สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แพ็กเก็ตเรดิโอเน็ตเวิร์คกับการประยุกต์ใช้งานจีพีเอส



นาย วีรภัทร จันทร์แก้ว

นาย วราพงศ์ เรืองสงคราม

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

คณะ วิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

ปก.
จ43ท
2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....40215
วัน, เดือน, ปี.....20 ส.ค. 2544

b.....1109199X
i.....

เอกสารนี้จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packet Radio Network with GPS Application

Mr. Veerapat Chankaew

Mr. Warapong Ruangsongkram

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Reguirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	แพ็กเก็ตเรดิโอเน็ตเวิร์คกับการประยุกต์ใช้งานจีพีเอส	
โดย	นาย วีรภัทร	จันทร์แก้ว
	นาย วราพงศ์	เรืองสงคราม
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.จิติ	หนูแก้ว
	ผศ.ดร.เสน่ห์	เอกะวิภาค
	อ.อนุชิต	จารุวนาวัฒน์

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

..... หัวหน้าภาควิชา
(ผศ.วิชาญ เตชิตธีระ)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

..... ประธานกรรมการ
(ผศ.วิชาญ เตชิตธีระ)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร.จิติ หนูแก้ว)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร.เสน่ห์ เอกะวิภาค)

..... กรรมการ
(รศ.สุวรรณ คูสำราญ)

..... กรรมการ
(อ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	แพ็กเก็ตเรดิโอเน็ตเวิร์คกับการประยุกต์ใช้งานจีพีเอส
โดย	นาย วีรภัทร จันทร์แก้ว
	นาย วราพงศ์ เรืองสงคราม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.จิติ หนูแก้ว
	ผศ.ดร.เสน่ห์ เอกะวิภาค
	อ.อนุชิต จารุวนาวัฒน์
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการขนส่งเป็นขบวนการที่สำคัญในชีวิตประจำวัน เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ถึงคุณภาพการขนส่ง จึงมีการพัฒนาอุปกรณ์ เพื่อตอบสนองในงานด้านนี้ โดยใช้สัญญาณ GPS (Global Positioning System) เป็นสัญญาณที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง และทำการรับ – ส่งสัญญาณด้วยแพ็กเก็ตเรดิโอ โดยส่งผ่านคลื่นวิทยุ ความถี่ 145.825 MHz

เมื่อชุดอุปกรณ์ ส่งสัญญาณซึ่งประกอบด้วย TNC , GPS , Mobile และ เสาวิทยุ มีการเคลื่อนที่จะส่งสัญญาณ GPS ไปยัง TNC Server ที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ และส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม (RS-232) โปรแกรมก็จะทำการคำนวณและวิเคราะห์สัญญาณ GPS กับแผนที่ ทำการกำหนดตำแหน่ง ลงบนแผนที่ทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่า ณ.จุดนั้น เวลานั้นอุปกรณ์ชุดส่งสัญญาณมีการเคลื่อนที่ไป ณ.ที่ใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Packet Radio with GPS Applications	
Name	Mr. Veerapat	Chankaew
	Mr. Warapong	Ruangsongkram
Special Project Advisor	Asst.Prof.Dr. Jiti	Nukaew
	Asst.Prof.Dr. Sanay	Akavipat
	Mr. Anuchit	Jaruwanawat
Department	Applied Physics	
Academic Year	2000	

Abstract

Nowadays Transportation is considerably important process is our daily lift. In order to analyse .The transportation quality ,we have developed supporting equipment .GPS signal can locate the position which is then and transmitted by packet radio with frequency 145.825 MHz

When transmitter that consists of TNC,GPS ,Mobile and Antenna is moving ,it will transmit GPS signal to the TNC server connected to the computer and send data to RS-232 port .The related software will calculate and analyse GPS signal comparing with map. It will then plot position on map and enable us to inspect the movement ,exact position at the same time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลท่านต่าง ๆดังต่อไปนี้

ผศ.ดร.จิติ หนูแก้ว	ขอขอบพระคุณสำหรับคำแนะนำ ,ความคิดริเริ่มและให้การสนับสนุนทางด้านเงินทุนและอุปกรณ์
บิดา ,มารดา	ผู้ให้กำลังใจ และอุปการะในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา
คุณเบญจพล ตันสู้ และ คุณวรพล ตันติพัฒนเสรี	ขอบคุณสำหรับอุปกรณ์สื่อสาร
คุณไพฑูรย์ อาภาไพโรจน์	ขอบคุณสำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับ VB
คุณ ธนิต วุฒิศรุต	ขอบคุณสำหรับรถยนต์ในการติดตั้งอุปกรณ์ Cient
คุณเนติ สืบวิเศษ	ขอบคุณสำหรับคอมพิวเตอร์ Note Book
เพื่อน ๆ Solidy 16	ขอบคุณสำหรับ คำแนะนำและกำลังใจตลอด 4 ปีที่ผ่านมา

ขอขอบคุณท่านเหล่านี้มา ณ ที่นี้

นายวีรภัทร จันทร์แก้ว

นายวราพงศ์ เรืองสงคราม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก.
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข.
กิตติกรรมประกาศ	ค.
สารบัญรูปภาพ	ง.
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของโครงงาน	1
1.2 จุดประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 วิธีดำเนินงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณดิจิตอล	
2.1.1 เทคนิคการมอดูเลทแบบ ASK	3
2.1.2 เทคนิคการมอดูเลทแบบ FSK	4
2.1.3 เทคนิคการมอดูเลทแบบ PSK	4
2.1.4 เทคนิคการมอดูเลทแบบ QAM	5
2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสาร	
2.2.1 อุปกรณ์ TNC (Terminal Node Controller)	5
2.2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์	5
2.2.3 อุปกรณ์วิทยุสื่อสาร	6
2.2.4 อุปกรณ์การระบุพิกัด GPS (Global Positioning System)	6
2.3 ประวัติความเป็นมาของการสื่อสารแพ็กเก็ตเรดิโอ	6
2.4 การส่งข้อมูลเป็นแพ็กเก็ต	7
2.5 ข้อจำกัดด้านระยะทางในการส่ง	8
2.6 โปรโตคอล AX.25	8
2.7 โหมดการทำงานของอุปกรณ์ TNC	
2.7.1 Packet Radio	9
2.7.2 TCP/IP mode	9
2.8 การทำงานในโหมด GPS	9
2.9 การกำหนด Parameters ในอุปกรณ์ TNC	10
2.10 การเริ่มใช้งาน GPS จากอุปกรณ์ TNC	10
2.11 การออกจากโหมด GPS	11
2.12 คำสั่งการทำงานในโหมดของ GPS	12
2.13 ระบบการสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.1 ระบบการส่งข้อมูลแบบดิจิตอล 12
2.13.2 ลักษณะของการรับส่งข้อมูลแบบดิจิตอล 14
2.13.3 สายเคเบิลของ RS-232 C 15
2.14 การใช้งาน GPS (Global Positioning System) 16
2.15 องค์ประกอบของระบบ GPS 17
2.16 หลักการทำงานของ GPS และNMEA 0183 20
2.17 โปรแกรมภาษา Visual Basic
2.17.1 สาเหตุที่เลือกใช้โปรแกรม Visual Basic 34
2.18 สายอากาศของระบบวิทยุ 36
2.18.1 ระบบสายส่ง 36
2.18.2 คุณลักษณะของคลื่นนิ่งในระบบสายส่ง 37
2.18.3 สายอากาศแบบ ไดโพล(Dipole) 39
2.18.4 สายอากาศแบบโพลไดโพล(Folded dipole) 41
2.18.5 สายอากาศแบบยากิ 42
2.18.6 สายอากาศของเครื่องลูกข่าย 43
2.18.7 สายอากาศชนิดติดตั้งบนกระจก 47
2.18.8 สายอากาศสำหรับสถานีฐานและเครื่องลูกข่ายในลักษณะอื่น ๆ 47
2.19 แผนที่
2.19.1 รูปทรงสัณฐานของโลก 49
2.19.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภูมิศาสตร์โลก 51
แผนที่และองค์ประกอบแผนที่ 55
2.19.3 เครื่องหมายแผนที่ 63
2.19.4 ระบบพิกัดใช้บนแผนที่ 63
2.19.5 การหาตำแหน่งของสถานีบนพื้นโลก 67

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
3.1 เตรียมอุปกรณ์ต่างๆ 69
3.1.1 คอมพิวเตอร์ 69
3.1.2 TNC 69
3.1.3 GPS (Global Positioning System) 69
3.1.4 วิทยุสื่อสาร 70
3.2 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องรับ เครื่องแม่ (Server) 70
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียม และอุปกรณ์ในการส่งสัญญาณวิทยุ 73
3.4 ทดสอบสัญญาณ GPS ภาคสนาม 74
3.5 ทดสอบสัญญาณวิทยุไปยังเครือข่ายต่าง ๆ 75
3.6 ทดสอบการรับส่งสัญญาณ GPS จากเครื่องลูกข่ายไปยังสถานีฐาน 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การสำรวจภาคสนามเพื่อจำลองแผนที่ 76
3.8 การเขียนโปรแกรมติดต่อ TNC 78
3.9 การเขียนโปรแกรมในการแสดงผลบนแผนที่ 79

บทที่ 4 ผลการทดลอง
4.1 การทดสอบสัญญาณ GPS เพื่อนำมาวิเคราะห์แผนที่ 80
4.2 การติดตั้ง,สร้างเครือข่าย และทดสอบในภาคสนาม 82
4.3 ผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรม Moving Map ในภาคสนาม 84

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง
5.1 สรุปผลการทดลอง 86
5.2 แนวทางการพัฒนา 87

ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. Source Code Visual Basic
ภาคผนวก ข.การใช้งาน Program Moving Map

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Amplitude Shift Keying (ASK) 3

รูปที่ 2.2 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Frequency Shift Keying (FSK) 4

รูปที่ 2.3 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Phase Shift Keying (PSK) 4

รูปที่ 2.4 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Quadrature Amplitude Modulation (QAM) 5

รูปที่ 2.5แสดงการส่งสัญญาณแบบทิศทางเดียว (Simplex) 13

รูปที่ 2.6 แสดงการส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน (Half-Duplex) 13

รูปที่ 2.7 แสดงการส่งผ่านแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน (Full-Duplex) 13

รูปที่ 2.8 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม 14

รูปที่ 2.9 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน 14

รูปที่ 2.10 แสดงข้อต่อแบบ DB-25 15

รูปที่ 2.11 แสดงองค์ประกอบของ GPS 17

รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะดาวเทียม SV-3 18

รูปที่ 2.13 แสดงสถานีควบคุมดาวเทียม GPS 18

รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการใช้งานของผู้ใช้งาน 19

รูปที่ 2.15 แสดงส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม 19

รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะโครงข่ายสามเหลี่ยม 20

รูปที่ 2.17 แสดงการคำนวณพิกัดดาวเทียม 22

รูปที่ 2.18 แสดงหลักการของ DGPS 30

รูปที่ 2.19 แสดงคุณสมบัติของสายส่งที่เหมือนกับวงจรกรองความถี่สูง 36

รูปที่ 2.20 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของสายส่งแบบสมดุลและสายโคแอกเชียล 37

รูปที่ 2.21 แสดงคลื่นนิ่งที่เกิดจากการเปิดวงจรที่ปลายด้านหนึ่งของสายส่งถ้าแบบลัดวงจร
จะเกิดตรงกันข้ามกันดังรูป 38

รูปที่ 2.22แสดงคลื่นนิ่งที่เกิดจากการแมตชิอิมพีแดนซ์ระหว่างสายอากาศ และสายส่งไม่เหมาะสม 39

รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะการป้อนสัญญาณสำหรับสายอากาศที่ใช้งานย่านความถี่ต่ำและความถี่ปานกลาง 39

รูปที่ 2.24 แสดงการกระจายสัญญาณค่าแรงดันและกระแสบนสายอากาศไดโพล 40

รูปที่ 2.25 สายอากาศแบบไดโพล 41

รูปที่ 2.26 แสดงลักษณะการต่อบาลันเพื่อแมตซ์สายส่งแบบไม่สมดุลกับแบบสมดุล 42

รูปที่ 2.27 สายอากาศแบบยากิ 42

รูปที่ 2.28 แสดงอัตราส่วน front-to-back ratio ของสายอากาศ 43

รูปที่ 2.29 แสดงสายอากาศแบบติดตั้งบนยานพาหนะของเครื่องลูกข่าย 44

รูปที่ 2.30 แสดงสายอากาศแบบติดตั้งบนกระจกรถยนต์ 47

รูปที่ 2.31 แสดงสายอากาศแบบสล็อต 48

รูปที่ 2.32 ภาพถ่ายรูปโลกจากดาวเทียม 50

รูปที่ 2.33 แสดงภาพตัดขวางแสดงพื้นผิวภูมิประเทศ เอลลิปซอยด์ และยีออด์ของรูปโลก 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.34 แสดงลักษณะการเอียงของแกนโลก 53
รูปที่ 2.35 แสดงเส้นศูนย์สูตร เส้นขนาน เส้นเมริเดียน และเส้นเมริเดียนเริ่มแรก 53
รูปที่ 2.36 แสดงลักษณะพื้นผิวที่ใช้แสดงเส้นโครงแผนที่รูปทรงกระบอก รูปทรงกรวยกลม และรูป ระนาบ 54
รูปที่ 2.37 แสดงเส้นโครงแผนที่โฮโมไลไซน์ (Goode's Homolosine Projection) 55
รูปที่ 2.38 แสดงชื่อชุดแผนที่และมาตราส่วน 55
รูปที่ 2.39 แสดงหมายเลขประจำชุด 55
รูปที่ 2.40 แสดงชื่อแผ่นระวาง 56
รูปที่ 2.42 แสดงมาตราส่วนแผนที่ 57
รูปที่ 2.43 แสดงคำอธิบายสัญลักษณ์ (Legend) 58
รูปที่ 2.44 แสดงช่วงต่างเส้นชั้นความสูง 20 เมตร 58
รูปที่ 2.45 แสดงหลักฐานข้อมูลที่ใช้ทำแผนที่ 59
รูปที่ 2.46 แสดงบันทึกเกี่ยวกับเส้นแบ่งอาณาเขต 60
รูปที่ 2.47 แสดงทิศทาง 60
รูปที่ 2.48 แสดงคำแนะนำเกี่ยวกับระดับความสูง สารบาญระวางติดต่อ
สารบัญแสดงแนวแบ่งเขตการปกครอง 61
รูปที่ 2.49 แสดงศัพทานุกรม 62
รูปที่ 2.50 แสดงคำแนะนำในการใช้ค่ากริด 62
รูปที่ 2.51 แสดงหมายเลขสิ่งอุปกรณ์ 62
รูปที่ 2.52 แสดงระบบพิกัดภูมิศาสตร์ 65
รูปที่ 2.53 แสดงการแบ่งกริดโซนระบบพิกัดกริด UTM 66
รูปที่ 2.54 แสดงการหาตำแหน่งของสถานที่บนพื้นโลก 67
รูปที่ 3.1 แสดงรูปภาพอุปกรณ์ TNC 69
รูปที่ 3.2 แสดงรูปภาพของ GPS Receiver 70
รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องรับ-ส่งสัญญาณวิทยุ 71
รูปที่ 3.4 แสดงรูปภาพเครื่องแม่ข่าย (Server)ณ.ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ 71
รูปที่ 3.5 แสดงการติดตั้งสายอากาศบริเวณตึกเก่า 72
รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบต้นแบบของเครื่องลูกข่าย (Client) 73
รูปที่ 3.7 แสดงการออกภาคสนามเพื่อทดสอบและเก็บข้อมูล 74
รูปที่ 3.8 การใช้ Softwareในการทดสอบสัญญาณโดยทดสอบจาองค์ประกอบต่างๆที่มีผลต่อสัญญาณ 74
รูปที่ 3.9 แสดงการติดต่อกับ Node ต่างๆ 75
รูปที่ 3.10 แสดงการทดสอบการติดต่อจากเครื่องลูกไปยังสถานีฐาน 75
รูปที่ 3.11แสดงการติดตั้งชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่ 76
รูปที่ 3.12 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการสร้าง ServeyMap เปรียบเทียบกับแผนที่ของ JICA 77
รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์การสำรวจเพื่อสร้าง Servey Map 80
รูปที่ 4.2 แสดงแผนที่ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจ 81
รูปที่ 4.3 แสดงการติดตั้งสถานีฐาน และสายอากาศ 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง ลูกข่าย (Client) 83
รูปที่ 4.5 แสดงการติดต่อกับ สถานีฐาน 83
รูปที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรม Moving Map 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบันการตรวจสอบคุณภาพการขนส่งเป็นสิ่งจำเป็นในงานอุตสาหกรรมการขนส่ง เป็นอย่างมาก ทั้งในเรื่องระยะเวลา และเส้นทางในการขนส่งสินค้า ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของสินค้า จึงเป็นจุดเริ่มต้น ในการพัฒนา ระบบตรวจสอบการขนส่ง โดยใช้ GPS (Global Positioning System) ซึ่งเป็นอุปกรณ์รับสัญญาณพิกัดโลกจากดาวเทียม แต่เนื่องจากในการรับ – ส่ง พิกัดจากดาวเทียม จะต้องรับ-ส่งสัญญาณในระยะไกลจึง ได้มีการพัฒนามาใช้เป็นคลื่นวิทยุ (ความถี่ 145.825 MHz) โดยอุปกรณ์ที่ทำการรับ – ส่ง สัญญาณ ทำหน้าที่คล้าย Modem เรียกว่า Packet Radio ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในงานด้าน วิทยุสมัครเล่น ที่เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลแบบดิจิตอล โดยอาศัยการสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐาน ซึ่งเปรียบได้กับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ กับโมเด็ม โดยแปลงสัญญาณดิจิตอลจากคอมพิวเตอร์ ไปเป็นสัญญาณอนาลอก โดยแพ็กเก็ตเรดิโอจะใช้ การติดต่อกันใช้เครื่องวิทยุสื่อสารรับ-ส่งข้อมูลระหว่างกัน แทนที่จะใช้สายโทรศัพท์ ซึ่งจะรับส่งข้อมูลผ่านสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ โดยอุปกรณ์โมเด็มก็จะถูกแทนที่ด้วยอุปกรณ์เชื่อมต่อชนิดหนึ่งเรียกว่า Terminal Node Controller (TNC) หรือ อาจจะเรียกว่า เรดิโอโมเด็ม ทำให้สามารถตรวจสอบ คุณภาพการขนส่ง ได้ในระยะไกล จากข้อมูลที่ถูกส่งผ่านมายัง Server ได้ทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่า การขนส่งในระยะเวลานั้นเป็นอย่างไรทำให้สามารถวิเคราะห์คุณภาพการขนส่งได้

1.2 จุดประสงค์ของโครงงาน

- เพื่อศึกษาพื้นฐาน และลักษณะทั่วไปของการทำงานในระบบ Packet Radio
- เพื่อศึกษาการส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันของอุปกรณ์ TNC
- เพื่อศึกษาระบบและการทำงานของ GPS (Global Positioning System)
- เพื่อศึกษา และทดลองการประยุกต์ใช้ Packet radio ใน Mode GPS
- เพื่อศึกษาระบบแผนที่ และสร้างแผนที่เพื่อรองรับ GPS
- เพื่อศึกษาและ เขียนโปรแกรม Moving Map
- นำไปประยุกต์ใช้ในการใช้งานด้านต่าง ๆอาทิเช่น การรักษาความปลอดภัยการขนส่ง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 วิธีการดำเนินงาน

- ศึกษา การใช้งานอุปกรณ์สื่อสาร TNC
- ติดตั้งชุดทดลองใช้งานระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง โดยผ่านอุปกรณ์ TNC ผ่านคลื่นวิทยุ
- ทดลองสัญญาณ GPS ณ.จุดต่าง ๆ
- ศึกษาแผนที่ และ การเลือกแผนที่ให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- ศึกษารูปแบบเสาชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- ติดตั้ง เสาวิทยุแบบ Dipole บริเวณชั้นดาดฟ้าตึกคณะวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ครอบคลุมระยะการรับ-ส่ง สัญญาณ ในเขตลาดกระบัง
- ทำการสำรวจพิกัด เพื่อนำมาวิเคราะห์และคำนวณ การสร้างแผนที่จากการสำรวจ (Servey Map)
- ศึกษาภาษาโปรแกรมที่จะนำมาใช้ คือ Visual Basic
- เขียนโปรแกรมติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ TNC บนระบบปฏิบัติการ WINDOWS 9X
- ทดสอบการรับ – ส่ง สัญญาณ GPS ด้วยอุปกรณ์ TNC
- ทดลองใช้งานที่เขียนการติดต่อสื่อสารผ่าน อุปกรณ์ TNC และการพัฒนาโปรแกรมพร้อมกับแก้ไขข้อบกพร่อง ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
- ทดสอบภาคสนาม กับโปรแกรม Moving Map และทำการประมวลค่าเพื่อให้มีความผิดพลาดน้อยที่สุด

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- สามารถรับ – ส่งสัญญาณ GPS ระหว่างอุปกรณ์ TNC เครื่อง Server และ Client โดยใช้คลื่นวิทยุ โดยครอบคลุมพื้นที่เขตลาดกระบัง
- สามารถนำสัญญาณ GPS ที่ได้มาวิเคราะห์ และจำลองลงบนแผนที่
- สามารถสร้างแผนที่จากการสำรวจครอบคลุม พื้นที่เขต ลาดกระบัง โดยอ้างอิงจากแผนที่ของ JICA
- นำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการขนส่ง เพื่อคุณภาพการขนส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

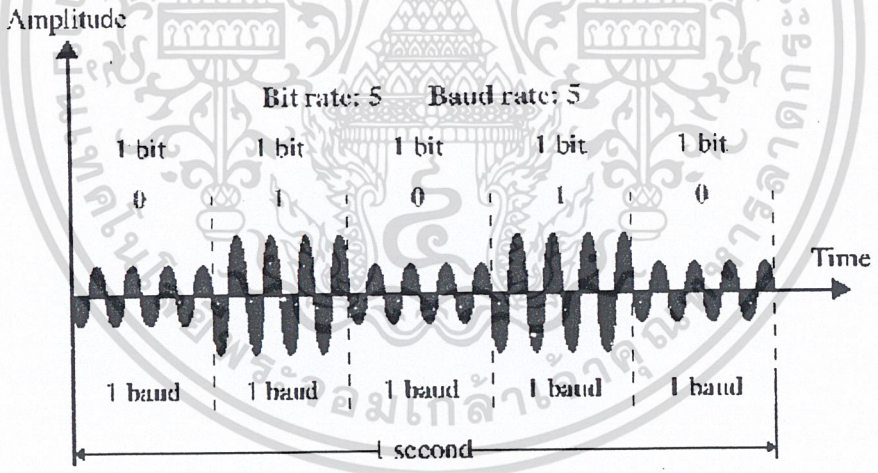
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ ดิจิตอล

เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณที่ใช้กันมากในปัจจุบัน คือ Amplitude Shift Keying (ASK), Frequency Shift Keying (FSK) , Phase Shift Keying (PSK) และ Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

2.1.1 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Amplitude Shift Keying (ASK)

ค่าไบนารี่ 2 ค่า จะถูกแทนด้วยขนาดของแอมปลิจูด ที่แตกต่างกัน 2 ค่าความถี่ เช่น ไบนารี่ 1 แทนด้วย แอมปลิจูดคงที่ ส่วน ไบนารี่ 0 แทนด้วยแอมปลิจูดที่ขาดหาย

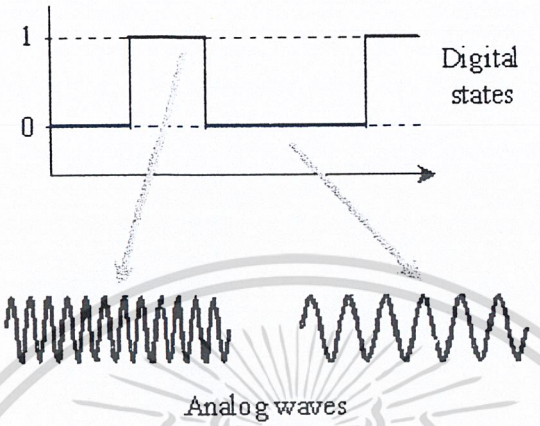


รูปที่ 2.1 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Amplitude Shift Keying (ASK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Frequency Shift Keying (FSK)

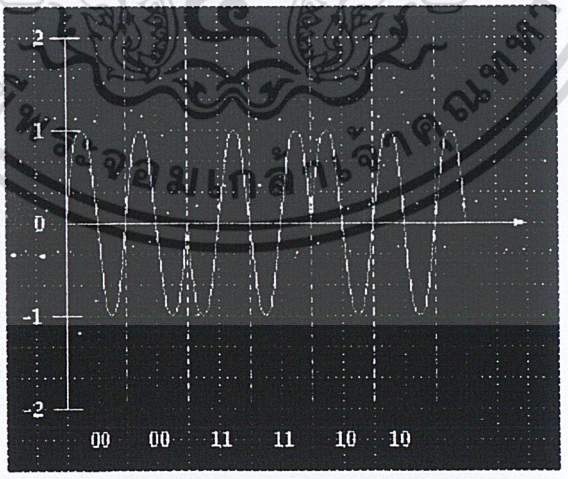
ใช้ในโมเด็มความเร็วต่ำ โดยแทน 0 และ 1 ด้วยความถี่ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.2 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Frequency Shift Keying (FSK)

2.1.3 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Phase Shift Keying (PSK)

โดยใช้หลักการแทน 0 และ 1 ด้วยการเปลี่ยนแปลงมุมของช่วงการส่ง ในสายส่ง (Phase) เช่นเรากำหนดว่า 0 แทนด้วยมุมที่ต่อเนื่องกัน และ 1 แทนด้วยมุมที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม 180 องศา

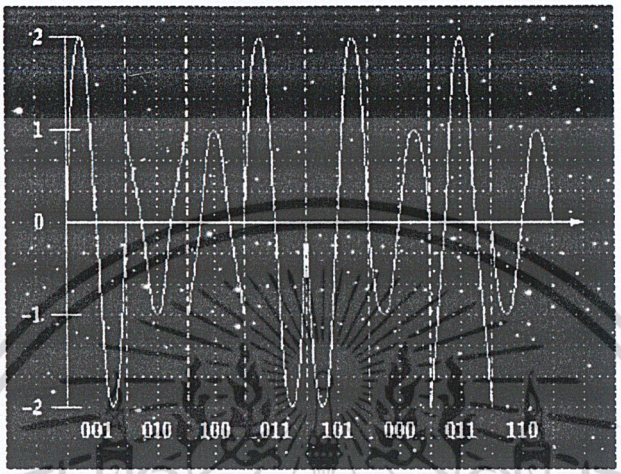


รูปที่ 2.3 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Phase Shift Keying (PSK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

เป็นการผสมสัญญาณที่ใช้ทั้งการเปลี่ยนเฟส และขนาดสัญญาณ ควบคู่กันไป



รูปที่ 2.4 เทคนิคการมอดูเลทสัญญาณ Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสาร

2.2.1 อุปกรณ์ TNC (Terminal Node Controller)

เป็นอุปกรณ์ เชื่อมต่อระหว่างเครื่อง Terminal และวิทยุสื่อสาร ภายในอุปกรณ์ชนิดนี้จะประกอบไปด้วย โมเด็ม ,ไมโครโปรเซสเซอร์ และวงจรไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณและรูปแบบของข้อมูล ที่ส่งมายังพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ ไปเป็นข้อมูลที่ถูกป้อนเข้าสู่เครื่องรับส่งวิทยุ ในช่วงที่ทำหน้าที่ ส่งข้อมูล และในกรณีกลับกัน สำหรับกรณี รับข้อมูล โดย TNC จะนำข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ มาจัดแบ่งเป็น กลุ่มย่อยของข้อมูล (Packet) แล้วนำข้อมูลไปผ่านการมอดูเลท แพ็คเก็ตนั้น ๆในรูปแบบเสียง จากนั้นทำการส่งสัญญาณแจ้งไปยังปลายทางเพื่อให้เครื่องรับส่ง กลุ่มข้อมูล (Packet) ไปยังเครื่องเชื่อมต่อวิทยุ ในทางกลับกันกรณีที่เป็นการรับข้อมูล TNC ทำการแปลงสัญญาณเสียงซึ่งได้รับจากสถานีอื่นมาเป็นกลุ่มข้อมูล ไบนารีก่อนที่จะส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์

2.2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์

ทำหน้าที่เป็นเทอร์มินอลสำหรับผู้ใช้งาน โดยจะมีโปรแกรม Terminal emulator ซึ่งใช้ติดต่อกับเครื่อง แพ็กเก็ตเรดิโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 อุปกรณ์วิทยุสื่อสาร

ซึ่งใช้เทคนิค การมอดูเลทแบบ AFSK (Amplitude – Frequency Shift Keying) รับส่งและใช้วิทยุสื่อสารในย่านความถี่ 144-148 MHz

2.2.4 อุปกรณ์การระบุพิกัด GPS (Global Positioning System)

ทำหน้าที่ในการระบุพิกัด แล้วส่งมายังเครื่อง TNC เพื่อแปลงสัญญาณมายังเครื่องคอมพิวเตอร์โดยการกำหนด โหมด GPS ด้วยอัตราความเร็ว 4800 รูปแบบการสื่อสารของแพ็กเก็ตเรดิโอ สามารถสื่อสารได้หลายการเชื่อมต่อบนช่องสื่อสารวิทยุช่องเดียวกัน ซึ่งแตกต่างกับการสื่อสารเสียงสนทาทั่วไป เช่นในเครือข่ายโทรศัพท์วิทยุทั่วไป

2.3 ประวัติความเป็นมาของการสื่อสารแพ็กเก็ตเรดิโอ

เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็กเก็ตได้ถูกพัฒนาขึ้นใช้งานในช่วงกลางปีพ.ศ. 2503 และถูกกำหนดให้ใช้งานในเครือข่าย ARPANET (เครือข่าย internet ในปัจจุบัน) ในปี พ.ศ.2512 ต่อมาในปี พ.ศ. 2513 ที่มหาวิทยาลัยฮาวาย ได้มีการพัฒนาเครือข่าย ALOHANET ซึ่งนับว่าเป็นโครงการแรก ที่ได้สร้างแพ็กเก็ตเรดิโอขนาดใหญ่ขึ้นมา การนำ แพ็กเก็ตเรดิโอ ไปใช้งานในวงการวิทยุสมัครเล่น เริ่มที่นคร มอนทรีออล ประเทศแคนาดา ในวันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2521 หลังจากนั้นไม่นานก็ได้มีการดำเนินงานการสร้างเครื่อง TNC ซึ่งเป็นอุปกรณ์ ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องเทอร์มินอล และวิทยุสื่อสาร ตามเข้ามา โดยกลุ่มสื่อสารดิจิตอลสมัครเล่นแห่งนครแวนคูเวอร์ ในปี พ.ศ. 2523

มาตรฐาน TNC ได้รับการพัฒนาขึ้นมานับตั้งแต่ได้มีการจัดสัมมนา โดยสมาคมคอมพิวเตอร์ ของ IEEE ในปี พ.ศ. 2524 ในวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2525 ไลน์ จอห์น และ เคน คอนเนอร์ส ก็สามารถดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบได้พัฒนามาเป็น TNC-1 และเป็น TNC-2 ซึ่งเป็นพื้นฐานของอุปกรณ์ TNC ที่ใช้กันทั่วโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การส่งข้อมูลเป็นแพ็กเก็ต

การรับส่งข้อมูลเป็นแพ็กเก็ต มีข้อดีเหนือการรับส่งข้อมูล ดิจิตอล แบบอื่น ๆ อยู่ 3 ประการคือ

1.ความโปร่งใส (Transparency) ของข้อมูลที่ส่งผ่านระหว่างอุปกรณ์ต้นทาง และปลายทาง

2.การควบคุมความผิดพลาดของข้อมูล (Error correction)

3.การควบคุมการรับส่งแบบอัตโนมัติ(Automatic control)

การทำงานของสถานีรับส่งแพ็กเก็ตเรดิโอจะเป็นลักษณะที่โปร่งใสต่อผู้ใช้งาน กล่าวคือผู้ใช้งานเพียงแต่เชื่อมโยงส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน พิมพ์หรือเตรียมข้อความที่ต้องการส่ง ข้อความนั้นจะถูกส่งไปโดยอัตโนมัติไม่จำเป็นที่ผู้ใช้ต้องมาแบ่งข้อมูลเป็นแพ็กเก็ต หรือควบคุมข้อมูลการรับส่ง อุปกรณ์ TNC จะทำหน้าที่แบ่งข้อมูลที่ต้องการจะส่งเป็นข้อมูลย่อย ๆ ติดต่อกับเครื่องรับวิทยุ และแพ็กเก็ตนั้นโดยอัตโนมัติ ในด้านสถานีรับข้อมูล อุปกรณ์ TNC จะทำหน้าที่ถอดรหัสจากแพ็กเก็ตที่ได้รับ ตรวจสอบความผิดพลาด ของข้อมูลและแสดงข้อความที่ได้รับผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่ปลายทาง

การสื่อสารแบบ แพ็กเก็ตเรดิโอ เป็นการสื่อสารที่ปราศจากความผิดพลาดของข้อมูล หรือหากจะมีก็อยู่ในระดับต่ำมาก ๆ ทั้งนี้เนื่องจากมีการกำหนดกระบวนการวิธีในการตรวจสอบความผิดพลาด ของข้อมูลในอุปกรณ์ TNC โดยที่หากสถานีวิทยุได้รับข้อมูล จากสถานีส่งต้นทางจะมีการตรวจสอบความถูกต้อง ของข้อมูล และแสดงข้อมูลที่ได้รับผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ ในกรณีที่ข้อมูลที่ได้รับไม่มีความผิดปกติใด ๆ นอกจากนั้นยังสามารถนำอุปกรณ์ TNC มาใช้งานเป็นสถานีทวนสัญญาณ สำหรับการสื่อสาร แบบ แพ็กเก็ตเรดิโออีกประการหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า Digipeater นับเป็นการเพิ่มระยะทางในการติดต่อสื่อสารข้อมูลให้กว้างไกลขึ้น

ผู้ใช้งานสามารถทำการติดต่อสื่อสารไปยังอุปกรณ์ TNC ของผู้อื่น ได้ตลอดเวลาตามที่ต้องการ อุปกรณ์ TNC และสามารถใช้งานในความถี่เดียวกันได้ ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการส่งข้อมูลเป็นแบบแพ็กเก็ต ซึ่งส่งกันเป็นช่วง ๆ ดังนั้นผู้ใช้งานหลาย ๆ ราย จึงสามารถใช้ความถี่วิทยุเดียวกันเป็นตัวกลาง ในการรับส่งข้อมูล ได้ทั้งนี้อาจเกิดเหตุการณ์ที่มีผู้ใช้บริการมากกว่า 2 ราย ขึ้นไปส่งแพ็กเก็ตมาพร้อมกันที่ความถี่เดียวกัน ก่อให้เกิดการชนกันของข้อมูลขึ้น (Collision) ซึ่งมีผลทำให้ต้องมีการส่งแพ็กเก็ตของแต่ละคนออกมาใหม่ อัตราการเกิดการนกันของข้อมูล จะมาหรือน้อยขึ้นอยู่กับ เทคนิคที่ใช้ในการควบคุม การรับส่งแพ็กเก็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ข้อจำกัดด้านระยะทางในการส่ง

เนื่องจากการส่งข้อมูล โดยใช้แพ็กเก็ตเรดิโอ เป็นการใช้งานย่านความถี่สูงมาก ซึ่งก็คือย่า VHF หรือ UHF จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในด้านของระยะทางสูงสุดที่สามารถทำการรับส่งได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับหลาย ๆองค์ประกอบอาทิเช่น กำลังส่งของเครื่องรับส่งวิทยุ ประเภทและตำแหน่งการติดตั้งสายอากาศ ความถี่ที่ใช้ส่งข้อมูลออกอากาศ และความยาวของสายส่ง ที่ลากจากเครื่องรับส่งวิทยุ ไปถึงายอากาศอีกด้วย ทั้งนี้ยังมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับระยะทางในการรับส่ง ซึ่งก็คือสิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่นภูเขา กลุ่มตึก หรืออาคารสูง เป็นต้น สามารถประมาณคร่าว ๆ ว่าในการส่งข้อมูลแพ็กเก็ต โดยใช้ความถี่ 144-148 MHz จะสามารถส่งได้ระยะทางในช่วง 15 – 150 กิโลเมตร โดยขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว

2.6 โปรโตคอล AX.25

โปรโตคอล AX.25 หรือ Amateur X.25 เป็นโปรโตคอลสื่อสารข้อมูลซึ่งถูกออกแบบขึ้นมาใช้กับงานแพ็กเก็ตเรดิโอโดยได้รับการพัฒนาจาก โปรโตคอล X.25 ซึ่งใช้ในงานทั่วไป โปรโตคอล AX.25 เป็นมาตรฐานสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างระบบคอมพิวเตอร์ 2 ระบบ ระบบนี้ถูกออกแบบมาในปี 2513 โดยการอ้างอิงโปรโตคอลเครือข่าย X.25 แต่เนื่องจากความแตกต่าง ของตัวกลาง ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล (จากคู่สายในเครือข่ายพื้นฐานเป็นคลื่นความถี่วิทยุสำหรับแพ็กเก็ตเรดิโอ) โดยโปรโตคอล X.25 มีการเพิ่มฟิลด์แอสเดรสสำหรับใช้กับการทวนสัญญาณของสถานีเพื่อเพิ่มขอบเขตระยะทางในการสื่อสาร ข้อดีประการหนึ่งของ AX.25 ก็คือ แพ็กเก็ตทุกแพ็กเก็ตมีการระบุรหัสเรียกขาน (Callsign) ทั้งของผู้รับและผู้ส่ง จึงได้ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานสำหรับการสื่อสาร วิทยุสมครเล่น และถูกกำหนดให้ใช้เป็นมาตรฐานหลักในหลายประเทศ อย่างไรก็ตาม นอกจากมาตรฐาน AX.25 แล้วยังมีมาตรฐานอื่น ๆ เช่น TCP/IP

2.7 โหมดการทำงานของอุปกรณ์ TNC

2.7.1 Packet Radio

1.1 สามารถเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ ได้โดยตรง หรือเรียกว่า Direct computer to computer connect

1.2 สามารถส่งจดหมายข่าว หรือจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) ที่สามารถเขียนติดต่อแลกเปลี่ยนกันได้โดยอิสระในเครือข่าย เรียกว่า PBBS (Personal Bulletin board system)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สามารถเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ ปลายทาง โดยวิธีการผ่านทางคอมพิวเตอร์อื่นๆ ในเครือข่ายได้โดยอัตโนมัติ หรือเรียกว่า Ka-node connect

2.7.2 TCP/IP mode : (Transmission control protocol / internet protocol)

2.1 FTP (File Transfer Protocol) : สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ปลายทาง ในเครือข่ายเพื่อเข้าไปเอา ไฟล์ (Get Files) และวางไฟล์ (Put Files) ได้ทั้งแบบ ASCII (*.txt, .doc, etc.) แบบ IMAGE (*.com, .exe, etc.)

