

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้งาน จีพีเอส

(The Application of GPS)



T104084

โดย

นายณัฐชิตี พรตภัสสกุล

นายสืบสันตี ธนวิโรจน์กุล

นายสุรเดช ชนสุคนธ์

นายองอาจ โกสวัต

เลขหมู่..... ๑๐๕๑

เลขทะเบียน..... 104084

วัน,เดือน,ปี..... 28 ต.ค. 2552

1211217X

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

ภาควิชา  
วิศวกรรมโทรคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของ (ลงชื่อ)..... ผู้ตรวจ

การประยุกต์ใช้งาน จีพีเอส  
(the application of GPS)

โดย

นายณัฐฉิตรี พรลภัสสกุล รหัส 47010244

นายสืบสันดี ธนวิโรจน์กุล รหัส 48010972

นายสุรเดช ชนสุคนธ์ รหัส 48011017

นายองอาจ โกสวด รหัส 48011036

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. สมเกียรติ ฤกษ์วัลย์

ผศ. ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การประยุกต์ใช้งาน จีพีเอส

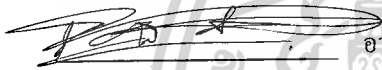
(The application of GPS)

ผู้จัดทำ

1. นายณัฐริติ พรถภัสสกุล 47010244
2. นายสืบสันดี ธนวิโรจน์กุล 48010972
3. นายสุรเดช ธนสุคนธ์ 48011017
4. นายองอาจ โกยวด 48011036

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. สมเกียรติ ฤกษ์วีระบุญ)



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ธเนศ พัฒนาธาดาพงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การประยุกต์การใช้งาน จีพีเอส

### The Application of GPS.

โดย นายณัฐริติ พรลภัสสกุล 47010244

นายสืบสันดี ธนวิโรจน์กุล 48010972

นายสุรเดช ธนสุคนธ์ 48011017

นายองอาจ โกสวด 48011036

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สมเกียรติ ฤกษ์วีระบุญ

ผศ. ธนศ พัฒนาธาดาพงษ์

#### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาระบบ จีพีเอส และพัฒนาโปรแกรมสำหรับรองรับการใช้งานจีพีเอส เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการเอกชนนำไปใช้งาน ซึ่งจะสามารถระบุตำแหน่งของผู้ใช้งาน จีพีเอส และตัวโปรแกรมนั้นจะสามารถแสดงเขตพื้นที่ และบริเวณที่จะสามารถให้บริการ และมีการตอบสนองของระบบได้

#### Abstract

This project presents the study and the development of the GPS which show the position of the GPS user and service area are permitted by developed software. So there will be an advantage for the public commerce.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนในการทำโครงการ	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	2
2.1 ภาพรวมของระบบ (System Overview)	2
2.2 การให้บริการ GPS (GPS Services)	11
2.3 ทฤษฎีการปฏิบัติงานของระบบ GPS (GPS Theory of Operation)	12
2.4 การทำงานของเครื่องรับ GPS ( GPS Receiver Operation )	24
2.5 หลักการวัดระยะทางโดยใช้การวัดเวลาที่ได้รับสัญญาณ	29
2.6 ระบบพิกัดอ้างอิง	32
2.7 พื้นฐานของวงโคจรของดาวเทียม	34
2.8 การพิจารณาตำแหน่งของเครื่องรับ โดยใช้ รหัส PRN	38
2.9 มาตรฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารของ GPS	40
2.10 ทฤษฎีของ GPRS	45
2.11 รูปแบบการให้บริการของ GPRS	46
2.12 กระบวนการแสดงตัวต่อเครือข่าย GPRS	48
2.13 เครื่องลูกข่าย GPRS	50
2.14 แบบจำลอง โปรโตคอลของเครือข่าย GPRS	52
2.15 กระบวนการจัดการเกี่ยวกับตำแหน่งที่อยู่ของเครื่องลูกข่าย GPRS	54
2.16 กลไกการจัดการตำแหน่งที่อยู่	56
2.17 กระบวนการ GPRS Attach	57
2.18 กระบวนการ GPRS Detach	59
2.19 กระบวนการ PDP Context Activation	60
2.20 กระบวนการ PDP Context Deactivation	62
2.21 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	64
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	67
3.1 การออกแบบโครงการ	67
3.2 ส่วนรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส (Hardware)	68
3.3 ส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	80
4.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์	80
4.2 ส่วนของซอฟต์แวร์	84
บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง	88
5.1 ปัญหาและอุปสรรค	88
5.2 ข้อเสนอแนะ	89
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1แสดงกลุ่มของดาวเทียม GPS	2
รูปที่ 2.2 แสดงภาพถ่ายในระนาบของวงโคจรดาวเทียม	3
รูปที่ 2.3ภาพรวมของส่วนสถานีควบคุม	5
รูปที่ 2.4สถานีตั้งส่วนของสถานีควบคุม GPS	6
รูปที่ 2.5ส่วนของประกอบหลักของเครื่องรับ GPS	8
รูปที่ 2.6 เครื่องรับแบบ SPS ทั่วไป	10
รูปที่ 2.7 โครงสร้างสัญญาณจากดาวเทียม GPS	14
รูปที่ 2.8โครงสร้างสัญญาณ GPS สำหรับ L1	15
รูปที่ 2.9รหัส GPS ผสมกับข้อมูล	15
รูปที่ 2.10การมอดูเลชันคลื่นพาหะ L1 ของ GPS	16
รูปที่ 2.11GPS โค้ดเจเนอเรเตอร์	18
รูปที่ 2.12 C/A โค้ดเจเนอเรเตอร์	20
รูปที่ 2.13แสดงสเปกตรัม (Spectrum) ของสัญญาณ L1 และ L2	22
รูปที่ 2.14ข่าวสารการนำร่อง	23
รูปที่ 2.15การสร้างสเปกตรัมและการสร้างสัญญาณขึ้นมาใหม่	25
รูปที่ 2.16ระบบการแทรกคิงของเครื่องรับ GPS ทั่วไป	26
รูปที่ 2.17(a) ผู้ใช้อยู่บนผิวกลมที่ใดที่หนึ่ง (b) ผู้ใช้อยู่บนเส้นรอบวงของพื้นที่แรง (c) ระยะเวลาที่เกิดจากการอินเทอเซก (d) ผู้ใช้อยู่ที่ใดที่หนึ่งในสองจุด บนพื้นที่แรง (e) ผู้ใช้อยู่ที่ใดที่หนึ่งในสองจุดบนเส้นรอบวงของวงกลม	30 31 31
รูปที่ 2.18รูปแบบจำลองของโลกที่เป็นวงรี	33
รูปที่ 2.19 Keplerian Orbit Element 3 ตัวซึ่งกำหนดลักษณะวงโคจร	35
รูปที่ 2.20ความสัมพันธ์ระหว่าง Eccentric Anomaly และ True Anomaly	36
รูปที่ 2.21 Keplerian Orbit Element อีก 3 ตัวที่อธิบายวงโคจรของดาวเทียม	37
รูปที่ 2.22แสดงรหัส PRN บางส่วน	38
รูปที่ 2.23แสดงการไม่สัมพันธ์กันของรหัส PRN ที่สร้างขึ้นกับที่ได้จากดาวเทียม	39
รูปที่ 2.24แสดงรหัสบางส่วนที่เข้ากันได้	39
รูปที่ 2.25แสดงรหัสที่เข้ากันได้ทั้ง PRN	39
รูปที่ 2.26 การรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย GPRS ผู้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายนอก	49
รูปที่ 2.27 โครงสร้างการจัดโปรโตคอลภายในเครือข่าย GPRS	53
รูปที่ 2.28 กระบวนการปรับเปลี่ยนตำแหน่งใช้งาน SGSN ของเครื่องลูกข่าย GPRS	55
รูปที่ 2.29 สถานะของการสื่อสารตามมาตรฐาน GPRS	57
รูปที่ 2.30 ขั้นตอนการดำเนินการกระบวนการ GPRS Attach	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.31 ขั้นตอนการดำเนินการระบบการ GPRS detach กรณี ร้องขอจากเครื่องลูกข่าย	59
รูปที่ 2.32 ขั้นตอนการดำเนินการระบบการ GPRS Detach กรณีร้องขอจากเครือข่าย GPRS	60
รูปที่ 2.33 การดำเนินการระบบการ PDP Context Activation	61
รูปที่ 2.34 การดำเนินการระบบการ PDP Context Deactivation โดยเป็นการร้องขอจากเครื่องลูกข่าย	63
รูปที่ 2.35 การดำเนินการระบบการ PDP Context Deactivation โดยเป็นการร้องขอจากเครือข่าย	64
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานโดยรวมของระบบ	67
รูปที่ 3.2 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส-232	68
รูปที่ 3.3 การลดจำนวนไบต์ข้อมูล	69
รูปที่ 3.4 วงจรรวมทั้งหมด	71
รูปที่ 3.5 โฟล์วชาร์ทการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	72
รูปที่ 3.6 ตารางการออกแบบฐานข้อมูล	73
รูปที่ 3.7 วิธีเชื่อมต่อ ODBC (1)	73
รูปที่ 3.8 วิธีเชื่อมต่อ ODBC (2)	74
รูปที่ 3.9 วิธีเชื่อมต่อ ODBC (3)	74
รูปที่ 3.10 วิธีเชื่อมต่อ ODBC (4)	75
รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบหน้า website	75
รูปที่ 3.12 รูปแบบหน้าเว็บเพจ	76
รูปที่ 3.13 โฟล์วชาร์ทการทำงานของกรเก็บค่า GPS เข้า Database	77
รูปที่ 3.14 โฟล์วชาร์ทการทำงานของกรแสดงผลแบบ RealTime	78
รูปที่ 3.15 โฟล์วชาร์ทการทำงานของกรแสดงผลแบบ History	79
รูปที่ 4.1 การตั้งค่าในโปรแกรม Docklight	80
รูปที่ 4.2 ข้อมูลที่รับจากจีพีเอสโดยตรง	81
รูปที่ 4.3 ข้อมูลที่รับได้จากจีพีเอสเมื่อผ่านคอนโทรลเลอร์	82
รูปที่ 4.4 โมดูลจีพีอาร์เอส	82
รูปที่ 4.5 การใช้คำสั่ง AT Command กับ โมดูลจีพีอาร์เอส	83
รูปที่ 4.6 เชื่อมต่อโมดูลจีพีเอสและจีพีอาร์เอส ในกล่องพร้อมใช้	83
รูปที่ 4.7 หน้าโฮมเพจของเว็บแอปพลิเคชัน	84
รูปที่ 4.8 พล็อตเฉพาะตำแหน่งจริงในพื้นที่ที่กำหนด	84
รูปที่ 4.9 พล็อตเฉพาะตำแหน่งจริงเมื่อออกนอกพื้นที่ที่กำหนด	85
รูปที่ 4.10 พล็อตเส้นทางในส่วนของดาตาเบส (เริ่มต้นเส้นทาง)	85
รูปที่ 4.11 พล็อตเส้นทางในส่วนของดาตาเบส (สิ้นสุดเส้นทาง)	86
รูปที่ 4.12 ดาตาเบสจาก Microsoft Access ที่ใช้เว็บเพจ	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 โครงสร้างสัญญาณ GPS	17
ตารางที่ 2.2 ค่าเริ่มต้นของขบวนการหาค่าและค่าไค้ดเฟสประจำตัวดาวเทียมสำหรับรหัส C/A และรหัส P	19
ตารางที่ 2.3 สถานะเริ่มต้นและพหุนามของ GPS ไค้ดเจเนอเรเตอร์	21
ตารางที่ 2.4 สรุปค่าระดับพลังงานต่ำสุดที่ได้รับของสัญญาณ GPS 3 แบบโดยใช้สายอากาศแบบต่างๆ	21
ตารางที่ 2.5 ค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณ L1 และ L2	22
ตารางที่ 2.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีอยู่ในข่าวสารอีพีเมอริสจากดาวเทียม	38
ตารางที่ 2.7 แสดงรหัส C/A ของดาวเทียมแต่ละดวง	40
ตารางที่ 2.8 รายละเอียดของการจัดกลุ่มเครื่องถูกข่าย GPRS ออกตามคลาสการใช้งานหลายช่วงเวลา	51
ตารางที่ 2.9 การจัดการขาของ Connector พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐานRS-232 ทั้งแบบDB-9และDB-25	65



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มา

เนื่องจากในปัจจุบันการขนส่ง และคมนาคมเป็นสิ่งสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของชาติ ดังนั้นจึงมีผู้ประกอบการหลายคนเข้ามาประกอบกิจการด้านการขนส่ง และคมนาคม แต่ในขณะเดียวกัน การโจรกรรมรถยนต์ นั้นก็เกิดขึ้นมากมายเช่นกัน เราจึงคิดค้นวิธีที่จะสร้างระบบในการแจ้งตำแหน่งรถยนต์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการ และผู้ใช้รถส่วนตัวทุกคน ซึ่งเหมาะสำหรับบุคคลที่ประกอบอาชีพในส่วนของ การขนส่งได้เป็นอย่างดี

#### 1.2 วัตถุประสงค์

1. สามารถระบุตำแหน่งของรถยนต์ได้ถูกต้อง
2. เพื่อสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานเชิงพาณิชย์ได้
3. สามารถที่จะนำไปพัฒนาเพื่อทำการประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่นๆได้

#### 1.3 ขอบเขตโครงการ

สามารถระบุตำแหน่งของยานพาหนะบนแผนที่ในตำแหน่งที่จีพีเอสอยู่ได้ถูกต้อง โดยอาศัยการส่งข้อมูลผ่านระบบจีพีอาร์เอส โดยสามารถทำการพล็อตตำแหน่ง ณ เวลาจริงที่อยู่ได้และมีการเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลเพื่อสามารถที่จะตรวจสอบข้อมูลเดิมได้

#### 1.4 ขั้นตอนในการทำโครงการ

1. ศึกษาระบบการทำงานและรูปแบบข้อมูลของจีพีเอส
2. เก็บผลข้อมูลจากจีพีเอสโดยตรงภายในเขตสถาบัน
3. เก็บผลข้อมูลจากจีพีเอสที่ผ่านคอนโทรลเลอร์แล้ว
4. ศึกษาการส่งข้อมูลผ่านระบบจีพีอาร์เอส
5. เขียนเว็บเพจแสดงตำแหน่งรถยนต์ที่รับค่ามาจากจีพีอาร์เอส
6. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ความเข้าใจการทำงานของระบบจีพีเอส
2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานให้มีการพัฒนาที่ดีขึ้น
3. สามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้
4. ใช้ระบุตำแหน่งรถเพื่อตรวจสอบตำแหน่งที่แท้จริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีหรือหลักการ

#### 2.1 ภาพรวมของระบบ (System Overview)

ระบบจีพีเอสประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆคือ

1. ส่วนของอวกาศหรือกลุ่มดาวเทียม (Space segment)
2. ส่วนของภาคควบคุมการทำงาน (Control segment)
3. ส่วนของภาคผู้ใช้หรือเครื่องรับสัญญาณ (User segment)

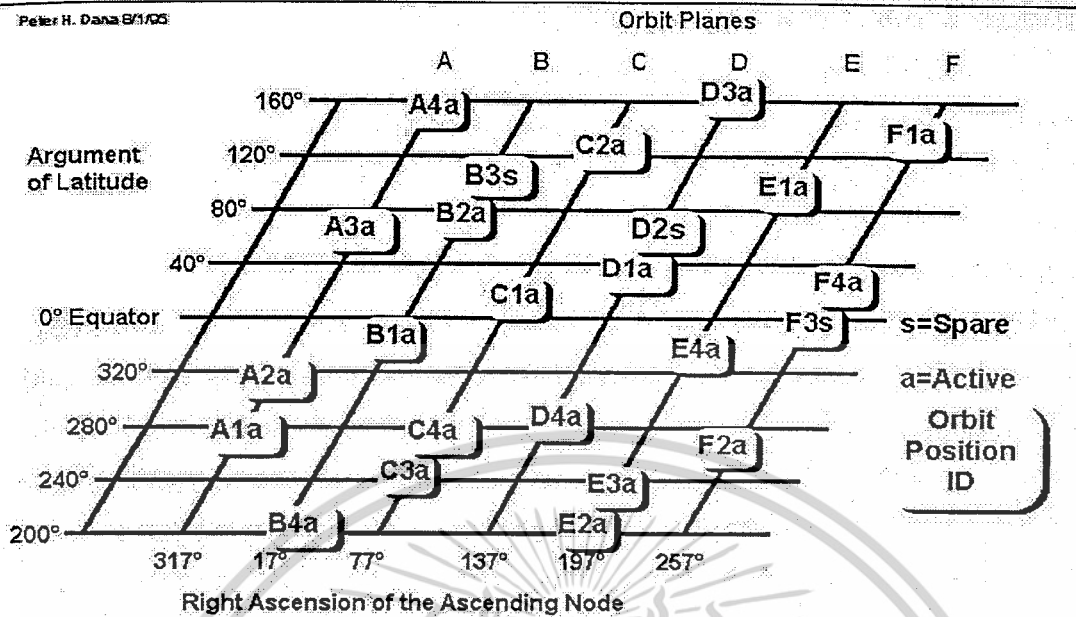
##### 2.1.1 ส่วนของภาคอวกาศหรือกลุ่มดาวเทียม

ส่วนของอวกาศหรือกลุ่มดาวเทียมประกอบไปด้วยเครือข่ายของดาวเทียมระบบ GPS ทั้งระบบประกอบด้วยดาวเทียม 24 ดวงในวงโคจรเซมิซิงโครนัส (Semi-Synchronous Orbit) โดยจะโคจรรอบโลกที่ระยะ 11,000 ไมล์อวกาศ (ประมาณ 20,200 กิโลเมตร) จากพื้นโลกใช้เวลาประมาณ 12 ชม. ในการโคจรรอบโลกหนึ่งรอบดาวเทียม การโคจรรอบโลกแบ่งเป็น 6 ระนาบทำมุม 60 องศา ระหว่างกันโดยแต่ละระนาบจะมีดาวเทียมระนาบละ 4 ดวง และ จะทำมุมเอียง (Inclination Angle) 55 องศาสัมพันธ์กับเส้นศูนย์สูตร (Equator) การวางวงโคจรเช่นนี้ทำให้เราสามารถรับชมสัญญาณจากดาวเทียมได้คราวละถึง 6 ดวง ดาวเทียมติดตั้งนาฬิกาที่เที่ยงตรงมากได้ถึง 3 nanoseconds (ความเที่ยงตรง 0.000000003 ของวินาทีหรือ  $3e-9$ ) แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงกลุ่มของดาวเทียม GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**Simplified Representation of Nominal GPS Constellation**

รูปที่ 2.2 แสดงภาพฉายในระนาบของวงโคจรดาวเทียม

จากรูปที่ 2.2 แสดงภาพฉายในระนาบของวงโคจรดาวเทียมอ้างอิงกับเวลาอ้างอิง (Epoch time) โดยการจินตนาการว่า วงโคจร และ เส้นศูนย์สูตรเป็นรูปวงแหวนแล้วเคลื่อนที่ออกบนระนาบความชันของแต่ละวงโคจรแทนมุมเอียงของมันเมื่อเทียบกับระนาบศูนย์สูตรซึ่งคือ 55 องศา ตำแหน่งของระนาบโคจรกำหนดค่าลองจิจูดของแอสเซนดิงโหนด (Ascending Node) ในขณะที่ตำแหน่งดาวเทียมในระนาบโคจรกำหนดโดยค่าของมุมเฉลี่ย ณ เวลาใดๆ (Mean Anomaly) ลองจิจูดของแอสเซนดิงโหนดคือจุดตัดของแต่ละระนาบโคจรกับระนาบศูนย์สูตรโดยมีจุดอ้างอิงคือกรีนิชเมอริเดียน (Greenwich-meridian) ที่ซึ่งค่าลองจิจูดของแอสเซนดิงโหนดมีค่าเป็นศูนย์ (Mean Anomaly คือตำแหน่งมุมของแต่ละดาวเทียมในวงโคจรกับเส้นศูนย์สูตรซึ่งเป็นจุดอ้างอิง) เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงถึงดาวเทียมจะมีการอ้างอิงถึง 3 วิธี วิธีแรกกำหนดตัวอักษร A-F ให้กับแต่ละระนาบโคจร และ กำหนดตัวเลข 1-4 ให้กับดาวเทียมแต่ละดวงในแต่ละระนาบโคจร ดังนั้นถ้ากล่าวถึงดาวเทียม B3 จะหมายถึงดาวเทียมดวงที่ 3 ในระนาบ B วิธีที่สองใช้หมายเลขดาวเทียมนาฬิกาดาวที่ถูกระบุโดย U.S. Air Force ในการบ่งชี้ดาวเทียมวิธีที่สามใช้ลักษณะโครงสร้างของแหล่งกำเนิดรหัสสุโดแรนดอม (Pseudorandom) บนดาวเทียมซึ่งแหล่งกำเนิดเหล่านี้จะถูกวางโครงสร้างไว้เฉพาะตัวของดาวเทียมแต่ละดวง ซึ่งจะผลิตรหัสเฉพาะออกมา ดังนั้นดาวเทียมสามารถจะถูกแยกแยะได้ด้วยรหัสที่ผลิตขึ้นมา

ดาวเทียมแต่ละดวงใช้เวลาในการโคจรรอบโลก 1 รอบประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที เนื่องจากโลกก็หมุนรอบตัวเองด้วยดาวเทียมจะวนตามเส้นทางเหนือพื้นผิวโลกซ้ำกันทุกๆ 23 ชั่วโมง 56 นาที ผู้ที่ใช้อยู่ ณ ตำแหน่งคงที่บนพื้นดินจะเห็นดาวเทียมดวงเดิมในแต่ละวันผ่านเส้นทางเดิมในท้องฟ้า แต่ดาวเทียมจะขึ้น และ ตกเร็วขึ้น 4 นาทีในแต่ละวันเนื่องจากผลต่าง 4 นาทีของเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองเทียบกับ 2 ชั่วโมงของเวลาที่ดาวเทียมโคจรครบซึ่ง 1 รอบดาวเทียมถูกวางตำแหน่งในระนาบวงโคจรที่จะให้ไม่ซ้ำกันใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียม 4 ดวงขึ้นไปซึ่งมีความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตที่ดีสำหรับการบอกตำแหน่งจะถูกส่งกันได้ ณ ทุกๆ ที่ทั่วโลก

ดาวเทียมจะส่งสัญญาณเพื่อวัดระยะทาง (ranging signal) บนความถี่ D-band : Link 1 (L1) ที่ความถี่ 1575.42 MHz และ Link 2 (L2) ที่ความถี่ 1227.6 MHz สัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งโดยใช้เทคนิคสเปกตรัมแพร่ (spread-spectrum) โดยใช้รหัสที่แตกต่างกันอยู่สองอย่าง คือรหัส C/A (Coarse/Acquisition code) ที่มีความถี่ 1.023 MHz บน L1 และรหัส P (Precision code) ความถี่ 10.23 MHz บนทั้ง L1 และ L2 ทั้งรหัส C/A และรหัส P สามารถถูกใช้เพื่อบอกระยะทางระหว่างดาวเทียมกับผู้ใช้งานได้ แต่อย่างไรก็ตามปกติ รหัส P จะถูกเข้ารหัสไว้และถูกใช้เพื่อบอกระยะทางระหว่างราชการเท่านั้นรหัส P ที่ถูกนำไปเข้ารหัสอีกครั้งเรียกว่ารหัส Y ส่วนข่าวสารการนำร่อง (Navigation message) คือข้อมูลไปอีตัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม (Satellite clock-bias data) ข้อมูลอีฟิเมอร์ริส (Satellite Ephemeris data) สำหรับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดจากการเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionospheric signal-propagation correction data) ข้อมูลอัลมาเนคของดาวเทียม (Satellite almanac data) สำหรับดาวเทียมทุกดวงในกลุ่ม

#### 2.1.2 ส่วนของภาคการควบคุมการทำงาน (Control segment)

ส่วนของสถานีควบคุมการทำงานมีหน้าที่รับผิดชอบการทำงานของดาวเทียม GPS เช่นการรักษาตำแหน่งดาวเทียม (Station keeping) ตรวจสอบสภาพและสถานะของระบบต่างๆบนดาวเทียมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ระดับพลังงานของแบตเตอรี่การเปิดดาวเทียมสำรอง ปรับปรุงข้อมูลเวลาข้อมูลอีฟิเมอร์ริส (Ephemeris) ข้อมูลอัลมาเนค (Almanac) แลค็วี่ค่าอื่นๆ ในข่าวสารการนำร่องวันละครั้งหรือตามแต่ความจำเป็น

ค่าอีฟิเมอร์ริสพารามิเตอร์ (Ephemeris Parameter) คือข้อมูลที่แม่นยำของวงโคจรดาวเทียมซึ่งจะกระทำซ้ำๆทุก 4 ถึง 6 ชั่วโมง

Ephemeris Data มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นข้อมูลการโคจรเฉพาะดวงใดดวงหนึ่งอย่างละเอียด มีความแม่นยำสูง
2. เป็นข้อมูลเฉพาะที่ส่งจากดาวเทียมเฉพาะของดวงนั้น
3. โหลดเข้าหน่วยความจำแล้วสามารถนำมาใช้งานได้เพียง 4 ถึง 6 ชั่วโมงเท่านั้น
4. มีข้อมูลในการเปรียบเทียบเวลาเพื่อตั้งเวลาในเครื่องให้ตรงกับดาวเทียมทั้งระบบ
5. มีข้อมูลนี้ถูกแบ่งเป็น 3 Packets
6. ใช้เวลาในการโหลด 30 วินาที
7. ดาวเทียมส่งสัญญาณนี้ทวนลงมาทุก 30 วินาทีเช่นกัน

ข้อมูลข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message Data) สามารถเก็บไว้ได้อย่างน้อย 14 วันถึง 21 วันซึ่งจะกระทำซ้ำๆทุก 4 ถึง 6 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับดาวเทียมแต่ละรุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอัลมาแนคเป็นซัพเซต (Subset) ของอีพีเทอริสพารามิเตอร์ที่ไม่เที่ยงตรงมากซึ่งจะประกอบด้วย 7 พารามิเตอร์จากอีพีเมอริสพารามิเตอร์ 15 ตัวซึ่งใช้ในการทำนายตำแหน่งโดยประมาณของดาวเทียมและการรับสัญญาณเช่นกัน

Almanac Data มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นข้อมูลการโคจรของดาวเทียมทุกดวงอย่างคร่าวๆ
2. เครื่องสามารถโหลดข้อมูลนี้จากดาวเทียมดวงใดก็ได้
3. โหลดเข้าหน่วยความจำแล้วสามารถนำมาใช้งานได้หลายเดือนโดยไม่จำเป็นต้องโหลดใหม่
4. เครื่องใช้ข้อมูลนี้ในการคาดหมายดาวเทียมที่ควรจะเห็นในวัน และ เวลาที่เปิดเครื่องใหม่อีกครั้ง
5. ถ้าขาดข้อมูลนี้เครื่องต้อง Search the Sky ไล่หาดาวเทียมแต่ละดวงตั้งแต่ PRN1 เรื่อยไปจนถึง PRN32 เสียเวลากับการนี้อย่างน้อย 20 นาที

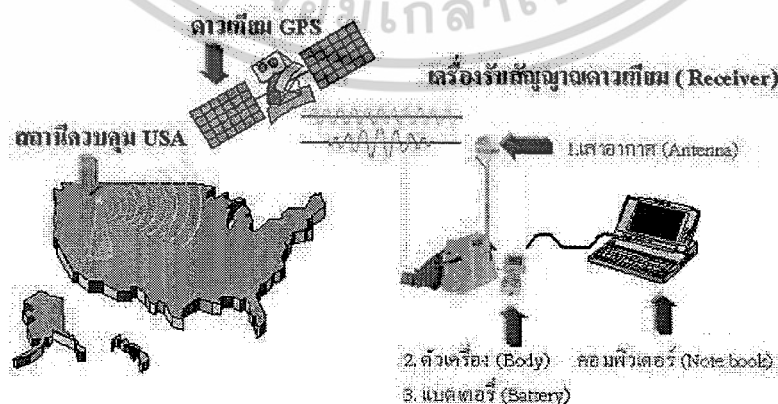
6. ข้อมูลนี้ถูกแบ่งเป็น 25 บล็อก แต่ละบล็อกใช้เวลาโหลด 30 วินาที เท่ากับใช้เวลาในการโหลดทั้งหมด 12.5 นาที

7. เมื่อดาวเทียมส่งบล็อกสุดท้ายเสร็จสิ้นก็จะเริ่มส่งทวนซ้ำตั้งแต่บล็อกหนึ่งใหม่หมายความว่า จะมีข้อมูลนี้ส่งลงมาทุกๆ 12.5 นาทีเช่นกัน

นอกจากนี้ ส่วนของสถานีควบคุมจะทำการวัดซูดเรนจ์ (Pseudo range) และ เดลตาเรนจ์ (Delta range) เพื่อกำหนดตัวแปรแก้ไขเวลาข้อมูลอัลมาแนค และ ข้อมูลอีพีเมอริส

การปฏิบัติงานของส่วนสถานีควบคุม

พิจารณารูปที่ 2.3 ส่วนสถานีควบคุมหลัก (MCS) จะเป็นศูนย์กลางของการทำงานในส่วนควบคุม ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศ Falcon , Colorado , Spring CO สถานีสังเกตการณ์จะติดตามดาวเทียมที่ผ่านสถานี โดยทำการวัดซูดเรนจ์ และ เดลตาเรนจ์การวัดนี้จะทำกับความถี่ดาวนำลิ่งค์ของดาวเทียม (ทั้ง L1 และ L2) ข้อมูลดิบที่ได้ร่วมกับข่าวสารการนำร่อง และ ข้อมูลสภาพอากาศท้องถิ่นจะถูกส่งผ่านไปยังสถานีควบคุมหลักโดยผ่านทางระบบสื่อสารดาวเทียมของทหารหรือระบบสื่อสารอื่นๆ

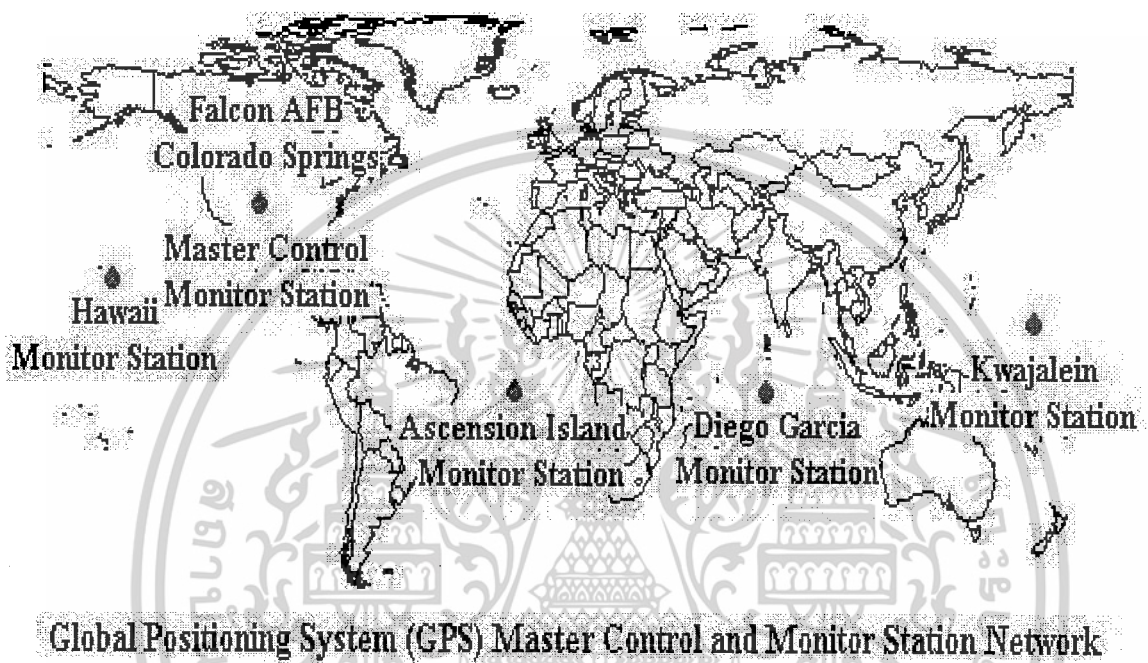


รูปที่ 2.3 ภาพรวมของส่วนสถานีควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีควบคุมหลักจะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากสถานีสังเกตการณ์เพื่อกำหนดค่าความถูกต้องของเวลาบนดาวเทียม ข้อมูลอัลมาเนค ข้อมูลพีเมอเรสของแต่ละดาวเทียมนอกจากสถานีควบคุมหลัก และ สถานีภาคพื้นดิน ซึ่งส่วนต่างๆจะกระจายอยู่ตามสถานีต่างๆ ดังรูปที่ 2.4 สถานีควบคุมสำรองตั้งอยู่ที่ Gaithersburg MD

Peter H. Dana 5/27/95



รูปที่ 2.4 สถานีตั้งส่วนของสถานีควบคุม GPS

สถานีสังเกตการณ์

สถานีสังเกตการณ์จะมีเครื่องรับ GPS ทั้งสองความถี่ (L1 และ L2) ซึ่งจะทำการวัดชุดโคเรนจ์และเดลตาเรนจ์ของแต่ละดาวเทียมที่สังเกตเห็นอย่างต่อเนื่อง และมีนาฬิกา ซีเซียม (Cesium) 2 ตัวอ้างอิง กับเวลาของระบบ GPS ตำแหน่งศูนย์กลางของเฟส (Phase Center) ของสายอากาศของเครื่องรับสามารถรู้ได้อย่างแม่นยำ

สัญญาณจากดาวเทียมมีการหักเห และ ล่าช้าในชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionospheric delay) จะหาได้โดยการรับความถี่ทั้งสองของเครื่องรับในสถานีสังเกตการณ์ ซึ่งอุณหภูมิ ความดัน และความชื้น จะถูกส่งไปยังสถานีควบคุมหลักโดยกรมอุตุนิยมวิทยาของ U.S. เพื่อกำหนดค่าความล่าช้าเนื่องจากโทรโปสเฟียร์ (Tropospheric Delay) ในแต่ละสถานีสังเกตการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สายอากาศภาคพื้นดิน

ส่วนของสถานีสายอากาศภาคพื้นดินจะทำการส่งคำสั่ง และ ข้อมูลการนำร่องรวมถึงข้อมูลอื่นๆ เรียกว่า TT&C (Telemetry Tracking and Command Data) ซึ่งเตรียมพร้อมโดยสถานีควบคุมหลักสำหรับดาวเทียมแต่ละดวงข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังสายอากาศภาคพื้นดิน และ เก็บไว้จนกว่าดาวเทียมจะผ่านมาโดยส่งผ่านคลื่นความถี่ S-Band โดยจะตั้งอยู่คู่กับสถานีสังเกตการณ์

### กระบวนการ การทำของสถานีควบคุมหลัก

หน้าที่หลักอย่างหนึ่งของสถานีควบคุมหลัก คือ ประมวลผลข้อมูลที่รวบรวมได้จากสถานีสังเกตการณ์เพื่อกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูลลิฟิเมอร์ส โดยเริ่มจากการแก้ไขค่าขูดเรนจ์ที่เกิดจากการล่าช้าเนื่องจากผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ และ โทรโปสเฟียร์ของทุกๆ สถานีสังเกตการณ์จากนั้นจึงนำไปผ่านคาลมานฟิลเตอร์ (Kalman Filter) เพื่อให้ได้ค่าลิฟิเมอร์ส และ ค่าการเลื่อนล้ำของสัญญาณนาฬิกา (Clock Offset) ที่แม่นยำโดยฟิลเตอร์จะถูกอัปเดตทุก 15 นาที ร่วมกับตำแหน่งของดาวเทียมที่ถูกคำนวณในระบบ โคออดิเนตแบบเอิร์ธเซนเตอร์ (Earth-Center Earth-Fixed (ECEF))

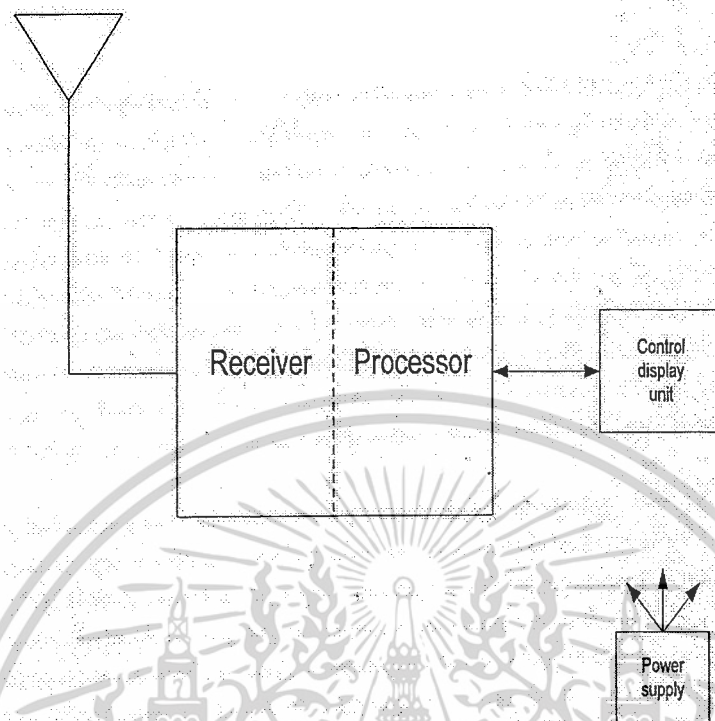
หน้าที่ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในการทำงานของสถานีควบคุมหลัก คือคอยควบคุมความน่าเชื่อถือของระบบ โดยมันจะดูแลควบคุมสัญญาณนาฬิกาทั้งหมด และ การอัปเดต ข้อมูลลิฟิเมอร์ส และการส่งสัญญาณอื่นๆ ให้ถูกต้องส่วนสถานีควบคุมจะตรวจสอบสังเกตสัญญาณนาฬิกาทั้งหมด และ การอัปเดต ข้อมูลลิฟิเมอร์ส และ การส่งสัญญาณอื่นๆ ให้ถูกต้องส่วนสถานีควบคุมจะตรวจสอบสังเกต สัญญาณในย่าน L-band และ ส่งสัญญาณเตือนไปยังสถานีควบคุมหลักภายใน 60 วินาทีหลังจากตรวจสอบพบความผิดพลาด

### 2.1.3 ส่วนผู้ใช้หรือเครื่องรับสัญญาณ (User Receiving Equipment)

เครื่องรับ GPS จะรับสัญญาณ L-Band ที่ถูกส่งมาจากดาวเทียม และ นำมาคำนวณเพื่อหาตำแหน่ง ความเร็วเวลาของเครื่องรับในปัจจุบันเครื่องรับ GPS มีขนาดเล็ก และ น้ำหนักเบาว่าในอดีตเนื่องจากการพัฒนาของเทคโนโลยีในด้านต่างๆ

#### คุณลักษณะของชุดเครื่องรับ GPS

บล็อกโคอะแกรมของชุดเครื่องรับ GPS จะเป็นไปตามรูปที่ 2.5 ซึ่งจะประกอบไปด้วย 5 ส่วนสำคัญคือสายอากาศ เครื่องรับ (Receiver) โปรเซสเซอร์ อุปกรณ์ อินพุท เอาท์พุท เช่น ส่วนควบคุมและแสดงผล (Control Display Unit (CDU)) และส่วนของแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.5 ส่วนของประกอบหลักของเครื่องรับ GPS

#### สายอากาศ

สัญญาณจากดาวเทียมจะถูกรับเข้ามาผ่านทางสายอากาศซึ่งจะเป็นสายอากาศที่มีโพลาไรซ์ของคลื่นแบบวงกลมหมุนขวา (Right Hand Circular Polarized) และได้รับในช่วงเกือบครึ่งวงกลมโดยทั่วไปจะครอบคลุม 160 องศาโดยมีค่ากำลัง (gain) ค่าต่างๆตั้งแต่ประมาณ 2.5 dBic ที่จุดสูงสุดของกำลังขยายของสายอากาศไปจนถึงค่า 0 dBic ที่มุมเอเลเวชัน 10 องศาข้างได้มุม 10 องศาที่ค่ากำลังขยายจะเป็นลบเนื่องด้วยสัญญาณจากดาวเทียมเป็นวงกลมแบบหมุนขวา สายอากาศแบบโคนิกอลเฮลิคซ์ (Conical Helix Antenna) หรือรูปแบบอื่นๆจึงเหมาะสม เครื่องรับ GPS ที่แทรกครหัส P(Y) ที่อยู่ในทั้ง L1 และ L2 ต้องการแบนด์วิดท์ 20.46 MHz สำหรับทั้งสองความถี่ถ้าเครื่องรับแทรกเพียงแคร์หัส C/A ที่อยู่ใน L1 สายอากาศและเครื่องรับต้องมีแบนด์วิดท์อย่างน้อย 2.046 MHz รูปแบบของสายอากาศที่ใช้มีหลายรูปแบบ โดยการใช้สายอากาศนั้น โดยรวมแล้วจะพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ต่างๆของสายอากาศเช่นแกนแพทเทิร์น (Gain Pattern) ของสายอากาศ ขนาดของพื้นที่ตั้ง คุณสมบัติทางแอมโพลิตูดินามิก ฯลฯ การเลือกใช้สายอากาศยังต้องคำนึงถึงความต้านทานเนื่องมาจากการรบกวนของสัญญาณอีกด้วย

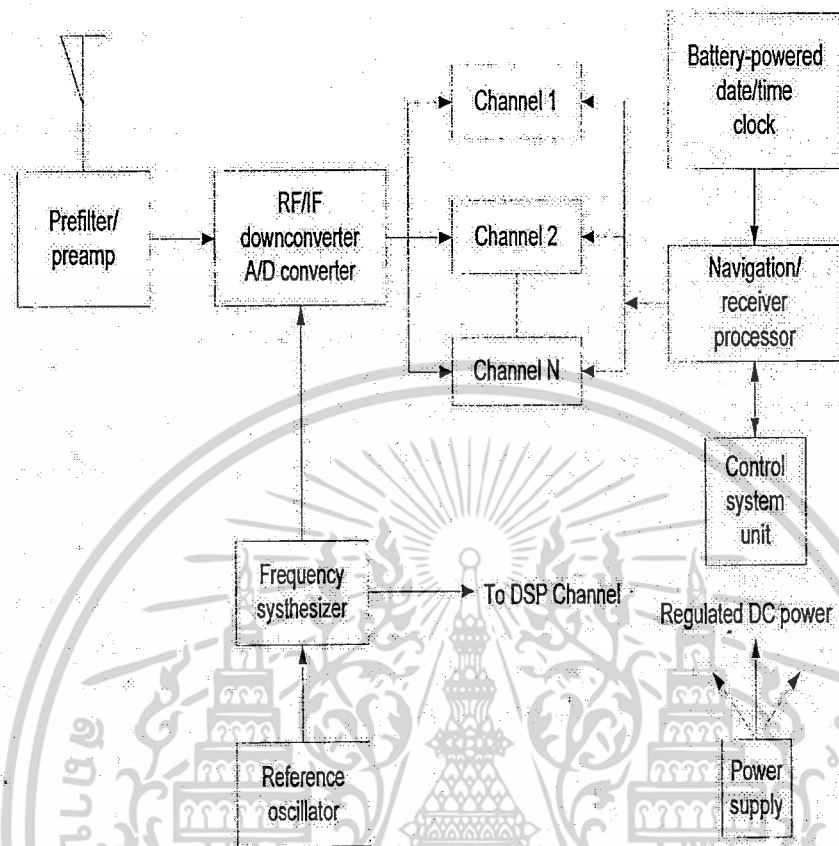
#### เครื่องรับ

ชนิดของเครื่องรับพื้นฐานปัจจุบันมี 2 ชนิด คือเครื่องรับชนิดที่แทรกสัญญาณทั้งรหัส P(Y) และรหัส C/A และเครื่องรับชนิดที่แทรกเฉพาะรหัส C/A ผู้ใช้แบบ PPS โดยทั่วไปจะใช้เครื่องรับที่แทรกครหัสเอ็กสาร์ทเป็นเอ็กสาร์ทที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P(Y) บน L1 และ L2 เครื่องรับแบบนี้จะเริ่มทำงานโดยทำการแทรกรหัส C/A บน L1 แล้วสลับเปลี่ยนมาทำการแทรกรหัส P(Y) บน L1 และ L2 การแทรกรหัส Y นั้นจะกระทำกับเครื่องรับที่มีอุปกรณ์คริปโตกราฟฟิก (Cryptographic Equipment) ช่วยเหลือเท่านั้นถ้าสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมถูกเอนคริป (Encrypt) และเครื่องรับไม่มีอุปกรณ์คริปโตกราฟฟิกที่เหมาะสมเครื่องรับจะทำการแทรกรหัส C/A บน L1 เป็นหลักผู้ใช้ระบบ SPS จะใช้เครื่องรับที่แทรกรหัส C/A บน L1 เพียงอย่างเดียวเนื่องจาก L1 เป็นเพียงความถี่เดียวที่มีการส่งรหัส C/A นอกจากนี้เครื่องรับสองชนิดนี้แล้วยังมีเครื่องรับชนิดอื่นๆอีกตัวอย่างเช่น เครื่องรับแบบ Codeless L2 ซึ่งเครื่องรับแบบนี้จะทำการแทรกรหัส C/A บน L1 และ แครร์เรียเฟส (Carrier Phase) บนความถี่ L1 และ L2 ในการใช้ประโยชน์จากแครร์เรียเฟสในการวัดจะทำให้ได้ค่าความถูกต้องจากการวัดสูง

