สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตรวจสอบสถานะรถให้บริการ

Service Vehicle Monitoring System

โดย

นางสาว กมลวรรณ ศรียานุวัตรกุล

นาย สุเมธ พงษ์ชัยผล

มพ.
ก1378
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72904
วัน,เดือน,ปี 25 มิ.ย. 2550

b.11717423
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจสอบสถานะรถให้บริการ

Service Vehicle Monitoring System

โดย

นางสาว กมลวรรณ ศรียานุวัตรกุล รหัสประจำตัว 46010007

นาย สุเมธ พงษ์ชัยผล รหัสประจำตัว 46010863

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. สุพันธุ์ ตั้งจิตกุศลมั่น อาจารย์ที่ปรึกษา

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2549

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจสอบสถานะรถให้บริการ (Service Vehicle Monitoring System)

ผู้จัดทำ

นางสาว กมลวรรณ ศรียานุวัตรกุล รหัสประจำตัว 46010007

นาย สุเมธ พงษ์ชัยผล รหัสประจำตัว 46010863

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.สุพันธุ์ ตั้งจิตกุศลมั่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจสอบสถานะรถให้บริการ

นางสาว กมลวรรณ ศรียานุวัตรกุล รหัส 46010007
นาย สุเมธ พงษ์ชัยผล รหัส 46010863
ผศ. ดร. สุพันธุ์ ตั้งจิตภุศลมั่น อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

โครงงานระบบตรวจสอบสถานะรถให้บริการนี้ เป็นการประยุกต์ใช้งานระบบ GPS โดยนำความรู้ทางด้านระบบพิกัดอ้างอิง การใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ การรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ การแสดงแผนที่ และระบบฐานข้อมูล มาใช้ในการจัดระบบตรวจสอบสถานะรถให้บริการ โดยมีเครื่องรับ GPS โมดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ และ MCS-51 ในการควบคุมระบบทั้งหมด ส่วนข้อมูลที่ได้จะนำมาประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ แล้วนำมาแสดงพิกัดตำแหน่งลงบนแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Service Vehicle Monitoring System

Miss Kamolwan Sriyanuwatkul ID. 46010007
Mr. Sumete Pongchaipon ID. 46010863
Asst. Prof. Dr. Supun Tungjitkusolmun Advisor
Educationnal Year 2006

Abstract

This project is about service vehicle monitoring system that is an application of GPS system by using the knowledge of Positioning system, Microcontroller, Mobile phone network transceiver, Map display and Database System to manage the service vehicle monitoring system. We use a GPS receiver, Mobile phone and MCS-51 to control all components in the system. All collected data are calculated on a computer and displayed the location on a map.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ สำเร็จได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจากหลายฝ่าย ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพันธุ์ ตั้งจิตกุศลมั่น อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำที่ดี ในการปฏิบัติงาน ตลอดจนแนวความคิด ต่างๆ รวมทั้ง ช่วยเหลือ ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และช่วยตรวจแก้ไขรายงานจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณภัทรพงษ์ ผาสุกกิจ(พี่โอ๋) ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำที่ดีใน การปฏิบัติงาน พร้อมทั้งแนวคิดในการแก้ไขปัญหา ตลอดจนเงินสนับสนุนในโครงงานครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณอธิภู มงคลขจิต(พี่เด็ด) ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการทำงาน และยังซื้อหนังสือGPS ให้อ่านอีกด้วย

ขอขอบคุณ คณาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาท วิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ศึกษาเล่าเรียน

ขอขอบคุณทุกท่านที่ปฏิบัติงานในที่สำนักวิจัยที่ อำนวยความสะดวกพร้อมทั้งให้ ความเป็นกันเองเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจที่ดี ในการเรียน การทำงานและ มิตรภาพที่ดี แก่กันและกันเสมอมา และตลอดไป

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ และครอบครัวที่ข้าพเจ้ารักที่คอยเป็นกำลังใจในยามที่ ข้าพเจ้าเหนื่อยล้า และให้การสนับสนุนส่งเสริมการศึกษา มาโดยตลอด

กมลวรรณ ศรียานุวัตรกุล

(นางสาว กมลวรรณ ศรียานุวัตรกุล)

สุเมธ พงษ์ชัยผล

(นาย สุเมธ พงษ์ชัยผล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 วัตถุประสงค์ ขอบเขต ประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงงาน	1
1.2 องค์ประกอบของระบบติดตามตำแหน่งยานพาหนะผ่านระบบ GPS	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ระบบ GPS	3
2.2 ประวัติความเป็นมาและพัฒนาการระบบGPS	4
2.3 วิวัฒนาการการส่งดาวเทียม GPS สู่อวกาศ	5
2.4 ประโยชน์ของระบบ GPS	6
2.5 ส่วนประกอบของระบบ GPS	8
2.5.1 ส่วนอวกาศ (Space Segment)	8
2.5.2 ส่วนควบคุม (Control Segment)	10
2.5.3 ส่วนผู้ใช้งาน (User Segment)	11
2.6 หลักการทำงานเบื้องต้น	12
2.6.1 การคำนวณหาระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับด้วยวิธี Triliteration	12
2.6.2 Satellite Positions (การหาตำแหน่งของดาวเทียม GPS)	14
2.6.3 เครื่องรับ GPS บอก (คำนวณ) ตำแหน่งพิกัดได้อย่างไร	15
2.6.4 ความแม่นยำ (ACCURACY) ของตำแหน่งพิกัดที่คำนวณได้	15
2.6.5 การวัดระยะเวลา	17
2.6.6 Correcting Errors	18
2.6.7 การลดค่าความผิดพลาดด้วยวิธี DGPS (Differential GPS)	20
2.6.8 SPS and PPS	22
2.7 หลักการทำงานของระบบ GPS ในเชิงวิศวกรรม	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 GPS Signals 23
2.7.2 GPS data (GPS Navigation Message) 24
2.7.3 การรับสัญญาณของเครื่องรับ GPS 26
2.7.4 Pseudo-Range Navigation 30
2.8 หลักการรับส่ง SMS 32
2.8.1 PDU MODE 33
2.8.2 การรับข้อมูล SMS 33
2.8.3 การส่งข้อมูล SMS 35
2.8.4 การถอดรหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต 36
2.9 AT-COMMAND 37
2.9.1 AT COMMAND ที่เกี่ยวข้องกับการรับ-ส่ง SMS 37
2.10 SERIAL COMMUNICATION 39
2.10.1 Asynchronous Serial Communication 40
2.11 มาตรฐาน NMEA-0183 41
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 48
บทที่ 4 ผลการทดลอง 51
4.1 ทดสอบการรับค่าจากโมดูลเครื่องรับ GPS 51
4.2 ผลการทดลองการตัดคำของไมโครคอนโทรเลอร์ 55
4.3 การเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือกับคอมพิวเตอร์ 56
4.4 การเชื่อมต่อ Microcontroller กับ โทรศัพท์มือถือ 58
4.5 ผลการทดลองการใช้งานในส่วนของโปรแกรมและการแสดงผลตำแหน่งยานพาหนะ 60
4.5.1 โปรแกรมทำการเชื่อมต่อกับส่วนโมดูลเครื่องรับ GPS 60
4.5.2 การแสดงผลตำแหน่งยานพาหนะ 61
4.5.3 การเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูล 62
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 64
เอกสารอ้างอิง
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ตัวอย่างของเครื่องรับ GPS ที่ใช้กันในปัจจุบัน 3
รูปที่ 2 ดาวเทียม GPS รุ่นต่างๆ ที่ถูกส่งไปในอวกาศ 6
รูปที่ 3 แสดงการทำแผนที่ไปรษณีย์โทรเลข โรงไฟฟ้า โรงพยาบาล 6
รูปที่ 4 แสดงการประยุกต์ใช้ GPS ในด้านเกษตรกรรม 8
รูปที่ 5 แสดงส่วนประกอบหลักของระบบ GPS 9
รูปที่ 6 แสดงวงโคจรของดาวเทียมทั้ง 24 ดวง 10
รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งของสถานีควบคุมทั้ง 5 แห่ง 11
รูปที่ 8 หลักการทำงานของ GPS ที่เรียกว่า triliteration 13
รูปที่ 9 แสดงการเกิดความผิดพลาดในการส่งสัญญาณเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ 19
รูปที่ 10 DGPS 21
รูปที่ 11 GPS satellite signals 24
รูปที่ 12 GPS Navigation Message 25
รูปที่ 13 GPS C/A Code Generator 26
รูปที่ 14 สัญญาณที่เครื่องรับทำการ Copy เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับ PRN code 27
รูปที่ 15 การเปรียบเทียบการ Correlate กันของสัญญาณ 2 สัญญาณ 28
รูปที่ 16 ตัวอย่างของ PRN code 28
รูปที่ 17 สัญญาณที่ไม่ Correlate กัน 28
รูปที่ 18 การเกิด Correlation กันบางส่วน บางส่วนของ signal power ก็จะถูก detect 28
รูปที่ 19 Complete correlation 28
รูปที่ 20 แสดง Block Diagram ของเครื่องรับ GPS 29
รูปที่ 21 แสดง Block Diagram ของการ demodulation 29
รูปที่ 22 แสดงการเกิด Intersection ที่ตำแหน่งของเครื่องรับ GPS 30
รูปที่ 23 แสดง Coordinate ที่ใช้ใน example 31
รูปที่ 24 หลักการรับ-ส่ง SMS 32
รูปที่ 25 ข้อมูลใน SMS ในรูปแบบ PDU MODE 33
รูปที่26 ตัวอย่างแสดงการแปลงตัวอักษร 36
รูปที่ 27 ตัวอย่างคำสั่งพื้นฐานและ LIST ข้อความใน STO SENT 38
รูปที่ 28 ตัวอย่างการอ่านข้อความ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 29 แสดงอุปกรณ์ภาคส่งข้อมูล 48
รูปที่ 30 วงจรภาคส่งข้อมูล 49
รูปที่ 31 แสดงอุปกรณ์ภาครับข้อมูล 49
รูปที่ 32 วงจรภาครับข้อมูล 50
รูปที่ 33-36 แสดงการใช้งาน GPS 51-52
รูปที่ 37 แสดงการใช้งาน Hyperterminal เชื่อมต่อกับ GPS 53
รูปที่ 38 แสดงความเร็วของ GPS บน Hyperterminal 54
รูปที่ 39 แสดงผลของการตัดคำของไมโครคอนโทรเลอร์ 55
รูปที่ 40 โทรศัพท์มือถือรุ่น Siemens C35 และสาย Data Link 56
รูปที่ 41 Dialog Box Port setting จากโปรแกรม Hyper Terminal 57
รูปที่ 42 ตัวอย่างคำสั่งพื้นฐานในการ โทรออก รับ-ส่งข้อความสั้น และอ่านข้อความสั้น 57
รูปที่ 43 Diagram การเชื่อมต่อสายสัญญาณ เพื่อแสดงข้อมูลที่โทรศัพท์ส่งกลับมา 58
รูปที่ 44 แผนผังการทำงานของโปรแกรม 59
รูปที่ 45-48 แสดงโปรแกรมการเชื่อมต่อกับโมดูลเครื่องรับ GPS 60-61
รูปที่ 49 แสดงการเก็บข้อมูลผ่านระบบฐานข้อมูล 62
รูปที่ 50 แสดงข้อมูลตำแหน่งพิกัดที่ถูกเก็บในระบบฐานข้อมูล 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงค่าความผิดพลาดที่ลดลงเมื่อใช้ DGPS 22
ตารางที่ 2 แสดง PRN code ของดาวเทียมแต่ละดวง 27
ตารางที่ 3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GLL 41
ตารางที่ 4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GGA 42
ตารางที่ 5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GSA 43
ตารางที่ 6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GSV 44
ตารางที่ 7 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด RMC 45
ตารางที่ 8 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด VTG 46
ตารางที่ 9 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด ZDA 47
ดารางที่ 10 สรุปคุณสมบัติของ 7 เรคอร์ดหลักใน NMEA Message 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในธุรกิจที่มีการจัดการทางด้านการขนส่งโดยตรง เช่น ธุรกิจขนส่งสินค้าทางรถ หรือธุรกิจที่มีสินค้ามูลค่าสูงที่จำเป็นต้องมีการขนส่ง เช่น รถขนส่งเงินของธนาคาร มีความต้องการทางด้านความปลอดภัยในระหว่างการขนส่งมาก จึงต้องการทราบตำแหน่งของรถขนส่งว่า ณ เวลานี้รถอยู่ที่ตำแหน่งใด อยู่นอกเส้นทางหรือไม่ เทคโนโลยีที่จะช่วยให้การติดตามเป็นไปได้อย่างแม่นยำและสะดวก ก็คือ ระบบ จีพีเอส(GPS)

GPS เป็นเทคโนโลยีที่สามารถระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลกได้อย่างแม่นยำ ที่สำคัญ GPS เป็นระบบเปิดที่สามารถนำไปสร้างหรือนำไปประยุกต์ใช้งาน เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับลักษณะงานและความต้องการได้ นอกจากการศึกษาระบบ GPS เพื่อนำมาทำระบบติดตามตำแหน่งยานพาหนะแล้ว GPS ยังทำให้เราสามารถนำข้อมูลตำแหน่งมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ระบบนำร่อง การสำรวจพื้นที่ และการทำแผนที่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจ ถึงระบบ GPS และการบอกตำแหน่งด้วยดาวเทียม
2. เพื่อออกแบบระบบติดตามตำแหน่งยานพาหนะผ่านระบบ GPS
3. เพื่อทดลองระบบและแสดงพิกัดตำแหน่ง วันที่ และเวลาของการเดินทางบนแผนที่ได้

ขอบเขตของโครงงาน

1. ออกแบบระบบติดตามตำแหน่งยานพาหนะผ่านระบบ GPS
2. ทดลองระบบ GPS และแสดงพิกัดตำแหน่ง วันที่ และเวลาของการเดินทางบนแผนที่
3. ศึกษาและประยุกต์ใช้งานร่วมกับโทรศัพท์มือถือ โดยใช้โมดูลจีเอสเอ็ม(GSM)
4. จัดระบบการเดินรถให้บริการ (Monitoring Management)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถที่จะนำประโยชน์จากการศึกษาอุปกรณ์ จีพีเอส และ จีเอสเอ็ม มาประยุกต์ใช้งานได้
2. มีความรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มขึ้น เพื่อที่จะนำไปใช้ในการเขียนออกแบบโปรแกรม ที่ใช้ในการควบคุมระบบต่างๆ
3. สามารถนำความรู้ด้าน วีบี (Microsoft Visual Studio 2005) มาประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์ต่างๆได้เป็นอย่างดี

องค์ประกอบของระบบติดตามตำแหน่งยานพาหนะผ่านระบบ GPS

ระบบติดตามตำแหน่งยานพาหนะ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เครื่องรับพิกัดตำแหน่งของยานพาหนะ และส่วนแสดงผลลงบนแผนที่

1. **เครื่องรับพิกัดตำแหน่งของยานพาหนะ** เป็นส่วนที่ติดตั้งไปกับยานพาหนะ มีหน้าที่รับสัญญาณ GPS ซึ่งเครื่องรับนี้ประกอบด้วย GPS โมดูล ไว้สำหรับรับสัญญาณ GPS และส่วนไมโครคอนโทรเลอร์ ไว้สำหรับควบคุมการทำงานและการแสดงผลลงบนแผนที่

2. **ส่วนแสดงผลลงบนแผนที่** เป็นส่วนที่อยู่กับที่ คอยแสดงพิกัดตำแหน่งของยานพาหนะลงบนแผนที่ ทำให้สามารถทราบเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบ GPS

GPS ย่อมาจาก "Global Positioning System" คือระบบที่ระบุตำแหน่งทุกแห่งบนโลกจากกลุ่มดาวเทียม 24 ดวงที่โคจรอยู่รอบโลกที่ระดับความสูง 11,000 ไมล์ (ประมาณ 20,200 กิโลเมตร) และส่งสัญญาณลงมายังพื้นโลกตลอดเวลา โดยเราจะใช้เครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS Receiver) รับสัญญาณจากดาวเทียม แล้วมาคำนวณหาตำแหน่งที่เราอยู่ปัจจุบันได้ และที่สำคัญยิ่ง หากเรารู้ตำแหน่งที่เราจะไป เครื่อง GPS จะสามารถบอกทิศทางของสถานที่นั้น พร้อมทั้ง บอกระยะห่างว่าอยู่ไกลแค่ไหน และด้วยความสามารถของ GPS ทำให้เราสามารถนำข้อมูลตำแหน่งมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น ระบบนำร่อง (Navigation System), ระบบติดตามยานพาหนะ(Automatic Vehicle Location), การสำรวจพื้นที่(Survey) และการทำแผนที่(Mapping)

ปัจจุบันมีการใช้ระบบ GPS กันแพร่หลายมากขึ้น เพราะเครื่องรับ GPS มีขนาดเล็กลง กะทัดรัด และพกพาได้สะดวก โทรศัพท์มือถือ นาฬิกาหรือ PDA ในปัจจุบันก็มีการรวมระบบ GPS ไว้ด้วย ทำให้ใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 1 ตัวอย่างของเครื่องรับ GPS ที่ใช้กันในปัจจุบัน

โดยในช่วงแรกการใช้งานนั้น GPS จะถูกจำกัดอยู่ในทางการทหาร แต่ต่อมาทางประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นผู้สร้างและดูแลเครือข่ายดาวเทียมเหล่านี้ ได้ทำการปลดล็อคดาวเทียม เพื่อให้สามารถใช้ได้นอกเหนือจากการทหาร จึงเริ่มมีการใช้งานในวงกว้างขึ้น เช่น ใช้ในระบบการขนส่ง การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การทำแผนที่ และในปัจจุบันในวงการท่องเที่ยวก็มีการนำ GPS มาใช้ในการเดินป่าอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ประวัติความเป็นมาและพัฒนาการระบบ GPS

ตั้งแต่ในอดีต มนุษย์เรามีความพยายามที่จะสร้างเครื่องไม้เครื่องมือ เพื่อบอกให้ได้ว่าเรากำลังอยู่ที่ใด เพื่อป้องกันการหลงทางและสามารถกลับไปยังจุดเดิมได้อย่าง ต่อมาเมื่อเทคโนโลยีทันสมัยมากขึ้น ก็ได้มีการคิดค้นประดิษฐ์เข็มทิศและเครื่องวัดระยะทางหาเส้นรุ้งและเส้นแวง (Sextant) ขึ้นมา โดยเข็มทิศจะชี้ไปทางเหนือเสมอ ฉะนั้นไม่ว่าเราจะไม่รู้ตำแหน่งของเราแต่เราจะยังสามารถรู้ทิศทางที่กำลังเดินทางไปได้ ส่วนเครื่องวัดระยะทางหาเส้นรุ้งและเส้นแวง นั้นจะช่วยในการวัดมุมระหว่างดวงดาวกับพื้นดิน ในยุคแรก ๆ นั้นเครื่องมือนี้จะใช้ในการเดินเรือและสามารถบอกได้แต่เส้นรุ้งเท่านั้น ไม่สามารถบอกเส้นแวงได้

ต่อมาในศตวรรษที่ 17 ประเทศอังกฤษก็ได้ตั้งกลุ่มนักวิทยาศาสตร์เพื่อทำการสร้างเครื่องมือเพื่อหาเส้นแวงให้ได้ ซึ่งในปี ค.ศ.1761 John Harrison ได้พัฒนาเครื่องมือที่สามารถใช้หาเส้นแวงได้ซึ่งเรียกว่า Chronometer ซึ่งต่อมาก็มีการใช้เครื่องมือ Sextant และ Chronometer ร่วมกันในการเดินทางอย่างแพร่หลาย

ในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 ได้มีการพัฒนาระบบการส่งสัญญาณวิทยุมาใช้งานกันมากขึ้นจนกระทั่งได้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งเรือ และเครื่องบิน จะใช้ระบบการรับ-ส่งสัญญาณวิทยุจากสถานีภาคพื้นดินเป็นตัวนำทาง การส่งสัญญาณวิทยุนั้นจะสามารถส่งได้ทั้งแบบความถี่สูงและความถี่ต่ำ แต่ข้อเสียก็คือ หากส่งสัญญาณในช่วงความถี่สูงจะสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แต่ครอบคลุมได้เพียงพื้นที่จำกัด ส่วนการรับ-ส่งสัญญาณในช่วงความถี่ต่ำสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างไกลกว่า แต่ความถูกต้องต่ำกว่า

ในศตวรรษที่ 20 ดาวเทียมสปุตนิก (Sputnik) ของประเทศรัสเซียได้ถูกส่งออกสู่อวกาศเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม ค.ศ. 1957 และทำให้เราเริ่มตระหนักกันว่าเราสามารถใช้ดาวเทียมในการนำทางได้เช่นเดียวกับดวงดาวบนท้องฟ้า โดยนักวิจัยสถาบัน MIT ได้ติดตามวิถีการโคจรของดาวเทียม สปุตนิกและได้สังเกตเห็นว่าสัญญาณวิทยุจากดาวเทียมสปุตนิกจะสูงขึ้นเมื่อดาวเทียมโคจรเข้ามาใกล้และต่ำลงเมื่อดาวเทียมโคจรห่างออกไป จากข้อเท็จจริงดังกล่าวที่ว่าเราสามารถจะติดตามตำแหน่งของดาวเทียมในขณะโคจรรอบโลกได้จากภาคพื้นดินนั้น จึงเป็นที่มาของสมมุติฐานที่ว่า ในทางกลับกัน เราก็น่าจะสามารถติดตามหรือระบุตำแหน่งของวัตถุใดๆ บนพื้นโลกโดยการใช้สัญญาณวิทยุจากดาวเทียมได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

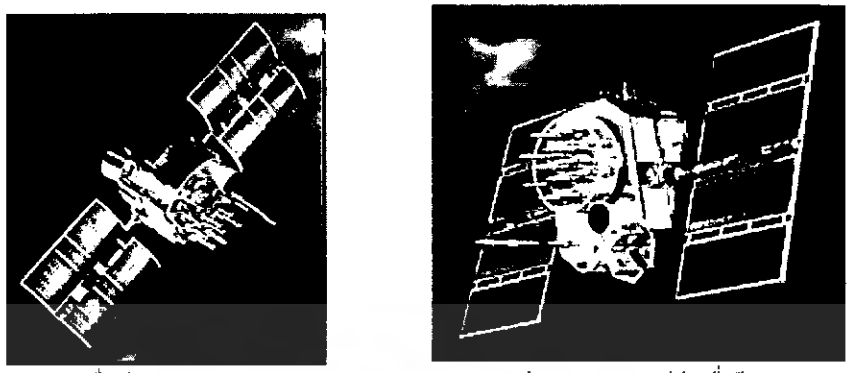
ต่อมาทางประเทศสหรัฐอเมริกาก็ได้มีการพัฒนาดาวเทียมนำร่องออกสู่อวกาศ โดยทางอเมริกาเรียกระบบนี้ว่า Transit ซึ่งประกอบไปด้วยดาวเทียม 6 ดวงโคจรรอบโลกผ่านขั้วโลก ที่ความสูง1,100 กิโลเมตร โดยใช้สำหรับหาตำแหน่งของเรือเดินสมุทร และเครื่องบิน โดยระบบนี้รัฐบาลอเมริกาอนุญาตให้เอกชนบางรายใช้ในงานสำรวจเท่านั้น โดยยังไม่เปิดให้บุคคลทั่วไปใช้งาน แต่ระบบนี้ก็ใช้งานกันได้ไม่นานนักเนื่องจากการส่งสัญญาณช้าและมีความถูกต้องต่ำ จึงได้เริ่มมีการพัฒนาระบบ GPS เพื่อให้มีการบอกตำแหน่งได้อย่างแม่นยำมากขึ้น โดยได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากหน่วยงานส่งผลทำให้ระบบ GPS ที่สมบูรณ์ได้ถูกใช้งานเต็มรูปแบบจากดาวเทียม 24 ดวงในกลางปี 1990

2.3 วิวัฒนาการการส่งดาวเทียม GPS สู่อวกาศ

ดาวเทียม GPS ดวงแรกที่ถูกส่งไปสู่อวกาศ มีชื่อว่า PRN4 ถูกส่งไปเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 1978 เป็นหนึ่งในกลุ่มดาวเทียมชุดแรก ที่มีชื่อว่า Block I satellites โดยมีดาวเทียมอยู่ทั้งหมด 11 ดวง โคจรทำมุม 63 องศากับเส้นศูนย์สูตร ดาวเทียมกลุ่มนี้ส่งไปสำหรับใช้ในบริเวณอเมริกาเหนือ บริเวณส่วนอื่นๆ ของโลกไม่สามารถใช้ได้ และไม่มีความสามารถด้านการ Degrade สัญญาณ (SA – Selective Availability Program) ดาวเทียม Block I มีอายุการใช้งาน 4.5 ปี (ปัจจุบันถูกปลดระวางไปหมดแล้ว)

ในปี 1989 กลุ่มดาวเทียมกลุ่มที่สองที่มีชื่อว่า Block II ได้ถูกส่งขึ้นไปสู่อวกาศ โดยมีวงโคจร 6 ระนาบ (A, B, C, D, E และ F) แต่ละระนาบทำมุม 60 องศากับเส้นศูนย์สูตร โคจรทำมุม 55 องศากับเส้นศูนย์สูตร ปัจจุบัน Block II มีดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง (21 + 3 ดาวเทียมสำรอง) Block II มีความสามารถด้านการ Degrade สัญญาณ ซึ่งเป็นก้าวแรกในการเปิดใช้สัญญาณ GPS ในภาคพลเรือน แต่อย่างไรก็ตาม SA Program ก็ถูกยกเลิก โดย Block II มีอายุการใช้งานดวงละ 7.5 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ดาวเทียว GPS Block1
ถูกส่งขึ้นไปเมื่อปี 1978

ดาวเทียม GPSBlock2 ส่งไปเมื่อปี 1989
และยิงครบ 24 ดวง เมื่อปี 1994

รูปที่ 2 ดาวเทียม GPS รุ่นต่างๆ ที่ถูกส่งไปในอวกาศ

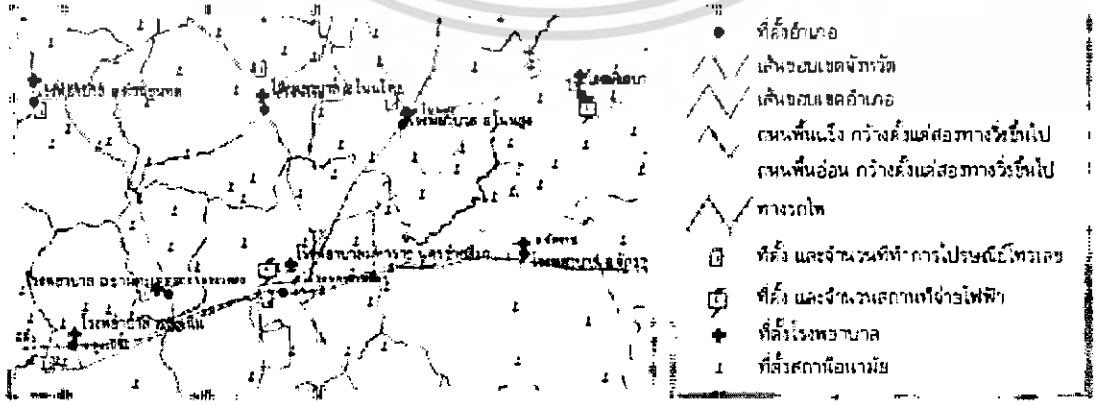
2.4 ประโยชน์ของระบบ GPS

ประโยชน์หลักของ GPS อธิบายได้ง่ายๆ คือ

1. บอกตำแหน่งว่าตอนนี้เราอยู่ที่ไหน
2. บันทึกเส้นทางว่าเราไปไหนมาบ้าง
3. นำทางไปจุดหมายที่กำหนด

ปัจจุบันได้มีการนำระบบ GPS มาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมต่างๆ เช่น

1. การนำร่องจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ตามต้องการ
2. การติดตามการเคลื่อนที่ของคน สัตว์หรือสิ่งของต่างๆ เช่น การฝังเครื่องรับ GPS ไว้ที่สัตว์เพื่อติดตาม การดำเนินชีวิตของสัตว์ที่กำลังจะสูญพันธุ์
3. การสำรวจรังวัดและการทำแผนที่



รูปที่ 3 แสดงการทำแผนที่ไปรษณีย์โทรเลข โรงไฟฟ้า โรงพยาบาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การประยุกต์ใช้ GPSในการควบคุมเครื่องจักรกล เช่น เครื่องจักรกลในการทำเกษตรกรรม เครื่องจักรกลที่ใช้ในการขนส่งบริเวณท่าเรือ

รูปที่ 4 แสดงการประยุกต์ใช้ GPS ในด้านเกษตรกรรม

5. การประยุกต์ใช้ในการขนส่งทางน้ำและทางทะเล

6. การประยุกต์ใช้ GPS กับระบบการจราจรและการขนส่ง (Intelligent Transport Systems: ITS) ในการแก้ปัญหาจราจร การปรับปรุงความปลอดภัย การเพิ่มประสิทธิภาพระบบคมนาคมขนส่ง และการใช้ระบบการประกันรถยนต์ (L-Commerce)

7. การประยุกต์ใช้ GPS กับการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างทางวิศวกรรมหรือเปลือกโลก

8. การใช้อ้างอิงการวัดเวลาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลก

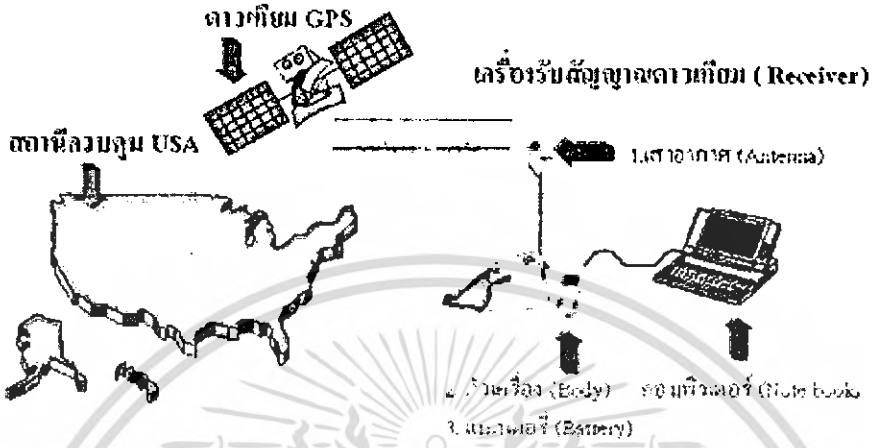
9. การประยุกต์ใช้ GPS ในการออกแบบเครือข่าย คำนวณตำแหน่งที่ตั้งด้านโทรคมนาคมและด้านพลังงาน เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบน้ำมัน

