

ระบบติดตามตรวจสอบตำแหน่งและเส้นทางรถยนต์
ด้วยสัญญาณดาวเทียม



โดย

ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์

โดยการสนับสนุนงบประมาณวิจัยจาก มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับติดตามและตรวจสอบ ตรวจสอบตำแหน่งรถยนต์แบบทันกาล รวมทั้งการออกแบบและสร้างซอฟต์แวร์เพื่อการตรวจสอบ เส้นทางบนแผนที่แบบดิจิทัลที่มีการใช้งานอย่างง่าย โดยอาศัยการตรวจสอบตำแหน่งพิกัดบน พื้นผิวโลกด้วยการรับสัญญาณจากระบบดาวเทียม GPS แล้วจัดเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำที่อุปกรณ์ ดังกล่าว โดยเมื่ออุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อกับระบบรับส่งข้อมูลของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เช่น GPRS ได้ก็จะทำการส่งข้อมูลตำแหน่งและข้อมูลอื่นๆกลับมายังศูนย์ควบคุมเพื่อแสดงตำแหน่งและเส้นทาง ของรถยนต์บนแผนที่ต่อไป ซึ่งในส่วนของซอฟต์แวร์แผนที่นั้นสามารถทำการจัดเก็บข้อมูลของรถยนต์ แต่ละคันในระบบฐานข้อมูล ทำให้สามารถนำมาใช้ในการจัดการด้านโลจิสติกส์เช่นการวิเคราะห์ เส้นทางและต้นทุนสามารถทำได้ในภายหลัง

จากผลการทดสอบการทำงาน โดยทดสอบการทำงานบนถนนประชาชน งามวงศ์วาน วิภาวดี รังสิต แจ้งวัฒนะ และเลียบคลองประปา พบว่าอุปกรณ์และระบบซอฟต์แวร์ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น สามารถทำงานได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพ สามารถแสดงตำแหน่งและเส้นทางของรถยนต์ได้และมีการแสดงผลแบบทันกาล นอกจากนี้ยังพบว่าชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมานั้นมีราคาต้นทุนเฉพาะอุปกรณ์ที่ต้องจัดซื้อประมาณ 3,300 บาทเท่านั้น

ABSTRACT

This research aims to design and implement a device for realtime tracking and monitoring the location, path and speed of the specific vehicle. Moreover, design and implement software used for monitoring and tracking on digital map are also provided. By receiving the signal from GPS satellite system, location of vehicle can be derived and stored in device's memory. However, when the device can connect to data channel of mobile phone system such as GPRS, location and other informations will be immediately sent back to control center in order to display the location and path of that vehicle on digital map. In addition, the implemented software will store all information into database system. Thus, logistics managements such as path and cost analyses can be possible.

From the testing results by driving the testing vehicle through Prachuen, Ngam-Wongwan, Vibhavadi, Chang-Wattana, and Liab-Klong-Prapa roads, found that the implemented device and software can work correctly and efficiently. The location and path of the testing vehicle was displayed in realtime. Moreover, the cost of implement the device is about 3,300 Baht.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ทั้งนี้การวิจัยครั้งนี้มีความล่าช้าเป็นอย่างมาก เนื่องจากผู้วิจัยมีภารกิจมากทั้งการสอนและการบริหาร อย่างไรก็ตามผลการวิจัยยังคงมีความทันสมัยและสามารถนำไปใช้งานได้จริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ผู้ให้การสนับสนุนและขยายเวลาการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จ รวมทั้งนักศึกษาที่ช่วยทดสอบและจัดเก็บผลการทดสอบ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ข
ABSTRACT	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฅ
คำย่อและสัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 สมมติฐานการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 นิยามคำศัพท์	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2.....	5
2.1 ระบบ GPS	5
2.2 กลุ่มดาวเทียม	5
2.3 สถานีควบคุมดาวเทียม	8
2.4 อุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียม.....	10
2.5 การทำงานของระบบ GPS	14
2.6 การทำงานของเครื่องรับ GPS	16
2.7 หลักการวัดระยะทางโดยใช้การวัดเวลาที่ได้รับสัญญาณ	17
2.8 ระบบพิกัดอ้างอิง.....	18
2.9 มาตรฐาน NMEA - 0183	118
2.10 โพรโทคอล NMEA - 0183	18
2.11 GPRS	25
2.12 การใช้งาน AT COMMAND เพื่อติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่	30
บทที่ 3	33
3.1 ฮาร์ดแวร์	34
3.2 หลักการออกแบบระบบ.....	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 รายละเอียดการทำงาน.....	35
3.4 การโปรแกรมควบคุมการทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์.....	338
3.5 ฮาร์ดแวร์ต้นแบบ.....	42
บทที่ 4.....	44
4.1 โครงสร้างส่วนซอฟต์แวร์.....	44
4.2 โปรแกรมส่วนเริ่มต้นการติดต่อไคลเอนต์.....	44
4.3 การรับข้อมูลต่างๆจากไคลเอนต์.....	45
4.4 การเลือกการแสดงผล.....	46
4.5 การออกแบบฐานข้อมูล.....	448
4.6 แผนที่.....	49
4.7 รายละเอียดของส่วนซอฟต์แวร์.....	55
4.8 ส่วนประกอบของส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางคอมพิวเตอร์.....	55
บทที่ 5.....	58
5.1 การรับข้อมูลจากชุดระบบติดตามรถ.....	58
5.2 การระบุตำแหน่งของระบบติดตามการเดินทางลงบนแผนที่.....	59
5.3 ต้นทุนราคาของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ.....	71
บทที่ 6.....	72
6.1 สรุปผล.....	72
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	72
บรรณานุกรม.....	73

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ RMC.....	19
2-2 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ GGA.....	20
2-3 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ GSV	21
2-4 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ VTG	22
2-5 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ GLL	23
2-6 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ GSA	24
2-7 แสดงค่า GPRS แบบ Multi-Slot (Class 1-12)	27
2-8 เปรียบเทียบเทคโนโลยีการรับ-ส่งข้อมูลของมือถือจากอดีตจนถึงปัจจุบัน.....	28
2-9 แสดงค่า <State> ในคำสั่ง AT + CMGL.....	32
4-1 ฟิลด์ฐานข้อมูลของ Table car	48
4-2 ฟิลด์ฐานข้อมูลของ Table tracking	48
4-3 ฟิลด์ฐานข้อมูลของ Table user	49
5-1 รายการอุปกรณ์และราคา.....	71

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 กลุ่มดาวเทียมนาฬิกาดาวเทียมในระบบ GPS.....	6
2-2 ภาพฉายในระนาบของวงโคจรของกลุ่มดาวเทียมนาฬิกาดาวเทียม.....	7
2-3 สถานที่ตั้งส่วนสถานีควบคุม GPS.....	9
2-4 จุดตัดสัญญาณซึ่งในการคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นโลก.....	10
2-5 ส่วนประกอบหลักของเครื่องรับ GPS.....	11
3-1 การทำงานโดยรวมของระบบ	33
3-2 โครงสร้างของฮาร์ดแวร์.....	34
3-3 วงจรการทำงานของ TRACKING MODULE.....	36
3-4 รูปจอ LCD ขนาด 16 x 2 แถว.....	37
3-5 โค้ดแอสเอ็มการรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณดาวเทียม.....	39
3-6 ฟังก์ชันของฟังก์ชันที่ใช้ส่งไปเก็บในฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์.....	40
3-7 โค้ดแอสเอ็มการส่งข้อมูล ไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบ GPRS.....	41
3-8 รูปถ่ายของฮาร์ดแวร์ต้นแบบ	42
4-1 โค้ดแอสเอ็มการทำงานของคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ที่ตอบสนองการร้องขอจากไคลเอนต์....	45
4-2 โค้ดแอสเอ็มการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ส่วนการรับข้อมูล.....	46
4-3 โค้ดแอสเอ็มการระบุตำแหน่งติดตามการเคลื่อนที่ของรถ.....	47
4-4 รูปตัวอย่างแสดงจุดต่างๆบนแผนที่.....	52
4-5 การจำลองเส้นทางการเดินทางเพื่อการทดสอบ.....	54
4-6 การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับทำงาน.....	55
4-7 รูปซอฟต์แวร์ส่วนของแผนที่.....	57
5-1 การรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณดาวเทียม GPS	58
5-2 การรับข้อมูลของเซิร์ฟเวอร์ที่รับจากชุดอุปกรณ์ระบบติดตามการเคลื่อนที่ของรถ.....	59
5-3 การทำงานของเซิร์ฟเวอร์.....	60
5-4 การล็อกอินเข้าสู่ระบบโดยผู้ใช้งาน.....	61
5-5 การเลือกเข้าสู่โหมด Real Time Tracking System	62
5-6 การเลือกเลขทะเบียนรถเพื่อทำการตรวจสอบตำแหน่ง ในโหมด Real Time.....	63
5-7 การระบุตำแหน่งของรถในโหมด Real Time Tracking เมื่อมีการซูมระดับ 1.....	64
5-8 การระบุตำแหน่งของรถในโหมด Real Time Tracking เมื่อมีการซูมระดับ 3.....	65

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5-9 การเลือกเข้าสู่โหมด Non Time Tracking System.....	66
5-10 การเลือกเลขทะเบียนรถเพื่อตรวจสอบตำแหน่งในโหมด Non Real Time Tracking.....	67
5-11 การเลือกวันในการตรวจสอบย้อนหลังในโหมด Non Real Time Tracking.....	68
5-12 การระบุตำแหน่งย้อนหลังในการเคลื่อนที่ในโหมด Non Real Time Tracking เมื่อมีการ ชุมภาพระดับ 1.....	69
5-13 การระบุตำแหน่งย้อนหลังในการเคลื่อนที่ในโหมด Non Real Time Tracking เมื่อมีการ ชุมภาพระดับ 3.....	70

คำย่อและสัญลักษณ์

GPS	Global Positioning System
GPRS	General Packet Radio Service
TT&C	Telemetry, Tracking and Command
SPS	Standard Positioning Service
PPS	Precision Positioning Service
ADC	Analog to Digital Converter
CDU	Control Display Unit
PRN	Pseudo Random Noise
CDMA	Code Division Multiple Access
TOA	Signal Time of Arrival
HOW	Hand Over World
RMC	Recommended Minimum Specific GNSS Data
GGA	Global Positioning System Fix Data
GSV	GNSS Satellites in view
VTG	Course Over Ground and Ground Speed
GLL	Geographic Position-Latitude/Longitude
GSA	GNSS DOP and Active Satellites
CSD	Circuit Switched Data
HSCSD	High-Speed Circuit Switch Data
GGSN	Gateway GPRS Service Node
SGSN	Serving GPRS Service Node
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
IP	Internet Protocol
ICMP	Internet Control Message Protocol
IGMP	Internet Group Management Protocol
ARP	Address Resolution Protocol
RARP	Reverse ARP
AT COMMAND	Attention Command
RMC	Recommended Minimum Specific GNSS Data

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์ราคาน้ำมันและเชื้อเพลิงอื่นๆ ที่แพงขึ้นเรื่อยๆ อันเนื่องมาจากการขาดแคลนพลังงานอุปโภคบริโภคต้นทุนการดำเนินการด้านการขนส่งอื่นๆ เช่น ค่าแรง เป็นต้น ซึ่งกำลังมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น เป็นปัจจัยสำคัญให้ต้นทุนด้านการขนส่งโดยรวมสูงขึ้น ทำให้การบริหารจัดการด้านระบบขนส่งสินค้าทางบกที่มีประสิทธิภาพมีความสำคัญมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ถ้ามีการใช้ระบบบริหารจัดการโลจิสติกส์ (Logistic) ที่ทันสมัย เช่นการจัดวางเส้นทางขนส่งสินค้า การควบคุมเวลาความเร็วของรถยนต์ส่งสินค้า รวมทั้งการตรวจสอบและติดตามการขั้บรถยนต์ส่งสินค้า เป็นต้น การใช้งานอุปกรณ์ตรวจสอบเส้นทางความเร็ว ตำแหน่ง และเวลาของรถยนต์ส่งสินค้า [1] จะทำให้เป็นเครื่องมือช่วยที่เป็นประโยชน์อย่างมากในระบบบริหารจัดการดังกล่าว ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะศึกษาและพัฒนาเครื่องมือช่วยในการบริหารจัดการดังกล่าว โดยการสร้างและพัฒนาวงจรและซอฟต์แวร์ต้นแบบของระบบที่ใช้ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลเส้นทางเดินทางของรถยนต์หรือยานพาหนะทางบกเช่นรถยนต์สินค้า เป็นต้น โดยทำการสร้างชุดต้นแบบที่สามารถรับข้อมูลได้แบบทันที ซึ่งประยุกต์การนำข้อมูลที่รับได้จากอุปกรณ์รับสัญญาณจากดาวเทียม GPS (Global Positioning System) [2] มาจัดเก็บในระยะเวลาต่างๆ ที่รถยนต์ส่งสินค้าเดินทางผ่านไปและนำข้อมูลที่ได้มาส่งผ่านไปยังระบบคอมพิวเตอร์ แล้วแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบการนำเสนอที่สามารถเข้าใจได้ง่าย ได้แก่ การจัดเก็บอยู่ในรูปของฐานข้อมูลและตารางข้อมูลเพื่อประโยชน์ต่อการนำไปวิเคราะห์และตรวจสอบ การสร้างแผนที่เส้นทางของรถยนต์ที่ต้องการตรวจสอบ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและออกแบบพัฒนาชุดวงจรต้นแบบสำหรับระบบติดตาม ตรวจสอบและบันทึกเส้นทาง ความเร็ว ตำแหน่งและเวลาของรถยนต์
2. เพื่อศึกษาและออกแบบพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลที่รับมาจากอุปกรณ์ต้นแบบให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่าย เช่น การจัดเก็บอยู่ในรูปของฐานข้อมูลและตารางข้อมูลเพื่อประโยชน์ต่อการนำไปวิเคราะห์และตรวจสอบ การสร้างแผนที่เส้นทางของรถยนต์ที่ต้องการตรวจสอบ เป็นต้น

3. เพื่อพัฒนาองค์ความรู้และการนำไปใช้งานด้านเทคโนโลยีดาวเทียม GPS ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญอันหนึ่งในปัจจุบันและอนาคต

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ระบบดาวเทียมระบุตำแหน่ง GPS นั้นเป็นระบบระบุตำแหน่งหรือพิกัดบนพื้นผิวโลกที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้งานในทางทหารเป็นหลัก อย่างไรก็ตามในภายหลังได้อนุญาตให้นำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ เพียงแต่มีความละเอียดในการระบุตำแหน่งที่ประมาณ ± 5 เมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่นำมาใช้งานได้ค่อนข้างเพียงพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการระบุตำแหน่งหรือเส้นทางของรถยนต์บนถนน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการออกแบบและพัฒนาวงจรสำหรับรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกับการบันทึกข้อมูลและส่งกลับมายังสถานีควบคุม เพื่อทำการระบุตำแหน่งบนระบบแผนที่อิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการตรวจสอบเส้นทางของรถยนต์ต่างๆที่ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว โดยการส่งข้อมูลกลับมานั้นจะทำการส่งผ่านระบบรับส่งข้อมูลของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามอาจมีบางครั้งที่ไม่สามารถส่งข้อมูลกลับมาได้ ตัวอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์ดังกล่าวสามารถทำหน้าที่บันทึกข้อมูลต่างๆได้ชั่วคราว และส่งออกมาทันทีเมื่อสามารถเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นนั้นจะถูกเลือกจากอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในประเทศไทย เพื่อให้ง่ายต่อการสร้างอุปกรณ์ดังกล่าวขึ้นมาใช้งาน ในภายหลัง ทั้งนี้ชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่จะศึกษาวิจัยและสร้างขึ้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 เป็นอุปกรณ์หลักในการทำงาน ซึ่งมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง มีราคาถูกมาก และสามารถหาซื้อได้ในประเทศไทย ส่วนอุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียม GPS นั้นจะใช้อุปกรณ์ที่ทำงานตามมาตรฐาน NMEA-0183 ซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานในเชิงพาณิชย์ โดยจะมีความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งที่ ± 5 เมตร ซึ่งเพียงพอต่อการนำมาใช้งานในระบบดังกล่าว

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

14.1 ด้านการสร้างฮาร์ดแวร์

- ศึกษาและสร้างวงจรต้นแบบของชุดควบคุมที่สามารถรับและจัดเก็บข้อมูลที่จำเป็นจากอุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียม GPS โดยอุปกรณ์นี้จัดเก็บข้อมูลการเดินทางต่างๆได้เมื่อไม่สามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูกลงและหาซื้อได้ในประเทศไทย

14.2 ด้านการสร้างซอฟต์แวร์

- ศึกษาและออกแบบพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมาจากอุปกรณ์ต้นแบบ ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่าย เช่น การจัดเก็บอยู่ในรูปของฐานข้อมูลและตารางข้อมูลเพื่อประโยชน์ต่อการนำไปวิเคราะห์และตรวจสอบ โดยใช้งานระบบแผนที่ดิจิทัลแบบราสเตอร์ที่สามารถซูมเข้าออกได้ และสามารถนำค่าข้อมูลที่บันทึกไว้มาดูย้อนหลังได้อีกด้วย

14.3 ด้านการทำงาน

- สร้างชุดต้นแบบที่สามารถทำการจัดเก็บข้อมูลตำแหน่งพิกัดของรถยนต์ได้ และเลือกระยะห่างระหว่างเวลาของการจัดเก็บข้อมูลได้ โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งกลับมายังศูนย์ควบคุมผ่านช่องทาง GPRS ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อสามารถเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

14.4 ด้านการทดสอบ

- การทดสอบกระทำบนถนนในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์และถนนรอบๆมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ โดยมีเส้นทางจากถนนประชาชื่น ถนนงามวงศ์วาน ถนนวิภาวดีรังสิต ถนนแจ้งวัฒนะ และถนนเลียบคลองประปา

1.5 นิยามคำศัพท์

1. GPS (Global Positioning System) ระบบระบุพิกัดบนพื้นโลกด้วยสัญญาณดาวเทียม หมายถึงระบบระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลกโดยการวัดและคำนวณจากสัญญาณที่รับได้จากดาวเทียมวงโคจรต่ำ
2. GPRS (General Packet Radio Service) หมายถึง ระบบรับส่งข้อมูลผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ซึ่งมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยสามารถรับส่งได้ในอัตราข้อมูลสูงสุดไม่เกิน 48 kbps
3. Tracking System ระบบติดตามตรวจสอบ หมายถึง ระบบที่ใช้ตรวจสอบและติดตามสถานะของวัตถุต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้คือรถยนต์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วงจรและซอฟต์แวร์ต้นแบบของระบบตรวจสอบและติดตามตำแหน่งรถยนต์จากระยะไกล
2. พัฒนาค้นคว้าความรู้ทางด้านเทคโนโลยีทางระบบ GPS
3. เพิ่มองค์ความรู้ของการสร้างระบบตรวจสอบเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าที่มีราคาถูกลงและสามารถนำไปใช้งานได้ในระบบขนส่งและกระจายสินค้า
4. เป็นตัวอย่างงานวิจัยและแนวทางในการพัฒนาเพื่อใช้งานจริง
5. ทดแทนการนำเข้าและช่วยประหยัดเงินตราต่างประเทศ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

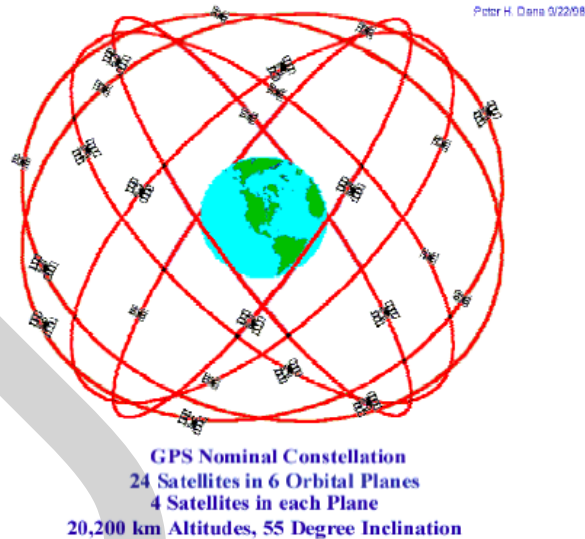
2.1 ระบบ GPS

ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลกโดยใช้กลุ่มดาวเทียมนาฟสตาร์ (The Navstar Global Positioning System: GPS) [3] เป็นระบบระบุตำแหน่งโดยการส่งคลื่นวิทยุจากดาวเทียมในอวกาศมายังภาคพื้นดิน และใช้เวลาในการรับสัญญาณมาช่วยในการคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นผิวโลก โดยสามารถแสดงตำแหน่ง (Position) ความเร็ว (Velocity) และเวลา (Time) ซึ่งรวมเรียกว่า PVT ให้กับผู้ใช้งานได้อย่างไม่จำกัด ทั้งทางบก ทะเล อากาศ และอวกาศ ตามปกติระบบ GPS จะมีบรรจุดัชนีหรือรหัสพิเศษไว้เพื่อใช้จำกัดค่าความถูกต้อง และแม่นยำของการใช้งาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทหรือระดับความสำคัญของผู้ใช้งาน เช่นกรณีที่ใช้ในสำหรับทางการทหาร ระบบ GPS จะให้ค่าความถูกต้องสูงสุด แต่ในกรณีผู้ใช้งานอยู่ในระดับเชิงพาณิชย์จะมีค่าความผิดพลาดได้ประมาณ +/- 5 เมตร นอกจากนี้จะมีการเข้ารหัส ป้องกันจากการปลอมแปลงของศัตรูในระบบการสื่อสาร สำหรับระบบ GPS ประกอบด้วย 3 ระบบหลัก คือ

1. กลุ่มดาวเทียม
2. สถานีควบคุมดาวเทียม
3. อุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียม

2.2 กลุ่มดาวเทียม

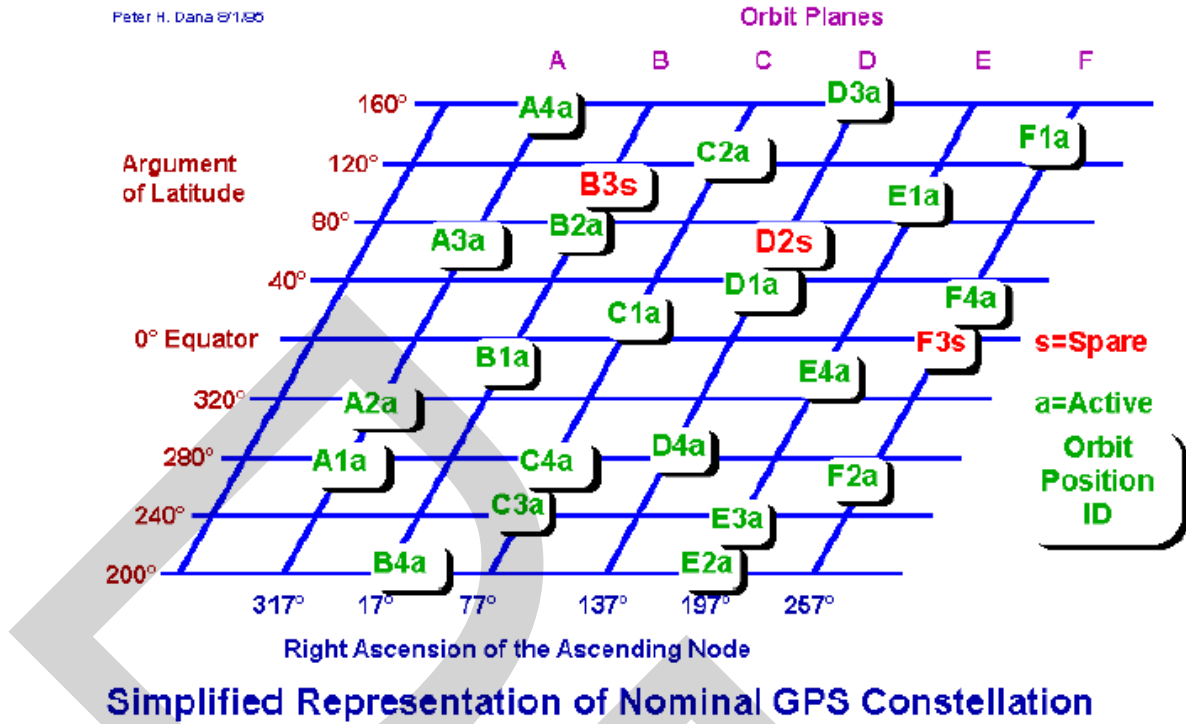
กลุ่มดาวเทียม GPS ประกอบด้วย ดาวเทียมนาฟสตาร์ 24 ดวง ในวงโคจรเซมิซิงโครนัส (Semi – Synchronous Orbit) ซึ่งจะมีการโคจรครบรอบโลกหนึ่งรอบใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ดาวเทียมจะถูกจัดใน 6 ระนาบวงโคจร ในแต่ละระนาบประกอบด้วยดาวเทียม 4 ดวง ระนาบวงโคจรจะมีมุมเอียง (Inclination Angle) 55 องศา สัมพันธ์กับเส้นศูนย์สูตร (Equator) ของโลก และดาวเทียมจะมีความสูงเฉลี่ยของการโคจรประมาณ 20,200 กิโลเมตร (10911 Nautical Miles) เหนือพื้นผิวโลก แสดงดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 กลุ่มดาวเทียมนำพาสตาร์ในระบบ GPS [3]

เนื่องจากดาวเทียมจะโคจรครบ 1 รอบโดยใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที ในขณะที่เดียวกันโลกก็หมุนรอบตัวเองด้วย ดังนั้นดาวเทียมจะวนตามเส้นทางเดิมเหนือพื้นผิวโลกซ้ำกันทุกๆ 23 ชั่วโมง 56 นาที ทำให้ผู้ใช้ที่อยู่ ณ ตำแหน่งคงที่บนพื้นดิน จะเห็นดาวเทียมดวงเดิมในแต่ละวัน ผ่านเส้นทางเดิมในท้องฟ้า แต่ดาวเทียมจะขึ้นและตกเร็วขึ้น 4 นาทีในแต่ละวัน เนื่องจาก ผลต่าง 4 นาทีของเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองกับ 2 เท่าของเวลาที่ดาวเทียมโคจรครบ 1 รอบ ดาวเทียมถูกวาง ตำแหน่ง ในระนาบวงโคจร ที่จะให้ดาวเทียม 4 ดวงขึ้นไป ซึ่งมีความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตที่ดีสำหรับการบอกตำแหน่ง จะถูกสังเกตได้ ณ ทุกๆ ที่บนโลก

ดาวเทียมจะส่งสัญญาณเพื่อใช้สำหรับวัดระยะทาง (ranging signal) บน 2 ความถี่ในช่วง D-band ได้แก่ Link 1 (L1) ที่ 1575.42 MHz และ Link 2 (L2) ที่ 1227.6 MHz สัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งโดยใช้เทคนิคสเปกตรัมแพร่ (spread – spectrum) ด้วยรหัสที่แตกต่างกันอยู่ 2 รหัสคือ รหัส C/A (coarse/acquisition code) ที่มีความถี่ 1.023 MHz บน L1 และรหัส P (precision code) ที่ความถี่ 10.23 MHz บนทั้ง L1 และ L2 ทั้งรหัส C/A และรหัส P สามารถถูกใช้เพื่อบอกระยะทางระหว่างทางการเท่านั้น รหัส P จะถูกนำไปเข้ารหัสอีกครั้งจะเรียกว่ารหัส Y ส่วนข่าวสารการนำร่อง (navigation message) จะประกอบด้วยข้อมูลสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม (satellite clock – bias data) ข้อมูลอีพิเมอร์ริส (satellite ephemeris data) ข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดจากการเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionospheric signal-propagation correction data) และข้อมูลอัลมานาค (satellite almanac data) สำหรับดาวเทียมทุกดวงในกลุ่ม



รูปที่ 2-2 ภาพฉายในระนาบของวงโคจรของกลุ่มดาวเทียมนาฬิกาสตาร์ [3]

รูปที่ 2-2 แสดงภาพฉายในระนาบของวงโคจรของกลุ่มดาวเทียมนาฬิกาสตาร์เทียบกับเวลาอ้างอิง (Epoch time) ซึ่งเริ่มจากเวลาที่ 00.00.00 (ชม.นาท.วินาที) ของวันที่ 1 กรกฎาคม 1993 ตามเวลา UTC (Universal Time) โดยมีวงโคจรและเส้นศูนย์สูตรเป็นรูปวงแหวนแล้วเคลื่อนออกบนระนาบในแนวราบ ความชันของแต่ละวงโคจรแทนมุมเอียงของตัวมันเอง เมื่อเทียบกับระนาบศูนย์สูตร ซึ่งคือ 55 องศา ดังนั้นตำแหน่งของระนาบโคจรจะถูกกำหนดโดยค่าของลองจิจูด ในขณะที่ตำแหน่งของดาวเทียมในระนาบโคจรจะถูกกำหนดโดยค่าของมุมเฉลี่ย ณ เวลาใดๆ ของค่าลองจิจูดซึ่งก็คือ จุดตัดของแต่ละระนาบโคจรกับระนาบศูนย์สูตร โดยมีจุดอ้างอิงคือ แนวเส้นเวลากรีนิช (Greenish meridian) ที่ซึ่งค่าลองจิจูดมีค่าเป็นศูนย์ เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงถึงดาวเทียมแต่ละดวงสามารถใช้วิธีการอ้างอิงได้ 3 วิธีคือ

วิธีแรก กำหนดตัวอักษร A-F ให้กับแต่ละระนาบโคจรและตัวเลข 1-4 ให้กับดาวเทียมแต่ละดวงในแต่ละระนาบโคจร ดังนั้น ถ้าจะกล่าวถึงดาวเทียม B3 จะหมายถึง ดาวเทียมดวงที่ 3 ในระนาบ B

