



ปีการศึกษา 2540

ระบบแสดงตำแหน่งแสดงตำแหน่งปัจจุบันบนภาพแผนที่

โดย

นายศิริพงษ์ แซ่โช 38013425

นายจำลอง แก้วดวงสี 38013396

วัน เดือน ปี.....-5.ต.ค.2541
เลขทะเบียน.....038566
เลขเรียกหนังสือ.....T40024 ๓๑๑๕

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ทองชัย วีระทวีมาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 038566

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบแสดงตำแหน่งปัจจุบันบนภาพแผนที่

ผู้จัดทำ

1. นายศิริพงษ์ แซ่ไชว 38013425
2. นายจำลอง แก้วดวงสี 38013396



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ทรงชัย วีระทวิมาศ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(.....)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบแสดงตำแหน่งปัจจุบันบนภาพแผนที่

นายศิริพงษ์ แซ่โช

นายจำลอง แก้วดวงสี

อ.ทรงชัย วีระทวีมาศ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ในโครงการนี้เป็นโครงการเกี่ยวกับการใช้ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือนำทางระบบ GPS รุ่น FIELD PRO V. ของบริษัท Magellan Systems Corporation ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการนำร่อง โดยข้อมูลมีส่วนประกอบเกี่ยวกับพิกัดตำแหน่งปัจจุบันขณะนั้นบนพื้นโลก ซึ่งประกอบด้วย LATITUDE, LONGITUDE ALTITUDE และ VELOCITY ในโครงการนี้จะเขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าข้อมูลจากเครื่อง GPS โดยการโอนถ่ายข้อมูลผ่าน Port อนุกรมโดย RS-232 ค่าจากข้อมูลที่นำมาใช้คือค่าพิกัด LATITUDE และ LONGITUDE ค่านี้จะนำมาคำนวณแล้วทำการแสดงเป็นจุดตำแหน่งบนภาพแผนที่ซึ่งถูกจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ภาพแบบ GIF โครงการนี้จะแสดงภาพแผนที่ซึ่งเป็นเพียงพื้นที่ส่วนหนึ่งของเขตกรุงเทพมหานครเพื่อเป็นตัวอย่างหรือแนวทางในการประยุกต์ใช้เครื่องมือในระบบ GPS และเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาระบบตามหลักการของโครงการนี้ต่อไป ในโครงการนี้การเขียนโปรแกรมจะใช้โปรแกรมภาษา C เพื่อใช้ในการรับข้อมูลจากเครื่อง GPS และทำการแสดงภาพแผนที่พร้อมแสดงจุดตำแหน่งบนแผนที่ตามพิกัดตำแหน่งของข้อมูล

GLOBAL POSITION SYSTEM ON MAP

Siripong Siaseow

Jumlong Keawduangsee

Songchai Veerataveemas Avisor

1997

Abstract

This project is the project which deal about using the global position system data. The Field Pro V. GPS. from Magellan System Corporation have a data about latitude, longitude, altitude and velocity. This project use latitude and longitude from the Field Pro V. to select map and plot the position on map. The programing to show map and the point of position on map is used C language version turbo C. The data from Field Pro V are Transfer to pc. by the RS-232 data bus to serial port. The programing use to receive data and compute the position and select part of map to show and plot the position. The map whice we would like to present was scanned and save as GIF file. The part of Bangkok area are used in this project. This project want to present the global position system technology and present the application to use data from GPS.

สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ.....	1
บทที่ 2	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบ GPS.....	3
2.1	กล่าวนำ.....	3
2.2	ความเป็นมาของระบบนำร่องโดยใช้ดาวเทียม.....	5
2.3	พื้นฐานของการกำหนดพิกัดโดยใช้ดาวเทียม.....	8
2.4	จีโอดेटิก ดาตัม (Geodetic Datum).....	14
2.5	การให้บริการของระบบจีพีเอส.....	24
2.6	สัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอส.....	28
2.7	ข้อมูลจากดาวเทียมจีพีเอส.....	32
2.8	การหาตำแหน่งและเวลาจากจีพีเอส.....	37
2.9	ความผิดพลาด.....	47
2.10	กลอนาส (GLONASS).....	53
2.11	โลคอล ดิฟเฟอเรนเชียล จีพีเอส.....	57
บทที่ 3	ทฤษฎีและหลักการ.....	61
3.1	แนะนำเครื่องรับสัญญาณ GPS.....	61
3.2	โปรแกรมภาษา C.....	72
3.3	การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม.....	75
3.4	ทฤษฎีเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิกส์.....	78
บทที่ 4	โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน.....	87
4.1	การใช้งานเครื่อง GPS รุ่น FIELD PRO V.....	87
4.2	ส่วนของโปรแกรมภาษา C.....	88
บทที่ 5	การใช้งานโปรแกรม.....	101
5.1	การบันทึก พิกัดบนพื้นโลก.....	101
5.2	การเชื่อมต่อเครื่องรับสัญญาณ GPS กับเครื่อง PC.....	103
5.3	การใช้งานโปรแกรม.....	104
5.4	ผลการทดลอง.....	114
บทที่ 6	บทวิจารณ์ สรุป และแนวทางในการพัฒนา.....	118
6.1	บทสรุป.....	118
6.2	แนวทางในการพัฒนา.....	118

ภาคผนวก

โปรแกรมการทำงาน.....

กิตติกรรมประกาศ.....

หนังสืออ้างอิง.....



บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการสื่อสารมีความเจริญก้าวหน้าอย่างมากมีทั้งระบบการสื่อสารผ่านตัวนำสัญญาณซึ่งเป็นสายตัวนำหรือ Optical Fiber หรือโซอากาศเป็นตัวกลางในการเดินทางของคลื่นวิทยุซึ่งเป็นคลื่นพาหะในการนำข้อมูลเพื่อการติดต่อจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง ซึ่งการสื่อสารแบบนี้เป็นที่รู้จักกันในรูปแบบการสื่อสารโดยคลื่นไมโครเวฟ แต่การสื่อสารแบบนี้ก็มีข้อจำกัดเกี่ยวกับความโค้งของโลกจึงต้องมีสถานี ฐาน ญา ญ ญ 'ขหว' ง สถานีรับและส่งสัญญาณเพื่อทำหน้าที่เป็นต้นตอ ขยนาตของสั ญา ณ และแก้ ัปฏยาความโค้งของโลก

การสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นเทคโนโลยีใหม่ซึ่งเป็นที่รู้จักและใช้งานอย่างแพร่หลายทั่วโลก ในการสื่อสารผ่านดาวเทียมนี้ ดาวเทียมนับได้ว่าเป็นสถานีทวนสัญญาณอย่างหนึ่งซึ่งลอยอยู่ในอวกาศเหนือพื้นผิวโลก ซึ่งดาวเทียมสามารถครอบคลุมพื้นที่การสื่อสารได้มากกว่าสถานีทวนสัญญาณแบบอื่น และเมื่อใช้ดาวเทียมหลายดวงโคจรอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ รอบโลก จะสามารถใช้ดาวเทียมเป็นสถานีในการติดต่อสื่อสารจากซีกโลกหนึ่งไปยังอีกซีกโลกหนึ่งได้

ในการส่งดาวเทียมขึ้นไปในอวกาศรอบโลกแต่ละครั้งจะต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงมากก็ ด้ ด้มี กรวางแผนให้มีการใช้งานให้ได้ประโยชน์เต็มที่ จึงมีการค้นคิดวิธีการใช้ประโยชน์จากการสื่อสารโดยใช้ดาวเทียมกันอย่างแพร่หลาย

เทคโนโลยีการนำร่องโดยใช้สัญญาณจากดาวเทียมหรือระบบ Global Position System (GPS) เป็นระบบหนึ่งซึ่งอาศัยเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านดาวเทียม ซึ่งจะให้หลักการคือ เครื่องมือรับสัญญาณดาวเทียม GPS จะรับสัญญาณดาวเทียมจากดาวเทียม ประมาณ 3-4 ดวง แล้วนำมาประมวลผลเพื่อให้ได้ค่า Latitude, Longitude, Velocity และข้อมูลเกี่ยวกับการนำร่องอื่น ๆ

ขณะเดียวกันประเทศไทยได้เริ่มให้ความสนใจกับระบบ GPS มากขึ้น จึงนับได้ว่าเป็นเรื่องที่เหมาะสมที่จะมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบ GPS

วัตถุประสงค์

1. นำเนอความรู้เกี่ยวกับระบบ GPS
2. สามารถใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ในการบอกตำแหน่ง ปัจจุบันบนพื้นโลกได้
3. ใช้ข้อมูลที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ในการแสดงจุดตำแหน่งลงบนภาพแผนที่ได้
4. ใช้โครงการนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาการประยุกต์ใช้งานข้อมูลจากระบบ GPS ต่อไป



บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบ GPS

2.1 กล่าวนำ

ระบบนำร่อง (Navigation System) สามารถนิยามได้ง่าย คือ ระบบที่สามารถนำยานพาหนะจากที่หนึ่งซึ่งรู้ตำแหน่งแน่นอนแล้วไปยังอีกที่หนึ่งโดยกำหนดเส้นทางการเดินทางให้ จากความหมายนี้เมื่อมีการนำทางหรือนำร่องเกิดขึ้น ระบบนำร่องนอกจากจะบอกเราว่าขณะนี้เราอยู่ที่ใดแล้วยังจะต้องบอกเราด้วยว่า เราจะไปจากจุดที่เราอยู่ไปยังที่หมายได้อย่างไร ระบบนำร่องสามารถแบ่งอย่างกว้าง ๆ ออกได้ห้าวิธีการ คือ

1. Piloting เป็นระบบการนำทางที่มีมาแต่โบราณ การกำหนดเส้นทางต่าง ๆ เป็นการอาศัยการสังเกตจากสภาพทางภูมิศาสตร์เป็นหลัก เช่น หมูบ้านภูเขา แม่น้ำ ต้นไม้ใหญ่ ๆ เป็นต้น ผู้เดินทางอาศัยสภาพทางภูมิศาสตร์เหล่านี้มาเป็นตัวกำหนดว่าจะเดินทางไปในทางทิศใด ดังนั้นถ้าสภาพทางภูมิศาสตร์เปลี่ยนแปลงไป ปัญหาจะเกิดขึ้นกับการนำทางทันที

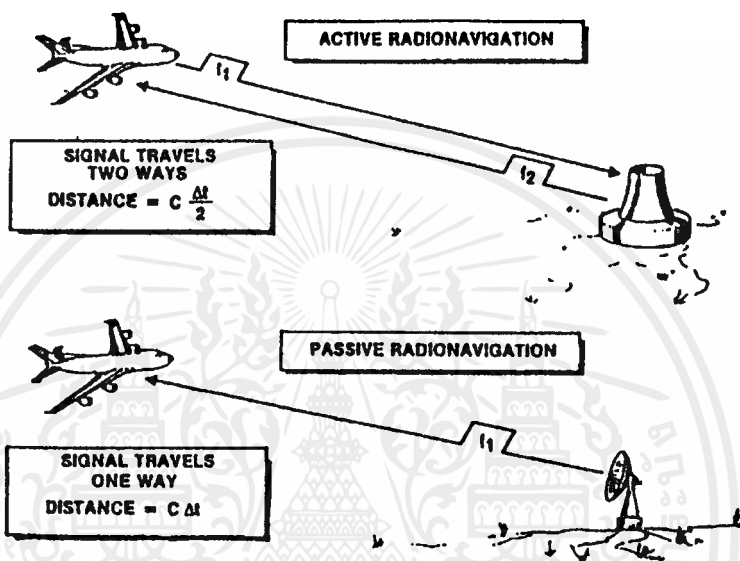
2. Dead reckoning เป็นระบบการนำทางที่อาศัยการวัดความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมและทำการวัดต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ แล้วนำผลที่ได้มาผนวกเข้ากับแผนการเดินทางที่ทราบอยู่แล้ว ระบบนี้เริ่มเป็นที่รู้จักกันในปี 1927 เมื่อ Charles Lindbergh ได้ใช้วิธีการนี้ ทำการขับเครื่องบินชื่อ Spirit of St. Louis จาก Long Island ไปยัง Le Bourget Field ใกล้กับกรุงปารีส โดยใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 33 ชั่วโมง โดยความเป็นจริงแล้วชื่อของระบบนี้เรียกว่า "ded reckoning" ซึ่งมาจาก "deduced reckoning" แต่ผู้รายงานข่าวกลับเรียกว่า "dead reckoning" เพื่อเป็นการเตือนให้ผู้รับข่าวสารทราบถึงนักบินจำนวนมากที่เอกซีวิตมาทั้งที่นี่

3. Celestial navigation เป็นระบบการนำทางโดย อาศัยการหาตำแหน่งบนพื้นโลกเทียบกับวัตถุบนฟากฟ้าอันได้แก่ กลุ่มดาว หรือ ดวงจันทร์ เป็นต้น

4. Inertial navigation เป็นระบบการนำทางที่อาศัยการหาตำแหน่งบนพื้นโลก จากเครื่องมือหลายอย่างประกอบกัน เช่น มิเตอร์วัดความเร็ว เซมิทิส ไซโรสโคป เป็นต้น ระบบนี้มักถูกใช้กับระบบนำร่องโดยอาศัย คลื่นวิทยุเพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น

5. Electronic or radionavigation เป็นระบบการนำทางที่อาศัยการคำนวณหาระยะทางบนพื้นโลกจากเครื่อง มือที่ใช้วัดเวลาที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางจากแหล่งกำหนดมาถึงเครื่องรับ การนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุ จะแบ่งออกได้เป็น สองแบบ คือ แบบแอคทีฟ (Active radionavigation) และ แบบแพสซีฟ (Passive radionavigation) ดังรูปที่ 2.1

ACTIVE AND PASSIVE RADIONAVIGATION SYSTEMS



รูปที่ 2.1 แสดงการนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุแบบ แอคทีฟ (Active radionavigation) และแบบแพสซีฟ (Passive radionavigation)

ระบบแอคทีฟ สามารถเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า เป็นระบบสองทิศทาง ตัวอย่างในรูปที่ 2.1 กระทำโดยเครื่องบินส่งสัญญาณในรูปของพัลส์ความถี่ f_1 ไปยังสถานีส่งที่ไกลออกไป เมื่อสถานีส่งรับสัญญาณในรูปของพัลส์ได้มันจะส่งกลับไปยังเครื่องบินในความถี่ที่ต่างจากเดิมในที่นี้คือ f_2 ดังนั้นเมื่อเครื่องรับสัญญาณในเครื่องบินนำสัญญาณ f_2 ที่รับได้มาเปรียบเทียบกับเวลาจริงในปัจจุบันจะได้เวลาที่ต่างกันออกไปเป็น Δt ดังนั้นระยะห่างระหว่างเครื่องบินกับสถานีส่งจะมีค่าเท่ากับ $(\Delta t/2) \times c$ เมื่อ c เป็นความเร็วแสง

ส่วนระบบแพสซีฟถือเป็นระบบทิศทางเดียว ทำโดยเครื่องบินรับสัญญาณในรูปของพัลส์ความถี่ f_1 จากสถานีส่งที่ไกลออกไป เมื่อเครื่องบินนำสัญญาณ f_1 ที่รับได้มาเปรียบเทียบกับเวลาจริงใน

ปัจจุบันจะได้เวลาที่ต่างกันออกไปเป็น Δt ดังนั้นระยะห่างระหว่างเครื่องบินกับสถานีส่งจะมีค่าเท่ากับ $\Delta t \times c$ ระบบนี้จะพื้นฐานการนำร่องจีพีเอสที่ได้กล่าวต่อไป

2.2 ความเป็นมาของระบบนำร่องโดยใช้ดาวเทียม

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาของระบบนำร่องที่อาศัยคลื่นวิทยุ เพื่อทำความเข้าใจในเบื้องต้นพอเป็นสังเขป

ระบบนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุที่มีสถานีส่งบนพื้นโลก

ระบบนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุที่มีสถานีส่งบนพื้นโลกมักแยกออกเป็นสองระบบด้วยกัน คือ ระบบหาทิศทางของคลื่นวิทยุ (Radio direction finding-RDF system) กับระบบไฮเพอร์โบลิก (Hyperbolic system)

ระบบหาทิศทางของคลื่นวิทยุ สามารถอธิบายได้ง่าย ๆ คือ ผู้ใช้งานปรับเครื่องรับให้ตรงกับสถานีส่งวิทยุที่รู้พิกัดอยู่ก่อนแล้ว จากนั้นใช้สายอากาศหาทิศทางของสถานีส่งจะทำให้ได้ค่าแบริง (bearing) ทำกระบวนการนี้ซ้ำโดยใช้สถานีส่งอื่น ๆ จากนั้นใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์เข้าช่วย ก็จะทำให้ทราบตำแหน่งของผู้ใช้งาน

ระบบไฮเพอร์โบลิกจะทำความเข้าใจยากขึ้นเล็กน้อย ระบบนี้จะใช้พิกัดที่ถูกส่งออกมาจากสถานีส่งวิทยุหลายสถานี แต่ละจุดของทุก ๆ จุดที่แตกต่างกันระหว่างสัญญาณวิทยุจากสถานีที่แตกต่างกันจะจัดวางตัวกันอยู่ในรูปของไฮเพอร์โบลารหลาย ๆ เส้น ๒ และเส้นที่ประกอบมาจากจุดหลาย ๆ จุด เหล่านี้จะถูกสร้างไว้บนแผนที่ที่ผู้ใช้อยู่ ผู้ใช้ต้องใช้เครื่องรับฟังสัญญาณวิทยุเพื่อหาว่าขณะนี้ตำแหน่งของตนเองอยู่ที่เส้นไฮเพอร์โบลิกเส้นใด เมื่อเทียบกับสถานีที่ตนเองรับฟังอยู่ จากนั้นจะเปลี่ยนรับฟังจากสถานีอื่นบ้างก็จะทำให้ได้เส้นไฮเพอร์โบลิกเส้นใหม่ออกมาเมื่อเทียบกับสถานีใหม่ที่ตนเองรับฟังอยู่ ถ้าเส้นไฮเพอร์โบลิกสองเส้นนี้ตัดกัน จุดนั้นคือพิกัดที่ตนเองอยู่ นอกจากนั้นยังมีการนำเฟสของสัญญาณวิทยุมาทำการคำนวณเพื่อกำหนดพิกัดให้แม่นยำขึ้น ตัวอย่างของระบบต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่

เดคคา (DECCA) เป็นระบบนำร่องแบบระบบไฮเพอร์โบลิกที่ใช้ความถี่ต่ำ (low-frequency) ลักษณะการใช้งานจะเป็นการเปรียบเทียบเฟส (phase) ของคลื่นวิทยุที่รับได้จากหลาย ๆ สถานี บริเวณใช้งานอยู่ทาง ยุโรปตะวันตก บางส่วนของแคนาดา อ่าวเปอร์เซีย และท่าเรือเบงกอล

จี (GEE) เป็นระบบของประเทศอังกฤษ คล้าย ๆ กับระบบโรแลนด์ แต่ใช้คลื่น VHF ข้อจำกัดของระบบนี้ คือรัศมีการทำการอยู่ในช่วงที่สายตามองเห็น (line-of-sight)

โรแลนด์เอ (LORAND-A) เป็นระบบที่พัฒนามาตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่สองโดย MIT คำว่า LORAND มาจาก Loan Range Navigation สร้างมาเพื่อใช้เป็นระบบนำร่องที่มีความแม่นยำให้กับ

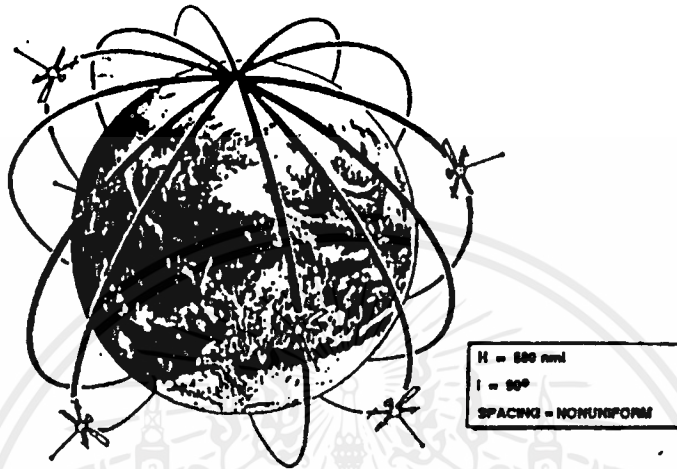
กองทัพเรือ และอากาศ ใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่ 1850-1950 Hz รัศมีการไกลประมาณ 600 ไมล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไป (shift) สัญญาณวิทยุนี้จะถูกส่งออกมาจากดาวเทียม ความแม่นยำอยู่ในระดับผิดพลาดประมาณ 200 - 300 เมตร

THE TRANSIT SATELLITES ARE LAUNCHED INTO POLAR "BIRDCAGE" ORBITS



รูปที่ 2.3 ระบบทรานสิต

จากการใช้งานระบบทรานสิตพบว่ายังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น การให้บริการยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก ณ จุดหนึ่ง ๆ จะเห็นดาวเทียมดวงหนึ่ง ๆ อยู่ประมาณ 10-15 นาทีเท่านั้น ทำให้การนำร่องไม่ต่อเนื่องกันไปตลอดเวลา เมื่อผู้ใช้เคลื่อนที่อยู่บนพื้นโลกการระบุพิกัดจะผิดพลาดมากขึ้น ระบบให้การนำร่องในลักษณะสองมิติเท่านั้น

โทเมชั่น (TIMATION) ระบบถูกพัฒนาขึ้นมาในปี 1972 โดย Naval Research Laboratory (NRL) จุดมุ่งหมายเพื่อทำหน้าที่รองรับการกำหนดพิกัดโดยการใช้เวลาและความถี่ (Time and Frequency Transfer) ดาวเทียมดวงแรกถูกบรรจุไว้ด้วยตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเชิงอะตอม (Atomic clock) บรรจุไว้แทน ดาวเทียมดวงที่สามถือเป็นดวงที่ใช้จำลองการทำงานของเทคโนโลยีของ GPS ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ระบบนาฟสตาร์ จีพีเอส (NAVSTAR GPS-NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System) ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุม U.S. Department of Defense (DoD) ระบบนาฟสตาร์ จีพีเอสถือได้ว่าเป็นระบบนำร่องโดยอาศัยคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากกลุ่มดาวเทียมโคจรอยู่เหนือพื้นโลกที่ใช้งานได้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งสัญญาณออกมาเพื่อให้กองกำลังทหารสามารถรู้พิกัดความเร็ว และเวลา ภายใต้ระบบเดียวกันอย่างแม่นยำ ไม่ว่าจะกองกำลังนั้นจะอยู่ที่ใดบนพื้นโลก หรือใกล้พื้นผิวโลก จะหยุดนิ่งอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ไปก็ตาม ในปัจจุบันนี้ทางด้านพลเรือนได้มีการใช้ระบบนำร่องโดยอาศัยดาวเทียมนาฟสตาร์จีดีเอส กันอย่างกว้างขวาง โดย

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

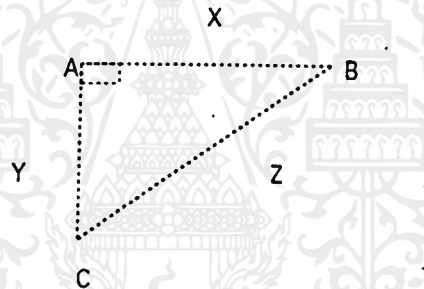
ระบบนำร่องที่ติดตั้งในรถยนต์เพื่อแสดงพิกัดตัวเองบนแผนที่เป็นเรื่องที่หลาย ๆ ประเทศทุ่มเงินทำการพัฒนาเพื่อนำมาใช้งานกันในเชิงพาณิชย์

2.3 พื้นฐานของการกำหนดพิกัดโดยใช้ดาวเทียม

ในหัวข้อนี้เป็นการอธิบายถึงพื้นฐานการกำหนดพิกัดโดยการใช้ดาวเทียม เพื่อให้เข้าใจถึงระบบที่ใช้กันว่า มีขีดจำกัดอย่างไร และจำเป็นต้องรู้อะไรบ้าง เพื่อจะได้ทำความเข้าใจระบบจีพีเอสได้ดียิ่งขึ้น

แนวความคิดเบื้องต้นในการระบุพิกัดของจีพีเอส

ในวิชาเรขาคณิตพื้นฐานที่เคยศึกษามาเกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยม ทำให้ทราบว่า ถ้ารู้เส้นรอบรูปสามเหลี่ยม และมุมภายในรูปสามเหลี่ยม จะสามารถหาเส้นที่สามได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น สมมุติว่ามีรูปสามเหลี่ยมทางเรขาคณิตอย่างง่ายดังรูป 2.4 โดยอาศัยความรู้เบื้องต้นจะเขียนได้ว่า $Y^2 = Z^2 - X^2$ หรือกล่าวง่าย ๆ ว่า ถ้ารู้ความยาวของ Z และ X และมุมต่าง ๆ แล้ว จะหาค่าความยาวของ Y ได้

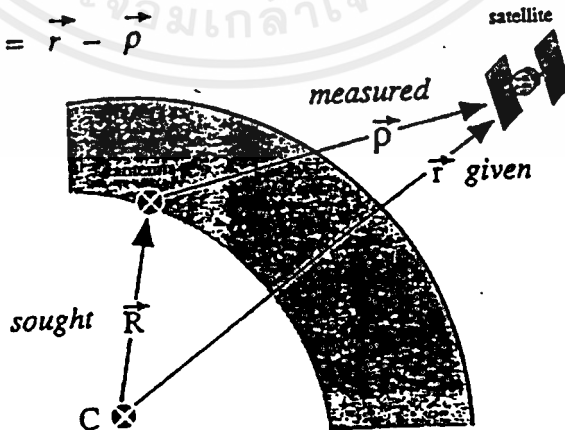


รูปที่ 2.4 แสดงการหาความยาวของ Y เมื่อทราบความยาวของ X, Z และมุมต่าง ๆ

ทำนองเดียวกัน จะอาศัยแนวความคิดนี้ในการกำหนดพิกัดบนพื้นผิวโลกของระบบจีพีเอสได้

ดังรูปที่ 2.5

$$\vec{R} = \vec{r} - \vec{\rho}$$



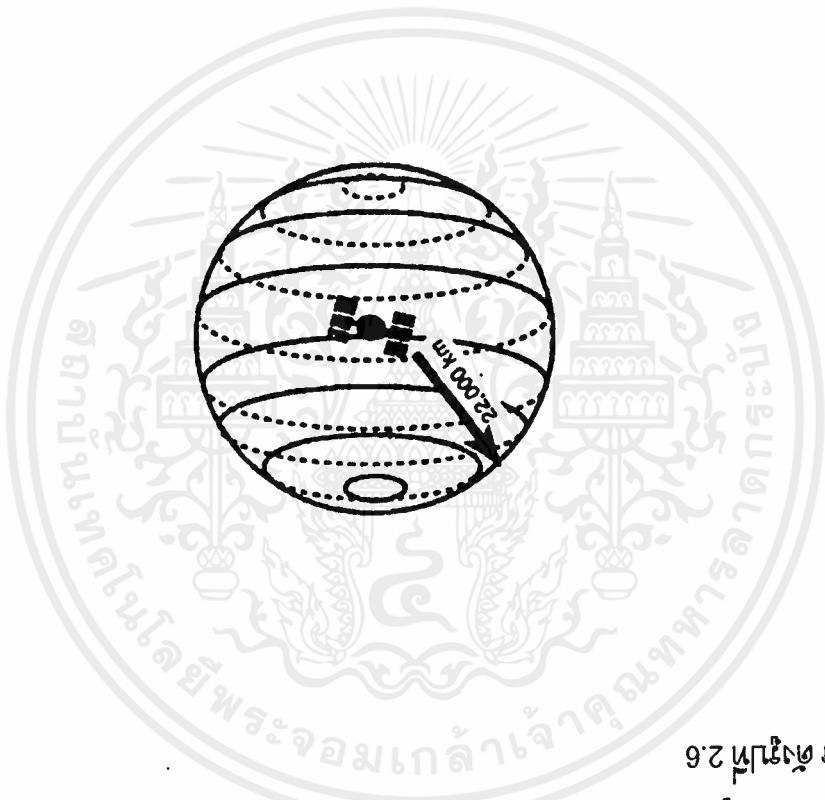
รูปที่ 2.5 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส

รูปที่ 2.5 การหาพิกัดในระบบจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.7 จะเห็นว่าเครื่องรับวิทยุในประเทศไทย เราจะสามารถรับฟังวิทยุกระจายเสียงได้ทั่วโลก เพราะว่าประเทศไทยอยู่ตรงกลางของโลก ถ้ามีดาวเทียมอยู่ตรงกลางโลก จะมีระยะห่างจากพื้นดิน 23,000 กิโลเมตรในขณะที่ยังคงมีการส่งสัญญาณอยู่ตลอดเวลา เราสามารถส่งสัญญาณได้ทั่วโลก

รูปที่ 2.6 ทรงกลมจำลองสร้างล้อมรอบดาวเทียมมีรัศมี 22,000 กิโลเมตร



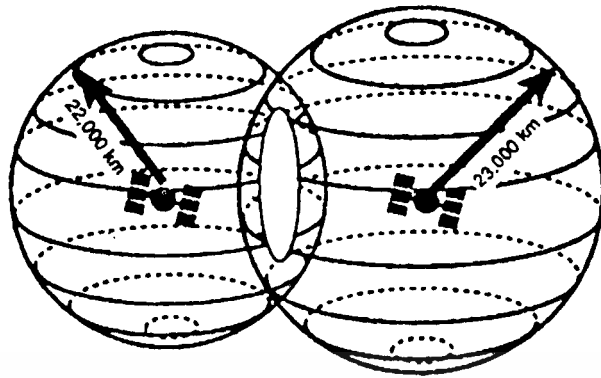
กิโลเมตร ดังรูปที่ 2.6

เราสามารถสร้างรูปทรงกลมล้อมรอบดาวเทียมได้ โดยมีดาวเทียมเป็นจุดศูนย์กลาง รัศมีเท่ากับ 22,000 กิโลเมตร ซึ่งระยะห่างจากพื้นดินคือ 22,000 กิโลเมตร นั่นหมายความว่า

ประเด็นต่อมาคือ เครื่องรับวิทยุในการวัดระยะห่างระหว่างดาวเทียมอย่างไร ในทางคณิตศาสตร์ช่วย คือ $R = r - P$ (เป็นวงกลม)

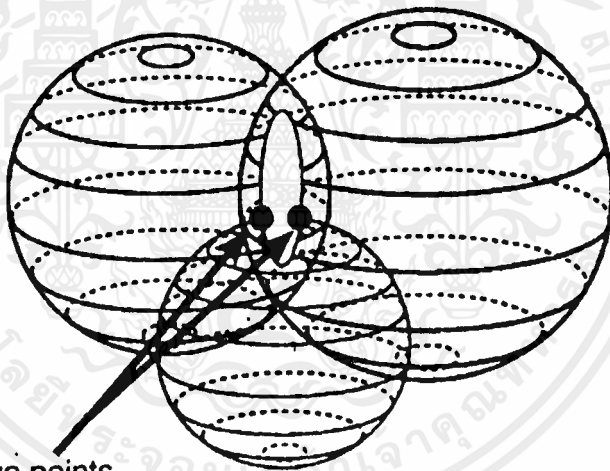
เครื่องรับวิทยุจะหาตำแหน่งของดาวเทียมได้จากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด โดยอาศัยหลักการสามเหลี่ยมมุมฉาก (P) และดาวเทียมส่งสัญญาณรับว่า ตัวรับห่างจากจุด C เท่าใด @ ตัว

ที่ยอมรับอยู่เหนือพื้นผิวโลก เครื่องรับที่ส่งสัญญาณกลับมายังดาวเทียมจะหาได้ว่า ดาวเทียมอยู่ห่างจาก



รูปที่ 2.7 แสดงการตัดกันของทรงกลมสองทรงกลม

ถ้าดาวเทียมอีกดวงที่สามโคจรอยู่เหนือพื้นโลก 24,000 กิโลเมตร ก็สามารถสร้างทรงกลมได้อีก
 ลูกหนึ่ง ถ้าทรงกลมทั้งสามมีการตัดกัน ผลที่ได้จะเป็นจุดสองจุดที่ขอบของวงกลมเล็ก ๆ เครื่องรับน่าจะ
 อยู่จุดใดจุดหนึ่งในสองจุดนี้ แต่จะมีจุดเดียวเท่านั้นที่เป็นไปได้ในทางทฤษฎี (ซึ่งสามารถคำนวณได้โดย
 อาศัยคณิตศาสตร์เข้าช่วย)



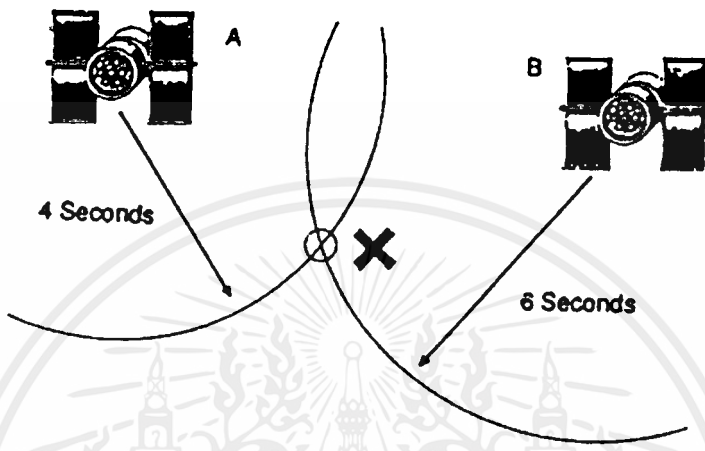
two points

รูปที่ 2.8 แสดงการตัดกันของทรงกลมสามทรงกลม

ประเด็นถัดมาลองมาคิดว่า ตัวเครื่องรับสัญญาณจะรู้ว่าดาวเทียมอยู่ห่างจากสายอากาศของ
 เครื่องรับเป็นระยะทางเท่าใดได้อย่างไร โดยหลักการแล้ว ก็ว่าคลื่นเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่อง
 รับด้วยความเร็วเท่ากับแสง ดังนั้นถ้าสมมติว่า ดาวเทียมส่งข้อมูล ABC ออกมาจากดาวเทียมเมื่อเวลา
 8.00 นาฬิกา แล้วเครื่องรับรับข้อมูล ABC ได้เวลา 8.01 นาฬิกา แสดงว่าข้อมูลใช้เวลาเดินทางจากดาว
 เทียมมายังสายอากาศใช้เวลา 1 นาที เมื่อนำค่านี้คูณด้วยความเร็วแสง ก็จะทำให้ได้ระยะทางออกมา
 เช่นเดียวกัน

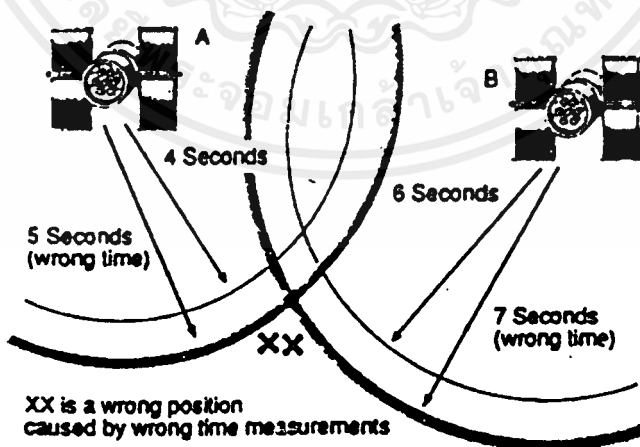
ดังนั้นแทนที่เราจะบอกเป็นระยะทางว่าดาวเทียมโคจรอยู่สูงจากพื้นผิวโลกกี่กิโลเมตร เรา
 อาจบอกเป็นเวลาได้ เช่น ดาวเทียมสองดวงอยู่ห่างจากสายอากาศ 4 และ 6 วินาทีเพื่อให้ง่ายขึ้นจะมอง
 ทรงกลมที่สมมติ

ชั้นมาล้อมรอบดาวเทียมแค่สองมิติเป็นวงกลมรอบดาวเทียม A และ B และสมมุติว่าเกิดจุดตัดกันออกมาที่จุด X ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A และ B

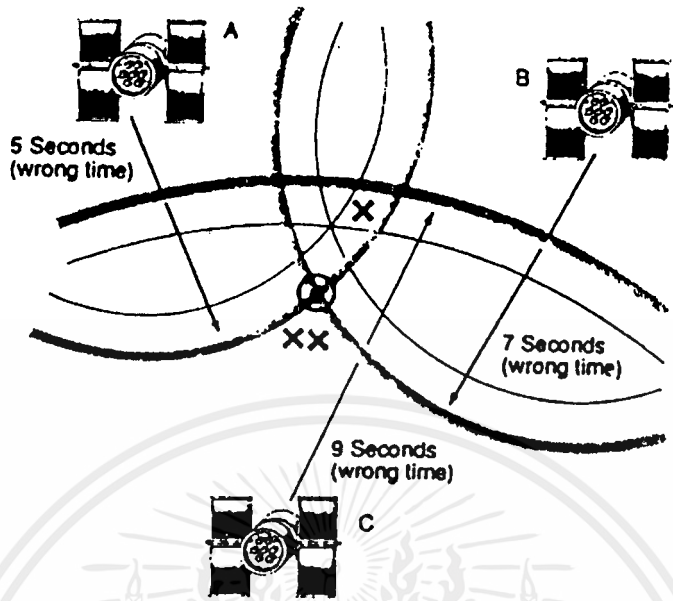
แต่ถ้าเวลาที่วัดได้เกิดการผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นจะด้วยสาเหตุใดก็ตาม เช่น ดาวเทียม A จาก 4 วินาที เป็น 5 วินาที และดาวเทียม B จาก 6 วินาทีเป็น 7 วินาที ผลที่เกิดขึ้นก็คือ แทนที่จะเกิดจุดตัดขึ้นที่จุด X กลับเกิดขึ้นที่จุด XX ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A และ B ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป

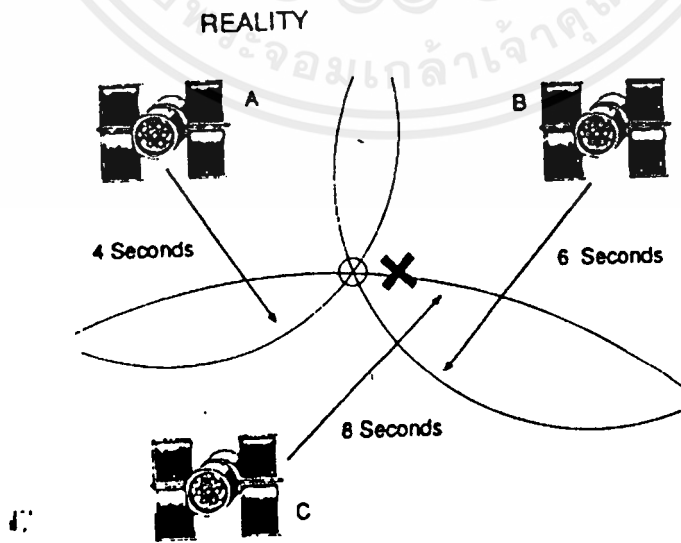
แม้ว่าจะใช้ดาวเทียมดวงที่สาม (ดาวเทียม C) เข้าช่วย เพื่อหาดำแหน่งที่แน่นอนดังกล่าวผ่าน มาแล้วข้างต้น ถ้าเลาผิดพลาดไปก็จะเกิดจุดตัดที่ผิดพลาดขึ้นมาเช่นกัน ดังรูปที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 แสดงจุดตัดกันของดาวเทียม A, B และ C ในกรณีที่เวลาผิดพลาดไป

จากรูปที่ 11 จะเห็นว่าจุดที่ถูกต้องที่ต้องการในครั้งแรกก็คือจุด X ซึ่งจะเป็นจุดตัดจุดเดียวเท่านั้น ไมโครโปรเซสเซอร์ในเครื่องรับจะเริ่มทำการปรับค่าความผิดพลาดของเวลาของดาวเทียมแต่ละดวง การทำเช่นนี้จำเป็นต้องอาศัยดาวเทียมอีกดวงหนึ่งเข้าช่วยเพื่อทำการปรับตั้งเวลาในเครื่องรับให้แม่นยำขึ้น จากนั้นจึงทำการขยับเวลาที่ทำการวัดได้จากดาวเทียมแต่ละดวงเพื่อทำการลดค่าผิดพลาดให้น้อยลง เมื่อทำการปรับได้อย่างถูกต้องแล้วก็จะทำให้ได้จุดตัดออกมาอย่างถูกต้อง รูปที่ 2 ข



จากที่อธิบายมาข้างต้นจะเห็นว่า ความแม่นยำของเวลาเป็นหัวใจของระบบที่เดียว ดังนั้นบนดาวเทียมจีพีเอส จึงมีนาฬิกาเชิงอะตอมที่มีความแม่นยำสูงบรรจุอยู่ถึงสี่เครื่อง นาฬิกาเหล่านี้จะถูกปรับตั้งให้มีความแม่นยำอยู่ตลอดเวลาโดยสถานีควบคุมภาคพื้นดิน

จากแนวความคิดที่กล่าวมานี้ ถ้าเครื่องรับสัญญาณอยู่บนพื้นโดยจะทำให้เครื่องรับทราบว่ามีตัวมันห่างจากดาวเทียมเท่าใด เสมือนกับได้ระยะทางด้านหนึ่งของสามเหลี่ยมแล้ว คือด้าน P ด้านสองของสามเหลี่ยมคือ r เครื่องรับจะทราบได้โดยดาวเทียมจะส่งข้อมูลมาบอกว่ามันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด ดังนั้น เครื่องรับจะคำนวณได้ว่า ตัวมันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด

ปัญหาต่อมาก็คือตำแหน่งที่บอกออกมานั้นเราจะรู้ได้อย่างไรว่า มันคือที่ไหนบนโลกใบนี้ ดังนั้นเราจึงต้องกำหนดระบบอ้างอิงให้มัน การกำหนดใด ๆ ก็ตามให้เปรียบเทียบกับระบบอ้างอิงที่กำหนดขึ้นนี้ ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงระบบอ้างอิงที่ใช้ในระบบจีพีเอส



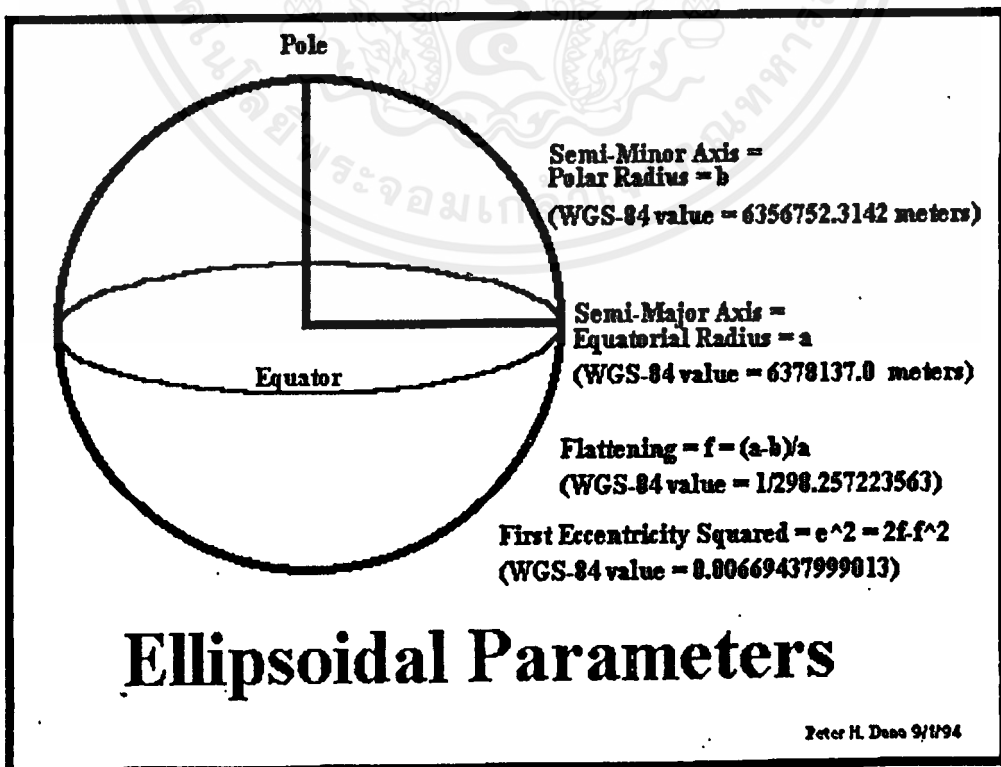
2.4 จีโอเดติก ดาตัม (Geodetic Datum)

ก่อนที่จะเข้าสู่ระบบจีทีเอส ใคร่ขอกล่าวถึงเรื่องเกี่ยวกับ จีโอเดติก ดาตัม (Geodetic datum) สักเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากพิกัดที่ได้จากเครื่องรับจีทีเอสมักจะอยู่ในรูปของ ละติจูด, ลองจิจูด หรือค่าตัวแปร XYZ การกำหนดค่าดาตัมผิด จะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นอย่างมากมาย

จีโอเดติก ดาตัม คือ การกำหนดระบบอ้างอิงที่ใช้อธิบายขนาดและรูปร่างของโลก ว่าควรมีลักษณะเป็นอย่างไร ในสมัยโบราณถือว่าโลกแบนดังนั้นระบบอ้างอิงจึงเป็นเพลนระนาบ ต่อมาพบว่ารูปร่างของโลกเป็นทรงกลมระบบอ้างอิงจึงถูกปรับเปลี่ยนเป็นทรงกลมตามไปด้วย จนกระทั่งประมาณช่วงปี ค.ศ. 1700 จึงได้พบว่ารูปร่างของโลกที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดเป็นแบบ เอลลิปซอยด์ (ellipsoid) และได้ใช้มาจนถึงปัจจุบันนี้ เมื่อผนวกเข้ากับระบบการกำหนดพิกัดอ้างอิง (coordinate reference system) ก็จะทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกได้อย่างแม่นยำ

การอ้างอิงโดยเอลลิปซอยด์ (Reference Ellipsoids)

รูปแบบจำลองของโลกแบบ เอลลิปซอยด์ (ellipsoid) ถือว่าพื้นผิวโลกราบเรียบและมีโครงสร้างเกือบเป็นทรงกลม (ป่องกลางคล้ายกับผลส้ม แต่เพื่อความสะดวกในการวาดรูปจะวาดเป็นวงกลมแทน) การอ้างอิงใด ๆ บนพื้นผิวดวงจะทำผ่านสองแกนคือ Semi-Major axis คือ เส้นที่ลากจากจุดศูนย์กลางของโลกมายังเส้นอีเคเตอร์ และ Semi-Mior axis ซึ่งก็คือ เส้นลากจากจุดศูนย์กลางของโลกมายังขั้วโลก



แกนอ้างอิงของเอลลิปซอยด์จะแตกต่างกันไป ตามประเทศและตัวแทนที่กำหนดขึ้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.14 ส่วนในระบบจีทีเอสจะอ้างอิงตามมาตรฐานของ WGS 84 (World Geodetic System 1984) ที่กำหนดขึ้นโดย U.S. Defense Mapping Agency (DMA) และถือว่ามีค่าที่แม่นยำที่สุดในปัจจุบัน