10. การประยุกต์ใช้ GPS ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การติดตามตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยด้านสิ่งแวดล้อม

11. การประยุกต์ใช้ GPS ในด้านอื่นๆ เช่น การเงินการธนาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ส่วนประกอบของระบบ GPS



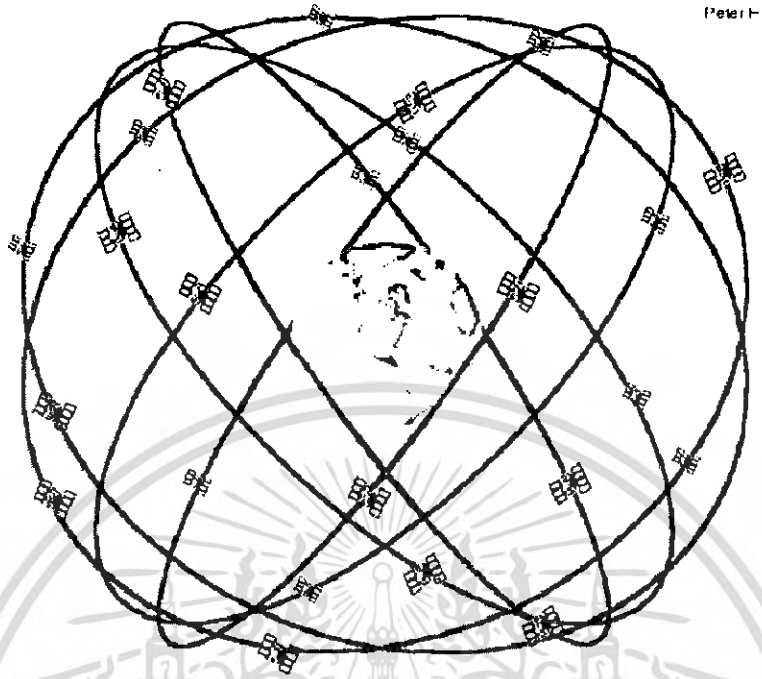
รูปที่ 5 แสดงส่วนประกอบหลักของระบบ GPS

ระบบที่ทำให้ GPS ทำงานได้ สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนอวกาศ ส่วนควบคุม และส่วนผู้ใช้งาน

2.5.1 ส่วนอวกาศ (Space Segment)

ส่วนอวกาศจะประกอบไปด้วยดาวเทียมจำนวน 24 ดวงซึ่งบินโคจรรอบโลก ดาวเทียมนี้ผลิตโดยบริษัท Rockwell International และถูกปล่อยสู่อวกาศจากแหลมฟลอริด้า ประเทศสหรัฐอเมริกา ขนาดของดาวเทียมจะประมาณเท่ากับขนาดรถยนต์ และมีน้ำหนักประมาณ 19,000 ปอนด์ วงโคจรของดาวเทียมจะอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 12,660 ไมล์ ทำมุมกับพื้นโลก 55 องศา มีวงโคจรทั้งหมด 6 เส้นทาง ในแต่ละเส้นทางจะมีดาวเทียมโคจรอยู่ 4 ดวง โดยดาวเทียมหนึ่งดวงจะสามารถโคจรรอบโลกได้ 1 รอบใน 12 ชั่วโมง (ประมาณ 1.8 ไมล์ต่อวินาที) การวางวงโคจรเช่นนี้ทำให้ เราสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม ได้คราวละถึง 6 ดวง ดาวเทียมติดตั้งนาฬิกาที่เที่ยงตรงมากๆ ถึง 3 nanoseconds (ความเที่ยงตรง 0.000000003 ของวินาที หรือ 3e-9) ในระหว่างการโคจรรอบโลกนั้น ดาวเทียมจะมีการส่งสัญญาณสู่พื้นโลกผ่านเสาส่งสัญญาณที่ติดตั้งจากดาวเทียมมายังโลก และมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

รูปที่ 6 แสดงวงโคจรของดาวเทียมทั้ง 24 ดวง

ความเที่ยงตรงมีความสำคัญมาก สำหรับเครื่องรับ เพราะเครื่องรับจำเป็นต้องทราบเวลา ที่เที่ยงตรง แน่นอน ว่าระยะเวลาเท่าไร ที่สัญญาณคลื่นจากดาวเทียมเดินทาง ถึงเครื่องรับ ดาวเทียมแต่ละดวง มีเชื้อเพลิง และเครื่องยนต์ขนาดเล็ก ซึ่งสามารถที่จะ ปรับแต่งดาวเทียม ให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ในวงโคจร ถ้าดาวเทียมเกิดเคลื่อนออกจาก ตำแหน่ง ที่กำหนดดาวเทียม แต่ละดวงมีนาฬิกา Atomic clocks 4 อัน นาฬิกานี้มีความเที่ยงตรงถึงหนึ่งในหนึ่งพันล้านของวินาที หรือ nanosecond โดยดาวเทียมแต่ละดวง จะส่งคลื่นสัญญาณออกมา 2 คลื่นสัญญาณ คือ คลื่นหนึ่งสำหรับการทหาร และอีกคลื่นหนึ่งสำหรับพลเรือน

คุณลักษณะบางอย่างของดาวเทียม

- น้ำหนัก 930 kg. (in orbit) ขนาด 5.1 m.
- ความเร็วในการโคจร 4 km/sec
- สัญญาณที่ส่ง 1575.42 MHz and 1227.60 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องรับสัญญาณ 1783.74 MHz
- นาฬิกา 2 Cesium and 2 Rubidium
- อายุการใช้งาน 7.5 year (later model Block IIR 10 years)

หน้าที่ที่สำคัญของดาวเทียม GPS มีดังนี้

1. รับข้อมูล วงโคจรที่ถูกต้องของดาวเทียม (Ephemeris Data) ที่ส่งมาจาก สถานีควบคุมดาวเทียมหลัก (Master Control Station) เพื่อส่งกระจายสัญญาณข้อมูลนี้ ลงไปยังพื้นโลก สำหรับ GPS Receiver ใช้ในการคำนวณ ระยะห่าง (Range) ระหว่างดาวเทียมดวงนั้น กับ ตัวเครื่องรับ GPS และตำแหน่งของดาวเทียมบนท้องฟ้า เพื่อใช้คำนวณหา ตำแหน่งพิกัด ของตัวเครื่องรับ GPS เอง

2. ส่งรหัส (Code) และข้อมูล Carrier Phase ไปกับคลื่นวิทยุ ลงไปยังพื้นโลก สำหรับเครื่องรับ GPS ใช้ในการคำนวณ ระยะห่าง (Range) ระหว่างดาวเทียมดวงนั้น กับ ตัวเครื่องรับ GPS

3. ส่งข้อมูลตำแหน่งโดยประมาณของดาวเทียมทั้งหมด (Almanac Information) และข้อมูลสุขภาพ ของดาวเทียม ลงไปยังพื้นโลก สำหรับเครื่องรับ GPS ใช้ในการกำหนดดาวเทียม ที่จะสามารถรับสัญญาณได้

2.5.2 ส่วนควบคุม (Control Segment)

ส่วนควบคุมจะประกอบไปด้วยสถานีซึ่งคอยตรวจสอบดูแลการทำงานของดาวเทียมโดยใช้เรดาร์ส่งสัญญาณไปยังดาวเทียม เพื่อให้ดาวเทียมอยู่ในวงโคจร ในความสูง ความเร็ว และตำแหน่งที่ถูกต้อง และในทางกลับกัน สถานีเหล่านี้ยังทำหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียมและส่งข้อมูลไปยังเครื่องลูกข่าย GPS เพื่อบอกตำแหน่งและข้อมูลของเครื่องลูกข่ายนั้น ๆ อย่างถูกต้องด้วย โดยส่วนควบคุมนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. Master Control Station: สถานีควบคุมแม่ข่ายมีอยู่ 1 สถานี ทำหน้าที่รับผิดชอบ ในการจัดการทั่วไป และบริการสถานีลูกข่าย เป็น ศูนย์กลางที่ให้การสนับสนุนการทำงานเครื่องแม่ข่าย จะคำนวณตำแหน่ง และ นาฬิกาดูความคลาดเคลื่อนของดาวเทียมแต่ละดวง จากสถานีลูกข่ายภาคพื้นดิน และ สั่งคำสั่งแก้ไข กลับไปยังสถานีลูกข่าย เพื่อส่งไปยังดาวเทียมดวงนั้นๆ

2. Monitor Stations: สถานีควบคุมลูกข่าย มีอยู่ 4 สถานี จะทำการตรวจสอบ ความสูง , ตำแหน่ง , ความเร็ว, และวงจร ทั่วไปของดาวเทียม สถานีควบคุมนี้ ตรวจสอบดาวเทียม ได้ ครั้งละ 11 ดวง การตรวจสอบนี้ แต่ละสถานีกระทำวันละ 2 ครั้ง เมื่อดาวเทียมโคจรรอบโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีที่ทำการควบคุมดาวเทียมทั้ง 5 แห่ง คือ สถานีหลักที่ Colorado สถานีบนเกาะ Ascension, สถานี Diego Garcia (มหาสมุทรอินเดีย), Kwajalein และ Hawaii

รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งของสถานีควบคุมทั้ง 5 แห่ง

สถานีควบคุมภาคพื้นดิน MONITORING AND CONTROLLING ระบบ GPS ถูกควบคุมโดยกองทัพอากาศ สหรัฐอเมริกา จากสถานีควบคุมหลักในรัฐโคโลราโด ซึ่งจะคอยตรวจสอบดาวเทียมทุกดวงในระบบ ป้อนคำสั่งควบคุม และป้อนข้อมูล รวมทั้งให้ข่าวสารในการนำร่อง สถานีตรวจสอบภาคพื้นดิน ใช้สายอากาศภาคพื้นดินในการควบคุมดาวเทียม GPS และส่งต่อข้อมูลให้แก่สถานี Master Control เพื่อกำหนดตำแหน่งพิกัดที่แน่นอนของดาวเทียมแต่ละดวง และปรับปรุงความถูกต้องของข้อมูลอยู่ตลอดเวลา ถ้าดาวเทียมดวงใดเกิดความผิดปกติขึ้น สถานีควบคุมภาคพื้นดินก็จะทำการกำหนดสุขภาพดาวเทียมดวงนั้นเป็น "Un- healthy" เพื่อให้เครื่องรับ GPS ทราบว่า ไม่ควรใช้ข้อมูลจากดาวเทียมดวงนี้ ซึ่งเครื่องรับก็จะทำการตรวจสอบได้ จากการตรวจสอบสถานะของดาวเทียม และเครื่องก็จะไม่ทำการรับข้อมูลจากดาวเทียมดวงดังกล่าว แล้วใช้ดาวเทียมดวงอื่นที่มีความเหมาะสม ในการคำนวณตำแหน่งพิกัดแทน ในบางครั้งดาวเทียมอาจถูกปิดใช้งานเพื่อทำการบำรุงรักษา หรืออาจจะถูกปิดเพื่อเปลี่ยนวงโคจรตามความเหมาะสม

2.5.3 ส่วนผู้ใช้งาน (User Segment)

ส่วนผู้ใช้งานประกอบด้วยเครื่องรับสัญญาณ หรือเครื่อง GPS แบบมือถือที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปนั่นเอง โดยในเครื่อง GPS นั้นจะมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์อยู่ในตัวเครื่องเพื่อให้เครื่องทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าดาวเทียมอยู่ในตำแหน่งใด ในเวลานั้น ๆ โดยเครื่อง GPS จะทำการคำนวณ ตรวจสอบ และถอดรหัสสัญญาณที่ได้จากดาวเทียม เพื่อให้ได้ข้อมูลมา ซึ่งข้อมูลที่ได้โดยปรกติก็มักจะถูกประมวลผลโดยโปรแกรมและส่งข้อมูลออกมาทางหน้าจอของเครื่อง GPS นั้น ๆ เพื่อให้ผู้ใช้ได้ทราบข้อมูล โดยการแสดงผลก็จะต่างกันขึ้นกับโปรแกรมในเครื่อง GPS แต่ละรุ่นและแต่ละยี่ห้อ

ยกตัวอย่างการทำงานของระบบ GPS ในเครื่องบิน เครื่องรับ GPS จะคำนวณตำแหน่งปัจจุบันอยู่ตลอดเวลา และแสดงตำแหน่ง ทิศทางที่ถูกต้อง ระบบ GPS จะฟังสัญญาณจากดาวเทียมและวัดเวลาจากเครื่องส่งสัญญาณจากดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณ (รู้เวลา ก็สามารถ รู้ระยะทาง) และโดยวิธีการของตรีโกณ ระหว่างดาวเทียมหลายดวง ระบบเครื่องรับของดาวเทียมจะคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับ เครื่องรับเองก็ต้องได้รับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง (รู้ระยะทางจากเครื่องรับ ถึงดาวเทียม 4 ดวง) ถึงจะคำนวณตำแหน่งลักษณะ ของ 3 มิติได้ (เครื่องรับสามารถคำนวณได้ ถึงแม้จะได้รับสัญญาณจากดาวเทียมเพียง 3 ดวง แต่คำนวณได้เพียง 2 มิติ นอกจากจะรู้ความสูง) ไม่เพียงแต่รู้ตำแหน่งของเส้นรุ้ง และเส้นแวง เท่านั้น ยังรู้ระยะความสูงด้วย มันมีหลายรูปแบบที่แสดงบนหน้าจอ ซึ่งแล้วแต่บริษัทผู้ผลิต ไม่ต้องปรับ หรือจูนหาคลื่น เพราะว่าความถี่ของดาวเทียมนั้น เครื่องรับได้ทราบแล้ว

จะเห็นได้ว่าเบื้องหลังการใช้งานเครื่อง GPS นั้น มีส่วนประกอบที่สำคัญอื่น ๆ ที่ทำให้เราสามารถใช้งานเครื่อง GPS ได้ ซึ่งในส่วนผู้ใช้งานเองแค่มีเพียง GPS Receiver เครื่องเดียวก็เพียงพอแล้ว โดยในส่วนอื่น ๆ นั้นก็จะมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องคอยดูแล เพื่อให้ระบบนั้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 หลักการทำงานเบื้องต้น

2.6.1 การคำนวณหาระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับด้วยวิธี Trilliteration

หลักการของเครื่อง GPS คือการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่อง GPS ซึ่งจะต้องใช้ระยะทางจากดาวเทียมอย่างต่ำ 3 ดวง เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แน่นอน ซึ่งเมื่อเครื่อง GPS สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 3 ดวงขึ้นไปแล้ว จะมีคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมถึงเครื่อง GPS โดยจากสูตรคำนวณทางฟิสิกส์คือ

ความเร็ว X เวลา = ระยะทาง

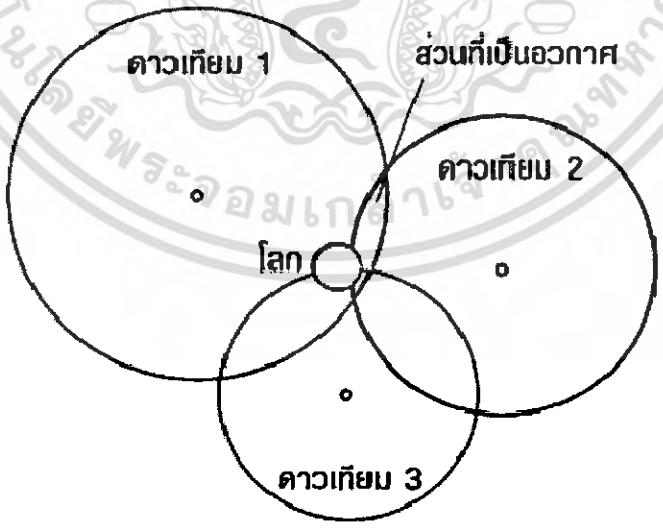
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยดาวเทียมทั้ง 3 ดวงจะส่งสัญญาณที่เหมือนกันมายังเครื่อง GPS โดยความเร็วแสง (186,000 ไมล์ต่อวินาที) แต่ระยะเวลาในการรับสัญญาณได้จากดาวเทียมแต่ละดวงนั้นจะไม่เท่ากัน เนื่องจากระยะทางไม่เท่ากัน เช่น

ดาวเทียม 1: ระยะเวลาในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมดวงแรกถึงเครื่อง GPS คือ 0.10 วินาที ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับ GPS คือ 18,600 ไมล์ (186,000 ไมล์ต่อวินาที X 0.10 วินาที = 18,600 ไมล์) ฉะนั้นตำแหน่งปัจจุบันก็จะสามารถเป็นจุดใดก็ได้ในวงกลมที่มีรัศมี 18,600 ไมล์

ดาวเทียม 2 : ระยะเวลาในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมดวงแรกถึงเครื่อง GPS คือ 0.08 วินาที ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับ GPS คือ 13,200 ไมล์ (186,000 ไมล์ต่อวินาที X 0.08 วินาที = 13,200 ไมล์) ฉะนั้นตำแหน่งปัจจุบันก็จะสามารถเป็นจุดใดก็ได้ในจุด Intersect ระหว่างวงกลมจากดาวเทียมดวงแรกกับดาวเทียมดวงที่ 2

ดาวเทียม 3 : ระยะเวลาในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมดวงแรกถึงเครื่อง GPS คือ 0.06 วินาที ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับ GPS คือ 11,160 ไมล์ (186,000 ไมล์ต่อวินาที X 0.06 วินาที = 11,160 ไมล์) ฉะนั้นตำแหน่งปัจจุบันก็จะสามารถเป็นจุดใดก็ได้ในจุด Intersect ระหว่างวงกลมจากดาวเทียมทั้ง 3 ดวง



หลักการทำงานของ GPS

รูปที่ 8 หลักการทำงานของ GPS ที่เรียกว่า triliteration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าจะเหลือตำแหน่งอยู่ 2 จุดที่บริเวณวงกลมทั้ง 3 คัดกันคือตำแหน่งที่อยู่ในอวกาศ ซึ่งแน่นอนว่าเราไม่สามารถไปอยู่ในอวกาศได้ตำแหน่งนี้จะถูกตัดทิ้งอัตโนมัติโดยเครื่อง GPS อีกตำแหน่งคือตำแหน่งบนพื้นโลกซึ่งเป็นตำแหน่งที่เรายืนถือเครื่อง GPS อยู่นั้นเอง ซึ่งความถูกต้องแม่นยำของตำแหน่ง ก็ขึ้นกับจำนวนดาวเทียมที่สามารถรับสัญญาณได้ในขณะนั้นหากมีมากกว่า 3 ดวง ก็จะละเอียดมากขึ้น และก็ขึ้นกับเครื่อง GPS ด้วย หากเป็นเครื่องที่มีราคาแพง (ซึ่งมักใช้เฉพาะงาน) ก็จะมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

ข้อมูลตำแหน่งที่ได้มานั้น ยังสามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมในเครื่อง GPS เพื่อบอกจุดบนแผนที่ และแสดงตำแหน่งของเราว่าอยู่จุดใดของแผนที่ได้อีกด้วย ทั้งนี้ก็ขึ้นกับข้อมูลแผนที่ที่ติดมากับเครื่องด้วยว่ามีความแม่นยำเพียงใด โดยแผนที่พื้นฐานจะไม่ได้ติดตั้งมากับเครื่อง GPS ทุกรุ่น ซึ่งอาจจะต้องซื้อแยกจากตัวเครื่อง

2.6.2 Satellite Positions (การหาตำแหน่งของดาวเทียม GPS)

ส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งในการคำนวณของระบบ GPS ก็คือ การหาตำแหน่งของดาวเทียม โดยเราสามารถรู้ตำแหน่งของดาวเทียมได้เนื่องจาก

1. วงโคจรของดาวเทียมนั้นสูง และคงที่สม่ำเสมอ คาดหวังได้ ไม่เรรวนมาก

2. ระยะวงโคจรซึ่งห่างจากโลกประมาณ 11,000 ไมล์ ห่างไกลชั้นบรรยากาศพอสมควร ทำให้การเปลี่ยนแปลงใด ๆ ของชั้นบรรยากาศ ไม่มีผล

3. ที่ง่ายที่สุดและเราไม่รู้ก็คือ เครื่องรับ GPS ส่วนใหญ่มักมีข้อมูลตำแหน่งและวงโคจรของดาวเทียมทุกดวงอยู่แล้ว ทำให้มันรู้ว่าดาวเทียมแต่ละดวงอยู่ที่ไหนในแต่ละเวลา แต่แรงดึงดูดระหว่าง โลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนวงโคจรได้บ้างเล็กน้อย แต่เจ้าของดาวเทียม กระทรวง กลาโหมของอเมริกา (Department of Defense) ซึ่งคอยเฝ้าดูอยู่ตลอด 24 ชั่วโมงก็จะทำการส่งข้อมูลของการปรับเปลี่ยนตำแหน่งนั้นพร้อม ๆ กับสัญญาณของดาวเทียม ซึ่งเครื่องรับ GPS ก็จะนำข้อมูลนี้มาใช้ในการปรับแต่งในการคำนวณตำแหน่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 เครื่องรับ GPS บอก (คำนวณ) ตำแหน่งพิกัดได้อย่างไร

ดาวเทียม GPS แต่ละดวงจะส่งกระจายสัญญาณ 2 ชนิดอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ สัญญาณ Standard Positioning Service (SPS) ซึ่งใช้สำหรับบุคคลทั่วไป และสัญญาณ Precise Positioning Service (PPS) ซึ่งใช้สำหรับทางทหาร สัญญาณ SPS เป็นสัญญาณแบบ Spread-Spectrum ที่กระจายสัญญาณด้วยความถี่ 1575.42 MHz สภาพแวดล้อมหรือสัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าบนพื้นโลก มีผลกระทบค่อนข้างน้อยต่อสัญญาณดังกล่าว

สัญญาณ SPS ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับวงโคจรของดาวเทียม 2 ชนิด คือ ข้อมูล Almanac และข้อมูล Ephemeris ข้อมูล Almanac เป็นข้อมูลที่บอกถึงสภาพของดาวเทียมและตำแหน่งวงโคจรของดาวเทียมทุกดวงในระบบอย่างคร่าวๆ เครื่องรับ GPS จะรับข้อมูล Almanac จากดาวเทียมดวงใดๆ ที่สามารถรับสัญญาณได้ แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อการเลือกรับดาวเทียมที่สามารถจะใช้ได้ ในการคำนวณตำแหน่งพิกัด ส่วนข้อมูล Ephemeris ประกอบด้วยข้อมูลที่แม่นยำโดยละเอียด ของวงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงที่ทำการรับสัญญาณได้ สัญญาณ SPS จะส่งรหัส (Code) ลงมาด้วย โดยรหัสดังกล่าว จะทำให้เครื่องรับ GPS สามารถคำนวณเวลาที่สัญญาณเดินทางจากดาวเทียมมาถึงตัวเครื่องรับ GPS ได้ เมื่อเครื่องรับทราบเวลาที่เดินทาง และตำแหน่งดาวเทียม (Ephemeris) ก็จะสามารถคำนวณหาระยะ (Pseudorange) ระหว่างดาวเทียม แต่ละดวงกับเครื่องรับ GPS ได้

เครื่องรับ GPS จะทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 3 ถึง 4 ดวงในเวลาเดียวกัน เครื่องรับจะใช้ดาวเทียม 3 ดวง ในการคำนวณหาตำแหน่งพิกัดเพียงอย่างเดียว โดยเมื่อทราบระยะทาง จากเครื่องรับ GPS ถึงดาวเทียม 3 ดวง เครื่องรับจะสามารถคำนวณหาจุดตำแหน่งพิกัดของตนเองได้ เมื่อกำหนดให้ความสูงคงที่ (ผู้ใช้ต้องป้อนค่าความสูงที่ทราบให้กับเครื่องรับ) และถ้ารับสัญญาณ จากดาวเทียมได้ 4 ดวง เครื่องรับจะใช้ดาวเทียม 4 ดวงในการคำนวณตำแหน่งพิกัดและความสูงได้ โดยไม่จำเป็นต้องป้อนค่าความสูงให้กับเครื่องรับ

2.6.4 ความแม่นยำ (ACCURACY) ของตำแหน่งพิกัดที่คำนวณได้

โดยทั่วไปแล้วเครื่องรับ GPS ที่ทำงานโดยอาศัยสัญญาณ GPS สามารถคำนวณ ค่าตำแหน่งพิกัดที่มีความถูกต้อง อยู่ในระยะ 25 เมตร และค่าความถูกต้องของความเร็วอยู่ในระยะ 5 เมตรต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วินาที (เครื่อง GPS ของ Magellan สามารถคำนวณค่าตำแหน่งพิกัด ที่มีความถูกต้องอยู่ในระยะ 15 เมตร)

เนื่องจากค่าความถูกต้องที่ได้นี้ จะขึ้นอยู่กับนโยบายของรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ที่เรียกว่า Selective Availability (SA) เพื่อรักษาความมั่นคงทางทหาร สัญญาณ SA นี้จะทำให้เกิด ค่าความผิดพลาด ขึ้นกับข้อมูล Ephemeris ที่ส่งกระจายมาจากดาวเทียม ส่งผลให้ค่าความผิดพลาด ของค่าตำแหน่งพิกัดที่ได้ มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นระยะ 100 เมตร ในการใช้งานทั่วไปแล้ว ค่าความผิดพลาดในระยะ 100 ก็ดีเพียงพอ

สำหรับการใช้งานที่ต้องการความถูกต้องมากกว่านี้ สามารถทำได้โดยใช้เทคนิค Differential เพื่อกำจัดผลของ SA ซึ่งทำให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องมากขึ้น (ปัจจุบันรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ได้ปิด SA แล้ว)

นอกจากนี้ ความถูกต้องของตำแหน่งพิกัด ยังขึ้นกับ ชุดของค่าคงที่ ที่เรียกว่า Map Datum ซึ่งค่าเหล่านี้ มีความแตกต่างกัน สำหรับพื้นที่ในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไป แต่ละประเทศจะใช้ Map Datum ที่แตกต่างกัน ในการสร้างแผนที่ของพื้นที่ในประเทศตำแหน่งเดียวกันบนแผนที่ 2 ฉบับ ที่ใช้ Map Datum ต่างกันในการสร้างแผนที่จะให้ตำแหน่งพิกัดที่แตกต่างกัน ดังนั้น การเปรียบเทียบตำแหน่งพิกัดที่ได้จากเครื่องรับ GPS กับตำแหน่งพิกัดจริงที่ได้จากแผนที่ จึงต้องใช้ Map Datum เดียวกัน โดยที่เครื่องรับ GPS ส่วนมาก จะสามารถเปลี่ยน Map Datum ของเครื่องได้หลายแบบ เพื่อให้สามารถนำเครื่องไปใช้บอกตำแหน่งเปรียบเทียบกับแผนที่ในพื้นที่แต่ละประเทศได้ (ยกตัวอย่าง เครื่อง GPS ของ Magellan โดยมาก จะมี Map Datum 72 แบบ ให้เลือกใช้ตามประเทศ โดยรวมถึง Map Datum Thai-Viet ซึ่งใช้ได้กับพื้นที่ ประเทศไทย เวียดนาม และบริเวณอินโดจีน หลายประเทศ ดังนั้น ถ้าใช้งานเครื่องในประเทศ และใกล้เคียง จึงสามารถตั้ง Map Datum ของเครื่องเป็นแบบ Thai-Viet และไม่จำเป็นต้องใช้ Map Datum อื่นแต่อย่างใด สำหรับการใช้เครื่องในการเดินเรือในทะเล และมหาสมุทรจะต้องเลือกใช้ Map Datum WGS-84 ซึ่งเป็นชุดของค่าคงที่ สำหรับบริเวณ ทะเล มหาสมุทร และชายฝั่งที่ใช้ได้เกือบทุกพื้นที่ทั่วโลก

การตั้ง Map Datum ที่ไม่ถูกต้องให้กับเครื่อง GPS อาจทำให้ตำแหน่งพิกัดที่อ่านได้จากเครื่องไม่ตรงกับตำแหน่งพิกัดที่ได้จากแผนที่ ความแตกต่างอาจเป็นได้ตั้งแต่ไม่กี่เมตร จนมากถึงหลายร้อยเมตร โดยทั่วไป ถ้าไม่ทราบว่าแผนที่ที่ใช้อ้างอิง ทำโดยใช้ Map Datum ใด ให้เลือกตั้ง Map Datum ของเครื่องเป็น WGS-84 แต่ถ้าทราบ Map Datum ของแผนที่ที่ใช้เปรียบเทียบก็ให้ตั้ง Map Datum ของเครื่อง GPS เป็นแบบเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับประเทศไทย ถ้าตั้ง WGS-84 ให้กับเครื่อง GPS จะทำให้ตำแหน่งพิกัด ที่อ่านได้จากเครื่องเปรียบเทียบกับแผนที่ประเทศไทย ที่อ้างอิงกับ Map Datum แบบ Thai-Viet มีความแตกต่างในแนวราบ ที่ประมาณ 413 เมตร ซึ่งค่อนข้างสูงมาก ดังนั้น ก่อนการใช้เครื่อง GPS ควรตั้งค่า Map Datum ให้ตรงกับแผนที่ที่จะใช้เปรียบเทียบทุกครั้ง

2.6.5 การวัดระยะเวลา

ดาวเทียม GPS ส่งสัญญาณวิทยุที่เครื่องรับ GPS สามารถรับได้ เราสามารถทราบระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ GPS ได้ เพราะ เครื่องรับสามารถวัดระยะเวลาที่สัญญาณใช้ในการเดินทางจากดาวเทียมมาสู่เครื่องรับได้ และเนื่องจากเรารู้อีกว่าสัญญาณวิทยุเดินทางด้วยความเร็วเท่าไร จากการที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประเภทหนึ่งซึ่งเดินทางในสุญญากาศด้วยความเร็วเท่ากับแสง นั่นก็คือ 186,000 ไมล์ต่อวินาที เพราะฉะนั้นการวัดระยะเวลาที่สัญญาณเดินทางมาถึง ก็จะสามารถคำนวณระยะทางได้

