายของข้อมูลที่รับเข้ามา

ในการแปลความหมายข้อมูลที่รับเข้ามา โปรแกรมจะอ่านข้อมูลจากผลที่แสดงทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ (ซึ่งเป็นผลของข้อมูลที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์) โดยข้อมูล 1 บรรทัดที่รับมาจากโมดูลจีพีเอส เมื่อมาถึงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นจะกลายเป็นเลขฐาน 16จำนวน 32 ตัวอักษร โดยในโปรแกรมได้นำข้อมูลออกมาทีละตัวแล้วเปลี่ยนให้เป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิตแล้วนำมาต่อกันทั้งหมด หลังจากนั้นก็จะทำการแยกบิตตามตารางที่ 3.1 เมื่อได้เลขฐาน 2 ในจำนวนบิตข้อมูลตามตารางที่ 3.1 แล้วก็จะทำการเปลี่ยนค่าเลขฐาน 2 ให้กลายเป็นเลขฐาน 10 และตัวอักษรตามที่กำหนด ซึ่งเลขฐาน 10 และตัวอักษรเหล่านี้ก็คือข้อมูลที่เราต้องการนั่นเอง

ตัวอย่างของการแปลความหมายข้อมูล

สมมติให้ข้อมูลที่ได้รับมาเป็นดังนี้ 589291343652488023 2B4B4084024704 จะเห็นได้ว่าแต่ละตัวจะเป็นเลขฐาน 16จึงทำการเปลี่ยนเลขฐาน 16แต่ละตัวให้เป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต

เลขฐาน 16	เลขฐาน 2
5	0101
8	1000
9	1001
2	0010
9	1001
1	0001
3	0011
4	0100
3	0011
6	0110
5	0101
2	0010
4	0100
8	1000
8	1000
0	0000
2	0010
3	0011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	0010
B	1011
4	0100
B	1011
4	0100
0	0000
8	1000
4	0100
0	0000
2	0010
4	0100
7	0111
0	0000
4	0100

ตารางที่ 3.2 การเปลี่ยนข้อมูลที่เป็นเลขฐาน 16 แต่ละตัวเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต

ในตารางที่ 3.2 เป็นการเปลี่ยนเลขฐาน 16 ที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็นเลขฐาน 2 ที่มีขนาด 4 บิต หลังจากนั้นก็นำเลขฐาน 2 ทั้งหมดมาเรียงต่อกันจะได้ลักษณะของข้อมูลเป็นดังนี้

0101100010010010100100010011010000110110010100100100100010000000001000110010
1011010010110100000010000100000000100100011100000100

เมื่อได้นำเลขฐาน 2 มาเรียงต่อกันเรียบร้อยร้อยก็จะทำการแยกบิตตามตารางที่ 3.1 จะได้ดังนี้

ชนิดข้อมูล	จำนวนบิตที่ใช้แทน (บิต)	เลขฐาน 2 ตามจำนวนบิตที่ใช้แทน	ข้อมูลที่ต้องการ
ชั่วโมง1	2	01	1
ชั่วโมง2	4	0110	6
นาที1	3	001	1
นาที2	4	0010	2
วินาที1	3	010	2
วินาที2	4	1001	9
องศา1	4	0001	1
องศา2	4	0011	3
ลิปดา1	4	0100	4
ลิปดา2	4	0011	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิปดา3	4	0110	6
ลิปดา4	4	0101	5
ลิปดา5	4	0010	2
ลิปดา6	4	0100	4
เหนือ/ใต้	1	1	เหนือ
องศา1	4	0001	1
องศา2	4	0000	0
องศา3	4	0000	0
ลิปดา1	4	0100	4
ลิปดา2	4	0110	6
ลิปดา3	4	0101	5
ลิปดา4	4	0110	6
ลิปดา5	4	1001	9
ลิปดา6	4	0110	6
ตะวันออก/ตะวันตก	1	1	ตะวันออก
ความเร็ว1	3	000	0
ความเร็ว2	4	0001	1
ความเร็ว3	4	0000	0
ความเร็ว4	4	1000	8
ความเร็ว5	4	0000	0
วันที่1	2	01	1
วันที่2	4	0010	2
เดือน1	1	0	0
เดือน2	4	0111	7
ปี1	4	0000	0
ปี2	4	0100	4

ตารางที่ 3.3 การเปลี่ยนเป็นข้อมูลเดิม

จากตารางที่ 3.3 จะได้ข้อมูลดังนี้

เวลา = 16:12:29

ละติจูด = 13 องศา 43.6524 ลิปดา

N/S = N

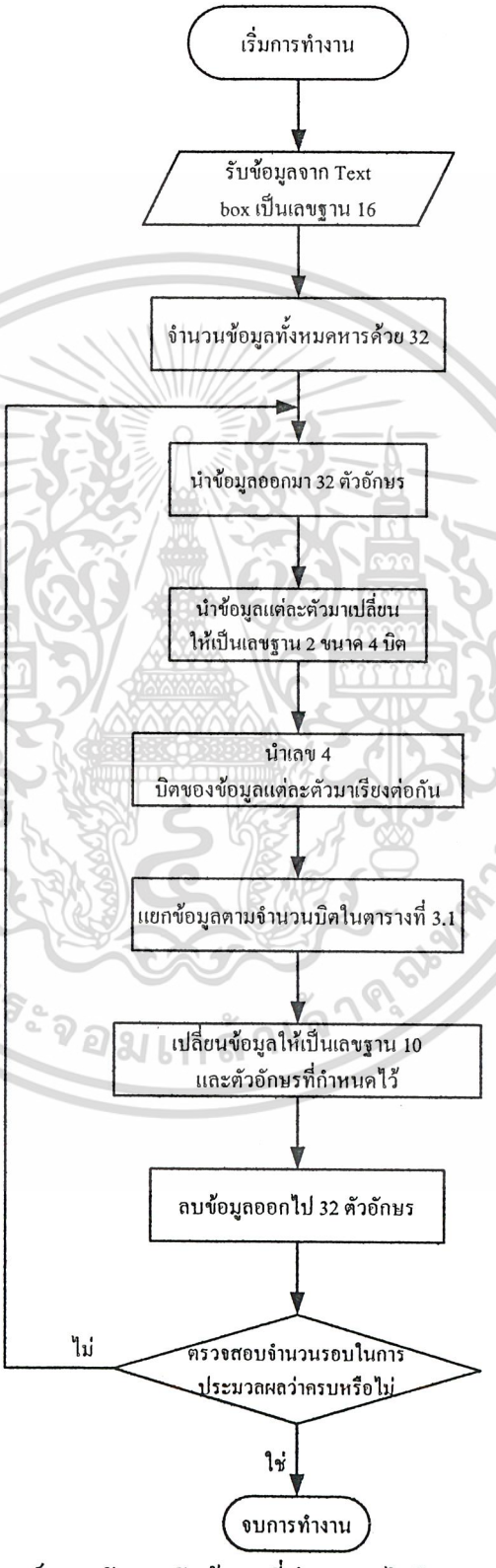
ลองจิจูด = 100 องศา 46.5696 ลิปดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E/W = E

ความเร็ว= 10.8 น๊อต (20.00016 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

วันที่ = วันที่ 12 เดือน 7 ปี 2004



รูปที่ 3.9 โฟล์วชาร์ทการจัดการกับข้อมูลที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้ข้อมูลตามที่ต้องการแล้วก็จะทำการวาดเส้นทางลงบนแผนที่ และเก็บลงฐานข้อมูลต่อไป โดยรูปที่ 3.9 จะเป็นโฟล์วชาร์ทการจัดการกับข้อมูลที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์

3.3.2 การจัดการฐานข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลนั้นจะเรียกใช้งานกลุ่มออบเจ็บต์เอดีโอดอทเน็ต (ADO.NET: ActiveX Data Object.NET) โดยจะใช้งานร่วมกับฐานข้อมูล Access 2000 และใช้ภาษาเอสคิวแอล (SQL: Structure Query Language) ทำหน้าที่จัดการข้อมูลในฐานข้อมูล

หลังจากที่ได้ข้อมูลที่ต้องการในหัวข้อ 3.3.1 แล้วเราจะทำการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล ซึ่งจะใช้วันที่เป็นชื่อตาราง และในแต่ละตารางก็จะเก็บค่า เวลา เดือน ปี ความเร็ว ละติจูด เหนือ/ใต้ ลองจิจูด ตะวันออก/ตะวันตก ค่าพิกัดเอกซ์วายในแผนที่ และหมายเลขรถ ในขณะที่โปรแกรมได้ข้อมูลออกมา 1 บรรทัด (32 ตัวอักษร) โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าละติจูดและลองจิจูดใหม่โดยจะใช้ 60 หารค่าลิปดาเพื่อแปลงให้อยู่ในหน่วยองศาทั้งหมดและจะคำนวณค่าพิกเซลเอกซ์วายในแผนที่ที่ได้เตรียมเอาไว้

ข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูลนั้นผู้ใช้สามารถลบได้ โดยการป้อนค่าวันที่ เดือน ปี หมายเลขรถที่ต้องการลบ หลังจากนั้นให้กดปุ่มลบข้อมูล โปรแกรมจะทำการตรวจสอบข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาหลังจากนั้นจะทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูล และลบข้อมูลตามที่ผู้ใช้กำหนด

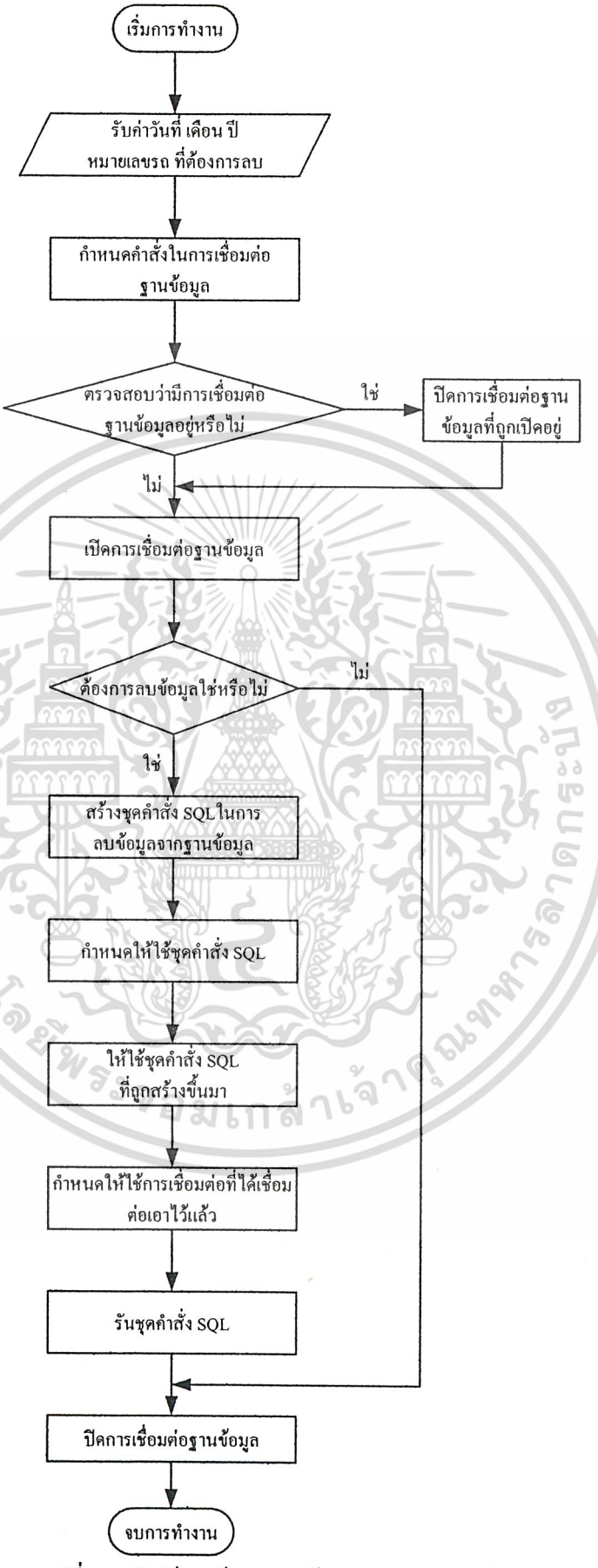
ถ้าผู้ใช้ต้องการดูข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูลก็ให้ใส่ค่าวันที่ เดือน ปี และหมายเลขรถที่ต้องการดู หลังจากนั้นก็ให้กดปุ่มดูข้อมูล โปรแกรมจะทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูล ดึงข้อมูลออกมาเฉพาะที่ต้องการดู แล้ววาดลงบนแผนที่ และภาพแผนที่ที่ถูกวาดออกทางจอภาพ

รูปที่ 3.10 จะเป็นโฟล์วชาร์ทขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการใส่ข้อมูลลงฐานข้อมูล รูปที่ 3.11 จะเป็นโฟล์วชาร์ทขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูล และรูปที่ 3.12 จะเป็นโฟล์วชาร์ทขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการเรียกดูข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลแล้ววาดเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถลงบนแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