วิธีที่สอง ใช้หมายเลขดาวเทียมนาฬิกาสตาร์ที่กำหนดโดย U.S. Air Force ในการบ่งชี้ดาวเทียม

วิธีที่สาม ใช้ลักษณะโครงสร้างของแหล่งกำเนิดรหัสสุโดเร็นดอม (Pseudo Random Code) บนดาวเทียม ซึ่งแหล่งกำเนิดเหล่านี้จะถูกวางโครงสร้างไว้เฉพาะตัวของดาวเทียมแต่ละดวง ซึ่งจะผลิตรหัสเฉพาะออกมา ดังนั้น ดาวเทียมสามารถจะถูกแยกแยะได้ด้วยรหัสที่ผลิตขึ้นมานี้

2.3 สถานีควบคุมดาวเทียม

สถานีควบคุมดาวเทียมจะประกอบด้วยเครือข่ายสำหรับการติดตามดาวเทียม (Network of Monitoring) และ อุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการควบคุม ซึ่งใช้ในการจัดการวงโคจรของดาวเทียม รวมทั้งการอัปเดต ข้อมูลข่าวสารการนำร่องของดาวเทียมแต่ละดวง ส่วนสถานีควบคุมมีหน้าที่รับผิดชอบการทำงานของดาวเทียม GPS เช่น การรักษาค่าแห่งดาวเทียม (Station Keeping) การตรวจสอบสภาพและสถานะของระบบต่างๆ บนดาวเทียม การทำงานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ระดับพลังงานของแบตเตอรี่ การเปิดดาวเทียมสำรอง การปรับปรุงข้อมูลเวลา ข้อมูลลิฟิเมอร์ส (Ephemeris) ข้อมูลอัลมานาค (Almanac) และตัวชี้ค่าอื่นๆ ในข่าวสารการนำร่องวันละครั้งหรือตามแต่ความจำเป็น ข้อมูลข่าวสารการนำร่อง (Navigation Message Data) สามารถเก็บไว้ได้อย่างน้อย 14 วัน ถึง 210 วัน สถานีควบคุมจะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station)
2. สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station)
3. สายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Antenna)

2.3.1 สถานีควบคุมหลัก

เป็นศูนย์กลางของการทำงานทั้งระบบโดยตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศ Falcon มลรัฐโคโลราโด ข้อมูลที่ได้จากสถานีสังเกตการณ์ต่างๆ ซึ่งจะทำการวัดผ่านความถี่ดาวนำลิ้งค์ของดาวเทียม (ทั้ง L1 และ L2) พร้อมทั้งข่าวสารการนำร่องและข้อมูลสภาพอากาศท้องถิ่น จะถูกส่งผ่านไปยังสถานีควบคุมหลัก โดยผ่านทางระบบสื่อสารดาวเทียมของทหารหรือระบบสื่อสารอื่นๆ จากนั้นสถานีควบคุมหลักจะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากสถานีสังเกตการณ์ เพื่อกำหนดค่าความถูกต้องของเวลา บนดาวเทียมรวมทั้งข้อมูลอื่นๆ เช่น ข้อมูลลิฟิเมอร์สและข้อมูลอัลมานาค เป็นต้น นอกจากนี้ สถานีควบคุมหลักจะตรวจสอบสถานะของดาวเทียมและสถานีภาคพื้นดิน ซึ่งจะกระจายอยู่ตามสถานที่ต่างๆ ดังรูปที่ 2-3 ทั้งนี้สถานีควบคุมสำรองตั้งอยู่ที่ Gaithersburg

สถานีควบคุมหลักจะทำการประมวลผลข้อมูลที่รวบรวมได้จากสถานีสังเกตการณ์ต่างๆ เพื่อกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ข้อมูลอัลมานาค ข้อมูลลิฟิเมอร์ส โดยเริ่มจากการปรับแก้ไขค่าชุกโคเรนจ์ที่เกิดจากการล่าช้าเนื่องจากการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์และโทรโปสเฟียร์ของทุกๆ สถานีสังเกตการณ์ จากนั้นจึงนำไปผ่านตัวกรองแบบคาลมาน (Kalman Filter) เพื่อให้ได้ค่าลิฟิเมอร์สและค่าการเลื่อนของสัญญาณนาฬิกา (Clock Offset) ที่แม่นยำ ทั้งนี้พารามิเตอร์ของตัวกรองจะถูกปรับทุกๆ 15 นาที



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

รูปที่ 2-3 สถานที่ตั้งส่วนสถานีควบคุม GPS [3]

2.3.2 สถานีสังเกตการณ์

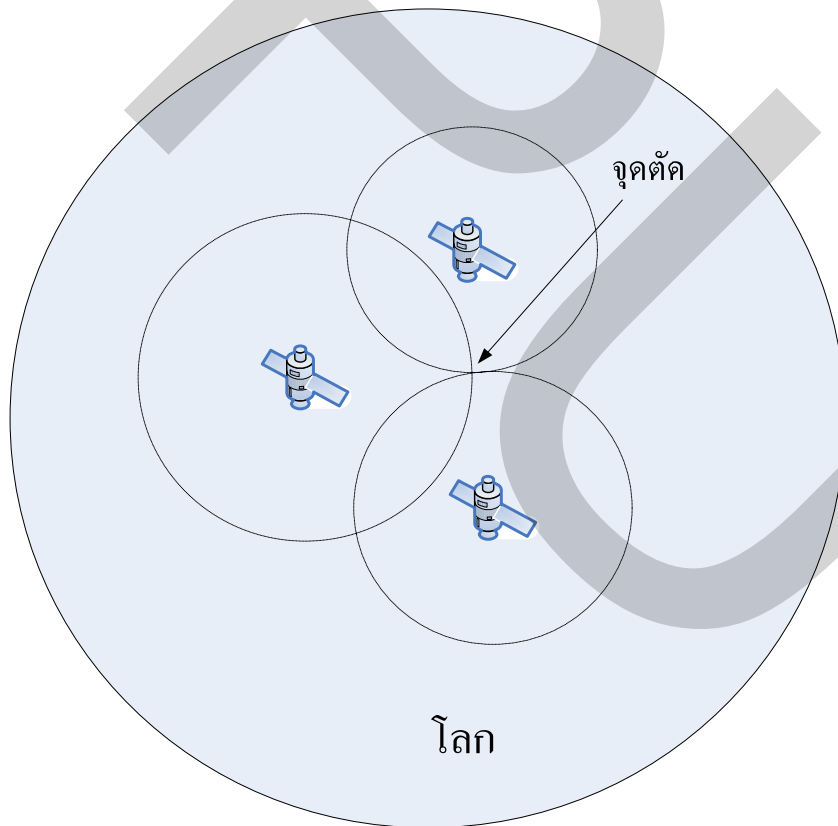
สถานีสังเกตการณ์ จะมีเครื่องรับ GPS ทั้ง 2 ความถี่ (L1 และ L2) ซึ่งจะทำการวัดค่าชูโดเรนท์ และเคลตารนท์ ของดาวเทียมแต่ละดวงที่สังเกตเห็นอย่างต่อเนื่อง โดยมีนาฬิกาซีเซียม (Cesium) 2 เรือนใช้ในการเปรียบเทียบหรืออ้างอิงกับเวลาของระบบ GPS เพื่อใช้ในการปรับเวลาให้ถูกต้องมากที่สุด ทั้งการปรับเวลาใช้ในการชดเชยความล่าช้า การหักเหของการเดินทางของคลื่นวิทยุในชั้นบรรยากาศ ไอโอโนสเฟียร์ (Ionospheric Delay) และโทรโปสเฟียร์ (Tropospheric Delay) ซึ่งความล่าช้าเนื่องมาจากไอโอโนสเฟียร์ จะหาได้โดยการคำนวณจากสัญญาณที่รับได้จากความถี่ทั้งสองของเครื่องรับในสถานีสังเกตการณ์ ส่วนความล่าช้าที่เกิดจากชั้นบรรยากาศโทรโปสเฟียร์นั้นจะคำนวณมาจากอุณหภูมิ ความดัน และความชื้น โดยกรมอุตุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกา

2.3.3 สายอากาศภาคพื้นดิน

สถานีสายอากาศภาคพื้นดินจะตั้งอยู่คู่กับสถานีสังเกตการณ์ มีหน้าที่ส่งคำสั่งและข้อมูลการนำร่องและข้อมูลอื่นๆ ที่เรียกว่า TT&C (Telemetry, Tracking and Command) ข้อมูลนี้จะถูกเตรียมพร้อมโดยสถานีควบคุมหลักสำหรับดาวเทียมแต่ละดวงโดยเฉพาะ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังสายอากาศภาคพื้นดินและเก็บไว้จนกว่าดาวเทียมจะโคจรผ่านมา โดยส่งผ่านทางคลื่นความถี่ S-Band

2.4 อุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียม

อุปกรณ์หรือเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS คือส่วนที่ถูกใช้งาน โดยผู้ใช้งานซึ่งถูกออกแบบเพื่อรับสัญญาณ ถอดรหัสและประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียมนาฬิกาดาวเทียม โดยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS จะประมวลผลเพื่อหาเวลาในการเดินทางของสัญญาณและคำนวณหาระยะทางระหว่างดาวเทียมแต่ละดวงกับเครื่องรับ จึงจะทำให้ได้ข้อมูลข่าวสารต่างๆ เพื่อใช้ในการระบุตำแหน่งบนโลกได้ ปกติแล้วดาวเทียมแต่ละดวงจะแพร่กระจายคลื่นสัญญาณที่บรรจุข้อมูลข่าวสารไว้ เมื่อคลื่นสัญญาณดังกล่าวเดินทางมาถึงเครื่องรับ เครื่องรับสัญญาณจะต้องทำการถอดรหัสข้อมูลให้ได้ก่อน จากนั้นจะนำข้อมูลที่รับได้จากดาวเทียมหลายๆ ดวงมาใช้ในการระบุตำแหน่งของตัวเอง โดยใช้หลักการคำนวณหาระยะเวลาที่สัญญาณดังกล่าวเดินทางจากดาวเทียมมาถึงตัวเครื่องรับสัญญาณแล้วจึงแปลงเป็นระยะทางระหว่างตัวเครื่องรับสัญญาณกับดาวเทียม เมื่อทราบระยะทางระหว่างตัวเครื่องรับสัญญาณกับดาวเทียมหลายดวงแล้วก็สามารถหาจุดตัดร่วมออกมา โดยปกติแล้วข้อมูลจากดาวเทียม 3 ดวงก็สามารถระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลกได้ แต่ถ้าต้องการระบุความสูงจากพื้นผิวโลก (Altitude) ด้วยแล้วจะต้องใช้ข้อมูลจากดาวเทียม 4 ดวงขึ้นไป ในรูปที่ 2-4 แสดงจุดตัดของสัญญาณที่ใช้ในการคำนวณเพื่อระบุตำแหน่ง

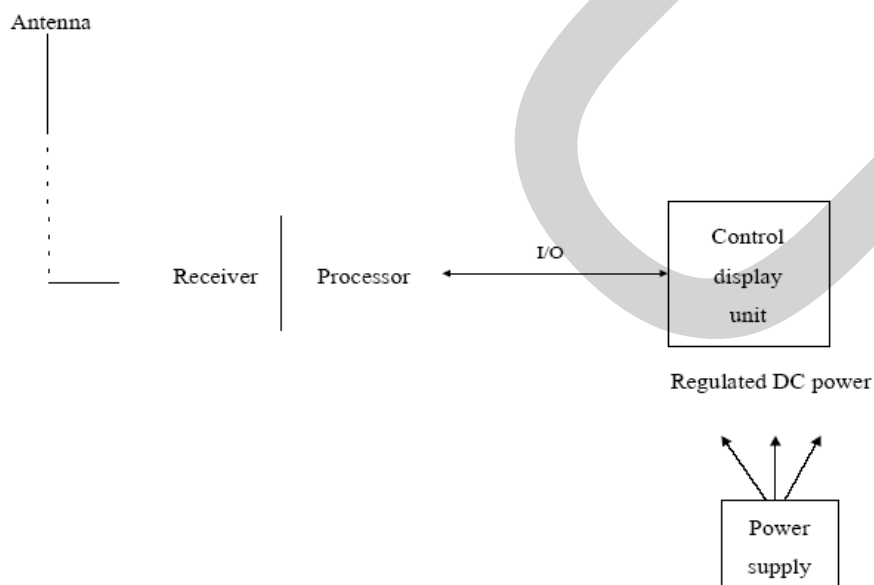


รูปที่ 2-4 จุดตัดสัญญาณซึ่งในการคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นโลก

อย่างไรก็ตาม ถ้าเครื่องรับสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้หลายดวงมากก็จะทำให้ค่าความแม่นยำที่ได้มีมากขึ้นเท่านั้น จากรูปที่ 2-4 เป็นการคำนวณหาจุดตัดซึ่งใช้เปรียบเสมือนว่าดาวเทียมแต่ละดวงแพร่กระจายคลื่นสัญญาณออกมาเป็นทรงกลม โดยมีดาวเทียมเป็นจุดศูนย์กลาง และเมื่อทรงกลมดังกล่าวตัดกันที่จุดไหน จุดดังกล่าวก็คือตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณนั่นเอง ทั้งนี้จุดตัดของทรงกลมที่ได้จะอยู่บนพื้นผิวหรือใกล้เคียงกับพื้นผิวโลก อย่างไรก็ตามการคำนวณหาจุดตัดนั้นต้องทราบระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณ ซึ่งคำนวณมาจากระยะเวลาที่สัญญาณใช้ในการเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับสัญญาณ ดังนั้นการคำนวณสัญญาณนาฬิกาที่ผิดพลาดเพียง 3 นาโนวินาที (nano second) ก็จะทำให้การคำนวณหาระยะทางผิดพลาดไปประมาณ 1 เมตร นอกจากนี้ดาวเทียมยังมีการเข้ารหัสเพื่อกำหนดระดับการใช้งาน ซึ่งการถอดรหัสที่ไม่สมบูรณ์ก็จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดในการระบุตำแหน่งคลาดเคลื่อนไป ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนต่างๆ ทำให้เหมาะกับการใช้งานสำหรับแต่ละวัตถุประสงค์แตกต่างกันไปอย่างเช่นในกรณีการใช้งานในเชิงพาณิชย์ทั่วไป ตัวเครื่องรับสามารถถอดรหัสข้อมูลและระบุตำแหน่งได้โดยมีค่าความผิดพลาดของการคำนวณที่ +/- 5 เมตร

คุณลักษณะของชุดเครื่องรับ GPS

ปัจจุบันเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS [4] มีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบามาก เนื่องจากการพัฒนาของเทคโนโลยีในด้านต่างๆ โดยไดอะแกรมของชุดเครื่องรับ GPS จะเป็นไปตามรูปที่ 2-5 โดยประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 5 ส่วนคือ



รูปที่ 2-5 ส่วนประกอบหลักของเครื่องรับ GPS

- สายอากาศ (Antenna)

สัญญาณจากดาวเทียมที่อยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกรับผ่านทางสายอากาศเพื่อแปรเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ปกติแล้วสายอากาศที่ใช้จะมีโพลาไรซ์ของคลื่นแบบวงกลมที่หมุนไปทางขวา (Right Hand Circular Polarized) และมีทิศทางการรับเป็นแบบครึ่งทรงกลม โดยทั่วไปจะครอบคลุมรัศมีในแนวตั้งมีรัศมีกว้างประมาณ 160 องศา และมีค่าอัตราขยาย (gain) ประมาณ 2.5 dB ที่มุมตกกระทบในแนวตั้งฉาก และมีค่าอัตราขยายประมาณ 0 dB ที่มุม 10 องศาจากแนวระนาบกับพื้นโลก อย่างไรก็ตามบริเวณที่อยู่ต่ำกว่ามุม 10 องศา ค่าอัตราขยายจะเป็นลบ กล่าวคือสัญญาณที่รับได้จะลดทอนลง เนื่องจากโพลาไรซ์ของสัญญาณจากดาวเทียมเป็นแบบวนรอบที่มีการหมุนวนทางขวา สายอากาศแบบโคนิกอลเฮลิคซ์ (Conical Helix Antenna) หรือรูปแบบอื่นๆ ที่ใกล้เคียง จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้งานกับระบบ GPS นี้ อย่างไรก็ตามรูปแบบของสายอากาศที่ใช้จริงมีหลายรูปแบบ การเลือกใช้สายอากาศนั้นจะดูจากค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศ เช่น ขนาดของสายอากาศ แพทเทิร์นของอัตราขยาย (Gain Pattern) ของสายอากาศ ขนาดของพื้นที่ติดตั้ง คุณสมบัติทางแอมพลิจูดและเฟสอื่นๆ

- เครื่องรับสัญญาณ (Receiver)

ชนิดของเครื่องรับสัญญาณมี 2 ชนิดคือ เครื่องรับชนิดที่แทรกสัญญาณทั้งรหัส P(Y) และรหัส C/A และชนิดที่ 2 คือเครื่องรับชนิดที่แทรกเฉพาะรหัส C/A ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ใช้ทั่วไปซึ่งให้บริการในโหมด SPS (Standard Positioning Service) โดยจะใช้เครื่องรับที่แทรกรหัส C/A บนช่องความถี่ L1 เพียงอย่างเดียวเนื่องจากช่องความถี่ L1 เป็นเพียงความถี่เดียวที่มีการส่งรหัส C/A สำหรับผู้ใช้ที่ต้องการความแม่นยำที่สูงขึ้นจะต้องใช้เครื่องรับที่สามารถให้บริการในโหมด PPS (Precision Positioning Service) ซึ่งเครื่องรับจะแทรกรหัส P(Y) บนช่องความถี่ L1 และ L2 โดยจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ถอดรหัสสคริปโตกราฟฟี (Cryptographic Equipment) ได้เท่านั้น สัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมจะถูกเข้ารหัส (Encrypt) และถ้าเครื่องรับไม่มีอุปกรณ์ถอดรหัสที่เหมาะสม เครื่องรับก็จะทำการแทรกรหัส C/A บนช่องความถี่ L1 เป็นแทน นอกจากนี้เครื่องรับสองชนิดนี้แล้วยังมีเครื่องรับชนิดอื่นๆ อีกได้แก่เครื่องรับแบบ Codeless L2 ซึ่งเครื่องรับแบบนี้จะทำการแทรกรหัส C/A บนช่องความถี่ L1 และเฟสของสัญญาณที่ส่งมา (Carrier Phase) บนช่องความถี่ L1 และ L2 ในการใช้ประโยชน์จากเฟสในการวัดจะทำให้ได้ค่าความถูกต้องจากการวัดสูง

เครื่องรับส่วนใหญ่จะมีช่องสัญญาณหลายช่อง โดยที่แต่ละช่องสัญญาณจะแทรกสัญญาณจากดาวเทียมดวงเดียว สัญญาณที่รับได้จากดาวเทียมจะถูกกรองผ่านด้วยตัวกรองแบบช่วงความถี่ผ่านก่อน (pre-bandpass filter) เพื่อลดการรบกวนจากสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าอื่นๆ ที่อยู่นอกย่านความถี่เช่นสัญญาณจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น จากนั้นจะนำมาขยายสัญญาณให้ชัดเจนขึ้นแล้วนำไปผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนช่วงความถี่ได้เป็นสัญญาณที่ช่องความถี่กลางหรือสัญญาณไอเอฟ ในเครื่องรับสมัยใหม่

สัญญาณไอเอฟนี้จะถูกสุ่มตัวอย่าง (Sampling) และทำการดิจิทัลโดยใช้อุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลหรือ ADC (Analog to Digital Converter) อัตราการสุ่มตัวอย่างโดยทั่วไป จะมีค่าแปลเท่ากับสิบสองเท่าของอัตราการชีพของรหัสพีอาร์เอ็น (PRN) (1.023 MHz สำหรับรหัส C/A ในช่องความถี่ L1 และ 10.23 MHz สำหรับรหัส P(Y) ในช่องความถี่ L1 และ L2) และอัตราความถี่ของการสุ่มตัวอย่างที่น้อยที่สุดจะต้องมีค่าเป็นสองเท่าของแบนด์วิดท์สูงสุดของสัญญาณที่รับได้เพื่อให้เป็นไปตามกฎของ Nyquist สำหรับเครื่องรับสัญญาณที่แทรกเฉพาะรหัส C/A นั้นจะมีแบนด์วิดท์สูงสุดของข่าวสาร มากกว่า 2 MHz ในขณะที่เครื่องรับที่ทำการแทรกรหัส P(Y) ด้วยจะมีแบนด์วิดท์สูงสุดของข่าวสารมากกว่า 20 MHz สัญญาณที่ถูกสุ่มมานี้จะถูกส่งต่อไปยังตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลหรือ DSP (Digital Signal Processor) ซึ่งจะทำการประมวลผลสัญญาณเพื่อแทรกสัญญาณคลื่นพาห์และรหัสพร้อมๆ กันจากดาวเทียมจำนวน N ดวง (ในเครื่องรับปัจจุบัน N มีค่าได้ตั้งแต่ 5 ถึง 12 ดวง) แต่ละช่องสัญญาณจะบรรจุรหัสของการแทรกไว้ สิ่งที่ได้จากการแทรกจะถูกส่งไปยังตัวประมวลผลของเครื่องรับเพื่อใช้ในการหาข้อมูลสำหรับการคำนวณเพื่อการระบุตำแหน่งนั่นเอง

- ตัวประมวลผลของเครื่องรับ (Navigation/Receiver Processor)

ตัวประมวลผลของเครื่องรับ จะทำการควบคุมและสั่งงานให้เครื่องรับทำงานตามลำดับการทำงาน โดยเริ่มจากการค้นหาสัญญาณ ตามด้วยการแทรก และการดึงข้อมูลจากสัญญาณ นอกจากนั้นตัวประมวลผลอาจจะคำนวณหาตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาของเครื่องรับ ซึ่งเรียกว่าผลลัพธ์พีวีที (Position Velocity Time) ซึ่งคำนวณจากค่าที่วัดได้จากเครื่องรับ ในการใช้งานบางอย่างอาจมีตัวประมวลผลมากกว่าหนึ่งตัวแยกกันเพื่อใช้ในการคำนวณหาผลลัพธ์พีวีที และใช้ทำงานในหน้าที่การนำร่องอื่นๆ ตัวประมวลผลส่วนใหญ่จะให้ผลลัพธ์พีวีทีด้วยความถี่ 1 Hz เป็นพื้นฐาน อย่างไรก็ตามในเครื่องรับที่ถูกออกแบบสำหรับงานเกี่ยวกับการบินจะต้องการความถูกต้องแม่นยำและตอบสนองเร็วกว่า (high - dynamic) ซึ่งจะต้องการการคำนวณผลลัพธ์พีวีทีที่อัตราอย่างน้อย 5 Hz ผลลัพธ์ที่ถูกคำนวณออกมาได้ และข้อมูลนำร่องที่เกี่ยวข้องจะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุทเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้งานต่อไป

- อุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุท

อุปกรณ์อินเทอร์เฟซระหว่างชุดเครื่องรับ GPS กับผู้ใช้ โดยทั่วไปจะมีอุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุทแบบพื้นฐานอยู่ 2 ชนิดคือ รวมอยู่ในตัวเครื่องหรือภายนอก สำหรับงานหลายๆแบบ อุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุท จะเป็นส่วนควบคุมและแสดงผล หรือ Control Display Unit (CDU) จะอนุญาตให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลเข้าและแสดงสถานะพารามิเตอร์ การนำร่องต่างๆ เครื่องรับขนาดมือถือ หรือขนาดเล็กจะมี CDU รวมอยู่ในตัวเครื่อง ในการติดตั้งในแบบอื่นๆ เช่น ในงานอากาศยานหรือในเรือ อุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุท จะถูกรวมไว้ในแผงควบคุม ซึ่งจะรวมไปกับอุปกรณ์อื่นๆ นอกจากนั้นงานบางอย่างที่ทำงาน

ร่วมกับเซนเซอร์อื่นๆ ต้องการอินเตอร์เฟส เพื่อป้อนข้อมูลอินพุตและส่งออก อินเตอร์เฟสที่มีอยู่และใช้งานทั่วไปคือ ARINC 429, MIL-STD-1553B, RS-232 และ RS-422

- แหล่งจ่ายไฟ

มีทั้งแบบอยู่ในตัวชุดเครื่องรับเองหรือแบบภายนอกหรือทั้งสองแบบรวมกัน แบตเตอรี่ชนิดอัลคาไลน์หรือแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมมักถูกใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟภายใน ตัวอย่างเช่น ในเครื่องGPS แบบมือถือ แหล่งจ่ายไฟภายนอกใช้งานที่เครื่องรับGPS ถูกใช้ร่วมกับงานอื่นๆ อย่างเช่นเครื่องรับแบบที่เป็นการ์ดที่ติดตั้งอยู่ในตัวคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือที่ติดตั้งอยู่ในเรือ เครื่องบิน นอกจากนี้ยังมีการใช้แบตเตอรี่ภายในเพื่อรักษาข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ (RAM)

2.5 การทำงานของระบบ GPS

ข้อมูลที่เครื่องรับรับสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมทำให้เครื่องรับ GPS สามารถวัดและคำนวณเวลาที่สัญญาณใช้ในการเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับได้ และทำให้ทราบระยะทางระหว่างดาวเทียมกับผู้ใช้ ข้อมูลการนำร่องจะให้ข้อมูลเพื่อการคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง ณ เวลาของการส่งสัญญาณ จากข้อมูลเหล่านี้ โคออดิเนตของตำแหน่งผู้ใช้หรือค่าละติจูดและลองจิจูด และค่าห้ล่อมของสัญญาณนาฬิกาของผู้ใช้ (user clock offset) จะถูกคำนวณโดยใช้สมการ (Simultaneous equation) โดยปกติจะต้องการข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ที่เครื่องรับสามารถรับสัญญาณได้ในเวลาเดียวกันเพื่อการบอกตำแหน่งในสามมิติ ดาวเทียม GPS จะส่งความถี่พาหะ 2 ความถี่เรียกว่าค่าความถี่ L1 และ L2 ความถี่พาหะจะถูกมอดคูเลตด้วยวิธีการสเปกตรัม (Spread Spectrum) รหัสซึ่งประกอบด้วย ขบวนการรหัสพิอาร์เอ็น หรือ Pseudo Random Noise (PRN) ที่จะเป็น เอกลักษณะเฉพาะของดาวเทียมแต่ละดวงและข้อมูลข่าวสารการนำร่องดาวเทียมทุกดวงส่งความถี่พาหะที่เหมือนกัน แต่สัญญาณทั้งหลายจะไม่รบกวนกัน เพราะว่าการมอดคูเลชั่นของรหัสพิอาร์เอ็นจากดาวเทียมแต่ละดวงแทบจะไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันเลย สัญญาณของดาวเทียมสามารถถูกแยกและตรวจจับได้ โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Code Division Multiple Access (CDMA) ในการแทรกดาวเทียมโดยใช้เทคนิค CDMA ที่เครื่องรับ GPS ต้องจำลองขบวนการรหัสพิอาร์เอ็นสำหรับดาวเทียมที่ต้องการ รวมกับสัญญาณพาหะจำลอง รวมทั้ง Doppler effect ด้วยผู้ใช้ซึ่งสามารถรับได้ทั้ง 2 ความถี่พาหะ โดยจะใช้ความถี่พาหะ 2 อันในการวัดความล่าช้าเนื่องจากชั้นบรรยากาศไอโอไดนาเฟียร์ ซึ่งความล่าช้านี้จะสัมพันธ์กับผลต่างของ Signal Time of Arrival (TOA) ของความถี่พาหะทั้งสอง ส่วนผู้ใช้ความถี่เดียว (รับเพียงความถี่ L1 เท่านั้น) ผู้ใช้ต้องประมาณค่าความล่าช้าโดยใช้พารามิเตอร์ที่ส่งมารวมกับข้อมูลของข่าวสารการนำร่องข่าวสารการนำร่องที่มีความถี่ 50 Hz จะอยู่บนทั้งรหัส P(Y) และรหัส C/A ซึ่งจะมีข้อมูลทั้งที่เป็นเอกลักษณ์ของดาวเทียมที่ส่งสัญญาณและข้อมูลทั่วไปของดาวเทียมทุกดวง ข้อมูลที่บรรจุอยู่ในข้อมูลข่าวสารการนำร่องมีดังนี้

- เวลาของการส่งของข้อมูล (time of transmission of the message)

แฮนด์ โอเวอร์ เวิร์ลด์ (Hand Over World (HOW) for the transition from C/A – code to P(Y) –code tracking)

- ข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกา (Clock Correction)
- ข้อมูลอีพีเมอร์ริส
- ข้อมูลสุขภาพของดาวเทียมส่งสัญญาณ (Health data for the transmitting satellite)
- ข้อมูลอัลมาแนค (Almanac and health data for all satellite)
- ค่าโคเอฟฟิเชียนต์สำหรับแบบจำลองชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Coefficients for the ionospheric delay model)
- ค่าโคเอฟฟิเชียนต์เพื่อการคำนวณเวลายูทีซี (Coefficients to calculate UTC)