2.2 Telnet : สามารถเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ปลายทางในเครือข่ายที่มี address (login:) และ Password : ของผู้ใช้อยู่บนเครื่องปลายทาง

2.3 SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) : สามารถที่จะส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) แก่ผู้ใช้ ที่อยู่ และแอดเดรสที่ host ปลายทางใดๆ ได้อัตโนมัติโดยที่เรียกว่า SMTP หรือ Simple Mail Transfer Protocol ซึ่งเป็นโปรโตคอลชนิดหนึ่งที่ใช้ในการรับส่ง จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ในระบบเครือข่าย

2.8 การทำงานในโหมด GPS

อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับ GPS ในการกำหนดอุปกรณ์ในการติดต่อกับ mode GPS จะต้องมีอุปกรณ์ใช้ร่วมกันดังนี้

1. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม และเสารับสัญญาณ
2. อุปกรณ์ Kantronics' TNC ที่ใช้งานในมาตรฐาน NMEA-0183

การต่อสายสัญญาณ GPS ร่วมกับอุปกรณ์ TNC

ในมาตรฐาน NMEA นั้นสัญญาณที่ GPS ได้รับนั้นจะเป็นไปตามมาตรฐาน EIA-422 โดยในสัญญาณ GPS จะมีระบบสัญญาณเป็นระดับ TTL (+5 โวลต์ และ 0 โวลต์)

การติดตั้งและการควบคุม TNC สำหรับ mode GPS

การกำหนดการใช้งาน Kantronics TNC ใน mode GPS ซึ่งมีหลายๆ คำสั่งในการกำหนด parameter ดังนี้

เลือก GPS String ที่เก็บไว้ในแต่ละ Location Text buffers

กำหนด Beacon rates สำหรับแต่ละ Location Text Buffer ที่ใช้

เลือก unproto paths for each Location Text buffer ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การกำหนด Parameters ในอุปกรณ์ TNC

ในการใช้งานใน mode GPS จะต้องมีการกำหนด Parameters (จาก เครื่องคอมพิวเตอร์) กำหนดอัตราความเร็ว การรับส่งข้อมูล ที่ 4800 และเตรียมติดตั้งอุปกรณ์ GPS เข้ากับ TNC ใน mode ของ NMEA (the National Marine Electronics Association)

ในการใช้งานกับ GPS ทั่วไปใน mode NMEA จะมีการกำหนด อัตราเร็วการรับส่ง ในความเร็วอื่นๆ

การกำหนด TNC ในโหมด GPS นั้นในการติดต่อจะใช้งานร่วมกับโหมดปกติ

1. กำหนด คำสั่ง GPSHEAD ซึ่งจะกำหนดที่เครื่อง GPS ซึ่งจะเป็น 4 ตัวอักษณ ซึ่งจะเก็บไว้ใน LT buffers, ตัวอย่างเช่นหากเราต้องการเก็บ $GPGGA String ใน LT buffer หมายเลข 1 ก็ใช้คำสั่งคือ

GPSHEAD 1 $GPGGA

ในกรณีมีการใช้หลายๆ พอร์ต, LTP จะใช้คำสั่ง multi-port โดยที่มีการกำหนดพอร์ต 1 และพอร์ต ซึ่งตัวอย่างจะเป็นการแสดงถึงการใช้อุปกรณ์เดี่ยว ; สำหรับ การใช้อุปกรณ์คู่ ดูจากคู่มือการใช้คำสั่ง

ถ้าเราต้องการที่จะ LT1 ถึงอุปกรณ์ TNC โดยในส่วนของ GPS ร่วมกับ อุปกรณ์ทวนสัญญาณ และทำให้การรับส่งในเวลา 30 นาที ; จะใช้คำสั่ง

LTP 1 GPS via DIGI

BLT 1 EVERY 00:30:00

เราสามารถกำหนด tracking buffer ซึ่งจะเป็นการเก็บข้อมูลล่าสุดของ GPS โดยที่ขนาดและการเก็บ LT buffer จะถูกควบคุมโดย คำสั่ง LTRACK ตัวอย่างเช่น

LTRACK 5 LT1 LT2

ซึ่งจากคำสั่งมีความหมายคือ มีการกำหนดขนาดของ LTRACK ประมาณ 5 Kbytes โดยเก็บใน LT1 และ LT2

2.10 การเริ่มใช้งาน GPS จากอุปกรณ์ TNC

การรับข้อมูลจาก GPS นั้นจะเริ่มขึ้นนั้นจะต้องมีการรับ ข้อมูลเฉพาะก่อนซึ่ง เราจะต้องกำหนดให้ อุปกรณ์ TNC ส่งข้อมูลเริ่มต้นให้ GPS ก่อน โดยใช้คำสั่ง GPSINIT

ตัวอย่างเช่น GPS จะรับข้อมูลแรกคือ $PGRMO,GPGGA,1 จะต้องใช้คำสั่งคือ

GPSINIT $PGRMO,GPGGA,1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานของ GPS

เริ่มการใช้ อุปกรณ์TNCในโหมด GPS ต้องใช้อัตราการรับส่งข้อมูลของ GPS คือ 4800 หลังจากการกำหนด Parameter ของอุปกรณ์ TNC สำหรับโหมด GPS แล้ว ,กำหนด คำสั่งการติดต่อไปยัง GPS เมื่อทำการ Reset อุปกรณ์ TNC (โดยการใช้คำสั่ง Reset หรือ ทำการปิด แล้วเปิด อุปกรณ์ TNC) แล้วเราจะอยู่ใน โหมดของ GPS แล้ว GPSINIT String ก็จะถูกส่งไปยัง พอร์ตอนุกรม โดยปกติ , การกำหนด คำสั่ง INTFACE ไปยัง GPS , ปิดอุปกรณ์ TNC ต่อเข้ากับ GPS แล้วเปิดอุปกรณ์ GPS และเปิดอุปกรณ์ TNC เมื่อเราทำงานอยู่ในโหมด GPS อุปกรณ์ TNC จะรับข้อมูลที่ LT buffers โดยอัตโนมัติทุก ๆ 1 วินาที

2.11 การออกจากโหมด GPS

ถ้าเราต้องการออกจากโหมด GPS ต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ปลายทาง ไปยังพอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ TNC หรือ การใช้ < Ctrl + C > แล้วให้อุปกรณ์ TNC Reset และเลือกคำสั่ง การติดต่อที่ TERMINAL

การใช้งานการควบคุมระยะไกล และ อุปกรณ์ GPS

เมื่ออุปกรณ์ TNCอยู่ในโหมด GPS พอร์ตอนุกรมจะรับข้อมูลเฉพาะจาก GPS เท่านั้น และไม่สามารถใช้คำสั่งทั่วไปในการสั่งงานได้ ดั้งนั้นเราต้องเปลี่ยนโหมดการทำงานของ อุปกรณ์ TNC โดยมี 2 วิธีคือ

1.ออกจากโหมด GPS โดยใช้อุปกรณ์ปลายทาง (คอมพิวเตอร์)

2.การเชื่อมต่อกับ อุปกรณ์ TNC ปลายทางโดยทางวิทยุ (MYREMOTE) และเปลี่ยนคำสั่ง

เมื่อเราเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ TNC ปลายทาง(โดยจะมีการตรวจเช็ค รหัสผ่าน เพื่อรักษาความปลอดภัยในการควบคุม) ซึ่งสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไข Parameter หรือ คำสั่ง ได้ ตัวอย่างการใช้คำสั่ง RPRINT และส่ง $PGRMO,GPGSA,1 ไปยังอุปกรณ์ GPS เชื่อมต่อไปยัง MYREMOTE ของ TNC , มีการตรวจสอบรหัสผ่าน และส่ง

RPRINT $PGRMO , GPGSA , 1

ไปยัง MYREMOTE และ อุปกรณ์ TNC จะส่งอักษรไปยังพอร์ตอนุกรม (ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (GPS))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 คำสั่งการทำงานในโหมดของ GPS

1. **BLT** n { EVERY | AFTER } hh : mm : ss { START hh : mm : ss }

(n = 1 – 4)

ซึ่งคำสั่งนี้จะเป็นการกำหนดช่วงเวลา ระหว่างอุปกรณ์ TNC สำหรับ LT String

2. **GPSHEAD** n string (n = 1-4) [string up to 8 chars]

เป็นการกำหนด sentences ของมาตรฐาน NMEA ที่จะเก็บไว้ใน LT buffer

3. **GPSINIT** string (string up to characters)

ซึ่งเป็นคำสั่งในการส่ง อักษรเพื่อไปสั่งให้ ทำงานในโหมด GPS

4. **LT** n text (n = 1 – 4) [text up to 128 chars]

ซึ่งเป็นคำสั่งในการเติม LT buffer ด้วย " ข้อความ "

5. **LTP** n dest [via call {,call2,...}] (n = 1 – 4)

ในการใช้งานกับอุปกรณ์หลาย ๆ อุปกรณ์ ซึ่งเป็นคำสั่งในการใช้อุปกรณีหลาย ๆ พอร์ต เป็นคำสั่งกำหนด ชื่อเรียกขาน และ Digipeaters ซึ่งใช้ในการส่ง LT String

6. **LTRACK** n [LT1] [LT2] [LT3] [LT4] [SYSOP] [TIME]

ซึ่งเป็นคำสั่งในการกำหนดความจุ ใน LT buffers

7. **RPRINT** text (text up to 128 characters)

เป็นคำสั่งในการควบคุมอุปกรณ์ในระยะไกล โดยการส่ง text string จาก พอร์ตอนุกรม (อาทิเช่นการใช้อุปกรณ์ GPS)

2.13 ระบบการสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์

2.13.1ระบบการส่งข้อมูลแบบดิจิตอล

ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในระบบนี้จะอยู่ในรูปพอร์มของตัวเลข '0' กับ '1' เช่น ตัวเลขฐานสอง, ตัวเลขฐานสิบหก เป็นต้น บางครั้งอาจมีความต้องการส่งสัญญาณอนาลอกผ่านทางระบบดิจิตอลจึงต้องมมีการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อนเรียกว่าการสุ่มตัวอย่าง(Sampling) ซึ่งเป็นวิธีทางคณิตศาสตร์ ค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจัดเป็นเลขฐานสอง (Binary Code) ที่สามารถจัดตามเทคนิคทางสัญญาณดิจิตอลได้เช่น การส่งข้อมูลแบบขนานหรืออนุกรม และ แบบซิงโครนัสหรือแบบอะซิงโครนัส เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทางของการส่งสัญญาณ

เราสามารถแบ่งทิศของการส่งสัญญาณได้ 3 วิธีคือ

1. การส่งผ่านแบบทิศทางเดียว (Simplex)
2. การส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน (Half-Duplex)
3. การส่งผ่านแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน (Full-Duplex)

การส่งผ่านแบบทิศทางเดียว (Simplex)

หมายถึง รูปแบบการส่งสัญญาณให้ด้านรับได้ฝ่ายเดียว โดยไม่สามารถโต้ตอบผ่านทางการติดต่อได้เช่น การกระจายเสียงของวิทยุหรือสัญญาณโทรทัศน์ เป็นต้น



รูปที่ 2.5แสดงการส่งสัญญาณแบบทิศทางเดียว (Simplex)

การส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน (Half-Duplex)

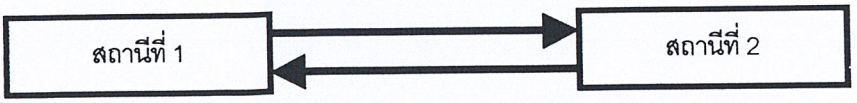
หมายถึง รูปแบบสัญญาณที่สถานีทั้งสองฝ่ายสามารถรับและส่งสัญญาณระหว่างกันได้โดยกำหนดว่าต้องมีด้านใดด้านหนึ่งเป็นตัวรับเสมอเช่น การใช้วิทยุสมัครเล่นในการติดต่อสื่อสารเป็นต้น



รูปที่ 2.6 แสดงการส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน (Half-Duplex)

การส่งผ่านแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน (Full-Duplex)

หมายถึง รูปแบบการส่งสัญญาณที่ทั้งด้านส่งและด้านรับสามารถที่จะส่งสัญญาณในเวลาเดียวกันได้โดยไม่จำเป็นต้องสลับด้านกันด้วย เช่นการสนทนาทางโทรศัพท์ เป็นต้น



รูปที่ 2.7 แสดงการส่งผ่านแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน (Full-Duplex)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.2 ลักษณะของการรับส่งข้อมูลแบบดิจิตอล

โดยทั่วๆไปแล้วหลักใหญ่ของการรับส่งข้อมูลในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอลมีลักษณะการส่งข้อมูล 2 แบบคือ

1. การส่งแบบอนุกรม
2. การส่งแบบขนาน

การส่งแบบอนุกรม

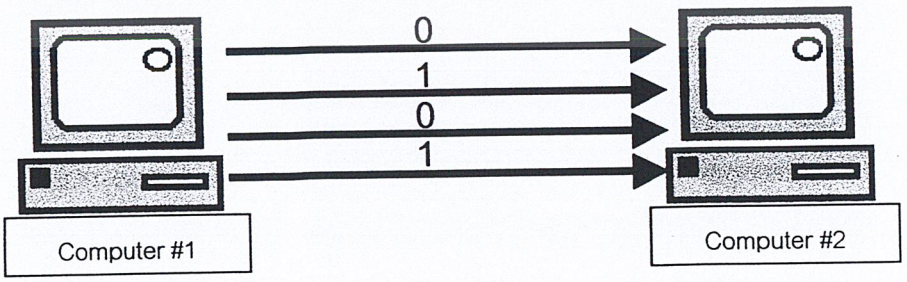
ข้อมูลแต่ละบิทจะถูกส่งเรียงออกไปเป็นลำดับต่อเนื่องกันทีละบิท เช่น ข้อมูล 0101 เลข 1 ทางขวาสุดซึ่งเป็นบิทนัยสำคัญต่ำสุดจะถูกส่งออกไปก่อน ตามด้วยเลข 0 เลข 1 และเลข 0 ซึ่งเป็นบิทนัยสำคัญสูงสุดตามลำดับ โดยมีสายส่งอยู่เพียงเส้นเดียว



รูปที่ 2.8 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การส่งข้อมูลแบบขนาน

ข้อมูลทุกๆ บิทจะถูกส่งออกไปพร้อมๆ กัน ในครั้งเดียว เช่น ถ้าข้อมูลเป็น 0101 ทั้งสี่บิทจะถูกส่งออกไปพร้อมกันหมด โดยผ่านส่งสัญญาณจำนวน 4 เส้น โดยแต่ละบิทจะส่งในสายคนละเส้นกัน



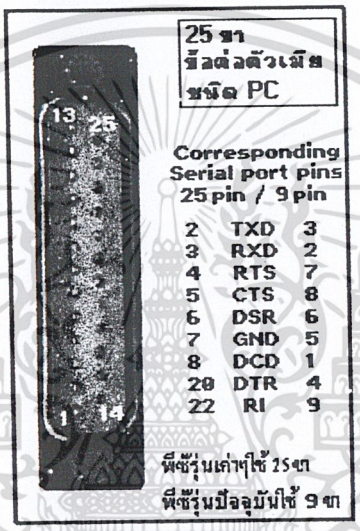
รูปที่ 2.9 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.3 สายเคเบิลของ RS-232C

มาตรฐานของการรับ-ส่งข้อมูลอนุกรม (RS-232C) นี้ ได้กำหนดขึ้นมาเพื่อให้คอมพิวเตอร์ต่างยี่ห้อกัน หรืออุปกรณ์ต่อพ่วงแต่ละชนิดรับ-ส่งข้อมูลกันได้ เมื่อทำตามมาตรฐานนี้ โดยไม่สนใจว่าอุปกรณ์หรือคอมพิวเตอร์นั้นจะผลิตมาจากที่ใด โดยมีการกำหนดรายละเอียดในเรื่องหัวต่อ (Connector) ที่ใช้ สัญญาณในแต่ละเส้น

ข้อต่อ (Connector) ระหว่างสายเคเบิลทั้งสองปลายจะใช้ข้อต่อแบบ 25 ขารูปร่างหน้าตัดคล้ายตัว 'D' เรียกว่า DB-25 ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงข้อต่อแบบ DB-25

สายเคเบิลที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลส่วนมากจะใช้สายเพียง 9-10 เส้นเท่านั้น โดยขาสัญญาณที่ 1 (Protective Ground) นั้น มักจะไม่จำเป็นต้องต่อใช้งาน จึงเหลือจำนวนสายสัญญาณที่ใช้เพียง 9 เส้น จากข้อต่อแบบ DB-25 สัญญาณแต่ละเส้นเรียงตามลำดับดังนี้

ขาที่ 1 (Protective Ground)	เป็นสายดินของอุปกรณ์
ขาที่ 2 (Transmitted Date)	ใช้สำหรับส่งข้อมูล
ขาที่ 3 (Received to Send)	ใช้สำหรับรับข้อมูล
ขาที่ 4 (Request to Send)	เป็นสัญญาณขอทำการส่งข้อมูล
ขาที่ 5 (Clear to Send)	เป็นสัญญาณตอบรับว่าเริ่มส่งข้อมูลได้
ขาที่ 6 (Data Set Ready)	เป็นสัญญาณแสดงว่าตัวรับพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว
ขาที่ 7 (Signal Ground)	เป็นสายดินของสัญญาณรับส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่ 8 (Data Carrier Detect)	เป็นตัวบอกว่าทั้งตัวรับและตัวส่งต่อถึงกันเรียบร้อยแล้ว
และพร้อมที่จะทำการรับ-ส่งข้อมูล	
ขาที่ 20 (Data Terminal Ready)	เป็นสัญญาณแสดงว่าตัวส่งพร้อมที่จะส่งข้อมูล
ขาที่ 22 (Ring Indicator)	เป็นขาแสดงกริ่งโทรศัพท์ที่เรียกเข้ามา

2.14 การใช้งาน GPS (Global Positioning System)

สิ่งที่มนุษย์เราต้องใช้ตั้งแต่เริ่มเดินทางรอบโลก คือ สิ่งที่ช่วยบอกเราได้ว่ากำลังเดินทางไปยังตำแหน่งใด ๆ บางท่านอาจคิดว่าเป็นเรื่องธรรมชาติ ที่มนุษย์เราน่าจะมีเครื่องมืออะไรสักอย่างที่ใช้การได้มานานแล้ว ก่อนที่จะมีระบบ GPS เรายังไม่เคยมีเครื่องมือที่นำมาใช้บอกตำแหน่งและทิศทางที่สมบูรณ์เลย จะมีก็เพียงแต่เข็มทิศเท่านั้นที่ใช้บอกทิศทาง มนุษย์เรามีวิวัฒนาการการบอกทางมา ตั้งแต่สมัยแรกด้วยวิธีสังเกตจากดวงดาว ซึ่งใช้การได้ดีเพราะดาวอยู่ห่างจากโลกเรามาก ทำให้สามารถมองเห็นกลุ่มดาวจากที่ต่าง ๆ ในบริเวณกว้างได้ แต่การวัดดาวทำได้เฉพาะตอนกลางคืนและต้องเป็นคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใสเท่านั้น เครื่องมือที่ทันสมัยในยุคอิเลคทรอนิคส์ ซึ่งมนุษย์ได้สร้างขึ้นสำหรับการเดินเรือแบบใหม่ชื่อระบบ LORAN ที่ใช้คลื่นวิทยุซึ่งติดตั้งตามพื้นที่ส่วนต่าง ๆ และอีกระบบต่อมาใช้ดาวเทียมเหมือนระบบ GPS คือ ระบบที่เรียกว่า "TRANSIT YSTEM" หรือ "SATNAV" ทั้งสองระบบที่กล่าวมาข้างต้น

ปัจจุบันได้ยกเลิกการใช้งานแล้วเนื่องจากมีข้อบกพร่องในการบอกตำแหน่ง คือ ในส่วนของระบบ LORAN นั้นสามารถที่จะบอกตำแหน่งได้เพียงบริเวณหนึ่งๆเท่านั้นไม่สามารถที่จะทำการบอกตำแหน่งได้ครอบคลุมทั้งหมด ส่วนระบบ TRANSIT นั้น สามารถที่จะบอกตำแหน่งครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่า แต่ก็มีข้อบกพร่อง คือ วงโคจรดาวเทียมของระบบอยู่ในระดับต่ำและมีจำนวนน้อยเกินไป และเนื่องจากระบบ TRANSIT ใช้วิธีการวัดคลื่นแบบ Doppler ซึ่งถ้ามีการเคลื่อนไหวเครื่องรับสัญญาณเพียงเล็กน้อยก็จะเกิดความคลาดเคลื่อนในการบอกตำแหน่งไปได้มาก

กระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ดำเนินการโครงการ Global Positioning System หรือ "GPS" ขึ้น GPS จะใช้ดาวเทียมจำนวน 24 ดวง โคจรอยู่ในระดับสูงที่พ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลกและวิธีการที่สามารถให้ความถูกต้อง เพียงพอที่จะใช้ชี้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากการนำมาใช้งานจริงจะให้ความถูกต้องสูง โดยที่ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตำแหน่งทางราบต่ำกว่า 30 เมตร และถ้ารังวัดแบบวิธี "อนุพันธ์" (Differential) จะให้ความถูกต้องถึงระดับเซนติเมตร จากการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทำให้สามารถผลิตเครื่องรับ GPS ที่มีขนาดลดลง และมีราคาถูกลงกว่าเครื่องรับระบบ TRANSIT เดิมเป็นอันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

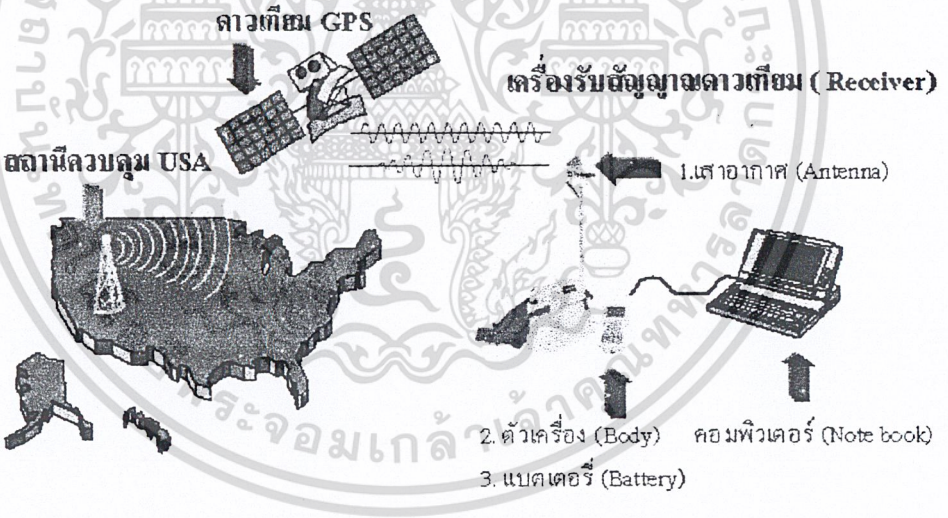
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัจจุบันมีการนำ GPS มาใช้งานในหลายสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจ อาทิเช่น ภูมิศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สิ่งแวดล้อม ได้แก่ การนำ GPS มาใช้ในการกำหนดขอบเขตและจุดที่แน่นอนของป่าสงวน และอุทยาน ใช้ในการบอกตำแหน่งเพื่อใช้ออกงานวงรอบ (TRAVERS) การใช้GPS ในการสำรวจภูมิประเทศเพื่อทำแผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour) และงานถนนหรือแม้แต่การนำ GPS มาใช้ตรวจสอบรายละเอียดความถูกต้องของงานโครงข่ายสามเหลี่ยม และงานวงรอบ เป็นต้น

2.15 องค์ประกอบของระบบ GPS

ลักษณะทั่วไปของระบบ GPS ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนอวกาศ
2. สถานีควบคุม
3. ผู้ใช้



รูปที่ 2.11 แสดงองค์ประกอบของ GPS

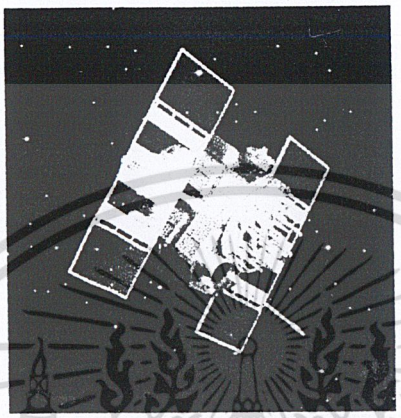
1.ส่วนอวกาศ (Space Segment)

ในระบบดาวเทียม GPS จะประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง โดยดาวเทียมจำนวน 21 ดวง จะใช้ในการบอกค่าพิกัด ส่วนที่เหลือ 3 ดวง จะสำรองเอาไว้ ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้จะมีวงโคจรอยู่ 6 วงโคจรด้วยกัน โดยแบ่งจำนวนดาวเทียมวงโคจรละ 4 ดวง และมีรัศมีวงโคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 20,200 กิโลเมตร (12,600 ไมล์) วงโคจรทั้ง 6 จะเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40215

(Equator) เป็นมุม 55 องศา ในลักษณะสานกันคล้ายลูกตะกร้อ ดาวเทียมแต่ละดวงจะใช้เวลาในการโคจรครบรอบ 12 ชั่วโมง นั่น คือ คาบของการโคจรเป็น 12 ชั่วโมง/รอบ ความถี่ที่ใช้ในการบอกตำแหน่งค่าพิกัดของดาวเทียมแต่ละดวงมี 2 ความถี่ คือ ความถี่ L1:1,575.42 MHz และ ความถี่ L2:1,27.60 MHz



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะดาวเทียม SV-3

2.สถานีควบคุม (Control Station Segment)

ในส่วนของสถานีควบคุมจะประกอบด้วย 5 สถานีย่อย (Monitor Station) ตั้งอยู่ที่เมือง Diego Garcia, Ascension Island, Kwajalein, และ Hawaii ส่วนสถานีควบคุมหลัก (Master Control Station) 1 สถานี ซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบดาวเทียม GPS ตั้งอยู่ที่เมือง Colorado Springs รัฐ Colorado สหรัฐอเมริกา สถานีควบคุมต่าง ๆ เหล่านี้มีหน้าที่คอยติดต่อสื่อสาร (Tracking) กับดาวเทียม ทำการคำนวณผล (Computation) เพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และส่งข้อมูลที่ได้ไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ทันสมัยอยู่เสมอ

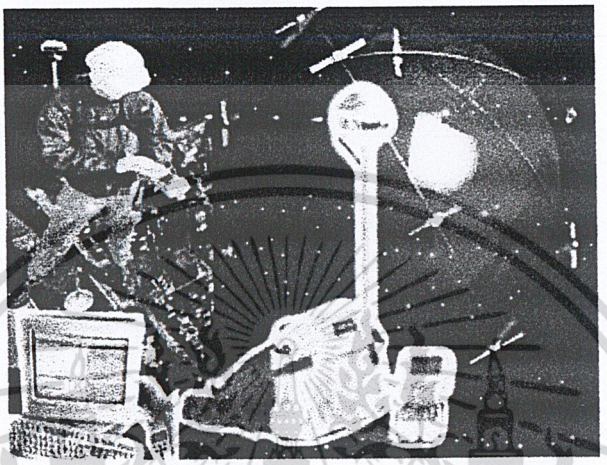


รูปที่ 2.13 แสดงสถานีควบคุมดาวเทียม GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนผู้ใช้ (Use Segment)

ผู้ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลเรือน (Civilian) และส่วนที่เกี่ยวกับทางทหาร (Military) ในส่วนของผู้ใช้จะมีหน้าที่พัฒนาเครื่องรับสัญญาณ (Receiver)ให้ทันสมัยและสะดวกแก่การใช้งาน สามารถที่จะใช้ได้ทุกแห่งในโลก และให้ค่าที่มีความถูกต้องสูง

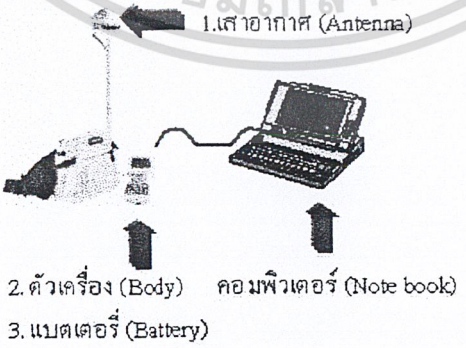


รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการใช้งานของผู้ใช้งาน

ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS

โดยทั่วไปเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (Receiver) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. ตัวเครื่อง (Body)
2. ส่วนให้พลังงาน (Power Supply)
3. ส่วนเสาอากาศ (Antenna)



รูปที่ 2.15 แสดงส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

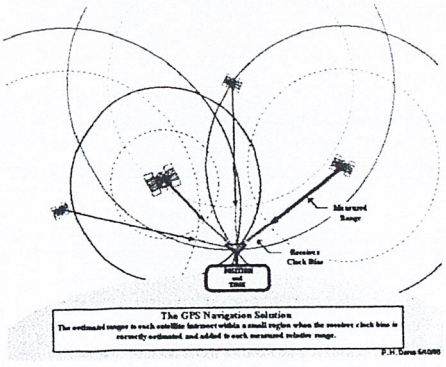
2.16 หลักการทำงานของ GPS (Global Positioning System)

หลักการพื้นฐานของ GPS เป็นเรื่องง่าย ๆ แต่อุปกรณ์ของเครื่องมือถูกสร้างขึ้นด้วยวิทยาการขั้นสูง การทำงาน GPS แบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. การรับสัญญาณจากดาวเทียมโดยหลักการรูปสามเหลี่ยมระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ
2. GPS วัดระยะโดยใช้เวลาเดินทางของคลื่นวิทยุ
3. ในดาวเทียมและเครื่องรับจำเป็นจะต้องมีนาฬิกาที่ละเอียดสูงมาก
4. นอกจากระยะทางแล้วจะต้องทราบตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่ในอวกาศด้วย
5. ในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) และชั้นบรรยากาศโลก (Atmosphere) ความเร็วคลื่นวิทยุเดินทางได้ช้าลง จึงต้องทำการแก้ไขจุดนี้ด้วย

ขั้นที่ 1 การรับสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อให้ได้ตำแหน่ง GPS

จะต้องหาระยะระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ GPS ดาวเทียมจะเป็นเหมือนหมุดหลักฐานสำหรับการวัดระยะ สิ่งที่เราต้องรู้เพื่อใช้ในการคำนวณ คือ ตำแหน่งดาวเทียมดวงนั้นเพื่อให้ได้ระยะทางที่ถูกต้อง สมมติว่าเราอยู่ห่างจากดาวเทียม A 11,000 ไมล์ ขณะเดียวกันเราหาได้ว่าระยะจากดาวเทียม B 12,000 ไมล์ ดังนั้นตำแหน่งเรา จึงอยู่ที่ทรงกลมที่มีศูนย์กลางที่ดาวเทียม A กับดาวเทียม B รัศมี 11,000 ไมล์ และ 12,000 ไมล์ ตัดกัน ดังนั้น ถ้าเราได้ระยะจากดาวเทียมดวงที่ 3 ก็บอกตำแหน่งได้แน่นอนยิ่งขึ้น เช่น เรารู้ว่าระยะจากดาวเทียม C 13,000 ไมล์ ก็จะบอกตำแหน่งที่ทรงกลมตัดกันอยู่เพียง 2 จุดเท่านั้น เราวัดหาระยะ ดาวเทียมดวงที่สี่ หรือจากการวัดระยะดาวเทียม 3 ดวงก็สามารถบอกตำแหน่งได้เลย เพราะ 2 ค่าที่ได้จะมีอยู่หนึ่งค่าที่ไม่เป็นจริง เพราะอยู่ห่างจากโลกเรามาก ในกรณีที่รู้ค่าความสูงของตำแหน่งที่วัดแน่นอน เช่น ในทะเล ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องวัดดาวเทียมดวงที่ 4 เครื่องมือรังวัดบางเครื่องจะให้เลือกใช้วัดแบบ 2D คือ พิกัดราบอย่างเดียว แต่ถ้าต้องการได้ตำแหน่ง 3D ต้องวัดจากดาวเทียม 4 ดวง



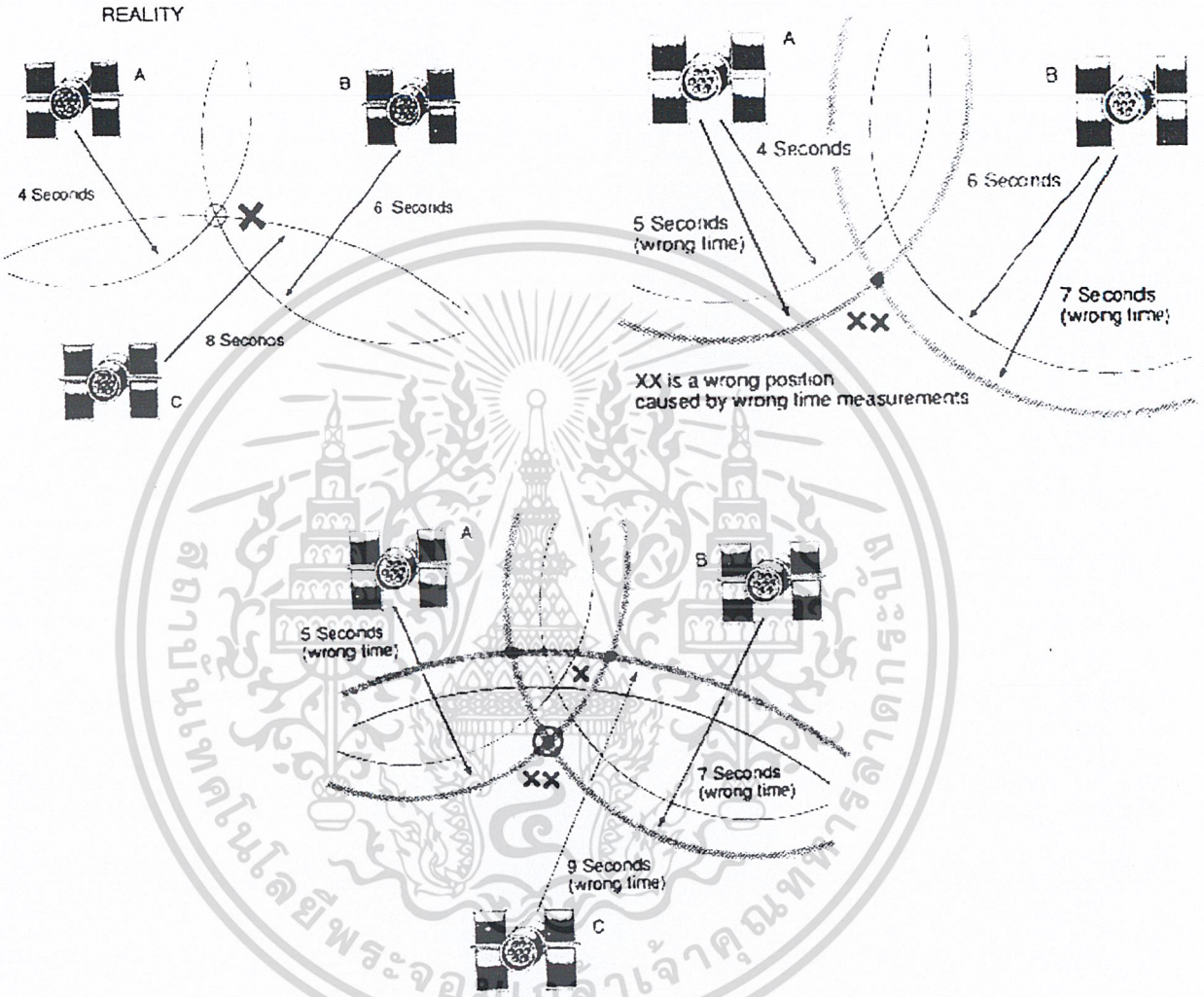
รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะโครงข่ายสามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 การวัดระยะจากดาวเทียม

จากการที่ GPS ต้องรู้ระยะทางจากเครื่องรับถึงดาวเทียมจึงต้องมีวิธีการหาระยะ วิธีการหาระยะใช้สมการง่าย ๆ คือ อัตราความเร็วคูณด้วยเวลาตัวอย่าง เช่น ถ้ารถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. เวลา 2 ชม. รถยนต์จะเคลื่อนที่ได้เป็นระยะทางเท่าใด การคิดใช้ความเร็ว (60 กม./ชม.) ได้ระยะทาง (120 กม.) ระบบ GPS ทำงานเพื่อหาว่าสัญญาณวิทยุที่ส่งมาจากดาวเทียมจนถึงเครื่องรับใช้เวลาเดินทางนานเท่าใด แล้วนำเวลาที่หาได้มาคำนวณระยะทาง คลื่นวิทยุเดินทางด้วยความเร็วแสงคือ 186,000 ไมล์ต่อวินาที ดังนั้นถ้าเรารู้เวลาแน่นอนที่ดาวเทียมเริ่มปล่อยสัญญาณวิทยุ และเวลาที่เราเริ่มรับสัญญาณนั้นได้ ก็จะได้เวลาที่คลื่นวิทยุเดินทาง ทำเวลาเป็นวินาทีคูณกับ 186,000 ไมล์ ก็จะได้ระยะทางจากเครื่องรับถึงดาวเทียม เราต้องได้ระยะเช่นนี้ 3 ค่าจากดาวเทียมสามดวง จึงจะนำมาหาตำแหน่งได้ เมื่อเป็นเช่นนี้ แน่นอนนาฬิกาจะต้องเป็นนาฬิกาที่ดีมาก เพราะเวลาที่วัดได้จะต้องน้อยมากเพราะแสงเดินทางเร็วมาก โดยปกติถ้าดาวเทียมดวงที่ส่งสัญญาณอยู่เหนือศีรษะเราพอดีเวลาที่คลื่นวิทยุจะใช้เวลาเดินทางถึงเราเพียง .06 วินาที เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ GPS จึงได้นำเอาวิวัฒนาการทางอิเลคทรอนิคส์มาใช้เพื่อให้ได้ความถูกต้องของเวลาในระดับที่ GPS ต้องการ ต้องใช้นาฬิกาอิเลคทรอนิคส์ที่มีราคาแพงมาก ซึ่งให้เวลาที่ละเอียดถูกต้องสูง แต่ GPS จำเป็นต้องรู้เวลาที่ละเอียดยิ่งกว่ามาก นาฬิกาดาวเทียมจะอ่านเวลาได้เป็นนาโนเซคกัน หรือ 0.000000001 วินาที เรารู้เวลาที่สัญญาณเริ่มส่งจากดาวเทียมได้อย่างไร เคล็ดลับที่สำคัญในการหาเวลาการเดินทางของคลื่นวิทยุก็คือ ต้องรู้ว่าเวลาที่แน่นอนที่สัญญาณเริ่มออกเดินทางจากดาวเทียม ผู้ออกแบบเครื่อง GPS ใช้หลักการจำลองแบบสัญญาณที่ส่งจากดาวเทียม และสัญญาณที่อยู่ในเครื่องรับให้เป็นแบบเดียวกัน ดังนั้นเครื่องทั้งสองจะต้องสร้างรหัสในเวลาที่ตรงกัน (Pseudo Random Code) ดังนั้นสิ่งที่เราต้องกระทำก็คือการรอรับรหัสที่ดาวเทียมปล่อยออกมาและมองย้อนกลับไปว่าเครื่องของเราได้เริ่มสร้างรหัสที่มีรูป เหมือนกันแล้วเป็นเวลานานเท่าใด เวลาที่แตกต่างก็คือเวลาที่คลื่นวิทยุใช้เดินทางมาถึงเครื่องรับ ข้อดีของการใช้รหัสที่ส่งเป็นชุดหรือตัวเลขหลายตัวเราสามารถเปรียบเทียบหาตรงเวลาใดก็ได้ตามต้องการ ไม่จำเป็นต้องใช้เลขหนึ่งอย่างเดียว ใช้ตัวเลขคู่ใดก็ได้ รหัส Pseudo Random ใน GPS ไม่ใช่ตัวเลขตามตัวอย่างที่กล่าวมาทั้งในดาวเทียมและเครื่องรับจะสร้างชุดรหัสเชิงตัวเลขที่ซับซ้อน การที่ต้องสร้างให้ซับซ้อนก็เพื่อสามารถนำรหัสทั้งสองมาเปรียบเทียบกันได้ง่ายและไม่วุ่นวายและยังมีเหตุผลทางวิชาการประกอบด้วย รหัสซ้ำซ้อนนี้ทำให้มองเห็นเหมือนคลื่นวิทยุที่ต่อเนื่องกันยาว ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงการคำนวณพิกัดดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 การได้เวลาที่ถูกต้อง

