

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**การระบุตำแหน่งยานพาหนะด้วยระบบจีพีเอส**

**Vehicle position by GPS**



โดย

นางสาวรัชดาพร ต่อสกุล

นายวัฒนพงศ์ พันเหตุ

นายอานนท์ หงษ์ทอง

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 62474  
วัน,เดือน,ปี. 18 ส.ค. 2549

b..... ๖๒๕๖๖๑  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

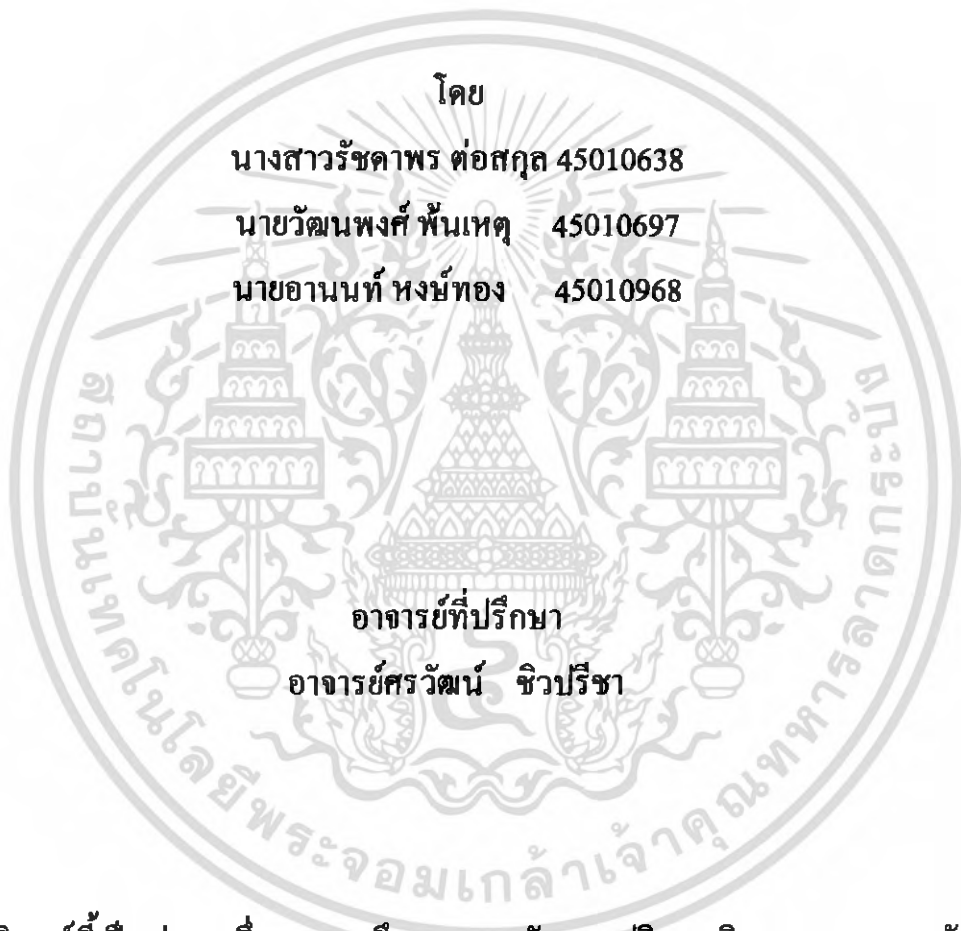
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบุตำแหน่งยานพาหนะด้วยระบบจีพีเอส

Vehicle position by GPS



โดย

นางสาวรัชดาพร ต่อสกุล 45010638

นายวัฒนพงศ์ พันเหตุ 45010697

นายอานนท์ หงษ์ทอง 45010968

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ศรวณ์ ชิวปรีชา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ).....*HN*.....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....*HN*.....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทชั้นปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การระบุตำแหน่งยานพาหนะด้วยระบบจีพีเอส

Vehicle position by GPS

ผู้จัดทำ

1. นางสาวรัชดาพร ต๋อสกุล 45010638
2. นายวัฒนพงศ์ พันเหตุ 45010697
3. นายอานนท์ หงษ์ทอง 45010968

  
อ. ตรีวัฒน์ ชิวปรีชา

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบุตำแหน่งยานพาหนะด้วยระบบจีพีเอส  
Vehicle position by GPS

โดย นางสาวรัชดาพร ต่อสกุล 45010638  
นายวิวัฒนพงศ์ พันเหตุ 45010697  
นายอานนท์ หงษ์ทอง 45010968

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สรวิวัฒน์ ชิวปรีชา

**บทคัดย่อ**

ปริญญานิพนธ์นี้ได้้นำเอาระบบ GPS (Global Positioning System) มาประยุกต์ใช้ในการบอกตำแหน่งของยานพาหนะ เพื่อให้พนักงานผู้ซึ่งขับขีรถราบตำแหน่งจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งอยู่บนยานพาหนะ โดยคอมพิวเตอร์จะต่ออยู่กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่เปิดใช้งาน GPRS (General Packet Radio Service) เพื่อส่งค่าตำแหน่งของยานพาหนะ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตไปยังคอมพิวเตอร์ที่สำนักงาน

**ABSTRACT**

This project is about how to apply GPS (Global Positioning System) which displays position of vehicle. Driver can know position from computer that set on vehicle. By computer connect to mobile that open GPRS for sent position of vehicle by internet system to computer in office.

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บิดามารดา ที่สนับสนุน และให้กำลังใจ  
ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อ. ศรวิวัฒน์ ชิวปรีชา  
ขอขอบคุณ ผศ.ดร. พิเชฐ ม่วงนวล ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษา  
ขอขอบคุณ สมาชิกในกลุ่มทุกคนที่ช่วยทำโปรเจกต์ให้เสร็จ  
ขอขอบคุณตัวเองที่เอาชนะใจตัวเองให้สามารถทำโปรเจกต์เสร็จได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	
Abstract	
สารบัญ	
สารบัญรูปภาพ	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 จีพีเอส (GPS Global Positioning System)	2
2.2 ประวัติและพัฒนาการระบบจีพีเอส	2
2.3 ส่วนประกอบของระบบจีพีเอส	4
2.3.1 ส่วนอวกาศ (Space Segment)	4
2.3.2 ส่วนควบคุม (Control Segment)	5
2.3.3 ส่วนผู้ใช้งาน (User Segment)	6
2.4 การทำงานของระบบจีพีเอส	7
2.4.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบจีพีเอส	7
2.4.1.1 การรับสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อให้ได้ตำแหน่ง	7
2.4.1.2 การวัดระยะจากดาวเทียม	8
2.4.1.3 การได้เวลาที่ถูกต้อง	8
2.4.1.4 ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียมก่อน	10
2.4.1.5 การคลาดเคลื่อนของสัญญาณในชั้นบรรยากาศ	11
2.4.2 รหัสสุ่มเทียม (Pseudo Random Code)	13
2.4.3 การวัดด้วยวิธีอนุพันธ์ (Differential)	14
2.5 ความแม่นยำของระบบ	15
2.6 การประยุกต์ใช้งานระบบจีพีเอส	16
2.7 โพรโทคอลเอ็นเอ็มอีเอ-0183 (NMEA-0183)	17
2.7.1 ข้อความเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA Message)	17
2.7.2 รายละเอียดของแต่ละเรคคอร์ด	18
2.7.2.1 GGA (Global Positioning System Fixed Data)	18
2.7.2.2 GLL (Geographic Position -- Latitude/Longitude)	19
2.7.2.3 GSA (GNSS DOP and Active Satellites)	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.4 GSV (GNSS Satellites in View)	20
2.7.2.5 RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data)	21
2.7.2.6 VTG (Course Over Ground and Ground Speed)	21
2.8 การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Transmission)	23
2.8.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)	23
2.8.2 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบอาร์เอส-232 (RS- 232)	24
2.8.3 Asynchronous Receiver Transmitter: UART	27
2.9 GPRS	29
2.9.1 การส่งข้อมูลแบบ Packet-switched ทาง air interface	30
2.9.2 ความเกี่ยวข้องของ GPRS	31
2.9.3 PDP context activation	32
2.9.4 ประสิทธิภาพของ GPRS	33
2.9.5 การสนับสนุน GPRS	33
2.9.6 Serving GPRS support node	34
2.9.7 การปรับเปลี่ยนเครือข่าย PLMN เพื่อรองรับบริการ GPRS	34
2.9.8 ระบบจัดเก็บเงินและระบบอำนาจการลูกค้า	35
2.9.9 Base station subsystem	35
2.9.10 Home location register	35
2.9.11 MSC/VLR	36
2.10 อาปาเช่เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Apache Web Server)	36
2.11 ภาษา PHP	37
2.12 ฐานข้อมูล MySQL	38
2.13 Delphi 7	39
2.13.1 ตัวแปร และชนิดของข้อมูล	39
2.13.2 การควบคุมทิศทางการทำงานของโปรแกรม	40
2.13.3 ฐานข้อมูลเบื้องต้น	41
2.13.4 ภาษา SQL ใน Delphi	41
<b>บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง</b>	<b>42</b>
3.1 ส่วนฮาร์ดแวร์	42
3.1.1 วงจรจ่ายไฟและสายชาร์จรถยนต์	42
3.1.2 วงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แบบอาร์เอส – 232 และสายแปลงคอนเนคเตอร์ Serial to USB	43
3.1.3 โมดูลจีพีเอสและสายอากาศ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4	โทรศัพท์มือถือและสายเคเบิล (Data Link)	45
3.1.5	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดทางด้านส่ง	46
3.1.5.1	ชิ้นงานส่วนโมดูลจีพีเอส	46
3.1.5.2	ชิ้นงานส่วนเชื่อมต่อ GPRS	46
3.1.5.3	ชิ้นงานรวมทางด้านส่ง	47
3.1.6	อุปกรณ์ทางด้านรับหรือสถานีฐาน	47
3.2	ส่วนซอฟต์แวร์	48
<b>บทที่ 4</b>	<b>การทดลองและผลการทดลอง</b>	<b>52</b>
4.1	กล่าวนำ	52
4.2	ส่วนฮาร์ดแวร์	52
4.2.1	ผลการทดลองวิเคราะห์ระดับสัญญาณที่ส่งออกจากเครื่องรับจีพีเอส	52
4.2.2	ผลการทดลองวิเคราะห์ระดับสัญญาณที่ส่งออกจากไอซี MAX 232	52
4.3	ส่วนซอฟต์แวร์	53
4.3.1	การทดลองรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอสผ่านโปรแกรมสำเร็จรูป	53
4.3.1.1	โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินัล (Hiper Terminal)	53
4.3.1.2	โปรแกรม GPS Viewer	54
4.3.2	การทดลองส่งสัญญาณจากด้านส่งไปยังด้านรับที่เป็นสถานีฐาน	56
4.3.2.1	การเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตทางด้านส่ง	56
4.3.2.2	โปรแกรมทางด้านส่ง	57
4.3.2.3	โปรแกรมทางด้านรับ	60
4.3.3	การทดลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงในฐานข้อมูลในด้านรับที่สถานีฐาน	63
4.3.3.1	แสดงฐานข้อมูลผ่านโปรแกรม MySQL-Front	63
4.3.3.2	แสดงฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Phpmyadmin	63
<b>บทที่ 5</b>	<b>สรุปและวิจารณ์</b>	<b>64</b>
5.1	สรุปผลการทดลอง	64
5.2	ปัญหาที่พบในการทดลอง	64
5.3	แนวทางพัฒนาต่อไป	65
<b>ภาคผนวก</b>		
<b>บรรณานุกรม</b>		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงดาวเทียมบล็อกทู (Block II)	4
รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งและวงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส	5
รูปที่ 2.3 แสดงสถานีควบคุมดาวเทียมทั่วโลก	6
รูปที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของระบบจีพีเอส	7
รูปที่ 2.5 แสดงการวัดตำแหน่งแบบ 3 มิติ ด้วยดาวเทียม 4 ดวง	7
รูปที่ 2.6 แสดงการการวัดตำแหน่งดาวเทียมและความคิดพลาดจากการวัด	9
รูปที่ 2.7 แสดงตำแหน่งวงโคจรของดาวเทียม ณ. เวลาต่างๆ	11
รูปที่ 2.8 แสดงการนำทาง ทางบก ทางอากาศ และทางน้ำ	16
รูปที่ 2.9 แสดงการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	23
รูปที่ 2.10 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขา หรือแบบดีบี-9 กับคอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขา หรือดีบี-25	25
รูปที่ 2.11 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่าง ๆ	26
รูปที่ 2.12 แสดงกระบวนการ IMSI attach ของการเชื่อมต่อแบบ Circuit-switched	31
รูปที่ 2.13 แสดงการแยกทีพี PDP context	32
รูปที่ 2.14 แสดงผลกระทบของ GPRS ต่อเครือข่าย PLMN ที่มีอยู่แล้ว	33
รูปที่ 3.1 บล็อกการทำงานของระบบ	42
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรจ่ายไฟ	43
รูปที่ 3.3 แสดงสายชาร์จรถยนต์	43
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ตามมาตรฐานอาร์เอส - 232	43
รูปที่ 3.5 แสดงสายแปลงคอนเนกเตอร์ Serial to USB รุ่น Aten UC232A ที่ใช้ในการทดลอง	44
รูปที่ 3.6 แสดงโมดูลจีพีเอส Holux (ด้านบน)	44
รูปที่ 3.7 แสดงโมดูลจีพีเอส Holux (ด้านล่าง)	44
รูปที่ 3.8 แสดงขาต่างๆ คอนเนกเตอร์ของ โมดูลจีพีเอส	45
รูปที่ 3.9 แสดงสายอากาศจีพีเอส	45
รูปที่ 3.10 แสดงโทรศัพท์มือถือ NOKIA 6610	45
รูปที่ 3.11 แสดงสายคาล์งคาล์งรุ่น CA-42	46
รูปที่ 3.12 แสดงการต่ออุปกรณ์ในส่วน โมดูลจีพีเอส	46
รูปที่ 3.13 แสดงส่วนเชื่อมต่อ GPRS	46
รูปที่ 3.14 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดทางด้านส่ง	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 แสดงอุปกรณ์ทางด้านรับหรือสถานีฐาน	47
รูปที่ 3.16 โฟล์วชาร์ทแสดงการทำงานของโปรแกรมด้านส่ง	49
รูปที่ 3.17 โฟล์วชาร์ทแสดงการทำงานของโปรแกรมด้านรับ	50
รูปที่ 3.18 โฟล์วชาร์ทแสดงการทำงานของ PHP Script ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server)	51
รูปที่ 4.1 แสดงรับสัญญาณจากเครื่องรับจีพีเอส	52
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองวัดระดับสัญญาณที่ส่งออกจากไอซี MAX-232	52
รูปที่ 4.3 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม	53
รูปที่ 4.4 แสดงข้อความที่ได้จากดาวเทียม จากข้อความแสดงให้เห็นว่าละติจูดกับลองจิจูด เป็น 0 ทุกตัว เนื่องจากเครื่องรับยังรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ยังต่ำกว่า 3 ดวง	53
รูปที่ 4.5 แสดงข้อความที่ได้จากดาวเทียม จากข้อความแสดงให้เห็นว่าละติจูดกับลองจิจูด ได้แสดงพิกัด เมื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมได้เกิน 3 ดวง	54
รูปที่ 4.6 แสดงจำนวนดาวเทียมที่มองเห็นทั้งหมด 10 ดวงโดยจับสัญญาณไม่ได้เลยซักดวง	54
รูปที่ 4.7 แสดงจำนวนดาวเทียมที่มองเห็นทั้งหมด 10 ดวงโดยจับสัญญาณได้ 6 ดวง	55
รูปที่ 4.8 โปรแกรม Nokia PC Suite	56
รูปที่ 4.9 หน้าต่าง One Touch Access หลังจากคลิกเลือก “เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต”	56
รูปที่ 4.10 แสดงโปรแกรมส่งพิกัดผ่านระบบอินเทอร์เน็ต	57
รูปที่ 4.11 แสดงการเซตการเชื่อมต่อกับ โมดูลจีพีเอส	57
รูปที่ 4.12 แสดงข้อมูลที่ได้รับจากโมดูลจีพีเอสหลังการเชื่อมต่อ	58
รูปที่ 4.13 แสดงส่วน โปรแกรมแผนที่หลังการคลิกปุ่ม Map	58
รูปที่ 4.14 แสดงการพล็อตพิกัดหลังคลิกปุ่ม Plot	59
รูปที่ 4.15 แสดงการหยุดพล็อตพิกัดและเซฟพิกัดบนแผนที่ ด้วยการคลิกปุ่ม Pause	59
รูปที่ 4.16 แสดงการรีเฟรชพิกัดเป็น 0 และล้างจุดที่พล็อต ด้วยการคลิกปุ่ม Refresh	60
รูปที่ 4.17 แสดงโปรแกรมแผนที่ทางด้านรับ ขณะยังไม่ได้รับค่าพิกัด	60
รูปที่ 4.18 แสดงโปรแกรมแผนที่ทางด้านรับ เมื่อได้รับพิกัดแล้ว	61
รูปที่ 4.19 แสดงการพล็อตพิกัด ด้วยการคลิกปุ่ม Plot	61
รูปที่ 4.20 แสดงการหยุดพล็อตพิกัดด้วยการคลิกปุ่ม Pause	62
รูปที่ 4.21 แสดงล้างจุดที่พล็อต ด้วยการคลิกปุ่ม Refresh	62
รูปที่ 4.22 แสดงฐานข้อมูลผ่านโปรแกรม MySQL Front	63
รูปที่ 4.23 แสดงฐานข้อมูลด้วย Phpmyadmin ผ่านเว็บเบราว์เซอร์	64

## สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 2.1 เรคคอร์ดหลักๆ ใน NMEA message ที่มีถูกนำมาใช้งาน	17
ตารางที่ 2.2 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดจีจีเอ	18
ตารางที่ 2.3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดจีแอลแอล	19
ตารางที่ 2.4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดจีเอสเอ	20
ตารางที่ 2.5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดจีเอสวี	21
ตารางที่ 2.6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดอาร์เอ็มซี	21
ตารางที่ 2.7 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดวีทีจี	22
ตารางที่ 2.8 ตารางสรุปคุณสมบัติของ 6 เรคคอร์ดหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ	22
ตารางที่ 2.9 แสดงขีดพาริตีของข้อมูล	24
ตารางที่ 2.10 การจัดขาของคอนเน็คเตอร์พอร์ตอนุกรม ทั้งแบบดีบี-9 และดีบี-25	25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ในปัจจุบันมีปัญหาเกี่ยวกับการเดินทางด้วยยานพาหนะ เนื่องจากมีถนนเกิดขึ้นมากมาย ทำให้มีทางเลือกในการเดินทางได้หลากหลาย ทำให้เกิดความสับสน หรือหลงทางได้ ส่งผลให้การเดินทางล่าช้า เสียเวลา และอาจส่งผลร้ายมากกว่านี้กับบุคคลหรือองค์กรที่ต้องการความเที่ยงตรงในการเดินทาง ไม่ว่าจะเป็นการเดินทางไปทำงาน การเดินทางไปประชุม การส่งของหรือเอกสารสำคัญ ดังนั้นจึงเห็นว่าเราสามารถนำเอาระบบจีพีเอสซึ่งเป็นระบบที่แสดงตำแหน่งบนโลก มาติดตั้งบนยานพาหนะ เพื่อใช้แสดงตำแหน่งการเดินทางบนแผนที่ได้ ทำให้สามารถวางแผนการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อนำเอาระบบจีพีอาร์เอสซึ่งเป็นระบบการสื่อสารความเร็วสูงมาประยุกต์เข้ากับระบบจีพีเอสทำให้สามารถส่งข้อมูลพิกัดจากยานพาหนะที่ได้ติดตั้งระบบจีพีเอส มายังสถานีฐานเพื่อติดตามการเดินทางของยานพาหนะกันนั้นได้ และเป็นการเพิ่มระบบความปลอดภัยให้แก่ยานพาหนะได้อีกด้วย

#### 1.1 วัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงการ

1. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบจีพีเอส
2. เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบจีพีเอส
3. สามารถนำความรู้เรื่องจีพีเอสมาประยุกต์ใช้งานได้

#### 1.2 ขอบเขตของโครงการ

1. โครงการแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ส่วนยานพาหนะและส่วนสถานีฐาน
2. สามารถนำไปใช้งานได้ทั่วโลก ขึ้นอยู่กับแผนที่ที่นำมาใส่โปรแกรม
3. ส่วนยานพาหนะประกอบด้วย จีพีเอส โมดูลที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ผ่านทางพอร์ตอนุกรม (Serial Port) เพื่อแสดงการเดินทางบนโปรแกรมแผนที่ และสามารถส่งค่าพิกัดผ่านทางระบบอินเตอร์เน็ตด้วยระบบจีพีอาร์เอส บนโทรศัพท์มือถือ มาที่ส่วนสถานีฐานได้
4. ส่วนสถานีฐานจะเป็นเวปเซิร์ฟเวอร์ที่รับค่าพิกัดผ่าน พีเอชพีสคริปต์ (PHP Script) แล้วเก็บลงฐานข้อมูล MySQL แล้วโปรแกรมแผนที่สามารถดึงค่าพิกัดจากฐานข้อมูลไปใช้ได้

#### 1.3 เนื้อหาโดยสังเขปของปริญญาานิพนธ์

บทที่ 1 กล่าวถึงเหตุผลที่นำระบบจีพีเอส มาประยุกต์ใช้ในโครงการนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่นำมาใช้ในโครงการ

บทที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบ รวมไปถึงการสร้างโครงการขึ้นนี้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

### 2.1 จีพีเอส (GPS Global Positioning System)

GPS ย่อมาจาก "Global Positioning System" คือระบบแสดงตำแหน่งพิกัดบนโลก จีพีเอสถูกพัฒนาขึ้นมาโดยหน่วยงานดีไอดี (The United States Department of Defence: DOD) ของสหรัฐอเมริกา ใช้ในการหาพิกัดตำแหน่งในที่ต่าง ๆ บนโลกด้วยดาวเทียม โดยการใช้ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุลงมายังโลก เมื่อเครื่องรับจีพีเอสรับสัญญาณได้ จึงเอาข้อมูลต่างๆ ที่มากับสัญญาณจีพีเอสไปคำนวณหาตำแหน่ง เพื่อประโยชน์ทางการทหาร และหน่วยงานราชการบางหน่วยของสหรัฐอเมริกา ได้มีการใช้อย่างจริงจังครั้งแรกในช่วงสงครามอ่าวในปี 1991 ในขณะที่ระบบยังไม่สมบูรณ์ และพัฒนาระบบจนสมบูรณ์ในปี 1993 ต่อมาจึงเปิดโอกาสให้ภาคเอกชน และหน่วยงานต่างๆ นำระบบไปใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก แต่ดีไอดี ยังเปิดสัญญาณเอสเอ (Selective Available : SA) เพื่อลดความถูกต้องของการบอกตำแหน่งเพื่อประโยชน์ทางการทหาร และปิดสัญญาณเมื่อ วันที่ 1 พฤษภาคม 2000 ด้วยเหตุผลทางการตลาดทำให้การบอกตำแหน่งมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยระบบจีพีเอสมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างมากมาย เช่น ใช้ในระบบการขนส่ง การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การทำแผนที่ การสำรวจพื้นที่ และในปัจจุบันในวงการท่องเที่ยวก็มีการนำจีพีเอสมาใช้ในการเดินป่าอีกด้วย

### 2.2 ประวัติและพัฒนาระบบจีพีเอส

ในอดีตมนุษย์เรามีความพยายามที่จะสร้างเครื่องมือ เครื่องมือ เพื่อบอกให้รู้ว่าเรากำลังอยู่ที่ใด เพื่อป้องกันการหลงทางและสามารถกลับไปยังจุดเดิมได้อย่างถูกต้อง สำหรับในการเดินเรือสมัยแรก ๆ ก็มีการใช้ดวงดาวเป็นการบอกตำแหน่งและทิศทาง ต่อมาเมื่อเทคโนโลยีทันสมัยมากขึ้น ก็ได้มีการคิดค้นประดิษฐ์เข็มทิศและเครื่องวัดระยะทางหาเส้นรุ้งและเส้นแวงขึ้นมา โดยเข็มทิศจะชี้ไปทางเหนือเสมอ ฉะนั้นไม่ว่าเราจะไม่รู้ตำแหน่งของเราแต่เราจะยังสามารถรู้ทิศทางที่กำลังเดินทางไปได้ ส่วนเครื่องวัดระยะทางหาเส้นรุ้งและเส้นแวง นั้นจะช่วยในการวัดมุมระหว่างดวงดาวกับพื้นดิน ในยุคแรกๆนั้น เครื่องมือนี้จะใช้ในการเดินเรือและสามารถบอกได้แต่เส้นรุ้งเท่านั้น ไม่สามารถบอกเส้นแวงได้

ต่อมาในศตวรรษที่ 17 ประเทศอังกฤษก็ได้ตั้งกลุ่มนักวิทยาศาสตร์เพื่อทำการสร้างเครื่องมือเพื่อหาเส้นแวงให้ได้ ซึ่งกลุ่มที่ตั้งขึ้นมาถูกเรียกว่า บอร์ดออฟลองจิจูด (Board of Longitude) โดยมีรางวัลให้กับผู้ที่สามารถสร้างเครื่องมือที่ใช้หาเส้นแวงได้ ซึ่งในปี ค.ศ. 1761 จอห์น แฮร์ริสัน (John Harrison) ได้พัฒนาเครื่องมือที่สามารถใช้หาเส้นแวงได้ซึ่งเรียกว่า โครโนมิเตอร์ (Chronometer) ซึ่งต่อมาก็มีการใช้เครื่องหาเส้นรุ้งและเครื่องหาเส้นแวงร่วมกันในการเดินทางอย่างแพร่หลาย

ในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 ได้มีการพัฒนาระบบการส่งสัญญาณวิทยุมาใช้งานกันมากขึ้น จนกระทั่งได้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยทั้งเรือ และเครื่องบิน จะใช้ระบบการรับ-ส่งสัญญาณวิทยุจากสถานีภาคพื้นดินเป็นตัวนำทาง การส่งสัญญาณวิทยุนี้จะสามารถส่งได้ทั้งแบบความถี่

สูงและความถี่ต่ำ แต่ข้อเสียก็คือหากส่งสัญญาณในช่วงความถี่สูงจะสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้อย่าง  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกต้องแค่ครอบคลุมพื้นที่จำกัด ส่วนการรับ-ส่งสัญญาณในช่วงความถี่ต่ำสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างไกลกว่าแต่ความถูกต้องต่ำกว่า

ในศตวรรษที่ 20 ดาวเทียมสปุตนิก (Sputnik) ของประเทศรัสเซียได้ถูกส่งออกสู่อวกาศเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม ค.ศ. 1957 และทำให้เราเริ่มตระหนักกันว่าเราสามารถใช้อาวเทียมในการนำทางได้เช่นเดียวกับดวงดาวบนท้องฟ้า โดยนักวิจัยจากสถาบันเอ็มไอที (MIT) ได้ติดตามวิถีการโคจรของดาวเทียมสปุตนิก และได้สังเกตเห็นว่าสัญญาณวิทยุจากดาวเทียมสปุตนิกจะสูงขึ้นเมื่อดาวเทียมโคจรเข้ามาใกล้ และต่ำลงเมื่อดาวเทียมโคจรห่างออกไป จากข้อเท็จจริงดังกล่าวที่ว่าเราสามารถจะติดตามตำแหน่งของดาวเทียมในขณะที่โคจรรอบโลกได้จากภาคพื้นดินนั้น จึงเป็นที่มาของสมมุติฐานข้างต้น ในทางกลับกันก็น่าจะสามารถติดตามหรือระบุตำแหน่งของวัตถุใดๆ บนพื้นโลกโดยการใช้สัญญาณวิทยุจากดาวเทียมได้เช่นกัน ต่อมาทางประเทศสหรัฐอเมริกา ก็ได้มีการพัฒนาดาวเทียมนำร่องออกสู่อวกาศเช่นกัน โดยทางอเมริกาเรียกระบบนี้ว่า ทรานสิท (Transit) ได้พัฒนามาให้หาตำแหน่งที่แน่นอนให้กับเรือดำน้ำโพลาริส (Polaris) ที่มีจรวดนำวิถี ระบบทรานสิทประกอบไปด้วยดาวเทียม 6 ดวงที่เกือบเป็นวงกลม การโคจรผ่านขั้วโลกที่มีความสูง 1,075 กิโลเมตร ระยะเวลาของการหมุน 107 นาที การโคจรของดาวเทียมทรานสิท จะแน่นอนกว่าโดยการติดตามจากสถานีพื้นโลกที่กำหนดไว้ ด้วยสภาพที่นำพोजความเร็วที่แน่นอน แต่ปัญหาของทรานสิท คือการครอบคลุมพื้นที่มีช่องว่างระหว่างกันมาก ผู้ใช้ต้องคำนวณโดยการอินเตอร์โพล (Interpolate) ตำแหน่งของตนเองระหว่างที่ดาวเทียมโคจรผ่านไป โดยระบบนี้รัฐบาลอเมริกันอนุญาตให้เอกชนบางรายใช้ในงานสำรวจเท่านั้น โดยยังไม่เปิดให้บุคคลทั่วไปใช้งาน แต่ระบบนี้ก็ใช้งานกันได้ไม่นานนักเนื่องจากการส่งสัญญาณช้าและมีความถูกต้องต่ำ จึงได้เริ่มมีการพัฒนาระบบจีพีเอสเพื่อให้มีการบอกตำแหน่งได้อย่างแม่นยำมากขึ้น โดยได้เริ่มมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องส่งผลทำให้ระบบจีพีเอสที่สมบูรณ์ได้ถูกใช้งานเต็มรูปแบบจากดาวเทียม 24 ดวงในกลางปี 1990

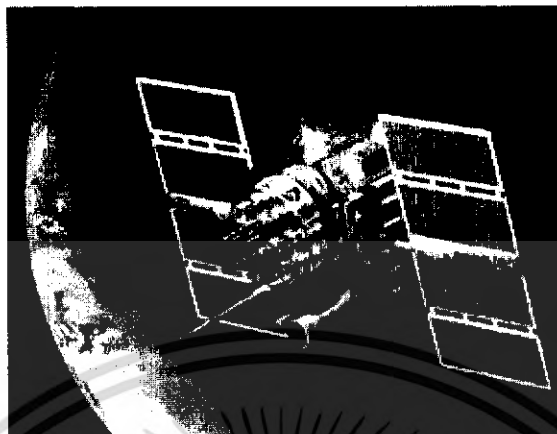
จากความสำเร็จของทรานสิท เป็นการกระตุ้นให้ทั้งกองทัพเรือและกองทัพอากาศของสหรัฐฯ พิจารณาระบบช่วยการเดินทางที่ก้าวหน้ากว่าเดิมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทางกระทรวงกลาโหมของสหรัฐฯ ได้ผลิตระบบการหาตำแหน่งเนฟสตาร์ (The Navstar global Positioning system: Navstar) ทั่วโลกซึ่งจะเอาไว้ระบุตำแหน่งการนำวิถีของจรวด ทั้งทางบกและทางอากาศและยังสามารถบอกได้ว่ากองกำลังทหารอยู่ ณ ตำแหน่งใดของสนามรบและนั่นก็เป็นจุดเริ่มต้น ของการผลิตคิดค้นระบบวิธีการระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ซึ่งระบบจีพีเอสจะแตกต่างกับทรานสิท คือระบบจีพีเอส ให้สัญญาณครอบคลุมพื้นที่ต่อเนื่องและให้ความถูกต้องและแม่นยำกว่าระบบเดิม ซึ่งได้ผลิตให้ดาวเทียมมีความทันสมัยและเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่างๆ จนถึงปัจจุบัน ดาวเทียมจีพีเอสได้ถูกสร้างขึ้นมาแล้วถึง 4 รุ่นคือ

- รุ่นแรก เป็นรุ่น บล็อกวัน (Block I) เป็นรุ่นสำหรับทดลองมี 11 ดวง ถูกปล่อยขึ้นฟ้าดวงแรกปี 1978 และทยอยส่งจนหมดในปี 1988 มีอายุการใช้งาน 4.5 ปี ปัจจุบันหมดอายุการใช้งานและถูกปลดระวางไปหมดแล้ว

- รุ่นที่ 2 เป็นรุ่น บล็อกทู/ทูเอ (Block II/IIA) เป็นดาวเทียมจีพีเอสที่จะใช้งานจริง ถูกส่ง โคจรรอบโลก ทั้งหมด 24 ดวง (ใช้งาน 21 ดวง สำรองในวงโคจร 3 ดวง) นอกจากนี้ยังมีอีก 4 ดวงเป็นตัวสำรองซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พร้อมที่จะส่งเข้าวงโคจรหากจำเป็น ปล่อยขึ้นฟ้าดวงแรกปี 1985 อายุการใช้งานของดาวเทียมประมาณ 7.5 ปี บล็อกทู/ทูเอ ผลิตโดยบริษัทร็อกเวล อินเทอร์เน็ตชันแนล (Rockwell International)



รูปที่ 2.1 แสดงดาวเทียมบล็อกทู (Block II)

- รุ่นที่ 3 เป็นรุ่นบล็อกทูอาร์ (Block IIR) สำหรับทดแทนดวงที่หมดอายุไป มีอายุการใช้งานยาวถึง 10 ปี ปล่อยตั้งแต่ปี 1996 จนถึงปัจจุบัน ผลิตโดยบริษัทล็อกฮีด-มาร์ติน (Lockheed – Martin)
- และรุ่นที่ 4 เป็นรุ่นบล็อกทูเอฟ (Block IIF)

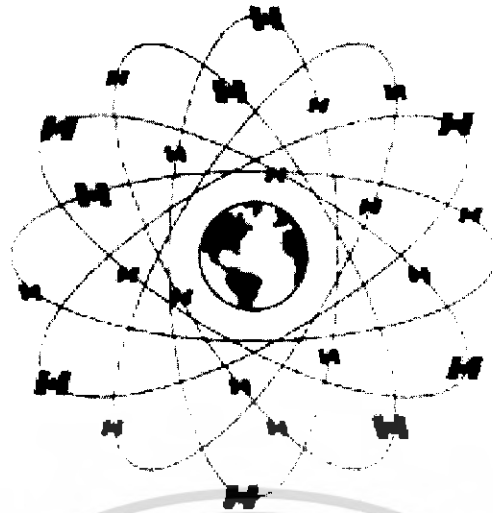
### 2.3 ส่วนประกอบของระบบจีพีเอส

ระบบที่ทำให้ระบบจีพีเอสทำงานได้ สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนอวกาศ ส่วนควบคุม และส่วนผู้ใช้งาน

#### 2.3.1 ส่วนอวกาศ (Space Segment)

ส่วนอวกาศจะประกอบไปด้วยดาวเทียมจำนวน 24 ดวงซึ่งบินโคจรรอบโลกที่ระยะ 11,000 ไมล์ อากาศ จากพื้นโลก ใช้เวลา 12 ชั่วโมง (ความเร็วประมาณ 1.8 ไมล์ต่อวินาที) ในการโคจรรอบโลกหนึ่งรอบ โดยดาวเทียมจำนวน 21 ดวง จะใช้ในการบอกค่าพิกัด ส่วนที่เหลือ 3 ดวง จะสำรองเอาไว้ ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้จะมียังโคจรอยู่ 6 วงโคจรด้วยกัน โดยแบ่งจำนวนดาวเทียมวงโคจรละ 4 ดวง และมีรัศมีวงโคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 20,200 กิโลเมตร (12,600 ไมล์) วงโคจรทั้ง 6 จะเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) เป็นมุม 55 องศา ในลักษณะสานกันคล้ายลูกตะกร้อ การวางวงโคจรเช่นนี้ทำให้ เราสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม ได้คราวละถึง 6 ดวง ดาวเทียมติดตั้งนาฬิกาที่เที่ยงตรงมาๆ ความถี่ที่ใช้ในการบอกตำแหน่งค่าพิกัดของดาวเทียมแต่ละดวงมี 2 ความถี่ ในระหว่างการโคจรรอบโลกนั้น ดาวเทียมจะมีการส่งสัญญาณสู่พื้นโลกผ่านเสาส่งสัญญาณที่ติดตั้งจากดาวเทียมมายังโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งและวงโคจรของดาวเทียมจีพีเอส

โครงสร้างของวงโคจร (Constellation) ในลักษณะนี้ทำให้มีดาวเทียมจำนวน 5-8 ดวง ที่เครื่องรับจีพีเอสสามารถรับสัญญาณได้ ณ ตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งใดได้ตลอดเวลาและดาวเทียมจีพีเอสจะมีปีกเป็นแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (solar cell panels) โดยปกติจะพยายามหมุนตัวให้สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด ดังนั้นตัวดาวเทียมจะมีการหมุนปรับตัวตลอดเวลา โดยให้ปีกเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ตั้งฉากกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ในตัวดาวเทียมยังบรรจุแบตเตอรี่สำหรับให้พลังงานเมื่อดาวเทียมจีพีเอสเคลื่อนตัวอยู่ภายในเงาของโลก

คลื่นสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสประกอบด้วย

- คลื่นพาห์ (Carrier Code) มีอยู่ 2 ความถี่ คือ
  - รหัสแอล 1 (L1 Code) ซึ่งมีความถี่ 1575.42 เมกกะเฮิร์ต
  - รหัสแอล 2 (L2 Code) ซึ่งมีความถี่ 1227.6 เมกกะเฮิร์ต
- รหัสสุ่มเทียม (Pseudo Random Code) ประกอบด้วย
  - รหัส ซี/เอ (C/A Code: Coarse / Acquisition Code) ซึ่งมีความถี่ 1.023 เมกกะเฮิร์ต
  - รหัส พี (P-Code: Precision Code) ซึ่งมีความถี่ 10.23 เมกกะเฮิร์ต
  - รหัสนำทาง (Navigation Code) ซึ่งมีความถี่ 50 เฮิร์ต (Hz)

### 2.3.2 ส่วนควบคุม (Control Segment)

เป็นศูนย์ควบคุมระบบและบัญชาการการทำงานของระบบจีพีเอส รวมไปถึงการตรวจตราความเรียบร้อยของระบบ คอยติดต่อสื่อสารกับดาวเทียม ทำการคำนวณผลเพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และส่งข้อมูลที่ไต่ไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลที่ไต่เป็นข้อมูลที่ทันสมัยอยู่เสมอ ศูนย์ควบคุมกลางประกอบด้วย

- สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station) จำนวน 5 แห่ง กระจายอยู่ตามจุดต่างๆ ของโลก ได้แก่ ฮาวาย (Hawaii), กวาจาไลน์ (Kwajalein), เกาะเอสเซนชัน (Ascension Island), ดิเอโก การ์เซีย (Diego Garcia) และ โคโลราโด สปริง (Colorado Spring)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- งานส่งสัญญาณภาคพื้นดิน (Ground Antennas) ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 จุด ได้แก่ เกาะเอสเซนชัน, ดีเอโก การ์เซีย, ควาจาไลน์

- ศูนย์บัญชาการ (Master Control Station: MCS) ตั้งอยู่ฐานทัพอากาศสหรัฐฯ ชรีฟเวอร์ เอเอฟบี (Schriever AFB) รัฐโคโลราโด

เมื่อสถานีรับสัญญาณจากดาวเทียมมา เพื่อปรับแก้ไขข้อมูลวงโคจร (Ephemeris) และข้อมูลเวลา (Clock Correction) ของดาวเทียมแต่ละดวงแล้วจะทำการส่งข้อมูลวงโคจรและข้อมูลเวลา กลับไปยังดาวเทียม แล้วดาวเทียมก็จะทำการส่งข้อมูลที่ได้รับการแก้ไขแล้วนี้มาพร้อมกับคลื่นวิทยุส่งมายังเครื่องรับจีพีเอส



รูปที่ 2.3 แสดงสถานีควบคุมดาวเทียมทั่วโลก

### 2.3.3 ส่วนผู้ใช้งาน (User Segment)

ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ทางทหาร (Military) และทางพลเรือน (Civilian) ซึ่งทางพลเรือนจะได้รับสัญญาณและใช้ได้ฟรีแต่ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบหาซื้อจานรับ (Antenna) และเครื่องรับ (Receiver) เอง นโยบายการให้บริการข้อมูลจีพีเอสของรัฐบาลสหรัฐฯ มีดังนี้

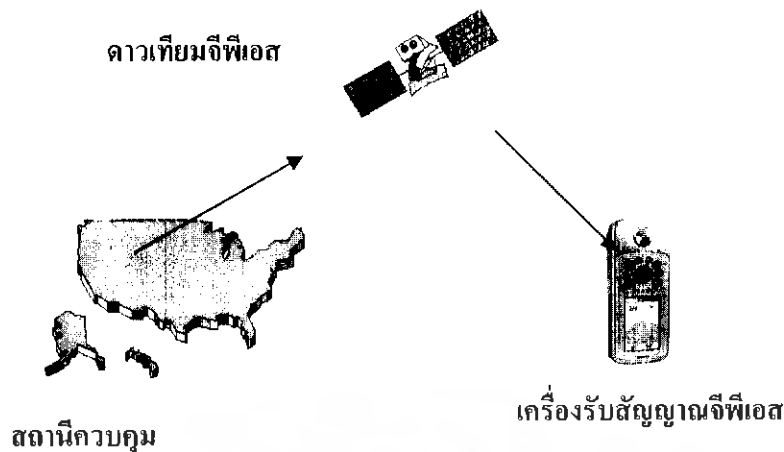
#### Precise Positioning Services: PPS

- ใช้ในการทางทหารเป็นหลัก อาจจะอนุญาตให้คนทั่วไปมีสิทธิใช้ แต่ก็จะถูก ควบคุมเป็นพิเศษ
- ข้อมูลจะมีการเข้ารหัส เฉพาะผู้ที่มีเครื่องถอดรหัสจึงจะสามารถใช้งานได้
- ความถูกต้องของพิกัด คือ 22 เมตร ในแนวราบ, 27.7 เมตร ในแนวตั้ง

#### Standard Positioning Services: SPS

- เป็นบริการฟรี
- ใช้ในกิจการพลเรือนเป็นหลัก
- ความถูกต้องลดลงเนื่องจากใช้สัญญาณเอสเอ (Selective Availability: SA)
- ความถูกต้องของพิกัด คือ 100 เมตร ในแนวราบ , 156 เมตร ในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของระบบจีพีเอส

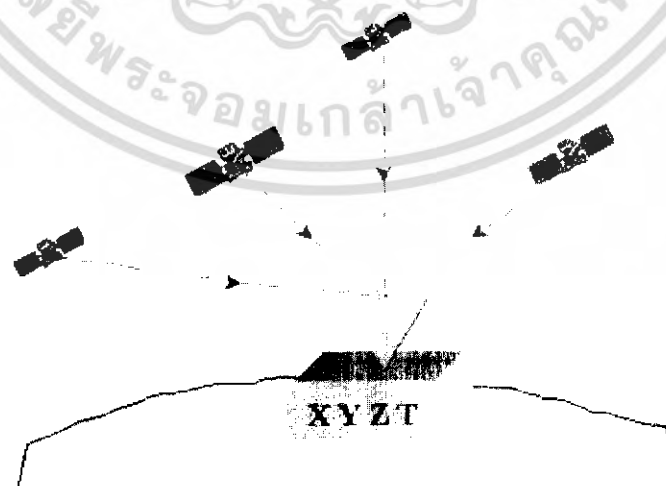
## 2.4 การทำงานของระบบจีพีเอส

### 2.4.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบจีพีเอส แบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน คือ

#### 2.4.1.1 การรับสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อให้ได้ตำแหน่ง

ระบบจีพีเอส จะต้องการระยะระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับจีพีเอส ดาวเทียมจะเป็นเหมือนหมุดหรือฐานสำหรับการวัดระยะ โดยต้องรู้ตำแหน่งดาวเทียมดวงนั้น เพื่อใช้ในการคำนวณเพื่อให้ได้ระยะทางที่ถูกต้อง

สมมติว่าเราอยู่ห่างจากดาวเทียม A 11,000 ไมล์ ขณะเดียวกันเราหาได้ว่าระยะจากดาวเทียม B 12,000 ไมล์ ดังนั้นตำแหน่งเรา จึงอยู่ที่ทรงกลมที่มีศูนย์กลางที่ดาวเทียม A กับดาวเทียม B รัศมี 11,000 ไมล์ และ 12,000 ไมล์ ตัดกัน ดังนั้น ถ้าเราได้ระยะจากดาวเทียมดวงที่ 3 ก็บอกตำแหน่งได้แน่นอนยิ่งขึ้น ในกรณีที่รู้ค่าความสูงของตำแหน่งที่วัดแน่นอน เช่น ในทะเล ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องวัดดาวเทียมดวงที่ 4 เครื่องรับบางเครื่องจะให้เลือกว่าวัดแบบ 2 มิติ คือ พิกัดราบอย่างเดียว แต่ถ้าต้องการได้ตำแหน่ง 3 มิติ ต้องวัดจากดาวเทียม 4 ดวง



รูปที่ 2.5 แสดงการวัดตำแหน่งแบบ 3 มิติ ด้วยดาวเทียม 4 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.4.1.2 การวัดระยะจากดาวเทียม

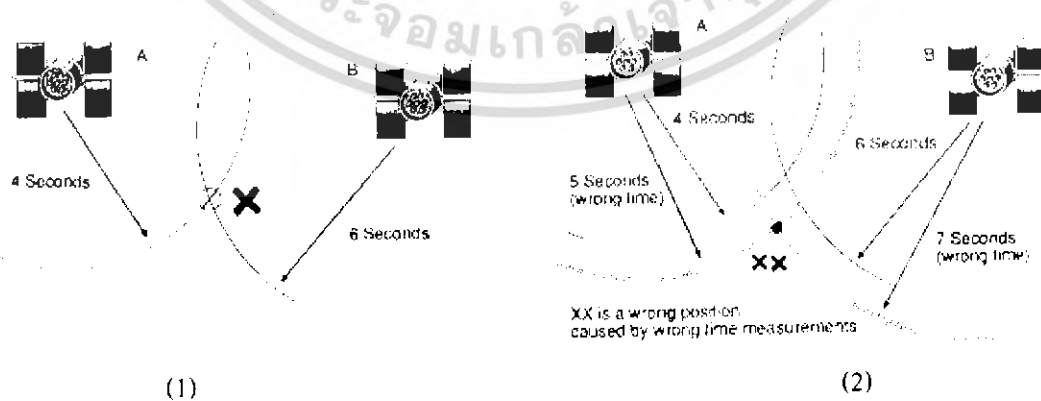
จากการที่ระบบจีพีเอส ต้องรู้ระยะทางจากเครื่องรับถึงดาวเทียมจึงต้องมีวิธีการหาระยะ วิธีการหาระยะใช้สมการง่าย ๆ คือ อัตราความเร็วคูณด้วยเวลา

ตัวอย่าง เช่น ถ้ารถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. เวลา 2 ชม. เพราะฉะนั้น รถยนต์จะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 120 กม. ระบบจีพีเอส ทำงานโดยหาว่าสัญญาณวิทยุที่ส่งมาจากดาวเทียม จนถึงเครื่องรับใช้เวลาเดินทางนานเท่าใด แล้วนำเวลาที่หาได้มาคำนวณ ระยะทาง โดยคลื่นวิทยุเดินทางด้วยความเร็วแสงคือ 186,000 ไมล์ต่อวินาที ดังนั้นถ้ารู้เวลาแน่นอนที่ดาวเทียมเริ่มปล่อยสัญญาณวิทยุ และเวลาที่เริ่มรับสัญญาณนั้นได้ ก็จะได้เวลาที่คลื่นวิทยุเดินทาง แล้วนำไปคำนวณหาระยะทางจากเครื่องรับถึงดาวเทียมได้ โดยต้องคำนวณระยะทางเช่นนี้ 3 ค่าจากดาวเทียมสามดวง จึงจะนำมาหาตำแหน่งได้ เมื่อเป็นเช่นนี้ ซึ่งแน่นอนว่านาฬิกาที่ใช้จะต้องเป็นนาฬิกาเที่ยงตรงมาก เพราะเวลาที่วัดได้จะน้อยมากเพราะ แสงเดินทางเร็วมาก โดยปกติถ้าดาวเทียมดวงที่ส่งสัญญาณแรงพอ จะใช้เวลาเดินทางถึงเราเพียง .06 วินาที เท่านั้น

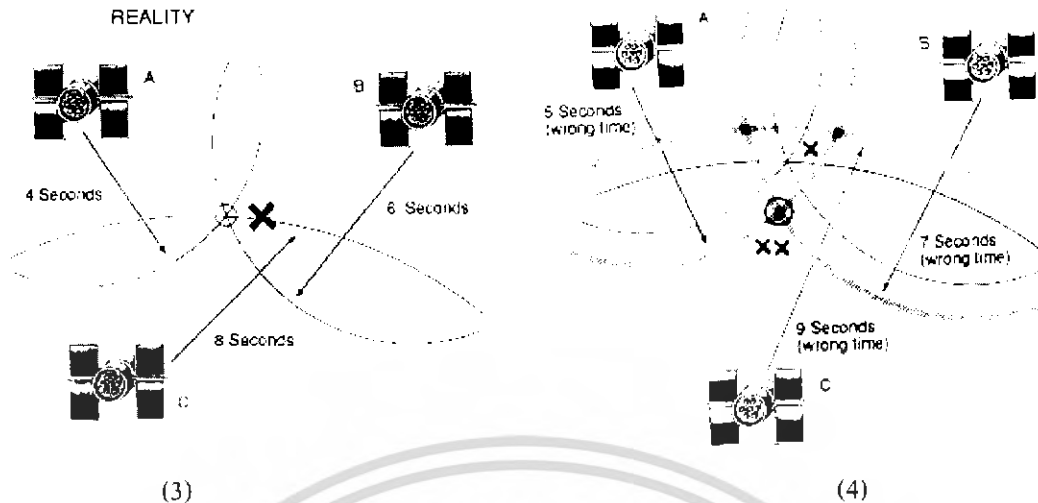
สิ่งสำคัญในการหาเวลาการเดินทางของคลื่นวิทยุก็คือ ต้องรู้ว่าเวลาที่แน่นอนที่สัญญาณ เริ่มออกเดินทางจากดาวเทียม ผู้ออกแบบเครื่องรับจีพีเอส ใช้หลักการจำลองแบบสัญญาณที่ส่งจาก ดาวเทียม และสัญญาณที่อยู่ในเครื่องรับให้เป็นแบบเดียวกัน ดังนั้นเครื่องทั้งสองจะต้องสร้างรหัสในเวลา ที่ตรงกัน (Pseudo Random Code)

#### 2.4.1.3 การได้เวลาที่ถูกต้อง

แสงเดินทางด้วยความเร็ว 186,000 ไมล์/วินาที ถ้าเครื่องรับนับเวลาคลาด ไป 1/100 วินาที ส่งผลให้ระยะคลาดเคลื่อนถึง 1,860 ไมล์ ดังนั้นในดาวเทียมจึงใช้นาฬิกาอะตอม (Atomic Clock) ซึ่งจะให้เวลาที่ถูกต้อง เที่ยงตรงอย่างมาก ที่ชื่อนาฬิกาอะตอมเพราะว่า ใช้การวัดจังหวะ จากอนุภาคของสารเฉพาะ และที่เครื่องรับจีพีเอสสามารถรับเอาเวลาที่ถูกต้องของนาฬิกาอะตอมมาใช้ด้วย โดยการปรับแก้คาบเวลาอยู่ตลอดเวลาจากการ โคจรของดาวเทียมแต่ละดวงที่รับได้ที่เครื่องรับเพื่อให้เกิด ความถูกต้องแม่นยำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการการวัดตำแหน่งดาวเทียมและความผิดพลาดจากการวัด

สมมติว่า นาฬิกาในเครื่องรับส่วนใหญ่เป็นแบบควอตซ์ที่ไม่เที่ยงตรงเท่ากับนาฬิกาอะตอม สมมตินาฬิกาเครื่องรับเดินช้า 1 วินาที ดังนั้นถ้าตัวเครื่องรับจีพีเอสบอกเวลาเที่ยง เวลาจริงก็จะ เป็น 12:00:01 น. ปกติเราใช้หน่วยวัดระยะไมล์หรือกิโลเมตร แต่เนื่องจากระยะทางคำนวณจากเวลา ดังนั้นจะใช้เวลาแทนระยะทาง ซึ่งจะช่วยให้เห็นความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาได้ชัดเจน สมมติว่าเรอยู่ห่างจากดาวเทียม A เป็นเวลา 4 วินาที และห่างจากดาวเทียม B เป็นเวลา 6 วินาที ในแบบรูปสองมิติ หาเส้นตัดกันได้ สมมุติดัดกันไว้ X ดังแสดงในรูปที่ 2.6 รูปที่ (1) ดังนั้น X คือตำแหน่งที่เราอยู่จริง ซึ่งเราควรจะได้ ถ้านาฬิกาทำงานถูกต้อง แต่ถ้านาฬิกาเครื่องรับช้าไป 1 วินาที เครื่องรับก็จะบอกระยะจาก A 5 วินาที และระยะจากดาวเทียม B 7 วินาที และมีเส้นตัดกันที่จุด XX ดังรูปที่ (2) ดังนั้นที่ XX เป็นตำแหน่งที่เครื่องรับจะบอกเวลา และถ้าเราไม่มีวิธีที่จะรู้ว่าเครื่องรับเดินช้า ก็ต้องถือว่าตำแหน่งที่ได้ถูกต้องแล้ว แต่ระยะที่ได้อาจคลาดเคลื่อนเป็นกิโลเมตรก็ได้ ตามหลักวิชาตรีโกณเพื่อหาตำแหน่ง ต้องวัดระยะทางเพิ่มอีกหนึ่งเส้นจากดาวเทียมเป็นดวงที่สาม สมมติว่าถ้าระยะจริงจากดาวเทียม C 8 วินาที จะเห็นวงกลมทั้งสามวงตัดกัน ดังรูปที่ (3) ต่อไปเพิ่มระยะทางในแนวรัศมีของดาวเทียมแต่ละวงอีกหนึ่งวินาทีตามค่าช้าของนาฬิกา ดังรูปที่ (4) โดยระยะใหม่จะเป็นระยะเทียม (Pseudo Range) ที่เกิดจากการที่นาฬิกาเดินช้า ค่าระยะเทียมที่ใช้ในระบบจีพีเอส เพื่อบอกว่าระยะนั้นยังมีค่าผิดพลาดอยู่ (ปกติค่าความผิดพลาดเกิดจากเวลา) จากภาพจะสังเกตเห็นว่าวงกลมจากดาวเทียม A ดาวเทียม B ตัดกันที่จุด XX แต่วงกลมจากดาวเทียม C จะไม่ตัดตรงจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงไม่มีจุดที่จะเกิดขึ้นได้จริง จากการที่ระยะห่างจากดาวเทียม A 5 วินาที ดาวเทียม B 7 วินาที และดาวเทียม C 9 วินาที ดังนั้นภายในเครื่องรับจะมีโปรแกรมคำนวณจุดของการวัดที่ไม่สมบูรณ์ และหาตำแหน่งที่นาฬิกาเดินคลาดเคลื่อนมาปรับแก้ให้ถูกต้อง ดังนั้นระบบจะเริ่มทำการลบ (หรือบวก) เวลาให้กับทุก ๆ การวัดโดยเท่า ๆ กัน จนกว่าจะได้คำตอบที่ทุก ๆ ระยะมาตัดกันที่ตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งจากโปรแกรมก็จะพบว่า ถ้าลบเวลาหนึ่งวินาทีออกจากระยะที่วัดได้ ก็จะทำให้วงกลมทั้งสามตัดกันที่จุดเดียวกัน จึงสรุปได้ว่านาฬิกาเดินช้าไป 1 วินาที ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่าตอบในคอมพิวเตอร์จะใช้การหาจากสมการพีชคณิต 4 สมการ สำหรับหาค่าที่ต้องการรู้ 4 ค่าแน่นอน และก็จะได้ค่าที่ต้องแก้เวลาของนาฬิกาได้ แต่ยังมีอีกวิธีที่สามารถลดความคลาดเคลื่อนของเวลาจากความผิดพลาดของนาฬิกาโดยการที่รับสัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มอีกหนึ่งดวงเป็น 4 ดวง เป็นการวัดหาค่าแบบ 3 มิติ ทำให้ต้องได้ค่าการวัดเวลาถึง 4 ค่าเพื่อจะได้กำจัดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น ซึ่งจากดาวเทียมจีพีเอสทั้งหมด 24 ดวง ณ.เวลาใดๆ จะมีดาวเทียมมากกว่า 4 ดวง บนท้องฟ้าเสมอทุกตำแหน่ง

ถ้าต้องการให้เครื่องรับแสดงผลการวัดต่อเนื่อง และเป็นแบบทันทีทันใด (Real Time) เครื่องรับต้องมีช่องรับสัญญาณ 4 ช่อง โดยช่องรับสัญญาณหนึ่งช่องจะรับสัญญาณจากดาวเทียมแยกแต่ละดวงจึงสามารถรับสัญญาณ 4 ดวง ในเวลาพร้อมกันได้ ในการใช้งานบางครั้งก็ไม่ต้องการความถูกต้องและแสดงผลรวดเร็วทันที กรณีนี้เรื่องรับสัญญาณช่องเดียวอาจเป็นการเพียงพอ เครื่องรับที่มีช่องรับสัญญาณ ช่องเดียวจะทำการรับดาวเทียม 4 ดวง ได้โดยการจัดลำดับเรียงการรับสัญญาณจากดาวเทียมจนครบ 4 ดวง แล้วจึงคำนวณเวลาที่ใช้ในการรับและการคำนวณนี้อาจใช้เวลาระหว่าง 2-30 วินาที ซึ่งในบางครั้งก็เร็วพอเพียงแล้ว แต่เครื่องรับประเภทนี้จะทำงานในด้วยความเร็วได้ไม่ดี แต่การเพิ่มความเร็วมารถแสดงตำแหน่ง ณ.เวลานั้น ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และในขณะที่ทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมอยู่นั้น ถ้าเครื่องรับมีการเคลื่อนไหว เครื่องรับประเภท 1 ช่องสัญญาณมีผลทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้มาก ข้อเสียอีกประการหนึ่งของเครื่องรับสัญญาณช่องเดียวเกิดขึ้น เมื่อดาวเทียมส่งรายงานสภาพระบบ (System Condition Message) สำหรับการเปลี่ยนรับดาวเทียมดวงใหม่ ซึ่งต้องใช้เวลาคิดต่อถึง 30 วินาทีขณะนั้นจะทำให้เครื่องไม่สามารถทำงานคำนวณบอกทิศทางได้

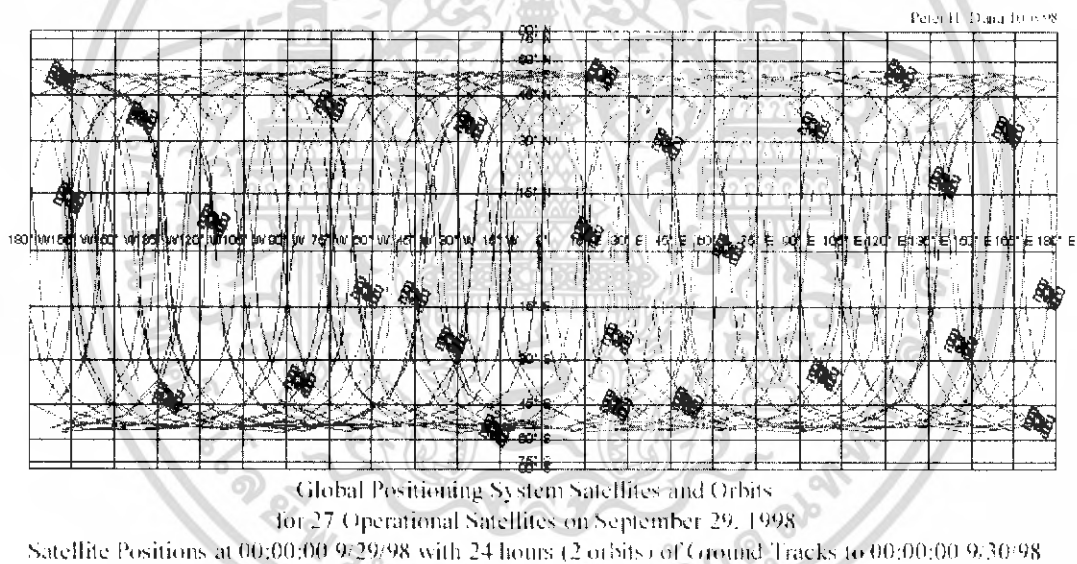
อีกกรณีที่นิยมใช้ก็คือเครื่องรับที่มี 2 ช่องรับสัญญาณ ช่องหนึ่งจะทำการวัดคำนวณหาเวลา ในขณะที่อีกช่องหนึ่งพยายามจับคลื่นวิทยุจากดาวเทียมดวงต่อไปที่จะทำการวัด เมื่อช่องแรกวัดเสร็จก็สามารถเปลี่ยนไปรับสัญญาณดาวเทียมดวงใหม่ได้ทันทีโดยไม่ต้องเสียเวลาในการค้นหาและรับสัญญาณดาวเทียมอีกช่อง และเมื่อว่างจากการจับดาวเทียมในช่องที่สอง ก็สามารถทำการวัดหาเวลาได้เช่นเดียวกัน วิธีการสองช่องรับสัญญาณนี้ช่วยให้การรับสัญญาณเรียงดาวเทียมได้เร็วขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และวิธีนี้เครื่องรับสามารถแสดงตำแหน่งที่คำนวณได้เร็ว ซึ่งเรียกว่าการปรับแก้ตำแหน่งแบบทันทีทันใด (Updating Position) ประโยชน์อีกประการหนึ่งก็คือเครื่องรับสองช่องสามารถให้โปรแกรมสามารถรับดาวเทียมมากกว่า 4 ดวงได้ ดังนั้นในขณะที่ทำงานบอกตำแหน่ง อาจมีดาวเทียมดวงหนึ่งดวงใดรับสัญญาณขาดหายไปก็จะสามารถใช้ดาวเทียมนี้สำรองใช้แทนโดยไม่ให้การนำทางขาดตอน

#### 2.4.1.4 ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียมก่อน

ดาวเทียม โคจรอยู่สูงเหนือพื้นถึง 11,000 ไมล์ ความสูงเช่นนี้จะไม่ทำให้มีคลื่นสัญญาณจากโลกไปรบกวนได้ วัตถุที่อยู่สูงขึ้นไปเช่นนี้ผ่านพ้นจากชั้นบรรยากาศของโลก ดาวเทียมจีพีเอส เดินตามวงโคจรตามแนวแน่นอน กองทัพอากาศสหรัฐมีหน้าที่นำดาวเทียมเข้าสู่วงโคจรตามแผนที่กำหนดไว้ในโครงการ และเนื่องจากในอวกาศว่างเปล่า ไม่มีแรงเสียดทาน ดาวเทียมก็จะ โคจรอยู่ในวงที่แน่นอนตามกำหนด โดยวงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว และเครื่องรับจีพีเอส สามารถรับตารางดาวเทียม (Almanac) ไว้ในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ได้ ตารางดาวเทียมจะบอกได้ว่าในท้องฟ้าจะมีดาวเทียมดวงไหนขึ้นลงเวลาใดบ้าง มีการติดตามการ โคจรของดาวเทียมทุกดวงอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แน่นอน สมการวงโคจรของดาวเทียมมีความถูกต้องอยู่แล้ว แต่เพื่อให้ทุกอย่างถูกต้องสมบูรณ์ กระทั่งวงโคจรใหม่สหรัฐจึงต้องทำการติดตามการโคจรของดาวเทียมทุกดวงอย่างสม่ำเสมอการที่ต้องติดตามดาวเทียมนี้ เป็นเหตุผลหนึ่ง ที่ทำให้ต้องสร้างดาวเทียมจีพีเอส ให้หมุนเร็วกว่าการหมุนของโลก ดาวเทียมหมุนรอบโลกทุก 12 ชั่วโมง และจะโคจรผ่านสถานีติดตามดาวเทียมของดีโอดี (DOD) วันละ 2 ครั้ง ซึ่งทำให้สถานีติดตามนี้สามารถวัดความสูง ตำแหน่ง และความเร็วของดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง ความแปรเปลี่ยนของวงโคจรที่สถานีติดตามค้นหา ก็คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของอีพีเมอร์ริสหรือความผิดพลาดจากตำแหน่งวงโคจร (Ephemeris Error) ปกติจะมีขนาดน้อยมาก โดยเกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ และเกิดจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่มีต่อดาวเทียม เมื่อดีโอดีวัดตำแหน่งดาวเทียมได้ ค่าตำแหน่งใหม่นี้ก็จะถูกส่งกลับเข้าไปบันทึกไว้ในดาวเทียมอีก ดาวเทียมดวงนั้นก็ส่งค่าแก่นี้พร้อมกับข่าวสารเวลาให้เครื่องรับ ข้อสำคัญคือ ดาวเทียมจีพีเอส ไม่เพียงแต่ส่งรหัสสุ่มเทียมสำหรับการหาเวลาเท่านั้น แต่ยังส่งข่าวสารข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของวงโคจรและค่าความสมบูรณ์ของระบบมาที่เครื่องรับจีพีเอส ซึ่งใช้ข่าวสารข้อมูลนี้ควบคู่กับข้อมูลตารางดาวเทียมในเครื่องรับ สำหรับการคำนวณตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียม



รูปที่ 2.7 แสดงตำแหน่งวงโคจรของดาวเทียม ณ เวลาต่างๆ

#### 2.4.1.5 การคลาดเคลื่อนของสัญญาณในชั้นบรรยากาศ

มีสาเหตุของความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะอีกสองสามประการที่กำจัดได้ยาก แม้ว่าใช้นาฬิกาอะตอมที่มีความเที่ยงตรงสูง และมีการปรับแก้เวลา แก๊ซข้อมูลของดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้ชัดที่สุด เกิดจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งเป็นชั้นของอนุภาคประจุไฟฟ้า อยู่สูงจากโลกระหว่าง 80-120 ไมล์ อนุภาคเหล่านี้มีผลต่อความเร็วของแสง และความเร็วของสัญญาณวิทยุจากดาวเทียมจีพีเอส ความจริงแสงเดินทางด้วยความเร็วคงที่เมื่ออยู่ในสุญญากาศ ซึ่งอยู่ในชั้นอวกาศที่สูงมาก แต่เมื่อแสงหรือสัญญาณวิทยุเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่น เช่น ชั้นที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุภาคประจุไฟฟ้าที่หนาหลายไมล์ย่อมทำให้ความเร็วลดลงบ้าง และการที่คลื่นวิทยุเดินทางช้าลงนี้จะทำให้ระยะที่ได้ไม่ถูกต้อง

มีสองวิธีที่จะใช้ลดความคลาดเคลื่อนของระยะทางจากการที่สัญญาณเดินทางช้า ทางที่หนึ่งเราต้องรู้ค่าความแปรเปลี่ยนเฉลี่ยรายวันตามสภาพบรรยากาศชั้นไอโอสเฟียร์ความหนาแน่นปานกลางจึงสามารถนำมาเป็นค่าแก้กับทุกค่าที่วัดได้ ซึ่งได้ความถูกต้องสูงขึ้น แต่สภาพอากาศตามความเป็นจริงจะไม่คงที่ตลอดเวลา ดังนั้น การนำค่าเฉลี่ยมาใช้จะไม่ถูกต้องทั้งหมด อีกทางหนึ่ง โดยการวัดความเร็วสัมพัทธ์ของสัญญาณสองแบบที่ส่งมาจากดาวเทียมพร้อมกัน เมื่อแสงผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์จะเดินทางช้าลงเป็นอัตราส่วนกลับกับความถี่ของสัญญาณยกกำลังสอง ถ้าความถี่ยิ่งต่ำการเดินทางจะยิ่งช้าลง วิธีนี้ใช้การเปรียบเทียบเวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสที่มีความถี่ต่างกันเดินทางถึงเครื่องรับก็จะได้ค่าเวลาที่คลื่นเดินทางช้าไป วิธีการแก้แบบนี้มักใช้กับเครื่องจีพีเอส ที่มีความละเอียดถูกต้องสูง ที่เรียกว่าเครื่องรับความถี่คู่ (Dual Frequency) จะช่วยขจัดค่าความคลาดเคลื่อนจากไอโอโนสเฟียร์ได้เป็นอย่างมาก หลังจากเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ซึ่งอยู่สูงกว่า ก็ถึงชั้นบรรยากาศโลกที่มีละอองไอน้ำในอากาศซึ่งมีผลต่อความเร็วของสัญญาณเช่นกัน ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนจึงเกิดขึ้นเช่นเดียวกับที่เกิดในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ แต่ค่าคลาดเคลื่อนดังกล่าวยังไม่มีการปรับแก้ได้ซึ่งรวมอยู่ในค่าความคลาดเคลื่อนรวมของการบอกตำแหน่งโดยเครื่องจีพีเอส เป็นระยะประมาณ 25 เมตรเท่านั้น

ยังมีสาเหตุอื่นที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้อีก ได้แก่ ความเที่ยงของนาฬิกาอะตอมในดาวเทียมที่ถูกต้องมากแล้ว ก็ยังมีความคลาดเคลื่อนได้เหมือนกัน ดีโอดีได้ติดตามความเที่ยงตรงของนาฬิกาอะตอมและทำการปรับแก้จากความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในความคลาดเคลื่อนรวมของเครื่องจีพีเอสเช่นเดียวกัน เครื่องรับที่ตั้งอยู่บนพื้นดินก็มีส่วนทำให้ผิดพลาดได้เช่นกัน บางครั้งเมื่อถูกรบกวนด้วยคลื่นวิทยุ อาจทำให้รหัสสุ่มเทียมมีลักษณะผิดเพี้ยนทำให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำงานไม่ถูกต้อง ความคลาดเคลื่อนอาจมีขนาดเล็กมากหรือขนาดใหญ่มากก็ได้ ค่าที่ใหญ่ก็สามารถรู้ได้ง่ายกว่าเพราะเห็นได้ชัด แต่ถ้ามีค่าเล็กน้อยก็เป็นการยากที่จะหาเจอ ความคลาดเคลื่อนแบบนี้มีผลทำให้การบอกตำแหน่งผิดไปประมาณ 0.5 – 1 เมตร

ความคลาดเคลื่อนอีกอย่างหนึ่งที่เกิดจากดาวเทียมและเครื่องรับก็คือความคลาดเคลื่อนจากจำนวนเส้นทางที่มีมากกว่า 1 เส้นทาง (Multipath Error) เกิดจากการที่สัญญาณที่ส่งจากดาวเทียมตกกระทบไปยังวัตถุอื่นแล้วจึงสะท้อนเข้าเครื่องรับสัญญาณส่วนนี้ไม่เป็นสัญญาณจากดาวเทียมมีผลต่อการรับเหมือนกับที่เกิดกับการรับสัญญาณทีวี เช่นเดียวกัน คือทำให้เกิดภาพพร่าซ้อนกันให้เห็นภาพบนจอ ในเครื่องรับจีพีเอสรุ่นใหม่ มีการใช้วิธีการประมวลผลที่ดีขึ้น และการใช้เสาอากาศที่ป้องกันสัญญาณซ้อนได้ แต่ในบางครั้งถ้าเกิดรุนแรงมาก ก็จะมีผลต่อการวัดตำแหน่งได้เหมือนกัน สาเหตุของการเกิดการคลาดเคลื่อนทั้งหมดเป็นผลทำให้การวัดตำแหน่งไม่แน่นอน แต่ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมดรวมกันแล้วก็จะยังมีไม่มาก ผลการใช้ระบบจีพีเอสบอกตำแหน่งได้ถูกต้องอยู่ในระยะไม่เกิน 25 เมตร และจะถูกต้องยิ่งขึ้นถ้าเครื่องรับคุณภาพดี เพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องที่ดีที่สุด เครื่องรับที่ดีจะใช้หลักการของวิชาเรขาคณิต ซึ่งเรียกว่าจีโดพ (Geometric Dilution of Precision: GdoP) เป็นค่าที่ชี้ให้เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถูกต้องของตำแหน่งที่เครื่องรับจีพีเอสแสดงให้เห็น โดยค่าตำแหน่งที่คำนวณได้มาจากการหาระยะจากดาวเทียมหลายดวง ลักษณะการประกอบรวมกลุ่มของดาวเทียมรูปเรขาคณิตหรือขนาดของมุมของดาวเทียมแต่ละดวงภายในกลุ่ม จะมีส่วนทำให้ความคลาดเคลื่อนเพิ่มหรือน้อยลงได้ สรุปได้ว่าถ้าจะให้ผลดีควรจะต้องเลือกวัดจากกลุ่มดาวเทียมที่มีมุมระหว่างดาวเทียมมีขนาดโต ด้วยเหตุนี้ในเครื่องรับจีพีเอสจะมีโปรแกรมให้วิเคราะห์ตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่บนท้องฟ้า และเลือกวัดจากชุดดาวเทียม 4 ดวง ที่มีค่าจีดอปที่ดีที่สุด ในเครื่องรับประเภทละเอียดก็จะเลือกวัดจากดาวเทียมที่เห็นในท้องฟ้าขณะนั้น โดยวิธีนี้จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากจีดอปเหลือน้อยที่สุด

#### 2.4.2 รหัสสุ่มเทียม (Pseudo Random Code)

ระบบนี้ช่วยให้ระบบจีพีเอส ทำงานได้ผลดีและราคาไม่แพง อาจจะกล่าวได้ว่า การใช้รหัสสุ่มเทียม จะทำให้ระบบจีพีเอส กลายเป็นเครื่องใช้ทั่วไปที่ทุกคนใช้ได้ เหตุผลที่สร้างรหัสสุ่มเทียมก็คือประหยัด รหัสสุ่มเทียม ช่วยให้เรารับสัญญาณที่อ่อนมากได้ ซึ่งหมายถึงในเครื่องจีพีเอส ไม่ต้องใช้ไฟมาก และมีวิธีการเพิ่มความแรงสัญญาณ เครื่องรับจึงใช้เสาอากาศขนาดเล็กได้ เพราะสัญญาณจีพีเอสมีข้อมูลน้อย ขณะที่ความถี่อื่นไม่ใช้วิธีการนี้ และต้องมีจานรับขนาดใหญ่ เช่นสัญญาณทีวีผ่านดาวเทียมที่มีข้อมูลมากและเป็นสัญญาณที่มีแถบกว้างสูงมาก

หลักการของรหัสสุ่มเทียม มีการทำงานในการเปรียบเทียบสัญญาณที่เหมือนกันหลาย ๆ รอบ ทำให้ช้าเมื่อเทียบกับแบบที่ต้องใช้สัญญาณทีวี ดังนั้นระบบจีพีเอส จึงนำมาใช้กับดาวเทียมทีวีไม่ได้ ยังมีเหตุผลอื่นอีกสองข้อของการใช้รหัสสุ่มเทียม ข้อหนึ่งคือในเวลาสงครามดีไอดี สามารถควบคุมไม่ให้ศัตรูใช้ระบบนี้ได้ ถึงแม้เวลาปกติดีไอดี ยังคงเป็นผู้ควบคุมระบบอยู่ดี

รหัสสุ่มเทียม มี 2 แบบ คือ รหัส ซี/เอ (C/A code) และ รหัส พี(P-code) ดังนั้น บางคนจึงคิดว่ารหัส ซี/เอ นี้ถูกต้องน้อยกว่า รหัส พี โดยรหัส พี เก็บไว้ใช้เฉพาะทางราชการทหาร ดีไอดียังสามารถลดความถูกต้องของรหัส ซี/เอ ได้โดยทำให้หน้าพิกัดดาวเทียมบอกละเวลาคลาดเคลื่อน ถ้าใครนำเวลานี้ไปใช้ก็จะได้ตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนมาก ประโยชน์อีกข้อของรหัสสุ่มเทียม คือ ดาวเทียมทุกดวงสามารถใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้ โดยไม่เกิดการรบกวนต่อกัน ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีรหัสสุ่มเทียมเป็นของตนเองตัว ดังนั้นเวลาเครื่องรับนำรหัสมาใช้ต้องให้ถูกตามหมายเลขดาวเทียมนั้นด้วย

ลักษณะรหัสต่างๆ ของรหัสสุ่มเทียม

รหัส พี (P-Code: Precision Code)

