

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุปกรณ์ติดตามตำแหน่งรถยนต์

Position Tracking System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว  
(ลงชื่อ).....

อุปกรณ์ติดตามตำแหน่งรถยนต์  
Position Tracking System



โดย  
นายกฤษณพ พลเสน 47015041  
นายศรเทพ เกตแก้ว 47015065

อาจารย์ที่ปรึกษา  
ศศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์  
รศ.ดร.สุวิพล ลิทธิชีวภาค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์ติดตามตำแหน่งรถยนต์


Position Tracking System

ผู้จัดทำ

1. นายกฤษณพ พลเสน 47015041

2. นายศรเทพ เกตแก้ว 47015065

  
อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์)

  
อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รศ.ดร. สุวิพัทธ์ สิริชีวะภาค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ติดตามตำแหน่งรถยนต์  
POSITION TRACKING SYSTEM

โดย นายกฤษณพ พลเสน 47015041  
นายศรเทพ เกตแก้ว 47015065

อาจารย์ที่ปรึกษา ศศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์  
รศ.ดร. สุวิพล สีทธิชีวกาศ

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการสร้างอุปกรณ์ติดตามตำแหน่งรถยนต์ โดยจะนำค่าพิกัดตำแหน่งของรถยนต์ที่ได้มาจากเครื่องรับจีพีเอส ส่งผ่านคลื่นวิทยุโดยใช้บริการเอสเอ็มเอส จากนั้นนำค่าที่ได้ส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผล

ABSTRACT

This project presents an implementation of car position tracking by sending car position value from GPS receiver via radio wave. So we use SMS service to sending data , then we take received data to computer for processing and display

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำจากหลายๆ ฝ่าย โดยเฉพาะท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ทางผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์ และรองศาสตราจารย์ดอกเตอร์ สุวิพล สิริทธิชีวภาค ที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีปฏิบัติงานรวมถึงการดำเนินการต่างๆ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่านที่อบรมสั่งสอน และมอบความรู้อันมีค่ายิ่งให้แก่ศิษย์

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อบรมสั่งสอนบุตรด้วยความรัก ความเอาใจใส่ อีกทั้งยังคอยเป็นกำลังใจในการทำงานให้เสมอมา ทางผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	2
2.1 ประวัติและพัฒนาการของดาวเทียมจีพีเอส	2
2.2 โครงสร้างของระบบจีพีเอส	3
2.2.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม	3
2.2.2 ส่วนสถานีควบคุม	5
2.2.3 ส่วนของผู้ใช้	7
2.3 การให้บริการจีพีเอส (GPS Service)	9
2.3.1 บริการบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ	9
2.3.2 บริการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน	9
2.4 Selective Availability (SA)	10
2.5 เครื่องรับจีพีเอสและการทำงานของเครื่องรับจีพีเอส	10
2.5.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Selection)	10
2.5.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)	11
2.6 ระบบพิกัดอ้างอิงของ จีพีเอส	13
2.7 การคำนวณหาระยะพิกัดของเครื่องรับสัญญาณ	17
2.8 มาตรฐานเอ็นเอ็มเอไอ (NMEA Standard) และ โปรโตคอลการสื่อสารของจีพีเอส	19
2.8.1 มาตรฐานเอ็นเอ็มเอไอ	19
2.8.2 การอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้า (Electrical Interface)	19
2.8.3 มาตรฐานเอ็นเอ็มเอไอ- 0183	19
2.8.4 โปรโตคอลเอ็นเอ็มเอไอ- 0183	20
2.8.5 ข้อมูลเอ็นเอ็มเอไอ (NMEA Message)	20
2.8.6 รายละเอียดภายในเรคอร์ดต่าง ๆ ของข้อมูลเอ็นเอ็มเอไอ	20
2.9 การรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) ของ 8051 และ 8052	25
2.10 จีเอสเอ็มเอทีคอมมานด์ (GSM AT- Command) กับมือถือ	29
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	34
3.1 การออกแบบโครงงาน	34
3.2 ส่วนรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส (GPS Module)	36
3.3 วงจรการเชื่อมต่อ โมดูลจีพีเอส	36
3.4 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232	38

## สารบัญ (ต่อ)

3.5 จีเอสเอ็มโมดูลและการเชื่อมต่อ	38
3.6 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	40
3.7 การเปลี่ยนค่าละติจูดและลองจิจูดเป็นพิกัดเอกซ์และวายในแผนที่	40
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	44
4.1 การตรวจสอบการทำงานของโมดูลจีพีเอส	44
4.2 การตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	48
4.3 การตรวจสอบโปรแกรมแสดงผลบนคอมพิวเตอร์	50
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	52
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 แสดงจำนวนและวงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส	3
รูปที่ 2.2 แสดงจำนวนและการโคจรของดาวเทียมจีพีเอสทั้ง 24 ดวงในระนาบวงโคจร	4
รูปที่ 2.3 แสดงการโคจรของดาวเทียมจีพีเอสรอบโลก	4
รูปที่ 2.4 สัญญาณดาวเทียมจีพีเอส	5
รูปที่ 2.5 แสดงสถานีควบคุมภาคพื้นดินทั้ง 5 จุด	5
รูปที่ 2.6 แสดงภาพการแทรกคาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง	11
รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมอย่างง่ายของเครื่องรับจีพีเอส	12
รูปที่ 2.8 ระยะทางจากดาวเทียมมาถึงเครื่องรับจีพีเอสและค่าไบอัสของสัญญาณนาฬิกา	12
รูปที่ 2.9 การหาความยาวของสายเมื่อทราบความยาวเอกซ์, แซค และค่านุมต่าง ๆ	13
รูปที่ 2.10 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส	13
รูปที่ 2.11 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมมีรัศมี 22,000 กิโลเมตร	14
รูปที่ 2.12 การตัดกันของทรงกลมสองทรงกลม	14
รูปที่ 2.13 การตัดกันของทรงกลมสามทรงกลม	15
รูปที่ 2.14 จุดตัดกันของดาวเทียมเอและบี	15
รูปที่ 2.15 จุดตัดกันของดาวเทียมเอและบี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป	16
รูปที่ 2.16 จุดตัดกันของดาวเทียมเอ, บีและซี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป	16
รูปที่ 2.17 จุดตัดกันอย่างถูกต้องของดาวเทียมเอ, บีและซี	17
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของตัวส่ง	34
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของตัวรับ	34
รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของโครงการ	35
รูปที่ 3.4 HOLUX GM-82	36
รูปที่ 3.5 วงจรการเชื่อมต่อโมดูลจีพีเอส	37
รูปที่ 3.6 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส-232	38
รูปที่ 3.7 จีเอสเอ็มโมดูล GR-47	39
รูปที่ 3.8 วงจรการเชื่อมต่อจีเอสเอ็มโมดูล	39
รูปที่ 3.9 วงจรจ่ายไฟ	40
รูปที่ 3.10 ตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดในแผนที่ที่ควรทราบ	41
รูปที่ 3.11 ตำแหน่งของพิกเซลในแผนที่	41
รูปที่ 3.12 วงจรรวม	43
รูปที่ 4.1 สัญญาณที่ได้ออกมาจากโมดูลจีพีเอส	44
รูปที่ 4.2 สัญญาณที่ได้ออกมาจากโมดูลจีพีเอส โดยดูจากโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.3 ประโยคอาร์เอ็มซีที่ได้ออกมาจากโมดูลจีพีเอส	45
รูปที่ 4.4 ส่งเอสเอ็มเอสโดยใช้คำสั่งเอทีคอมมาน	47
รูปที่ 4.5 ตรวจสอบการทำงานของชิ้นงาน	48
รูปที่ 4.6 คำสั่งและข้อความที่ส่งเอสเอ็มเอส	49
รูปที่ 4.7 ข้อความที่ได้รับเมื่อโมดูลจีพีเอสไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้	49
รูปที่ 4.8 ข้อความที่ได้รับเมื่อโมดูลจีพีเอสสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้	49
รูปที่ 4.9 พิกัดของบริเวณหน้าตึก A และบริเวณตึก E-12	50
รูปที่ 4.10 โปรแกรมแสดงข้อความเมื่อเราป้อนพิกัดที่อยู่บนแผนที่	51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีจีเอ	20
ตารางที่ 2.2 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีแอลแอล	21
ตารางที่ 2.3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสเอ	22
ตารางที่ 2.4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสวี	23
ตารางที่ 2.5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดอาร์เอ็มซี	24
ตารางที่ 2.6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดวีทีจี	24
ตารางที่ 2.7 ตารางสรุปคุณสมบัติของ 6 เรคอร์ดหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ	25
ตารางที่ 2.8 แสดงรายละเอียดในรีจิสเตอร์ SCON และการตั้งค่า	28
ตารางที่ 2.9 ตารางการใช้ใหม่เมอร์ 1 กำหนดบอครเท	28
ตารางที่ 2.10 ส่วนประกอบของสตริงการรับข้อความเอสเอ็มเอส	31
ตารางที่ 2.11 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่ง	32
ตารางที่ 3.1 แสดงขาของโมดูลจีพีเอส	37
ตารางที่ 4.1 ค่าจากโมดูลจีพีเอสที่จุดเดียวกัน	46
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบพิกัดที่ได้จากแผนที่และพิกัดที่ได้จากเครื่องรับจีพีเอส	47

## บทที่ 1

### บทนำ

ในการคมนาคมขนส่งทุกวันนี้มีพาหนะที่อำนวยความสะดวกมากมาย อาทิเช่น รถยนต์ รถไฟ เครื่องบิน เป็นต้น โดยเฉพาะรถยนต์ที่เป็นพาหนะที่มีใช้กันมากที่สุด ซึ่งทำให้ในปัจจุบันมีจำนวนรถยนต์เพิ่มมากขึ้นทุกปี จากการเพิ่มจำนวนของรถยนต์ทำให้เกิดปัญหาที่เห็นได้ชัดคือ ปัญหาการจราจรติดขัด ปัญหาการโจรกรรม โดยเฉพาะปัญหาการโจรกรรมนั้นเป็นปัญหาที่ผู้เป็นเจ้าของให้ความสนใจเป็นอย่างมาก เห็นได้จากการติดตั้งอุปกรณ์กันขโมยในรถยนต์แบบต่างๆ แต่อุปกรณ์เหล่านี้ก็ยังมีข้อเสียอยู่

ในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีระบบการนำร่องและระบุตำแหน่งที่รู้จักกันในนามระบบจีพีเอส (GPS:Global Position System ) ซึ่งมีความสามารถในการนำร่องและระบุตำแหน่ง อีกทั้งยังสามารถบอกเวลาและความเร็วของยานพาหนะที่ติดตั้งเครื่องรับจีพีเอสได้ด้วย จากความสามารถของระบบจีพีเอสจึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานมากมาย อาทิเช่น การขนส่งที่ต้องการทราบตำแหน่งว่า ณ เวลานั้นรถยนต์ที่ติดตั้งเครื่องรับจีพีเอสอยู่ที่ตำแหน่งใด อยู่นอกเส้นทางหรือไม่, การบอกตำแหน่งเพื่อป้องกันการหลงทาง การนำมาประยุกต์ใช้กับระบบกันขโมยในรถยนต์ ไปจนถึงการทำให้รถยนต์เคลื่อนที่โดยอัตโนมัติไปตามเส้นทางโดยไม่จำเป็นต้องมีผู้ควบคุม

เทคโนโลยีอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ในปัจจุบันมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายนั่นก็คือ เทคโนโลยีของระบบโทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีความสามารถในการรองรับบริการการสื่อสารได้ทั้งข้อมูลที่เป็นข้อความในรูปแบบของบริการเอสเอ็มเอส (SMS:Short Message Service) บริการข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบข้อมูลเสียง (Voice Service) เป็นต้น

จากความสามารถของเทคโนโลยีดังกล่าวทำให้ทางผู้จัดทำมีแนวความคิดที่จะพัฒนาเครื่องต้นแบบที่สามารถติดตามตำแหน่งของรถยนต์พร้อมทั้งทำการส่งข้อมูลตำแหน่งในรูปแบบของบริการเอสเอ็มเอสมายังผู้ใช้ โดยยังสามารถแสดงผลตำแหน่งของรถยนต์ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย

ส่วนประกอบของโครงการมีดังนี้

ส่วนที่ติดตั้งในรถยนต์

1. เครื่องรับจีพีเอส
2. ชุดควบคุม

ส่วนผู้ใช้

1. โทรศัพท์มือถือหรือเครื่องอ่านเอสเอ็มเอส
2. คอมพิวเตอร์

## บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

### 2.1 ประวัติและพัฒนากการของดาวเทียมจีพีเอส

ในศตวรรษที่ 20 ในการพัฒนาเครื่องส่งวิทยุทำให้เครื่องช่วยการเดินทางได้พัฒนาไปอีกขั้น เรียกว่า เรดิโอ บีคอน (Radio beacons) รวมทั้งโลแรน (Loran) และ โอเมกา (Omega) ในที่สุดเทคโนโลยีของดาวเทียมทำให้เครื่องช่วยการเดินทาง และการหาตำแหน่งจะพิจารณาจากเส้นที่สัญญาณเดินทางผ่าน ด้วยการวัดของคอปเปิลเลอร์ (Doppler) ที่เคลื่อนที่ไป ซึ่งมีระบบทรานซิส (Transit) เป็นระบบเครื่องช่วยการเดินทางโดยอาศัยดาวเทียม ได้รับการคิดค้นสำเร็จในปี ค.ศ.1950 และใช้งานอยู่ 33 ปี จึงได้ปลดประจำการไป ต่อมาระบบทรานซิสได้ถูกพัฒนาใช้ในการให้ข้อมูลของการหาตำแหน่งที่แน่นอนให้กับเรือดำน้ำโพลาริส (polaris) ที่มีการติดตั้งจรวดนำวิถี หลักการคือ การคาดการณ์โดยใช้ความถี่คอปเปิลเลอร์ที่เปลี่ยนแปลงค่าตำแหน่ง ไปจากดาวเทียมสปุตนิก (Sputnik) ซึ่งถูกส่งขึ้นสู่อวกาศโดยสหภาพโซเวียต ในเดือนตุลาคม 1957 สัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปของความถี่คอปเปิลเลอร์ สามารถพิจารณาได้จากการ โคจรของดาวเทียมโดยใช้ข้อมูลที่จดเอาไว้ที่สถานีหนึ่งมาอ้างอิงเมื่อดาวเทียมได้โคจรผ่านไป ระบบทรานซิสจะประกอบไปด้วย ดาวเทียม 6 ดวง ที่เกือบเป็นวงกลม การโคจรผ่านขั้วโลกที่ความสูง 1,075 กิโลเมตร ระยะเวลาของการหมุน 107 นาที การโคจรของดาวเทียมทรานซิสจะมีค่าแน่นอนกว่า โดยการติดตามจากสถานีบนพื้นโลกที่กำหนดไว้ด้วยสภาพที่น่าพอใจ และความเร็วที่แน่นอนเป็น 35 ถึง 100 เมตร แต่ปัญหาของระบบทรานซิสก็คือ รัศมีการครอบคลุมพื้นที่ที่มีช่องว่างระหว่างกันมาก ผู้ใช้ต้องคำนวณ โดยการอินเตอร์โพลเลต (interpolate) ตำแหน่งของตนเองระหว่างที่ดาวเทียมได้โคจรผ่านไป

ความสำเร็จของระบบทรานซิสเป็นการกระตุ้นให้ทั้งกองทัพเรือและกองทัพอากาศของสหรัฐฯ พิจารณาระบบช่วยการเดินทางที่ก้าวหน้ากว่าเดิมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทางสหรัฐฯ จึงได้ผลิตระบบการหาตำแหน่งนาฟสตาร์ (Navstar) ทั่วโลก (The Navstar Global Positioning System) ซึ่งจะเอาไว้ในการระบุตำแหน่งการนำวิถีของจรวดทั้งทางบกและทางอากาศ และยังสามารถบอกได้ว่ากองกำลังทหารอยู่ที่ใดของสนามรบและนั่นก็เป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตคิดค้นระบบวิธีการระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ซึ่งระบบจีพีเอส จะขัดแย้งกับระบบทรานซิสคือ ระบบจีพีเอสจะให้สัญญาณครอบคลุมพื้นที่ต่อเนื่องและให้ความถูกต้องและแม่นยำกว่าระบบเดิม ซึ่งได้ผลิตให้ดาวเทียมมีความทันสมัย (Modemization) และเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่างๆ จนถึงปัจจุบันดาวเทียมจีพีเอสได้ถูกสร้างขึ้นมาแล้วถึง 4 รุ่นคือ

รุ่นแรกเรียกว่า Block I

รุ่นที่สองเรียกว่า Block II/IIA

Block IIR เป็นรุ่นที่สาม

และรุ่นที่สี่ มีชื่อว่า Block IIF

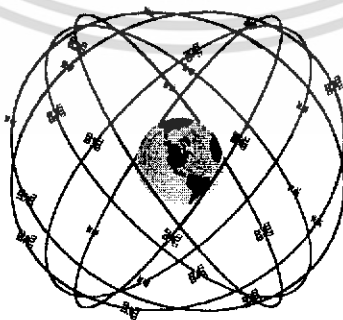
## 2.2 โครงสร้างของระบบจีพีเอส

ระบบจีพีเอสประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment) ส่วนสถานีควบคุม (Operation Control Segment) และส่วนของผู้ใช้ (User Equipment Segment) โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

### 2.2.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม

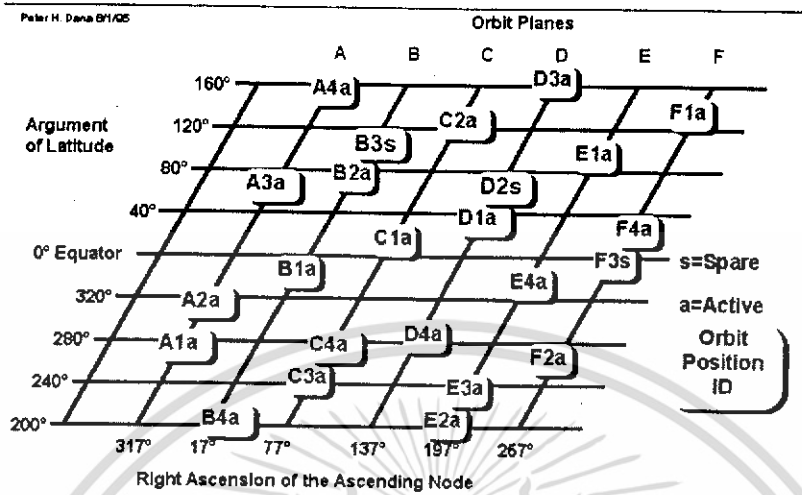
ในระบบดาวเทียมจีพีเอส จะประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง โดยดาวเทียมจำนวน 21 ดวง จะใช้ในการบอกพิกัด ส่วนที่เหลือ 3 ดวงจะสำรองเอาไว้ ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้จะมีวงโคจรอยู่ 6 วงโคจรด้วยกัน โดยแบ่งจำนวนดาวเทียมวงโคจรละ 4 ดวง และมีรัศมีวงโคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 20,000 กิโลเมตร (12,600 ไมล์) ดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 ส่วนรูปที่ 2.3 แสดงจำนวนและการโคจรของดาวเทียมจีพีเอสทั้ง 24 ดวง

ดาวเทียมจะโคจรครบ 1 รอบ โดยใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที ดาวเทียมจึงควรรออยู่ในระนาบโคจร 4 ดวงขึ้นไป สำหรับการบอกตำแหน่งที่จะต้องสังเกตได้ ณ ทุก ๆ ที่บนโลกดาวเทียมจะส่งสัญญาณเพื่อการวัดระยะทาง (Ranging Signal) บน 2 ความถี่ แอลหนึ่ง (L1) ที่ 1575.42 เมกกะเฮิรตซ์และแอลสอง (L2) ที่ 1227.6 เมกกะเฮิรตซ์ สัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งด้วยเทคนิค สเปกตรัมแผ่กระจาย (Spread Spectrum) โดยใช้รหัสที่แตกต่างกัน 2 แบบ คือ รหัสซีเอโค้ด (C/A: Coarse/Acquisition Code) ที่ความถี่ 1.023 เมกกะเฮิรตซ์บนแอลหนึ่ง และรหัสพีวายโค้ด (Precision Code) ความถี่ 10.23 เมกกะเฮิรตซ์บนแอลหนึ่ง และแอลสอง ทั้งรหัสซีเอโค้ด และรหัสพีวายโค้ดสามารถถูกใช้เพื่อบอกระยะทางระหว่างดาวเทียมกับผู้ใช้งานได้ สัญญาณต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.4 แต่ตามปกติรหัสจะถูกเข้ารหัสไว้และสามารถถูกใช้บอกระยะทางระหว่างทางเท่านั้น รหัสที่ถูกเข้ารหัสอีกครั้งจะเรียกว่ารหัสวาย ส่วนข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message) ของดาวเทียมนั้น คือ ข้อมูลไบอัสสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม (Satellite Clock Bias Data) ข้อมูลอีพิเมอร์ซิส (Satellite Ephemeris Data) สำหรับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณ ข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดจากการเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionospheric Signal Propagation Correction Data) นั้นมีข้อมูลอัลมาเนคของดาวเทียม (Satellite Almanac Data) และดาวเทียมทุกดวงในกลุ่มส่วนสถานีควบคุม