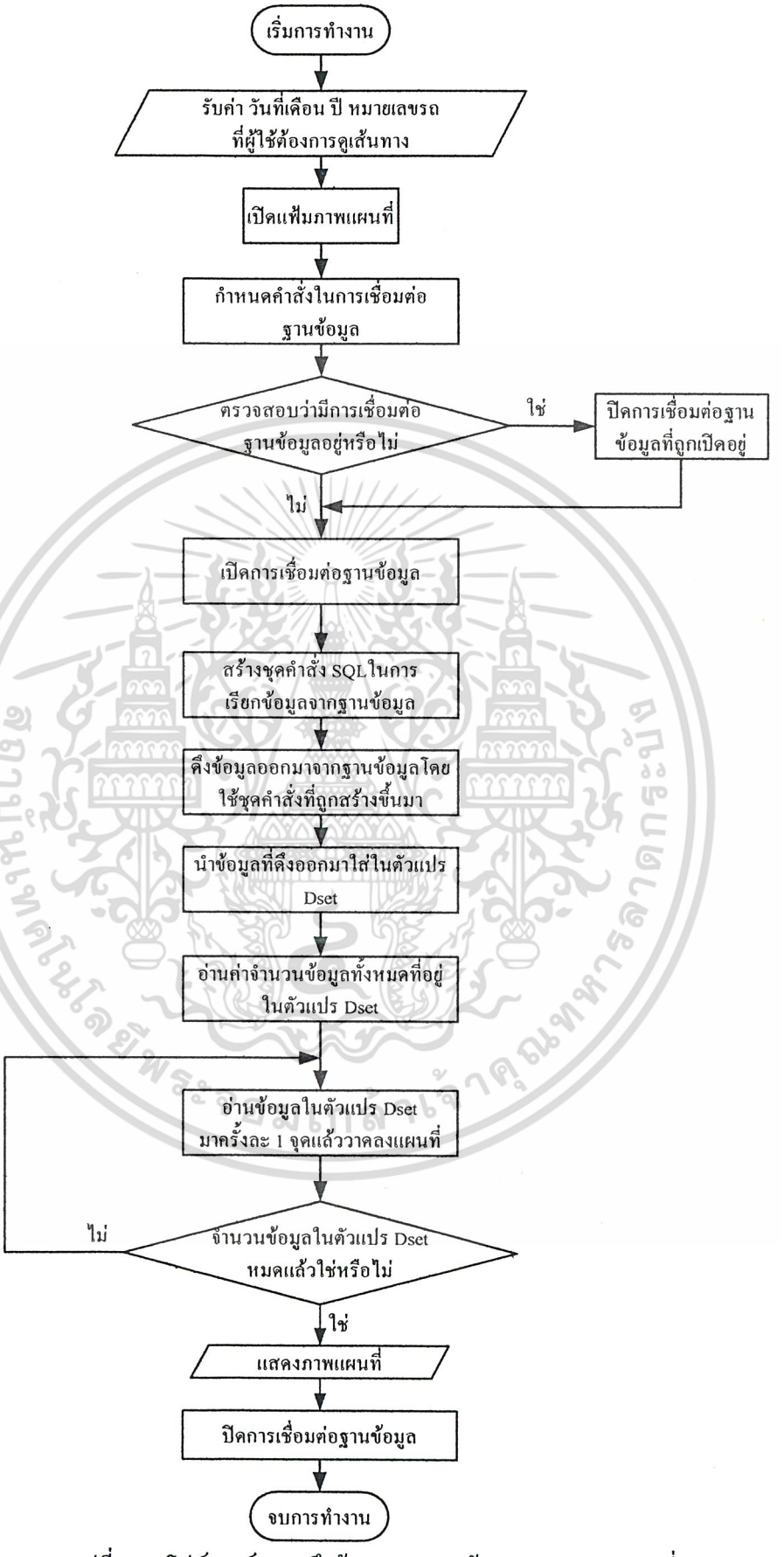
รูปที่ 3.10 โฟล์วชาร์ทการใส่ข้อมูลลงฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 โฟล์วชาร์ทการลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

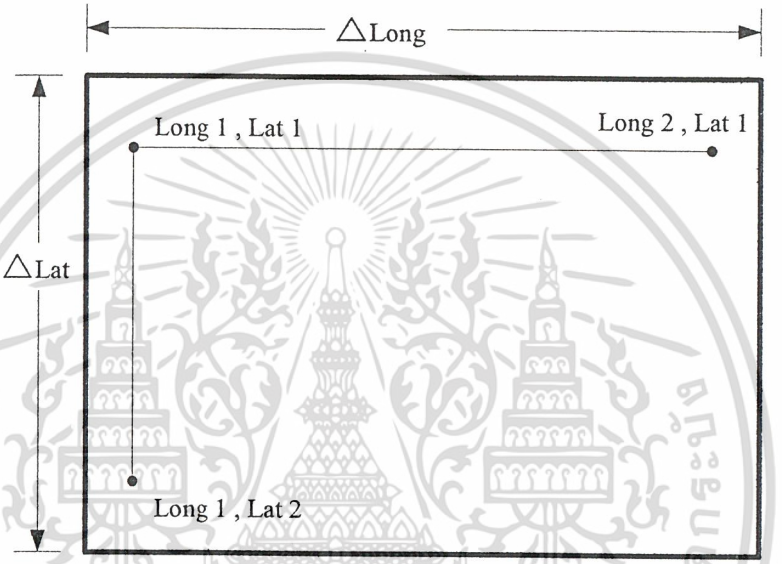


รูปที่ 3.12 โฟล์วชาร์ทการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลออกมาบนแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การเปลี่ยนค่าละติจูดลองจิจูดเป็นพิกัดเอกซ์วายในแผนที่

ในการแสดงตำแหน่งพิกัดของรถที่ได้จากชิ้นงานออกทางมอนิเตอร์นั้น ข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าละติจูด และลองจิจูด ซึ่งมอนิเตอร์จะทราบเพียงพิกเซลเท่านั้นเราจึงจำเป็นต้องมีวิธีการ แมพปิ้งค่าละติจูดและลองจิจูด ให้อยู่ในรูปพิกเซลก่อนเพื่อให้สามารถแสดงออกทางมอนิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งหลักการคิดตำแหน่งของรถยนต์บนมอนิเตอร์มีดังนี้ ปกติมอนิเตอร์จะเริ่มต้นจากมุมบนซ้ายเป็นจุดเริ่มต้นของพิกเซลแล้วเพิ่มขึ้นจากบนลงล่างและจากซ้ายไปขวา ซึ่งในการแสดงตำแหน่งของรถออกทางมอนิเตอร์นั้น เราต้องกำหนดขอบเขตของการแสดงผลตามแผนที่ที่เราได้ทำการจัดเตรียมไว้ โดยเราต้องทราบค่าของละติจูด และลองจิจูด อย่างละ 2 ค่าในแผนที่ที่เรามีดังรูป 3.13



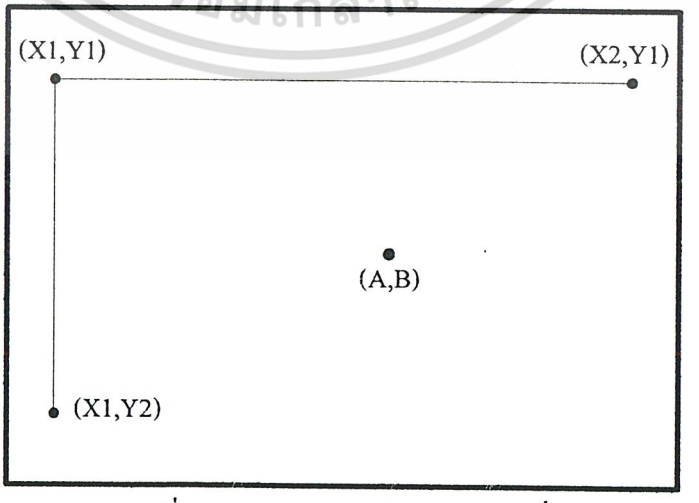
รูปที่ 3.13 ตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดในแผนที่ที่ควรทราบ

Long 1 คือ ค่าลองจิจูดเริ่มต้น

Long 2 คือ ค่าลองจิจูดสิ้นสุด

Lat 1 คือ ค่าละติจูดเริ่มต้น

Lat 2 คือ ค่าละติจูดสิ้นสุด



รูปที่ 3.14 ตำแหน่งของพิกเซลในแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.14 กำหนดให้

X1 คือ จุดเริ่มต้นของพิกเซลในแนวแกน X

X2 คือ จุดสิ้นสุดของพิกเซลในแนวแกน X

Y1 คือ จุดเริ่มต้นของพิกเซลในแนวแกน Y

Y2 คือ จุดสิ้นสุดของพิกเซลในแนวแกน Y

A คือ ค่าลองจิจูดที่ได้จากการแปรความหมายข้อมูล

B คือ ค่าละติจูดที่ได้จากการแปรความหมายข้อมูล

และเมื่อเราทราบค่าพิกเซล ณ จุดเดียวกันกับค่า ละติจูดและลองจิจูด เราก็สามารถคำนวณหาตำแหน่งได้โดยเราจะทำการหาอัตราส่วนระหว่างผลต่างของพิกเซลทางแกนเอกซ์ (X2 - X1) หารด้วยผลต่างของลองจิจูด (Long2 – Long1) แล้วคูณด้วยผลต่างของค่าลองจิจูดที่ได้จากการแปรความหมายข้อมูลกับค่าลองจิจูดเริ่มต้น (A - Long1) เราก็จะได้ค่า X ซึ่งเป็นระยะจากจุดเริ่มต้นของพิกเซลในแนวแกนเอกซ์ไปยังจุดพิกเซลในแนวแกนเอกซ์ที่รถอยู่ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$X = \left(\frac{X2 - X1}{Long2 - Long1} \right) \times \left(A - Long1 \right)$$

และในทางแกน Y ก็ทำเช่นเดียวกันคือ หาผลต่างของพิเซลทางแกนวาย (Y2 - Y1) หารด้วยผลต่างของละติจูด (Lat1 - Lat2) แล้วคูณด้วยผลต่างของค่าละติจูดที่ได้จากการแปรความหมายข้อมูลกับค่าละติจูดเริ่มต้น (Lat1 – A) เราก็จะได้ค่า Y ซึ่งเป็นระยะจากจุดเริ่มต้นของพิกเซลในแนวแกนวายไปยังจุดพิกเซลในแนวแกนวายที่รถอยู่ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

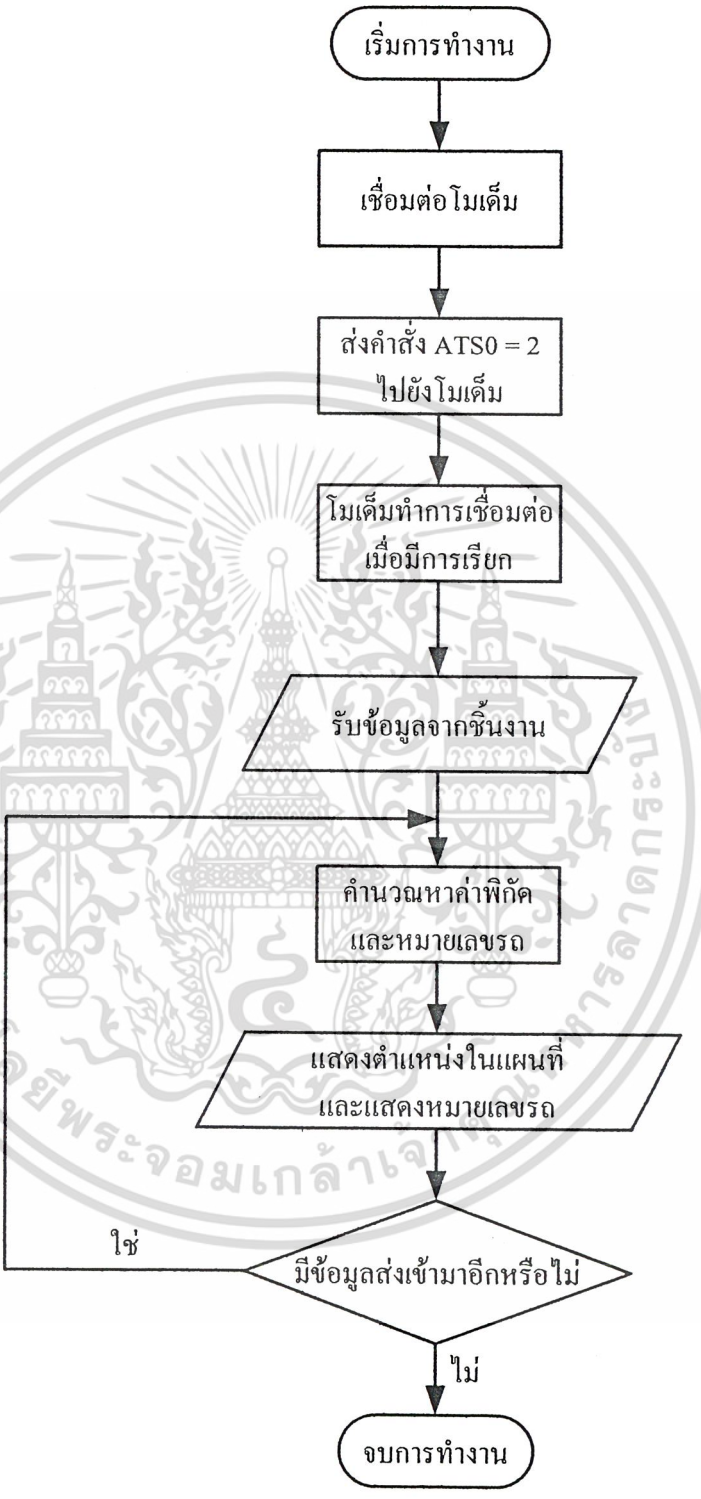
$$Y = \left(\frac{Y2 - Y1}{Lat1 - Lat2} \right) \times \left(Lat1 - B \right)$$

