สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ระบบนำทางบนพ็อกเก็ตพีซี

# NAVIGATING SYSTEM ON POCKET PC

T058791

ธนวัฒน์ วิเชียรไพศาล
วิบูรณ์ศักดิ์ ใจภักดี
สิริภูมิ สุดดีพงศ์

เลขหมู่ 58791
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 10 ก.พ. 2549

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.
i.

# NAVIGATING SYSTEM ON POCKET PC

TANAWAT WICHIANPAISARN

WIBOONSAK JAIPHAKDEE

SIRIPOOM SUDDEEPHONG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTAIL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| **หัวข้อปัญหาพิเศษ** | ระบบนำทางบนพ็อกเก็ตพีซี | |
| | NAVIGATING SYSTEM ON POCKET PC | |
| **ชื่อนักศึกษา** | นายธนวัฒน์ วิเชียรไพศาล | 44050017 |
| | นายวิบูรณ์ศักดิ์ ใจภักดี | 44050042 |
| | นายสิริภูมิ สุดดีพงศ์ | 44050049 |
| **ภาควิชา** | คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ | |
| **สาขา** | คณิตศาสตร์ประยุกต์ | |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ผศ.ดร.ฉัฐไชย์ ลีนาวงศ์ | |
| | อ.เดชา สมนะ | |

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2547

| คณะกรรมการสอบ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| ประธานกรรมการ ผศ.พัชรินทร์ เหมโชติ | |
| กรรมการ ดร.พันธนี พงศ์สัมพันธ์ | |
| กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ฉัฐไชย์ ลีนาวงศ์ | |
| กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา อ.เดชา สมนะ | |

( รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ บุญจริง )
หัวหน้าภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| **หัวข้อปัญหาพิเศษ** | ระบบนำทางบนพ็อกเก็ตพีซี | |
| | NAVIGATING SYSTEM ON POCKET PC | |
| **ชื่อนักศึกษา** | นายธนวัฒน์ วิเชียรไพศาล | 44050017 |
| | นายวิบูรณ์ศักดิ์ ใจภักดี | 44050042 |
| | นายสิริภูมิ สุดดีพงศ์ | 44050049 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรบัณฑิต | |
| **ภาควิชา** | คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ | |
| **สาขา** | คณิตศาสตร์ประยุกต์ | |
| **ปีการศึกษา** | 2547 | |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ผศ.ดร.ฉัฐไชย์ ลีนาวงศ์ | |
| | อ.เดชา สมนะ | |


## บทคัดย่อ


เครื่องพ็อกเก็ตพีซีได้ถูกขนานนามว่าเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์อย่างหนึ่งสำหรับความเป็นอยู่ในโลกอันทันสมัย คุณสมบัติใหม่ๆ ได้ถูกพัฒนาเพิ่มเติมขึ้นอยู่ตลอดเวลา ปัญหาพิเศษนี้ก็เป็นหนึ่งในคุณสมบัติใหม่ๆ ที่จะพัฒนา จึงได้นำความรู้ทางวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ จากห้องเรียน และจากวิธีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด มาใช้เป็นแนวทางในการหาทิศทาง ณ ตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้ไปยังจุดหมายปลายทาง

จุดมุ่งหมายที่ทำงานนี้เพื่อให้ไปถึงจุดหมายปลายทางโดยใช้เส้นทางที่สั้นที่สุดที่เป็นไปได้ ระบบทำงานนี้ได้ใช้จีพีเอส(GPS) สำหรับระบุตำแหน่งสถานที่ที่ผู้ใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน ระบบนี้ช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถใช้ระยะทางในการเดินรถได้สั้นที่สุด


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| **Special Project Title** | NAVIGATING SYSTEM ON POCKET PC | |
| **Students** | Mr.Tanawat Wichiampaisarn | 44050017 |
| | Mr.Wiboonsak Jaiphakdee | 44050042 |
| | Mr.Siripoom Suddeephong | 44050049 |
| **Degree** | Bachelor of Science | |
| **Department** | Mathematics and Computer Sciences, Faculty of Science | |
| **Program** | Applied Mathematics | |
| **Academic Year** | 2004 | |
| **Special Project Advisor** | Assist. Prof. Dr. Chartchai Leenawong | |
| | Decha Samana | |

## ABSTRACT

Pocket PC is considered as one of the useful devices for modern lifestyle. New feather are consistently added. This special project also aims to do so. It applies mathematical knowledge from classroom, shortest path algorithms, to suggest directions from a user's current location to his/her destination. The objective of doing so is to arrive at that destination with possible shortest distance.

This navigating system makes use of the Global Positioning System(GPS) to locate the user's current location. Bangkok drivers can obtain specific driving instructions with shortest distance from this system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่ได้ทำการสนับสนุนทางด้านกำลังใจ ความเข้าใจ และทุนทรัพย์จนสามารถทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัฐไชย์ ลีนาวงศ์ และ อาจารย์เดชา สมนะ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้รับผิดชอบปัญหาพิเศษฉบับนี้ที่กรุณาให้คำแนะนำอันเกิดประโยชน์แก่คณะผู้ศึกษา และเป็นที่ปรึกษาในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นซึ่งผ่านพ้นไปได้ด้วยดี รวมทั้งยังเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และรูปแบบของปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ พัชรินทร์ เหมโชติ และ ดร. พันธนี พงศ์สัมพันธ์ ที่ทำหน้าที่เป็นกรรมการสอบ พร้อมกับให้คำแนะนำ และคำถามที่เกิดประโยชน์แก่คณะผู้ศึกษาเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาให้ดีขึ้น

ขอขอบพระคุณพี่กิตติ เปรมพินิจ จาก BKKMAP ที่ให้คำปรึกษา ข้อมูลต่างๆ และให้ความไว้วางใจ จนทำให้เกิดความกระจ่างขึ้น และเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี แม้ว่าจะไม่ค่อยมีเวลาก็ตาม

ขอขอบพระคุณพี่อู๋(นพรัตน์ พันธุ์เสนา) เจ้าหน้าที่นักวิชาการจากสำนักวิจัย และบริการคอมพิวเตอร์ที่ให้สถานที่ห้อง 324 ในการสร้างประวัติศาสตร์หน้าสำคัญให้สำเร็จลงได้ด้วยดี และยังให้คำแนะนำต่างๆ ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณผู้ที่บริจาคพื้นที่ในเขตลาดกระบังให้ก่อเกิดเป็นสถานศึกษาอันมีชื่อเสียงให้คณะผู้ศึกษารู้จัก มิฉะนั้นแล้วคณะผู้ศึกษาคงไม่ได้มาทำงานชิ้นนี้ ไม่ได้มาอยู่ที่นี่ และไม่ได้มาเจอสิ่งดีๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตไม่ว่าจะเป็นเพื่อน พี่ อาจารย์ ธรรมชาติแวดล้อม และผู้คนในละแวกนี้

คณะผู้จัดทำ

มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

**บทคัดย่อภาษาไทย**.....I

**บทคัดย่อภาษาอังกฤษ**.....II

**กิตติกรรมประกาศ**.....III

**สารบัญ**.....IV

**สารบัญรูป**.....VIII

**สารบัญตาราง**.....X

**บทที่ 1 บทนำ**.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....1

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....1

**บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง**.....3

2.1 ปัญหาการหาเส้นทางสั้นที่สุด.....3

2.1.1 ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น.....3

2.1.2 ปัญหาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

(Shortest - Route Problem).....9

2.1.3 ขั้นตอนวิธีในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

(Shortest – Route Algorithm).....9

2.2 หลักการการเลื่อนและเปลี่ยนแปลงขนาดของภาพ.....11

2.2.1 การเลื่อนตำแหน่ง(transformation).....11

2.2.2 การเปลี่ยนขนาดภาพ(Scaling).....12

2.3 จีพีเอส(GPS - The Global Positioning System).....14

2.3.1 ภาพรวมของระบบ(System Overview).....14

2.3.1.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม(Space Segment).....14

2.3.1.2 ส่วนของสถานีควบคุม

(Operation Control Segment).....16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.1.3 ส่วนของผู้ใช้(User Receiving Segment).....18
2.3.2 การให้บริการของระบบจีพีเอส(GPS Services).....19
2.3.2.1 การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์
(Precise Positioning Service (PPS)).....20
2.3.2.2 การบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน
(Standard Positioning Service).....20
2.3.3 ลักษณะเฉพาะของสัญญาณจากดาวเทียมในระบบจีพีเอส
(GPS Satellite Signal).....20
2.3.4 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส
(GPA Receiver Operation).....24
2.3.4.1 การเลือกดาวเทียม(Satellite Tracking Selection).....24
2.3.4.2 การรับสัญญาณดาวเทียม(Satellite Signal Acquisition).....24
2.3.4.3 การถอดรหัสข้อมูล(Data Detection).....25
2.3.5 การคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ.....25
2.3.5.1 การระบุตำแหน่งโดยสัญญาณดาวเทียม.....26
2.3.6 มาตรฐาน NMEA และโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารจีพีเอส.....27
2.3.6.1 มาตรฐาน NMEA(NMEA Standard).....27
2.3.6.2 มาตรฐาน NMEA-183.....27
2.3.6.3 โปรโตคอล (Protocal).....28
2.4 พ็อคเก็ตพีซี(Pocket PC).....32
2.4.1 องค์ประกอบของพ็อคเก็ตพีซี.....35
2.4.1.1 ซีพียูหรือโปรเซสเซอร์.....36
2.4.1.2 หน่วยความจำ.....37
2.4.1.3 แบตเตอรี่.....41
2.4.1.4 จอภาพ.....42
2.4.1.5 โปรแกรมมาตรฐานของพ็อคเก็ตพีซี.....42
2.4.2 ระบบภาษาไทยสำหรับพ็อคเก็ตพีซี.....43
2.4.2.1 ThaiWinCE.....43
2.4.2.2 Pocket PC Thai.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

**หน้า**

2.5 ระบบเมสเสจ(Message).....45
2.5.1 ระบบปฏิบัติการ Windows กับแนวคิด OOP.....45
2.5.2 ระบบข่าวสารใน Windows.....45
2.5.2.1 เมสเสจของการเคลื่อนที่เมาส์.....49
2.5.2.2 เมสเสจของการคลิกปุ่มเมาส์.....49
2.5.2.3 เมสเสจของการกดปุ่มคีย์บอร์ด.....49

**บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย**.....51
3.1 ระบบงาน.....51
3.1.1 ส่วนข้อมูลเข้า.....51
3.1.2 ส่วนประมวลผล.....51
3.1.3 ส่วนแสดงผล.....51
3.2 ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....51
3.2.1 ภาพรวมของขั้นตอนในการดำเนินงาน.....51
3.2.2 ขั้นตอนในการดำเนินงานในส่วนของโปรแกรม.....52
3.3 ขั้นเตรียมข้อมูล.....53
3.4 ขั้นเตรียมงานบนพีซี.....54
3.4.1 ขั้นเขียนโปรแกรมแสดงแผนที่บนเครื่องพีซี.....55
3.4.2 เขียนโปรแกรมการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด.....55
3.4.3 ขั้นเขียนโปรแกรมหาจุดยอดที่ใกล้ที่สุด เทียบกับจุดที่ผู้ใช้อยู่.....56
3.4.4 ขั้นทดสอบโปรแกรมทั้งหมด.....56
3.5 ขั้นสร้างโปรแกรมบนพ็อกเก็ตพีซี.....57
3.5.1 ขั้นเขียนโปรแกรมแสดงแผนที่บนพ็อกเก็ตพีซี.....57
3.5.2 ขั้นเปลี่ยนภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด
และจุดยอดที่ใกล้ที่สุดมาให้ใช้ได้ในพ็อกเก็ตพีซี.....58
3.5.3 ขั้นเขียนโปรแกรมเพื่อรับสัญญาณจีพีเอสและระบุตำแหน่งบนแผนที่.....58
3.6 ขั้นทดสอบและตรวจหาความผิดพลาด.....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

**บทที่ 4 การทดสอบ และการประเมินผลงานวิจัย**.....60
4.1 คุณสมบัติของเครื่องพีซี และพ็อกเก็ตพีซีที่ใช้ในการทดสอบ.....60
4.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ.....60
4.2.1 ขั้นตอนการทดสอบการแสดงผลของแผนที่ การเลื่อนแผนที่ และการซูมบนเครื่องพีซี.....61
4.2.2 ขั้นตอนการทดสอบการหาจุดยอดที่ใกล้ที่สุดบนเครื่องพีซี.....63
4.2.3 ทดสอบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพีซี.....66
4.2.4 ขั้นตอนการทดสอบการแสดงผลของแผนที่ การเลื่อนแผนที่ และการซูมบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี.....70
4.2.5 ขั้นตอนการทดสอบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดพร้อมบันทึกผลบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี.....72
4.2.6 ขั้นตอนการทดสอบการแสดงตำแหน่งจากดาวเทียมบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี.....75
4.2.7 ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลการทดสอบบนเครื่องพีซีกับบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี.....76

**บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ**.....79
5.1 สรุปผลงานวิจัย.....79
5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม.....79
5.3 ข้อเสนอแนะ.....80

**บรรณานุกรม**.....81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

**รูปที่** **หน้า**

2.1 ซิมเปิลกราฟ(Simple graph)....3
2.2 มัลติกราฟ....4
2.3 กราฟสำหรับเมตริกซ์ประชิด....5
2.4 กราฟสำหรับเมตริกซ์ตกกระทบ....6
2.5 กราฟสำหรับลำดับเส้น....7
2.6 กราฟเชื่อมโยง....7
2.7 กราฟที่มีน้ำหนัก....8
2.8 Euler path....8
2.9 วัฏจักรฮามิลโทเนียน....9
2.10 การเคลื่อนที่จากจุด p ไปยังจุด p....11
2.11 การเคลื่อนที่จากรูป ก ไปยังรูป ข....12
2.12 ตัวอย่าง Uniform Scaling....12
2.13 ตัวอย่าง Different Scaling....13
2.14 การเปลี่ยนขนาดที่จากรูป ก ไปเป็น ข....13
2.15 แสดงภาพรวมของระบบจีพีเอส....14
2.16 แสดงกลุ่มดาวเทียมจีพีเอส โดยมีระนาบวงโคจร 6 ระนาบ....15
2.17 แสดงภาพฉายของระนาบวงโคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง....15
2.18 แสดงการทำงานในส่วนควบคุม....16
2.19 แสดงสถานที่ตั้งของสถานีควบคุม....17
2.20 แสดงการประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้....18
2.21 แสดงสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียม....21
2.22 แสดงภาพเสปกตรัมความถี่ของสัญญาณจากดาวเทียม....22
2.23 แสดงรายละเอียดข่าวสารการนำร่อง....23
2.24 แสดงภาพบล๊อคไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส....24
2.25 แสดงภาพการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนำร่อง....25
2.26 แสดงภาพการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียมอันเป็นตำแหน่งของเครื่องรับ....26
2.27 พ็อคเก็ตพีซี....36
2.28 Memory แบบ CompactFash....38
2.29 Memory แบบ Ultra CompactFlash....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป(ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

2.30 Memory แบบ MultiMediaCard....40
2.31 Memory แบบ Secure Digital....40
2.32 Memory แบบ miniSD cards....41
2.33 ระบบเมสเสจใน windows....46
2.34 ตัวอย่างการส่งเมสเสจของ windows 1 ในการกดปุ่ม....47
2.35 การจัดการของฟังก์ชัน WinMain และ WindowProc....47
2.36 ตัวอย่างการส่งเมสเสจในลักษณะต่างๆ....48
3.1 แสดงขั้นตอนอย่างสรุป....53
3.2 แสดงขั้นเตรียมข้อมูล....54
3.3 แสดงขั้นเตรียมงานบนพีซี....55
3.4 แสดงขั้นสร้างโปรแกรมบนพ็อกเก็ตพีซี....57
3.5 แสดงขั้นตอนการติดต่อเพื่อรับข้อมูล....59
4.1 แสดงผลของแผนที่....61
4.2 แสดงผลการเลื่อนแผนที่โดยเทียบจากรูปที่ 4.1 (เลื่อนขึ้นและไปทางซ้าย)....62
4.3 แสดงผลการซูมแผนที่โดยเทียบจากรูปที่ 4.1 (ลดขนาดลง)....63
4.4 ตัวอย่างการหาตำแหน่งเริ่มต้นที่ใกล้ที่สุดบนพีซี....64
4.5 ตัวอย่างการหาตำแหน่งเริ่มต้นที่ใกล้ที่สุดที่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น....65
4.6 แสดงบริเวณของจุดที่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น....66
4.7 การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพีซี(ตัวอย่างที่ 1)....67
4.8 การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพีซี(ตัวอย่างที่ 2)....68
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับจำนวนจุดยอด....70
4.10 แสดงผลของแผนที่....70
4.11 แสดงผลการเลื่อนแผนที่โดยเทียบจากรูปที่ 4.10....71
4.12 แสดงผลการซูมแผนที่โดยเทียบจากรูปที่ 4.10....71
4.13 ตัวอย่างเส้นทางสั้นสุด....72
4.14 ตัวอย่างเส้นทางสั้นสุด....73
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับจำนวนจุดยอด....74
4.16 ตำแหน่งที่ได้จากจีพีเอส....75
4.17 ตำแหน่งที่ได้จากจีพีเอส....76
4.18 กราฟเปรียบเทียบเวลาที่คำนวณบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี และเครื่องพีซี....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

2.1 แสดงความเร็วของซีพียู.....36
4.1 ผลการทดสอบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพีซี.....69
4.2 ผลการทดสอบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี.....73
4.3 เปรียบเทียบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี และเครื่องพีซี.....76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากผู้เดินทางจำนวนมากในปัจจุบันไม่มีความชำนาญในเส้นทางการเดินรถ ทำให้ต้องศึกษาแผนที่ในการเดินทางซึ่งมีความไม่สะดวก ดังนั้นเพื่อที่จะให้เกิดความสะดวกและสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น จึงได้มีการนำแผนที่มาปรับเพื่อให้ใช้ได้บนพ็อคเก็ตพีซีโดยแสดงเส้นทางที่ต้องการเดินทางไป ซึ่งจะเป็นวิถีที่สั้นที่สุด เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วต่อการเดินทางและเข้าใจได้ง่าย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อให้ผู้เดินทางสามารถไปถึงจุดหมายปลายทางที่ต้องการได้โดยใช้เส้นทางที่สั้นที่สุด
2) เพื่อต้องการให้เกิดความสะดวกในการเดินทางและใช้งานได้ง่ายกว่าแผนที่ปกติ
3) เพื่อนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับการหาวิถีสั้นที่สุด
4) เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมบนพ็อคเก็ตพีซี
5) เพื่อให้ได้ระบบนำทางที่ใช้ได้บนพ็อคเก็ตพีซี

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ค้นหาเส้นทางสั้นที่สุดบนแผนที่ของจังหวัดกรุงเทพมหานคร
2) รองรับเส้นทางที่เป็น two – way เท่านั้น และไม่พิจารณาจุดกลับรถใต้สะพาน
3) ค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยไม่คำนึงถึงเวลาในการเดินทาง
4) สามารถบอกตำแหน่งของผู้ใช้ได้ว่า ผู้ใช้อยู่ ณ ตำแหน่งไหนบนแผนที่

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ระบบนำทางบนพ็อคเก็ตพีซีทำให้ไปถึงจุดหมายปลายทางได้ในระยะทางที่สั้นที่สุด
2) มีความสะดวกสบายในการใช้งานมากกว่าการใช้แผนที่ปกติ
3) สามารถนำความรู้จากบทเรียนมาประยุกต์ใช้งานในชีวิตจริงได้

## 1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1) ศึกษาความรู้ทางทฤษฎีกราฟเบื้องต้น
2) ศึกษาเนื้อหาและขั้นตอนวิธีเกี่ยวกับเส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุด ( shortest path )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เขียนโปรแกรมการเดินทางสั้นที่สุดด้วยภาษาที่เคยได้เรียนรู้มาบน PC ( ภาษา C , Visual Basic )
4) ศึกษาแผนที่เส้นทางการเดินรถและเก็บข้อมูล
5) ศึกษาโปรแกรมที่จะใช้เขียนลงบนพ็อคเก็ตพีซี
6) แปลงรูปแบบภาษาจากที่เขียนบน PC ไปสู่ภาษาที่ใช้บนพ็อคเก็ตพีซี ( ภาษา EVC++ 4.0 )
7) ทดสอบและปรับปรุงโปรแกรมเพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
8) จัดทำเอกสารประกอบและนำเสนอผลงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ปัญหาการหาเส้นทางสั้นที่สุด

### 2.1.1 ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น

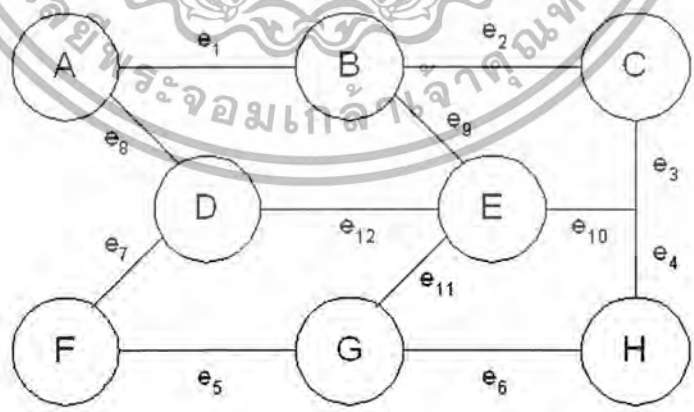
ทฤษฎีกราฟเป็นสาขาหนึ่งในวิชาคณิตศาสตร์ ที่สามารถนำไปประยุกต์ในสาขาอื่นๆ ได้มากมาย และในปัญหาพิเศษหัวข้อนี้ ได้นำทฤษฎีกราฟมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางสั้นที่สุดในการเดินทาง โดยมีทฤษฎีและนิยามที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษนี้ ดังนี้

**นิยามที่ 2.1** ซิมเปิลกราฟ(Simple graph or Indirected graph) ประกอบด้วยเซตสองเซต

1) เซต V เป็นเซตจำกัดที่มีสมาชิก เรียกว่า จุดยอด (Vertices/Point/Nodes)

2) เซต E เป็นเซตที่มีสมาชิก เรียกว่าเส้น (Edeges/Arcs) โดยที่เส้น e แต่ละเส้นใน E ตรงกับคู่ที่ไม่เป็นอันดับของจุดยอดใน V

ถ้าเส้น e เส้นหนึ่งที่ตรงกับคู่ของจุดยอด u และ v เพียงจุดเดียว เขียน $e = \{u,v\} = \{v,u\}$ เขียนแทนกราฟ G ด้วย $G = (V,E)$ เมื่อต้องการเน้นทั้ง 2 ส่วนของ G และถ้าไม่บอกเป็นอย่างอื่น สมมติว่าเซต E และ V เป็นเซตที่มีสมาชิกจำกัด เพื่อความสะดวก ในกรณีที่เซต E และ V เป็นเซตที่มีสมาชิกไม่มากนัก ใช้แผนภาพบนระนาบแทนกราฟได้ ดังนี้



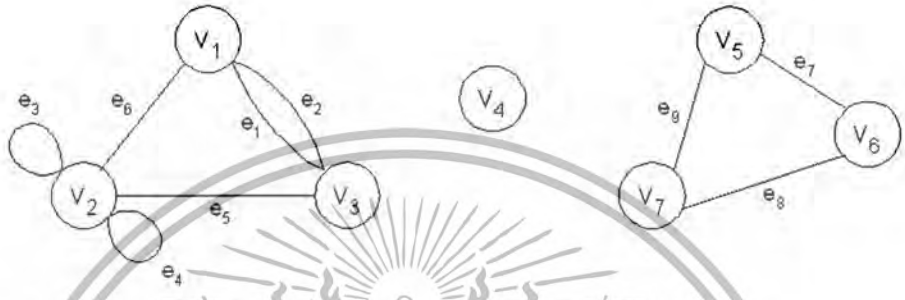

**รูปที่ 2.1** ซิมเปิลกราฟ(Simple graph)

**หมายเหตุ** สำหรับกราฟ G ถ้า $e = \{v,u\}$ เป็นเส้นของ G จะเรียกจุดยอด u และ v ว่าอยู่ประชิดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(adjacent) ใน G และ กล่าวว่า เส้น e อินซิเดนท์(incident) บนจุดยอด u และ v หรือเส้น e เชื่อมโยง(connect) จุดยอด u และ v

**นิยามที่ 2.2** กราฟ G จะเป็นมัลติกราฟ(multigraph) จะประกอบด้วย จุดยอด และเส้น โดยมีการเชื่อมโยงหลายเส้น(multiple edges) และการเขียนครบรอบของจุดๆ หนึ่ง




**รูปที่ 2.2** มัลติกราฟ

**ข้อสังเกต** - การเกิดเส้นที่ต่างกันจากคู่ของจุดยอดชุดเดียวกัน ตัวอย่างเช่น ในรูปที่ 2 เส้น $e_1$ และ $e_2$ ตรงกับคู่$(V_1,V_2)$ ของจุดยอด เส้นเช่นนี้เรียกว่าเส้นขนาน(parallel edge)

- การเกิดเส้นที่อยู่ในรูป(V,V) ซึ่งจะเรียกว่า ลูป(loop) ตัวอย่างเช่น ในรูปที่ 2.2 เส้น $e_3$ หมายถึง$(V_2,V_2)$ เป็นลูป

- ในรูปที่ 3 จะเห็นว่า ไม่มีเส้นที่ตกกระทบบนจุดยอด $V_4$ เรียกว่า จุดยอดเดี่ยว (isolation)

กราฟที่ไม่มีลูป หรือเส้นขนาน เรียกว่า ซิมเปิลกราฟ

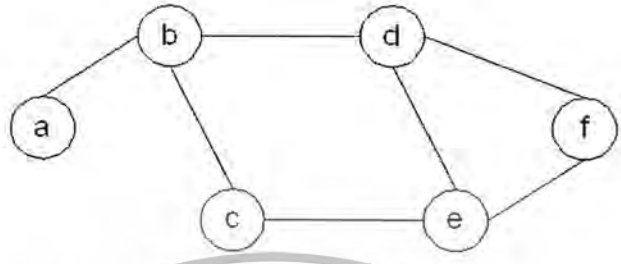
**นิยามที่ 2.3** เมตริกซ์ประชิด(Adjacency Matrix)

เท่าที่ผ่านมา ได้แทนกราฟรูปหนึ่งด้วยการเขียนภาพ แต่ในบางครั้ง เช่น เมื่อใช้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์กราฟ โดยต้องการการแทนที่ที่มีรูปแบบเหมาะสมกว่า วิธีหนึ่งในการแทนกราฟคือใช้เมตริกซ์ประชิด

ให้ $V(G) = \{V_1, V_2,\ldots, V_{V(G)}\}$ เป็นเซตของจุดในกราฟ G เมตริกซ์ประชิดของ G เขียนแทนด้วย A(G) จะเป็นเมตริกซ์ขนาด $V(G) \times V(G)$ และ $A(G) = [a_{ij}]$ โดยที่ $a_{ij}$ เป็นจำนวนของเส้นที่เชื่อมจุด $V_i$ และ $V_j$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบทนิยามนี้เห็นได้ชัดเจนว่า A(G) เป็นเมตริกซ์สมมาตร(symmetric matrix) ในกรณีที่ G เป็นซิมเปิลกราฟ สมาชิกในแนวเส้นทแยงมุมหลักของ A(G) จะเท่ากับ 0 ยิ่งไปกว่านั้น ผลรวมของสมาชิกในแต่ละแถวมีค่าเท่ากับดีกรีของจุดในกราฟ G




รูปที่ 2.3 กราฟสำหรับเมตริกซ์ประชิด

ในการหาเมตริกซ์ประชิดของกราฟในรูปที่ 2.3 จะเลือกจุดยอดในอันดับใดๆ ก็ได้ เช่น a ,b ,c ,d ,e ,f แล้วเขียนแถวและคอลัมน์ของเมตริกซ์ชุดหนึ่ง ด้วยจุดยอดที่มีการเรียงอันดับแล้ว

สมาชิกในเมตริกซ์จะมีค่าเป็น 1 ถ้ามีเส้นเชื่อมโยงจุดยอดของแถวและคอลัมน์ในกราฟ และมีค่าเป็น 0 ถ้าไม่มีเส้นเชื่อมโยงจุดยอดของแถวและคอลัมน์ในกราฟ