เครื่องรับส่วนใหญ่จะมีช่องสัญญาณหลายช่องโดยที่แต่ละช่องสัญญาณจะแทรกสัญญาณจากดาวเทียมดวงเดียวบล็อกโคเดแกรมแบบง่าย ๆ ของเครื่องรับแบบ SPS แบบหลายช่องสัญญาณเป็นดังรูปที่ 2.6 สัญญาณย่านความถี่วิทยุจากดาวเทียม (RF CDMA Satellite Signals) จะถูกกรองผ่านแพสซีฟแบนด์พาสฟิลเตอร์เพื่อลดการรบกวนจากสัญญาณ RF อื่นๆ นอกย่านความถี่จากฟิลเตอร์จะตามด้วยปริแอมพลิฟายเออร์เพื่อขยายสัญญาณ RF จะถูกควมน์คอนเวคเตอร์เป็นสัญญาณอินเตอร์มีเดียตฟริควนซีหรือสัญญาณ IF โดยเครื่องรับจะทำการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ IF (Sampling) และ ทำการดิจิไตรซ์โดย A/D คอนเวคเตอร์อัตราการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ โดยทั่วไปจะเป็น 8 ถึง 12 เท่าของอัตราการชีพของรหัส PRN (1.023 MHz สำหรับรหัส C/A ใน L1 และ 10.23 MHz สำหรับรหัส P(Y) ใน L1 และ L2) อัตราการสุ่มตัวอย่างน้อยสุดจะเป็นสองเท่าของแบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารเพื่อให้เป็นไปตาม Nyquist criterion สำหรับที่แทรกเฉพาะรหัส C/A แบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 2 MHz และ แบนด์วิดธ์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 20 MHz ในเครื่องรับที่ทำการแทรกรหัส P(Y) แซมเปิลจะถูกส่งไปยังดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์ (Digital Signal Processor (DSP)) ซึ่งดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์จะบรรจุไว้ด้วย N ช่องสัญญาณที่ขนานกันเพื่อการแทรกสัญญาณคลื่นพาหะ และ รหัสพร้อมๆกันได้จากดาวเทียม N ดวง (ในปัจจุบัน N มีค่าตั้งแต่ 5 ถึง 12 ) แต่ละช่องสัญญาณจะบรรจุได้คแทรกคิงลูป (Tracking Loop) และ Carrier Track Loop เพื่อแทรกรหัส และ คลื่นพาหะซึ่งก็คือการตีมอดข้อมูลข่าวสารการนำร่องช่องสัญญาณจะคำนวณการวัดที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ ซูโคเรนจ์, เดลตาเรนจ์ และ อินทิเกรตคอปเปอเรเตอร์ (ID) ขึ้นอยู่กับการทำงานค่าที่วัดได้และข่าวสารการนำร่องที่ถูกมอดูเลตออกมาจะส่งต่อไปยังโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 เครื่องรับแบบ SPS ทั่วไป

#### โปรเซสเซอร์ของเครื่องรับ (Navigation/Receiving Processor)

โปรเซสเซอร์ของเครื่องรับจะทำการควบคุม และ สั่งงานให้เครื่องรับทำงานตามลำดับการปฏิบัติงาน โดยเริ่มจากการค้นหาสัญญาณตามด้วยการแทรก และ การดึงข้อมูลจากสัญญาณนอกจากนั้น โปรเซสเซอร์อาจจะทำให้ผลลัพธ์ของตำแหน่ง ความเร็ว และ เวลาของเครื่องรับ (ผลลัพธ์ PVT) จากค่าที่วัดได้จากเครื่องรับในการใช้งานบางอย่างอาจมีโปรเซสเซอร์แยกกัน เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าผลลัพธ์ PVT และ ใช้งานในหน้าที่การนำร่องอื่นๆ โปรเซสเซอร์ส่วนใหญ่จะให้ผลลัพธ์ PVT ด้วยความถี่ 1 Hz เป็นพื้นฐาน อย่างไรก็ตามในเครื่องรับที่ถูกออกแบบสำหรับงานเกี่ยวกับการบินจะต้องการความถูกต้องแม่นยำ และ ตอบสนองเร็วกว่า (high-response) โดยทั่วไปแล้วต้องการคำนวณผลลัพธ์ PVT ที่อัตราอย่างน้อย 5 Hz ผลลัพธ์ที่ถูกคำนวณออกมาได้ และ ข้อมูลนำร่องที่เกี่ยวข้องจะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์อื่นๆ/เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุท

อุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุทเป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟซระหว่างชุดเครื่องรับ GPS กับผู้ใช้โดยทั่วไปจะมีอุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุทแบบพื้นฐานอยู่ 2 ชนิด คือรวมอยู่ในตัวเครื่องหรือภายนอกสำหรับงานในหลายๆแบบอุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุทจะเป็นส่วนควบคุม และ แสดงผล (Control Display Unit (CDU)) CDU จะอนุญาตให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลเข้า และ แสดงสถานะ และ พารามิเตอร์การนำร่องต่างๆ เครื่องรับขนาดมือถือหรือขนาดเล็กจะมี CDU รวมอยู่ในตัวเครื่องในการติดตั้งในงานแบบอื่นๆ เช่นในงานอากาศยานหรือในเรืออุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุทจะถูกรวมไว้ในแผงควบคุมรวมไปกับอุปกรณ์อื่นๆ นอกจากนั้นงานบางอย่างที่ทำงานร่วมกับเซนเซอร์อื่นๆ ต้องการการอินเตอร์เฟซเพื่อป้อนข้อมูลอินพุท และ ส่งข้อมูลเอาต์พุทออกอินเตอร์เฟซที่มีอยู่ทั่วไป คือ ARINC 429, MIL-STD-1553B, RS-232 และ RS-422

## แหล่งจ่ายไฟ

แหล่งจ่ายไฟมีทั้งแบบอยู่ในตัวชุดเครื่องรับเองหรือแบบภายนอก หรือ ทั้งสองแบบรวมกับอัลตราไลต์แบตเตอรี่ หรือ ลิเทียมแบตเตอรี่ถูกใช้สำหรับแหล่งจ่ายภายในตัวอย่าง เช่นในเครื่อง GPS แบบมีแหล่งจ่ายไฟภายนอกใช้ในงานที่เครื่องรับ GPS ถูกใช้ร่วมกับงานอื่นๆ เช่นเครื่องรับแบบที่เป็นการ์ดที่ติดตั้งอยู่ในตัวคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือติดตั้งอยู่ในเรือ เครื่องบิน นอกจากนี้ยังมีการใช้แบตเตอรี่ภายในเพื่อรักษาข้อมูลที่เก็บไว้ใน RAM

## 2.2 การให้บริการ GPS (GPS Services)

มีอยู่ 2 ระดับ คือการบอกตำแหน่งโหมคละเอียด (Precise Positioning Service PPS) การบอกตำแหน่งโหมคละเอียดถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับงานทางทหาร หรือ งานที่ได้รับอนุญาตเป็นพิเศษพิจารณาจากกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกาเท่านั้น ข้อมูลที่ได้จะถูกเข้ารหัสไว้เพื่อไม่ให้ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตลักลอบนำข้อมูลไปใช้ข้อมูลที่ี้มีความเที่ยงตรงกว่าการบอกตำแหน่งโหมคมาตรฐานมากคือ 22 เมตรในแนวนอน และ 27.7 เมตรในแนวตั้งและความคลาดเคลื่อนของ UTC 200 nsec และการบอกตำแหน่งโหมคมาตรฐาน (Standard Positioning Services SPS) การบอกตำแหน่งโหมคมาตรฐานนี้เปิดให้ใช้โดยเสรีไม่มีการเข้ารหัสใดๆ แต่ข้อมูลที่ได้จากการบอกตำแหน่งโหมคมาตรฐานจะมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าการบอกตำแหน่งโหมคละเอียด คือ 100 เมตรในแนวนอน 156 เมตรในแนวตั้งและความคลาดเคลื่อนของ Coordinated Universal Time (UTC) 340 nsec

### 2.2.1 การบอกตำแหน่งโหมคละเอียด

PPS เป็นบริการที่ให้ตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาที่ถูกต้องเฉพาะผู้ใช้งานที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น PPS จะเน้นไปในทางทหารการได้รับอนุญาตให้ใช้ PPS นั้นจะพิจารณาโดย U.S. Department of Defense (DoD) ผู้ใช้งานที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ PPS ประกอบด้วย U.S. military User NATO military User และกองทัพอื่นๆหรือพลเรือนเช่น Australian Defense Forces U.S. Defense Mapping Agency PPS จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 16 m (16 metres Spherical Error Probable (SEP) (3-D, 50%) position

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

accuracy) และผิดพลาดทางด้านเวลาไม่เกิน 100 ns (100 ns (one sigma) Universal Coordinate time (UTC) time transfer accuracy) แก่ผู้ใช้งานที่ได้รับอนุญาตและจะให้ค่าประมาณ 37 เมตร (3-D , 95%) และ 197 ns (95%) ภายใต้เงื่อนไขการทำงานโดยปกติของระบบเครื่องรับแบบ PPS สามารถให้ความถูกต้องของความเร็วมีค่าคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.2 m/s (0.2m/s 3-D velocity accuracy) ได้แต่ก็ขึ้นอยู่กับกรอกแบบเครื่องรับด้วย

การแอคเซส (Access) PPS ถูกควบคุมโดยเทคนิคคริปโตกราฟฟิก (cryptographic) 2 อย่างคือเอสเอ (Selective Availability (SA)) และเอสเอสเอใช้ในการลดความถูกต้องของ GPS ทั้งการบอกตำแหน่ง ความเร็วและเวลาแก่ผู้ใช้เครื่องรับทั่วไป SA จะทำงานโดยการใส่ค่าผิดพลาดซูดเร็นดอม (pseudorandom error) ให้กับสัญญาณดาวเทียม AS จะมีผลบนความเที่ยมทุกดวงเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตนำสัญญาณไปใช้วัดระยะได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งเทคนิคนี้จะเอนคริป (encrypt) รหัส P เป็นรหัส Y ในแบบ C/A จะไม่มีการทำแบบนี้

เอนคริปชันคีย์ (Encryption keys) และ เทคนิคเฉพาะจะถูกจัดให้กับผู้ใช้ PPS ซึ่งทำให้สามารถขจัดผลของ SA และ AS จึงทำให้ได้รับความแม่นยำสูงสุดของ GPS เครื่องรับ PPS ซึ่งไม่มีคริปโตกราฟฟิกคีย์ (cryptographic key) ที่ถูกต้องจะมีประสิทธิภาพเหมือนเครื่องรับ SPS เครื่องรับ PPS สามารถใช้รหัส P(Y) หรือ รหัส C/A หรือทั้งคู่ ความถูกต้องสูงสุด GPS จะได้รับจากการใช้รหัส P(Y) บนทั้ง L1 และ L2 เครื่องรับซึ่งสามารถใช้รหัส P(Y) มักจะใช้รหัส C/A เพื่อเริ่มต้นรับดาวเทียม GPS

### 2.2.2 การบอกตำแหน่งโหมคมาตรฐาน (Standard Positioning Service SPS)

SPS เป็นบริการที่ให้ความถูกต้องน้อยกว่าแต่จะใช้ได้กับกิจการทางด้านพลเรือนโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายและใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมงในยามสงบระดับของ SA จะถูกควบคุมเพื่อให้ค่าความถูกต้องในแนวเส้นขอบฟ้า 100 เมตรในปัจจุบันนี้ได้มีการยกเลิกการลดค่าความผิดพลาดลงจากเดิมโดยเหตุผลที่ว่าค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นสามารถใช้เทคนิคการคิฟเฟอเรนเชียลขจัดออกไปได้เกือบหมด นอกจากนี้ระบบกลอนนาส ซึ่งเป็นระบบนำร่องของรัสเซียให้ค่าผิดพลาดเพียง 50 เมตรเท่านั้น

## 2.3 ทฤษฎีการปฏิบัติงานของระบบ GPS (GPS Theory of Operation)

รหัส (ranging code) ที่มาจากดาวเทียมทำให้เครื่องรับ GPS สามารถวัดเวลาการเดินทางของสัญญาณและทราบระยะทางระหว่างดาวเทียมกับผู้ใช้ข้อมูลการนำร่องจะให้ข้อมูลเพื่อคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง ณ เวลาของการส่งสัญญาณจากข้อมูลเหล่านี้ โคออดิเนตของตำแหน่งผู้ใช้และค่าเหลือของสัญญาณนาฬิกาของผู้ใช้ (user clock offset) จะถูกคำนวณโดยใช้สมการ (simulation equation) ตามปกติจะต้องการดาวเทียม 4 ดวงในวิสัย (in view) ของเครื่องรับในเวลาเดียวกันเพื่อการบอกตำแหน่งในสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.1 ลักษณะของสัญญาณ GPS

ความถี่ GPS จะส่งความถี่พาหะ 2 ความถี่เรียกว่าความถี่ L1 และ L2 ความถี่จะถูกมอดูเลตโดยสเปกตรัมแผ่กระจาย (Spread Spectrum) รหัสซึ่งประกอบด้วยขบวนของรหัส PRN (Pseudorandom Noise) ที่จะเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของดาวเทียมแต่ละดวงและข้อมูลข่าวสารการนำร่องดาวเทียมทุกดวงส่งความถี่พาหะที่เหมือนกันแต่สัญญาณของพวกมันจะไม่รบกวนกันเพราะว่าการมอดูเลชันของรหัส PRN เนื่องจากดาวเทียมแต่ละดวงจะถูกมอบหมายรหัส PRN ที่เป็นเอกลักษณ์ให้และทุกๆขบวนของรหัส PRN เทียบจะไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันเลยสัญญาณของดาวเทียมสามารถถูกแยกและดีเทค (Detect) ได้โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Code Division Multiple Access (CDMA)

ในการแทรค (Track) ดาวเทียมโดยใช้เทคนิค CDMA ที่เครื่องรับ GPS ต้องจำลองขบวนรหัส PRN สำหรับดาวเทียมที่ต้องการร่วมกับสัญญาณพาหะจำลองรวมทั้ง Doppler effect ด้วย

ผู้ใช้ซึ่งสามารถรับได้ทั้ง 2 ความถี่พาหะจะใช้ความถี่พาหะ 2 อันในการวัดความล่าช้าเนื่องจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ซึ่ง Delay นี้จะสัมพันธ์กับผลต่างของ Signal Time of Arrival (TOA) ของความถี่พาหะทั้งสอง ส่วนผู้ใช้ความถี่เดียว (L1 เท่านั้น) ผู้ใช้ต้องประมาณค่า Delay โดยใช้พารามิเตอร์ที่ส่งมาใส่ข้อมูลข่าวสารการนำร่อง

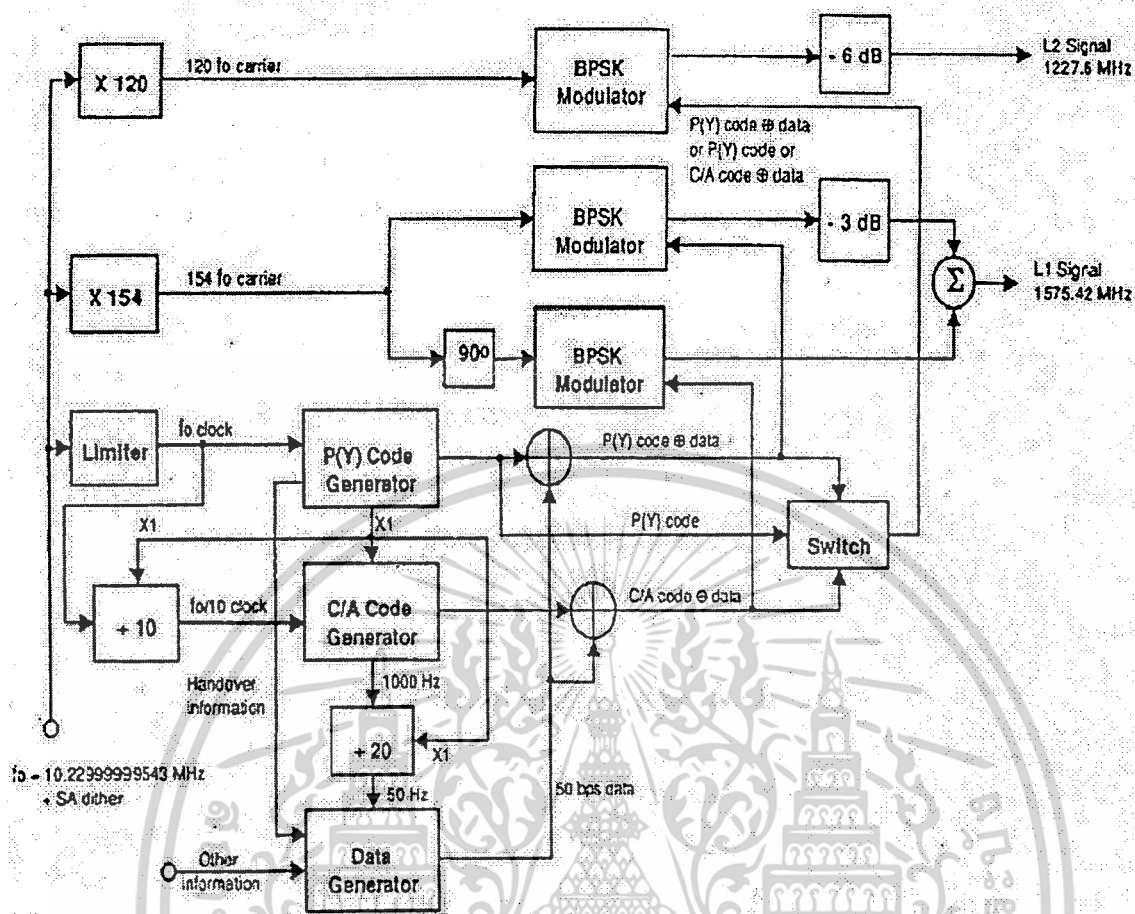
#### รูปแบบของความถี่และการมอดูเลชัน

จากรูปที่ 2.7 ความถี่ L1 (154F<sub>0</sub>) ถูกมอดูเลตโดยรหัส PRN 2 อัน (รวมทั้งข้อมูลข่าวสารการนำร่อง) คือ Coarse/Acquisition Code (C/A – Code) และ Precision Code (P – Code) ความถี่ L2 (120 f<sub>0</sub>) ถูกมอดูเลตโดยรหัส PRN 1 อัน ณ ช่วงเวลาหนึ่งโหมคของรหัส P จะมีโหมคที่ไม่มีการมอดูเลตกับข้อมูลความถี่อ้างอิง F<sub>0</sub> จะมีค่า 10.23 MHz รหัส C/A จะมี Chipping Rate 1.023 x 10<sup>6</sup> Chip/Sec (f<sub>0/10</sub> = 1.023 MHz) และรหัส P จะมี Chipping Rate 10.23 x 10<sup>6</sup> Chip/Sec (F<sub>0</sub> = 10.23 MHz) (คำว่า “Chip” ใช้แทนคำว่า “bit” เพื่อแสดงว่าไม่มีข้อมูลข่าวสารในรหัส PRN)

รหัส P สามารถถูกปฏิเสธให้ผู้ใช้แบบ SPS เมื่อ ส่วนควบคุมให้โหมค Antispoofing (AS) ในดาวเทียมทำงานเมื่อ AS ทำงานรหัส P จะถูกเข้ารหัสเป็นรหัส Y (รหัส Y จะมี Chipping Rate เดียวกับรหัส P) ดังนั้น เราจึงมักใช้ตัวย่อสำหรับ Precision Code ว่ารหัส P(Y) AS นี้จะปฏิเสธการเข้าถึงรหัส P โดยผู้ใช้แบบ SPS

ทั้งรหัส C/A และรหัส P(Y) ในความถี่พาหะ L1 และ L2 จะถูกรบกวนโดย SA SA จะสร้าง Pseudorandom Doppler Error บนทั้งการวัด Pseudorange และ Deltarange SA Error นี้สามารถนำออกไปได้โดยผู้ใช้แบบ PPS แต่ผู้ใช้แบบ SPS จะไม่สามารถแก้ไขได้

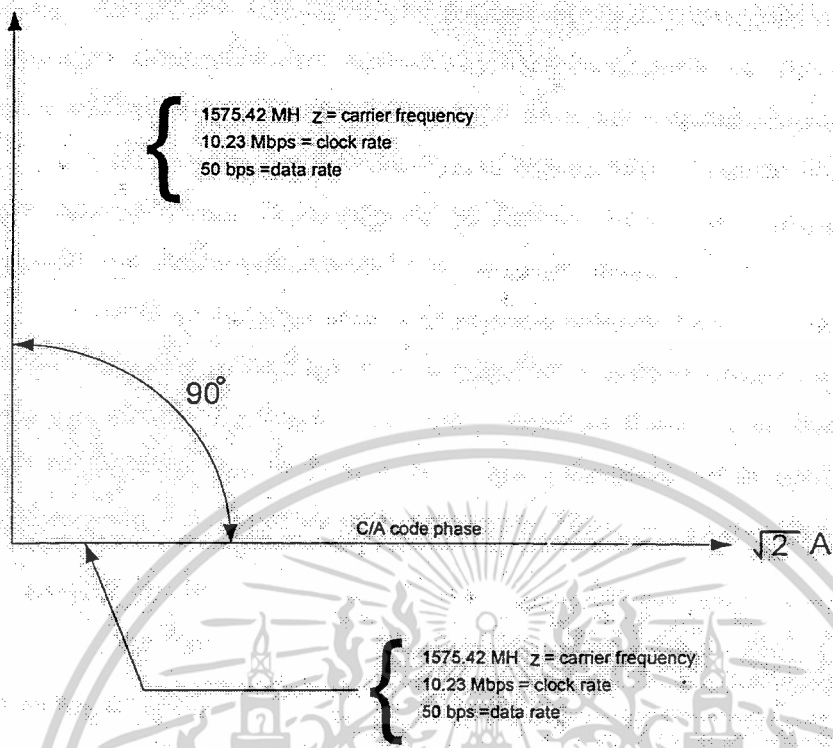
นอกจากนั้น SA ยังจะทำให้มีความผิดพลาดในข้อมูล Ephemeris และ Almanac ของดาวเทียมที่ส่งออกมาอีกด้วย ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดความผิดพลาดในการบอกตำแหน่งของผู้ใช้แบบ SPS



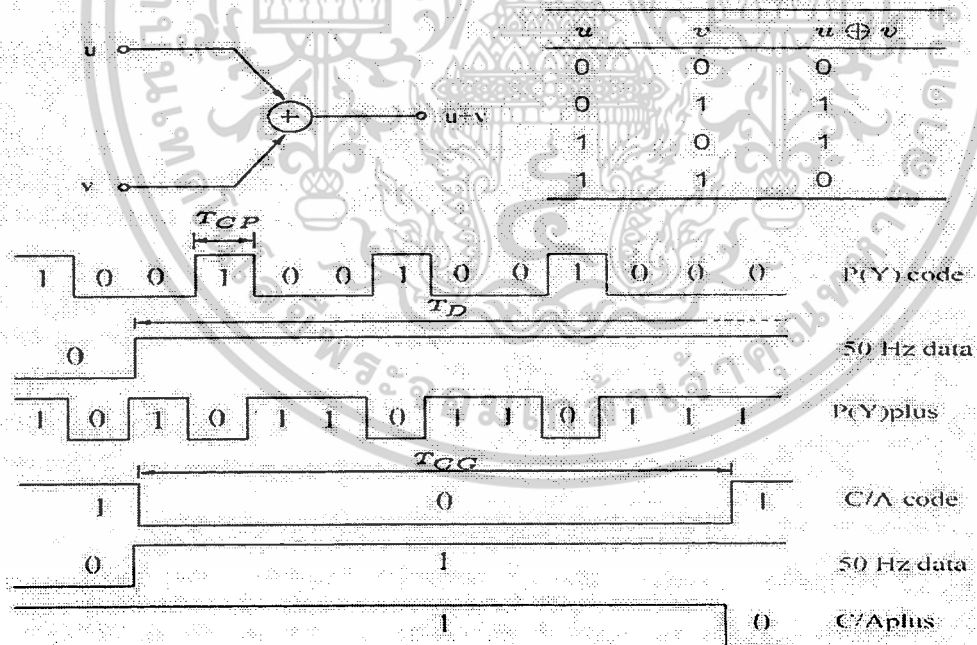
รูปที่ 2.7 โครงสร้างสัญญาณจากดาวเทียม GPS

ในรูปที่ 2.7 จะสังเกตว่าข้อมูล 50 bits per second (bps) จะถูกรวมกับทั้งรหัส C/A และรหัส P(Y) ก่อนการมอดูเลชันกับพาหะ L1 การรวมกันนี้ ใช้กระบวนการ Exclusive – Or โดยใช้สัญลักษณ์  $\otimes$  แทน Exclusive – Or อัตราการส่งบิตจะไม่สามารถเกินกว่า Chipping Rate ของ PRN Code ได้เนื่องจาก C/A – Code  $\otimes$  Data และรหัส P(Y)  $\otimes$  Data เป็นการทำงานแบบซิงโครนัส การมอดูเลชันจะใช้แบบ Biphase Shift Key (BPSK) ใน L1 จะมีทั้งรหัส P(Y)  $\otimes$  Data ถูกมอดูเลต In – Phase Quadrature กับรหัส C/A  $\otimes$  Data ดังนั้นรหัส C/A Data modulation กับรหัส P(Y) Data modulation จะต่างเฟสกัน 90 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างสัญญาณ GPS สำหรับ L1



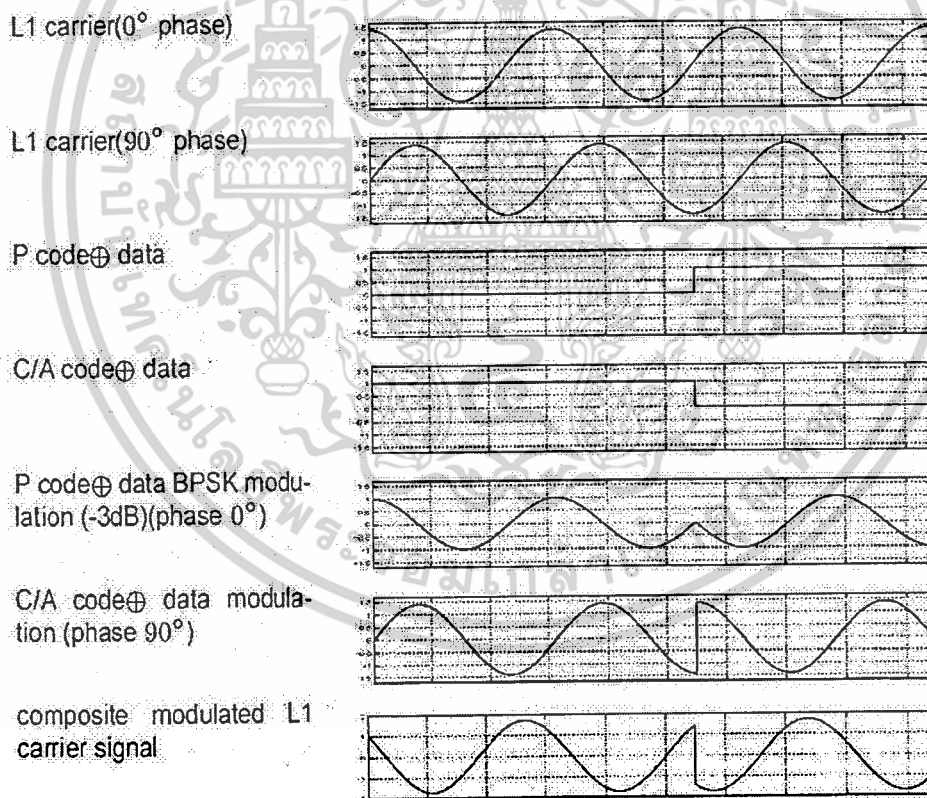
รูปที่ 2.9 รหัส GPS ผสมกับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 จะแสดงผลของรหัส C/A และรหัส P  $\otimes$  Data กระบวนการ Exclusive – or จะสมมูลกับ Binary Multiplication ของค่า 1 บิต 2 ค่า ด้วยเหตุนี้กระบวนการนี้จึงสมมูลกับกระบวนการมอดูเลชันแบบ BPSK ด้วยมันจะมีช่วงเวลา 20,460 ช่วง ระหว่างช่วงเวลาของรหัส C/A กับช่วงเวลาของข้อมูลดังนั้นจำนวนครั้งที่เฟสสามารถเปลี่ยนในขบวนรหัส PRN เนื่องจากการมอดูเลตกับข้อมูลจะ Relatively Infrequent

รูปที่ 2.10 แสดงรูปร่างของคลื่นสัญญาณ ก่อนและหลังการมอดูเลชันกับรหัส P(Y)  $\otimes$  Data และรหัส C/A  $\otimes$  Data ใน L1 จะมีพาหะ 154 ไส้เคล็ดต่อ P(Y) – Code Chip และ 1,540 ไส้เคล็ดต่อ Chip ของรหัส C/A ดังนั้นการเลื่อนเฟสใน L1 จะ Relatively Infrequent

ความถี่ L2 (1,227.60 MHz) สามารถถูกมอดูเลตโดยทั้งรหัส P(Y)  $\otimes$  Data หรือ รหัส C/A  $\otimes$  Data หรือรหัส P(Y) ที่ไม่มี Data ได้ทุกอันขึ้นกับการเลือกของส่วนควบคุม P(Y) – Code และรหัส C/A จะไม่ปรากฏพร้อมกันบน L2 และ L1 โดยทั่วไป ส่วนควบคุมจะเลือกรหัส P(Y)  $\otimes$  Data ใน L2 จะมีพาหะ 120 ไส้เคล็ดต่อ P(Y) – Code Chip ดังนั้นการเลื่อนเฟสใน L2 จะ Relatively Infrequent ตาราง 2.1 จะสรุปโครงสร้างของสัญญาณ GPS บน L1 และ L2



รูปที่ 2.10 การมอดูเลชันคลื่นพาหะ L1 ของ GPS (a) คลื่นพาหะ L1 เฟส 0 องศา (b) คลื่นพาหะ L1 เฟส 90 องศา (c) รหัส P(Y)  $\otimes$  ข้อมูล (d) รหัส C/A  $\otimes$  ข้อมูล (e) รหัส P(Y)  $\otimes$  ข้อมูลมอดูเลชันแบบ BPSK บนคลื่นพาหะ L1 เฟส 0 องศาการลดทอน 3 dB (f) รหัส C/A ข้อมูล มอดูเลชันแบบ BPSK บนคลื่นพาหะ L1 (g) คลื่นพาหะ L1 ที่มอดูเลตเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในดาวเทียมแต่ละดวงจะมีมาตรฐานของ Atomic มากกว่า 1 มาตรฐานเพื่อช่วยปรับปรุงความน่าเชื่อถือแต่จะมีเพียงมาตรฐานเดียวเท่านั้นที่จะถูกเลือกจากส่วนควบคุมให้เป็นความถี่อ้างอิงในดาวเทียม ตัวอย่างเช่น ในดาวเทียม Block II จะมีมาตรฐาน Rubidium 2 อันและมาตรฐาน 2 อัน

ผู้ใช้แบบ PPS จะเข้าถึงสัญญาณได้ทั้ง L1 และ L2 ทำให้ได้ความถูกต้องได้อย่างเต็มที่จาก GPS ผู้ใช้แบบ PPS จะมีอัลกอริทึมคืออุปกรณ์ ที่ใช้กับรหัส Y พิเศษต่อแชนเนล (เรียกว่า Auxiliary Output Chip (AOC)) และ Key เพื่อจะได้รับการเข้าถึงรหัส Y

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างสัญญาณ GPS

Signal Priority	Primary	Secondary
Signal designation	L1	L2
Carrier frequency (Hz)	$1,575.42 \times 10^6$	$1,227.60 \times 10^6$
PN codes (chips/sec)	$P=10.23 \times 10^6$ and $C/A=1.023 \times 10^6$	$P=10.23 \times 10^6$ or $C/A=1.023 \times 10^6$ *
Navigation message data modulation (bps)	50	50†

\* The code usually selected by the control segment on L2 is P code.

† The 50 Hz navigation data message is usually modulated on L2 P code, but can be turned off by the control segment to improve jamming performance.

Three possibilities:

- P code with data
- P code with no data
- C/A code with data

การใช้ AS Y-Code จะปฏิเสธการเข้าถึง โดยตรงกับ Precision code ของเครื่องรับแบบ SPS ซึ่งจะทำได้เฉพาะกรณีที่ฝ่ายเข้าศึกษาจะนำสัญญาณไปใช้ได้ อย่างไรก็ตามฝ่ายเดียวกันที่ใช้แบบ SPS ก็จะถูกปฏิเสธไปด้วย

ใน L2 มักจะไม่มี C/A – Code ทั้งนี้เป็นผลมาจากการปฏิเสธการทำงานแบบ 2 ความถี่ให้กับผู้ใช้แบบ SPS เมื่อส่วนควบคุมให้ AS ทำงานด้วยเหตุนี้ผู้ใช้แบบ SPS จะถูกจำกัดให้ใช้ L1 C/A-Code ทำให้ผู้ใช้แบบ SPS ใช้ความถี่เพียงอันเดียวจึงต้องจำลอง Ionospheric delay ขึ้นมาแทนที่การวัดค่าโดยตรงซึ่งจะทำให้มีความถูกต้องน้อยกว่า

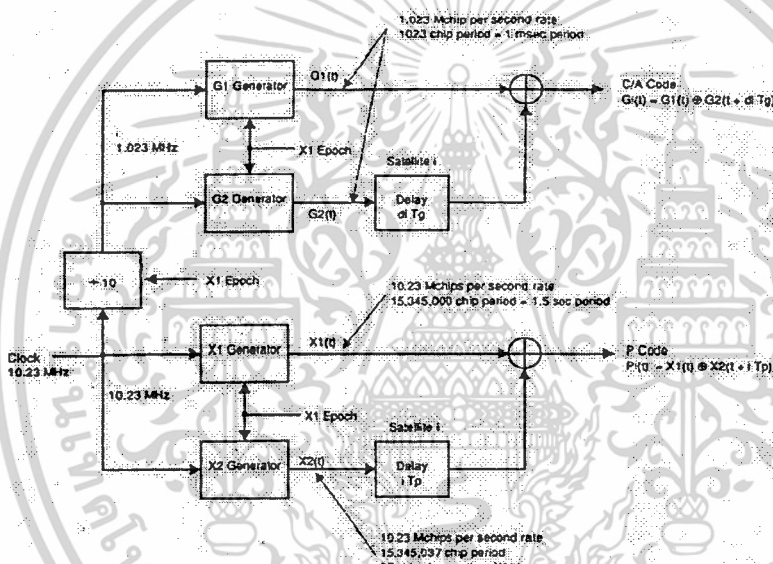
การสร้างขบวนโดยตรงของรหัส PRN (Direct Sequence PRN Code Generation)

รูปที่ 2.11 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการสร้างขบวนโดยตรงของรหัส PRN ที่ใช้ใน GPS เพื่อนำไปใช้กับเทคนิค CDMA รหัส PRN แต่ละแบบที่ได้จะมาจากโค้ดเจเนอเรเตอร์ 2 ตัวในแต่ละแบบโดยโค้ดเจเนอเรเตอร์ตัวที่สองของแต่ละแบบจะมีเอาท์พุทที่ delay เมื่อเทียบกับตัวแรกจากนั้นมันจะรวมกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวงจร exclusive-or จำนวนของ delay จะแปรผันได้เกี่ยวเนื่องกับ PRN number ของดาวเทียมในกรณีของ P-code delay จะมีค่าเหมือน PRN number ส่วน C/A-code delay จะมีค่าเป็นเอกลักษณ์ขึ้นอยู่กับดาวเทียมแต่ละดวง delay เหล่านี้จะถูกสรุปไว้ในตาราง 2.2

GPS C/A-code คือ Gold Code ที่มีความยาวของขบวนเป็น 1,023 บิต (chip) มีคาบเวลาเป็น 1 ms (เนื่องจาก chipping rate ของ C/A-code คือ 1.023 MHz) รูปที่ 2.12 จะแสดงสถาปัตยกรรมการออกแบบเจเนอเรเตอร์ที่สร้างรหัส C/A มันจะมี 10-bit ชิฟทรีจิสเตอร์ G1 และ G2 ซึ่งสร้าง Pseudonoise (PN) โค้ดได้สูงสุดมีความยาว  $2^{10}-1 = 1,023$  บิต (สถานะหนึ่งที่ชิฟทรีจิสเตอร์จะไม่เป็นคือเป็นศูนย์ทั้งหมด) เราจะอธิบายวิธีการออกแบบลิเนียร์โค้ดเจเนอเรเตอร์โดยใช้วิธีของพหุนามซึ่งมีรูปแบบเป็น  $1+X^i$  เมื่อ  $X^i$  คือข้อมูลในช่องที่ i ของชิฟทรีจิสเตอร์ซึ่งจะถูกนำไปเข้าเป็นอินพุทของ modulo - 2 adder (exclusive-or) และ 1 หมายถึงเอาต์พุทของ adder จะถูกป้อนในช่องแรก C/A-code ในเจเนอเรเตอร์



รูปที่ 2.11 GPS โค้ดเจเนอเรเตอร์

จะต้องการให้ feedback tap ของ G1 ชิฟทรีจิสเตอร์จะถูกต่อกับสเตจ 3 และ 10 รีจิสเตอร์สเตจนี้ จะถูกรวมกับแต่ละสเตจอื่นๆด้วยวงจร exclusive-or และป้อนกลับไปที่สเตจ 1 พหุนามที่อธิบายสถาปัตยกรรมของชิฟทรีจิสเตอร์นี้คือ  $G1 = 1+x^3+x^{10}$  พหุนามและสถานะเริ่มต้นสำหรับทั้ง C/A - code และเจเนอเรเตอร์ชิฟทรีจิสเตอร์ถูกสรุปเอาไว้ในตารางซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละดาวเทียมแต่ละดวงจะเป็นผลมาจากการ exclusive-or กันระหว่างขบวนการเอาต์พุทซึ่ง delay ของ G2 และขบวนเอาต์พุทโดยตรงของ G1 ผลของdelay ใน G2 PN code จะเกิดขึ้นโดยการ exclusive-or ตำแหน่งที่ถูกเลือกของ tap 2 อันซึ่งเอาต์พุทของมันจะเรียกว่า G21 ทั้งนี้เนื่องจากว่าขบวนรหัส PN มีคุณสมบัติที่ว่าเมื่อสัญญาณของตัวเองที่ชิฟท์เฟสไปจะเกิดขึ้นมาโดยที่สัญญาณจะไม่เปลี่ยนแปลงหน้าที่ของ tap 2 อันบน G2 ชิฟทรีจิสเตอร์ในรูปที่ 2.12 คือใช้ชิฟท์เฟสของโค้ดใน G2 เมื่อเทียบกับเฟสของโค้ดใน G1 โดยไม่ต้องการชิฟท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จิสเตอร์เพิ่มเติมในการทำ delay นี้แต่ละค่าของ C/A – code PRN number จะเกี่ยวเนื่องกันตำแหน่งของ tap 2 อันบน G2

ตารางที่ 2.2 จะอธิบายการรวมกันของ tap ในแต่ละค่าของ PRN number และแสดงค่า delay ของ C/A – code (chip) PRN number 32 ค่าแรกจะใช้สำหรับส่วนของดาวเทียม (space segment) PRN 33 ถึง PRN 37 ถูกใช้สำหรับด้านอื่น เช่น Ground Transmitter (GTs) GTs จะถูกใช้ระหว่างเฟส I (concept demonstration phase) ของ GPS เพื่อยืนยันการทำงานและความถูกต้องของระบบก่อนที่จะปล่อยดาวเทียม และในการรวมกันกับดาวเทียมดวงล่าสุด GT C/A – code 34 และ 37 จะเหมือนกัน

ตารางที่ 2.2 ค่าเริ่มต้นของขบวนการรหัสและค่า โคลด์เฟสประจำตัวดาวเทียม สำหรับรหัส C/A และรหัส P

SV PRN Number	C/A-Code Tap Selection	C/A-Code Delay (Chips)	P-Code Delay (Chips)	First 10 C/A-Chips (Octal)*	First 12 P-Chips (Octal)
1	2 ⊕ 6	5	1	1440	4444
2	3 ⊕ 7	6	2	1620	4000
3	4 ⊕ 8	7	3	1710	4222
4	5 ⊕ 9	8	4	1744	4333
5	1 ⊕ 9	17	5	1133	4377
6	2 ⊕ 10	18	6	1455	4355
7	1 ⊕ 8	139	7	1131	4344
8	2 ⊕ 9	140	8	1454	4340
9	3 ⊕ 10	141	9	1626	4342
10	2 ⊕ 3	251	10	1504	4343
11	3 ⊕ 4	252	11	1642	“
12	5 ⊕ 6	254	12	1750	“
13	6 ⊕ 7	255	13	1764	“
14	7 ⊕ 8	256	14	1772	“
15	8 ⊕ 9	257	15	1775	“
16	9 ⊕ 10	258	16	1776	“
17	1 ⊕ 4	469	17	1156	“
18	2 ⊕ 5	470	18	1467	“
19	3 ⊕ 6	471	19	1633	“
20	4 ⊕ 7	472	20	1715	“
21	5 ⊕ 8	473	21	1746	“
22	6 ⊕ 9	474	22	1763	“
23	1 ⊕ 3	509	23	1063	“
24	4 ⊕ 6	512	24	1706	“
25	5 ⊕ 7	513	25	1743	“
26	6 ⊕ 8	514	26	1761	“
27	7 ⊕ 9	515	27	1770	“
28	8 ⊕ 10	516	28	1774	“
29	1 ⊕ 6	859	29	1127	“
30	2 ⊕ 7	860	30	1453	“
31	3 ⊕ 8	861	31	1625	“
32	4 ⊕ 9	862	32	1712	“
33†	5 ⊕ 10	863	33†	1745	“
34†	4 ⊕ 10	950‡	34	1713‡	“
35†	1 ⊕ 7	947	35	1134	“
36†	2 ⊕ 8	948	36	1456	“
37†	4 ⊕ 10	950‡	37	1713‡	4343

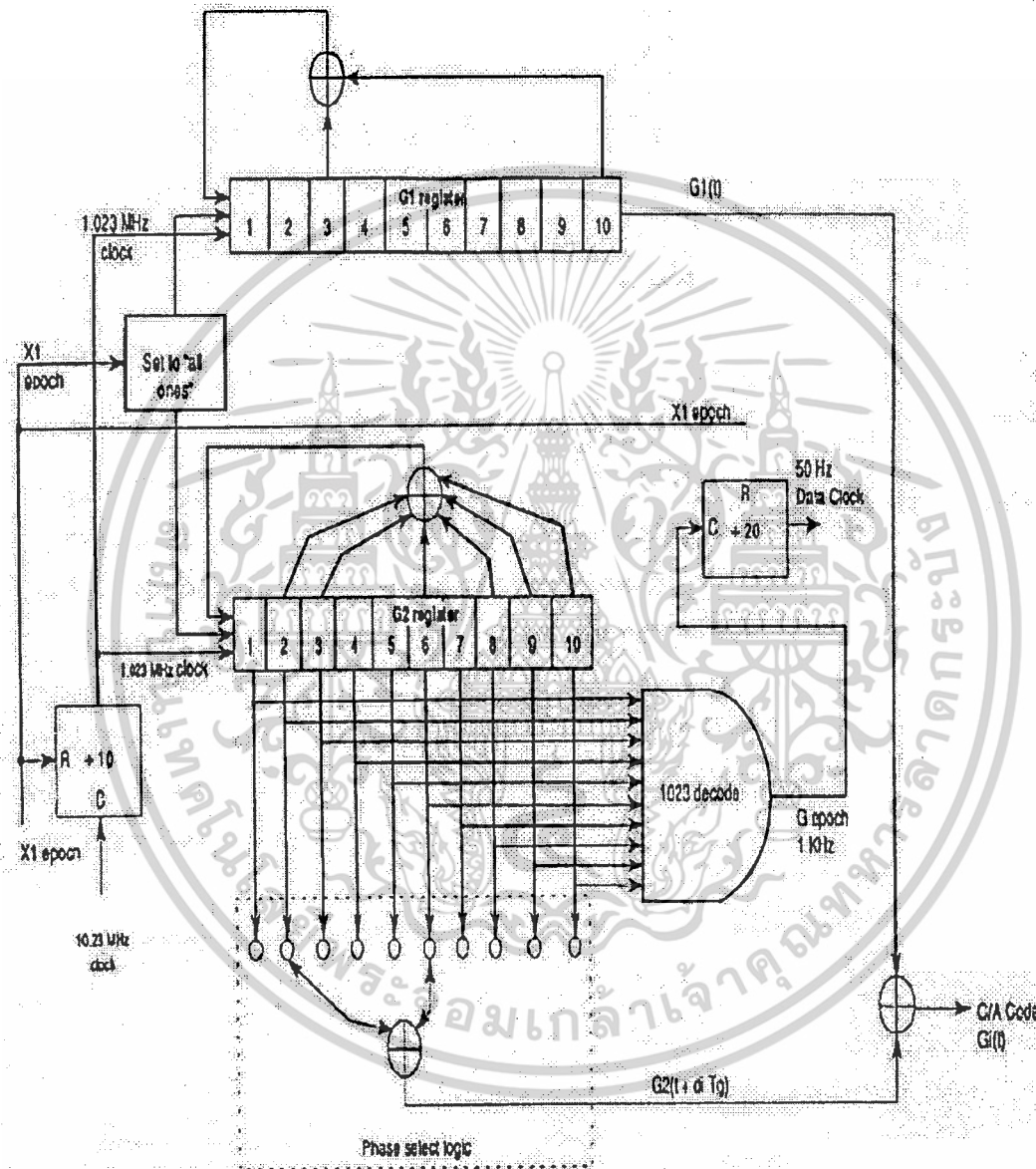
\*In the octal notation for the first 10 chips of the C/A-code as shown in this column, the first digit (1) represents a “1” for the first chip and the last three digits are the conventional octal representation of the remaining 9 chips. For example, the first 10 chips of the SV PRN number 1 C/A-code are 1100100000.