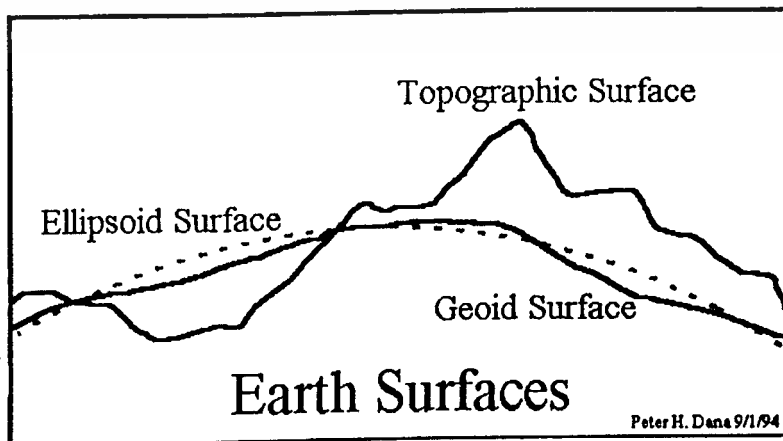
Selected Reference Ellipsoids

Ellipse	Semi-Major Axis (meters)	1/Flattening
Airy 1830	6377563.396	299.3249646
Bessel 1841	6377397.155	299.1528128
Clarke 1866	6378206.4	294.9786982
Clarke 1880	6378249.145	293.465
Everest 1830	6377276.345	300.8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166.0	298.3
Fischer 1968	6378150.0	298.3
G R S 1967	6378160.0	298.247167427
G R S 1975	6378140.0	298.257
G R S 1980	6378137.0	298.257222101
Hough 1956	6378270.0	297.0
International	6378388.0	297.0
Krassovsky 1940	6378245.0	298.3
South American 1969	6378160.0	298.25
WGS 60	6378165.0	298.3
WGS 66	6378145.0	298.25
WGS 72	6378135.0	298.26
WGS 84	6378137.0	298.257223563

Peter H. Dana 9/1/94

รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าอ้างอิงของเอลลิปซอยด์ รูปแบบจำลองพื้นผิวโลก (Earth Surface model)

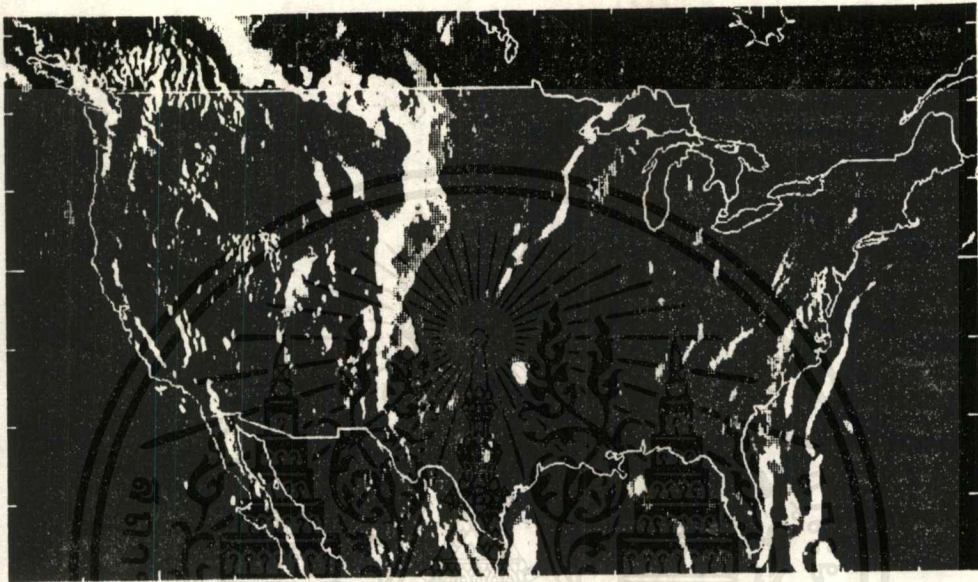
รูปแบบจำลองของพื้นผิวโลกที่ถูกต้องจะมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับ ระบบนำร่อง การสำรวจ และการทำแผนที่ แต่เนื่องจากพื้นผิวโลกมีผิวขรุขระและสูงต่ำไม่เท่ากัน นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นรูปแบบจำลองจึงมีหลายแบบด้วยกัน รูปแบบจำลองสภาพทางภูมิประเทศและระดับน้ำทะเลมีไว้เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผิวโลก ในขณะที่รูปแบบจำลองทางด้านแรงโน้มถ่วงและจีโออยด์ (Geoid) มีไว้เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงโน้มถ่วงและระดับน้ำทะเลเฉพาะส่วนของพื้นโลก รูปแบบจำลองต่าง ๆ เหล่านี้ถูกสร้างเหล็บบเทียบหรืออ้างอิงร่วมกับเอลลิปซอยด์



รูปที่ 2.15 แสดงรูปแบบจำลองของพื้นผิวโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

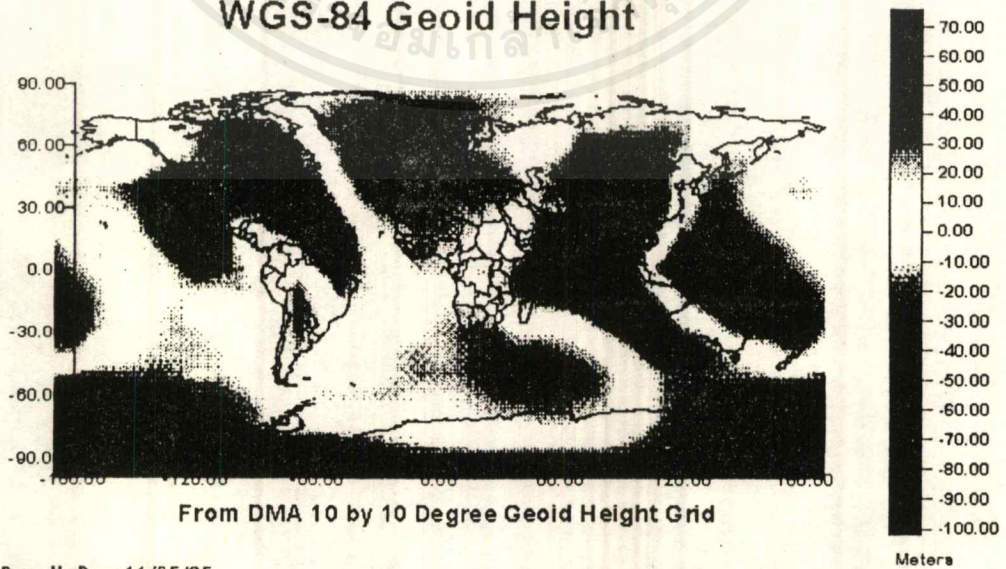
การจำลองพื้นผิวแบบโทโพกราฟฟิค (Topographic surface) ของโลกแสดงถึงพื้นผิวจริงของแผ่นดินและทะเลในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ส่วนการจำลองพื้นผิวแบบจีโออยด์นั้นจะเป็นการจำลองพื้นผิวที่แสดงค่าสนามแรงโน้มถ่วงของโลกที่ตัดเทียบระดับความสูงของน้ำทะเลเฉลี่ย (mean sea level) จีโออยด์จะเป็นผิวอ้างอิงหลักในการกำหนดความสูงตัวอย่างการกำหนดจีโออยด์เป็นดังรูป 2.16



รูปที่ 2.16 แสดง National Geodetic Survey Geoid-93

U.S. Defense Mapping Agency ได้กำหนดความสูงของจีโออยด์ไว้ใน World Geodetic System 1984 (WGS 84) ดังรูปที่ 2.17

WGS-84 Geoid Height



Peter H. Data 11/05/95

รูปที่ 2.17 แสดงระดับของจีโออยด์ของ WGS 84

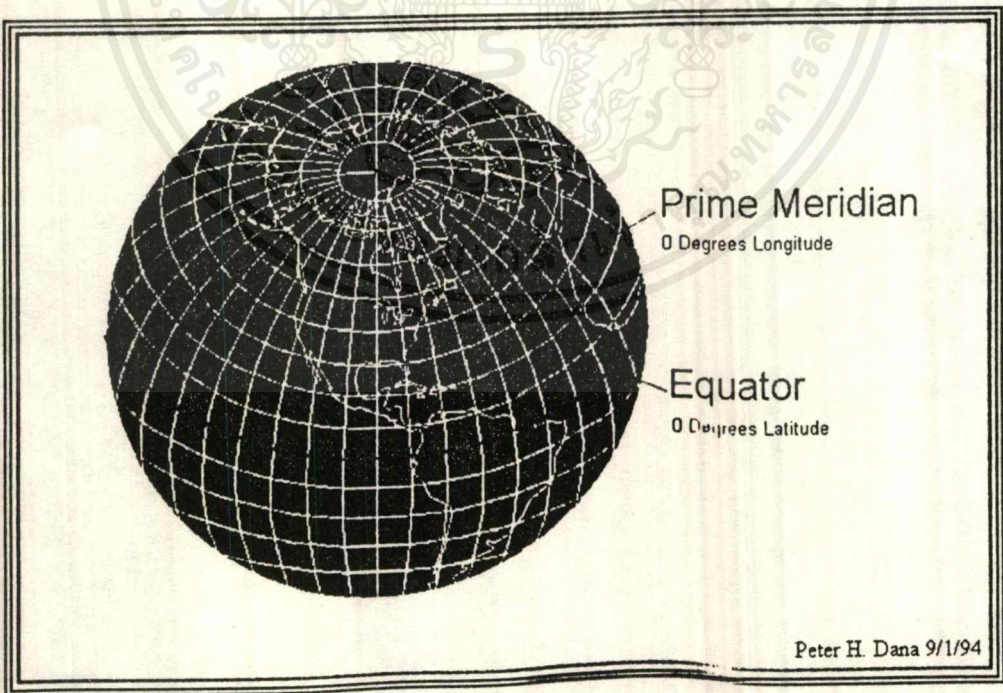
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการกำหนดพิกัดอ้างอิงที่ใช้งานทั่วไป (Global Coordinate System)

เมื่อเรามีรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโลกแล้ว ต่อไปจะต้องทำการกำหนดพิกัดอ้างอิงขึ้นมาเพื่อใช้กำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก มิฉะนั้นเราจะไม่ทราบว่า เราอยู่ที่อยู่ที่ใดบนพื้นโลก ทำนองเดียวกัน ถ้าระบบอ้างอิงแตกต่างกันออกไป พิกัดที่ได้ก็จะต่างกันออกไปด้วย ระบบที่ใช้ในการกำหนดพิกัดอ้างอิงมีหลายแบบด้วยกัน แต่ละประเทศจะใช้แตกต่างกันออกไป ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับระบบจีพีเอสเท่านั้น

Latitude, Longitude, Height

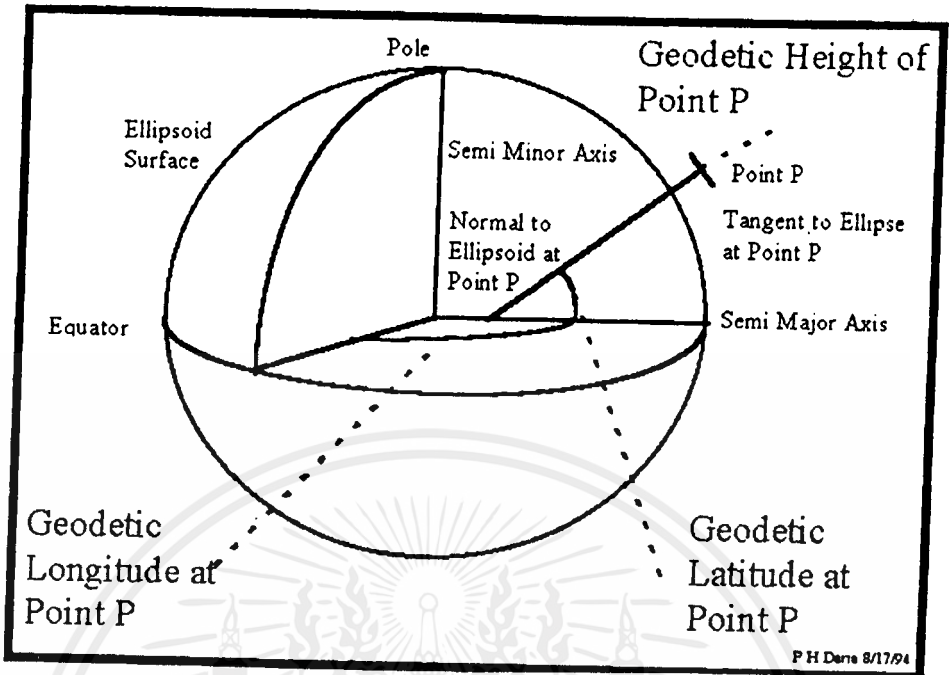
ถือเป็นระบบพิกัดที่ใช้ร่วมกันมากที่สุดในโลก โดยกำหนดให้ระนาบอ้างอิง (Reference plane) ได้มาจาก ระนาบของอีควาเตอร์ และไพรม์ เมริเดียน (Prime Meridian) ที่วางตั้งฉากกันดังรูปที่ 2.18 ถ้า นึกภาพของระนาบอีควาเตอร์ไม่ออกให้จินตนาการว่า โดยเสมือนผลแดงโมที่วางอยู่กับพื้นแล้วหัวทางชี้ของแดงโมขึ้นจากฟ้าจากนั้นให้นึกต่อไปว่า ที่กึ่งกลางลูกแดงมีเส้น ๆ หนึ่งลากยาวรอบลูกแดงโมโดยลากขนานกับพื้นที่แดงโมวางอยู่ เส้นนี้คือ เส้นอีควาเตอร์ ถ้าใช้มีดผ่าแดงโมไปตามแนวเส้นนี้ แล้วยกแดงโมครึ่งบนออก สิ่งที่มองเห็นก็คือเนื้อแดงโมที่เป็นพื้นผิวดวงกลมแบนราบ นั่นคือ ระนาบของอีควาเตอร์นั่นเอง ทำนองเดียวกัน ถ้าเราผ่าแดงโมในทิศทางตั้งฉากกับระนาบของอีควาเตอร์ ระนาบที่ได้เรียกเป็นระนาบของ ไพรม์ เมริเดียน



รูปที่ 2.18 แสดงการกำหนดเส้นไพรม์ เมริเดียน และ เส้นอีควาเตอร์

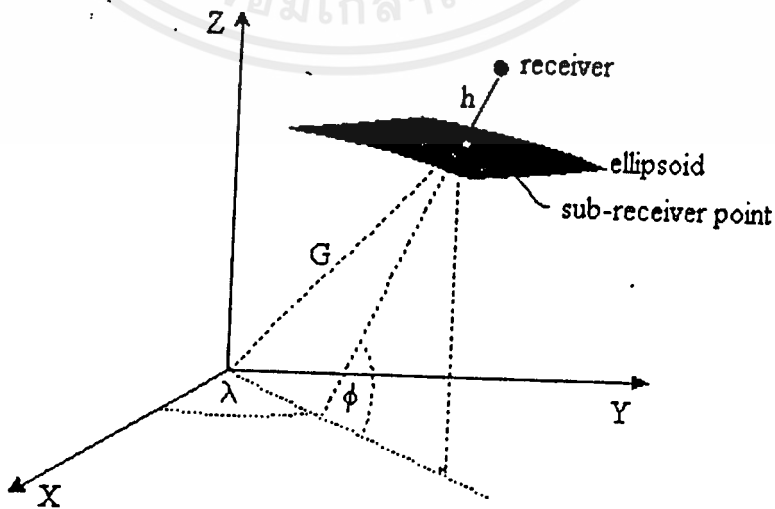
การกำหนดว่าจุด P มีค่าเป็นเท่าใดให้ดูจากตัวอย่างดังรูปที่ ๒.๑๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงการกำหนดพิกัดแบบแลตจิจูด ลองจิจูด และความสูง

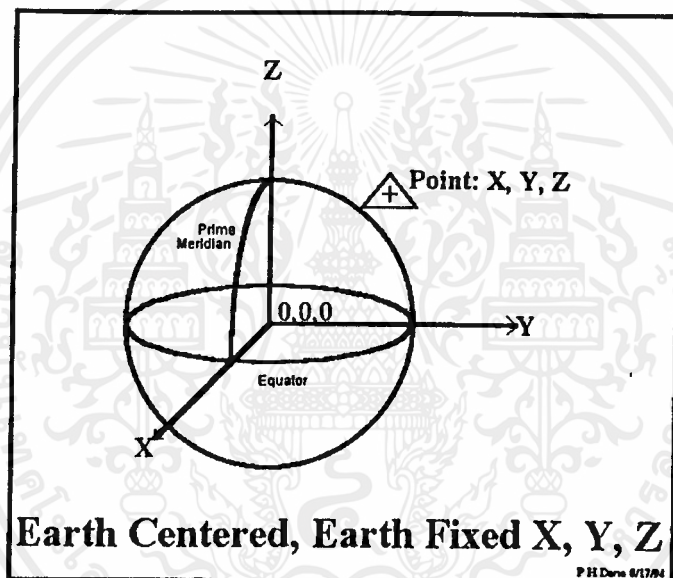
จากรูปที่แสดงไว้ สมมติว่า เครื่องรับสัญญาณอยู่ที่จุด P เมื่อลากเส้นมาตั้งฉากกับเส้นสัมผัสผิวกับพื้นผิวเอลิปซอยด์ (sub-receiver point) ในรูปที่ 2.20 แล้วต่อเส้นนี้ไปตัดระนาบอีควเอเตอร์ มุมที่เกิดจากเส้นที่ลากมาที่ระนาบอีควเอเตอร์เรียกว่า Geodetic Latitude (ϕ) และถ้าถือว่าเส้นที่ลากมาจากจุด P เป็นระนาบ ๆ หนึ่งที่ตั้งฉากกับระนาบอีควเอเตอร์ มุมที่ระนาบ ๆ นี้กระทำกับระนาบอ้างอิงไพรม์เอเมริเดียน เรียก Geodetic Longitude (λ) ส่วนความยาวของเส้น h เรียก Geodetic Height



รูปที่ 2.20 แสดงการกำหนดพิกัดแบบ แลตจิจูด ลองจิจูด และความสูง

Earth Centered, Earth Fixed X, Y, Z

ระบบนี้เป็นการกำหนดพิกัดแบบสามมิติเช่นกัน โดยถือว่าจุดศูนย์กลางมวลของโลกเป็นจุดศูนย์กลางของเอลิปซอยด์ จากจุดนี้แกน Z จะชี้มายังขั้วโลกเหนือ (ตามแนวแกนหมุนของโลก) แกน X จะชี้มายังจุดตัดกันของเส้นไพรม์ เมริเดียน กับเส้นอีควาเตอร์ และ แกน Y จะตั้งฉากกับแกน X ดังนั้นแต่ละจุดที่กำหนดขึ้นมาจะต้องมีองค์ประกอบของค่า X, Y, Z มาเป็นค่า Latitude, Longitude, Height ในภายหลัง



รูปที่ 2.21 แสดงระบบ ECEF X, Y, Z

การเปลี่ยนค่าดาตัม (Datum Conversions)

โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ดังรูปเข้าช่วย จะทำให้สามารถเปลี่ยนพิกัดจากระบบระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่งได้ ดังตัวอย่างที่ให้ไว้ รูปที่ 2.22 เป็นการเปลี่ยนจากระบบ ECEF X, Y, Z เป็น Lat, Long, Height ส่วนรูปที่ 2.23 เป็นตัวอย่างการเปลี่ยนหรือเลือดาตัมจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ส่วนรูปที่ 2.24 เป็นตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ทดลอง

Coordinate Conversion

Cartesian (ECEF X, Y, Z) and Geodetic (Latitude, Longitude, and Height)

$$X = (N + h) \cos \phi \cos \lambda$$

$$Y = (N + h) \cos \phi \sin \lambda$$

$$Z = [N(1 - e^2) + h] \sin \phi$$

where:

ϕ, λ, h = geodetic latitude, longitude, and height above ellipsoid
 X, Y, Z = Earth Centered Earth Fixed Cartesian Coordinates
 and:

$$N(\phi) = a / \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi} = \text{radius of vertical in prime meridian}$$

a = semi - major earth axis (ellipsoid equatorial radius)
 b = semi - minor earth axis (ellipsoid polar radius)

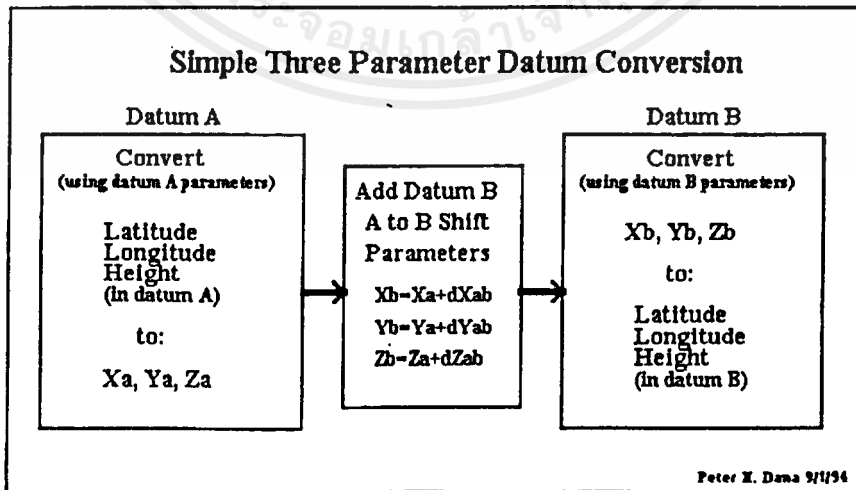
$$f = \frac{a - b}{a}$$

$$e^2 = 2f - f^2$$

Direct solution for X,Y,Z from Latitude, Longitude, and Height
 Iterative Solution for Latitude, Longitude, and Height from X, Y, Z

Peter H. Dana 8/27/94

รูปที่ 2.22 เป็นการเปลี่ยนจาก ECEF X,Y,Z เป็น Lat, Long, Height



รูปที่ 2.23 เป็นตัวอย่างการเปลี่ยนหรือเลื่อนค่าดั้มจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

standard Molodensky Datum Transformation: Local System to WGS 84
(IWA TR 8350.2 Part II Table 7.8 page 7-40 (modified for radians) Peter H. Dana 4/11/95)

Sample local position (HAD27):
Geodetic latitude in radians: from_φ := 30-deg Geodetic longitude in radians: from_λ := -100-deg Ellipsoidal height in meters: from_h := 232
Datum constants for FROM datum (HAD 27 CONUS):

from_a := 6378206.4 Equatorial radius from_f := $\frac{1}{294.9786982}$ Flattening from_es := 2*from_f - from_f*from_f First eccentricity squared
Datum constants for TO datum (WGS 84):
to_a := 6378137.0 Equatorial radius to_f := $\frac{1}{298.257223563}$ Flattening
NAD27 to WGS 84 datum shift parameters:
δX := -8 Delta X δY := 160 Delta Y δZ := 176 Delta Z

Compute geodetic position shifts:
δa := to_a - from_a Delta equatorial radius δf := to_f - from_f Delta flattening
sφ := sin(from_φ) cφ := cos(from_φ) sλ := sin(from_λ) cλ := cos(from_λ) Sin, cos terms

Rn := $\frac{from_a}{\sqrt{1.0 - from_es \cdot \sin^2(from_\phi)}}$ Radius of vertical in prime meridian

Rm := from_a * $\frac{1 - from_es}{(1 - from_es \cdot \sin^2(from_\phi))^{3/2}}$ Radius of curvature in prime meridian

ode := 1 - from_f Polar radius divided by equatorial radius

Delta latitude, longitude, height above the reference ellipsoid:

δφ := $\frac{((-δX \cdot sφ \cdot cλ - δY \cdot sφ \cdot sλ) + δZ \cdot cφ) + δa \cdot \frac{Rn \cdot from_es \cdot sφ \cdot cφ}{from_a} + δf \cdot \left(\frac{Rm}{bda} + Rn \cdot bda\right) \cdot sφ \cdot cφ}{Rm + from_h}$

δλ := $\frac{-δX \cdot sλ + δY \cdot cλ}{(Rn + from_h) \cdot cφ}$

δh := $δX \cdot cφ \cdot cλ + δY \cdot cφ \cdot sλ + δZ \cdot sφ - δa \cdot \frac{from_a}{Rn} + δf \cdot bda \cdot Rn \cdot sφ \cdot sφ$

Compute TO position:

to_φ := from_φ + δφ $\frac{to_\phi}{deg} = 30.000223889$ to_λ := from_λ + δλ $\frac{to_\lambda}{deg} = -100.000369588$ to_h := from_h + δh to_h = 194.816

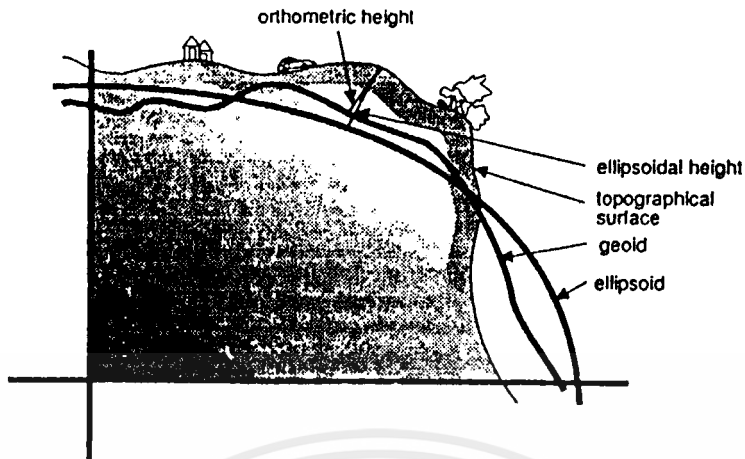
รูปที่ 2.24 เป็นตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ทดลอง

ข้อสับสนของ Height

ลองมาพิจารณาปัญหาที่น่าสับสนประการหนึ่ง คือ สมมติว่า มีเครื่องมือที่สามารถบอกตำแหน่ง Latitude, Longitude, Height ออกมาได้ ค่า Latitude, Longitude ที่ได้เป็นค่าที่มีนิยามแน่นอนไม่สับสน แต่ค่า Height หรือความสูงจะมีสับสนได้ง่าย โดยทั่วไปตามความคิดของผู้ใช้งานจะคิดว่า เป็นความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level) แต่จากรูปที่ผ่านมาในระบบ ละติจูด ลองจิจูด จะหมายถึงความสูงจากระดับพื้นผิวเอลลipsoid ซึ่งเป็นรูปแบบการจำลองมาจากคณิตศาสตร์ ส่วนในระบบ ECEF XYZ จะหมายถึงความสูงของเครื่องรับ ณ ตำแหน่งที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกออกไปเท่าใด ดังนั้นอนจะต้องอยู่ในรูปของ XYZ

ในทางกลับกัน ถ้ากล่าวว่ "ส่วนที่สูงที่สุดของยอดภูเขา Elbert ในมลรัฐโคโรลาโด สูง 14,433 จด" ท่านเคยคิดหรือไม่ ความสูงนี้วัดมาจากจุดอ้างอิงจุดใด)

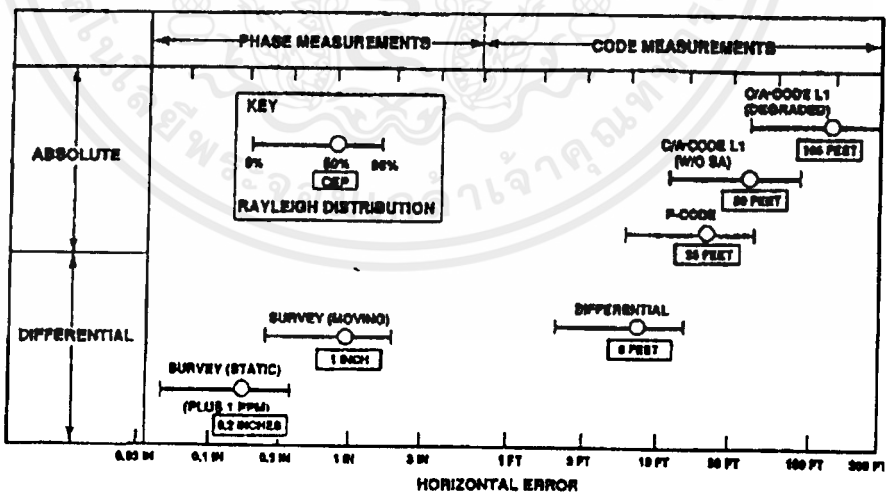
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 แสดงการเปรียบเทียบความสูงเหนือเอลลิปซอยด์ และ จีออยด์

จากรูปที่ 2.25 เส้น orthometric height คือเส้นความสูงที่วัดจากผิวน้ำของจีออยด์ ส่วนเส้น ellipsoidal height ก็คือเส้นความสูงที่วัดจากผิวของเอลลิปซอยด์ ซึ่งก็คือ geodetic height ที่กล่าวผ่านมาแล้วข้างต้นนั่นเอง ถ้าระบุความสูงออกมาลอย ๆ ผู้ใช้มักจะเข้าใจว่าเป็นความสูงเหนือระดับน้ำทะเลเฉลี่ย หรือกล่าวง่าย ๆ ว่าเป็น orthometric height แต่ความสูงที่ได้จากเครื่องรับจีพีเอสจะเป็น ellipsoid height หรือ อยู่ในรูปของ XYZ เท่านั้น

THE SIX BASIC LEVELS OF GPS ACCURACY



รูปที่ 2.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงในแบบต่าง ๆ

จากรูป 2.26 จะเขียนได้ว่า

$$H = h - N$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ H คือ orthometric height

h คือ ellipsoid height

N คือ geoid height

geoid height คือค่าผลต่างของ orthometric height กับ ellipsoidal height ที่จุด ๆ หนึ่ง บางทีเรียกว่า geoid ellipsoid separation

ดังนั้นการใช้จีพีสวัดความสูงต้องระวังให้ดีว่า ความสูงที่ได้นั้นเป็นแบบใด

สรุปความเข้าใจหลักการที่ผ่านมา

จากหัวข้อที่ 2.3 เราเห็นว่า เครื่องรับจะทำการวัดระยะทางจากดาวเทียมถึงตัวมันได้โดยอาศัย เวลา \times ความเร็วแสงการวัดระยะทางในลักษณะนี้ ระยะทางที่ได้เรียก พูโดเรนจ์ (Pseudo range) จากนั้นเครื่องรับจะรับข้อมูลที่ส่งจากดาวเทียมที่เรียกว่า อีเฟมมาริส (Ephemeris) ข้อมูลนี้จะบอกให้ทราบว่าดาวเทียมมีวงโคจรอย่างไร ทำให้เครื่องรับทราบว่าดาวเทียมอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด คอมพิวเตอร์ในเครื่องรับจะคำนวณได้ว่า ตำแหน่งของมันอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกเท่าใด โดยอาศัยรูปจำลองทางคณิตศาสตร์เอลลิปซอยด์ พิกัดอ้างอิงและดาตัม ในหัวข้อนี้จะทำให้เครื่องรับสามารถคำนวณตำแหน่งในระบบ ECEF XYZ หรือ ค่า Lat, Long, Height ออกมาได้ ในหัวข้อต่อไปจะได้กล่าวรายละเอียดของระบบให้มากขึ้น

2.5 การให้บริการของระบบ

ระบบจีพีเอสถูกสร้างขึ้นมาจากหน่วยงานของประเทศสหรัฐอเมริกา จุดมุ่งหมายหลักคือให้บริการแก่หน่วยงานทางทหารต่อมาได้เปิดให้พลเรือนใช้โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย แต่ได้แยกการให้บริการออกเป็นสองกลุ่ม

การให้บริการของระบบจีพีเอส

การแบ่งกลุ่มการให้บริการใช้ความแม่นยำมาเป็นตัวกำหนด ในปัจจุบันนี้ได้แบ่งการให้บริการแยกออกเป็นสองประเภทคือ

1. การให้บริการที่มีความแม่นยำสูง (Precision Position Code, PPS) สำหรับใช้ในกิจการทหารหรือพลเรือนที่ได้รับการอนุมัติใช้งานเท่านั้น ความแม่นยำที่คาดว่าจะได้รับคือ

- ความแม่นยำทางด้านแนวนอน 17.8 เมตร
- ความแม่นยำทางด้านแนวตั้ง 27.7 เมตร
- ความแม่นยำของเวลา 100 นาโนวินาที

สาเหตุที่พลเรือนทั่ว ๆ ไปไม่สามารถใช้บริการที่มีความแม่นยำสูงได้เนื่องจากทางผู้ควบคุมระบบ (DoD) ได้เข้ารหัสข้อมูลเอาไว้ ทำให้เครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสที่มีขายตามท้องตลาดทั่ว ๆ ไปไม่สามารถทำการถอดรหัสสัญญาณต่าง ๆ ที่รับได้อย่างถูกต้อง จึงทำให้การคำนวณต่าง ๆ ผิดพลาดจนเชื่อถือไม่ได้

2. การให้บริการตามรูปแบบมาตรฐาน (Standard Position Service, SPS) ใช้สำหรับกิจการทางด้านพลเรือน โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมง ความแม่นยำสูงทำให้ลดลงโดยกระบวนการที่เรียกว่า Selective Availability ภายใต้การควบคุมของ DoD ความแม่นยำที่คาดว่าจะได้รับคือ

- ความแม่นยำทางด้านแนวนอน 100 เมตร
- ความแม่นยำทางด้านแนวตั้ง 156 เมตร
- ความแม่นยำของเวลา 167 นาโนวินาที

ตัวเลขที่ใช้อ้างอิงวัดในแบบ 2 drms (95% confidence)

การเปรียบเทียบความแม่นยำโดยการใช้เครื่องรับและเทคนิคที่ต่างกัน

ในหัวข้อที่กล่าวมา เป็นความแม่นยำที่กำหนดขึ้นจากระบบหรือกล่าวง่าย ๆ ว่าเป็นความแม่นยำทางทฤษฎีในทางปฏิบัติแล้วความแม่นยำจะขึ้นอยู่กับประสิทธิ-ภาพของเครื่องรับ และเทคนิคในการใช้งานด้วย รูปที่2.30 แสดงความแม่นยำในการระบุตำแหน่ง ของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสเปรียบเทียบกัน โดยแยกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกเป็นการวัดโดยใช้เครื่องรับจีพีเอสอย่างเดี่ยว (Absolute) กลุ่มที่สองเป็นการใช้เทคนิคแบบ ดิฟเฟอเรนเชียลตัวเลขที่ได้ออกมาเป็นฟุตเพื่อให้รายละเอียดมากขึ้น ขณะเดียวกันเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันการวัดจะแยกออกเป็นสองแบบคือวัดโดยการใช้อัตรา กับวัดโดยการเฟสของสัญญาณ เริ่มจากการวัดโดยใช้อัตรา (บนสุดขวามือ) เป็นการใช้อัตรา C/A ในแบนด์ L1 โดยมีการใช้ SA จะเห็นว่าเป็นการวัดที่มีความผิดพลาดมากที่สุด (โดยสังเกตจากค่าสูงสุดของการกระจายเรเลย์ส รองลงมาจะเป็นการวัดเมื่อไม่ใช้ SA ถัดมาเป็นการวัดโดยใช้อัตรา P จะเห็นได้ชัดเลยว่า มีความแม่นยำว่าการใช้อัตรา C/A และเมื่อนำเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลเข้ามาใช้การวัดจะทำได้แม่นยำมากขึ้น

SV 8: SUBFRAME 1

WORD	BITS	#1-8	#9-16	#17-24	#25-30
1	1-30	10001011	11000000	00111111	101000
2	31-60	00110101	10110001	10000100	110000
3	61-90	00111010	01010011	00000000	011000
4	91-120	01011000	01001101	11111100	010101
5	121-150	11011010	10110101	10100010	000101
6	151-180	00001111	10001111	01101010	010100
7	181-210	00111010	00111000	11111101	001001
8	211-240	00101001	00101001	01001111	010100
9	241-270	00000000	00000001	10110000	011101
10	271-300	01010010	10100111	01110000	001100↑

PREAMBLE: 10001011

TIME OF WEEK: 00110101 10110001 1 = 27491 subframes = 164946 seconds = 1 day, 21 hours 49 minutes, 06 seconds = SV time at end of bit 300 (↑)

toc: 00101001 01001111 = 169200

af2: 00000000 = 0.0

af1: 00000001 10110000 = 4.91127138959 E-11

afo: 01010010 10100111 011100 = 6.30600377918E-04

(Δt_r = relativistic correction)

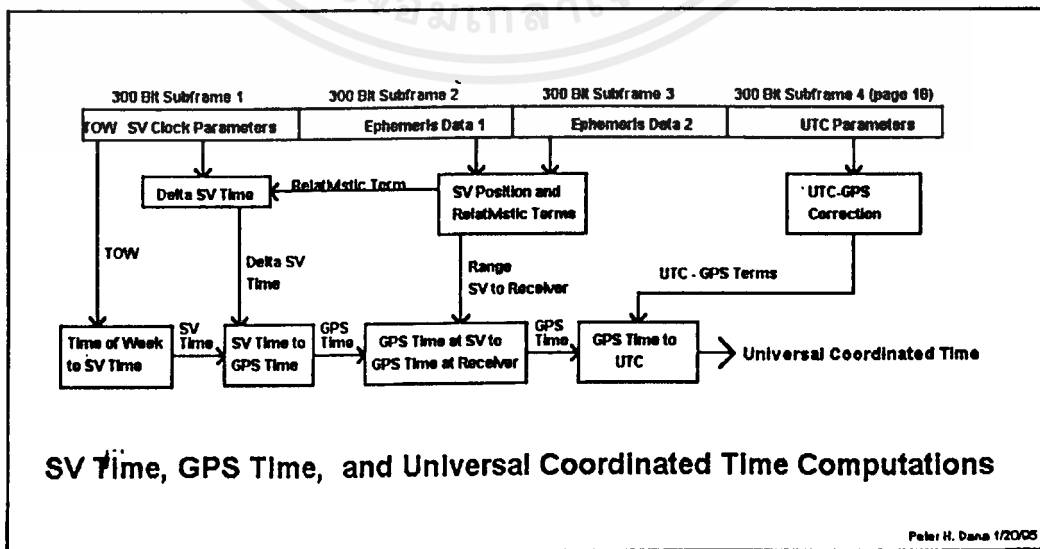
$\Delta T_{sv} = af0 + af1 (t - toc) + af2 (t - toc)^2 + \Delta t_r = 630.392 \text{ microseconds} + \Delta t_r$

Peter H. Dana 12/23/04

รูปที่ 2.27 แสดงการเปรียบเทียบความแม่นยำในการวัดแบบต่าง ๆ

ผลของการใส่ SA เพื่อลดความแม่นยำลง

การใส่ SA เป็นการลดความแม่นยำของการใช้งานทางด้านพลเรือนลง โดยทำให้ข้อมูลที่ส่งออกมาจากดาวเทียมเปลี่ยนแปลงไปมาในลักษณะที่ไม่แน่นอนดังรูปที่ 2.28



SV Time, GPS Time, and Universal Coordinated Time Computations

Peter H. Dana 1/2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2.28 แสดงความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลงไปมาโดยผลของ SA โยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสแบบธรรมดาที่หาได้ตามท้องตลาดทั่วไปมาวางไว้ ณ ที่ซึ่งทราบพิกัดอย่างถูกต้อง แล้วทำการเก็บข้อมูลของพิกัดที่ส่งออกมาจากเครื่องรับ นำผลที่ได้มาพล็อตจะได้ออกมาดังรูปที่ 2.29 ผลที่ได้ถูกแยกออกเป็นสองส่วน คือส่วนแรกเป็นกลุ่มข้อมูลที่ได้เมื่อ HDOP น้อยกว่า 1 ส่วนที่สองเป็นกลุ่มข้อมูลที่ได้เมื่อ HDOP มีค่ามากกว่า 1 แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 ข้อมูลใด ๆ ที่ HDOP มากกว่า 3 จะถูกขจัดทิ้งออกไป

ตัวเลขที่ใช้ระบุว่า HDOP นั้นขอให้ถือเสมือนว่าเป็นตัวเลขที่บ่งบอกความแม่นยำในการคำนวณหาพิกัดของเครื่องรับซึ่งจะแปรตามการจับกลุ่มของดาวเทียมจีพีเอส (3-4 ดวง เมื่อใช้งาน) จะได้กล่าวต่อไปในภายหลัง



รูปที่ 2.29 แสดงผลของ S/A และ การจับกลุ่มดาวเทียมซึ่งทำให้ HDOP เปลี่ยนแปลงไป

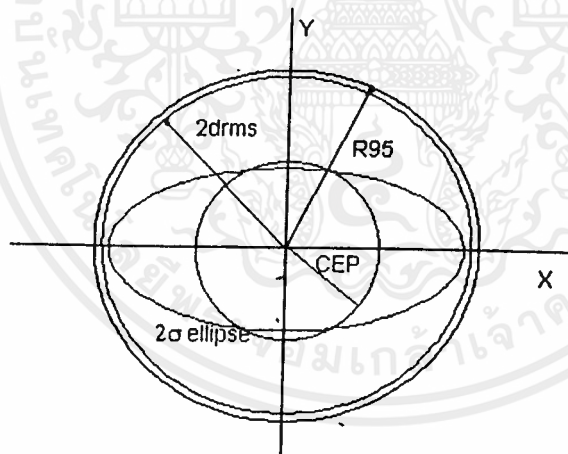
ในปัจจุบันนี้ ได้พยายามมีการผลักดันให้ยกเลิกการใช้ SA หรือ ให้ลดความผิดพลาดลงจากเดิม โดยให้เหตุผลว่า ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นสามารถใช้เทคนิคดีฟเฟอเรนเชียลขจัดออกไปได้เกือบหมด นอกจากนั้นระบบกลอนนาสซึ่งเป็นระบบนำร่องของรัสเซียให้ความผิดพลาดเพียง 50 เมตร เท่านั้น

เทอมที่ใช้ระบุค่าความแม่นยำ

เทอมที่ใช้ระบุถึงความแม่นยำในระบบจีพีเอสมักใช้กันอยู่สองเทอมคือ CEP และ 2 drms เทอมแรกคือ CEA ย่อมาจาก Circular Error Probablity หมายถึงรัศมีของวงกลมที่ครอบคลุมข้อมูลที่เกิดขึ้น 50% ตัวอย่างเช่น CEP มีค่าเท่ากับ 100 เมตร เมื่อเทียบเคียงกับรูปที่ 5.3 จะหมายถึง ที่จุดศูนย์กลางของวงกลมซึ่งเป็นพิกัดถูกต้อง ข้อมูลที่วัดได้จะมีการกระจายรอบ ๆ จุดศูนย์กลาง เมื่อลากเส้นวงกลม

ล้อมรอบข้อมูลได้ครอบคลุม 50 % ของข้อมูลทั้งหมด รัศมีของวงกลมนี้จะยาว 100 เมตร การใช้ CEA เป็นตัววัดความแม่นยำของระบบปรากฏว่าที่กลางทะเลจะมีความแม่นยำมากกว่าบนบกทำให้ค่าที่ได้ไม่ใกล้เคียงกัน จึงได้มีการขยับการขีดวงกลมล้อมรอบข้อมูลให้มากขึ้นเป็น 95% รัศมีที่ได้จะเป็นความแม่นยำที่ใช้สัญลักษณ์เป็น R95 บาง ครั้งจะใช้เทอม CEP เหมือนกันแต่จะระบุจะนวนเปอร์เซ็นต์เอาไว้ เช่น 50% ของ CEP หรือ 95% ของ CEP แต่การระบุแบบนี้จะมีข้อเสียคือไม่ได้กล่าวถึงจำนวนเปอร์เซ็นต์ที่เหลือ (เว้นแต่รู้หรือตั้งสมมติฐานของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น) ส่วนนี้อาจมีการผิดพลาดที่สูงมากเมื่อเทียบกับความเป็นจริงก็ได้

อีกเทอมหนึ่ง คือ 2drms (ในปัจจุบันนี้มักใช้เทอมนี้มากกว่า) ซึ่งหมายถึงสองเท่าของค่า drms (distance root mean square error) ค่า drms หาได้โดยทำการคำนวณค่า rms ของรัศมีของค่าความผิดพลาดของข้อมูลกลุ่มหนึ่ง นั่นก็คือ ระยะทางเชิงเส้นระหว่างตำแหน่งที่วัดได้กับตำแหน่งที่แน่นอน (หรือเจ็ลย)



รูปที่ 2.30 แสดงการระบุค่าความผิดพลาดในแบบต่าง ๆ

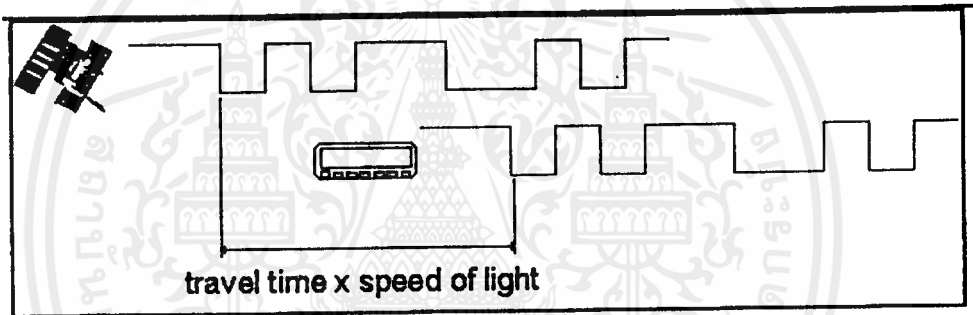
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สัญญาณจากดาวเทียม GPS

จากที่กล่าวผ่านมามากแล้วข้างต้นว่า ระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับจะหาได้จาก ความแตกต่างของเวลาที่ดาวเทียมส่งมากับเวลาที่เครื่องรับรับได้คูณด้วยความเร็วแสง ในหัวข้อนี้จะได้ กล่าวถึงรายละเอียดของสัญญาณต่าง ๆ ที่ส่งออกมาจากดาวเทียมมาให้เครื่องรับสัญญาณที่อยู่บนพื้น โลก

หลักการ

จากรูป 2.31 แทนที่ดาวเทียมจะส่ง "ABC" ออกมาดังตัวอย่างที่ยกขึ้นมาในหัวข้อที่ผ่านมา ดาว เทียมจะส่งออกมาในรูปของสัญญาณ เมื่อเครื่องรับรหัสนี้ได้จะทราบว่ารหัสนี้ใช้เวลาเดินทางจากดาว เทียมมายังเครื่องรับนานเท่าใดและเป็นรหัสที่ส่งมาจากดาวเทียมดวงใด นำเวลานี้มาคูณด้วยความเร็ว แสงก็จะทำให้คำนวณหาระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับได้