- เป็นคลื่นสองสถานะ( Binary Code -0,1) ความถี่ 10.23 เมกกะเฮิร์ต

- มีการมอดูเลท กับคลื่นพาหะ L1 และ L2

- จะมีการเข้ารหัส เป็นรหัสสวาย (Y- code) ในโหมดป้องกันสัญญาณ

คลาดเคลื่อน (Anti Spoofing mode)

- เครื่องรับจะต้องมีอุปกรณ์ในการถอดรหัสสวาย จึงจะสามารถเข้ารหัสได้

- จะใช้ในกิจการทางทหาร (Precision Positioning Service : PPS)

- ผู้ที่จะใช้ระบบคลื่นนี้จะต้องได้รับการอนุญาตจากรัฐบาลสหรัฐก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส ซี/เอ (C/A Code: Course / Acquisition Code)

- เป็นคลื่นสองสถานะ (Binary Code -0, 1) ความถี่ 1.023 เมกกะเฮิร์ต

- มีการมอดูเลท กับคลื่นพาหะ L1

- รูปแบบของคลื่น (Pattern ของ 0,1) มีการซ้ำทุก 1023 บิต

- รูปแบบของคลื่นจากดาวเทียมแต่ละดวงมีลักษณะเฉพาะตัว ไม่ซ้ำกัน – ใช้ ในกิจการ

ของพลเรือน ( Standard Positioning Service)

รหัสนำทาง (Navigation Code)

- เป็นคลื่นสองสถานะ (Binary Code -0, 1) ความถี่ 50 เฮิร์ต

- มีการมอดูเลท กับคลื่นพาหะ รหัส พี และ รหัส ซี/เอ

- มีข้อมูลวงโคจรของดาวเทียม (Ephemeris) การปรับแก้เวลา (Clock Correction) และข้อมูลอื่นๆ

ของระบบ

#### 2.4.3 การวัดด้วยวิธีอนุพันธ์ (Differential)

มีวิธีการทำให้การวัดตำแหน่งถูกต้องได้ยิ่งขึ้นอีกโดยการใช้วิธีที่เรียกว่า ดิฟเฟอเรนเชียล จีพีเอส (Differential GPS) มีความแม่นยำต่ำกว่า 1 เมตร และเป็นการนำเครื่องจีพีเอส ไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีกด้วย เช่นการสำรวจรังวัด ช่างสำรวจได้ใช้จีพีเอส มาเป็นเวลาหลายปีแล้วสำหรับการคำนวณหาตำแหน่งที่ถูกต้องเป็นเซนติเมตร การวัดให้ความละเอียดถูกต้องมากกว่านี้ จะต้องตั้งเครื่องเก็บข้อมูลจีพีเอส ที่สถานีเป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที จะต้องรู้ค่าจุดอ้างอิง (Reference Point) และใช้ซอฟต์แวร์คำนวณ การใช้ระบบจีพีเอสทำให้ทำงานสะดวกและประหยัด ช่างสำรวจคนเดียวสามารถทำงานที่ต้องใช้คนหลาย ๆ คน ได้ในเวลาเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการรังวัดแบบเดิม ไม่ต้องปีนเขาสูงที่เป็นที่ตั้งของหมุดในโครงข่ายสามเหลี่ยมเพื่อการส่งกล้องเล็งแนวให้ได้ระยะห่างไกล ๆ อีกต่อไป วิธีการรังวัดด้วยระบบจีพีเอส แบบใหม่ ที่เรียกว่าคิเนมาติกส์ (Kinematics) ซึ่งอยู่ในระหว่างการพัฒนา จะทำให้การทำงานเป็นแบบอัตโนมัติมากขึ้น ช่างสำรวจต้องทำเพียงเดินไปยังจุดที่ต้องการวัด แล้วกดปุ่มเท่านั้น เครื่องจีพีเอส ก็จะบันทึกตำแหน่งที่วัดที่แน่นอนได้

การรายงานผลความคลาดเคลื่อนของเครื่องที่จุดอ้างอิงถูกส่งไปยังเครื่องรับอื่นได้ 2 รูปแบบ คือการส่งด้วยวิธีผ่านวิทยุหรือระบบสื่อสาร ไปที่เครื่องรับ แล้วให้คอมพิวเตอร์ประมวลตามความคลาดเคลื่อนที่จุดอ้างอิง เครื่องนั้นก็จะคำนวณหาตำแหน่งที่ถูกต้องได้

อีกวิธีหนึ่งโดยการเปลี่ยนเครื่องที่จุดอ้างอิงให้เป็นเหมือนดาวเทียมที่ส่งสัญญาณออกได้แบบเดียวกับดาวเทียมโดยการใช้รหัสสุ่มเทียม แต่จะมีข้อมูลค่าแก้ไขในข่าวสารด้วย เครื่องรับที่จุดอื่นก็จะรับคลื่นจากดาวเทียมนี้ด้วยช่องรับสัญญาณที่วางอยู่ และนำไปแก้โดยวิธีเดียวกับที่ใช้แก้ค่าของอีพีเมอร์สที่รับได้จากดาวเทียมจริง ระบบนี้จะไม่มีข้อเสียในเรื่องสัญญาณรบกวน ซึ่งมีสภาวะการแผ่เช่นเดียวกับที่การรับสัญญาณจากดาวเทียมจริง

## 2.5 ความแม่นยำของระบบ

ความถูกต้องของตำแหน่งจะอยู่ที่ความถูกต้องในการวัดเวลา ( เพราะ เป็นตัวแปรอย่างเดียวในระบบ) ดังนั้นการวัดตรงนี้ต้องทำละเอียดมาก ถ้าลองเทียบจากรหัสสุ่มเทียม ที่ถูกสร้างด้วยบิตเรต 1.023 เมกกะบิตต่อวินาที คาบ 1 รอบ ก็จะประมาณ 1 ไมโครวินาที (1/1000000 วินาที) แม้เวลาจะน้อยนิดเดียว แต่ถ้าวัดผิดเพียง 1 รอบ ก็คลาดเคลื่อนไป 300 เมตร เครื่องรับจีพีเอสที่มีประสิทธิภาพสูงจะสามารถเปรียบเทียบรหัสได้ละเอียดระดับ 1-2% ของรอบ ทำให้ผิดพลาดไป แค่ 3-6 เมตร แต่ก็ยังไม่ดีพอสำหรับงานบางงาน เนื่องจาก สัญญาณจีพีเอส ไม่ได้มีเพียงรหัสสุ่มเทียมเท่านั้น ยังมีคลื่นพาห์ L1/L2 หากใช้คลื่นพาห์ เข้ามาช่วยในการวัดเวลาก็จะได้ผลที่แม่นยำขึ้นอีกมาก ตามทฤษฎีจะมีค่าความผิดพลาดเพียง 3-4 มิลลิเมตร เท่านั้น

การ วัดเวลาที่ถูกต้องนั้นเครื่องรับจะต้องมีนาฬิกาที่เดินตรงกับนาฬิกาบนดาวเทียมจีพีเอส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญ การใช้วิธีตามกฎ 3 เหลี่ยม (Triangulating) จะให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องเพียงจุดเดียว (จากสองจุดที่หามาได้) แล้วถ้าเวลาของเครื่องรับ เดินตรงกันกับนาฬิกาของดาวเทียม ผลของการหาจุดตัดจากดาวเทียมจีพีเอส มากกว่า 3 ดวงจะต้องได้เป็นจุดเดียวเสมอ ดังนั้นหากการวัดระยะจากดาวเทียมดวงที่ส่งผลให้ไม่ตัดกับจุดตัดดังกล่าว แสดงว่านาฬิกาของเครื่องรับ ไม่ตรงกับนาฬิกาของดาวเทียม แต่ก็จะสามารถซิงโครไนซ์ (Synchronize) เวลาของเครื่องรับใหม่ให้ตรงได้โดยการปรับนาฬิกาของเครื่องรับ จนกระทั่งได้จุดตัดเป็นจุดเดียวในทางปฏิบัติ สัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสมีข้อผิดพลาดอยู่บ้าง และเป็นตัวทำให้ผลลัพธ์ของตำแหน่งผิดไปด้วย

ความคลาดเคลื่อนอาจเกิดได้จาก

- สัญญาณจากดาวเทียมจะไม่ได้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วแสงจริงๆ แต่จะช้ากว่าแสงเล็กน้อย เนื่องจากต้องเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศของโลก
- บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) จะทำให้สัญญาณโคจรเบี่ยงจากไอออนที่มีอยู่หนาแน่น
- บรรยากาศชั้นโทรโปสเฟียร์ (Troposphere) ก็ทำให้สัญญาณโคจรเบี่ยงจากความกดดันและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงได้
- สัญญาณที่ได้รับอาจจะสะท้อนกับสิ่งก่อสร้างทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลายเส้นทาง (Mutipath Error) ซึ่งเกิดในลักษณะเดียวกับการเกิดภาพซ้อนเป็นเงาในที่วิ ทำให้ได้ค่าที่ไม่แน่นอน
- นาฬิกาอะตอมของดาวเทียมจีพีเอส เองก็มีโอกาสเดินไม่ตรงได้เหมือนกัน แม้ว่านาฬิกาอะตอมจะมีการปรับตั้งโดยสถานีควบคุมภาคพื้นดินแต่ บางครั้งอาจจะผิดไปเป็นนาทีเดียวเหมือนกัน เพราะสถานีควบคุมไม่สามารถตรวจสอบดาวเทียมได้ตลอดเวลา ซึ่งกรณีนี้มีหน่วยงานที่รับผิดชอบจะออกอีเมล แจ้งให้หน่วยงานที่เป็นสมาชิกทราบตลอดเวลาหลังการปรับแต่งแล้ว
- ตำแหน่งของดาวเทียมที่เครื่องรับเลือกจะสื่อสัญญาณก็มีความสำคัญด้วย เพราะถ้าหากดาวเทียมทำมุมที่ไม่เหมาะสม ก็จะทำให้การตัดกันของทรงกลมให้ผลที่ผิดพลาดมากกว่า

ค่าความคลาดเคลื่อนเหล่านี้จะลดลงได้โดยใช้หลักของสถิติในการคำนวณ ปกติระบบจีพีเอส จะไม่ได้วัดค่าเพียงครั้งเดียวเพื่อหาคำตอบ แต่จะวัดค่าซ้ำหลายสิบ หรือหลายร้อยครั้ง แล้วก็หาค่าทางสถิติ

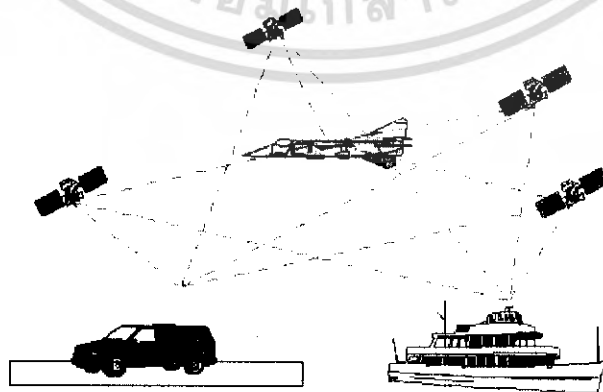
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ใกล้เคียงตำแหน่งจริงที่สุด แต่เนื่องจาก กระจกรวงกลาโหมสหรัฐฯ มีนโยบายที่บังคับให้ระบบจีพีเอส มีค่าคลาดเคลื่อน หรือที่ เรียกว่า "Selective Availability" (SA) เพื่อลดความถูกต้องของการระบุตำแหน่งของจีพีเอส เพื่อไม่ให้ฝ่ายตรงข้ามสามารถใช้ประโยชน์จากจีพีเอส โดยดาวเทียมจีพีเอส ทุกดวงจะสร้างสัญญาณรบกวนเข้าไปทำให้ความถูกต้องของสัญญาณที่ส่งออกมาตามปกติลดลง ผลก็คือการคำนวณตำแหน่งจะมีความผิดพลาดไปประมาณ 30 เมตรต่อดาวเทียม 1 ดวง นอกจากนี้ดาวเทียมยังอาจจะถูกสั่งให้เคลื่อนที่ออกนอกวงโคจรเพื่อเพิ่มข้อผิดพลาดให้เกิดขึ้นด้วย

## 2.6 การประยุกต์ใช้งานระบบจีพีเอส

ด้วยความสามารถของระบบจีพีเอสทำให้เราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย ได้แก่

1. การนำร่องจากที่หนึ่งไปที่อื่นๆตามต้องการ
2. การติดตามการเคลื่อนที่ของคนและสิ่งของต่างๆ
3. การคมนาคมในอวกาศ (Space navigation)
4. ด้านการขนส่งทางน้ำและทางทะเล (Maritime)
5. การจราจรและการขนส่ง (Intelligent Transport Systems: ITS) ในการแก้ปัญหาจราจร การปรับปรุงความปลอดภัย การเพิ่มประสิทธิภาพระบบคมนาคมขนส่ง และการใช้ระบบการประกันรถยนต์ (L-Commerce)
6. การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างทางวิศวกรรมหรือเปลือกโลก
7. การใช้อ้างอิงการวัดเวลาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลก
8. การออกแบบเครือข่าย จำนวนตำแหน่งที่ตั้งด้านโทรคมนาคมและด้านพลังงาน เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบน้ำมัน
9. ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การติดตามตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยด้านสิ่งแวดล้อม
10. Mobile Telecommunications
11. การเชื่อมโยงกับระบบการสื่อสาร(Position and Telecommunication)
12. การสำรวจรังวัดและการทำสร้างแผนที่ (Mapping)



รูปที่ 2.8 แสดงการนำทาง ทางบก ทางอากาศ และทางน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.7 โพรโตคอลเอ็นเอ็มอีเอ-0183 (NMEA-0183)**

NMEA ย่อมาจาก National Marine Electronics Association ซึ่งเป็นองค์กรที่กำหนดโปรโตคอลสำหรับการสื่อสาร สำหรับอุปกรณ์ในระบบจีพีเอส ปัจจุบันเอ็นเอ็มอีเอเวอร์ชัน 2.2 ซึ่งเป็นมาตรฐานถูกประกาศใช้มาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1997 เป็นเวอร์ชันที่ใหม่สุดและในปัจจุบันอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสส่วนใหญ่สามารถรองรับได้

มาตรฐานที่เอาท์พุทจะเป็นแบบอีไอเอ-422 (EIA-422) และมีสายสัญญาณ 2 เส้นคือเอ และบี โวลต์เตจบนเส้นเอจะเป็นเหมือนกับสายทีทีแอลเคล็ดวแบบเดิม ขณะที่บี โวลต์เตจจะกลับทางกันกับเอ เช่น เอเป็น +5 บีจะเป็นกราวด์ ในการใช้งานจะใช้สายเพียงสายเดียว คือสายเอในอีไอเอ-422 และสามารถนำไปใช้ร่วมงานกับอาร์เอส-232 ได้โดยอัตราการส่งข้อมูลเป็น 4800 บิตต่อวินาที, 8 คาต่าบิต, ไม่มีพาริตีบิต แต่มีหนึ่งสตอปบิต และประโยคของเอ็นเอ็มอีเอ-0183 จะเป็นแอสกีทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วย “\$” และจบลงด้วยแครีเรียร์เทอร์นและไลน์ฟีด “<CR><LF>” และข้อมูลจะถูกแบ่งขึ้นด้วย “,” เครื่องรับจีพีเอสบางตัวไม่ส่งฟิลด์ข้อมูลเช็คซัม (ถูกเพิ่มเข้าไปในบางกรณี)

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ (Field) ไม่สามารถหาได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไปแต่คอมม่าที่ทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูลเครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ของข้อมูลที่ต้องการโดยการนับเครื่องหมายคอมม่า เช็คซัมที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่มีประกอบด้วย “\*” และ 2 บิตของเลขฐาน 16 แทนการเอกซ์คูซีฟออร์ของตัวอักษรทั้งหมดแต่ไม่รวม “\$” และ “\*” ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยค ในมาตรฐานจะอนุญาตแต่ละผู้ผลิตในการนิยามรูปแบบประโยค ประโยคเหล่านี้เริ่มต้นด้วย “\$GP” และตัวอักษรสามตัว ที่ตามมาเป็นไอดีที่ถูกกำหนดมาจากโรงงานตามด้วยข้อมูลซึ่งเป็นไปตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

**2.7.1 ข้อความเอ็นเอ็มอีเอ (NMEA Message)**

ข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอคือข้อมูลที่ส่งออกมาจากโมดูลรับสัญญาณจีพีเอสข้อมูลในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอสามารถแบ่งได้เป็นเรคคอร์ด (Record) หรือฟิลด์ย่อย โดยในแต่ละเรคคอร์ดจะประกอบด้วยอักขระแอสกีซึ่งมีความยาวรวมไม่เกิน 80 ตัวอักษร เรคคอร์ดข้อมูลในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอแต่ละเวอร์ชันอาจมีอยู่เล็กน้อยแตกต่างกัน แต่เรคคอร์ดที่มักใช้กันเป็นหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอจะมีอยู่ 6 เรคคอร์ดดังตารางที่ 2.1

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

ตารางที่ 2.1 เรคคอร์ดหลักๆ ใน NMEA message ที่มักถูกนำมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัด **62474** และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7.2 รายละเอียดของแต่ละเรคคอร์ด

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

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด, ลองจิจูด, เวลา, จำนวนดาวเทียมที่ใช้คำนวณพิกัด (Satellites used) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (MSL Altitude) โดยตัวอย่างของเรคคอร์ด จีจีเอ (GGA) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

```
$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M,0.0,0000*18<CR><LF>
```

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

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

ตารางที่ 2.2 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดจีจีเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด, ลองจิจูด, ทิศทาง, เวลา, และสถานะในการรับสัญญาณ (Status) โดยตัวอย่างของเรคคอร์ดจีแอลแอล (GLL) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมาจะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

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

ตารางที่ 2.3 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดจีแอลแอล

### 2.7.2.3 GSA (GNSS DOP and Active Satellites)

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงตำแหน่งพิกัด ละติจูด, ลองจิจูด, ทิศทาง, เวลา, และสถานะในการรับสัญญาณ โดยตัวอย่างของเรคคอร์ดจีเอสเอ (GSA) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมาจะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGSA		GSA protocol header
Mode 1	A		
Mode 2	3		
Satellite Used	07		Sv on Channel 1
Satellite Used	02		Sv on Channel 2
...			...
Satellite Used			Sv on Channel 12
PDOP	1.8		Position Dilution of Precision

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

ตารางที่ 2.4 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดจีเอสเอ

#### 2.7.2.4 GSV (GNSS Satellites in View)

เรคคอร์ดนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าทางเทคนิคต่างๆ ที่ได้รับจากดาวเทียมจีพีเอสที่โมดูลรับสัญญาณได้โดยตัวอย่างของเรคคอร์ดจีเอสวี (GSV) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

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

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGSV		GSV protocol header
Number of Messages	2		Range 1 to 3
Messages Number	1		Range 1 to 3
Satellites in View	07		
Satellite ID	07		Channel 1(Range 1 to 32)
Elevation	79	Degrees	Channel 1(Maximum 90)
Azimuth	048	Degrees	Channel 1(True, Range 0 to 359)
SNR (C/No)	42	dBHz	Range 0 to 99, null when not tracking
...			...
Satellite ID	27		Channel 4(Range 1 to 32)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ตารางที่ 2.5 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดจีเอสวี

#### 2.7.2.5 RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data)

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงค่าวันที่และเวลา, สถานะในการรับสัญญาณ, ตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด, ทิศทาง, และความเร็ว โดยตัวอย่างของเรคคอร์ดอาร์เอ็มซี (RMC) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

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

ตารางที่ 2.6 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดอาร์เอ็มซี

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

เรคคอร์ดนี้ประกอบด้วยข้อมูลซึ่งใช้บอกถึงทิศทางและความเร็ว โดยตัวอย่างของเรคคอร์ดวีทีจี (VTG) ที่โมดูลรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมา จะมีโครงสร้างเป็นดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ตารางที่ 2.7 ความหมายของข้อมูลที่อยู่ในเรคคอร์ดวีทีจี

จากรายละเอียดของแต่ละเรคคอร์ดภายในข้อมูลเอ็นเอ็มอีที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าแต่ละเรคคอร์ดต่างก็มีประโยชน์ใช้สอยเฉพาะตัวที่แตกต่างกันซึ่งเราสามารถหิบบมาใช้งานได้ตามความเหมาะสม เมื่อต้องการนำข้อมูลใดมาใช้งานก็จะต้องเลือกระคอร์ดที่เหมาะสมซึ่งมีข้อมูลนั้น ๆ อยู่ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ต้องการทราบความเร็วในการเคลื่อนที่ก็จะต้องเลือกอ่านเรคคอร์ดอาร์เอ็มซี หรือวีทีจี เป็นต้น ในที่นี้ได้ทำการสรุปและจัดหมวดหมู่คุณสมบัติของแต่ละเรคคอร์ดไว้ดังตารางที่ 2.8 เพื่อเป็นการสรุปความและเพื่อให้สามารถหิบบมาใช้สอยได้โดยง่าย

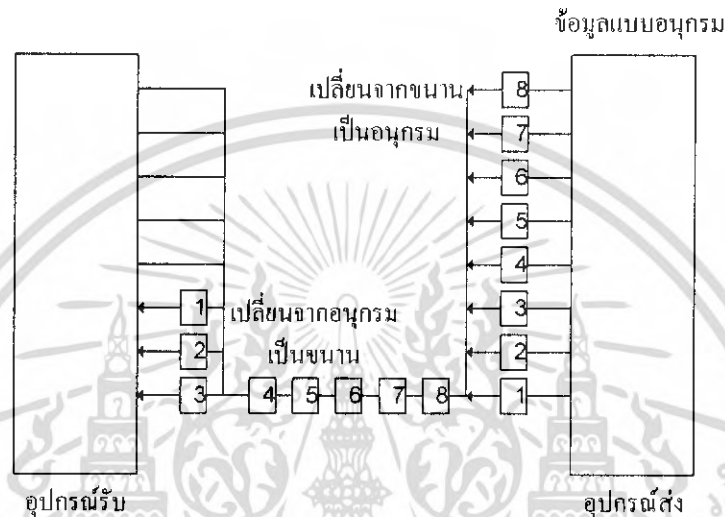
กลุ่มข้อมูลที่ต้องการ	เรคคอร์ดที่เก็บข้อมูลที่ต้องการไว้
การระบุพิกัดตำแหน่ง	\$GPGLL, \$GPRMC
ความเร็ว	\$GPRMC, \$GPVTG
วัน, เวลา	\$GPRMC, \$GPGLL
ระดับแนวระนาบ, ความสูง	\$GPGSA, \$GPGLL
ข้อมูลของดาวเทียม	\$GPGSV
สถานะของตัวรับ	\$GPGGA, \$GPGSA
การแก้ไขในเรื่อง DGPS	\$GPGLL

ตารางที่ 2.8 ตารางสรุปคุณสมบัติของ 6 เรคคอร์ดหลักในข้อมูลเอ็นเอ็มอีเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Transmission)

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission) และการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission) จะมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งก็คือ คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูลและกราวด์



รูปที่ 2.9 แสดงการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

### 2.8.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ การรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วย เหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (Baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per secone : bps) ซึ่งเมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่ง ขาดตา จะมีสถานะลอจิก "1" ซึ่งเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต ซึ่งจะเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่ส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5 , 6 , 7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นจะตามด้วยบิตพาริตี (Parity) ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือบิตปิดท้าย ซึ่งจะใช้ขาดามีสถานะลอจิก 1 อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต , 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver / Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ ค่าบอดเรต ซึ่งก็คือค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูล บอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม อาร์เอส-232 (RS-232) ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400 ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4800, 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 11520 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรตคือจำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที

การตรวจสอบพาริตีสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (Odd) แบบคู่ (Even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตีก็ได้ การตรวจสอบพาริตีเป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิก "1" ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตีเข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่ทำการส่งมีขนาด 8 บิต และมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 10011001 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก "1" จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตีเป็นคู่ ค่าบิตพาริตีจะต้องเป็น "1" เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตีมีจำนวนบิตที่เป็นลอจิก "1" มีจำนวนรวมกันเป็นเลขคี่ ในตาราง 2.7.1 แสดงตัวอย่างของบิตพาริตีในการรับและส่งข้อมูลอนุกรม

ข้อมูล	บิตพาริตีคู่	บิตพาริตีคี่
00000000	0	1
00000001	1	0
00000010	1	0
00000011	0	1
00000100	1	0
111110	0	1
11111110	1	1

ตารางที่ 2.9 แสดงบิตพาริตีของข้อมูล

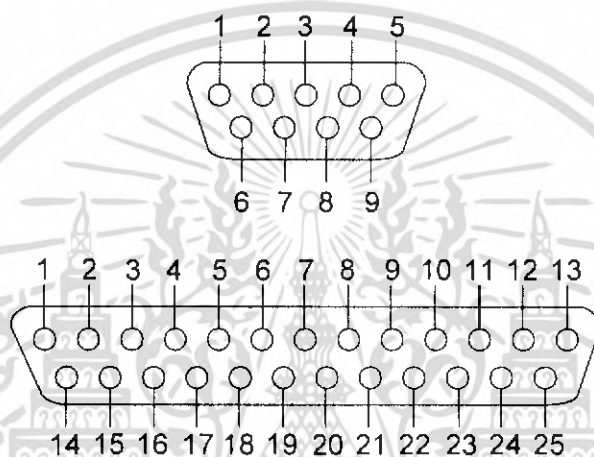
### 2.8.2 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบอาร์เอส-232 (RS-232)

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม อาร์เอส-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน อาร์เอส-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้ สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า อีไอเอ อาร์เอส-232 (EIA RS-232) มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็คเตอร์เป็นแบบดีบี-25 (DB-25) โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -12 โวลต์ แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +12 โวลต์ แสดงว่าเป็นช่องว่าง

มาตรฐานอาร์เอส-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูลดีทีอี (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทางดีซีอี (Data Circuit Terminating : DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ดีทีอีจะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ดีซีอี จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งมาจากคิตีที่อื่นนั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐานอาร์เอส-232 ข้อแตกต่างของอุปกรณ์คิตีที่อื่น และอุปกรณ์คิตีที่อื่น อย่างหนึ่งที่เราเห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ ของคิตีที่อื่น จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของคิตีที่อื่นจะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบคิตีที่อื่น ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่ไม่เต็มจะเป็นแบบคิตีที่อื่น

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรมอาร์เอส-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็ม โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอาร์เอส-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบดีบี-25 (DB-25) ตัวผู้ หรือดีบี-9 (DB-9) ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบดีบี-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบดีบี-9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยใช้งานในอดีตปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงดังภาพที่ 2.7.2

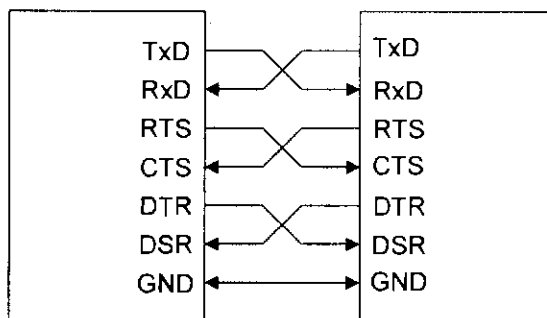


รูปที่ 2.10 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขา หรือแบบดีบี-9 กับคอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขา หรือดีบี-25

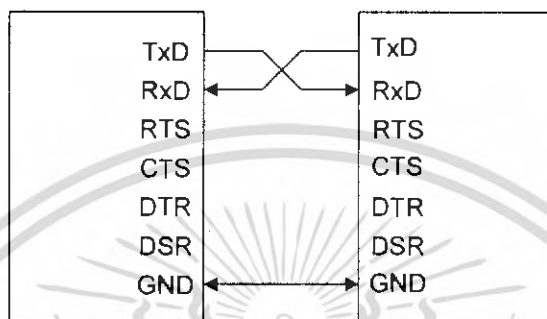
คอนเน็กเตอร์ดีบี-9	คอนเน็กเตอร์ดีบี-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TxD	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Sent : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

ตารางที่ 2.10 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรม ทั้งแบบดีบี-9 และดีบี-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(1) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ นัล โมเด็ม (Null Modem)



(2) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบอาร์เอส-232 โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น  
รูปที่ 2.11 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่าง ๆ

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังในภาพที่ 2.11 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล ในรูปที่ 2.11 (1) เป็นการเชื่อมต่อแบบ นัล โมเด็ม (Null Modem) หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในภาพที่ 2.11 (2) เป็นการเชื่อมต่อแบบอาร์เอส-232 ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม อาร์เอส-232 มีดังนี้

- Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห้จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก
- Receive Data : RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์
- Transmitted Data : TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป
- Data Terminal Ready : DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Signal Ground : GND ขากราวค้ำของระบบ
- Data Set Ready : DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR
- Request To Sent : RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null model 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- Clear To Sent : CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่
- Ring Indicator : RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับ โมเด็มและ โปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

### 2.8.3 Asynchronous Receiver Transmitter: UART

UART มาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนมายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรสร้างบอดเรตแบบโปรแกรมได้ (Programmable buadrate generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1 – 65,535 UART สามารถรับส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์นั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน

ชนิดของ UART ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมี UART ที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์ คือ 8250 ซึ่งเป็น UART มาตรฐานที่มีใช้กันมานาน UART เบอร์นี้จะมีพฟอ์สำหรับรับและส่งข้อมูลตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่ UART เบอร์นี้ถือว่าเป็นต้นแบบของ UART ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทุกๆ รุ่นจะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของ UART เบอร์นี้ UART อีกเบอร์หนึ่งคือ 16450 มีความสามารถรับส่งข้อมูลได้มีความเร็ว 115,200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนชิพรีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สแตนด์บาย FIFO (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้ โดยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันใช้ UART เบอร์นี้หรือใหม่กว่า เช่น เบอร์ TL16C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์แบบ FIFO ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5 และ +3 โวลต์ มีโหมดประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 1 เมกกะบิตต่อวินาทีเมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 เมกกะเฮิร์ต อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการส่งข้อมูลที่มาจกมายของ UART เบอร์ใหม่ ๆ ก็ไม่ได้ช่วยให้การรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์เร็วขึ้น เนื่องจากว่าคอมพิวเตอร์ยังใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในการแปลงข้อมูลเพียง 1.8432 เมกกะเฮิร์ต เท่านั้น

วงจรรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรมอาร์เอส-232 เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถต่อพอร์ตอนุกรมอาร์เอส-232 สูงสุดได้ 4 พอร์ต ซึ่งมีชื่อเรียกเป็น COM1, COM2, COM3 และ COM4 ซึ่งพอร์ตอนุกรมแต่ละตัวต่างก็ใช้งาน UART ภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 GPRS (General Packet Radio Service)

การนำเทคโนโลยี GPRS (General packet radio service) มาใช้กับเครือข่าย GSM จะทำให้ระบบปฏิบัติการเครือข่ายสามารถเชื่อมโยงเครือข่าย GSM ของตนเองกับเครือข่าย IP ภายนอกได้ เช่น เครือข่ายอินเทอร์เน็ตและอินทราเน็ต ขององค์กรต่างๆ ทำให้สามารถให้บริการอินเทอร์เน็ตผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ผู้ใช้บริการสามารถเชื่อมต่อไปยังเครือข่ายภายนอกและทำการส่งข้อมูลได้สูงถึงระดับอัตราความเร็ว 171.2 kbit/s การใช้ทรัพยากรของเครือข่ายจะใช้ตามความจำเป็นที่ต้องใช้งานเท่านั้น ดังนั้นวิธีการคิดค่าใช้บริการก็จะคิดตามปริมาณการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย แทนที่จะคิดตามช่วงเวลาของการเชื่อมต่อวงจร การเพิ่มเติมระบบ GPRS สามารถทำได้อย่างรวดเร็วด้วยการลงทุนที่ต่ำเพียงแต่เพิ่มโหนดใหม่อีก 2 โหนด เข้าไปยังเครือข่าย GSM ส่วนอื่นๆ ที่เหลือของเครือข่ายเพียงแต่ทำการอัปเดตซอฟต์แวร์เท่านั้น ยกเว้นแต่ BSC เท่านั้นที่ต้องการฮาร์ดแวร์ใหม่ด้วย

GPRS เป็นมาตรฐานของทาง ETSI (European Telecommunications Standards Institute) ที่กำหนดในเรื่องของการส่งข้อมูลในแบบแพ็คเกจ ในระบบ GSM นอกจากนี้ GPRS ยังได้รับการยอมรับจากทาง TIA (Telecommunications Industry Association) ให้เป็นมาตรฐานของการส่งข้อมูลแบบแพ็คเกจสำหรับระบบ TDMA/136 อีกด้วย การเพิ่มฟังก์ชัน GPRS ให้กับเครือข่าย PLMN (public land mobile network) จะทำให้ผู้ใช้บริการ โทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถติดต่อสื่อสารไปยังเครือข่าย IP ภายนอกได้ โดยมีการใช้ทรัพยากรของเครือข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ

GPRS จะให้บริการส่งข้อมูลผ่าน air interface ได้สูงถึงระดับอัตราเร็ว 171.2 kbit/s ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องโมบายล์เทอร์มินอลและระดับของสัญญาณที่แพร่กระจายที่เกิดขึ้น ซึ่งกว่านั้น เทคโนโลยี GPRS ยังทำให้ผู้ใช้บริการจำนวนหลายคน สามารถใช้ร่วมกันได้ และยังทำให้ระบบปฏิบัติการเครือข่ายสามารถคิดค่าใช้บริการตามปริมาณข้อมูลที่มีการส่งแทนที่คิดตามช่วงเวลาที่มีการเชื่อมต่อวงจรใช้งานอยู่ ในช่วงระยะเริ่มต้นนั้น GPRS จะใช้การมอดูเลตแบบเดียวกับ GSM (คือ GMSK) การพัฒนาเปลี่ยนแปลงที่ตามมาภายหลังของ GPRS ในระบบ GSM ได้นำไปสู่เทคโนโลยีใหม่ อีกอย่างหนึ่งที่ชื่อว่า EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)

GPRS จะต้องการโหนดใหม่เพิ่มเติมอีก 2 โหนด สำหรับการจัดการกับกราฟฟิก แบบแพ็คเกจ ซึ่งประกอบด้วย Serving GPRS support node (SGSN) และ Gateway GPRS support node (GGSN) โหนดเหล่านี้จะทำงานร่วมกับ HLR (home location register) MSC/VLR (mobile switching center / visitor location register) และ BSS (base station subsystem)

GGSN จะเชื่อมต่อระหว่าง PLMN กับเครือข่ายแพ็คเกจข้อมูลภายนอก GGSN จะเชื่อมโยงกับ SGSN ผ่านทาง IP backbone ข้อมูลที่รับ-ส่งระหว่างเครื่องโมบายล์เทอร์มินอลกับอินเทอร์เน็ตจะวิ่งผ่าน IP backbone นี้

SGSN จะเชื่อมโยงกับ BSS และอยู่ในระดับชั้นของเครือข่ายในระดับเดียวกับ MSC/VLR โดย SGSN จะมีหน้าที่คอยติดตามตำแหน่งพื้นที่หรือช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการ GPRS, ทำฟังก์ชันการรักษาความปลอดภัย และคอยจัดการควบคุมการติดต่อเข้าใช้บริการ ฟังก์ชันของ SGSN ที่รองรับบริการการ

รับส่งข้อมูลแบบแพ็คเกจจะเป็นแบบเดียวกับฟังก์ชันของ MSC/VLR ที่รองรับบริการCircuit-switched service

มาตรฐาน GPRS ได้กำหนดเครื่อง โมบายล์เทอร์มินอลไว้ 3 แบบคือ

- เทอร์มินอล Class A จะรองรับทราฟฟิกแบบCircuit-switched หรือแบบ Packet-switched พร้อมกัน

- เทอร์มินอล Class B จะรองรับทราฟฟิกแบบ Circuit-switched หรือแบบ Packet-switched ใดอย่างหนึ่ง (แต่จะมีการเกี่ยวพันไปยังเครือข่ายสำหรับบริการทั้ง 2 แบบพร้อมกัน)

- เทอร์มินอล Class C จะรองรับทราฟฟิกแบบ Circuit-switched หรือแบบ Packet switched ใดอย่างหนึ่ง (โดยจะมีการเกี่ยวพันไปยังเครือข่ายสำหรับบริการอย่างใดอย่างหนึ่ง)

ประเภทของเครื่องเทอร์มินอลยังสามารถถูกแยกประเภทตามความสามารถของการจัดการในหลายๆช่องทาง เนื่องจากเทอร์มินอลทั้ง Class A และ Class B จะรองรับบริการทั้ง Circuit switched และ Packet-switched ดังนั้นเครือข่ายอาจจะทำการรวมฟังก์ชันการจัดการเกี่ยวกับเครื่อง โมบายล์ของทั้ง 2 บริการเข้าด้วยกันได้ ตัวอย่างเช่น การอัปเดตตำแหน่งพื้นที่อาจจะทำการรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทั้ง 2 บริการเข้าด้วยกัน

การที่จะให้สามารถรองรับการมัลติเพล็กซ์ทราฟฟิกของแพ็คเกจข้อมูลของเครื่อง โมบายล์เทอร์มินอลได้นั้น จะมีการกำหนดใช้ช่องสัญญาณ Packet data channel (PDCH) ขึ้นมาสำหรับการ Air interface ช่องสัญญาณ PDCH หนึ่งช่องจะถูกแมพไปยัง Single time slot ดังนั้นจึงมีการใช้โครงสร้างทางกายภาพของช่องสัญญาณเป็นแบบเดียวกับของ GSM ที่เป็นแบบ Circuit-switched วิธีการเข้ารหัสช่องสัญญาณที่แตกต่างกัน 4 วิธี ได้ถูกกำหนดขึ้นมาให้ใช้กับ GPRS เพื่อใช้กับสภาพแวดล้อมของคลื่นวิทยุที่แตกต่างตามความเหมาะสม