แต่การวัดเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ จำเป็นต้องรู้เวลาที่สัญญาณถูกส่งจากดาวเทียม และเวลาที่เดินทางมาถึงเครื่องรับ วิธีหนึ่ง คือ เอานาฬิกาที่มีความแม่นยำสูงเที่ยงตรงมากๆ ใส่ในทั้งตัวดาวเทียมและตัวเครื่องรับ GPS เมื่อดาวเทียมเริ่มส่งสัญญาณดิจิตอลเป็นระยะๆ ออกมา เรียกว่า Pseudo Random Code เป็นส่วนหนึ่งของสัญญาณที่ถูกส่ง สมมติว่าเป็นเวลาเที่ยงคืนตรง ตัวเครื่องรับก็เริ่มค้นรันสัญญาณเดียวกันที่เวลาเดียวกันด้วย และเมื่อสัญญาณเดินทางมาถึงเครื่องรับ สัญญาณที่รับได้ก็จะ delay ไป ซึ่งระยะเวลาที่ช้าไปก็จะเท่ากับเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากดาวเทียมมาสู่เครื่องรับ เครื่องรับเพียงแค่คูณเวลานี้ด้วยความเร็วของแสงก็สามารถหาระยะทางที่สัญญาณเดินทาง และถ้าสัญญาณเดินทางเป็นเส้นตรง ระยะทางที่ได้ก็จะเป็นระยะห่างของดาวเทียมนั่นเอง

วิธีเดียวที่หลักการด้านบนใช้งานได้ ก็ต่อเมื่อความแม่นยำของนาฬิกาต้องเท่ากับ atomic clock ทั้งนี้ เป็นเพราะว่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณมีหน่วยเป็น นาโนวินาที (nanoseconds) หรือ หนึ่งในพันล้านวินาที และในการใช้สัญญาณนาฬิกาอันนี้ ท่านก็จะต้องใช้ atomic clock ไม่เพียงแต่ในตัวดาวเทียมเท่านั้น แต่ต้องรวมถึงตัวเครื่องรับอีกด้วย แต่ atomic clock นั้นมีราคาสูงเกินไป (50,000 ถึง 100,000 เหรียญสหรัฐ) ด้วยข้อจำกัดเรื่องราคาจึงไม่นำ atomic clock มาใส่ไว้ในเครื่องรับ GPS

72904

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีแก้ก็คือ ตอนที่รับสัญญาณมา ไม่เพียงแต่มีการคำนวณระยะทาง แต่มีการคำนวณเวลาด้วย โดยเมื่อวัดระยะทางจากดาวเทียมได้ทั้ง 4 ดวงแล้ว ก็สามารถวาดทรงกลม ซึ่งต้องมีจุดตัดร่วมกันที่จุดใดๆ เสมอ ถ้าผลการวัดไม่สามารถมีจุดตัดได้เลย แสดงว่าวัดผิด และเนื่องจากเครื่องวัดสามารถวัดได้ทั้งระยะเวลาและระยะทางโดยใช้นาฬิกาภายในเครื่องรับเอง ดังนั้น เครื่องรับจึงสามารถปรับแต่งนาฬิกา เพื่อให้มีจุดตัดของทั้ง 4 ทรงกลมได้ และคำนวณหาระยะห่างใหม่ ซึ่งสามารถทำได้อย่างง่าย ๆ ด้วยเหตุนี้ เครื่องรับ GPS จึงสามารถมีความแม่นยำของนาฬิกาเทียบเท่ากับ Atomic clocks บนดาวเทียมทีเดียว

2.6.6 Correcting Errors

คือ การแก้ไขข้อมูลที่ถูกส่งมาจากดาวเทียม เมื่อข้อมูลเกิดความผิดพลาดขึ้น เช่น ข้อมูลที่ถูกส่งมาบอกพิกัดผิด หรือสัญญาณเกิดการสูญหายระหว่างที่ถูกส่งมา ในที่นี้จะกล่าวถึงสาเหตุและการแก้ไขสาเหตุ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

- Correctable Errors

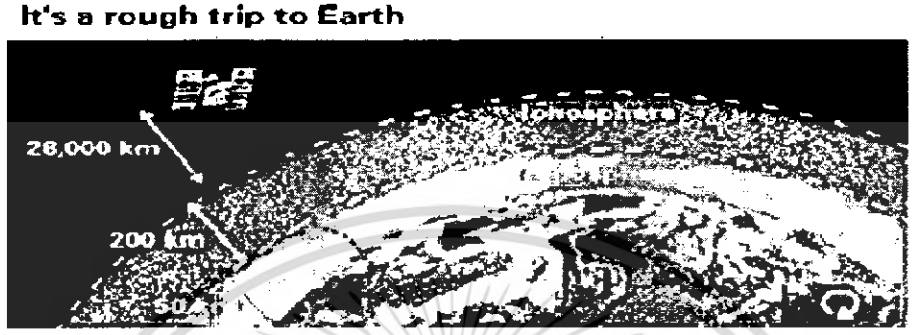
คือ ความผิดพลาดแบบที่แก้ไขได้ ข้อมูลความผิดแบบที่แก้ไขได้นี้ จะเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ ได้แก่ Satellite clock error, ephemeris data error และ error จากการหน่วงสัญญาณของชั้นบรรยากาศ ionosphere และ troposphere รวมทั้งค่า error ที่เกิดขึ้นได้จากผลของ SA

ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจาก Satellite clock และ ephemeris เป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นภายในดาวเทียม GPS โดยค่าความผิดพลาด satellite clock จะเป็นค่าความผิดพลาด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ของเวลา ที่ได้จาก Cesium Atomic Clock ภายในดาวเทียม GPS ซึ่งจะทำให้เครื่องรับ GPS เกิดการผิดพลาดในการวัด ตำแหน่ง ในขณะที่ทำการวัดแบบ pseudo range ส่วนค่าความผิดพลาด ephemeris นี้ เป็นค่าผิดพลาดที่อยู่ในข้อมูลที่ถูกใช้โดยเครื่องรับ GPS ในการกำหนด การหาดาวเทียมในอวกาศ

ค่าความผิดพลาดเนื่องจากชั้นบรรยากาศ ionosphere(เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 50 – 500 กิโลเมตร ซึ่งประกอบไปด้วยประจุจำนวนมากเป็นผลทำให้สัญญาณที่ส่งผ่านเกิดความไม่เป็นระเบียบ) และ troposphere(เป็นชั้นบรรยากาศที่ไม่กว้างมากประกอบไปด้วยไอน้ำและมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันตลอดเวลา) เกิดขึ้นเนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงของชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดการหน่วงเวลาการเดินทางของสัญญาณที่ส่งจากดาวเทียม หรืออาจเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของ electrons ในชั้นบรรยากาศ ionosphere ซึ่งเป็นชั้นบรรยากาศที่สัญญาณทะลุผ่าน



รูปที่ 9 แสดงการเกิดความผิดพลาดในการส่งสัญญาณเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ

ชั้นบรรยากาศ Ionosphere นั้นเป็นชั้นบรรยากาศ ในส่วนบนสุดของชั้นบรรยากาศโลก ส่วนชั้นบรรยากาศ troposphere จะเกี่ยวข้องกับความชื้น, อุณหภูมิและความดัน ซึ่งชั้นบรรยากาศนี้จะมีผลทำให้เกิดการหน่วงเวลาได้น้อยกว่าชั้นบรรยากาศ ionosphere

วิธีการลดการเกิดความผิดพลาดประเภทนี้ คือ เนื่องจากเราสามารถคำนวณหาค่าความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นได้เมื่อสัญญาณผ่านชั้นบรรยากาศ Atmosphere ซึ่งจะทำให้เราสามารถ model ระยะเวลาในการส่งสัญญาณให้คงที่ได้ เรียกวิธีการนี้ว่า modeling

อีกวิธีหนึ่งในการลดความผิดพลาด คือ เปรียบเทียบความเร็วของ 2 สัญญาณที่ถูกส่งมา เรียกว่า Dual frequency measurement แต่วิธีใช้ในระบบทางทหารเท่านั้น

ค่าความผิดพลาดที่แก้ไขได้อีกแบบหนึ่ง คือ ผลของ Selective Availability (SA) ซึ่ง SA เป็นมาตรการที่กระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา ใช้ในการทำให้ค่าความแม่นยำของเครื่องรับ GPS เกิดความผิดพลาดสูงขึ้น โดยการใส่ค่าความผิดพลาดเข้าไปในสัญญาณ GPS ที่จะส่งออกจากดาวเทียม ซึ่งเป็นมาตรการที่ทำ เพื่อรักษาผลประโยชน์ทางทหาร สำหรับสหรัฐอเมริกาและกองกำลังพันธมิตร

ค่าความผิดพลาดทั้งหมดที่กล่าวนี้ จะมีความเหมือนกันอยู่อย่างหนึ่ง คือ ปริมาณ และทิศทางของค่าความผิดพลาดในเวลาใดเวลาหนึ่ง จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน ดังนั้น เครื่องรับ GPS 2 เครื่อง ซึ่งอยู่ในระยะห่างกันที่ไม่มากนัก จะได้รับผลกระทบจากค่าความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปริมาณและทิศทางที่เท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน ดังนั้น เราสามารถที่จะทำการหาค่าความผิดพลาดดังกล่าวได้

- Non-Correctable Errors

คือ ค่าความผิดพลาดแบบที่แก้ไขไม่ได้ เป็นค่าความผิดพลาดที่เครื่องรับ GPS สองเครื่องในบริเวณเดียวกัน จะเกิดค่าความผิดพลาดที่ไม่เท่ากัน และค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น จะไม่มีความสัมพันธ์ใดๆ ต่อกัน

แหล่งที่มาของค่าความผิดพลาดแบบนี้ ได้แก่ ค่าระดับสัญญาณรบกวนในเครื่องรับ GPS ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นแบบชนิดใด และค่าความผิดพลาดเนื่องจาก Multi path (Multi path error) หรือการรับสัญญาณสะท้อนจากหลายทิศทาง อันเนื่องจากสภาพแวดล้อมรอบๆ บริเวณ ค่าความผิดพลาดแบบนี้ เกิดขึ้นเนื่องจาก เครื่องรับได้รับสัญญาณทั้งจากดาวเทียมโดยตรง และสัญญาณที่สะท้อนจากสัญญาณดังกล่าว ซึ่งจะสะท้อนจากสิ่งที่มีอยู่รอบข้าง ไม่ว่าจะเป็นตึก ภูเขา หรือ สะพาน เครื่องรับที่ดีจะต้องสามารถ reject สัญญาณที่ไม่ถูกต้องได้ เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น (เครื่องรุ่น ProMARK ของ Magellan ได้รับการออกแบบให้ใช้กับสายอากาศที่ติดมากับเครื่อง และสายอากาศภายนอกเครื่อง ซึ่งได้รับการออกแบบมาเป็นอย่างดี จะลดผลที่เกิดจากลักษณะดังกล่าวนี้ได้ สำหรับสายอากาศแบบ Submeter ซึ่งเป็นสายอากาศแบบพิเศษ ที่ได้รับการออกแบบมา เพื่อลดทอน Multipath ซึ่งสายอากาศแบบนี้ จะใช้ในกรณีที่ทำการเก็บข้อมูล carrier phase) ค่าความผิดพลาดแบบที่ไม่สามารถแก้ไขได้นี้ ไม่สามารถจะกำจัดได้จากการทำ differential แค่ สามารถจะลดได้โดยการทำ position fix averaging

2.6.7 การลดค่าความผิดพลาดด้วยวิธี DGPS (Differential GPS)

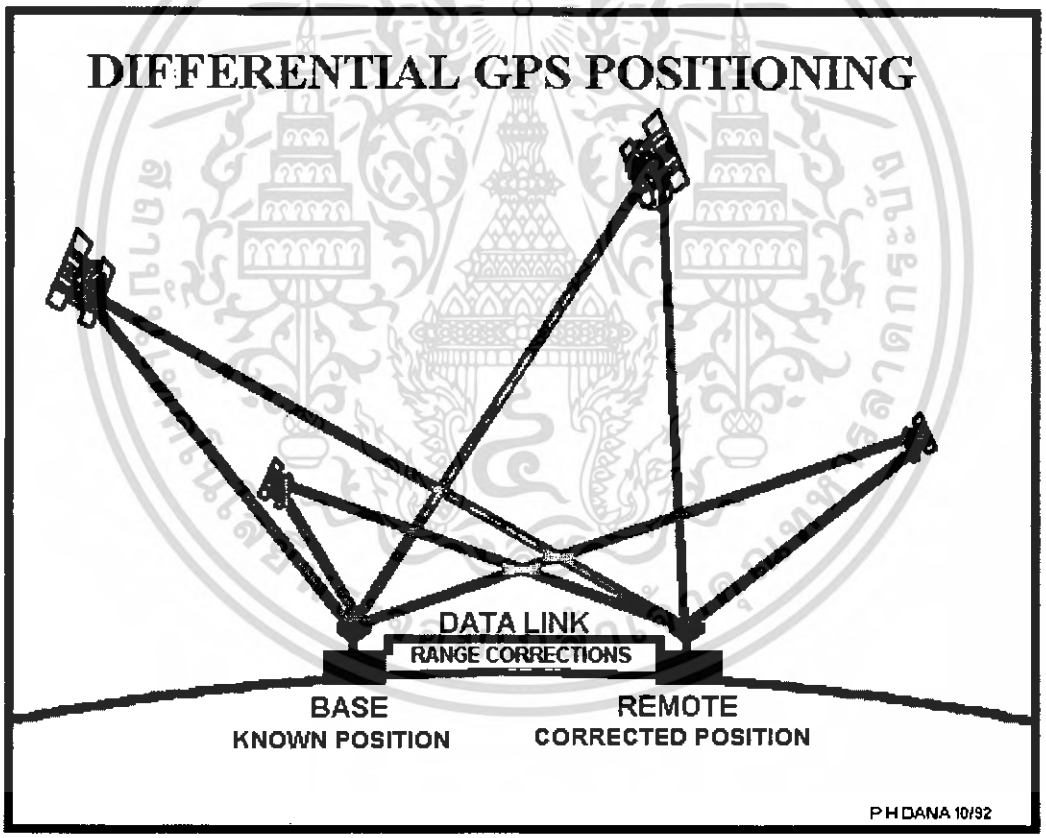
วิธีการ Differential positioning เป็นเทคนิคในการที่จะทำให้ผู้ใช้ หาค่าพิกัดจากดาวเทียม สามารถที่จะกำจัดค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เนื่องจากสภาวะแวดล้อม และผลจาก SA ทำให้สามารถที่จะใช้เครื่องหาค่าพิกัด ในการคำนวณหาค่าตำแหน่ง ที่ให้ความแม่นยำสูง โดยมีหลักการในการใช้ ค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ณ ตำแหน่งที่ทราบค่าพิกัดแน่นอนถูกต้อง และทำการป้อนค่าดังกล่าวเข้าไป เพื่อทำการแก้ไขค่าตำแหน่งที่คำนวณได้จากเครื่องรับ GPS เครื่องอื่นๆ

โดยทั่วไปแล้ว ค่าความแม่นยำในแนวราบของตำแหน่งใดๆ ที่คำนวณได้จากเครื่องรับ GPS จะมีค่าประมาณ 15 เมตร RMS ความหมายของ 15 เมตร RMS (root-mean square) หมายถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าทำการกระจายจุดต่างๆ รอบตำแหน่งที่ถูกต้องเป็นแบบวงกลมโดยมีค่า mean เป็นศูนย์ ค่าความแม่นยำ 15 เมตร RMS จะหมายถึง 63 % ของตำแหน่งที่วัดได้จะอยู่ในระยะ 15 เมตร จากตำแหน่งที่ถูกต้อง

ค่าความผิดพลาดในการหาตำแหน่งมีอยู่ 2 ประเภท คือ แบบที่แก้ไขได้ และแบบที่แก้ไขไม่ได้ ค่าความผิดพลาด แบบที่แก้ไขได้ จะเป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเหมือนๆ กัน กับเครื่องรับ GPS ทุกเครื่อง ที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน ส่วนค่าความผิดพลาดที่แก้ไขไม่ได้ จะเป็นค่าความผิดพลาด แบบที่จะไม่มีความสัมพันธ์กันเลย ในระหว่างเครื่องรับทุกเครื่อง ที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน



รูปที่ 10 DGPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงค่าความผิดพลาดที่ลดลงเมื่อใช้ DGPS

GPS ERROR SOURCES

ERROR SOURCE	TYPICAL RANGE ERROR	DGPS (CODE) RANGE ERROR <100 KM REF-REMOTE
SV CLOCK	1 M	
SV EPHEMERIS	1 M	
SELECTIVE AVAILABILITY	10 M	
TROPOSPHERE	1 M	
IONOSPHERE	10 M	
PSEUDO-RANGE NOISE	1 M	1 M
RECEIVER NOISE	1 M	1 M
MULTIPATH	0.5 M	0.5 M
RMS ERROR	15 M	1.6 M
ERROR * PDOP=4	60 M	6 M

PDOP=Position Dilution of Precision (3-D) 4.0 is typical

2.6.8 SPS and PPS

SPS

คือบริการที่ให้กับผู้ใช้ GPS ทั่วๆ ไป โดยไม่มีข้อจำกัดใดๆทั้งสิ้น แต่จะถูกลดค่าความถูกต้องของสัญญาณลงโดย SA ซึ่งเป็นเจตนาของ Department of Defense ของ สหรัฐอเมริกา

ค่าความผิดพลาดของ SPS เป็นดังนี้

1. ค่าความผิดพลาดตามแนวนอนเท่ากับ 100 เมตร
2. ค่าความผิดพลาดตามแนวดิ้งเท่ากับ 156 เมตร
3. ค่าความผิดพลาดตามเวลาเท่ากับ 340 Nanoseconds

PPS

คือบริการที่ให้ใช้ได้เฉพาะทางการทหารของสหรัฐอเมริกา ตัวแทนของรัฐบาล หรือผู้ที่ได้รับการอนุญาตจากรัฐบาลของสหรัฐอเมริกาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความผิดพลาดของ PPS เป็นดังนี้

1. ค่าความผิดพลาดตามแนวนอนเท่ากับ 22 เมตร

2. ค่าความผิดพลาดตามแนวดั้งเท่ากับ 27.7 เมตร

3. ค่าความผิดพลาดตามเวลาเท่ากับ 200 Nanoseconds

2.7 หลักการทำงานของระบบ GPS ในเชิงวิศวกรรม

2.7.1 GPS Signals

สัญญาณ GPS ถูกส่งไปในสัญญาณพาหะที่เป็นสัญญาณไมโครเวฟ 2 ความถี่ ได้แก่

1. สัญญาณ L1 มีความถี่ 1,575.42 MHz ซึ่งนำพาสัญญาณ SPS และ navigation message

2. สัญญาณ L2 มีความถี่ 1,227.60 MHz จะนำพาสัญญาณ PPS และ ใช้คำนวณค่า delay ที่เกิดเนื่องจากชั้นบรรยากาศ Ionosphere

โดยใช้ช่องสัญญาณที่มีความกว้างประมาณ 1 – 2 GHz

The Codes แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1.) The C/A-code (coarse/acquisition code) เป็น pseudorandom noise (PRN) code 2 code ที่แตกต่างกัน โดยดาวเทียมจะแยกความแตกต่างด้วย PRN number ของแต่ละดัว C/A-code นั้นเป็นชุดของเลขฐานสองจำนวน 1,023 bits (1 milliseconds) หรือเรียกว่า chips และจะส่งด้วยอัตรา 1.023 ล้านบิตต่อวินาที หรือchip duration = 1 microsecond แต่ละ chip จะส่งไปกับคลื่นพาหะไปในอวกาศด้วยความเร็วแสง เราสามารถเปลี่ยน duration ให้อยู่ในหน่วยของระยะทางได้โดยคูณกับความเร็ว ซึ่ง 1 microsecond ก็จะได้ประมาณ 300 meters ซึ่งก็คือความยาวคลื่นของ C/A-code นั่นเอง

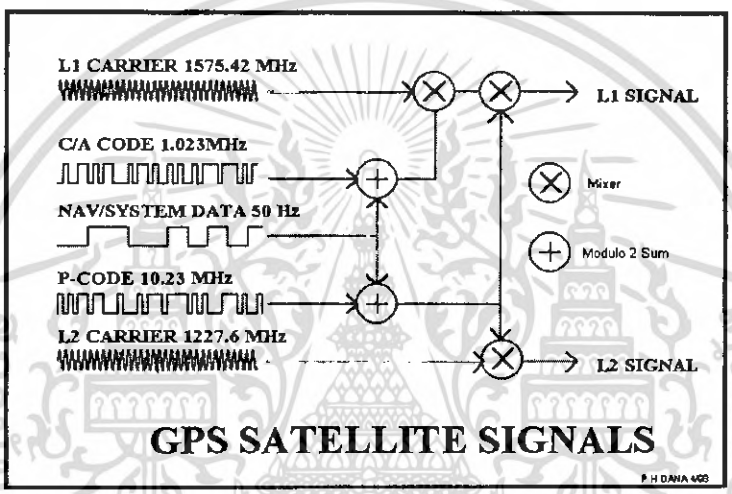
C/A-code มีหน้าที่ modulate สัญญาณ L1 ให้เป็นสัญญาณ basis ที่ใช้สำหรับสัญญาณ SPS

2.) The P-code (precision code) เป็น PRN code ที่มีความยาวคลื่นต่ำ ทำให้มีความถูกต้องสูง กล่าวคือ P-code มีความยาวคลื่นเพียง 30 meters ซึ่งเท่ากับ 1 ใน 10 ของ C/A-code ดังนั้นจึงมี chip rate สูงเป็น 10 เท่าของ C/A-code หรือ 10.23 ล้านบิตต่อวินาที ทำให้ชุดของ P-code มีความยาวมากเกินไป (เช่น ถ้าส่ง 266 วัน ก็จะส่งไปประมาณ 2.35×10^{14} chips) จึงไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถส่งได้ ดาวเทียมแต่ละดวงจึงถูกกำหนดไว้ว่า ให้กลับมาเริ่มต้นส่งใหม่ในเที่ยงคืนของวันเสาร์/อาทิตย์ ทุกๆ 1 สัปดาห์ P-code มีหน้าที่ modulate ทั้งสัญญาณ L1 และ L2 และใช้เป็นสัญญาณ basis ของสัญญาณ PPS

3.) The Y-code เกิดจากกระบวนการที่เรียกว่า AS (Anti-spoofing) ซึ่งทำโดย Department of Defense ของสหรัฐอเมริกา เป็นการนำ P-code ไปทำการ encrypt โดยการนำไปรวมกับข้อมูลที่เป็นความลับ หรือ W-code และ Y-code จะถูกใช้เป็นสัญญาณ basis ของสัญญาณ PPS



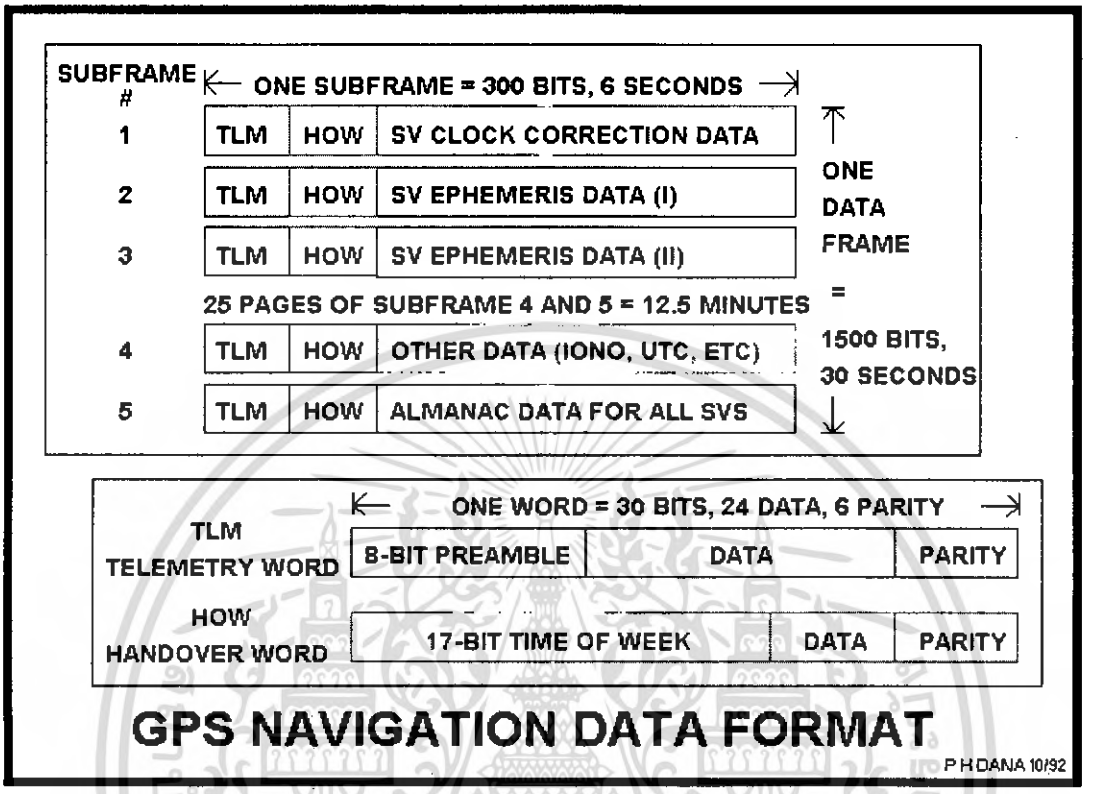
รูปที่ 11 GPS satellite signals

2.7.2 GPS data (GPS Navigation Message)

GPS navigation message ประกอบไปด้วยข้อมูลบิต time-tagged ที่แสดงถึงค่าเวลาที่แต่ละ subframe จะใช้ในการส่งโดยดาวเทียม (SV) ซึ่งในข้อมูลบิต 1 frame ประกอบไปด้วย 1500 bits และแบ่งออกเป็น 5 subframes (1 subframe = 300 bits) ข้อมูลแต่ละ frame จะถูกส่งทุกๆ 30 วินาที เท่ากับส่ง subframe ละ 6 วินาที โดยแต่ละ subframe จะประกอบไปด้วยข้อมูลที่เกี่ยวกับวงโคจรและนาฬิกา ข้อมูลของนาฬิกาที่ถูกต้องจะถูกส่งไปกับ subframe ที่ 1 และข้อมูลเกี่ยวกับวงโคจรจะถูกส่งไปกับ subframe ที่ 2 และ 3 ส่วน subframe ที่ 4 และ 5 จะส่งข้อมูลที่เกี่ยวกับระบบอื่นๆ ไป การส่ง navigation message ที่สมบูรณ์จะต้องใช้ frame ทั้งหมด 25 frames (125 subframes) โดยใช้เวลาในการส่ง 12.5 นาที

ในแต่ละ subframe นั้นจะมี parity bits เพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลและทำการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง (error correction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 GPS Navigation Message

ตัวแปร Clock data ใช้อธิบาย SV clock และความสัมพันธ์ของ SV clock กับเวลาส่งสัญญาณ

ตัวแปร Ephemeris data ใช้ในการอธิบายช่วงสั้นๆ ของวงโคจรของดาวเทียม โดยปกติแล้วเครื่องรับ GPS จะรับ ephemeris data ใหม่ทุกๆ ชั่วโมง แต่สามารถนำข้อมูลเก่า (ย้อนหลังไปได้ 4 ชั่วโมง) มาใช้ใหม่ได้ โดยข้อมูลนั้นจะต้องไม่เคยเกิด error ขึ้น

Almanacs ทำหน้าที่ประมาณค่าตัวแปรที่เกี่ยวกับข้อมูลของวงโคจร ข้อมูลที่ถูกประมาณค่าจะตั้งค่าไว้ที่เครื่องรับ เพื่อใช้ในการประมาณตำแหน่งและความถี่ Doppler ของสัญญาณพาหะ (คือความถี่ที่ shift ไปเนื่องจากอัตราการเปลี่ยนแปลงในช่วงของการโคจรของดาวเทียม) ของดาวทียมแต่ละดวง

ข้อมูลที่สมบูรณ์ของดาวเทียมแต่ละดวงจะถูกตั้งค่าพร้อมกับ Ionospheric model ลงเครื่องรับ เพื่อใช้ในการประมาณค่า phase delay เมื่อสัญญาณผ่านไปในชั้นบรรยากาศที่ทุกๆ ตำแหน่งและเวลา

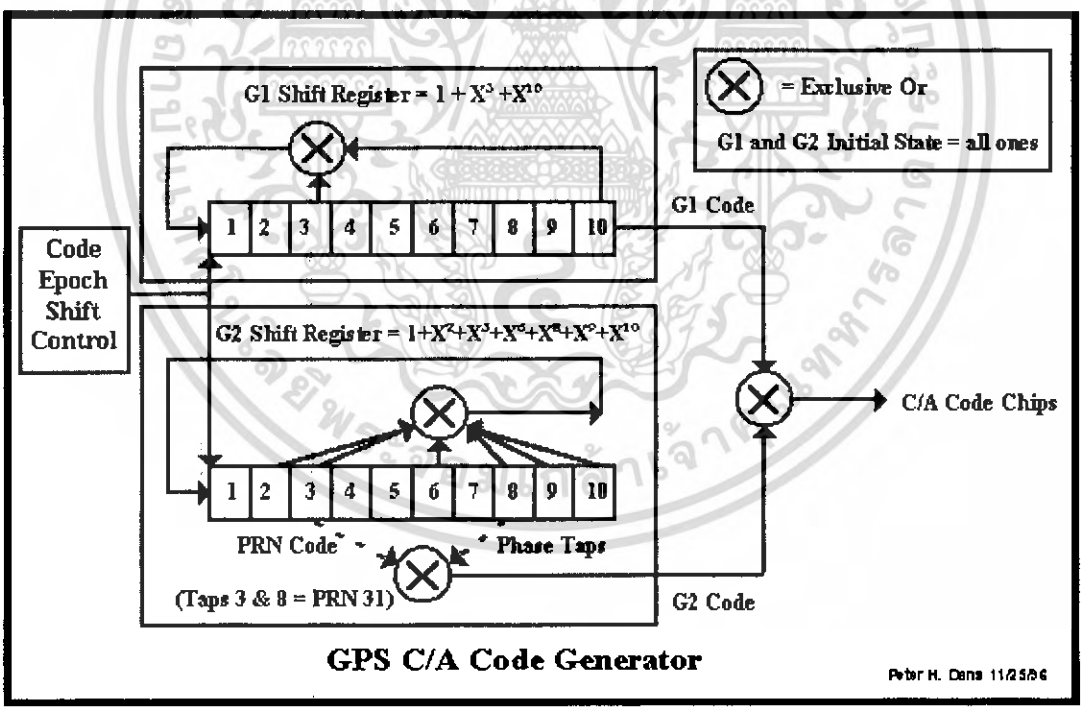
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GPS time ที่ส่งมาจากดาวเทียมแต่ละดวง ถูก offset โดย Universal Coordinated Time โดยที่เครื่องรับจะต้องตั้งค่าเป็น UTC คือ 100 nanoseconds