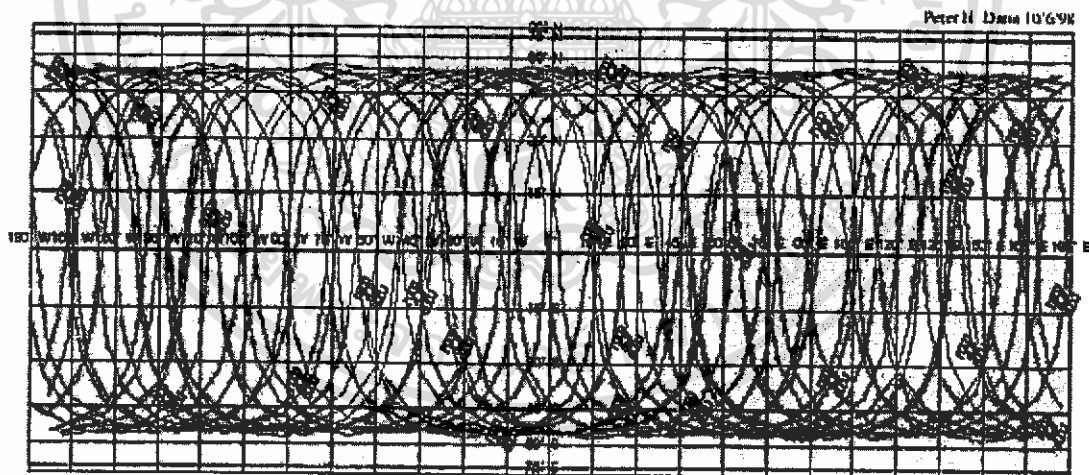
รูปที่ 2.1 แสดงจำนวนและวงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Simplified Representation of Nominal GPS Constellation

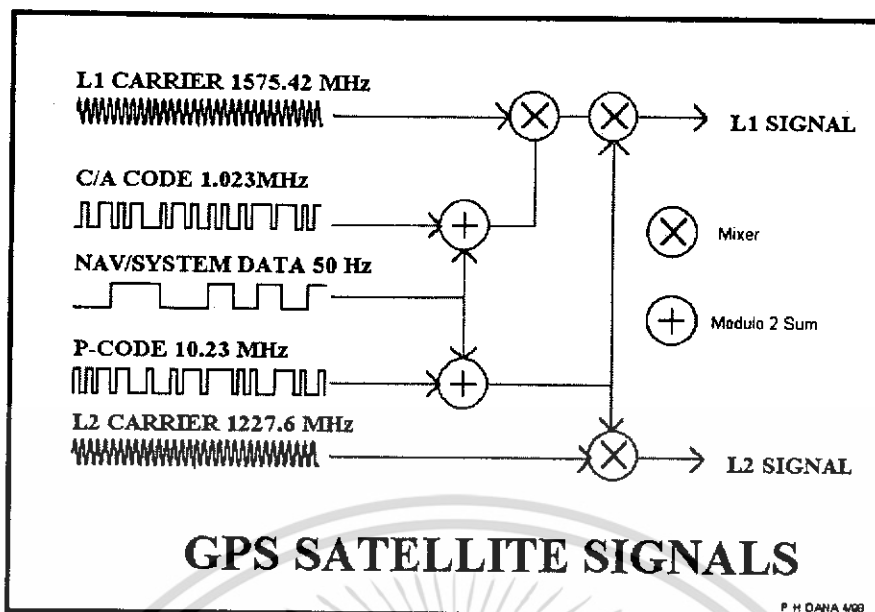
รูปที่ 2.2 แสดงจำนวนและการโคจรของดาวเทียมจีพีเอสทั้ง 24 ดวงในระนาบวงโคจร



Global Positioning System Satellites and Orbits for 27 Operational Satellites on September 29, 1998  
Satellite Positions at 00:00:00 9/29/98 with 24 hours (2 orbits) of Ground Tracks to 00:00:00 9/30/98

รูปที่ 2.3 แสดงการโคจรของดาวเทียมจีพีเอสรอบโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

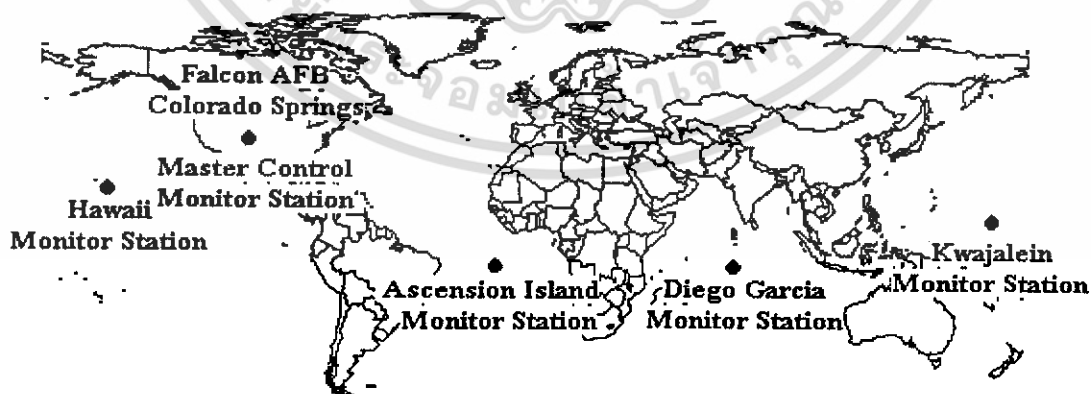


รูปที่ 2.4 สัญญาณดาวเทียมจีพีเอส

### 2.2.2 ส่วนสถานีควบคุม

ในส่วนของสถานีควบคุมจะประกอบด้วย 5 สถานีย่อย (Monitor Station) ตั้งอยู่ที่เมือง Diego, Garcia Ascension Island, Kwajalein และ Hawaii ส่วนสถานีควบคุมหลัก (Master Control Station) 1 สถานี ซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบดาวเทียมจีพีเอสตั้งอยู่ที่เมือง Colorado Springs รัฐ Colorado สหรัฐอเมริกา สถานีควบคุมต่าง ๆ เหล่านี้มีหน้าที่คอยติดต่อสื่อสาร (Tracking) กับดาวเทียม ทำการคำนวณผล (Computation) เพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และส่งข้อมูลที่ไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ทันสมัยอยู่เสมอ ดังรูปที่ 2.5

Peter H. Dana 5/27/95



Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network

รูปที่ 2.5 แสดงสถานีควบคุมภาคพื้นดินทั้ง 5 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีควบคุมมีหน้าที่รับผิดชอบการทำงานของดาวเทียมจีพีเอส เช่น การรักษาค่าแหน่งของดาวเทียม (Station Keeping) ตรวจสอบสถานะของระบบต่าง ๆ บนดาวเทียม แสงเซลล์แสงอาทิตย์ ระดับพลังงานของแบตเตอรี่ การเปิดดาวเทียมสำรอง ปรับปรุง ข้อมูลอีพีเมอร์ริส ข้อมูลอัลมาแนคและตัวชี้ค่าอื่น ๆ ในข่าวสารการนำร่อง วันละครึ่งหรือตามแต่ความจำเป็นค่าอีพีเมอร์ริสพารามิเตอร์ คือ ข้อมูลที่แม่นยำของวงโคจรดาวเทียมที่จะปรับปรุงทุก ๆ 4 – 6 ชั่วโมง ซึ่งข้อมูลข่าวสารการนำร่องสามารถเก็บไว้ได้อย่างน้อย 14 – 20 วัน การปรับปรุงทุก ๆ 4 – 6 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับดาวเทียมแต่ละรุ่น ข้อมูลอัลมาแนคเป็นสับเซตของอีพีเมอร์ริสพารามิเตอร์ที่ไม่เที่ยงตรงมาก จะประกอบไปด้วย 7 พารามิเตอร์จากอีพีเมอร์ริส 15 ตัว ซึ่งใช้ในการทำนายค่าแหน่งโดยประมาณของดาวเทียมและการรับสัญญาณ นอกจากนี้ส่วนสถานีควบคุมจะทำการวัดซูโดเรนจ์ (Pseudo Range) และเดลต้าเรนจ์ (Delta Range) เพื่อกำหนดตัวแปรแก้ไขเวลา, ข้อมูลอัลมาแนค และข้อมูลอีพีเมอร์ริส ส่วนสถานีควบคุมประกอบด้วย 3 ส่วนคือ สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station: MCS) สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station: MS) และงานสายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Antenna: GA)

### สถานีสังเกตการณ์

สถานีสังเกตการณ์จะมีเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสทั้ง 2 ความถี่ (L1 และ L2) โดยจะทำการวัดค่าซูโดเรนจ์ และเดลต้าเรนจ์ของแต่ละดาวเทียมที่ผ่านสถานีและมีนาฬิกาซีเซียม 2 ตัวที่ตั้งเวลาเพื่อใช้ในการอ้างอิงกับเวลาของระบบจีพีเอส

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

### สถานีควบคุมหลัก

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

## สายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Antenna)

สายอากาศภาคพื้นดินนี้จะทำหน้าที่ในการส่งคำสั่งและข้อมูลการนำร่องรวมทั้งข้อมูลอื่นๆ ที่เรียกว่า ทีทีแอนด์ซี (TT&C: Telemetry Tracking and Command) ซึ่งเตรียมโดยสถานีควบคุมหลัก สำหรับดาวเทียมแต่ละดวงข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังสายอากาศภาคพื้นดิน และเก็บไว้จนกว่าดาวเทียมจะผ่านมาโดยส่งผ่านคลื่นความถี่ย่านเอสแบนด์ (S - Band) สายอากาศจะตั้งอยู่คู่กับสถานีสังเกตการณ์

### 2.2.3 ส่วนของผู้ใช้

ผู้ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลเรือน (Civilian) และส่วนที่เกี่ยวข้องกับทางทหาร (Military) ในส่วนของผู้ใช้จะมีหน้าที่พัฒนาเครื่องรับสัญญาณ (Receiver) ให้ทันสมัยและสะดวกแก่การใช้งาน สามารถที่จะใช้ได้ในทุกแห่งในโลก และให้ค่าที่มีความถูกต้องสูง ส่วนประกอบที่สำคัญคือ เครื่องรับสัญญาณจีทีเอส โดยจะรับสัญญาณแอลแบนด์ที่ถูกส่งมาจากดาวเทียม และนำมาคำนวณเพื่อหาค่าตำแหน่ง, ความเร็ว และเวลาของเครื่องรับจากนั้นจะนำค่าไปประยุกต์ใช้งานตามแต่ลักษณะการใช้งาน

#### 1. สายอากาศ

สัญญาณจากดาวเทียมจะถูกรับเข้ามาทางสายอากาศ ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีโพลาริซซ์ของคลื่นแบบวงกลมหมุนขวาและรับได้ในช่วงเกือบครึ่งวงกลมโดยทั่วไปครอบคลุม 160 องศา โดยมีกำลังขยายต่าง ๆ ตั้งแต่ประมาณ 2.5 dBic ที่จุดสูงสุดของกำลังขยายไปจนถึง 0 dBic ที่มุมเอเลเวชัน 10 องศา กำลังขยายจะเป็นลบ เนื่องจากสัญญาณดาวเทียมเป็นแบบวงกลมหมุนขวา สายอากาศแบบโคเน็คคอลเฮลิคัล หรือรูปแบบอื่น ๆ ที่ใช้งานได้จึงเหมาะสม เครื่องรับจีทีเอสที่แทรก (Track) รหัสพิวยโค้ด ที่อยู่ในแอลหนึ่งและแอลสอง ต้องการแบนด์วิดท์ (Bandwidth) 20.46 เมกกะเฮิรตซ์สำหรับทั้งสองความถี่ ถ้าเครื่องรับแทรกเฉพาะรหัสซีเอ โค้ดที่อยู่บนแอลหนึ่ง สายอากาศเครื่องรับจะต้องมีแบนด์วิดท์อย่างน้อย 2.046 เมกกะเฮิรตซ์ รูปแบบของสายอากาศที่ใช้มีหลายรูปแบบ การเลือกใช้สายอากาศนั้นโดยรวม ๆ แล้วดูจากค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศ เช่น แพทเทิร์น ขนาดของพื้นที่ที่ตั้ง คุณสมบัติทางแอโรไดนามิก ฯลฯ การเลือกใช้สายอากาศยังต้องคำนึงถึงความต้านทานเนื่องจากการรบกวนจากสัญญาณอื่น ๆ ด้วย

#### 2. เครื่องรับ

ชนิดของเครื่องรับพื้นฐานในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ เครื่องรับที่แทรกทั้งรหัสพิวยโค้ดและรหัสซีเอโค้ด และเครื่องรับที่แทรกเฉพาะรหัสซีเอโค้ด ผู้ใช้แบบจีทีเอสโดยทั่วไปจะใช้เครื่องรับที่แทรกรหัสพิวยโค้ดบนแอลหนึ่งและแอลสอง เครื่องรับแบบนี้จะเริ่มทำงานโดยการแทรกรหัสซีเอ โค้ดบนแอลหนึ่งเพียงอย่างเดียว แล้วสลับเปลี่ยนมาทำการแทรกรหัสพิวยโค้ดบนแอลหนึ่งและแอลสอง การแทรกรหัสพิวยโค้ดนี้จะทำกับเครื่องรับที่มีอุปกรณ์คริปโตกราฟฟิค (Cryptographic Equipment) เท่านั้นถ้าส่งมาจากดาวเทียมที่ถูกเอนคริป และถ้าเครื่องรับไม่มีอุปกรณ์คริปโตกราฟฟิคที่เหมาะสมเครื่องรับจะทำการแทรกรหัสซีเอ โค้ดบนแอลหนึ่งเป็นหลัก ผู้รับแบบเอสพีเอสจะใช้เครื่องรับที่แทรกโค้ดรหัสซีเอ โค้ดบนแอลหนึ่งเพียงอย่างเดียว เนื่องจากแอลหนึ่งเป็นเพียงความถี่เดียวที่ส่งรหัสซีเอ โค้ด

เครื่องรับส่วนใหญ่จะมีช่องสัญญาณหลายช่อง โดยที่แต่ละช่องสัญญาณจะแทรกสัญญาณจากดาวเทียมดวงเดียว สัญญาณย่านความถี่ต่อจากฟิลเตอร์นั้นจะตามด้วยปริแอมพลิฟายเออร์เพื่อทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขยายสัญญาณ สัญญาณอาร์เอฟจะถูกควมคอนเวอร์เตอร์เป็นสัญญาณอินเตอร์มีเดียตฟริแควนซี (Intermediate frequency) หรือ สัญญาณไอเอฟในเครื่องรับสมัยใหม่ สัญญาณไอเอฟจะถูกสุ่มตัวอย่างและทำการดิจิไตซ์โดยเอพูคิคอนเวอร์เตอร์ อัตราการสุ่มตัวอย่างโดยทั่วไปจะเป็นแปดถึงสิบสองเท่าของอัตราชีพของรหัส พิวอาร์เอ็น (1.023 เมกกะเฮิร์ตซ์สำหรับซีโอโค้ดในแอลหนึ่ง และ 10.23 เมกกะเฮิร์ตซ์สำหรับพิวอาร์เอ็นในแอลหนึ่งและแอลสอง) อัตราการสุ่มตัวอย่างอย่างน้อยที่สุดจะเป็นสองเท่าของแบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารเพื่อเป็นไปตามกฎของไนส์ทวิคส์ สำหรับเครื่องรับที่แทรกเฉพาะรหัสซีโอโค้ดแบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 2 เมกกะเฮิร์ตซ์ ในเครื่องรับที่แทรกรหัสพิวอาร์เอ็นโค้ดแบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 20 เมกกะเฮิร์ตซ์ แชนเนลจะถูกส่งต่อไปยังดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์ ซึ่งจะมีเอ็นแชนแนลช่องสัญญาณที่ขนานกัน เพื่อการแทรกสัญญาณคลื่นพาห์และรหัสพร้อม ๆ กันได้จากควมเทียมเอ็นควง (ในเครื่องรับปัจจุบันเอ็นมีค่าตั้งแต่ 5 - 12) แต่ละช่องสัญญาณจะบรรจุโค้ดแทรกกิ้งลูป (Code Tracking Loop) และแครี่เรียแทรกกิ้งลูป (Carrier Tracking Loop) เพื่อแทรกรหัสและคลื่นพาห์ซึ่งก็คือ การคิมมอดูเลตข่าวสารการนำร่องนั่นเองช่องสัญญาณจะคำนวณการวัดที่แตกต่างกัน 3 ชนิดคือ ซูโด-เรนจ์, เคลด้าเรนจ์ และอินทริเกรตคอปเปอร์ขึ้นอยู่กับการทำงาน ค่าที่วัดได้และข่าวสารการนำร่องที่ถูกคิมมอดูเลตออกมาจะส่งต่อไปยังโปรเซสเซอร์

### 3. โปรเซสเซอร์

จะทำการควบคุมและสั่งงานให้เครื่องรับทำงานตามลำดับการปฏิบัติงานเริ่มจากการค้นหาสัญญาณตามด้วยการแทรกและการคิมมอดูเลตออกมานอกจากนั้น โปรเซสเซอร์จะให้ผลลัพธ์ของตำแหน่ง, ความเร็ว และเวลา พิวอาร์เอ็นของเครื่องรับจากค่าที่วัดได้จากเครื่องรับในการใช้งานบางอย่างอาจมีโปรเซสเซอร์แยกกัน เพื่อคำนวณหาผลลัพธ์พิวอาร์เอ็น และใช้งานในการนำร่องอื่น ๆ โปรเซสเซอร์ส่วนใหญ่จะให้ผลลัพธ์พิวอาร์เอ็นด้วยความถี่ 1 เฮิร์ตซ์ เป็นพื้นฐาน อย่างไรก็ตามเครื่องรับที่ถูกออกแบบสำหรับงานเกี่ยวกับการบินจะต้องการความถูกต้องแม่นยำและการตอบสนองเร็วกว่า โดยทั่วไปแล้วมันจะต้องการการคำนวณผลลัพธ์พิวอาร์เอ็นที่อัตราอย่างน้อย 5 เฮิร์ตซ์ผลลัพธ์ที่คำนวณออกมาได้และข้อมูลการนำร่องที่เกี่ยวข้อง จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุท

### 4. อุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุท

เป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟซระหว่างชุดเครื่องรับจีพีเอสและผู้ใช้ อุปกรณ์ไอ โอแบบพื้นฐานมีอยู่ 2 ชนิด คือ รวมอยู่ในตัวเครื่องและภายนอกอุปกรณ์ไอ โอ จะเป็นส่วนควบคุมและแสดงผลเรียกว่า ซีดียู (CDU: Control Display Unit) ซีดียูจะให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลเข้าแสดงสถานะพารามิเตอร์การนำร่องต่าง ๆ เครื่องรับขนาดมือถือหรือขนาดเล็กจะมีซีดียู รวมอยู่ในตัวเครื่องในการติดตั้งแบบอื่น ๆ อุปกรณ์ไอ โอจะถูกรวมไว้ในแผงควบคุมร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ นอกจากนั้นงานบางอย่างต้องทำงานร่วมกับเซนเซอร์อื่น ๆ ในการอินเตอร์เฟซเพื่อป้อนข้อมูลอินพุทเข้า และข้อมูลเอาต์พุทออก อินเตอร์เฟซที่มีอยู่ทั่วไป คือ ARINC 429 MIL – STD 1553V, อาร์เอส- 232 (RS-232) และอาร์เอฟ-422 (RF-422)

