

การกำหนดเป้าหมายการเคลื่อนที่รถด้วยเครื่องรับ จีพีเอส
GPS Navigator Robot



โดย

นายนิกร จันทรพิบูลย์ รหัสประจำตัว 40010387
นายปฏิเวช เจริญลาภ รหัสประจำตัว 40010417
นาย วิทยา อภิวันทนา รหัสประจำตัว 40010732

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42269
วัน, เดือน, ปี 16 พ.ค. 2545

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

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

โครงการ ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การกำหนดเป้าหมายการเคลื่อนที่รถด้วยเครื่องรับ จีพีเอส

GPS Navigator Robot

ผู้จัดทำ

1. นาย นิกร จันทร์พิบูลย์ รหัสประจำตัว 40010387
2. นาย ปฎิเวธ เจริญลาภ รหัสประจำตัว 40010417
3. นาย วิทยา อภิวันทนา รหัสประจำตัว 40010732

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ พลศาสตร์ เดิศจรัสศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการ การกำหนดเป้าหมายการเคลื่อนที่รถด้วยเครื่องรับ จีพีเอส

GPS Navigator Robot

ชื่อนักศึกษา นายนิกร จันทร์พิบูลย์ รหัสประจำตัว 40010387

นายปฏิเวช เจริญลาภ รหัสประจำตัว 40010417

นายวิทยา อภิวันทนา รหัสประจำตัว 40010732

โครงการได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานและโครงการนี้คงจะสำเร็จลงไม่ได้ หากไม่ได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างยิ่งจาก บุคคลหลายๆ ท่าน เริ่มตั้งแต่การทำโครงการ ตลอดจนคำแนะนำในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จ สมบูรณ์ อันได้แก่

อาจารย์พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

อาจารย์จิรวัดน์ ปานกลาง

จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านและคำปรึกษาแนะนำตลอดมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	3
2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	3
2.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051	4
2.3 ชุดคำสั่งของ MCS-51	5
2.4 หน่วยความจำภายใน	5
2.5 หน่วยความจำภายนอก	5
2.6 ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์ (TIMER / COUNTER)	6
2.7 การอินเทอร์รัปต์ (Interrupt)	7
2.8 บอร์ด ANT-31PJ	7
2.8.1 คุณสมบัติของบอร์ด ANT-31PJ VERTION 2.0	7
2.8.2 รายละเอียดต่างๆบนบอร์ด	8
บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการของจีพีเอส	11
3.1 ภาพรวมของระบบ (System Overview)	11
3.1.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment)	11
3.1.2 ส่วนของสถานีควบคุม (Operation Control Segment)	13
3.1.3 สายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Uplink Antenna Facility)	15
3.2 การให้บริการของระบบจีพีเอส (GPS Services)	17
3.2.1 การบอกตำแหน่งแบบสมบูร์ณ (Precise Positioning Service;PPS)	17
3.2.2 การบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน(Standard Positioning Service;SPS)	18
3.3 ลักษณะของสัญญาณจากดาวเทียมในระบบจีพีเอส (GPS Satellite Signal)	18
3.3.1 Coarse/Acquisition Code (C/A)	18

3.3.2 P-Code	19
3.3.3 ข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message)	20
3.4 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS Receiver Operation)	21
3.4.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Tracking Selection)	22
3.4.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)	22
3.4.3 การถอดรหัสข้อมูล (Data Detection)	23
3.5 การคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ	23
3.6 การผิดพลาดในระบบ GPS	25
3.6.1 Ephemeris Data Error	26
3.6.2 Satellite Clock Error	26
3.6.3 Security Signal	26
3.6.4 Ionosphere Error	26
3.6.5 Troposphere Error	26
3.6.6 Multipath Error	26
3.6.7 Receiver Error	27
3.6.8 ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการจับกลุ่มของดาวเทียมที่ใช้ นำร่อง	27
3.7 พื้นฐานของการกำหนดพิกัดโดยใช้ดาวเทียม	30
3.8 จีโอดีติก ดาต้าม	35
3.8.1 การอ้างอิงโดยเอลลิปซอยด์ (Reference Ellipsoids)	35
3.8.2 รูปแบบจำลองพื้นผิวโลก (Earth Surface Model)	36
3.8.3 ระบบพิกัดอ้างอิงที่ใช้งานทั่วไป	37
3.9 มาตรฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร	40
3.9.1 รูปแบบประโยคตามมาตรฐานพอสังเขป	41
3.9.2 อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการติดต่อสื่อสาร	46
บทที่ 4 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์	48

	หน้า
4.1 วงจรการขับกำลังและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง	48
4.2 วงจรตรวจสอบการกดคีย์บอร์ด 16 คีย์	49
4.3 ไฟร์ซาร์ทแสดงวงจรทั้งหมด	50
4.4 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงแบบเอช (H)	50
บทที่ 5 โครงสร้างของซอฟต์แวร์	51
5.1 ไฟร์ซาร์ทของโปรแกรมหลัก	52
5.2 ไฟร์ซาร์ทการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ	53
5.3 ไฟร์ซาร์ทในส่วนของารรับค่าจากคีย์บอร์ด 16 คีย์	54
5.4 รับค่าตำแหน่งจาก GPS	55
5.5 ไฟร์ซาร์ทส่วนประมวลผลหาทิศทางในการเคลื่อนที่	56
5.6 การแยกกรณีในการหาทิศทางในการเคลื่อนที่	57
บทที่ 6 การทดลอง และผลการทดลอง	58
6.1 การทดลองการเคลื่อนที่ของรถไปยังตำแหน่งเป้าหมาย	58
6.2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของรถตามค่าพิกัดในการทดลองทั้ง 4 ครั้ง	61
บทที่ 7 สรุป และวิจารณ์ผล	64
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงภาพการใช้งานระบบ GPS	1
รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051	4
รูปที่ 2.2 แผนผังของหน่วยความจำภายในที่สามารถเข้าถึงข้อมูลแบบต่างๆได้	5
รูปที่ 2.3 แสดงตำแหน่งต่างๆบนบอร์ด ANT31-PJ V2.0	9
รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของระบบจีพีเอส	11
รูปที่ 3.2 แสดงกลุ่มดาวเทียมจีพีเอสโดยมีระนาบวงโคจร 6 ระนาบ	12
รูปที่ 3.3 แสดงภาพฉายของระนาบวงโคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง	12
รูปที่ 3.4 แสดงการทำงานในส่วนควบคุม	14
รูปที่ 3.5 แสดงสถานที่ตั้งของสถานีควบคุม	15
รูปที่ 3.6 แสดงการประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้	16
รูปที่ 3.7 แสดงสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียม	19
รูปที่ 3.8 แสดงภาพ Spectrum ความถี่ของสัญญาณจากดาวเทียม	20
รูปที่ 3.9 แสดงภาพข่าวสารการนำร่อง	21
รูปที่ 3.10 แสดงภาพบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณ GPS	22
รูปที่ 3.11 แสดงภาพการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนำร่อง	23
รูปที่ 3.12 แสดงภาพการตัดกันของระนาบวงโคจรดาวเทียมอันเป็นตำแหน่งของเครื่องรับ	25
รูปที่ 3.16 แสดงภาพ POOR GDOP	28
รูปที่ 3.17 ผลของ POOR GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่กว้างมาก	28
รูปที่ 3.18 แสดง GOOD GDOP	29
รูปที่ 3.19 ผลของ GOOD GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่แคบลง	29
รูปที่ 3.20 แสดงการหาความยาวของ Y เมื่อทราบความยาวของ X,Z และมุมต่าง ๆ	30
รูปที่ 3.21 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส	30
รูปที่ 3.22 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมมีรัศมี 22,000 กิโลเมตร	31
รูปที่ 3.23 แสดงการตัดกันของทรงกลมสองทรงกลม	31

	หน้า
รูปที่ 3.24 แสดงการตัดกันของทรงกลมสามทรงกลม	32
รูปที่ 3.25 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A และ B	33
รูปที่ 3.26 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A และ B ในกรณีที่เวลาเกิดผิดพลาดไป	33
รูปที่ 3.27 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A,B และ C ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป	34
รูปที่ 3.28 แสดงจุดตัดกันอย่างถูกต้องของดาวเทียม A,B และ C	34
รูปที่ 3.29 ตัวแปลของเอลลิปซอยด์ที่กำหนดตามมาตรฐานของ WGS – 84	36
รูปที่ 3.30 แสดงรูปแบบจำลองของพื้นผิวโลก	36
รูปที่ 3.31 แสดงระดับของจีออยด์	37
รูปที่ 3.32 แสดงการกำหนดเส้นไพร้อม เมอริเดียนและเส้นอีควเตอร์	38
รูปที่ 3.33 แสดงการกำหนดพิกัดแบบ ละติจูด ลองจิจูด และ ความสูง	38
รูปที่ 3.34 แสดงการกำหนดพิกัดแบบ ละติจูด ลองจิจูด และความสูง	39
รูปที่ 3.35 แสดงระบบ ECEF X,Y,Z	40
รูปที่ 4.1 วงจรขับกำลังและควบคุมทิศทางการหมุนมอเตอร์กระแสตรง	49
รูปที่ 4.2 วงจรตรวจสอบการกีดคีย์ และ คีย์บอร์ด	49
รูปที่ 6.1 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของรถตามผลการทดลองในตารางที่ 6.1.1	61
รูปที่ 6.2 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของรถตามผลการทดลองในตารางที่ 6.1.2	61
รูปที่ 6.3 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของรถตามผลการทดลองในตารางที่ 6.1.3	62
รูปที่ 6.4 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของรถตามผลการทดลองในตารางที่ 6.1.4	62
รูปที่ 6.5 แสดงเส้นทางเคลื่อนที่ของรถในสถานที่ทดลอง	63

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 6.1.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของรถครั้งที่ 1	58
ตารางที่ 6.1.2 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของรถครั้งที่ 2	59
ตารางที่ 6.1.3 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของรถครั้งที่ 3	60
ตารางที่ 6.1.4 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของรถครั้งที่ 4	60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดเป้าหมายการเคลื่อนที่รถด้วยเครื่องรับ จีพีเอส

นิกร จันทรพิบูลย์
ปฏิเวธ เจริญลาภ
วิทยา อภิวันทนา
อ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการประยุกต์ใช้เครื่องรับจีพีเอส (Global Positioning System) ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมรถสำรวจให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยเครื่องรับจีพีเอส จะเป็นอุปกรณ์ที่จะบอกตำแหน่งพิกัดบนโลกที่อยู่ในขณะนั้น และทำการส่งค่าไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และค่าพิกัดที่ต้องการเคลื่อนที่ไปนั้นจะถูกส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผ่านทางคีย์บอร์ด แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลเพื่อไปควบคุมการเคลื่อนที่ของรถสำรวจให้ไปยังพิกัดที่ต้องการได้

GPS Navigator Robot

Mr. Nikorn Junpiboon

Mr. Pativate Chalernlap

Mr. Wittaya Apiwantana

Mr. Ponlasat Lertprasert Advisor

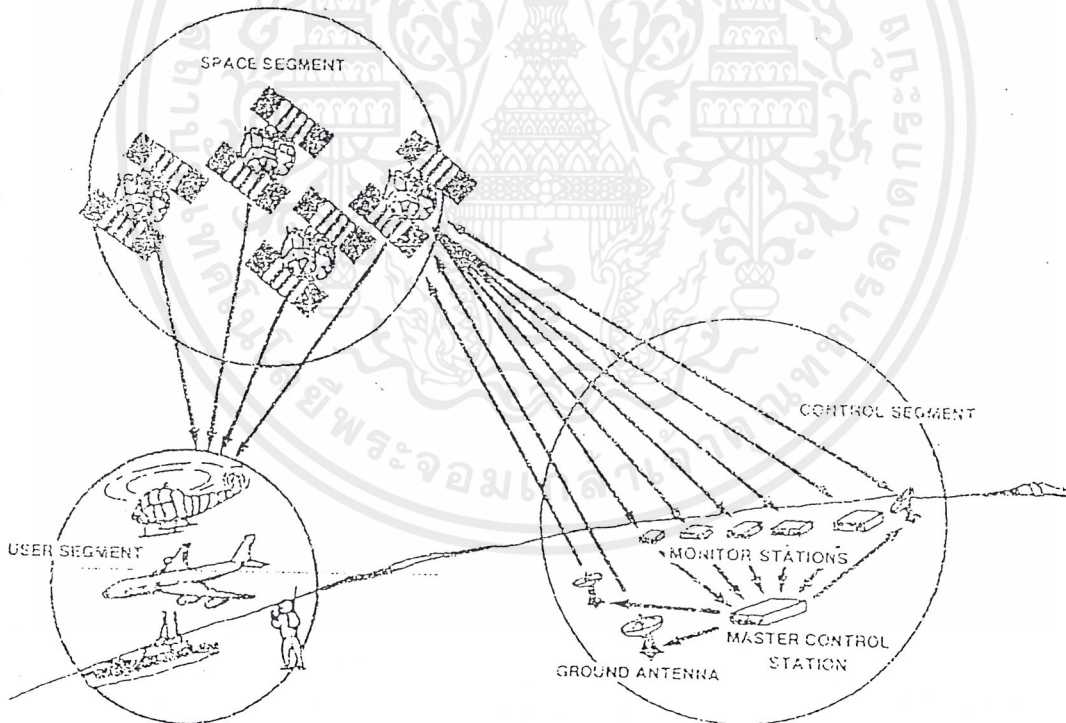
2000

ABSTRACT

This project is an application of using microcontroller and GPS (Global Positioning System) to control the robot can be go to destination. GPS Receiver can be display the value of position on earth, and can sent this value go to microcontroller. Microcontroller will receive the value of destination from keyboard, and the value of present position from GPS Receiver . Microcontroller will process to both values and control the robot go to destination.

บทที่ 1 บทนำ

ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกโดยใช้ดาวเทียมนำพาสตาร์หรือ จีพีเอส(The Global Positioning System(GPS)) เป็นระบบบอกตำแหน่งอ้างอิงกับพื้นโลก โดยการส่งคลื่นวิทยุจากดาวเทียมในอวกาศมายังภาคพื้นดินและใช้ความต่างของเวลาในการส่งรับสัญญาณระหว่างดาวเทียม (อย่างน้อย 4 ดวง) กับตัวรับสัญญาณ ในการคำนวณหาตำแหน่ง,ความเร็วและเวลา(Position,Velocity,Time) ให้กับผู้ใช้งานทั้งทางบก,ทางทะเล,ทางอากาศ และทางอวกาศ ตามปกติระบบจีพีเอส จะมีการใส่รหัสเพื่อให้เกิดความผิดพลาดเล็กน้อย เนื่องจากเดิมที่ผู้คิดค้นคือ ทางกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา นั้นต้องการนำระบบนี้มาใช้ในทางการทหาร แต่เนื่องจากที่ระบบนี้เป็นระบบเปิดคือสัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งออกมาโดยที่ผู้ใช้ทั่วไปสามารถรับและนำมาใช้ได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันการใช้งานในทางที่ผิด จึงมีการใส่รหัสเพื่อให้ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่จะได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ระบบจีพีเอสประกอบด้วย 3 ระบบหลัก คือ ส่วนของกลุ่มดาวเทียม(Space Segment),ส่วนสถานีควบคุม(Control Segment) และส่วนของผู้ใช้งาน(User Segment)



รูปที่ 1.1 แสดงภาพการใช้งานระบบ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของดาวเทียมประกอบด้วยหมู่ดาวเทียมนาฟสตาร์ 24 ดวงครอบคลุมพื้นที่รอบโลก โดยแต่ละดวงจะทำหน้าที่กระจายสัญญาณวิทยุ RF และส่งข้อมูลข่าวสารการนำร่อง (Navigation Data Message) ส่วนของสถานีควบคุมจะประกอบด้วยเครือข่ายสำหรับการติดตามดาวเทียม (Network of Monitoring) และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการติดตามควบคุม ซึ่งใช้ในการจัดการวงโคจรของดาวเทียม และอัปเดต (Update) ข้อมูลข่าวสารการนำร่องซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อรับ, ถอดรหัส, ประมวลผล และนำสัญญาณจากดาวเทียมไปประยุกต์ใช้งาน

เครื่องรับสัญญาณจะได้รับข้อมูลข่าวสารการนำร่องจากดาวเทียมทำให้ทราบถึงเวลาที่ใช้ในการส่ง รับและนำค่าเวลาที่ได้มาคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมและเครื่องรับ โดยหลักคือดาวเทียมจะส่งสัญญาณบอกค่าเวลา ณ เวลาที่ส่งสัญญาณออกมา เครื่องรับเมื่อได้รับสัญญาณจะได้ค่าเวลา ณ เวลาที่รับสัญญาณ โดยใช้สัญญาณเวลาจากตัวเครื่องรับเอง ดังนั้นจะได้ค่าเวลาที่ใช้ในการส่ง รับ และนำค่านี้ไปคำนวณระยะทางโดยค่าความเร็วของสัญญาณความถี่ย่าน RF ที่ใช้ส่ง รับจะเป็นค่าคงที่ที่ทราบอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อนำค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ และค่าความเร็วของสัญญาณมาคำนวณแล้ว จะได้ค่าระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณบนแนวระนาบพื้นผิวทรงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่ดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ในเวลาเดียวกัน เพื่อใช้ในการหาจุดตัดของสัญญาณจากดาวเทียม โดย ณ ตำแหน่งจุดตัดของสัญญาณดาวเทียมจำนวน 3 ดวงนั้นจะเป็นพิสัยในแกนสามมิติ และค่าสัญญาณจากดาวเทียมอีกหนึ่งดวงจะเป็นค่าพารามิเตอร์ของ ค่าความผิดพลาดของสัญญาณนาฬิกาของเครื่องรับ เมื่อเครื่องรับได้ทำการประมวลผลข้อมูลจากสัญญาณที่ได้จากดาวเทียมแล้วจะได้ค่าพารามิเตอร์ออกมา 3 ค่า ค่าตำแหน่ง (ละติจูดและลองจิจูด), ความเร็วและเวลา และจากข้อมูลที่เราสามารถประยุกต์ค่าข้อมูล เพื่อใช้ในการออกแบบควบคุมการนำร่องให้กับอุปกรณ์ยานยนต์ต่างๆ เช่น ควบคุมเส้นทางการบิน, เส้นทางเดินเรือและรถยนต์ ในปัจจุบันเทคโนโลยีสามารถพัฒนาจนเครื่องรับสัญญาณ GPS มีขนาดเล็กลงจนเป็นแบบเครื่องพกพาได้

เครื่องรับสัญญาณแบบพกพามีฟังก์ชันในการส่งข้อมูลออกโดยพอร์ทแบบอนุกรม ข้อมูลที่ส่งออกมาจะส่งในรูปแบบมาตรฐานโปรโตคอล NMEA 183 ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลของ ละติจูด, ลองจิจูด, ความสูง, เวลาและอื่นๆ ของเครื่องรับสัญญาณ จากค่าเหล่านี้เราสามารถออกแบบโปรแกรมในการกำหนดเส้นทางเดินที่ถูกต้องและสั้นที่สุดล่วงหน้า เพื่อแนะนำเส้นทางเดินรถแก่ผู้ใช้งานได้

บทที่ 2

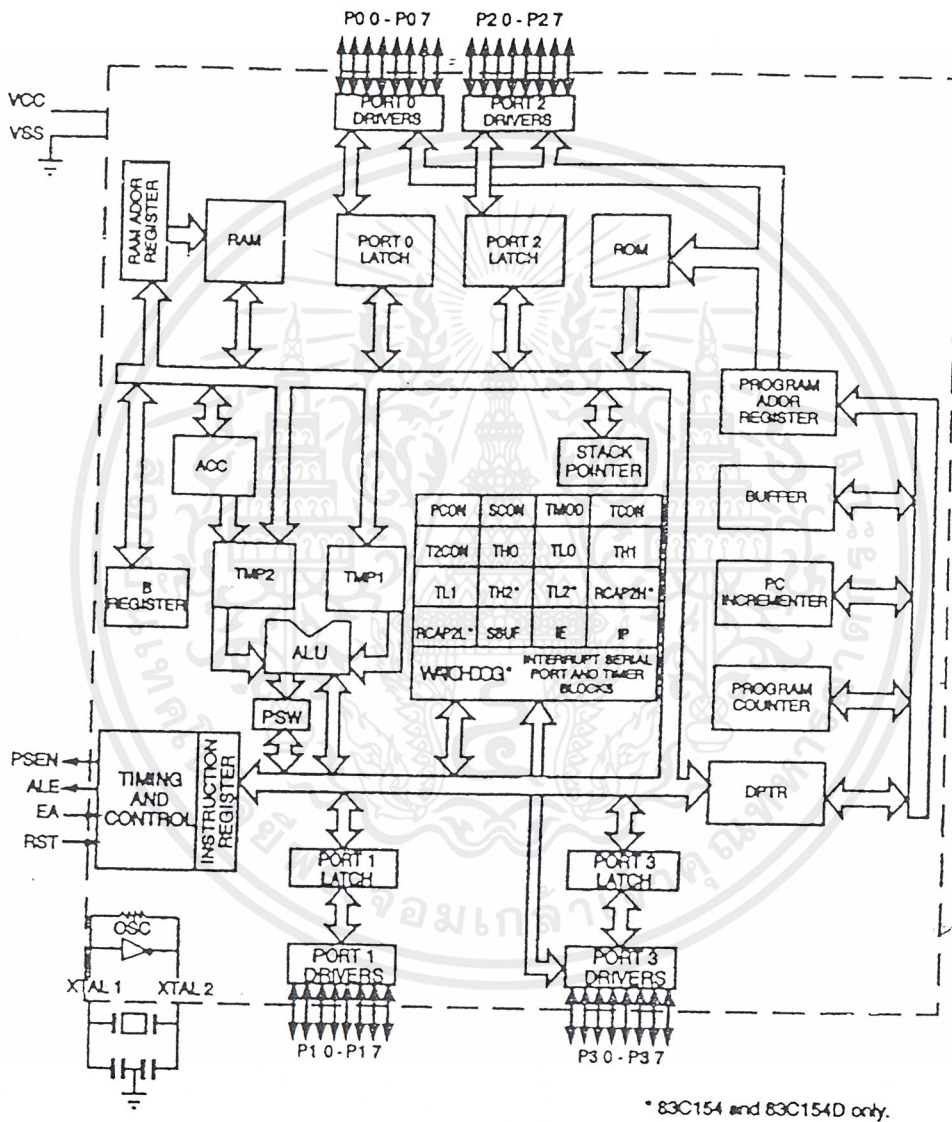
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5 V. ชุดเดียว
- มีหน่วยความจำโปรแกรมความจำขนาด 4 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031 สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031 สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมีถึง 256 ไบต์
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและ โปรแกรมแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีไทม์เมอร์ เคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิต 2 ชุด (สำหรับ 8052 มี 3 ชุด) ทำงานได้ 4 โหมด
- รับอินเทอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมี 8 แหล่ง 6 เวกเตอร์
- มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม(UART) 2 พอร์ตแบบ Full Duplex เลือกรูปได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งในการทำ AND,OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิตและ 1 บิต

2.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051

MCS-51 ใช้เทคโนโลยีการผลิตเป็นแบบ NMOS และ CMOS ซึ่งโครงสร้างภายในสำหรับเบอร์ 8051 แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

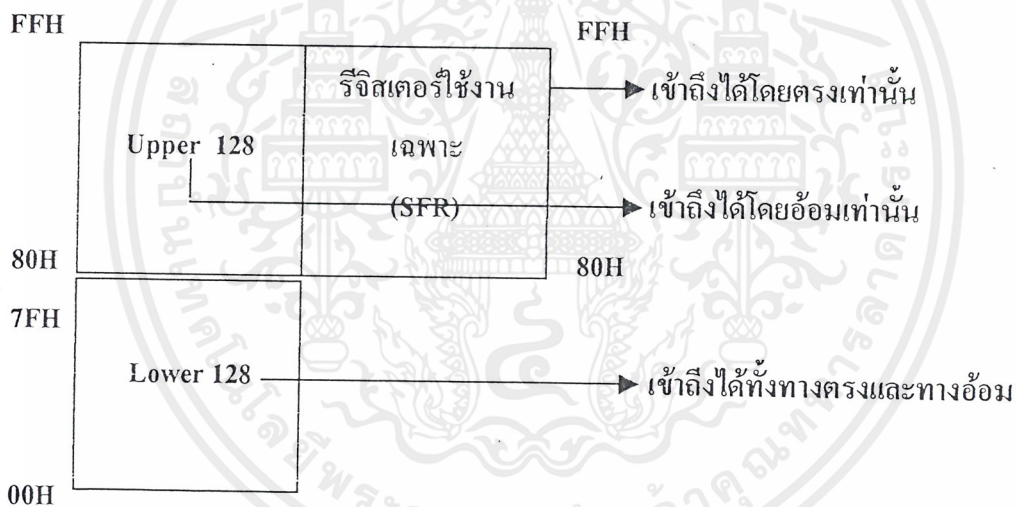
2.3 ชุดคำสั่งของ MCS-51

เราสามารถแบ่งกลุ่มคำสั่งออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

- กลุ่มคำสั่งในการเคลื่อนย้ายข้อมูล
- กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์
- กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์
- กลุ่มคำสั่งควบคุมลำดับการทำงาน

2.4 หน่วยความจำภายใน

พื้นที่ของหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ด้วยวิธีเดียวกันได้ โดยแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนผังของหน่วยความจำภายในที่สามารถเข้าถึงข้อมูลแบบต่างๆ ได้