2.7.3 การรับสัญญาณของเครื่องรับ GPS

ใช้วิธี Code phase tracking (navigation) เครื่องรับจะสร้างแบบจำลองของสัญญาณ C/A และ P-code และสร้างชุด C/A code สำหรับดาวเทียมแต่ละดวงโดยเฉพาะ ในรูปของ C/A code generator ในเครื่องรับที่ทันสมัยจะมีการเก็บ code ไว้ที่เมมโมรี่ แต่จริงๆ แล้วเราสามารถใช้ shift register แทนได้

C/A code generator จะสร้างชุดข้อมูลต่างๆกันขึ้นมา 1023 chips ใน shift register ข้อมูลจะถูก shift ด้วย slewing the clock ที่ใช้ควบคุม shift register ในรูปที่ 13 เราต้องการ chip code ที่ออกมาจากเมมโมรี่นั่นเอง



รูปที่ 13 GPS C/A Code Generator

C/A code generator จะส่งข้อมูลออกมา 1023 chip PRN code ทุกๆ 1 millisecond ซึ่ง PRN code นั้นใช้จำแนก ดาวเทียมแต่ละดวงซึ่งมีทั้งหมด 32 code ดังแสดงในตารางที่ 2

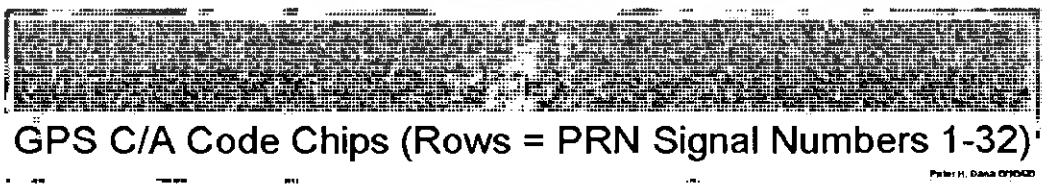
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดง PRN code ของดาวเทียมแต่ละดวง

GPS C/A Code Assignments

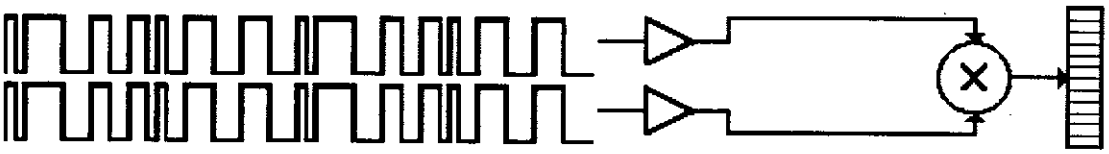
SV PRN ID	G2 Phase Taps	First 10 Chips
1	2 & 6	1100100000
2	3 & 7	1110010000
3	4 & 8	1111001000
4	5 & 9	1111100100
5	1 & 9	1001011011
6	2 & 10	1100101101
7	1 & 8	1001011001
8	2 & 9	1100101100
9	3 & 10	1110010110
10	2 & 3	1101000100
11	3 & 4	1110100010
12	5 & 6	1111101000
13	6 & 7	1111110100
14	7 & 8	1111111010
15	8 & 9	1111111101
16	9 & 10	1111111110
17	1 & 4	1001101110
18	2 & 5	1100110111
19	3 & 6	1110011011
20	4 & 7	1111001101
21	5 & 8	1111100110
22	6 & 9	1111110011
23	1 & 3	1000110011
24	4 & 6	1111000110
25	5 & 7	1111100011
26	6 & 8	1111110001
27	7 & 9	1111111000
28	8 & 10	1111111100
29	1 & 6	1001010111
30	2 & 7	1100101011
31	3 & 8	1110010101
32	4 & 9	1111001010

ที่เครื่องรับจะทำการ Copy สัญญาณไปเรื่อยๆแล้วนำมาเปรียบเทียบกับ PRN code จนกระทั่งได้ code ที่เหมือนกัน (correlation) ดังรูปที่ 14

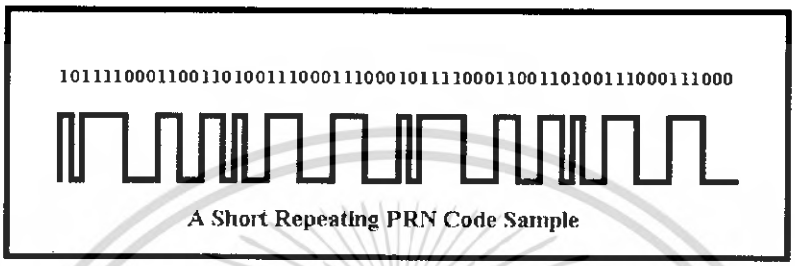


รูปที่ 14 สัญญาณที่เครื่องรับทำการ Copy เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับ PRN code

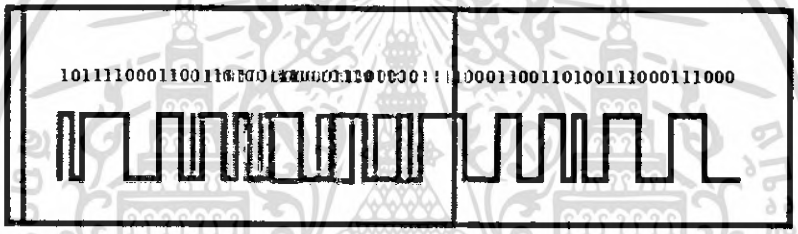
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



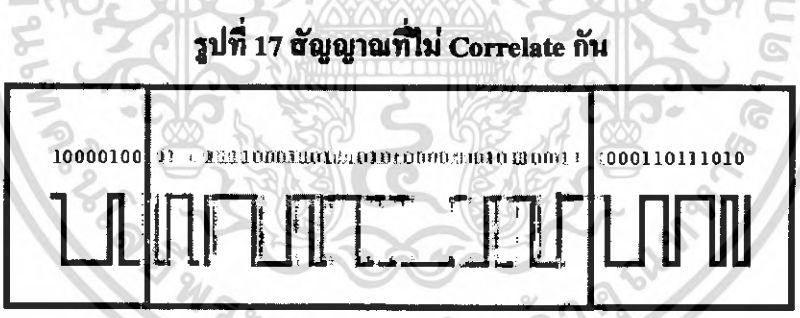
รูปที่ 15 การเปรียบเทียบการ Correlate กันของสัญญาณ 2 สัญญาณ



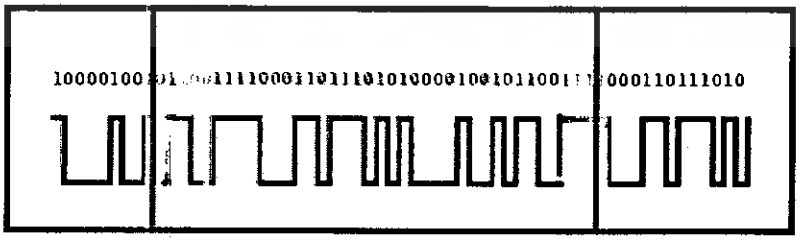
รูปที่ 16 ตัวอย่างของ PRN code



รูปที่ 17 สัญญาณที่ไม่ Correlate กัน



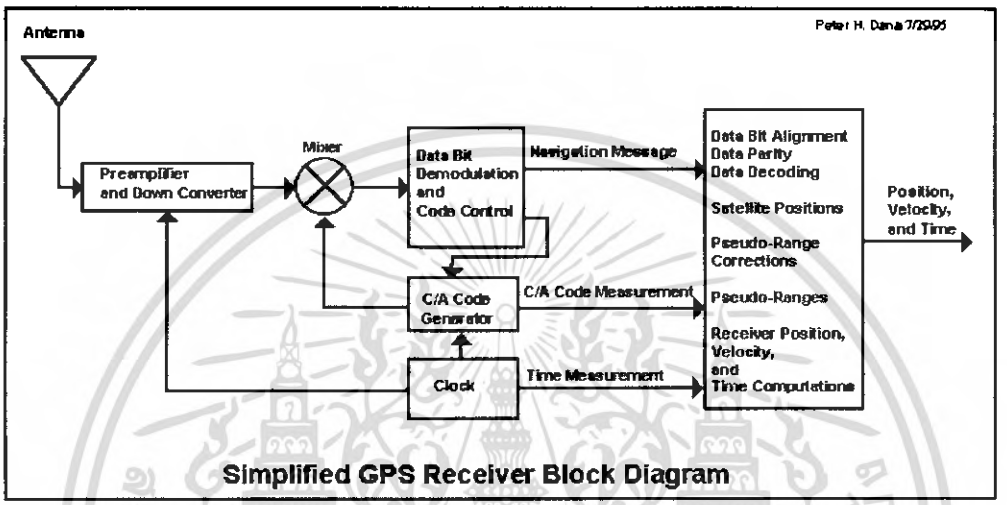
รูปที่ 18 การเกิด Correlation กันบางส่วน บางส่วนของ signal power ก็จะถูก detect



รูปที่ 19 Complete correlation

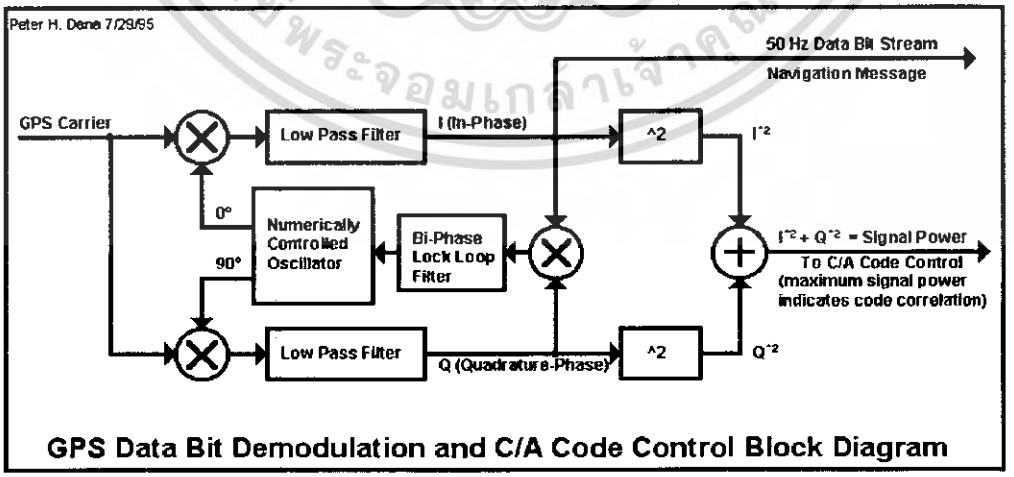
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเกิด Correlation สมบูรณ์แล้ว สัญญาณพาหะจะแยกออกจากสัญญาณ และsignal power ทั้งหมดจะถูก detect เครื่องรับ GPS จะใช้ signal power ที่ถูก detect ใน correlated signal มาจัด C/A code ในเครื่องรับด้วย code ที่มาจากดาวเทียม โดยปกติแล้วจะใช้ code ที่มาจากดาวเทียม เปรียบเทียบกับ C/A code เพื่อให้เกิดการ correlate กันมากที่สุด



รูปที่ 20 แสดง Block Diagram ของเครื่องรับ GPS

Phase Locked Loop สามารถ lock ได้ทั้ง positive และ negative half-cycle (หรือเรียกว่า bi-phase locked loop) ซึ่งใช้ในการ demodulate สัญญาณ 50 Hz navigation message จากสัญญาณพาหะของสัญญาณ GPS ใน loop ที่เหมือนกันสามารถวัดค่าความถี่ของคลื่นพาหะ (Doppler Frequency) และใช้ในการเก็บค่าการเปลี่ยนแปลงเพื่อใช้ในการควบคุม oscillator



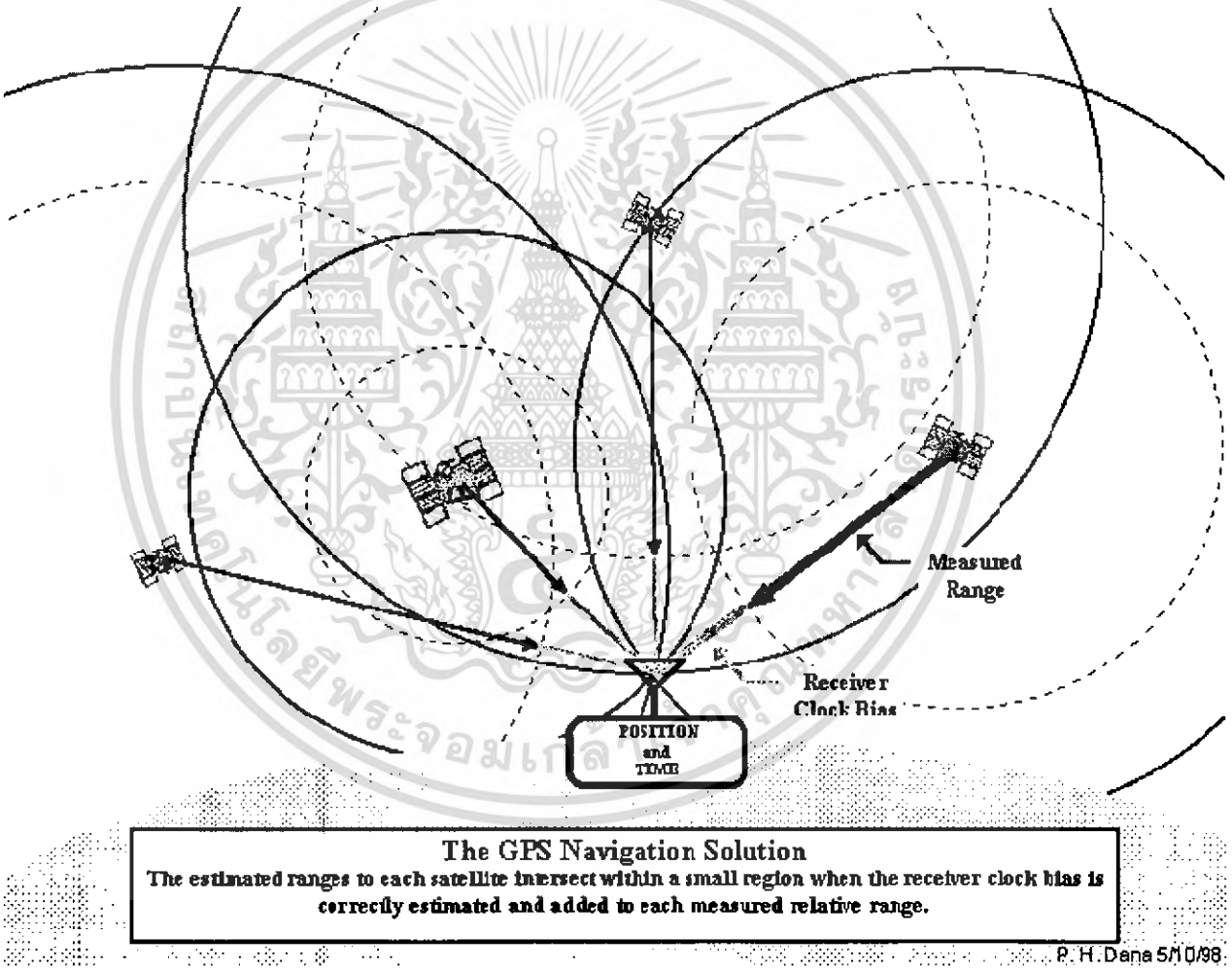
รูปที่ 21 แสดง Block Diagram ของการ demodulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่ใช้ใน Correlation กันของสัญญาณ ก็คือ เวลาที่ดาวเทียมใช้ในการส่ง PRN code ไปที่เครื่องรับ (Time of arrival or TOA) เวลานี้จะไปตั้งเป็นค่านาฬิกาที่เครื่องรับ GPS เรียกว่า pseudo-range

2.7.4 Pseudo-Range Navigation

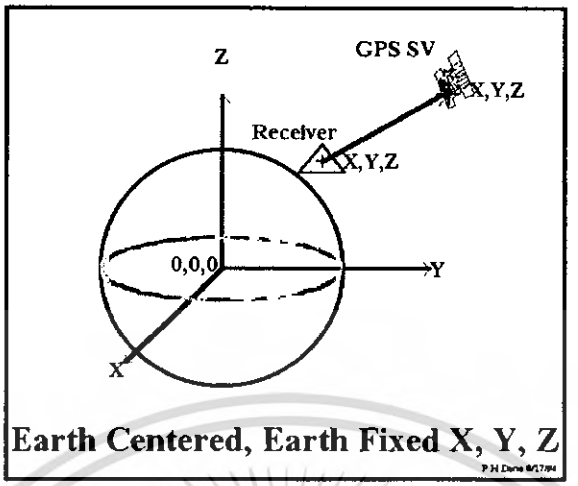
ตำแหน่งเครื่องรับ GPS ก็คือ ตำแหน่งที่ pseudo- range จากดาวเทียมแต่ละดวง intersect กัน



รูปที่ 22 แสดงการเกิด Intersection ที่ตำแหน่งของเครื่องรับ GPS

ตำแหน่งของดาวเทียมจะถูกคำนวณจาก pseudo-range ของดาวเทียมทั้ง 4 นาฬิกาและข้อมูล ephemeris ส่วนตำแหน่งของเครื่องรับสามารถคำนวณได้จากตำแหน่งของดาวเทียม และ pseudo-range ยกตัวอย่างการแสดงการคำนวณหาตำแหน่ง ได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23 แสดง Coordinate ที่ใช้ใน example

GPS Pseudorange Navigation Example - Peter H. Dana - 4/24/98

Satellite (SV) coordinates in ECEF XYZ from Ephemeris Parameters and SV Time

$SVx_0 := 15524471.175$ $SVy_0 := -16649826.222$ $SVz_0 := 13512272.387$ SV 15

$SVx_1 := -2304058.534$ $SVy_1 := -23287906.465$ $SVz_1 := 11917038.105$ SV 27

$SVx_2 := 16680243.357$ $SVy_2 := -3069625.561$ $SVz_2 := 20378551.047$ SV 31

$SVx_3 := -14799931.395$ $SVy_3 := -21425358.24$ $SVz_3 := 6069947.224$ SV 7

Satellite Pseudoranges in meters (from C/A code epochs in milliseconds)

$P_0 := 89491.971$ $P_1 := 133930.500$ $P_2 := 283098.754$ $P_3 := 205961.742$ Range + Receiver Clock Bias

Receiver Position Estimate in ECEF XYZ

$Rx := -730000$ $Ry := -5440000$ $Rz := 3230000$

For Each of 4 SVs $i := 0..3$

Ranges from Receiver Position Estimate to SVs (R) and Array of Observed - Predicted Ranges

$$R_i := \sqrt{(SVx_i - Rx)^2 + (SVy_i - Ry)^2 + (SVz_i - Rz)^2} \qquad L_i := \mathrm{mod}\left[\left(R_i\right), 299792.458\right] - P_i$$

Compute Directional Derivatives for XYZ and Time

$$Dx_i := \frac{SVx_i - Rx}{R_i} \qquad Dy_i := \frac{SVy_i - Ry}{R_i} \qquad Dz_i := \frac{SVz_i - Rz}{R_i} \qquad Dt_i := -1$$

Solve for Correction to Receiver Position Estimate

$$A := \begin{bmatrix} Dx_0 & Dy_0 & Dz_0 & Dt_0 \\ Dx_1 & Dy_1 & Dz_1 & Dt_1 \\ Dx_2 & Dy_2 & Dz_2 & Dt_2 \\ Dx_3 & Dy_3 & Dz_3 & Dt_3 \end{bmatrix} \qquad dR := \left(A^T \cdot A\right)^{-1} \cdot A^T \cdot L \qquad dR = \begin{bmatrix} -3186.496 \\ -3791.932 \\ 1193.286 \\ 12345.997 \end{bmatrix}$$

Apply Corrections to Receiver XYZ and Compute Receiver Clock Bias Estimate

$Rx := Rx + dR_0$ $Ry := Ry + dR_1$ $Rz := Rz + dR_2$ $Time := dR_3$

Rx = −733186.496 Ry = −5443791.932 Rz = 3231193.286 Time = 12345.997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 หลักการรับส่ง SMS

SMS: Short Message Service คือ การให้บริการส่งข้อความสั้นไปยังโทรศัพท์มือถือแบบดิจิตอล โดยแต่ละข้อความสามารถบรรจุตัวอักษรได้สูงสุด 160 ตัวอักษร (ตัวอักษรภาษาอังกฤษ) นอกจากนี้ยังสามารถส่งข้อความไปที่เครื่อง Fax, PC หรือ Internet address ได้อีกด้วย

ระบบ SMS ในระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ รองรับโดยระบบ GSM (Global System for Mobile Communication), TDMA (Time Division Multiple Access) และ CDMA (Code Division Multiple Access)

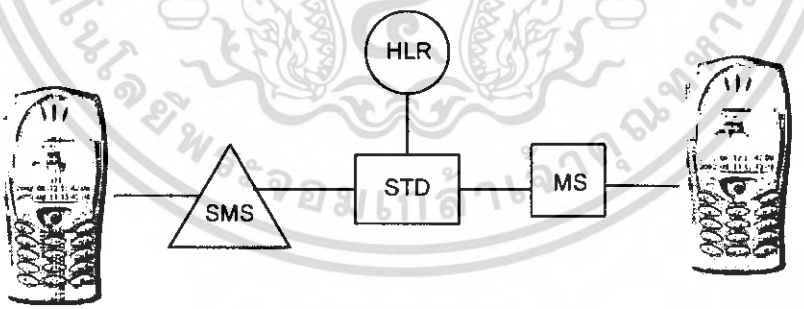
เมื่อ SMS ถูกส่งจากโทรศัพท์มือถือเครื่องหนึ่ง ข้อความนั้นจะถูกส่งไปที่ Shot Message Service Center (SMSC) จากนั้นจึงจะส่งไปยังโทรศัพท์มือถือเครื่องรับอีกทอดหนึ่ง โดยมีกระบวนการดังนี้

1. SMSC จะส่ง SMS Request ไปยัง Home location register (HLR) เพื่อหาตำแหน่งของผู้รับ

2. เมื่อ HLR ได้รับสัญญาณ Request ก็จะส่งสถานะของผู้รับ (subscriber's status) กลับมายัง SMSC คือ

1.) สถานะของเครื่องรับ Inactive หรือ Active

2.) ตำแหน่งของเครื่องรับ



รูปที่ 24 หลักการรับ-ส่ง SMS

ถ้าสถานะของเครื่องรับเป็น Inactive แล้ว SMSC จะเก็บข้อความไว้ช่วงเวลาหนึ่ง และเมื่อใดที่เครื่องรับมีสถานะ Active แล้ว HLR จะส่ง SMS Notification ไปยัง SMSC และ SMSC ก็จะตอบรับข้อความนั้นไว้ จากนั้นSMSC จะส่งผ่านข้อความไปในรูปแบบ Short Message Delivery Point-to-Point ไปยังระบบบริการ โดยระบบจะทำการเรียกไปยังเครื่องรับ และถ้าเครื่องรับมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

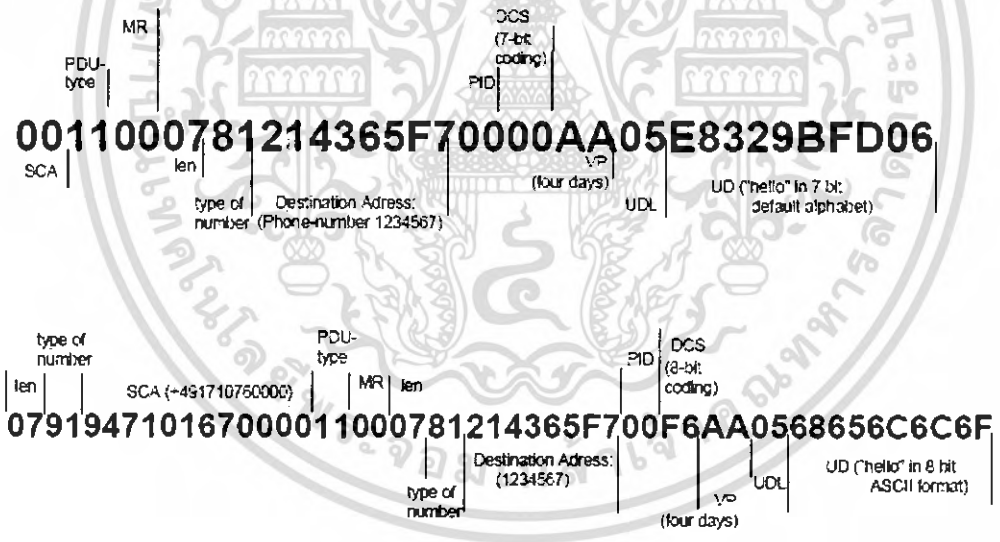
ตอบรับกลับมา ข้อความก็จะถูกส่งตามไป และ SMSC จะได้รับการตอบรับยืนยันว่า ข้อความได้ถูกรับโดยปลายทางเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นข้อความจะมีสถานะเป็น SENT และจะไม่ถูกส่งอีก

การรับส่งข้อมูล SMS มี 2 โหมด คือ Text Mode และ PDU Mode (Protocol Description Unit Mode) การส่งข้อมูล Text Mode นั้นจะเป็นการนำข้อความที่ต้องการส่งมาเข้ารหัสก่อน แล้วค่อยส่งข้อมูลใน PDU Mode

2.8.1 PDU MODE

PDU: Protocol Description Unit คือ รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการส่งข้อความสั้น ซึ่งเกิดจากการนำข้อมูลดิจิตอลมาเข้ารหัสเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลผ่าน Air Interface โดยการรับและส่งข้อมูล SMS ในแบบ PDU MODE จะมีส่วนประกอบและโครงสร้างที่แตกต่างกัน

PDU CODE ข้อมูล SMS ที่อยู่ใน PDU MODE ประกอบด้วย เลขฐาน 10 และเลขฐาน 16 โดยตัวเลขแต่ละคู่เรียกว่า Octet



รูปที่ 25 ข้อมูลใน SMS ในรูปแบบ PDU MODE

2.8.2 การรับข้อมูล SMS

ข้อมูลที่ได้รับจะประกอบด้วยข้อมูลของผู้ส่ง, ข้อมูล SMS Service Center (SMSC), Time Stamp และอื่นๆ ตามด้วยส่วนของข้อความซึ่งจะอยู่ท้ายสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง

0691668111808804 0A916629502680000040302121943482 0AE8329BFD4697D9ECC37

ความหมายของรหัส SMS ที่ได้รับ ในแต่ละ Octet หรือ กลุ่ม Octet เป็นไปตามตาราง ดังนี้

กลุ่มตัวเลข 8 บิต (Octet)	รายละเอียด
06	ความยาวของ SMSC Information 6 Octet
91	รูปแบบของเลขหมาย SMSC 91 หมายถึง เลขหมายแบบสากล
66 81 11 80 88	เลขหมาย SMSC ซึ่งจะเป็นเลขฐาน10 สลับ nibble ในกรณีนี้ เลขหมายจริงของ Service Center คือ +6618110888
04	First octet of these SMS-DELIVER messages
0A	ความยาวของเลขหมายผู้ส่ง (0A hex = 10 ตัว)
91	รูปแบบของเลขหมายผู้ส่ง 91 หมายถึงเลขหมายแบบสากล
66 29 50 26 80	เลขหมายผู้ส่ง เป็นเลขฐาน 10 สลับ Nibble ในกรณีนี้เลขหมายจริงของผู้ส่งคือ +6692056208
00	TP-PID. (Protocol identifier)
00	TP-DCS (Data coding scheme) 00 คือ เข้ารหัสข้อความ แบบ 7 bits Default Alphabet
40 30 21 21 94 34 82	TP-SCTS. ข้อมูล Time stamp สลับ nibble
0A	TP-UDL. User data length จำนวนตัวอักษรของข้อความ ที่ส่งในที่นี้คือ 10 ตัว
1E8329BFD4697D9ECC37	TP-UD. ข้อความ "hellohello" ที่เข้ารหัสแบบตัวอักษร 7 bits

ในส่วนของ TP-UD (User Data) ก็คือ ส่วนของข้อความสั้นที่ได้รับนั่นเอง สำหรับการถอดรหัสจะกล่าวถึงในภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 การส่งข้อมูล SMS

ข้อมูลที่ส่งจะประกอบด้วย ข้อมูลของ SMSC, หมายเลขผู้รับ, ช่วงเวลาหมดอายุของข้อความ, และ อื่นๆ ปิดท้ายด้วยข้อมูลในส่วนของข้อความสั้น

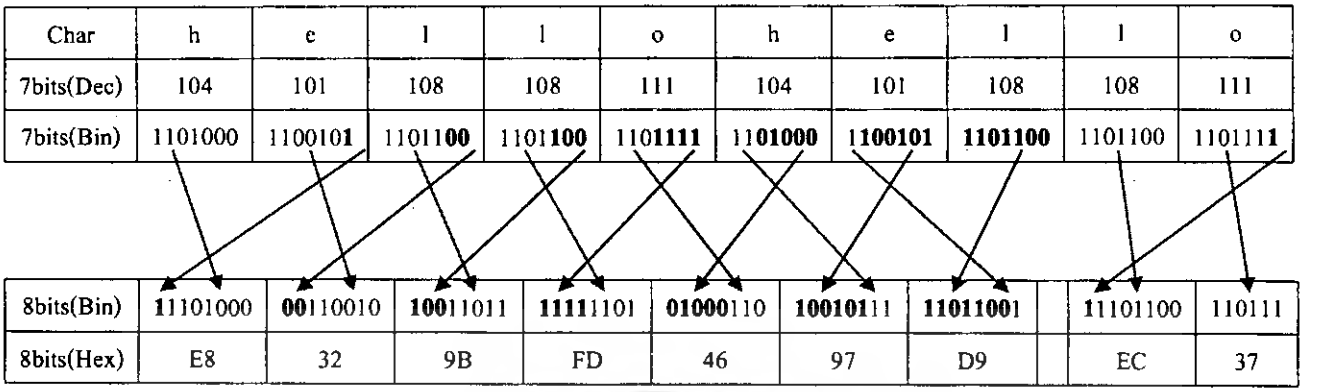
ตัวอย่าง

0011000A916629502680000AA0AE8329EFD4697D9EC37

ความหมายของรหัส SMS ในแต่ละ Octet หรือ กลุ่ม Octet เป็นไปตามตาราง ดังนี้

กลุ่มตัวเลข 8 บิต (Octet)	รายละเอียด
00	ความยาวของ SMSC information "00" หมายถึง ให้ใช้ SMSC Information ที่เก็บอยู่ภายในเครื่อง
11	First octet of the SMS-SUBMIT message
00	TP-Message-Reference "00" คือ ให้เครื่องตั้งหมายเลขอ้างอิงข้อความขึ้นเอง
0A	Address-Length. ความยาวของเลขหมายผู้รับ (10 ตัว)
91	Type-of-Address. (91 indicates international format of the phone number)
66 29 50 26 80	หมายเลขโทรศัพท์ของผู้รับ (แบบ semi octets) หมายเลขที่แท้จริง คือ "+66092056208"
00	TP-PID. (Protocol identifier) เป็น 00
00	TP-DCS. (Data coding scheme) เป็น 00
AA	TP-Validity-Period "AA" หมายถึง ช่วงเวลาหมดอายุของข้อความ 4 วัน ถ้าภายในช่วงเวลานี้ ยัง ส่งไม่ถึงปลายทางข้อความจะถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ
0A	TP-User-Data-Length. จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่ง (10 ตัว)
E8329BFD4697D9EC37	TP-User-Data เป็นข้อมูลในส่วนของข้อความ ตัวอักษรแบบ 7 บิต "hellohello"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่26 ตัวอย่างแสดงการแปลงตัวอักษร