รูปที่ 2.31 แสดงแนวความคิดในการหาระยะห่างจากดาวเทียมกับเครื่องรับ

ด้วยเหตุนี้ความแม่นยำในการกำหนดพิกัดของระบบของจีพีเอสจะขึ้นอยู่กับฐานเวลาเป็น สำคัญ ฐานเวลาที่อยู่บนดาวเทียมจีพีเอสได้มาจากนาฬิกาเชิงอะตอม (atomic clock) ตัวอย่างเช่น BLOCK II จะมีนาฬิกาเชิงอะตอมแบบรูบิเดียมสองเครื่อง และแบบซีเซียมสองเครื่อง ทำให้ความผิดพลาดต่อวันไม่เกิน 10^{-13} หรือกล่าวง่าย ๆ ว่านาฬิกาจะเดินผิดพลาดไป 1 วินาทีเมื่อเวลาผ่านไป ประมาณ 160000 ปี ส่วน BLOCK IIR จะมีนาฬิกาแบบไฮโดรเจน เมเซอร์ (hydrogen masers) ทำให้ ความผิดพลาดต่อวันไม่เกิน 10^{-14}

ความถี่ที่ดาวเทียมจีพีเอสส่งมายังพื้นโลก

ดาวเทียมจีพีเอสจะใช้สัญญาณจากนาฬิกาเชิงอะตอมสร้างความถี่พื้นฐานในแบนด์ L เป็น 10.23 Mhz แล้วสร้างคลื่นพาห้ในแบนด์ L1 และ L2 โดยการคูณความถี่พื้นฐานด้วย 154 และ 120 ดังนั้นความถี่ของคลื่นพาห้ในแบนด์ L1 จะเท่ากับ 1576.42 Mhz ความถี่ของคลื่นพาห้ในแบนด์ L2 จะเท่ากับ 1227.60 Mhz รหัสต่าง ๆ จะถูกกำหนดขึ้นจากความถี่พื้นฐานทั้งสิ้น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

องค์ประกอบ

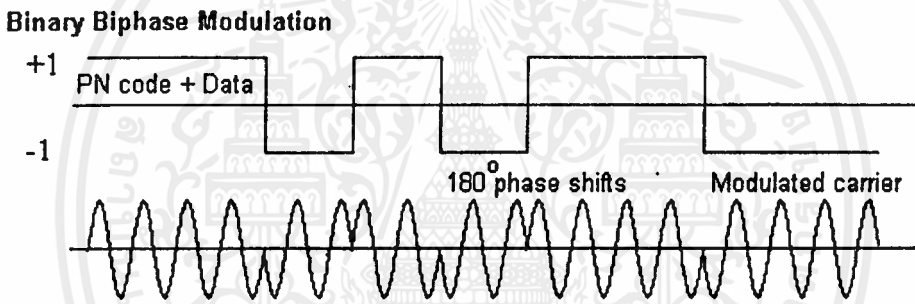
ความถี่ (MHz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่พื้นฐาน	f_0	=	10.23
คลื่นพาห้ L1	$154f_0$	=	1576.42
คลื่นพาห้ L2	$120f_0$	=	1227.60
พี-โค้ด (P-code)	f_0	=	10.23
องค์ประกอบ	ความถี่ (MHz)		
ซี/เอ-โค้ด (C/A-code)	$f_0/10$	=	1.023
ข้อมูลในการนำร่อง	$f_0/204600$	=	50×10^{-6}

ตารางที่ 2.32 แสดงองค์ประกอบของสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอส

โค้ดหรือรหัสทั้งสอง (C/A และ P) ถูกกำหนดอยู่ในรูปของสัญญาณพัลส์ สัญญาณพัลส์เหล่านี้จะถูกผสมกับเครื่องพาห้ในลักษณะของ ไบนารี ไบเฟส มอดูเลชัน (Binary biphas Modulation) ดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 การผสมสัญญาณแบบไบนารี ไบเฟส มอดูเลชัน

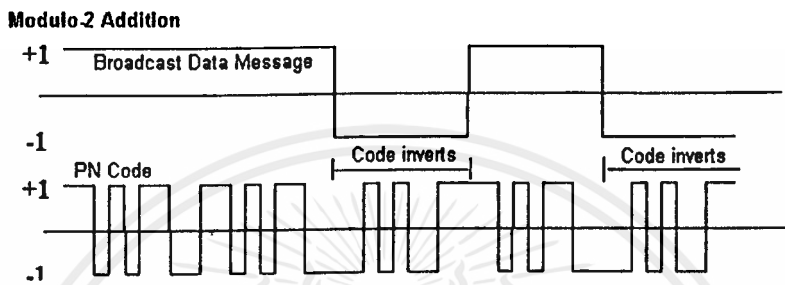
รหัสที่ดาวเทียมจีพีเอสส่งมายังพื้นโลก

รหัสที่ผสมมากับคลื่นพาห้สามารถแบ่งออกได้เป็นสามกลุ่มคือ

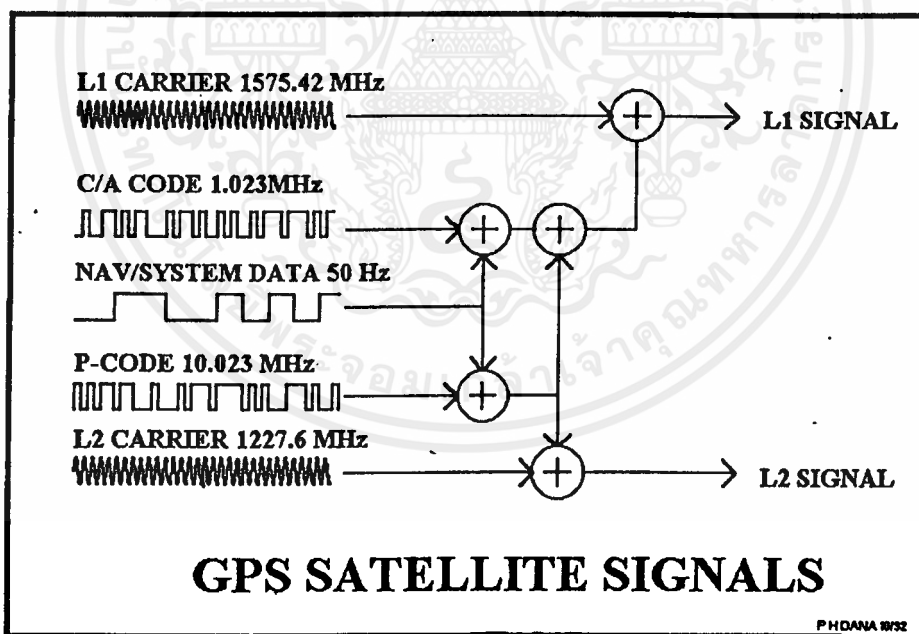
1 C/A Code (Coarse Acquisition) ถูกผสมออกมากับคลื่นพาห้ในแบนด์ L1 เท่านั้น รหัส C/A คือ รหัสสุโด แรนดอม นอยส์ (Pseudo Random Noise, PRN) ขนาด 1 เมกกะเฮิร์ต ชุดหนึ่งที่ซ้ำ ๆ กัน รหัสที่คล้ายนอยส์นี้จะถูกส่งออกมาทางแบนด์ L1 ในลักษณะของการกระจายสเปกตรัม (Spread spectrum) ตลอด ช่วงแบนด์วิดท์ 1 เมกกะเฮิร์ต รหัส C/A จะซ้ำกับของเดิมทุก ๆ 1023 บิต (1 มิลลิวินาที) ดาวเทียมแต่ละดวง

2 P-code (Precise) จะถูกผสมออกมากับคลื่นพาห้ทั้งในแบนด์ L1 L2 รหัส P คือรหัส PRN ขนาด 10 เมกกะเฮิร์ตชุดหนึ่งที่มีความยาวมาก (7 วัน) การทำงานในโหมด AS (Anti-Spoofing) ได้ทำการเพิ่ม โมดูลอ-2 (modulo-2) เข้าไปในพี-โค้ดแล้วทำการเข้ารหัสลับที่เรียกว่า ดับเบิลยู-โค้ด (W-code) เข้าไปอีกทีหนึ่ง ผลที่ได้เรียกว่า Y-code สัญญาณนี้จะทำให้เครื่องรับสับสนในการคำนวณค่าต่าง ๆ สำหรับผู้ได้รับอนุมัติให้ใช้สัญญาณนี้จะต้องมีชิพพิเศษเรียกว่า AOC (Auxiliary Output Chip) ต่อใช้ร่วมกับเครื่องรับจึงจะใช้งานได้ถูกต้อง

3 ข้อมูลนำร่อง (Navigation Message) ข้อมูลนำร่องเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 50 เฮิร์ตเป็นบิตของข้อมูลที่ใช้บอก วงโคจรของดาวเทียม ข้อมูลการแก้ไขเวลา และตัวแปรอื่น ๆ ของระบบ ข้อมูลนำร่องจะถูกนำมาผสมสัญญาณของรหัส C/A เพื่อส่งออกมาทางแบนด์ L1 และผสมสัญญาณของรหัส P เพื่อส่งออกมาทางแบนด์ L2 การผสมสัญญาณของข้อมูลนำร่องเข้ากับ C/A หรือ P ได้ดี จะเป็นแบบการบวกแบบมอดุโล 2 (Modulo-2 addition) ดังรูปที่ 2.34 ผลที่ได้จึงนำไปผสมสัญญาณต่อไป



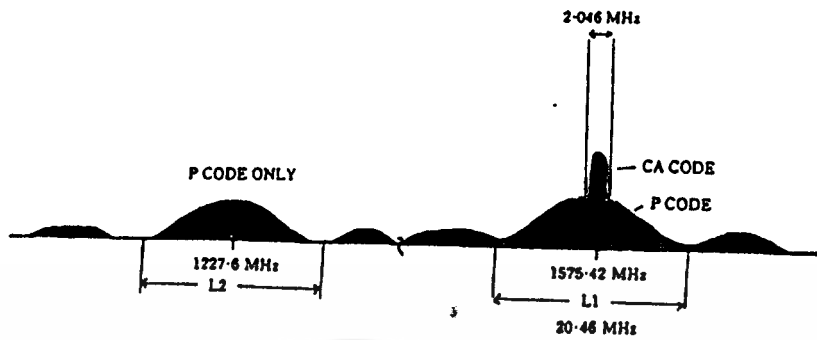
รูปที่ 2.34 การผสมสัญญาณข้อมูลนำร่องเข้ากับรหัส C/A และ P จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปออกมาเป็นภาพรวมทั้งหมดดังรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 แสดงสัญญาณที่ได้จาก ดาวเทียมจีพีเอส

เมื่อใช้สายอากาศมารับสัญญาณที่ส่งออกมาจากดาวเทียมจีพีเอส จะได้ลักษณะการกระจายของสัญญาณออกมดังรูปที่ 2.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



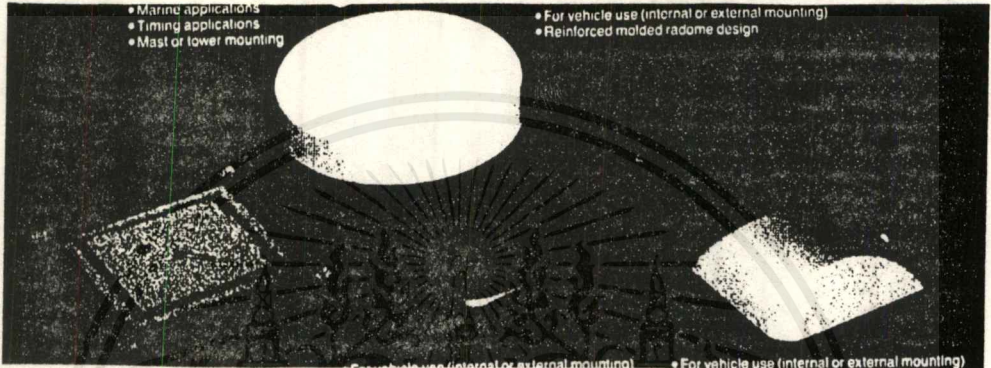
รูปที่ 2.36 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากสายอากาศในลักษณะของการกระจายสเปกตรัม



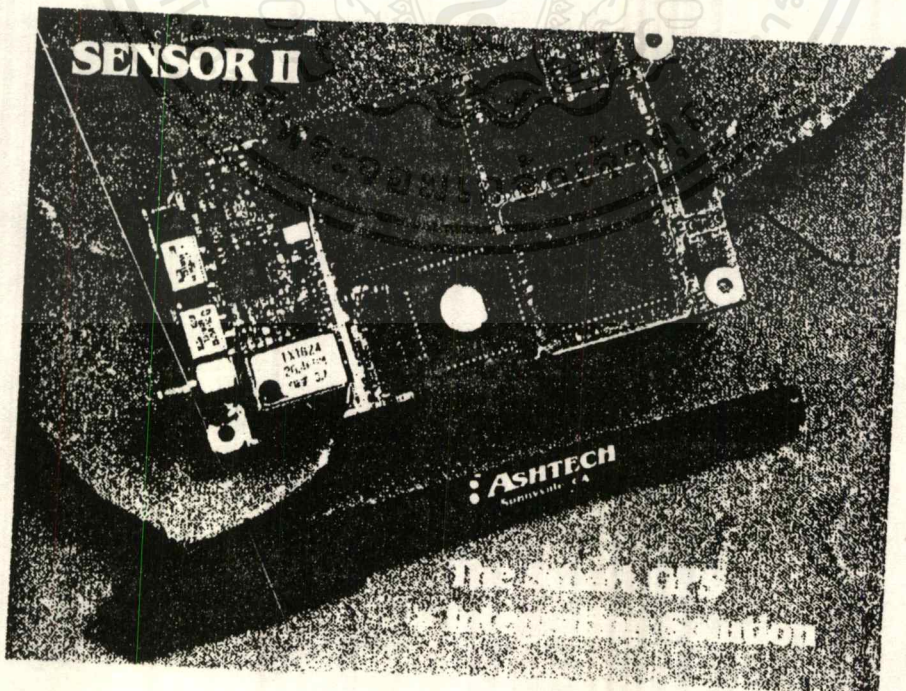
2.7 ข้อมูลจากดาวเทียม GPS

ในหัวข้อที่ 6 ได้กล่าวถึงรหัสสามกลุ่มที่ส่งออกมาจากดาวเทียมคือ พี-โค้ด, ซีเอ-โค้ด และข้อมูลนำร่อง ในหัวข้อนี้จะกล่าวให้ละเอียดมากขึ้นว่าข้อมูลเหล่านี้มีการจัดกลุ่มอย่างไร ในที่นี้จะกล่าวเน้นไปในทางสัญญาณในแบนด์ L1 เท่านั้น

สายอากาศที่ใช้สัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสโดยทั่วไปมักจะเป็นแบบ เฮลิคซ์ (helix) หรือแบบแพทช์ (patch) เชื่อมต่อไปยังเครื่องรับโดยสายโคแอกเซียล (coaxial cable)



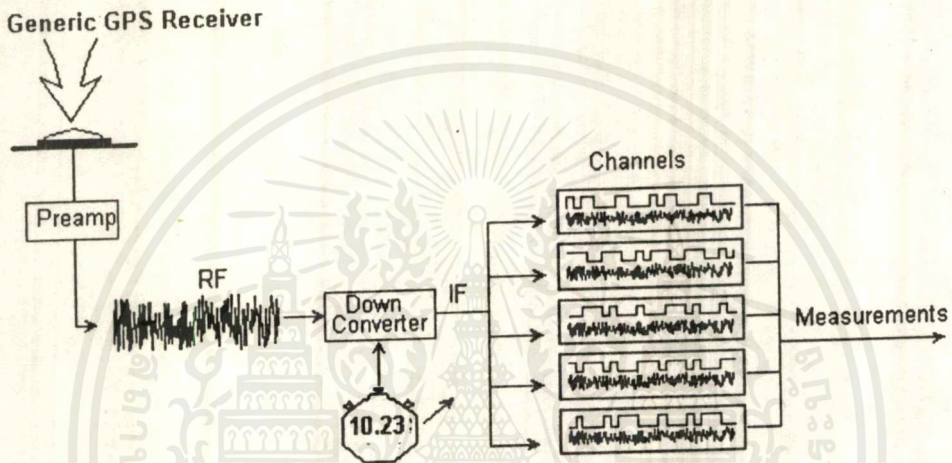
รูปที่ 2.37 ตัวอย่างของสายอากาศแบบแพทช์



รูปที่ 2.38 แสดงตัวอย่างเครื่องรับจีพีเอสของบริษัท ASHTECH

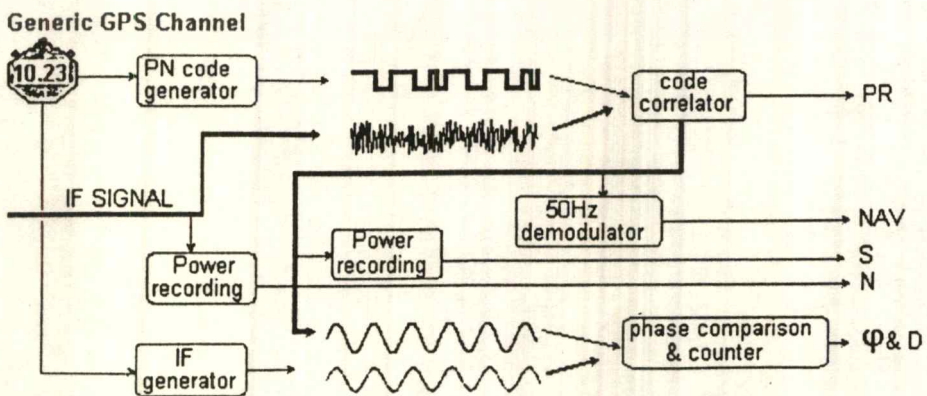
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ได้จากสายอากาศจะถูกขยายให้มีกำลังแรงขึ้นโดย preamp แล้วผ่านวงจรกรองความถี่ เพื่อจัดสัญญาณที่อยู่แบนด์ L1 ออกไป ผลที่ได้คือสัญญาณ RF จากนั้นสัญญาณ RF จะถูกลดความถี่ลงโดยส่วน ดาวน์คอนเวอร์เตอร์ (Down Converter) ร่วมกับส่วน โลคอล ออสซิลเลเตอร์ (Local Oscillator) ความถี่ที่ได้เป็นความถี่ IF จะถูกผ่านวงจรกรองความถี่อีกครั้งเพื่อจัดความถี่ที่ไม่ต้องการออกแล้วทำการกระจายสัญญาณ (de-spreading operation) ส่งไปยังแขนแนลต่าง ๆ ดังรูป 2.39



รูปที่ 2.39 แสดงการกระจายสัญญาณ IF แล้วแยกแขนแนลในการรับสัญญาณออกไป

เพื่อความสะดวกจะพิจารณาเฉพาะแขนแนลเดียวเท่านั้น ส่วนสร้างรหัส PN หรือ PRN (PN code generator) จะทำการสร้างรหัสที่เหมือนกับที่ส่งมาจากดาวเทียม (replica code) มาหาความสัมพันธ์กันกับสัญญาณ IF ที่ส่วน code correlator เพื่อแยกสัญญาณต่าง ๆ ออกมา จะกล่าวอีกครั้งในหัวข้อต่อไป ในตอนนี้ขอกล่าวเฉพาะข้อมูลนำร่อง (NAV) มาขยายความให้เห็นโครงสร้างที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

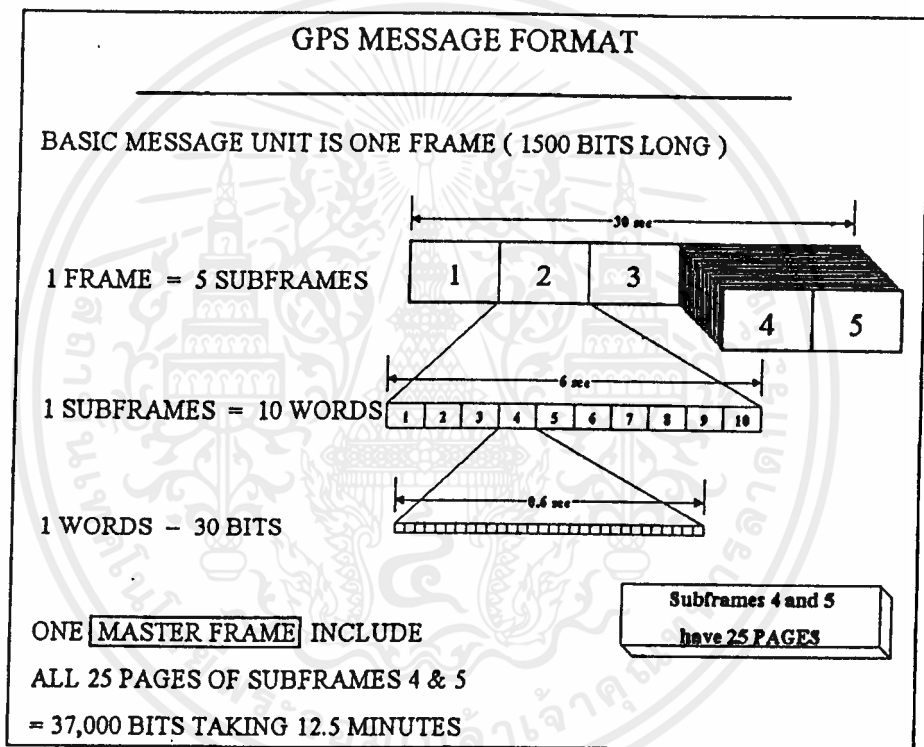


รูปที่ 2.40 แสดงการแยกข้อมูลต่าง ๆ ออกจากสัญญาณ IF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลนำร่อง (NAV messages) ที่ดาวเทียมจีพีเอสส่งมายังเครื่องรับจะถูกแบ่งออกเป็นเฟรม (frame)

ดังรูปที่ 2.41 จากรูปจะเห็นว่าหนึ่งเฟรมมีความยาวของบิตข้อมูลเท่ากับ 1500 บิต ดังนั้นแต่ละเฟรมใช้เวลาทั้งสิ้นเท่ากับ 1500/50 หรือ 30 วินาที ในหนึ่งเฟรมถูกแบ่งออกเป็นเฟรมย่อย (subframe) ได้ 5 เฟรมย่อย ใช้ชื่อเป็นเฟรมย่อยที่ 1 ถึง 5 แต่ละเฟรมย่อยแบ่งข้อมูลออกเป็น 10 เวิร์ด โดยหนึ่งเวิร์ดประกอบด้วยบิตข้อมูล 30 บิต



รูปที่ 2.41 แสดงโครงสร้างของการส่งข้อมูลของ GPS

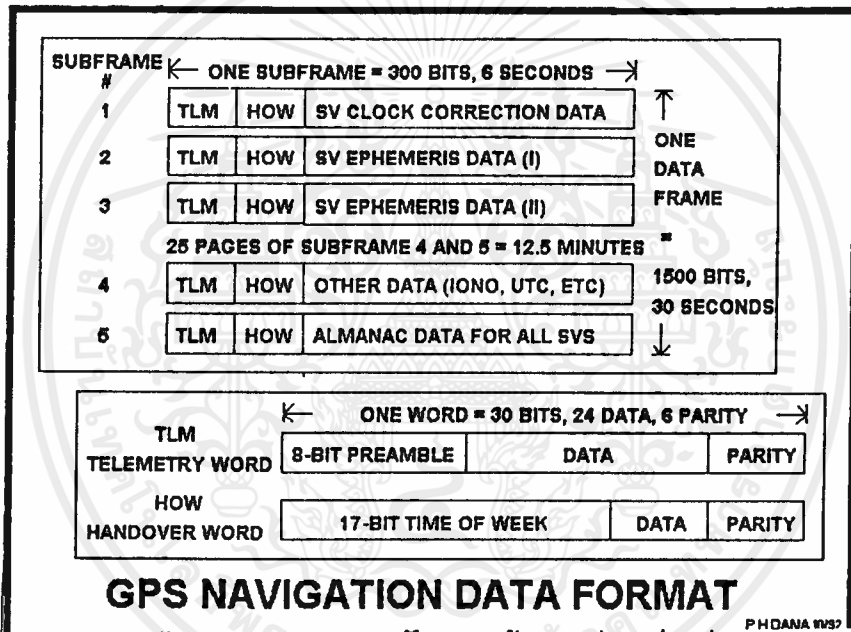
ข้อมูลในแต่ละเฟรมย่อยที่ส่งมาใช้ระบุรายละเอียดที่แตกต่างกันไปดังรูปที่ 2.42 แต่ละเฟรมย่อยเริ่มด้วยเวิร์ดพิเศษสองเวิร์ด คือ TLM (Telemetry word) และ HOW (Hand-over word)

เวิร์ด TLM ประกอบด้วยข้อมูล 8 บิต แรกที่มีรูปแบบคงที่ใช้เป็นรูปแบบในการซิงโครไนซ์ (pattern synchronized) และข้อมูลอีก 14 บิตสำหรับแสดงสถานะในการอัปเดตข้อมูลขึ้นสู่ดาวเทียม ข้อมูลในการทำการตรวจสอบการทำงาน และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

เวิร์ด HOW ใช้เก็บค่า ๆ หนึ่งที่เรียกว่า "Z-count" ซึ่งจะเปลี่ยนไปทุก 6 วินาที "Z-count" เป็นจำนวนที่แสดงจำนวนนับที่ละ 1.5 วินาที โดยเริ่มนับ 0 ตั้งแต่เที่ยงคืนของวันเสาร์เป็นต้นไปจนครบรอบหนึ่งสัปดาห์ (ตามระบบเวลา GPS) ค่านับสูงสุดคือ 403200 ($403200 \times 1.5 = 604800$ วินาที = 168 ชั่วโมง = 7 วัน) ค่านี้จะถูกนำไปใช้คำนวณหา และเทริกตาม P-code ตัวเลขอีกตัวหนึ่งใน HOW จะถูกนำมาคูณสี่เพื่อหาจุดเริ่มต้นของเฟรมย่อยถัดไป นอกจากนี้ HOW ยังมีหมายเลขของแต่ละเฟรมย่อยเก็บอยู่ รวมถึงแฟล็กแสดงสถานะต่าง ๆ

เฟรมย่อยที่ 1 ประกอบด้วย สัมประสิทธิ์ในการแก้ค่าเวลาที่ผิดพลาดอายุของข้อมูล และแฟล็กต่าง ๆ

เฟรมย่อยที่ 2 และ 3 ประกอบด้วยข้อมูลต่างที่แสดงถึงวงโคจรของดาวเทียม (ephemeris)



รูปที่ 2.42 แสดงรายละเอียดของข้อมูลแต่ละเฟรมย่อย

เฟรมย่อยที่ 4 ใช้แสดงค่าของรูปแบบจำลองของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (ionosphere model) ข้อมูลของ UTC (Coordinated Universal Time) แฟล็กแสดงถึงการเข้ารหัส P-code

จากรูปที่ 2.41 การส่งข้อมูลมาจากดาวเทียมจะเสร็จสมบูรณ์หนึ่งวงรอบจะต้องส่งข้อมูลทั้งสิ้น 25 เฟรม ข้อมูลในแต่ละเฟรมเท่านั้น กรณีที่มีดาวเทียมเกิน 24 ดวง (ถือเป็นดวงที่ 25-31) จะใช้เฟรมนี้

- อัลมาแนค (almanac) ของดาวเทียมดวงที่ 25-32 (เฟรมที่ 2,3,4,5,7,8,9,10)
- แบบจำลองของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ และข้อมูล UTC (เฟรมที่ 18)
- แฟล็ก Antispoof ของดาวเทียมทั้ง 32 ดวง (เฟรมที่ 25)
- การจัดวางตัวดาวเทียมทั้ง 32 ดวง (เฟรมที่ 25)
- สุขภาพของดาวเทียม (Health of satellites) ดวงที่ 25-32 (เฟรมที่ 25)

-สงวนไว้ใช้งาน (เฟรมที่ 1,6,11,12,16,19,20,21,22,23,24)

-สำรวจ (เฟรมที่ 13,14,15)

-ข้อมูลพิเศษ (เฟรมที่ 17)

เฟรมย่อยที่ 5 บรรจไว้ด้วยข้อมูลอัลมาแนค (almanac) ของดาวเทียม 24 ดวงแรก (เฟรมที่ 1-24) และสุขภาพของดาวเทียม (เฟรมที่ 25) ข้อมูลอัลมาแนคจะเป็นที่แสดงรายละเอียดคร่าว ๆ ของตำแหน่งและวงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวง โดยอาศัยสัญญาณนี้จะทำให้เครื่องรับเองทราบว่ามีดาวเทียมดวงใดบ้างที่มองเห็น เมื่อเทริกได้ดวงใดดวงหนึ่งแล้ว การเทริกดวงอื่น ๆ จะทำได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างข้อมูลต่าง และอัลกอริธึมได้แสดงไว้ในภาคผนวก

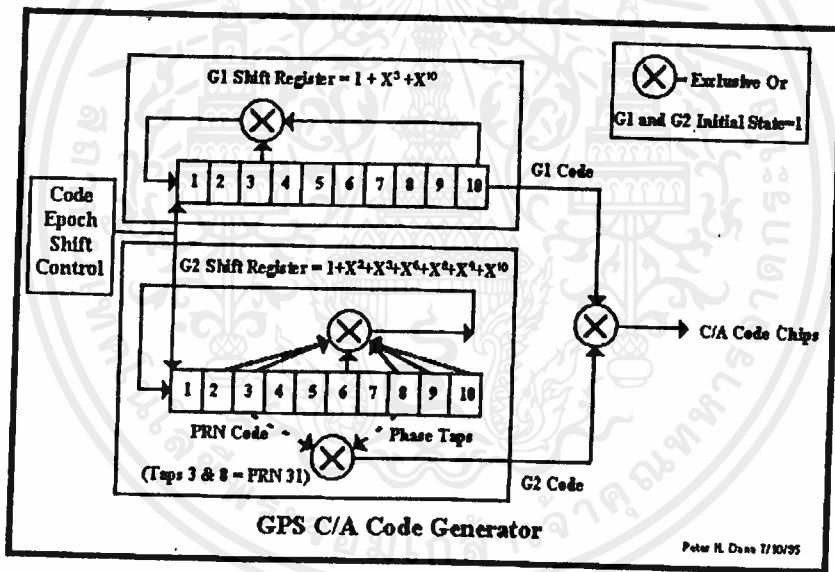


2.8 การหาตำแหน่งและเวลาจาก GPS

ในหัวข้อนี้เป็นการกล่าวถึงการแยกรหัสต่าง ๆ ในเครื่องรับให้ชัดเจนมากขึ้น

การแยกรหัสในเครื่องรับ (Code Phase Tracking)

หัวข้อนี้กล่าวถึงรายละเอียดการแยกรหัส PRN หรือรหัส C/A ต่อจากหัวข้อที่แล้ว เครื่องรับจีพีเอสจะสร้างรหัส C/A จำลองแบบขึ้นมาเพื่อทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศ หรือสัญญาณ IF ตัวสร้างรหัสจำลองขึ้นมาอาจเป็นวงจรทางฮาร์ดแวร์จำพวกรีจิสเตอร์เลื่อนบิต (shift register) ดังรูปที่ 2.43 หรือทำการคำนวณรหัสดังกลุ่มเอาไว้ก่อนแล้วเก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องรับได้ ทั้งนี้แล้วแต่ผู้ออกแบบเครื่องรับจีพีเอสว่าจะเลือกใช้แบบใด



รูปที่ 2.43 แสดงฟังก์ชันการทำงานของตัวสร้างรหัส C/A

ตัวสร้างรหัส C/A ภายในเครื่องรับจีพีเอสจะสร้างรหัส C/A ที่แตกต่างกันออกไปโดยอาศัยการเลือกแท็ป (tap) รหัสจะมีทั้งหมด 1023 กลุ่ม รีจิสเตอร์เลื่อนบิตจะทำการเลื่อนชิพออกมาตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกาที่ควบคุมอยู่ รหัส C/A ที่กำหนดในปัจจุบันนี้เป็นดังรูปที่ 2.44 ซึ่งจะเห็นว่า ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีรหัส C/A เฉพาะตัวไม่ซ้ำกัน

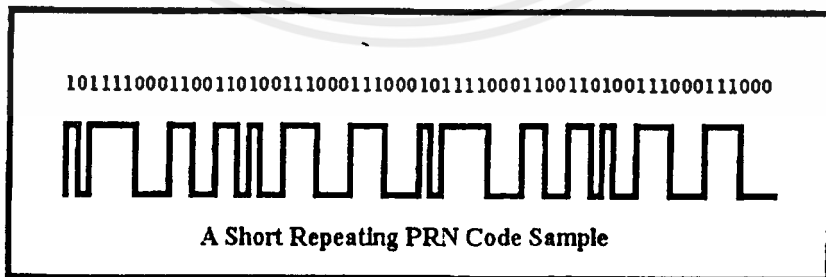
๘:

GPS C/A Code Assignments

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

รูปที่ 2.44 แสดงการกำหนดเฟสของรหัส C/A

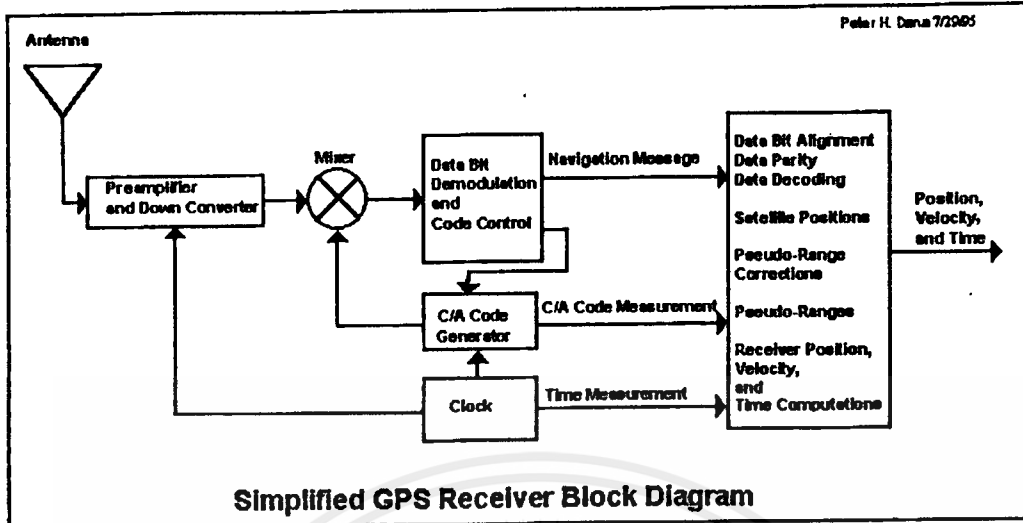
เครื่องรับจีพีเอสจะเลือกรหัสที่สร้างขึ้นจากตัวสร้างรหัสไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งจับคู่กับรหัสที่ได้จาก SV ได้พอดี สมมุติว่ารหัสที่เข้ามาเป็นดังรูปที่ 2.45



รูปที่ 2.45 แสดงรหัส PRN บางส่วน

ในกรณีที่การจับคู่แล้วถ้ารหัสระหว่าง PRN ที่สร้างขึ้นแตกต่างกับที่ได้จาก SV ผลที่ได้จะเข้าคู่กันไม่ได้ดังรูปที่ 2.46

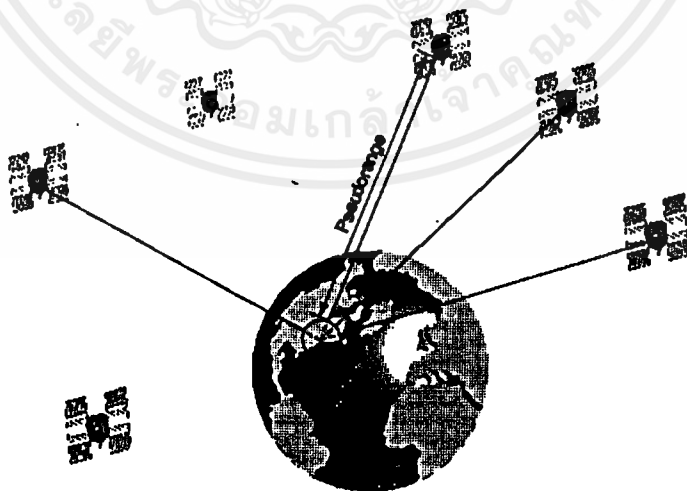
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.49 แสดงบล็อกไดอะแกรมอย่างง่ายของเครื่องรับจีพีเอส

จากรูปที่ 2.49 ในท้ายสุดจะได้ระยะทางแบบซูดระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับออกมา การนำร่องโดยการวัดระยะทางแบบซูด (Pseudo-Range Navigation)

ระยะทางแบบซูด หมายถึงระยะทางจากสายอากาศของเครื่องรับไปยังดาวเทียม เป็นการวัดที่ได้จากการคำนวณเอาจากเวลาที่สัญญาณเดินทางจากดาวเทียมมาถึงสายอากาศแล้วคูณด้วยความเร็วแสง ดังนั้นระยะทางที่ได้จะเป็นการรวมเอาค่าต่าง ๆ อันได้แก่ ค่าที่ใช้ไบอัส ค่าที่ไม่ทราบค่าแน่นอน เช่นการหน่วงเวลาของชั้นบรรยากาศ เป็นต้น เอาไว้ด้วย ตัวอย่างระยะทางแบบซูด คือรูปที่ 2.50

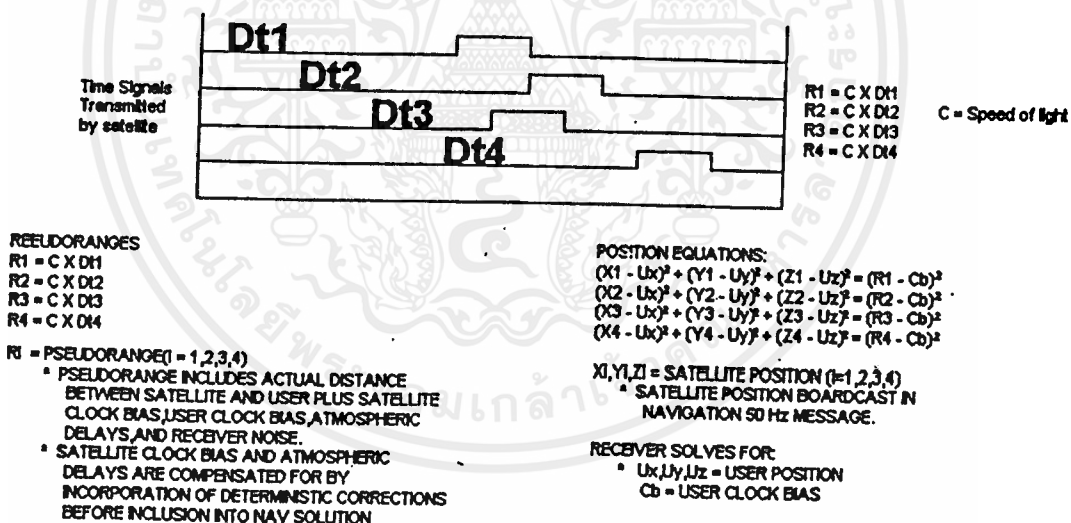


รูปที่ 2.50 แสดงระยะทางแบบซูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

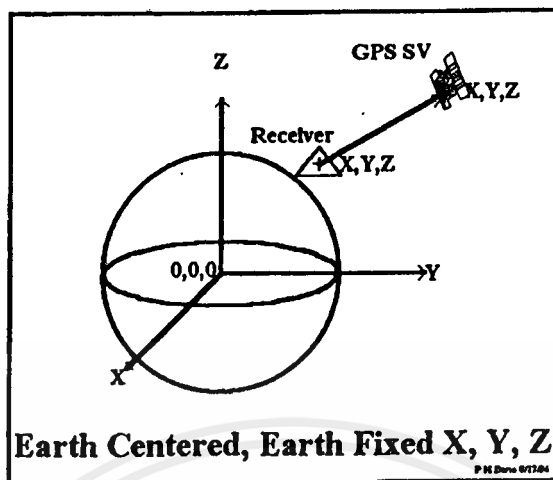
ในการหาระยะทางแบบพหุโด (Pseudo-range) ตัวเครื่องจะทำการเปรียบเทียบจากรหัส PRN ที่ได้จากดาวเทียมกับรหัส PRN ที่สร้างขึ้นภายในตัวเครื่องรับว่ามีเวลาต่างกันอยู่เท่าใด (Time of arrival, TOA) ซึ่งจะเป็นเวลาที่คลื่นเดินทางจากดาวเทียมถึงเครื่องรับ เมื่อคูณค่านี้ด้วยความเร็วแสงจะได้ระยะทางออกมา ระยะทางที่คำนวณได้นี้เป็นผลรวมระหว่าง ระยะทางจากสายอากาศของดาวเทียมถึงพีเอสมาถึงเครื่องรับ การไต่สเวลาที่ดาวเทียม (satellite clock bias) การไต่สเวลาที่เครื่องรับของผู้ใช้ (user clock bias) การหน่วงเวลาเนื่องจากผลของชั้นบรรยากาศแอมโมทสเฟียร์ (atmospheric delays) และสัญญาณรบกวนของเครื่องรับ (receiver noise)

ปัญหาหนึ่งทีอาจจะสงสัยตั้งแต่ช่วงแรกคือทำไมการวัดระยะทางแบบพหุโดจึงใช้ดาวเทียมสามดวง คำตอบง่าย ๆ ขอให้ดูได้จากรูปที่ 2.51 จากสมการ Position equation จะเห็นว่า ตัวแปรของตำแหน่งที่ต้องการคำนวณหา นั้นจะมีสามตัวแปร เมื่อรวมกับ Clock bias ด้วย จะกลายเป็นสี่ตัวแปร ดังนั้นจึงต้องใช้ค่าจากดาวเทียมสี่ดวงมาทำการคำนวณ



รูปที่ 2.51 แสดงสมการการคำนวณระยะทางแบบพหุโด

มิติของตำแหน่งที่คำนวณจากเครื่องรับจีพีเอสจะอ้างอิงอยู่ในรูปของพิกัด ECEF XYZ (Earth-Centered, Earth-Fixed X, Y, Z) แสดงไว้ดังรูปที่ 2.52



รูปที่ 2.52 แสดง GPS SV and Receiver XYZ

ตัวอย่างการหาค่าของ Pseudo-range navigation เป็นดังรูปที่ 2.53 และ 2.54

GPS Pseudorange Navigation Example - Peter H. Dana - 5/28/95

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

SVx ₀ := 15524471.175	SVy ₀ := -16649826.222	SVz ₀ := 13512272.387	SV 15
SVx ₁ := -2304058.634	SVy ₁ := -23287906.465	SVz ₁ := 11917038.105	SV 27
SVx ₂ := 16680243.357	SVy ₂ := -3069625.561	SVz ₂ := 20378551.047	SV 31
SVx ₃ := 14799931.395	SVy ₃ := 21425358.24	SVz ₃ := -6069947.224	SV 7

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

$$P_0 := 89491.728 \quad P_1 := 133930.337 \quad P_2 := 283098.653 \quad P_3 := 34454.421 \quad \text{Range} + \text{Receiver Clock Bias}$$

Receiver Position Estimate in ECEF XYZ

$$R_x := -730000 \quad R_y := -5440000 \quad R_z := 3230000$$

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

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

$$R_i := \sqrt{(SVx_i - R_x)^2 + (SVy_i - R_y)^2 + (SVz_i - R_z)^2} \quad L_i := \text{mod}[(R_i) \cdot 299792.458] - P_i$$

Compute Directional Derivatives for XYZ and Time

$$Dx_i := \frac{SVx_i - R_x}{R_i} \quad Dy_i := \frac{SVy_i - R_y}{R_i} \quad Dz_i := \frac{SVz_i - R_z}{R_i} \quad Dt_i := -1$$

Solve for Correction to Receiver Position Estimate

$$A := \begin{bmatrix} Dx_0 & Dy_0 & Dz_0 & Dt_0 \\ Dx_1 & Dy_1 & Dz_1 & Dt_1 \\ Dx_2 & Dy_2 & Dz_2 & Dt_2 \\ Dx_3 & Dy_3 & Dz_3 & Dt_3 \end{bmatrix} \quad dR := (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot L \quad dR = \begin{bmatrix} -3186.359 \\ -3791.978 \\ 1192.817 \\ 12345.66 \end{bmatrix}$$

Apply Corrections to Receiver XYZ and Compute Receiver Clock Bias Estimate

$$R_x := R_x + dR_0 \quad R_y := R_y + dR_1 \quad R_z := R_z + dR_2 \quad \text{Time} := dR_3$$

$$R_x = -733186.359 \quad R_y = -5443791.978 \quad R_z = 3231192.817 \quad \text{Time} = 12345.66$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่รูปที่ 2.53 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกวนนำไปใช้

ตัวอย่างข้อมูล ephemeris ที่ใช้ในการคำนวณหาระยะทางแบบซูโด

Ephemeris Data Set Used in Pseudo-Range Navigation Example (GPS Time = 150000 seconds)

Ephemeris Data Parameter	Value	Value	Value	Value
SV	15	27	31	7
Issue of Data Ephemeris	196	200	125	125
Cosine Correction to Inclination	-9.313225746E-08	1.136213541E-07	2.793967724E-08	-1.285225153E-07
Sine Correction to Inclination	-3.725290298E-09	-1.061707735E-07	9.126961231E-08	-1.322478056E-07
Cosine Correction to Radius	146.09375	148.84375	306.28125	322
Sine Correction to Radius	-69.9375	79.09375	-130.71875	-128.5
Cosine Correction to Latitude	-3.630295396E-06	4.122033715E-06	-6.921589375E-06	-6.720423698E-06
Sine Correction to Latitude	1.228414476E-05	1.15185976E-05	3.74391675E-06	2.983957529E-06
Mean Motion Difference	4.023024718E-09	4.513045129E-09	4.656622538E-09	4.650550857E-09
Eccentricity	0.006778693292	0.01127019501	0.005836840719	0.006999379606
Rate of Inclination Angle	1.817932867E-10	-5.928818388E-11	-5.418082828E-10	-4.207318109E-10
Orbital Inclination	0.9721164968	0.9459886628	0.9633626261	0.963950905
Mean Anomaly at Reference Time	-0.8856059028	0.1225249	-0.6775731485	3.019737078
Argument of Perigee	1.738558535	2.601538834	0.6715504011	-2.568758665
Rate of Right Ascension	-7.783538501E-09	-8.143553497E-09	-8.411421798E-09	-8.25355808E-09
Longitude of Ascending Node	-2.8654714	0.2200327977	2.320031302	2.317137898
Square Root of Semi-Major Axis	5153.618444	5153.653282	5153.789852	5153.644896
Reference Time Ephemeris	151200	151200	136800	151200

รูปที่ 2.54

ตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาที่ได้จากเครื่องรับจีพีเอส

ตำแหน่ง พิกัด XYZ ที่หาได้ภายในเครื่องรับตามหัวของก่อน จะถูกเปลี่ยนเป็นพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้แก่ แลตติจูด ลองจิจูด และความสูงเหนือเอลลิปซอยด์ โดยอาศัยสมการในรูปที่ 2.55 และพิกัดในรูปที่ 2.56

Coordinate Conversion
Cartesian (ECEF X, Y, Z) and Geodetic (Latitude, Longitude, and Height)

$$X = (N + h) \cos \phi \cos \lambda$$

$$Y = (N + h) \cos \phi \sin \lambda$$

$$Z = [N(1 - e^2) + h] \sin \phi$$

where:

ϕ, λ, h - geodetic latitude, longitude, and height above ellipsoid
 X, Y, Z - Earth Centered Earth Fixed Cartesian Coordinates
 and:

$$N(\phi) = a / \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi} = \text{radius of vertical in prime meridian}$$

a - semi-major earth axis (ellipsoid equatorial radius)
 b - semi-minor earth axis (ellipsoid polar radius)

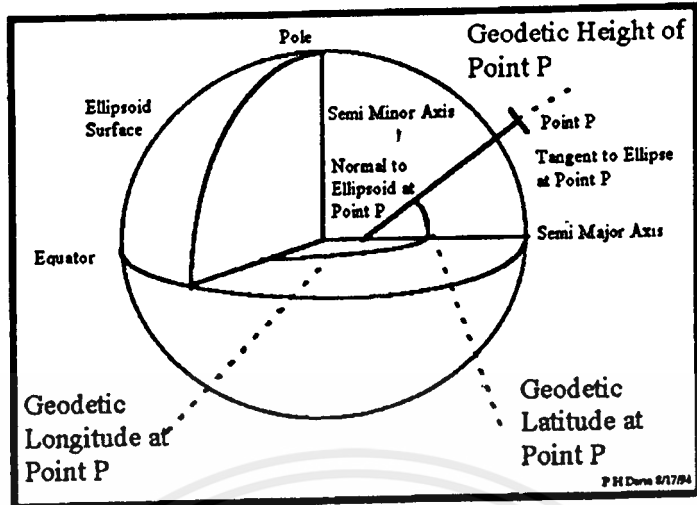
$$f = \frac{a - b}{a}$$

$$e^2 = 2f - f^2$$

Direct solution for X,Y,Z from Latitude, Longitude, and Height
 Iterative Solution for Latitude, Longitude, and Height from X, Y, Z

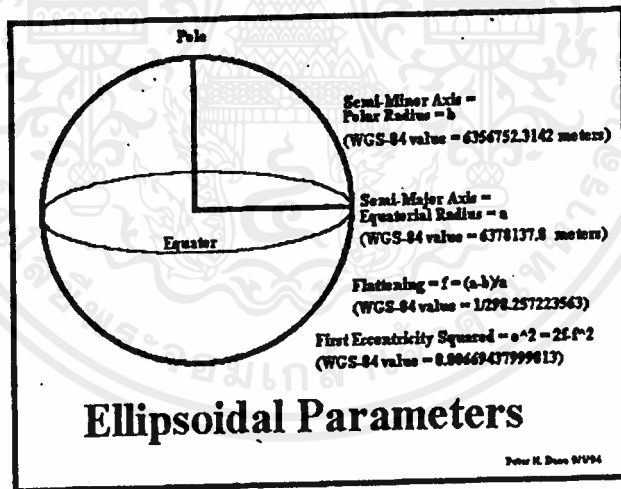
Peter H. Dana 9/27/94

เอกสารรูปที่ 2.55 แสดงการเปลี่ยนจากพิกัด ECEF XYZ เป็นพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geodetic Coordinate) แต่ถ้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.56 แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์

ประเด็นถัดมาคือ ค่าแลตติจูด และลองจิจูด และความสูงที่ได้จะอ้างตามพิกัดใด ถ้าอ้างพิกัดต่างกันออกไปค่าที่ได้ก็จะผิดแผกแตกต่างกันไปในเครื่องรับจีพีเอส ผู้ผลิตทุกรายจะมีพิกัดมาตรฐานระบบหนึ่งที่เรียกว่า WGS-84 (World Geodetic System 1984) ซึ่งกำหนดค่าต่าง ๆ ของ ellipsoid ได้ดังรูปที่ 2.57



รูปที่ 2.57 แสดงค่าของ Ellipsoidal Parameters ของ WGS-84

ขณะเดียวกันผู้ใช้อย่างสามารถกำหนดค่าตามที่ต้องการ ข้อควรระวังคือ การกำหนดค่าที่ผิดอาจทำให้พิกัดของตำแหน่งผิดพลาดไปได้หลายร้อยเมตร

ความเร็ว สามารถคำนวณได้จากตำแหน่งของเครื่องรับที่เปลี่ยนไปเมื่อเวลาเปลี่ยนไป หรือ SV Droptler frequencies หรือ ทั้งสองอย่าง

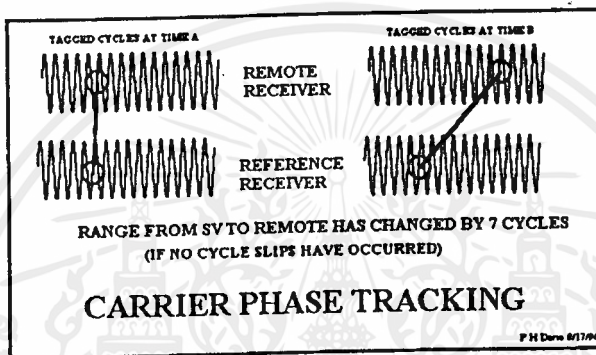
เวลา จะหาได้หลายรูปแบบได้แก่เวลาดาวเทียม (SV Time), เวลาจีพีเอส (GPS Time) และ

เอาทีนี่เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.59 แสดงการคำนวณเวลาในแบบต่าง ๆ

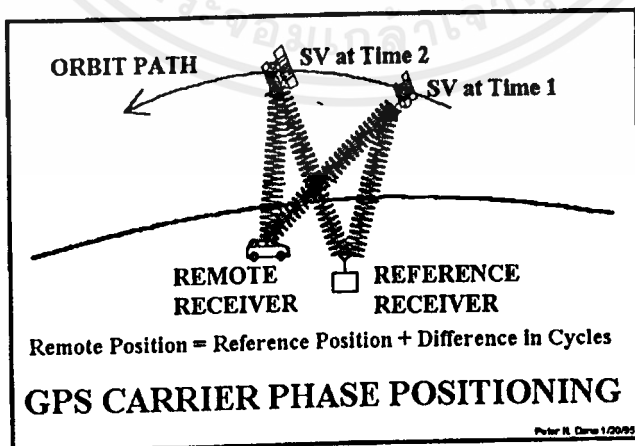
Carrier Phase Tracking (Surveying)

เทคนิคการแทรกเฟสของคลื่นพาห้ของสัญญาณจีทีเอสเหมือนกับเป็นการวิวัฒนาการครั้งใหญ่ในงานสำรวจที่เดียว ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อต้องการหาตำแหน่งที่แม่นยำเส้น line of sight ที่ยาวตามแนวพื้นโลกไม่จำเป็นอีกต่อไป โดยการใช้เครื่องรับที่สามารถแทรกเฟสของคลื่นพาห้ในแบนด์ L1 และ/หรือ L2 คลื่นพาห้ในแบนด์ L1 จะมีความยาวคลื่นหนึ่งวงรอบเท่ากับ 19 เซนติเมตร ดังนั้นถ้าอาศัยเครื่องรับสองเครื่องทำการแทรก และ วัดคลื่นพาห้ ดังรูปที่ 26 จะทำให้ทราบถึงระยะห่างระหว่างเครื่องรับทั้งสองได้ โดยทั่วไปแล้วมักจะวางเครื่องรับสองเครื่องห่างกันไม่มากกว่า 30 กิโลเมตร ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ผลที่เกิดจากการหน่วงเวลาอันเนื่องมาจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ระหว่างเครื่องรับทั้งสองต่างกันมากนัก



รูปที่ 2.60 แสดงการแทรกเฟสของคลื่นพาห้ของเครื่องรับสองเครื่อง

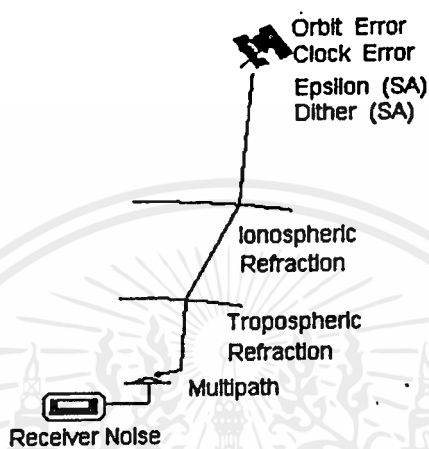
การวัดในลักษณะนี้เมื่อใช้เครื่องรับสองเครื่องร่วมกับดาวเทียมหนึ่งดวงตลอดเวลาเรียก Single Difference Survey ดังรูปที่ 2.61 แต่ถ้าใช้เครื่องรับสองเครื่องร่วมกับดาวเทียมสองดวงตลอดเวลา เรียก Double Difference Survey



รูปที่ 2.61 Single Difference Survey

2.9 ความผิดพลาด

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการหาพิกัดมาจากสาเหตุหลัก ๆ สองประการ คือมาจากสัญญาณที่ส่งจากดาวเทียมมาถึงเครื่องรับ และการจัดวางตัวของกลุ่มดาวเทียมที่ใช้ในการนำร่อง



รูปที่ 2.62 แสดงสาเหตุของความผิดพลาดต่าง ๆ จากส่วนดาวเทียม, สัญญาณ, เครื่องรับ ความผิดพลาดในส่วนดาวเทียม, สัญญาณ, เครื่องรับ

ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากดาวเทียม

ความผิดพลาดในส่วนนี้ประกอบได้ด้วยสองส่วน ส่วนแรกคือความผิดพลาดอันเนื่องมาจากนาฬิกา (clock error) อันได้แก่ การสร้างรูปแบบจำลอง (modeling) ของค่าออฟเซต (offset) และการเลื่อนค่า (drift) ของนาฬิกาโดยการใช้สมการโพลีโนเมียลลำดับที่สอง ส่วนที่สองคือความผิดพลาดอันเนื่องมาจากวงโคจร อันได้แก่ ข้อมูลของตัวแปร 6 ตัวแปร สำหรับใช้คำนวณหาการเคลื่อนที่แบบแคพเพลอร์ ของดาวเทียมเทียบกับโลก ข้อมูลนี้จะถูกอัปโหลดจากส่วนควบคุมบนพื้นโลกไปยังดาวเทียม แล้วส่งจากดาวเทียมมายังเครื่องรับ

ความผิดพลาดที่เกิดจากการไบอัสให้ผิดพลาด

การไบอัสให้เกิดความผิดพลาดเป็นการเจตนาให้เกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันมิให้การใช้งานขอพลเรือนมีประสิทธิภาพสูงสุด แบ่งการกระทำออกเป็นสองวิธีคือ Selective Available (SA) และ Anti-spoofing (A-S) วิธีแรกใช้กับกิจการทางด้านพลเรือน แบ่งเป็นสองแบบคือ แบบแรก ทำให้ความถูกต้องของสัญญาณนาฬิกาเบี่ยงเบนไปมา (เรียกว่ากรรมวิธีเดลตา (delta-process)) ส่งผลให้การคำนวณระยะทางแบบซูโดผิดพลาดมากขึ้น แบบที่สอง ใส่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการนำร่องที่ดาวเทียมส่งมาให้เครื่อง

รับผิดพลาดไปจากความเป็นจริง (เรียกว่ากรรมวิธีเอพซิลอน (epsilon-process)) ทำให้การคำนวณพิกัดของดาวเทียมจากเครื่องรับผิดพลาดไป ส่งผลให้การคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับผิดพลาดไปด้วยในปัจจุบันนี้ใช้เฉพาะกรรมวิธีแบบเดลตาเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ทางด้านพลเรือนได้คิดวิธีการทำให้ความผิดพลาดโดยผลของ SA ลดลงหลายวิธี เช่นการใช้เทคนิคของ ดิฟเฟอเรนเชียล จีพีเอส (Differential GPS) การใช้เทคนิคของ แครเรียร์ เฟส สมูท (Carrier Phase Smooth) เป็นต้น วิธีที่สองใช้กับกิจการทหาร

ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Propagation Errors)

ชั้นบรรยากาศที่มีผลกระทบต่อการเดินทางของสัญญาณจากดาวเทียมมายังเครื่องรับคือชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ และชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ ชั้นบรรยากาศ ไอโอโนสเฟียร์ ได้แก่ ช่วงความสูงจาก 70 ถึง 1000 กิโลเมตรจากพื้นโลก ทำให้ข้อมูลที่เครื่องรับจีพีเอสที่รับได้เข้าไปจากที่ควรจะเป็นทำให้การวัดระยะทางแบบซูดอเมตริกมากกว่าความเป็นจริง ความผิดพลาดในส่วนนี้จะประมาณ 10 เมตร ส่วนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ ได้แก่ช่วงความสูงจาก 70 กิโลเมตรจากพื้นโลก ความผิดพลาดในส่วนนี้จะประมาณ 1 เมตร

มัลติพาท (Multipath)

ความผิดพลาดในส่วนนี้เกิดจากปรากฏการณ์ที่สัญญาณจีพีเอสสะท้อนมาจากวัตถุพื้นผิวก่อนแล้วจึงวิ่งเข้าสู่สายอากาศ ความผิดพลาดในส่วนนี้ประมาณ 0.5 เมตร

ความผิดพลาดที่เกิดจากนอยส์

ความผิดพลาดที่เกิดจากนอยส์ได้จากผลกระทบของ PRN code noise (ประมาณ 1 เมตร) และนอยส์ในเครื่องรับความผิดพลาดในส่วนนี้ประมาณ 1 เมตร

ความผิดพลาดอันเนื่องจากการจับกลุ่มของดาวเทียมที่ใช้เข้ารหัส (Geometric Dilution of Precision) ความผิดพลาดในประเด็นที่สองเป็นความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการหารระยะทางซูดอเมตริกของเครื่องรับจีพีเอส การเลือกกลุ่มดาวเทียมจะเป็นองค์ประกอบหลัก มีการใช้ค่า ๆ หนึ่งเป็นตัวแสดงถึงคุณภาพของผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากการกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับจีพีเอส ค่านี้ก็คือ ไดลูชัน ค่าของ DOP มักจะถูกอธิบายในเทอมต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับสัญญาณที่ได้จากการจับกลุ่มดาวเทียมเพื่อกำหนดตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณเทอมต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่

GDOP-Geometrical dilution of precision

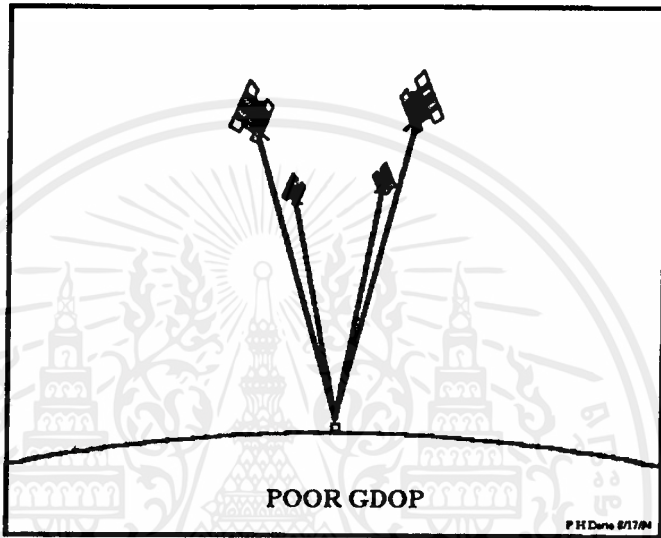
PDOP-Position Dilution of Precision (3-D) บางทีเรียก Sere DOP

HDOP-Horizontal Dilution of Precision (Latitude, Longitude)

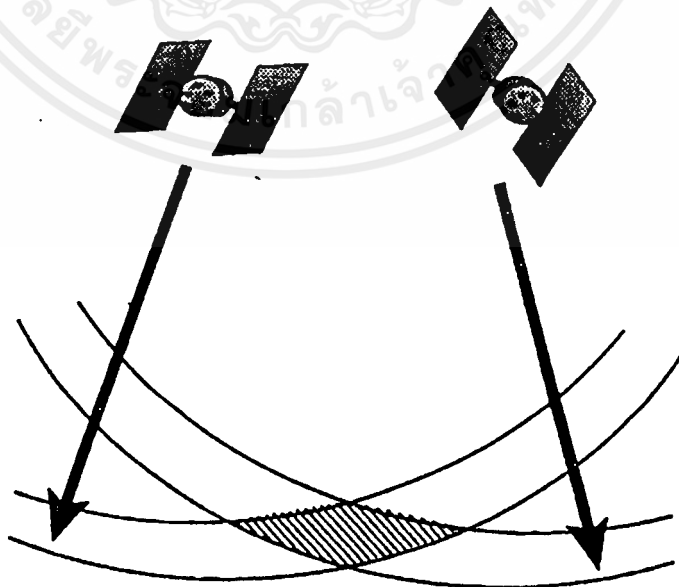
VDOP-Vertical Dilution of Precision (Height)

TDOP-Time Dilution of Precision (Time)

ตัวที่มักจะนำมาพิจารณาได้แก่ ค่าจีโอเมตตริก ไดลูชัน ออฟ พรีซิชั่น (Geometric Dilution of Precision, GDOP) จะแสดงถึงการจัดวางตัวของดาวเทียมสี่ดวงที่ทำกับเครื่องรับสัญญาณ ถ้าค่า GDOP มีค่ามาก พิกัดที่ได้จากเครื่องรับอาจผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นมากเช่นเดียวกัน ตัวอย่างของการจัดกลุ่มดาวเทียมที่ทำให้ GDOP มีค่าไม่ดีและดี เป็นดังรูปที่ 2.63 และ 2.64

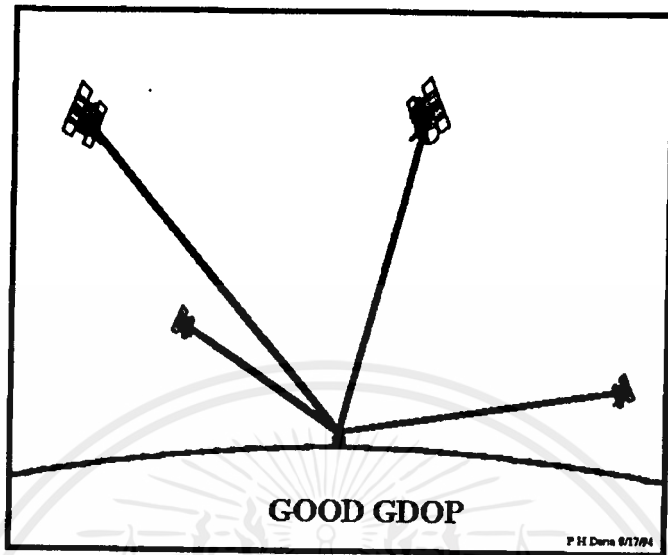


รูปที่ 2.63 แสดง Poor GDOP



รูปที่ 2.64 ผลของ Poor GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันกว้างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.65 แสดง Good GDOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2.66 ผลของ Good GDOP แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การตัดกันแคบลงระโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า DOP ต่าง ๆ เป็นดังนี้

GPS Pseudorange Navigation Example - Peter H. Dana - 5/28/95

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

$SVx_0 := 15524471.175$	$SVy_0 := -16649826.222$	$SVz_0 := 13512272.387$	SV 15
$SVx_1 := -2304058.534$	$SVy_1 := -23287906.465$	$SVz_1 := 11917038.105$	SV 27
$SVx_2 := 16680243.357$	$SVy_2 := -3069625.561$	$SVz_2 := 20378551.047$	SV 31
$SVx_3 := 14799931.395$	$SVy_3 := 21425358.24$	$SVz_3 := -6069947.224$	SV 7

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

$P_0 := 89491.728$	$P_1 := 133930.337$	$P_2 := 283098.653$	$P_3 := 34454.421$	Range + Receiver Clock Bias
--------------------	---------------------	---------------------	--------------------	-----------------------------

Receiver Position Estimate in ECEF XYZ

$R_x := -730000$	$R_y := -5440000$	$R_z := 3230000$
------------------	-------------------	------------------

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

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

$$R_i := \sqrt{(SVx_i - R_x)^2 + (SVy_i - R_y)^2 + (SVz_i - R_z)^2} \quad L_i := \text{mod}[(R_i) \cdot 299792.458] - P_i$$

Compute Directional Derivatives for XYZ and Time

$$Dx_i := \frac{SVx_i - R_x}{R_i} \quad Dy_i := \frac{SVy_i - R_y}{R_i} \quad Dz_i := \frac{SVz_i - R_z}{R_i} \quad Dt_i := -1$$

Solve for Correction to Receiver Position Estimate

$$A := \begin{bmatrix} Dx_0 & Dy_0 & Dz_0 & Dt_0 \\ Dx_1 & Dy_1 & Dz_1 & Dt_1 \\ Dx_2 & Dy_2 & Dz_2 & Dt_2 \\ Dx_3 & Dy_3 & Dz_3 & Dt_3 \end{bmatrix} \quad dR := (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot L \quad dR = \begin{bmatrix} -3186.359 \\ -3791.978 \\ 1192.817 \\ 12345.66 \end{bmatrix}$$

Apply Corrections to Receiver XYZ and Compute Receiver Clock Bias Estimate

$R_x := R_x + dR_0$	$R_y := R_y + dR_1$	$R_z := R_z + dR_2$	Time := dR_3
$R_x = -733186.359$	$R_y = -5443791.978$	$R_z = 3231192.817$	Time = 12345.66

รูปที่ 2.67 แสดงตัวอย่างของ Pseudo-Range Navigation Solution

GPS Geometric Dilution of Precision (GDOP) Example - Peter H. Dana - 5/28/95

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

SVx ₀ := 16524471.175	SVy ₀ := -16649826.222	SVz ₀ := 13512272.387	SV 16
SVx ₁ := -2304058.534	SVy ₁ := -23287906.465	SVz ₁ := 11917036.105	SV 27
SVx ₂ := 16680243.357	SVy ₂ := -3069625.561	SVz ₂ := 20378551.047	SV 31
SVx ₃ := 14799931.395	SVy ₃ := 21425358.24	SVz ₃ := -6069947.224	SV 7

Receiver Position Estimate in ECEF XYZ

Rx := -733186 Ry := -6443792 Rz := 3231193

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

Ranges from Receiver Position Estimate and SV Positions

$$R_i := \sqrt{(SVx_i - Rx)^2 + (SVy_i - Ry)^2 + (SVz_i - Rz)^2}$$

Compute Directional Derivatives for XYZ and Time

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

Compute Geometric Dilution of Precision (GDOP) terms: GDOP, PDOP (Position), TDOP (Time)

A= matrix of partial derivatives of X, Y, Z, and Time: P= covariance matrix:

$$A := \begin{bmatrix} Dx_0 & Dy_0 & Dz_0 & Dt_0 \\ Dx_1 & Dy_1 & Dz_1 & Dt_1 \\ Dx_2 & Dy_2 & Dz_2 & Dt_2 \\ Dx_3 & Dy_3 & Dz_3 & Dt_3 \end{bmatrix} \quad P := (A^T \cdot A)^{-1} \quad GDOP := \sqrt{P_{0,0} + P_{1,1} + P_{2,2} + P_{3,3}} \quad GDOP = 3.693$$

$$PDOP := \sqrt{P_{0,0} + P_{1,1} + P_{2,2}} \quad PDOP = 3.561 \quad TDOP := \sqrt{P_{3,3}} \quad TDOP = 0.961$$

รูปที่ 2.68 แสดงตัวอย่างการคำนวณ GDOP

2.10 กลอนนาส (GLONASS)

กลอนนาส (Global naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema, GLONASS) เป็นระบบนำร่องของรัสเซียที่มีสถานีส่งสัญญาณโคจรอยู่เหนือพื้นโลกเช่นเดียวกับระบบจีพีเอส การจัดวางระบบมีลักษณะคล้าย ๆ กันคือมีทั้งส่วนที่อยู่ในอวกาศ ส่วนที่เป็นสถานีควบคุมบนพื้นโลก และส่วนผู้ใช้งาน ตารางที่ 2.69 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างระบบจีพีเอส และกลอนนาส

รูปแบบวงโคจร	จีพีเอส	กลอนนาส
จำนวนดาวเทียม	24	24
จำนวนระนาบของวงโคจร	6	3
มุมเอียงของวงโคจร (องศา)	55	56.8
รัศมีของวงโคจร (กิโลเมตร)	26,560	25,510
วงรอบ (ชั่วโมง : นาที)	11:58	11:16
คุณสมบัติของสัญญาณ		
คลื่นพาห์ (เมกกะเฮิร์ต)	L1 : 1575.42 L2 : 1227.60	L1 : (1602 + 0.5625n) L2 : (1246 + 0.4375n) n = 1,2,...,24
รหัส	CDMA C/A code on L1 P code on L1,L2 C/A code : 1.023 P code : 10.23	FDMA C/A code on L1 P code on L1,L2 C/A code : 0.511 P code : 5.11
ความถี่ของรหัส		
มาตรฐานที่ใช้อ้างอิง		
ระบบพิกัด	WGS-84	SGS-85 (PZ-90)
ระบบเวลา	UTC (USNO)	UTC (SU)
ความแม่นยำตามข้อกำหนดที่ออกแบบไว้ (95 %)		
ตามแนวตั้ง (เมตร)	100	100
ตามแนวนอน (เมตร)	140	150

โดยอาศัยตัวเลข URE (user Range Error) ระบุค่าความผิดพลาด (ตัวเลข URE ได้มาจากการถอดรหัสดูของผลรวมกำลังสองของความผิดพลาดจากแหล่งกำเนิด ง ๆ ที่ไม่ขึ้นกันเช่น ความผิดพลาดของค่า ephemeris ความไม่แน่นอนในการโคจรของดาวเทียม ความผิดพลาดทางด้านเวลา ความผิดพลาดในการจำลองแบบการหน่วงเวลาของชั้นบรรยากาศ การสะท้อนของสัญญาณจากแหล่งต่าง ๆ มาถึงเครื่องรับ สัญญาณรบกวนในเครื่องรับ และค่า SA (ของระบบจีพีเอส) จะประมาณได้ว่า

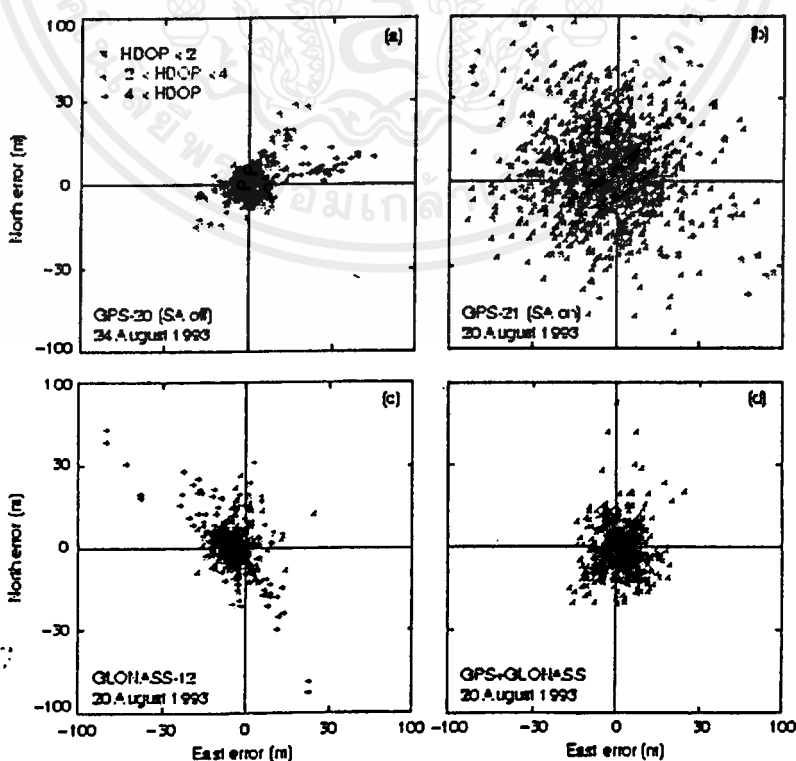
ระบบจีพีเอส เมื่อไม่ใส่ SA USE \approx 7 เมตร

ระบบจีพีเอส เมื่อใส่ SA USE \approx 25 เมตร

ระบบกลอนาส USE \approx 10 เมตร

สำหรับการใช้งานของพลเรือนที่ไม่มีระบบดิฟเฟอเรนเชียลเข้าช่วย (stand alone) ระบบกลอนาสเป็นระบบที่น่าสนใจทีเดียว

ในปัจจุบันนี้ ได้มีการพัฒนาเครื่องรับให้สามารถใช้งานทั้งสองระบบร่วมกัน ของให้พิจารณาจากรูปที่ 2.71 รูปแรก (a) เป็นการกระจายของความผิดพลาดในการวัดพิกัดในระบบจีพีเอสเมื่อไม่ใส่ SA รูป (b) เป็นการกระจายของความผิดพลาดในการวัดพิกัดในระบบจีพีเอสเมื่อใช้ SA รูป (c) เป็นการกระจายของความผิดพลาดในการวัดพิกัดในระบบกลอนาส จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า เมื่อเทียบรูป (a) กับ (c) แล้ว ระบบจีพีเอสจะให้ความแม่นยำใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเทียบระหว่างรูป (b) กับ (c) แล้วระบบกลอนาสให้ความแม่นยำกว่า



แต่ถ้ากล่าวถึงเสถียรภาพของระบบแล้ว ระบบจีพีเอสจะให้ความมั่นใจได้มากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากในปีที่ผ่านมาพบว่า ระบบกลอนนาสยังคงมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ในการส่งสัญญาณ การเปลี่ยนระบบพิกัด บางครั้งสัญญาณขาดหายไป เป็นต้น ดังนั้นการใช้ระบบกลอนนาสเพียงอย่างเดียวจึงถือว่าเป็นการเสี่ยงเกินไป และเมื่อนำทั้งสองระบบมาใช้งานร่วมกันในลักษณะที่พลเรือนใช้งานโดยทั่วไป ผลการทดลองที่ได้จะเป็นดังรูป (d) ในปัจจุบันนี้ได้มีหลายบริษัทกล่าวอ้างว่า กำลังพัฒนาเครื่องรับที่ใช้งานได้ทั้งสองระบบอยู่ แต่มีเพียงสองสามบริษัทเท่านั้นที่มีการประกาศขายเครื่องรับแบบนี้ตามวารสารที่เกี่ยวข้องกับระบบจีพีเอส

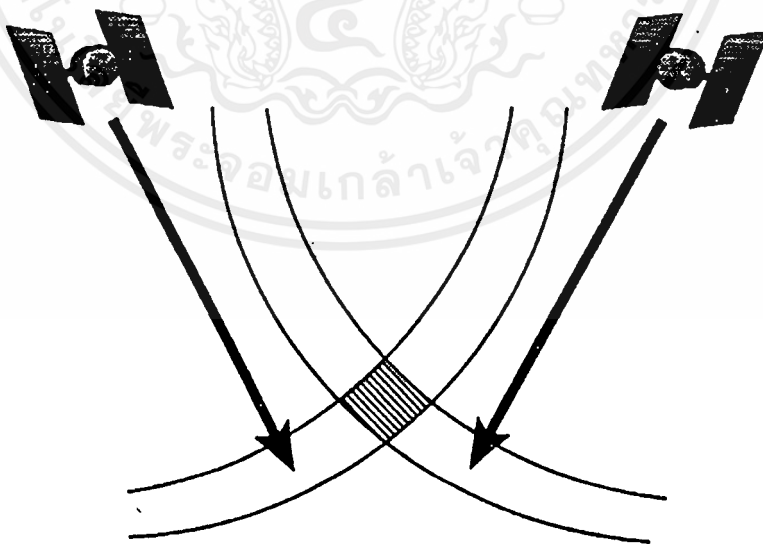


2.1.11 โลกคอลดิฟเฟอเรนเชียล GPS

หัวข้อนี้และหัวข้อต่อไปอีกเป็นการกล่าวถึง เทคนิคการแก้ค่าผิดพลาดในการระบุตำแหน่งให้น้อยลงเมื่อใช้บริการแบบมาตรฐาน ในปัจจุบันนี้การแก้ค่าความผิดพลาดจะมีการกระทำคล้าย ๆ กันแต่จะเรียกชื่อต่างกันออกไปแล้วแต่ขนาดของพื้นที่ที่ใช้งาน พื้นที่แคบ ๆ ประมาณรัศมีไม่เกิน 100 กิโลเมตร จากสถานีส่ง เรียก (Local Area) Differential GPS (LA)DGPS พื้นที่กว้างมากขึ้น และมีสถานีหลายสถานี แต่ละสถานีเชื่อมถึงกัน เรียก Wide Area Diffemtal GPS (WAGPS) ทั้งสองส่วนที่กล่าวมาข้างต้นเน้นการนำร่องภาคพื้นดินเป็นหลัก

ดิฟเฟอเรนเชียล จีพีเอส (Differential GPS, DGPS)

แนวความคิดของการหาตำแหน่งแบบดิฟเฟอเรนเชียลคือแก้ค่า bias error ต่าง ๆ ณ ที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ ให้ถูกต้องโดยทำการวัดค่า bias error ณ ที่อีกตำแหน่งหนึ่ง (เรียกสถานีฐาน (base station) หรือสถานีอ้างอิง (reference station)) ซึ่งรู้จักอย่างแน่นอน ผลที่ได้จะถูกนำมาคำนวณหาค่า bias error ของดาวเทียมแต่ละดวงที่มองเห็นบนท้องฟ้าค่า bias error ที่ได้จากดาวเทียมแต่ละดวงจะถูกส่งไปให้เครื่องรับที่อยู่ห่างออกไป (remote) ผ่านทางสัญญาณวิทยุรูปแบบทั่ว ๆ ไปจะเป็นดังรูป 2.72



รูปที่ 2.72 แสดงรูปแบบของ DGPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.72 เมื่อพิจารณาที่สถานีฐานจะเห็นว่า

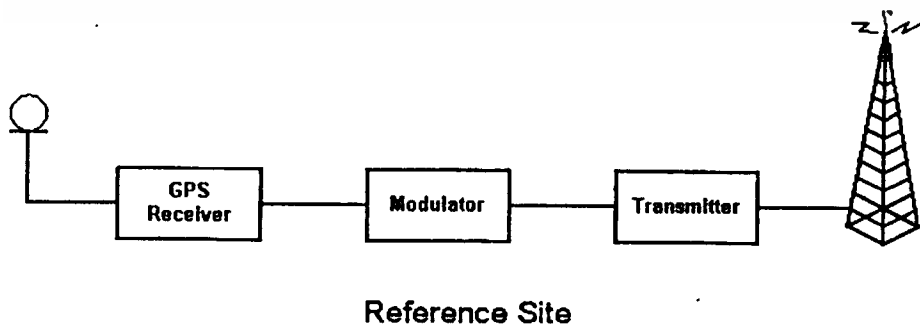
1. สถานีฐานต้องมองเห็นดาวเทียมจีพีเอสบนท้องฟ้า (Satellite all in view) มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อจะได้ครอบคลุมดาวเทียมที่ผู้ใช้กำลังใช้งานทุกดวง ดังนั้นสายอากาศรับสัญญาณจีพีเอสควรอยู่ในที่สูงพ้นจากสิ่งกีดขวางไม่ว่าจะเป็นสิ่งปลูกสร้าง หรือต้นไม้ก็ตาม
2. เครื่องรับที่ใช้ที่ฐานจะต้องมีประสิทธิภาพสูง (หมายถึงต้องมีความแม่นยำมากที่สุดที่จะเป็นไปได้ แม่นอนราคาย่อมแพงขึ้นเป็นหลักแสนบาท)
3. นาฬิกาที่มีความแม่นยำสูง (นาฬิกาเชิงอะตอม)
4. คอมพิวเตอร์ และซอฟต์แวร์ สำหรับหาค่าผิดพลาดของดาวเทียมจีพีเอสแต่ละดวง เครื่องส่งวิทยุ

สถานีจะต้องรู้พิกัดที่แน่นอน และแม่นยำ เมื่อรับข้อมูลจากดาวเทียมแต่ละดวงเข้ามาแล้วจะต้องทำการคำนวณหาค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้น การหาค่าความผิดพลาดทำได้หลายรูปแบบ เช่น

การใช้เทคนิคแบบ เวลาจริง (real time kinematic) เทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพื่อให้ค่าผิดพลาดออกมาใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด หลักการก็คือ ทำการคำนวณหาค่าผิดพลาดให้เร็วที่สุด แล้วส่งออกอากาศไปให้ผู้ใช้ให้เร็วที่สุดเช่นกัน

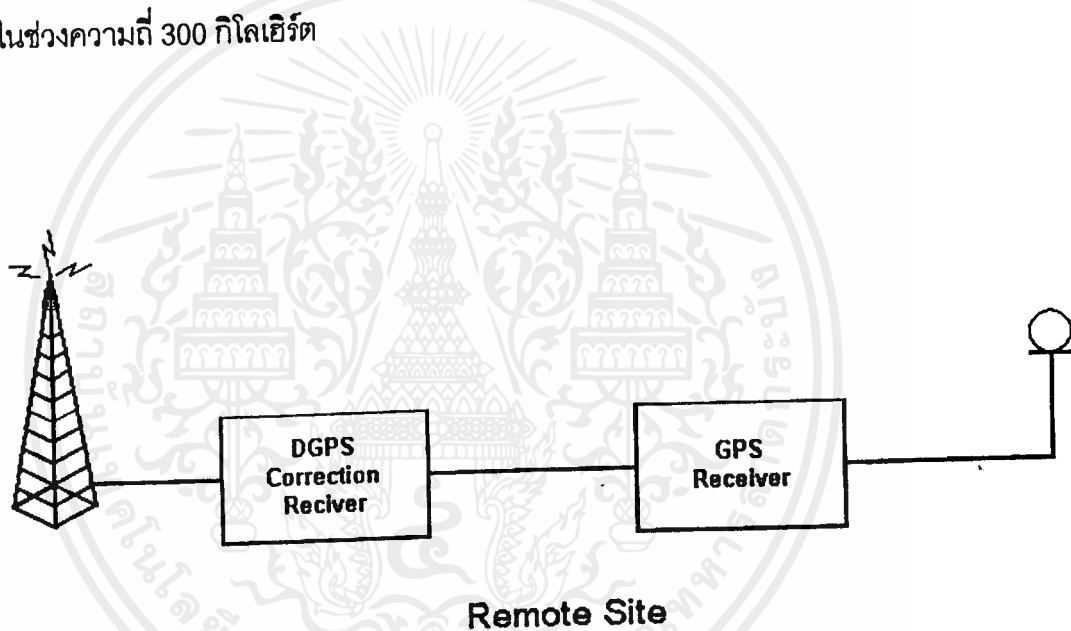
จัดทำไว้ล่วงหน้าแล้วใช้ในภายหลัง (post-processing) จะคล้ายกับแบบแรก แต่ไม่ต้องใช้ความเร็วสูงมากนัก การส่งข้อมูลออกอากาศไปยังผู้ใช้ทำเป็นช่วง ๆ เช่นทุก 5 นาที เป็นต้น เทคนิคนี้จะทำให้ต้นทุนเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ลดลง

บล็อกไดอะแกรมทางฮาร์ดแวร์โดยทั่วไปของระบบ DGPS จะเป็นดังรูปที่ 2.73 และ 2.74



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 2.73 แสดงบล็อกไดอะแกรมของสถานีอ้างอิง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.73 เครื่องรับจีพีเอสจะต้องรู้ตำแหน่งของสายอากาศของมันอย่างถูกต้องแม่นยำ และทำการวัดระยะห่างของดาวเทียมแต่ละดวงที่มองเห็นโดยใช้สัญญาณที่รับได้ ระยะที่วัดได้จะถูกแปลงออกด้วยระยะที่ทราบอยู่แล้วความผิดพลาดของระยะห่างของดาวเทียมแต่ละดวงจะถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบที่เรียกว่า RTCM 104 แล้วส่งไปให้ส่วนผสมสัญญาณ (Modulator) อย่างต่อเนื่อง ส่วนผสมสัญญาณจะทำการเข้ารหัสข้อมูล (encode) ตามที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ ตัวอย่างเช่น USCG (U.S. Coast Guard) ซึ่งให้บริการฟรีจะเข้ารหัสแบบ MSK สัญญาณที่เข้ารหัสแล้วจะส่งเข้าเครื่องส่ง (Transmitter) เพื่อส่งสัญญาณนี้ออกอากาศต่อไป USCG ได้ใช้เครื่องส่งขนาด 500 วัตต์ ส่งสัญญาณออกอากาศในช่วงความถี่ 300 กิโลเฮิร์ต



รูปที่ 2.74 แสดงบล็อกไดอะแกรมทางด้านสถานีรีโมต (Remote site)

จากรูปที่ 2.74 เครื่องรับวิทยุ (DGPS Correction Receiver) จะรับสัญญาณเข้ามาแล้วทำการถอดรหัสให้กลับอยู่ในรูปของ RTCM 104 เหมือนเดิมแล้วป้อนข้อมูลนี้ให้กับเครื่องรับจีพีเอส เครื่องรับจีพีเอสจะต้องมีฟังก์ชัน DGPS รองรับอยู่ภายในตัว มันจะนำเอาข้อมูลที่แสดงความผิดพลาดนี้ไปหักล้างกับระยะทางที่วัดได้จากดาวเทียมแต่ละดวง โดยทั่วไป เมื่อใช้ DGPS จะทำให้ความผิดพลาดน้อยลงดังรูปที่ 2.75

โดยการทดลองใช้งาน DGPS ที่ให้บริการจาก USCG พบว่า โดยใช้เครื่องรับทั่วไปจะผิดพลาดไม่เกิน 10 เมตร คำว่าเครื่องรับทั่วไปหมายถึงเครื่องรับที่พลเรือนทั่ว ๆ ไปสามารถซื้อมาใช้ได้ เช่น เครื่องรับ GPS แบบมือถือ (Hand held GPS) เป็นต้น ราคาเครื่องรับประเภทนี้จะอยู่ในช่วง 30000-50000 บาท และถ้าใช้เครื่องรับที่มีราคาแพงขึ้นจะผิดพลาดไม่เกิน 1 เมตร

GPS ERROR SOURCES

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

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

รูปที่ 2.75 แสดงการลดลงของความผิดพลาดที่วัดได้

บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการ

3.1 แนะนำ เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS (FIELD PRO V)

FIELD PRO V เป็นเครื่องมือนำทางระบบ GPS ของบริษัท Magellan Systems Corporation เครื่อง FIELD PRO V เป็นขนาดพกพาซึ่งมีความสะดวกในการใช้งาน สามารถนำไปใช้ในการสำรวจเส้นทางหรือทำแผนที่โดยเครื่องสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS และทำการประมวลผลและจะแสดงข้อมูลเกี่ยวกับระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ความเร็วในการเคลื่อนที่ และข้อมูลเกี่ยวกับพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว

โหมดการทำงานของเครื่อง FIELD PRO V และข้อมูลต่าง ๆ ที่เครื่องสามารถทำหรือให้ข้อมูลออกมาได้ จะขึ้นอยู่กับจำนวนดาวเทียมและสัญญาณจากดาวเทียมที่เครื่องสามารถรับได้และความเที่ยงตรงของข้อมูลแสดงพิกัดตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องมีประมาณค่าความผิดพลาด 5-12 เมตร

เครื่อง GPS FIELD PRO V สามารถจะนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์นำทางร่วมกับอุปกรณ์นำทางอื่น ๆ ได้ โดยเครื่องสามารถจะเก็บบันทึกข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการและสามารถเชื่อมต่อกับเครื่อง PC เพื่อทำการโอนถ่ายข้อมูลได้ และเครื่อง GPS FIELD PRO V ยังมี Function การทำงานต่าง ๆ เกี่ยวกับระบบนำทางอยู่อย่างมากซึ่งมีประโยชน์ และทำให้มีแนวทางที่จะนำเครื่องนี้ไปประยุกต์ใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้หลายแนวทางโดย Function การทำงาน วิธีการ และขั้นตอนในการใช้งานเครื่อง FIELD PRO V สามารถจะศึกษาอย่างละเอียดได้จากคู่มือการใช้งาน ในที่นี้จะกล่าวถึง Function การทำงานว่ามี Function การใช้งานอย่างไรบ้าง มีความหมาย ประโยชน์และลักษณะการทำงานอย่างไร เพื่อบอกให้ทราบถึงขอบเขตโดยประมาณของความสามารถของเครื่อง FIELD PRO V และ Function การทำงานที่นำมาใช้ในโครงการนี้

The Field PRO V คือ เครื่องรับสัญญาณ GPS ซึ่งรวดเร็วแม่นยำ และง่ายต่อการใช้งาน functions ทั้งหมดของเครื่องถูก accessed ด้วย 2-3 keystrokes ข้อมูลถูกแสดงอย่างสมบูรณ์ และอ่านง่าย

Field PRO V ใช้ข้อมูลสัญญาณ 5 ช่อง ในการเก็บข้อมูลจาก GPS satellites, ข้อมูลที่ได้รับมาจากดาวเทียมถูกประมวลผลอย่างรวดเร็ว เพื่อคำนวณตำแหน่งปัจจุบัน (ใน geodetic, UTM, British grid, Irishgrid, UPS, or user grid coordinates) , ความสูง, ความเร็ว, และข้อมูลการนำร่องในเวลาน้อยกว่า 1 นาที และ Updates ทุกวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณตำแหน่งใด ๆ Field PRO V สามารถทำงานใน 3 MODE คือ two-dimensional (2D), three-dimensional (3D), and the Automatic (AUTO) mode, ใน mode 2D จะใช้ดาวเทียม 3 ดวงในการคำนวณความสูง (altitude) mode AUTO Field PRO V จะใช้ mode 3D เมื่อสามารถติดต่อกับดาวเทียมได้ 4 ดวง และ mode 2D เมื่อสามารถติดต่อกับดาวเทียมได้ 3 ดวง

3.1.1 การ Setup เครื่องกับสัญญาณ GPS

SETUP WORKSHEET

SELECT ONE OPTION FOR EACH FEATURE (Factory defaults shown in bold)

1. INITIAL POSITION

Lat/Northing: _____

Lon/Easting: _____

2. MODE

- 3D
- AUTO (Automatic)
- 2D

ALT; _____

3. TIME AND DATE

- UT
- LOCAL (AM/PM)
- LOCAL (24-HOUR)

4. MASK ANGLE

- 10 0 15
- 2 20 5

5. TERRAIN SETTING

- INTERRUPTED
- OBSCURED
- CLEAR

6. DATA SAMPLE RATE

- 1 (Every Fix)

POSITION DATA

- 0 (none)
- Other _ (2-999)

ROW DATA

- 1 (Every Fix)
- 0 (none)
- Other _____ (2-999)

7. DEEP SEARCH

- OFF ON

8. COORDINATE SYSTEM

- LAT/LON
 - DEC/MIN (.01)
 - DEG/MIN (.0001)
 - DEG/MIN/SEG (1.0)
 - DEG/MIN/SEC (.01)
- UTM
- British grid
- Irish grid
- UPS
- User Grid 4
- User Grid 5

9. MAP

- WAS84
- USER 1 TOKYO
- USER 2 WGS72
- USER 3 NAD83
- USER 4 AUSTR
- USER 5 EUROP
- NAD27 OSGB
- ALASK EIRE

10. ALTITUDE REFERENCE

- ALT (ELEV ABOVE MSL)
- HAE (HT.ABOVE ELLIPSOID)
- HAG (HT.ABOVE GEOID)

11. ALTITUDE UNITS

- Meters
- Feet

12. MAGNETIC VARIATION

- AUTO MAG (M)
- SET (USER SET - U)
 E OR W (Specify)
- TRUE (T)

13. DISTANCE, SPEED UNITS

- Km (kilometers) and Km/Hr
- MI (statute miles) and MPH
- NM (nautical miles) and
- KNOTS (knots)
- Meters, m/sec
- Feet, ft/sec

14. TOUTE MODE

- Automatic
- Manual

15. VELOCITY AVERAGE

- NONE
- 20 SECONDS
- 120 SECONDS

16. BATTERY SAVER

- OFF
- ON

17. BEEPER CONTROL

- OFF
- ON

18. DISPLAY CONTROL

- 15
- Other _____ (1 through 14)

19. DATE ORDER

- MONTH/DAT/YEAR
- DAY/MONTH/YEAR

3.1.2 INITIALIZATION สามารถทำได้ 2 วิธี

ก่อนที่จะทำการ Initializing นั้น จะต้องบอก ตำแหน่งเริ่มต้นวันและเวลาให้กับ GPS receiver (Field Pro V) และถ้าจำเป็นจะต้องสะสม ตารางเวลาดาวเทียม (Almanac)

การทำการ initialize คุณจะต้องทราบที่ตั้งของคุณภายใน 300 miles (482.7 km) คุณควรทราบ ความสูงที่ตั้งอย่างแม่นยำเท่าที่เป็นไปได้ ถ้าคุณไม่ทราบตำแหน่งพื้นที่ของคุณอยู่ คุณสามารถสอบถามไปที่ local Magellan dealer, ดูจากแผนที่ (atlas or chart) หรือใช้พิกัดของ Major city ที่ใกล้ที่สุด ถึงแม้ว่า Field Pro V สามารถทำการ Self initialize และทราบตำแหน่งเริ่มต้น (Initial position) ได้ แต่จะช้ากว่าและอาจไม่แม่นยำเท่ากับการที่คุณใส่ค่าให้กับมัน

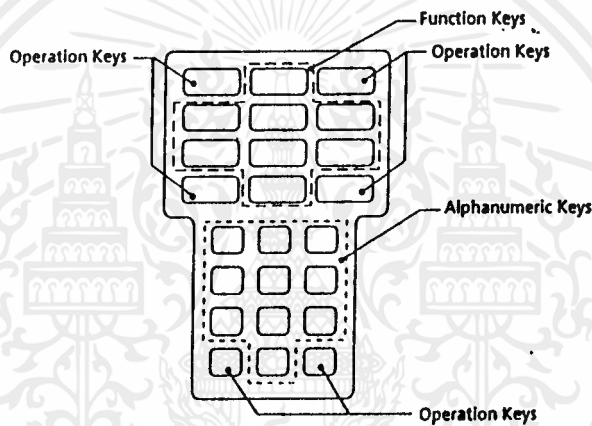
-Initializing Manually การทำ initialization ทำได้ใน setup function เมื่อคุณต้องการได้รับ Initial Position ที่ถูกต้องแม่นยำ อย่างรวดเร็ว และต้องเลือก Coordinate System เพื่อให้แสดงตำแหน่งในรูปแบบต่าง ๆ เช่น Lat/ Lon format, UTM, UPS เป็นต้น

-Self-Initializing Field Pro V จะทำการ self-initializing ด้วยตัวมันเองเมื่อคุณกด AUX9, POS, VEL หรือ NAV และในเวลาเดียวกันมันก็จะเก็บสะสม almanac ใหม่อีกด้วย ถึงแม้ว่าการทำกรรมนี้จะช่วยคุณได้มาก เมื่อคุณไม่ทราบตำแหน่งของคุณ แต่ก็ยังมีข้อขัดข้องหลายอย่าง เมื่อมันคำนวณตำแหน่ง โดยทำงานใน MODE 2D และ 0 meter altitude, ถ้าคุณไม่ได้อยู่ที่ความสูงของระดับน้ำทะเล (sea level) ระหว่างทำการ self-initializing นี้ อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ initial position ไม่แม่นยำเท่ากับแบบ Initializing Manually โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าคุณทำงานใน MODE 2D ต่อไป Field Pro V จะคำนวณตำแหน่งใหม่ต่อไปโดยใช้ดาวเทียม 3 ดวงแรก โดยที่จะไม่ไปเลือกจาก Almanac เพราะว่าจะหา Initial position เสร็จก่อน complete Almanac กลุ่มของดาวเทียมที่ใช้ในครั้งแรก อาจจะไม่ใช่กลุ่มที่ดีที่สุดในการคำนวณหาตำแหน่งใหม่

การ self-initialize ใช้เวลาประมาณ 15 นาที Field PRO V จะแสดงตำแหน่งได้อย่างรวดเร็วกว่าถ้าใช้ initialized manually และใช้ almanac ปัจจุบัน

3.1.3 FUNCTION KEYS

Field PRO V มี key 3 ชนิดได้แก่ function keys, Operation keys and alphanumeric dys function keys หมายถึง 8 keys ที่อยู่ส่วนกลาง ตอนบนของตัวเครื่องใช้สำหรับเข้าถึง function ต่าง ๆ และเลือกพารามิเตอร์ ในการทำงาน operation keys หมายถึง keys 4 keys ที่อยู่บริเวณมุมทั้งสี่รวมทั้งปุ่ม ENTER และ CLEAR พวกมันถูกใช้สำหรับ เปิด-ปิด ไฟหน้าจอ Scroll ข้อมูลที่แสดง Save และ Delete ข้อมูล alphanumeric keys ใช้สำหรับใส่ input information



รูปที่ 3.1 Key Placement

DIF

DIFFERENTIAL

คุณสามารถที่จะใช้ DIF key ในการกระทำ differential corrections ได้หลายรูปแบบ Field PRO V สามารถกระทำ averaging, field differential, รับ corrections in the RTCM 1047 format และเก็บข้อมูลสำหรับ post processed Position หรือ pseudorange differential

LIGHT

LIGHT

กด LIGHT key เพื่อ backlights message ที่ display on และ off

NAV

NAVIGATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกด key นี้ จะได้ข้อมูลการนำร่องจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ก่อนใช้ NAV จะต้องกำหนด ROUTE และเลือก route และ leg ที่ถูกกำหนดไว้แล้ว

ON/OFF

ON/OFF

กด key นี้ เพื่อ ON และ OFF Field PRO V

POS

POSITION

เมื่อกด key นี้ field PRO V จะตรวจสอบ almanac เพื่อหาคาเวียมที่สามารถติดต่อได้ดีที่สุด เมื่อติดต่อกับดาวเทียมได้แล้วก็จะ Tanms on receiver screen.