†PRN codes 33 through 37 are reserved for other uses (e.g., ground transmitters).

‡C/A-codes 34 and 37 are identical.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2 ยังแสดง 10 Chip แรกของรหัส C/A และ 12 Chip แรกของรหัส P ในแบบเลขฐานแปด โดยเริ่มต้นที่จุดเริ่มต้นของสัปดาห์ตัวอย่างเช่น ขบวนการไบนารีสำหรับ 10 Chip แรก C/A ของรหัสที่มี PRN หมายเลข 5 คือ 1001011011 และสำหรับ 12 Chip แรกของรหัส P ที่มีหมายเลข 5 คือ 100011111111



รูปที่ 2.12 C/A โค้ดเจเนอเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สถานะเริ่มต้นและพหุนามของ GPS โค้ดเจเนอเรเตอร์

Register	Polynomial	Initial State
C/A code G1	$1 + X^3 + X^{10}$	1111111111
C/A code G2	$1 + X^2 + X^3 + X^6 + X^8 + X^9 + X^{10}$	1111111111
P code X1A	$1 + X^6 + X^8 + X^{11} + X^{12}$	001001001000
P code X1B	$1 + X^1 + X^2 + X^5 + X^8 + X^9 + X^{10} + X^{11} + X^{12}$	010101010100
P code X2A	$1 + X^1 + X^3 + X^4 + X^5 + X^7 + X^8 + X^9 + X^{10} + X^{11} + X^{12}$	100100100101
P code X2B	$1 + X^2 + X^3 + X^4 + X^8 + X^9 + X^{12}$	010101010100

## ระดับพลังงาน

ในตารางที่ 2.4 จะสรุปค่าระดับพลังงานต่ำสุดที่ได้รับของสัญญาณ GPS 3 แบบโดยใช้สายอากาศแบบต่างๆและในตารางที่ 2.5จะแสดงค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณ L1 และ L2

การมอดูเลตแบบ BPSK จะกระจายสัญญาณ RF โดย code bandwidth ผลที่ได้คือการกระจายที่สมมาตรกันของสัญญาณรอบคลื่นพาหะ L1 และ L2 รหัส C/A จะกระจายกำลังของสัญญาณ L1 บนความกว้างความถี่ (Bandwidth) 2.046 MHz มีศูนย์กลางที่ 1575.42 MHz รหัส P(Y) จะกระจายกำลังของสัญญาณทั้ง L1 และ L2 บนความกว้างความถี่ 20.46 MHz มีศูนย์กลางที่ 1575.42 MHz บน L1 และ 1227.6 MHz บน L2

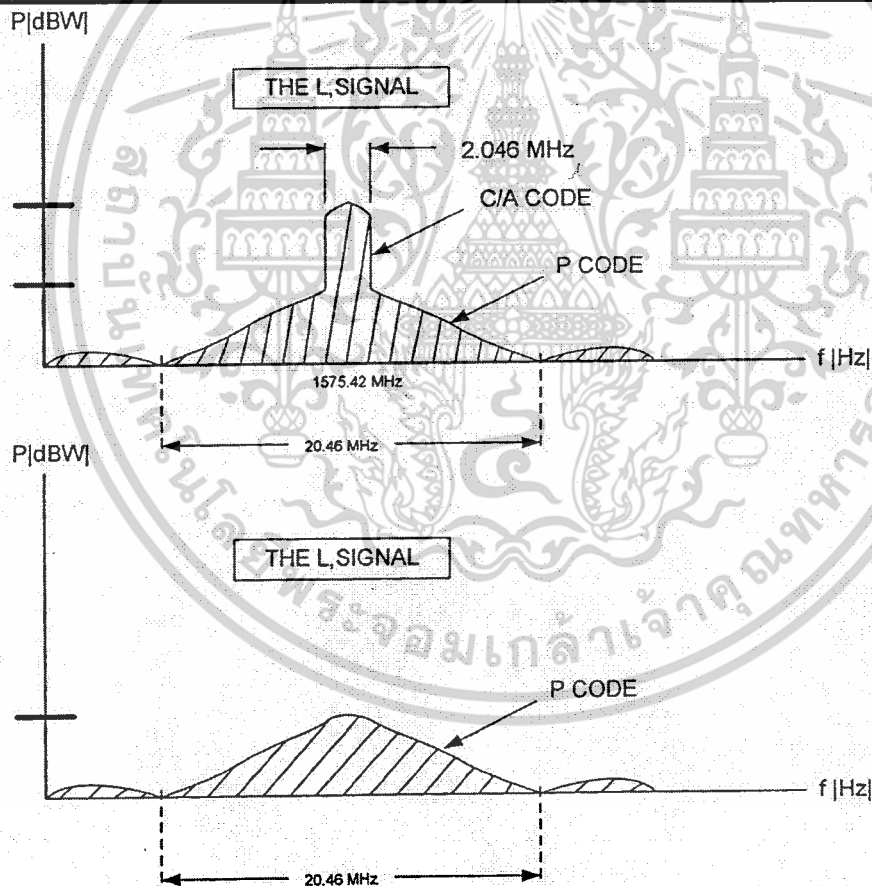
ตารางที่ 2.4 สรุปค่าระดับพลังงานต่ำสุดที่ได้รับของสัญญาณ GPS 3 แบบโดยใช้สายอากาศแบบต่างๆ

Parameter	L1 P-Code	L1 C/A Code	L2
User minimum received power	-163.0 dBw	-160.0 dBw	-166.0 dBw
Users linear antenna gain	3.0 dB	3.0 dB	3.0 dB
Free-space propagation loss	184.4 dB	184.4 dB	182.3 dB
Total atmospheric loss	2.0 dB	2.0 dB	2.0 dB
Polarization mismatch loss	3.4 dB	3.4 dB	1.4 dB
Required satellite EIRP	+23.8 dBw	+26.8 dBw	+19.7 dBw
Satellite antenna gain @ 14.3 degree worst case	13.5 dB	13.4 dB	11.5 dB
BLK II off - axis angle			
Required minimum satellite antenna input power	+10.3 dBw	+13.4 dBw	-8.2 dBw
	10.72 W	21.88 W	6.61 W

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณ L1 และ L2

Parameter	L1 P-Code	L1 C/A-Code	L2
User minimum received power	-163.0 dBw	-160.0 dBw	-166.0 dBw
Users linear antenna gain	3.0 dB	3.0 dB	3.0 dB
Free-space propagation loss	184.4 dB	184.4 dB	182.3 dB
Total atmospheric loss	2.0 dB	2.0 dB	2.0 dB
Polarization mismatch loss	3.4 dB	3.4 dB	1.4 dB
Required satellite EIRP	+23.8 dBw	+26.8 dBw	+19.7 dBw
Satellite antenna gain @ 14.3° worst case BLK II off-axis angle	13.5 dB	13.4 dB	11.5 dB
Required minimum satellite antenna input power	+10.3 dBw 10.72 W	+13.4 dBw 21.88 W	-8.2 dBw 6.61 W



รูปที่ 2.13 แสดงสเปกตรัม (spectrum) ของสัญญาณ L1 และ L2

เมื่อมันปรากฏที่เสาอากาศของเครื่องรับที่มี gain 0 dB บนพื้นผิวโลกองค์ประกอบรหัส C/A ของสัญญาณ L1 มีกำลัง -160 dBW สัญญาณ L1 รหัส P(Y) มีกำลัง -163 dBW และ สัญญาณ L2 รหัส P(Y) มีกำลัง 166 dBW

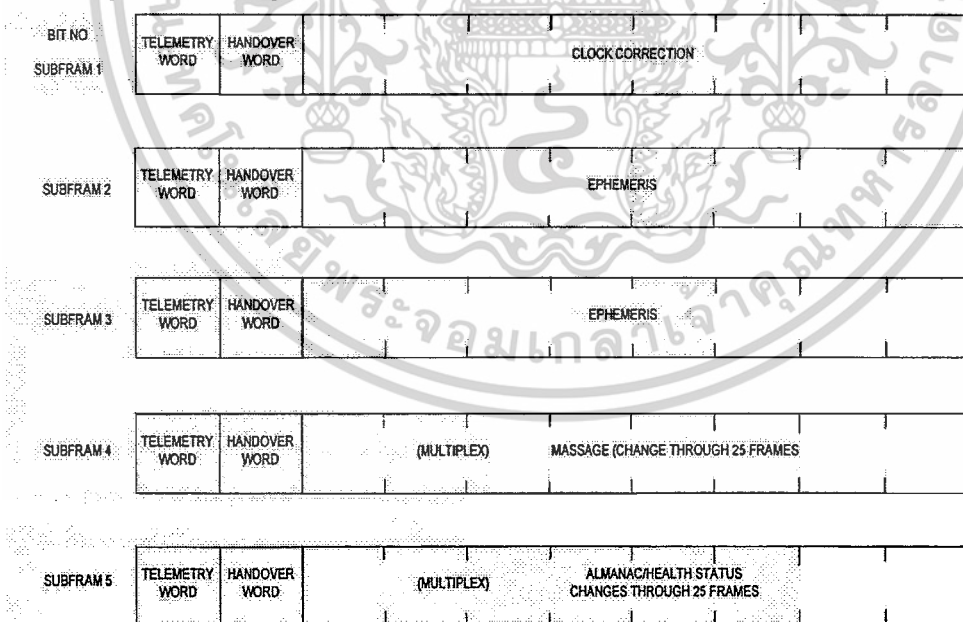
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message)

ข่าวสารการนำร่องที่มีความถี่ 50 Hz จะขึ้นอยู่กับทั้งรหัส P(Y) และ รหัส C/A มันจะมีข้อมูลทั้งที่เป็นเอกลักษณ์ของดาวเทียมที่ส่งสัญญาณและข้อมูลทั่วไปของดาวเทียมทุกดวงที่บรรจุข้อมูลข่าวสารการนำร่องมีดังนี้

1. เวลาของการส่งข้อมูล (time of transmission of the message)
2. แชนโอเวอร์ เวิร์ด (HandOver Word (HOW)) for the transmission from C/A – code to P(Y) – code tracking)
3. ข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกา (Clock Correction)
4. ข้อมูล อีพีเมอร์ซิส
5. ข้อมูลสุขภาพของดาวเทียมส่งสัญญาณ (Health data for the transmitting satellite)
6. ข้อมูลอัลมาแนค (Almanac and health data for all satellite)
7. ค่าโคเอฟฟิเชียนต์สำหรับแบบจำลองชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Coefficients for the ionospheric delay model)
8. ค่าโคเอฟฟิเชียนต์เพื่อการคำนวณเวลา ยูทีซี (Coefficients to calculate UTC)

ข้อมูลข่าวสารการนำร่องจะประกอบด้วย 25 เฟรมของข้อมูลแต่ละเฟรมมี 1500 บิต แต่ละเฟรมจะถูกแบ่งออกเป็น 5 เฟรมย่อย (sub frame) ซึ่งมี 300 บิตต่อ 1 เฟรมย่อย มีอัตราส่ง 50 Hz จะใช้เวลา 6 วินาทีในการรับ มีรูปแบบของข้อมูลเหมือนกันทั้ง 25 เฟรม และ 12.5 นาทีเพื่อที่จะรับทั้ง 25 เฟรม เฟรมย่อยที่ 1,2,3 มีรูปแบบของข้อมูลเหมือนกันทั้ง 25 เฟรม



รูปที่ 2.14 ข่าวสารการนำร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟรมย่อยที่ 1 บรรจุข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกาสำหรับดาวเทียมที่ส่งและมีพารามิเตอร์ที่อธิบายถึงความแม่นยำ และ สุขภาพของสัญญาณ

เฟรมย่อยที่ 2 และ 3 บรรจุพารามิเตอร์ (ephemeris parameter) เพื่อที่จะใช้คำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียมสำหรับใช้ในสมการการบอกตำแหน่ง

เฟรมย่อย 4 และ 5 มีข้อมูลซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตลอด 25 เฟรมข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลสามัญของดาวเทียมทั้งหมด และ เครื่องรับไม่จำเป็นต้องได้รับอย่างรวดเร็วข้อมูลในนี้ก็คือ

1. ข้อมูลอัลมาแนค (Almanac data and low – precision clock correction)
2. ข้อมูลสุขภาพแบบง่าย และ สถานะโครงสร้าง (simplified health and configuration status for every satellite)
3. ข่าวสารที่เป็นตัวอักษร (user text message)
4. ค่าโดยเอฟพีซีเอลสำหรับแบบจำลองบรรยากาศ และการคำนวณเวลายูทีซี (coefficient for the ionospheric model and UTC calculation)

## 2.4 การทำงานของเครื่องรับ GPS (GPS Receiver Operation)

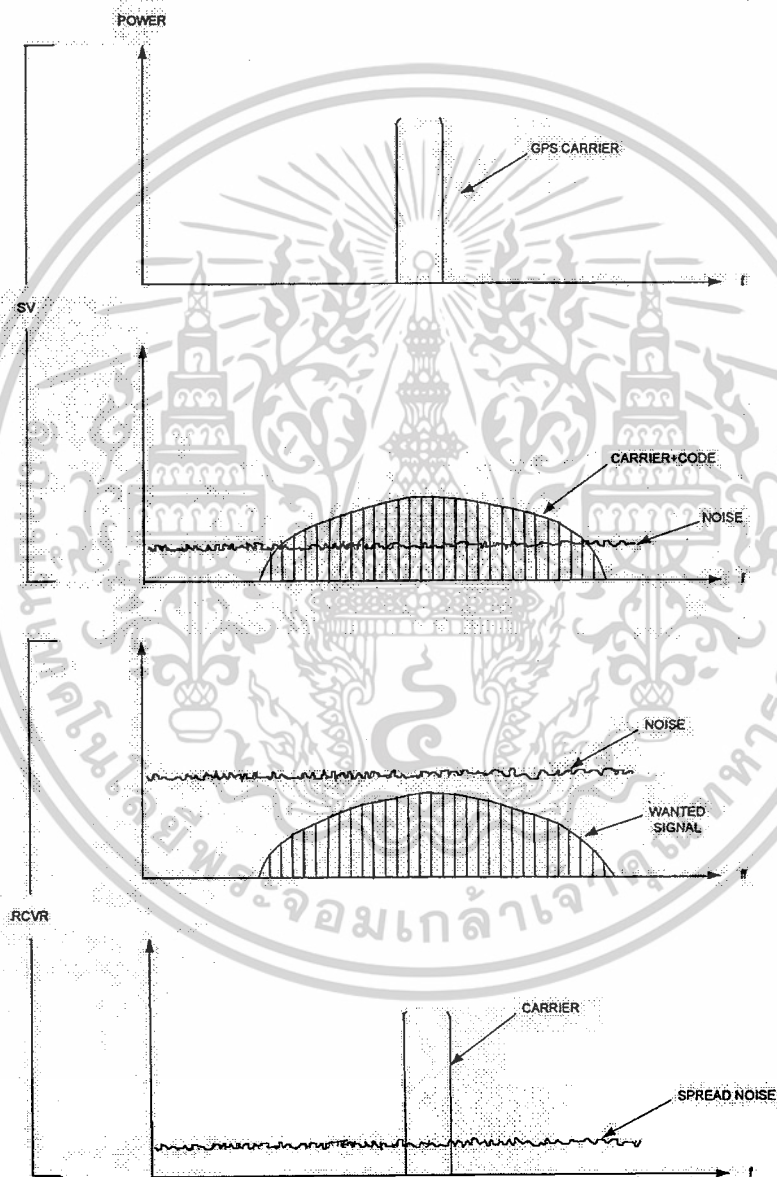
### 2.4.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Selection)

กระบวนการแทรค (tracking) จะเริ่มโดยเครื่องรับจะหาว่าดาวเทียมดวงใดที่เป็นไปได้ในการแทรค ถ้าเครื่องรับสามารถตัดสินใจมองเห็นดาวเทียมได้ทันทีมันจะเลือกดาวเทียมเป้าหมายเพื่อจะทำการแทรค และ เริ่มกระบวนการรับสัญญาณการมองเห็นดาวเทียม (Satellite Visibility) จะตัดสินใจจากข้อมูลอัลมาแนค (GPS Satellite almanac) และ ค่าการประมาณ (user input) เริ่มต้นของเวลา และ ตำแหน่งของเครื่องรับซึ่งถ้าเครื่องรับไม่มีค่าเหล่านี้เก็บไว้ มันจะเริ่มทำการสำรวจท้องฟ้า (search the sky) ซึ่งจะค้นหาชุดโคแอดมอดนอยส์ซึ่งก็คือรหัส C/A จนล็อก (lock) ได้จากดาวเทียมดวงหนึ่งที่อยู่ในวิสัย (in view) เมื่อดาวเทียมถูกแทรคเรียบร้อยแล้ว เครื่องรับจะสามารถดึงข้อมูลการนำร่อง และ ได้รับค่าปัจจุบันของข้อมูลอัลมาแนค เช่นเดียวกับสถานะสุขภาพของดาวเทียมที่เหลือทั้งหมดในกลุ่มการเลือกดาวเทียม นั้นขึ้นอยู่กับ สถาปัตยกรรมของเครื่องรับมันอาจจะเลือกกลุ่มที่ดีที่สุด ในดาวเทียมที่มองเห็น หรือใช้ดาวเทียมที่มีสุขภาพดีทั้งหมดเพื่อใช้พิจารณาหาตำแหน่ง ความเร็วและเวลา ผลจากการคำนวณมักจะมี ความถูกต้องมากกว่าการใช้ดาวเทียม 4 ดวง ถึงแม้ว่ามันจะต้องการความซับซ้อนของการประมวลผล เครื่องรับมากกว่า

เครื่องรับส่วนใหญ่จะแทรคดาวเทียมมากกว่า 4 ดวง แต่เห็นน้อยกว่าที่เห็นในวิสัยทั้งหมด (All-in view) ซึ่งเนื่องจากการประนีประนอมระหว่างความซับซ้อน ความถูกต้องและความแข็งแรง (Robustness) เครื่องรับที่ใช้เลือกกลุ่มที่ดีที่สุดก็ทำเช่นเดียวกันโดยขึ้นอยู่กับเรขาคณิตการประมาณความถูกต้อง

### 2.4.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)

กำลังของสัญญาณดาวเทียมที่พื้นผิวโลกจะมีค่าต่ำกว่าระดับเสียงรบกวนเนื่องจากการมอดูเลตสัญญาณโดยวิธีสเปกตรัมแพร่กระจายความถี่ของวงโคจร และ กำลังส่งดาวเทียมเพื่อจะนำสัญญาณกลับมา เครื่องรับจะใช้เทคนิคโค๊ดคอร์เรลชัน (Code correlation) โดยจะสร้างสัญญาณเลียนแบบสัญญาณที่จะรับเข้ามา และ นำมาจัดให้ตรงกับสัญญาณที่ได้รับ โดยเครื่องรับจะเลื่อนสัญญาณเลียนแบบให้ตรงกับสัญญาณจากดาวเทียมเมื่อได้เกิดการตรงกัน (Code match) กันสัญญาณก็จะถูกบีบอัด (compressed) กลับเป็นความถี่พาหะ ต้นกำเนิดดังแสดงในรูปที่ 2.15

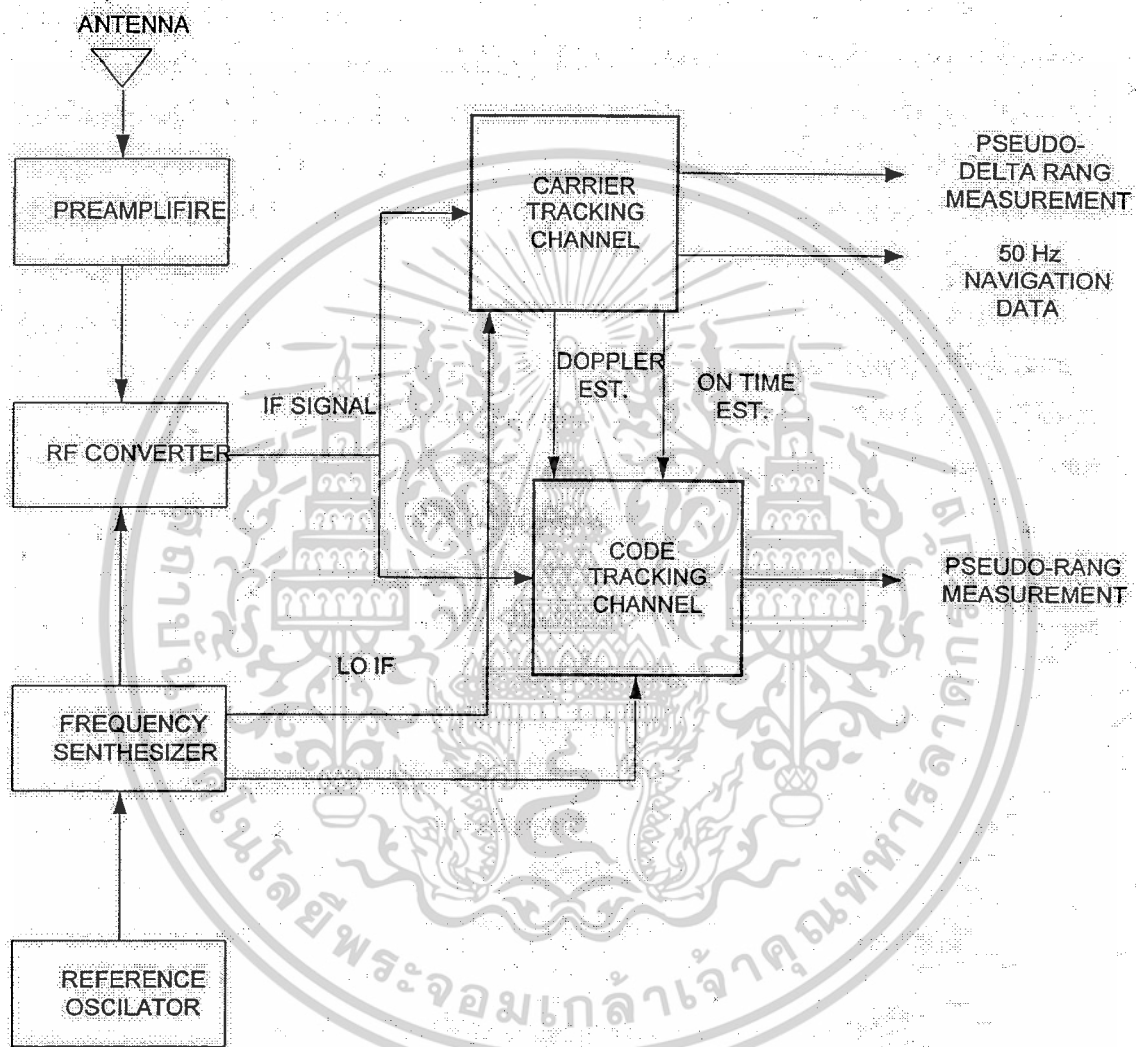


รูปที่ 2.15 การสร้างสเปกตรัมและการสร้างสัญญาณคืนมาใหม่

ค่าความล่าช้า (delay) ในรหัสของเครื่องรับ คือเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับทำให้ได้ระยะทางออกมา (ระยะทางจากค่าความล่าช้านี้เรียกว่า พูโดเรนจ์ (psudorange))

แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะว่ามันยังไม่ใช้ระยะทางที่แท้จริง เนื่องจากยังไม่ได้ลบค่าไบอัสของสัญญาณนาฬิกา (Clock tracking loop) จะใช้เทรคสัญญาณรหัส C/A และรหัส P ขณะที่แคเรียเทรคกิงลูป (Code tracking loop) ใช้เพื่อเทรคความถี่พาหะ เทรคกิงลูป (tracking loop) ทั้งสองจะช่วยกันและกันเพื่อที่จะได้รับ และ เทรคสัญญาณดาวเทียมแสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ระบบการเทรคกิงของเครื่องรับ GPS ทั่วไป

สัญญาณ RF ที่ได้รับจะถูกควมร่นคอนเวอร์ต์ผ่านความถี่ IF 2 ค่าลงจนเบสความถี่ที่ใกล้เคียงกับเบส-แบนด์ ซึ่งจะสามารถถูกแซมปลิงโดย A/D คอนเวอร์เตอร์

อินเฟสแซมเปิล และ ควอดราเจอร์แซมเปิล (Inphase and quadrature digital samples) จะถูกใช้เพื่อรักษาข้อมูลของเฟสในสัญญาณที่ได้รับแซมเปิล มักจะมี 2 บิต เพื่อลดค่าสูญเสีย (loss) ของการคอนเวอร์ต์ อัตราการแซมปลิงต้องมีค่ามากกว่าอัตราการชิบของรหัส สำหรับรหัส NRZ คือว่าค่ามากกว่า 10.23 MHz สำหรับรหัส P(Y) เพื่อให้แน่ใจว่าเฟสของสัญญาณที่ได้รับจะยังรักษาไว้ได้ Local Oscillator ทั้งหมดจะมาจากกลุ่มของตัวสังเคราะห์สัญญาณที่ได้รับมาจาก Master Oscillator ของเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน A/D Conversion ที่ตามมามี final phase rotation circuit ซึ่งทำให้สามารถแทรก Doppler ในดาวเทียมได้อย่างแม่นยำ

#### 2.4.3 ไล่ค้ดแทรคกิง (Code Tracking)

ไล่ค้ดแทรคกิงลูป (Code Tracking Loop) จะใช้เพื่อกำหนดการวัดซูดเรนจ์ระหว่างดาวเทียม GPS กับเครื่องรับโดยมันจะสร้างสัญญาณเลียนแบบรหัส C/A ของดาวเทียมเป้าหมายค่าประมาณคอปเพลอร์ (doppler) จะถูกนำออกไปโดยวงจรเฟสโรเทชัน ( phase rotation circuit ) ก่อนถึงคอร์รีเลเตอร์ (correlator) เพื่อที่จะจัดสัญญาณที่ได้รับให้ตรงกับสัญญาณเลียนแบบที่สร้างขึ้น สัญญาณเลียนแบบจะถูกนำมาเทียบกับสัญญาณที่ได้รับมาอย่างเป็นระบบ ตามปกติผลลัพท์ของคอร์รีเลเตอร์จะถูกรวม Over 1 to 10 ms ถ้าไม่สามารถจับการคอร์รีเลต (correlation) ได้เฟสของรหัสที่สร้างขึ้นก็จะถูกล่องหน้าไป 1 chip ถ้าไม่สามารถจับการคอร์รีเลตได้หลังจากรหัสทั้งหมดถูกค้นหาแล้ว คอปเพลอร์จะถูกปรับและการประมวลผลจะกระทำซ้ำต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งการคอร์รีเลตสำเร็จ การซิงโครไนซ์รหัสจะถูกเริ่มรักษาไว้โดยจะคอร์รีเลตสัญญาณที่ได้รับกับรหัสที่เกิดขึ้นเร็วกว่าปกติ (With Half Chip Early And Codes) ระบบป้อนกลับง่ายๆนี้ จะรักษารหัสตรงไว้ที่ตำแหน่งที่ถูกต้อง

ในการที่จะนำคลื่นพาหะซึ่งยังคงมอดูเลตอยู่กลับข้อมูลการนำร่องกลับมา Prompt Code จะถูกหักออกไปจากสัญญาณที่เข้ามา ความล่าช้าที่เครื่องรับต้องเพิ่มให้กับสัญญาณเลียนแบบ เพื่อให้การซิงโครไนซ์สำเร็จ (correlation) คุณกับความเร็วแสงคือการวัด ซูดเรนจ์ (Pseudorange Measurement)

เมื่อคลื่นพาหะถูกสร้างขึ้นมาใหม่อีกครั้งหนึ่ง ความถี่ศูนย์กลางของไล่ค้ดเลียนแบบจะถูกปรับเปลี่ยนโดยใช้การวัดทาง Doppler จากแควเรียแทรคกิงลูปเพื่อให้ได้ความถี่ที่แม่นยำ Lock กับสัญญาณที่รับเข้ามาซึ่งจะทำให้ได้ Pseudorange Measurement ที่แม่นยำมากกว่า

Bandwidth ของ Code Tracking Loop โยปกติมีค่า 0.1 Hz ซึ่งแสดงว่าการวัดอย่างอิสระ (Independent measurement) จะสามารถทำได้ในช่วงเวลาประมาณ 10 s

#### 2.4.4 การแทรคคลื่นพาหะ และการดีเทคข้อมูล (Carrier Tracking and Data Detection)

เครื่องรับแทรคคลื่นพาหะของดาวเทียมโดยปรับตัวสังเคราะห์ความถี่ให้สร้างเฟสคงที่ ที่ผลลัพท์ของ Code Tracking Loop Inphase และ Quadrature Component จะถูกใช้เพื่อคำนวณเฟสของคลื่นพาหะ และ Doppler บิทข้อมูลจะถูกจับเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด ของเฟสสัญญาณที่จับได้ Bandwidth ของ Carrier Tracking Loop โดยปกติเท่ากับ 6 Hz สำหรับเครื่องรับทางทหารในการขนส่งทางอากาศ Independent Measurement Available Every 150 ms

Doppler ถูกวัดเพื่อที่จะหาค่าประมาณความเร็วสัมพันธ์ระหว่างเครื่องรับและดาวเทียมเครื่องรับใช้ในการวัดทาง Doppler จากดาวเทียม 4 ดวงหรือมากกว่า เพื่อหาความเร็วของเครื่องรับ (ในสามมิติ) บวกกับ Receiver's Master Oscillator Frequency Bias Deltarange Measurement ของ Carrier Tracking Loop เพื่อให้แน่ใจว่าการแทรค Code จะสามารถรักษาไว้ได้ระหว่าง Dynamic Maneuvers ซึ่งระบบการแทรค Code แบบง่ายจะไม่สามารถที่จะ Lock ไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.4.5 การดีมอดูเลตข้อมูล (Data Demodulation)

เมื่อ Carrier Tracking Loop ถูก Lock ข้อมูลการนำร่อง 50 Hz จะสามารถถูกอ่านออกมาได้แต่ละ Subframe ของข้อมูลการนำร่องจะเริ่มต้นด้วย Preamble ซึ่งอยู่ใน Telemetry Word ที่จะทำให้เครื่องรับสามารถตีเทคส่วนเริ่มต้นของแต่ละ Subframe ได้ ซึ่งแต่ละ Subframe จะถูกชี้ด้วยบิตที่อยู่ใน Handover Word (HOW) ที่จะทำให้เครื่องรับ Decode ข้อมูลใน Subframe ได้

#### 2.4.6 P(Y) – Code Signal Acquisition

รหัส C/A ซึ่งยาว 1 ms จะทำให้ search window สำหรับ Code Correlation แคบถึงแม้ว่าเครื่องรับต้อง “ Search the Sky “ เพื่อจะหาดาวเทียมดวงแรก อย่างไรก็ตามรหัส P(Y) ซึ่งมีความยาวมาก (The Week Long P(Y) – Code Sequence at 10.23 MHz ) ไม่สามารถใช้เทคนิคเดียวกันได้ เครื่องรับต้องรู้เวลาที่แม่นยำเพื่อจะเริ่มการทำงานของ Code Generator ภายในไม่กี่ร้อย Chips ของ Correlation point ของสัญญาณที่รับเข้ามา HOW ซึ่งอยู่ในข้อมูลการนำร่องจะบอกเวลาของดาวเทียมและ P(Y) – Code Phase information เครื่องรับรหัส P(Y) อาจพยายามจะรับรหัส P(Y) โดยตรงโดยไม่มีกรับรหัส C/A ในตอนแรก ถ้ามันมีข้อมูลที่ยอมรับได้ของตำแหน่ง เวลา และ Satellite ephemeris จากข้อมูลการนำร่องใหม่ การช่วยเหลือจากภายนอกหรือเทคนิคการรับสัญญาณที่เพิ่มขึ้นมักจะต้องการเพื่อใช้ในการรหัส P(Y) โดยตรง

#### 2.4.7 การคำนวณหา PVT (PVT Calculation)

เมื่อเครื่องรับเก็บข้อมูล Pseudorange Measurement, Deltarange Measurement และ ข้อมูลการนำร่องจากดาวเทียม 4 ดวง (หรือมากกว่า) ได้แล้วมันจะคำนวณหา PVT ข้อมูลการนำร่องแต่ละอันจะบรรจุ Precise Orbital (ephemeris) Parameter ของดาวเทียมที่ส่งซึ่งจะทำให้เครื่องรับ สามารถคำนวณตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง ณ เวลาที่สัญญาณถูกส่งออกมาได้ Ephemeris Data จะใช้ได้ประมาณ 4 ชั่วโมงจะมี data ใหม่ถูกส่งมาจากดาวเทียมตามมาซึ่งจะส่งทุกๆ 2 ชั่วโมง เครื่องรับจะแก้สมการของ Pseudorange 4 ค่าพร้อมกันซึ่งจะมีตำแหน่ง (3D) และ Clock Offset เป็นตัวไม่ทราบค่า 4ค่าแต่ละสมการมาจากหลักที่ว่า ระยะจริง (true range) (ผลต่างระหว่าง Pseudorange และ Clock Offset ของเครื่องรับ) จะเท่ากับระยะทางระหว่างดาวเทียมที่รู้ตำแหน่งกับตำแหน่งที่ยังไม่ทราบของเครื่องรับ ซึ่งแสดงดังสมการที่ (2.1)

$$R \otimes C_B = c\Delta t \quad C_B \sqrt{(X \otimes U_X)^2 + (Y \otimes U_Y)^2 + (Z \otimes U_Z)^2} \quad (2.1)$$

นี่คือสมการแบบง่ายซึ่งใช้ได้จริงในเครื่องรับ GPS เครื่องรับจะได้รับการแก้ไขความถูกต้องจากข้อมูลการนำร่องซึ่งจะนำไปใช้กับ Pseudorange คือการแก้ไขความถูกต้องของ Satellite Clock Offset Relativistic Effect, Ionosphere Signal Propagation Delay

เครื่องรับแบบ Dual Frequency สามารถวัด Delay ระหว่าง L1 และ L2 สำหรับ P(Y) – Code เพื่อคำนวณ Ionospheric Correlation เครื่องรับแบบ Single Frequency ทั้ง (รหัส C/A และ รหัส P(Y)) จะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parameter ที่ถูกส่งมาในข้อมูลการนำร่องเพื่อใช้ใน Ionospheric Model ความเร็ว (3-D) ของเครื่องรับและ Frequency offset จะถูกคำนวณโดยใช้สมการที่คล้ายกันโดยใช้ Deltarange แทน Pseudorange

## 2.5 หลักการวัดระยะทางโดยใช้การวัดเวลาที่ได้รับสัญญาณ (Time – Of –Arrival (TOA))

GPS อาศัยหลักการของ TOA ในการระบุตำแหน่งของผู้ใช้โดยหลักการนี้จะทำการวัดระยะเวลาในการเดินทางของสัญญาณจากเครื่องส่ง (เช่น Foghorn, Radiobeadon, Satellite) ซึ่งเมื่อนำไปคูณกับความเร็วก็นจะทราบระยะห่างระหว่างเครื่องรับเครื่องส่ง โดยการใช้เครื่องส่งหลายๆตัวก็จะสามารถระบุตำแหน่งของเครื่องรับได้

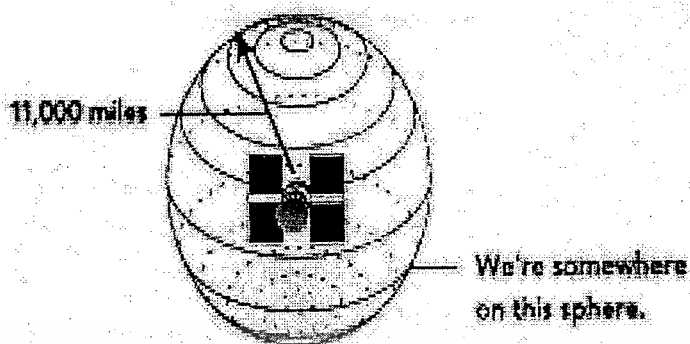
### 2.5.1 หลักการระบุตำแหน่งโดยสัญญาณดาวเทียม

เมื่อทำการวัดระยะห่างจากดาวเทียมหลายๆดวงก็จะสามารถระบุตำแหน่ง 3 มิติของเครื่องรับได้ โดยความเร็วของสัญญาณจากดาวเทียมเท่ากับความเร็วแสง คือประมาณ  $3 \cdot 10^8$  m/s โดยสมมติว่าข้อมูลต่างๆของดาวเทียมถูกต้องแม่นยำ

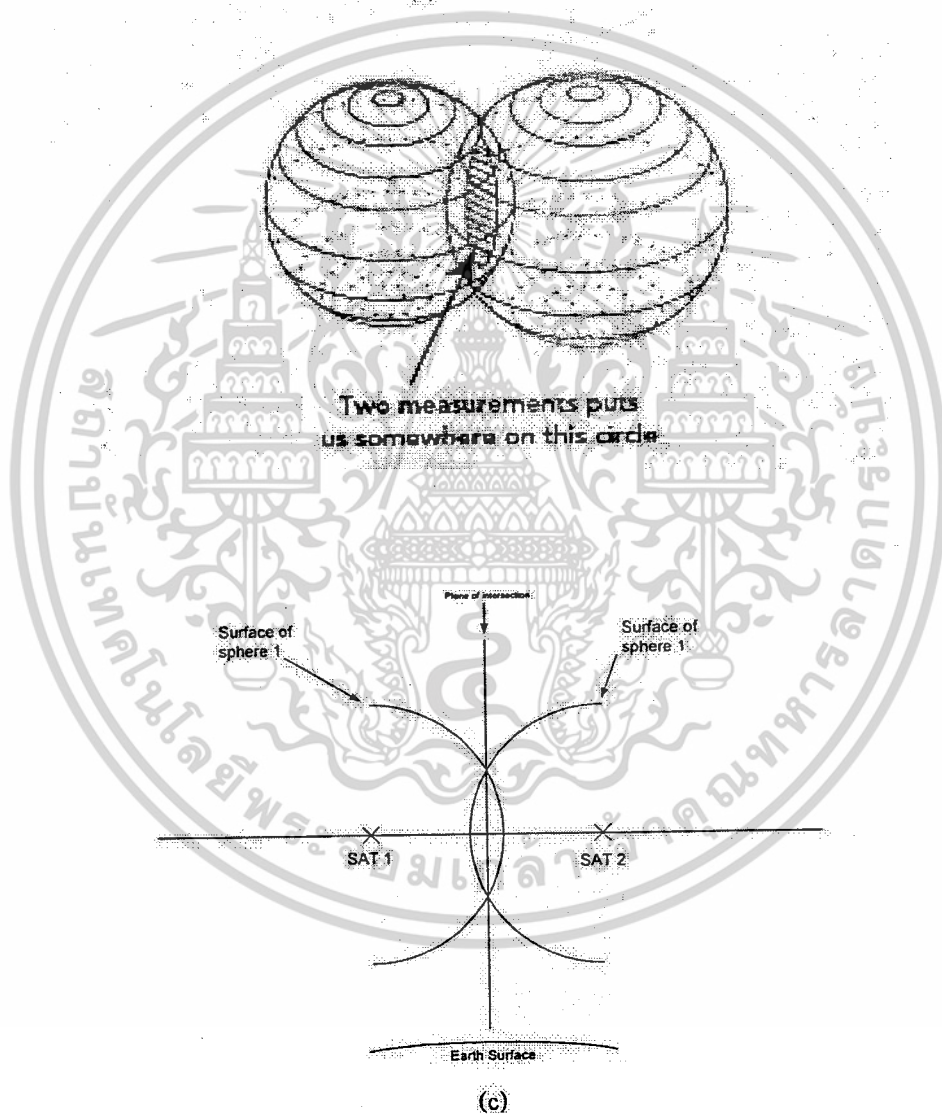
การระบุตำแหน่ง 3 มิติ โดยการตัดกันของทรงกลมหลายทรงกลม

สมมติว่ามีดาวเทียมดวงหนึ่งส่งสัญญาณออกมา สัญญาณนาฬิกาบนดาวเทียมจะกำหนดเวลาที่ส่งสัญญาณ โดยสัญญาณนาฬิกาที่ซิงโครนัสกับระบบด้วย ว่าข้อมูลของเวลาจะถูกรวมเข้ากับสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อแจ้งแก่เครื่องรับเมื่อทราบเวลาที่รับสัญญาณได้ ก็จะคำนวณระยะห่างจากดาวเทียมได้  $\otimes$  เมื่อทราบค่า R ก็แสดงว่าผู้ใช้จะอยู่ที่ใดที่หนึ่งบนผิวทรงกลมที่มีดาวเทียมเป็นจุดศูนย์กลางดังแสดงในรูปที่

2.17 (a)



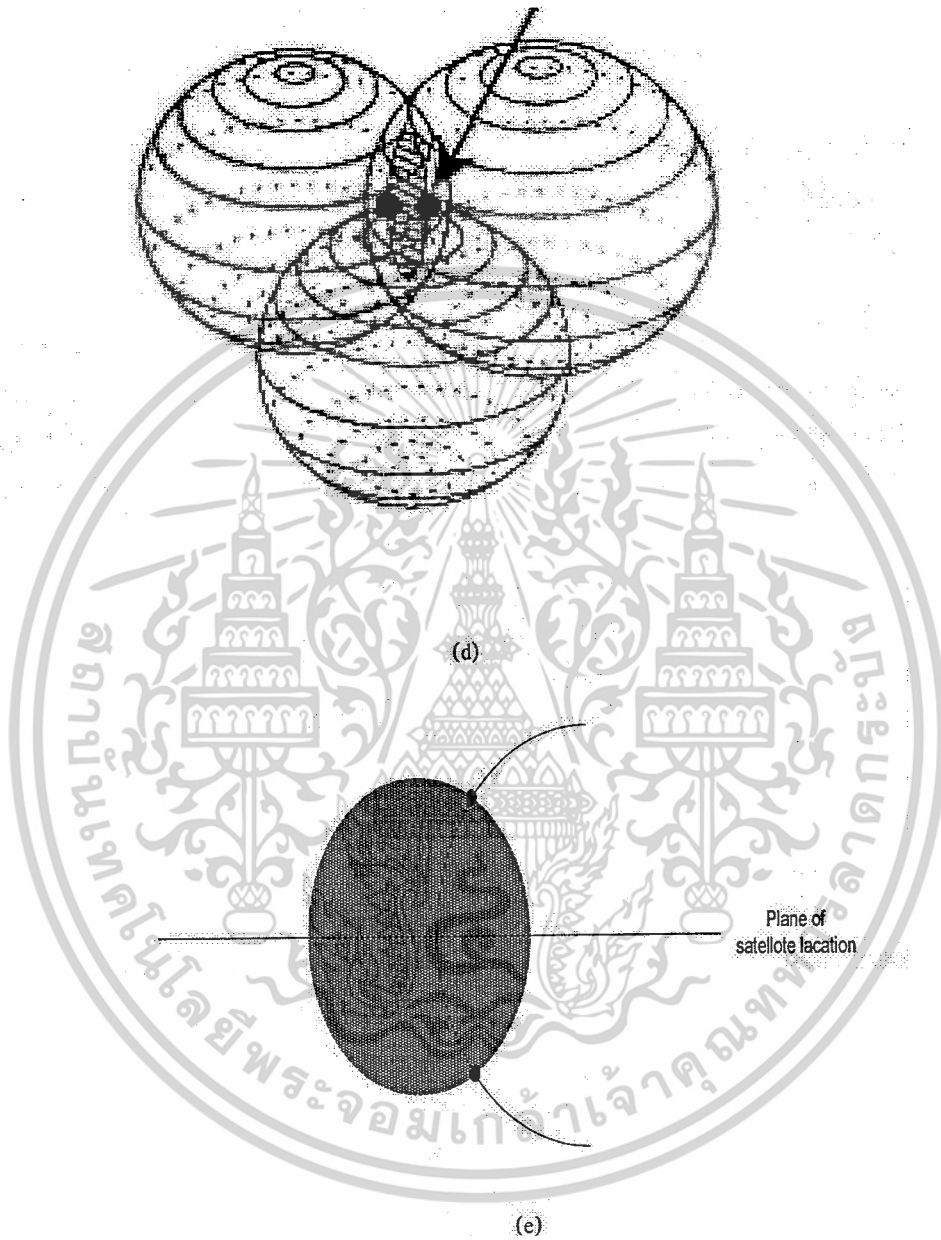
(a)