Radio resources ทั้งหมดจะถูกบริหารจัดการโดย BSC ซึ่งโครงสร้างทางกายภาพของช่องสัญญาณทั้งหมดของเซลล์หนึ่งที่ถูกรวมไว้ สามารถถูกนำมาใช้เป็น Circuit-switched channel หรือ อาจจะเป็น Packet data channel ก็ได้ วิธีการมัลติเพล็กซ์แพ็คเกจจะช่วยให้ช่องสัญญาณ PDCH ทั้งหมดในเซลล์ถูกนำมาแบ่งใช้ร่วมกันระหว่างผู้ใช้บริการ GPRS ทั้งหมดที่มีอยู่ในเซลล์ จำนวนของช่อง PDCH ในเซลล์หนึ่งอาจกำหนดแน่นอนตายตัวหรือถูกกำหนดตามความต้องการของปริมาณกราฟฟิกที่แกว่งตัวได้ ดังนั้นช่องสัญญาณพื้นฐานที่ยังไม่ถูกใช้โดย Circuit-switch service ก็สามารถที่จะนำมาใช้กับทราฟฟิก GPRS ได้

การส่งแพ็คเกจข้อมูลให้กับผู้ใช้บริการรายหนึ่งอาจใช้มากกว่า 1 ไทม์สล็อตก็ได้ การจัดสรรทรัพยากรสำหรับการอัปเดตและดาวน์โหลด จะถูกจัดสรรแยกจากกันซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการส่งข้อมูลแพ็คเกจในลักษณะที่ไม่สมมาตรกันใน 2 ทิศทาง

### 2.9.1 การส่งข้อมูลแบบ Packet-switched ทาง air interface

แพ็คเกจข้อมูลของผู้ใช้บริการจะถูกจัดแบ่งออกเป็นบล็อกความถี่วิทยุ (Radio block) แต่ละบล็อกความถี่วิทยุ จะถูกนำมาจัดวางบนสัญญาณเบสิคมาตรฐานของ GSM เมื่อเกิดความผิดพลาดขึ้นก็จะมีกรเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

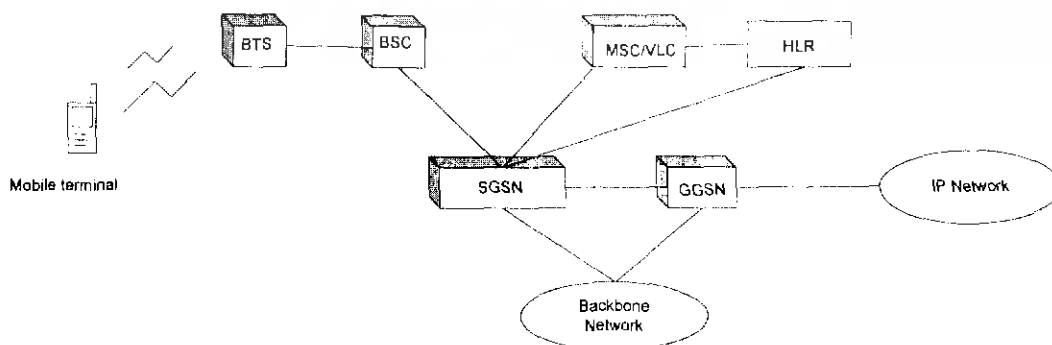
จัดส่งข้อมูลใหม่ในระดับบล็อกความถี่วิทยุ เซตของสัญญาณเบิร์ตที่เป็นผลมาจากแพ็คเกจข้อมูลของผู้ใช้บริการรายเดียวกันจะถูกมาร์กด้วย temporary flow identifier (TFI) ซึ่งทางฝั่งด้านรับ จะนำมาใช้เพื่อจัดรวบรวมข้อมูลกลับมาเป็นแพ็คเกจตามเดิม

Logical channel ที่ถูกกำหนดสำหรับกราฟิก GPRS ประกอบด้วยช่องสัญญาณควบคุมและช่องสัญญาณรับส่งแพ็คเกจข้อมูล โดยช่องสัญญาณพื้นฐานที่ถูกจัดสรรสำหรับกราฟิก GPRS จะถูกเรียกว่าช่องสัญญาณแพ็คเกจข้อมูล (PDCH) เครื่องโมบายล์เทอร์มินอลจำนวนหลายเครื่องจะเข้าใช้จุดร่วมของช่องสัญญาณแพ็คเกจข้อมูลที่อยู่ในเซตเดียวกันร่วมกัน การติดต่อใช้งานของเครื่องโมบายล์เครื่องหนึ่งอาจจะเข้าใช้ PDCH หลายช่องพร้อมกันก็ได้ นั่นก็คือแพ็คเกจข้อมูลของผู้ใช้บริการรายหนึ่งจะถูกกระจายส่งทางช่องสัญญาณแพ็คเกจข้อมูลจำนวนหลายช่อง และถูกรวบรวมกลับมาที่ฝั่งด้านรับโดยดูจากค่า TFI ที่เหมือนกัน

ฝั่งทางด้านเครือข่ายจะทำหน้าที่ควบคุมการจัดสรร การใช้ทรัพยากรของเครือข่าย เมื่อต้องการส่งแพ็คเกจในทิศทางอัปลิงค์ (จากเครื่องโมบายล์ส่งไปยังเครือข่าย) เครื่องโมบายล์เทอร์มินอลจะส่งคำร้องไปยังเครือข่ายเพื่อแสดงถึงความต้องการใช้ทรัพยากรของเครือข่าย เครือข่ายจะแจ้งเครื่องเทอร์มินอลให้ทราบถึงช่อง PDCH ที่จะใช้งานและจะส่งสัญญาณ เริ่มต้นเพื่อบอกเครื่องเทอร์มินอลให้เริ่มต้นส่งข้อมูลได้ ส่วนการส่งแพ็คเกจในทิศทางดาวน์ลิงค์นั้น เครือข่ายจะส่งข้อความข่าวสารไปยังเครื่องโมบายล์เทอร์มินอลเพื่อแจ้งถึงช่อง PDCH ที่จะใช้งานและค่า TFI ที่กำหนดไว้ให้ เครื่องโมบายล์เทอร์มินอลจะคอยตรวจตราช่อง PDCH ที่ดาวน์โหลดลงมาและรับเอาเฉพาะแพ็คเกจของตนเองตามค่า TFI ที่กำหนดมา

## 2.9.2 ความเกี่ยวพันของ GPRS

กระบวนการ GPRS attach และ PDP context activation จะต้องถูกดำเนินการก่อนเพื่อให้ผู้ใช้บริการ GPRS สามารถเชื่อมต่อช่องสัญญาณไปยังเครือข่ายแพ็คเกจข้อมูลภายนอกได้ เครื่องโมบายล์เทอร์มินอล จะทำให้เครือข่ายรู้จักตัวมันเองได้ ก็โดยกระบวนการของ GPRS attach กระบวนการนี้จะเหมือนกับกระบวนการของ IMSI attach ที่นำมาใช้กับกราฟิกแบบ Circuit-switched ทั้งนี้ที่เครื่องเทอร์มินอลถูก Attach ไปยังเครือข่าย เครือข่ายก็จะรู้ตำแหน่งและความสามารถของตัวเครื่องเทอร์มินอล ถ้าเครื่องเทอร์มินอลเป็นแบบ Class A หรือ Class B กระบวนการ IMSI attach ของการเชื่อมต่อแบบ Circuit-switched ก็สามารถถูกดำเนินการที่เวลาเดียวกันได้ ดังแสดงในรูป และมีลำดับขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 2.12 แสดงกระบวนการ IMSI attach ของการเชื่อมต่อแบบ Circuit-switched

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องเทอร์มินอลจะทำการแจ้งคำร้องเพื่อที่จะ Attach ไปยังเครือข่ายการแจ้งสัญญาณคำร้องของเครื่องเทอร์มินอลจะถูกส่งไปยัง SGSN และจะแสดงให้เห็นถึงความสามารถทางด้าน Multislot อัลกอริทึมของการเข้ารหัสที่สามารถรองรับได้ ความสามารถของการ Attach ไปยังบริการ Packet-switched service หรือ Circuit-switched service หรือทั้ง 2 บริการพร้อมกัน

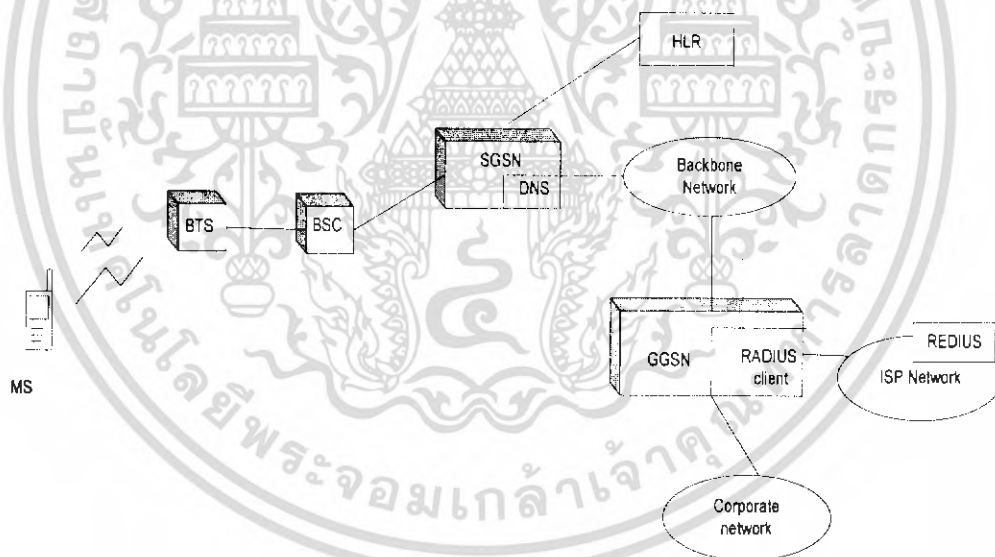
2. กระบวนการตรวจสอบรองรับตัวผู้ให้บริการ (Authentication) จะถูกดำเนินการระหว่างเครื่องเทอร์มินอลและ HLR

3. ข้อมูลของผู้ให้บริการ จาก HLR จะถูกส่งไปยัง SGSN และ MSC/VLR

4. SGSN จะแจ้งเครื่องเทอร์มินอลว่าได้ถูก attach ไปยังเครือข่ายแล้ว

### 2.9.3 PDP context activation

ก่อนที่เครื่องโมบายล์เทอร์มินอลจะสามารถติดต่อสื่อสารกับเครือข่ายเพื่อเกิดข้อมูลภายนอกได้ นั้น จะต้องดำเนินการแอกทีฟโปรโตคอลแพ็คเกจข้อมูล (Packet data protocol (PDP context) เสียก่อนโดย PDP context จะบอกถึงคุณสมบัติของการเชื่อมต่อไปยังเครือข่ายเพื่อเกิดข้อมูลภายนอก เช่น ประเภทของเครือข่าย, แอดเดรสเครือข่าย, Access point name (APN), QoS, ความจุช่องสัญญาณวิทยุ และอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 และมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 2.13 แสดงการแอกทีฟ PDP context

1. เครื่องโมบายล์เทอร์มินอล จะทำการแจ้งสัญญาณคำร้องเพื่อแอกทีฟ PDP context
2. SGSN จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของการแจ้งสัญญาณคำร้อง จากข้อมูลที่สมัครใช้บริการ ซึ่งได้รับจาก HLR ในช่วงระหว่าง GPRS attach
3. APN จะถูกส่งไปยัง Domain name server (DNS) ที่อยู่ใน SGSN เพื่อที่จะหาดำแหน่ง IP ของ GGSN ที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Logical connection จะถูกสร้างขึ้นระหว่าง SGSN และ GGSN (GTP tunnel)
  5. GGSN จะทำการกำหนดตำแหน่งทางไดนามิกของ IP ให้กับเครื่องโมบายล์เทอร์มินอล
- หลังจากนี้การสื่อสารระหว่างผู้ใช้บริการและเครือข่ายเพื่อเกิดข้อมูลภายนอก ก็สามารถเริ่มต้นขึ้นได้

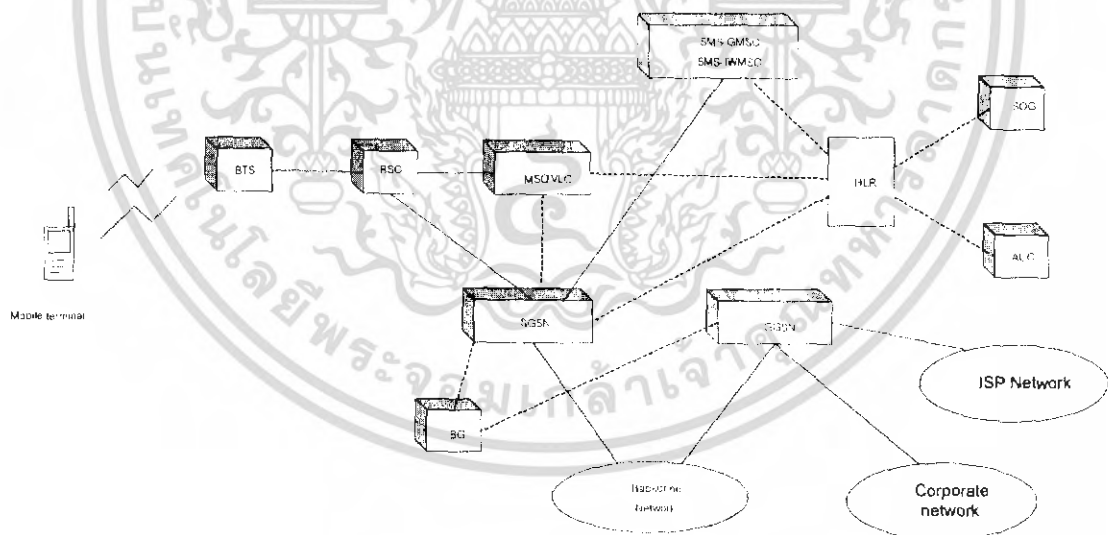
#### 2.9.4 ประสิทธิภาพของ GPRS

ระหว่าง GPRS และ Circuit-switched data service สำหรับการให้บริการอินเทอร์เน็ตบราวซิง ค่า Through-put ที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้รับขณะดาวน์โหลดข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตจะพบว่าถ้าเป็นกรณีของ GPRS ผู้ใช้บริการจะใช้แบนด์วิธได้น้อยลงเมื่อจำนวนผู้ใช้งานมีมากขึ้น แต่ถ้าเป็นกรณีของ Circuit-switched service ขนาดแบนด์วิธคงที่จะถูกจัดสรรให้กับผู้ใช้งานจำนวนจำกัดเท่านั้น

จากการเปรียบเทียบการใช้งานอย่างเช่น อินเทอร์เน็ตบราวซิง จะพบว่า GPRS จะให้ประสิทธิภาพที่เหนือกว่า Circuit-switched connection ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ถ้าการส่งข้อมูลมีลักษณะเป็นช่วงๆ (Bursty) การใช้ GPRS จะสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้มากกว่า แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าการส่งข้อมูลเป็นแบบ Non-bursty ระดับ Throughput ของการให้บริการจะอยู่ในระดับเดียวกัน

#### 2.9.5 การสนับสนุน GPRS

การสนับสนุน GPRS ให้กับเครือข่าย GSM จะต้องเพิ่มโหนดใหม่ขึ้นอีก 2 โหนด ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงผลกระทบของ GPRS ต่อเครือข่าย PLMN ที่มีอยู่แล้ว

กล่าวคือ SGSN (Serving GPRS support node) และ GGSN (Gateway GPRS support node) ทั้ง 2 โหนด นี้จะรวมเข้าไว้เป็นโหนดเดียวกันและวางไว้ที่จุดศูนย์กลางของเครือข่าย การอัพเกรดเครือข่าย GSM ให้สามารถรองรับ GPRS จะอัพเกรดเฉพาะซอฟต์แวร์เท่านั้น ยกเว้น BSC ที่มีการอัพเกรดฮาร์ดแวร์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.9.6 Serving GPRS support node

โหนด SGSN จะรองรับผู้ใช้บริการ GPRS ที่อยู่ภายในเขตพื้นที่ให้บริการของ GPRS นั้นๆ โหนด SGSN นี้จะถูกจัดอยู่ในระดับชั้นของเครือข่ายระดับเดียวกัน MSC/VLR ฟังก์ชันหลักของ SGSN ก็คือ

- ทำฟังก์ชันจัดการในเรื่องของ Mobility management สำหรับเครื่องเทอร์มินอล GPRS (โดยจะดำเนินการ Attach/detach, การตรวจสอบรับรองผู้ใช้บริการ (User authentication), การเข้ารหัส (Ciphering), Location management และอื่นๆ)

- รองรับ Mobility management ของเครื่องโมบายล์เทอร์มินอล Class A และ Class B โดยจะทำงานร่วมกับ MSC/VLR

- บริหารจัดการ Logical link ของเครื่องโมบายล์เทอร์มินอล (Logical link นี้จะใช้สำหรับส่งทราฟฟิกของแพ็คเกจข้อมูล, SMS และ Layer 3 signaling ระหว่างเครือข่ายและเครื่องเทอร์มินอล GPRS)

- ทำการจัดเส้นทางการส่งแพ็คเกจระหว่างเครื่องโมบายล์เทอร์มินอล และ GGSN

- ดำเนินการจัดการ โปรโตคอลแพ็คเกจข้อมูล (PDP) ซึ่ง PDP context จะกำหนดพารามิเตอร์ที่สำคัญ (เช่น Access point name, quality of service, โหนด GGSN ที่ใช้งาน และอื่นๆ) สำหรับการเชื่อมต่อไปยังเครือข่ายแพ็คเกจข้อมูลที่อยู่ภายนอก

- ทำงานร่วมกับ Radio resource management ที่อยู่ใน BSS

- ทำข้อมูลของการคิดค่าบริการ Gateway GPRS support node

โหนด GGSN จะทำการอินเตอร์เฟสระหว่างเครือข่าย PLMN กับเครือข่าย IP ภายนอก ฟังก์ชันหลักของ GGSN ก็คือ

- ทำฟังก์ชันเป็น Border gateway ระหว่าง PLMN กับเครือข่ายภายนอก

- ทำการเซตการติดต่อสื่อสารกับเครือข่ายแพ็คเกจข้อมูลภายนอก

- ทำการตรวจสอบรับรองผู้ใช้บริการที่จะเข้าไปใช้บริการของเครือข่ายแพ็คเกจภายนอก

- ทำการกำหนดเส้นทางและช่องทางการวิ่งของแพ็คเกจไปยังโหนด SGSN

- ทำข้อมูลของการคิดค่าบริการ

### 2.9.7 การปรับเปลี่ยนเครือข่าย PLMN เพื่อรองรับบริการ GPRS

GPRS จะมีการใช้ช่องสัญญาณ Logical channel แบบใหม่สำหรับรองรับการส่งแพ็คเกจข้อมูล โดยเฉพาะ Physical radio resource ที่อยู่ในเซลล์หนึ่งๆ อาจถูกกำหนดเป็น Dedicated channel ให้กับ GPRS หรือกำหนดให้แบ่งใช้ร่วมกับ Circuit-switched service เพียงแต่บริการ Circuit-switched จะมีลำดับความสำคัญเหนือกว่า ถ้าไม่มีการกำหนด Dedicated channel ให้กับ GPRS ดังนั้น GPRS broadcast and control signaling ก็จะถูกดำเนินการผ่านทาง Ordinary control channel (BCCH, RACH และอื่นๆ)

GPRS จะไม่ใช่ Location area (LA) แต่จะใช้หลักการของ Routing-area (RA) แทน ในช่วงเริ่มแรกของให้บริการ GPRS ทราฟฟิกของ GPRS อาจจะยังไม่มากนักระบบปฏิบัติการเครือข่ายสามารถที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้พารามิเตอร์ต่างๆ ของเซลล์และขอบเขตต่างๆ ของเซลล์เป็นเช่นเดียวกับของบริการ Circuit-switched ก็ได้ แต่ต่อมาเมื่อกราฟฟิก GPRS เพิ่มมากขึ้น บริการ GPRS และบริการ Circuit-switched ก็อาจจะใช้พารามิเตอร์ของเซลล์และขอบเขตของเซลล์ที่แตกต่างกันออกไปก็ได้ GPRS อาจให้บริการด้วยการใช้อุปกรณ์รับ-ส่ง (TRS) เดิมที่มีอยู่แล้ว หรืออาจให้บริการด้วยการใช้อุปกรณ์รับ-ส่ง และความถี่ใหม่ที่กำหนดขึ้นมาโดยเฉพาะ ให้ใช้กับ GPRS ได้

#### 2.9.8 ระบบจัดเก็บเงินและระบบอำนวยความสะดวก

เมื่อนำ GPRS เข้ามาใช้งานการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะมีผลกระทบต่อระบบการจัดเก็บเงินและระบบอำนวยความสะดวก การบันทึกรายละเอียดการโทรเรียก (Call detail records : CDR) จะถูกดำเนินการโดย SGSN และ GGSN รายการบันทึกนี้จะแสดงถึงเครือข่ายแพ็คเกจภายนอกที่มีการเชื่อมโยงวงจรไปหา ปริมาณข้อมูลที่มีการจัดส่ง, คุณภาพบริการที่ได้รับ, วันที่และเวลาที่มีการเชื่อมต่อวงจร และช่วงเวลาที่มีการใช้งานข้อมูลรายละเอียดต่างๆ เหล่านี้จะแตกต่างจากข้อมูลของบริการ Circuit-switched ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังนั้นระบบการจัดเก็บเงินจะไม่เหมือนกับระบบในปัจจุบัน การคิดค่าบริการของ GPRS จะไม่คิดตามช่วงเวลาการใช้งานเหมือนอย่างของ Circuit-switched service แต่จะคิดตามปริมาณข้อมูลที่มีการจัดส่งจริงแทน ดังนั้น ถ้าผู้ใช้บริการรายใดใช้บริการทั้งแบบ Circuit-switched และแบบ Packet switched ใบบริการเก็บเงินก็จะมีค่าบริการของแต่ละบริการรวมอยู่ด้วยกัน Billing gateway (BGW) จะถูกนำมาเชื่อมโยงระหว่าง SGSN และ GGSN โดยมีหน้าที่คือ เก็บรวบรวมบันทึกรายละเอียดของการโทรเรียกหรือ CDR ในช่วงระหว่างที่ให้บริการ GPRS เพื่อนำไปใช้สำหรับคิดค่าใช้บริการต่อไป

#### 2.9.9 Base station subsystem

เพื่อที่จะรองรับบริการ GPRS ให้ได้นั้น BSC (base station controller) จะต้องการฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ใหม่ โดยในส่วนของฮาร์ดแวร์นั้น BSC จะต้องมี packet control unit (PCU) สำหรับจัดการกับแพ็คเกจ GPRS โดยเฉพาะอย่างยิ่ง PCU จะรับผิดชอบในส่วนของการ radio link control (RLC) และ medium access control (MAC) ในชั้นของ air interface และจะช่วยบริหารจัดการการส่งแพ็คเกจข้อมูลระหว่างเครื่องโมบายล์เทอร์มินอลและ SGSN ส่วนทางด้าน BTS (Base transceiver station) นั้นจะต้องการเพียงการอัปเดตซอฟต์แวร์เท่านั้น

#### 2.9.10 Home location register

ซอฟต์แวร์ใน HLR (home location register) จะต้องถูกอัปเดตเพื่อให้สามารถรองรับ GPRS ได้ การอัปเดตจะเพิ่มฟังก์ชันในส่วนของการเชื่อมต่อกับ SGSN เพื่อทำหน้าที่เป็น HLR สำหรับบริการ GPRS, การรองรับการส่ง SMS ผ่านทางบริการ GPRS, การรองรับฟังก์ชัน Mobility management ของทั้งบริการ Circuit-switched และ Packet-switched รวมกัน

### 2.9.11 MSC/VLR

เช่นเดียวกับ HLR ซอฟต์แวร์ใน MSC/VLR จะต้องถูกอัปเดต เพื่อรองรับ GPRS การอัปเดตจะทำให้ MSC/VLR ถูกเชื่อมต่อไปยัง SGSN เพื่อรองรับฟังก์ชัน Mobility management ของเครื่องเทอร์มินอล Class A และ Class B

### 2.10 อาปาเช่เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Apache Web Server)

อาปาเช่ (Apache) เป็น โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ถูกใช้งานมากที่สุดในอินเทอร์เน็ต โดยจากการจุดกำเนิดของอาปาเช่ นั้นเกิดขึ้นจาก National Center for Supercomputing Applications (NCSA) HTTPd web server ซึ่งพัฒนาโดย Rob McCool ในช่วงปี 1990 และภายหลังจากที่โครงการ NCSA HTTPd ถูกยกเลิก ได้มีนักพัฒนาหลายคนที่ได้นำ HTTPd มาปรับปรุงและใช้งาน ในเดือน กุมภาพันธ์ 1995 ได้มีการจัดตั้ง Apache group ขึ้น โดยนักพัฒนา 8 คน และได้เผยแพร่เวอร์ชันแรกของ Apache คือ v 0.6.2 ในเดือน เมษายน 1995 และจากนั้น Apache 1.0 ก็ได้ถูกเผยแพร่เมื่อ 1 ธันวาคม 1995 และได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วภายในเวลา 1 ปี กลายเป็น โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่มีผู้ใช้งานมากที่สุด

ปัจจุบัน The Apache Software Foundation เป็นผู้ดูแลโครงการ Apache HTTP server ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่มีความทนทานต่อการใช้งาน มีคุณภาพในระดับของ commercial-grade มี feature ที่น่าใช้งาน และสามารถเปิดเผย source code ได้ ทั้งนี้สามารถใช้ Apache เว็บเซิร์ฟเวอร์ได้ฟรีภายใต้ข้อกำหนดของ Apache Software License

การประยุกต์ใช้อาปาเช่เว็บเซิร์ฟเวอร์ยังถูกนำมาใช้เพื่อเป็นส่วนประกอบในงานด้านอื่น ๆ อีก โดยอยู่ในฐานะช่องทางติดต่อระหว่างผู้ใช้กับแอปพลิเคชันต่าง ๆ ในลักษณะของ Web based User Interface ซึ่งผู้ใช้อินเทอร์เน็ตทั่วไปมีความคุ้นเคยดีอยู่แล้ว อีกทั้งยังลดการบำรุงรักษาและคอนฟิกในฝั่งเครื่องไคลเอ็นท์ (Client) ไปได้มากอีกด้วย การใช้งานในทางอ้อมที่วันนี้ ได้แก่

- เป็นยูสเซอร์อินเทอร์เน็ตเฟสเข้าสู่ยูทิลิตี้ อาปาเช่ถูกนำไปพัฒนาร่วมกับซอฟต์แวร์ต่าง ๆ มากมาย ทั้งซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ และฟรีซอฟต์แวร์ เพื่อใช้เป็นอินเทอร์เน็ตเฟสที่สะดวกต่อการใช้งานยิ่งขึ้น เช่น ซอฟต์แวร์บริหารจัดการ โปรแกรมตรวจสอบและกำจัดไวรัส ซอฟต์แวร์ช่วยการคอนฟิกและใช้งานลินุกซ์เซิร์ฟเวอร์ (ได้แก่ Webmin, Usermin )

- เป็นช่องทางแสดงผลข้อมูลระบบและเครือข่าย เนื่องจากอาปาเช่ถูกผนวกเอาไว้กับลินุกซ์เซิร์ฟเวอร์ทุกดิสทริบิวชัน หรือ ถ้าเป็นโอเอสอื่น (Windows, Mac OS X) ก็สามารถติดตั้งใช้งานได้ฟรี และสามารถแสดงผลได้ทั้งตัวอักษร รูปภาพ รูปกราฟ ได้โดยตรง จึงมีการนำอาปาเช่มาใช้งานด้านการแสดงผลข้อมูลระบบ และกราฟสถิติต่าง ๆ มากมาย เช่น MRTG ใช้แสดงข้อมูลกราฟที่ได้ข้อมูลจาก Router หรือ SNMP Server โปรแกรม SARG ใช้แสดงตารางสถิติการเข้าชมเว็บไซต์ของผู้ใช้งานสควิดพร็อกซี เซิร์ฟเวอร์ (Squid Proxy Server) โปรแกรมประเภทล็อก อนาลิเซอร์ (Log Analyzer) เป็นต้น

- ใช้เป็นเว็บเมล (Web Mail) ข้อดีของการใช้งานอีเมลล์ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์เป็นสิ่งที่เร่าดังทราบกันเป็นอย่างดี อาปาเช่ในฐานะที่เป็นฟรอนท์-เอนด์ (Front-End) ของระบบอีเมลล์จึงเป็นงานอีกลักษณะหนึ่งที่เรานิยมนำมาใช้งานร่วมกับระบบเมล เซิร์ฟเวอร์ (Mail Server)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นอินเทอร์เน็ตของแอปพลิเคชันเฉพาะทาง มีซอฟต์แวร์เป็นจำนวนมากที่พัฒนาโดยทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมที่เรียกว่าเว็บเบสแอพลิเคชัน (Web based Applications) ทั้งที่เป็นการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานในองค์กรโดยเฉพาะ และทั้งที่เป็นซอฟต์แวร์สำเร็จรูป เช่น โปรแกรมประเภทกรุปแวร์ (Groupware) หรือ Web based collaboration ต่าง ๆ ระบบสนับสนุนสารสนเทศภายในองค์กร เป็นต้น

## 2.11 ภาษาพีเอชพี (PHP Language)

PHP ("PHP: Hypertext Preprocessor" หรือชื่อเก่า Personal Home Page) คือ ภาษาคอมพิวเตอร์แบบ Open Source ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งใช้ในการจัดทำเว็บและสามารถประมวลผลออกมาเป็นรูปแบบเอชทีเอ็มแอล (HTML) โครงสร้างคำสั่งของ PHP นั้นมีรากฐานมาจากภาษาซี (C), จาวา (Java) และเพิร์ล (Perl) ความสามารถหลักคือมีการตอบโต้ได้อย่างรวดเร็ว

ความแตกต่างในการเขียนสคริปต์ PHP กับภาษาอื่นๆ เช่นเพิร์ลหรือซีคือ สามารถเขียนสคริปต์ HTML ควบคู่กับสคริปต์ PHP ภาษา PHP จะใช้แท็กเริ่มและจบคลุมภาษา PHP และสิ่งที่ทำให้ PHP แตกต่างจากภาษา Client-Side Script เช่น Javascript คือการที่ PHP ประมวลผลบน Server ถ้ามีสคริปต์ที่คล้ายกันบน Server, Client ที่เปิดจะได้รับผลที่เหมือนกัน

PHP สามารถใช้ในระบบปฏิบัติการหลักๆ ได้ทั้งหมด รวมถึง Linux, Unix หลายๆ ตัว (รวมถึง HP-UX, Solaris และ OpenBSD), Microsoft Windows, Mac OS X, RISC OS, และอื่นๆ อีกหลายตัว นอกจากนี้ PHP ยังรองรับเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Webserver) เกือบทุกโปรแกรม เช่นอปาเช่ (Apache), Microsoft Internet Information Server (IIS), Personal Web Server, Netscape และ iPlanet servers, Oreilly Website Pro server, Caudium, Xitami, OmniHTTPd, และอื่นๆ อีกมากมาย สำหรับส่วนหลักของ PHP ยังมีโมดูลในการรองรับซีจีไอ (CGI) มาตรฐาน ซึ่ง PHP สามารถทำงานเป็นตัวประมวลผลซีจีไอด้วย และยังสามารถใช้สร้างโปรแกรม หรือสร้างโปรแกรมเชิงวัตถุ (OOP) หรือสร้างโปรแกรมที่รวมทั้งสองอย่างเข้าด้วยกัน

หนึ่งในความสามารถหลักและความสามารถที่เป็นจุดเด่นของ PHP นั่นคือ ความสามารถในการติดต่อกับ ฐานข้อมูล ซึ่งสามารถเขียนเว็บเพจที่ติดต่อกับฐานข้อมูลได้ ซึ่งฐานข้อมูลที่รองรับได้แก่ Adabas D, Ingres, Oracle (OCI7 and OCI8), dBase, InterBase, Ovrimos, Empress, FrontBase, PostgreSQL, FilePro (read-only), mSQL, Solid, Hyperwave, Direct MS-SQL, Sybase, IBM DB2, MySQL, Velocis, Informix, ODBC, Unix dbm

## 2.12 ฐานข้อมูลมายเอสคิวแอต (MySQL Database)

MySQL เป็นฐานข้อมูลแบบโอเพ่นซอร์ส (Open Source) ที่ได้รับความนิยมในการใช้งานสูงสุด โปรแกรมหนึ่ง มีความสามารถในการจัดการกับฐานข้อมูลด้วยภาษา SQL (Structures Query Language) อย่างมีประสิทธิภาพ มีความรวดเร็วในการทำงาน รองรับการทำงานจากผู้ใช้หลายๆ คนและหลายๆ งานได้ในขณะเดียวกัน

MySQL ถูกพัฒนาขึ้นโดย MySQL AB โดยมีลิขสิทธิ์การใช้งาน 2 แบบ นั่นคือ ผู้ดูแลระบบสามารถใช้งานซอฟต์แวร์ MySQL ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ ภายใต้ลิขสิทธิ์ของ GNU General Public License หรืออาจเลือกใช้แบบที่มีลิขสิทธิ์ทางการค้าของ MySQL AB ซึ่งเป็นผู้ผลิตและพัฒนาซอฟต์แวร์โดยตรงก็ได้ ความสามารถและการทำงานของโปรแกรม MySQL มีดังต่อไปนี้

### 2.12.1 MySQL ถือเป็นระบบจัดการฐานข้อมูล (DataBase Management System (DBMS))

ฐานข้อมูลมีลักษณะเป็น โครงสร้างของการเก็บรวบรวมข้อมูล การที่จะเพิ่มเติม เข้าถึงหรือประมวลผลข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูลจำเป็นต้องอาศัยระบบจัดการฐานข้อมูล ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการจัดการกับข้อมูลในฐานข้อมูลทั้งสำหรับการใช้งานเฉพาะ และรองรับการทำงานของแอปพลิเคชันอื่นๆ ที่ต้องการใช้งานข้อมูลในฐานข้อมูล เพื่อให้ได้รับความสะดวกในการจัดการกับข้อมูลจำนวนมาก MySQL ทำหน้าที่เป็นทั้งตัวฐานข้อมูลและระบบจัดการฐานข้อมูล

### 2.12.2 MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลแบบ relational

ฐานข้อมูลแบบ Relational จะทำการเก็บข้อมูลทั้งหมดในรูปแบบของตารางแทนการเก็บข้อมูลทั้งหมดลงในไฟล์เพียงไฟล์เดียว ทำให้ทำงานได้รวดเร็วและมีความยืดหยุ่น นอกจากนี้ แต่ละตารางที่เก็บข้อมูลสามารถเชื่อมโยงเข้าหากันทำให้สามารถรวมหรือจัดกลุ่มข้อมูลได้ตามต้องการ โดยอาศัยภาษา SQL ที่เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม MySQL ซึ่งเป็นภาษามาตรฐานในการเข้าถึงฐานข้อมูล

### 2.12.3 MySQL แจกจ่ายให้ใช้งานแบบโอเพ่นซอร์ส

นั่นคือ ผู้ใช้งาน MySQL ทุกคนสามารถใช้งานและปรับแต่งการทำงานได้ตามต้องการ สามารถดาวน์โหลดโปรแกรม MySQL ได้จากอินเทอร์เน็ตและนำมาใช้งานโดยไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ

นอกจากนั้น MySQL ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่เป็นเครื่องให้บริการรองรับการจัดการกับฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งการพัฒนายังคงดำเนินอยู่อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีฟังก์ชันการทำงานใหม่ๆ ที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานเพิ่มขึ้นอยู่ตลอดเวลา รวมไปถึงการปรับปรุงด้านความต่อเนื่อง ความเร็วในการทำงาน และความปลอดภัย ทำให้ MySQL เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานเพื่อเข้าถึงฐานข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

## 2.13 Delphi 7

Delphi 7 เป็นซอฟต์แวร์ที่เรานำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างแอปพลิเคชัน หรือซอฟต์แวร์ อื่นๆ โดยมันจะประกอบไปด้วยเครื่องมือชนิดต่างๆ ที่ใช้ให้เขียนโปรแกรมทำได้ง่าย สะดวกขึ้น

Delphi 7 จัดเป็นเครื่องมือเขียนโปรแกรมชนิด Visual Programming เช่นเดียวกับ Visual Basic หรือ Visual C++ โดยมีข้อดีคือ สามารถเขียนโปรแกรมได้ง่าย และให้ผลงานออกมารวดเร็ว ซึ่งต่างจากเครื่องมือเขียนโปรแกรมรุ่นเดิมๆ เช่น Turbo Pascal หรือ Borland C ที่มีความยุ่งยากในการใช้งานและการเรียนรู้ในการเขียนโปรแกรม ซึ่ง Delphi 7 จะสามารถสร้างแอปพลิเคชันได้เร็วกว่า

Delphi เป็นภาษาแบบ Object Pascal ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมแบบ OOP (Object Oriented Programming) ซึ่งจะประกอบด้วย Object ,Method ,Event โดย ออบเจกต์ก็คือรูปร่างหน้าตาของโปรแกรม ซึ่งจะมีลักษณะเฉพาะตัวที่ไม่เหมือนกัน เช่น ปุ่มกด ,ตัวเลือก ,ช่องว่าง เป็นต้น เมธอด คือความสามารถในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งของออบเจกต์ซึ่งจะถูกเรียกใช้งานตอนที่เรเขียนโปรแกรม ซึ่งออบเจกต์คนละชนิดกันก็จะมีเมธอดที่แตกต่างกันไป อีเวนต์ คือเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นมาทำการขับเคลื่อนการทำงานของแอปพลิเคชัน ซึ่งเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นก็จะมีการจัดการที่แตกต่างกันไป