ต่อจากนั้นให้นำ X1+X และ Y1+Y ก็จะได้ค่าพิกเซลในแผนที่และทำการวาดจุดลงบนแผนที่ต่อไป

3.3.4 การเชื่อมต่อกับโมเด็มและบอกตำแหน่งเมื่อมีการเตือนจากชิ้นงาน

ในกรณีที่โปรแกรมทำงานในโหมดเฝ้าระวังจะทำการเชื่อมต่อกับโมเด็มภายนอกโดยโปรแกรมจะใช้คำสั่ง เอทีคอมมานด์ในการควบคุมโมเด็มโดยเมื่อเริ่มต้นการทำงานโปรแกรมจะป้อนคำสั่ง ATS0 = 2 เพื่อเป็นการตั้งค่าให้โมเด็มรับสายอัตโนมัติ เมื่อมีการเรียกเข้าและมีการเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้วตัวชิ้นงานจะส่งข้อมูลละติจูด ลองจิจูด และหมายเลขรถ ตัวโปรแกรมมีหน้าที่เปลี่ยนค่าละติจูด ลองจิจูดที่เป็นองศาและ ลิปดา ให้เป็นองศาทั้งหมดเพื่อใช้ในการคำนวณพิกเซลในแผนที่ และต้องแปลงหมายเลขรถจากเลขฐาน 16 ให้เป็นเลขฐาน 10 แล้วจึงแสดงภาพแผนที่และหมายเลขรถออกทางหน้าจอหลังจากนั้นโปรแกรมก็จะทำการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลแล้วเก็บค่าลงฐานข้อมูล รูปที่ 3.15 เป็นโฟล์วชาร์ทของการเชื่อมต่อกับโมเด็มและบอกตำแหน่งเมื่อมีการเรียกจากชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

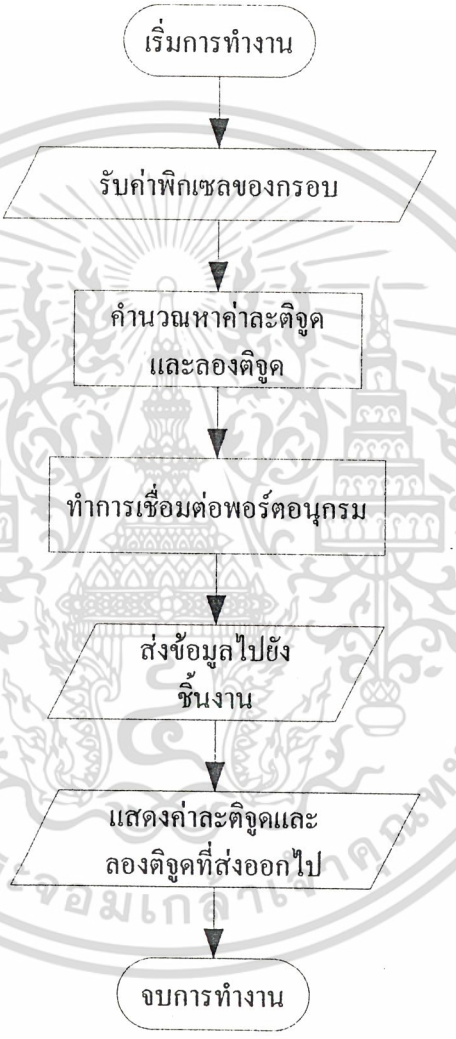


รูปที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ตรับการเรียกจากชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การส่งค่ากรอบพื้นที่เฝ้าระวังไปยังตัวชิ้นงาน

ใช้การคำนวณเหมือนในหัวข้อ 3.3.3 แต่จะทำในทางย้อนกลับโดยผู้ใช้สามารถวาดรูปกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าลงในแผนที่ตามความกว้างและความยาวตามต้องการเมื่อกดปุ่มเพื่อส่งค่าพิกัด โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าละติจูด และลองจิจูดตามค่ากรอบพื้นที่ที่ผู้ใช้กำหนดส่งให้กับชิ้นงาน ซึ่งจะส่งข้อมูลออกไปเป็นองศาอย่างเดียวส่วนตัวชิ้นงานจะคำนวณหาค่าเป็นองศา และลิปดา เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่รับมาจากโมดูลจีพีเอสต่อไป



รูปที่ 3.16 โฟล์วชาร์ทขั้นตอนการส่งค่าขอบพื้นที่ไปยังชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

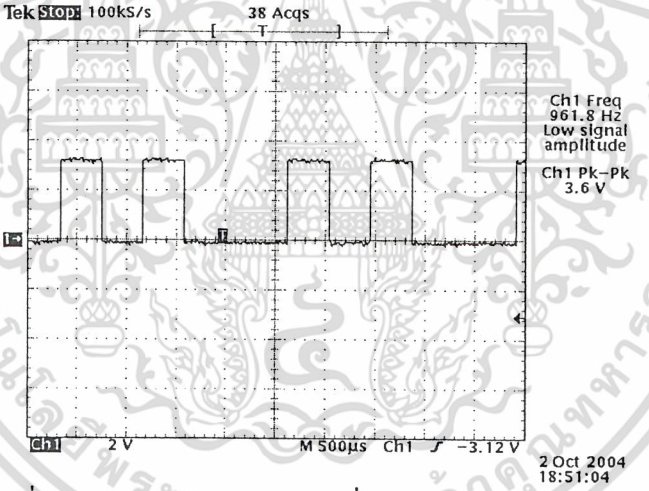
บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

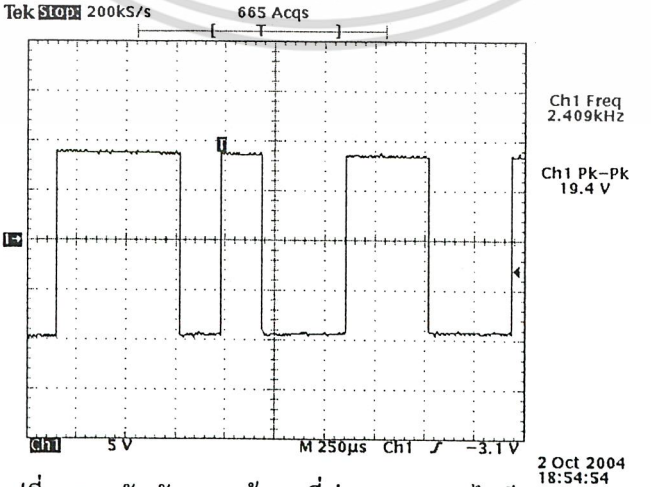
บทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดผลการทำงานของชิ้นงาน โดยในขั้นแรกจะทำการทดลองคุณสมบัติเบื้องต้นของจีพีเอส โดยจะนำโมดูลจีพีเอสมาต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์แล้วใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลของวินโดว์แสดงผลของแต่ละประโยคที่โมดูลจีพีเอสส่งออกมาจากการคำนวณของโมดูลจีพีเอส ทำการตรวจสอบสัญญาณที่รับมาจากโมดูลจีพีเอส ดูว่ามีลักษณะสัญญาณอย่างไรหลังจากนั้นทำการกรองข้อมูลที่รับได้จากโมดูลจีพีเอส ทำการลดขนาดข้อมูลที่กรองได้ แล้วตรวจสอบผลโดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล และผลการทำงานอย่างละเอียดของชิ้นงาน

4.2 การทดลองเครื่องรับจีพีเอส

ในขั้นแรกจะทำการตรวจสอบระดับสัญญาณที่รับมาจากโมดูลจีพีเอส และระดับสัญญาณที่ส่งออกจากไอซี MAX232



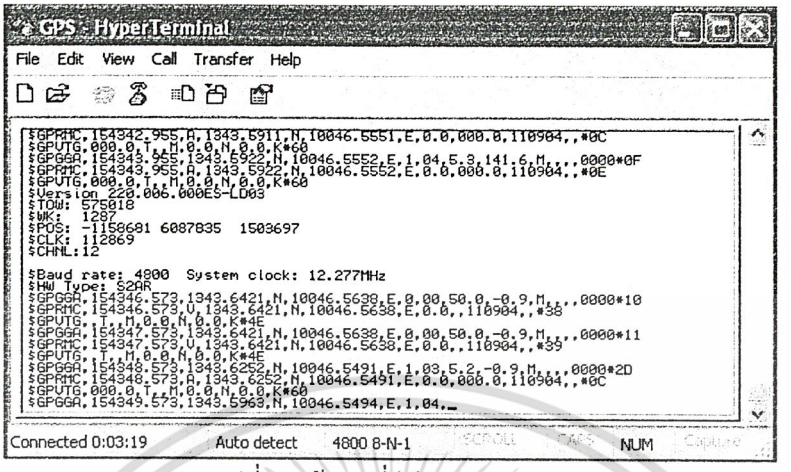
รูปที่ 4.1 ระดับสัญญาณของข้อมูลที่ส่งออกมาจากโมดูลจีพีเอส



รูปที่ 4.2 ระดับสัญญาณข้อมูลที่ส่งออกมาจากไอซี MAX-232

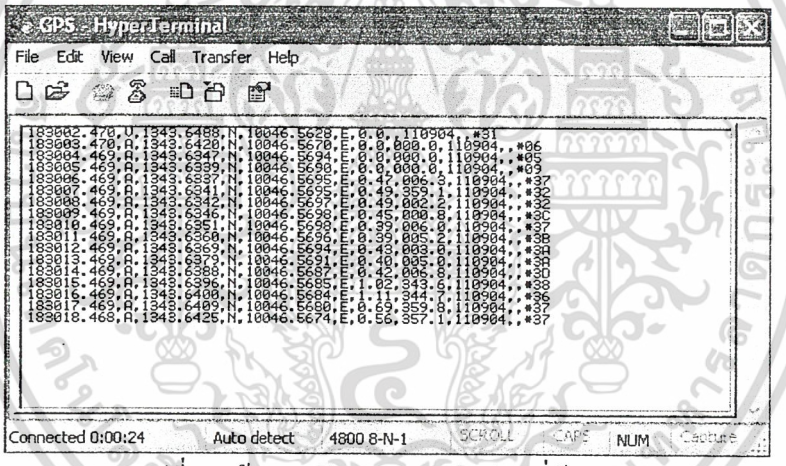
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปเป็นการทดลองเครื่องรับจีพีเอสโดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลของวินโดว์มาใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่จีพีเอสส่งมา



รูปที่ 4.3 ข้อมูลที่จีพีเอสส่งออกมา

4.3 การทดลองกรองข้อมูลที่รับมาจากจีพีเอส



รูปที่ 4.4 ข้อมูลหลังจากกรองประโยคที่ต้องการ

4.4 การทดลองความแม่นยำของจีพีเอส

การทดลองนี้จะทำการเก็บค่าที่อ่านได้จากโมดูลจีพีเอสทุก 1 นาทีโดยที่โมดูลจีพีเอสจะวางไว้ ณ ตำแหน่งเดิมตลอดเวลา

เวลา	ละติจูด	ลองจิจูด	จำนวนดาวเทียม
23.11	1343.6219 N	10046.5695 E	6
23.12	1343.6258 N	10046.5673 E	3
23.13	1343.6270 N	10046.5669 E	5
23.14	1343.6285 N	10046.5677 E	4
23.15	1343.6245 N	10046.5674 E	4
23.16	1343.6275 N	10046.5708 E	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