### 5. แหล่งจ่ายไฟ

มีทั้งแบบที่อยู่ในตัวเครื่องรับเองหรือแบบภายนอก หรือทั้งสองแบบรวมกัน อัลคาไลน์แบตเตอรี่หรือลิเทียมแบตเตอรี่ใช้สำหรับแหล่งจ่ายภายใน เช่นในเครื่องรับจีพีเอสแบบมือถือ แหล่งจ่ายไฟภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สำหรับงานที่เครื่องรับจีพีเอสใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่นเครื่องรับแบบที่เป็นการ์ดที่ติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือที่ติดตั้งในเรือ, เครื่องบิน นอกจากนี้การใช้แบตเตอรี่ภายในก็เพื่อรักษาข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ

### 2.3 การให้บริการจีพีเอส (GPS Service)

มีอยู่ 2 ระดับ คือ บริการบอกตำแหน่งแบบสมบูรณหรือพีพีเอส (PPS : Precise Positioning Service) และบริการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐานหรือเอสพีเอส (SPS : Standard Positioning Service)

#### 2.3.1 บริการบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ

พีพีเอสเป็นบริการที่ให้ตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาที่ถูกต้องเฉพาะผู้ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้งานเท่านั้น โดยพีพีเอสจะเน้นไปในกิจการทางการทหาร การได้รับอนุญาตให้ใช้พีพีเอสนั้นจะพิจารณาโดย U.S. Military User, NATO Military User และกองทัพอื่นๆ หรือพลเรือน เช่น Australian Defense Forces, U.S. Defense Mapping Agency พีพีเอสจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 16 เมตรและความผิดพลาดทางด้านเวลาไม่เกิน 100 นาโนเซค แต่ผู้ใช้งานที่ไม่ได้รับอนุญาตจะให้ค่าออกมาที่แตกต่างคือ ประมาณ 37 เมตร และ 197 นาโนเซค ภายใต้เงื่อนไขการทำงานโดยปกติของระบบเครื่องรับแบบพีพีเอส สามารถให้ความถูกต้องของความเร็วมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.2 เมตรต่อวินาที แต่ก็ขึ้นกับการออกแบบเครื่องรับด้วย

การแอคเซสพีพีเอส ถูกควบคุมโดยเทคนิคคริปโตกราฟฟิค 2 อย่างคือ เอสเอ (SA : Selective Availability) และ เอเอส (AS : Anti - Spoofing ) เอสเอจะใช้ในการลดความถูกต้องของจีพีเอสทั้งการบอกตำแหน่ง ความเร็ว เวลาแก่ผู้ใช้ที่ไม่ได้รับอนุญาต เอสเอจะทำงานโดยใส่ค่าผิดพลาดซูโดเรนดอมให้กับสัญญาณดาวเทียมเอสเอเอส จะมีผลบนดาวเทียมทุกดวงเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้ที่ไม่ได้รับอนุญาตนำสัญญาณไปใช้วิเคราะห์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งเทคนิคนี้จะนำเอาเอนคริปทรหัสพีพีเอสเป็นรหัสสวอย ในรหัสซีเอโค้ดจะไม่มีการทำแบบนี้

เอนคริปทชั้นคีย์ และเทคนิคเฉพาะจะถูกจัดให้กับผู้ใช้พีพีเอส ซึ่งจะทำได้สามารถขจัดผลของเอสเอและเอสเอเอสออกไปและทำให้ได้รับความแม่นยำสูงสุดของจีพีเอส พีพีเอสซึ่งไม่มีคริปโตกราฟฟิคที่ถูกต้องจะมีประสิทธิภาพเหมือนเครื่องรับเอสพีเอส และเครื่องรับเอสพีเอสสามารถใช้ได้กับทั้งรหัสสวอย หรือรหัสซีเอโค้ด หรือกับทั้งคู่ ความถูกต้องสูงสุดของจีพีเอสจะได้รับจากการใช้รหัสสวอยบนทั้งความถี่ แอลหนึ่งและแอลสอง เครื่องรับซึ่งสามารถใช้รหัสสวอยได้นั้นมักจะใช้รหัสซีเอโค้ดเพื่อเริ่มต้นในการรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส

#### 2.3.2 บริการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน

เอสพีเอส เป็นบริการที่ให้ความถูกต้องน้อยกว่า แต่จะใช้ได้กับผู้ใช้งานทั้งหมดในสภาวะปกติ ระดับของเอสเอเอสจะถูกควบคุมเพื่อให้ค่าความถูกต้องในแนวเส้นขอบฟ้า 100 เมตร มีค่าประมาณ 156 เมตร เครื่องรับเอสพีเอสมีความสามารถด้านความถูกต้องของเวลาประมาณ 337 นาโนเซค การลดความถูกต้องของระบบสามารถเพิ่มขึ้นได้ถ้ามีความจำเป็น เช่น ในยามมีศึกสงครามโดยประธานาธิบดีสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่านั้นที่มีอำนาจสั่งการผ่าน U.S. National Command Authority เพื่อเปลี่ยนระดับของเอสเอเป็นระดับอื่น นอกเหนือจากในยามสงบ บริการเอสพีเอสนั้นมีไว้ให้พลเรือนทั่วไปใช้งานและให้กองทัพใช้ในยามสงบ

## 2.4 Selective Availability (SA)

ต้นกำเนิดความผิดพลาดที่ใหญ่ที่สุดสำหรับผู้ใช้งานจีพีเอสคือ เอสเอ โดยที่เอสเอจะถูกตั้งใจให้เกิดขึ้นโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกาเพื่อลดความแม่นยำของผู้ใช้งาน เอสเอเริ่มใช้งานอย่างเป็นทางการในวันที่ 25 มีนาคม 2533 การลดความแม่นยำนั้นทำได้โดยการจัดการกับข้อมูลอีพีเอ็มเอริสที่ส่งออกมา (ส่วนประกอบทางความคลาดเคลื่อนของวงโคจร) และการสั้นสะเทือนของนาฬิกาบนดาวเทียม (ส่วนประกอบทางความคลาดเคลื่อนของนาฬิกา) เราแทนส่วนประกอบทางความคลาดเคลื่อนของวงโคจรเป็น  $\epsilon$  และแทนส่วนประกอบทางความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเป็นผลของเอสเอ โดยการสั้นสะเทือนของนาฬิกาบนดาวเทียมจะเห็นได้ในการรบกวนที่แปรผันตามเวลาของซูโดเรนจ์ จะเห็นว่าความคลาดเคลื่อนแสดงแนวโน้มซึ่งประกอบด้วยการออกซิเลตที่ไม่แน่นอน

ผลของเอสเอที่กระทำโดยการจัดการกับข้อมูลอีพีเอ็มเอริส สามารถทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งของความเที่ยมของผู้ใช้ ความคลาดเคลื่อนจะสามารถทำให้เกิดขึ้นได้หลายแบบเนื่องจากข้อมูลอีพีเอ็มเอริสมีพารามิเตอร์อยู่ 15 ส่วนประกอบทางความคลาดเคลื่อนของวงโคจร  $\epsilon$  จะเป็นผลรวมทางเวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนของอีพีเอ็มเอริสที่มีอยู่กับส่วนประกอบทางวงโคจร

ในปัจจุบันนี้ได้พยายามมีการผลักดันให้ยกเลิกการลดค่าความผิดพลาดลงจากเดิม โดยให้เหตุผลว่า ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นสามารถใช้เทคนิคฟีเฟอเรนเชียลขจัดออกไปได้เกือบหมด นอกจากนั้นระบบกลอนาส ซึ่งเป็นระบบนำร่องของรัสเซียให้ความผิดพลาดเพียง 50 เมตรเท่านั้น

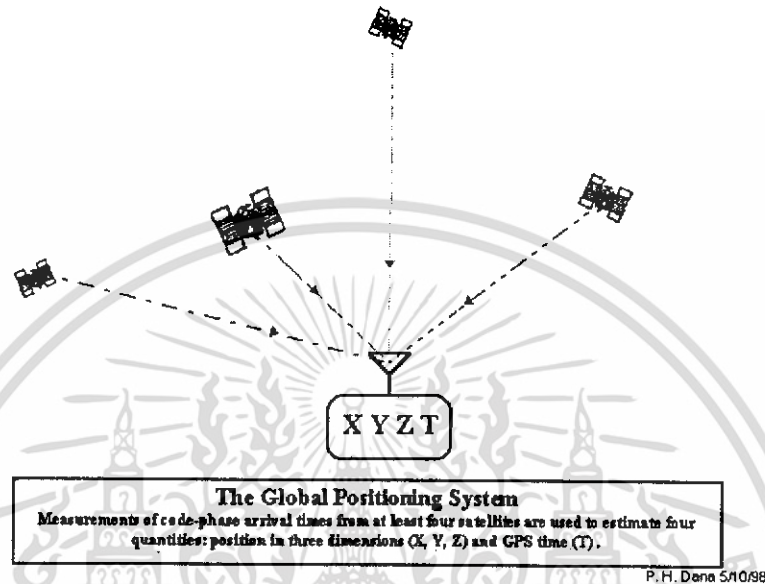
## 2.5 เครื่องรับจีพีเอสและการทำงานของเครื่องรับจีพีเอส

### 2.5.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Selection)

กระบวนการแทรกคั้งจะเริ่มขึ้นโดยเครื่องรับจะหาว่าดาวเทียมดวงไหนที่เป็นไปได้ในการแทรกคั้ง ถ้าเครื่องรับสามารถตัดสินใจมองเห็นดาวเทียมได้ทันที มันจะเล็งดาวเทียมเป้าหมายเพื่อจะทำการแทรกคั้งและเริ่มกระบวนการรับสัญญาณการมองเห็นดาวเทียม (Satellite Visibility) จะตัดสินใจจากข้อมูลอัลมาแนค (GPS Satellite Almanac) และค่าการประมาณ (หรือ user point) เริ่มต้นของเวลาและตำแหน่งของเครื่องรับซึ่งถ้าเครื่องรับไม่มีค่าเหล่านี้เก็บไว้มันจะเริ่มทำการสำรวจท้องฟ้า (Search the Sky) ซึ่งจะค้นหาซูโดเรนคอมน้อยส์ ซึ่งก็คือรหัสซีเอได้จนงล็อกได้จากดาวเทียมดวงหนึ่งที่อยู่ในระยะ เมื่อดาวเทียมถูกตรวจพบเรียบร้อยแล้ว เครื่องรับจะสามารถคิมอคูเลตข้อมูลการนำร่องและได้รับค่าปัจจุบันของข้อมูลอัลมาแนคเช่นเดียวกับสถานะของสภาพของดาวเทียมที่เหลือทั้งหมดในกลุ่ม การเลือกดาวเทียมนั้นขึ้นอยู่กับสถาปัตยกรรมของเครื่องรับ มันอาจจะเลือกกลุ่มที่ดีที่สุดในการมองเห็น หรือใช้ดาวเทียมที่มีสภาพดีทั้งหมดเพื่อใช้พิจารณาหาตำแหน่ง ความเร็ว และเวลา ผลจากการคำนวณมักจะมี ความถูกต้องมากกว่าการใช้ดาวเทียม 4 ดวง ถึงแม้ว่ามันจะต้องการความซับซ้อนของเครื่องรับและการประมวลผลมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

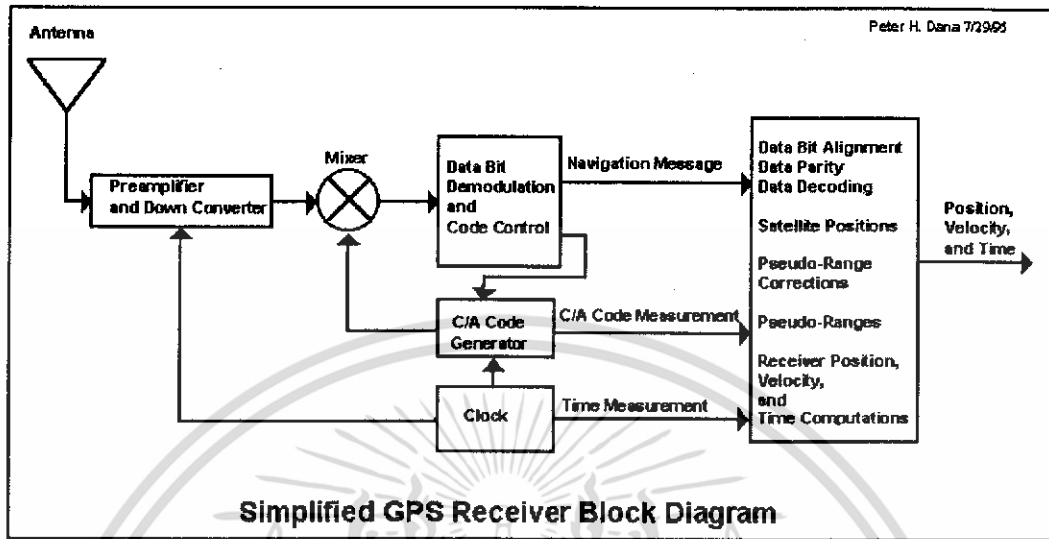
เครื่องรับส่วนใหญ่จะแทรกดาวเทียมได้มากกว่า 4 ดวง แต่น้อยกว่าที่เห็นในระบะทั้งหมด ซึ่งเนื่องจากการประนีประนอมระหว่างความซับซ้อน ความถูกต้อง และความแข็งแรงของเครื่องรับที่ใช้วิธีเลือกกลุ่มที่ดีที่สุดก็ทำเช่นเดียวกัน โดยขึ้นอยู่กับการประมาณความถูกต้อง ในรูปที่ 2.6 จะแสดงการแทรกดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง



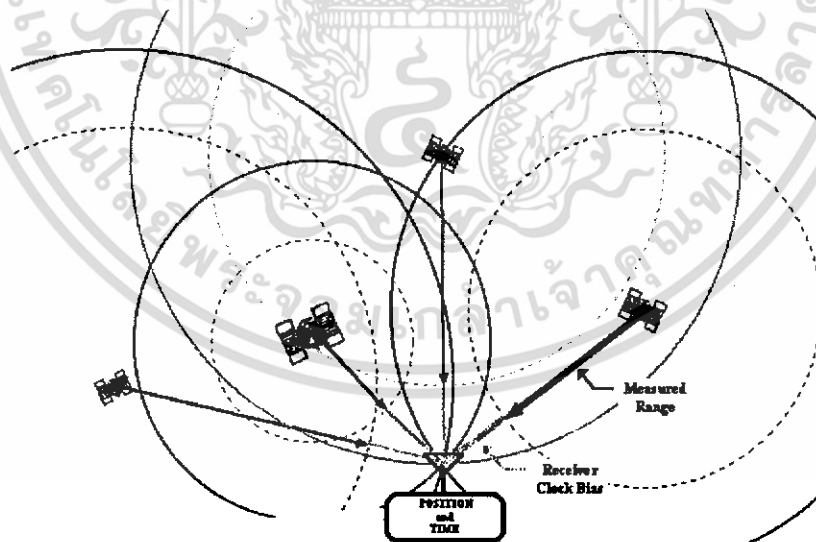
รูปที่ 2.6 แสดงภาพการแทรกดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง

### 2.5.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)

กำลังของสัญญาณดาวเทียมที่พื้นผิวโลกจะมีค่าต่ำกว่าระดับของเสียงรบกวน เนื่องจากการมอดูเลตสัญญาณ โดยวิธีสเปกตรัมความสูงของวงโคจรและกำลังส่งของดาวเทียม เพื่อที่จะนำสัญญาณกลับคืนมา เครื่องรับจะใช้เทคนิคโค๊ดคิรีเลชั่น โดยจะสร้างสัญญาณเลียนแบบสัญญาณที่รับเข้ามา และนำมาจัดให้ตรงกับสัญญาณที่ได้รับ โดยเครื่องรับก็จะเลื่อนสัญญาณเลียนแบบให้ตรงกับสัญญาณดาวเทียม เมื่อโค๊ดเกิดการตรงกันสัญญาณก็จะถูกคอมเพรสสัญญาณกลับมาเป็นความถี่พหุคูณกำเนิดความล่าช้าของสัญญาณในรหัสของเครื่องรับคือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ ทำให้ได้ระยะทางออกมา เพราะว่ามันยังไม่ใช่ระยะทางที่แท้จริง เนื่องจากยังไม่ได้ลบค่าไบอัสของสัญญาณนาฬิกา (Clock Bias) ของเครื่องรับออกไป ปกติเครื่องรับจะใช้วิธีการเฟสล็อคคูลูปเพื่อซิงโครไนซ์สัญญาณที่เครื่องรับสร้างขึ้นภายในกับสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียม โค๊ดแทรกคิงคูลูปจะใช้คลื่นพหุคูณแทรกคิงคูลูปทั้งสองจะช่วยกันและกันเพื่อที่จะได้รับและแทรกสัญญาณดาวเทียมดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมอย่างง่ายของเครื่องรับจีพีเอส



**The GPS Navigation Solution**  
The estimated ranges to each satellite intersect within a small region when the receiver clock bias is correctly estimated and added to each measured relative range.

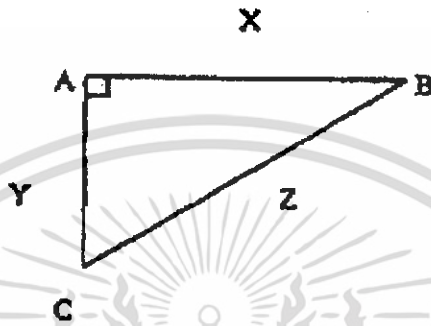
P. H. Dana 5/10/98

รูปที่ 2.8 ระยะทางจากดาวเทียมมาถึงเครื่องรับจีพีเอสและค่าไบอัสของสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

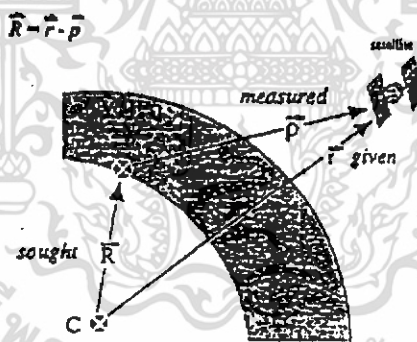
## 2.6 ระบบพิกัดอ้างอิงของจีพีเอส

ในวิชาเรขาคณิตพื้นฐานที่เคยศึกษามาเกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยม ทำให้ทราบว่าถ้ารู้เส้นรอบรูปสามเหลี่ยมและมุมภายในรูปสามเหลี่ยมจะสามารถหาเส้นที่สามได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น สมมติว่ามีรูปสามเหลี่ยมทางเรขาคณิตอย่างง่ายดังรูปที่ 2.9 โดยอาศัยความรู้เบื้องต้นจะเขียนได้ว่า  $y^2 = z^2 - x^2$  หรือกล่าวได้ง่าย ๆ ว่าถ้ารู้ความยาวของแซด และเอกซ์ และมุมต่าง ๆ แล้วจะหาค่าความยาวของวายได้



รูปที่ 2.9 การหาความยาวของวายเมื่อทราบความยาวเอกซ์, แซด และค่ามุมต่าง ๆ

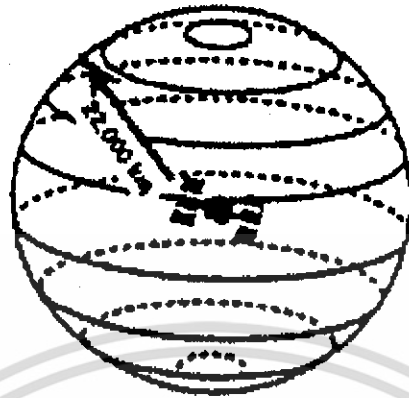
ทำนองเดียวกันจะอาศัยแนวคิดนี้ในการกำหนดพิกัดบนพื้นผิวโลกของระบบจีพีเอสได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส

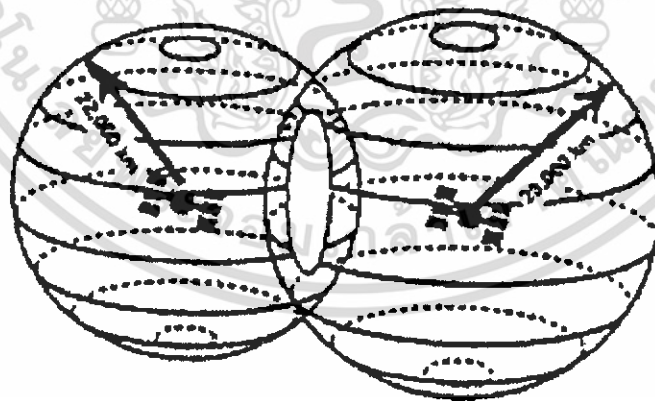
จากรูปที่ 2.10 ถือว่าจุดซีเป็นศูนย์กลางของโลก สายอากาศอยู่ที่พื้นผิวโลก ดาวเทียมลอยอยู่เหนือพื้นผิวโลก เครื่องรับที่ต่ออยู่กับสายอากาศสามารถวัดได้ว่า ดาวเทียมอยู่ห่างจากสายอากาศเท่าใด ( $p$ ) และดาวเทียมส่งข้อมูลมาบอกเครื่องรับว่าตัวมันห่างจากจุดซีเท่าใด ( $r$ ) ตัวเครื่องรับก็จะหาได้ว่าตำแหน่งของสายอากาศอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใดโดยอาศัย สมการทางคณิตศาสตร์เข้าช่วย คือ  $\vec{R} = \vec{r} - \vec{p}$

