การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอและเทคโนโลยีเอจีพีเอส

นายอภิชาติ คงแป้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548
ISBN 974-53-2515-5
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC VEHICLE LOCATION SYSTEM USING A CDMA-BASED MOBILE PHONE AND A-GPS TECHNOLOGY

Mr.Apichart Kongpann

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Computer Science
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2005
ISBN 974-53-2515-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอและเทคโนโลยีเอจีพีเอส
โดย	นายอภิชาติ คงแป้น
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.สืบสกุล พิภพมงคล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชัยรัต พงศ์พันธุ์ภาณี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อภิชาติ คงแป้น : การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอและเทคโนโลยีเอจีพีเอส. (DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC VEHICLE LOCATION SYSTEM USING A CDMA-BASED MOBILE PHONE AND A-GPS TECHNOLOGY) อ. ที่ปรึกษา: อ.ดร.เศรษฐา ปานงาม , 96 หน้า. ISBN 974-53-2515-5.

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติเพื่อให้พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางสามารถระบุตำแหน่งของรถยนต์ผ่านสถานีศูนย์กลางได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดทำระบบสำหรับกลุ่มรถแท็กซี่เป็นกรณีศึกษา มีอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สนับสนุนเทคโนโลยีเอจีพีเอส และอุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่บนรถยนต์ โดยโปรแกรมที่ติดตั้งบนโทรศัพท์เคลื่อนที่พัฒนาด้วยบลูที่เป็นแพล็ตฟอร์มบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ ในส่วนของโปรแกรมสำหรับสถานีศูนย์กลางพัฒนาด้วยภาษาโปรแกรมพีเอชพี และโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอลให้พนักงานประจำศูนย์วิทยุสามารถทำงานผ่านโปรแกรมค้นดูเว็บได้ นอกจากนี้ได้มีการทดสอบและการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และคุณสมบัติระหว่างระบบที่พัฒนาขึ้นกับระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสเป็นเครื่องระบุตำแหน่ง และสื่อสารข้อมูลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม/โครงข่ายจีพีอาร์เอสที่มีการใช้งานในปัจจุบัน

ผลการวิจัยสรุปว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่มีความสามารถในการระบุตำแหน่งได้ และมีความละเอียดถูกต้องของค่าตำแหน่งเฉลี่ยดีกว่าเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสในบริเวณที่มีการบดบังสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมจากสิ่งปลูกสร้าง แต่ในบริเวณพื้นที่โล่ง ผู้วิจัยพบว่าอุปกรณ์ทั้งสองชนิดมีความสามารถในการระบุพิกัดตำแหน่งได้ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามการกระจายของข้อมูลค่าพิกัดตำแหน่งที่คำนวณได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่มีค่าสูงกว่าจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส สำหรับโปรแกรมบนสถานีศูนย์กลางผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมให้มีความสามารถใกล้เคียงกับระบบที่มีการใช้งานในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน

ระบบที่จัดทำขึ้นมีหน้าที่การทำงานหลัก 2 รูปแบบ คือ คนขับรถแท็กซี่สามารถเรียกใช้บริการต่างๆ จากเครื่องบริการเว็บโดยใช้พิกัดตำแหน่งของตนเองเป็นข้อมูลได้ และพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง หรือพนักงานประจำศูนย์วิทยุสำหรับแท็กซี่สามารถค้นหาพิกัดตำแหน่งของลูกข่ายใดๆแล้วแสดงตำแหน่งของรถแท็กซี่บนแผนที่ผ่านทางโปรแกรมค้นดูเว็บ การทดสอบการทำงานพบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่กำหนดไว้

ภาควิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์..... ลายมือชื่อนิสิต.....อภิชาติ คงแป้น.....
สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....เศรษฐา ปานงาม.....
ปีการศึกษา.....2548.....

4770525421 : MAJOR COMPUTER SCIENCE
KEY WORD : AVLS / AUTOMATIC VEHICLE LOCATION SYSTEM / AGPS / BREW / LOCATION BASED SERVICES / FLEET TRACKING

APICHART KONGPANN : DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC VEHICLE LOCATION SYSTEM USING A CDMA-BASED MOBILE PHONE AND A-GPS TECHNOLOGY. THESIS ADVISOR: SETHA PAN-NGUM, 96 pp. ISBN 974-53-2515-5.

The main purpose of this research is to develop an Automatic Vehicle Location System that an operator can track the locations of vehicles correctly. In this development, the devices required for client side are AGPS-included handset and in-car battery charger. The embedded software in a handset was developed on BREW which is the standard platform on a CDMA-based handset. The dispatching program for an operator was developed on MySQL and in PHP. Testing and analysis results between this system and the others, using a traditional GPS reciever, communicating via GSM/GPRS network, are done.

The experimental results suggest that the system avaibility and the location accuracy are better than a traditional GPS receiver, especially in fading environments. In open space, however, the performance of both is similar. Furthermore, the distribution of location data calculated from a handset location is more than that from a traditional GPS receiver. The program for an operation center is comparible to a commercial automatic vehicle location system.

The main functions of the system consist of information request mode that allows clients to request location-based services from the web server, and request-response mode that allows operators to track the location of user handsets on a web browser, The current operation of the system shows that it runs correctly and meets the scope of requirements.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department.....Computer Engineering..... Student's signature...Apichart Kongpann...

Field of study..Computer Science..... Advisor's signature.....เศรษฐา ปานงาม.....

Academic year.....2005.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ท่านแรก คือ อาจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้สละเวลาในการให้คำปรึกษา และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมาจนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ชัยรัต พงศ์พันธุ์ภาณี ที่ได้ให้ยืมโทรศัพท์เคลื่อนที่มาใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือในด้านการทำวิจัยต่างๆ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สืบสกุล พิภพมงคล และรองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณทุกๆหน่วยงานในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษาและด้านอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์สามารถนำความรู้ และความสามารถที่ได้ศึกษามาตลอดสองปีการศึกษามาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

ขอขอบคุณ คุณสุประภาพ พัฒนสิงหเสนีย์ ที่ช่วยเหลือจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์ในส่วนที่เป็นภาพสีจากศูนย์ป้องกันวิกฤตน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม

ขอขอบคุณ คุณเอกชัย เยาว์เฉื่อง ที่เอื้อเฟื้อกระดาษในการจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์จากโรงพยาบาลประจำอำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี

ขอขอบคุณ คุณสมิธิ คุณวุฒิกร และคุณวิทยา ภูมิวณิชยกิจ ที่ช่วยเหลือในการทดสอบอุปกรณ์สำหรับระบุตำแหน่งที่ติดตั้งบนรถยนต์ในภาคสนาม

ขอขอบคุณ คุณจิรานุวัฒน์ ณรงค์ และคุณกรวิไล เยียวยาศักว์ ที่ช่วยแบ่งเบาภาระในการทำงานระหว่างที่ผู้วิจัยกำลังจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณพรศิริ แซ่อู้ ที่ช่วยเป็นกำลังใจให้ตลอดมาระหว่างที่จัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาผู้ให้การอุปการะ และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ รวมถึงท่านอื่นๆแต่ไม่ได้กล่าวถึงที่ให้ความช่วยเหลือ ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจ และให้คำแนะนำเล็กๆน้อยๆในการจัดทำวิทยานิพนธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 4

1.4 ขั้นตอนการวิจัย..... 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5

บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1.1 ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก หรือจีพีเอส..... 6

2.1.2 โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบรังผึ้ง..... 11

2.1.3 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม..... 14

2.1.3.1 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม..... 15

2.1.3.2 จีพีอาร์เอส..... 17

2.1.4 โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ..... 17

2.1.5 การระบุตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่..... 19

2.1.6 BREW..... 25

2.1.7 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์..... 27

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 28

บทที่ 3 การออกแบบ และพัฒนาระบบ..... 31

3.1 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ..... 32

3.2 ขั้นตอนการทำงานระบบ..... 37

3.3 โครงสร้างของระบบ..... 37

3.3.1 โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ และโครงข่ายอินเตอร์เน็ต..... 38

3.3.2 โทรศัพท์เคลื่อนที่ 39
3.3.3 สถานีศูนย์กลาง หรือศูนย์วิทยุสำหรับรถแท็กซี่ 45
บทที่ 4 การทดสอบระบบ 49
4.1 การติดตั้งระบบ 49
4.1.1 การติดตั้งโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ 49
4.1.2 การติดตั้งโปรแกรมบนเครื่องบริการเว็บ 50
4.1.3 การติดตั้งโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ประจำสถานีศูนย์กลาง 51
4.2 โปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ 51
4.3 โปรแกรมสำหรับสถานีศูนย์กลาง 54
4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติ 58
4.4.1 อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์ 58
4.4.2 โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 71
4.4.3 โปรแกรมสำหรับสถานีศูนย์กลาง 71
4.5 สรุปผลการทดสอบระบบ 72
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 73
5.1 บทสรุป 73
5.2 ข้อจำกัดของระบบ 73
5.3 ข้อเสนอแนะ 74
รายการอ้างอิง 76
บรรณานุกรม 78
ภาคผนวก 79
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ประเภทของข่าวสารตามมาตรฐาน NMEA 0183	10
2.2	ตัวอย่างข้อมูลพิกัดตำแหน่งได้รับได้จากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส	11
2.3	บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในประเทศไทย	13
2.4	ข้อกำหนดของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มที่คลื่นความถี่ 900 เมกะเฮิร์ตซ์	14
2.5	โครงสร้าง และฟังก์ชันของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม	15
2.6	The FCC E911 Requirements on Accuracy	24
2.7	เปรียบเทียบคุณสมบัติของเทคโนโลยีการระบุตำแหน่งบนโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละวิธี	24
3.1	รายละเอียดประกอบยูสเคสการเข้าสู่ระบบสำหรับพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง	32
3.2	รายละเอียดประกอบยูสเคสการเพิ่ม/ลบ/แก้ไข/ดูรายละเอียดบัญชีรายชื่อพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง หรือคนขับรถแท็กซี่	33
3.3	รายละเอียดประกอบยูสเคสการดูพิกัดตำแหน่งของลูกข่ายบนแผนที่	34
3.4	รายละเอียดประกอบยูสเคสการค้นหาพิกัดตำแหน่งของลูกข่าย	35
3.5	รายละเอียดประกอบยูสเคสการเข้าสู่ระบบสำหรับคนขับรถแท็กซี่	35
3.6	รายละเอียดประกอบยูสเคสการขอใช้บริการข่าวสาร	36
4.1	สรุปผลการทดสอบเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ดี	65
4.2	สรุปผลการทดสอบเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอในบริเวณที่มีการบดบังสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียม	65
4.3	สรุปผลการทดสอบเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้	66
4.4	เปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์	68
4.5	เปรียบเทียบความสามารถของโปรแกรมบนสถานีศูนย์กลาง	71

สารบัญภาพ

รูป		หน้า
1.1	แผนผังการทำงานของระบบระบุพิกัดตำแหน่งผ่านความถี่ย่านยูเอชเอฟ	2
1.2	แผนผังการทำงานของระบบระบุพิกัดตำแหน่งผ่านโครงข่ายจีพีอาร์เอส	3
2.1	องค์ประกอบของระบบจีพีเอสแต่ละส่วน	6
2.2	กลุ่มของดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลก	7
2.3	พิกัดตำแหน่งที่หาได้จากการรับสัญญาณดาวเทียม	8
2.4	ความผิดพลาดของข้อมูลเนื่องจากตึกสูง	10
2.5	Frequency Reuse	12
2.6	Cell Splitting	13
2.7	การแบ่งพื้นที่ให้บริการของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม	15
2.8	โครงสร้างของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม	16
2.9	CDMA Network Architecture	18
2.10	หลักการหาค่าพิกัดตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่	20
2.11	โครงสร้างของระบบเอจีพีเอส	21
2.12	โครงสร้างของระบบ Location Based Service (LBS)	23
2.13	Device Architecture (Layering)	26
2.14	ความแตกต่างระหว่าง BREW และแพลตฟอร์มอื่นๆ	27
3.1	แผนภาพแสดงการทำงานของการให้บริการรับส่งผู้โดยสารด้วยรถแท็กซี่ผ่านทางศูนย์วิทยุฯ	31
3.2	แผนภาพยูสเคสในมุมมองของพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง และคนขับรถแท็กซี่	32
3.3	แผนภาพไดอะแกรมแบบลำดับแสดงขั้นตอน และเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในระบบ	37
3.4	โครงสร้างของระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ และเทคโนโลยีเอจีพีเอส	38
3.5	โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอยี่ห้อ Kyocera รุ่น KZ-830	40
3.6	รูปแบบข่าวสารในการทำงานของโปรแกรม	41
3.7	แผนภาพสถานะแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในโหมดการทำงานปกติ	43
3.8	แผนภาพสถานะแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในโหมดการทำงานเบื้องหลัง	44

3.9	แผนภาพความสัมพันธ์ของเอนทิตี้ของระบบจัดการฐานข้อมูล.....	46
3.10	การแสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งบนแผนที่.....	47
3.11	แฟ้มเอสวีจีสำหรับการระบุตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่.....	48
4.1	หน้าจอเข้าสู่โปรแกรม.....	51
4.2	หน้าจอแสดงข้อความต้อนรับ.....	51
4.3	หน้าจอกรอกหมายเลขผู้ใช้ และรหัสผ่านเพื่อเข้าสู่ระบบ.....	52
4.4	หน้าจอแสดงการติดต่อกับเครื่องบริการเว็บเพื่อตรวจสอบหมายเลขผู้ใช้ รหัสผ่าน และหมายเลขประจำเครื่องบนโทรศัพท์เคลื่อนที่.....	52
4.5	(ก) หน้าจอแสดงข้อความยืนยันการเข้าสู่ระบบ (ข) หน้าจอแสดงข้อความ กรอกหมายเลขผู้ใช้หรือรหัสผ่านผิด (ค) หน้าจอแสดงข้อความหมายเลขประจำเครื่องไม่ถูกต้อง (ง) หน้าจอแสดงข้อความไม่อนุญาตให้เข้าสู่ระบบเนื่องจากโดนพักงาน.....	52
4.6	หน้าจอหลักของโปรแกรมเมื่อเข้าสู่ระบบ (สภาวะปกติ).....	53
4.7	หน้าจอแสดงขั้นตอนเมื่อผู้ใช้เลือกบริการแจ้งอุบัติเหตุบนท้องถนน.....	53
4.8	หน้าจอโปรแกรมกำลังทำการค้นหาพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่.....	53
4.9	หน้าจอโปรแกรมกำลังทำการติดต่อกับเครื่องบริการเว็บเพื่อส่งข้อมูลไปประมวลผล.....	53
4.10	หน้าจอแสดงผลลัพธ์ในการติดต่อกับเครื่องบริการเว็บ.....	54
4.11	หน้าจอแสดงเว็บเพจหน้าแรกให้พนักงานประจำศูนย์วิทยุลงทะเบียนผู้ใช้.....	55
4.12	หน้าจอหลักของโปรแกรม ทดสอบการระบุตำแหน่งบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าสยาม.....	55
4.13	หน้าจอหลักของโปรแกรม ทดสอบการระบุตำแหน่งบริเวณใกล้มุมบนซ้ายของแผนที่.....	56
4.14	หน้าจอหลักของโปรแกรม ทดสอบการระบุตำแหน่งบริเวณใกล้มุมบนขวาของแผนที่.....	56
4.15	หน้าจอหลักของโปรแกรม ทดสอบการระบุตำแหน่งบริเวณใกล้มุมล่างซ้ายของแผนที่.....	57
4.16	หน้าจอหลักของโปรแกรม ทดสอบการระบุตำแหน่งบริเวณใกล้มุมล่างขวาของแผนที่.....	57
4.17	หน้าจอการบริหารจัดการข้อมูลผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ และพนักงานประจำศูนย์วิทยุ.....	58
4.18	เส้นทางเดินรถในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี ทดสอบโดยใช้	

	เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส	59
4.19	เส้นทางเดินรถในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี ทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ	59
4.20	เส้นทางเดินรถในบริเวณที่มีการลดทอนสัญญาณจากดาวเทียมจากสิ่งปลูกสร้าง ทดสอบโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส	60
4.21	เส้นทางเดินรถในบริเวณที่มีการลดทอนสัญญาณจากดาวเทียมจากสิ่งปลูกสร้าง ทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ	60
4.22	เส้นทางเดินรถในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ทดสอบโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส	61
4.23	เส้นทางเดินรถในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ	61
4.24	ตำแหน่งในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี ทดสอบโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส	62
4.25	ตำแหน่งในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี ทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ	62
4.26	ตำแหน่งในบริเวณที่มีการลดทอนสัญญาณจากดาวเทียมจากสิ่งปลูกสร้างทดสอบโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส	63
4.27	ตำแหน่งในบริเวณที่มีการลดทอนสัญญาณจากดาวเทียมจากสิ่งปลูกสร้างทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ	63
4.28	บันทึกข้อมูล NMEA ในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ทดสอบโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส	64
4.29	ตำแหน่งในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ	64
ก.1	สร้างโปรเจ็คใหม่สำหรับโปรแกรมที่ทำงานบนแพล็ตฟอร์ม BREW	82
ก.2	เลือกข้อกำหนดเบื้องต้นของโปรแกรม	83
ก.3	หน้าต่าง MIF Editor	83
ก.4	หน้าจอสำหรับการสร้าง ClassID	84
ก.5	หน้าจอสำหรับการสร้างแฟ้มนามสกุล .mif	84
ก.6	เลือก \BREW SDK v2.0.1\Bin\BREW_Emulater.exe	85
ก.7	ลบคำว่า Debug/ ออกจากช่อง Output file name	86
ก.8	คลิกเลือก ARMMakeBREWApp.DSAddIn.1 จาก Tool>Customize	86
ก.9	เลือกรุ่นของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบบนโปรแกรมเลียนแบบ	87

ก.10 เลือกโฟลเดอร์ที่ใช้สร้างโปรเจ็คบนโปรแกรมเลียนแบบ..... 88
ก.11 เลือกโฟลเดอร์ที่ใช้ระบุแฟ้ม .mif บนโปรแกรมเลียนแบบ..... 89
ก.12 เลือกแฟ้มนามสกุล .bgp บนโปรแกรมเลียนแบบ..... 90
ก.13 ขั้นตอนการสร้างแฟ้มนามสกุล .mak..... 93
ก.14 เปิดโปรแกรม QPST EFS Explorer..... 95
ก.15 แฟ้มที่อัพโหลดลงบนโทรศัพท์เคลื่อนที่..... 95

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ด้วยสภาพเศรษฐกิจของประเทศไทยที่กำลังเติบโตขึ้นในปัจจุบัน ได้มีปริมาณผู้ใช้รถยนต์บนท้องถนนภายในประเทศเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกวันทั้งรถยนต์ส่วนบุคคล และรถยนต์ของนิติบุคคล สำหรับการบริการรถโดยสารส่วนบุคคล หรือรถแท็กซี่ รวมถึงบริษัทขนส่งสินค้าต่างๆซึ่งทางหน่วยงานต้นสังกัดต้องการระบุตำแหน่งที่แน่นอนของรถแต่ละคัน เพื่อประโยชน์ในการติดตามรถในกรณีที่คนขับต้องการสอบถามเส้นทาง หรือคนขับไม่จ่ายค่าเช่า หรือไม่นำรถส่งคืนอู่ หรือไม่ขนส่งสินค้าตามกำหนด หรือเมื่อเกิดอาชญากรรม หรือโจรกรรมก็จะต้องการทราบตำแหน่งของรถ เพื่อเป็นประโยชน์ในการสืบสวนคดีต่อไป เป็นต้น

เทคโนโลยีที่สามารถระบุพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกได้ คือ ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก หรือระบบจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) ซึ่งผู้ใช้สามารถนำเอาเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Receiver) มาใช้เป็นเครื่องบอกพิกัดตำแหน่งได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมใดๆ ยกเว้นค่าอุปกรณ์ สำหรับในประเทศไทยการจัดทำระบบเพื่อติดตามยานพาหนะผ่านทางสถานีศูนย์กลางนั้นมีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้น ลักษณะของการติดตามยานพาหนะที่มีการใช้งานอยู่ทั่วไปนั้นแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ รับส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งผ่านคลื่นความถี่ที่ต้องขออนุญาตจากทางคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ หรือกทช.ก่อน หรือทำการรับส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งผ่านทางโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม (Global System for Mobile Communications: GSM)

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 กฎหมายได้บังคับให้รถแท็กซี่ที่จดทะเบียนใหม่ทุกคันต้องติดตั้งวิทยุรับส่งย่านความถี่ยูเอชเอฟ (UHF Transceiver) ภายในรถ ซึ่งทางบริษัท ไทยเอซลิซซิ่ง จำกัด ที่ดำเนินงานศูนย์วิทยุแท็กซี่เรดิโอ ได้นำเอาเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมาเชื่อมต่อกับวิทยุรับส่ง ให้ทางศูนย์วิทยุแท็กซี่เรดิโอสามารถส่งสัญญาณไปตรวจสอบตำแหน่งของรถแต่ละคัน และคนขับรถแท็กซี่สามารถแจ้งพิกัดตำแหน่งของตนเองไปยังศูนย์วิทยุผ่านทางคลื่นความถี่ยูเอชเอฟดังรูปที่ 1.1

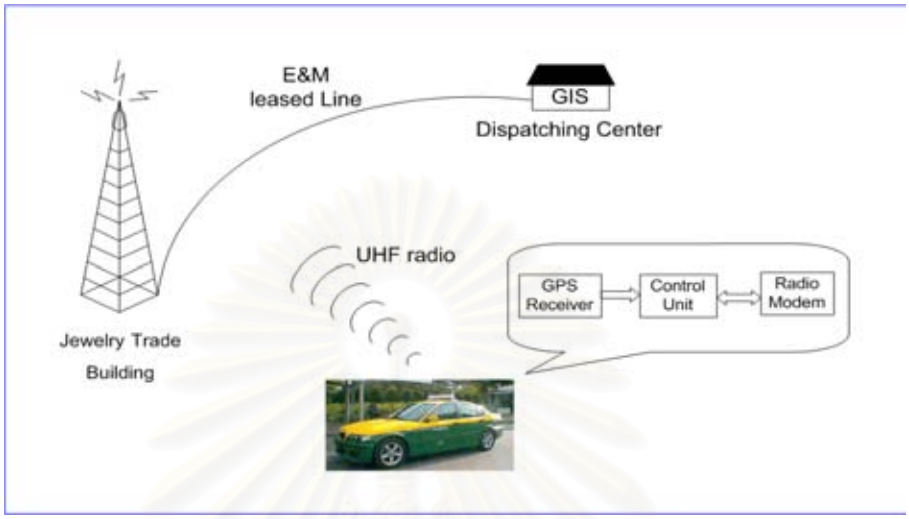
แต่จากการใช้งานพบว่า ระบบที่จัดทำขึ้นยังมีปัญหาในการทำงานดังนี้

(ก) สัญญาณในการรับส่งข้อมูลนั้นครอบคลุมเพียงแค่พื้นที่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ไม่สามารถระบุตำแหน่งของรถแท็กซี่ในต่างจังหวัดได้

(ข) ปริมาณข้อมูลในโครงข่ายเดิมซึ่งเป็นการสื่อสารด้วยเสียงนั้นค่อนข้างสูง ถ้าหากมีการใช้ช่องสัญญาณอีก จะเกิดความหนาแน่นของโครงข่ายเพิ่มขึ้นอีกมาก

(ค) สัมปทานคู่ความถี่มีจำกัด ศูนย์วิทยุแท็กซี่เรดิโอสามารถดำเนินการใช้ระบบได้เนื่องจากทางศูนย์วิทยุแท็กซี่เรดิโอนั้นมีสัมปทานคู่ความถี่อยู่ 19 คู่ความถี่

(ง) การออกแบบการเชื่อมต่อเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสกับวิทยุรับส่งนั้น ไม่สามารถใช้ร่วมกับวิทยุรับส่งหลายๆ ยี่ห้อได้ อีกทั้งการนำเอาอุปกรณ์จีพีเอสมาติดตั้งกับรถแท็กซี่คันเก่าๆนั้นดำเนินการได้ยาก