แสงเดินทางด้วยความเร็ว 186,000 ไมล์/วินาที จะเกิดอะไร ถ้าเครื่องรับนับเวลาคลาดไป 1/100 วินาที ผลคือการวัดเราจะผิดไปถึง 1,860 ไมล์ และเราจะรู้ได้อย่างไรว่าเครื่องรับและดาวเทียมได้สร้างรหัสตรงเวลาเดียวกันหรือไม่ ปัญหานี้สามารถอธิบายได้คือ ในดาวเทียมใช้นาฬิกาอะตอม ซึ่งจะให้เวลาที่ถูกต้อง ในดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาอะตอมนี้ติดตั้งอยู่ถึง 4 เครื่อง ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าจะต้องใช้เวลาจากนาฬิกาเครื่องใดเครื่องหนึ่งอย่างแน่นอน นาฬิกาอะตอมไม่ได้เดินด้วย พลังงานอะตอม ที่ให้ชื่ออะตอมเพราะว่าใช้การวัดจังหวะจากอนุภาคของสารเฉพาะ เหมือนเครื่องเคาะจังหวะ อะตอมนี้จะให้เวลาที่แน่นอนและถูกต้องที่สุดที่มนุษย์เราได้ประดิษฐ์มา ดังนั้นถ้านาฬิกาบอกเวลาเที่ยง 12.00 น. ก็หมายถึงเวลาเที่ยง 12.00 จริง โชคดีที่มีวิธีให้หาเวลาได้ถูกต้องใช้งานได้ทั้งที่เครื่องรับ GPS ติดนาฬิกาที่มีความถูกต้องธรรมดาเท่านั้น และวิธีนั้นก็คือ จะต้องทำงานวัดระยะจากดาวเทียม สำหรับกรณีนี้เพิ่มอีกหนึ่งดวงเพื่อใช้ในการปรับแก้เวลาของเครื่องรับที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นเพียงแนวคิดที่ธรรมดา เป็นฐานข้อมูลของการทำงานของเครื่อง GPS จะแสดงให้เห็นว่าการวัดระยะจากดาวเทียมเพิ่มอีกหนึ่งดวงช่วยได้อย่างไร

สมมติว่า นาฬิกาในเครื่องรับส่วนใหญ่เป็นควอทซ์ไม่เที่ยงตรงเท่ากับนาฬิกาอะตอม สมมตินาฬิกาเครื่องรับเดินช้า 1 วินาที ดังนั้นตัวเครื่องบอกเวลาเที่ยง เวลาจริงก็จะเป็น 12:00:01 น. ปกติเราใช้หน่วยวัดระยะไมล์หรือกิโลเมตร แต่เนื่องจากระยะทางคำนวณจากเวลา ดังนั้นจะใช้เวลาแทนระยะทาง ซึ่งจะช่วยให้เห็นความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาได้ชัดขึ้น สมมุติความจริงเราอยู่ห่างจากดาวเทียม A เป็นเวลา 4 วินาที และห่างจากดาวเทียม B เป็นเวลา 6 วินาที ในแบบรูปสองมิติ หาเส้นตัดกันได้ สมมุติตัดกันได้ X ดังนั้นที่ X คือตำแหน่งที่เราอยู่จริงซึ่งเราควรจะได้ ถ้านาฬิกาทำงานถูกต้อง แต่ถ้านาฬิกาเครื่องรับช้าไป 1 วินาที เครื่องรับก็จะบอกระยะจาก A 5 วินาที และระยะจากดาวเทียม B 7 วินาที และมีเส้นตัดกันที่จุด XX ดังนั้น ที่ XX ตำแหน่งที่เครื่องรับจะบอกเวลา และถ้าเราไม่มีวิธีที่จะรู้ว่าเครื่องรับเดินช้า ก็ต้องถือว่าตำแหน่งที่ได้ถูกต้องแล้ว แต่ระยะที่ได้อาจคลาดเคลื่อนเป็นกิโลเมตรก็ได้ และเราจะรู้ว่าไม่ถูกต้องก็เมื่อเราเดินตามที่เครื่องบอกแล้วจุดนั้นไม่ตรงกับความเป็นจริง เช่น เข้าไปในภูเขาหิน แต่ในการคำนวณจะไม่แสดงให้เรารู้ได้เลย ตามหลักวิชาตรีโกณเพื่อหาตำแหน่ง ต้องวัดระยะทางเพิ่มอีกหนึ่งเส้นตามรูปสองมิติที่แสดงเป็นระยะจากดาวเทียมเป็นดวงที่สาม สมมติว่าถ้าระยะจริงจากดาวเทียม C 8 วินาที จะเห็น วงกลมทั้งสามวงตัดกันตามรูป ต่อไปขอให้เราเพิ่มระยะทางของรัศมีแต่ละวงอีกหนึ่งวินาทีตามค่าช้าของนาฬิกาแสดงในรูปด้วยเส้นประจะเป็นระยะเทียม (Pseudo Range) ที่เกิดจากการที่นาฬิกาเดินช้า คำว่า Pseudo Range ที่ใช้ในวงกลม GPS เพื่อบอกว่าระยะนั้นยังมีค่าผิดพลาดอยู่ (ปกติค่าความผิดพลาดเกิดจากเวลา) จากภาพจะสังเกตเห็นว่าวงกลมจากดาวเทียม A ดาวเทียม B ตัดกันที่จุด XX แต่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลมจากดาวเทียม C จะไม่ตัดตรงจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงไม่มีจุดที่จะเกิดขึ้นได้จริง จากการที่ระยะห่างจากดาวเทียม A 5 วินาที ดาวเทียม B 7 วินาที และดาวเทียม C 9 วินาที ภายในเครื่องรับ GPS จะมีโปรแกรมที่จะนำเอาชุดของการวัดที่ไม่สมบูรณ์มาคำนวณ และหาค่าที่นาฬิกาเดินคลาดเคลื่อนมาปรับแก้ให้ถูกต้อง ดังนั้นคอมพิวเตอร์จะเริ่มทำการลบ (หรือบวก) เวลาให้กับทุก ๆ การวัดโดยเท่า ๆ กัน จนกว่าจะได้ค่าคำตอบที่ทุก ๆ ระยะมาตัดกันที่ตำแหน่งเดียวกัน ด้วยโปรแกรมก็จะพบว่าโดยการลบเวลาหนึ่งวินาทีออกจากระยะที่วัดได้ ก็จะทำให้วงกลมทั้งสามตัดกันที่จุดเดียวกัน จึงได้ว่านาฬิกาเดินช้าไป 1 วินาที ความจริงในการคำนวณหาคำตอบในคอมพิวเตอร์ใช้การหาจากสมการพีชคณิต 4 สมการ สำหรับหาค่าที่ต้องการรู้ 4 ค่านั่นเอง และก็จะได้ค่าที่ต้องแก้เวลาของนาฬิกาได้ แนวคิดก็เหมือนเดิมคือการที่รับสัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มอีกหนึ่งดวง สามารถขจัดความคลาดเคลื่อนของเวลาที่เกิดจากนาฬิกาเดินไม่ถูกต้องได้ การวัดหาค่าแบบ 3 มิติ ต้องการใช้ดาวเทียม 4 ดวง แบบ 3 มิติ ได้ค่าการวัดถึง 4 ค่าเพื่อจะได้กำจัดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพราะว่าเวลาทำงานจะต้องตรวจดูเวลาในตารางดาวเทียมเพื่อสามารถวัดหาตำแหน่งได้ถูกเวลานั้นต้องมีดาวเทียมขึ้นอยู่อย่างน้อย 4 ดวง ระบบ GPS เมื่อการปล่อยดาวเทียมครบถ้วนก็จะมีดาวเทียมใช้งานได้ 24 ดวง ดังนั้น จะมีดาวเทียมมากกว่า 4 ดวง บนท้องฟ้าเสมอทุกตำแหน่ง ตอนที่ดาวเทียม GPS ยังไม่ปล่อยให้ครบ บางคนใช้ GPS ผสมกับระบบอื่น ๆ เช่น ระบบ LORAN ซึ่งจะให้ความถูกต้องใกล้เคียงกับ GPS การทำเช่นนี้โดยการใช้ดาวเทียม GPS เป็นจุดบังคับให้

ระบบ LORAN การออกแบบเครื่องรับ GPS จะต้องทำให้สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้ 4 ดวงด้วย โดยมีหลักอยู่ว่า ถ้าต้องการให้เครื่องแสดงผลการวัดต่อเนื่องและเป็นแบบทันทีทันใด(Real Time) เครื่องรับต้องมีช่องรับสัญญาณ 4 ช่อง โดยช่องรับสัญญาณหนึ่งช่องจะรับสัญญาณจากดาวเทียมแยกแต่ละดวงจึงสามารถรับสัญญาณ 4 ดวงในเวลาพร้อมกันได้ ในการใช้งานบางครั้งก็ไม่ต้องการความถูกต้องและแสดงผลรวดเร็วทันที กรณีนี้ เรื่องรับสัญญาณช่องเดียวอาจเป็นการเพียงพอ เครื่องรับที่มีช่องรับสัญญาณช่องเดียวจะทำการรับดาวเทียม 4 ดวงได้โดยการจัดลำดับเรียงการรับสัญญาณจากดาวเทียมจนครบ 4 ดวง แล้วจึงนำค่ามาคำนวณผลเวลาที่ใช้ในการรับและการคำนวณนี้อาจใช้เวลาระหว่าง 2-30 วินาที ซึ่งในบางครั้งก็เร็วพอเพียงแล้ว แต่เครื่องรับประเภทนี้จะทำงานในการหาความเร็วได้ไม่ดี การใช้หาความเร็วเป็นการใช้ประโยชน์อย่างหนึ่งของเครื่อง GPS เครื่อง GPS สามารถแสดงความเร็วในการเดินทางได้ถูกต้องมาก และในขณะที่ทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมอยู่นั้น ถ้าเครื่องรับมีการเคลื่อนไหว เครื่องรับประเภท 1 ช่องสัญญาณมีผลทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้มาก ข้อเสียอีกประการหนึ่งของเครื่องรับสัญญาณช่องเดียวเกิดขึ้น เมื่อดาวเทียมส่งรายงานสภาพระบบ (System Condition Message) สำหรับการเปลี่ยนรับดาวเทียมดวงใหม่ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องใช้เวลาติดต่อถึง 30 วินาที ขณะนั้นจะทำให้เครื่องไม่สามารถทำงานคำนวณบอกทิศทางได้ ที่นิยมใช้ก็คือเครื่องรับที่มี 2 ช่องรับสัญญาณ ช่องหนึ่งจะทำการวัดคำนวณหาเวลา ในขณะที่อีกช่องหนึ่งพยายามจับคลื่นวิทยุจากดาวเทียมดวงต่อไปที่จะทำการวัด เมื่อช่องแรกวัดเสร็จก็สามารถเปลี่ยนไปรับสัญญาณดาวเทียมดวงใหม่ได้ทันทีโดยไม่ต้องเสียเวลาในการค้นหาและรับสัญญาณดาวเทียมอีกช่อง ที่สองจึงทำหน้าที่คล้ายกับผู้ดูแลทำความสะอาดบ้าน และค้นหาดาวเทียมดวงต่อไปที่จะรับสัญญาณต่อและเมื่อไม่ใช้สำหรับการจับดาวเทียม ช่องที่สองก็สามารถทำงานในการวัดหาเวลาได้เช่นเดียวกัน วิธีการสองช่องรับสัญญาณนี้ช่วยให้การรับสัญญาณเรียงดาวเทียมได้เร็วขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และวิธีนี้เครื่องสามารถแสดงตำแหน่งที่คำนวณได้เร็ว ซึ่งเรียกว่าการ Updating Position ประโยชน์อีกประการหนึ่งก็คือเครื่องรับสองช่องสามารถให้โปรแกรมรับดาวเทียมมากกว่า 4 ดวงก็ได้ ดังนั้น ในขณะทำงานบอกทางอาจมีดาวเทียมดวงหนึ่งดวงใดรับสัญญาณขาดหายไป ก็จะสามารถใช้ดาวเทียมนี้สำรองใช้แทนโดยไม่ให้การนำทางขาดตอน

ขั้นที่ 4 ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียมก่อน

ตามที่กล่าวมาทั้งหมดเราสมมติว่ารู้ตำแหน่งของดาวเทียมมาแล้ว จึงสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมขึ้นมาได้ แต่เราจะรู้ตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่สูงถึง 11,000 ไมล์ ได้อย่างไร ความสูงเช่นนี้จะไม่ทำให้มีคลื่นรหัสจากโลกไปรบกวนได้ วัตถุที่อยู่สูงขึ้นไปเช่นนี้ผ่านพ้นจากชั้นบรรยากาศของโลก หมายความว่าวงโคจรดาวเทียมรอบโลกแสดงได้ด้วยสมการคณิตศาสตร์ ธรรมดาเหมือนกับดวงจันทร์ที่หมุนรอบโลกเป็นเวลาล้าน ๆ ปี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดาวเทียม GPS เดินตามวงโคจรตามแนวที่กำหนดไว้แน่นอนกองทัพอากาศสหรัฐมีหน้าที่นำดาวเทียมเข้าสู่วงโคจรตามแผนที่กำหนดไว้ในโครงการ และเนื่องจากในอวกาศว่างเปล่าไม่มีแรงเสียดทาน ดาวเทียมก็จะโคจรอยู่ในวงที่แน่นอนตามกำหนด วงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว และเครื่องรับ GPS สามารถรับตารางดาวเทียม (Almanac) ไว้ในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ได้ ตารางดาวเทียมจะบอกได้ว่าในท้องฟ้าจะมีดาวเทียมดวงไหนขึ้นลงเวลาใดบ้าง มีการติดตามการโคจรของดาวเทียมทุกดวงอย่างสม่ำเสมอแน่นอน สมการวงโคจรของดาวเทียมจะต้องถูกต้องตามตัวเลขของมันเองอยู่แล้ว แต่เพื่อให้ทุกอย่างถูกต้องสมบูรณ์ กระทรวงกลาโหมสหรัฐจึงต้องทำการติดตามการโคจรของดาวเทียมทุกดวงอย่างสม่ำเสมอการที่ต้องติดตามดาวเทียมนี้เป็นเหตุผลหนึ่ง ที่ทำให้ต้องสร้างดาวเทียม GPS ให้หมุนเร็วกว่าการหมุนของโลก ดาวเทียมหมุนรอบโลกทุก 12 ชั่วโมง และจะโคจรผ่านสถานีติดตามดาวเทียมของ DoD วันละ 2 ครั้ง ซึ่งทำให้สถานีติดตามนี้สามารถวัดความสูง ตำแหน่งและความเร็วของดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง ความแปรเปลี่ยนของวงโคจรที่สถานีติดตามค้นหาก็คือค่าความคลาดเคลื่อนของอีฟีเมอริส (Ephemeris Error) ปกติจะมีขนาดน้อยมากโดยเกิดจากแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ และเกิดจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่มีต่อดาวเทียม เมื่อ DoD วัดหาตำแหน่งดาวเทียมได้ ค่าตำแหน่งใหม่นี้ก็จะถูกส่งกลับเข้าไปบันทึกไว้ในดาวเทียมอีก ดาวเทียมดวงนั้นก็จะส่งค่าแก้นี้พร้อมกับข่าวสารเวลาให้เครื่องรับ ข้อสำคัญคือ ดาวเทียม GPS ไม่เพียงแต่ส่งรหัส Pseudo Random สำหรับการหาเวลาเท่านั้น แต่ส่งข่าวสารข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของวงโคจรและค่าความสมบูรณ์ของระบบด้วยเครื่องรับ GPS ใช้ข่าวสารข้อมูลนี้ควบคู่กับข้อมูลตารางดาวเทียมในเครื่องรับ ในการคำนวณตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียม

ขั้นที่ 5 การช้าของสัญญาณในการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ

เราทราบแล้วว่าในระบบ GPS ได้จัดทำทุกส่วนให้ได้ความถูกต้อง เช่น ใช้นาฬิกาอะตอมในดาวเทียม และมีการวัดระยะเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งระยะเพื่อใช้ขจัดความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาในเครื่องรับ และข้อความส่งจากดาวเทียมจะมีรายงานค่าปรับแก้วงโคจรทุกนาที แต่ก็ยังมีสาเหตุของความคลาดเคลื่อนอีกสองสามประการที่กำจัดได้ยาก ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดเห็นได้ชัดที่สุด เกิดจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งเป็นชั้นของอนุภาคประจุไฟฟ้า อยู่สูงจากโลกระหว่าง 80-120 ไมล์ อนุภาคเหล่านี้มีผลต่อความเร็วของแสง และความเร็วของสัญญาณวิทยุจากดาวเทียม GPS เช่นกัน บางคนอาจคิดว่าความเร็วของแสงเป็นค่าคงที่อยู่ตลอดเวลา แต่แสงเดินทางด้วยความเร็วคงที่เมื่ออยู่ในสูญญากาศ ซึ่งอยู่ในชั้นอวกาศที่สูงมาก แต่เมื่อแสงหรือสัญญาณวิทยุเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่น เช่น ชั้นที่มีอนุภาคประจุไฟฟ้าที่หนาหลายไมล์ย่อมทำให้ความเร็วลดลงบ้าง และการที่คลื่นวิทยุเดินทางช้าลงนี้จะทำให้ระยะที่ได้ไม่ถูกต้อง ถ้าหากว่าใช้ความเร็วของแสงคงที่ มีสองวิธีที่จะใช้ลดความคลาดเคลื่อนของระยะทางจากการที่สัญญาณเดินทางช้า ทางที่หนึ่งเราต้องรู้ค่าความแปรเปลี่ยนเฉลี่ยรายวันตามสภาพบรรยากาศชั้นไอโอเฟียร์ความหนาแน่นปานกลางจึงสามารถนำมาเป็นค่าแก้กับทุกค่าที่วัดได้ ซึ่งได้ความถูกต้องสูงขึ้น แต่สภาพอากาศตามความเป็นจริงจะไม่คงที่ปานกลางตลอดเวลา ดังนั้น การนำค่าเฉลี่ยมาใช้จะไม่ถูกต้องทั้งหมด อีกทางหนึ่งโดยการวัดหาค่าความแปรความเร็วของสัญญาณวิทยุ โดยการวัดความเร็วสัมพัทธ์ของสัญญาณสองแบบที่ส่งมาจากดาวเทียมพร้อมกัน วิธีการนี้เป็นแขนงวิชาฟิสิกส์ที่ผู้ศึกษาจำนวนน้อยมีแนวคิดพื้นฐานดังนี้ เมื่อแสงผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์จะเดินทางช้าลงเป็นอัตราส่วนกลับกับความถี่ของสัญญาณยกกำลังสอง ถ้าความถี่ยิ่งต่ำการเดินทางจะยิ่งช้าลง วิธีนี้ใช้การเปรียบเทียบเวลาที่สัญญาณจาก GPS ที่มีความถี่ต่างกันเดินทางถึงเครื่องรับก็จะได้ค่าเวลาที่คลื่นเดินทางช้าไป วิธีการแก้แบบนี้มักใช้กับเครื่อง GPS ที่มีความละเอียดถูกต้องสูง ที่เรียกว่าเครื่องรับความถี่คู่ (Dual Frequency) จะช่วยขจัดค่าความคลาดเคลื่อนจากไอโอโนสเฟียร์ได้เป็นส่วนมาก หลังจากเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ซึ่งอยู่สูงกว่า ก็ถึงชั้นบรรยากาศโลกที่มีละอองไอน้ำในอากาศซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลต่อความเร็วของสัญญาณเช่นกัน ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนจึงเกิดเช่นเดียวกับที่เกิดในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ แต่ค่าคลาดเคลื่อนดังกล่าวยังไม่มีการปรับแก้ได้ซึ่งรวมอยู่ในค่าความคลาดเคลื่อนรวมของการบอกตำแหน่งโดยเครื่อง GPS เป็นระยะประมาณ 25 เมตรเท่านั้น ยังมีสาเหตุอื่นที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้อีก ได้แก่ ความเที่ยงของนาฬิกา นาฬิกาอะตอมในดาวเทียมที่ว่าถูกต้องมากแล้ว ก็ยังมีความคลาดเคลื่อนได้เหมือนกับ DoD ติดตามความเที่ยงของนาฬิกาอะตอมและทำการปรับแก้แต่ก็ยังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในความคลาดเคลื่อนรวมของเครื่อง GPS เช่นเดียวกัน เครื่องรับที่ตั้งอยู่บนพื้นดินก็มีส่วนทำให้ผิดพลาดได้เช่นกัน การคำนวณทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรมของเครื่องทำให้ต้องเลือกตัดค่าสังเกตบางค่าทิ้ง บางครั้งเมื่อถูกรบกวนด้วยคลื่นวิทยุ
อาจทำให้รหัส Psudo Random มีลักษณะผิดเพี้ยนทำให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำงานไม่ถูกต้อง ความคลาดเคลื่อนอาจมีขนาดเล็กมากหรือขนาดใหญ่มากก็ได้ ค่าที่ใหญ่ก็สามารถรู้ได้ง่ายกว่าเพราะเห็นได้ชัด แต่ถ้ามีค่าเล็กน้อยก็เป็นการยากที่จะหาได้พบ ความคลาดเคลื่อนแบบนี้มีผลทำให้การบอกตำแหน่งผิดไปประมาณ 0.5 - 1เมตร ความคลาดเคลื่อนอีกอย่างหนึ่งที่ได้เกิดจากดาวเทียมและเครื่องรับก็คือ Multipath Error ความคลาดเคลื่อนจากจำนวนเส้นทางที่มีมากกว่า 1 เส้นทาง เกิดจากการที่สัญญาณที่ส่งจากดาวเทียมตกกระทบไปยังวัตถุอื่นแล้วจึงสะท้อนเข้าเครื่องรับสัญญาณ ส่วนนี้ไม่เป็นสัญญาณจากดาวเทียมมีผลต่อการรับเหมือนกับที่เกิดกับการรับสัญญาณทีวีเช่นเดียวกัน คือทำให้เกิดภาพพร่าซ้อนให้เห็นบนจอ GPS รุ่นใหม่ ใช้วิธีการประมวลผลที่ดีขึ้น และการใช้เสาอากาศที่ป้องกันสัญญาณซ้อนได้ แต่ในบางครั้งถ้าเกิดรุนแรงมาก ก็จะมีผลต่อการวัด GPS ได้เหมือนกัน สาเหตุของการเกิดการคลาดเคลื่อนทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นผลทำให้การวัด GPS ไม่แน่นอน ซึ่งความหมายว่า แทนที่จะกล่าวว่าของอยู่ห่างไป 10 ฟุต (3.5 เมตร) พอดี ต้องกล่าวว่าของอยู่ห่างไป 10 ฟุต บวกหรือลงเศษหนึ่งส่วนสิบนิ้ว เป็นต้นหรือเปรียบเทียบให้เห็นได้อีกอย่างเช่นเหมือนกับเรากำลังใช้ไม้บรรทัดที่ปลายข้างที่ใช้วัดหักหรือลบไป ทำให้ไม่สามารถบอกระยะที่แน่นอนที่เดียวได้ แต่ยังดีที่มีค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมดรวมกันแล้วก็จะมีไม่มาก ผลการใช้ GPS จะบอกตำแหน่งได้ถูกต้องอยู่ในระยะไม่เกิน 25 เมตร และจะถูกต้องยิ่งขึ้นถ้าเครื่องรับคุณภาพดี เพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องที่ดีที่สุด เครื่องรับที่ดีจะใช้หลักการของวิชาเรขาคณิต ซึ่งเรียกว่า Geometric Dilution of Precision (GdoP)

GdoP เป็นค่าที่ชี้ให้เห็นความถูกต้องของตำแหน่งที่เครื่องรับ GPS แสดงให้เห็นโดยค่าตำแหน่งที่คำนวณได้มาจากการหาระยะจากดาวเทียมหลายดวง ลักษณะการประกอบรวมกลุ่มของดาวเทียมรูปเรขาคณิตหรือขนาดของมุมของดาวเทียมแต่ละดวงภายในกลุ่ม จะมีส่วนทำให้ความคลาดเคลื่อนเพิ่มหรือน้อยลงได้ เหมือนกับคนเล่นสนุกเกอร์ที่ต้องเลือกลูกที่มีมุมแทงลูกให้ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลุมได้ง่าย ซึ่งบางลูกอยู่ในมุมที่ดีแทงได้เต็มลูก บางลูกต้องแทงบางมากอาจผิดได้ ดูจากรูปจะเห็นว่าผลที่เกิดจาก GdoP ระยะที่วัดได้อยู่บนเส้นวงกลมที่ดาวเทียมเป็นจุดศูนย์กลาง และเนื่องจากระยะที่วัดได้มีขนาดไม่แน่นอนเส้นรอบวงจึงเป็นเส้นหนา เช่น ระยะแทนที่จะเป็น 10,000 ไมล์ ก็จะเป็นรัศมีระยะ 10,000 +/- 0.001 ไมล์ (9,999.999-10,000.001 ไมล์) ดังนั้นเวลาวาดเส้นรอบวงจะมีความกว้างเป็นแถบ ขนาด 0.002 ไมล์ ดังนั้น ตำแหน่ง X ที่เราเคยใช้เป็นแถบสี่เหลี่ยม "X" หรืออาจพูดได้ว่าเนื่องจากผลลัพธ์ไม่แน่นอนตำแหน่งจึงไม่อยู่เป็นจุด แต่จะอยู่ในที่หนึ่งที่ใดก็ได้ในแถบสี่เหลี่ยมนี้ ดังนั้น GDoP จะได้มาจากมุมระหว่างดาวเทียมที่จะทำให้เกิดรูปแถบสี่เหลี่ยมขึ้น รูปสี่เหลี่ยมที่เกิดขึ้นอาจสวยงามดีได้ฉาก หรือยืดยาวและโตก็ได้ สรุปได้ว่าถ้าจะให้ได้ผลดีควรจะเลือกวัดจากกลุ่มดาวเทียมที่มุมระหว่างดาวเทียมมีขนาดโต ด้วยเหตุนี้ในเครื่องรับ GPS จะมีโปรแกรมให้วิเคราะห์ตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่บนท้องฟ้า และเลือกวัดจากชุดดาวเทียม 4 ดวง ที่มีค่า GdoP ดีที่สุด ในเครื่องรับประเภทละเอียดก็จะเลือกวัดจากดาวเทียมที่เห็นในท้องฟ้าขณะนั้น โดยวิธีนี้จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนจาก GdoP เหลือน้อยที่สุด

รหัสสุ่มเทียม (Pseudo Random Code)

ท่านอาจมีข้อสงสัยว่าทำไมต้องใช้รหัส Pseudo Random ทำไมไม่รับสัญญาณวิทยุธรรมดา เช่น ดาวเทียม TV เป็นความจริงที่แนวคิดการสร้างรหัส Pseudo Random เป็นเรื่องปกปิดรู้เฉพาะไม่กี่คน แต่ระบบนี้ก็ช่วยให้ระบบ GPS ทำงานได้ผลและราคาไม่แพง ซึ่งต่อไปท่านพูดได้ว่า โดยการใช้รหัส Pseudo Random จะทำให้ GPS กลายเป็นเครื่องใช้ทั่วไปที่ทุกคนใช้ได้

ก่อนหน้านี้ได้กล่าวถึงการทำงานโดยการใช้รหัส Pseudo Random มาแล้ว เครื่อง GPS สามารถหาเวลาที่ต่างกันระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียมได้อย่างไร แต่นั่นเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น เหตุผลที่สร้าง Pseudo Random code ก็คือการประหยัด จะเปรียบเทียบให้เห็นชัดต้องดูจากดาวเทียมทีวี ซึ่งกระจายเสียงด้วยสัญญาณกำลังแรงดีมาก แต่ส่วนเครื่องรับบนโลกยังต้องใช้จานรับดาวเทียมทรงโค้งกลมขนาดใหญ่ ลองนึกดูถ้า GPS ต้องใช้จานรับแบบเดียวกันจะต้องมีความเทอะทะขนาดไหน และยิ่งกว่านั้นดาวเทียมทีวีหยุดนิ่งบนท้องฟ้า แต่ดาวเทียม GPS โคจร ซึ่งต้องรับโดยหมุนไปหาตำแหน่งดาวเทียมทั้ง 4 ดวง จะต้องเป็นที่ยุ่งยากมากขึ้น

การใช้ Pseudo Random ช่วยให้ลดความจำเป็นอื่นทั้งหมดในการส่งข้อมูล ดังนั้นการส่งสัญญาณ GPS จึงกินกำลังไฟน้อย และสัญญาณ GPS อ่อนมากที่ไม่รับเอาสัญญาณวิทยุรบกวนอื่น สัญญาณวิทยุรบกวนอื่นเกิดขึ้นเป็นคลื่นไม่เป็นรูปแบบ รหัส Pseudo Random ดูก็คล้ายคลื่นวิทยุรบกวนนี้มาก แต่มีข้อแตกต่างที่สำคัญคือ เรารู้รูปร่างของคลื่นแล้ว ถ้าหากว่านำเอาคลื่น Pseudo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Random ไปเปรียบเข้ากับคลื่นวิทยุรบกวน การเปรียบเทียบจะแบ่งคลื่นออกเป็นช่วงเวลา ตามรูปให้ส่วนที่เหมือนกันเป็น "X" จะเห็นตามตัวอย่างจากที่คลื่นไม่มีรูปแบบแบบสุ่มโอกาสที่เกิดขึ้นได้เหมือนกันประมาณครึ่งหนึ่ง ถ้าเราให้ค่าคลื่นที่เหมือนกันเป็น 1 และที่ไม่เหมือนกันเป็น -1 จะพบว่าหลังจากเปรียบเทียบนาน ๆ จะได้ค่าสุดท้ายเป็น 0 แต่ถ้า GPS เริ่มส่งสัญญาณเข้าเครื่องรับที่มีรูปแบบเหมือนกับ Pseudo Random สัญญาณนี้ถึงแม้จะอ่อน จะถูกทำให้แรงขึ้นแล้วนำมาเปรียบเทียบกันได้และถ้าเราเลื่อนรหัสที่ส่งจากดาวเทียม เราก็จะได้คลื่นที่เข้ากันได้มากขึ้นและคะแนนก็จะมากขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งเปรียบเทียบนานตัวเลขจะเพิ่มมากขึ้นและจากที่ผลการเปรียบเทียบให้ผลตรงกันข้ามคลื่นวิทยุรบกวนซึ่งจะมีค่าเกือบศูนย์ ช่วงเวลานี้จะส่งกำลังขยายให้แก่สัญญาณดาวเทียมมากขึ้นเป็นพันเท่า รหัส Pseudo Random ช่วยให้เราจับสัญญาณที่อ่อนมากได้ ซึ่งหมายถึงในเครื่อง GPS ไม่ต้องใช้ไฟมาก และมีวิธีการเพิ่มความแรงสัญญาณ เครื่องรับจึงใช้เสาอากาศขนาดเล็กได้ ทำไมดาวเทียมอื่นไม่ใช้วิธีการนี้ ดาวเทียมทั่วไปต้องมีจานรับขนาดใหญ่มากติดตามบ้านที่เห็นทั่วไป ทั้งนี้เพราะสัญญาณ GPS มีข้อมูลน้อย ต้องการเพียงให้หาเวลาได้เท่านั้น ตรงกันข้ามกับสัญญาณทีวีที่ข้อมูลมาก หรือถ้าพูดเชิงวิชาการก็ต้องว่าเป็นสัญญาณที่มีแถบกว้างสูงมาก หลักการของ Pseudo Random Code มีการทำงานในการเปรียบเทียบสัญญาณเหมือนกันหลาย ๆ รอบ การเปรียบเทียบนี้จะทำให้ช้าเมื่อเทียบกับแบบที่ต้องใช้สัญญาณทีวี ดังนั้นวิธีการ GPS จึงนำมาใช้กับดาวเทียม TV ไม่ได้

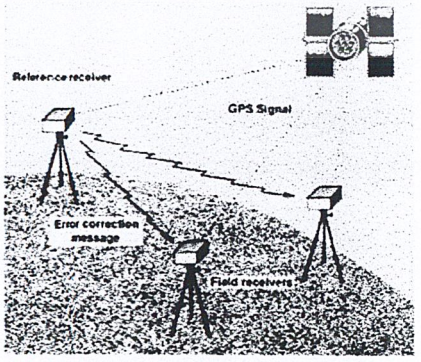
ยังมีเหตุผลอื่นอีกสองข้อของการใช้รหัส Pseudo Random ข้อหนึ่งคือในเวลาสงคราม DoD สามารถควบคุมไม่ให้ศัตรูใช้ระบบนี้ได้ ถึงแม้เวลาปกติ DoD ยังคงเป็นผู้พิเศษในการควบคุมระบบอยู่ดี รหัส Pseudo Random มี 2 แบบ คือ C/A code และ P-code ดังนั้น บางคนจึงคิดว่า C/A code นี่ถูกต้องน้อยกว่า P-code รหัส P-code เก็บไว้ใช้เฉพาะทางราชการทหารและ P-code นี้จะไม่เกิดการติดขัด

DoD ยังสามารถลดความถูกต้องของ C/A code ได้ การทำโดยมาตรการ Selective Availibility หรือ S/A วิธี S/A ที่สำคัญก็คือการทำให้นาฬิกาดาวเทียมบอกเวลาคลาดเคลื่อน ถ้าใครนำเวลานี้ไปใช้ก็จะได้ตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนมาก ประโยชน์อีกข้อของ Pseudo Random คือ ดาวเทียมทุกดวงสามารถใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้ โดยไม่เกิดการรบกวนต่อกัน ดาวเทียมแต่ละดวงจะมี Pseudo Random code เป็นของเฉพาะตัว ดังนั้นเวลาเครื่องรับนำรหัสมาใช้ต้องให้ถูกตามหมายเลขดาวเทียมนั้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดด้วยวิธีอนุพันธ์ (Differential)

GPS เป็นเครื่องมือทำหน้าที่แสดงพิกัดบนโลกเราที่ถูกต้องที่สุดที่เคยมีมา แต่ยังมีวิธีการทำให้ถูกต้องได้ยิ่งขึ้นอีกโดยการใช้วิธีที่เรียกว่า "Differential GPS" แบบนี้จะทำให้ได้ความถูกต้องที่ดีกว่าหนึ่งเมตร และเป็นการนำเครื่อง GPS ไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีกด้วย GPS สำหรับการสำรวจรังวัด ช่างสำรวจได้ใช้ GPS มาเป็นเวลาหลายปีแล้วสำหรับการคำนวณหาตำแหน่งที่ถูกต้องเป็นเซนติเมตร วิธีการนี้เป็นส่วนที่ใช้วิธี Differential การวัดให้ความ ถูกต้องละเอียดมากนี้ จะต้องตั้งเครื่องเก็บข้อมูล GPS ที่สถานีเป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที จะต้องรู้ค่าจุดอ้างอิงหรือ Reference Point และใช้ซอฟแวร์คำนวณงาน การใช้ GPS ทำงานสะดวกและประหยัดช่างสำรวจคนเดียวสามารถทำงานที่ต้องใช้คนหลาย ๆ คน ได้ในเวลาเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการรังวัดแบบเดิม ไม่ต้องปีนเขาสูงที่เป็นที่ตั้งของหมุดในโครงข่ายสามเหลี่ยมเพื่อการส่องกล้องเล็งแนวให้ได้ระยะห่างไกล ๆ อีกต่อไป วิธีการรังวัดด้วย GPS แบบใหม่ ที่เรียกว่า Kinematics ซึ่งอยู่ในระหว่างการพัฒนาจะทำให้การทำงานเป็นแบบอัตโนมัติมากขึ้น ช่างสำรวจต้องทำเพียงเดินไปยังจุดที่ต้องการวัด แล้วกดปุ่มเท่านั้น เครื่อง GPS ก็จะบันทึกตำแหน่งที่วัดที่แน่นอนได้ เคล็ดลับของการที่ให้ความถูกต้องสูงนี้มีพื้นฐานมาจากแนวคิดที่เราวางเครื่อง GPS เครื่องหนึ่งไว้ที่จุดที่รู้ตำแหน่งบนโลกแล้ว (Reference Point) เราสามารถที่จะหาค่าความคลาดเคลื่อนของค่าตำแหน่งที่ได้จากดาวเทียมได้แน่นอน ดังนั้นที่จุดนี้ GPS ทำหน้าที่เหมือนจุดอ้างอิง และสามารถใช้ค่าปรับแก้เดียวกันนี้กับเครื่อง GPS ตัวอื่นที่อยู่บริเวณเดียวกันได้และสามารถนำไปใช้เป็นค่าแก้สำหรับการคำนวณตำแหน่งใช้เช่นเดียวกัน แนวคิดนี้ใช้การได้เพราะดาวเทียมอยู่สูงมากที่ค่าความคลาดเคลื่อนที่รับได้ในเครื่องรับเครื่องหนึ่งจะมีค่าเท่ากับค่าความคลาดเคลื่อนในเครื่องอื่นที่อยู่บริเวณเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณของดาวเทียมเป็นสัญญาณที่ธรรมดา ค่าตัวคงที่ตัวเดียวก็จะมีผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดสาเหตุอื่นไม่ว่าเกิดจากนาฬิกาเครื่องรับ นาฬิกาดาวเทียม ตำแหน่งดาวเทียมหรือการที่สัญญาณเดินทางเข้าไปในชั้นบรรยากาศ



รูปที่ 2.18 แสดงหลักการของ DGPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานผลคลาดเคลื่อนของเครื่องที่จุดอ้างอิงถูกส่งไปยังเครื่องรับอื่นได้ 2 รูปแบบ คือ วิธีการหนึ่งก็คือการส่งด้วยวิธีผ่านวิทยุหรือระบบสื่อสารไปที่เครื่องรับ แล้วให้คอมพิวเตอร์ประมวลตามความคลาดเคลื่อนที่จุดอ้างอิง เครื่องนั้นก็จะคำนวณหาตำแหน่งที่ถูกต้องได้ อีกวิธีหนึ่งโดยการเปลี่ยนเครื่องที่จุดอ้างอิงให้เป็นเหมือนดาวเทียมที่ส่งสัญญาณออกได้แบบเดียวกับดาวเทียมโดยการใช้ Pseudo Random Code แต่จะมีข้อมูลค่าแก้ไนข่าวสารด้วย เครื่องรับที่จุดอื่นก็จะรับคลื่นจากดาวเทียมนี้ด้วยช่องรับสัญญาณที่ว่างอยู่ และนำไปแก้โดยวิธีเดียวกับที่ใช้แก้ค่าของอีฟีเมอริสที่รับได้จากดาวเทียมจริง ระบบนี้จะไม่มีข้อเสียในเรื่องสัญญาณรบกวน ซึ่งมีสภาวะการณ์เช่นเดียวกับที่การรับสัญญาณจากดาวเทียมจริง

เครื่องรับแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เครื่องประเภทที่สามารถรับดาวเทียมได้ 4 ดวง หรือมากกว่าได้พร้อมกันทีเดียว กับเครื่องที่มีการรับดาวเทียมโดยการเรียงลำดับ และแต่ละกลุ่มยังแบ่งย่อยได้อีกคือ