ข้อมูลข่าวสารการนำร่องจะประกอบด้วย 25 เฟรมของข้อมูล แต่ละเฟรมมี 1500 บิต แต่ละเฟรมจะถูกแบ่งออกเป็น 5 เฟรมย่อย ซึ่งมี 300 บิตต่อ 1 เฟรมย่อย มีอัตราส่ง 50 Hz จะใช้เวลา 6 วินาทีในการรับมีรูปแบบของข้อมูลเหมือนกันทั้ง 25 เฟรมและ 12.5 นาที เพื่อที่จะรับทั้ง 25 เฟรม เฟรมย่อยที่ 1, 2, 3 มีรูปแบบของข้อมูลเหมือนกันทั้ง 25 เฟรม เฟรมย่อยที่ 1 บรรจุข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกาสำหรับดาวเทียมที่ส่ง และพารามิเตอร์ที่อธิบายถึงความแม่นยำ และสุขภาพของสัญญาณ เฟรมย่อยที่ 2 และ 3 บรรจุอีพีเมอร์ริสพารามิเตอร์ (ephemeris parameter) เพื่อที่จะใช้คำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียมสำหรับใช้ในสมการ การบอกตำแหน่ง เฟรมย่อยที่ 4 และ 5 มีข้อมูลซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตลอด 25 เฟรมเป็น ข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลสามัญของดาวเทียมทั้งหมดและเครื่องรับไม่จำเป็นต้องได้รับอย่างรวดเร็ว ข้อมูลในที่นี้ก็คือ

- ข้อมูลอัลมาแนค (almanac data and low – precision clock correction)
- ข้อมูลสุขภาพแบบง่าย และสถานะโครงสร้าง (simplified health and configuration status for every satellite)
- ข่าวสารที่เป็นตัวอักษร (user text message)
- ค่าโคเอฟฟิเชียนต์สำหรับแบบจำลองบรรยากาศ และการคำนวณเวลายูทีซี

2.6 การทำงานของเครื่องรับ GPS

2.6.1 การเลือกดาวเทียม

กระบวนการเลือกรับสัญญาณจากดาวเทียมเริ่มจากการแทรก โดยเครื่องรับจะหาดาวเทียมดวงที่เป็นไปได้ในการแทรก ถ้าเครื่องรับสามารถตัดสินใจมองเห็นดาวเทียมได้ทันที และจะลือคสัญญาณจากดาวเทียมเป้าหมายเพื่อทำการแทรกและเริ่มกระบวนการรับสัญญาณ การมองเห็นดาวเทียม (Satellite Visibility) จะตัดสินใจจากข้อมูลอัลมาแนค (GPS Satellite almanac) และค่าการประมาณ หรือค่าที่ได้รับจากผู้ใช้งาน (user input) เริ่มต้นของเวลาและตำแหน่งของเครื่องรับ ซึ่งถ้าเครื่องรับไม่มีค่าเหล่านี้เก็บไว้ ก็จะเริ่มทำการสำรวจท้องฟ้า ซึ่งจะค้นหาซูโดเรนคอมมอยส์ ซึ่งก็คือรหัส C/A จนลือคได้จากดาวเทียมดวงหนึ่งที่อยู่ในวิสัย เมื่อดาวเทียมถูกแทรกเรียบร้อยแล้ว เครื่องรับจะสามารถคัดเลือกข้อมูลการนำร่อง และได้รับค่าปัจจุบันของข้อมูลอัลมาแนค เช่นเดียวกับสถานะสุขภาพของดาวเทียมที่เหลือทั้งหมดในดาวเทียมที่มองเห็น หรือใช้ดาวเทียมนั้นขึ้นอยู่กับ สถาปัตยกรรมของเครื่องรับ อาจจะเลือกกลุ่มที่ดีที่สุดในการมองเห็น หรือใช้ดาวเทียมที่มีสุขภาพที่ดีทั้งหมด เพื่อให้พิจารณาหาตำแหน่งความเร็ว และเวลา ผลจากการคำนวณมักจะมีความถูกต้องมากกว่าการใช้ดาวเทียม 4 ดวง ถึงแม้ว่าต้องการความซับซ้อนของการประมวลผลและเครื่องรับมากกว่า โดยเครื่องรับส่วนใหญ่จะแทรกดาวเทียมมากกว่า 4 ดวง แต่น้อยกว่าที่เห็นในวิสัยทั้งหมด เนื่องจาก การประนีประนอมระหว่างความซับซ้อน ความถูกต้อง และความแข็งแกร่ง (Robustness) เครื่องรับที่ใช้วิธี เลือกกลุ่มที่ดีที่สุดก็ทำเช่นเดียวกัน โดยขึ้นอยู่กับเรขาคณิตการประมาณความถูกต้อง

2.6.2 การรับสัญญาณดาวเทียม

กำลังของสัญญาณดาวเทียมที่พื้นผิวโลกจะมีค่าต่ำกว่าระดับของเสียงรบกวน เนื่องจากการมอดูเลตสัญญาณ โดยวิธีสเปกตรัมความสูงของวงโคจร และกำลังส่งของดาวเทียม เพื่อจะนำสัญญาณกลับมา เครื่องรับจะใช้เทคนิคโค๊ดคอรเรลชัน (code correlation) โดยจะสร้างสัญญาณเลียนแบบสัญญาณที่จะรับเข้ามา และนำมาจัดให้ตรงกับสัญญาณที่ได้รับ โดยเครื่องรับจะเลื่อนสัญญาณเลียนแบบให้ตรงกับสัญญาณจากดาวเทียม เมื่อโค๊ดเกิดการตรงกัน สัญญาณก็จะถูกบีบอัดกลับเป็นความถี่พาหะต้นกำเนิด ค่าความล่าช้าในรหัสของเครื่องรับคือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ ทำให้ได้ระยะทางออกมา (ระยะทางจากค่าความล่าช้านี้เรียกว่าซูโดเรนจ์เพราะว่ามันยังไม่ใช่ระยะทางที่แท้จริง เนื่องจากยังไม่ได้ลบค่าไบอัสของสัญญาณนาฬิกาของเครื่องรับออกไป) เครื่องรับโดยปกติจะใช้เทคนิคเฟสล็อกคูป (phase – locked – loop) เพื่อซิงค์โครไนซ์ (synchronize) สัญญาณที่เครื่องรับสร้างขึ้นภายในกับสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียม โค๊ดแทรกคิงคูป จะใช้แทรกสัญญาณรหัส C/A และรหัส P ขณะที่แคเรียแทรคคิงคูป (Carrier tracking loop) ใช้เพื่อแทรกความถี่พาหะแทรคคิงคูปทั้งสองจะช่วยกันและกัน เพื่อที่จะได้รับและแทรกสัญญาณดาวเทียม สัญญาณอาร์เอฟที่ได้รับจะถูก ดาวน์คอนเวอร์ต (Down convert) ผ่านความถี่ไอเอฟ 2 ค่า ลงจนเป็นความถี่ที่

ใกล้เคียงกับเบสแบนด์ (Base band) ซึ่งจะสามารถถูกแซมปลิงโดย A/D คอนเวอร์เตอร์ (A/D Converter) อินเฟสแซมเพิลและ ควอดร่าเจอร์แซมเพิล (In phase and quadrature digital samples) จะถูกใช้เพื่อรักษาข้อมูลของเฟสในสัญญาณที่ได้รับ แซมเพิลมักจะมี 2 บิต เพื่อลดค่าสูญเสียของการคอนเวิร์ตการแซมปลิงต้องมีค่ามากกว่าอัตราการซิปของรหัส สำหรับรหัสเอนอาร์แซด (NRZ) คือมีค่ามากกว่า 10.23 MHz สำหรับ รหัส P(Y) เพื่อให้แน่ใจว่า เฟสของสัญญาณที่ได้รับ จะยังรักษาไว้ได้โดยคอลลอสซิลเลเตอร์ (local oscillator) ทั้งหมดจะมาจาก กลุ่มของตัวสังเคราะห์สัญญาณ ที่ได้มาจากมาสเตอร์ออสซิลเลเตอร์ (master oscillator) ของเครื่องรับใน A/D คอนเวิร์ตเตอร์ที่ตามมา มี final phase rotation circuit ซึ่งทำให้สามารถแทรกคอปเปลอร์ (doppler) ในดาวเทียมได้อย่างแม่นยำ

2.7 หลักการวัดระยะทางโดยใช้การวัดเวลาที่รับสัญญาณ

GPS อาศัยหลักการของตรวจจับเวลาของการมาถึงเครื่องรับของสัญญาณ ที่รับได้จากดาวเทียม ในการระบุตำแหน่งของผู้ใช้ โดยหลักการนี้จะทำการวัดระยะเวลาในการเดินทางของสัญญาณจากเครื่องส่ง (เช่น foghorn, radio bead on, satellite) ซึ่งเมื่อนำไปคูณกับ ความเร็วของสัญญาณ ก็จะทราบระยะห่างระหว่าง เครื่องรับกับเครื่องส่ง โดยการใช้อุปกรณ์ส่งหลายๆ ตัวก็จะสามารถ ระบุตำแหน่งของเครื่องรับได้ เมื่อทำการวัดระยะห่างจากดาวเทียมหลายๆ ดวงก็จะสามารถระบุตำแหน่ง 3 มิติของเครื่องรับได้โดยความเร็วของสัญญาณจากดาวเทียมเท่ากับความเร็วแสงคือประมาณ 3×10^8 เมตรต่อวินาที โดยสมมติว่าข้อมูลต่างๆของดาวเทียมถูกต้องแม่นยำ ซึ่งระบุตำแหน่ง 3 มิติโดยการตัดกันของทรงกลมหลายทรงกลม โดยสมมติว่ามีดาวเทียมดวงหนึ่งส่งสัญญาณออกมา สัญญาณนาฬิกาบนดาวเทียมจะกำหนดเวลาที่ส่งสัญญาณ โดยสัญญาณนาฬิกาที่ซิงโครไนซ์กับระบบด้วย ว่าข้อมูลของเวลาจะถูกรวมเข้ากับสัญญาณจาก ดาวเทียมเพื่อแจ้งแก่เครื่องรับ เมื่อทราบเวลาที่รับสัญญาณได้ก็จะคำนวณระยะห่างจากดาวเทียมได้ เมื่อทราบค่าระยะห่างก็แสดงว่า ผู้ใช้จะอยู่ที่ใดที่หนึ่งบนผิวทรงกลมที่มีดาวเทียมเป็น จุดศูนย์กลาง ถ้าทำการวัดระยะจากดาวเทียมดวงที่ 2 พร้อมๆกัน ดังนั้นผู้ใช้จะอยู่ที่ใดที่หนึ่งบนเส้นรอบวงกลมที่เรเงา ซึ่งเกิดจากการตัดกันของทรงกลมหรืออาจจะอยู่ที่จุดๆ หนึ่งที่ตั้งฉากกับทรงกลมทั้ง 2 (เช่น กรณีที่ทรงกลมสัมผัสกัน) ซึ่งกรณีหลังนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้ใช้อยู่ในแนวเดียวกับดาวเทียมทั้ง 2 ดวง ซึ่งเป็นไปได้้น้อยมาก ระยะเวลาของการตัดกันจะตั้งฉากกับเส้นที่ลากต่อระหว่างดาวเทียม ทำการวัดซ้ำโดยดาวเทียมดวงที่ 3 ก็จะได้ตำแหน่งของผู้ใช้ 2 ตำแหน่งที่เกิดจากการตัดกันของทรงกลมที่ 3 กับวงกลมข้างต้น โดยมี 1 จุดเท่านั้นซึ่งเป็นตำแหน่งที่แท้จริง สำหรับผู้ใช้ที่อยู่บนผิวโลกตำแหน่งที่ต่ำกว่าจะเป็นตำแหน่งที่แท้จริง อย่างไรก็ตามผู้ใช้ซึ่งอยู่เหนือผิวโลกที่มีมุมยอดคดลบ(มุมก้ม) จะทำให้การคำนวณยุ่งยากขึ้น เช่น เครื่องรับในอากาศยานหรือยานอวกาศ ที่อาจจะอยู่เหนือหรือต่ำกว่าระนาบของดาวเทียมก็ได้ ซึ่งต้องมีข้อมูลเพิ่มเติม

2.8 ระบบพิกัดอ้างอิง

การคำนวณเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากสัญญาณการนำร่องด้วยดาวเทียม จำเป็นที่จะต้องมีระบบพิกัดอ้างอิงเพื่อความเป็นหนึ่งเดียวของทั้งดาวเทียมและเครื่องรับ ซึ่งโดยทั่วไปจะบอกด้วยเวกเตอร์ของตำแหน่งและความเร็วของเครื่องรับในระบบพิกัดคาที่เขียน

2.9 มาตรฐาน NMEA - 0183

มาตรฐาน NMEA-0183 [5] กำหนดให้ส่งข้อมูลเอาต์พุตที่ได้ด้วยการเชื่อมต่อตามข้อกำหนด EIA-422 โดยมีสายสัญญาณ 2 เส้นคือ A และ B ซึ่งระดับแรงดันไฟฟ้าบนเส้น A จะเทียบได้กับสัญญาณ TTL ขณะที่ ระดับแรงดันไฟฟ้าบนเส้น B จะมีขั้วของสัญญาณกลับทางกันกับแรงดันไฟฟ้าในเส้น A เช่น A เป็น +5 โวลต์ ในขณะที่ B จะเป็น -5 โวลต์ ในการใช้งานอาจจะใช้สายเพียงสายเดียวคือสาย A ใน EIA-422 โดยอาจจะถูกใช้เชื่อมต่อเป็นแบบ RS-232 ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบหนึ่งของเครื่องคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้มาตรฐาน NMEA - 0183 กำหนดให้ใช้ตัวอักษร ASCII ซึ่งสามารถพิมพ์และนำไปประมวลผลในลักษณะของข้อความได้โดยตรง โดยมีอัตราข้อมูลที่ 4800 baud ข้อมูลจะถูกส่งในรูปของประโยค (sentence) แต่ละประโยคเริ่มต้น ด้วยดอลลาร์ (\$) ตัวอักษรที่ตามมาอีก 2 ตัวคือ talker ID หรือ Device ID เช่น GP ใช้เพื่อบ่งชี้ว่า เป็นข้อมูล GPS เป็นต้น ตัวอักษรที่ตามมาอีก 3 ตัวคือ sentence ID หรือตัวกำหนดรูปแบบประโยค (sentence formatter) หรือจะเรียกว่า ชื่อประโยค (sentence name) ตามมาด้วยฟิลด์ข้อมูลจำนวนหนึ่ง ซึ่งถูกแบ่งแยกโดยเครื่องหมายคอมม่า (,) และสิ้นสุดด้วย เช็คซัม (checksum) ที่สามารถเลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ และจบลงด้วยแครีเอจรีเทิร์น (carriage return/line feed) ประโยคอาจจะมีตัวอักษรถึง 82 ตัวรวมกับดอลลาร์ (\$) และ CR/LF แล้ว

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ไม่สามารถคำนวณหาได้ ฟิลด์นั้นจะถูกเว้นข้ามไป แต่สัญลักษณ์คอมม่า (,) ซึ่งทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูล เครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ข้อมูลที่ต้องการ โดยการนับเครื่องหมายคอมม่า เช็คซัมที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ประกอบด้วย "*" และ 2 บิตของเลขฐาน 16 แทนการ exclusive OR ของตัวอักษรทั้งหมด แต่ไม่รวม "\$" และ "*" ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมในบางประโยคในมาตรฐานจะอนุญาตแต่ละผู้ผลิตในการนิยามรูปแบบประโยค ประโยคเหล่านี้เริ่มต้นด้วย "\$P" และตัวอักษรสามตัวที่ตามมาเป็น manufacturer ID ตามด้วยข้อมูลซึ่งเป็นไปตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

2.10 โพรโทคอล NMEA - 0183

NMEA คือ โพรโทคอลมาตรฐาน ที่ถูกนำมาใช้โดยเครื่องรับ GPS เพื่อส่งข้อมูล NMEA ผ่านการเชื่อมต่อเอาต์พุตตามมาตรฐาน EIA-422A แต่เราสามารถนำไปต่อใช้งานร่วมกับพอร์ต RS-232 ได้ โดยมีพารามิเตอร์คือ อัตราการส่งข้อมูล 4800 bps หนึ่งตัวอักษรมีขนาด 8 บิต ไม่มีการใช้พริตตี้บิต

และมีหนึ่งสตอปบิต (stop bit) โดยประโยคของ NMEA 0183 จะเป็นรหัสแอสกี (ASCII) ทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วยคอลล่าชาชน์ตามด้วยประเภทของการแสดงผลว่าเป็น RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data), GGA(Global Positioning System Fix Data), GSV (GNSS Satellites in view), VTG (Course Over Ground and Ground Speed), GLL (Geographic Position-Latitude/Longitude) และ GSA (GNSS DOP and Active Satellites) สุดท้ายจะปิดประโยคด้วย carriage return / linefeed (<CR><LF>) ข้อมูลจะถูกแบ่งขึ้นด้วยคอมม่า เครื่องรับ GPS บางอันไม่ส่งบางฟิลด์ ข้อมูลที่ซ้ำจะถูกเพิ่มเติมเข้าไป (ในบางกรณี) ต่อจากนี้จะแสดงรูปประโยคทั้งหมดของโพรโทคอล NMEA ซึ่งจะแสดงในรูปของตัวอย่างของประโยคดังต่อไปนี้ และมีรายละเอียดตามตารางที่ 2-1

RMC – Recommended Minimum Specific GNSS Data

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

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPRMC		RMC protocol header
UTC Position	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A = data valid, V = data invalid
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N = north, S = south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E = east, W = west
Speed Over ground	0.13	Knots	
Course Over ground	306.62	Degrees	True
Date	120598		ddmmyy
MSL Altitude	9.0	Meters	
Magnetic Variation		Degrees	E = east, W = west
Checksum	*10		
<CR><LF>			End of message

ตารางที่ 2-1 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ RMC

GGA – Global Positioning System Fix Data

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

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGGA		GGA protocol header
UTC Position	161229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N = north, S = south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E = east, W = west
Position fix Indicator	1		0 = invalid 1 = GPS SPS mode, fix valid 2 = DGPS SPS mode, fix valid 3 = GPS PPS mode, fix valid
Satellites Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude (1)	9.0	Meters	
Units	M	Meters	
Geoids Separation (1)		Meters	
Units	M	Meters	
Age of Diff. Corr.		second	Null fields when DGPS is not used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*18		
<CR><LF>			End of message termination

ตารางที่ 2-2 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ GGA

GSV – GNSS Satellites in view

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

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGSV		GSV protocol header
Number of Message	2		Range 1 to 3
Message Number	1		
Satellite ID	07		Channel 11 (1~32)
Elevation	79	Degrees	Channel (max 90)
Azimuth	048	Degrees	Channel 1 (True, range 0~359)
SNR (C/No)	42	dB Hz	0~99, null when not tracking
....		
Satellite ID	27		Channel 4 (1~32)
Elevation	27	Degrees	Channel 4 (max 90)
Azimuth	138	Degrees	Channel 4 (True, range 0~359)
SNR (C/No)	42	dB Hz	0~99, null when not tracking
Age of Diff. Corr.		second	Null fields when DGPS is not used
Checksum	*71		
<CR><LF>			End of message termination

ตารางที่ 2-3 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ GSV

VTG - Course Over Ground and Ground Speed

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

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

ตารางที่ 2-4 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ VTG

GLL - Geographic Position-Latitude/Longitude

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

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

ตารางที่ 2-5 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ GLL

GSA- GNSS DOP and Active Satellites

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

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGSA		GSA protocol header
Mode 1	A		Automatic switch 2D/3D
Mode 2	3		1 = No fix, 2 = 2D, 3 = 3D
Satellite used	07		SV on Channel 1
Satellite used	02		SV on Channel 2
....		
Satellite used			SV on Channel 12
PDOP	1.8		Position Dilution of Precision
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
VDOP	1.5		Vertical Dilution of Precision
Checksum	*33	Meters	
<CR><LF>		Meters	End of message termination

ตารางที่ 2-6 รายละเอียดของฟิลด์ข้อมูลตามรูปแบบของ GSA

จากรูปแบบข้อมูลที่กล่าวถึงข้างต้น จะเห็นว่าข้อมูลจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกชนิดของข้อมูล เพื่อให้เหมาะสมกับงานของตนเองมากที่สุด เพื่อลดความทรัพยากรในการคำนวณ หรือการประมวลผลข้อมูลที่ไม่จำเป็น ในงานวิจัยนี้ เลือกใช้ชุดข้อมูล RMC ซึ่งมีข้อมูลที่เพียงพอต่อความจำเป็นในการใช้งานดังนี้

รูปแบบข้อมูล RMC

\$GPRMC,hhmmss.sss,A,ddmm.mmmm,N,dddmm.mmmm,W, x.x ,x.xx,ddmmyy,*,K<CR><LF>

ความหมายของข้อมูลในแต่ละส่วนซึ่งถูกขึ้นด้วยลูกน้ำ “;”

\$GPRMC	Protocol header สำหรับข้อมูลประเภท RMC
hhmmss.sss	เวลาอ้างอิงจากประเทศสหรัฐอเมริกา (ประเทศไทย +7 ชั่วโมง)
A	ความพร้อมของข้อมูล A = มีผล, V = ไม่มีผล
ddmm.mmmm	ตำแหน่งละติจูด Latitude
N	ข้อมูลอ้างอิงทิศเหนือ หรือใต้ N = เหนือ, S = ใต้
dddmm.mmmm	ตำแหน่งลองจิจูด Longitude
W	ข้อมูลอ้างอิงทิศตะวันออก หรือตะวันตก E = ตะวันออก, W = ตะวันตก
x.x	ความเร็ว (Knots = 6080 ฟุต/ชั่วโมง) 1 knot = 1.852 km/h = 0.514 m/s
x.xx	มุมสูงจากพื้นดิน หน่วยเป็น องศา
ddmmyy	วัน เดือน ปี(ค.ศ.)
K	ค่า Checksum ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
<CR><LF>	เครื่องหมายจบประโยค

2.11 GPRS

GPRS ย่อมาจากคำว่า General Packet Radio Service เป็นเทคโนโลยีของการสื่อสารข้อมูลไร้สายแบบ Packet Switching ผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนเล็ก ๆ ที่เรียกว่า Packet ซึ่งมีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลโครงข่ายได้ดีกว่าแบบเดิม ทำให้สามารถตรวจสอบความผิดพลาดในการส่ง และยังช่วยเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลสูงขึ้น โดยเทคโนโลยี GPRS นี้เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนามาเป็นเทคโนโลยี 3G และถูกสร้างขึ้นมาเพื่อช่วยให้สามารถทำธุรกรรมต่างๆ ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ง่ายและสะดวกขึ้น จุดเด่นของระบบนี้ คือ มีการเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตตลอดเวลา (Always On)

สิ่งหนึ่งที่ทำให้ Mobile Internet (การใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่) ในช่วงเริ่มแรกนั้นไม่ได้รับความนิยม คือความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งใช้ระบบ CSD (Circuit Switched Data) ซึ่งมีความเร็วในการการรับ-ส่งข้อมูลสูงสุดเพียง 9.6 Kbps และการใช้งานก็จะเสียค่าบริการค่อนข้างสูง

เนื่องจากคิดค่าบริการเป็นนาทีเหมือนการใช้โทรปกติ ซึ่งทำให้ผู้ใช้รู้สึกว่ามีค่า ต่อมาทางผู้ให้บริการจึงได้คิดค้นระบบใหม่ขึ้น มีความเร็วเพิ่มขึ้นด้วยระบบ HSCSD (High-Speed Circuit Switch Data) ซึ่งมีความเร็ว 28.8-57.6 Kbps แต่ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้กระแสการใช้งาน WAP ดันตัวขึ้น และประมาณปลายปี 2544 GPRS (General Packet Radio Service) ได้เข้ามาช่วย Mobile Internet ซึ่งหลายคนคิดว่า GPRS คือเทคโนโลยีใหม่ที่มาแทนเทคโนโลยี WAP ซึ่งแท้ที่จริงแล้ว GPRS เป็นเทคโนโลยีประเภทเดียวกันกับ CSD หรือ HSCSD ซึ่งเป็นตัวช่วยในการรับ-ส่งข้อมูลบนเครือข่ายมือถือซึ่ง GPRS มีความเร็วที่ 40 Kbps (ในทางทฤษฎีอาจจะรับ-ส่งข้อมูลได้เร็วถึง 172.2 Kbps) ในขณะที่ WAP นั้นก็ไม่ได้พัฒนาอะไรเพิ่มเติมมากนัก

2.11.1 ข้อดีของเทคโนโลยี GPRS

1. เชื่อมต่อตลอด 24 ชั่วโมง (Always-on) คือหลังจากที่ทำการตั้งค่าเครื่องให้สามารถใช้งาน GPRS ได้แล้ว คุณก็สามารถเชื่อมต่อกับระบบ Mobile Internet ได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยที่สามารถใช้โทรเข้าโทรออกได้ตามปกติไป
2. ประหยัดค่าบริการกว่าการใช้ WAP ด้วยระบบ CSD หรือ HSCSD เพราะการคิดค่าบริการของ GPRS จะคิดตามจำนวนข้อมูลที่ทำการรับ - ส่งเท่านั้น (ส่วนมากคิดเป็น Kbyte) ซึ่งต่างจากเดิมที่คิดค่าบริการเป็นนาทีต่อนาที ดังนั้นผู้ใช้บริการจึงรับภาระในการจ่ายค่าบริการเท่าจำนวนการรับ - ส่งข้อมูลที่ใช้อย่างแท้จริงเท่านั้น
3. รับ-ส่งข้อมูลได้เร็วขึ้น ด้วยความเร็วมาตรฐานของ GPRS ที่เพิ่มขึ้นจากระบบ CSD เป็น 40 - 172.2 Kbps ทำให้การเชื่อมต่อ รับ-ส่งข้อมูลต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตรวดเร็วมากขึ้นและยังสามารถรองรับบริการรูปแบบใหม่ๆ ได้หลากหลายยิ่งขึ้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลพวงให้ตัวเครื่องมือถือเองมีการพัฒนาคุณสมบัติให้รองรับกับการใช้งานมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นหน้าจอที่ใหญ่และมีสีสันมากขึ้น หรือการรองรับแอปพลิเคชันและเกมต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมากด้วยภาษา Java เป็นต้น

2.11.2 GPRS Class

GPRS Class นั้นเป็นคุณสมบัติเฉพาะของ GPRS แต่ละรุ่น ซึ่งเอาไว้บอกถึงความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลสูงสุดที่ GPRS เครื่องนั้นสามารถทำได้ ซึ่งการเขียนบอก Class ของมือถือนั้นมีอยู่ 2 แบบคือ

- แบบแรกจะบอก Class ของ GPRS โดยตรง ซึ่งปกติแล้วจะมีอยู่ทั้งหมด 12 Class (1-12) โดยดูง่ายก็คือ ถ้า Class ยิ่งมาก ความเร็ว ในการรับ-ส่งข้อมูลก็จะยิ่งสูงขึ้นตามไปนั่นเอง เช่น Class 10 ก็จะทำให้ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลสูงกว่า Class 8
- แบบที่สองคือบอกเป็นจำนวนของ Time-Slot โดยก่อนอื่นสิ่งที่ควรทราบคือใน 1 ความถี่ของระบบ GSM จะมีทั้งหมด 8 Time-Slot ซึ่งในการโทรเข้าโทรออกปกติจะใช้เพียงแค่ 1 Time-Slot เท่านั้น (ต่อ 1 หมายเลข) ซึ่งความสามารถในการรับข้อมูล (Downlink) และการส่งข้อมูล (Uplink) จะเขียนอยู่

ในรูปของตัวเลขที่นำมาบวกกันเช่น 3+1 หรือ 4+2 ซึ่งเลขตัวแรกคือ Downlink ส่วนเลขตัวหลังคือ Uplink นั่นเอง

Class	Downlink Slot	Uplink Slot	Active Slot
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

ตารางที่ 2-7 แสดงค่า GPRS แบบ Multi-Slot (Class 1-12)

2.11.3 ค่า Active Slot

ค่า Active Slot คือค่าที่แสดงจำนวน Time Slot ที่ GPRS Class นั้นๆ สามารถใช้ได้สูงสุดในเวลาหนึ่งๆ สำหรับการทำการรับและส่งข้อมูลไปพร้อมๆ กัน เพื่อให้เข้าใจมากขึ้นลองมาดูกันว่า Class 10 จะเห็นได้ว่าสามารถรับข้อมูล (Downlink) ได้สูงสุด 4 Slot และส่งข้อมูล (Uplink) ได้สูงสุด 2 Slot ซึ่งรวมกันแล้วเป็น 6 Slot แต่ทว่าเมื่อมาดูที่ Active Slot จะเห็นว่ามีเพียงแค่ 5 เท่านั้นดังนั้นจึงต้องมีการเลือกว่าจะให้ความสำคัญกับการรับข้อมูลหรือการส่งข้อมูลมากกว่ากันแค่ไหน โดยที่รวมกันแล้วต้องมีค่าไม่เกิน 5 Slot เช่นถ้าอยากเน้นให้กับการรับข้อมูล ก็อาจจะตั้งค่าให้เป็น 4+1 หรือถ้าหากอยากให้ความสำคัญกับการส่งข้อมูลมากขึ้นก็อาจจะตั้งเป็น 3+2 เป็นต้น ซึ่งการตั้งค่าเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับผู้ให้บริการเครือข่ายแต่ละเครือข่าย ซึ่งอาจจะกำหนด GPRS Slot ไว้ไม่เท่ากัน อาจจะแตกต่างกันไปตามพื้นที่ให้บริการความหนาแน่นของผู้ใช้งานบริเวณพื้นที่นั้น เป็นต้น ซึ่งการพิจารณาการให้ Time-Slot เหล่านี้ ผู้บริการจะคำนึงถึงความคุ้มค่าและความเหมาะสมเป็นสำคัญ

Type	Speed	Connection	Service Paid
CSD	9.6 Kbps	Dial Up	คิดค่าบริการเป็นนาที
HSCSD	28.8 - 57.6 Kbps	Dial Up	คิดค่าบริการเป็นนาที
GPRS	40.2 - 172.2 Kbps	เชื่อมต่อได้ทันทีโดยไม่ต้อง Dial Up	คิดค่าบริการตามจำนวน การรับ - ส่งข้อมูล