2.8.4 การถอดรหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต

ในส่วนของข้อมูลที่เป็นข้อความสั้น ในกรณีที่เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ อักษรแต่ละตัวจะใช้รหัสขนาด 7 บิต (7 bits default alphabet) และสำหรับอักษรภาษาอื่นๆ จะใช้ตัวอักษรชนิดอื่น เช่น

8 บิต หรือ 16 บิต สำหรับข้อความสั้นภาษาไทยนั้น ใช้รหัสตัวอักษรแบบ UNICODE ในที่นี้เราจะกล่าวถึงการถอดรหัสข้อความสั้น ภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยมีขั้นตอนการถอดรหัส ดังนี้

1.) นำ PDU CODE ในส่วนของข้อความสั้น (TP-UD) ซึ่งเป็นเลขฐาน 16 มาเขียนเป็นเลขฐาน 2 ทีละ Octet

2.) ตัวอักษรแรกเกิดจากบิตที่ 0 ถึง 6 ของ Oetet แรก ตัวอักษรถัดมาเกิดจากบิตที่ 0 ถึง 5 ของ Octet ที่ 2 และนำบิตที่ 7 ของ Octet ที่ 1 มาต่อท้าย ตัวอักษรถัดไปเกิดจากบิตที่ 0 ถึง 4 ของ Octet ที่ 3 และนำบิดที่ 7 และ 6 ของ Octet ที่ 2 มาต่อท้าย ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

3.) นำรหัสตัวอักษร 7 บิต จากข้อสอง เพิ่มบิตที่ 8 ด้วย '0' นำไปเทียบกับตารางรหัส ASCII โปรแกรม Microcontroller ที่เกี่ยวข้องกับการถอดรหัส PDU เป็น ASCII ได้แสดงไว้ที่ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 AT-COMMAND

AT-COMMAND คือ ชุดคำสั่งมาตรฐาน ที่สามารถใช้ติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ เช่น โมเด็ม หรือ อุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) เพื่อโต้ตอบตั้งค่าหรือสั่งงานอุปกรณ์เหล่านั้น ให้ทำงานตามที่ต้องการ และสำหรับการติดต่อกับโทรศัพท์มือถือจะใช้ชุดคำสั่ง ที่เรียกว่า GSM AT COMMAND

ตัวอย่าง คำสั่งที่เป็น BASIC AT COMMAND

AT	ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ ถ้าสามารถติดต่อกันได้ อุปกรณ์จะตอบกลับมาว่า OK
ATDT phone number	โทรไปยังเลขหมายปลายทาง (Phone number)
ATH	วางสาย
ATA	รับสาย

2.9.1 AT COMMAND ที่เกี่ยวข้องกับการรับ-ส่ง SMS

ชุดคำสั่ง AT COMMAND ที่ใช้กับโทรศัพท์มือถือได้มีมากมาย ทั้งการอ่านรุ่นโทรศัพท์มือถือ, ตรวจสอบระดับแบตเตอรี่, ตรวจสอบระดับสัญญาณ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการรับ-ส่ง SMS เท่านั้น

1) Message Format (AT+CMGF) เป็นคำสั่งกำหนดรูปแบบของข้อความที่จะให้แสดงออกมา โดย

AT+CMGF = 1 คือ แสดงข้อความในรูปแบบ TEXT

AT+CMGF = 0 คือ แสดงข้อความในรูปแบบ PDU CODE

2) List Message (AT+CMGL) เป็นคำสั่งที่ให้แสดงข้อความในสถานะต่างๆ โดยจะแสดงข้อความทั้งหมดนั้นสถานะนั้น ดังนี้

AT+CMGL=0 คือ แสดงข้อความที่ได้รับแต่ยังไม่ได้อ่าน ("REC UNREAD")

AT+CMGL=1 คือ แสดงข้อความที่ได้รับและอ่านแล้ว ("REC READ")

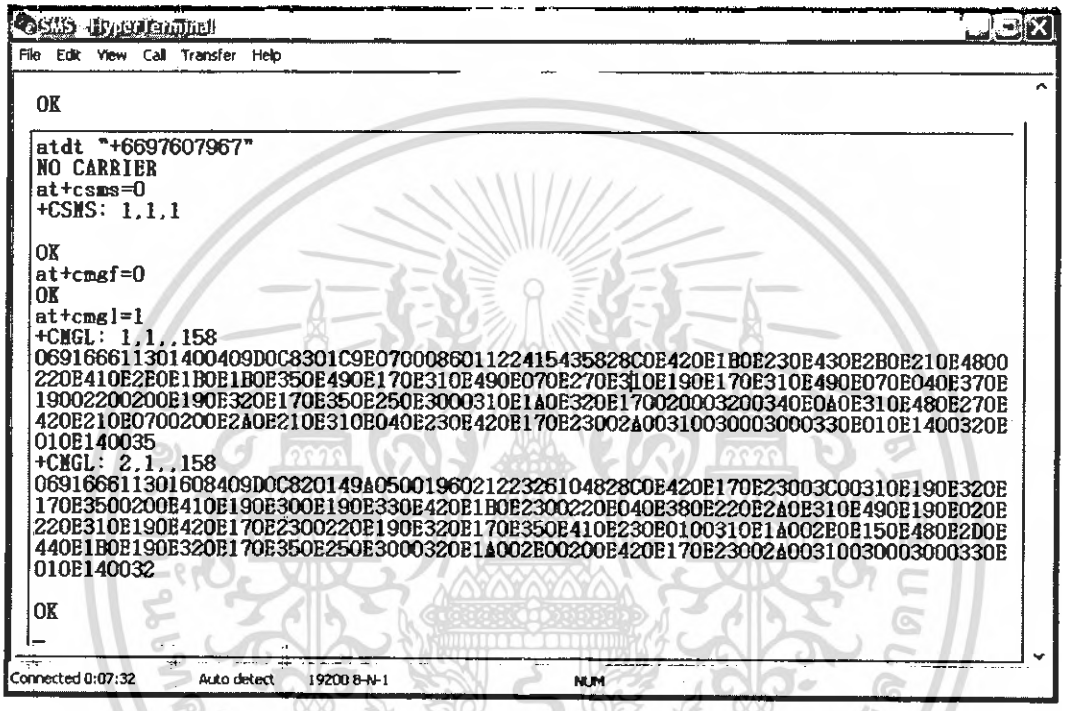
AT+CMGL=2 คือ แสดงข้อความที่เก็บไว้และยังไม่ได้ส่ง ("STO UNSENT")

AT+CMGL=3 คือ แสดงข้อความที่เก็บไว้และส่งออกไปแล้ว ("STO SENT")

AT+CMGL=4 คือ แสดงข้อความทั้งหมด ("ALL")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

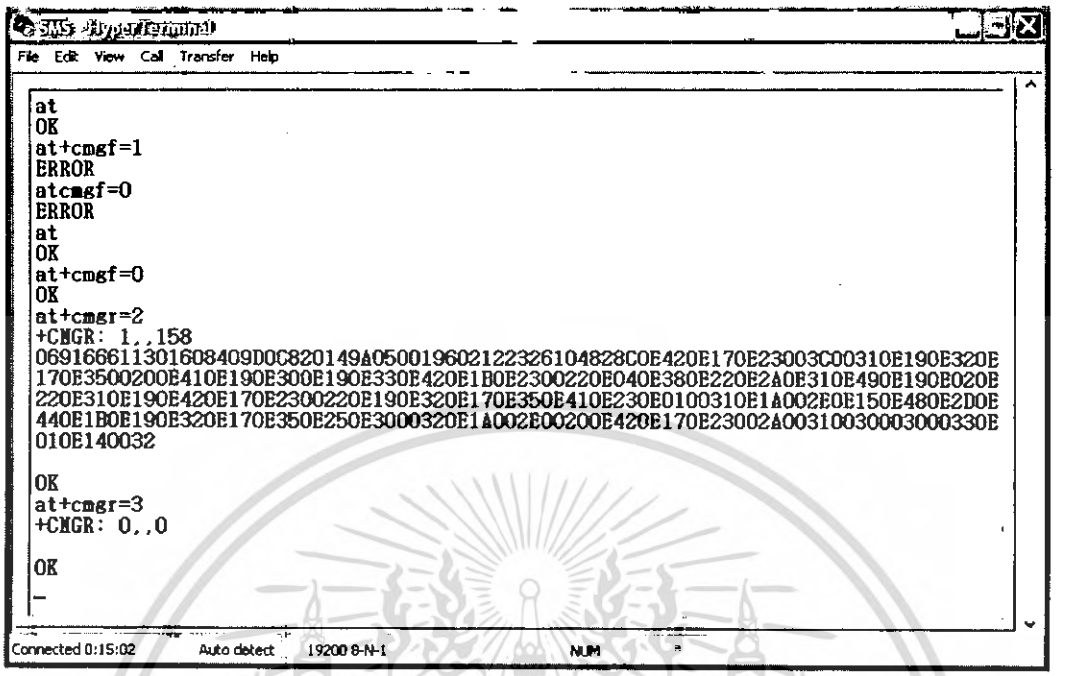
หมายเหตุ หากกำหนด Message Format เป็น PDU CODE จะต้องเลือกสถานะโดยใช้ตัวเลข 0 ถึง 4 แต่หากกำหนด Message Format เป็น Text จะต้องเลือกสถานะโดยใช้ตัวอักษรที่วงเล็บด้านหลัง



รูปที่ 27 ตัวอย่างคำสั่งพื้นฐานและ LIST ข้อความใน STO SENT

3) Read Message (AT+CMGR) เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านข้อความที่เฉพาะเจาะจงได้โดยระบุตำแหน่งที่ข้อความนั้นถูกเก็บไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 28 ตัวอย่างการอ่านข้อความ

4) Set the Message center number (AT+CSCA="XXX") เป็นคำสั่งที่ใช้ระบุหมายเลขของ SMSC เพื่อจะทำการส่ง SMS ต่อไปได้

5) Send Message (AT+CMGS="YYY") เป็นคำสั่งที่ใช้ระบุเลขหมายปลายทางที่ต้องการส่ง SMS ไปถึง

2.10 SERIAL COMMUNICATION

Serial Communication คือ การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ผ่านสายสัญญาณ โดยส่งผ่านข้อมูลไปทีละบิตต่อเนื่องกัน แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. Synchronous มีการส่งสัญญาณ clock ไปพร้อมกับข้อมูล
2. Asynchronous ไม่มีการส่งสัญญาณ clock ไปกับข้อมูล

ในการสื่อสารรับ-ส่งข้อมูลในระยะไกลนั้น จำเป็นต้องใช้ Data Communication Equipment (DCE) อย่างเช่น Modem เพื่อให้ส่งข้อมูลได้ไกลขึ้น แต่สำหรับการสื่อสารในระยะไกลไม่เกิน 50 ฟุต ไม่จำเป็นต้องใช้ DCE เรียกว่า การสื่อสารแบบ Null-modem และในการติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ จำเป็นจะต้องมีมาตรฐานในการเชื่อมต่อวงจร ซึ่งมาตรฐานที่ใช้กันมากที่สุดก็คือ มาตรฐาน RS232-C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อื่นๆ เกือบทั้งหมดเป็นแบบ Asynchronous ดังนั้นเราจะกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลแบบ Asynchronous เท่านั้น

2.10.1 Asynchronous Serial Communication

การส่งข้อมูลจะมีลักษณะเป็น FRAME โดยแต่ละ frame ประกอบด้วย

START | DATA | PARITY | STOP

Start bit จำนวน 1 บิด โดยทั่วไปจะเป็น Low (0)

Data จำนวน 5-8 บิด

Parity bit จำนวน 0-1 บิต เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล กำหนดเป็น even หรือ odd

Stop bit จำนวน 1-2 บิด โดยทั่วไปจะเป็น high (1)

สัญลักษณ์ที่ใช้บอกลักษณะของข้อมูล เช่น

7E1: Data 7 bits, even parity, 1 stop bit

8N1: data 8 bits, non-parity, 1 stop bit

เนื่องจากการสื่อสารแบบ Asynchronous ไม่มีการส่งสัญญาณ Clock ไปกับข้อมูล จึงจำเป็นต้องเซตสัญญาณความถี่สัญญาณ Clock ทางด้าน Rx และ Tx ให้เท่ากันเพื่อให้รับ-ส่งข้อมูลระหว่างกันได้ เรียกว่าค่า Bit rate หรือ Baud

สำหรับการสื่อสารแบบอนุกรมบน PC รวมถึง Microcontroller จะถูกจัดการโดยส่วนที่เรียกว่า UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) ซึ่งจะทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูล Asynchronous โดยแปลงข้อมูลในรูปขนาน เป็นอนุกรม Asynchronous แล้วค่อยส่งออก จากนั้นภาครับก็จะรับอนุกรม Asynchronous มาแปลงเป็นขนานอีกทีหนึ่ง ในการเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้ากับอุปกรณ์อนุกรมนิยมใช้หัวต่อชนิด DB9 และ DB25 ในที่นี้จะใช้เฉพาะหัวต่อชนิด DB9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 มาตรฐาน NMEA-0183

NMEA Message คือ ข้อมูลที่ส่งออกมาจากโมดูลรับสัญญาณ GPS ข้อมูลใน NMEA Message สามารถแบ่งได้เป็นเรคอร์ด (Record) หรือ ฟิลด์ (Field) ย่อย โดยในแต่ละเรคอร์ดจะประกอบด้วยอักขระแอสกี (ASCII) ซึ่งมีความยาวไม่เกิน 80 ตัวอักษร สามารถอ่านข้อมูล NMEA Message ได้โดยการใช้ซอฟต์แวร์สื่อสาร เช่น Hyper Terminal เรคอร์ดข้อมูลใน NMEA Message แต่ละเวอร์ชันมีอยู่มากน้อยแตกต่างกัน และแต่ละเรคอร์ดจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน เรคอร์ดที่ใช้กันเป็นหลักใน NMEA Message จะมีอยู่หลายเรคอร์ด รายละเอียดภายในเรคอร์ดต่างๆ ของ NMEA Message มีดังนี้

GLL (Geographic Position Latitude/Longitude) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วย ข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองติจูด ทิศทาง เวลา และสถานะในการรับสัญญาณ (Status) โดยตัวอย่างของเรคอร์ด GLL ที่โมดูลรับสัญญาน GPS ส่งออกมามีโครงสร้าง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GLL

$GPGLL, 3723.2475, N, 12158.3416, W, 161229.487, A*2C

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GGA (Global Positioning System Fixed Data) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วย ข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละดิจูด ลองดิจูด เวลา จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด (Satellites Used) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (MSL Altitude) โดยตัวอย่างของเรคอร์ต GGA มีโครงสร้าง ดังตารางที่4

ตารางที่ 4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GGA

$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M, , , ,.0000*18

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table position Fix Indicator

0=invalid	1=Fix valid GPS	2=DGPS Fix	3=GPS PPS Fix

GSA (GNSS DOP and Active Satellites) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วย ข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงโหมดการทำงาน (Mode) จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด (Satellite Used) ตัวอย่างของเรคอร์ด GSA ที่โมดูลรับสัญญาน GPS ส่งออกมามีโครงสร้าง ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GSA

$GPGSA,A,3,07,02, , , , , ,1.8,1.0,1.5 ,*33

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSA		GSA protocol header
Mode1	A		Automatic-switch 2D/3D
Mode2	3		1=No Fix, 2=2D, 3=3D
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	Meters	
<CR><LF>		Meters	End of message

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GSV (GNSS Satellites in View) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วย ข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าทางเทคนิคต่างๆที่ได้รับจากดาวเทียม GPS ที่โมดูลรับสัญญาณได้ ตัวอย่างของเรคอร์ด GSV ที่โมดูลรับสัญญาน GPS ส่งออกมามีโครงสร้าง ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด GSV

$GPGSV,2,1,07,79,048,42,02,51,062,43,26,256,42,27,138,42*71

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSV		GSV protocol header
Number of Message	2		Range 1 to 3
Message Number	1		
Satellites in View	07		
Satellite ID	07		Channel 1 (1~32)
Elevation	79	degrees	Channel 1 (max.90)
Azimuth	048	degrees	Channel 1 (True,range 0~359)
SNR (C/No)	42	dBHz	0~99,null when not tracking
....			....
Satellite ID	27	degrees	Channel 4 (1~32)
Elevation	27	degrees	Channel 4 (max.90)
Azimuth	138	dBHz	Channel 4 (True,0~359)
SNR	42	second	Range 0~99, null not track
Ages of Diff. Corr.			
Checksum	*71		
<CR><LF>			End of message

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วย ข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าสถานะในการรับสัญญาณ (Status) ตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองติจูด ทิศทาง วันที่ เวลา และความเร็ว ตัวอย่างของเรคอร์ด RMC ที่โมดูลรับสัญญาน GPS ส่งออกมามีโครงสร้าง ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด RMC

$GPRMC , 161229.487,A,3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598,9.0 ,*10

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPRMC		RMC protocol header
UTD Position	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A= data valid or V= Not
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
Data	120598		Ddmmyy
MSL Altitude	9.0	meters	
Magnetic Variation		degrees	E= east or W= west
Checksum	*10		
<CR><LF>			End of message

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VTG (Course Over Ground and Ground Speed) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วย ข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงทิศทาง และความเร็ว ตัวอย่างของเรคอร์ด VTG ที่โมดูลรับสัญญาน GPS ส่งออกมามีโครงสร้างดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด VTG

$GPVTG, 309.62, T, M, 0, 13, N, 0, 2, K*6E

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPVTG		VTG protocol header
Course	309.62		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	kh/hr	Measured horizontal speed
Units	K		Kilometer per hour
Checksum	*6E		
<CR><LF>			End of message

ZDA (GNSS DOP and Active Satellites) เรคอร์ดนี้ประกอบด้วย ข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงวันที่ และเวลา ตัวอย่างของเรคอร์ด ZDA ที่โมดูลรับสัญญาน GPS ส่งออกมามีโครงสร้าง ดังตารางที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคอร์ด ZDA

$GPZDA, 123456, 01, 02, 1997, +09.00,*6B

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPZDA		ZDA protocol header
UTC: Time	123456	hh:mm:ss	00~23:00~59:00~59
UTC: Day of the Month	01	DD	01~31
UTC: Month	02	MM	01~12
UTC: Year	1997	YYYY	1997~2040
Local Zone Time(hour)	+09	hh	-13…+00…+13
Local Zone Time(minute)	00	mm	00~59
Checksum			
....			....

Note: February 1, 1997 ---- 12:34:56 ---- Local Zone Time: +09.00

เราสามารถสรุปคุณสมบัติของ 7 เรคอร์ดหลักใน NMEA Message ได้ ดังนี้

ตารางที่ 10 สรุปคุณสมบัติของ 7 เรคอร์ดหลักใน NMEA Message

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการ	เรคอร์ดที่เก็บข้อมูลที่ต้องการไว้
พิกัดตำแหน่งละติจูด-ลองติจูด	$GPRMC, $GPGGA, $GPGLL
วัน, เวลา	$GPRMC, $GPGGA, $GPGLL, $GPZDA
ความเร็ว	$GPRMC, $GPVTG
ระดับแนวราบ, ความสูง	$GPGGA, $GPGSA
สถานะของตัวรับ	$GPGGA, $GPGSA
ข้อมูลของดาวเทียม	$GPGSV
การแก้ไขในเรื่อง DGPS	$GPGGA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

โครงงานนี้ได้สำเร็จบรรลุตามจุดประสงค์และขอบเขตที่ตั้งไว้ คือ ได้รับความรู้ ความเข้าใจ ถึงระบบ GPS และการบอกตำแหน่งด้วยดาวเทียม สามารถออกแบบระบบติดตามตำแหน่งยานพาหนะผ่านระบบ GPS ได้ และยังสามารถทดลองระบบและแสดงพิกัดตำแหน่ง วันที่ และเวลาของการเดินทางบนแผนที่ได้

จากการทำโครงงานนี้ ได้ศึกษาในหลายๆด้าน ได้แก่ ระบบ GPS, ไมโครคอนโทรเลอร์, การรับส่งข้อมูลผ่าน Serial Port, การรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่, การเขียนโปรแกรมแสดงค่าพิกัดลงบนแผนที่ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2005 และระบบฐานข้อมูล ซึ่งจากการทำโครงงานในครั้งนี้ ได้นำเอาความรู้ทางด้าน การสื่อสาร อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้งานให้เกิดผลตามเป้าหมายที่วางไว้ ทำให้ได้รับความรู้และมีความเข้าใจในเรื่องการระบุพิกัดตำแหน่งจากดาวเทียม โดยใช้ระบบ GPS มากยิ่งขึ้น

ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. **ข้อจำกัดของระบบ GPS**

- สัญญาณที่ส่งมายังเครื่องรับ GPS ไม่สามารถทะลุผ่านของแข็ง เช่น อาคาร หรือใต้ทางด่วนได้ นอกจากนี้ สถานนั้นที่ต้องไม่แคบเกินไป เพราะเครื่องรับ GPS จะต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง
- ข้อจำกัดในเรื่องความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ใช้แสดงค่าตำแหน่งพิกัด เนื่องจากเครื่องรับ GPS ทั่วๆไป จะถูกใช้ในฐานะพลเรือน ซึ่งต้องถูกเข้ารหัสกับสัญญาณสุ่มตามที่กระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดไว้
- กรณีที่สภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม อาจทำให้เครื่องรับ GPS ไม่สามารถติดต่อกับดาวเทียมได้ ทำให้ข้อมูลที่ได้เกิดความผิดพลาดและเกิดความไม่ต่อเนื่องในการรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การอ้างอิงพิกัดที่แน่นอนของแผนที่

- ปัญหาที่พบ ก็คือ ในการนำค่าพิกัดตำแหน่งของเครื่องรับ GPS มาทำการแสดงผลบนแผนที่นั้น จำเป็นต้องรู้ค่าพิกัดตำแหน่งที่ถูกต้อง แน่นอน ซึ่งถ้าค่าเหล่านี้คลาดเคลื่อน จะมีผลทำให้การแสดงตำแหน่งพิกัดของเครื่องรับ GPS บนแผนที่ผิดพลาดตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

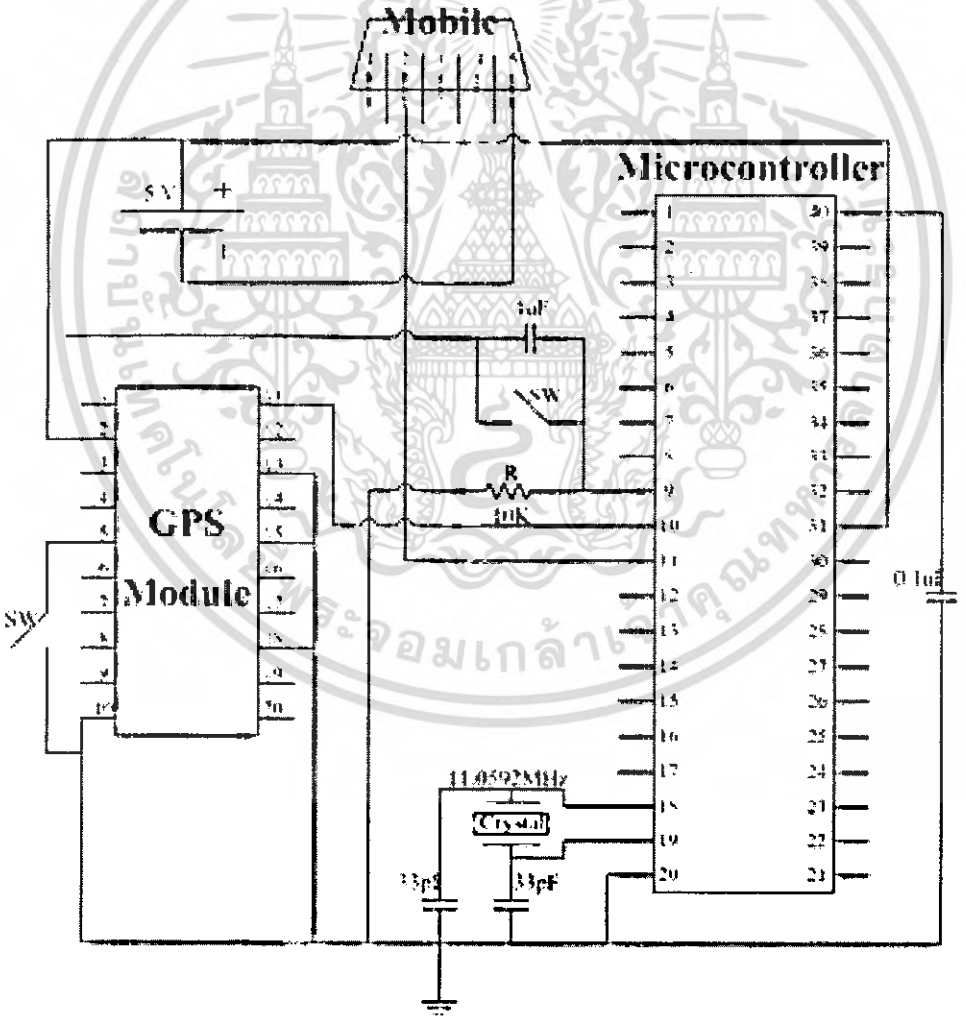
บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

ในการออกแบบส่วน Hardware นั้น จะมี 2 ส่วน คือ ในภาคส่ง และภาครับสัญญาณ ซึ่งจะมีความคล้ายคลึงกัน โดยใช้ GPS MODULE ส่งสัญญาณ GPS data ที่เป็นข้อมูล

$GPRMC,102717,A,1372.716,N,10077.465,E,0.0,0,240906,,*09

เข้าสู่ MCS-51 เพื่อนำข้อมูลนั้นส่งออกไปยังในส่วนภาครับ ทาง RS-232 Serial Port

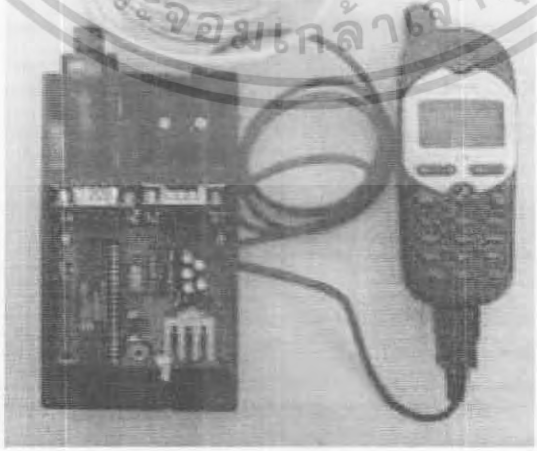


รูปที่ 29 วงจรภาคส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

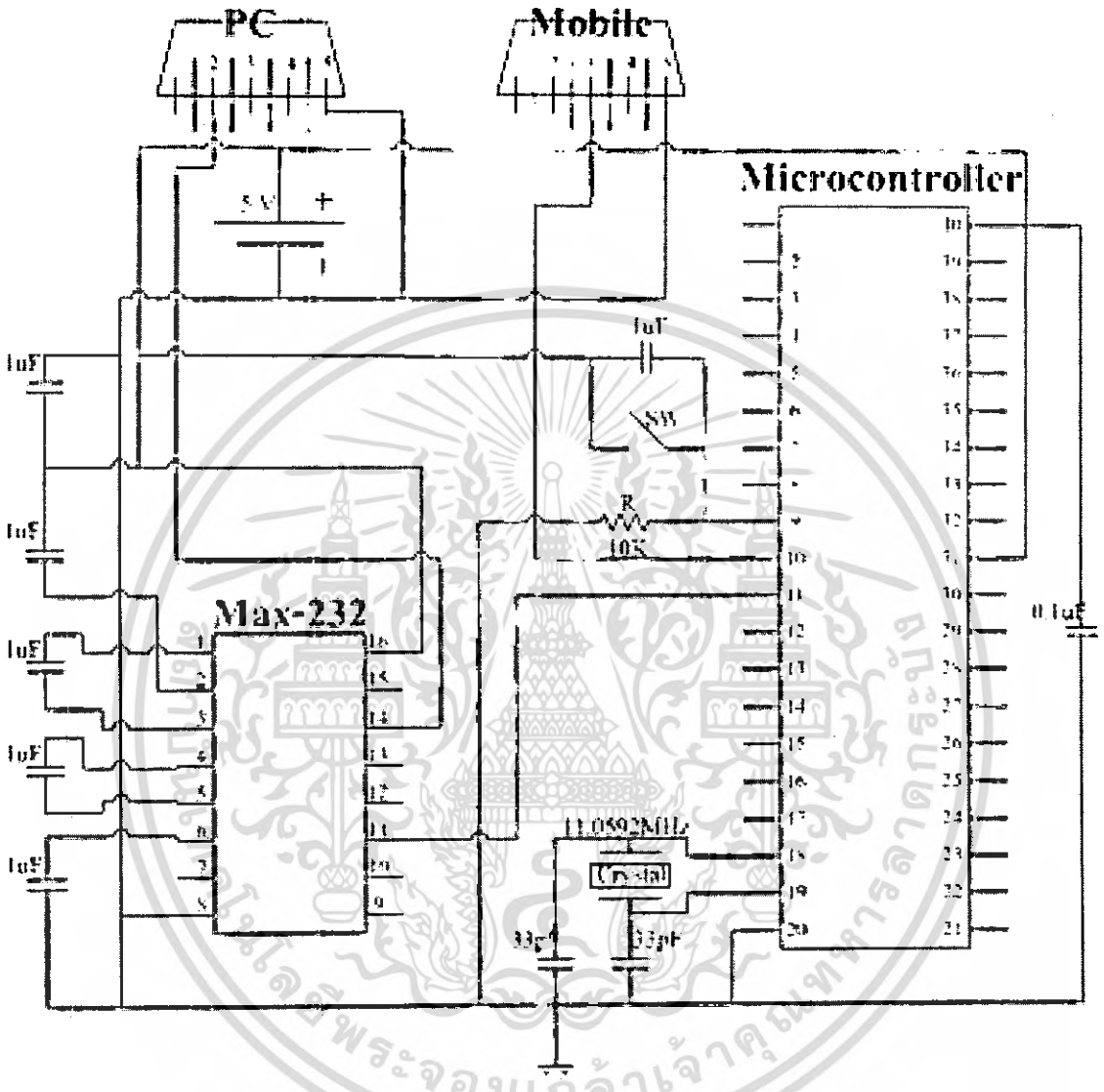
รูปที่ 30 แสดงอุปกรณ์ภาคส่งข้อมูล

ในส่วนภาครับนั้นจะรับสัญญาณมาทาง RS-232 Serial Port เข้าสู่ MCS-51 เพื่อนำข้อมูลนั้นส่งผ่านไปยัง MAX-232 โดย MAX-232 จะทำการแปลงสัญญาณจาก TTL (+5V) ไปเป็น RS-232 (+12V) เพื่อที่สัญญาณนั้นจะสามารถเข้าสู่คอมพิวเตอร์หรือโน๊ตบุ๊คได้