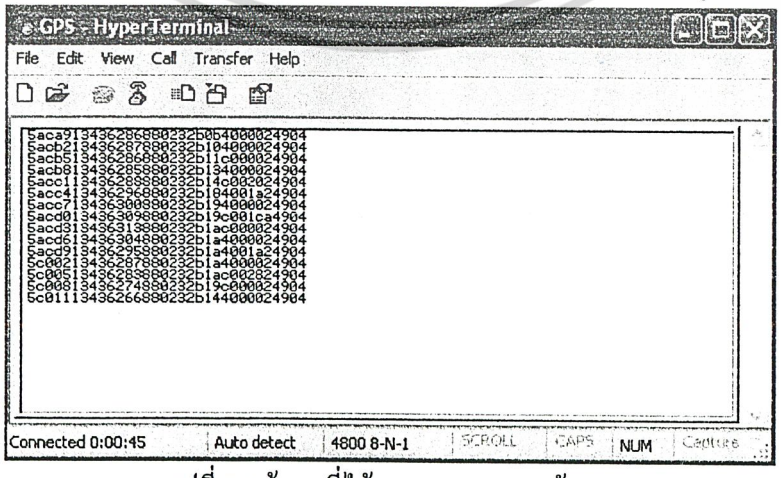
23.17	1343.6265 N	10046.5742 E	5
23.18	1343.6241 N	10046.5856 E	3
23.19	1343.6243 N	10046.5852 E	5
23.20	1343.6203 N	10046.5743 E	3
23.21	1343.6261 N	10046.5781 E	6
23.22	1343.6279 N	10046.5722 E	6
23.23	1343.6294 N	10046.5720 E	4
23.24	1343.6345 N	10046.5645 E	6
23.25	1343.6242 N	10046.5688 E	4
23.26	1343.6178 N	10046.5716 E	5
23.27	1343.6259 N	10046.5699 E	6
23.28	1343.6263 N	10046.5673 E	6
23.29	1343.6236 N	10046.5686 E	5
23.30	1343.6280 N	10046.5693 E	5

ตารางที่ 4.1 ค่าจากโมดูลจีพีเอส ณ จุดเดียวกัน

จากตารางจะเห็นได้ว่าค่าที่โมดูลจีพีเอสส่งออกมานั้น มีค่าไม่คงที่ทั้งที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน เพราะฉะนั้นแสดงว่าในระบบจีพีเอสก็มีความผิดพลาดเกี่ยวกับตำแหน่ง ตามตารางจะเห็นว่าค่าที่ผิดพลาดไปนี้ก็ขึ้นอยู่กับจำนวนดาวเทียมที่โมดูลจีพีเอสรับสัญญาณมาคำนวณ โดยที่ถ้าโมดูลจีพีเอสรับสัญญาณจากดาวเทียมได้มากดวงก็จะทำให้ค่าที่คำนวณแล้วส่งออกมานั้นจะมีค่าแม่นยำมากขึ้น ในทำนองกลับกันถ้าโมดูลจีพีเอสรับสัญญาณจากดาวเทียมได้น้อยดวงก็จะทำให้ค่าที่คำนวณแล้วส่งออกมานั้นน้อยลง

4.5 การทดลองการลดขนาดข้อมูล

เมื่อทำการลดขนาดของข้อมูลแล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปเลขฐาน 16 จะได้ดังรูปที่ 4.5

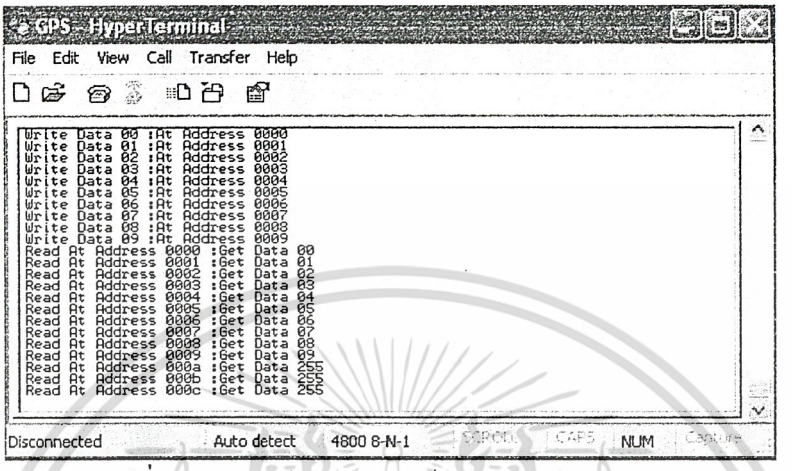


รูปที่ 4.5 ข้อมูลที่ได้จากการลดขนาดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองเขียนและอ่านข้อมูลของหน่วยความจำ

ทำการเขียนและอ่านข้อมูลในอีสแควพรอม แล้วส่งข้อมูลการเขียนและอ่านเข้าคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลแสดงผลข้อมูลที่เขียนและอ่าน ลักษณะของแอดเดรสในการเขียน และอ่านข้อมูลเป็นดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ผลการเขียนและอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ

ขั้นต่อไปจะเป็นการทดลองโดยใช้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ทุกส่วนแล้วมาทดลองโดยจะเก็บผลตามขั้นตอนที่จะนำไปใช้งานจริงโดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำชิ้นงานที่จะนำไปติดในรถยนต์มาทำการใส่กรอบพื้นที่ ที่สถานีฐานโดยส่งค่าทางพอร์ตอนุกรมแล้วนำชิ้นงานไปติดในรถ

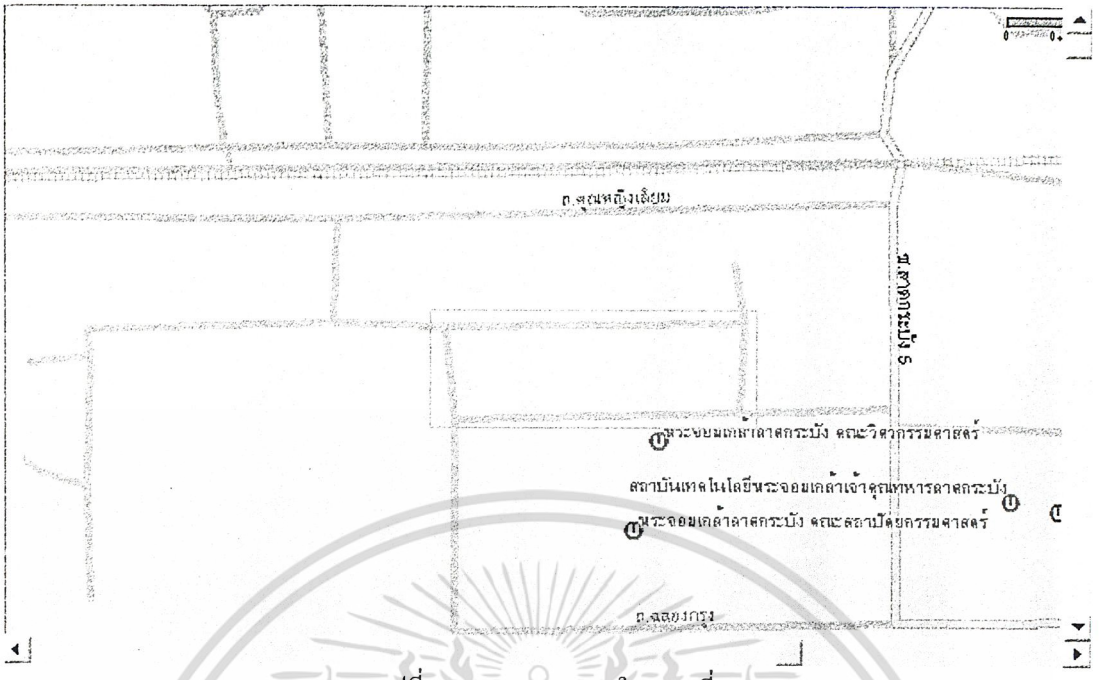
- ในกรณีที่รถที่ติดชิ้นงานไปนั้นขับออกนอกกรอบพื้นที่ที่กำหนด มือถือก็จะทำการโทรไปยังโมเด็ม แล้วส่งค่าหมายเลขรถ และตำแหน่งรถ ณ ปัจจุบันไปยังสถานีฐาน เพื่อเตือนสถานีฐานว่ารถหมายเลขนี้ออกนอกพื้นที่ ณ ตำแหน่งที่ส่งไป

- ในกรณีที่สถานีฐานต้องการที่จะรู้ตำแหน่งที่รถที่ติดชิ้นงานอยู่ สถานีฐานก็จะทำการโทรออกไปยังรถหมายเลขนั้น แล้วชิ้นงานจะทำการวางสายเพื่อโทรกลับมายังสถานีฐาน แล้วส่งข้อมูลหมายเลขรถ และตำแหน่งปัจจุบันกลับมา

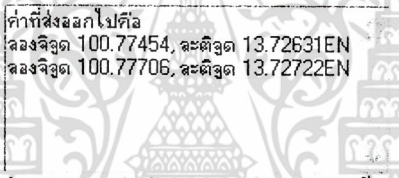
4.7 การทดลองการใส่ค่าพิกัดเข้าไปในชิ้นงาน

เมื่อทำการขีดเส้นกรอบพื้นที่แล้วกดปุ่มส่งค่า โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าพิกเซลของพื้นที่ที่ผู้ใช้กำหนดให้เป็นค่าละติจูดและลองจิจูด แล้วส่งค่าไปยังอุปกรณ์ ดังรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 โดยในเบื้องต้นจะใช้แผนที่ขนาดเล็กในการทดลองเพื่อความแม่นยำและความสามารถในการแสดงผลที่ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



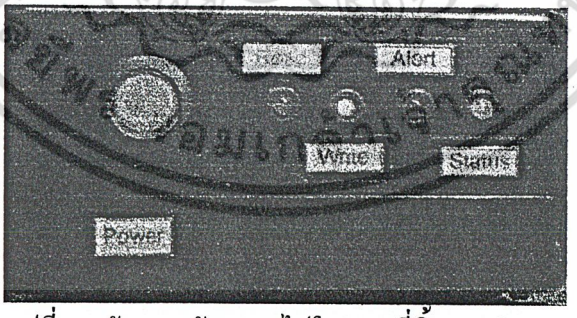
รูปที่ 4.7 การวาดกรอบในแผนที่



รูปที่ 4.8 ค่าพิกัดที่โปรแกรมส่งไปยังชิ้นงาน

4.8 การทดลองใช้งานอุปกรณ์ภายในรถ

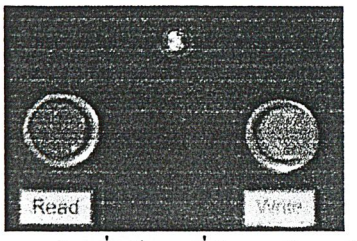
สัญญาณไฟขณะที่เครื่องทำงาน



รูปที่ 4.9 ลักษณะสัญญาณไฟในขณะที่ชิ้นงานทำงาน

จากรูปที่ 4.9 ขณะที่เครื่องทำงานจะทำการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำอีสแควพรอมสัญญาณไฟแสดงการเขียน (Write) จะสว่าง และสัญญาณไฟบอกสถานะ (Status) จะกระพริบช้า ๆ เพื่อแสดงว่าโมดูลจีพีเอสทำงาน แต่ข้อมูลที่ได้รับจากโมดูลจีพีเอสนั้นไม่สามารถนำไปใช้ได้ทุกครั้งที่จีพีเอสส่งข้อมูลออกมาเนื่องจากไม่สามารถรับข้อมูลจากดาวเทียมได้ และเมื่อโมดูลจีพีเอสสามารถบอกตำแหน่งได้ จะส่งข้อมูลออกมาบอกว่าขณะนี้ข้อมูลนั้นสามารถนำไปใช้ได้ เราจึงจำเป็นต้องมีสัญญาณไฟเพื่อบอกว่าข้อมูลที่ส่งมาจากโมดูลจีพีเอสนั้นใช้ได้

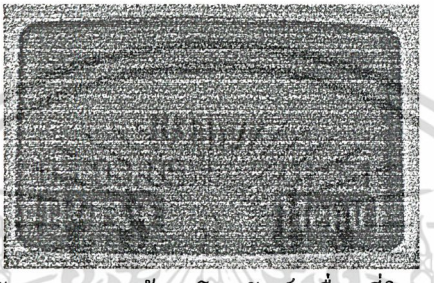
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ลักษณะของสัญญาณไฟเมื่อข้อมูลที่รับจากโมดูลจีพีเอสสามารถนำไปใช้ได้

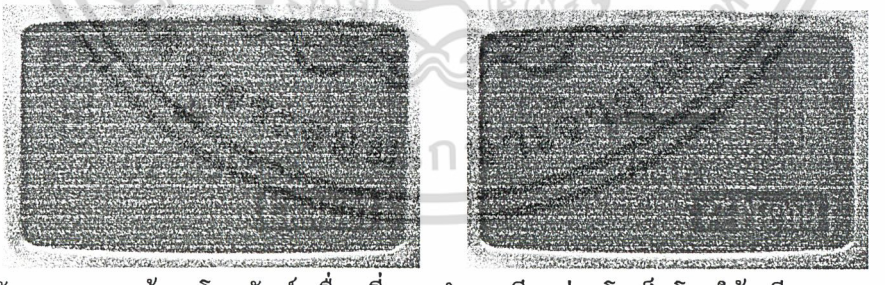
4.9 การทดลองการเตือนจากชิ้นงานไปยังโปรแกรม