ดังนั้นในกรณีนี้ เมตริกซ์ประชิดสำหรับกราฟในรูปที่ 3 จะแสดงได้ดังนี้

$$\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} a & b & c & d & e & f \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

**นิยามที่ 2.4** เมตริกซ์ตกกระทบ(Incidence matrix)

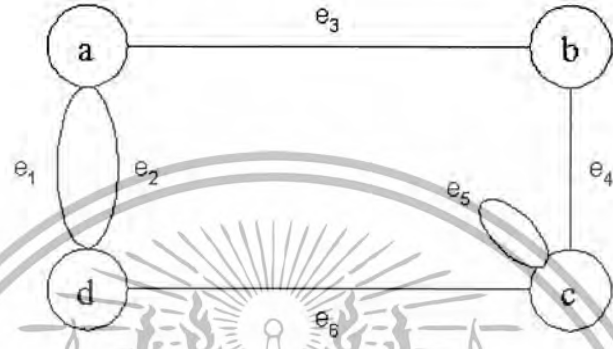
ให้ $V(G) = \{V_1, V_2, \ldots, V_{V(G)}\}$ และ $E(G) = \{e_1, e_2, \ldots, e_{E(G)}\}$ เป็นเซตของจุดของเซตของเส้นกราฟ G เมตริกซ์ตกกระทบของกราฟ G เขียนแทนด้วย I(G) จะเป็นเมตริกซ์ขนาด $V(G) \times E(G)$ และ $I(G) = [X_{ij}]$ โดยที่ $X_{ij}$ เป็นจำนวนครั้งที่จุด V ตกกระทบกับเส้น $e_j$ ซึ่ง $X_{ij}$ จะมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 เท่านั้น

จากบทนิยามข้างต้นจะเห็นได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d(V_j) = \sum_{j=1}^{E(G)} X_{ij}$$

และผลรวมของสมาชิกในแต่ละคอลัมน์ของ I(G) มีค่าเท่ากับ 2 ในกรณีที่ G เป็นซิมเปิล กราฟ $X_{ij}$ จะมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 เท่านั้น




**รูปที่ 2.4** กราฟสำหรับเมตริกซ์ตกกระทบ

จากรูปที่ 2.4 สามารถกำหนดเมตริกซ์ตกกระทบได้ดังนี้

$$I(G) = \begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \\ d \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} e_1 & e_2 & e_3 & e_4 & e_5 & e_6 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

**นิยามที่ 2.5** ให้ G เป็นกราฟ ให้ V และ W เป็นจุดยอดใน G

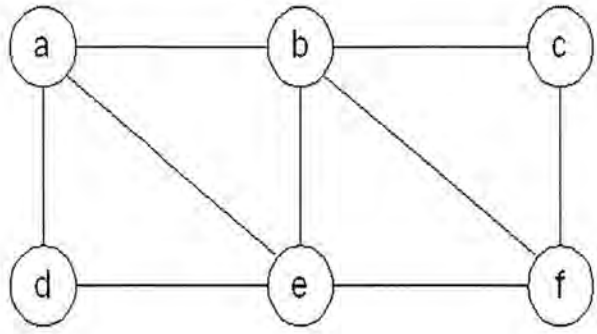
1) วิถี(path) จาก V ไป W ยาว n คือลำดับเส้นจาก V ไป W ยาว n โดยที่เส้นทางทั้งหมดต่างกัน

2) วิถีอย่างง่าย(simple path) จาก V ไป W ยาว n คือ วิถีในรูป $(V_0,V_1,V_2,....,V_n)$ และจุดยอด $V_0,V_1,V_2,....,V_{n-1}$ แตกต่างกัน

3) วัฏจักร(circuit or cycle) คือ วิถีจาก V ไป V

4) วัฏจักรอย่างง่าย(simple circuit) คือ วัฏจักร ในรูป $(V_0,V_1,V_2,....,V_n)$ เมื่อ $V_0 = V_n$ และจุดยอด $V_0,V_1,V_2,....,V_{n-1}$ แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.5** กราฟสำหรับลำดับเส้น

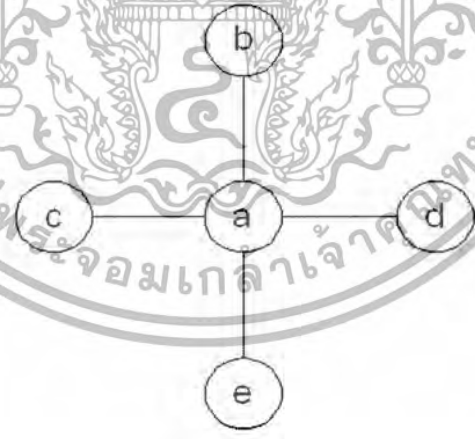
จากรูปที่ 5 ลำดับ {a,e,d,a,b,c,f} เป็น วิถี

ลำดับ {a,b,c,f} เป็น วิถีอย่างง่าย

ลำดับ {f,e,a,b,e,f} เป็น วัฏจักร

ลำดับ {a,b,c,f,e,a} เป็น วัฏจักรอย่างง่าย

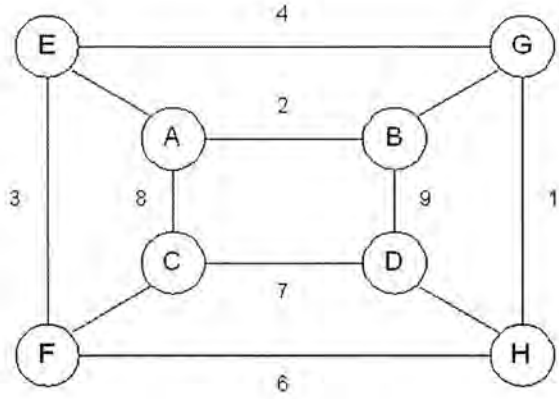
**นิยามที่ 2.6** กล่าวว่ากราฟ G เป็นกราฟเชื่อมโยง(connected graph) ถึงกำหนดจุดยอด V และ W ใด ๆ ที่ต่างกัน จะมีวิถีจาก V ไป W เสมอ




**รูปที่ 2.6** กราฟเชื่อมโยง

**นิยามที่ 2.7** กล่าวว่า กราฟ G เป็นกราฟที่มีน้ำหนัก(weighted graph /labeled graph) เมื่อเส้นแต่ละเส้น e ใน G ถูกกำหนดด้วยจำนวนจริงที่ไม่เป็นลบ เรียกจำนวนจริงดังกล่าวนี้ว่า น้ำหนักของเส้น e และเขียนแทนด้วย $W_G(e)$ หรือ W(e)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

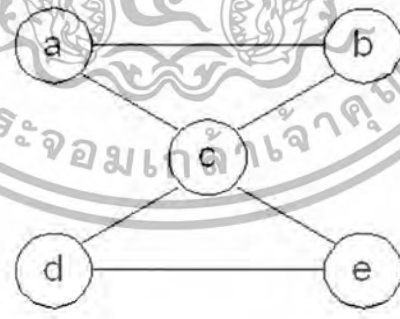



**รูปที่ 2.7** กราฟที่มีน้ำหนัก

เรียกกราฟในรูปที่ 8 ว่าเป็นกราฟที่มีน้ำหนักโดยทั่วไปค่าที่กำหนดให้กับเส้นในกราฟอาจแทนค่าใช้จ่าย ระยะทาง หรือเวลา

**นิยามที่ 2.8** วงจรออยเลอร์ (Euler circuit) ในกราฟ G คือ วัฏจักรอย่างง่ายใน G ซึ่งแต่ละเส้นของ G ปรากฏอยู่เพียงครั้งเดียวเท่านั้น

**นิยามที่ 2.9** วิถีออยเลอร์ (Euler path) ในกราฟ G คือ วิถีที่ประกอบด้วยทุกๆ เส้นของ G ที่ไม่มีการใช้เส้นใดซ้ำ




**รูปที่ 2.8** วิถีออยเลอร์

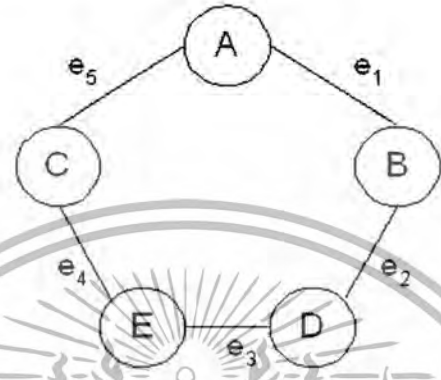
จากรูปที่ 2.8 ลำดับ {a,b,c,d,e,c,a} เป็นลำดับที่ไม่มีเส้นซ้ำ จึงเป็นวิถีออยเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**นิยามที่ 2.10** วัฏจักรฮามิลโทเนียน (Hamiltonial circuit)

วัฏจักรฮามิลโทเนียนในกราฟ G คือ วิถีที่เริ่มต้นและจบที่จุดยอดเดียวกัน แต่ต้องผ่านจุดยอดแต่ละจุดใน G เพียงครั้งเดียวและครบทุกจุด โดย path $X_0,X_1,X_2,....,X_{n-1},X_n$

ในกราฟ $G=(V,E)$ ถ้า $V=\{X_0,X_1,X_2,....,X_{n-1},X_n\}$ และ $X_i \neq X_j$ เมื่อ $0 \leq i<j \leq n$




**รูปที่ 2.9** วัฏจักรฮามิลโทเนียน

**2.1.2 ปัญหาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest - Route Problem)**

- ปัญหาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เป็นปัญหาเกี่ยวกับการหาวิถี(path) ที่สั้นที่สุดในเครือข่ายจากจุดยอด(node) หนึ่งไปยังอีกจุดยอดหนึ่ง
- ถ้าทุกเส้นเชื่อมในเครือข่ายมีระยะทางไม่เป็นลบ แล้วจะสามารถใช้ Labeling Algorithm ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดยอดหนึ่งไปยังทุกจุดยอดในเครือข่ายได้
- คำว่า "เส้นทาง" ในชื่อของปัญหาไม่ได้หมายถึงระยะทางเท่านั้น บางครั้งอาจจะหมายถึง เวลา ต้นทุน หรืออื่นๆ ด้วย

**2.1.3 ขั้นตอนวิธีในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest – Route Algorithm)**

Note : ใช้สัญลักษณ์ [ ] แทน permanent label และ ( ) แทน tentetive label

- **ขั้นที่ 1** : ให้ permanent label ของจุดยอด 1 เป็น [ 0 , S ] โดยเลขตัวแรกเป็นระยะทางจากจุดยอด 1 ส่วนเลขตัวที่สองเป็นจุดยอดที่อยู่ก่อนหน้า(preceding node) เนื่องจากจุดยอด 1 ไม่มีจุดยอดที่อยู่ก่อนหน้า ดังนั้น จะใช้ S แทนจุดยอดเริ่มต้น

- **ขั้นที่ 2** : คำนวณ tentetive labels คือ ( d , n ) สำหรับจุดยอดที่เชื่อมกับ จุดยอด 1 โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d = ระยะทางจาก จุดยอด 1 ไปยังจุดยอดที่กำลังพิจารณา เรียก d ว่า ค่าระยะทาง(distance value)

สำหรับ n จะหมายถึงจุดยอดก่อนหน้าโดยตรง บนเส้นทางจากจุดยอด 1 มายังจุดยอดนี้ เรียก n ว่า ค่าจุดยอดก่อนหน้า(preceding node value)

- **ขั้นที่ 3** : เลือกจุดยอดที่ tentative label มีค่า distance value น้อยที่สุด เช่น สมมติให้เป็นจุดยอด k จะกำหนดให้จุดยอด k เป็นจุดยอดใหม่ที่มี permanent label หากทุกจุดยอดมี permanent label ทั้งหมดแล้ว ให้ไปทำขั้นที่ 5

- **ขั้นที่ 4** : สำหรับแต่ละจุดยอดที่ยังไม่มี permanent label และเชื่อมกับจุดยอด k ที่เลือกในขั้นที่ 3 ให้คำนวณหาค่า t ดังนี้

  t = ( ระยะทางจากจุดยอด k ไปยังจุดยอด i ) + ( ค่า distance value ที่จุดยอด k )

  ถ้า non – permanently labeled node มี tentative label ให้เปรียบเทียบ t กับค่า distance value ปัจจุบันที่กำลังพิจารณา

  - ถ้า t < ค่า distance value ของ tentatively labeled node ให้แทนที่ tentative label ด้วย ( t , k )
  - ถ้า t ≥ ค่า distance value ของ tentatively labeled node ยังคงใช้ tentative label ตัวเดิม

  ถ้า non – permanently labeled node ไม่มี tentative label ให้สร้าง tentative label ของ (t,k) สำหรับจุดยอดที่กำลังพิจารณา กลับไปที่ขั้นที่ 3

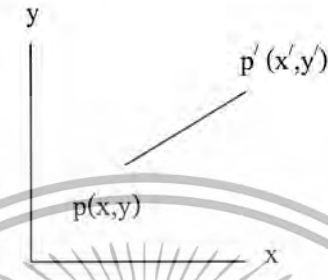
- **ขั้นที่ 5** : permanent labels แสดงระยะทางที่สั้นที่สุดจากจุดยอด 1 ไปยังแต่ละจุดยอดเช่นเดียวกับจุดยอดที่อยู่ก่อนหน้าบนเส้นทางที่สั้นที่สุด ซึ่งเส้นทางที่สั้นที่สุดสามารถหาได้จากการทำย้อนกลับโดยเริ่มต้นที่จุดยอดที่กำหนดให้ และเคลื่อนกลับไปยังจุดยอดที่อยู่ก่อนหน้าทำเช่นนี้ไปจนกระทั่งถึงจุดยอด 1 ซึ่งเป็นจุดยอดตั้งต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 หลักการการเลื่อนและเปลี่ยนแปลงขนาดของภาพ

### 2.2.1 การเลื่อนตำแหน่ง (transformation)

การเลื่อนตำแหน่ง คือ การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุจากตำแหน่งของจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่ง โดยยมีเส้นทางการเคลื่อนย้ายเป็นเส้นตรง




**รูปที่ 2.10** การเคลื่อนที่จากจุด p ไปยังจุด p′

โดย

$x' = x + t_x$

$y' = y + t_y$

และ $t_x$, $t_y$ คือ ระยะทางของการเปลี่ยนตำแหน่ง(transformation distant)

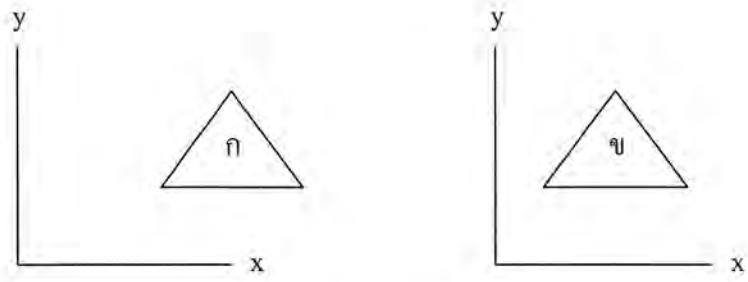
หรือแปลงให้อยู่ในรูปเมตริกซ์ได้

$$P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}, \quad P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix}, \quad T = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix}$$

นั่นคือ $P' = P + T$

ด้วยวิธีนี้การเปลี่ยนตำแหน่งก็จะให้รูปแบบเดิมที่สมบูรณ์ และทุกจุดที่ถูกเคลื่อนย้ายต้องทำการวาดเส้นตรงระหว่างจุดขึ้นมาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.11** การเคลื่อนที่จากรูป ก ไปยังรูป ข

**2.2.2 การเปลี่ยนขนาดภาพ (Scaling)**

การเปลี่ยนขนาดภาพ คือ การเปลี่ยนขนาดของวัตถุ โดยการนำจุด (x ,y) ของแต่ละมุมมาคูณกับ scaling factors $S_x$ และ $S_y$ จะได้จุดใหม่ $(x', y')$ ในรูปของสมการคือ

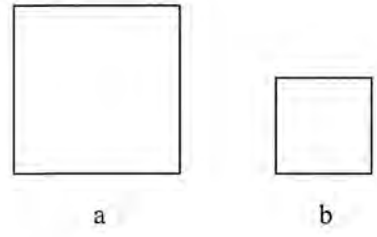
$$x' = x * S_x \text{ , } y' = y * S_y$$

ซึ่งเขียนในรูปเมตริกซ์ได้

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

ค่าของ scaling factors $S_x$ และ $S_y$

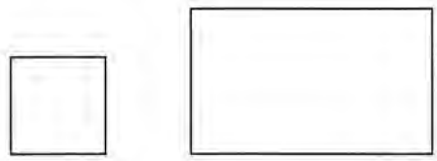
- ถ้ามีค่าน้อยกว่า 1 จะเป็นการลดขนาดของวัตถุ
- ถ้ามีค่ามากกว่า 1 จะเป็นการเพิ่มขนาดของวัตถุ
- ถ้ามีค่าเท่ากับ 1 ขนาดของวัตถุจะเท่าเดิม
- ถ้า $S_x$ และ $S_y$ เป็นค่าเดียวกันจะเรียกว่า "Uniform Scaling"




**รูปที่ 2.12** ตัวอย่าง Uniform Scaling

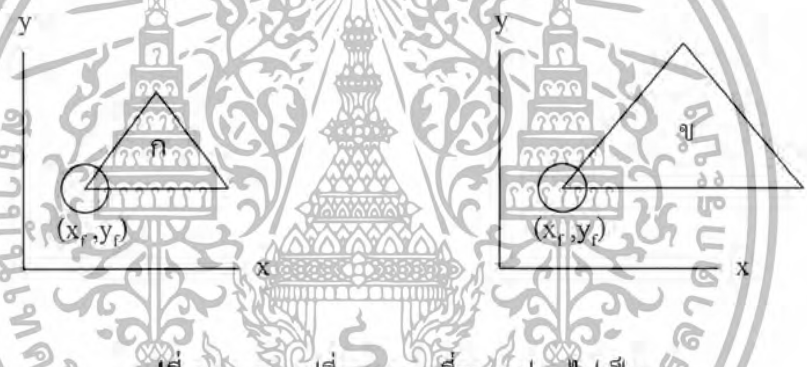
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถ้า $S_x$ และ $S_y$ เป็นมีค่าต่างกันจะเรียกว่า "Different Scaling"




**รูปที่ 2.13** ตัวอย่าง Different Scaling

การควบคุมตำแหน่งของวัตถุที่ถูกเปลี่ยนขนาด ทำได้โดยกำหนดจุดกำหนด(fixed point) $(x_f, y_f)$ เพื่อให้ระยะห่างของวัตถุ จะห่างจากจุดกำหนดเป็นอัตราส่วนคงที่




**รูปที่ 2.14** การเปลี่ยนขนาดที่จากรูป ก ไปเป็น ข

โดยใช้สมการ

$$x' = x_f + (x - x_f)S_x$$

$$y' = y_f + (y - y_f)S_y$$

จัดรูปได้เป็น

$$x' = x(S_x) + x_f(1 - S_x)$$

$$y' = y(S_y) + y_f(1 - S_y)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 จีพีเอส (GPS - The Global Positioning System)

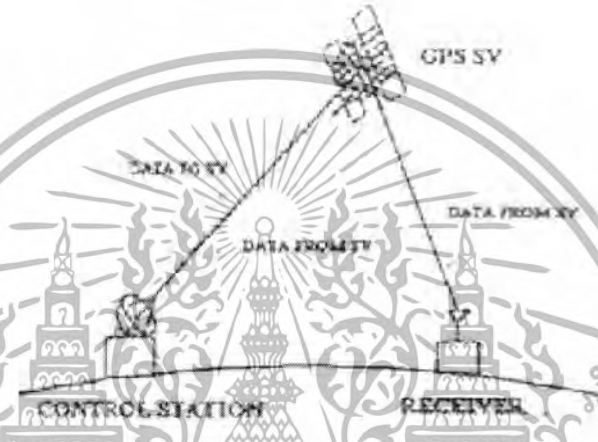
### 2.3.1 ภาพรวมของระบบ (System Overview)

ระบบของจีพีเอส ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

(1) ส่วนของกลุ่มดาวเทียม(Space Segment)

(2) ส่วนสถานีควบคุม(Operation Control Segment)

(3) ส่วนของผู้ใช้(User Receiving Segment)




รูปที่ 2.15 แสดงภาพรวมของระบบจีพีเอส

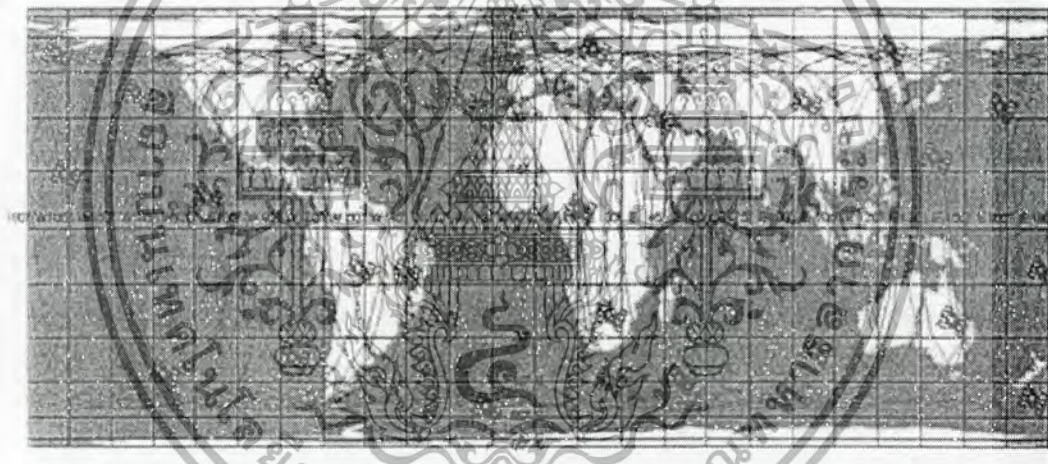
#### 2.3.1.1 ส่วนของกลุ่มดาวเทียม (Space Segment)

ส่วนของกลุ่มดาวเทียมจีพีเอส ประกอบด้วยกลุ่มดาวเทียมนาฬิสตาร์ 24 ดวง ในวงโคจรเซมิซิงโครนัส(Semi – Synchronous Orbit) ประมาณ 12 ชั่วโมง ดาวเทียมจะถูกจัดใน 6 ระนาบวงโคจร ซึ่งจะมีดาวเทียม 4 ดวง ในแต่ละระนาบวงโคจรจะมีมุมเอียง(Inclination Angles) 55 องศา สัมพันธ์กับเส้นศูนย์สูตร(Equator) ของโลกและดาวเทียม โดยจะมีความสูงเฉลี่ยของการโคจร 20000 กิโลเมตร (10911 Nautical Miles) เหนือผิวโลก

ดาวเทียมจะโคจร 1 รอบ ใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที โดยจะวนตามเส้นทางเหนือผิวโลกซ้ำกันทุก ๆ 23 ชั่วโมง 56 นาที ผู้ใช้อยู่ ณ ตำแหน่งคงที่บนพื้นดิน จะเห็นดาวเทียมดวงเดิมในแต่ละวันผ่านเส้นทางเดิมในท้องฟ้า แต่ดาวเทียมจะขึ้นและตกเร็วขึ้น 4 นาที ในแต่ละวันเนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง ดาวเทียมจะถูกวางตำแหน่งในระบบวงโคจรที่จะทำให้ดาวเทียม 4 ดวงในระนาบนั้น สามารถบอกตำแหน่ง ณ จุดสังเกตได้ในทุก ๆ ที่บนโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.16** แสดงกลุ่มดาวเทียมจีพีเอส โดยมีระนาบวงโคจร 6 ระนาบ



**รูปที่ 2.17** แสดงภาพฉายของระนาบวงโคจรดาวเทียม ณ เวลาหนึ่ง

ดาวเทียมจะส่งสัญญาณเพื่อวัดระยะทางออกมาบนความถี่ D – Band 2 ย่าน คือ Link 1 (L1) ที่ 1575.42 MHz และ Link 2(L2) ที่ 1227.6 MHz สัญญาณดาวเทียมจะถูกส่งไปโดยใช้เทคนิคเสปรดสเปกตรัม(Spread Spectrum) โดยใช้รหัสที่แตกต่างกันอยู่ 2 รหัส คือ รหัส C/A (coarse/acquisition code) ที่มีความถี่ 1.023 MHz บน L1 และรหัส P(Precision code) ความถี่ 10.23 MHz บนทั้ง L1 และ L2

รหัส C/A และรหัส P นี้ สามารถถูกใช้เพื่อบอกระยะทางระหว่างดาวเทียมกับผู้ใช้งานได้ แต่อย่างไรก็ตาม ปกติรหัส P จะถูกเข้ารหัสไว้ และสามารถที่จะใช้บอกระยะทางระหว่างทางการเท่านั้น รหัส P ที่ถูกเข้าสัญญาณอีกครั้งเรียกว่า รหัส Y ส่วนข่าวสารการนำร่อง(Navigation

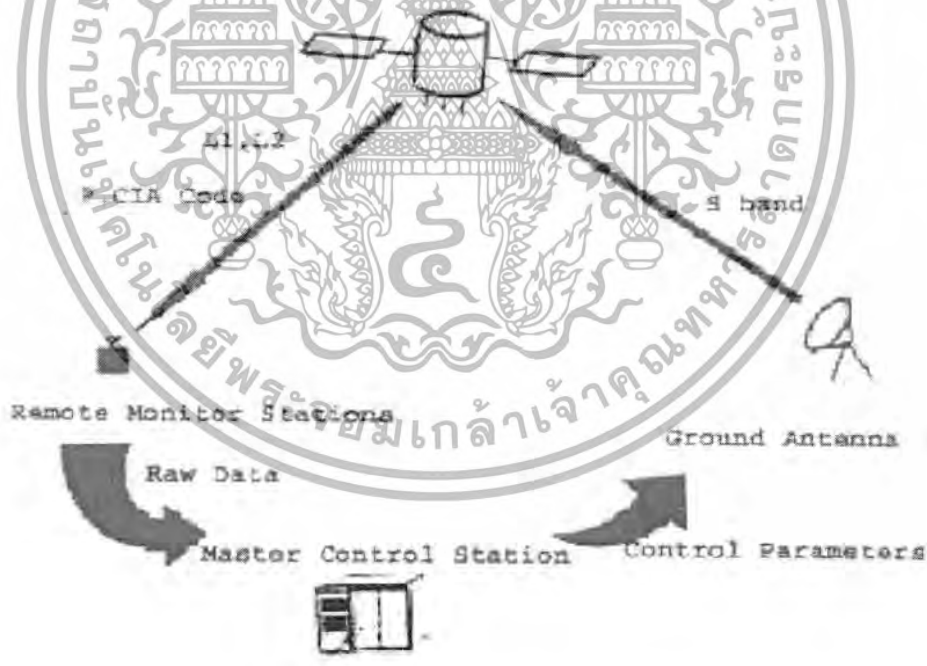
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Message) คือ ข้อมูลไบอัส สัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม(Satellite Clock–Data) ข้อมูลอิฟีเมอริส (Satellite Ephemeris Data) สำหรับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณข้อมูลที่ใช้แก้ไขข้อผิดพลาด ที่เกิดจากการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์(Ionosphere Signal – Propagation Correction Data) ข้อมูลอัสมาแนคของดาวเทียม(Satellite Almance Data)สำหรับดาวเทียมทุกดวงในกลุ่ม

**2.3.1.2 ส่วนของสถานีควบคุม (Operation Control Segment)**

ส่วนของสถานีควบคุมจะมีส่วนรับผิดชอบการทำงานต่างๆ ของดาวเทียมจีพีเอส เช่น การรักษาตำแหน่งดาวเทียม(Station Keeping) ตรวจสอบสภาพและระบบต่างๆ บนดาวเทียม ตรวจสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์(Solar cell) ระดับพลังงานของแบตเตอรี่ การเปิดดาวเทียมสำรอง ปรับปรุงข้อมูลเวลา ข้อมูลอิฟีเมอริส(Ephemeris Data) ข้อมูลอัลมาแนค(Almanac) และตัวชี้ค่าอื่นๆ ในข่าวสารการนำร่องวันละครั้งหรือตามแต่ความจำเป็น

ส่วนควบคุมประกอบด้วย 3 ส่วน คือ สถานีสังเกตการณ์(Monitor Station) สถานีควบคุมหลัก(Master Control Station) และจานสายอากาศภาคพื้นดิน(Ground Antenna)