(c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Three Measurements puts us  
at one of two point*



**รูปที่ 2.17**

- รูปที่ 2.17(a) ผู้ใช้อยู่บนผิวกลมที่ใดที่หนึ่ง (b) ผู้ใช้อยู่บนเส้นรอบวงของพื้นที่ที่เรา  
 (c) ระนาบที่เกิดจากการอินเตอร์เซก (d) ผู้ใช้ที่ใดที่หนึ่งในสองจุด บนพื้นที่ที่เรา  
 (e) ผู้ใช้ที่ใดที่หนึ่งในสองจุดบนเส้นรอบวงของวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าทำการวัดระยะจากดาวเทียมดวงที่ 2 พร้อมๆกัน ดังนั้นผู้ใช้จะอยู่ที่ใดที่หนึ่งบนเส้นรอบวงกลมที่เรงาซึ่งเกิดจากการตัดกันของทรงกลมดังรูปที่ 2.17 (b) หรือ อาจอยู่ที่จุดๆหนึ่งที่ตั้งฉากกับทรงกลมทั้ง 2 (เช่นกรณีที่ทรงกลมสัมผัสกัน) ซึ่งกรณีหลังจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้ใช้อยู่ในแนวเดียวกับดาวเทียมทั้ง 2 ดวง ซึ่งเป็นไปได้บ่อยมากระนาบของการตัดลึนใจจะตั้งฉากกับเส้นที่ลากต่อระหว่างดาวเทียมดังรูปที่ 2.17 (c) ทำการวัดซ้ำโดยดาวเทียมดวงที่ 3 ก็จะได้ตำแหน่งของผู้ใช้ 2 ตำแหน่งที่เกิดจากการตัดกันของทรงกลมที่ 3 กับวงกลมข้างต้นโดยมี 1 จุด เท่านั้นซึ่งเป็นตำแหน่งที่แท้จริงดังรูปที่ 2.17 (d) (e) สำหรับผู้ใช้ที่อยู่บนผิวโลกตำแหน่งที่ต่ำกว่าจะเป็นตำแหน่งที่แท้จริง อย่างไรก็ตามผู้ใช้ซึ่งอยู่นเหนือผิวโลกที่มีมุมเงยติดลบ (มุมก้ม) จะทำให้การคำนวณยุ่งยากขึ้นเช่นเครื่องรับในอากาศ / ยานอวกาศ ที่อาจจะอยู่นเหนือหรือต่ำกว่าระนาบของดาวเทียมก็ได้ ซึ่งต้องมีข้อมูลเพิ่มเติม

## 2.6 ระบบพิกัดอ้างอิง

ในการที่จะได้มาซึ่งค่าต่างๆ จากการนำร่องด้วยดาวเทียมจำเป็นต้องมีระบบพิกัดอ้างอิงเพื่อความเป็นหนึ่งเดียวของทั้งดาวเทียมและ เครื่องรับ ซึ่งโดยทั่วไปจะบอกด้วยเวกเตอร์ของตำแหน่งและความเร็วของเครื่องรับในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนซึ่งใช้กันมี 2 แบบ คือ Inertial และ Rotating

### 2.6.1 ระบบ โคออดิเนตแบบ Earth Centered Inertial (ECI)

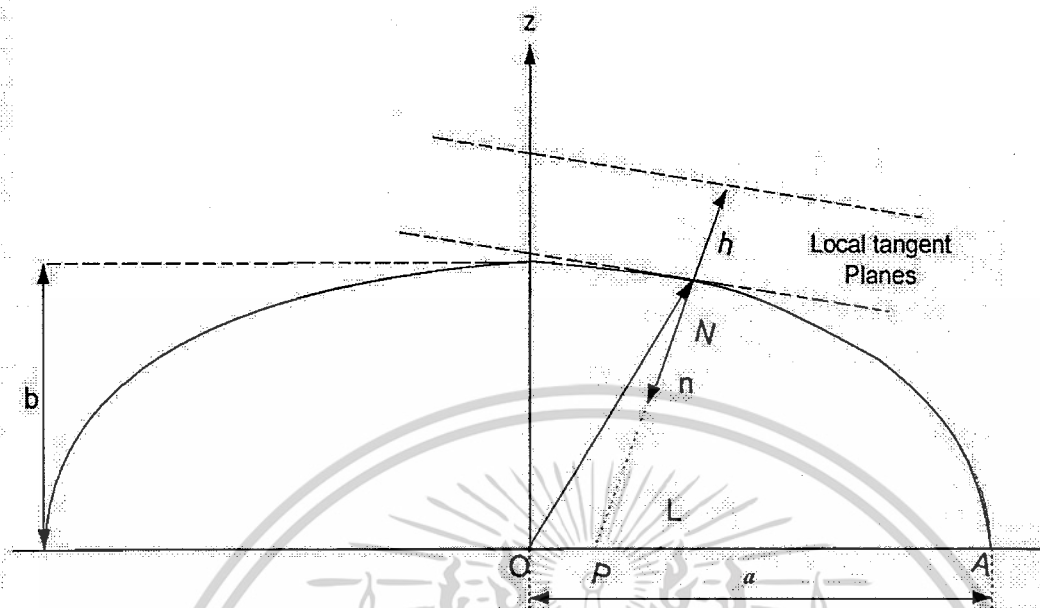
ในระบบนี้กำหนดให้จุดเริ่มต้นอยู่ที่จุดศูนย์กลางมวลของโลก และเป็นระบบเฉื่อย ดังนั้นสมการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่โคจรรอบโลกจึงอยู่ในรูปแบบที่สมมติว่าระบบ ECI ไม่มีความเร่งเป็นไปตามสมการของนิวตัน โดยทั่วไปจะกำหนดให้ระนาบ xy เป็นระนาบศูนย์สูตร (equatorial plane) โดยทิศทาง +x จะชี้ไปยังทิศกับ vernal equinox แกน +z ตั้งฉากกับระนาบ xy ในทิศขั้วโลก N และแกน +y จะเลือกให้เป็นไปตามกฎมือขวา ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบนี้เกิดจากการเคลื่อนที่ที่ผิดปกติของโลก แรงดึงดูดของดวงอาทิตย์ และ ดวงจันทร์ต่อการหมุนออกที่เส้นศูนย์สูตรของโลกทำให้ระนาบศูนย์สูตรมีการเคลื่อนที่เทียบกับทรงกลมท้องฟ้าส่งผลให้แกน + z เคลื่อนไปด้วย การแก้ปัญหานี้โดยกำหนดทิศทางแกนที่ค่าเฉพาะต่างๆกันตามเวลา (epoch) ระบบของ ECI GPS กำหนดการหันของระนาบศูนย์สูตรที่ 1200 hr. UTC ในวันที่ 1 ม.ค. 2000 เป็นอ้างอิง

### 2.6.2 ระบบ โคออดิเนตแบบ Earth-Centered Earth Fixed (ECEF)

เป็นระบบพิกัดซึ่งจะมีการหมุนไปพร้อมๆกับโลกและสามารถแปลงเป็นละติจูด ลองจิจูด และความสูงได้โดยง่าย โดยกำหนดให้ระนาบศูนย์สูตรเป็นระบบ xy เช่นเดียวกับระบบ ECI แต่ทิศทาง + x จะชี้ไปยังเส้นลองจิจูด 0 องศาและทิศทาง +y จะชี้ไปยังลองจิจูด 90 องศา ดังนั้นทั้งแกน x และ y จะหมุนไปพร้อมๆกับโลกส่วนแกน z จะบวกกับระนาบ xy (ขั้วโลกเหนือ) ซึ่งเป็นไปตามกฎมือขวา ด้วยวิธีนี้ก่อนที่จะคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับจึงต้องทำการแปลงข้อมูลลิฟิเมอร์สของดาวเทียมจากแบบ ECI เป็น ECEF เมื่อได้ค่าโคออดิเนตของเครื่องรับในระบบ ECEF แล้วจึงทำการแปลงพิกัดให้อยู่ในรูปละติจูด ลองจิจูด และความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6.3 ระบบ World Geodetic System (WGS-84)



รูปที่ 2.18 รูปแบบจำลองของโลกที่เป็นวงรี

ก่อนที่จะทำการแปลง  $x, y, z$  ให้อยู่ในรูปละติจูด ลองจิจูด และ ความสูงจำเป็นจะต้องกำหนดแบบจำลองของโลกขึ้นมาก่อนซึ่งแบบจำลองมาตรฐานของโลกที่ใช้ในระบบ GPS คือ WGS-84 ของกระทรวงกลาโหม USA ซึ่งจะกำหนดให้โลกเป็นรูปวงรี ดังแสดงในรูปที่ 2.18 โดยมีรัศมีที่ระนาบศูนย์สูตร  $a = 6378.137$  km. เรียกว่า “Semimajor Axis” แกนที่ตั้งฉากกับระนาบศูนย์สูตรเรียกว่า “Semiminor Axis”  $b = 6356.7523142$  km. ดังนั้นค่าความรีของโลก (Eccentricity,  $e$ ) และค่าความแบน (Flattening,  $f$ ) จะกำหนดโดยสมการที่ (2.2) และ สมการที่ (2.3)

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \quad (2.2)$$

$$f = 1 - \frac{b}{a} \quad (2.3)$$

พารามิเตอร์อีกชนิดหนึ่งซึ่งใช้ในการอธิบายลักษณะของรูปโลกวงรีคือ Second Eccentricity,  $e'$  กำหนดโดยสมการที่ (2.4)

$$e' = \sqrt{\frac{b^2}{a^2} - 1} = \frac{a}{b} e \quad (2.4)$$

การกำหนดพิกัดของผู้ใช้ลองจิจูด ละติจูด และความสูง

ระบบพิกัด ECEF ใช้แบบจำลองของโลกในแบบ WGS-84 ดังแสดงข้างต้นโดยมีจุด 0 เป็นจุดศูนย์กลางของโลกทำให้สามารถหาค่า ละติจูด ลองจิจูด และความสูงเมื่อเทียบกับแบบจำลองนี้ได้ ซึ่งค่าต่างๆนี้เรียกว่าจีโอเดติก (Geodetic) เมื่อทราบเวกเตอร์ตำแหน่งของ Receiver  $u = (x_r, y_r, z_r)$  ในระบบ ECEF เราจะสามารถหาค่าจีโอเดติก ลองจิจูด ( $\lambda$ ) ซึ่งเป็นมุมระหว่างผู้ใช้กับแกน  $x$  วัดตามระนาบ  $xy$  ได้ดังนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\lambda = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y_u}{x_u}\right) & x_u \geq 0 \\ 180^\circ + \arctan\left(\frac{y_u}{x_u}\right) & x_u < \text{and } y_u \geq 0 \\ -180^\circ + \arctan\left(\frac{y_u}{x_u}\right) & x_u \leq \text{and } y_u < 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

ในสมการที่ (2.5) เครื่องหมายลบแสดงว่าเป็นลองจิจูดตะวันตกส่วนค่า b และ h จะกำหนดด้วยเวกเตอร์ 1 หน่วย n ดังรูปที่ 2.18 สังเกตว่าค่า h จะคิดเทียบกับวงรี WGS-84 ไม่ใช่เทียบกับระดับน้ำทะเลดังแสดงในแผนที่ทั่วไป (Geoids)

## 2.7 พื้นฐานของวงโคจรของดาวเทียม

ในการที่จะทำความเข้าใจลักษณะวงโคจรเราจะเริ่มอธิบายจากแรงที่กระทำกับดาวเทียมที่เห็นชัดเจนที่สุดก็คือแรงโน้มถ่วงของโลก ถ้าโลกเป็นวงกลมสมบูรณ์และมีความหนาแน่นคงที่แรงดึงดูดจะถือว่าเป็นแรงดึงดูดที่มีลักษณะเป็นจุดมวลให้วัตถุมวล  $m$  อยู่ที่ตำแหน่งของเวกเตอร์  $r$  ในระบบโคออดิเนต ECI และ  $G$  เป็นค่าแรงดึงดูด  $M$  เป็นมวลของโลก จะได้แรง  $F$  ตามสมการที่ (2.6)

$$F = ma = G \frac{mM}{r^3} r \quad (2.6)$$

และอัตราเร่งจะได้ตามสมการ

$$\frac{\partial^2 r}{\partial t^2} = \frac{\mu}{r^3} r \quad (2.7)$$

โดย  $\mu = GM$

สมการที่ (2.7) นั้นจะอยู่ในลักษณะที่เรียกว่า Two – Body คือมีแรงกระทำเดียวกับแรงที่กระทำกับดาวเทียม นั่นคือแรงกระทำจากโลก

เพราะโลกไม่กลมสมบูรณ์ และ มีการกระจายมวลไม่สม่ำเสมอ ให้ฟังก์ชัน  $V$  เป็นศักย์แรงโน้มถ่วงจริงที่จุดใดๆจากสมการที่ (2.7) จะเขียนได้สมการที่ (2.8)

$$\frac{\partial^2 r}{\partial t^2} = \nabla V \quad (2.8)$$

สำหรับการเคลื่อนที่แบบ Two – Body  $V = \mu/r$

มีแรงกระทำกับดาวเทียม อันเนื่องมาจากแรงดึงดูดระหว่างดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ ซึ่งจะเป็นลักษณะที่เรียกว่า Tree – Body และยังมีแรงอื่นๆ นอกเหนือจากการคาดเดาอีกในการที่จะแสดงรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองของวงโคจรให้ถูกต้องยิ่งขึ้น เราจะรวมการรบกวนต่างๆนี้ไว้ด้วย เราจะนำอัตราเร่งของสิ่งรบกวนเหล่านี้ (ในเทอมของ  $a_d$ )

รวมในสมการ เราจะได้สมการที่ (2.9)

$$\frac{\partial^2 r}{\partial t^2} = \nabla V + a_d \quad (2.9)$$

มีวิธีมากมายในการกำหนดตัวแปรสำหรับวงโคจรดาวเทียมวิธีการหนึ่งดังที่ได้กล่าวมาทำได้โดยกำหนดเวกเตอร์ตำแหน่ง  $r_0 = r(t_0)$  และเวกเตอร์ความเร็ว  $V_0 = V(t_0)$  ณ เวลาอ้างอิง  $t_0$  ซึ่งเมื่อทราบค่าเริ่มเหล่านี้เราก็จะสามารถหาค่า  $r(t)$  และ  $v(t)$  ณ เวลาใดๆ จากสมการเคลื่อนที่ที่ (2.9) ซึ่งต้องอาศัยการแก้สมการแบบเชิงตัวเลข

อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปจะอาศัยสมการที่ (2.7) ในการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งจะมีค่าคงที่ของการอินทิเกรต 6 ค่าด้วยกัน ดังจะแสดงในส่วนต่อไปนี้ เมื่อทราบค่าทั้ง 6 ณ เวลาที่กำหนด ก็จะสามารถหาค่าเวกเตอร์ตำแหน่งและความเร็วของดาวเทียมที่เวลาใดๆ ก็ได้

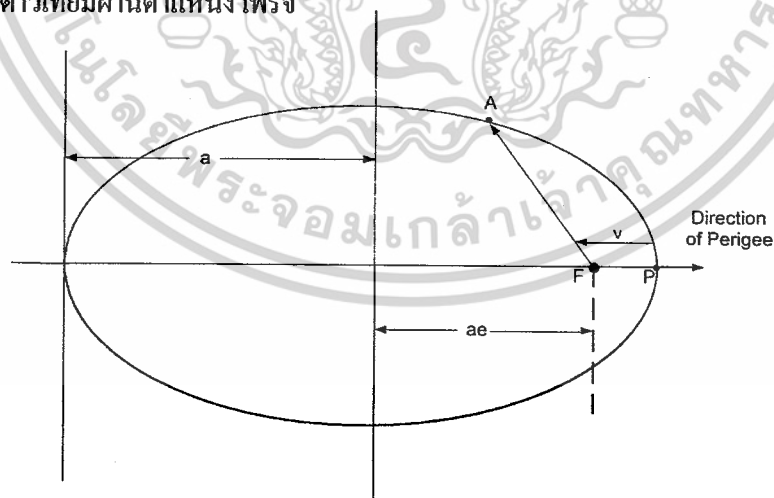
เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (2.9) ก็ยังสามารถบอกลักษณะวงโคจรของดาวเทียมได้ด้วยค่าทั้งหกนี้ แต่ค่าเหล่านี้จะแปรผันตามเวลา ดังนั้นข่าวสารอีพีเมอร์ริสของ GPS จึงต้องประกอบด้วยค่าที่เปลี่ยนแปลงของค่าทั้งต่อเวลา

ค่าทั้งหกนี้เรียกว่า Keplerian Orbit Element โดย 3 ค่าแรกจะบอกถึงรูปร่างของวงโคจรดังรูปที่ 2.8 แสดงวงโคจรที่เป็นวงรีมีความยาวในแกนหลัก  $a$  และความรี  $e$  จุดโฟกัส  $F$  จะอยู่ที่จุดศูนย์กลางของโลก

$a$  = ความยาวแกนหลักของวงโคจรวงรี

$e$  = ความรี ของวงโคจร

$\tau$  = เวลาที่ดาวเทียมผ่านตำแหน่ง เพรจี



รูป 2.19 Keplerian Orbit Element 3 ตัวซึ่งกำหนดลักษณะวงโคจร

ณ เวลา  $T_0$  ดาวเทียมอยู่ที่จุด  $A$  ซึ่งเรียกว่าอีพอซ (Epoch) และ เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลอีพีเมอร์ริส ซึ่งเรียกว่าเวลาอีพีเมอร์ริส (Time of Ephemeris)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด P เป็นตำแหน่งที่ดาวเทียมอยู่ใกล้กับศูนย์กลางของโลกมากที่สุดเรียกว่าเพริจี

พารามิเตอร์ตัวหนึ่งซึ่งใช้แทนเวลาอีพ็อกซ์ Mean Anomaly at Epoch ซึ่งเป็นมุมสัมพันธ์กับ

True Anomaly at Epoch ( $v$ ) ในรูปที่ 2.19

True Anomaly คือมุมที่วัดจากจุดเพริจี ไปยังดาวเทียมตามวงโคจรซึ่งเป็นที่เป็นเชิงเส้น  
กฎของเคปเลอร์จึงทำการแปลงค่าเป็น Mean Anomaly ที่เป็นเชิงเส้นต่อเวลาดังแสดงในรูปที่ 2.20

$$E = 2 \arctan \left[ \sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \tan \left( \frac{1}{2} v \right) \right] \quad (2.10)$$

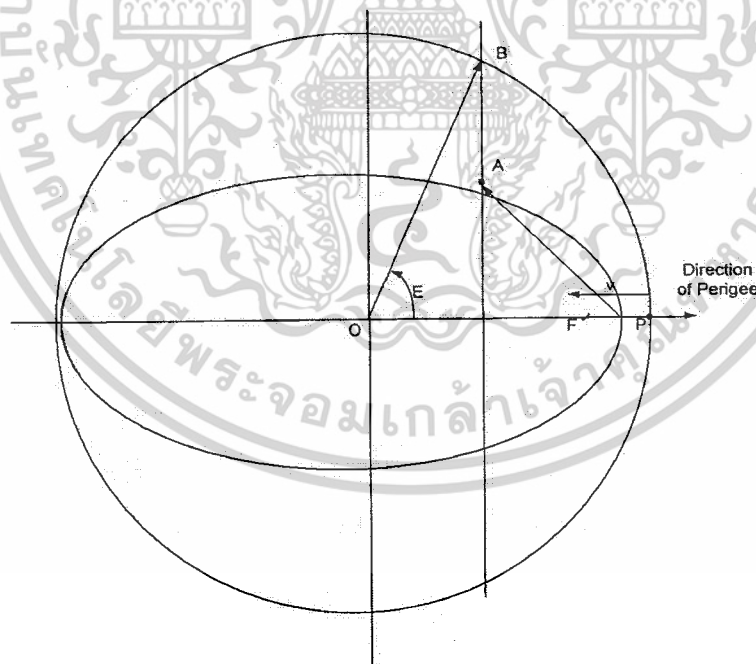
$$M = E - e \sin E \quad (2.11)$$

ดังนั้น  $M = E = V = 0$  ณ จุดเพริจีและได้สมการที่แสดงว่า Mean Anomaly แปรผันตรงกับเวลา  
คือสมการที่ (2.12)

$$M - M_0 = 2\pi \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} (t - t_n) \quad (2.12)$$

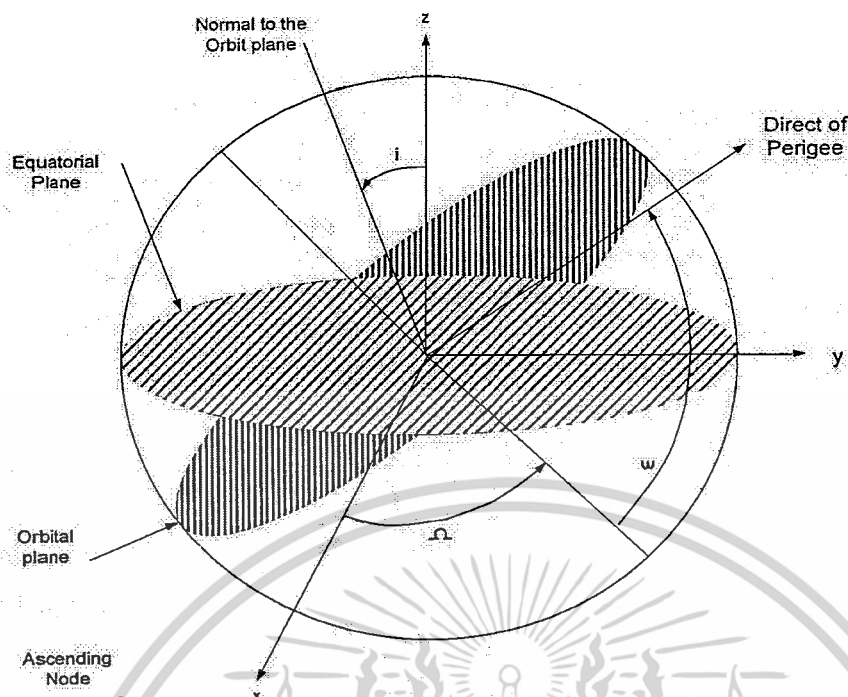
และอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Mean Anomaly ต่อเวลา Mean Motion ( $n$ ) =  $dM/dt$  ซึ่งเป็น  
ค่าคงที่ ที่สามารถนำมาหาค่าคาบของวงโคจรได้ตามสมการที่ (2.13) ดังนี้

$$P = \frac{2\pi}{n} = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}} \quad (2.13)$$



รูปที่ 2.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง Eccentric Anomaly และ True Anomaly

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 Keplerian Orbit Element อีก 3 ตัวที่อธิบายวงโคจรของดาวเทียม

รูปที่ 2.21 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหลืออีก 3 ค่าคือ

$i$  = มุมเอียงของวงโคจร

$\Omega$  = ค่าลองจิจูดของจุดแอสเซนดิงโหนด (วัดในระนาบศูนย์สูตรของโลก)

$\omega$  = มุมของจุดเพริจี (วัดในระนาบวงโคจรของดาวเทียม)

โดยมุมเอียงของวงโคจร (Inclination) คือมุมระหว่างระนาบศูนย์สูตรของโลกและระนาบวงโคจรของดาวเทียม

แอสเซนดิงโหนด คือจุดในวงโคจรของดาวเทียมที่ตัดกับระนาบศูนย์สูตรมุมของจุดเพริจี คือมุมที่วัดจากจุดแอสเซนดิงโหนดไปยังเวกเตอร์ที่แสดงทิศทางของจุดเพริจีในวงโคจร

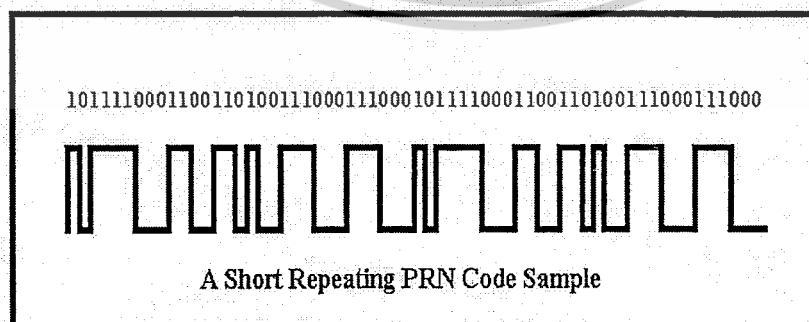
วงโคจรของดาวเทียม GPS มีลักษณะค่อนข้างกลมโดยมีค่าความรี ( $e$ ) ต่ำกว่า 0.02 และค่าความยาวแกนหลัก 26560 กิโลเมตรทำให้เราสามารถที่จะคำนวณคาบการโคจรได้เท่ากับ 430,800 วินาที หรือ 11 ชั่วโมง 58 นาที มุมเอียงประมาณ 55 องศาส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือแปรผันตามดาวเทียมแต่ละดวง

$t_{0e}$	Reference time ephemeris
$\sqrt{a}$	Square root semimajor axis
$e$	Eccentricity
$i_0$	Inclination angle (at time $t_{0e}$ )
$\Omega_0$	Longitude of ascending node (at weekly epoch)
$\omega$	Argument of perigee (at time $t_{0e}$ )
$M_0$	Mean anomaly (at time $t_{0e}$ )
$di/dt$	Rate of change of inclination angle
$\dot{\Omega}$	Rate of change of longitude of the ascending node
$\Delta n$	Mean motion correction
$C_{ca}$	Amplitude of cosine correction to argument of latitude
$C_{sa}$	Amplitude of sine correction to argument of latitude
$C_{co}$	Amplitude of cosine correction to orbital radius
$C_{so}$	Amplitude of sine correction to orbital radius
$C_{ci}$	Amplitude of cosine correction of inclination angle
$C_{si}$	Amplitude of sine correction of inclination angle

## 2.8 การพิจารณาค่าแห่งของเครื่องรับโดยใช้ รหัส PRN

ในการส่งสัญญาณมาจากดาวเทียมนั้นจะมีโครงสร้างการส่งสัญญาณ คือประกอบด้วยสัญญาณเพื่อการวัดระยะทาง (Ranging Signal) และข้อมูลข่าวสารการนำร่อง (Navigation Data Message) การแยกรหัส PNR หรือ C/A เครื่องรับ GPS จะสร้างรหัส C/A จำลองขึ้นมาเพื่อเปรียบกับสัญญาณที่ได้รับจากสายอากาศ ตัวสร้างรหัสจำลองขึ้นมาอาจเป็นวงจรทางฮาร์ดแวร์จำพวกรีจิสเตอร์เลื่อนบิตหรือทำการรหัสที่กลุ่มเอาไว้ในหน่วยความจำของเครื่องรับก็ได้แล้วแต่จะเลือกใช้แบบใด

ตัวสร้างรหัส C/A ภายในเครื่อง GPS จะสร้างรหัส C/A ที่แตกต่างกันออกไปโดยอาศัยการเลือกแพทรีจิสเตอร์เลื่อนบิตจะทำการเลื่อนชิพออกมาตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกาที่ควบคุมอยู่รหัส C/A ที่กำหนดในปัจจุบันเป็นดังรูปที่ 2.26 จะเห็นว่าดาวเทียมแต่ละดวงจะมีรหัส C/A ไม่ซ้ำกันเครื่องรับ GPS จะเลื่อนรหัสที่สร้างขึ้นจากตัวสร้างรหัสไปเรื่อยๆจนกระทั่งจับคู่กับรหัสที่ได้จากดาวเทียมพอดี สมมุติว่ารหัสที่เข้ามานั้นเป็นดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 แสดงรหัส PRN บางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



GPS C/A Code Assignments

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

ตารางที่ 2.7 แสดงรหัส C/A ของดาวเทียมแต่ละดวง

## 2.9 มาตรฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารของ GPS

### 2.9.1 มาตรฐาน NMEA (NMEA Standard)

คือการอินเทอร์เฟซทางไฟฟ้าและโปรโตคอลการส่งข้อมูลสำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์การเดินเรือ (ยังมีมาตรฐานสำหรับการสื่อสารแบบอื่นๆด้วย)

โดย NMEA ย่อมาจาก The National Marine Electronics Association ซึ่งทำการศึกษาและพัฒนาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทางน้ำ

#### มาตรฐาน NMEA-0183

มาตรฐานที่เอาท์พุทจะเป็นแบบ EIA-422 และมีสายสัญญาณ 2 เส้น A และ B โวลต์เตจบนเส้น A จะเหมือนกับสาย TTL เดียวแบบเดิมขณะที่ B โวลต์เตจจะกลับทางกันกับ A เช่น A เป็น +5 ส่วน B จะเป็นกราวด์ในการใช้งานสายเพียงเส้นเดียว คือสาย A ใน EIA-422 อาจจะถูกใช้เชื่อมต่อกับ RS 232 ต่อไปยังคอมพิวเตอร์

ในมาตรฐาน NMEA-0183 ตัวอักษรที่ใช้คือ ASCII Text ซึ่งสามารถพิมพ์ได้ (รวมไปถึง Carriage Return And Line Feed) NMEA-0183 นั้นส่งข้อมูลด้วยอัตรา 4800 baud ข้อมูลจะถูกส่งในรูปประโยค (Sentence) แต่ละประโยคเริ่มต้นด้วย \$ ตัวอักษรตัวที่ตามมาอีก 2 ตัวคือตัว Talker ID หรือ Device ID เช่น GP เพื่อใช้บ่งชี้ว่าเป็นข้อมูล GPS ตัวอักษรที่ตามมาอีก 3 ตัวคือ Sentence ID หรือตัวกำหนดรูปแบบประโยค (Sentence formatter) หรือจะเรียกว่าชื่อประโยค (Sentence name) ตามมาด้วย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิลด์ข้อมูลจำนวนหนึ่งซึ่งจะถูกแบ่งโดยเครื่องหมายคอมมา (,) และสิ้นสุดด้วยเช็คซัมที่สามารถได้ว่าจะมีหรือไม่มีและจบลงด้วยแครีเอจรีเทิร์น (carriage return / line feed) ประโยคอาจจะมีถึง 82 ตัวรวมกับ \$ และ CR/LF

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ไม่สามารถหาได้จะถูกเว้นข้ามไปแต่คอมมาที่ทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่างเพราะในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูลเครื่องจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ที่ต้องการโดยการนับเครื่องหมายคอมมาเช็คซัมที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่มีประกอบด้วย "\*" และบิต 2 ของเลขฐาน 16 (2 hex digits) แทนการ Exclusive OR ของตัวอักษรทั้งหมดแต่ไม่รวม "\$" และ "\*" ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยค

ในมาตรฐานจะอนุญาตแต่ละผู้ผลิตในการนิยามรูปแบบประโยคเหล่านี้เริ่มด้วย "\$P" และตัวอักษรตามตัวที่ตามมาเป็น Manufacturer ID ตามด้วยข้อมูลซึ่งเป็นไปตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

#### โปรโตคอล NMEA-0183

NMEA คือ โปรโตคอลมาตรฐาน ถูกนำมาใช้โดยเครื่องรับ GPS เพื่อส่งข้อมูล NMEA เอาท์พุทจะเป็นโปรโตคอล EIA-422A แต่เราสามารถนำไปใช้ร่วมกับ RS-232 ได้โดยใช้อัตราส่งข้อมูล 4800 bps 8 คาตาบิต ไม่มีพริตตีบิตและมีหนึ่งบิตสตอป(Stop bit (8N1)) ประโยคของ NMEA จะเป็นแอสกี (ASCII) ทั้งหมดแต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วยดอลลาร์ชายน์(\$) และ จบลงด้วย Carriage Return line Feed (<CR><LF>) ข้อมูลจะถูกแบ่งขึ้นด้วยเครื่องหมายคอมมา (,) เครื่องรับ GPS บางอันจะไม่ส่งบางฟิลด์ข้อมูลเช็คซัมจะถูกเพิ่มเข้าไปในบางกรณี ส่วนที่ตามหลัง \$ คือแอดเดรสฟิลด์ aacc aa คือ Device ID, GPS ใช้บ่งชี้ข้อมูลว่าเป็นของ GPS การส่ง Device ID ตามปกติแล้วเลือกได้ ccc คือรูปแบบประโยค (sentence formatter) ซึ่งเรียกว่า Sentence Name

#### รูปแบบประโยคของNMEA:

GLL แสดงตำแหน่งละติจูด สองจุด และ เวลา

\$GPGGLL,III.II,a,yyy.yy,b,hhmmss.ss

III.II คือ ตำแหน่งละติจูด

a ถ้าเป็น N คือเหนือ S คือใต้

yyy.yy คือ ตำแหน่งลองจิจูด

b ถ้าเป็น E คือตะวันออก W คือตะวันตก

hhmmss.ss คือตำแหน่งของ UTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**GGA** ข้อมูลเฉพาะของระบบ GPS

\$GPRGGA,hhmmss.ss,llll.ll,a,yyyy.yy,b,x,xx,x.x,z,z,M,c,c,T,d,d,xxxx\*hh

hhmmss.ss	คือตำแหน่งของ UTC
llll.ll	คือ ตำแหน่งละติจูด
a	ถ้าเป็น N คือเหนือ S คือใต้
yyyy.yy	คือ ตำแหน่งลองจิจูด
b	ถ้าเป็น E คือตะวันออก W คือตะวันตก
x	คือค่าบอกคุณภาพของ GPS (0=invalid;1=GPS fix;2=Diff. GPS fix)
xx	คือจำนวนดาวเทียมที่ใช้
x.x	คือความเที่ยงตรงตามแนวนอน HDOP
z.z	คือความสูงของสายอากาศ สูงกว่า/ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล
M	หน่วย เมตร
c.c	คือค่าความแตกต่างระหว่างระบบ WGS-84 กับระบบจีออซด์
T	คือระยะเวลาตั้งแต่อัปเดตข้อมูลครั้งสุดท้ายจากสถานีอ้างอิง
d.d	คือหมายเลขประจำสถานีอ้างอิง
xxxx*hh	คือค่าเช็คซั่ม

**RMB** ข่าวนำร่องที่น้อยที่สุดที่จำเป็นในการนำร่อง (Recommended Minimum Navigation Information )

\$GPRRMB,A,x.x,a,c-c,d-d,llll.ll,e,yyyy.yy,f,g,g,h,h,i,i,j\*kk

A	คือสถานะของข้อมูล (V= การเตือนเครื่องรับในการนำร่อง)
x.x	คือความคลาดเคลื่อนของครอสแทร็คในหน่วย Nautical miles
a	คือทิศทางที่ต้องเบนเข็มเพื่อแก้ไขความคลาดเคลื่อน
c-c	คือหมายเลขของเวย์พอยท์เริ่มต้น
d-d	คือหมายเลขของเวย์พอยท์ปลายทาง
llll.ll	คือละติจูดของเวย์พอยท์ปลายทาง
e	ถ้าเป็น N คือเหนือ S คือใต้
yyyy.yy	คือลองจิจูดของเวย์พอยท์ปลายทาง
f	ถ้าเป็น E คือตะวันออก W คือตะวันตก
g-g	คือระยะทางไปยังปลายทางในหน่วย Nautical miles
h.h	คือเบริง (Bearing) (มุมที่ทำกับปลายทาง)ในหน่วยองศา
i.i	คือความเร็วในการเข้าถึงเป้าหมายในหน่วย knot
j*kk	คือค่าเช็คซั่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RMC ข้อมูลเฉพาะของ GPS ทรานสิทน้อยที่สุดที่จำเป็น(Recommended Minimum Specific GPS / Transit data)

\$GPRMC,hhmmss.ss,A,llll.ll,a,yyyy.yy,b,x.x,z,z,ddmmyy,g.g,a\*hh

hhmmss.ss	คือตำแหน่งของ UTC
A	คือสถานะของข้อมูล (V= การเตือนเครื่องรับในการนำร่อง)
llll.ll	คือ ตำแหน่งละติจูด
a	ถ้าเป็น N คือเหนือ S คือใต้
yyyy.yy	คือ ตำแหน่งลองจิจูด
b	ถ้าเป็น E คือตะวันออก W คือตะวันตก
x.x	ความเร็วเป็น น็อต
z.z	คือมุมที่วัดจากทิศเหนือ
ddmmyy	วันเดือนปี
g.g	ค่าความแปรปรวนของสนามแม่เหล็ก
a*hh	คือเช็กซัม

VTG มุมที่ทำกับทิศเหนือจริงๆ และความเร็ว (Actual Track Good and Speed over Ground)

\$GPSVTG,t,T,,,s.ss,N,s.ss,K\*hh

t	คือมุมที่ทำกับทิศเหนือ
T	คืออักษร T แสดงว่าเป็นมุมที่ทำกับทิศเหนือ
,,,	คือไม่ใช้งาน
s.ss	คือความเร็ว หน่วย น็อต
N	คืออักษร N แสดงความเร็วว่าเป็นหน่วยน็อต
s.ss	คือความเร็ว หน่วย กิโลเมตรต่อชั่วโมง
K*hh	อักษร K คือแสดงความเร็วว่าเป็นหน่วย กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเช็กซัม

RMA ข้อมูลนำร่องจากตำแหน่งปัจจุบัน

\$GPRMA,A,llll.ll,a,yyyy.yy,b,,,ss.ss,ccc,vv.v,W\*hh

A	คือสถานะของข้อมูล (V= การเตือนเครื่องรับในการนำร่อง)
llll.ll	คือ ตำแหน่งละติจูด
a	ถ้าเป็น N คือเหนือ S คือใต้
yyyy.yy	คือ ตำแหน่งลองจิจูด
b	ถ้าเป็น E คือตะวันออก W คือตะวันตก
,,,	คือไม่ใช้งาน

ss.s ความเร็วเป็น น็อต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ccc	course over ground
vv.v	ค่าความแปรผัน
W*hh	คือทิศทางการแปรผันและค่าเช็กซั้ม

**GSA** โหมดการทำงานของเครื่องรับ GPS ดาวเทียมที่ใช้ในการนำร่องและค่า DOP

**\$GPRGSA,A,2,23,01,11,,,,,,,24.6,22.5,10.0\*07**

A คือโหมด :

M =manual, ให้เลือกใช้ว่าเป็น 2 มิติหรือ 3 มิติ

A = Auto

2 คือโหมด:

1 =ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้

2 = 2 มิติ

3 = 3 มิติ

23,01,11,,,,,,, คือหมายเลขของดาวเทียมที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง

24.6 PDOP

22.5 HDOP

10.0\*07 VDOP และเช็กซั้ม

**GSV** จำนวนของดาวเทียมที่มองเห็นหมายเลข PRN เอลเวชัน อาซิมุท และ ค่า SNR

**\$GPRGSV,3,1,09,19,69,027,40,13,55,281,,23,54,195,,11,34,163,38\*78**

3 คือจำนวนหมายเลขของข่าวสารทั้งหมดของข้อมูล 1 รอบ

1 คือหมายเลขข่าวสาร

09 คือจำนวนดาวเทียมที่อยู่ในฟิลล์

19 คือหมายเลข PRN ของดาวเทียม

69 คือมุมเอลเวชัน(มุมเงย)

027 คือมุมอาซิมุททำกับขั้วโลกเหนือ

40 คือค่า SNR มีค่า 00-99dB

13,55,281 คือข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมสองดวงที่เหมือนกับฟิลด์ 4-7

23,54,195 คือข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมสามดวงที่เหมือนกับฟิลด์ 4-7

11,34,163 คือข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมสี่ดวงที่เหมือนกับฟิลด์ 4-7

38\*78 คือเช็กซั้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.10 ทฤษฎีของ GPRS

GPRS คือวิวัฒนาการของการสื่อสารข้อมูลไร้สายแบบ packet switching เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของการสื่อสารข้อมูลแบบ CSD ของเครือข่าย GSM เดิมทำให้ผู้ใช้มีทางเลือกใหม่ในการสื่อสารในรูปแบบ packet-based การขยายขีดความสามารถของเครือข่ายแบบ CSD เดิมให้เพิ่มความสามารถในการให้บริการแบบ packet switching ข้อมูลที่รับส่งผ่านเครือข่าย GPRS จะถูกตัดแบ่งเป็นแพ็คเกจย่อยๆก่อน ในแต่ละแพ็คเกจ จะมีข้อมูลระบุถึงที่มาที่สัมพันธ์กันเพื่อใช้ในการประกอบกลับขึ้นมาเป็นข้อมูลเดิมอีกครั้ง เปรียบได้กับเกมจิ๊กซอว์ ที่รูปภาพถูกตัดออกเป็นชิ้นเล็กๆจากโรงงานและบรรจุใส่ถุงขายให้ลูกค้า โดยในระหว่างทางขนส่งให้กับลูกค้าชิ้นภาพชิ้นเล็กแต่ละชิ้นก็จะถูกคลุกคละกันไปเมื่อเรานำมาต่อเข้าด้วยกันก็ใช้วิธีดูความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้น ซึ่งอาจมีวิธีการที่แตกต่างกันไป ใน internet เองก็เป็นอีกตัวอย่างของเครือข่ายข้อมูลแบบ packet ซึ่งถือเป็นรูปแบบที่นิยมสูงสุดในปัจจุบัน

GPRS ย่อมาจาก General Packet Radio Service ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลแบบเป็น Packet ดังนั้นด้วยการใช้โทรศัพท์มือถือในระบบ GPRS คุณจะสามารเข้าสู่อินเทอร์เน็ตที่หลากหลายและกิจกรรมบันเทิงอื่นอีกมากมายภายใต้บริการ mobile LIFE ภายในเวลาที่รวดเร็วขึ้นกว่าระบบเดิมๆสูงสุดถึง 10 เท่า นอกจากนี้ลักษณะหนึ่งที่สำคัญของ GPRS คือ “Always On” นั้นหมายความว่า คุณสามารถ Connect เข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลา โดยไม่มีความจำเป็นต้องทำการ Log On หรือใช้ User Name และ Password เหมือนการ connect เข้าสู่อินเทอร์เน็ตทั่วไปแต่อย่างใด ทั้งนี้คุณยังสามารถที่จะเปลี่ยนโหมด มาทำการโทรออกหรือรับสายเข้าโดยคุณสามารถ Connect กับโลกอินเทอร์เน็ตในระบบ GPRS อยู่ตลอดเวลา สำหรับเรื่องค่าบริการในการต่อเชื่อมกับโลกอินเทอร์เน็ตผ่านเทคโนโลยี GPRS นั้นไม่แพงอย่างที่คิด ทั้งนี้เพราะการคิดค่าบริการในระบบนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อคุณได้ทำการรับหรือส่งข้อมูลเท่านั้น คุณจะไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆในกรณีที่ไม่ได้ทำการรับส่งข้อมูล ถึงแม้ว่าคุณจะ connect กับโลกอินเทอร์เน็ตอยู่ก็ตาม คุณจึงแน่ใจได้ว่าด้วยเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดจาก mobile LIFE ในระบบ GSM 2 Watts นี้คุณไม่เพียงแต่จะได้รับความสะดวกสบาย ความสนุกสนานจากบริการภายใต้ mobile LIFE ที่ทันสมัยและมีการพัฒนาขึ้นมาใหม่อยู่เสมอ

หลังจากที่วงการโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้มีการพัฒนาด้านการสื่อสารข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือและ None Voice Application อย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถสื่อสารได้ทุกรูปแบบอย่างไร้ขีดจำกัดในระหว่างเคลื่อนที่ ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารด้วยเสียงหรือข้อมูล ดังนั้นผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จึงได้พัฒนาและนำเทคโนโลยีอย่างที่เราเห็นกันทุกวันนี้เป็นอย่างเป็นขั้นตอนเช่น

### 1.Short Message Service (SMS)

- การใช้เทคโนโลยี SMS หรือการส่งข้อความที่กำลังได้รับความนิยมกันทั่วไปมากขึ้นทุกวันในบ้านเราขณะนี้ Sim Tool Kit โดยใช้ Sim Card ที่ทางผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ออกมาและพัฒนาและเพิ่มเติมบริการไว้ให้ใช้งานและบริการต่างๆง่ายมากยิ่งขึ้นดังในบ้านเราที่เห็นอยู่เป็นต้นว่าบริการ mobile LIFE จากเอไอเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. Circuit Switched Data (CSD)

- WAP หรือ Wireless Application Protocol ที่สามารถ Connect กับโลกของข่าวสาร ข้อมูลกับ Web site ต่างๆ ได้ทั่วโลกแม้กระทั่งในรูปแบบของ Wireless Internet แต่อย่างไรก็ตามทางผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ก็ยังสังเกตเห็นว่าการโอนถ่ายสื่อสารข้อมูลของโทรศัพท์มือถือเคลื่อนที่ยังมีข้อจำกัดในด้านความเร็วการรับส่ง (9.6-28.8 kbps) และรวมไปถึงปริมาณข้อมูลที่สามารถทำการรับจึงได้เริ่มพัฒนาแก้ไขเพื่อที่จะเพิ่มเติมบริการตรงส่วนบกพร่องนี้ให้ดีขึ้นจึงได้นำเทคโนโลยีที่เรียกว่า GPRS (General Packet Radio Service)