2.5 หน่วยความจำภายนอก

เนื่องจากหน่วยความจำภายในมีความจุน้อยเมื่อต้องการขยายหน่วยความจำให้มากขึ้น จึงต้องต่อหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเข้าไปด้วย ซึ่งคำสั่งที่จะใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกคือ MOVX จะใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บข้อมูล(RAM) และคำสั่ง MOVE จะใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บโปรแกรม(ROM) และเนื่องจากรีจิสเตอร์ Ri ระบุแอดเดรสได้ในช่วง 00-FFH เท่านั้น ดังนั้นตำแหน่งที่สูงกว่านี้จะใช้รีจิสเตอร์ DPTR ซึ่งระบุแอดเดรสได้ในช่วง 0000-FFFFH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า : ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ (TIMER / COUNTER)

การทำงานของไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ TMOD และ TCON

- Timer / Counter Mode Control Register (TMOD) อยู่ใน Special Function Register(SFR) ตำแหน่งที่ 89H

GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0
------	-----	----	----	------	-----	----	----

TIMER1

TIMER0

GATE เป็นบิตเลือกการสตาร์ท แบบควบคุมโดย ซอร์ฟแวร์ หรือ ฮาร์ดแวร์

ซอร์ฟแวร์

$$INT_x = X$$

$GATE_x = 0$ การสตาร์ทไทเมอร์ หรือ เคาน์เตอร์เริ่มเมื่อ $TR_x = 1$

ฮาร์ดแวร์

$$TR_x = 1$$

$GATE_x = 1$ การสตาร์ทไทเมอร์ หรือ เคาน์เตอร์เริ่มเมื่อ $INT_x = 1$

C/T เป็นบิตเลือกการทำงาน เป็น 0 จะทำหน้าที่เป็นเคาน์เตอร์ และถ้าเป็น 1 จะเป็นไทเมอร์

M0,M1 เป็นบิตเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์มีอยู่ 4 โหมด

- Timer Counter Control Register(TCON) อยู่ใน SFR ในตำแหน่งที่ 088H

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

TF1 บิตแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์1

TR1 บิตควบคุมการนับของไทเมอร์ 1 ควบคุมจากโปรแกรม

IE1 แฟล็กซ์แสดงการเกิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์ (Interrupt) ภายนอกหมายเลข 1 เมื่อมีสัญญาณอินเทอร์รัปต์เข้ามาที่ขา INT1

IT1 บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นที่ขา INT1

1 จะตรวจสอบการเปลี่ยนระดับแบบขอบขาลงที่ขา INT1

0 จะตรวจสอบระดับศูนย์ของสัญญาณที่ขา INT1

2.7 การอินเทอร์รัปต์ (Interrupt)

คือการขัดจังหวะ โปรแกรมชั่วคราวแล้วมาทำโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์(Interrupt Service Routine;ISR)อินเทอร์รัปต์ของ MCS-51 ได้มาจาก 6 แหล่งแต่มีเพียง 5 เวกเตอร์ สำหรับเบอร์8031,8051 สำหรับเบอร์ 8032,8052 ขึ้นไปจะมี 8 แหล่ง 6 เวกเตอร์(เพิ่ม Timer/Counter2 เข้ามา) ดังตารางที่ 2.1

ลำดับ	ชื่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์	Vector Address	Priority
1	IE0(จากขา INT0)	0003H	/////
2	TF0(Timer/Counter0)	000BH	////
3	IE1(จากขา INT1)	0013H	////
4	TF1(Timer/Counter1)	001BH	///
5	TI+TR(จาก Serial Port)	0023H	//
6	TF2+EXF2(จาก Timer/Counter2)	002BH	/

(TF2+EXF2) มีเฉพาะในเบอร์ 8052 ขึ้นไป

ตารางที่ 2.1 แสดงที่มาของสัญญาณอินเทอร์รัปต์

2.8 บอร์ด ANT-31PJ

2.8.1 คุณสมบัติของบอร์ด ANT-31PJ VERTION 2.0

CPU	8031(ON BOARD),87C51FA,89C51,89C52,DS5000T	
CLOCK	11.0592 MHz	
MEMORY	U2 0/32K EPROM SOCKET(2764,27128,27256) ADDRESS 0000H-7FFFH (PMEM 27256)	
	U3 8/30K RAM PMEM+DMEM (6264,62256) ADDRESS 8000-80FFH(DMEM),8100H-F7FFH(PMEM)	
PORT	24 BIT 8255 USER PORT	(26 PIN CONNECTOR)
	LCD PORT (DOT MATRIX ONLY)	(20 PIN CONNECTOR)
	SERAIL RS232 (DS275=OPTION)	(3 PIN CONNECTOR)
	SERAIL RS485 (75176=OPTION)	(2 PIN CONNECTOR)
RESET	MAX1232(WATCHDOG)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON BOARD	12-PIN 5VDC CONNECTOR 2 TEST POINT FOR CLIP(VCC,GND) 4" * 2" WORKING AREA PCB
JUMPER	WATCHDOG(EN,DIS) EA(INT,EXT) DS5000T(R,P) ROM U2(2764,27128,27256) RAM U3(6264,62256)
POWER	5VDC CURRENT 80mA (WITH 27C256 EPROM) 5VDC 220Ma (FULL OPTION)
SIZE	4" * 5.5"

2.8.2 รายละเอียดต่างๆบนบอร์ด

หน่วยความจำ

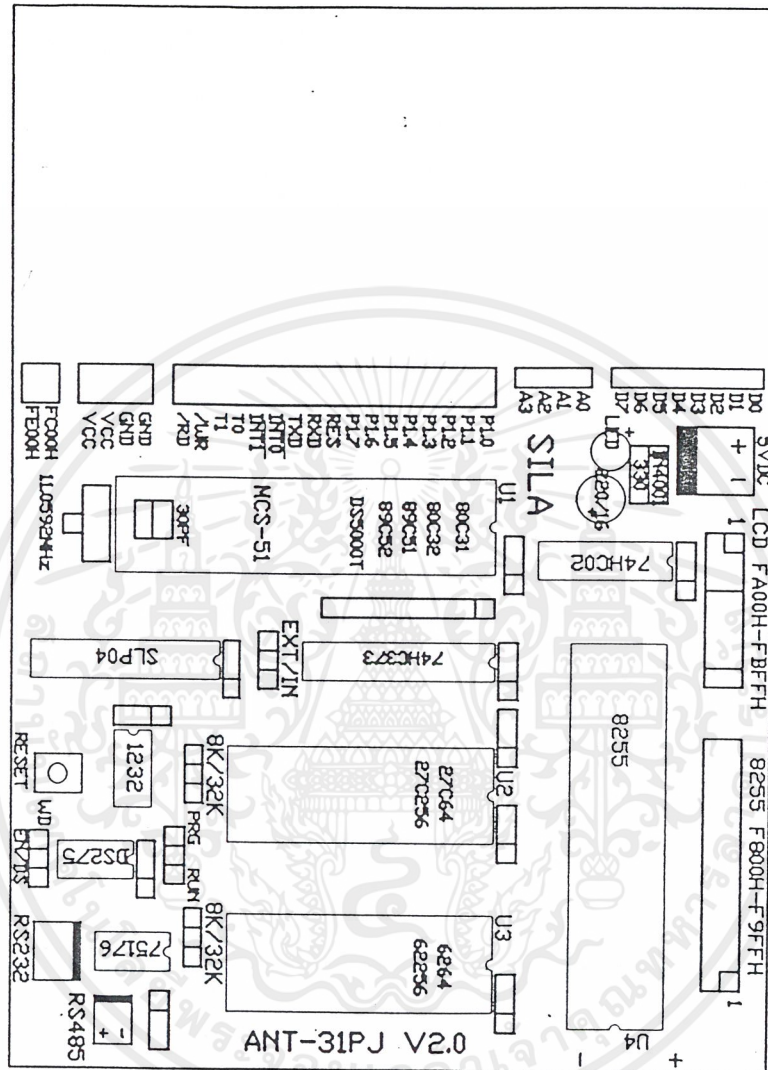
การจัดหน่วยความจำบนบอร์ด ANT31-PJ แบ่งได้เป็น 2 SOCKET โดยสามารถใส่หน่วยความจำได้สูงสุดถึง 64 กิโลไบต์ และสามารถเลือกแบบเบอร์ต่างๆได้ดังนี้

SOCKET	ขนาดหน่วยความจำ	เบอร์หน่วยความจำที่ใช้ได้	แนวทางการใช้งาน
U2	8-32K	2764 , 27128 , 27256	โปรแกรมมอนิเตอร์
SOCKET	ขนาดหน่วยความจำ	เบอร์หน่วยความจำที่ใช้ได้	แนวทางการใช้งาน
U3	8-32K	6264 , 62256	สำหรับเก็บข้อมูลหรือใช้ทดสอบโปรแกรม

การเลือก ADDRESS ของ U3 นี้สามารถเลือกได้เป็น 2 ช่วง

1. ADDRESS 0000H-1FFFH โดยจะมองเห็นหน่วยความจำเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลเท่านั้น ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั่วไป

2. ADDRESS 8000H-9FFFH โดยจะมองเห็นหน่วยความจำเป็นทั้ง หน่วยความจำเก็บข้อมูล และ หน่วยความจำเก็บโปรแกรม ซึ่งใช้งานได้ทั่วไป ขณะที่ใช้กับ REM31 ได้ด้วย โดยจะทำให้การพัฒนาโปรแกรมทำได้สะดวก



รูปที่ 2.3 แสดงตำแหน่งต่างๆบนบอร์ด ANT31-PJ V2.0

8255 INPUT/OUTPUT PORT

บอร์ด ANT31-PJ มีหน่วย INPUT/OUTPUT อยู่ 1 ตัวซึ่งผู้ใช้สามารถใช้งานได้อย่างอิสระ ซึ่งใช้เบอร์ 8255 โดยต่อออกไปประยุกต์ใช้งานต่างๆได้ตามต้องการ ADDRESS ของ 8255 จะจัดอยู่ในส่วนหน่วยความจำเก็บข้อมูล โดยใช้ ADDRESS ดังต่อไปนี้

PORT	ADDRESS
PORT A	F800H
PORT B	F801H
PORT C	F802H
CONTROL	F803H

การใช้งาน 8255 นี้จำเป็นต้องส่ง CONTROL CODE ไปยัง CONTROL PORT ก่อนเริ่มต้นใช้งาน ซึ่งจะเป็นการกำหนดคุณสมบัติต่างๆของ PORT A,B,C ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้จาก DATA SHEET ของ 8255

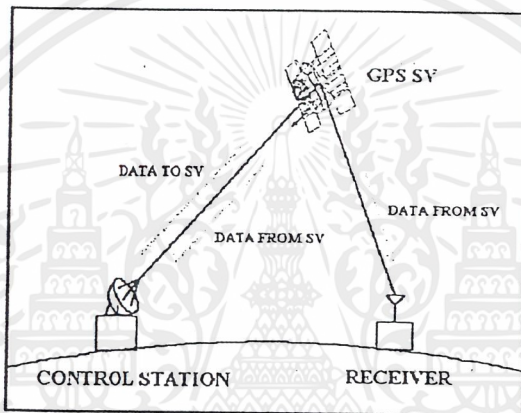


บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการของจีพีเอส

3.1 ภาพรวมของระบบ (System Overview)

ระบบ จีพีเอส ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

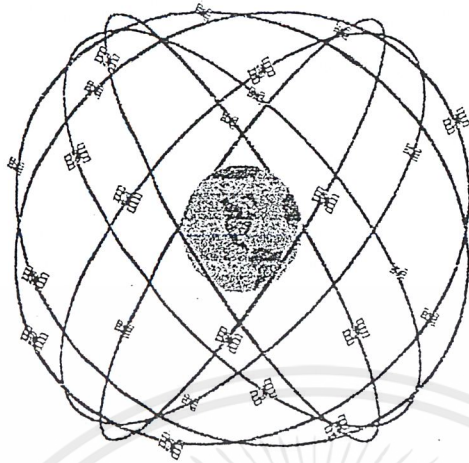
- 3.1.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม(Space Segment)
- 3.1.2 ส่วนสถานีควบคุม(Operation Control Segment)
- 3.1.3 ส่วนของผู้ใช้(User Receiving Segment)



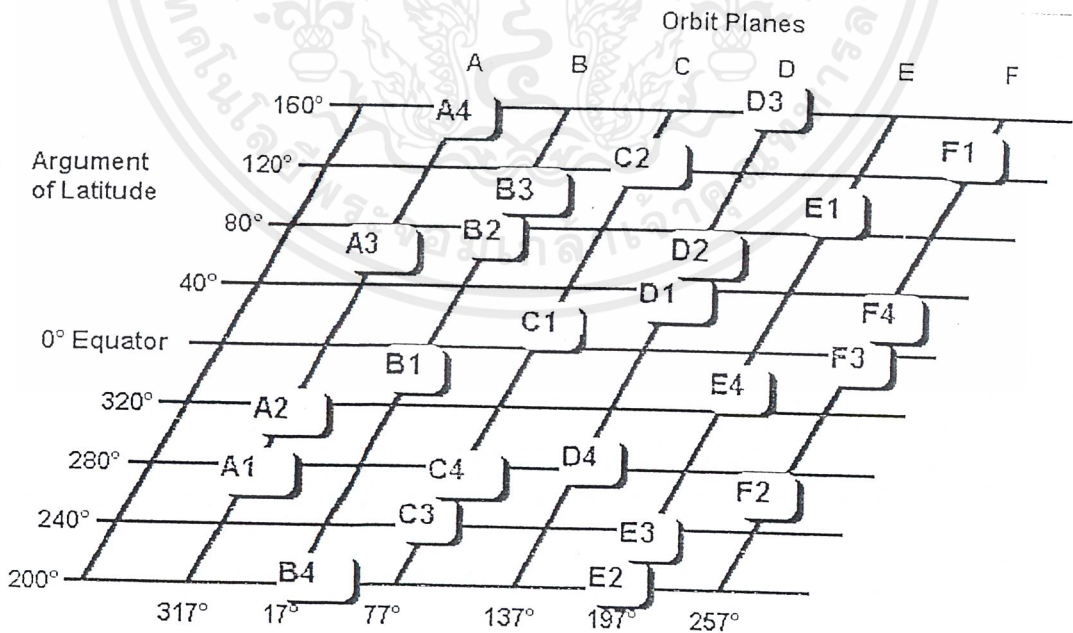
รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของระบบจีพีเอส

3.1.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม(Space Segment)

ส่วนของกลุ่มดาวเทียมจีพีเอส ประกอบด้วยกลุ่มดาวเทียมนาฟตาร์ 24 ดวง ในวงโคจรเซมิซิงโครนัส(Semi Synchronous Orbit) (ประมาณ 12 ชั่วโมง) หดดาวเทียมจะถูกจัดใน 6 ระนาบวงโคจร ซึ่งจะมีดาวเทียม 4 ดวง ในแต่ละระนาบวงโคจรจะมีมุมเอียง(Inclination Angles) 55 องศาสัมพันธ์กับเส้นศูนย์สูตร(Equator) ของโลกและดาวเทียม โดยจะมีความสูงเฉลี่ยของการโคจร 20,000 กิโลเมตร(10911 Nautical Miles) เหนือผิวโลก



รูปที่ 3.2 แสดงกลุ่มดาวเทียมจีพีเอสโดยมีระนาบวงโคจร 6 ระนาบแต่ละระนาบจะมีดาวเทียมอยู่ 4 ดวง ดาวเทียมจะโคจร 1 รอบใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที โดยจะวนตามเส้นทางเหนือขั้วโลกซ้ำกันทุกๆ 23 ชั่วโมง 56 นาที ผู้ใช้อยู่ ณ ตำแหน่งคงที่บนพื้นดิน จะเห็นดาวเทียมดวงเดิมในแต่ละวันผ่านเส้นทางเดิมในท้องฟ้า แต่ดาวเทียมจะขึ้นและตกเร็วขึ้น 4 นาที ในแต่ละวันเนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง ดาวเทียมจะถูกวางตำแหน่งในระบบวงโคจรที่จะทำให้ดาวเทียม 4 ดวงในระนาบนั้นสามารถบอกตำแหน่ง ณ จุดสังเกตได้ในทุกๆ ที่บนโลก



รูปที่ 3.3 แสดงภาพฉายของระนาบวงโคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อความสะดวกในการอ้างถึงดาวเทียม จะมีวิธีการอ้างถึง 3 วิธี คือ

-กำหนดตัวอักษร A-F ให้กับระนาบในแต่ละระนาบและ 1-4 ให้กับดาวเทียมในระนาบ

-กำหนดโดยใช้หมายเลขดาวเทียมนาฟสตาร์ ที่ถูกกำหนดโดย U.S. Air Force ในการบ่งชี้ดาวเทียม

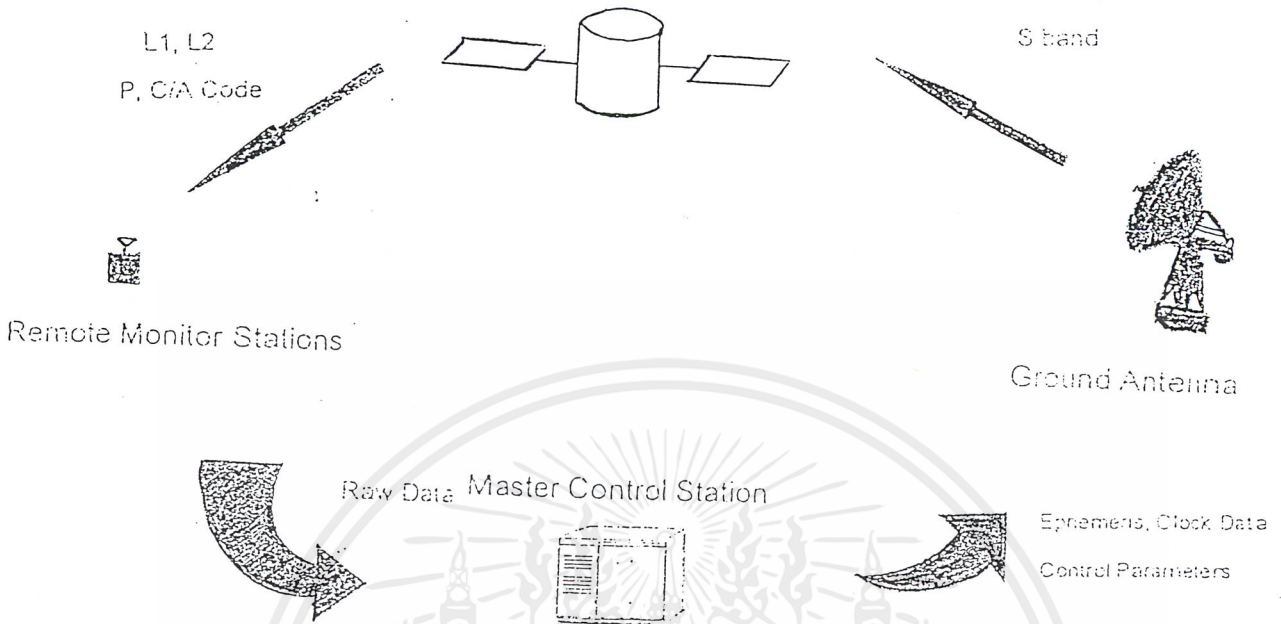
-กำหนดโดยใช้รหัสสุโดแรนคอม (Pseudorandom Code) ดาวเทียมแต่ละดาวจะมีรหัสสุโดแรนคอมที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้ความต่างนี้ในการอ้างถึงดาวเทียมได้

ดาวเทียมจะส่งสัญญาณเพื่อวัฏระยะทางออกมาในบนความถี่ D-Band 2 ย่าน คือ Link1 (L1) ที่ 1575.42 MHz และ Link2 (L2) ที่ 1227.6 MHz สัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งโดยใช้เทคนิคสเปกตรัม (Spread Spectrum) โดยใช้รหัสที่แตกต่างกันอยู่ 2 รหัส คือ รหัส C/A (coarse/acquisition code) ที่มีความถี่ 1.023 MHz บน L1 และรหัส P (Precision code) ความถี่ 10.23 MHz บนทั้ง L1 และ L2 รหัส C/A และรหัส P นี้ สามารถถูกใช้เพื่อบอกระยะทางระหว่างดาวเทียมกับผู้ใช้งานได้ แต่อย่างไรก็ตาม ปกติรหัส P จะถูกเข้ารหัสไว้ และสามารถที่จะใช้บอกระยะทาง ระหว่างทางการเท่านั้น รหัส P ที่ถูกเข้ารหัสอีกครั้งเรียกว่า รหัส Y ส่วนข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message) คือข้อมูลไบอัส สัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม (Satellite Clock-Data) ข้อมูลอีพีมอริส (Satellite Ephemeris Data) สำหรับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณข้อมูลที่ใช้แก้ไขข้อผิดพลาด ที่เกิดจากการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ ไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere Signal-Propagation Correction Data) ข้อมูลอัลมาเนคของดาวเทียม (Satellite Almanac Data) สำหรับดาวเทียมทุกดวงในกลุ่ม

3.1.2 ส่วนของสถานีควบคุม (Operation Control Segment)

ส่วนของสถานีควบคุมมีส่วนรับผิดชอบการทำงานของดาวเทียมจีพีเอส เช่นการรักษาตำแหน่งดาวเทียม (Station Keeping), ตรวจสอบสภาพและระบบต่างๆบนดาวเทียม, ตรวจสอบแสงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell), ระดับพลังงานของแบตเตอรี่, การเปิดดาวเทียมสำรอง, ปรับปรุงข้อมูลเวลา, ข้อมูลอีพีมอริส (Ephemeris), ข้อมูลอัลมาเนค (Almanac) และตัวชี้ค่าอื่นๆ ในข่าวสารการนำร่องวันละครั้ง หรือตามแต่ความจำเป็น

ส่วนควบคุมประกอบด้วย 3 ส่วน คือ สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station) สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station) และจานสายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Antenna)



รูปที่ 3.4 แสดงการทำงานในส่วนควบคุม

3.1.2.1 สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station)

สถานีสังเกตการณ์จะมีเครื่องรับสัญญาณ จีพีเอสทั้ง 2 ความถี่(L1 และ L2) โดยจะทำการวัดค่าซุโดเรนจ์ และ เคลตคาร์เรนต์ ของแต่ละดาวเทียมที่ผ่านสถานีและ มีนาฬิกา Cesium 2 ตัวที่ติดตั้งเวลาเพื่อใช้ในการอ้างอิงกับเวลาของระบบจีพีเอส

สัญญาณจากดาวเทียมที่ส่งมาถึงสถานีสังเกตการณ์นั้นมีการหักเหและล่าช้าในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ และ โทรโปสเฟียร์ เรียกการล่าช้านี้ว่าไอโอโนสเฟียร์ดีเลย์ (Ionosphere Delay) และ โทรโปสเฟียร์ดีเลย์ (Tropospheric Delay) การล่าช้านี้จะทำให้เกิดการผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งการแก้ไขนั้นสถานีสังเกตการณ์จะรวบรวมข้อมูลจากสัญญาณที่ได้รับทั้ง 2 ความถี่ อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และจะส่งไปยังสถานีควบคุมหลักโดยกรมอวกาศของสหรัฐอเมริกา เพื่อทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดและหาข้อมูลที่ต้องใช้ต่อไป

3.1.2.2 สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station)

สถานีควบคุมหลักมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูล ที่ได้รับจากสถานีสังเกตการณ์เพื่อตรวจสอบและกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูลอีพีมอริสให้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเริ่มจากแก้ไขค่าชดเชยโคเรนต์ที่เกิดจากการล่าช้าเนื่องจากการผ่านชั้นบรรยากาศ ของทุกๆสถานีสังเกตการณ์จากนั้น จึงนำไปผ่านคาลมานฟิลเตอร์(Kalman Filter) เพื่อให้ได้ค่าอิพีมอริสและค่าการเคลื่อนของสัญญาณนาฬิกาที่ถูกต้องโดยฟิลเตอร์จะถูกอัปเดตทุกๆ 15 นาทีด้วยค่าตำแหน่งของดาวเทียมที่ถูกคำนวณในระบบโคออดิเนตแบบเอิร์ธเซนเตอร์เอิร์ธฟิกซ์ (Earth-Center Earth-Fixed(ECEF)) สถานีควบคุมหลักจะเป็นศูนย์กลางในการทำงานของส่วนควบคุม ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศ Falcon,Colorado Spring,CO. ส่วนสถานีสังเกตการณ์จะกระจายอยู่ตามที่ต่างๆ เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมในย่าน L-Band และจะส่งสัญญาณเตือนไปยังสถานีควบคุมหลักภายใน 60 วินาทีหากตรวจพบความผิดพลาด



รูปที่ 3.5 แสดงสถานที่ตั้งของสถานีควบคุม

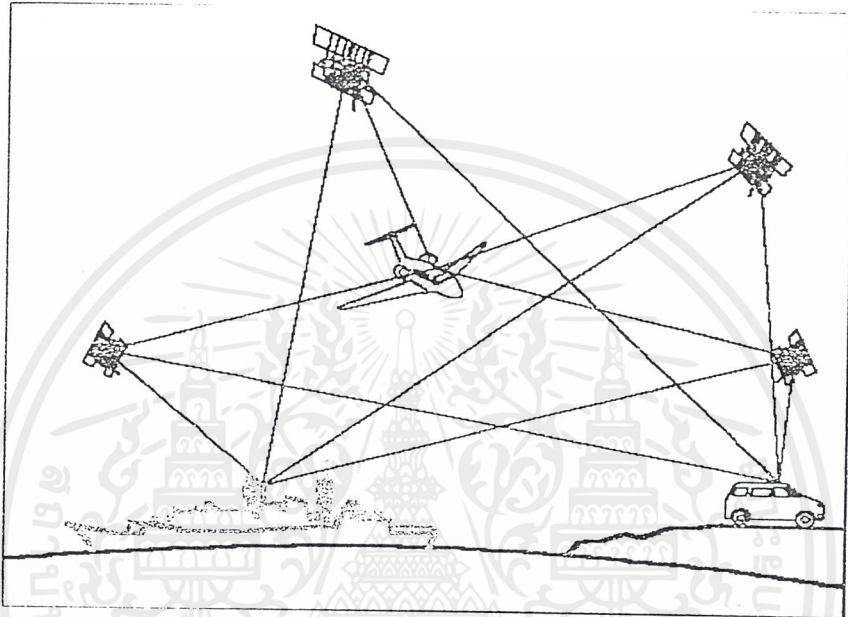
3.1.2.3 สายอากาศภาคพื้นดิน(Ground Uplink Antenna Facility)