**รูปที่ 2.18** แสดงการทำงานในส่วนควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง


1) **สถานีสังเกตการณ์ (Monitor Station)**

สถานีสังเกตการณ์จะมีเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ทั้ง 2 ความถี่(L1 และ L2) โดยจะทำการวัดค่าซูโดเรนจ์ และเดลตาเรนต์ ของแต่ละดาวเทียมที่ผ่านสถานีและมีนาฬิกา Cesium 2 ตัวที่ตั้งเวลาเพื่อใช้ในการอ้างอิงกับเวลาของระบบพีจีเอส

สัญญาณจากดาวเทียมที่ส่งมาถึงสถานีสังเกตการณ์นั้นมีการหักเหและล่าช้าในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ และ โทรโปสเฟียร์ เรียกการล่าช้านี้ว่า ไอโอโนสเฟียริกดีเลย์ (Ionosphere Delay) และโทรโปสเฟียริกดีเลย์(Tropospheric Delay) การล่าช้านี้จะทำให้เกิดการผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งการแก้ไขนั้น สถานีสังเกตการณ์จะรวบรวมข้อมูลจากสัญญาณที่ได้รับทั้ง 2 ความถี่ อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพันธ์ และจะส่งไปยังสถานีควบคุมหลักโดยกรมอุตุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกา เพื่อทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดและหาข้อมูลที่ต้องใช้ต่อไป

2) **สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station)**

สถานีควบคุมหลักมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากสถานีสังเกตการณ์เพื่อตรวจสอบและกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาของดาวเทียม ข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูลอิฟีเมอริสให้ถูกต้อง โดยเริ่มจากการแก้ไขค่าซูโดเรนต์ที่เกิดจากการล่าช้าเนื่องจากการผ่านชั้นบรรยากาศของทุก ๆ สถานีสังเกตการณ์ จากนั้นจึงนำไปผ่านคาลมานฟิลเตอร์(Kalman Filter) เพื่อให้ได้ค่า และค่าการเหลื่อมของสัญญาณนาฬิกาที่ถูกต้อง โดยฟิลเตอร์จะถูกอัพเดททุก ๆ 15 นาที ด้วยค่าตำแหน่งของดาวเทียมที่ถูกคำนวณในระบบโคออดิเนตแบบ Earth - Center Earth - Fixed (ECEF) สถานีควบคุมหลักจะเป็นศูนย์กลางในการทำงานของส่วนควบคุม ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศ Falcon, Colorado Spring, CO. ส่วนสถานีสังเกตการณ์จะกระจายอยู่ตามที่ต่างๆ เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมในย่าน L – Band และจะส่งสัญญาณเตือนไปยังสถานีควบคุมหลักภายใน 60 วินาที หากตรวจพบความผิดพลาด

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

**รูปที่ 2.19** แสดงสถานที่ตั้งของสถานีควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

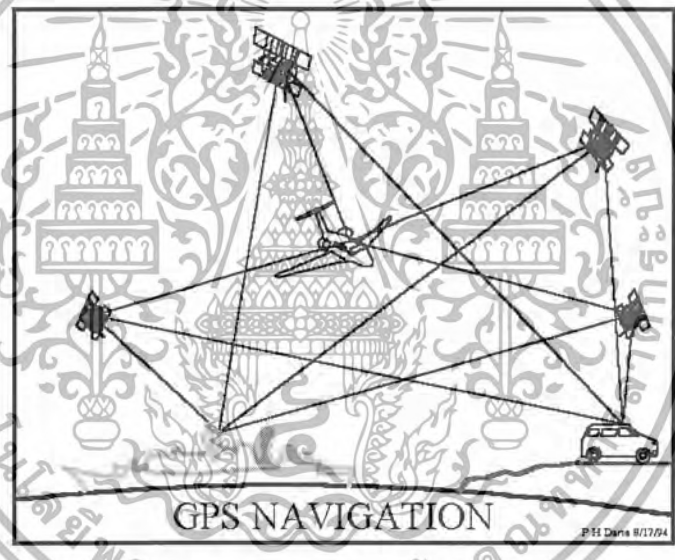
58791

3) **สายอากาศภาคพื้นดิน (Ground Uplink Antenna Facility)**

ส่วนของสถานีสายอากาศภาคพื้นดินที่จะทำการส่งคำสั่ง ข้อมูลการนำร่อง และข้อมูลอื่นๆ ที่เรียกว่า TT&C ซึ่งเตรียมพร้อมโดยสถานีควบคุมหลักสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังสถานีเสาอากาศภาคพื้นดิน และเก็บไว้จนกว่าดาวเทียมดวงที่ต้องการส่งข้อมูล จะผ่านมาโดยจะส่งผ่านคลื่นความถี่ S – Band โดยสถานีสายอากาศจะตั้งอยู่คู่กับสถานีสังเกตการณ์

**2.3.1.3 ส่วนของผู้ใช้ (User Receiving Segment)**

ในส่วนของผู้ใช้นั้น ส่วนประกอบที่สำคัญคือ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส โดยจะรับสัญญาณ L – Band ที่ถูกส่งมาจากดาวเทียมและนำมาคำนวณเพื่อหาค่าตำแหน่ง, ความเร็วและเวลาของเครื่องรับจากนั้นจะนำค่าไปประยุกต์ใช้งานตามแต่ละลักษณะการใช้งาน




**รูปที่ 2.20** แสดงการประยุกต์ใช้งานในส่วนของผู้ใช้

ส่วนประกอบหลักของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส จะประกอบไปด้วย สายอากาศ, เครื่องรับ (Receiver) ,โปรเซสเซอร์ และอุปกรณ์อินพุต – เอาท์พุต

1) **สายอากาศ (Antenna)**

สัญญาณดาวเทียมจะถูกรับเข้ามาผ่านสายอากาศ ดังนั้นควรเป็นสายอากาศที่มีพาราไรซ์ของคลื่นแบบวงกลมหมุนวนขวา และได้รับในช่วงครึ่งวงกลม เนื่องด้วยสัญญาณจากดาวเทียมเป็นแบบหมุนขวาเสาอากาศแบบโคนิคอลเฮลิกซ์(Conical Helix Antenna) จึงเหมาะสมกับเครื่องรับจีพีเอสที่แทรครหัส P(Y) ที่อยู่ทั้งใน L1 และ L2 สายอากาศและเครื่องรับต้องมีแบนด์วิดท์ 20.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MHz ถ้าเครื่องรับแทรคสัญญาณ C/A ที่อยู่ใน L1 สายอากาศและเครื่องรับต้องมีแบนด์วิดต์ 2.046 MHz

**2) เครื่องรับ ( Receiver )**

เครื่องรับสัญญาณจะรับสัญญาณอนาลอกจากสายอากาศ แล้วทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้ A/D คอนเวอร์เตอร์ โดยอัตราการสุ่มตัวอย่างทั่วไปจะเป็นแปดหรือสิบสิงเท่าของอัตราการชิพของรหัส PRN (1.023 MHz สำหรับรหัส C/A ใน L1 และ 10.23 MHz สำหรับ P(Y) ใน L1 และ L2) โดยอัตราการสุ่มตัวอย่างอย่างน้อยที่สุดจะเป็นสองเท่าของแบนด์วิดต์สูงที่สุดของข่าวสาร สำหรับเครื่องรับที่แทรคเฉพาะรหัส C/A แบนด์วิดต์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 2 MHz ในเครื่องรับที่ทำการแทรครหัส P(Y) แบนด์วิดต์สูงสุดของข่าวสารจะมากกว่า 20 MHz ข้อมูลหลังการ sampling จะถูกส่งต่อไปยังดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์ เพื่อทำการดีมอดูเลตข้อมูลข่าวสารออกจากคลื่นพาหะ ค่าที่วัดได้และข่าวสารการนำร่องจะถูกส่งไปยังโปรเซสเซอร์

**3) โปรเซสเซอร์ (Processor)**

โปรเซสเซอร์จะทำการควบคุมการทำงานของเครื่องรับ โดยเริ่มจากการค้นหาสัญญาณแทรคสัญญาณและดึงข้อมูลออกจากสัญญาณ จากนั้นจะทำการประมวลผงเพื่อหาค่าตำแหน่ง ความเร็วและเวลาของเครื่องรับ ( PVT ) ในเครื่องรับสัญญาณส่วนใหญ่จะได้ค่า PVT ด้วยความถี่ 1 HZ แต่ในเครื่องรับที่ใช้ในด้านการควบคุมการบินจะต้องการความถูกต้องและผลตอบสนองที่เร็วกว่า ด้วยความถี่อย่างน้อย 5 Hz

**4) อุปกรณ์อินพุต – เอาท์พุต (Input – Output Element)**

อุปกรณ์อินพุต – เอาท์พุต เป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟสระหว่างชุดเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสกับผู้ใช้อุปกรณ์อิน พุต – เอาท์พุต จะทำในส่วนของการควบคุมและการแสดงผล แสดงสถานะและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามลักษณะที่ถูกออกแบบมา โดยส่วนใหญ่อุปกรณ์อินพุต – เอาท์พุต จะถูกรวมไว้กับแผงควบคุม แต่ในเครื่องรับสัญญาณขนาดพกพาอุปกรณ์อินพุต – เอาท์พุต จะถูกรวมไว้กับเครื่องรับสัญญาณเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

### 2.3.2 การให้บริการของระบบจีพีเอส (GPS Services)

ในการให้บริการระบบจีพีเอสนี้แบ่งการให้บริการออกเป็นสองระดับ คือ การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์(Precise Positioning Service) และการบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน(Standard Positioning Service)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3.2.1 การบอกตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (Precise Positioning Service (PPS))**

การให้บริการแบบ PPS เป็นการบริการที่ให้ ตำแหน่ง ความเร็ว เวลาที่ถูกต้อง เฉพาะผู้ใช้งานที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น การบริการ PPS จะเน้นไปทางด้านการทหาร โดยจะต้องได้รับการอนุมัติจาก U.S. Department of Defense ผู้ที่ได้รับอนุญาต เช่น U.S. Military NATO Military และกองทัพอื่น ๆ หรือพลเรือน เช่น Australian Defense Forces , U.S. Defense Mapping Agency

การบริการแบบ PPS จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 16 เมตร และผิดพลาดทางเวลาไม่เกิน 100 ns. และเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถให้ความถูกต้องของความเร็วคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.2 m/s.

การประมวลผล (Access) ข้อมูล PPS จะใช้เทคนิคคริปโตกราฟฟิก 2 อย่าง คือ SA และ AS โดยเทคนิค SA จะทำการลดค่าความถูกต้องของข้อมูล PVT โดยจะใส่ค่าความผิดพลาดซูโดแรนดอม ให้กับสัญญาณดาวเทียม ส่วนเทคนิค AS จะเอนคริบสัญญาณรหัส P ให้เป็นสัญญาณในรหัส Y

Encryption Key และเทคนิคเฉพาะอื่น ๆ จะถูกจัดให้เฉพาะผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตทำให้ SA และ AS ไม่เป็นผล เครื่องรับจะได้ประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากระบบจีพีเอสจะได้ผลดีที่สุดถ้าใช้รหัส P(Y) บนทั้ง L1 และ L2 ในการคำนวณ

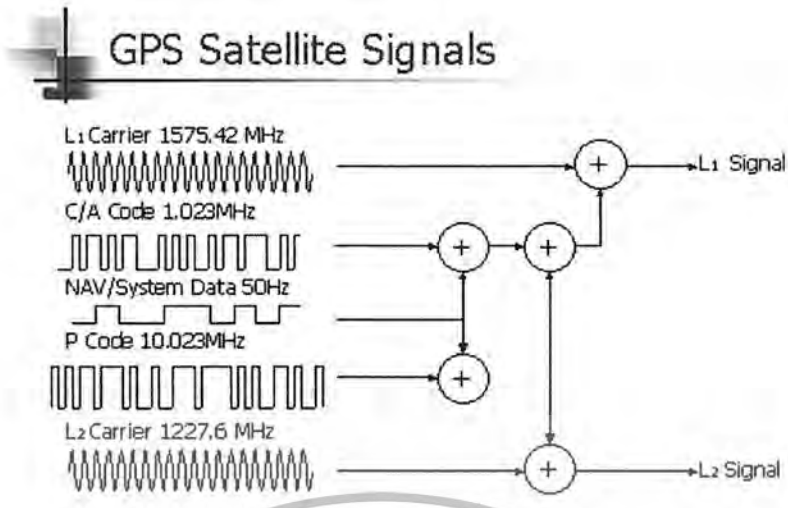
**2.3.2.2 การบอกตำแหน่งแบบมาตรฐาน (Standard Positioning Service)**

ระบบจีพีเอส เป็นระบบที่ผู้ใช้บริการสามารถใช้สัญญาณ L1 ได้เพียงอย่างเดียวในการหาพิกัดจีพีเอสเป็นบริการที่ให้ความถูกต้องน้อยกว่า แต่จะใช้งานได้กับผู้ใช้ทั้งหมดในช่วงเวลาที่ไม่มีสงครามอาจมีการลดค่าความถูกต้องลง

**2.3.3 ลักษณะเฉพาะของสัญญาณจากดาวเทียมในระบบจีพีเอส (GPS Satellite Signal)**

ดาวเทียมจะส่งสัญญาณคลื่นไมโครเวฟสองความถี่ออกมา โดยความถี่ทั้งสองนี้จะทำหน้าที่เป็นคลื่นพาหะ คือ สัญญาณความถี่พาหะ L1 (1575.42 MHZ) และ L2 (1227.60 MHZ) ความถี่พาหะจะถูกมอดูเลตโดยสเปรดสเปกตรัมรหัส ประกอบด้วย ขบวนของรหัส PRN ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของดาวเทียมแต่ละดวง และข้อมูลข่าวสารการนำร่อง ดาวเทียมทุกดวงส่งคลื่นความถี่พาหะที่เหมือนกัน แต่สัญญาณไม่รบกวนกัน เป็นเพราะรหัส PRN ที่มอดูเลตเข้าไป ดังนั้นสัญญาณจากดาวเทียมดวงใด ๆ สามารถถูกแยกได้โดยใช้เทคโนโลยีย้อนกลับ เรียกเทคนิคนี้ว่า Code Division Multiple Access (CDMA) โดยการที่เครื่องรับจะจำลองรหัส PRN ของดาวเทียมดวงที่ต้องการเพื่อทำการดีมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



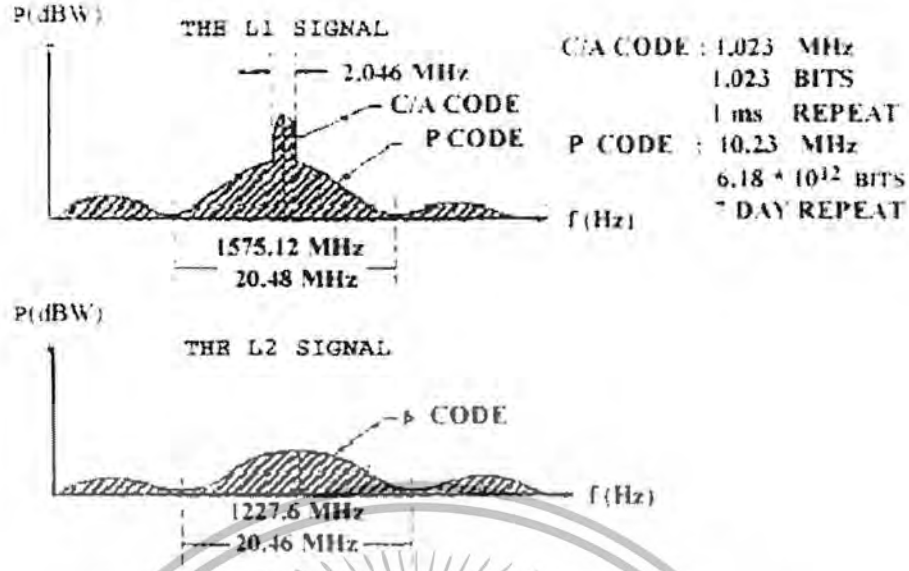

**รูปที่ 2.21** แสดงสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียม

สัญญาณพาหะ L1 จะถูกมอดูเลตโดยรหัส PRN 2 ชุด และมอดูเลตกับรหัสข้อมูลข่าวสารแบบ Binary Phase Shift Key โดยข้อมูลจะอยู่ในรูปวิธีกระจายแถบความถี่ ส่วนสัญญาณพาหะ L2 จะถูกมอดูเลตโดยรหัส PRN 1 ชุด และข้อมูลข่าวสาร โดยสรุปรหัสที่ถูกมอดูเลตกับคลื่นพาหะมีอยู่ 3 ชนิด คือ

**1) Coarse/Acqusition Code (C/A)** เป็นข้อมูลรหัส PRN มีลักษณะเป็นไบนารี่(Binary Code) มีความถี่ 1.023 MHz ขนาดความยาว 1024 bits มีคาบเวลา 1 ms รหัส C/A จะถูก Exclusive - OR กับข้อมูลข่าวสารการนำร่องก่อนที่จะส่งออกจากดาวเทียมโดยมอดูเลชั่นกับพาหะ L1 เพียงอย่างเดียว ทำให้ผู้ใช้บริการระบบ SPS ไม่สามารถคำนวณความล่าช้าของสัญญาณอันเนื่องมาจากบรรยากาศชั้นไอโอโนเฟียร์ได้อย่างละเอียดเพราะต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนสัญญาณ L2 รหัส C/A จะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิค SA เพื่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นเล็กน้อย สาเหตุเนื่องมาจากปัญหาความมั่นคง

**2) P - Code** เป็นข้อมูลรหัส PRN แบบไบนารี่ มีความถี่ 1.023 MHz ขนาดยาว 7 วัน โดยเริ่มใหม่ทุกๆ เที่ยงคืนวันเสาร์-อาทิตย์ รหัส P - Code จะเหมือนกับรหัส C/A คือถูก Exclusive - OR กับข้อมูลข่าวสารการนำร่องแต่จะถูกมอดูเลตกับทั้งคลื่นพาหะ L1 และ L2 ทำให้ผู้ใช้บริการแบบ PSP สามารถใช้คลื่นทั้งสองคำนวณความล่าช้าอันเนื่องมาจากบรรยากาศได้อย่างละเอียดรหัส P-Code จะถูกเข้ารหัสด้วยเทคนิค AS ด้วย และจะเรียกเปลี่ยนเป็นรหัส P(Y) - Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



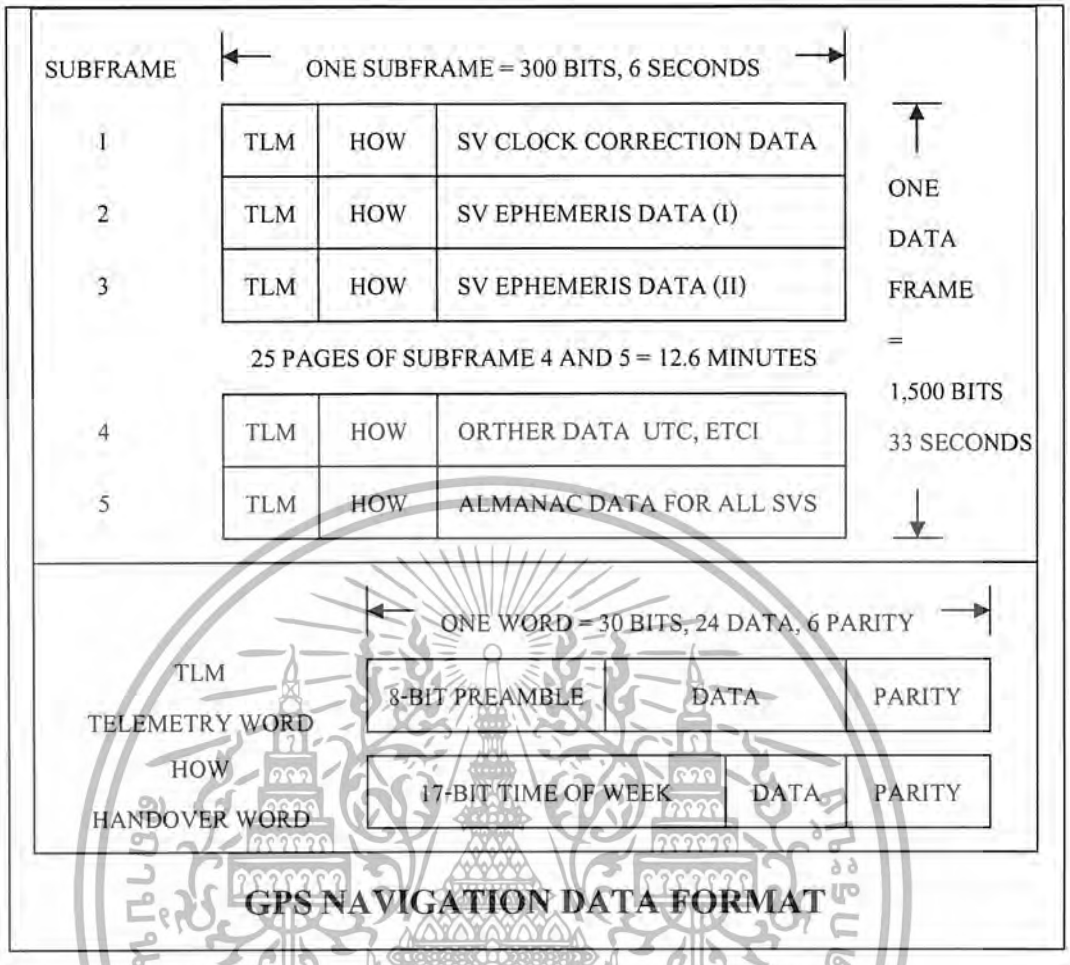

**รูปที่ 2.22** แสดงภาพเสปกตรัมความถี่ของสัญญาณจากดาวเทียม

**3) ข่าวสารการนำร่อง (Navigation Massage)** ข่าวสารการนำร่องมีความถี่ 50 Hz จะรวมอยู่ทั้งในรหัส P(Y) และ C/A ด้วยวิธี Exclusive - OR ข่าวสารการนำร่องจะมีข้อมูลเอกลักษณ์ของดาวเทียมดวงที่ส่งสัญญาณ และข้อมูลทั่วไปของดาวเทียม ดังนี้

- เวลาขณะที่ส่งข้อมูลออดจากดาวเทียม (time of transmission of the message)
- Hand - Over Word (HOX) for the transition from C/A – Code to P(Y) – Code tracking
- ข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกา(Clock Correction)
- ข้อมูลอิฟิเมอริส
- ข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมส่งสัญญาณ(Health data for the Transmitting satellite)
- ข้อมูลอัลมาแนค(Almanac and Healt data for all satellite)
- ค่าสัมประสิทธิ์โคแอฟฟีเชียลสำหรับจำลองชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์(Coefficients for the Ionosphere delay model)
- ค่าสัมประสิทธิ์โคแอฟฟีเชียลเพื่อคำนวณเวลา UTX (Coefficients to calculate UTC)

ข่าวสารการนำร่องจะประกอบด้วย 25 เฟรมข้อมูล แต่ละเฟรมมี 1500 บิต โดยแต่ละเฟรมจะถูกแบ่งเป็น 5 เฟรมย่อย เฟรมย่อยละ 300 บิต ข้อมูลในเฟรมย่อยที่ 1 – 3 ในแต่ละเฟรมจะเหมือนกัน ใช้เวลาในการรับข้อมูลทั้งหมดของเฟรมย่อย 6 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.23** แสดงรายละเอียดข่าวสารการนำร่อง

เฟรมย่อยที่ 1 จะบรรจุข้อมูลการแก้ไขสัญญาณนาฬิกาสำหรับดาวเทียมที่ส่ง และมีพารามิเตอร์บ่งบอกถึงความแม่นยำและสภาพของสัญญาณ

เฟรมย่อยที่ 2, 3 จะบรรจุอีฟีเมอริสพารามิเตอร์(Ephemeris parameter) เพื่อที่จะใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียม สำหรับคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับต่อไป

เฟรมย่อยที่ 4,5 จะเป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตลอด 25 เฟรม โดยจะบรรจุข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมข้อมูลอัลมาแนค ข้อมูล UTC และข้อมูลที่จำลองสถานะของบรรยากาศ

HOW จะมีข้อมูลที่บอกถึงเวลาของดาวเทียมและเวลาของรหัส P(Y) ที่มีคาบเวลายาวถึง 7 วัน เพื่อให้เครื่องรับสามารถใช้ในการถอดรหัส P(Y)

TLM มีข้อมูลเริ่มต้นที่ช่วยให้เครื่องรับสามารถใช้ในการตรวจจับข้อมูลเริ่มต้นในแต่ละเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

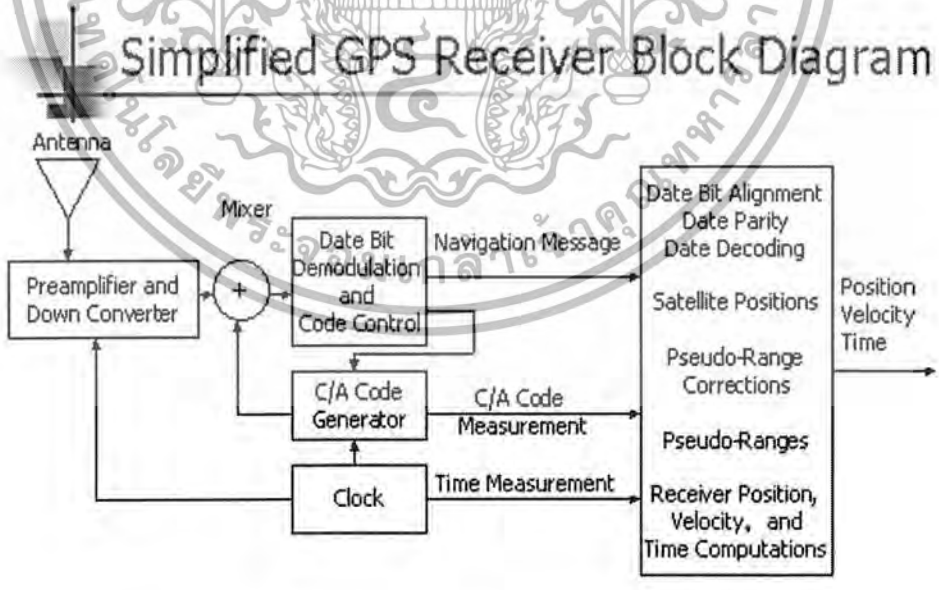
### 2.3.4 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPA Receiver Operation)

#### 2.3.4.1 การเลือกดาวเทียม (Satellite Tracking Selection)

กระบวนการแทรคสัญญาณจะเริ่มโดย เครื่องรับจะหาว่าดาวเทียมดวงไหนที่เป็นไปได้ในการแทรคสัญญาณ โดยจะทำการค้นหารหัส C/A ของดาวเทียมที่อยู่ในวิสัยและล๊อคสัญญาณดาวเทียมดวงนั้น เมื่อดาวเทียมถูกแทรคเครื่องรับจะสามารถดึมอดูเลตข้อมูลการนำร่อง ค่าอัลมาแนค และข้อมูลแสดงสถานะของดาวเทียมทั้งหมด ซึ่งการเลือกดาวเทียมของเครื่องรับจะต้องใช้ข้อมูลจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงในการคำนวณ เครื่องรับอาจรับข้อมูลทุกดวงในพิสัยมาทำการคำนวณเลยก็ได้ แต่เครื่องรับส่วนใหญ่จะทำการเลือกดาวเทียมไม่มากเกินไปในการคำนวณ เนื่องจากปัญหาการยุ่งยากในการคำนวณและต้นทุน ดังนั้นในการเลือกดาวเทียมที่ดีที่สุดที่ได้จากสัญญาณแทรคดาวเทียมดวงแรก หรืออาจเลือกจากดาวเทียมที่ได้สัญญาณก่อนเลยก็ได้

#### 2.3.4.2 การรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Signal Acquisition)

สัญญาณของดาวเทียมที่ส่งออกมาเมื่อมาถึงเครื่องรับ สัญญาณที่ได้จะมีกำลังอ่อน และจะถูกรบกวนโดย Noise เครื่องรับจึงจำเป็นต้องทำการจำลองสัญญาณที่ได้รับเข้ามา และนำมาเรียงให้ตรงกับสัญญาณดาวเทียม จากนั้นจึงทำการคอมเพรสกลับมาให้เป็นสัญญาณจริง เรียกวิธีการนี้ว่า เทคนิคโคดคอลีชัน (Code Correlation)

