สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

Tracking Car Position Using GPS



น.ส. กุณฑนา อรุณเมตตา
น.ส. นันทินี บุญรอด
น.ส. เบญญา ปิยะธรรมสุนทร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46142
วัน, เดือน, ปี 2 0 มี.ค. 2546

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา ~~25~~

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา2544

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส
TRACKING CAR POSITION USING GPS

ผู้จัดทำ

1. น.ส. กุณฑนา อรุณเมตตา รหัสประจำตัว 41014037
2. น.ส. นันทินี บุญรอด รหัสประจำตัว 41014218
3. น.ส. เบญญา ปิยะธรรมสุนทร รหัสประจำตัว 41014236

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ. สมศักดิ์ มิตะถา)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ. เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

น.ส. กุณฑนา อรุณเมตตา
น.ส. นันทินี บุญรอด
น.ส. เบญญา ปิยะธรรมสุนทร
ร.ศ. สมศักดิ์ มิตะถา อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ นำเสนอชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ซึ่งประกอบด้วยส่วนเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่และส่วนแผนที่คอมพิวเตอร์ ส่วนเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลระหว่างการเดินทาง โดยสามารถถ่ายโอนข้อมูลพิกัด ความเร็ว เวลา ทิศทาง ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เมื่อถึงปลายทาง มีส่วนประกอบย่อยคือ เครื่องรับเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ซึ่งทำหน้าที่หาจุดพิกัด ณ ตำแหน่งนั้นๆของรถ แล้วส่งไปยังอีกส่วนย่อยคือหน่วยความจำคอมแพคแฟลช ซึ่งใช้ในการเก็บข้อมูล ส่วนวิเคราะห์การเดินทางเป็นระบบฐานความรู้แผนที่ มีส่วนประกอบย่อยคือส่วนฐานความรู้และส่วนวินิจฉัยความรู้ ส่วนวิเคราะห์การเดินทางนี้สามารถแสดงสิ่งต่างๆที่ปรากฏบนแผนที่ เช่น ถนน สถานที่ เป็นต้น และยังสามารถนำข้อมูลจากส่วนเก็บข้อมูลมาจำลองการเดินทางลงบนแผนที่นั้น และวิเคราะห์เพื่อหาความผิดปกติโดยใช้ข้อมูลเส้นทางจากแผนที่ประกอบการพิจารณา

สำหรับการเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำนั้นได้เสนอให้มีการใช้หลักการบีบอัดข้อมูลแบบฐานสองในการลดขนาดของข้อมูล โดยจะพิจารณาแต่ข้อมูลที่ใช้ซึ่งมักเป็นตัวเลขแล้วนำมาแปลงเป็นเลขฐาน 2 เพื่อลดปริมาณข้อมูล ซึ่งวิธีการนี้สามารถลดขนาดข้อมูลลงไปได้ค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังมีการเสนอหลักการรู้จำแบบวิเคราะห์โครงสร้าง ซึ่งวิธีนี้ช่วยแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนของพิกัดตำแหน่งจีพีเอสที่เกิดจากหลายสาเหตุด้วยกัน วิธีการนี้จะทำให้ระบบสามารถระบุตำแหน่งและเส้นทางรถบนแผนที่ได้ นอกจากนี้ข้อมูลตำแหน่งของเครื่องจีพีเอสยังสามารถใช้วิเคราะห์การเดินทางโดยพิจารณาจากอัตราเร็วและพิกัด ทำให้ทราบเส้นทางและความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tracking Car Position Using GPS

Ms. Kultana Arrunmetta
Ms. Nuntinee Boonrawd
Ms. Benya Piyathamsoontorn
Assoc. Prof. Somsak Mitatha Advisor

ABSTRACT

This thesis proposed a position tracking system to use in a car. It consists of a car tracking system and computer map. The tracking system employ a GPS (Global Positioning System) receiver to read a current car position and save the position in a compact flash memory then transfers data such as position speed time and direction to the computer when the car is reach its destination. We can use the map to display and locate roads as well as places on the map; additionally the map can simulate the route that the car has been traveled and can find unusual way by using information of map to consider all data

To save data in compact flash memory we adapt a binary compression technique. This technique can reduce size of data by consider the data that always be number and convert them to binary format. Moreover we adapt a syntactic pattern recognition technique to guess and select a path on the map that corresponds to path constructed from the positions obtained from the GPS. With this technique, a car position from the GPS which usually contains some errors (due to several factors) and does not match with the position that should be on the map can now be matched and therefor the car route can then be displayed as the corresponding path on the map. In addition car position analyzed from GPS data implied some unusual situation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยความช่วยเหลือจาก ร.ศ.สมศักดิ์ มิตะถาซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน รวมถึง อ.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น ที่แนะนำและให้คำปรึกษาโดยไม่จำกัดเวลา ผู้จัดทำรู้สึกทราบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ห้องฮาร์ดแวร์ทุกๆ คน ไม่ว่าจะเป็นพี่อ๊อด, พี่จุ๋ม, พี่วุฒิ, พี่เดอ, พี่เรศ และ เพื่อนๆ ทุกคน ที่ช่วยให้ข้อแนะนำดีๆ หลายอย่างให้แก่พวกเรา และ เป็นเหมือนแรงผลักดันทางอ้อมให้แก่พวกเรา

ขอขอบคุณพี่ก้อง ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับจีพีเอส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของโครงงานนี้ให้แก่พวกเรา

ขอขอบคุณ *กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด ที่ให้ใช้ข้อมูลแผนที่ในการวิจัยครั้งนี้*

ขอขอบคุณเฉื่อยน้อยที่อุปการในด้านยานพาหนะให้แก่พวกเราทุกครั้งที่จำเป็น ไม่ว่าจะไปบ้านหม้อ หรือไปซื้อจีพีเอสในช่วงแรกๆ และขอขอบคุณสำหรับความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิคของเฉื่อย ที่เป็นพระเอกขี่ม้าขาวมาช่วยพวกเราในช่วงก่อนส่งโปรเจค (ทั้งโปรเจคของเฉื่อยและของพวกเรา)

ขอขอบคุณแมดๆ ของผู้จัดทำทุกท่านที่อนุญาตให้พวกเราไปรบกวนที่ห้องอยู่เสมอ (โดยเฉพาะยา,ฝ้าย และ แนท)

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้ผู้มีพระคุณทุกท่าน

น.ส. กุณฑนา อรุณเมตตา
น.ส. นันทินี บุญรอด
น.ส. เบญญา ปิยะธรรมสุนทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการของจีพีเอส	4
2.1 ส่วนประกอบของระบบจีพีเอส	4
2.2 การหาตำแหน่งของระบบจีพีเอส	5
2.3 รหัสสุ่มเทียม	6
2.4 วิธีจีพีเอสผลต่าง	7
2.5 สัญญาณดาวเทียมจีพีเอส	7
2.6 ข่าวสารการนำร่อง	7
2.7 มาตรฐาน เอ็นเอ็มอีเอ 0183 (NMEA 0183)	8
บทที่ 3 ทฤษฎีระบบจีไอเอส	10
3.1 องค์ประกอบขอบจีไอเอส	10
3.2 การนำเข้าข้อมูล	11
3.3 การจัดเก็บข้อมูลของจีไอเอส	11
3.4 เหตุผลที่เลือกใช้ระบบจีไอเอส	12
3.5 ระบบแผนที่	13
3.6 แผนที่ดิจิตอล	13
3.7 ระบบพิกัดบนแผนที่	14
3.8 การคำนวณระยะทางบนแผนที่	15
3.9 ทฤษฎีกราฟ	15
บทที่ 4 ทฤษฎีและหลักการของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช	16
4.1 โครงสร้างภายในของการ์ดหน่วยความจำคอมแพคแฟลช	17
4.2 ระบบการทำงานพื้นฐานของคอมแพคแฟลช	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ฟังก์ชั่นการทำงานของคอมแพคแฟลช 23
4.3.1 ฟังก์ชั่นการทำงานบนหน่วยความจำคุณสมบัติของการ์ด 23
4.3.2 ฟังก์ชั่นการทำงานในการส่งข้อมูลบนI/O 24
4.3.3 ฟังก์ชั่นการทำงานในการส่งข้อมูลบนหน่วยความจำทั่วไป 25
4.3.4 ฟังก์ชั่นการทำงานในการส่งข้อมูลบนTrue IDE 25
4.4 การติดต่อทางด้านซอฟต์แวร์ 25
4.4.1 องค์ประกอบของแอดเดรสของI/Oแบบปฐมภูมิ และทุติยภูมิ 26
4.4.2 การจัดวางแอดเดรสของI/Oที่อยู่ติดกัน 26
4.4.3 การจัดวางแอดเดรสของหน่วยความจำ 27
4.4.4 การจัดวางแอดเดรสของTrue IDE 27
4.5 รีจิสเตอร์ภายในคอมแพคแฟลช 27
4.6 ชุดคำสั่งของคอมแพคแฟลช 29
บทที่5 การออกแบบระบบโครงงานชุดอุปกรณ์ 32
เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส
5.1 ขั้นตอนการออกแบบชิ้นงาน 32
5.2 โครงสร้างส่วนฮาร์ดแวร์ 33
5.3 รายละเอียดการทำงานของวงจรต่างๆ 34
5.4 การเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ 38
5.4.1 ส่วนบีบอัดข้อมูล 38
5.4.2 ส่วนจัดการหน่วยความจำคอมแพคแฟลช 42
5.5 โครงสร้างส่วนซอร์ฟแวร์ 45
5.6 ขั้นตอนการทำงานของส่วนซอร์ฟแวร์ 45
5.7 ส่วนประกอบของส่วนวิเคราะห์ข้อมูล 48
และแสดงผลการเก็บข้อมูลทางคอมพิวเตอร์
5.7.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้ 48
5.7.2 ส่วนแก้ไขและปรับปรุงข้อมูลเพื่อแสดงบนแผนที่ 49
5.7.3 ส่วนวินิจฉัย 50
5.7.4 ส่วนฐานความรู้บนแผนที่ 54
บทที่ 6 ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 56
6.1 การทดลองรับข้อมูลจากชุดอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส 56
6.2 การทดลองการบีบอัดข้อมูลและถอดรหัสข้อมูล 57
6.3 การทดลองการจำลองการเดินทางลงบนแผนที่ 57
6.4 การทดลองหลักการรู้จำเส้นทาง 58
6.5 สรุปผลการทำงาน 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6 ปัญหาในการทำงาน 59
6.7 แนวทางการพัฒนา 60
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 4 - 1 แสดงสัญญาณอินพุตและเอาท์พุต 18
ตารางที่ 4 - 2 เป็นตารางที่สรุปชุดคำสั่งของCF-ATA 30
ตารางที่ 5 - 1 ตารางแสดงจำนวนอักขระในประโยค 39
ตารางที่ 5 - 2 ตารางบีบอัดข้อมูลของประโยคชนิด จีจีเอ 39
ตารางที่ 5 - 3 ตารางบีบอัดข้อมูลของประโยคชนิด วีทีจี 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 1 - 1 รูปการทำงานโดยรวมของโครงงาน 3

รูปที่ 3 - 1 การแสดงผลแบบราสเตอร์ และ เวคเตอร์ 13

รูปที่ 3 - 2 ตัวอย่างของแผนที่แบบราสเตอร์ และ เวคเตอร์ 14

รูปที่ 4 - 1 แสดงโครงสร้างภายในของการ์ดหน่วยความจำคอมแพคแฟลช 17

รูปที่ 4 - 2 แสดงฟังก์ชั่นต่างๆ ที่ทำงานบนหน่วยความจำคุณสมบัติของการ์ด 23

รูปที่ 4 - 3 แสดงฟังก์ชั่นต่างๆ ของI/O 24

รูปที่ 4 - 4 แสดงฟังก์ชั่นต่างๆ บนหน่วยความจำทั่วไป 25

รูปที่ 4 - 5 แสดงฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ บนTrue IDE 25

รูปที่ 4 - 6 แสดงโหมดการทำงานทั้งหมดที่คอมแพคแฟลชการ์ดสามารถทำได้ 26

รูปที่ 4 - 7 แสดงการแปลของ I/Oแบบปฐมภูมิ และทุติยภูมิ 26

รูปที่ 4 - 8 แสดงการแปลบล็อกของI/Oรีจิสเตอร์ที่อยู่ติดกัน 26

รูปที่ 4 - 9 แสดงการอ้างอิงหน่วยความจำตัวรีจิสเตอร์ในเนื้อที่ของหน่วยความจำ 27

รูปที่ 4 - 10 แสดงการแปลสัญญาณI/OของโหมดTrue IDE 27

รูปที่ 4 - 11 แสดงการใช้รีจิสเตอร์ข้อมูล 28

รูปที่ 4 - 12 Error Register 28

รูปที่ 4 - 13 Drive/Head Register 29

รูปที่ 4 - 14 Status & Alternate Registers 29

รูปที่ 4 - 15 Device Control Register 29

รูปที่ 4 - 16 Card(Drive) Address Register 29

รูปที่ 5 - 1 โครงสร้างการทำงานโดยรวมของชิ้นงาน 32

รูปที่ 5 - 2 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ 34

รูปที่ 5 - 3 วงจรควบคุมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951 35

รูปที่ 5 - 4 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS-232 (RS-232 Interface) 35

รูปที่ 5 - 5 วงจรรับ-ส่งสัญญาณของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช 36

รูปที่ 5 - 6 วงจรจ่ายไฟสำรอง 37

รูปที่ 5 - 7 โฟลว์ชาร์ตของส่วนรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณดาวเทียมและบีบอัดข้อมูล 38

รูปที่ 5 - 8 โครงสร้างการติดต่อกับคอมแพคแฟลช 42

รูปที่ 5 - 9 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการทำงานของหน่วยความจำ
คอมแพคแฟลชในส่วนชุดรับสัญญาณจีพีเอส 43

รูปที่ 5 - 10 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนตัวอ่านคอมแพคแฟลช 44

รูปที่ 5 - 11 แสดงขั้นตอนการสร้างแผนที่ดิจิตอลแบบเวกเตอร์ 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 - 12 แสดงภาพระหว่างการเก็บข้อมูลเพื่อสร้างแผนที่ดิจิตอล 46
รูปที่ 5 - 13 แผนภาพแสดงการทำงานส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางคอมพิวเตอร์48
รูปที่ 5 - 14 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ 48
รูปที่ 5 - 15 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนของการวิเคราะห์เส้นทางโดยการรู้จำ 50
รูปที่ 5 - 16 แสดงหน้าต่างที่ผู้ใช้สามารถกำหนดอัตราในการคำนวณความผิดปกติ 51
รูปที่ 5 - 17 แผนภาพแสดงอัลกอริทึมพิจารณาการออกตัวกระชาก 52
รูปที่ 5 - 18 แผนภาพแสดงอัลกอริทึมพิจารณาการเบรกกระทันหัน 53
รูปที่ 5 - 19 แผนภาพแสดงอัลกอริทึมพิจารณาการจอดนานผิดปกติ 54
รูปที่ 6 - 1 แสดงภาพการรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณจีพีเอส 56
รูปที่ 6 - 2 ข้อมูลในฐานข้อมูลหลังจากทำการถอดรหัสแล้ว 57
รูปที่ 6 - 3 แสดงการจำลองการเดินทางลงบนแผนที่ 57
รูปที่ 6 - 4 แสดงภาพการจำลองเส้นทางหลังจากใช้หลักการรู้จำเส้นทางแล้ว 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในการเดินทางของมนุษย์ไม่ว่าในสมัยใด สิ่งจำเป็นในการเดินทางก็คือสิ่งที่ช่วยบอกว่ากำลังเดินทางไปยังตำแหน่งและทิศทางใด ก่อนมีการใช้ระบบจีพีเอส มนุษย์ยังไม่เคยมีเครื่องมือใดที่ใช้บอกตำแหน่งหรือทิศทางได้อย่างสมบูรณ์เลย วิวัฒนาการของการบอกทางเริ่มจาก การดูดาวบนท้องฟ้าซึ่งใช้ได้ดีเพราะดาวอยู่ไกลมาก ทำให้สามารถมองเห็นดาวได้จากที่ต่างๆ ในบริเวณกว้างได้ แต่จะสามารถเห็นดาวได้เฉพาะตอนกลางคืนที่ท้องฟ้าแจ่มใสเท่านั้น ในยุคอิเล็กทรอนิคส์ มนุษย์สร้างเครื่องมือในการเดินเรือชื่อโลแรน (LORAN) ที่ใช้คลื่นวิทยุซึ่งติดตั้งตามพื้นที่ส่วนต่างๆ และระบบต่อมาใช้ดาวเทียมเหมือนจีพีเอส คือระบบการส่งผ่าน (TRANSIT SYSTEM) หรือแซทนาฟ (SATNAV) ทั้งสองระบบได้เลิกใช้ไปแล้วเนื่องจากมีข้อบกพร่อง คือ สำหรับโลแรนนั้นสามารถบอกตำแหน่งได้เพียงบริเวณหนึ่งๆ เท่านั้นไม่สามารถครอบคลุมทั้งหมด ส่วนระบบการส่งผ่านสามารถที่จะบอกตำแหน่งครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าแต่ก็มีข้อบกพร่อง คือ วงโคจรของดาวเทียมต่ำเกินไปและมีจำนวนน้อยเกินไปและคลาดเคลื่อนได้ง่าย

กระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา ได้ดำเนินโครงการระบบหาพิกัดตำแหน่งด้วยดาวเทียมหรือจีพีเอสขึ้น โดยจีพีเอสใช้ดาวเทียม 24 ดวง โคจรอยู่ในระดับที่สูงพ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลกและวิธีการที่สามารถให้ความถูกต้องเพียงพอที่จะใช้ชี้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา ความคลาดเคลื่อนมาตราฐานของตำแหน่งทางราบไม่เกิน 50 เมตร และถ้าใช้วิธีวัดแบบอนุพันธ์ (Differential) จะให้ความถูกต้องถึงระดับเซนติเมตร จากการพัฒนาทางอิเล็กทรอนิคส์ทำให้สามารถผลิตเครื่องรับจีพีเอส ที่มีขนาดเล็กลง และมีราคาถูกลงกว่าเครื่องรับระบบการส่งผ่านเดิมเป็นอย่างมาก

ปัจจุบันมีการนำจีพีเอสมาใช้ในหลายด้าน เช่น งานที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจ อาทิเช่น ภูมิศาสตร์, วิศวกรรมศาสตร์,สิ่งแวดล้อม เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าการที่มนุษย์สามารถทราบรายละเอียดทั้งพิกัดตำแหน่ง ความเร็ว รวมทั้งเวลาของการเดินทางได้นั้นจะช่วยให้สามารถปรับปรุงการเดินทางนั้นๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ ไม่ว่าจะเป็นการหาเส้นทางที่ดีที่สุดในการเดินทางเพื่อประหยัดเชื้อเพลิงและเวลา หรือ หากสามารถประเมินทรัพยากรต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการเดินทางของรถแต่ละคันในแต่ละเส้นทางได้ จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งต่างๆ ที่ต้องใช้พาหนะในการขนส่งเป็นสำคัญ

ปัญหาหนึ่งที่มักจะเกิดกับผู้ประกอบการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งก็คือ การที่ไม่สามารถควบคุมและรับรู้พฤติกรรมของคนขับรถในขณะที่นำรถออกไปใช้ได้ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาอื่นๆ อีกมากมายตามมาก็คือ คนขับรถอาจขับรถด้วยความประมาท ทำให้สิ่งที่บรรทุกไปเกิดความเสียหายได้ หรือ คนขับรถอาจนำรถออกไปใช้นอกเส้นทางทำให้เปลืองทรัพยากรของผู้ประกอบการได้ หรือ คนขับรถอาจแวะหยุดกลางทางเพื่อทำกิจกรรมบางอย่างที่นำความเสียหายมาให้แก่ผู้ประกอบการได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานชิ้นนี้เป็นโครงงานที่ช่วยแก้ปัญหาเหล่านั้น กล่าวคือ โครงงานนี้ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ที่แบ่งออกเป็นสองส่วน โดยส่วนหนึ่งเป็นส่วนที่ติดอยู่บนพาหนะ มีความสามารถในการเก็บรายละเอียดต่างๆ ของการเดินทาง อาทิเช่น เส้นทางการเดินรถ, ความเร็วที่ใช้ในการเดินทาง และ วันที่และเวลาในการเดินทาง แล้วเก็บข้อมูลที่ได้ลงบนหน่วยความจำที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นไปประมวลผลในส่วนที่สอง ซึ่งจะติดตั้งอยู่ในสำนักงาน หรือ อาคาร เพื่อเก็บข้อมูลการเดินรถที่ได้ลงบนฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์ แล้วสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของกราฟฟิกเมื่อรถมาถึงที่หมายแล้วเพื่อให้สะดวกแก่การใช้งาน ซึ่งจะช่วยให้ผู้ประกอบการเกี่ยวกับการขนส่งต่างๆสามารถรับทราบการทำงานของพนักงาน เพื่อใช้ในการควบคุมการปฏิบัติงานและติดตามความเคลื่อนไหวของพนักงานได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลออกมาประมวลผลใหม่ในโอกาสต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

ด้วยหลักการ และ ประโยชน์ของชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส วัตถุประสงค์หลักของโครงงานที่ต้องการกำหนดไว้คือ

1. เพื่อศึกษาหลักการการทำงาน และใช้งานชุดอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส
2. เพื่อศึกษาวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการบีบอัดข้อมูล
3. เพื่อพัฒนาอัลกอริธึมการบีบอัดและขยายขนาดข้อมูลที่เหมาะสมแก่ชุดข้อมูลที่ได้รับจากจีพีเอส
4. เพื่อศึกษาหลักการการทำงานและใช้งานหน่วยความจำคอมแพคแฟลช เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล
5. เพื่อศึกษาและใช้งานฐานข้อมูลออราเคิลในการเก็บข้อมูลการเดินทางของรถ
6. เพื่อศึกษาวิธีการเขียนซอฟท์แวร์ด้วยเคลไฟ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูล และแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์ในลักษณะของภาพกราฟฟิก
7. เพื่อศึกษาทฤษฎีจีไอเอส (Geographic Information System) เพื่อใช้ในการแสดงผลข้อมูลบนแผนที่อย่างเป็นระบบ

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

การดำเนินการของโครงงานปริญญานิพนธ์ เป็นการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลการเดินรถ และ การเขียนซอฟท์แวร์เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ โดยมีเครื่องรับจีพีเอส คอมแพคแฟลช คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ร่วม

ขอบเขตของโครงงานที่สามารถทำได้คือ

1. สามารถเชื่อมต่อการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องรับจีพีเอสกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลให้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สามารถลดขนาดของข้อมูลให้มากที่สุดเพื่อทำการเก็บข้อมูลจำนวนมากลงในหน่วยความจำ และสามารถขยายขนาดเพื่อให้เป็นข้อมูลเดิมก่อนนำเข้าฐานข้อมูล
3. สามารถทำการบันทึกข้อมูลที่รับมาได้ลงในหน่วยความจำคอมแพคแฟลชและอ่านข้อมูลออกมาได้ได้อย่างถูกต้อง
4. สามารถประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ได้รับ เพื่อให้สามารถบอกลักษณะการเดินรถที่ผิดปกติได้อย่างถูกต้องครบถ้วน
5. สามารถนำข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์จากคอมพิวเตอร์มาแสดงผลบนแผนที่ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
6. มีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ในโปรแกรม เช่น สามารถตั้งค่าระดับต่ำสุดของความผิดปกติต่างๆ ที่ต้องการตรวจจับได้, สามารถขยาย/ย่อขนาดของแผนที่ได้ตามต้องการ เป็นต้น



รูปที่ 1- 1 รูปการทำงานโดยรวมของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการของจีพีเอส

ระบบหาพิกัดตำแหน่งด้วยดาวเทียม : จีพีเอส(Global Positioning System : จีพีเอส)

2.1 ส่วนประกอบของระบบ จีพีเอส

ลักษณะทั่วไปของระบบจีพีเอส ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่

1.) ส่วนอวกาศ

2.) สถานีควบคุม

3.) ผู้ใช้

1.) ส่วนอวกาศ

ประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง โดยจะใช้บอกพิกัด 21 ดวง ส่วนอีก 3 ดวงจะสำรองเอาไว้ ดาวเทียม 24 ดวงนี้ มีวงโคจรอยู่ 6 วงโคจร วงละ 4 ดวง และรัศมีวงโคจรจะสูงจากพื้นโลกประมาณ 20,000 กม. แต่ละวงโคจรจะเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตรเป็นมุม 55 องศาในลักษณะสานกันคล้ายลูกตะกร้อ ดาวเทียมแต่ละดวงใช้เวลาโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง ความถี่ที่ใช้ในการบอกตำแหน่งค่าพิกัดของดาวเทียมแต่ละดวงมี 2 ความถี่คือ L1: 1,575.42 MHzและ L2: 1,227.60 MHz

ดาวเทียมของระบบจีพีเอส

ชื่อ: NAVSTAR

ผู้ผลิต: Rockwell International

แอทติจูด: 10,900 lbs

ขนาด: 17 ฟุต พร้อมกับแผงโซลาร์เซลล์ยื่นออกมา

เวลาที่ใช้ในการโคจร: 12 ชั่วโมง

ระนาบในการโคจร: ทำมุม 55 องศากับพื้นโลก

2.) สถานีควบคุม

ประกอบด้วย 5 สถานีย่อย(Monitor Station) ตั้งอยู่ที่เมือง Diego Gacia, Asension Island, Kwajalein, Hawaii และ Colorado Springs ซึ่งที่สุดท้ายทำหน้าที่เป็นสถานีหลัก(Master Control) ซึ่งมีหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบดาวเทียมจีพีเอส เพื่อดูแลความน่าเชื่อถือของระบบ สถานีต่างๆ เหล่านี้มีหน้าที่คอยติดต่อสื่อสาร(Tracking)กับดาวเทียม ทำการคำนวณผล(Computation)เพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และส่งข้อมูลที่ได้ไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา

3.) ส่วนผู้ใช้

ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลเรือน(Cevilian) และส่วนที่เกี่ยวข้องกับทางทหาร(Military) อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้จะเป็นอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส ไปประมวลผลเพื่อแสดงพิกัดตำแหน่งผู้ใช้ทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การหาตำแหน่งของระบบ จีพีเอส

ขั้นที่ 1 การรับสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อให้ได้ตำแหน่ง

สิ่งที่จำเป็นต้องรู้เพื่อใช้ในการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับจีพีเอส คือ ตำแหน่งของดาวเทียมดวงนั้นเพื่อให้ได้ระยะทางที่ถูกต้อง เช่น ถ้ารู้ระยะห่างของสิ่งที่ต้องการรู้ตำแหน่งกับดาวเทียม 2 ดวง ดังนั้นตำแหน่งที่วัดจะอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่งใน 2 จุดที่ดาวเทียมทั้ง 2 ตัดกัน เพื่อความถูกต้องแน่นอนยิ่งขึ้นจะใช้ดาวเทียม 3 ดวงในการบอกค่าตำแหน่งแบบ 2 มิติ และดาวเทียม 4 ดวงสำหรับบอกตำแหน่งแบบ 3 มิติ

ขั้นที่ 2 การวัดระยะจากดาวเทียม

จากการที่จีพีเอสต้องรู้ระยะทางจากเครื่องรับถึงดาวเทียมจึงต้องมีวิธีการหาระยะสามารถหาโดยใช้สมการง่ายๆ คือ อัตราเร็ว x เวลา ซึ่งคลื่นวิทยุเดินทางด้วยความเร็วแสงคือ 186,000 ไมล์/วินาที ดังนั้นถ้ารู้เวลาแน่นอนในการเริ่มปล่อยและเริ่มรับสัญญาณวิทยุนั้นได้ ก็สามารหาเวลาที่สัญญาณเดินทางได้ เมื่อเป็นเช่นนี้ จำเป็นต้องมีนาฬิกาที่ดีมาก เพราะเวลาที่วัดได้จากการเดินทางของแสงจะต้องน้อยมาก โดยปกติแล้วถ้าดาวเทียมที่ส่งสัญญาณอยู่เหนือศีรษะพอดีเวลาที่คลื่นวิทยุใช้คือ 0.06 วินาทีเท่านั้น

ผู้ออกแบบเครื่องจีพีเอส ใช้หลักการจำลองแบบสัญญาณที่ส่งจากดาวเทียม และสัญญาณที่อยู่ในเครื่องรับให้เป็นแบบเดียวกัน ดังนั้นเครื่องทั้งสองจะต้องสร้างรหัสในเวลาที่ตรงกัน หรือ รหัสสุ่มเทียม (Pseudo Random Code) ซึ่งรหัสดังกล่าวจะไม่ซ้ำกันเลยสำหรับดาวเทียมทุกเครื่อง ดังนั้นสิ่งที่ต้องทำคือการรอรับรหัสที่ดาวเทียมส่งออกมา และมองย้อนว่าเครื่องรับเริ่มสร้างรหัสที่มีลักษณะเหมือนกันแล้วเป็นเวลานานเท่าใด เวลาที่แตกต่างคือเวลาที่คลื่นวิทยุใช้เดินทาง ข้อดีของการใช้รหัสที่ส่งเป็นชุดคือจะสามารถเปรียบเทียบหาตรงเวลาใดก็ได้ตามต้องการ รหัสสุ่มเทียมในจีพีเอสไม่ใช่ตัวเลข โดยในดาวเทียมและเครื่องรับจะสร้างชุดรหัสเชิงตัวเลขที่ซับซ้อน ที่ต้องเป็นตัวเลขที่ซับซ้อนเพื่อให้สามารถนำรหัสทั้งสองมาเปรียบเทียบกันได้โดยง่ายและรหัสซ้ำซ้อนนี้จะมองเห็นเป็นคลื่นวิทยุที่ต่อเนื่องกันยาวๆ