### 2.13.1 ตัวแปร และชนิดของข้อมูล

Delphi 7 สามารถแบ่งข้อมูลต่างๆ ได้เป็นกลุ่มๆ ดังต่อไปนี้

- ข้อมูลชนิดเบื้องต้น (Simple Type) บางครั้งเรียกว่า Pre-define type เป็นชนิดข้อมูลเบื้องต้นที่ Delphi 7 ใช้งานพื้นฐาน เช่น ตัวอักษร, เลขจำนวนเต็ม, เลขทศนิยม เป็นต้น
- ข้อมูลชนิดข้อความ (String) เป็นการเอาข้อมูลเบื้องต้นชนิดตัวอักษรมาเรียงต่อกัน
- ข้อมูลชนิดโครงสร้าง (Structure Type) เป็นข้อมูลที่เกิดจากการนำเอาชนิดข้อมูลเบื้องต้น มาประกอบกันเป็นโครงสร้างเพื่อเก็บข้อมูลเป็นชุดๆ เช่น อาร์เรย์, ไฟล์, เร็คคอร์ด เป็นต้น
- ข้อมูลชนิดอ้างอิง (Pointer) เป็นข้อมูลที่เราใช้ในการอ้างอิงกับหน่วยความจำในคอมพิวเตอร์ซึ่งจะใช้บอกตำแหน่งเก็บข้อมูล

การประกาศตัวแปร มีรูปแบบดังนี้

Var ชื่อตัวแปร: ชนิดตัวแปร;

เช่น

Var

Name: string;

Age, Weight: integer ;

การตั้งชื่อตัวแปร มีกฎเกณฑ์การตั้งชื่อตัวแปร ดังนี้

- ตัวแปรต้องขึ้นต้นด้วยตัวอักษร หรือเส้นขีดกลาง ( \_ ) เท่านั้น แล้วตามด้วย ตัวอักษร, ตัวเลข, เครื่องหมาย

- ห้ามเว้นวรรคในชื่อตัวแปรและในตัวแปรห้ามมีเครื่องหมายต่างๆ เช่น \$ , %, @, +, + เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวแปรหนึ่งตัวยาวไม่เกิน 63 ตัวอักษร
- ตัวอักษรพิมพ์เล็ก พิมพ์ใหญ่มีความแตกต่างกัน
- ชื่อตัวแปรห้ามตั้งชื่อตรงกับคำสงวนไว้ (Reserve Word) เช่น begin, end, if, function เป็นต้น

### 2.13.2 การควบคุมทิศทางการทำงานของโปรแกรม

การควบคุมทิศทางการทำงานของโปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบด้วยกัน คือ

- การตัดสินใจ คือ การเลือกตัวเลือกจากตัวเลือกที่มีอยู่
- การทำงานแบบวนซ้ำ คือการทำงานแบบวนซ้ำอีกครั้ง จนกว่าจะครบจำนวน หรือถูกกำหนดออกมาจากการวนซ้ำ

ตัวอย่างคำสั่งการควบคุมการทำงานของโปรแกรม

การใช้งาน if ... then ... else

if ... then ... else จะเป็นการทำงานที่มีการเลือกหนึ่งตัวเลือกจาก 2 ตัวเลือกที่มีอยู่ ซึ่งจะมีตัวแปรอยู่ 1 ตัวในการตรวจสอบว่ามีค่าเป็นจริงหรือเท็จ ถ้าเป็นจริงก็จะทำตามคำสั่งที่อยู่หลัง then ถ้าเป็นเท็จก็จะทำตามคำสั่งที่อยู่หลัง else

สำหรับรูปแบบการใช้งาน if ... then ... else มีดังนี้

If <เงื่อนไข> then

<ชุดคำสั่งเมื่อเงื่อนไขนั้นตรวจสอบแล้วเป็น True>

else

<ชุดคำสั่งเมื่อเงื่อนไขนั้นตรวจสอบแล้วเป็น False>

การใช้งาน case ... of

เราจะใช้ case ... of ในการเลือกตัวเลือกจากตัวเลือกที่มีหลายตัว (มากกว่า 2 ตัวขึ้นไป) โดยเราจะใช้ตัวแปรหนึ่งตัวตรวจสอบว่าตรงกับตัวเลือกใด โดยตัวเลือกแต่ละตัวจะกำหนดหน้าที่การทำงานที่ต่างกัน มีรูปแบบการใช้งานดังนี้

case <ตัวแปรตรวจสอบ> of

ค่าที่ 1 : <ชุดคำสั่งเมื่อค่าตัวแปรตรวจสอบตรงกับค่าที่ 1>

ค่าที่ 2 : <ชุดคำสั่งเมื่อค่าตัวแปรตรวจสอบตรงกับค่าที่ 2>

ค่าที่ 3 : <ชุดคำสั่งเมื่อค่าตัวแปรตรวจสอบตรงกับค่าที่ 3>

:

ค่าที่ n : <ชุดคำสั่งเมื่อค่าตัวแปรตรวจสอบตรงกับค่าที่ n>

else

ค่าที่ 1 : <ชุดคำสั่งเมื่อค่าตัวแปรตรวจสอบไม่ตรงกับค่าใดๆ>

end;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน while ... do

while ... do เป็นการทำงานที่เราต้องการให้มีการวนซ้ำไปเรื่อยๆ โดยทุกๆครั้งที่จะวนซ้ำใหม่ให้มีการตรวจสอบเงื่อนไขการวนซ้ำก่อนทุกครั้ง ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง(True) ก็วนซ้ำต่อไป แต่ถ้าเป็นเท็จ(False) ก็ให้หยุดการวนซ้ำ ซึ่งมีรูปแบบการใช้งานดังนี้

```
while <ตรวจสอบเงื่อนไขว่าเป็นจริงหรือเท็จ> do
< ชุดคำสั่งที่จะทำเมื่อมีการวนซ้ำ>
```

### 2.13.3 ฐานข้อมูลเบื้องต้น

ฐานข้อมูลที่จำเป็นต้องลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลโดยไม่ผ่านขั้นตอนการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลหรือที่เรียกกันว่า การทำ Normalization เพื่อที่ง่ายต่อการแก้ไขปรับปรุงและดูแลรักษา ฐานข้อมูลจะ ประกอบด้วย Entity (เอนทิตี), Attribute (แอททริบิวต์), ความสัมพันธ์ (Relationships)

Entity หมายถึง วัตถุ เช่น คนสัตว์สิ่งของในการออกแบบสร้างฐานข้อมูล เช่นเกี่ยวกับนักศึกษา เราก็จะพบว่า entity นักศึกษา คือ รายวิชา วิชาเรียน เกรดนักศึกษ เป็นต้น

Attribute หมายถึง คุณสมบัติของ Entity นั้นๆ เช่น Attribute ของนักศึกษาจะประกอบด้วย ชื่อ นักศึกษา, นามสกุล, ที่อยู่ เป็นต้น

Relationships หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่าง Entity ที่มีต่อกันในระบบ เช่น Entity นักศึกษาจะมีความสัมพันธ์กับวิชาที่เรียน

รูปแบบของความสัมพันธ์ แบ่งออกเป็น

One to One เป็นความสัมพันธ์แบบ 1 ต่อ 1 เช่น นักศึกษา 1 คน มีชื่อจริง 1 ชื่อ เป็นต้น

One to Many เป็นความสัมพันธ์แบบ 1 ต่อ กลุ่ม เช่น ห้องเรียน 1 ห้อง มีจำนวนนักเรียนอยู่หลายคน

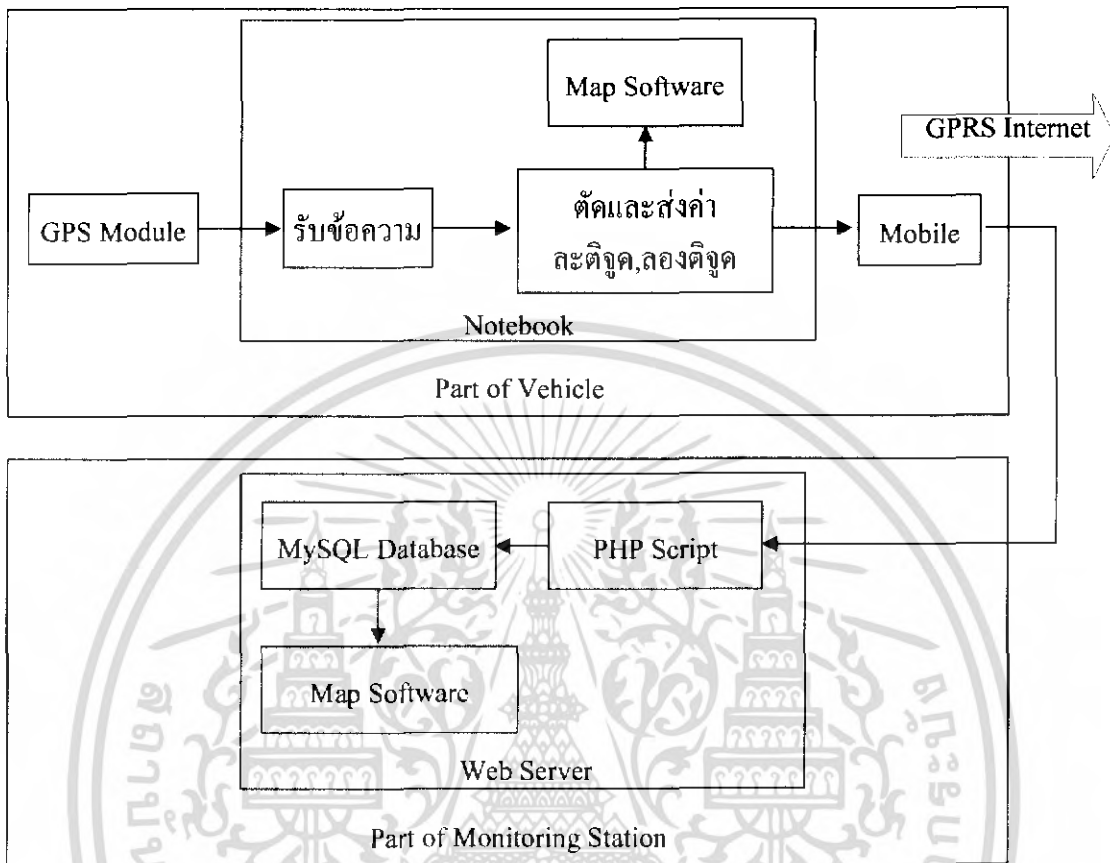
Many to Many เป็นความสัมพันธ์แบบกลุ่ม ต่อ กลุ่ม เช่น นักศึกษาหลายๆ คนสังกัดอยู่หลายๆ คณะ เป็นต้น

### 2.13.4 ภาษา SQL ใน Delphi

คำสั่งต่างๆ ในภาษา SQL เป็นคำสั่งมาตรฐาน ดังนั้นเราจึงสามารถนำไปใช้ได้หลายระบบ ไม่ว่าจะเป็นใน Delphi หรือเป็นระบบฐานข้อมูลของ ORACLE ซึ่งแต่ละระบบอาจจะมีการกำหนดรูปแบบในการใช้คำสั่งแตกต่างกันออกไป แต่ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบที่เหมือนกัน

ในการสร้างแอปพลิเคชันฐานข้อมูลใน Delphi นั้นภาษา SQL เป็นส่วนสำคัญในการทำให้แอปพลิเคชันที่เราสร้างขึ้นมีความสามารถตามที่เรต้องการ และมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับการใช้คำสั่งต่างๆ ในการเขียนคิวรีด้วย

**บทที่ 3**  
**การออกแบบและการสร้าง**

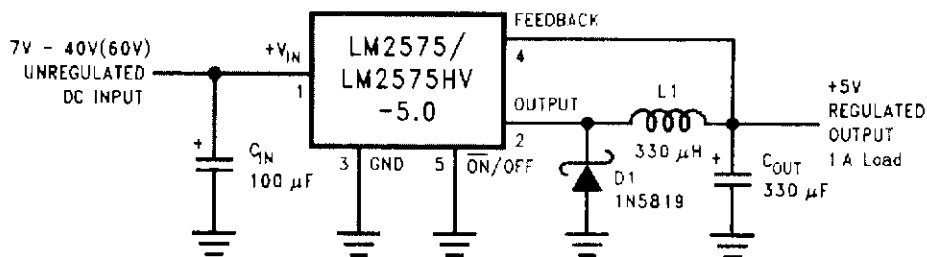


รูปที่ 3.1 บล็อกการทำงานของระบบ

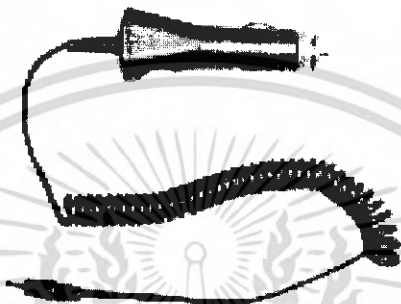
**3.1. ส่วนฮาร์ดแวร์**

**3.1.1 วงจรจ่ายไฟและสายชาร์จรถยนต์**

เป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิง(Switching Power Supply) โดยอาศัยการทำงานของไอซี LM2575T5.0 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรรวมของแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิงที่มีแรงดันเอาต์พุตออก 5 โวลต์ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 1 แอมแปร์ และสามารถรองรับแรงดันอินพุตได้สูงสุด 60 โวลต์ เหตุที่ ต้องการความสามารถในการรองรับแรงดันอินพุตที่สูงๆ เพราะ โครงงานส่วนฮาร์ดแวร์ทั้งหมดต้องนำไป ติดในรถยนต์ ในการทำงานบนรถยนต์จะมีไฟกระชากเป็นระยะทำให้อุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟเสียหาย อาจจะ ส่งผลไปยังอุปกรณ์ส่วนอื่นๆ ได้ และวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิงทำงานที่ความถี่ 52 กิโลเฮิรต์



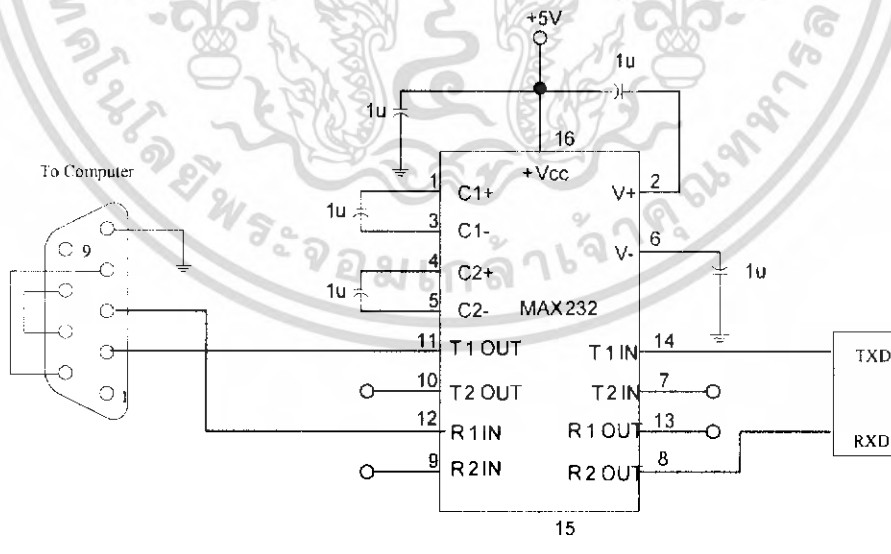
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรจ่ายไฟ



รูปที่ 3.3 แสดงสายชาร์จรถยนต์

3.1.2 วงจรเชื่อมต่อกอมพิวเตอร์แบบอาร์เอส – 232 และสายแปลงคอนเน็กเตอร์ Serial to USB

โดยขา T1 IN ต่อเข้ากับขา RX ของโมดูลจีพีเอส และขา R2 OUT ต่อเข้ากับขา TX ของโมดูลจีพีเอส และขา RI IN และ T1 OUT ต่อเข้ากับคอนเน็กเตอร์ DB-9 สำหรับพอร์ตอนุกรม



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรเชื่อมต่อกอมพิวเตอร์ตามมาตรฐานอาร์เอส – 232

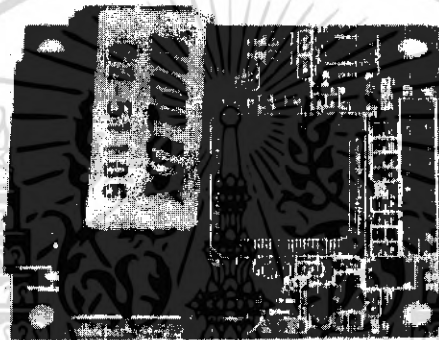
เนื่องจากคอมพิวเตอร์โน้ตบุคที่ใช้ในการทดลองไม่มีพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ที่ใช้มาตรฐานอาร์เอส – 232 จึงต้องมีการแปลงคอนเน็กเตอร์จากพอร์ตอนุกรมไปเป็นพอร์ตยูเอสบี (USB Port) จึงจะสามารถใช้งานกับคอมพิวเตอร์โน้ตบุคได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



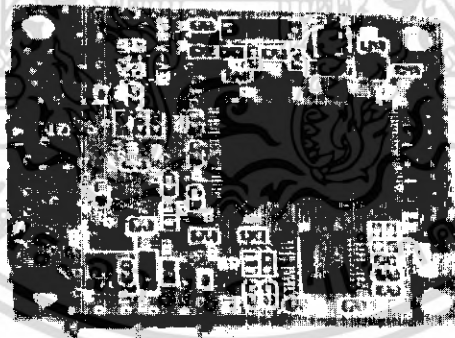
รูปที่ 3.5 แสดงสายแปลงคอนเน็กเตอร์ Serial to USB รุ่น Aten UC232A ที่ใช้ในการทดลอง

### 3.1.3 โมดูลจีพีเอสและสายอากาศ

เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียม

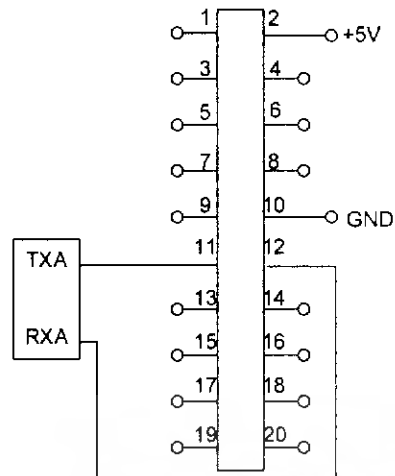


รูปที่ 3.6 แสดงโมดูลจีพีเอส Holux (ด้านบน)



รูปที่ 3.7 แสดงโมดูลจีพีเอส Holux (ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงขาต่างๆ คอนเนคเตอร์ของ โมดูจี้พีเอส



รูปที่ 3.9 แสดงสายอากาศจีพีเอส

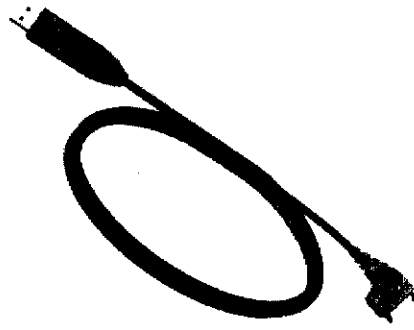
#### 3.1.4 โทรศัพท์มือถือและสายดาต้าลิงก์ (Data Link)

รุ่นที่ใช้ในการทดลองคือ NOKIA 6610 โดยใช้ GPRS Class 6 ความเร็วในการเชื่อมต่อ 24 - 36 kbps และสายดาต้าลิงก์ที่ใช้เป็นรุ่น CA-42 เป็นสายแบบยูเอสบีพอร์ต



รูปที่ 3.10 แสดงโทรศัพท์มือถือ NOKIA 6610

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงสายดาต้าถึงรุ่น CA-42

### 3.1.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดทางด้านส่ง

#### 3.1.5.1 ชิ้นงานส่วนโมดูลจีพีเอส

ได้แก่โมดูลจีพีเอส, สายอากาศ, วงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แบบอาร์เอส – 232, คอนเนคเตอร์ DB-9, วงจรจ่ายไฟและปลั๊กไฟที่ใช้ในรถยนต์



รูปที่ 3.12 แสดงการต่ออุปกรณ์ในส่วนโมดูลจีพีเอส

#### 3.1.5.2 ชิ้นงานส่วนเชื่อมต่อ GPRS

ประกอบไปด้วยโทรศัพท์มือถือและสายดาต้าถึงแบบ CA-42

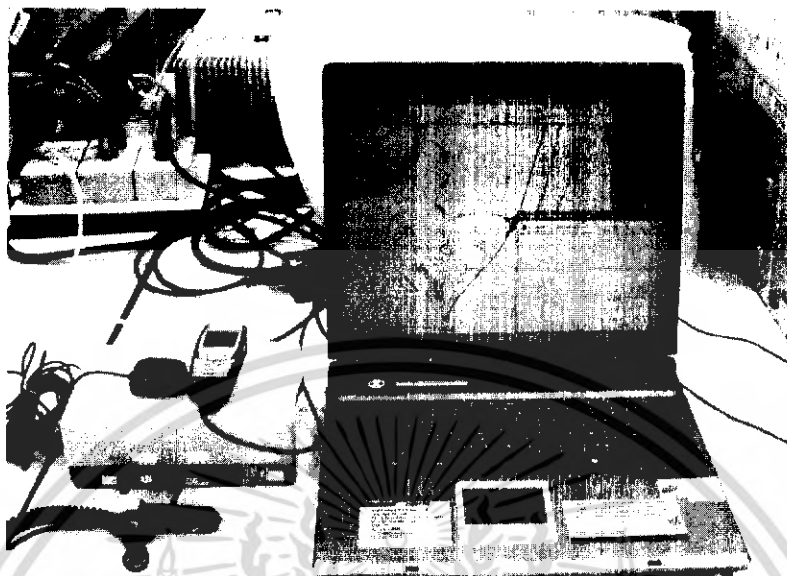


รูปที่ 3.13 แสดงส่วนเชื่อมต่อ GPRS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.5.3 ชิ้นงานรวมทางด้านส่ง

ประกอบด้วยส่วนโมดูลจีพีเอส ส่วนเชื่อมต่อ GPRS และคอมพิวเตอร์โน้ตบุค



รูปที่ 3.14 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดทางด้านส่ง

### 3.1.6 อุปกรณ์ทางด้านรับหรือสถานีฐาน

เป็นคอมพิวเตอร์ที่ถูกจำลองเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยการติดตั้ง โปรแกรมอปาเช่ (Apache) ซึ่งเป็นโปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์, โปรแกรมมายเอสคิวแอล (MySQL) สำหรับเป็นฐานข้อมูล, โปรแกรมพีเอชพี (PHP) สำหรับการรองรับสคริปต์ที่เขียนด้วยภาษาพีเอชพี



รูปที่ 3.15 แสดงอุปกรณ์ทางด้านรับหรือสถานีฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

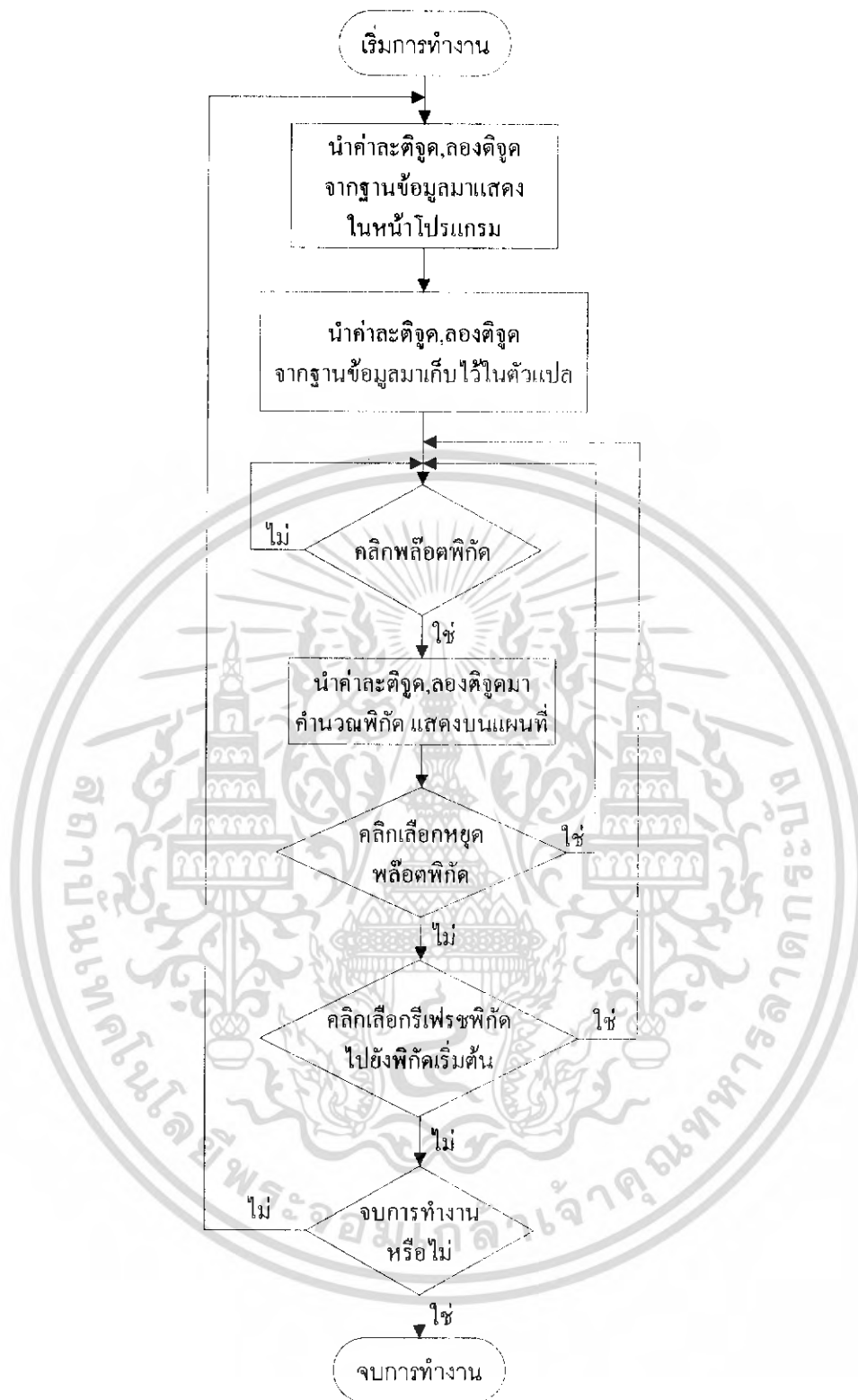
### 3.2 ส่วนซอฟต์แวร์

แบ่งการทำงานทางด้านซอฟต์แวร์ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ โปรแกรมทางด้านส่งและโปรแกรมทางด้านรับ ซึ่งเขียนโดยใช้ภาษาเดลฟาย (Delphi) โดยโปรแกรมทางด้านส่งจะมีหน้าที่หลักคือแสดงตำแหน่งของด้านส่งที่มีโมดูลจีพีเอส บนแผนที่ และส่งค่าพิกัดที่ใช้สำหรับพล็อตแผนที่ ซึ่งได้แก่ค่าละติจูดและลองจิจูดผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต (โดยใช้โทรศัพท์มือถือทำการเชื่อมต่อผ่านระบบ GPRS ก่อนการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต) ไปยังด้านรับ ซึ่งทางด้านรับจะต้องมีภาษาสคริปต์สำหรับรับค่าละติจูดและลองจิจูดเก็บลงฐานข้อมูล MySQL โดยเขียนด้วยภาษาพีเอชพี (PHP) และภาษาเอสคิวแอล (SQL) โดยโปรแกรมทางด้านรับจะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาพล็อตพิกัดบนแผนที่ เพื่อแสดงตำแหน่งของด้านส่ง โดยโปรแกรมแผนที่ทั้งทางด้านส่งและรับจะต้องแสดงพิกัดเหมือนกัน

เขียนไฟล์ซอร์ซแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ โปรแกรมทางด้านส่ง, โปรแกรมทางด้านรับและพีเอชพีสคริปต์ ได้ดังนี้

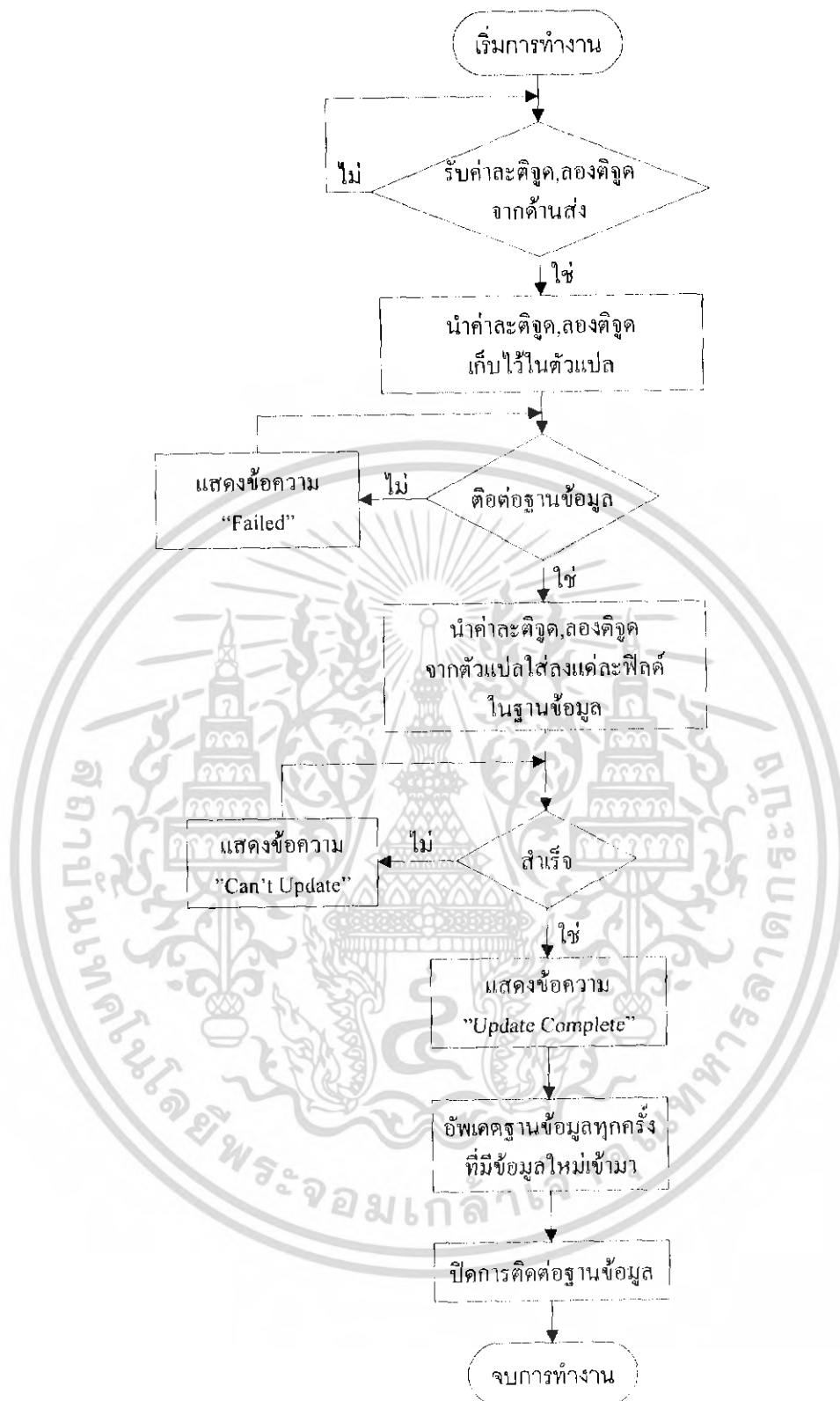






รูปที่ 3.17 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมด้านรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานของ (PHP Script) ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

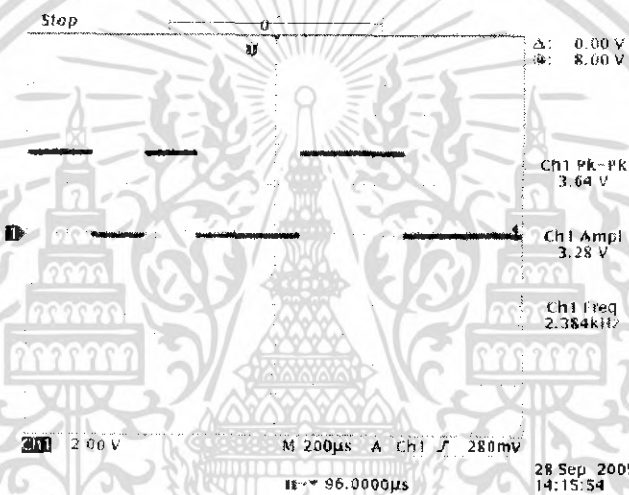
#### 4.1 กล่าวนำ

จะแบ่งการทดลองและผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนฮาร์ดแวร์และส่วนซอฟต์แวร์

#### 4.2 ส่วนฮาร์ดแวร์

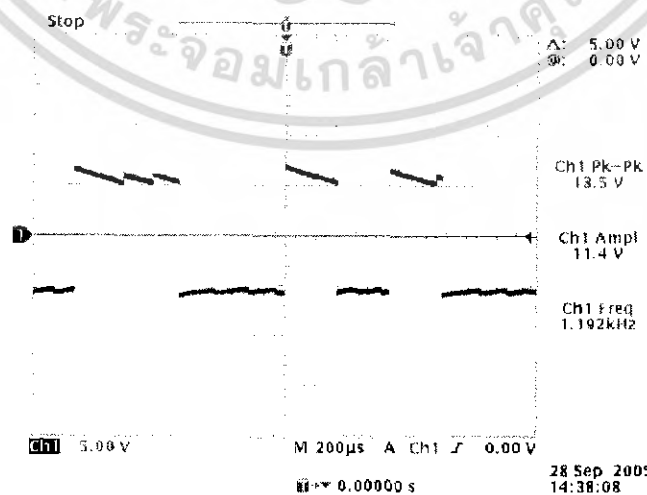
##### 4.2.1 ผลการทดลองวิเคราะห์ระดับสัญญาณที่ส่งออกจากเครื่องรับจีพีเอส

ระดับสัญญาณจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งระดับสัญญาณนี้เมื่อนำไปผ่านซอฟต์แวร์ที่สนับสนุนโปรโตคอล NMEA-0183 จะสามารถแสดงเป็นรหัสแอสกีออกมาเป็นข้อความต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ละติจูด, ลองจิจูด, ความเร็ว, วัน-เวลา, ข้อมูลเกี่ยวกับดาวเทียม เป็นต้น



รูปที่ 4.1 แสดงรับสัญญาณจากเครื่องรับจีพีเอส

##### 4.2.2 ผลการทดลองวิเคราะห์ระดับสัญญาณที่ส่งออกจากไอซี MAX 232



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองวิเคราะห์ระดับสัญญาณที่ส่งออกจากไอซี MAX-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

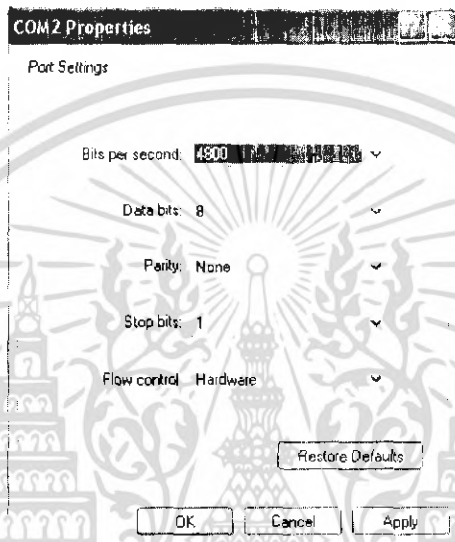
### 4.3 ส่วนซอฟต์แวร์

#### 4.3.1 การทดลองรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอสผ่านโปรแกรมสำเร็จรูป

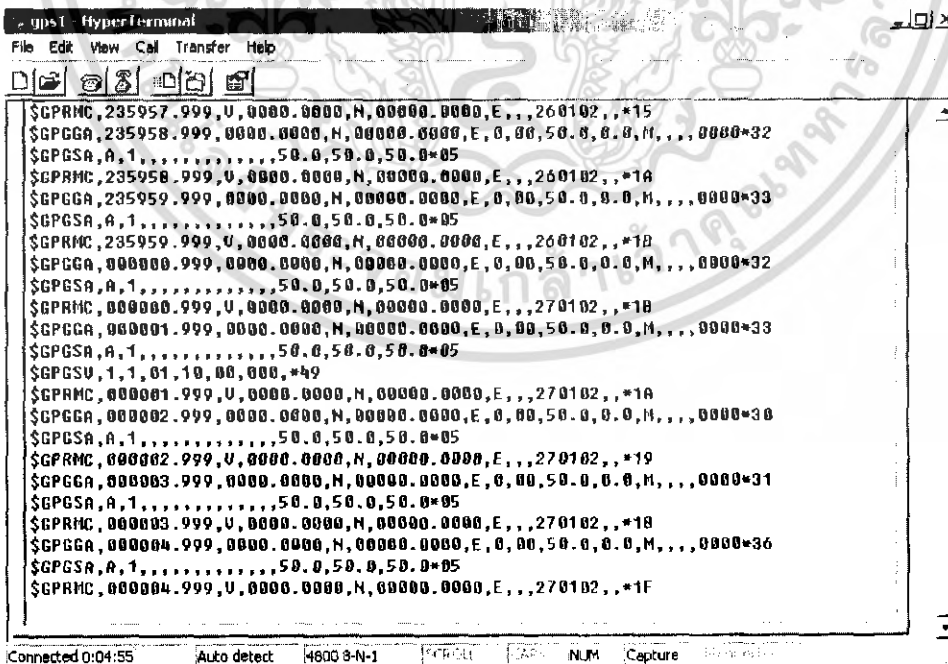
โดยการต่ออุปกรณ์ในส่วน โมดูลจีพีเอสเข้ากับคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คผ่านทางพอร์ตอนุกรม เพื่อทดลองรับสัญญาณจากดาวเทียม

##### 4.3.1.1 โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hiper Terminal)

เป็นโปรแกรมที่มีอยู่แล้วในระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยบอร์ดเรทที่ใช้ในการติดต่อกับโมดูลจีพีเอสคือ 4800 Bits/s