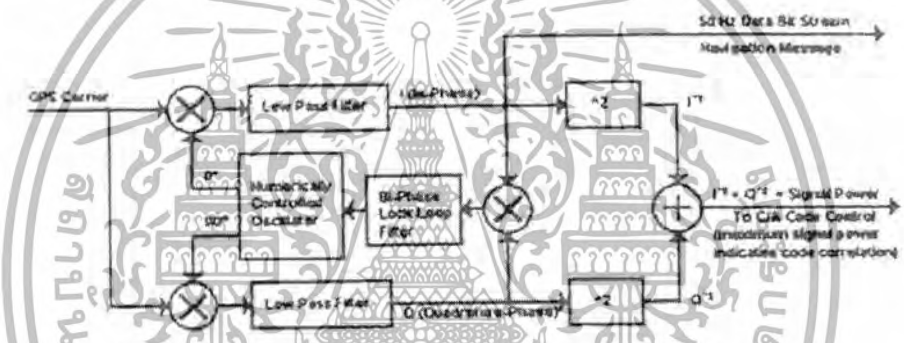



**รูปที่ 2.24** แสดงภาพบล๊อคไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3.4.3 การถอดรหัสข้อมูล (Data Detection)**

ข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณได้รับจากดาวเทียม เป็นข้อมูลที่มีการมอดูเลตกันของคลื่นพาหะ รหัส C/A รหัส P(Y) และข้อมูลข่าวสาร ในการถอดคลื่นพาหะจะใช้โลว์ฟาสฟิวเตอร์(Low Pass Filter) เพื่อแยกเอาคลื่นพาหะออก เครื่องรับจะใช้ตัวสังเคราะห์ความถี่สร้างเฟสที่คงที่ และจะใช้เทคนิคเฟสล็อกลูป(phase - locked - loop) ในการล็อคลูป(เรียก Carrier Tracking Loop) ไว้เพื่อการตรวจสัญญาณ ส่วนการถอดรหัส C/A ออกจะทำการสร้างสัญญาณ C/A จำลองขึ้นจากคุณลักษณะของดาวเทียมแต่ละดวง เพื่อกำหนดและล็อคลูปข้อมูลรหัส C/A (เรียก Code Tracking Loop) แล้วจึงทำการแยกรหัส C/A ออกมา ส่วนรหัส P(Y) นั้น เนื่องจากมีความยาวคาบสัญญาณถึง 7 วัน จึงใช้วิธีเฟลล็อคลูป(Phase Lock Loop) ไม่ได้ จึงใช้ข้อมูลที่อยู่ใน HOW ในการทราบเวลาที่แน่นอนในการทำงาน



**รูปที่ 2.25** แสดงภาพการถอดรหัสข้อมูลข่าวสารการนำร่อง

**2.3.5 การคำนวณหาตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ**

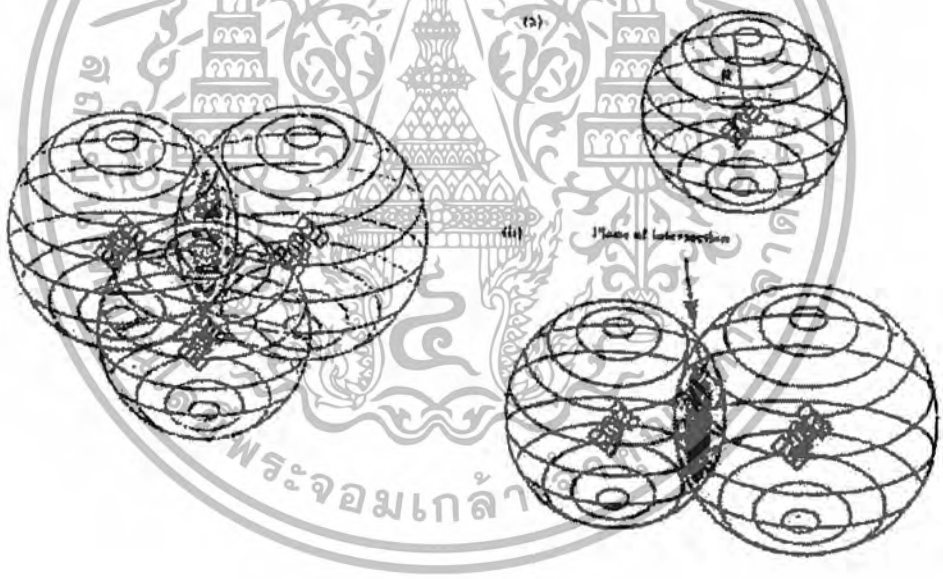
จีพีเอสเป็นระบบการวัดพิสัยทางเดียวที่มีเครื่องส่งสัญญาณอยู่ในดาวเทียมที่หมุนรอบโลกอยู่ในอวกาศ ถึงแม้ว่าดาวเทียมจะเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง เครื่องรับจะติดตามดาวเทียมที่อยู่ในพิสัยและประมาณค่าพารามิเตอร์วงโคจรดาวเทียม ซึ่งทำให้สามารถคำนวณหาค่าตำแหน่งวงโคจรดาวเทียมในระบบอ้างอิงกับแกนโลก (Earth Center Earth Fixed Reference System (ECEF)) ข้อมูลนี้เรียกว่า Ephemeris หรือเวคเตอร์ตำแหน่งของดาวเทียมต่อเวลา ผู้ใช้ที่ต้องการหาตำแหน่งในสามมิติ คือ ละติจูด ลองจิจูด และความสูง ต้องวัดสัญญาณจีพีเอส จากดาวเทียมสามดวง และคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ(Transit Time) จากแต่ละดาวเทียมมาถึงผู้ใช้จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างดาวเทียมสามดวงและเครื่องรับในแนวแกนสามแกน จึงสามารถหาค่าแกนทั้งสามได้ แต่กรณีนี้สิ่งสำคัญที่สุดคือ เวลาของทั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และเวลาเครื่องส่งสัญญาณจะต้องมีความแม่นยำสูงและจะต้องตรงกันหมด(ซิงโครนัสกัน) แต่ในความเป็นจริงสัญญาณจากเครื่องส่ง(ดาวเทียม) จะมีวิธีการแก้สัญญาณเวลาให้ถูกต้องจากสถานีควบคุมหลักแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องส่งสัญญาณในแต่ละเครื่องไม่สามารถควบคุมให้มีเวลาที่เที่ยงตรงได้ ดังนั้นจึงมีการเพิ่มความสัมพันธ์ในด้านความต่างของเวลาขึ้นมาอีกค่า จึงต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มอีก 1 ดวง ดังนั้นระบบนำร่องจีพีเอส จึงมีความจำเป็นต้องใช้สัญญาณจากดาวเทียม ในการคำนวณอย่างน้อย 4 ดวง

**2.3.5.1 การระบุตำแหน่งโดยสัญญาณดาวเทียม**

สัญญาณที่ส่งออกมา จากดาวเทียมดวงหนึ่งจะมีข้อมูลของเวลาขณะส่งจากสัญญาณนาฬิกาแบบดาวเทียมรวมอยู่ด้วย เมื่อสัญญาณมาถึงเครื่องรับจะสามารถทราบเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณจากระบบนาฬิกาของเครื่องรับที่ซิงโครนัสกับของระบบ ดังนั้นเมื่อทราบว่าความเร็วของสัญญาณดาวเทียมมีค่าประมาณเท่ากับความเร็วแสง คือ $3\times10$ m/s จึงสามารถหาระยะห่างระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณได้ โดยสัญญาณจากดาวเทียม 1 ดวง จะทราบว่าเครื่องรับอยู่บนผิวทรงกลมที่มีรัศมีเป็นระยะห่างของดาวเทียมและเครื่องรับ



**รูปที่ 2.26** แสดงภาพการตัดกันของระยะห่างจากดาวเทียมอันเป็นตำแหน่งของเครื่องรับ

ถ้าทำการวัดระยะทางดาวเทียมดวงที่ 2 พร้อมๆ กัน จะได้พื้นที่ตำแหน่งของเครื่องรับบนเส้นรอบวงกลม ซึ่งเกิดจากการตัดกันของทรงกลมดังรูป และถ้าเพิ่มสัญญาณจากดาวเทียมดวงที่ 3 ก็จะได้ตำแหน่งของผู้ใช้ 2 ตำแหน่งที่เกิดจากการตัดกันของทรงกลมทั้ง 3 ตำแหน่งที่เหลือเพียง 2 ตำแหน่ง โดยค่าตำแหน่งที่อยู่ด้านบนจะเป็นตำแหน่งที่ลอยอยู่ ดังนั้น ณ ตำแหน่งด้านล่างที่เกิดจากการตัดกันของทรงกลมทั้ง 3 จะเป็นตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องรับสัญญาณ สำหรับผู้ใช้ที่อยู่บนผิวโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.6 มาตรฐาน NMEA และโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารจีพีเอส

#### 2.3.6.1 มาตรฐาน NMEA(NMEA Standard)

มาตรฐาน NMEA คือการอินเตอร์เฟสทางไฟฟ้า และโปรโตคอลการสร้างข้อมูลสำหรับใช้ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์การเดินเรือ(NMEA ยังมีมาตรฐานสำหรับใช้ในการสื่อสารในแบบอื่นๆ อีก) โดย NMEA ย่อมาจาก National Marine Electronics Association ซึ่งทำการศึกษา และพัฒนาอุตสาหกรรมอิเลคทรอนิคส์ทางน้ำ

#### 2.3.6.2 มาตรฐาน NMEA-183

มาตรฐานที่เอาท์พุทจะเป็นแบบที่มีตัว EIA-442 และสัญญาณ 2 เส้น A และ B โวลเตจบนเส้น A จะเป็นเหมือนกับสาย TTL เดียวแบบเดิม ขณะที่ B โวลเตจ จะกลับทางกันกับ A เช่น A+5 B จะเป็นกราวด์ในการใช้งาน สายเพียงสายเดียวคือสาย A ใน EIA-422 อาจจะถูกใช้เชื่อมต่อกับ RS-232 อินพุทของเครื่องคอมพิวเตอร์

ในมาตรฐาน NMEA-183 ตัวอักขระที่ใช้ คือ ASCII Text ซึ่งสามารถพิมพ์ได้(รวมไปถึง Carriage Return and Line Feed) NMEA-183 นั้น ข้อมูลจะถูกส่งด้วยอัตรา 4800 baud ข้อมูลจะถูกส่งในรูปของประโยค(Sentences) แต่ละประโยคเริ่มต้นด้วยดอลล่าร์ซายน์($) ตัวอักษรตัวที่ตามมาอีกสองตัว คือ talker ID หรือ Device ID เช่น GP ใช้เพื่อบ่งชี้ว่าเป็นข้อมูลจีพีเอส ตัวที่ตามมาอีกสามตัว คือ Sentence ID คือตัวกำหนดรูปแบบประโยค(Sentence Formatter) หรือจะเรียกว่า ชื่อประโยค(Sentence Name) ตามมาด้วยฟิลด์ข้อมูลจำนวนหนึ่ง โดยถูกแบ่งแยกด้วยเครื่องหมายคอมม่า(,) และสิ้นสุดด้วยเช็คซัม(checksum) ที่สามารถเลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ และจะจบลงด้วยแคเรียรีเทิร์น(carriage return/line feed) ประโยคอาจจะมีตัวอักษรถึง 82 ตัว ซึ่งรวมกับดอลล่าร์ซายน์ และ CR/LF แล้ว

ถ้าข้อมูลสำหรับฟิลด์ไม่สามารถหาได้ ฟิลด์จะถูกเว้นข้ามไป แต่คอมม่าซึ่งทำหน้าที่แบ่งฟิลด์ยังคงถูกส่งไปโดยไม่เว้นช่องว่าง เพราะในแต่ละฟิลด์มีความยาวไม่คงที่หรือไม่มีข้อมูล เครื่องรับจะระบุตำแหน่งของฟิลด์ข้อมูลที่ต้องการ โดยการนับเครื่องหมายคอมมาเช็คซัม ที่เลือกได้ว่าจะมีหรือไม่ ประกอบด้วย * และ 2 บิตของเลขฐาน 16 (2 hex diits) แทนการ Exclusive-OR ของตัวอักษรทั้งหมด แต่ไม่รวมดอลล่าร์ซายน์ และ * ในการใช้งานจะมีความต้องการใช้เช็คซัมบางประโยค

ในมาตรฐานจะอนุญาตแต่ละผู้ผลิตในการนิยามรูปแบบประโยค ประโยคเหล่านี้เริ่มต้นด้วย SP และตัวอักษรสามตัวที่ตามด้วย Manufacturer ID ตามด้วยข้อมูลตามรูปแบบทั่วไปของประโยคมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3.6.3 โปรโตคอล (Protocal)**

NMEA คือ โปรโตคอลมาตรฐานถูกนำมาใช้เครื่องจีพีเอส เพื่อส่งข้อมูล NMEA เอาท์พุท จะเป็นโปรโตคอล EIA-422A แต่สามารถนำไปใช้ร่วมงานกับ RS-232 ได้โดยใช้อัตราการส่งข้อมูล 4,800 bps 8 ดาต้าบิต ไม่มีพาริตี้บิต และมีหนึ่งสตอปบิต(stop bit (8NI)) ประโยคของ NMEA-183 จะเป็น

แอสกีทั้งหมด แต่ละประโยคจะเริ่มต้นด้วยดอลล่าร์ซายน์ และจบลงด้วย CR/LF ข้อมูลจะถูกขั้นด้วยคอมม่า เครื่องรับจีพีเอสบางอันจะไม่ส่งบางฟิลด์(field) ข้อมูลเช็คซัมถูกเพิ่มเข้าไป ส่วนที่ตามหลังดอลล่าร์ซายน์ คือ แอดเดรสฟิลด์ aaccc โดย aa คือ device id GP ใช้บ่งเพื่อชี้ว่าข้อมูลจีพีเอสจะส่ง device id ตามปกติ และเลือกได้ ccc คือรูปแบบประโยค(sentence formatter) เรียกว่า sentence name

รูปแบบประโยค NMEA

**RMB**

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

RMB = ข่าวสารที่น้อยที่สุดที่จำเป็นในการนำร่อง(Recommended Minimum Navigation Information)

1 = สถานะของข้อมูล V = การเตือนเครื่องรับในการนำร่อง(navigation receiver warning)

2 = ความคลาดเคลื่อนของครอสแทรค(Crosstrack error) ในหน่วย nautical miles

3 = ทิศทางที่ต้องเบนเข็มไป(Direction to steer)(L or R) เพื่อแก้ไขความคลาดเคลื่อน

4 = หมายเลขของเวย์พอยท์(waypoint) เริ่มต้น

5 = หมายเลขของเวย์พอยท์ปลายทาง

6 = ละติจูดของเวย์พอยท์ปลายทาง

7 = เหนือหรือใต้(N or S)

8 = ลองจิจูดเวย์พอยท์จุดหมาย

9 = ตะวันออกหรือตะวันตก(E or R)

10 = ระยะทางไปยังปลายทางในหน่วย nautical miles

11 = แบริ่ง(Bearing) มุมที่กำลังทำกับปลายทางในหน่วยองศา

12 = ความเร็วในการเข้าถึงจุดหมาย(Destination closing\velocity) ในหน่วยนอต(knot)

13 = สถานะเมื่อเข้าถึง(arrival status) A = เข้าถึงหรือผ่านไปอย่างตั้งฉาก

14 = เช็คซัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**RMC**

$GPRMC, hhmmss.ss, A, llll.ll, a, yyyyy.yy, a, x.x, x.x, ddmmyy.y, x.x a*hh

RMC = ข้อมูลชี้เฉพาะของจีพีเอส/ทรายซิทน้อยที่สุดที่จำเป็น(Recommended Minimum Specigic GPS/TRANSIT Data)

1 = เวลาขณะปัจจุบันในระบบ UTC

2 = สถานะของข้อมูล V = การเตือนเครื่องรับในการนำร่อง

3 = ละติจูด

4 = เหนือหรือใต้

5 = ลองจิจูด

6 = ตะวันออกหรือตะวันตก

7 = ความเร็วหน่วยนอต

8 = มุมที่วัดจากทิศเหนือ

9 = มุมที่วัดจากทิศเหนือ

10 = ความแปรปรวนเนื่องจากสนามแม่เหล็ก

11 = ตะวันออกหรือตะวันตก

12 = เช็คซัม

**GGA**

$GPGGA, hhmmss.ss, llll.ll, a, yyyyy.yy, a, x, xx, x.x, x.x, M, x.x, xxxx*hh

GGA = ข้อมูลเฉพาะของระบบจีพีเอส Global Positioning System Fix Data

1 = UTC of position

2 = ละติจูด

3 = เหนือหรือใต้

4 = ลองจิจูด

5 = ตะวันออกหรือตะวันตก

6 = ค่าซึ่งชี้คุณภาพของระบบจีพีเอส(0 = invalid; 1 = GPS fix; 2 = Diff.GPS fix)

7 = จำนวนดาวเทียมที่ใช้

8 = HDOP(Horizontal dilution of position)

9 = ความสูงของสายอากาศเหนือกว่า/ต่ำกว่า ระดับน้ำทะเล

10 = เมตร(หน่วยความสูงของสายอากาศ)

11 = ค่าความแตกต่างระหว่างระบบ WGS-84 กับ ระบบจีออยด์

12 = เมตร(ความต่างของจีออยด์)

13 = ระยะเวลาตั้งแต่อัพเดตข้อมูลครั้งสุดท้ายจากสถานีอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 = หมายเลขประจำสถานีอ้างอิง

15 = เช็คซัม

**VTG**

$GPVTG, t, T,,, s.ss, K*hh

VTG = มุมที่ทำกับทิศเหนือจริงๆ และความเร็ว(Actusl Track made good and speed over ground)

1 = มุมที่ทำกับทิศเหนือ

2 = อักษร T แสดงว่ามุมที่ทำกับทิศเหนือ

3 = ไม่ใช้

4 = ไม่ใช้

5 = ความเร็วหน่วยนอต

6 = อักษร T แสดงความเร็วหน่วยนอต

7 = ความเร็วหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง(km/h)

8 = อักษร K แสดงความเร็วหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง

9 = เช็คซัม

**RMA**

$GPRMA, A<llll.ll, N, llll.ll, W,,, ss.s, vv.v, W*hh

RMA = ข้อมูลการนำร่องจากตำแหน่งปัจจุบัน(Navigation data from present Position)

1 = สถานะข้อมูล

2 = ละติจูด

3 = เหนือหรือใต้

4 = ลองจิจูด

5 = ตะวันออกหรือตะวันตก

6 = ไม่ใช้

7 = ไม่ใช้

8 = ความเร็วหน่วยนอต

9 = Caurse over ground

10 = ค่าความผันแปร

11 = ค่าความผันแปรตะวันออกหรือตะวันตก

12 = เช็คซัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**GSA**

$GPGSA, A, 3, 19, 28, 27, 22, 31, 39,,,,, 1.7, 1.0, 1.3*35

GSA = โหมดการทำงานของเครื่องรับจีพีเอส ดาวเทียมที่ใช้ในการนำร่อง และค่า DOP(GPS

receiver operating mode, SVs used for navigation and DOP values)

1 = โหมด

M = Manual ให้ผู้เลือกว่าจะใช้ 2 มิติหรือมิติ

A = Automatic 3 มิติ/2 มิติ

2 = โหมด

1 = ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้

2 = 2 มิติ

3 = 3 มิติ

3-14 = หมายเลขของดาวเทียมที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง(เป็น 0 สำหรับฟิลด์ที่ไม่ได้ใช้)

15 = PDOP

16 = HDOP

17 = VDOP

**GSV**

$GPGSV, 4, 1, 13, 02, 213,, 03, -3, 000,, 11, 00, 121, 14, 13, 172, 05*67

GSV = จำนวนของดาวเทียมที่มองเห็น หมายเลข PRN เอเลเวชั่น อาซิมูส และค่า SNR

(Number of SVs in view, PRN number, Elevation, Azimuth and SNR value)

1 = จำนวนหมายเลขของข่าวสารทั้งหมดของหมายเลขนี้ใน 1 รอบ

2 = หมายเลขของข่าวสาร

3 = จำนวนทั้งหมดของดาวเทียมที่มีอยู่ในพิสัย

4 = หมายเลข PRN ของดาวเทียม

5 = มุมเอเวเลชั่น(Elevation) หรือมุมเงยมีค่าสูงสุด 90 องศา

6 = มุมอาซิมูส(Azimuth) ทำกับขั้วเหนือมีค่า 00-359 องศา

7 = ค่า SNR มีค่า 00-99 dB(0 เมื่อไม่มีการแทรคกิ้ง)

8-11 = ข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมที่สอง เหมือนกับฟิลด์ 4-7

12-15 = ข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมที่สาม เหมือนกับฟิลด์ 4-7

16-19 = ข่าวสารเกี่ยวกับดาวเทียมที่สี่ เหมือนกับฟิลด์ 4-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 พ็อคเก็ตพีซี (Pocket PC)

ในปัจจุบันแนวโน้มในการใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์แบบ PDA (Personal Digital Assistant) กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก เพราะประสิทธิภาพของ PDA นั้นเกือบจะเทียบเท่าคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค

ในปัจจุบันมีผู้ผลิต PDA ออกมาให้เลือกมากมาย โดยตลาดของ PDA แบ่งออกเป็น 2 ค่ายใหญ่ตามระบบปฏิบัติการที่ใช้ คือ Palm OS กับ Window CE

- บริษัทที่ใช้ Palm OS เป็นระบบปฏิบัติการใน PDA ได้แก่ Palm และ Sony เป็นต้น
- บริษัทที่ใช้ Window CE เป็นระบบปฏิบัติการใน PDA ได้แก่ Casio , HP , Compaq และ Toshiba เป็นต้น

ในมุมมองของผู้ใช้แล้วไม่ว่า PDA จะใช้ระบบปฏิบัติการแบบใดก็จะมีหลักการทำงานและโปรแกรมพื้นฐานที่คล้ายๆกัน เช่น โปรแกรมสำหรับจดบันทึกข้อความงานที่ต้องทำ ปฏิทิน ตารางนัดหมาย บันทึกชื่อที่อยู่ของบุคคล หรือ เครื่องคิดเลข เป็นต้น แต่ถ้ามองในเรื่องของการทำงานภายในหรือปรัชญาในการออกแบบ PDA แล้ว Palm และพ็อคเก็ตพีซีจะต่างกันพอสมควร โดย Palm นั้นจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานเสริมกับ PC หรือเป็นส่วนเติมเต็มของ PC ในการนำข้อมูลไปใช้งานนอกสถานที่จึงถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ใช้ซีพียูความเร็วต่ำจึงทำให้ประหยัดพลังงาน ส่วนพ็อคเก็ตพีซีนั้นได้ออกแบบมาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ PDA ที่อยากได้มากกว่าความที่เป็น PDA โดยพ็อคเก็ตพีซีจะสนับสนุนเทคโนโลยีใหม่ๆ อย่างเต็มที่ซึ่งบางอย่างได้กลายเป็นมาตรฐานของการใช้งานคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันไปแล้ว อย่างเช่น การใช้งานมัลติมีเดียหรือการเชื่อมต่อกับเครือข่ายในรูปแบบต่างๆ ซึ่งพ็อคเก็ตพีซีสามารถทำได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นพ็อคเก็ตพีซียังได้เน้นในเรื่องของการดีไซน์ และรูปลักษณ์เมื่อพกพาหรือใช้งานด้วย หากไม่ติดขัดเรื่องพื้นที่การรับข้อมูลและแสดงผลแล้ว ด้วยสมรรถนะของพ็อคเก็ตพีซีในปัจจุบันจึงแทบจะสามารถนำมาใช้แทน PC หรือ โน๊ตบุ๊คได้เลยทีเดียว

พ็อคเก็ตพีซี ปัจจุบันจะมีกลุ่มผู้ใช้พ็อคเก็ตพีซีหลัก ๆ ที่ได้รับความนิยมอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบปฏิบัติการ (OS) เป็น Pocket PC 2002 (Windows CE 3.0) กับระบบ Windows Mobile 2003 (Windows CE 4.x) ที่เป็นระบบในปัจจุบัน ซึ่งอาจเรียกระบบปฏิบัติการทุกระบบของพ็อคเก็ตพีซีว่า Windows CE เจ้าเครื่องพ็อคเก็ตพีซีเล็กๆ นี้ ดูคล้ายกับ Windows บน PC แต่ก็ไม่ใช่ทั้งหมด เพราะมันคือ Windows บน PDA ส่วนที่ว่าคล้ายกันก็เช่น Start Menu ,taskbar ,desktop และ Control Panels (หรือ Settings) ซึ่งส่วนทั้งหมดนี้สามารถเรียกใช้ได้ทันทีที่เปิดเครื่อง การเรียกใช้งานอาจใช้ปากกา Stylus หรือบางครั้งก็ใช้นิ้วถ้าไม่กังวลในเรื่องรอยนิ้วมือที่จะประทับอยู่บนหน้าจอ พ็อคเก็ตพีซีส่วนใหญ่จะมีหน้าจอขนาด 240 x 320 พิเซลส์ จำนวนสี 16 บิต 65,000 สี และทั้งหมดจะมีช่องใส่ Compact Flash หรือ SD หรือทั้งสองอย่าง เพื่อใช้เป็นที่เก็บข้อมูลและเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำภายนอก ทำให้ไม่มีข้อจำกัดด้านปริมาณของไฟล์หรือข้อมูล เช่นเดียวกันกับ hard-disk บนเครื่อง PC และช่องสำหรับใส่การ์ดความจำเหล่านี้ สำหรับพ็อคเก็ตพีซีรุ่นใหม่ ๆ ยังอนุญาตให้การ์ดที่เป็นโมเดมและเน็ทเวอร์คการ์ดได้ เป็นลักษณะของ IO Slots พ็อคเก็ตพีซีเข้ากันได้ดีในการเชื่อมต่อกับเครื่องพีซีที่ใช้ระบบ Windows แต่ก็มีปัญหากับระบบของ Mac

Windows Mobile 2003 (Pocket PC 2003) ได้ออกสู่ตลาด PDA เมื่อเดือนมิถุนายน 2546 พ็อคเก็ตพีซี ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows Mobile 2003 หรือที่หลายๆ คนยังนิยมเรียกตามรหัสเดิมว่า Pocket PC 2003 ซึ่งถ้าดูโดยผิวเผินก็จะเห็นว่าไม่ได้มีอะไรที่แตกต่างไปจาก Pocket PC 2002 แต่แท้ที่จริงแล้ว บนระบบ Windows Mobile 2003 ได้มีการแก้ไขปรับปรุงส่วนที่บกพร่องของ Pocket PC 2002 และ Pocket Internet Explorer ในเวอร์ชั่นใหม่ที่สนับสนุน web browser ที่หลากหลายกว่าเดิม พัฒนาการเชื่อมต่อทั้งแบบเครือข่ายไร้สายที่สามารถติดตั้งได้ง่ายและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น การพัฒนาระบบของแอปปลิเคชั่นที่สามารถเรียกใช้คำสั่งต่างๆ ของ XScale ซีพียูตัวใหม่ได้เต็มที่มากขึ้น Windows Mobile 2003 ถูกสร้างขึ้นบนแกน Windows CE 4.2 ขณะที่ระบบเก่าจะพัฒนาบน Windows CE 3.0

ด้วยศักยภาพด้านฮาร์ดแวร์ที่สูงกว่า Palm และระบบปฏิบัติการ Window CE ที่พัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ทำให้พ็อคเก็ตพีซีมีข้อได้เปรียบกว่า Palm อยู่หลายอย่าง ดังนี้