## 3. General Packet Radio Service (GPRS) โดยคุณสมบัติเด่นหลักๆของระบบ GPRS นี้คือ

- การโอนถ่ายข้อมูลที่มีความสามารถในการรับ-ส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้สูงถึง 9-40 kbps ซึ่งจะทำให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลที่เป็น VDO Mail หรือภาพเคลื่อนไหวต่างๆ ได้พร้อมทั้งเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้เร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่าเดิมรวมถึงการ Down load/Upload ได้ง่ายขึ้น

- Always On การเชื่อมต่อเครือข่ายและโอนถ่ายข้อมูลสามารถดำเนินต่อไป แม้ในขณะที่มีสายติดต่อเข้ามาก็ตาม จึงทำให้การโอนถ่ายข้อมูลไม่ขาดตอนลง

- Wireless Internet ที่เชื่อมต่อเข้ากับ Terminal เช่น PDA หรือ Notebook สามารถที่จะโอนถ่ายข้อมูลได้เร็วขึ้นจากที่เคยเป็นอยู่

อย่างไรก็ดี GPRS ไม่ได้เป็นลักษณะที่จะสามารถให้บริการได้ด้วยตัวของระบบเอง แต่ตัวมันเองเป็นเพียงแต่ Bearer ให้กับ Application ต่างๆที่ต้องการใช้ความเร็วที่เพิ่มมากกว่าปกติในระบบ GSM ที่เคยรองรับอยู่เดิมมาก่อนและระบบ GPRS จะต้องต่อไปยัง Packet Data Network ที่เป็น IP Network อีกต่อหนึ่งดังนั้นผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่จะเปิดให้ใช้ในระบบ GPRS ได้นั้นจะต้องทำการติดตั้งระบบเครือข่ายที่ประกอบด้วยหน่วยหลักๆ 2 หน่วยด้วยกัน

1. SGSN (Service GPRS Support Node)

2. GGSN (Gateway GPRS Support Node)

โดยทั้งสองหน่วยหลักขององค์ประกอบนี้จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยมีอุปกรณ์อื่นๆ เป็นตัวช่วยเพื่อไปร่วมใช้ Radio Interface จาก Base Station โดยผ่านตัวควบคุมที่เรียกว่า PCU (Packet Control Unit) ที่ติดตั้งไว้ที่ BSC (Base Station Controller) ทั้งนี้อาจมองได้ว่า GPRS Network เป็นอีก Network หนึ่งซึ่งเข้าถึง Mobile Phone ผ่านทาง Radio Interface ของระบบ GSM Network เดิม โดยเป็นบริการที่เกี่ยวข้องกับการรับส่งข้อมูลเป็น Packet โดยตรง

### 2.11 รูปแบบการให้บริการของ GPRS

Textual And Visual Information บริการนี้เป็นจุดแตกต่างอย่างแรกๆที่ GPRS เหนือกว่า GSM ทั่วไปโดยสามารถส่งข้อมูลที่เป็นตัวอักษรหรือรูปภาพกราฟิกไปยังโทรศัพท์มือถือได้อย่างสะดวกรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ GPRS แทรกซึมเข้าสู่การใช้งานของคนทั่วไป ได้ทั้งข่าวความเคลื่อนไหว ข้อมูลที่คนส่วนใหญ่สนใจ รวมทั้งบริการต่างๆที่จะเสริมเข้ามาในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Still Images เป็นการส่งภาพนิ่งความละเอียดสูงไปมาระหว่างเครื่องด้วยกันได้ ทำให้สามารถส่งผ่านความรู้สึกดีๆ ผ่านภาพถ่าย หรือ การ์ดอวยพรได้เลย รวมทั้งภาพที่ถ่ายได้จากกล้องดิจิทัล ก็สามารถโอนแล้วส่งต่อไปได้ทันที

Moving Images นอกเหนือจากภาพนิ่งแล้วภาพเคลื่อนไหวก็สามารถส่งต่อกันไปได้เช่นกัน เช่น การประชุมทางไกล หรือ การส่งภาพจากกล้องวงจรปิดไปยังโทรศัพท์มือถือในกรณีประยุกต์ใช้กับระบบรักษาความปลอดภัย

Chat เป็นคุณสมบัติที่คงจะถูกใจของผู้รักการคุยแบบไม่ใช้เสียง ซึ่งสามารถสนทนากันได้ทั้งแบบเป็นคู่ หรือเป็นกลุ่มได้อย่างสบายใจ ซึ่งจุดเด่นที่สำหรับสามารถ Chat ได้ทุกที่ที่อยากจะ Chat

Web Browsing เป็นการเข้าสู่ World Wide Web ด้วยการใช้อินเทอร์เน็ต ซึ่งความเร็วมีให้เลือกตั้งแต่ 56 Kbps ไปจนถึง 112 Kbps การท่องเว็บจึงไม่ใช่เรื่องยากอีกต่อไป แม้รูปแบบการแสดงผลจะแตกต่างจากการท่องเว็บโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์อยู่บ้าง

E-Mail เป็นบริการพื้นฐานที่มีคนนิยมใช้งานมากที่สุดสำหรับการส่งข้อความ โดยจะมีการใช้ในรูปแบบของ SMS (Short Message Service) ที่เรารู้กันอยู่แล้ว

File Transfer เป็นบริการโอนถ่ายไฟล์ข้อมูลซึ่งน่าจะใช้งานกันอย่างแพร่หลายขึ้น GPRS เพราะความเร็วจะเหนือกว่าการใช้งานผ่านโมเด็มกับโทรศัพท์พื้นฐานที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาก โดยจะรองรับกับโปรโตคอล FTP และแอปพลิเคชันที่อ่านข้อความอย่าง Acrobat Reader

Audio แน่แน่นอนว่าโทรศัพท์ต้องมีเสียง แต่บริการด้านเสียงของ GPRS จะเหนือกว่าโทรศัพท์มือถือเดิมๆที่เรารู้จัก เนื่องจากความคมชัดของสัญญาณเสียงที่เหนือกว่า และยังประยุกต์ใช้ในการเก็บไฟล์เสียงเพื่อนำไปใช้งานในด้านต่างๆด้วย เช่น การวิเคราะห์รายละเอียดของเสียงในงานของตำรวจ เป็นต้น

Remote LAN Access เราสามารถเข้าถึงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยใช้โทรศัพท์มือถือแทนเบอร์โทรศัพท์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่บ้านได้อย่างง่ายดาย ซึ่งความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลจะเหนือกว่าโทรศัพท์พื้นฐานทั่วไป

Vehicle Positioning เป็นความสามารถในการบอกตำแหน่งของยานพาหนะที่เราใช้อยู่ โดยจะสามารถเชื่อมต่อกับดาวเทียม ซึ่งจะสามารถบอกตำแหน่งที่เราอยู่ได้อย่างอิงกับเครื่องโทรศัพท์มือถือได้อย่างแม่นยำ

ในการตรวจวัดค่าต่างๆ ที่สนใจในพื้นที่จริงนั้น ระบบตรวจวัดสามารถเก็บข้อมูลและส่งกลับมายังศูนย์คอมพิวเตอร์ เพื่อประมวลผลข้อมูลมีรูปแบบการส่งข้อมูลหลายวิธี ขึ้นอยู่กับระบบที่รองรับและความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ ซึ่งในการใช้งานจริงมักพบว่าพื้นที่ที่ตรวจวัดมักอยู่ไกลจากระบบสื่อสารที่มีใช้ทั่วไป เช่น โทรศัพท์ดังนั้นก็มักจะใช้วิธีอื่นเช่นคลื่นวิทยุ แต่พบว่ามีราคาสูงและจำกัดเรื่องการจัดการคลื่นความถี่วิทยุ ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาระบบสื่อสารผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่มาประยุกต์ใช้งานลักษณะเด่นเพื่อพัฒนาเป็นระบบรับส่งข้อมูลอัตโนมัติราคาถูกใช้ในพื้นที่ทางห่างไกลที่ไม่มีรูปแบบการเชื่อมโยงอื่นๆ และสะดวกติดตั้งง่าย ใช้งานได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการทำงาน

ระบบที่พัฒนาขึ้นเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ที่ตรวจวัด และ จัดเก็บข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั้งรูปแบบเครือข่ายภายในเฉพาะที่ (LAN) หรือ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อนำข้อมูลที่ต้องการและส่งผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS เข้าสู่ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

### ตัวอย่างการใช้งานจริง

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลดังกล่าว สามารถติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล พัฒนาโปรแกรมด้วย Visual Basic บนระบบปฏิบัติการ Window เข้าถึงข้อมูลผ่าน MS Network และติดตั้งกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อ Siemens รุ่น S45 ของเครือข่าย GSM AIS ต่อผ่านช่องทางอนุกรม (Serial port com1) ส่วนระบบคอมพิวเตอร์ที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ที่กรุงเทพฯ เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์หลักที่ทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ Linux เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ข้อมูลที่ได้ นำมาตรวจสอบและจัดเก็บลงฐานข้อมูลเพื่อเรียกแสดงผ่าน WWW โดยอัตโนมัติรายชั่วโมง โดยตั้งเวลาของโปรแกรมให้ทำงานในการจัดการข้อมูลทั้งต้นทางและปลายทางให้ตรงกัน จากการทดสอบการทำงานโดยเชื่อมโยงเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูลของศูนย์ควบคุม ณ เจ็อนป่าสัก ลพบุรี โดยให้ส่งข้อมูลปริมาณน้ำและปริมาณน้ำฝนที่ระบบตรวจวัดได้จาก 11 สถานี เป็นรายชั่วโมง โดยส่งมายังศูนย์คอมพิวเตอร์หลักที่กรุงเทพฯ ข้อมูลที่ได้จะนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลและแสดงผลผ่าน WWW โดยอัตโนมัติ

### การนำไปใช้

1. เพื่อพัฒนาระบบรับ-ส่งข้อมูลในพื้นที่ที่เครือข่ายการสื่อสารปกติเข้าไม่ถึง เช่นพื้นที่ที่ห่างไกลที่ทุรกันดาร
2. เพื่อทดแทนระบบการรับส่งข้อมูลเดิมที่มีราคาแพงและรับส่งข้อมูลปริมาณไม่มากแต่บ่อยครั้งหรือต้องการการเชื่อมต่อเครือข่ายตลอดเวลาเนื่องจากระบบ GPRS คิดค่าใช้จ่ายตามปริมาณข้อมูลที่รับส่ง
3. เพื่อประยุกต์ใช้ในงานลักษณะอื่นๆ เช่นการรายงานผลนอกสถานที่ การติดตามการเคลื่อนที่ของบุคคล เป็นต้น

## 2.12 กระบวนการแสดงตัวต่อเครือข่าย GPRS

เมื่อใดก็ตามที่เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ต้องการมีใช้บริการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS สิ่งที่ต้องเกิดขึ้นเป็นอันดับแรกก็คือ เครื่องลูกข่ายจะทำการแสดงตัวต่ออุปกรณ์ SGSN โดยที่อุปกรณ์ SGSN จะทำการตรวจสอบเงื่อนไขสำคัญ 3 ประการจากเครื่องลูกข่ายเพื่อเป็นการยืนยันสิทธิในการใช้บริการของเครื่องลูกข่าย พร้อมทั้งจัดเตรียมระดับคุณภาพของการให้บริการไปในเวลาเดียวกัน เงื่อนไขทั้ง 3 ประการได้แก่

1. Authorization เป็นการตรวจสอบว่าเลขหมายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งแสดงตัวด้วยแผ่นซิม ภายในตัวเครื่องลูกข่าย ได้รับอนุญาตให้ใช้บริการ GPRS หรือไม่ ผู้ใช้บริการที่ยังไม่ได้เปิดให้บริการ GPRS จะไม่ได้รับสิทธิในการใช้บริการดังกล่าว โดยการตรวจสอบตั้งแต่ขั้นตอนนี้

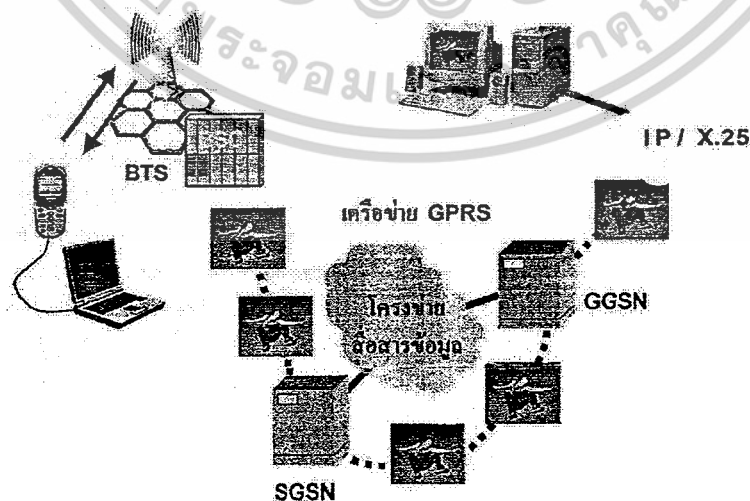
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.Authentication เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของเลขหมายผู้ใช้บริการ ว่าเป็นผู้ใช้บริการที่ลงทะเบียนภายในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ถูกต้องหรือไม่ ในการนี้อุปกรณ์ SGSN จะทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นซิมโดยมีการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ HLR/AuC ภายในเครือข่าย GSM ที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้บริการ (เลขหมาย IMSI รหัส KI) เพื่อใช้กลไกการตรวจยืนยันเพื่อใช้บริการตามขั้นตอนของเครือข่าย GSM ตามปกติ

3.Quality of Service เพื่อตรวจสอบว่าผู้ใช้บริการที่ขอใช้บริการ GPRS แต่ละรายนั้นมีความจำเป็นขอใช้บริการรับส่งข้อมูลภายใต้การควบคุมคุณภาพในระดับใด เครือข่ายสามารถให้บริการภายใต้ระดับคุณภาพที่ต้องการนั้นได้หรือไม่ และ หากสามารถให้บริการได้แล้ว จะทำให้คุณภาพในการสื่อสารข้อมูลของผู้ใช้บริการรายอื่นภายในเซลนั้นๆลดต่ำลงหรือไม่

หากอุปกรณ์ SGSN ตัดสินใจยอมรับเงื่อนไขข้างต้นทั้ง 3 ประการ และเปิดโอกาสให้เครื่องลูกข่ายสามารถใช้บริการ GPRS ได้ อุปกรณ์ SGSN จะทำการติดตามเครื่องลูกข่ายนั้นอยู่ตลอดเวลา ทราบเท่าที่เครื่องลูกข่ายดังกล่าวยังเปิดเครื่องใช้งานอยู่ภายในพื้นที่ภายใต้การควบคุมของอุปกรณ์ SGSN นั้นซึ่งอาจประกอบด้วยพื้นที่ RA จำนวนหลายๆชุด ทั้งนี้ก็เพื่อจะสามารถทราบได้ว่าเครื่องลูกข่ายดังกล่าวต้องการรับส่งข้อมูลกับเครือข่ายเมื่อใด การแสดงตัวต่ออุปกรณ์ SGSN นั้นมิใช่การรับประกันว่าเครื่องลูกข่าย GPRS ดังกล่าวจะสามารถรับส่งข้อมูลกับเครือข่ายใดเมื่อใดก็ตาม โดยไม่มีการแจ้งต่ออุปกรณ์ SGSN อีกทุกครั้งที่ต้องการรับส่งข้อมูลเครื่องลูกข่ายดังกล่าวจะต้องทำการส่งข้อมูล PDP เพื่อแสดงรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับการเชื่อมต่อให้กับอุปกรณ์ SGSN เป็นอีกครั้งหนึ่ง

นั่นหมายความว่าทุกครั้งที่ผู้ใช้บริการนำเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS มาเลือกรายการเปิดใช้บริการ GPRS นั้นเครื่องลูกข่ายทำการแสดงตัวต่อเครือข่าย ซึ่งก็หมายถึงอุปกรณ์ SGSN ที่ควบคุมดูแลพื้นที่ที่ใช้งานนั้น เมื่อใดที่เครื่องลูกข่ายมีการเคลื่อนที่ย้ายจากพื้นที่ที่ใช้งานภายใน SGSN หนึ่งไปสู่อีก SGSN หนึ่ง ก็จะมีการโอนย้ายข้อมูลผู้ใช้บริการที่เก็บไว้ใน SGSN ต้นทางไปยัง SGSN ปลายทาง



รูปที่ 2.26 การรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย GPRS สู่อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประกอบการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เฝ้าเห็นาใบใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ GGSN และ SGSN นั้นมาตรฐาน GPRS ได้มีการกำหนดเทคนิคการสื่อสารชนิดพิเศษขึ้นเรียกว่าการส่งผ่านอุโมงค์ หรือ tunneling เพื่อช่วยให้บริการเครือข่าย GSM/GPRS สามารถใช้ประโยชน์ของโครงข่ายสื่อสารข้อมูลที่มีอยู่แล้ว หรือที่ต้องดำเนินการเข้าใช้งานจากผู้อื่นในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ GSN ต่างๆภายในเครือข่าย GPRS เข้าด้วยกันตัวอย่างเช่นเข้าโครงข่าย X.25 จากบริษัท A เพื่อใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ GGSN ที่อยู่ที่กรุงเทพฯกับอุปกรณ์ SGSN 4 ชุด ที่ติดตั้งอยู่ที่กรุงเทพฯ เชียงใหม่ ภูเก็ตและชลบุรี ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงการทำงานของโครงข่ายภายนอกที่ต้องมีการจัดรูปแบบแพ็คเกจข้อมูลตามมาตรฐานปกติแล้ว จะทำให้เกิดความสับสนต่อการรับส่งข้อมูลแพ็คเกจ GPRS ระหว่างอุปกรณ์ GSN ด้วยกันได้

ทั้งนี้เนื่องจากการรับส่งข้อมูลแพ็คเกจโดยทั่วไปนั้น โครงข่ายเข้าภายนอกก็ต้องตรวจสอบแอดเดรสต้นทางและปลายทางเพื่อตัดสินใจเลือกเส้นทางในการรับส่งข้อมูลนั้นๆแต่เนื่องจากแอดเดรสต้นทางและปลายทางที่ปรากฏภายในแพ็คเกจข้อมูลของเครือข่าย GPRS อาจเป็นแอดเดรส PDP ของเครื่องลูกข่ายแอดเดรส PDP ของอุปกรณ์ GGSN หรือแอดเดรส IP/X.25 ของเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางที่เชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายภายนอก ความหวังดีที่จะประหยัดค่าเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายใน GSN ภายในเครือข่าย GPRS โดยอาศัยโครงข่ายเข้าภายนอก ย่อมก็ให้เกิดปัญหาต่อการส่งผ่านแพ็คเกจข้อมูลในทันทีเนื่องจากโหนดการสื่อสารต่างๆ ภายในโครงข่ายสื่อสารข้อมูลย่อมไม่อาจรู้จักแอดเดรส PDP ที่มีการระบุไว้ในแอดเดรสต้นทางและปลายทางของแพ็คเกจข้อมูลอย่างแน่นอน ทำให้ไม่สามารถส่งผ่านข้อมูลภายในโครงข่ายสื่อสารข้อมูลที่ทำกรเข้าใช้งานหรือแม้จะสร้างขึ้นมาใช้เองเป็นการภายใน

### 2.13 เครื่องลูกข่าย GPRS

มาตรฐาน GPRS กำหนดให้ทั้งเครื่องข่ายสถานีฐานและเครื่องลูกข่าย สามารถติดต่อสื่อสารเพื่อรับส่งข้อมูล โดยมีการใช้ช่วงเวลา (Timeslot) บนเฟรมมาตรฐานได้หลากหลายรูปแบบโดยมีกำหนดคลาสการใช้งานหลายช่วงเวลา (Multislot Class) ไว้ทั้งสิ้น 29 คลาส เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS แต่ละรุ่นที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับใช้งานในเชิงพาณิชย์ จะได้ระบุว่าสนับสนุนคลาสการใช้งานหลายช่วงเวลาในระดับใด ตารางที่ 2.1 เป็นการแสดงรายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องลูกข่ายทั้ง 29 คลาส โดยระบุจำนวนช่วงเวลาสูงสุดที่เครื่องลูกข่ายสามารถส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน (Tx) โดยในทางปฏิบัติเครื่องลูกข่ายสามารถส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน (Rx) โดยในทางปฏิบัติเครื่องลูกข่ายสามารถใช้ช่วงเวลาได้ตั้งแต่ 0 ช่องไปจนถึง Tx และ Rx จะต้องไม่เกินค่าผลรวมในตารางที่ 2.1 ช่องที่ 3

ตัวอย่างเช่นเครื่องลูกข่าย Siemens รุ่น 45 เป็นเครื่องลูกข่าย GPRS คลาส 8 หมายความว่าเครื่อง S45 มีความสามารถใช้เวลาบนเฟรม TDMA ขาขึ้น (Uplink) สำหรับการส่งข้อมูลไปยังเครือข่าย GPRS ได้พร้อมกันสูงสุด 1 ช่องเวลา และรับข้อมูลจากเครือข่ายได้โดยใช้ช่วงเวลาบนเฟรม TDMA ของลงได้สูงสุดถึง 4 ช่อง แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติผลรวมของค่า Tx และ Rx จะต้องมีค่าไม่เกินกว่า 5 ช่องเวลานั่นเอง เครื่องลูกข่ายดังกล่าวอาจมีจำนวนช่วงเวลาในเฟรมข้อมูลขาขึ้นและขาลงในสัดส่วนเท่ากัน 0 ต่อ 4, 0 ต่อ 3, 0 ต่อ 2, 0 ต่อ 1, 1 ต่อ 4, 1 ต่อ 3, 1 ต่อ 2, 1 ต่อ 1 หรือ 1 ต่อ 0 ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งก็ได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้อย่างไรก็ตามผู้ให้บริการเครือข่ายจะมีกำหนดจำนวนช่องได้มากตามขีดความสามารถของเครื่องลูกข่าย ทั้งนี้ก็เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ายังมีช่องเวลาเหลือพอสำหรับให้บริการเชื่อมต่อวงจร เพื่อการสนทนาบนเครือข่าย GSM ได้เพียงพอ ป้องกันการเกิดปัญหาวงจรเชื่อมต่อเต็มจนเกิดผลกระทบต่อความพอใจในการใช้บริการของผู้บริโภค

ตารางที่ 2.8 รายละเอียดของการจัดกลุ่มเครื่องลูกข่าย GPRS ออกตามคลาสการใช้งานหลายช่องเวลา

คลาส	จำนวนช่องเวลาสูงสุด		ประเภท
	Rx	Tx	
Multislot			
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5
13	3	3	ไม่ระบุ
14	4	4	ไม่ระบุ
15	5	5	ไม่ระบุ
16	6	6	ไม่ระบุ
17	7	7	ไม่ระบุ
18	8	8	ไม่ระบุ
19	6	2	ไม่ระบุ
20	6	3	ไม่ระบุ
21	6	4	ไม่ระบุ
22	6	4	ไม่ระบุ
23	6	6	ไม่ระบุ
24	8	2	ไม่ระบุ
25	8	3	ไม่ระบุ
26	8	4	ไม่ระบุ
27	8	4	ไม่ระบุ
28	8	6	ไม่ระบุ
29	8	8	ไม่ระบุ

สำหรับประเภทของเครื่องลูกข่าย GPRS ที่มีการระบุไว้ในตารางที่ 2.1 โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 นั้น เครื่องลูกข่ายที่อยู่ในคลาสซึ่งตรงกับกลุ่มที่ 1 ไม่จำเป็นจะต้องมีการรับ และ ส่งข้อมูลพร้อมๆกันในเวลาเดียวกัน แต่สำหรับเครื่องลูกข่ายในกลุ่มที่ 2 จำเป็นที่จะต้องมีการรับ และ ส่งข้อมูลไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างเครื่องลูกข่ายและสถานีฐานพร้อมๆกันเวลาเดียวกัน หนึ่งผู้อ่านควรแยกความแตกต่างระหว่างเครื่องของคลาสการใช้งานหลายช่องเวลาสำหรับเครื่องลูกข่ายแต่ละเครื่อง ออกจากกำหนดคลาสของเครื่องลูกข่าย ซึ่งได้กล่าวถึงไว้แล้วว่ามี 3 คลาส คือ คลาส A คลาส B และคลาส C ซึ่งแบ่งตามพฤติกรรมการรับส่งข้อมูลพร้อมๆกันระหว่างเครือข่าย GPRS และ GSM

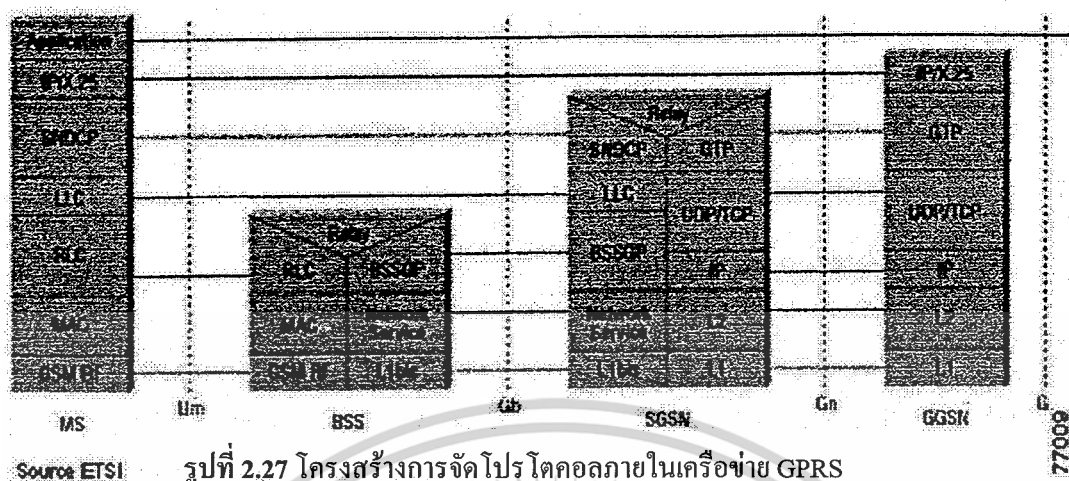
## 2.14 แบบจำลองโปรโตคอลของเครือข่าย GPRS

เราจะเห็นได้ว่าการทำงานของมาตรฐาน GPRS นั้นได้ออกแบบให้แยกออกจากเครือข่าย GSM ก่อนข้างมาก ที่เกี่ยวข้องกันบ้างก็ได้แก่การร่วมใช้ช่องสื่อสารทางกายภาพ (Physical Channel) ระหว่างเครื่องลูกข่ายกับสถานีฐาน (Air Interface) และการเชื่อมต่อระหว่างสถานีฐานกับอุปกรณ์ BSC เมื่อกล่าวถึงจุดนี้เรายกมาเสนอแบบจำลองโปรโตคอลภายในมาตรฐานเครือข่าย GPRS เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการทำงานของเครือข่าย GPRS ทั้งหมด และยังเป็นพื้นฐานสำหรับการกล่าวอธิบายถึงรายละเอียดเบื้องต้นทางด้านโปรโตคอล รูปที่ 2.28 เป็นแบบจำลองโปรโตคอลสำหรับการเชื่อมต่อทั้งหมดภายในเครือข่าย GPRS นับตั้งแต่จุดเชื่อมต่อระหว่างเครื่องลูกข่ายกับสถานีฐาน ไปจนถึงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ GGSN กับเครือข่ายสื่อสารข้อมูลภายนอก

### 2.14.1 เครื่องลูกข่าย

GPRS เชื่อมต่อกับสถานีฐานโดยผ่านทางคลื่นความถี่วิทยุ ข้อมูลหน่วยย่อยที่สุดจะอยู่ในรูปของ Burst ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานของเครือข่าย GSM โดยเฟรมข้อมูลที่ผ่านการเข้ารหัสช่องสื่อสารความยาว 456 บิต จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนย่อยๆ ส่วนละ 57 บิต เพื่อนำมาผ่านกระบวนการอินเตอร์ลีฟ (Interleaving) การแยกส่วนและการรวมกลับคืนข้อมูลทั้ง 456 บิตเข้าด้วยกัน ถือเป็นการใช้กระบวนการปกติของเครือข่าย GSM ที่เรียกว่า GSM RF สำหรับเนื้อหาภายในเฟรมข้อมูลแต่ละชุดนั้นจะมีโปรโตคอล MAC และ RLC ฝังอยู่เพื่อทำหน้าที่ปรับแต่งแบบการเข้ารหัสตามขบวนการที่ได้กล่าวไปแล้ว เมื่อหักข้อมูล MAC/RLC ออกแล้ว ข้อมูลส่วนที่เหลือจะมีส่วนของโปรโตคอล LLC (Logical Link Control) และ SNDCP ซึ่งไม่ถูกนำไปใช้งานโดยเครือข่ายสถานีฐาน แต่จะเป็นการสื่อสารโดยตรงระหว่างเครื่องลูกข่ายกับอุปกรณ์ SGSN โปรโตคอล LLC และ SNDCP ถือเป็นหัวใจสำคัญของการตรวจสอบตำแหน่งของเครื่องลูกข่ายโดยอุปกรณ์ SGSN และ GGSN รวมถึงการส่งสัญญาณควบคุมอื่นๆ อีกหลายชนิด ระหว่างเครือข่ายกับเครื่องลูกข่าย GPRS การออกแบบโปรโตคอล LLC และ SNDCP ขึ้นมาทำให้สามารถนำเทคโนโลยี GPRS ไปใช้ได้บนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ชนิดอื่นๆ เช่น เครือข่าย CDMA หรือการพัฒนาเทคโนโลยี GPRS ไปสู่เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ชุดที่ 3 อันได้แก่ มาตรฐาน UMTS ข้อมูลส่วนที่เหลือจะมีส่วนของโปรโตคอล IP หรือ X.25 ซึ่งเครื่องลูกข่ายใช้ในการติดต่อสื่อสารเพื่อดำเนินการจัดการโปรไฟล์ PDP กับอุปกรณ์ GGSN การเลือกว่าจะใช้โปรโตคอล IP หรือ X.25 นั้นก็ขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบทางด้านวิศวกรรมเครือข่ายของผู้ให้บริการแต่ละราย ข้อมูลหลังจากโปรโตคอล IP/X.25 ก็จะเป็นเนื้อหาข้อมูลจริงของผู้ใช้บริการ หรือ application ที่ต้องการให้มีการรับส่งระหว่างเครื่องลูกข่าย GPRS กับแหล่งข้อมูลทั้งที่อยู่ภายในและภายนอกเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 2.14.2 เครือข่ายสถานีฐาน

ทำหน้าที่เป็นทั้งตัวทวนสัญญาณ (Relay Function) สำหรับข้อมูลที่เครื่องลูกข่ายต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์ SGSN ขึ้นไปโดยตรง โดยส่งผ่านข้อมูลที่ถูกห่อหุ้มด้วยโปรโตคอล LLC ต่อไปยังอุปกรณ์ SGSN และยังเป็นอุปกรณ์ปลายทางสำหรับควบคุมการทำงานเกี่ยวกับการจัดสรรช่องสื่อสารทางด้านความถี่วิทยุให้กับเครื่องลูกข่าย GPRS โดยผ่านการทำงานของโปรโตคอล GSM RF, MAC และ RLC ในขณะเดียวกันเครือข่ายสถานีฐาน (ซึ่งประกอบด้วยสถานีฐานและอุปกรณ์ BSC) ยังต้องมีการส่งสัญญาณควบคุมเพื่อติดต่อสื่อสารโดยตรงระหว่างเครือข่ายสถานีฐานเองกับอุปกรณ์ SGSN ซึ่งจำเป็นต้องมีการออกแบบโปรโตคอลอีกชุดหนึ่งเพื่อรองรับการติดต่อสื่อสารดังกล่าว รวมถึงเป็นรากฐานในการรับส่งข้อมูล LLC ที่ถูกส่งผ่านไปยังอุปกรณ์ SGSN ไปพร้อมๆ กัน โปรโตคอลในจุดเชื่อมต่อ Gb ดังกล่าวประกอบไปด้วย ชั้นล่างสุดคือ L1bis ซึ่งสนับสนุนการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายสื่อสารสารพักระบบไม่ว่าจะเป็นวงจรสื่อสารแบบ TDM เช่น E1 ผ่านเครือข่าย ATM หรือผ่านเครือข่ายเฟรมรีเลย์ เป็นต้น โดยในระดับชั้นที่สองเป็นโปรโตคอลแบบ Frame Relay (FR) ทำหน้าที่แก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลที่อาจเกิดขึ้นบนจุดเชื่อมต่อ Gb สำหรับเนื้อหาของสัญญาณควบคุมระหว่างเครือข่ายสถานีฐานกับอุปกรณ์ SGSN จะถูกบรรจุอยู่ในโปรโตคอล BSSGP (Base Station Subsystem GPRS Protocol) ซึ่งเป็นช่องทางในการบรรจุข้อมูล LLC ระหว่างเครื่องลูกข่าย GPRS กับอุปกรณ์ SGSN ด้วยในเวลาเดียวกัน

### 2.14.3 อุปกรณ์ SGSN

เป็นทั้งอุปกรณ์ปลายทาง ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครือข่ายสถานีฐาน ผ่านทางโปรโตคอล BSSGP และควบคุมการทำงานของเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS โดยผ่านโปรโตคอล LLC/SNDCP ในขณะเดียวกันยังทำหน้าที่รับส่งข้อมูลผู้ใช้บริการ โดยส่งผ่านโปรโตคอล IP/X.25 ไปให้กับอุปกรณ์ GGSN รวมทั้งยังมีการติดต่อสื่อสารเพื่อรับส่งสัญญาณควบคุมต่างๆ ที่จำเป็นต่อการให้บริการกับอุปกรณ์ GGSN อีกต่างหาก ทั้งนี้มีการใช้งานโปรโตคอล GTP ซึ่งทำงานบนโปรโตคอลสื่อสารชั้นล่างอัดประกอบไปด้วย โปรโตคอล IP (ซึ่งไม่ใช่โปรโตคอลเดียวกับ IP ที่ส่งจากเครื่องลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปยังอุปกรณ์ GGSN) และโปรโตคอล UDP (User Data Protocol) หรือโปรโตคอล TCP (Transmission Control Protocol)

#### 2.14.4 อุปกรณ์ GGSN

ทำหน้าที่สองประการด้วยกัน ประการแรก คือ การติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ SGSN และเครื่องลูกข่าย โทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ผ่านโปรโตคอล GTP และ IP/X.25 ตามลำดับ ประการที่สองก็คือ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านข้อมูลของผู้ใช้บริการระหว่างเครื่องลูกข่าย GPRS กับเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ application ที่อยู่ภายนอกเครือข่าย GPRS

### 2.15 กระบวนการจัดการเกี่ยวกับตำแหน่งที่อยู่ของเครื่องลูกข่าย GPRS

ก่อนอื่นเราขอยกตัวอย่าง การรับส่งสัญญาณควบคุมในส่วนประกอบต่างๆของเครือข่าย GPRS โดยจะเป็นกรณีที่เครื่องลูกข่ายซึ่งจับใช้งานอยู่ในพื้นที่ของอุปกรณ์ SGSN หนึ่ง มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่งไปยังพื้นที่ของอุปกรณ์ SGSN แห่งใหม่ที่ยังอยู่ภายในเครือข่ายของผู้ให้บริการรายเดียวกัน ซึ่งเรียกว่ากระบวนการ RA Update ทั้งนี้จะสมมติว่า กระบวนการดังกล่าวประสบความสำเร็จ รายละเอียดของกระบวนการ RA Update พอสังเขป แบ่งออกได้เป็น 10 ขั้นตอน ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.29

#### 1. เครื่องลูกข่าย GPRS

ส่งข้อมูล RA Update Request ซึ่งระบุหมายเลข RA (RAI) และรายละเอียดของการขอเปลี่ยน RA ไปยังอุปกรณ์ SGSN ตัวใหม่ โดยอุปกรณ์ BSC จะทำการเพิ่มเติมข้อมูลแสดงหมายเลขแสดงเซลล์ที่เครื่องลูกข่ายใช้งานอยู่เข้าไป

#### 2. อุปกรณ์ SGSN

ตัวใหม่จะทำการส่งข้อมูล SGSN Context Request ซึ่งระบุหมายเลข RA และแอดเดรสของ SGSN ใหม่ ไปยัง SGSN ตัวเดิม เพื่อร้องขอโปรไฟล์ PDP จาก SGSN ตัวเดิมที่ได้กำหนดไว้ให้กับเครื่องลูกข่ายดังกล่าวมาเก็บไว้ ในกรณีนี้ อุปกรณ์ SGSN เดิมจะตอบรับโดยการส่งข้อมูล SGSN Context Response กลับคืนมา

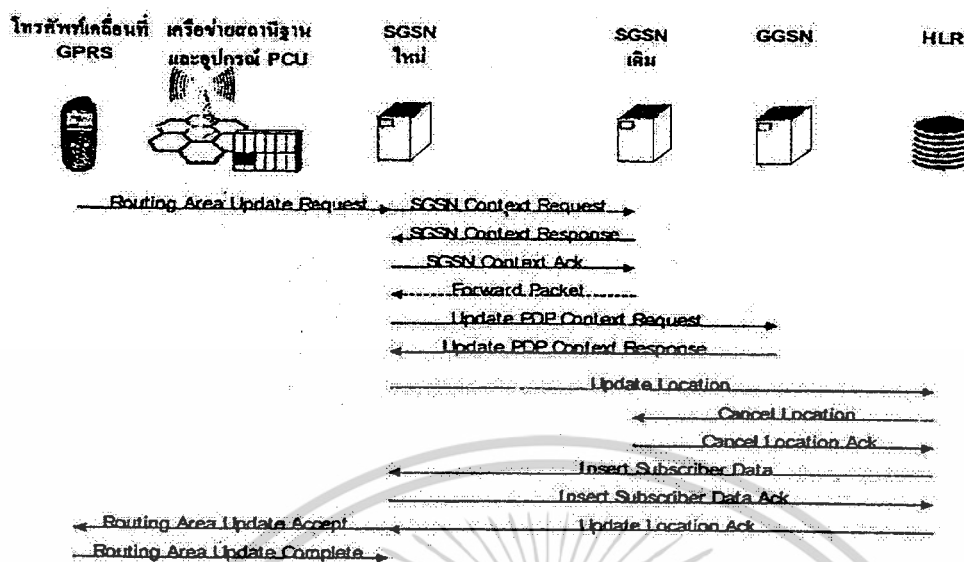
#### 3. อุปกรณ์ SGSN

ตัวใหม่จะส่งข้อมูล SGSN Context Acknowledge กลับไปยังอุปกรณ์ SGSN เดิม ในขั้นตอนนี้ อุปกรณ์ SGSN ตัวใหม่ก็พร้อมที่จะรับข้อมูลทุกอย่างที่เกี่ยวข้องกับโปรไฟล์ PDP ของเครื่องลูกข่าย GPRS ดังกล่าว

#### 4. อุปกรณ์ SGSN

เดิมทำการโอนย้ายการติดต่อสื่อสารแบบอุโมงค์ (Tunneling) กับอุปกรณ์ GGSN ไปให้กับอุปกรณ์ SGSN ตัวใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 กระบวนการปรับเปลี่ยนตำแหน่งใช้งาน SGSN ของเครื่องลูกข่าย GPRS

#### 5. อุปกรณ์ SGSN

ตัวใหม่ส่งข้อมูล Update PDP Context Request ซึ่งระบุแอดเดรสของ SGSN ตัวใหม่ หมายเลขแสดงเส้นทางอุโมงค์ (Tunnel Identifier) และค่า QoS สำหรับการควบคุมคุณภาพในการสื่อสารข้อมูล ไปให้กับอุปกรณ์ GGSN ซึ่งอุปกรณ์ GGSN จะทำการปรับแก้ไขข้อมูลในส่วนของ PDP สำหรับเครื่องลูกข่ายดังกล่าว พร้อมกับส่งข้อมูล Update PDP Context Response กลับไปให้กับอุปกรณ์ SGSN ตัวใหม่

#### 6. อุปกรณ์ SGSN

ตัวใหม่ทำการส่งข้อมูล Update Location ไปให้กับอุปกรณ์ HLR ซึ่งเป็นฐานข้อมูลเก็บเลขหมายของผู้ใช้บริการเครื่องลูกข่ายดังกล่าวเพื่อแจ้งให้ทราบว่ามี การย้ายตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้บริการ โทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS จากอุปกรณ์ SGSN เดิมไปเป็นตัวใหม่

#### 7. อุปกรณ์ SGSN

ส่งข้อมูล Cancel Location เพื่อยกเลิกการผูกโยงแอดเดรสไปยังอุปกรณ์ SGSN เดิมตอบรับกลับมาด้วยข้อมูล Cancel Location Acknowledge

#### 8. อุปกรณ์ส่งข้อมูล Insert Subscriber Data

ระบุหมายเลข IMSI (International Mobile Subscriber Identity) ซึ่งเป็นเลขหมายใช้ระบุตัวผู้ให้บริการตามมาตรฐานเครือข่าย GSM และข้อมูลเกี่ยวกับผู้ให้บริการ GPRS ดังกล่าวไปให้กับอุปกรณ์ SGSN ตัวใหม่ อุปกรณ์ SGSN จะทำการสร้างข้อมูลเกี่ยวกับการบริการตำแหน่งผู้ให้บริการรายดังกล่าวขึ้น พร้อมกับตอบกลับไปยังอุปกรณ์ HLR ด้วยการส่งข้อมูล Insert Subscriber Data Acknowledge ซึ่งอุปกรณ์ HLR จะทำการยืนยันการเสร็จสิ้นกระบวนการดังกล่าว ด้วยการส่งข้อมูล Update Location Acknowledge กลับคืนมายังอุปกรณ์ SGSN ตัวใหม่ ถือเป็นการเสร็จสิ้นการเตรียมความพร้อมในการเริ่มต้นให้บริการเครื่องลูกข่าย GPRS ดังกล่าวในพื้นที่ RA ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 9. อุปกรณ์ SGSN

จะทำการส่งหมายเลข P\_TMSI ซึ่งเป็นตัวเลขสุ่มใช้แทนการแสดงตัวเครื่องลูกข่าย GPRS ดังกล่าว เป็นการป้องกันการลักลอบดักอ่านค่าหมายเลข TMSI ไปให้กับเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ดังกล่าว โดยใช้ข้อมูล Routing Area Update Accept

## 10. เมื่อเครื่องลูกข่ายได้รับหมายเลข P\_TMSI

พร้อมกันนำไปใช้อ้างอิงแล้ว ก็จะทำการส่งข้อมูล Routing Area Update Complete กลับไปให้กับอุปกรณ์ SGSN ใหม่ ถือเป็น การสิ้นสุดกระบวนการย้ายข้าม RA และ เครื่องลูกข่ายก็พร้อมที่จะทำการติดต่อสื่อสารกับเครือข่าย GPRS เพื่อรับส่งข้อมูลได้ตามปกติ

## 2.16 กลไกการจัดการตำแหน่งที่อยู่

เนื่องจากพฤติกรรมในการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย GPRS เป็นแบบ “Always on” กล่าวคือ เมื่อใดที่เครื่องลูกข่ายมีความต้องการรับส่งข้อมูลกับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ก็สามารถทำได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องร้องขอการเชื่อมต่อวงจร เหมือนดังเช่นในกรณีของการเชื่อมต่อวงจรแบบสวิตซ์วงจรในกรณีของมาตรฐาน GSM โดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาว่าในพื้นที่ RA หนึ่งๆ มีโอกาสที่จะมีเครื่องลูกข่าย GPRS เป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นสำหรับการกำหนดกระบวนการในการจัดการบริหารเครื่องลูกข่ายเหล่านี้ โดยข้อกำหนดมาตรฐาน GPRS ได้ระบุให้ทั้งเครือข่ายและเครื่องลูกข่าย GPRS ปฏิบัติตามกลไกการจัดการตำแหน่งที่อยู่หรือ MM