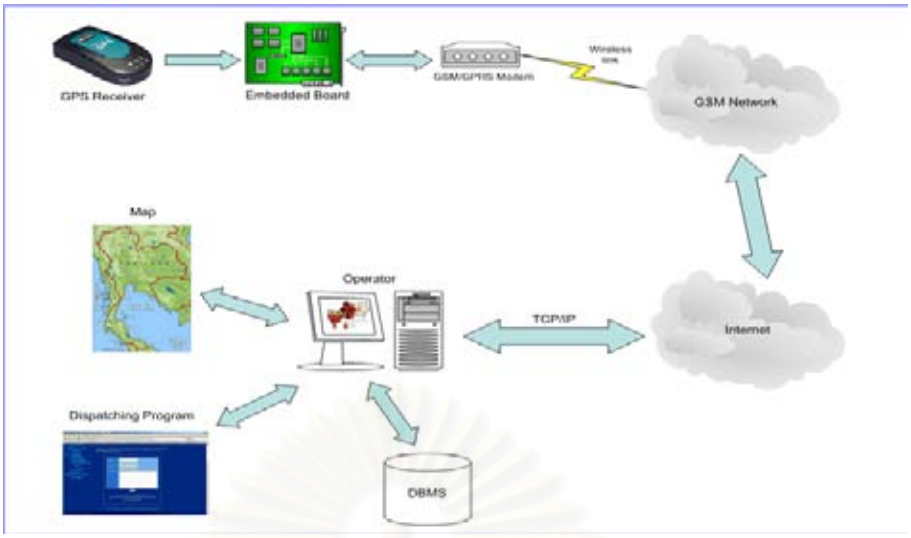


รูปที่ 1.1 แผนผังการทำงานของระบบระบุพิกัดตำแหน่งผ่านความถี่ย่านยูเอชเอฟ

จากปัญหาดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การนำเอาระบบลักษณะเดียวกันนี้มาประยุกต์ใช้กับศูนย์วิทยุ หรือการติดตามยานพาหนะผ่านทางสถานีศูนย์กลางประเภทอื่นๆ จะดำเนินการได้ยาก และไม่เหมาะสม

สำหรับระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มมีโครงสร้างของระบบแสดงดังรูปที่ 1.2 โดยที่ทางสถานีศูนย์กลางสามารถค้นหาตำแหน่งของรถแต่ละคันได้ด้วยการขอข้อมูลพิกัดตำแหน่งคือ ข่าวสารจีพีเอส (GPS Message) ของรถที่ต้องการตรวจสอบผ่านทางโครงข่ายจีพีอาร์เอส (General Packet Radio Service: GPRS) หรือบริการสารสั้น (Short Message Service: SMS) ซึ่งการใช้งานระบบนี้จะมีปัญหาหากเครื่องลูกข่ายที่ต้องการตรวจสอบนั้นอยู่ในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ หรือไม่อยู่ในบริเวณที่โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มครอบคลุมถึง (Retscher and Mok, 2001) อีกทั้งอุปกรณ์ที่ติดตั้งบริเวณลูกข่ายมีราคาสูงด้วย

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีงานวิจัยต่างๆเสนอวิธีการระบุพิกัดตำแหน่งโดยใช้การระบุตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Phone Positioning) ซึ่งเครื่องลูกข่ายนั้นจะรับสัญญาณมาจากสถานีฐาน (Base Station) แต่ละแห่งเพื่อทำการประมวลผล และคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งปัจจุบันได้ (Retscher and Mok, 2001) แต่จากการศึกษาพบว่าการพัฒนาระบบให้สามารถค้นหาตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ในแต่ละวิธีนั้นต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ และอาจต้องมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนพัฒนาระบบเพิ่มเติมอีกด้วย



รูปที่ 1.2 แผนผังการทำงานของระบบระบุพิกัดตำแหน่งผ่านโครงข่ายจีพีอาร์เอส

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการระบุพิกัดตำแหน่งด้วยวิธีเอจีพีเอส (Assisted GPS: A-GPS) เป็นระบบที่อาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างระบบจีพีเอส และระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งระบบนี้จะทำให้ความสามารถในการค้นหาตำแหน่งได้ (Availability) และความละเอียดถูกต้อง (Accuracy) ในการบอกพิกัดตำแหน่งดีขึ้น (Djuknic and Richtion, 2001) นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถพัฒนาระบบขึ้นเองได้โดยมีโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในประเทศรองรับ

ระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักส่วนแรก คือโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีฟังก์ชันเอจีพีเอสภายในเครื่อง ติดตั้งอยู่กับลูกข่ายในรถยนต์เพื่อระบุพิกัดตำแหน่งแล้วส่งข้อมูลนั้นกลับไปยังศูนย์ควบคุมได้ ส่วนที่สอง คือ ระบบจัดการของสถานีศูนย์กลางที่สามารถตรวจสอบตำแหน่งของรถแต่ละคันแล้วจัดเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งลงไปในฐานข้อมูล พร้อมทั้งแสดงตำแหน่งรถลงบนแผนที่ได้ โดยที่ชุดอุปกรณ์ลูกข่าย และสถานีศูนย์กลางนั้นจะทำการสื่อสารกันผ่านทางส่วนที่สาม นั่นคือโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ (CDMA Network) และโครงข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่าย และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง โดยในงานวิจัยนี้จัดทำระบบระบุพิกัดตำแหน่งของกลุ่มรถแท็กซี่เป็นกรณีศึกษา รวมทั้งศึกษา และเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างระบบระบุพิกัดตำแหน่งผ่านโครงข่ายจีพีอาร์เอสที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน และระบบระบุพิกัดตำแหน่งผ่านโครงข่ายซีดีเอ็มเอที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) พัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อนำไปติดตั้งบนรถยนต์ และพัฒนาระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติให้สามารถระบุตำแหน่งของรถคันนั้นผ่านทางสถานีศูนย์กลางได้อย่างถูกต้อง การระบุพิกัดตำแหน่งใช้ระบบ A-GPS และ A-FLT ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ

2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพ และคุณสมบัติของระบบระบุพิกัดตำแหน่งของรถยนต์ที่จัดทำขึ้นกับระบบที่มีการใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) พัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ และนำไปติดตั้งบนรถยนต์ และพัฒนาโปรแกรมที่สถานีศูนย์กลางให้สามารถตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันของรถยนต์แต่ละคันได้ โดยจัดทำระบบระบุตำแหน่งของกลุ่มรถแท็กซี่เป็นกรณีศึกษา

2) โปรแกรมที่จัดทำขึ้นมีความสามารถตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 3.3 และใช้เพื่อการทดสอบเท่านั้น ไม่มีการนำไปใช้งานในเชิงพาณิชย์ที่ต้องขอแฟ้มที่เป็นลายเซ็นดิจิทัลจากบริษัท Qualcomm ก่อน

3) แสดงตำแหน่งของรถบนแผนที่ได้ โดยแผนที่ที่ใช้ในงานวิจัยมีเฉพาะแผนที่ในเขตกรุงเทพฯ และพื้นที่บางส่วนของจังหวัดที่มีอาณาเขตติดกัน

4) ระบบจัดการฐานข้อมูลจัดเก็บบันทึกพิกัดตำแหน่งของรถรวมกันสูงสุดเป็นจำนวน 100 บันทึกเท่านั้น โดยจะลบบันทึกเก่าทิ้งไปเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา

5) ข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูลอย่างถาวรมีเฉพาะข้อมูลฉุกเฉินเท่านั้น

6) ไม่มีเครื่องลงบันทึกการเดินทาง (Data Logger) สำหรับรถยนต์

7) เครื่องลูกข่ายไม่สามารถส่งข้อมูลไปยังสถานีศูนย์กลางได้ หากเครื่องลูกข่ายอยู่นอกบริเวณโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

1) ขั้นวางแผน

- กำหนดขอบเขตของปัญหา เนื่องจากการดำเนินงานในปัจจุบัน
- ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- จัดหาอุปกรณ์ที่มีคุณภาพ และราคาเหมาะสม และศึกษาความต้องการขั้นต่ำของระบบ

2) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล

- รวบรวมข้อมูลโดยการทำแบบสอบถาม และสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง
- เขียนแผนภาพกระแสข้อมูล แสดงถึงกระบวนการ (Process) และข้อมูล (Data) รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี (Entity) ต่างๆในระบบ

3) ขั้นออกแบบ

- ออกแบบสิ่งนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) ของโปรแกรม
- ออกแบบฐานข้อมูล
- จัดทำผังงานของระบบ
- จัดทำต้นแบบ (Prototype) ของระบบ

4) ขั้นพัฒนาระบบ

- จัดทำโปรแกรมฝั่งผู้ใช้
- จัดทำโปรแกรมเลือกจ่ายงานของศูนย์ควบคุม
- จัดทำระบบจัดการฐานข้อมูล
- ติดตั้งระบบ และทดสอบระบบ
- ติดตั้งระบบที่เสร็จสมบูรณ์

5) ขั้นสรุปผลการวิจัย

- สรุปผลการศึกษา และการวิจัย
- จัดทำวิทยานิพนธ์เป็นรูปเล่ม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันของยานพาหนะแต่ละคันได้ เพื่อประโยชน์ในการติดตาม หรือสอบถามเส้นทาง

2) ระบบที่จัดทำขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานหลากหลายประเภทได้ในทุกๆแห่งที่ต้องการตรวจสอบเป้าหมายผ่านทางสถานีศูนย์กลาง

3) อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนฝั่งลูกข่ายมีเพียงโทรศัพท์เคลื่อนที่เพียงเครื่องเดียวเท่านั้น ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวก และไม่มีปัญหาเรื่องการติดตั้งอุปกรณ์บนยานพาหนะ

4) ผู้ใช้ฝั่งลูกข่ายจะประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ได้มากขึ้น และยังสามารถนำโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆได้อีกด้วย

5) หน่วยงาน หรือองค์กรต่างๆสามารถดำเนินการติดตั้งระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติได้ทันที โดยมีโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในประเทศไทยรองรับ

6) สามารถใช้ผลการศึกษา และการวิจัยไปเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติได้ตามความต้องการของผู้ใช้ หรือตามความเหมาะสมของงานแต่ละประเภท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

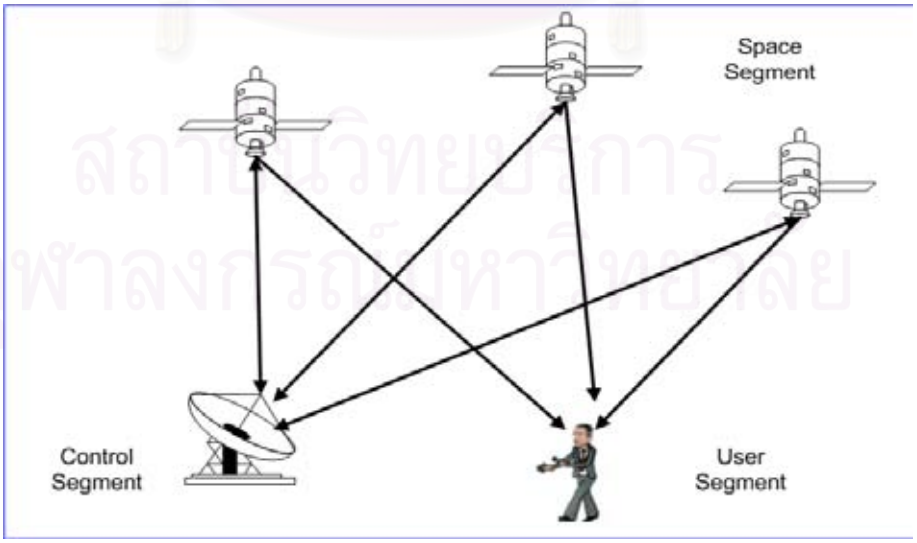
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก หรือจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) ระบบจีพีเอส หมายถึง ระบบที่มีกลุ่มดาวเทียมซึ่งโคจรอยู่รอบโลกส่งสัญญาณที่มีกำลังส่งต่ำมายังพื้นผิวโลกตลอดเวลา ซึ่งผู้ใช้ไม่ว่าจะเป็นใครก็ตามสามารถนำเอาเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Receiver) มาเพื่อระบุตำแหน่งที่แน่นอนบนพื้นผิวโลกได้ ซึ่งการระบุพิกัดตำแหน่งต่างๆสามารถหาได้โดยการคำนวณระยะห่างจากดาวเทียมแต่ละดวง

ได้มีเริ่มใช้งานระบบจีพีเอสในปี ค.ศ. 1978 โดยเริ่มแรกมีการใช้งานภายในกิจการของทางกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกาเท่านั้น ต่อมาในปีค.ศ.1980 ได้อนุญาตให้ทางสาธารณชนสามารถใช้ระบบจีพีเอสได้ จึงได้มีการพัฒนา และใช้ประโยชน์จากระบบจีพีเอสอย่างแพร่หลายทั้งทางบก ทางอากาศ หรือทางทะเล เช่น ติดตั้งบนรถยนต์เพื่อนำทาง การเดินป่า การเดินเรือ อีกทั้งยังมีงานวิจัย และสินค้าที่มีการใช้ระบบจีพีเอสมาประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆมาอย่างต่อเนื่อง

ทางกระทรวงกลาโหมประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เรียกชื่อระบบจีพีเอสอย่างเป็นทางการว่าระบบ NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging) และกำหนดให้ระบบมีองค์ประกอบสำคัญอยู่ 3 ส่วนด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 2.1 คือ ภาคอวกาศ (Space Segment) ได้แก่ ดาวเทียม, ภาคควบคุมการทำงาน (Control Segment) ได้แก่ สถานีภาคพื้นดิน และภาคผู้ใช้ (User Segment) ได้แก่ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ซึ่งแต่ละส่วนมีหน้าที่การทำงานดังนี้



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบจีพีเอสแต่ละส่วน
ที่มา: (GARMIN, 2000)

(ก) ภาคอวกาศ (Space Segment) ส่วนการทำงานของภาคอวกาศนั้นประกอบไปด้วยกลุ่มดาวเทียมซึ่งโคจรอยู่รอบโลกตลอดเวลาทั้งหมด 24 ดวง (21 ดวงที่ทำงาน, 3 ดวงที่สำรองใช้) ซึ่งดาวเทียมโคจรอยู่เหนือพื้นโลกประมาณ 19,300 กิโลเมตร โดยมีระนาบของวงโคจร 6 ระนาบ แต่ละระนาบมีดาวเทียม 4 ดวง และเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) เป็นมุม 55 องศา โดยเคลื่อนที่รอบโลกด้วยความเร็วประมาณ 11,260 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นั่นคือโคจรรอบโลก 1 รอบ ในเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง โดยการจัดเรียงตัวของดาวเทียมทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 2.2 ซึ่งทำให้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสได้รับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงในเวลาเดียวกัน

ดาวเทียมแต่ละดวงส่งสัญญาณมายังผิวพื้นโลกในหลายย่านความถี่ (เช่น L1, L2) แต่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสจะรับเฉพาะสัญญาณที่ความถี่ 1575.42 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ในย่าน L1 ของความถี่ในย่านยูเอชเอฟ ดาวเทียมแต่ละดวงส่งสัญญาณด้วยกำลังประมาณ 20 ถึง 50 วัตต์ คลื่นสัญญาณมีลักษณะเป็นเส้นตรง (Line-of-Sight: LOS) และสามารถทะลุผ่านเมฆ แก้ว หรือพลาสติกได้ แต่ไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุที่มีความหนามากได้ เช่น ตึกสูง ใต้น้ำ ใต้ดิน หรือภูเขา

รูปที่ 2.2 กลุ่มของดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลก
ที่มา: (Nave, 2000)

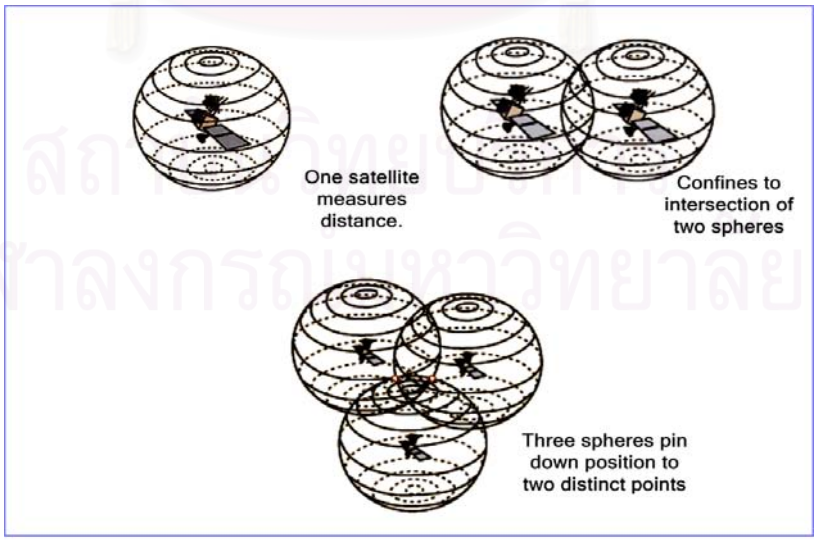
ข้อมูลที่ส่งมาจากดาวเทียมไปยังเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมีอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรก คือ ส่วนที่ระบุเวลาการมาถึง (Time of Arrival) ซึ่งเวลาส่วนนี้สามารถไปคำนวณหาระยะทางจากดาวเทียมไปยังเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสได้จากผลคูณระหว่างกับอัตราเร็วของแสงในอวกาศ และเวลาการมาถึง ข้อมูลส่วนที่สอง คือ ข้อมูลพิกัดตำแหน่ง (Navigation Message) ซึ่งจะมีตำแหน่งของดาวเทียม เวลาอะตอม (Atomic Clock) ที่มีความเที่ยงตรงสูง และข้อมูลอื่นๆของระบบ

(ข) ภาคควบคุมการทำงาน (Control Segment) สถานีภาคพื้นดินมีหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมเพื่อนำมาประมวลผล และตรวจสอบข้อมูลจากดาวเทียมว่ามีความผิดพลาดหรือไม่ แล้วทำการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง และส่งข้อมูลกลับไปยังดาวเทียมต่อไป ปัจจุบันมีสถานีควบคุมบนพื้นโลกอยู่ 5 แห่ง โดย 4 แห่งแรกเป็นสถานีที่ที่รับข้อมูลจากดาวเทียมแล้วส่งข้อมูลกลับไปยังสถานีควบคุมหลัก ซึ่งสถานีควบคุมหลักมีหน้าที่กำหนดเส้นทางโคจรที่ถูกต้องใหม่ให้กับดาวเทียมแต่ละดวง รวมทั้งควบคุมการทำงานส่วนอื่นๆของระบบด้วย

(ค) <u>ภาคผู้ใช้ (User Segment)</u> ทางด้านผู้ใช้มีเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ซึ่งมีจำหน่ายโดยผู้ผลิตหลายราย โดยมีรูปแบบ และประโยชน์ใช้สอยต่างๆกัน เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสรุ่นเก่าๆนั้นถูกออกแบบให้มีวงจรรับสัญญาณจากดาวเทียมเพียงชุดเดียว ซึ่งจะมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากบริเวณที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสรุ่นใหม่ๆส่วนมากนั้นจึงมีวงจรรับสัญญาณแบบหลายช่องขนาน (Parallel Multi-Channel Design) ซึ่งมีวงจรรับสัญญาณตั้งแต่ 5 ถึง 12 ชุด โดยวงจรแต่ละชุดทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเฉพาะดาวเทียมดวงใดดวงหนึ่งเท่านั้น และมีความสามารถในการรับสัญญาณไม่เท่ากัน

<u>การทำงานของระบบจีพีเอส</u> หลักการทำงานของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส คือ ทำการหาพิกัดตำแหน่งของดาวเทียมที่โคจรอยู่ในบริเวณนั้น เมื่อทราบตำแหน่งที่แน่นอนของดาวเทียมแต่ละดวงแล้วก็จะทำการรับข้อมูลมาจากดาวเทียมแต่ละดวง แล้วคำนวณเวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมเดินทางมาถึงสายอากาศของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ซึ่งจะสามารถคำนวณหาระยะห่างจากดาวเทียมแต่ละดวงแล้วหาจุดตัดเพื่อระบุค่าพิกัดตำแหน่งในขณะนั้นได้

การคำนวณระยะทางระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียม สามารถคำนวณได้จากผลคูณระหว่างอัตราเร็วแสง และเวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมเดินทางมาถึงผู้รับ ซึ่งอัตราเร็วของแสงในอากาศมีค่าประมาณ 3.0×10^8 เมตรต่อวินาที โดยสัญญาณที่เดินทางมายังพื้นผิวโลกนั้นมีการหน่วงเวลาเล็กน้อยเนื่องจากชั้นบรรยากาศโลก ในทางทฤษฎีการรับสัญญาณจากดาวเทียมเพียง 3 ดวงก็เพียงพอที่จะระบุค่าพิกัดตำแหน่งได้ ดังรูปที่ 2.3 แต่ในทางปฏิบัติการรับสัญญาณจีพีเอสเพื่อบอกพิกัดตำแหน่งอย่างถูกต้องสมบูรณ์นั้นเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสต้องได้รับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงขึ้นไป เพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อนของสัญญาณนาฬิการะหว่างดาวเทียมแต่ละดวง



รูปที่ 2.3 พิกัดตำแหน่งที่หาได้จากการรับสัญญาณดาวเทียม
ที่มา: (Nave, 2000)

เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถหาได้ว่าดาวเทียมโคจรอยู่ที่บริเวณใดของอวกาศได้ โดยรับข้อมูล 2 ประเภทมาจากดาวเทียม ส่วนแรกเรียกว่าข้อมูลนี้เรียกว่าข้อมูล อิเฟเมอริส (Ephemeris Data) ข้อมูลนี้ประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับดาวเทียม รวมถึงพิกัดตำแหน่ง และวงโคจรของดาวเทียมในขณะนั้น เวลาที่ทำการค้นหาดาวเทียมเรียกว่าเวลาอุ่นเครื่อง (Cold start) แต่เนื่องจากการโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดาวเทียมแต่ละดวงจะได้รับข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ถูกต้องที่ได้รับการปรับค่าจากสถานีหลัก ซึ่งจะถูกส่งไปยังดาวเทียมในทุกๆ 4 ถึง 6 ชั่วโมง ส่วนที่สองเรียกว่าข้อมูลอัลมาแนก (Almanac Data) ข้อมูลส่วนนี้จะถูกส่งมาจากดาวเทียมในทุกๆ 1 มิลลิวินาที ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีข้อมูลชุดนี้ไม่เหมือนกัน ซึ่งภายในหน่วยความจำของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสจะจัดเก็บข้อมูลที่เหมือนกันของดาวเทียมแต่ละดวงไว้ด้วย เมื่อเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสจะทำการระบุพิกัดตำแหน่งก็จะสร้างข้อมูลชุดเดียวกัน (ของดาวเทียมที่กำหนดไว้ตอนแรก) ขึ้นมาเป็นคาบ แล้วทำการเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ได้รับข้อมูลนี้มาจากดาวเทียม ก็จะสามารถคำนวณเวลาการมาถึงของดาวเทียมได้

<u>ความผิดพลาดของข้อมูล</u> โดยทั่วไปเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมีความละเอียดถูกต้องอยู่ที่ 6 เมตร ถึง 12 เมตร (GARMIN, 2000) แต่ข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสรับได้นั้น มีโอกาสที่จะผิดพลาดได้ ซึ่งจะทำให้ระดับของความแม่นยำนั้นคลาดเคลื่อนโดยเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆดังนี้