ขั้นที่ 3 การได้เวลาที่ถูกต้อง

แสงเดินทางด้วยความเร็ว 186,000 ไมล์/วินาที ถ้าเครื่องรับนับเวลาพลาดไป 0.01 วินาที ผลคือการวัดจะผิดพลาดไป 1,860 ไมล์ สำหรับนาฬิกาในดาวเทียมจะใช้นาฬิกาอะตอม ซึ่งจะให้เวลาที่ถูกต้อง นาฬิกาดังกล่าวนี้ไม่ได้เดินด้วยพลังงานอะตอม แต่ใช้หลักการวัดจากอนุภาคของสารเฉพาะ เหมือนเครื่องเคาะจังหวะ อะตอมนี้จะให้เวลาที่แน่นอนและถูกต้องที่สุดเท่าที่มนุษย์ประดิษฐ์มา แต่สำหรับเครื่องรับจะไม่สามารถใช้นาฬิกาอะตอมได้ เพราะมีราคาแพงมาก จึงต้องใช้วิธีหาเวลาให้ได้ถูกต้องมาใช้งานในเครื่องรับจีพีเอส จากนาฬิกาที่มีความถูกต้องระดับธรรมดาเท่านั้น และวิธีนั้นคือ จะต้องทำการวัดระยะจากดาวเทียม(สำหรับกรณีนี้เพิ่มขึ้นอีก 1 ดวงเพื่อใช้ในการปรับแก้เวลาของเครื่องรับที่ไม่สมบูรณ์) สมมติในกรณีของการวัดแบบ 2 มิติ ความจริงแล้วถ้าห่างจากดาวเทียมดวงแรก 4วินาที และห่างจากดวงที่สอง 6 วินาที จะได้จุดตัดจากดาวเทียมสองดวงนี้อยู่ 2 จุดคือ A และ B แต่เนื่องจากนาฬิกาเดินช้าไป 1 วินาทีเครื่องรับจะบอกว่ามีระยะห่างจากดาวเทียม 5 และ 7 วินาที ทำให้ได้จุดตัดเสมือนคือ จุด Ax และ Bx ถ้าไม่มีวิธีที่จะรู้ว่านาฬิกาเดินช้าหรือไม่ ก็ต้องถือเวลานั้นเป็นเวลาที่ถูกต้อง ดังนั้นจึงต้องใช้ดาวเทียมอีก 1 ดวง ดังนี้ ทำการเพิ่มดาวเทียมดวงที่สามเข้าไป ถ้านาฬิกาของเครื่องรับเที่ยงตรง จุดตัดของดาวเทียมทั้งสามดวงจะต้องอยู่ที่จุด A หรือ B แต่เนื่องจากนาฬิกาไม่ตรงจึงตัดกันที่อื่น ทำให้เครื่องรับรู้ว่าขณะนี้นาฬิกาเดินไม่ตรงแล้ว ภายในเครื่องรับจีพีเอสจะมีโปรแกรมที่จะนำเอาผลการวัดที่ไม่ถูกต้องมาคำนวณ และหาค่าเวลาที่นาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดินคลาดเคลื่อนมาปรับแก้ไขให้ถูกต้อง ในกรณีของการวัดแบบ 3 มิติ ก็เช่นเดียวกันแต่จะเพิ่มเป็นใช้ดาวเทียม 4 ดวง

ขั้นที่ 4 ต้องรู้ตำแหน่งดาวเทียมก่อน

ตามที่กล่าวมา สมมติว่ารู้ตำแหน่งดาวเทียมแน่นอนแล้ว แต่ในความจริงจะรู้ตำแหน่งของดาวเทียมได้อย่างไร ดาวเทียมอยู่สูงถึง 11,000 ไมล์ ในความสูงขนาดนี้ทำให้ไม่มีคลื่นรหัสจากโลกไปรบกวนได้ ดังนั้นวัตถุที่อยู่สูงขึ้นไปพ้นชั้นบรรยากาศของโลกจะสามารถแสดงวงโคจรได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ดาวเทียม จีพีเอสเดินตามวงโคจรตามแนวที่กำหนดไว้แน่นอน กองทัพอากาศสหรัฐมีหน้าที่นำดาวเทียมเข้าสู่วงโคจรในตอนต้น และเนื่องจากในอวกาศไม่มีแรงเสียดทานทำให้ดาวเทียมโคจรอยู่ในวงโคจรที่แน่นอนตามกำหนด เครื่องรับจีพีเอสสามารถรับตารางดาวเทียม(Almanac) ไว้ในหน่วยความจำได้ ตารางดาวเทียมจะบอกว่าในท้องฟ้าจะมีดาวเทียมขึ้น-ลงเวลาใดบ้าง และมีการติดตามวงโคจรของดาวเทียมอย่างสม่ำเสมอจากกระทรวงกลาโหมของสหรัฐเพื่อให้ทุกอย่างสมบูรณ์

ข้อที่ 5 การช้าของสัญญาณในการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ

ในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งเป็นชั้นของประจุไฟฟ้า อนุภาคเหล่านี้มีผลต่อความเร็วแสง และความเร็วของสัญญาณวิทยุเช่นกัน เมื่อสัญญาณวิทยุเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่น เช่นชั้นที่มีประจุไฟฟ้าที่หนาหลายไมล์ ย่อมทำให้ความเร็วลดลงบ้าง และการที่คลื่นวิทยุเดินทางช้าลงนี้ทำให้ระยะที่ได้ไม่ถูกต้อง ซึ่งสามารถลดความคลาดเคลื่อนนี้ได้โดย ต้องรู้ค่าความเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายวันตามสภาพบรรยากาศจึงสามารถนำมาเป็นค่าแก้กับทุกค่าที่วัดมาได้ แต่ในความจริงสภาพอากาศจะไม่คงที่ตลอดเวลา ดังนั้นการนำค่าเฉลี่ยมาใช้จะไม่ถูกต้องทั้งหมด อีกวิธีคือ วัดหาค่าความแปรของสัญญาณวิทยุ โดยวัดความเร็วสัมพัทธ์ของสัญญาณสองแบบ(ความถี่ต่างกัน)ที่ส่งจากดาวเทียมเทียบพร้อมกัน ซึ่งวิธีหลังนี้มักใช้กับเครื่องจีพีเอสที่มีความละเอียดถูกต้องสูง เรียกว่าเครื่องรับความถี่คู่(Dual Frequency) หลังจากเดินทางผ่านชั้นไอโอโนสเฟียร์ ก็จะถึงชั้นบรรยากาศโลกที่มีละอองน้ำในอากาศซึ่งมีผลต่อความเร็วของสัญญาณเช่นกัน แต่ค่าคลาดเคลื่อนดังกล่าวยังไม่มีการปรับแก้ ซึ่งจะรวมอยู่ในความคาดเคลื่อนรวมของเครื่อง เป็นระยะประมาณ 25 เมตร

2.3 รหัสสุ่มเทียม (Pseudo Random Code)

เหตุผลที่สร้างรหัสสุ่มเทียม คือการประหยัด เปรียบเทียบได้จากดาวเทียมทีวี ซึ่งกระจายเสียงด้วยสัญญาณกำลังแรงดีมาก แต่เครื่องรับบนโลกยังต้องใช้จานดาวเทียมรับซึ่งมีขนาดใหญ่ ถ้าจีพีเอสต้องใช้จานรับสัญญาณแบบเดียวกันจะต้องเทอะทะมาก และยิ่งกว่านั้นดาวเทียมทีวีหยุดนิ่งแต่ดาวเทียมจีพีเอสเคลื่อนที่ ดังนั้นจะยุ่งยากมากขึ้นในการรับสัญญาณเพราะต้องคอยปรับจานตามดาวเทียม

การใช้รหัสสุ่มเทียมช่วยลดความจำเป็นอื่นในการส่งข้อมูล ทำให้การส่งสัญญาณจีพีเอสกินไฟน้อยและสัญญาณจีพีเอสอ่อนมากที่ไม่รับเอาสัญญาณวิทยุรบกวนอื่นๆ โดยสัญญาณวิทยุรบกวนจะเป็นคลื่นที่ไม่มีรูป แบบซึ่งคล้ายกับรหัสสุ่มเทียมมากแต่มีข้อแตกต่างคือถ้ารู้รูปร่างของรหัสสุ่มเทียมแล้ว หากนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณรบกวน การเปรียบเทียบจะแบ่งคลื่นออกเป็นช่วงเวลา จะพบว่าคลื่นรบกวนจะมีโอกาสเหมือนรหัสสุ่มเทียม ประมาณครึ่งหนึ่ง จะให้ค่าคลื่นที่เหมือนกันในช่วงเวลานั้นๆ เป็น +1 และต่างกันเป็น –1 จะพบว่าหลังจากเปรียบเทียบนานๆ จะได้ค่าสุดท้ายเป็น 0 แต่ถ้าเครื่องรับได้รับสัญญาณที่มีรูปแบบเหมือนรหัสสุ่มเทียมจากเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่ง ก็จะได้คลื่นที่เข้ากันได้มากขึ้นเรื่อยๆ คะแนนก็จะมากขึ้น ในช่วงเวลานี้จะส่งกำลังขยายให้แก่สัญญาณดาวเทียมเป็นพันเท่า

รหัสสุ่มเทียมช่วยให้สามารถจับสัญญาณที่อ่อนมากได้ทำให้เครื่องรับจีพีเอสไม่ต้องใช้ไฟมาก และใช้เสาอากาศขนาดเล็กได้

เหตุผลอื่นที่ใช้รหัสสุ่มเทียม คือ หนึ่งในเวลาสงคราม จะสามารถควบคุมไม่ให้ศัตรูใช้ระบบได้ รหัสสุ่มเทียม มี 2 แบบ คือ รหัสแบบ ซี/เอ(C/A) และ รหัสแบบพี (P) โดย รหัสแบบพี ใช้ในราชการทหารเท่านั้น โดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐสามารถลดความถูกต้องของ รหัสแบบ ซี/เอ ได้โดยใช้มาตรการเลือกผู้ใช้งาน (Select Availability) หรือ เอส/เอ (S/A) วิธี เอส/เอ ที่สำคัญคือการทำให้นาฬิกาดาวเทียมบอกสัญญาณคลาดเคลื่อน ถ้าใครนำเวลานี้ไปใช้ก็จะได้ตำแหน่งที่คลาดเคลื่อนมาก เหตุผลอีกข้อคือ ดาวเทียมทุกดวงสามารถใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้โดยไม่รบกวนกัน เพราะดาวเทียมแต่ละดวงมีรหัสสุ่มเทียมเป็นของตัวเองดังนั้นเวลาเครื่องรับนำรหัสมาใช้ต้องให้ถูกตามหมายเลขดาวเทียมนั้นด้วย

2.4 วิธีจีพีเอสผลต่าง: ดีจีพีเอส (Differential GPS : DGPS)

การใช้งานจีพีเอสปกติจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก (ประมาณ 100 เมตรในแนวนอน 156 เมตรในแนวตั้ง) การใช้งานบางอย่างที่ต้องการความถูกต้องสูงจึงต้องใช้ ดีจีพีเอส มาช่วย มีหลักการ คือ จะมีเครื่องรับอ้างอิงซึ่งทราบพิกัดตำแหน่งแน่นอนและมีเครื่องรับจีพีเอสของผู้ใช้งานอีกเครื่องหนึ่ง เครื่องรับอ้างอิงจะนำสัญญาณจากดาวเทียมมาคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงได้เพราะรู้ระยะพิสัยเทียมของเครื่องรับอ้างอิงอยู่แล้ว ระยะพิสัยเทียมที่คลาดเคลื่อนนี้ เรียกว่า "ไบอัส" จากนั้นเครื่องรับอ้างอิงจะส่งค่าไบอัสซึ่งเรียกว่าค่าแก้ไขความต่าง(Differential correction) ไปยังเครื่องรับจีพีเอสของผู้ใช้งาน เพื่อนำไปแก้ไขข้อมูลพิกัดตำแหน่งให้ถูกต้องต่อไป

2.5 สัญญาณดาวเทียมจีพีเอส

ดาวเทียมจีพีเอสจะส่งสัญญาณพาหะสองความถี่(L1, L2) สัญญาณแอล1 (L1)มีความถี่1575.42เมกกะเฮิร์ซ สัญญาณ แอล2 (L2) มีความถี่ 1227.6 เมกกะเฮิร์ซ โดยสัญญาณ แอล1 จะถูกผสมกับรหัสรบกวนโดยสุ่ม (PseudoRandomNoise: PRN) 2 รหัส(รวมถึงข้อมูลในการนำร่อง) คือ รหัสแบบซี/เอ (Coarse/Acquistion code) และ รหัสแบบ พี (Precision code)สัญญาณ แอล2 จะถูกผสมโดยรหัสรหัสรบกวนโดยสุ่ม 1 รหัส โดยข้อมูลความถี่ 50 บิต/วินาที จะถูกรวมเข้ากับรหัสแบบ ซี/เอ และ พีก่อนที่จะผสมกับสัญญาณ แอล1 ซึ่งรวมโดยการมอดดูโล และสำหรับความถี่พาหะ แอล2 สามารถผสมกับรหัส P มอดดูโลกับข้อมูล หรือ รหัส ซี/เอ มอดดูโลกับข้อมูล หรือ กับรหัส พี อย่างเดียวก็ได้ ขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมเป็นผู้เลือก แต่รหัส พี และ ซี/เอ จะไม่เกิดขึ้นพร้อมกันบนความถี่พาหะแอล2 ซึ่งโดยปกติแล้วส่วนควบคุมจะเลือก รหัส พี มอดดูโลกับข้อมูล

2.6 ข่าวสารการนำร่อง

ข่าวสารการนำร่องจะบรรจุรายละเอียดเกี่ยวกับฐานเวลาของดาวเทียม วงโคจรของดาวเทียม สถานะของดาวเทียม และข้อมูลการปรับปรุงต่างๆ ข่าวสารการนำร่องนี้จะถูกส่งที่ความเร็ว 50 บิต/วินาที ข่าวสารมีความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมด 1500 บิต ใน1500 บิต จะแบ่งออกเป็น 5 เฟรมย่อย(subframe) เฟรมละ 300 บิต ดาวเทียมจะใช้เวลา 30 วินาทีในการส่งข่าวสาร 1 ครั้ง

ข้อมูลในแต่ละเฟรมย่อยจะเริ่มต้นด้วยเทเลเมทรีเวิร์ด (Telemetry word, TLM) ซึ่งจะบรรจุรูปแบบการซิงโครไนซ์ เวิร์ดที่สองของแต่ละเฟรมย่อยจะเป็นแฮนด์โอเวอร์เวิร์ด(Hand-over word, HOW) ในเฟรมย่อยเฟรมแรกจะบรรจุลำดับจำนวนสัปดาห์ทางจีพีเอส(จีพีเอส week number) การทำนายความเที่ยงตรงทางระยะของผู้ใช้งาน การเตือนเกี่ยวกับสภาวะของดาวเทียม อายุของข้อมูล การประมาณค่าการหน่วงเวลา กลุ่มของสัญญาณ และค่าสัมประสิทธิ์ในการจำลองแบบการแก้ไขฐานเวลาของดาวเทียม(Satellite clock correction) ส่วนเฟรมย่อยที่สองและสามจะบรรจุข้อมูลอิฟีเมอริส(Ephemeris Data) ของดาวเทียม ส่วนเฟรมย่อยที่สี่และห้าจะแบ่งข้อมูลข่าวสารออกเป็น 25 หน้า โดยส่งครั้งละ 1 หน้า ดังนั้นการส่งข้อมูลจะครบ 1 ครั้งต้องใช้เวลา

2.7 มาตรฐาน เอ็นเอ็มอีเอ (NMEA - National Marine Electronics Association)

เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ สำหรับการสื่อสารและรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์มาตรฐานนี้อนุญาตให้มีตัวส่ง(Talker) ได้ตัวเดียว แต่มีตัวรับ(listeneRS) หลายตัวใน 1 วงจร โดยแนะนำให้ใช้สายชิลด์ทวิสต์แพร์ (Shield twisted pair) ในการเชื่อมต่อ มาตรฐาน NMEA-0180 และ 0182 เจาะจงว่าข้อมูลที่ออกมาจากตัวส่งต้องเป็น RS-232 หรือ จาก ทีทีแอล บัฟเฟอร์ (TTL buffer) เท่านั้น และห้ามเอาต์พุตโวลต์เตจ สูงกว่า +5.7 V. ส่วน NMEA-0183 รับในส่วนนี้ได้แต่แนะนำให้ ข้อมูลที่ออกจากตัวส่งเป็น อีไอเอ-412

NMEA-0180 และ NMEA-0182 ใช้เฉพาะ การติดต่อสื่อสารด้วย โลแรน-ซี และ ออโตไพลอต โดยรวมแล้วทั้ง 2 มาตรฐานนี้มีลักษณะเหมือนกันแต่จะแตกต่างกันที่ NMEA-0180 ใช้ “รูปแบบประโยคพื้นฐาน (simple format)” ส่วน NMEA-0182 ใช้ “รูปแบบประโยคซับซ้อน (complex format)” ซึ่งรายละเอียดจะไม่ขอกล่าวถึงในบทนี้ เนื่องจากโครงงานนี้ใช้ความรู้เรื่อง NMEA-0183 เป็นส่วนใหญ่ จึงกล่าวถึง NMEA-0180 และ NMEA-0182 เพียงคร่าวๆ โดยจะเน้นเนื้อหาไปที่ NMEA-0183

- “รูปแบบประโยคพื้นฐาน“ เป็นการส่งข้อมูลไบต์เดี่ยว อยู่ในช่วง 0.8-5 วินาที ที่ บอร์ดเรต 1200 โดยที่ใช้พาริตี้คี่ บิตที่ 5-0 เป็น Cross-track error บิตที่ 6 เป็น 1 ถ้าข้อมูลถูกต้อง และ บิตที่ 7 เป็น 0 เพื่อแสดงว่าเป็นข้อมูลชนิดพื้นฐาน
- “รูปแบบประโยคซับซ้อน” ประกอบด้วยแอสกี (ASCii) จำนวน 37 ไบต์ แสดง ละติจูด/ลองติจูด และสถานะ ข้อมูลจะถูกส่งในช่วง 2-8 วินาที บิตที่ 7 เป็น 1 ในทุกไบต์ เพื่อแสดงว่าเป็นข้อมูลชนิดซับซ้อน อนุญาตให้อุปกรณ์ส่ง ส่งได้ทั้งรูปแบบประโยคพื้นฐานและซับซ้อน และสามารถแทรกข้อมูลแบบพื้นฐานลงในประโยคซับซ้อนได้

NMEA-0183

ทุกอักขระเป็นแอสกี รวมทั้งแคริเอจ รีเทอร์น และ ไลน์ฟีด ข้อมูลส่งที่บอร์ดเรต4800 ในรูปแบบประโยค ทุกประโยคประกอบด้วย $ ตามด้วย 2 ตัวอักษรที่ระบุตัวส่ง (talker ID) และ อีก 3 ตัวอักษรระบุชนิดประโยค (Sentence ID) (ซึ่งโดยปกติแล้วจีพีเอสที่เลือกใช้จะเป็นตัวกำหนด) ตามด้วยข้อมูลอีกจำนวนหนึ่ง ทุกส่วนแยกด้วย “, ” และจบด้วยเช็คซัม หรือเอนเทอร์ ประโยคยาวที่สุดได้ 82 ตัวอักษร รวม $ กับ CR/LF ถ้าไม่มีข้อมูลในช่วงไหนก็จะถูกข้ามไปแต่ตัวลูกน้ำจะยังถูกส่งโดยที่ไม่มีข้อมูลอยู่ภายใน“ , “ เพราะบางครั้งต้องการนับจำนวนข้อมูลโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ลูกน้ำเป็นตัวนับ ในประโยคอาจจะมี เช็คซัมหรือไม่ก็ได้ ซึ่งเช็คซัม ประกอบด้วย " * " และเลขฐาน 8 อีก 2 หลักที่ได้มาจากการเอ็กครูซีฟ ออร์ (exclusive OR) ทุกอักษร ระหว่างลูกน้ำโดยไม่รวม " $ " และ " * " เช็คซัมมีความจำเป็นสำหรับบางประโยค เอ็นเอ็มอีเอ-0183 อนุญาตให้กำหนดชนิดประโยคขึ้นได้เอง โดยจะต้องขึ้นต้นด้วย " $P " แล้วตามด้วย 3 ตัวอักษรที่เป็นอักษรระบุคนที่ทำชนิดประโยคนั้นๆ (manufacturer ID) แล้วจึงตามด้วยข้อมูล

สรุปเนื้อหา

จากเนื้อหาทั้งหมดของทฤษฎีจีพีเอสที่กล่าวมาในบทนี้ ในโครงงานนี้ใช้จีพีเอสที่ใช้การอ้างอิงตำแหน่งแบบจีพีเอสผลต่าง (DGPS) โดยสถานีที่ใกล้ที่สุดที่อ้างอิงได้อยู่ที่บางเขน กรุงเทพมหานคร ข้อมูลที่ส่งเข้ามามีรูปแบบที่แน่นอนตามมาตรฐานเอ็นเอ็มอีเอ-0183 (NMEA-0183) ที่ส่งข้อมูลทั้งหมดมาในรูปของอักขระแอสกี และข้อมูลที่จีพีเอสส่งมา ไม่ว่าจะเป็น ละติจูด, ลองจิจูด, ความเร็ว หรือ เวลา จะส่งมาในรูปแบบแตกต่างกันไปตามชนิดของประโยค

ประโยคที่ใช้สำหรับโครงงานนี้

ตัวส่ง คือ GP (Global Positioning System)

ชนิดประโยค ที่ใช้ได้แก่

GGA – Global Positioning Systems Fix Data

แสดงตำแหน่งของละติจูด ลองติจูด เวลา และ ค่าต่างๆ ที่เป็นข้อมูลมาตรฐานของ จีพีเอส

$--GGA,hhmmss.sss,ddmm.mmmm,a,dddmm.mmmm,b,…,*K<CR><LF>

hhmmss.sss = เวลา UTC

ddmm.mmmm = ตำแหน่งละติจูด Latitude

a = N or S

dddmm.mmmm = ตำแหน่งลองติจูด Longitiude

b = E or W

K = ค่า check sum

VTG – Trac Made Good and Ground Speed

แสดงเส้นท่างที่เป็นจริงและความเร็วที่สัมพันธ์กับพื้น

$--VTG,x.x,T,x.x,M.x.x,N,x.x,K<CR><LF>

x.x,T = Track,degrees true

x.x,M = Track,degrees Magnetic

x.x,N = Speed,knots

x.x,K = Speed,Km/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีจีไอเอส (Geographic Information Systems)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information Systems (GIS) เป็นระบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการนำเข้าข้อมูล การจัดหรือใช้งานเก็บข้อมูลและการเรียกข้อมูลเพื่อปรับปรุงแก้ไข ที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ และเชื่อมโยงผสมผสานข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยายที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล สามารถดัดแปลงแก้ไขและวิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลเพื่อให้เห็นมิติและความสัมพันธ์ด้านพื้นที่ของข้อมูล ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจปัญหา และประกอบการตัดสินใจในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวางแผนใช้ทรัพยากรเชิงพื้นที่ ซึ่งมีโปรแกรมสำเร็จรูปหลายรูปแบบตามประเภทของการใช้งาน

3.1 องค์ประกอบของ จีไอเอส

เนื่องจากลักษณะข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความซับซ้อนโดยตัวของตัวเอง การประมวลผลข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงมักนิยมใช้เครื่องสมองกลที่มีความสามารถสูง (High Speed Computer) มาใช้เป็นหลักทำให้สามารถจำแนกองค์ประกอบของระบบสารสนเทศออกได้เป็น 5 ระบบใหญ่ ๆ ดังนี้คือ

1. ระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่ ระบบสมองกลและอุปกรณ์ช่วย (Computers & Peripherals) อาทิ หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยสำรองข้อมูล หน่วยป้อนข้อมูล และหน่วยแสดงผล เป็นต้น

2. ระบบซอฟท์แวร์ (Software) ได้แก่ กลุ่มโปรแกรมที่จำเป็นต้องได้รับการติดตั้งบนระบบฮาร์ดแวร์ เพื่อให้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถทำงานได้ตามที่ได้รับการออกแบบไว้ โปรแกรมหลักที่จำเป็น ได้แก่ โปรแกรมระบบ เช่น โปรแกรม WINDOW, UNIX เป็นต้น โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น โปรแกรม ARC/INFO, โปรแกรม PAMAP, โปรแกรม INTERGRAPH นอกจากนั้นยังอาจมีโปรแกรมช่วยงานต่าง ๆ (Utilities) เช่น โปรแกรมช่วยจัดการหน่วยความจำ โปรแกรมเอดิเตอร์ (Editor) อีกด้วย

3. ระบบข้อมูล (Data) แหล่งข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่สำคัญได้แก่แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 รูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photographs) หรือ ภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Imagery) นอกเหนือจากข้อมูลเชิงพื้นที่แล้ว ระบบสารสนเทศยังต้องการข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งขยายความด้านรายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ ตัวอย่างของข้อมูลเชิงบรรยายได้แก่ ชื่อของหมู่บ้าน จำนวนครัวเรือน จำนวนประชากรชาย-หญิง เป็นต้น แหล่งที่มาของข้อมูลเชิงบรรยายอาจได้มาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือได้มาจากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม (Field Data Collection) ก็ได้ ข้อมูลเชิงบรรยายจะถูกบันทึกเก็บในลักษณะของบันทึก (Record) โดยแต่ละบันทึกจะถูกแบ่งย่อยออกเป็นช่องสนาม (Field) ช่องสนามแต่ละช่องอาจถูกกำหนดให้บันทึกข้อมูลที่เป็นตัวอักษร (Alphabetic) หรือข้อมูลที่เป็นตัวเลข (Numeric) ก็แล้วแต่ความเหมาะสม

4. บุคลากร(Peopleware) ได้แก่บุคคลที่มีความรู้พื้นฐานทางด้านคอมพิวเตอร์ และทางด้านภูมิศาสตร์มาอย่างดี สามารถวิเคราะห์ และออกแบบแผนที่และแผนภูมิที่เป็นผลลัพธ์ของการวิเคราะห์เพื่อแสดงผลได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานว่าด้วยวิชาการออกแบบแผนที่ (Cartography) บุคลากรสำหรับงานสารสนเทศภูมิศาสตร์ ยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถจำแนกตามภารกิจของการปฏิบัติงานและโดยลักษณะของงาน เช่น พนักงานภาคสนาม พนักงานเตรียมข้อมูลและต้นร่าง พนักงานป้อนข้อมูล พนักงานวิเคราะห์ข้อมูล และพนักงานออกแบบแผนที่ เป็นต้น

5. วิธีการ การใช้งาน จีไอเอส ที่ประสบความสำเร็จขึ้นอยู่กับแผนงานออกแบบ การกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อให้งานเป็นไปตามขั้นตอน มีความเชื่อถือได้ และกฎทางธุรกิจที่ดี ซึ่งรูปแบบและการปฏิบัติจะแตกต่างไปตามความเหมาะสมของงานแต่ละอย่าง

จากองค์ประกอบทั้ง 5 ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้ เป็นการยากที่จะระบุว่าองค์ประกอบใดเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดเพราะระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบทั้ง 5 จึงจะเป็นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่สมบูรณ์ ภาระกิจที่นำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้จึงจะประสบกับความสำเร็จสมตามเจตนารมณ์ที่ตั้งไว้

3.2 การนำเข้าข้อมูล แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ข้อมูลแบบอธิบาย(Attribute Data) เป็นข้อมูลทั้งตัวเลขและตัวอักษรที่จัดเก็บได้ในรูปของฐานข้อมูลธรรมดา เช่น MS Access, MS SQL Server, Oracle ในโครงงานนี้เลือกใช้ Oracle 9I ในการจัดเก็บข้อมูลแบบอธิบายเหล่านี้ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนของขั้นตอนการทำงาน บทที่ 5

2. ข้อมูลตำแหน่ง (Position Data) เป็นข้อมูลแผนที่ที่สามารถแสดงเป็นรูปหลายเหลี่ยม หลายมุม (Polygons) เส้น (Lines) หรือจุด (Points) การนำเข้าต้องใช้เทคนิคและอุปกรณ์ต่าง ๆ เครื่องมือทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟฟิก เครื่องสแกนเนอร์ (Scanner) พลอตเตอร์ (Plotter) และโปรแกรมสำเร็จรูปเฉพาะด้าน ทั้งข้อมูลแบบอธิบายและข้อมูลตำแหน่งจะถูกเก็บอยู่ในรูปของฐานข้อมูลที่เรียกว่าspatial Data

3.3 การจัดเก็บข้อมูลของ จีไอเอส แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ระบบสารสนเทศแบบเชิงเส้น (Vector จีไอเอส) ระบบนี้จะแสดงตำแหน่งข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ จุด (Point) เส้น (Line) และเส้นขอบเขต (Regions,Polygon) ข้อมูลเชิงพื้นที่ถูกจัดเก็บในลักษณะของเชิงเส้นที่มีโครงสร้างในการกำกับก่อนหลัง, ซ้าย-ขวา โดยการใช้เส้นและจุดเป็นองค์ประกอบพื้นฐานในการจัดเก็บเชิงพื้นที่ โครงสร้างของแฟ้มข้อมูล จีไอเอส ในระบบนี้ จะประกอบด้วยเครื่องหมายประจำตัว (ID) ตำแหน่งพิกัด X, Y และ ตัวชี้ลำดับก่อน-หลัง หรือ ซ้าย-ขวา ของข้อมูลข้างเคียง โครงสร้างของข้อมูลระบบนี้จะใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บน้อย แต่การปรับปรุงแก้ไขจะทำได้ยากและไม่สะดวกเท่าที่ควร ตัวอย่างของ จีไอเอส ระบบนี้ ได้แก่ โปรแกรม PC Arc/Info เป็นต้น