4.9.1 การทดลองการเชื่อมต่อระหว่างโมเด็มมือถือกับโมเด็มคอมพิวเตอร์

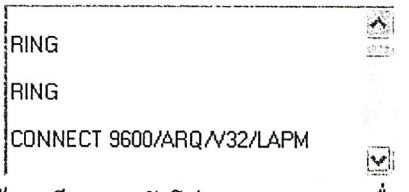


รูปที่ 4.11 ลักษณะของหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่ในสถานะปกติ

ในขณะที่ไม่มีการเตือนการออกนอกพื้นที่ที่กำหนด หน้าจอของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะแสดงดังรูปที่ 4.11 เหมือนกับการทำงานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วไป และเมื่อรถออกนอกพื้นที่ที่กำหนด ชิ้นงานจะทำการเรียกไปยังโมเด็มคอมพิวเตอร์โดยใช้คำสั่งเอทีคอมมานด์ ซึ่งรูปที่ 4.12 (รูปซ้าย) จะเป็นลักษณะหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่ขณะทำการเรียก และรูปที่ 4.12 (รูปขวา) จะเป็นลักษณะของหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อการเชื่อมต่อเรียบร้อยและพร้อมจะส่งข้อมูล และรูปที่ 4.13 เป็นการแสดงสถานะของโปรแกรมว่ามีการเรียกเข้ามา



รูปที่ 4.12 ลักษณะของหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่ขณะทำการเรียกผ่านโมเด็มโดยใช้เอทีคอมมานด์(รูปซ้าย) และหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อทำการเชื่อมต่อกับโมเด็มคอมพิวเตอร์ (รูปขวา)

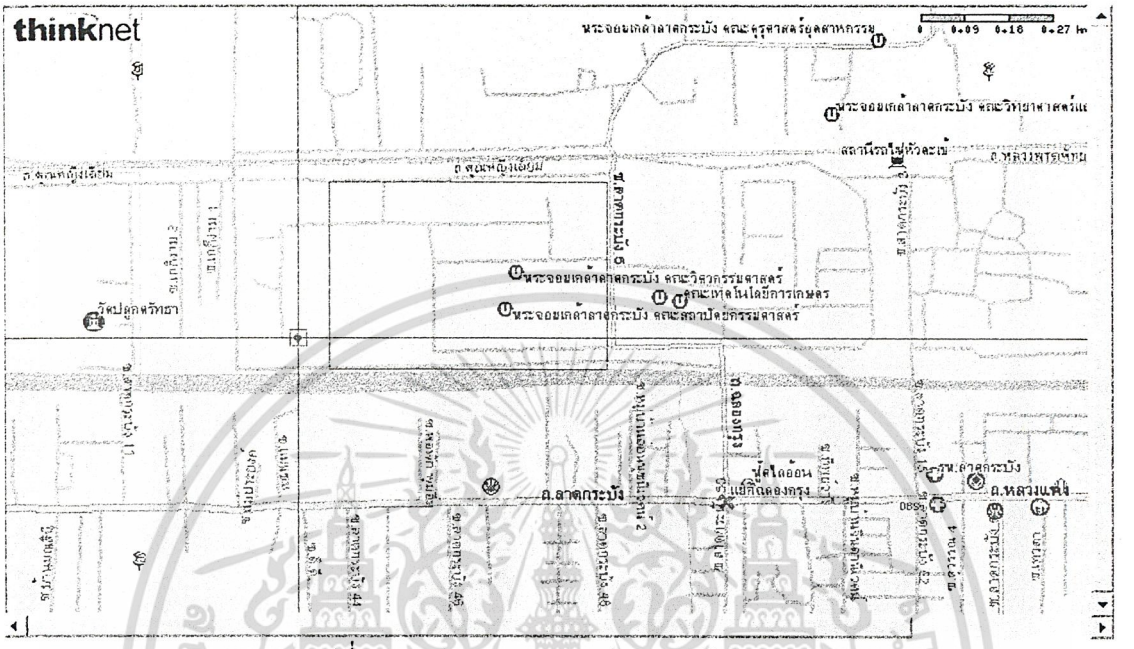


รูปที่ 4.13 การรับรู้การเรียกของตัวโปรแกรมและการเชื่อมต่อเสร็จสมบูรณ์

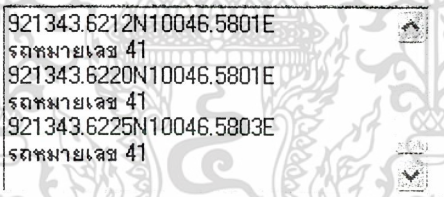
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.2 การทดลองโปรแกรมในการรับข้อมูลผ่านโมเด็มและบอกตำแหน่งปัจจุบันของรถ

หลังจากที่โปรแกรมกับชิ้นงานทำการเชื่อมต่อกันเรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะนำข้อมูลละติจูดและลองจิจูดมาคำนวณเป็นค่าพิกเซลแล้ววาดตำแหน่งปัจจุบันลงในแผนที่และวาดกรอบพื้นที่ที่กำหนดของรถคันนี้



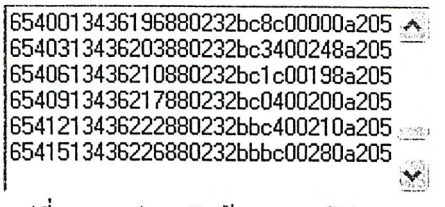
รูปที่ 4.14 รูปการบอกตำแหน่งของตัวโปรแกรม



รูปที่ 4.15 รูปโปรแกรมการรับข้อมูลที่ส่งมาจากชิ้นงาน

จากรูปที่ 4.15 เมื่อชิ้นงานส่งข้อมูลมา โปรแกรมจะทำการคำนวณหมายเลขรถ และแสดงหมายเลขรถ และข้อมูลละติจูดและลองจิจูด และรูปที่ 4.15 เป็นการบอกตำแหน่งปัจจุบันของรถโดยที่ชิ้นงานจะส่งข้อมูลมา 10 จุด แล้วทำการวางสายและหลังจากนั้น 5 นาที ถ้าชิ้นงานยังคงอยู่นอกพื้นที่อยู่ ก็จะทำการเรียกใหม่อีกครั้งและส่งค่าพิกัดเพื่อบอกตำแหน่งเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาทีแล้ว

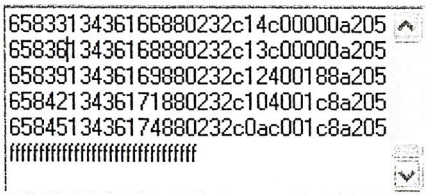
4.10 การทดลองรับข้อมูลจากชิ้นงานเพื่อแปลความหมายข้อมูล



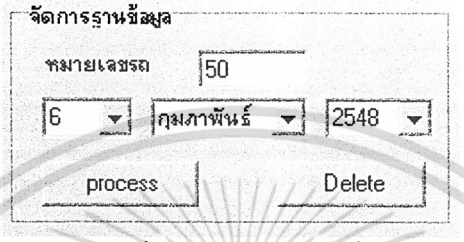
รูปที่ 4.16 รูปการรับข้อมูลของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

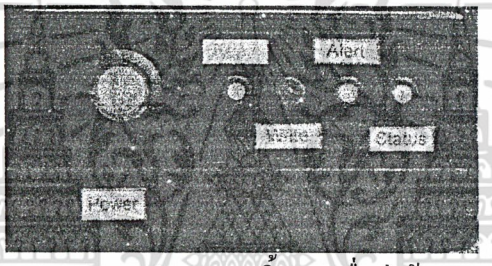
เมื่อชิ้นงานส่งข้อมูลเข้ามายังโปรแกรมโดยผ่านพอร์ตอนุกรมโปรแกรมจะแสดงข้อมูลที่รับเข้ามาดังรูปที่ 4.16 และเมื่อชิ้นงานอ่านข้อมูลเจอตัวอักษร “f” 32 ตัว จึงหยุดส่งซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 รูปการรับข้อมูลของโปรแกรมเมื่อเสร็จเรียบร้อย



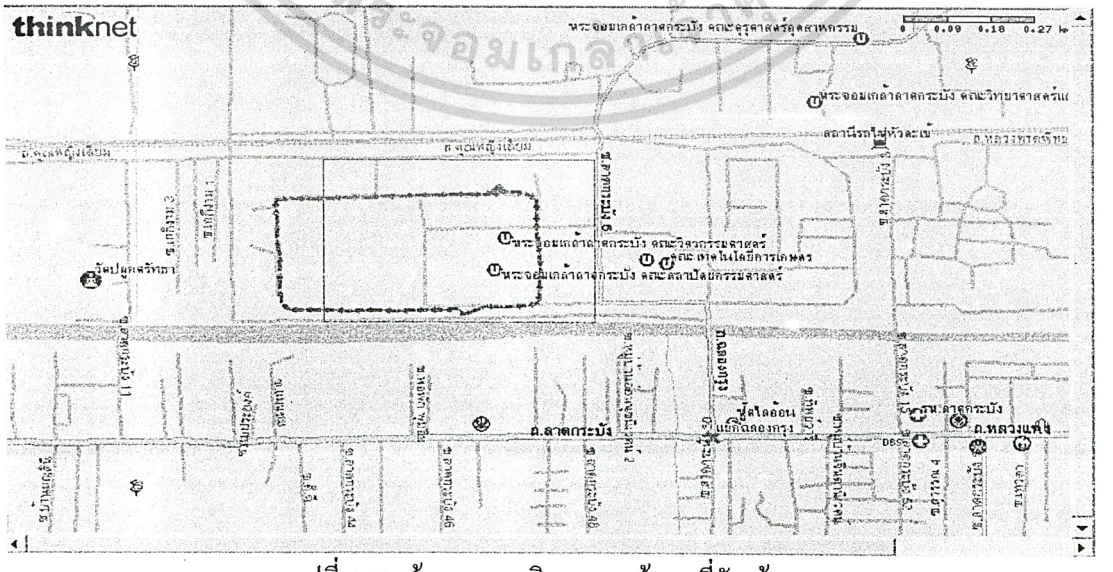
รูปที่ 4.18 การบอกวันที่ เดือน ปีของข้อมูลที่แปลความหมายได้



รูปที่ 4.19 สถานะการทำงานของชิ้นงานเมื่อส่งข้อมูลหมดแล้ว

รูปที่ 4.18 เป็นการแสดงวันที่ เดือน ปี ของข้อมูลที่แปลความหมายได้ และเมื่อชิ้นงานทำการอ่านข้อมูลไฟสัญญาณแสดงการอ่าน (Read) จะสว่าง และในขณะอ่านข้อมูลสัญญาณไฟแสดงสถานะจะกระพริบเร็ว และสัญญาณไฟเตือนจะสว่างเมื่ออ่านข้อมูลเรียบร้อยแล้ว หรือข้อมูลในหน่วยความจำเต็ม

4.11 การทดลองให้โปรแกรมวาดเส้นทางลงบนแผนที่



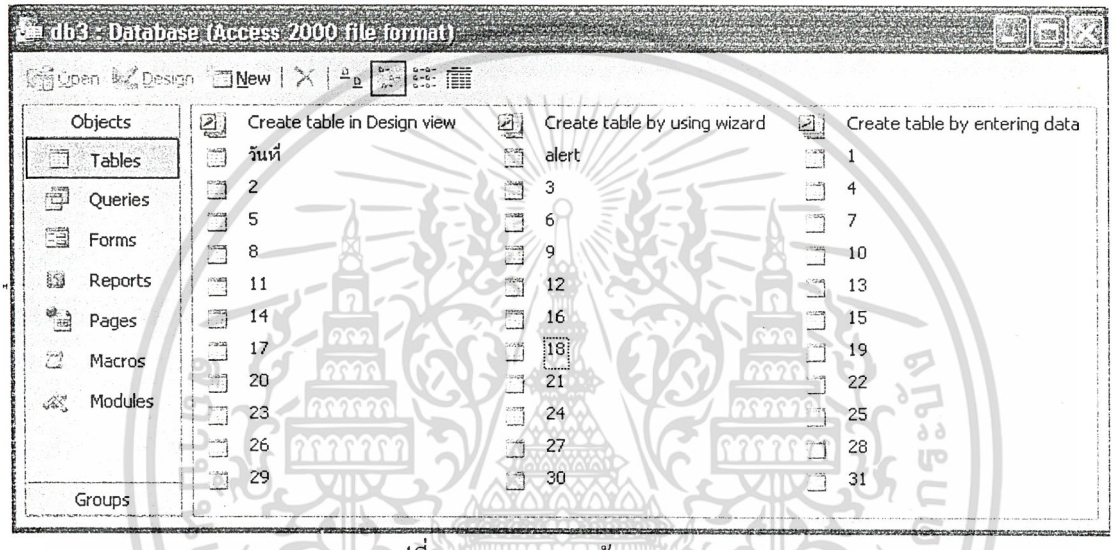
รูปที่ 4.20 เส้นทางการเดินรถของข้อมูลที่รับเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่นำข้อมูลมาแปลความหมายแล้ว ข้อมูลเหล่านั้นจะถูกเก็บลงฐานข้อมูลและสามารถนำมาวาดลงบนแผนที่เพื่อแสดงเส้นทางของรถจะได้ดังรูปที่ 4.20 จากรูปเมื่อโปรแกรมทำการวาดเส้นทางแล้วก็จะทำการวาดกรอบพื้นที่ด้วย เพื่อแสดงเส้นทางการขับรถว่ามีการออกนอกพื้นที่ที่กำหนดหรือไม่