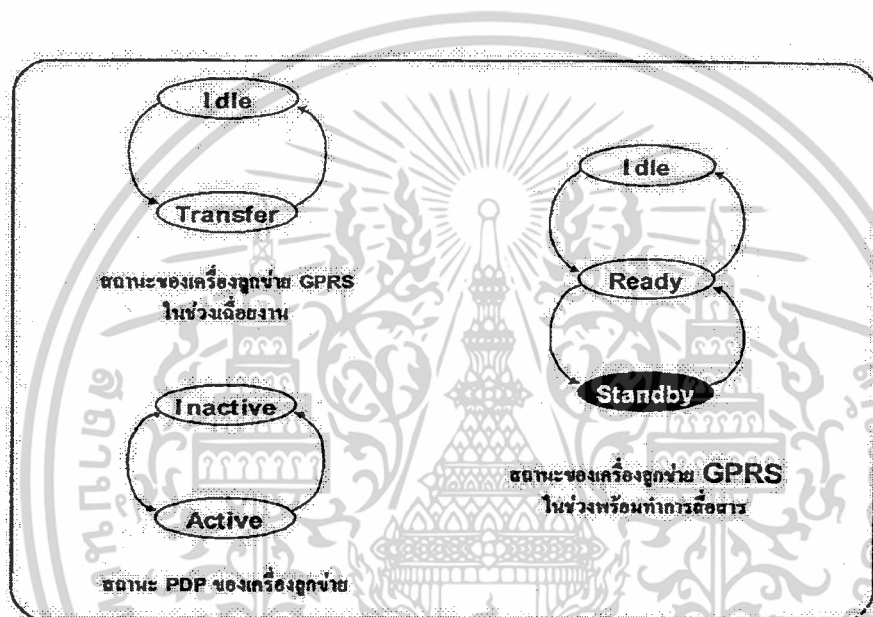
ก่อนที่เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS จะสามารถทำการรับส่งข้อมูลได้ เครื่องลูกข่ายดังกล่าวจะต้องทำการ Attach เข้ากับอุปกรณ์ SGSN โดยหลังจากการ Attach เครื่องลูกข่ายจะได้หมายเลข TLLI (Temporary Logical Link Identifier) จาก SGSN เป็นเสมือนบัตรแสดงตัว สำหรับเครื่องลูกข่าย GPRS ใช้รายงานตัวในกรณีที่ต้องการติดต่อสื่อสารกับเครือข่ายในโอกาสต่อไป สิ่งสำคัญที่เราจะต้องทราบก็คือ ข้อกำหนดมาตรฐาน GPRS กำหนดสถานะภาพของเครื่องลูกข่าย GPRS โดยพิจารณาตามความพร้อมในการติดต่อสื่อสารไว้ 3 สถานะด้วยกัน ดังนี้

1. สถานะเฉื่อยงาน (Idle State) เป็นช่วงที่เครื่องลูกข่าย GPRS ยังไม่ทัน Attach เข้ากับอุปกรณ์ SGSN ซึ่งหลังจากนี้ไปเครื่องลูกข่ายจะต้องผ่านกระบวนการ GPRS Attach เพื่อให้พร้อมใช้งานรับส่งข้อมูล

2. สถานะพร้อมทำงาน (Ready State) เป็นช่วงเวลาเครื่องลูกข่ายได้ทำการ Attach เข้ากับอุปกรณ์ SGSN แล้ว โดยเครือข่ายทราบตำแหน่งที่อยู่ของเครื่องลูกข่ายว่าอยู่ใน RA ใด หลังจากนั้นไปเครื่องลูกข่าย GPRS จะสามารถรับหรือส่งข้อมูลทุกประเภทกับเครือข่ายได้ ในการนี้มีกำหนดฐานเวลา Ready Timer สำหรับตรวจว่าเครื่องลูกข่าย GPRS นั้นๆยังมีการรับส่งข้อมูลอยู่หรือไม่ หากไม่มีการรับส่งข้อมูลเป็นระยะเวลาหนึ่งซึ่งตรงกับฐานเวลาดังกล่าว เครื่องลูกข่าย GPRS นั้นจะถูกเปลี่ยนให้ไปอยู่ในสถานะรอการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สถานะรอการทำงาน (Standby State) เป็นสถานะภาพที่เครื่องลูกข่าย GPRS พร้อมรอการใช้งานรับส่งข้อมูล โดยเครื่องข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ทราบตำแหน่งที่อยู่ของเครื่องลูกข่ายนั้นๆ ในระดับ RA ทั้งนี้เครื่องลูกข่าย GPRS ในสถานะรอการทำงาน จะทำการรายงานตำแหน่งที่อยู่ (Routing Area Update) ของเครื่องลูกข่ายไปยังเครือข่ายอยู่ตลอดเวลา เครื่องลูกข่าย GPRS จะถูกปลุกให้กลับไปอยู่ในสถานะเฉื่อยงานอีกครั้ง หลังจากที่อยู่ในสถานะรอการทำงานจนเกินค่าฐานเวลา Standby Timer เป็นการควบคุมจำนวนเครื่องลูกข่าย GPRS ที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลของอุปกรณ์ SGSN ให้มีจำนวนอย่างเหมาะสม



รูปที่ 2.29 สถานะของการสื่อสารตามมาตรฐาน GPRS

### 2.17 กระบวนการ GPRS Attach

เครื่องลูกข่าย GPRS ที่อยู่ในสถานะเฉื่อยงานจะทำการเชื่อมเข้ากับอุปกรณ์ SGSN และ HLR โดยใช้กระบวนการ MM เพื่อให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รับทราบตำแหน่งที่อยู่ของเครื่องลูกข่ายดังกล่าว ในการรายงานตัวกับเครือข่ายนั้น เครื่องลูกข่ายจะต้องส่งข้อมูลที่จำเป็นต่างๆ ไปยังเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยสามารถแบ่งรูปแบบของการรายงานตัวสำหรับเครื่องลูกข่าย GPRS ออกได้เป็น 3 ลักษณะด้วยกัน แต่ลักษณะต้องการข้อมูลที่ใช้สำหรับรายงานตัวที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. GPRS Attach: เครื่องลูกข่ายต้องส่งข้อมูล P\_TMSI (Packet Temporary Mobile Station Identifier) ซึ่งเป็นเลขหมายชั่วคราวใช้อ้างอิงแทนเลขหมาย IMSI (International Mobile Station Identifier) คล้ายๆกับในกรณีของเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM แต่จะใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็คเกจ นอกจากนี้เครื่องลูกข่ายยังต้องส่งข้อมูล RAI (Routing Area Identifier) ซึ่งระบุตำแหน่งที่อยู่ RA ปัจจุบันที่เครื่องลูกข่าย GPRS ได้รับการแจ้งจากเครือข่ายอยู่ตลอดเวลา

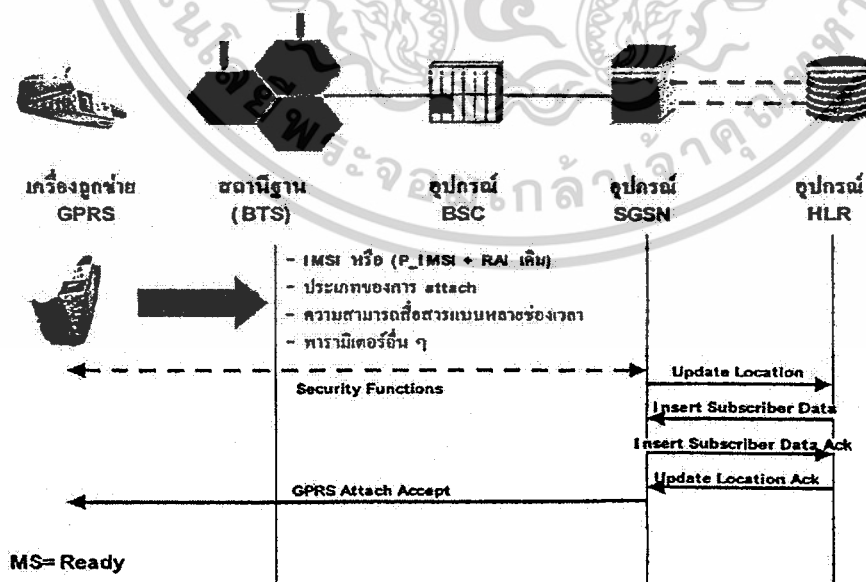
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. IMSI Attach: แท้จริงแล้วเป็นกระบวนการที่ถูกออกแบบมาสำหรับใช้กับเครื่องลูกข่าย GSM ทั่วไปเท่านั้น แต่เครื่องลูกข่าย GPRS อาจทำกระบวนการนี้ได้ ในกรณีที่ยังไม่ทราบว่าตนจะใช้เลขหมาย P\_TMSI ใด และต้องการร้องขอให้เครือข่ายส่งเลขหมายดังกล่าวมาให้

3. IMSI/GPRS Attach (สำหรับเครื่องลูกข่ายคลาส A และ B เท่านั้น): เป็นกระบวนการร่วม ซึ่งปัจจุบันอยู่ในการออกแบบข้อกำหนดทางเทคนิค

เมื่อพิจารณาถึงเครื่องลูกข่าย GPRS ที่อยู่ในสถานะพร้อมทำงาน ทั้งเครื่องลูกข่ายและอุปกรณ์ SGSN ที่อยู่ในส่วนของเครือข่ายจะร่วมกันใช้เลขหมาย IMSI ซึ่งเป็นเลขหมายประจำตัวที่ใช้แทนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละคน ซึ่งเลขหมาย IMSI และข้อมูลเกี่ยวกับการใช้บริการ GPRS ของผู้ใช้บริการแต่ละรายจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลของอุปกรณ์ HLR ในการนี้เครื่องลูกข่าย GPRS สามารถรับหรือส่งข้อมูลในรูปของ PDU (Protocol Data Unit) ซึ่งเป็นแพ็คเกจข้อมูล ที่น่าสนใจก็คือ เครื่องลูกข่ายที่อยู่ในสถานะพร้อมทำงานจะสามารถสร้าง (Activate) หรือยกเลิก (Deactivate) ข้อมูลโปรไฟล์ PDP ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ได้โดยอิสระ นอกจากนี้เครื่องลูกข่าย GPRS เครื่องหนึ่งๆยังอาจได้รับการกำหนดโปรไฟล์ PDP ได้มากกว่าหนึ่งชุดภายในเวลาเดียวกันอีกด้วย สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ในสถานะพร้อมทำงานนี้ เครื่องลูกข่าย GPRS จะทำการรับฟังข้อมูลผ่านช่องสื่อสารควบคุมแบบ PCCCH และยังสามารถใช้คุณสมบัติ DRX (Discontinuous Reception) ซึ่งจะทำให้เครื่องลูกข่าย GPRS ใช้ทรัพยากรความถี่ในรูปของช่องเวลา เฉพาะเมื่อจำเป็นต้องรับหรือส่งข้อมูลเท่านั้น ซึ่งนับว่าเป็นการลดความคับคั่งของปริมาณข้อมูลที่ปรากฏบนช่องสื่อสาร GPRS เป็นอย่างยิ่ง

กระบวนการ MM จะดำเนินต่อไปจนกว่าฐานเวลา ready time จะหมดลงและเครื่องลูกข่าย GPRS เปลี่ยนสถานะตนเองไปเป็นสถานะรอการทำงาน รูปที่ 2.31 แสดงถึงกระบวนการ GPRS Attach ซึ่งเริ่มจากการที่เครื่องลูกข่ายเป็นฝ่ายร้องขอให้มีการเชื่อมเข้ากับระบบเครือข่าย

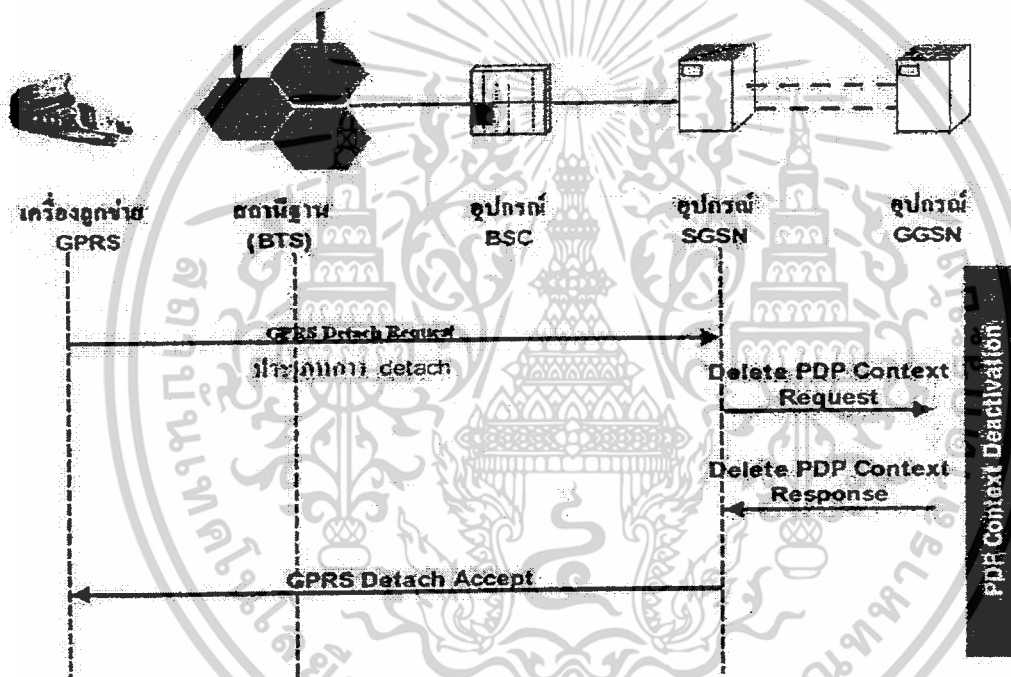


รูปที่ 2.30 ขั้นตอนการดำเนินกระบวนการ GPRS Attach

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.18 กระบวนการ GPRS Detach

ในการเปลี่ยนสถานะจากพร้อมทำงาน (Ready State) ไปเป็นเฉื่อยงาน (Idle State) เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS จะเป็นฝ่ายเริ่มต้นกระบวนการร้องขอ หลังจากกระบวนการ GPRS Detach เสร็จสิ้นลงอุปกรณ์ SGSN จะทำการลบข้อมูล MM และโปรไฟล์ PDP ที่ได้รับจากอุปกรณ์ GGSN ซึ่งเกี่ยวข้องกับผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS รายดังกล่าว ซึ่งกระบวนการทำงานเกิดขึ้นอย่างง่าย ๆ โดยเครื่องลูกข่าย GPRS ทำการส่งสัญญาณ GPRS Detach Request ไปยังอุปกรณ์ SGSN พร้อมทั้งระบุสาเหตุ, เลขหมาย IMSI และข้อมูลที่เป็นอื่น ๆ ตัวอย่างของกระบวนการนี้ก็คือ เมื่อผู้ใช้บริการปิดสวิทช์เครื่องลูกข่าย GPRS ลงหรืออาจเกิดจากการที่ผู้ใช้บริการไม่มีการใช้งานระบบ GPRS รับส่งข้อมูลเป็นเวลานานจนฐานเวลา ready timer หมดลง รายละเอียดของกระบวนการ Detach จากเครื่องลูกข่ายแสดงในรูปที่ 2.32

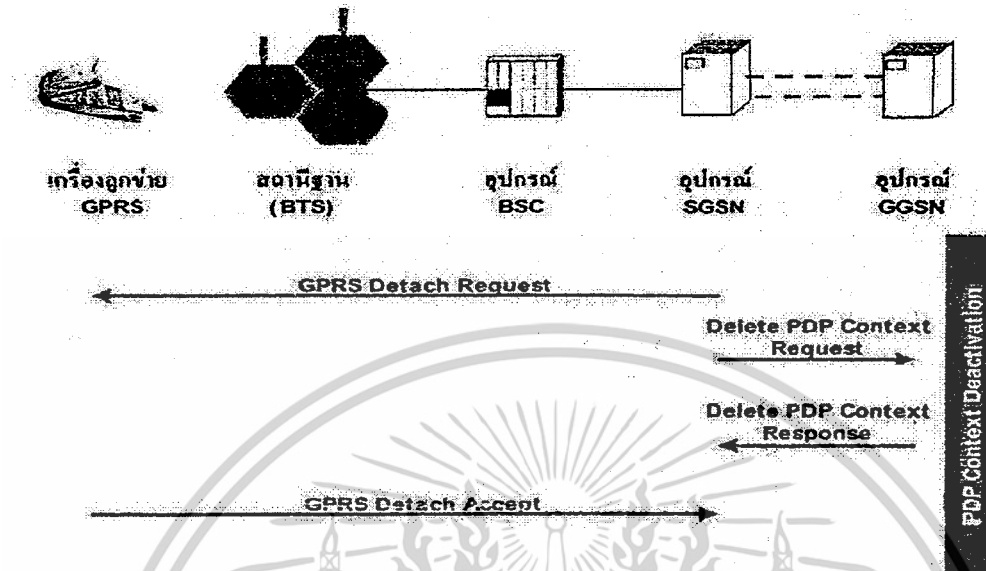


รูปที่ 2.31 ขั้นตอนการดำเนินการกระบวนการ GPRS detach กรณี ร้องขอจากเครื่องลูกข่าย

นอกจากกระบวนการ GPRS detach จะเกิดขึ้นโดยการร้องขอจากเครื่องลูกข่ายแล้ว ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ก็สามารถเป็นฝ่ายกระตุ้นให้เกิดขึ้นกระบวนการดังกล่าวได้เช่นเดียวกัน เริ่มจากการที่อุปกรณ์ SGSN ส่งสัญญาณแจ้งกระบวนการ detach มายังเครื่องลูกข่าย GPRS โดยมีการแนบข้อมูล Attach Indication ไว้เพื่อให้เครื่องลูกข่ายแจ้งกลับมาว่าในเวลานี้เครื่องลูกข่ายมีความต้องการที่จะรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย GPRS อีกหรือไม่ หากเครื่องลูกข่ายตอบกลับมาในข้อความ GPRS Detach Accept ดังแสดงในรูปที่ 2.20 ว่าหลังจากนี้ไปจะมีการร้องขอส่งข้อมูลอีก ระบบเครือข่ายก็จะเริ่มกระบวนการ GPRS Attach อีกครั้ง หลังจากกระบวนการ detach เสร็จสิ้นลง ในระหว่างดำเนินการกระบวนการ GPRS Detach อุปกรณ์ SGSN จะทำการแจ้งไปยังอุปกรณ์ GGSN ให้รับข้อมูลโปรไฟล์ PDP, เอกสารเป็นเอกสารที่ส่งไว้ในเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการค้นหายานาน เมื่ออนุญาตเห็นไปไซประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะทำให้ทั้งอุปกรณ์ SGSN และ GGSN มีฐานข้อมูลโปรไฟล์ PDP วางลงสำหรับใช้จัดสรรให้ผู้ใช้บริการรายอื่นต่อไป

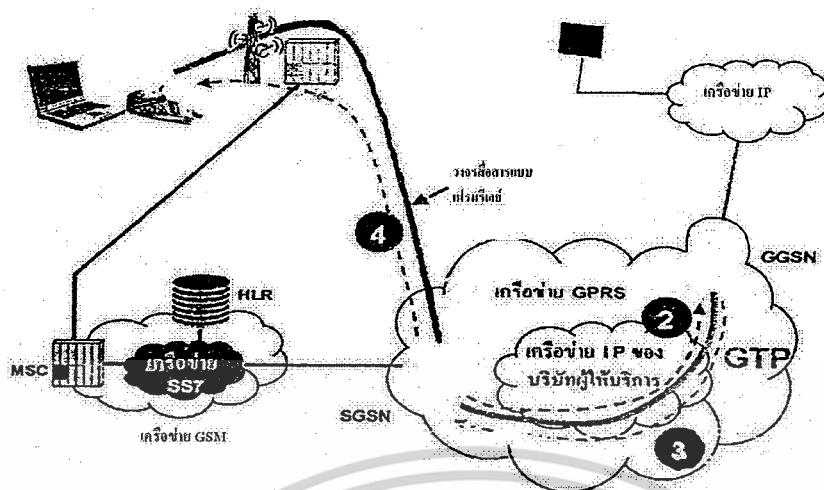


รูปที่ 2.32 ขั้นตอนการดำเนินการกระบวนการ GPRS Detach กรณีร้องขอจากเครื่องข่าย GPRS

## 2.19 กระบวนการ PDP Context Activation

สิ่งสำคัญในการให้บริการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็คเกจโดยเครื่องข่าย GPRS ไปยังเครื่องข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS เครื่องมิได้จับลงเพียงแต่กระบวนการ GPRS Attach เท่านั้น หากพิจารณาถึงธรรมชาติของการสื่อสารข้อมูล ก็จะพบว่านอกจากการที่เครื่องข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะเป็นผู้ส่งข้อความไปเครื่องข่ายอินเทอร์เน็ต หรือเครื่องข่ายคอมพิวเตอร์ใดๆในโลกแล้ว ยังมีโอกาสที่แอปพลิเคชันใดๆก็ตามที่ทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ต่างๆในโลกอินเทอร์เน็ตจะเป็นฝ่ายเริ่มต้นติดต่อมายังเครื่องข่าย GPRS ด้วย ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลราคาหุ้นแบบเว็บเพจมายังโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ของตลาดหลักทรัพย์จะทำการส่งเมื่อราคาหุ้นถึงระดับที่ผู้ใช้บริการกำหนดไว้ก่อนหน้านี้ นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มของลักษณะนี้อีกมากมาย ปัญหาคือ จุดเชื่อมต่อระหว่างโลกเครื่องข่ายคอมพิวเตอร์กับเครื่องข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS จะอยู่ที่อุปกรณ์ GGSN ซึ่ง GGSN จะเป็นกลไกสำคัญในการกำหนดเส้นทางการสื่อสารข้อมูล ระหว่างเครื่องข่าย GPRS กับเครื่องข่ายคอมพิวเตอร์ภายนอก จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่เครื่องข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่จะต้องทำการส่งข้อมูลเกี่ยวกับโปรไฟล์ PDP ไปให้กับอุปกรณ์ GGSN รับประทาน ไม่ว่าจะเครื่องข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS นั้นๆจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ GGSN อยู่มากน้อยเท่าไรก็ตาม กระบวนการสำคัญเกี่ยวกับการปรับแต่งข้อมูลดังกล่าวซึ่งมีชื่อเรียกว่า PDP Context Activation มีลำดับขั้นตอนของกระบวนการดังรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 การดำเนินกระบวนการ PDP Context Activation

#### 1. เครื่องลูกข่าย โทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS

ทำการส่งข้อมูลร้องขอให้ดำเนินกระบวนการ PDP Context Activation ไปยังอุปกรณ์ SGSN ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเครื่องลูกข่ายได้ผ่านขั้นตอนต่างๆของกระบวนการ GPRS Attach กับอุปกรณ์ SGSN มาก่อนแล้วเท่านั้น

#### 2. อุปกรณ์ SGSN

ทำการเลือกอุปกรณ์ GGSN (ในกรณีที่มีการติดตั้ง GGSN มากกว่าหนึ่งชุดภายในเครือข่ายนั้นๆ) โดยพิจารณาจากข้อมูลโปรไฟล์ PDP ที่ได้รับมาจากเครื่องลูกข่าย GPRS นั้น จากนั้นจึงทำการติดต่อกับอุปกรณ์ GGSN ที่ถูกเลือก เพื่อให้ทำการสร้างฐานข้อมูลสำหรับรองรับการใช้งานของเครื่องลูกข่าย GPRS ที่ทำการร้องขอนั้น โดยทั่วไปอุปกรณ์ SGSN จะทำการคัดเลือกอุปกรณ์ GGSN ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากความสามารถของอุปกรณ์ GGSN ในการรองรับการสื่อสารตามที่เครื่องลูกข่ายร้องขอ เช่น เลือกอุปกรณ์ GGSN ที่รองรับการเชื่อมต่อแบบ X.25 หรือเลือกอุปกรณ์ GGSN ที่รองรับการเชื่อมต่อแบบ IP เป็นต้น

#### 3. อุปกรณ์ GGSN

ที่ได้รับการคัดเลือก ทำการตอบกลับไปยังอุปกรณ์ SGSN พร้อมกับส่งข้อมูล TID (Transaction Identity) สำหรับใช้ในการอ้างอิงกับอุปกรณ์ SGSN ซึ่งภายในตัวอุปกรณ์ GGSN เอง จะทำการบันทึกค่า TID เทียบกับเลขหมาย IP ของอุปกรณ์ SGSN สำหรับใช้ในการอ้างอิงเพื่อการติดต่อสื่อสารต่างๆในอนาคต จนกว่าอุปกรณ์ SGSN จะขอยกเลิกกระบวนการ PDP Context ในกรณีที่มีการขอเปลี่ยนแปลงจุดเชื่อมต่อไปเป็นอุปกรณ์ GGSN อื่น

#### 4. เมื่ออุปกรณ์ SGSN

ได้รับการยืนยันจากอุปกรณ์ GGSN แล้วก็จะทำการส่งข้อมูล กลับไปยังเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์ GPRS ที่ทำการร้องยืนยันว่ากระบวนการ PDP Context Activation ได้เสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้ว พร้อมกันนั้นอุปกรณ์ SGSN ก็จะบันทึกค่า TID ที่เป็นเลขหมายอ้างอิงซึ่งได้รับจากอุปกรณ์ GGSN ที่ตนเป็นผู้เลือก พร้อมกับบันทึกค่าหมายเลข ID ของอุปกรณ์ GGSN เพื่อใช้ในการอ้างอิงสำหรับการสื่อสารข้อมูลใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เองในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

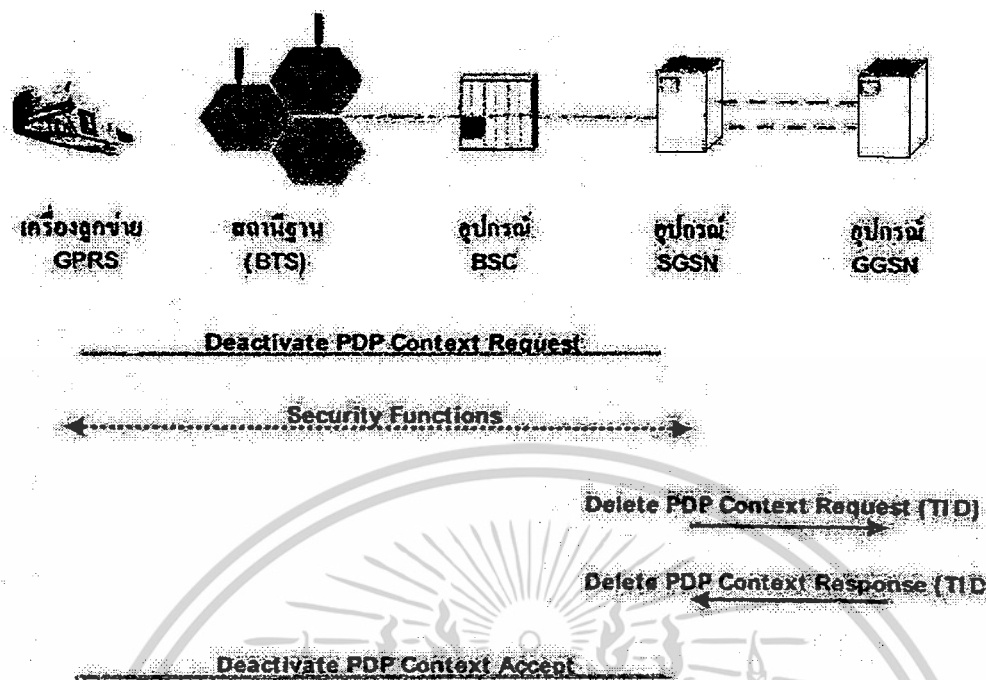
อนาคตเช่นเดียวกัน กระบวนการเหล่านี้ก็คือ การส่งข้อมูลผ่านอุโมงค์ หรือ Tunneling ระหว่างอุปกรณ์ SGSN กับ GGSN หากจะกล่าวลงไปในรายละเอียดเชิงปฏิบัติแล้ว กระบวนการ PDP Context Activation สามารถเริ่มต้นกระทำได้ทั้งโดยจากเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS หรือจากอุปกรณ์ GGSN ภายในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เอง คล้ายๆกับกระบวนการ GPRS Detach ที่ได้กล่าวถึงไว้ข้างต้น

เมื่อเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ได้ดำเนินกระบวนการ GPRS Attach และ PDP Context Activation เสร็จสิ้นลงแล้ว ก็เท่ากับขณะที่อุปกรณ์เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ทั้งในส่วน ของอุปกรณ์ SGSN และ GGSN มีความพร้อมที่จะให้บริการสื่อสารข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นการรับข้อมูลหรือ ส่งข้อมูล ให้กับเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้ว โดยทั้งอุปกรณ์ SGSN, GGSN และเครื่องลูกข่าย โทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ใช้ข้อมูลโปรไฟล์ PDP ในการอ้างอิงถึงกัน สิ่งที่ควรทราบก็คือ ทันทีที่ กระบวนการ PDP Context Activation สำเร็จลง ก็จะเท่ากับว่าเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS นั้นๆ เป็นที่รู้จักของคอมพิวเตอร์ หรือแอปพลิเคชันต่างๆภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายนอกที่เชื่อมต่ออยู่กับ เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS แล้ว เปรียบเทียบง่าย ๆ คล้ายกับกรณีของการหมุนโมเด็มเพื่อเชื่อมต่อ เครื่องคอมพิวเตอร์ เข้ากับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ของบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP : Internet Service Provider) ต่างๆ เมื่อเชื่อมต่อแล้วผู้ให้บริการก็สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์นั้นในการรับ หรือส่งข้อมูล ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์กับแอปพลิเคชันอื่นๆในโลกอินเทอร์เน็ตได้อย่างไม่มีขีดจำกัดใดๆ โดยการ บริหารจัดการต่างๆนั้นเป็นหน้าที่ของเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ของ ISP รายนั้นๆ ในกรณีของ เครือข่าย GPRS ก็เป็นไปในลักษณะเดียวกัน เทียบได้ว่าเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เป็นเสมือนกับ เครื่องคอมพิวเตอร์ตามบ้านที่ต้องหมุนโมเด็มไปยังบริษัท ISP สำหรับอุปกรณ์ SGSN และ GGSN ก็จะทำ หน้าที่เสมือนกับคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ของ ISP นั้นเอง เมื่อใดที่การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้บริการกับ แอปพลิเคชันบนโลกอินเทอร์เน็ตจบสิ้นลง ก็จะเป็นการเริ่มต้นกระบวนการ PDP Context Deactivation

## 2.20 กระบวนการ PDP Context Deactivation

กระบวนการเริ่มต้นจากเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งข้อมูล Deactivate PDP Context Request ไปยังอุปกรณ์ SGSN ดังที่แสดงในรูปที่ 2.22 หากผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS รายใดมี การกำหนดใช้ระบบรักษาความปลอดภัย (Security) ก็จะมีกลไกการตรวจสอบรักษาความปลอดภัยทำงาน ในขั้นตอนนี้ไปพร้อมกันด้วย หลังจากนั้นอุปกรณ์ SGSN ก็จะส่งข้อมูล Delete PDP Context Request พร้อมกับหมายเลข TID ซึ่งใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงไปให้กับอุปกรณ์ GGSN มีผลทำให้อุปกรณ์ GGSN ลบ ข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับหมายเลข TID ดังกล่าวออกจากระบบฐานข้อมูลของตนเอง จากนั้น GGSN จึง ส่งข้อมูล Delete PDP Context Response พร้อมกับกำกับหมายเลข TID เดิมกลับคืนไปให้กับอุปกรณ์ SGSN สาเหตุที่ต้องส่งค่า TID กลับคืนมาให้ก็เพื่อทำให้อุปกรณ์ SGSN ไม่สับสน ในกรณีที่มีการร้องขอ กระบวนการดังกล่าวจากเครื่องลูกข่าย GPRS หลายเครื่องพร้อมๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



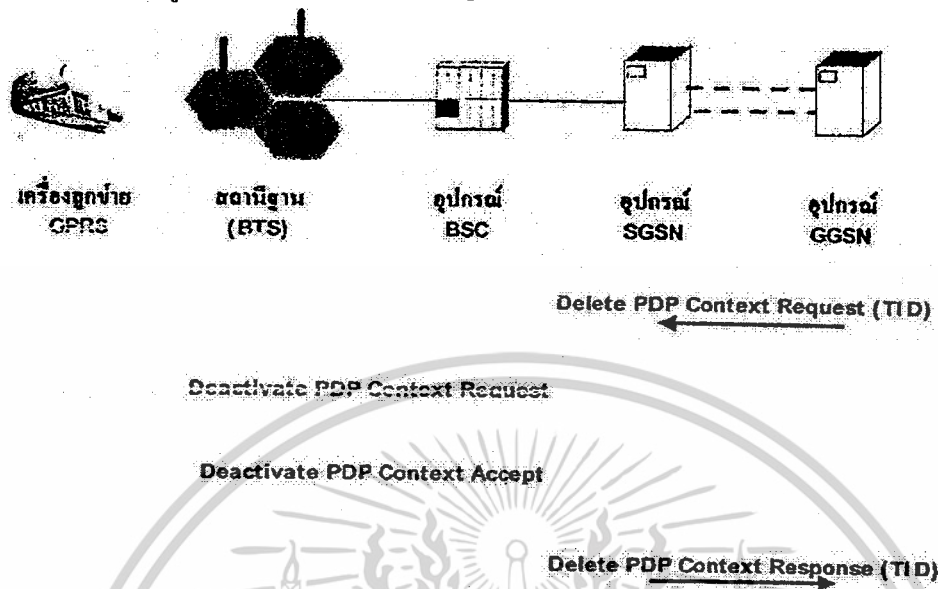
รูปที่ 2.34 การดำเนินการกระบวนการ PDP Context Deactivation โดยเป็นการร้องขอจากเครื่องลูกข่าย

สิ่งที่น่าสนใจก็คือ ในระบบเครือข่ายที่มีการกำหนดจัดสรรเลขหมาย IP ภายในข้อมูลโปรไฟล์ PDP ให้กับเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบครั้งต่อครั้ง (Dynamic IP Assignment) ดังได้กล่าวในบทที่ 9 อุปกรณ์ GGSN จะทำการปล่อยเลขหมาย IP ดังกล่าวไว้ข้างไว้เพื่อใช้ในการจัดสรรให้กับเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS เครื่องอื่นๆ ที่ขอทำกระบวนการ PDP Context Activation ต่อไป หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการต่างๆที่อุปกรณ์ที่อุปกรณ์ GGSN และ SGSN แล้ว อุปกรณ์ SGSN ก็จะส่งข้อมูล Deactivate PDP Context accept กลับไปให้ยังเครื่องลูกข่าย GPRS ที่ทำการร้องขอนั้น เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการทั้งหมด

สำหรับในกรณีเครื่องลูกข่าย GPRS มีการร้องขอ Detach ตามที่ผู้เขียนได้กล่าวไว้ข้างต้น กระบวนการ PDP Context Deactivation ก็จะเกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้เนื่องจากสถานการณ์ Detach นั้นมีความหมายที่ใหญ่กว่า PDP Context Deactivation มาก ตัวอย่างเช่น เครื่องลูกข่ายหมดกำลังไฟเลี้ยงหรือไม่อยู่ในบริเวณที่สามารถติดต่อสื่อสารกับระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ จึงสมควรที่จะบังคับให้เกิดกระบวนการ PDP Context Deactivation ไปโดยปริยาย เพื่อให้ทำให้อุปกรณ์ SGSN และ GGSN มีขีดความสามารถเหลือพอที่จะรองรับการสื่อสารข้อมูลของเครื่องลูกข่าย GPRS เครื่องอื่นๆได้

นอกจากการร้องขอโดยเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS แล้ว อุปกรณ์ GGSN ก็สามารถเป็นฝ่ายเริ่มต้นขอดำเนินการกระบวนการ PDP Context Deactivation ได้เช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.23 โดยอุปกรณ์ GGSN เป็นฝ่ายส่งข้อมูล Delete PDP Context Request พร้อมหมายเลข TID อ้างอิงไปให้กับอุปกรณ์ SGSN เพื่อขอให้ทำการลบฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหมายเลข TID นั้น ซึ่งอุปกรณ์ SGSN จะดำเนินการตามคำขอ พร้อมกับส่งคำสั่ง Deactivation PDP Context Request เพื่อแจ้งให้เครื่องลูกข่าย GPRS นี้ได้รับทราบสถานภาพการใช้บริการจากเครือข่ายในขณะนั้นนั้น เครื่องลูกข่ายจะตอบกลับด้วยข้อมูลไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Deactivation PDP Context Accept ไปยังอุปกรณ์ SGSN ซึ่งจะทำการยืนยันการกิจเสร็จสิ้นไปให้กับอุปกรณ์ GGSN ด้วยข้อมูล Delete PDP Context Response เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการดังกล่าว



รูปที่ 2.35 การดำเนินกระบวนการ PDP Context Deactivation โดยเป็นการร้องขอจากเครือข่าย

หลังจากนี้ไป เครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS จะไม่สามารถทำการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ได้อีกต่อไป โดยเมื่อจะมีการติดต่อสื่อสารครั้งใหม่ เครื่องลูกข่าย GPRS จะต้องเริ่มกระบวนการ PDP Context Activation อีกครั้งหนึ่ง ยกเว้นเครื่องลูกข่ายที่อยู่ในสถานะ Detach ที่จะต้องเริ่มต้นด้วยกระบวนการ GPRS Attach เป็นอันดับแรกเสียก่อน

**2.21 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม**

รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งมีข้อดีคือ ใช้สายสัญญาณน้อยและส่งได้เป็นระยะทางไกล สำหรับโครงการนี้ใช้การติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ รับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการเปลี่ยนระดับสัญญาณไฟฟ้าได้ตามมาตรฐานในการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งสัญญาณข่าวสารที่จะถูกประมวลผลโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

**2.21.1 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม**

โดยปกติเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นอนุกรมชื่อว่า RS-232 อยู่ในตัวมันเองอยู่แล้ว ซึ่งพอร์ต RS-232 นี้ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรม (Universal Asynchronous Adapter) เหตุที่มีชื่อเรียกว่า RS-232 ก็เนื่องมาจาก สมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา หรือ EIA ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า RS-232

**2.20.2 มาตรฐาน RS-232**

มาตรฐาน RS-232 ได้จัดพิมพ์ขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1969 RS ย่อมาจาก Recommended Standard ส่วน 232 คือ หมายเลขบัญชีมาตรฐานตัวนี้ และ C เป็นหมายเลขฉบับของมาตรฐานตัวนี้ จุดประสงค์ของมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS-232 ก็เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล สำหรับผู้ใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไป DTE ก็หมายถึง ตัวไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วน DCE หมายถึง โมเด็ม และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่รับสัญญาณแบบอนุกรม อาจจะเป็นไปได้ทั้ง DTE และ DCE ซึ่งจะขึ้นอยู่กับผู้ผลิต สำหรับข้อแตกต่างของ DTE และ DCE จะเห็นได้จากรูป ซึ่งจากรูปจะเห็นว่า RS-232 C มีส่วนสำคัญอย่างมากสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์

### 2.20.3 อุปกรณ์ DTE และ DCE

ตามมาตรฐาน RS-232 C อุปกรณ์ DTE ควรใช้หัวต่อตัวผู้ และอุปกรณ์ DCE ควรใช้หัวต่อตัวเมีย อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตไม่ได้ปฏิบัติตามกฎนี้เสมอไป ดังนั้นจึงไม่แยกแยะอุปกรณ์ DTE และ DCE โดยการมองผ่านๆ ได้เสมอไป เมื่อทราบว่าอุปกรณ์หนึ่งเป็น DTE อีกตัวหนึ่งเป็น DCE ในทางทฤษฎีแล้วสามารถเชื่อมต่อได้อย่างง่ายดาย โดยการเชื่อมต่อสายที่มีหมายเลขตรงกัน เช่น เส้นที่ 2 กับ 2, 3 กับ 3 เป็นต้น เรียกว่า การเชื่อมต่อแบบตรงไปตรงมา แต่มีผู้ผลิตบางรายไม่ได้ทำตามมาตรฐาน และทำให้เกิดปัญหาหลายอย่างเช่นเดียวกับวิธีการกับสถานการณ์ที่อุปกรณ์ทั้ง 2 เป็น DTE หรือ DCE เหมือนกัน ในตอนนี้ถือว่าอุปกรณ์หนึ่งเป็น DTE อีกตัวหนึ่งเป็น DCE แต่ละฝ่ายจะส่งสัญญาณที่อีกฝ่ายต้องการบนสายที่ตรงกัน

### 2.20.4 การกำหนดขา RS-232 สำหรับ DB-9

การกำหนดขาสัญญาณของ Connector อนุกรม 9 ขา (DB-9) แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.8 การจัดการขาของ Connector อนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25

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

- DCD (Data Carrier Detect) หรือ อาจเรียกว่า CD (Carrier Detect) ขานี้จะทำงานเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห้จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติขานี้จะไม่ถูกใช้งานมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RD (Received Data : RxD) เป็นทางสัญญาณเข้าไปยัง DTE หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามาจะมีสถานะลอจิกเป็น “1”
- TD (Transmitted Data : TxD) เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (หรือ ตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็ม หรือต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออก สถานะภาพของลอจิกที่ขานี้มีค่าเท่ากับ “1” หรือ เทียบเท่ากับ stop bit
- DTR (Data Terminal Ready) เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์ เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อดำเนินไป โดยขา DTR นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ Null modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น และต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน และต้องต่อกับขา DSD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห้
- GND (Signal Ground) กราวด์ระบบ
- DSR (Data Set Ready) ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอก ซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR
- RTS (Request To Send) เป็นขาสำหรับสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null modem จะต้องเชื่อมต่อกับขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- CTS (Clear To Sent) ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมรับข้อมูลหรือไม่
- RI (Ring Indicator) ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้ก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อโมเด็ม และโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

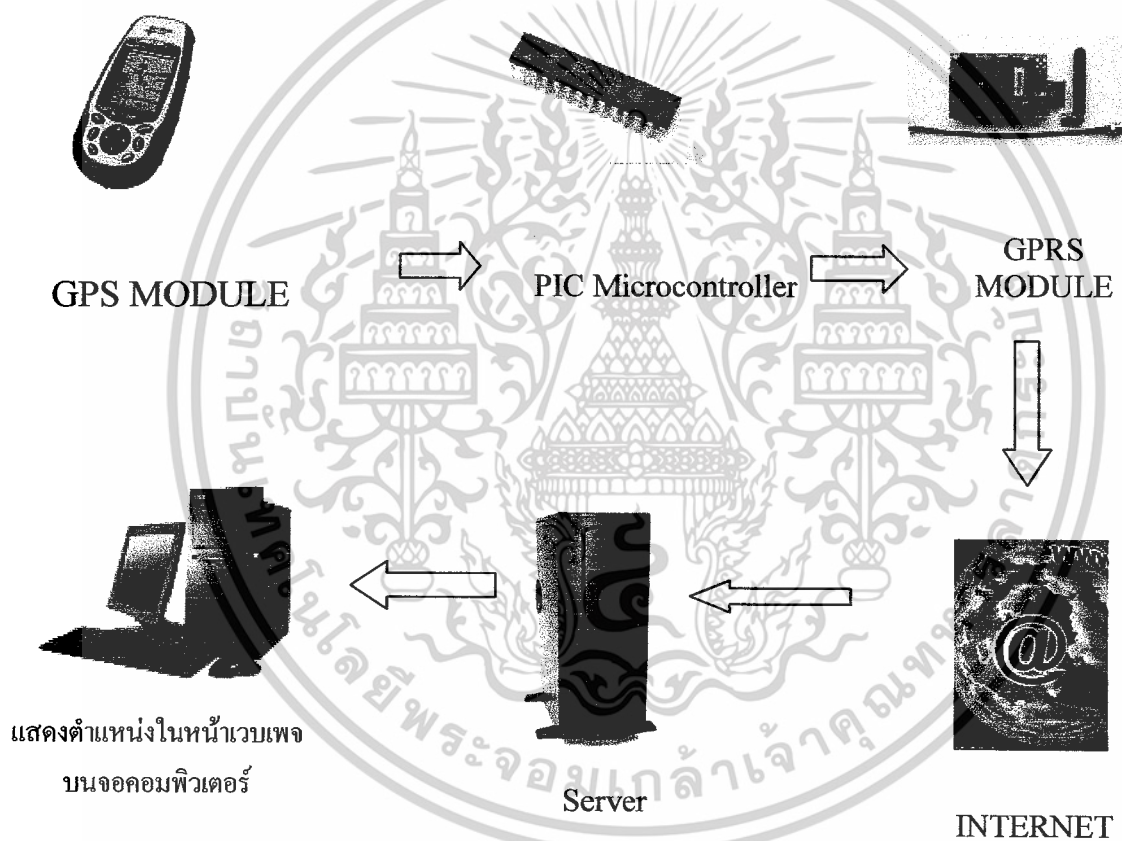
#### การออกแบบและการสร้าง

##### 3.1 การออกแบบโครงการ

บทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการออกแบบทั้งหมดและขั้นตอนการทำงาน โดยรายละเอียดในการออกแบบทั้งหมดแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนของ Hardware ส่วนนี้จะกล่าวถึงการรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอส การลดขนาดของข้อมูลที่ได้รับเพื่อเป็นการประหยัดหน่วยความจำ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการลดขนาดข้อมูลและส่งข้อมูลไปทางส่วนของโมดูลจีพีอาร์เอส

2. ส่วนของ Software จะทำการรับข้อมูลและบันทึกข้อมูลใน Microsoft Access แล้วแสดงผลผ่านเว็บเพจที่สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรมภาษา PHP และ Javascript ซึ่งอ้างอิงแผนที่จาก Google Maps