ประเด็นต่อมาคือเครื่องรับมีหลักการในการวัดระยะห่างระหว่างตัวมันกับดาวเทียมอย่างไร ในช่วงแรกขอสมมติว่า ดาวเทียมดวงแรกโคจรอยู่เหนือพื้นโลก 22,000 กิโลเมตร ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมมีรัศมี 22,000 กิโลเมตร

จากรูปที่ 2.11 จะเห็นว่าเครื่องรับที่อยู่บนพื้นผิวโลกอาจจะอยู่บริเวณใดก็ได้บนพื้นผิวทรงกลมที่สร้างขึ้นมาล้อมรอบดาวเทียมเพราะเราไม่รู้ว่่าที่จุดใดของทรงกลมและอยู่กับพื้นโลก รู้แต่เพียงว่าจะมีอยู่จุดหนึ่งเท่านั้นที่สัมพันธ์กับพื้นผิวโลก ถ้ามีดาวเทียมอีกดวงหนึ่งโคจรอยู่เหนือพื้นดิน 23,000 กิโลเมตร ดังรูปที่ 2.12 เราจะสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่งถ้าทรงกลมทั้งสองมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นวงกลมเล็ก ๆ เกิดขึ้นเครื่องรับน่าจะอยู่ที่ใดที่หนึ่งในวงกลมนี้ ซึ่งยังคงเป็นพื้นที่ที่กว้างเกินไป

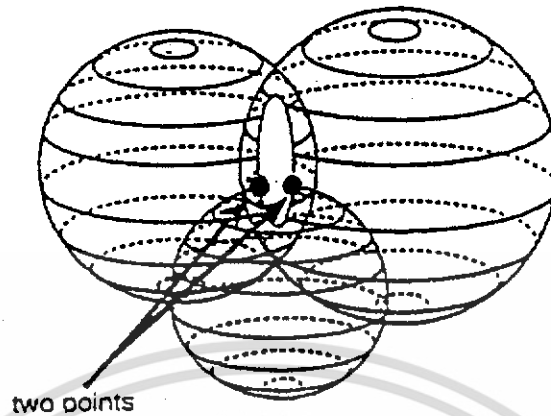


รูปที่ 2.12 การตัดกันของทรงกลมสองทรงกลม

ถ้ามีดาวเทียมอีกดวงเป็นดวงที่สามโคจรอยู่เหนือพื้นโลก 24,000 กิโลเมตรก็สามารถสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสามมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นจุดสองจุดที่ขอบของวงกลมเล็ก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

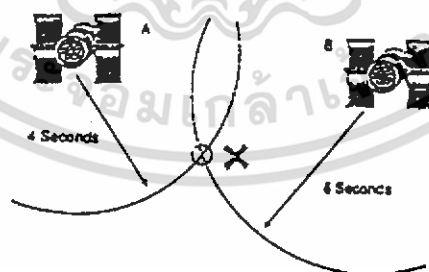
เครื่องรับน่าจะอยู่จุดใดจุดหนึ่งในสองจุดนี้ แสดงในรูปที่ 2.13 แต่จะมีจุดเดียวเท่านั้นที่เป็นไปได้ในทางทฤษฎี (ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยอาศัยคณิตศาสตร์เข้าช่วย)



รูปที่ 2.13 การตัดกันของทรงกลมสามทรงกลม

ประเด็นถัดมาลองมาคิดว่าตัวเครื่องรับสัญญาณจะรู้ว่าดาวเทียมอยู่ห่างจากสายอากาศของเครื่องรับเป็นระยะทางเท่าใดอย่างไร โดยหลักการแล้วถ้าคลื่นเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสงดังนั้นถ้าสมมติว่าดาวเทียมส่งข้อมูลเอปียีซี ออกมาจากดาวเทียมเมื่อเวลา 8.00 นาฬิกา แล้วเครื่องรับรับข้อมูลเอปียีซี ได้เวลา 8.01 นาฬิกา แสดงว่าข้อมูลใช้เวลาเดินทางจากดาวเทียมมายังสายอากาศใช้เวลา 1 นาที เมื่อนำค่านี้คูณด้วยความเร็วของแสงก็จะทำให้ได้ระยะทางออกมาเช่นเดียวกัน

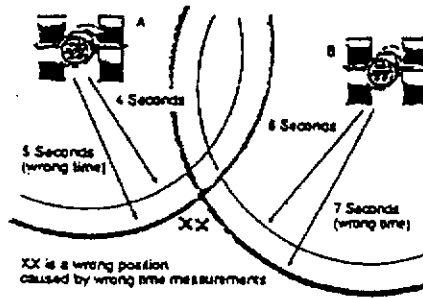
ดังนั้นแทนที่เราจะบอกเป็นระยะทางว่าดาวเทียมโคจรอยู่สูงจากพื้นผิวโลกกี่กิโลเมตร เราอาจบอกเป็นเวลาก็ได้ เช่นดาวเทียมสองดวงอยู่ห่างจากสายอากาศ 4 และ 6 วินาที เพื่อให้ง่ายขึ้นจะมองทรงกลมที่สมมติขึ้นมาล้อมรอบดาวเทียมแค่สองมิติเป็นวงกลมล้อมรอบดาวเทียมเอและบี และสมมติว่าเกิดจุดตัดกันออกมาที่จุดเอกซ์ ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 จุดตัดกันของดาวเทียมเอและบี

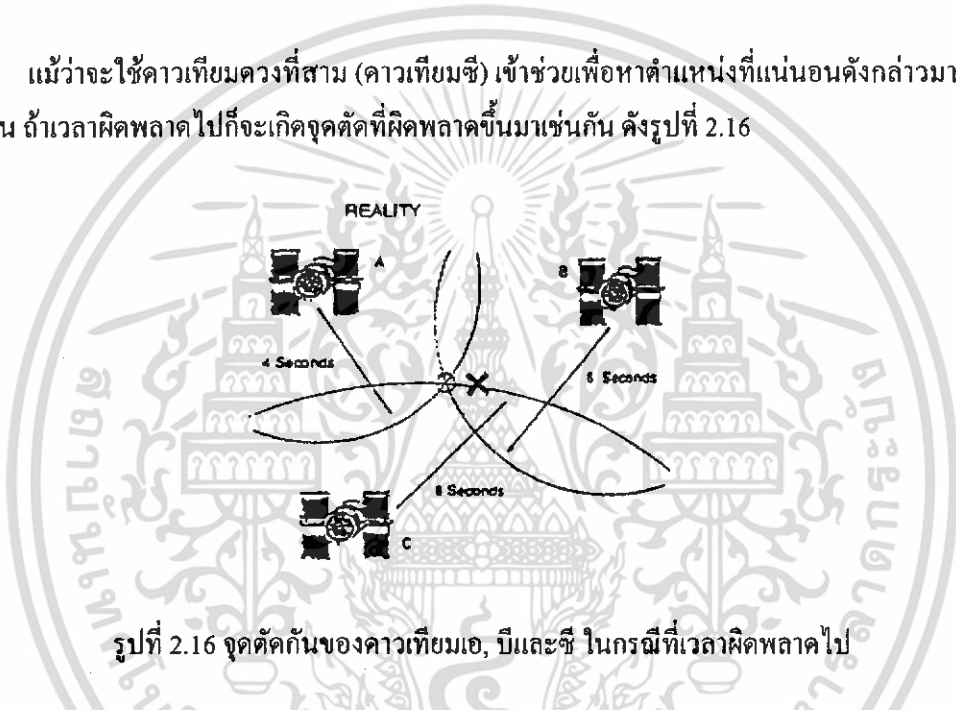
แต่ถ้าเวลาที่วัดได้เกิดการผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นจะด้วยสาเหตุใดก็ตามเช่น ดาวเทียมเอจาก 4 วินาทีเป็น 5 วินาที และดาวเทียมบี จาก 6 วินาทีเป็น 7 วินาที ผลที่เกิดขึ้นก็คือแทนที่จะเกิดจุดตัดขึ้นที่จุดเอกซ์ กลับเกิดที่จุดเอกซ์เอกซ์ ดังรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



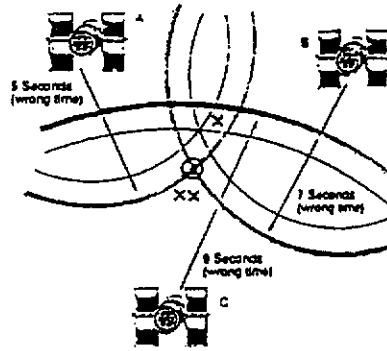
รูปที่ 2.15 จุดตัดกันของดาวเทียมเอและบี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป

แม้ว่าจะใช้ดาวเทียมดวงที่สาม (ดาวเทียมซี) เข้าช่วยเพื่อหาตำแหน่งที่แน่นอนดังกล่าวมาแล้วในตอนต้น ถ้าเวลาผิดพลาดไปก็จะเกิดจุดตัดที่ผิดพลาดขึ้นมาเช่นกัน ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 จุดตัดกันของดาวเทียมเอ, บีและซี ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป

จากรูปที่ 2.16 จะเห็นว่าจุดที่ถูกต้องการในครั้งแรกก็คือจุดเอกซ์ ซึ่งจะเป็นจุดตัดจุดเดียวเท่านั้น ไมโครโปรเซสเซอร์ในเครื่องรับจะเริ่มทำการปรับค่าความผิดพลาดของเวลาของดาวเทียมแต่ละดวง การทำเช่นนี้จำเป็นต้องอาศัยดาวเทียมอีกดวงหนึ่งเข้าช่วยเพื่อทำการปรับตั้งเวลาในเครื่องรับให้แม่นยำขึ้น จากนั้นจึงทำการขยับเวลาที่ทำการวัดได้จากดาวเทียมแต่ละดวงเพื่อทำการลดค่าผิดพลาดให้น้อยลงเมื่อทำการปรับได้อย่างถูกต้องแล้วก็จะทำให้ได้จุดตัดออกมาอย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 จุดตัดกันอย่างถูกต้องของดาวเทียมเอ, บี และซี

จากที่ได้อธิบายมาข้างต้นจะเห็นว่าความแม่นยำของเวลาเป็นหัวใจของระบบที่เคียว ดังนั้นบนดาวเทียมจีพีเอสจึงมีนาฬิกาอะตอมที่มีความแม่นยำสูงบรรจุอยู่ถึง 4 เครื่อง นาฬิกาเหล่านี้จะถูกปรับตั้งให้มีความแม่นยำอยู่ตลอดเวลาโดยสถานีควบคุมภาคพื้นดิน จากแนวความคิดที่กล่าวมานี้ถ้าเครื่องรับรับสัญญาณอยู่บนพื้นโลกจะทำให้เครื่องรับทราบตำแหน่งห่างจากดาวเทียมเท่าใด เหมือนกับได้ระยะทางด้านหนึ่งของสามเหลี่ยมแล้วคือ ด้านที่ สองของสามเหลี่ยมคือ อาร์ เครื่องรับจะทราบได้โดยดาวเทียมจะส่งข้อมูลมาบอกว่ามันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด ดังนั้นเครื่องรับจะคำนวณได้ว่าตัวมันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด

เนื่องจากพิกัดที่ได้จากเครื่องรับจีพีเอสมักจะอยู่ในรูปของ ละติจูด, ลองจิจูด หรือค่าตัวแปรเอกซ์, วายและแซด การกำหนดค่าดาตัม (datum) ผิดจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นอย่างมาก

จีโอดะติกดาตัม (Geodatic datum) คือ การกำหนดระบบอ้างอิงที่ใช้อธิบายขนาดและรูปร่างของโลก ว่าควรมีลักษณะอย่างไรในสมัยโบราณถือว่าโลกแบน ดังนั้นระนาบอ้างอิงจึงเป็นແຜ່ນระนาบต่อมาพบว่าโลกเป็นทรงกลม ระบบอ้างอิงจึงถูกเปลี่ยนเป็นทรงกลมตามไปด้วยจนภายหลังพบว่ารูปร่างของโลกที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดเป็นรูปไข่ และใช้มาจนถึงปัจจุบันนี้ เมื่อผนวกเข้ากับระบบการกำหนดพิกัดอ้างอิงก็จะทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกได้อย่างแม่นยำ

**2.7 การคำนวณหาระยะพิกัดของเครื่องรับสัญญาณ**

การคำนวณหาพิกัดจากดาวเทียมมายังเครื่องรับ จะสมมติว่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียมและของเครื่องรับนั้น ซิงโครนัสกับเวลาของระบบ การหาค่าตำแหน่งของดาวเทียมจะใช้ระบบ ECEF ในการหาข้อมูลโดยเรียกข้อมูลตำแหน่งของดาวเทียมนี้ว่า ข้อมูลอีพีเมอร์ิส ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเวกเตอร์ตำแหน่งดาวเทียมต่อเวลา ผู้ใช้จะใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในการกำหนดพิกัดของดาวเทียม เพื่อหาจุดตัดของดาวเทียม 3 ดวง พิกัดเครื่องส่งสัญญาณหรือพิกัดดาวเทียม ( $X_i, Y_i, Z_i$ ) รวมถึงเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ ( $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$ ) ดังนั้นจะได้สมการขึ้นมา 3 สมการและมีตัวแปรที่ต้องการ 3 ตัว คือ พิกัดของผู้ใช้ ( $u_x, u_y, u_z$ ) จะสามารถหาได้จากการแก้สมการที่ 2.1 ทั้งสามสมการ

$$\sqrt{(x_1-u_x)^2+(y_1-u_y)^2+(z_1-u_z)^2}=R_1=c(\Delta t_1+\Delta T)$$

$$\sqrt{(x_2-u_x)^2+(y_2-u_y)^2+(z_2-u_z)^2}=R_2=c(\Delta t_1+\Delta T)$$

$$\sqrt{(x_3-u_x)^2+(y_3-u_y)^2+(z_3-u_z)^2}=R_3=c(\Delta t_1+\Delta T)$$

สมการที่ 2.1

R คือ ระยะทางที่วัดได้ และ c คือ ค่าความเร็วสัญญาณมีค่าเท่ากับความเร็วแสง

เนื่องจากสัญญาณเวลาของเครื่องรับสัญญาณทั่วไปไม่ซิงโครนัสกับระบบ ดังนั้นระหว่างเครื่องรับและดาวเทียมจึงมีการอ้างอิงเวลาที่ต่างกัน เวลาที่วัดได้จากเครื่องรับจึงประกอบด้วยสองส่วนคือ เวลาที่ใช้ในการส่งสัญญาณ โดยเทียบจากระบบเวลาดาวเทียม เนื่องจากดาวเทียมมีการปรับเวลาให้ซิงโครนัสกับระบบเสมอ  $\Delta t_1$  เวลาที่เปลี่ยนไปของเครื่องรับ  $\Delta T$  ดังนั้นระยะทางที่วัดได้จะมีค่าเป็น  $R = c(\Delta t_1 + \Delta T)$

ระยะทางที่วัดได้นี้เรียกว่า ระยะเทียม (Pseudo Rang) และเปลี่ยนใช้สัญลักษณ์  $\rho$  แทนระยะจริง ความแตกต่างระหว่างระยะจริงกับระยะซูดอนน์ คือ ความคลาดเคลื่อนจากระยะทางที่เกิดขึ้นจากความไม่ตรงกันของนาฬิกาเครื่องส่งและเครื่องรับ แต่ยังคงกำหนดให้นาฬิกาของเครื่องส่งจากดาวเทียมซิงโครนัส หมดเวลาที่ไม่ว่ากันนี้เรียกว่า ไบแอส (Bias) ค่านี้เป็นพารามิเตอร์ไม่ทราบค่าที่เพิ่มเข้ามาจึงทำให้ต้องการรับค่าสัญญาณเพิ่มจากดาวเทียมอีกตัวหนึ่ง เพื่อสร้างสมการเพิ่มขึ้นในการแก้พารามิเตอร์เวลาไบแอส ดังนั้นจากสมการที่ 2.1 จะได้เป็นสมการที่ 2.2 ทั้งสี่สมการ

$$\sqrt{(x_1-u_x)^2+(y_1-u_y)^2+(z_1-u_z)^2}=R_1=c(\Delta t_1+\Delta T)$$

$$\sqrt{(x_2-u_x)^2+(y_2-u_y)^2+(z_2-u_z)^2}=R_2=c(\Delta t_1+\Delta T)$$

$$\sqrt{(x_3-u_x)^2+(y_3-u_y)^2+(z_3-u_z)^2}=R_3=c(\Delta t_1+\Delta T)$$

$$\sqrt{(x_4-u_x)^2+(y_4-u_y)^2+(z_4-u_z)^2}=R_4=c(\Delta t_1+\Delta T)$$

สมการที่ 2.2

ค่าที่หาได้นั้นจะต้องแปลงเพื่อให้อยู่ในรูปข้อมูลละติจูด, ลองจิจูด และความสูงเพื่อนำค่าที่ได้มาใช้งานต่อ เนื่องจากเป็นระบบที่เป็นสากลกว่า การแปลงจะอาศัยสมการที่ 2.3, 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

$$\Phi = \arctan \left( \frac{Z+e^2b\sin^3\theta}{p-e^2a\cos^3\theta} \right)$$

สมการที่ 2.3

$$\lambda = \arctan 2(Y,X)$$

สมการที่ 2.4

$$h = \frac{P}{\cos(\Phi)} - N(\Phi)$$

สมการที่ 2.5

โดยที่  $\Phi, \lambda, h$  คือ ค่าละติจูด, ลองจิจูด และความสูงตามลำดับ

X, Y, Z คือ ค่าของ  $u_x, u_y, u_z$  ตามลำดับโดยใช้ระบบ ECEF

ส่วนค่า  $N(\Phi)$ ,  $p$ ,  $\theta$  และ  $e^2$  จะหาได้จากสมการที่ 2.6, 2.7, 2.8 และ 2.9 ตามลำดับ

$$N(\Phi) = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \Phi}} \quad \text{สมการที่ 2.6}$$

$$p = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{สมการที่ 2.7}$$

$$\theta = \arctan \frac{Za}{pb} \quad \text{สมการที่ 2.8}$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} \quad \text{สมการที่ 2.9}$$

โดยที่  $a$  คือค่า semi-major earth axis

$b$  คือค่า semi-miner earth axis

## 2.8 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA Standard) และโปรโตคอลการสื่อสารของจีพีเอส

### 2.8.1 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ

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

สำหรับมาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอที่หมายถึงในที่นี้คือ มาตรฐานซึ่งมีชื่อเรียกเต็ม ๆ ว่าเอ็นเอ็มอีเอ-0183 เวอร์ชัน 1.5 หรือ 2.2 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป อย่างไรก็ตามมาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ-0183 เวอร์ชัน 2.2 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ถูกประกาศใช้มาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1997 เป็นเวอร์ชันซึ่งใหม่กว่า และในปัจจุบันอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสส่วนใหญ่สามารถรองรับได้

### 2.8.2 การอินเตอร์เฟซทางไฟฟ้า (Electrical Interface)

มาตรฐานนี้สามารถใช้เป็นระบบที่มีตัวส่ง (Talker) เดียวและมีตัวรับ (Listener) สายที่แนะนำให้ใช้เป็นแบบชิลด์ทวิสต์เพอร์โดยต่อกราวด์ที่ตัวส่งเท่านั้นมาตรฐานไม่ได้กำหนดชนิดคอนเนคเตอร์ (Connector) ใดๆ

### 2.8.3 มาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ-0183

มาตรฐานที่เอาท์พุทจะเป็นแบบอีไอเอ-422 (EIA-422) และมีสายสัญญาณ 2 เส้นคือเอและบี โวลต์เตจบนเส้นเอจะเป็นเหมือนกับสายทีทีแอลเดี่ยวแบบเดิม ขณะที่บีโวลต์เตจจะกลับทางกันกับเอ เช่นเอเป็น +5 โวลต์ บีจะเป็นกราวด์ ในการใช้งานจะใช้สายเพียงสายเดียว คือสายเอในอีไอเอ-422 อาจถูกใช้เชื่อมต่อกับ อาร์เอส-232 ซึ่งเป็นอินพุทของเครื่องคอมพิวเตอร์ในมาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ-0183 ตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้คือ แอสกีซึ่งสามารถพิมพ์ได้ เอ็นเอ็มอีเอ- 0183 นั้นข้อมูลจะถูกส่งด้วยอัตรา 4800 บิตต่อวินาที ข้อมูลจะถูกส่งในรูปของประโยค แต่ละประโยคเริ่มต้นด้วย \$ และแครีเรียริเทอร์นและไลน์ฟีด