ROUTE

ROUTE

ROUTE คือ เส้นทางที่ได้ถูกวางแผนไว้ เพื่อเดินทางจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง ROUTE key ให้คุณเก็บเส้นทางได้ 10 เส้นทาง และใน 1 เส้นทางสามารถเก็บเส้นทางย่อยได้อีก 20 เส้นทาง

SETUP

SETUP

SETUP ถูกใช้เพื่อ initialize Field PRO V ก่อนที่จะใช้มัน

In SETUP you can:

- Initialize a position
- Choose a position mode (2D, 3D, or Automatic)
- Choose a local clock for time display (AM/PM or 24-hour)
- Choose a mask angle
- Choose a terrain setting
- Select a data sample rate
- Turn deep search on and off
- Choose a coordinate system
- Select a map datum or enter your own datum
- Choose an altitude referenc
- Enter a magnetic variation
- Select distance and speed units
- Select Velocity Average
- Choose an automatic or manual route mode

- Turn the Battery Saver and beeper on or off
 - Select the display contral setting
 - Select the date order

VEL

VELOCITY

VELOCITY key แสดงข้อมูลเกี่ยวกับอัตราความเร็ว เมื่อมีความเร็วเกินกว่า 0.3 km/hr (ความเร็วที่เกินกว่า 951 mph/ 826 mph 826.40 knots/1530.5 km/hr ไม่สามารถจัดเพื่อแสดงข้อมูลได้)

WPT

WAYPOINT

WAYPOINT key ใช้เก็บตำแหน่งได้ 500 ตำแหน่ง โดยการ SAVING ตำแหน่งปัจจุบัน Waypoint สามารถที่จะถูก viewed, deleted และ renamed

3.1.4 MESSAGE DISPLAYS

Field PRO V แสดง messages ต่าง ๆ ระหว่างการทำงาน เป็น ICON บนบรรทัดที่ 4 ของหน้าจอในสภาพการทำงานที่ปกติจะเป็นการเตือนผู้ใช้งานในกรณีต่าง ๆ messages ที่ปรากฏบน 2 บรรทัดแรก แสดง receiver activity หรือปรากฏเมื่อไม่สามารถกระทำ function ที่ถูกเลือก

ICONS และ message ต่อไปนี้อาจจะปรากฏบนบรรทัดที่ 4 ของจอ ระหว่างการทำงานตามปกติ

- | | |
|------------------|--|
| PDOP | -แสดงว่าค่า PDOP มากกว่า 10 ตำแหน่งที่แสดงอยู่ไม่ถูกต้องเพียงพอไม่สามารถใช้ในการนำร่องได้ |
| Signal Quality | -ปรากฏเมื่อ Signal Quality of positionมีค่าเท่ากับ 3หรือต่ำกว่า เตือน USER ว่าสัญญาณที่รับอ่อนและอาจสูญหาย |
| Battery Warning | -ปรากฏเมื่อ Battery ใกล้หมดบอก USER ว่าควรเปลี่ยนใหม่แต่ยังสามารถใช้งานได้อีกระยะหนึ่งก่อนที่จะมีการเตือนครั้งที่สอง |
| RTCM Carrections | -ปรากฏเมื่อเครื่องรับกำลังสัญญาณ RTCM CORRECTIONS |

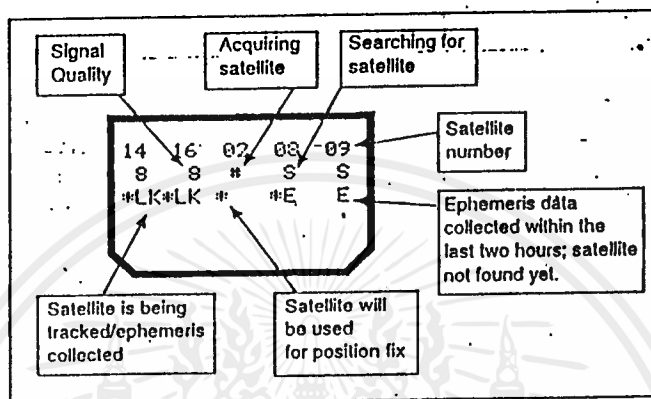
Old Data	-ปรากฏเมื่อเวลาผ่านไปเกิน 10วินาทีแล้วเครื่องรับไม่สามารถคำนวณและแสดงตำแหน่งใหม่ได้ อาจเกิดเนื่องจากสัญญาณดาวเทียมสูญหายและไม่สามารถ recover ได้ บอก USER ไม่ใช่ใช้ตำแหน่งที่เห็นในการนำร่อง
NOW IN 3D	-จะปรากฏเป็นเวลา 2-3 วินาที ในช่วงเปิดเครื่อง เมื่อ set ให้เครื่องทำงานใน MODE 2D Operation และ จะ Display ในช่วงเวลาสั้น ๆ เมื่อถูก set ให้ทำงานใน MODE AUTO ในขณะที่สวิตช์จาก 2D ไป 3D operation
NOW IN 3D	-จะปรากฏเป็นเวลา 2-3 วินาที ในช่วงเปิดเครื่อง เมื่อ set ให้เครื่องทำงานใน MODE 3D Operation และ จะ Display ในช่วงเวลาสั้น ๆ เมื่อถูก set ให้ทำงานใน MODE AUTO ในขณะที่ สวิตช์จาก 3D ไป 2D Operation
Right Arrow	-ปรากฏใน SETUP Function และ AUX function บางฟังก์ชัน เพื่อบอก user ว่ายังมี option ให้เลือกใช้อีก และยังปรากฏใน ROUTE และ WPT function อีกด้วย
Down Arrow	-ปรากฏเพื่อแสดงค่าปัจจุบันของ additional information screens ใน SETUP และ AUX บ่งบอก additional SETUP and AUX features.
A/M Collect	-ปรากฏเมื่อเครื่องรับสัญญาณกำลังสะสมตารางเวลา ดาวเทียม อยู่่าปิดเครื่องขณะที่ message นี้ปรากฏ
A/M Verify	-ปรากฏเมื่อเครื่องรับสัญญาณกำลัง Verify ข้อมูลตารางดาวเทียม อย่างได้ปิดเครื่องขณะที่ message นี้ปรากฏ

3.1.5 AUXILIARY FUNCTIONS

Field PRO V มี 12 auxiliary functions

AUX1 - RECEIVER STATUS SCREEN

receiver status display ปรากฏเมื่อคุณกดปุ่ม POS ในระหว่างการค้นหาดาวเทียม เมื่อคุณต้องการทราบว่าดาวเทียมดวงไหนกำลังถูกติดต่อและคุณภาพสัญญาณเป็นอย่างไร คุณสามารถไปที่ Display ได้ โดย Manual



รูปที่ 3.2 READING THE RECEIVER STATUS SCREEN

แต่ละ Column บนหน้าจอแทน 1 Channel เครื่องรับสัญญาณ GPS จะติดต่อดาวเทียม 5 ดวง และระบุไว้ที่บรรทัดแรก บรรทัดที่สองแสดงคุณภาพของสัญญาณที่รับได้ บรรทัดที่สามเลือกดาวเทียมที่จะใช้คำนวณหาตำแหน่ง MODE การทำงาน (2D หรือ 3D) ถูกแสดงโดยจำนวนของดาวเทียมที่มี mark ด้วย สัญลักษณ์ดอกจันท์ (asterisk)

AUX2 - SATELLITE SCHEDULE

Function AUX 2 จะทำการคำนวณ Schedule ของวันและตำแหน่ง การคำนวณ Schedule ครอบคลุม 24 hours (midnight to midnight) ของวันที่ถูกเลือก

AUX3 - SATELLITE STATUS

function AUX 3 ใช้ดูสภาวะต่าง ๆ ของดาวเทียม

AUX4 - SESSION ID

SESSION ID ให้คุณตั้งชื่อได้เพียงชื่อเดียว ชื่อละ 14 ตัวอักษร 50 session IDs

AUX5 - DATA BUFFER

ค่าขอตำแหน่งจะถูกเก็บอย่างอัตโนมัติใน data buffer สามารถเก็บได้ถึง 1500 ตำแหน่ง เมื่อ buffer เต็มข้อมูลใหม่ replace ข้อมูลเก่า ใน buffer สามารถที่จะถูก download ไปที่ PC ได้

AUX6 - DOWNLOAD DATA

download function ใช้ enable การส่งข้อมูลไปที่ Personal Computer หรือ data logger function นี้ ใช้เลือกกลุ่มข้อมูลที่จะส่งออกไปที่ PC ได้แก่ Waypoint, averaged position, data buffer, almanac or ephemeris

AUX7 - WAYPOINT PROJECTION

Field PRO V สามารถคำนวณ coordinates ของ remote destination ขึ้นกับ relative distance, bearing และ elevation ซึ่งคุณใส่เข้าไป

AUX8 - ERASE WAYPOINTS

นี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการลบ WAYPOINTS และ ROUTES ในหน่วยความจำของ Field PRO V

AUX9 - ALMANAC COLLECT

function นี้ใช้ในการเก็บระสมตารางเวลาดาวเทียม

AUX10- REVERSE ROUTE

ใช้ในการเปลี่ยนลำดับของ Waypoint

AUX13- CLEAR MEMORY

ใช้ Function ในการลบข้อมูลในหน่วยความจำ

AUX0 - PRODUCT SUPPORT

แสดงข้อมูลเกี่ยวกับผู้ผลิต

3.2 โปรแกรมภาษา C

3.2.1 ภาษาคอมพิวเตอร์ และโปรแกรม

ในการสื่อสารเพื่อให้สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เข้าในกันได้ ก็จะต้องมีภาษาเพื่อใช้ในการสื่อสารซึ่งกันและกัน เช่นมนุษย์ก็มีภาษามากมายหลายภาษา สำหรับการที่จะสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั้น ก็จะต้องมีภาษาที่เครื่องคอมพิวเตอร์เข้าใจเช่นกัน

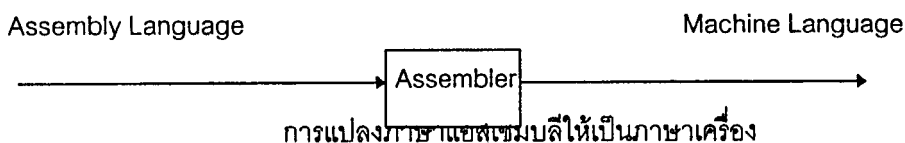
ความแตกต่างระหว่างภาษาคอมพิวเตอร์ กับโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ก็อาจเทียบได้กับภาษาของมนุษย์และลำดับการทำงานของมนุษย์ การที่จะสั่งให้มนุษย์ทำงานเป็นลำดับขั้นตอน จำเป็นที่จะต้องอธิบายขั้นตอน โดยอาศัยภาษาที่มนุษย์ผู้นั้นเข้าใจได้ชัดเจน การที่จะสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามโปรแกรม ก็จะต้องใช้คำสั่งเป็นภาษาที่เครื่องเข้าใจเช่นกัน ภาษาที่คอมพิวเตอร์เข้าใจได้ เราเรียกว่า ภาษาเครื่อง (Machine Language) ตัวอย่างเช่น การบวกเลข 65 กับ เลข 6 ในเครื่อง PC ก็จะเขียนได้ดังนี้

B8 05 00 BB 06 00 01 D8 89 C1

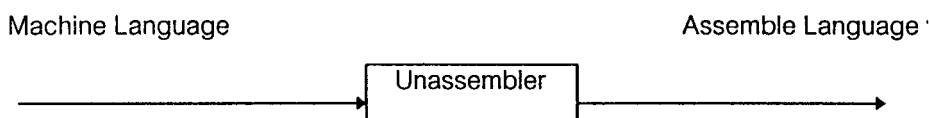
แต่คำสั่งดังกล่าวมนุษย์ไม่สามารถจดจำและสื่อความหมายได้จึงมีการใช้ตัวอักษรในภาษาอังกฤษเพื่อใช้แทนตัวเลข ตัวอักษรที่ใช้แทนคำสั่งนี้เราเรียกว่า นิโมนิค (mnemonic) นิโมนิคของซีพียูแต่ละตัวจึงมีความแตกต่างกันออกไป เพราะภาษาเครื่องจะขึ้นกับซีพียู แต่ในซีพียูตระกูลเดียวกันก็จะมีควมคล้ายคลึงกัน อาจใช้คำสั่งบางคำสั่ง หรือหลายคำสั่งร่วมกันได้ จากภาษาเครื่องข้างบน เราสามารถเขียนด้วยนิโมนิคได้ดังนี้

ภาษาแอสเซมบลี	MOV AX,05
	MOV BX,06
	MOV AX, BX
	MOV CX, AX

ภาษาที่ใช้ นิโมนิคเป็นหลัก เราเรียกว่า ภาษาแอสเซมบลี (Assembly language) แต่เครื่องไม่สามารถเข้าใจภาษาแอสเซมบลีได้จึงต้องมีโปรแกรมที่ทำหน้าที่แปลภาษาแอสเซมบลีให้เป็นภาษาเครื่องเสียก่อน ตัวแปลภาษานี้เรียกว่า แอสเซมเบอ์ (Assembler) ขั้นตอนการแปลภาษา อาจเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ในทางกลับกัน การตรวจแก้โปรแกรมนี้เป็นภาษาเครื่องจำเป็นต้องแปลกลับมาเป็นภาษาแอสเซมบลี เพื่อให้มนุษย์สามารถเข้าใจได้ ตัวแปลภาษาดังกล่าวเรียกว่า Unassembler

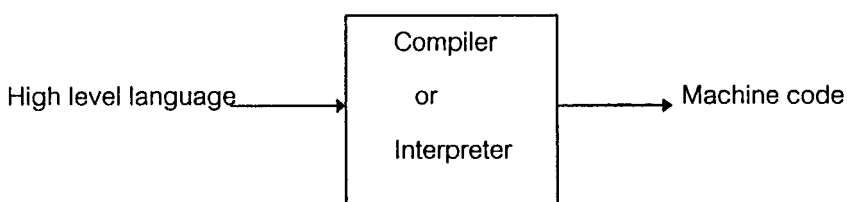


การแปลภาษาเครื่องกลับมาเป็นภาษาแอสเซมบลี

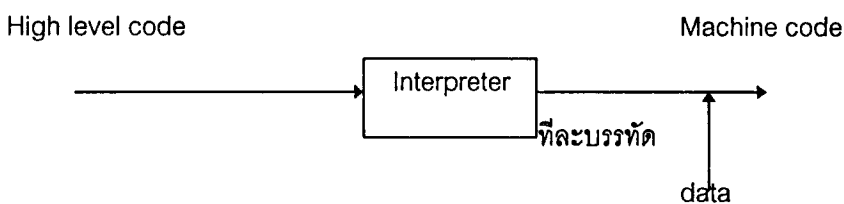
ภาษาแอสเซมบลียังมีข้อเสียคือ ยากแก่การเรียนรู้ ที่สำคัญก็คือ เมื่อจะต้องใช้โปรแกรมเดิมในเครื่องที่มี CPU ต่างตระกูลได้ จำเป็นที่จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นใหม่ทั้งหมด

ด้วยปัญหาดังกล่าว จึงมีการคิดภาษาที่เป็นอิสระจากระบบคอมพิวเตอร์ เราเรียกภาษาใหม่นี้ว่า ภาษาระดับสูง (High-level language) และเรียกภาษาแอสเซมบลีว่า ภาษาระดับต่ำ (low-level language) ภาษาระดับสูงจึงมีข้อดีคือ เป็นอิสระจากระบบ และถ้าต้องการเปลี่ยน CPU ใหม่หรือเปลี่ยนระบบคอมพิวเตอร์ใหม่ ก็แก้ไขเพียงเล็กน้อย หรือไม่ต้องแก้ไขเลย

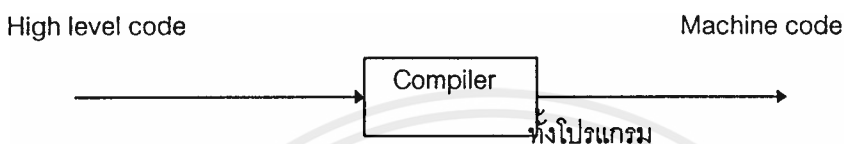
เพื่อให้เครื่องเข้าใจโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาระดับสูงจึงจำเป็นต้องมีตัวแปลภาษาระดับสูงด้วย ในการแปลภาษาระดับสูง เรามีวิธีการแปลได้สองแบบคือ แปลโปรแกรมทีละบรรทัด แล้วให้เครื่องทำงานตามคำสั่งที่ได้ เมื่อเสร็จแล้วจึงแปลในบรรทัดถัดไป ตัวแปลภาษาแบบนี้เรียกว่า อินเตอร์พรีเตอร์ (Interpreter) ส่วนอีกวิธีนั้น จะแปลรวดเดียวจนจบแล้วจึงให้เครื่องทำงานภายหลัง วิธีนี้เรียกว่า คอมไพเลอร์ (Compiler) อินเตอร์พรีเตอร์มีข้อดีตรงที่สามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้ง่าย และสามารถสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามคำสั่งได้เฉพาะจุด ไม่เสียเวลาในการรอขณะแปล แต่ก็มีข้อเสียคือทำงานได้ช้า เนื่องจากคอมพิวเตอร์จะต้องเสียเวลาในการแปลขณะที่โปรแกรมกำลังทำงานไปด้วย ส่วนคอมไพเลอร์มีข้อดีตรงที่โปรแกรมไม่เสียเวลาในการแปลขณะทำงาน จึงทำงานได้เร็วกว่า และไม่ต้องแปลอีกเมื่อจะทำงานในครั้งถัดไป เพียงแต่เก็บโปรแกรมภาษาเครื่องไว้ในหน่วยความจำสำรอง และเรียกใช้ในภายหลัง แต่ก็มีข้อเสียคือหาจุดผิดพลาดได้ยากกว่า และมักจะมีโครงสร้างของภาษาที่ซับซ้อน เข้าใจได้ยากกว่า



การแปลภาษาระดับสูงให้เป็นภาษาเครื่อง



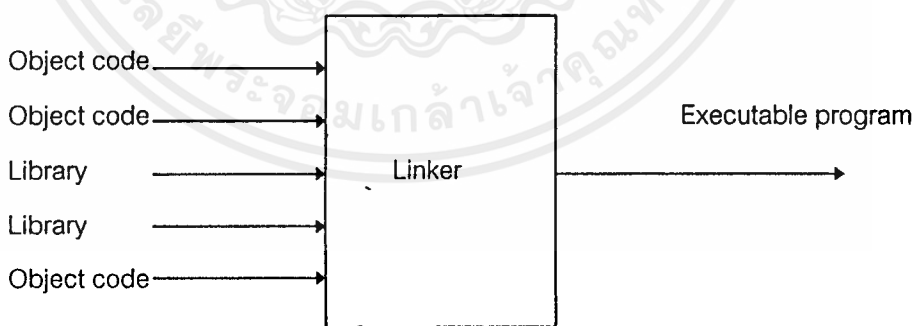
การแปลภาษาของอินเตอร์พรีเตอร์



การแปลภาษาของคอมไพเลอร์

แต่ตามความเป็นจริง ภาษาเครื่องที่ได้จากการแปลแล้วส่วนใหญ่จะยังไม่สามารถทำงานได้ในระบบงานโดยทั่วไป แต่จะต้องมีการเชื่อมกับกลุ่มคำสั่งเพื่อเตรียมพร้อมในการทำงานเสียก่อน การเชื่อมภาษาเครื่องแต่ละส่วนรวมทั้งกลุ่มคำสั่งนี้ เราเรียกว่า Linking โปรแกรมที่ใช้ในการเชื่อมนี้เราเรียกว่า linker ภาษาเครื่องแต่ละส่วนที่นำมาเชื่อมนี้เราเรียกว่า Object code

นอกจากนี้ ในแต่ละภาษา ก็จะมีชุดคำสั่งมาตรฐาน และข้อมูลมาตรฐานที่จะถูกรวมเข้ากับโปรแกรมก่อนที่นำไปใช้งาน กลุ่มข้อมูลและคำสั่งเหล่านี้เราเรียกว่า Library การเชื่อม Object code และ Library เข้าด้วยกันเป็นโปรแกรมที่สามารถทำงานได้ (Executable file - EXE file) เป็นไปดังรูป



การเชื่อมส่วนต่าง ๆ เข้าเป็นโปรแกรมสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ประเภทของโปรแกรม

เราสามารถแบ่งโปรแกรมได้ตามประเภทการใช้งานคือ

1. โปรแกรมจัดการระบบ (Monitor Program) คือโปรแกรมที่ทำหน้าที่ดูแลระบบ ทำหน้าที่ติดต่อกับระบบส่วนต่าง ๆ จัดการด้านการอ่านเขียนข้อมูลและโปรแกรม รวมทั้งทำหน้าที่อ่านโปรแกรม
2. เพื่อมาทำงาน และรับช่วงการทำงานต่อเมื่อโปรแกรมที่ทำงานนั้นเสร็จสิ้น สำหรับเครื่องทั่ว ๆ ไปเราเรียกโปรแกรมส่วนนี้ว่า ระบบจัดการ หรือระบบปฏิบัติการ (Operating System - OS) โอเอสที่เรารู้จักกันดีก็คือ DOS, UNIX, OS/2/1 Microsoft Windows

2. โปรแกรมเอนกประสงค์ (Utility program) คือโปรแกรมที่ทำหน้าที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานของผู้ใช้ ในโปรแกรมเอนกประสงค์จะประกอบด้วย ส่วนการทำงานหลายส่วน ซึ่งอาจจะแยกเป็นโปรแกรมหลาย ๆ โปรแกรมอยู่เป็นชุดก็ได้ ตัวอย่างเช่น Sidekick, Norton Utilities, Pctools เป็นต้น

3. โปรแกรมสำเร็จรูปใช้งานเฉพาะด้าน (Package program) เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นสำหรับงานเฉพาะด้าน เช่น จูฬ้าเวิร์ด หรือโปรแกรมด้านบัญชี เป็นต้น

3.2.3 ภาษาซี

ภาษาซี นับเป็นอีกภาษาที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางมีจุดกำเนิดมาจาก นาย Dennis Ritchie พัฒนาขึ้นเพื่อต้องการให้ภาษาซีเป็นภาษามาตรฐานสำหรับคอมพิวเตอร์ทุกเครื่อง จากนั้น นาย Kernighan ได้ปรับปรุงตัวภาษาซีที่นาย Ritchie พัฒนาขึ้นนี้ มาเป็นมาตรฐานที่เรียกว่าการนำภาษาซีมาใช้เขียนระบบปฏิบัติการ UNIX และกำหนดให้ภาษาซีเป็นภาษามาตรฐานบน UNIX ในปัจจุบัน เราจึงพบว่า ภาษานี้มีการใช้งานในเครื่องระดับไมโครจนถึงระดับเมนเฟรม ทั้งนี้ก็ด้วยความอ่อนตัวของภาษาและลักษณะตัวภาษาที่สามารถปรับเข้าได้กับระบบทุกระบบ ภาษาซีที่เป็นมาตรฐานในปัจจุบันที่เราใช้กันคือ ANSI C และคอมไพเลอร์ภาษาซี ที่เราใช้กันโดยทั่วไป จะยึดหลักตาม ANSIC

3.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

3.3.1 มาตรฐาน RS-232-C

เพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์จากผู้ผลิตต่างกันทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานหลายชนิดจึงได้รับการออกแบบขึ้น มาตรฐานที่ใช้กันกว้างขวางที่สุดคือ RS-232-X ถูกประกาศในปี 1969 โดย Electronic Industries Association มาตรฐาน RS-232-C ที่สร้างขึ้นในตอนเริ่มแรกสำหรับกำหนดการเชื่อมต่อ

ระหว่างเทอร์มินัล (terminal) และโมเด็มระยะคุณลักษณะทางไฟฟ้าของวงจรระหว่างอุปกรณ์สองตัว และกำหนดชื่อและหมายเลขแก่สายที่จำเป็นสำหรับการเชื่อมต่อวงจร ซึ่งวงจรตามมาตรฐาน RS-232-X (AA, AB เป็นต้น) จำได้ยากในทางปฏิบัติจึงใช้ชื่อย่อแทน

ตัวอย่างเช่น สายเส้นที่ 2 มีชื่อ BA แต่ใช้กันทั่วไปว่า TXD (Transmitted Data) ตามมาตรฐาน RS-232-C สายเส้นที่ 2 นำข้อมูลจากเทอร์มินัลไปสู่โมเด็ม เพื่อให้การทำงานถูกต้องเทอร์มินัลต้องส่งเอาต์พุตออกที่สายเส้นที่ 2 และโมเด็มต้องรับข้อมูลบนสายเส้นที่ 2 เพราะฉะนั้น สายเส้นที่ 2 เป็นสายส่งข้อมูลสำหรับอุปกรณ์บางอย่างและเป็นสนับรับข้อมูลสำหรับอุปกรณ์อย่างอื่น การเชื่อมต่อโดยตรงจากสายเส้นที่ 2 บนอุปกรณ์หนึ่งเข้ากับสายเส้นที่ 2 บนอุปกรณ์อีกตัวหนึ่ง สามารถทำได้ต่อเมื่ออุปกรณ์หนึ่งส่งข้อมูลบนสายเส้นที่ 2 และอีกตัวหนึ่งรับข้อมูลบนสายเส้นที่ 2

เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลบนสายเส้นเดียวกัน อุปกรณ์จึงถูกแบ่งออกเป็นสองชนิด อุปกรณ์อย่างเช่น เทอร์มินัล ซึ่งใช้สายเส้นที่ 2 สำหรับเอาต์พุต เรียกว่า DTE (Data Terminal Equipment) อุปกรณ์อย่างเช่นโมเด็มซึ่งใช้สายเส้นที่ 2 สำหรับอินพุต เรียกว่า DCE (Data Communication Equipment)

3.3.2 การเชื่อมต่อ RS-232-C

ในทางทฤษฎีเป็นไปได้ที่จะเชื่อมต่อแอปเปิลแมคอินทอช (Apple Macintosh) ด้วยวงจร RS-232-c เพราะว่า RS-422 ซึ่งแมคอินทอชใช้อยู่ไม่มีชิกเนลราวน์ดร่วมสำหรับให้สายข้อมูลที่ถูส่งและรับใช้เป็นจุดอ้างอิง ถึงกระนั้นก็ตามแมคอินทอชได้รับการออกแบบให้การเชื่อมต่อเป็นไปได้ เครื่องพิมพ์ ImageWriter ซึ่งใช้กับแมคอินทอชเป็นอุปกรณ์ DTE RS-232-C และสายสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อแมคอินทอชกับอนุกรมอื่นได้ (มีข้อสังเกตว่าหัวต่อ 9 ขา ของแมคอินทอชไม่มีความสัมพันธ์กับข้อกำหนดของการเชื่อมต่อขาใน RS-449)

3.3.3 แอดเดรส I/O ของอะแดปเตอร์อนุกรม

พอร์ต I/O สำหรับการสื่อสารแบบอนุกรมในพีซี เริ่มต้นที่แอดเดรส 3F8H สำหรับอะแดปเตอร์ตัวแรก และ 2F8H สำหรับอะแดปเตอร์ตัวที่สอง การอ้างถึงรีจิสเตอร์แต่ละตัวใน UART จะใช้การบวกออฟเซตเข้ากับเบสแอดเดรสนี้

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า การอ้างแอดเดรส I/O นั้นใช้บัสแอดเดรสเพียง 9 บิตส่วนเท่านั้น และทั้ง 3F8H และ 2F8H มีสามบิตกลายเป็นศูนย์ ดังนั้น ออฟเซตที่บวกเข้าไปจึงมีได้ตั้งแต่ 0 ถึง 7 และบิตที่

เปลี่ยนแปลงจะไม่เกินบิต 2 วงจรแยกแอดเดรสบนอะแดปเตอร์จึงตรวจสอบเฉพาะบิต 3 ถึง 8 บนบัสแอดเดรส ส่วนบิต 0 ถึง 2 จะถูกส่งต่อโดยตรงกับชิป UART

เมื่อวงจรแยกแอดเดรสพบแอดเดรสในช่วง 3F8H ถึง 3ffh ฆณัษ 2F8H ถึง 2FFH ถ้าเป็น COM2 มันจะส่งสัญญาณไปที่ขา Chi[Select Pin ของ UART แล้ว UART จึงดูที่บิต 0, 1 และ 2 ของบัสแอดเดรสว่าเป็นแอดเดรสใดและดูสัญญาณการเขียนและการอ่าน I/O บนบัสควบคุมเพื่อตัดสินใจว่าควรทำอะไรต่อไป เบนสแอดเดรสและออฟเซตของ COM1 และ COM2 แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แอดเดรส I/O สำหรับ COM1 และ COM2

ออฟเซต	อะแดปเตอร์	อะแดปเตอร์	รีจิสเตอร์
	ตัวแรก	ตัวที่สอง	
0	3F8	2F8	รีจิสเตอร์พักข้อมูลส่ง
0	3F8	2F8	รีจิสเตอร์พักข้อมูลรับ
0	3F8	2F8	แลตซ์ตัวหาร LSB
1	3F9	2F9	แลตซ์ตัวหาร MSB
1	3F9	2F9	รีจิสเตอร์อินนาเบิลอินเทอร์รัปต์
2	3FA	2FA	รีจิสเตอร์จำแนกอินเทอร์รัปต์
3	3FB	2FB	รีจิสเตอร์ควบคุมสายสื่อสาร
4	3FC	2FC	รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม
5	3FD	2FD	รีจิสเตอร์แสดงสถานะสายสื่อสาร
6	3FE	2FE	รีจิสเตอร์แสดงสถานะโมเด็ม

สังเกตว่ารีจิสเตอร์บางตัวใช้แอดเดรสร่วมกัน ความสับสนระหว่างรีจิสเตอร์พักข้อมูลส่งและรีจิสเตอร์พักข้อมูลรับไม่เกิดขึ้น เพราะคำสั่ง OUT จะเข้าถึงรีจิสเตอร์พักข้อมูลส่ง และคำสั่ง IN จะเข้าถึงรีจิสเตอร์พักข้อมูลรับแลตซ์ตัวหารก็ใช้แอดเดรสร่วมกับรีจิสเตอร์อื่นเช่นกัน การเลือกแลตซ์ตัวหารใช้บิตควบคุมการเข้าถึงแลตซ์ตัวหาร (DLAB) ในรีจิสเตอร์ควบคุมสายสื่อสาร เมื่อ DLAB ถูกเซตเป็น 1 จะเป็นการเข้าถึงแลตซ์ตัวหาร เมื่อ DLAB เป็น 0 จะเป็นการเข้าถึงรีจิสเตอร์อื่นในแอดเดรสเดียวกัน

3.3.4 อัตราบอด (Baud rate)

อัตราบอด (Baud rate) แสดงจำนวนของสัญญาณแต่ละหน่วยในหนึ่งหน่วยวินาที มันถูกตั้งชื่อตาม Baudot ซึ่งเป็นผู้บุกเบิกการสื่อสารชาวฝรั่งเศส ในการส่งแบบไบนารีมันเป็นสิ่งเดียวกันกับบิตต่อวินาที (bps) หรือจำนวนของเลขฐานสองที่ถูกส่งในหนึ่งวินาที ทั้งสองคำนี้มีความแตกต่างกัน แต่มันมักจะทำให้สับสน ผู้คน 200,000 คน อาจบอกว่าพวกเขาไม่เต็ม 1200 บอด และไม่สักคนที่มีจริง ๆ ที่จริงแล้วพวกเขาไม่เต็ม 1200bps

ในการเชื่อมต่อ RS-232 โดยตรง สัญญาณจะเป็นหนึ่งในสองสถานะ ในเวลาขณะใดขณะหนึ่ง อัตราบอดและ bps จึงเท่ากัน อย่างไรก็ตาม เมื่อสัญญาณหนึ่งถูกส่งผ่านระหว่างโมเด็มมันสามารถเป็นในหลายสถานะ ความยาวของสัญญาณอาจเป็น 1/600 วินาที (600 บอด) แต่เนื่องจากมากกว่าสองบิตของข้อมูลสามารถถูกส่งไปพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงแต่ละสถานะ อัตราบิตต่อวินาทีจะสูงกว่าอัตราบอด

มีจุดน่าสังเกตคือ ทั้งอัตราบอดและ bps อ้างถึงอัตราที่บิตภายในหนึ่งเฟรมถูกส่ง ช่องว่างระหว่างเฟรมอาจมีความยาวแปรเปลี่ยนได้ เช่น จากการพิมพ์ตัวอักษรด้วยอัตราแตกต่างกัน ดังนั้นทั้งอัตราบอดและ bps จึงไม่ได้หมายถึงอัตราที่ข้อมูลถูกส่งไปจริง ๆ

อัตราบิตต่อวินาทีโดยทั่วไปอยู่ในอนุกรม 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 และ 19200 อัตราที่ใช้กันมากที่สุดสำหรับการสื่อสารโมเด็มคือ 1200 และ 2400 อัตรา 1200 ใช้กันมากสำหรับการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์ และ 9600 ใช้กันมากสำหรับการเชื่อมต่อเทอร์มินัลกับคอมพิวเตอร์

ถ้าอุปกรณ์สองตัวถูกตั้งอัตราบอดต่างกัน อุปกรณ์ฝ่ายรับอาจพยายามที่จะแปลข้อมูล (ถ้ามันไม่ได้ถูกโปรแกรมให้รายงานข้อผิดพลาดทางพริตต์และทางเฟรม) โดยปกติคุณจะเห็นว่าจำนวนข้อมูลที่รับได้ต่างจากที่ถูกส่งมา

3.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิกส์

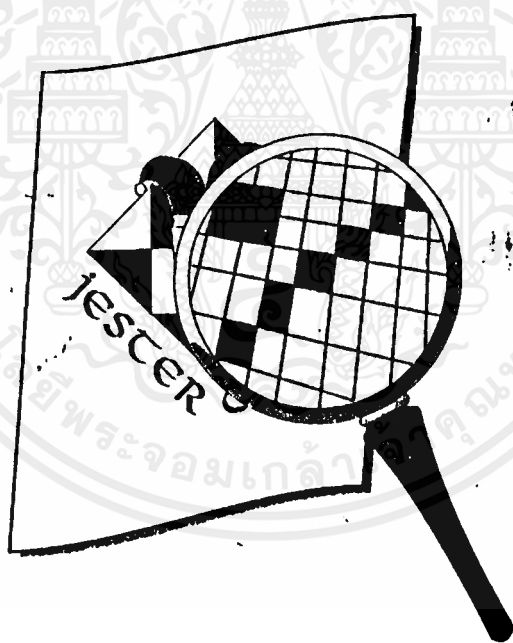
3.4.1 กราฟฟิกส์แบบบิตแมปและพิกเซล (pixel)

วงการคอมพิวเตอร์ได้สร้างศัพท์ได้สร้างศัพท์แปลก ๆ มากมายหลายร้อยคำด้วยกัน เพื่อที่จะอธิบายว่าคอมพิวเตอร์ทำงานอะไรและทำอย่างไร ศัพท์ต่าง ๆ เหล่านี้ก็เป็นทั้งประเภทที่มีความหมายตรงไปตรงมาและประเภทที่มีความหมายแบบตรงกันข้าม ดังนั้น เราจึงควรจะทำให้ความเข้าใจกับคำศัพท์ทุกคำที่เราต้องเกี่ยวข้องกับ

โชคดีที่คำว่า กราฟิกส์แบบบิตแมป นั้นให้ความหมายที่ค่อนข้างจะตรงไปตรงมาเมื่อเราเข้าใจเกี่ยวกับแนวความคิดเบื้องหลังภาพแบบบิตแมป ซึ่งก็คือมีลักษณะเป็นช่อง ๆ เหมือนตาราง แต่ละบิตก็คือส่วนหนึ่งของข้อมูลคอมพิวเตอร์ (ซึ่งก็คือ สวิตช์ปิดเปิดในหน่วยความจำ "1" หมายถึงเปิด และ "0" หมายถึงปิด) และสวิตช์ปิดเปิดนี้ก็ยิ่งหมายถึงสีดำและสีขาวอีกด้วย ดังนั้น ถ้าเราเอาบิตที่แตกต่างกันในแต่ละตารางมารวมกันเข้า เราจะสามารถสร้างภาพจากจุดดำและขาวเหล่านี้ได้ รูปที่ 3.3 แสดงถึงกราฟิกส์แบบบิตแมปซึ่งเหมือนกับการเติมสีขาวดำลงในช่องตาราง หรือกระดาษกราฟ

หมายเหตุ ศัพท์อื่น ๆ เช่น แรตเตอร์ (raster) หรือเนตไทป์ (paint-type) นั้นไม่ได้ให้ความหมายมากนัก ดังนั้น ถ้าพบทั้งสองคำรขอให้แทนด้วยคำว่า บิตแมป ซัก่งจะทำให้ง่ายแก่ความเข้าใจมากขึ้น

กราฟิกส์แบบบิตแมปทุกชนิดมีลักษณะที่เหมือนกันอยู่บางประการ ถ้าทำความเข้าใจส่วนต่างเหล่านี้ เราสามารถที่จะหลีกเลี่ยงหรือป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้



รูปที่ 3.3 รูปกราฟิกส์แบบบิตแมปจะมีลักษณะเหมือนกระดาษกราฟ

พิกเซล (เป็นค่าที่ใช้แทนองค์ประกอบของภาพ) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของภาพแบบบิตแมป ซึ่งองค์ประกอบย่อย ๆ เหล่านี้ถูกรวมกันเข้าทำให้เกิดภาพ

เราคงจะคุ้นเคยกับการที่ส่วนประกอบย่อย ๆ มารวมกันเพื่อประกอบเป็นรายการของสิ่งของต่าง ๆ เป็นต้นว่า เอาแต่ละชิ้นของบล็อกกระจุมาประกอบกันเป็นหน้าต่าง แต่ละเริ่มของการเย็บปักถักร้อย ประกอบกันกลายเป็นผลงานทางด้ารณเย็บปักถักร้อย 1 ชิ้น หรือแต่ละจุดของโลหะเงินประกอบกันเป็นรูปภาพ 1 รูป นั่นคือองค์ประกอบอาจจะเป็นแก้วชิ้นใหญ่บนหน้าต่าง หรือจุดโลหะเงินเล็ก ๆ บนแผ่นฟิล์มก็ได้ โดยแต่ละชิ้นเป็นองค์ประกอบที่แยกจากกันเปรียบเทียบได้กับพิกเซลซึ่งดีทีบี นน ย์ อที ี ี ี่ สุดของรูปภาพ

ในโลกแห่งดิจิทัลของรูปภาพคอมพิวเตอร์ คัพท์คำว่า พิกเซล ได้ถูกใช้สำหรับสิ่งต่าง ๆ มากมาย เป็นต้นว่า จุดแต่ละจุดบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จุดแสดงความละเอียดของเครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ องค์ประกอบย่อยของรูปภาพแบบบิตแมป สิ่งเหล่านี้อาจจะถูกใช้งานไม่เหมือนกันทั้งหมด ซึ่งบางครั้งอาจทำให้เราสับสนได้

เพื่อให้เกิดความชัดเจน ขอให้คำจำกัดความดังต่อไปนี้

- พิกเซล หมายถึงองค์ประกอบย่อยในไฟล์กราฟิกส์แบบบิตแมป
- วิดีโอพิกเซล หมายถึงองค์ประกอบย่อยของภาพในหน้าจคอมพิวเตอร์
- จุดหรือดอต หมายความว่าละเอียดของภาพที่พิมพ์โดยเครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์

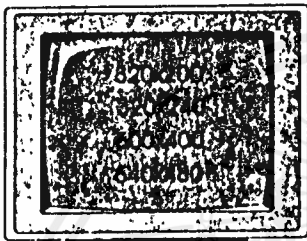
หมายเหตุ เซมเปิล (samples) และองค์ประกอบย่อย (element) บางครั้งใช้แทนคำว่าพิกเซลได้ ซึ่งคำทั้งสองนี้หมายถึงส่วนประกอบย่อยในองค์ประกอบใหญ่ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าทั้งสองคำนี้จะให้แทนคำว่าพิกเซลได้ คำว่าเซมเปิลถูกใช้บ่อยในภาพที่ถูกสแกน (ภาพบิตแมปจะถูกสร้างโดยการใช้เครื่องสแกน) ส่วนคำว่าองค์ประกอบย่อยบางครั้งจะใช้ในความหมายของจุดเลเซอร์ที่ถูกสร้างโดยเครื่องสร้างภาพ (เครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ที่มีคุณภาพสูง)

แอสเป็กเรโชของภาพ (Image Aspect Ratio)