รูปที่ 31 แสดงอุปกรณ์ภาครับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 32 วงจรภาครับข้อมูล

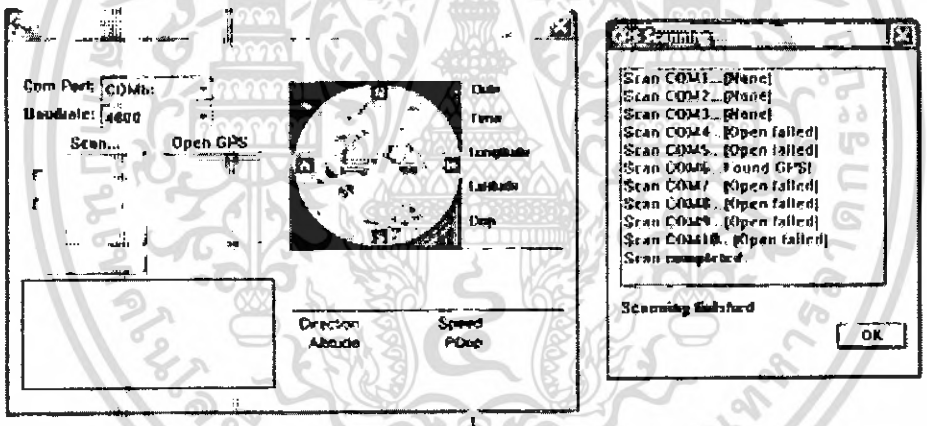
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

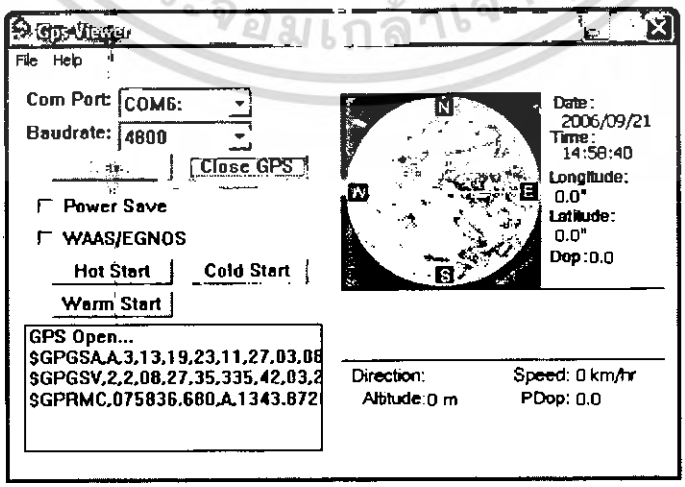
ผลการทดลอง

4.1 ทดสอบการรับค่าจากโมดูลเครื่องรับ GPS

ทำการทดลองการรับข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณ GPS โดยต่อโมดูลเครื่องรับ GPS เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม ซึ่งได้ทำการทดสอบการรับสัญญาณในวันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2549 ณ สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังโดยเปิดโปรแกรม GPS Viewer โดยตั้งค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลไว้ที่ 4,800 บิตต่อวินาที ทำการสแกนคอมพอร์ต พบว่า มีการเชื่อมต่อกับคอมพอร์ต 6 ดังรูปที่ 33 แล้วเปิด GPS โปรแกรมก็จะรับค่าข้อมูลที่ส่งออกมาจากโมดูลรับสัญญาณ GPS ซึ่งเป็นข้อมูลในรูปแบบ NMEA Message ดังรูปที่ 34



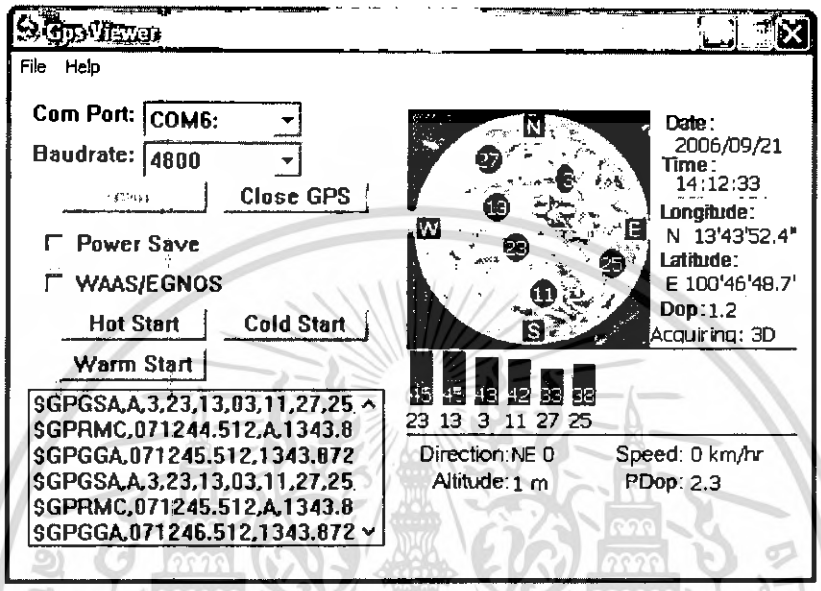
รูปที่ 33



รูปที่ 34

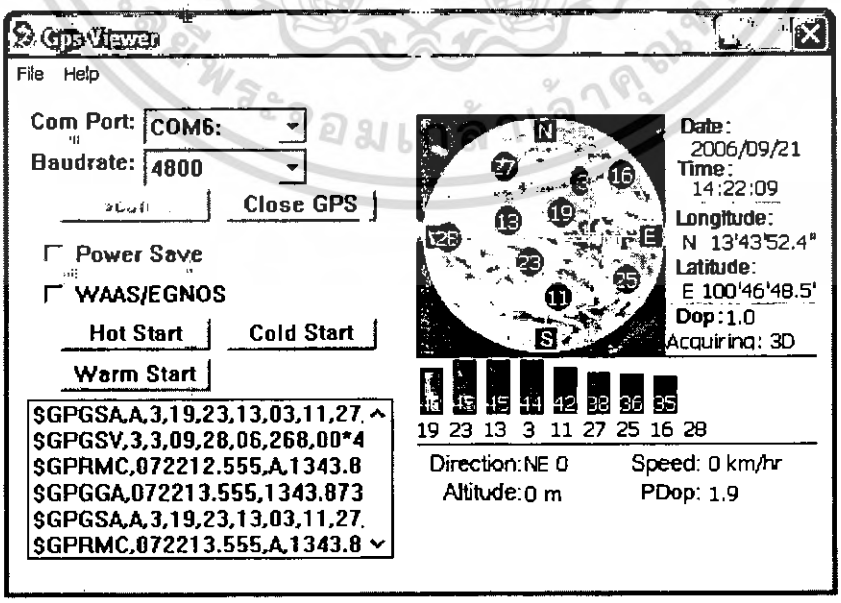
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม GPS Viewer จะทำการแสดงเบอร์ และตำแหน่งของดาวเทียมที่พบ บนหน้าจอ นอกจากนี้ยังแสดงความแรงของสัญญาณดาวเทียมแต่ละเบอร์อีกด้วย ดังรูปที่ 35 ซึ่งจากรูปพบดาวเทียมทั้งหมด 6 ดวง แต่ละดวงมีความแรงต่างๆกัน



รูปที่ 35

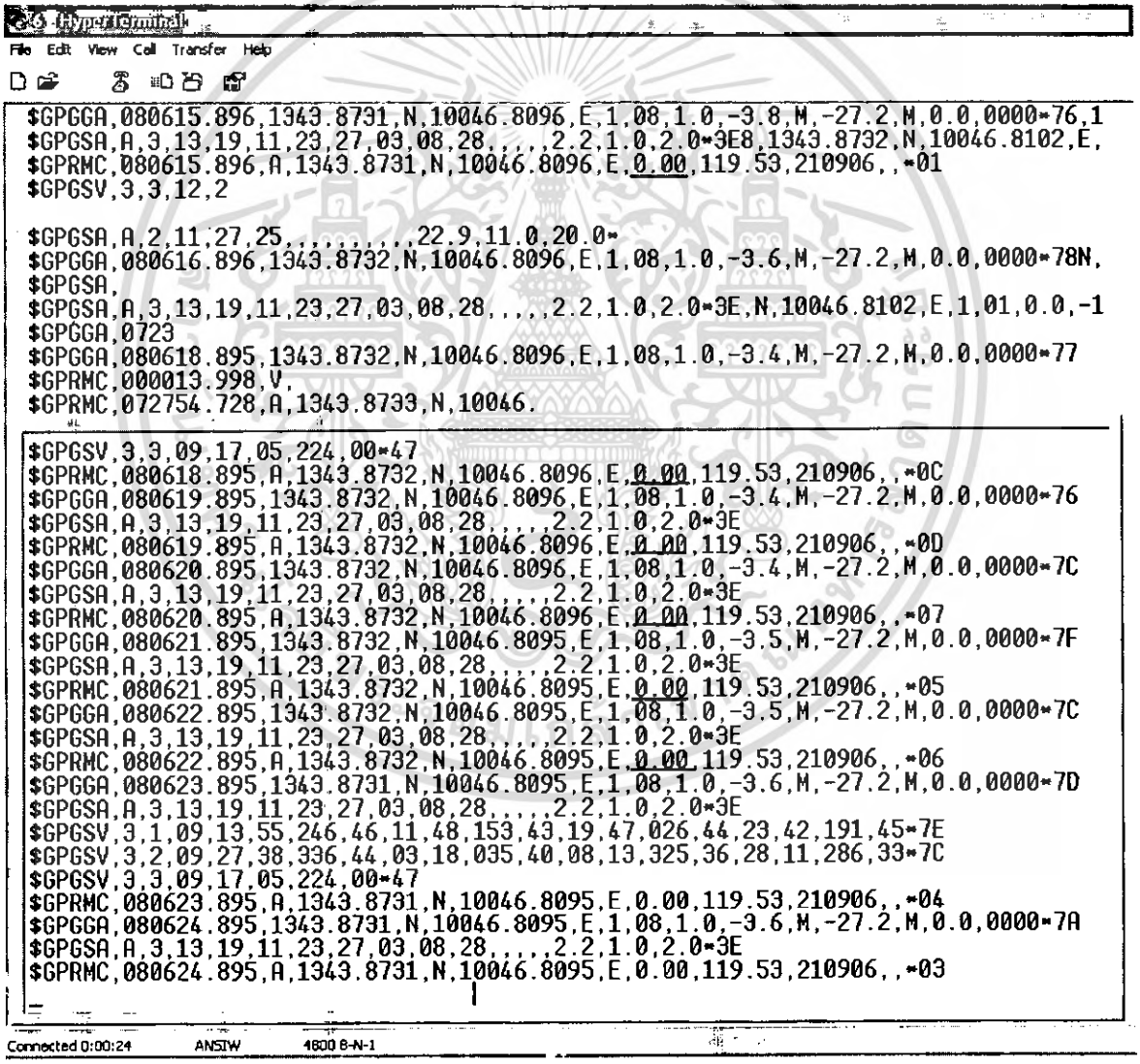
โปรแกรม GPS Viewer จะรับสัญญาณจากดาวเทียมมาเรื่อยๆ แล้วแสดงบนหน้าจอ ดังรูปที่ 36 ซึ่งจากรูปพบดาวเทียมทั้งหมด 9 ดวง แต่ละดวงมีความแรงต่างๆกัน และมีดาวเทียม 1 ดวงที่พบแล้ว แต่ยังรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงนั้นยังไม่ได้ (แสดงจุดสีแดง)



รูปที่ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

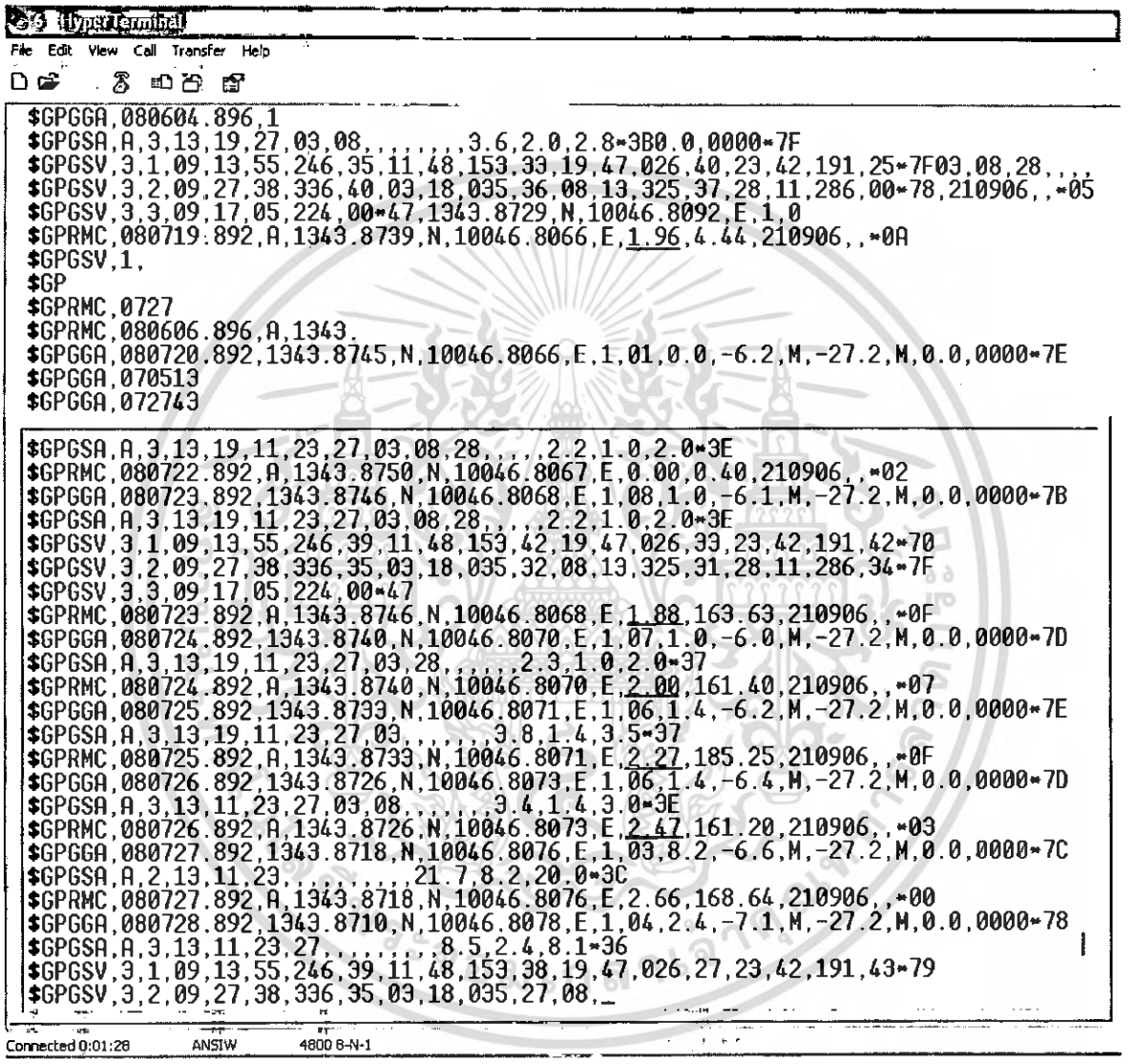
นอกจากนี้ยังสามารถใช้โปรแกรม Hyper Terminal ในการรับสัญญาณเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมและแสดงผล โดยตั้งค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลไว้ที่ 4,800 บิตต่อวินาที ซึ่งโมดูลเครื่องรับ GPS จะส่ง NMEA Message ตามมาตรฐานของ NMEA 0183 ออกมา ซึ่งจากการทดสอบการรับสัญญาณในวันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2549 ณ สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขณะที่ไม่มีการเคลื่อนที่ ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 37 จะได้ ค่าพิกัดละติจูด คือ 1343.8732 องศาเหนือ, ค่าลองติจูด คือ 10046.8096 องศาตะวันออก, ความเร็ว คือ 0.00, วันที่ทำการทดสอบ คือ 21/09/2006, จำนวนดาวเทียมที่พบ คือ 8 ดวง



รูปที่ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ขณะที่มีการเคลื่อนที่ ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 38 จะได้ ค่าพิกัดละติจูดและพิกัดลองติจูด เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม, ค่าความเร็วก็เปลี่ยนแปลงไป จากรูปพบว่า ความเร็วมีค่าไม่คงที่, วันที่ทำการทดสอบ คือ 21/09/2006, จำนวนดาวเทียมที่พบ คือ 8 ดวง ดังรูป

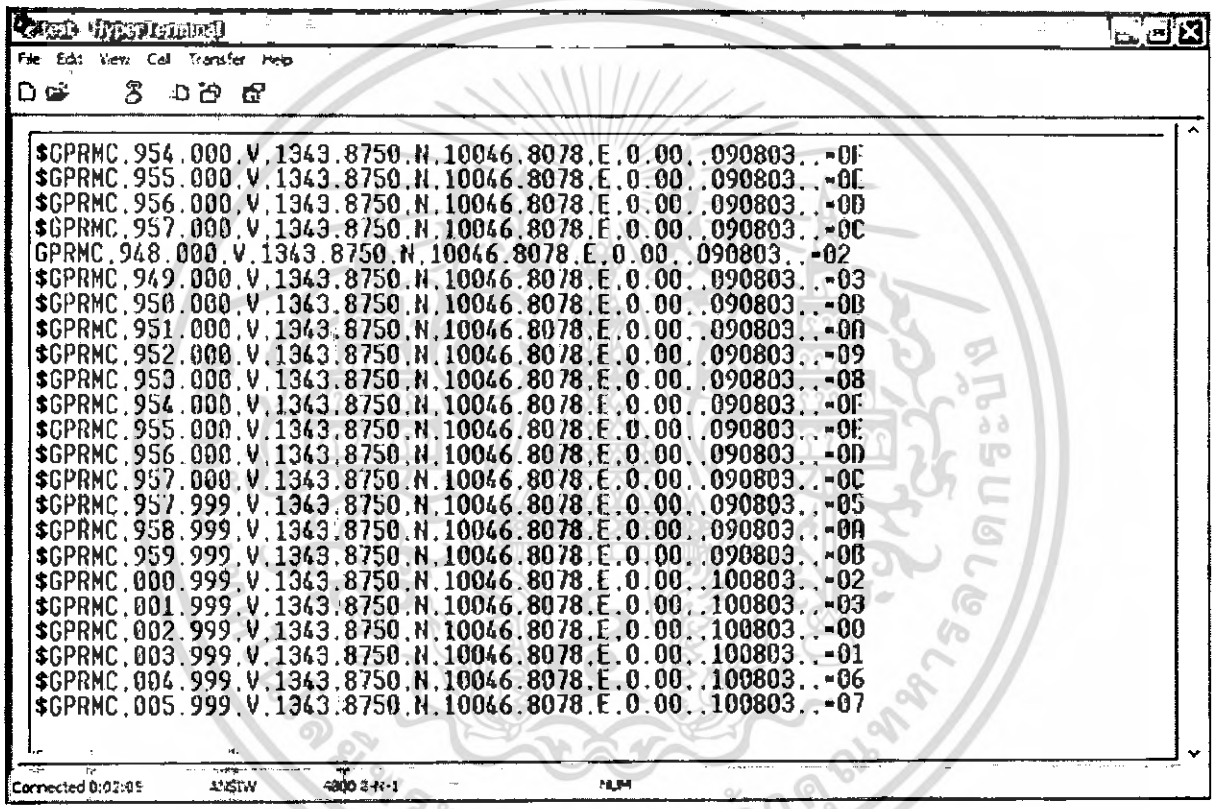


รูปที่ 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองการตัดคำของไมโครคอนโทรเลอร์

ในการรับข้อมูลจากโมดูลเครื่องรับ GPS จะผ่านส่วน Microcontroller เพื่อตัดคำ ดังแสดงในรูปที่ 39 เนื่องจากในโครงงานนี้เราต้องการรับเฉพาะข้อมูลของเรคอร์ด $GPRMC เพียงอย่างเดียว เนื่องจากสามารถบอกค่าวันที่ และเวลา, สถานะในการรับสัญญาณ, ตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองติจูด, ทิศทางและความเร็ว ครบตามต้องการ

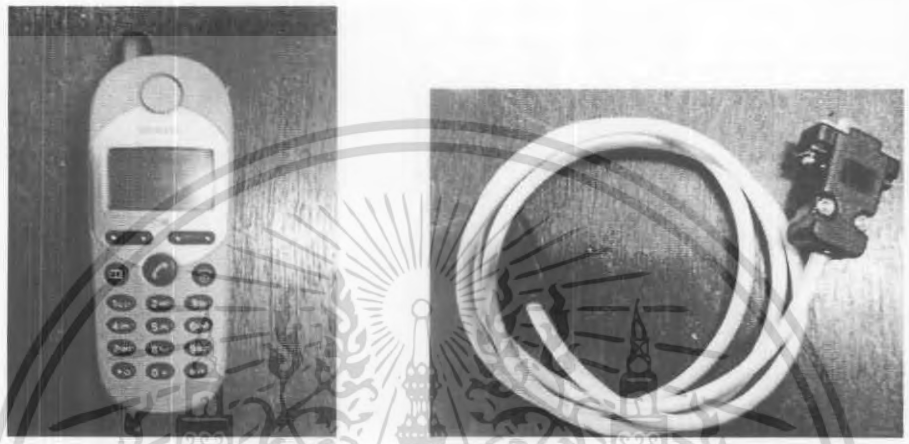


รูปที่ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือกับคอมพิวเตอร์

ทำการเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือกับคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Hyper Terminal ส่งชุดคำสั่ง AT COMMAND ผ่านสาย Data Link แล้วดูผลตอบสนองจากโทรศัพท์มือถือ

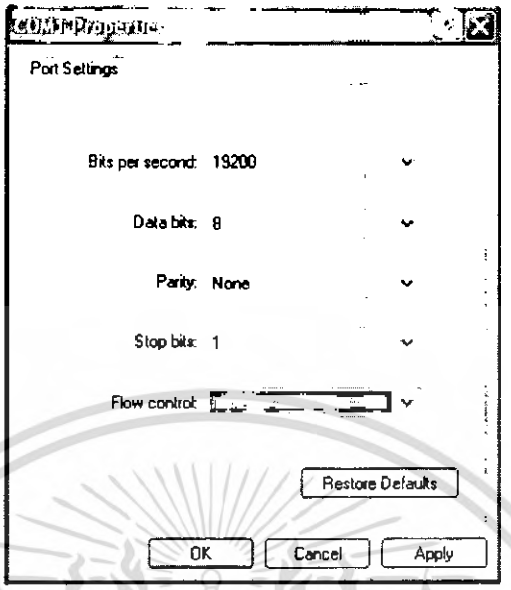


รูปที่ 40 โทรศัพท์มือถือรุ่น Siemens C35 และสาย Data Link

ใช้โปรแกรม Hyper Terminal หรือ VB Hex Term ส่งผ่านชุดคำสั่ง AT COMMAND ไปยังโทรศัพท์มือถือ

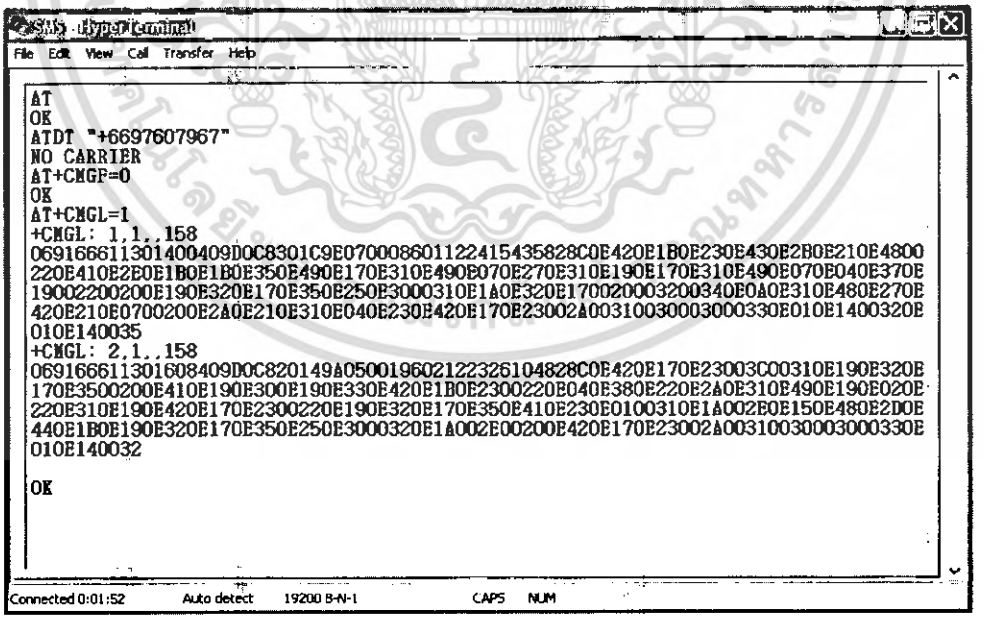
เซตอัตราการรับส่งข้อมูลระหว่างโทรศัพท์มือถือกับ PC ให้ตรงกัน สำหรับโทรศัพท์มือถืออัตราการรับ-ส่งข้อมูล สามารถเซตจากเมนูในโทรศัพท์มือถือ ซึ่งโทรศัพท์มือถือรุ่นที่ใช้ทดสอบคือ Siemens C35 สามารถเซตค่าได้ 19200 bps ส่วนอัตราการรับส่งข้อมูลของ PC เซตจาก Port setting ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 41 Dialog Box Port setting จากโปรแกรม Hyper Terminal

ทำการทดสอบโดยส่งชุดคำสั่ง AT COMMAND ไปยังโทรศัพท์มือถือ เริ่มต้นจากคำสั่ง AT (Enter) หากระบบสามารถเชื่อมต่อได้ โทรศัพท์มือถือจะตอบกลับมาว่า OK จากนั้นจึงทดสอบคำสั่งพื้นฐานต่างๆ เพื่อสั่งการโทรศัพท์มือถือ เช่น โทรออก, รับ-ส่งข้อความสั้น, อ่านข้อความสั้น



รูปที่ 42 ตัวอย่างคำสั่งพื้นฐานในการ โทรออก รับ-ส่งข้อความสั้น และอ่านข้อความสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

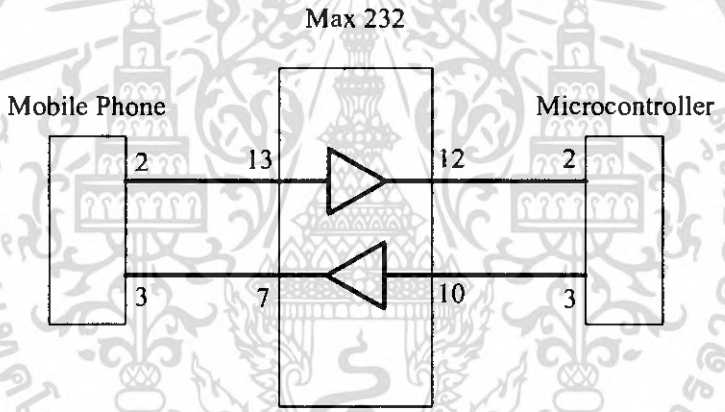
4.4 การเชื่อมต่อ Microcontroller กับ โทรศัพท์มือถือ

หลังจากได้ทดสอบจนแน่ใจแล้วว่าสามารถติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์มือถือได้ ต่อไปจะเป็นการใช้ Microcontroller แทนการใช้คอมพิวเตอร์ โดยเขียนโปรแกรม Microcontroller ส่งชุดคำสั่ง AT COMMAND เข้าไปติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ ดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ : Microcontroller เบอร์ AT89S8252, Board ทดลอง, IC Max232, สายสัญญาณ PC (DB9), Computer, สาย Data Link, โทรศัพท์มือถือ

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ : Raisonance Kit 6.1 และ MRT-ISP V2.1

หลักการทดสอบ : ต้องการส่งชุดคำสั่ง AT COMMAND จาก Microcontroller เข้าไปยังโทรศัพท์มือถือ เพื่อติดต่อและสั่งการ เมื่อโทรศัพท์มือถือตอบกลับมาก็ให้ไปแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 43 Diagram การเชื่อมต่อสายสัญญาณ เพื่อแสดงข้อมูลที่โทรศัพท์ส่งกลับมา