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ (Field) ไม่สามารถหาได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไปแต่คอมม่าที่ทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะว่าในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูล เครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ของข้อมูลที่ต้องการ โดยการนับเครื่องหมายคอมม่าเช็คซัมที่เลือกได้ว่า จะมีหรือไม่ประกอบด้วย "\*" และ 2 บิตของเลขฐาน 16 แทนการเอกซ์คูซิฟออร์ของตัวอักษรทั้งหมดแต่ไม่รวม "\$" และ "\*" ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยค ในมาตรฐานจะอนุญาตให้แต่ละผู้ผลิตนิยามรูปแบบประโยคเองได้ ประโยคเหล่านี้เริ่มต้นด้วย "\$GP" และตัวอักษรสามตัวที่ตามมา เป็นไอดีที่ถูกลำหนดมาจากโรงงานตามด้วยข้อมูลซึ่งเป็นไปตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

#### 2.8.4 โปรโตคอลเอ็นเอ็มอีเอ- 0183

เอ็นเอ็มอีเอเป็นโพรโตคอลมาตรฐานที่ถูกนำมาใช้โดยเครื่องรับจีพีเอสเพื่อส่งข้อมูล โดยโพรโตคอลนี้เอาที่พูดจะเป็นโพรโตคอล อีไอเอ- 422เอ แต่เราสามารถนำไปใช้ร่วมกับ อาร์เอส- 232 ได้ โดยอัตราการส่งข้อมูลเป็น 4800 บิตต่อวินาที, 8 บิตข้อมูล, ไม่มีพาริตีบิต(Parity Bit) แต่มีหนึ่งบิตสุดท้าย (Stop Bit) และประโยคของเอ็นเอ็มอีเอ- 0183 จะเป็นแอสกีทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วย "\$" และจบลงด้วย "<CR><LF>" และข้อมูลจะถูกแบ่งขึ้นด้วย "," เครื่องรับจีพีเอสบางตัวไม่ส่งฟิลด์ข้อมูลเช็คซัม

#### 2.8.5 ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA Message)

ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอจะถูกส่งออกมาจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอสามารถแบ่งได้เป็นเรคอร์ด (Record) หรือฟิลด์ย่อย โดยในแต่ละเรคอร์ดจะประกอบด้วยอักขระแอสกีซึ่งมีความยาวรวมไม่เกิน 80 ตัวอักษร เราสามารถอ่านดูข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอที่อ่านนี้ได้โดยใช้ซอฟต์แวร์สื่อสาร เช่น ไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) เรคอร์ดข้อมูลในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอแต่ละเวอร์ชันอาจมีอยู่เล็กน้อยแตกต่างกัน

#### 2.8.6 รายละเอียดภายในเรคอร์ดต่างๆ ของข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ

##### GGA (Global Positioning System Fixed Data)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด, ลองจิจูด, เวลา, จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด (Satellites used) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (MSL Altitude) โดยตัวอย่างของเรคอร์ดจีจีเอ (GGA) ที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

```
$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1,0,9.0,M,,,,,0000*18<CR><LF>
```

#### ตารางที่ 2.1 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีจีเอ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

### GLL (Geographic Position – Latitude/Longitude)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด, ลองจิจูด, ทิศทาง, เวลา, และสถานะในการรับสัญญาณ (Status) โดยตัวอย่างของเรคอร์ดจีแอลแอล (GLL) ที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมาจะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

### ตารางที่ 2.2 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีแอลแอล

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGLL		GLL protocol header
Latitude	3723.2475		dddmm.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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Status	A		A=data valid or V=data not valid
Checksum	*2C		
<CR><LF>			End of message termination

### GSA (GNSS DOP and Active Satellites)

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัดละติจูด, ลองจิจูด, ทิศทาง, เวลา, และสถานะในการรับสัญญาณ โดยตัวอย่างของเรคอร์ดจีเอสเอ (GSA) ที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมาจะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

### ตารางที่ 2.3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสเอ

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**GSV (GNSS Satellites in View)**

เรคอร์ดนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าทางเทคนิคต่างๆ ที่ได้รับจากดาวเทียมจีพีเอสที่เครื่องรับสัญญาณได้ โดยตัวอย่างของเรคอร์ดจีเอสวี (GSV) ที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

```
$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>
```

**ตารางที่ 2.4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ดจีเอสวี**

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
...			...

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

**RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data)**

เรคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าวันที่และเวลา, สถานะในการรับสัญญาณ, ตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด, ทิศทาง, และความเร็ว โดยตัวอย่างของเรคอร์ดอาร์เอ็มซี (RMC) ที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

### ตารางที่ 2.5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรกอร์คอาร์เอ็มซี

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

#### VTG (Course Over Ground and Ground Speed)

เรกอร์คนี้จะประกอบไปด้วยข้อมูลซึ่งใช้ในการบอกถึง ทิศทางและความเร็วโดยในตัวอย่างของเรกอร์ควีทีจี (VTG) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมาจะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

### ตารางที่ 2.6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรกอร์ควีทีจี

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรายละเอียดของแต่ละเรคอร์ดภายในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าแต่ละเรคอร์ดต่างก็มีประโยชน์ใช้สอยเฉพาะตัวที่แตกต่างกันซึ่งเราสามารถหยิบมาใช้งานได้ตามความเหมาะสม เมื่อต้องการนำข้อมูลใดมาใช้งานก็จะต้องเลือกเรคอร์ดที่เหมาะสมซึ่งมีข้อมูลนั้นๆ อยู่ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ต้องการทราบความเร็วในการเคลื่อนที่ก็จะต้องเลือกอ่านเรคอร์ดอาร์เอ็มซี หรือ วีทีจี เป็นต้น ในที่นี้ได้ทำการสรุปและจัดหมวดหมู่คุณสมบัติของแต่ละเรคอร์ดไว้ดังตารางที่ 2.7 เพื่อเป็นการสรุปความและเพื่อให้สามารถหยิบมาใช้สอยได้โดยง่าย

ตารางที่ 2.7 ตารางสรุปคุณสมบัติของ 6 เรคอร์ดหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ

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

## 2.9 การรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) ของ 8051 และ 8052

พอร์ทสื่อสารอนุกรมของ 8051, 8052 มีโครงสร้างการทำงานในแบบที่เรียกว่า ฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกันโดย

ทางด้านส่งใช้ขา TxD (พอร์ท 3.1)

ทางด้านรับใช้ขา RxD (พอร์ท 3.0)

SBUF ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลอนุกรม

แฟลกซ์ TI จะ = "1" เมื่อส่งข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์ หลังจากนั้นให้เคลียร์แฟลกซ์นี้ก่อน

พอร์ทสื่อสารอนุกรมของ 8051 สามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกันโดยเลือกที่ บิต SM1 และ SM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม SCON การทำงานทั้ง 4 โหมด ของพอร์ทสื่อสารอนุกรมจะเป็นดังนี้

โหมด 0: ขา RxD (พอร์ท 3.0) จะถูกใช้เป็นพอร์ทรับและส่งข้อมูลที่ละบิต โดยจะเริ่มที่บิต D0 ก่อนเสมอ

ขา TxD (พอร์ท 3.1) จะถูกใช้เป็นชิฟท์คล็อก (Shift Clock) ส่งข้อมูลด้วยความเร็ว (1/12) เท่าของความถี่สัญญาณนาฬิกา

โหมด 1: พอร์ทสื่อสารอนุกรม 10 บิต จะมีข้อมูล 8 บิตมี 1 บิตสุดท้ายและสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยจะขึ้นอยู่กับบิต SMOD ใน PCON และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใจและประสงค์ในการค้าไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราโอเวอร์โฟลว์ (Over Flow) ของไทมเมอร์ 1 (Timer 1) จะคำนวณบอดเรท (Baud Rate) ได้ดังสมการที่ 2.10 และ 2.11

$$\text{บอดเรท (โหมด 1)} = \frac{2^{SMOD} \times CPUOsc}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]} \quad \text{สมการที่ 2.10}$$

สำหรับ 8031, 8051 โดยใช้ไทมเมอร์ 1

$$\text{บอดเรท (โหมด 1)} = \frac{CPUOsc}{32 \times [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)]} \quad \text{สมการที่ 2.11}$$

สำหรับ 8032, 8052, 80154, 80154D โดยใช้ไทมเมอร์ 2

ตัวอย่าง จากสมการที่ 2.10 จะได้

$$TH1 = 256 - \left[ \frac{2^{SMOD} \times CPUOsc}{32(12)Baud.Rates} \right]$$

ถ้า  $CPUOsc = 11.059 \text{ MHz}$  และ  $SMOD = 0$  จะได้

$$TH1 = 256 - \left[ \frac{2^0 (11.059) 10^6}{32(12)Baud.Rates} \right] = 256 - \left[ \frac{28800}{Baud.Rates} \right]$$

ถ้าต้องการบอดเรท = 1200 จะได้  $TH1 = 256 - \left[ \frac{28800}{1200} \right] = (256 - 24) = 232_{10} = E8H$

ถ้าต้องการบอดเรท = 2400 จะได้  $TH1 = 256 - \left[ \frac{28800}{2400} \right] = (256 - 12) = 244_{10} = F4H$

**โหมด 2:** พอร์ทสื่อสารอนุกรม 11 บิต ใช้ข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้นและ 1 บิตสุดท้าย (TB8 นิยมนำมาใช้ส่งพาริตีบิต) ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ (1/32) และ (1/64) ของความถี่สัญญาณนาฬิกาโดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON  
 บอดเรท (โหมด 2) = (1/32)  $CPUOsc$  เมื่อ SMOD = 1  
 บอดเรท (โหมด 2) = (1/64)  $CPUOsc$  เมื่อ SMOD = 0

**โหมด 3:** พอร์ทสื่อสารอนุกรมแบบ 11 บิต UART โดยส่งข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้นและ 1 บิตสุดท้ายเหมือนโหมด 2 ยกเว้นอัตราความเร็วจะขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทมเมอร์ 1 สำหรับ 8051 หรือขึ้นกับอัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทมเมอร์ 2 สำหรับ 8052, 80C54D จะคำนวณบอดเรท ได้ดังสมการที่ 2.12

$$\text{บอดเรท (โหมด 3)} = \frac{2^{SMOD} \times CPUosc}{32 \times 12 \times [TH1]}$$

สมการที่ 2.12

สำหรับ 8031, 8052, 80154, 80154D โดยใช้ไทมเมอร์ 2

การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรมมีอยู่ 2 โหมดด้วยกันคือ

ซิงเกิลโพรเซสเซอร์โหมด (Single Processor Mode) : ในโหมดนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวเชื่อมเข้าหากัน

มัลติโพรเซสเซอร์โหมด (Multi Processors Mode) : ในโหมดนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ตัวเป็น

ตัวแม่ (Master) และอีก 256 ตัว เป็นตัวลูก (Slave) รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรม

แสดงรายละเอียดดังรูปด้านล่าง

Serial Control Register (SCON) อยู่ใน SFR ตำแหน่ง (98H)

SCON : Serial Port Control Register (Bit Addressable)

SM0	SM1	SM2	REN	TN8	RB8	TI	RJ
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

NOTE 1 :

SM0	SM1	MODE	DESCRIPTION	BAUD RATE
0	0	0	SHIFT REGISTER	Fosc./12
0	1	1	8 bit UART	Variable
1	0	2	8 bit UART	Fosc./64 OR Fosc./32
1	1	3	8 bit UART	Variable

Serial Port Set-Up

MODE	SCON	SM2 VARIATION
0	10H	Single Processor Environment (SM2 = 0)
1	50H	
2	90H	
3	D0H	
0	NA	Multiprocessor Environment (SM2 = 1)
1	70H	
2	B0H	
3	F0H	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงรายละเอียดในรีจิสเตอร์ SCON และการตั้งค่า

SM1	SM0	โหมด	การทำงาน
0	0	0	ชิฟท์รีจิสเตอร์ (Shift Register) อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลเท่ากับ $(1/12)$ ของความถี่ออสซิลเลเตอร์
0	1	1	8 บิต UART อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลขึ้นกับ ไทเมอร์ 1, 2 และ SMOD
1	0	2	9 บิต UART อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูล = $(1/32)$ หรือ $(1/64)$ ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ ขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON
1	1	3	9 บิต UART อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดที่ ไทเมอร์ 1, 2 และ SMOD

SM2 บิตเลือกการทำงานแบบซิงเกิลโปรเซสเซอร์โหมดหรือมัลติโปรเซสเซอร์โหมด

1 : เลือกมัลติโปรเซสเซอร์โหมด ใช้ได้กับโหมด 2, 3

0 : เลือกซิงเกิลโปรเซสเซอร์โหมด ใช้ได้กับทุกโหมด

เมื่อเลือกการทำงานรับข้อมูลแบบมัลติโปรเซสเซอร์โหมดแล้ว

ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับได้มีค่าเป็น 1 RI จะเซ็ท

ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับได้มีค่าเป็น 0 RI จะเคลียร์

REN (Receive Enable) บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

1 : ให้รับข้อมูลได้

0 : ห้ามรับข้อมูล

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

RB8 (Receive bit D8) ข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาจะมากเก็บในบิตนี้ (ข้อมูลบิตที่ 9 ก็คือค่าใน TB8 ทางด้านส่งนั่นเอง)

TI แฟล็กซ์ TI จะเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล 1 ไบต์

RI แฟล็กซ์ RI จะเป็น 1 เมื่อรับข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์ (บิต RI, TI ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเคลียร์เอง)

ตารางที่ 2.9 ตารางการใช้ไทม์เมอร์ 1 กำหนดบอดเรท

Baud Rate	Fosc	SMOD	TIMER 1		
			C/T	MODE	Reload Value (TH1)
(MODE)Max : 1 MHz	12 MHz	X	X	X	X
(MODE)Max : 375 KHz	12 MHz	1	X	X	X
(MODE)Min : 187.5 KHz	12 MHz	0	X	X	X
MODE 1,3 : 62.5 K	12 MHz	1	0	2	FFH

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19.2K	11.059MHz	0	0	2	FDH
9.6K	11.059MHz	0	0	2	FDH
4.8K	11.059MHz	0	0	2	FAH
2.4K	11.059MHz	0	0	2	F4H
1.2K	11.059MHz	0	0	2	E8H
137.5	11.059MHz	0	0	2	IDH
110	6 MHz	0	0	2	72H
110	12 MHz	0	0	1	FEEBH

## 2.10 จีเอสเอ็มเอทีคอมมานด์ (GSM AT-Command) กับมือถือ

การสื่อสารกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น โมเด็มหรืออุปกรณ์ดีทีอี(DTE:Data Terminal Equipment) นั้นสามารถใช้ชุดคำสั่งที่เป็นมาตรฐานที่เรียกว่า เอทีคอมมานด์ ในการติดต่อเพื่อโต้ตอบตั้งค่าหรือสั่งงาน อุปกรณ์เหล่านั้นให้ทำงานตามที่ต้องการ โดยชุดคำสั่งพื้นฐานจะถูกกำหนดไว้ใน Hayes AT-Command ซึ่งบริษัท Hayes เป็นผู้คิดค้นชุดคำสั่งนี้เพื่อใช้กับ โมเด็มของคนและต่อมาได้กลายเป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิต โมเด็มรายอื่นๆ โดยอาจจะมีชุดคำสั่งขยาย (Extended AT command) เพื่อใช้เป็นการเฉพาะสำหรับผู้ผลิตรายนั้น ๆ ก็ได้

การติดต่อกับมือถือก็เช่นกันเราสามารถใส่ชุดคำสั่งที่กำหนดไว้ในจีเอสเอ็มเอทีคอมมานด์ซึ่งมีคำสั่งเพิ่มเติมที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานและควบคุมมือถือและเนื่องจากมีรายละเอียดค่อนข้างมาก โดยในโครงการนี้จะพูดถึงเฉพาะคำสั่งที่จำเป็นสำหรับโครงการนี้เท่านั้น

การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับมือถือนั้นจะผ่านสายคาลิงค์ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบอนุกรม โดยใช้โปรแกรมเทอร์มินอลต่างๆ เช่น ไฮเปอร์เทอมินอลของวินโดวส์ (Windows) ส่วนความเร็วในการสื่อสารมักจะใช้ 9600 บิตต่อวินาที

ตัวอย่างคำสั่งจีเอสเอ็มเอทีคอมมานด์  
คำสั่งพื้นฐาน

```
at // เช็กความพร้อมของมือถือ
OK // พร้อม
atd018289492 // สั่งให้ต่อโทรศัพท์ไปยังหมายเลขนี้ (บางเครื่องอาจต้องใช้ ; ต่อท้าย)
BUSY // สายไม่ว่าง (ถ้าอีกฝั่งรับสายจะตอบว่า CONNECT)
ath // ตั้งวางสาย
OK // ตกลง
```

คำสั่งเกี่ยวกับเอสเอ็มเอส

```
at+csms = 0 // เช็คว่าสนับสนุนคำสั่งเกี่ยวกับเอสเอ็มเอส หรือไม่
+CSMS : 1, 1, 1
OK // สนับสนุน
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

at+cmgfl=1 // ตั้งโหมดเอสเอ็มเอสแบบเท็กซ์โหมด (Text Mode)
+CMS ERROR: 303 // ไม่สนับสนุน
at+cmgfl=0 // ตั้งโหมดเอสเอ็มเอสแบบพีดียูโหมด (PDU : Protocol Description Unit)
OK // ได้
at+cmgr=1 // อ่านข้อความที่ 1 ในกล่องข้อความ (Inbox)
+CMGR: 1,27
06916681118088040A9166295026800000404012117193820AE8301C9E4787
OK // ข้อความเรียบร้อย (ข้อความยังไม่ถอดรหัส)

```

องค์กร ETSI (European Telecommunications Standards Institute) เป็นองค์กรอิสระที่ไม่แสวงหาผลกำไรทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางด้านโทรคมนาคมได้กำหนดมาตรฐานการส่งเอสเอ็มเอสไว้ในคู่มือ GSM 03.40 และ GSM 03.38 สามารถส่งได้สูงถึง 160 ตัวอักษร โดยแต่ละตัวอักษรใช้รหัสขนาด 7 บิต นอกจากนี้ยังมีการใช้ตัวอักษรชนิดอื่นๆ เช่น ขนาด 8 บิต หรือ 16 บิต ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในโครงการนี้จะพูดถึงเฉพาะแบบ 7 บิต เท่านั้น

ในการรับส่งข้อมูลเอสเอ็มเอส มีอยู่ด้วยกัน 2 โหมด คือ เท็กซ์โหมดและพีดียูโหมด การส่งข้อความในเท็กซ์โหมดนั้นจะเป็นการนำข้อความที่ต้องการส่งมาเข้ารหัสก่อน แล้วค่อยส่งข้อมูลในพีดียูโหมดอีกที อย่างไรก็ตามในมือถือบางรุ่นอาจไม่สนับสนุนการใช้งานในเท็กซ์โหมด ซึ่งการเข้ารหัส (ส่ง) และถอดรหัส (รับ) สำหรับในเท็กซ์โหมดนี้มีหลายแบบด้วยกันเช่น "PCCP437", "PCDN", "8859-1", "TRA" และ "GSM" เมื่อเราเชื่อมต่อกับมือถือเพื่อจะอ่านข้อความ เราสามารถตั้งค่าการเข้ารหัส/ถอดรหัสได้โดยใช้คำสั่ง AT+CSCS แต่ถ้าเราอ่านข้อความจากจอของมือถือ ตัวมือถือจะเลือกการถอดรหัสที่เหมาะสมให้เองโดยอัตโนมัติ

การเชื่อมต่อกับมือถือเพื่อรับส่งข้อความสามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 2 โหมด แต่จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้เท็กซ์โหมดจะมีข้อจำกัดทั้งจากการที่มือถือบางรุ่นอาจไม่สนับสนุนและยังถูกจำกัดด้วยวิธีการเข้ารหัสและถอดรหัสซึ่งมีเพียงไม่กี่แบบตามที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งในบางกรณีอาจไม่สะดวกนัก แต่ถ้าเลือกพีดียูโหมดจะสามารถเลือกหรือสร้างการเข้ารหัสและถอดรหัสได้ทุกรูปแบบตามต้องการ โดยไม่มีข้อจำกัดซึ่งในโครงการนี้จะพูดถึงเฉพาะพีดียูโหมด