1. เครื่องรับแบบเรียงลำดับสัญญาณดาวเทียม ปกติเครื่องรับ GPS จะต้องมีข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง จึงสามารถคำนวณหาตำแหน่งที่ได้ เครื่องรับที่ใช้เรียงลำดับใช้ช่องรับสัญญาณเพียงช่องเดียว รับข้อมูลจากดาวเทียมดวงหนึ่งระยะหนึ่งแล้วเปลี่ยนไปยังอีกดวงหนึ่ง เครื่องประเภทนี้จะมีแผงวงจรเล็ก ดังนั้นจึงมีราคาถูกกว่าและใช้กำลังน้อยกว่า ข้อเสียของการเรียงลำดับสัญญาณอาจเกิดขาดตอนและทำให้มีผลต่อความถูกต้องของผลที่ได้ ในกลุ่มนี้จะมี "Starved Power" Single-Channel Receivers, Two Chanel Receivers, และเครื่องแบบเก่า Fast-Multiplexing Single Receivers

1.1 Starved-Power Single Receivers เครื่องแบบนี้ออกแบบให้พกพาได้และสามารถ ทำงานได้ด้วยถ่านไฟฉายขนาดเล็ก การจำกัดการใช้กระแสไฟโดยให้ปิดการทำงานตัวเองโดยอัตโนมัติ เมื่อแสดงตำแหน่งครั้งสองครั้งใน 1 นาที เหมาะสำหรับใช้งานบอกตำแหน่งส่วนตัว เช่น นักไต่เขาหรือแล่นเรือในเวลากลางวัน โดยไม่ต้องมีถ่านไฟฉายหลายก้อน นับว่าเป็นเครื่องที่ใช้การได้ สามารถให้ความถูกต้องที่ดีกว่าระบบ LORAN และทำงานได้ทุกที่บนโลก ข้อเสีย คือ ความถูกต้องของ GPS ไม่ดี และต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นไม่ได้ และไม่ สามารถใช้วัดหาความเร็วได้ การที่หาความเร็วไม่ได้เนื่องจากต้องปิดเครื่องเองในระหว่างการวัด เพราะว่าเครื่องใช้แผงวงจรนาฬิกาที่กินไฟน้อย (นาฬิกาจะต้องเดินอยู่ตลอดเวลา) นาฬิกาที่ใช้จึงไม่ให้ความถูกต้องเท่าที่ควร

1.2 Single Channel Receivers เหมือนกับแบบค่าข้างบน เป็นเครื่องรับสัญญาณห้องเดียวใช้ทำงานหาระยะจากดาวเทียมทุกดวง แต่ที่ไม่เหมือนคือเครื่องรับช่องเดียวแบบมาตรฐานไม่จำกัดที่กำลังไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงทำการรับต่อเนื่องได้ มีผลทำให้ความถูกต้องสูงกว่า และใช้วัดหาความเร็วได้ จากที่มีเพียงช่องเดียวที่ต้องใช้ทั้งการรับข้อมูลดาวเทียมและคำนวณหาระยะ จึงไม่สามารถหาตำแหน่งต่อเนื่องได้ ยิ่งกว่านั้นตามเหตุผลของวิชาการ ความไม่เที่ยงตรงของนาฬิกามีผลโดยตรงต่อความถูกต้องของการวัดหาความเร็ว เครื่องราคาถูกบางชนิดใช้นาฬิการาคาถูกเพื่อให้ราคาเครื่องลดลง จึงทำให้ค่าความเร็วที่แสดงมาเชื่อถือไม่ได้

1.3 Fast-Multiplexing Single Receivers เครื่องประเภทนี้เหมือนกับเครื่องทั้งสองประเภทข้างบนซึ่งรับช้า แต่เครื่องรับนี้สามารถเปลี่ยนดาวเทียมได้เร็วกว่ามาก ข้อดี คือ สามารถทำการวัดได้ในขณะที่กำลังรับข้อมูลจากดาวเทียม ดังนั้นเครื่องทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และการที่มีนาฬิกาไม่เที่ยงจึงมีผลต่อเครื่องประเภทนี้น้อย เครื่องแบบนี้ต้องการใช้แผงวงจรที่ค่อนข้างซับซ้อนและราคาพอ ๆ กับเครื่องแบบสองช่องรับสัญญาณที่ใช้เครื่องซึ่งให้ความถูกต้องสูงกว่าและมีลักษณะการยืดหยุ่นการใช้งานได้ดีกว่า

1.4 Two-Channel Sequencing Receivers การเพิ่มช่องรับสัญญาณขึ้นอีกหนึ่งช่องช่วยให้เครื่องเพิ่มขีดความสามารถขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ข้อหนึ่งความแรงสัญญาณ Signal-to-Noise เป็นสองเท่าทันที หมายถึงสามารถจับสัญญาณภายใต้สภาวะที่ไม่ดีได้และสามารถรับดาวเทียมดวงที่อยู่ระดับต่ำใกล้เส้นขอบฟ้าได้ จากการที่ช่องหนึ่งสามารถรับข้อมูลตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้ในขณะที่อีกช่องหนึ่งค้นหาดาวเทียมดวงต่อไป เครื่องแบบสองช่องนี้จะทำงานแบบนำร่องได้โดยไม่ต้องมีการขาดตอน และความเร็วก็จะมีค่าที่ถูกต้องขึ้น ความจริงเครื่องรับสองช่องที่มีคุณภาพดีก็สามารถใช้คำนวณหาและตัดค่าที่เวลาของนาฬิกาเครื่องรับไม่ดีทิ้งเพื่อใช้ในการวัดหาความเร็ว ข้อเสียของเครื่องแบบสองช่องคือ มีราคาสูงกว่าและกินไฟมากกว่า ในเครื่องรับรุ่นใหม่บ้างก็มักใช้แบบ IC ที่สามารถเพิ่มช่องรับสัญญาณที่สองในราคาที่ไม่ต่างกับราคานาฬิกาดี ๆ หนึ่งเรือน แต่กระนั้นเครื่องแบบสองช่องยังมีราคาแพงกว่าเครื่องแบบช่องเดียวมาก ทั้งนี้ เนื่องจากผู้ใช้สองช่องมักต้องการความถูกต้อง และต้องการเครื่องที่แข็งแรงและสามารถควบคุมสังเกตการณ์แสดงผลที่ดีกว่า

2. Continuous Receivers ได้แก่ เครื่องรับที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันได้ตั้งแต่ 4 ดวงขึ้นไป และสามารถแสดงผลค่าตำแหน่งและความเร็วได้ทันที การรับดาวเทียมได้ทั้ง 4 ดวง พร้อมกับที่มีค่าในการวัดหาในขณะที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งรวดเร็วหรือต้องการความถูกต้องสูง ดังนั้นเครื่องแบบนี้จึงนำมาใช้ในงานรังวัดและทางด้านวิทยุ ซึ่งจะพบว่าจะมีช่องรับสัญญาณทั้ง 4,5,8 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 12 ช่อง นอกจากข้อดีที่ใช้วัดตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้แล้ว เครื่องรับ GPS แบบหลายช่อง สามารถช่วยขจัดปัญหา GDoP ได้อีกด้วย คือ แทนที่จะรับดาวเทียม 4 ดวงใดก็ได้ จะคำนวณหาค่า GDoP ดาวเทียม 4 ดวงของกลุ่มดาวเทียมที่ขึ้นอยู่ และทำการวัดจากดาวกลุ่มที่มีค่า GDoP ต่ำสุด เครื่องรับ 4 ช่องสัญญาณ สามารถให้ค่า Signal to Noise Ratio เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของเครื่อง 2 ช่อง และเป็นสี่เท่าของเครื่องรับแบบช่องเดียว และโดยการเปรียบเทียบค่าการรับของแต่ละช่อง เครื่องสามารถปรับตั้งค่าพิกัดเทียมระหว่างช่องรับสัญญาณ ซึ่งช่วยทำให้การวัดมีความถูกต้องดีขึ้น นอกเหนือจากข้อดี ข้อเสียที่กล่าวแล้ว ยังมีข้ออื่นมาพิจารณาอีกคือ มีเครื่องแบบใหม่สามารถได้ค่าความถูกต้องสูงมาก โดยการใช้ทั้งรหัส Pseudo Random ที่กล่าวมาแล้ว และใช้ความถี่ของคลื่นพาห์ (Carrier Frequency) ซึ่งทำให้เครื่องรับทำงานมีความเที่ยงสูง ที่รหัส Pseudo Random ไม่สามารถให้ได้ และใช้ในการวัดหาเวลาได้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งช่วยในการบอกตำแหน่งได้ดีขึ้นด้วย และมีบางเครื่องที่ไม่ต้องใส่ค่าประมาณตำแหน่งและเวลา โดยประมาณให้เครื่องก่อนทำการวัด เครื่องรับแบบนี้ใช้ตัวเองใส่ค่าเริ่มตำแหน่งได้โดยตัวมันเอง ข้อที่ควรพิจารณา คือ การต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นและความสะดวกบางเครื่องแสดงได้เฉพาะพิกัดภูมิศาสตร์ บางเครื่องไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องมืออื่นหรือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (PC) ได้ และข้อใหญ่ที่ต้องพิจารณา ความแข็งแรงทนทานถ้าต้องใช้เครื่องทำงานในพื้นที่ทะเล หรือในพื้นที่ป่าเขา การใช้ไฟและความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นตัวชี้สำคัญที่จะต้องเอาใจใส่ ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าอัตราของค่าความผิดพลาดจะเพิ่มเป็นสองเท่าของความร้อนในเครื่องเพิ่มทุก 7 องศาฟาเรนไฮต์ เครื่องรับรุ่นใหม่ปัจจุบันได้เพิ่มคุณค่าให้แก่เครื่องรับ GPS อีกหลายประการ เช่น ใช้การประมวลผลที่ซับซ้อน แสดงผลด้วยจอภาพรายละเอียด เครื่องรับ GPS อาจแสดงจุดตำแหน่งบนแผนที่ที่ได้วาดไว้แล้วให้เห็นทันที

2.16 NMEA 0183 (National Marine Electronics Association)

ในปี ค.ศ. 1980 ได้มีการประชุมกันระหว่างกลุ่มของผู้ผลิตเพื่อสร้างมาตรฐานของภาษาหรือมาตรฐานการติดต่อระหว่างการเดินเรือขึ้น ผลที่ได้คือเกิดข้อตกลงที่ชัดเจน **National Marine Electronics Association 0182** ขึ้น และต่อมาก็ได้มีการพัฒนามาเรื่อยๆจนถึงปัจจุบันโดยมาตรฐานนี้การรับส่งข้อมูลจากระหัสที่ส่งมาในที่นี้เราเรียกว่าประโยค(Sentences) ในประโยคหนึ่งนี้จะมีการเริ่มต้นด้วยเครื่องหมาย “$” และจบด้วยจบการเครื่องหมาย”()” ในประโยคหนึ่งจะบอกรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับข้อมูลและทิศทาง ในมาตรฐานการรับส่งนี้จะมีการกระทำ 2 แบบคือ การ Talkers หรือการส่งข้อมูล และการListeners คือการรับข้อมูลซึ่งเป็นการรับส่งข้อมูลทางเดียวตัวอย่างของการรับส่งดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$LCGLL,4001.74,N,07409.43,W<CR<LF

ความหมายของประโยคนี้คือ LC คือ Loran-C GLLคือการแสดงพิกัดในรูปแบบLAT/LON คือเป็นละติจูดและลองติจูดนั่นเอง จากข้อมูลที่ได้คือ 40องศา กับ 1.74ลิปดา N คือ เหนือ 74 องศา กับ 9.43 ลิปดา Wคือตะวันตกดังนั้นตำแหน่งนี้คือ 40องศาเหนือ1.74ลิปดา 74องศาใต้ 9.43ลิปดา ซึ่งระบบ GLLนี้ประโยคจะเป็นเช่นนี้ตลอดยังมีประโยคอีกที่ทางบริษัทต่างๆพัฒนาเพื่อใช้งานในรูปแบบของตนเองทั้งนี้ก็เป็นไปตามมาตรฐาน NMEA 0183ทั้งสิ้น ซึ่งมาตรฐานการรับส่งนี้จะใช้ความเร็วในการส่ง 4800 บิตต่อวินาที ตัวที่เรียกว่า Talkers ID คืออุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลมาให้ซึ่งจะแสดงตัวว่าเป็นเครื่องชนิดใดด้วยดังตัวอย่าง

GP Global Positioning System receiver

LC Loran- C receiver

OM Omega Navigation receiver

II Integrated Instrumentation เป็นต้น

2.17 โปรแกรมภาษา Visual Basic

ในปัจจุบันระบบปฏิบัติการ (Operating System) ในลักษณะของ Windows ได้เข้ามาแทนที่ระบบปฏิบัติการในลักษณะเดิม ซึ่งส่วนใหญ่ที่นิยมใช้กันอยู่คือ MS-DOS Windows ได้ทำการเปลี่ยนรูปแบบของคอมพิวเตอร์ ให้มีความสามารถ มากกว่าการเป็นเพียงคอมพิวเตอร์ ส่วนบุคคล ด้วยการเพิ่ม ความสามารถทางด้านการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ และผู้ใช้ ซึ่งเรียกว่า “ User Interface ” เข้าไป โดยทำให้คอมพิวเตอร์มีการใช้งานที่ง่ายขึ้น (User Friendly) มากขึ้น ด้วยการพัฒนาโปรแกรมต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบของ Graphic User Interface (GUI) ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบของโปรแกรมในลักษณะเดิมที่ใช้งานบน MS – DOS แต่เดิมการแสดงผลจะอยู่ในรูปแบบของตัวอักษร ซึ่งค่อนข้างมีข้อจำกัด โดยเฉพาะรูปแบบของแต่ละคำสั่งให้ถูกต้องแม่นยำ จึงจะใช้งานโปรแกรมนั้นๆ ได้เป็นอย่างดี

2.17.1 สาเหตุที่เลือกใช้โปรแกรม Visual Basic

สามารถใช้ Visual Basic สร้างโปรแกรมบน Windows โดยอาศัยการออกแบบโปรแกรมในลักษณะ Visualize ซึ่งใช้ในการกำหนดตำแหน่งของ Object เหล่านี้ จะเลื่อนไปตามเหตุการณ์ (Event) ต่างๆ ที่เกิดขึ้นเช่การเคลื่อนเม้าส์ หรือการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด ในการกำหนดขั้นตอนการทำงาน ให้กับ Object ภายใต้ Event ใด ๆ จะใช้ภาษา Basic เข้ามาช่วยในการเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การพัฒนาโปรแกรมบน Windows โดยใช้ Visual Basic มีความง่ายและสะดวกในการใช้งานรวมทั้งมีขั้นตอนน้อย เพียงแต่เลือก Form และ Control ที่เหมาะสมแล้ววาดลงบนจอภาพ เพื่อใช้ติดต่อกับผู้ใช้ จากนั้นจึงทำการเขียนภาษา Basic เพื่อสร้างโปรแกรมบน Windows ได้

นอกจากนั้นแล้ว Visual Basic ยังใช้ได้ตั้งแต่ User ระดับต้น เพื่อสร้างโปรแกรมง่าย ๆ บน Windows หรือ โปรแกรมเมอร์ ระดับกลางที่จะเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ของ Visual Basic ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนสามารถใช้ Object Linking and Embedding (OLE) และ Windows Application ในระดับสูง

Visual Basic ใน version 6.0 ได้ถูกเพิ่มเติมความสามารถซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

หัวข้อ	ความสามารถ
Native Code Compiler	เพิ่มความเร็วให้แอพพลิเคชั่นที่สร้างขึ้นมากกว่าเดิมทั้งแอพพลิเคชันธรรมดา และแอพพลิเคชันแบบ Client / Server
สนับสนุน ADO และ OLE DB	สนับสนุนการใช้งานร่วมกับฐานข้อมูลอื่นๆ เช่นแหล่งข้อมูลในอินเตอร์เน็ต พร้อมจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ
Integrated Enterprise Visual Database Tools	มีเครื่องมือเสริมการทำงานที่เน้นด้านฐานข้อมูลมากเป็นพิเศษ เหมาะสำหรับแอพพลิเคชันฐานข้อมูลทางธุรกิจ
Data Environment Designer	สร้างสภาวะแวดล้อมการทำงานกับแหล่งข้อมูลทั้งที่อยู่ในฐานข้อมูล และในอินเตอร์เน็ต
Data Report Designer	สร้างรายงานได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย
สร้างแอพพลิเคชันฐานข้อมูล กับ MS SQL Server	พร้อมสร้างแอพลิเคชันเพื่อใช้งาน และทดสอบกับระบบจัดการฐานข้อมูล MS SQL Server version 6.5 ,7.0
สร้าง DHTML และ llS Application	เราสามารถสร้างแอพพลิเคชั่นอินเตอร์เน็ต/อินทราเน็ต ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้งานร่วมกับเทคโนโลยี จัดการเว็บเซิร์ฟเวอร์อย่าง ASP , CGI
เครื่องมือเสริมการทำงานต่าง ๆ	VB 6.0 มาพร้อมกับเครื่องมือเสริมการทำงานจำนวนมาก ทั้งที่เป็นโปรแกรมอิสระ และมีวิซาร์ดต่าง ๆในตัวมันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

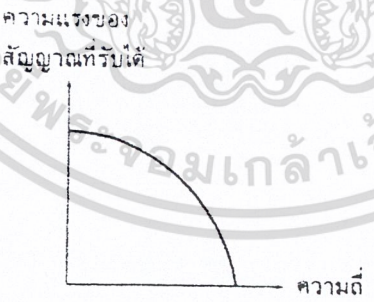
2.18 สายอากาศของระบบวิทยุ

ในระบบวิทยุ สายอากาศทั้งภาครับ และภาคส่ง นับเป็นกุญแจสำคัญอย่างยิ่งในส่วนของการเชื่อมต่อระหว่างสถานีฐาน และเครื่องลูกข่าย สำหรับการสื่อสารสองทิศทางโดยทั่วไป สถานีสื่อสารแต่ละแห่ง จะต้องสามารถรับส่งสัญญาณ ระหว่างกันได้โดยใช้สายอากาศเพียงตัวเดียว ต่อสถานีทำหน้าที่ทั้งรับ และส่ง

การออกแบบและติดตั้งสายอากาศ สำหรับวงจรรับส่งที่สถานีฐานค่อนข้าง จะเป็นเรื่องง่ายกว่า เนื่องจากตำแหน่งของสถานีฐานย่อมคงที่แน่นอน ผู้ออกแบบสามารถวางตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมต่อการรับส่งสัญญาณ ได้ในระยะไกล และอาจจะตรวจสอบทิศทางของการพร่กระจายของคลื่นให้ถูกต้องด้วย และสัญญาณในแต่ละทิศทางมาถึงตัวเครื่องในช่วงเวลาที่ต่างกัน ส่งผลให้เกิดความผิดเพี้ยนของสัญญาณ (Distortion)

2.18.1 ระบบสายส่ง

พฤติกรรมการตอบสนองต่อความถี่ของสายส่ง เมื่อความถี่ใช้งานสูงขึ้นจะเป็นไปในลักษณะของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ความถี่คัตออฟของวงจรถูกกำหนด โดยค่าพารามิเตอร์ของสายส่ง โดยทั่วไปจะใช้วงจรแทนสายส่งด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน คือ ความต้านทาน ความเหนี่ยวนำ ความถี่ไฟฟ้า และการรั่วไหล (ความต้านทานของฉนวน) สำหรับสายส่งทั่วไปจะพฤติกรรมของวงจรอนุกรมของสมมูล ดังกล่าวต่อเรียงกันไปตลอดความยาวสาย



รูปที่ 2.19 แสดงคุณสมบัติของสายส่งที่เหมือนกับวงจรกรองความถี่สูง

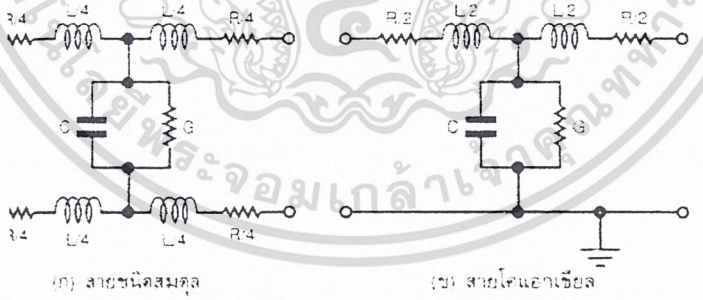
จากวงจรสมมูลพื้นฐานข้างต้น สามารถนำมาคำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ลักษณะเฉพาะ (Characteristic impedance) ตัวประกอบการทดทอนสัญญาณ ตัวประกอบการลดทอนสัญญาณ ตัวประกอบการเปลี่ยนเฟสของสัญญาณ รวมไปถึงความเร็วของการแพร่สัญญาณ ในกรณีที่ทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดอิมพีแดนซ์ ขาเข้าของสายส่งนั้น ๆ ค่าดังกล่าวถูกกำหนดโดยองค์ประกอบพื้นฐานของสาย และตัวเทอร์มิเนต สำหรับสายที่มีความยาวมากขึ้น ค่าดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบพื้นฐานของสายประการเดียว ในระบบวิทยุสื่อสารทั่วไป ค่าอิมพีแดนซ์ จะถูกปรับเป็นมาตรฐานเดียวกันคือ 50 โอห์ม

2.18.2 คุณลักษณะของคลื่นนิ่งในระบบสายส่ง

เมื่อมีการส่งสัญญาณไฟสลับไปบนสายส่งมีการแมตช์อิมพีแดนซ์ ขาเข้าของสายส่ง กับอิมพีแดนซ์ ขาออก ของเครื่องส่งอย่างเหมาะสม กำลังไฟฟ้าที่ส่งจากเครื่องส่งจะถูกแพร่กระจายออกมาที่ความต้านทานของตัวเทอร์มิเนต สำหรับกรณีที่ทำการแมตช์ไม่เหมาะสมจะมีกำลังไฟฟ้าบางส่วนซึ่งไม่ถูกส่งออกมาทางเสาอากาศ เคลื่อนที่ย้อนกลับมาตามสายส่งและแทรกสอดกับกำลังไฟฟ้า ที่ออกจากเครื่องส่ง ก่อให้เกิดคลื่นนิ่งขึ้นบนสายส่ง ค่าของแรงดันหรือกระแส ณ.จุดใดๆ บนสายส่งจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของสัญญาณที่ป้อนเข้าสู่สายส่งหากไม่มีการต่อเทอร์มิเนต ที่ปลายด้านหนึ่งของสายส่ง พบว่าค่าแรงดันบนสายส่งด้านที่เปิดวงจรมีค่าสูงสุด และกระแสมีค่าต่ำสุด ส่วนในกรณีของการลัดวงจร ทางด้านเทอร์มิเนต แรงดันที่จุดดังกล่าวจะมีค่าต่ำสุด แต่กระแสมีค่าสูงสุด สำหรับกรณีของค่าเทอร์มิเนตอื่น ๆ พฤติกรรมของแรงดันและกระแสจะเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่างกรณี เปิดวงจรและลัดจรดังกล่าวข้างต้น (รูปที่ 2.20)



(ก) สายชนิดสมดุล (ข) สายโคแอกเชียล

รูปที่ 2.20 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของสายส่งแบบสมดุลและสายโคแอกเชียล

ในกรณีการแมตช์ไม่เหมาะสมของสายส่งความสูญเสียต่ำ มักจะมีการกำหนดค่า VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) โดยกำหนดเป็นอัตราส่วนของค่าแรงดันสูงสุดต่อแรงดันต่ำสุดบน

$$VSWR = \frac{V_{MAX}}{V_{MIN}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายส่ง

และมีการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (V) ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าอิมพีแดนซ์สายส่งและตัวเทอร์มิเนต

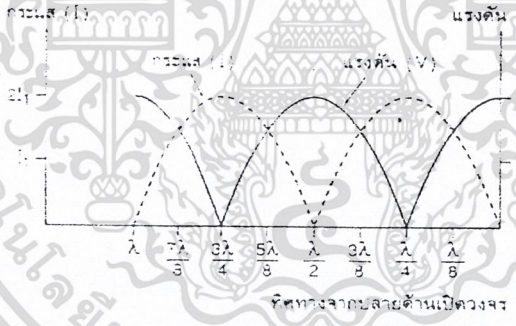
$$V = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L - Z_0}$$

โดย Z_L เป็นอิมพีแดนซ์ของโหลด หรือตัวเทอร์มิเนต

Z_0 เป็นนิมพีแดนซ์ของสายส่ง

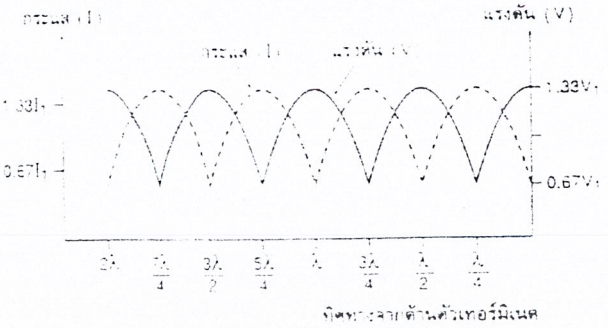
หรืออาจเขียนเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า VSWR กับสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับได้ดังนี้

$$VSWR = \frac{1 + V_{MAX}}{1 - V_{MIN}}$$



รูปที่ 2.21 แสดงคลื่นนิ่งที่เกิดจากการเปิดวงจรที่ปลายด้านหนึ่งของสายส่งถ้าแบบลัดวงจรจะเกิดตรงกันข้ามกันดังรูป

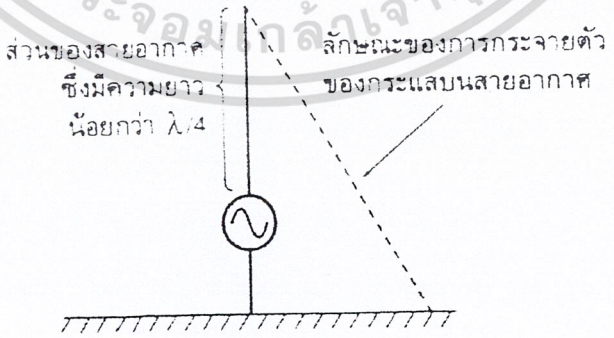
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.22แสดงคลื่นนิ่งที่เกิดจากการแมตชิอิมพีแดนซ์ระหว่างสายอากาศ และสายส่งไม่เหมาะสม

2.18.3 สายอากาศแบบไดโพล (Dipole)

ในการเพิ่มประสิทธิภาพการรับส่งที่ความถี่ใช้งานให้มีค่าสูงสุด ขนาดของสายอากาศต้องถูกออกแบบให้สัมพันธ์กับความถี่ใช้งาน สาอากาศที่วามยาวเป็นครึ่งของความถี่ใช้งานจะสามารถรับส่งพลังงาน ในปริมาณสูงสุด ในกรณีการใช้งานที่ความถี่ต่ำ หรือความถี่ปานกลางจะพบว่าความยาวคลื่นในช่วงความถี่ดังกล่าวมีมาก ส่งผลให้ความยาวของสายอากาศต้องมีค่ามากตามไปด้วย ซึ่งไม่เป็นการสะดวกทั้งการปฏิบัติและการลงทุน ทางแก้ดังกล่าวกระทำโดยใช้สายอากาศที่มีความยาว เป็นเศษส่วนย่อยๆ ของค่าความยาวคลื่นตั้งได้ฉากกับพื้นโลก และป้อนสัญญาณเข้าในช่วงระหว่างพื้นโลกกับส่วนปลายของเสาอากาศ สำหรับช่วงความถี่ซึ่งใช้ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มักจะไม่มีปัญหาในเรื่องนี้มากนัก



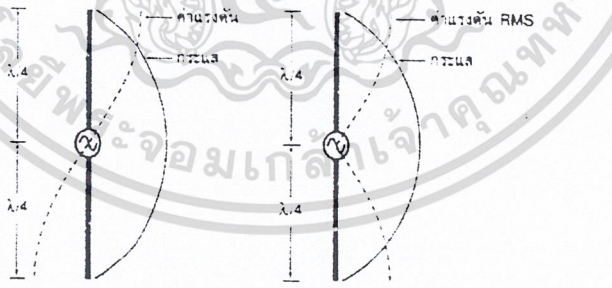
รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะการป้อนสัญญาณสำหรับสายอากาศที่ใช้งานย่านความถี่ต่ำและความถี่ปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามทฤษฎีการแพร่กระจายของคลื่น ที่จุดปลายของสายอากาสขนาดครึ่งคลื่นซึ่งมีลักษณะเปิดวงจรจะไม่มีกระแสไหลผ่าน แต่มีแรงดันค่าสูงสุดตกคร่อมอยู่ ในกรณีที่สัญญาณเข้าเป็นลักษณะของไฟสลับ ที่มีความยาวหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่นนับจากปลายด้านเปิดวงจร ค่าแรงดันจะมีค่าต่ำสุดแต่กระแสมีค่าสูงสุด ค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างแรงดันและกระแส ณ. จุดต่าง ๆ บนสายอากาศจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตลอดความยาว ดังนั้นหากทำการป้อนสัญญาณเข้าที่จุดกึ่งกลางของสายอากาศ ค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าที่มองจากสายส่งจะมีค่าต่ำ ในทำนองกลับกัน ค่าดังกล่าวจะมีค่าสูง ถ้าป้อนสัญญาณเข้าที่ปลายด้านหนึ่ง

สำหรับสายอากาศโดยทั่วไป อิมพีแดนซ์ที่จุดกึ่งกลางมีค่าประมาณ 73 โอห์ม ซึ่งสามารถแมตช์ได้พอดีกับสายโคแอกเชียลทั่วไป ทำให้สายอากาศสามารถรับกำลังไฟฟ้าจากเครื่องส่งได้เต็ม

ในกรณีที่ป้อนสัญญาณเข้าโดยใช้สายชนิดเส้นคู่ ซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ในหลักของร้อยโอห์มจะต้องทำการป้อนสัญญาณเข้าที่สายอากาศในตำแหน่งซึ่งอิมพีแดนซ์ของสายส่งนั้น ๆ แทนที่จะเป็นตำแหน่งกลาง อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะใช้การป้อนสัญญาณโดยใช้สายแบบใดก็ ย่อมที่จะพบทั้งข้อดี และข้อเสีย ทั้งในเองของการปฏิบัติงานและทางด้านเทคนิค ซึ่งในทางปฏิบัติจะพบการต่อในลักษณะผสม แต่สำหรับการใช้งานในช่วงความถี่สูง ค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับสายส่งแบบเส้นคู่จะมีค่าสูงมาก ซึ่งส่งผลให้ไม่มีความนิยมในการใช้สายชนิดนี้ที่มีความถี่ดังกล่าว สำหรับความยาวคลื่น ¼ จะพบว่าอิมพีแดนซ์บนจุดใด ๆ ของสายจะมีการเปลี่ยนไปดังรูป

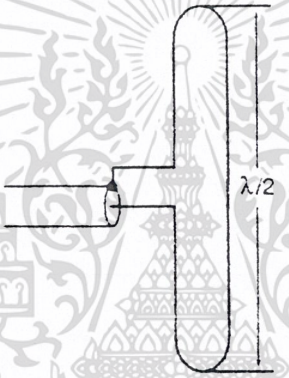


รูปที่ 2.24 แสดงการกระจายสัญญาณค่าแรงดันและกระแสบนสายอากาศไดโพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18.4 สายอากาศแบบโฟลไดโพด (Folded dipole)

แนวทางในการปรับค่าอิมพีแดนซ์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของสายอากาศแบบไดโพลทำได้โดยการปรับปรุงรูปแบบของสายอากาศเป็นแบบโฟลไดโพล สำหรับกรณีของสายอากาศโฟลไดโพลขนาดครึ่งคลื่น พบว่าค่าแรงดันที่จุดปลายมีค่าเป็นศูนย์ และกระแสมีค่าสูงสุด ซึ่งตรงข้ามกันในกรณีของไดโพลทั่วไป และจะพบว่ามีจุดกึ่งกลางจะมีค่าสูง โดยประมาณเท่ากับ 292 โอห์ม แนวทางในการลดค่าอิมพีแดนซ์ลงเป็น 75 โอห์ม ลงเป็น 75 โอห์ม ทำให้ได้โดยการเพิ่มส่วนประกอบเสริม(parasitic element)ซึ่งอาจจะเป็นตัวสะท้อน หรือตัวนำ (director)หรือใช้บาลันช่วยแมตช์อิมพีแดนซ์ให้เข้ากับสายส่ง

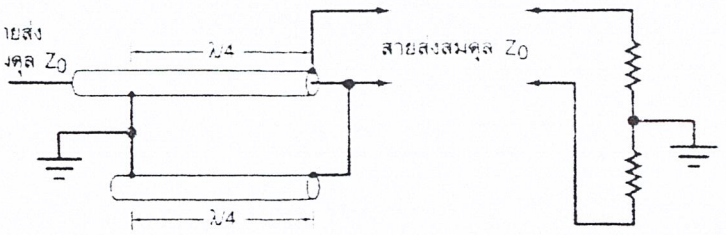


รูปที่ 2.25 สายอากาศแบบไดโพล

สำหรับบาลันจะทำหน้าที่เป็นหม้อแปลงจากวงจรสมมูล (balance) เป็นวงจรไม่สมมูล (unbalance) ซึ่งใช้สำหรับปรับอิมพีแดนซ์สมดุลของสายอากาศให้แมตช์กับอิมพีแดนซ์ไม่สมดุลของสายส่ง รูป 2.15 สำหรับหม้อแปลงชนิดพันด้วยสายตัวนำทั่วไปๆ ไป สามารถนำมาใช้ได้ในย่านความถี่ต่ำกว่า 30 เมกะเฮิรตซ์และกำลังส่งต่ำกว่า 5 วัตต์ สำหรับพิกัดที่สูงกว่านี้จะนิยมใช้บาลัน

ในระบบวิทยุสื่อสารทั่วไป ค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศจะมีค่า 50 โอห์ม และวิธีการในการป้อนสัญญาณใช้ทั้งสายอากาศแบบไดโพลและโฟลไดโพลซึ่งมีอิมพีแดนซ์แมตช์กับอิมพีแดนซ์ของวงจรรับส่งทั้งของเครื่องลูกข่ายและสถานีฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

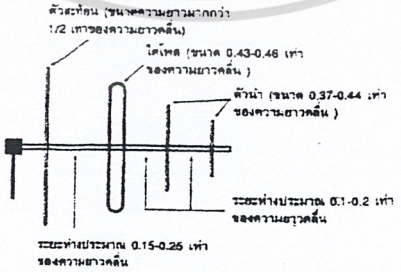


รูปที่ 2.26 แสดงลักษณะการต่อบาลันเพื่อแมตซ์สายส่งแบบไม่สมดุลกับแบบสมดุล

ความยาวของสายอากาศแบบไดโพลจะสัมพันธ์กับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของความถี่ใช้งานสำหรับความถี่ที่สูงหรือต่ำกว่านี้สายอากาศจะแสดงคุณสมบัติเหนี่ยวนำหรือความจุไฟฟ้า และจะใช้แสดงคุณสมบัติเป็นความต้านทานเพียงอย่างเดียวที่ความถี่ใช้งาน ซึ่งเรียกว่าสายอากาศอยู่ในภาวะรีโซแนนต์ (resonant) ในทางปฏิบัติมักจะนิยมใช้สายอากาศที่มีความยาวน้อยกว่าความยาวครึ่งคลื่นอยู่เล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อชดเชยผลจากความสูญเสียที่เกิดจากการกระจายแรงดันและกระแส

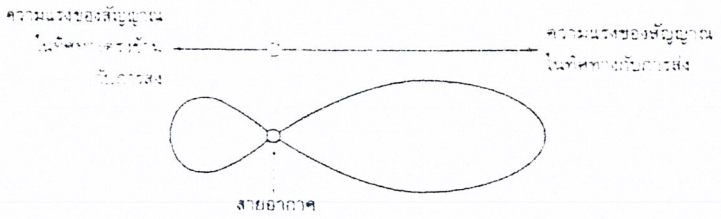
2.18.5 สายอากาศแบบยากิ

เป็นสายอากาศที่คุ้นตาผู้คนมากที่สุด เนื่องนิยมใช้สายอากาศสำหรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ตามบ้านเรือน เหมาะมากสำหรับใช้ในการรับส่งสัญญาณในย่านความถี่ UHF และ VHF สายอากาศแบบยากินี้ประกอบด้วยส่วนประกอบโฟดไดโพลและส่วนประกอบเสริมหลายๆ ชิ้น ขนาดของสายอากาศจะขึ้นอยู่กับความถี่ใช้งาน ตัวนำ (director) ทำหน้าที่เพิ่มอัตราขยาย ของสายอากาศ และลดบีมวิดธ์ (beamwidth) จำนวนของส่วนประกอบต่างๆ อยู่ระหว่าง 5 ถึง 6 ชิ้นต่อต้น



รูปที่ 2.27 สายอากาศแบบยากิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แสดงอัตราส่วน front-to-back ratio ของสายอากาศ

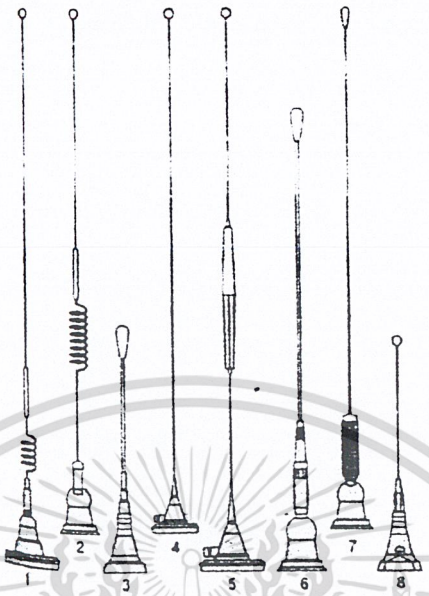
ระยะห่างระหว่างไดโพลกับตัวสะท้อนมีค่าประมาณ ¼ เท่า ของความยาวคลื่นและมักออกแบบให้ตัวสะท้อนมีความยาวมากกว่าไดโพลประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการแพร่กระจายออกจากไดโพลและจากตัวสะท้อนจะมีการหักล้างกันในทิศตรงกันข้ามกับการส่ง แต่จะเสริมกันในทิศของการส่ง ในทางปฏิบัติพบว่ายังคงมีสัญญาณที่ถูกหักล้างไม่หมดแพร่กระจายในทิศตรงข้ามกับการส่งจึงมีการกำหนดหน่วยวัดอัตราส่วนระหว่างสัญญาณทั้ง 2 ทิศทางมีชื่อเรียกว่า "front-to-back ratio" รูปที่ 2.28

เมื่อพิจารณาในทางกลับกันพบว่าจะเกิดการเหนี่ยวนำแรงดันจากตัวสะท้อนขึ้นไปที่ไดโพลแรงดันดังกล่าวมีเฟสนำหน้าแรงดันที่เกิดขึ้นที่ตัวสะท้อน ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวจะช่วยเสริมการแพร่กระจายในทิศทางการส่ง และหักล้างการแพร่กระจายในทิศทางตรงข้าม แต่จะเกิดขึ้นในบางกรณีสำหรับสายอากาศขนาดหนึ่งๆ และระยะห่างระหว่างส่วนประกอบหนึ่งๆ ที่ความถี่ใช้งานเท่านั้น (ระยะห่างระหว่างตัวสะท้อนกับไดโพลในช่วง 0.15-0.25 เท่าของความยาวคลื่น และระยะห่างระหว่างไดโพลกับตัวนำในช่วง 0.1 ถึง 0.2 เท่าของความยาวคลื่น)