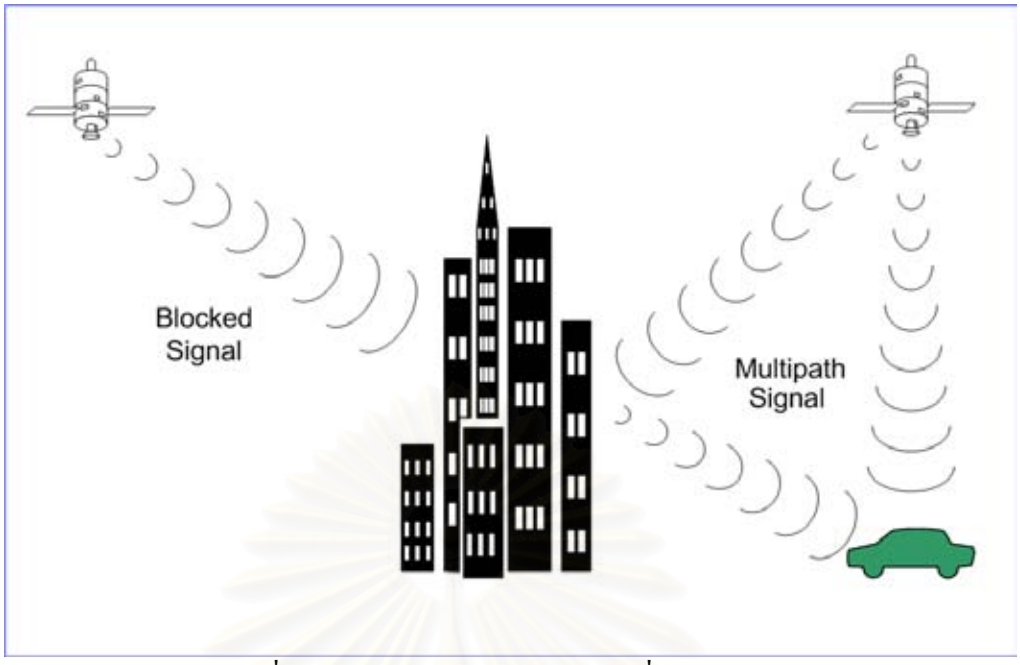
(ก) เกิดการหน่วงสัญญาณโดยชั้นบรรยากาศ แต่อย่างไรก็ตามภายในเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสนั้นมีตัวแบบซึ่งจะคำนวณเวลาเฉลี่ยที่เลื่อนไปจากเวลาจริงอยู่

(ข) ถ้าในบริเวณนั้นมีภูเขา หรือตึกสูง สัญญาณที่เครื่องรับสามารถรับได้มีทั้งสัญญาณที่มายังเครื่องรับโดยตรง และสัญญาณที่เกิดจากการสะท้อน ลักษณะดังกล่าวเรียกว่าสัญญาณซ้อนทับ (Multipath Signal) ดังรูปที่ 2.4 ทำให้การคำนวณเวลาผิดพลาดได้

(ค) สัญญาณนาฬิกาภายในเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสผิดพลาด

(ง) จำนวนดาวเทียมที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสรับสัญญาณได้ ซึ่งสามารถรับสัญญาณได้ดีในที่โล่งปราศจากสิ่งกีดขวาง แต่ไม่สามารถรับสัญญาณได้ในพื้นที่ภายในอาคาร ใต้น้ำ หรือใต้ดิน

อย่างไรก็ตาม ก็มีวิธีการที่สามารถเพิ่มความละเอียดในการกำหนดพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกได้ด้วยเครื่องรับสัญญาณดีจีพีเอส (Differential GPS: DGPS) ซึ่งจะมีความละเอียดถูกต้องอยู่ที่ 1 เมตร ถึง 5 เมตร หรือ WAAS (Wide Area Augmentation System) มีความละเอียดถูกต้องอยู่ที่ 3 เมตร ถึง 5 เมตร (GARMIN, 2000) ในงานวิจัยนี้จะไม่กล่าวถึงรายละเอียด



รูปที่ 2.4 ความผิดพลาดของข้อมูลเนื่องจากตึกสูง
ที่มา: (GARMIN, 2000)

มาตรฐานรูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งข่าวสารจีพีเอสซึ่งกำหนดโดยองค์กร The National Marine Electronics Association (NMEA) ประเทศสหรัฐอเมริกา คือ NMEA0183 กำหนดคุณสมบัติในการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์กับอุปกรณ์รอบข้างตามมาตรฐาน RS-232 ที่อัตรา 4800 บอดต่อวินาที (Buad per second) ข้อมูล 8 บิต 1 บิตเริ่ม (Start bit) 1 บิตหยุด (Stop bit) และไม่มีบิตภาวะคู่หรือคี่ (Parity bit) โดยมีรูปแบบข่าวสารดังตารางที่ 2.1 และในตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างข่าวสารแบบ RMC ซึ่งมีรูปแบบ และความหมายต่างๆดังนี้

ตารางที่ 2.1 ประเภทของข่าวสารตามมาตรฐาน NMEA 0183

ประเภทของข้อมูล	ความหมาย
1. GGA	Global Positioning System Fix Data
2. GLL	Geographic Position – Latitude/Longitude
3. GSA	DOP and Active Satellites
4. GSV	Satellites in view
5. RMC	Recommended Minimum Specific GNSS Data
6. VTG	Course Over Ground and Ground Speed
7. ZDA	Time and Date
8. PFST, FOM	Position figure of merit
9. PFST, PPS	PPS signal

ที่มา: (DePriest, 2004)

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างข้อมูลพิกัดตำแหน่งได้รับได้จากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230394,003.1,W*6A	
123519	เวลา 12:35:19(UTC)
A	สถานะ A = Active หรือ V = Void
4807.038, N	ละติจูด 48 องศา 07.038 ลิปดา เหนือ
01131.000, E	ลองติจูด 11 องศา 31.000 ลิปดา ตะวันออก
022.4	อัตราเร็วในภาคพื้นดินมีหน่วยเป็นน็อต (Knot)
084.4	มุมร่องในหน่วยองศา
230394	วันที่ 23 มีนาคม ค.ศ.1994
003.1, W	ค่าความเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสนามแม่เหล็ก
*6A	ผลบวกของข้อมูล(Checksum) จะขึ้นต้นด้วย * ใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล

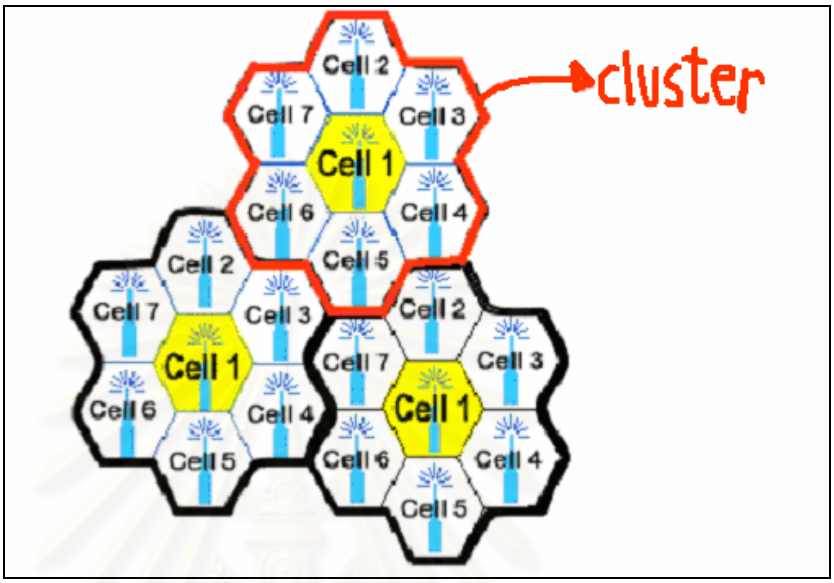
ที่มา: (DePriest, 2004)

ในงานวิจัยนี้ทำการเขียนโปรแกรมติดต่อกับฟังก์ชันเอจีพีเอสบนโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อให้สามารถค้นหาพิกัดตำแหน่งของผู้ใช้ได้ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณพิกัดตำแหน่งจะเป็นข้อมูลที่ได้รับจากดาวเทียมเช่นเดียวกันกับเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสทั่วไป และทดสอบความสามารถในการค้นหาพิกัดตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสทั่วไป

2.1.2 โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบรังผึ้ง (Cellular Wireless Networks) หลักการของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบรังผึ้ง คือ การจัดตั้ง หรือวางสถานีฐานในแต่ละพื้นที่เป็นเซลล์ๆ โดยรูปร่างของแต่ละเซลล์นั้นมีลักษณะรูป 6 เหลี่ยมด้านเท่า และให้บริการย่านความถี่ย่านใดย่านหนึ่ง มีพื้นที่ครอบคลุมตามสภาพภูมิประเทศ และไม่เกิดการรบกวนกับเซลล์อื่นๆ เนื่องจากย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้มีจำกัด การวางระบบโครงข่ายจึงต้องมีการใช้งานความถี่ซ้ำ (frequency reuse) แต่ละกลุ่มของเซลล์ที่ใช้ความถี่ไม่ซ้ำกันเรียกว่า คลัสเตอร์ (Cluster) พื้นที่ที่คลัสเตอร์ใดๆครอบคลุมถึงเรียกว่า เขตสัญญาณบริการ (Footprint) ซึ่งเขตสัญญาณการให้บริการนี้ถูกจำกัดเพื่อที่จะสามารถกำหนดกลุ่มของช่องสัญญาณที่สามารถใช้ได้ในพื้นที่บริเวณอื่นๆโดยไม่มีการรบกวนกันของคลื่นความถี่เดียวกันดังรูปที่ 2.5 โดยที่ระยะห่าง และกำลังส่งของสถานีฐานในแต่ละเซลล์นั้นต้องไม่รบกวนเซลล์รอบข้างที่ใช้ย่านความถี่เดียวกันด้วย

สำหรับรัศมีการครอบคลุมของสถานีฐานในแต่ละเซลล์นั้นสามารถมีค่าได้ตั้งแต่ 200 เมตรจนถึงหลายสิบกิโลเมตรขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม และสภาพภูมิประเทศในบริเวณนั้นรวมทั้งความสูง และอัตราขยายของสายอากาศ (Antenna) โดยทั่วไปแล้วรัศมีการครอบคลุมของแต่ละเซลล์จะมีค่าไม่เกิน 35 กิโลเมตร เพื่อป้องกันความซ้อนเหลื่อม (Overlap) กันของสัญญาณเนื่องจากระยะทางที่ไกลมากระหว่างเครื่องลูกข่าย และสถานีฐาน นอกจากนี้ขนาดของเซลล์แต่ละ

เซลล์นั้นยังขึ้นอยู่กับปริมาณของผู้ใช้ ถ้าหากพื้นที่ใดมีปริมาณผู้ใช้มาก เซลล์นั้นก็จะมีรัศมีการครอบคลุมที่น้อยๆเพื่อให้สามารถใช้ความถี่ซ้ำได้มากขึ้น โดยชนิดของเซลล์แต่ละเซลล์มีชื่อเรียกต่างๆกันตามขนาดของพื้นที่ที่เซลล์ๆนั้นครอบคลุม ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้



รูปที่ 2.5 Frequency Reuse

ที่มา: (IEC, 2002a)

(ก) มาโครเซลล์ (Macro-cell) ครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง มีรัศมีการครอบคลุมมากที่สุด การวางตำแหน่งเซลล์จะวางในบริเวณที่มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่โล่ง เช่น ในชนบท ติดตั้งบนภูเขา หรือตึกสูงมีรัศมีครอบคลุมไม่เกิน 35 กิโลเมตร

(ข) ไมโครเซลล์ (Micro-cell) มีพื้นที่ครอบคลุมแคบลงมา การวางตำแหน่งเซลล์จะวางในบริเวณที่มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่แออัด มีการลดทอนของสัญญาณได้เยอะ เช่นในเมืองใหญ่ มีรัศมีการครอบคลุมไม่เกิน 2 กิโลเมตร ติดตั้งข้างๆตึกสูง หรือบนเสาไฟฟ้า

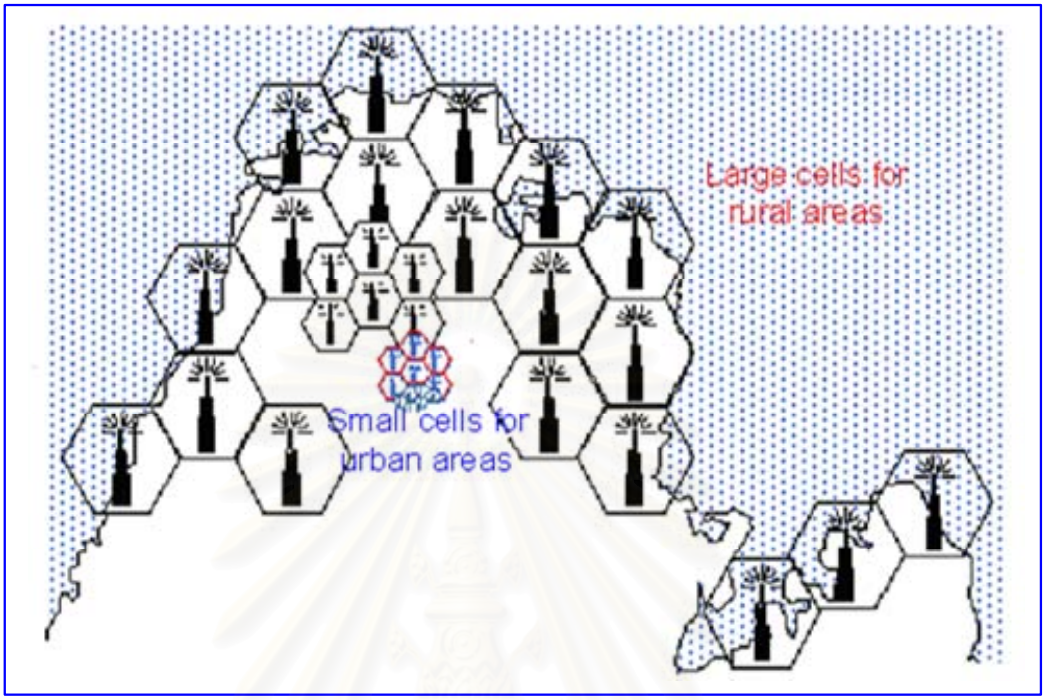
(ค) เซลล์เฉพาะที่ (Selective-cell) คือ เซลล์ที่มีพื้นที่ที่ครอบคลุมบริเวณ 1 เซกเตอร์ หรือ 1 ใน 3 ของพื้นที่วงกลม (120 องศา) ติดตั้งในพื้นที่ที่ต้องการให้เซลล์มีรัศมีครอบคลุมในทิศทางใดทิศทางหนึ่งเท่านั้น เช่น ภายในอุโมงค์

(ง) พิโคเซลล์ (Pico-cell) มีพื้นที่ครอบคลุมเพียงเล็กน้อยนิยมติดตั้งในบริเวณตัวอาคาร

(จ) เซลล์ครอบคลุม (Umbrella-cell) พื้นที่ที่ครอบคลุมนั้นครอบคลุมบริเวณพื้นที่ของเซลล์ที่มีขนาดเล็กกว่าทั้งหมดเพื่อชดเชยช่องว่าง (Gaps) ระหว่างเซลล์ขนาดเล็กที่ที่เกิดขึ้นได้หลังจากติดตั้งแล้ว และลดอัตราการส่งต่อ (Hand off) ระหว่างเซลล์

วิธีการจัดสรรเซลล์ขนาดต่างๆเพื่อให้มีพื้นที่ครอบคลุมทุกๆบริเวณเรียกว่า การแบ่งแยกเซลล์ (Cell Splitting) ตัวอย่างการแบ่งแยกเซลล์แสดงดังรูปที่ 2.6

สำหรับผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบดิจิทัลภายในประเทศไทยแสดงดังตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.6 Cell Splitting

ที่มา: (IEC, 2002a)

ตารางที่ 2.3 บริการโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในประเทศไทย

ผู้ให้บริการ	ชื่อโครงข่าย	เทคโนโลยี	วันที่เปิดให้บริการ
ACT Mobile Company, Limited	ACT GSM 1900	GSM 1900	August 2001
ACT Mobile Company, Limited	ACT	UMTS2000	ยังไม่มีกำหนด
Advanced Info Service PLC	AIS GSM	GSM 900	October 1994
Digital Phone Co Ltd	GSM 1800	GSM 1800	May 1998
TA Orange Company Limited (true move)	Orange	GSM 1800	August 2001
Total Access Communications Co	DTAC	GSM 1800	November 1994
Hutchison CAT Wireless Multimedia Ltd.	Hutchison CAT	CDMA2000 1x	February 2003

ที่มา: (GSMA, 2005; CDG, 2005)

2.1.3 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม (Global System for Mobile Communications: GSM) (Ericsson, 2004) ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มอยู่ในความรับผิดชอบขององค์กร ETSI (European Telecommunication Standard Institute) เริ่มจัดทำเป็นระบบจริงๆในประมาณปี ค.ศ. 1991 เป็นระบบโทรศัพท์เซลลูลาร์แบบดิจิทัล (Digital Cellular System) ใช้การร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลาแบบแถบช่องความถี่แคบ (Narrowband Time Division Multiple Access: N-TDMA) ให้สามารถใช้ช่องสัญญาณเดียวกันได้พร้อมๆกัน 8 สาย การพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มมีจุดหมายเพื่อการให้บริการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง รวมทั้งบริการไปรษณีย์เสียง (Voice mail) โทรสาร (Fax) ทำให้คุณภาพของเสียงอยู่ในเกณฑ์ดี ผู้ใช้สามารถเคลื่อนที่ได้ (Mobility) ใช้งานข้ามเขตได้ (Roaming) และให้อุปกรณ์ปลายทางสามารถใช้ร่วมกันระหว่างประเทศได้ โดยมีข้อกำหนดในการใช้โครงข่ายแสดงในตารางที่ 2.4

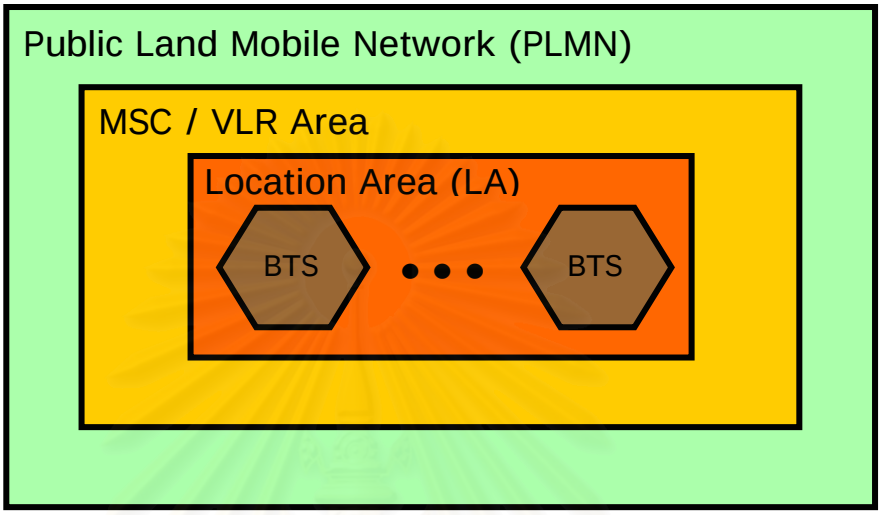
ในตอนเริ่มแรกประมาณปี ค.ศ.1992 ได้มีการใช้งานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มในประเทศทางยุโรป 7 ประเทศ และมีการใช้งานแพร่หลายมากขึ้นทั่วโลกกว่า 100 ประเทศรวมทั้งประเทศไทย โดยระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มนั้นใช้แถบความถี่ในช่วง 900 และ 1800 เมกะเฮิรตซ์ในประเทศแถบยุโรป เอเชีย และออสเตรเลีย ช่วง 1900 เมกะเฮิรตซ์ในประเทศแถบอเมริกาเหนือ บางส่วนของประเทศแถบลาตินอเมริกา และแอฟริกา

ตารางที่ 2.4 ข้อกำหนดของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มที่คลื่นความถี่ 900 เมกะเฮิร์ตซ

Base station transmission band	935-960 MHz
Mobile station transmission band	890-915 MHz
BTS-MS space band (Duplex spacing)	45 MHz
Multiple access	TDMA
Channel bandwidth	200 kHz
Number of duplex channel	25M/200k = 125 channels
Time slot/user per channel	8
Max. power	2 Watt
Modulation	GMSK
Carrier bit rate	270.833 kbps
Frame size	0.577ms x 8 = 4.615 ms
Burst size	0.577 ms; 1 burst = 1 time slot

ที่มา: (Stallings, 2001: 308, 311)

2.1.3.1 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม (GSM Network Architecture) โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนด้วยกัน ซึ่งมีส่วนประกอบ และหน้าที่การทำงานดังตารางที่ 2.5 มีการแบ่งพื้นที่ให้บริการดังรูปที่ 2.7 และมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.8



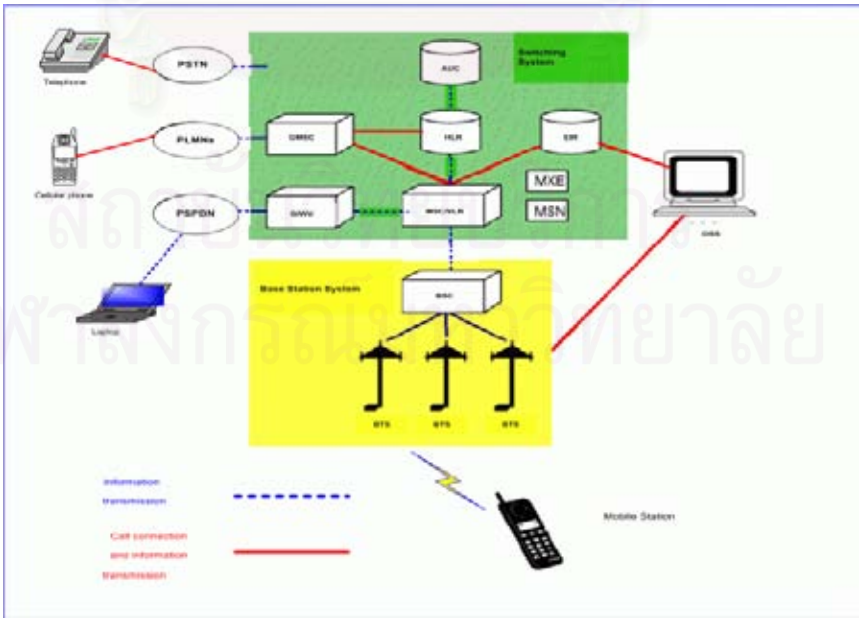
รูปที่ 2.7 การแบ่งพื้นที่ให้บริการของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม
ที่มา: (IEC, 2002b)

ตารางที่ 2.5 โครงสร้าง และฟังก์ชันของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

Sub network	Functional Unit	Function
Radio Network	Mobile Station (MS) - Mobile Terminal (MT) - Subscriber Identity Module (SIM)	ชุดอุปกรณ์ที่ผู้ใช้ใช้งาน - เครื่องลูกข่าย เช่น Nokia, Siemens หรือ Ericsson - อุปกรณ์ที่เก็บข้อมูลส่วนตัวและเลขหมายของผู้ใช้
	Base Station Subsystem (BSS)	ประกอบด้วย BSC 1 ชุด และBTS 1 ชุด หรือหลายๆชุด
	Base Transceiver System (BTS)	เครื่องรับส่ง และสายอากาศ มีพื้นที่ครอบคลุมใน 1 เซลล์
	Base Station Controller (BSC)	ควบคุมการทำงานของ BTS จัดสรรคลื่นความถี่ และเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง MSC และ BTS

Mobile Switching Network	Mobile Switching Center (MSC)	เชื่อมต่อ ควบคุมและจัดการการสื่อสารระหว่างโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือโครงข่ายโทรศัพท์สาธารณะ
	Home Location Register (HLR)	ฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลทะเบียนของผู้ใช้
	Visitor Location Register (VLR)	ฐานข้อมูลของผู้ใช้ในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไป MSC และ VLR จะติดตั้งในบริเวณเดียวกัน
	Authentication Center (AUC)	ฐานข้อมูลตรวจสอบความถูกต้องของผู้ใช้ และการเข้ารหัส
	Equipment Identity Register (EIR)	ฐานข้อมูลของโทรศัพท์เคลื่อนที่
Management Network	Operations and Maintenance Center (OMC)	ระบบจัดการการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ระบบสลับสาย และ BSC
	Operations and Support System (OSS)	ระบบการให้บริการผู้ใช้ เช่น การคิดค่าบริการ การให้บริการเสริม

ที่มา: (IEC, 2002b)



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

ที่มา: (IEC, 2002b)