2. ระบบสารสนเทศเชิงตารางกริด (Raster จีไอเอส) ระบบสารสนเทศที่จัดเก็บข้อมูลในลักษณะตารางกริดนี้จะแบ่งพื้นที่ออกเป็นตารางกริดที่มีรูปเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็ก ๆ จำนวนมาก โดยในรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็ก ๆ เหล่านี้มีศัพท์เรียกเฉพาะว่า หน่วยภาพย่อย (Picture Element) หรือนิยมเรียกย่อ ๆ ว่าPixel โดยที่แต่ละ Pixel จะเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของข้อมูล ถ้าข้อมูลที่มีความละเอียดสูง ขนาดของ Pixel ก็จะมีขนาดเล็ก แต่ถ้าข้อมูลที่ใช้ในงานสารสนเทศค่อนข้างหยาบ ขนาดของ Pixel จะมีขนาดใหญ่ ข้อดีของระบบข้อมูลแบบ Raster นี้ก็คือ ภายหลังจากการจัดเก็บแล้ว สามารถแก้ไขข้อมูลได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ แต่ข้อเสียของข้อมูลระบบนี้ก็คือ ต้องการแฟ้มข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อการจัดเก็บ หน่วยภาพย่อย ทั้งหมดในพื้นที่ ตัวอย่างของข้อมูลในระบบ Raster ได้แก่ ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลจากภาพถ่ายดาวเทียม และตัวอย่างของ จีไอเอส ที่ใช้ระบบนี้ในการจัดเก็บข้อมูล ได้แก่ โปรแกรม SPANS, INTERGRAPH เป็นต้น

3.4 เหตุผลที่เลือกใช้ระบบ จีไอเอส

เนื่องจากชีวิตประจำวันของคนส่วนใหญ่ โดยทั่วไปจะมีความเกี่ยวข้องกับภูมิศาสตร์ไม่มากก็น้อย การตัดสินใจใดๆ ก็ตาม มักจะมีส่วนเกี่ยวข้องทางด้านภูมิศาสตร์เสมอ ดังนั้นเพื่อตอบคำถามที่ว่าทำไมต้อง จีไอเอส นั้น พอจะกล่าวได้ว่าเทคโนโลยี จีไอเอส สามารถช่วยในการจัดการและบริหารข้อมูลเชิงพื้นที่ พร้อมทั้งทำให้สามารถเข้าใจในความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ในเชิงพื้นที่ได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นรากฐานที่ดีในการตัดสินใจอย่างฉลาด

การนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในเทคโนโลยี จีไอเอส ทำให้ผู้ใช้สามารถลดเวลาที่ต้องเสียไปในการวิเคราะห์ข้อมูลได้มาก เช่นเดียวกับการที่สำนักพิมพ์นำเสนอข่าวสารต่างๆ ผ่านทางมวลชนได้อย่างรวดเร็วและในราคาถูก เทคโนโลยี จีไอเอส ก็จะสามารถทำให้ข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นที่แพร่หลายและแพร่กระจายไปสู่ผู้ใช้ต่าง ๆ ได้ในขณะเดียวกันก็ช่วยลดต้นทุนของการผลิตการปรับปรุง และการเผยแพร่ข้อมูล นอกจากนี้ เทคโนโลยี จีไอเอส ยังสามารถเปลี่ยนรูปแบบของการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่โดยเปลี่ยนวิธีการนำเสนอและการใช้ประโยชน์ข้อมูลเชิงพื้นที่เหล่านั้น ข้อมูลเชิงพื้นที่นับว่าเป็นข้อมูลที่สามารถดัดแปลงให้มีความเหมาะสมกับความต้องการด้านต่างๆได้ง่ายโดยการนำเสนอ เทคโนโลยี จีไอเอส เข้ามาช่วย

เมื่อเปรียบกับการใช้แผนที่กระดาษเห็นได้ว่าการใช้ จีไอเอส มีข้อได้เปรียบมากกว่า เป็นต้นว่า ความสามารถในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลเชิงพื้นที่ให้มีความทันสมัยได้ง่ายกว่า หรือความสามารถในการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทต่างๆ และเก็บไว้ในชุดเดียวกัน ความสามารถในการปรับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงและนำมาผลิตเป็นแผนที่ ซึ่งสามารถผลิตฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูล และทำให้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลบรรลุผลอย่างรวดเร็ว ผู้ที่ทำหน้าที่ในการตัดสินใจจะสามารถวางแผนแล้วเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้โดยเปลี่ยนรูปแบบของการวิเคราะห์เป็นไปในแบบต่างๆ ซึ่งผลที่ได้จะสามารถนำเสนอในหลายรูปแบบ ในทางตรงกันข้าม การวิเคราะห์และการตรวจสอบข้อมูลโดยอาศัยการทำด้วยมือ จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงเมื่อผู้วิเคราะห์ต้องการนำเสนอผลงานในลักษณะเช่นนี้

ปัจจุบัน สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้เปลี่ยนรูปแบบได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีนำมาใช้รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงนโยบายทางการเมืองมีอยู่สอดคล้องกับความต้องการทั้งด้านสังคมและการปกครอง ในสังคมที่ต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีความซับซ้อนและมีการเปลี่ยนอย่างรวดเร็ว การเข้ามาของเทคโนโลยี จีไอเอส ประกอบกับระบบคอมพิวเตอร์ Hardware และ Software ที่มีการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง ทำให้เทคโนโลยี จีไอเอส เป็นเรื่องกล่าวถึงฐานะที่เป็นเครื่องมือที่มีคุณสมบัติในการบริหาร และจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิผล เทคโนโลยี จีไอเอส ไม่ใช่เพียงแฟชั่นที่ผ่านไป แต่เทคโนโลยี จีไอเอส เป็นเครื่องมือที่ทำให้ทราบถึงข้อมูลเชิงพื้นที่ที่อยู่ระหว่างการเปลี่ยนแปลง หรือที่ได้เปลี่ยนแปลงไปได้ในทุกวันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ระบบแผนที่ (Map System)

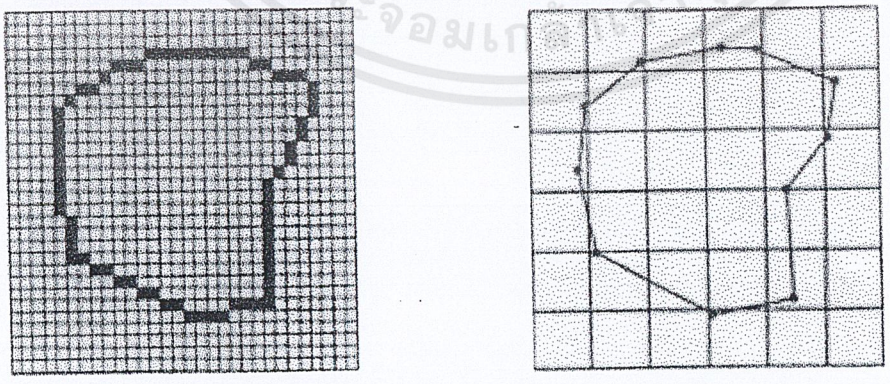
แผนที่ที่ใช้ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ แผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic map) และแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) โดยที่แผนที่เฉพาะเรื่องนี้เป็นแผนที่ที่มีองค์ประกอบอื่นๆ เข้ามามาก ส่วนแผนที่ภูมิประเทศจะเป็นแผนที่ที่เน้นแสดงสภาพทางภูมิศาสตร์โดยเฉพาะ ในวิทยานิพนธ์นี้จะขออธิบายเฉพาะแผนที่เฉาะเรื่องที่จะนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

แผนที่เฉพาะเรื่อง คือแผนที่ที่แสดงรายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่ต้องการนำเสนอ โดยการแปลงข้อมูลเหล่านั้นให้เป็นเครื่องหมายแผนที่เสียก่อน แล้วนำไปพิมพ์ซ้อนทับลงบนแผนที่ฐาน ตามตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลนั้นๆ ซึ่งหมายถึงประกอบไปด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) และ แผนที่ฐาน (Base map) ในการทำแผนที่นี้เมื่อเตรียมการเสร็จแล้วจะทำการพิมพ์ลงบนกระดาษ (Paper map) สำหรับปัญหาของแผนที่แบบกระดาษคือ ถ้ามีการเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลจะไม่สามารถแก้ไขข้อมูลในเวลาสั้นๆได้ จะต้องทำการพิมพ์แผนที่ออกมาใหม่ทั้งหมด ทำให้เสียเวลา และ ค่าใช้จ่ายมาก ปัจจุบันนี้ได้ทำการดัดแปลงแผนที่เฉพาะเรื่อง มาจัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ (Database) มีการแสดงผลโดยการวางซ้อนทับฐานข้อมูล การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลนี้จะทำได้ดีกว่าแผนที่กระดาษ เพราะว่าสามารถเลือกดูชั้นข้อมูลที่จำเป็นเท่านั้น ทำให้เข้าใจง่ายกว่าแผนที่กระดาษ

3.6 แผนที่ดิจิตอล

แผนที่ดิจิตอล (Digital map) หรือแผนที่ทางชวเลขเป็นแผนที่ที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล และมีการจัดเก็บข้อมูลของแผนที่ให้อยู่ในรูปของข้อมูลคอมพิวเตอร์ ซึ่งข้อมูลคอมพิวเตอร์จะทำการจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ แผนที่ดิจิตอลแบ่งการจัดเก็บออกเป็น 2 แบบ คือ แบบราสเตอร์ (raster) และแบบเวคเตอร์ (vector)

แผนที่แบบราสเตอร์ หมายถึงแผนที่ที่มีการจัดเก็บและแสดงผลในรูปของจุดภาพ การสร้างแผนที่แบบนี้ทำได้โดยรับภาพแผนที่จากแผนที่กระดาษผ่านทางเครื่องสแกนภาพ(scanner) ซึ่งวิธีการสแกนภาพเป็นการนำรูปภาพทั้งรูปเข้าไปเก็บในลักษณะของรูปภาพ ซึ่งการแก้ไขจะทำได้ยากรวมทั้งใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บมาก



(ก) (ข)

รูปที่ 3 - 1 การแสดงผลแบบราสเตอร์ และ เวคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนที่แบบเวคเตอร์ หมายถึงแผนที่ที่มีการจัดเก็บและแสดงผลในรูปของลายเส้น และมีทิศทาง การสร้างแผนที่แบบนี้ทำได้โดยใช้วิธีการลอกแบบจากเครื่องดิจิไทเซอร์(digitizer) ซึ่งจะเก็บเฉพาะข้อมูลในส่วนที่ต้องการลอกแบบ ดังนั้นข้อมูลแบบนี้จึงใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บน้อยกว่า สามารถแก้ไขได้ในภาพหลังโดยที่มาตราส่วนไม่ผิดไปจากเดิม

รูปแบบการแสดงผลแบบราสเตอร์ และ เวคเตอร์ในรูปที่ 3 - 1 (ก) และ (ข) ตามลำดับ และตัวอย่างของแผนที่แบบราสเตอร์และเวคเตอร์แสดงในรูปที่ 3 - 2 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



(ก) (ข)

รูปที่ 3 - 2 ตัวอย่างของแผนที่แบบราสเตอร์ และ เวคเตอร์

สำหรับในปริญญานิพนธ์ได้เลือกใช้แผนที่บริเวณเขตลาดกระบังและโดยรอบสถาบัน มาตราส่วน 1:20,000 ซึ่งเป็นประเภทมาตราส่วนใหญ่สามารถแสดงรายละเอียดต่างๆ ได้มากและชัดเจน เช่น ถนน สถานที่สำคัญ เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลแบบราสเตอร์ แต่จะทำการแสดงผลของตำแหน่งต่างๆ บนแผนที่โดยใช้หลักการของเวคเตอร์ คือ จะใช้ลักษณะของจุดและเส้นในการแสดงลักษณะทางภูมิศาสาตร์ซึ่งขบวนการของข้อมูลแบบเวคเตอร์นี้จะใช้คู่ของพิกัด X, Y เป็นตัวชี้ตำแหน่งและลักษณะของสิ่งต่างๆ

3.7 ระบบพิกัดบนแผนที่

ระบบพิกัดบนแผนที่จะมีการอ้างอิงพิกัดที่เหมือนกับระบบพิกัดฉากในทางเลขาคณิต ที่ประกอบไปด้วย แกน X และ แกน Y โดยจุดกำเนิดหมายถึงจุดระหว่างแกน X และ แกน Y เมื่อแทนด้วยระบบพิกัดบนแผนที่แล้ว แกน X จะหมายถึงเส้นละติจูด และ แกน Y จะหมายถึงเส้นลองจิจูด เมื่อพิจารณาระบบพิกัดบนโลกแล้ว จะพิจารณาเป็นลักษณะของ 3 มิติ คือ X, Y, Z โดย Z จะหมายถึงค่าความสูง ระบบนี้จะใช้ในการอ้างอิงในระบบ จีพีเอส เป็นหลัก สำหรับปริญญานิพนธ์นี้จะพิจารณาเฉพาะเส้นละติจูดและลองจิจูดเป็นหลัก เป็นการเปรียบเทียบระหว่างพิกัดในทางเรขาคณิตกับพิกัดบนแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การคำนวณระยะทางบนแผนที่

เนื่องจากพื้นที่บนแผนที่จะประกอบด้วยตำแหน่งพิกัดมากมาย ดังนั้นการคำนวณระยะทางจึงหมายถึงระยะห่างระหว่าง 2 ตำแหน่งบนแผนที่ ซึ่งเมื่อทราบระบบพิกัดตำแหน่งบนแผนที่แล้ว ทำให้สามารถหาระยะทางบนแผนที่ได้

ระยะทางระหว่างจุด 2 จุดบนแผนที่

หาได้ตามสูตรต่อไปนี้ เมื่อ d คือ ระยะทางระหว่างตำแหน่งทั้งสอง และ (x, y) คือ พิกัดตำแหน่งใดๆ

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \qquad (3.1)$$

ระยะทางระหว่างจุดถึงเส้นตรง

หาได้ตามสูตรต่อไปนี้ เมื่อ d คือ ระยะทางระหว่างตำแหน่งทั้งสอง และ (x, y) คือ พิกัดตำแหน่งใดๆ

$$d = |Ax_1 + B y_1 + C| / \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \qquad (3.2)$$

หลักการนี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาพื้นที่บนแผนที่ เช่น พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าคำนวณได้จาก d1*d2 เมื่อ d1 คือ ความกว้าง และ d2 คือ ความยาว เป็นต้น

3.9 ทฤษฎีกราฟ

กราฟ คือ คู่ลำดับของเซต (V, E) โดยที่ V คือ เซตของจุดต่างๆ (vertex) และ E คือเซตของเส้นเชื่อม ตัวอย่างเช่นกราฟ G = (V, E) โดยที่ V = {a, b, c} และ E = {{a, b}, {a, c}, {b, c}} ซึ่งสามารถแทนคู่ลำดับด้วยเส้นเชื่อมได้ เช่น {a, b} แทนด้วย p1, {b, c} แทนด้วย p2, {c, a} แทนด้วย p3 เป็นต้น เรียกว่า จุดสองจุดต่อกัน (adjacent) ซึ่งสามารถเดินทางในกราฟนี้ได้หลายเส้นทางเช่น เส้นทางที่ 1 (a-p1-b-p2-c) เส้นทางที่ 2 (a-p1-b-p2-c-p3-a) เป็นต้น

สำหรับอัลกอริธึมทางกราฟมีมากมายที่ใช้แก้ปัญหาทางกราฟ เช่น การเดินทางโดยใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด เป็นต้น สำหรับในปริญญานิพนธ์นี้จะใช้ทฤษฎีกราฟมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดโครงสร้างของถนน

สรุปเนื้อหา

จากเนื้อหาทั้งหมดในบทนี้ ได้อธิบายถึงในโครงงานนี้ได้อธิบายถึง องค์ประกอบ ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล การจัดเก็บรวมทั้งความสำคัญ ของทฤษฎีจีไอเอส รวมทั้งระบบแผนที่ต่างๆไม่ว่าจะเป็น แผนที่ดิจิตอลทั้งแบบเวกเตอร์และราสเตอร์ ระบบพิกัดบนแผนที่ การคำนวณระยะทางบนแผนที่ และทฤษฎีกราฟซึ่งความรู้ทั้งหมดในบทนี้เป็นประโยชน์ในการสร้างส่วนวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลดังจะกล่าวถึงต่อไปในบทที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ทฤษฎีและหลักการของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช

แผ่นหน่วยความจำคอมแพคแฟลช (CompactFlash®™(CF®™)) เป็นอุปกรณ์ความจุที่มีขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนย้ายได้ มีการแนะนำให้รู้จักครั้งแรกในปี1994โดยบริษัท แซนดิสก์ (Sandisk Corporation) แผ่นหน่วยความจำคอมแพคแฟลชมีน้ำหนักเพียงครึ่งออนซ์และมีขนาดเท่ากับกล่องไม้ขีดไฟ แผ่นหน่วยความจำคอมแพคแฟลชอยู่บนมาตรฐานCF+ซึ่งเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่เป็นไปตามPCMCIA(the Personal Computer Memory Card International Association standard หรือ JEIDA) สามารถให้การทำงานของPCMCIA-ATAได้อย่างครบถ้วนและสามารถเข้ากันได้ดีกับการทำงานของTrueIDEแบบพัลส์ที่เป็นไปตามมาตรฐานATA/ATAPI-4.AT 43mm(1.7")x36mm(1.4")x3.3mm(0.13") ความหนาของตัวอุปกรณ์น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความหนาของcardแบบ PAMCIAชนิดที่สอง ความจริงแล้วมีความหนาเป็น ¼ เท่าของการ์ดแบบ PCMCIA จะเห็นว่าคอมแพคแฟลชที่มี 50 ขาซึ่งน้อยกว่าการ์ดแบบ PAMCIAที่มี 68 ขา แต่ยังคงเป็นไปตามกฎเกณฑ์ของPCMCIA ATAอยู่ และสามารถใส่ลงไปยังอะแด็ปเตอร์ขนาด68 ขาชนิดที่สอง(68-pin Type II adapter)ที่เชื่อมต่อทางอิเล็กทรอนิคเข้ากับPCMCIA ได้

คอมแพคแฟลช ถูกออกแบบมาโดยใช้เทคโนโลยีของหน่วยความจำแบบแฟลช และเป็นหน่วยความจำชนิดที่ไม่ต้องใช้ไฟเลี้ยงเพื่อรักษาเก็บข้อมูลเอาไว้ (Non-Volatile Memory) แผ่นหน่วยความจำคอมแพคแฟลชเป็นโซลิดสเตท นั่นก็หมายความว่าจะไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งของคอมแพคแฟลชสามารถเคลื่อนที่หรือเคลื่อนย้ายได้ ทำให้ผู้ใช้สามารถป้องกันข้อมูลได้มากกว่าตัวดิสค์แม่เหล็กที่ใช้กันอยู่ นอกจากนี้ยังมีความแข็งแกร่งและน่าเชื่อถือมากกว่าดิสค์ไดรฟ์รวมทั้งPC Card ชนิดที่สามIII ประมาณ 5-10 เท่า คอมแพคแฟลชยังใช้พลังงานเพียงแค่ 5% ของพลังงานที่ต้องการในดิสค์ไดรฟ์ขนาดเล็ก

คอมแพคแฟลช สามารถที่จะใช้เป็นหน่วยความจำโดยใช้ไมโครไดรฟ์หรือใช้เป็นอินพุต/เอาต์พุต การ์ดได้ เช่นโมเดม, อีเธอเนท, อนุกรม, บัตรโทรศัพท์ดิจิตอล, บลูทูธไวร์เลส (BlueTooth wireless) และอื่นๆ

สามารถสรุปข้อดีของการ์ดคอมแพคแฟลชได้ดังนี้

- **สนับสนุนระบบไฟเลี้ยง2ระบบ**

คอมแพคแฟลช สนับสนุนการทำงานทั้ง 3.3โวลท์ และ 5โวลท์ และสามารถที่จะสับเปลี่ยนกันระหว่างระบบ3.3โวลท์ และ5โวลท์ นั่นก็หมายความว่าคอมแพคแฟลชการ์ดใดๆ สามารถเลือกทำงานได้ที่ความต่างศักย์ใดก็ได้

- **ตัวเชื่อมต่อ**

ตัวเชื่อมต่อ(Connector)ที่ใช้กับคอมแพคแฟลชการ์ดมีลักษณะคล้ายกับตัวเชื่อมต่อที่ใช้กับ PCMCIA การ์ดทั่วไปเพียงแต่มีแค่ 50 ขา

- **ความคงทนสูง**

คอมแพคแฟลชการ์ด มีความคงทนสูงเนื่องจากมีอัตราการช็อค (shock rate)ในการทำงานอยู่ที่ 2,000 กิกะเซคเค่น (Gs) ซึ่งเท่ากับตกจากความสูง10ฟุต ซึ่งหากใช้งานคอมแพคแฟลชตามปกติ ตัวคอมแพคแฟลชการ์ดสามารถใช้งานได้มากกว่า100ปี โดยที่ไม่มีการสูญเสียหรือเสื่อมไปของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- **ประหยัดพลังงาน**

โดยปกติคอมแพคแฟลชมีการใช้พลังงานน้อยกว่า 5% ของพลังงานที่ต้องการในการทำงานกับดิสค์ไดรฟ์ขนาด1.8"และ2.5" คอมแพคแฟลชการ์ดทำงานที่ 3.3โวลท์หรือ 5โวลท์ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟเพียงตัวเดียว

- **มีระบบปฏิบัติการสนับสนุนหลายตัว**

มีรูปแบบ(platform)และระบบปฏิบัติการณ์(O.S.)มากมายที่สนับสนุนมาตรฐาน PCMCIA-ATA รวมทั้งDos, Windows®, Windows95 , OS/2 ,Apple System 7, UNIX และอื่นๆ ซึ่งจะสนับสนุนคอมแพคแฟลช, คอมแพคแฟลชดิสค์ไดรฟ์ และคอมแพคแฟลชI/Oการ์ด

- **ความน่าเชื่อถือของข้อมูลสูง**

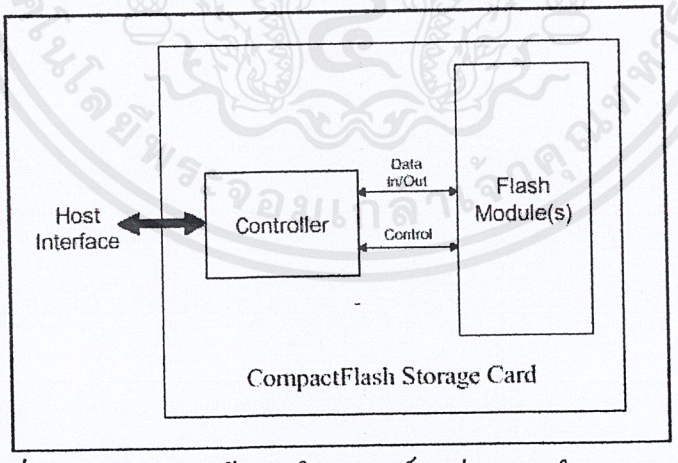
ข้อมูลของคอมแพคแฟลชจะถูกป้องกันโดยการจัดการตรวจสอบแบบไดนามิคภายใน (Build-in dynamic defect management) และ เทคโนโลยีตรวจแก้ความผิดพลาด(Error correction technology)

- **ราคา**

คอมแพคแฟลชมีราคาถูก และมีแนวโน้มว่าราคาจะต่ำลงไปอีกเนื่องจากเทคโนโลยีการผลิตตัวคอนโทรลเลอร์ภายในที่มีราคาถูกลง

4.1 โครงสร้างภายในของการ์ดหน่วยความจำคอมแพคแฟลช

ภายในแพคเกจขนาดเท่ากล่องไม้ขีดไฟของคอมแพคแฟลชจะประกอบด้วยชิปคอนโทรลเลอร์ 1 ตัวและโมดูลของหน่วยความจำแบบแฟลชโดยที่ตัวแพคเกจจะมีขาเชื่อมต่อชนิดตัวเมีย จำนวน 50 ขา แบ่งออกเป็น 2 แถวๆ ละ 25 ขา ตัวคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวที่ติดต่อกับระบบโฮสต์โดยจะเป็นตัวอนุญาตให้มีการเขียนหรืออ่านข้อมูลจากโมดูลของความจำแบบแฟลช ได้



รูปที่ 4 - 1 แสดงโครงสร้างภายในของการ์ดหน่วยความจำคอมแพคแฟลช

4.2 ระบบการทำงานพื้นฐานของคอมแพคแฟลช

คอนโทรลเลอร์ภายในคอมแพคแฟลชถูกออกแบบมาให้ทำงานเข้ากับโหมดการทำงานต่างๆ ที่ระบุอยู่ในมาตรฐาน ANSI ATAและPCMCIA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
46142

รายละเอียดของ ANSI ATAรู้จักกันดีในชื่อของIDEซึ่งใช้ติดต่อกับฮาร์ดไดร์ฟที่อยู่บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล(PC) และพบบ่อยในการประยุกต์ใช้งานที่ฝังอยู่ภายใน (Embeded Application) ประโยชน์ของโหมดนี้คือคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและคอมพิวเตอร์แบบบอร์ดเดี่ยวในระบบอุตสาหกรรมจะสนับสนุนการไบอัสโดยตรง แต่ข้อเสียคือความกว้างของสายข้อมูลในโหมด IDE มีขนาด 16 บิต ในขณะที่คำสั่งที่ใช้นั้นมีขนาดเพียง 8 บิต

สำหรับรายละเอียดของPCMCIAสนับสนุนทั้ง I/Oโหมด และโหมดหน่วยความจำ โดยจะเป็นโหมดใดนั้นขึ้นอยู่กับชุดคำสั่งที่นำมาใช้งาน การติดต่อกับคอนโทรลเลอร์ภายในจะกระทำผ่านชุดรีจิสเตอร์ภายในที่เรียกว่า ATA Register ข้อมูลที่ส่งผ่านระหว่างโฮสต์กับตัวอุปกรณ์ในแต่ละครั้งจะอยู่ในรูปของบล็อกหรือเซ็กเตอร์

ดังนั้นระบบการทำงานพื้นฐานของคอมแพคแฟลชสามารถแบ่งออกได้เป็น 3โหมด คือ

1) I/O โหมด
2) โหมดหน่วยความจำ
3) True IDE Mode

ส่วนขององค์ประกอบ(Configuration)ของคอมแพคแฟลชการ์ดจะถูกควบคุมโดยใช้มาตรฐานของรีจิสเตอร์องค์ประกอบของ PCMCIA (PCMCIA configuration register) โดยเริ่มต้นที่ตำแหน่งแอดเดรส 200h ซึ่งเป็นส่วนคุณสมบัติหน่วยความจำ (Attribute Memory Space) ของการ์ด

ตารางที่4 - 1 แสดงสัญญาณอินพุตและเอาท์พุต โดยที่สัญญาณที่ออกจากโฮสต์จะเป็นสัญญาณอินพุต ในขณะที่สัญญาณที่ออกจากคอมแพคแฟลชจะเป็นสัญญาณเอาท์พุต