2.18.6 สายอากาศของเครื่องลูกข่าย

สายอากาศของสถานีฐานเป็นสายอากาศที่ไม่มีการเคลื่อนที่ เนื่องจากสถานีฐานมีตำแหน่งที่ตั้งแน่นอน ผิดกับสายอากาศลูกข่ายที่ตัวเครื่องมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา นอกจากนี้จำนวนของสถานีฐานยังมีน้อยกว่าลูกข่ายมาก ดังนั้นแนวทางในการออกแบบและติดตั้งสายอากาศของสถานีฐานให้ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นสิ่งที่ทำได้โดยใช้การพิจารณาที่ไม่ซับซ้อนนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 แสดงสายอากาศแบบติดตั้งบนยานพาหนะของเครื่องลูกข่าย

เนื่องจากสายอากาศของลูกข่ายถูกกำหนดตายตัวว่าจะต้องเป็นชิ้นส่วนเดี่ยวๆ ซึ่งมีคุณสมบัติในการรับส่งแบบรอบทิศทาง (omi directional) ตำแหน่งและวิธีการติดตั้งสายอากาศดังกล่าวกับตัวยานพาหนะมีผลกระทบต่อประสิทธิ์ภาพในการรับส่งของระบบอย่างมาก โดยทั่วไปการรับ – ส่ง คลื่นวิทยุจะเป็นการโพลาไรซ์ในแนวดิ่ง (กล่าวคือทิศทางขององค์ประกอบสนามไฟฟ้าของคลื่นวิทยุตั้งฉากกับแนวพื้นโลกตลอดเวลา) ดังนั้นการรับสัญญาณจึงต้องใช้สายอากาศติดตั้งในแนวดิ่งและเนื่องจากสายอากาศเป็นแบบรับส่งรอบทิศทาง ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจึงไม่มีผลต่อคุณภาพของสัญญาณมากนัก

1. สายอากาศขนาด 5/8 ความยาวคลื่น แพร่กระจายโดยอาศัยชิ้นส่วนโลหะ ใช้งานในย่านความถี่ 144-226 MHz
2. สายอากาศแบบเชิงเส้นร่วม แพร่กระจายโดยอาศัยขดลวด ใช้งานในย่านความถี่ 380-470 MHz
3. สายอากาศขนาด ¼ ความยาวคลื่น แพร่กระจายโดยอาศัยลวดอ่อนบรรจุในแคปซูลพลาสติกที่ปลายยอดใช้งานในย่านความถี่ 380-500 MHz
4. สายอากาศแบบฐานโคน แพร่กระจายโดยอาศัยโลหะสแตนเลส ใช้งานย่านความถี่ 70-900 MHz
5. สายอากาศแบบเชิงเส้นร่วม แพร่กระจายโดยอาศัยโลหะสแนเลสร่วมกับขดลวดที่บรรจุในแคปซูล ใช้งานย่านความถี่ 415-480 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สายอากาศแบบขดลวดอ่อนขนาด ¼ ความยาวคลื่น ทำจากลวดสแตนเลสบรรจุในแคปซูล ความยาวรวม 378 มิลลิเมตร ใช้งานย่าน 27-226 MHz
7. สายอากาศแบบโลหะคำติดสปริง ใช้งานย่าน 68-255 MHz
8. สายอากาศแบบโลหะสแตนเลสคำขนาด ¼ ความยาวคลื่นใช้งานย่านความถี่ 435-470 MHz

สายอากาศประเภทติดตั้งกับยานพาหนะมีขนาดความยาวต่างๆ กัน แต่ไม่ว่าจะเป็นแบบใดต่างก็มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความยาวคลื่นของความถี่ในการรับส่ง อย่างไรก็ตามสายอากาศทุกชนิดจะอาศัยโครงของยานพาหนะทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบเสริมของสายอากาศ เพื่อทำให้ได้ประสิทธิภาพของการรับส่งได้ดีที่สุด โครงของพาหนะจะต้องทำหน้าที่เป็นแผ่นกราวด์ของสายอากาศ และเพื่อให้ได้พื้นที่ใช้งานที่กว้างที่สุด จึงนิยมติดตั้งสายอากาศบริเวณกึ่งกลางหลังค่าของยานพาหนะ หากติดตั้งสายอากาศในตำแหน่งอื่น โครงของยานพาหนะจะต้องทำหน้าที่ลดทอนรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น ทำให้สายอากาศไม่สามารถรักษารูปแบบการแพร่กระจายรอบทิศทางได้อีกต่อไป

ในกรณีที่หลังค่าของยานพาหนะทำจากไฟเบอร์กลาสหรือวัสดุอื่นๆ ที่นอกเหนือจากโลหะ การติดตั้งเสาอากาศ จำเป็นจะต้องใช้ฐานโลหะหรือฟอยล์คั่นระหว่าง สายอากาศและส่วนหลังคา ทั้งนี้เพื่อเป็นการทำจุดเชื่อมต่อดินระหว่างสายอากาศและแผ่นกราวด์

นอกจากตำแหน่งการติดตั้งสายอากาศที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการรับส่งสูงสุดแล้วการแมตช์อิมพีแดนซ์ระหว่างสายอากาศกับสายส่ง (feeder) เพื่อป้องกันการเกิดคลื่นนิ่ง (standing Wave) และการสูญเสียของกำลังส่งก็นับว่าเป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่ง

สายอากาศแบบ ¼ ความยาวคลื่น (Quarter wave antenna) นับเป็นสายอากาศที่มีรูปแบบง่ายๆ อีกทั้งยังได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย ในกรณีที่ติดตั้งสายอากาศชนิดนี้ ณ ตำแหน่งที่หลังคายานพาหนะ จะพบว่าลักษณะการแพร่กระจายและรับคลื่นของสายอากาศดังกล่าวเป็นแบบรอบทิศทาง อิมพีแดนซ์ของสายอากาศเมื่อต่อกับแผ่นกราวด์มีค่าประมาณ 40 โอห์ม ในบางครั้ง พบว่าอิมพีแดนซ์มีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะความสมดุลของแผ่นกราวด์เอง ซึ่งส่งผลให้เกิดคลื่นนิ่ง (standing Wave) บนสายส่งในกรณีที่ต่อกับระบบมาตรฐานที่มีค่าอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม วิธีแก้ปัญหาดังกล่าวกระทำโดยการต่อหม้อแปลงสำหรับระบบสายส่งเพื่อทำการแมตช์ระหว่างวงจรส่งและสายอากาศ

ยิ่งสายอากาศมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่าใด ความสามารถในการรับสัญญาณยิ่งดีขึ้นเท่านั้น ในกรณีตัวอย่างของสายอากาศขนาด ¼ ความยาวคลื่น สายอากาศที่ใช้ในย่านความถี่ VHF จะมีขนาดใหญ่กว่าสายอากาศย่านความถี่ UHF และยังหมายถึงประสิทธิภาพในการรับสัญญาณย่อมดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในบริเวณที่รับสัญญาณจากสถานีฐานได้ในระดับต่ำมากๆ การเลือกใช้สายอากาศที่มีประสิทธิภาพในการรับสัญญาณได้ดีเป็นสิ่งจำเป็น สายอากาศที่ได้รับความนิยมเลือกใช้กันมาเป็นเวลานาน ได้แก่สายอากาศชนิดความยาว 5/8 ความยาวคลื่น เป็นสายอากาศที่มีความยาวเป็น 5/8 เท่าของความยาวคลื่นที่ความถี่ใช้งาน อัตราขยายสายอากาศชนิดนี้ค่อนข้างสูงและมีทิศทางในแนวราบ ซึ่งตามทฤษฎี จะให้อัตราขยายสูงกว่าสายอากาศแบบ ¼ ความยาวคลื่นประมาณ 3 เดซิเบล แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับ สายอากาศชนิดดังกล่าวคือมุมการแพร่กระจายจะลดลง เมื่อเทียบกับสายอากาศ ¼ ความยาวคลื่น นอกจากสายอากาศชนิดนี้แล้วยังมีสายอากาศที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปคือ สายอากาศความยาวครึ่งคลื่น และสายอากาศความยาว 7/8 ความยาวคลื่น ซึ่งให้อัตราขยายสูงกว่าสายอากาศชนิด ¼ ความยาวคลื่น 2 เดซิเบล และ 3 เดซิเบลตามลำดับ

ในทางทฤษฎีพบว่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศแบบ 5/8 ความยาวคลื่นจะไม่แมตช์กับสายส่งชนิดโคแอกเชียล ส่งผลให้เกิดคลื่นนิ่งขึ้น ดังนั้นในการใช้งานจริงจะทำการต่อขดโลหะแทรกระหว่างสายอากาศและสายโคแอกเชียล ซึ่งเมื่อรวมความยาวเมื่อตีเป็นเส้นตรงของขดโลหะและสายอากาศแล้วจะเท่ากับ ¾ เท่าของความยาวคลื่น อันเป็นความยาวที่ช่วยให้เกิดการแมตช์พอดีระหว่างสายอากาศและสายโคแอกเชียล

ปัญหาอีกประการหนึ่งของสายอากาศชนิด 5/8 ความยาวคลื่นคือ แบนด์วิดธ์ของสายอากาศจะลดลง เมื่อเทียบกับสายอากาศชนิด ¼ ความยาวคลื่น โดยสายอากาศชนิด ¼ ความยาวคลื่นมีแบนด์วิดธ์กว้างประมาณ 10% ของความถี่ใช้งาน แต่สำหรับสายอากาศชนิด 5/8 ความยาวคลื่นจะมีค่าเป็นเพียง 8% ของความถี่ใช้งานเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากขนาดที่ใหญ่กว่าสายอากาศ 5/8 ความยาวคลื่นก่อให้เกิดข้อเสียในกรณีที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ซึ่งสายอากาศจะเกิดการโก่งและรูปแบบการแพร่กระจายถูกลดทอนลง นอกจากนี้สัญญาณที่รับได้อาจเกิดการสั่นกระเพื่อมอันเป็นผลมาจากการสั่นไหวของขดโลหะหรือการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว จึงมีการออกแบบสายอากาศแบบเชิงเส้นร่วมซึ่งเป็นการต่อสายอากาศชนิดครึ่งคลื่นหรือ 5/8 โดยจัดให้อยู่ในตำแหน่งบนสุด เข้ากับสายอากาศชนิด ¼ หรือความยาวคลื่นซึ่งจัดเป็นส่วนฐาน โดยเชื่อมกันด้วยขดลวดรูปแบบการแพร่กระจายของสายอากาศดังกล่าวคล้ายคลึงกับสายอากาศชนิด 5/8 ความยาวคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18.7 สายอากาศชนิดติดตั้งบนกระจก

สายอากาศชนิดนี้เป็นสายอากาศที่ถูกออกแบบขึ้นให้สามารถติดตั้งบนแผ่นกระจกด้านหลังรถยนต์และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย สายอากาศชนิดนี้จะต้องติดตั้งอยู่ในแนวกึ่งกลางของกระจกตรงส่วนที่สูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ควรติดห่างจากอุปกรณ์ทำความร้อน ต้องห่างจากสายอากาศเครื่องรับวิทยุไม่น้อยกว่า 1 เมตรและต้องห่างจากขอบกระจกไม่น้อยกว่า 1 เซนติเมตร



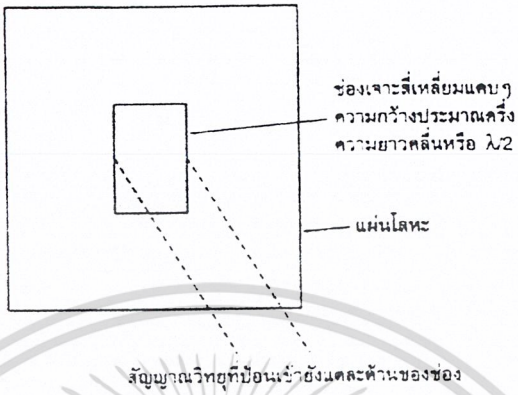
รูปที่ 2.30 แสดงสายอากาศแบบติดตั้งบนกระจกรถยนต์

เนื่องจากสายอากาศชนิดนี้ได้รับการติดตั้งที่ไม่เหมาะสมต่อการรับส่งสัญญาณนักเมื่อเทียบกับการติดตั้งบนหลังคายานพาหนะ ดังนั้นลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นวิทยุจะเป็นไปแบบไม่รอบทิศทาง แต่อย่างไรก็ตามการเลือกใช้สายอากาศที่ถูกออกแบบมาอย่างดี และการติดตั้งที่ถูกวิธีจะช่วยเพิ่มประสิทธิ์ภาพในการรับส่งให้ดีขึ้น

2.18.8 สายอากาศสำหรับสถานีฐานและเครื่องลูกข่ายในลักษณะอื่น

ในกรณีของยานพาหนะอื่นๆ แล้วรูปร่างของสายอากาศจะเป็นไปตามความเหมาะสมอย่าง เช่น รถโดยสาร 2 ชั้น จะมีข้อจำกัดในเรื่องความสูงของสายอากาศ นิยมใช้สายอากาศแบบลูป (loop) หรือแบบช่องแทน(slot) ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 แสดงสายอากาศแบบสล็อต

2.19 แผนที่

แผนที่เป็นอุปกรณ์สำคัญอย่างหนึ่งที่มนุษย์นำมาใช้เป็นเครื่องช่วยในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันนับจากอดีตจนถึงปัจจุบัน แผนที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ การเรียนการสอน การประกอบอาชีพสาขาต่างๆ และการนำไปใช้งานด้านต่าง ๆ เช่น ภูมิศาสตร์ การสำรวจ ธรณีวิทยา การเกษตร ป่าไม้ การคมนาคมขนส่ง กิจการทหารตำรวจ ศิลปวัฒนธรรม สาขาต่างๆเหล่านี้ จะต้องอาศัยแผนที่เป็นเครื่องมือชี้นำเสมอ ในสมัยเริ่มแรกการทำแผนที่จะอาศัยข้อมูลการสำรวจภาคพื้นดินเท่านั้น แต่ต่อมามีเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล (Remote Sensing) เกิดขึ้น จึงมีการนำเอาภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายจากดาวเทียมมาช่วยในการทำแผนที่เพราะทำให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว และถูกต้องกว่าการสำรวจภาคพื้นดินเพียงอย่างเดียว ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทั้งฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟแวร์ (Software) มีมากขึ้น จึงมีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาผลิตแผนที่ ซึ่งทำได้สะดวกรวดเร็ว และถูกต้องมากกว่าเดิมที่ทำด้วยมือ คอมพิวเตอร์มีวิธีการแสดงผลภาพออกมาให้เหมือนจริง หรือทำเสมือนมองเห็นได้ในสภาพเป็นจริง (Visualization) เช่น แสดงความลึก สูง ต่ำ นูน รูปแบบภาพสามมิติ เป็นลักษณะที่ง่ายต่อการสื่อความหมายมากขึ้น แผนที่มีอยู่หลายประเภทด้วยกัน เช่น แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ภาพถ่าย แผนที่เฉพาะเรื่องต่าง ๆ การผลิตแผนที่แบบใด มีความละเอียดถูกต้องระดับใด ก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของงานที่จะใช้ นอกจากนี้ขึ้นอยู่กับหน่วยงานด้วยว่ามีขีดความสามารถในการผลิตแผนที่ได้เองหรือไม่ ซึ่งในปัจจุบันก็มีหลายหน่วยงานในประเทศไทยไม่ว่าทั้งของรัฐบาลหรือเอกชนสามารถผลิตแผนที่ขึ้นมาใช้เองในหน่วยงาน เช่น มหาวิทยาลัยต่าง ๆ บริษัท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

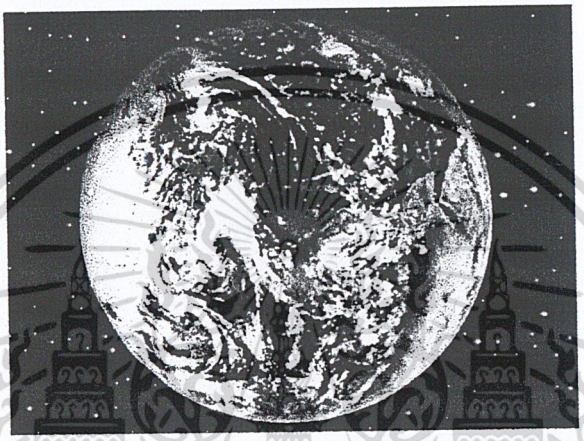
เอกชนต่าง ๆ งานด้านรีโมทเซนซิ่งและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Remote Sensing and Geographic Information System) ก็มีเป้าหมายที่สำคัญอย่างหนึ่งคือการแสดงผลออกมาในรูปแบบของแผนที่ไม่ว่าจะเป็นแผนที่ ในรูปแบบแผ่นกระดาษ หรือแผนที่ในรูปแบบดิจิตอล (Digital) ที่สามารถแสดงผลในคอมพิวเตอร์ ได้ การแสดงผลหรือการผลิตแผนที่ออกมาจะต้องมีหลักในการทำแผนที่ หลายอย่าง เช่น การอ้างอิงระบบพิกัดของแผนที่ให้ถูกต้องตรงกับสภาพความเป็นจริงบนพื้นโลก กำหนดทิศทาง มาตราส่วน การแสดงสัญลักษณ์ต่าง ๆ ให้สื่อออกมาสอดคล้องกับความเป็นจริง ในประเทศไทยเรานิยมใช้แผนที่ที่ผลิตโดยกรมแผนที่ทหารนำมาใช้งาน และนำมาเป็นแผนที่อ้างอิงประกอบ หรือที่เรียกว่าแผนที่ฐาน (Base Map) เนื่องจากถือว่าเป็นแผนที่มาตรฐานที่มีความถูกต้องสูง โดยแบ่งเป็น 2 มาตราส่วน คือ มาตราส่วนเล็ก 1:250,000 หรือแผนที่ภูมิประเทศลำดับชุด 1501 S มีระบบพิกัดเป็นระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ซึ่งประชาชนหรือผู้สนใจทั่วไปสามารถจะซื้อมาใช้ได้ และมาตราส่วนใหญ่ 1:50,000 หรือแผนที่ภูมิประเทศลำดับชุด L7017 มีระบบพิกัดเป็นระบบพิกัดภูมิศาสตร์ และระบบพิกัดกริด UTM ใช้ได้เฉพาะหน่วยงานราชการเท่านั้น ในบทความนี้จะเน้นทำความเข้าใจเกี่ยวกับแผนที่ภูมิประเทศลำดับชุด L 7017 มาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งเป็นแผนที่ที่มีความละเอียดค่อนข้างสูงและนิยมนำมาใช้งานในหน่วยงานราชการทั่วไป รวมถึงเนื้อหาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น

2.19.1 รูปทรงสัณฐานของโลก

โลก (Earth) โลกของเรามีรูปร่างลักษณะเป็นรูปทรงรี (Oblate Ellipsoid) คือมีลักษณะป่องตรงกลาง ขั้วเหนือ-ใต้ แบนเล็กน้อย แต่พื้นผิวโลกที่แท้จริงมีลักษณะขรุขระ สูง ต่ำ ไม่ราบเรียบ สม่ำเสมอ พื้นผิวโลกจะมีพื้นที่ประมาณ 509,450,00 ตารางกิโลเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ศูนย์สูตรยาว 12,757 กิโลเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางจากขั้วโลกเหนือถึงขั้วโลกใต้ 12,714 กิโลเมตร จะเห็นว่าระยะทางระหว่างแนวนอน (เส้นศูนย์สูตร) ยาวกว่าแนวตั้ง (ขั้วโลกเหนือ -ใต้) จากลักษณะดังกล่าวนี้ ทำให้ไม่สามารถใช้รูปทรงเรขาคณิตอย่างง่ายแสดงขนาด และรูปร่างของโลกได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นเพื่อความสะดวกต่อการพิจารณารูปทรงสัณฐานของโลก และในกิจการของแผนที่ จึงมีการใช้รูปทรงสัณฐานของโลกอยู่ 3 แบบ คือ ทรงกลม (Spheroid) ทรงรี (Ellipsoid) และ ยีออยด์ (Geoid) ทรงกลม หรือ สเฟียรอยด์ เป็นรูปทรงที่ง่ายที่สุด จึงเหมาะเป็นสัณฐานของโลกโดยประมาณ ใช้กับแผนที่มาตราส่วนเล็กที่มีขอบเขตกว้างขวาง เช่น แผนที่โลก แผนที่ทวีป หรือ แผนที่อื่นๆที่ไม่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูงทรงรี หรือ อิลิปซอยด์ โดยทั่วไป คือ รูปที่แตกต่างกับรูปทรงกลมเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะมีลักษณะใกล้เคียงกับสัณฐานจริงโลกมาก จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นพื้นผิวการรังวัด และการแผนที่ที่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูง เช่น แผนที่ระดับชุมชนเมือง แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วนใหญ่ทั่วไป แผนที่นำร่อง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยีออยด์ เป็นรูปทรงที่เหมือนกับสัณฐานจริงของโลกมากที่สุด เกิดจากการสมมุติระดับน้ำในมหาสมุทรขณะทรงตัวอยู่นิ่ง เชื่อมโยงให้ทะลุไปถึงกันทั่วโลก จะเกิดเป็นพื้นผิวซึ่งไม่ราบเรียบตลอด มีบางส่วนที่ยุบต่ำลง บางส่วนสูงขึ้นขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและแรงโน้มถ่วงของโลก ทุก ๆ แนวดิ่ง (Plumb Line) จะตั้งฉากกับยีออยด์ ยีออยด์มีบทบาทสำคัญในงานรังวัดชั้นสูง (Geodesy) แต่กลับไม่มีบทบาทโดยตรงกับวิชาการแผนที่ นอกจากจะใช้ในการคำนวณแผนที่ประกอบกับรูปทรงรี



รูปที่ 2.32 ภาพถ่ายรูปโลกจากดาวเทียม



รูปที่ 2.33 แสดงภาพตัดขวางแสดงพื้นผิวภูมิประเทศ เอลลิปซอยด์ และยีออด์ของรูปโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.19.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภูมิศาสตร์โลก

ลักษณะรูปทรงสัณฐานของโลกมีลักษณะกลมแบบ Speriod แต่ในทางปฏิบัติเราถือว่าโลกมีลักษณะทรงกลมทางเรขาคณิต ดังนั้นระบบพิกัดภูมิศาสตร์ของโลกจึงมีส่วนประกอบต่อไปนี้

1. เส้นวงกลมใหญ่ (Great Circle)

คือ เส้นรอบวงที่เราลากผ่านไปรอบผิวโลกโดยผ่านที่ศูนย์กลางวงกลม แล้วบรรจบมาเป็นวงกลม เรียกว่า"วงกลมใหญ่" ตัวอย่าง เช่น เส้นศูนย์สูตร เส้นเมริเดียนที่อยู่ตรงข้ามกัน เส้นแบ่งเขตมืด-สว่าง

2. เส้นวงกลมเล็ก (Small Circle)

คือ เส้นรอบวงที่เราลากผ่านไปรอบผิวโลกโดยไม่ผ่านที่ศูนย์กลางวงกลม แล้วบรรจบมาเป็นวงกลม ตัวอย่าง เช่น เส้นขนาน

3. เส้นศูนย์สูตร (Equator)

คือ เส้นที่ลากผ่านศูนย์กลางวงกลมในแนวตะวันออกและตะวันตก โดยจุดเริ่มต้นของเส้นที่ 0 องศาทางตะวันออก ซึ่งเป็นวงกลมใหญ่วงหนึ่งเช่นกัน

4. เส้นเมริเดียน (Meridians)

คือ เส้นที่ลากผ่านศูนย์กลางวงกลมในแนวเหนือและใต้ โดยลากเชื่อมระหว่างจุดขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้

5. เส้นเมริเดียน ปฐม (Prime Meridian)

คือ เส้นเมริเดียนที่ลากผ่านหอดูดาวที่ตำบลกรีนิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ ใช้เป็นเส้นหลักในการกำหนดค่าลองกิจูด ซึ่งถูกกำหนดให้มีลองกิจูดเป็นศูนย์

ถ้าถือตามข้อตกลงนานาชาติ ค.ศ. 1884 จะเรียกว่า เส้นเมริเดียนกรีนิช ก็ได้

6. เส้นขนาน (Parallels)

คือ เส้นที่ลากขนานกับเส้นศูนย์สูตร หรือ วงกลมเล็ก

7. ละติจูด (Latitude) หรือ เส้นรุ้ง

คือ ระยะทางเชิงมุมที่วัดไปทางเหนือและใต้ของเส้นศูนย์สูตร นับจาก 0 องศาไปทางเหนือและทางใต้ 90 องศา

8. ลองกิจูด (Longitude) หรือ เส้นแวง

คือ ระยะทางเชิงมุมที่วัดจากเมริเดียนปฐมซึ่งถือที่ 0 องศา ตำบลกรีนิชเป็นหลัก วัดไปทางตะวันออก 180 องศาตะวันออก และทางตะวันตก 180 องศาตะวันตก

9. เส้นโครงแผนที่

คือ ระบบของเส้นที่สร้างขึ้นในพื้นที่แบนราบ เพื่อแสดงลักษณะของเส้นขนานและเส้นเมริเดียนอัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นผลจากแบบและวิธีการสร้างรูปทรงเรขาคณิต และการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ในการถ่ายทอดเส้นเหล่านั้นจากผิวโลก ซึ่งเป็นทรงกลมลงบนพื้นที่แบนราบ ซึ่งวิธีการนั้น เรียกว่าการฉายแผนที่ โดยการใช้พื้นผิวรูปทรงเรขาคณิต 3 ชนิด คือ รูประนาบ (Plane) รูปทรงกรวย (Cone) และรูปทรงกระบอก (Cylinder) ในการฉายเส้นโครงแผนที่

10. โปรเจคชั่นของแผนที่

คือ ระบบการเขียนแนวเส้นที่แทนเส้นเมริเดียนและเส้นขนาน (Meridians and Parallels) ของพิภพทั้งหมด หรือ ส่วนใดส่วนหนึ่งลงบนพื้นแบนราบตามมาตราส่วน

11. ทิศเหนือจริง (True North)

คือแนวที่นับจากตำบลใดๆ บนพิภพไปยังขั้วโลกเหนือจะเห็นว่าเส้น Longitude ทุกเส้น ก็คือแนวทิศเหนือจริง ตามปกติใช้สัญลักษน์รูปดาวแทนทิศเหนือจริง

โดยทั่วโปจะไม่ใช้ทิศเหนือจริงในการอ่านแผนที่

12. ทิศเหนือกริด (แผนที่) (Grid North)

คือแนวเส้นกริดใต้-เหนือบนแผนที่ ใช้สัญลักษณ์ GN ทิศเหนือกริดให้ประโยชน์ในการหาค่าพิกัดบนแผนที่และมุมภาคของทิศ

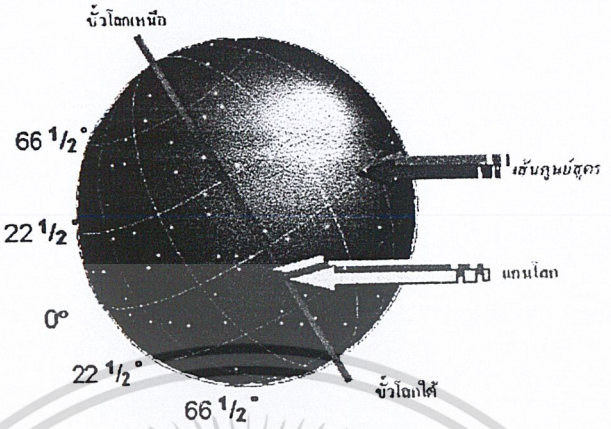
13. ทิศเหนือแม่เหล็ก (Magnetic North)

คือแนวตามปลายลูกศรที่แสดงทิศเหนือของเข็มทิศ. ซึ่งโดยปกติเข็มทิศจะชี้ไปทางขั้วเหนือของแม่เหล็กโลกเสมอ ในแผนที่จะใช้สัญลักษณ์รูปลูกศรครึ่งซีก ทิศเหนือแม่เหล็กจะใช้ประโยชน์ในการหาทิศทางเมื่ออยู่ในภูมิประเทศจริง

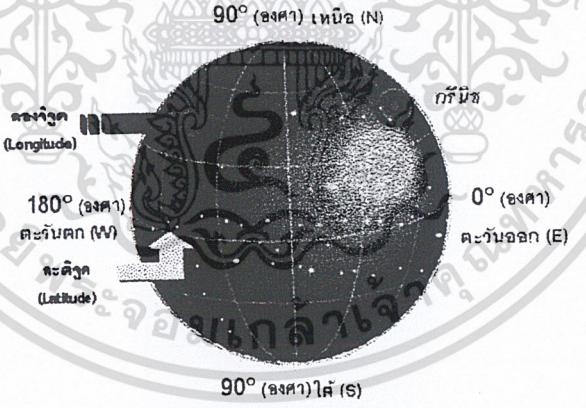
14. อะซิมุท (Azimuth)

เป็นวิธีการที่คิดขึ้นมาเพื่อใช้ในการบอกทิศทาง คือวัดขนาดของมุมทางราบที่วัดจากแนวทิศเหนือหลักเวียนตามเข็มนาฬิกามาบรรจบกับแนวเป้าหมายที่ต้องการ มุมทิศอะซิมุทนี้จะมีค่าตั้งแต่ 0 - 360 องศา และเมื่อวัดมุมจากเส้นฐานทิศเหนือหลักชนิดใด ก็จะเรียกตามทิศเหนือหลักนั้น เช่น อะซิมุทจริง, อะซิมุทกริด, อะซิมุทแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

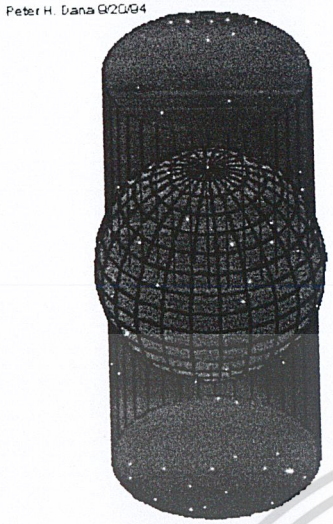


รูปที่2.34 แสดงลักษณะการเอียงของแกนโลก

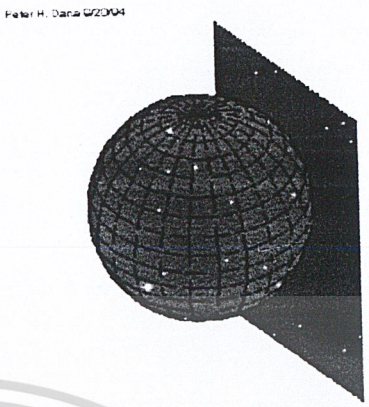


รูปที่ 2.35 แสดงเส้นศูนย์สูตร เส้นขนาน เส้นเมริเดียน และเส้นเมริเดียนเริ่มแรก

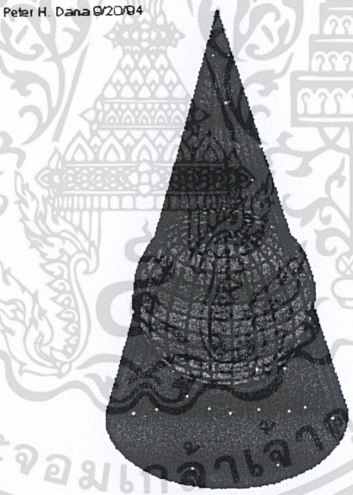
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Secant Cylindrical Projection



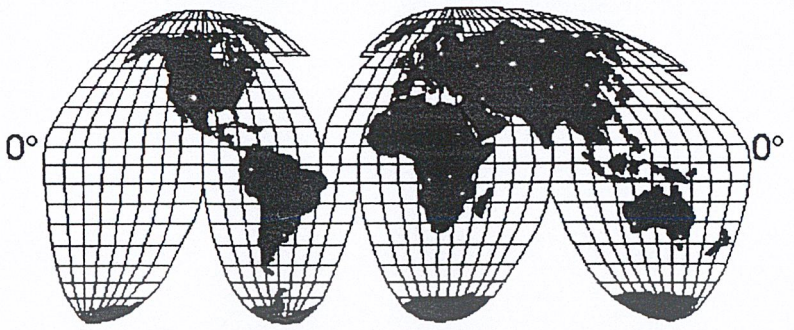
Planar Projection Surface



Secant Conic Projection

รูปที่ 2.36 แสดงลักษณะพื้นผิวที่ใช้แสดงเส้นโครงแผนที่รูปทรงกระบอก รูปทรงกรวยกลม และรูประนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

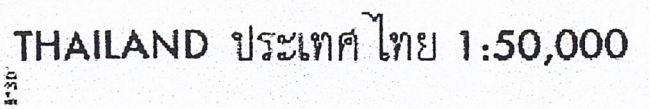


รูปที่ 3.37 แสดงเส้นโครงแผนที่โฮโมโลไซน์ (Goode's Homolosine Projection)

2.19.2 แผนที่ และองค์ประกอบแผนที่

ลักษณะทั่วไปของแผนที่มาตราฐานทุกชนิดที่จัดทำขึ้นมานั้น แม้จะมีลักษณะรายละเอียดที่ปรากฏในส่วนที่เป็นแผนที่ (Map Face) และขอบระวางแผนที่แตกต่างกันไปตามชนิดและวัตถุประสงค์ของแผนที่ แต่ในทำแผนที่ทุกชนิดนั้น จะมีหลักอยู่อย่างหนึ่ง คือ การให้รายละเอียดแสดงข้อมูลสำหรับการใช้แผนที่อธิบายบริเวณที่เป็นแผนที่ ไว้บริเวณระวางของแผ่นแผนที่เสมอ ถ้าผู้ใช้มีความเข้าใจรายละเอียดประจำขอบระวางของแผนที่มาตราฐานแล้ว ก็จะสามารถเข้าใจในแผนที่ชนิดอื่นๆได้ด้วย ในที่นี้ จะขอยกตัวอย่างรายละเอียดประจำขอบระวางที่ควรรู้ ของแผนที่ภูมิประเทศลำดับชุด L 7017 มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ที่นิยมในงาน Remote Sensing และ GIS ใช้ปีนแผนที่ฐาน (Base Map) สำหรับการอ้างอิง ดังนี้

1. ชื่อชุดแผนที่และมาตราส่วน (Series Name and Map Scale) คือ THAILAND ประเทศไทย 1:5,000 จะปรากฏอยู่มุมซ้ายด้านบนของแผนที่



รูปที่ 3.38 แสดงชื่อชุดแผนที่และมาตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หมายเลขประจำชุด (Series Number) เป็นเลขหมายอ้างอิงที่แสดงถึงการจัดทำแผนที่ว่าเป็นที่ชุดใด จะปรากฏอยู่มุมบนขวาและล่างซ้ายของแผนที่ ซึ่งประกอบด้วยตัวอักษรและตัวเลข L 7017 มีความหมายดังนี้

L แทน Regional Area หรือ Sub-Regional Area จะใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษ L เป็นภูมิภาคที่ครอบคลุมประเทศไทย ลาว กัมพูชา เวียดนาม มาเลเซีย จีน ไต้หวัน เกาหลี และญี่ปุ่น

7 แทนมาตราส่วน (ระหว่าง 1:70,00 ถึง 1:35,000)

0 แทนบริเวณที่แบ่ง L เป็นภูมิภาคย่อย (Sub-Regional Area) คือบริเวณ ประเทศไทย ลาว กัมพูชา เวียดนาม มาเลเซีย และจีน

17 แทนเลขลำดับที่การทำชุดแผนที่ที่มีมาตราส่วนเดียวกัน และ อยู่ในพื้นที่ภูมิภาค L เดียวกัน ประเทศไทย ตรงกับลำดับชุดที่ 17



รูปที่ 3.39 แสดงหมายเลขประจำชุด

3. ชื่อแผ่นระวาง (Sheet Name) แผนที่แต่ละฉบับจะมีชื่อระวาง ซึ่งได้มาจากรายละเอียดที่เด่นหรือที่สำคัญทางภูมิศาสตร์ หรือสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ชื่อของจังหวั ด อำเภอ หมู่บ้านที่สำคัญ ชื่อระวางจะปรากฏอยู่ 2 แห่ง คือ กึ่งกลางระวางตอนบน และทางด้านซ้ายของขอบระวางตอนล่าง



รูปที่ 3.40 แสดงชื่อแผ่นระวาง

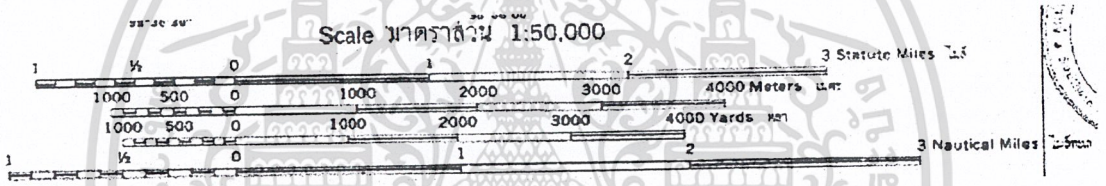
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หมายเลขแผ่นระวาง (Sheet Number) แผนที่ที่แต่ละระวางจะมีหมายเลขซึ่งกำหนดขึ้นตามระบบที่วางไว้ เพื่อความสะดวกในการ อ้างอิงหรือค้นหา ตามปกติจะมีสารบัญแผนที่ (Map Index) เพื่อการค้นหาหมายเลข แผ่นระวางนี้จะแสดงไว้ที่ขอบระวางมุมขวาตอนบน และมุมซ้ายตอนล่าง.