ตารางที่ 2-8 เปรียบเทียบเทคโนโลยีการรับ-ส่งข้อมูลของมือถือจากอดีตจนถึงปัจจุบัน

2.11.4 Node ต่าง ๆ ใน GPRS

เพื่อรองรับการให้บริการ GPRS บนเครือข่าย GSM นั้นผู้ให้บริการจำเป็นต้องเพิ่ม โมดูลหลักใหม่ อีกสองโมดูล คือ

GGSN (Gateway GPRS Service Node) ทำหน้าที่เป็น Gateway เชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย GPRS กับ เครือข่ายข้อมูลทั่วไปเช่น IP และ X.25 ซึ่งรวมถึงการเชื่อมต่อกับเครือข่าย GPRS อื่น ๆ เพื่อการ roaming ด้วย

SGSN (Serving GPRS Service Node) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเชื่อมต่อเส้นทาง (Routing) ระหว่าง SGSN ในแต่ละพื้นที่สำหรับผู้ใช้ทุกคนในพื้นที่ให้บริการ

2.11.5 การใช้ช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ

การสื่อสารแบบ package swiching นั้นทำให้การใช้งานทรัพยากรคลื่นวิทยุในเครือข่ายของ GPRS นั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยจะมีการใช้ช่องสัญญาณ ก็ต่อเมื่อมีความต้องการรับส่งข้อมูล จากผู้ใช้นั้นซึ่งจะแตกต่างกับแบบ CSD เดิมที่จะต้องจองช่องสัญญาณตลอดเวลาที่มีการเชื่อมต่อ ทำให้ในเครือข่าย GPRS นั้นในขณะที่ไม่มีการรับข้อมูลจากผู้ใช้อื่น ผู้ใช้ก็สามารถเข้าร่วมใช้ช่วง สัญญาณที่ว่างอยู่นี้ได้ตลอดเวลา การใช้งานช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพสูงนี้ทำให้ผู้ใช้จำนวนมาก ของ GPRS สามารถใช้ขีดความสามารถของแบนด์วิดท์ที่มีได้สูงสุดร่วมกันและยังใช้ได้จาก cell site เดียวกันอีกด้วย ในความเป็นจริงแล้วจำนวนผู้ใช้จริงที่สามารถรับได้บนเครือข่าย GPRS นั้นขึ้นอยู่กับว่า การใช้งานต่าง ๆ มีการรับส่งข้อมูลมากน้อยเพียงใด

2.11.6 การใช้ GPRS กับ Internet

GPRS ทำให้ mobile internet สามารถใช้งานได้อย่างเต็มความสามารถ โดยทุกๆ บริการที่สามารถใช้งานได้บนเครือข่ายโทรศัพท์แบบมีสายในปัจจุบัน อาทิเช่น FTP WWW chat email หรือ telnet นั้นสามารถใช้งานบนเครือข่าย GPRS ได้อย่างสบาย ในความเป็นจริงแล้วผู้ให้บริการเครือข่าย GPRS หลายๆ รายกำลังพิจารณาไปถึงหนทางที่จะก้าวไปเป็นผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายด้วยตัวเองเลยทีเดียว

2.11.7 รองรับเครือข่าย TDMA และ GSM

GPRS ไม่เพียงแต่จะเพิ่มเติมความสามารถของเครือข่าย GSM เท่านั้นแต่ยังสามารถนำไปใช้กับเครือข่ายมาตรฐาน IS-136 TDMA ซึ่งเป็นเครือข่ายที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในทวีปอเมริกา และเป็นไปตามข้อกำหนดเพื่อการวิวัฒนาการสู่เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่สามหรือ 3G กำหนดโดยกลุ่มอุตสาหกรรมที่ประกอบด้วยผู้ประกอบการเครือข่ายทั้งสองประเภทตั้งแต่ปี 1999

- TCP (Transmission Control Protocol) อยู่ใน Transport Layer ทำหน้าที่จัดการและควบคุมการรับส่งข้อมูล และมีกลไกควบคุมการรับส่งข้อมูลให้มีความถูกต้อง (reliable) และมีการสื่อสารอย่างเป็นกระบวนการ (connection-orient)

- UDP (User Datagram Protocol) อยู่ใน Transport Layer ทำหน้าที่จัดการและควบคุมการรับส่งข้อมูล แต่ไม่มีกลไกควบคุมการรับส่งข้อมูลให้มีเสถียรภาพและเชื่อถือได้ (connectionless, unreliable) โดยปล่อยให้ทำหน้าที่ของแอปพลิเคชันเลเยอร์ แต่ UDP มีข้อได้เปรียบในการส่งข้อมูลได้ทั้งแบบ unicast, multicast และ broadcast อีกทั้งยังทำการติดต่อสื่อสารได้เร็วกว่า TCP เนื่องจาก TCP ต้องเสีย overhead ให้กับขั้นตอนการสื่อสารที่ทำให้ TCP มีความน่าเชื่อถือในการรับส่งข้อมูลนั่นเอง

- IP (Internet Protocol) อยู่ใน Internet work Layer เป็นโพรโทคอลหลักในการสื่อสารข้อมูล มีหน้าที่ค้นหาเส้นทางระหว่างผู้รับและผู้ส่ง โดยใช้ IP Address ซึ่งมีลักษณะเป็นเลขที่ชุด แต่ละชุดมีค่าตั้งแต่ 0 - 255 เช่น 172.17.3.12 ในการอ้างอิงโฮสต์ต่างๆ และกลไกการ Route เพื่อส่งต่อข้อมูลไปจนถึงจุดหมายปลายทาง

- ICMP (Internet Control Message Protocol) อยู่ในเน็ตเวิร์กเลเยอร์ มีหน้าที่ส่งข่าวสารและแจ้งข้อผิดพลาดให้แก่ IP

- IGMP (Internet Group Management Protocol) อยู่ในเน็ตเวิร์กเลเยอร์ ทำหน้าที่ในการส่ง UDP ดาต้าแกรมไปยัง กลุ่มของโฮสต์ หรือโฮสต์หลายๆ ตัวพร้อมกัน

- ARP (Address Resolution Protocol) อยู่ใน Data Link Layer ทำหน้าที่เปลี่ยนระหว่าง IP แอดเดรส ให้เป็นแอดเดรสของ Network Interface หรือที่เรียกว่า MAC Address ในการติดต่อระหว่างกัน MAC Address คือหมายเลขประจำของ Hardware Interface ซึ่งในโลกนี้จะไม่มีการซ้ำกัน MAC Address

กัน มีลักษณะเป็นมาตรฐาน 16 ยาว 6 ไบต์ เช่น 23:43:45:AF:3D:78 ไบต์แรกจะเป็นรหัสของผู้ผลิต และ 3 ไบต์หลังจะเป็นรหัสของผลิตภัณฑ์

- RARP (Reverse ARP) อยู่ในลิงค์เลเยอร์เช่นกัน แต่ทำหน้าที่กลับกันกับ ARP คือเปลี่ยนระหว่างแอดเดรสของ Network Interface ให้ เป็นแอดเดรสที่ใช้โดย IP Address

2.12 การใช้งาน AT COMMAND เพื่อติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

AT COMMAND หรือ Attention Command ใช้ในการตรวจสอบการติดต่อสื่อสารระหว่างโทรศัพท์และ Network Interface สามารถกำหนดการทำงานและแสดงผลต่าง ๆ ของโทรศัพท์ได้ AT ใช้เป็นตัวอักษรขึ้นต้นของคำสั่งที่ระบุชี้เฉพาะเจาะจงเพื่อแจ้งไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้ปฏิบัติตามหรือเป็นข้อความที่ใช้ในการติดต่อหมุนโทรศัพท์อัตโนมัติ

AT COMMAND set คือ ชุดของคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมโทรศัพท์เคลื่อนที่ และคำสั่ง AT COMMAND ที่ใช้ในระบบนี้คือ (<CR> หมายถึงคำสั่งยืนยัน หรือการตกลง หลังพิมพ์ command)

2.12.1 คำสั่งที่ใช้ในการตรวจสอบสถานะการติดต่อกับมือถือ

คำสั่งตรวจสอบสถานะการติดต่อเพื่อใช้คำสั่ง AT COMMAND กับมือถือ

AT<CR>

โดยถ้าติดต่อได้สำเร็จมือถือจะตอบ OK กลับมา

2.12.2 คำสั่งควบคุมการโทร

คำสั่งโทรออก

ATD+66XXXXXXXXX<CR>

X คือหมายเลขที่ต้องการ โทรออก ถ้าตอบ OK กลับมาหมายถึงโทรศัพท์กำลังโทรออก

คำสั่งรับสายเรียกเข้า

ATA<CR>

โดยถ้ารับสายแล้วเครื่องจะตอบ OK กลับมา

คำสั่งวางสาย หรือยกเลิกการโทร

ATH<CR>

OK แสดงว่า มีการรับสายที่โทรเข้ามาแล้ว

2.12.3 คำสั่งที่ใช้ในการใช้งานระบบ GPRS

คำสั่งเปิดใช้งาน MODEM

AT + CGREG = <index><CR>

โดยค่า <index> เป็น 0 คือ ปิดใช้งานโมเด็ม และ 1 คือเปิดใช้งาน โมเด็ม

คำสั่งการขอเปิดการติดต่อ GPRS

AT + CGATT = <mode><CR>

โดยค่า <mode> เป็น 0 คือปิดการติดต่อ และ 1 คือเปิดการติดต่อ

คำสั่งเปิดการติดต่อกับศูนย์บริการ

AT + CGDCONT=<index>, IP, INTERNET

โดย เป็นการขอใช้ระบบ GPRS กับศูนย์บริการ

คำสั่งเปิดการติดต่อ

AT * E2IPA=<Activate>,<cid>

โดยเป็นการเริ่มเปิดการติดต่อระบบ GPRS

คำสั่งเชื่อมต่อกลับเครือข่าย

AT * E2IPI = <InfoType>

AT * E2IPO = <IPType>,<IPAddr>,<IPPort>

โดย เป็นการเชื่อมต่อกลับเครือข่ายผ่านทาง IP Address

คำสั่งยกเลิกการเชื่อมต่อ

+++AT<CR>

2.12.4 คำสั่งเพื่อการรับส่งข้อความสั้นหรือ SMS

คำสั่งเลือกรูปแบบข้อความ

AT + CMGF = <index><CR>

โดย <index> เป็น 0 คือ PDU และ 1 คือ โหมด text

คำสั่งแสดงข้อความที่เข้ามาใหม่

AT + CNMI = CNMI=[<mode>[,<mt>[,<bm>[,<ds>]]]]<CR>

ใช้ตั้งค่า AT + CNMI = 2,1,2,0,0

โทรศัพท์ที่ตอบกลับมา OK แสดงว่าตั้งค่าได้แล้ว

คำสั่งอ่านข้อความ

AT + CMGR = <index><CR>

โดย <index> แทนตำแหน่งของ SMS ที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ

คำสั่งแสดงข้อความ

AT + CMGL = [=<stat>]<CR>

โดยค่า <Stat> มีค่าดังตาราง

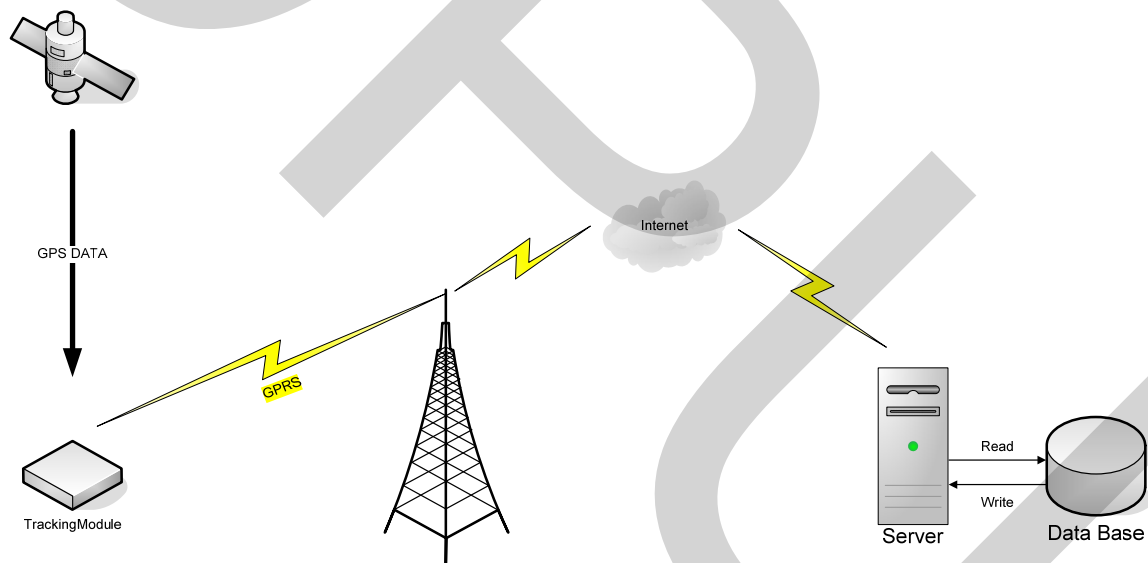
PDU	Text mode	Description
0	"REC UNREAD"	ข้อความที่ได้รับแต่ยังไม่อ่าน
1	"REC READ"	ข้อความที่ได้รับและอ่านแล้ว
2	"STO UNSENT"	ข้อความที่เก็บไว้แต่ยังไม่ส่ง
3	"STO SENT"	ข้อความที่เก็บไว้แต่ส่งแล้ว
4	"ALL"	ทั้งหมด

ตารางที่ 2-9 แสดงค่า <State> ในคำสั่ง AT + CMGL

บทที่ 3

การออกแบบฮาร์ดแวร์

รูปที่ 3-1 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบที่ได้ออกแบบไว้ โดยจะประกอบด้วยส่วนรับสัญญาณดาวเทียม GPS ซึ่งจะถูกรับติดตั้งไว้กับรถยนต์ขนส่ง ซึ่งจะทำกรรับข้อมูลต่างๆที่จำเป็นเช่นพิกัดตำแหน่ง (ละติจูด ลองจิจูด เวลา และความเร็วของการเคลื่อนที่) มาจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำสำรอง แล้วนำส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านระบบสื่อสารข้อมูลของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เช่นระบบ GPRS ซึ่งจะเชื่อมต่อกับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ข้อมูลที่ส่งมานั้นจะถูกจัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ในลักษณะของล็อกข้อมูล (Log) เพื่อนำมาใช้ในการประมวลผลเพื่อแสดงตำแหน่งบนแผนที่ต่อไป



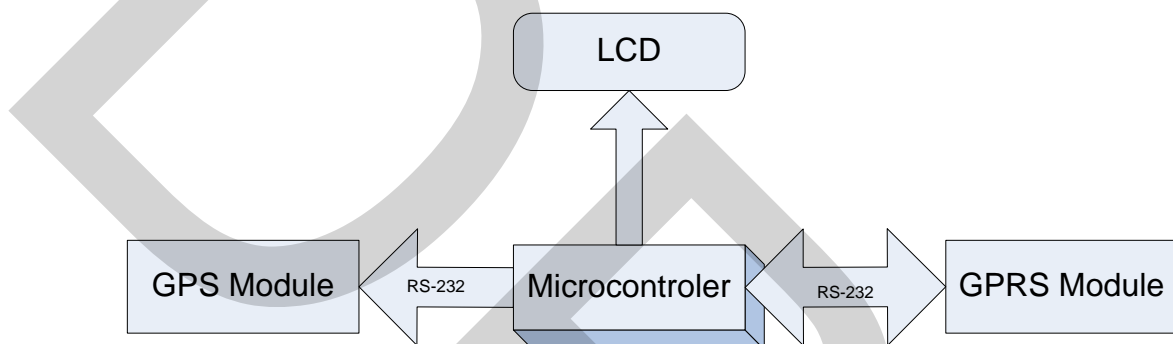
รูปที่ 3-1 การทำงานโดยรวมของระบบ

โดยรวมแล้วระบบจะประกอบด้วยการออกแบบส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งส่วนฮาร์ดแวร์จะเป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน ได้แก่ชุดรับสัญญาณดาวเทียม GPS ชุดรับส่งข้อมูลผ่านระบบ GPRS ส่วนการแสดงผลผ่านจอ LCD และส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นต้น สำหรับส่วนของซอฟต์แวร์จะแบ่งย่อยเป็นส่วนของผู้ใช้และส่วนของเซิร์ฟเวอร์ การทำงานโดยรวมของระบบนี้จะเริ่มต้นจาก GPS โมดูลทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมแล้วทำการส่งข้อมูลผ่านระบบ GPRS ไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยจะอธิบายไว้ในบทที่ 4

3.1 ฮาร์ดแวร์

รูปที่ 3-2 แสดงรายละเอียดการออกแบบ และการเชื่อมต่อการทำงานของฮาร์ดแวร์ของส่วนรับสัญญาณดาวเทียม GPS ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ประกอบด้วย

1. ชุดรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS จะรับสัญญาณด้วยโมดูล GPS สำเร็จรูป
2. ชุดส่งสัญญาณข้อมูลตำแหน่งไปเก็บยังคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลจากชุดที่ 1 ไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์
3. ชุดแสดงผลสถานการณ์รับข้อมูลและแสดงค่าตำแหน่งที่รับเข้ามาทั้งสามระบบนี้จะถูกควบคุมการทำงานโดยการโปรแกรมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ [6]



รูปที่ 3-2 โครงสร้างของฮาร์ดแวร์

3.2 หลักการออกแบบระบบ

3.2.1 ชุดรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS มีขั้นตอนโดยรวมดังนี้

- จัดหาชุดรับสัญญาณดาวเทียม GPS พร้อมทั้งศึกษาการใช้งาน
- วางรควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
- เขียนโปรแกรมเพื่อรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณดาวเทียม
- เขียนโปรแกรมรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์และส่งข้อมูลเข้าไปยังหน่วยความจำ
- นำชุดวงจรที่สร้างไปทำงานร่วมกับชุดรับสัญญาณดาวเทียม

โดยปกติส่วนนี้เป็นส่วนรับข้อมูลจากดาวเทียม GPS ทำหน้าที่รับข้อมูลตำแหน่งของระบบในรูปแบบประโยคต่างๆ ของข้อมูลจากโมดูลรับสัญญาณ GPS ที่ดาวเทียมส่งมาโดยการรับสัญญาณผ่านเสาอากาศแล้วส่งข้อมูลทั้งหมดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบชนิดข้อมูลที่เข้ามาว่าเป็นประโยคชนิดใด และข้อมูลเหล่านั้นต้องใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่ง

หรือไม่ ถ้าตรวจสอบแล้วว่าเป็นประโยชน์ที่ต้องการ ก็จะนำข้อมูลในประโยชน์นั้น ไปแยกเป็นส่วน แล้วส่งส่วนของข้อมูลที่ต้องการในประโยชน์ผ่านไปยังไม่โครคอนโทรลเลอร์

3.2.2 ส่วนการส่งสัญญาณข้อมูลตำแหน่งไปเก็บยังเซิร์ฟเวอร์ มีขั้นตอนโดยรวมดังนี้

- ออกแบบการเชื่อมต่อผ่านระบบ GPRS หรือ EDGE
- ออกแบบฟังก์ชันในการส่งข้อมูล
- การสร้างโปรแกรมเปิดพอร์ตและเชื่อมต่อกับ GPRS ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์
- ทำการส่งข้อมูลฟังก์ชันข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในหน่วยความจำชั่วคราว

ส่วนนี้จะทำการสร้างการเชื่อมต่อโมดูลรับส่งข้อมูลผ่านระบบ GPRS กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่รับมาจากโมดูล GPS โดยจะทำการส่งผ่านระบบ GPRS ไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลทางฝั่งคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์

3.2.3 ส่วนแสดงผลข้อมูล LCD มีขั้นตอนโดยรวมดังนี้

- สร้างวงจรการเชื่อมต่อ LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์
- แสดงสถานะการเชื่อมต่อและการรับข้อมูลของชุดรับสัญญาณดาวเทียม GPS
- แสดงสถานะการเชื่อมต่อและการทำงานของระบบ GPRS
- นำค่าตำแหน่งที่ละติจูด ลองติจูดที่รับได้จากชุดรับสัญญาณดาวเทียม GPS แสดงผลผ่านจอ LCD

เป็นส่วนของการแสดงผลผ่านจอ LCD โดยจะแสดงค่า ละติจูด ลองติจูด ที่ได้รับจากชุดรับข้อมูลจากดาวเทียม GPS และได้ทำการส่งข้อมูลไปให้เซิร์ฟเวอร์เรียบร้อยแล้วมาแสดงผล นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลสถานะการรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS ว่าในขณะที่นั้นชุดรับสัญญาณจากดาวเทียมสามารถรับค่าได้หรือไม่

3.3 รายละเอียดการทำงาน

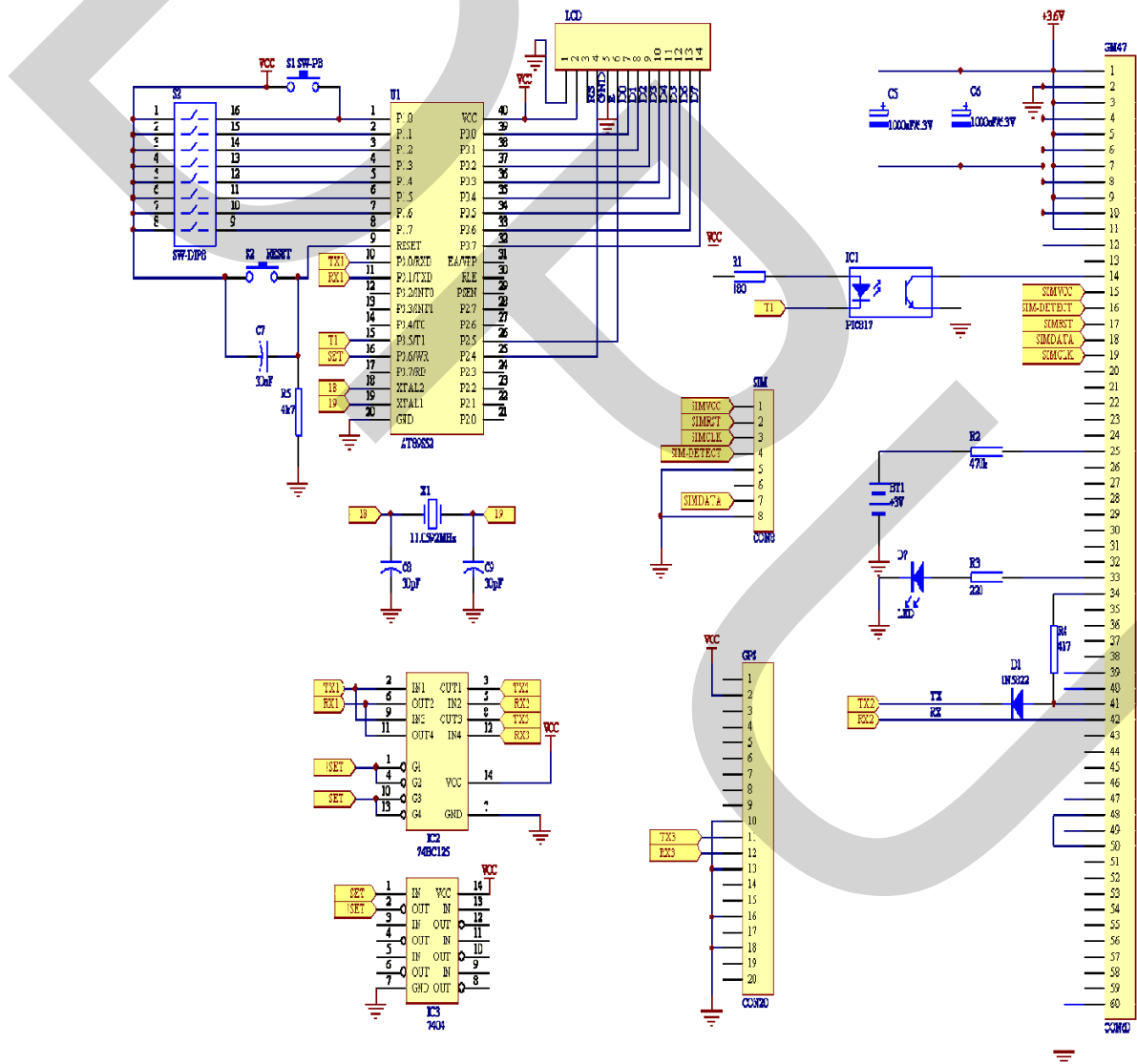
3.3.1 วงจรการทำงานของโมดูลรับสัญญาณดาวเทียม GPS

วงจรการทำงานของโมดูลรับสัญญาณดาวเทียม GPS หรือ Tracking Module นี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ของชุดรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS ชุดส่งสัญญาณผ่านระบบ GPRS และส่วนของการแสดงผล โดยในส่วนรับข้อมูลสัญญาณจากดาวเทียม โดยแยกชนิดประโยชน์ข้อมูลที่ส่งมาแล้วนำ

ประโยคที่ต้องการเก็บไว้ในหน่วยความจำซึ่งเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์และจะถูกส่งข้อมูลไปให้ส่วนที่สอง

ส่วนที่สองคือส่วนของการส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารข้อมูลระบบ GPRS ในส่วนนี้จำเป็นต้องใช้คำสั่ง AT Command ในการควบคุมการทำงานของชุดส่งข้อมูลนี้ โดย AT Command นั้นจะถูกควบคุมและสั่งงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

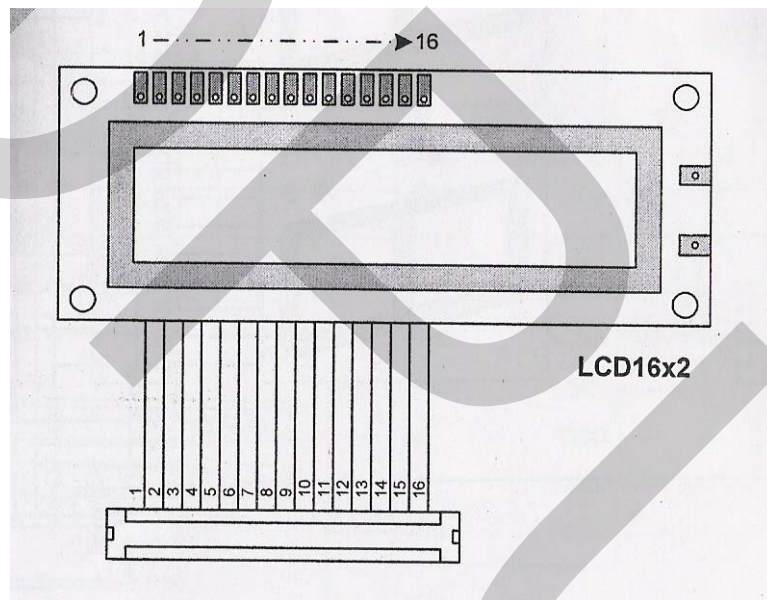
และส่วนสุดท้ายคือส่วนของการแสดงผลการรับสัญญาณและสถานะการรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS โดยแสดงผลผ่านจอ LCD ขนาด 16 ตัวอักษร จำนวน 2 แถว ซึ่งจะแสดงค่าของ ละติจูด ลองจิจูดโดยค่าที่จะแสดงคือค่าที่ทำกรส่งข้อมูลไปเก็บยังฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์ โดยรายละเอียดของวงจรมีดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3-3 วงจรการทำงานของ TRACKING MODULE

3.3.2 การแสดงผลผ่านจอ LCD

ในส่วนของการแสดงผลจะแสดงผลผ่านจอ LCD ขนาด 16 ตัวอักษร จำนวน 2 แถวแสดงรายละเอียดวงจรตามรูปที่ 3-4 โดยแสดงผลข้อมูลได้ก่อนข้างละเอียดพอสมควร ในบรรทัดแรกจะแสดงค่า ละติจูด และบรรทัดที่ 2 จะแสดงค่า ลองติจูดและจะแสดงสถานะการรับข้อมูลจาก GPS คือถ้าไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS ได้จะแสดงข้อความว่ากำลังค้นหาสัญญาณ อย่างไรก็ตามจอแสดงผล LCD นี้จะใช้เป็นจอแสดงผลเพื่อบ่งบอกสถานะการทำงานของชุดอุปกรณ์ที่ต้องติดตั้งไปกับรถยนต์ขนส่ง จึงกำหนดให้การแสดงผลเป็นไปในรูปแบบที่เรียบง่าย และแสดงเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นเท่านั้น



รูปที่ 3-4 รูปจอ LCD ขนาด 16 x 2 แถว

3.3.3 วงจรควบคุมการทำงานของโมดูล GPRS

จากรูปที่ 3-3 ในส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของโมดูล GPRS นั้นได้ใช้บอร์ด GM47 จากรูปจะเห็นว่าคอนเน็คเตอร์ขาที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11 เป็นขาแรงดันไฟฟ้าอินพุตซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าอินพุตเป็น 3.6 โวลต์และขาที่ 2, 4, 8, 10, 12 เป็นขาราวด์ GND ซึ่งในการสื่อสารกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัว GPRS สามารถสื่อสารข้อมูลกันได้โดยผ่านพอร์ต RS-232 โดยแรงดันไฟของ RS-232 จะอยู่ที่ 2.73 โวลต์ จะสังเกตว่าในขาที่ 14 ของตัวบอร์ดนั้นเป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดบอร์ด คือเมื่อมีเข้าหนึ่งครั้งบอร์ดจะทำการเปิด และเมื่อมีไฟเข้ามายังขาเดิมอีกครั้งบอร์ดก็จะทำการปิดการทำงานของบอร์ด