ส่วนของสถานีสายอากาศภาคพื้นดินจะทำการส่งคำสั่ง ข้อมูลการนำร่อง และข้อมูลอื่นๆ ที่เรียกว่า TT&C (Telemetry, Tracking and Command) ซึ่งเตรียมพร้อมโดยสถานีควบคุมหลักสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังสถานีสายอากาศภาคพื้นดิน และเก็บไว้จนกว่าดาวเทียมดวงที่ต้องการส่งข้อมูล จะผ่านมาโดยจะส่งคลื่นความถี่ S-Band โดยสถานีสายอากาศจะตั้งอยู่คู่กับสถานีสังเกตการณ์

3.1.3 ส่วนของผู้ใช้(User Receiving Segment)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของผู้ใช้นั้น ส่วนประกอบที่สำคัญคือ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส โดยจะรับสัญญาณ L-Band ที่ถูกส่งมาจากดาวเทียมและนำมาคำนวณเพื่อหาค่าตำแหน่ง, ความเร็วและเวลา (Position, Velocity, Time) ของเครื่องรับจากนั้นจะนำค่าไปประยุกต์ใช้งานตามแต่ลักษณะการใช้งาน



รูปที่ 3.6 แสดงการประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้

ส่วนประกอบหลักของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส จะประกอบไปด้วย สายอากาศ, เครื่องรับ (Receiver), โปรเซสเซอร์, อุปกรณ์อินพุต-เอาต์พุต

3.1.3.1 สายอากาศ(Antenna)

สัญญาณดาวเทียมจะถูกรับเข้ามาผ่านสายอากาศที่มีโพลาไรซ์ของคลื่นแบบวงหมุนวนขวา (Right Hand Circular Polarized) และรับได้ในช่วงครึ่งวงกลม เนื่องด้วยสัญญาณจากดาวเทียมเป็นแบบหมุนวนขวาเสาอากาศแบบ โคนิคอลเฮลิคซ์ (Conical Helix Antenna) จึงเหมาะสมเครื่องรับจีพีเอสที่แทรกครหัส P(Y) ที่อยู่ทั้งใน L1 และ L2 สายอากาศและเครื่องรับต้องมีแบนด์วิดท์ 20.46 MHz ถ้าเครื่องรับแทรกสัญญาณ C/A ที่อยู่ใน L1 สายอากาศและเครื่องรับต้องมีแบนด์วิดท์ 2.046 MHz

3.1.3.2 เครื่องรับ(Receiver)

เครื่องรับจะรับสัญญาณอานาลอกจากสายอากาศ แล้วทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยใช้ A/D คอนเวอร์เตอร์ โดยอัตราการสุ่มตัวอย่างทั่วไปจะเป็นแปดถึงสิบสองเท่าของอัตราการชิพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส PRN (1.023 MHz) สำหรับรหัส C/A ใน L1 และ L2) โดยอัตราการสุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดจะเป็น 2 เท่าของแบนด์วิดท์สูงสุดของข่าวสาร สำหรับเครื่องรับที่แทรกเฉพาะรหัส C/A แบนด์วิดท์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 2 MHz ในเครื่องรับที่ทำการแทรกรหัส P(Y) แบนด์วิดท์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 20 MHz ข้อมูลหลังการแซมปลิงจะถูกส่งต่อไปยังดิจิทัลซิกแนลโปรเซสเซอร์ (Digital Signal Processor(DSP)) เพื่อทำการดิมอดคูเลตข้อมูลข่าวสารออกจากคลื่นพาหะ ค่าที่วัดได้และข่าวสารการนำร่องจะถูกส่งต่อไปยัง โปรเซสเซอร์

3.1.3.3 โปรเซสเซอร์ (Processor)

โปรเซสเซอร์จะทำการควบคุมการทำงานของเครื่องรับ โดยเริ่มจากค้นหาสัญญาณแทรกสัญญาณและดึงข้อมูลออกจากสัญญาณ จากนั้นจะทำการประมวลผลเพื่อหาค่าตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาของเครื่องรับ (PVT) ในเครื่องรับสัญญาณส่วนใหญ่จะได้ค่า PVT ด้วยความถี่ 1 Hz แต่ในเครื่องรับ ที่ใช้ในด้านการควบคุมจะต้องการความถูกต้องและผลตอบสนองที่เร็วกว่า ด้วยความถี่อย่างน้อย 5 Hz

3.1.3.4 อุปกรณ์อินพุต เอาท์พุต(Input-Output Element)

อุปกรณ์อินพุต เอาท์พุต เป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟซระหว่างชุดเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสกับผู้ใช้อุปกรณ์อินพุตเอาท์พุต จะทำการในส่วนของ การควบคุมและแสดงผล แสดงสถานะและค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามลักษณะที่ถูกออกแบบมา โดยส่วนใหญ่อุปกรณ์อินพุต เอาท์พุตจะถูกรวมไว้กับแผงควบคุม แต่ในเครื่องรับขนาดพกพาอุปกรณ์อินพุต เอาท์พุต จะถูกรวมเข้าไว้กับเครื่องรับสัญญาณเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

3.2 การให้บริการของระบบจีพีเอส (GPS Services)

ในการให้บริการระบบจีพีเอสนี้แบ่งการให้บริการออกเป็นสองระดับ คือ การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ (Precise Position Service(PPS)) และการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน (Standard Positioning Service(SPS))

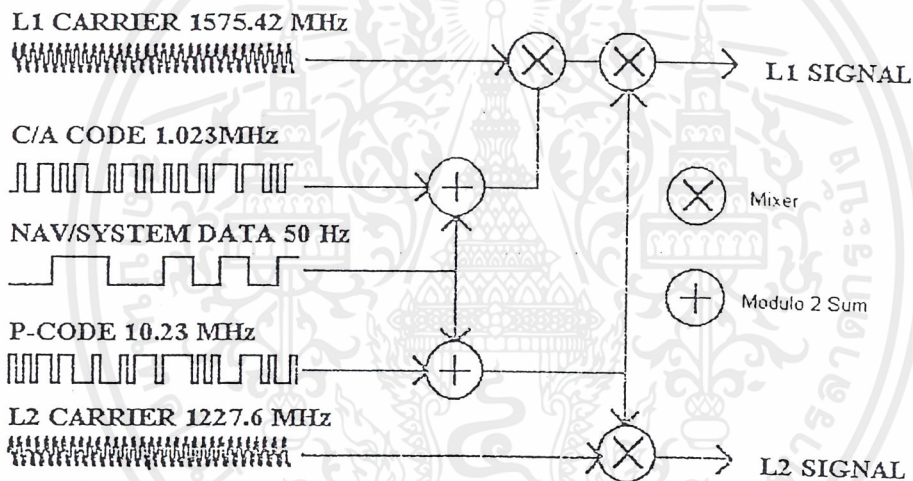
3.2.1 การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ (Precise Positioning Service(PPS))

การให้บริการแบบPPSจะเน้นไปในทางทหาร โดยจะต้องได้รับการอนุมัติจาก U.S. Department of Defense (DOD) ผู้ที่ได้รับอนุญาต เช่น U.S. Military, NATO Military และกองทัพอื่นๆหรือพลเรือน เช่น Australian Defense Mapping Agency การบริการแบบ PPS จะให้ค่าคลาดเคลื่อนประมาณ 16 เมตร (3-D,50%) และผิดพลาดทางเวลาไม่เกิน 100 ns และเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถให้ความถูกต้องของความเร็วคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.2 m/s (ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องรับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ionosphere ได้้อย่างละเอียดเพราะต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนสัญญาณ L2 รหัส C/A จะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิค SA เพื่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นเล็กน้อย สาเหตุเนื่องมาจากปัญหาความมั่นคง

3.3.2 P-Code เป็นข้อมูลรหัส PRN แบบไบนารี มีความถี่ 1.023 MHz ขนาดยาว 7 วัน โดยจะเริ่มใหม่ทุกๆเที่ยงคืนวันเสาร์-อาทิตย์ รหัส P-Code จะเหมือนกับรหัส C/A คือถูก Exclusive-OR กับข้อมูลข่าวสารการนำร่องแต่จะถูกมอดูเลตกับทั้งคลื่นพาหะ L1 และ L2 ทำให้ผู้ใช้บริการแบบ PSP สามารถใช้คลื่นทั้งสองคำนวณความล่าช้าอันเนื่องมาบรรยากาศได้อย่างละเอียด รหัส P-Code จะถูกเข้ารหัสเช่นเดียวกับรหัส C/A แต่รหัส P-Code จะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิค AS ด้วยและจะเรียกเปลี่ยนเป็นรหัส P(Y)-Code

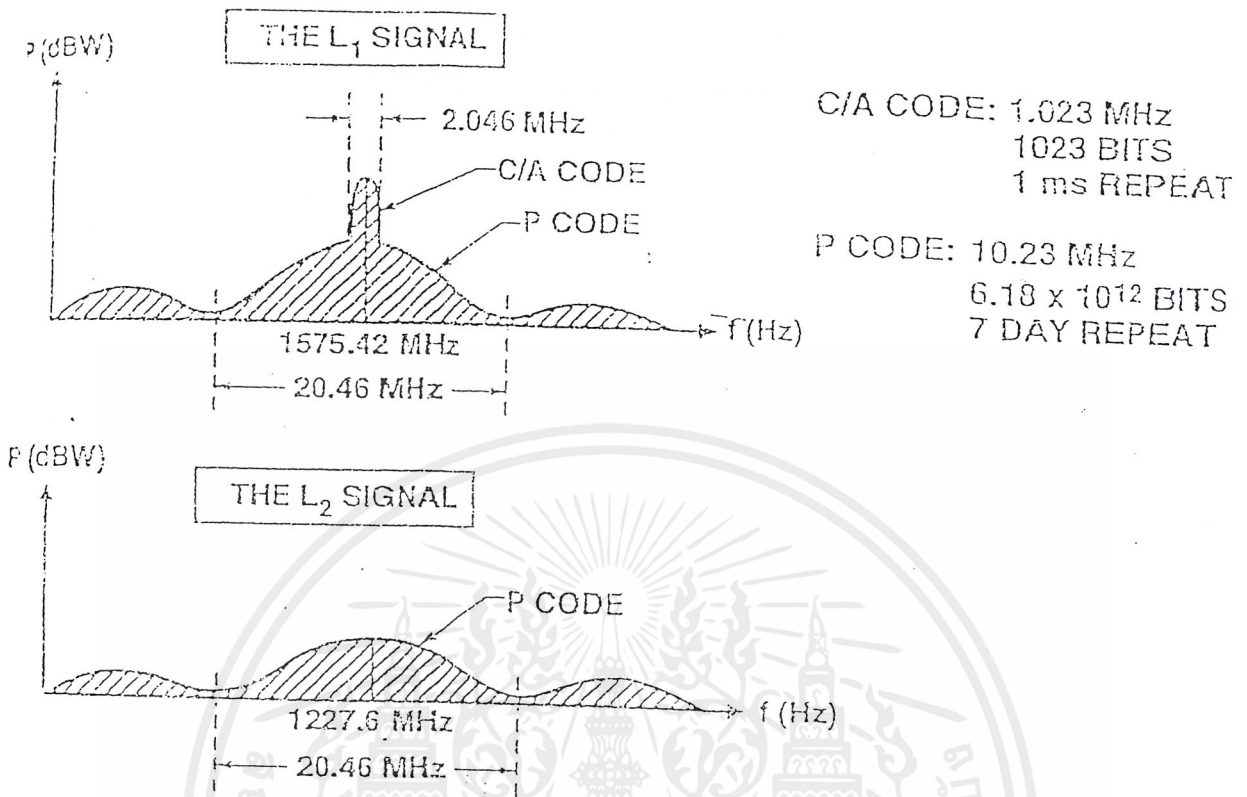


GPS SATELLITE SIGNALS

รูปที่ 3.7 แสดงสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GPS Spread Spectrum Signal



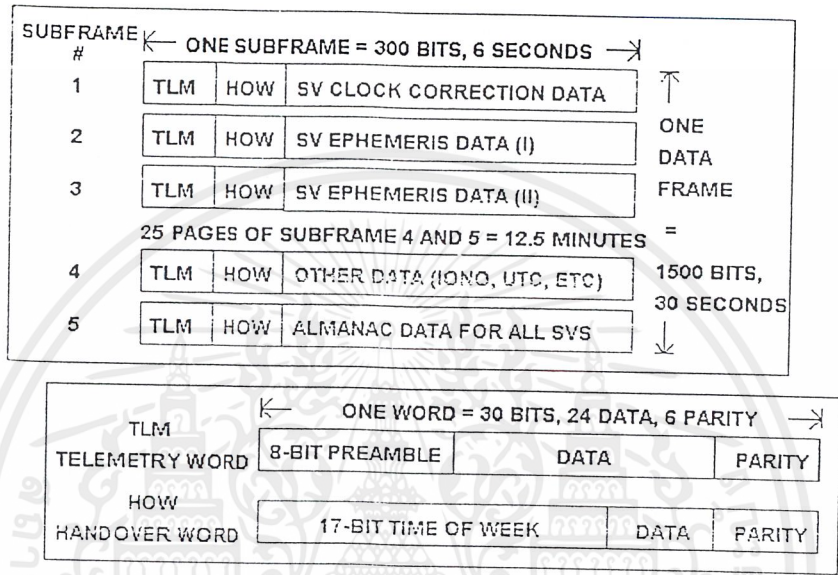
รูปที่ 3.8 แสดงภาพ Spectrum ความถี่ของสัญญาณจากดาวเทียม

3.3.3 ข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message) ข่าวสารการนำร่องมีความถี่ 50 Hz จะรวมอยู่ทั้งในรหัส P(Y) และ C/A ด้วยวิธี Exclusive-OR ข่าวสารการนำร่องมีข้อมูลเอกลักษณ์ของดาวเทียมดวงที่ส่งสัญญาณ และข้อมูลทั่วไปของดาวเทียม ดังนี้

- เวลาขณะส่งข้อมูลออกจากดาวเทียม (time of transmission of the message)
- Hand-Over Word (HOX) for the transition from C/A-Code to P(Y)-Code tracking
- ข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกา (Clock Correction)
- ข้อมูลอีพีเมอร์ส
- ข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมส่งสัญญาณ (Health data for the Transmitting Satellite)
- ข้อมูลอัลมาแนค (Almanac and Health data for all satellite)
- ค่าโคแอฟฟิเชียนต์สำหรับจำลองชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Coefficients for the Ionosphere delay model)
- ค่าโคแอฟฟิเชียนต์เพื่อคำนวณเวลา UTX (Coefficients to calculate UTC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข่าวสารการนำร่องจะประกอบด้วย 25 เฟรมข้อมูล แต่ละเฟรมมี 1500 บิต โดยแต่ละเฟรมจะถูกแบ่งเป็น 5 เฟรมย่อย เฟรมย่อยละ 300 บิต ข้อมูลในเฟรมย่อยที่ 1-3 ในแต่ละเฟรมจะเหมือนกัน ใช้เวลาในการรับข้อมูลทั้งหมดของเฟรมย่อย 6 วินาที



GPS NAVIGATION DATA FORMAT

รูปที่ 3.9 แสดงภาพข่าวสารการนำร่อง

เฟรมย่อยที่ 1 จะบรรจุข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกาสำหรับดาวเทียมที่ส่ง และมีพารามิเตอร์บ่งบอกถึงความแม่นยำและสภาพของสัญญาณ

เฟรมย่อยที่ 2,3 จะบรรจุอีพhemerisพารามิเตอร์ (Ephemeris parameter) เพื่อที่จะใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียม สำหรับคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับต่อไป

เฟรมย่อยที่ 4,5 จะเป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตลอด 25 เฟรม โดยจะบรรจุข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมข้อมูลอัตรานาฬิกา ข้อมูล UTC และข้อมูลจำลองสถานะของบรรยากาศ

HOW จะมีข้อมูลที่บ่งบอกถึงเวลาของดาวเทียมและเวลาของรหัส P(Y) ที่มีคาบเวลายาวถึง 7 วัน เพื่อให้เครื่องรับสามารถใช้ในการถอดรหัส P(Y)

TLM จะมีข้อมูลเริ่มต้นที่ช่วยให้เครื่องรับสามารถใช้ในการ detect ข้อมูลเริ่มต้นในแต่ละเฟรมย่อย

3.4 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS Receiver Operation)

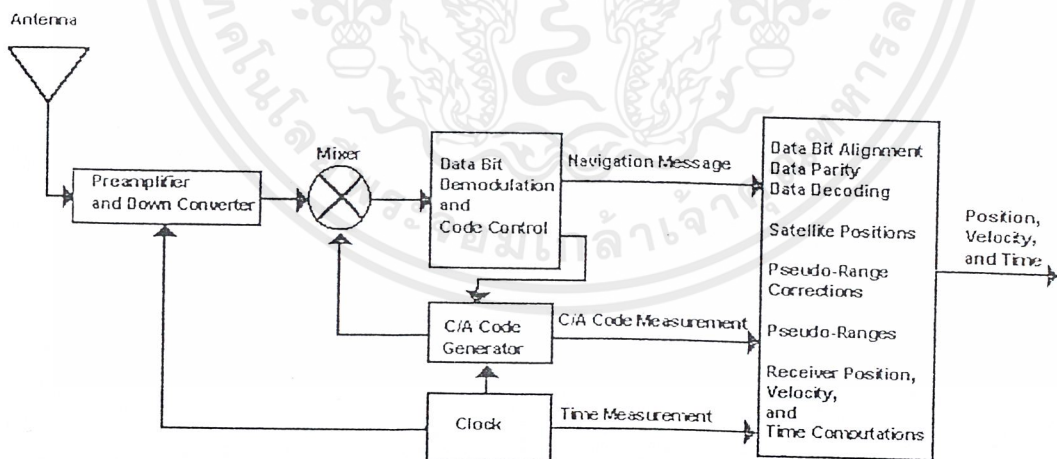
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Tracking Selection)

กระบวนการแทรกสัญญาณจะเริ่มโดย เครื่องรับจะหาว่าดาวเทียมดวงไหนที่เป็นไปได้ในการแทรกสัญญาณ โดยจะทำการค้นหารหัส C/A ของดาวเทียมที่อยู่ในวิสัยและถือสัญญาณดาวเทียมดวงนั้น เมื่อดาวเทียมถูกแทรกเครื่องรับจะสามารถตีโมดูลข้อมูลการนำร่อง, ค่าอัลมาแนคและข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมทั้งหมดซึ่งการเลือกดาวเทียมของเครื่องรับจะต้องใช้ข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงในการคำนวณ เครื่องรับอาจรับข้อมูลทุกดวงในพิสัยมาทำการคำนวณเลยก็ได้ แต่เครื่องรับส่วนใหญ่จะทำการเลือกดาวเทียมไม่มากเกินไป ในการคำนวณเนื่องจากปัญหาการยุ่งยากในการคำนวณและต้นทุน ดังนั้นในการเลือกดาวเทียมที่จะรับข้อมูลเครื่องรับอาจเลือกจากข้อมูลสถานะดาวเทียมที่ดีที่สุดที่ได้จากสัญญาณแทรกดาวเทียมดวงแรก หรืออาจเลือกจากดาวเทียมที่ได้สัญญาณก่อนเลยก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

3.4.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)

สัญญาณของดาวเทียมที่ส่งออกมาเมื่อมาถึงเครื่องรับ สัญญาณที่ได้จะมีกำลังอ่อน และจะถูกบดบังโดย noise เครื่องรับจึงจำเป็นต้องทำการจำลองสัญญาณที่ได้รับเข้ามา และนำมาเปรียบให้ตรงกับสัญญาณดาวเทียม จากนั้นจึงทำการคอมพิวเตอร์สลับมาให้เป็นสัญญาณจริง เรียกวิธีการนี้ว่า เทคนิค Cod Correlation



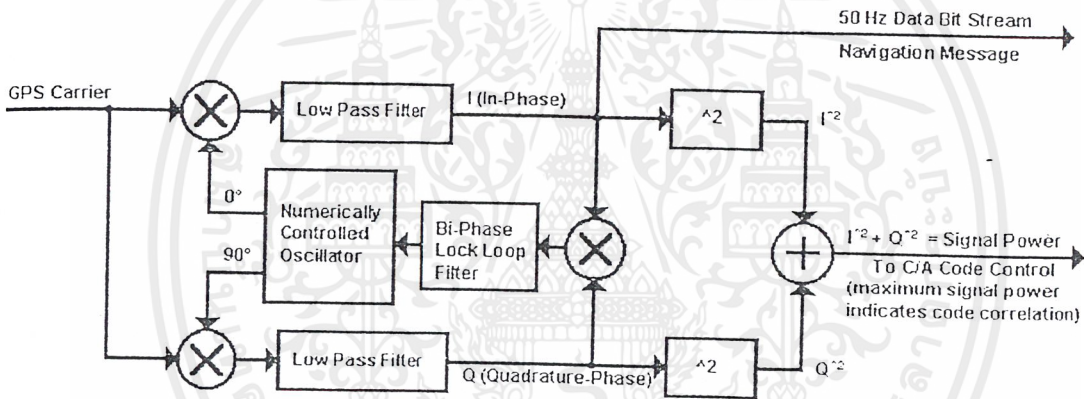
Simplified GPS Receiver Block Diagram

รูปที่ 3.10 แสดงภาพบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การถอดรหัสข้อมูล (Data Detection)

ข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณ ได้รับจากดาวเทียม เป็นข้อมูลที่มีการมอดูเลตกันของคลื่นพาหะรหัส C/A รหัส P(Y) และข้อมูลข่าวสาร ในการถอดคลื่นพาหะจะใช้ Low Pass Filter เพื่อแยกเอาคลื่นพาหะออก เครื่องรับจะใช้ตัวสังเคราะห์ความถี่สร้างเฟสที่คงที่ และใช้เทคนิคเฟสล็อกลูป (phase-locked-loop) ในการล็อกข้อมูล (เรียก Code Tracking Loop) ไว้เพื่อการ detect สัญญาณ ส่วนการถอดรหัส C/A ออกจะทำการสร้างสัญญาณ C/A จำลองขึ้นจากคุณลักษณะของดาวเทียมแต่ละดวง เพื่อกำหนดและล็อกข้อมูล รหัส C/A แล้วจึงทำการแยกรหัส C/A ออกมา ส่วนรหัส P(Y) นั้น เนื่องจากมีความยาวคาบสัญญาณถึง 7 วัน จึงใช้วิธี phase Lock Loop ไม่ได้ จึงใช้ข้อมูลที่อยู่ใน HOW ในการทราบเวลาที่แน่นอนในการทำงาน



รูปที่ 3.11 แสดงภาพการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนำร่อง

3.5 การคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ

GPS เป็นระบบการวัดพิสัยทางเดียวที่มีเครื่องส่งสัญญาณอยู่ในดาวเทียมที่หมุนรอบ โลกอยู่ในอวกาศ ถึงแม้ว่าดาวเทียมจะเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง เครื่องรับจะติดตามดาวเทียมที่อยู่ในพิสัยและประมาณค่าพารามิเตอร์ วงโคจรดาวเทียม ซึ่งทำให้สามารถคำนวณหาตำแหน่งวงโคจรดาวเทียมในระบบอ้างอิงกับแกนโลก (Earth Center Earth Fixed Reference System; ECEF) ข้อมูลนี้เรียกว่า Ephemeris หรือเวกเตอร์ตำแหน่งของดาวเทียมต่อเวลา ผู้ใช้ที่ต้องการหาตำแหน่งในสามมิติ คือ ละติจูด ลองจิจูด และความสูง ต้องวัดสัญญาณ GPS จากดาวเทียมสามดวงและคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ (Transit Time) จากแต่ละดาวเทียมมาถึงผู้ใช้จะ ได้ความสัมพันธ์ระหว่างดาวเทียมสามดวงและเครื่องรับในแนวแกนสามแกน จึงสามารถหาตำแหน่งทั้งสามได้ แต่กรณีนี้สิ่งสำคัญที่สุดคือ

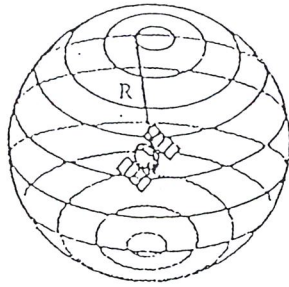
เวลาของทั้งเครื่องรับสัญญาณ GPS และเวลาเครื่องส่งสัญญาณจะต้องมีความแม่นยำสูงและจะต้องตรงกันหมด(ซิงโครไนซ์) แต่ในความเป็นจริงสัญญาณจากเครื่องส่ง (ดาวเทียม) จะมีวิธีการแก้สัญญาณเวลาให้ถูกต้องจากสถานีควบคุมหลักแต่เครื่องรับสัญญาณในแต่ละเครื่องไม่สามารถควบคุมให้มีเวลาที่เที่ยงตรงได้ ดังนั้นจึงมีการเพิ่มความสัมพันธ์ในด้านความต่างของเวลาขึ้นมาอีกค่า จึงต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มอีก 1 ดวง ดังนั้นระบบนำร่อง GPS จึงมีความจำเป็นต้องใช้สัญญาณจากดาวเทียม ในจำนวนอย่างน้อย 4 ดวง