ระวาง SHEET **4724 IV**

รูปที่ 3.41 แสดงหมายเลขแผ่นระวาง

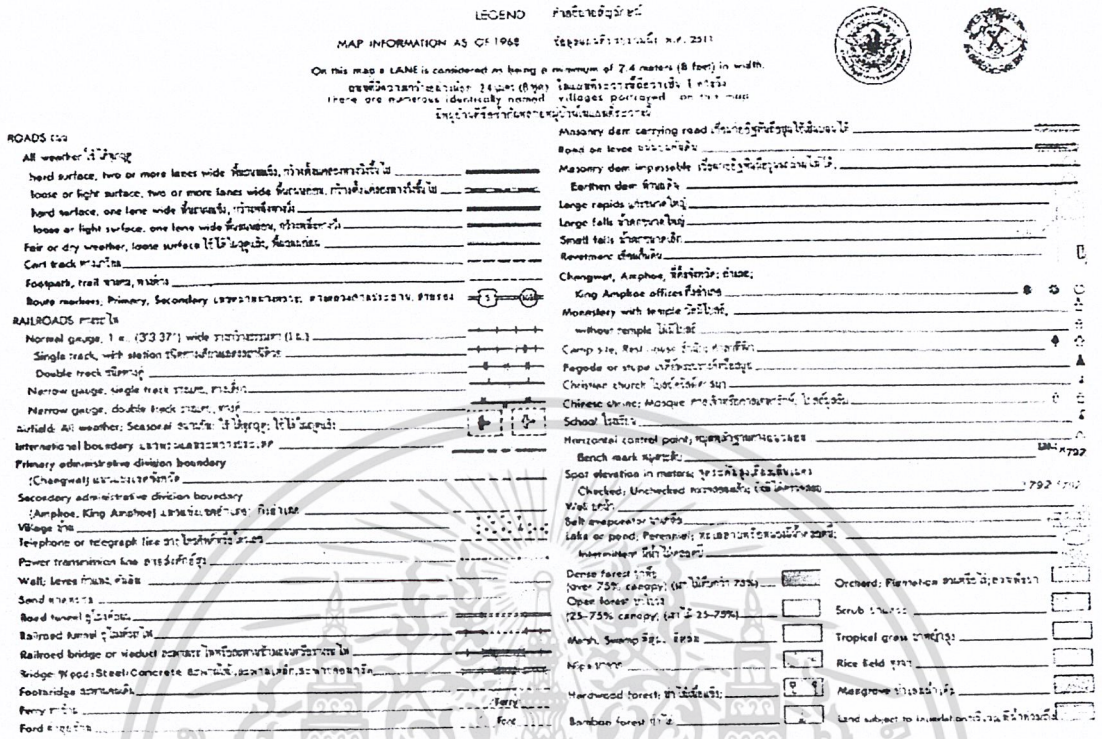
5.มาตราส่วนแผนที่ (Map Scale) แสดงไว้ที่กึ่งกลางระวางตอนล่าง และมุมซ้ายตอนบน มาตราส่วนแสดงไว้เพื่อให้ทราบอัตราส่วนระหว่างระยะในแผนที่กับระยะในภูมิประเทศที่ตรงกัน จะมีหน่วยวัดที่ต่าง ๆกัน เช่น ไมล์ เมตร หลา ไมล์ทะเล



รูปที่ 3.42 แสดงมาตราส่วนแผนที่

7. คำอธิบายสัญลักษณ์ (Legend) เป็นรายละเอียดที่อธิบายความหมายของสัญลักษณ์ (Symbol) ที่ใช้แสดงในแผนที่ เช่น ประเภทของเส้นถนน ซึ่งจะ ปรากฏที่มุมล่างด้านซ้ายของแผนที่

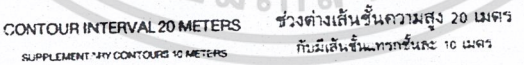
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.43 แสดงคำอธิบายสัญลักษณ์ (Legend)

8. บันทึกต่าง ๆ (Note) คือ หลักฐานข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำแผนที่ มีดังนี้

- ช่วงต่างเส้นชั้นความสูง 20 เมตร (Contour Interval 20 Meters) บอกให้ทราบว่าช่วงต่างระหว่างเส้นชั้นความสูงในแผนที่ระวางนี้เท่ากับ 20 เมตร กับมีเส้นชั้นแทรกชั้นละ 10 เมตร แสดงอยู่ที่ขอบระวางตอนล่าง



รูปที่ 2.44 แสดงช่วงต่างเส้นชั้นความสูง 20 เมตร

- บันทึกการใช้ค่ารูปทรงสัณฐาน (Spheroid) บอกให้ทราบว่าแผนที่นี้ใช้ค่าอิลิปซอยด์ (Ellipsoid) ในการทำแผนที่ ซึ่งในแต่ละภูมิภาคของโลกจะใช้ค่าคำนวณต่างกัน เช่น ทวีปอเมริกาเหนือ ใช้ Clarke Ellipsoid ปี ค.ศ. 1866 ส่วนประเทศไทยใช้ Everest Ellipsoid จะแสดงอยู่ที่ขอบระวางใต้ช่วงต่างเส้นชั้นความสูง 20 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กริด (Grid) เป็นระบบอ้างอิงในทางราบ มีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสมุมฉาก บอกให้ทราบว่าเส้นกริด ซึ่งเป็นเส้นตรงสีดำที่ลากขนานกันบนแผนที่พร้อมทั้งมีตัวเลขกำกับนั้น มีระยะห่างกัน 1,000 เมตร และเส้นกริดในระบบ UTM (Universal Transvers Mercator) แผนที่วะวางนี้อยู่ในโซนที่เท่าไหร่ (เช่น โซนที่ 47. 48) จะแสดงอยู่ที่ขอบระวางใต้สเฟียรอยด์
- เส้นโครงแผนที่ (Projection) บอกให้ทราบว่าแผนที่ L 7017 มาตราส่วน 1:50,000 เส้นโครงแผนที่ชนิดทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอว์ (Transvers Mercator) จะแสดงอยู่ที่ขอบระวางใต้สเฟียรอยด์
- บันทึกหลักฐานทางอ้างอิง (Datum Note) เป็นระบบหลักฐานที่ใช้อ้างอิงในการกำหนดค่าทางแนวยืนและแนวนอน เพื่อใช้เป็นจุดบังคับทางความสูงและควบคุมตำแหน่งบนแผนที่
- หลักฐานทางแนวยืน (Vertical Datum) บอกให้ทราบว่า ความสูงของภูมิประเทศในแผนที่แผ่นนี้อ้างอิง ระดับน้ำทะเลปานกลางที่เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
- หลักฐานทางแนวนอน (Horizontal Datum) บอกให้ทราบว่าค่าพิกัดตามแนวนอนของแผนที่ระวางนี้ ยึดถือพิกัดของหมุดหลักฐานทางราบนั้นได้โยงยึดมาจากประเทศอินเดีย
- กำหนดจุดควบคุมโดย (Control By) บอกให้ทราบว่าการกำหนดวางหมุดหลักฐานกระทำโดยความควบคุมของกรมแผนที่ทหาร
- สำรวจชื่อโดย (Names Data By) บอกให้ทราบว่าการสำรวจจำแนกชื่อรายละเอียดกระทำโดยกรมแผนที่ทหาร
- แผนที่นี้จัดทำและพิมพ์โดย (Prepared and Printed By) บอกให้ทราบว่าแผนที่นี้สำรวจและจัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร
- พิมพ์เมื่อ (Date) วัน เดือน ปี ที่จัดพิมพ์

SPHEROID	EVEREST
GRID	1,000 METER UTM ZONE 47
PROJECTION	TRANSVERSE MERCATOR
VERTICAL DATUM	MEAN SEA LEVEL AT KO LAK
HORIZONTAL DATUM	INDIAN DATUM
CONTROL BY	RTSD
NAMES DATA BY	RTSD
PREPARED AND PRINTED BY	RTSD
DATED	DECEMBER 1994

สเฟียรอยด์	เอเวอร์เรสท์
กริด	1,000 เมตร UTM เขต 47
เส้นโครงแผนที่	ทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์
หลักฐานทางแนวยืน	ถือระดับทะเลปานกลางที่เกาะหลัก
หลักฐานทางแนวนอน	ถือตามหลักฐานของประเทศอินเดีย
กำหนดจุดควบคุมโดย	กรมแผนที่ทหาร
สำรวจชื่อโดย	กรมแผนที่ทหาร
แผนที่นี้จัดทำและพิมพ์โดย	กรมแผนที่ทหาร
พิมพ์เมื่อ	ธันวาคม 2537

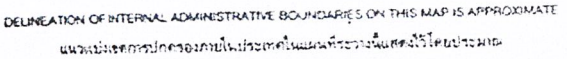
รูปที่ 2.45 แสดงหลักฐานข้อมูลที่ใช้ทำแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บันทึกเกี่ยวกับเส้นแบ่งอาณาเขต (Boundary Note)

DELINEATION OF INTERNATIONAL ADMINISTRATIVE BOUNDARIES ON

APPROXIMATE



รูปที่ 2.46 แสดงบันทึกเกี่ยวกับเส้นแบ่งอาณาเขต

-หมายเหตุให้ผู้ใช้ทราบ (User Note) บอกให้ผู้ใช้ได้กรุณาแจ้งข้อแก้ไขและความเห็นในอันที่จะให้ประโยชน์ของแผนที่ระวางนี้ไปยังกรมแผนที่ทหาร จะปรากฏที่มุมขวาตอนล่างสุด

9. แผนผังและสารบัญต่าง (Diagram and Index) ดังนี้

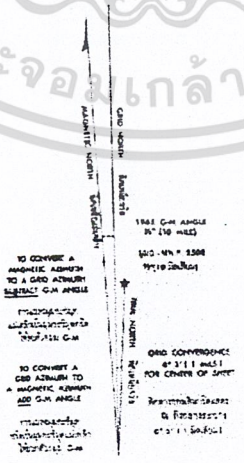
- แผนผังเดคลิเนชั่น หรือ มุมเยื้อง (Decclination Diagram) ปรากฏที่ขอบระวางตอนล่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทิศเหนือ 3 ทิศ คือ

ทิศเหนือจริง (True North) ใช้สัญลักษณ์ คือ ดาว

ทิศเหนือกริด (Grid North) ใช้สัญลักษณ์ คือ กริด หรือ GN

ทิศเหนือแม่เหล็ก (Magnetic North) ใช้สัญลักษณ์ คือ ครึ่งลูกศร

แสดงทิศทาง



รูปที่ 2.47 แสดงทิศทาง

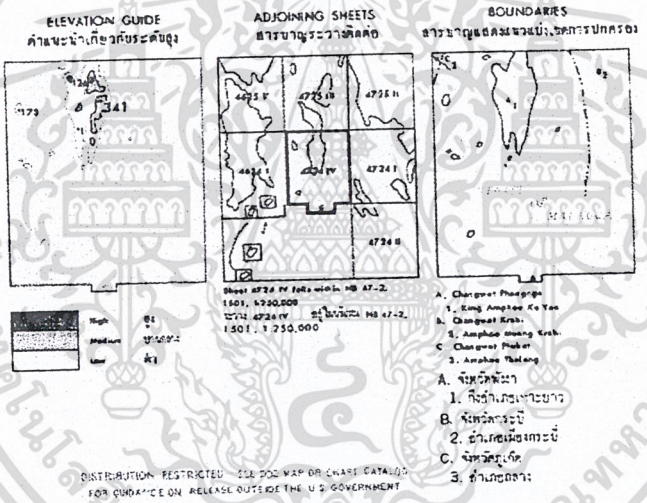
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำแนะนำเกี่ยวกับระดับความสูง (Elevation Guide) ปรากฏที่ขอบล่างด้านขวาใกล้กับสารบัญระวางติดต่อ

เป็นแผนผังแสดงระดับความสูงของพื้นที่ต่างๆในแผนที่ระวางนั้นโดยประมาณ โดยใช้ความแตกต่างความเข้มของสี เพื่อให้เห็นได้ง่ายว่าบริเวณใดมีความสูงที่สุด สูง ปานกลาง และต่ำ จากระดับน้ำทะเลมากหรือน้อย

- สารบาญระวางติดต่อ (Adjoning Sheets) เป็นกรอบตารางสี่เหลี่ยมพร้อมทั้งหมายเลขกำกับ เพื่อแสดงให้ทราบถึงหมายเลขแผ่นระวางที่ติดต่อกับแผนที่ระวางนั้น เพื่อความสะดวกในการค้นหาระวางแผนที่ใกล้เคียง

- สารบัญแสดงแนวแบ่งเขตการปกครอง (Boundaries) เป็นแผนผังแสดงการปกครองของประเทศ จังหวัด อำเภอ กิ่งอำเภอ



รูปที่ 2.48 แสดงคำแนะนำเกี่ยวกับระดับความสูง สารบาญระวางติดต่อ สารบัญแสดงแนวแบ่งเขตการปกครอง

10. ศัพทานุกรม (Grossary) แสดงอยู่ขอบขวาตอนล่าง บอกให้ทราบว่าแผนที่นี้ ได้จัดทำขึ้น 2 ภาษา คือ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ คำบางคำจำเป็นต้องให้ทับศัพท์ ดังนั้น เพื่อให้ผู้ใช้ได้ทราบความหมายของคำทับศัพท์นั้น จึงได้ให้ความหมายไว้ด้วย

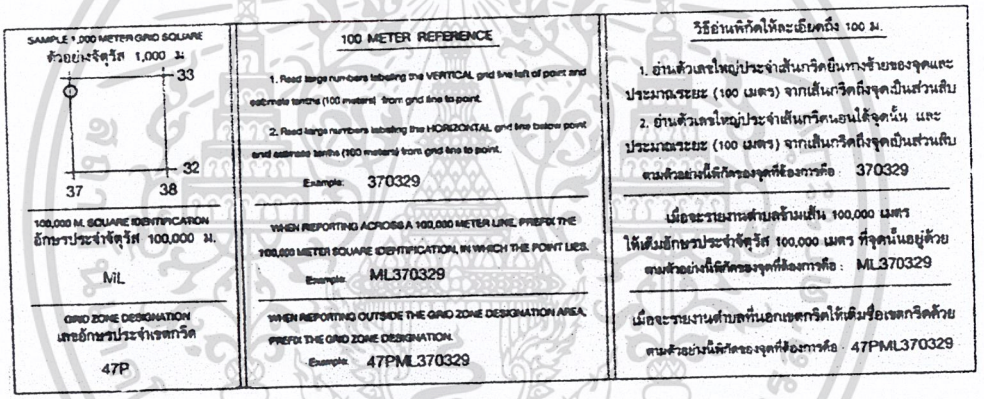
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GLOSSARY ศัพทานุกรม

Ao	bay
Ban	village
Khao	hill, mountain
Khlong	canal
Khuan	hill, mountair
Ko	island, islet
Laem	point
Luk Ko	isle
Muang Rae	tin mine
Rong Rian	school
Thanon	road

รูปที่ 2.49 แสดงศัพทานุกรม

11. คำแนะนำในการใช้ค่ากริด (Grid Reference Box) แสดงอยู่ที่กึ่งกลางด้านล่างของระวางบรรจุข้อความไว้เป็นกรอบสี่เหลี่ยม เป็นคำแนะนำในการหาพิกัดกริดของจุดต่างๆ ในแผนที่ ดังรูป



รูปที่ 2.50 แสดงคำแนะนำในการใช้ค่ากริด

12. หมายเลขสิ่งอุปกรณ์ (Stock NO.) แสดงที่ขอบระวางด้านล่างสุดทางมุมขวา แสดงหมายเลขอุปกรณ์ ซึ่งเป็นเครื่องบ่งให้ทราบถึงชนิดของแผนที่ต่างๆ ในระบบการส่งกำลังและเพื่อความมุ่งหมายในการเบิกแผนที่

STOCK NO L701747244***01

รูปที่ 2.51 แสดงหมายเลขสิ่งอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.19.3 เครื่องหมายแผนที่

เครื่องหมายแผนที่ คือ เครื่องหมายที่ใช้แสดงความหมายของสิ่งต่างๆบนผิวพิภพที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือที่มนุษย์สร้างขึ้น เครื่องหมายที่ใช้แสดง นี้จะพยายามให้มีลักษณะเหมือนของจริงในลักษณะที่มองมาจากข้างบน ที่ขอบ ระวางแผนที่จะแสดงเครื่องหมายแผนที่ไว้ เพื่อให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่าแทนสิ่งใดในภูมิประเทศจริง นอกจากจะใช้เครื่องหมายแผนที่แทนแล้ว ยังใช้สีประกอบเครื่องหมายเพื่อความสะดวกและง่ายต่อผู้ใช้อีกด้วย สีที่ใช้แตกต่างกันออก ไปตามชนิดของรายละเอียดในภูมิประเทศแผนที่มาตรฐานของประเทศไทย มี 4 สี คือ

1) สีดำ แทนรายละเอียดที่สำคัญทางวัฒนธรรม หรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น หมู่บ้าน ทางรถไฟ

2) สีน้ำเงิน แทนรายละเอียดที่เป็นน้ำ เช่น แม่น้ำ ทะเลสาบ หนอง บึง

3) สีน้ำตาล แทนรายละเอียดที่มีความสูงต่ำของผิวพิภพ เช่น เส้นชั้นความสูง ดินถม

4) สีเขียว แทนบริเวณที่เป็นป่าหรือพืชพันธุ์ไม้ต่างๆ

5) สีแดง แทนถนนสายหลัก บางแห่งแสดงไว้ให้ทราบว่าเป็นพื้นที่หวงห้าม หรือมีอันตราย

มาตราส่วนของแผนที่

มาตราส่วนของแผนที่ คือ อัตราส่วนระหว่างระยะบนแผนที่กับระยะในภูมิประเทศ หรือ คือความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางราบบนแผนที่กับระยะทางราบในภูมิประเทศ

การเขียนมาตราส่วน เขียนได้หลายวิธี เช่น 1 50,000 หรือ 1/50,000 หรือ 1:5,000

การคำนวณระยะทางบนแผนที่

คำนวณได้จากสูตร : มาตราส่วนของแผนที่ = ระยะบนแผนที่ / ระยะในภูมิประเทศ

2.19.4 ระบบพิกัดใช้บนแผนที่

ระบบพิกัด (Coordinate System) เป็นระบบที่สร้างขึ้นสำหรับใช้อ้างอิงในการกำหนดตำแหน่ง หรือ บอกตำแหน่งพื้นโลกจากแผนที่มีลักษณ์เป็นตารางโครงข่ายที่เกิดจากตัดกันของเส้นตรงสองชุดที่ถูกกำหนดให้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออก- ตะวันตก ตามแนวของจุดศูนย์กำเนิด (Origin) ที่กำหนดขึ้น ค่าพิกัดที่ใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งต่างๆ จะใช้ค่าของหน่วยที่นับออกจากจุดศูนย์กำเนิดเป็นระยะเชิงมุม (Degree) หรือเป็นระยะทาง (Distance) ไปทางเหนือหรือใต้และตะวันออกหรือตะวันตก ตามตำแหน่งของตำบลที่ต้องการหาค่าพิกัดที่กำหนดตำแหน่งต่างๆ จะถูกเรียกอ้างอิงเป็นตัวเลขในแนวตั้งและแนวนอนตามหน่วยวัดระยะใช้วัด

สำหรับระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงกำหนดตำแหน่งบนแผนที่ที่นิยมใช้กับแผนที่ในปัจจุบัน มีอยู่ด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ระบบ คือ

1) ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate)

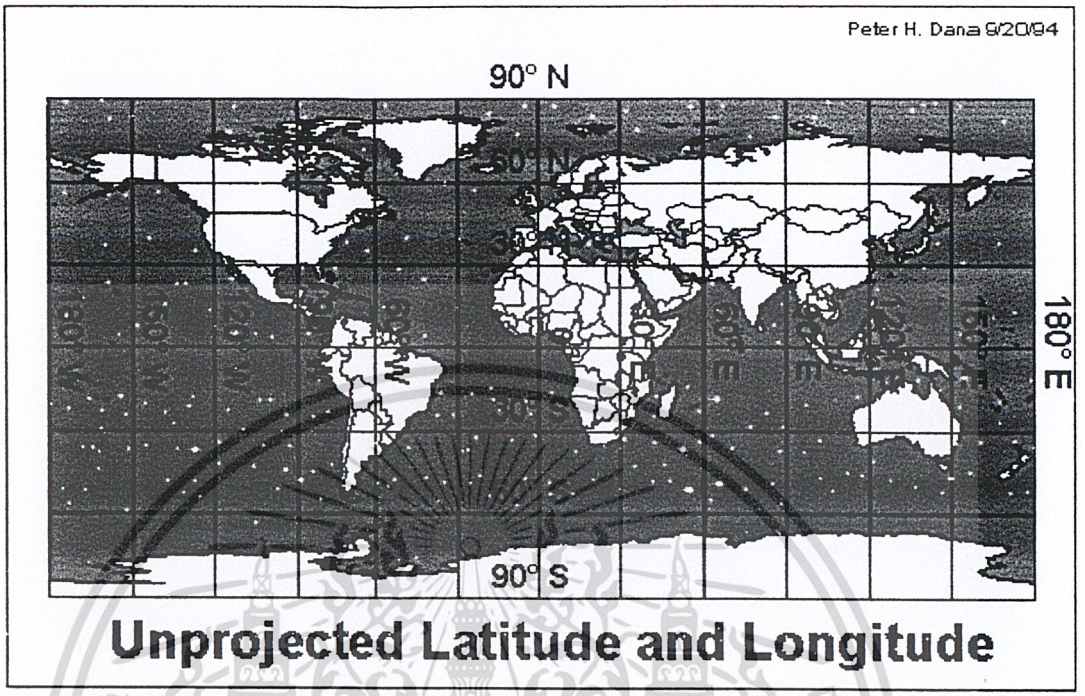
2) ระบบพิกัดกริด (Grid Coordinate) ในที่นี้จะพูดถึง พิกัดกริดแบบ UTM (Universal Transvers Mercator) ซึ่งใช้กับแผนที่ภูมิประเทศชุด L 7017 ของกรมแผนที่ทหาร

ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System)

เป็นระบบพิกัดที่กำหนดตำแหน่งต่างบนพื้นโลก ด้วยวิธีการอ้างอิงบอกตำแหน่งเป็นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด (Latitude) และ ลองกิจูด (Latitude) ตามระยะเชิงมุมที่ห่างจากศูนย์กำเนิด (Origin) ของละติจูดและลองกิจูด ที่กำหนดขึ้นสำหรับศูนย์กำเนิดของละติจูด (Origin of Latitude) นั้นกำหนดขึ้นจากแนวระดับ ที่ตัดผ่านศูนย์กลางของโลกและตั้งฉากกับแกนหมุน เรียกแนวระนาบศูนย์กำเนิดนั้นว่า เส้นศูนย์สูตร (Equator) ซึ่งแบ่งโลกออกเป็นซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ฉะนั้นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด จะเป็นค่าเชิงมุมที่เกิดจากมุมที่ศูนย์กลางของโลก กับแนวระดับฐานกำเนิดมุมที่เส้นศูนย์สูตร ที่วัดค่าของมุมออกไปทั้งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ค่าของมุมจะสิ้นสุดที่ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ มีค่าเชิงมุม 90 องศาพอดี ดังนั้นการใช้ค่าระยะเชิงมุมของละติจูดอ้างอิง บอกตำแหน่งต่างๆ นอกจากจะกำหนดเรียกค่าวัดเป็น องศา ลิปดา และฟิลิปดา แล้วจะบอก ซีกโลกเหนือหรือใต้กำกับด้วยเสมอ เช่น ละติจูดที่ 30 องศา 00 ลิปดา 15 ฟิลิปดาเหนือ

ส่วนศูนย์กำหนดของลองกิจูด (Origin of Longitude) นั้น ก็กำหนดขึ้นจากแนวระนาบทางตั้งที่ผ่านแกนหมุนของโลกตรงบริเวณตำแหน่งบนพื้นโลกที่ผ่านหอดูดาว เมืองกรีนิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ เรียกศูนย์กำเนิดนี้ว่า เส้นเมริเดียนเริ่มแรก (Prime Meridian) เป็นเส้นที่แบ่งโลกออกเป็นซีกโลกตะวันตกและซีกโลกตะวันออกค่าระยะเชิงของลองกิจูดเป็นค่าที่วัดมุมออกไปทางตะวันตกและตะวันออกของเส้นเมอริเดียนเริ่มแรก วัดจากศูนย์กลางของโลกตามแนวระนาบ ที่มีเมอริเดียนเริ่มแรกเป็นฐานกำเนิดมุมค่าของมุมจะสิ้นสุดที่เส้นเมอริเดียนตรงข้ามเส้นเมริเดียนเริ่มแรกมีค่าของมุมซีกโลกละ 180 องศา การใช้ค่าอ้างอิงบอกตำแหน่งก็เรียกกำหนดเช่นเดียวกับละติจูด แต่ต่างกันที่จะต้องบอกเป็นซีกโลกตะวันตก หรือตะวันออกแทน เช่น ลองกิจูดที่ 90 องศา 00 ลิปดา 00 ฟิลิปดาตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.52 แสดงระบบพิกัดภูมิศาสตร์

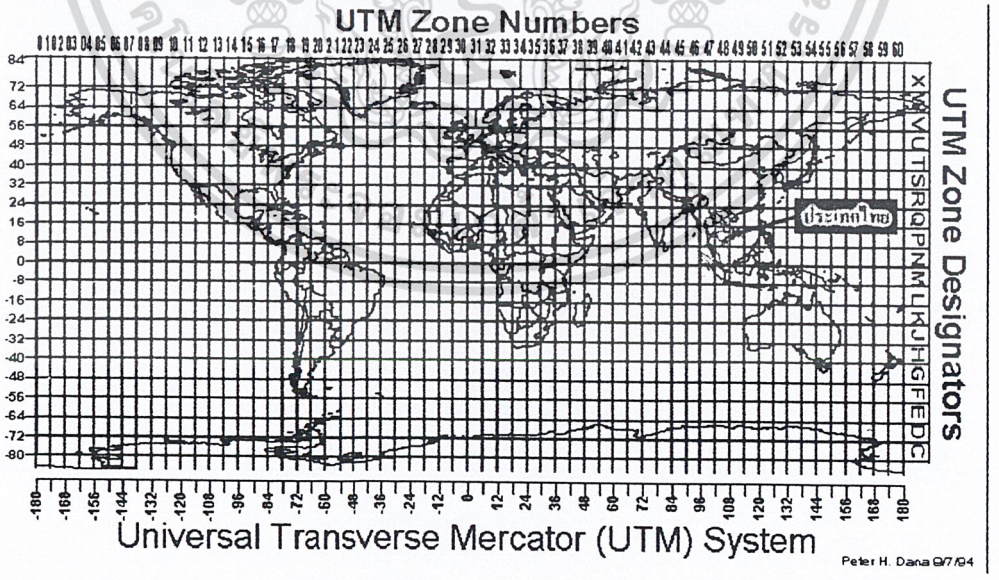
ระบบพิกัดกริด UTM (Universal Transvers Mercator co-ordinate System)

พิกัดกริด UTM (Universal Transvers Mercator) เป็นระบบตารางกริดที่ใช้ช่วยในการกำหนดตำแหน่งและใช้อ้างอิง ในการบอกตำแหน่ง ที่นิยมใช้กับแผนที่ในกิจการทหารของประเทศต่าง ๆ เกือบทั่วโลกในปัจจุบัน เพราะเป็นระบบตารางกริดที่มีขนาดรูปร่างเท่ากันทุกตาราง และมีวิธีการกำหนดบอกค่าพิกัดที่ง่ายและถูกต้องเป็นระบบกริดที่นำเอาเส้นโครงแผนที่แบบ Universal Transvers Mercator Projection ของ Gauss Krugger มาใช้ดัดแปลงการถ่ายทอดรายละเอียดของพื้นผิวโลกให้รูปทรงกระบอก Mercator Projection อยู่ในตำแหน่ง Mercator Projection (แกนของรูปทรงกระบอกจะทับกับแนวเส้นอิเควเตอร์ และตั้งฉากกับแนวแกนของขั้วโลก) ประเทศไทยเราได้นำเอาเส้นโครงแผนที่แบบ UTM นี้มาใช้กับการทำแผนที่กิจการทหารภายในประเทศจากรูปถ่ายทางอากาศในปี 1953 ร่วมกับสหรัฐอเมริกา เป็นแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ชุด 708 และปรับปรุงใหม่เป็นชุด L 7017 ที่ใช้ในปัจจุบัน แผนที่ระบบพิกัดกริด ที่ใช้เส้นโครงแผนที่แบบ UTM เป็นระบบเส้นโครงชนิดหนึ่งที่ใช้ผิวรูปทรงกระบอกเป็นผิวแสดงเส้นเมริเดียน (หรือเส้นลองกิจูด) และเส้นละติจูดของโลก โดยใช้ทรงกระบอกตัดโลกระหว่างละติจูด 84 องศาเหนือ และ 80 องศาใต้ในลักษณะแกนรูปทรงกระบอก ทำมุมกับแกนโลก 90 องศารอบโลก แบ่งออกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60 โซนๆ ละ 6 องศา โซนที่ 1 อยู่ระหว่าง 180 องศา กับ 174 องศาตะวันตก และมีลองกิจูด 177 องศาตะวันตก เป็นเมริเดียนย่านกลาง (Central Meridian) มีเลขกำกับแต่ละโซนจาก 1 ถึง 60 โดยนับจากซ้าย ไปทางขวาระหว่างละติจูด 84 องศาเหนือ 80 องศาใต้ แบ่งออกเป็น 2 ช่อง ช่องละ 8 องศา ยกเว้นช่องสุดท้ายเป็น 12 องศา โดยเริ่มนับตั้งแต่ละติจูด 80 องศาใต้ ขึ้นไปทางเหนือ ให้ช่องแรกเป็นอักษร C และช่องสุดท้ายเป็นอักษร X (ยกเว้น I และ O) จากการแบ่งตามที่กล่าวแล้วจะเห็นพื้นที่ในเขตลองกิจูด 180 องศาตะวันตก ถึง 180 องศาตะวันออก และละติจูด 80 องศาใต้ ถึง 84 องศาเหนือ จะถูกแบ่งออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 1,200 รูป แต่ละรูปมีขนาดกว้างยาว 6 องศา x 8 องศา จำนวน 1,140 รูป และกว้างยาว 6 องศา x 12 องศา จำนวน 60 รูป รูปสี่เหลี่ยมนี้เรียกว่า Grid Zone Designation (GZD) การเรียกชื่อ Grid Zone Designation ประเทศไทยมีพื้นที่อยู่ ระหว่างละติจูด 5 องศา 30 ลิปดา เหนือ ถึง 20 องศา 30 ลิปดา เหนือ และลองกิจูดประมาณ 97 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก ถึง 105 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก ดังนั้น ประเทศไทยจึงตกอยู่ใน GZD 47N 47P 47Q 48N 48P และ 48Q การอ่านค่าพิกัดกริดเพื่อให้พิกัดค่ากริดในโซนหนึ่งๆ มีค่าเป็นบวกเสมอ จึงกำหนดให้มีศูนย์สมมุติขึ้น 2 แห่ง ดังนี้

- ในบริเวณที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร : เส้นศูนย์สูตรมีระยะห่างจากศูนย์สมมุติเท่ากับ 0 เมตร, และเส้นเมริเดียนย่านกลางห่างจากศูนย์สมมุติ 500,000 เมตร ทางตะวันออก
- ในบริเวณที่อยู่ใต้เส้นศูนย์สูตร : เส้นศูนย์สูตรมีระยะห่างจากศูนย์สมมุติไปทางเหนือ 10,000,000 เมตร และเมริเดียนย่านกลางห่างจากศูนย์สมมุติ 500,000 เมตร ทางตะวันออก



รูปที่ 2.53 แสดงการแบ่งกริดโซนระบบพิกัดกริด UTM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.19.5 การหาตำแหน่งของสถานที่บนพื้นโลก

การหาตำแหน่งของสถานที่บนพื้นโลกโดยการอ่านจากแผนที่ ที่นิยมใช้กันทั้งในงานแผนที่ทั่วไปและงานของ GIS&RS มี 2 แบบ คือ

1. พิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate)
2. พิกัดกริด UTM (UTM Grid Coordinate)

พิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate)

โดยที่เราต้องอ่านค่าของละติจูดและลองกิจูดตัดกัน ทั้ง 2 แกน มีหน่วยที่วัด เป็น

องศา (°) ลิปดา (′) ฟิลิปดา (″)

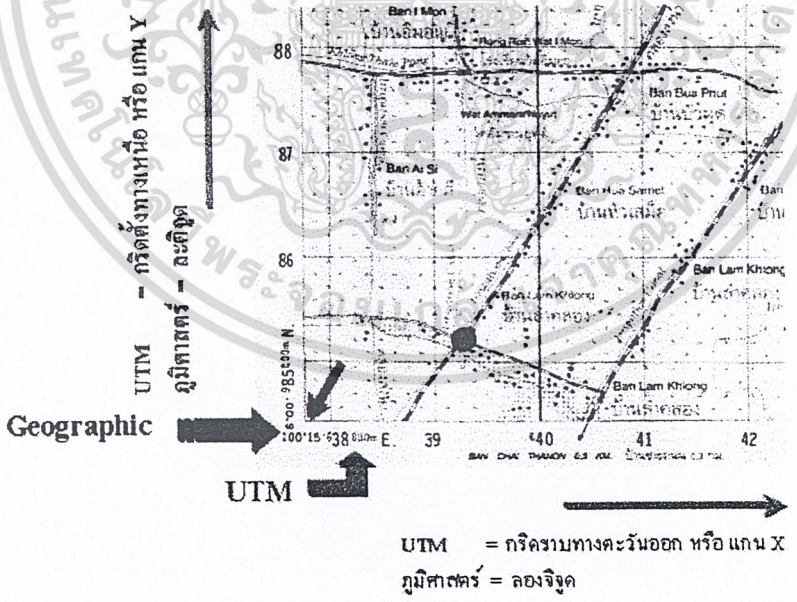
หน่วยวัด : 60 ฟิลิปดา = 1 ลิปดา

60 ลิปดา = 1 องศา

ตัวอย่างเช่น การอ่านค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่มุมล่างซ้ายของแผนที่ (ตามลูกศรสีม่วง) ค่าที่อ่านได้ คือ

ละติจูดที่ 8 องศา 00 ลิปดา 00 ฟิลิปดา เหนือ

ลองกิจูดที่ 100 องศา 15 ลิปดา 00 ฟิลิปดา ตะวันออก



รูปที่ 2.54 แสดงการหาตำแหน่งของสถานที่บนพื้นโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดกริด UTM (UTM Grid Coordinate)

ใช้บอกค่าเป็นตัวเลข โดยที่เราต้องอ่านค่าของเส้นกริดตั้ง (แกน X ทางตะวันออก) และเส้นกริดราบ (แกน Y ทางเหนือ) ตัดกันทั้ง 2 แกน ที่เส้นกริดตั้งและราบมีตัวเลขตัวโต 2 ตัวกำกับไว้ทุกเส้น มีหน่วยที่วัดเป็น เมตร การหลักอ่านมีหลักดังนี้

1. ให้อ่านเพียงตัวเลขใหญ่ที่กำกับไว้ในแต่ละเส้นกริด
2. ให้อ่านตัวเลขใหญ่ประจำเส้นกริดตั้งก่อน เป็นการอ่านพิกัดที่เรียกว่า Read Right Up โดยอ่านจากซ้ายไปขวาก่อน แล้วอ่านตัวเลขใหญ่ประจำเส้นกริดราบ โดยอ่านจากข้างล่างขึ้นข้างบน
3. การอ่านตัวเลขจึงประกอบด้วย 2 ส่วน

ส่วนแรก หรือ ครึ่งแรก เป็นตัวเลขอ่านไปทางขวา

ส่วนหลัง หรือ ครึ่งหลัง เป็นตัวเลขอ่านขึ้นข้างบน

Read Right Up

4. ถ้าอ่านเพียงจตุรัส 1,000 เมตร ตัวเลขจะประกอบด้วย 4 ตัว

100 เมตร ตัวเลขจะประกอบด้วย 6 ตัว

10 เมตร ตัวเลขจะประกอบด้วย 8 ตัว

ตัวอย่าง เช่น การอ่านค่าพิกัด UTM ของจุดตัดถนนในแผนที่ (ตามวงกลมสีแดง) ระดับ 100 เมตร ค่าที่อ่านได้ คือ

แกน X = 639200 ตะวันออก

แกน Y = 985150 เหนือ

** แผนที่ตัวอย่างที่นำมาใช้มาตราส่วน 1:50,000

- ตัวเลข 639 ของ แกน X และ 985 ของแกน Y คือ ตัวเลขประจำกริด ตัวเลขสีดำ
- ตัวเลข 200 ของ แกน X และ 150 ของแกน Y ได้ค่าโดยใช้ไม้บรรทัดวัดจากเส้นกริดมายังจุดตัดของถนน โดย

แกน X (ทางตะวันออก) วัดได้ 4 มิลลิเมตร ---> 4 x 50 = 200

แกน Y (ทางเหนือ) วัดได้ 3 มิลลิเมตร ---> 3 x 50 = 150

เนื่องจากระยะใน 1 ช่องจัตุรัส เท่า 1,000 เมตร และวัดได้เท่ากับ 20 มิลลิเมตร เพราะฉะนั้น 1 มิลลิเมตร เท่ากับ 50 เมตร(ในพื้นที่จริง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 เตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะใช้งานซึ่งประกอบด้วย

3.1.1 คอมพิวเตอร์

คือ อุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้ ควรมีประสิทธิ์ภาพในการใช้งานด้านกราฟฟิก ที่สามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 95,98 หรือ Windows 2000 ได้

3.1.2 TNC

คือ อุปกรณ์ตัวกลางในการแปลงสัญญาณที่มาจากคอมพิวเตอร์กับวิทยุสื่อสาร หรือแปลงสัญญาณที่รับมาจากวัทยุสื่อสารให้กับคอมพิวเตอร์ โดยเราจะต้องศึกษาการใช้งาน และชุดคำสั่งต่างๆในการควบคุม TNC

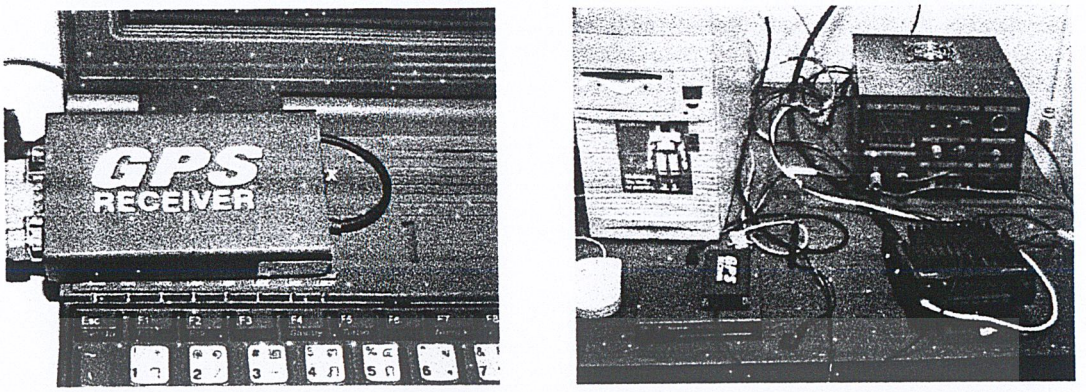


รูปที่ 3.1 แสดงรูปภาพอุปกรณ์ TNC

3.1.3 GPS (Global Positioning System)

คือ อุปกรณ์ที่รับสัญญาณจากดาวเทียมมาคำนวณเพื่อวิเคราะห์ละติจูด ลองจิจูด และเวลาที่ได้รับ ตามมาตรฐาน NMEA 0183 คือ Nationnal Electronics Association 0183

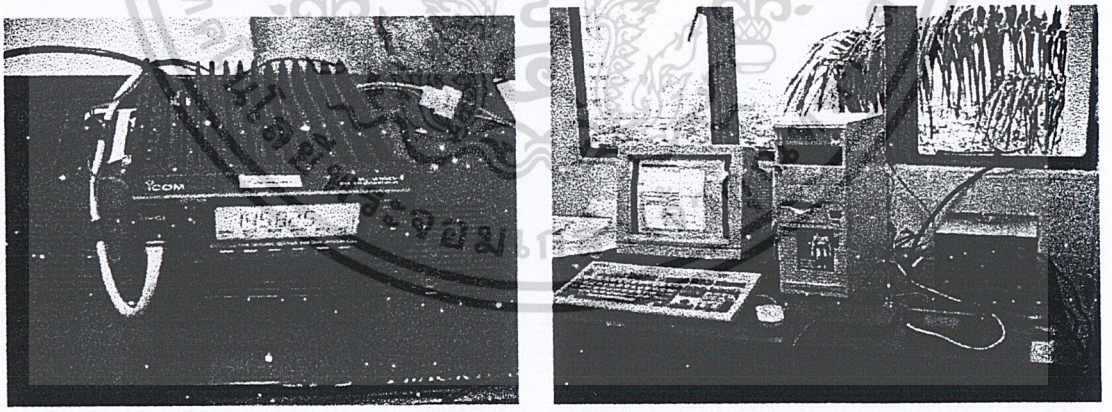
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงรูปภาพของ GPS Receiver

3.1.4 วิทยุสื่อสาร

คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อกันโดยจะส่งข้อมูลที่ทำการแปลงด้วย TNCแล้วส่งออกไปในอากาศด้วยคลื่นวิทยุ ถ้าหากเป็นการใช้งานในพื้นที่ไม่ห่างกันนัก เราสามารถจะใช้วิทยุขนาดเล็กรับส่งกันได้ แต่ถ้าเป็นการใช้งานในการสื่อสารระยะทางไกลๆ จำเป็นจะต้องติดตั้งเสาอากาศ และเลือกใช้เครื่องส่งวิทยุที่มีขนาดใหญ่เพื่อให้มีกำลังในการส่ง สัญญาณออกไปได้ไกลมากขึ้น



รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องรับ-ส่งสัญญาณวิทยุ

3.2 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องรับ เครื่องแม่ (Server)