2.1.3.2 จีพีอาร์เอส (General Packet Radio Service: GPRS) คือ บริการการสื่อสารข้อมูลผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม ซึ่งเป็นส่วนเสริมแทนบริการสารสั้น และบริการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบการสวิตช์วงจร (Circuit Switched Data) ตามทฤษฎีแล้วอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล คือ 171.2 กิโลบิตต่อวินาที ซึ่งจะมีอัตราเร็วมากกว่าการรับส่งข้อมูลผ่านทางโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม นอกจากสามารถรับส่งข้อมูลได้เร็วขึ้น และมีประสิทธิภาพมากขึ้นแล้ว ยังประหยัดค่าใช้จ่ายอีกด้วย เนื่องจากการคิดค่าบริการจะคิดตามปริมาณข้อมูลที่รับส่ง ขณะที่การรับส่งข้อมูลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม หรือบริการสารสั้นจะคิดค่าบริการเป็นต่อครั้ง

อุปกรณ์ที่สนับสนุนระบบจีพีอาร์เอสจะมีการเชื่อมต่อกับโครงข่ายตลอดเวลา ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ทันทีที่ต้องการในทุกๆพื้นที่ที่โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ครอบคลุมถึง โดยไม่จำเป็นต้องมีการสถาปนาการเชื่อมต่อ (Connection-Oriented) ก่อน ซึ่งจะแตกต่างจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มที่ต้องมีการเชื่อมต่อโครงข่ายก่อน

ได้มีการประยุกต์ใช้บริการสื่อสารข้อมูลมากมายหลายอย่างบนโครงข่ายจีพีอาร์เอส และมีประสิทธิภาพมากกว่าโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มเดิมที่มีอัตราการส่งข้อมูลเพียง 9.6 กิโลบิตต่อวินาที หรือบริการสารสั้นที่จำกัดความยาวของการส่งในแต่ละครั้งเพียง 160 ตัวอักษร นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับโครงข่ายอินเตอร์เน็ต (Internet) เพื่อรับส่งข้อมูลหรือเข้าถึง และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระยะทางไกลๆได้

ข้อกำหนดในการใช้โครงข่ายจีพีอาร์เอสมีดังนี้

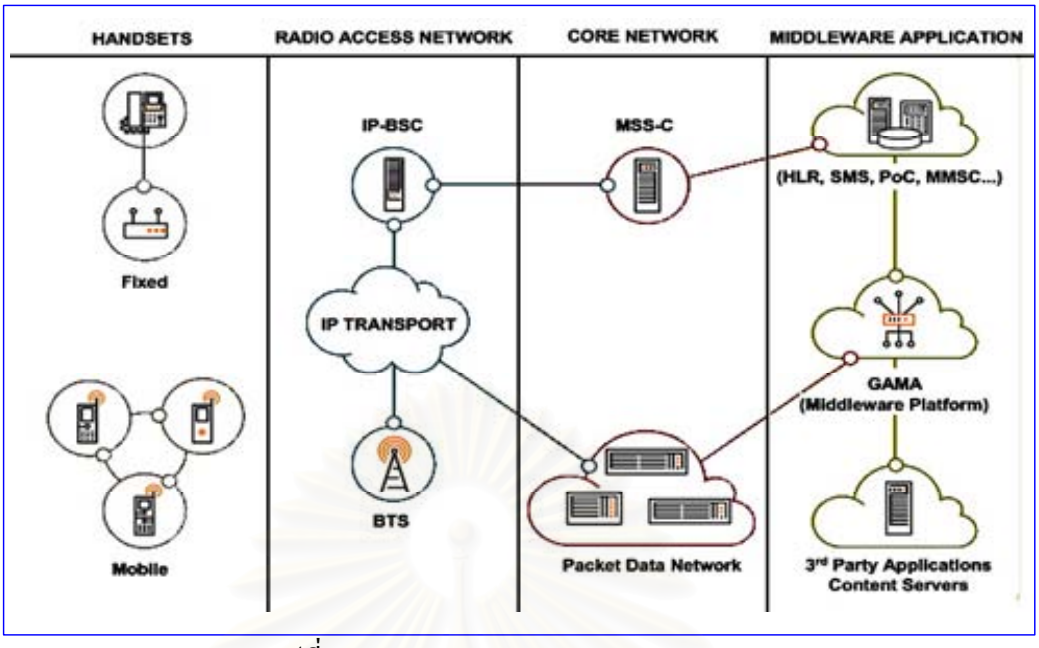
(ก) โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรืออุปกรณ์ปลายทางต้องรองรับโครงข่ายจีพีอาร์เอส

(ข) ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องรองรับโครงข่ายจีพีอาร์เอส

(ค) วิธีการรับส่งข้อมูลผ่านทางโครงข่ายจีพีอาร์เอสจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของทั้งฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ และอุปกรณ์ปลายทางแต่ละยี่ห้อ

(ง) ปลายทางของผู้รับข้อมูลไม่จำเป็นต้องเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่อย่างเช่นระบบเดิม ในกรณีที่ส่งผ่านข้อมูลผ่านโครงข่ายจีพีอาร์เอสส่วนปลายทางของผู้รับอาจจะกำหนดให้ปลายทางเป็นเลขที่อยู่ไอพี (IP Address) ก็ได้ เนื่องจากเป็นการรับส่งข้อมูลแบบการสลับกลุ่มข้อมูล (Packet Switching) ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลภายในโครงข่ายอินเตอร์เน็ตได้

2.1.4 โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ (CDMA Networks) เทคโนโลยีซีดีเอ็มเอ (Code Division Multiple Access: CDMA) พัฒนาโดยบริษัท Qualcomm เป็นเทคนิคที่ใช้การแบ่งแยกช่องสัญญาณโดยใช้เทคโนโลยีการแผ่สเปกตรัม (Spread Spectrum Technology) ที่มีการแบ่งแยกช่องสัญญาณโดยการใช้รหัส ไม่ได้ใช้การแบ่งช่องสัญญาณ หรือแบ่งเป็นช่องเวลา (Timeslot) อย่างเช่นเทคโนโลยี TDMA (Time Division Multiple Access) หรือแบ่งเป็นช่องความถี่อย่างเช่นเทคโนโลยี FDMA (Frequency Division Multiple Access) แต่เทคโนโลยีซีดีเอ็มเอใช้วิธีให้ทุกคนใช้ความถี่เดียวกันพร้อมๆ กันได้ในเวลา และสถานที่เดียวกัน



รูปที่ 2.9 CDMA Network Architecture

ที่มา: (Motorola, 2005)

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอมีวิธีการแบ่งแต่ละสัญญาณด้วยรหัส (Code Division) ซึ่งผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอจะได้รับรหัสที่แตกต่างกัน โดยรหัสที่ผู้ใช้แต่ละคนได้รับจะไม่ซ้ำกัน เพราะได้มีออกแบบให้มีรหัสเป็นจำนวนถึง 4.4 ล้านล้าน (Trillion Code) รหัส ซึ่งเป็นข้อกำหนดของระบบซีดีเอ็มเอ (PN Long Code) ในส่วนของสถานีฐานก็มีรหัสแยกต่างหาก เพื่อแยกว่ารับสัญญาณจากสถานีฐานใด (PN Short Code) หลังจากที่เครื่องรับส่งระบบซีดีเอ็มเอทำการเข้ารหัสแล้วระบบจึงจะทำการส่งสัญญาณออกอากาศต่อไป โครงสร้างของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอแสดงดังรูปที่ 2.9

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอใช้ความกว้างของช่องสัญญาณที่ 1.25 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งเมื่อเทียบกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มที่ใช้ความกว้างของช่องสัญญาณ 200 กิโลเฮิรตซ์แล้ว ระบบซีดีเอ็มเอใช้ช่องความถี่กว้างกว่ามาก ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอจะให้ความถี่เดียวกับผู้ใช้ทุกคน และสามารถนำความถี่เดิมไปใช้อีก (Universal Frequency Reuse) ช่วยลดปัญหาการวางแผนความถี่ (Frequency Planning) ได้

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอใช้วิธีการขยายสัญญาณของข้อมูล (Voice/ Data) คือ การแปลงสัญญาณเป็นดิจิทัล และ ขยายข้อมูลด้วยรหัสแบบ 0 และ 1 ซึ่งจะทำให้จำนวนบิทเพิ่มขึ้นก่อนส่งออกอากาศ จึงต้องใช้ช่องสัญญาณที่กว้าง ข้อดีของการขยายสัญญาณ คือ สัญญาณจะขยายมากขึ้นถึง 21 เดซิเบล (dB) จึงไม่จำเป็นต้องใช้กำลังส่งสูง ระบบซีดีเอ็มเอยังมีการควบคุมกำลังส่งที่ช่วยให้การส่งสัญญาณเป็นไปอย่างเหมาะสม เช่น หากโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ใกล้กับสถานีฐานก็จะใช้กำลังส่งน้อย ผู้ใช้จึงสนทนาได้นานขึ้นโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่น้อยลง

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอเป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 2 (Second Generation: 2G) และยุคที่ 3 (Third Generation: 3G) ซึ่งทางองค์กร CDG (CDMA Development Group) ได้แบ่งระบบซีดีเอ็มเอออกเป็นรุ่นต่างๆ ดังนี้

cdmaOne เป็นมาตรฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอในยุค 2G มีชื่อเรียกว่า IS-95

CDMA2000 เป็นมาตรฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอในยุค 3G มีชื่อเรียกว่า IS-2000 มีการพัฒนาเครือข่ายตามลำดับ คือ

(ก) CDMA2000 1xRTT (Radio Transmission Technology) เป็นมาตรฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอพื้นฐานเพื่อการพัฒนาไปเป็นระบบ 3G

(ข) CDMA2000 1x เป็นมาตรฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอรุ่นแรกที่ใช้เทคโนโลยี 3G ที่มีงานใช้งานเชิงพาณิชย์

(ค) CDMA2000 1xEV (Evolution) แบ่งเป็น

- CDMA2000 1xEV-DO (Evolution-Data Only)
- CDMA2000 1xEV-DV (Evolution-Data and Voice)

(ง) CDMA2000 3x เป็นระบบที่กำลังพัฒนาอยู่ในปัจจุบัน

นอกจากนี้ยังมีระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอยุคที่ 3 คือ W-CDMA (Wideband CDMA) หรือ UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) พัฒนาโดยบริษัท DoCoMo ประเทศญี่ปุ่น โดยที่ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ W-CDMA และ CDMA2000 มีการกำหนดมาตรฐาน และโปรโตคอลที่แตกต่างกันตามมาตรฐาน IMT-2000 ที่กำหนดโดยองค์กร ITU (International Telecommunication Union) ในปัจจุบันยังไม่มีโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นใดสามารถรองรับการทำงานได้พร้อมกันทั้ง 2 ระบบ

2.1.5 การระบุตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Phone Positioning) สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์แต่ละเซลล์ในบริเวณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ ซึ่งวิธีการที่เป็นไปได้มีดังนี้

(ก) ระดับสัญญาณที่ได้รับ (Received Signal Strength) สำหรับระดับสัญญาณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องรับได้จากเซลล์ต่างๆที่ตั้งอยู่รอบๆนั้นจะมีค่าต่างๆกันซึ่งสามารถใช้สมการคณิตศาสตร์หาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างจากเซลล์แต่ละเซลล์ และระดับสัญญาณที่ได้รับได้ (หรือแต่ละเซลล์ทำการรับสัญญาณจากโทรศัพท์เคลื่อนที่) หลังจากได้ระยะห่างจากเซลล์แต่ละเซลล์แล้วก็สามารถคำนวณจุดตัดเพื่อทำการบอกพิกัดตำแหน่งได้ดังรูปที่ 2.10 (ก)

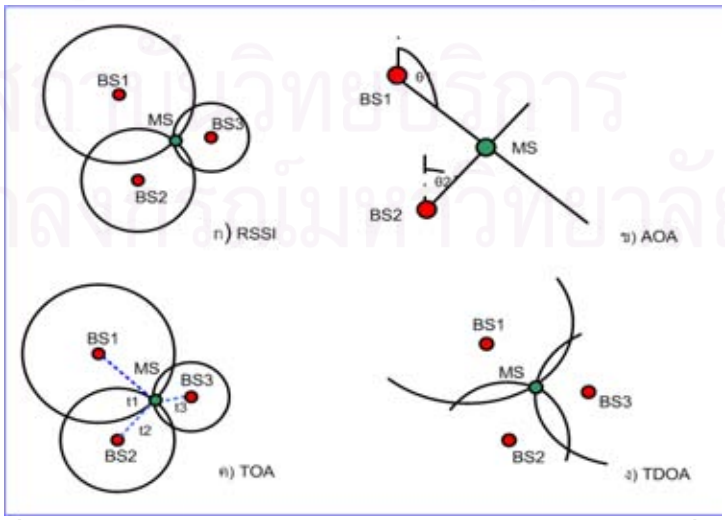
(ข) ข่าวสารของเซลล์ (Cell Information) ถ้าโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ในบริเวณที่เซลล์ขนาดเล็กติดตั้งอยู่ เช่น พิโกเซลล์ ข้อมูลเพียงแต่ตำแหน่งของเซลล์นั้นก็เพียงพอที่จะบอกพิกัดตำแหน่งที่ถูกต้องได้

(ค) มุมที่สัญญาณมาถึง (Angle of Arrival: AOA) ทิศทางที่เซลล์แต่ละเซลล์นั้นส่งสัญญาณมายังโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นสามารถหามาได้ดังรูปที่ 2.10 (ข) โดยการตัดกันของเส้นทางในการส่งสัญญาณจากเซลล์อย่างน้อยจำนวน 2 เซลล์ วิธีการนี้มีข้อจำกัด คือ สัญญาณที่เดินทางมายังโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นไม่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรง (Line-of-Sight: LOS) เท่านั้นแต่ยังมีสัญญาณเนื่องจากการซ้อนทับอีกด้วย เช่น จากการสะท้อน ทำให้ไม่สามารถกำหนดได้ว่าในช่วงใดๆจะนำเอาสัญญาณค่าใดของแต่ละเซลล์มาคำนวณ

(ง) เวลาที่สัญญาณมาถึง (Time of Arrival: TOA) วิธีการนี้แสดงดังรูปที่ 2.10 (ค) ระยะห่างจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ และไปยังแต่ละเซลล์สามารถคำนวณได้จากเวลาในการเดินทางจากเซลล์แต่ละเซลล์ไปยัง (หรือจาก) โทรศัพท์เคลื่อนที่ เมื่อได้ระยะห่างจากเซลล์แต่ละเซลล์แล้วสามารถคำนวณจุดตัดเพื่อทำการบอกพิกัดตำแหน่งได้คล้ายๆกับรูปที่ 2.10 (ก) วิธีนี้เกิดปัญหาเมื่อสัญญาณนาฬิกาแต่ละเซลล์มีค่าไม่ประสานเวลากัน (Synchronize) ทำให้เกิดค่าออฟเซต (Offset)

(จ) ความแตกต่างของเวลาที่มาถึง (Time Difference of Arrival: TDOA) ค่าเวลาของผลต่างที่สัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่แผ่ไปยังเซลล์ 2 เซลล์ใดๆสามารถคำนวณได้ ซึ่งค่าผลต่างของแต่ละคู่เซลล์มีได้หลายๆค่า แต่ละค่าสามารถวาดเป็นเส้นของฟังก์ชันพาราโบลาได้ดังรูปที่ 2.10 (ง) หากโทรศัพท์เคลื่อนที่ตั้งอยู่บริเวณเซลล์รอบข้างอย่างน้อย 3 เซลล์แล้ว จะสามารถหาจุดตัดเพื่อระบุพิกัดตำแหน่งได้ วิธีการนี้สามารถที่จะประมาณค่าเวลาออฟเซตระหว่างเซลล์ได้ด้วย

(ฉ) ความแตกต่างของเวลารังวัดแบบเพิ่มสมรรถนะ (Enhanced-Observed Time Difference: E-OTD) พัฒนาความสามารถของวิธี TDOA โดยที่ภายในโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องติดตั้งเฟิร์มแวร์ (Firmware) เพิ่มซึ่งโทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำการรับสัญญาณจากสถานีฐานอย่างน้อย 3 สถานี และคำนวณค่าความแตกต่างของเวลาที่มาถึงในแต่ละคู่เซลล์ หลังจากนั้นจะสามารถคำนวณหาพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้



รูปที่ 2.10 หลักการหาค่าพิกัดตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

ที่มา: (Retscher and Mok, 2001)

(ช) A-FLT (Advance Forward Link Trilateration) หลักการของวิธีนี้ คือ จะคำนวณค่าความแตกต่างของเวลาที่มาถึงจากคู่สัญญาณนำร่องซีดีเอ็มเอ (CDMA pilot signal pairs) แต่ละคู่สัญญาณซึ่งประกอบไปด้วยสัญญาณนำร่องจากเซลล์รอบข้าง และเซลล์ที่ให้บริการขณะนั้น ค่าความแตกต่างของเวลาที่วัดได้นี้จะถูกนำมาคำนวณเป็นข้อมูลของระยะห่างซึ่งจะมีลักษณะเส้นของฟังก์ชันพาราโบลา และอาศัยจุดตัดของแต่ละเส้นคำนวณเป็นพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ต่อไป จะเห็นได้ว่าหลักการของวิธีนี้จะคล้ายคลึงกับวิธี TDOA มาก แต่วิธีการนี้ใช้สำหรับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอเท่านั้น

(ฌ) A-GPS (Assisted-GPS) เป็นระบบที่เพิ่มความสามารถในการบอกพิกัดตำแหน่งด้วยการเพิ่มเครื่องบริการตำแหน่ง (Location server) ที่โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ และติดตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสอ้างอิงที่สถานีฐานที่ทำหน้าที่รับข้อมูลอิเฟเมอริสจากดาวเทียมตลอดเวลา เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ช่วยในการค้นหาพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ และอุปกรณ์เสริมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ รูปที่ 2.11 แสดงโครงสร้างของระบบเอจีพีเอส

หลักการทำงาน คือ ขั้นแรกเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องการค้นหาพิกัดตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำการร้องขอไปยังเครื่องบริการตำแหน่ง ให้ทำการตรวจสอบว่าในขณะนั้นโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ใกล้บริเวณสถานีฐานใดมากที่สุด และตอบกลับไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ว่าให้รับข่าวสารจีพีเอสจากดาวเทียมดวงใดบ้างในขณะนั้น เพื่อให้โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถระบุพิกัดตำแหน่งของตนเองได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็ว ข้อมูลที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ และสถานีฐานรับนั้นจะเป็นข้อมูลอัลมาแนก และเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่และสถานีฐานรับสัญญาณจากดาวเทียมแล้วจะส่งข้อมูลเหล่านี้กลับไปยังเครื่องให้บริการตำแหน่งเพื่อทำการคำนวณพิกัดตำแหน่งต่อไป

รูปที่ 2.11 โครงสร้างของระบบเอจีพีเอส

ที่มา: (Snaptrack, 2005)

สำหรับเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสทั่วไป เมื่อจะทำการค้นหาพิกัดตำแหน่งจะต้องทำการรับข้อมูลอิเฟเมอริสจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงก่อน เพื่อให้ทราบวิถีโคจร และพิกัดตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงในขณะนั้นก่อนที่จะรับข้อมูลอัลมาแนกคำนวณหาเวลาการมาถึงของดาวเทียมต่อไป ซึ่งหากนำมาใช้ในบริเวณที่มีสภาพภูมิประเทศ หรือสภาพแวดล้อมที่อับสัญญาณ (Fading environment) แล้วสัญญาณที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสได้รับจะเป็นสัญญาณดังรูปที่ 2.4 ซึ่งอาจทำให้สัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียมบางดวงนั้นขาดหายได้ และไม่สามารถที่จะทำการคำนวณพิกัดตำแหน่งออกมาได้ด้วย ทำให้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสต้องทำการค้นหาดาวเทียมใหม่ (Cold start) ซึ่ง (Zhao, 2002) กล่าวไว้ว่าต้องใช้เวลาค้นหาอย่างน้อย 30 วินาที หากผู้ใช้เคลื่อนที่ไปยังบริเวณอับสัญญาณแห่งใหม่ ข้อมูลอิเฟเมอริสที่กำลังค้นหาก็อาจจะขาดหายไปอีก ทำให้ต้องค้นหาดาวเทียมแต่ละดวงใหม่ไปเรื่อยๆ

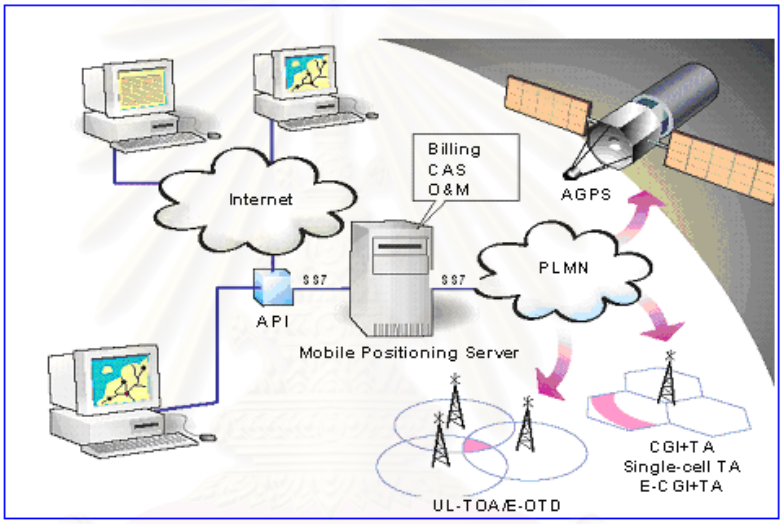
การที่ระบบเอจีพีเอสทำการระบุว่าให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการรับข้อมูลจากดาวเทียมดวงใดบ้างจะสามารถลดขั้นตอนการค้นหาดาวเทียมได้ ข้อมูลอิเฟเมอริสจากดาวเทียมแต่ละดวง ทางระบบสามารถนำมาจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสอ้างอิงที่สถานีฐานได้โดยตรงเลย นอกจากนี้ในระบบจะสามารถประมาณค่าเวลาคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการเกิดสัญญาณซ้อนทับได้ด้วย เนื่องจากทราบพิกัดตำแหน่งที่แน่นอนของสถานีฐานแต่ละแห่ง อย่างไรก็ตามระบบเอจีพีเอสจะต้องมีขั้นตอนการค้นหาดาวเทียมทุกครั้ง (Time-To-First-Fix: TTFF) โดยใช้เวลาประมาณ 10-20 วินาที (Qualcomm, 2004)

เครื่องให้บริการตำแหน่งจะรวบรวมข้อมูลที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับจากดาวเทียมแต่ละดวง กับข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่คลาดเคลื่อนของโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปใช้คำนวณพิกัดตำแหน่งที่แน่นอนออกมาได้ จะเห็นได้ว่าข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่หามาได้จะมีความละเอียดถูกต้อง และมีความสามารถในการค้นหาพิกัดตำแหน่งมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี ซึ่ง (Sage, 2001) กล่าวไว้ว่าความละเอียดถูกต้องในการบอกพิกัดตำแหน่งนั้นจะอยู่ที่ 1-10 เมตร

(ซ) <u>ลายชี้บ่งหลายเส้นทาง (Multipath Fingerprinting)</u> สถานที่ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ตั้งอยู่สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ที่เข้ากันกับลายชี้บ่ง (Fingerprint) ของสัญญาณที่ได้รับโดยสถานีฐานแต่ละเซลล์ด้วยฐานข้อมูลลายชี้บ่ง และพิกัดตำแหน่ง วิธีการนี้ต้องการการจัดการ และการปรับปรุงฐานข้อมูลอย่างต่อเนื่อง

(ด) <u>โปรโตคอลที่ใช้ระบุตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Location Protocol: MLP)</u> รูปที่ 2.12 แสดงแผนภาพของการบริการข่าวสารโดยใช้พิกัดตำแหน่ง (Location Based Service: LBS) ซึ่งผู้ใช้สามารถพัฒนาโปรแกรมเพื่อทำการค้นหาพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยการเขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องให้บริการตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Swedberg, 1999)