3.5.1 การระบุตำแหน่ง โดยสัญญาณดาวเทียม

สัญญาณที่ส่งออกมาจากดาวเทียมดวงหนึ่งจะมีข้อมูลของเวลาขณะส่งจากสัญญาณนาฬิกาแบบดาวเทียมรวมอยู่ด้วย เมื่อสัญญาณมาถึงเครื่องรับจะสามารถทราบเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณจากระบบนาฬิกาของเครื่องรับที่ซิงโครไนซ์กับของระบบ ดังนั้นเมื่อเราทราบว่าความเร็วของสัญญาณดาวเทียมมีค่าประมาณเท่ากับความเร็วแสง คือ 3×10^8 m/s จึงสามารถหารระยะห่างระหว่างดาวเทียมเครื่องรับสัญญาณได้ โดยสัญญาณจากดาวเทียม 1 ดวง จะทราบว่าเครื่องรับอยู่บนผิวทรงกลมที่มีรัศมีเป็นระยะห่างของดาวเทียมและเครื่องรับ

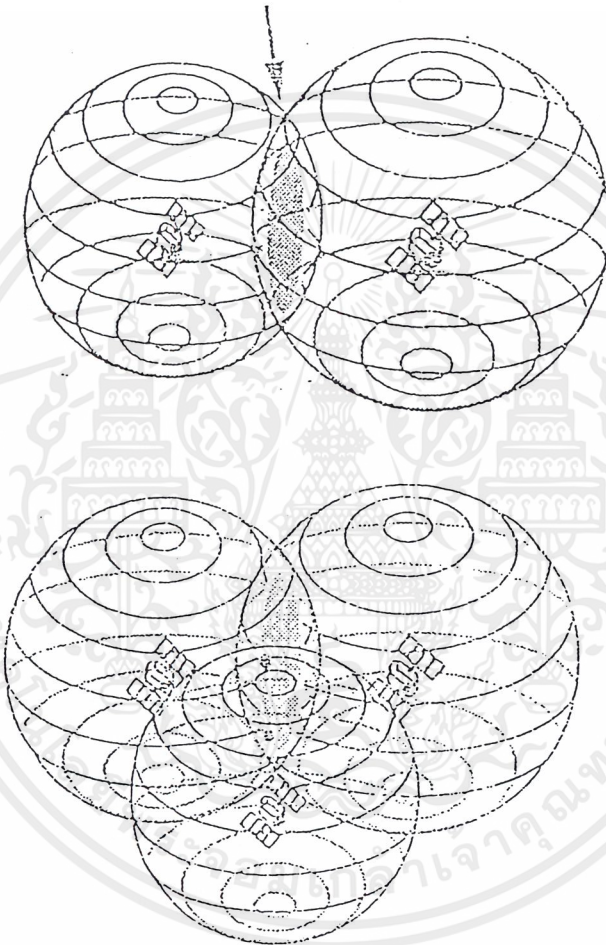
ถ้าทำการวัดระยะจากดาวเทียมดวงที่ 2 พร้อมๆกัน จะได้พื้นที่ตำแหน่งของเครื่องรับบนเส้นรอบวงกลมซึ่งเกิดจากการตัดกันของทรงกลมครึ่งรูป และถ้าเพิ่มสัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 3 ก็จะได้ตำแหน่งของผู้ใช้ 2 ตำแหน่งที่เกิดจากการตัดกันของทรงกลมทั้ง 3 ตำแหน่งที่เหลือเพียง 2 ตำแหน่งโดยตำแหน่งที่อยู่ด้านบนจะเป็นตำแหน่งที่ลอยอยู่ ดังนั้น ณ ตำแหน่งด้านล่างที่เกิดจากการตัดกันของทรงกลมทั้ง 3 จะเป็นตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องรับสัญญาณสำหรับผู้ใช้ที่อยู่บนผิวโลก

(a)



(b)

Plane of intersection



รูปที่ 3.12 แสดงภาพการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียมอันเป็นตำแหน่งของเครื่องรับ

3.6 การผิดพลาดในระบบ GPS

แม้ว่าระบบ GPS จะถูกพัฒนาให้มีความถูกต้องในระบบการนำร่องทั่วโลกก็ตามนั้น แต่ระบบ GPS ยังคงมีค่าความผิดพลาดมากพอสมควร โดยความผิดพลาดนี้มีสาเหตุมาจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1 Ephemeris Data Error เป็นค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากตำแหน่งของดาวเทียม GPS เกิดจากการเฉไ่ยของวงโคจรดาวเทียม เมื่อข้อมูล GPS ไม่ได้ส่งตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียม จะมีผลความผิดพลาดไปถึงการคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ ค่าความผิดพลาดนี้จะถูกแก้ไข โดยข้อมูลควบคุมจากสถานีควบคุมหลัก ดังนั้นถ้าไม่มีการแก้ไขจากสถานีควบคุม ข้อมูลจะมีการผิดพลาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่จากรายงานใน ค.ศ. 1984 แสดงว่าสำหรับการทำงานไม่เกิน 24 ชั่วโมงค่าความผิดพลาดอันเนื่องมาจากค่าอีพีมอริสมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 2.1 เมตร

3.6.2 Statellite Clock Error ในเครื่องส่งสัญญาณ GPS ที่ดาวเทียมและเครื่องรับสัญญาณ จำเป็นต้องมีนาฬิกาอะตอมมิก (Cesium and Rubidium Oscillators) ซึ่งมีความแม่นยำสูงและจะต้องซิงโครไนส์กับนาฬิกาของระบบ แต่ในความเป็นจริงสัญญาณของดาวเทียมจะถูกแก้ไขโดยสถานีควบคุมหลักในซิงโครไนส์กับระบบโดยตลอด แต่นาฬิกาของเครื่องรับนั้นยากที่จะทำการแก้ไข จึงต้องมีการชดเชยการคำนวณ โดยใช้สัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มในการคำนวณด้านเวลา

3.6.3 Security Signal ความผิดพลาดเป็นความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด สาเหตุเกิดจากการที่ทางสหรัฐอเมริกาได้ใส่รหัสข้อมูล SA ลงในสัญญาณดาวเทียมทุกดวง ค่าความคลาดเคลื่อนจาก SA นั้นจะมีค่าความคลาดเคลื่อนทางเวลาประมาณ 10 นาที ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางระยะทางเฉลี่ยประมาณ 20 เมตร ผู้ใช้ทั่วไปที่ใช้ระบบ SPS จะมีสัญญาณ SA รวมอยู่ด้วยทำให้เกิดความผิดพลาดแต่ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ระบบ PPS จะไม่มีความผิดพลาดจากรหัส SA

3.6.4 Ionosphere Errors เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ผิดพลาดตรงมาจากสาเหตุของ SA ทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางของสัญญาณดาวเทียม เกิดเนื่องจากอิเลคตรอนอิสระในชั้นบรรยากาศ Ionosphere สัญญาณจากดาวเทียมเมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศนี้จะไม่สามารถเดินทางได้เท่ากับความเร็วแสง การเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะมีความล่าช้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอิเลคตรอนอิสระที่อยู่ในชั้นนี้ และแปรผกผันตรงกับ $1/f$ ผู้ใช้ทั้งหมดจะมีค่าความคลาดเคลื่อนในความล่าช้าในชั้น Ionosphere

3.6.5 Troposphere Errors เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้ความเร็วแสงเฉไ่ย โดยที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิของความดันและความชื้น ทั้งหมดนี้ทำให้ความเร็วแสงของสัญญาณแปรปรวนไปทั้งรหัส สำหรับผู้ใช้ทั่วไปค่าความผิดพลาดนี้จะอยู่ประมาณ 1 เมตร

3.6.6 Multipath Errors เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากการส่งสัญญาณของดาวเทียม GPS ไปกระทบผิวสะท้อนก่อนที่จะไปถึงผู้รับ เช่น สะท้อนผิวของตึกหรือผิวของน้ำ โดยผลกระทบนี้มี

แนวโน้มที่มากขึ้นในทันทีที่เครื่องรับอยู่หนึ่งๆ ใกล้กับผิวสะท้อนที่ใหญ่มากๆ ความผิดพลาดที่พบมากที่สุดประมาณ 15 เมตร การแก้ไขความผิดพลาดนี้คือ การต่อเสาอากาศ (Antenna) ให้กับเครื่องรับสัญญาณ

3.6.7 Receiver Errors เป็นค่าคลาดเคลื่อนของการวัดระยะของเครื่องรับสัญญาณอันเนื่องมาจากความร้อนภายในเครื่องรับสัญญาณ, ประสิทธิภาพ Software ของเครื่องรับ และจำนวนช่องรับสัญญาณแต่เนื่องจาก ปัจจุบันเทคโนโลยีได้พัฒนาจนความผิดพลาดลักษณะนี้มีค่าน้อยมาก

3.6.8 ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการจับกลุ่มของดาวเทียมที่ใช้นำร่อง (Geometric Dilution of Precision) ความผิดพลาดนี้เกิดจากการหาระยะทางซูโรเรนจ์ของเครื่องรับ การเลือกกลุ่มดาวเทียมจะเป็นองค์ประกอบหลัก มีการใช้ค่าหนึ่งเป็นตัวแสดงถึงคุณภาพของผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากการกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับจีพีเอส ค่านี้คือ ใดลูชัน ออฟ พรีซิชัน Dilution of Precision; DOP) ค่าของ DOP มักถูกอธิบายในเทอมต่างๆ ที่สัมพันธ์กับสัญญาณที่ได้จากการจับกลุ่มดาวเทียมเพื่อกำหนดตำแหน่งของ เครื่องรับสัญญาณเทอมต่างๆเหล่านี้ได้แก่

GDOP – Geometrical Dilution of Precision

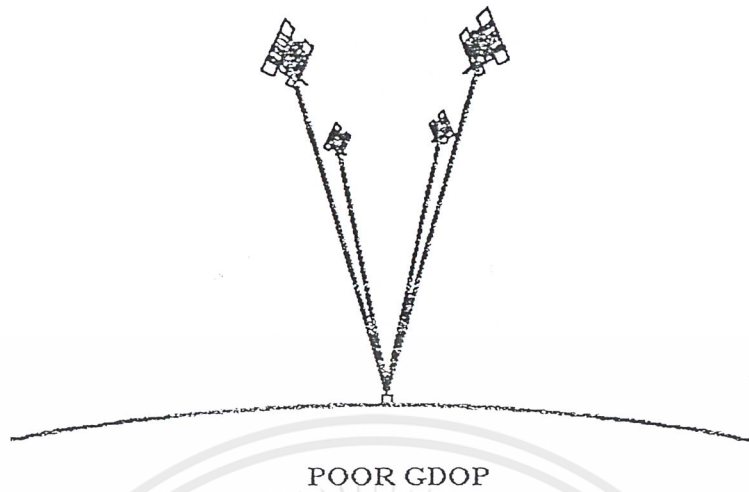
PDOP – Position Dilution of Precision (3-D) บางทีเรียก Sere DOP

HDOP – Horizotal Dilution of Precision (Latitude,Longitude)

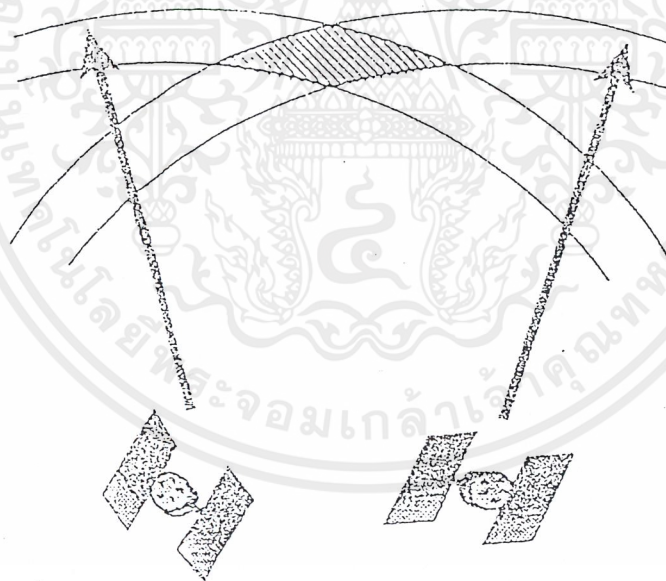
VDOP – Vertical Dilution of Precision (Height)

TDOP – Time Dilution of Precision (Time)

ตัวที่มักจะนำมาพิจารณาได้แก่ ค่าจีออเมตริก ใดลูชัน ออฟ พรีซิชัน Geometric Dilution of Precision; GDOP) จะแสดงถึงการจัดวางตัวของดาวเทียมที่ดวงที่ทำกับเครื่องรับสัญญาณ ถ้าค่า GDOP มีค่ามาก พิกัดที่ได้จากเครื่องรับอาจผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นมากเช่นเดียวกัน ตัวอย่างของการจัดกลุ่มดาวเทียมที่ทำให้ GDOP มีค่าดีและไม่ดีเป็นดังรูปที่ 3.16 ถึง 3.19

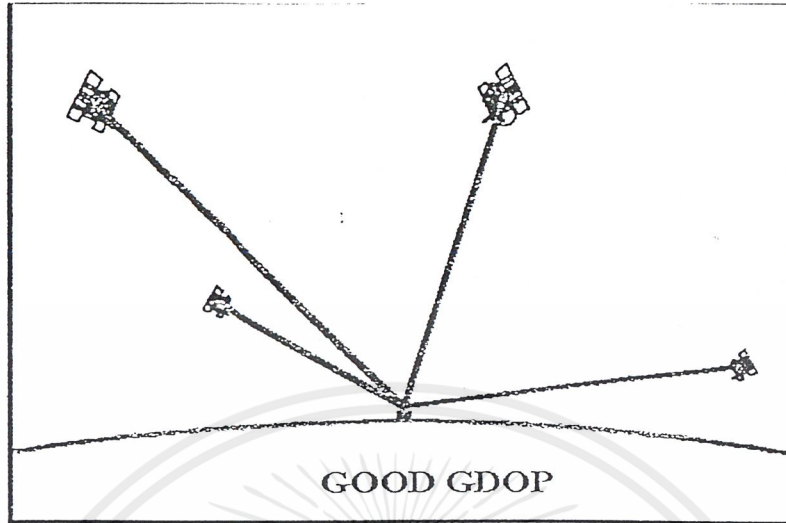


รูปที่ 3.16 แสดงภาพ POOR GDOP

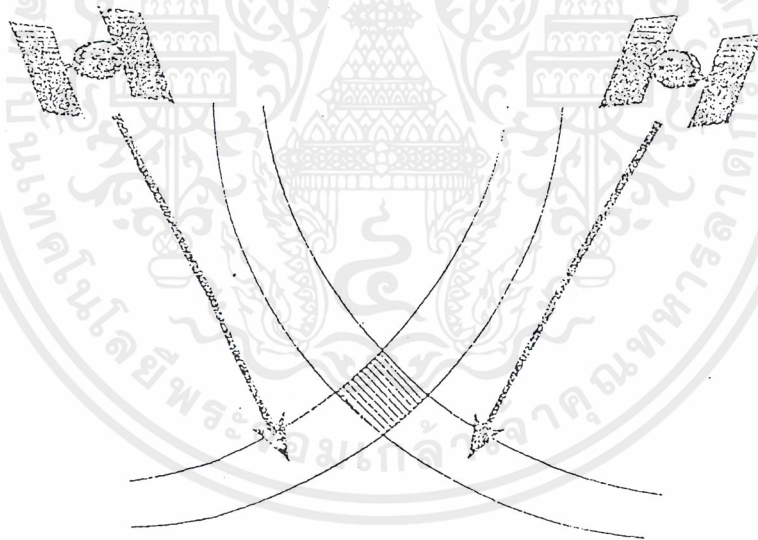


รูปที่ 3.17 ผลของ POOR GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่กว้างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดง GOOD GDOP



รูปที่ 3.19 ผลของ GOOD GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันที่แคบลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

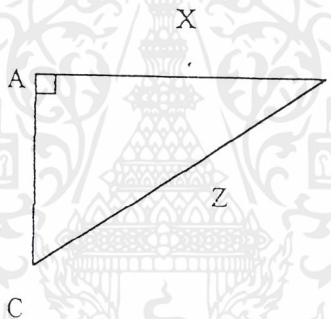
3.7 พื้นฐานของการกำหนดพิกัดโดยใช้ดาวเทียม

ในหัวข้อนี้เป็นการอธิบายถึงพื้นฐานการกำหนดพิกัดโดยใช้ดาวเทียม เพื่อให้เข้าใจถึงระบบที่ใช้งานว่ามีขีดจำกัดอย่างไร และจำเป็นต้องรู้อะไรบ้าง เพื่อจะได้ทำความเข้าใจระบบจีพีเอสได้ดียิ่งขึ้น

3.7.1 แนวความคิดเบื้องต้นในการระบุพิกัดของจีพีเอส

ในวิชาเลขาคณิตพื้นฐานที่เคยศึกษามาเกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยม ทำให้ทราบว่า ถ้ารู้เส้นรอบรูปสามเหลี่ยมสาม จะสามารถหาเส้นที่สามได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น สมมุติว่ามีรูปสามเหลี่ยมทางเลขาคณิตอย่างง่าย โดยอาศัยความรู้เบื้องต้นจะเขียนได้ว่า $Y^2 = Z^2 - X^2$ หรือกล่าวได้ง่ายๆ ว่า ถ้ารู้ความยาวของ

Z และ X และมุมต่าง ๆ แล้วจะหาค่าความยาวของ Y ได้

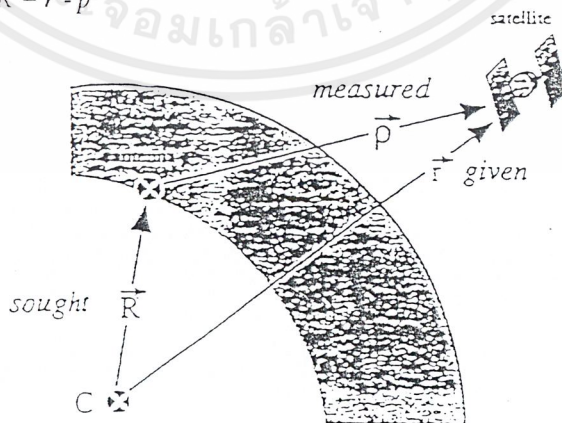


รูปที่ 3.20 แสดงการหาความยาวของ Y เมื่อทราบความยาวของ X, Z และมุมต่าง ๆ

ทำนองเดียวกัน จะอาศัยแนวคิดนี้ในการกำหนดพิกัดบนพื้นผิวโลกของระบบจีพีเอสได้ ดัง

รูปที่ 3.21

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

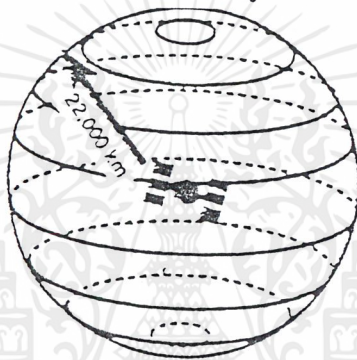


รูปที่ 3.21 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

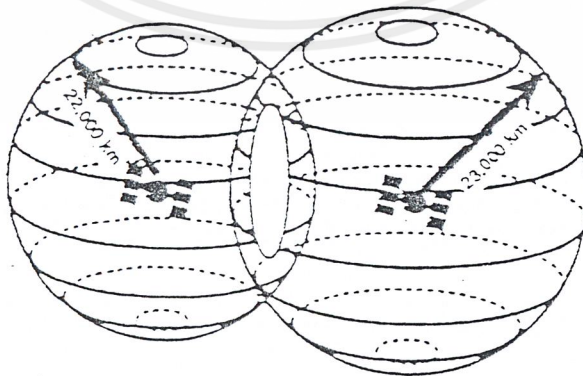
จากรูปที่ 3.21 ถือว่าจุด C เป็นศูนย์กลางของโลก สายอากาศ (antenna) อยู่ที่พื้นผิวโลกดาวเทียมลอยอยู่เหนือพื้นผิวโลก เครื่องรับที่ต่ออยู่กับสายอากาศสามารถวัดได้ว่า ดาวเทียมอยู่ห่างจากสายอากาศเท่าใด (P) และดาวเทียมส่งข้อมูลมาบอกเครื่องรับว่า ตัวมันห่างจากจุด C เท่าใด \otimes ตัวเครื่องรับก็จะหาได้ว่าตำแหน่งของสายอากาศอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์เข้าช่วยคือ $R = r - P$ (เป็นเวกเตอร์)

ประเด็นต่อมาคือ เครื่องรับมีหลักการในการวัดระยะห่างระหว่างตัวมันกับดาวเทียมอย่างไรในช่วงแรกขอสมมุติว่า ดาวเทียมดวงแรกโคจรอยู่เหนือพื้นโลก 22,000 กิโลเมตร ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.22 ทรงกลมจำลองที่สร้างล้อมรอบดาวเทียมมีรัศมี 22,000 กิโลเมตร

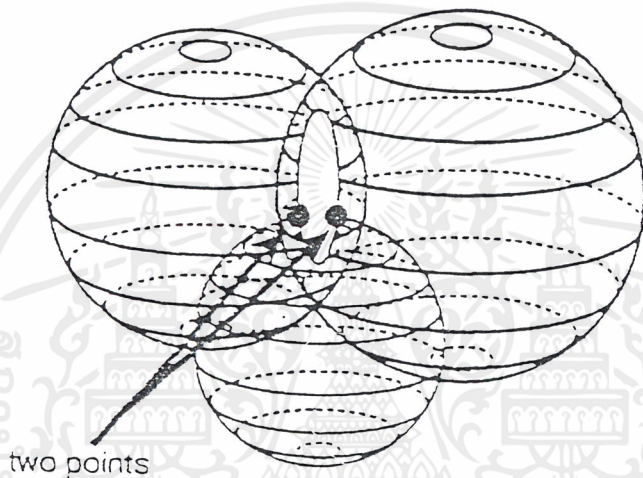
จากรูปที่ 3.22 จะเห็นว่าเครื่องรับที่อยู่บนพื้นผิวโลก อาจจะอยู่ที่บริเวณใดก็ได้บนพื้นผิวทรงกลมที่สร้างขึ้นมาล้อมรอบดาวเทียม เพราะเราไม่รู้ว่าที่จุดใดของทรงกลมและอยู่กับพื้นผิวโลก รู้แต่เพียงว่าจะมีอยู่จุดหนึ่งเท่านั้นที่สัมผัสกับพื้นผิวโลก ถ้ามีดาวเทียมอีกดวงหนึ่งโคจรอยู่เหนือพื้นดิน 23,000 กิโลเมตร เราก็จะสามารถสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสองมีการตัดกัน ผลที่ได้จะเป็นวงกลมเล็ก ๆ เกิดขึ้น เครื่องรับน่าจะอยู่ที่ใดที่หนึ่งในวงกลมนี้ ซึ่งยังคงเป็นพื้นที่ที่กว้างเกินไป



รูปที่ 3.23 แสดงการตัดกันของทรงกลมสองทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ามีดาวเทียมอีกดวงเป็นดวงที่สามโคจรอยู่เหนือพื้นผิวโลก 24,000 กิโลเมตร ก็สามารถสร้างทรงกลมได้อีกลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสามมีการตัดกันผลที่ได้จะเป็นจุดสองจุดที่ขอบวงกลมเล็ก ๆ เครื่องรับน่าจะอยู่จุดใดจุดหนึ่งในสองจุดนี้ แต่จะมีจุดเดียวเท่านั้นที่เป็นไปได้ในทางทฤษฎี (ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยอาศัยคณิตศาสตร์เข้าช่วย)

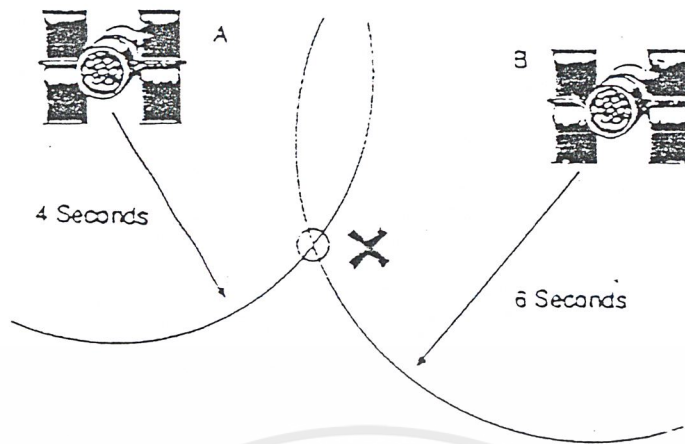


รูปที่ 3.24 แสดงการตัดกันของทรงกลมสามทรงกลม

ประเด็นถัดมาลองมาคิดว่า ตัวเครื่องรับสัญญาณจะรู้ว่าดาวเทียมอยู่ห่างจากสายอากาศของเครื่องรับเป็นระยะทางเท่าใด อย่างไร โดยหลักการแล้ว ถือว่าคลื่นเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสง ดังนั้นถ้าสมมุติว่า ดาวเทียมส่งข้อมูล ABC ออกมาจากดาวเทียมเมื่อเวลา 8.00 นาฬิกา แล้วเครื่องรับรับข้อมูล ABC ได้เวลา 8.01 นาฬิกา แสดงว่าข้อมูลใช้เวลาเดินทางจากดาวเทียมมายังสายอากาศใช้เวลา 1 นาที เมื่อนำค่านี้คูณด้วยความเร็วของแสง ก็จะทำให้ได้ระยะทางออกมาเช่นเดียวกัน