Signal Name	Dir.	Pin	Description
A10-A0 (โหมดหน่วยความจำ)	I	8,10,11,12, 14,15,16,17, 18,19,20	สายสัญญาณแอดเดรสเหล่านี้ขึ้นอยู่กับสัญญาณ REG ที่ใช้ในการเลือกต่อไปนี้: -ใช้เป็นพอร์ตอินพุต/เอาพุตไปยังรีจิสเตอร์แอดเดรส ในการ์ดคอมแพคแฟลช -ใช้เป็นพอร์ตระบุตำแหน่งหน่วยความจำไปยัง รีจิสเตอร์แอดเดรสในคอมแพคแฟลช -ข้อมูลขนาด1ไบต์ในโครงสร้างของข้อมูลภายในของ ตัวการ์ดและส่วนควบคุมองค์ประกอบ(configuration control)และรีจิสเตอร์สถานภาพ(status registers)
A10-A0 (โหมด I/O)	I	8,10,11,12, 14,15,16,17, 18,19,20	เหมือนกันกับในโหมดหน่วยความจำ
A2-A0 (โหมด True IDE)	I	18,19,20	ในโหมดนี้จะใช้สัญญาณเพียง3เส้นเท่านั้นในการ เลือกรีจิสเตอร์ 1 ตัวจากทั้งหมด 8 ตัว ส่วนขา แอดเดรสอื่นๆ ที่เหลืออยู่ให้ต่อลงกราวน์ให้หมด
BVD1 (โหมดหน่วยความจำ)	I/O	46	สัญญาณนี้จะถูกทำให้เป็นhigh เมื่อ BVD1ไม่ถูกใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-STSCHG Status Change (โหมด I/O) -PDIAG (โหมดTrue IDE)			สัญญาณนี้จะถูกทำให้เป็นlowเพื่อกระตุ้นโฮสต์ให้ เปลี่ยนสถานภาพในRDY/-BSY และการป้องกันการ เขียน(Write Protect)ในขณะที่มีการconfigure ส่วนใน ที่ติดต่อกับI/O ขานี้คือสัญญาณพาสไดอะโนสติก(Pass Diagnostic)ใน โปรโตคอลมาสเตอร์สแลฟแฮนด์เชค (Master/Slave Handshake Protocol)
BVD2 (โหมดหน่วยความจำ) -SPKR (โหมด I/O) -DASP (โหมด True IDE)	I/O	45	สัญญาณนี้จะถูกทำให้เป็นhigh เมื่อ BVD2ไม่ถูกใช้งาน เป็นสัญญาณไบนารี่ออดิโอเอาท์พุตที่ออกจากการ์ด ถ้าการ์ดไม่สนับสนุนไบนารี่ออดิโอ จะไม่สนใจขานี้ เป็นสัญญาณดิสค์แอ็กทิฟสแลฟพรีเซนท์ (Disk Active/Slave Present)ในโปรโตคอล มาสเตอร์สแลฟแฮนด์เชค
-CD1,CD2 (โหมดหน่วยความจำ) -CD1,CD2 (โหมด I/O) -CD1,CD2 (โหมด True IDE)	I	26,25	ขาค้นหาการ์ด(Card Detect)เหล่านี้ต่อลงกราวนด์บนฝั่ง การ์ดคอมแพคแฟลช ซึ่งโฮสต์จะนำไปใช้เพื่อใช้ระบุว่า การ์ดคอมแพคแฟลชถูกเสียบอยู่ในซ๊อคเกตเรียบร้อยแล้ว สัญญาณนี้เหมือนกันทุกโหมด สัญญาณนี้เหมือนกันทุกโหมด
-CE1,-CE2 Card Enable (โหมดหน่วยความจำ) -CE1,-CE2 (โหมด I/O) -CS0,-CS1 (โหมด True IDE)	I	7,32	ขาอินพุตทั้งสองขานี้นอกจากจะใช้เลือกตัวการ์ดและระบุ ตัวการ์ดคอมแพคแฟลชให้ทำงานแบบไบต์หรือแบบเวิร์ด โดยขา-CE2จะเข้าถึงไบต์คี่ของเวิร์ด ส่วนขา-CE1จะเข้า ถึงไบต์คู่หรือไบต์คี่ของเวิร์ดนั้นขึ้นอยู่กับขาA0และ-CE2 สัญญาณนี้เหมือนกับในโหมดหน่วยความจำ -CS0ใช้ในการเลือกรีจิสเตอร์ ส่วนCS1ใช้ในการเลือก รีจิสเตอร์สถานภาพที่สลับกัน(Alternate Status Register) และรีจิสเตอร์ควบคุมตัวอุปกรณ์(Device Control Register)
-CSEL (โหมดหน่วยความจำ) -CSEL (โหมด I/O) -CSEL (โหมด True IDE)	I	39	สัญญาณนี้ไม่ได้ใช้ในโหมดนี้ สัญญาณนี้ไม่ได้ใช้ในโหมดนี้ ใช้ในการconfig ตัวอุปกรณ์ว่าจะให้เป็นมาสเตอร์หรือ สแลฟ ถ้าขานี้เป็นกราวน์ตัวอุปกรณ์จะตั้งให้เป็นมาสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			แต่หากขานี้เปิดไว้ ตัวอุปกรณ์จะถูกตั้งให้เป็นสแลฟ
D15-D00 (โหมดหน่วยความจำ) D15-D00 (โหมด I/O) D15-D00 (โหมด True IDE)	I/O	31,30,29,28, 27,49,48,47, 6,5,4,3,2, 23,22,21	สายนี้จะขนส่งข้อมูล คำสั่ง และข้อมูลสถานภาพ ระหว่าง ตัวโฮสต์กับคอนโทรลเลอร์ ขาD00คือLSBของไบต์คู่ของ เวิร์ด ขาD08คือLSBของไบต์คี่ของเวิร์ด สัญญาณนี้เหมือนกับในโหมดหน่วยความจำ รีจิสเตอร์ที่ใช้งานในโหมดนี้ทั้งหมดทำงานโดยใช้บัส ข้อมูลลำดับต่ำคือD07-D00 ในขณะที่ข้อมูลที่ส่งผ่าน ทั้งหมดเป็น16 บิต คือ D15-D00
GND (โหมดหน่วยความจำ) GND (โหมด I/O) GND (โหมด True IDE)	-	1,50	กราวนด์ สัญญาณนี้เหมือนกันทุกโหมด สัญญาณนี้เหมือนกันทุกโหมด
-INPACK (โหมดหน่วยความจำ) -INPACK (โหมด I/O) -INPACK (โหมด True IDE)	O	43	สัญญาณนี้ไม่ได้ใช้ในโหมดนี้ สัญญาณนี้คอมแพคแฟลชจะทำหน้าที่ส่งออกมาเมื่อการ์ด ถูกเลือกและตอบสนองกับไซเคิลการอ่านI/Oที่ตำแหน่ง เดียวกับที่อยู่บนแอดเดรสบัส โฮสต์ใช้ในการควบคุม บัฟเฟอร์อินพุตต่างๆ ระหว่างคอมแพคแฟลชกับCPU สัญญาณนี้ไม่ได้ใช้ในโหมดนี้และไม่ควรต่อเข้ากับโฮสต์
-IORD (โหมดหน่วยความจำ) -IORD (โหมด I/O) -IORD (โหมด True IDE)	I	34	สัญญาณนี้ไม่ได้ใช้ในโหมดนี้ สัญญาณนี้คือสัญญาณสโตรปการอ่านI/Oที่ถูกสร้างขึ้น โดยโฮสต์ สัญญาณนี้จะเปิดให้ข้อมูล I/Oมาอยู่บนบัสจาก คอมแพคแฟลชได้ สัญญาณนี้เหมือนกับในโหมด I/O
-IOWR (โหมดหน่วยความจำ) -IOWR (โหมด I/O) -IOWR	I	35	สัญญาณนี้ไม่ได้ใช้ในโหมดนี้ สัญญาณนี้คือสัญญาณสโตรปการเขียนI/Oที่ถูกสร้างขึ้น โดยโฮสต์ สัญญาณนี้นำข้อมูล I/Oที่อยู่บนบัสเข้า คอมแพคแฟลช สัญญาณนี้เหมือนกับในโหมด I/O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(โหมด True IDE)			
-OE (โหมดหน่วยความจำ) -OE (โหมด I/O) -ATA SEL (โหมด True IDE)	I	9	สัญญาณนี้สร้างโดยโฮสต์เพื่อใช้ในการอ่านค่าข้อมูลจาก การ์ดคอมแพคแฟลชในโหมดหน่วยความจำ และใช้อ่าน CISและรีจิสเตอร์องค์ประกอบ สัญญาณนี้ใช้ในการอ่านCIS(Card Information Struture) และรีจิสเตอร์องค์ประกอบ เพื่อให้สามารถทำงานบนโหมดTrue IDEได้ควรต่อเข้า กราวนด์โดยโฮสต์
RDY/-BSY (โหมดหน่วยความจำ)

RESET (โหมด I/O) -RESET (โหมด True IDE)			เท่านั้น นอกจากนี้ตัวCompactflash Storage Card สามารถที่จะถูกresetผ่านทางการset Soft Reset bitใน Card Configuration Optional Register สัญญาณนี้เหมือนกับในโหมดหน่วยความจำ หากต้องการรีเซ็ตขานี้จะถูกทำให้เป็นlowโดยทางฮาร์ดแวร์
VCC (โหมดหน่วยความจำ) VCC (โหมด I/O) VCC (โหมด True IDE)	-	13,38	+5 V ,+3.3 V power สัญญาณนี้เหมือนกันทุกโหมด สัญญาณนี้เหมือนกันทุกโหมด
-VS1,-VS2 (โหมดหน่วยความจำ) -VS1,-VS2 (โหมด I/O) -VS1,-VS2 (โหมด True IDE)	O	33 40	Voltage Sense Signal ถ้า-VS1ต่อลงgroundจะทำให้ Compactflash Storage Cardสามารถreadที่3.3V และถ้า -VS2จะถูกสงวนไว้โดยPCMCIAสำหรับvoltageอันดับที่2 สัญญาณนี้เหมือนกันทุกโหมด สัญญาณนี้เหมือนกันทุกโหมด
-WAIT (โหมดหน่วยความจำ) -WAIT (โหมด I/O) -IORDY (โหมด True IDE)	O	42	ถ้าขานี้ถูกขับเป็นlowโดย Compactflash Storage Cardไปยังโฮสต์เพื่อdelayจนกว่าการทำงานกับmemoryจะเสร็จสมบูรณ์หรือI/O cycleจบลง สัญญาณนี้เหมือนกับในโหมดหน่วยความจำ ในโหมดนี้ขาสัญญาณนี้ถูกใช้เป็นIORDY
-WE (โหมดหน่วยความจำ) -WE (โหมด I/O) -WE (โหมด True IDE)	I	36	ขาสัญญาณนี้จะถูกขับโดยโฮสต์และใช้ในการstrobeการเขียนข้อมูลลงไปยัง register ของ Compactflash เมื่อcardถูกconรูปที่ให้ทำงานติดต่อกับmemory mode ก็จะถูกใช้สำหรับการเขียนลงบนConfiguration Register สัญญาณนี้ใช้ในการเขียนลงไปยังรีจิสเตอร์องค์ประกอบ เพื่อให้สามารถทำงานบนโหมดTrue IDEได้ควรต่อเข้าไฟเลี้ยงโดยโฮสต์
-WP	O	24	เนื่องจากใน memory modeไม่มีswitchป้องกันการเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(โหมดหน่วยความจำ)			ดังนั้นขาสัญญาณนี้จะเป็น low หลังจากที่สิ้นสุดการ reset ในครั้งแรก
-IOIS16 (โหมด I/O)			ขานี้ใช้ในการเลือกการทำงานพอร์ตให้เป็นแบบ 16 บิต ถ้าสัญญาณนี้เป็น low จะระบุว่าเฉพาะการทำงานบน 16 บิตหรือไบต์คี่เท่านั้นที่จะอยู่บนแอดเดรสพอร์ต
-IOIS16 (โหมด True IDE)			ถ้าสัญญาณนี้เป็นlowในช่วงไซเคิลการส่งผ่านข้อมูลแบบเวิร์ด

ตารางที่ 4 - 1 แสดงสัญญาณอินพุตและเอาท์พุต

4.3 ฟังก์ชั่นการทำงานของคอมแพคแฟลช

ฟังก์ชั่นการทำงานแบ่งออกเป็น 4 แบบ

1. ฟังก์ชั่นการทำงานบนหน่วยความจำคุณสมบัติของการ์ด(Attribute Memoty Function)
2. ฟังก์ชั่นการทำงานในการส่งข้อมูลบนI/O
3. ฟังก์ชั่นการทำงานในการส่งข้อมูลบนหน่วยความจำทั่วไป
4. ฟังก์ชั่นการทำงานในการส่งข้อมูลบนTrue IDE

4.3.1 ฟังก์ชั่นการทำงานบนหน่วยความจำคุณสมบัติของการ์ด(Attribute Memoty Function)

หน่วยความจำคุณสมบัติคือตำแหน่งที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้ระบุและข้อมูลองค์ประกอบของตัวคอมแพคแฟลชการ์ดนั้นๆ มีการจำกัดการเข้าถึงแค่ 8 บิตและที่ตำแหน่งแอดเดรสคู่เท่านั้น ตำแหน่งแอดเดรสของรีจิสเตอร์องค์ประกอบของการ์ดเริ่มต้นที่แอดเดรส 200 h

สัญญาณที่ใช้ในการทำงานกับข้อมูลจากหน่วยความจำคุณสมบัติแสดงในรูปที่ 4 - 2

Function Mode	-REG	-CE2	-CE1	A10	A9	A0	-OE	-WE	D15-D8	D7-D0
Standby Mode	X	H	H	X	X	X	X	X	High Z	High Z
Read Byte Access CIS ROM (8 bits)	L	H	L	L	L	L	L	H	High Z	Even Byte
Write Byte Access CIS (8 bits) (Invalid)	L	H	L	L	L	L	H	L	Don't Care	Even Byte
Read Byte Access Configuration CompactFlash Storage (8 bits)	L	H	L	L	H	L	L	H	High Z	Even Byte
Write Byte Access Configuration CompactFlash Storage (8 bits)	L	H	L	L	H	L	H	L	Don't Care	Even Byte
Read Byte Access Configuration *CF+* (8 bits)	L	H	L	X	X	L	L	H	High Z	Even Byte
Write Byte Access Configuration *CF+* (8 bits)	L	H	L	X	X	L	H	L	Don't Care	Even Byte
Read Word Access CIS (16 bits)	L	L	L	L	L	X	L	H	Not Valid	Even Byte
Write Word Access CIS (16 bits) (Invalid)	L	L	L	L	L	X	H	L	Don't Care	Even Byte
Read Word Access Configuration CompactFlash Storage (16 bits)	L	L	L	L	H	X	L	H	Not Valid	Even Byte
Write Word Access Configuration CompactFlash Storage (16 bits)	L	L	L	L	H	X	H	L	Don't Care	Even Byte
Read Word Access Configuration *CF+* (16 bits)	L	L	L	X	X	X	L	H	Not Valid	Even Byte
Write Word Access Configuration *CF+* (16 bits)	L	L	L	X	X	X	H	L	Don't Care	Even Byte

รูปที่ 4 - 2 แสดงฟังก์ชั่นต่างๆ ที่ทำงานบนหน่วยความจำคุณสมบัติของการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ที่ใช้

1. Configuration Option Register (Base + 00h in Attribute Memory)
   เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการตั้งการติดต่อของคอมแพคแฟลชการ์ด การแปลแอดเดรส อินเทอร์รัปต์ และส่งการรีเซ็ตทางซอฟท์แวร์ไปยังคอมแพคแฟลชการ์ด
2. Card Configuration and Status Register (Base + 02h in Attribute Memory)
   เป็นรีจิสเตอร์ที่บรรจุเงื่อนไขต่างๆ ของคอมแพคแฟลชการ์ด
3. Pin Replacement Register (Base + 04h in Attribute Memory)
   เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้บอกการเปลี่ยนแปลงของสถานภาพของการ์ด
4. Socket and Copy Register (Base + 06h in Attribute Memory)
   เป็นรีจิสเตอร์ที่บรรจุข้อมูลองค์ประกอบเพิ่มเติมของการ์ด ซึ่งข้อมูลจะต้องถูกเขียนโดยระบบก่อนที่จะมีการเขียนลงบนรีจิสเตอร์ดัชนีองค์ประกอบ(Configuration Index Register)
5. I/O Base Register (0, 1)
   ใช้ในการกำหนดแอดเดรสเริ่มต้นของขอบเขตI/Oเพื่อเข้าถึงรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นเฉพาะ
6. I/O Limit Register
   รีจิสเตอร์นี้ใช้ในการระบุจำนวนของเส้นแอดเดรสที่ใช้ในฟังก์ชั่นนั้นๆ แต่ละบิตที่อยู่ในรีจิสเตอร์จะแทนแต่ละเส้นของแอดเดรส

4.3.2 ฟังก์ชั่นการทำงานในการส่งข้อมูลบนI/O

เป็นฟังก์ชั่นในการการส่งหรือรับข้อมูลจากคอมแพคแฟลชการ์ดสามารถเป็นได้ทั้งแบบ 8 บิต และ16บิต โดยจะมีขาสัญญาณ –IOIS16เข้ามาเกี่ยวข้อง ถ้าทำงานแบบ 16 บิต เมื่อมีสัญญาณแอดเดรสเข้ามาขาสัญญาณนี้จะถูกทำให้มีสัญญาณโดยคอมแพคแฟลชการ์ด แต่ถ้ามีความพยายามที่จะทำงานกับข้อมูลขนาด 16 บิต แต่ขาสัญญาณ –IOIS16ไม่ถูกทำให้มีสัญญาณแล้วระบบจะแบ่งการอ้างอิงออกเป็น 8 บิต 1 คู่ เพื่อเข้าถึงไบต์คู่และไบต์คี่ของเวิร์ด ชุดรีจิสเตอร์ที่ใช้จะใช้ชุดรีจิสเตอร์ของATA

Function Code	-REG	-CE2	-CE1	A0	-IORD	-IOWR	D15-D8	D7-D0
Standby Mode	X	H	H	X	X	X	High Z	High Z
Byte Input Access (8 bits)	L L	H H	L L	L H	L L	H H	High Z High Z	Even-Byte Odd-Byte
Byte Output Access (8 bits)	L L	H H	L L	L H	H H	L L	Don't Care Don't Care	Even-Byte Odd-Byte
Word Input Access (16 bits)	L	L	L	L	L	H	Odd-Byte	Even-Byte
Word Output Access (16 bits)	L	L	L	L	H	L	Odd-Byte	Even-Byte
I/O Read Inhibit	H	X	X	X	L	H	Don't Care	Don't Care
I/O Write Inhibit	H	X	X	X	H	L	High Z	High Z
High Byte Input Only (8 bits)	L	L	H	X	L	H	Odd-Byte	High Z
High Byte Output Only (8 bits)	L	L	H	X	H	L	Odd-Byte	Don't Care

รูปที่ 4 - 3 แสดงฟังก์ชั่นต่างๆ ของI/O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ฟังก์ชั่นการทำงานในการส่งข้อมูลบนหน่วยความจำทั่วไป

เป็นฟังก์ชั่นในการการส่งหรือรับข้อมูลจากคอมแพคแฟลชการ์ดสามารถเป็นได้ทั้งแบบ 8 บิต และ16 บิตตลอดทั้งตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำทั่วไป ชุดรีจิสเตอร์ที่ใช้จะใช้ชุดรีจิสเตอร์ของ ATA

Function Code	-REG	-CE2	-CE1	A0	-OE	-WE	D15-D8	D7-D0
Standby Mode	X	H	H	X	X	X	High Z	High Z
Byte Read Access (8 bits)	H H	H H	L L	L H	L L	H H	High Z High Z	Even-Byte Odd-Byte
Byte Write Access (8 bits)	H H	H H	L L	L H	H H	L L	Don't Care Don't Care	Even-Byte Odd-Byte
Word Read Access (16 bits)	H	L	L	X	L	H	Odd-Byte	Even-Byte
Word Write Access (16 bits)	H	L	L	X	H	L	Odd-Byte	Even-Byte
Odd Byte Read Only (8 bits)	H	L	H	X	L	H	Odd-Byte	High Z
Odd Byte Write Only (8 bits)	H	L	H	X	H	L	Odd-Byte	Don't Care

รูปที่ 4 - 4 แสดงฟังก์ชั่นต่างๆ บนหน่วยความจำทั่วไป

4.3.4 ฟังก์ชั่นการทำงานในการส่งข้อมูลบนTrue IDE

คอมแพคแฟลชการ์ดจะถูกตั้งให้อยู่ในโหมดนี้เมื่อขาสัญญาณ –OE ต่อลงกราวนด์โดยโฮสต์ ในโหมดนี้จะไม่สามารถใช้โปรโตคอลและองค์ประกอบของPCMCIAได้ จะมีแต่การทำงานบนI/Oที่เข้าถึงชุดรีจิสเตอร์ที่ใช้งานและรีจิสเตอร์ข้อมูลเท่านั้นที่ทำงานในโหมดนี้ได้ และโฮสต์จะไม่สามารถเข้าถึงหน่วยความจำและหน่วยความจำคุณสมบัติได้ ในโหมดนี้คอมแพคแฟลชการ์ดจะยอมให้มีการเข้าถึงข้อมูลขนาด 8 บิตเท่านั้น ชุดรีจิสเตอร์ที่ใช้จะใช้ชุดรีจิสเตอร์ของATA

Function Code	-CE2	-CE1	A0-A2	-IORD	-IOWR	D15-D8	D7-D0
Invalid Mode	L	L	X	X	X	High Z	High Z
Standby Mode	H	H	X	X	X	High Z	High Z
Task File Write	H	L	1-7h	H	L	Don't Care	Data In
Task File Read	H	L	1-7h	L	H	High Z	Data Out
Data Register Write	H	L	0	H	L	Odd-Byte In	Even-Byte In
Data Register Read	H	L	0	L	H	Odd-Byte Out	Even-Byte Out
Control Register Write	L	H	6h	H	L	Don't Care	Control In
Alt Status Read	L	H	6h	L	H	High Z	Status Out
Drive Address[9]	L	H	7h	L	H	High Z	Data Out

รูปที่ 4 - 5 แสดงฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ บนTrue IDE

4.4 การติดต่อทางด้านซอฟท์แวร์

คอมแพคแฟลชสามารถตั้งให้เป็นอุปกรณ์I/Oที่มีประสิทธิภาพสูงโดยผ่านทาง

1) ดิสก์มาตรฐานPC-ATที่ตำแหน่งแอดเดรส 1F0h-1F7h, 3F6H-3f7h(ปฐมภูมิ), 170h-177h, 376h-377h(ทุติยภูมิ)
2) ระบบใดๆ ที่ใช้บล็อกI/Oขนาด 16 บิตและใช้สัญญาณIRQ
3) เนื้อที่หน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารไปยังหรือจากคอมแพคแฟลชการ์ดจะถูกกระทำโดยผ่านรีจิสเตอร์ทาสก์ไฟล์(Task File Register) ซึ่งมีรีจิสเตอร์ที่จำเป็นสำหรับการควบคุมและข้อมูลสถานภาพ ในการเชื่อมต่อแบบPCMCIAจะมีวิธีในการใช้รีจิสเตอร์เหล่านี้อยู่4 วิธี ซึ่งอธิบายไว้ในรูปที่ 4 - 6 ด้านล่าง

Standard Configurations			
Config Index	I/O or Memory	Address	Description
0	Memory	0h-Fh, 400h-7FFh	Memory Mapped
1	I/O	XX0h-XXFh	I/O Mapped 16 Contiguous Registers
2	I/O	1F0h-1F7h, 3F6h-3F7h	Primary I/O Mapped
3	I/O	170h-177h, 376h-377h	Secondary I/O Mapped

รูปที่ 4 - 6 แสดงโหมดการทำงานทั้งหมดที่คอมแพคแฟลชการ์ดสามารถทำได้

4.4.1 องค์ประกอบของแอดเดรสของI/Oแบบปฐมภูมิ และทุติยภูมิ

-REG	A9-A4	A3	A2	A1	A0	-IORD=0	-IOWR=0	Note
0	1F(17)h	0	0	0	0	Even RD Data	Even WR Data	1, 2
0	1F(17)h	0	0	0	1	Error Register	Features	1, 2
0	1F(17)h	0	0	1	0	Sector Count	Sector Count	
0	1F(17)h	0	0	1	1	Sector No.	Sector No.	
0	1F(17)h	0	1	0	0	Cylinder Low	Cylinder Low	
0	1F(17)h	0	1	0	1	Cylinder High	Cylinder High	
0	1F(17)h	0	1	1	0	Select Card/Head	Select Card/Head	
0	1F(17)h	0	1	1	1	Status	Command	
0	3F(37)h	0	1	1	0	Alt Status	Device Control	
0	3F(37)h	0	1	1	1	Drive Address	Reserved	

รูปที่ 4 - 7 แสดงการแปลของ I/Oแบบปฐมภูมิ และทุติยภูมิ

4.4.2 การจัดวางแอดเดรสของI/Oที่อยู่ติดกัน

ระบบจะทำการแปลบล็อกของI/Oรีจิสเตอร์ที่อยู่ติดกันในการเลือกคอมแพคแฟลชการ์ด รีจิสเตอร์จะถูกเข้าถึงในรูปแบบของI/Oบล็อกและถูกแปลโดยระบบ ดังรูปที่ 4 - 8 ด้านล่าง

-REG	A3	A2	A1	A0	Offset	-IORD=0	-IOWR=0	Notes
0	0	0	0	0	0	Even RD Data	Even WR Data	1
0	0	0	0	1	1	Error	Features	2
0	0	0	1	0	2	Sector Count	Sector Count	
0	0	0	1	1	3	Sector No.	Sector No.	
0	0	1	0	0	4	Cylinder Low	Cylinder Low	
0	0	1	0	1	5	Cylinder High	Cylinder High	
0	0	1	1	0	6	Select Card /Head	Select Card/Head	
0	0	1	1	1	7	Status	Command	
0	1	0	0	0	8	Dup Even RD Data	Dup. Even WR Data	2
0	1	0	0	1	9	Dup. Odd RD Data	Dup. Odd WR Data	2
0	1	1	0	1	D	Dup. Error	Dup. Features	2
0	1	1	1	0	E	Alt Status	Device Ctl	
0	1	1	1	1	F	Drive Address	Reserved	

รูปที่ 4 - 8 แสดงการแปลบล็อกของI/Oรีจิสเตอร์ที่อยู่ติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 การจัดวางแอดเดรสของหน่วยความจำ

เมื่อรีจิสเตอร์ของคอมแพคแฟลชการ์ดถูกเข้าถึงโดยทางการอ้างอิงหน่วยความจำ ตัวรีจิสเตอร์นี้จะปรากฏในส่วนเนื่อที่ของหน่วยความจำทั่วไป ขนาด 0-2 กิโลไบต์ ดังที่แสดงในรูปที่ 4 - 9 ด้านล่าง

-REG	A10	A9-A4	A3	A2	A1	A0	Offset	-OE=0	-WE=0	Notes
1	0	X	0	0	0	0	0	Even RD Data	Even WR Data	1, 2
1	0	X	0	0	0	1	1	Error	Features	1, 2
1	0	X	0	0	1	0	2	Sector Count	Sector Count	
1	0	X	0	0	1	1	3	Sector No.	Sector No.	
1	0	X	0	1	0	0	4	Cylinder Low	Cylinder Low	
1	0	X	0	1	0	1	5	Cylinder High	Cylinder High	
1	0	X	0	1	1	0	6	Select Card /Head	Select Card/Head	
1	0	X	0	1	1	1	7	Status	Command	
1	0	X	1	0	0	0	8	Dup. Even RD Data	Dup. Even WR Data	2
1	0	X	1	0	0	1	9	Dup. Odd RD Data	Dup. Odd WR Data	2
1	0	X	1	1	0	1	D	Dup. Error	Dup. Features	2
1	0	X	1	1	1	0	E	Alt Status	Device Ctl	
1	0	X	1	1	1	1	F	Drive Address	Reserved	
1	1	X	X	X	X	0	8	Even RD Data	Even WR Data	3
1	1	X	X	X	X	1	9	Odd RD Data	Odd WR Data	3

รูปที่ 4 - 9 แสดงการอ้างอิงหน่วยความจำตัวรีจิสเตอร์ในเนื่อที่ของหน่วยความจำ

4.4.4 การจัดวางแอดเดรสของTrue IDE

เมื่อใช้คอมแพคแฟลชการ์ดในโหมดTrue IDE จะมีการแปลสัญญาณI/O ดังรูปที่ 4 - 10 ด้านล่าง

-CE2	-CE1	A2	A1	A0	-IORD=0	-IOWR=0	Note
1	0	0	0	0	RD Data	WR Data	
1	0	0	0	1	Error Register	Features	
1	0	0	1	0	Sector Count	Sector Count	
1	0	0	1	1	Sector No.	Sector No.	
1	0	1	0	0	Cylinder Low	Cylinder Low	
1	0	1	0	1	Cylinder High	Cylinder High	
1	0	1	1	0	Select Card/Head	Select Card/Head	
1	0	1	1	1	Status	Command	
0	1	1	1	0	Alt Status	Device Control	
0	1	1	1	1	Drive Address	Reserved	

รูปที่ 4 - 10 แสดงการแปลสัญญาณI/OของโหมดTrue IDE

4.5 รีจิสเตอร์ภายในคอมแพคแฟลช

เนื่องจากคอมแพคแฟลชเป็นไปตามมาตรฐาน PCMCIA-ATA ดังนั้นชุดรีจิสเตอร์ที่ใช้จึงเป็นชุดรีจิสเตอร์ของATA ซึ่งสามารถแยกรีจิสเตอร์ออกได้เป็น9กลุ่ม ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ภายใน 11 ตัว

1. รีจิสเตอร์ข้อมูล (แอดเดรส – 1F0h[170h];ออฟเซต 0,8,9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ข้อมูลเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท ที่ใช้สำหรับส่งบล็อกของข้อมูลระหว่างบัฟเฟอร์ของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช และ โฮสต์ ซึ่ง รีจิสเตอร์นี้มีตำแหน่งทับกับ Error รีจิสเตอร์ Data Register

รูปข้างล่างนี้อธิบายเกี่ยวกับข้อมูลรีจิสเตอร์

Data Register	CE2-	CE1-	A0	Offset	Data Bus
Word Data Register	0	0	X	0,8,9	D15-D0
Even Data Register	1	0	0	0,8	D7-D0
Odd Data Register	1	0	1	9	D7-D0
Odd Data Register	0	1	X	8,9	D15-D8
Error / Feature Register	1	0	1	1, Dh	D7-D0
Error / Feature Register	0	1	X	1	D15-D8
Error / Feature Register	0	0	X	Dh	D15-D8

รูปที่ 4 - 11 แสดงการใช้รีจิสเตอร์ข้อมูล

2. Error รีจิสเตอร์ (แอดเดรส – 1F1h[171h]; ออฟเซต 1,0Dh อ่านเท่านั้น)

รีจิสเตอร์นี้ระบุข้อมูลเกี่ยวกับ ต้นกำเนิดของข้อผิดพลาดเมื่อ บิทที่ 0 ของ Status รีจิสเตอร์ตรวจจับข้อผิดพลาดได้

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
BBK	UNC	0	IDNF	0	ABRT	0	AMNF

รูปที่ 4 - 12 Error Register

รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงได้โดยใช้ข้อมูลบิทที่ D15-D8 ในขณะที่ทำการเขียนข้อมูลลงไปใน ออฟเซต 0 และ –CE2 เป็นศูนย์ และ–CE1เป็นหนึ่ง

3. Feature รีจิสเตอร์ (แอดเดรส – 1F1h[171h]; ออฟเซต 1,0Dh เขียนเท่านั้น)

รีจิสเตอร์นี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช ที่โฮสต์สามารถใช้ได้ รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงได้โดยใช้ข้อมูลบิตที่ D15-D8 ในขณะที่ทำการเขียนข้อมูลลงไปใน ออฟเซต 0 และ –CE2 เป็นศูนย์ และ–CE1เป็นหนึ่ง

4. เซกเตอร์ Count รีจิสเตอร์ (แอดเดรส – 1F2[172h]; ออฟเซต 2)