(ต) การระบุตำแหน่งโดยวิธีไฮบริด (Hybrid positioning) เป็นการนำเอาเทคโนโลยีที่ใช้ในการกำหนดพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่มาใช้ร่วมกันอย่างน้อย 2 วิธี ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึง A-GPS และ A-FLT หลักการทำงาน คือ เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องการค้นหาพิกัดตำแหน่ง ระบบจะทำการตรวจสอบว่าในขณะนั้นโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถรับข้อมูลจากดาวเทียมได้เพียงพอหรือไม่ หากเพียงพอระบบจะทำการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งโดยใช้ระบบเอจีพีเอส ถ้าไม่เพียงพอ หรืออยู่ในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้เลย ระบบจะทำการระบุพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยวิธี A-FLT ที่ต้องใช้สถานีฐานอย่างน้อย 3 สถานีในการคำนวณพิกัดตำแหน่งออกมา หากโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากสถานีฐานได้เพียงสถานีเดียวพิกัดตำแหน่งที่หามาได้ก็จะเป็นพิกัดที่ตั้งของสถานีฐานนั้น



รูปที่ 2.12 โครงสร้างของระบบ Location Based Service (LBS)
ที่มา: (Swedberg, 1999)

ปี ค.ศ. 1999 องค์กร FCC (Federal Communication Commission) ได้กำหนดมาตรฐานในการระบุพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เรียกว่า E911 (Enhanced-911) โดยมีเป้าหมาย คือ ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถกดหมายเลข 911 เพื่อโทรแจ้งเหตุฉุกเฉินได้ ซึ่งทางผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะต้องสามารถระบุได้ว่าผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ในบริเวณใดของสถานีฐานที่ใกล้ที่สุด ข้อกำหนดของการระบุพิกัดตำแหน่งในแต่ละวิธีแสดงในตารางที่ 2.6

ในการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติให้ทางสถานีศูนย์กลางสามารถค้นหาตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือโมเด็มไร้สายที่ติดตั้งบนลูกข่ายได้ในแต่ละวิธีนั้นต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการระบุตำแหน่งโดยวิธีไฮบริดโดยใช้วิธี A-GPS และ A-FLT ร่วมกันเนื่องจากเป็นวิธีที่ผู้วิจัยสามารถนำมาพัฒนาเองได้ โดยมีอุปกรณ์ และโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายในประเทศรองรับ

ตารางที่ 2.6 The FCC E911 Requirements on Accuracy

Method	67% CERP (m)	95% CERP (m)	Note (CERP: Circular Error Probability)
Mobile-based	50	150	E.g. GPS
Network-based	100	300	E.g. TOA, TDOA, AOA, A-FLT: no positioning capability in the handset.
Network Software Solution (NSS)	1000	none	E.g. CGI + TA, radial accuracy.
Hybrid Solutions (Network and Handsets)	50	150	E.g. E-OTD&A-GPS, A-FLT&A-GPS

ที่มา: (Adusei et al, 2002)

ตารางที่ 2.7 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเทคโนโลยีการระบุตำแหน่งบนโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละวิธี

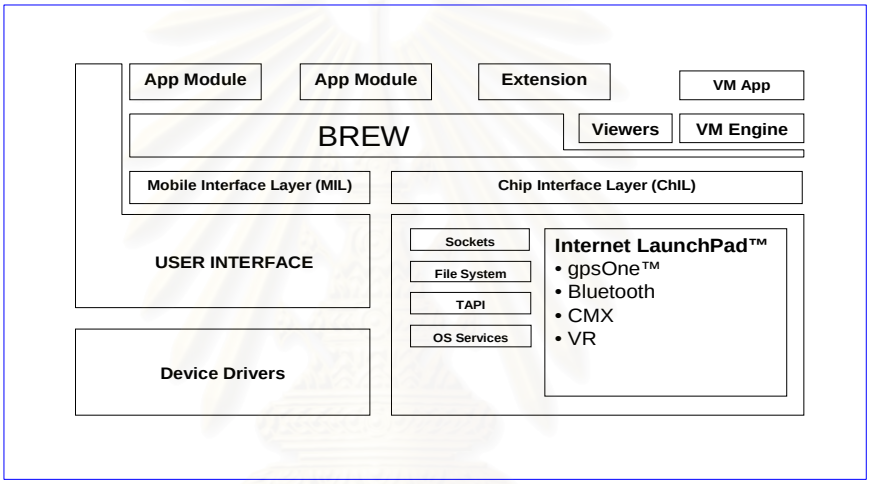
เทคโนโลยี	ข้อดี	ข้อเสีย
Stand alone GPS	- มีความแม่นยำสูง -ไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์โครงข่าย	-ใช้ได้ดีในบริเวณที่สภาพแวดล้อมเปิด ไม่มีการบดบังสัญญาณเท่านั้น - ใช้พลังงานแบตเตอรี่สูง
RSSI	- ไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์โครงข่าย หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่	- มีปัจจัยที่ทำให้เกิดการคำนวณคลาดเคลื่อนสูง
Cell ID+TA	- ไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์โครงข่าย หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ -ผู้ใช้สามารถค้นหาบริเวณที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ตั้งอยู่เองได้ -บอกพิกัดตำแหน่งได้ทุกบริเวณที่มีโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่	- ความละเอียดถูกต้องต่ำสุด และขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ - ต้องมีฐานข้อมูลที่ตั้งของสถานีฐาน - บริเวณของเซลล์ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ตั้งอยู่อาจไม่ใช่เซลล์ที่ใกล้ที่สุด
AOA	-ไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ -บอกพิกัดตำแหน่งได้ด้วยสถานีฐานเพียง 2 สถานี	- ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์โครงข่ายให้มีสายอากาศแบบทิศทาง - สัญญาณที่มาถึงโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องมีลักษณะเป็นเส้นตรง

TOA	- ไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์โครงข่าย หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่	- ต้องใช้สถานีฐาน 3 สถานีในการคำนวณพิกัดตำแหน่ง - ต้องการความสอดคล้องกันของสัญญาณนาฬิกาที่สถานีฐานสูง
TDOA	- ไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์โครงข่าย หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ -ลดความต้องการความสอดคล้องกันของสัญญาณนาฬิกาที่สถานีฐานได้	- ต้องใช้สถานีฐาน 3 สถานีในการคำนวณพิกัดตำแหน่ง - ความคลาดเคลื่อนของเวลาเกิดขึ้นได้ในบริเวณที่มีสิ่งกีดขวาง
E-OTD	- ให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รับข้อมูลที่ใช้สำหรับการคำนวณพิกัดตำแหน่งเอง - ความละเอียดถูกต้องสูงกว่าวิธีการต่างๆที่ให้โครงข่ายคำนวณทั้งหมด	- ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์โครงข่ายและโทรศัพท์เคลื่อนที่
A-FLT	- ให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รับข้อมูลที่ใช้สำหรับการคำนวณพิกัดตำแหน่งเอง - ความละเอียดถูกต้องสูงกว่าวิธีการต่างๆที่ให้โครงข่ายคำนวณทั้งหมด	- ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์โครงข่ายและโทรศัพท์เคลื่อนที่ - ใช้ได้สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอเท่านั้น
A-GPS	- ความละเอียดถูกต้องสูง - สามารถหาพิกัดตำแหน่งได้แม้ในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี	- ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์โครงข่ายหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ - ปริมาณข้อมูลในโครงข่ายสูง - ไม่สามารถใช้ในบริเวณที่รับ
Multipath fingerprint	- ไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์โครงข่าย หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่	- ต้องปรับปรุงฐานข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ
MLP	- สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อเครื่องให้บริการตำแหน่งได้สะดวก	- วิธีที่ใช้ในการค้นหาพิกัดตำแหน่งขึ้นอยู่กับผู้ให้บริการโครงข่าย
Hybrid -AFLT&AGPS	- ความละเอียดถูกต้องสูง และใช้ได้ในทุกบริเวณที่โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ครอบคลุมถึง	- ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์โครงข่ายหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.1.6 BREW (Binary Runtime Environment for Wireless) เป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ที่ใช้เพื่อการพัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบซีดีเอ็มเอ คิดค้นโดยบริษัท

Qualcomm เริ่มเผยแพร่ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2001 ให้นักพัฒนา (Developer) สามารถเขียนและอัพโหลดโปรแกรมลงบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีวงจรรวมเฉพาะงาน (Application Specific Integrated Circuit: ASIC) ของ Qualcomm ได้

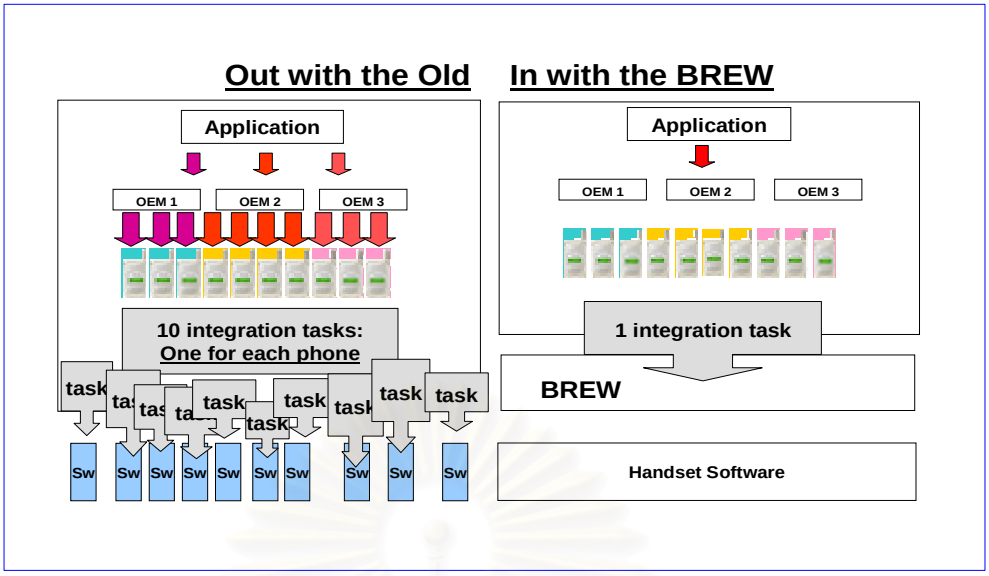
ผู้ใช้สามารถพัฒนาซอร์ฟแวร์ หรือโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ด้วยภาษาโปรแกรม C หรือ C++ ด้วยการใช้ BREW SDK (Software Development Kit) ซึ่งมีชุดของส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (Application Program Interface: API) ให้ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมติดต่อได้ นอกจากนี้ BREW SDK ยังมีโปรแกรมเลียนแบบ (Emulator) ให้ผู้ใช้สามารถทำการทดสอบโปรแกรมระหว่างการพัฒนาได้ด้วย โครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สนับสนุน BREW แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 Device Architecture (Layering)
ที่มา: (Qualcomm, 2001)

สิ่งที่ BREW แตกต่างจาก J2ME (Java 2 Platform, Micro Edition) คือ หากผู้ใช้ต้องการอัพโหลดโปรแกรมลงบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผู้ใช้จะต้องทำการขอลายเซ็นดิจิทัล (เป็นไฟล์นามสกุล .sig) สำหรับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาก่อนไม่สามารถอัพโหลดโปรแกรมได้เองตามความต้องการ ซึ่งผู้ที่มีสิทธิดังกล่าวจะเป็นผู้ให้บริการข้อมูล (Content Provider) หรือนักพัฒนาที่ผ่านการรับรองแล้วเท่านั้น และก่อนที่จะนำโปรแกรมไปเผยแพร่ได้โปรแกรมนั้นจะต้องผ่านการทดสอบ และยอมรับจากทาง Qualcomm ก่อนด้วย (True BREW Testing) ซึ่งโปรแกรมที่ผ่านขั้นตอนการทดสอบแล้ว จะสามารถนำไปใช้ได้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สนับสนุน BREW ทุกๆรุ่น รูปที่ 2.14 แสดงความแตกต่างระหว่าง BREW และแพลตฟอร์มอื่นๆ

งานวิจัยนี้มีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วย BREW รุ่น 2.0.1 ซึ่งฟังก์ชันการทำงานหลักจะประกอบไปด้วย ส่วนที่ติดต่อกับเครื่องบริการเว็บ (Web server) ส่วนที่ติดต่อกับการค้นหาพิกัดตำแหน่ง และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface: UI)



รูปที่ 2.14 ความแตกต่างระหว่าง BREW และแพลตฟอร์มอื่นๆ

ที่มา: (Qualcomm, 2001)

2.1.7 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) คือ กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูล และสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่นที่อยู่ บ้านเลขที่ที่สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่งละติจูด ลองติจูด ข้อมูล และแผนที่ในจีไอเอสเป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่สัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบ และความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลายจะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยจีไอเอส และสื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่น การแพร่ขยายของโรคระบาด การเคลื่อนย้ายถิ่นฐาน การบุกรุกทำลาย การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้เมื่อปรากฏบนแผนที่จะสามารถแปล และสื่อความหมายของข้อมูลได้ง่าย

จีไอเอสเป็นระบบข้อมูลข่าวสารที่เก็บไว้ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่สามารถแปลความหมายเชื่อมโยงกับสภาพภูมิศาสตร์อื่นๆ สภาพท้องที่ สภาพการทำงานของระบบสัมพันธ์กับสัดส่วนระยะทาง และพื้นที่จริงบนแผนที่ ข้อมูลที่จัดเก็บในจีไอเอส มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงในรูปของภาพ หรือแผนที่ ที่เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) หรือฐานข้อมูล การเชื่อมโยงข้อมูลทั้งสองประเภทเข้าด้วยกัน จะทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะแสดงข้อมูลทั้งสองประเภทได้พร้อมๆกัน เช่น สามารถจะค้นหาตำแหน่งของจุดตรวจวัดควันดำหรือควันขาวได้โดยการระบุชื่อของจุดตรวจ หรือในทางตรงกันข้าม สามารถที่จะสอบถามรายละเอียดของ จุดตรวจจากตำแหน่งที่เลือก แผนที่ในจีไอเอสจะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ คือค่าพิกัดที่แน่นอน ข้อมูลในจีไอเอส ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย สามารถ

อ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลกได้โดยอาศัยระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geocode) ซึ่งจะสามารถอ้างอิงได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ข้อมูลในจีไอเอส ที่อ้างอิงกับพื้นผิวโลกโดยตรง หมายถึง ข้อมูลที่มีค่าพิกัดหรือมีตำแหน่งจริงบนพื้นโลกหรือในแผนที่ เช่น ตำแหน่งอาคาร ถนน ฯลฯ สำหรับข้อมูลจีไอเอส ที่จะอ้างอิงกับข้อมูลบนพื้นโลกได้โดยทางอ้อมได้แก่ ข้อมูลของบ้าน (รวมถึงบ้านเลขที่ ซอย เขต แขวง จังหวัด และรหัสไปรษณีย์) โดยจากข้อมูลที่อยู่ เราสามารถทราบได้ว่าบ้านหลังนี้มีตำแหน่งอยู่ ณ ที่ใดบนพื้นโลก เนื่องจากบ้านทุกหลังจะมีที่อยู่ไม่ซ้ำกัน

ในงานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้งานระบบจีไอเอสร่วมกับระบบระบุตำแหน่งของรถยนต์ คือ การนำเอาแผนที่ที่มีข้อมูลพิกัดตำแหน่งของพื้นที่ใดๆมารับค่าพิกัดตำแหน่งมาจากเครื่องรับแล้วแสดงตำแหน่งปัจจุบันแก่ผู้ใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(Elena et al., 2002) วัตถุประสงค์ คือ ต้องการเฝ้าระวังผู้ป่วยโรคหัวใจโดยที่อุปกรณ์ที่ติดตั้งบริเวณคนไข้จะส่งค่าอีซีจี (Electrocardiogram: ECG) และค่าพิกัดตำแหน่งปัจจุบันจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสไปยังโรงพยาบาลเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน หรือเมื่อมีการร้องรอข้อมูล โดยการส่งค่าอีซีจี และค่าพิกัดตำแหน่งนั้นไปยังโรงพยาบาลผ่านโครงข่ายจีพีอาร์เอส

งานวิจัยนี้จัดทำโครงข่ายในการรักษาพยาบาลคนไข้ระยะไกล (Telemedical Network) ซึ่งโรงพยาบาลต่างๆสามารถร้องขอข้อมูลคนไข้ผ่านทางโครงข่ายอินเตอร์เน็ต (Internet) ได้โดยที่ข้อมูลของคนไข้ทุกรายจะมีการเข้ารหัสไว้เพื่อป้องกันไม่ให้บุคคลภายนอกนำข้อมูลไปใช้ในทางที่ไม่ดี ลักษณะโดยรวมอื่นๆของงานวิจัยนี้ คือ

(ก) รับประกันความน่าเชื่อถือของช่องสัญญาณสื่อสาร และออกแบบและผลิตอุปกรณ์ตามความถูกต้อง และข้อบังคับของสหภาพยุโรป

(ข) ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างมอดูลการสื่อสาร (Communication Module) และมอดูลการปรับเงื่อนไขสัญญาณ (Signal Conditioning Module)

(ค) อุปกรณ์นี้สามารถทำงานต่อเนื่องได้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง และให้ใช้พลังงานน้อยที่สุด

(ง) ออกแบบชุดอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่คนไข้ให้มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาที่สุด

(จ) หากต้องการให้มีการรับส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งในระบบนี้ แบตเตอรี่ที่ติดตั้งพร้อมกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่คนไข้จะต้องมีขนาดใหญ่ เนื่องจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสใช้พลังงานไฟฟ้าสูง

จากการศึกษางานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่า หากต้องการให้ระบบนี้สามารถตรวจสอบพิกัดตำแหน่งของคนไข้ได้นั้น จะมีปัญหาเมื่อนำอุปกรณ์ไปติดตั้งภายในบริเวณอาคารที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ หากสามารถนำระบบเอจีพีเอสมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้จะสามารถลดข้อจำกัดนี้ได้ รวมทั้งยังเป็นการประหยัดพลังงานในการใช้แบตเตอรี่ด้วย

(Wang et al., 2003) เป้าหมายของงานวิจัยนี้คือ สร้างโครงข่ายเพื่อให้บริการการส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งผ่านทางบริการสารสั้น หรือโครงข่ายจีพีอาร์เอส โดยมีกรณีศึกษา คือ การให้บริการระบุพิกัดตำแหน่งสำหรับบริษัทขนส่งสินค้าทางเรือในประเทศไต้หวัน โดยบริษัทดังกล่าวสามารถค้นหาตำแหน่งของตู้ขนส่งสินค้าได้ผ่านทางเว็บไซต์ รวมถึงการแจกจ่ายงาน ควบคุมการทำงาน เป็นต้น

โครงสร้างการทำงานหลักของผู้ให้บริการประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 6 ส่วน คือ (ก) เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย เช่น บริการสารสั้น หรือโครงข่ายจีพีอาร์เอส (ข) การแสดงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ (ค) การจัดการฐานข้อมูล โดยมีโครงสร้างของระบบเป็นระบบเครื่องให้บริการเว็บ และเครื่องลูกข่าย (Client-Server System) ที่ให้บริการผ่านทางเว็บไซต์ (ง) การให้บริการเสริม หรือการนำข้อมูลทางสถิติมาใช้ประโยชน์ (จ) ศูนย์ควบคุมการทำงาน (ฉ) การให้บริการ และบำรุงรักษาอุปกรณ์แก่ลูกข่าย

ประโยชน์ของการศึกษางานวิจัยนี้ คือ ได้ทราบถึงส่วนประกอบหลักของแม่ข่ายในการให้บริการลูกข่ายว่าจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ได้อย่างไรบ้าง เพื่อให้ระบบที่จัดทำขึ้นสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุด

(Mok and Retscher, 2001) ในงานวิจัยนี้นำเสนอการรวมระบบ และวิธีการต่างๆในการบอกพิกัดตำแหน่งของยานพาหนะโดยการใช้ระบบจีพีเอส การระบุตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ และวิธีการคำนวณหาตำแหน่งบนเส้นทางเดินทาง (Dead Reckoning: DR) ร่วมกัน ซึ่งได้มีการทดสอบ และบันทึกเส้นทางการเดินทางจริงภายในฮ่องกง

ลักษณะของระบบ คือ เลือกวิธีการแสดงพิกัดตำแหน่งของรถโดยพิจารณาจากจำนวนดาวเทียมที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถรับได้ในขณะนั้นว่ามีกี่ดวง ถ้าสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้พอเพียง ค่าพิกัดตำแหน่งที่แสดงผลจะเป็นข่าวสารจีพีเอส หรือถ้าสัญญาณจากดาวเทียมที่ได้รับมีการขาดหายเป็นบางช่วง ข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่สามารถหามาได้นั้นจะเป็นค่าประมาณที่ได้มาจากการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลทางสถิติของการเดินทาง คือ ตำแหน่ง ความเร็ว และความเร่งของรถ และหากบริเวณนั้นไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งจะเป็นตำแหน่งบนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่มีการนำการระบุตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปทำการทดสอบใช้งานจริง แต่ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาพิกัดตำแหน่งของแต่ละวิธี และแต่ละโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อการนำไปใช้งานในอนาคตไว้

(Zhao, 2002) บทความนี้นำเสนอมาตรฐานการระบุพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ 3 และกล่าวถึงหลักการทำงานของแต่ละวิธีว่ามีวิธีการอย่างไร แต่ละวิธีเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานในประเภทใดบ้าง

บทความนี้สรุปไว้ว่าเทคโนโลยีเอจีพีเอสนั้นให้ความละเอียดถูกต้องมากที่สุด และครอบคลุมพื้นที่ที่ใช้งานได้มากกว่าระบบจีพีเอส ซึ่งในทางปฏิบัติเมื่อมีการนำเอาไปใช้งานจริงในระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติ จะให้ผลการศึกษาเหมือน หรือแตกต่างกันกับบทสรุปของบทความนี้หรือไม่เป็นสิ่งที่ต้องทำการศึกษา และวิจัยต่อไป

(Djuknic and Richtion, 2001) บทความนี้กล่าวถึงเทคโนโลยีการบอกพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ และระบบเอจีพีเอส โดยอธิบายคุณสมบัติต่างๆของวิธีการบอกพิกัดตำแหน่งของแต่ละวิธี และหลักการทำงานของระบบเอจีพีเอสโดยละเอียด

บทสรุปของบทความนี้ที่กล่าวไว้ว่าระบบเอจีพีเอสเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการประยุกต์ใช้กับการบริการข่าวสารโดยใช้พิกัดตำแหน่ง (Location Based Service: LBS) ทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวคิดที่จะนำระบบเอจีพีเอสมาประยุกต์ใช้กับระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติว่าเมื่อนำไปใช้งานจริงแล้วจะมีประสิทธิภาพดีระดับใด

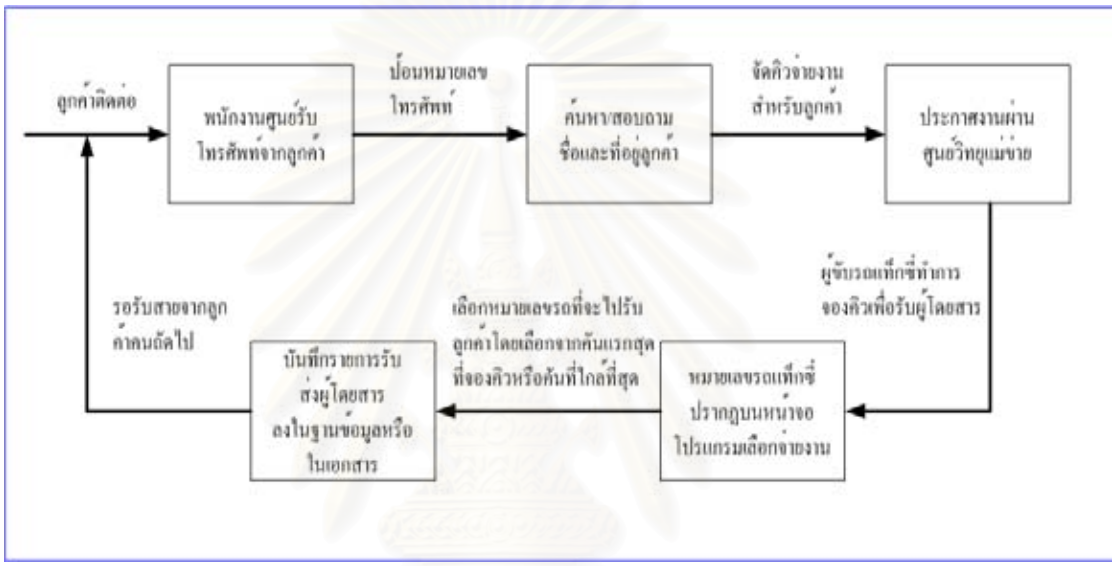
(Adusei et al., 2002) งานวิจัยนี้นำเสนอการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคโนโลยีต่างๆในการค้นหาพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งมีปัจจัยหลักในการวัดประสิทธิภาพ คือ (ก) ความละเอียดถูกต้อง (Accuracy) (ข) ความน่าเชื่อถือได้ (Reliability) (ค) ความสามารถในการหาตำแหน่งได้ (Availability) (ง) เวลาที่ใช้ (Latency) และ (จ) การนำเอาไปประยุกต์ใช้งานได้ (Applicability) จากการเปรียบเทียบเทคโนโลยีจีพีเอส และเอจีพีเอส ปรากฏว่าการใช้งานระบบนั้นให้ความน่าเชื่อถือ และการนำเอาไปประยุกต์ใช้งานได้ดีกว่า ในขณะที่ระบบเอจีพีเอสจะมีความสามารถในการหาตำแหน่งได้ และเวลาที่ใช้ที่ดีกว่า โดยที่ความละเอียดถูกต้องจะอยู่ที่ระดับเดียวกันเมื่ออยู่ในพื้นที่ที่รับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบด้วยทฤษฎีตามมาตรฐาน E911 และใช้สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่เท่านั้น หากนำเอาระบบจีพีเอส และระบบเอจีพีเอสมาประยุกต์ใช้กับระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะมีสภาพแวดล้อมในการใช้งานไม่เหมือนกัน จะทำให้ผลการเปรียบเทียบที่เหมือนกัน หรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง เป็นสิ่งที่งานวิจัยที่จะนำเสนอนี้ต้องทำการศึกษาต่อไป