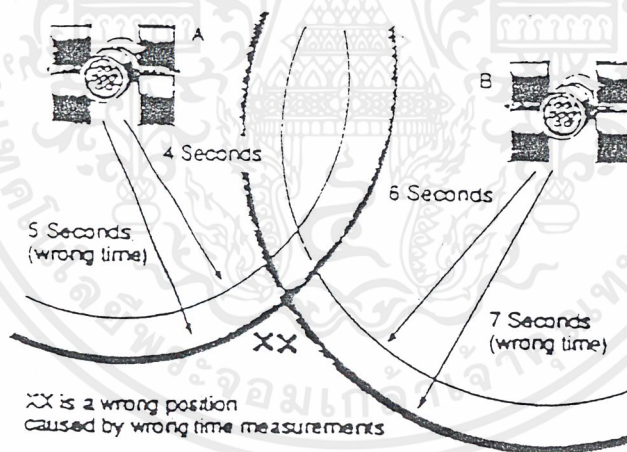
ดังนั้นแทนที่เราจะบอกเป็นระยะทางว่าดาวเทียม โคจรอยู่สูงจากพื้นผิวโลกกี่กิโลเมตร เราอาจบอกเป็นเวลาก็ได้ เช่น ดาวเทียมสองดวงอยู่ห่างจากสายอากาศ 4 และ 6 วินาที เพื่อให้ง่ายขึ้นจะมองทรงกลมที่สมมุติขึ้นมารอบดาวเทียมแค่สองมิติเป็นวงกลมล้อมรอบดาวเทียม A และ B และลองสมมุติว่าเกิดจุดตัดกันออกมาที่จุด X ดังรูปที่ 3.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น.อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A และ B

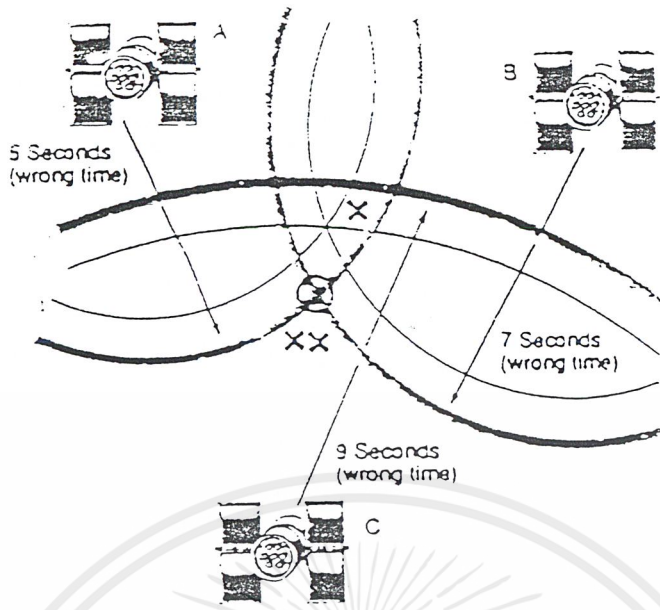
แต่ถ้าเวลาที่วัดได้เกิดการผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็น จะด้วยสาเหตุใดก็ตาม เช่น ดาวเทียม A จาก 4 วินาที เป็น 5 วินาที และดาวเทียม B จาก 6 วินาทีเป็น 7 วินาที ผลที่เกิดขึ้นก็คือ แทนที่จะเกิดจุดตัดขึ้นที่จุด X กลับเกิดขึ้นที่จุด XX ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A และ B ในกรณีที่เวลาเกิดผิดพลาดไป

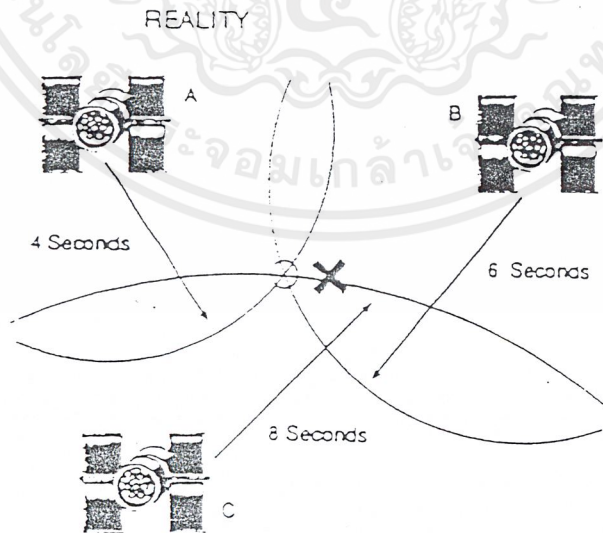
แม้ว่าจะใช้ดาวเทียมดวงที่สาม (ดาวเทียม C) เข้าช่วย เพื่อหาคำแหน่งที่แน่นอนดังกล่าวมาแล้วในตอนต้น ถ้าเวลาผิดพลาดไปก็จะเกิดจุดตัดที่ผิดพลาดขึ้นมาเช่นกัน ดังรูปที่ 3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A,B และ C ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป

จากรูปที่ 3.27 จะเห็นว่าจุดที่ถูกติดตามที่ต้องการในครั้งแรกก็คือจุด X ซึ่งจะเป็นจุดตัดจุดเดียวเท่านั้น ไมโครโปรเซสเซอร์ในเครื่องรับจะเริ่มทำการปรับค่าความผิดพลาดของเวลาของดาวเทียมแต่ละดวง การทำเช่นนี้จำเป็นต้องอาศัยดาวเทียมอีกดวงหนึ่งเข้าช่วยเพื่อทำการปรับตั้ง เวลาในเครื่องรับให้แม่นยำขึ้น จากนั้นจึงทำการขยับเวลาที่ทำการวัดได้จาดาวเทียมแต่ละดวงเพื่อทำการลดค่าผิดพลาดให้น้อยลง เมื่อทำการปรับได้อย่างถูกต้องแล้วก็จะทำให้ได้จุดตัดออกมาอย่างถูกต้องดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 แสดงจุดตัดกันอย่างถูกต้องของดาวเทียม A,B และ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่อธิบายมาข้างต้นจะเห็นว่า ความแม่นยำของเวลาเป็นหัวใจของระบบที่เดียว ดังนั้นบนดาวเทียมจี พีเอส จึงมีนาฬิกาเชิงอะตอมที่มีความแม่นยำสูงบรรจุอยู่ถึงสี่เครื่อง นาฬิกาเหล่านี้จะถูกปรับตั้งให้มีความแม่นยำอยู่ตลอดเวลาโดยสถานีควบคุมภาคพื้นดิน

จากแนวความคิดที่กล่าวมานี้ ถ้าเครื่องรับสัญญาณอยู่บนพื้นโลกจะทำให้เครื่องรับทราบที่ตัวมันห่างจากดาวเทียมเท่าใด เสมือนกับได้ระยะทางด้านหนึ่งของสามเหลี่ยมแล้ว คือด้าน P ด้านที่สามของสามเหลี่ยมคือ r เครื่องรับจะทราบได้โดยดาวเทียมจะส่งข้อมูลมาบอกว่ามันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด ดังนั้น เครื่องรับจะคำนวณได้ว่า ตัวมันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด

ปัญหาต่อมาก็คือ ตำแหน่งที่บอกออกมานั้นเราจะรู้ได้อย่างไรว่ามันคือที่ไหนบนโลกนี้ ดังนั้นเราจึงต้องกำหนดระบบอ้างอิงให้มัน การกำหนดใด ๆ ก็ตามให้เปรียบเทียบกับระบบอ้างอิงที่กำหนดขึ้นนี้ ในบทต่อไปจะกล่าวถึงระบบอ้างอิงที่ใช้ในระบบ จี พีเอส

3.8 จีโอเดติก ดาต้า

เนื่องจากพิกัดที่ได้จากเครื่อง จี พีเอส มักอยู่ในรูปของ ละติจูด , ลองจิจูด หรือค่าตัวแปร XYZ การกำหนดค่าดาต้าผิดพลาด จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นอย่างมาก

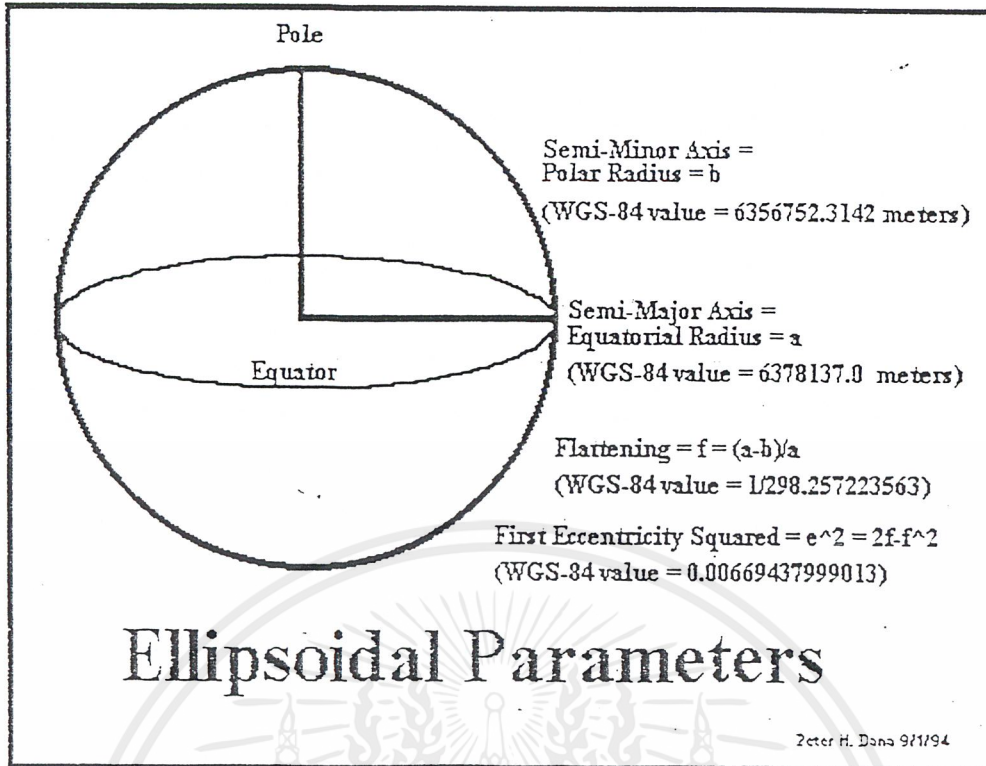
จี โอเดติก ดาต้า คือ การกำหนดระบบอ้างอิงที่ใช้อธิบายขนาดและรูปร่างของโลก ว่าควรมีลักษณะอย่างไร ในสมัยโบราณถือว่าโลกแบนดังนั้นระนาบอ้างอิงจึงเป็นเพนระนาบ ต่อมาพบว่าโลกเป็นทรงกลม ระบบอ้างอิงถูกเปลี่ยนเป็นทรงกลมตามไปด้วย จนภายหลังพบว่ารูปร่างของโลกที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดเป็นแบบ เอลลิปซอยด์ (ellipsoid) และใช้มาจนถึงปัจจุบันนี้ เมื่อผนวกเข้ากับระบบการกำหนดพิกัดอ้างอิงก็จะทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกได้อย่างแม่นยำ

3.8.1 การอ้างอิงโดยเอลลิปซอยด์ (Reference Ellipsoids)

รูปแบบจำลองแบบเอลลิปซอยด์ (ellipsoid) ถือว่าพื้นผิวโลกราบเรียบและมีโครงสร้างเกือบเป็นทรง

กลม (ปล่องกลางคล้ายผลส้ม แต่เพื่อความสะดวกจะวาดเป็นวงกลมแทน) การอ้างอิงใด ๆ บนพื้นผิวจะทำผ่านสองแกนคือ Semi - Major Axia คือ เส้นที่ลากจากจุดศูนย์กลางของโลกมายังเส้นอีควาเตอร์ และ

Semi - Minor Axis ซึ่งก็คือ เส้นที่ลากจากจุดศูนย์กลางของโลกมายังขั้ว



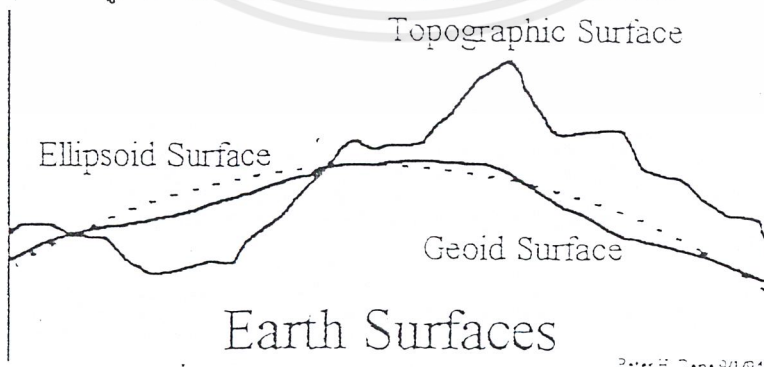
รูปที่ 3.29 ตัวแปรของเอลลิปซอยด์ที่กำหนดตามมาตรฐานของ WGS-84

3.8.2 รูปแบบจำลองพื้นผิวโลก (Earth Surface Model)

รูปแบบจำลองของพื้นผิวโลกที่ถูกต้องมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับ ระบบนำร่อง การสำรวจ และการ

การ ทำแผนที่ แต่เนื่องจากพื้นผิวโลกมีความสูงต่ำไม่เท่ากัน นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม ตลอดเวลา ดังนั้นรูปแบบจำลองจึงมีหลายแบบด้วยกัน รูปแบบจำลองสภาพทางภูมิประเทศและระดับน้ำทะเลมีไว้เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผิวโลก ในขณะที่รูปแบบจำลองทางด้านแรงโน้มถ่วงและจีโออยด์

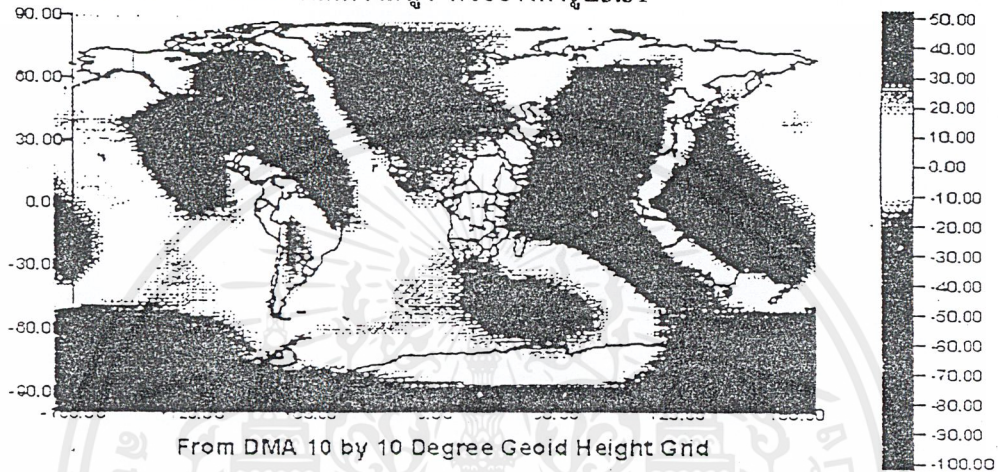
(Geoid) มีไว้เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงโน้มถ่วงและระดับน้ำทะเลเฉพาะส่วนของพื้นโลก รูปแบบจำลองต่าง ๆ เหล่านี้ถูกสร้างเปรียบเทียบหรืออ้างอิงร่วมกับเอลลิปซอยด์



รูปที่ 3.30 แสดงรูปแบบจำลองของพื้นผิวโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองพื้นผิวแบบโทโพกราฟฟิก (Topographic Surface) ของโลกจะแสดงพื้นผิวจริงของแผ่นดินและทะเล ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ส่วนการจำลองพื้นผิวแบบจีโออยด์นั้นจะเป็นการจำลองพื้นผิวที่แสดงค่าสนามแรงโน้มถ่วงของโลกที่ตัดเทียบระดับความสูงของน้ำทะเลเฉลี่ย (mean sea level) จีโออยด์จะเป็นพื้นผิวอ้างอิงหลักในการกำหนดความสูง ตัวอย่างดังรูป 3.31



รูปที่ 3.31 แสดงระดับของจีโออยด์

3.8.3 ระบบพิกัดอ้างอิงที่ใช้กันทั่วไป (Global Coordinate System)

เมื่อเรามีรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโลกแล้ว ต่อไปจะต้องกำหนดพิกัดอ้างอิงขึ้นมาเพื่อกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก มิฉะนั้นเราจะไม่ทราบว่า เราอยู่ที่ใดบนโลก ทำนองเดียวกันถ้าระนาบอ้างอิงแตกต่างกันออกไป พิกัดที่ได้จะแตกต่างกันออกไปด้วย ระบบที่ใช้ในการอ้างอิงมีหลายแบบด้วยกัน แต่ละประเทศจะใช้แตกต่างกันออกไป ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเกี่ยวข้องกับระบบจีพีเอสเท่านั้น

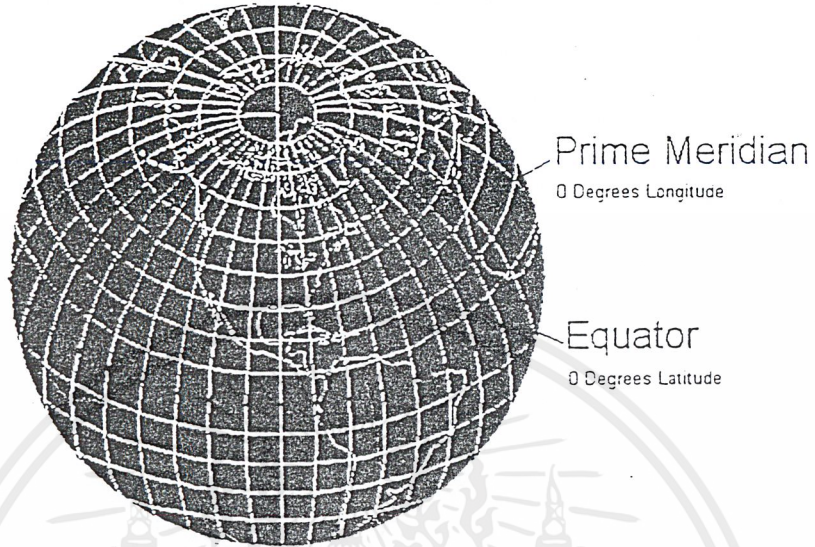
3.8.3.1 Latitude, Longitude, Height

ถือเป็นระบบพิกัดที่ใช้ร่วมกันมากที่สุดในโลก โดยกำหนดให้ระนาบอ้างอิง (Reference plane)

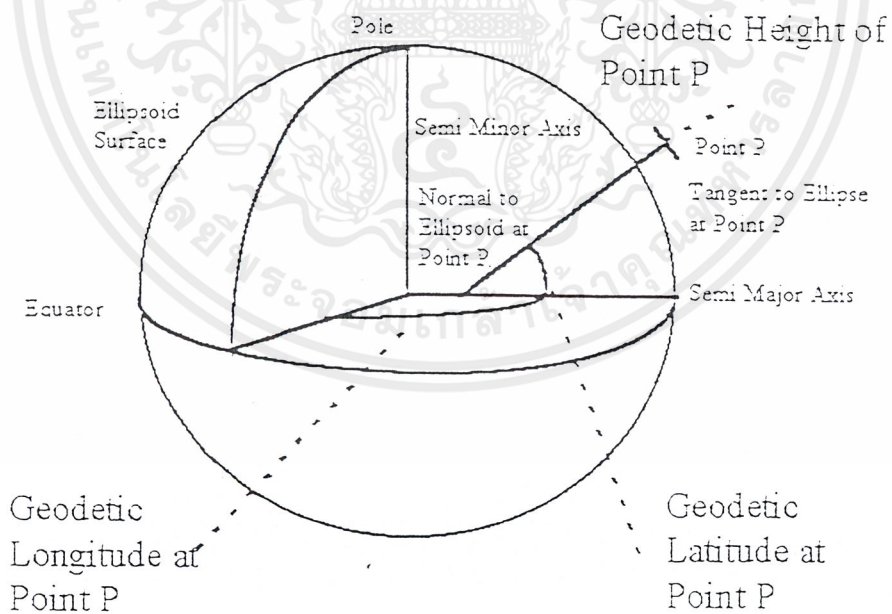
ได้มาจาก ระนาบอีควาเตอร์ และ ไพรม์ เมอริเดียน (Prime Meridian) ที่วางตั้งฉากกันดังรูป 3.32 สามารถจินตนาการได้ว่าเสมือนผลแดงโมที่วางอยู่ กับพื้นแล้วหันทางด้านขั้วของแดงโมขึ้นฟ้าจากนั้นให้นึกต่อว่า ที่กึ่งกลางลูกแดงโมมีเส้น ๆ หนึ่ง ลากยาวรอบรูปแดงโม โดยลากขนานกับพื้นที่แดงโมวางอยู่ เส้นนี้คือ เส้นอีควาเตอร์ ถ้าใช้มีดผ่าแดงโมตามแนวเส้นนี้ แล้วยกแดงโมครึ่งบนออก สิ่งที่มองเห็นคือเนื้อแดงโมที่เป็นผิววงกลมแบนราบ นั่นก็คือ ระนาบของอีควาเตอร์ นั่นเอง ทำนองเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัน ถ้าเราผ่าแดงโมโนในทิศทางตั้งฉากกับระนาบของอีควาเตอร์ ระยะเวลาที่ได้เรียกเป็นระยะเวลาของ "ไพรม์ เมอริเดียน"



รูปที่ 3.32 แสดงการกำหนดเส้นไพรม์ เมอริเดียนและเส้นอีควาเตอร์
การกำหนดว่าจุด P มีค่าเป็นเท่าใดให้ดูจากตัวอย่างดังรูปที่ 3.33

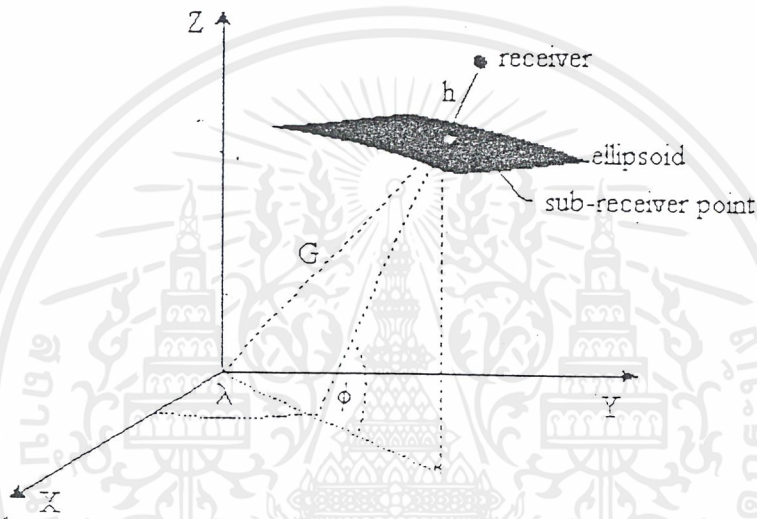


รูปที่ 3.33 แสดงการกำหนดพิกัดแบบ ละติจูด ลองจิจูด และ ความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่แสดงไว้ สมมติว่าเครื่องรับสัญญาณอยู่ที่จุด P เมื่อลากเส้นมาตั้งฉากกับเส้นสัมผัสกับพื้นผิวเอลิปซอยด์ (sub-receiver point ในรูปที่ 3.34) แล้วต่อเส้นนี้ไปตัดระนาบอีควาเตอร์มุมที่เกิดจากเส้นที่ลากมาที่ระนาบอีควาเตอร์เรียกว่า Geodetic Latitude และ ถ้าถือว่าเส้นที่ลากมาจากจุด P เป็นระนาบ ๆ หนึ่งที่ตั้งฉากกับระนาบอีควาเตอร์ มุมที่ระนาบ ๆ นี้กระทำกับระนาบอ้างอิงไพรม์ เมอริเดียน เรียก Geodetic

Longitude ส่วนความยาวของเส้น h เรียก Geodetic Height

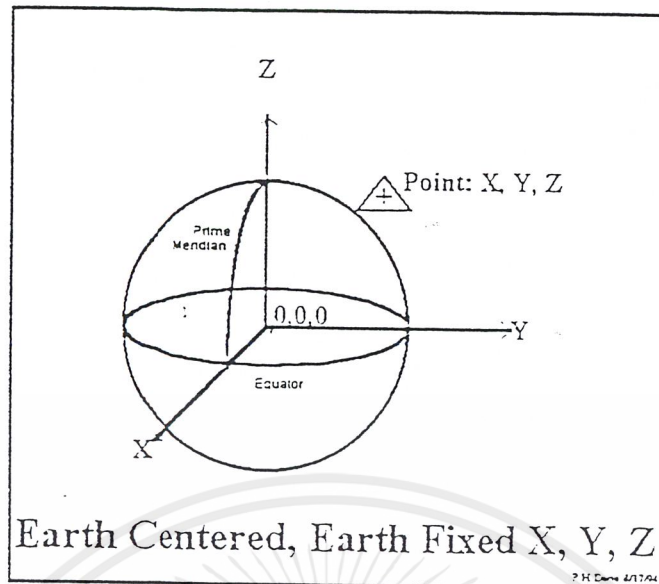


รูปที่ 3.34 แสดงการกำหนดพิกัดแบบ ละติจูด ลองจิจูด และความสูง

3.8.3.2 Earth Centered, Earth Fixed X,Y,Z

ระบบนี้เป็นการกำหนดพิกัดแบบสามมิติเช่นกัน โดยถือว่าจุดศูนย์กลางของโลกเป็นจุดศูนย์กลางของเอลิปซอยด์ จากจุดนี้แกน Z จะชี้มายังขั้วโลกเหนือ (ตามแนวแกนหมุนของโลก) แกน X จะชี้มายังจุดตัดกันของเส้นไพรม์ เมอริเดียน กับ เส้นอีควาเตอร์และ แกน Y จะตั้งฉากกับแกน X ดังนั้นแต่ละจุดที่กำหนดขึ้นมาจะต้องมีองค์ประกอบของค่า X,Y,Z อยู่ด้วยเสมอ ระบบนี้จะใช้อ้างอิงในระบบจีพีเอสเป็นหลัก แล้วจึงทำการคำนวณจากค่า X,Y,Z มาเป็นค่า Latitude Longitude, Height ในภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้.