ในการรับข้อความเอสเอ็มเอสในพีดียูโหมด ถ้าหากเราเชื่อมต่อกับมือถือแล้วทำการสั่งอ่านข้อความเอสเอ็มเอสที่อยู่ในกล่องข้อความ โดยใช้คำสั่ง AT+CMGR ข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ในรูปของสตริงที่ประกอบไปด้วยข้อมูลของผู้ส่ง, ข้อมูลเอสเอ็มเอสเซอวิสเซอร์ (SMSC), ไทม์แสตมป์ (Time Stamp) และอื่นๆ ที่จำเป็นและตามด้วยส่วนของข้อความซึ่งจะอยู่ที่ท้ายสุดของสตริง

ตัวอย่างสตริงต่อไปนี้รับได้จากอีริคสัน (Ericson) รุ่น T39m ซึ่งข้อความที่ส่งมาคือ "hellohello" จากมือถืออีกเครื่องหนึ่ง ข้อมูลสตริงนี้จะอยู่ในรูปของตัวเลขฐาน 16 และฐาน 10 (ในบางส่วน) โดยจะเรียกตัวเลขแต่ละคู่ว่า ออกเตต (Octet) ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.10

```
06916681118088040A9166295026800000403021219434820AE8329BFD4697D9EC37
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 ส่วนประกอบของสตรีมการรับข้อความเอสเอ็มเอส

กลุ่มตัวเลข 8 บิต	รายละเอียด
06	ความยาวของข้อมูลเอสเอ็มเอส 6 ออกเต็ต
91	รูปแบบของเลขหมายเอสเอ็มเอส 91 หมายถึง เลขหมายแบบสากล (international format)
66 81 11 80 88	เลขหมายเอสเอ็มเอส (แบบเดซิโมลเซมิออกเต็ต) ซึ่งจะเป็เลขฐาน 10 สลับนิบเบิล (Nibble) ในกรณีนี้เลขหมายจริงของเซอวิสเซนเตอร์คือ "+6618110888"
04	ออกเต็ตแรกของข้อความเอสเอ็มเอสที่ได้รับ
0A	ความยาวของเลขหมายผู้ส่ง (10 ตัว)
91	รูปแบบของเลขหมายผู้ส่ง 91 หมายถึง เลขหมายแบบสากล
66 29 50 26 80	เลขหมายผู้ส่ง (แบบเดซิโมลเซมิออกเต็ต) เป็นเลขฐาน 10 สลับนิบเบิล หมายเลขผู้ส่งที่แท้จริงคือ "+6692056208"
00	TP-PID. (Protocol Identifier) ในกรณีนี้คือ 00
00	TP-DCS (Data Coding Scheme) 00 คือเข้ารหัสข้อความแบบ 7 บิต
40 30 21 21 94 34 82	ข้อมูลไทม์แสตมป์ (แบบเดซิโมลเซมิออกเต็ต) สลับนิบเบิล
0A	จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่งในที่นี้คือ 10 ตัว
E8329BFD4697D9EC37	ข้อความ "hellohello" ที่เข้ารหัสแล้วจากตัวอักษรแบบ 7 บิต เป็นข้อมูลไบต์ ขนาด 8 บิต

ข้อมูลทั้งหมดในตารางเป็นเลขฐาน 16 ขนาด 8 บิต ยกเว้นหมายเลขเซอวิสเซนเตอร์, เลขหมายผู้ส่ง, ไทม์แสตมป์ จะเป็นเลขฐาน 10 ขนาด 8 บิต สลับหลักเป็นคู่ๆ (สลับนิบเบิล) ในส่วนของข้อมูลที่เป็นข้อความนั้นเป็นเลขฐาน 16 ขนาด 8 บิต เช่นกัน โดยข้อมูลนี้จะใช้แสดงข้อความที่ประกอบไปด้วยตัวอักษรขนาด 7 บิต ซึ่งผ่านการเข้ารหัส ข้อมูลจากตัวอักษรขนาด 7 บิต ให้เป็นเลขฐาน 16 ขนาด 8 บิตมาแล้ว ส่วนวิธีการแปลงจะกล่าวในภายหลัง

ในส่วนของข้อมูลที่เป็นเลขฐาน 10 เช่น เลขหมายผู้ส่งตัวเลขในแต่ละคู่ จะถูกสลับหลักกันเช่น เลขหมายจริง "+66 092056208" จะถูกสลับในแต่ละคู่เป็น "66 29 50 26 80" (66 คือ รหัสประเทศ ส่วนเลขหมวดของหมายเลขมือถือจะถูกตัดเลข 0 ออก เช่น 09 จะเหลือแค่ 9 เป็นต้น แล้วจึงนำตัวเลขทั้งหมดมาต่อกันแล้วสลับคู่) เช่นเดียวกันกับข้อมูลไทม์แสตมป์ "40 30 21 21 94 34 82" ซึ่งมีรูปแบบเป็น "YY/MM/DD HH:MM:SS:SS" หมายถึง ข้อความนี้ส่งเมื่อ "04/03/12 12:49:43:28"

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการส่งข้อความเอสเอ็มเอสในพีดียูโหมค "hellohello" โดยใช้ มือถือยี่ห้ออีริคสัน T39m โดยใช้พีดียูโหมคไปให้ผู้รับหมายเลข "+66 092056208"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำสั่งที่ใช้

AT+CMGF = 0 // เลือกพีดียู โหมด  
 AT+CSMS = 0 // เช็คว่ามีมือถือสนับสนุนการส่งเอสเอ็มเอสหรือไม่  
 AT+CMGS = 22 // ต้องการส่งทั้งหมด 22 ไบต์ (ไม่รวมตัวเลข 00 ที่อยู่ข้างหน้าสุด)  
 >0011000A916629502680000AA0AE8329BFD4697D9EC37 // พิมพ์เสร็จกดปุ่ม Ctrl+z

ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่งอธิบายในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่ง

กลุ่มตัวเลข 8 บิต	รายละเอียด
00	ความยาวของข้อมูลเอสเอ็มเอสซี "00" หมายถึงให้ใช้ข้อมูลเอสเอ็มเอสซีที่เก็บอยู่ภายในเครื่อง (ปกติเครื่องที่สามารถส่งเอสเอ็มเอสได้มีข้อมูลเอสเอ็มเอสซีภายในเครื่องอยู่แล้ว)
11	ออกเต็แรกแรกของข้อความเอสเอ็มเอสที่ส่ง
00	TP-Message-Reference "00" คือ ให้เครื่องตั้งหมายเลขอ้างอิงข้อความขึ้นเอง
0A	ความยาวของเลขหมายผู้รับ (10 ตัว)
91	รูปแบบของเลขหมายผู้ส่ง 91 หมายถึง เลขหมายแบบสากล
66 29 50 26 80	หมายเลขโทรศัพท์ของผู้รับ (แบบเดซิโมลเซมิออกเต็ค) หมายเลขที่แท้จริงคือ "+66 092056208"
00	TP-PID.(Protocol Identifier) เป็น 00
00	TP-DCS.(Data Coding Scheme) เป็น 00
AA	"AA" หมายถึง ช่วงเวลาหมดอายุของข้อความ 4 วัน ถ้าภายในช่วงเวลานี้ยังไม่ถึงปลายทางข้อความจะถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ
0A	จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่ง (10 ตัว)
E8329BFD4697D9EC37	เป็นข้อมูลในส่วน of ข้อความตัวอักษรแบบ 7 บิต "hellohello" ที่ผ่านการแปลง (เข้ารหัส) เป็นข้อมูลแบบ 8 บิตแล้ว

รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต ได้ถูกกำหนดขึ้น โดยได้อธิบายอยู่ในคู่มือ GSM 03.38 ซึ่งการนำไปใช้จะต้องทำการเปรียบเทียบกับรหัสฐาน 10 ของ ISO-8859-1 (ASCII)

จากตารางที่ 2.11 ในส่วนของข้อความตัวอักษรจะเป็นส่วนที่เราสามารถใส่รหัสข้อความที่ต้องการส่ง แต่เนื่องจากเราไม่สามารถนำรหัสของตัวอักษรแบบ 7 บิต ใส่ไปได้โดยตรงจำเป็นต้องผ่านการแปลงให้เป็นรหัสข้อมูลแบบ 8 บิต ก่อนโดยตัวอย่างต่อไปนี้เป็นแปลงข้อความ "hellohello" ยาว 10 ตัวอักษรซึ่งแต่ละตัวเป็นอักษรชนิด 7 บิต ให้เป็นข้อมูล 8 บิต สำหรับใช้ในการส่งเอสเอ็มเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงเริ่มจากรหัส 7 บิต ของอักขรตัวแรก (h) มาเติมข้างหน้าด้วย 1 บิตท้ายสุดของรหัส 7 บิต ของอักขรตัวที่ 2 (e) จะได้ผลลัพธ์ 8 บิต (1 ไบต์) เป็น “E8”

ขั้นตอนต่อมาให้เอา 6 บิต ที่เหลือของอักขรตัวที่ 2 มาเติมข้างหน้าด้วย 2 บิต ท้ายของรหัส 7 บิต ของอักขรตัวที่ 3 (l) จะได้ผลลัพธ์ 8 บิต เป็น “32” และทำเช่นนี้เรื่อยไปโดยจำนวนบิตที่นำมากระทำจะเพิ่มขึ้นจาก 3 บิต เป็น 4 บิต จนกระทั่งถึง 7 บิต แล้วเริ่มกระบวนการใหม่จนกระทั่งหมดชุดตัวอักษร

หลังจากแปลงข้อความ “hellohello” จะได้ข้อมูลเป็นเลขฐาน 16 จำนวน 9 ไบต์ เป็น E8 32 9B FD 46 97 D9 EC 37

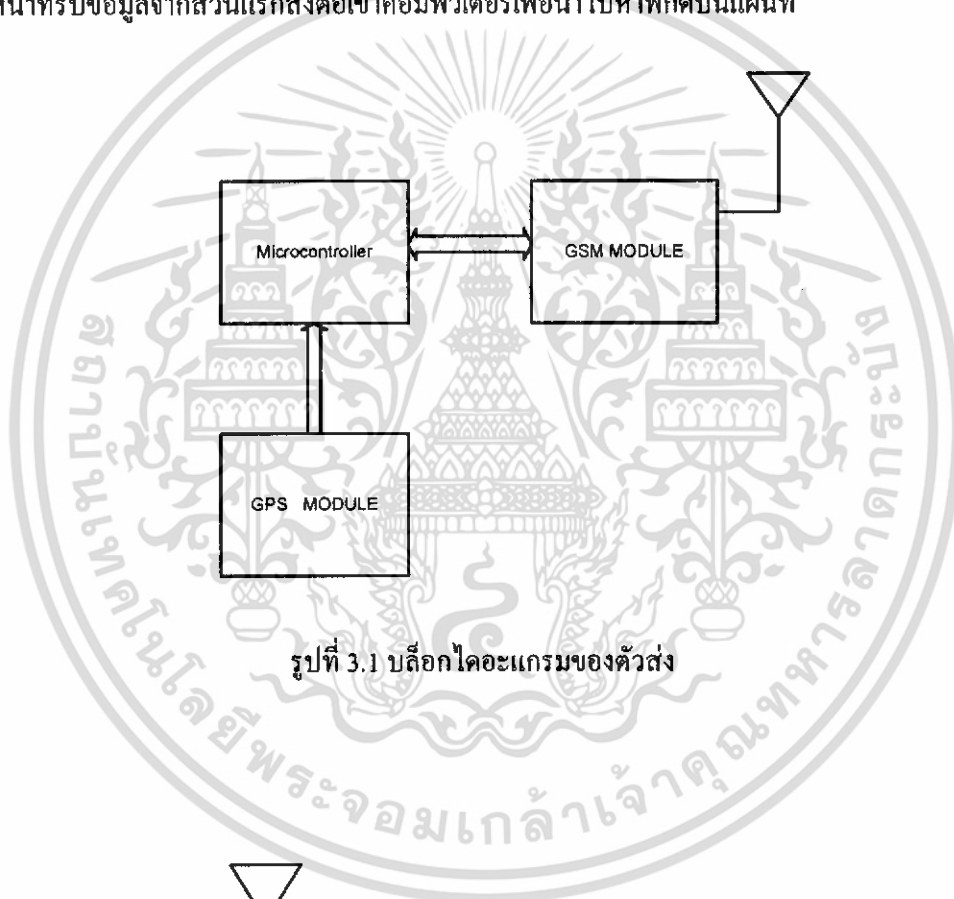


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

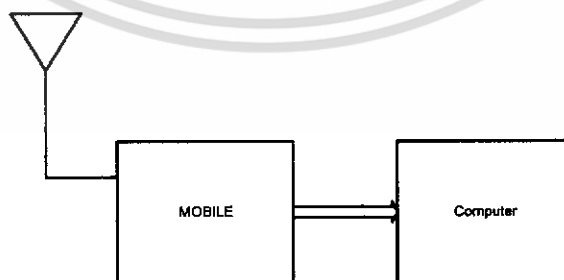
### บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง

#### 3.1 การออกแบบโครงงาน

บทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการออกแบบทั้งหมดและขั้นตอนการทำงานของชิ้นงานโดยรายละเอียดในการออกแบบทั้งหมดแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ในส่วนแรกจะทำหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสเพื่อทำการส่งเอสเอ็มเอสออกไปโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์กับจีเอสเอ็ม โมดูลเป็นตัวส่งเอสเอ็มเอส โดยในกรณีที่ต้องการทราบตำแหน่งของรถก็โทรเข้าเบอร์ที่กำหนดไว้จากนั้นตัวจีเอสเอ็ม โมดูลจะทำการตัดสายทิ้งแล้วส่งพิกัดจีพีเอสกลับมาในรูปแบบของเอสเอ็มเอส ในส่วนที่สองจะทำหน้าที่รับข้อมูลจากส่วนแรกส่งต่อเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปหาพิกัดบนแผนที่

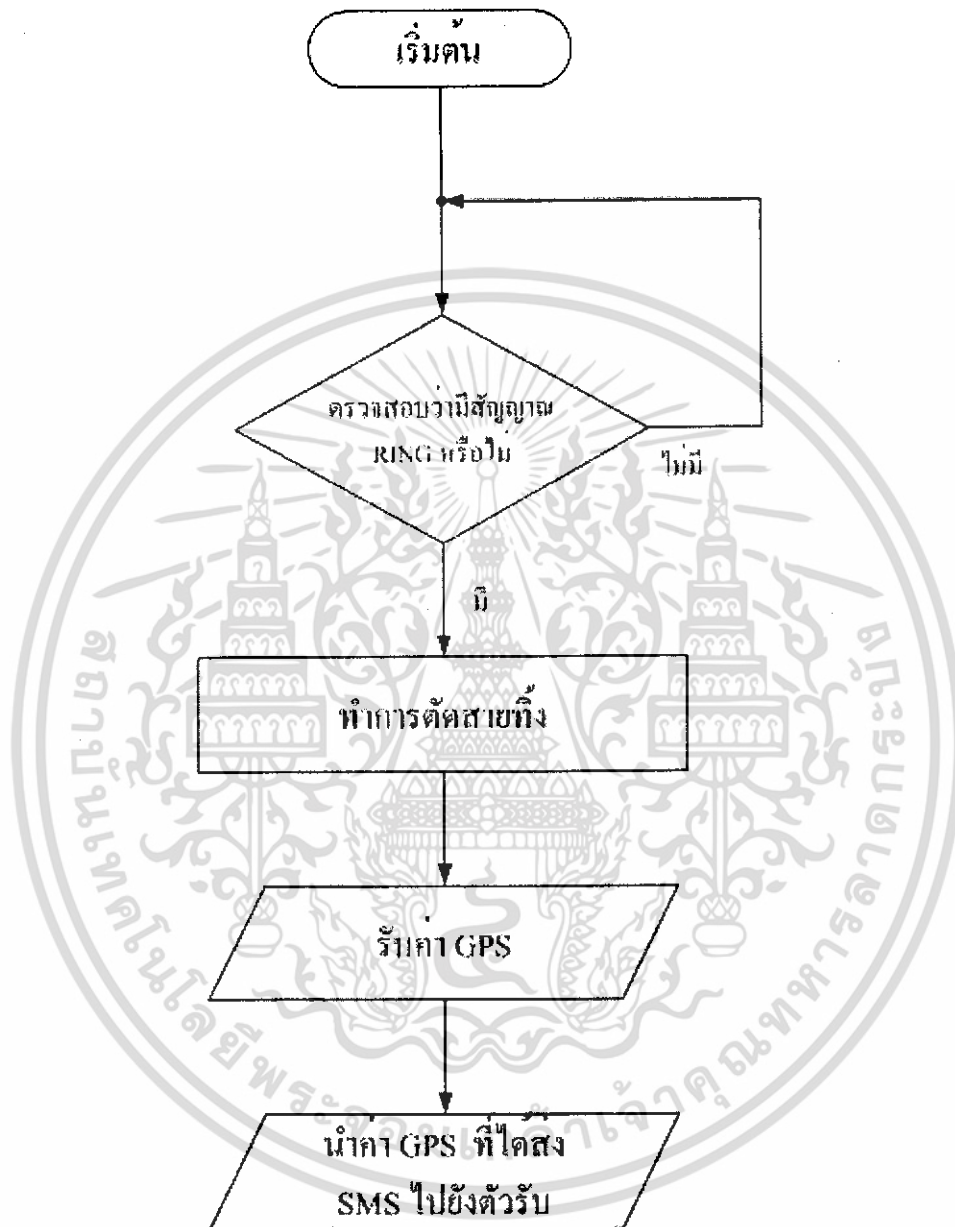


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของตัวส่ง



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ส่วนรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส (GPS Module)

โมดูลจีพีเอสที่เราเลือกใช้ในโครงการนี้จะส่งข้อมูลออกมาหลายรูปแบบด้วยกันซึ่งเราสามารถที่จะเลือกได้ว่าจะใช้รูปแบบไหน ในโครงการนี้จะเลือกใช้ประโยคอาร์เอ็มจีเท่านั้น ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

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

เช่น ถ้ารูปแบบที่รับเข้ามาเป็น