(GT&T, 2005) เป็นระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติที่มีการใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์ในประเทศสิงคโปร์ มีชื่อทางการค้าว่า GFleet โครงสร้างของระบบประกอบไปด้วยศูนย์ควบคุม ศูนย์ปฏิบัติการ และอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์ โดยพนักงานประจำสถานีศูนย์กลางจะปฏิบัติงานโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และมีอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์ คือ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และโมเด็มจีพีอาร์เอส ในงานวิจัยนี้จะศึกษาโครงสร้าง และฟังก์ชันการทำงานของระบบนี้ เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนา และเปรียบเทียบกับระบบที่จัดทำขึ้นในงานวิจัยนี้ต่อไป

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนาระบบ

เนื้อหาของบทนี้กล่าวถึงการออกแบบ และการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติสำหรับกลุ่มรถแท็กซี่ภายในกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพื่อใช้ประโยชน์ในการบริการรับส่งผู้โดยสารที่ใช้บริการผ่านศูนย์วิทยุฯเป็นหลัก ที่มีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3.1

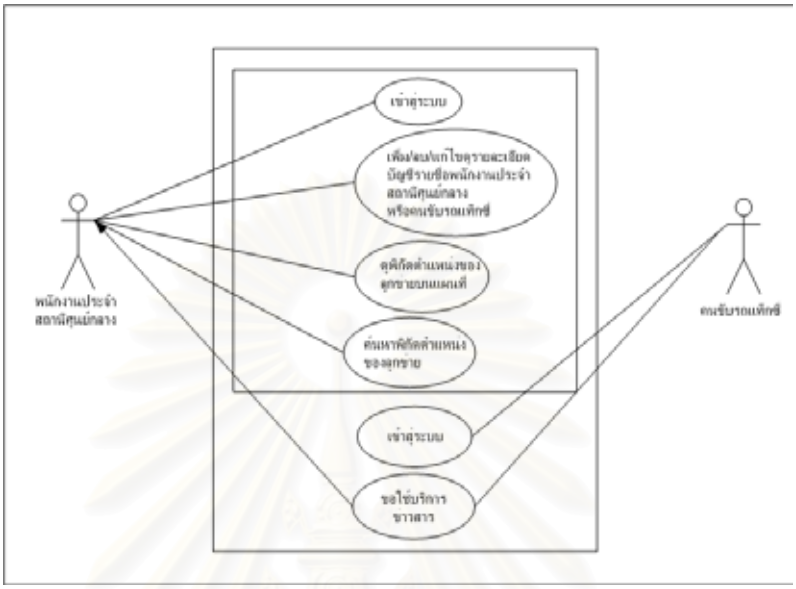


รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการทำงานของการให้บริการรับส่งผู้โดยสารด้วยรถแท็กซี่ผ่านทางศูนย์วิทยุฯ

เมื่อมีลูกค้าโทรศัพท์ขอใช้บริการเรียกรถแท็กซี่จากทางศูนย์วิทยุ พนักงานประจำศูนย์วิทยุจะทำการประกาศงานผ่านทางระบบสื่อสารย่านความถี่ยูเอชเอฟของศูนย์วิทยุ หลังจากนั้นคนขับรถแท็กซี่ที่ต้องการรับผู้โดยสารจะทำการส่งข้อมูล "จองงาน" ผ่านทางวิทยุรับส่งย่านความถี่ยูเอชเอฟ ในขั้นตอนนี้พนักงานประจำศูนย์วิทยุสามารถใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นทำการค้นหาพิกัดตำแหน่งของรถแท็กซี่แต่ละคันที่จองงานเข้ามา เพื่อมอบหมายให้คนขับรถแท็กซี่สามารถไปรับผู้โดยสารได้อย่างรวดเร็วต่อไป นอกจากนี้พนักงานประจำศูนย์วิทยุยังสามารถใช้ระบบในการระบุพิกัดตำแหน่งในกรณีอื่นๆได้อีกด้วย เช่น ตรวจสอบรถแท็กซี่ที่ได้รับมอบหมายให้ไปรับผู้โดยสารว่าไปถึงจุดหมายแล้วหรือไม่ อีกทั้งต้นสังกัด หรืออู่รถแท็กซี่ตรวจสอบรถแท็กซี่ที่ยังไม่นำรถมาคืนตามกำหนด หรือตรวจสอบตำแหน่งรถแท็กซี่ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ นอกจากนี้คนขับรถแท็กซี่สามารถเลือกใช้บริการต่างๆบนโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนได้อีกด้วย

3.1 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ

การวิเคราะห์ความต้องการของระบบสามารถอธิบายด้วยแผนภาพยูสเคสในมุมมองของพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง และคนขับรถแท็กซี่ดังนี้



รูปที่ 3.2 แผนภาพยูสเคสในมุมมองของพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง และคนขับรถแท็กซี่

จากรูปที่ 3.2 แสดงแผนภาพยูสเคสในมุมมองของพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง ซึ่งสามารถใช้งานระบบผ่านทางโปรแกรมค้นดูเว็บได้ คือ เข้าสู่ระบบ เพิ่ม/ลบ/แก้ไข/ดูรายละเอียดบัญชีรายชื่อพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง หรือคนขับรถแท็กซี่ ดูพิกัดตำแหน่งของลูกข่ายบนแผนที่ และค้นหาพิกัดตำแหน่งของลูกข่าย รายละเอียดประกอบยูสเคสแสดงในตารางที่ 3.1 ถึงตารางที่ 3.4 ซึ่งในส่วนของแผนภาพยูสเคสในมุมมองของคนขับรถแท็กซี่ซึ่งสามารถใช้งานผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ คือ เข้าสู่ระบบ และการใช้บริการข่าวสาร รายละเอียดประกอบยูสเคสแสดงในตารางที่ 3.5 ถึงตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดประกอบยูสเคสการเข้าสู่ระบบสำหรับพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง

Use Case Name: เข้าสู่ระบบสำหรับพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง
Primary actor: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง - พนักงานปฏิบัติการทั่วไป - พนักงานดูแลระบบ
Stake-holders and interests: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง - ต้องการเข้าสู่ระบบ
Brief description: ยูสเคสนี้อธิบายขั้นตอนการเข้าสู่ระบบของพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง

Trigger: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางกดปุ่ม “เข้าสู่ระบบ”
Normal flow of events: 1. พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางกรอกชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่านแล้วกดปุ่ม “เข้าสู่ระบบ” 2. โปรแกรมตรวจสอบบัญชีรายชื่อผู้ใช้ในฐานข้อมูล 3. โปรแกรมทำการสร้างหมายเลขเซสชั่น (Session id) เพื่อรักษาสถานะในการเข้าสู่ระบบของผู้ใช้ 4. โปรแกรมเข้าสู่หน้าจอหลักของการทำงานของโปรแกรม
Alternate/exceptional flows: 1-A ถ้าพนักงานประจำสถานีศูนย์กลางเลือก “Admin tools” ด้วย 1. โปรแกรมตรวจสอบบัญชีรายชื่อผู้ใช้ในฐานข้อมูล 2. โปรแกรมทำการสร้างหมายเลขเซสชั่น (Session id) เพื่อรักษาสถานะในการเข้าระบบของผู้ใช้ 3. โปรแกรมเข้าสู่หน้าจอในการบริหารจัดการบัญชีรายชื่อผู้ใช้ของพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง และคนขับรถแท็กซี่ 3-A ถ้าหมายเลขผู้ใช้ และรหัสผ่านที่กรอกไม่มีในบัญชีรายชื่อในฐานข้อมูล 1. โปรแกรมแสดงหน้าจอให้พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางเพื่อลงทะเบียนเข้าสู่ระบบใหม่

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดประกอบยูสเคสการเพิ่ม/ลบ/แก้ไข/ดูรายละเอียดบัญชีรายชื่อพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง หรือคนขับรถแท็กซี่

Use Case Name: เพิ่ม/ลบ/แก้ไข/ดูรายละเอียดบัญชีรายชื่อพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง หรือคนขับรถแท็กซี่
Primary actor: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง - พนักงานดูแลระบบ
Stake-holders and interests: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง - ต้องการเพิ่ม/ลบ/แก้ไข/ดูรายละเอียดบัญชีรายชื่อพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง หรือคนขับรถแท็กซี่
Brief description: ยูสเคสนี้อธิบายขั้นตอนการทำงานเมื่อพนักงานประจำสถานีศูนย์กลางต้องการเพิ่ม/ลบ/แก้ไข/ดูรายละเอียดบัญชีรายชื่อพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง หรือคนขับรถแท็กซี่
Trigger: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางกดปุ่ม “ปรับปรุงข้อมูล”

Normal flow of events: 1. พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางเลือกการใช้งาน: • เพิ่มบัญชีรายชื่อผู้ใช้ • ลบบัญชีรายชื่อผู้ใช้ • แก้ไขบัญชีรายชื่อผู้ใช้ • ดูรายละเอียดบัญชีรายชื่อผู้ใช้ 2. โปรแกรมตรวจสอบบัญชีรายชื่อผู้ใช้ในฐานข้อมูล 3. โปรแกรมทำการจัดการกับฐานข้อมูลตามที่พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางกำหนด 4. โปรแกรมเข้าสู่หน้าจอในการบริหารจัดการบัญชีรายชื่อผู้ใช้ของพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง และคนขับรถแท็กซี่
Alternate/exceptional flows: -

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดประกอบยูสเคสการดูพิกัดตำแหน่งของลูกข่ายบนแผนที่

Use Case Name: ดูพิกัดตำแหน่งของลูกข่ายบนแผนที่
Primary actor: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง - พนักงานปฏิบัติการทั่วไป - พนักงานดูแลระบบ
Stake-holders and interests: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง - ต้องการดูพิกัดตำแหน่งของลูกข่ายบนแผนที่
Brief description: ยูสเคสนี้อธิบายขั้นตอนการดูพิกัดตำแหน่งของลูกข่ายบนแผนที่
Trigger: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางกดลิงค์ที่เป็นหมายเลขผู้ใช้บนแผนที่ตรงหน้าจอด้านขวาล่างของโปรแกรม
Normal flow of events: 1. พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางเลือกหมายเลขผู้ใช้ที่ต้องการให้แสดงตำแหน่งบนแผนที่ 2. โปรแกรมแสดงตำแหน่งของหมายเลขผู้ใช้ที่พนักงานค้นกาบนหน้าจอด้านซ้ายของโปรแกรม
Alternate/exceptional flows: -

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดประกอบยูสเคสการค้นหาพิกัดตำแหน่งของลูกข่าย

Use Case Name: ค้นหาพิกัดตำแหน่งของลูกข่าย
Primary actor: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง - พนักงานปฏิบัติการทั่วไป - พนักงานดูแลระบบ
Stake-holders and interests: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง - ต้องการค้นหาพิกัดตำแหน่งของลูกข่าย
Brief description: ยูสเคสนี้อธิบายขั้นตอนการค้นหาพิกัดตำแหน่งของลูกข่าย
Trigger: พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางกดปุ่ม “Go!” บนหน้าจอด้านขวาบนของโปรแกรม
Normal flow of events: 1. พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางกรอกหมายเลขผู้ใช้ที่ต้องการค้นหาแล้วกดปุ่ม “Search” บนหน้าจอด้านขวาบนของโปรแกรม 2. โปรแกรมตรวจสอบบัญชีรายชื่อผู้ใช้ในฐานข้อมูล 3. โปรแกรมบันทึกการส่งข้อความบริการสารสั้นในฐานข้อมูล 4. โปรแกรมติดต่อกับบริการการส่งข้อความบริการสารสั้นผ่านทางโปรแกรมค้นดูเว็บของผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5. หน้าจอแสดงรายการพิกัดตำแหน่งของหมายเลขผู้ใช้ที่ระบุบนหน้าจอด้านขวาล่างของโปรแกรม
Alternate/exceptional flows: 3-A ถ้าไม่พบหมายเลขผู้ใช้ในฐานข้อมูล 1. โปรแกรมแสดงข้อความ “ไม่พบข้อมูล กรุณากรอกหมายเลขผู้ใช้ใหม่” 2. โปรแกรมแสดงหน้าจอให้ผู้ใช้กรอกหมายเลขผู้ใช้ใหม่

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดประกอบยูสเคสการเข้าสู่ระบบสำหรับคนขับรถแท็กซี่

Use Case Name: เข้าสู่ระบบสำหรับคนขับรถแท็กซี่
Primary actor: คนขับรถแท็กซี่
Stake-holders and interests: คนขับรถแท็กซี่ - ต้องการเข้าสู่ระบบ
Brief description: ยูสเคสนี้อธิบายขั้นตอนการเข้าสู่ระบบของคนขับรถแท็กซี่
Trigger: คนขับรถแท็กซี่กดปุ่ม “เข้าสู่ระบบ”
Normal flow of events: 1. คนขับรถแท็กซี่กรอกหมายเลขผู้ใช้ และรหัสผ่านแล้วกดปุ่ม “เข้าสู่ระบบ” 2. โปรแกรมตรวจสอบบัญชีรายชื่อผู้ใช้ในฐานข้อมูล

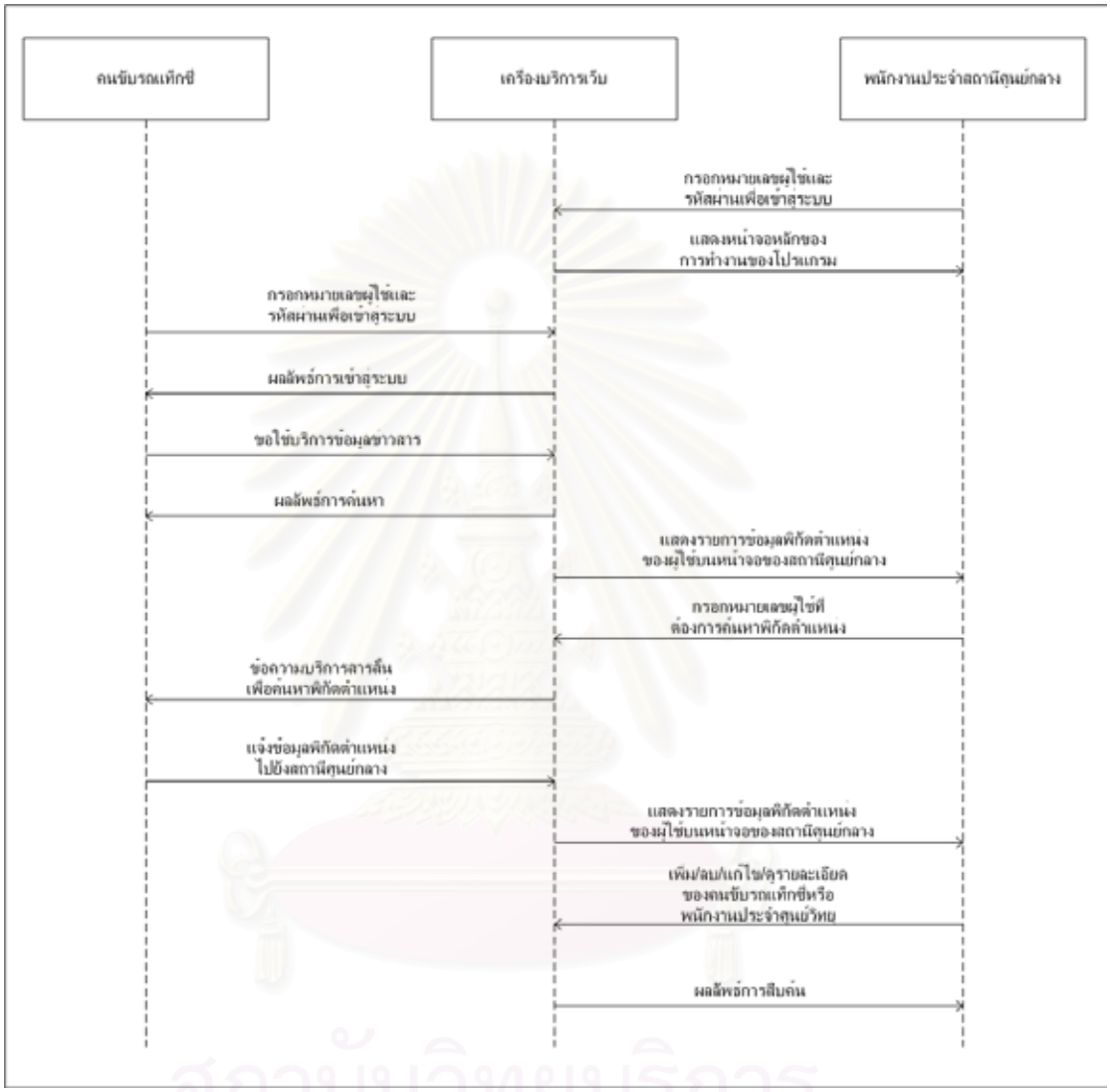
3. เครื่องบริการเว็บทำการค้นหารหัสระบุหมายเลขหน่วยงานต้นสังกัดของคนขับรถแท็กซี่ แล้วตอบผลลัพธ์กลับมายังโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4. โปรแกรมแสดงข้อความยืนยันให้คนขับรถแท็กซี่กด “ตกลง” เพื่อเข้าสู่ระบบ 5. โปรแกรมแสดงหน้าจอของโหมดการทำงานปกติ
Alternate/exceptional flows: 4-A ถ้าหมายเลขผู้ใช้ และรหัสผ่านที่กรอกไม่มีในบัญชีรายชื่อในฐานข้อมูล หรือหมายเลขประจำเครื่องไม่ถูกต้อง หรือคนขับรถแท็กซี่ถูกพักงาน 1. โปรแกรมแสดงข้อความให้คนขับรถแท็กซี่กด “CLR” เพื่อเข้าสู่ระบบใหม่ 2. โปรแกรมแสดงหน้าจอให้คนขับรถแท็กซี่กรอกหมายเลขผู้ใช้ และรหัสผ่านใหม่ 5-A ถ้าคนขับรถแท็กซี่กด “CLR” แทนที่จะกด “ตกลง” 1. โปรแกรมแสดงหน้าจอให้คนขับรถแท็กซี่กรอกหมายเลขผู้ใช้ และรหัสผ่านใหม่

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดประกอบยูสเคสการขอใช้บริการข่าวสาร

Use Case Name: ขอใช้บริการข่าวสาร
Primary actor: คนขับรถแท็กซี่
Stake-holders and interests: คนขับรถแท็กซี่ - ต้องการขอใช้บริการข่าวสาร
Brief description: ยูสเคสนี้อธิบายขั้นตอนการขอใช้บริการข่าวสาร
Trigger: คนขับรถแท็กซี่เลือกบริการที่ต้องการข้อมูลจากเครื่องบริการเว็บแล้วกดปุ่ม “ตกลง”
Normal flow of events: 1. คนขับรถแท็กซี่เลือกบริการข่าวสารที่ต้องการร้องขอจากเครื่องบริการเว็บแล้วกดปุ่ม “ตกลง” 2. โปรแกรมทำการค้นหาพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3. โปรแกรมส่งข้อมูลที่ต้องการสืบค้นไปประมวลผลที่เครื่องบริการเว็บ 4. หน้าจอแสดงผลลัพธ์ที่เครื่องบริการเว็บตอบกลับ 5. โปรแกรมแสดงหน้าจอของโหมดการทำงานปกติ
Alternate/exceptional flows: 1-A ถ้าคนขับรถแท็กซี่เลือกบริการข่าวสารที่ไม่ได้ใช้การค้นหาพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ 1. โปรแกรมส่งข้อมูลที่ต้องการสืบค้นไปประมวลผลที่เครื่องบริการเว็บ 2. หน้าจอแสดงผลลัพธ์ที่เครื่องบริการเว็บตอบกลับ 3. โปรแกรมแสดงหน้าจอของโหมดการทำงานปกติ

3.2 ขั้นตอนการทำงานระบบ

หัวข้อนี้แสดงไดอะแกรมแบบลำดับ (Sequence diagram) ที่แสดงเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน และผลจากการทำงานในขั้นตอนต่างๆของระบบดังรูปที่ 3.3



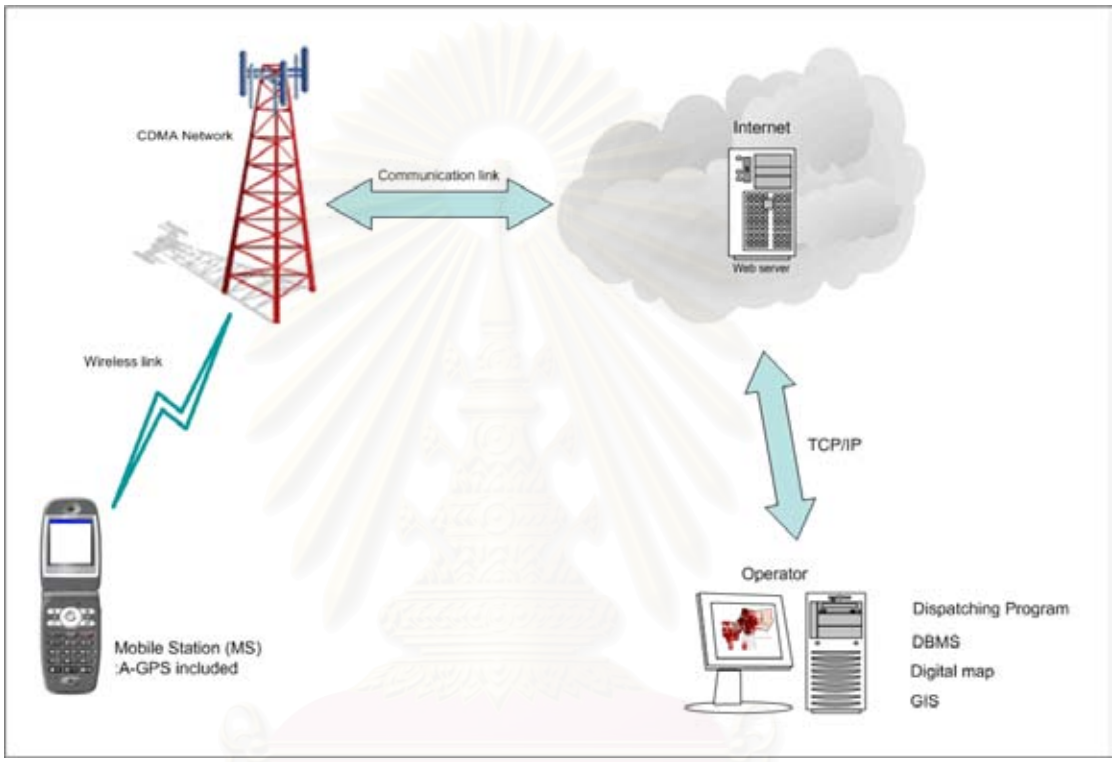
รูปที่ 3.3 แผนภาพไดอะแกรมแบบลำดับแสดงขั้นตอน และเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในระบบ

3.3 โครงสร้างของระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบที่สนับสนุนการค้นหาพิกัดตำแหน่งของรถแท็กซี่ผ่านทางโปรแกรมค้นดูเว็บ (Web browser) และบริการต่างๆสำหรับคนขับรถแท็กซี่ได้ใช้งานบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station) สถานีศูนย์กลาง หรือศูนย์วิทยุสำหรับรถแท็กซี่ และโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ/โครงข่ายอินเตอร์เน็ต โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.1 โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ และโครงข่ายอินเตอร์เน็ต รองรับการสื่อสารข้อมูลทั้งหมดในระบบ มีโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบซีดีเอ็มเอ และสถานีศูนย์กลาง หรือศูนย์วิทยุสำหรับรถแท็กซี่เป็นตัวแทนผู้ใช้ (User agent) โดยใช้โพรโตคอล HTTP (Hypertext Transport Protocol) และ TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ในการติดต่อสื่อสารดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 โครงสร้างของระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ และเทคโนโลยีเอจีพีเอส

การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติในส่วนของโครงข่ายอินเตอร์เน็ต มีการใช้เครื่องบริการเว็บเพื่อรองรับการเรียกใช้บริการจากผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ เก็บบันทึกพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ เก็บบันทึกรายชื่อสมาชิกผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นศูนย์กลางการให้บริการข้อมูลข่าวสารแก่สมาชิก และรองรับการขยายระบบระบุพิกัดตำแหน่งของยานพาหนะแบบอัตโนมัติไปใช้ในหน่วยงานอื่นในอนาคต ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อติดตั้งบนเครื่องบริการเว็บ (Web server) โดยใช้เครื่องบริการเว็บของทางภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นเครื่องทดสอบ ซึ่งรองรับโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL และภาษาโปรแกรม PHP (Hypertext Processor) ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบในส่วนของเครื่องให้บริการเว็บให้คนขับแท็กซี่เลือกใช้บริการได้ คือ

(ก) แจ้งเหตุฉุกเฉิน: บริการนี้โทรศัพท์เคลื่อนที่จะสงข้อมูลไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของสถานีศูนย์กลาง และแสดงผลบนหน้าจอของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ โดยสามารถสืบค้นข้อมูลในภายหลังได้

นอกจากนี้ยังได้พัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้สามารถรองรับบริการต่างๆจากเครื่องบริการเว็บในอนาคตได้ดังนี้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้มีการพัฒนา

(ก) สอบถามสภาพการจราจร: เมื่อผู้ใช้เลือกบริการนี้ โทรศัพท์เคลื่อนที่จะส่งข้อมูลที่ร้องขอไปแสดงผลบนหน้าจอของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ หลังจากนั้นจะเป็นหน้าที่ของพนักงานในการค้นหา หรือสอบถามข้อมูลจากพนักงานคนอื่นๆเพื่อบอกคนขับรถแท็กซี่ด้วยตนเองต่อไป ในงานวิจัยนี้ไม่มีการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถแสดงผลลัพธ์การค้นหาได้โดยอัตโนมัติ

(ข) สอบถามเส้นทาง: เมื่อผู้ใช้เลือกบริการนี้ โทรศัพท์เคลื่อนที่จะส่งข้อมูลที่ร้องขอไปแสดงผลบนหน้าจอของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ หลังจากนั้นจะเป็นหน้าที่ของพนักงานในการบอกเส้นทางแก่คนขับรถแท็กซี่ด้วยตนเองต่อไป ในงานวิจัยนี้ไม่มีการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถแสดงผลลัพธ์การค้นหาได้โดยอัตโนมัติ

(ค) แจ้งอุบัติเหตุ: เมื่อผู้ใช้เลือกบริการนี้ โทรศัพท์เคลื่อนที่จะส่งข้อมูลที่ร้องขอไปแสดงผลบนหน้าจอของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ หลังจากนั้นจะเป็นหน้าที่ของพนักงานในการประกาศผ่านทางระบบสื่อสารย่านความถี่ยูเอชเอฟของศูนย์วิทยุแก่คนขับรถแท็กซี่ด้วยตนเองต่อไป ในงานวิจัยนี้ไม่มีการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถแสดงผลลัพธ์การค้นหาได้โดยอัตโนมัติ

(ง) ค้นหาปั๊มแก๊สใน 5 กม.: เมื่อผู้ใช้เลือกบริการนี้ โทรศัพท์เคลื่อนที่จะส่งข้อมูลที่ร้องขอไปแสดงผลบนหน้าจอของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ หลังจากนั้นจะเป็นหน้าที่ของพนักงานในค้นหาในฐานข้อมูล และบอกแก่คนขับรถแท็กซี่ด้วยตนเองต่อไป ในงานวิจัยนี้ไม่มีการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถแสดงผลลัพธ์การค้นหาได้โดยอัตโนมัติ

3.3.2 โทรศัพท์เคลื่อนที่ พัฒนาโปรแกรมเพื่อติดตั้งบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วย BREW รุ่น 2.0.1 โดยใช้ภาษาโปรแกรม C และใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอยี่ห้อ Kyocera รุ่น KZ-830 ดังรูปที่ 3.5 ที่สนับสนุนเทคโนโลยีเอจีพีเอสเป็นเครื่องทดสอบ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมที่มีรายละเอียดดังนี้

(ก) ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม: เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วโปรแกรมจะแสดงหน้าจอต้อนรับชั่วครู่ หลังจากนั้นจะแสดงหน้าจอให้ผู้ใช้กรอกหมายเลขผู้ใช้ และรหัสผ่าน เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “เข้าสู่ระบบ” โปรแกรมจะทำการติดต่อกับเครื่องบริการเว็บที่มีฐานข้อมูลเก็บบันทึกรายชื่อสมาชิกเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล หากเข้าสู่ระบบได้หน้าจอจะแสดงข้อความเพื่อให้ผู้ใช้กดยืนยันในการเข้าสู่ระบบ และเปลี่ยนหน้าจอสู่โหมดการทำงานปกติ ตัวอย่างหน้าจอของโปรแกรมจะแสดงต่อไปในหัวข้อที่ 4.2

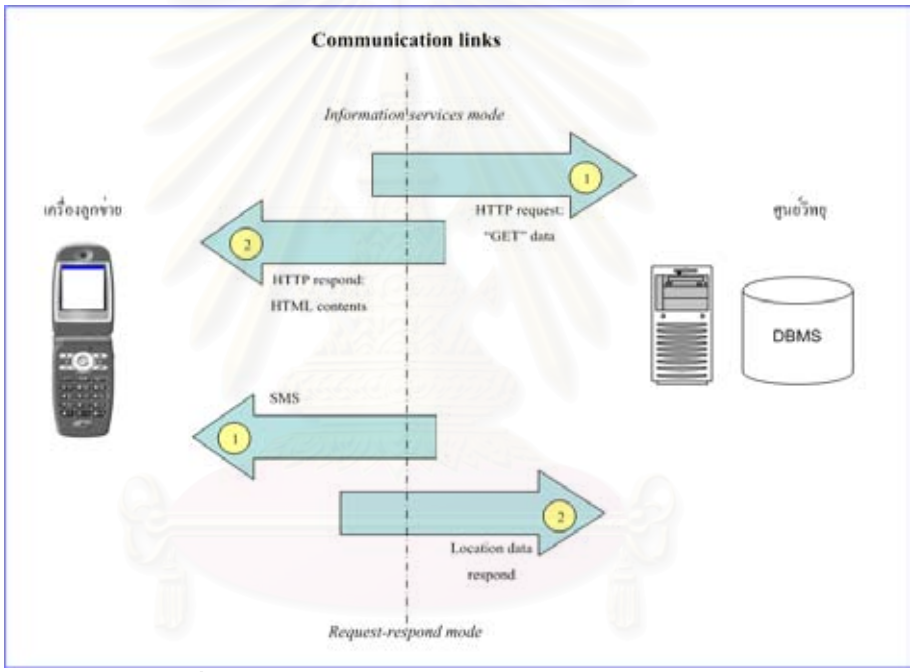
รูปที่ 3.5 โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอยี่ห้อ Kyocera รุ่น KZ-830

จากการที่ผู้วิจัยได้สอบถาม สัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง และวิเคราะห์ถึงความต้องการของผู้ใช้เกี่ยวกับโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ สรุปได้ว่าบริการต่างๆที่คนขับรถแท็กซี่ต้องการให้มีการเปิดใช้บริการ คือ

- สอบถามสภาพการจราจร
- สอบถามเส้นทาง
- แจ้งอุบัติเหตุบนท้องถนน
- ค้นหาปั๊มแก๊สใน 5 กม.
- ข่าวท่องเที่ยว และงานนิทรรศการ
- ข่าวถึงสมาชิก
- อัตราค่าโดยสารต่างจังหวัด
- ราคาน้ำมันวันนี้
- หมายเลขติดต่อ สอบถาม
- คู่มือการใช้

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบให้สามารถรองรับบริการแจ้งเหตุฉุกเฉินเท่านั้นซึ่งข้อมูลเหตุฉุกเฉินจะถูกเก็บบันทึกไว้ในฐานข้อมูลให้สามารถแสดงผลบนหน้าจอของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ และสืบค้นในภายหลังได้

ในส่วนของบริการอื่นๆ งานวิจัยนี้พัฒนาระบบให้โปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถส่งข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการเรียกใช้บริการไปยังเครื่องบริการเว็บอย่างถูกต้องเท่านั้น ไม่มีการพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูล โปรแกรม หรืออัลกอริทึมบนเครื่องบริการเว็บให้สามารถตอบผลลัพธ์ที่ถูกร้องขอได้โดยอัตโนมัติ แต่จะส่งข้อมูล สอบถามสภาพการจราจร สอบถามเส้นทาง แจ้งอุบัติเหตุบนท้องถนน ค้นหาปั๊มแก๊สใน 5 กม. ไปแสดงผลบนหน้าจอของพนักงานประจำศูนย์วิทยุเพื่อทำการบริหารจัดการต่อไป



รูปที่ 3.6 รูปแบบข่าวสารในการทำงานของโปรแกรม

ข้อมูลที่โทรศัพท์เคลื่อนส่งไปยังเครื่องบริการเว็บอยู่ในรูปแบบอักขระข้อคำถาม (Query string) โดยการใช้วิธี “GET” ตามข้อกำหนดของโพรโตคอล HTTP โดยการส่งข้อมูลมี 2 รูปแบบ คือ การเข้าสู่ระบบ และการขอใช้บริการข่าวสาร ในส่วนของการเข้าสู่ระบบข้อมูลที่โปรแกรมส่งไปยังเครื่องบริการเว็บ คือ หมายเลขผู้ใช้ รหัสผ่าน และหมายเลขประจำเครื่องบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ หากข้อมูลทั้งหมดถูกต้องเครื่องบริการเว็บจะตอบผลลัพธ์กลับมาให้ซึ่งจะมีข้อมูลของหน่วยงานต้นสังกัดแนบมาด้วย และเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “ตกลง” โปรแกรมจะบันทึกค่านี้ไว้ในหน่วยความจำของโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ต่อไป โดยในส่วนของการให้บริการข่าวสารข้อมูลต่างๆที่โปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งไปยังเครื่องบริการเว็บมีความหมายดังนี้

- orgkey (Organization key) หมายถึง รหัสที่ใช้ระบุหน่วยงาน หรือศูนย์วิทยุที่เป็นต้นสังกัดของรถแท็กซี่คันที่ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ ข้อมูลนี้จะถูกบันทึกเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “ตกลง” เพื่อเข้าสู่ระบบ

- ani (ANI: Automatic Number Identification) หมายถึง หมายเลขประจำตัวของคนขับรถแท็กซี่

- requestno หมายถึง รหัสของข้อมูลที่ร้องขอที่ส่งไปยังเครื่องบริการเว็บ

- latitude และ longitude หมายถึง พิกัดตำแหน่งในรูปแบบระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์แบบยูทีเอ็ม (UTM: Universal Transverse Mercator) โดยที่ความละเอียดถูกต้องของข้อมูล (Accuracy) และความสามารถในการหาพิกัดตำแหน่งได้ (Availability) นั้นขึ้นอยู่กับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ และสภาพภูมิประเทศในบริเวณนั้น

- ttf (TTF: Time-To-Fixed) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่ง

- velocity หมายถึง อัตราเร็วของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในแนวระนาบ (ไม่ใช่ความเร็ว)

โดยปกติผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอยี่ห้อ Kyocera รุ่น KZ-830 จะสามารถใช้งานโปรแกรมต่างๆได้เมื่อฝาพับของโทรศัพท์เคลื่อนที่เปิดอยู่ เมื่อฝาพับถูกปิดโปรแกรมต่างๆที่กำลังทำงานอยู่จะถูกปิดไปด้วย ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมที่สามารถทำงานได้ในสภาวะที่ฝาพับของโทรศัพท์เคลื่อนที่ปิดอยู่ได้ (Background application) การทำงานของโปรแกรมในสภาวะนี้มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถรับเหตุการณ์ (Event) การกดปุ่มใดๆจากผู้ใช้ได้ การจะให้โปรแกรมเริ่มต้นทำงานใดๆในสภาวะนี้ได้ โปรแกรมจำเป็นต้องได้รับข้อความบริการสารสั้นจากทางสถานีศูนย์กลางก่อน (คือ ได้รับเหตุการณ์ EVT_APP_MESSAGE) ที่มีรูปแบบดังนี้

//BREW:0x01030B1A:MESSAGE_HERE

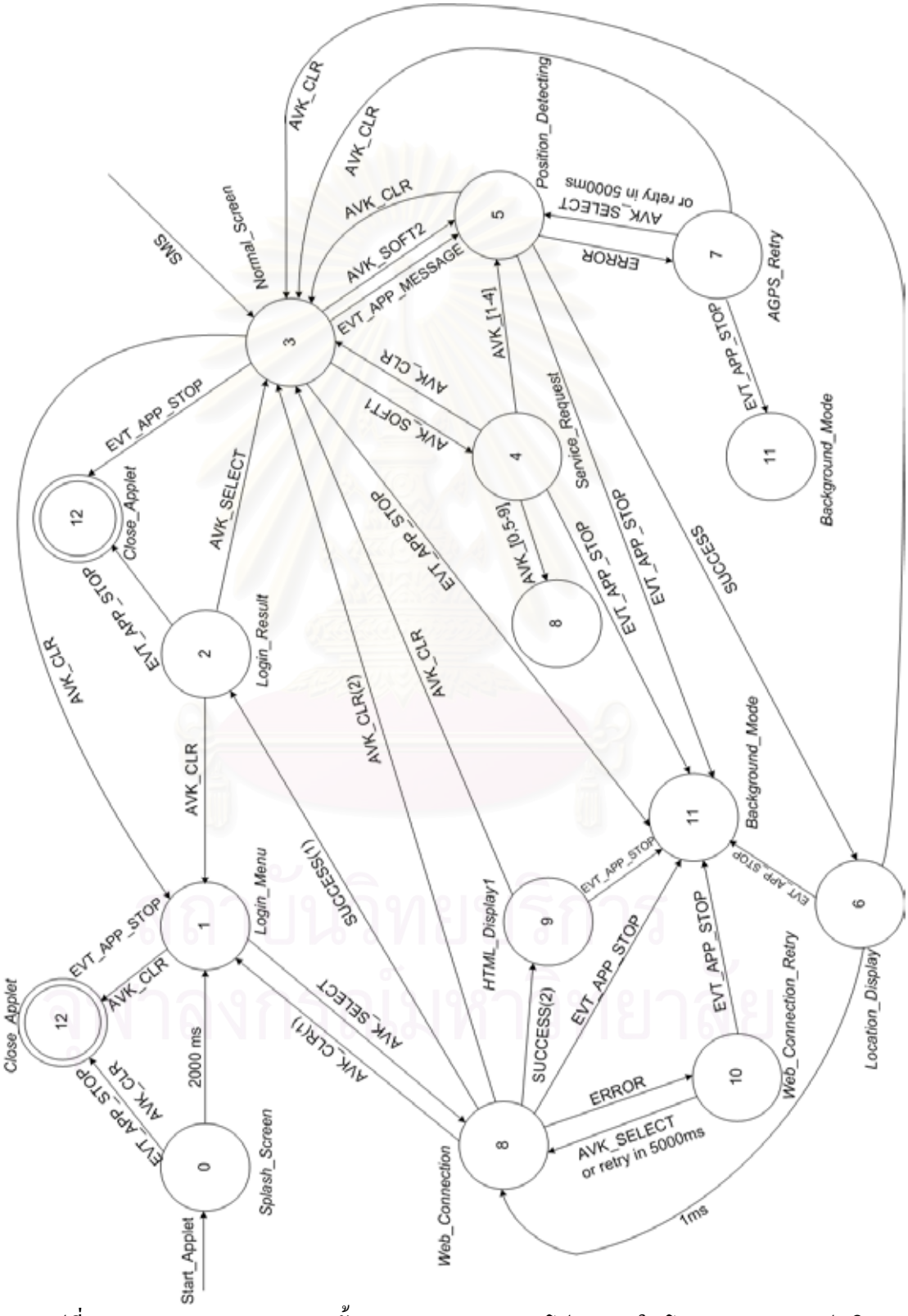
- //BREW หมายถึง การระบุว่าต้องการส่งข้อความบริการสารสั้นไปยังโปรแกรมใดๆบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

- 0x01030B1A หมายถึง คลาสไอดี (ClassID) เป็นหมายเลขของโปรแกรมใช้เพื่อระบุโปรแกรมที่ต้องการส่งข้อความบริการสารสั้นไปถึง

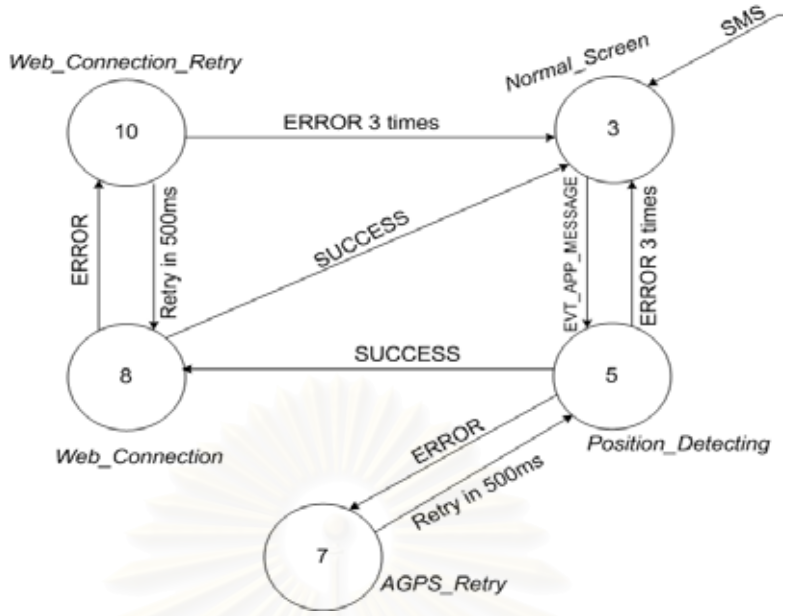
- MESSAGE_HERE หมายถึง ข้อความใดๆที่ต้องการให้โปรแกรมที่มีหมายเลขคลาสไอดีตามที่ระบุไว้ได้รับ

สำหรับงานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมให้สามารถรองรับข้อความบริการสารสั้นที่ถูกส่งมาจากสถานีศูนย์กลางผ่านทางโปรแกรมค้นดูเว็บ หรือจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ เมื่อโปรแกรมได้รับข้อความแล้วโปรแกรมจะเริ่มค้นหาพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ และส่งข้อมูลไปยังเครื่องบริการเว็บต่อไป

รูปที่ 3.7 และ รูปที่ 3.8 แสดงแผนภาพสถานะ (State diagram) ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเมื่อได้รับเหตุการณ์ต่างๆจากผู้ใช้โดยละเอียด การทำงานของโปรแกรมมีสองรูปแบบ คือ โหมดการทำงานปกติ (เมื่อฝาพับเปิด) และโหมดการทำงานเบื้องหลัง (เมื่อฝาพับปิด)



รูปที่ 3.7 แผนภาพสถานะแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในโหมดการทำงานปกติ



รูปที่ 3.8 แผนภาพสถานะแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในโหมดการทำงานเบื้องหลัง

(ข) API ที่ใช้ในการพัฒนาการโปรแกรม: ขั้นตอนการสร้างอินเตอร์เฟสที่ใช้สำหรับโปรแกรมอธิบายไว้ในภาคผนวกโดย API ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมมีรูปแบบต่างๆดังนี้

- IMenuCtl ใช้สำหรับสร้างเมนูบนหน้าจอ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีการใช้งานอยู่สองรูปแบบด้วยกัน คือ AEECLSID_MENUCTL ใช้สำหรับการสร้างเมนูในแนวตั้ง และ AEECLSID_SOFTKEYCTL ใช้สำหรับการสร้างเมนูในแนวนอน
- IStatic ใช้แสดงผลข้อความบนหน้าจอ
- ITextCtl สำหรับสร้างกล่องข้อความ (Textbox) เพื่อรับค่าหมายเลขผู้ใช้ และรหัสผ่าน
- IImage ใช้สำหรับแสดงรูปภาพบนหน้าจอ
- IPosDet ใช้สำหรับค้นหาพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้เทคโนโลยีในการค้นหา คือ A-GPS, A-FLT และ Cell-ID ร่วมกัน ในการเริ่มต้นใช้งานผู้พัฒนาโปรแกรมต้องทำการกำหนดค่าเริ่มต้นใน AEEGPSConfig แล้วเรียกใช้ฟังก์ชัน IPOSDET_GetGPSInfo เพื่อรับค่าผลลัพธ์ต่อไป ค่าตัวแปรต่างๆกำหนดตาม (Qualcomm, 2004)
- Iweb และ IWebResp ใช้สำหรับสื่อสารข้อมูลระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ และเครื่องบริการเว็บโดยโพรโตคอล HTTP และ TCP/IP
- ISource ใช้สำหรับการอ่านข้อมูลที่ดาวน์โหลดมาจากเครื่องบริการเว็บ
- IFileMgr และ IFile ใช้สำหรับบันทึกไฟล์ชั่วคราวที่ดาวน์โหลดมาจากเครื่องบริการเว็บเก็บไว้ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ และเปิดไฟล์เพื่อแสดงผลบนหน้าจอ

- IHtmlViewer ใช้สำหรับแสดงผลไฟล์นามสกุล .html ที่ดาวน์โหลดมาจากเครื่องบริการเว็บ

- ITAPI ใช้สำหรับการค้นหาหมายเลข R-UIM (Removable User Identity Module) บนโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.3.3 สถานีศูนย์กลาง หรือศูนย์วิทยุสำหรับรถแท็กซี่ งานวิจัยนี้พัฒนาระบบสำหรับติดตั้งบนเครื่องบริการเว็บเพื่อให้สถานีศูนย์กลางสามารถค้นหาพิกัดตำแหน่งของรถแท็กซี่ใดๆแล้วแสดงตำแหน่งบนแผนที่ผ่านทางโปรแกรมค้นดูเว็บ จัดเก็บบันทึกข้อมูลฉุกเฉิน แสดงรายการพิกัดตำแหน่งของรถแท็กซี่ และสามารถรองรับการใช้งานได้พร้อมกันหลายคน มีส่วนประกอบหลัก คือ โปรแกรมเลือกจ่ายงาน (Dispatching program) ระบบจัดการฐานข้อมูล และการระบุพิกัดตำแหน่งบนแผนที่โดยมีรายละเอียดดังนี้

(ก) โปรแกรมเลือกจ่ายงาน: เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม ได้แก่ โปรแกรม Dreamweaver MX และNotepad plus โดยใช้ภาษาโปรแกรม PHP (Hypertext Processor) และ HTML (Hypertext Markup Language) ในการพัฒนา