รูปที่ 3.35 แสดงระบบ ECEF X,Y,Z

3.9 มาตรฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นทำให้เราทราบว่าจี พี เอส มีหลักการอย่างไรบ้างในการกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับ จี พี เอส ทราบว่าผลที่ได้จากการประมวลผลนั้นแสดงออกมาในรูป ละติจูด ลองจิจูด ความสูงเวลา ฯลฯ

โครงการการประยุกต์ใช้งาน จี พี เอส นั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการทำโครงการ จากการพบว่าเครื่องรับ จี พี เอส บางรุ่นนั้นสามารถที่จะนำข้อมูลต่างๆ ติดต่อกันระหว่างเครื่องรับด้วยกันและยังสามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย ซึ่งทำให้สามารถนำข้อมูลมาประมวลผลเองหรือประยุกต์เข้ากับโปรแกรมเฉพาะเพื่อใช้งานในด้านอื่น ๆ นอกจากการแสดงผลค่าละติจูด ลองจิจูด ความสูง เพียงอย่างเดียวเช่น การทำ Xar Navigation, การหาความเร็วและความเร่งจากการใช้ข้อมูลของเครื่องรับจี พี เอส การทำแผนที่ เป็นต้น

แต่การที่จะติดต่อกันระหว่างเครื่องรับจี พี เอส กับคอมพิวเตอร์ได้นั้น ทั้งเครื่องรับ จี พี เอส และคอมพิวเตอร์นั้นต้องพูดภาษาเดียวกัน เข้าใจภาษาที่ใช้ติดต่อกันจึงสามารถติดต่อกันได้ ถ้าไม่เข้าใจก็ไม่สามารถติดต่อกันได้

ดังนั้นจึงมีการพัฒนาภาษามาตรฐานสำหรับการติดต่อสื่อสารในระบบนำร่อง ผลที่วัดได้คือ NMEA 0180 โดย NMEA ย่อมาจาก National Marine Electronics Association เป็นหน่วยงานที่กำหนดมาตรฐานนี้ขึ้น NMEA 0180 ได้กำหนดรูปแบบในการส่งข้อมูลละติจูด ลองจิจูด กำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลและข้อมูลอื่น ๆ ในการนำร่อง ต่อมาได้มีการแก้ไข NMEA 0180 ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้มีประโยชน์และได้ใช้อย่างกว้างขวางมากขึ้น นั่นคือมาตรฐาน NMEA 0183 ที่ได้ใช้กับอุปกรณ์ทั้งหมดในปัจจุบันนี้

มาตรฐาน NMEA 0183 เป็นชื่อเรียกสำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูลในรูปแบบ “ประโยค” ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบซึ่งจะกล่าวต่อไป

พารามิเตอร์ของ NMEA 0183

- ในการส่งข้อมูล 1 ไบต์ จะประกอบด้วย 7 บิต ASCII ใน 8 บิต โดยบิตสำคัญมากที่สุด (บิตที่ 7) จะถูกกำหนดขึ้นให้เป็น 0
- มีหนึ่งบิตเริ่ม (start bit) และหนึ่งบิตสิ้นสุด (stop bit)
- ไม่มีพาราคีบิต
- มี Baud rate : 4800 bps

ภาษาของ NMEA 0183 ถึงแม้จะมีมากแต่ก็ยากที่จะเข้าใจ โดยแต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วย “S” และสิ้นสุดด้วยการขึ้นบรรทัดใหม่ <CR> <LF> ในแต่ละประโยคมีความยาวได้มากที่สุด 80 ตัวอักษร ระหว่างเริ่มต้นและสิ้นสุดของประโยคเป็นข้อมูล (field of data) แต่ละข้อมูลจะถูกแยกจากกันด้วยเครื่องหมาย “;”

ข้อมูลชุดแรกของทุก ๆ ประโยค (field 0) เริ่มด้วย 2 ตัวอักษรที่แสดงถึงอุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลมา (talker) ตามด้วย 3 ตัวอักษรที่แสดงว่าใช้รูปแบบประโยคและตามด้วยข้อมูลที่ต่างกันไปตามรูปแบบประโยค ตัวอย่างของ 2 ตัวอักษรที่แสดงถึง อุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลมา

LC	Loran-C
GP	GPS
TR	Transit SATNAV
AP	Autopilot
	HC Magnetic heading compass
RA	Rader

3.9.1 รูปแบบประโยคตามมาตรฐานพอสั่งเขป

GLL - Geographic Position , latitude/ Longitude

แสดงตำแหน่งของละติจูด ลองจิจูด และ เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$--GLL, lll.ll,a,yyy.yy,b,hhmmss.ss

lll.ll = ตำแหน่งละติจูด Latitude of position

a = N or S

yyy.yy = ตำแหน่งลองจิจูด Longitude of position

b = E or W

hhmmss.ss = ตำแหน่งของ UTC (UTC of position)

GGA - Global Position System Fix Data

แสดงเวลา ตำแหน่งและข้อมูลคงที่ต่าง ๆ สำหรับเครื่องรับจี พีเอส

\$--GGA,hhmmss.ss,lll.ll,a,yyy.yy,b,x,xx,x.x,x.x,M,x.x,M,x.x,xxxx

hhmmss.ss = ตำแหน่งของ UTC (UTC of position)

a = N or S

yyy.yy = ตำแหน่งลองจิจูด (Longitude of position)

b = E or W

x = ระบุคุณภาพของ GPS (0 = no fix, 1 = GPS fix, 2 = Dif. GPS fix)

xx = จำนวนของดาวเทียมที่ใช้

x.x = ความเที่ยงตรงในแนวนอน (horizontal ditution of precision)

x.x = ระยะความสูงของบรรยากาศเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง

M = หน่วยความสูงของบรรยากาศ , เมตร

x.x = Geoidal separation

M = หน่วยของ Geoidal separation ,

x.x = อายุของข้อมูลดิฟเฟอเรนเชียลจี พีเอส , วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

xxxx = แอดเดรสของคิฟเฟอร์นเชียลจี พีเอส

STN – Multiple Data ID

ประโยคนี้อาจถูกส่งก่อนประโยคอื่น ๆ ที่เครื่องรับต้องการเพื่อกำหนดแหล่งที่ถูกต้องของข้อมูลในระบบ

\$--STN, xx

xx = เลขแอดเดรสของเครื่องที่ส่งข้อมูลมา

TRF - TRANSIT Fix Data

แสดงเวลา, วัน, ตำแหน่ง และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเดินทาง

\$--TRF, hhmmss.ss, xxxxxx, lll.ll, a, yy.yy, b, x.x, x.x, x.x, x.x, x.x

hhmmss.ss = ตำแหน่งของ UTC (UTC of position)

xxxxxx = Date : dd/mm/yy

lll.ll = ตำแหน่งละติจูด (Latitude of position)

a = N or S

yy.yy = ตำแหน่งลองจิจูด (Longitude of position)

b = E or W

x.x = มุมเงย (Elevation angle)

x.x = จำนวนของการซ้ำ (Number of iterations)

x.x = Number of Doppler intervals

x.x = ระยะทางที่ทันสมัย (Update distance)

x.x = แอดเดรสของดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VRW - Dual Ground / water speed

แสดงข้อมูลความเร็วของคลื่นและความเร็วพื้นฐาน

\$--VBM ,x.x, x.x, A, x.x, x.x, A

x.x = Longitudinal water speed, knots

x.x = Transvers water speed, knots

A = Status: Water speed

x.x = Longitudinal ground speed, knots

x.x = Transverse ground speed, knots

A = Status: ground speed

ZDA - Time & Date

แสดงเวลา UTC, วัน, เดือน, ปี และเวลาท้องถิ่นในแต่ละเขต

\$--ZDA, hhmmss.ss, xx, xx, xxxx, xx, xx

hhmmss.ss = ตำแหน่งของ UTC (UTC of position)

xx = วัน, 01 ถึง 31

xx = เดือน, 01 ถึง 12

xxxx = ปี

xx = เวลาเขตท้องถิ่น, 00 ถึง +/- 13 ชั่วโมง

xx = เวลาเขตท้องถิ่น, นาที

VTG – Trac Made Good and Ground Speed

แสดงเส้นทางที่เป็นจริงและความเร็วที่สัมพันธ์กับพื้น

\$—VTG, x.x, T, x.x, M, x.x, N, x.x, K

x.x, T = Track, degrees True

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x.x, M = Track, degrees Magnetic

x.x, N = Speed, knots

x.x, K = Speed, Km / hr

รูปแบบของประโยคที่ได้กล่าวมานี้เป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น แต่ส่วนใหญ่ที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้มีเพียง GGA, GLL, ZDA เป็นต้น ในเครื่องรับแต่ละยี่ห้อ แต่ละรุ่น ก็มีเอาท์พุทเป็นรูปแบบประโยคที่แตกต่างกันออกไปซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

ตัวอย่างรูปแบบประโยคของ NMEA 0183

field #: 0 1 2 3 4

sentence: \$ GPGLL, 4001.74, N, 07409.43, W <CR> <LF>

ประโยคเริ่มต้นด้วย \$ ตามด้วย 2 ตัวอักษรที่แสดงถึงเครื่องที่ส่งข้อมูลในที่นี้คือ จีพีเอส (GP) และตามด้วยรหัสรูปแบบของประโยค GLL ที่แสดงตำแหน่งละติจูด ลองจิจูด

ใน Field 1 แสดงละติจูด

Field 2 แสดงว่าเหนือหรือใต้

Field 3 แสดงลองจิจูด

Field 4 แสดงว่าตะวันออกหรือตะวันตก

จากตัวอย่างสามารถอ่านได้ว่า “จีพีเอสแสดงตำแหน่งในละติจูด / ลองจิจูด: 40 องศา 1.74 ลิปดาเหนือ, 74 องศา 9.43 ลิปดา ตะวันตก” และสิ้นสุดประโยคด้วยการขึ้นบรรทัดใหม่

8.9.2 รูปแบบประโยคของเครื่องรับแต่ละกลุ่ม

เครื่องรับ	เอาท์พุท
Eagle Explorer Ver 1.1,1.2,1.3	APB, GLL, RMC, RMB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

And Eagle AccuNav	
Eagle Explorer Ver 1.4	APB, GGA, GLL, GSA, GSV, RMC
Gramin- 45 (XL) and Garmin GPS-II Plus	BOD, GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, RMB, RTE, WPL
Gramin- 12XL Ver 3.02	GGA, GSA, GSV, RMC, RMB, RTE, WPL
Lowrance Global Map Sport	APB, GGA, GLL, GSA, GSV, RMC
Magellan 4000	APA, GLL, BWC, GGA, APB, VTG

จากข้อมูลข้างต้นทำให้สามารถทราบว่าเครื่องรับที่มีอยู่นั้นให้เอาที่พู่ทออะไรบ้าง ทำให้สามารถเลือก
ประโยคให้เหมาะสมกับที่ต้องการนำไปประยุกต์ใช้

3.9.2 อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการติดต่อสื่อสาร

เมื่อมีเครื่องรับจีพีเอสอยู่แล้วต้องการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ต้องใช้สายอนุกรม RS-232 ใน
เครื่องรับบางรุ่น บางยี่ห้อ จะต้องใช้สายเฉพาะของเครื่องรับนั้น ๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากการออกแบบ
เครื่องรับที่แตกต่างกัน เรียกว่า สาย DB-9

ลักษณะของ DB-9

pin 1	nc	
pin 2	Rx	recive data
pin 3	Tx	transmit data
pin 4	DTR	data terminal ready
pin 5	GND	signal ground
pin 6	nc	
pin 7	nc	
pin 8	nc	
pin 9	RI	ring indicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำการติดต่อ โดยรับข้อมูลจากเครื่องรับมายังคอมพิวเตอร์ทำได้โดย

- * สายสัญญาณ NMEA ต่อกับ RS-232 สาย “receive data” (ขาที่ 2 ของ RS-232 แบบ 9 ขา หรือ ขาที่ 3 ของ RS-232 แบบ 25 ขา)
- * สายกราวด์ของ NMEA ต่อกับสายกราวด์ของ RS-232 (ขาที่ 5 ของ RS-232 แบบ 9 ขา หรือ ขาที่ 7 ของ RS-232 แบบ 25 ขา)

การทำการติดต่อโดยการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องรับ

- * สายสัญญาณ NMEA ต่อกับ RS-232 สาย “transmit data” (ขาที่ 3 ของ RS-232 แบบ 9 ขา หรือ ขาที่ 2 ของ RS-232 แบบ 25 ขา)
- * สายกราวด์ของ NMEA ต่อกับสายกราวด์ของ RS-232 (ขาที่ 5 ของ RS-232 แบบ 9 ขา หรือ ขาที่ 7 ของ RS-232 แบบ 25 ขา)
- * อาจนำสาย RS-232 “data set ready” (DSR ขาที่ 3 ของ RS-232 แบบ 9 ขา) เชื่อมกับ “data terminal ready” (DTR ขาที่ 4 ของ RS-232 แบบ 9 ขา หรือ ขาที่ 20 ของ RS-232 แบบ 25 ขา) เพื่อให้ DSR อยู่ในสถานะแรงดัน

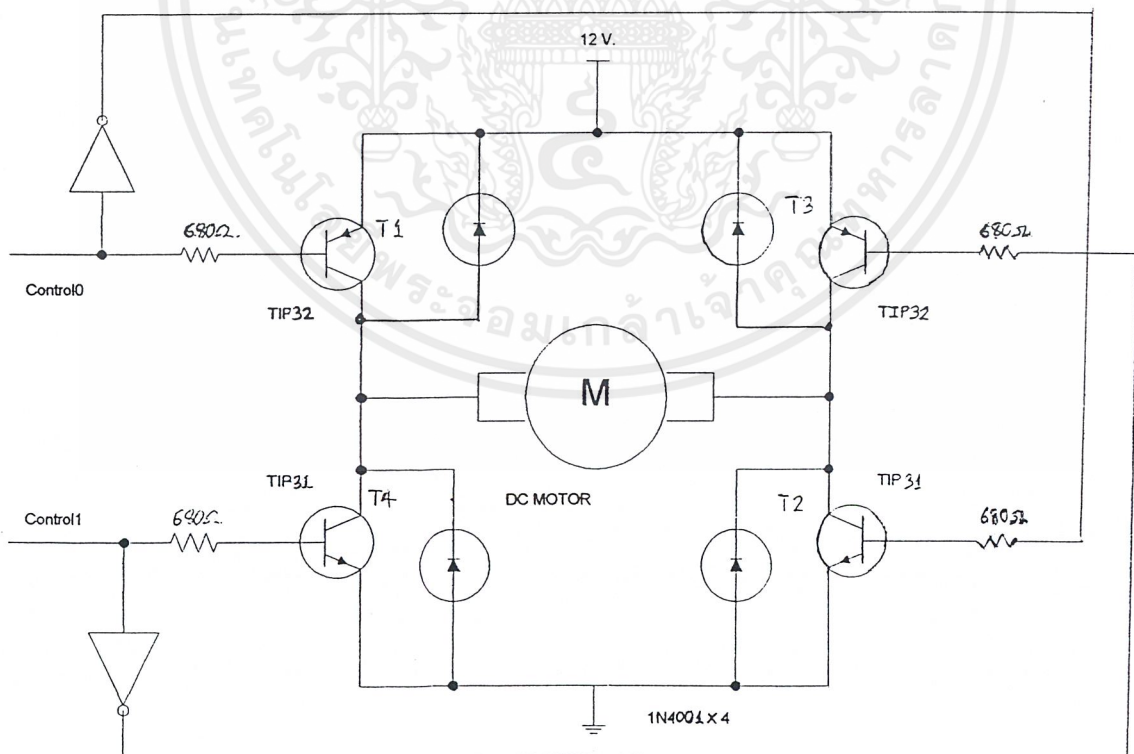
บทที่ 4

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

ในส่วนของฮาร์ดแวร์จะประกอบด้วย วงจรการขับกำลังของมอเตอร์กระแสตรง วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงต่อกับเอาต์พุตพอร์ทของบอร์ด ANT-31PJ และวงจรตรวจสอบการกดคีย์บอร์ด 16 คีย์ต่อกับอินพุตพอร์ทของบอร์ด ANT-31PJ

4.1 วงจรการขับกำลังและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง

วงจรขับกำลังของมอเตอร์นั้นมียุ่หลายแบบส่วนที่ใช้ในโครงงานนี้เป็น วงจรขับกำลังแบบ H แสดงได้ดังรูปที่ 4.1 จากวงจรนี้จะทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ทั้ง 2 ทิศทาง โดยการหมุนในแต่ละทิศทางต้องทำให้ ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นคู่ ให้ทรานซิสเตอร์ 1,2 ทำงาน และทรานซิสเตอร์ 3,4 ไม่ทำงานจะทำให้มอเตอร์หมุนด้านหนึ่ง และถ้าให้ทรานซิสเตอร์ 3,4 ทำงาน และทรานซิสเตอร์ 1,2 ไม่ทำงานจะทำให้มอเตอร์หมุนกลับอีกทิศทางหนึ่ง ห้ามทรานซิสเตอร์ทั้ง 4 ตัว ทำงานพร้อมกันเพราะจะเกิดการลัดวงจรทำให้วงจรเสียหายได้ ไคโอดทั้ง 4 ตัว ต่อไว้เพื่อให้กระแสรั่วไหลที่ค้างอยู่ในมอเตอร์กระแสตรงตอนหยุดทำงานแล้วไหลผ่านได้

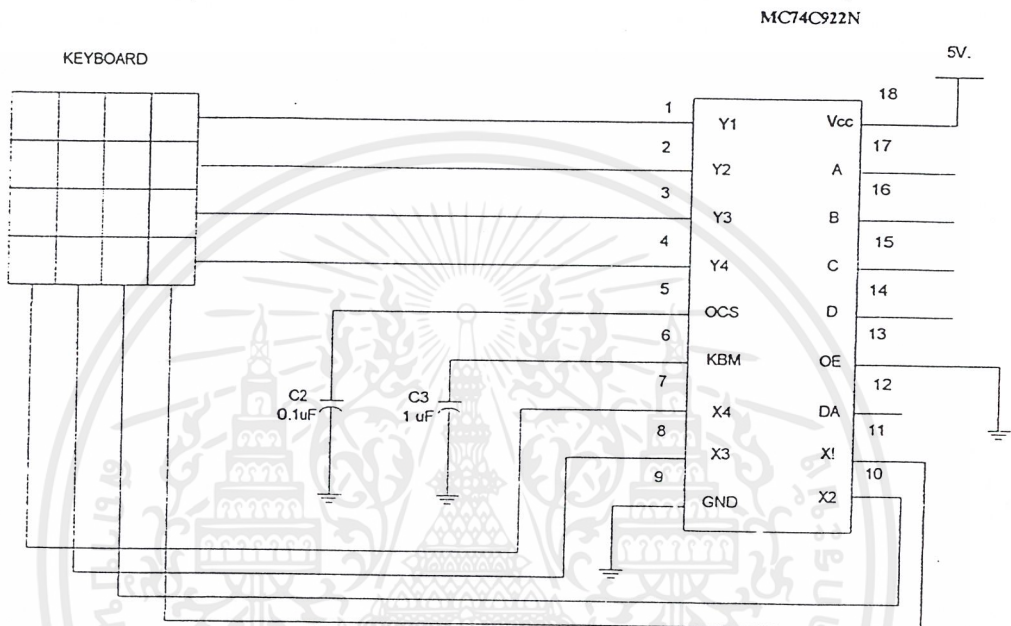


รูปที่ 4.1 วงจรขับกำลังและควบคุมทิศทางการหมุนมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วงจรตรวจสอบการกดคีย์บอร์ด 16 คีย์

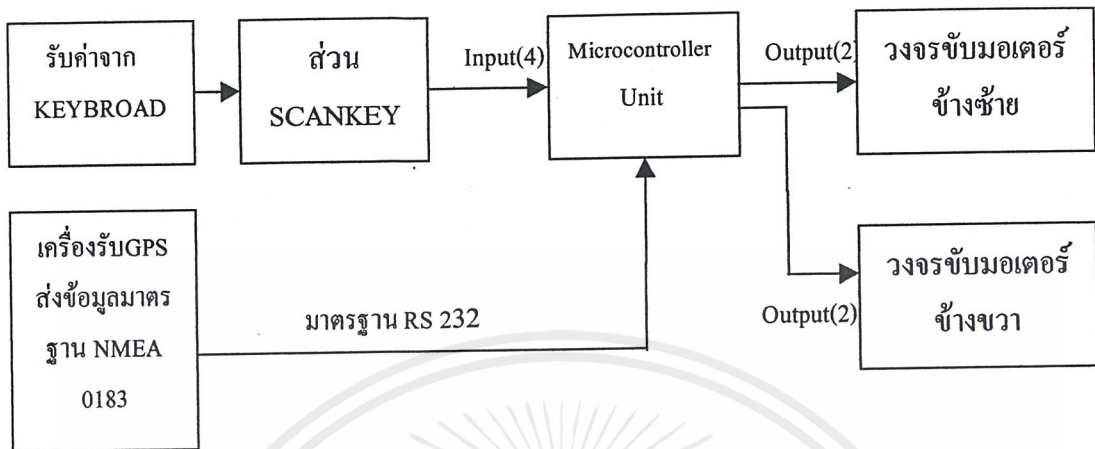
คีย์บอร์ดที่ใช้เป็นคีย์บอร์ดขนาด 4x4 แถว และวงจรตรวจสอบการกดคีย์ใช้วงจรรูปเบอร์ MC74C922N ซึ่งวงจรรูปเบอร์นี้สามารถกำหนดความถี่ในการตรวจสอบการกดคีย์ และ เวลาที่ใช้ในการตีเขาวนได้ ซึ่งสามารถแสดงการต่อวงจรได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 วงจรตรวจสอบการกดคีย์ และ คีย์บอร์ด

ความถี่ในการตรวจสอบการกดคีย์ สามารถกำหนดได้ด้วยค่าของ C_2 ที่ต่อกับขา OSC ในที่นี้ใช้ $C_2=0.1 \mu\text{F}$. ซึ่งจะได้ความถี่ในการตรวจสอบการกดคีย์มีค่าเท่ากับ 500Hz. และเวลาในการตีเขาวนจะ ถูกกำหนดด้วยค่าของ C_3 ที่ต่อกับขา KMB ในที่นี้ใช้ $C_3=1 \mu\text{F}$. ซึ่งจะได้เวลาในการตีเขาวน ประมาณ 0.01 วินาที เมื่อมีการกดคีย์ตัววงจรรวมนี้จะนำค่าคีย์ไปเก็บในคีย์รีจิสเตอร์ และจะส่งสัญญาณสถานะสูง ออกมาทางขา DA ของ วงจรรวมตรวจสอบการกดคีย์นี้

4.3 โฟร์ซาร์ทแสดงวงจรทั้งหมด



4.4 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงแบบเฮซ (H)

มอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 V. 1 A.