รีจิสเตอร์ตัวนี้เป็นตัวที่บรรจุจำนวนเซกเตอร์ของข้อมูลที่ถูกร้องขอให้มีการส่งข้อมูลในการreadหรือwrite ระหว่างตัวโฮสต์กับหน่วยความจำคอมแพคแฟลช ถ้าค่าในรีจิสเตอร์นี้เป็น0 จะเท่ากับเซกเตอร์จำนวน 256 เซกเตอร์เมื่อทำคำสั่งเสร็จค่าใน รีจิสเตอร์นี้เป็น0 ที่คำสั่งสิ้นสุดทันที แต่ถ้าคำสั่งไม่สำเร็จ รีจิสเตอร์นี้ก็จะบรรจุค่าจำนวนเซกเตอร์ที่ต้องให้มีการส่งผ่านต่อไปเพื่อทำให้คำสั่งนั้นสมบูรณ์เอาไว้

5. เซกเตอร์ Number (LBA 7-0) รีจิสเตอร์ (แอดเดรส – 1F3h[173h]; ออฟเซต 3)

รีจิสเตอร์นี้จะเก็บค่าของเซกเตอร์ที่ใช้ในการเริ่มต้น หรือ บิท 7-0 ของ ลอจิกคอล บล็อก แอดเดรส (LBA) สำหรับ หน่วยความจำคอมแพคแฟลช ใช้ในการเข้าถึงชุดคำสั่งย่อย

6. Cylinder Low (LBA 15-8) รีจิสเตอร์ (แอดเดรส – 1F4h[174h]; ออฟเซต 4)

รีจิสเตอร์นี้ใช้บรรจุ 8 บิทล่างของ starting cylinder แอดเดรส หรือ บิทที่15-8 ของ ลอจิกคอล บล็อก แอดเดรส

7. Cylinder High (LBA 23-16) รีจิสเตอร์ (แอดเดรส – 1F5h[175h]; ออฟเซต 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์นี้ใช้บรรจุ 8 บิทบทของไซลินเดอร์เริ่มต้น (Starting Cylinder) แอดเดรส หรือ บิทที่ 23-16 ของลอจิกคอล บล็อก แอดเดรส

8. Drive/Head (LBA 27-24) รีจิสเตอร์ (แอดเดรส – 1F6h[176h]; ออฟเซต 6)

รีจิสเตอร์นี้ใช้เก็บค่าของ drive และ head ซึ่งใช้ในการเลือก แอดเดรส ของ LBA แทนการใช้ แอดเดรส ของ cylinder หรือ head หรือเซกเตอร์

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	LBA	1	DRV	HS3	HS2	HS1	HS0

รูปที่ 4 - 13 Drive/Head Register

9. Status & Alternate รีจิสเตอร์ร (แอดเดรส 1F7h[177h]&3F6h[376h]; ออฟเซตร 7 & Eh)

รีจิสเตอร์นี้ทำหน้าที่ return สถานะของ หน่วยความจำคอมแพคแฟลช ในขณะที่ถูกอ่านด้วย โฮสต์ การอ่าน Status รีจิสเตอร์ จะทำให้เกิดการเคลียร์ของอินเทอร์รัพ ในขณะการอ่าน Auxiliary Status รีจิสเตอร์ จะไม่เกิด

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
BUSY	RDY	DWF	DSC	DRQ	CORR	0	ERR

รูปที่ 4 - 14 Status & Alternate Registers

10. Device Control รีจิสเตอร์ (แอดเดรส – 3F6h[376h];ออฟเซต Eh)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X	X	X	X	1	SW Rst	-IEn	0

รูปที่ 4 - 15 Device Control Register

รีจิสเตอร์นี้ ใช้สำหรับควบคุมการเรียกอินเทอร์รัพของ หน่วยความจำคอมแพคแฟลช และใช้ปล่อยสัญญาณ ATA reset ไปสู่การ์ดและ รีจิสเตอร์นี้ยังสามารถเขียนขณะที่อุปกรณ์กำลัง BUSY ได้

11. Card(Drive) แอดเดรส รีจิสเตอร์ (แอดเดรส 3F7h[377h]; ออฟเซต Fh)

รีจิสเตอร์ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับ interface ของ disk drive ของ AT ซึ่งทำให้ รีจิสเตอร์ ไม่สามารถจับคู่กับ I/O space ของโฮสต์เพราะ ความขัดแย้งที่เกิดขึ้นกับบิทที่ 7

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X	-WTG	-HS3	-HS2	-HS1	-HS0	-nDS1	-nDS0

รูปที่ 4 - 16 Card(Drive) Address Register

4.6 ชุดคำสั่งของคอมแพคแฟลช

ชุดคำสั่งที่ใช้ในคอมแพคแฟลชการ์ดเป็นไปตามมาตรฐาน PCMCIA-ATA ดังนั้นชุดคำสั่งที่ใช้จึงเป็นชุดคำสั่งของATA

คำนิยาม:

- FR = Feature รีจิสเตอร์
- SC =เซกเตอร์Count รีจิสเตอร์
- SN =เซกเตอร์Number รีจิสเตอร์
- CY = Cylinder รีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- DH = Card/Drive/Head รีจิสเตอร์
- LBA = ลอจิกคอล บล็อก แอดเดรส Mode Supported
- Y – รีจิสเตอร์ที่จะต้องมีparameterที่ถูกต้องสำหรับคำสั่งนั้น สำหรับDrive/Head รีจิสเตอร์แล้วY หมายถึงว่าทั้งหน่วยความจำคอมแพคแฟลชและHead parameter จะถูกใช้
- D – เฉพาะหน่วยความจำคอมแพคแฟลช parameterเท่านั้นที่จะถูกใช้แต่ไม่ใช้head parameter

สำหรับรายละเอียดของแต่ละคำสั่ง จะกล่าวในภาคผนวก

Class	COMMAND	Code	FR	SC	SN	CY	DH	LBA
1	Check Power Mode	E5h or 98h	-	-	-	-	D	-
1	Execute Drive Diagnostic	90h	-	-	-	-	D	-
1	Erase Sector(s)	C0h	-	Y	Y	Y	Y	Y
2	Format Track	50h	-	Y	-	Y	Y	Y
1	Identify Drive	ECh	-	-	-	-	D	-
1	Idle	E3h or 97h	-	Y	-	-	D	-
1	Idle Immediate	E1h or 95h	-	-	-	-	D	-
1	Initialize Drive Parameters	91h	-	Y	-	-	Y	-
1	Read Buffer	E4h	-	-	-	-	D	-
1	Read Long Sector	22h or 23h	-	-	Y	Y	Y	Y
1	Read Multiple	C4h	-	Y	Y	Y	Y	Y
1	Read Sector(s)	20h or 21h	-	Y	Y	Y	Y	Y
1	Read Verify Sector(s)	40h or 41h	-	Y	Y	Y	Y	Y
1	Recalibrate	1Xh	-	-	-	-	D	-
1	Request Sense	03h	-	-	-	-	D	-
1	Security Disable Password	F6h	-	-	-	-	D	-
1	Security Erase Prepare	F3h	-	-	-	-	D	-
1	Security Erase Unit	F4h	-	-	-	-	D	-
1	Security Freeze Lock	F5h	-	-	-	-	D	-
1	Security Set Password	F1h	-	-	-	-	D	-
1	Security Unlock	F2h	-	-	-	-	D	-
1	Seek	7Xh	-	-	Y	Y	Y	Y
1	Set Features	EFh	Y	-	-	-	D	-
1	Set Multiple Mode	C6h	-	Y	-	-	D	-
1	Set Sleep Mode	E6h or 99h	-	-	-	-	D	-
1	Stand By	E2h or 96h	-	-	-	-	D	-
1	Stand By Immediate	E0h or 94h	-	-	-	-	D	-
1	Translate Sector	87h	-	Y	Y	Y	Y	Y
1	Wear Level	F5h	-	-	-	-	Y	-
2	Write Buffer	E8h	-	-	-	-	D	-
2	Write Long Sector	32h or 33h	-	-	Y	Y	Y	Y
3	Write Multiple	C5h	-	Y	Y	Y	Y	Y

ตารางที่ 4 - 2 เป็นตารางที่สรุปชุดคำสั่งของCF-ATA

สรุปเนื้อหา

ในบทนี้เป็นเนื้อหาทั้งหมดของหน่วยความจำคอมแพคแฟลชตั้งแต่ทฤษฎีและหลักการ ความเป็นมา ลักษณะทางกายภาพ ข้อดีต่างๆ โครงสร้างภายใน ระบบการทำงานพื้นฐาน ซึ่งมีอยู่ 3 โหมด ได้แก่ อินพุท/เอาท์พุท

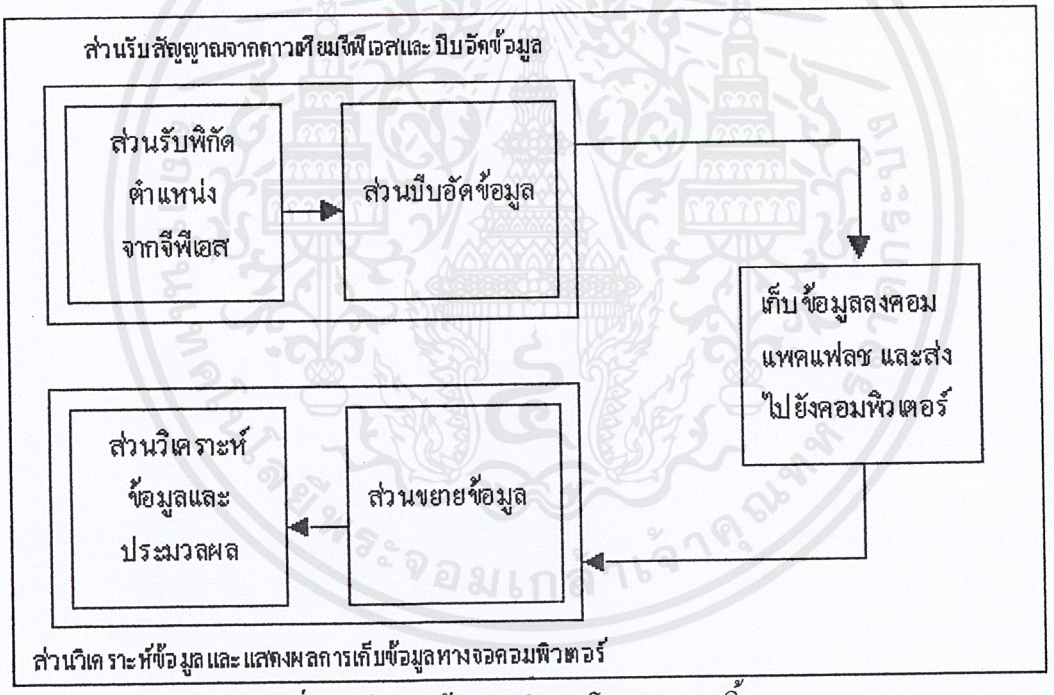
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด โหมดหน่วยความจำ ทรูไอดีอีโหมด ซึ่งในโครงงานครั้งนี้ใช้โหมดหน่วยความจำในการทำงานและในการควบคุมการทำงานเหล่านี้จะใช้รีจิสเตอร์ในการควบคุมจึงได้อธิบายรายละเอียดของรีจิสเตอร์ต่างๆเอาไว้ด้วย ในส่วนสุดท้ายอธิบายการติดต่อทางด้านซอร์ฟแวร์ซึ่งจะได้นำไปใช้ในบทที่ 5 เรื่องการเขียนโปรแกรมคอมแพคแฟลชด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การออกแบบระบบโครงงานชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

บทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการออกแบบทั้งหมดและขั้นตอนการทำงานของชิ้นงาน โดยรายละเอียดในการออกแบบทั้งหมดแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ประกอบด้วย ส่วนแรก คือชุดรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสและบีบอัดข้อมูล ส่วนที่สอง คือส่วนเขียนและอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลช และส่วนสุดท้าย คือส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางจอคอมพิวเตอร์ โดยที่ส่วนแรกและส่วนที่สองจะมีส่วนประกอบของวงจรคล้ายคลึงกันแต่ต้องแยกออกจากกันเพราะการนำไปใช้งานของส่วนแรกจะอยู่บนรถยนต์ แต่ส่วนที่สองจะอยู่ในอาคาร และส่วนที่สามเป็นส่วนที่เป็นโปรแกรมซึ่งทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ โดยโครงสร้างของชิ้นงานเมื่อสำเร็จแล้วเป็นดังนี้



รูปที่ 5 - 1 โครงสร้างการทำงานโดยรวมของชิ้นงาน

5.1 ขั้นตอนการออกแบบชิ้นงาน

ชุดรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสและบีบอัดข้อมูล

1. ศึกษาทฤษฎีและการทำงานของชุดรับสัญญาณดาวเทียม
2. ศึกษาทฤษฎีและการทำงานของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช
3. สร้างวงจรควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51
4. เขียนโปรแกรมเพื่อรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณดาวเทียมและบีบอัดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สร้างวงจรส่งข้อมูลไปยังหน่วยความจำคอมแพคแฟลช
6. เขียนโปรแกรมรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์และส่งข้อมูลเข้าไปยังหน่วยความจำคอมแพคแฟลช
7. นำชุดวงจรที่สร้างไปทำงานร่วมกับชุดรับสัญญาณดาวเทียม

ชุดอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลช

1. สร้างวงจรเชื่อมต่อสัญญาณผ่านพอร์ตอนุกรมโดยใช้มาตรฐาน RS-232
2. สร้างวงจรควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51
3. สร้างวงจรอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลช
4. เขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลชและส่งข้อมูลเข้าไปยังคอมพิวเตอร์
5. นำชุดอ่านข้อมูลต่อทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์

ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางจอคอมพิวเตอร์

1. กำหนดขอบเขตของแผนที่ที่จะจำลองการเดินทาง
2. หาแผนที่ที่มีความละเอียดและขอบเขตเหมาะสมตามที่กำหนดไว้
3. เขียนโปรแกรมส่วนรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม
4. เขียนโปรแกรมส่วนเก็บและเรียกข้อมูลจากฐานข้อมูล
5. หาอัลกอริทึมในการวิเคราะห์เส้นทางโดยการรู้จำ
6. จำลองการเดินทางลงบนแผนที่
7. หาอัลกอริทึมในการวิเคราะห์ลักษณะการเดินทางต่างๆ
8. เขียนส่วนเพิ่มเติมต่างๆ ให้กับโปรแกรม เช่น เปิดข้อมูลเก่า ขยาย/ลด ขนาดภาพ ฯลฯ

โดยเนื้อหาของชิ้นงานจะแบ่งการอธิบายออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ คือ ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟท์แวร์ โดยในส่วนรับพิกัดตำแหน่งจากจีพีเอส, ส่วนบีบอัดข้อมูล และ ส่วนเก็บข้อมูลลงคอมแพคแฟลช และส่งไปยังคอมพิวเตอร์ รวมถึงซอฟท์แวร์ที่ใช้ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์จะอธิบายไว้ในส่วนของฮาร์ดแวร์ และ ส่วนซอฟท์แวร์จะอธิบายส่วนของโปรแกรมแสดงผลบนคอมพิวเตอร์

5.2 โครงสร้างส่วนฮาร์ดแวร์

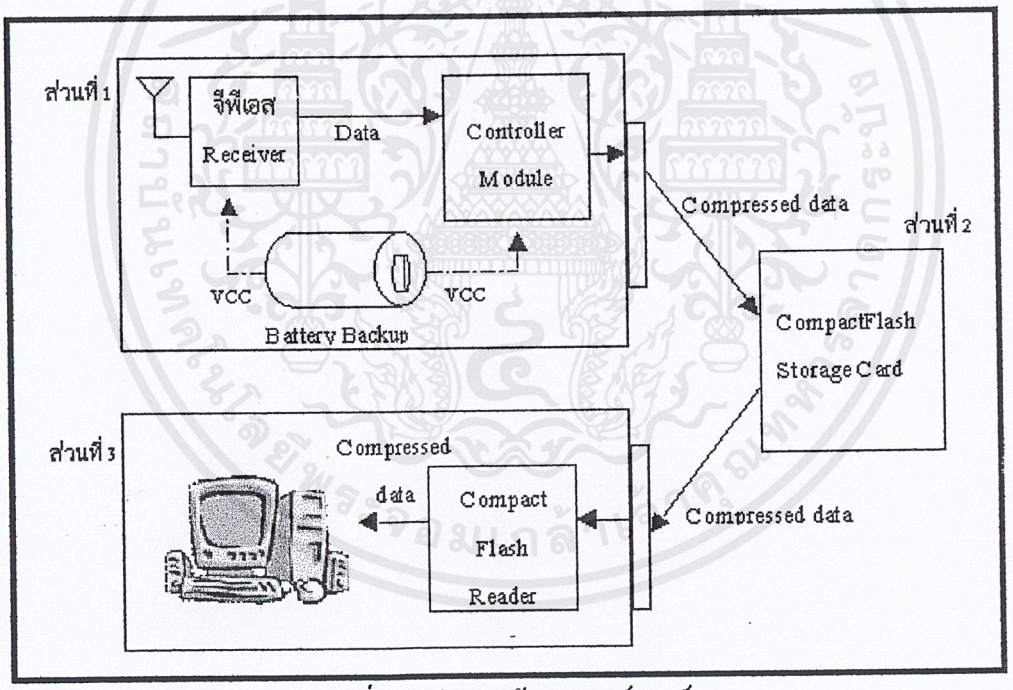
มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสและบีบอัดข้อมูล ทำหน้าที่รับข้อมูลซึ่งก็คือตำแหน่งของชิ้นงานในรูปของประโยคต่างๆ ของข้อมูลจากจีพีเอส(จีพีเอส sentence) ที่ดาวเทียมส่งมาโดยเสาอากาศแล้วส่งข้อมูลทั้งหมดไปยัง controller module ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบชนิดของข้อมูลที่เข้ามาว่าเป็นประโยคชนิดใดและชนิดข้อมูลเหล่านั้นต้องใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่งรถหรือไม่ ถ้าตรวจสอบแล้วว่าเป็นประโยคที่ต้องการ ก็จะรับข้อมูลประโยคนั้นเข้าไปแล้วนำส่วนที่ต้องการในแต่ละประโยคมาทำการบีบอัดเพื่อให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นจึงส่งข้อมูลไปเก็บในหน่วยความจำคอมแพคแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของหน่วยความจำ ซึ่งในชิ้นงานนี้ใช้ การ์ดเก็บข้อมูลชนิดคอมแพคแฟลช (CompactFlash Storage Card) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่มีคุณสมบัติเป็นแบบเคลื่อนย้ายได้ (portable) สามารถถอดไปมาระหว่างส่วนรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสและบีบอัดข้อมูล ส่วนอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลช (CompactFlash Reader) ได้ โดยข้อมูลที่เก็บอยู่ในนี้จะเป็นข้อมูลที่ถูกบีบอัดแล้ว

ส่วนที่ 3 เป็นส่วนอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลช (CompactFlash Reader) ซึ่งทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากการ์ดเก็บข้อมูลชนิดคอมแพคแฟลชซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกบีบอัดอยู่เพื่อส่งผ่านข้อมูลที่ถูกบีบอัดนั้นเข้าไปยังคอมพิวเตอร์ (Computer Interface) ผ่านทางพอร์ตอนุกรมเมื่อได้รับสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ เหตุผลที่ไม่สามารถรวมส่วนนี้กับส่วนของตัวควบคุมได้ ทั้งที่มีส่วนประกอบภายในคล้ายคลึงกันเพราะว่า ส่วนรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสและบีบอัดข้อมูลนั้น ในการใช้งานจริงจะต้องติดอยู่ที่พาหนะตลอดเวลา ส่วนตัวอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลชนั้นจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ซึ่งอยู่ในอาคาร ดังนั้นจึงต้องแยกเป็น 2 ส่วน จากนั้นคอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลที่อ่านเข้ามาไปทำการขยายขนาดข้อมูล (decompress) เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการแล้ว จะนำไปวิเคราะห์แล้วเก็บลงฐานข้อมูลหรือนำไปแสดงออกทางหน้าจอในรูปแบบของแผนที่ โดยใช้ทฤษฎีของจีไอเอส(GIS : Geographic Information System) เข้ามาช่วยซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในส่วนของซอฟท์แวร์



รูปที่ 5 - 2 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

5.3 รายละเอียดการทำงานของวงจรต่างๆ

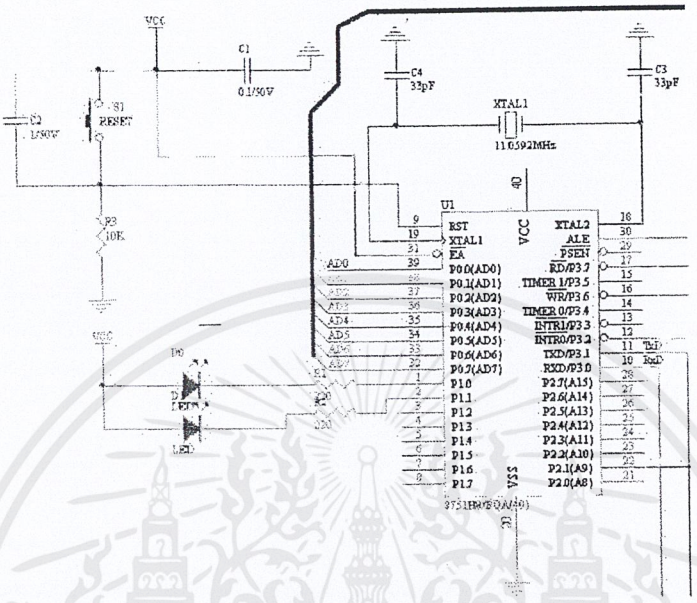
วงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์8051

วงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะถูกใช้งานทั้งในส่วนของชุดรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสและบีบอัดข้อมูล โดยในส่วนนี้ใช้ควบคุมการรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณดาวเทียมโดยแยกชนิดประโยคข้อมูลที่ส่งมาแล้วนำประโยคที่ต้องการมาทำการลดขนาดข้อมูลลงแล้วส่งข้อมูลที่ลดขนาดแล้วไปเก็บไว้ในหน่วยความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำคอมแพคแฟลช และใช้ในส่วนที่สองซึ่งเป็นส่วนอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลช จะทำงานโดยรอรับสัญญาณพร้อมรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ เมื่อได้รับสัญญาณแล้วจะทำการอ่านข้อมูลในหน่วยความจำคอมแพคแฟลชแล้วส่งไปยังคอมพิวเตอร์โดยผ่านวงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS-232

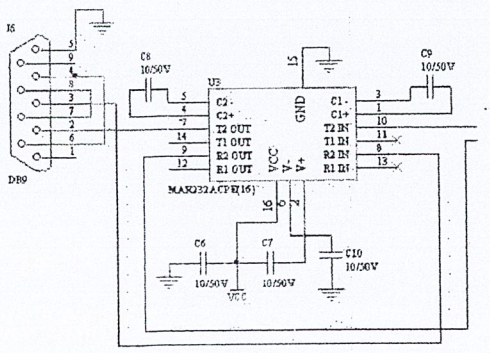
โดยรายละเอียดเบื้องต้นในส่วนวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951 มีดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 5 - 3 วงจรควบคุมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51

วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS-232 (RS-232 Interface)

การสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ภายในส่วนอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลช วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS-232 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ สำหรับโครงงานนี้ได้เลือกใช้ไอซี แม็ก232 ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS-232 จากที่ได้กล่าวไว้ว่า การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐานแบบ RS-232 จะกำหนดให้ระดับแรงดัน +3 โวลต์ ถึง +25 โวลต์ แทนสัญลักษณ์ลอจิก 0 และแรงดัน –25 โวลต์ ถึง –3 โวลต์ แทนสัญญาณลอจิก 1 แต่แหล่งจ่ายแรงดันในวงจรมีแรงดันสูงสุดเพียง +5 โวลต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ ไอซี แม็ก232 เนื่องจากไอซีชนิดนี้ต้องการไปเลี้ยงเพียง +5โวลต์ เท่านั้น แต่สามารถให้สัญญาณเอาต์พุตออกมา +10 โวลต์ และ –10 โวลต์ได้ โดยใช้หลักการของวงจรทวีแรงดันขนาด 2 เท่า มีลักษณะของวงจรดังนี้



รูปที่ 5 – 4 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS-232 (RS-232 Interface)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรับ-ส่งสัญญาณของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช

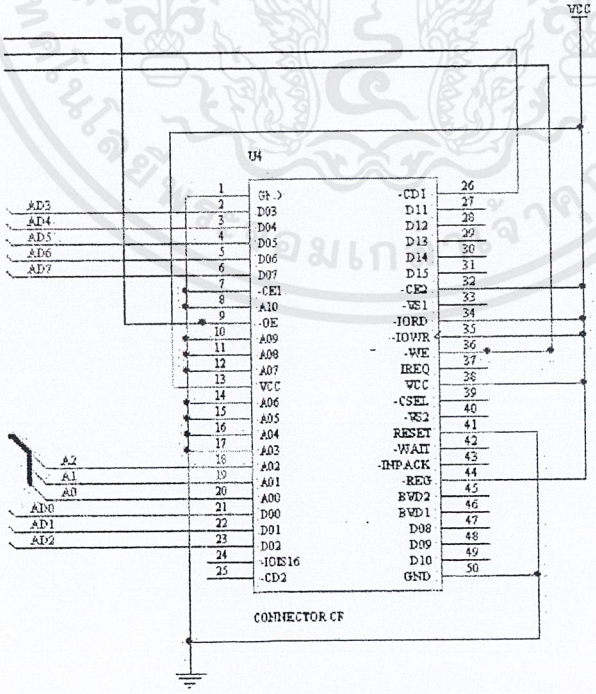
เนื่องจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลชเป็นหน่วยความจำที่มีคอนโทรลเลอร์ภายในเป็นตัวควบคุมการทำงาน และยังเป็นหน่วยความจำที่มีความจุมากในระดับเมกกะไบต์ นอกจากนั้นการต่อวงจรของหน่วยความจำคอมแพคแฟลชยังต้องใช้ตัวเชื่อมต่อ (connector) เฉพาะอีกด้วย จากตารางที่ 4.9 ในหัวข้อที่ 4.4.3 สังเกตว่าจำนวนของออฟเซ็ตที่ใช้จริงๆ มีค่าตั้งแต่ 0-7 เท่านั้น ที่เหลือไม่ได้ใช้ ดังนั้นจำนวนสายแอดเดรสที่ใช้จะมีเพียงแค่ 3 เส้น ของแอดเดรสล่างซึ่งใช้ในการเลือกตำแหน่งแอดเดรสของรีจิสเตอร์ที่ต้องการ จึงต้องใช้แลทช์ (latch) ในการรักษาค่าของแอดเดรสไว้

เนื่องจากรีจิสเตอร์ของตัวคอมแพคแฟลชการ์ดมีขนาด 8 บิต และใช้งานในโหมดหน่วยความจำขนาด 8 บิต (เนื่องจากMCS-51สามารถส่งข้อมูลออกมาได้คราวละ 8 บิต) ดังนั้นจึงใช้ขนาดของบัสข้อมูล 8 บิต

นอกจากนี้ยังมีสายสัญญาณควบคุมอีก 4 เส้น คือ

- สัญญาณ -CE ใช้ควบคุมการทำงานของคอมแพคแฟลชการ์ด
- สัญญาณ –RD เป็นสัญญาณที่คอนโทรลเลอร์MCS-51 ส่งออกมาเพื่ออ่านข้อมูลจากตำแหน่งแอดเดรสที่ต้องการ
- สัญญาณ –WR เช่นเดียวกับสัญญาณ-RD แต่ใช้เพื่อการเขียนข้อมูล
- สัญญาณ –CD เป็นสัญญาณที่ตัวคอมแพคแฟลชการ์ดส่งออกมายังคอนโทรลเลอร์MCS-51 เพื่อค้นพบคอมแพคแฟลชการ์ด ซึ่งคอนโทรลเลอร์MCS-51จะนำมาใช้ในการตรวจสอบการมีอยู่ของคอมแพคแฟลชการ์ด

ดังนั้นสัญญาณทั้งหมดที่ใช้ในส่วนนี้จะมีทั้งหมด 15 สัญญาณ โดยจะมีลักษณะของวงจรดังนี้



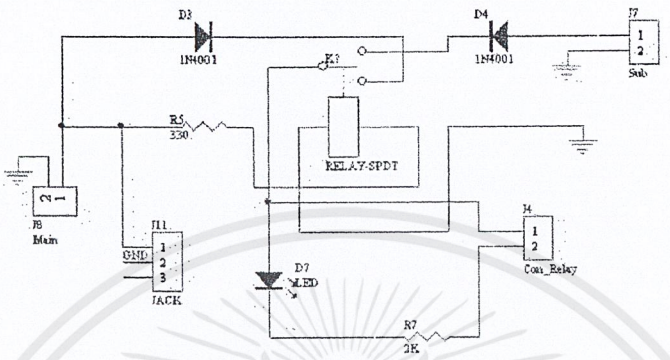
รูปที่ 5 - 5 วงจรรับ-ส่งสัญญาณของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรจ่ายไฟสำรอง

เนื่องจากในการนำชิ้นงานไปใช้งานจริง ในขณะที่นำรถไปจอดระหว่างทาง คนขับรถอาจเผลอดับเครื่อง ทำให้ชุดรับสัญญาณดาวเทียมและไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกตัดการทำงานได้ ดังนั้นจึงมีวงจรจ่ายไฟสำรองไว้ โดยวงจรนี้จะทำงานเมื่อตรวจจับได้ว่าไฟที่จ่ายจากวงจรจ่ายไฟของรถยนต์ขาดหายไป

โดยรายละเอียดของวงจรวงจรจ่ายไฟสำรองมีดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 5 - 6 วงจรจ่ายไฟสำรอง