```
$GPRMC,193129.999,A,1343.6524,N,10046.5696,E,0.00,309.62,100806,,*10<CF><LF>
```

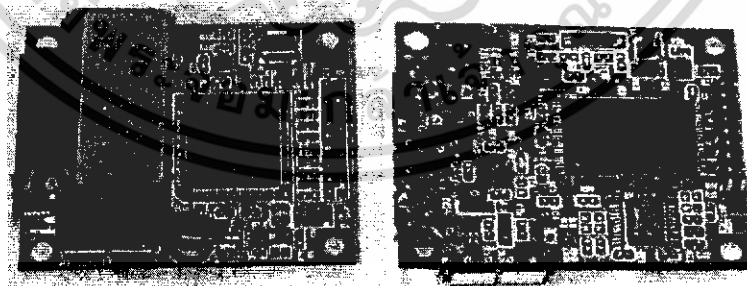
ซึ่งเราจะนำเฉพาะส่วนที่ขีดเส้นใต้เท่านั้นมาใช้งาน จะได้ข้อมูลดังนี้

เวลา	=	19:31:29
ละติจูด	=	13 องศา 43.6524 ลิปดา
N/S	=	N
ลองจิจูด	=	100 องศา 46.5696 ลิปดา
E/W	=	E
ความเร็ว	=	0.00 น็อต (20.00016 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
วันที่	=	วันที่ 10 เดือน 08 ปี 2006

### 3.3 วงจรการเชื่อมต่อโมดูลจีพีเอส

โมดูลจีพีเอสที่เราเลือกใช้ในโครงการนี้คือ HOLUX GM-82 ซึ่งแสดงตามรูปที่ 3.4 และตำแหน่งขาต่างๆแสดงในตารางที่ 3.1 และในรูปที่ 3.5 จะแสดงวงจรการเชื่อมต่อ

## GM-82 GPS Receiver

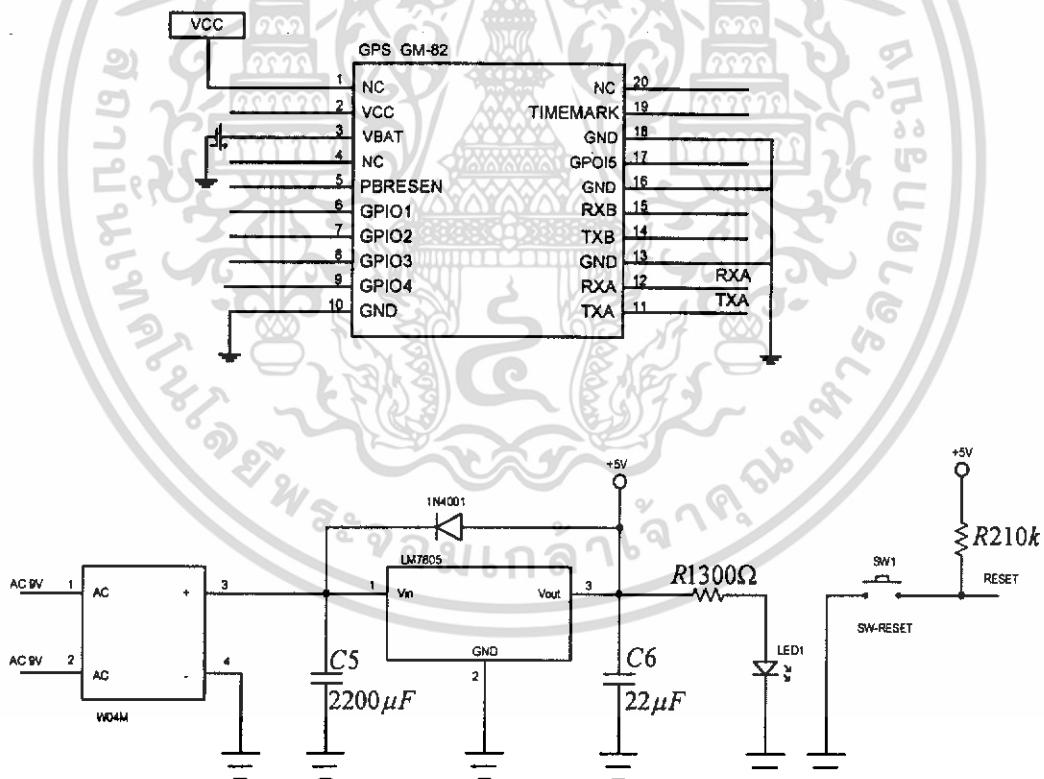


รูปที่ 3.4 HOLUX GM-82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงรายชื่อของโมดูลจีพีเอส

PIN	Pin Name	Function description	PIN	Pin Name	Function description
1	NC	No function	11	TXA	Serial Data output A
2	VCC_5V	+5V DC power input	12	RXA	Serial Data input A
3	VBAT	Backup Battery (2.5–3.3V)	13	GND	Ground
4	NC	No function	14	TXB	Serial Data output B
5	PBRESN	Reset input, Active low	15	RX	Serial Data input B
6	GPIO1	General purpose I/O pin	16	GND	Ground
7	GPIO2	General purpose I/O pin	17	GPIO5	General purpose I/O pin
8	GPIO3	General purpose I/O pin	18	GND	Ground
9	GPIO4	General purpose I/O pin	19	TIMEMARK	1PPS Time mark output
10	GND	Ground	20	NC	No function

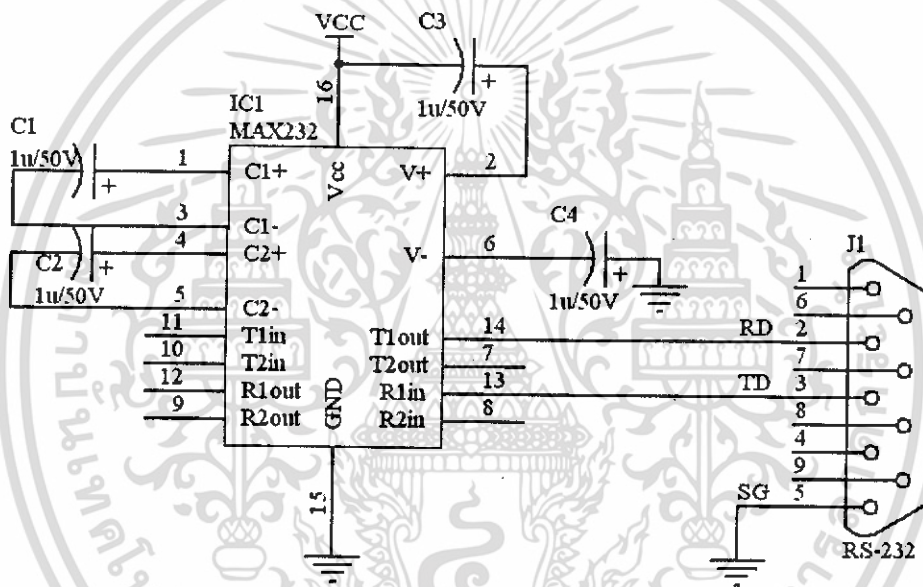


รูปที่ 3.5 วงจรการเชื่อมต่อโมดูลจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232

การสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ สำหรับโครงการนี้ได้เลือกใช้ไอซี MAX232 ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 จากที่ได้กล่าวไว้ว่า การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232 จะกำหนดให้ระดับแรงดัน +3 โวลต์ ถึง +25 โวลต์ แทนสัญลักษณ์ลอจิก 0 และแรงดัน -25 โวลต์ ถึง -3 โวลต์ แทนสัญลักษณ์ลอจิก 1 แต่แหล่งจ่ายแรงดันในวงจรมีแรงดันสูงสุดเพียง 5 โวลต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอซี MAX232 เนื่องจากไอซีนี้ต้องการไฟเลี้ยงเพียง +5 โวลต์ เท่านั้นแต่สามารถให้สัญญาณเอาต์พุตออกมา +10 โวลต์ และ -10 โวลต์ได้ โดยใช้หลักการของวงจรทวีแรงดันขนาด 2 เท่า รูปที่ 3.6 จะเป็นการแสดงการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซี MAX232



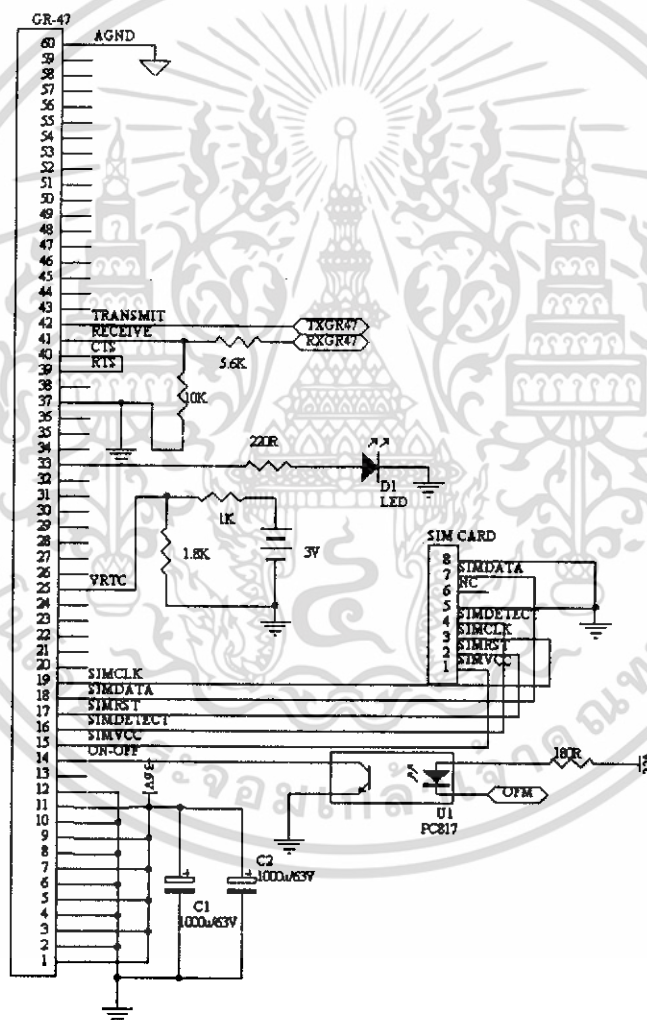
รูปที่ 3.6 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส - 232

### 3.5 จีเอสเอ็มโมดูลและการเชื่อมต่อ

ในโครงการนี้จะใช้จีเอสเอ็ม โมดูลของโซนี่อิริคสันรุ่น GR-47 ซึ่งจะใช้ในการส่งเอสเอ็มเอส แทนการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ รูปที่ 3.7 และรูปที่ 3.8 จะแสดงจีเอสเอ็ม โมดูลของโซนี่อิริคสันรุ่น GR-47 และวงจรการเชื่อมต่อในการใช้งาน ซึ่งจะแสดงการเชื่อมต่อเฉพาะขาที่ใช้งานในโครงการนี้เท่านั้น

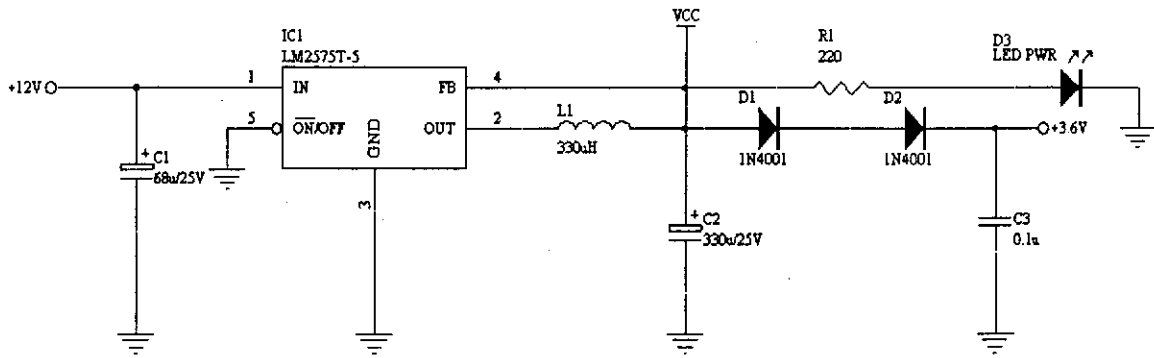


รูปที่ 3.7 จีเอสเอ็ม โมดูล GR-47



รูปที่ 3.8 วงจรการเชื่อมต่อจีเอสเอ็ม โมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรจ่ายไฟ

จากรูปที่ 3.9 จะเป็นวงจรที่ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์และตัวจีเอสเอ็มโมดูล จะใช้ไอซีเบอร์ LM2575T-5 ซึ่งเป็นไอซีเรกกูเลตแบบสวิตชิ่ง มีแรงดันออกที่เอาต์พุต 5 โวลต์ จ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และอีกทางหนึ่งจะผ่านไดโอด 2 ตัวคือ D1 และ D2 เพื่อลดแรงดันให้เหลือเพียง 3.6 โวลต์ สำหรับจ่ายให้กับตัวจีเอสเอ็ม โมดูล

### 3.6 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในหัวข้อนี้จะอธิบายการทำงานโดยรวมของวงจรที่ใช้ในโครงการนี้ โดยรูปวงจรถูกแสดงในรูปที่ 3.12 ซึ่งจะประกอบด้วยไอซี 2 เบอร์ LM2575T-5 ทำหน้าที่จ่ายไฟให้แก่วงจร ไอซี 1 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89C51RD2 ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด ไอซี 5, ไอซี 6 จะเป็นบัฟเฟอร์ด้านการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมซึ่งจะติดต่อกับอุปกรณ์ 3 ชุดด้วยกันคือ การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ทอนุกรมอาร์เอส-232 การเชื่อมต่อกับโมดูลจีพีเอส และการเชื่อมต่อกับจีเอสเอ็มโมดูลหรือโทรศัพท์มือถือ โดยใช้ขา SEL และ SEL1 เป็นตัวเลือกดังนี้

SEL=1, SEL1=1 จะเป็นการติดต่อกับคอมพิวเตอร์

SEL=0, SEL1=1 จะเป็นการติดต่อกับโมดูลจีพีเอส

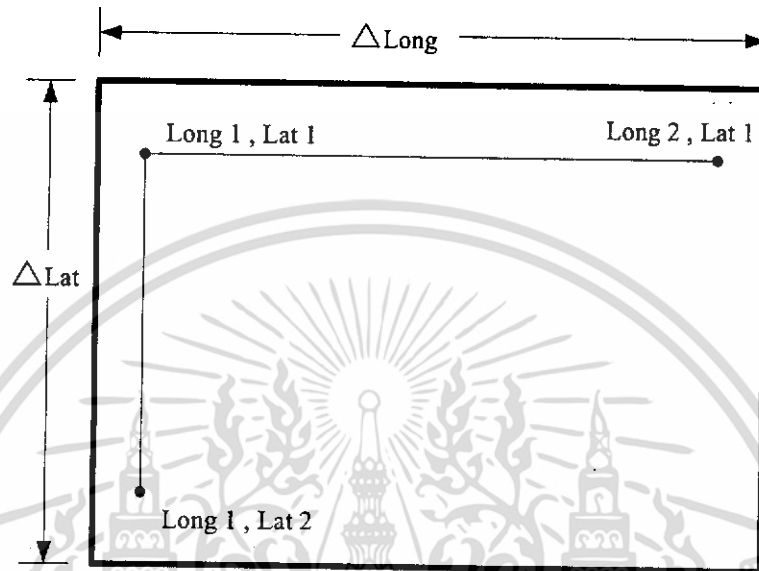
SEL=0, SEL1=0 จะเป็นการติดต่อกับจีเอสเอ็มโมดูลหรือโทรศัพท์มือถือ

ต่อไปจะเป็นการทำงานของวงจร โดยเมื่อมีสายเรียกเข้ามาที่จีเอสเอ็มโมดูลหรือโทรศัพท์มือถือก็จะตัดสายทิ้งตามโปรแกรมที่เขียนไว้ จากนั้นจะไปเชื่อมต่อกับโมดูลจีพีเอสเพื่อรับข้อมูลพิกัดจากจีพีเอสเมื่อได้แล้วก็จะกลับมาติดต่อกับจีเอสเอ็มโมดูลหรือโทรศัพท์มือถืออีกครั้งเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาส่งเอสเอ็มเอสไปยังตัวรับเมื่อตัวรับได้รับเอสเอ็มเอสก็จะนำข้อมูลพิกัดที่ได้ไปทำการวาดลงบนแผนที่ต่อไป

### 3.7 การเปลี่ยนค่าละติจูดและลองจิจูดเป็นพิกัดเอกซ์และวายในแผนที่

ในการแสดงตำแหน่งพิกัดของรถที่ได้จากชิ้นงานออกทางมอนิเตอร์นั้น ข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าละติจูดและลองจิจูด ซึ่งมอนิเตอร์จะทราบเพียงพิกเซล (Pixel) เท่านั้นเราจึงจำเป็นต้องมีวิธีการเทียบค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละติจูดและลองจิจูด ให้อยู่ในรูปพิกเซลก่อนเพื่อให้สามารถแสดงออกทางมอนิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งหลักการคิดตำแหน่งของรถยนต์บนมอนิเตอร์มีดังนี้ ปกติมอนิเตอร์จะเริ่มค้นจากมุมบนซ้ายเป็นจุดเริ่มต้นของพิกเซลแล้วเพิ่มขึ้นจากบนลงล่างและจากซ้ายไปขวา ซึ่งในการแสดงตำแหน่งของรถออกทางมอนิเตอร์นั้น เราต้องกำหนดขอบเขตของการแสดงผลตามแผนที่ที่เราได้ทำการจัดเตรียมไว้ โดยเราต้องทราบค่าของละติจูด และลองจิจูด อย่างละ 2 ค่าในแผนที่ที่เรามีดังรูป 3.10



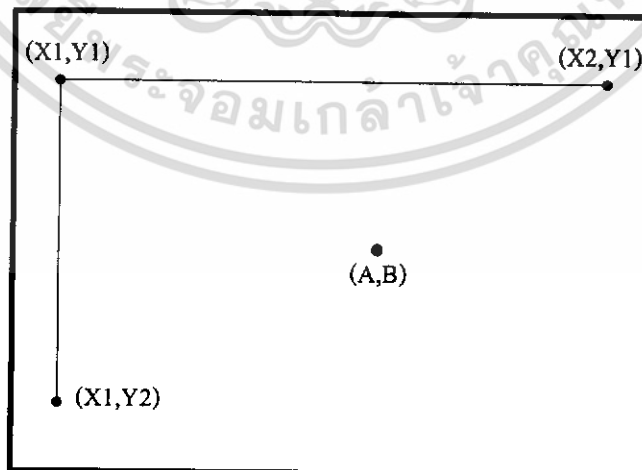
รูปที่ 3.10 ตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดในแผนที่ที่ควรทราบ

Long 1 คือ ค่าลองจิจูดเริ่มต้น

Long 2 คือ ค่าลองจิจูดสิ้นสุด

Lat 1 คือ ค่าละติจูดเริ่มต้น

Lat 2 คือ ค่าละติจูดสิ้นสุด



รูปที่ 3.11 ตำแหน่งของพิกเซลในแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.11 กำหนดให้

- X1 คือ จุดเริ่มต้นของพิกเซลในแนวแกนเอกซ์
- X2 คือ จุดสิ้นสุดของพิกเซลในแนวแกนเอกซ์
- Y1 คือ จุดเริ่มต้นของพิกเซลในแนวแกนวาย
- Y2 คือ จุดสิ้นสุดของพิกเซลในแนวแกนวาย
- A คือ ค่าลองติจูดที่ได้จากการแปลงความหมายข้อมูล
- B คือ ค่าละติจูดที่ได้จากการแปลงความหมายข้อมูล

และเมื่อเราทราบค่าพิกเซล ณ จุดเดียวกันกับค่า ละติจูดและลองติจูด เราก็สามารถคำนวณหาตำแหน่งได้ โดยเราจะทำการหาอัตราส่วนระหว่างผลต่างของพิกเซลทางแกนเอกซ์ ( $X2 - X1$ ) หารด้วยผลต่างของลองติจูด ( $Long2 - Long1$ ) แล้วคูณด้วยผลต่างของค่าลองติจูดที่ได้จากการแปลงความหมายข้อมูลกับค่าลองติจูดเริ่มต้น ( $A - Long1$ ) เราก็จะได้ค่า X ซึ่งเป็นระยะจากจุดเริ่มต้นของพิกเซลในแนวแกนเอกซ์ไปยังจุดพิกเซลในแนวแกนเอกซ์ที่รลอยู่ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$X = \left( \frac{X2 - X1}{Long2 - Long1} \right) \times (A - Long1) \quad \text{สมการที่ 2.13}$$

และในทางแกน Y ก็ทำเช่นเดียวกันคือ หาผลต่างของพิกเซลทางแกนวาย ( $Y2 - Y1$ ) หารด้วยผลต่างของละติจูด ( $Lat1 - Lat2$ ) แล้วคูณด้วยผลต่างของค่าละติจูดที่ได้จากการแปลงความหมายข้อมูลกับค่าละติจูดเริ่มต้น ( $Lat1 - A$ ) เราก็จะได้ค่า Y ซึ่งเป็นระยะจากจุดเริ่มต้นของพิกเซลในแนวแกนวายไปยังจุดพิกเซลในแนวแกนวายที่รลอยู่ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Y = \left( \frac{Y2 - Y1}{Lat1 - Lat2} \right) \times (Lat1 - A) \quad \text{สมการที่ 2.14}$$

ต่อจากนั้นให้นำ  $X1+X$  และ  $Y1+Y$  ก็จะได้ค่าพิกเซลในแผนที่และทำการวาดจุดลงบนแผนที่ต่อไป



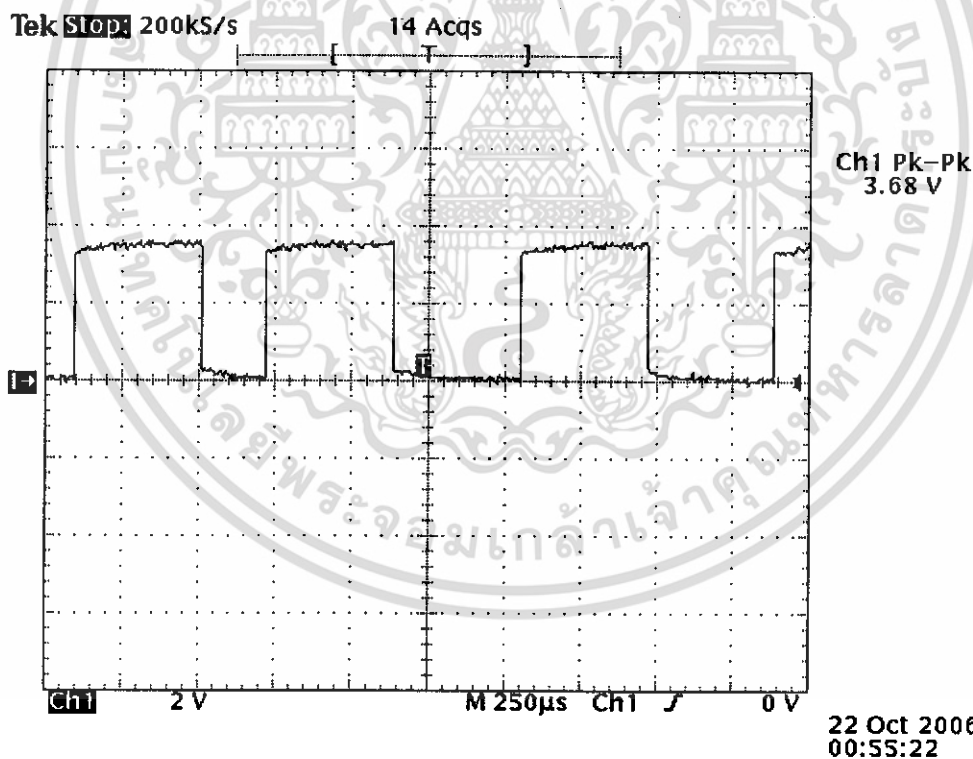
## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะขอกล่าวถึงรายละเอียดในการทำงานของวงจรและโปรแกรม โดยในตอนแรกจะทำการตรวจสอบว่าโมดูลจีพีเอสนั้นส่งค่าอะไรออกมาบ้าง ซึ่งจะทำการต่อโมดูลจีพีเอสกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางไฮเปอร์เทอร์มินอลโดยใช้ MAX-232 จากนั้นจะนำข้อมูลที่ออกมาจากโมดูลจีพีเอสเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการส่งเอสเอ็มเอสแล้วนำไปแสดงผลต่อไป

#### 4.1 การตรวจสอบการทำงานของโมดูลจีพีเอส

เราทำการตรวจสอบสัญญาณที่ส่งออกมาจากโมดูลจีพีเอสโดยรูปที่ 4.1 เป็นรูปสัญญาณที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป ต่อไปใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลในการแสดงผล โดยตั้งค่าดังนี้ Bits per second : 4800, Data bit : 8, Parity : None, Stop bits : 1 Flow Control : None แล้วกดปุ่ม OK จะได้สัญญาณจีพีเอสออกมาดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 สัญญาณที่ได้ออกมาจากโมดูลจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
$Baud rate: 4800 System clock: 12.277MHz
$HW Type: S2AR
$GPGGA,051323.000,1343.2736,N,10047.0527,E,0.00,50.0,-0.4,M,...,0000-13
$GPGSA,A,1,.....,50.0,50.0,50.0-05
$GPRMC,051323.000,V,1343.2736,N,10047.0527,E,.,040906,.,*1E
$GPGGA,051323.999,1343.2736,N,10047.0527,E,0.00,50.0,-0.4,M,...,0000-1A
$GPGSA,A,1,.....,50.0,50.0,50.0-05
$GPRMC,051323.999,V,1343.2736,N,10047.0527,E,.,040906,.,*17
$GPGGA,051324.999,1343.2736,N,10047.0527,E,0.00,50.0,-0.4,M,...,0000-1D
$GPGSA,A,1,.....,50.0,50.0,50.0-05
$GPRMC,051324.999,V,1343.2736,N,10047.0527,E,.,040906,.,*10
$GPGGA,051325.999,1343.2736,N,10047.0527,E,0.00,50.0,-0.4,M,...,0000-1C
$GPGSA,A,1,.....,50.0,50.0,50.0-05
$GPRMC,051325.999,V,1343.2736,N,10047.0527,E,.,040906,.,*11
$GPGGA,051326.999,1343.2736,N,10047.0527,E,0.00,50.0,-0.4,M,...,0000-1F
$GPGSA,A,1,.....,50.0,50.0,50.0-05
$GPGSV,2.1,06,01,59,062,37,23,49,288,.,25,34,026,40,22,30,031,.*7E
$GPGSV,2.2,06,14,28,116,48,02,11,036,.*7D
$GPRMC,051326.999,V,1343.2736,N,10047.0527,E,.,040906,.,*12
$GPGGA,051327.999,1343.2736,N,10047.0527,E,0.00,50.0,-0.4,M,...,0000-1E
$GPGSA,A,1,.....,50.0,50.0,50.0-05
$GPRMC,051327.999,V,1343.2736,N,10047.0527,E,.,040906,.,*13