1) พ็อคเก็ตพีซีทำงานได้เร็วกว่า เพราะใช้ซีพียู 32 บิต มีความเร็วเริ่มต้นที่ 70 –800 MHz
2) พ็อคเก็ตพีซีมีขนาดจอภาพที่ใหญ่กว่า Palm จอภาพมีความละเอียดสูงและแสดงสีได้มากกว่า แม้จะมีความละเอียดต่ำกว่าก็ตามที่ 240x320 จุด / 320x320 จุด ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากส่วนของ Graffiti ที่สามารถปิดแล้วใช้เป็นพื้นที่แสดงผลได้
3) สนับสนุนการใช้หน่วยความจำเสริม เช่น Memory Card , MMC/SD
4) สนับสนุนการใช้งานมัลติมีเดีย โดยจะมีลำโพง ,ช่องสำหรับเสียบหูฟังและไมโครโฟนในตัว
5) รองรับไฟล์มัลติมีเดียแทบทุกประเภท โดยเฉพาะไฟล์วีดีโอแบบ DivX ซึ่งให้คุณภาพสูงสุดด้วยขนาดไฟล์เล็กที่สุด ชนิดไฟล์ที่รองรับ เช่น avi(divx) ,avi (other Codec) ,OGM ,wmv ,wma ,asf , ogg ,mp3 และ mpeg
6) เล่นอินเตอร์เนตผ่าน PC ทำได้ง่ายๆ ด้วย Passthrough Internet เพียงแค่วางเครื่องเอาไว้บนแท่นก็สามารถโหลดเวปต่างๆ บนพ็อคเก็ตพีซีโดยอาศัยการเชื่อมต่อของเครื่อง PC ได้ทันที ยิ่งกว่านั้นถ้าหากมี USB-Bluetooth ต่ออยู่กับ PC ก็สามารถจะกำหนดการเชื่อมต่อให้พ็อคเก็ตพีซีสามารถเล่นอินเตอร์เนตผ่าน Bluetooth กับ PC ได้ทันที รวมถึงการ Synchronize ข้อมูลผ่าน USB Bluetooth ก็ทำได้ง่ายๆ เช่นกัน
7) อัดเสียงระหว่างการสนทนา สัมภาษณ์ และ ส่งไฟล์เสียงผ่านทางอีเมลล์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) เปิดอ่านและแก้ไขเอกสารของ MS Word MS Excel หรือแม้แต่ Pocket Slide Show ได้และความเข้ากันได้กับโปรแกรมชุด Ms Office ที่ดีกว่า

9) เปลี่ยน Theme และ Background ได้เหมือนกับ Windows ยังสามารถสร้างและใช้งานได้ทันทีไม่ต้องติดตั้ง Launcher อื่นๆ โปรแกรมที่ใช้ทำก็คือ Theme Generator v2.0 เป็นฟรีแวร์จาก Microsoft

10) โอนถ่ายไฟล์ระหว่าง PC และ PDA ง่ายๆ ด้วยโปรแกรม ActiveSync ช่วยทำให้การโอนไฟล์ไปมาระหว่างพ็อคเก็ตพีซี และ PC เป็นไปได้โดยง่าย ไม่จำเป็นต้องมี โปรแกรม Conduit เพราะทุกสิ่งทุกอย่าง Activesync ช่วยทำให้ทั้งหมด ที่ต้องทำเองก็มีแค่ลากไฟล์จาก PC ไปวางในโฟลเดอร์ Mobile Device ที่อยู่ใน MyComputer เท่านั้น

11) ใช้ตัวอักษรภาษาไทยได้ทั้ง Unicode และ Ascii ทำให้รองรับกับบางโปรแกรมได้เต็มที่กว่าตัวอย่างเช่น โปรแกรม MSN Messenger ซึ่งจำเพาะว่าต้องใช้กับตัวอักษร Unicode เท่านั้น ทำให้พ็อคเก็ตพีซีเป็นพีดีเอที่ใช้งานโปรแกรมแชทนอกสถานที่ได้อย่างสมบูรณ์กว่า ที่สำคัญโปรแกรมนี้เป็นฟรีแวร์มากับทุกเครื่องที่ใช้โอเอส Windows Mobile 2003

12) ระบบมัลติทาสก์ในพ็อคเก็ตพีซีช่วยทำให้หลายๆ โปรแกรมมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

13) โปรแกรมเช็คเมล์แบบ POP3 ไม่ต้องไปหาที่ไหน เพราะมีในเครื่องเลย สามารถดึงเมล์จาก Microsoft Outlook มาเก็บเอาไว้ได้ทันที และยังสามารถเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือเพื่อโหลดเมล์นอกสถานที่รวมทั้งรับและเปิด attatchments ได้ด้วย

14) iPAQ File Store พื้นที่สำรองข้อมูลในเครื่องที่ไม่กลัว Hard reset สำหรับพ็อคเก็ตพีซีจาก iPAQ จะมีส่วนของ iPAQ File Store ซึ่งก็คือส่วนของรอมที่กันออกมาใช้ในการเก็บข้อมูล และจะคงอยู่แม้ว่าจะเกิดการ Hardreset กี่ครั้งก็ตาม ทำให้เครื่องพ็อคเก็ตพีซีสามารถสำรองไฟล์นอกสถานที่ได้แม้ไม่มี SD/MMC/CF Card เลยก็ตาม ที่สำคัญการจัดการกับ iPAQ File Store ไม่เกิดความเสี่ยงเหมือนกับการใช้โปรแกรม JackFlash เพราะเป็นส่วนที่ผู้ผลิตตั้งใจสร้างขึ้นมาให้ใช้โดยเฉพาะ

15) สามารถสร้างระบบ Lan ไร้สายด้วย Bluetooth ระหว่างพ็อคเก็ตพีซีสองเครื่อง หรือระหว่าง PC กับพ็อคเก็ตพีซีได้โดยไม่ต้องอาศัยโปรแกรมเสริมอื่นใด

16) โปรแกรมฐานข้อมูลเป็นลักษณะเดียวกับเครื่องพีซี คือใช้ชุดคำสั่ง SQL ในการประมวลผลข้อมูลต่างๆ การถ่ายโอนไฟล์ทำได้ง่ายๆ ด้วยการลากแล้วไปวางบนหน้าจอพีซี แล้วทำงานต่อบนเครื่องพีซีได้เลย

17) รีโมตคอนโทรล อยู่ในรอมสำหรับพ็อคเก็ตพีซีที่ใช้โอเอส wm2003 Premium Edition อย่างเช่น iPAQ h2210 จะมีโปรแกรมรีโมตมากับเครื่องเลย ซึ่งสามารถจะทำการสอนให้โปรแกรมทำงานกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้มากมาย ตัวอย่างเช่นสามารถนำมาใช้แทนรีโมตแอร์ที่เสียไปได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18) Backup ข้อมูลได้ทันที พ็อคเก็ตพีซีที่ใช้โอเอส wm2003 จาก HP iPAQ มาพร้อมกับโปรแกรม iPAQ Backup ใช้ในการสำรองข้อมูลซึ่งสามารถบันทึกลงบนการ์ดได้เลย ไม่จำเป็นต้องหาโปรแกรมอื่นมาช่วยแต่อย่างใด สำหรับเครื่องที่ไม่มีการ์ดก็ยังเลือก backup ลง iPAQ File Store ซึ่งเป็นส่วนของรอมได้ด้วย

19) เปิดดูไฟล์ Flash Player ได้ทุกเครื่อง ด้วยโปรแกรม Flash Player จาก Macromedia สามารถเล่นไฟล์ flash player บนเครื่องพ็อคเก็ตพีซีได้ทันที

### 2.4.1 องค์ประกอบของพ็อคเก็ตพีซี

พ็อคเก็ตพีซีมีองค์ประกอบคล้ายกับพีซี คือ มีส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ ระบบปฏิบัติการซอฟท์แวร์ และมีอุปกรณ์ต่อพ่วงหรืออุปกรณ์เสริมต่างได้อย่างมากมาย ซึ่งทำให้พ็อคเก็ตพีซีมีความสามารถเป็นแค่เพียง PDA ธรรมดาทั่วๆ ไป และนับวันความสามารถต่างๆ ของพ็อคเก็ตพีซี ก็ยิ่งเพิ่มขึ้น

พ็อคเก็ตพีซีส่วนใหญ่จะมีหน่วยความจำภายในคือ RAM 32 หรือ 64 MB แต่ก็อาจมี 128 หรือ 256 MB มาให้เห็นกันเร็ว ๆ นี้ และยังมีหน่วยความจำภายในแบบถาวรคือ ROM ขนาด 16, 32 หรือ 48 MB ในส่วนของ ROM นี้จะใช้เป็นที่เก็บระบบปฏิบัติการและแอปปลิเคชั่นบางตัวแบบถาวรไว้ใน ROM ส่วนของ CPU ปัจจุบันจะเป็น StrongARM ที่ความเร็ว 206 MHz หรือ CPU ตัวใหม่คือ XScale ที่มีความเร็ว 300 และ 400 MHz เครื่องพ็อคเก็ตพีซีส่วนใหญ่จะมี SD card slot หรือ CompactFlash มาให้หนึ่งช่อง แต่ก็มีบางรุ่นที่มีช่องเสียบมาสองช่องโดยสามารถใช้ได้ทั้ง SD และ CompactFlash เมโมรีการ์ดเหล่านี้ต่างก็นิยมใช้กันอยู่แล้วกับกล้องดิจิตอลส่วนใหญ่ และช่องเหล่านี้มักจะใช้ได้กับส่วนขยายที่เป็น IO เช่น CF modems, Ethernet cards และ WIFI (802.11b wireless Ethernet networking) card และพ็อคเก็ตพีซีทุกเครื่องจะมี IrDA 1.2 infraed, stereo headphone jack, stylus, buil-in speaker และ microphone, syncing cradle และ ปุ่มคำสั่งต่าง ๆ บนเครื่อง จะเป็นส่วนที่มีมาแบบมาตรฐานของพ็อคเก็ตพีซีทุกเครื่องเรื่อยๆ และอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้พ็อคเก็ตพีซีมีความสามารถมากมายเช่นนี้ ก็มาจากระบบปฏิบัติการ Windows CE ซึ่งมีการพัฒนาและปรับปรุงความสามารถมา อย่างต่อเนื่องนั่นเอง

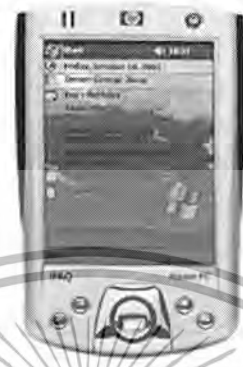
คุณสมบัติพื้นฐานทางด้านฮาร์ดแวร์ของเครื่อง PDA ที่จะมาใช้ระบบปฏิบัติการ Windows CE และเป็นพ็อคเก็ตพีซี คือ

1) หน่วยความจำรอมและแรม อย่างน้อย 16 MB ขึ้นไป
2) เครื่องพ็อคเก็ตพีซีส่วนใหญ่จะมี SD card slot หรือ CompactFlash มาให้หนึ่งช่อง แต่ก็มีบางรุ่นที่มีช่องเสียบมาสองช่อง
3) พอร์ตอินฟราเรด IrDA 1.2 infrared
4) I/O พอร์ต ที่เชื่อมต่อกับ PC เป็นแบบอนุกรมหรือ USB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) มี stereo headphone jack ,stylus ,built-in speaker ,microphone ,syncing cradle และปุ่มคำสั่งต่าง ๆ บนเครื่อง

6) ความละเอียดของจอภาพ 320 * 420 พิกเซลขึ้นไป



รูปที่ 2.27 พ็อคเก็ตพีซี

**2.4.1.1 ซีพียูหรือโปรเซสเซอร์**

ซีพียูที่ใช้กับพ็อคเก็ตพีซีรุ่นแรก หรือ Pocket PC 2000 จะมีหลายตระกูล หรือ MIPS , SH3 , StrongARM และ Xscale โดยมีความเร็วต่ำสุดที่ 70 MHz และสูงสุด 800 MHz ดังตารางที่ 1

| ซีพียู | ความเร็ว | ตัวอย่างรุ่นของพ็อคเก็ตพีซี |
|---|---|---|
| MIPS ( NEC VR 4111 ) | 70 | Compaq Aero 1550 |
| MIPS ( NEC VR 4121 ) | 131 | Casio E – 115 |
| MIPS ( NEC VR 4122 ) | 150 | Casio E – 125 , EM – 500 |
| SH3 ( Hitachi 7709 ) | 133 | HP Jornada 540 Series |
| StrongARM (INTEL ) | 200 | Compaq iPAQ H3600 Series |
| XScale | 800 | Compaq iPAQ H5000 Series |

**ตารางที่ 2.1** แสดงความเร็วของซีพียู

ข้อเสียของการมีซีพียูหลายตระกูลในพ็อคเก็ตพีซี คือ ทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสำหรับพ็อคเก็ตพีซี จะต้องทำการคอมไพล์โปรแกรมของซีพียูแต่ละตระกูลเอาไว้ให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับซีพียูในพ็อคเก็ตพีซีของผู้ใช้แต่ละคน ซึ่งถ้ามองในด้านของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้พัฒนาโปรแกรมนั้นสามารถทำได้ไม่ยากเพราะเพียงแค่นำเอาโปรแกรมเดิมมาคอมไพล์เท่านั้น แต่ถ้ามองในด้านของผู้ใช้นั้นอาจก่อให้เกิดความสับสนในการเลือกใช้โปรแกรมบ้าง เนื่องจากผู้ใช้อาจไม่ทราบว่าพ็อคเก็ตพีซี ของตนนั้นใช้ซีพียูตระกูลใด ดังนั้นโปรแกรมแต่ละตัวที่พัฒนามาเพื่อใช้บนพ็อคเก็ตพีซี ทุกโปรแกรมจะต้องมีรายละเอียดที่บอกว่าโปรแกรมนั้นสามารถใช้กับซีพียูใดได้เป็นต้น

จากปัญหาดังที่กล่าวมา ทางไมโครซอฟต์จึงกำหนดไว้ว่า ตั้งแต่ Pocket PC 2002 เป็นต้นไป ระบบปฏิบัติการ Windows CE จะสนับสนุนเฉพาะซีพียูตระกูล StrongARM และ Xscale ของ Intel เท่านั้น ซึ่งส่งผลดีต่อผู้พัฒนาโปรแกรมและผู้ใช้ เพราะจะเหลือซีพียูแค่ตระกูลเดียว และพ็อคเก็ตพีซี ของทุกบริษัทก็จะใช้มาตรฐานเดียวกัน

**2.4.1.2 หน่วยความจำ**

หน่วยความจำของพ็อคเก็ตพีซีแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รอม และแรม ซึ่งทางไมโครซอฟต์ได้กำหนดขนาดขั้นต่ำไว้ไม่ต่ำกว่า 16 MB โดยหน่วยความจำส่วนที่เป็นรอมจะใช้เก็บระบบปฏิบัติการ Windows CE และโปรแกรมพื้นฐานของพ็อคเก็ตพีซี เช่น Pocket Word , Pocket Excel หรือ Note เป็นต้น ซึ่งระบบปฏิบัติการหรือโปรแกรมที่เก็บอยู่ในรอมนี้จะไม่สูญหายไปเมื่อแบตเตอรี่หมด ซึ่งรอมที่อยู่ในพ็อคเก็ตพีซียังแบ่งออกอีกเป็น 2 ชนิด คือ รอมธรรมดากับรอมแบบ Flash ขึ้นอยู่กับว่าผู้ผลิตจะใช้รอมชนิดไหน หากเป็นรอมแบบ Flash แล้ว ผู้ใช้ก็จะสามารถอัพเกรดระบบปฏิบัติการของพ็อคเก็ตพีซีได้โดยใช้โปรแกรมอัพเกรดจากผู้ผลิตพ็อคเก็ตพีซี ซึ่งในปัจจุบันพ็อคเก็ตพีซีรุ่นใหม่ๆ ทุกรุ่น จะมีการใช้รอมแบบ Flash ขนาด 32 MB ทำให้ผู้ใช้มั่นใจได้ว่าจะสามารถอัพเกรดพ็อคเก็ตพีซีไปใช้ในระบบปฏิบัติการเวอร์ชั่นใหม่ๆ ที่จะออกมาในอนาคตได้อย่างแน่นอน

สำหรับแรมในพ็อคเก็ตพีซีนั้น จะใช้เป็นที่เก็บโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่ผู้ใช้ติดตั้งเข้าไป รวมทั้งไฟล์ข้อมูลต่างๆ ระหว่างการทำงาน จึงเปรียบเสมือนกับฮาร์ดดิสก์ของเครื่อง PC ทั่ว ๆ ไป แต่เนื่องจากการที่ข้อมูลในแรมจะอยู่ได้นั้นจำเป็นต้องมีกระแสไฟฟ้าเลี้ยงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อแบตเตอรี่ของพ็อคเก็ตพีซีหมด โปรแกรมและข้อมูลต่าง ๆ ที่ถูกเก็บไว้ในแรมก็จะหายไปด้วย เหลือเพียงระบบปฏิบัติการและโปรแกรมอื่นที่อยู่ในรอมเท่านั้น

1) **หน่วยความจำเสริม (Storage Cards) ของ Pocket PC**

- ด้วยขนาดที่จำกัดของแรมที่ให้มากับพ็อคเก็ตพีซี ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอต่อการใช้งานจริง หากต้องการเก็บไฟล์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น MP3 การใช้การ์ดหน่วยความจำอย่าง CF หรือ MMC/SD จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทำให้พ็อคเก็ตพีซีมีหน่วยความจำที่เพียงพอต่อการใช้งาน และข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำเสริมนี้ไม่จำเป็นต้องมีกระแสไฟเลี้ยงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น เมื่อไฟดับหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบตเตอรี่หมด ก็จะไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อข้อมูลที่สำคัญ อีกทั้งช่วยให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์อื่น เช่น กล้องดิจิตอลหรือเครื่องเล่น MP3 รวมทั้งถอดแยกออกมาเพื่อใช้พกพานำติดตัวไปได้โดยสะดวก ปัจจุบัน Storage Cards มีกันอยู่หลายชนิดมาดูกันว่า Storage Cards แต่ละชนิดมีรายละเอียดอะไรกันบ้าง

**1.1) Compact Flash**

Compact Flash (CF) storage cards ถูกคิดค้นโดย SanDisk เมื่อ พ.ศ. 2537 และได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในเวลาต่อมา จนกระทั่งถูก SecureDigital (SD) เข้ามาแย่งส่วนแบ่งโดยเฉพาะในตลาดของ PDA โดยโครงสร้างของ CF Cards จะใช้เทคโนโลยีแบบเดียวกันกับที่ใช้บน Flash ROM สามารถอ่านและเขียนโปรแกรมหรือไฟล์ข้อมูลได้ ปัจจุบันนิยมและนำมาใช้กับกล้องดิจิตอลและ PDA หลายๆ ยี่ห้อ จุดเด่นของ CF Cards ก็คือการสนับสนุนแพลทฟอร์มและ OS หลายประเภท รวมทั้งใช้ได้กับ PCMCIA ATA (ATA:AT Attachment) มาตรฐานได้

**รูปที่ 2.28** Memory แบบ CompactFash

การ์ด CF แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Type I กับ Type II โดย Type I จะมีขนาด 43*26*3.3 มิลลิเมตร ส่วนแบบ Type II จะมีขนาด 43*36*5.5 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีความหนามากกว่าแบบ Type I ประมาณ 2 มิลลิเมตร ดังนั้นการ์ด CF แบบ Type I จึงสามารถนำมาใช้กับสล็อตแบบ Type II ได้ แต่การ์ด CF แบบ Type II ไม่สามารถนำมาใช้กับสล็อตแบบ Type I ได้ ดังนั้นในการเลือกซื้อพ็อคเก็ตพีซีส่วนใหญ่จะมีสล็อต CF เป็นแบบ Type II

CF Card มีจุดเด่นที่ไม่มีส่วนประกอบส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหว จึงมีโอกาสชำรุดเสียหายได้ยาก อีกทั้ง CF Cards ยังกินไฟไม่มากและทนทาน การทำงานไร้เสียง เนื่องจากไม่มีส่วนเคลื่อนไหว จะใช้กระแสไฟอยู่ประมาณ 3.3 Volts ถึง 5 Volts สามารถรับแรงกระแทกจากการตกกระทบได้ถึง 10 ฟุต และสามารถเก็บรักษาข้อมูลได้นานกว่า 100 ปี โดยที่ข้อมูลไม่สูญหาย จะต้องโหลดเข้าสู่ RAM เพื่อการทำงานของโปรแกรม อย่างไรก็ตาม โปรแกรมไม่สามารถรันได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก CF Cards ด้วยเหตุนี้จึงมีความล่าช้ากว่าการทำงานของโปรแกรมที่บรรจุอยู่ใน RAM แต่ปัจจุบันได้มี CF Cards แบบใหม่คือ Ultra Compact Flash โดยมีความเร็วในการ copy และ download สูงถึง 2.8 เมกาไบท์ต่อวินาที ซึ่งเร็วกว่า CF Cards แบบมาตรฐานถึง 2 เท่า การเชื่อมต่อของ CF Cards เหมือนกันกับการเชื่อมต่อของ PC Cards แต่จุดเชื่อมต่อจะมีเพียง 50 pins ขณะที่ PC Cards จะมีถึง 68 pins และ CF Card สามารถใช้ต่อกับช่องเสียบ PC Cards ได้ โดยใช้ PC Card Type II Adapter โดยสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี CompactFash เป็นเครื่องหมายจดทะเบียนของ CompactFlash Association

**รูปที่ 2.29** Memory แบบ Ultra CompactFlash

ปัจจุบัน CF เป็นการ์ด I/O ซึ่งกำลังได้รับความนิยมในการนำมาใช้กับอุปกรณ์ดิจิตอลต่าง ๆ รวมทั้งพ็อคเก็ตพีซีด้วย และถูกนำมาใช้เป็นหน่วยความจำเสริมให้กับพ็อคเก็ตพีซี เช่น ใช้จัดการไฟล์ MP3 , MPEG หรือใช้เพื่อสำรองข้อมูล ( Back up ) เป็นต้น เนื่องจากมีขนาดเล็กกระทัดรัดและน้ำหนักเบา ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการ์ด CF ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น หน่วยความจำ โมเด็ม อีเทอร์เน็ต(Ethernet) และบลูทูธ(Bluetooth) เป็นต้น พ็อคเก็ตพีซีที่จะใช้การ์ด CF ได้จะต้องมีสล็อตหรือช่องสำหรับเสียบการ์ด CF ด้วย ซึ่งในพ็อคเก็ตพีซีบางรุ่น จะมีสล็อตสำหรับเสียบการ์ด CF ให้อยู่แล้วสำหรับพ็อคเก็ตพีซีบางรุ่นที่ไม่มีสล็อตสำหรับเสียบมาให้นั้นจะต้องใช้อุปกรณ์เสริม เช่น Expansion Pack มาช่วยจึงจะสามารถเสียบการ์ด CF ได้ ณ ปัจจุบันนี้ การ์ดหน่วยความจำ CF จะมีขนาดความจุให้เลือกมากมาย เริ่มตั้งแต่ 16 MB - 3 GB และจะมีขนาดความจุเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคต

**1.2) MMC (Multimedia Card)**

MultiMediaCard (MMC) เป็น Storage Cards ที่มีขนาดเล็กเท่ากับแสตมป์ หรือเท่ากับ 24 mm x 32 mm x 1.4 mm และเป็นหน่วยเก็บความจำแบบ flash ปัจจุบันมีขนาดความจุสูงสุดอยู่ที่ 128 เมกาไบท์ และมีใช้กับ Palm และพ็อคเก็ตพีซีในบางรุ่น MMC Cards จะมีแถบโลหะเป็นผิวสัมผัสอยู่ 7 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.30** Memory แบบ MultiMediaCard

**1.3) SD ( Secure Digital )**

Secure Digital (SD) cards ค้นคว้าร่วมกันโดยบริษัท Matsushita Electronic (เป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในนามผู้ผลิตเครื่องไฟฟ้ายี่ห้อ Panasonic), SanDisk และ Toshiba และนำออกสู่ตลาดเมื่อปี 2543 มีขนาด 32 mm x 24 mm x 2.1 mm หรือเล็กเท่ากับแสตมป์ใช้หน่วยเก็บความจำแบบ flash ปัจจุบันมีขนาดความจุสูงสุด 512 เมกาไบต์ แต่คาดว่าจะมีขนาดความจุ 1 กิกาไบต์ ออกมาให้เห็นกันในเร็ว ๆ นี้ SD cards สามารถใช้ได้กับ Palm และพ็อคเก็ตพีซีโดย SD cards จะมีความแตกต่างจาก MultimediaCard cards ในส่วนของการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลโดยการเข้ารหัส เช่น digital music และ electronic books เป็นต้น ลักษณะของการ์ดจะมีจุดเชื่อมต่อ 9 จุด

**รูปที่ 2.31** Memory แบบ Secure Digital

ปัจจุบันได้มี miniSD cards ที่มีขนาดเพียง 20 mm x 21.5 mm x 1.4 mm จุดเชื่อมต่อ 11 จุด มีขนาดเล็กกว่า SD cards เดิมค่อนข้างมาก โดยมีเป้าหมายสำหรับใช้กับเครื่องโทรศัพท์มือถือและเครื่องเล่น MP3 เป็นหลัก ปัจจุบันมีขนาดความจุสูงสุดที่ 128 เมกาไบต์ และจะมีขนาด 256 เมกาไบต์มาให้ซื้อกันในปี 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.32** Memory แบบ miniSD cards

การ์ดหน่วยความจำแบบ MMC และ SD จะมีขนาดใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการ์ด MMC/SD นั้นมีขนาดเล็กกว่าการ์ด CF มาก และการที่จะใช้การ์ด MMC/SD กับพ็อคเก็ตพีซีได้นั้น ตัวเครื่องพ็อคเก็ตพีซีก็จะต้องมีช่อง หรือสล็อตสำหรับการ์ด MMC/SD ด้วย ซึ่งสล็อตแบบนี้จะมีมากับพ็อคเก็ตพีซีบางรุ่นเท่านั้น

ความแตกต่างของการ์ดหน่วยความจำ MMC กับ SD นั้น โดยทางกายภาพที่สามารถเห็นได้ชัดคือ จำนวนพินหรือขาที่ด้านหลังของการ์ดทั้งสองแบบจะไม่เท่ากัน โดย MMC จะมี 7 พิน ส่วน SD จะมี 9 พิน ส่วนความแตกต่างเรื่องอื่น คือ การ์ด SD จะทำงานง่ายกว่า การ์ด MMC และด้วยขนาดความจุที่เท่ากัน การ์ด SD จะมีราคาแพงกว่า MMC เล็กน้อย

ดังนั้นก่อนที่จะเลือกซื้อพ็อคเก็ตพีซีควรจะมีการตรวจสอบเสียก่อนว่าพ็อคเก็ตพีซีแต่ละรุ่นนั้นได้มีการสนับสนุนการ์ด CF หรือ MMC/SD หรือไม่ แต่พ็อคเก็ตพีซีรุ่นใหม่ในปัจจุบันได้มีการเตรียมสล็อตสำหรับการ์ดทั้ง 2 แบบไว้เรียบร้อยแล้ว

**2.4.1.3 แบตเตอรี่**

แหล่งจ่ายไฟหลักของพ็อคเก็ตพีซี คือ แบตเตอรี่ ซึ่งจะมีอยู่ 2 ส่วน คือ แบตเตอรี่หลัก (Main Battery) และแบตเตอรี่สำรอง(Back up Battery) โดยแบตเตอรี่หลักจะมีหน้าที่จ่ายไฟให้แก่พ็อคเก็ตพีซีในสภาวะการใช้งานปกติ และเมื่อแบตเตอรี่หลักหมด แบตเตอรี่สำรองก็จะจ่ายไฟเลี้ยงแทนชั่วคราว เพื่อไม่ให้ข้อมูลในพ็อคเก็ตพีซีสูญหาย ซึ่งแบตเตอรี่ทั้ง 2 จะเป็นแบบชาร์ตหรือประจุไฟฟ้าได้ และส่วนมากจะเป็นแบตเตอรี่แบบลิเทียมโพลีเมอร์(Lithium Polymer) หรือลิเทียมไอออน(Lithium Ion) อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งระยะเวลาในการใช้งานนั้นจะต่างกัน ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตพ็อคเก็ตพีซีแต่ละรายว่าจะเลือกใช้แบตเตอรี่แบบใด