การเลือกทรานซิสเตอร์ใช้งาน ทรานซิสเตอร์ที่จะนำมาใช้มีลักษณะดังนี้

$$|I_{C(max)}| \text{ มีค่าน้อย } = I * 1.5 = 1.5 \text{ A}$$

$$|V_{CEO}| > V_{CC} * 1.5 = 18 \text{ V}$$

เลือกใช้ทรานซิสเตอร์ TIP 32 , TIP 31 โดยที่

TIP 32 เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด พีเอ็นพี มี $\beta = 25$

TIP 31 เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด เอ็นพีเอ็น มี $\beta = 25$

ไดโอดที่นำมาใช้มีลักษณะคือ

เลือกไดโอดที่มีค่า Breakdown Voltage $> |V_{CEO}| = 18 \text{ V}$

จึงเลือกไดโอดชนิด 1N4001

ค่าความต้านทานมีลักษณะคือ

$$\text{จาก } (V_{CC} - |V_{BE}|) / R = I / \beta \text{ หรือ } R = (V_{CC} - |V_{BE}|) \beta / I$$

$$R = (12 - 0.7) * 25 / 1 = 282.5 \text{ โอห์ม}$$

เลือก R = 320 โอห์ม

$$\text{จาก } P = (I / \beta)^2 R$$

$$P = (1 / 25)^2 (320) = 0.5 \text{ W}$$

เลือก R ขนาด 1 W

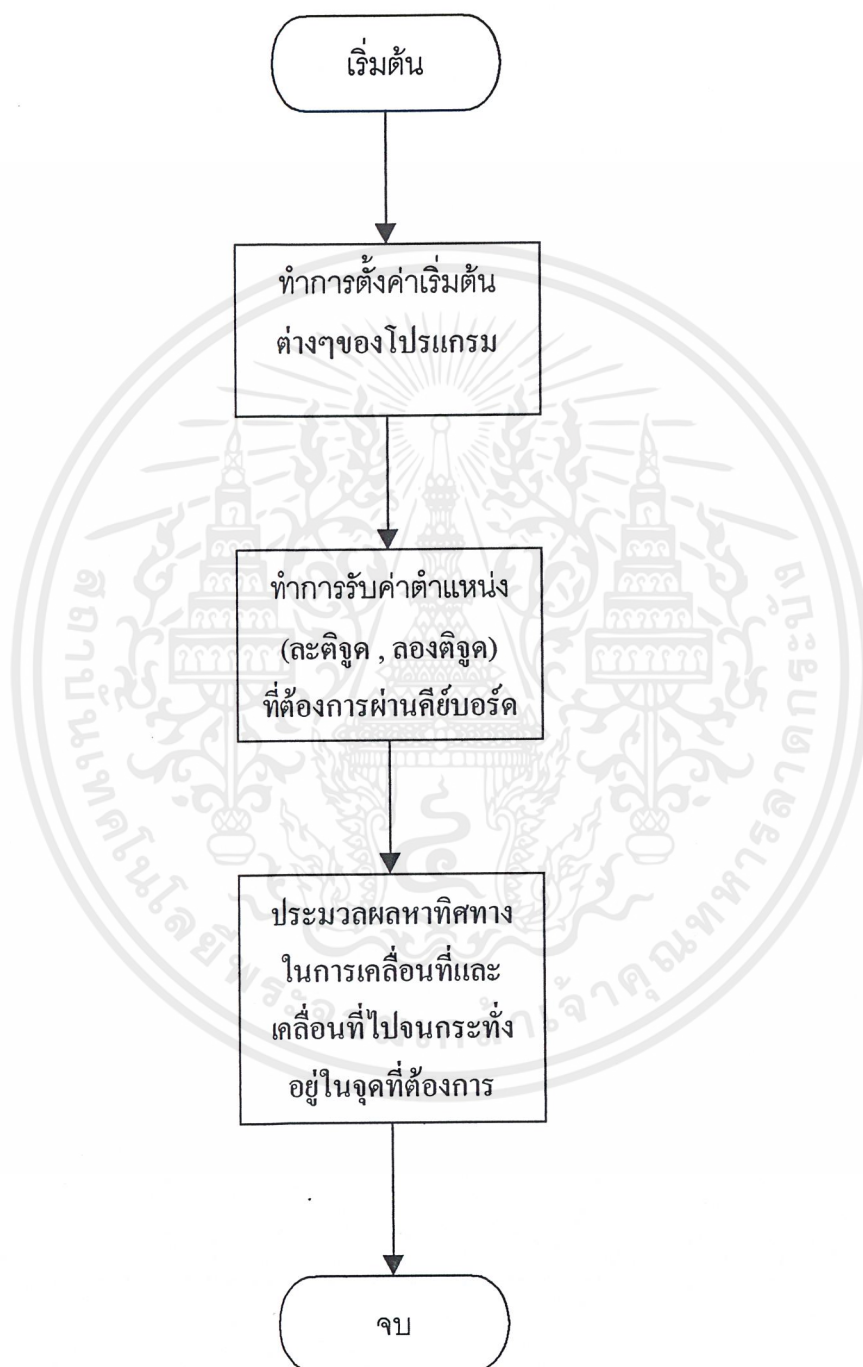
บทที่ 5

โครงสร้างของซอฟต์แวร์

ในบทนี้จะเป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานโดยไม่โครคอนโทรลเลอร์ โดยเริ่มจากการรับค่าตำแหน่งที่ต้องการจากคีย์บอร์ด รับค่าตำแหน่งที่อยู่ในปัจจุบันจากเครื่องรับ GPS แล้วทำการประมวลผลหาทิศทางที่ต้องเคลื่อนที่ไป แล้วจึงทำการเคลื่อนที่ระหว่างการเคลื่อนที่ก็จะรับค่าตำแหน่งที่อยู่ในปัจจุบันจากเครื่องรับGPSเข้ามาใช้ในการประมวลผลตลอดจนกระทั่งอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ

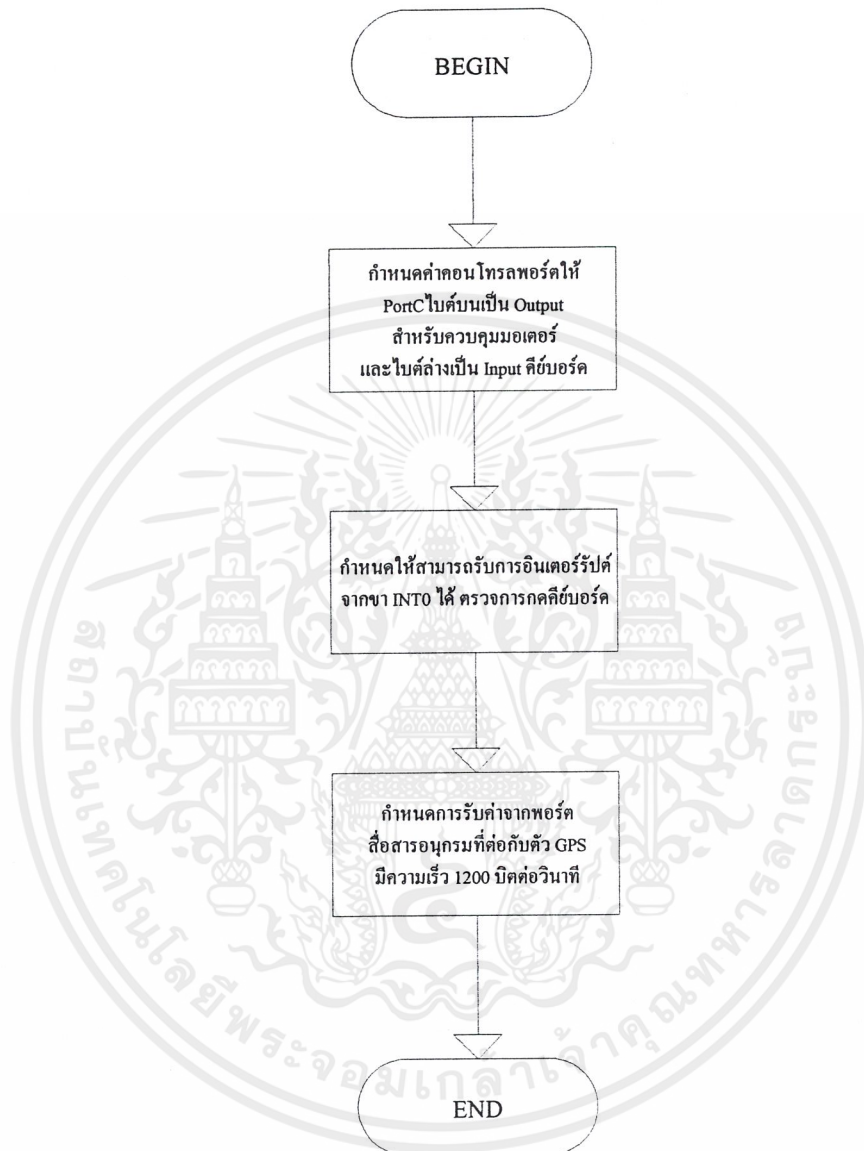


5.1 โฟร์ชาร์ตแสดงโปรแกรมหลัก



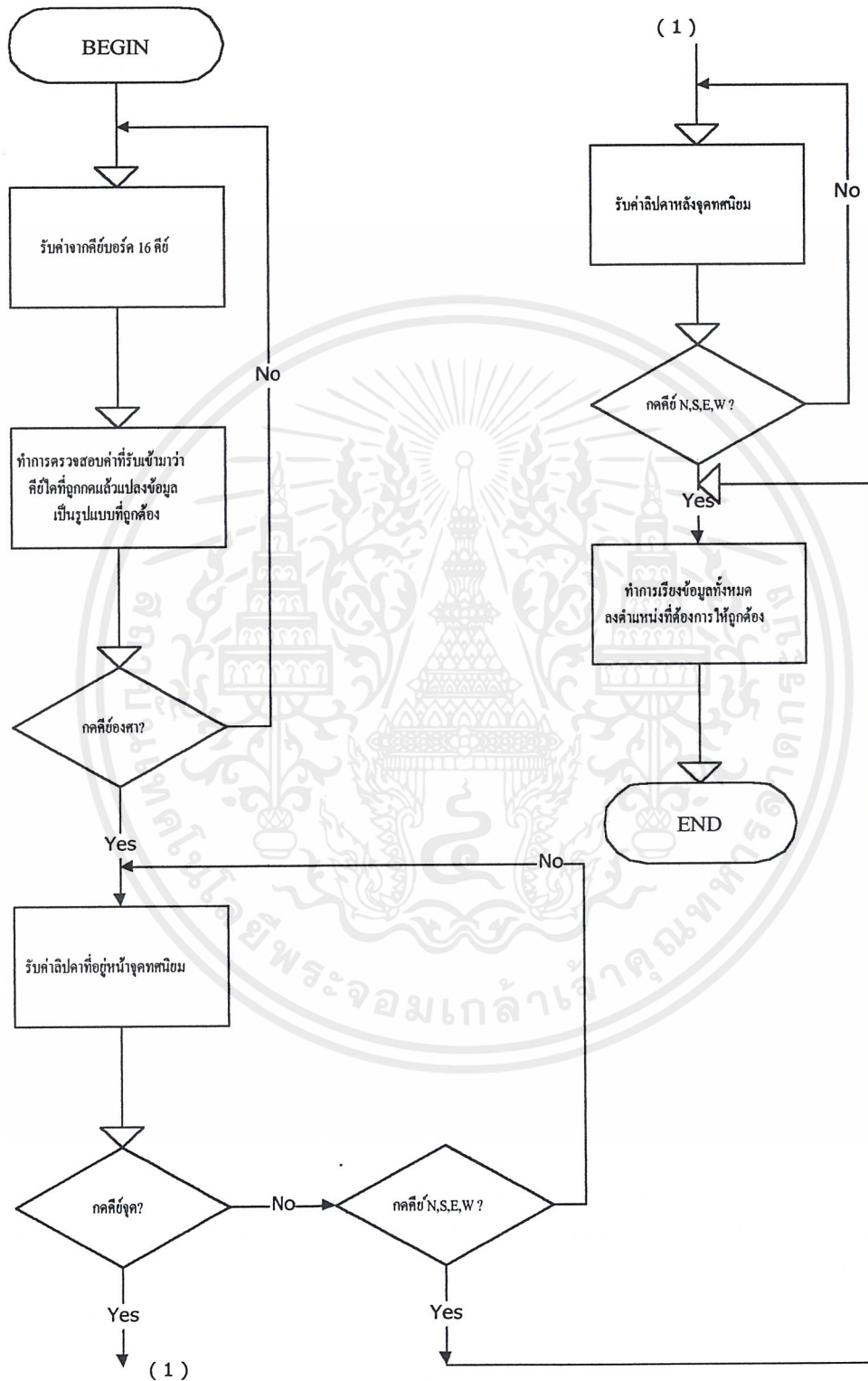
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 โฟร์ซาร์ทการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ



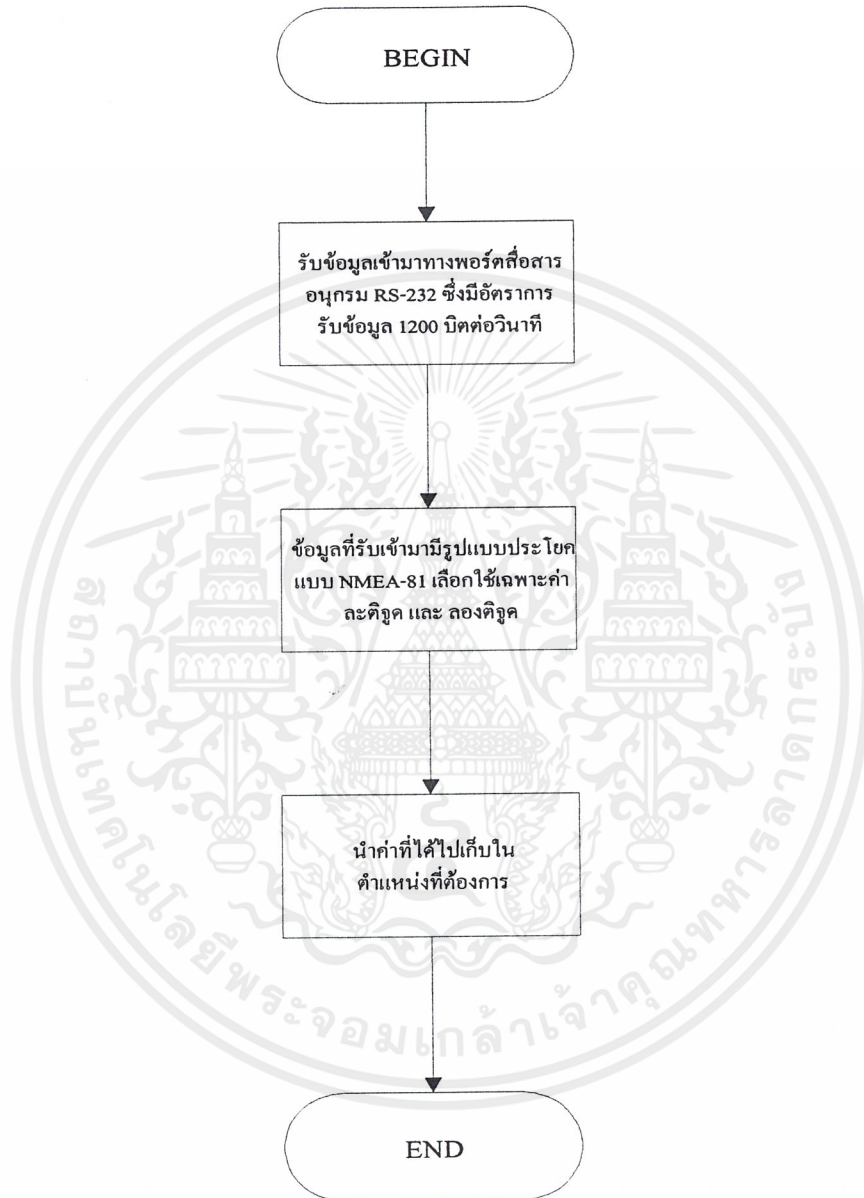
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 โฟร์ซาร์ตในส่วนของการรับค่าจากคีย์บอร์ด 16 คีย์



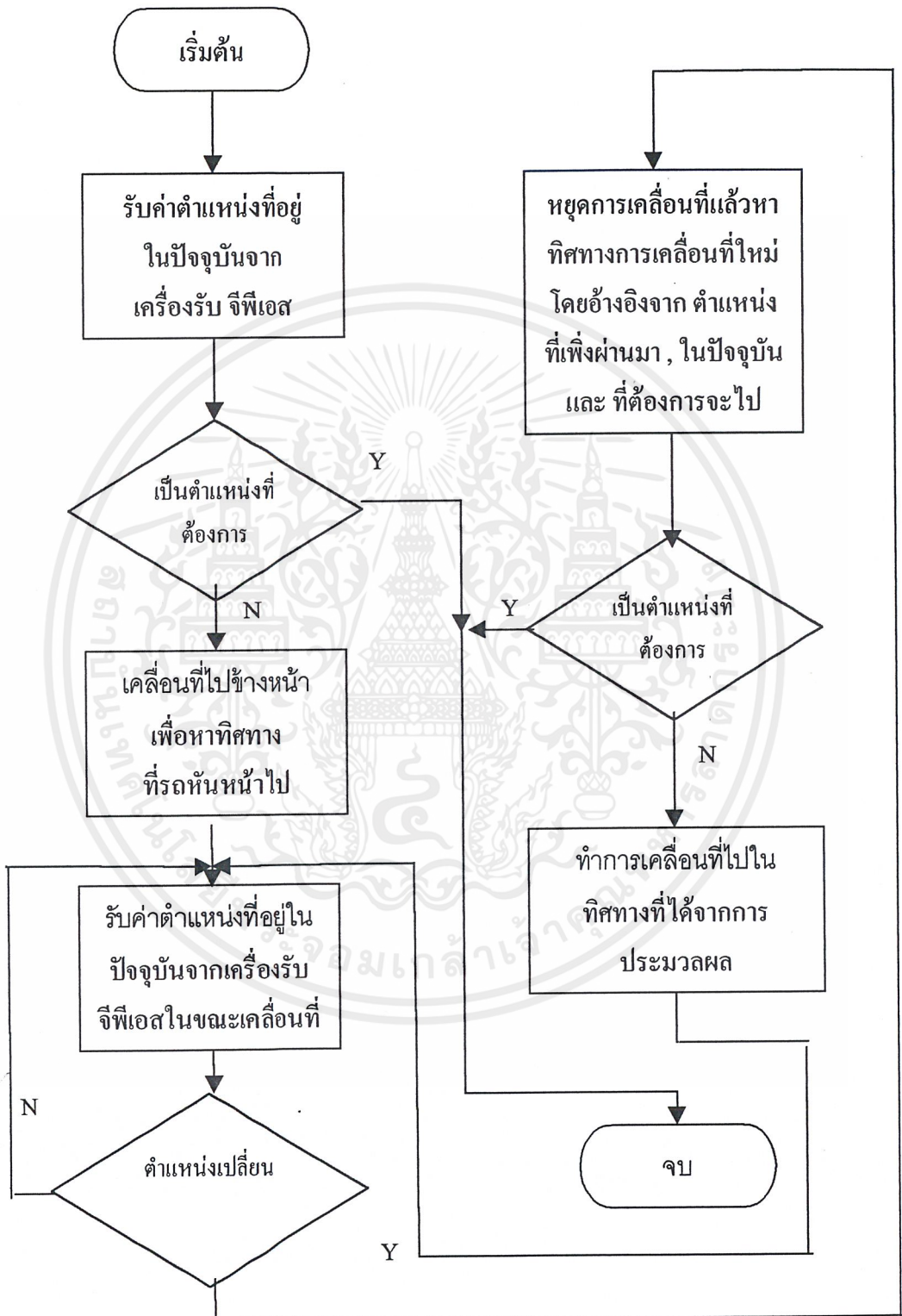
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 รับค่าตำแหน่งจาก GPS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 โพรซัวร์ส่วนประมวลผลหาทิศทางในการเคลื่อนที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การแยกกรณีในการหาทิศทางเคลื่อนที่

กำหนดให้

ตำแหน่งที่ต้องการให้รถสำรวจ ไปถึงมีค่าพิกัดละติจูดเป็น x_2 และมีค่าพิกัดลองจิจูดเป็น y_2

ตำแหน่งที่อยู่ของรถสำรวจในปัจจุบันมีค่าละติจูดเป็น x_1 และมีค่าลองจิจูดเป็น y_1

ตำแหน่งที่รถสำรวจเพิ่งผ่านมามีค่าละติจูดเป็น x_0 และมีค่าลองจิจูดเป็น y_0

การแยกกรณีครั้งแรกเปรียบเทียบตำแหน่ง (x_0, y_0) กับ (x_1, y_1)

- 1.) $x_0 = x_1$ และ $y_0 = y_1$
- 2.) $x_0 = x_1$ และ $y_0 < y_1$
- 3.) $x_0 = x_1$ และ $y_0 > y_1$
- 4.) $x_0 < x_1$ และ $y_0 = y_1$
- 5.) $x_0 < x_1$ และ $y_0 < y_1$
- 6.) $x_0 < x_1$ และ $y_0 > y_1$
- 7.) $x_0 > x_1$ และ $y_0 = y_1$
- 8.) $x_0 > x_1$ และ $y_0 < y_1$
- 9.) $x_0 > x_1$ และ $y_0 > y_1$

แล้วในแต่ละกรณีที่ได้ออกจากการแยกกรณีมาในครั้งแรกนั้นจะแยกกรณีอีกครั้ง โดยการเปรียบเทียบระหว่างตำแหน่ง (x_1, y_1) กับ (x_2, y_2)

- 1.) $x_1 = x_2$ และ $y_1 = y_2$
- 2.) $x_1 = x_2$ และ $y_1 < y_2$
- 3.) $x_1 = x_2$ และ $y_1 > y_2$
- 4.) $x_1 < x_2$ และ $y_1 = y_2$
- 5.) $x_1 < x_2$ และ $y_1 < y_2$
- 6.) $x_1 < x_2$ และ $y_1 > y_2$
- 7.) $x_1 > x_2$ และ $y_1 = y_2$
- 8.) $x_1 > x_2$ และ $y_1 < y_2$
- 9.) $x_1 > x_2$ และ $y_1 > y_2$

ดังนั้นจะพบว่ามีการแยกกรณีทั้งหมดที่เป็นไปได้คือ $9 \times 9 = 81$ กรณีและแต่ละกรณีจะมีการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ต่างกัน

บทที่ 6

การทดลอง และผลการทดลอง

6.1 การทดลองการเคลื่อนที่ของรถไปยังตำแหน่งเป้าหมาย

ทำการทดลองโดยกำหนดตำแหน่งจุดปลายทางเป็นค่าละติจูด และลองจิจูด ที่จะให้รถไปเป็นตำแหน่งเดิมทุกครั้ง แล้วเริ่มจากจุดเริ่มต้นที่ต่างกัน แล้วบันทึกค่า ละติจูด และลองจิจูด ณ ตำแหน่งที่รถหยุดเพื่อรับค่าจากเครื่องจีพีเอส ก่อนจะเข้ากรณีการเคลื่อนที่ โดยในการทดลองนี้ได้กำหนดจุดปลายทางไว้ที่ $13^{\circ} 43.544' N$, $100^{\circ} 46.733' E$

ตารางที่ 6.1.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของรถครั้งที่ 1

ลำดับที่ของจุดต่างๆ	ตำแหน่งพิกัดที่อยู่ปัจจุบัน		ทิศทางและมุมที่ได้ตามโปรแกรมกำหนดไว้		ทิศทางและมุมของการเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่ทดลอง	
	$13^{\circ} 43. XXX' N$	$100^{\circ} 46. YYY' E$	ทิศทาง	มุม(องศา)	ทิศทาง	มุม(องศา)
จุดเริ่มต้น	546	730	ตรง	0	ตรง	0
2	545	730	ซ้าย	45	ซ้าย	30
3	544	731	ซ้าย	45	ซ้าย	10
4	543	732	ซ้าย	90	ซ้าย	90
5	543	733	ซ้าย	90	ซ้าย	35
จุดปลายทาง	544	733	หยุด	-	หยุด	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1.2 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของรถครั้งที่ 2

ลำดับที่ ของจุด ต่างๆ	ตำแหน่งพิกัดที่อยู่ปัจจุบัน		ทิศทางและมุมที่ได้ตาม โปรแกรมกำหนดไว้		ทิศทางและมุมของการ เคลื่อนที่ในพื้นที่ที่ทดลอง	
	13° 43. XXX 'N	100° 46. YYY 'E	ทิศทาง	มุม(องศา)	ทิศทาง	มุม(องศา)
จุดเริ่มต้น	543	736	ตรง	0	ตรง	0
2	542	737	ซ้าย	180	ซ้าย	45
3	542	738	ซ้าย	135	ซ้าย	45
4	543	739	ซ้าย	90	ซ้าย	45
5	543	738	ขวา	45	ตรง	0
6	545	738	ซ้าย	135	ซ้าย	90
7	545	738	ตรง	0	ซ้าย	10
8	545	737	ซ้าย	45	ซ้าย	30
9	544	736	ขวา	45	ขวา	20
10	543	736	ขวา	135	ขวา	35
11	543	735	ขวา	45	ตรง	0
12	542	734	ขวา	90	ขวา	30
13	543	733	ขวา	45	ขวา	40
14	544	732	ขวา	135	ขวา	45
15	545	733	ขวา	135	ขวา	45
16	546	733	ซ้าย	180	ซ้าย	130
17	546	733	ตรง	0	ตรง	0
18	546	731	ซ้าย	135	ซ้าย	90
19	544	731	ซ้าย	90	ซ้าย	45
20	544	732	ตรง	0	ซ้าย	45
จุดปลายทาง	544	733	หยุด	-	หยุด	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1.3 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของรถครั้งที่ 3

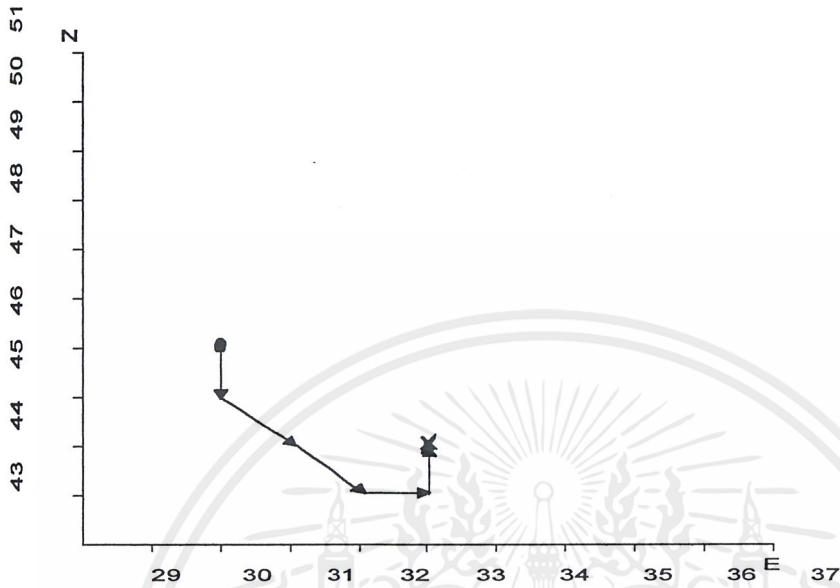
ลำดับที่ ของจุด ต่างๆ	ตำแหน่งพิกัดที่อยู่ปัจจุบัน		ทิศทางและมุมที่ได้ตาม โปรแกรมกำหนดไว้		ทิศทางและมุมของการ เคลื่อนที่ในพื้นที่ที่ทดลอง	
	13° 43. XXX 'N	100° 46. YYY 'E	ทิศทาง	มุม(องศา)	ทิศทาง	มุม(องศา)
จุดเริ่มต้น	541	732	ตรง	0	ตรง	0
2	541	731	ขวา	135	ขวา	30
3	542	730	ขวา	135	ขวา	45
4	543	730	ขวา	45	ขวา	45
5	543	730	ตรง	0	ขวา	20
6	545	730	ขวา	135	ขวา	25
7	546	732	ขวา	90	ขวา	35
8	546	732	ตรง	0	ตรง	0
9	546	733	ขวา	90	ขวา	45
10	546	734	ขวา	135	ขวา	35
11	545	734	ขวา	45	ขวา	50
12	544	734	ขวา	90	ขวา	20
13	544	734	ตรง	0	ขวา	25
จุดปลายทาง	544	733	หยุด	-	หยุด	-