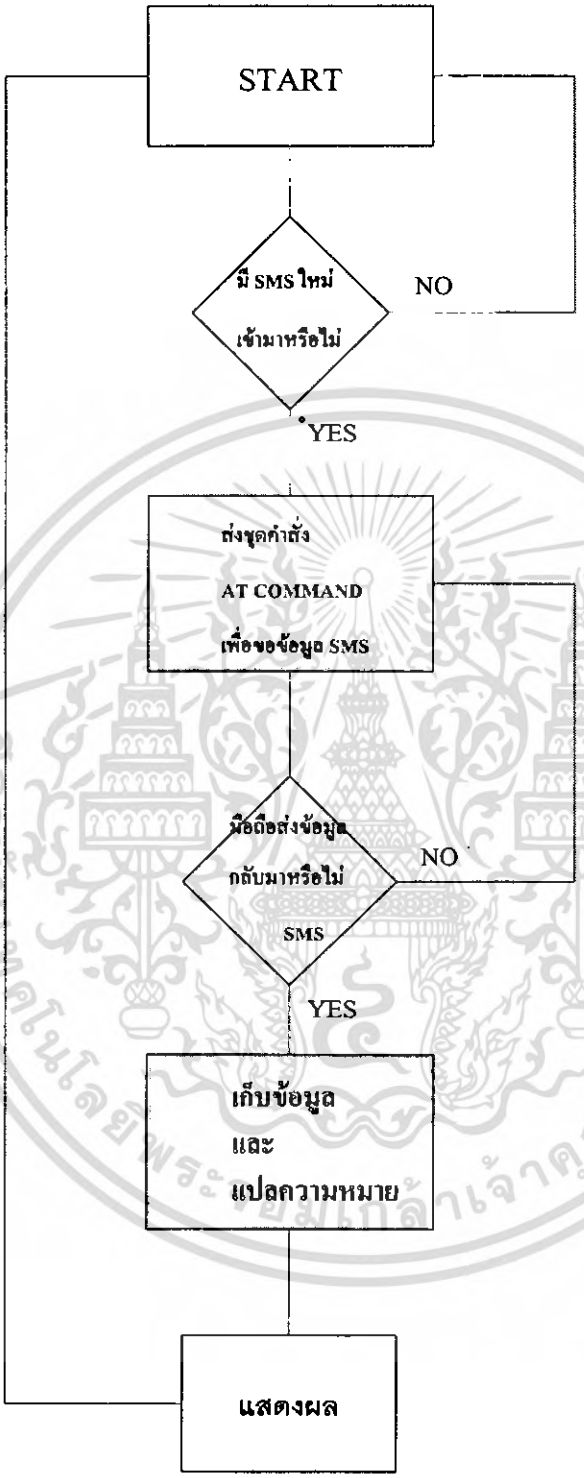
ในการทดลองขั้นนี้ สามารถติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์มือถือโดยใช้ Microcontroller ได้ด้วยการส่งคำสั่ง AT COMMAND จาก Microcontroller เข้าไปยังโทรศัพท์มือถือ ดังนี้

1) สามารถตรวจสอบความพร้อมของโทรศัพท์มือถือโดยส่งคำสั่ง AT (ENTER) และโทรศัพท์มือถือจะตอบ OK กลับมา

2) ส่งคำสั่งเพื่อไปกำหนดรูปแบบของ SMS โดยส่งคำสั่ง AT+CMGF=1(ENTER)

3) ส่งคำสั่งเพื่อขออ่านข้อมูล SMS จากโทรศัพท์มือถือ โดยส่งคำสั่ง (AT+CMGL="REC UNREAD") ซึ่งจะได้ข้อมูลเป็นข้อความจาก SMS ที่ได้รับล่าสุดกลับมา โดยมีแผนผังการทำงานของโปรแกรมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 44 แผนผังการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

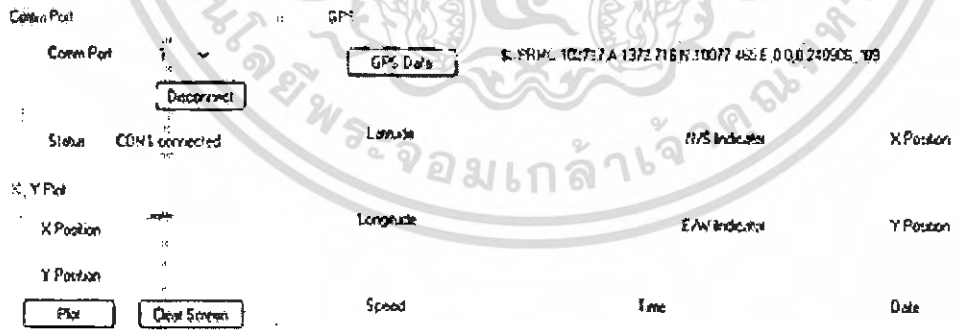
4.5 ผลการทดลองการใช้งานในส่วนของโปรแกรมและการแสดงผลตำแหน่งยานพาหนะ

การแสดงตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่นี้เขียนโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2005 ซึ่งมีการสั่งให้มีการสร้างการเชื่อมต่อพอร์ต และนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลบนแผนที่

4.5.1 โปรแกรมทำการเชื่อมต่อกับส่วนโมดูลเครื่องรับ GPS

ทำการเลือกพอร์ตคอมพิวเตอร์ จากรูปที่ 45 เลือกคอมพอร์ตที่ 1 แล้วกดปุ่มติดต่อ (Connect) เพื่อทำการเชื่อมต่อพอร์ต โดยจะแสดงสถานะว่า ติดต่อได้ หรือติดต่อไม่ได้ ในช่อง Status ดังรูปที่ 46

รูปที่ 45

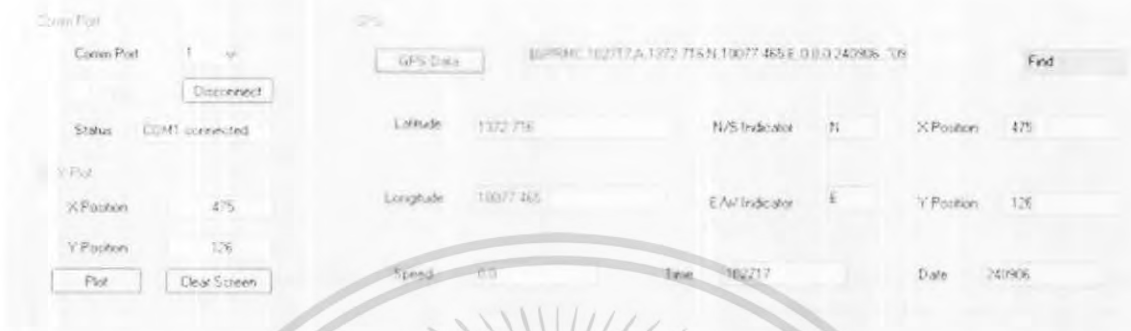


รูปที่ 46

เมื่อทำการเชื่อมต่อสำเร็จแล้ว โปรแกรมก็พร้อมที่จะรับข้อมูลพิกัด GPS จากพอร์ตนั้นๆได้ทันที โดยจะรับค่าเฉพาะเรคอร์ด $GPRMC เพียงอย่างเดียว ค่าที่รับมาจะถูกแสดงลงในเท็กซ์บล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

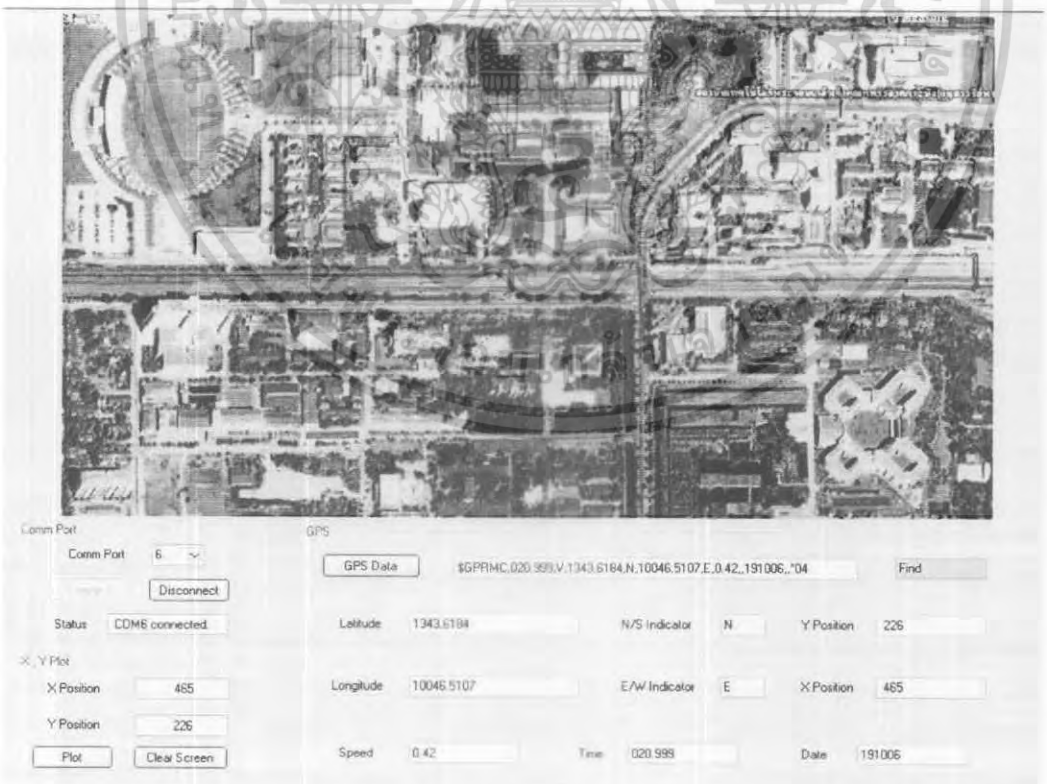
แต่ละช่อง ดังนี้ ค่าพิกัดละติจูด, ค่าพิกัดลองติจูด, ทิศทาง, ค่าตำแหน่งพิกัดบนแผนที่, วันที่, เวลา และความเร็ว ดังรูปที่ 47



รูปที่ 47

4.5.2 การแสดงผลตำแหน่งยานพาหนะ

โปรแกรมสามารถนำค่าพิกัดตำแหน่งที่ได้มาแสดงตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ได้ และนอกจากนี้ ยังสามารถพล็อตค่าพิกัดตามที่ต้องการได้อีกด้วย

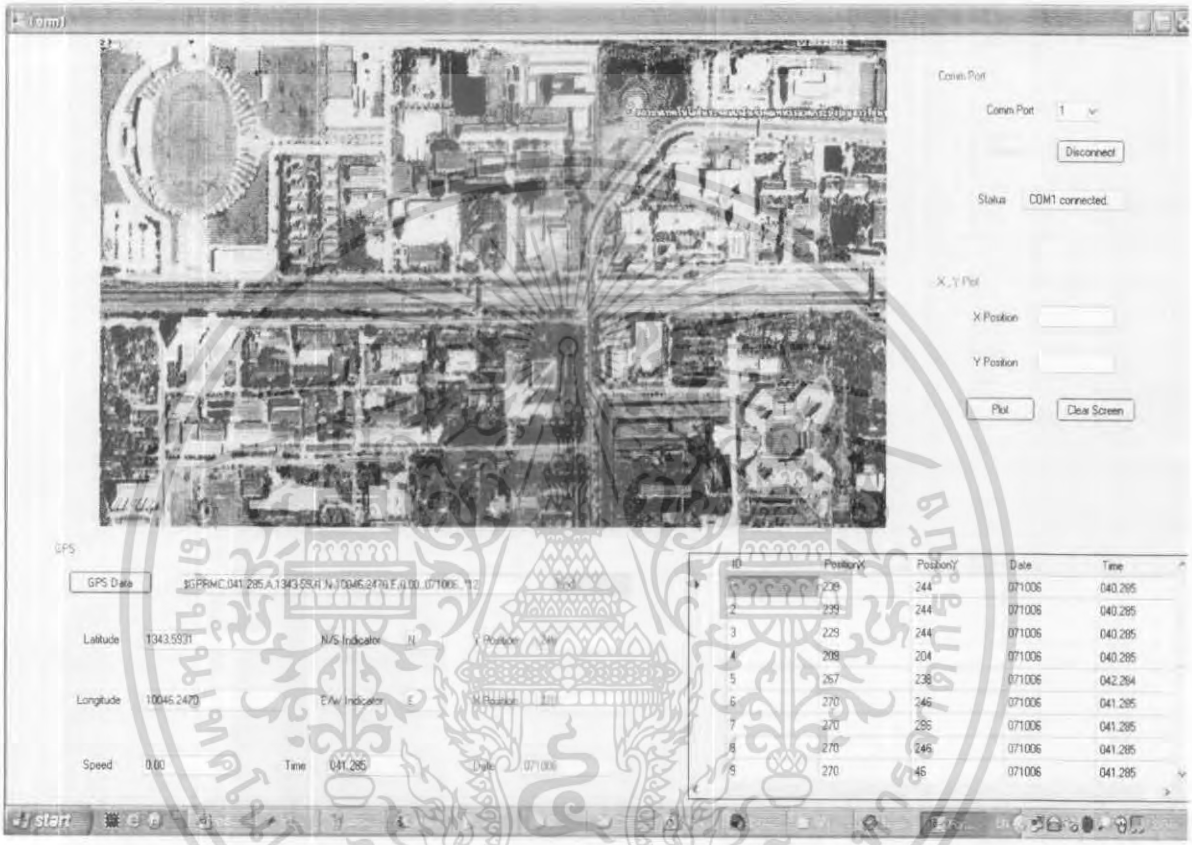


รูปที่ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 การเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูล

ข้อมูลที่รับเข้ามาจะถูกแสดงค่าพิกัดตำแหน่งลงบนแผนที่ และจะถูกเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล Microsoft Access



รูปที่ 49 แสดงการเก็บข้อมูลผ่านระบบฐานข้อมูล

เมื่อต้องการทราบข้อมูลเส้นทางการเดินทางของรถให้บริการ ก็สามารถนำค่าข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล Microsoft Access มาแสดงเส้นทางการเดินทางลงบนแผนที่ได้ ซึ่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งเหล่านี้จะแสดงค่าผ่านโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2005 โดยไม่ต้องเสียเวลาเข้าไปดูข้อมูลเส้นทางการเดินทางผ่านโปรแกรม Microsoft Access

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ID	PositionX	PositionY	Date	Time
	1	239	244	071006	040.285
	2	239	244	071006	040.285
	3	229	244	071006	040.285
	4	209	204	071006	040.285
	5	267	238	071006	042.284
	6	270	246	071006	041.285
	7	270	286	071006	041.285
	8	270	246	071006	041.285
	9	270	246	071006	041.285
	10	270	246	071006	041.285
	11	270	246	071006	041.285
▶	12	270	246	071006	041.285
	13	270	246	071006	041.285
	14	270	246	071006	041.285
	15	270	246	071006	041.285
	16	270	246	071006	041.285
	17	270	246	071006	041.285
	18	270	246	071006	041.285
	19	267	238	071006	042.284
	20	267	238	071006	042.284
*	0	0	0		

รูปที่ 50 แสดงข้อมูลตำแหน่งพิกัดที่ถูกเก็บในระบบฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

คู่มือเรียนภาษาซี ; อรพิน ประวัติบริสุทธิ์, --กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2547

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษา C; นคร ภักดีชาติ, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล

คู่มือเขียนโปรแกรม Visual Basic 6 ฉบับผู้เริ่มต้น, สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร

www.navcoms.com

www.leosmartpeak.com

www.pantip.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Manual Reference

AT Command Set

(GSM 07.07, GSM 07.05,
Siemens specific commands)

for the SIEMENS Mobile Phones

S35i,C35i, M35i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Software Interface

1.1. Overview of the Supported AT Command Set

Page	Commands 07.07	Function
7	AT+CGMI	Issue manufacturer ID code
7	AT+CGMM	Issue model ID code
7	AT+CGMR	Output the GSM telephone version
8	AT+CGSN	Output the serial number (IMEI)
8	AT+GSN	Output the serial number (IMEI)
8	AT+CHUP	Terminate call
8	AT+CEER	Query the reason for disconnection of last call
9	AT+CREG	Network registration
9	AT+COPS	Commands concerning selection of network operator
10	AT+CLCK	Switch locks on and off
10	AT+CPWD	Change password to a lock
11	AT+CLIP	Display telephone number of calling party
11	AT+CCFC	Call forwarding
12	AT+CHLD	Call hold and multiparty
12	AT+CPAS	Query the telephone status
13	AT+CPIN	Enter PIN and query lock
13	AT+CBC	Battery charge
14	AT+CSQ	Output signal quality
14	AT+CPBS	Select a telephone book
15	**Fehler! Kein gültiges Resultat für Tabelle.**	Read a telephone-book entry
15	AT+CPBW	Write a telephone-book entry
16	AT+CMEE	Expanded error messages according to GSM 07.07
17	AT+VTS	Send a DTMF tone
18	AT+VTD	Set duration of a DTMF tone
18	AT+WS46	Select wireless network
18	AT+CSCS	Select TE character set
19	AT+CAOC	Advice of charge
19	AT+CSSN	Supplementary service notifications
20	AT+CRSM	Restricted SIM access
20	AT+CIMI	Output of IMSI
21	AT+CACM	Accumulated call meter
21	AT+CAMM	Accumulated call meter maximum
22	AT+CLCC	List Current Calls
23	AT+CCLK	Clock
23	AT+COPN	Read operator names
23	AT+CPUC	Price per unit and currency table
24	AT+CALM	Alert sound mode
24	AT+CRSL	Ringer sound level
24	AT+CLVL	Loudspeaker volume level
24	AT+CMUT	Mute control
25	AT+CVIB	Vibrator mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Page	Commands 07.05	Function
26	AT+CSMS	Selection of message service
27	AT+CPMS	Selection of SMS memory
27	AT+CMGF	SMS format
28	AT+CSCA	Address of the SMS service center
28	AT+CNMI	Display new incoming SMS
29	AT+CNMA	Acknowledgment of a short message directly output
30	AT+CMGL	List SMS
31	AT+CMGR	Read in an SMS
31	AT+CMGS	Send an SMS
31	AT+CMSS	Send an SMS from the SMS memory
32	AT+CMGW	Write an SMS to the SMS memory
32	AT+CMGD	Delete an SMS in the SMS memory
32	AT+CSCB	Select cell broadcast messages
32	AT+CMGC	Send an SMS command

Page	Siemens-specific commands	Function
33	AT^SPBS	Select a telephone book (including Siemens-specific books)
33	AT^SDLD	Delete the "last number redial" memory"
34	AT^SPBC	Seek the first entry in the sorted telephone book which begins with the selected (or next available) letter
34	AT^SPBG	Read entry from the sorted telephone book via the sorted index
35	AT^SLCK	Switch locks (including user-defined locks) on and off
35	AT^SPWD	Change password to a lock (including user-defined locks)
36	AT^SACM	Output ACM (accumulated call meter) and ACMmax
36	AT^SPLM	Read the PLMN
36	AT^SPLR	Read an entry from the preferred-operator list
36	AT^SPLW	Write an entry to the preferred-operator list
37	AT^SCNI	Output call number information
37	AT^SNFV	Set the volume
37	AT^SNFS	Select NF hardware
38	AT^SRTC	Set the ringing tone
38	AT^SCID	Output card ID
38	AT^SCKS	Output SIM card status
39	AT^SPIC	Output PIN counter
39	AT^SMGO	SMS overflow indicator
40	AT^SMGL	List SMS (without status change from *unread* to *read)*
40	AT^SMGR	Read SMS record without Changing unread->read
40	AT^SMSO	Switch device off
41	AT^SLNG	Language settings
41	AT^SSTK	SIM Toolkit
41	AT^SBNW	Binary Write
43	AT^SBNR	Binary Read

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HOLUX GM-82

GPS Engine Board

User's Guide

July 18, 2003

Version 2.0

HOLUX Technology Inc.

8F, 26, Tai-Yuen Street, Tai-Yuen Hi-Tech Industrial Park,
Chu Pei City 302, Hsinchu, Taiwan.
Phone: +886-3-552-6268 Fax: +886-3-552-6108
E-Mail: info@holux.com.tw Web: www.holux.com.tw

All Right Reserved

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Navigation

After the acquisition process is complete, the GM-82 sends valid navigation information over output channels. These data include:

1) Latitude/longitude/altitude
2) Velocity
3) Date/time
4) Error estimates
5) Satellite and receiver status

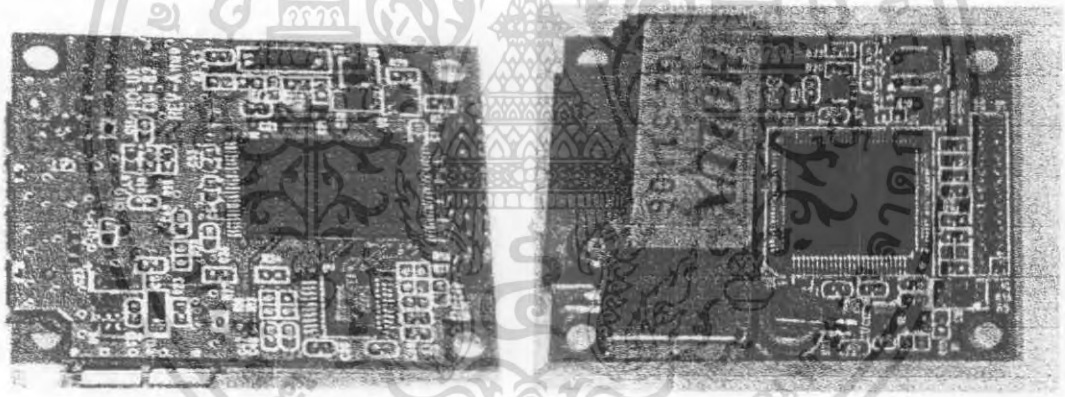
2.3 Manufacturing Default:

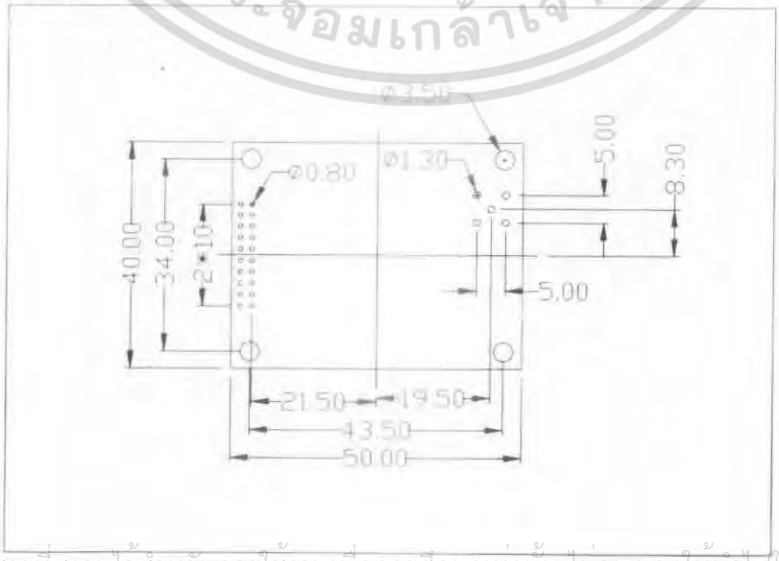
Datum: WGS84.
Baud Rate: 4800.
Output: GGA, GSA, GSV, RMC or by demand.
DGPS: RTCM SC-104(Type 1,2,9) or **WAAS** (in **USA area**) or **EGNOS** (in **European area**)

3. Hardware interface

3.1 Standard Model GM-82

GM-82-A W/ angle MCX connector and standard hole to hole dimension





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J1 connector pin definition:

Pin #	Name	Description
1	NC	No function
2	***VCC_5V***	Regulated 5.0V +/-5% input power, 80mA typical.
3	***VBAT***	Battery backup input. 2.5V to 3.3V ,10uA typical.
4	***NC***	No function
5	***PBRESEN***	Manual reset input, ground to reset receiver. Leave floating for normal operation. The minimum plus width is 150 ms reset signal.
6	***GPIO1***	General purpose I/O pin 1
7	***GPIO2***	General purpose I/O pin 2
8	***GPIO3***	General purpose I/O pin 3
9	***GPIO4***	General purpose I/O pin 4
10	***GND***	Ground
11	***TXA***	Port A Serial Transmit Data GPS messages.
12	***RXA***	Port A Serial Receive Data GPS commands.
13	***GND***	Ground
14	***TXB***	Port B Serial Transmit Data.
15	***RXB***	Port B Serial Receive Data DGPS messages.
16	***GND***	Ground.
17	***GPIO5***	Reserved for re-programming flash.
18	***GND***	Ground
19	***TIMEMARK***	1PPS Time mark output
20	***NC***	No function

1. **VCC_5V:** + 5V DC voltage input.

2. Dual communication channel TTL levels (GM-82-T0/T1) or RS-232 levels (GM-82-A0/A1), with user selectable baud rates (4800-Default, 9600, 19200, 38400).

   RXA: Main Receive Channel. This input is used to receive software commands to the GM-82 from user written software.
   RXB: Auxiliary Receive Channel. This input is used to receive serial differential GPS data.
   TXA: Main Serial Output. This output provides navigation data to user written software.
   TXB: For user's application (not currently used).

3. ***PBRESEN:*** This pin provides an active-low reset input to the GM-82. Activation of this pin will reset and start acquisition process. It may be left open if not utilized.

4. ***TIMEMARK:*** This pin provides One-Pulse-Per-Second output from the GM-82 board, which is synchronized to GPS time. This is not available in Trickle-Power mode.

5. ***VBAT:*** Battery backup input for powering the RAM and RTC. Typical current is 10uA. Without an external backup battery the GM-82 will execute a cold start when turning on each time. To achieve the faster start-up offered by a hot or warm start, either a battery backup must be connected. A 2.5V and 3.6V power source is required in order to maximize battery lifetime. With a lithium cell battery, the data retention is 1,000 hours.

6. ***GPIO Functions:*** Several I/Os of CPU are connected to the digital interface connector for customer's applications and are labeled as GPIO1 to GPIO5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Software Interface

The GPS-82 interface protocol is based on the National Marine Electronics Association's NMEA 0183 ASC II interface specification, which is defined in NMEA 0183, Version 2.2 and the Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM Recommended Standards For Differential Navstar GPS Service, Version 2.1, RTCM Special Committee No.104).

4.1 NMEA Transmitted Messages

The default communication parameters for NMEA output are 4800 baud, 8 data bits, stop bit, and no parity.

Table 4-1 NMEA-0183 Output Messages

NMEA Record	Description
GPGGA	Global positioning system fixed data
GPGLL	Geographic position- latitude/longitude
GPGSA	GNSS DOP and active satellites
GPGSV	GNSS satellites in view
GPRMC	Recommended minimum specific GNSS data
GPVTG	Course over ground and ground speed
GPMSS	Radio-beacon Signal-to-noise ratio, signal strength, frequency, etc.

4.1.1 Global Positioning System Fix Data (GGA)

Table 4-2 contains the values for the following example:

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

Table 4-2 GGA Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGGA		GGA protocol header
UTC Time	161229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Position Fix Indicator	1		See Table 5-3
Satellites Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude (1)	9.0	Meters	
Units	M	Meters	
Geoid Separation(1)		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

(1). SiRF Technology Inc. does not support geoid corrections. Values are WGS84 ellipsoid heights.

Table 4-3 Position Fix Indicator

Value	Description
0	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 Geographic Position with Latitude/Longitude(GLL)

Table 4-4 contains the values for the following example:

$GPGLL,3723.2475,N,12158.3416,W,161229.487,A*2C

Table 4-4 GLL Data Format

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

4.1.3 GNSS DOP and Active Satellites (GSA)

Table 4-5 contains the values for the following example:

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

Table 4-5 GSA Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSA		GSA protocol header
Mode 1	A		See Table 5-6
Mode 2	3		See Table 5-7
Satellite Used(1)	07		Sv on Channel 1
Satellite Used(1)	02		Sv on Channel 2
.....			....
Satellite Used(1)			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

1. Satellite used in solution.

Table 4-6 Mode 1

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

Table 4-7 Mode 2

Value	Description
1	Fix Not Available
2	2D
3	3D

4.1.4 GNSS Satellites in View (GSV)

Table 4-8 contains the values for the following example:

$GPGSV,2,1,07,07,79,048,42,02,51,062,43,26,36,256,42,27,27,138,42*71
$GPGSV,2,2,07,09,23,313,42,04,19,159,41,15,12,041,42*41

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4-8 GSV Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPGSV		GSV protocol header
Number of Messages(1)	2		Range 1 to 3
Message Number(1)	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

(1). Depending on the number of satellites tracked multiple messages of GSV data may be required.

4.1.5 Recommended Minimum Specific GNSS Data (RMC)

Table 4-9 contains the values for the following example:

$GPRMC,161229.487,A,3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598, ,*10

Table 4-9 RMC Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPRMC		RMC protocol header
UTC Time	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(1)		degrees	E=east or W=west
Checksum	*10		
<CR> <LF>			End of message termination

(1). SiRF Technology Inc. does not support magnetic declination. All "course over ground" data are geodetic WGS84 directions.

4.1.6 Course Over Ground and Ground Speed (VTG)

Table 4-10 contains the values for the following example:

$GPVTG,309.62,T, ,M,0.13,N,0.2,K*6E

Table 4-10 VTG Data Format

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(1)
Speed	0.13	knots	Measured horizontal speed
Units	N		Knots

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Speed	0.2	km/hr	Measured horizontal speed
Units	K		Kilometers per hour
Checksum	*6E		
<CR> <LF>			End of message termination

(1). SiRF Technology Inc. does not support magnetic declination. All "course over ground" data are geodetic WGS84 directions.

4.1.6 MSK Receiver Signal (MSS)

Table C-9 contains the values for the following example:

$GPMSS,55,27,318.0,100,*66

Table C-9 MSS Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	$GPMSS	MSS	protocol header
Signal Strength	55	dB	dB SS of tracked frequency
Signal-to-Noise Ratio	27	dB	SNR of tracked frequency
Beacon Frequency	318.0	kHz	Currently tracked frequency
Beacon Bit Rate	100		100 bits per second

Note – The MSS NMEA message can only be polled or scheduled using the MSK NMEA input message.

4.2 RTCM Received Data

The default communication parameters for DGPS Input are 9600 baud, 8 data bits, stop bit, and no parity. Position accuracy of less than 5 meters can be achieved with the GPS-82 by using Differential GPS (DGPS) real-time pseudo-range correction data in RTCM SC-104 format, with message types 1,2, or 9. As using DGPS receiver with different communication parameters, GPS-82 may decode the data correctly to generate accurate messages and save them in battery-back SRAM for later computing.