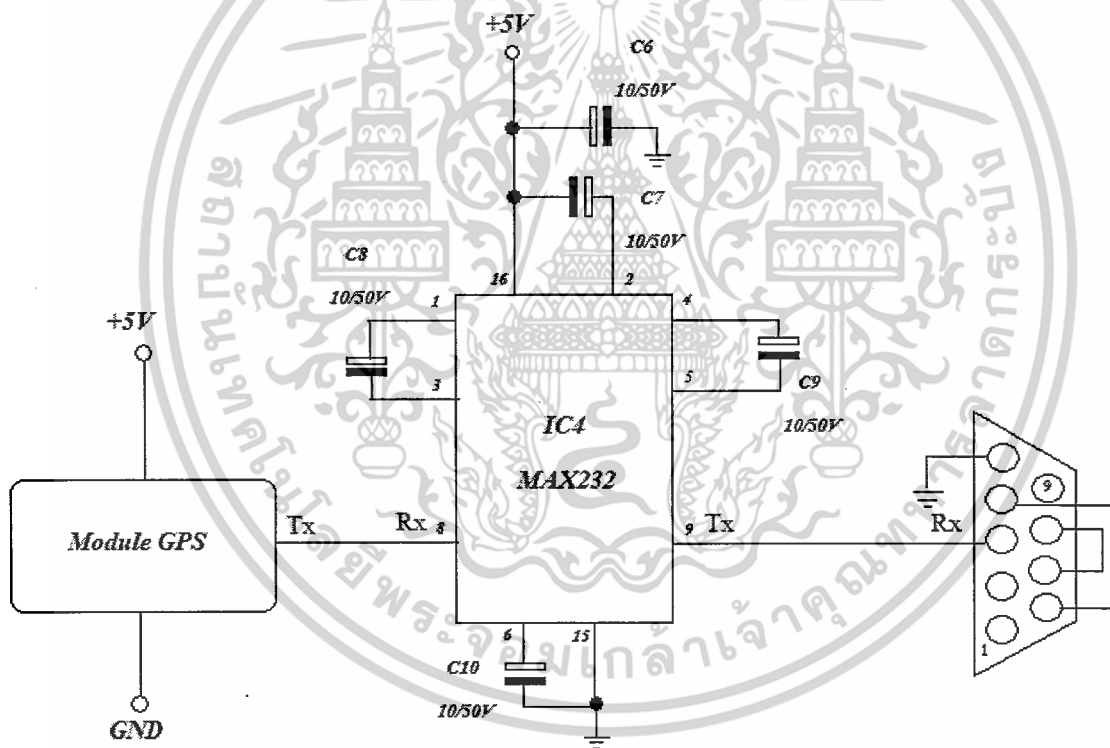
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานโดยรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ส่วนรับสัญญาณจากโมดูลจีพีเอส (Hardware)

#### 3.2.1 วงจรสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์

การสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับ จีพีเอสหรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรม วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS -232 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ สำหรับโครงการนี้ได้เลือกใช้ไอซี MAX 232 ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS -232 จากที่กล่าวได้ว่าการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐานแบบ RS -232 จะกำหนดระดับแรงดัน + 3 โวลต์ถึง +25 โวลต์ แทนลอจิก 0 และ แรงดัน - 3 โวลต์ ถึง - 25 โวลต์ แทนลอจิก 1 แต่แหล่งจ่ายแรงดันในวงจรมีแรงดันสูงสุดเพียง 5 โวลต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอซี MAX - 232 เนื่องจากไอซีนี้ต้องการไฟเลี้ยงเพียง +5 โวลต์เท่านั้น แต่สามารถให้สัญญาณเอาต์พุต +10 โวลต์และ -10 โวลต์ได้ โดยใช้หลักการของวงจรทวีแรงดันขนาด 2 เท่ารูปที่ 3.6 จะเป็นการแสดงการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซี MAX - 232



รูปที่ 3.2 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบอาร์เอส 232

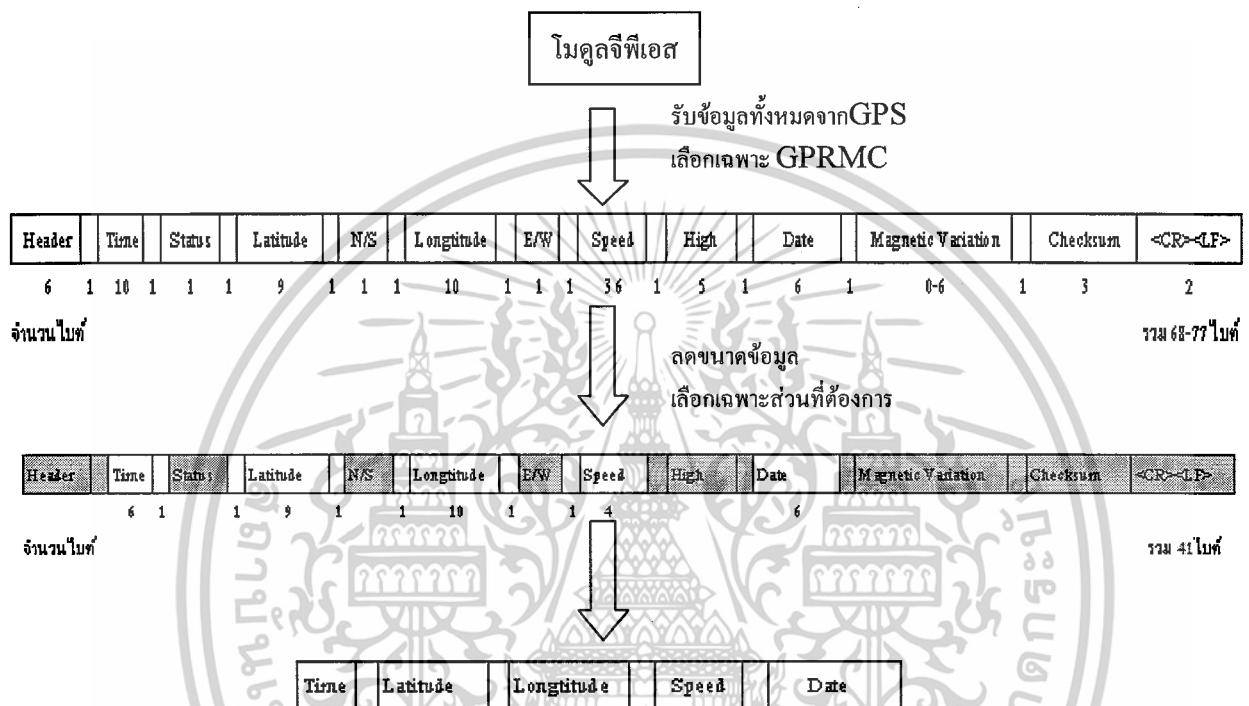
#### 3.2.2 การจัดการในการลดขนาดข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับมาจากจีพีเอสนั้นจะมีข้อมูลมากมายที่ไม่จำเป็น ตัวอย่างเช่น \$GPGGA, \$GPGLL, \$GPGSA, \$GPGSV, \$PMGNST เป็นต้น แต่เราก็ไม่ต้องการข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ เพราะเราต้องการเพียงข้อมูลที่ บอกเวลาอยู่ที่, ละติจูด, ลองจิจูด และ วันที่เท่านั้น ซึ่งข้อมูลทั้งหมดมีอยู่ในประโยค \$GPRMC (ข้อมูลที่ขีดเส้นใต้)

เอกสารนี้เป็น \$GPRMC, hhhmss.ss,A,llll.l,a,yyyy.yy,b,x,x,z,ddmmyy.g,g,a\*hh ถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจึงเลือกเอาประโยค \$GPRMC มาใช้งาน มีข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 68-77 ไบต์ (อักขระแอสกี 1 ตัวมีความยาว 1 ไบต์) แต่เนื่องจากจีพีเอสรับข้อมูลมาทุกๆวินาทีและทุกๆประโยค จึงทำให้ข้อมูลมีปริมาณมากและยังทำการเอาข้อมูลมาใช้นั้นเป็นการสิ้นเปลืองในการทำงานโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นจึงทำการลดขนาดข้อมูลของสัญญาณจากจีพีเอส โดยนำเอาสัญญาณที่ได้นั้นผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการลดขนาดข้อมูลลงซึ่งจะได้ข้อมูลที่เรากำลังต้องการใช้ในประโยค GPRMC เท่านั้น ซึ่งข้อมูลจะลดลงเหลือแค่ 41 ไบต์



รูปที่ 3.3 การลดจำนวนไบต์ข้อมูล

ตัวอย่างการลดขนาดข้อมูล

หากข้อมูลที่รับได้เป็นดังนี้

\$GPRMC,161229.999,A,1343.6524,N,10046.5696,E,10.8,309.62,120808,\*10<CF><LF>

เมื่อส่วนที่ขีดเส้นใต้คือข้อมูลที่จะใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย

เวลา = 16:12:29

ละติจูด = 13 องศา 43.6524 ลิปดา

N/S = N

ลองจิจูด = 100 องศา 46.5696 ลิปดา

W/E = E

วันที่ = วันที่ 12 เดือน 8 ปี 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 AT COMMAND

AT COMMAND คือคำสั่งมาตรฐาน ที่สามารถใช้ติดต่อกับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆเช่น โมเด็มหรืออุปกรณ์ DTE เพื่อโต้ตอบตั้งค่าหรือสั่งงานอุปกรณ์เหล่านั้นให้ทำงานตามที่ต้องการและ สำหรับการติดต่อกับโทรศัพท์มือถือจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า DTAC AT COMMAND

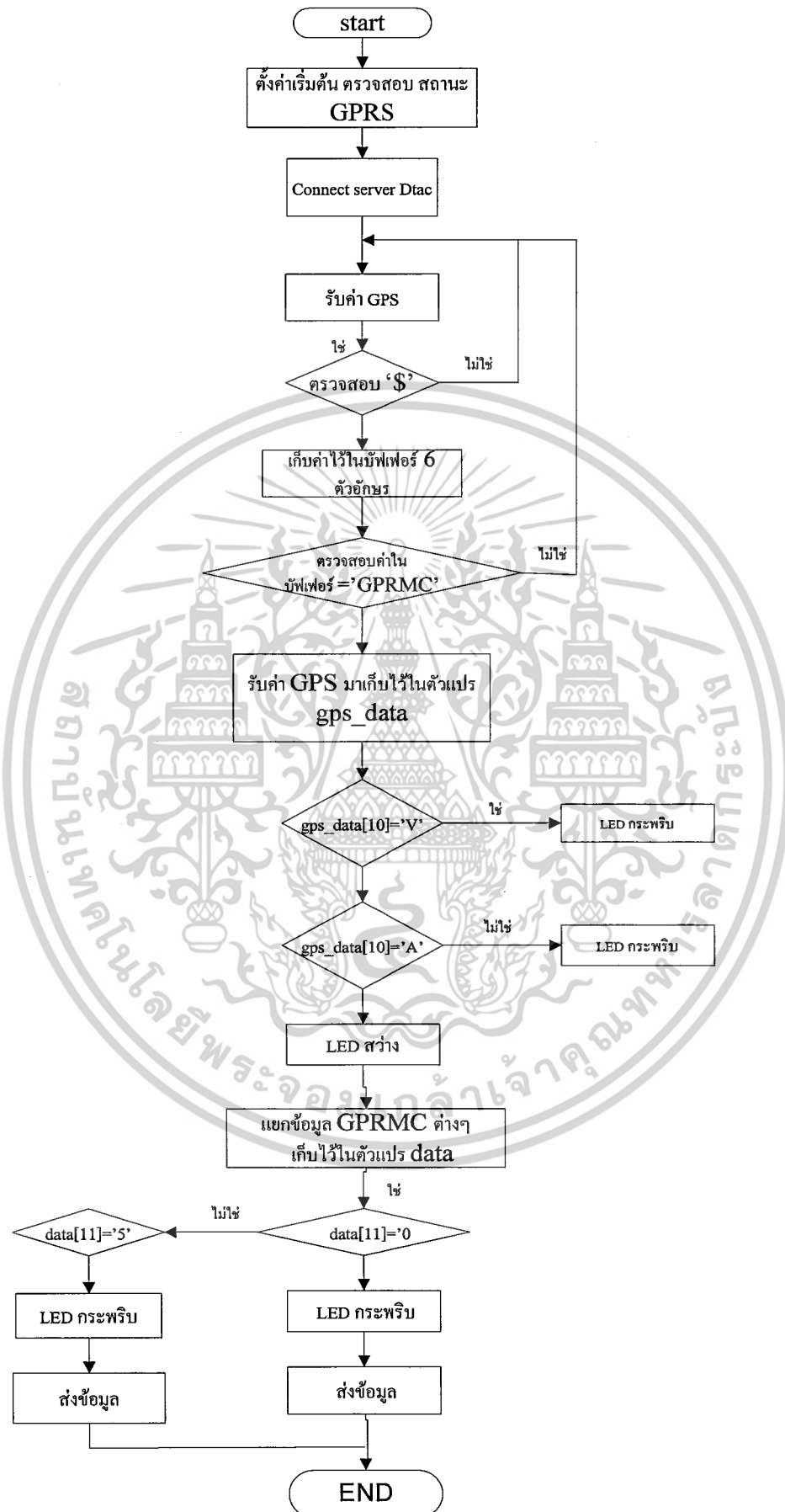
ตัวอย่างคำสั่งที่เป็น BASIC AT COMMAND

AT	ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ ถ้าสามารถติดต่อกันได้อุปกรณ์จะตอบกลับมาว่า OK
ATD phone number;	โทรไปยังเลขหมายปลายทาง
ATH	วางสาย
ATA	รับสาย
AT COMMAND ที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อจีพีอาร์เอสของโมดูลจีพีอาร์เอส	
AT+creg=1	อุปกรณ์จะตอบกลับมาว่า OK
AT+cgdcont=1,"IP","www.dtac.co.th"	อุปกรณ์จะตอบกลับมาว่า OK
AT=cstt="www.dtac.co.th"	อุปกรณ์จะตอบกลับมาว่า OK
AT+ciisr	อุปกรณ์จะตอบกลับมาว่า OK
AT+cdnsfcg	อุปกรณ์จะตอบ IP กลับมา
AT+cipstatus	อุปกรณ์จะตอบกลับมาว่า OK และ STATE : IP STATUS
AT+cipstart="TCP","IP Address","port"	อุปกรณ์จะตอบกลับมาว่า OK และ CONNECT OK

### 3.2.4 วงจรรวมทั้งหมด

เป็นวงจรที่ใช้ในการตัดข้อมูลที่ได้รับมาจาก GPS โดยจะเอาเฉพาะค่า GPRMC และเมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการแล้วก็จะทำการส่งข้อมูลออกไปทางโมดูล GPRS อีกทีหนึ่ง โดยจะทำการผ่านวงจร MAX 232 ก่อนเพื่อทำการแปลงแรงดันสัญญาณ





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สรุปที่ 3.5 ไฟล์ข่าวที่การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

#### 3.3.1 การออกแบบฐานข้อมูล Microsoft Access

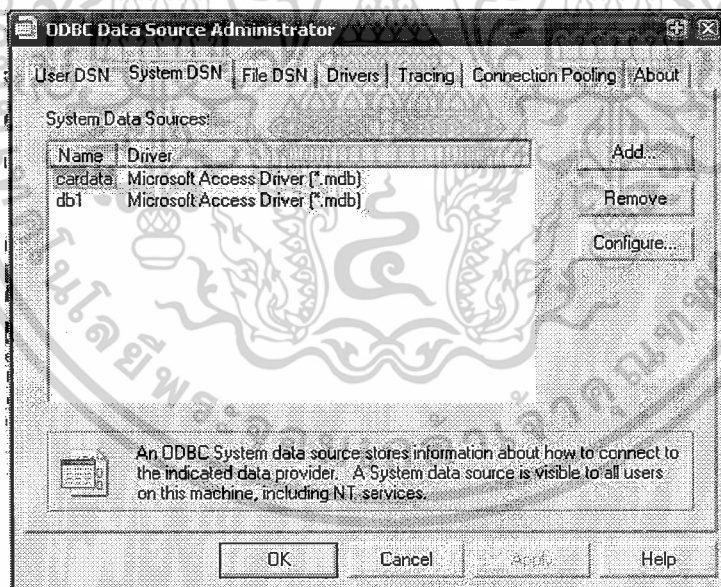
การออกแบบฐานข้อมูลนั้นได้ออกแบบให้มีตารางสำหรับเก็บค่า วันที่ เวลา ละติจูด ลองจิจูด และความเร็ว ซึ่งข้อมูลทั้งหมดเก็บเป็นข้อมูลประเภท Text file

cardata : ตาราง	
ชื่อเขตข้อมูล	ชนิดข้อมูล
ID	AutoNumber
Date	Text
Time	Text
Latitude	Text
Longitude	Text
Speed	Text

รูปที่ 3.6 ตารางการออกแบบฐานข้อมูล

เมื่อสร้างฐานข้อมูลได้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะต้องสร้าง DSN (Data Source Name) เนื่องจากการติดต่อฐานข้อมูลผ่าน ODBC จะใช้ไดรฟ์เวอร์ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง DSN ดังนี้

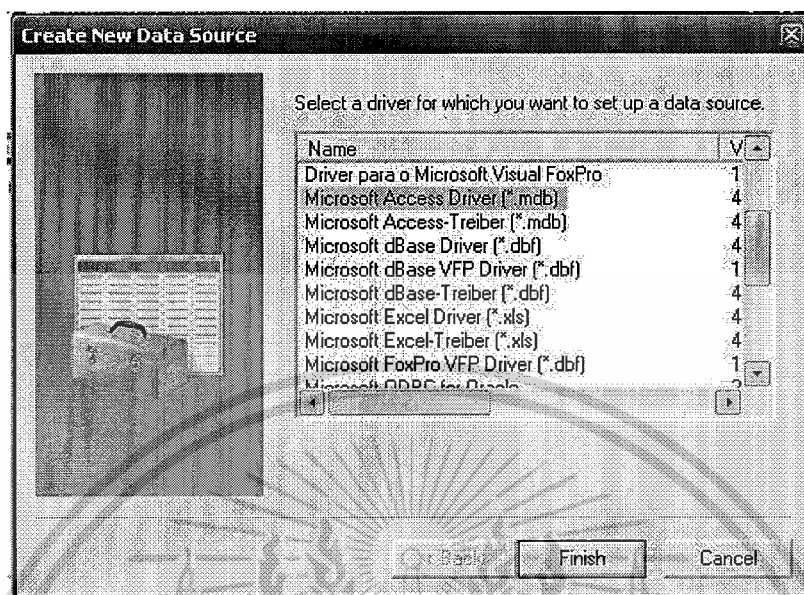
1. เข้าที่ control panel > Administrative tools > data source ODBC > เลือกแท็บ System DSN



รูปที่ 3.7 วิธีเชื่อมต่อ ODBC(1)

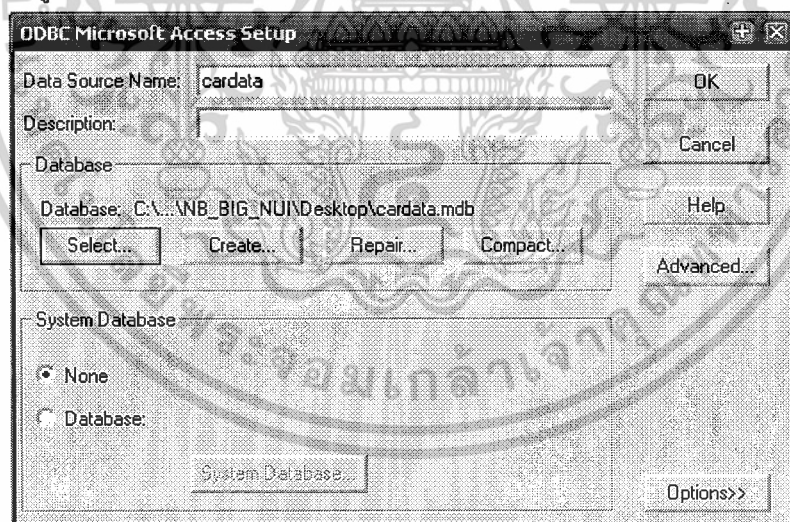
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คลิก Add เลือก Microsoft Access Driver (\*.mdb) > Finish



รูปที่3.8 วิธีเชื่อมต่อ ODBC(2)

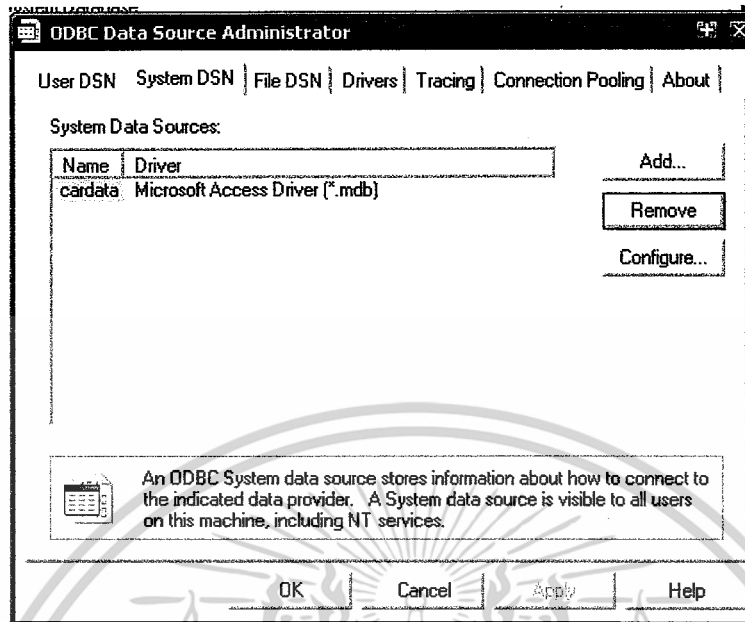
3. ตั้งชื่อในช่อง Data Source Name เป็นชื่อเดียวกับฐานข้อมูล และคลิก Select เพื่อเลือกไฟล์ที่ตั้งของฐานข้อมูลที่เราจะนำมาใช้



รูปที่3.9 วิธีเชื่อมต่อ ODBC(3)

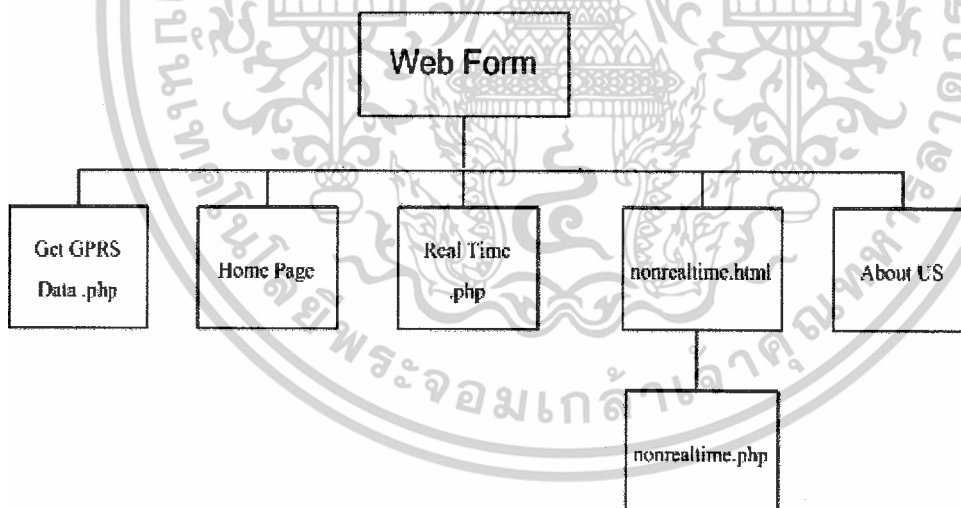
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. คลิก OK ก็จะพร้อมใช้ฐานข้อมูลที่เรเตรียมไว้



รูปที่ 3.10 วิธีเชื่อมต่อ ODBC(4)

#### 3.3.1 การออกแบบโครงสร้างของเว็บไซต์ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ब्ल็อกไดอะแกรมส่วนประกอบหน้า website

##### หมายเหตุ

ไฟล์ getgprsdta.php ใช้สำหรับเก็บข้อมูลจาก GPRS เข้าฐานข้อมูล

ไฟล์ homepage.html เป็นหน้าแรกของเว็บไซต์

ไฟล์ realtime.php เป็นหน้าที่สามารถแสดงผลตำแหน่งรถปัจจุบันได้ และมีการrefresh หน้าทุก 30 วินาที

ไฟล์ nonrealtime.html เป็นหน้าที่ให้กรอกวันที่ปัจจุบันเพื่อส่งค่าให้ nonreralttime.php ต่อไป

ไฟล์ nonreralttime.php ทำการดึงข้อมูลแบบมีเงื่อนไขจากดาต้าเบสและแสดงผลประวัติเส้นทางการเดินรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การออกแบบหน้าเว็บเพจ

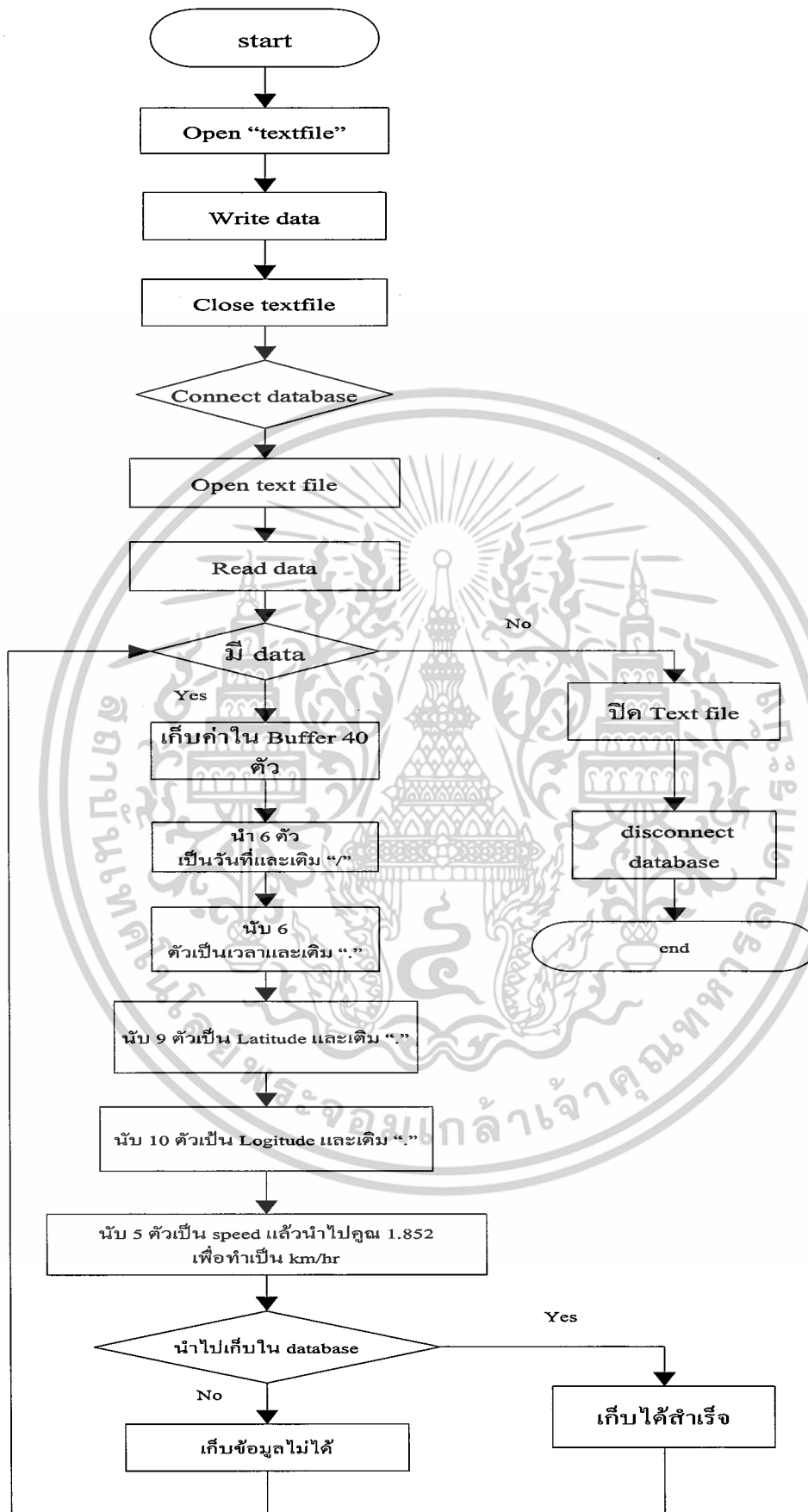
ทำการแบ่งเนื้อหาของหน้าเว็บเพจออกเป็นเฟรมย่อยๆ จำนวน 3 เฟรมซึ่งแต่ละเฟรมจะแสดงผล ดังรูปที่ 3.12

ส่วนแสดงผล head.html	
ส่วนแสดงผล Menu.html	ส่วนแสดงผล homepage.html realtime.php nonreaitime.html nonreaitime.php aboutus.html

รูปที่ 3.12 รูปแบบหน้าเว็บเพจ

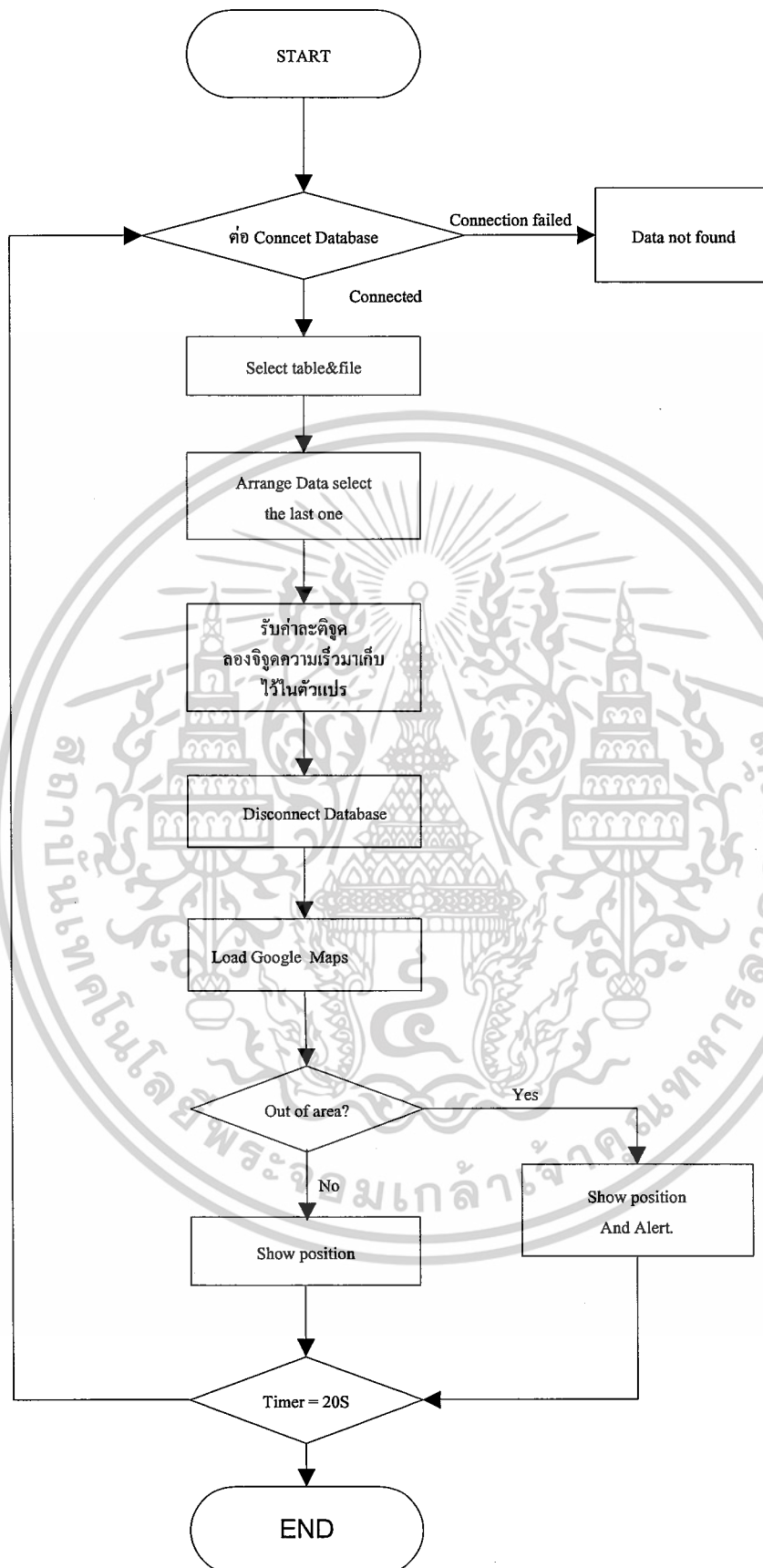
### 3.3.4 การเขียนโปรแกรม

ใช้ภาษา Java script และ PHP ร่วมกับ HTML ในการเขียนหน้าเว็บเพจและ ทำเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งมีไฟล์วอร์ทซ์ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมดังนี้



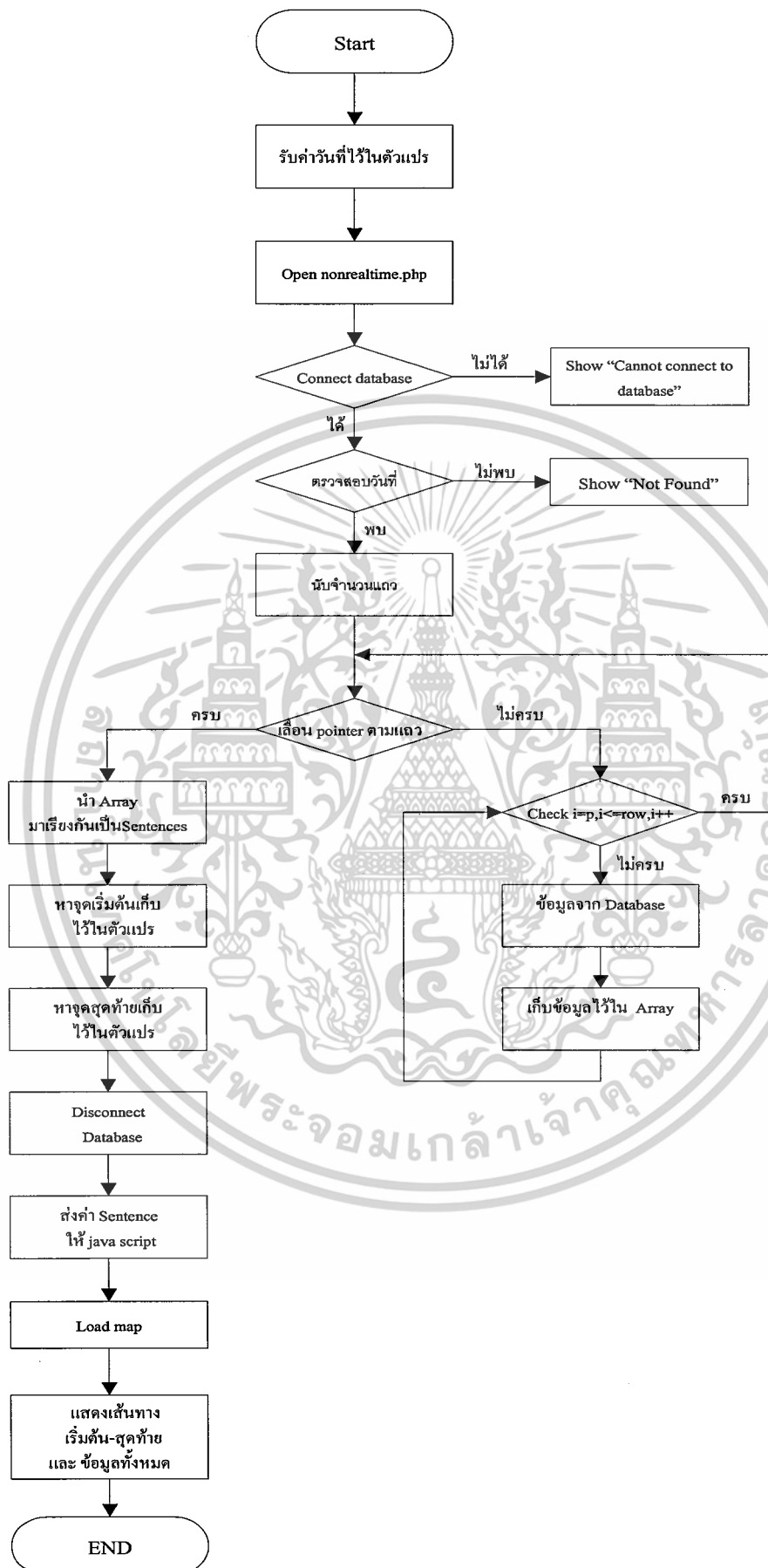
รูปที่ 3.13 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของกรเก็บค่า GPS เข้า Database

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ไฟล์ซอร์ซการทำงานของการทำงานของการแสดงผลแบบ RealTime

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 3.15 ไฟล์ชาร์ทการทำงานของกรมแสดงผลแบบ History  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

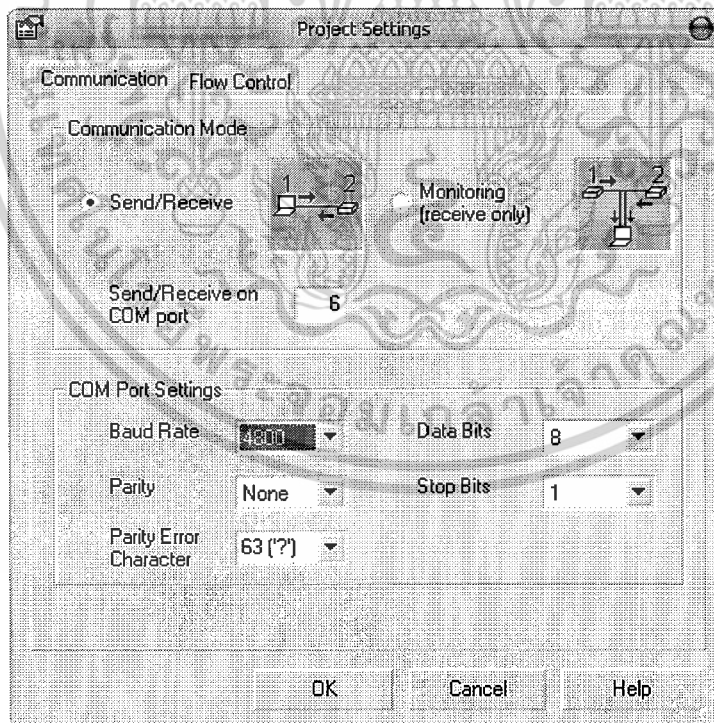
เราจะทำการแยกผลการทำงานเป็น 2 ส่วนดังนี้

#### 4.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์

##### 4.1.1 ส่วนของจีพีเอสเมื่อทำการรับค่าโดยตรง

โดยก่อนที่เราจะนำข้อมูลจากจีพีเอสไปนั้น ต้องศึกษารูปแบบการส่งและ ดูข้อมูลจากจีพีเอส โดยตรงก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งการเชื่อมต่อนั้นจะเป็นการเชื่อมต่อโดยตรงใช้สายผ่าน Serial Port RS-232 ซึ่งจะต่อขา Tx, Ground และ ไฟเลี้ยง เข้ากับโมดูลจีพีเอสและ ต่อขา Rx, Ground และ ไฟเลี้ยงเข้ากับ คอมพิวเตอร์ แต่เนื่องจากค่า Voltage output จากจีพีเอสนั้นมีค่าไม่ตรงกับ ค่า Voltage input ที่คอมพิวเตอร์จะอ่านค่าได้จึงต้องมีการเพิ่มวงจร MAX 232 เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถอ่านสัญญาณนั้นได้ และทำการรับค่าจากโมดูลจีพีเอสโดยใช้โปรแกรม Docklight ซึ่งต้องตั้งค่าบอดเรทให้เท่ากับ 4800 และ ตั้ง Com port ให้ตรงกับ port ที่ต่อกับจีพีเอส

เมื่อทำการเชื่อมต่อที่ถูกต้องแล้วจีพีเอสจะส่งค่าต่างๆมาแสดงผลบนโปรแกรม Docklight ซึ่งจะแสดงค่าทุกอย่างตามรูปแบบของจีพีเอส



รูปที่ 4.1 การตั้งค่าในโปรแกรม Docklight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

9/10/2551 13:46:24.07 [RX] - $GPGLL,1343.5541,N,10046.2220,E,064638.205,A*3D
$GPGGA,064638.21,1343.5541,N,10046.2220,E,1.04,10.3,00021,M,0.0,0.0,M,0.0,0.0,0000.00,W*59
$GPRMC,064638.21,A,1343.5541,N,10046.2220,E,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,W*59
$GPGSA,A,3,28,08,17,27,14,7,10,3,10,5*07
$GPGSV,3,1,10,27,83,267,41,07,78,155,11,61,053,08,58,328,51*72
$GPGSV,3,2,10,25,57,158,17,32,267,50,28,23,326,53,20,17,135,*78
$GPGSV,3,3,10,19,08,041,32,08,111,129,42,106,131,45,252,*79
$SPMGNST,05,34,3,T,605,05,1,+00573,00*47
$GPGLL,1343.5542,N,10046.2218,E,064639.201,A*30
$GPGGA,064639.20,1343.5542,N,10046.2218,E,1.04,10.2,00021,M,0.0,0.0,M,0.0,0.0,0000.00,W*51
$GPRMC,064639.20,A,1343.5542,N,10046.2218,E,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,W*51
$GPGSA,A,3,28,08,17,27,14,5,10,2,10,4*05
$GPGSV,3,1,10,27,83,267,41,07,78,155,11,61,053,08,58,328,50*73
$GPGSV,3,2,10,25,57,158,17,32,267,50,28,23,326,53,20,17,135,*78
$GPGSV,3,3,10,19,08,041,32,08,111,129,42,106,131,45,252,*79
$SPMGNST,05,34,3,T,605,05,1,+00576,00*42
$GPGLL,1343.5542,N,10046.2218,E,064640.197,A*32
$GPGGA,064640.20,1343.5542,N,10046.2218,E,1.04,5.4,00021,M,0.0,0.0,M,0.0,0.0,0000.00,W*5F
$GPRMC,064640.20,A,1343.5542,N,10046.2218,E,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,W*5F
$GPGSA,A,2,28,17,08,27,05,4,05,4,*1C
$GPGSV,3,1,10,27,83,267,36,07,78,155,11,61,053,08,58,328,49*7B
$GPGSV,3,2,10,25,57,158,17,32,267,51,28,23,326,53,20,17,135,*79
$GPGSV,3,3,10,19,08,041,32,08,111,129,42,106,131,45,252,*79
$SPMGNST,05,34,2,T,605,05,1,+00578,00*4D
$GPGLL,1343.5542,N,10046.2218,E,064641.205,A*3B
$GPGGA,064641.21,1343.5542,N,10046.2218,E,1.04,10.6,00021,M,0.0,0.0,M,0.0,0.0,0000.00,W*5F
$GPRMC,064641.21,A,1343.5542,N,10046.2218,E,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,W*5F
$GPGSA,A,3,28,08,17,27,15,1,10,6,10,7*07
$GPGSV,3,1,10,27,83,267,38,07,78,155,11,61,053,08,58,328,50*7D
$GPGSV,3,2,10,25,57,158,17,32,267,50,28,23,326,54,20,17,135,*7F
$GPGSV,3,3,10,19,08,041,32,08,111,129,42,106,131,45,252,*79
$SPMGNST,05,34,3,T,594,05,0,+00581,00*40
$GPGLL,1343.5542,N,10046.2217,E,064642.201,A*33