ตารางที่ 6.1.4 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของรถครั้งที่ 4

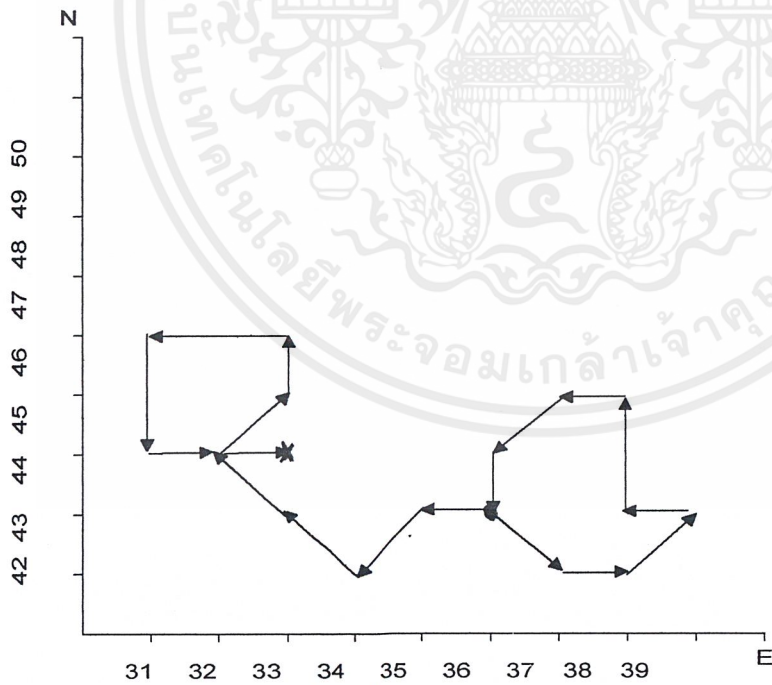
ลำดับที่ ของจุด ต่างๆ	ตำแหน่งพิกัดที่อยู่ปัจจุบัน		ทิศทางและมุมที่ได้ตาม โปรแกรมกำหนดไว้		ทิศทางและมุมของการ เคลื่อนที่ในพื้นที่ที่ทดลอง	
	13° 43. XXX 'N	100° 46. YYY 'E	ทิศทาง	มุม(องศา)	ทิศทาง	มุม(องศา)
จุดเริ่มต้น	547	736	ตรง	0	ตรง	0
2	546	736	ขวา	45	ขวา	30
3	545	735	ตรง	0	ขวา	10
4	544	735	ขวา	90	ขวา	10
5	543	734	ขวา	90	ขวา	45
จุดปลายทาง	544	733	หยุด	-	หยุด	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของรถตามค่าพิกัดในการทดลองทั้ง 4 ครั้ง

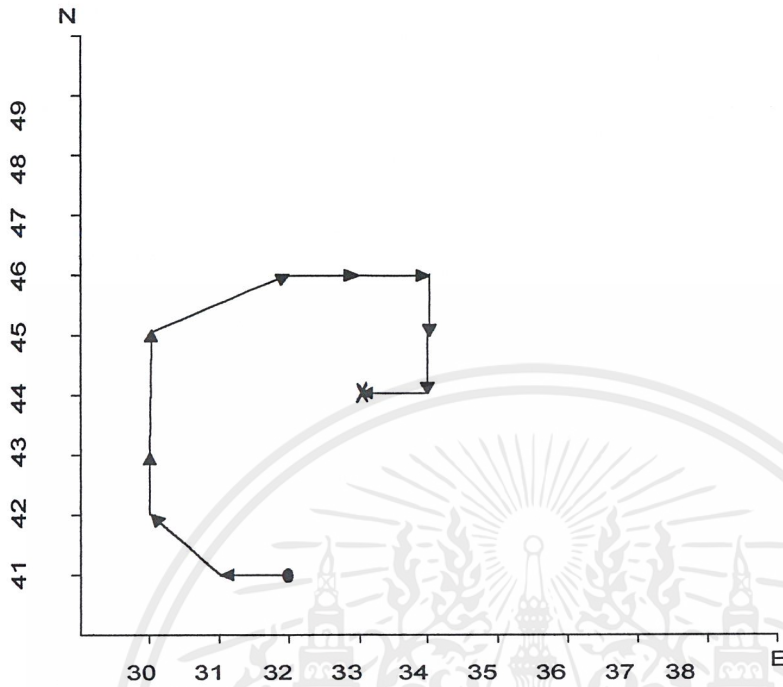


รูปที่ 6.1 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของรถตามผลการทดลองในตารางที่ 6.1.1

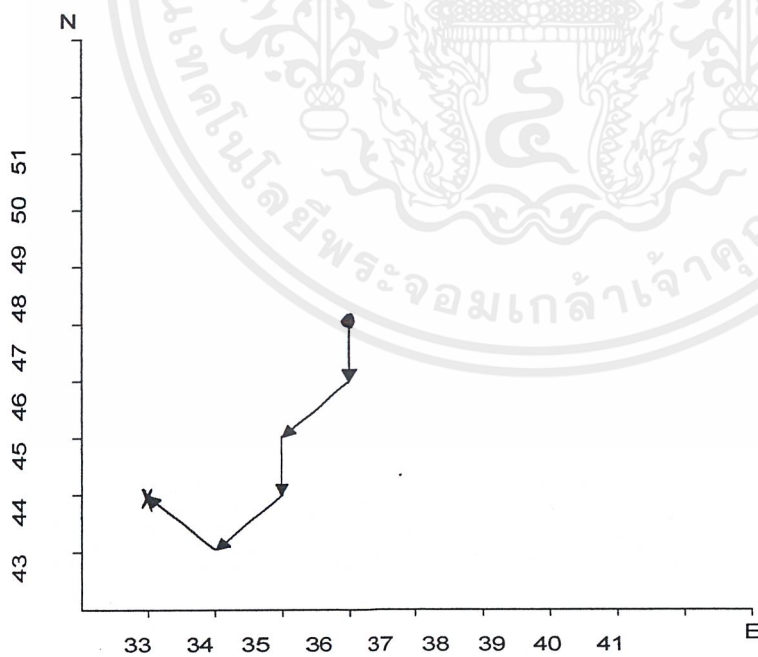


รูปที่ 6.2 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของรถตามผลการทดลองในตารางที่ 6.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



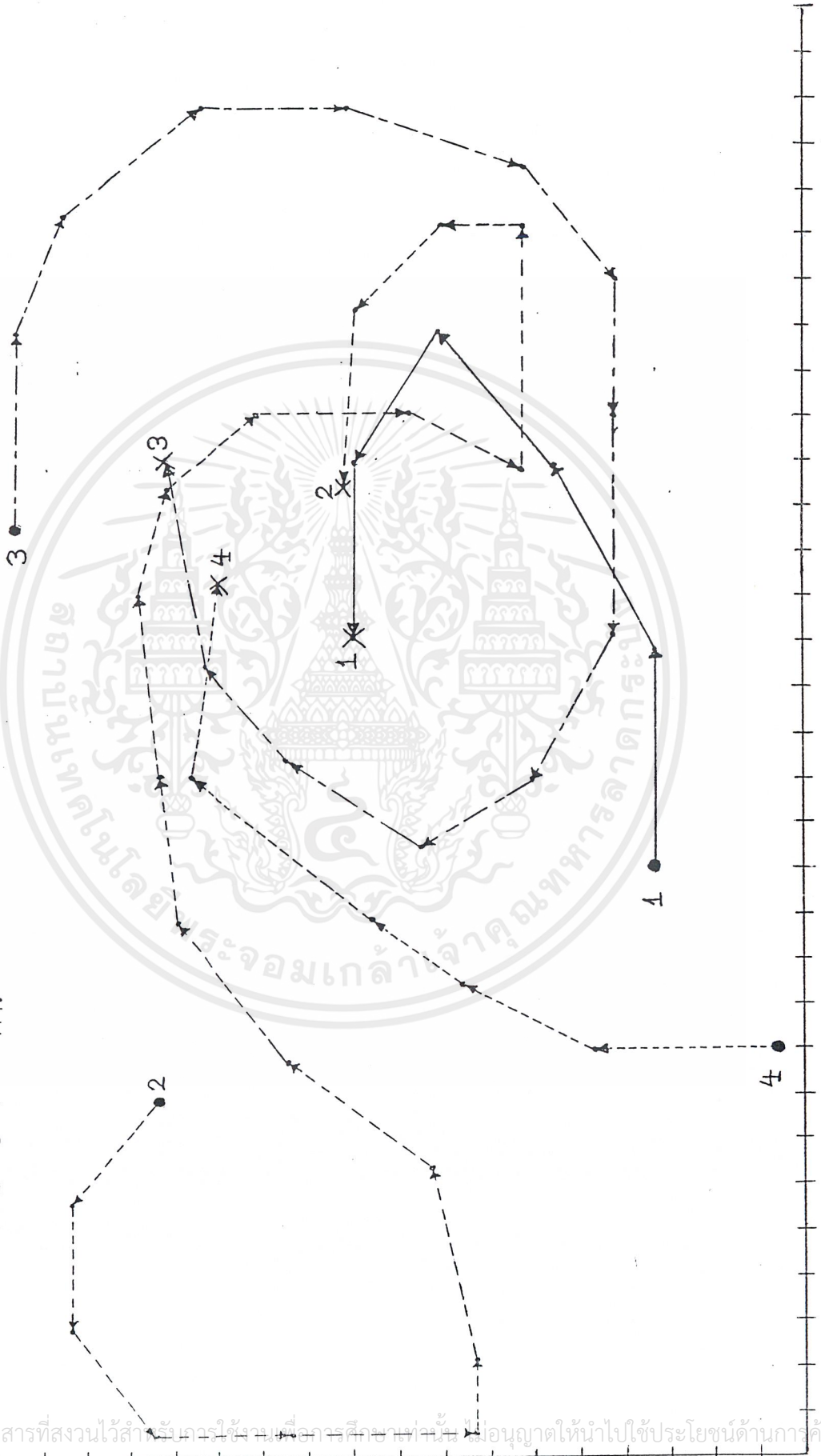
รูปที่ 6.3 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของรถตามผลการทดลองในตารางที่ 6.1.3



รูปที่ 6.4 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของรถตามผลการทดลองในตารางที่ 6.1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตราส่วน 1.5 cm : 1 m.



รูปที่ 6.5 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถในสถานที่ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้ภายในหรือการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุป และวิจารณ์ผล

จากผลการทดลอง โดยที่รถจะเคลื่อนที่แล้วหยุดรับค่าจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส แล้วนำค่าไปทำการประมวลผลเพื่อจะบอกถึง ทิศทางการเคลื่อนที่ครั้งต่อไป จะทราบจากผลว่า การเคลื่อนที่ของรถเป็นไปตามกรณีที่ตั้งไว้ แต่การเคลื่อนที่นั้นจะมีความคลาดเคลื่อนบ้าง อันเนื่องมาจากผลของปัญหาต่างๆ ดังเช่น

สภาพพื้นผิวที่ใช้ในการทดลอง จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของรถ โดยดูได้จากผลต่างของมุมในการเคลื่อนที่ที่ได้จริงกับมุมเคลื่อนที่ที่กำหนดจากกรณีในการเคลื่อนที่ ซึ่งจะมีผลมากต่อการเคลื่อนที่ของรถไปยังจุดเป้าหมาย เช่น ถ้าพื้นผิวมีลักษณะเรียบ การเคลื่อนที่ของรถก็จะทำได้ง่าย การเคลื่อนที่เข้าสู่เป้าหมายก็จะทำได้เร็วกว่า การเคลื่อนที่ในสภาพพื้นผิวที่มีลักษณะขรุขระ

ปัญหาเกี่ยวกับค่าพิกัดที่ได้รับจากเครื่องรับจีพีเอส ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆดังนี้ จำนวนดาวเทียมที่สามารถรับได้ ,การจัดตำแหน่งของดาวเทียมที่เครื่องรับจีพีเอสรับสัญญาณมา ,การที่สัญญาณของดาวเทียมไปกระทบผิวสะท้อนก่อนที่จะไปถึงเครื่องรับจีพีเอส และสภาพดินฟ้าอากาศ เป็นต้น

ปัญหาการทำงานที่ผิดพลาดของวงจร เนื่องจากมีอุณหภูมิสูงในสถานที่ทำการทดลอง

แนวทางการแก้ปัญหา

-เกี่ยวกับสภาพพื้นผิวถ้าเป็นไปได้ควรหาวิธีที่สามารถทำให้รถทำการเคลื่อนที่ได้มุมได้ใกล้เคียงกับที่ต้องการมากที่สุด เหมาะสมกับสภาพพื้นผิวที่ใช้งาน

-เกี่ยวกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากเครื่องรับจีพีเอส ควรใช้งานในพื้นที่โล่ง ,ควรใช้งานในสภาพอากาศที่ปลอดโปร่งจะทำให้มีประสิทธิภาพดีกว่า การใช้งานในขณะที่มีสภาพอากาศไม่ดี เช่น มีฝนตก มีเมฆมาก เป็นต้น

-ปัญหาเกี่ยวกับอุณหภูมิสูงที่เกิดขึ้นกับวงจร หาทางป้องกันความร้อน เช่น ถ้าเกิดจากแสงแดดก็ทำส่วนบังแสงแดด เป็นต้น หรือ ระบายความร้อน ถ้ามีการใช้งานวงจรเป็นเวลานานๆ

บรรณานุกรม

1. Elliott D.Kaplan, UNDERSTANDING GPS PRINCIPLES AND APPLICATIONS
2. พนม เพชรจตุพร, พัลลภ ตั้งบวรพิเชษฐ์, พิเชษฐ์ ช่อผกา, ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ GPS , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
3. พงษ์ศักดิ์ สุสัมพันธ์ไพบูลย์, ไฮเทคดาวเทียม ตอน GPS ระบบการหาตำแหน่งโดยใช้ดาวเทียม, เรื่องนำรู้การสื่อสารดาวเทียม
4. วุฒิไกร จิตราวุฒิโชติ, การประยุกต์ใช้งาน GPS ในระบบนำร่องการเคลื่อนที่อัตโนมัติ, เขมิลคอน ดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 186 กรกฎาคม 2541
5. GPS NMEA Interface, <http://www.eaglegps.com/egps/nlguide/gpsopd5.html>
6. NMEA-183 Ver2.0 GPS Sentence Compatability, <http://www.bride.de/-tom/gps-nmea.html>
7. .Xmidas NMEA – 0183 SENTENCE FORMATTERS , http://www.oce.orst.edu/Wecoma/Docs/Computing/Xmidas/Formatter_ID.html
8. GPS12, <http://www.gamin.com/db?Mltab=garmin&mlval=gps12>
9. GBR21, <http://www.gamin.com/db?Mltab=garmin&mlval=gbr21>
10. GPS25LP, <http://www.gamin.com/db?Mltab=garmin&mlval=oemgps25LP>
11. GPS35LPTP, <http://www.gamin.com/db?Mltab=garmin&mlval=oemgps35LPTP>
12. Garmin Protocal, <http://vancouver-webpages.com/peter/grmnprot.html>
13. NMEA 0183 Multiplexer, <http://www.thecapn.com/mulplex.html>
14. Adventure GPS Product: Eagle Explorer, http://www.gps4fun.com/eag_expi.html
15. Adventure GPS Proucts: Eagle expedition II, http://www.gps4funcom/eag_expd.html
16. GPS Data Manager, <http://www.lowrance.com/software/gdm/Default.html>
17. GIF image 640*480 pixels, <http://www.tecsci.fi/tecref/busab.gif>
18. Joe Campbell, เรียบเรียงโดย ทวีชัย ภูริทิพย์, ไขปัญหา RS-232, Second Edition, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน)



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MM74C922 • MM74C923 16-Key Encoder • 20-Key Encoder

General Description

The MM74C922 and MM74C923 CMOS key encoders provide all the necessary logic to fully encode an array of SPST switches. The keyboard scan can be implemented by either an external clock or external capacitor. These encoders also have on-chip pull-up devices which permit switches with up to 50 kΩ on resistance to be used. No diodes in the switch array are needed to eliminate ghost switches. The internal debounce circuit needs only a single external capacitor and can be defeated by omitting the capacitor. A Data Available output goes to a high level when a valid keyboard entry has been made. The Data Available output returns to a low level when the entered key is released, even if another key is depressed. The Data Available will return high to indicate acceptance of the new key after a normal debounce period; this two-key roll-over is provided between any two switches.

An internal register remembers the last key pressed even after the key is released. The 3-STATE outputs provide for easy expansion and bus operation and are LPTTL compatible.

Features

- 50 kΩ maximum switch on resistance
- On or off chip clock
- On-chip row pull-up devices
- 2 key roll-over
- Keybounce elimination with single capacitor
- Last key register at outputs
- 3-STATE output LPTTL compatible
- Wide supply range: 3V to 15V
- Low power consumption

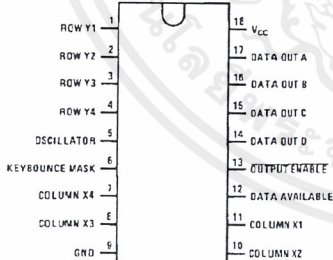
Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
MM74C922N	N18A	18-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
MM74C922WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
MM74C923WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
MM74C923N	N20A	20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Device also available in Tape and Reel. Specify by appending suffix letter "X" to the ordering code.

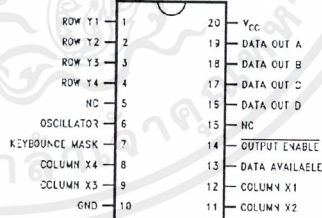
Connection Diagrams

Pin Assignment for DIP



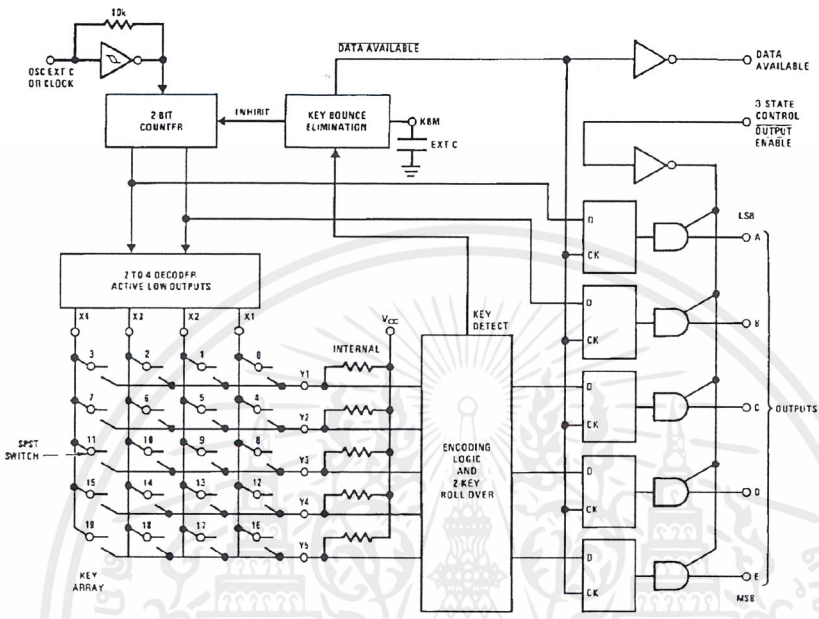
Top View
MM94C922

Pin Assignment for SOIC



Top View
MM74C922

Block Diagram



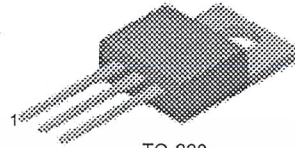
MM74C922 • MM74C923

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIP31 Series(TIP31/31A/31B/31C)

Medium Power Linear Switching Applications

- Complementary to TIP32/32A/32B/32C



TO-220

1.Base 2.Collector 3.Emitter

NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage : TIP31	40	V
	: TIP31A	60	V
	: TIP31B	80	V
	: TIP31C	100	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : TIP31	40	V
	: TIP31A	60	V
	: TIP31B	80	V
	: TIP31C	100	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	3	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	5	A
I_B	Base Current	1	A
P_C	Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$)	40	W
P_C	Collector Dissipation ($T_a=25^\circ\text{C}$)	2	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

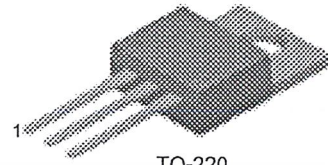
Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CE(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 30\text{mA}, I_B = 0$	40		V
	: TIP31				
	: TIP31A				
	: TIP31B				
I_{CEO}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 60\text{V}, I_B = 0$		0.3	mA
	: TIP31/31A				
I_{CES}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 40\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 60\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 80\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 100\text{V}, V_{EB} = 0$		200	μA
	: TIP31				
	: TIP31A				
	: TIP31B				
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$		1	mA
	: TIP31C				
h_{FE}	* DC Current Gain	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 1\text{A}$ $V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$	25	50	
	: TIP31B/31C				
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 3\text{A}, I_B = 375\text{mA}$		1.2	V
$V_{BE(sat)}$	* Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE} = 4\text{V}, I_C = 3\text{A}$		1.8	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 500\text{mA}$	3.0		MHz

* Pulse Test: $PW \leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycles $\leq 2\%$

TIP32 Series(TIP32/32A/32B/32C)

Medium Power Linear Switching Applications

- Complement to TIP31/31A/31B/31C



TO-220

1.Base 2.Collector 3.Emitter

PNP Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage : TIP32	- 40	V
	: TIP32A	- 60	V
	: TIP32B	- 80	V
	: TIP32C	- 100	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : TIP32	- 40	V
	: TIP32A	- 60	V
	: TIP32B	- 80	V
	: TIP32C	- 100	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	- 5	V
I_C	Collector Current (DC)	- 3	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	- 5	A
I_B	Base Current	- 3	A
P_C	Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$)	40	W
P_C	Collector Dissipation ($T_a=25^\circ\text{C}$)	2	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage : TIP32 : TIP32A : TIP32B : TIP32C	$I_C = - 30\text{mA}, I_B = 0$	-40		V
			-60		V
			-80		V
			-100		V
I_{CEO}	Collector Cut-off Current : TIP32/32A : TIP32B/32C	$V_{CE} = - 30\text{V}, I_B = 0$		- 0.3	mA
		$V_{CE} = - 60\text{V}, I_B = 0$		- 0.3	mA
I_{CES}	Collector Cut-off Current : TIP32 : TIP32A : TIP32B : TIP32C	$V_{CE} = - 40\text{V}, V_{EB} = 0$		- 200	μA
		$V_{CE} = - 60\text{V}, V_{EB} = 0$		- 200	μA
		$V_{CE} = - 80\text{V}, V_{EB} = 0$		- 200	μA
		$V_{CE} = - 100\text{V}, V_{CE} = 0$		- 200	μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = - 5\text{V}, I_C = 0$		- 1	mA
h_{FE}	* DC Current Gain	$V_{CE} = - 4\text{V}, I_C = - 1\text{A}$	25		
		$V_{CE} = - 4\text{V}, I_C = - 3\text{A}$	10	50	
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = - 3\text{A}, I_B = - 375\text{mA}$		- 1.2	V
$V_{BE(sat)}$	* Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE} = - 4\text{V}, I_C = - 3\text{A}$		- 1.8	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = - 10\text{V}, I_C = - 500\text{mA}$	3.0		MHz

* Pulse Test: $PW \leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2\%$

CD4069UBC Inverter Circuits

General Description

The CD4069UB consists of six inverter circuits and is manufactured using complementary MOS (CMOS) to achieve wide power supply operating range, low power consumption, high noise immunity, and symmetric controlled rise and fall times.

This device is intended for all general purpose inverter applications where the special characteristics of the MM74C901, MM74C907, and CD4049A Hex Inverter/Buffers are not required. In those applications requiring larger noise immunity the MM74C14 or MM74C914 Hex Schmitt Trigger is suggested.

All inputs are protected from damage due to static discharge by diode clamps to V_{DD} and V_{SS} .

Features

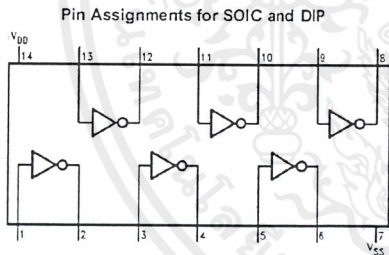
- Wide supply voltage range: 3.0V to 15V
- High noise immunity: $0.45 V_{DD}$ typ.
- Low power TTL compatibility: Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- Equivalent to MM74C04

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4069UBCM	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow Body
CD4069UBCSJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
CD4069UBCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Device also available in Tape and Reel. Specify by appending suffix "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Schematic Diagram