4.12 การทดลองการจัดการฐานข้อมูล

ข้อมูลจะถูกเก็บลงฐานข้อมูล Access โดยที่เราจะต้องทำการสร้างตารางเพื่อรองรับข้อมูลที่จะมาเก็บโดยรูปที่ 4.21 เป็นตารางทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและรูปที่ 4.22 เป็นรายละเอียดของแต่ละตารางที่ใช้ในการเก็บข้อมูล



รูปที่ 4.21 ตารางฐานข้อมูล Access

2 : Table

ID	เวลา	วันที่	เดือน	ปี	ความเร็ว	ละติจูด	ns	ลองจิจูด	ew	x	y	หมายเลขรถ
282	22:08:35	2	2	2548	0	13.72733	N	100.77192	E	332	175	40
283	22:08:38	2	2	2548	0	13.7273	N	100.77195	E	335	178	40
284	22:08:45	2	2	2548	0	13.72689	N	100.772	E	339	209	40
285	22:08:48	2	2	2548	0	13.72695	N	100.77199	E	338	205	40
286	22:08:51	2	2	2548	0.2778	13.727	N	100.77201	E	339	201	40
287	22:08:54	2	2	2548	0.48152	13.72703	N	100.77199	E	338	198	40
288	22:08:57	2	2	2548	0.3704	13.72702	N	100.77196	E	336	199	40
289	22:09:00	2	2	2548	0.61116	13.72703	N	100.77192	E	332	198	40
290	22:09:03	2	2	2548	0.53708	13.72699	N	100.77189	E	330	202	40
291	22:09:06	2	2	2548	0.81488	13.72697	N	100.77187	E	329	203	40
292	22:09:09	2	2	2548	0.51856	13.72693	N	100.77186	E	328	206	40
293	22:09:12	2	2	2548	0.68524	13.72691	N	100.77184	E	326	208	40
294	22:09:15	2	2	2548	0.38892	13.72691	N	100.77181	E	324	208	40
295	22:09:18	2	2	2548	0.50004	13.72684	N	100.77185	E	327	213	40
296	22:09:21	2	2	2548	0.85192	13.72679	N	100.77185	E	327	217	40
297	22:09:24	2	2	2548	0.61116	13.72676	N	100.77184	E	326	219	40
298	22:09:27	2	2	2548	0.31484	13.72676	N	100.77182	E	325	219	40
299	22:09:30	2	2	2548	0.31484	13.72675	N	100.77181	E	324	220	40
300	22:09:33	2	2	2548	0.31484	13.72673	N	100.7718	E	323	222	40
301	22:09:36	2	2	2548	0.31484	13.72671	N	100.77179	E	322	223	40

Record: 1 of 843

รูปที่ 4.22 ข้อมูลที่ถูกใส่เข้าไปในฐานข้อมูล Access โดยใช้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.13 การทดลองเรียกจากเครื่องฐานเพื่อแสดงตำแหน่งปัจจุบันของรถ

เมื่อต้องการทราบตำแหน่งปัจจุบันของรถคันใดก็สามารถเรียกดูได้โดยการพิมพ์หมายเลขรถแล้วทำการเรียกโดยรูปที่ 4.23 จะเป็นข้อความที่ปรากฏที่ตัวโปรแกรมขึ้นเมื่อมีการเรียก

```
atd041626112
NO CARRIER
ats0=2
OK

RING
```

รูปที่ 4.23 การเรียกจากเครื่องฐาน

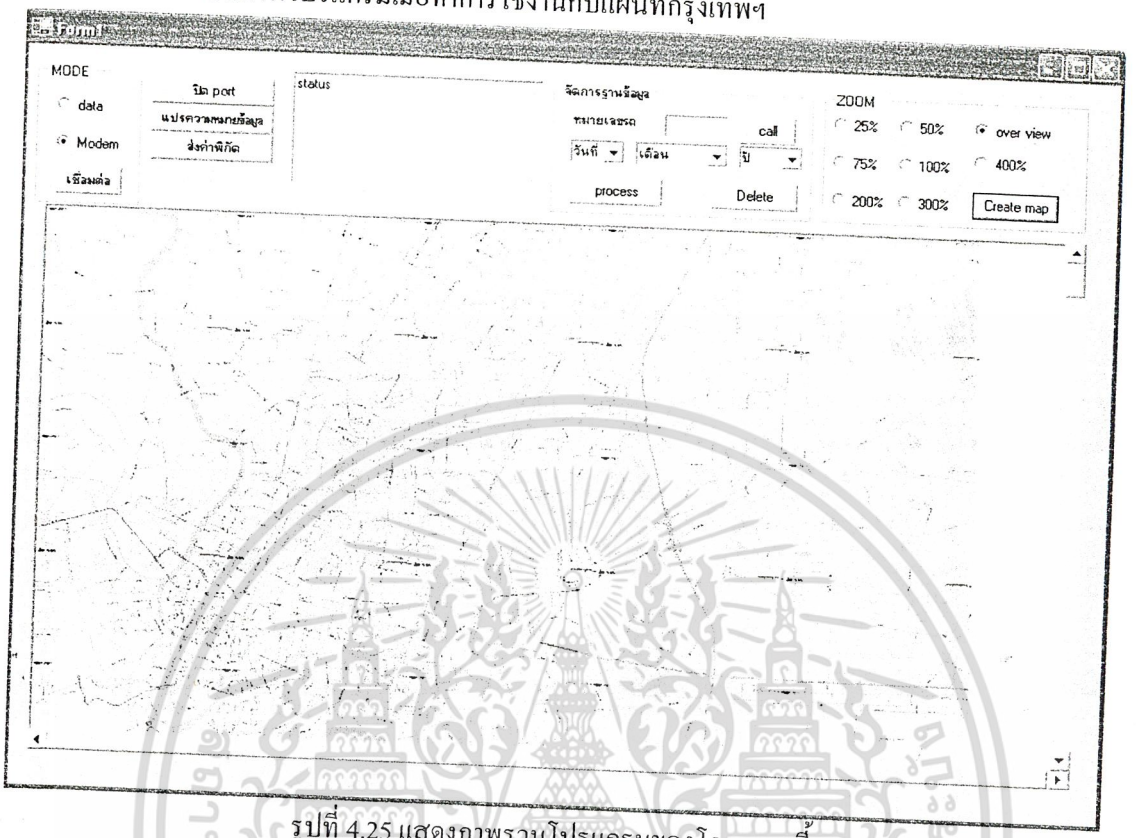
หลังจากนั้นเครื่องจะทำการตัดสายแล้วทำการเรียกกลับมายังเครื่องฐานแล้วจะเกิดการเชื่อมต่อเหมือนกับกรณีการเตือนเมื่อโปรแกรมได้รับค่าละติจูดและลองจิจูดก็จะทำการวาดตำแหน่งปัจจุบันแล้วกรอบพื้นที่ของรถที่ต้องการทราบตำแหน่งดังรูปที่ 4.24

รูปที่ 4.24 การแสดงตำแหน่งของโปรแกรมและค่ากรอบในแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

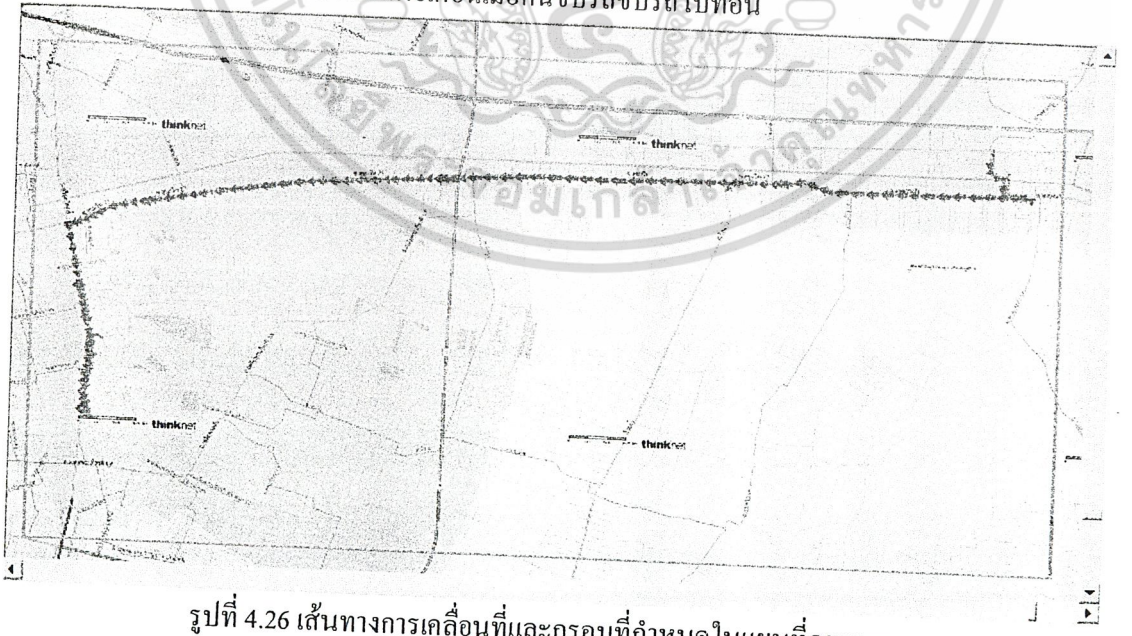
4.14 การทดลองใช้งานโปรแกรมกับแผนที่กรุงเทพฯ

ต่อไปนี้จะเป็นภาพโปรแกรมเมื่อทำการใช้งานกับแผนที่กรุงเทพฯ



รูปที่ 4.25 แสดงภาพรวมโปรแกรมของโครงงานนี้

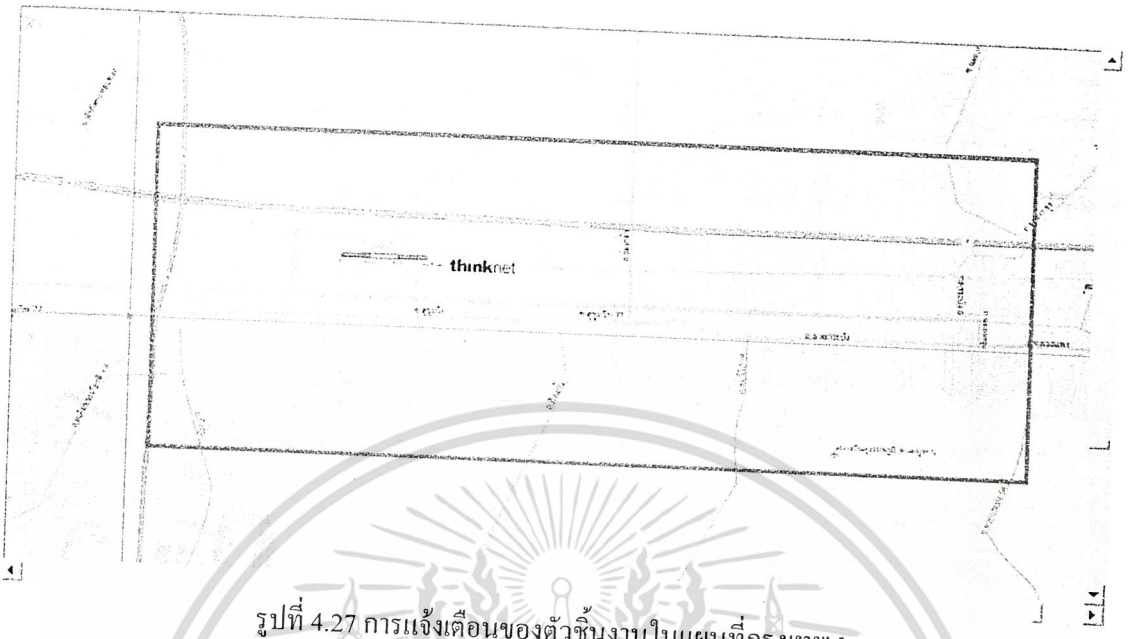
เมื่อนำชิ้นงานไปติดในรถแล้วให้แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวาดลงบนแผนที่จะได้ดังรูปที่ 4.26 ซึ่งเป็นการแสดงเส้นทางจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปยังห้างสรรพสินค้าซีคอนสแควร์โดยกำหนดกรอบพื้นที่เพื่อเตือนเมื่อคนขับรถขับรถไปที่อื่น