แอสเป็กเรโชของภาพ คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนพิกเซลทางแนวขวาง และจำนวนพิกเซลทางแนวตั้งที่ใช้ในการสร้างภาพ หากจะยกตัวอย่างเปรียบเทียบกับกระดาษกราฟ จะเห็นได้ว่าภาพบิตแมปใด ๆ ก็ตามจะมีจำนวนพิกเซลคงที่ในมิติแนวขวางและแนวตั้ง รูปที่ 3.4 แสดงถึงแอสเป็กเรโชของรูปภาพทั่วไป ซึ่งอัตราส่วนมีไว้อ้างอิงถึงขนาดของภาพและมักจะเขียนในรูปของ 800 x 600 (ซึ่งหมายถึงรูปภาพที่มี 800

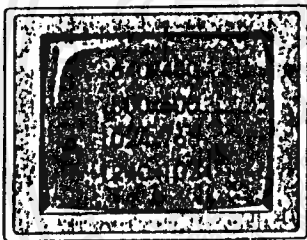
พิกเซล ในแนวขวาง และ 600 บรรทัดของพิกเซลในแนวตั้ง) เราสามารถ-

คำนวณหาจำนวนพิกเซลทั้งหมดในรูปภาพได้โดยการคูณตัวเลขทั้งสองนี้เข้าด้วยกัน นั่นคือรูปภาพที่มี แอสเป็กรเอโซ 800 x 600 จะมีทั้งหมด 480,000 พิกเซล ซึ่งจำนวนดังกล่าวนี้ไม่ได้หมายถึงขนาดของ ไฟล์ ของภาพนั้น ๆ เลย



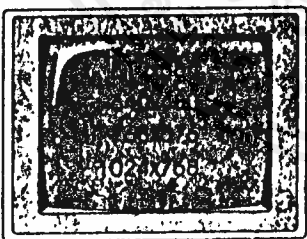
DOS

แอสเป็กรเอโซของหน้าจอวินโดวส์และ แมคอินทอชสามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่สัดส่วนโดยรวมยังคงเหมือนเดิม



Windows

ตัวอย่างเช่น หน้าจอของวินโดวส์ ขนาด 800 x 600 พิกเซล มีสัดส่วนเป็น 1.333:1 ซึ่งสัดส่วน นี้ยังเป็นสัดส่วนเดียวกับหน้าจอ ขนาด 768 x 576, 1024 x 768 หรือที่อาจเป็นไปได้แบบอื่น ๆ อีก ในวินโดวส์และแมคอินทอช



Mac

ส่วนหน้าจอของคอสมอสไม่จำเป็นต้องมีสัดส่วนเดียวกันเสมอไป

รูปที่ 3.4 แอสเป็กรเอโซโดยทั่ว ๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การพัฒนาการแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์

จอภาพ (Monitors) คืออุปกรณ์ที่ใช้แสดงข้อมูลในลักษณะของจุดที่เรียงกันเป็นพื้นที่เมตริกซ์ ประกอบขึ้นมาเป็นภาพของตัวอักษรหรือรูปภาพต่าง ๆ การ์ดแสดงผล (Display Adapters or Display Cards) คือการ์ดที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและส่งข้อมูลไปยังจอภาพ

นับตั้งแต่ไมโครคอมพิวเตอร์รุ่นแรก ๆ ของโลกได้ถูกผลิตขึ้นมา ไมโครคอมพิวเตอร์เหล่านั้นก็ได้ใช้โทรทัศน์ เป็นอุปกรณ์สำหรับแสดงข้อมูลและภาพ เนื่องจากในสมัยนั้น อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาผลิตมีราคาสูง การใช้โทรทัศน์ในการแสดงผลจึงช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้

แต่จอโทรทัศน์ทั่วไปมีจำนวนจุดภาพน้อยเกินไปสำหรับการแสดงตัวอักษรจำนวนมาก จนในที่สุดเมื่อคอมพิวเตอร์ในตระกูล PC/XT และมีการออกแบบการ์ดแสดงผลสำหรับจอภาพชนิดนี้ขึ้นมาโดยเฉพาะ นับเป็นจุดเริ่มต้นของจอภาพ และการ์ดแสดงผลในยุคปัจจุบัน

การ์ดแสดงผลมีการพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่เครื่องดีซีได้กำเนิดขึ้น การ์ดแสดงผลในรุ่นแรก ๆ มีหน้าที่แปลงข้อมูลตัวอักษรให้เป็นสัญญาณภาพ สำหรับนำไปแสดงบนจอไตต่อไป จอภาพรุ่นแรกของ PC/XT สามารถแสดงตัวอักษรได้ 80 ตัวอักษรในแนวนอน และ 25 ตัวอักษรในแนวตั้ง (หรือเราอาจเรียกว่า 80 คอลัมน์ 25 บรรทัด) แต่ดีซียังไม่สามารถแสดงรูปภาพตามต้องการได้ ในที่สุด ก็ได้บริษัท Hercules Computer Technology ผลิตกรณิดแสดงผลชื่อ Hercules Monochrome Adapter หรือเป็นที่รู้จักกันในนามของการ์ดเฮอริคิวลิส นอกจากจะแสดงตัวอักษร 80 ตัวอักษร 25 บรรทัดแล้ว ยังสามารถแสดงภาพได้ด้วยความละเอียด (resolution) 72 คูณ 350 จุด ใช้แทนการ์ดเดมิของบริษัท IBM ได้ทันที

แต่ภาพที่ได้จากการ์ดเฮอริคิวลิสยังคงเป็นภาพขาวดำที่มีรังสีความสว่างเพียงระดับเดียว จึงได้มีผู้สร้างการ์ดแบบสีขึ้นมา ให้ชื่อว่าการ์ด CGA (Color Graphics Adapter) สามารถแสดงภาพด้วยความละเอียด 320 คูณ 200 จุด 4 สี แสดงการ์ด EGA (Enhanced Graphics Adapter) ที่มีความละเอียด 640 คูณ 350 จุด 16 สี

การ์ดแสดงผลทั้งสามชนิดที่กล่าวมานี้ จะต้องใช้จอภาพที่ออกแบบมาเฉพาะรุ่น และเนื่องจากการ์ดแสดงผลและจอภาพเหล่านี้ต่างก็ใช้สัญญาณภาพในรูปแบบดิทอลทั้งหมด ทำให้เป็นข้อจำกัดในการพัฒนาคุณภาพของการ์ดและจอภาพ จึงได้มีการพัฒนาการแสดงผลแบบใหม่ ที่ให้สัญญาณออก

มาเป็นสัญญาณที่ต่อเนื่อง (อนาล็อก) เพื่อให้สามารถพัฒนาการแสดงผลให้มีความใกล้เคียงกับภาพจริงมากขึ้น

การ์ดแสดงผลตัวแรกที่ทำให้สัญญาณอนาล็อกก็คือ การ์ด VGA (Video Graphics Adapter) ซึ่งจะต้องใช้จอภาพ VGA (Video Graphics Array) หรือจอภาพที่มีคุณสมบัติสูงกว่าในการแสดงผล ถึงแม้จอภาพ VGA จะสามารถรับสัญญาณที่เป็นอนาล็อก และการ์ด VGA ก็ให้สัญญาณออกมาเป็นอนาล็อก แต่ด้วยข้อจำกัดที่แหล่งผลิตสัญญาณก็เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งทำงานในรูปสัญญาณดิจิทัล จึงทำให้จำนวนสีที่ได้ก็มีจำนวนจำกัดด้วยการ์ด VGA ซึ่งเป็นการ์ตอนาล็อกรุ่นแรก สามารถแสดงสีได้คราวละ 256 สีจากจำนวนสีที่สามารถแสดงได้ 262,144 สี ในความละเอียด 320 คูณ 200 จุด และเพื่อให้การ์ดรุ่นใหม่ ๆ ที่ผลิตขึ้น สามารถใช้กับโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้นสำหรับการ์ดรุ่นก่อน ๆ การ์ดรุ่นใหม่จึงต้องมีโหมดการแสดงผลสำหรับให้เข้ากันได้กับการ์ดรุ่นเก่า ๆ ดังนั้น การ์ด VGA จึงมีโหมดการแสดงผลของการ์ด CGA และ EGA ได้

หลังจากนั้น มีการพัฒนาการ์ดให้มีความละเอียดในการแสดงผลสูงขึ้น เช่น การ์ด Super VGA (XGA) ที่สามารถแสดงสีได้ถึง 32,768 สี 65,536 สี และ 16.7 ล้านสีที่ความละเอียด 640 คูณ 480 จุด เป็นต้น

3.4.2 โหมดของจอภาพและมาตรฐาน VESA

เราอาจแบ่งการแสดงผลข้อมูลบนจอภาพ ตามกรรมวิธีในการแสดงผลได้สองชนิดคือ

1. โหมดตัวอักษร หรือ โหมดอักขระ (Text Mode) ในโหมดนี้รหัสของตัวอักษรและรูปแบบการแสดงผลตัวอักษรซึ่งเรียกว่า แอตตริบิวต์ (Attribute) จะเก็บเรียงกันไปในวิดีโอแรม (VideoRAM) ซึ่งวางตัวอยู่ในการ์ดแสดงผล รหัสจะถูกนำไปใช้ในการเปิดตามรางภาพของตัวอักษร (Character Generators) ภาพที่ได้จากการเปิดตารางจะถูกนำไปแสดงบนจอภาพตามรูปแบบการแสดงผลที่กำหนด ในโหมดนี้ เราจะเห็นว่าบนจอภาพจะถูกแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ในแต่ละส่วนจะทำหน้าที่แสดงผลภาพของตัวอักษรหนึ่งตัว เช่น ในโหมด 80 คูณ 25 ตัวอักษร ก็จะมีพื้นที่สำหรับแสดงผลภาพตัวอักษรได้ 80 คอลัมน์ (จำนวนตัวอักษรในแนวนอน) และ 25 บรรทัด (จำนวนตัวอักษรในแนวตั้ง)

2. โหมดภาพ (Graphic Mode) ในโหมดนี้ ข้อมูลที่อยู่ภายในวิดีโอแรมจะหมายถึงการแสดงผลจุดแต่ละจุดบนจอภาพโดยตรง กรรมวิธีการแสดงผลจุดนี้มีสองลักษณะย่อยคือ

2.1 ใช้การเปิดตารางค่าสี (Color Look-up Table) ข้อมูลที่อยู่ภายในวิดีโอแรมจะถูกนำไปเปิดตารางค่าสี เพื่อให้ได้ค่าความสว่างของแม่สีแดง เขียว และน้ำเงินของจุดภาพแต่ละจุด

2.2 ข้อมูลที่อยู่ภายในวิดีโอแรมเป็นค่าแม่สี (True-color) ข้อมูลที่อยู่ภายในวิดีโอแรมจะหมายถึงค่าความสว่างของแม่สีโดยตรง ดังนั้น ในวิธีนี้จะต้องใช้พื้นที่หลายบิตของข้อมูลสำหรับแทนจุดหนึ่งจุดบนจอภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีความสมจริง

วิดีโอแรม (VideoRAM) คือหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลสำหรับแสดงบนจอภาพ หน่วยความจำส่วนนี้จะอยู่บนการ์ดแสดงผล ข้อมูลที่ใช้แสดงอาจเป็นรหัสแทนตัวอักษรและรหัสบอกสถานะการแสดงหรืออาจเป็นข้อมูลจุดภาพขึ้นอยู่กับโหมดการแสดงผลในขณะนั้น ตำแหน่งหน่วยความจำเริ่มต้นบนพีซี (ตำแหน่งที่พีซีจะเข้าถึง) ของวิดีโอแรมที่ควรทราบมีดังนี้คือ

- โหมด 7 มีตำแหน่งวิดีโอแรมเริ่มต้นที่ B000:0000
- โหมด 0 ถึง 6 ตำแหน่งวิดีโอแรมเริ่มต้นที่ B800:0000
- โหมด 13 ถึง 19 มีตำแหน่งวิดีโอแรมเริ่มต้นที่ A000:0000

3.4.3 โครงสร้างของไฟล์แบบ GIF

GIF : Graphic Interchange Format

ชื่อ	Graphic Interchange Format
นามสกุลของไฟล์ภายใต้ระบบดอส	GIF
ชนิดของรูปแบบ	บิตแมป
เวอร์ชัน	87a และ 89a
การแปรเปลี่ยน	ไม่มี
ความคอมแพติเบิลระหว่างระบบ	ระบบคอมพิวเตอร์ส่วนมาก
ปฏิบัติการ	
ซอฟต์แวร์ที่สามารถเปิด หรือ	โปรแกรมการแก้ไขบิตแมปทุกโปรแกรม
อินพอร์ตไฟล์ GIF	โปรแกรมเดสก์ทอปพัลลิชชิงส่วนมาก
	โปรแกรมแก้ไขเวกเตอร์ที่สนับสนุนการทำงานออกเจ็ทแบบบิตแมป
ความสามารถทางด้านสี	แผงสีแบบอินเด็กซ์ ถึง 256 สี (วาดจากสี RGB แบบ 24 บิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบีบขนาดข้อมูล

LZW การใส่รหัสแบบ run-length

รูปแบบ GIF (อ่านว่า "จีฟ") ถูกออกแบบโดย CompuServe ซึ่งเป็นระบบเครือข่ายข่าวสารแบบออนไลน์ เพื่อให้บริการด้านการแลกเปลี่ยนกราฟิกส์ในรูปแบบบิตแมปที่มีการจัดการทางด้านหน่วยความจำที่มีประสิทธิภาพ ภาพแบบ GIF จะมีข้อจำกัดในด้านแ่งสีแบบอินเดกซ์ (ภาพสีแบบ 24 บิต ไม่สามารถใช้ได้) แ่งสีสามารถบรรจุได้ 2 ถึง 256 สี ซึ่งถูกสร้างจากข้อมูลแบบ GIF ถูกบีบขนาดโดยใช้การบีบขนาด LZW แบบประยุกต์ การขยายไฟล์ข้อมูลแบบ GIF กลับคืนจะช้ากว่าการบีบขนาดแบบ RLE แต่จะเปลืองเนื้อที่หน่วยความจำน้อยกว่า

โดยลักษณะของรูปแบบ GIF แล้วจะมีปัญหาในเรื่องการเปิดไฟล์น้อยมาก (คุณสมบัติของไฟล์แบบ GIF รวมทั้งซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการอ่านและเขียน จะมีรายละเอียดแจกจ่ายให้กับผู้ใช้ทั่วไป แบบไม่คิดค่าธรรมเนียมโดย CompuServe) และสิ่งเหล่านี้คือ เหตุผลที่ทำให้เราไม่สามารถเปิดไฟล์ GIF ได้ในบางครั้ง

- มีสิ่งรบกวนระหว่างการส่งไฟล์
- เป็น GIF เวอร์ชัน 89a (เริ่มใช้ใน ค.ศ.1989) แต่ตัวอ่าน GIF เป็นเวอร์ชัน 87a

ไฟล์แบบ GIF ประกอบด้วยบล็อกของข้อมูลที่เรียงกัน โดยแต่ละบล็อกมีจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น เทลเลอร์บล็อก (trailer block) จะบันทึกจุดสิ้นสุดของไฟล์ GIF ขณะที่บล็อกอื่นก็มีจุดประสงค์อื่น ๆ

เฮดเดอร์ (Header) เฮดเดอร์บล็อกจัดเป็นส่วนเล็ก ๆ ขนาด 6 ไบต์ที่จุดเริ่มต้นของไฟล์ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 2 ประการ คือชนิดของไฟล์แบบ (GIF) และเวอร์ชัน (87a หรือ 89a) เฮดเดอร์บล็อกจำเป็นต้องมีในทุก ๆ ไฟล์แบบ GIF ในขณะที่ชนิดของบล็อกอื่น ๆ ไม่จำเป็น

บล็อก LSD (Logical Screen Descriptor) เป็นบล็อกที่ใช้ระบุส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลภาพ อุปกรณ์นี้อาจจะเป็นจอคอมพิวเตอร์หรือเครื่องพิมพ์ ส่วนที่ใช้แสดงผลนั้นมีความจำเป็นเพราะว่าไฟล์แบบ GIF สามารถที่จะบรรจุภาพบิตแมปมากกว่า 1 ภาพ ได้

บล็อก LSD

- ระบุความกว้างและความสูงของจอในหน่วยของพิกเซล ที่ใช้ในการแสดงผลภาพ
- ระบุสีพิกเซลสำหรับจอ (สีเบ็กกราวด์ที่ภาพถูกแสดง)
- ตัดสินใจว่าตารางสีจะถูกใช้หรือไม่ (ตารางสีที่ใช้โดยทุก ๆ ภาพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตั้งค่าแอสเป็คเรโซของฟิกเซลในภาพดั้งเดิม (กว้างxสูงของฟิกเซล)
- จำเป็นต้องใช้ในทุก ๆ ไฟล์แบบ GIF

ตารางสีแบบโกลบอล ประกอบด้วยข้อมูลสีที่ใช้ในภาพที่ไม่มีตารางสีของตัวเองข้อมูลในตารางถูกบันทึกโดยใช้สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (แต่ละไบต์ของหน่วยความจำมีไว้สำหรับสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน) ตารางสามารถบรรจุได้ถึง 256 สี ตารางสีสามารถถูกเรียงลำดับเพื่อที่ว่าสีจะได้ปรากฏในภาพโดยส่วนใหญ่ ถ้าภาพถูกแสดงด้วยจำนวนสีที่จำกัด การเรียงลำดับก็จะมีประโยชน์ โดยสีที่มีความสำคัญที่สุดจะถูกเลือกก่อนตารางสีแบบโกลบอลนั้นสามารถถูกเลือกใช้ได้ไฟล์แบบ GIF

เดสคริปเตอร์ของภาพ บล็อกเดสคริปเตอร์ของภาพจะกำหนดมิติของภาพในหน่วยของฟิกเซล และกำหนดตำแหน่งจากมุมซ้ายบนจอบลอคจิคอล บล็อกเดสคริปเตอร์ของภาพยังบอกด้วยว่าภาพนั้นใช้ตารางสีของตัวเองหรือไม่ สำหรับไฟล์แบบ GIF นั้นจำเป็นต้องใช้บล็อกเดสคริปเตอร์

ตารางสีแบบโลคอล บล็อกนี้ก็เหมือนกับบล็อกสีแบบโกลบอลเพียง แต่ตารางสีนี้ใช้สำหรับภาพเพียงภาพเดียว อย่างไรก็ตามตารางสีแบบโลคอลนั้นเราไม่จำเป็นต้องใช้ก็ได้โดยถ้าไม่มีให้ ก็ภาพก็ สามารถใช้ตารางสีแบบโกลบอลแทน

ข้อมูลภาพ ประกอบด้วยตัวชี้ที่ชี้ไปยังตารางสี (ไม่ว่าจะเป็นโลคอลหรือโกลบอล) สำหรับทุกฟิกเซลในภาพ ฟิกเซลจะถูกเรียงจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง ข้อมูลภาพจะถูกบีบขนาดโดยใช้วิธีแบบ LZW

บทที่ 4

โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน

ในโครงงานระบบแสดงตำแหน่งปัจจุบันบนภาพแผนที่นี้มีส่วนประกอบใหญ่ ๆ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของตัวเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS (FIELD PRO V)
2. ส่วนโปรแกรมภาษา C

4.1 การใช้งานเครื่อง GPS รุ่น FIELD PRO V

ในโครงงานนี้ได้นำเอาเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS มาใช้ประกอบเป็นส่วนหนึ่งของโครงงาน โดยใช้เป็นตัวรับสัญญาณจากดาวเทียมแล้วแสดงว่า ณ ตำแหน่งของเครื่องขณะนั้น มีพิกัดอยู่ที่ Latitude, Longitude เท่าไร และพื้นที่นั้นมี ความสูงจากระดับน้ำทะเลเท่าไร ค่าพิกัดของแต่ละจุดที่เครื่องรับได้นี้จะถูกบันทึก ลงในเครื่องโดยมีการกำหนดตั้งชื่อกำกับแต่ละจุดไว้ด้วย หรืออาจใช้การจดบันทึก ลงในสมุดเพื่อนำมากำหนด ค่าตำแหน่งลงในเครื่อง GPS ก่อนทำการ Download ข้อมูลให้กับส่วนโปรแกรมต่อไป

ค่าพิกัดตำแหน่งของแต่ละจุดนั้นจะถูกบันทึกในรูปแบบ WayPoint ซึ่ง สามารถบันทึกจุดต่าง ๆ ได้ประมาณ 500 จุดตำแหน่งซึ่งจะมีการบันทึกค่าดาวเทียม GPS แสดงได้ขณะนั้นลงบนหน่วยความจำโดยมีการตั้งชื่อกำกับไว้ และอีกแบบของ การบันทึกจุดตำแหน่งลงบนเครื่องคือการกำหนดค่า Latitude, Longitude ซึ่งเรา ทราบค่าลงไปเป็นตำแหน่ง Way Point โดยค่านั้นอาจมาจากการจดบันทึกไว้ก่อนใน ขณะทำการสำรวจเพื่อจะทราบว่าค่าพิกัดตำแหน่งนั้นจะอยู่ที่จุดใดบนภาพแผนที่

4.2 ส่วนของโปรแกรมภาษา C

ในส่วนของโปรแกรมนี้นี้เป็นโปรแกรมที่เขียนโดยใช้ตัวแปรภาษา C รุ่น Turbo C ซึ่งมีหน้าที่ในการรับค่าข้อมูลผ่าน Port อนุกรมโดยในโครงงานนี้จะใช้ Port COM2 และจะทำการดึงค่า Latitude, Longitude จากข้อมูลมาคำนวณแล้วนำภาพแผนที่ ซึ่งเป็น File ที่มีโครงสร้างแบบ GIF มาเปิดแสดงบนจอ พร้อมกับแสดงจุดตำแหน่ง ตามพิกัดตำแหน่งของข้อมูล แต่ละจุดซึ่งรับมาจากเครื่อง GPS ในส่วนของโปรแกรมนี้นี้จะแบ่งส่วนการทำงานเป็นส่วน ๆ ดังจะอธิบายต่อไปนี้

1. ส่วนตรวจรับข้อมูลจาก Port COM2
2. ส่วนการตรวจรับค่า Latitude, Longitude มาเก็บในตัวแปร
3. ส่วนการคำนวณการกำหนดตำแหน่งบนภาพแผนที่
4. ส่วนการเปิดภาพแผนที่และกำหนดจุดลงบนภาพแผนที่

4.2.1 ส่วนการตรวจรับข้อมูลจาก port อนุกรม COM2

ในขั้นตอนนี้จะต้องเตรียมข้อมูลที่เครื่อง GPS ให้พร้อมที่จะทำการ Down Load มายัง Port COM2 โดยผ่านสาย RS-232 โดยในส่วนของโปรแกรมเมื่อทำงานที่ ขั้นตอนนี้จะทำการตรวจเช็คสถานะของ Port COM ว่ามีข้อมูลที่ Down Load มาหรือไม่ โดยตรวจเช็ค STATUS ของ Port คือ

ถ้ามีข้อมูลเข้ามา STATUS ของ Port จะเป็น 0x61 h.

ถ้าไม่มีข้อมูลส่งเข้ามา STATUS ของ Port จะเป็น 0x60 h.

เมื่อมีข้อมูลเข้ามาจะรับข้อมูลเก็บไว้ในตัวแปรแบบอาร์เรย์ โดยคำสั่งที่แสดง ค่า STATUS ของ Port 8nv

"inportb (STATUS)"

4.2.2 การตรวจค่า Latitude, Longitude มาเก็บลงในตัวแปร

ข้อมูลที่รับได้จากการ Download ข้อมูลจากเครื่อง GPS มาเก็บลงในตัวแปร จะอยู่ในรูป Character ซึ่งการนำค่านี้นี้มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปข้อมูลตัวเลขจะต้องมีการ ตรวจ Character ว่ามีเลขโดดแล้วใส่ค่าให้กับตัวแปรตามค่าของเลขนั้นทีละตัวจนครบ และทำการตรวจสอบค่าตัวเลขการยกกำลังเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง เช่น ค่า 01.23456789E + 01 หมายถึง การตรวจค่าตัวอักษรแต่ละตัวแล้วใส่ค่านี้นลงในตัว

เมื่อค่า 1 อยู่ในหลักหน่วย

data[i] คือ ข้อมูลชนิดอาเรย์ที่เก็บข้อมูล ชนิด Character ตัวที่ i
T1 คือ ตัวแปรสำหรับรับค่า Latitude ในรูปของค่าตัวเลข

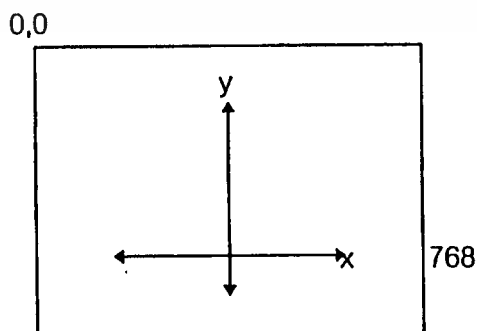
```
NAME A
MODE 3D V.2.0
TIME, I.AT, LON, ALT
+04.50621000248043 E+05
+02.82612653527247 E-01 --- LATITUDE N กำหนดเมืองปัจจุบันอยู่ใน MODE Radius
+01.75869347150049 E+00 --- LONGITUDE E มา 2 ทีนี้ไปใช้ในการเปิดภาพแผนที่
+03.57265319824219 E+01
SATS, SNR, OPSWK
23 28 25 31
0149 0218 0129 0035
0790
PDOP
+03.55999994277954 E+00
```

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างรูปแบบข้อมูล Way Point ที่ถูก Download

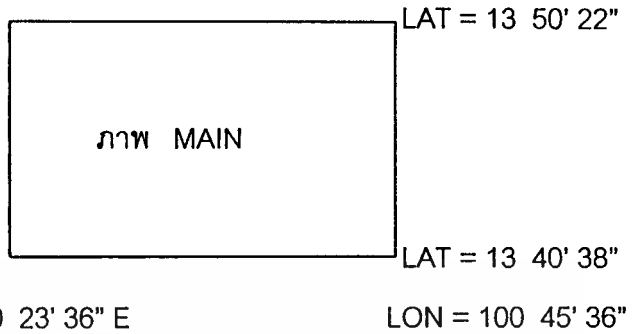
4.2.3 การคำนวณเพื่อกำหนดตำแหน่งจุดบนภาพแผนที่

การแสดงผลภาพแผนที่ในโหมดกราฟิกส์โดยมีขนาดพิกเซล คือ 1024x768 จุด

คือในแนวแกน x มี 1024 จุด แนวแกน y 768 จุด



ในโครงการนี้ภาพแผนที่ที่มีพิกัดตั้งภาพ



ค่าที่ show บนเครื่อง GPS FIELD PRO V จะแสดงในรูปขององศาแต่ค่าที่ Load ลงมายัง โปรแกรมจะอยู่ในรูปของ Radial ดังนั้นค่าเริ่มต้นและสิ้นสุดของภาพแผนที่บนจอภาพในหน่วยขององศาและRadial จะเป็นดังนี้

	หน่วยองศา	หน่วย Radial
ค่า Latitude ที่เริ่มต้นภาพ	13 40' 38" N	1.7586285 rad
ค่า Latitude จุดสิ้นสุดภาพ	13 50' 22" N	1.7521946 rad
ค่า Longitude ที่จุดเริ่มต้นภาพ	100 23' 36" E	0.2387131 rad
ค่า Longitude ที่จุดสิ้นสุดภาพ	100 45' 43"	0.2415445 rad
จากค่า 180 degree	= π radial	
1 degree	= 60'	
1'	= 60"	

ค่าความแตกต่าง Δ Lat ของ ภาพ = 0.002831 rad

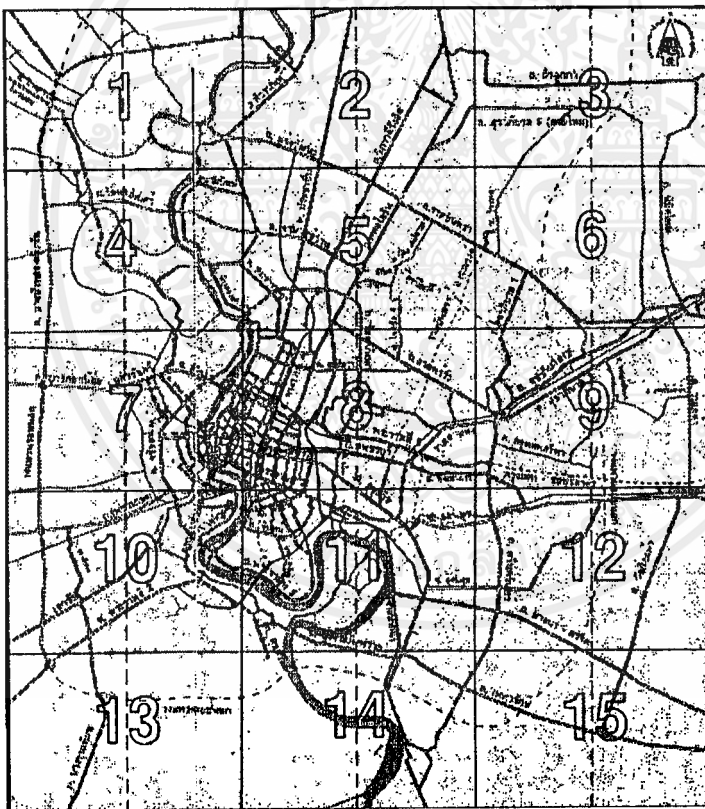
ค่าความแตกต่าง Δ Lon ของภาพ = 0.006434 rad

ในแนวแกน x ของจอภาพจะเป็นเปลี่ยนค่า Longitude

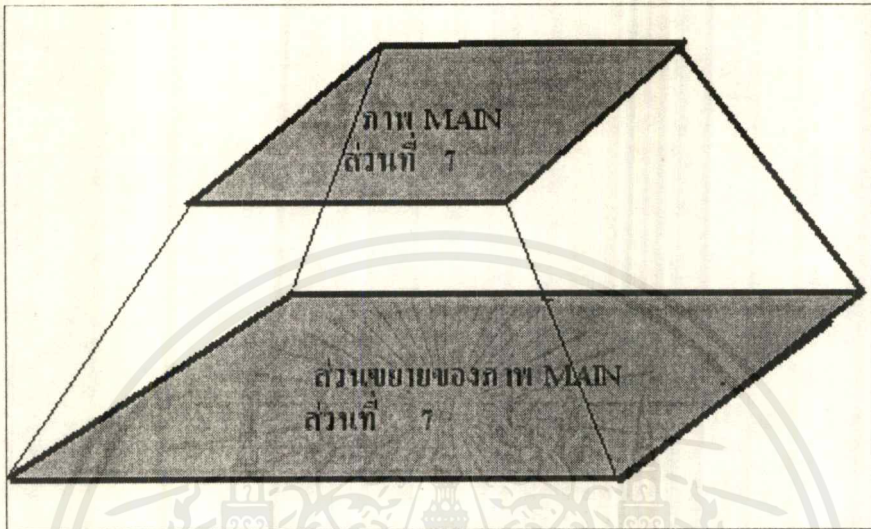
ในแนวแกน y ของจอภาพ การเปลี่ยนแปลงจะเป็นการเปลี่ยนแปลงค่า Latitude แผนที่ที่แสดงเท่านั้น

4.2.4 โครงสร้างของภาพแผนที่

ในโครงการนี้ใช้ภาพแผนที่เขตกรุงเทพมหานคร แต่ไม่ได้ใช้พื้นที่ทั้งหมด ภาพแผนที่ที่ใช้นี้ได้ข้อมูลภาพจากบริษัท BANGKOK GUIDE TEL.311-1439 ซึ่งเป็นข้อมูลภาพแผนที่เขตต่างๆและมีเส้นทางการเดินทางประกอบด้วย ข้อมูลภาพในโครงการนี้จะถูกนำมาจัดเก็บและเรียกใช้ในรูปแบบของไฟล์ภาพแบบ GIF โดยรายละเอียดของภาพที่ใช้จะมีการแบ่งตามรายละเอียดของข้อมูลภาพเป็นระดับ ระดับ 1 จะเป็นภาพ MAIN ซึ่งภาพจะเป็นแบบมองโดยรวมเพื่อให้ทราบภาพแผนที่โดยรวมมีเขตติดต่อดังไรบ้างโดยมีการแบ่งเป็นส่วน ๆ 15 ส่วนในโครงการนี้ใช้พื้นที่ส่วนที่ 7-12 เท่านั้น โดยภาพ MAIN มีลักษณะดังนี้



ภาพระดับที่2 เป็นภาพส่วนขยายของภาพ MAIN ในแต่ละส่วน ในภาพขยายส่วนนี้จะมีรายละเอียดของภาพเพิ่มขึ้นและมีโครงสร้างของการขยายดังนี้



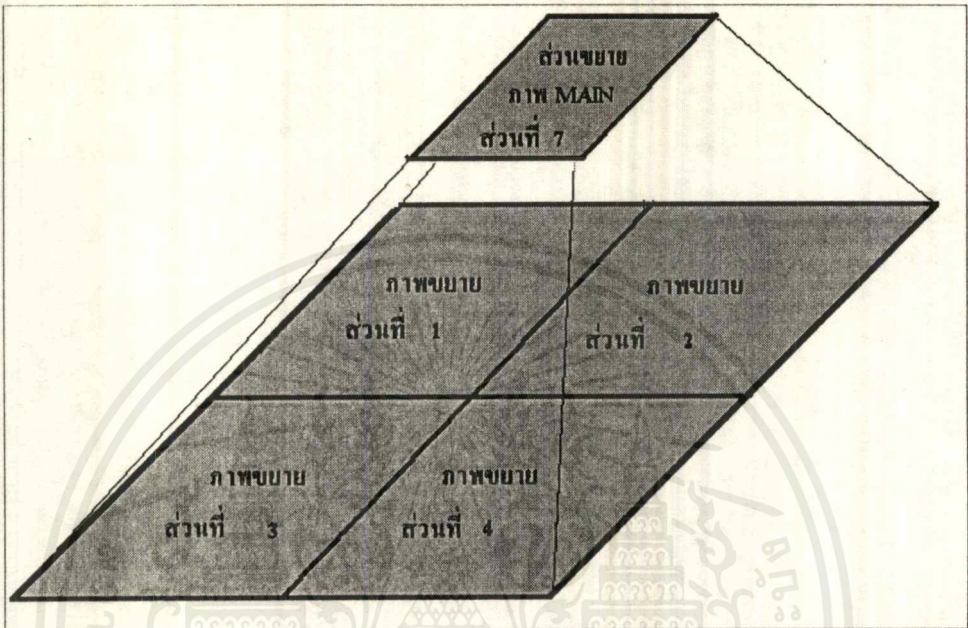
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างลักษณะของภาพรายละเอียดระดับ2ที่ขยายจากส่วนของภาพ MAIN



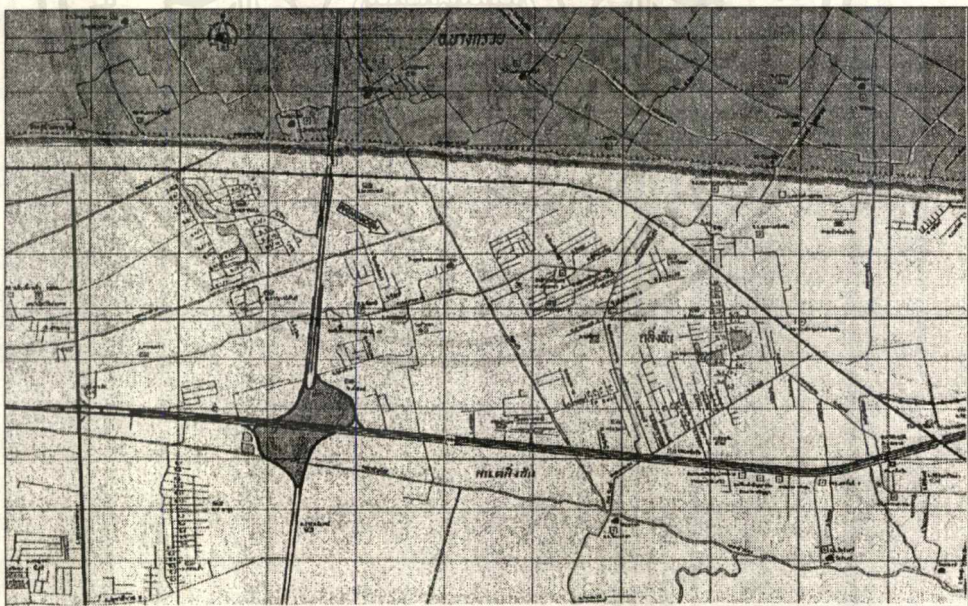
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างภาพขยายระดับ (ส่วนที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพระดับที่ 3 จากภาพถ่ายระดับที่ 2 ซึ่งเป็นการขยายในแต่ละส่วนของภาพ MAIN ในภาพระดับที่ 3 นี้จะแบ่งภาพระดับที่ 2 ออกเป็น 4 ส่วนแต่ละส่วนมีรายละเอียดของภาพเพิ่มมากขึ้นโดยมีลักษณะโครงสร้างการขยายดังนี้



รูปที่ 4.5 โครงสร้างการขยายภาพจากระดับ 2 เป็นระดับ 3

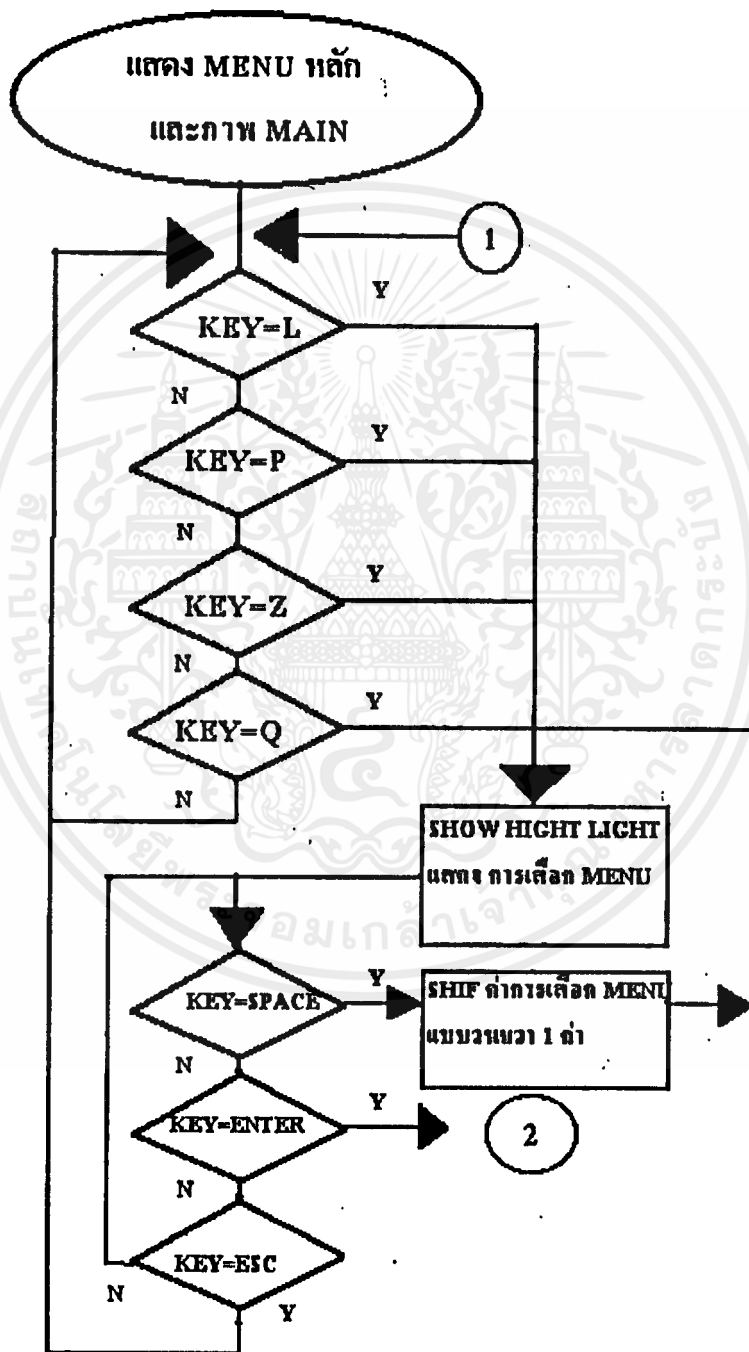


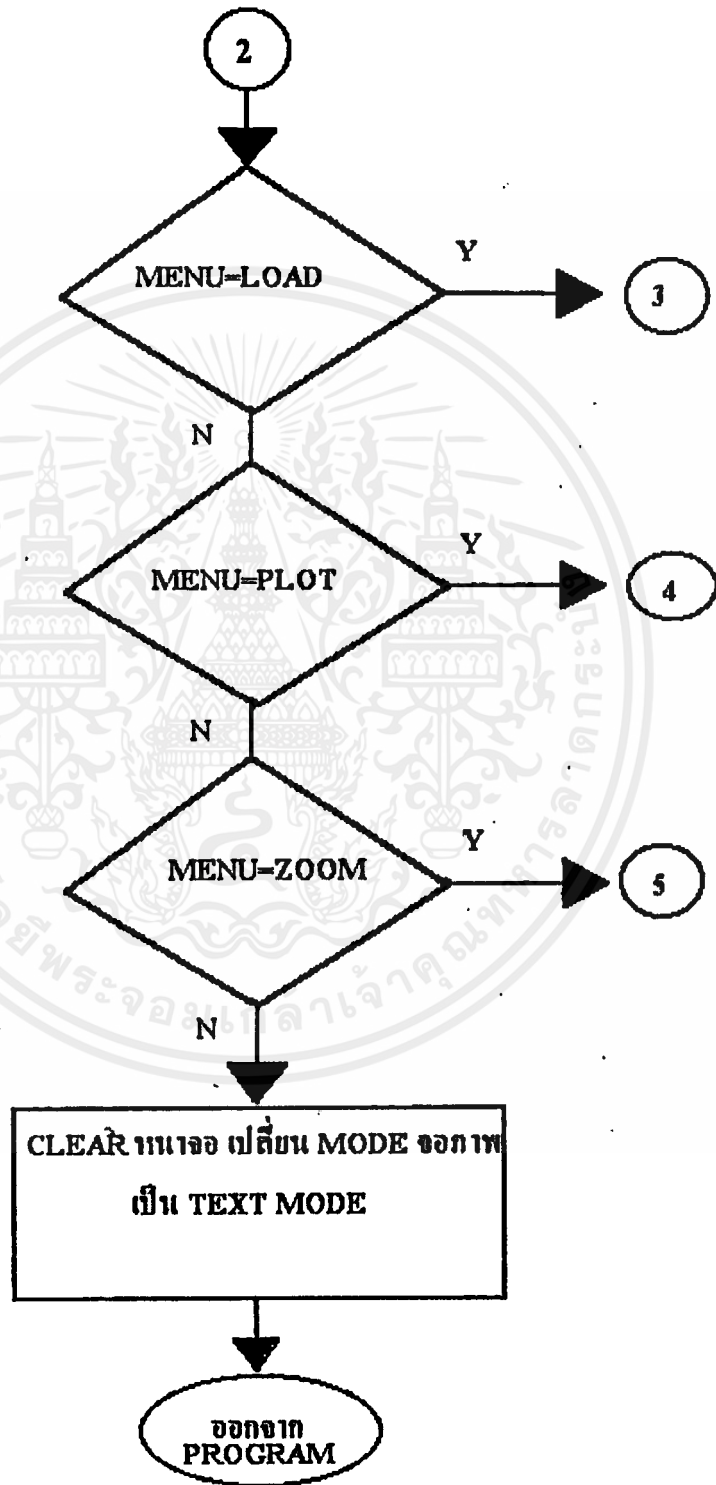
รูปที่ 4.6 ตัวอย่างภาพถ่ายระดับ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

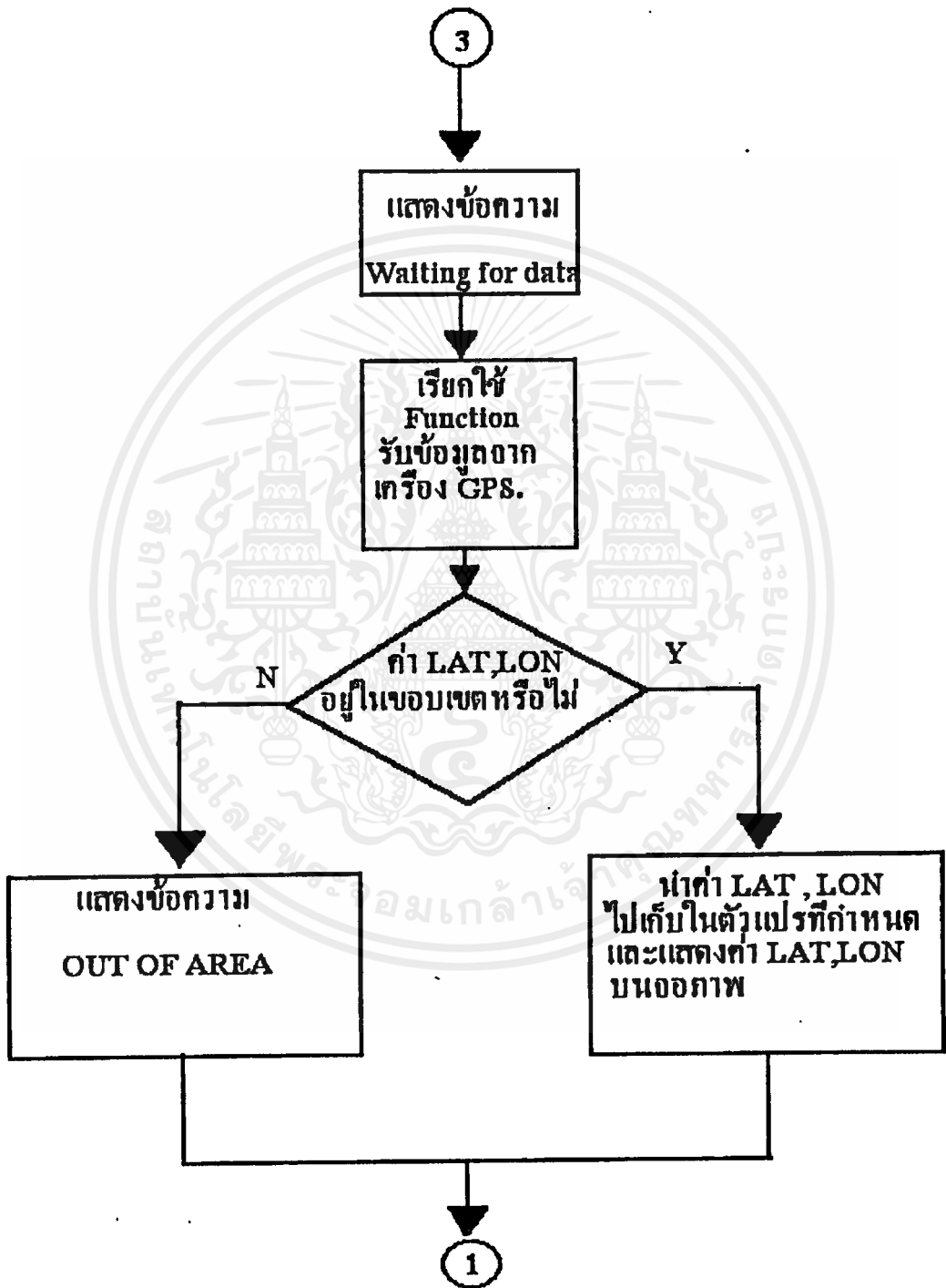
4.2.5 โครงสร้างของโปรแกรม

โครงสร้างของโปรแกรมนีเป็นส่วนของ Chart การทำงานของโปรแกรมซึ่งมีลักษณะโครงสร้างการทำงานดังนี้