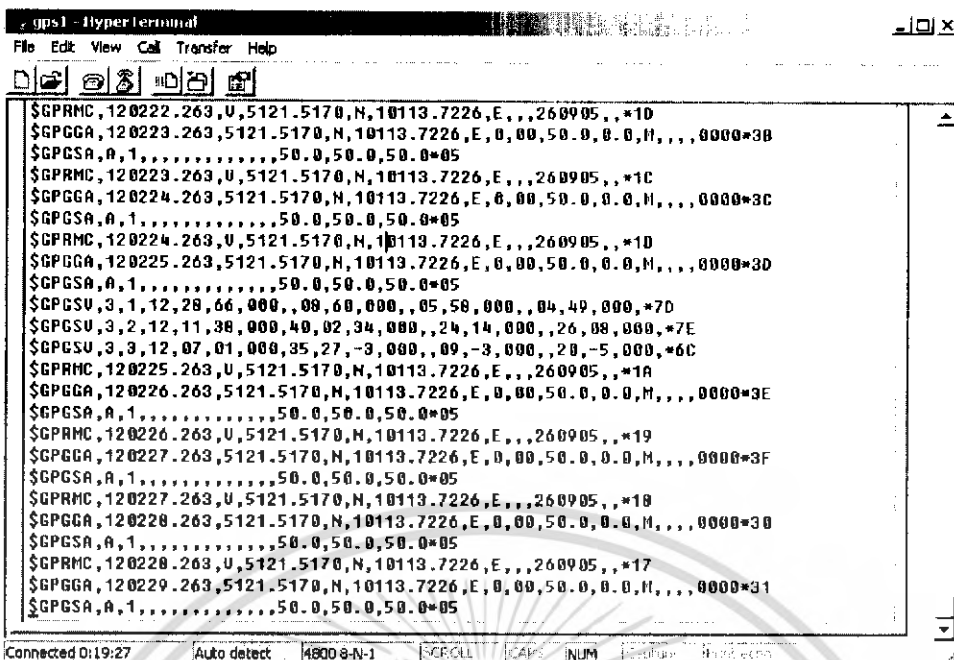


รูปที่ 4.3 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม



รูปที่ 4.4 แสดงข้อความที่ได้จากดาวเทียม จากข้อความแสดงให้เห็นว่าละติจูดกับลองจิจูดเป็น 0 ทุกตัว

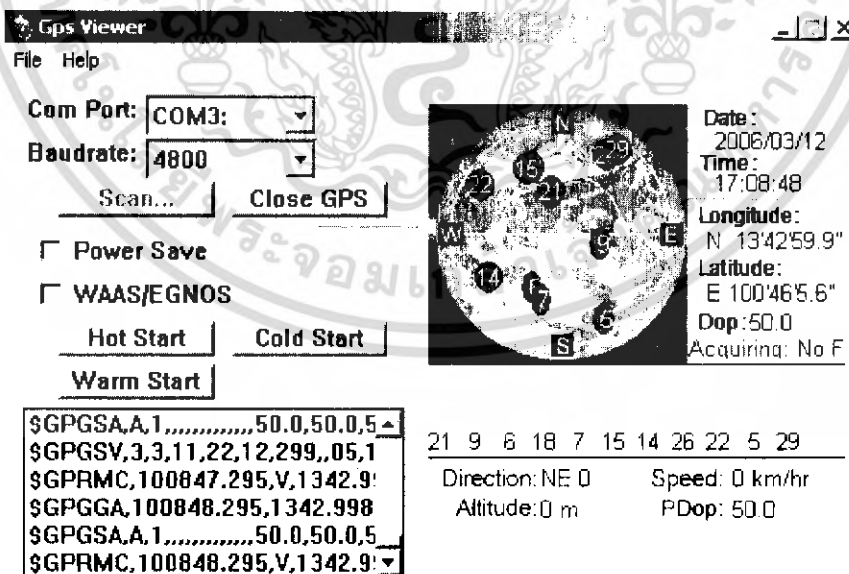
เนื่องจากเครื่องรับยังรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ยังคงต่ำกว่า 3 ดวง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงข้อความที่ได้จากดาวเทียม จากข้อความแสดงให้เห็นว่าละติจูดกับลองจิจูดได้แสดงพิกัดเมื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมได้เกิน 3 ดวง

### 4.3.1.2 โปรแกรม GPS Viewer

เป็นโปรแกรมที่แสดงข้อมูลสำคัญๆ ซึ่งได้แก่ข้อมูลจากดาวเทียมที่อยู่ในรูปสตริงข้อความเหมือนโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล และจำนวนดาวเทียมที่มองเห็นพร้อมทั้งระดับสัญญาณของดาวเทียมที่รับได้



รูปที่ 4.6 แสดงจำนวนดาวเทียมที่มองเห็นทั้งหมด 10 ดวงโดยจับสัญญาณไม่ได้เลยซักดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Com Port: COM3  
Baudrate: 4800  
Scan... Close GPS  
 Power Save  
 WAAS/EGNOS  
Hot Start Cold Start  
Warm Start

```

$GPGGA,100610.304,1342.997
$GPGSA,A,3,07,22,21,06,18,15,
$GPRMC,100610.304,A,1342.9
$GPGGA,100611.304,1342.997
$GPGSA,A,3,07,22,21,06,18,15,
$GPRMC,100611.304,A,1342.9

```

Date: 2006/03/12  
Time: 17:05:56  
Longitude: N 13°42'59.8"  
Latitude: E 100°46'4.6"  
Dop: 5.1  
Acquiring: 3D

9 21 6 7 18 15 26 14 22 29 5  
Direction: NE264 Speed: 0 km/hr  
Altitude: 0 m PDop: 7.8

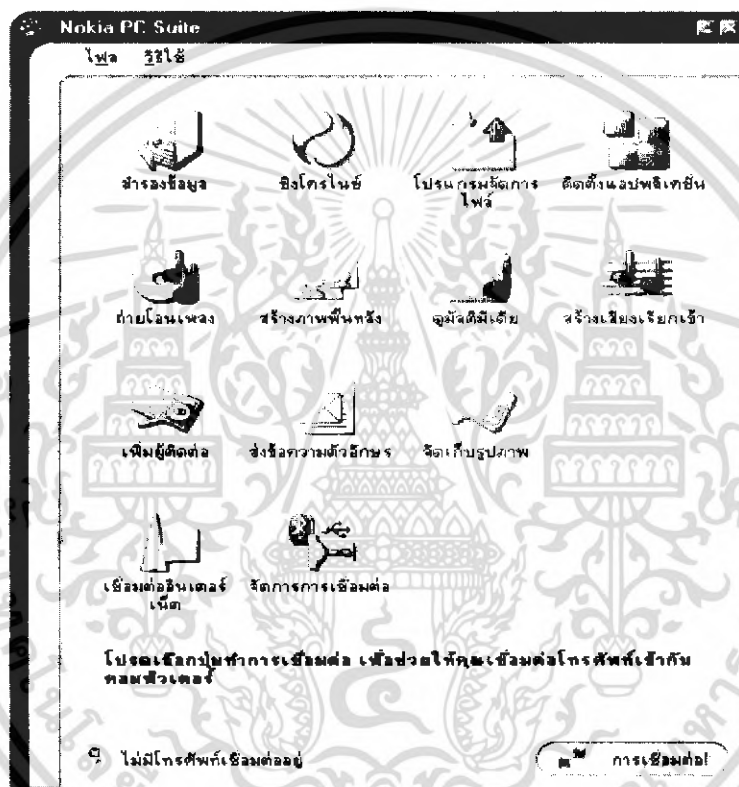
รูปที่ 4.7 แสดงจำนวนดาวเทียมที่มองเห็นทั้งหมด 10 ดวง โดยจับสัญญาณได้ 6 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

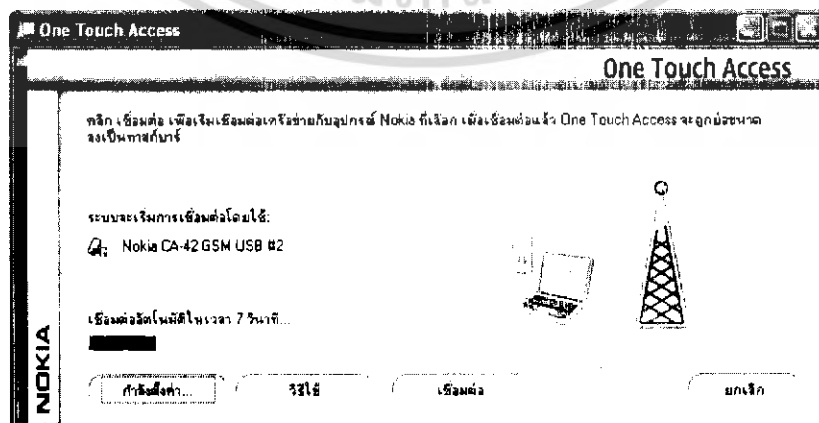
### 4.3.2 การทดลองส่งสัญญาณจากด้านส่งไปยังด้านรับที่เป็นสถานีฐาน

#### 4.3.2.1 การเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตทางด้านส่ง

เนื่องจากชิ้นงานรวมทางด้านส่ง ที่ประกอบด้วยส่วนโมดูลจีพีเอส ส่วนเชื่อมต่อ GPRS และคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ต้องอยู่บนยานพาหนะ ทำให้ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตด้วยระบบ GPRS Internet ผ่านโทรศัพท์มือถือสำหรับส่งค่าละติจูดและลองจิจูดไปที่สถานีฐาน จากการทดลองได้ใช้โทรศัพท์มือถือยี่ห้อโนเกีย รุ่น 6610 พร้อมสายคาล์วาลิงก์และโปรแกรม Nokia PC Suite สำหรับการเชื่อมต่อ GPRS Internet ดังรูป 4.8 หลังจากเปิดหน้าต่างโปรแกรมแล้วคลิกเลือก "เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต" เพื่อทำการเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต ดังรูป 4.9



รูปที่ 4.8 โปรแกรม Nokia PC Suite



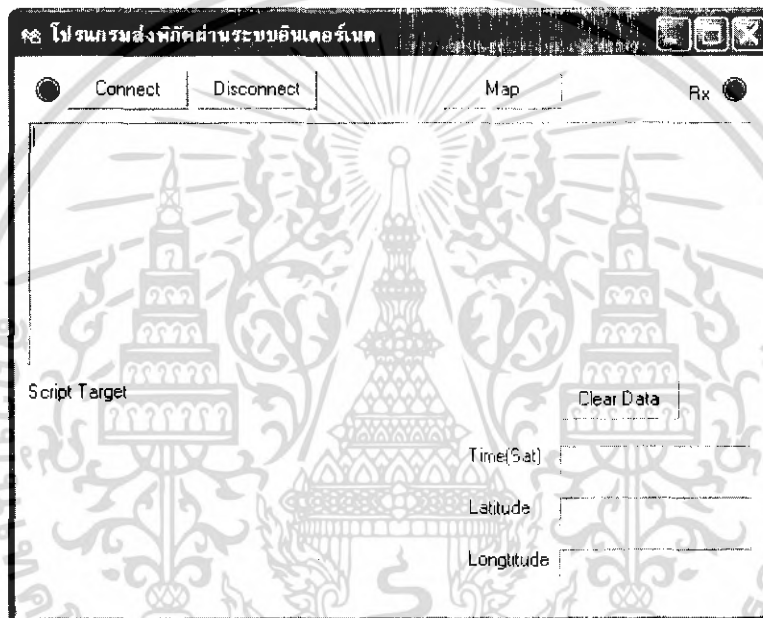
รูปที่ 4.9 หน้าต่าง One Touch Access หลังจากคลิกเลือก "เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

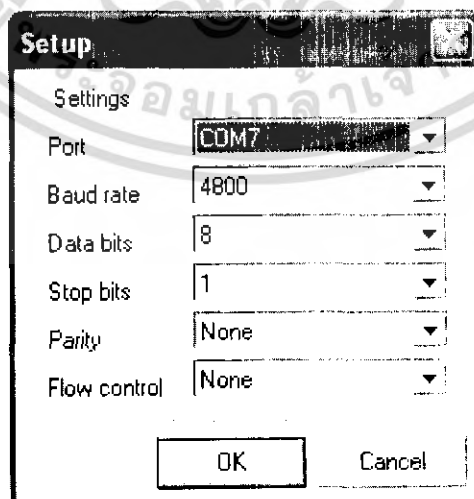
#### 4.3.2.2 โปรแกรมทางด้านส่ง

หลังจากเปิดโมดูลจีพีเอสและทำการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตด้วยระบบ GPRS Internet แล้ว ทำการทดลองดูผลจากการรันโปรแกรมได้ดังนี้

หลังจากเปิดโปรแกรมขึ้นมาจะพบหน้าโปรแกรมดังรูป โดยปุ่ม Connect จะทำการเซตการเชื่อมต่อกับโมดูลจีพีเอส, ปุ่ม Disconnect สำหรับหยุดการเชื่อมต่อ, ปุ่ม Map สำหรับโหลดโปรแกรมแผนที่, หน้าต่าง Script Target เป็นเบราว์เซอร์ที่ลิงก์ไปเปิดหน้าสคริปต์เพื่อให้แน่ใจว่าเชื่อมต่อหน้าสคริปต์นั้นได้, ช่องแสดงข้อความจะแสดงข้อความทั้งหมดที่รับจากโมดูลจีพีเอสและช่อง Time, Latitude, Longitude สำหรับแสดงค่าที่ตัดจากข้อความและเป็นค่าที่ส่งไปยังด้านรับด้วย จากการทดลองให้ด้านส่งและด้านรับอยู่บนตึกโทรคมฯ ซึ่งเป็นสถานที่ทดลอง



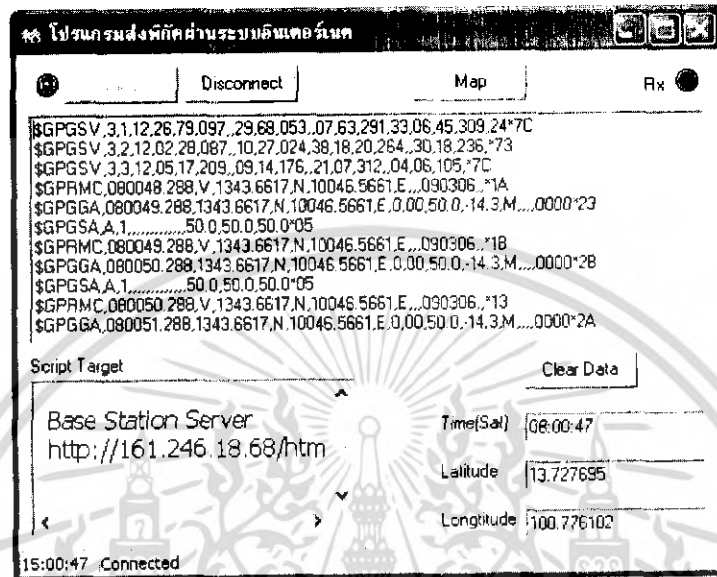
รูปที่ 4.10 แสดงโปรแกรมส่งพิกัดผ่านระบบอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 4.11 แสดงการเซตการเชื่อมต่อกับโมดูลจีพีเอส

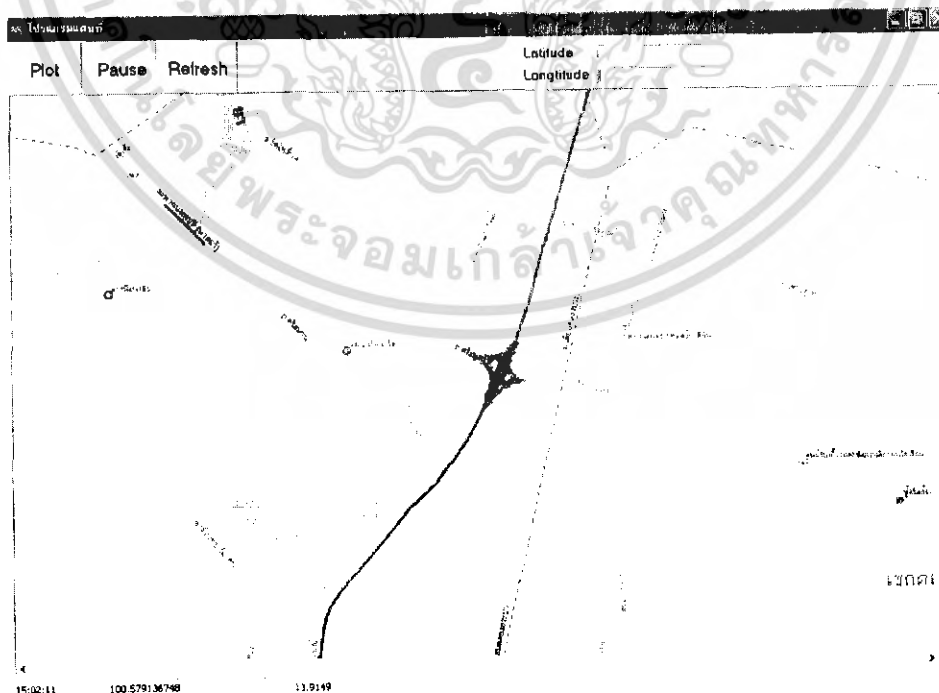
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังการเชื่อมต่อ โมดูลจีพีเอสแล้ว สัญญาณไฟเขียวติดจะแสดงสถานะว่าได้เชื่อมต่อพอร์ตเพื่อรับค่าจากโมดูลจีพีเอสแล้ว และสัญญาณไฟแดงที่กระพริบจะแสดงการรับข้อมูลจากโมดูลจีพีเอส ที่หน้าต่าง Script Target แสดงข้อความจากสคริปต์ แสดงว่าลิงค์ไปที่หน้าสคริปต์นี้ได้ พร้อมทั้งส่งละติจูดและลองจิจูดที่ตัดได้ไปที่ สคริปต์นี้



รูปที่ 4.12 แสดงข้อมูลที่รับจากโมดูลจีพีเอสหลังการเชื่อมต่อ

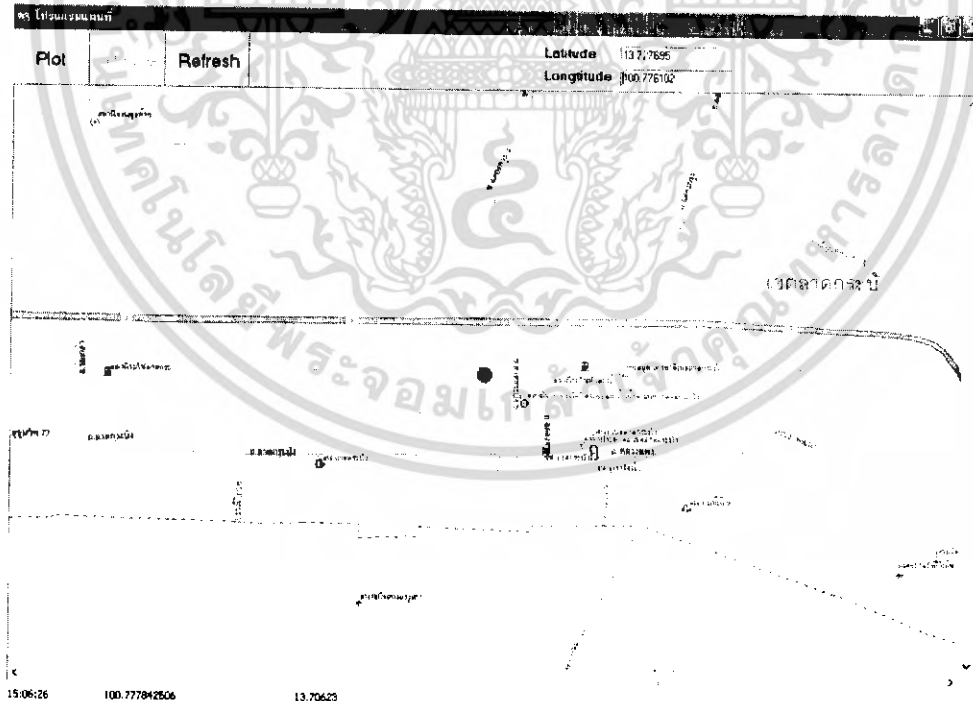
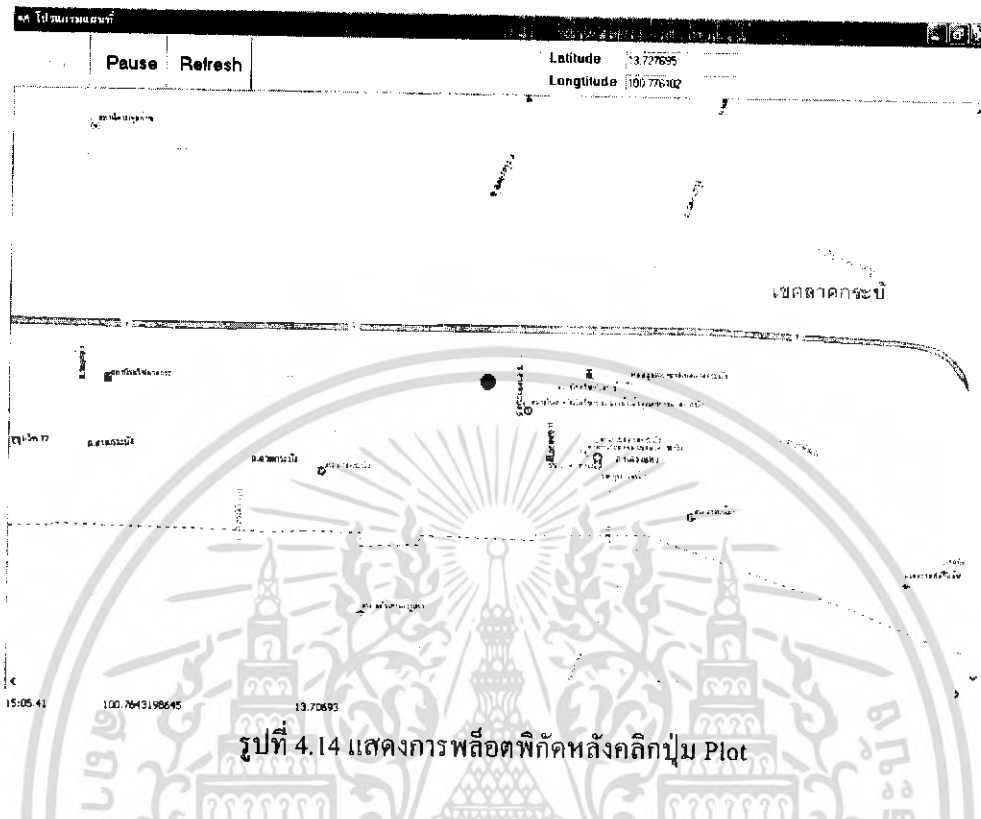
เมื่อกดปุ่ม Map เพื่อแสดงโหมดแผนที่ ได้ดังรูป 4.13 โดยมีปุ่ม Plot สำหรับเริ่มการพล็อตพิกัดบนแผนที่, ปุ่ม Pause สำหรับหยุดการพล็อต และปุ่ม Refresh สำหรับล้างจุดที่พล็อตไว้



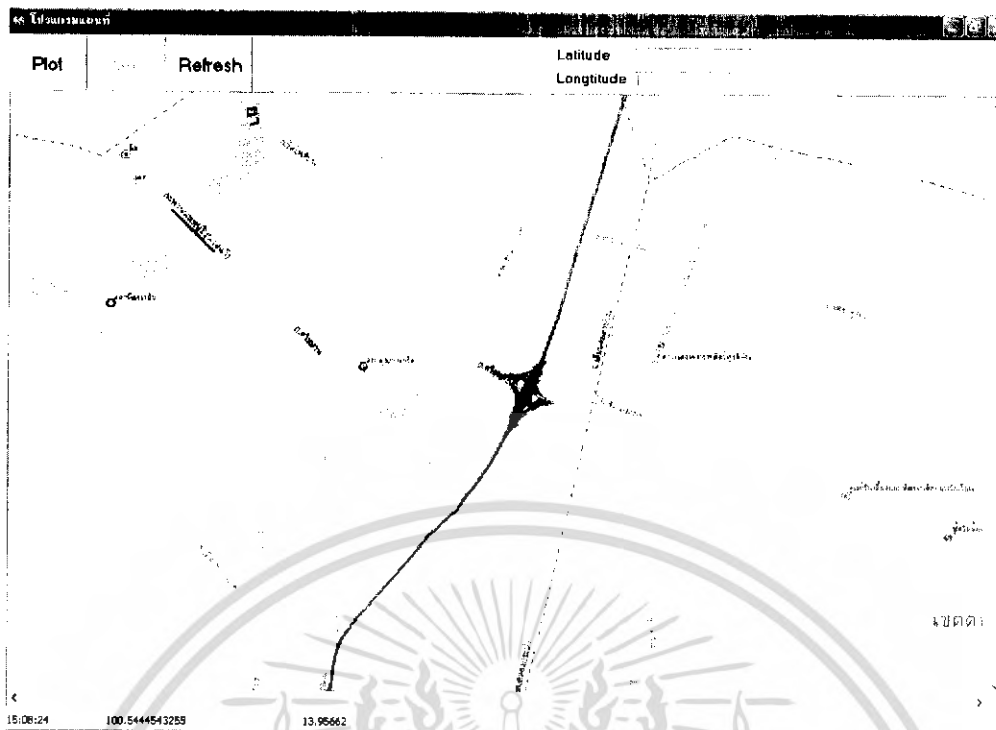
รูปที่ 4.13 แสดงส่วนโปรแกรมแผนที่หลังการคลิกปุ่ม Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดงพิกัดของตึกโทรคมฯ ด้วยจุดสีฟ้าบนแผนที่ ซึ่งเป็นจุดที่โมดูลจีพีเอสอยู่ และส่งค่าพิกัดที่แสดงบนแผนที่นี้ไปยังด้านรับเพื่อให้แสดงพิกัดเหมือนกันกับทางด้านส่งด้วย



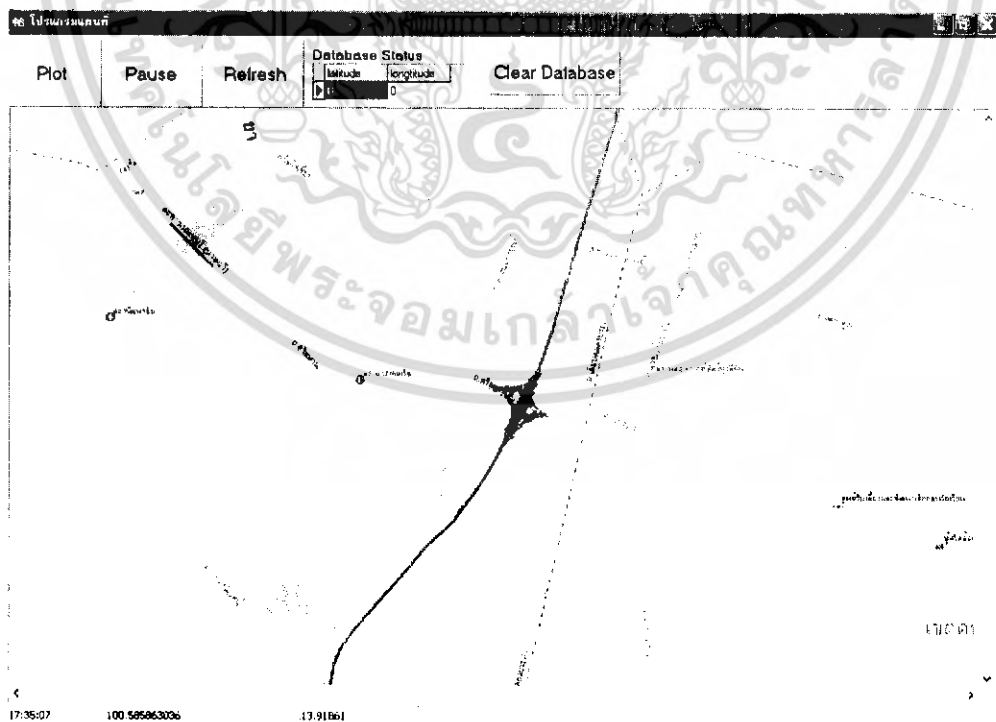
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงการรีเฟรชพิกัดเป็น 0 และล้างจุดที่พล็อต ด้วยการคลิกปุ่ม Refresh

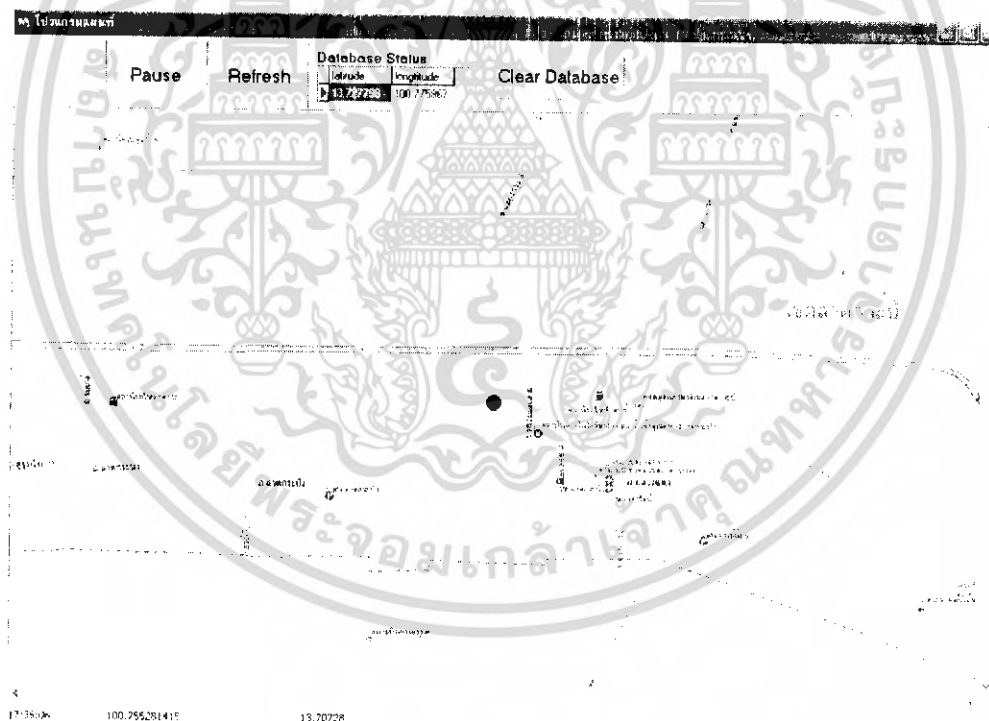
#### 4.3.2.3 โปรแกรมทางด้านรับ

สถานีฐานอยู่ที่ตึก โทรคม เมื่อเปิดโปรแกรมและรอนจนกระทั่ง คำพิกัด ไปเข้ามายัง Database แล้ว สามารถพล็อตพิกัดได้ทันที ดังรูป 4.14 และ 4.15



รูปที่ 4.17 แสดงโปรแกรมแผนที่ทางด้านรับ ขณะยังไม่ได้รับคำพิกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

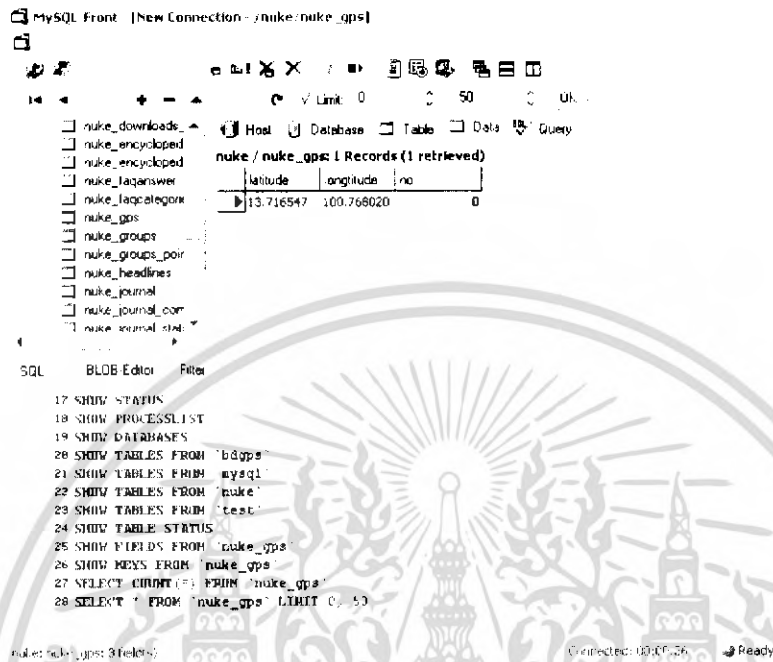


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.3 ฐานข้อมูลที่สถานีฐาน

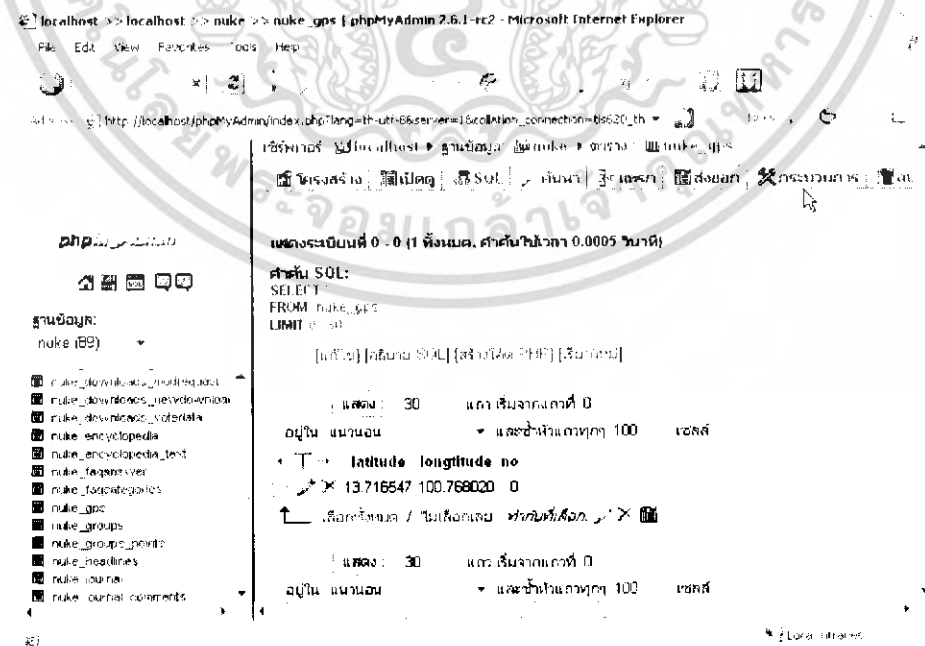
#### 4.3.3.1 แสดงฐานข้อมูลผ่านโปรแกรม MySQL-Front

ข้อมูลจะถูกเก็บลงฐานข้อมูลและเปลี่ยนแปลงทุกครั้งที่มีค่าใหม่เข้ามา



รูปที่ 4.22 แสดงฐานข้อมูลผ่านโปรแกรม MySQL Front

#### 4.3.3.2 แสดงฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Phpmyadmin เป็นซอฟต์แวร์ที่รันบนเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser)



รูปที่ 4.23 แสดงฐานข้อมูลด้วย Phpmyadmin ผ่านเว็บเบราว์เซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อต่อ โมดูลจีพีเอสเข้ากับคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค ระดับสัญญาณจาก โมดูลจีพีเอส จะส่งผ่านมายังคอมพิวเตอร์แปลงเป็นรหัสแอสกี และรหัสแอสกีนี้จะแสดงเป็นข้อความเป็นประโยคต่างๆ และสามารถนำโปรแกรมที่สนับสนุนโปรโตคอลเอ็นเอ็มอีเอ-0183 มาต่อเพื่อรับค่าจากโมดูลได้จากการทดลองโดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ตอนุกรม โดยโปรแกรมจะแสดงข้อมูลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวันเวลา, ละติจูด, ลองจิจูด, ข้อมูลเกี่ยวกับดาวเทียม เป็นต้น ทุกๆ 1 วินาที

เมื่อนำโปรแกรมแผนที่สำเร็จรูปที่สนับสนุนระบบจีพีเอสและโปรโตคอลเอ็นเอ็มอีเอ-0183 มาทำการเชื่อมต่อกับเครื่องรับจีพีเอสผ่านทางพอร์ตอนุกรม พบว่าโปรแกรมได้ทำการคำนวณจุดพิกัด จากละติจูดและลองจิจูด ลงบนแผนที่ ได้อย่างถูกต้อง ตรงตามตำแหน่งที่โมดูลจีพีเอสอยู่

เมื่อนำโปรแกรมที่เขียนด้วย Delphi รันทางด้านส่งและด้านรับสามารถแสดงพิกัดบนแผนที่เหมือนกัน และแสดงตำแหน่งที่โมดูลจีพีเอสอยู่ได้ถูกต้องเหมือนโปรแกรมแผนที่สำเร็จรูป

### 5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง

1. สายอากาศของเครื่องรับจีพีเอสจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่มองเห็นท้องฟ้าได้ ถึงจะสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้
2. สภาพอากาศมีผลต่อการรับสัญญาณจีพีเอส คือท้องฟ้าต้องเปิดถึงจะรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้
3. โมดูลจีพีเอสต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวงจึงจะให้ข้อมูลที่มีความแม่นยำเพียงพอ
4. หลังการเชื่อมต่อกับเครื่องรับจีพีเอส ช่วงแรกๆ ตำแหน่งพิกัดมีความผิดพลาดอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากจำนวนดาวเทียมที่รับได้ยังมีไม่ถึง 3 ดวง ต้องรอประมาณ 8-10 นาทีเพื่อให้เครื่องรับจีพีเอสค้นหาดาวเทียมได้มากขึ้น จะทำให้ตำแหน่งพิกัดมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น
5. ระบบอินเตอร์เน็ตทางด้านส่งที่ใช้โทรศัพท์มือถือเชื่อมต่อนั้น เชื่อมต่อโน้ตบุ๊คที่อัตรา 115.2 kbit/s แต่สามารถส่งข้อมูลได้จริงประมาณ 24 - 36 kbit/s ทำให้ข้อมูลที่ส่งไปในระบบอินเตอร์เน็ตนั้นก่อนข้างช้า
6. ระบบอินเตอร์เน็ตที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์เชื่อมต่ออยู่นั้น ถ้ามีความหนาแน่นในระบบสูงหรือแบนด์วิดท์เหลือน้อย จะส่งผลให้รับข้อมูลได้ช้า เนื่องจากทางด้านส่งนั้นส่งข้อมูลทุกๆ 1 วินาทีแต่ต้องรอให้เครื่องรับรับข้อมูลก่อน ถึงจะส่งต่อได้ ส่งผลให้โปรแกรมทางด้านส่งเกิดความผิดพลาด (Error) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 แนวทางพัฒนาต่อไป

1. นำไปเพิ่มระบบจัดเก็บข้อมูลแบบดาต้าล็อกเกอร์ (Data Logger) ที่ขึ้นงาน หรือส่งข้อมูลไปเก็บไว้ในเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server) ได้ เพื่อสามารถนำข้อมูลมาตรวจสอบภายหลังได้ ทำให้ขึ้นงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. สามารถตรวจสอบการเดินทางของยานพาหนะด้วยระบบอินเทอร์เน็ตผ่านเว็บไซต์ (Website) ได้ทั่วโลก เมื่อข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอสถูกส่งไปที่อินเทอร์เน็ตเซิร์ฟเวอร์ (Internet Server) และภายในเว็บไซต์มีโปรแกรมแผนที่แสดงการเดินทางของยานพาหนะ

3. นำไปประยุกต์เป็นระบบป้องกันการโจรกรรมยานพาหนะได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

1. อารัมภีร์ จันทร์ไชย , “ เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ” , ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2546
2. พงษ์ศักดิ์ สุสัมพันธ์ ไพบุลย์, “เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์”,ฉบับที่ 211., ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2543
3. ศัจจะ จรัสรุ่งรวีวร ,จักรพงษ์ สุขประเสริฐ , “เริ่มต้นอย่างมืออาชีพด้วย Delphi”,Dev Book,2546
4. กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล, “กัมภีร์ PHP”, 2548



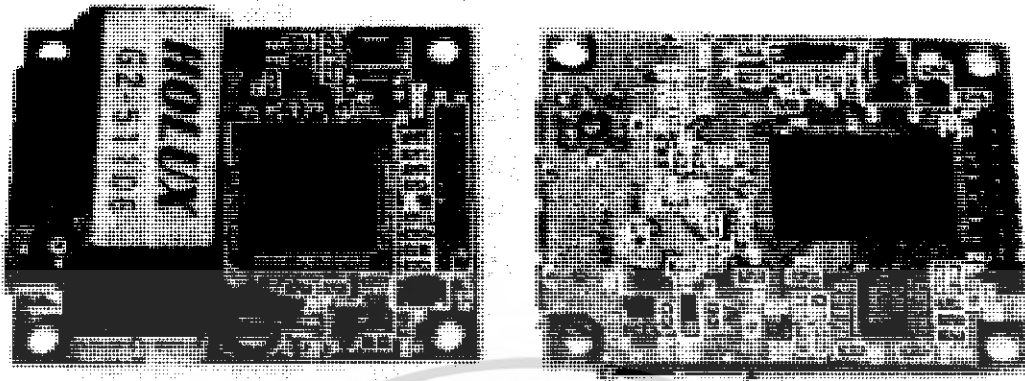
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# GM-82 GPS Receiver



## ■ Features

- SiRF Star II chipset with embedded ARM7TDMI CPU available for customized applications in firmware ◦
- 12 parallel satellite-tracking channels for fast acquisition and reacquisition ◦
- High speed signal acquisition using 1920 time/frequency search channels ◦
- Built-in WAAS/EGNOS Demodulator ◦
- Support U.S. Coast Guard DGPS beacon signal ◦
- Low power consumption with Advanced Trickle-Power and Push-To-Fix mode ◦ ◦
- Optional Rechargeable battery for memory and RTC backup and for fast Time to First Fix(TTFF) ◦
- Support NMEA0183 v2.2 data protocol and SiRF binary code ◦
- Enhanced algorithms -SnapLock and SnapStart provide superior navigation performance in urban, canyon and foliage environments ◦
- For Car Navigation , Marine Navigation ,Fleet Management ,AVL and Location-Based Services , Auto Pilot ,Personal Navigation or touring devices, Tracking devices/systems and Mapping devices application ◦

## ■ Specifications

<b>Snap Start</b>	< 3 sec (at < 25 minutes off period ) .
<b>Hot Start</b>	≤ 8 sec(typ).
<b>Warm Start</b>	≤ 38 sec(typ).
<b>Cold Start</b>	≤ 45 sec(typ).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Satellite Reacquisition Time Accuracy</b>	100 ms
<b>Channels</b>	12
<b>Position Accuracy</b>	25m CEP without SA
<b>Receiver</b>	L1, C/A code
<b>Protocol</b>	NMEA V2.2, 4800, 8, N, 1 or SiRF Binary
<b>Maximum Altitude</b>	< 60,000 feet
<b>Maximum Velocity</b>	< 700 knots
<b>Max. Update Rate</b>	1 Hz
<b>RF Connector</b>	MCX or SMA
<b>Dimension</b>	40mm(L)x50mm(w)x7.6mm(H)
<b>Weight</b>	18g
<b>Firmware Upgrade</b>	Flash EPROM field programming software available
<b>Time Mark</b>	Output 1 pulse/sec, aligned with GPS time $\pm 0.1$ usec
<b>Operating Temperature</b>	-40 °C to +80 °C
<b>Storage Temperature</b>	-45 °C to +100 °C
<b>Operating Humidity</b>	5% to 95%, No Condensing

## ■ Electrical specifications :

- 5.0  $\pm 10\%$ V DC input (0.8W @5.0V DC w/passive antenna) °
- 3.3  $\pm 10\%$ V DC input(0.75W @3.3V DC w/passive antenna) °

## ■ Electrical Output specification :

- Interface
  - 1、 RS-232 °
  - 2、 CMOS TTL Level °
  - 3、 5 GPIO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- NMEA output protocol:  
Baud rate: 4800 bps  
Data bit: 8  
Parity: N  
Stop bit: 1  
Output format: GGA, GSA, GSV, MC.(VTG , GLL, RMS option)
- **Output terminal and definition**  
20 Pin header (2.0mm Pitch).