รูปที่ 4.26 เส้นทางการเคลื่อนที่และกรอบที่กำหนดในแผนที่กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อรถออกนอกพื้นที่ที่กำหนดโปรแกรมจะแสดงตำแหน่งปัจจุบันของรถและแสดงค่ากรอบพื้นที่ดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 การแจ้งเตือนของตัวชี้นงานในแผนที่กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองระบบบอกตำแหน่งด้วยอุปกรณ์จีพีเอส นั้นได้แบ่งขั้นตอนในการออกแบบเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นส่วนเชื่อมต่อกับโมดูลจีพีเอส และส่วนที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยในส่วนของที่เชื่อมต่อกับโมดูลจีพีเอสนั้น จะติดไปกับตัวรถเพื่อเฝ้าระวังและทำการเตือนมายังคอมพิวเตอร์โดยผ่านโมเด็มโทรศัพท์เคลื่อนที่และโมเด็มคอมพิวเตอร์ ในการควบคุมโมเด็มทั้งสองนั้นจะใช้คำสั่งเอทีคอมมานในการควบคุมการเรียก การรับสาย และการเชื่อมต่อ เมื่อทำการเชื่อมต่อแล้วตัวชิ้นงานก็จะส่งข้อมูลผ่านโมเด็มโทรศัพท์เคลื่อนที่มายัง ส่วนที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยผ่านโมเด็มคอมพิวเตอร์เพื่อบอกตำแหน่งว่าขณะนี้รถอยู่นอกพื้นที่ ณ ตำแหน่งใด และในส่วนที่เชื่อมต่อกับโมดูลจีพีเอสจะมีการเก็บข้อมูลอยู่แล้วในหน่วยความจำอีสแควพรอมซึ่งจะเก็บค่าทุก ๆ 3 วินาที เมื่อทำการถ่ายโอนข้อมูลมายังส่วนที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โปรแกรมจะทำการแปลความหมายของข้อมูลที่ถูกลดขนาดแล้วเก็บข้อมูลที่ได้ลงฐานข้อมูลและทำการวาดเส้นทางลงในแผนที่

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง

1. เครื่องรับจีพีเอสต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวงจึงจะให้ข้อมูลที่มีความแม่นยำเพียงพอ

2. สายอากาศของโมดูลจีพีเอสจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่มองเห็นท้องฟ้าได้

3. ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอส ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ

4. ข้อมูลที่ได้หลังจากเปิดโมดูลจีพีเอสใหม่ ๆ จะมีความคลาดเคลื่อนสูงเพราะจำนวนดาวเทียมที่ใช้บอกตำแหน่งมีน้อยแต่เมื่อเปิดโมดูลจีพีเอสไปแล้วประมาณ 5 ถึง 10 นาที จะได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำขึ้นเนื่องจากโมดูลจะค้นหาดาวเทียมเพิ่มขึ้นเพื่อทำการบอกตำแหน่ง

5. โมเด็มคอมพิวเตอร์สามารถเรียกไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้แต่ไม่สามารถทำการเชื่อมต่อเพื่อส่งข้อมูลได้เนื่องจากโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมองเห็นว่าเป็นการเรียกจากโทรศัพท์บ้านธรรมดา

6. เนื่องจากหน่วยความจำอีแสควพรอมที่นำมาใช้เป็นการเชื่อมต่อแบบอนุกรมจึงทำให้การทำงานไม่ว่าจะเป็นการอ่านหรือเขียนช้า

5.3 แนวทางพัฒนาต่อไป

1. เนื่องจากสามารถส่งข้อมูลผ่านระบบมือถือโดยผ่านโมเด็มมือถือได้แล้วการบอกตำแหน่งของทุกที่ที่ต้องการในประเทศก็มีความเป็นได้โดยการเพิ่มขนาดของแผนที่ให้ครอบคลุมมากขึ้น

2. ถ้าค่าบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่มีราคาถูกลงกว่าปัจจุบันการเชื่อมต่อตลอดเวลาเพื่อบอกตำแหน่งปัจจุบันของรถหรือการเชื่อมต่อเพื่อโอนถ่ายข้อมูลการเดิน ทางทั้งหมดที่เก็บไว้ในหน่วยความจำมายังคอมพิวเตอร์ก็สามารถทำได้ โดยไม่ต้องนำตัวชิ้นงานออกมาจากตัวรถเพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่มาถึงสถานีฐานอาจใช้การส่งคลื่น เพื่อส่งข้อมูลในหน่วยความจำมาให้เครื่องคอมพิวเตอร์แทนที่จะเป็นการนำชิ้นงานมาต่อโดยตรง

4.เปลี่ยนการใช้หน่วยความจำแบบอนุกรมมาใช้หน่วยความจำแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

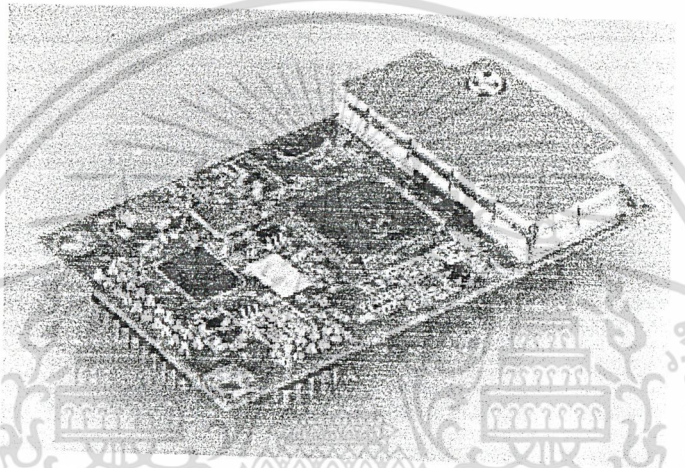
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Leadtek®
We Make Dreams a Reality

LEADTEK GPS MODULE TECHNICAL SPECIFICATION

GPS 9540



Leadtek®
We Make Dreams a Reality

Version 1.05

28 August 2002

All Rights Reserved

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Leadtek®
We Make Dreams a Reality

Contents

1. INTRODUCTION 1
   1.1. OVERVIEW 1
   1.2. MAIN FEATURES 1
2. TECHNICAL SPECIFICATIONS 2
   2.1. ELECTRICAL CHARACTERISTICS 2
   2.2. ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS 3
   2.3. PHYSICAL CHARACTERISTICS 3
   2.4. TRICKLE POWER DESCRIPTION 3
   2.5. PUSH-TO-FIX DESCRIPTION 4
3. MECHANICAL DIMENSIONS 5
4. PIN ASSIGNMENT OF CONNECTOR 6
   4.1 VCC_5V (+5V DC POWER INPUT) 7
   4.2 VCC_3V (+3.3V DC POWER INPUT) 7
   4.3 ANT_PWR 7
   4.4 GND 7
   4.5 SERIAL DATA: RXA, RXB, TXA, AND TXB 7
   4.6 RXA 8
   4.7 RXB 8
   4.8 TXA 8
   4.9 TXB 8
   4.10 PBRES 8
   4.11 TIMEMARK 8
   4.12 GPIO FUNCTIONS 8
   4.13 BATTERY (BAT) 8
5. APPLICATIONS 8
6. OPERATION AND TEST 9
7. APPENDIX A 9
   7.1 OTHER ELECTRICAL SPECIFICATIONS 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Introduction

1.1. Overview

Leadtek GPS 9540 is a high performance, low power consumption, GPS module board designed for easy integration into a broad spectrum of OEM system applications. This product is based on the proven SIRF Star II chipset solution technology found in other Leadtek 12 channel GPS receivers. The GPS module receiver tracks up to 12 satellites at a time while providing fast time-to-first-fix and 1 Hz navigation updates. Its far reaching capability meets the sensitivity requirements of car navigation as well as other location-based applications.

The GPS 9540 design utilizes the latest surface mount technology and high level circuit integration to achieve superior performance while minimizing space and power requirements. This hardware capability combined with software intelligence makes the board easy to be integrated and used in all kinds of navigation applications or products. The application system may communicate with the module board via two RS232 compatible bi-directional communication channels with CMOS/TTL voltage level.

1.2. Main Features

◆Build on high performance SIRF Star II LP chipset.
◆Average Cold/Warm/Hot Start time under 45/38/8 seconds.
◆12 channels "All-in-View" tracking.
◆Trickle Power enabled for Power Saving.
◆Integrated ARM7TDMI CPU, that is, software engineering services available for embedded customer defined applications.
◆On chip 1Mb SRAM on board, 4Mb up to 16M flash memory. (4Mbit standard)
◆Dual TTL level serial ports with one for GPS receiver command message interface, and one for RTCM-104 DGPS input.
◆8 GPIO pins with one pin support 1 PPS output.
◆Mechanical Size 2.8"x1.6"x0.57"(71.12x 40.64x14.4mm) compatible with Leadtek GPS 9520/9530.
◆Reacquisition Time：0.1 seconds
◆Support Standard NMEA-0183 and SiRF Binary protocol
◆Support Accurate 1PPS Output Signal Aligned with GPS Timing
◆Multi-path Mitigation Hardware
◆On-board RTCM SC-104 DGPS and WASS Demodulator
◆Optional Data Logging Functions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Technical Specifications

2.1. Electrical Characteristics

2.1.1 General

Frequency	L1, 1575.42 MHz
C/A code	1.023 MHz chip rate
Channels	12

2.1.2 Accuracy

Position	15 meters, 2D RMS, SA off 7 meters 2D RMS, WAAS corrected 1-5 meters, DGPS corrected
Velocity	0.1 meters/second
Time	1 microsecond synchronized to GPS time

2.1.3 Datum

WGS-84

2.1.4 Acquisition Rate

Reacquisition	0.1 sec., average
Snap start	2 sec., average
Hot start	8 sec., average
Warm start	38 sec., average
Cold start	45 sec., average

2.1.5 Dynamic Conditions

Altitude	18,000 meters (60,000 feet) max.
Velocity	515 meters/second (1000 knots) max.
Acceleration	4g, max.
Jerk	20 meters/second^3, max.

2.1.6 Power

	GPS 9540 5V Version (TTL)	GPS 9540 3.3V Version (TTL)
Main Power	+5VDC ± 5%	3.3VDC ± 10%
Supply Current	170mA Typical	160mA Typical
Backup Power	+2.5V to 3.3V	+2.5V to 3.3V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Backup Current	10μA Typical	10μA Typical

2.1.7 Serial Port

Electrical interface	Two full duplex serial communication, TTL interface
Protocol messages	SiRF binary and NMEA-0183, version 2.20 with a baud rate selection. SiRF binary-position, velocity, altitude, status, and control NMEA - GGA, GLL, GSA,GSV, RMC and VTG
DGPS protocol	RTCM SC-104

2.1.8 Time-1PPS Pulse

Level	TTL
Pulse duration	100ms
Time reference	At the pulse positive edge
Measurements	Aligned to GPS second, ±1 microsecond

2.2. Environmental Characteristics

Operating temperature range	-40 deg. C to +85 deg. C
Storage temperature range	-55 deg. C to +100 deg. C -45 deg. C to +80 deg with battery

2.3. Physical Characteristics

Length	2.8" (71.12 mm)
Width	1.6"(40.64mm)
Height	0.57"(14.4 mm)
Weight	25g
Antenna connector	MCX type
Interface connector	20-pin straight header, 2mm pitch board-to-board

2.4. Trickle Power Description

The GPS 9540 design supports the SiRF Trickle Power™ mode of operation. In this mode, the lowest average power dissipation is achieved by powering down the board (after a position is determined) in such a manner that when it is turned back on it can recomputed a position fix in the shortest amount of time. Standard Trickle Power operates in three states:

2.4.1 Tracking State

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In this state, the board is fully powered, tracking satellites, and gathering data.

2.4.2 CPU State

In this mode, the RF front end has been turned off which removes the clock to the baseband. Without a clock, the RF front end is effectively powered down (although the RTC keeps running). The CPU would keep running to process the GPS data until a position fix is determined and the result has been transmitted by the serial communication interface.

2.4.3 Trickle State

In this state, the CPU is in a low power standby state and the receiver clocks are off with only the RTC clock active. After a set amount of time, the RTC generates an NMI signal to wake up the CPU and reset the receiver back to tracking state.

2.5. Push-to-Fix Description

The purpose of Push-to-Fix mode is to support applications where a position fix is only required when requested by the user (or the application). To support this the board is left in the Trickle state until commanded to generate a fix.

2.5.1 Power-on State

In this state, the receiver calculates the position once, collects the ephemeris, and calibrates the RTC before going back to the Trickle State.

2.5.2 Trickle State

In this state only the RTC is running. The supply current is typically <500uA, which includes the standby current of the baseband IC.

There are three events that can happen which effectively return the CPU to normal operation:

1. Power-on: If power is removed, then re-applied to the board a reset signal is generated by the CPU supervisor. After the reset has been removed, the CPU will start up, get a fix and return to Trickle State. This typically takes two to six seconds.

2. Ephemeris Collection: Every 30 minutes the receiver wakes up the CPU to calculate a fix, collect a new ephemeris, calibrate the RTC and then go to the Trickle State.