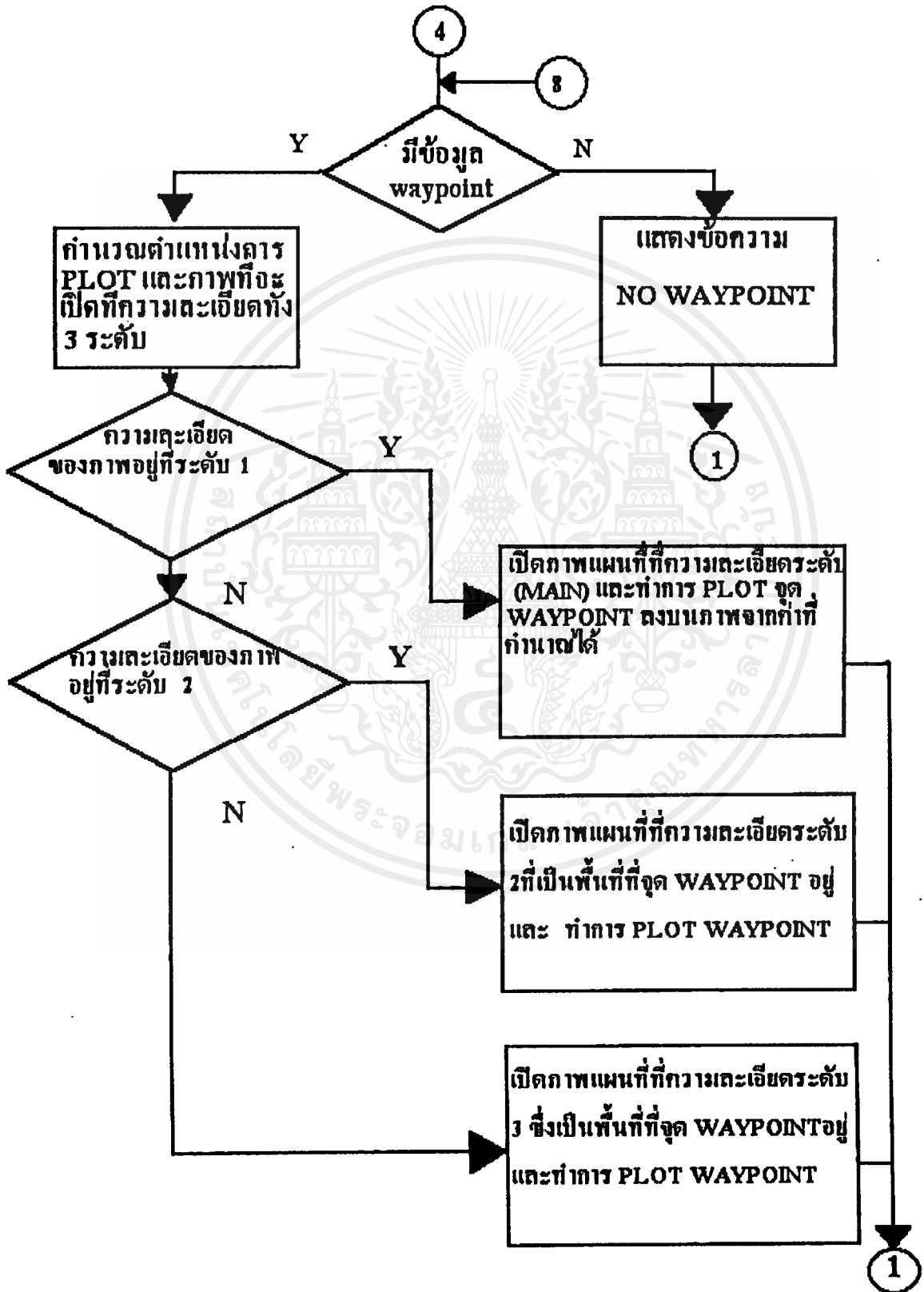




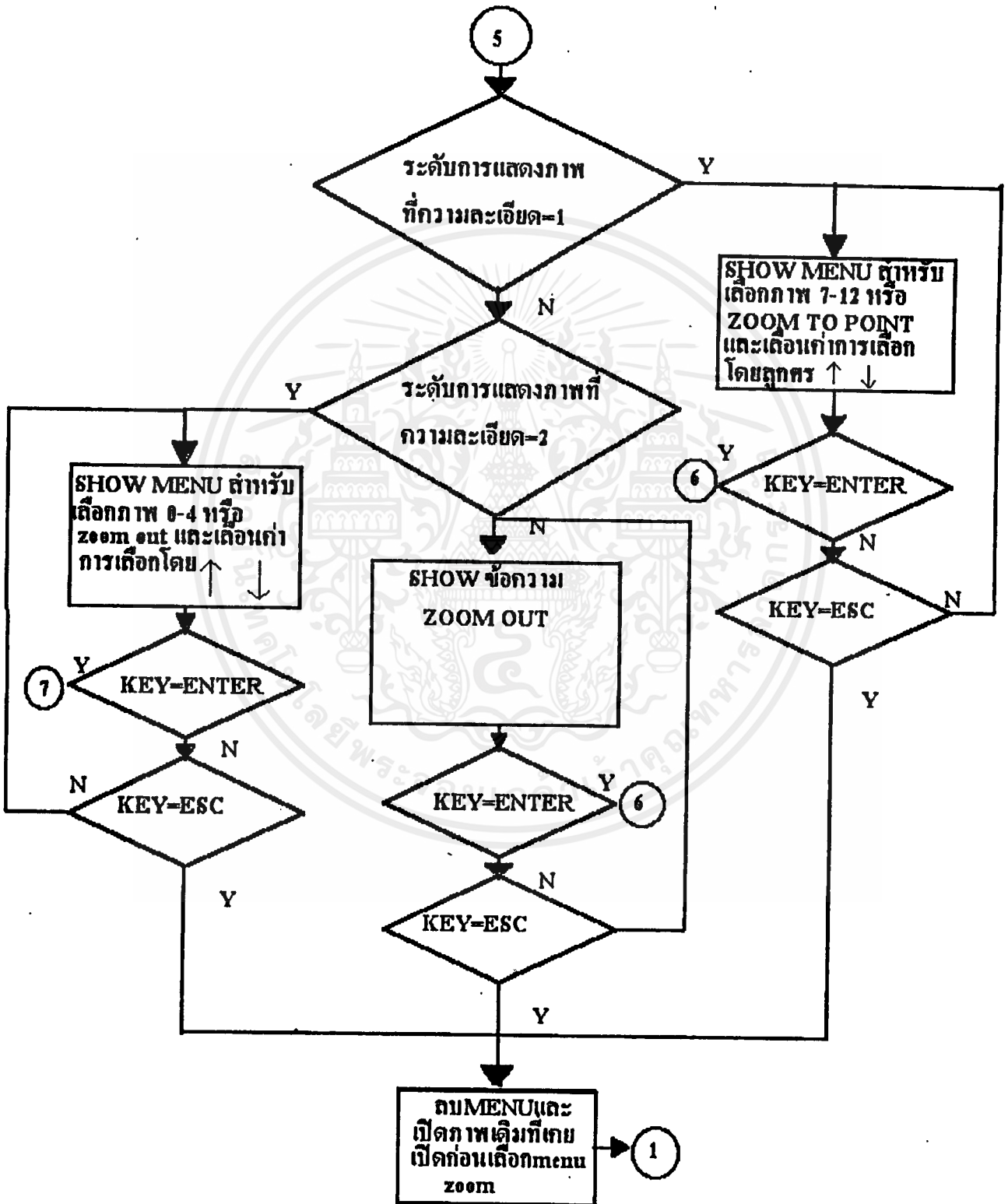
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



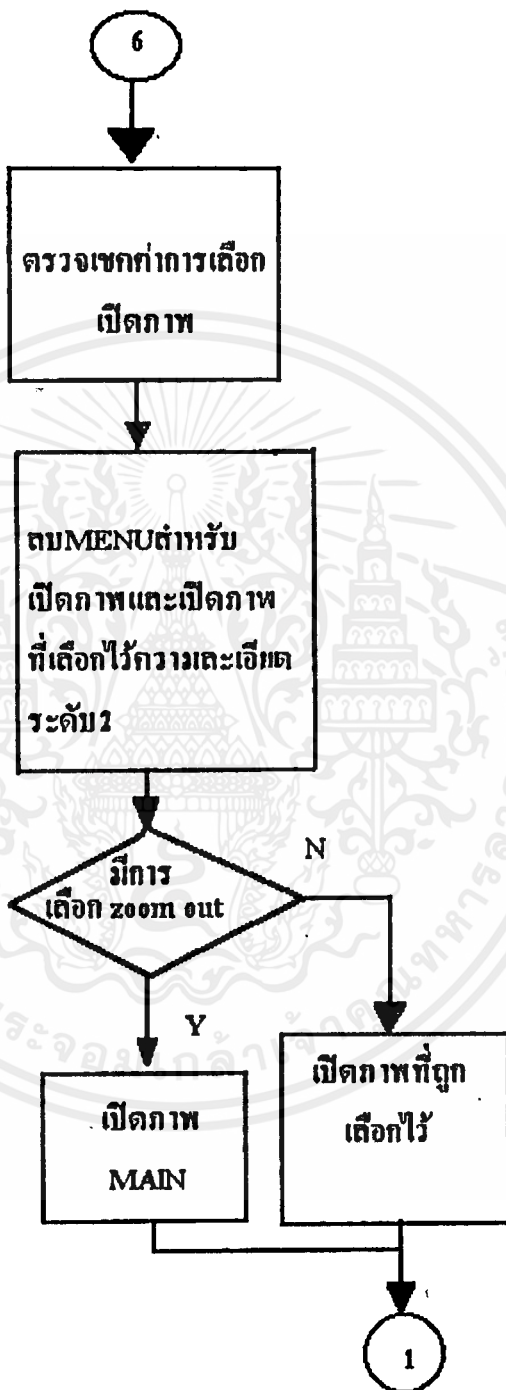
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





บทที่ 5

การใช้งานโปรแกรมระบบแสดงตำแหน่งปัจจุบันบนภาพแผนที่

การใช้งานโปรแกรมระบบแสดงตำแหน่งปัจจุบันบนภาพแผนที่ต้องมีการเตรียมการและขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 การบันทึกค่า พิกัดบนพื้นโลก

การบันทึกค่าพิกัดบนพื้นโลกนี้เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลที่ได้จากการใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS แสดงค่าพิกัดของเครื่องขณะนั้นบนพื้นโลกซึ่งค่าพิกัด ณ จุดนั้นเป็น ข้อมูลที่ต้องการนำมา Download ให้กับโปรแกรมเพื่อจะทำการแสดงจุดนั้นลงบนภาพแผนที่ เนื่องจากในโครงการนี้จะมีการ Download ข้อมูลในรูปแบบ WayPoint ซึ่งเป็น Function การทำงานอย่างหนึ่งของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS รุ่น FILED PRO V ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. บันทึกค่าพิกัดที่วัดขณะนั้นลงในหน่วยความจำในรูปแบบ WayPoint
2. จดบันทึกค่าข้อมูล Position ขณะนั้นไว้ก่อนแล้วมาทำการบันทึกลงในเครื่องในรูปแบบ WayPoint ในภายหลัง

การบันทึกข้อมูลดังกล่าวมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- Saving Position as WayPoints

Obtain a position fix or display a fix with POS in the buffer with AUX 5.

```
POS 32°26.67N
    118°29.99W
3D 172m ALT
↓
```

Press ENTER. A cursor appears in the upper left corner on the message display.

```
 32°26.67N
 118°29.99W
3D 172m ALT
↓
```

Name the waypoint. Key in one to four characters (as described in *Entering Data*) followed by ENTER. If the name you chose is already being used, the unit displays "DUPLICATE NAME." Press ENTER and key in another name.

```
MESA 32°26.67N
    118°29.99W
3D 172m ALT
↓
```

A waypoint can also be named automatically. Unit-generated names are in the format Wxxx, where xxx represents numbers 001 through 999. Waypoints are numbered in sequence. To name a waypoint automatically, press ENTER without keying in any characters.

```
W003 32°26.67N
    118°29.99W
3D 172m ALT
↓
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Entering Waypoints Manually

Press **WPT**, then **ENTER**.

```
ENTER WPT NAME
```

Key in a one- to four- character waypoint name from the alphanumeric keypad followed by **ENTER**, or press **ENTER** without making an entry to name the waypoint automatically.

```
MESA . . . N
```

NOTE

Refer to *Entering Data* for instructions on entering text from the alphanumeric keypad.

This message appears if the name you chose is already being used. Press **ENTER** and try again.

```
DUPLICATE NAME  
PRESS ENTER
```

Key in the latitude. Press **ENTER**. Use the **RIGHT ARROW** to toggle between **N** (north) and **S** (south).

```
MESA 36°06.11N
```

Key in the longitude. Use the **RIGHT ARROW** to toggle between **W** (west) and **E** (east). Press **ENTER**. The unit automatically enters the default altitude.

```
MESA 36°06.11N  
118°59.43W  
289m ALT
```

To enter a different altitude, press **CLEAR** and key in the new altitude. Use the **RIGHT ARROW** to toggle between positive and negative values. Press **ENTER**.

```
MESA 36°06.11N  
118°59.43W  
0m ALT
```

Press **ENTER** again to store this information. The **DOWN ARROW** appears on the display when the waypoint has been stored.

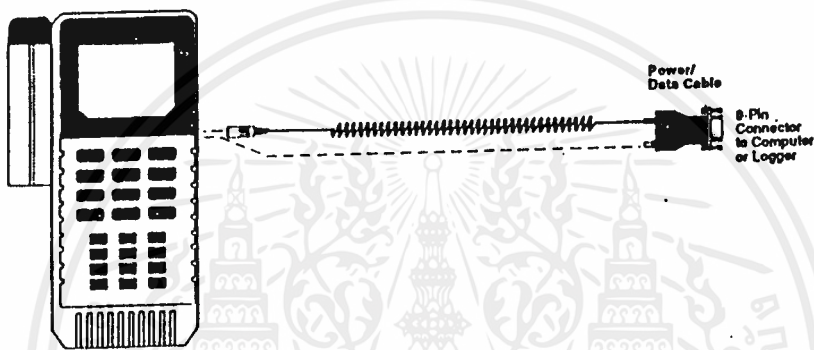
```
MESA 36°06.11N  
118°59.43W  
0m ALT  
↓
```

This message appears when there is no room to store another waypoint. You must delete a waypoint before another can be stored. See *Clearing a Waypoint*.

```
ALL WPTS IN USE!  
CLEAR A WPT  
BEFORE ENTERING
```

5.2 การเชื่อมต่อเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS กับเครื่อง PC

เป็นการใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS เข้ากับเครื่อง PC เพื่อทำการ Download ข้อมูลให้กับโปรแกรมแสดงตำแหน่งปัจจุบันบนภาพที่มีลักษณะดังรูป



5.3 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

โปรแกรมแสดงตำแหน่งปัจจุบันบนภาพแผนที่โปรแกรมนี้สามารถเรียกใช้งานได้บน Dos โดยเมื่อทำการ install File ประกอบต่าง ๆ ลงบน Hard disk หรือใน Floppy disk ที่กำลัง ใช้งานอยู่แล้วมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. เรียกโปรแกรมชื่อ GPS.EXE

C:\> GPS

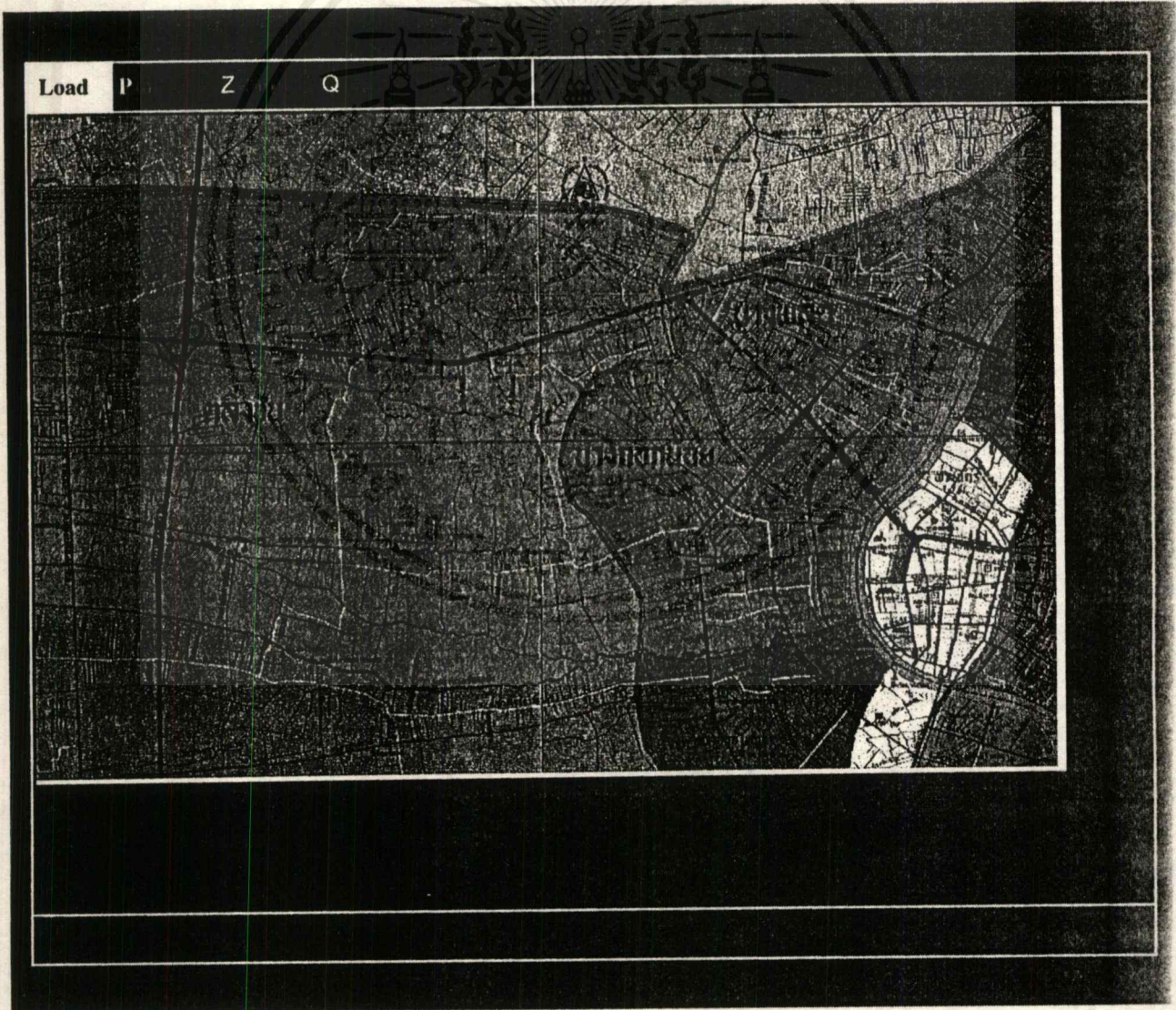
2. โปรแกรมแสดงหน้าจอดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บนหน้าจอจะแสดงภาพ MAIN และ MENU ให้เลือกว่าต้องการจะทำ MENU ไດ ซึ่งมีอยู่ 4 อย่างให้เลือกคือ

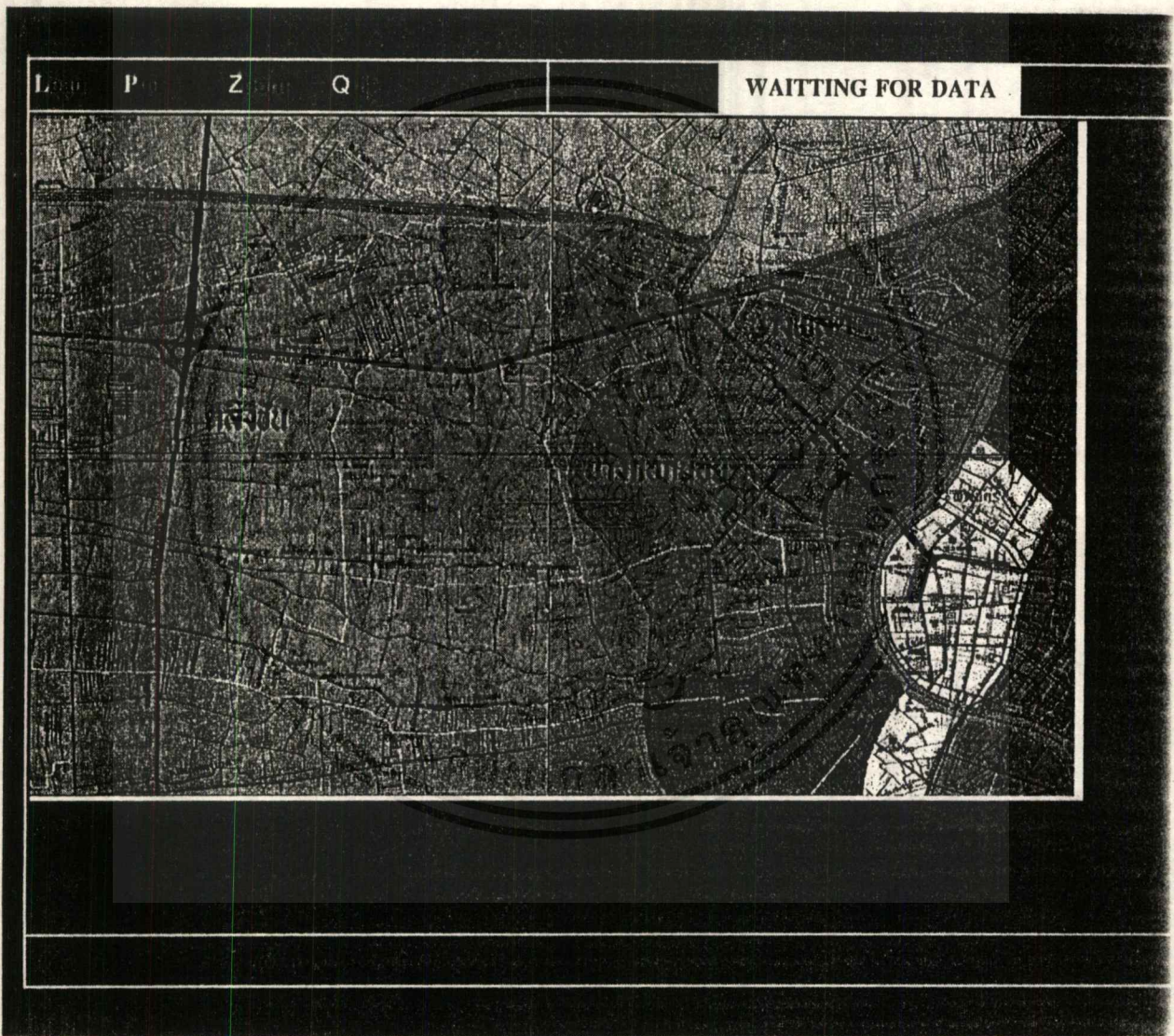
1. LOAD ใช้ในการรับค่าข้อมูลที่กััดตำแหน่งจากเครื่องรับสัญญาณ GPS. ต้องมีการเชื่อมต่อเครื่อง GPS. กับเครื่อง PC. ให้พร้อมที่จะโอนย้ายข้อมูล
2. PLOT ใช้ในการนำค่าที่รับมาจากเครื่องรับสัญญาณ GPS. มาทำการเลือกเปิดภาพแผนที่และ plot จุดที่กััดตำแหน่งนั้นลงบนแผนที่
3. ZOOM ใช้ในการ zoom ภาพแผนที่จากระดับความละเอียดหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง
4. QUIT ใช้จบการทำงานและออกจากโปรแกรม



รูปที่ 5.2 ภาพแสดงการเลือก MENU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

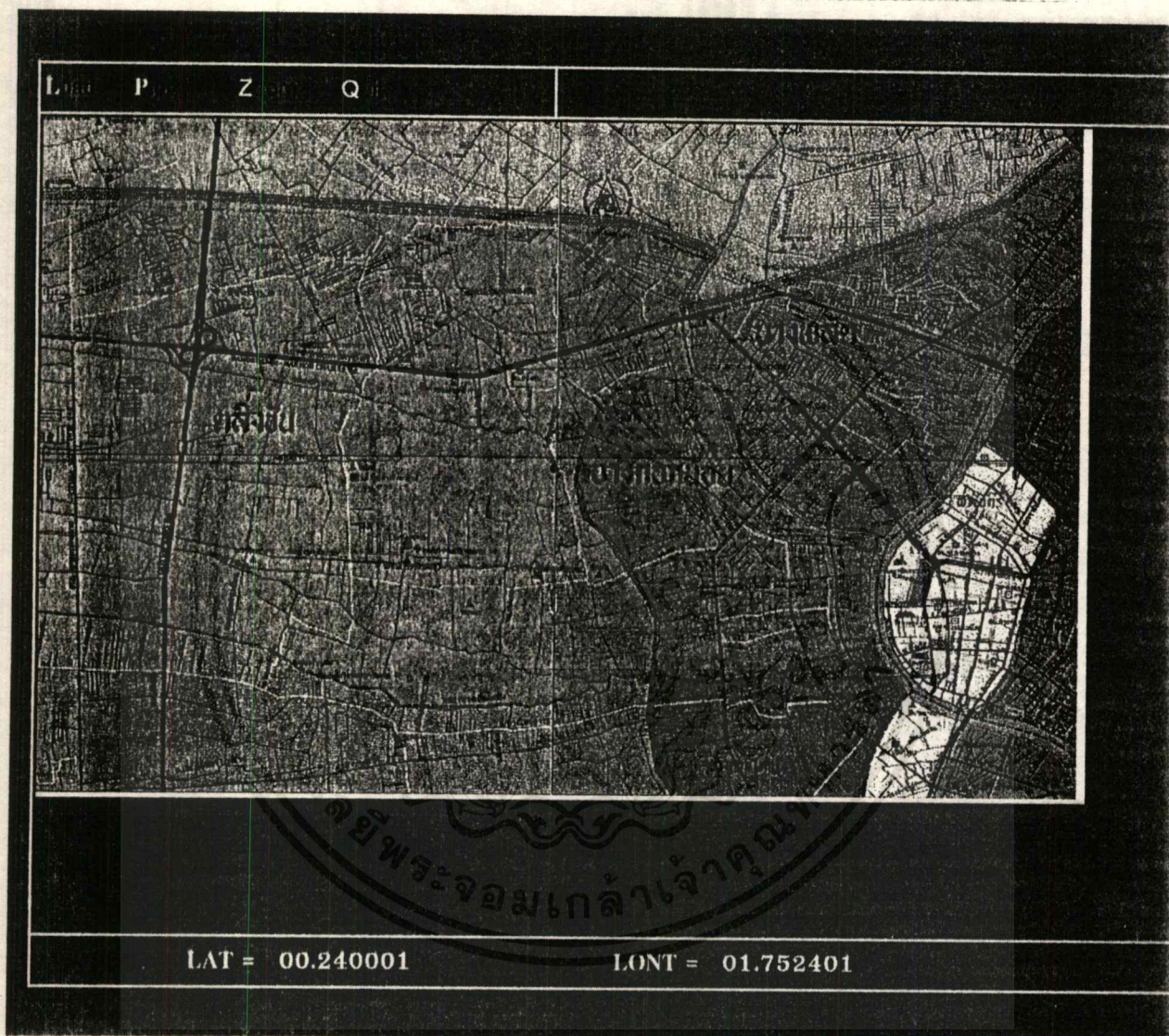
4. เมื่อเลือก LOAD และกด ENTER บนจอภาพจะแสดงข้อความดังภาพและเรา
ต้องทำการ DOWNLOAD ข้อมูลจากเครื่อง GPS.



รูปที่ 5.3 ภาพแสดงหน้าจอขณะรอรับข้อมูลพิกัดตำแหน่งจากเครื่อง GPS.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

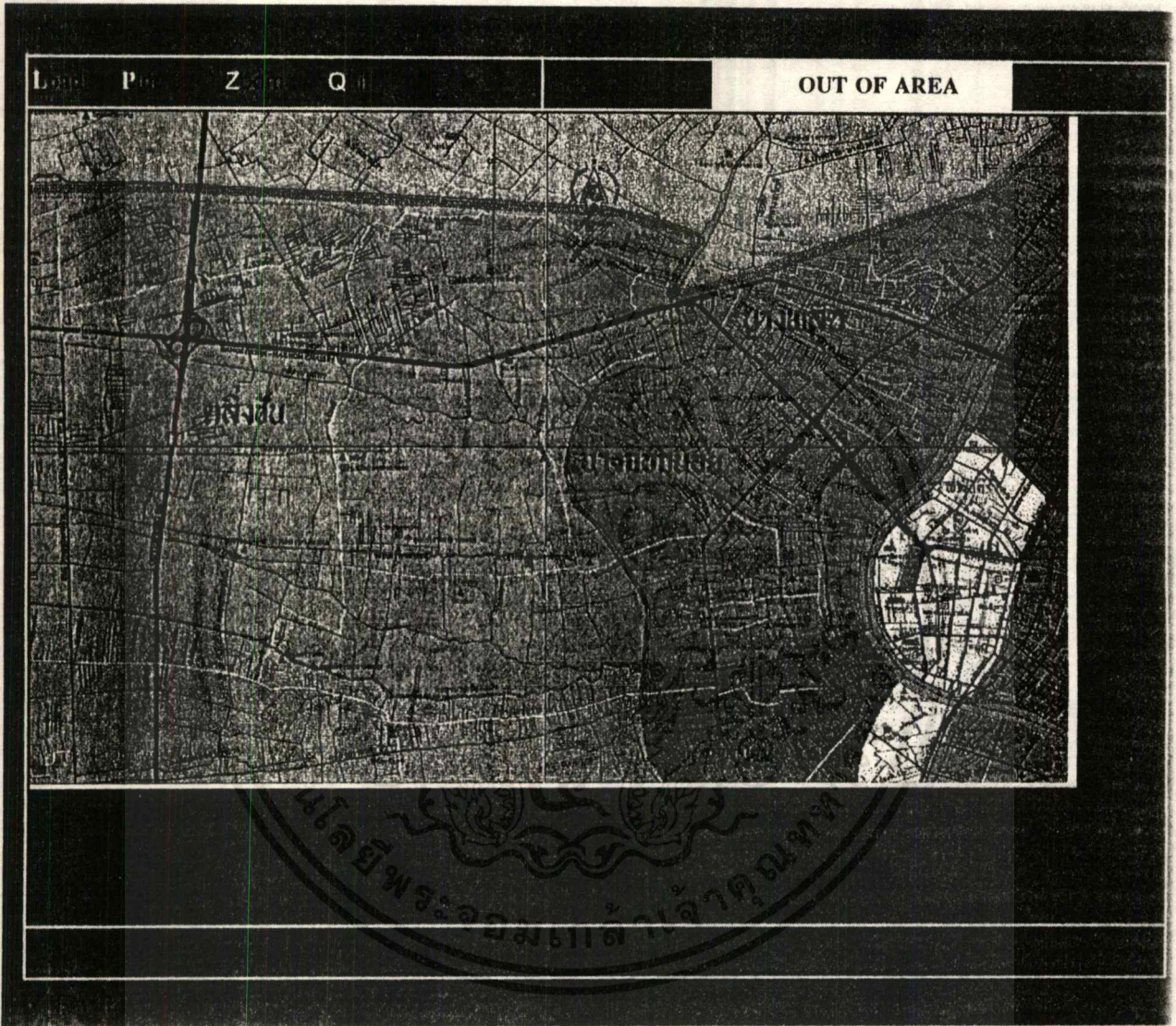
เมื่อรับข้อมูลจากเครื่อง GPS. เรียบร้อยแล้วบนหน้าจอจะแสดงค่าพิกัดให้ทราบดังรูป



รูปที่ 5.4 ภาพตัวอย่างการแสดงผลค่าพิกัดบนจอภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

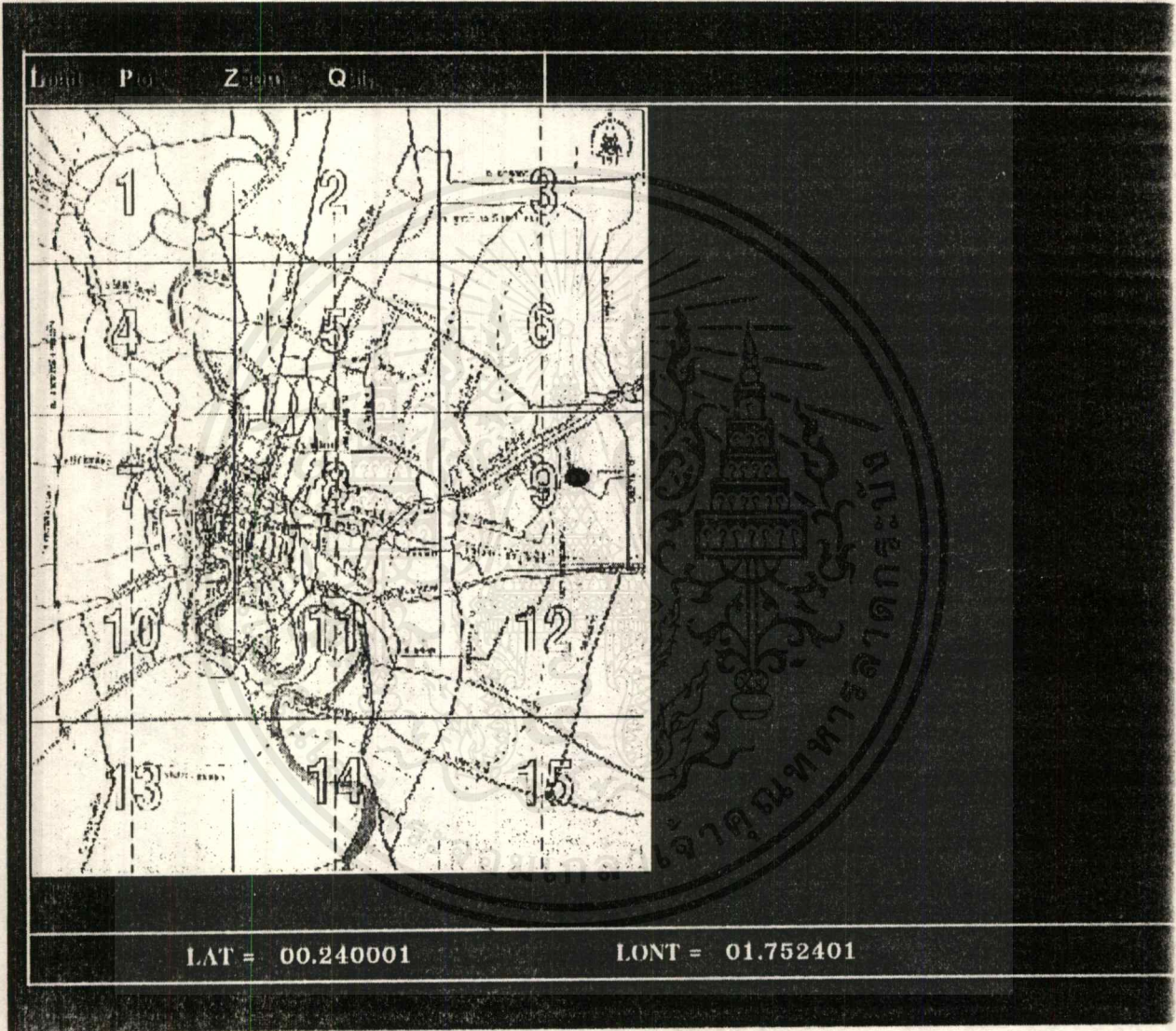
หากข้อมูลพิกัดอยู่นอกพื้นที่ที่กำหนดบนหน้าจอก็จะแสดงข้อความดังรูป



รูปที่ 5.5 ภาพหน้าจอเมื่อข้อมูลพิกัดอยู่นอกพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

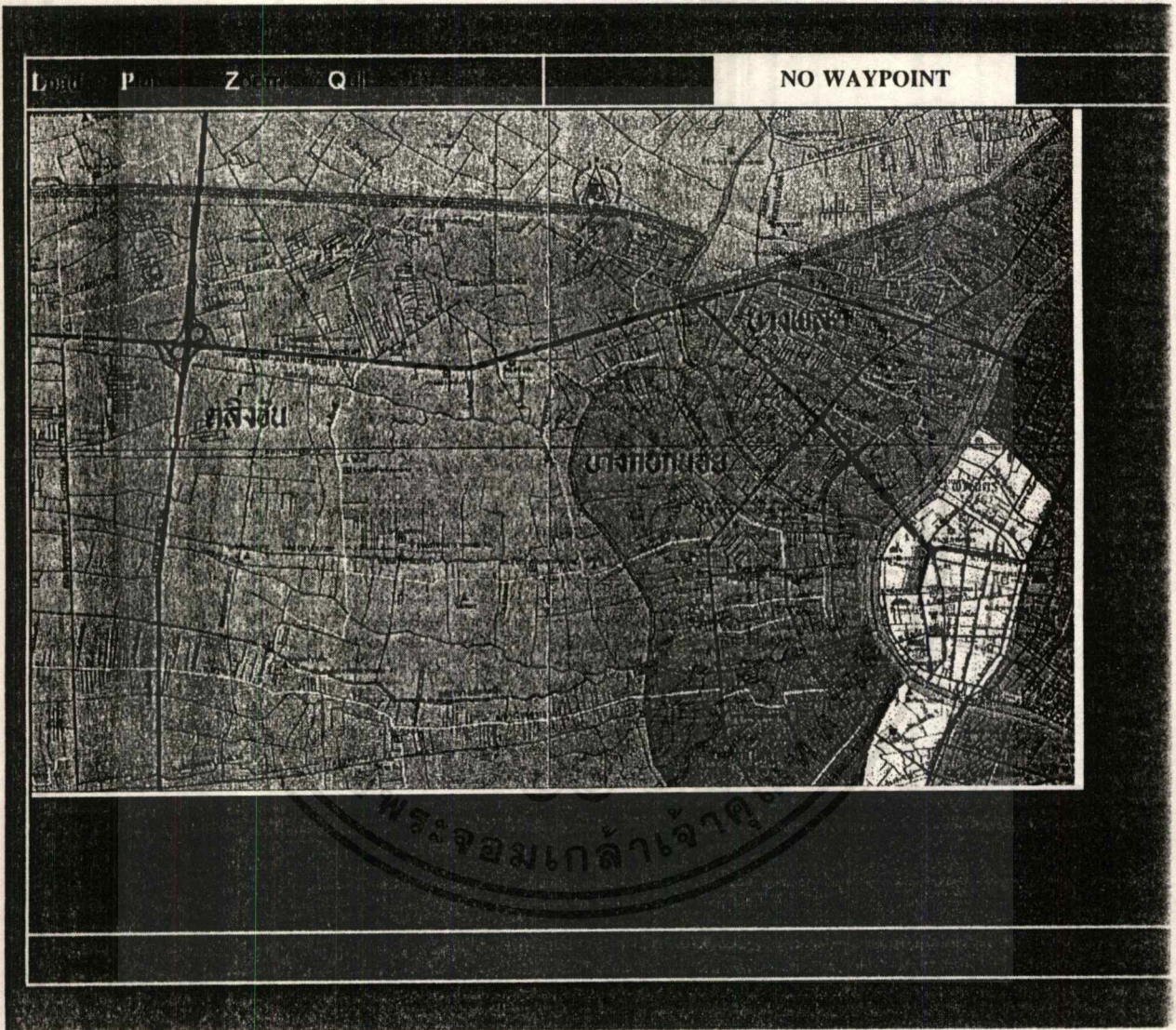
5. เมื่อเลือก MENU PLOT และกด ENTER หากมีข้อมูลที่มีพิกัดตำแหน่งอยู่ในพื้นที่บนหน้าจอจะแสดงพิกัดและ PLOT WAYPOINT บนภาพแผนที่ดังรูป



รูปที่ 5.6 ตัวอย่างแสดงการ PLOT WAYPOINT บนภาพแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

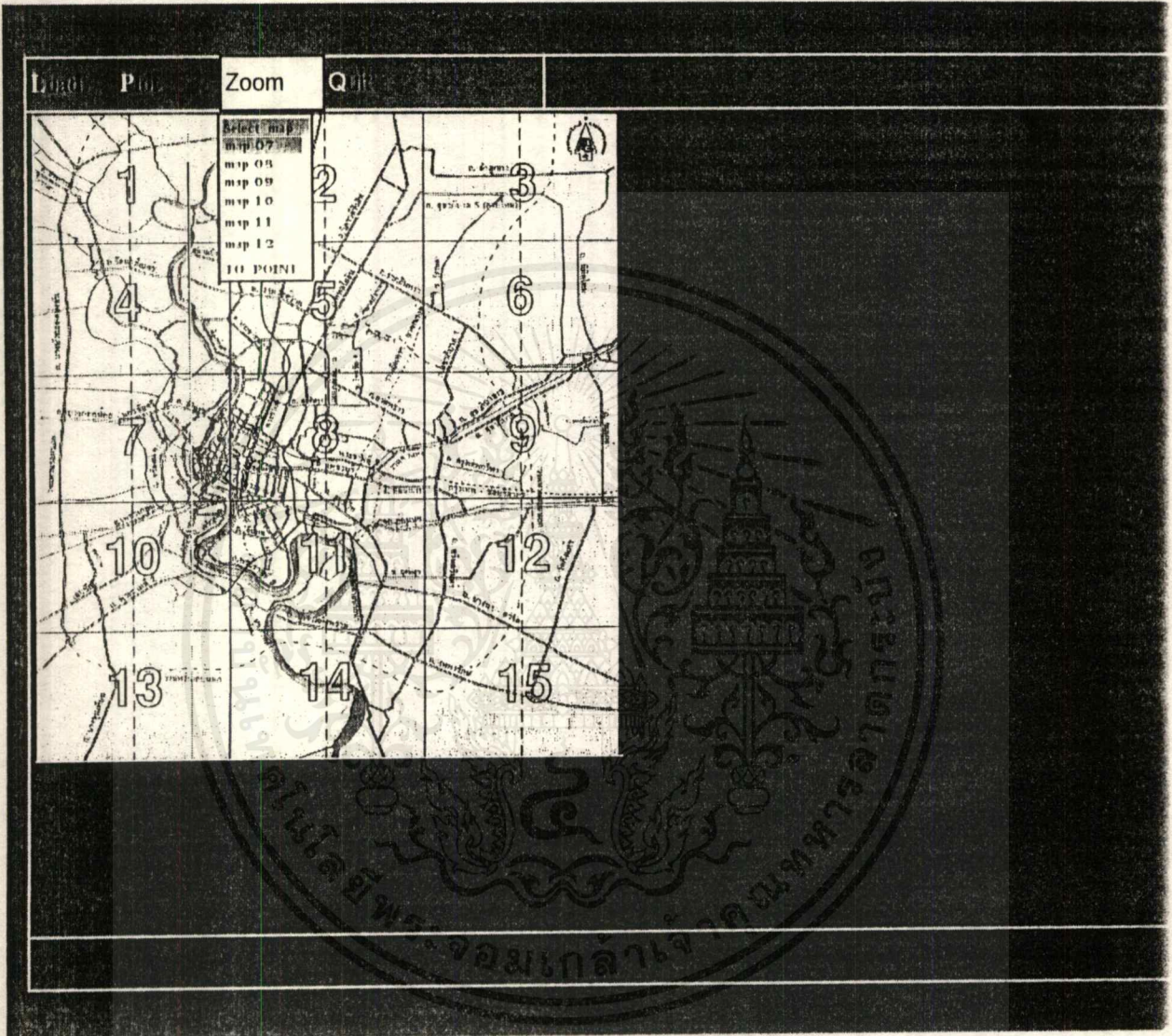
ถ้าเลือก MENU PLOT แต่ไม่มีข้อมูล WAYPOINT อยู่จอภาพจะแสดงภาพดังนี้



รูปที่ 5.7 ตัวอย่างภาพเมื่อเลือก PLOT แต่ไม่มีข้อมูล WAYPOINT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เมื่อเลือก zoom และกด ENTER บนจอจะแสดง MENU ให้เลือกภาพซึ่งขึ้นอยู่กับว่าขณะนั้นการเปิดภาพอยู่ที่ความละเอียดที่ระดับใดดังรูป



รูปที่ 5.8 ภาพ MENU เลือกเปิดภาพเมื่อภาพอยู่ที่ความละเอียดระดับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ภาพ MENU เลือกภาพขณะที่การเปิดภาพอยู่ที่ความละเอียดระดับ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ภาพ MENU เลือกภาพขณะที่การเปิดภาพอยู่ที่ความละเอียดระดับ 3

6. เมื่อเลือก MENU QUIT โปรแกรมจะทำการเปิดภาพและเปลี่ยนหมดภาพเป็น
โหมด TEXTและออกจากโปรแกรม

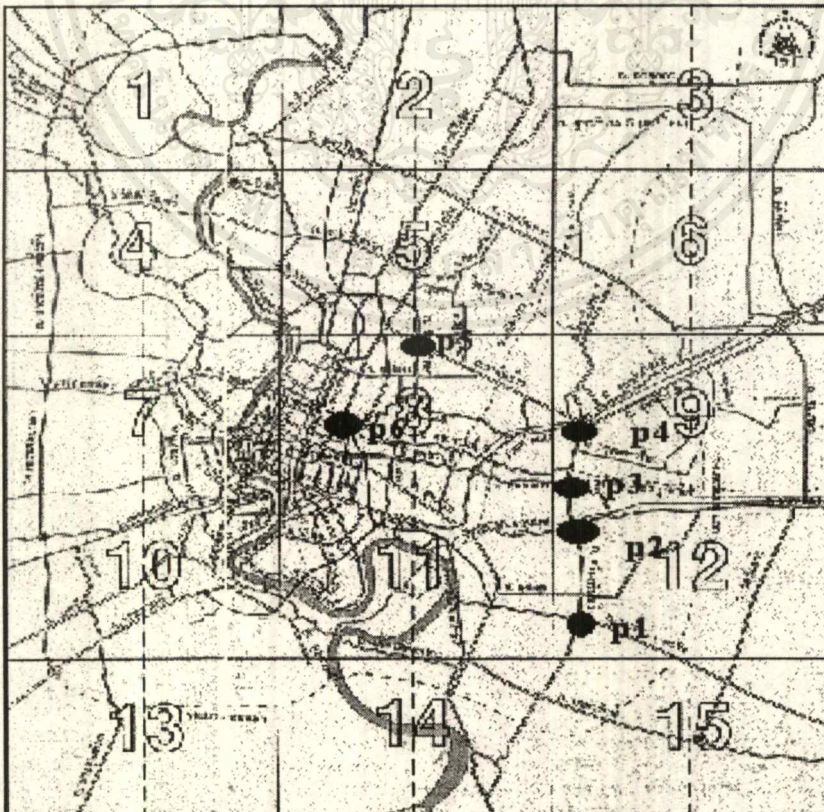
5.4 ผลการทดลอง

การทดลองใช้โปรแกรมระบบแสดงตำแหน่งปัจจุบันบนภาพแผนที่นี้จะทำการทดลอง โดยทำการเดินทางไปในเขตพื้นที่ตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้แล้วทำการบันทึก ตำแหน่งพิกัดที่สถานที่สำคัญที่มองเห็นได้เด่นชัดบนภาพแผนที่และบันทึกค่าพิกัดแต่ละจุดไว้แล้วข้อมูลเหล่านั้นมา DOWNLOAD ให้กับโปรแกรมเพื่อเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่คำนวณได้ว่าจะมีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดเพื่อใช้เปรียบเทียบ และแก้ไขให้มีความถูกต้องมากขึ้น

จุดที่ทำการเก็บค่าพิกัด

1. ถนนบางนาตราดตัดกับถนนศรีนครินทร์
2. ถนนศรีนครินทร์ตัดกับถนนอ่อนนุช
3. ถนนศรีนครินทร์ตัดกับถนนพัฒนาการ
4. ถนนศรีนครินทร์ตัดกับถนนรามคำแหง
5. ถนนลาดพร้าวตัดกับถนนรัชดาภิเษก
6. อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ

จากค่าที่คำนวณได้จุดต่าง ๆ ควรจะอยู่ในตำแหน่งบนภาพแผนที่ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาพขยายที่ความละเอียดระดับ 2 จากข้อมูลกำกับที่ให้มากับแผนที่แผนที่ที่มี
มาตราส่วน 1/50,000 หรือ 2 ซม. ต่อ 1 กม.

จากการคำนวณโดยอ้างอิงข้อมูลภาพแผนที่ที่ความละเอียดระดับ 2 ปรากฏว่าได้
ค่าต่าง ๆ ดังนี้

1 ภาพมีความกว้าง 17.8 ซม. (ค่า Latitude)

1 ภาพมีความยาว 26 ซม. (ค่า Longitude)

ความแตกต่างของค่าพิกัดต่อภาพเป็นดังนี้

ความแตกต่างทางด้านกว้าง (Latitude)=0.0014155 rad.

ความแตกต่างทางด้านยาว (Longitude)=0.003217 rad.

ดังนั้น 1 กม.มีค่าเท่ากับ $(0.0014155/(17.8/2)) = 0.00016$ rad.

จุดที่1

ค่าที่คำนวณได้

ค่าที่วัดได้

Latitude = 0.239025 rad.

Latitude = 0.239020 rad.

Longitude = 1.756953 rad.

Longitude = 1.756949 rad.

ค่าความผิดพลาด

Latitude = 0.000005 rad.

Latitude = 0.035125 Km.

Longitude = 0.000004 rad.

Longitude = 0.025 Km.

จุดที่2

ค่าที่คำนวณได้

ค่าที่วัดได้

Latitude = 0.239853 rad.

Latitude = 0.239860 rad.

Longitude = 1.756915 rad.

Longitude = 1.756921 rad.

ค่าความผิดพลาด

Latitude = 0.000007 rad.

Latitude = 0.04375 Km.

Longitude = 0.000006 rad.

Longitude = 0.0375 Km.

จุดที่3

ค่าที่คำนวณได้

ค่าที่วัดได้

Latitude = 0.240233 rad.

Latitude = 0.240229 rad.

Longitude = 1.756877 rad.

Longitude = 1.756874 rad.

ค่าความผิดพลาด

Latitude = 0.000004 rad.

Latitude = 0.025 Km.

Longitude = 0.000003 rad.

Longitude = 0.01875 Km.

จุดที่4

ค่าที่คำนวณได้

ค่าที่วัดได้

Latitude = 0.240713 rad.

Latitude = 0.240717 rad.

Longitude = 1.756953 rad.

Longitude = 1.756950 rad.

ค่าความผิดพลาด

Latitude = 0.000004 rad.

Latitude = 0.025 Km.

Longitude = 0.000003 rad.

Longitude = 0.01875 Km.

จุดที่5

ค่าที่คำนวณได้

ค่าที่วัดได้

Latitude = 0.241433 rad.

Latitude = 0.241435 rad.

Longitude = 1.755658 rad.

Longitude = 1.755664 rad.

ค่าความผิดพลาด

Latitude = 0.000002 rad.

Latitude = 0.0125 Km.

Longitude = 0.000006 rad.

Longitude = 0.0375 Km.

จุดที่6

ค่าที่คำนวณได้

ค่าที่วัดได้

Latitude = 0.240753 rad.

Latitude = 0.240745 rad.

Longitude = 1.755164 rad.

Longitude = 1.755155 rad.

ค่าความผิดพลาด

Latitude = 0.000008 rad.

Latitude = 0.05 Km.

Longitude = 0.000009 rad.

Longitude = 0.05625 Km.

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ามีค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่คำนวณได้อยู่ประมาณ 200-500 เมตร ซึ่งความผิดพลาดดังกล่าวนี้อาจจะมาจากความผิดพลาดของการคำนวณ ความผิดพลาดของเครื่องรับสัญญาณ GPS. และความผิดพลาดจากพิกัดบนแผนที่ซึ่งทำให้ได้ค่าออกมาอย่างไม่เที่ยงตรงใกล้เคียง 100%แต่โครงการนี้ต้องการเพียงบอกตำแหน่งอย่างคร่าว ๆ เพื่อให้ทราบตำแหน่งว่าอยู่บริเวณใดบนภาพแผนที่เท่านั้นจึงไม่ได้เน้นที่ความถูกต้อง 100 % อีกทั้งยังมีข้อจำกัดด้านความละเอียดของภาพแผนที่และจุด PLOT ตำแหน่งบนภาพก็กินเนื้อที่เป็นวงกลมประมาณรัศมี 100 เมตรค่าความผิดพลาดจากการทดลองนี้จึงพอที่จะยอมรับได้

บทที่ 6

บทวิจารณ์สรุป และแนวทางพัฒนา

6.1 บทสรุป

ในโครงการระบบแสดง ตำแหน่งปัจจุบันบนภาพแผนที่ทางผู้จัดทำได้วางขอบเขตความสามารถของโครงการไว้ดังนี้

- สามารถใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS แสดงและบันทึกค่าตำแหน่ง (Position) บนพื้นโลกได้
- สามารถเชื่อมต่อ เครื่องรับสัญญาณ GPS กับ PC เพื่อโอนย้ายข้อมูลได้
- สามารถเขียนโปรแกรมภาษา C เพื่อทำการแสดงตำแหน่งปัจจุบันบนภาพแผนที่ได้

โครงการนี้จะแสดงภาพแผนที่ส่วนหนึ่ง ของพื้นที่เขตพระนครที่มีความละเอียด 1024x768 จุด และแสดงสีได้ 256 สี

ความมุ่งหมายของผู้จัดทำโครงการนี้ คือ เพื่อนำเสนอเทคโนโลยีเกี่ยวกับระบบ GPS และแสดงการนำข้อมูลจากเครื่องมือในระบบ GPS มาทำการประยุกต์ใช้งานโดยมุ่งเน้นให้เป็นการนำเสนอเทคโนโลยีที่ใหม่และยังมีการใช้งานหรือเป็นที่รู้จักในวงแคบอยู่ ดังนั้น โครงการนี้อาจยังไม่มีความสมบูรณ์เพียงพอ แต่ก็สามารถเป็นแนวทางที่จะนำไปพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น เพื่อประโยชน์ทางด้านการศึกษาต่อไป

6.2 แนวทางในการพัฒนา

จากหลักการของโครงการนี้ คือ การนำข้อมูลที่ได้จากระบบ GPS มาประยุกต์ใช้งานจะเห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการพัฒนาแนวความคิดนี้ ให้ดียิ่งขึ้นอีกมากมาย เช่น

- การแสดงตำแหน่งบนภาพแผนที่ที่มีความละเอียด และมีข้อมูลภาพแผนที่มากกว่า โครงการนี้
- การพัฒนาเป็นระบบบอกเส้นทางการเดินทางโดยรถยนต์ซึ่งอาจมีรายละเอียดของเส้นทางเดินทาง ซึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร มีเส้นทางเดินทางรถยนต์อยู่มากมายจึงเป็นประโยชน์อย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
#include <mem.h>
#include <string.h>
#include <bios.h>
#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include "xms.c"
#define OFF 0x00
#define COM1 0x3f8
#define COM2 0x2f8
#define STATUS 0x2fd

struct FILEINFO
{
    unsigned width,depth;
    unsigned bytes;
        /*byte per line*/
    char bits;        /* bits per pixel*/
    char plane;        /*No. of plane for display (color)*/
    char palette[768]; /*palette of taget buffer*/
    unsigned int rowsperstrip,count,samples,planarconfig,compression,
        bitpersample;
    unsigned long bytecount,offset;
    int background,flags;
};

struct FILEINFO fi;

int taget,zome=0,zome1=1,zome2=1,boug,ranger=0;
int menu1=0,tmenu=0,r=0,t=0,waypoint1[9],waypoint2[9];
double latpoint0,latpoint1,latpoint2,lonpoint0,lonpoint1,lonpoint2;
char picture[1000],*point1[9],*point2[9];
char data[400];
unsigned long cnt_buff;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

char palet_tab[768];    /* palette of screen image */
int modegph,loadkha,potx0,poty0,potx1,poty1,potx2,poty2;
int pointstat2=0,pointstat1=0;
double T1[20],T2[20];
void txtmode();
void set_graph();
void colorpalet(signed char light);
void terminate(char disp[]);
void write_gif(int,int);
void menu();
void loppap();
void papsun();
void papsum();
void papmain();
void zoom1();
void zoom2();
void zoom3();
void papzoom2();
void menu01();
void papmenu();
void plotkha();
void waypoint();
void rubkha();
void pap3();
void papesc();
void zoomout();
/*****
/*      MAIN      */
/*****
void main()
{
int cntx,cnty;
char key;
/*-----allocate extend memory-----*/
if(!xmsinstall())
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

printf("XMS not installed\n");
exit(0);
}
taget=xmsalloc(480);
if(taget==OFF)
{
printf("Not enough Extended memory\n");
exit(1);
}