**J1 connector pin definition:**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ■ Products List

Model No.	Output Level	Back-up battery Type		Input Power	Power Saving	Connector Type	
	TTL or RS-232	Lithium	No	Volt.		MCX	SMA
GM-82-A0X-5	RS-232	Y	-	5	Y	Y	-
GM-82-A0X-3	RS-232	Y	-	3	Y	Y	-
GM-82-A0A-5	RS-232	Y	-	5	Y	-	Y
GM-82-A0A-3	RS-232	Y	-	3	Y	-	Y
GM-82-A1X-5	RS-232	-	Y	5	-	Y	-
GM-82-A1X-3	RS-232	-	Y	3	-	Y	-
GM-82-A1A-5	RS-232	-	Y	5	-	-	Y
GM-82-A1A-3	RS-232	-	Y	3	-	-	Y
GM-82-T0X-5	TTL	Y	-	5	Y	Y	-
GM-82-T0X-3	TTL	Y	-	3	Y	Y	-
GM-82-T0A-5	TTL	Y	-	5	Y	-	Y
GM-82-T0A-3	TTL	Y	-	3	Y	-	Y
GM-82-T1X-5	TTL	-	Y	5	-	Y	-
GM-82-T1X-3	TTL	-	Y	3	-	Y	-
GM-82-T1A-5	TTL	-	Y	5	-	-	Y
GM-82-T1A-3	TTL	-	Y	3	-	-	Y

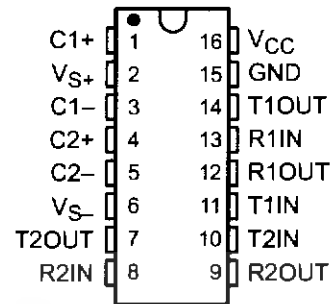
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

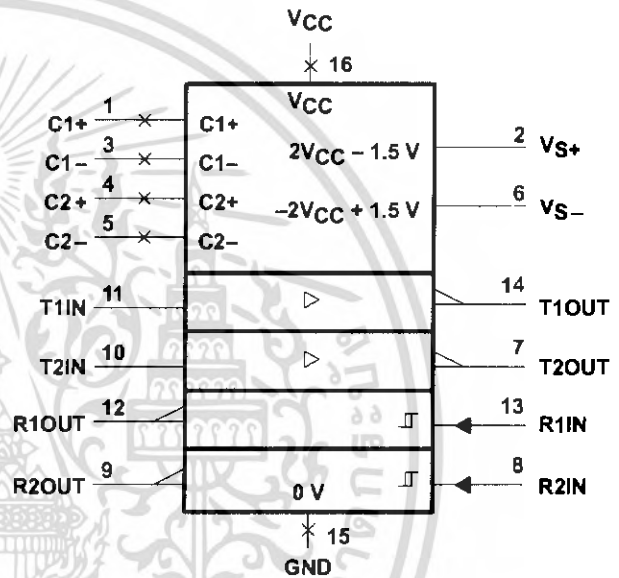
SLLS047G – FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

- Operates With Single 5-V Power Supply
- LinBiCMOS™ Process Technology
- Two Drivers and Two Receivers
- $\pm 30\text{-V}$  Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- Applications
  - TIA/EIA-232-F
  - Battery-Powered Systems
  - Terminals
  - Modems
  - Computers
- ESD Protection Exceeds 2000 V Per MIL-STD-883, Method 3015
- Package Options Include Plastic Small-Outline (D, DW) Packages and Standard Plastic (N) DIPs

D, DW, OR N PACKAGE  
(TOP VIEW)



logic symbol



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

## description

The MAX232 device is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept  $\pm 30\text{-V}$  inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

The MAX232 is characterized for operation from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $70^{\circ}\text{C}$ . The MAX232I is characterized for operation from  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ .

## AVAILABLE OPTIONS

T <sub>A</sub>	PACKAGED DEVICES		
	SMALL OUTLINE (D)	SMALL OUTLINE (DW)	PLASTIC DIP (N)
$0^{\circ}\text{C}$ to $70^{\circ}\text{C}$	MAX232D†	MAX232DW†	MAX232N
$-40^{\circ}\text{C}$ to $85^{\circ}\text{C}$	MAX232ID†	MAX232IDW†	MAX232IN

† This device is available taped and reeled by adding an R to the part number (i.e., MAX232DR).



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC and LinBiCMOS are trademarks of Texas Instruments Incorporated.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS  
INSTRUMENTS**

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ท่านนั้น ใช้ออกเอกสารที่ส่งมอบให้ท่านนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

# MAX232, MAX232I

## DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

SLLS047G – FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

### absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, $V_{CC}$ (see Note 1)	–0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, $V_{S+}$	$V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, $V_{S-}$	–0.3 V to –15 V
Input voltage range, $V_I$ : Driver	–0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	$\pm 30$ V
Output voltage range, $V_O$ : T1OUT, T2OUT	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	–0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited
Package thermal impedance, $\theta_{JA}$ (see Note 2): D package	113°C/W
DW package	105°C/W
N package	78°C/W
Storage temperature range, $T_{stg}$	–65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°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 under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JEESD 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

### recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, $V_{CC}$		4.5	5	5.5	V
High-level input voltage, $V_{IH}$ (T1IN, T2IN)		2			V
Low-level input voltage, $V_{IL}$ (T1IN, T2IN)				0.8	V
Receiver input voltage, R1IN, R2IN				$\pm 30$	V
Operating free-air temperature, $T_A$	MAX232	0		70	°C
	MAX232I	–40		85	

# MAX232, MAX2321 DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

SLLS047G – FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

**electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (unless otherwise noted)**

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT	
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	R <sub>L</sub> = 3 kΩ to GND	5	7	V	
		R1OUT, R2OUT	I <sub>OH</sub> = -1 mA	3.5			
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT	R <sub>L</sub> = 3 kΩ to GND	-7	-5	V	
		R1OUT, R2OUT	I <sub>OL</sub> = 3.2 mA		0.4		
V <sub>IT+</sub>	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V <sub>CC</sub> = 5 V, T <sub>A</sub> = 25°C	1.7	2.4	V	
V <sub>IT-</sub>	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V <sub>CC</sub> = 5 V, T <sub>A</sub> = 25°C	0.8	1.2	V	
V <sub>hys</sub>	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN	V <sub>CC</sub> = 5 V	0.2	0.5	1	V
r <sub>i</sub>	Receiver input resistance	R1IN, R2IN	V <sub>CC</sub> = 5, T <sub>A</sub> = 25°C	3	5	7	kΩ
r <sub>o</sub>	Output resistance	T1OUT, T2OUT	V <sub>S+</sub> = V <sub>S-</sub> = 0, V <sub>O</sub> = ±2 V	300			Ω
I <sub>OS</sub> §	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	V <sub>CC</sub> = 5.5 V, V <sub>O</sub> = 0	±10			mA
I <sub>IS</sub>	Short-circuit input current	T1IN, T2IN	V <sub>I</sub> = 0			200	μA
I <sub>CC</sub>	Supply current		V <sub>CC</sub> = 5.5 V, T <sub>A</sub> = 25°C, All outputs open,	8	10		mA

† All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5 V, T<sub>A</sub> = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

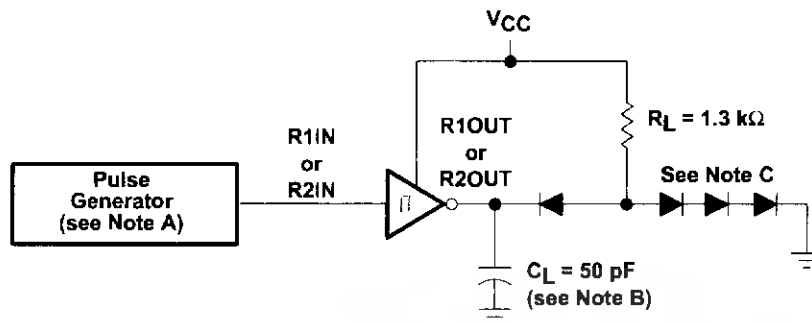
### switching characteristics, V<sub>CC</sub> = 5 V, T<sub>A</sub> = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t <sub>PLH(R)</sub>	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	See Figure 1		500		ns
t <sub>PHL(R)</sub>	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	See Figure 1		500		ns
SR	Driver slew rate	R <sub>L</sub> = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/μs
SR(tr)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/μs

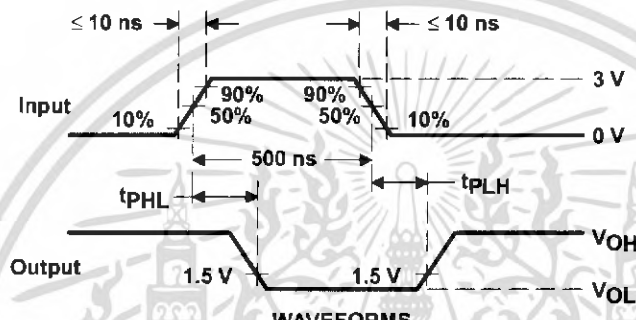
**MAX232, MAX232I**  
**DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER**

SLLS047G – FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

**PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION**



**TEST CIRCUIT**

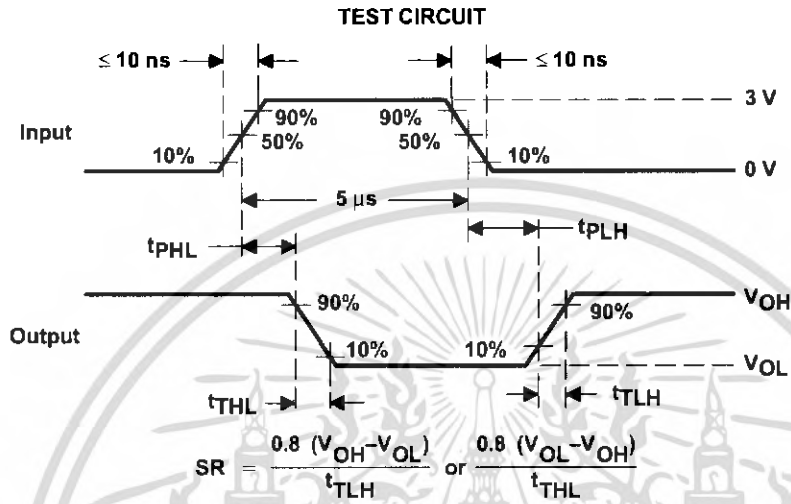
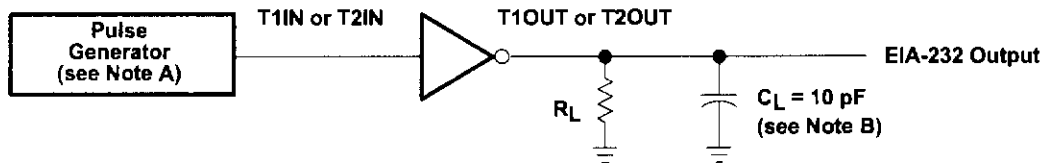


**WAVEFORMS**

- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics:  $Z_O = 50 \Omega$ , duty cycle  $\leq 50\%$ .  
 B.  $C_L$  includes probe and jig capacitance.  
 C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

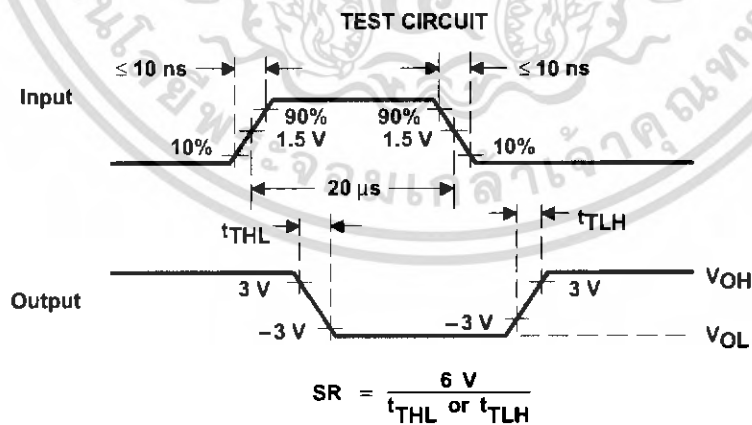
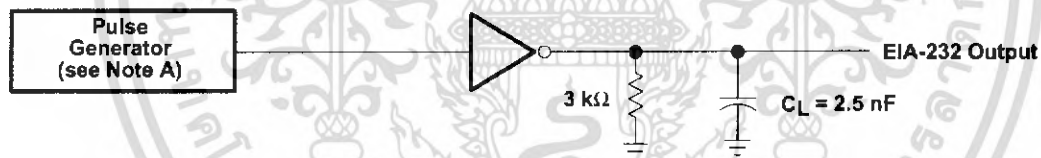
**Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for  $t_{pHL}$  and  $t_{pLH}$  Measurements**

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics:  $Z_O = 50 \Omega$ , duty cycle  $\leq 50\%$ .  
B.  $C_L$  includes probe and jig capacitance.

Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for  $t_{PHL}$  and  $t_{PLH}$  Measurements (5- $\mu$ s input)



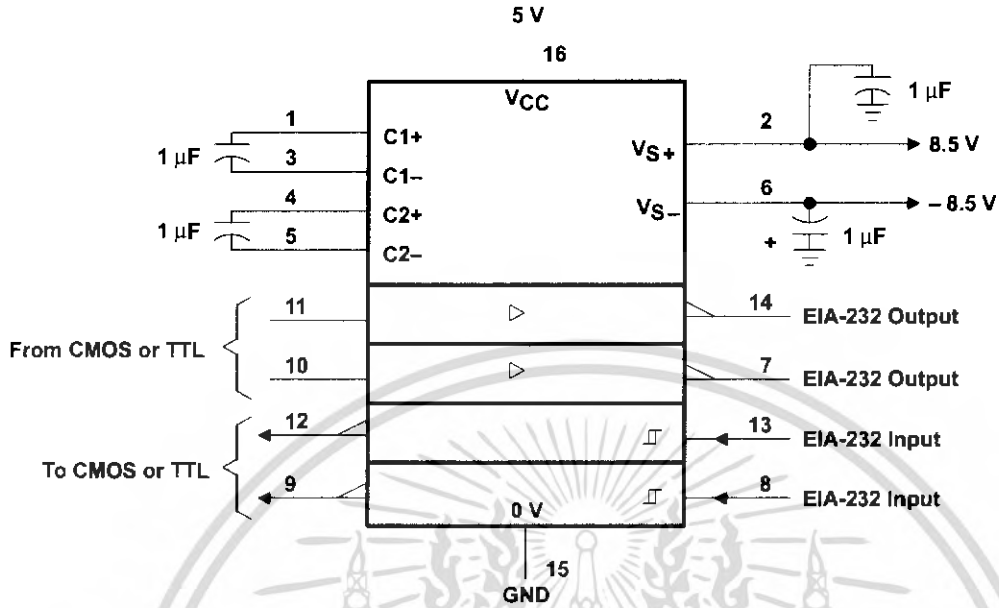
NOTE A: The pulse generator has the following characteristics:  $Z_O = 50 \Omega$ , duty cycle  $\leq 50\%$ .

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for  $t_{THL}$  and  $t_{TLH}$  Measurements (20- $\mu$ s input)

**MAX232, MAX232I**  
**DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER**

ILLS047G - FEBRUARY 1989 - REVISED AUGUST 1998

**APPLICATION INFORMATION**



**Figure 4. Typical Operating Circuit**

## IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Copyright © Each Manufacturing Company.

All Datasheets cannot be modified without permission.

This datasheet has been download from :

[www.AllDataSheet.com](http://www.AllDataSheet.com)

100% Free DataSheet Search Site.

Free Download.

No Register.

Fast Search System.

[www.AllDataSheet.com](http://www.AllDataSheet.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LM2575

## 1.0 A, Adjustable Output Voltage, Step-Down Switching Regulator

The LM2575 series of regulators are monolithic integrated circuits ideally suited for easy and convenient design of a step-down switching regulator (buck converter). All circuits of this series are capable of driving a 1.0 A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3 V, 5.0 V, 12 V, 15 V, and an adjustable output version.

These regulators were designed to minimize the number of external components to simplify the power supply design. Standard series of inductors optimized for use with the LM2575 are offered by several different inductor manufacturers.

Since the LM2575 converter is a switch-mode power supply, its efficiency is significantly higher in comparison with popular three-terminal linear regulators, especially with higher input voltages. In many cases, the power dissipated by the LM2575 regulator is so low, that no heatsink is required or its size could be reduced dramatically.

The LM2575 features include a guaranteed  $\pm 4\%$  tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and  $\pm 10\%$  on the oscillator frequency ( $\pm 2\%$  over  $0^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$ ). External shutdown is included, featuring  $80\ \mu\text{A}$  typical standby current. The output switch includes cycle-by-cycle current limiting, as well as thermal shutdown for full protection under fault conditions.

### Features

- 3.3 V, 5.0 V, 12 V, 15 V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range of  $1.23\ \text{V}$  to  $37\ \text{V} \pm 4\%$  Maximum Over Line and Load Conditions
- Guaranteed 1.0 A Output Current
- Wide Input Voltage Range: 4.75 V to 40 V
- Requires Only 4 External Components
- 52 kHz Fixed Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability, Low Power Standby Mode
- High Efficiency
- Uses Readily Available Standard Inductors
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection
- Moisture Sensitivity Level (MSL) Equals 1
- Pb-Free Packages are Available

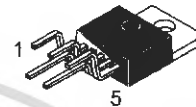
### Applications

- Simple and High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulators
- Efficient Pre-Regulator for Linear Regulators
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converters (Buck-Boost)
- Negative Step-Up Converters
- Power Supply for Battery Chargers



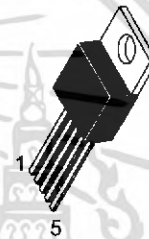
ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>



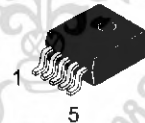
TO-220  
TV SUFFIX  
CASE 314B

Heatsink surface connected to Pin 3



TO-220  
T SUFFIX  
CASE 314D

Pin 1.  $V_{in}$   
2. Output  
3. Ground  
4. Feedback  
5. ON/OFF



D2PAK  
D2T SUFFIX  
CASE 936A

Heatsink surface (shown as terminal 6 in case outline drawing) is connected to Pin 3

### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 24 of this data sheet.

\*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

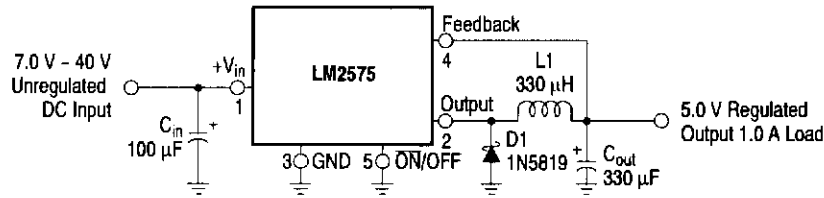
### DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 24 of this data sheet.

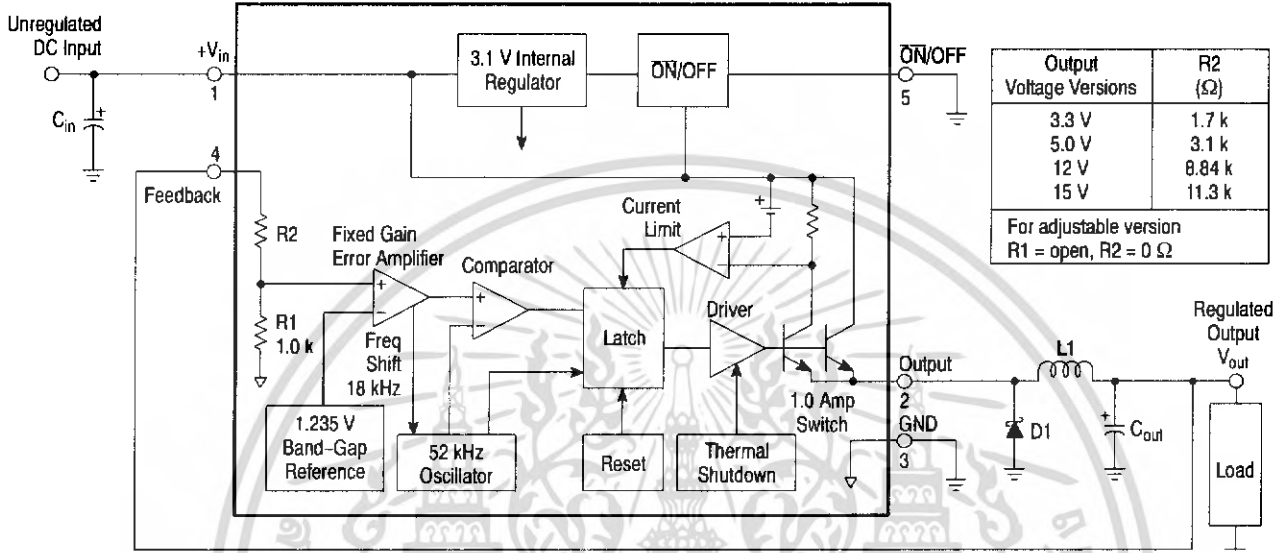
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

# LM2575

## Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)



## Representative Block Diagram and Typical Application



This device contains 162 active transistors.

Figure 1. Block Diagram and Typical Application

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Supply Voltage	$V_{in}$	45	V
ON/OFF Pin Input Voltage	-	$-0.3 \text{ V} \leq V \leq +V_{in}$	V
Output Voltage to Ground (Steady-State)	-	-1.0	V
Power Dissipation			
Case 314B and 314D (TO-220, 5-Lead)	$P_D$	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	5.0	$^{\circ}\text{C/W}$
Case 936A (D <sup>2</sup> PAK)	$P_D$	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient (Figure 34)	$R_{\theta JA}$	70	$^{\circ}\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	5.0	$^{\circ}\text{C/W}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$
Minimum ESD Rating (Human Body Model: C = 100 pF, R = 1.5 kΩ)	-	3.0	kV
Lead Temperature (Soldering, 10 s)	-	260	$^{\circ}\text{C}$
Maximum Junction Temperature	$T_J$	150	$^{\circ}\text{C}$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
<http://onsemi.com>  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LM2575

**OPERATING RATINGS** (Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Operating Junction Temperature Range	$T_J$	-40 to +125	$^{\circ}\text{C}$
Supply Voltage	$V_{in}$	40	V

## SYSTEM PARAMETERS ([Note 1] Test Circuit Figure 14)

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (Unless otherwise specified,  $V_{in} = 12\text{ V}$  for the 3.3 V, 5.0 V, and Adjustable version,  $V_{in} = 25\text{ V}$  for the 12 V version, and  $V_{in} = 30\text{ V}$  for the 15 V version.  $I_{Load} = 200\text{ mA}$ . For typical values  $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ , for min/max values  $T_J$  is the operating junction temperature range that applies [Note 2], unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
-----------------	--------	-----	-----	-----	------

### LM2575-3.3 (Note 1 Test Circuit Figure 14)

Output Voltage ( $V_{in} = 12\text{ V}$ , $I_{Load} = 0.2\text{ A}$ , $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ )	$V_{out}$	3.234	3.3	3.366	V
Output Voltage ( $4.75\text{ V} \leq V_{in} \leq 40\text{ V}$ , $0.2\text{ A} \leq I_{Load} \leq 1.0\text{ A}$ ) $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^{\circ}\text{C}$	$V_{out}$	3.168 3.135	3.3 -	3.432 3.465	V
Efficiency ( $V_{in} = 12\text{ V}$ , $I_{Load} = 1.0\text{ A}$ )	$\eta$	-	75	-	%

### LM2575-5 ([Note 1] Test Circuit Figure 14)

Output Voltage ( $V_{in} = 12\text{ V}$ , $I_{Load} = 0.2\text{ A}$ , $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ )	$V_{out}$	4.9	5.0	5.1	V
Output Voltage ( $8.0\text{ V} \leq V_{in} \leq 40\text{ V}$ , $0.2\text{ A} \leq I_{Load} \leq 1.0\text{ A}$ ) $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^{\circ}\text{C}$	$V_{out}$	4.8 4.75	5.0 -	5.2 5.25	V
Efficiency ( $V_{in} = 12\text{ V}$ , $I_{Load} = 1.0\text{ A}$ )	$\eta$	-	77	-	%

### LM2575-12 (Note 1 Test Circuit Figure 14)

Output Voltage ( $V_{in} = 25\text{ V}$ , $I_{Load} = 0.2\text{ A}$ , $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ )	$V_{out}$	11.76	12	12.24	V
Output Voltage ( $15\text{ V} \leq V_{in} \leq 40\text{ V}$ , $0.2\text{ A} \leq I_{Load} \leq 1.0\text{ A}$ ) $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^{\circ}\text{C}$	$V_{out}$	11.52 11.4	12 -	12.48 12.6	V
Efficiency ( $V_{in} = 15\text{ V}$ , $I_{Load} = 1.0\text{ A}$ )	$\eta$	-	88	-	%

### LM2575-15 (Note 1 Test Circuit Figure 14)

Output Voltage ( $V_{in} = 30\text{ V}$ , $I_{Load} = 0.2\text{ A}$ , $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ )	$V_{out}$	14.7	15	15.3	V
Output Voltage ( $18\text{ V} \leq V_{in} \leq 40\text{ V}$ , $0.2\text{ A} \leq I_{Load} \leq 1.0\text{ A}$ ) $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^{\circ}\text{C}$	$V_{out}$	14.4 14.25	15 -	15.6 15.75	V
Efficiency ( $V_{in} = 18\text{ V}$ , $I_{Load} = 1.0\text{ A}$ )	$\eta$	-	88	-	%

### LM2575 ADJUSTABLE VERSION (Note 1 Test Circuit Figure 14)

Feedback Voltage ( $V_{in} = 12\text{ V}$ , $I_{Load} = 0.2\text{ A}$ , $V_{out} = 5.0\text{ V}$ , $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ )	$V_{FB}$	1.217	1.23	1.243	V
Feedback Voltage ( $8.0\text{ V} \leq V_{in} \leq 40\text{ V}$ , $0.2\text{ A} \leq I_{Load} \leq 1.0\text{ A}$ , $V_{out} = 5.0\text{ V}$ ) $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^{\circ}\text{C}$	$V_{FB}$	1.193 1.18	1.23 -	1.267 1.28	V
Efficiency ( $V_{in} = 12\text{ V}$ , $I_{Load} = 1.0\text{ A}$ , $V_{out} = 5.0\text{ V}$ )	$\eta$	-	77	-	%

- External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2575 is used as shown in the Figure 14 test circuit, system performance will be as shown in system parameters section.
- Tested junction temperature range for the LM2575:  $T_{low} = -40^{\circ}\text{C}$   $T_{high} = +125^{\circ}\text{C}$

# LM2575

## DEVICE PARAMETERS

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (Unless otherwise specified,  $V_{in} = 12\text{ V}$  for the 3.3 V, 5.0 V, and Adjustable version,  $V_{in} = 25\text{ V}$  for the 12 V version, and  $V_{in} = 30\text{ V}$  for the 15 V version.  $I_{Load} = 200\text{ mA}$ . For typical values  $T_J = 25^\circ\text{C}$ , for min/max values  $T_J$  is the operating junction temperature range that applies [Note 2], unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>ALL OUTPUT VOLTAGE VERSIONS</b>					
Feedback Bias Current ( $V_{out} = 5.0\text{ V}$ Adjustable Version Only) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^\circ\text{C}$	$I_b$	-	25	100	nA
Oscillator Frequency Note 3 $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 0\text{ to }+125^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^\circ\text{C}$	$f_{osc}$	-	52	-	kHz
Saturation Voltage ( $I_{out} = 1.0\text{ A}$ Note 4) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^\circ\text{C}$	$V_{sat}$	-	1.0	1.2	V
Max Duty Cycle ("on") Note 5	DC	94	98	-	%
Current Limit (Peak Current Notes 4 and 3) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^\circ\text{C}$	$I_{CL}$	1.7	2.3	3.0	A
Output Leakage Current Notes 6 and 7, $T_J = 25^\circ\text{C}$ Output = 0 V Output = -1.0 V	$I_L$	-	0.8	2.0	mA
Quiescent Current Note 6 $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^\circ\text{C}$	$I_Q$	-	5.0	9.0	mA
Standby Quiescent Current ( $\overline{\text{ON/OFF}}$ Pin = 5.0 V ("off")) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^\circ\text{C}$	$I_{stby}$	-	80	200	$\mu\text{A}$
$\overline{\text{ON/OFF}}$ Pin Logic Input Level (Test Circuit Figure 14) $V_{out} = 0\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^\circ\text{C}$ $V_{out} = \text{Nominal Output Voltage}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }+125^\circ\text{C}$	$V_{IH}$ $V_{IL}$	2.2 2.4	1.4	-	V
$\overline{\text{ON/OFF}}$ Pin Input Current (Test Circuit Figure 14) $\overline{\text{ON/OFF}}$ Pin = 5.0 V ("off"), $T_J = 25^\circ\text{C}$ $\overline{\text{ON/OFF}}$ Pin = 0 V ("on"), $T_J = 25^\circ\text{C}$	$I_{IH}$ $I_{IL}$	-	15	30	$\mu\text{A}$

- The oscillator frequency reduces to approximately 18 kHz in the event of an output short or an overload which causes the regulated output voltage to drop approximately 40% from the nominal output voltage. This self protection feature lowers the average dissipation of the IC by lowering the minimum duty cycle from 5% down to approximately 2%.
- Output (Pin 2) sourcing current. No diode, inductor or capacitor connected to output pin.
- Feedback (Pin 4) removed from output and connected to 0 V.
- Feedback (Pin 4) removed from output and connected to +12 V for the Adjustable, 3.3 V, and 5.0 V versions, and +25 V for the 12 V and 15 V versions, to force the output transistor "off".
- $V_{in} = 40\text{ V}$ .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
<http://onsemi.com>  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LM2575

## TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Circuit of Figure 14)

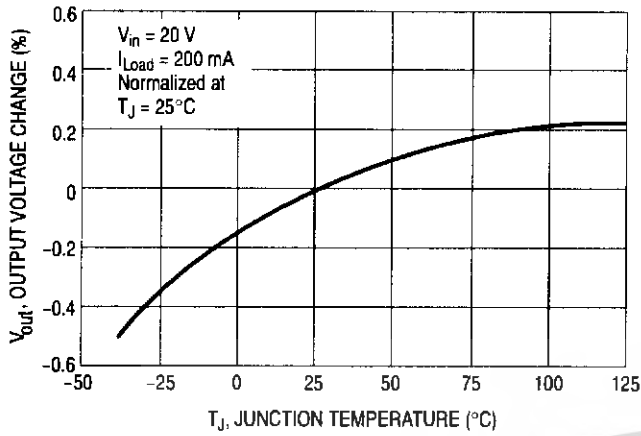


Figure 2. Normalized Output Voltage

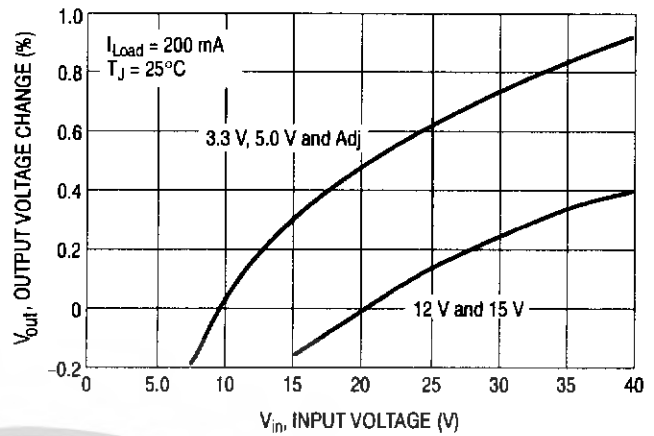


Figure 3. Line Regulation

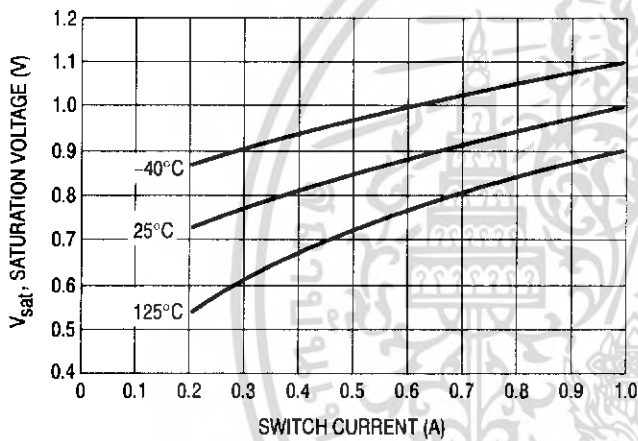


Figure 4. Switch Saturation Voltage

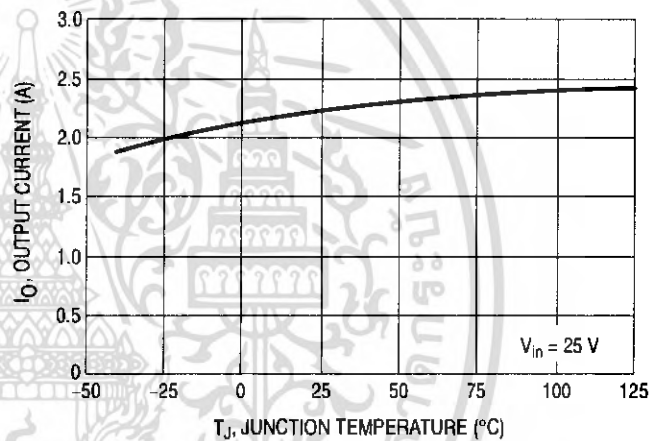


Figure 5. Current Limit

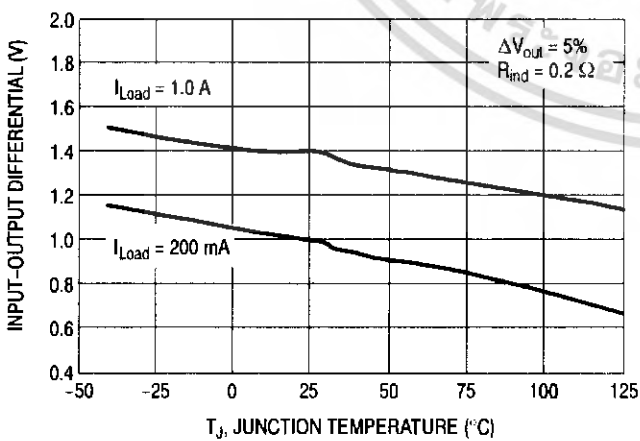


Figure 6. Dropout Voltage

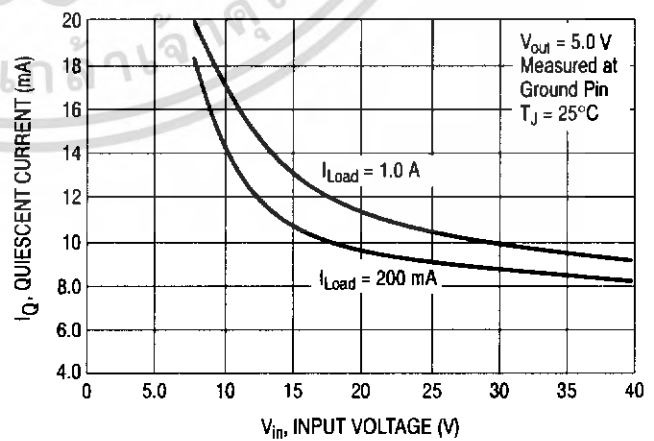


Figure 7. Quiescent Current

# LM2575

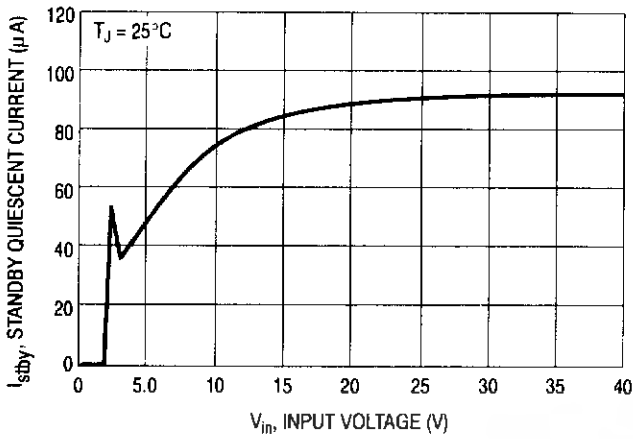


Figure 8. Standby Quiescent Current

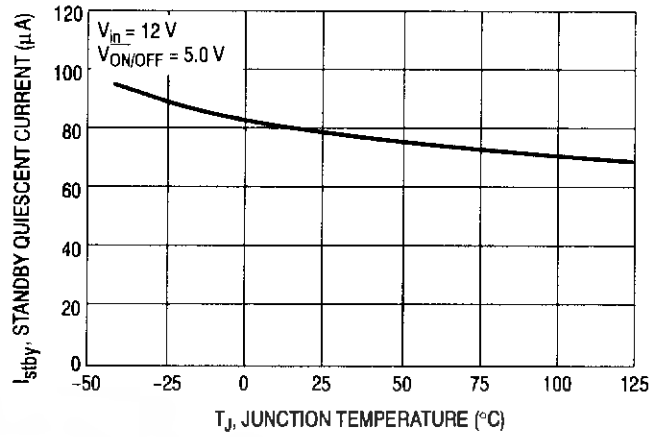


Figure 9. Standby Quiescent Current

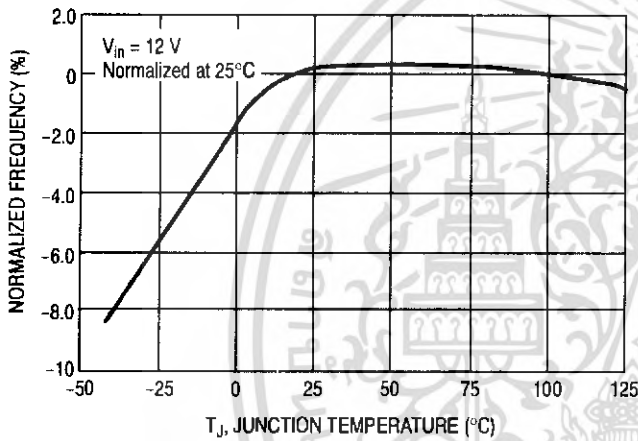


Figure 10. Oscillator Frequency

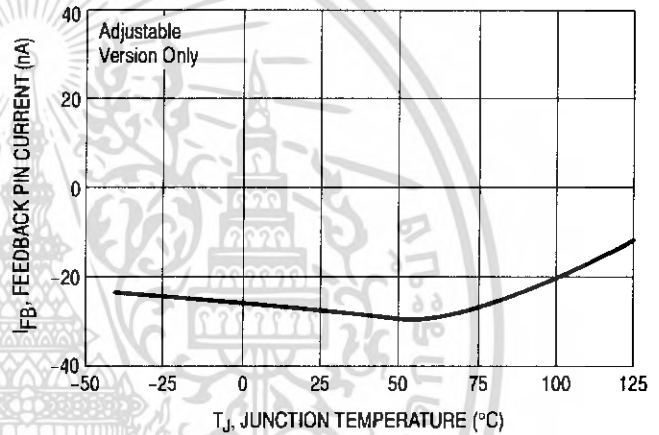


Figure 11. Feedback Pin Current

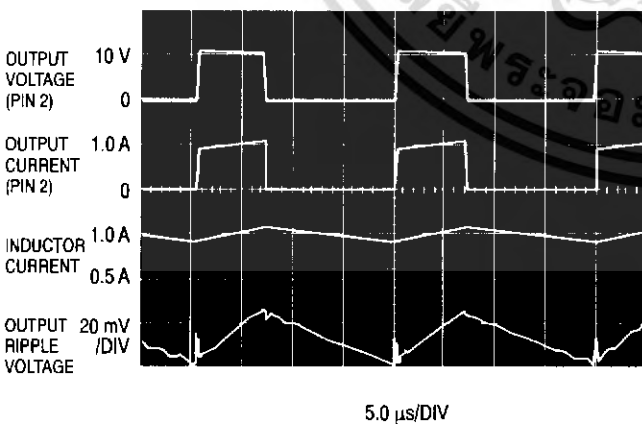


Figure 12. Switching Waveforms

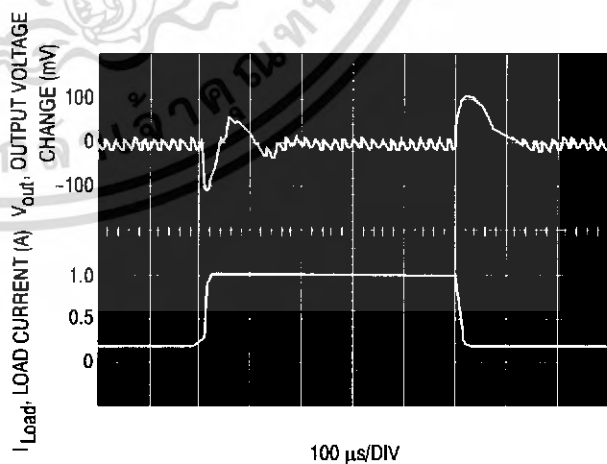
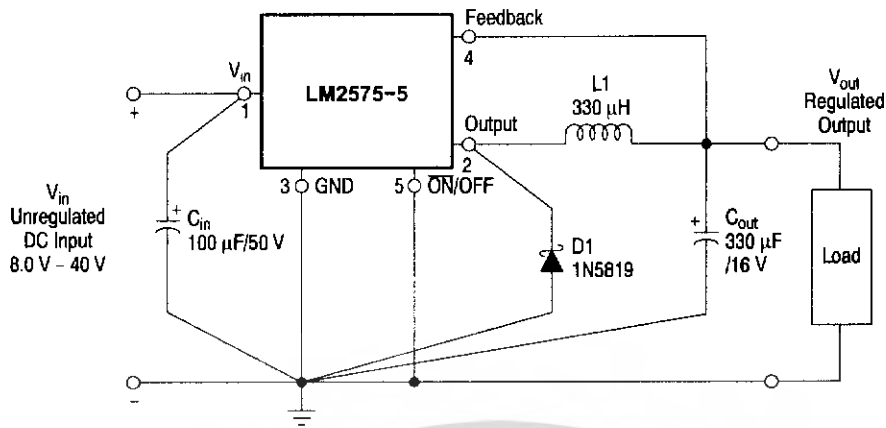


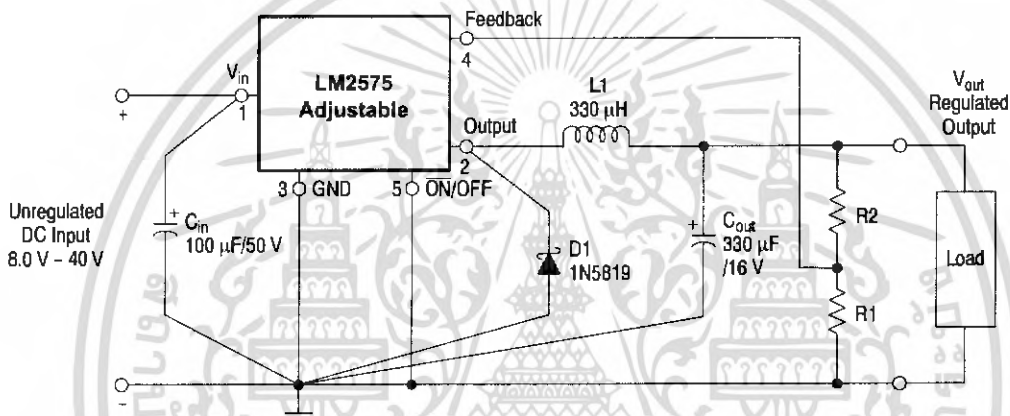
Figure 13. Load Transient Response

# LM2575

## 5.0 Output Voltage Versions



## Adjustable Output Voltage Versions



$$V_{out} = V_{ref} \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right)$$

$$R2 = R1 \left( \frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1 \right)$$

Where  $V_{ref} = 1.23 \text{ V}$ ,  $R1$  between  $1.0 \text{ k}\Omega$  and  $5.0 \text{ k}\Omega$

Figure 14. Typical Test Circuit

## PCB LAYOUT GUIDELINES

As in any switching regulator, the layout of the printed circuit board is very important. Rapidly switching currents associated with wiring inductance, stray capacitance and parasitic inductance of the printed circuit board traces can generate voltage transients which can generate electromagnetic interferences (EMI) and affect the desired operation. As indicated in the Figure 14, to minimize inductance and ground loops, the length of the leads indicated by heavy lines should be kept as short as possible. For best results, single-point grounding (as indicated) or ground plane construction should be used.

On the other hand, the PCB area connected to the Pin 2 (emitter of the internal switch) of the LM2575 should be kept to a minimum in order to minimize coupling to sensitive circuitry.

Another sensitive part of the circuit is the feedback. It is important to keep the sensitive feedback wiring short. To assure this, physically locate the programming resistors near to the regulator, when using the adjustable version of the LM2575 regulator.

# LM2575

## PIN FUNCTION DESCRIPTION

Pin	Symbol	Description (Refer to Figure 1)
1	$V_{in}$	This pin is the positive input supply for the LM2575 step-down switching regulator. In order to minimize voltage transients and to supply the switching currents needed by the regulator, a suitable input bypass capacitor must be present ( $C_{in}$ in Figure 1).
2	Output	This is the emitter of the internal switch. The saturation voltage $V_{sat}$ of this output switch is typically 1.0 V. It should be kept in mind that the PCB area connected to this pin should be kept to a minimum in order to minimize coupling to sensitive circuitry.
3	GND	Circuit ground pin. See the information about the printed circuit board layout.
4	Feedback	This pin senses regulated output voltage to complete the feedback loop. The signal is divided by the internal resistor divider network R2, R1 and applied to the non-inverting input of the internal error amplifier. In the Adjustable version of the LM2575 switching regulator this pin is the direct input of the error amplifier and the resistor network R2, R1 is connected externally to allow programming of the output voltage.
5	ON/OFF	It allows the switching regulator circuit to be shut down using logic level signals, thus dropping the total input supply current to approximately 80 $\mu$ A. The input threshold voltage is typically 1.4 V. Applying a voltage above this value (up to $+V_{in}$ ) shuts the regulator off. If the voltage applied to this pin is lower than 1.4 V or if this pin is connected to ground, the regulator will be in the "on" condition.

## DESIGN PROCEDURE

### Buck Converter Basics

The LM2575 is a "Buck" or Step-Down Converter which is the most elementary forward-mode converter. Its basic schematic can be seen in Figure 15.

The operation of this regulator topology has two distinct time periods. The first one occurs when the series switch is on, the input voltage is connected to the input of the inductor.

The output of the inductor is the output voltage, and the rectifier (or catch diode) is reverse biased. During this period, since there is a constant voltage source connected across the inductor, the inductor current begins to linearly ramp upwards, as described by the following equation:

$$I_{L(on)} = \frac{(V_{in} - V_{out}) t_{on}}{L}$$

During this "on" period, energy is stored within the core material in the form of magnetic flux. If the inductor is properly designed, there is sufficient energy stored to carry the requirements of the load during the "off" period.

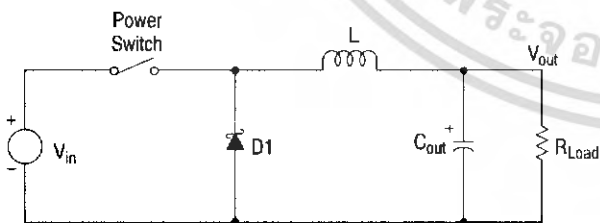


Figure 15. Basic Buck Converter

The next period is the "off" period of the power switch. When the power switch turns off, the voltage across the inductor reverses its polarity and is clamped at one diode voltage drop below ground by catch diode. Current now flows through the catch diode thus maintaining the load current loop. This removes the stored energy from the inductor.

The inductor current during this time is:

$$I_{L(off)} = \frac{(V_{out} - V_D) t_{off}}{L}$$

This period ends when the power switch is once again turned on. Regulation of the converter is accomplished by varying the duty cycle of the power switch. It is possible to describe the duty cycle as follows:

$$d = \frac{t_{on}}{T}, \text{ where } T \text{ is the period of switching.}$$

For the buck converter with ideal components, the duty cycle can also be described as:

$$d = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Figure 16 shows the buck converter idealized waveforms of the catch diode voltage and the inductor current.

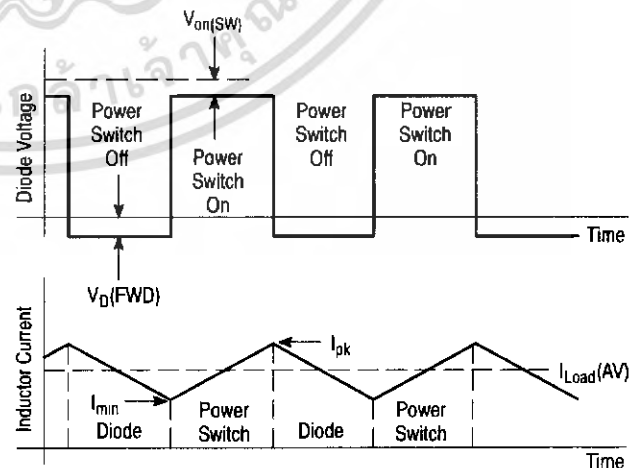


Figure 16. Buck Converter Idealized Waveforms

## LM2575

**Procedure (Fixed Output Voltage Version)** In order to simplify the switching regulator design, a step-by-step design procedure and example is provided.

Procedure	Example
<b>Given Parameters:</b> $V_{out}$ = Regulated Output Voltage (3.3 V, 5.0 V, 12 V or 15 V) $V_{in(max)}$ = Maximum DC Input Voltage $I_{Load(max)}$ = Maximum Load Current	<b>Given Parameters:</b> $V_{out}$ = 5.0 V $V_{in(max)}$ = 20 V $I_{Load(max)}$ = 0.8 A
<b>1. Controller IC Selection</b> According to the required input voltage, output voltage and current, select the appropriate type of the controller IC output voltage version.	<b>1. Controller IC Selection</b> According to the required input voltage, output voltage, current polarity and current value, use the LM2575-5 controller IC
<b>2. Input Capacitor Selection (<math>C_{in}</math>)</b> To prevent large voltage transients from appearing at the input and for stable operation of the converter, an aluminium or tantalum electrolytic bypass capacitor is needed between the input pin $+V_{in}$ and ground pin GND. This capacitor should be located close to the IC using short leads. This capacitor should have a low ESR (Equivalent Series Resistance) value.	<b>2. Input Capacitor Selection (<math>C_{in}</math>)</b> A 47 $\mu$ F, 25 V aluminium electrolytic capacitor located near to the input and ground pins provides sufficient bypassing.
<b>3. Catch Diode Selection (D1)</b> <b>A.</b> Since the diode maximum peak current exceeds the regulator maximum load current the catch diode current rating must be at least 1.2 times greater than the maximum load current. For a robust design the diode should have a current rating equal to the maximum current limit of the LM2575 to be able to withstand a continuous output short <b>B.</b> The reverse voltage rating of the diode should be at least 1.25 times the maximum input voltage.	<b>3. Catch Diode Selection (D1)</b> <b>A.</b> For this example the current rating of the diode is 1.0 A. <b>B.</b> Use a 30 V 1N5818 Schottky diode, or any of the suggested fast recovery diodes shown in the Table 4.
<b>4. Inductor Selection (L1)</b> <b>A.</b> According to the required working conditions, select the correct inductor value using the selection guide from Figures 17 to 21. <b>B.</b> From the appropriate inductor selection guide, identify the inductance region intersected by the Maximum Input Voltage line and the Maximum Load Current line. Each region is identified by an inductance value and an inductor code. <b>C.</b> Select an appropriate inductor from the several different manufacturers part numbers listed in Table 1 or Table 2. When using Table 2 for selecting the right inductor the designer must realize that the inductor current rating must be higher than the maximum peak current flowing through the inductor. This maximum peak current can be calculated as follows: $I_{p(max)} = I_{Load(max)} + \frac{(V_{in} - V_{out}) t_{on}}{2L}$ where $t_{on}$ is the "on" time of the power switch and $t_{on} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \times \frac{1}{f_{osc}}$ For additional information about the inductor, see the inductor section in the "External Components" section of this data sheet.	<b>4. Inductor Selection (L1)</b> <b>A.</b> Use the inductor selection guide shown in Figures 17 to 21. <b>B.</b> From the selection guide, the inductance area intersected by the 20 V line and 0.8 A line is L330. <b>C.</b> Inductor value required is 330 $\mu$ H. From the Table 1 or Table 2, choose an inductor from any of the listed manufacturers.

## LM2575

**Procedure (Fixed Output Voltage Version) (continued)** In order to simplify the switching regulator design, a step-by-step design procedure and example is provided.

Procedure	Example
<p><b>5. Output Capacitor Selection (<math>C_{out}</math>)</b></p> <p><b>A.</b> Since the LM2575 is a forward-mode switching regulator with voltage mode control, its open loop 2-pole-2-zero frequency characteristic has the dominant pole-pair determined by the output capacitor and inductor values. For stable operation and an acceptable ripple voltage, (approximately 1% of the output voltage) a value between 100 <math>\mu</math>F and 470 <math>\mu</math>F is recommended.</p> <p><b>B.</b> Due to the fact that the higher voltage electrolytic capacitors generally have lower ESR (Equivalent Series Resistance) numbers, the output capacitor's voltage rating should be at least 1.5 times greater than the output voltage. For a 5.0 V regulator, a rating at least 8V is appropriate, and a 10 V or 16 V rating is recommended.</p>	<p><b>5. Output Capacitor Selection (<math>C_{out}</math>)</b></p> <p><b>A.</b> <math>C_{out} = 100 \mu\text{F}</math> to 470 <math>\mu\text{F}</math> standard aluminium electrolytic.</p> <p><b>B.</b> Capacitor voltage rating = 16 V.</p>

### Procedure (Adjustable Output Version: LM2575-Adj)

Procedure	Example
<p><b>Given Parameters:</b></p> <p><math>V_{out}</math> = Regulated Output Voltage  <math>V_{in(max)}</math> = Maximum DC Input Voltage  <math>I_{Load(max)}</math> = Maximum Load Current</p>	<p><b>Given Parameters:</b></p> <p><math>V_{out} = 8.0 \text{ V}</math>  <math>V_{in(max)} = 12 \text{ V}</math>  <math>I_{Load(max)} = 1.0 \text{ A}</math></p>
<p><b>1. Programming Output Voltage</b></p> <p>To select the right programming resistor R1 and R2 value (see Figure 14) use the following formula:</p> $V_{out} = V_{ref} \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right) \text{ where } V_{ref} = 1.23 \text{ V}$ <p>Resistor R1 can be between 1.0 k and 5.0 k<math>\Omega</math>. (For best temperature coefficient and stability with time, use 1% metal film resistors).</p> $R2 = R1 \left( \frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1 \right)$	<p><b>1. Programming Output Voltage (selecting R1 and R2)</b></p> <p>Select R1 and R2:</p> $V_{out} = 1.23 \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right) \text{ Select } R1 = 1.8 \text{ k}\Omega$ $R2 = R1 \left( \frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1 \right) = 1.8 \text{ k} \left( \frac{8.0 \text{ V}}{1.23 \text{ V}} - 1 \right)$ <p><math>R2 = 9.91 \text{ k}\Omega</math>, choose a 9.88 k metal film resistor.</p>
<p><b>2. Input Capacitor Selection (<math>C_{in}</math>)</b></p> <p>To prevent large voltage transients from appearing at the input and for stable operation of the converter, an aluminium or tantalum electrolytic bypass capacitor is needed between the input pin +<math>V_{in}</math> and ground pin GND. This capacitor should be located close to the IC using short leads. This capacitor should have a low ESR (Equivalent Series Resistance) value.</p> <p>For additional information see input capacitor section in the "External Components" section of this data sheet.</p>	<p><b>2. Input Capacitor Selection (<math>C_{in}</math>)</b></p> <p>A 100 <math>\mu</math>F aluminium electrolytic capacitor located near the input and ground pin provides sufficient bypassing.</p>
<p><b>3. Catch Diode Selection (D1)</b></p> <p><b>A.</b> Since the diode maximum peak current exceeds the regulator maximum load current the catch diode current rating must be at least 1.2 times greater than the maximum load current. For a robust design, the diode should have a current rating equal to the maximum current limit of the LM2575 to be able to withstand a continuous output short.</p> <p><b>B.</b> The reverse voltage rating of the diode should be at least 1.25 times the maximum input voltage.</p>	<p><b>3. Catch Diode Selection (D1)</b></p> <p><b>A.</b> For this example, a 3.0 A current rating is adequate.</p> <p><b>B.</b> Use a 20 V 1N5820 or MBR320 Schottky diode or any suggested fast recovery diode in the Table 4.</p>

# LM2575

## Procedure (Adjustable Output Version: LM2575-Adj) (continued)

Procedure	Example
<p><b>4. Inductor Selection (L1)</b></p> <p><b>A.</b> Use the following formula to calculate the inductor Volt x microsecond [V x μs] constant:</p> $E \times T = (V_{in} - V_{out}) \frac{V_{out}}{V_{on}} \times \frac{10^6}{F[\text{Hz}]} \text{ [V x } \mu\text{s]}$ <p><b>B.</b> Match the calculated E x T value with the corresponding number on the vertical axis of the Inductor Value Selection Guide shown in Figure 21. This E x T constant is a measure of the energy handling capability of an inductor and is dependent upon the type of core, the core area, the number of turns, and the duty cycle.</p> <p><b>C.</b> Next step is to identify the inductance region intersected by the E x T value and the maximum load current value on the horizontal axis shown in Figure 21.</p> <p><b>D.</b> From the inductor code, identify the inductor value. Then select an appropriate inductor from the Table 1 or Table 2. The inductor chosen must be rated for a switching frequency of 52 kHz and for a current rating of 1.15 x I<sub>load</sub>. The inductor current rating can also be determined by calculating the inductor peak current:</p> $I_{p(\text{max})} = I_{\text{Load}(\text{max})} + \frac{(V_{in} - V_{out}) t_{\text{on}}}{2L}$ <p>where t<sub>on</sub> is the "on" time of the power switch and</p> $t_{\text{on}} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \times \frac{1}{f_{\text{osc}}}$ <p>For additional information about the inductor, see the inductor section in the "External Components" section of this data sheet.</p>	<p><b>4. Inductor Selection (L1)</b></p> <p><b>A.</b> Calculate E x T [V x μs] constant:</p> $E \times T = (12 - 8.0) \times \frac{8.0}{12} \times \frac{1000}{52} = 51 \text{ [V x } \mu\text{s]}$ <p><b>B.</b> E x T = 51 [V x μs]</p> <p><b>C.</b> I<sub>Load(max)</sub> = 1.0 A Inductance Region = L220</p> <p><b>D.</b> Proper inductor value = 220 μH Choose the inductor from the Table 1 or Table 2.</p>
<p><b>5. Output Capacitor Selection (C<sub>out</sub>)</b></p> <p><b>A.</b> Since the LM2575 is a forward-mode switching regulator with voltage mode control, its open loop 2-pole-2-zero frequency characteristic has the dominant pole-pair determined by the output capacitor and inductor values.</p> <p>For stable operation, the capacitor must satisfy the following requirement:</p> $C_{out} \geq 7.785 \frac{V_{in(\text{max})}}{V_{out} \times L [\mu\text{H}]} \text{ [}\mu\text{F]}$ <p><b>B.</b> Capacitor values between 10 μF and 2000 μF will satisfy the loop requirements for stable operation. To achieve an acceptable output ripple voltage and transient response, the output capacitor may need to be several times larger than the above formula yields.</p> <p><b>C.</b> Due to the fact that the higher voltage electrolytic capacitors generally have lower ESR (Equivalent Series Resistance) numbers, the output capacitor's voltage rating should be at least 1.5 times greater than the output voltage. For a 5.0 V regulator, a rating of at least 8V is appropriate, and a 10 V or 16 V rating is recommended.</p>	<p><b>5. Output Capacitor Selection (C<sub>out</sub>)</b></p> <p><b>A.</b></p> $C_{out} \geq 7.785 \frac{12}{8.220} = 53 \mu\text{F}$ <p>To achieve an acceptable ripple voltage, select C<sub>out</sub> = 100 μF electrolytic capacitor.</p>

# LM2575

## INDUCTOR VALUE SELECTION GUIDE

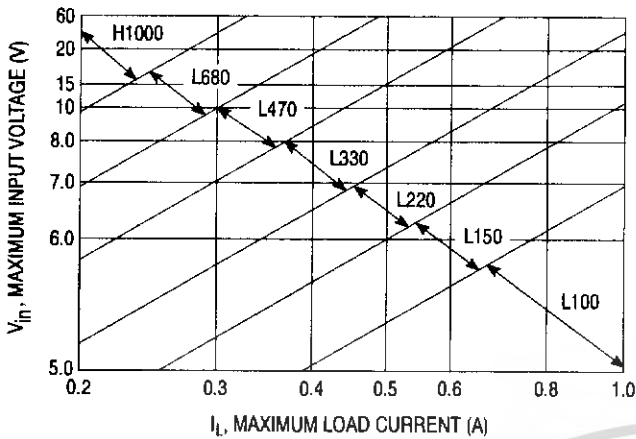


Figure 17. LM2575-3.3

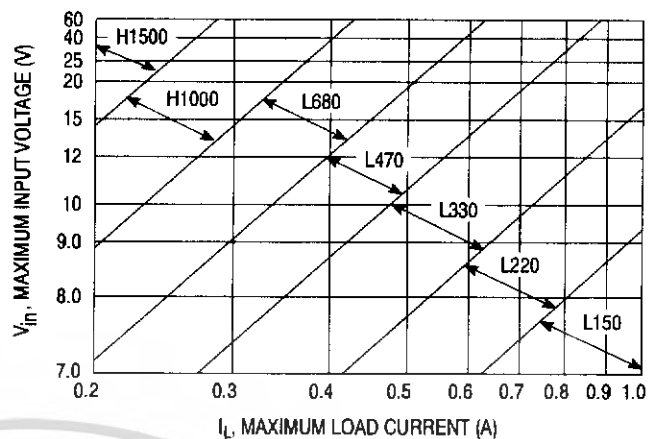


Figure 18. LM2575-5.0

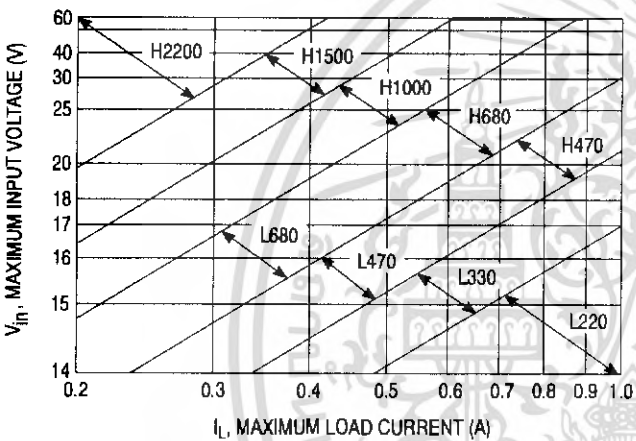


Figure 19. LM2575-12

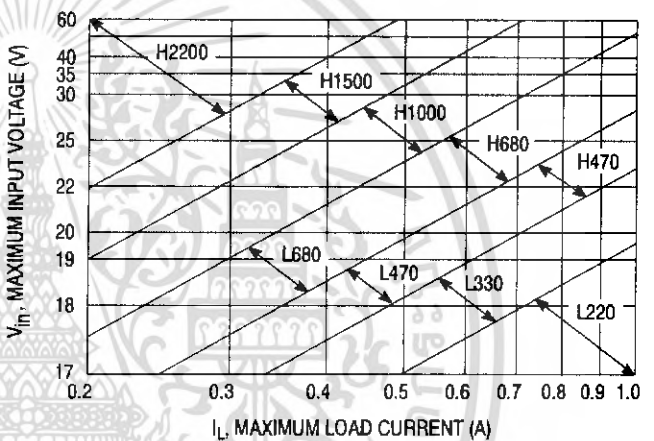


Figure 20. LM2575-15

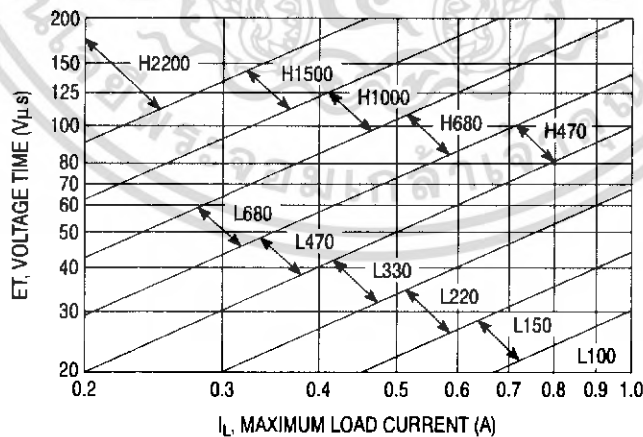


Figure 21. LM2575-Adj

NOTE: This Inductor Value Selection Guide is applicable for continuous mode only.

# LM2575

**Table 1. Inductor Selection Guide**

Inductor Code	Inductor Value	Pulse Eng	Renco	AIE	Tech 39
L100	100 $\mu$ H	PE-92108	RL2444	415-0930	77 308 BV
L150	150 $\mu$ H	PE-53113	RL1954	415-0953	77 358 BV
L220	220 $\mu$ H	PE-52626	RL1953	415-0922	77 408 BV
L330	330 $\mu$ H	PE-52627	RL1952	415-0926	77 458 BV
L470	470 $\mu$ H	PE-53114	RL1951	415-0927	-
L680	680 $\mu$ H	PE-52629	RL1950	415-0928	77 508 BV
H150	150 $\mu$ H	PE-53115	RL2445	415-0936	77 368 BV
H220	220 $\mu$ H	PE-53116	RL2446	430-0636	77 410 BV
H330	330 $\mu$ H	PE-53117	RL2447	430-0635	77 460 BV
H470	470 $\mu$ H	PE-53118	RL1961	430-0634	-
H680	680 $\mu$ H	PE-53119	RL1960	415-0935	77 510 BV
H1000	1000 $\mu$ H	PE-53120	RL1959	415-0934	77 558 BV
H1500	1500 $\mu$ H	PE-53121	RL1958	415-0933	-
H2200	2200 $\mu$ H	PE-53122	RL2448	415-0945	77 610 BV

**Table 2. Inductor Selection Guide**

Inductance ( $\mu$ H)	Current (A)	Schott		Renco		Pulse Engineering		Coilcraft
		THT	SMT	THT	SMT	THT	SMT	SMT
68	0.32	67143940	67144310	RL-1284-68-43	RL1500-68	PE-53804	PE-53804-S	DO1608-68
	0.58	67143990	67144360	RL-5470-6	RL1500-68	PE-53812	PE-53812-S	DO3308-683
	0.99	67144070	67144450	RL-5471-5	RL1500-68	PE-53821	PE-53821-S	DO3316-683
	1.78	67144140	67144520	RL-5471-5	-	PE-53830	PE-53830-S	DO5022P-683
100	0.48	67143980	67144350	RL-5470-5	RL1500-100	PE-53811	PE-53811-S	DO3308-104
	0.82	67144060	67144440	RL-5471-4	RL1500-100	PE-53820	PE-53820-S	DO3316-104
	1.47	67144130	67144510	RL-5471-4	-	PE-53829	PE-53829-S	DO5022P-104
150	0.39	-	67144340	RL-5470-4	RL1500-150	PE-53810	PE-53810-S	DO3308-154
	0.66	67144050	67144430	RL-5471-3	RL1500-150	PE-53819	PE-53819-S	DO3316-154
	1.20	67144120	67144500	RL-5471-3	-	PE-53828	PE-53828-S	DO5022P-154
220	0.32	67143960	67144330	RL-5470-3	RL1500-220	PE-53809	PE-53809-S	DO3308-224
	0.55	67144040	67144420	RL-5471-2	RL1500-220	PE-53818	PE-53818-S	DO3316-224
	1.00	67144110	67144490	RL-5471-2	-	PE-53827	PE-53827-S	DO5022P-224
330	0.42	67144030	67144410	RL-5471-1	RL1500-330	PE-53817	PE-53817-S	DO3316-334
	0.80	67144100	67144480	RL-5471-1	-	PE-53826	PE-53826-S	DO5022P-334

NOTE: Table 1 and Table 2 of this Indicator Selection Guide shows some examples of different manufacturer products suitable for design with the LM2575.

## LM2575

**Table 3. Example of Several Inductor Manufacturers Phone/Fax Numbers**

<b>Pulse Engineering Inc.</b>	Phone Fax	+ 1-619-674-8100 + 1-619-674-8262
<b>Pulse Engineering Inc. Europe</b>	Phone Fax	+ 353 93 24 107 + 353 93 24 459
<b>Renco Electronics Inc.</b>	Phone Fax	+ 1-516-645-5828 + 1-516-586-5562
<b>AIE Magnetics</b>	Phone Fax	+ 1-813-347-2181
<b>Coilcraft Inc.</b>	Phone Fax	+ 1-708-322-2645 + 1-708-639-1469
<b>Coilcraft Inc., Europe</b>	Phone Fax	+ 44 1236 730 595 + 44 1236 730 627
<b>Tech 39</b>	Phone Fax	+ 33 8425 2626 + 33 8425 2610
<b>Schott Corp.</b>	Phone Fax	+ 1-612-475-1173 + 1-612-475-1786

**Table 4. Diode Selection Guide gives an overview about both surface-mount and through-hole diodes for an effective design. Device listed in bold are available from ON Semiconductor.**

V <sub>R</sub>	Schottky				Ultra-Fast Recovery			
	1.0 A		3.0 A		1.0 A		3.0 A	
	SMT	THT	SMT	THT	SMT	THT	SMT	THT
20 V	SK12	<b>1N5817</b> SR102	SK32 <b>MBRD320</b>	<b>1N5820</b> <b>MBR320</b> SR302				
30 V	<b>MBRS130LT3</b> SK13	<b>1N5818</b> SR103 11DQ03	SK33 <b>MBRD330</b>	<b>1N5821</b> <b>MBR330</b> SR303 31DQ03	<b>MURS120T3</b>	<b>MUR120</b> 11DF1 HER102	<b>MURS320T3</b>	
40 V	<b>MBRS140T3</b> SK14 10BQ040 10MQ040	<b>1N5819</b> SR104 11DQ04	<b>MBRS340T3</b> <b>MBRD340</b> 30WQ04 SK34	<b>1N5822</b> <b>MBR340</b> SR304 31DQ04	10BF10		<b>MURD320</b>	<b>MUR320</b> 30WF10 <b>MUR420</b>
50 V	<b>MBRS150</b> 10BQ050	<b>MBR150</b> SR105 11DQ05	<b>MBRD350</b> SK35 30WQ05	<b>MBR350</b> SR305 11DQ05			31DF1 HER302	