5. Earth Datums

5.1 Earth Datums

The following is a list of the GM-82 earth datum index and the corresponding earth datum name:

Item	Datum	Reference Ellipsoid	Data name
1	Adindan - Ethiopia	Clarke 1880	Data1.dat
2	Afgooye - Somalia	Krassovsky	Data2.dat
3	Alaska, Conus - North American 1983	GRS 1980	Data3.dat
4	Argentina	South American 1969	Data4.dat
5	Bahrain - Ain el ABD 1970	International	Data5.dat
6	Bangladesh	Everest 1830	Data6.dat
7	Botswana - ARC 1950	Clarke 1880	Data7.dat
8	Bolivia	South American 1969	Data8.dat
9	Brazil	South American 1969	Data9.dat
10	Canada - North American 1983	GRS 1980	Data10.dat
11	Colombia - Provisional American 1956	International	Data11.dat
12	Colombia	South American 1969	Data12.dat
13	Chile	South American 1969	Data13.dat
14	Ecuador	South American 1969	Data14.dat
15	European 1950 - Cyprus	International	Data15.dat
16	European 1950 - Eastern Regional Mean	International	Data16.dat
17	European 1950 - Egypt	International	Data17.dat
18	European 1950 - Finland, Norway	International	Data18.dat
19	European 1950 - Greece	International	Data19.dat

19-4323; Rev 10; 8/01

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where ±12V is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers

Low-Power Modems

Interface Translation

Battery-Powered RS-232 Systems

Multidrop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- ♦ **Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)**
- ♦ **Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)**
- ♦ **Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications**
- ♦ **Multiple Drivers and Receivers**
- ♦ **3-State Driver and Receiver Outputs**
- ♦ **Open-Line Detection (MAX243)**

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

**Contact factory for dice specifications.*

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (µF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.1	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✔	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✔	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✔	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✔	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✔	120	Available in quad flatpack package

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ...จาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} - 0.3V)
R_{IN} (Except MAX220) ..... ±30V
R_{IN} (MAX220) ..... ±25V
T_{OUT} (Except MAX220) (Note 1) ..... ±15V
T_{OUT} (MAX220) ..... ±13.2V
Output Voltages
T_{OUT} ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 440mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) 696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
Operating Temperature Ranges
MAX2_ _AC_ _, MAX2_ _C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2_ _AE_ _, MAX2_ _E_ _ ..... -40°C to +85°C
MAX2_ _AM_ _, MAX2_ _M_ _ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, $\overline{SHDN}$ or V_{CC} = 0V.
Note 2: For the MAX220, V+ and V- can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High	All devices except MAX220		2	1.4		V
	MAX220: V_{CC} = 5.0V		2.4			
Logic Pull-Up/Input Current	All except MAX220, normal operation			5	40	µA
	$\overline{SHDN}$ = 0V, MAX222/242, shutdown, MAX220			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V_{CC} = 5.5V, $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V, MAX222/242			±0.01	±10	µA
	V_{CC} = $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V			±0.01	±10	
Data Rate				200	116	kb/s
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V			±7	±22	mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V	All except MAX243 $R2_{IN}$	0.8	1.3		V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V	All except MAX243 $R2_{IN}$		1.8	2.4	V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX243, V_{CC} = 5V, no hysteresis in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

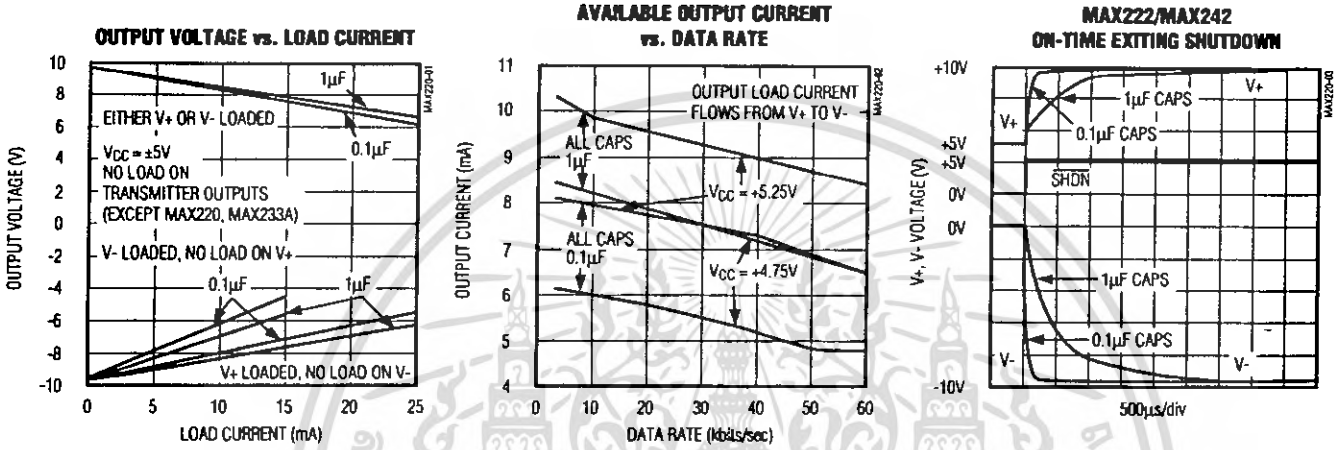
PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
TTL/CMOS Output Leakage Current	$\overline{SHDN}$ = V_{CC} or $\overline{EN}$ = V_{CC} ($\overline{SHDN}$ = 0V for MAX222), 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}			±0.05	±10	µA
$\overline{EN}$ Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
$\overline{EN}$ Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V_{CC} Supply Current ($\overline{SHDN}$ = V_{CC}), Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T_A = +25°C		0.1	10	µA
		T_A = 0°C to +70°C		2	50	
		T_A = -40°C to +85°C		2	50	
		T_A = -55°C to +125°C		35	100	
$\overline{SHDN}$ Input Leakage Current	MAX222/242				±1	µA
$\overline{SHDN}$ Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
$\overline{SHDN}$ Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown), Figure 2	t_{PHLS}	MAX242		0.5	10	µs
	t_{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time ($\overline{SHDN}$ goes high), Figure 4	t_{ET}	MAX222/242, 0.1µF caps (includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time ($\overline{SHDN}$ goes low), Figure 4	t_{DT}	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

Note 3: MAX243 $R2_{OUT}$ is guaranteed to be low when $R2_{IN}$ is ≥ 0V or is floating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230–MAX241

V_{CC} .....-0.3V to +6V
V+ .....(V_{CC} - 0.3V) to +14V
V- .....+0.3V to -14V
Input Voltages
T_{IN} .....-0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN}.....±30V
Output Voltages
T_{OUT} .....(V+ + 0.3V) to (V- - 0.3V)
R_{OUT}.....-0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short-Circuit Duration, T_{OUT} .....Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)....800mW
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)....842mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)....889mW
24-Pin Narrow Plastic DIP
(derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....500mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C).....800mW
24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....941mW
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
44-Pin Plastic FP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....727mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....800mW
20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....889mW
24-Pin Narrow CERDIP
(derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
24-Pin Sidebraze (derate 20.0mW/°C above +70°C).....1.6W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C).....762mW
Operating Temperature Ranges
MAX2_ _ C_ _.....0°C to +70°C
MAX2_ _ E_ _.....-40°C to +85°C
MAX2_ _ M_ _ .....-55°C to +125°C
Storage Temperature Range .....-65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) .....+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V_{CC} = +5V ±10; MAX233/MAX235, V_{CC} = 5V ±5%, C1–C4 = 1.0µF; MAX231/MAX239, V_{CC} = 5V ±10%; V+ = 7.5V to 13.2V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground		±5.0	±7.3		V
V_{CC} Power-Supply Current	No load, T_A = +25°C	MAX232/233		5	10	mA
		MAX223/230/234–238/240/241		7	15	
		MAX231/239		0.4	1	
V+ Power-Supply Current		MAX231		1.8	5	mA
		MAX239		5	15	
Shutdown Supply Current	T_A = +25°C	MAX223		15	50	µA
		MAX230/235/236/240/241		1	10	
Input Logic Threshold Low	T_{IN}; EN, $\overline{SHDN}$ (MAX233); $\overline{EN}$, SHDN (MAX230/235–241)				0.8	V
Input Logic Threshold High	T_{IN}		2.0			V
	EN, $\overline{SHDN}$ (MAX223); $\overline{EN}$, SHDN (MAX230/235/236/240/241)		2.4			
Logic Pull-Up Current	T_{IN} = 0V			1.5	200	µA
Receiver Input Voltage Operating Range			-30		30	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V_{CC} = +5V ±10; MAX233/MAX235, V_{CC} = 5V ±5%, C1–C4 = 1.0µF; MAX231/MAX239, V_{CC} = 5V ±10%; V+ = 7.5V to 13.2V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

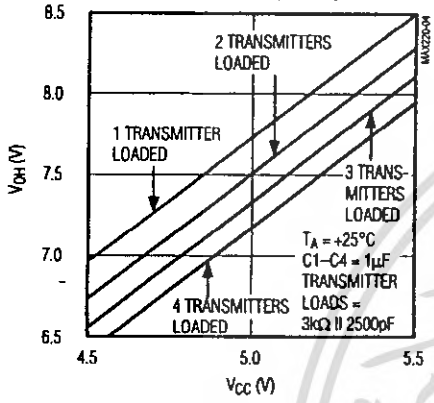
PARAMETER	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Threshold Low	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)		0.8	1.2		V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)		0.6	1.5		
RS-232 Input Threshold High	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)			1.7	2.4	V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)			1.5	2.4	
RS-232 Input Hysteresis	V_{CC} = 5V, no hysteresis in shutdown			0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 1.6mA (MAX231/232/233, I_{OUT} = 3.2mA)					0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1mA			3.5	V_{CC} - 0.4		V
TTL/CMOS Output Leakage Current	0V ≤ R_{OUT} ≤ V_{CC}; EN = 0V (MAX223); $\overline{EN}$ = V_{CC} (MAX235–241)				0.05	±10	µA
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223			600		ns
		MAX235/236/239/240/241			400		
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223			900		ns
		MAX235/236/239/240/241			250		
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, C_L = 150pF	Normal operation			0.5	10	µs
		$\overline{SHDN}$ = 0V (MAX223)	t_{PHLS}		4	40	
			t_{PLHS}		6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234–241, T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V			3	5.1	30	V/µs
	MAX231/MAX232/MAX233, T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V				4	30	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V			300			Ω
Transmitter Output Short-Circuit Current					±10		mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

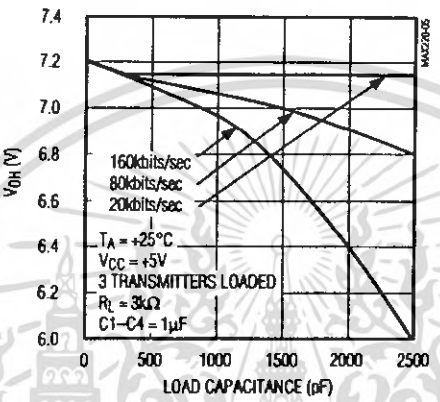
Typical Operating Characteristics

MAX223/MAX230–MAX241

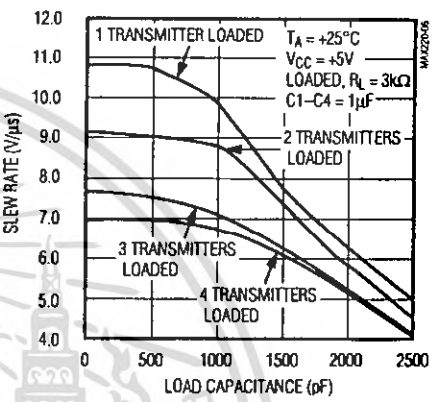
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. V_{CC}



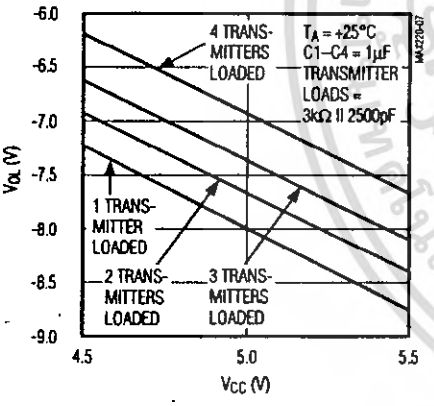
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



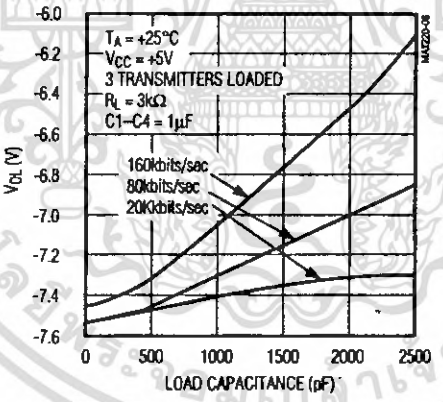
TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



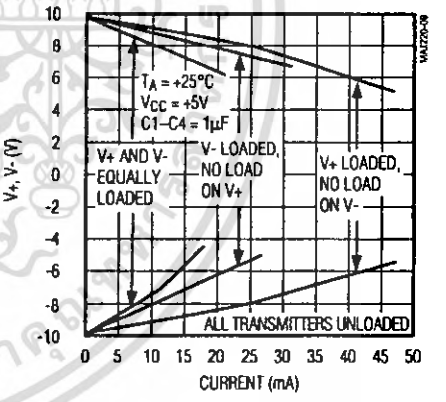
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. V_{CC}



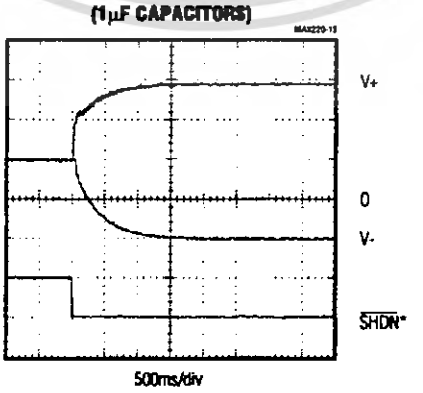
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V+, V-) vs. LOAD CURRENT



V+, V- WHEN EXITING SHUTDOWN (1µF CAPACITORS)



*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR NON MAX241 PARTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX225/MAX244–MAX249

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN}, $\overline{ENA}$, $\overline{ENB}$, $\overline{ENR}$, $\overline{ENT}$, $\overline{ENRA}$, $\overline{ENRB}$, $\overline{ENTA}$, $\overline{ENTB}$ ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN} ..... ±25V
T_{OUT} (Note 3) ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short Circuit (one output at a time)
T_{OUT} to GND ..... Continuous
R_{OUT} to GND ..... Continuous

Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
40-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) ... 611mW
44-Pin PLCC (derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
Operating Temperature Ranges
MAX225C_ _, MAX24_C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX225E_ _, MAX24_E_ _ ..... -40°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Note 4: Input voltage measured with transmitter output in a high-impedance state, shutdown, or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244–MAX249

(MAX225, V_{CC} = 5.0V ±5%; MAX244–MAX249, V_{CC} = +5.0V ±10%, external capacitors C1–C4 = 1µF; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Tables 1a–1d	Normal operation		10	50	µA
		Shutdown		±0.01	±1	
Data Rate	Tables 1a–1d, normal operation			120	64	kbits/sec
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±7.5		V
Output Leakage Current (shutdown)	Tables 1a–1d	$\overline{ENA}$, $\overline{ENB}$, $\overline{ENT}$, $\overline{ENTA}$, $\overline{ENTB}$ = V_{CC}, V_{OUT} = ±15V		±0.01	±25	µA
		V_{CC} = 0V, V_{OUT} = ±15V		±0.01	±25	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V (Note 4)		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V		±7	±30		mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±25	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V		0.8	1.3		V
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V			1.8	2.4	V
RS-232 Input Hysteresis	V_{CC} = 5V		0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	Normal operation, outputs disabled, Tables 1a–1d, 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}, $\overline{ENR}$_ = V_{CC}			±0.05	±0.10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244–MAX249 (continued)

(MAX225, V_{CC} = 5.0V ±5%; MAX244–MAX249, V_{CC} = +5.0V ±10%, external capacitors C1–C4 = 1µF; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY AND CONTROL LOGIC						
Operating Supply Voltage		MAX225	4.75		5.25	V
		MAX244–MAX249	4.5		5.5	
V_{CC} Supply Current (normal operation)	No load	MAX225		10	20	mA
		MAX244–MAX249		11	30	
	3kΩ loads on all outputs	MAX225		40		
		MAX244–MAX249		57		
Shutdown Supply Current	T_A = +25°C			8	25	µA
	T_A = T_{MIN} to T_{MAX}				50	
Control Input	Leakage current				±1	µA
	Threshold low			1.4	0.8	V
	Threshold high		2.4	1.4		
AC CHARACTERISTICS						
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V		5	10	30	V/µs
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}			1.3	3.5	µs
	t_{PLHT}			1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}			0.6	1.5	µs
	t_{PLHR}			0.6	1.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (low-power mode), Figure 2	t_{PHLS}			0.6	10	µs
	t_{PLHS}			3.0	10	
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}			350		ns
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}			350		ns
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}			100	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}			100	500	ns
Transmitter Enable Time	t_{ET}	MAX246–MAX249 (excludes charge-pump start-up)		5		µs
		MAX225/MAX245–MAX249 (includes charge-pump start-up)		10		ms
Transmitter Disable Time, Figure 4	t_{DT}			100		ns

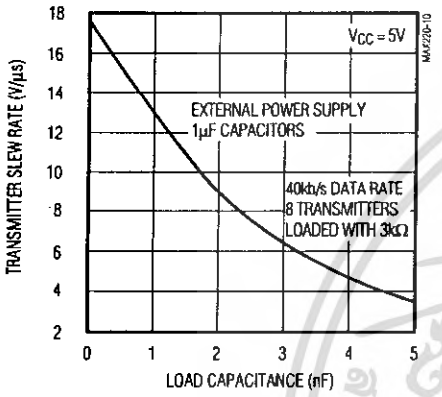
Note 5: The 300Ω minimum specification complies with EIA/TIA-232E, but the actual resistance when in shutdown mode or V_{CC} = 0V is 10MΩ as is implied by the leakage specification.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

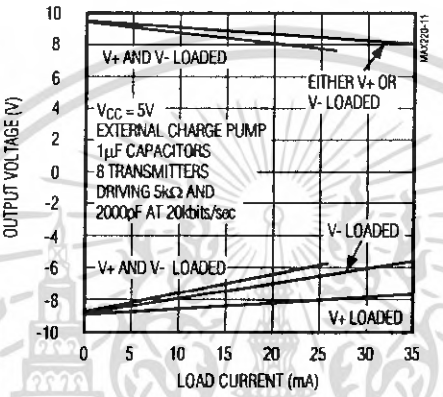
Typical Operating Characteristics

MAX225/MAX244–MAX249

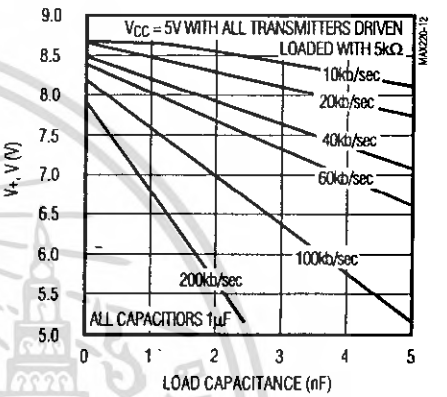
TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CURRENT FOR V+ AND V-



TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V+, V-) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

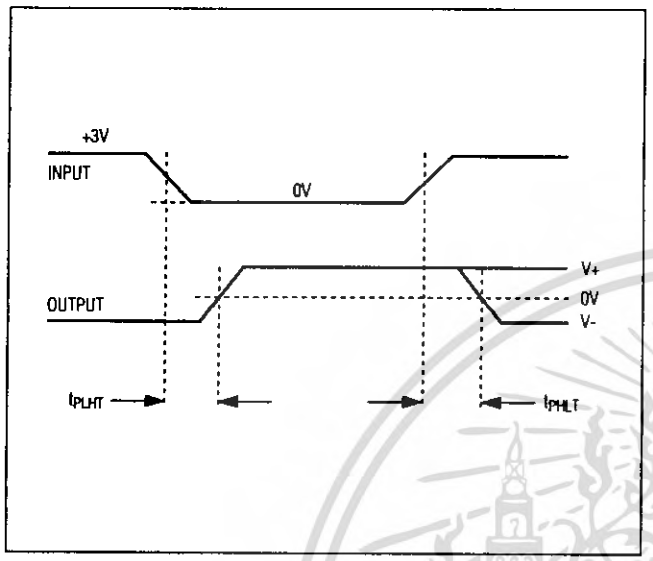


Figure 1. Transmitter Propagation-Delay Timing

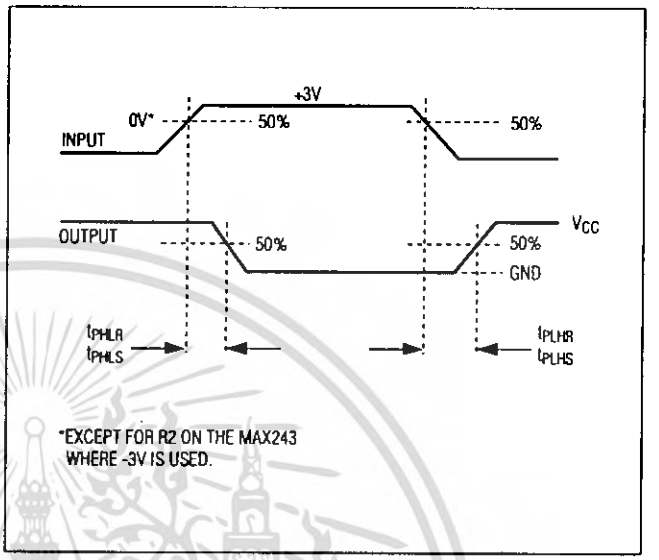


Figure 2. Receiver Propagation-Delay Timing

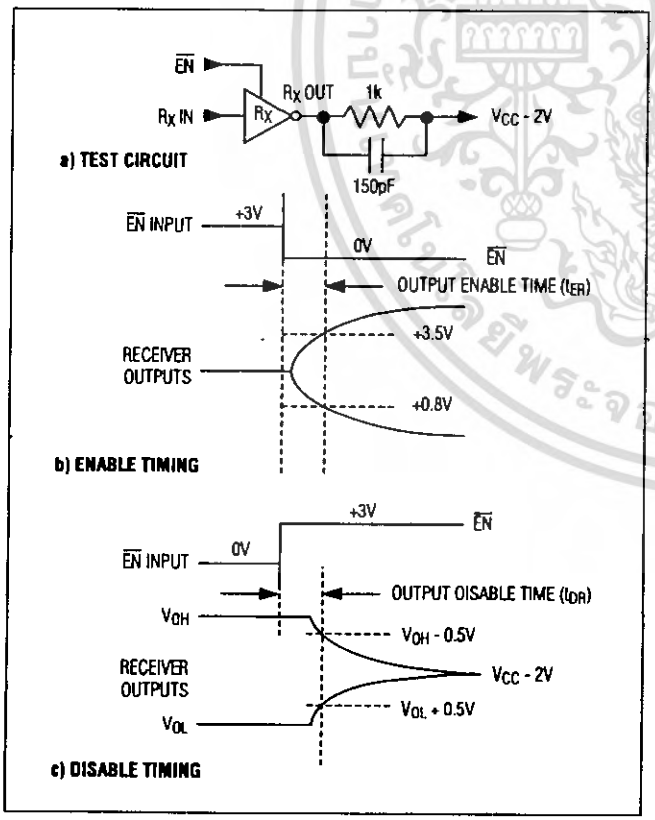


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

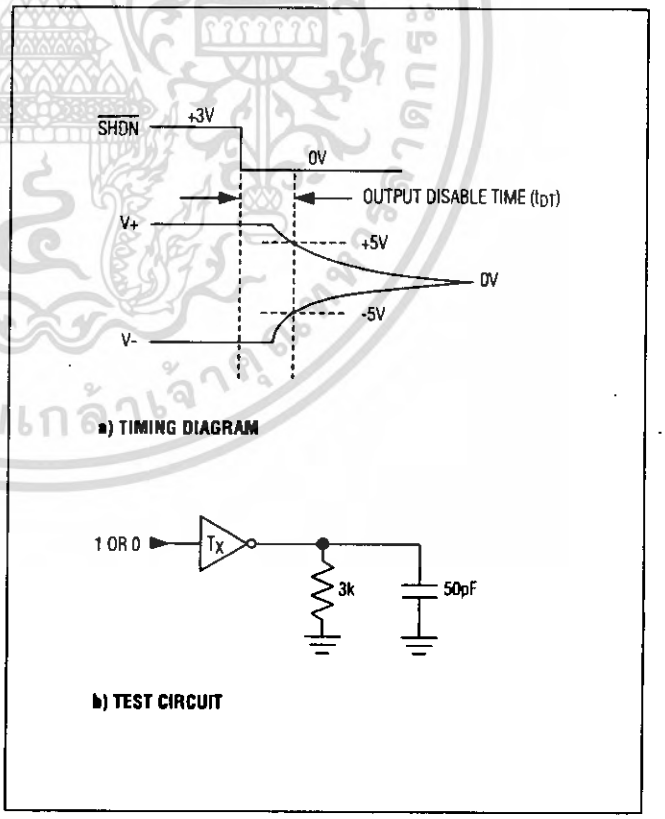
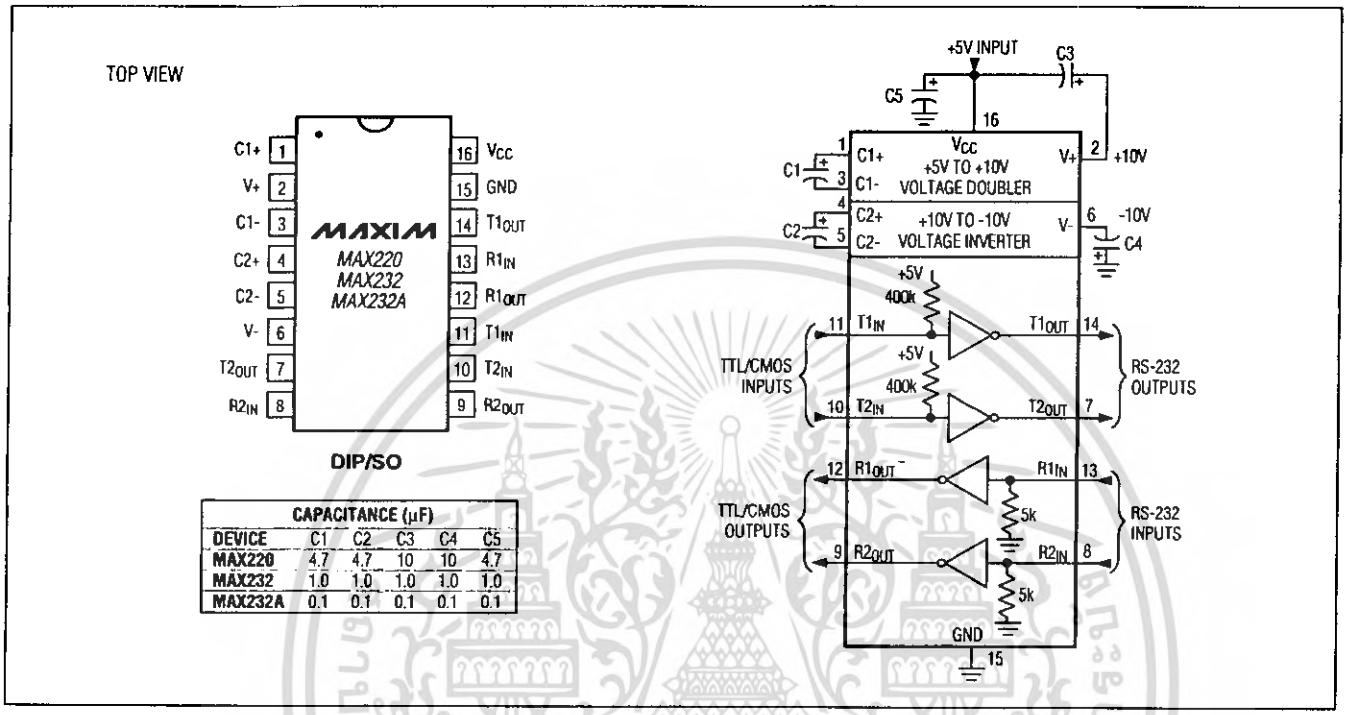


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CAPACITANCE (µF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	4.7	4.7	10	10	4.7
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

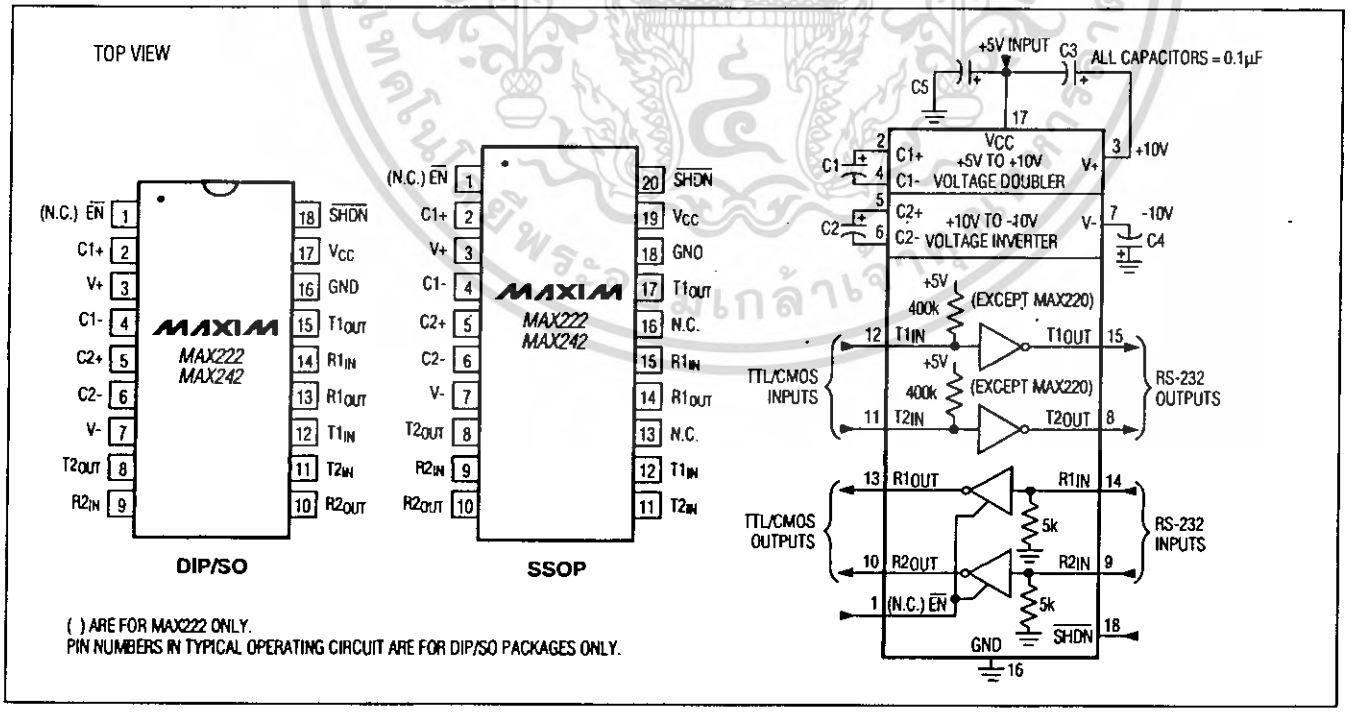


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้