3.3.4 วงจรเลือกระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

วงจรในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ถูกออกแบบเพิ่มเติมขึ้นมาจากส่วนหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการเลือกความถี่ของการเก็บข้อมูล ซึ่งส่วนนี้จะเชื่อมต่อกับโมดูล GPS และ Dip Switch จะสังเกตได้ว่าในส่วนของ Dip Switch จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เลือกที่จะเก็บข้อมูล กล่าวคือ GPS จะส่งข้อมูลออกมาทุกๆ 1 วินาที แต่ถ้าเราต้องการเก็บข้อมูลทุกๆ 5 วินาที หรือ 10 วินาทีแทน ก็สามารถกำหนดหรือเปลี่ยนความถี่ของการเก็บข้อมูลนี้ได้โดยใช้ Dip Switch นี้เป็นตัวเลือก

3.4 การโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

รายละเอียดของการโปรแกรมการทำงานตัวอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีรายละเอียดค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามสามารถแสดงให้เห็นได้ง่ายโดยใช้ไดอะแกรมแสดงลำดับการทำงานในแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้

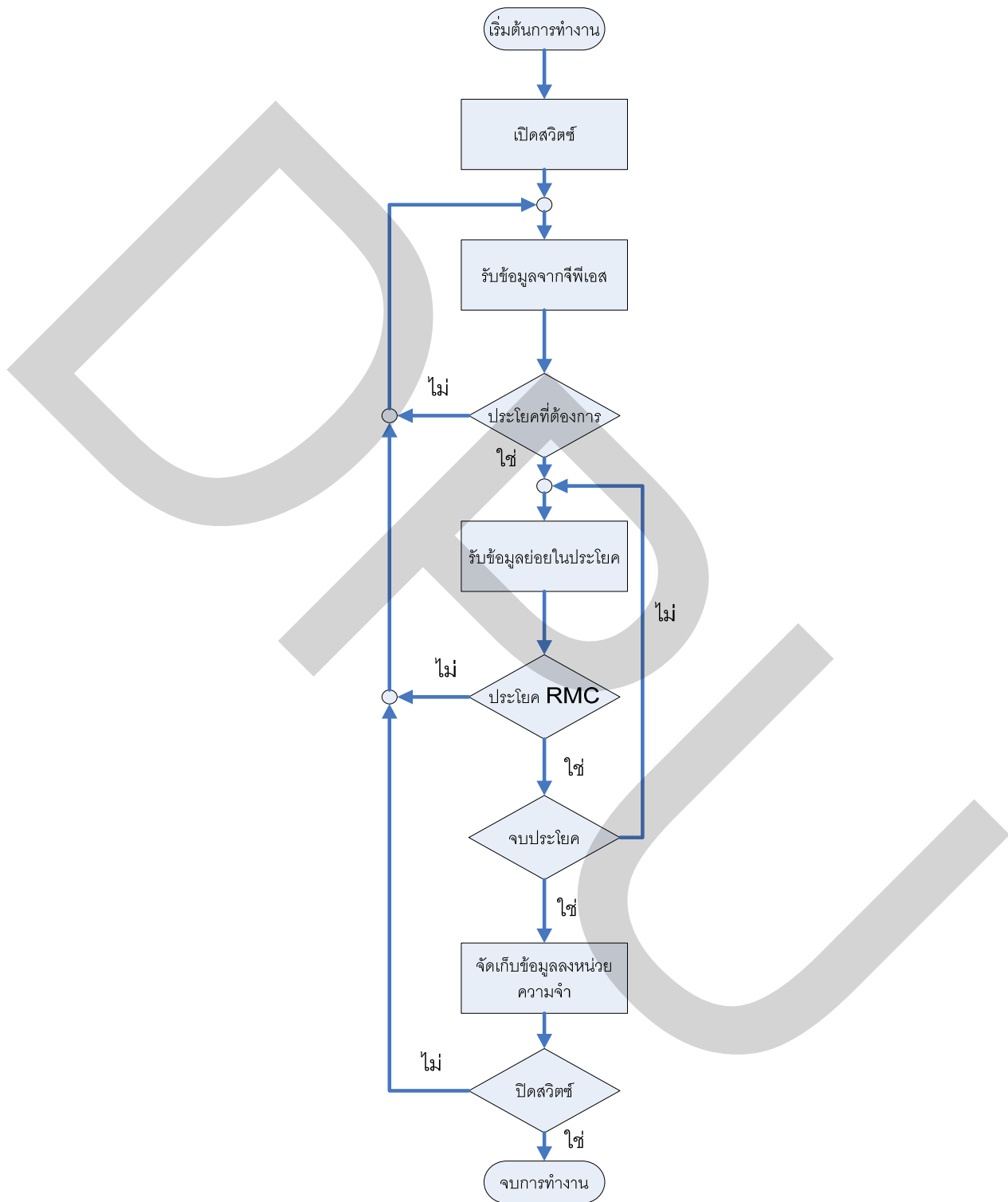
3.4.1 การเลือกเฉพาะข้อมูลที่ต้องการ

เนื่องจากโมดูล GPS จะทำการส่งข้อมูลออกมาตามมาตรฐาน NMEA-0183 ซึ่งอยู่ในรูปของประโยคข้อความหลายรูปแบบตามที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยประโยคข้อมูลที่ต้องใช้งานและไม่ได้นำมาใช้งานปะปนกันอยู่ จึงจำเป็นต้องทำการคัดเลือกประโยคที่ต้องใช้งาน โดยมีวิธีการตามไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 3-5

เนื่องจากชุดรับสัญญาณดาวเทียม GPS นั้นจะส่งออกมาทุกๆวินาที และในแต่ละวินาทีจะส่งมาทุกประโยคถ้ารับประโยคที่ต้องการมาทุกวินาที และเก็บลงไปในฐานะข้อมูลจะเป็นข้อมูลที่มีปริมาณมากเกินไปเพราะต้องเก็บข้อมูลการเดินทางตลอดทั้งวัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการเลือกเฉพาะส่วนที่ต้องการการ □ ่อนที่จะเก็บข้อมูล เพื่อลดขนาดของข้อมูล ให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม ประโยคที่รับมาจาก GPS ที่ใช้ในระบบนี้คือ Recommended Minimum Specific GNSS Data (RMC)

การทำงานจะใช้หลักการตรวจสอบข้อมูลที่ปรากฏหลังเครื่องหมาย "\$" ซึ่งถูกส่งนำหน้าออกมาเสมอ และจะทำการเลือกตัดประโยคตามรูปแบบการแสดงผลแบบ RMC ซึ่งจะต้องปรากฏ

ข้อมูล "\$GPRMC" นี้เสมอ สำหรับการจบประโยคนั้นจะตรวจสอบจาก CR และ LF ซึ่งเป็นรหัส ASCII ที่ใช้ในการขึ้นบรรทัดใหม่เสมอ



รูปที่ 3-5 ไคอะแกรมการรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณดาวเทียม

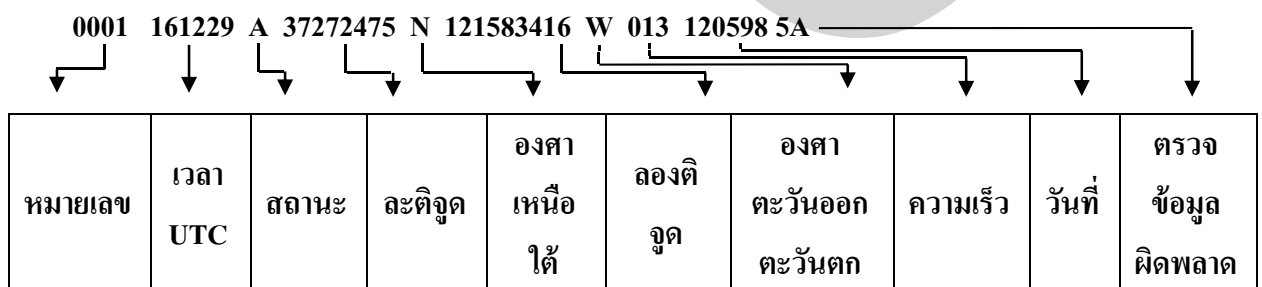
ตัวอย่างข้อมูลที่อ่านได้ หากข้อมูลที่ได้รับใน 1 วินาทีมีลักษณะดังนี้

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

เมื่อตัวเลขที่มีสี่เข็มคือเขตข้อมูลที่ใช้งาน จะเห็นว่าเขตข้อมูลที่ใช้งานในประโยค RMC ประกอบด้วย

- เวลา = 16:12:29 ยูทีซี (UTC time) ซึ่งจะช้ากว่าในประเทศไทยอยู่ 7 ชั่วโมง
- ละติจูด = 23 ลิปดา กับ 2475 ฟลิปดา
- N/S = เป็นละติจูดทางเหนือ (N)
- ลองจิจูด = 58 ลิปดา กับ 3416 ฟลิปดา
- E/W = เป็นลองจิจูดทางตะวันตก (W)
- ความเร็ว = 0.13 Knot
- วันที่ = 12/05/98 เวลา

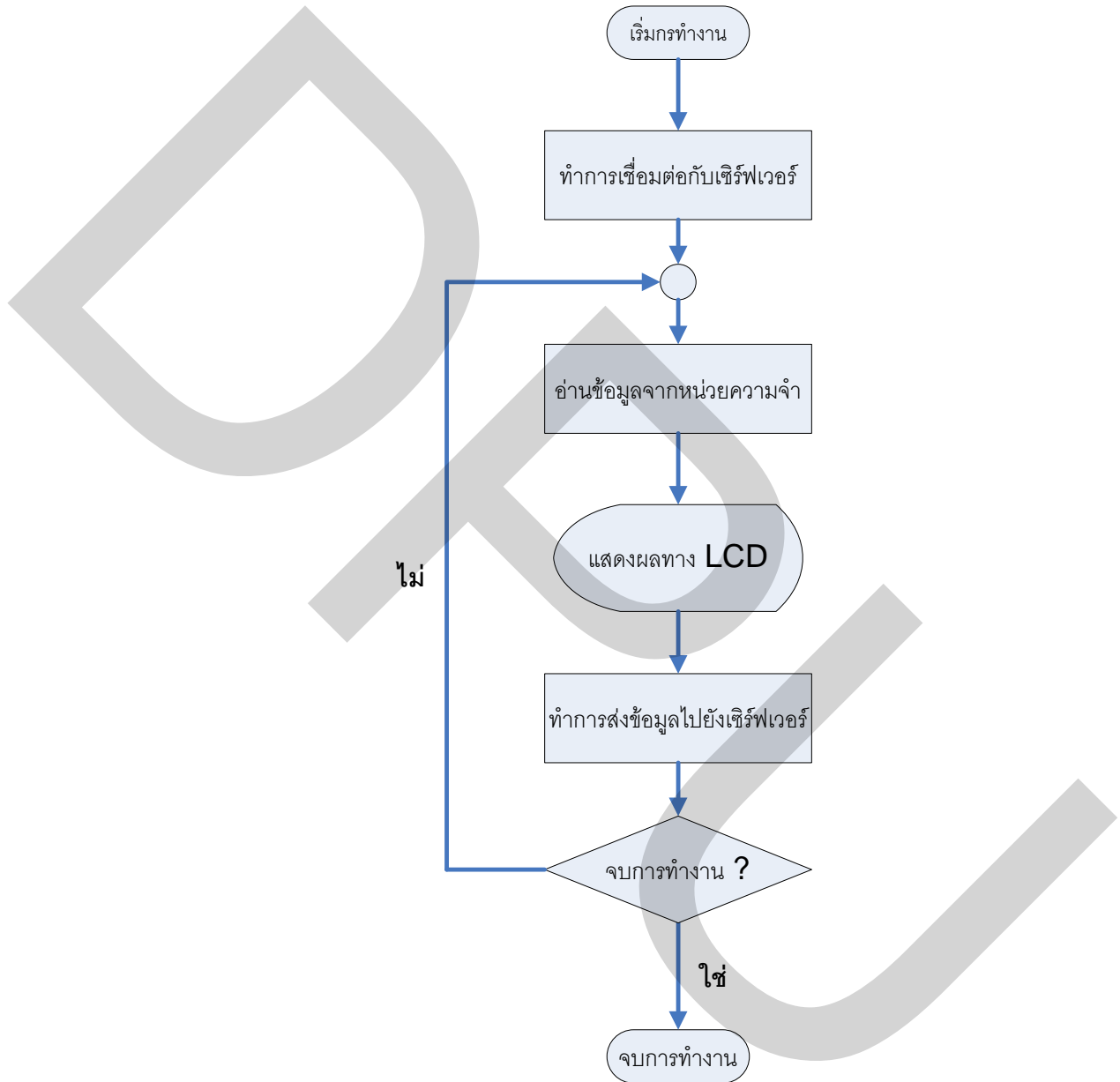
เมื่อทำการคัดเลือกประโยคที่ต้องการได้แล้ว ข้อมูลจะถูกจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำก่อน ซึ่งจะจัดเก็บในรูปแบบประโยคอย่างสั้นที่มีลักษณะเป็นแฟ็กเก็ต เพื่อประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูล โดยใน 1 แฟ็กเก็ตที่จะถูกส่งมายังเซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูลประกอบด้วย Tracking Module ID วันที่ สถานะการรับการรับข้อมูลของ GPS, ละติจูด โดยมีสถานะของศาละติจูดเป็นองศาเหนือหรือองศาใต้, ลองจิจูด โดยมีสถานะของศาลองจิจูดเป็นองศาตะวันออกหรือองศาตะวันตก ความเร็วในการเคลื่อนที่ และเวลาในการรับข้อมูล ดังแสดงโครงสร้างของแฟ็กเก็ตตามรูปที่ 3-6 ข้อมูลที่ถูกเพิ่มขึ้นมาในการเก็บข้อมูลคือ Tracking Module ID โดยจะเป็นหมายเลขของ Module นั้นเอง เพื่อใช้ในการแยกแยะว่าเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์คันส่งคันไหน นอกจากนี้จะมีส่วนของข้อมูลอีก 2 ตัวอักษรท้ายสุด ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดของการรับส่งข้อมูล



รูปที่ 3-6 พิลด์ของแฟ็กเก็ตที่ใช้ส่งไปเก็บในฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์

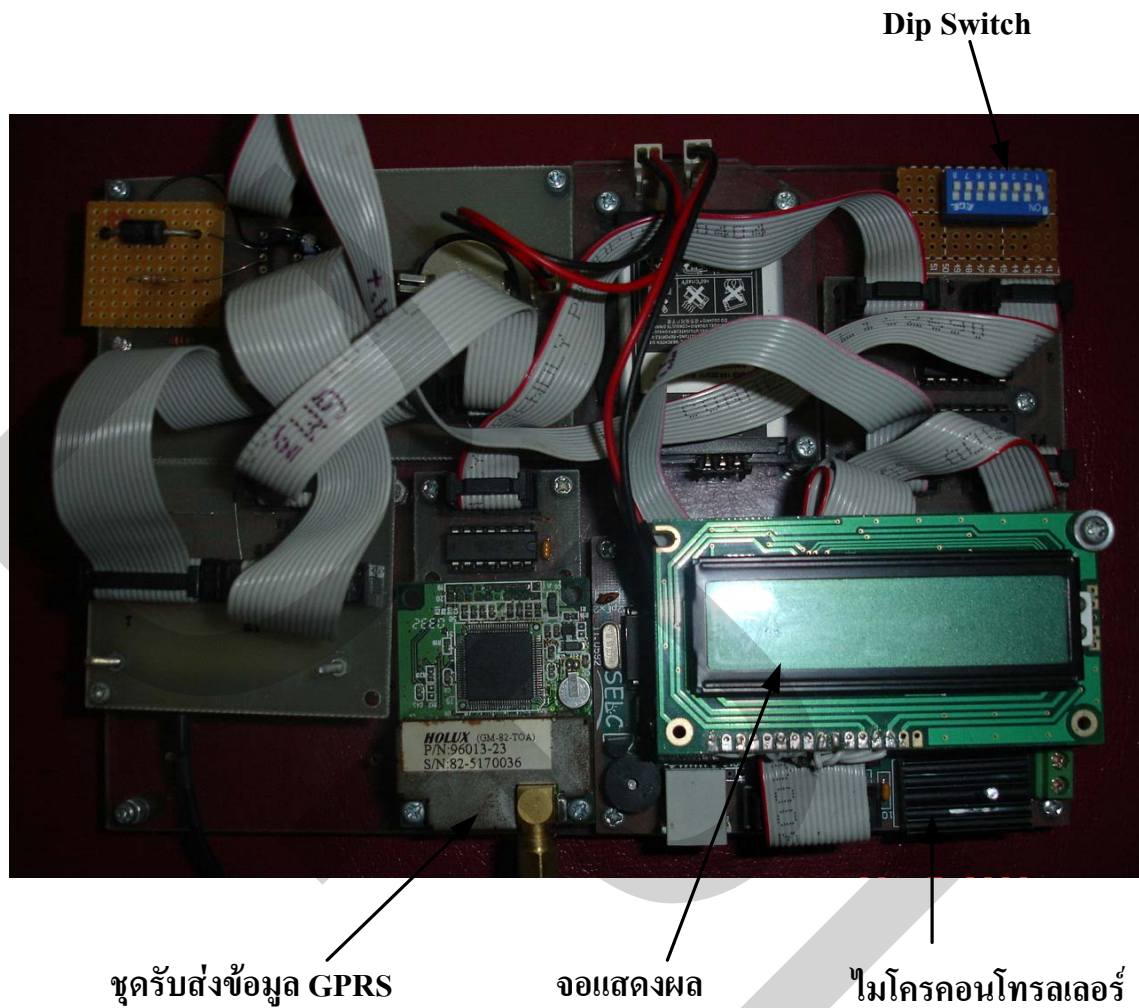
3.4.2 การควบคุมการการส่งข้อมูลผ่านระบบ GPRS

การส่งข้อมูลผ่านระบบ GPRS นั้นจะต้องทำการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ปลายทางที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลให้ได้ก่อน เมื่อทำการเชื่อมต่อได้แล้วจึงทำการส่งข้อมูลไป ดังแสดงการทำงานตามรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-7 ไคอะแกรมการส่งข้อมูล ไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบ GPRS

3.5 ฮาร์ดแวร์ต้นแบบ



รูปที่ 3-8 รูปถ่ายของฮาร์ดแวร์ต้นแบบ

จากรูปที่ 3-8 แสดงรูปต้นแบบของชุดอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ประกอบขึ้น โดยมีรายละเอียดของการทำงานบางส่วนที่สำคัญดังนี้

- Battery เป็นแหล่งจ่ายไฟภายในของส่วน ฮาร์ดแวร์ ซึ่งสามารถมาชาร์จไฟได้
- จอ LCD แสดงตำแหน่งของ ละติจูด ลองจิจูด และแสดงสถานะในการรับข้อมูลจาชุดรับสัญญาณดาวเทียม GPS
- Microcontroller Board เป็นส่วนควบคุมการทำงานในการรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณดาวเทียม GPS และควบคุมการทำงานของชุดส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์และใช้ในการควบคุมการแสดงผล
- ชุดรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS

- ชุดรับส่งข้อมูลผ่านระบบ GPRS
- Dip Switch จะเป็น Switch ที่ใช้เลือกว่าจะเก็บข้อมูลทุกๆ กี่วินาที ซึ่งสามารถเลือกตามเลขได้ดังนี้

เลข 1 เลือกส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ทุก 1 วินาที

เลข 2 เลือกส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ทุก 5 วินาที

เลข 3 เลือกส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ทุก 10 วินาที

เลข 4 เลือกส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ทุก 30 วินาที

เลข 5 เลือกส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ทุก 1 นาที

เลข 6 เลือกส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ทุก 5 นาที

เลข 7 เลือกส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ทุก 10 นาที

เลข 8 เลือกส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ทุก 30 นาที

บทที่ 4

การออกแบบซอฟต์แวร์ การจัดเก็บข้อมูล และการแสดงผล

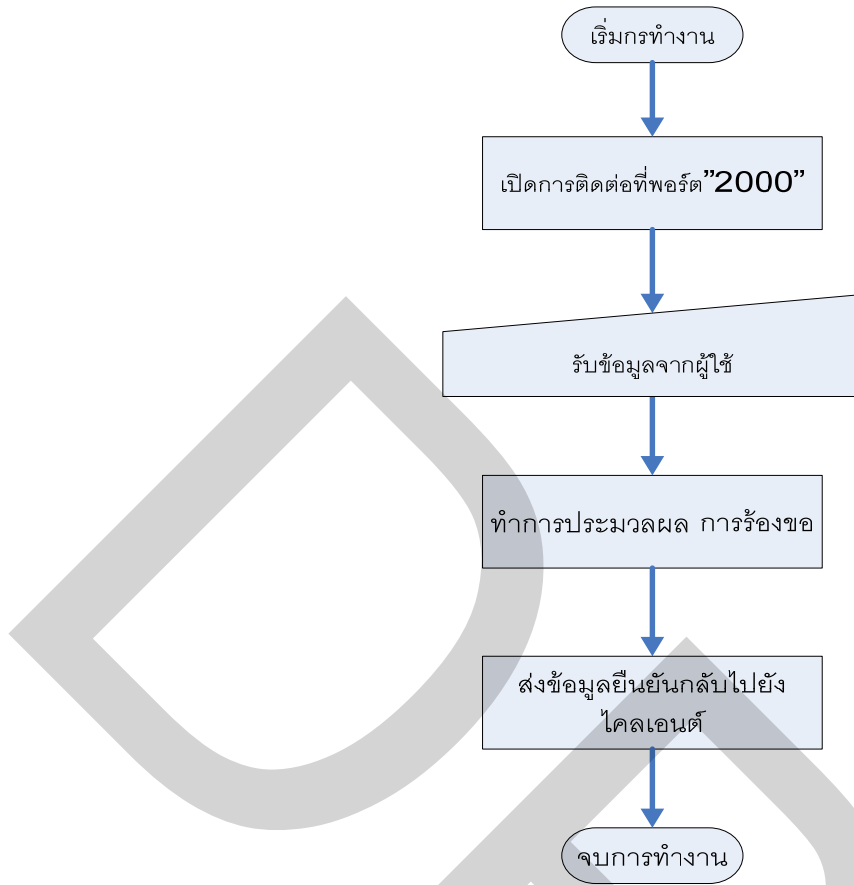
4.1 โครงสร้างส่วนซอฟต์แวร์

เมื่อชุดอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่รถยนต์ขนส่งซึ่งกำหนดให้เป็นไคลเอนต์ ได้จัดส่งข้อมูลต่างๆ ผ่านทางระบบ GPRS มาคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์จะทำการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้ในฐานข้อมูลทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ โดยข้อมูลที่รับมาได้นั้นจะถูกส่งผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นข้อมูลในรูปแบบตามโพรโทคอล TCP ผ่านทางพอร์ต 2000 เพื่อทำการติดต่อกับทางฝั่งไคลเอนต์ และพอร์ต 2001 ใช้ในการรับส่งข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการติดตามรถยนต์จากอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่รถยนต์หรือไคลเอนต์ หลังจากทำการเก็บข้อมูลที่ได้รับผ่านระบบ GPRS มาเก็บไว้ในฐานข้อมูล ก็จะทำการโปรแกรมเพื่อการวาดภาพเพื่อระบุตำแหน่งรถยนต์บนแผนที่ต่อไป ซึ่งจะแบ่งเป็น สองส่วน คือ ส่วนของโปรแกรมแอปพลิเคชันแบบเวลาจริง (Real time) และส่วนของโปรแกรมแอปพลิเคชันแบบย่อนเวลา (Nonreal time) ในส่วนนี้สามารถที่จะระบุวัน และช่วงของเวลาในแต่ละวันว่ารถได้วิ่งไปที่ไหนบ้าง

ระบบนี้ใช้ภาษาจาวาในการเขียน โปรแกรมในส่วนของเซิร์ฟเวอร์และส่วนของการ Tracking และใช้ My SQL เป็นฐานข้อมูล ซึ่งได้ทำการออกแบบโปรแกรม ดังนี้

4.2 โปรแกรมส่วนเริ่มต้นการติดต่อไคลเอนต์

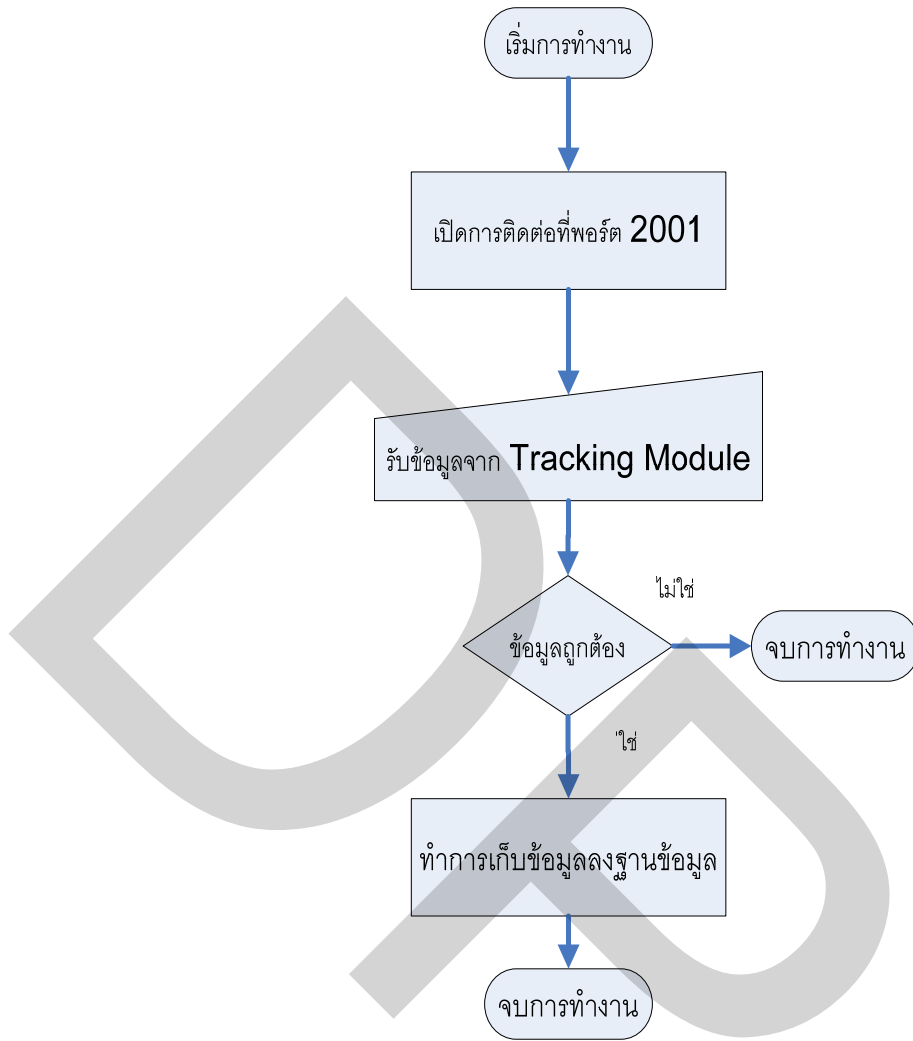
รูปที่ 4-1 แสดงโปรแกรมส่วนการเริ่มต้นการติดต่อกับไคลเอนต์ ซึ่งจะทำงานผ่านทางพอร์ตเชื่อมต่อ 2000 โดยอุปกรณ์ไคลเอนต์ที่ติดตั้งที่รถยนต์จะทำการร้องขอเพื่อทำการส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ต 2000 นี้ ดังนั้นคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ต้องทำการสแกนข้อมูลที่ไคลเอนต์ต้องการติดต่อที่พอร์ตนี้ เพื่อตรวจสอบการร้องขอการเชื่อมต่อจากไคลเอนต์นั่นเอง สำหรับสาเหตุที่คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ไม่ทำการร้องขอไปยังไคลเอนต์โดยตรงเนื่องจากคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ไม่สามารถรู้ตำแหน่งที่อยู่ของอุปกรณ์ไคลเอนต์ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ก่อน จำเป็นต้องให้ไคลเอนต์ทำการร้องขอเข้ามาก่อน ซึ่งข้อมูลที่ร้องขอเข้ามามีข้อมูลของตำแหน่งที่อยู่ของไคลเอนต์อยู่ด้วย จึงทำให้คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์สามารถส่งข้อมูลยืนยันหรือเริ่มการติดต่อสื่อสาร ได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 4-1 ไคอะแกรมการทำงานของคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ที่ตอบสนองการร้องขอจากไคลเอนต์