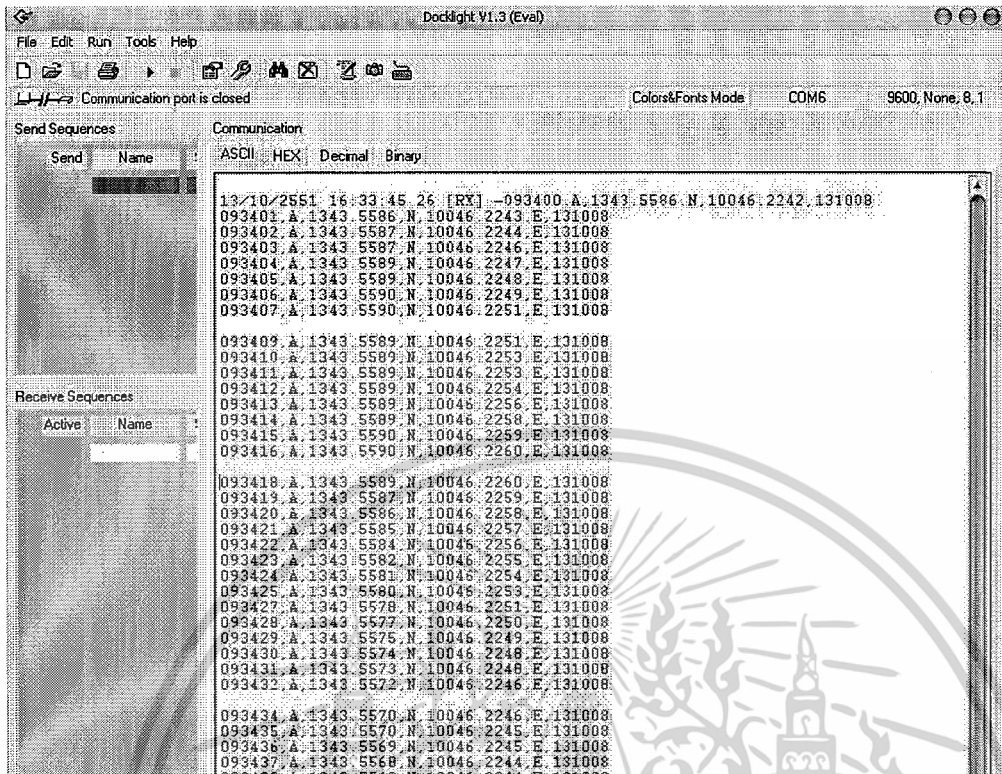
```

#### รูปที่ 4.2 ข้อมูลที่รับจากจีพีเอสโดยตรง

##### 4.1.2 ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

เนื่องจากค่าที่เรารับจากจีพีเอสนั้นจะมีประโยชน์ที่เราไม่ต้องการใช้งานส่งมาด้วย ทำให้เมื่อเรานำมาใช้งานนั้นจะเป็นการสิ้นเปลืองหน่วยความจำ ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ล่าช้า ดังนั้นเราจึงทำการตัดประโยชน์ในส่วนที่เราต้องการใช้งานเพียงอย่างเดียว ซึ่งประโยชน์นั้นคือ GPRMC เนื่องจากจะมีข้อมูลวันที่ เวลา ละติจูด ลองจิจูด ความเร็ว ซึ่งเป็นข้อมูลที่เราต้องการเท่านั้น ดังนั้นเราจึงทำการส่งค่าไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เพื่อทำการตัดประโยชน์เฉพาะส่วนที่ต้องการเท่านั้น

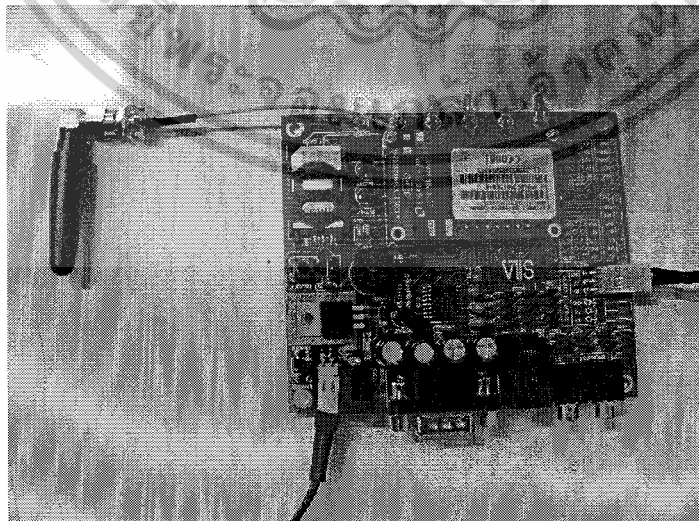
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ข้อมูลที่รับได้จากจีทีเอสเมื่อผ่านคอนโทรลเลอร์

#### 4.1.3 ส่วนของโมดูลจีทีเอส

ส่วนนี้จะเป็นการเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการส่งข้อมูลซึ่งก็คือประโยค GPRMC ที่เราได้ทำการตัดจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กับเซิร์ฟเวอร์เพื่อนำไปพล็อตลงบนแผนที่ โดยในส่วนนี้เราจะต้องใช้คำสั่ง AT Command ในการควบคุมโมดูลเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ได้ โดยเราจะเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ [www.dtac.co.th](http://www.dtac.co.th) เพื่อเตรียมพล็อตลงบนแผนที่



รูปที่ 4.4 โมดูลจีทีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

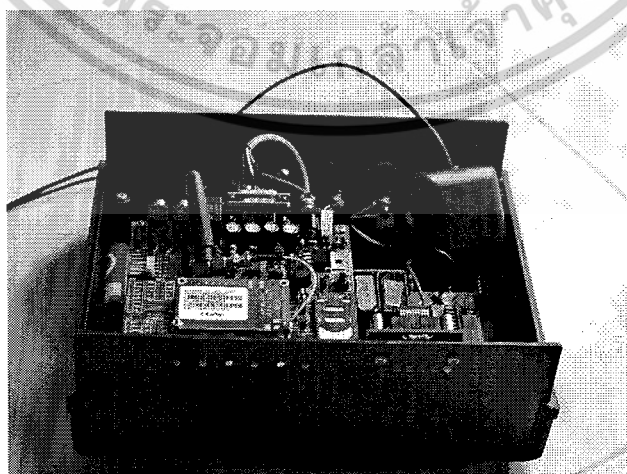
GPRS TEST - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
at
OK
at+cops?
+COPS: 0,0,"DTAC"
OK
at+creg=1
OK
at+cgdcont=1,"IP","www.dtac.co.th"
OK
at+cstt="www.dtac.co.th"
OK
at+ciicr
OK
at+cifsr
115.67.213.186
at+cdnsfsg="203.155.93.1","202.44.144.33"
OK
at+cdnsorip=0
OK
at+cipstatus
OK
STATE: IP STATUS
Connected 0:04:51 Auto detect 9600 8-N-1 NUM

```

#### รูปที่ 4.5 การใช้คำสั่ง AT Command กับ โมดูลจีพีอาร์เอส

##### 4.1.4 ทำการเชื่อมต่อจีพีเอสและจีพีอาร์เอสด้วยกัน

ส่วนนี้จะนำเอาอุปกรณ์ในส่วนของฮาร์ดแวร์ทั้งหมดมาต่อรวมกัน โดยเราจะทำการต่อจีพีเอสกับจีพีอาร์เอส โดยเราจะทำการรับค่าจีพีเอสเข้ามาทาง Serial Port ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการตัดประโยคที่ต้องการเท่านั้นซึ่งถ้าเราสามารถรับค่าจีพีเอสได้ หลอดแอลอีดีก็จะติดขึ้นมาแต่หากรับค่าได้ไม่ตีหรือรับค่าได้บางส่วนแอลอีดีจะกระพริบและส่งออกทาง Serial Port เหมือนกันให้กับจีพีอาร์เอสเพื่อทำการส่งข้อมูล โดยเราได้ทำการเขียนคำสั่ง AT Command เพื่อเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ลงในคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานเรียบร้อยแล้วซึ่งหากสามารถเชื่อมต่อได้ หลอดแอลอีดีก็จะติดเช่นเดียวกัน

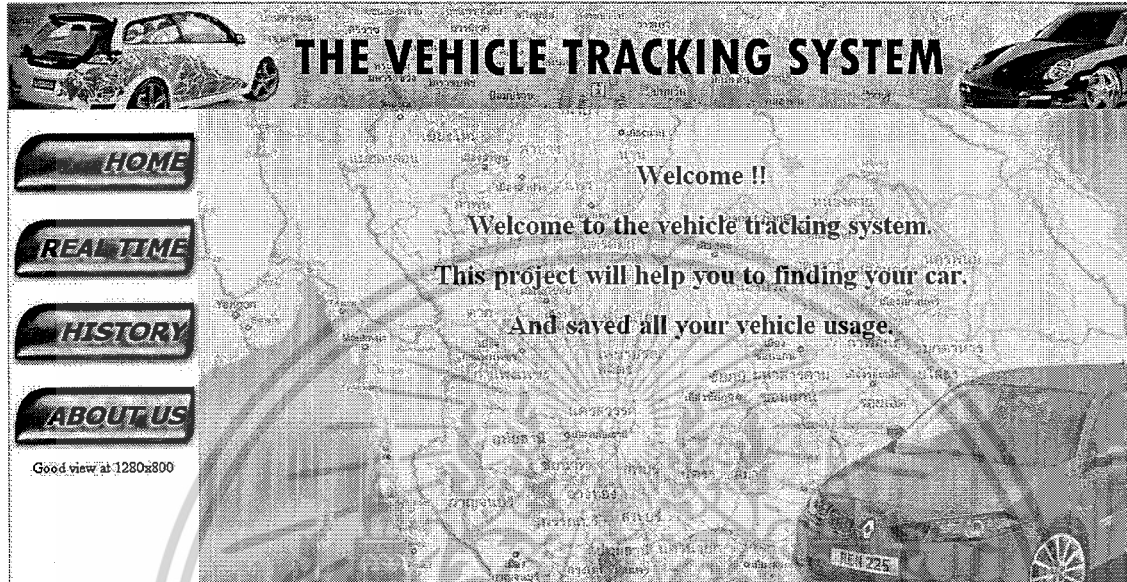


#### รูปที่ 4.6 เชื่อมต่อ โมดูลจีพีเอสและจีพีอาร์เอส ในกล่องพร้อมใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีทีเอส จำกัด เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ส่วนของซอฟต์แวร์

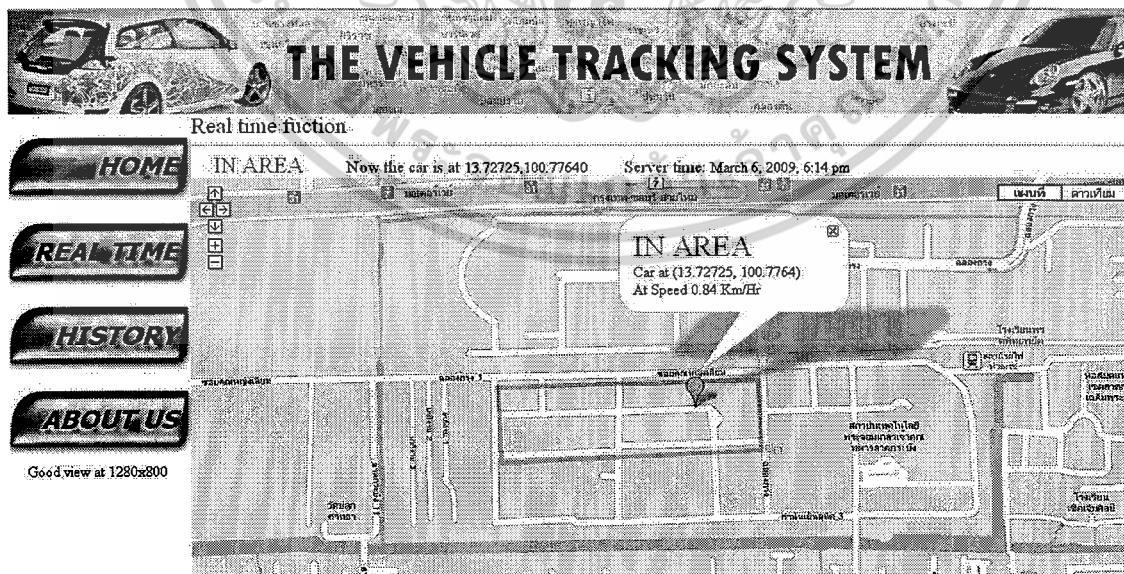
ส่วนนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของเว็บแอปพลิเคชัน โดยได้ทำการสร้างเว็บเพจเพื่อทำการแสดงตำแหน่งบนแผนที่ที่ถูกล็อกเมื่อรับค่าประโยชน์ที่ได้จากเซิร์ฟเวอร์ที่ส่งมาจากจีพีอาร์เอส โดยเราจะทำการพล็อตใน 2 ลักษณะคือ



รูปที่ 4.7 หน้าโฮมเพจของเว็บแอปพลิเคชัน

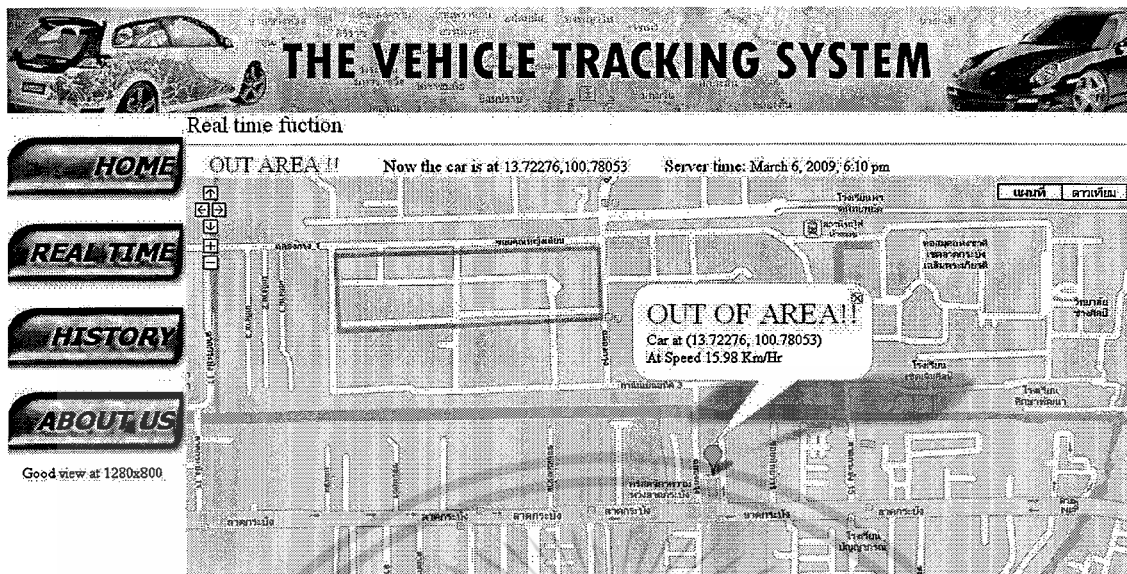
### 4.2.1 พล็อตตำแหน่งจริง (REAL TIME)

โดยจะทำการรับค่ามา แล้วทำการพล็อตลงบนแผนที่เลยเมื่อโดยตรงซึ่งจะแสดงตำแหน่งปัจจุบันของรถ และจะทำการบันทึกตำแหน่งนั้นไว้ในดาตาเบสเพื่อเอาไว้ใช้ทำประวัติการเดินรถต่อไป และสามารถแจ้งเตือนได้เมื่อรถออกนอกพื้นที่ที่กำหนด



รูปที่ 4.8 พล็อตเฉพาะตำแหน่งจริงในพื้นที่ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

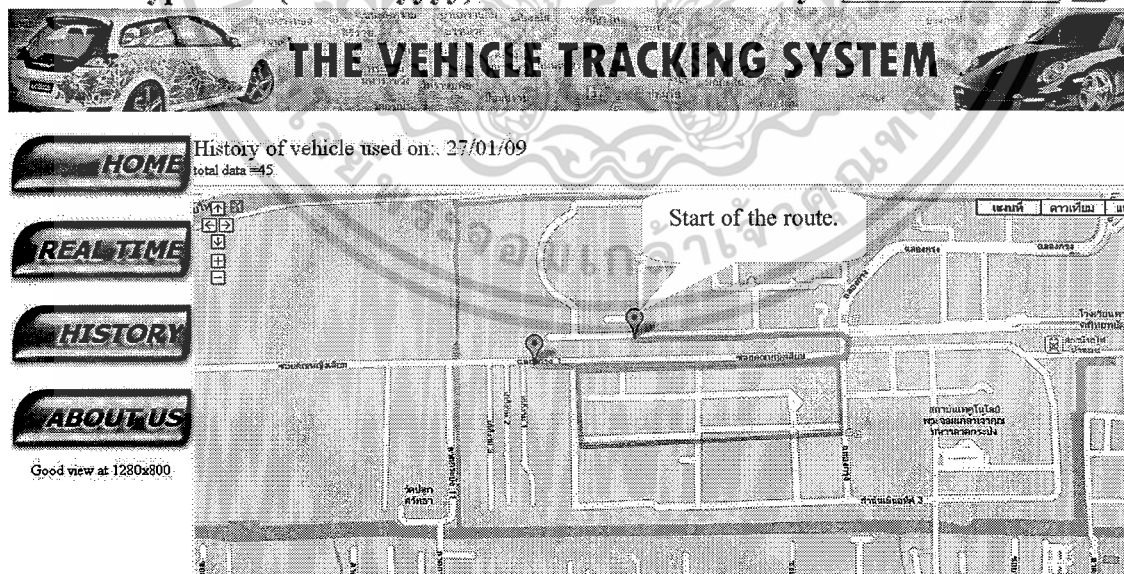


รูปที่ 4.9 พล็อตเฉพาะตำแหน่งจริงเมื่อออกนอกพื้นที่ที่กำหนด

#### 4.1.2 พล็อตตำแหน่งในส่วนของดาตาเบส (HISTORY)

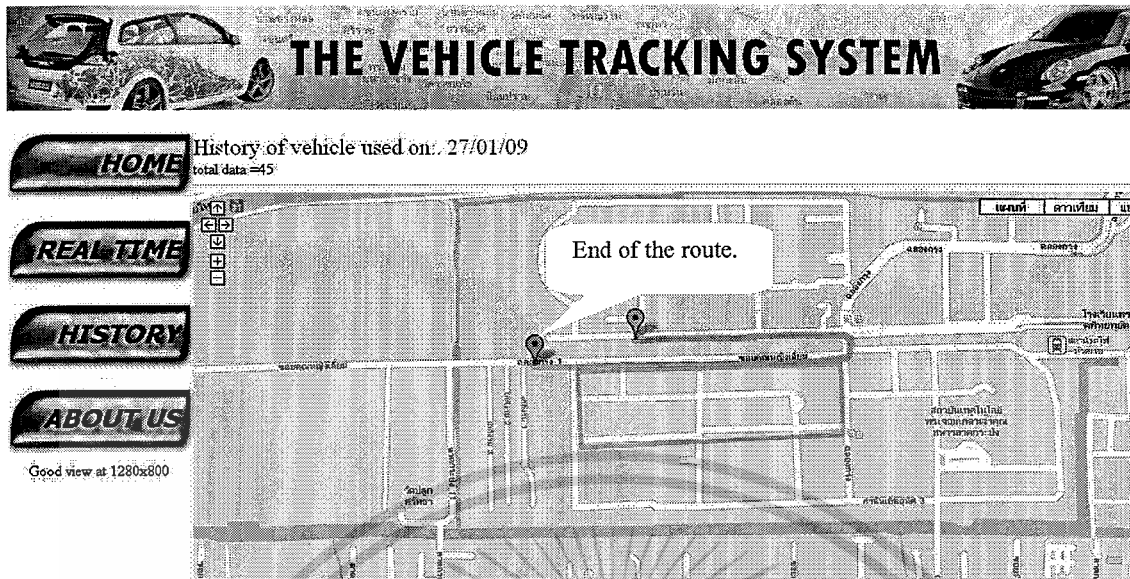
เมื่อเราทำการคลิกถึง HISTORY ในหน้าเว็บเพจ และทำการกรอกวันที่ที่ต้องการดูประวัติการเดินทาง คลิก OK เว็บเพจจะทำการอ่านข้อมูลในดาตาเบสและนำเส้นทางแสดงบนแผนที่จากตำแหน่งแรกจนถึงตำแหน่งสุดท้ายของวันที่เรากำหนด และ แสดงข้อมูลการเดินทางทั้งหมดเป็นตารางในหน้าเดียวกัน

Please type date (dd/mm/yyyy) for search form history :



รูปที่ 4.10 พล็อตเส้นทางในส่วนของดาตาเบส(เริ่มต้นเส้นทาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 พล็อตเส้นทางในส่วนของดาตาเบส(สิ้นสุดเส้นทาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ID	Date	Time	Latitude	Longitude	Speed
272	05/03/09	23.1401	13.72725	100.77640	0.046
273	05/03/09	23.1610	13.72735	100.77638	0.007
274	05/03/09	23.1625	13.72730	100.77637	0.172
275	05/03/09	23.1645	13.72732	100.77637	0.290
276	05/03/09	23.1700	13.72725	100.77643	9.760
277	05/03/09	23.1720	13.72688	100.77690	12.03
278	05/03/09	23.1740	13.72646	100.77692	0.083
279	05/03/09	23.1755	13.72645	100.77718	6.465
280	05/03/09	23.1815	13.72648	100.77752	8.448
281	05/03/09	23.1835	13.72650	100.77802	0.346
282	05/03/09	23.1855	13.72595	100.77814	16.93
283	05/03/09	23.1910	13.72533	100.77813	16.71
284	05/03/09	23.1930	13.72506	100.77815	1.077
285	05/03/09	23.1945	13.72483	100.77831	8.593
286	05/03/09	23.2005	13.72482	100.77872	7.682
287	05/03/09	23.2020	13.72484	100.77905	8.689
288	05/03/09	23.2040	13.72485	100.77972	14.16
289	05/03/09	23.2100	13.72486	100.78011	0.081
290	05/03/09	23.2120	13.72453	100.78018	19.20
291	05/03/09	23.2135	13.72373	100.78021	21.02
292	05/03/09	23.2155	13.72291	100.78018	7.054
293	05/03/09	23.2215	13.72284	100.7802	2.978
294	05/03/09	23.2230	13.72246	100.78022	14.82
295	05/03/09	23.2250	13.72199	100.78054	19.03
296	05/03/09	23.2305	13.72224	100.78079	15.06
297	05/03/09	23.2325	13.72276	100.78053	15.98

รูปที่ 4.12 ข้อมูลจาก Microsoft Access ที่แสดงบนเพจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง

จากโครงการเรื่องการประยุกต์ใช้งานจีพีเอสนั้น จะเห็นได้ว่าจีพีเอสมีหน้าที่ในการทำงานที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง พิกัดมายังผู้ใช้งาน ซึ่งจากข้อมูลที่ได้จากจีพีเอสนั้น เราสามารถที่จะนำเอาข้อมูลที่ได้มานั้นมาทำการประยุกต์โครงการได้หลายชนิดเช่น ระบบนำร่อง ระบบติดตามยานพาหนะ การสำรวจพื้นที่ การทำแผนที่ การจัดการลอจิสติก ฯลฯ ซึ่งทางโครงการเรานั้นได้นำเอาจีพีเอสมาใช้ในการระบุตำแหน่ง โดยเราจะทำการแยกการทำงานเป็น 2 ส่วนคือ

1) ส่วนของ Hardware ทำต้องการที่ตัดข้อมูลของจีพีเอส เนื่องจากข้อมูลที่เรารับค่านั้นมีปริมาณข้อมูลที่มากเกินไป ซึ่งส่วนนี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตัดข้อมูลจากนั้นส่งไปที่โมดูลจีพีอาร์เอส เพื่อทำการส่งข้อมูลไปยังดาตาเบสเซิร์ฟเวอร์ เพื่อการนำข้อมูลไปใช้กับเว็บแอปพลิเคชัน

2) ส่วนของ Software ในส่วนนี้ได้นำเอาข้อมูลที่ได้รับจากจีพีอาร์เอสรับค่าผ่านทางจีพีอาร์เอสโดยใช้สคริปต์ปรับค่า แล้วนำค่าที่ได้มาพล็อตลงบนแผนที่ ซึ่งสามารถดูได้แบบเวลาจริงและประวัติการเดินทางในเวลาที่ผ่านมาซึ่งถูกเก็บอยู่ในส่วนของดาตาเบส แล้วแสดงผลบนหน้าเว็บเพจ ซึ่งอ้างอิงแผนที่จาก แผนที่กูเกิล

ในการทำงานของทั้งสองส่วนนั้นจะใช้การอินเตอร์เฟสผ่านจีพีอาร์เอสเพื่อให้โปรแกรมแผนที่สามารถรับค่าจากส่วนของจีพีเอสที่ได้ทำการตัดข้อมูลเรียบร้อยแล้ว และนำค่าที่ได้ไปไปแสดงผล

#### 5.1 ปัญหาและอุปสรรค

1. ข้อจำกัดในการรับสัญญาณจากจีพีเอสนั้นมีอาจมีสิ่งรบกวนสัญญาณจำนวนมาก ที่ทำให้ข้อมูลที่ได้รับได้มีการคลาดเคลื่อน อาทิเช่น สภาพภูมิอากาศ ตำแหน่งของตัวจีพีเอส ซึ่งพบว่าเมื่อจีพีเอสอยู่ในอาคารจะรับข้อมูลไม่ได้เลย ซึ่งถ้ารถเข้าไปในตัวอาคารเช่น สถานที่จอดรถในอาคารก็อาจจะทำให้รับค่าไม่ได้

2. ในส่วนของการตัดข้อมูลเพื่อนำเอาข้อมูลที่ต้องการนั้น เมื่อทำการเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วไม่สามารถที่จะทดลองได้เลย ว่าโปรแกรมที่ทำการทดลองนั้นถูกต้องหรือไม่ ซึ่งจะต้องทำการทดลองนอกสถานที่เท่านั้น ทำให้การทดสอบนั้นเป็นเรื่องที่ยุ่งยากเป็นอย่างมาก

3. ในการนำข้อมูลที่ได้จากจีพีอาร์เอสมาพล็อตลงแผนที่นั้น เซิร์ฟเวอร์จำเป็นต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอดเวลา เพื่อรับค่าและพล็อตลงแผนที่ ทำให้จำเป็นต้องใช้ในที่ที่มีอินเทอร์เน็ตตลอดเวลา ทำให้มีข้อจำกัดในการทำงานเป็นอย่างมาก

4. หากนำโครงการนี้ไปใช้จริงอาจทำให้ต้องเสียค่าบริการค่อนข้างแพง เพราะอุปกรณ์ต้องเชื่อมต่อจีพีอาร์เอสตลอดเวลาจึงจะใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ความสามารถของจีพีเอสที่ทำการทดลอง ควรที่จะมีความสามารถในการรับสัญญาณให้ดีกว่านี้เพราะค่าที่ได้จาก GPS ไม่เที่ยงตรงมีความคลาดเคลื่อนจากสภาพอากาศ จากอาคาร ทำให้ค่าที่ได้เกิดความผิดพลาดหรือไม่สามารถรับค่าได้เลย

2. จากข้อมูลที่ได้รับจาก GPS นั้นมีหลายค่าแต่เราเลือกที่จะนำค่า GPRMC คือพิกัดละติจูดและลองจิจูดมาใช้เท่านั้น ถ้านำข้อมูลอื่นที่ได้รับมาจาก GPS มาใช้ควบคู่ไปกับการทำงานได้ก็จะเป็นการใช้ GPS ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. ควรมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ชนิดอื่นๆอีกเช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ กล้อง เซนเซอร์วัดปริมาณน้ำมัน หรือ อื่นๆ เพื่อการเก็บข้อมูลที่เป็นประโยชน์ธุรกิจต่างๆประเภทกันไป

4. ควรเพิ่มส่วนสำรองข้อมูลในกรณีที่อุปกรณ์ขาดการเชื่อมต่อกับเครือข่ายจีพีอาร์เอส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] กิติศักดิ์ เจริญโกทานนท์, “คู่มือเรียนเขียนเว็บอีคอมเมิร์ซด้วย PHP 5 ใหม่ล่าสุด! ครอบคลุมเวอร์ชันล่าสุด 5.2”, ชัคเชส มีเดีย, กรุงเทพฯ, 2550.
- [2] สุรัสวดี วงศ์จันทร์สุข, “คู่มือใช้งาน Access 2003 ฉบับสมบูรณ์”, ไอดีซี อินโฟคิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์, นนทบุรี, 2549.
- [3] มาโนช ลักษณะกิจ, “คู่มือสร้างเว็บไซต์แบบมือโปร ด้วยโปรแกรม Dreamweaver 8”, ที.เค.พรินต์ติ้ง, กรุงเทพฯ, 2549.
- [4] เทพ จารรัตน์มงคล, “ระบบควบคุมโดยใช้ PIC ไมโครคอนโทรลเลอร์”, กรุงเทพฯ, 2547.
- [5] พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร, “คู่มือเรียน PHP และ MySQL สำหรับผู้เริ่มต้น ใช้ได้ทั้งเวอร์ชัน 5 และ 6”, โปรวิชั่น, กรุงเทพฯ, 2550.
- [6] ไพศาล โมลิสกุลมงคล, “พัฒนา Web Database ด้วย PHP”, ไทยเจริญการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2538.
- [7] กอบเกียรติ สระอุบล, “สร้างเว็บเพจด้วย PHP ฉบับประยุกต์”, บี อี แอนด์ ซี, กรุงเทพฯ, 2545.
- [8] นवलดา สงวนวงศ์ทอง, “การจัดการระบบฐานข้อมูล โดยการใช้ไมโครซอฟต์แอกเซส 97”, เซิร์ตเวฟ เอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2543.
- [9] เจนวิทย์ เหลืองอร่าม, “การเขียนโปรแกรมสำหรับ Client/Server ด้วย Visual Basic 6 และ ASP, VBScript, Access, SQL Server”, ธรรมสาร, กรุงเทพฯ, 2544.
- [10] พันจันทร์ รัตนเสถียร, “ออกแบบและสร้างเว็บสวยด้วย Dreamweaver 8 ฉบับสมบูรณ์พร้อมตัวอย่างการใช้งานจริง”, ชัคเชส มีเดีย, กรุงเทพฯ, 2548.
- [11] ชาดพล นภาวารี, “สร้างสรรค์เว็บด้วย Dreamweaver 8”, ซีเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2548.
- [12] เฉลยฤทธิ์ มณีธรรม, “คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC = Microcontroller”, เคทีพี แอนด์คอนซัลท์, กรุงเทพฯ, 2549.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

### ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

```
#include <18f458.h>

#include<string.h>
#include<stdlib.h>
#include<stdio.h>

#use delay(clock=10000000)
#define TOUCH_PIN PIN_C5
#define ctrl_z 0x1a
#include "touch.c"
#fuses HS,PROTECT,NOWDT,NOBROWNOUT
#use rs232(baud=9600,xmit=pin_c2,rcv=pin_c3,stream=GPS,errors)
#use rs232(baud=19200,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7,stream=GPRS,errors)

/*****Configuration*****/
void configuration()
{
    fprintf(GPRS,"AT+COPS?r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(GPRS,"AT+CREG=1r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(GPRS,"AT+CGDCONT=1,\"IP\",\"www.dtac.co.th\"r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(GPRS,"AT+CSTT=\"www.dtac.co.th\"r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(GPRS,"AT+CIICRr");
    delay_ms(3000);
    fprintf(GPRS,"AT+CIFSRr");
    delay_ms(1000);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*****Send GPRMC*****/
void sent()
{
char sentent[6] ="GPRMC";
int i,k,c;
char gprmc_data[62],data[33];
/*****รับค่าจาก GPS*****/
while(1)
{
i=0;
do
{
//รับค่าจากGPS
while(fgetc(GPS) != '$'); //เปรียบเทียบอักขระ $
for(k=0;k<6;k++)
gprmc_data[k]=fgetc(GPS); //เก็บข้อมูลที่รับเข้ามาลงใน gprmc_data
}while(strcmp(gprmc_data,sentent,5)!=0); //เปรียบเทียบข้อมูลที่รับเข้ามาว่าเท่ากับอักขระ
GPRMC หรือไม่
k=0;c=0;
while(c!='*' && k<70) //เก็บค่า GPRMC
{
c = fgetc(GPS);
gprmc_data[k++]=c;
}
if(gprmc_data[10]=='V') //ถ้ายังรับพิกัดไม่ได้ให้ LED1 กระพริบ
{
output_low(pin_D1);
delay_ms(100);
output_high(pin_D1);
delay_ms(100);
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else if(gprmc_data[10]=='A')
    output_high(pin_D1);          //ถ้ารับพิกัดได้ให้ไฟ LED1 สว่าง
    {
        for(i=(k-11);i<(k-5);i++) //วันที่
            data[i-(k-11)]=gps_data[i];
        for(i=0;i<6;i++)          //เวลา
            data[i+6]=gps_data[i];
        for(i=12;i<16;i++)       //ละติจูด
            data[i]=gps_data[i];
        for(i=17;i<21;i++)       //ลองจิจูด
            data[i-1]=gps_data[i];
        for(i=24;i<29;i++)       //ลองจิจูด
            data[i-4]=gps_data[i];
        for(i=30;i<34;i++)       //ลองจิจูด
            data[i-5]=gps_data[i];
        for(i=37;i<41;i++)       //ความเร็ว
            data[i-8]=gps_data[i];

    if(gprmc_data[10]=='A')
        {
            fprintf(GPRS,"AT+CIPSTART="TCP","161.246.18.184","\r"); // เชื่อมต่อกับserver
            delay_ms(3000);
            fprintf(GPRS,"AT+CIPSEND\r"); // เริ่มส่ง
            delay_ms(500);
            fprintf(GPRS,"GET /project/gprs.php?data="); // ส่งข้อมูลไปยังไฟล์ชื่อ

```

gprs.php

```

        for(i=0;i<34;i++) fprintf(GPRS,"%c",data[i]);
        fprintf(GPRS," HTTP/1.1\r\n");
        fprintf(GPRS,"host: 161.246.18.184\r\n\r\n");
        fprintf(GPRS,"%c",ctrl_z);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    delay_ms(500);
    }
}
}
}

/*****

/*****Main*****/

void main()
{
    configuration();
    connect();
    sent();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งรับค่าจากจีพีอาร์เอส และเก็บในฐานข้อมูล

```
<?php
/**
 * @BOAT USE THIS FOR PROJECT
 * @copyright 2009
 */
//ทำการเปิดไฟล์ 'datagprs.txt' เพื่อเขียนข้อมูลใหม่
$a=fopen('datagprs.txt','w+');
fputs($a, "".$data);
fclose($a);
echo ("DATA = $data " . "<br>");
//เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล
$conn=odbc_connect("cardata","","");
$sql="select * from cardata";
odbc_exec($conn,$sql);
//ทำการเปิดไฟล์ 'datagprs.txt' เพื่ออ่านเขียนข้อมูลใหม่
$fp=fopen("datagprs.txt", "r");
while(!feof($fp))
{
    $buffer=fgets($fp, 40);
    echo "$buffer<br>";
}
//เลือกข้อมูลส่วนที่เป็นวันที่
$day=substr($buffer, 0, 2);
$mount=substr($buffer, 2, 2);
$year=substr($buffer, 4, 2);
$date=$day."/".$mount."/".$year;
echo "date = ".$date;
//เลือกข้อมูลส่วนที่เป็นเวลาและทำให้เป็นเวลาประเทศไทย
$times1=substr($buffer, 6, 2);
$times2=substr($buffer, 8, 4);
$plus=7;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

$timethai=$times1+$plus;
if( $timethai>=24)
{
    $timethai = 24 ;
}
$times=$timethai.".".$times2;
echo"<br>timesthai=".$timethai;
echo "<br>times = ".$times;

```

//เลือกข้อมูลส่วนที่เป็นละติจูด

```

$latitude1=substr($buffer, 12, 2);
$latitude2=substr($buffer, 14, 6);
$y="60";
$latitude3=$latitude2/$y;
$latitude4=str_replace(".", "", $latitude3);
$latitude5=substr($latitude4, 0, 6);
echo "<br>".$latitude5;
$latitude=$latitude1.".".$latitude5;
echo "<br>latitude = ".$latitude;

```

//เลือกข้อมูลส่วนที่เป็นลองจิจูด

```

$longtitude1=substr($buffer, 20, 3);
$longtitude2=substr($buffer, 23, 6);
$longtitude3=$longtitude2/$y;
$longtitude4=str_replace(".", "", $longtitude3);
$longtitude5=substr($longtitude4, 0, 6);
$longtitude=$longtitude1.".".$longtitude5;
echo "<br>longtitude = ".$longtitude;

```

//เลือกข้อมูลส่วนที่เป็นความเร็ว

```

$speedn=substr($buffer, 30, 5);
$x="1.852";
$speedv=$speedn*$x;
$speed=substr($speedv, 0, 5);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

echo "<br>".$speedn;
echo "<br>speed = ".$speed;

//เก็บลำดับของข้อมูล

$sqlid="SELECT TOP 1 ID FROM cardata order by ID DESC";
$execid=odbc_exec($connect,$sqlid);
while(odbc_fetch_row($execid))
{
    $idold =odbc_result($execid,"ID");
}
$id=$idold+1;
//ใส่ข้อมูลทั้งหมดลงบันทึกในฐานข้อมูล
$sql2="insert into cardata values('$id','$date', '$times', '$latitude', '$longitude',
'Speed')";
$result = odbc_exec($connect,$sql2);
if($result)
{
    echo "<br>เก็บข้อมูลสำเร็จ <br>";
}
else
{
    echo "<br>เก็บข้อมูลไม่สำเร็จ<br> ";
}
}

//ปิดการเชื่อมต่อ
fclose($fp);
odbc_free_result($result);
odbc_close($connect);

?>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำสั่งแสดงผลแบบเวลาจริง

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xmlns:v="urn:schemas-microsoft-com:vm1">
<head>
  <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8"/>
  //ตั้งเวลา refresh หน้าใหม่
  <meta http-equiv="refresh" content="10"/>
  <title>MAP ONE MARK (REAL TIME)</title>
  <?php
echo"<font size =5>Real time fuction</font><Hr>";

//ติดต่อฐานข้อมูล
$dsn="cardata";
$user="";
$password="";
$connect = odbc_connect($dsn,$user,$password)or die ("Can not connect to Data Base. Please check your Data
Base and try again");
//เลือกข้อมูลทีใหม่ทีสุดมาเก็บตัวแปร
$sql="SELECT TOP 1 Latitude, Longitude,Speed FROM cardata order by ID DESC";
$exec=odbc_exec($connect,$sql);
while(odbc_fetch_row($exec))
{
  $latitude =odbc_result($exec,"Latitude");
  $longitude =odbc_result($exec,"Longitude");
  $speed=odbc_result($exec,"Speed");
}
//ปิดการเชื่อมต่อฐานข้อมูล
odbc_free_result($exec);
odbc_close($connect);
$comma=",";
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

var blueIcon = new GIcon(G_DEFAULT_ICON);
blueIcon.image = "http://gmaps-samples.googlecode.com/svn/trunk/markers/blue/blank.png";
// Set up our GMarkerOptions object
//แสดงตำแหน่งรถปัจจุบันบนแผนที่
markerOptions = { icon:blueIcon };
var marker = new GMarker(point,markerOptions);

//วาดกรอบพื้นที่ใช้งาน
map.addOverlay(marker);
var polyline1 = new GPolyline([
new GLatLng(13.72774 ,100.77189),
new GLatLng(13.72791 ,100.77788),
new GLatLng(13.72632 ,100.77796),
new GLatLng(13.72603 ,100.77196),
new GLatLng(13.72775 ,100.77189)
], "green", 5);
map.addOverlay(polyline1);

//ตรวจสอบตำแหน่งว่าอยู่นอกพื้นที่หรือไม่และมีการแสดงข้อความเตือน
if ((<?=$latitude?> >= 13.72603 && <?=$latitude?> <= 13.72775) && (<?=$longitude?> >= 100.77189
&& <?=$longitude?> <= 100.77796)){
marker.openInfoWindowHtml("<font size =6 COLOR=GREEN> IN AREA </font><Br>"+ "Car at
"+point+"<Br>At Speed "+<?=$speed?>+" Km/Hr ");
}
else{ marker.openInfoWindowHtml("<font size =6 COLOR=RED> OUT OF AREA!!</font><Br>"+ "Car
at "+point+"<Br>At Speed "+<?=$speed?>+" Km/Hr" );}
}}
</script>
<style type="text/css">
<!--

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
body {  
    margin-left: 0px;  
    margin-top: 0px;  
    margin-right: 0px;  
    margin-bottom: 0px;
```

```
}
```

```
-->
```

```
</style></head><body onload="initialize()" onunload="GUnload()" >
```

```
    <div id="map_canvas" style="width: 1080px; height: 500px"></div>
```

```
    </body>
```

```
</html>
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำสั่งรับข้อมูลวันที่ที่ต้องการค้นหาการใช้รถ

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1" />
<title>Untitled Document</title>
<style type="text/css">
<!--
body {
background-image: url(../../Documents and Settings/administrator1/Desktop/g9brk02.gif);
background-image: url(background.jpg);
background-color: #FFFFFF;
margin-left: 0px;
margin-top: 0px;
margin-right: 0px;
margin-bottom: 0px;
}
.style3 {font-size: 24px}
.style4 {
color: #000099;
font-weight: bold;
font-size: 32px;
}
-->
</style></head>

<body>
//ส่งข้อมูลวันที่ไปให้กับไฟล์ nonrealtime.php
<form action="nonrealtime.php"method="get">
<p align="center"><br />
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<span class="style3"><span class="style4">Please type date (dd/mm/09) for search form history

:</span></span></p>

<p align="center"><span class="style3">

<label>

<input type="text" size="20" name="day" />

<input type="submit" value="OK" name="ok" />

</span></p>

</form>

</body>

</html>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำสั่งการแสดงผลแบบประวัติการใช้

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xmlns:v="urn:schemas-microsoft-com:vml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8"/>
<title></title>
<?
echo"<tr><td><font size =5><br>History of vehicle used on:. </font></td>";
echo"<td><font size =5>$day</font></td></tr>";
//ติดต่อบริษัทข้อมูล
$dsn="cardata";
$user="";
$password="";
$comma=",";
$connect = odbc_connect($dsn,$user,$password);
//เลือกข้อมูลตามวันที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาเก็บในตัวแปร
$sql="SELECT COUNT(*) FROM cardata WHERE Date LIKE '$day' ";
$exec=odbc_exec($connect,$sql);
$num_rows=odbc_result($exec,1);
echo"<br>."total data ="$num_rows."<br><hr>";

$sql2="SELECT Latitude, Longitude,Time FROM cardata WHERE Date LIKE '$day' ORDER BY
Time ASC ";
$exec2=odbc_exec($connect,$sql2);

while(odbc_fetch_row($exec2)){
for ($i=1 ; $i<= $num_rows ; $i++) {
$latitude[$i] =odbc_result($exec2,"Latitude");
$longitude[$i] =odbc_result($exec2,"Longitude");
$time[$i]=odbc_result($exec2,"Time");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        $sword[i]= "(".$latitude[i].$comma.$longitude[i].")";
        $sendpoint=$latitude[i].$comma.$longitude[i];
        $sendtime=$time[i];
    }
    //แสดงเส้นทางการเดินทางทั้งหมด

        $path.= "new GLatLng".$sword[i];
        $spath2="[".$path."],#ff0000,7";
    }

    $theend="End of the route at ".$sendtime;
    //ปิดการเชื่อมต่อ
        odbc_free_result($exec);
        odbc_close($connect);
    >
    //ส่วนแสดงข้อมูลจุดที่เริ่มต้นและจุดสิ้นสุด
    <?php
    $connect2 = odbc_connect($dsn,$user,$pass)or die ("Can not connect to Data Base. Plice check your Data
    Base and try again");;
    $sql3="SELECT Top 1 Latitude, Longitude,Time FROM cardata WHERE Date LIKE '$day' ORDER BY
    Time ASC ";
    $exec3=odbc_exec($connect2,$sql3);

    $latitude2 =odbc_result($exec3,"Latitude");
    $longitude2 =odbc_result($exec3,"Longitude");
    $timestart=odbc_result($exec3,"Time");

    odbc_free_result($exec3);
    odbc_close($connect);
    $comma2=",";
    $startpoint= $latitude2.$comma2.$longitude2;
    $thestart ="Start of the route at ".$timestart;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//echo "Now the car is at ".$startpoint;
```

```
?>
```

```
//ส่วนแสดงผลบนแผนที่
```

```
<script
```

```
src="http://maps.google.com/maps?file=api&v=2&key=ABQIAAAAzr2EBOXUKnm_jVnk0OJI  
7xSosDVG8KKPE1-m51RBrvYughuyMxQ-i1QfUnH94QxWla6N4U6MouMmBA"
```

```
type="text/javascript"></script>
```

```
<script type="text/javascript">
```

```
function initialize() {
```

```
if (GBrowserIsCompatible()) {
```

```
var map = new GMap2(document.getElementById("map_canvas"));
```

```
map.setCenter(new GLatLng(<?=$sendpoint?>), 15);
```

```
map.addControl(new GSmallMapControl());
```

```
map.addControl(new GMapTypeControl());
```

```
var polyline = new GPolyline(<?=$path2?>);
```

```
map.addOverlay(polyline);
```

```
var point= new GLatLng(<?=$sendpoint?>);
```

```
var marker = new GMarker(point);
```

```
GEvent.addListener(marker,"click",function(){marker.openInfoWindowHtml("<br><?=$thcend?>"+
```

```
Km/hr");});
```

```
map.addOverlay(marker);
```

```
var point1= new GLatLng(<?=$startpoint?>);
```

```
var marker1 = new GMarker(point1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    GEvent.addListener(marker1 , "click", function()
{marker1.openInfoWindowHtml("<br><?=$thstart?>"+" Km/hr");});
    map.addOverlay(marker1);
var polyline1 = new GPolyline([
    new GLatLng(13.72774 ,100.77189),
    new GLatLng(13.72791 ,100.77788),
    new GLatLng(13.72632 ,100.77796),
    new GLatLng(13.72603 ,100.77196),
    new GLatLng(13.72775 ,100.77189)
], "green", 5);
map.addOverlay(polyline1);
}
}
</script>
<style type="text/css">
<!--
body {
    margin-left: 0px;
    margin-top: 0px;
    margin-right: 0px;
    margin-bottom: 0px;
}
-->
</style></head>
<body onload="initialize()" onunload="GUnload()">
    <div id="map_canvas" style="width: 1050px; height: 500px"></div>
    <div id="message"></div>
//ส่วนแสดงข้อมูลทั้งหมดเป็นตาราง
<?
$data="cardata";
$us="";

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
$pa="";  
$scon = odbc_connect($data,$sus,$pa);  
$scomman="SELECT *FROM cardata WHERE Date LIKE'$day'";  
$sex=odbc_exec($scon, $scomman);  
$sresult= odbc_result_all($sex,"border=1");  
odbc_free_result($sex);  
odbc_close($scon);  
?>  
</body>  
</html>
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้