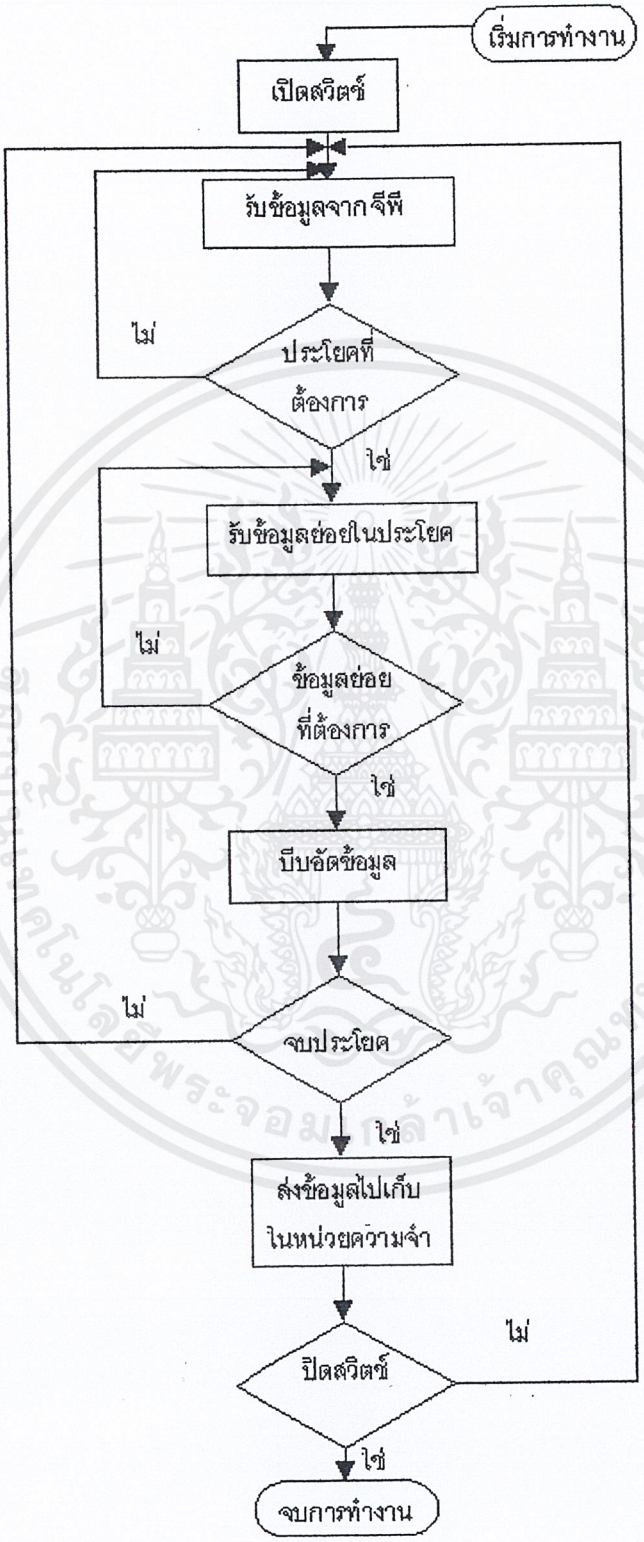
เมื่อได้ส่วนประกอบทั้งหมดของชิ้นงานทั้งสองส่วนแล้ว ก็นำวงจรทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นวงจรชุดรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสและบีบอัดข้อมูล และวงจรของส่วนอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลช โดยวงจรรวมของทั้งสองส่วนแสดงอยู่ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

สำหรับการเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

5.4.1 ส่วนบีบอัดข้อมูล มีผังการทำงานดังนี้



รูปที่ 5 - 7 โฟล์วชาร์ตของส่วนรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณดาวเทียมและบีบอัดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีรายละเอียดการทำงาน คือ

เนื่องจากการส่งข้อมูลของจีพีเอสนั้นจะส่งออกมาทุกๆ วินาที และในแต่วินาทีจะส่งมาทุกประโยค ถ้ารับประโยคที่ต้องการมาทุกวินาทีและเก็บลงไปในหน่วยความจำจะเป็นข้อมูลที่มีปริมาณมากเกินไปเพราะต้องเก็บข้อมูลการเดินรถตลอดทั้งวัน ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องทำการบีบอัดข้อมูลก่อนที่จะเก็บเพื่อลดขนาดของข้อมูลให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

ประโยคที่รับมาจากจีพีเอสที่ใช้ในชิ้นงานนี้มีทั้งหมด 2 ประโยค คือ จีจีเอ(GGA) และ วีทีจี(VTG) โดยทั้ง 2 ชนิดมีความยาวของข้อมูลต่างกันตามตาราง ดังนี้ (อักขระแอสกี 1 ตัว มีความยาว 1 ไบต์)

ชนิดของประโยค	จำนวนอักขระในประโยค
GGA	68 ไบต์
VTG	21 ไบต์
รวม	89 ไบต์

ตารางที่ 5 - 1 ตารางแสดงจำนวนอักขระต่อประโยค

หากเก็บข้อมูลทุกๆ 1วินาที ดังนั้นใน 1 วัน (24*60*60 = 86,400 วินาที) จะต้องเก็บข้อมูลถึง86400*89*8 = 61,516,800บิต หรือประมาณ 61 เมกกะ ไบต์ ซึ่งยากที่จะหาหน่วยความจำที่มีขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนที่ได้โดยสะดวกได้ง่าย

สำหรับในชิ้นงานนี้จะใช้การบีบอัดแบบไบนารี คือ การแทนข้อมูลด้วยตัวเลข โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทีละชนิดประโยคโดยใช้หลักการในการแปลงจากรหัสแอสกีให้อยู่ในรูปเลขฐาน 2 แทน โดยทำการอ่านข้อมูลเข้ามาทีละ 1 อักขระ แล้วดูว่าอักขระนั้นเป็นอักขระที่ใช้แสดงเขตข้อมูลไหน และในบิตที่เท่าไรของเขตข้อมูลนั้น จากนั้นจึงนำไปแปลงเป็นเลขฐานสอง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ในประโยค จีจีเอมีลักษณะข้อมูล ดังนี้

$GPGGA,hhmmss.sss,ddmm.mmmm,a,dddmm.mmmm,b,...,*K<CR><LF>

เขตข้อมูลที่ต้องการ(ข้อมูลส่วนที่ขีดเส้นใต้) คือ ละติจูด, ลองจิจูด และ เวลายูทีซี (UTC time) ซึ่งจะเร็วกว่าในประเทศไทยอยู่ 7 ชั่วโมง นำเฉพาะส่วนที่ต้องการมาวิเคราะห์ขอบเขตของข้อมูลว่า ถ้าแปลงเป็นเลขฐาน 2 แล้วจะใช้กี่บิตซึ่งได้ผลดังตารางต่อไปนี้

จำนวนบิต	ชนิดข้อมูล	ข้อมูลที่ได้ (ฐาน 16)
3บิต	ชั่วโมง 1	0-2
4 บิต	ชั่วโมง 2	0-9
3 บิต	นาที 1	0-5
4 บิต	นาที 2	0-9
3 บิต	วินาที 1	0-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 บิต	วินาที 2	0-9
4 บิต	ลิปดา 1	0-9
4 บิต	ลิปดา 2	0-9
4 บิต	ฟิลิปดา 1	0-9
4 บิต	ฟิลิปดา 2	0-9
4 บิต	ฟิลิปดา 3	0-9
4 บิต	ฟิลิปดา 4	0-9
1 บิต	เหนือ/ใต้	0-1
4 บิต	ลิปดา 1	0-9
4 บิต	ลิปดา 2	0-9
4 บิต	ฟิลิปดา 1	0-9
4 บิต	ฟิลิปดา 2	0-9
4 บิต	ฟิลิปดา 3	0-9
4 บิต	ฟิลิปดา 4	0-9
1 บิต	ตะวันออก/ตก	0-1

ตารางที่ 5 - 2 ตารางบีบอัดข้อมูลของประโยคชนิด จีจีเอ

และในประโยค วีทีจีมีลักษณะข้อมูล ดังนี้

$GPVTG, x.x,T,x.x,M.x.x,N,x.x,K<CR><LF>

เซตข้อมูลที่ต้องการ(ข้อมูลส่วนที่ขีดเส้นใต้) คือ ความเร็วในหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง เฉพาะส่วนที่ต้องการมาวิเคราะห์ขอบเขตของข้อมูลว่าถ้าแปลงเป็นเลขฐาน 2 แล้วจะใช้กี่บิตซึ่งได้ผลดังตารางต่อไปนี้

จำนวนบิต	ชนิดข้อมูล	ข้อมูลที่ได้ (ฐาน 16)
1 บิต	กิโลเมตร 1	0-1
4 บิต	กิโลเมตร 2	0-9
4 บิต	กิโลเมตร 3	0-9
4 บิต	กิโลเมตร 4	0-9
3 บิต	กิโลเมตร 5	0-9

ตารางที่ 5 - 3 ตารางบีบอัดข้อมูลของประโยคชนิด วีทีจี

ดังนั้น ขนาดของข้อมูลหลังจากผ่านการบีบอัดแล้วของประโยคชนิด GGA จะมีขนาดรวม 9 ไบต์ จากเดิม 68 ไบต์ส่วนข้อมูลชนิด VTG สามารถลดลงจาก 21 ไบต์ เป็น 2 ไบต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าใน 1 วัน ข้อมูลในหน่วยความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีขนาดแค่ประมาณ 7.6 Mbyte จากเดิม 61 เมกะไบต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถลดขนาดข้อมูลลงได้ประมาณ 8 เท่าเลยทีเดียว

ตัวอย่างของการบีบอัดข้อมูล

หากข้อมูลที่ได้รับใน 1 วินาทีมีลักษณะดังนี้

$GPGGA,161957.999,3723.2475,N,12158.3416,E,1,07,1.09,M,,,,0000*18<CF><LF>

$GPVTG,309.62,T,,M,6.9,N,11.11,K*6E<CR><LF>

เมื่อส่วนที่ขีดเส้นใต้คือเขตข้อมูลที่ใช้งาน จะเห็นว่าเขตข้อมูลที่ใช้งานในประโยค จีจีเอ ประกอบด้วย

เวลา = 16:19:57

ละติจูด = 23 ลิปดา กับ 2475 ฟิลิปดา

N/S = เป็นละติจูดทางเหนือ (N)

ลองจิจูด = 58 ลิปดา กับ 3416 ฟิลิปดา

E/W = เป็นลองจิจูดทางตะวันออก (E)

ส่วนเขตข้อมูลที่ใช้งานในประโยค วีทีจี คือ

ความเร็ว = 11.11 กิโลเมตร/ชั่วโมง

เมื่อนำเขตข้อมูลที่ต้องการไปทำการบีบอัดข้อมูลแล้วจะได้ออกมาเป็นลักษณะ ดังนี้

10010110001100110101110010001100100100011101011010110000011010000010110100001000100010000

หรือสามารถแสดงในรูปข้อเลขฐานสิบหกได้ดังนี้

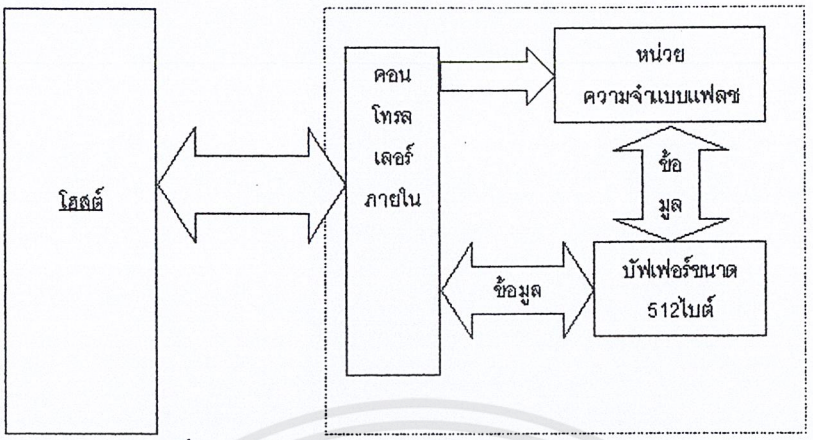
96335C8C91D6B0682D0888

จากนั้นนำข้อมูลที่บีบอัดแล้ว ส่งไปเก็บในหน่วยความจำคอมแพคแฟลชต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 ส่วนการจัดการหน่วยความจำคอมแพคแฟลช

หลักการทำงานของคอมแพคแฟลช



รูปที่ 5 – 8 โครงสร้างการติดต่อกับคอมแพคแฟลช

การติดต่อกับคอมแพคแฟลชเริ่มต้นด้วยการส่งตำแหน่งแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนไปยังคอมแพคแฟลช จากนั้นจึงค่อยส่งหรือรับข้อมูลที่ต้องการจากคอมแพคแฟลช

เมื่อมีการอ่านหรือเขียนข้อมูล ข้อมูลที่ต้องการจะต้องผ่านบัฟเฟอร์ที่อยู่ภายในโดยที่คอนโทรลเลอร์ภายในจะทำหน้าที่จัดการให้ ในกรณีที่อ่านข้อมูล ข้อมูลจะถูกส่งมาพักไว้ที่บัฟเฟอร์ก่อน จากนั้นคอนโทรลเลอร์ภายในจึงค่อยดึงข้อมูลออกมาที่8ไบต์ เช่นเดียวกันในกรณีของการเขียนข้อมูลจะถูกนำมาพักที่บัฟเฟอร์ก่อน เมื่อบัฟเฟอร์เต็มแล้ว คอนโทรลเลอร์ภายในจะทำการนำข้อมูลนี้เข้าไปยังส่วนหน่วยความจำแบบแฟลช

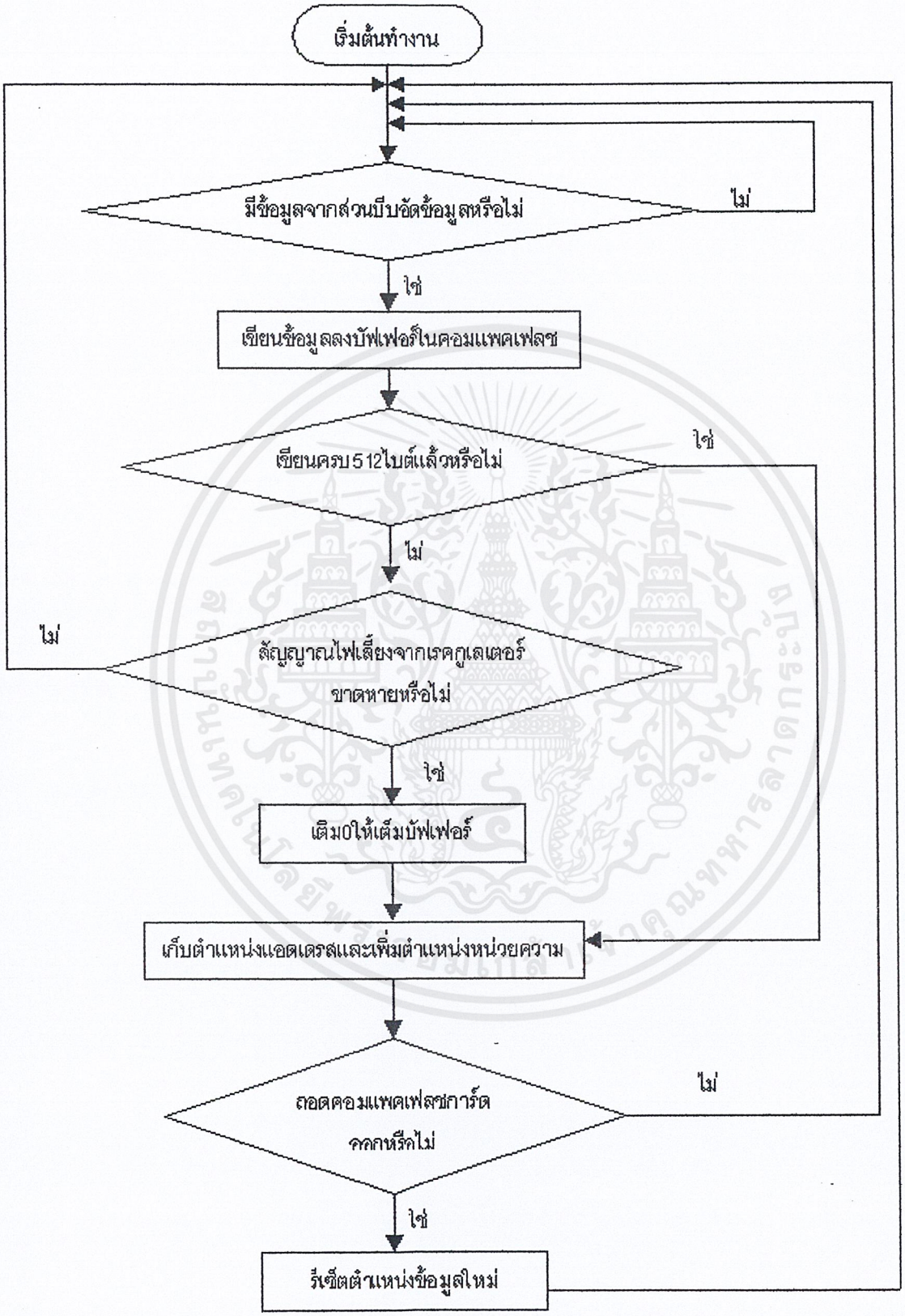
ดังนั้นหากโฮสต์ส่งเขียนข้อมูลไม่ครบ512ไบต์แล้วข้อมูลนั้นจะไม่ถูกนำลงไปเขียนยังส่วนหน่วยความจำแบบแฟลช จึงมีกระบวนการบนโฮสต์ในการเติมข้อมูลให้เต็มบัฟเฟอร์

สำหรับในโครงงาน คอมแพคแฟลชจะถูกนำมาใช้ใน2ส่วนคือส่วนตัวอ่านคอมแพคแฟลช และส่วนเก็บข้อมูลจากGPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงาน

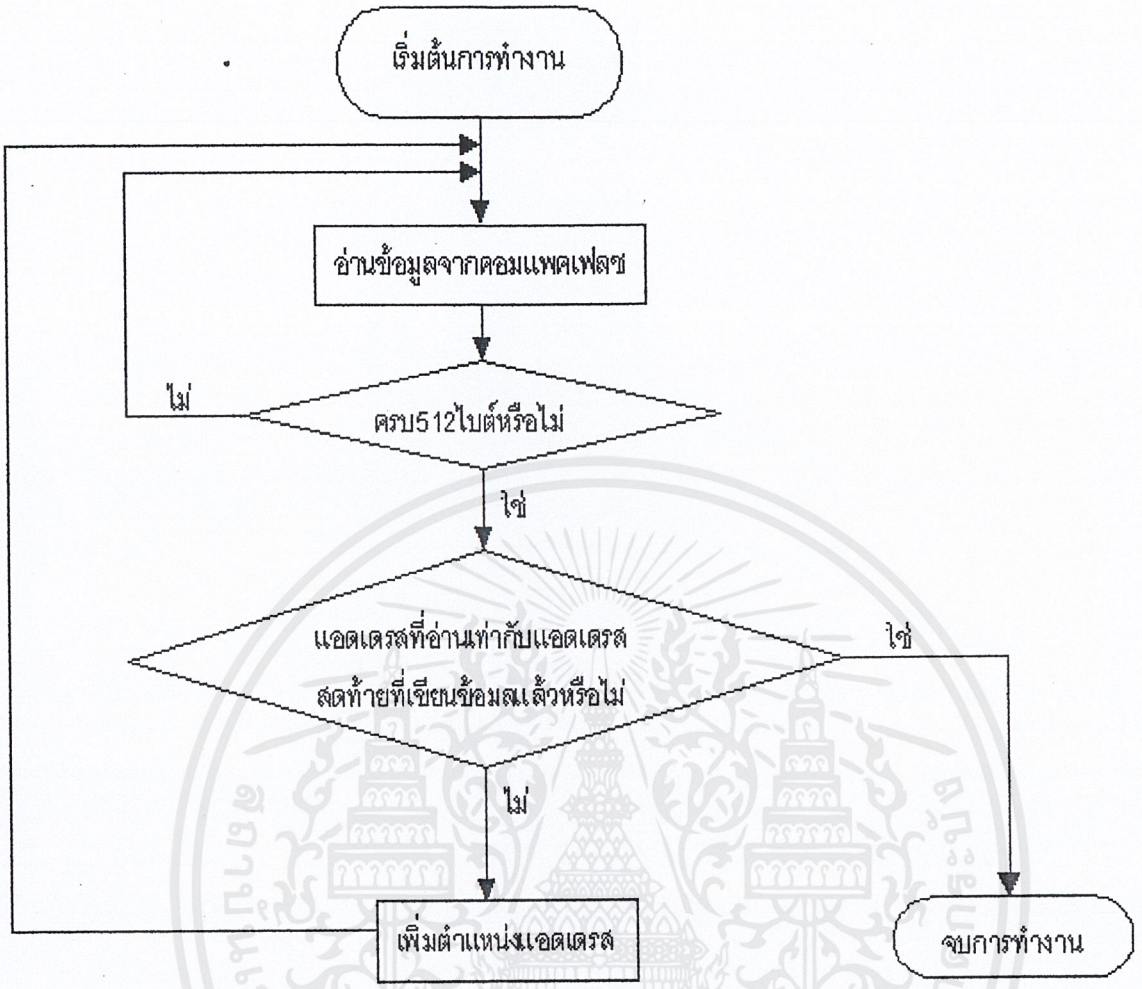
ขั้นตอนการทำงานในส่วนเก็บข้อมูลจากGPS



รูปที่ 5 - 9 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการทำงานของหน่วยความจำคอมแพคแฟลชในส่วนชุดรับสัญญาณจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานในส่วนตัวอ่านคอมแพคแฟลช



รูปที่ 5 - 10 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนตัวอ่านคอมแพคแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 โครงสร้างส่วนซอฟท์แวร์

หลังจากทำการเก็บพิกัดและข้อมูลเกี่ยวกับการเดินทางที่รับมาจากชุดอุปกรณ์เครื่องรับสัญญาณจี พีเอสลงในหน่วยความจำคอมแพคแฟลชแล้วส่งมายังคอมพิวเตอร์ ก็เป็นหน้าที่ของส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางจอคอมพิวเตอร์ที่จะทำหน้าที่นำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์และประมวลผลเพื่อให้ข้อมูลเหล่านั้นก่อให้เกิดประโยชน์ในการทำงานด้านต่างๆ ต่อไป

การนำทฤษฎี จีไอเอส มาช่วยในการสร้างส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางจอคอมพิวเตอร์

จากทฤษฎีในบทที่ 3 ข้างต้น สามารถใช้ทฤษฎีจีไอเอส นี้ในการทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเดินทางที่ทำการเก็บมาสามารถถูกนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการช่วยในการวิเคราะห์ และ มีส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจปัญหา รวมทั้งใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการแก้ปัญหาต่างๆ

5.6 ขั้นตอนการทำงานของส่วนซอฟท์แวร์

1. นำเข้าข้อมูลแบบอธิบาย ในโครงงานชิ้นนี้ใช้ฐานข้อมูลออราเคิล 9 ไอ ในการเก็บข้อมูลแบบอธิบายเหล่านี้ โดยข้อมูลที่ทำการจัดเก็บจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

ข้อมูลชนิดคงที่ (static data)

คือข้อมูลที่ทำการจัดเก็บครั้งเดียวตอนสร้างโปรแกรม ในส่วนข้อมูลชนิดคงที่นี้เป็นข้อมูลที่จะนำมาใช้เป็นแผนที่ โดยในโครงงานนี้จะทำการรวมเอาแผนที่ดิจิตอล แบบราสเตอร์และเวกเตอร์ ซึ่งมีข้อดีข้อเสียต่างกันมาใช้ร่วมกัน เพื่อให้ได้แผนที่ที่มีคุณภาพมากที่สุดคือสามารถปรับแก้ได้อย่างง่ายดาย ทำให้มีความถูกต้องในการแสดงผลสูงซึ่งเป็นความสามารถของแผนที่แบบเวกเตอร์ และ สามารถแสดงผลในรูปแบบที่สวยงามเข้าใจง่ายซึ่งมีผลดีต่อผู้ใช้ ในส่วนนี้เป็นข้อดีของแผนที่แบบราสเตอร์ ในเรื่องของแผนที่แบบราสเตอร์จะกล่าวถึงต่อไปในหัวข้อการนำเข้าข้อมูลตำแหน่ง การทำงานร่วมกันของแผนที่ 2 ประเภทนี้จะอธิบายในส่วนของการเชื่อมโยงผสมผสานข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงบรรยาย ในโครงงานนี้จะได้แผนที่เวกเตอร์มาโดยการออกทำการสำรวจและเก็บข้อมูลค่าตำแหน่ง ณ จุดต่างๆ บนแผนที่ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในการอ้างอิงกับข้อมูลชนิดไม่คงที่ เพื่อที่จะจัดการกับข้อมูลไม่คงที่ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการสร้างแผนที่ดิจิตอลแบบเวกเตอร์

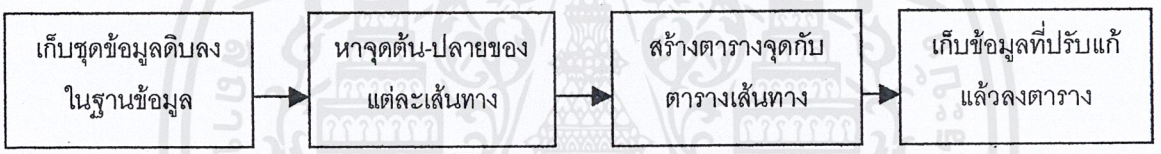
- นำคอมพิวเตอร์พกพาและชุดรับสัญญาณจี พีเอสที่มีความผิดพลาดต่ำมากๆ ไปติดตั้งไว้บนรถ
- ขับรถไปตามเส้นทางทั้งหมดที่อยู่ในขอบเขตของแผนที่
- จี พีเอสจะจัดเก็บข้อมูลเป็นชุดข้อมูลของเส้นทางทั้งหมดเอาไว้ในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของฐานข้อมูล จุดนี้เราจะทราบได้ว่าจุดไหนมีค่าพิกัดเท่าไหร่เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบพิกัดเพื่อคำนวณหาเส้นทางว่าเส้นทางไหนประกอบด้วยจุดใดเป็นจุดเริ่มต้นและจุดใดเป็นจุดปลายแล้วเก็บลงในฐานข้อมูลอีกตารางหนึ่ง เพื่อใช้ในการเรียกข้อมูลขึ้นมาแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

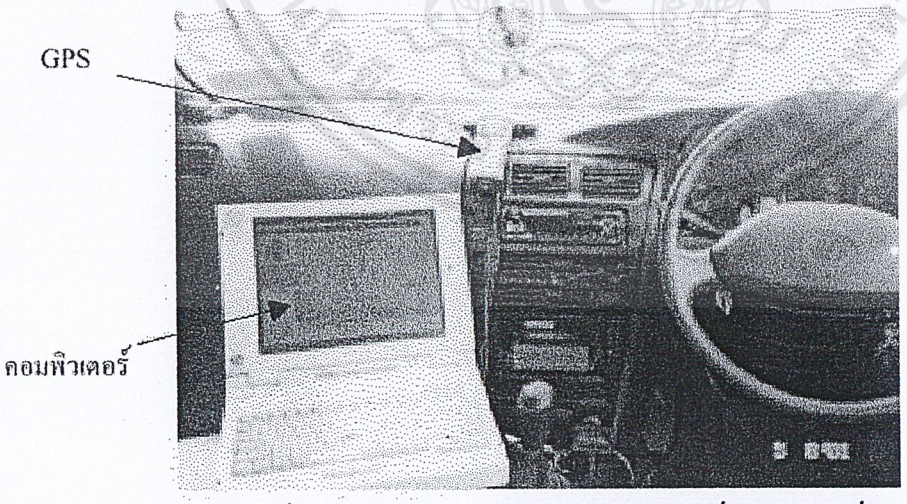
- นำข้อมูลที่จัดเก็บมามาปรับปรุงให้อยู่ในรูปแบบของแผนที่ถนนที่สมบูรณ์ ข้อมูลที่ได้มาจะมีความผิดพลาดจากหลายประการเช่นการวิ่งบนถนน 2 เลน เส้นทางในการวิ่งไปและกลับจะเป็นเส้นขนานกัน ซึ่งถ้านำข้อมูลนั้นมาใช้เลยจะมองเห็นเป็นถนน 2 เส้นขนานกันจึงต้องมีการปรับแก้แล้วเก็บข้อมูลใหม่ลงบนฐานข้อมูล
- เมื่อทำครบทุกขั้นตอนแล้วจะได้แผนที่เวกเตอร์ที่มีความสมบูรณ์คือประกอบด้วยตาราง 2 ตารางดังนี้

  ตารางจุด(point) เป็นตารางที่ใช้เก็บจุดบนแผนที่ที่ใช้ในการระบุจุดต้นและจุดปลายของเส้นทาง (path)

  ตารางเส้นทาง(path) แต่ละเส้นทางเกิดจากจุด 2 จุดซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นและจุดปลาย
- ซึ่งแผนที่ดิจิตอลนี้จะมีลักษณะเป็นเพียงเส้นเดี่ยวที่ลากต่อกันไปมาแสดงโครงสร้างของเส้นทางแต่ไม่สามารถทราบลำดับความสำคัญของถนนต่างๆและขนาดของถนนได้ รวมทั้งไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างซอยธรรมดาและถนนใหญ่ได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องนำแผนที่เวกเตอร์นี้ไปใช้งานร่วมกับแผนที่ราสเตอร์



รูปที่ 5 - 11 แสดงขั้นตอนการสร้างแผนที่ดิจิตอลแบบเวกเตอร์



รูปที่ 5 - 12 แสดงภาพระหว่างการเก็บข้อมูลเพื่อสร้างแผนที่ดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลชนิดไม่คงที่ (dynamic data)