```

Connected 0:19:00 Auto detect 4800 B-N-1

รูปที่ 4.2 สัญญาณที่ได้ออกมาจากโมดูลจีพีเอสโดยดูจากโปรแกรมไฮเปอร์เทอมินอล

หลังจากนั้นทำการตั้งค่าให้โมดูลจีพีเอสส่งรูปแบบของประโยคเฉพาะประโยคที่เราต้องการเท่านั้นในที่นี้คือ ประโยคอาร์เอ็มซี แสดงดังรูปที่ 4.3

```

HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
$GPRMC,150210.084,A,1343.2855,N,10047.0995,E,0.00,.,130906,.,*13
$GPRMC,150211.084,A,1343.2857,N,10047.0997,E,0.00,.,130906,.,*12
$GPRMC,150212.084,A,1343.2859,N,10047.0998,E,0.00,.,130906,.,*10
$GPRMC,150213.084,A,1343.2860,N,10047.0998,E,0.00,.,130906,.,*1B
$GPRMC,150214.084,A,1343.2861,N,10047.0998,E,0.00,.,130906,.,*1D
$GPRMC,150215.083,A,1343.2862,N,10047.0997,E,0.00,.,130906,.,*17
$GPRMC,150235.082,A,1343.2841,N,10047.0979,E,0.00,.,130906,.,*1F
$GPRMC,150236.082,A,1343.2841,N,10047.0971,E,0.00,.,130906,.,*1E
$GPRMC,150237.082,A,1343.2842,N,10047.0968,E,0.00,.,130906,.,*14
$GPRMC,150238.082,A,1343.2843,N,10047.0966,E,0.00,.,130906,.,*14
$GPRMC,150239.082,A,1343.2844,N,10047.0963,E,0.00,.,130906,.,*17
$GPRMC,150240.082,A,1343.2845,N,10047.0960,E,0.00,.,130906,.,*1B
$GPRMC,150241.082,A,1343.2848,N,10047.0950,E,0.00,.,130906,.,*14
$GPRMC,150242.082,A,1343.2848,N,10047.0947,E,0.00,.,130906,.,*11
$GPRMC,150243.082,A,1343.2849,N,10047.0946,E,0.00,.,130906,.,*10
$GPRMC,150244.082,A,1343.2850,N,10047.0944,E,0.00,.,130906,.,*1D
$GPRMC,150245.081,A,1343.2851,N,10047.0942,E,0.00,.,130906,.,*18
$GPRMC,150246.081,A,1343.2853,N,10047.0940,E,0.00,.,130906,.,*1B
$GPRMC,150247.081,A,1343.2855,N,10047.0938,E,0.00,.,130906,.,*13

```

Connected 0:00:13 Auto detect 4800 B-N-1

รูปที่ 4.3 ประโยคอาร์เอ็มซีที่ได้ออกมาจากโมดูลจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองความแม่นยำของจีพีเอส

การทดลองนี้จะทำการเก็บค่าที่อ่านได้ออกมาจากโมดูลจีพีเอสทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 20 นาที โดยที่โมดูลจีพีเอสจะวางไว้ ณ ตำแหน่งเดิมตลอดเวลาซึ่งค่าที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าจากโมดูลจีพีเอสที่จุดเดียวกัน

เวลา	ละติจูด	ลองจิจูด
11.20	13.43283 N	100.47075 E
11.21	13.43281 N	100.47083 E
11.22	13.43284 N	100.47080 E
11.23	13.43282 N	100.47088 E
11.24	13.43283 N	100.47085 E
11.25	13.43286 N	100.47081 E
11.26	13.43286 N	100.47082 E
11.27	13.43282 N	100.47078 E
11.28	13.43282 N	100.47071 E
11.29	13.43287 N	100.47082 E
11.30	13.43286 N	100.47090 E
11.31	13.43286 N	100.47090 E
11.32	13.43284 N	100.47088 E
11.33	13.43286 N	100.47080 E
11.34	13.43285 N	100.47084 E
11.35	13.43286 N	100.47082 E
11.36	13.43292 N	100.47087 E
11.37	13.43285 N	100.47090 E
11.38	13.43290 N	100.47087 E
11.39	13.43291 N	100.47086 E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบพิกัดที่ได้จากแผนที่และพิกัดที่ได้จากเครื่องรับจีพีเอสแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบพิกัดที่ได้จากแผนที่และพิกัดที่ได้จากเครื่องรับจีพีเอส

ตำแหน่ง ที่ทำการ วัด	ค่าพิกัดที่ได้จากเครื่องรับจีพีเอส		ค่าพิกัดอ้างอิงจากแผนที่		ค่าความ แตกต่าง (เมตร)
	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	
ตึกเอ	13.436309 N	100.465865 E	13.434053 N	100.462023 E	61
ตึก E 12	13.436209 N	100.463442 E	13.434085 N	100.462023 E	56
สนาม กีฬา	13.438710 N	100.463017 E	13.435195 N	100.462089 E	57

ต่อมาเป็นการทดสอบการทำงานของโทรศัพท์มือถือ และทดลองการส่งเอสเอ็มเอส โดยใช้คำสั่งเอทีคอมมาน ผ่านทางโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล ไปยังหมายเลขปลายทางคือ 040202139 ข้อความคือ "TEST" โดยจะส่งในโหมดทีดียู ซึ่งผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.4

```

19200 - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
[Icons]
AT
OK
AT+CMGF=0
OK
AT+CMGF=1
ERROR
AT+CMGS=17
> 0011000A9166040212930000AA04D4E0940A+
+CMGS: 48
OK
Connected 0:03:23 Auto detect 19200 8-N-1 CAPS NUM Print

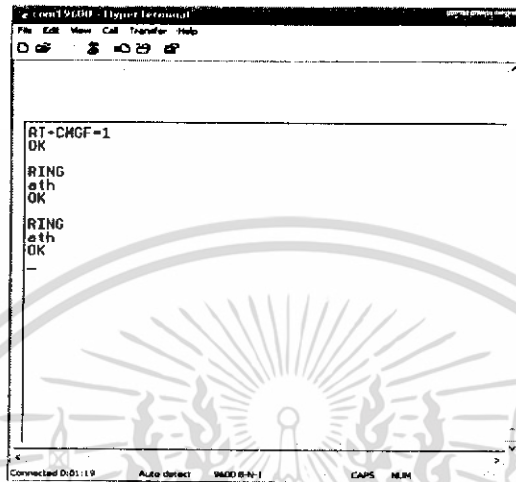
```

รูปที่ 4.4 ส่งเอสเอ็มเอสโดยใช้คำสั่งเอทีคอมมาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การตรวจสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในหัวข้อนี้จะตรวจสอบการทำงานของชิ้นงานและโปรแกรมที่ได้ทำการเขียนไว้ โดยในตอนแรกจะเป็นการกำหนดรูปแบบในการส่งเอสเอ็มเอสซึ่งจะกำหนดเป็นแบบเท็กซ์โหมด และทำการโทรเข้าไปยังชิ้นงานสายก็จะโดนตัดทิ้งตามโปรแกรมที่เขียนไว้ ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ตรวจสอบการทำงานของชิ้นงาน

จากนั้นทำการโทรไปยังชิ้นงานเพื่อที่ต้องการทราบว่าตอนนี้อยู่ที่พิกัดไหน เมื่อโปรแกรมตรวจสอบได้ว่ามีสายเรียกเข้ามาก็จะทำการตัดสายทิ้ง และรับค่าพิกัดที่ส่งมาจากโมดูลจีพีเอสและนำค่าที่ได้นั้นทำการส่งเอสเอ็มเอสไปยังหมายเลขปลายทางที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.6 จะเป็นคำสั่งและข้อความที่ส่งเอสเอ็มเอส รูปที่ 4.7 เป็นข้อความที่ได้รับเมื่อโมดูลจีพีเอสไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ และรูปที่ 4.8 เป็นข้อความที่ได้รับเมื่อโมดูลจีพีเอสสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ซึ่งพิกัดที่ได้คือ ละติจูด 13 องศา 43 ลิปดา 28.44 ฟลิปดา เหนือ และ ลองจิจูด 100 องศา 47 ลิปดา 8.35 ฟลิปดา ตะวันออก

## บทที่ 5

### บทวิจารณ์และบทสรุป

จากการทดลองระบบบอกตำแหน่งด้วยเครื่องรับจีพีเอสซึ่งจะช่วยบอกว่าในขณะนี้รถอยู่ในตำแหน่งไหน โดยประกอบไปด้วยโมดูลรับสัญญาณจีพีเอสและวงจรรินเตอร์เฟซซีเรียลพอร์ท (serial port interface) ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมเช่น พิกัดละติจูด, ลองจิจูด, วันที่และเวลาและค่าอื่นจากนั้นจะส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผล ซึ่งเมื่อมีการโทรเข้ามาก็จะนำเอาข้อมูลที่ส่งเอสเอ็มเอสไปยังหมายเลขปลายทางเพื่อนำไปหาพิกัดบนแผนที่ต่อไป

#### ปัญหาที่พบในการทดลอง

1. สายอากาศของโมดูลจีพีเอสจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่มองเห็นท้องฟ้าได้ คืออยู่ภายนอกตัวอาคารถึงจะรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ถ้าอยู่ในตัวอาคารค่าต่างๆที่รับได้จะเป็น 0 หกค
2. ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ เช่น ถ้ามีท้องฟ้ามีครึ้มหรือท้องฟ้าปิดก็จะไม่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ ดังนั้นเครื่องรับจีพีเอสจะทำงานได้เมื่อท้องฟ้าเปิด
3. สัญญาณจีพีเอสที่รับมาได้ในช่วงต้นนั้นอาจจะมีคลาดเคลื่อนอยู่เนื่องจากรับสัญญาณจากดาวเทียมอยู่ไม่กี่ตัวดังนั้นจะต้องรอสักครู่หนึ่งจะได้สัญญาณจีพีเอสที่ความแม่นยำขึ้นเนื่องจากโมดูลจะค้นหาดาวเทียมเพิ่มขึ้นเพื่อทำการบอกตำแหน่ง
4. ในการทำโปรแกรมแสดงผลพิกัดยังมีความผิดพลาดอยู่บ้างเพราะในการกำหนดพิกัดเริ่มต้นลงบนแผนที่เพื่อใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่

#### แนวทางพัฒนาต่อไป

1. อาจจะนำระบบจีพีอาร์เอส มาช่วยแจ้งเตือนเพื่อให้ทราบว่าจะอยู่ในตำแหน่งใด
2. ในอนาคตอาจจะมีกรนำเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดพกพา (Pocket PC) มาใช้งานแทนเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC) ซึ่งจะมีขนาดเล็ก สะดวกคล่องตัวมากขึ้นและสามารถที่จะพกพาไปไหนมาไหนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

1. รศ.สมยศ จุณณปิยะ, “การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51”  
คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546
2. ปริมาภรณ์ เนตรวิกรม, “เครื่องส่ง SMS ผ่านมือถือ”,หนังสือเซมิอิเล็กทรอนิกส์  
ฉบับที่ 267/2547



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

```
#include <REG51xD2.H>
#include <stdio.h>
void delay(unsigned char tick);
unsigned char dat=0,sub=0;
unsigned char x=0;
unsigned char t=0;
unsigned char i=0;
unsigned char xdata rmc[65]=0;
unsigned char xdata rg[62]=0;
unsigned char xdata rgl[45]=0;
unsigned char rdg[3]=0;
unsigned char k=0x1A;
unsigned char b='';
sbit s=P1^1;
sbit ss=P1^2;
sbit a=P1^0;
/***** Function Receive data from serial port *****/
unsigned char rx(void)
{
    unsigned char dat=0;
    while(~RI);
    dat = SBUF;
    RI = 0;
    return(dat);
}
/***** Function Delay *****/
void delay(unsigned char tick)
{
    unsigned char i,j;
    for(i=0;i<tick;i++)
        for(j=0;j<250;j++);
}
/***** Interrupt *****/
void sevice_ON1(void) interrupt 2
{
    printf("AT+CMGS=%c0866603655c",b,b);
    delay(250);
    delay(250);
    printf("SECURITY ALERT");
    printf("%c",k);
    printf("\r");
    delay(200);
}
/***** MAIN PROGRAM *****/
void main(void)
{
    a=0;
    x=1;
    PCON = 0x00;
    SCON = 0x50;
    TMOD = 0x20;
    TH1 = 0xFD;
    TR1 = 1;
    TI = 1;
    RI=0;
    IT0=1;
    IT1=1;
    EA=1;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

EX0=1;
EX1=1;
s=0;
ss=0;
printf("AT+CMGF=1\r\n ");delay(1);
s=1;
ss=1;
delay(50);
s=0;
ss=0;
EX0=0;
while(1)
{
    if(RI==1)
    {
        RI=0;
        rg[i]=SBUF;
        if(x==1)
        {
            if(rg[0]=='R')
            {
                t=1;
            }
            if(t==1 && rg[0]=='R')
            {
                i++;
                if(i>3)
                {
                    if(rg[0]=='R' && rg[1]=='I' &&
rg[2]=='N' && rg[3]=='G')
                    {
                        rdg[0]='a';
                        rdg[1]='t';
                        rdg[2]='h';
                        printf("%c%c%c\r\n",rdg[0],rdg[1],rdg[2]);
                        s=1;
                        ss=1;
                        delay(250);
                        delay(250);
                        delay(250);
                        s=0;
                        ss=0;

                        printf("AT+CMGS=%c0866603655%c\r",b,b);
                        s=1;
                        ss=1;
                        delay(50);
                        PCON = 0x00;
                        SCON = 0x50;
                        TMOD = 0x20;
                        TH1 = 0xFA;
                        TR1 = 1;
                        TI = 1;
                        RI=0;
                        s=0;
                        ss=1;
                        delay(250);
                        for(i=0;i<65;i++)
                        {
                            rmc[i]=rx();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## โปรแกรมการแสดงผลบนหน้าจอ

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing.Imaging;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.IO;
using System.IO.Ports;

namespace WindowsApplication1
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Graphics g = Graphics.FromHwnd(this.Handle);
            float lo1 = 10046.3071f;
            float lo2 = 10046.9803f;
            float la1 = 1343.8710f;
            float la2 = 1343.2994f;
            float x1 = 5, x2 = 900, y1 = 180, y2 = 690;
            float px, py;
            Pen pn = new Pen(Color.Red, 2);
            float X;
            float Y;
            X = float.Parse(textBox2.Text);
            Y = float.Parse(textBox1.Text);
            px = (((x2 - x1) * (X - lo1)) / (lo2 - lo1)) + x1;
            py = (((y2 - y1) * (la1 - Y)) / (la1 - la2)) + y1;
            g.DrawEllipse(pn, px - 1, py - 1, 2, 2);
            g.DrawEllipse(pn, px - 10, py - 10, 20, 20);
            if (px < 5 || px > 900 || py < 180 || py > 690)
            {
                MessageBox.Show("พิกัดอยู่นอกแผนที่", "Error");
            }
        }
        private void listBox1_SelectedIndexChanged(object sender,
        EventArgs e)
        {
        }
        private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
    }

    private void monthCalendar1_DateChanged(object sender,
    DateRangeEventArgs e)
    {
    }

    private void menuItem2_Click(object sender, EventArgs e)
    {
    }

    private void label1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
    }

    private void button2_Click_1(object sender, EventArgs e)
    {
        Graphics g = Graphics.FromHwnd(this.Handle);
        Rectangle rec = new Rectangle(5, 180, 895, 421);
        Bitmap image1 = new Bitmap(@"C:\Documents and
    Settings\Administrator\Desktop\bbbb11\map1.bmp", true);
        g.DrawImage(image1, 5, 180, 895, 510);
    }

    private void button3_Click_1(object sender, EventArgs e)
    {
        //aa:
        int i;

        //char rx[8];
        SerialPort port = new SerialPort("COM1", 9600,
    Parity.None, 8, StopBits.One);
        port.Open();// Open the port for communications
        for (i = 0; i < 10; i++)
        {
            port.Write("AT+CMNI \r\n");// Write a string
            //port.Write("SORNTHEP \r\n");
        }
        //listBox1.Items.Add(port.Read(char rx[8],0,4096));

        port.Close();
        //goto aa;
    }
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้