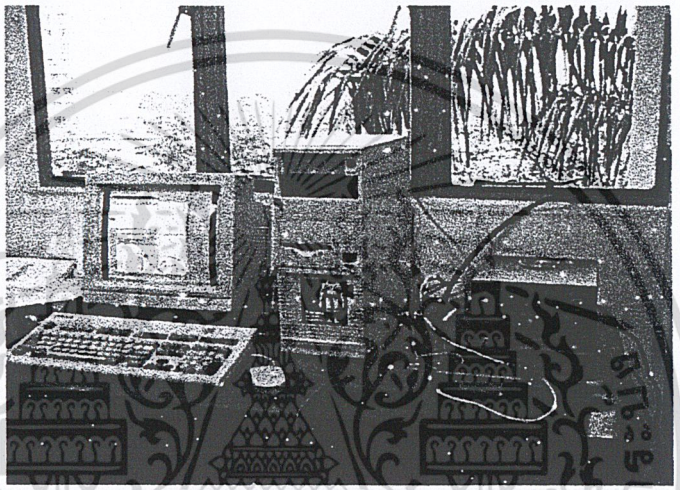
3.2.1 นำ TNC มาต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม และป้อนไฟเลี้ยงให้กับ TNC ประมาณ 9-12 โวลต์ เพื่อให้ TNC ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 นำสัญญาณที่ออกจาก TNC ไปต่อเข้ากับวิทยุสื่อสาร

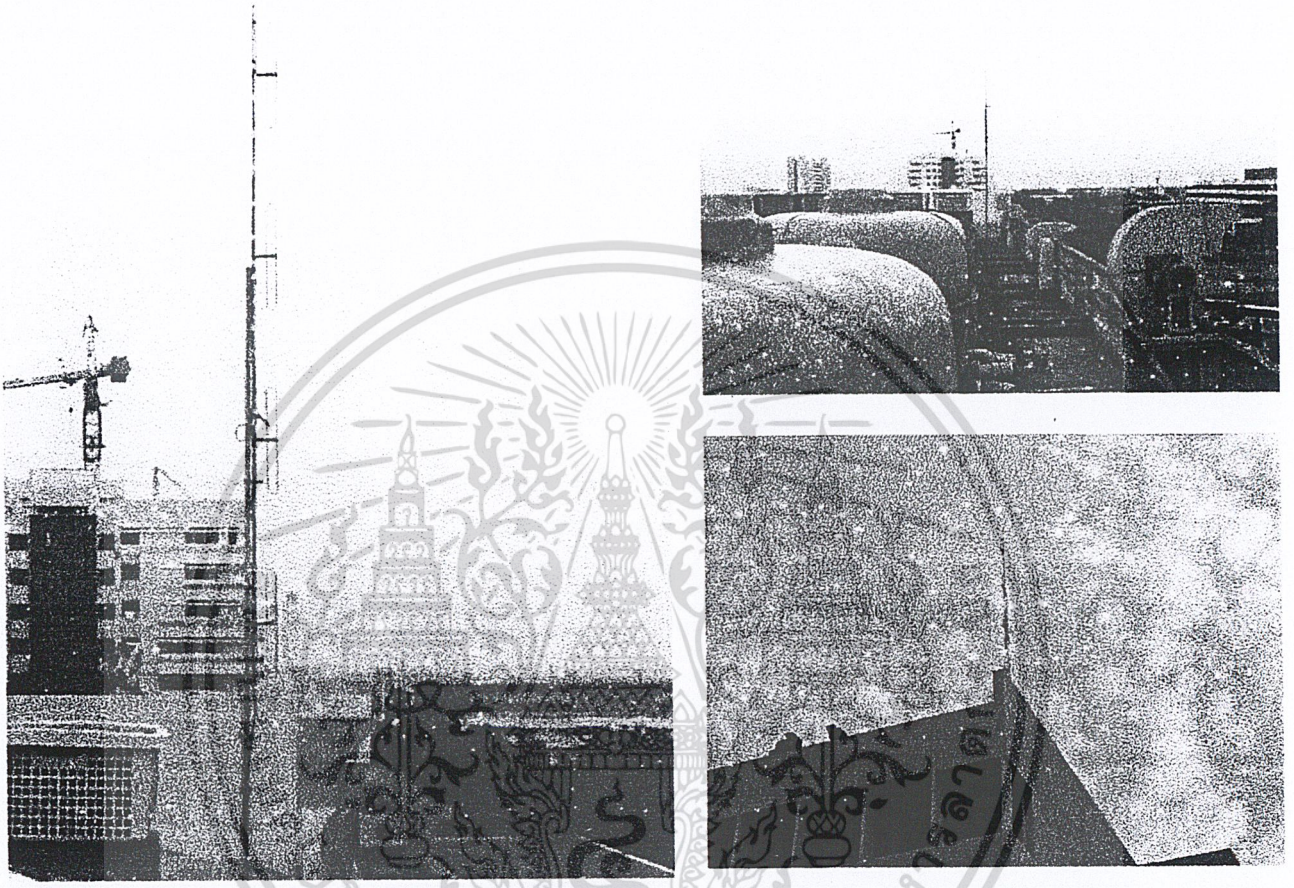
3.2.3 ปรับคลื่นความถี่ของวิทยุสื่อสารของวิทยุสื่อสารในการรับส่งข้อมูล โดยเราจะใช้คลื่นความถี่ที่ 145.825 MHz ซึ่งเป็นคลื่นความถี่ที่อนุญาติให้ทดลองใช้งานสำหรับการสื่อสาร Packet Radio โดยเฉพาะ

3.2.4 ทำการติดตั้งสายอากาศชนิดไดโพ เพื่อขยายพื้นที่ในการสื่อสาร ที่ชั้นดาดฟ้าตึกคณะวิทยาศาสตร์ สจล.(ตึกเก่า)



รูปที่ 3.4 แสดงรูปภาพเครื่องแม่ข่าย (Server)ณ.ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงการติดตั้งสายอากาศบริเวณตึกเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

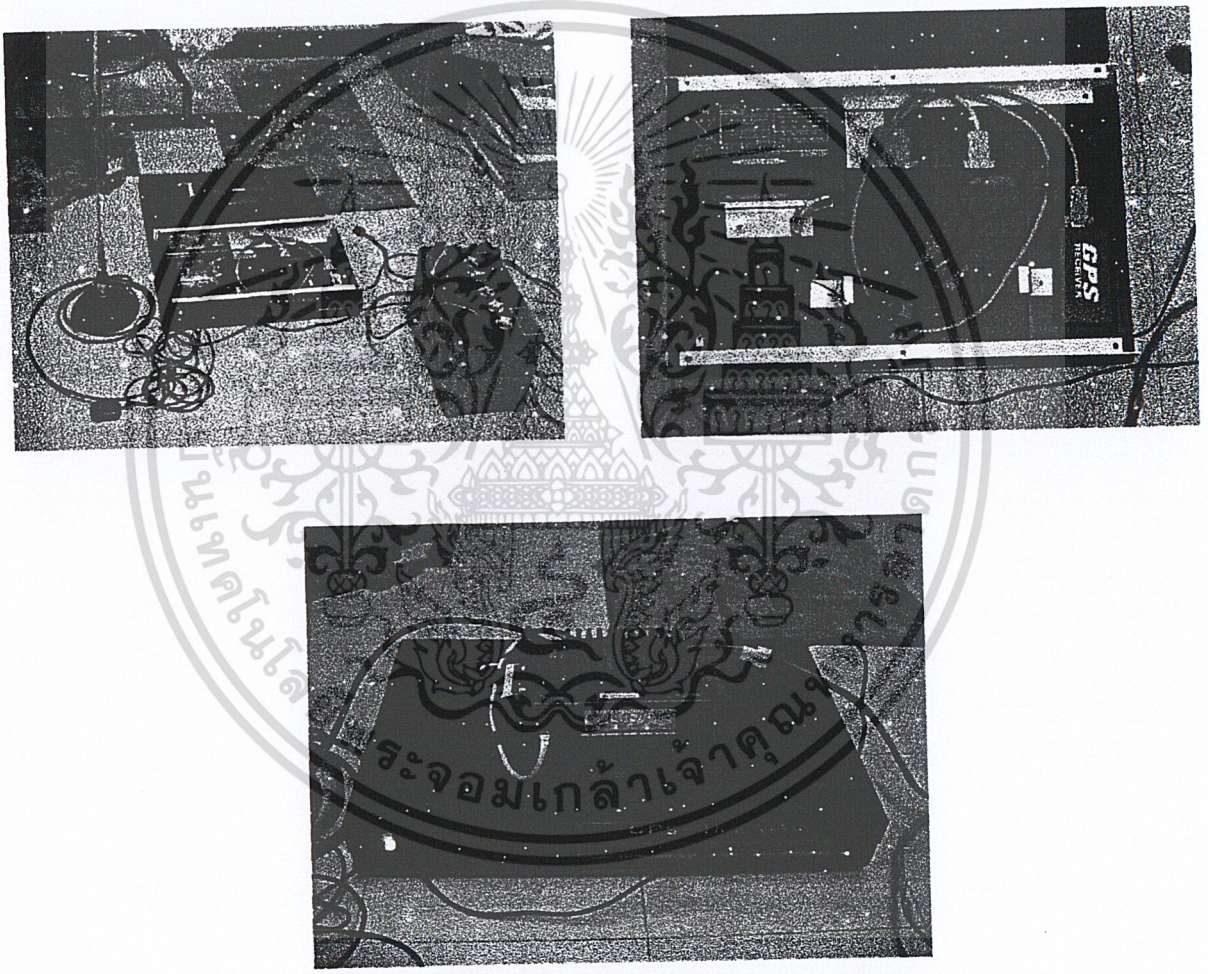
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียมและอุปกรณ์ในการส่งสัญญาณวิทยุ(Client)

3.3.1 ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ คือ 1.GPS 2.TNC (GPS mode) 3. Hand hole Radio 4. Antenna 5. Battery เข้าใน Packet เพื่อให้ง่ายในการเคลื่อนที่ และบำรุงรักษา

3.3.2 ออกแบบ Packet เพื่อให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน

3.3.3 Set ให้ TNC ทำงานในโหมด GPS และกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูล 4800

3.3.4 นำอุปกรณ์ต่างๆลงใน Packet และทำการ Charge ไฟเข้าสู่ Battery



รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบต้นแบบของเครื่องลูกข่าย (Client)

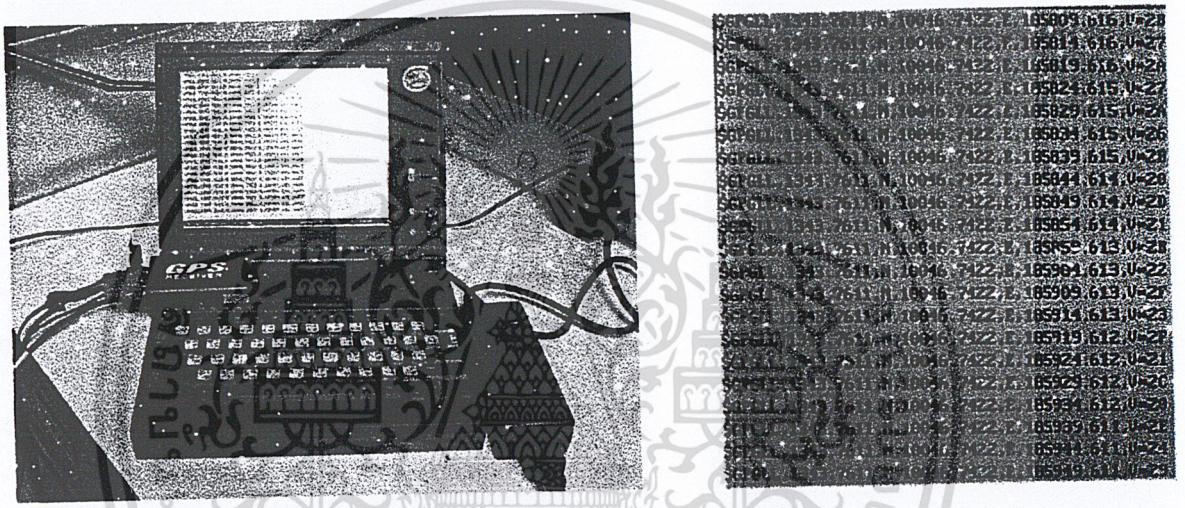
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ทดสอบสัญญาณ GPSภาคสนาม

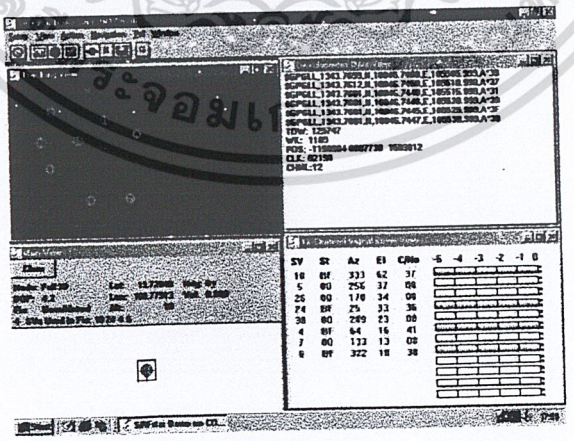
3.4.1 นำ GPS ติดต่อกับ Computer Notebook เพื่อทดสอบสัญญาณ GPS ที่ได้ค่า ละติจูด และลองติจูดเปรียบเทียบกับแผนที่ ณ.จุดเดียวกัน

3.4.2 นำค่าผิดพลาดที่ได้มาเป็นข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ในการเขียนโปรแกรม

3.4.3 นำ GPS ติดต่อกับ Computer Notebook เพื่อทำการสำรวจและวิเคราะห์เพื่อทำการจำลองแผนที่ (Servey Map) ในอัตราส่วน 1: 50,000 โดยเปรียบเทียบกับแผนที่ของ JICA และกรมทางหลวง



รูปที่ 3.7 แสดงการออกภาคสนามเพื่อทดสอบและเก็บข้อมูล

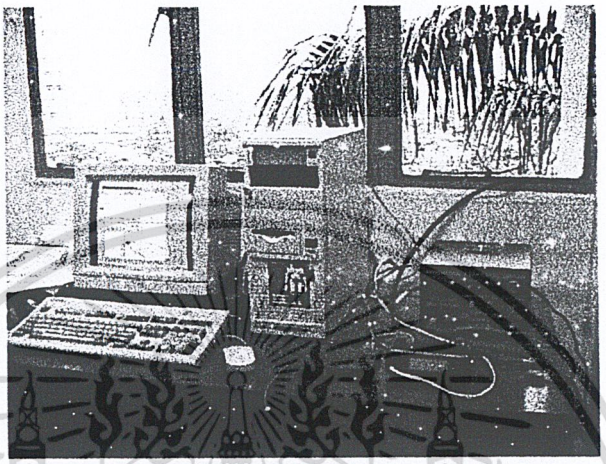


รูปที่ 3.8 การใช้ Softwareในการทดสอบสัญญาณโดยทดสอบจากองค์ประกอบต่างๆที่มีผลต่อสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ทดสอบสัญญาณวิทยุไปยังเครือข่ายต่างๆ

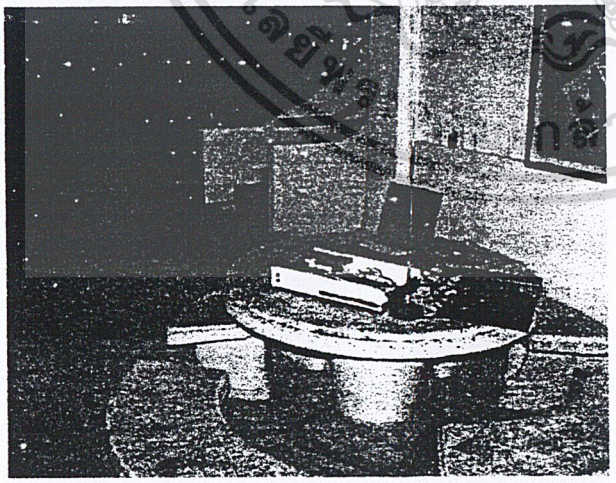
3.5.1 ทดสอบสัญญาณวิทยุไปยัง Node ต่างๆเพื่อทดสอบสายอากาศที่ทำการติดตั้ง โดยทดสอบไปยังศูนย์วิทยุ ประเวศ และศูนย์อื่นๆ



รูปที่ 3.9 แสดงการติดต่อกับ Node ต่างๆ

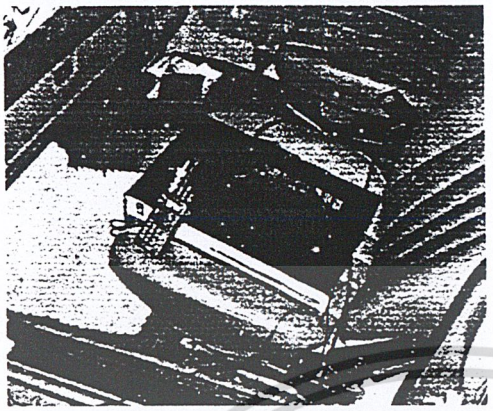
3.6 ทดสอบการรับส่งสัญญาณ GPS จากเครื่องลูกข่าย ไปยังสถานีฐาน

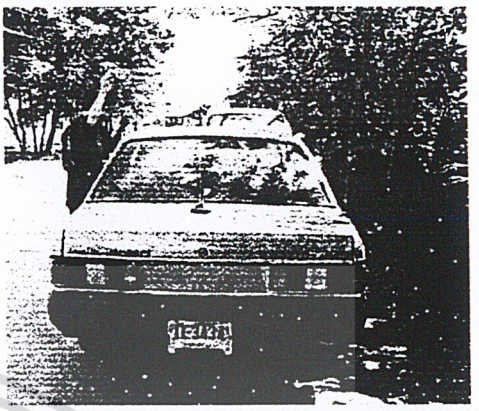
โดยการทดลองติดต่อระหว่างเครื่องลูกข่าย ไปยังสถานีฐาน ยังบริเวณตำแหน่งต่างๆที่อ้างอิงได้ เพื่อทดสอบระยะทางในการส่งสัญญาณ, ความเร็วในการส่งสัญญาณ GPS และทดสอบบริเวณที่อับสัญญาณ



รูปที่ 3.10 แสดงการทดสอบการติดต่อจากเครื่องลูกไปยังสถานีฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

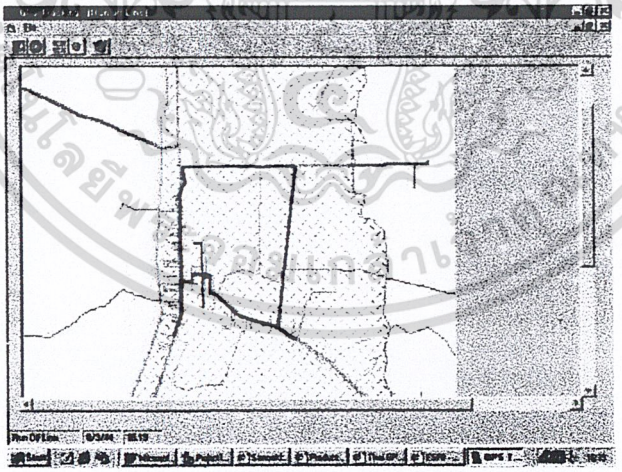




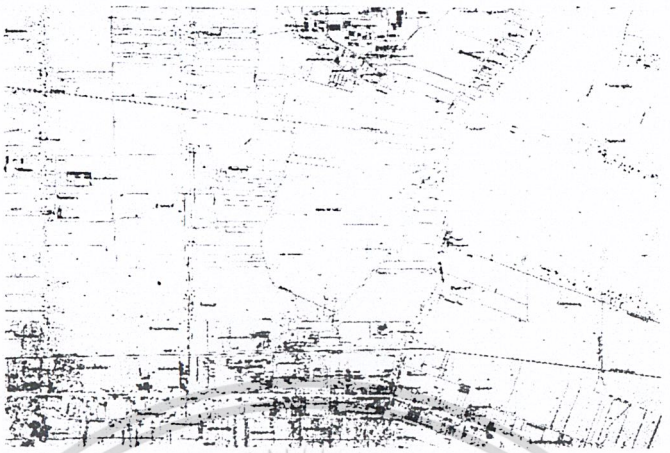
รูปที่ 3.11แสดงการติดตั้งชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่

3.7 การสำรวจภาคสนามเพื่อจำลองแผนที่

สำรวจโดยใช้อุปกรณ์ GPS และ Note Book เพื่อตรวจสอบพิกัดและ นำมาวิเคราะห์จำลองแผนที่ (Servey Map)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

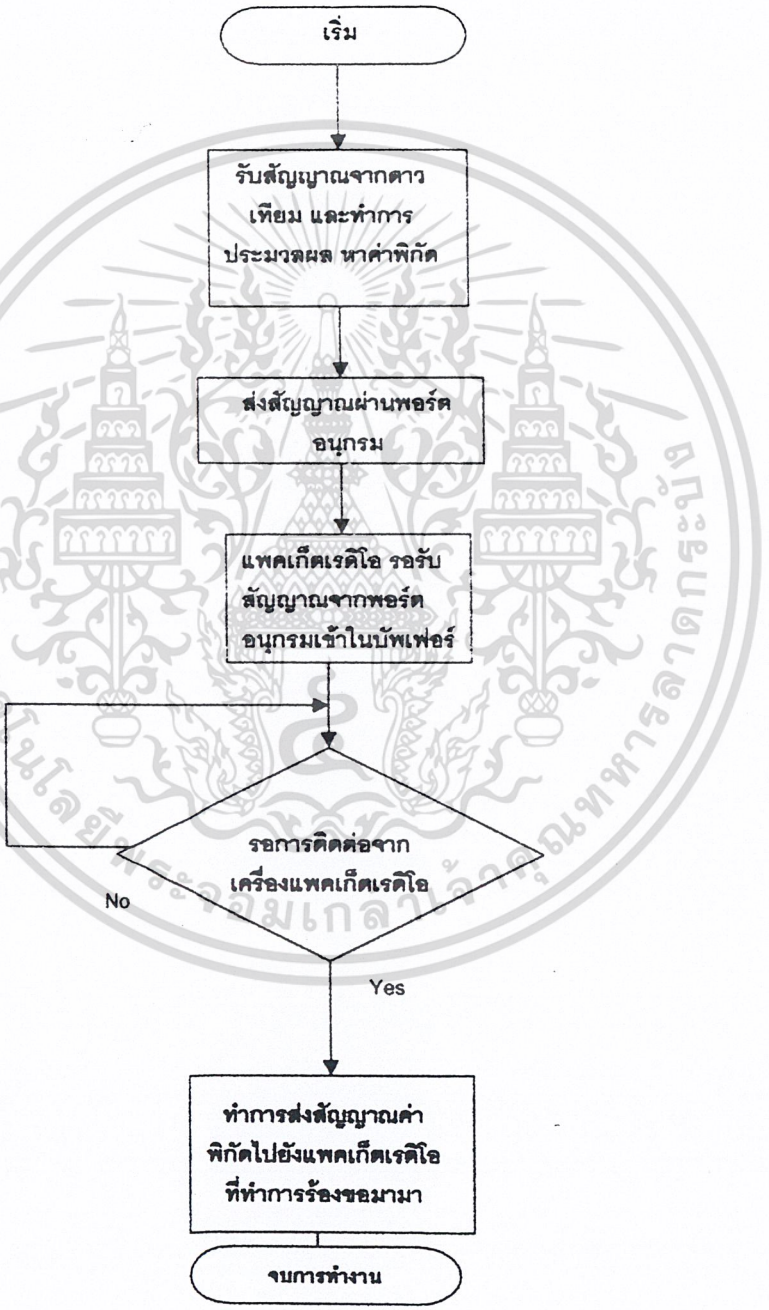


รูปที่ 3.12 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการสร้าง ServeyMap เปรียบเทียบกับแผนที่ของ JICA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับ TNC

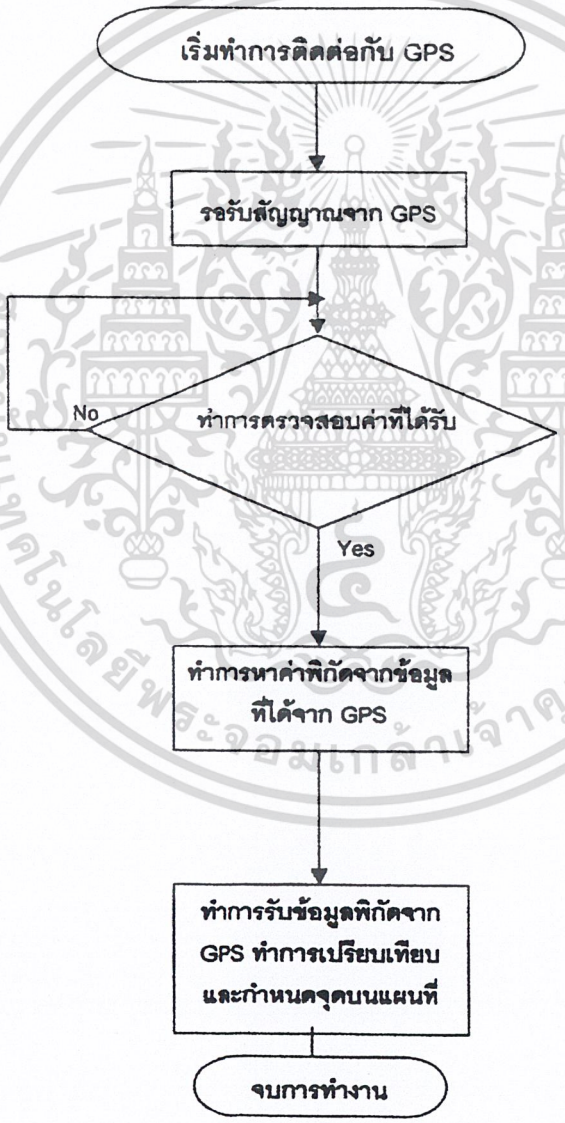
หลักการ คือ จะต้องเขียนโปกแกรมให้สามารถที่จะติดต่อกับ TNC ที่ต่ออยู่กับ Serial Port ซึ่งในการใช้งานผู้จัดทำเลือกใช้ภาษา Visual Basic 6 เพื่อให้สะดวก ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยมีขั้นตอนการทำงาน (Flow Chat) ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 การเขียนโปรแกรมในการแสดงผลบนแผนที่

หลักการ คือ นำพิกัด ละติจูด และลองติจูด ที่ได้จาก GPS จากเครื่อง Client ไปยังอุปกรณ์ TNC ที่เป็น Server และทำการวิเคราะห์ และคำนวณหาตำแหน่งภาพ ตามตำแหน่งของพิกัดที่มีความเชื่อถือได้ โดยภาษา Visual Basic 6 เนื่องจากมีสามารถในด้านกราฟฟิกได้ดี มีแผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรม คือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

จากการทดสอบการใช้งาน สามารถจะทำการติดต่อกันระหว่าง เครื่องลูกข่าย กับเครื่องแม่ข่าย ได้ชัดเจน และการกำหนดอัตราการส่งสัญญาณ GPS ไปยังเครื่อง TNC ในอัตรา 1 ครั้งต่อ 5 วินาที ซึ่งเป็นอัตราที่เหมาะสมกับองค์ประกอบหลาย ๆอย่างอาทิเช่น ความละเอียดของแผนที่ , ความเร็วในการส่งข้อมูล และความเร็วของพาหนะ เป็นต้น โดยการทดลองภาคสนาม ซึ่งมีการติดตั้งสถานีฐาน บริเวณตึกคณะวิทยาศาสตร์ ชั้น 3 (ตึกเก่า) และมีการติดตั้งสายอากาศบริเวณดาดฟ้าของอาคารดังกล่าว เพื่อแก้ปัญหาในการรับส่งคลื่นวิทยุ และเพิ่มขอบเขตการรับส่ง ซึ่งเป็นการติดตั้งสายอากาศชนิดไดโพล ทำให้สามารถครอบคลุมการรับ – ส่งข้อมูลในขอบเขตลาดกระบัง

การทดสอบภาคสนามโดยใช้Mobile แทน วิทยุมือถือ เนื่องจากต้องการเพิ่มกำลังส่งจาก 5วัตต์ เป็น 30 วัตต์สามารถรับ-ส่งสัญญาณ GPS ได้ในรัศมี 5.4 กม. ครอบคลุม 29.16 ตารางกิโลเมตร โดยใช้ความเร็วที่ 40 – 60 กม./ชม.

4.1 การทดสอบสัญญาณ GPS เพื่อนำมาวิเคราะห์แผนที่

ทดสอบสัญญาณ GPS เพื่อเก็บข้อมูลและมาวิเคราะห์แผนที่จากการสำรวจ (Servey Map) โดยมีอุปกรณ์ คือ GPS และ Notebook

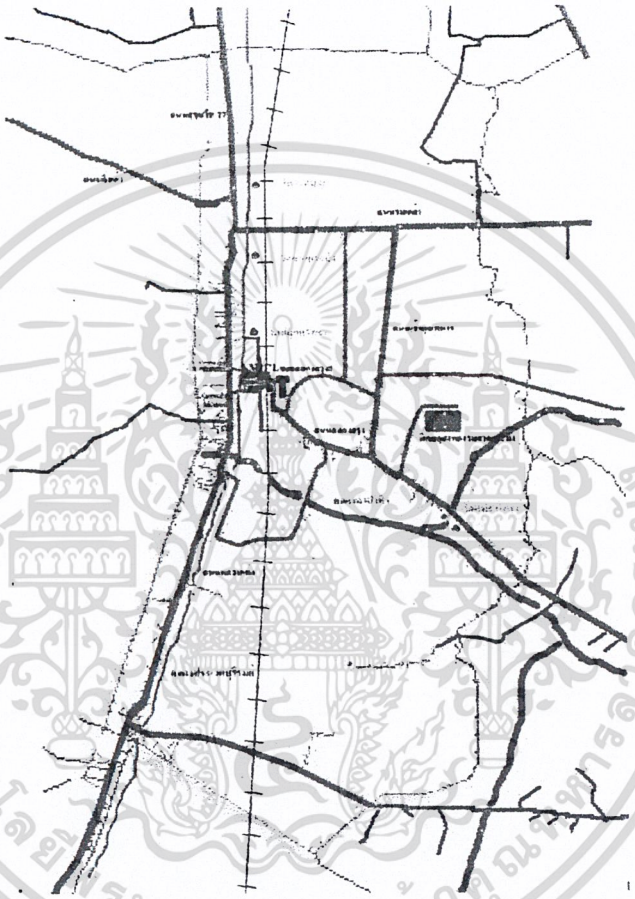


รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์การสำรวจเพื่อสร้าง Servey Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์สร้างเป็นแผนที่จากการสำรวจ Servey Map ในอัตราส่วน 1:50,000โดยอ้างอิงจาก แผนที่ของ JICA และของสมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย (Roads Association of Thailand)

แสดงได้ดังรูป

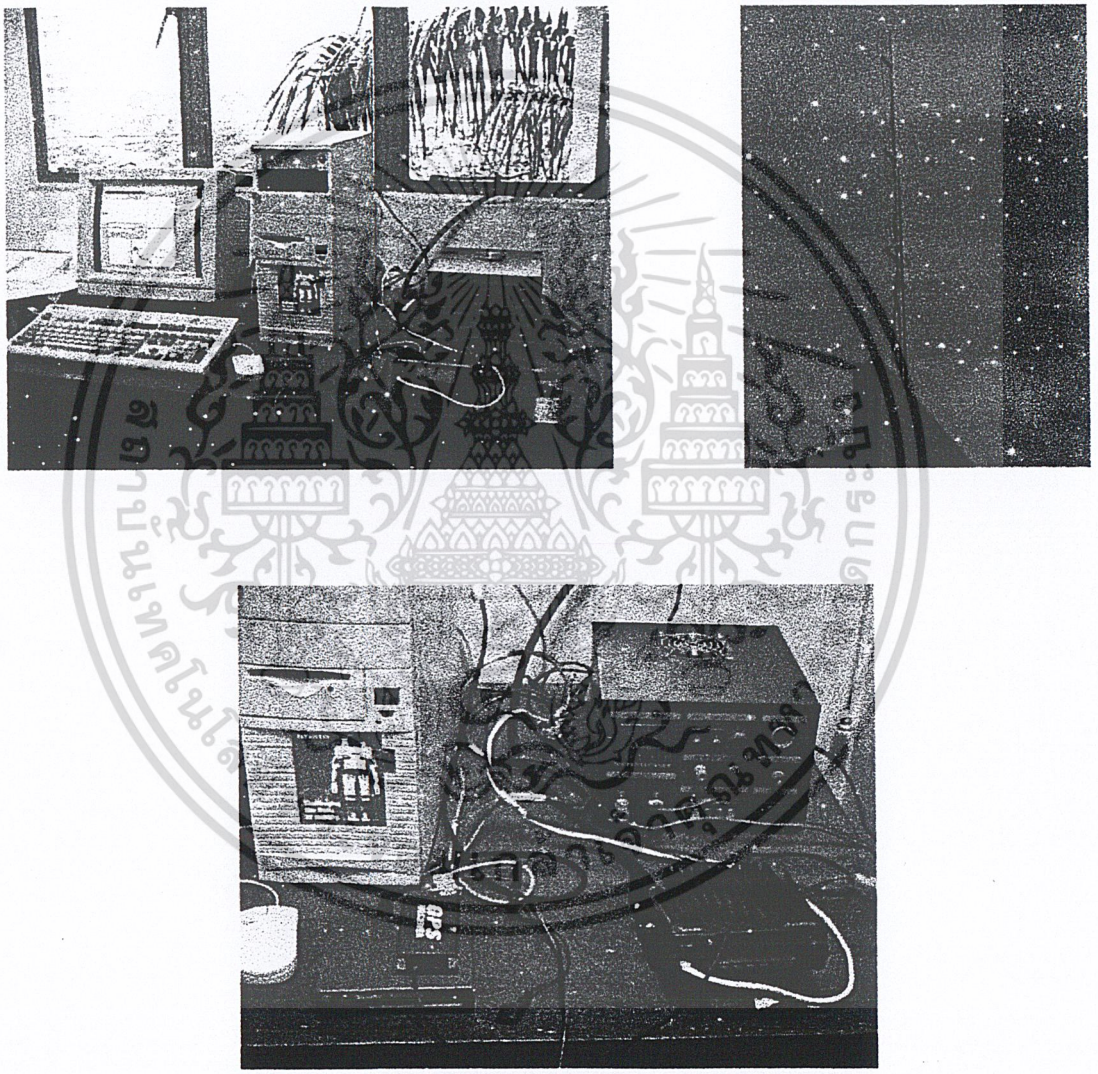


รูปที่ 4.2 แสดงแผนที่ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การติดตั้ง และสร้างเครือข่าย และทดสอบในภาคสนาม

การติดตั้งเครื่องแม่ข่าย (Server) ณ. ชั้น 3 (ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์) ตึกคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมี Call sign คือ "E20ELL" และบริเวณชั้นดาดฟ้ามีการติดตั้งสายอากาศชนิดไดโพล 5 ห่วง 2 Stack เพื่อเพิ่มรัศมีการรับส่งข้อมูล ทำให้สามารถครอบคลุม เขตลาดกระบัง รัศมี 5.4 กม.หรือ 29.16 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.3 แสดงการติดตั้งสถานีฐาน และสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตั้งเครื่องลูกข่าย (Client) ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์

(1) TNC (Terminal Node Controller)

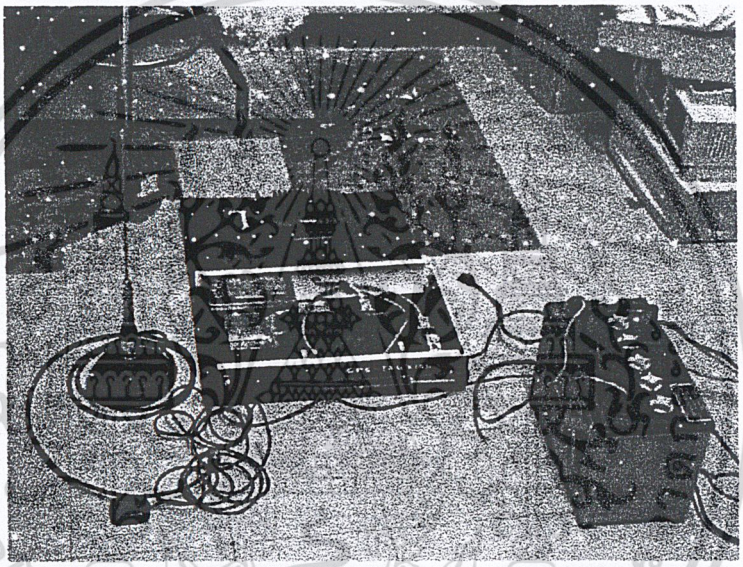
(2) GPS (Global Positioning System)

(3) Hand hole Radio แต่เพื่อเพิ่มกำลังส่งจาก 5 Watt เป็น 30 Watt เปลี่ยนมาใช้ Mobile

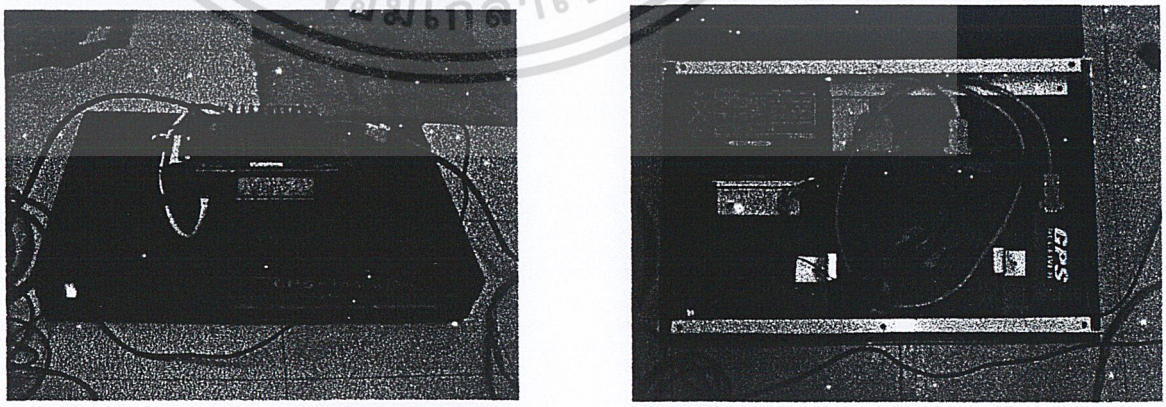
(4) Battery

(5) Antenna

โดยเครื่องลูกข่ายมี Call sign "HS2DH" มีการติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้



รูปที่ 4.4 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง ลูกข่าย (Client)