คือข้อมูลที่รับมาจากชุดรับสัญญาณจีพีเอส ที่จะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์การเดินทาง โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งจากชุดอุปกรณ์เข้ามาครั้งต่อครั้งและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ข้อมูลเหล่านี้เมื่อถูกส่งเข้ามายังคอมพิวเตอร์แล้วจะถูกถอดรหัสออกมาให้อยู่ในรูปแบบเดิมก่อนถูกบีบอัดแล้วทำการเก็บลงบนฐานข้อมูลซึ่งในขั้นตอนของการเชื่อมโยงผสมผสานข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงบรรยายจะเป็นขั้นตอนที่เรียกข้อมูลเหล่านี้จากฐานข้อมูลขึ้นมาใช้ ข้อมูลจะแยกเก็บเป็น 2 ตาราง ดังนี้

ตารางข้อมูล ใช้เก็บข้อมูลการเดินทางซึ่งได้มาจากชุดอุปกรณ์ ซึ่งข้อมูลส่วนนี้จะเป็นส่วนสำคัญที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ละติจูด ลองจิจูด ความเร็ว เวลา ทิศทาง และ หมายเลขการเดินทาง

ตารางการเดินทาง เก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับการเดินทาง ได้แก่ หมายเลขการเดินทาง ชื่อคนขับรถ หมายเลขทะเบียนรถ วันและเวลา เริ่มและจบการเดินทาง

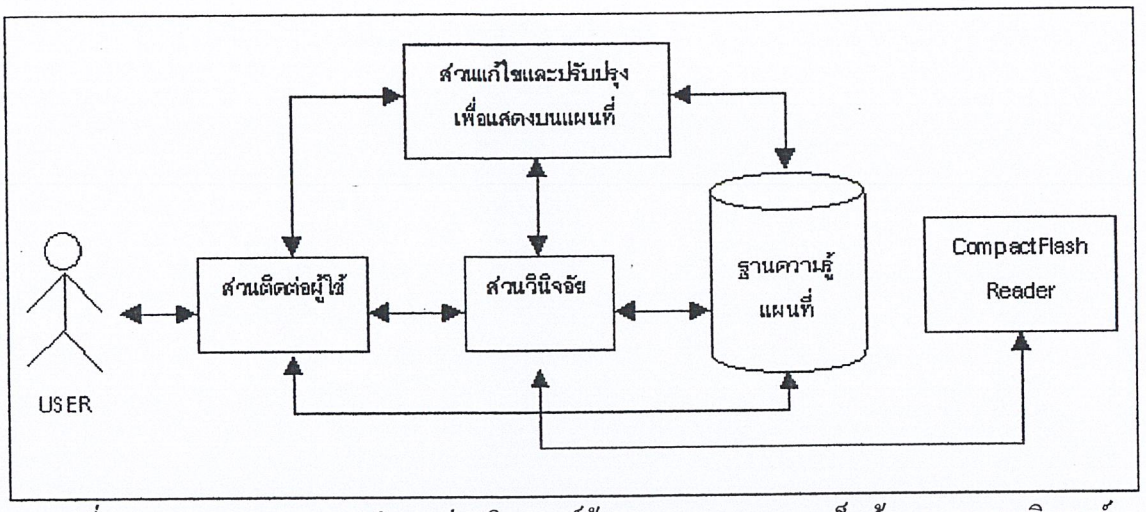
2. นำเข้าข้อมูลตำแหน่ง ก็คือแผนที่ดิจิตอลแบบราสเตอร์ซึ่งในโครงงานนี้นำเข้าโดยการใช้เครื่องสแกนเนอร์สแกนรูปภาพแผนที่ที่จะนำมาใช้ในการจำลองการเดินทาง รวมทั้งใช้แสดงผลการวิเคราะห์การเดินทางบางส่วนด้วย โดยจะจัดเก็บข้อมูลแบบระบบสารสนเทศเชิงตารางกริด (ได้อธิบายไปแล้วในบทที่3) เหตุผลที่เลือกจัดเก็บข้อมูลในลักษณะนี้เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถแก้ไขข้อมูลได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ
3. เชื่อมโยงผสมผสานข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงบรรยายตามทฤษฎีจี ไอเอส หลังจากได้ข้อมูลทั้ง 2 แบบครบถ้วนแล้วเราจะเก็บลงบนฐานข้อมูลแผนที่แล้วหลังจากนั้นก็เป็นหน้าที่ซอฟท์แวร์ ในการจัดการในโครงงานนี้ใช้เดลไฟในการเขียนโปรแกรมวิเคราะห์นี้ สำหรับการผสมผสานนี้ต้องใช้ความรู้ในเรื่องของระบบแผนที่ การคำนวณระยะทางบนแผนที่ และทฤษฎีกราฟมาช่วยในการออกแบบหลักการโดยย่อคือ จะนำข้อมูลแบบคงที่ที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลมาคือข้อมูลแบบอธิบายมาใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งที่แท้จริงบนแผนที่แบบราสเตอร์คือข้อมูลตำแหน่ง เพื่อที่จะสามารถแสดงออกมาได้อย่างถูกต้อง และ เข้าใจง่าย รายละเอียดมีดังนี้

รายละเอียดของส่วนซอฟท์แวร์

ในโครงงานชิ้นนี้จะมุ่งประเด็นไปที่การนำข้อมูลที่เก็บมาใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการเดินทาง และ สังเกตความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระหว่างการเดินทาง มีความสามารถต่างๆ ดังนี้

- จำลองการเดินทางลงบนแผนที่ ทำให้ทราบเส้นทางการเดินทางอัตราเร็วในช่วงเวลาต่างๆ พร้อมทั้งแสดงข้อมูล พิกัด ความเร็ว เวลา วันที่ ฯลฯ ในรูปแบบตัวหนังสือ บนด้านขวาของหน้าต่างด้วย
- แสดงความผิดปกติของการเดินทางลงบนพื้นที่ที่ใช้ในการแสดงรวมทั้งวงจุดผิดปกติบนเส้นทางที่ได้ทำการจำลองการเดินทางไว้แล้ว
- สามารถเก็บข้อมูลในแต่ละครั้งของการเดินทางเอาไว้และสามารถเรียกดูได้ในภายหลัง
- ย่อ/ขยาย ภาพแผนที่เพื่อความชัดเจนและ สามารถเจาะจงดูในส่วนที่ต้องการได้
- ตั้งค่าคงที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ตามความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมการเดินทางและลักษณะงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



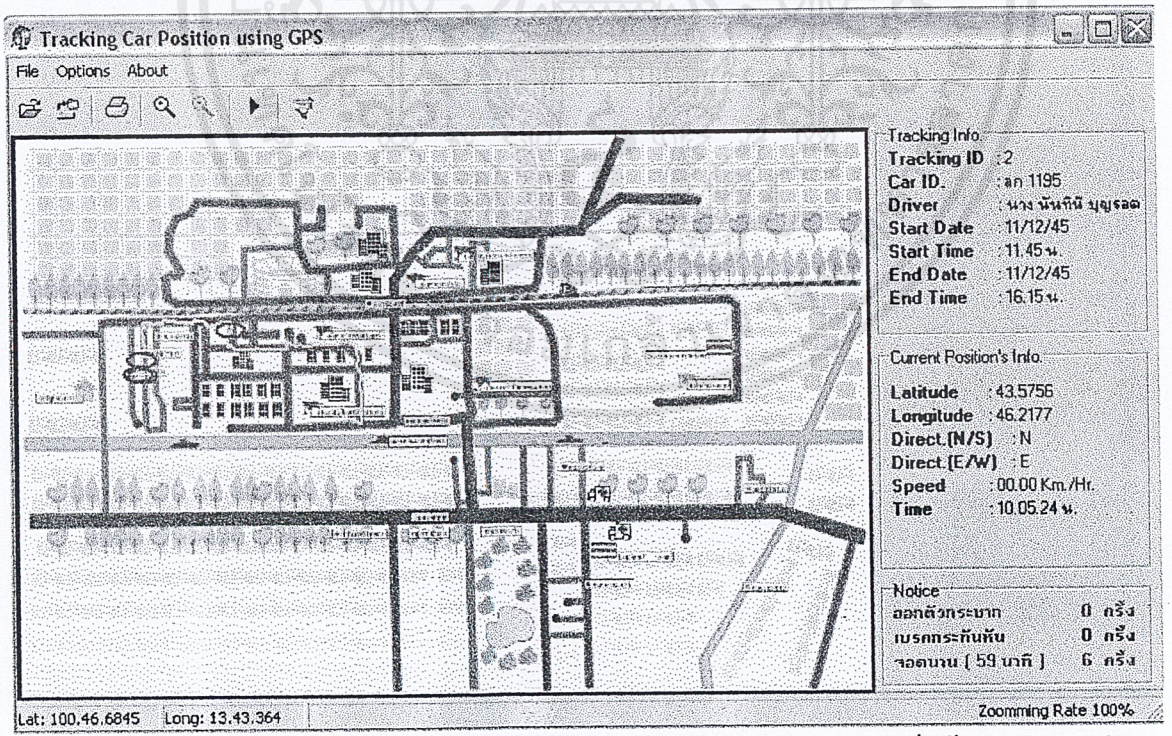
รูปที่ 5 - 13 แผนภาพแสดงการทำงานส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางคอมพิวเตอร์

5.7 ส่วนประกอบของส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางคอมพิวเตอร์

ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

5.7.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้เพื่อให้สามารถใช้งานในส่วนฐานความรู้แผนที่ ส่วนวินิจฉัยและส่วนแก้ไขเพิ่มเติมข้อมูลแผนที่ได้ ส่วนติดต่อผู้ใช้นี้จะใช้ในการติดต่อแบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิก (Graphic User Interface: GUI) ที่ผ่าน Text box แบบต่างๆ และทางเมาส์ แบ่งฟังก์ชันการทำงานออกเป็น 9 ส่วน ดังนี้



รูปที่ 5 - 14 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางคอมพิวเตอร์

- **เปิดข้อมูล** ใช้ในการเลือกเปิดข้อมูลจากรายการข้อมูลเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **รับข้อมูล** ใช้รับข้อมูลจากคอมแพคแฟลชรีดเดอร์ แล้วเก็บลงในฐานข้อมูล
- **พิมพ์** ใช้พิมพ์รายงานสำหรับข้อมูลการเดินทางในแต่ละครั้ง
- **ขยาย/ย่อ ขนาดภาพ** เพื่อเจาะจงดูในส่วนที่สำคัญ
- **เลื่อนภาพ** หลังจากขยายขนาดภาพแล้วสามารถเลื่อนภาพไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้
- **จำลองการเดินทาง** เป็นปุ่มที่ใช้เริ่มต้นการจำลองการเดินทาง
- **การตั้งค่าต่างๆ** ผู้ใช้สามารถตั้งค่าต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น เลือกพอร์ตอนุกรม ค่าคงที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์การเดินทางเช่น เบรกกะทันหัน ออกตัวกระชาก และ จอดนานผิดปกติ
- **ส่วนแสดงข้อมูลของการเดินทางครั้งนั้นๆ** ได้แก่ หมายเลขการเดินทาง , ชื่อคนขับรถ, หมายเลขทะเบียนรถ, วันที่และเวลาที่เริ่มต้นและจบการเดินทาง
- **ส่วนแสดงข้อมูลของแต่ละตำแหน่ง** ประกอบด้วย ละติจูด, ลองจิจูด, ทิศทาง, ความเร็ว, เวลา และวันที่ ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะแสดงขณะจำลองการเดินทางและ เมื่อนำเมาส์ไปชี้ที่เส้นทางการเดินทาง
- **ส่วนแสดงความผิดปกติที่เกิดขึ้น** เมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นจะแสดงในส่วนนี้
- **ส่วนแสดงแผนที่** ใช้ในการจำลองการเดินทางและแสดงผลความผิดปกติบางส่วน

5.7.2 ส่วนแก้ไขและปรับปรุงข้อมูลเพื่อแสดงบนแผนที่

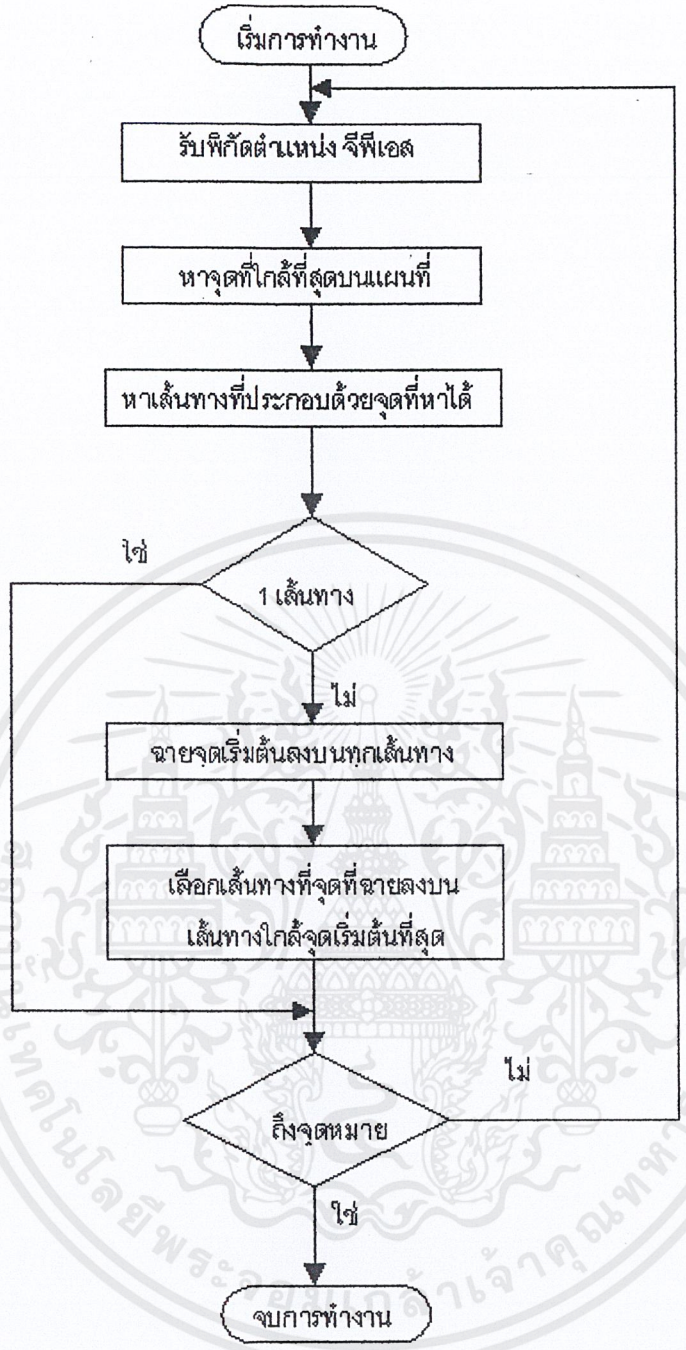
ส่วนนี้ทำหน้าที่รับข้อมูลจากจีพีเอสมาใช้ในการแสดงตำแหน่งรถบนแผนที่ แต่เนื่องจากเมื่อนำตำแหน่งจากจีพีเอส ไปแสดงผลแล้วพบว่า ตำแหน่งบนแผนที่กับตำแหน่งจากจีพีเอสยังคงมีความคลาดเคลื่อนกันอยู่บ้าง โดยแผนที่มีความคลาดเคลื่อนในระหว่างขั้นตอนการผลิต และพิกัดตำแหน่งที่รับมาจากจีพีเอสยังคงมีความคลาดเคลื่อนจากระบบจีพีเอส และการรับสัญญาณของจีพีเอสเอง ดังนั้นจึงต้องนำหลักการรู้จำเส้นทางมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบถึงความสอดคล้องของข้อมูลทั้งสอง ซึ่งถ้าพบความสอดคล้องก็สามารถตัดสินได้ว่าควรจะเป็นตำแหน่งเดียวกันบนแผนที่ ดังนั้นเมื่อเข้าสู่การรู้จำแล้วจะสามารถแสดงตำแหน่งรถบนถนนได้ถูกต้อง นอกจากนี้การใช้หลักการรู้จำเส้นทาง ทำให้สามารถจะวิเคราะห์ได้ว่า รถในขณะนั้นวิ่งเป็นอย่างไร เช่น วิ่งตรง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เป็นต้น

การวิเคราะห์เส้นทางโดยการรู้จำ

หลักการวิเคราะห์เส้นทางที่ใช้สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 5.13 โดยเริ่มต้นจากการรับพิกัดตำแหน่งจากเครื่องรับจีพีเอส เพื่อกำหนดเป็นจุดเริ่มต้นบนแผนที่โดยทำการหาจุดที่ใกล้ที่จุดของแผนที่กับจุดเริ่มต้นแล้วทำการหาเส้นทางของแผนที่ซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดมีเส้นทางที่เป็นไปได้มากกว่า 1 เส้นทาง แต่ถ้ามีเพียง 1 เส้นทางก็กำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้นแล้วเริ่มแสดงผล จากนั้นก็แสดงเส้นทางไปเรื่อยๆ จนกว่าจะจบการเดินทาง มิฉะนั้นถ้ามีความเป็นไปได้มากกว่า 1 เส้นทางจะถูกส่งเข้าไปยังส่วนเลือกเส้นทางบนแผนที่ ซึ่งส่วนนี้จะทำการฉายจุดเริ่มต้นไปยังทุกเส้นทางที่เป็นไปได้แล้วหาจุดที่ฉายไปนั้นที่ใกล้กับจุดเริ่มต้นมากที่สุด ถ้าระบบได้เลือกเส้นทางที่มีเหลือเพียงทางเดียวแล้ว จะรับตำแหน่งจีพีเอสใหม่ต่อไป แล้วแสดงเส้นทางไปเรื่อยๆ ทำกระบวนการที่อธิบายมาซ้ำแล้วซ้ำอีกจนกระทั่งรถวิ่งถึงจุดหมาย ก็จะจบการทำงานของขบวนการวิเคราะห์เส้นทาง

สำหรับขั้นตอนที่อธิบายมาโดยย่อสามารถแจกแจงเป็นขั้นตอนรายละเอียดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



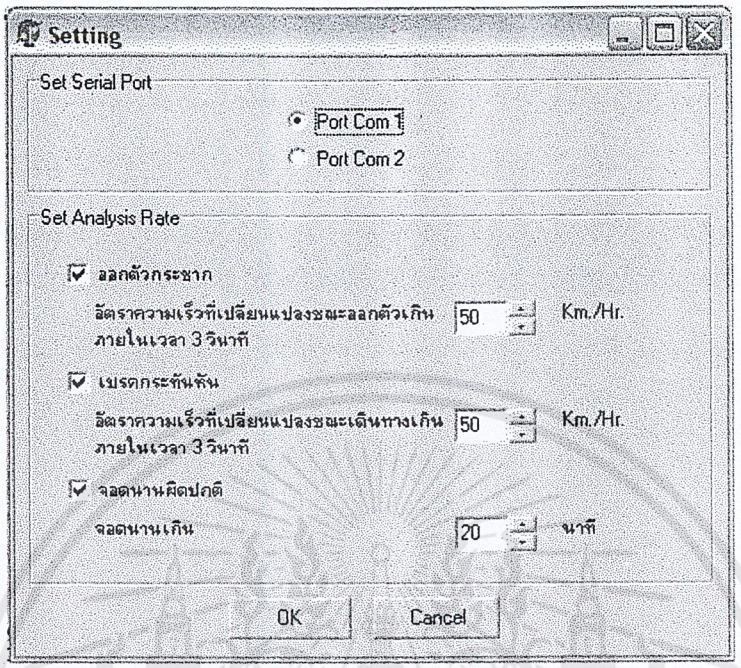
รูปที่ 5 - 15 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนของการวิเคราะห์เส้นทางโดยการรู้จำ

5.7.3 ส่วนวินิจฉัย

ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์การเดินทาง พิจารณาถึงความผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเดินทาง โดยใช้ข้อมูลที่รับมาจากจีพีเอสมาใช้ร่วมกับส่วนฐานความรู้ โดยใช้วิเคราะห์ความเร็วร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งที่เก็บไว้ในส่วนฐานความรู้มาใช้ในการวางแผน โดยใช้หลักการแทนความรู้ให้อยู่ในรูปแบบของตรรกศาสตร์ในปัญญาประดิษฐ์ ร่วมกับหลักวิชาการค้นหาความรู้จากฐานความรู้ ทำให้ทราบถึงลักษณะการเดินทางรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงความผิดปกติต่างๆ อาทิเช่น การเบรกกะทันหัน การจอดรถนานผิดปกติ หรือ การออกตัวกระชาก เป็นต้น โดยทั้งหมดจะมีค่าคงที่ที่ผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้ตามความเหมาะสมของขอบเขตการเดินรถ



รูปที่ 5 - 16 แสดงหน้าต่างที่ผู้ใช้สามารถกำหนดอัตราในการคำนวณความผิดปกติ

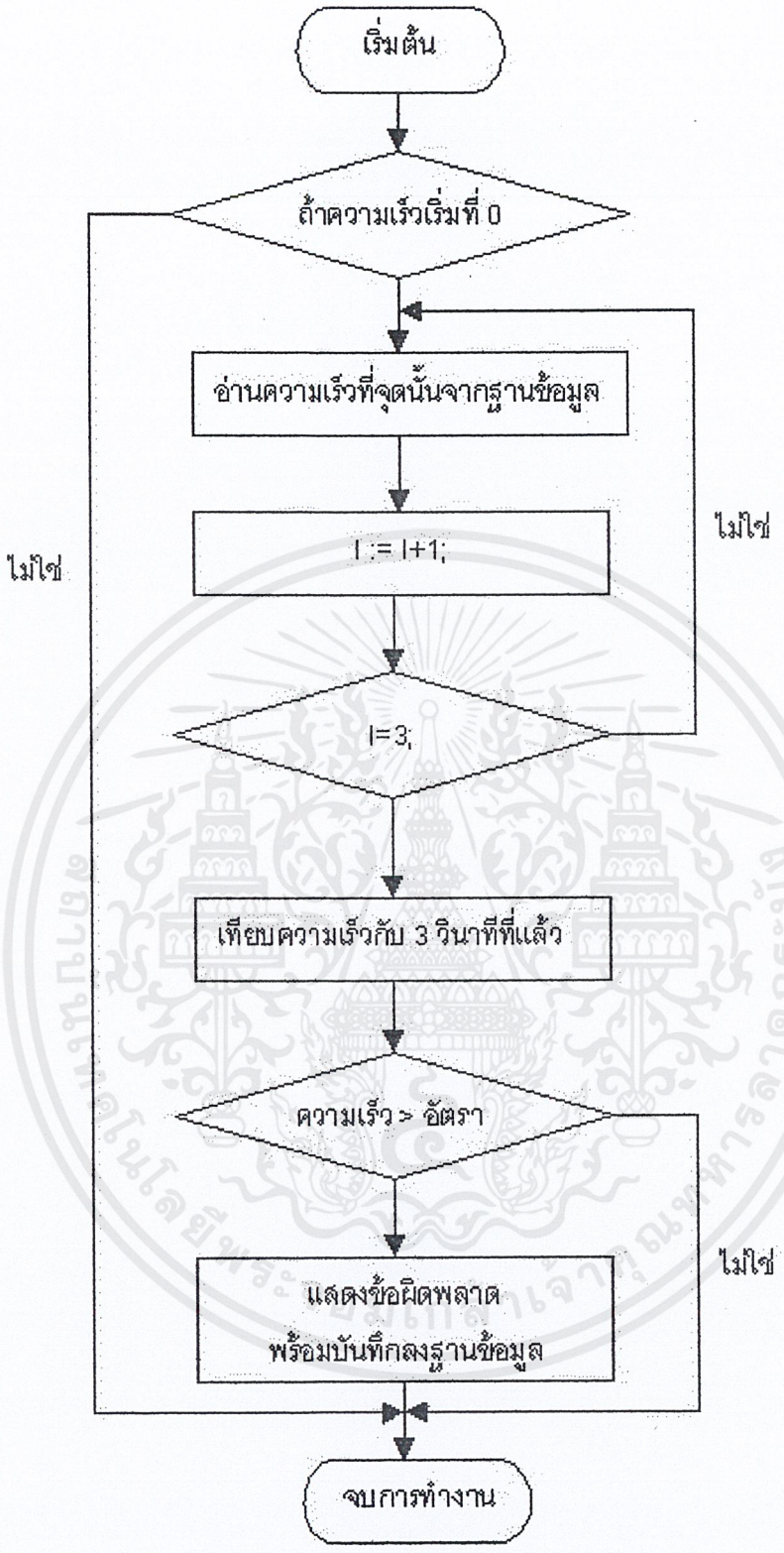
พิจารณารูปที่ 5 - 16 ประกอบ สิ่งที่ผู้ใช้สามารถกำหนดได้มีดังนี้

- ผู้ใช้สามารถกำหนดได้ว่าอัตราความเร็วเพิ่มจาก 0 เกินเท่าไรภายใน 3 วินาทีจึงจะจัดเป็นการออกตัวกระชาก
- ผู้ใช้สามารถกำหนดได้ว่าอัตราความเร็วเปลี่ยนแปลงลดลงเกินเท่าไรภายใน 3 วินาทีจึงจะจัดเป็นการเบรกกะทันหัน
- ผู้ใช้สามารถกำหนดว่ารถจอดเป็นเวลานานเท่าไหร่จึงจะจัดเป็นการจอดนานผิดปกติ
- ผู้ใช้สามารถเลือกได้ว่าต้องการให้โปรแกรมแสดงความผิดพลาดชนิดใด และไม่ต้องการให้แสดงความผิดพลาดชนิดใดบ้าง

อธิบายการคำนวณได้ดังนี้

- พิจารณาการออกตัวกระชาก พิจารณาความเร็วกรณีที่เพิ่มจากศูนย์ว่าภายในระยะเวลาที่กำหนดมีการเพิ่มความเร็วเกินอัตราหรือไม่ อัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 5 - 17

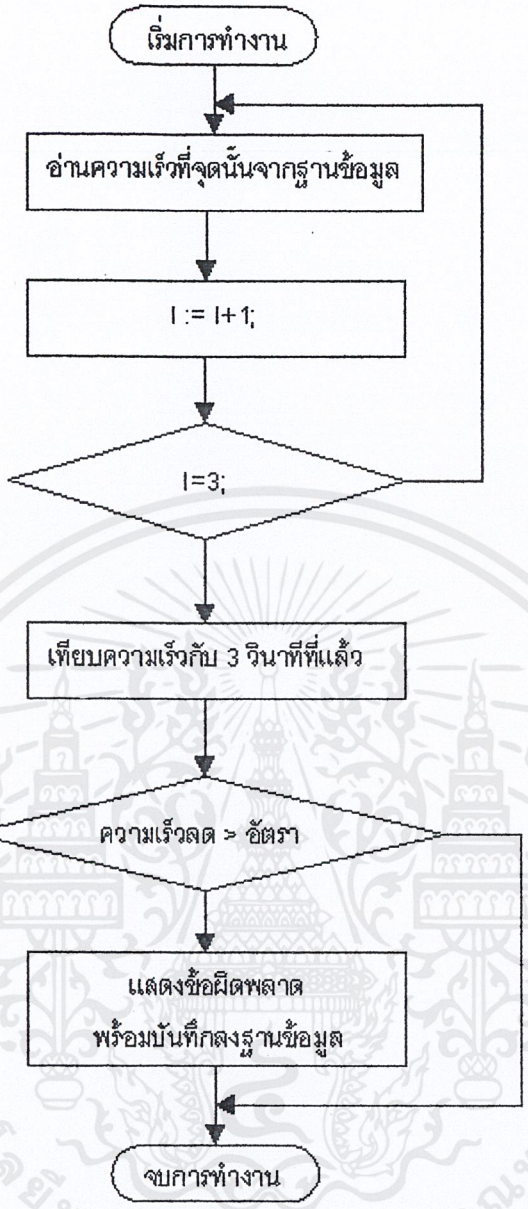
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 - 17 แผนภาพแสดงอัลกอริทึมพิจารณาการออกตัวกระชาก

- พิจารณาการเบรกกะทันหัน พิจารณาความเร็วที่ลดลงว่าภายในระยะเวลาที่กำหนดมีการลดความเร็วเกินอัตราหรือไม่ อัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 5 - 18

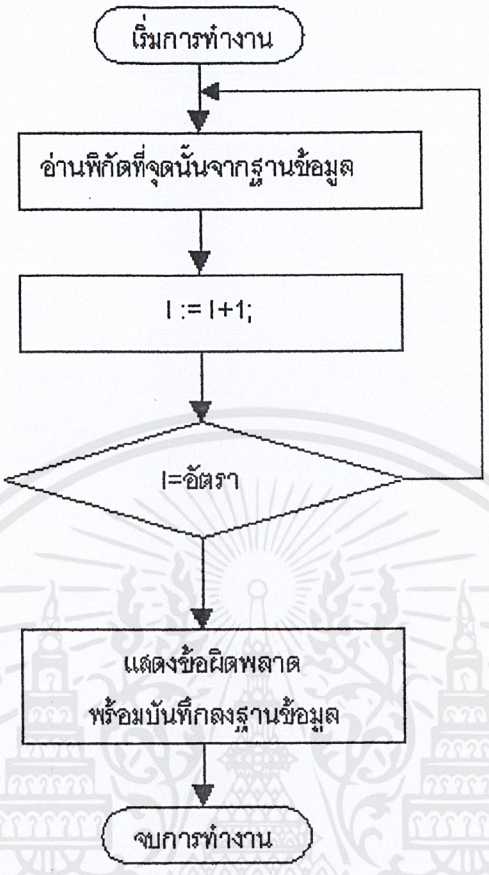
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 - 18 แผนภาพแสดงอัลกอริทึมพิจารณาการเบรกกระทันหัน

- พิจารณาการจอดนานผิดปกติ พิจารณาค่าพิกัดตำแหน่งว่าอยู่ที่จุดเดิมเกินเวลาที่กำหนดหรือไม่ รูปที่ 5 - 19 แสดงอัลกอลิทึมพิจารณาการจอดนานผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 - 19 แผนภาพแสดงอัลกอริทึมพิจารณาการจอดนานผิดปกติ