```

```

ranger=1;
modegph=4;
set_graph();
menu();
}

/*****/
void bxtmode()
{
_AX=0x0003;
geninterrupt(0x10);
}

/*****/
/* Set graphic display */
/*****/

int huge detect256(void) {return modegph;}
void set_graph()
{
int gresult;
int graph_driver = DETECT;
int graph_mode;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*mode 0 = 320 * 200
   1 = 640 * 350
   2 = 640 * 480
   3 = 800 * 600
   4 = 1024 * 768 */

installuserdriver("svga256",detect256);      /* mode 2 */

initgraph(&graph_driver,&graph_mode,"");

if ((grresult = graphresult()) < 0)
{
    closegraph();
    terminate(grapherrormsg(grresult));
}
}

/*****/
void putline()
{
    xmswriteoff(picture,taget,fi.width,cnt_buff);
    cnt_buff=cnt_buff+fi.width;
}

/*****/
/* set color palette */
/*****/

/*set the vga palette and background */
void colorpalet()
{
    int i,j;
    union REGS r;
    outp(0x3c6,0xff);
    for(i=0;i<256;++i)
    {
        outp(0x3c8,i);
        for(j=0;j<3;j++)
            outp(0x3c9,palet_tab[j*256+i]);
    }

    r.x.ax=0x1001;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

r.h.bh=0; /*page*/
int86(0x10,&r,&r);
}
/*****/
void terminate(char disp[])
{
txtmode();
printf("%s",disp);
xmsfree(taget);
exit(0);
}
/*****/
/*      write_gif      */
/*****/
void write_gif(int d,int w)
{
int cntx,cnty;

for(cnty=0;cnty<fi.depth;cnty++)
{
xmsreadoff(picture,taget,fi.width,(long)cnty*fi.width);
for(cntx=0;cntx<fi.width;cntx++)
putpixel(cntx+w,cnty+d,picture[cntx]);
}
}

/*****/
/*      Menu      */
/*****/
void menu ()
{
int i;
char ch;
cleardevice();
setcolor(255);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

line(1,1,getmaxx(),1);
line(1,getmaxy()-1,getmaxx()-1,getmaxy()-1);
line(1,getmaxy()-24,getmaxx()-1,getmaxy()-24);
line(getmaxx()-1,1,getmaxx()-1,getmaxy()-1);
line(1,1,1,getmaxy()-1);
line(1,25,getmaxx()-1,25);
line((getmaxx()/2)-50,1,(getmaxx()/2)-50,25);
settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
setcolor(155);
outtextxy(8,5,"Load");
setcolor(255);
outtextxy(8,5,"L");
setcolor(0);
outtextxy(875,95,"1");
setcolor(155);
outtextxy(95,5,"Plot");
setcolor(255);
outtextxy(95,5,"P");
setcolor(155);
outtextxy(185,5,"Zoom");
setcolor(255);
outtextxy(185,5,"Z");
setcolor(155);
outtextxy(270,5,"Quit");
setcolor(255);
outtextxy(270,5,"Q");

                                unpack_gif("K1.GIF");
                                memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
                                colorpalet(0);
                                write_gif(27,3);

for(i=0;i<400;i++)data[i]='0';
loadkha=0;
while(1) {
    ch=getch();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(ch=='q') { tmenu++;
                menu1=4;
                menu01();
            }

if(ch=='Q') { tmenu++;
                menu1=4;
                menu01();
            }

if(ch=='z') {
                tmenu++;
                menu1=3;
                menu01();
            }

if(ch=='Z') { tmenu++;
                menu1=3;
                menu01();
            }

if(ch=='l'){ tmenu++;
                menu1=1;
                menu01();
            }

if(ch=='L'){ tmenu++;
                menu1=1;
                menu01();
            }

if(ch=='p'){ tmenu++;
                menu1=2;
                menu01();
            }

}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void menu01()
{ int tt;
while(1) {

if(menu1==4)
    {
        setfillstyle(SOLID_FILL,255);
        bar(262,2,342,24);
        settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
        setcolor(0);
        outtextxy(270,5,"Quit");
        setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(2,2,80,24);
        setcolor(155);
        outtextxy(8,5,"Load");
        setcolor(255);
        outtextxy(8,5,"L");
        setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(87,2,167,24);
        settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
        setcolor(155);
        outtextxy(95,5,"Plot");
        setcolor(255);
        outtextxy(95,5,"P");
        setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(177,2,257,24);
        settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
        setcolor(155);
        outtextxy(185,5,"Zoom");
        setcolor(255);
        outtextxy(185,5,"Z");
    }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }

if(menu1==3)
    {
        setfillstyle(SOLID_FILL,255);
        bar(177,2,257,24);
        settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
        setcolor(0);
        outtextxy(185,5,"Zoom");
        setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(2,2,80,24);
        setcolor(155);
        outtextxy(8,5,"Load");
        setcolor(255);
        outtextxy(8,5,"L");
        setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(87,2,167,24);
        settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
        setcolor(155);
        outtextxy(95,5,"Plot");
        setcolor(255);
        outtextxy(95,5,"P");
        setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(262,2,342,24);
        settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
        setcolor(155);
        outtextxy(270,5,"Quit");
        setcolor(255);
        outtextxy(270,5,"Q");
    }

if(menu1==1)
    {
        setfillstyle(SOLID_FILL,255);
        bar(2,2,80,24);

        settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        setcolor(0);
        outtextxy(8,5,"Load");
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(262,2,342,24);
    settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
        setcolor(155);
        outtextxy(270,5,"Quit");
        setcolor(255);
        outtextxy(270,5,"Q");
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(177,2,257,24);
    settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
        setcolor(155);
        outtextxy(185,5,"Zoom");
        setcolor(255);
        outtextxy(185,5,"Z");
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(87,2,167,24);
    settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
        setcolor(155);
        outtextxy(95,5,"Plot");
        setcolor(255);
        outtextxy(95,5,"P");
    }
if(menu1==2)
    {
        setfillstyle(SOLID_FILL,255);
        bar(87,2,167,24);
    settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
        setcolor(0);
        outtextxy(95,5,"Plot");
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(2,2,80,24);
        setcolor(155);
        outtextxy(8,5,"Load");
    }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setcolor(255);
outtextxy(8,5,"L");
setfillstyle(SOLID_FILL,0);
bar(262,2,342,24);
settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
setcolor(155);
outtextxy(270,5,"Quit");
setcolor(255);
outtextxy(270,5,"Q");
setfillstyle(SOLID_FILL,0);
bar(177,2,257,24);
settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
setcolor(155);
outtextxy(185,5,"Zoom");
setcolor(255);
outtextxy(185,5,"Z");
}
tt=getch();
if(tt==13)
{ if(menu1==4) { closegraph(); exit(0);}
if(menu1==3) { zome++;
if(zome>3) zome=1;
if(zome==1) zoom1();
if(zome==2) zoom2();
if(zome==3) zoom3();
break;
}
if(menu1==2){ papesc();
waypoint();
break;
}
if(menu1==1){
loadkha=1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        plotkha();
        break;
    }
}
if(tt==27) { papesc(); break; }
if(tt==32) { menu1++; if(menu1>4) menu1=1; }
if(tt==76) { menu1=1; }
if(tt==108){ menu1=1; }
if(tt==112){ menu1=2; }
if(tt==90) { menu1=3; }
if(tt==122){ menu1=3; }
if(tt==81) { menu1=4; }
if(tt==113){ menu1=4; }
}
}

void plotkha() { int ju;
                papesc();
                setfillstyle(SOLID_FILL,255);
                bar(530,2,900,24);
                setcolor(206);
                outtextxy(590,5,"WAITING FOR DATA");
                rubkha();

                setfillstyle(SOLID_FILL,0);
                bar(530,2,900,24);

                if(ranger==0)
                { loadkha=0;
                  setfillstyle(SOLID_FILL,255);
                  bar(610,2,805,24);
                  setcolor(206);
                  outtextxy(620,5,"OUT OF AREA");
                  delay(500000);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(530,2,900,24);
    }
    if(ranger!=0)
    {
        setcolor(255);
        outtextxy(125,748,"LAT =");
        outtextxy(505,748,"LON =");
        for(ju=0;ju<9;ju++)
        {
            setcolor(255);
            outtextxy(220+(ju*18),748,&point1[ju]);
            outtextxy(600+(ju*18),748,&point2[ju]);
        }
    }
}

void papesc()
{
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
    bar(2,2,80,24);
    setcolor(155);
    outtextxy(8,5,"Load");
    setcolor(255);
    outtextxy(8,5,"L");
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
    bar(87,2,167,24);
    ,settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
    setcolor(155);
    outtextxy(95,5,"Plot");
    setcolor(255);
    outtextxy(95,5,"P");
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
    bar(262,2,342,24);

    settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        setcolor(155);
        outtextxy(270,5,"Quit");
        setcolor(255);
        outtextxy(270,5,"Q");
        setfillstyle(SOLID_FILL,0);
        bar(177,2,257,24);
        settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
        setcolor(155);
        outtextxy(185,5,"Zoom");
        setcolor(255);
        outtextxy(185,5,"Z");
    }
void loppap()
{
    int cntx,cnty;
    for(cnty=0;cnty<640;cnty++)
    {
        xmsreadoff(picture,taget,fi.width,(long)cnty*fi.width);
        for(cntx=0;cntx<980;cntx++)
            putpixel(cntx+3,cnty+27,0);
    }
}

void papsum()
{
    cleardevice();
    setcolor(255);
    line(1,1,getmaxx(),1);
    line(1,getmaxy()-1,getmaxx()-1,getmaxy()-1);
    line(1,getmaxy()-24,getmaxx()-1,getmaxy()-24);
    line(getmaxx()-1,1,getmaxx()-1,getmaxy()-1);
    line(1,1,1,getmaxy()-1);
    line(1,25,getmaxx()-1,25);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

line((getmaxx()/2)-50,1,(getmaxx()/2)-50,25);
settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
setcolor(155);
outtextxy(8,5,"Load");
setcolor(255);
outtextxy(8,5,"L");
setcolor(0);
outtextxy(875,95,"1");
setcolor(155);
outtextxy(95,5,"Plot");
setcolor(255);
outtextxy(95,5,"P");
setcolor(155);
outtextxy(185,5,"Zoom");
setcolor(255);
outtextxy(185,5,"Z");
setcolor(155);
outtextxy(270,5,"Quit");
setcolor(255);
outtextxy(270,5,"Q");
}

void papmain()
{
    unpack_gif("K1.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(27,3);
}

void papzoom2()
{
    if(zome1==1)
    {
        unpack_gif("K07.GIF");
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
}

if(zome1==2)
{
unpack_gif("K08.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
}
if(zome1==3)
{
unpack_gif("K09.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
}
if(zome1==4)
{
unpack_gif("K10.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
}
if(zome1==5)
{
unpack_gif("K11.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
}
if(zome1==6)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        unpack_gif("K12.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
    }
    if(zome1==7)
    {

        waypoint();

    }
}
void zoom1()
{
while(1){
    setfillstyle(SOLID_FILL,255);
    bar(173,1,258,187);
    setfillstyle(SOLID_FILL,50);
    bar(175,33,258,45);
    setcolor(0);
    settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
    outtextxy(185,8,"Zoom");
    settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
    outtextxy(177,35,"select map");
    setcolor(0);
    line(173,2,258,2);
    line(173,3,258,3);
    line(173,187,258,187);
    line(173,186,258,186);
    line(173,3,173,187);
    line(174,3,174,187);
    line(258,3,258,187);
    line(257,3,257,187);
    line(173,25,258,25);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
line(173,26,258,26);
```

```
if(zome1==1) {  
    setfillstyle(SOLID_FILL,250);  
    bar(177,50,245,65);  
    setfillstyle(SOLID_FILL,255);  
}
```

```
if(zome1==2) {  
    setfillstyle(SOLID_FILL,250);  
    bar(177,70,245,85);  
}
```

```
if(zome1==3) {  
    setfillstyle(SOLID_FILL,250);  
    bar(177,90,245,105);  
}
```

```
if(zome1==4) {  
    setfillstyle(SOLID_FILL,250);  
    bar(177,110,245,125);  
}
```

```
if(zome1==5) {  
    setfillstyle(SOLID_FILL,250);  
    bar(177,130,245,145);  
}
```

```
if(zome1==6) {  
    setfillstyle(SOLID_FILL,250);  
    bar(177,150,245,165);  
}
```

```
if(zome1==7) {  
    setfillstyle(SOLID_FILL,250);  
    bar(177,170,245,183);  
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setcolor(200);
outtextxy(180,55,"MAP 7");
outtextxy(180,75,"MAP 8");
outtextxy(180,95,"MAP 9");
outtextxy(180,115,"MAP 10");
outtextxy(180,135,"MAP 11");
outtextxy(180,155,"MAP 12");
outtextxy(180,173,"TO POINT");
boug=getch();
if(boug==72) zome1=zome1-1;
if(boug==80) zome1=zome1+1;
if(zome1>7) zome1=1;
if(zome1<1) zome1=7;
if(boug==27) {
    zome=0;
    papsum();
    papmain();
    break;
}
if(boug==13) {
    papsum();
    papzoom2();
    if(ranger==0)
    {if(zome1==7)
        zome=0;
        ranger=1;
        papmain();}
    break;
}
}
}

```

void zoom2()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{

while(1){

    setfillstyle(SOLID_FILL,255);
    bar(173,1,258,170);
    setfillstyle(SOLID_FILL,50);
    bar(175,33,258,45);
    setcolor(0);
    settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
    outtextxy(185,8,"Zoom");
    settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
    outtextxy(177,35,"select map");
    setcolor(0);
    line(173,2,258,2);
    line(173,3,258,3);
    line(173,170,258,170);
    line(173,169,258,169);
    line(173,3,173,170);
    line(174,3,174,170);
    line(258,3,258,170);
    line(257,3,257,170);
    line(173,25,258,25);
    line(173,26,258,26);

    if(zome2==1) {
        setfillstyle(SOLID_FILL,250);
        bar(177,50,245,65);
    }

    if(zome2==2) {
        setfillstyle(SOLID_FILL,250);
        bar(177,70,245,85);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(zome2==3) {
    setfillstyle(SOLID_FILL,250);
    bar(177,90,245,105);
}
if(zome2==4) {
    setfillstyle(SOLID_FILL,250);
    bar(177,110,245,125);
}
if(zome2==5) {
    setfillstyle(SOLID_FILL,250);
    bar(177,130,245,145);
}
setcolor(200);
outtextxy(180,55,"MAP 1");
outtextxy(180,75,"MAP 2");
outtextxy(180,95,"MAP 3");
outtextxy(180,115,"MAP 4");
outtextxy(180,135,"ZOOM OUT");
boug=getch();
if(boug==72) zome2=zome2-1;
if(boug==80) zome2=zome2+1;
if(zome2>5) zome2=1;
if(zome2<1) zome2=5;
if(boug==27) {
    zome=1;
    papsum();
    papmenu();
    break;
}

if(boug==13) { if(zome2<5)
    {
        pap3();
        break;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }

    if(zome2==5)
    { zome=0;
      papsum();
      papmain();
      break;
    }
  }
}

void zoom3()
{
  while(1){
    setfillstyle(SOLID_FILL,255);
    bar(173,1,258,50);
    setcolor(0);
    settextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
    outtextxy(185,8,"Zoom");

    setcolor(0);
    line(173,2,258,2);
    line(173,3,258,3);
    line(173,50,258,50);
    line(173,49,258,49);
    line(173,3,173,50);
    line(174,3,174,50);
    line(258,3,258,50);
    line(257,3,257,50);
    line(173,25,258,25);
    line(173,26,258,26);
    setfillstyle(SOLID_FILL,253);
    bar(177,30,245,45);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setcolor(200);
setttextstyle( DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
outtextxy(180,35,"ZOOM OUT");
boug=getch();
if(boug==13) {
            tmenu=0;
            zome=1;
            papsum();
            papmenu();
            break;
        }
if(boug==27)
    {
        zome=2;
        papsum();
        pap3();
        break;
    }
}
void pap3()
    { if(zome1==1)
        {
            if(zome2==1)
                {
                    papsum();
                    unpack_gif("K0711.GIF");
                    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
                    colorpalet(0);
                    write_gif(27,3);
                    unpack_gif("K0712.GIF");
                    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
                }
            }
        }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==2)
    {
        papsun();
        unpack_gif("K0721.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0722.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==3)
    {
        papsun();
        unpack_gif("K0731.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0732.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==4)
    {
        papsun();
        unpack_gif("K0741.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0742.GIF");
    }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
}
if(zome1==2)
{
if(zome2==1)
{
papsum();
unpack_gif("K0811.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K0812.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
if(zome2==2)
{
papsum();
unpack_gif("K0821.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K0822.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
if(zome2==3)
{
papsum();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        unpack_gif("K0831.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0832.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==4)
    {
        papsun();
        unpack_gif("K0841.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0842.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
}
if(zome1==3)
{
    if(zome2==1)
    {
        papsun();
        unpack_gif("K0911.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0912.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==2)
    {
        papsun();
        unpack_gif("K0921.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0922.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==3)
    {
        papsun();
        unpack_gif("K0931.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0932.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==4)
    {
        papsun();
        unpack_gif("K0941.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

    }
    if(zome2==3)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K1031.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K1032.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==4)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K1041.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K1042.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
}
}
if(zome1==5)
{
    if(zome2==1)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K1111.GIF");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K1112.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
if(zome2==2)
{
papsun();
unpack_gif("K1121.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K1122.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
if(zome2==3)
{
papsun();
unpack_gif("K1131.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K1132.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(zome2==4)
{
    papsun();
    unpack_gif("K1141.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(27,3);
    unpack_gif("K1142.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(347,3);
}
}
if(zome1==6)
{
    if(zome2==1)
    {
        papsun();
        unpack_gif("K1211.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K1212.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
}
if(zome2==2)
{
    papsun();
    unpack_gif("K1221.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

write_gif(27,3);
unpack_gif("K1222.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
if(zome2==3)
{
papsun();
unpack_gif("K1231.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K1232.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
if(zome2==4)
{
papsun();
unpack_gif("K1241.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K1242.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

void papmenu()
{ if(zome==0)
  {
    papsum();
    papmain();
  }
  if(zome==1)
  {
    if(zome1==1)
    {
      papsum();
      unpack_gif("K07.GIF");
      memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
      colorpalet(0);
      write_gif(27,3);
    }
    if(zome1==2)
    {
      papsum();
      unpack_gif("K08.GIF");
      memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
      colorpalet(0);
      write_gif(27,3);
    }
    if(zome1==3)
    {
      papsum();
      unpack_gif("K09.GIF");
      memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
      colorpalet(0);
      write_gif(27,3);
    }
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(zome1==4)
{
    papsun();
    unpack_gif("K10.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(27,3);
}
if(zome1==5)
{
    papsun();
    unpack_gif("K11.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(27,3);
}
if(zome1==6)
{
    papsun();
    unpack_gif("K12.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(27,3);
}
}
if(zome==2)
{
    if(zome1==1)
    {
        if(zome2==1)
        {
            papsun();
            unpack_gif("K0711.GIF");
            memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
            colorpalet(0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

write_gif(27,3);
unpack_gif("K0712.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
if(zome2==2)
{
papsum();
unpack_gif("K0721.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K0722.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
if(zome2==3)
{
papsum();
unpack_gif("K0731.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K0732.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
if(zome2==4)
{
papsum();
unpack_gif("K0741.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0742.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
}
if(zome1==2)
{
    if(zome2==1)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K0811.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0812.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==2)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K0821.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0822.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==3)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        papsum();
        unpack_gif("K0831.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0832.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==4)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K0841.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0842.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
}
if(zome1==3)
{
    if(zome2==1)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K0911.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0912.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==2)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K0921.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0922.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==3)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K0931.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0932.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==4)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K0941.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K0942.GIF");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
}
if(zome1==4)
{
    if(zome2==1)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K1011.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K1012.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==2)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K1021.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K1022.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==3)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K1031.GIF");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K1032.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
if(zome2==4)
{
papsum();
unpack_gif("K1041.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K1042.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
}
if(zome1==5)
{
if(zome2==1)
{
papsum();
unpack_gif("K1111.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(27,3);
unpack_gif("K1112.GIF");
memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
colorpalet(0);
write_gif(347,3);
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(zome2==2)
{
    papsun();
    unpack_gif("K1121.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(27,3);
    unpack_gif("K1122.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(347,3);
}
if(zome2==3)
{
    papsun();
    unpack_gif("K1131.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(27,3);
    unpack_gif("K1132.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(347,3);
}
if(zome2==4)
{
    papsun();
    unpack_gif("K1141.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(27,3);
    unpack_gif("K1142.GIF");
    memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
    colorpalet(0);
    write_gif(347,3);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

        unpack_gif("K1232.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
    if(zome2==4)
    {
        papsum();
        unpack_gif("K1241.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(27,3);
        unpack_gif("K1242.GIF");
        memmove(palet_tab,fi.palette,256*3);
        colorpalet(0);
        write_gif(347,3);
    }
}
void rubkha()
{
    double r1=10,r2=10,sig11,sig1=0,sig2=0,sig22;
    int i,en=0,ad=0,k,jum,tt;
    int add1=0,add2=0,bo1,bo2;
    r1=r2=10;
    tt=0;

    for(i=0;i<400;i++)

    {

        while((inportb(STATUS)==0x60))
        {}
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

data[i]=inportb(COM2);
/* printf("%c",data[i]);*/
if(data[i]=='+')tt=tt+1;
if(tt>6) break;
}

```

```

for(i=0;i<20;i++) T1[i]=T2[i]=0;
jum=0;
for(i=0;i<400;i++)
{
if(ad>5)
jum++;
if(data[i]=='E')
en=en+1;
if(data[i]=='+')
ad=ad+1;

if(en==5)
{ add1=add1+1;

```

```

if(add1==4)
{ if(data[i]=='0')
sig1=1;
if(data[i]=='1')
sig1=10;
if(data[i]=='2')
sig1=100;
if(data[i]=='3')
sig1=1000;
if(data[i]=='4')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sig1=10000;
}

if(add1==2)
{

if(data[i]=='+')
bo1=0;
if(data[i]=='-')
bo1=1;

}

if(data[i]!='+')
{ if(add1>7)
{
waypoint2[t]=i;
t++;
if(data[i]!='.')
{
if(data[i]=='0')
T2[jum]=T2[jum]+0;
if(data[i]=='1')
T2[jum]=T2[jum]+(1*r2);
if(data[i]=='2')
T2[jum]=T2[jum]+2*r2;
if(data[i]=='3')
T2[jum]=T2[jum]+3*r2;
if(data[i]=='4')
T2[jum]=T2[jum]+4*r2;
if(data[i]=='5')
T2[jum]=T2[jum]+5*r2;
if(data[i]=='6')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        T2[jum]=T2[jum]+6*r2;
    if(data[i]=='7')
        T2[jum]=T2[jum]+7*r2;
    if(data[i]=='8')
        T2[jum]=T2[jum]+8*r2;
    if(data[i]=='9')
        T2[jum]=T2[jum]+9*r2;
    r2=r2/10;
    }
    }
}

if(en==6)
{ add2=add2+1;
  if(add2==4)
    { if(data[i]=='0')
      sig2=1;
      if(data[i]=='1')
        sig2=10;
      if(data[i]=='2')
        sig2=100;
      if(data[i]=='3')
        sig2=1000;
      if(data[i]=='4')
        sig2=10000;
    }

  if(add2==2)
    { if(data[i]=='+') bo2=0;
      if(data[i]=='-') bo2=1;
    }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(en==4)
{
    if(data[i]!='+')

    { if(ad==3)

    { waypoint1[r]=i;
      r++;
      if(data[i]!='.')

      { if(data[i]=='0')
        T1[jum]=T1[jum]+0;
        if(data[i]=='1')
          T1[jum]=T1[jum]+(1*r1);
        if(data[i]=='2')
          T1[jum]=T1[jum]+2*r1;
        if(data[i]=='3')
          T1[jum]=T1[jum]+3*r1;
        if(data[i]=='4')
          T1[jum]=T1[jum]+4*r1;
        if(data[i]=='5')
          T1[jum]=T1[jum]+5*r1;
        if(data[i]=='6')
          T1[jum]=T1[jum]+6*r1;
        if(data[i]=='7')
          T1[jum]=T1[jum]+7*r1;
        if(data[i]=='8')
          T1[jum]=T1[jum]+8*r1;
        if(data[i]=='9')
          T1[jum]=T1[jum]+9*r1;
        r1=r1/10;

      }
    }
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    }
}

if(en==7)
{
    en++;
    if(bo1==0) sig11=sig1;
    if(bo1==1) sig11=1/sig1;
    if(bo2==0) sig22=sig2;
    if(bo2==1) sig22=1/sig2;
    T1[jum]=T1[jum]*sig11;
    T2[jum]=T2[jum]*sig22;
}

if(ad==9)
{
    ad=0;
    en=0;
    r1=r2=10;
    add1=add2=0;
}

}

```

```

if(T1[0]<0.238713) ranger=0;
if(T1[0]>0.241544) ranger=0;
if(T2[0]<1.752194) ranger=0;
if(T2[0]>1.758628) ranger=0;
if(ranger!=0){
    T1[0]=(T1[0]-0.238713)*10000;
    T2[0]=(T2[0]-1.752194)*10000;
    latpoint2=T1[0]/0.011;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

lonpoint2=T2[0]/0.0112;

}

/* printf("%f\n%f",latpoint2,lonpoint2);*/

for(r=0;r<9;r++) { point1[r]=data[waypoint1[r]];
                    point2[r]=data[waypoint2[r]];

                    }
                    point1[8]=point1[7];
                    point1[7]=point1[6];
                    point1[6]=point1[5];
                    point1[5]=point1[4];
                    point1[4]=point1[3];
                    point1[3]=point1[1];
                    point1[1]='0';

}

/*****
/***** way point *****/
/*****

void waypoint()
{ int ju;
  if(loadkhai=0)
  {

if(latpoint2>=1920)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    if(lonpoint2>=4800) pointstat2=6;
    if(lonpoint2>=3840)
        { if(lonpoint2<4800) pointstat2=5; }
    if(lonpoint2>=2880)
        { if(lonpoint2<3840) pointstat2=4; }
    if(lonpoint2>=1920)
        { if(lonpoint2<2880) pointstat2=3; }
    if(lonpoint2>=960)
        { if(lonpoint2<1920) pointstat2=2; }
    if(lonpoint2<960) pointstat2=1;
}

if(latpoint2>=1280)
    { if(latpoint2<1920)
        {
            if(lonpoint2>=4800) pointstat2=12;
            if(lonpoint2>=3840)
                { if(lonpoint2<4800) pointstat2=11; }
            if(lonpoint2>=2880)
                { if(lonpoint2<3840) pointstat2=10; }
            if(lonpoint2>=1920)
                { if(lonpoint2<2880) pointstat2=9; }
            if(lonpoint2>=960)
                { if(lonpoint2<1920) pointstat2=8; }
            if(lonpoint2<960) pointstat2=7;
        }
    }

if(latpoint2>=640)

    {if(latpoint2<1280)
        {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(lonpoint2>=4800) pointstat2=18;
if(lonpoint2>=3840)
{ if(lonpoint2<4800) pointstat2=17; }
if(lonpoint2>=2880)
{ if(lonpoint2<3840) pointstat2=16; }
if(lonpoint2>=1920)
{ if(lonpoint2<2880) pointstat2=15; }
if(lonpoint2>=960)
{ if(lonpoint2<1920) pointstat2=14; }
if(lonpoint2<960) pointstat2=13;
```

```
}}
if(latpoint2<640)
{
if(lonpoint2>=4800) pointstat2=24;
if(lonpoint2>=3840)
{ if(lonpoint2<4800) pointstat2=23; }
if(lonpoint2>=2880)
{ if(lonpoint2<3840) pointstat2=22; }
if(lonpoint2>=1920)
{ if(lonpoint2<2880) pointstat2=21; }
if(lonpoint2>=960)
{ if(lonpoint2<1920) pointstat2=20; }
if(lonpoint2<960) pointstat2=19;
```

```
}
```

```
latpoint0=latpoint2*0.092578;
lonpoint0=lonpoint2*0.092361;
latpoint1=latpoint2*0.410156;
lonpoint1=lonpoint2*0.3984375;
```

```
/*
```

```
printf("\n\n\n");
printf("%f\n%f\n",lonpoint0,latpoint0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

printf("%lf\n%lf\n",lonpoint1,latpoint1);
printf("%lf\n%lf\n",lonpoint2,latpoint2);
getch(); */
if(zome==0){

    zoomout();
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
    pieslice(potx0,poty0,0,360,7);

setcolor(255);

    outtextxy(125,748,"LAT =");
    outtextxy(505,748,"LON =");

    for(ju=0;ju<9;ju++)
    {
        setcolor(255);
        outtextxy(220+(ju*18),748,&point1[ju]);
        outtextxy(600+(ju*18),748,&point2[ju]);
    }
}
if(zome==1)
{
    zoomout();
    papmenu();
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
    pieslice(potx1,poty1,0,360,10);

setcolor(255);

    outtextxy(125,748,"LAT =");
    outtextxy(505,748,"LON =");

    for(ju=0;ju<9;ju++)
    {
        setcolor(255);
        outtextxy(220+(ju*18),748,&point1[ju]);
        outtextxy(600+(ju*18),748,&point2[ju]);
    }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(zome==2)
{
    zoomout();
    papmenu();
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
    pieslice(potx2,poty2,0,360,10);
    setcolor(255);

    outtextxy(125,748,"LAT =");
    outtextxy(505,748,"LON =");

    for(ju=0;ju<9;ju++)
    {
        setcolor(255);
        outtextxy(220+(ju*18),748,&point1[ju]);
        outtextxy(600+(ju*18),748,&point2[ju]);
    }
}

if(loadkha==0)
{
    ranger=0;
    setfillstyle(SOLID_FILL,255);
    bar(610,2,805,24);
    setcolor(206);
    outtextxy(620,5,"NO WAYPOINT");
    delay(500000);
    setfillstyle(SOLID_FILL,0);
    bar(530,2,900,24);

}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void zoomout()
```

```
{
```

```
    if(pointstat2==1) { zome1=1; zome2=1; }  
    if(pointstat2==2) { zome1=1; zome2=2; }  
    if(pointstat2==3) { zome1=2; zome2=1; }  
    if(pointstat2==4) { zome1=2; zome2=2; }  
    if(pointstat2==5) { zome1=3; zome2=1; }  
    if(pointstat2==6) { zome1=3; zome2=2; }  
    if(pointstat2==7) { zome1=1; zome2=3; }  
    if(pointstat2==8) { zome1=1; zome2=4; }  
    if(pointstat2==9) { zome1=2; zome2=3; }  
    if(pointstat2==10) { zome1=2; zome2=4; }  
    if(pointstat2==11) { zome1=3; zome2=3; }  
    if(pointstat2==12) { zome1=3; zome2=4; }  
    if(pointstat2==13) { zome1=4; zome2=1; }  
    if(pointstat2==14) { zome1=4; zome2=2; }  
    if(pointstat2==15) { zome1=5; zome2=1; }  
    if(pointstat2==16) { zome1=5; zome2=2; }  
    if(pointstat2==17) { zome1=6; zome2=1; }  
    if(pointstat2==18) { zome1=6; zome2=2; }  
    if(pointstat2==19) { zome1=4; zome2=3; }  
    if(pointstat2==20) { zome1=4; zome2=4; }  
    if(pointstat2==21) { zome1=5; zome2=3; }  
    if(pointstat2==22) { zome1=5; zome2=4; }  
    if(pointstat2==23) { zome1=6; zome2=3; }  
    if(pointstat2==24) { zome1=6; zome2=4; }
```

```
    potx0=lonpoint0+3;
```

```
    poty0=241+27+(237-latpoint0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(zome1==1) {

    potx1=lonpoint1+3;
    poty1=1050-latpoint1+27;

}

if(zome1==4) {

    potx1=lonpoint1+3;
    poty1=1050-latpoint1+27-525;

}

if(zome1==2){
    potx1=lonpoint1+3-765;
    poty1=1050-latpoint1+27;
}

if(zome1==5){
    potx1=lonpoint1+3-765;
    poty1=1050-latpoint1+27-525;
}

if(zome1==3){
    potx1=lonpoint1+3-1530;
    poty1=1050-latpoint1+27;
}

if(zome1==6){
    potx1=lonpoint1+3-1530;
    poty1=1050-latpoint1+27-525;
}

```

```

if(pointstat2==1)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        potx2=lonpoint2+3;
        poty2=2560+27-latpoint2;
    }
if(pointstat2==2)
    {
        potx2=lonpoint2+3-960;
        poty2=2560+27-latpoint2;
    }
if(pointstat2==3)
    {
        potx2=lonpoint2+3-1920;
        poty2=2560+27-latpoint2;
    }
if(pointstat2==4)
    {
        potx2=lonpoint2+3-2880;
        poty2=2560+27-latpoint2;
    }
if(pointstat2==5)
    {
        potx2=lonpoint2+3-3840;
        poty2=2560+27-latpoint2;
    }
if(pointstat2==6)
    {
        potx2=lonpoint2+3-4800;
        poty2=2560+27-latpoint2;
    }
if(pointstat2==7)
    {
        potx2=lonpoint2+3;
        poty2=2560+27-latpoint2-640;
    }
if(pointstat2==8)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        potx2=lonpoint2+3-960;
        poty2=2560+27-latpoint2-640;
    }
if(pointstat2==9)
    {
        potx2=lonpoint2+3-1920;
        poty2=2560+27-latpoint2-640;
    }
if(pointstat2==10)
    {
        potx2=lonpoint2+3-2880;
        poty2=2560+27-latpoint2-640;
    }
if(pointstat2==11)
    {
        potx2=lonpoint2+3-3840;
        poty2=2560+27-latpoint2-640;
    }
if(pointstat2==12)
    {
        potx2=lonpoint2+3-4800;
        poty2=2560+27-latpoint2-640;
    }
if(pointstat2==13)
    {
        potx2=lonpoint2+3;
        poty2=2560+27-latpoint2-1280;
    }
if(pointstat2==14)
    {
        potx2=lonpoint2+3-960;
        poty2=2560+27-latpoint2-1280;
    }
if(pointstat2==15)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        potx2=lonpoint2+3-1920;
        poty2=2560+27-latpoint2-1280;
    }
    if(pointstat2==16)
    {
        potx2=lonpoint2+3-2880;
        poty2=2560+27-latpoint2-1280;
    }
    if(pointstat2==17)
    {
        potx2=lonpoint2+3-3840;
        poty2=2560+27-latpoint2-1280;
    }
    if(pointstat2==18)
    {
        potx2=lonpoint2+3-4800;
        poty2=2560+27-latpoint2-1280;
    }
    if(pointstat2==19)
    {
        potx2=lonpoint2+3;
        poty2=2560+27-latpoint2-1920;
    }
    if(pointstat2==20)
    {
        potx2=lonpoint2+3-960;
        poty2=2560+27-latpoint2-1920;
    }
    if(pointstat2==21)
    {
        potx2=lonpoint2+3-1920;
        poty2=2560+27-latpoint2-1920;
    }
    if(pointstat2==22)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        {
            potx2=lonpoint2+3-2880;
            poty2=2560+27-latpoint2-1920;
        }
    if(pointstat2==23)
        {
            potx2=lonpoint2+3-3840;
            poty2=2560+27-latpoint2-1920;
        }
    if(pointstat2==24)
        {
            potx2=lonpoint2+3-4800;
            poty2=2560+27-latpoint2-1920;
        }
    /* printf("%d\n%d\n%d\n",pointstat2,zome1,zome2);
    printf("%d\n",potx0);
    printf("%d\n",poty0);
    printf("%d\n",potx1);
    printf("%d\n",poty1);
    printf("%d\n",potx2);
    printf("%d\n",poty2); */

```

})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ทรงชัย วีระวิมาศ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ จนทำให้ปริญญา นิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ตาม วัตถุประสงค์ที่คณะผู้จัดทำตั้งใจเป่าหมายไว้

และขอคุณท่าน อาจารย์ พนม เพชรจตุพร ภาควิชาวิศวกรรมระบบวัดคุม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ที่ได้มอบเอกสาร “ความรู้เกี่ยวกับระบบ GPS”

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ ของคณะผู้จัดทำ ที่ได้ให้ทุนทรัพย์และให้กำลังใจมาโดยตลอด และเพื่อนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หนังสืออ้างอิง

ธันวา ศรีประโมง, "การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม", มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 4, พ.ศ. 2538.

มนตรี พจนารถลาวัฒน์, "การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยเทอร์โบซี", บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, พ.ศ.2535.

ปิยะ นิमितยงสกุล, "เคล็ดลับ และ เทคนิคการแก้ปัญหาคอมพิวเตอร์กราฟิกส์", บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น, พ.ศ.2540.

พนม เพชรจตุพร, "ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ GPS", คณะวิศวกรรมระบบวัดคุม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

จิรศักดิ์ เหลืองอุไร, "คัมภีร์การใช้งาน การสื่อสารอนุกรมบน PC", บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, พ.ศ.2538.

Magellan GPS FIELD PRO V-USER GUIDE, Magellan Systems Corportion, 1994.