รูปที่ 4. 5 แสดงการติดต่อกับ สถานีฐาน

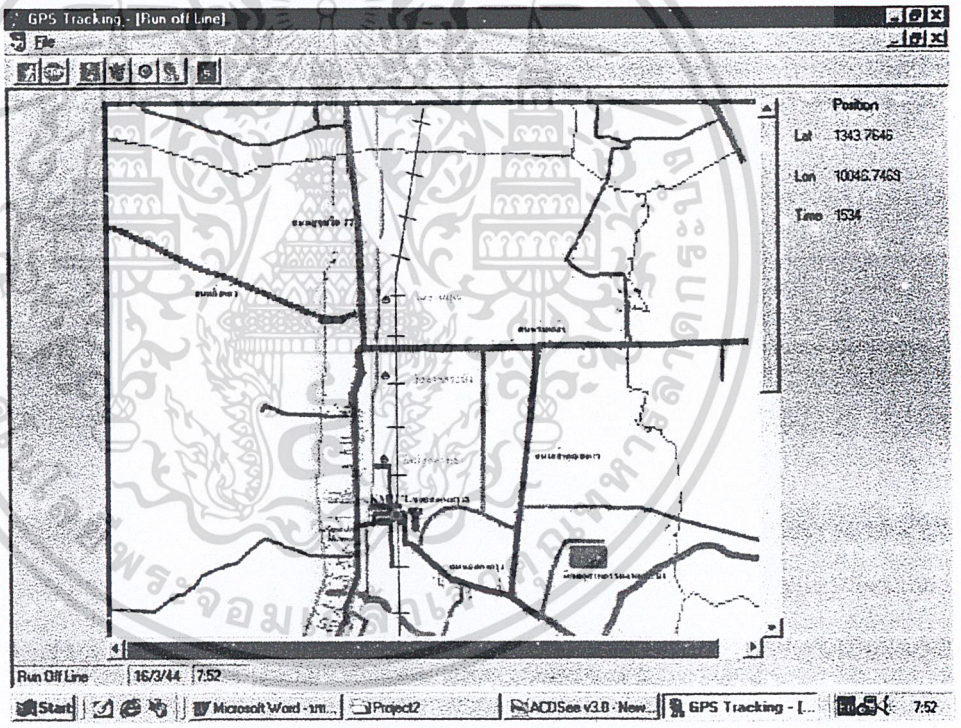
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรม Moving Map ในภาคสนาม

การรับ – ส่งสัญญาณ GPS ในภาคสนามสามารถครอบคลุมพื้นที่เขตลาดกระบัง ประมาณ 29.16 ตารางกิโลเมตร ในรัศมี 5.4 กิโลเมตร ด้วยความเร็วประมาณ 40 – 60 กม./ชม. จากการแสดงผลการทดลองจากโปรแกรม Moving Map

ข้อมูลที่ 1 เคลื่อนที่จาก คณะวิทยาศาสตร์ สจล. – ถนนฉลองกรุง – ถนนเจ้าคุณทหาร – ถนนร่มเกล้า – แยกประสิทธิ์- ถนนคุณหญิงเลี่ยม – สถานีรถไฟหัวตะเข้ และสิ้นสุดที่ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ใช้ระยะเวลา 24.40 นาที

ผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรม Moving Map เป็นดังนี้

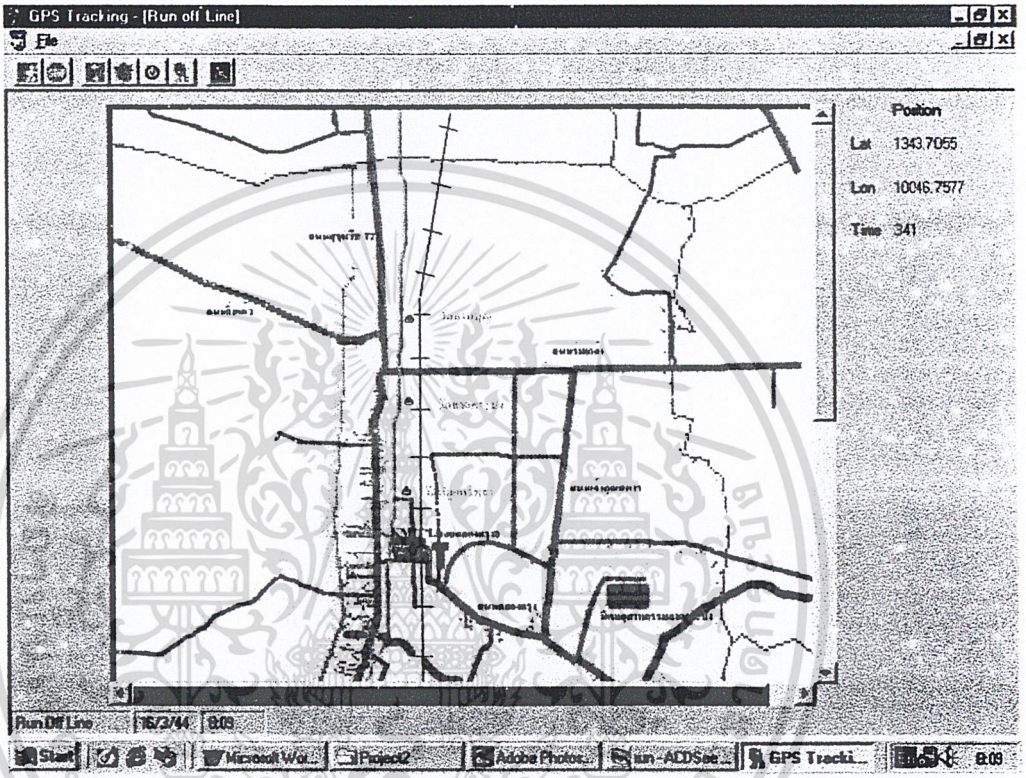


รูปที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรม Moving Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ 2 ถนนร่มเกล้า – ถนนเจ้าคุณทหาร – Motor Way - และสิ้นสุดที่ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ใช้เวลาประมาณ 35.04 นาที

ผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรม Moving Map เป็นดังนี้



รูปที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรม Moving Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

เครื่องระบุพิกัดโลกโดยการแสดงผ่านแผนที่ (Servey Map) สามารถแบ่งอุปกรณ์และทำหน้าที่ได้เป็น 3 ส่วนดังนี้คือ

1.ส่วนอุปกรณ์ในการรับสัญญาณดาวเทียม หรือเรียกว่า Global Positioning System (GPS) ซึ่งมีอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณ ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และเสารับสัญญาณย่านไมโครเวฟ

2.ส่วนที่เป็นอุปกรณ์รับ – ส่งสัญญาณวิทยุ และข้อมูลต่าง ๆ โดยอุปกรณ์นี้คือ Packet Radio และเครื่องส่งวิทยุ รวมทั้งสายอากาศ และสายสัญญาณ

3.ส่วนแสดงผล วิเคราะห์ข้อมูลและรับข้อมูลจากผู้ใช้ (User) ในส่วนนี้จะใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงาน และใช้โปรแกรม Visual Basic ในการเขียนโปรแกรม Moving Map

การทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดจะเป็นการรวมเทคโนโลยีหลาย ๆ ด้านเข้าด้วยกันคือทางด้านคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยในการติดต่อกับผู้ใช้ ให้ง่ายขึ้น ทั้งในส่วนของการแสดงผล และการติดต่อกับผู้ใช้งาน , ด้านการสื่อสารในการติดต่อระยะไกล และด้านการระบุพิกัดโลก ซึ่งจะเป็นส่วนอ้างอิงหลักของอุปกรณ์ นี้ในการนำสัญญาณมาวิเคราะห์ การสร้างเครื่องมือนี้ช่วยให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการขนส่ง และการรักษาความปลอดภัยในการขนส่ง เนื่องจากสามารถระบุตำแหน่งและเวลา ของพาหนะได้ในระยะไกล แบบ Real Time และยังสามารถเก็บข้อมูลในการเดินทาง จากตำแหน่งต่างๆ (Data Logger)

5.1 สรุปผลการทดลอง

แบ่งเป็น 3 ส่วนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ Moving Map ดังนี้

1.Servey Map

แผนที่ที่ได้จากการสำรวจ สามารถครอบคลุมเขต ลาดกระบังโดยการอ้างอิงจาก แผนที่ของ JICA และ สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย มีอัตราส่วน 1: 50,000

2. ขอบเขตการรับ – ส่งข้อมูลระหว่าง Server และ Client

สามารถรับ – ส่งสัญญาณ GPS ได้ในรัศมี 5.4 กิโลเมตร ครอบคลุม 29.16 ตารางกิโลเมตร

3.ส่วนของ Software Moving Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แนวทางการพัฒนา

1.เพิ่มขอบเขตการสำรวจแผนที่ ให้ละเอียด และครอบคลุมบริเวณกรุงเทพมหานคร

2.ขยายสถานีลูกข่าย เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับ-ส่งสัญญาณ

3.นำการประยุกต์ใช้ TNC ในรูปแบบของ Remote Sensing มาใช้ร่วมกับ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

Source Code Visual Basic

```
**************************************************
*                    MDI FORM                    *
**************************************************
Dim l2 As String
Dim dt As String
Dim Con1 As Integer
Dim out1 As Variant
Dim buffer As Variant
Private First As Integer
Dim sav As String
Dim fso As New FileSystemObject
Dim objfil As File
Dim objts As TextStream
Dim flowcon As Integer
Dim i As Integer
Dim garph1 As Integer
Dim tex As Integer
Private Sub aboutgps_Click()
About.Show
End Sub

Private Sub arrange_Click()
   MDIForm1.arrange vbArrangeIcons
End Sub

Private Sub cascade_Click()
MDIForm1.arrange vbCascade
End Sub

Private Sub connection_Click()
Dialog.Show
MSComm1.Output = "c hs2zdh" & vbCr
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
connection.Enabled = False
run.Enabled = False
servey.Enabled = False
Toolbar1.Buttons.Item(2).Enabled = False
 Toolbar1.Buttons.Item(5).Enabled = False
 Toolbar1.Buttons.Item(5).Enabled = False
 Toolbar1.Buttons.Item(6).Enabled = False
 End Sub

Private Sub disconnect_Click()
MSComm1.Output = Chr$(3) & "D" & vbCr
CommonDialog1.FileName = ""
run.Enabled = True
servey.Enabled = True
connection.Enabled = True
Toolbar1.Buttons.Item(2).Enabled = True
Toolbar1.Buttons.Item(5).Enabled = True
Toolbar1.Buttons.Item(6).Enabled = True
End Sub

Private Sub Exit_Click()
Unload Me
End Sub

Private Sub Graph_Click()
map1.Show
graph1 = 1
End Sub

Private Sub MDIForm_Load()
Show
On Error Resume Next
First = 1
   Con = 0
   MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    MSComm1.CommPort = 1
    MSComm1.InputLen = 1
    MSComm1.PortOpen = True
    MSComm1.RThreshold = 1
End Sub

Private Static Sub MScomm1_Oncomm()
    Select Case MSComm1.CommEvent
        Case comEvReceive
            buffer = MSComm1.Input
        Call datalog
            ShowData Status.Text1, (StrConv(buffer, vbUnicode))
        End Select
End Sub

Private Static Sub ShowData(Term As control, Data As String)
On Error GoTo handler
Const MAXTERMSIZE = 20000
Dim TermSize As Long, i
    'make sure the exiting text doesn't get too large
TermSize = Len(Term.Text)
    If TermSize > MAXTERMSIZE Then
        Term.Text = Mid$(Term.Text, 10000)
            TermSize = Len(Term.Text)
    End If
    ' Point to the end of term's data
    Term.SelStart = TermSize
    'Filter/handle BACKSPACE characters
        Do
            i = InStr(Data, Chr$(8))
                If i Then
                    If i = 1 Then
                    Term.SelStart = TermSize - 1
                        Term.SelLength = 1
                        Data = Mid$(Data, i + 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Else
                Data = Left$(Data, i - 2) & Mid$(Data, i + 1)
            End If
        End If
    Loop While i
    'Eliminate line feeds
    Do
        i = InStr(Data, Chr$(10))
        If i Then
            Data = Left$(Data, i - 1) & Mid$(Data, i + 1)
        End If
    Loop While i
    'Make sure all carriagee returns have a line feed.
    i = 1
    Do
        i = InStr(i, Data, Chr$(13))
        If i Then
            Data = Left$(Data, i) & Chr$(10) & Mid$(Data, i + 1)
            i = i + 1
        End If
    Loop While i
    'Add the filter data to the Seltext property
    Term.SelText = Data
    Term.SelStart = Len(Term.Text)
Exit Sub
handler:
    MsgBox Error$
    Resume Next
End Sub

Private Sub datalog()
    Dim g As Integer
    Dim j As Integer
    Dim i1 As String
    Dim check As Integer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim file1 As Variant
   fh = buffer
   j = InStr(fh, Chr$(13))
   If (j = 1) Then
      check = Len(dt)
           If check = 49 Then
           i1 = dt

           dt = ""
           so$ = "$"
           Foud% = InStr(i1, so)
                 If Foud% > 0 Then
                 h$ = Mid$(i1, Foud%, 6)
                 la$ = Mid(i1, Foud% + 7, 9)
                 lat$ = Mid(i1, Foud% + 17, 1)
                 lon$ = Mid(i1, Foud% + 19, 10)
                 lon1$ = Mid(i1, Foud% + 30, 1)
                 tim$ = Mid(i1, Foud% + 32, 10)
sav = h$ + "," + la$ + "," + lat$ + "," + lon$ + "," + lon1$ + "," + tim$
Debug.Print sav
namefile = CommonDialog1.FileName
If namefile <> "" Then
Set objfil = fso.GetFile(namefile)
Set objts = objfil.OpenAsTextStream(ForAppending)
objts.Write sav
objts.WriteLine
objts.Close
End If
Call calculation
Else
   dt = ""
      End If
           Else
              dt = ""
              End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Else
          dt = dt + fh
          End If

End Sub

Private Sub calculation()
   Dim xx As String
   Dim yy As String
   Dim resultx As String
   Dim resulty As String
   Dim positionx As String
   Dim positiony As String
     Dim X1 As String
     Dim Y1 As Single
       Dim dop As Single
       Dim yo As Single
         xx = lon$
         yy = la$
          resultx = xx - 10046.6104
          resulty = yy - 1343.7688
            positionx = resultx * 110.966
             positiony = resulty * 147.786
                X1 = positionx + 39
              Y1 = positiony + 96.5418
    End Sub
  Private Sub run_Click()
   Runoffline.Show
  Toolbar1.Buttons.Item(2).Enabled = False
  Toolbar1.Buttons.Item(3).Enabled = False
  Toolbar1.Buttons.Item(5).Enabled = False
  Toolbar1.Buttons.Item(6).Enabled = False
  Toolbar1.Buttons.Item(8).Enabled = False
  End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub servey_Click()
        SSS.Show
        Toolbar1.Buttons.Item(2).Enabled = False
        Toolbar1.Buttons.Item(3).Enabled = False
        Toolbar1.Buttons.Item(5).Enabled = False
        Toolbar1.Buttons.Item(6).Enabled = False
End Sub

Private Sub showstatus_Click()
Status.Show
End Sub

Private Sub Text_Click()
tex = 1
  position.Show
End Sub

Private Sub MDIForm_Unload(Cancle As Integer)
  Dim response As Variant
  response = MsgBox("กรุณายืนยันการออกจากโปรแกรม !!" & Chr(13) & "คุณแน่ใจหรือยังครับ ?", vbYesNo
+ vbQuestion, "Exit")
    If response = vbYes Then
        MSComm1.Output = Chr$(3) & "D" & vbCr
        End
                Else
        Cancle = -1
    End If
    End Sub
Private Sub Position1()
position.Position1 = la$
position.Position2 = lon$
position.time1 = tim$
End Sub

Private Sub Titile_Click()
```

โอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MDIForm1.arrange vbTileHorizontal
End Sub

Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
Select Case Button.Key
Case "Connect"
   Call connection_Click
Case "Disconnect"
   Call disconnect_Click
Case "Run off line"
   Call run_Click
Case "Status"
   Call showstatus_Click
Case "sos"
  Call aboutgps_Click
Case "Servey"
   Call servey_Click
Case "position"
   Call Text_Click
End Select
End Sub

Sub Plo()
 X = (la$ - 1343.7688) * 147.786
  Y = (lon$ - 10046.6104) * 110.966
     map1.Shape1.Visible = True
     map1.Shape1.Left = X - 12
     map1.Shape1.Top = Y - 12
   With map1.Picture2
   map1.Picture2.DrawWidth = 2
     map1.Picture2.PSet (X, Y)
         End With
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Vetically_Click()
MDIForm1.arrange vbTileVertical
End Sub


*****************************************
*                  Dialog Form                  *
*****************************************


Dim namefile As String
Dim dir As String
Option Explicit

Private Sub CancelButton_Click()
MDIForm1.CommonDialog1.FileName = ""
Dialog.Hide
End Sub

Private Sub OKButton_Click()
flowcon = 1
Debug.Print flowcon
Dialog.Hide
  On Error GoTo SaveErr 'catches error when user hits cancel
    MDIForm1.CommonDialog1.Flags = cdlOFNOverwritePrompt + cdlOFNPathMustExist 'sets flags to
overwrite file and pathmustexist
  MDIForm1.CommonDialog1.Filter = "Log Files (*.log)|*.log" 'sets the file type
    MDIForm1.CommonDialog1.ShowSave

  Debug.Print namefile
  Open MDIForm1.CommonDialog1.FileName For Output As #1     'gets and opens the txt file
  Close #1 'done with file and closes file
SaveErr:
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Map1 form

```
Sub SizePicture1()
map1.Scale (0, 0)-(100, 100)
map1.Picture2.Scale (-480, -510)-(640, 720)
   With Picture1
        .Top = 2
        .Left = 10
        .Width = 70 '(map1.ScaleWidth - .Left) - 5
        .Height = 90 '(map1.ScaleHeight - .Top) - 12
   End With
   With HScroll1
      .Top = Picture1.Height + Picture1.Top
      .Left = Picture1.Left
      .Width = Picture1.Width
      .Max = Picture2.Width - Picture1.ScaleWidth
      .LargeChange = Picture1.ScaleWidth
      .SmallChange = Picture1.ScaleWidth / 100
   End With
   With VScroll1
      .Top = Picture1.Top '+ Toolbar1.Height - 2
      .Left = Picture1.Width + Picture1.Left
      .Height = Picture1.Height '- Toolbar1.Height + 2
      .Max = Picture2.Height - Picture1.ScaleHeight
      .LargeChange = Picture1.ScaleHeight
      .SmallChange = Picture1.ScaleHeight / 10
   End With
End Sub

Private Sub Form_Load()
   Call SizePicture1
End Sub

Private Sub Form_resize()
   If map1.WindowState <> 1 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Call SizePicture1
  End If
End Sub

Private Sub HScroll1_Change()
  Picture2.Left = -HScroll1.Value
End Sub

Private Sub VScroll1_Change()
  Picture2.Top = -VScroll1.Value
End Sub

'*****************************************
'*              Run off line Form        *
'*****************************************

Dim GX(3000) As String
Dim GY(3000) As String
Sub SizePicture1()
Runoffline.Scale (0, 0)-(100, 100)
Runoffline.Picture2.Scale (-480, -510)-(640, 720)
  With Picture1
      .Top = 2
      .Left = 10
      .Width = 70 '(Runoffline.ScaleWidth - .Left) - 4
      .Height = 90 ' (Runoffline.ScaleHeight - .Top) - 12
  End With
  With HScroll1
    .Top = Picture1.Height + Picture1.Top
    .Left = Picture1.Left
    .Width = Picture1.Width
    .Max = Picture2.Width - Picture1.ScaleWidth
    .LargeChange = Picture1.ScaleWidth
    .SmallChange = Picture1.ScaleWidth / 100
  End With
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  With VScroll1
     .Top = Picture1.Top '+ Toolbar1.Height - 2
     .Left = Picture1.Width + Picture1.Left
     .Height = Picture1.Height '- Toolbar1.Height + 2
     .Max = Picture2.Height - Picture1.ScaleHeight
     .LargeChange = Picture1.ScaleHeight
     .SmallChange = Picture1.ScaleHeight / 10
  End With
End Sub

Private Sub close_Click()
Unload Me
 For i = 0 To 3000
            GX(i) = 0
            GY(i) = 0
             Next i
End Sub

Private Sub Form_Load()
   Call SizePicture1
End Sub

Private Sub Form_resize()
   If map1.WindowState <> 1 Then
      Call SizePicture1
   End If
End Sub

Private Sub HScroll1_Change()
   Picture2.Left = -HScroll1.Value
End Sub

Private Sub open_Click()
Call Opdata
 Timer1.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub


Private Sub VScroll1_Change()
   Picture2.Top = -VScroll1.Value
End Sub


Sub Opdata()
Dim i As Integer
Dim s As String 'Dim Cancel As Boolean
On Error GoTo ErrHandler
   Cancel = False
   With Runoffline.CommonDialog1
      .CancelError = True
      '.Filter = "Text File (*.txt) | *.txt"
      .ShowOpen
      If Not Cancel Then
         Debug.Print .FileName
         Open .FileName For Input As #1
            For i = 0 To 3000
               Line Input #1, s
               GX(i) = Mid(s, 8, 9)
               GY(i) = Mid(s, 20, 10)
                  Next i
         Close #1
   End If
   Exit Sub
ErrHandler:
   If Err.Number = cdlCancel Then
      Cancel = True
      Resume Next
   End If
   End With
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Timer1_Timer()
   Call Plot2(num)
     num = num + 1
   If num = 2000 Then
      Timer1.Enabled = False
   End If
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancle As Integer)
MDIForm1.Toolbar1.Buttons.Item(2).Enabled = True
MDIForm1.Toolbar1.Buttons.Item(3).Enabled = True
MDIForm1.Toolbar1.Buttons.Item(5).Enabled = True
MDIForm1.Toolbar1.Buttons.Item(6).Enabled = True
MDIForm1.Toolbar1.Buttons.Item(8).Enabled = True
num = 0
End Sub

Sub Plot2(i As Integer)
   Dim X As Single
   Dim Y As Single
   X = (Val(GX(i)) - 1343.7688) * 147.786
   Y = (Val(GY(i)) - 10046.6104) * 110.966
   With Runoffline.Picture2
      Runoffline.Picture2.DrawWidth = 2
      Runoffline.Picture2.PSet (X, Y)
      Runoffline.Label5.Caption = GX((i))
      Runoffline.Label6.Caption = GY((i))
      Runoffline.Label7.Caption = num
       Runoffline.Shape1.Visible = True
       With Runoffline.Shape1
                        .Left = X - 12
                        .Top = Y - 12
      End With
      Debug.Print num; X; Y
   End With
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
****************************************
*                Servey Form             *
****************************************
Private Sub clo_Click()
        Unload Me
End Sub
Private Sub jj_Click()
        Call Opdata
        Timer1.Enabled = True
End Sub

Private Sub load_Click()
        Call Opdata
        Timer1.Enabled = True
End Sub

Private Sub Form_Load()
   num = 0
   SSS.Scale (0, 0)-(100, 100)
   SSS.Picture1.Scale (-480, -510)-(640, 720)
   With SSS.Picture1
      .Left = 0
      .Top = 10
      .Width = 100
      .Height = 100
   End With
End Sub

Sub Opdata()
        Dim i As Integer
        Dim s As String
        Dim Cancel As Boolean
        On Error GoTo ErrHandler
        Cancel = False
        With SSS.CommonDialog1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    .CancelError = True
    .Filter = "Text File (*.txt) | *.txt"
    .ShowOpen
    If Not Cancel Then
      Open .FileName For Input As #1
        For i = 0 To 2000
          Line Input #1, s
          VX(i) = Mid(s, 8, 9)
          VY(i) = Mid(s, 20, 10)
        Next i
      Close #1
    End If
  Exit Sub
ErrHandler:
  If Err.Number = cdlCancel Then
    Cancel = True
    Resume Next
  End If
  End With
End Sub

Private Sub Form_resize()
SSS.Scale (0, 0)-(100, 100)
SSS.Picture1.Scale (-480, -510)-(640, 720)
  With SSS.Picture1
    .Left = 0
    .Top = 10
    .Width = 100
    .Height = 100
  End With
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
  Call Plot1(num)
  num = num + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    If num = 2000 Then
    Timer1.Enabled = False
  End If
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancle As Integer)
MDIForm1.Toolbar1.Buttons.Item(2).Enabled = True
MDIForm1.Toolbar1.Buttons.Item(3).Enabled = True
MDIForm1.Toolbar1.Buttons.Item(5).Enabled = True
MDIForm1.Toolbar1.Buttons.Item(6).Enabled = True
End Sub

*****************************************
*              Object   Module          *
*****************************************

Public VX(3000) As String
Public VY(3000) As String
Public num As Integer
Public la$
Public lon$
Public tim$
Public flowcon
Public namefile
Public color
Public tex
Sub Plot(i As Integer)
  Dim X As Single
  Dim Y As Single
    X = (Val(VX(i)) - 1343.7688) * 147.786
    Y = (Val(VY(i)) - 10046.6104) * 110.966
     With map1.Picture2
     map1.Picture2.DrawWidth = 3
     map1.Picture2.PSet (X, Y)
  End With
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Debug.Print X; Y
    End Sub


Sub Plot1(i As Integer)
    Dim X As Single
    Dim Y As Single
    X = (Val(VX(i)) - 1343.7688) * 147.786
    Y = (Val(VY(i)) - 10046.6104) * 110.966
    With SSS.Picture1
        SSS.Picture1.DrawWidth = 2
        SSS.Picture1.PSet (X, Y)
        Debug.Print num; X; Y
    End With
End Sub
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ในการใช้งาน โปรแกรม Moving Map แบ่งเป็น 3 ฟังก์ชั่น คือ

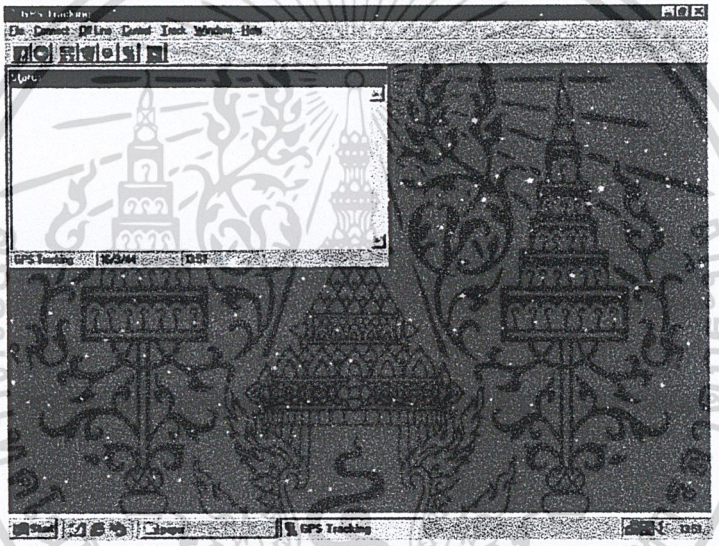
1.การติดต่อกับ Client แบบ Real Time

2.การใช้งานในการสำรวจ แผนที่เพื่อเปรียบเทียบกับแผนที่ของ JICA

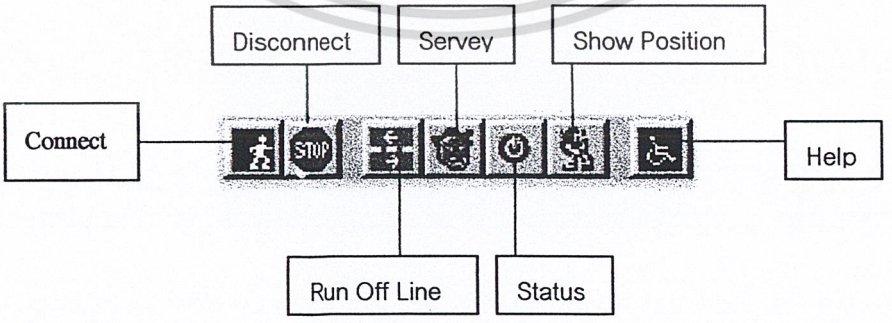
3.การใช้งานในการเก็บข้อมูลการเดินทาง รวมทั้งเวลา

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Moving Map

1.เมื่อเปิดโปรแกรมจะมีหน้าจอดังนี้



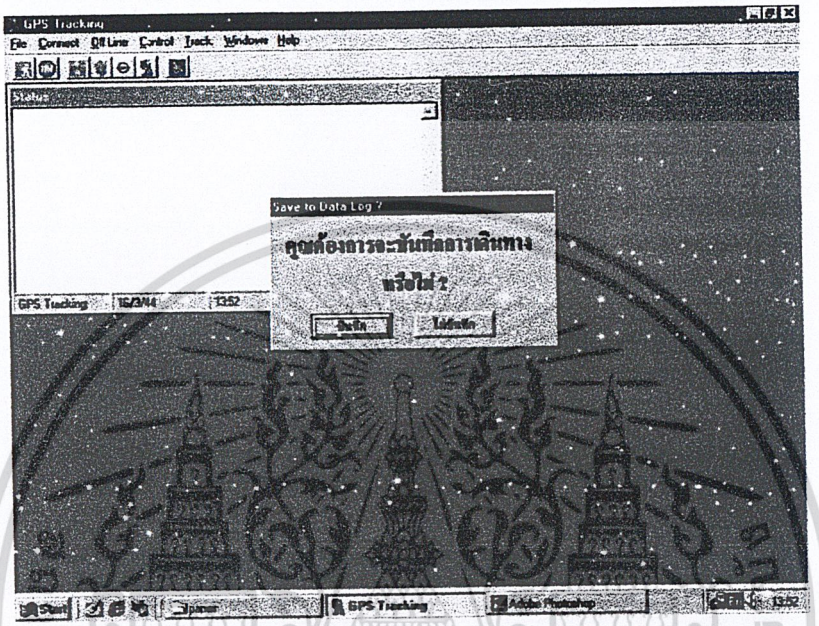
โดยมี Control ในการเลือกฟังก์ชั่นการทำงานดังนี้



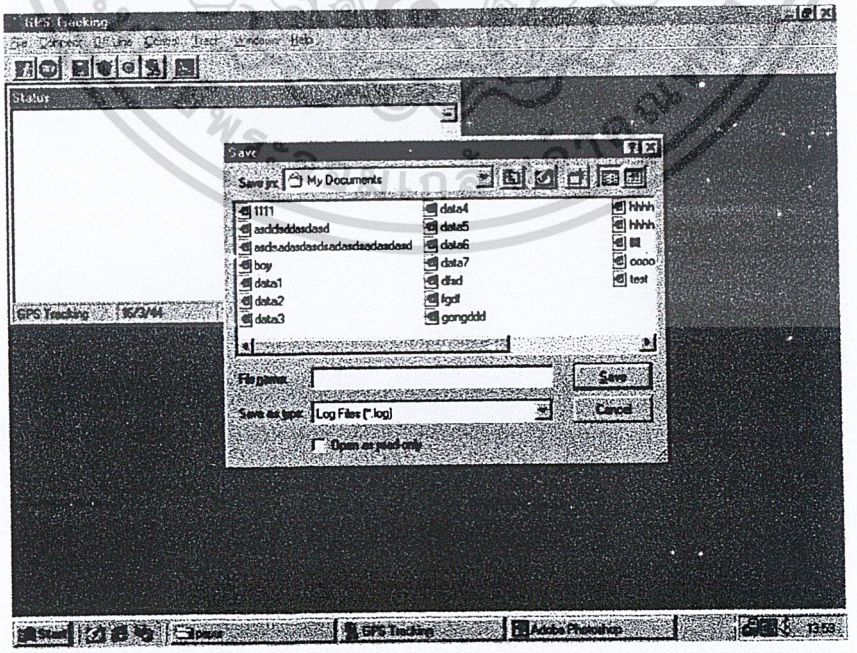
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การติดต่อกับ Client แบบ Real Time

ตัวโปรแกรมจะทำการ ติดต่อกับ TNC แล้วทำการสอบถามว่าต้องการบันทึกข้อมูลหรือไม่

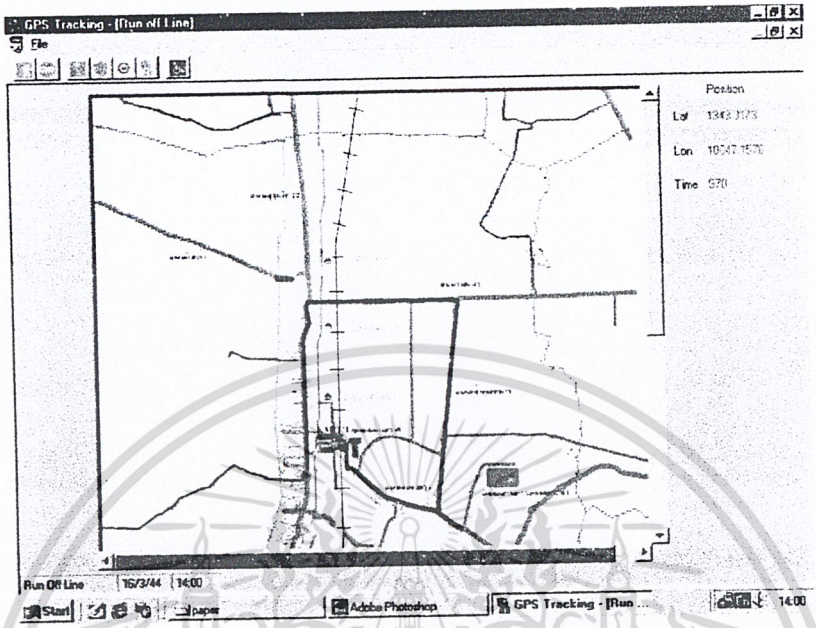


เมื่อต้องการบันทึกตอบ O.K. แล้วก็เลือก Folder ที่ต้องการ



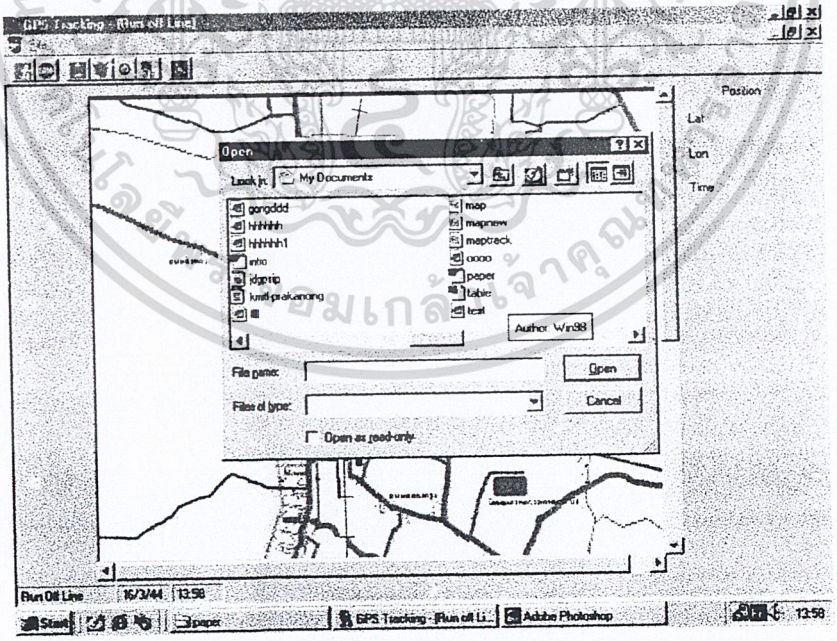
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วคลิก Graphic Mode โปรแกรมก็ทำการ Plot พิกัดลงบน Servey Map



2. Mode Run Off Line

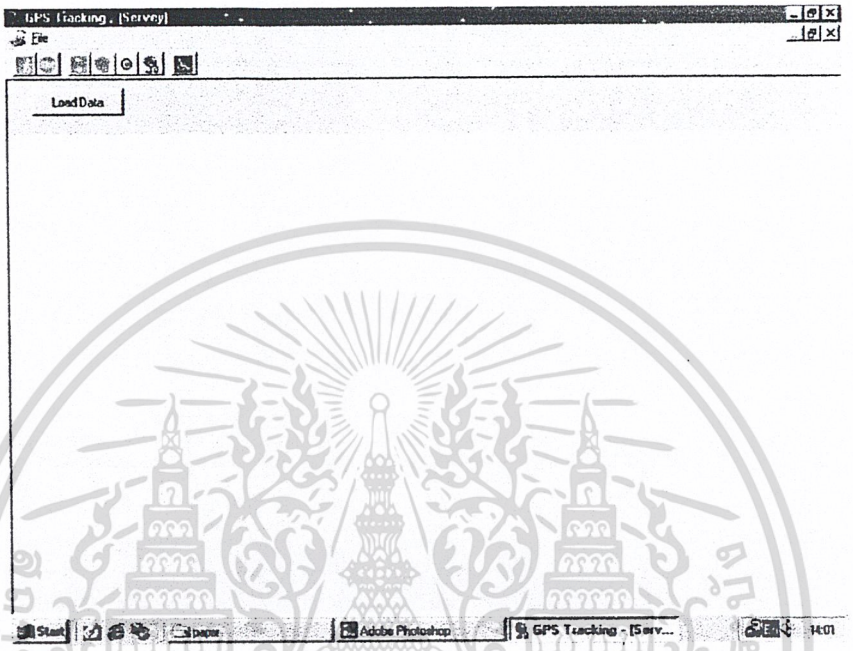
เมื่อต้องการระบุเส้นทาง ที่เคยเดินทางมาแล้ว ก็คลิก Run Off Line แล้วทำการเปิด File



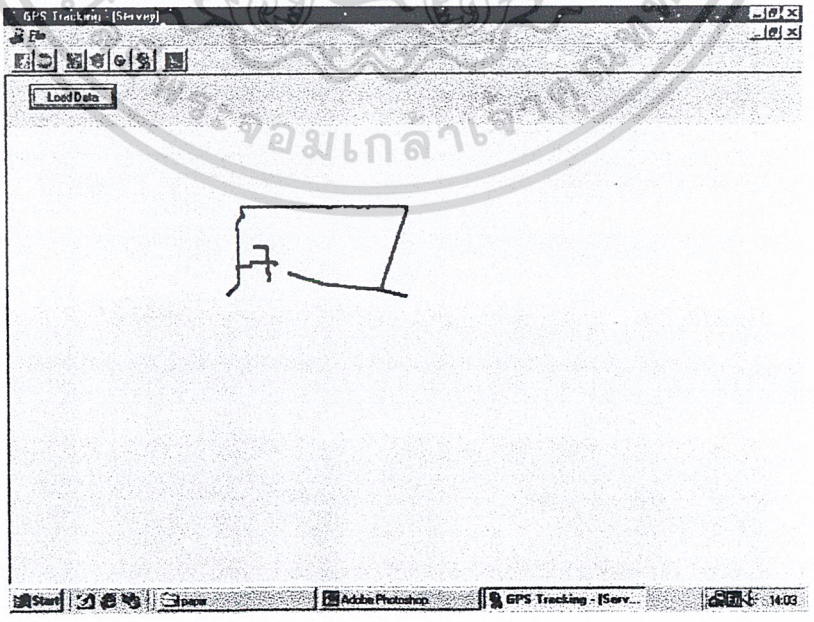
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.Mode Servey

เมื่อทำการเก็บข้อมูลที่ได้ ทำการ สำรวจมาแล้วก็ทำการวิเคราะห์เพื่อหารูปร่าง และทำการเปรียบเทียบกับแผนที่ของ JICA และของกรมทางหลวง คลิก Mode Servey



ผลการรันก็จะสามารถวิเคราะห์ และเปรียบเทียบรูปร่างกับแผนที่อื่น ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ทวี ทองสว่าง (2533) ,การอ่านแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ ,ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

2. สมเกียรติ อัยสานนท์ ,พ.อ (2536) "การใช้แผนที่ภูมิประเทศและรูปถ่ายทางอากาศ" การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.

3. สรรค์ใจ กลิ่นดาว (2534), การอ่านแผนที่และและตีความรูปถ่ายทางอากาศ, ไทยวัฒนพานิช : กรุงเทพฯ

4. Erdas, Inc. (1995) ERDAS FIELD GUIDE Atlanta.USA.

5. George Philil Limited. (1994) INTERNATIONAL WORLD ATLAS Chaina.

6. Website http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/mapproj/mapproj.html

7. Website http://www.packetradio.com

8. Website http://www. http://users.castel.nl/~bossm01/casio/GPS.htm

9. Website http://www.rs.psu.ac.th/map/map.htm

10. ไพโรจน์ ไววานิช (2539),เปิดโลกการสื่อสารไร้สาย,หน้า 151 – 171,กรุงเทพ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น

11. ทีมงานวิศวกรรมไฟฟ้า (2539),การออกแบบการสร้างสายอากาศสำหรับวิทยุสมัครเล่น ,กรุงเทพ บริษัท โปรเฟสชั่นแนล เวฟ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้