4.3 การรับข้อมูลต่างๆจากไคลเอนต์

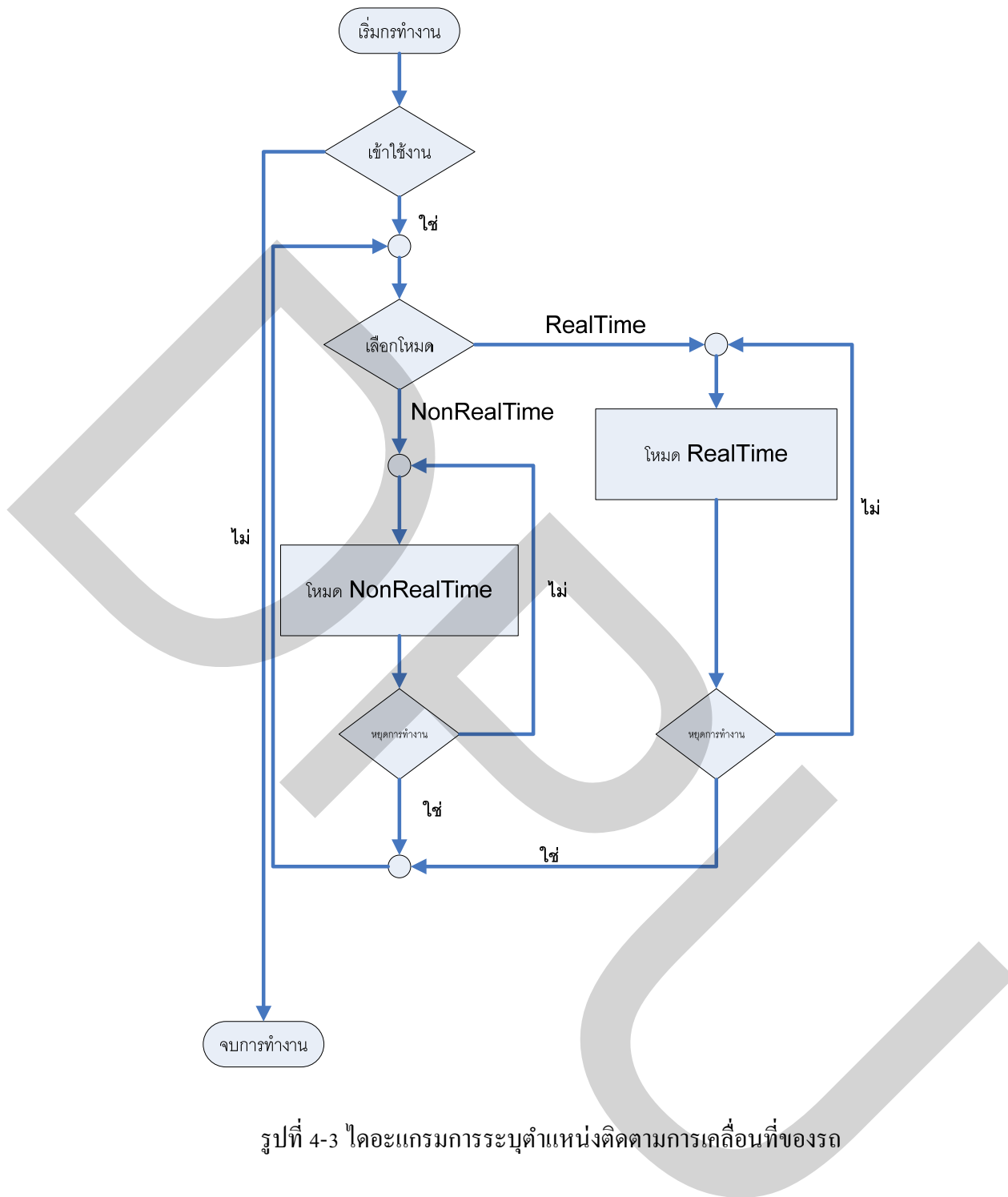
เมื่อมีการยืนยันการติดต่อสื่อสารจากคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์กลับไปยังอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่รถยนต์หรือไคลเอนต์เรียบร้อยแล้ว อุปกรณ์ไคลเอนต์จะทำการส่งข้อมูลกลับมาผ่านทางพอร์ต 2001 ซึ่งคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์จะทำการรับข้อมูลมาประมวลผลต่อไป โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4-2 ซึ่งข้อมูลที่รับได้จะทำการตรวจสอบความถูกต้องก่อน โดยตรวจสอบข้อมูลจากตัวอักษร 2 ตัวหลังสุด เมื่อตรวจสอบแล้วว่าข้อมูลที่รับได้ไม่มีความผิดพลาดคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์จะทำการจัดเก็บข้อมูลที่รับได้ลงฐานข้อมูลต่อไป



รูปที่ 4-2 ไตอะแกรมการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ส่วนการรับข้อมูล

4.4 การเลือกการแสดงผล

การแสดงผลข้อมูลของระบบที่พัฒนานี้สามารถเลือกได้เป็นการระบุตำแหน่งแบบทันกาล (Real time tracking) ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้รับมาได้มาทำการประมวลผลเพื่อการแสดงผลตำแหน่งปัจจุบันของรถยนต์บนแผนที่ นอกจากนี้ระบบสามารถเลือกการแสดงผลเป็นแบบย้อนเวลาดูหรือ Non Real Time Tracking ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้นั้นที่กไว้ในฐานะข้อมูลมาแสดงเส้นทางเคลื่อนที่ของรถยนต์ตามช่วงเวลาที่ต้องการได้ โดยขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 4-3 ดังนี้



รูปที่ 4-3 ไคอะแกรมการระบุตำแหน่งติดตามการเคลื่อนที่ของรถ

4.5 การออกแบบฐานข้อมูล

เมื่อคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ทำการรับข้อมูลมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านระบบ GPRS แล้ว จะทำการจัดเก็บข้อมูลที่รับได้ลงฐานข้อมูล ซึ่งได้ทำการออกแบบฐานข้อมูลเพื่อทำการเก็บข้อมูลตามที่ต้องการให้เป็นระเบียบและง่ายต่อการใช้งาน ง่ายต่อการโปรแกรมติดต่อฐานข้อมูล โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าที่อยู่ในฐานข้อมูล เพื่อจะทำการแทรคกิ้ง (Tracking) ลงบนแผนที่ ในระบบนี้จะทำการนี้ จะทำการเก็บข้อมูลแยกออกเป็น 3 ตาราง (Table) ดังแสดงรายละเอียดใน Data dict ดังต่อไปนี้

Attribute	Description	Value Type	Length
car_id	กีย์หลัก	Varchar	4
username	ชื่อผู้ใช้	Varchar	12
bran	ยี่ห้อรถ	Varchar	30
generation	รุ่นรถ	Varchar	30
car_lice	ทะเบียนรถ	Varchar	6

ตารางที่ 4-1 ฟิลด์ฐานข้อมูลของ Table car

Attribute	Description	Value Type	Length
rank	กีย์หลัก	integer	auto
car_id	กีย์นอก จาก Table car	Varchar	4
time	เวลา	time	-
ns	องศาเหนือ	Varchar	1
latitude	ใช้เก็บละติจูด	Varchar	9
ew	ใช้เก็บองศาใต้	Varchar	1
longitude	ใช้เก็บลองติจูด	Varchar	1
speed	ใช้เก็บความเร็วของรถ	Varchar	5
date	ใช้เก็บวันที่	date	-
status	ใช้เก็บสถานะของการเชื่อมต่อ	Varchar	1

ตารางที่ 4- 2 ฟิลด์ฐานข้อมูลของ Table tracking

Attribute	Description	Value Type	Length
first_name	ชื่อของผู้ใช้	Varchar	30
last_name	นามสกุลของผู้ใช้	Varchar	30
username	ชื่อในการเข้าใช้	Varchar	12
password	พาสเวิร์ด	Varchar	12
telno	เบอร์โทรศัพท์	Varchar	9
e-mail	อีเมลล์	Varchar	30
addr	ที่อยู่ผู้ใช้งาน	Varchar	30

ตารางที่ 4- 3 ฟิลด์ฐานข้อมูลของ Table user

4.6 แผนที่

แผนที่ที่ใช้ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ แผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic map) และแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) โดยที่แผนที่เฉพาะเรื่องนี้เป็นแผนที่ที่มีองค์ประกอบอื่นๆ เข้ามามาก ส่วนแผนที่ภูมิประเทศจะเป็นแผนที่ที่เน้นแสดงสภาพทางภูมิศาสตร์เช่นภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีการนำระบบแผนที่ดิจิทัลมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีทั้งที่ต้องมีการจ่ายค่าธรรมเนียมการใช้งาน และที่สามารถใช้งานได้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เช่น Google map เป็นต้น ซึ่งแผนที่ดิจิทัลนี้มีความสะดวกในการนำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ รวมทั้งการนำมาใช้ในระบบที่พัฒนาขึ้นมานี้ด้วย

4.6.1 แผนที่ดิจิทัล

แผนที่ดิจิทัล (Digital map) เป็นแผนที่ที่ใช้คอมพิวเตอร์ประมวลผลและวาดขึ้นมาจากข้อมูล โดยจะต้องมีการจัดเก็บข้อมูลของแผนที่ให้อยู่ในรูปของข้อมูลคอมพิวเตอร์ ซึ่งมัลติมีเดียคอมพิวเตอร์จะทำการจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์แผนที่ดิจิทัล แบ่งการจัดเก็บออกเป็น 2 แบบ คือ แบบ Raster และแบบ Vector

แผนที่แบบราสเตอร์ หมายถึงแผนที่ที่มีการจัดเก็บและแสดงผลในรูปแบบของจุดภาพ การสร้างแผนที่แบบนี้ทำได้ โดยรับภาพแผนที่ที่อาจทำได้โดยการสแกนผ่านทางเครื่องสแกนภาพ (scanner) ซึ่งวิธีการสแกนภาพเป็นการนำรูปภาพทั้งรูปเข้าไปเก็บในลักษณะของรูปภาพ หรือการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น ซึ่งการแก้ไขจะทำให้ยากรวมทั้งใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บมาก แต่มีความสะดวกและมีความถูกต้องมาก สำหรับแผนที่แบบเวกเตอร์ หมายถึงแผนที่ที่มีการจัดเก็บ และแสดงผลในรูปแบบของลายเส้นข้อมูลพิคคของสถานที่สำคัญต่างๆ บนแผนที่ได้แก่ ถนน อาคาร เป็นต้น แล้วนำข้อมูลนั้นมา

วาดแสดงผลผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ ทำให้แผนที่ที่ได้ใช้ข้อมูลในการจัดเก็บน้อย แต่แผนที่จะมีความคิดพลาดได้บ้างและมีการแสดงผลที่ไม่เหมือนจริง แต่สามารถกำหนดรูปแบบการแสดงผลในรูปแบบต่างๆได้โดยง่าย การนำเข้าแผนที่แบบนี้ทำได้โดยใช้วิธีการลอกแบบจากเครื่องดิจิทัลไทเซอร์ (digitizer) ซึ่งจะเก็บเฉพาะข้อมูล ในส่วนที่ต้องการลอกแบบ ดังนั้น ข้อมูลแบบนี้จึงใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บน้อยกว่า สามารถแก้ไขได้ในภาพหลังโดยที่มาตราส่วนไม่ผิดไปจากเดิม

4.6.2 ระบบพิกัดบนแผนที่

ระบบพิกัดบนแผนที่จะมีการอ้างอิงพิกัดที่เหมือนกับระบบพิกัดฉากในทางเรขาคณิตที่ประกอบไปด้วยระนาบในแนวแกน X และแกน Y โดยจุดกำเนิดหมายถึงจุดระหว่างแกน X และ แกน Y เมื่อแทนด้วยระบบพิกัดบนแผนที่แล้วแกน X จะหมายถึงเส้นละติจูด และ แกน Y จะหมายถึงเส้นลองจิจูด เมื่อพิจารณาระบบพิกัดบนโลกแล้ว จะพิจารณาเป็น ลักษณะของ 3 มิติ คือ X, Y, Z โดย Z จะหมายถึงค่าความสูงซึ่งก็คือค่าอัลติจูดนั่นเอง อย่างไรก็ตามระบบนี้จะใช้ในการอ้างอิงในระบบ GPS ซึ่งมีการส่งค่าพิกัดมาเป็น ละติจูด ลองจิจูด และอัลติจูด เป็นหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะพิจารณาจากค่าละติจูดและ ลองจิจูด เพื่อใช้ในการระบุพิกัดของตำแหน่งรถยนต์บนส่งบนแผนที่ โดยต้องทำการเปรียบเทียบและแปลงพิกัดระหว่างพิกัดในทางเรขาคณิตกับพิกัดบนแผนที่

4.6.3 การคำนวณระยะทางบนแผนที่

เนื่องจากพื้นที่บนแผนที่จะประกอบด้วยตำแหน่งพิกัดมากมายดังนั้นการคำนวณระยะทางจึงหมายถึงระยะห่างระหว่าง 2 ตำแหน่งบนแผนที่ ซึ่งเมื่อทราบระบบพิกัดตำแหน่งบนแผนที่แล้ว ทำให้สามารถหาระยะทางบนแผนที่ได้

4.6.4 ระยะทางระหว่างจุด 2 จุดบนแผนที่

หาได้ตามสมการต่อไปนี้ เมื่อ d คือ ระยะทางระหว่างตำแหน่งทั้งสอง และ (x, y) คือ พิกัดตำแหน่งใดๆที่ปรากฏบนแผนที่

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (4-1)$$

4.6.5 ระยะทางระหว่างจุดถึงเส้นตรง

สามารถคำนวณหาได้ตามสมการต่อไปนี้ เมื่อ d คือ ระยะทางระหว่างตำแหน่งที่ต้องการคือ (x_2, y_2) และ (x_1, y_1) คือจุดบนเส้นตรงที่ตั้งฉากกับพิกัด (x_2, y_2)

$$d = \frac{|Ax_1 + By_1 + C|}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} \quad (4-2)$$

โดยที่ A, B และ C คือพารามิเตอร์ของสมการเส้นตรงนั่นเอง หลักการนี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาพื้นที่บนแผนที่ เช่น พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าคำนวณได้จาก $d_1 * d_2$ เมื่อ d_1 คือ ความกว้าง และ d_2 คือ ความยาว เป็นต้น

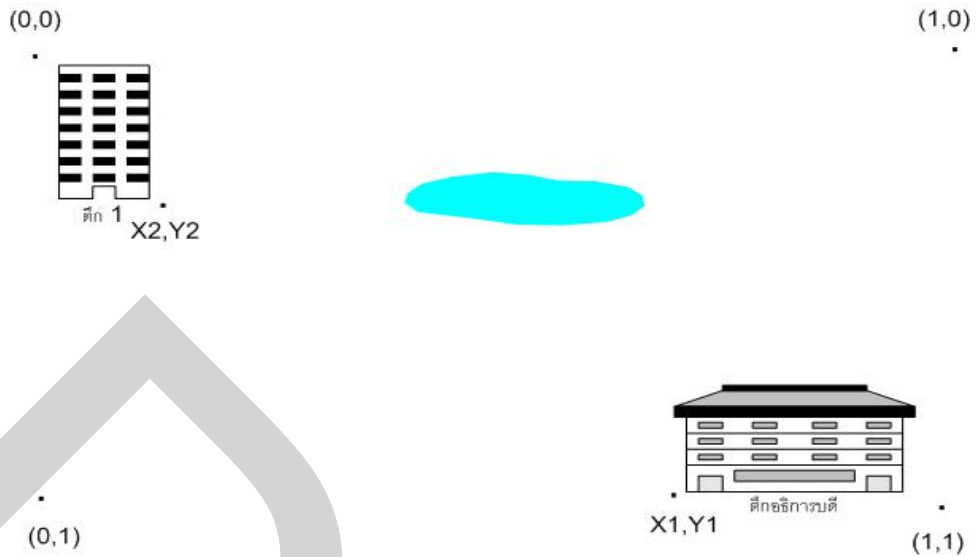
4.6.6 ทฤษฎีกราฟ

กราฟ คือ คู่ลำดับของเซต (V, E) โดยที่ V คือ เซตของจุด □ ใดๆ (vertex) และ E คือ เซตของเส้นเชื่อมตัวอย่างเช่นกราฟ $G = (V, E)$ โดยที่ $V = \{a, b, c\}$ และ $E = \{\{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}\}$ ซึ่งสามารถแทนคู่ลำดับด้วยเส้นเชื่อมได้ เช่น $\{a, b\}$ แทนด้วย p_1 , $\{b, c\}$ แทนด้วย p_2 , $\{c, a\}$ แทนด้วย p_3 เป็นต้น เรียกว่า จุดสองจุดต่อกัน(adjacent) ซึ่งสามารถเดินทางในกราฟนี้ได้หลายเส้นทาง เช่น เส้นทางที่ 1 (a-p1-b-p2-c) เส้นทางที่ 2 (a-p1-bp2-c-p3-a) เป็นต้น

4.6.7 วิธีการคำนวณหาค่ามุมของแต่ละรูปของแผนที่

เนื่องจากมีข้อจำกัดในการหาค่าละติจูด และลองจิจูดของมุมของรูปแผนที่ เนื่องจากในความเป็นจริง เราไม่สามารถไปปีนหลังคาบ้านคนอื่นหรือลงไปในคลอง เพื่อที่จะวัดค่า Latitude, Longitude ณ จุดนั้นๆ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการคำนวณหาค่านั้นๆ โดยจะคำนวณดังนี้ คือ เริ่มแรกเราจะต้องทำการทดลองเก็บข้อมูล โดยทำการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งภายในแผนที่ โดยที่ว่าจะต้องมีตำแหน่งที่ชี้ชัดว่าเป็นจุดนั้นๆ บนแผนที่จริงๆ เช่น มุมซ้ายล่างของตึกอชิคารบดี (ให้เป็นจุดเริ่มต้น) กับ มุมขวาล่างของตึก 1

เมื่อเราได้ทำการเดินเก็บข้อมูลจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดแล้ว เราจะได้ค่าที่จะต้องนำมาใช้คำนวณคือ ค่าละติจูด และลองจิจูด หรือ Lat1, Long1 (ค่าของจุดเริ่มต้น) กับ ค่า Lat2, Long2 (ค่าของจุดสิ้นสุด) จากนั้นเราก็ต้องหาค่าจุดเริ่มต้น กับ จุดสิ้นสุดของเรา (ของจริง) ว่าในแผนที่นั้นๆ จุดพวกนี้อยู่ในตำแหน่งที่เท่าไร (x=?, y=?): ดังนั้นตอนนี้เราจะมีค่าที่ต้องนำมาใช้ในการคำนวณเพิ่มอีก 2 ค่าคือ x_1, y_1 และ x_2, y_2 และยังมีอีกค่าหนึ่งที่ต้องใช้ในการคำนวณค่านั้นคือ ขนาดของรูปนั่นเอง เช่นรูปมีขนาด 1000*800 ดังนั้น $x_{max} = 1000$ และ $y_{max} = 800$ ในตอนนี้เราจะได้อีกค่าทั้งหมดที่ต้องใช้ในการคำนวณแล้ว ก็จะคำนวณดังนี้



รูปที่ 4-4 รูปตัวอย่างแสดงจุดต่างๆบนแผนที่

จากรูปเราให้ตำแหน่งที่จุดซ้ายล่างของตึกอธิการบดี เป็นจุดที่ 1 ดังนั้นที่จุดนี้เราจะรู้ค่า Lat1, Long1, x1, y1 ต่อมาเราให้ตำแหน่งที่จุดขวาล่างของตึก 1 เป็น จุดที่ 2 ดังนั้นเราก็จะรู้ค่า Lat2, Long2, x2, y2 และเรายังรู้ขนาดของภาพคือ Xmax, Ymax และมีวิธีคำนวณ ดังนี้ เริ่มแรก เราต้องหาค่าอัตราส่วนของค่าความต่างของ Longitude ต่อค่าความต่างของระยะทางด้านแกน x ของภาพนั้นๆ (หาค่า $x=0, x=x_{max}$)

$$\text{ค่าอัตราส่วน1} = \frac{\text{Long2} - \text{Long1}}{x2 - x1}$$

หลังจากนั้นเราก็จะเอาค่า อัตราส่วนที่ได้มาคำนวณหาค่า Longitude ของมุมของภาพ ดังนี้
ที่ $x = 0$

$$\text{ค่า Longitude (ที่ ค่า } x = 0) = \text{Longitude 2} \pm [(x2 - 0) * \text{ค่าอัตราส่วน1}]$$

ที่ $x = X_{max}$

$$\text{ค่า Longitude (ที่ ค่า } x = X_{max}) = \text{Longitude 2} \pm [(X_{max} - x2) * \text{ค่าอัตราส่วน1}]$$

ส่วนจะ + หรือจะ - นั้นขึ้นอยู่กับ การเพิ่ม การลด ของค่า Longitude ของจุด 2 จุดที่อยู่ในภาพ ต่อมาเราก็ต้องหาค่าอัตราส่วนของค่าความต่างของ Latitude ต่อค่าความต่างของระยะทางด้านแกน y ของภาพนั้นๆ (หาค่า $y=0, y=Y_{max}$)

$$\text{ค่าอัตราส่วน2} = \frac{\text{Lat 2} - \text{Lat 1}}{Y2 - Y1} \quad (4-3)$$

หลังจากนั้นเราก็จะเอาค่า อัตราส่วนที่ได้มาคำนวณหาค่า Latitude ของมุมของภาพ ดังนี้

ที่ $y = 0$

ค่า Latitude (ที่ ค่า $y = 0$) = Latitude 2 \pm [(y2 - 0) * ค่าอัตราส่วน2]

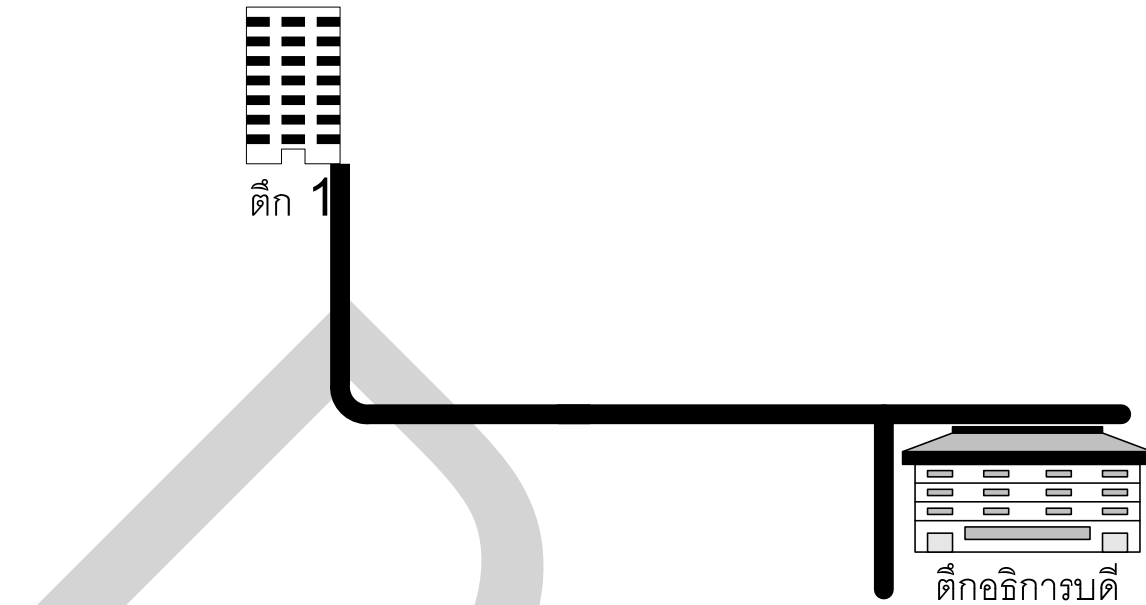
ที่ $y = Y_{\text{max}}$

ค่า Latitude (ที่ ค่า $y = Y_{\text{max}}$) = Latitude 2 \pm [(Ymax - y2) * ค่าอัตราส่วน2]

ส่วนจะ + หรือจะ - นั้นขึ้นอยู่กับ การเพิ่ม การลด ของค่า Latitude ของจุด 2 จุดที่อยู่ในภาพ

4.6.8 การจำลองการเดินทางลงบนแผนที่

หลังจากที่ได้ทำการทดลองเดินทางจริง แล้วทำการเก็บข้อมูลในระหว่างการเดินทาง ในบริเวณมหาวิทยาลัย แล้วได้ อัฟ โหลด ข้อมูลเข้า ฐานข้อมูลใน คอมพิวเตอร์แล้ว จากนั้นก็จะเป็นหน้าที่ในส่วน ของ ซอฟต์แวร์ ที่จะทำการคำนวณเส้นทางเพื่อจำลองการเดินทางนั้นๆ ลงบนแผนที่ที่มีอยู่ ในการจำลองการเดินทางนั้นเราจะนำค่าที่อยู่ใน Field ต่างๆ ใน Record ที่เราได้ทำการ อัฟ โหลดเข้ามา และค่าที่ใช้ในการคำนวณคือค่า Latitude และค่า Longitude และจะต้องนำค่าอื่นๆที่เกี่ยวข้องมาคำนวณด้วย ดังนี้ ค่าขนาดของภาพนั้นๆ ค่า Latitude, Longitude ที่เป็นมุมของภาพนั้นๆ [(0,0),(1,1)] คือค่าที่มุมซ้ายบน กับค่าที่มุมขวาล่าง โดยขั้นตอนคร่าวๆ ในการคำนวณก็คือ เราจะต้องหา ค่าอัตราส่วนของค่า ความต่างของ Longitude ต่อค่าความต่างของระยะทางด้านแกน x ของภาพนั้นๆ และค่าอัตราส่วนของ ค่าความต่างของ Latitude ต่อค่าความต่างของระยะทางด้านแกน y ของภาพนั้นๆ หลังจากนั้น ก็จะนำ ค่า Latitude, Longitude ที่ได้จากฐานข้อมูลมาคำนวณกับค่าอัตราส่วน เพื่อที่จะแปลงจาก Latitude, Longitude ให้เป็น จุดบนแผนที่ (ทำให้เป็น Pixel) จากรูปนี้ ดังนี้



รูปที่ 4-5 การจำลองเส้นทางการเดินทางเพื่อการทดสอบ

$$MLATITUDE = \frac{(X1 - X0)}{(LAT1 - LAT0)}$$

$$MLONGITUDE = \frac{(Y1 - Y0)}{(LONG0 - LONG1)}$$

$$XLAT = (MLAT * (LAX - LAT0))$$

$$YLONG = Ymax - (MLONG * (LOY - LONG1));$$

โดยที่ ค่า LAX, LOY เป็นค่า Latitude Longitude ที่ได้มาจาก ฐานข้อมูล และที่ต้องนำค่า Ymax มาลบเพราะว่า จุดกำเนิดในรูปอยู่ที่มุมซ้ายบน ไม่ใช่มุมซ้ายล่างเหมือนปกติ

4.7 รายละเอียดของส่วนซอฟต์แวร์

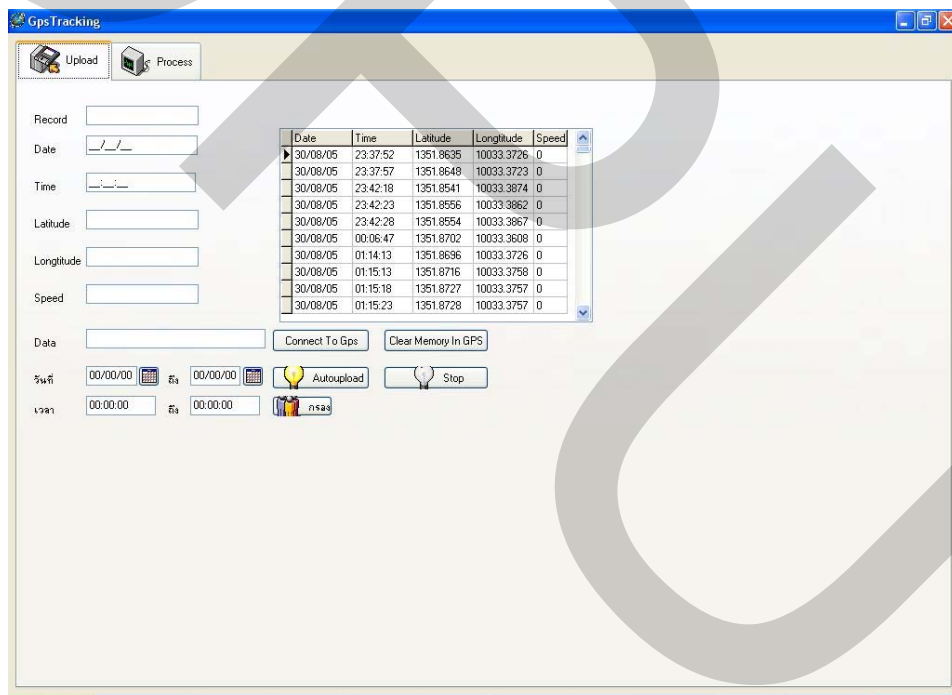
ในงานวิจัยชิ้นนี้จะมุ่งประเด็นไปที่ การนำข้อมูลมาใช้ในการจำลองการเดินทาง กล่าวคือจะนำค่าที่ได้เก็บไว้ในระหว่างการเดินทาง มาวาดเป็นเส้นทางเพื่อแสดงการเดินทางโดยละเอียด ดังนั้นซอฟต์แวร์จึงต้องมีความสามารถ ดังนี้

- จำลองการเดินทางลงบนแผนที่ ทำให้ทราบเส้นทางการเดินทางอัตราเร็วในชั่วโมงเวลาต่างๆ
- สามารถเรียกดูข้อมูลเก่าๆ ได้ในภายหลัง
- ย่อ/ขยาย ภาพแผนที่เพื่อความชัดเจนและ สามารถเจาะจงดูในส่วนที่ต้องการได้
- สามารถแสดงรายละเอียด ละติจูด ลองจิจูด เวลา วันที่ และความเร็ว ณ ตำแหน่งที่ผู้ใช้คลิกเมาส์

4.8 ส่วนประกอบของส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางคอมพิวเตอร์

4.8.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้

เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ออกแบบเพื่อความสะดวกในการเรียกใช้งาน และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน รายละเอียดมีดังนี้



รูปที่ 4-6 การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับทำงาน

ส่วนที่ 1 ส่วนแสดงข้อมูลพื้นฐาน

Record	แสดง Record เหลืออยู่ใน EEPROM
Date	แสดง วัน/เดือน/ปี
Time	แสดงเวลา ชั่วโมง: นาที: วินาที
Latitude	แสดงค่าละติจูด
Longitude	แสดงค่าลองจิจูด
Speed	แสดงความเร็ว มีหน่วยเป็น Knot (1 Knot = 1.852 km/h)
Data	แสดงข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ใน Record ที่เลือก ณ ปัจจุบัน