ในปัจจุบันแบตเตอรี่สำหรับพ็อคเก็ตพีซี จะมีระยะเวลาในการใช้งานต่อเนื่องอยู่ระหว่าง 8 – 14 ชั่วโมงโดยประมาณ แต่ในการใช้งานจริงมักจะน้อยกว่านี้ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะในการใช้งานพ็อคเก็ตพีซีด้วย หากใช้งานในลักษณะของมัลติมีเดีย เช่น MP3 ,ดูหนัง และเล่นเกมส์ที่มีกราฟฟิกมาก ๆ หรือ ใช้โปรแกรมที่ต้องมีการประมวลผล CPU หนัก ๆ แล้ว ระยะเวลาของแบตเตอรี่ในการใช้งานจริงจะลดลง ซึ่งอาจเหลือเพียงประมาณ 3 – 5 ชั่วโมงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบตเตอรี่ของพ็อคเก็ตพีซีสามารถชาร์ตได้ตลอดเวลาโดยไม่จำเป็นต้องใช้งานให้ใกล้หมดเสียก่อน ข้อสำคัญคือต้องนำไปชาร์ตทันทีเมื่อมีสัญญาณเตือนว่าแบตเตอรี่กำลังจะหมด เพราะถึงแม้ว่าจะมีแบตเตอรี่สำรองไว้ช่วยจ่ายไฟยามฉุกเฉินก็ตาม แต่ก็สามารถช่วยไว้ในระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น สำหรับการชาร์ตแบตเตอรี่ของพ็อคเก็ตพีซีนั้นจะทำผ่านแท่น Cradle หรือสายชาร์ตของ Adapter โดยตรงก็ได้ แต่สำหรับพ็อคเก็ตพีซีบางรุ่น ถ้านำไปเสียบหรือเชื่อมต่อกับ Computer PC ด้วยแท่น Cradle หรือสายซิงก์ ที่เป็นแบบ USB แล้ว ก็จะสามารถทำการชาร์ตแบตเตอรี่ได้ในตัวโดยการใช้ไฟจาก USB นั่นเอง

**2.4.1.4 จอภาพ**

จอภาพหรือ Screen ของพ็อคเก็ตพีซีจะมีความละเอียดขั้นต่ำอยู่ที่ 240 * 320 พิกเซล และเป็นจอสี จะมีแค่บางรุ่นเท่านั้นที่เป็น Grey Scale

Pocket PC 2002 ส่วนใหญ่จะมีจอภาพ LCD ที่ใช้เทคโนโลยี Reflective TFT ( Thin Film Transistor ) ในบางรุ่นจะมีตัวจับแสงแล้วนำไปปรับความสว่างของจอภาพโดยอัตโนมัติ สำหรับจำนวนสีที่สามารถแสดงได้ขึ้นอยู่กับรุ่นของพ็อคเก็ตพีซี ซึ่งส่วนใหญ่ในปัจจุบันสามารถแสดงสีได้ในระดับ 16 บิต หรือ 65536 สี

**2.4.1.5 โปรแกรมมาตรฐานของพ็อคเก็ตพีซี**

โปรแกรมมาตรฐานที่มากับระบบปฏิบัติการของพ็อคเก็ตพีซี จะเป็นพวกโปรแกรมหลัก ๆ ของ Microsoft Office และมีโปรแกรมอื่นๆ อีก เช่น

1) Pocket Word เป็นโปรแกรมสำหรับอ่านและแก้ไขเอกสาร MS Word
2) Pocket Excel เป็นโปรแกรมสำหรับอ่านและแก้ไขเอกสาร MS Excel
3) Notes สำหรับบันทึกข้อมูลต่างๆ
4) Calendar เป็นปฏิทินงานเพื่อจดบันทึกนัดหมาย ประชุมและกิจกรรมที่จะทำแต่ละวัน
5) Contacts สำหรับจดบันทึกชื่อ ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์และข้อมูลต่าง ๆ
6) Tasks สำหรับบันทึกงานที่ต้องทำ
7) Inbox เป็นโปรแกรมสำหรับจัดการกับพวกอีเมล์
8) Windows Media Player สำหรับเล่นเพลง MP3 และพวกมัลติมีเดีย
9) Pocket IE เป็นโปรแกรมเว็บบราวเซอร์ Internet Explorer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.2 ระบบภาษาไทยสำหรับพ็อคเก็ตพีซี

ระบบภาษาไทยเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ผู้ใช้พ็อคเก็ตพีซีส่วนใหญ่จำเป็นต้องใช้ อย่างน้อยก็เพื่อความสะดวกในการอ่านเอกสาร อีเมล์ หรือ เว็บเพจ ซึ่งในปัจจุบันระบบภาษาไทยสำหรับพ็อคเก็ตพีซีมีอยู่ 2 ค่าย คือ ThaiWinCE และ Pocket PC Thai

#### 2.4.2.1 ThaiWinCE

ระบบภาษาไทย ThaiWinCE ถูกพัฒนาโดย www.jimmysoftware.com และจัดจำหน่ายโดยบริษัท C&N Solutions จำกัด นอกจากระบบภาษาไทยแล้ว ยังมีโปรแกรมอื่น ๆ ที่ออกมาเพื่อสนับสนุนการใช้ภาษาไทยอีกหลายตัว เช่น CN Discovery Dictionary หรือ CN Discovery Talking Dictionary เป็นต้น

คุณสมบัติของ ThaiWinCE คือ

1) สนับสนุนการเขียนแบบ Definable Block Recognizer โดยสามารถกำหนดวิธีการเขียนตัวอักษรตามแบบลายมือของเองได้
2) ง่ายต่อการเขียนโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่เคยใช้ Palm มาก่อน เพราะสามารถใช้ ThaiWinCE Block Recognizer ในการเขียนแบบ Graffiti ได้
3) สนับสนุนภาษาไทยในทุกโปรแกรมการใช้งาน เช่น IE , Task , Contacts , Calendar Note , Word และ Excel เป็นต้น
4) มีการจัดอักษร สระและวรรณยุกต์ ที่สวยงาม ด้วยการใช้ API Hook Technology
5) รองรับการติดต่อคีย์บอร์ดภายนอก ( External Keyboard )

เมื่อติดตั้ง ThaiWinCE แล้วใน Input จะมีรูปแบบการป้อนข้อมูลของ ThaiWinCE เพิ่มเข้ามาอีก 2 แบบ คือ Keyboard และ Block Recognizer

#### 2.4.2.2 Pocket PC Thai

ระบบภาษาไทย Pocket PC Thai พัฒนาโดยบริษัท อัลกอริทึมส์ จำกัด www.algorithms.co.th ซึ่งถูกเผยแพร่และจัดจำหน่ายในเว็บไซต์ www.pocketpcthai.net

คุณสมบัติของ Pocket PC Thai คือ

1) คีย์บอร์ดภาษาไทย – อังกฤษ ซึ่งมีขนาดและการจัดเรียงตามมาตรฐาน รวมไปถึงการจัดเรียงขนาดใหญ่ เพื่อการใช้งานและการมองเห็นที่ชัดเจนกว่า ส่วนการปรับแต่งสามารถปรับแต่งได้ที่ Option ของคีย์บอร์ดนั้นๆ
2) การแสดงวันที่และเวลาแบบภาษาไทย สามารถปรับแต่งได้ที่ Regional setting
3) สามารถเปลี่ยน Background ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ระบบจัดเรียงลำดับอักษรภาษาไทยใช้ Natural Language Services และใช้ได้กับ SQL Server 2000 for Windows CE

5) มีความสามารถในการใช้ External Hardware Keyboard ทุกรุ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

6) มีระบบจดจำลายมือภาษาไทย และสามารถออกแบบลายมือเพื่อใช้เองได้

7) Thai Internet Keyboard กับความสามารถในการส่งข้อความอินเตอร์เน็ต

หลังจากติดตั้ง Pocket PC Thai แล้วใน Input จะมีรูปแบบการป้อนข้อมูลของ Pocket PC Thai เพิ่มขึ้นมาถึง 4 แบบ ซึ่งมากกว่าของ ThaiWinCE

สำหรับราคาของโปรแกรมระบบภาษาไทย ขั้นตอนการติดตั้ง วิธีการลงทะเบียนใช้งาน และรายละเอียดปลีกย่อยอื่นๆ นั้น สามารถติดต่อบริษัทผู้ผลิตเพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์ของผู้พัฒนาโปรแกรมได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 ระบบเมสเสจ (Message)

### 2.5.1 ระบบปฏิบัติการ Windows กับแนวคิด OOP

ระบบปฏิบัติการ Windows ทำงานในระบบมัลติทาสกิ้ง/มัลติเธรด ไม่เหมือนกับระบบปฏิบัติการดอส ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการตัวแรกๆ ของเครื่อง PC ซึ่งจะทำงานได้เพียงแค่ทีละหนึ่งอย่างเท่านั้น นั่นคือ เมื่อสั่งพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์ จะต้องรอจนกว่าจะพิมพ์เสร็จ จึงจะทำงานอื่นๆ ต่อไปได้

แต่ระบบปฏิบัติการ Windows นั้นไม่ใช่ เริ่มตั้งแต่ Windows เวอร์ชันแรกๆ ที่เคยใช้กัน คือ Windows 3.1 ที่สามารถสั่งพิมพ์งานได้โดยทำงานอื่นๆ ได้ในขณะเดียวกัน แต่อาจจะเป็นงานที่เล็กๆ เช่น พิมพ์งานเปิดเอกสารเป็นต้น

แต่ปัจจุบันการทำงานได้หลายๆ อย่างในเวลาเดียวกันนั้น ได้รับการปรับปรุงจนดูเหมือนกับว่ามันทำได้พร้อมกันจริงๆ แต่จริงๆ แล้วนั้น ระบบใช้ความสามารถของ CPU อัลกอริธึมในการจัดการกระบวนงาน และการบริหารหน่วยความจำที่ดี จึงทำให้ดูเหมือนกับว่าทำได้ในเวลาเดียวกัน

การทำงานของระบบ ระบบปฏิบัติการ Windows นั้นเป็นรูปของหน้าต่าง และแต่ละหน้าต่างนั้นก็จะมีคุณสมบัติและการทำงานของตัวมันเอง ซึ่งแต่ละหน้าต่างนั้นจะไม่มายุ่งเกี่ยวกันเด็ดขาด ถึงแม้จะเป็นโปรแกรมเดียวกันก็ตาม การทำงานแบบนี้บ่งบอกถึงการทำงานแบบ OOP จึงกล่าวได้ว่า ระบบปฏิบัติการ Windows มีการทำงานในแบบ OOP คือทุกๆ อย่างใน Windows เป็นวัตถุทั้งหมด

แนวคิดของ OOP อธิบายถึงวัตถุเอาไว้ว่า วัตถุประกอบด้วย 2 องค์ประกอบคือ

- คุณสมบัติ(Properties หรือ Attributes)
- การกระทำ(Methods)

หน้าต่างหนึ่งๆ มีคุณสมบัติ และการกระทำไม่เหมือนกับอีกหน้าต่างหนึ่ง เช่น เปิด Notepad ขึ้นมา 2 หน้าต่าง

จะสังเกตเห็นว่า หน้าต่างทั้งสองมีขนาดไม่เหมือนกัน นั่นคือ ความกว้าง และยาวไม่เท่ากันแน่นอนซึ่งนี่ก็คือคุณสมบัติ หรือ Properties นั่นเอง ซึ่ง ทั้ง 2 โปรแกรมเป็นโปรแกรมเดียวกัน แต่ไม่จำเป็นว่าจะต้องมี Properties เหมือนกันเสมอไป

### 2.5.2 ระบบข่าวสารใน Windows

โปรแกรมที่ทำงานบน Windows นั้น จะอยู่ในรูปของหน้าต่าง และผู้ใช้ทราบหรือไม่ว่าเมื่อผู้ใช้คลิกปุ่มปิดที่โปรแกรมใดโปรแกรมหนึ่ง โปรแกรมนั้นรู้ได้อย่างไรว่าปิดมัน เช่น ผู้ใช้

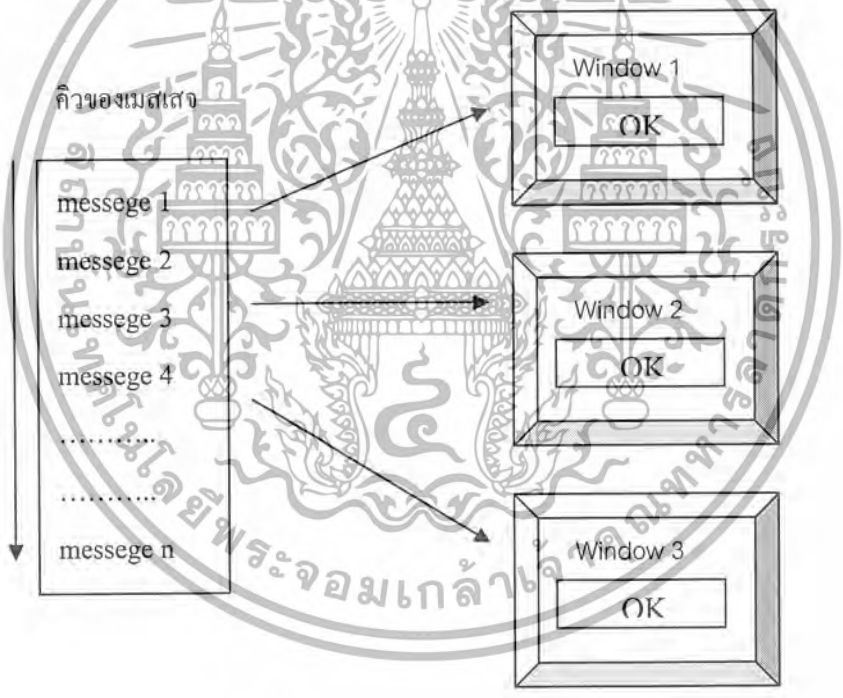
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิมพ์งานด้วย Word ในขณะที่ฟังเพลงไปด้วย เมื่อทำงานเสร็จก็คลิกปุ่ม close ที่ Ms Word โปรแกรม Word รู้ได้อย่างไรว่าผู้ใช้คลิกปิดแล้วทำไม WinAmp ไม่ปิดไปด้วย

ถ้าผู้ใช้เข้าใจหลักการของ OOP แล้ว จะสามารถตอบได้ทันที เพราะว่าแต่ละโปรแกรมที่ทำงานอยู่นั้น เป็นวัตถุคนละตัวกัน ไม่ยุ่งเกี่ยวกันและอีกอย่างหนึ่งก็คือ Windows จะมีระบบสัญญาณข่าวสาร เพื่อเป็นการบอกให้โปรแกรมต่างๆ ทราบถึงเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ

เหตุการณ์ทุกๆ อย่างที่เกิดขึ้นในระบบ Windows ไม่ว่าจะเป็นการ Log in, LogOut, คลิกปุ่ม Start, ย้ายหน้าต่าง, ยุบ, ขยาย หรือปิดโปรแกรมใดๆ จะเกิดสัญญาณขึ้นมา เรียกว่า เมสเสจ (Message)

เมสเสจเป็นเพียงค่าคงที่ๆ ส่งมาเมื่อเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ขึ้นใน Windows เพื่อใช้ในการอ้างถึงเหตุการณ์ใดๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ และทุกๆ ที่ทำงานบน Windows ทั้งหมดจะทำงานได้ด้วยการใช้เมสเสจนี้เป็นหลัก

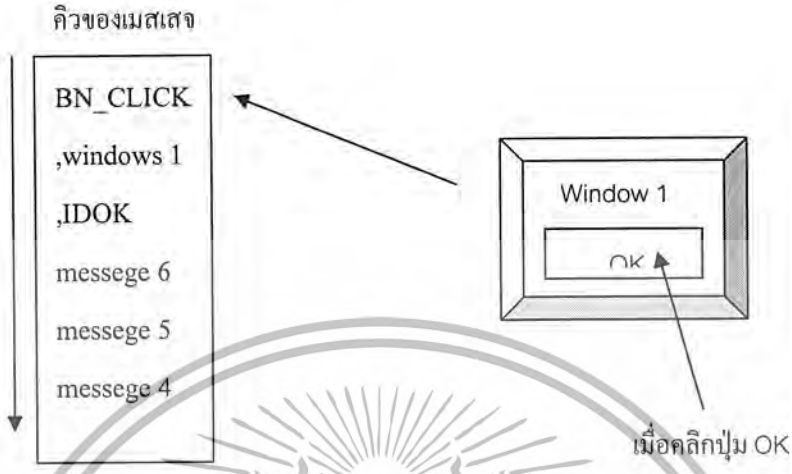



**รูปที่ 2.33** ระบบเมสเสจใน windows

เมื่อเกิดเหตุการณ์ทุกๆ อย่างในระบบ เมสเสจจะเกิดขึ้น และถูกส่งเข้าไปยัง "คิวของเมสเสจ" ซึ่งเปรียบเสมือนท่อที่ส่งผ่านเมสเสจ โปรแกรมที่ทำงานในระบบ เมื่อต้องการดูว่าเมสเสจใดที่เป็นของตัวเอง ก็จะมาดักรอที่คิวของเมสเสจนี้ เช่น จากรูปในข้างต้น มีหน้าต่างโปรแกรม Windows 1,2 และ 3 เมื่อเอาเมาส์คลิกปุ่ม OK ของ Windows 1 ตัวปุ่มกด มันจะรู้หน้าที่โดยอัตโนมัติว่า จะต้องส่งเมสเสจเข้าไปในคิวของเมสเสจปุ่มกดก็สร้างเมสเสจชื่อว่า BN_CLICK ส่ง

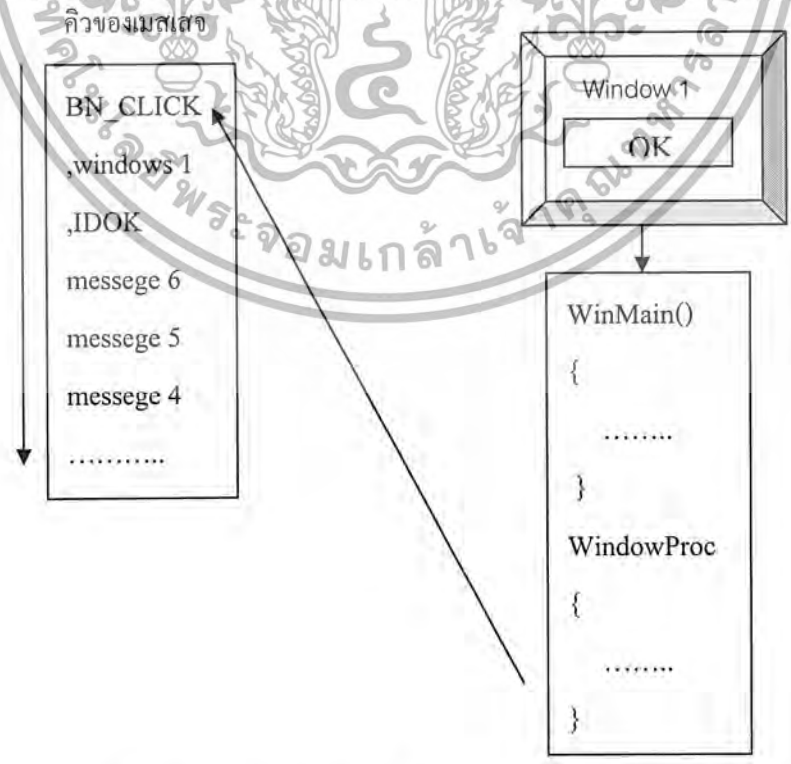
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าไปที่คิวของเมสเสจพร้อมกับค่าที่บอกถึงตัวโปรแกรมที่เป็นเจ้าของปุ่มนั้น(Instance) ก็คือ Windows 1 และค่าคงที่ของปุ่ม OK ที่มันถูกกด ดังรูป




**รูปที่ 2.34** ตัวอย่างการส่งเมสเสจของ windows 1 ในการกดปุ่ม

เมื่อเมสเสจ BN_CLICK ถูกส่งเข้าไปอยู่ในคิวของเมสเสจแล้ว คราวนี้ถ้าต้องการเขียนโปรแกรมให้ปุ่มกดทำงานได้ ก็จะต้องเขียนโปรแกรมตรวจจับเมสเสจตัวที่ต้องการ โดยจะเขียนลงไปในฟังก์ชันที่ชื่อ WindowProc นั่นเอง

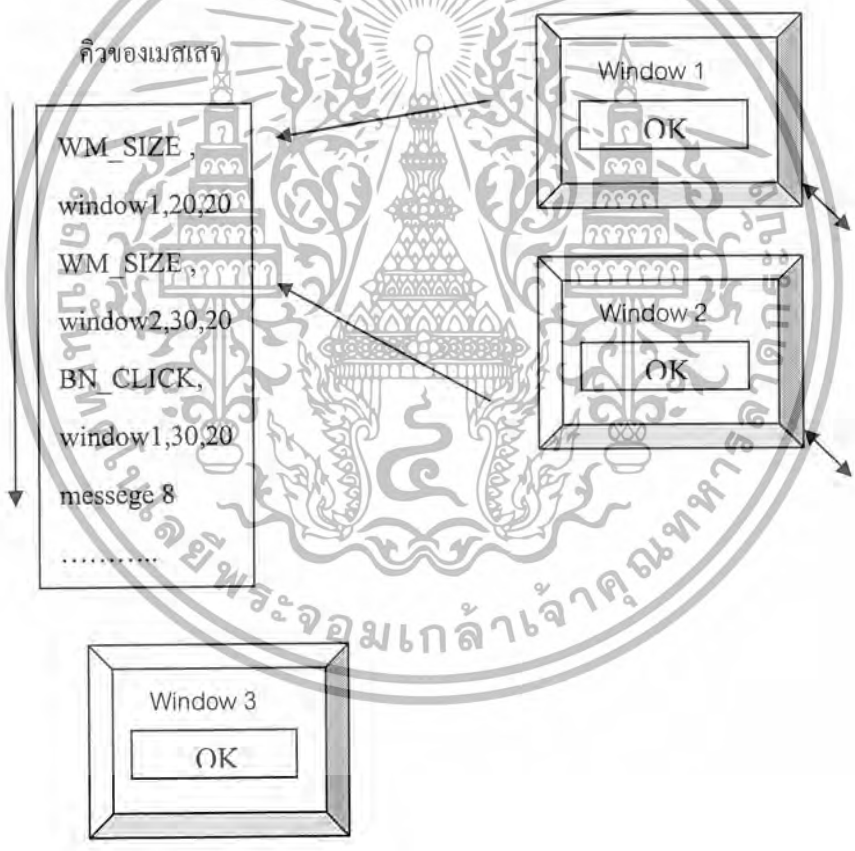



**รูปที่ 2.35** การจัดการของฟังก์ชัน WinMain และ WindowProc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน WindowProc เป็นส่วนที่ในทุกๆ โปรแกรมที่ทำงานบน Windows ต่างมีเหมือนกัน และฟังก์ชัน WinProc ของแต่ละโปรแกรมต่างจะคอยตรวจจับดูว่าเมสเสจใดเป็นเมสเสจของตัวมันเอง เพราะว่าเมสเสจที่ถูกส่งเรียงลำดับกันเข้ามาในคิวของเมสเสจนั้น ตัวโปรแกรมไม่ได้สร้างเอง แต่เกิดจากระบบอินเตอร์เฟส และอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ในโปรแกรมนั่นเอง ที่เป็นตัวสร้างและส่งเมสเสจไปโดยอัตโนมัติ

ตัวอย่างเช่น เมื่อขยายหน้าต่าง Windows 1 และ Windows 2 เมสเสจ WM_SIZE ก็จะถูกส่งเข้าไปในคิวของเมสเสจ ดังรูป พร้อมทั้งชื่อหน้าต่างที่เป็นเจ้าของเมสเสจ และขนาดที่ถูกเปลี่ยนไป




**รูปที่ 2.36** ตัวอย่างการส่งเมสเสจในลักษณะต่างๆ

คราวนี้ถ้าโปรแกรม Windows 1 หรือ Windows 2 ต้องการตรวจสอบเมสเสจ WM_SIZE และนำการตรวจจับนั้นไปใช้ในตัวโปรแกรมด้วย ก็จะต้องเขียนโค๊ดสำหรับตรวจจับเมสเสจนี้เอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าในโปรแกรมไม่มีการตรวจจับเมสเสจ WM_SIZE เพื่อนำไปใช้ในเมสเสจที่ว่านี้ ก็จะถูกส่งออกจากคิว และก็จบไป เมสเสจใหม่ก็จะเข้ามาแทนที่ แต่ถ้ามีการตรวจจับก็เท่ากับว่าได้กำหนดเหตุการณ์ให้กับการเปลี่ยนขนาดของหน้าต่างนั่นเอง

**2.5.2.1 เมสเสจของการเคลื่อนที่เมาส์**

ตัวแปร wparam นั้นจะเก็บค่าคงที่ของปุ่มเอาไว้ ดังนี้

- MK_LBUTTON ปุ่มซ้ายของเมาส์ถูกกด
- MK_MBUTTON ปุ่มกลางของเมาส์ถูกกด
- MK_RBUTTON ปุ่มขวาของเมาส์ถูกกด
- MK_CONTROL ปุ่ม < Ctrl > ถูกกด
- MK_SHIFT ปุ่ม < Shift > ถูกกด

**2.5.2.2 เมสเสจของการคลิกปุ่มเมาส์**

เมสเสจของการคลิกปุ่มเมาส์มี 2 แบบ คือ คลิกปุ่มซ้าย และคลิกปุ่มขวา ซึ่งเมสเสจที่เกิดขึ้นคือ

- WM_LBUTTONDOWN เมื่อปุ่มซ้ายถูกกดลง ( กดค้าง )
- WM_RBUTTONDOWN เมื่อปุ่มขวาถูกกดลง ( กดค้าง )
- WM_LBUTTONUP เมื่อปุ่มซ้ายถูกปล่อยขึ้น
- WM_RBUTTONUP เมื่อปุ่มขวาถูกปล่อยขึ้น
- WM_LBUTTONDBLCLK เมื่อปุ่มซ้ายถูกดับเบิ้ลคลิก
- WM_RBUTTONDBLCLK เมื่อปุ่มขวาถูกดับเบิ้ลคลิก

**2.5.2.3 เมสเสจของการกดปุ่มคีย์บอร์ด**

เช่นเดียวกับเมสเสจอื่นๆ ถ้าต้องการตรวจจับการกดปุ่มคีย์บอร์ด จะมีการตรวจจับเมสเสจต่อไปนี้

- WM_CHAR เมื่อต้องการรู้ว่ากดปุ่มอักษรตัวใด 0-9 ,a-z ,A-Z และสัญลักษณ์ต่างๆ ไม่รวมปุ่มพิเศษพวก Ctrl ,Alt ,Shift ,Enter
- WM_KEYDOWN เมื่อต้องการตรวจสอบว่ากำลังกดปุ่มอยู่หรือไม่ ( Key down )
- WM_KEYUP เมื่อต้องการตรวจสอบว่าปุ่มที่กดอยู่นั้น ถูกปล่อยหรือยัง ( Key up )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

wparam จะเก็บค่าของ Virtual Key ซึ่งจะมีปุ่มลูกศรซ้าย ,ขวา ,บน ,ล่าง ,space bar ,Esc ,Ctrl ,Return ,Home ,End ,Delete และ F1 – F12 โดยมีค่าคงที่ดังต่อไปนี้

- VK_HOME ปุ่ม Home
- VK_END ปุ่ม End
- VK_DELETE ปุ่ม Delete
- VK_INSERT ปุ่ม Insert
- VK_SPACE ปุ่ม Space Bar
- VK_ESCAPE ปุ่ม Esc
- VK_PAUSE ปุ่ม Pause
- VK_CONTROL ปุ่ม Ctrl
- VK_SHIFT ปุ่ม Shift
- VK_TAB ปุ่ม Tab
- VK_RETURN ปุ่ม Return ( Enter )
- VK_UP ปุ่มลูกศรขึ้น
- VK_DOWN ปุ่มลูกศรลง
- VK_LEFT ปุ่มลูกศรซ้าย
- VK_RIGHT ปุ่มลูกศรขวา
- VK_F1…VK_F12 ปุ่ม F1 – F12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงานวิจัย

## 3.1 ระบบงาน

ระบบงานประกอบด้วยส่วนข้อมูลเข้า ส่วนประมวลผล ส่วนแสดงผล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 3.1.1 ส่วนข้อมูลเข้า

ตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งปลายทางของผู้เดินทาง

### 3.1.2 ส่วนประมวลผล

เมื่อรับตำแหน่งเริ่มต้น และตำแหน่งปลายทางของผู้เดินทางเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมระบบนำทางบนพ็อกเก็ตพีซีจะทำการประมวลผลเพื่อหาเส้นทางสั้นที่สุด

### 3.1.3 ส่วนแสดงผล

เมื่อโปรแกรมระบบนำทางบนพ็อกเก็ตพีซีทำการประมวลผลเรียบร้อยแล้ว จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลนั้นออกทางหน้าจอบนพ็อกเก็ตพีซีแต่โปรแกรมระบบนำทางบนพ็อกเก็ตพีซี ถ้าไม่มีการรับข้อมูลเข้ามาโปรแกรมก็สามารถแสดงผลเป็นแผนที่ได้