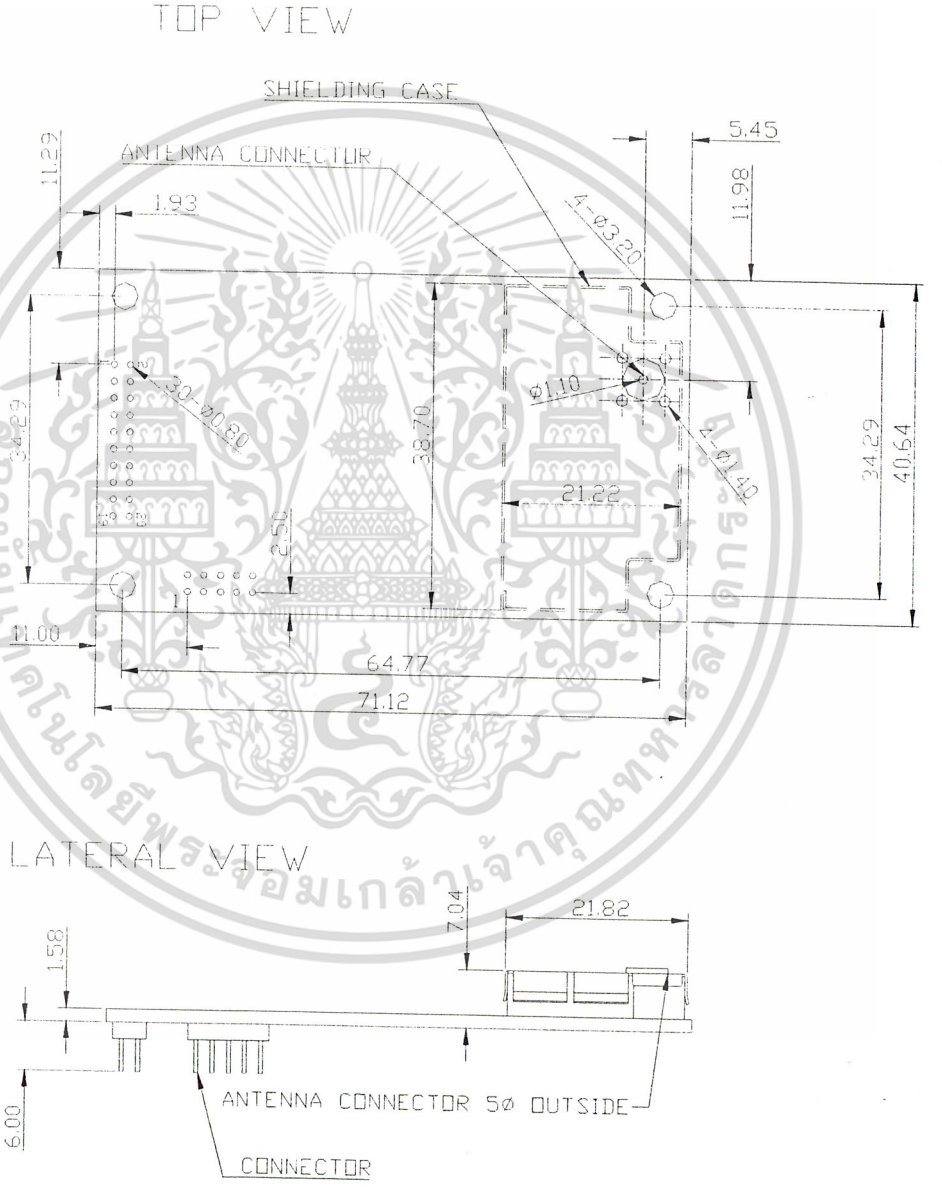
3. User Requested Fix: With each user request of a fix, the CPU will wake up by toggling PBRES low (pin 5 of the digital interface connector). The CPU is restarted and (following a Snap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

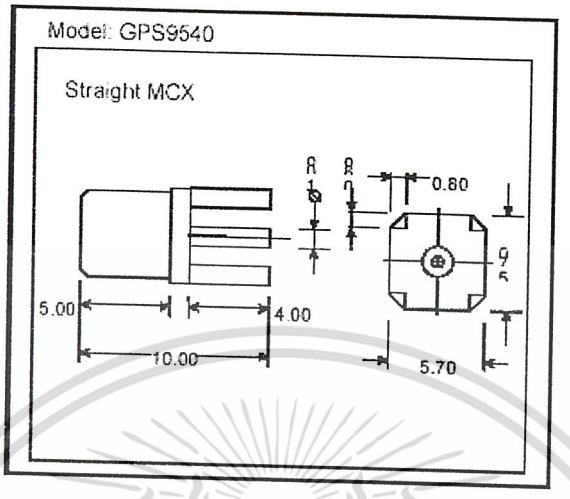
Start) a fix is calculated. Before going back to Trickle State the CPU will check the ephemeris and the RTC calibration.

Note – The CPU will restart ~ 200-600 mSec after the PBRES input is brought high.

3. Mechanical Dimensions



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4. Pin Assignment of Connector

Table 1-1 Pin list of the 20-Pin Digital Interface Connector (**J1**)

Pin Number	***Name***	***Type***	***Description***
1	ANT_PWR	PWR	Antenna DC Voltage(**note1**)
2	VCC_5V	PWR	+5 DC Power Input(**note2**)
3	BAT	PWR	Backup Battery(**note3**)
4	VCC_3V	PWR	+3.3V DC Power Input(**note4**)
5	PBRES	I	Push Button Reset Input. Active Low
6	GPIO3	I/O	SW dependent functions (**note5**)
7	GPIO7	I/O	SW dependent functions (**note5**)
8	GPIO6	I/O	SW dependent functions (**note5**)
9	GPIO5	I/O	SW dependent functions (**note5**)
10	GND	PWR	Ground
11	TXA	O	Serial Data Output A
12	RXA	I	Serial Data Input A
13	GND	PWR	Ground
14	TXB	O	Serial Data Output B
15	RXB	I	Serial Data Input B
16	GND	PWR	Ground
17	BOOTSEL	I	Booting Mode Select
18	GND	PWR	Ground
19	TIMEMARK/GPIO9	I/O	1PPS Time Mark Output (**note5**)
20	ALT/GPIO15	I/O	Alternative output (**note6**)

Note: 1) If the module is build-in antenna power type, the pin is no used.
2) If the module is 3.3V type, the pin is no used.
3) Maximum voltage is 1.9V
4) If the module is 5V type, the pin in no used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) Pulled low (GND) through on-board 75K Ohm resister.
6) Pulled high (VCC/VDD) through on-board 75K Ohm resister.

Table 1-2 Pin list of the 10-Pin Digital Interface Connector **(JP1)**

Pin Number	***Name***	***Description***
1	GPIO0	SW dependent functions (note 2)
2	JTDI	JTAG software debug function
3	GPIO10	SW dependent functions (note 1)
4	JTMS	JTAG software debug function
5	GPIO14	SW dependent functions (note 1)
6	JTCK	JTAG software debug function
7	GPIO1	SW dependent functions (note 2)
8	JTDO	JTAG software debug function
9	JTRST	JTAG software debug function
10	GND	Ground

Note: 1) Pulled high (VCC/VDD) through on-board 75K Ohm resister.
2) Pulled low (GND) through on-board 75K Ohm resister.

4.1 VCC_5V (+5V DC Power Input)

This is the main DC power supply for a +5V powered board. (Required for the GPS-9540 5V version)

4.2 VCC_3V (+3.3V DC Power Input)

This is the main DC power supply for a +3.3V powered board. (Required for the GPS9540 3.3V version)

4.3 ANT_PWR

DC voltage for an active antenna. The antenna power may be supplied through the interface connector (CN1). The current limiting (<200mA) should be supplied externally. If the module is build-in antenna power type, the pin doesn't need to use. Therefore, the module is need to use DC voltage for active antenna.

4.4 GND

GND provides the ground for the board. Connect all grounds.

4.5 Serial Data: RXA, RXB, TXA, and TXB

The board supports two full duplex serial channels. All four connections are at TTL levels, all support variable baud rates, and all can be controlled from the appropriate screens in GPS Monitor software. You can directly communicate with a PC serial port. (TTL level should be turned to RS-232 level)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 RXA

This is the main receiving channel and is used to receive software commands to the board from GPS Monitor software or from user written software.

4.7 RXB

This is the auxiliary receiving channel and is used to input differential corrections to the board to enable DGPS navigation.

4.8 TXA

This is the main transmitting channel and is used to output navigation and measurement data to GPS Monitor or user written software.

4.9 TXB

For user's application

4.10 PBRES

This pin provides an active-low reset input to the board. It causes the board to reset and start searching for satellites. PB Reset is an optional input and, if not utilized, it may be left open.

4.11 Timemark

This pin provides 1 pulse per second output from the board, which is synchronized to within 1 microsecond of GPS time. The output is a TTL positive level signal.
This is not available in Trickle Power mode.

4.12 GPIO Functions

Several I/Os of CPU are connected to the digital interface connector for consumer applications.

4.13 Battery (BAT)

This is the battery backup supply that powers the SRAM and RTC when main power is off. Typical current draw is 10 μA and 1.8V_{DC}.

5. Applications

Leadtek GPS9540 module board receiver is a high performance, low power consumption, easy integration and not expensive product. It can be now in widespread use about global positioning system. These applications are as follow.

- ◆Car Navigation
- ◆Marine Navigation
- ◆Fleet Management
- ◆AVL and Location-Based Services

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

◆Hand-Held Device for Personal Positioning and Navigation
◆Other Computing Devices at GPS Application

6. Operation and Test

The customers can use Leadtek GMonitor.exe to test the smart antenna. You can change the data protocol and communication data baud rate for your application using this software. The software and manual are available for download from Leadtek website, www.leadtek.com.tw.

7. Appendix A

7.1 Other Electrical Specifications

Table 2-1 Absolute Maximum Ratings (5V type)

Parameter	Symbol	Min	Max	Units
Power Supply Voltage	VCC_5V	-0.3	6	V
Input Pin Voltage	VIN	-0.3	5	V
Output Pin Voltage	VOUT	-0.3	3.6	V
Storage Temperature	TSTG	-45	100	ºC

Table 2-2 Absolute Maximum Ratings (3.3V type)

Parameter	Symbol	Min	Max	Units
Power Supply Voltage	VCC_3V	-0.3	3.6	V
Input Pin Voltage	VIN	-0.3	5	V
Output Pin Voltage	VOUT	-0.3	3.6	V
Storage Temperature	TSTG	-45	100	ºC

Table 3-1 Operating Conditions (5V type)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Power Supply Voltage	VCC_3V	4.5	5.0	5.5	V
Power Supply Voltage	BAT	2.5	3	3.3	V
Input Pin Voltage	VIN	0		3.3	V
Operating Temperature	TOPR	-40		85	ºC
Operating Current	ICC		170		mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3-2 Operating Conditions (3.3V type)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Power Supply Voltage	VCC_3V	3.2	3.3	3.4	V
Power Supply Voltage	BAT	2.5	3	3.3	V
Input Pin Voltage	VIN	0		3.3	V
Operating Temperature	TOPR	-40		85	°C
Operating Current	ICC		160		mA

Table 4 Battery Conditions

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
RTC(Battery) Power	BAT	2.5	3	3.3	V
Supply Current			10		μA

Table 5 DC Characteristics

Parameter	Symbol	Min	Max	Conditions	Units
Input High Level	Vih	2.0	----		V
Input Low Level	Vil	----	0.8		V
Output High Level	Voh	2.4			V
Out Low Level	Vol		0.4		V
Input Leakage Current	li	2	2		μA
Input Capacitance			3		pF
Output Capacitance			3		pF
Bi-directional Buffer Capacitance			3		pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. 1.รศ.สมยศ จุณณปิยะ, "การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51" คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.
2. สุวัฒนา สุขสมจินตน์, "คัมภีร์การใช้ Visual C# ฉบับสมบูรณ์", ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2546.
3. ยุทธนา ลีลาศวัฒนกุล, "คู่มือการเขียนโปรแกรม Visual C# .NET ฉบับวินโดวส์ฟอร์ม", ดวงกมลสมัย, กรุงเทพฯ, 2545.
4. ณัช ภู่วรวรรณ, "เริ่มต้นเรียนรู้ C#", ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2545.
5. ศุภชัย สมพานิช, "คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual C# .NET ฉบับสมบูรณ์", ดวงกมลสมัย, กรุงเทพฯ, 2546.
6. บัญชา ปะสีละเตสัง, "คู่มือการเขียนโปรแกรมด้วย Microsoft Visual C# .net", ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2546
7. สุพจน์ ปุณณชัยยะ, "MODEM", อินฟอร์เมติก บิซิเนส พับชิเคชัน, 2535.
8. สุรชัย เพิ่มสินทวี, "การใช้งานการสื่อสารข้อมูลด้วยระบบ Modem", ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2538.
9. ชวลิต ขุนราม, "วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 252", ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2546
10. สุรชัย เพิ่มสินทวี, "นำทางสู่การใช้งาน การสื่อสารข้อมูลด้วยระบบโมเด็ม", ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2545.
11. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, "Access 2000 ฉบับโปรแกรมเมอร์", เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์, กรุงเทพฯ, 2543.
12. เอกชัย มะการ, "รู้จักและเข้าใจ Chips Support", บริษัท อีทีที จำกัด, กรุงเทพฯ, 2545.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้