ส่วนที่ 2 ส่วนปุ่มกดรองรับการทำงานของผู้ใช้

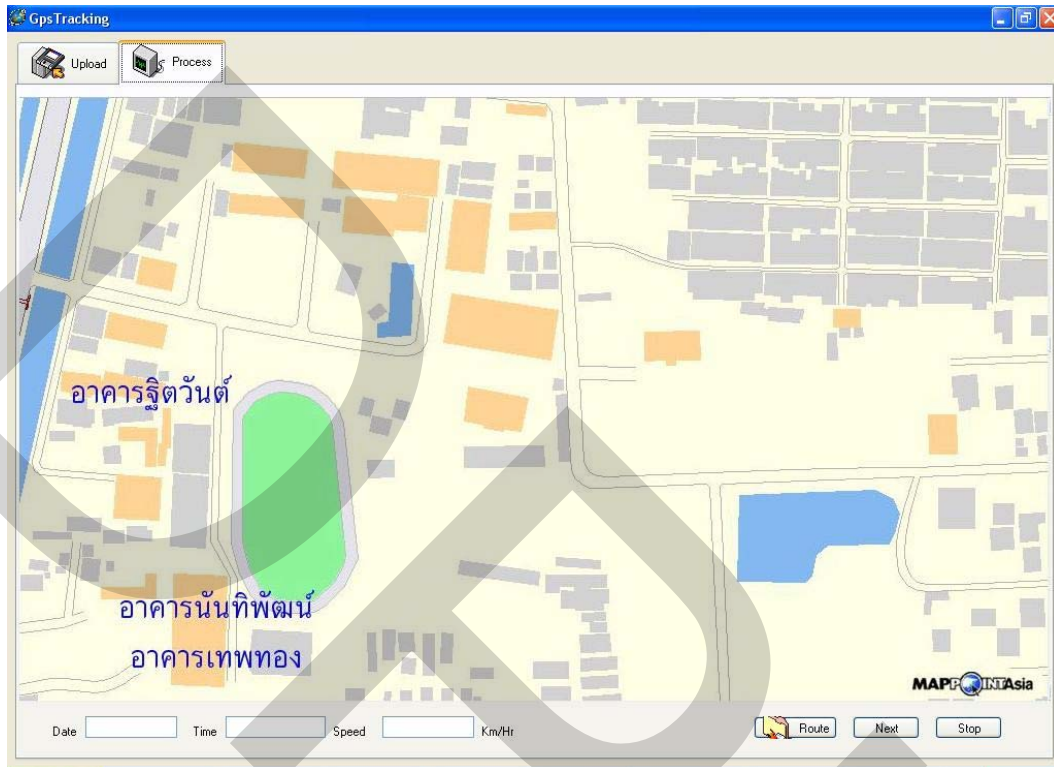
ปุ่ม Connect To GPS	ปุ่มสำหรับร้องขอการเชื่อมต่อไปยังชุดไมโครคอนโทรลเลอร์
ปุ่ม Auto upload	ปุ่มสำหรับ Upload ข้อมูลจาก EEPROM
ปุ่ม Stop	ปุ่มสำหรับหยุดการ Upload ข้อมูลเข้าฐานข้อมูลชั่วคราว
ปุ่ม Clear Memory In GPS	ปุ่มสำหรับตั้ง Address ให้กลับไปอยู่ที่จุดเริ่มต้น

ส่วนที่ 3 ส่วนของการกรองข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์

วันที่	ช่องสำหรับใส่วันที่ที่ต้องการเริ่ม จนถึงวันสุดท้าย ที่ต้องการทำการวิเคราะห์
เวลา	ช่องสำหรับใส่เวลาที่ที่ต้องการเริ่ม จนถึงเวลาสุดท้าย ที่ต้องการทำการวิเคราะห์

4.8.2 ส่วนของแผนที่

ในส่วนนี้จะนำข้อมูลพื้นฐานข้อมูล ที่อยู่ในช่วงของการกรองข้อมูลโดยผู้มาใช้เมาวิเคราะห์ และแสดงบนแผนที่



รูปที่ 4-7 รูปซอฟต์แวร์ส่วนของแผนที่

โดยรายละเอียดต่างๆ ของโปรแกรม มีดังนี้
ส่วนที่ 1 ส่วนแสดงข้อมูลพื้นฐาน (ล่างซ้าย)

- Date แสดงวันที่ ณ จุดล่าสุดที่เลือก
- Time แสดงเวลา ณ จุดล่าสุดที่เลือก
- Speed แสดงความเร็ว (หน่วย Knot) ณ จุดล่าสุดที่เลือก

ส่วนที่ 2 ส่วนการควบคุมการแสดงผล

- ปุ่ม Route ทำหน้าที่สร้างเส้นทางไปเรื่อยๆ จนกว่าจะสิ้นสุดตามระยะเวลาที่กำหนด
- ปุ่ม Stop ทำหน้าที่หยุดการ Route ไว้ชั่วคราว
- ปุ่ม Next ทำหน้าที่วาดเส้นต่อจากจุดที่หยุดไว้ ต่อไปอีกหนึ่งจุด และหยุด

บทที่ 5

ผลการทดสอบการทำงาน

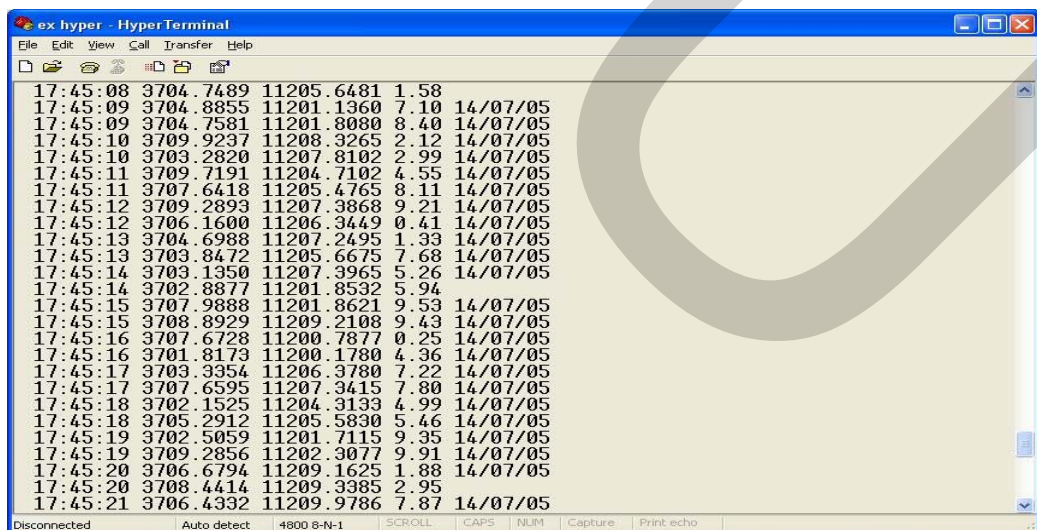
ชุดระบบติดตามการเคลื่อนที่ของรถ โดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS เป็นตัวรับสัญญาณตำแหน่งจากดาวเทียม และใช้เครื่องส่ง GPRS ในการส่งข้อมูลตำแหน่งที่ได้รับจากตัว GPS ไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์ทั้งสองส่วนนี้จะถูกควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดระบบติดตามการเคลื่อนที่ของรถสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์หลักในการระบุตำแหน่งการเดินทาง พร้อมทั้งตรวจสอบเหตุการณ์ระหว่างการเดินทางและได้ทดลองใช้ในพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต โดยการทดลองจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของการรับและส่งข้อมูลไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์และ ส่วนที่สองคือการระบุตำแหน่งการเดินทางในแผนที่

5.1 การรับข้อมูลจากชุดระบบติดตามรถ

การทดลองรับค่าข้อมูลจากระบบติดตามมีดังนี้

5.1.1 การรับข้อมูลจากดาวเทียม GPS

เป็นการทดสอบชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้ในการรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณดาวเทียม GPS แล้วส่งเข้าคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม เพื่อตรวจสอบรูปแบบข้อมูล และชนิดของประโยคที่ได้ทำการกำหนดให้ ชุดรับสัญญาณ GPS ส่งออกมาว่าถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่

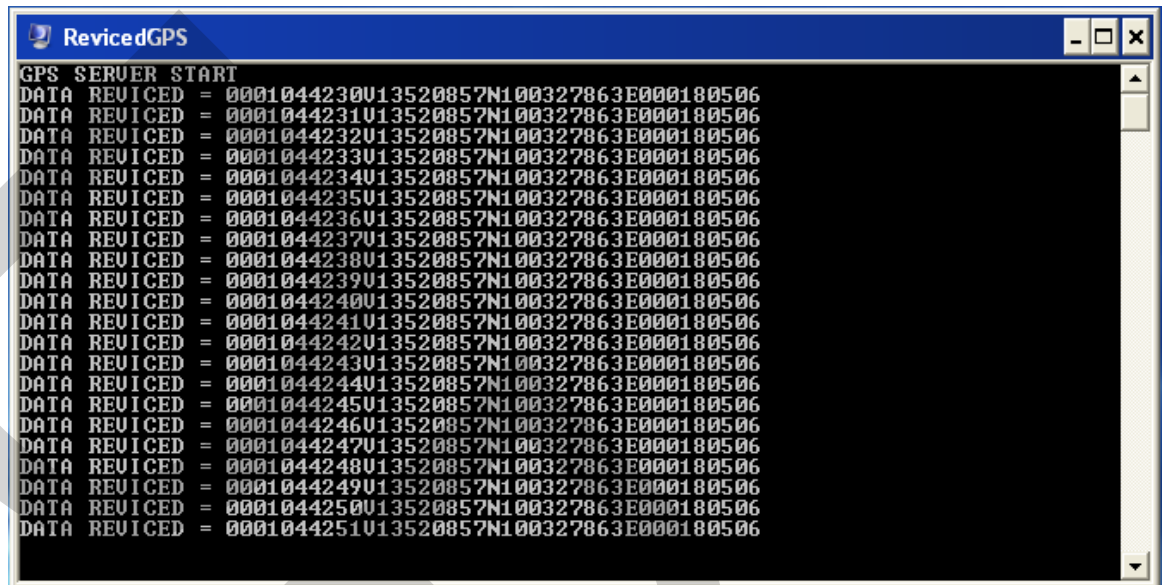


```
ex hyper - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
17:45:08 3704.7489 11205.6481 1.58
17:45:09 3704.8855 11201.1360 7.10 14/07/05
17:45:09 3704.7581 11201.8080 8.40 14/07/05
17:45:10 3709.9237 11208.3265 2.12 14/07/05
17:45:10 3703.2820 11207.8102 2.99 14/07/05
17:45:11 3709.7191 11204.7102 4.55 14/07/05
17:45:11 3707.6418 11205.4765 8.11 14/07/05
17:45:12 3709.2893 11207.3868 9.21 14/07/05
17:45:12 3706.1600 11206.3449 0.41 14/07/05
17:45:13 3704.6988 11207.2495 1.33 14/07/05
17:45:13 3703.8472 11205.6675 7.68 14/07/05
17:45:14 3703.1350 11207.3965 5.26 14/07/05
17:45:14 3702.8877 11201.8532 5.94
17:45:15 3707.9888 11201.8621 9.53 14/07/05
17:45:15 3708.8929 11209.2108 9.43 14/07/05
17:45:16 3707.6728 11200.7877 0.25 14/07/05
17:45:16 3701.8173 11200.1780 4.36 14/07/05
17:45:17 3703.3354 11206.3780 7.22 14/07/05
17:45:17 3707.6595 11207.3415 7.80 14/07/05
17:45:18 3702.1525 11204.3133 4.99 14/07/05
17:45:18 3705.2912 11205.5830 5.46 14/07/05
17:45:19 3702.5059 11201.7115 9.35 14/07/05
17:45:19 3709.2856 11202.3077 9.91 14/07/05
17:45:20 3706.6794 11209.1625 1.88 14/07/05
17:45:20 3708.4414 11209.3385 2.95
17:45:21 3706.4332 11209.9786 7.87 14/07/05
Disconnected Auto detect 4800 8-N-1 SCROLL CAPS NUM Capture Print echo
```

รูปที่ 5-1 การรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณดาวเทียม GPS

5.1.2 การรับข้อมูลของเซิร์ฟเวอร์จากชุดระบบติดตามรถ

การทดสอบกระทำได้โดยเริ่มต้นการสั่งให้โปรแกรมทำงานในส่วนของเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้รับข้อมูลจากชุดอุปกรณ์ระบบติดตามการเคลื่อนที่ของรถ ในส่วนนี้จะเป็นการรับข้อมูลตำแหน่งและค่าต่างในเพ็กเกจเข้าไปเก็บในระบบฐานข้อมูลเพื่อรอผู้ใช้งานนำไปใช้ในการระบุตำแหน่งของรถ



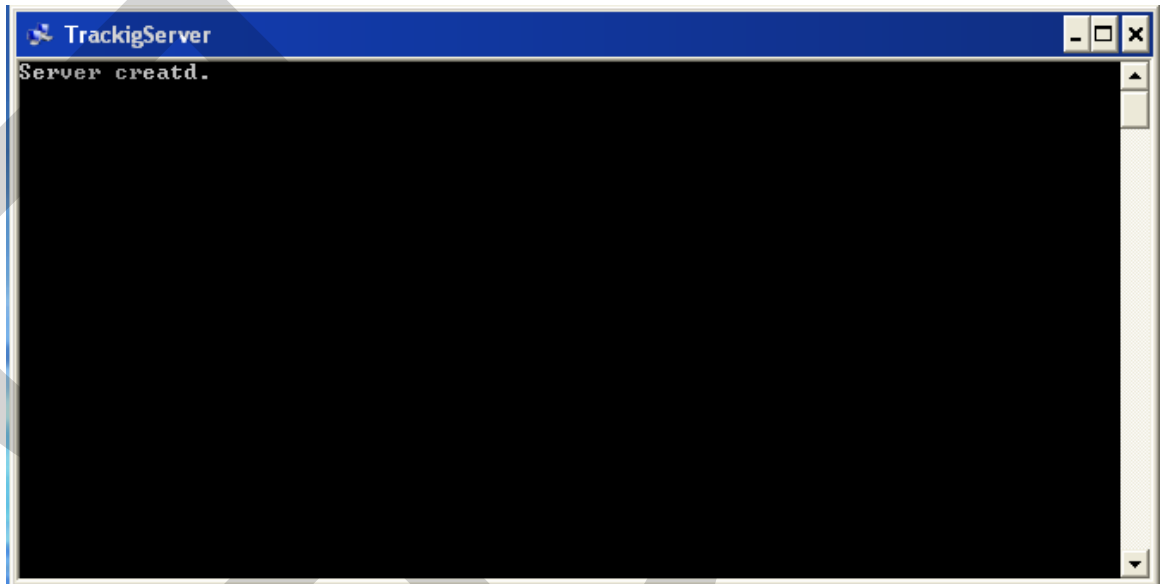
รูปที่ 5-2 การรับข้อมูลของเซิร์ฟเวอร์ที่รับจากชุดอุปกรณ์ระบบติดตามการเคลื่อนที่ของรถ

5.2 การระบุตำแหน่งของระบบติดตามการเดินทางลงบนแผนที่

เป็นการทดสอบโปรแกรม ในส่วนของการแปลงข้อมูลพิกัดละติจูดและลองจิจูดที่รับค่ามาได้ไปเป็นตำแหน่งที่ต้องวาดบนแผนที่ดิจิทัลบนจอคอมพิวเตอร์ร่วมกับการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งจากชุดรับสัญญาณ GPS ผลคือเครื่องรับสัญญาณ GPS มีความคลาดเคลื่อนความประมาณ 5-10 เมตร ตามข้อมูลที่ได้รับมา และระบบตำแหน่งในแผนที่ในการทดลองระบบนี้ผู้ใช้สามารถซูมแผนที่ได้ 3 ระดับและสามารถดูรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ได้

5.2.1 การทำงานของคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ในส่วนของการติดต่อกับไคลเอนต์

ในการทดสอบในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ในส่วนของการติดต่อกับชุดติดตามหรือไคลเอนต์ กับคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ก็จะทำการสแกนและตรวจสอบเพื่อกฎที่ถูกล่าเข้าว่าผู้ใช้ต้องการข้อมูลอะไรแล้วค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูลแล้วส่งข้อมูลที่ได้กลับไปให้ผู้ใช้ต่อไป

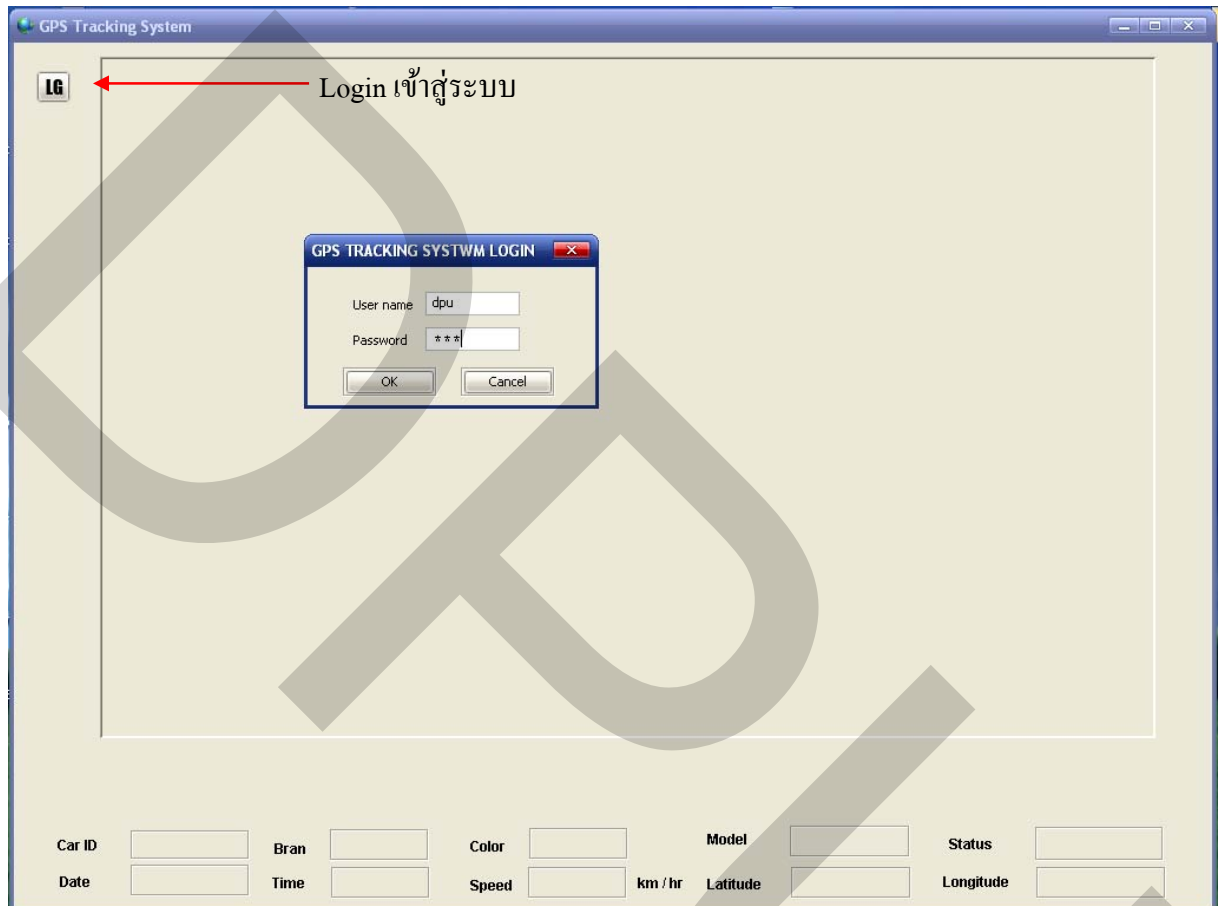


รูปที่ 5-3 การทำงานของเซิร์ฟเวอร์

5.2.2 การใช้งานเพื่อการระบุตำแหน่งแบบทันที

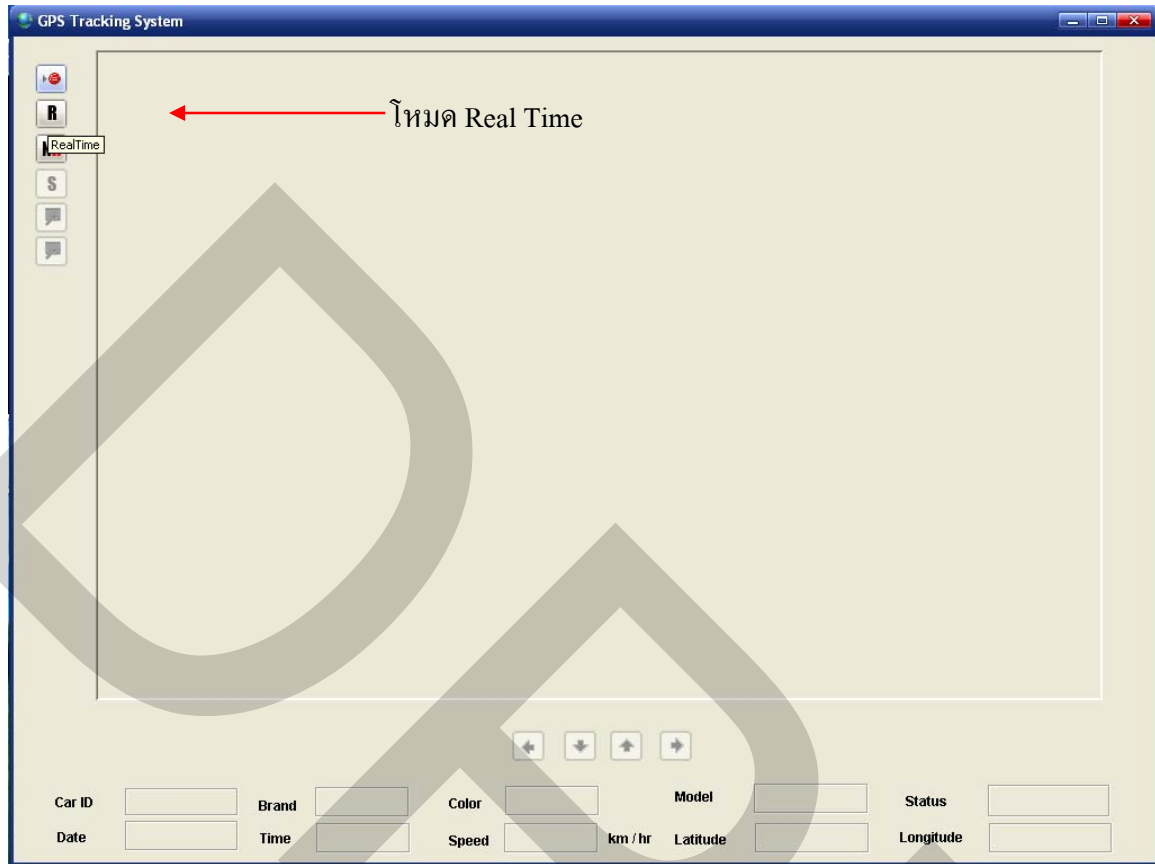
ในการทดสอบมีขั้นตอนในการทดสอบมีดังนี้

- ผู้ใช้งานต้องทำการล็อกอินเข้าสู่ระบบก่อน ดังแสดงในรูปที่ 5-4



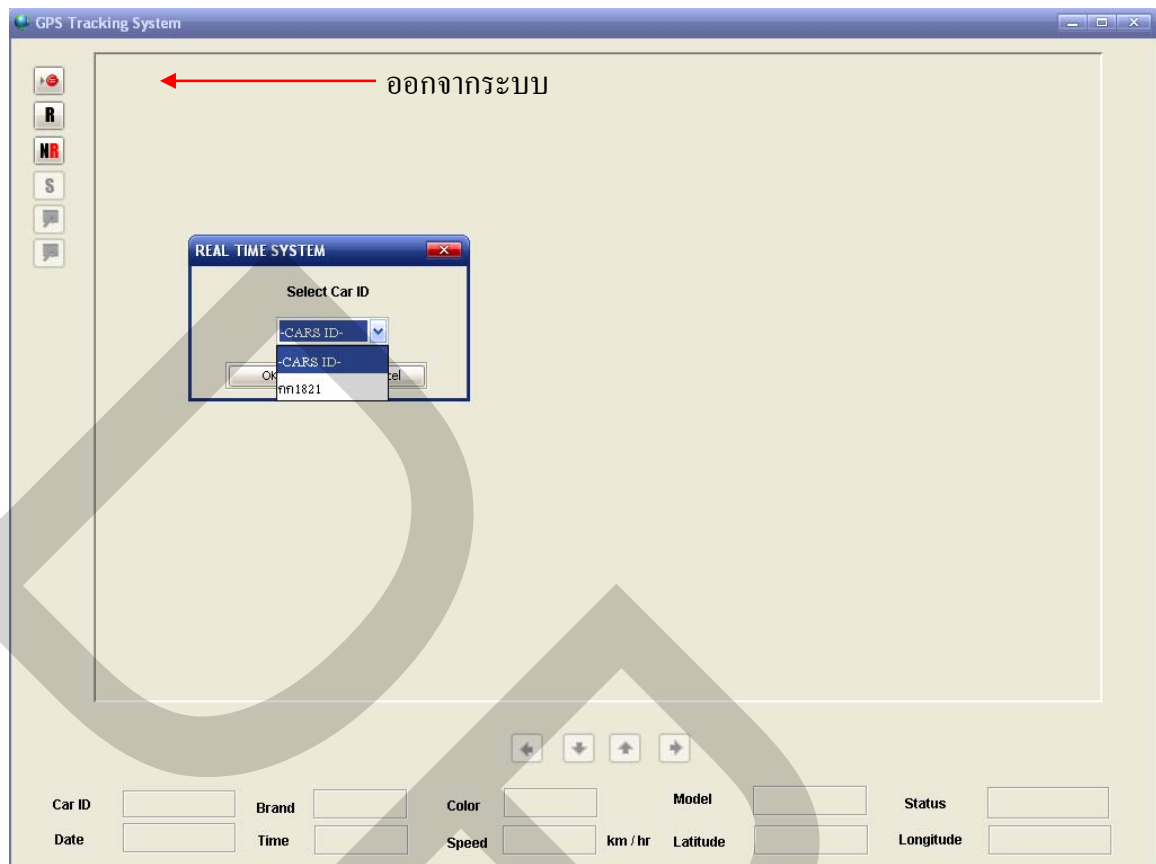
รูปที่ 5-4 การล็อกอินเข้าสู่ระบบโดยผู้ใช้งาน