## 3.2 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

โปรแกรมระบบนำทางบนพ็อกเก็ตพีซี มีขั้นตอนในการดินเนินงาน ดังนี้

### 3.2.1 ภาพรวมของขั้นตอนในการดำเนินงาน

1) ศึกษาวิทยานิพนธ์และปริญญานิพนธ์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับจีพีเอสและพ็อกเก็ตพีซี
2) ศึกษาทฤษฎีและเทคนิควิธีที่เกี่ยวข้องกับการหาระยะทางสั้นที่สุด
3) เขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบทฤษฎีการค้นหาเส้นทางสั้นที่สุด
4) ศึกษาภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมลงพ็อกเก็ตพีซี
5) เก็บข้อมูลเส้นทางต่างๆ ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร
6) วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมาได้และจัดเรียงข้อมูลเพื่อนำไปใช้งาน
7) วางแผนและกำหนดรูปแบบของส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ดำเนินการเขียนโปรแกรม

9) ตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของโปรแกรม

10) จัดทำเอกสารของงานวิจัย

**3.2.2 ขั้นตอนในการดำเนินงานในส่วนของโปรแกรม**

1) เขียนโปรแกรมค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ด้วยภาษาซีบนเครื่องพีซี

2) ทดสอบโปรแกรมค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ด้วยการสมมติเส้นทางขึ้นมาหลายๆ เส้นทาง โดยนำ Visual Basic 6 มาใช้ในการวาดเส้นทาง

3) เขียนโปรแกรมสร้าง User Interface สำหรับวาดแผนที่ โดยมีการขยายภาพเข้า และออก และเลื่อนซ้าย ขวา ขึ้น และลง ด้วยภาษาซีบนเครื่องพีซี

4) นำข้อมูลของจุดมาวาดลงบนเครื่องพีซี พร้อมทั้งวาดเส้นทางการเชื่อมของแต่ละจุดโดยเลือกมาเฉพาะจุดที่เป็นถนนหลักในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

5) ทำการเลือก และเพิ่มเติมจุดที่สำคัญสำหรับการคำนวณ เช่น จุดแยก เป็นต้น เพื่อลดความล่าช้าในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดของโปรแกรม

6) เขียนโปรแกรมเพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างจุดใหม่ เพื่อนำไปใช้ในการค้นหาเส้นทาง ที่สั้นที่สุด เนื่องจากข้อมูลเดิมของจุดมีไว้สำหรับวาดแผนที่เท่านั้น

7) ปรับปรุงโปรแกรมค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดใหม่ เพื่อให้เข้ากับข้อมูลของจุด และข้อมูลของความสัมพันธ์ของจุด

8) ทำการทดสอบโปรแกรมที่ปรับปรุงแล้ว โดยการสุ่มตัวอย่างจุด 2 จุด ขึ้นมาหลายๆ เส้นทาง

9) เขียนโปรแกรมค้นหาว่าจุดที่ผู้ใช้อยู่นั้น อยู่ใกล้กับจุดไหนของข้อมูลจุดที่มีอยู่มากที่สุด เพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้น

10) นำโปรแกรมค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ข้อมูลจุด และข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างจุดไปทดสอบกับพ็อกเก็ตพีซี

จากขั้นตอนในการดำเนินงานในส่วนของโปรแกรมอย่างละเอียด สามารถนำมาสรุปและจัดหมวดหมู่ได้ ซึ่งมีขั้นตอนหลักๆ อยู่ 4 ขั้นตอนดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 3.1** แสดงขั้นตอนอย่างสรุป

## 3.3 ขั้นเตรียมข้อมูล

ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลนั้นจะใช้เวลานานที่สุดเนื่องจาก ข้อมูลที่ได้มาจริงๆนั้นไม่ได้รองรับที่จะใช้งานในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ดังนั้นจะต้องเขียนโปรแกรม Visual Basic 6 และ Turbo C++ เพื่อจัดการให้เกิดข้อมูลที่ต้องการ 2 อย่างคือ

1. ข้อมูลของจุดยอดที่เพิ่มขึ้นเอง
2. ข้อมูลความสัมพันธ์ของจุดยอดขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

ซึ่งเมื่อได้ครบแล้วจะได้ไปสู่ขั้นตอนต่อไป โดยในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลมีขั้นตอนย่อยๆ อยู่3 ขั้นซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 3.2** แสดงขั้นเตรียมข้อมูล

### 3.4 ขั้นเตรียมงานบนพีซี

หลังจากได้เตรียมข้อมูลครบตามต้องการแล้วขั้นต่อไปจะต้องเขียนโปรแกรมบนพีซีซึ่งเขียนด้วย Turbo C++ และ C++ Builder 5.0 โดยใช้ Turbo C++ เขียนเพื่อหาเส้นทางสั้นสุด และจุดยอดที่ใกล้ที่สุดแต่เนื่องจากเหตุอันใดไม่ทราบแน่ชัดใน Turbo C++ ไม่สามารถอ่านข้อมูลที่เตรียมไว้ในขั้นตอนแรกได้ 100% และใน C++ Builder 5.0 ทำได้และปัญหาอีกอย่างหนึ่งคือ Turbo C++ ไม่สามารถจองพื้นที่ในหน่วยความจำตามต้องการได้ จึงได้ใช้ C++Builder 5.0 แทนโดยในขั้นตอนนี้ได้แบ่งขั้นตอนออกเป็นขั้นย่อยได้อีก 4 ขั้นซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 3.3** แสดงขั้นเตรียมงานบนพีซี

**3.4.1 ขั้นเขียนโปรแกรมแสดงแผนที่บนเครื่องพีซี**

ในการเขียนโปรแกรมแสดงแผนที่นั้นจะต้องใช้ความรู้เรื่องหลักการการเลื่อนและเปลี่ยนแปลงขนาดของภาพซึ่งแสดงในบทที่ 2 โดยข้อมูลเริ่มต้นมีอยู่ 2 ส่วน คือ ข้อมูลจุด (x,y) และ ข้อมูลที่บอกถึงการเชื่อมกันของเส้นที่นำมาใช้วาดแผนที่โดยดูข้อมูลที่บอกถึงการเชื่อมกันของเส้นที่ถ้าหากมีหมายเลขตรงกันทุกๆ 2 จุดแล้วจะวาดเส้นตรงระหว่าง 2 จุดนั้นเมื่อวาดแผนที่ได้แล้วก็จะทำการเลื่อนแผนที่โดยการบวกและลบตำแหน่งเดิมของภาพแล้ววาดใหม่และสำหรับการซูมภาพก็ใช้การคูณและหารกับตำแหน่งเดิมแล้ววาดใหม่โดยเริ่มต้นด้วยการลดขนาดของข้อมูลจริงของจุดลงมาก่อนระดับหนึ่งเนื่องจากข้อมูลเริ่มต้นมีขนาดใหญ่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.4.2 เขียนโปรแกรมการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด**

ใช้วิธีของดิสจ์สตราในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดซึ่งต้องใช้ข้อมูลที่ได้เตรียมในขั้นตอนแรกทั้งหมด

**3.4.3 ขั้นเขียนโปรแกรมหาจุดยอดที่ใกล้ที่สุด เทียบกับจุดที่ผู้ใช้อยู่**

ใช้การเปรียบเทียบระหว่างสองจุดโดยใช้สมการ $d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2}$ โดยการเทียบตำแหน่งที่สนใจกับข้อมูลจุดยอดที่มีอยู่ทุกจุดยอด

**3.4.4 ขั้นทดสอบโปรแกรมทั้งหมด**

ในการทดสอบจะทำการทดสอบทีละขั้นตอนจนกว่าจะได้ผลลัพท์ที่ถูกต้องเป็นที่น่าพอใจ แต่ถ้าเกิดปัญหาจะดำเนินการหาข้อบกพร่องทันที และทำการแก้ไข นั้นก็คือเมื่อเขียนโปรแกรมแสดงแผนที่บนเครื่องพีซีจะทำการทดสอบทันที จึงค่อยทำในขั้นเขียนโปรแกรมการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด และจะทำการทดสอบทันทีเช่นกัน จากนั้นจึงค่อยทำในขั้นเขียนโปรแกรมหาจุดยอดที่ใกล้ที่สุด เทียบกับจุดที่ผู้ใช้อยู่ และจะทำการทดสอบทันทีเช่นกัน การทำเช่นนี้จะทำให้มีผลดีกับการเขียนโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่หรือมีหลายองค์ประกอบซึ่งประกอบกันเป็นโปรแกรม และยังช่วยทำให้แน่ใจได้ว่าโปรแกรมที่เขียนอยู่ในขั้นตอนปัจจุบันนั้นถ้าเกิดข้อผิดพลาดขึ้นก็ไม่ได้เกิดจากขั้นตอนก่อนหน้านี้

ในการนำโปรแกรมมาทดสอบทั้งหมด จะทำโดยการสุ่มจุดมาทดสอบ และตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลและถ้าเกิดข้อผิดพลาดจะทำการแก้ไขทันทีซึ่งในขั้นตอนนี้ในทางปฏิบัติจะต้องทำทันทีหลังจากทำในขั้นต่างๆ เสร็จสิ้นลงแล้วจึงดำเนินงานในขั้นต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.5 ขั้นสร้างโปรแกรมบนพ็อกเก็ตพีซี

ในขั้นตอนนี้จะมีขั้นตอนที่แบ่งออกเป็นขั้นย่อยๆ อีก 3 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และมีรายละเอียดดังนี้

**รูปที่ 3.4** แสดงขั้นสร้างโปรแกรมบนพ็อกเก็ตพีซี

### 3.5.1 ขั้นเขียนโปรแกรมแสดงแผนที่บนพ็อกเก็ตพีซี

ในการเขียนโปรแกรมลงบนพ็อกเก็ตพีซีซึ่งใช้ภาษา EVC++ 4.0 เป็นเครื่องมือในการเขียนโปรแกรมขึ้นมาและยังเขียนด้วยวิธีแบบ Win32 ซึ่งจะต้องใช้ความรู้เรื่องเมสเสจของ Windows ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 2 เหตุผลที่ใช้การเขียนแบบ Win32 อันเนื่องมาจากเครื่องพ็อกเก็ตพีซีมีหน่วยความจำที่จำกัดและต้องการให้โปรแกรมทำงานเร็วที่สุดที่จะเป็นไปได้ ฉะนั้นจึงเลือกเขียนด้วยวิธีดังกล่าว

ในการเขียนโปรแกรมแสดงแผนที่นั้นก็ใช้หลักการคล้ายกับการแสดงแผนที่ในเครื่องพีซี และการเลื่อนแผนที่ การซูมเข้า และซูมออกก็เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.5.2 ขั้นเปลี่ยนภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด และจุดยอดที่ใกล้ที่สุดมาให้ใช้ได้ในพ็อกเก็ตพีซี**

ในขั้นนี้ก็ไม่ได้ยากอะไรมากเพียงแต่ต้องระวังและตรวจสอบว่าคำสั่งไหนที่ใช้การในพ็อกเก็ตพีซีไม่ได้บางก็ต้องเปลี่ยนแต่โดยรวมแล้วไม่มีปัญหาอะไรมากในขั้นนี้ เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ภาษา C นั้นต้องอยู่ภายใต้กรอบข้อตกลงของ ANSI (American National Standard Institute) นั้นคือจะมีบางคำสั่งที่เป็นมาตรฐานอยู่แล้ว หลังเปลี่ยนแล้วก็ต้องทดสอบว่าใช้งานได้ไหมและถูกต้องไหมเท่านั้นซึ่งยังไม่ได้เก็บผลการทดลองแต่อย่างไร

**3.5.3 ขั้นเขียนโปรแกรมเพื่อรับสัญญาณจีพีเอส และระบุตำแหน่งบนแผนที่**

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ยากที่สุดและต้องใช้ความรู้หลายอย่างนำมาประกอบกัน โดยถ้ามีความต้องการจะรับสัญญาณจีพีเอส แล้วโปรแกรมจะต้องตรวจสอบว่า Com Port ไหนที่ใช้การได้และเป็นอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส หรือไม่หลังจากนั้นจะต้องสร้าง Treat ขึ้นเพื่อให้ประมวณผลตลอดเวลาในการรับข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส หลังจากรับข้อมูลมาแล้วจะมาทำการถอดรหัสข้อมูลก่อน โดยจะต้องเปลี่ยนข้อมูลจากที่เป็นละติจูด และลองจิจูดให้เป็นข้อมูลตำแหน่ง X, Y ที่สามารถแสดงผลบนหน้าจอได้ หลังจากถอดรหัสแล้วจะทำการแสดงผลจากการถอดรหัส ซึ่งในขั้นตอนการรับส่งข้อมูลกับเครื่องรับนั้นจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน NMEA ที่แสดงรายละเอียดในบทที่ 2 หลังจากสร้างเสร็จก็ทดสอบว่าทำงานได้ไหมซึ่งยังไม่มีการเก็บผลการทดลองใดๆ ทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 3.5** แสดงขั้นตอนการติดต่อเพื่อรับข้อมูล

### 3.6 ขั้นทดสอบและตรวจหาความผิดพลาด

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายแต่จะไม่ขอแสดงรายละเอียดในที่นี้ เพราะสามารถดูรายละเอียดในขั้นตอนนี้ทั้งหมดได้ในบทที่ 4 ซึ่งจะชัดเจนและละเอียดกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# การทดสอบ และการประเมินผลงานวิจัย

ในการทดสอบผลจากการสร้างโปรแกรมได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ การทดสอบบนเครื่องพีซีและการทดสอบบนพ็อกเก็ตพีซี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- การทดสอบบนเครื่องพีซี
    1. การแสดงผลของแผนที่,การเลื่อนแผนที่และการซูม
    2. การหาจุดยอดที่ใกล้ที่สุดจากการเลื่อนของ mouse
    3. การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

- การทดสอบบนพ็อกเก็ตพีซี
    1. การแสดงผลของแผนที่,การเลื่อนแผนที่และการซูม
    2. การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด
    3. การแสดงตำแหน่งจากดาวเทียม

## 4.1 คุณสมบัติของเครื่องพีซีและพ็อกเก็ตพีซีที่ใช้ในการทดสอบ

1) คุณสมบัติของเครื่องพีซีที่ใช้ในการทดสอบ
    - ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 98 Second Edition
    - ซีพียูรุ่น AMD Duron ความเร็ว 1200 MHz
    - หน่วยความจำหลักขนาด 512.0 MB

2) คุณสมบัติของเครื่องพ็อกเก็ตพีซีที่ใช้ในการทดสอบ
    - ระบบปฏิบัติการ Windows Mobile 2003
    - ซีพียูรุ่น Intel Xscale ความเร็ว 400 MHz
    - หน่วยความจำหลักขนาด 64 MB

## 4.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ

- ทดสอบการแสดงผลของแผนที่,การเลื่อนแผนที่และการซูมบนเครื่องพีซี
- ทดสอบการหาจุดยอด ที่ใกล้ที่สุดบนเครื่องพีซี
- ทดสอบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดพร้อมบันทึกผลบนเครื่องพีซี
- ทดสอบการแสดงผลของแผนที่,การเลื่อนแผนที่และการซูมบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทดสอบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดพร้อมบันทึกผลบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี
- ทดสอบการแสดงตำแหน่งจากดาวเทียมบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี
- ตรวจสอบการทำงานทั้งหมดเพื่อค้นหาความผิดพลาด
- เปรียบเทียบผลการทดสอบบนเครื่องพีซีกับบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี

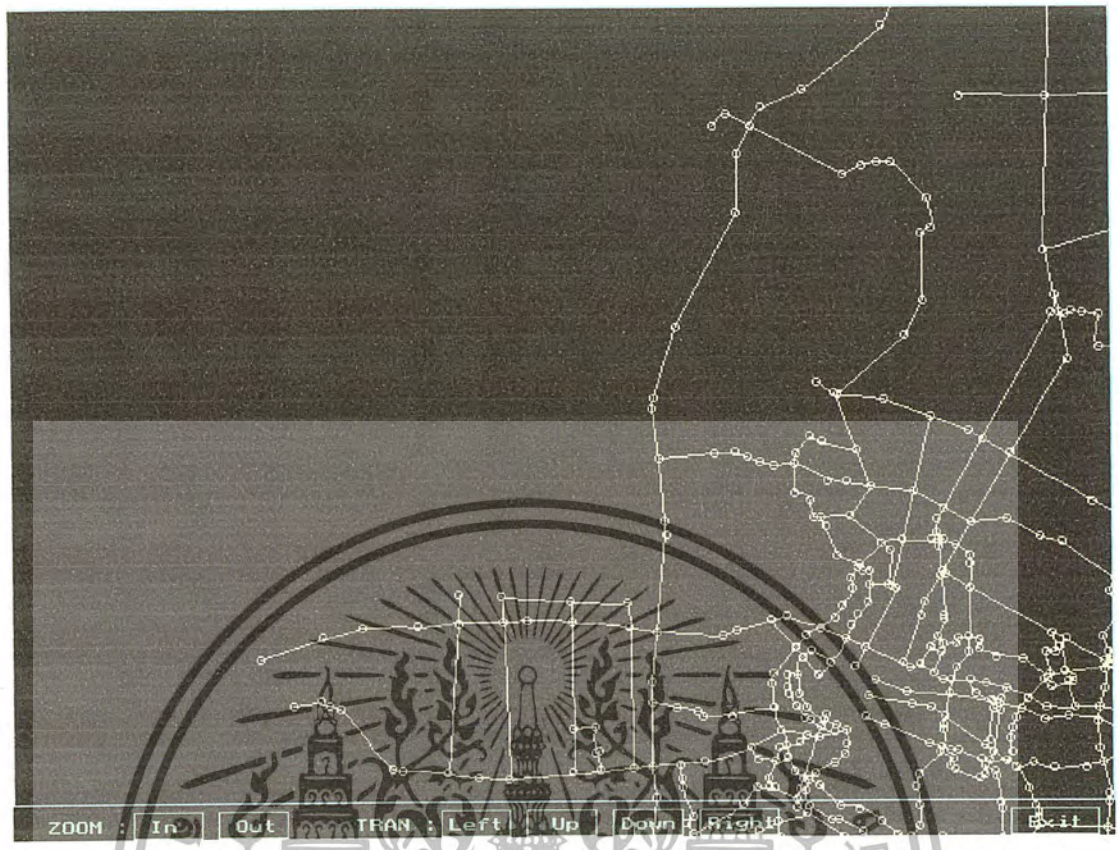
**4.2.1 ขั้นตอนการทดสอบการแสดงผลของแผนที่ การเลื่อนแผนที่ และการซูมบนเครื่องพีซี**

ขั้นตอนนี้จะทดสอบโดยเลื่อนแผนที่ไปทางซ้าย,ทางขวา,บน และล่างในระดับซูมต่างๆ แล้วดูความถูกต้องในการแสดงผลดังรูปที่ 4.1

**รูปที่ 4.1** แสดงผลของแผนที่

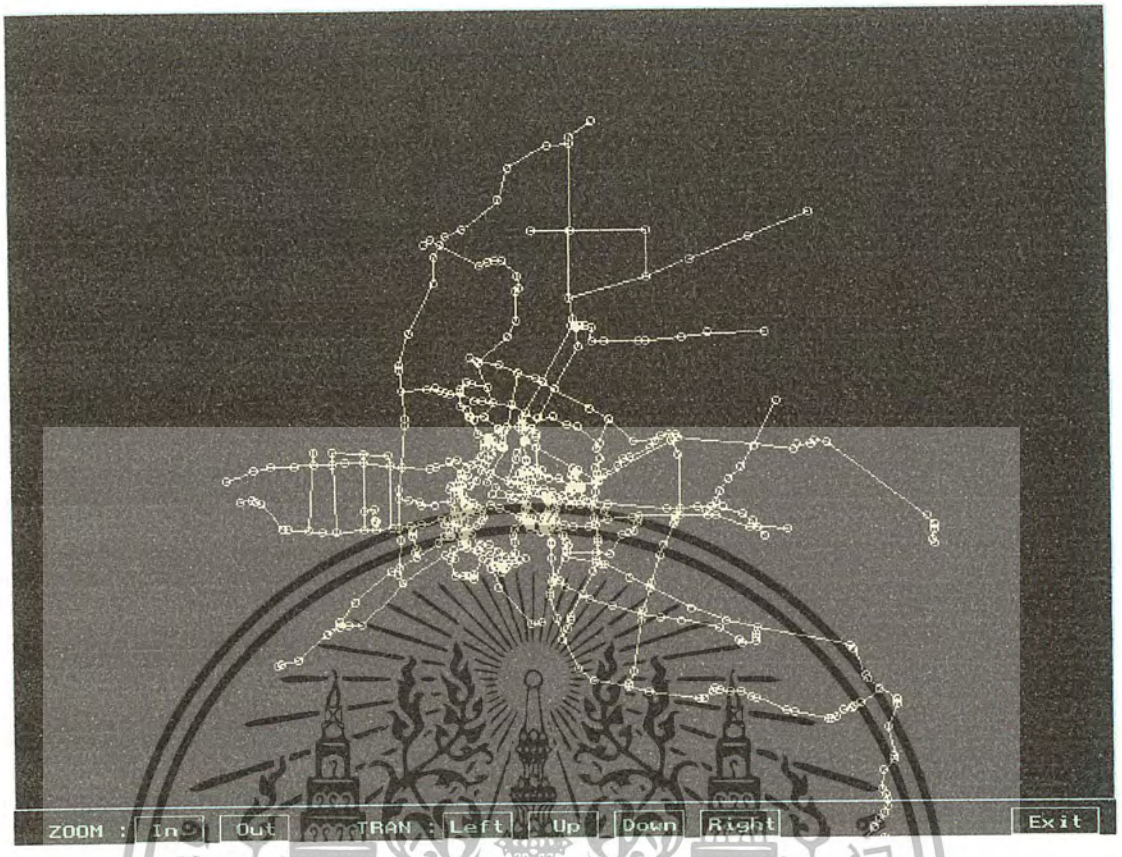
ในขั้นตอนนี้ทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าถูกต้องแล้วเพราะในขั้นต่อๆ ไปถ้าเกิดข้อผิดพลาดขึ้นจะได้รู้แน่ชัดได้ว่าไม่ได้เกิดจากในขั้นตอนนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.2 แสดงผลการเลื่อนแผนที่โดยเทียบจากรูปที่ 4.1 ( เลื่อนขึ้นและไปทางซ้าย )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.3 แสดงผลการซูมแผนที่โดยเทียบจากรูปที่ 4.1 (ลดขนาดลง)

ผลการทดสอบ

เป็นที่น่าพอใจในการตอบสนองการแสดงแผนที่ในระดับต่างๆ ได้ดี ไม่มีข้อผิดพลาด

### 4.2.2 ขั้นตอนการทดสอบการหาจุดยอดที่ใกล้ที่สุดบนเครื่องพีซี

เนื่องจากโปรแกรมค้นหาเส้นทางสั้นที่สุดนี้ตำแหน่งเริ่มต้นอาจจะไม่ตรงกับข้อมูลจุดที่มีอยู่ จึงต้องมีการคำนวณหาตำแหน่งในข้อมูลจุดที่ใกล้ที่สุดกับตำแหน่งเริ่มต้นนั้นเพื่อแสดงเป็นจุดเริ่มต้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการหาตำแหน่งเริ่มต้นที่ใกล้ที่สุดบนพีซี

หมายเหตุ : จุดที่วงกลมด้วยสีฟ้าคือจุดที่อยู่จริง ณ ขณะนั้น ( สมมติ ) และจุดที่วงกลมด้วยสีเขียวที่อยู่บนถนน คือจุดในข้อมูลที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งที่อยู่ ณ ขณะนั้นมากที่สุด

ผลการทดสอบ

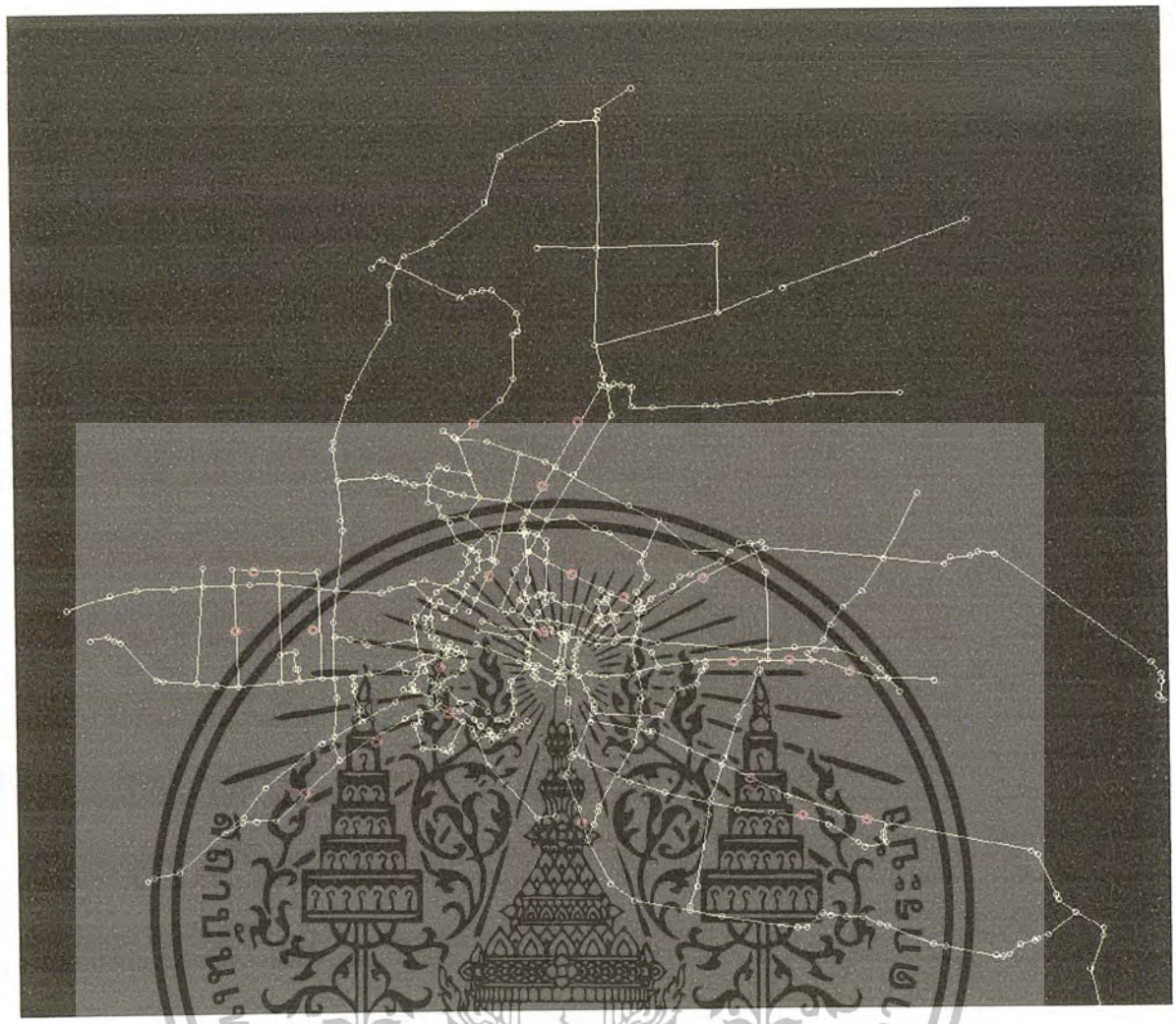
เนื่องจากในการคำนวณตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดจากตำแหน่งเริ่มต้นนั้นยังมีความผิดพลาดเกิดขึ้นอยู่บ้าง เนื่องจากการคำนวณระยะใกล้สุดนั้นคำนวณโดยการเปรียบเทียบจากข้อมูลจุดที่มีอยู่ ดังนั้น ในบางกรณีที่ผู้ใช้อยู่บนถนนที่ไม่มีข้อมูลของจุดอยู่ ก็อาจทำให้ตำแหน่งเริ่มต้นที่อยู่ใกล้กับที่ผู้ใช้อยู่จริงมากที่สุด ไปอยู่บนถนนอีกเส้นหนึ่งที่มีข้อมูลจุดและเป็นจุดที่ใกล้กับผู้ใช้มากที่สุดก็เป็นได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการหาตำแหน่งเริ่มต้นที่ใกล้ที่สุดที่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น

จุดที่เกิดข้อผิดพลาดในแผนที่แสดงได้ดังรูป ที่ 4.6 (จุดสีแดงคือบริเวณที่เกิดข้อผิดพลาด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงบริเวณของจุดที่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น