5.7.4 ส่วนฐานความรู้แผนที่

จากข้อมูลแผนที่จะประกอบด้วยข้อมูลหลากหลาย เช่น ถนน แม่น้ำ ทางรถไฟ สถานที่ต่างๆ เป็นต้น ดังนั้น ชิ้นงานนี้จึงทำการจัดระบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของฐานความรู้ ดังนั้นในส่วนของฐานความรู้ของแผนที่นี้จะกล่าวถึงการแทนความรู้แผนที่ (Map representation) โดยข้อมูลแผนที่ที่ใช้ในการวินิจฉัยนี้เป็นแผนที่ที่ใช้งานจริงที่ได้มาจาก กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการผลิตแผนที่ของประเทศ ซึ่งข้อมูลมีทั้งแบบ static และ dynamic ซึ่งส่วนที่นำมาใช้เป็นข้อมูลแบบ static เช่น ถนน แม่น้ำ สิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น ส่วน dynamic นั้นจะได้มาจากการสำรวจข้อมูลเองโดยรายละเอียดของส่วนฐานความรู้แผนที่นั้นได้อธิบายอย่างละเอียดไปแล้วในตอนต้นบท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปเนื้อหา

โครงงานนี้สามารถแบ่งการออกแบบทั้งหมดออกได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน ประกอบด้วย ส่วนแรก คือชุดรับสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอสและบีบอัดข้อมูล ส่วนที่สอง คือส่วนเขียนและอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลช และส่วนสุดท้าย คือส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางหน้าจอของคอมพิวเตอร์ โดย 2 ส่วนแรกเป็นฮาร์ดแวร์ และส่วนที่สองเป็นซอฟท์แวร์

สำหรับส่วนฮาร์ดแวร์นั้นเป็นชุดอุปกรณ์ที่ใช้รับสัญญาณจากจีพีเอสทางพอร์ตอนุกรมเพื่อรับรายละเอียดของการเดินรถครั้งนั้นๆ เข้ามา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาและเลือกเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นสำหรับโครงงานนี้ แล้วนำข้อมูลที่ผ่านการเลือกแล้วมาทำการบีบอัดให้มีขนาดเล็กลง แล้วเก็บลงหน่วยความจำคอมแพคแฟลช และเมื่อถึงที่หมายก็ทำการโหลดข้อมูลจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลชเข้าสู่คอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรมเช่นกัน ส่วนประกอบที่สำคัญของส่วนฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย วงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์8051, วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS-232, วงจรรับ-ส่งสัญญาณของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช ซึ่งประกอบด้วยตัวเชื่อมต่อ (connector) เฉพาะของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช และแลทช์ (latch) ในการรักษาค่าของแอดเดรสไว้ด้วย เหมือนการติดต่อหน่วยความจำภายนอกทั่วไป

สำหรับในส่วนของซอร์ฟแวร์ในบทนี้ได้อธิบายขั้นตอนโดยละเอียดตั้งแต่โครงสร้างของส่วนซอร์ฟแวร์ การนำทฤษฎีจีไอเอสมาใช้ในการออกแบบตั้งแต่ขั้นตอนการนำเข้า การจัดเก็บไปจนถึงขั้นตอนการผสมผสานข้อมูล นอกจากนี้ยังอธิบายรายละเอียดซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วนได้แก่ ส่วนติดต่อผู้ใช้ ส่วนวิเคราะห์และแสดงผล ส่วนวินิจฉัย ส่วนฐานความรู้แผนที่ส่วนแก้ไขและปรับปรุงข้อมูลเพื่อแสดงบนแผนที่ โดยทั้ง 4 ส่วนนี้ได้อธิบายขั้นตอนการทำงานและขั้นตอนการเขียนโปรแกรมไว้อย่างละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

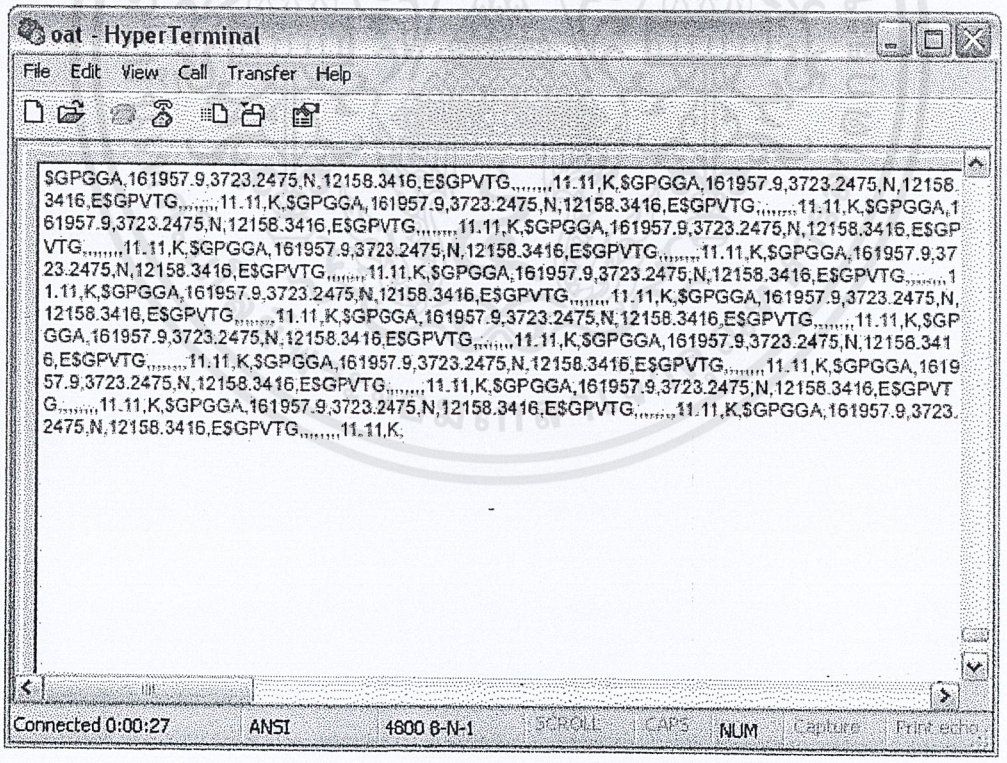
บทที่ 6
ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์หลักในการวิเคราะห์ลักษณะการเดินทาง พร้อมทั้งตรวจสอบเหตุผิดปกติระหว่างการเดินทาง และได้นำไปทดลองใช้ในพื้นที่เขตลาดกระบังและโดยรอบคณะวิศวกรรมศาสตร์ ประกอบด้วยถนนสายหลัก สาย ถนนสายรอง สาย และสถานที่สำคัญ แห่ง

ในการทดลองนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ส่วนคือ การทดลองรับข้อมูลจากชุดอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส การทดลองการบีบอัดข้อมูลและถอดรหัสข้อมูล การทดลองการจำลองการเดินทางลงบนแผนที่ และ การทดลองหลักการรู้จำเส้นทาง

6.1 การทดลองรับข้อมูลจากชุดอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส

เป็นการทดสอบชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการรับข้อมูลจากจีพีเอสแล้วส่งเข้าคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรมเพื่อตรวจสอบรูปแบบข้อมูลและชนิดของประโยคที่ได้ทำการกำหนดให้ชุดรับสัญญาณจีพีเอสส่งออกมาว่าถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่



รูปที่ 6 - 1 แสดงภาพการรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การทดลองการบีบอัดข้อมูลและถอดรหัสข้อมูล

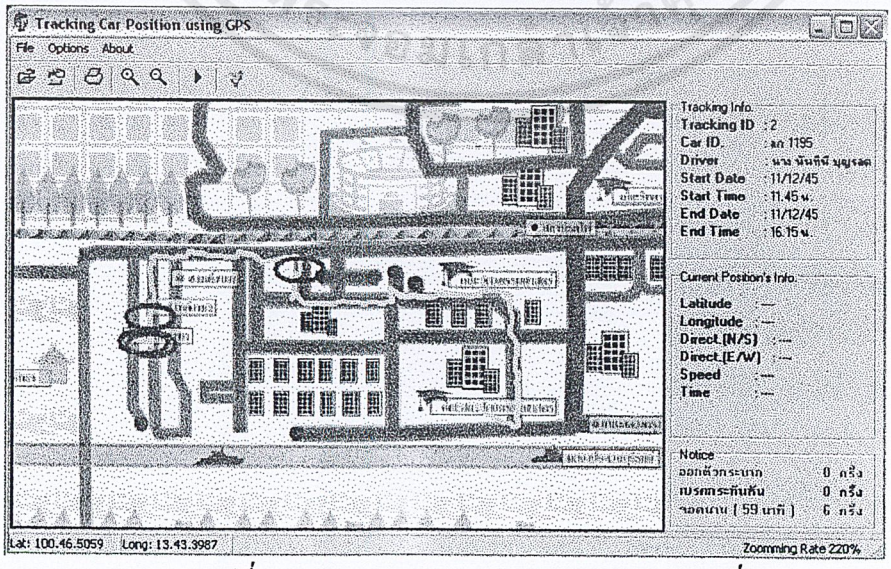
เป็นการทดสอบซอฟท์แวร์ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ว่าทำการบีบอัดข้อมูลได้ถูกต้องหรือไม่ แต่เนื่องจากการที่จะทราบได้ว่าการบีบอัดนั้นสมบูรณ์หรือไม่จึงทำการทดสอบพร้อมกับการถอดรหัสข้อมูลในส่วนของคอมพิวเตอร์ไปพร้อมๆกัน โดยเบื้องต้นทดสอบด้วยการส่งข้อมูลจำลองจากคีย์บอร์ดไปเก็บยังหน่วยความจำแล้วจึงนำมาส่งเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อทดสอบ จากรูปที่ 6 - 2 เป็นข้อมูลในฐานข้อมูลที่โปรแกรมถอดรหัสส่งมาหลังจากการถอดรหัสแล้วผลออกมาถูกต้องทุกประการ จากการสังเกตจะเห็นว่าในช่องของวันที่จะเป็นช่องว่างเนื่องจากชุดรับสัญญาณจีพีเอสไม่มีการส่งวันที่มาด้วยจึงต้องใช้ซอฟท์แวร์ในการตรวจสอบวันที่แล้วใส่ลงในฐานข้อมูลเอง

longitude	direction_e	speed	time	that_date	track_id	notice1	notice2	notice3	latitude
46.5747	E	18.30	10.00.38		2	ออกตัวกระชาก	a	a	43.5108
46.5855	E	24.50	10.00.39		2	ออกตัวกระชาก	a	a	43.5013
46.5958	E	25.80	10.00.40		2	a	a	a	43.4956
46.6043	E	26.00	10.00.41		2	a	a	a	43.4918
46.6105	E	23.30	10.00.42		2	a	เบรคกระทันหัน	a	43.4900
46.6162	E	15.90	10.00.43		2	a	เบรคกระทันหัน	a	43.4872
46.6185	E	16.90	10.00.44		2	a	เบรคกระทันหัน	a	43.4880
46.6196	E	17.80	10.00.45		2	a	a	a	43.4901
46.6201	E	14.80	10.00.46		2	a	เบรคกระทันหัน	a	43.4917
46.6197	E	09.90	10.00.47		2	a	เบรคกระทันหัน	a	43.4927
46.6188	E	10.40	10.00.48		2	a	เบรคกระทันหัน	a	43.4949

รูปที่ 6 - 2 ข้อมูลในฐานข้อมูลหลังจากทำการถอดรหัสแล้ว

6.3 การทดลองการจำลองการเดินทางลงบนแผนที่

เป็นการทดสอบโปรแกรมในส่วนของการแปลงข้อมูลพิกัดไปเป็นตำแหน่งบนจอคอมพิวเตอร์ร่วมกับการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งจากชุดรับสัญญาณจีพีเอส ผลคือเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมีความผิดพลาดน้อยมาก และจำลองการเดินทางออกมาตรงกับเส้นทางจริงแต่เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ยังไม่ได้ใช้หลักการรู้จำเส้นทางจึงทำให้การแสดงผลบนแผนที่บางครั้งไม่ตรงถนนทำให้ไม่สวยงามเท่าที่ควร

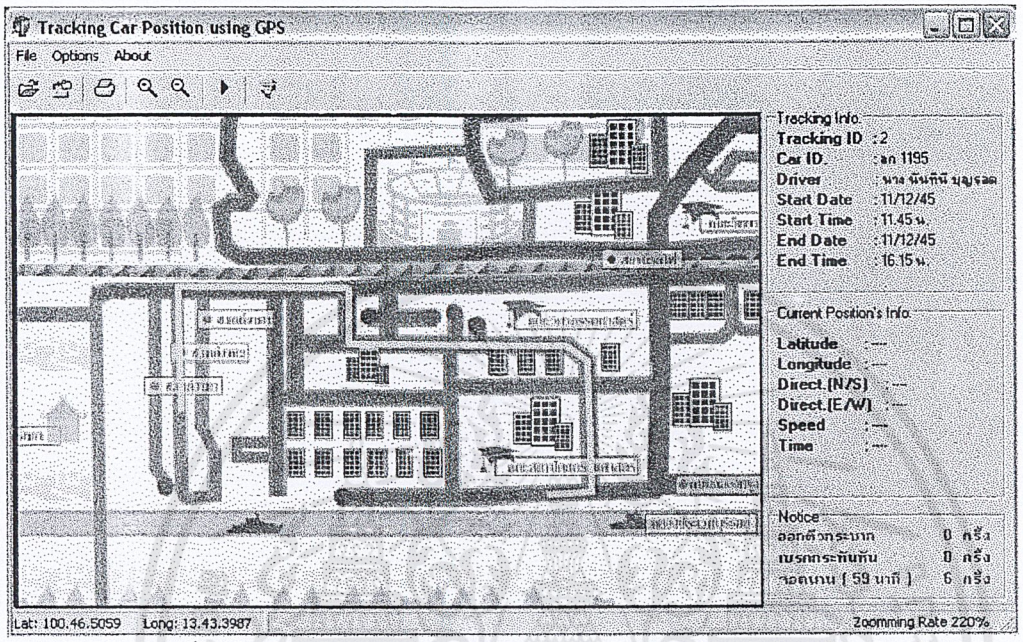


รูปที่ 6 - 3 แสดงการจำลองการเดินทางลงบนแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การทดลองหลักการรู้จำเส้นทาง

จากการทดลองในครั้งที่ผ่านมาจะเห็นว่าเกิดปัญหาในเรื่องของจำลองการเดินทางไม่ตรงถนนจึงปรับแก้ด้วยหลักการรู้จำเส้นทางที่ใช้ข้อมูลแผนที่ดิจิตอลแบบเวกเตอร์เข้ามาช่วยในการหาเส้นทางที่ถูกต้องจริงๆผลออกมาทำให้การจำลองเส้นทางบนแผนที่เป็นเส้นตรงเรียบร้อยและอยู่บนถนนตลอด



รูปที่ 6 - 4 แสดงภาพการจำลองเส้นทางหลังจากใช้หลักการรู้จำเส้นทางแล้ว

6.5 สรุปผลการทำงาน

จากการนำชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถโดยใช้จีพีเอส ไปใช้ในการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถจริง พร้อมทั้งนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ปรากฏว่า สามารถจำลองการเดินทางออกมาอย่างถูกต้องและสามารถแสดงความผิดพลาดในการเดินรถที่เกิดขึ้นได้อย่างครบถ้วนทุกจุดตามระดับที่ตั้งเอาไว้ นับว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนี้จึงเหมาะที่จะมาใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการเดินรถสำหรับผู้ประกอบการหลายๆ รูปแบบได้ สำหรับรายละเอียดจะแยกอธิบายตามส่วนต่างๆ ดังนี้

ในส่วนการรับข้อมูลพิกัดจากชุดรับสัญญาณจีพีเอส สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ถึงแม้จะมีความคลาดเคลื่อนบ้าง แต่อยู่ในระดับที่สามารถแก้ไขได้ด้วยซอฟท์แวร์ และในส่วนของความเร็ว, เวลาและทิศทางก็มีความถูกต้องแม่นยำดีมาก เป็นผลให้การวิเคราะห์การเดินทางเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ในส่วนของการบีบอัดข้อมูลก่อนที่จะเก็บลงหน่วยความจำ หลังจากทำการทดลองแล้วปรากฏว่า สามารถลดปริมาณข้อมูลลงได้ประมาณ 8 เท่าตามที่คำนวณไว้ ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้นานมากเท่าที่ต้องการ ในส่วนนี้จะช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่การเก็บข้อมูล สำหรับการเก็บข้อมูลของการเดินทางระยะไกลมากๆ ได้

ในส่วนของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช สามารถใช้งานได้จริงเต็มความจุที่ระบุไว้ ด้วยคุณสมบัติที่เล็กกะทัดรัด, สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และมีความจุสูงทำให้เหมาะสมกับงานที่ต้องมีการถ่ายข้อมูลบ่อยๆ และเป็นอีกส่วนหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ในการเก็บข้อมูลสำหรับการเดินทางระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลการเก็บข้อมูลทางจอคอมพิวเตอร์ หลังจากที่นำข้อมูลที่รับมาจริงมาทำการวิเคราะห์และประมวลผลด้วยซอฟท์แวร์นี้แล้วปรากฏว่า ผลการจำลองการเดินทางบนแผนที่ แสดงออกมาได้แม่นยำและถูกต้องน่าพอใจ และไม่มีการออกนอกเส้นถนนอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของข้อมูล แสดงให้เห็นว่าทฤษฎีการรู้จำเส้นทางและหลักการแทนฐานข้อมูลแผนที่นั้นทำงานได้ถูกต้อง พร้อมทั้งมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการใช้งานโปรแกรมด้วย

ดังนั้น ระบบนี้ถ้านำไปใช้จริง คาดว่าจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อาจมีข้อจำกัดในส่วนต่างๆ อยู่บ้างดังที่จะอธิบายในหัวข้อถัดไป

6.6 ปัญหาในการทำงานและวิธีการแก้ไข

1. เนื่องจากความรู้ต่างๆเกี่ยวกับชุดรับสัญญาณจีพีเอสและหน่วยความจำคอมแพคแฟลชเป็นเรื่องที่ค่อนข้างใหม่ และยังไม่เป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังเป็นของที่หาซื้อค่อนข้างยากในเมืองไทย จึงทำให้ยากต่อการค้นหาข้อมูลเพราะไม่ค่อยมีเอกสารอ้างอิงหรือหนังสือที่กล่าวถึงอุปกรณ์ทั้งสองอย่างนี้มากนัก

   แก้ไขได้โดยการขยายแหล่งหาข้อมูลออกไป ไม่จำกัดอยู่แค่การหาข้อมูลจากในหนังสือเท่านั้น โดยการหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่มีขนาดใหญ่, มีความรู้หลายด้าน เพราะข้อมูลที่ได้มานั้นอาจแฝงมากับเรื่องในหัวข้ออื่นๆ ได้ นอกจากนั้นการควรหาข้อมูลจากแหล่งที่มีการพัฒนาตลอดเวลา เช่น หาข้อมูลจากอินเตอร์เนท เป็นต้น
2. แผนที่ที่นำมาใช้ในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลมีมาตราส่วนไม่ได้มาตรฐาน คือ ตำแหน่งที่ตั้งของอาคารสถานที่ไม่ตรงกับตำแหน่งที่ตั้งในความเป็นจริง เพราะเป็นแผนที่ที่ทำมาจากภาพถ่ายทางอากาศดังนั้นสถานที่บนแผนที่จึงอาจมีตำแหน่งทางละติจูดและลองจิจูดผิดเพี้ยนไปได้ ซึ่งส่งผลให้เส้นทางการเดินรถที่แสดงบนแผนที่ผิดเพี้ยนไปด้วย นอกจากนั้นแผนที่ที่มีมาตรฐานดีมีสุดของประเทศไทย ซึ่งก็คือแผนที่ของกรมแผนที่ทหารมีการแก้ไขครั้งล่าสุดเมื่อหลายปีมาแล้ว ส่งผลให้สถานที่และถนนบางส่วนซึ่งมีการก่อสร้างขึ้นมาภายหลังไม่ปรากฏบนแผนที่ทำให้ข้อมูลจากแผนที่ไม่ครบสมบูรณ์

   วิธีแก้ไขที่ใช้ในโครงงานนี้ คือ นำหลักการของ จีไอเอสบางส่วนเข้ามาช่วย ซึ่งหลักนั้นก็คือหลักการวิเคราะห์เส้นทางโดยการรู้จำเข้ามาช่วยแก้ปัญหาที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของแผนที่นี้ได้
3. เนื่องจากหน่วยความจำคอมแพคแฟลชมีขาทั้งหมด 40 ขา และขาเหล่านั้นก็มีขนาดเล็กและถี่มาก จึงทำให้การต่อหน่วยความจำคอมแพคแฟลชเข้ากับอุปกรณ์อื่นหรือวงจรโดยตรงทำได้ยาก ทำให้ต้องใช้คอนเนคเตอร์เฉพาะของหน่วยความจำคอมแพคแฟลชในการเชื่อมต่อกับวงจร แต่คอนเนคเตอร์ของหน่วยความจำคอมแพคแฟลชนั้นไม่มีขายในประเทศไทย จึงต้องใช้เวลานานเป็นสัปดาห์ในการสั่งซื้อจากต่างประเทศโดยผ่านทางอินเตอร์เนท

   แก้ไขโดยการหาติดต่อหาบริษัทที่เป็นตัวแทนจำหน่ายคอนเนคเตอร์ของหน่วยความจำคอมแพคแฟลชในประเทศไทย และสั่งนำเข้าจากต่างประเทศผ่านทางบริษัทนั้น จะช่วยลดเวลาในส่วนของการติดต่อกับบริษัทต่างประเทศเองโดยตรงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ดังที่กล่าวมาแล้วว่าหน่วยความจำแบบคอมแพคแฟลชมีขาขนาดเล็กจำนวน 40 ขา จึงจำเป็นต้องใช้คอนเนคเตอร์ในการเชื่อมต่อกับวงจรแต่เนื่องจากขาของคอนเนคเตอร์เป็นขาแบบ mouth surface จึงยากต่อการหาเส้นทางในการเขียนลายวงจร เพราะจะทำให้ไม่สามารถสร้างลายวงจรชนิดสองหน้าได้ มีวิธีการแก้ไขดังนี้ คือ ต้องวาดลายวงจรของทั้งสองหน้าแยกกันออกมาเป็นสองส่วน แล้วทำการเชื่อมต่อทั้ง 2 ด้านของลายวงจรด้วยตัวเอง
5. เนื่องจากจีพีเอสทำงานโดยรับข้อมูลจากดาวเทียม ดังนั้นสภาพอากาศ เช่น ปริมาณเมฆบนท้องฟ้าจึงมีผลกระทบต่อการรับข้อมูลของจีพีเอสค่อนข้างมาก ด้วยเหตุนี้องทำให้การทำงานของชุดรับสัญญาณจีพีเอสจะรับสัญญาณได้อย่างแม่นยำในวันที่สภาพอากาศค่อนข้างดีคือ ท้องฟ้าปลอดโปร่งไม่มีเมฆมาก นอกจากนั้นจีพีเอสจะทำงานในที่โล่งแจ้งได้ดีกว่าบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางเส้นทางการรับสัญญาณจากดาวเทียมของจีพีเอส เช่น ถ้าทำงานในเขตเมืองที่มีอาคารสูงขึ้นติดกัน จะทำให้ข้อมูลมีความถูกต้องต่ำกว่าทำงานในบริเวณชานเมือง เป็นต้น

   เนื่องจากปัญหานี้เป็นข้อจำกัดทางฮาร์ดแวร์ของชุดรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส จึงไม่สามารถแก้ไขได้ แต่สามารถทำให้ดีขึ้นได้โดยใช้การเขียนโปรแกรมเข้าช่วย

6.7 แนวทางการพัฒนา

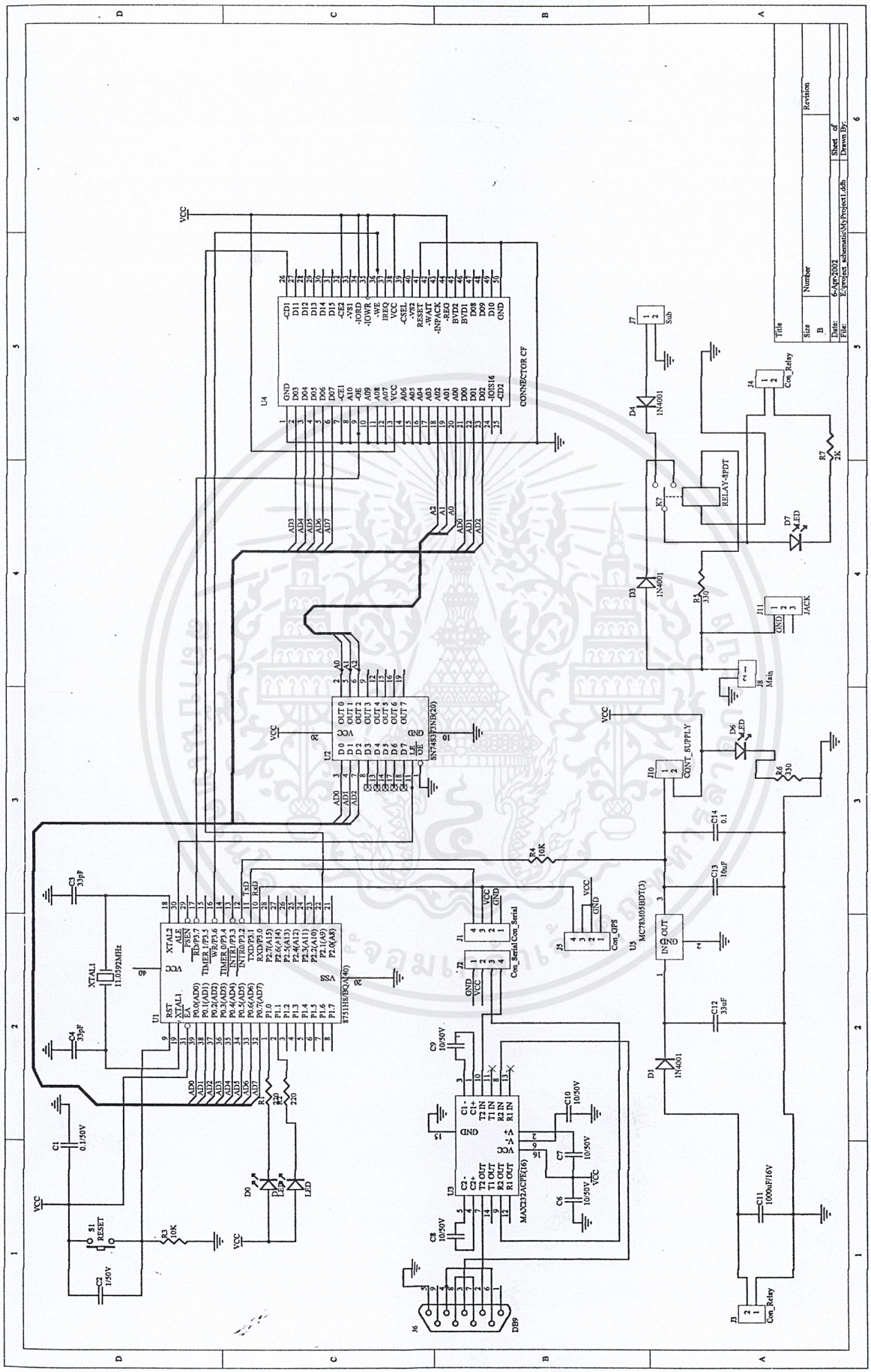
แนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต มีดังต่อไปนี้

1. ในส่วนการรับพิกัดตำแหน่งด้วยชุดอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสนั้น มีความเป็นไปได้ว่าในอนาคตจะมีความถูกต้องสูงกว่านี้มาก ดังนั้นจึงอาจไม่ต้องใช้หลักการรู้จำเส้นทางที่นำเสนอในโครงงานนี้ แต่อย่างไรก็ตามหลักการรู้จำนี้สามารถที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์และพัฒนาลักษณะกราฟฟิกอื่นๆ ได้ต่อไป
2. สำหรับโครงงานชิ้นนี้เป็นการเก็บข้อมูลเพื่อประมวลผลที่ปลายทาง กล่าวคือ เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถจนจบการเดินทางก่อน จึงอ่านข้อมูลนั้นออกมาแล้วประมวลผล ซึ่งในอนาคตอาจพัฒนาเป็นการแสดงผลข้อมูลของการเดินรถทันทีได้ ไม่ว่าจะเป็นโดยการแสดงผลทางจอแอลซีดี (LCD) ที่ติดอยู่ที่ชุดอุปกรณ์หรือ ส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังปลายทางทันทีก็ได้
3. ในส่วนของหน่วยความจำคอมแพคแฟลช เนื่องจากเป็นหน่วยความจำที่มีความจุมากและมีขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ดังนั้นในอนาคตจึงอาจพัฒนาเพื่อใช้กับการแสดงผลข้อมูลการเดินรถทันทีโดยการเก็บฐานข้อมูลแผนที่ลงในหน่วยความจำคอมแพคแฟลช แล้วดึงแผนที่จากหน่วยความจำมาแสดงบนจอแอลซีดี เพื่อนำข้อมูลการเดินรถมาวิเคราะห์ได้ทันทีโดยที่ไม่ต้องรอให้ถึงปลายทาง
4. ในส่วนของการแสดงผลข้อมูล ในโครงงานนี้เป็นการเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลบนคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว ในอนาคตอาจทำการขยายขอบเขตไปบนอินเตอร์เนท เพื่อพัฒนาไปใช้กับหน่วยงานที่มีสาขาห่างไกลกัน ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้