- เลือกในโหมด Real Time Tracking

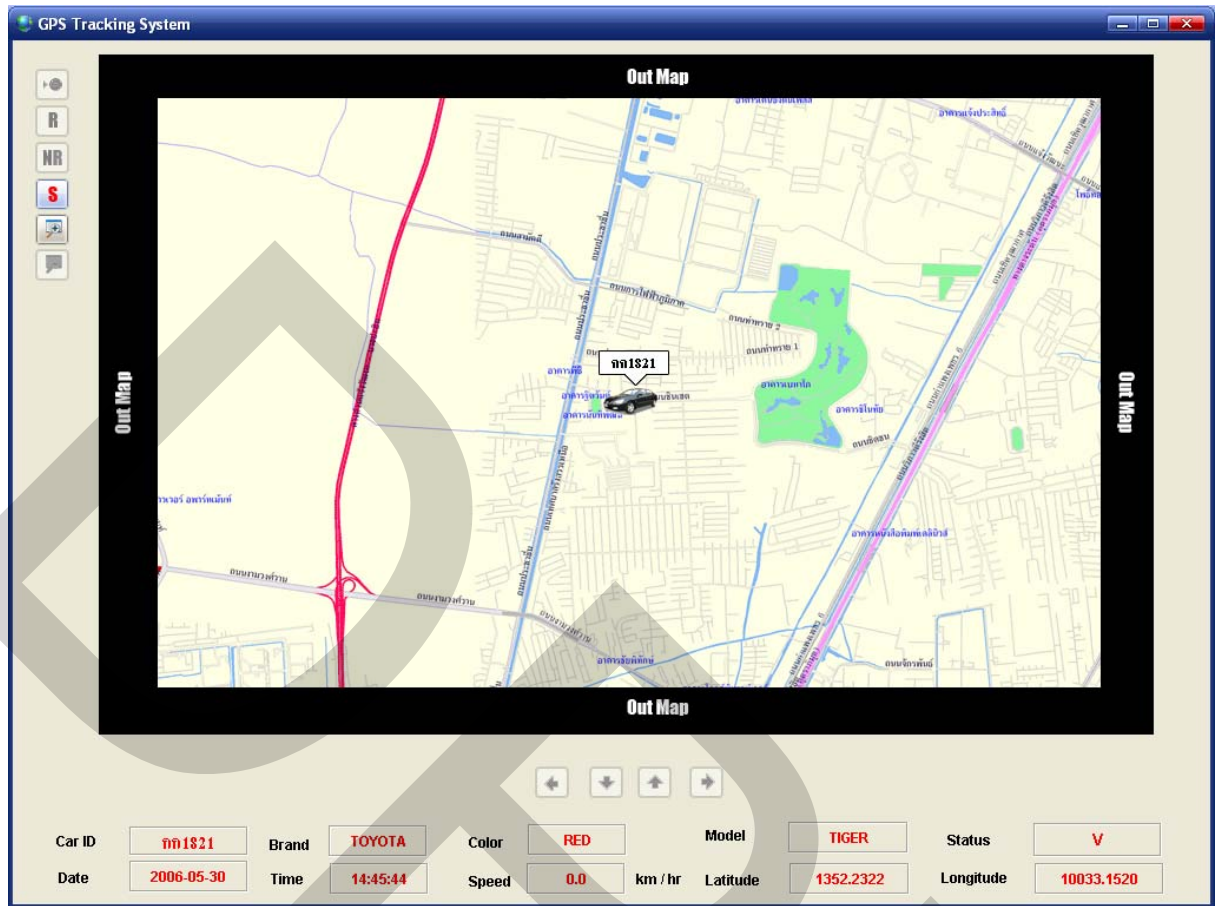


รูปที่ 5-5 การเลือกเข้าสู่โหมด Real Time Tracking System

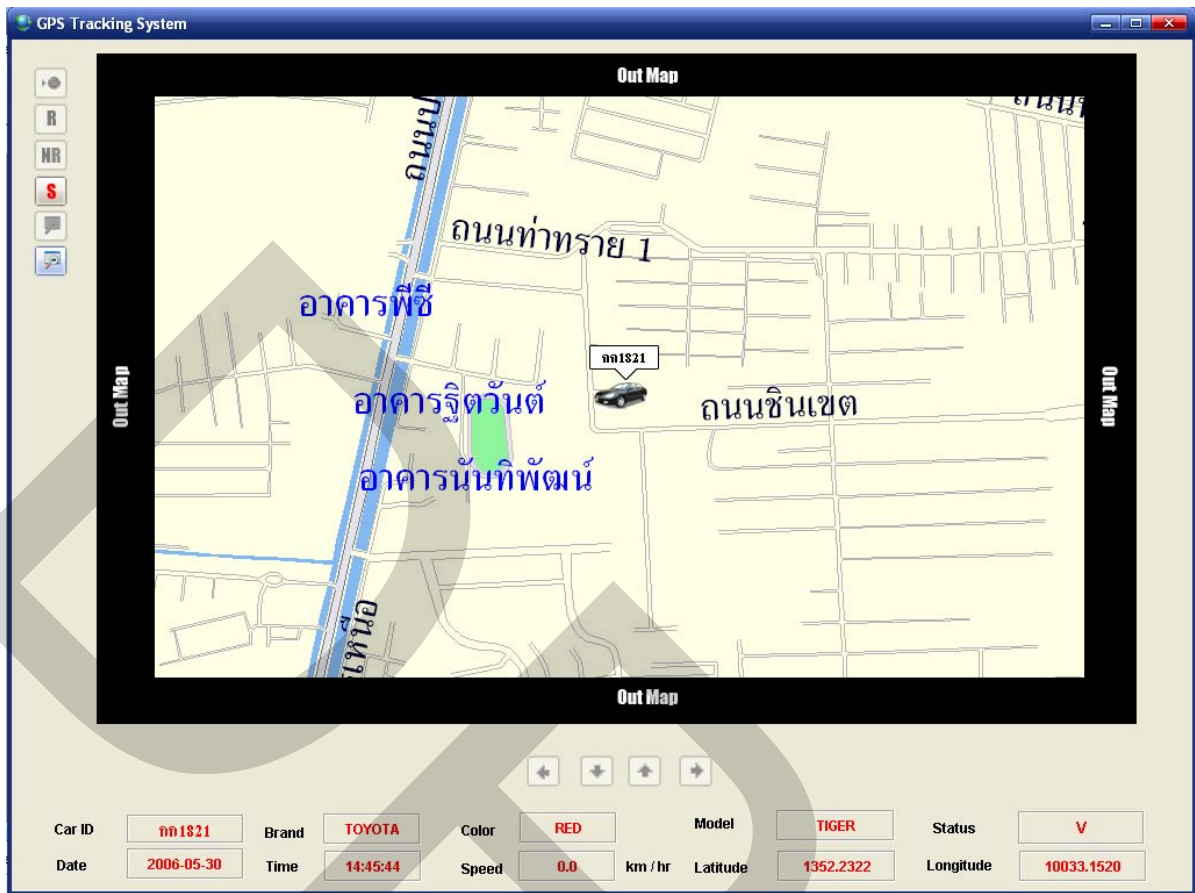
- ทำการเลือกทะเบียนรถที่ต้องการระบุตำแหน่งในแผนที่
เมื่อทำตามขั้นตอนทั้งหมดโปรแกรมจะทำการแสดงการระบุตำแหน่งในแผนที่และแสดง
ค่าต่างๆ ดังรูปที่ 5-6 ถึง 5-8 โดยโปรแกรมมีความสามารถในการเลือกขยายแผนที่แสดงผลได้ ซึ่ง
ทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการใช้งานได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 5-6 การเลือกเลขทะเบียนรถเพื่อทำการตรวจสอบตำแหน่ง ในโหมด Real Time



รูปที่ 5-7 การระบุตำแหน่งของรถในโหมด Real Time Tracking เมื่อมีการชุมระดับ 1

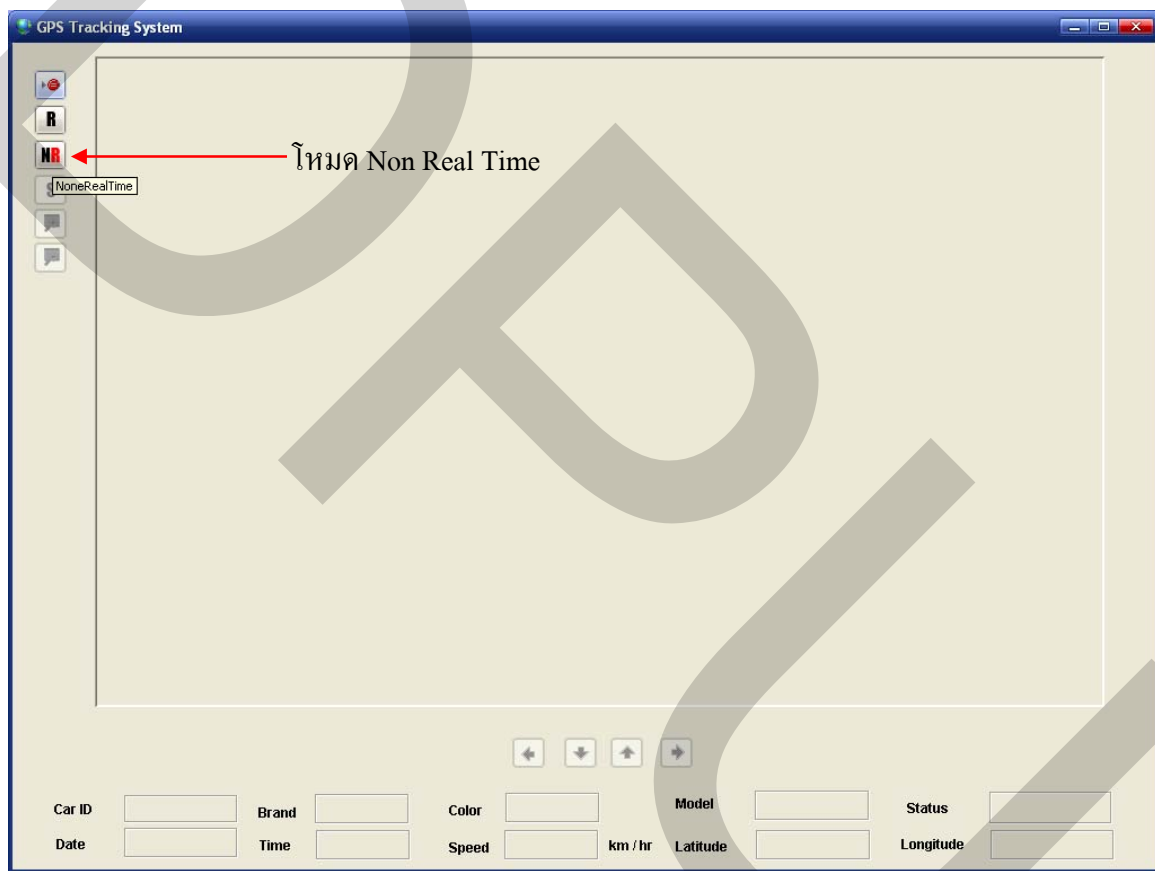


รูปที่ 5-8 การระบุตำแหน่งของรถในโหมด Real Time Tracking เมื่อมีการซูมระดับ 3

5.2.3 การใช้งานแบบย้อนเวลาดู

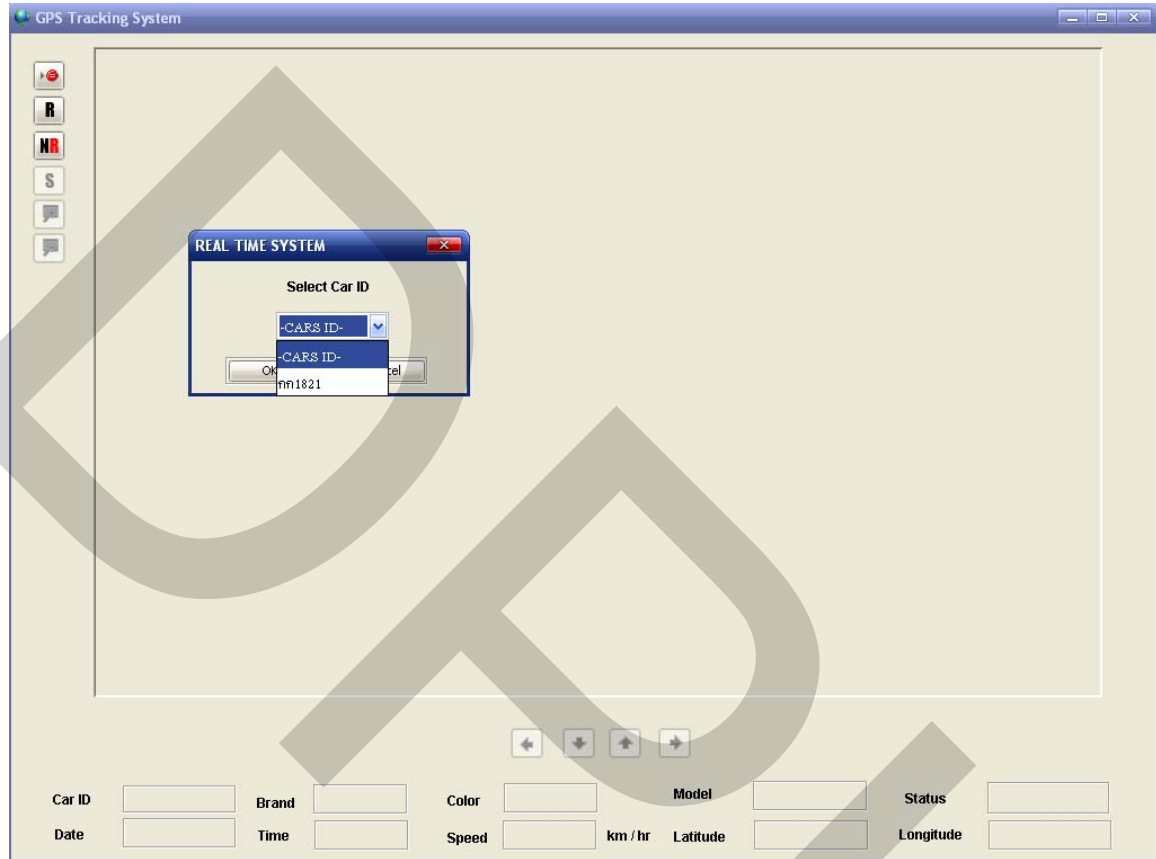
ในการทดสอบนี้เป็นการทดสอบระบบติดตามโดยสามารถดูข้อมูลการเดินทางของชุดระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของรถย้อนหลัง (Non Real Time Tracking) โดยผู้ใช้สามารถตรวจสอบตำแหน่งของชุดระบบได้โดยการนำเมาส์ไปคลิกที่ตำแหน่งจุดสีดำซึ่งเป็นตำแหน่งของชุดระบบการติดตามการเคลื่อนที่โดยเมื่อนำเมาส์คลิกที่จุดนั้นแล้วจุดนั้นจะมีการเปลี่ยนสีเพื่อแสดงว่ามีการเลือกดูข้อมูลในตำแหน่งนั้นโดยในการทดสอบมีขั้นตอนในการทดสอบมีดังนี้

- ทำการล็อกอินเข้าสู่ระบบ ดังรูปที่ 5-4
- เลือกในโหมด Non Real Time Tracking ดังรูปที่ 5-9



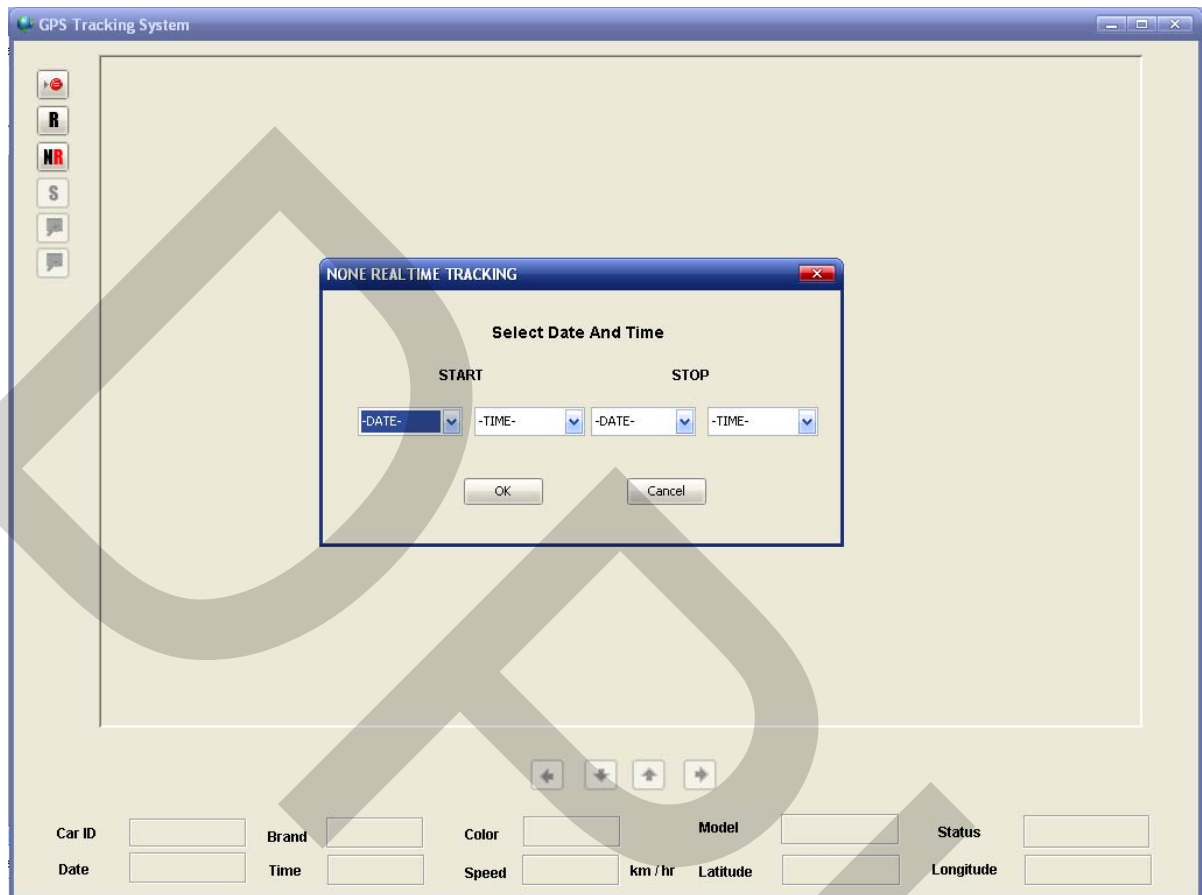
รูปที่ 5-9 การเลือกเข้าสู่โหมด Non Time Tracking System

- ทำการเลือกทะเบียนรถตามรูปที่ 5-10 ที่ต้องการระบุตำแหน่งในโหมด Non Real Time Tracking ซึ่งทะเบียนรถที่เลือกนี้จะถูกเชื่อมต่อไปยังข้อมูลที่เป็นหมายเลขของชุดติดตามรถยนต์ที่ติดตั้งกับรถยนต์ต่างๆ นั้นเอง



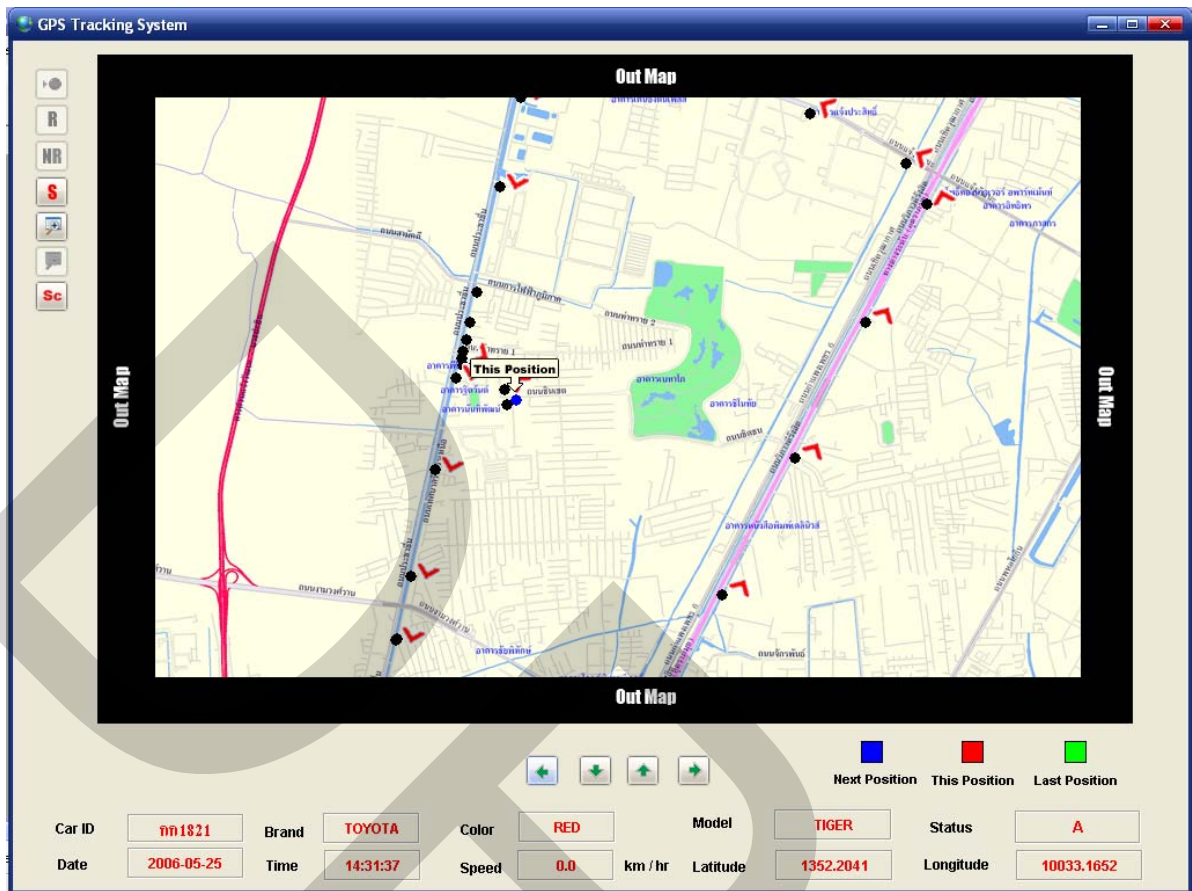
รูปที่ 5-10 การเลือกเลขทะเบียนรถเพื่อตรวจสอบตำแหน่ง ในโหมด Non Real Time Tracking

- ทำการเลือกช่วงวัน เวลา เริ่มต้นที่ต้องการตรวจสอบตำแหน่งและ วัน เวลา สิ้นสุดที่ต้องการตรวจสอบดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5-11

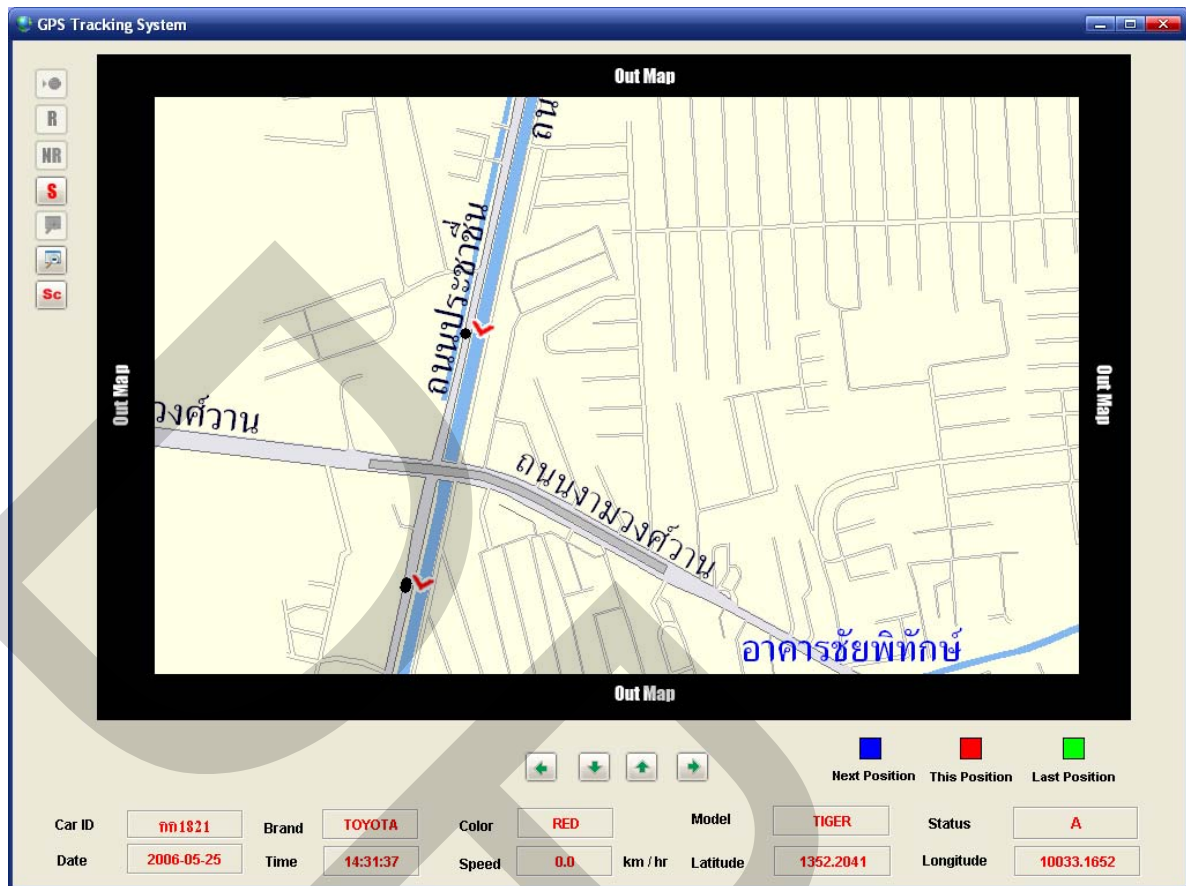


รูปที่ 5-11 การเลือกวันในการตรวจสอบย้อนหลังในโหมด Non Real Time Tracking

เมื่อทำการเลือกการแสดงผลแบบย้อนหลังเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงแผนที่ของเส้นทางการเดินทางของรถยนต์ (ที่เลือกจากเลขทะเบียน) แสดงดังรูปที่ 5-10 และ 5-11 ซึ่งมีการซูมแผนที่ได้



รูปที่ 5-12 การระบุตำแหน่งย้อนหลังในการเคลื่อนที่ในโหมด Non Real Time Tracking
เมื่อมีการชุมภาพระดับ 1



รูปที่ 5-13 การระบุตำแหน่งย้อนหลังในการเคลื่อนที่ในโหมด Non Real Time Tracking
เมื่อมีการชุมภาพระดับ 3

จากการนำชุดอุปกรณ์ติดตามการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้ GPS และ GPRS ไปใช้ในการเก็บ - ส่ง ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของการเดินทางจริงๆ พร้อมทั้งนำข้อมูลที่ได้ส่งไปเก็บในฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์ และนำข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลมาคำนวณและแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ปรากฏว่า สามารถจำลองการเดินทางออกมาอย่างถูกต้อง นับว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนี้จึงเหมาะที่จะมาใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการเดินทางสำหรับประชาชนทั่วไปหรือผู้ประกอบการต่างๆ ที่เกี่ยวกับการขนส่งได้ สำหรับรายละเอียดจะแยกอธิบายตามส่วนต่างๆ ดังนี้

ในส่วนการรับข้อมูลพิกัดจาก ชุดรับสัญญาณดาวเทียม GPS สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ถึงแม้จะมีความคลาดเคลื่อนบ้างเนื่องจากเป็นข้อจำกัดของการใช้งานระบบ GPS ที่เป็นแบบผู้ใช้งานทั่วไปที่มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ +/- 5 เมตร แต่อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้เนื่องจากการระบุเส้นทางบนถนน และในส่วนของความเร็ว เวลาและทิศทาง ก็มีความถูกต้องแม่นยำพอสมควร เป็นผลให้การวิเคราะห์การเดินทาง เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงผลการเก็บข้อมูล และการแสดงภาพตำแหน่งของรถยนต์บนแผนที่ดิจิทัลทางจอกอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องมีการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลนำมาทำการวิเคราะห์และประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์นี้แล้ว ปรากฏว่า ผลการจำลองการเดินทางบนแผนที่แสดงออกมาได้ค่อนข้างแม่นยำ และถูกต้องน่าพอใจ และมีการออกนอกเส้นทางเล็กน้อย อันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของ GPS ที่มีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการใช้งานโปรแกรมด้วย ดังนั้นระบบนี้ถ้านำไปใช้จริง คาดว่าจะสามารถทำงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 ต้นทุนราคาของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ

อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะที่พัฒนาสร้างขึ้นมานี้มีราคาชุดละประมาณ 3,300 บาท ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 5-1

รายการ	ราคา
อุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียม	2,200
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	500
จอแสดงผล LCD	200
หน่วยความจำ	100
อื่นๆ (เช่น แบตเตอรี่ กล้อง สายไฟ)	300
รวม	3,300

ตารางที่ 5-1 รายการอุปกรณ์และราคา

อย่างไรก็ตามงบประมาณที่ใช้สร้างอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะนี้อาจน้อยลงกว่านี้ เนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่รับสัญญาณดาวเทียมและบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จัดหานี้เป็นการจัดซื้ออย่างละ 1 ชิ้น ซึ่งถ้าจัดหาในปริมาณมากเช่น จัดซื้อทีละ 10 หรือ 100 ชิ้นย่อมทำให้ราคาต่อหน่วยลดลงไปอีก

บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล

ในงานวิจัยชิ้นนี้ ถือว่าได้รับผลลัพธ์ที่น่าพอใจ ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นทำให้เห็นว่า ระบบทั้งระบบสามารถที่จะนำไปใช้ได้จริง ทั้งในส่วนของ ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์ หากมีการพัฒนาต่อ จะสามารถนำไปใช้ในการขนส่งภายในประเทศ หรือ ทั่วโลกได้ และเนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้เป็นชุดสำเร็จรูป เช่น บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์, โมดูล GPS และ โมดูล GPRS จึงทำให้มีราคาที่ย่อมเยาถูกพอสมควร โดยพบว่าชุดต้นแบบนี้มีค่าใช้จ่ายรวมแล้วไม่เกิน 3,500 บาท ซึ่งสามารถลดราคาค่าใช้จ่ายนี้ลงได้อีกหากพัฒนาในเชิงปริมาณ โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูกกว่า หรืออาจสร้างวงจรขึ้นมาเฉพาะเอง

ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งของรถที่ทำการตรวจสอบประมาณ 5 เมตร ซึ่งมีสาเหตุมาจากค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ระบุจากสัญญาณ GPS เอง อย่างไรก็ตามระบบยังมีความคลาดเคลื่อนของการแสดงตำแหน่งของรถเนื่องจากความล่าช้าในการรับส่งข้อมูลผ่านระบบ GPRS โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่หนาแน่น ซึ่งจะทำให้ข้อมูลของตำแหน่งของรถที่รับได้ล่าช้าไปประมาณ 3 – 5 นาที นอกจากนี้มีบางช่วงที่ระบบไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากเกิดจุดอับสัญญาณ เช่น กรณีที่รถวิ่งลอดอุโมงค์ ทำให้ระบบไม่สามารถระบุตำแหน่งของรถได้ และระบบ GPRS ไม่สามารถส่งข้อมูลมายังคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ได้

6.2 ข้อเสนอแนะ

- แผนที่ดิจิทัลที่นำมาใช้มาจากภาพถ่ายทางอากาศ จึงอาจมีมุมที่บิดเบี้ยวไปบ้าง ดังนั้นค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนใน GPS module นี้ที่มีรัศมี 5 เมตร แต่เมื่อกำหนดถึงความคลาดเคลื่อนของตัวแผนที่จึงอาจทำให้บางครั้งมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 5 เมตรได้

- เนื่องจาก GPS ใช้สื่อกลางคืออากาศ ดังนั้นสภาพภูมิอากาศ และจุดอับสัญญาณ เป็นข้อจำกัดของการใช้งานระบบนี้ กล่าวคือ เมื่อรถยนต์วิ่งเข้าไปในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS ได้ จะทำให้การระบุตำแหน่งบนพื้นโลกไม่สามารถทำได้นั่นเอง

บรรณานุกรม

1. James R Stock and Douglas Lambert, "Strategic Logistics Management," McGraw-Hill/Irwin; 4th edition, 2000.
2. [Online].Available URL: <http://www.gpsworld.com/>
3. Robert I. Egbert, "The GPS Handbook," Burford Books; 2003.
4. [Online].Available URL: <http://www.dtkcn.com/Product-GPS1.asp>
5. [Online].Available URL: <http://www.kh-gps.de/nmea-faq.htm>
6. ชีรวัดน์ ประกอบผล, การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545