**4.2.3 ทดสอบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพีซี**

โปรแกรมการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่เขียนขึ้นมานี้เป็นการคำนวณโดยการสุ่มจุดเริ่มต้นและจุดที่ต้องการจะไป

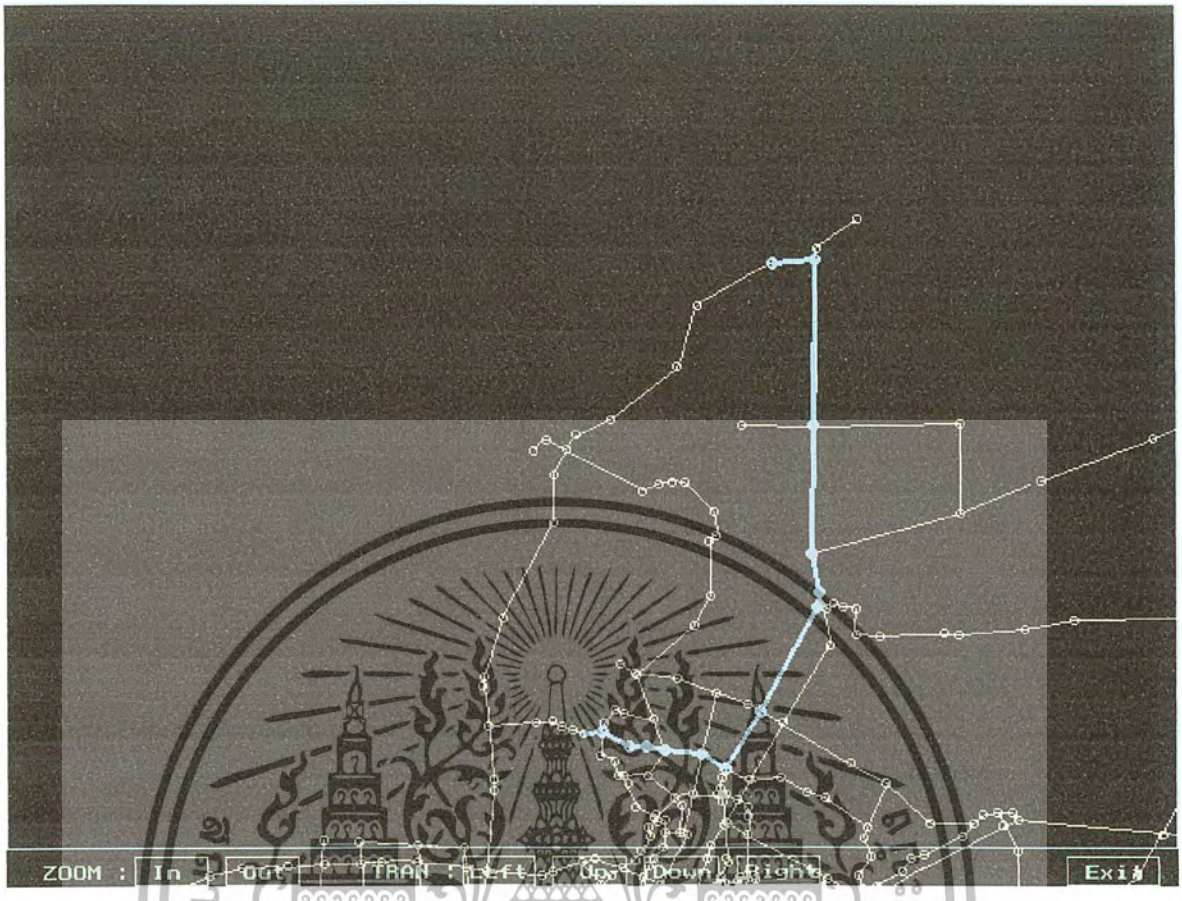
**ผลการทดสอบ**

ผลลัพธ์ที่ได้คือ เส้นทางที่สั้นที่สุดโดยบอกเส้นทางออกมาเป็นตำแหน่งของแต่ละจุดในเส้นทาง โดยนำเส้นทางที่ได้นั้นมาวาดลงบนแผนที่ในโปรแกรม ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.7 และ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพีซี (ตัวอย่างที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.8 การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพีซี (ตัวอย่างที่ 2)

หมายเหตุ : เส้นสีฟ้าหนาในรูป คือเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

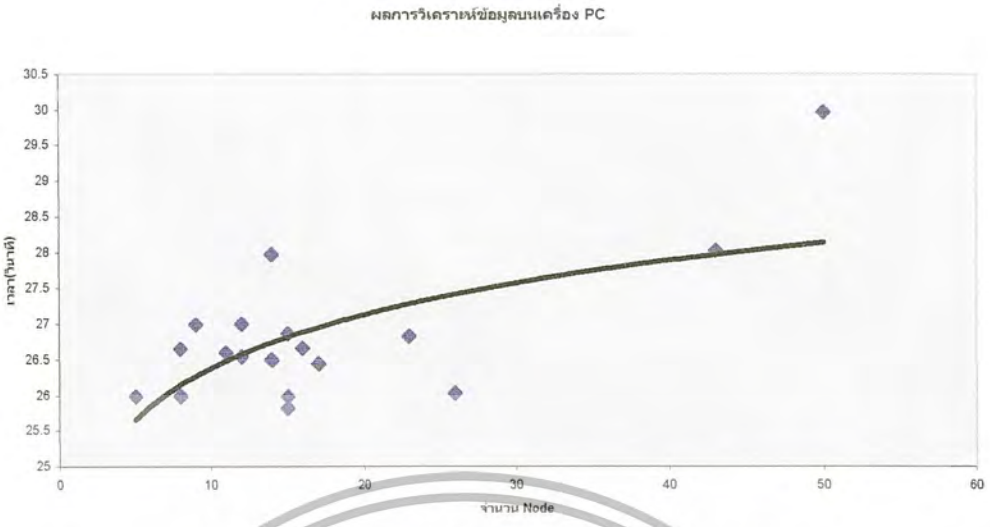
การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพีซี ใช้เวลาในการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ในแต่ละครั้งประมาณ 20 วินาที แสดงได้ดังตารางที่ 4.1 และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้กับจำนวนจุดยอดในเส้นทางได้ดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| จุดยอดเริ่มต้นไปยังจุดยอดปลายทาง | จำนวนจุดยอด | เวลา(วินาที) |
|---|---|---|
| 560 ---> 500 | 5 | 25.98 |
| 42 ---> 49 | 8 | 25.99 |
| 12 ---> 63 | 8 | 26.64 |
| 561 ---> 150 | 8 | 25.98 |
| 180 ---> 380 | 9 | 26.98 |
| 60 ---> 90 | 11 | 26.59 |
| 70 ---> 570 | 12 | 26.99 |
| 222 ---> 333 | 12 | 26.53 |
| 17 ---> 49 | 14 | 26.49 |
| 370 ---> 180 | 14 | 27.97 |
| 99 ---> 199 | 15 | 25.82 |
| 400 ---> 510 | 15 | 25.98 |
| 200 ---> 350 | 15 | 26.86 |
| 111 ---> 222 | 16 | 26.65 |
| 0 ---> 50 | 17 | 26.44 |
| 300 ---> 200 | 23 | 26.82 |
| 470 ---> 10 | 26 | 26.02 |
| 30 ---> 300 | 43 | 28.02 |
| 430 ---> 310 | 50 | 29.96 |
| | AVERAGE | 26.77421053 |

**ตารางที่ 4.1** ผลการทดสอบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับจำนวนจุดยอด

จากรูปที่ 4.9 จะได้ว่าเมื่อจำนวนจุดยอดในเส้นทางมากขึ้นก็จะใช้เวลาในการคำนวณค่อนไปในทางที่มากขึ้น

**4.2.4 ขั้นตอนการทดสอบการแสดงผลของแผนที่ การเลื่อนแผนที่ และการซูมบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี**

ในขั้นตอนนี้จะทดสอบโดยการเลื่อนแผนที่ไปทางซ้าย ขวา บน และล่าง ในระดับซูมทุกระดับซึ่งมีอยู่ 7 ระดับ แล้วสังเกตการณ์ตอบสนองของการแสดงแผนที่ ดังแสดงในรูป

**รูปที่ 4.10** แสดงผลของแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 แสดงผลการเลื่อนแผนที่โดยเทียบจากรูปที่ 4.10

**รูปที่ 4.12** แสดงผลการซูมแผนที่โดยเทียบจากรูปที่ 4.10

**ผลการทดสอบ**

แสดงแผนที่ได้ถูกต้องในทุกระดับและใช้เวลาในการแสดงค่อนข้างน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.5 ขั้นตอนการทดสอบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดพร้อมบันทึกผลบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี**

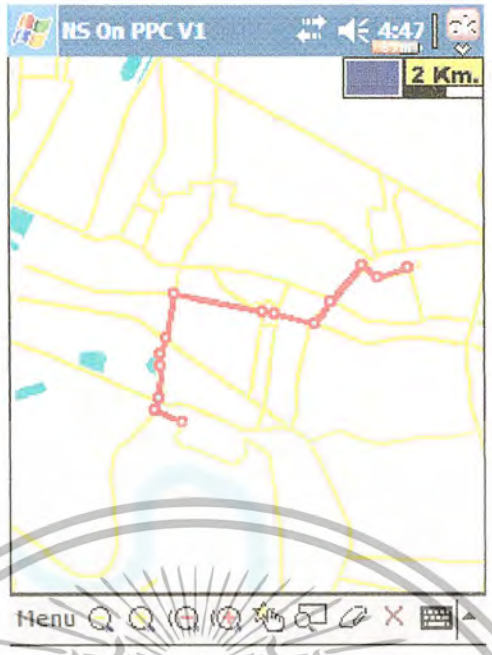
ขั้นตอนนี้ได้นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการหาเส้นทางสั้นสุดในเครื่องพีซีมาทดสอบแล้วจดบันทึกเวลาที่ใช้

**ผลการทดสอบ**

ได้ผลลัพท์ที่เหมือนกับในเครื่องพีซีแสดงตัวอย่างบางเส้นทางดังรูปที่ 4.13 แต่ใช้เวลาในการคำนวนหาเส้นทางสั้นสุดค่อนข้างนานโดยคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ในแต่ละครั้งประมาณ 383 วินาที แสดงได้ดังตารางที่ 4.2 และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้กับจำนวนจุดยอดในเส้นทางได้ดังรูปที่ 4.15

**รูปที่ 4.13** ตัวอย่างเส้นทางสั้นสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



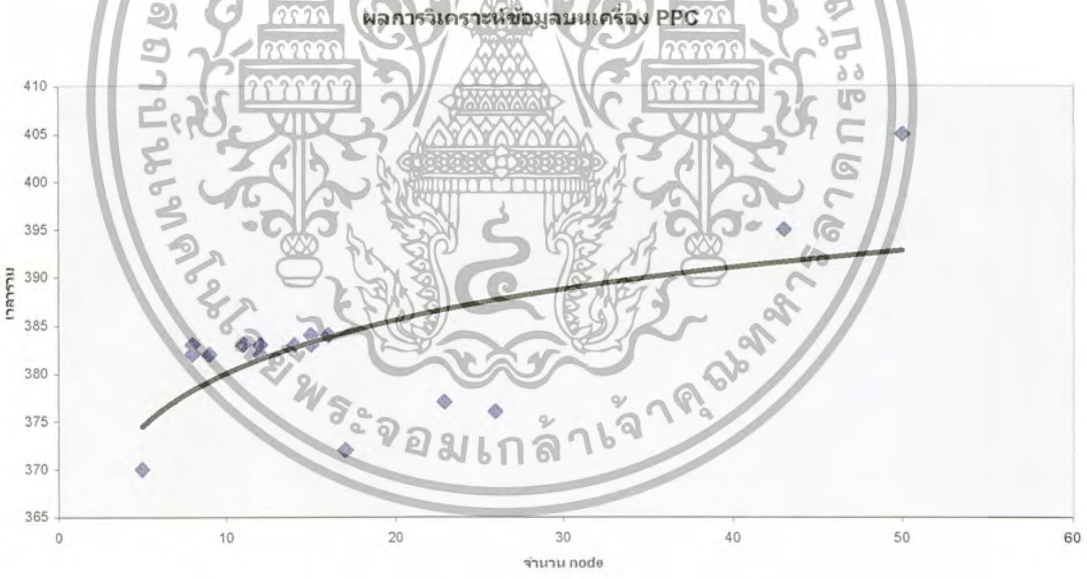

รูปที่ 4.14 ตัวอย่างเส้นทางสั้นสุด

| เส้นทางจากหนึ่งไปยังอีกจุดยอดหนึ่ง | จำนวนจุดยอด | เวลา(วินาที) |
|---|---|---|
| 560 ---> 500 | 5 | 370 |
| 42 ---> 49 | 8 | 383 |
| 12 ---> 63 | 8 | 383 |
| 561 ---> 150 | 8 | 382 |
| 180 ---> 380 | 9 | 382 |
| 60 ---> 90 | 11 | 383 |
| 70 ---> 570 | 12 | 382 |
| 222 ---> 333 | 12 | 383 |
| 17 ---> 49 | 14 | 383 |
| 370 ---> 180 | 14 | 383 |
| 99 ---> 199 | 15 | 384 |
| 400 ---> 510 | 15 | 383 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| 200 ---> 350 | 15 | 384 |
| 111 ---> 222 | 16 | 384 |
| 0 ---> 50 | 17 | 372 |
| 300 ---> 200 | 23 | 377 |
| 470 ---> 10 | 26 | 376 |
| 30 ---> 300 | 43 | 395 |
| 430 ---> 310 | 50 | 405 |
| | AVERAGE | 382.8421053 |

**ตารางที่ 4.2** ผลการทดสอบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี




**รูปที่ 4.15** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับจำนวนจุดยอด

จากรูปที่ 4.15 พบว่าเมื่อจำนวนจุดยอดในเส้นทางมากขึ้นก็จะใช้เวลาในการคำนวณมีแนวโน้มที่มากขึ้น

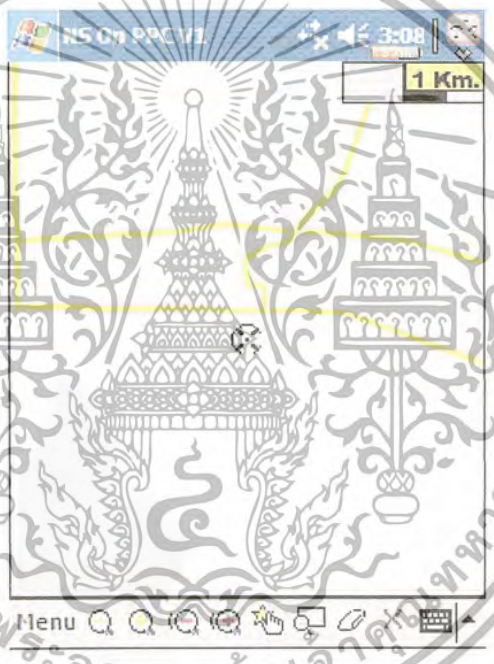
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.6 ขั้นตอนการทดสอบการแสดงตำแหน่งจากดาวเทียมบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี**

ในการทดสอบขั้นตอนนี้จะทำการเดินไปบนท้องถนนแล้วเปิดเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส โดยทำการทดสอบซ้ำกันหลายๆ ครั้งแล้วดูผลจากการแสดงตำแหน่งปัจจุบันในโปรแกรม

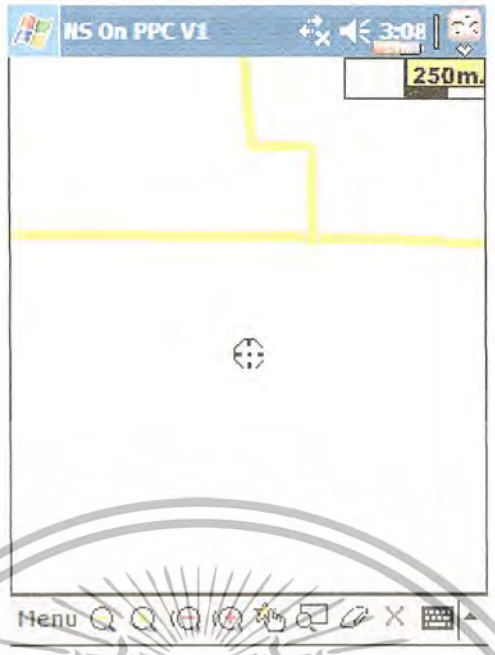
**ผลการทดสอบ**

ผลการทดสอบค่อนข้างถูกต้อง 100% แต่ในบางครั้งก็เกิดข้อผิดพลาดบ้างเช่น การแสดงตำแหน่งในระดับซูมใกล้มากๆ จะทำให้ตำแหน่งคลาดเคลื่อนไปบาง ซึ่งน่าจะเกิดจากข้อมูล และในขณะที่ทำการทดสอบอุปสรรคที่เป็นปัญหาที่พบบ่อยที่สุดคือ การรับสัญญาณได้แต่ไม่สามารถคำนวณตำแหน่งได้ เพราะเกิดจากรับสัญญาณได้น้อยกว่า 3 ดวง หรือไม่ก็เกิดจากอยู่ในตึก มีเมฆหนา ตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบแสดงในรูปที่ 4.16 และ 4.17




รูปที่ 4.16 ตำแหน่งที่ได้จากจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.17 ตำแหน่งที่ได้จากจีพีเอส

4.2.7 ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลการทดสอบบนเครื่องพีซีกับบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซี

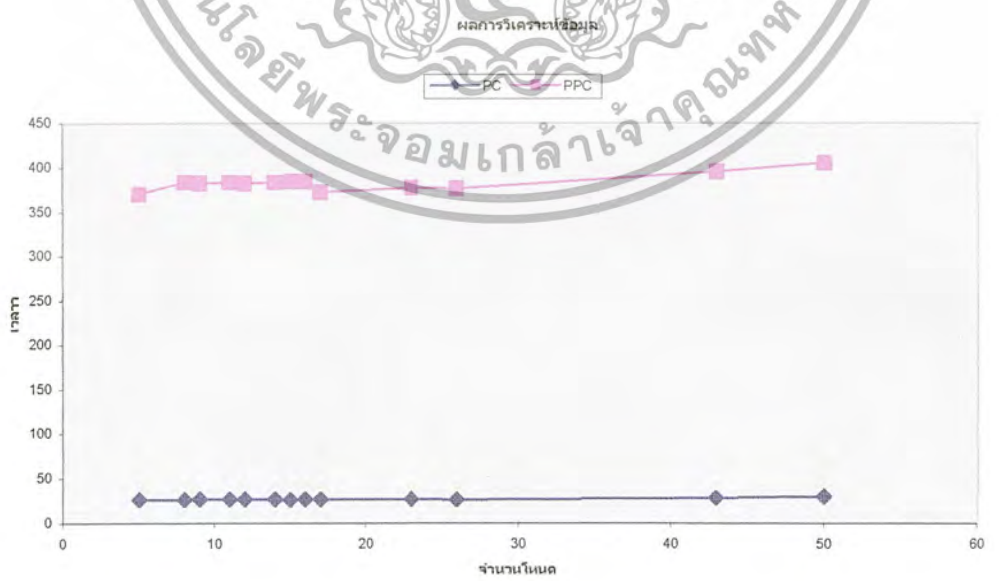
หลังจากได้ทดสอบทั้งบนเครื่องพีซี กับบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซีแล้วเก็บผลลัพท์ที่ได้ นำมาเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่าบนเครื่องพีซีใช้เวลาเฉลี่ย 26.77 วินาที และบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซีใช้เวลาเฉลี่ย 382.84 วินาที ฉะนั้นบนเครื่องพีซีทำงานได้เร็วกว่าประมาณ 14 เท่า ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.18

| เส้นทางจากหนึ่งไปยังอีกจุดยอดหนึ่ง | จำนวนจุดยอด | เวลาบน PC (วินาที) | เวลาบน PPC (วินาที) |
|---|---|---|---|
| 560 ---> 500 | 5 | 25.98 | 370 |
| 42 ---> 49 | 8 | 25.99 | 383 |
| 12 ---> 63 | 8 | 26.64 | 383 |
| 561 ---> 150 | 8 | 25.98 | 382 |
| 180 ---> 380 | 9 | 26.98 | 382 |
| 60 ---> 90 | 11 | 26.59 | 383 |
| 70 ---> 570 | 12 | 26.99 | 382 |
| 222 ---> 333 | 12 | 26.53 | 383 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 17 ---> 49 | 14 | 26.49 | 383 |
| 370 ---> 180 | 14 | 27.97 | 383 |
| 99 ---> 199 | 15 | 25.82 | 384 |
| 400 ---> 510 | 15 | 25.98 | 383 |
| 200 ---> 350 | 15 | 26.86 | 384 |
| 111 ---> 222 | 16 | 26.65 | 384 |
| 0 ---> 50 | 17 | 26.44 | 372 |
| 300 ---> 200 | 23 | 26.82 | 377 |
| 470 ---> 10 | 26 | 26.02 | 376 |
| 30 ---> 300 | 43 | 28.02 | 395 |
| 480 ---> 310 | 50 | 29.96 | 405 |
| | AVERAGE | 26.77421053 | 382.8421053 |

**ตารางที่ 4.3** เปรียบเทียบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซีและเครื่องพีซี




**รูปที่ 4.18** กราฟเปรียบเทียบเวลาที่คำนวนบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซีและเครื่องพีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพท์ที่ได้บนเครื่องพ็อกเก็ตพีซีนั้นยังไม่เป็นที่น่าพอใจซึ่งโดยเหตุผลหลักๆ ที่ทำให้ผลลัพท์เป็นเช่นนี้น่าเกิดจาก

1) เครื่องพ็อกเก็ตพีซีมีหน่วยความจำน้อย
2) ความเร็วบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซียังช้าไป

สิ่งหนึ่งที่อาจแก้ไขได้คือ เปลี่ยนวิธีการในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดให้ใช้เวลาน้อยกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผล และข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลงานวิจัย

เครื่องพ็อกเก็ตพีซีนั้นมีประโยชน์ค่อนข้างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีขนาดเล็ก และพกพาไปไหนได้สะดวกกว่าเครื่องพีซีซึ่งมีขนาดใหญ่และพกพาได้ลำบาก อีกทั้งความสามารถของพ็อกเก็ตพีซีในปัจจุบันก็พัฒนาจนมีความสามารถมากขึ้นจนใกล้เคียงกับเครื่องพีซี

สำหรับโปรแกรมค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่สร้างขึ้นมานี้มีไว้เพื่อใช้ค้นหาเส้นทางที่สุดระหว่าง 2 ตำแหน่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งในตอนแรกก็เป็นโปรแกรมที่เขียนเพื่อทดสอบบนเครื่องพีซีและนำไปปรับปรุงเพื่อให้ใช้ได้กับเครื่องพ็อกเก็ตพีซี ซึ่งผลที่ได้จากการประมวณผลโปรแกรมคือ เมื่อประมวณผลบนพ็อกเก็ตพีซีจะใช้เวลาในการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดนานกว่าเมื่อประมวณผลบนเครื่องพีซีเนื่องจากเครื่องพ็อกเก็ตพีซีมีหน่วยความจำน้อยกว่าเครื่องพีซี

สำหรับสัญญาณจีพีเอสที่นำมาใช้ร่วมด้วยนั้นก็สามารถคำนวณหาและแสดงได้ว่าตำแหน่งที่อยู่จริงขณะนั้นใกล้กับตำแหน่งไหนมากที่สุดโดยเทียบกับข้อมูลของจุดที่มีอยู่

## 5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม

1) ข้อมูลของจุดที่นำมาคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เป็นเพียงส่วนหนึ่งของจังหวัดกรุงเทพมหานครเท่านั้นซึ่งเป็นถนนสายหลักๆ โดยตัดข้อมูลที่เป็นถนนสายรอง และซอยออกไป

2) เส้นทางที่สั้นที่สุดที่แสดงออกมาจะมีเพียง 1 เส้นทางเท่านั้น

3) ตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดจากตำแหน่งที่อยู่จริง จะแสดงออกมาเพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น โดยค้นหาจากการเปรียบเทียบระยะทางที่น้อยที่สุดจากข้อมูลจุดที่มีอยู่

4) โปรแกรมนี้จะมีการค้นหาเส้นทาง 2 แบบ คือ แบบเลือกจุดเองทั้ง 2 จุด (จุดเริ่มต้นกับจุดหมาย) และแบบเลือกใส่หมายเลขจุดเริ่มต้น และจุดที่จะไป

5) ในโปรแกรมไม่มีข้อมูลของสถานที่ต่างๆ

6) ในโปรแกรมไม่แสดงชื่อถนน

7) ในโปรแกรมไม่สามารถทำงานไปพร้อมๆกันได้ระหว่างการคำนวณหาเส้นทางสั้นสุดและการรับตำแหน่งจากดาวเทียมไปพร้อมๆ กันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

1) โปรแกรมค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่สร้างขึ้นมานี้ใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก ถ้าหากมีขั้นตอน และวิธีหรือวิธีการในการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ดีกว่านี้ก็อาจจะทำให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อยลงและได้ผลลัพธ์ที่เร็วขึ้น

2) โปรแกรมค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดนี้ เมื่อนำไปประมวณผลบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซีจะใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างมากและนานกว่าเมื่อประมวณผลบนเครื่องพีซีอยู่หลายเท่า เนื่องจากมีหน่วยความจำน้อยกว่าเครื่องพีซี ดังนั้น ถ้าเป็นเครื่องที่มีหน่วยความจำมาก ก็น่าจะทำให้ใช้เวลาในการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดน้อยลง

3) ในการบอกตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดจากตำแหน่งที่อยู่จริงนั้นยังมีความผิดพลาดเกิดขึ้นอยู่บ้าง เนื่องจากคำนวณระยะใกล้สุดโดยการเปรียบเทียบจากข้อมูลจุดที่มีอยู่ ดังนั้น ในบางกรณีที่อยู่บนถนนที่ไม่มีข้อมูลของจุดอยู่ ก็อาจจะได้ตำแหน่งเริ่มต้นที่ผิดจากความจริง

4) ข้อมูลที่นำมาคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดนี้ เป็นเพียงข้อมูลของถนนสายหลักๆ ในจังหวัดกรุงเทพมหานครนั้น เนื่องจากถ้าเพิ่มข้อมูลมากกว่านี้ก็จะทำให้การคำนวณช้ามากจนอาจจะทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานของโปรแกรมน้อยลงไป ดังนั้นถ้าต้องการความละเอียดและความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลและโปรแกรมมากขึ้น ก็ต้องเพิ่มข้อมูลของเส้นทางที่เป็นถนนสายรองและข้อมูลของซอยเข้าไปด้วย แต่ก็ต้องมีขั้นตอน และวิธี และประสิทธิภาพของเครื่องพ็อกเก็ตพีซีที่ดีกว่านี้ด้วยเพื่อให้การคำนวณไม่ใช้เวลามากจนเกินไป

5) ควรจะมีการเพิ่มซอยและถนนให้ละเอียดมากขึ้นกว่านี้

6) ควรจะมีการแสดงชื่อถนนได้เพื่อผู้ใช้จะได้ทราบชัดเจนยิ่งขึ้น

7) ควรจะมีข้อมูลของสถานที่สำคัญต่างๆ แสดงในแผนที่

8) ถ้ามีข้อมูลในข้อที่ 5 6 และ 7 แล้วควรจะสามารถค้นหาสถานที่ต่างๆ และถนนได้

9) สามารถแสดงเส้นทางของรถประจำทางสายต่างๆ ได้

ข้อเสนอแนะข้างต้น หวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและต้องการจะนำโปรแกรมค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนเครื่องพ็อกเก็ตพีซีนี้ไปพัฒนาเพื่อให้โปรแกรมนี้มีความสมบูรณ์และมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

ธีรวัฒน์ ประกอบผล , การโปรแกรมภาษาซี สำหรับงานวิทยาศาสตร์ , 2 nd ed. ส.ส.ท. ,2546.

นิรุธ อำนวยศิลป์ , เขียนเกมส์อย่างมืออาชีพด้วย Visual C++ และ Direct X , ครั้งที่ 1 อินโฟเพรส ,2545.

รศ.นิตยา ชิงชัย , ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น , ครั้งที่ 1 , ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Anderson , Sweeneyand Williams. An Introduction to Management Science Quantitative Approaches to Decision Making , 10 th ed. Thomson , 2003.

Jon Bates and Tim Tompkins. Using Visual C++ 6, 1 st ed. QUE,1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้