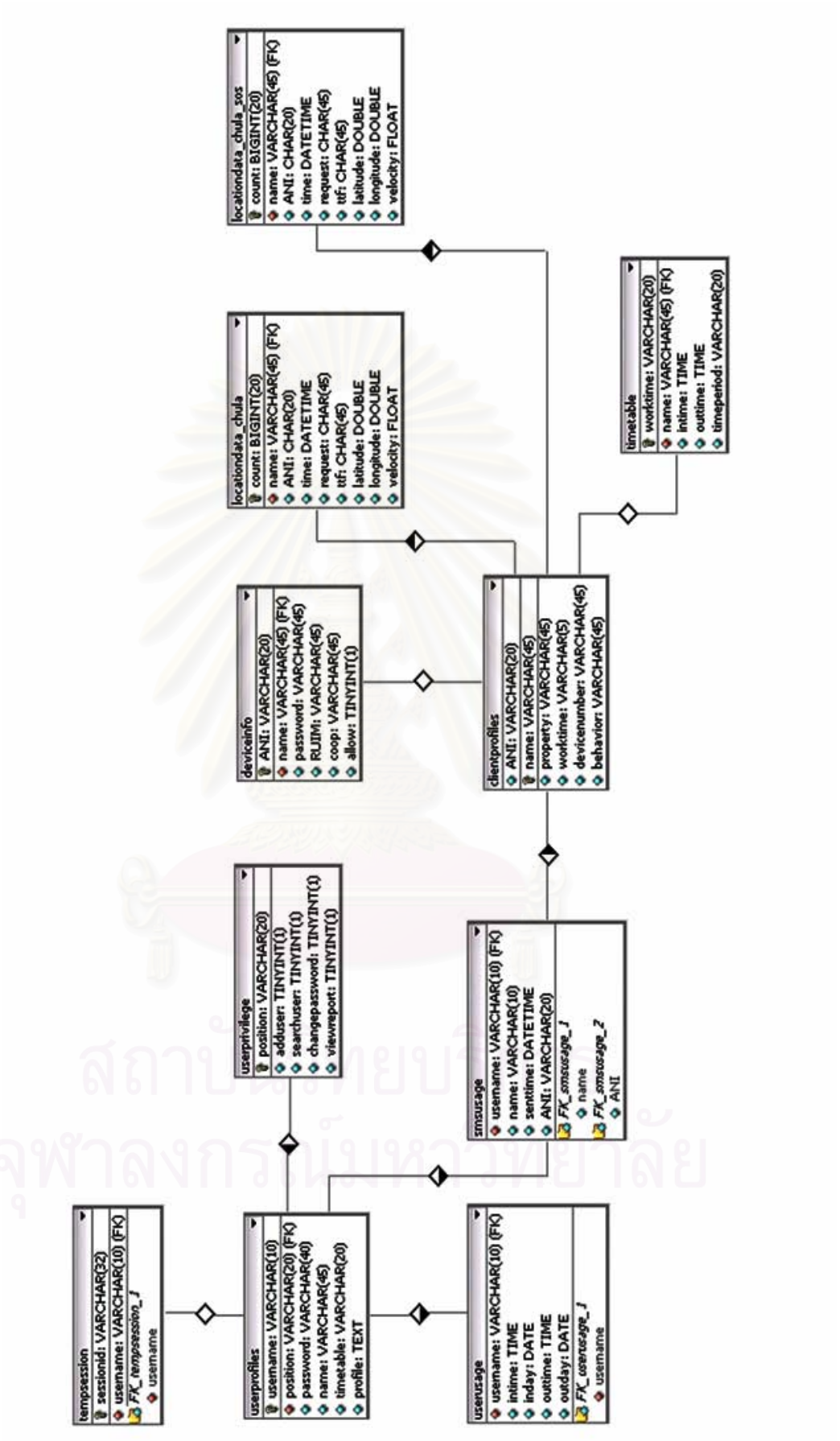
เมื่อพนักงานประจำศูนย์วิทยุต้องการเข้าสู่ระบบพนักงานต้องเปิดโปรแกรมค้นดูเว็บขึ้นมาแล้วกรอกที่อยู่เว็บตามที่กำหนด หลังจากนั้นโปรแกรมจะแสดงหน้าจอให้พนักงานกรอกหมายเลขผู้ใช้ และรหัสผ่านเพื่อเข้าสู่ระบบ โดยระบบมีการกำหนดสิทธิผู้ใช้ หากเป็นผู้ควบคุมระบบจะสามารถเข้าไปเพิ่ม ลบ แก้ไข ดูรายละเอียดของข้อมูลได้ทั้งในส่วนของพนักงานประจำศูนย์วิทยุและคนขับรถแท็กซี่ ดูบันทึกเหตุฉุกเฉิน บันทึกการลงทะเบียนเข้าใช้ระบบ ดูบันทึกการส่งข้อความบริการสารสั้น แต่พนักงานปฏิบัติการจะสามารถใช้งานได้เพียงดูรายละเอียดของข้อมูลเท่านั้น โดยหน้าจอหลักของโปรแกรมประกอบไปด้วย 3 เฟรม คือ ส่วนแสดงตำแหน่งของรถแท็กซี่บนแผนที่ ส่วนแสดงตารางข้อมูลพิกัดตำแหน่งตามหมายเลขผู้ใช้ และส่วนให้พนักงานกรอกหมายเลขผู้ใช้ที่ต้องการค้นหาพิกัดตำแหน่ง ตัวอย่างหน้าจอแสดงการทำงานของโปรแกรมบนสถานีศูนย์กลางจะนำเสนอในหัวข้อที่ 4.3 ต่อไป

(ข) ระบบจัดการฐานข้อมูล: เครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูล ได้แก่ โปรแกรม MySQL รุ่น 4.1 และโปรแกรม MySQL Query Browser รุ่น 1.1.6 โดยฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นรองรับการทำงานทั้งในส่วนของคนขับรถแท็กซี่ และพนักงานประจำศูนย์วิทยุ รูปที่ 3.9 แสดงการออกแบบด้วยแผนภาพความสัมพันธ์ของเอนทิตี้ (ER diagram) รายละเอียดของแต่ละตารางข้อมูลอธิบายได้ดังนี้

- deviceinfo: จัดเก็บข้อมูลของผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือคนขับรถแท็กซี่ มีการใช้งานเมื่อผู้ใช้ต้องการลงทะเบียนผู้ใช้เพื่อเข้าสู่ระบบ

- clientprofiles: จัดเก็บข้อมูล ประวัติ และรายละเอียดของคนขับรถแท็กซี่

- timetable: จัดเก็บข้อมูลเวลาทำงาน หรือกะทำงานของคนขับรถแท็กซี่



รูปที่ 3.9 แผนภาพความสัมพันธ์ของเอนทิตี้ของระบบจัดการฐานข้อมูล

- locationdata_chula: จัดเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งของผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ และทำการแสดงผลบนหน้าจอของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ

- locationdata_chula_sos: จัดเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งของผู้ใช้โทรศัพท์เฉพาะข้อมูลฉุกเฉิน และทำการแสดงผลบนหน้าจอของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ

- userprofiles: จัดเก็บข้อมูล ประวัติ และรายละเอียดของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ

- userprivilege: จัดเก็บข้อมูลสิทธิการใช้งานโปรแกรมของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ

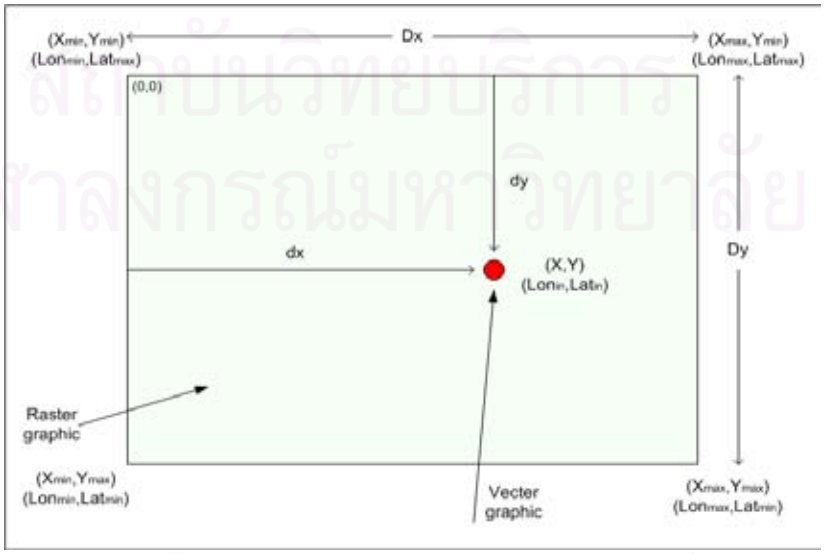
- userusage: บันทึกเวลาเข้าใช้งานของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ

- smsusage: บันทึกการส่งข้อความบริการสารสั้นของพนักงานประจำศูนย์วิทยุ

- tempsession: จัดเก็บข้อมูลหมายเลขเซสชั่น (Session ID) เมื่อมีการใช้งานโปรแกรม

(ค) ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์: ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการระบุพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ด้วยเอสวีจี (SVG: Scalable Vector Graphics) ซึ่งเป็นการประยุกต์จากภาษาเอ็กซเอ็มแอล (XML: eXtensible Markup Language) ให้สามารถแสดงข้อมูลข่าวสารด้านกราฟิกได้ โดยที่ระบบการแสดงกราฟฟิกแบบเวกเตอร์ (Vector graphics system) จะบรรยายรูปภาพในลักษณะของชุดข้อมูลรูปร่างเรขาคณิตแทนที่จะเป็นการระบุค่าของสีแต่ละจุดพิกเซล (Pixels) ในระบบการแสดงกราฟฟิกแบบราสเตอร์ (Raster graphics system) โดยที่ระบบการแสดงกราฟฟิกแบบเวกเตอร์จะมีความละเอียดถูกต้องของข้อมูลมากกว่าเมื่อมีการดำเนินการใดๆกับรูปภาพ เช่น การขยายเข้า การขยายออก การหมุนรูปภาพเป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ใช้ระบบการแสดงกราฟฟิกแบบราสเตอร์ และระบบการแสดงกราฟฟิกแบบเวกเตอร์ร่วมกัน คือ ในส่วนของแผนที่กรุงเทพฯ และจังหวัดต่างๆที่มีอาณาเขตติดต่อกันแสดงผลด้วยรูปภาพนามสกุล .gif ซึ่งเป็นการแสดงกราฟฟิกแบบราสเตอร์ ส่วนข้อมูลอื่นๆทั้งหมดใช้การแสดงกราฟฟิกแบบเวกเตอร์ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การแสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งบนแผนที่

โดยการใช้กฎของไซน์ และโคไซน์บนพื้นผิวโลกที่เป็นสามเหลี่ยม(Law of Sine/Cosine for spherical triangles) จะสามารถพิสูจน์ได้ว่าสมการที่ 3.1 (Mcgovern, 2004) เป็นสมการที่ใช้คำนวณหาระยะห่างระหว่างพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกสองตำแหน่ง ในการระบุพิกัดตำแหน่งละติจูด และลองติจูดว่าอยู่ในตำแหน่งจุดพิกเซลใดบนรูปภาพแผนที่จะใช้สมการที่ 3.1 ช่วยในการคำนวณดังต่อไปนี้ (ดูรูปที่ 3.10 ประกอบ) โดยแฟ้มเอสวีจีที่พัฒนาขึ้นมีรูปแบบดังรูปที่ 3.11

$$D = R \times Cos^{-1}(Cos(lat_1).Cos(lon_1).Cos(lat_2).Cos(lon_2) + Cos(lat_1).Sin(lon_1).Cos(lat_2).Sin(lon_2) + Sin(lat_1).Sin(lat_2)) \quad \ldots (3.1)$$

D: ระยะห่างระหว่างพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกสองตำแหน่ง มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

R: รัศมีของโลกมีค่าประมาณ 6,378.137 กิโลเมตร

(lon_1, lat_1) และ (lon_2, lat_2): คือ ลองติจูด และละติจูดบนพื้นผิวโลกสองตำแหน่งตามลำดับ มีหน่วยเป็นองศาเรเดียน

ที่มา: (Mcgovern, 2004)

- ข้อมูลเบื้องต้นที่ทราบ คือ ขนาดของรูปภาพเป็นพิกเซล (X_{max}, Y_{max}) และค่าละติจูด/ลองติจูด ณ ตำแหน่งขอบบน ล่าง ซ้าย และขวาของรูปภาพ (lat_{min}, lat_{max}, lon_{min}, lon_{max})
- คำนวณหาค่า D_y โดยใช้สมการที่ 3.1 โดยที่ $lat_1 = lat_{min}$ และ $lat_2 = lat_{max}$
- คำนวณหาค่า D_x โดยใช้สมการที่ 3.1 โดยที่ $lon_1 = lon_{min}$ และ $lon_2 = lon_{max}$
- คำนวณหาค่า d_y โดยใช้สมการที่ 3.1 โดยที่ $lat_1 = lat_{max}$ และ $lat_2 = lat_{in}$
- คำนวณหาค่า d_x โดยใช้สมการที่ 3.1 โดยที่ $lon_1 = lon_{min}$ และ $lon_2 = lon_{in}$
- คำนวณหาค่า y ได้โดยที่

$$y = Y_{max} \times \frac{d_y}{D_y} \quad \ldots (3.2)$$

- และคำนวณหาค่า x ได้โดยที่

$$x = X_{max} \times \frac{d_x}{D_x} \quad \ldots (3.3)$$

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG 20000303 Stylable//EN""http://www.w3.org/TR/2000/03/WD-SVG-20000303/DTD/svg-20000303-stylable.dtd" [
    <!ENTITY st0 "fill-rule:nonzero;clip-rule:nonzero;stroke:#000000;stroke-miterlimit:4;">
]>
<svg width="675" height="500" viewBox="1233557.69011 173650.182735 675 500" xml:space="preserve">
        <g>
            <image width="8072" height="6069" xlink:href="http://localhost/cufleet/images/bkkmap.gif"/>
        </g>
        <circle cx="1233895.19011" cy="173900.182735" r="7.5" stroke="blue" fill="yellow"/>
        <text x="1233895.19011" y="173900.182735" style="font-size:16pt" stroke="red"> text</text>
</svg>                ↑x              ↑y
```

รูปที่ 3.11 แฟ้มเอสวีจีสำหรับการระบุตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่

บทที่ 4
การทดสอบระบบ

เนื้อหาของบทนี้กล่าวถึงการทดสอบระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติ โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการทดสอบโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ การทดสอบโปรแกรมสำหรับสถานีศูนย์กลาง การติดตั้งระบบ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้กับระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันดังรูปที่ 1.2 และสรุปผลการทดสอบระบบ

4.1 การติดตั้งระบบ

ระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถจะนำไปประยุกต์ใช้กับหน่วยงาน หรือองค์กรต่างๆที่ต้องการค้นหาตำแหน่งของลูกข่ายผ่านทางสถานีศูนย์กลาง ซึ่งมีความต้องการเบื้องต้นของระบบดังนี้

(ก) โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่นำไปติดตั้งบนยานพาหนะเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบซีดีเอ็มเอที่สนับสนุนเทคโนโลยีเอจีพีเอส และใช้ BREW รุ่น 2.0.1 เป็นแพล็ตฟอร์มบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยในงานวิจัยนี้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อ Kyocera รุ่น KZ-830 เป็นเครื่องทดสอบ

(ข) เครื่องบริการเว็บที่สนับสนุนภาษาโปรแกรม PHP (Hypertext Processor) รุ่น4.3.1 ขึ้นไป และโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL รุ่น 4.1 ขึ้นไป โดยงานวิจัยนี้ใช้เครื่องบริการเว็บของภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นเครื่องทดสอบ

(ค) เครื่องคอมพิวเตอร์ประจำสถานีศูนย์กลางที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการขั้นต่ำ Windows รุ่น 98 พร้อมโมเด็มที่มีอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลขั้นต่ำ 56 กิโลบิตต่อวินาที

(ง) สัญญาในการขอใช้บริการส่งข้อความบริการสารสั้นผ่านทางโปรแกรมค้นดูเว็บจากผู้ให้บริการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ งานวิจัยนี้ใช้การส่งข้อความบริการสารสั้นผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยตรงในการทดสอบ

(จ) สัญญาในการขอใช้บริการแผนที่จากบริษัทผู้เป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ งานวิจัยนี้ใช้แผนที่ดิจิตอลจากโปรแกรม MapMagic รุ่น Bangkok 2547-2548 ในการทดสอบ (Thinknet, 2547)

ขั้นตอนการติดตั้งระบบมีดังนี้

4.1.1 การติดตั้งโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ หลังจากออกแบบ และพัฒนาโปรแกรมแล้วผลลัพธ์ที่ได้ คือ แฟ้มข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ต้องนำไปติดตั้งบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ดังนี้

- แฟ้ม fleet.mif เป็นแฟ้มที่ใช้ระบุข้อมูลเบื้องต้น และสิทธิการใช้งานของโปรแกรม

- แฟ้ม fleet.sig เป็นแฟ้มที่อนุญาตให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถอัพโหลด หรือดาวน์โหลดแฟ้มข้อมูลต่างๆ บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

- แฟ้ม fleet.bar เป็นแฟ้มที่ใช้เพื่อระบุข้อความ และรูปภาพที่ต้องการให้แสดงผลบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

- แฟ้ม fleet.mod เป็นแฟ้มหลักของโปรแกรม โดยที่ขั้นตอน และฟังก์ชันการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมเรียกใช้มาจากแฟ้มนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการอัพโหลด หรือดาวน์โหลดโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้ในการทดสอบ คือ โปรแกรม QPST EFS Explorer รุ่น 2.7 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม คือ ให้ผู้ใช้สร้างโฟลเดอร์ /brew/fleet บนโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้วอัพโหลดแฟ้ม fleet.sig, fleet.mod และ fleet.bar ลงในโฟลเดอร์นี้ หลังจากนั้นให้อัพโหลดแฟ้ม fleet.mif ลงในโฟลเดอร์ /brew/

หากมีการใช้งานโปรแกรมจริงในเชิงพาณิชย์ ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่จะต้องดาวน์โหลดโปรแกรมมาจากผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ แทนที่การอัพโหลดผ่านสายเคเบิล

4.1.2 การติดตั้งโปรแกรมบนเครื่องบริการเว็บ หลังจากออกแบบ และพัฒนาโปรแกรมบนเครื่องบริการเว็บผลลัพธ์ที่ได้ คือ แฟ้มข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่นำไปติดตั้งบนเครื่องบริการเว็บดังนี้

- แฟ้ม fleet.sql เป็นแฟ้มสำหรับระบบจัดการฐานข้อมูล
- แฟ้ม index.html เป็นแฟ้มแสดงหน้าจอให้ผู้ใช้เข้าสู่ระบบ
- แฟ้ม login.php เป็นแฟ้มที่ใช้ตรวจสอบรายชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่านจากฐานข้อมูล
- แฟ้ม authen.php เป็นแฟ้มที่ใช้ตรวจสอบสถานะทำงานของผู้ใช้ โดยการตรวจสอบหมายเลขเซสชั่น (Session ID) หากพนักงานประจำศูนย์วิทยุไม่ทำการลงทะเบียนผู้ใช้เพื่อเข้าสู่ระบบก่อนจะไม่สามารถใช้งานหน้าเว็บเพจใดๆ ของเครื่องบริการเว็บตามที่กำหนดได้
- แฟ้ม connect2db.php เป็นแฟ้มที่ใช้ติดต่อกับโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล
- แฟ้ม report.php เป็นแฟ้มที่ให้ผู้บริหารประจำศูนย์วิทยุบริหารจัดการฐานข้อมูลผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ และพนักงานประจำศูนย์วิทยุได้
- แฟ้ม fleet.php เป็นแฟ้มที่ใช้กำหนดเฟรม (Frame) บนหน้าจอของโปรแกรมค้นดูเว็บ
- แฟ้ม locationdata.php เป็นแฟ้มที่แสดงตารางข้อมูลพิกัดตำแหน่งของผู้ใช้ที่ถูกส่งเข้ามาสู่ระบบ โดยหน้าเว็บเพจนี้จะทำการปรับปรุง (Refresh) ตนเองทุกๆ 5 วินาที
- แฟ้ม brewsms.html เป็นแฟ้มแสดงฟอร์ม (Form) ให้พนักงานประจำศูนย์วิทยุกรอกหมายเลขผู้ใช้ที่ต้องการค้นหาพิกัดตำแหน่ง
- แฟ้ม brewsms.php เป็นแฟ้มที่ติดต่อกับการให้บริการส่งข้อความบริการสารสั้นของผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่
- แฟ้ม tablemap.php เป็นแฟ้มที่ใช้คำนวณจุดพิกเซลที่ให้แสดงพิกัดตำแหน่งของลูกข่ายบนแผนที่ รวมทั้งแสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่ง และข้อมูลเกี่ยวกับคนรถแท็กซี่

- แฟ้ม map.svg เป็นแฟ้มที่ใช้กำหนด และแสดงตำแหน่งของยานพาหนะบนแผนที่
- โฟลเดอร์ images คือ โฟลเดอร์ที่เก็บแฟ้มรูปภาพที่ใช้แสดงผลบนเว็บเพจมีแฟ้ม fleet.gif เป็นแฟ้มที่แสดงรูปภาพตอนผู้ใช้เข้าสู่ระบบจัดเก็บภายในโฟลเดอร์

ขั้นตอนในการติดตั้ง คือ สร้างฐานข้อมูลด้วยแฟ้ม fleet.sql หลังจากนั้นให้อัพโหลดแฟ้มและโฟลเดอร์ทั้งหมดลงในโฟลเดอร์ /public_html/cufleet/ บนเครื่องบริการเว็บ

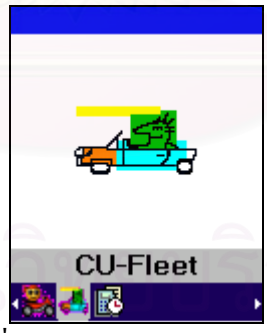
4.1.3 การติดตั้งโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ประจำสถานีศูนย์กลาง มีโฟลเดอร์ และแฟ้มที่ใช้ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ดังนี้

- โฟลเดอร์ image คือ โฟลเดอร์ที่เก็บแผนที่ที่ใช้แสดงผลบนเว็บเพจมีแฟ้ม bkkmap.gif เป็นแฟ้มที่แสดงรูปภาพแผนที่บนหน้าจอจัดเก็บภายในโฟลเดอร์

เครื่องคอมพิวเตอร์ประจำสถานีศูนย์กลางต้องสนับสนุนการเป็นเครื่องท้องถิ่น (localhost) โดยการติดตั้งโปรแกรม IIS รุ่น 5.0 โดยที่หมายเลขที่อยู่บนเว็บ http://localhost/ ระบุถึงที่อยู่ C:/inetpub/wwwroot/ บนเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยให้คัดลอกโฟลเดอร์ images ที่มีแฟ้ม bkkmap.gif จัดเก็บอยู่ลงในที่อยู่ C:/inetpub/wwwroot/cufleet/ หลังจากนั้นให้ติดตั้งโปรแกรม SVG viewer รุ่น 2.0 เพื่อสนับสนุนการแสดงผลแฟ้มนามสกุล .svg

4.2 โปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

ขั้นตอนการทำการของโปรแกรมมีสองรูปแบบ คือ โหมดการทำงานปกติ และโหมดการทำงานเบื้องหลัง ตัวอย่างหน้าจอการทำงานของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 4.1-4.11



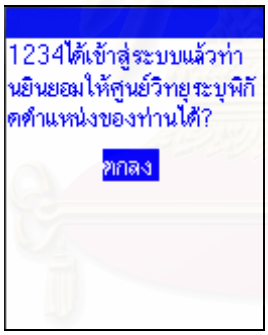
รูปที่ 4.1 หน้าจอเข้าสู่โปรแกรม

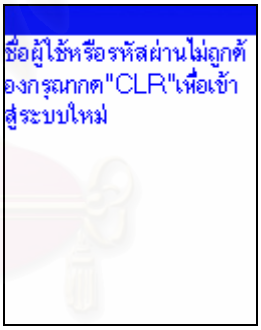
รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงข้อความต้อนรับ

รูปที่ 4.3 หน้าจอกรอกหมายเลขผู้ใช้ และรหัสผ่านเพื่อเข้าสู่ระบบ

รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงการติดต่อกับเครื่องบริการเว็บเพื่อตรวจสอบหมายเลขผู้ใช้ รหัสผ่าน และหมายเลขประจำเครื่องบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

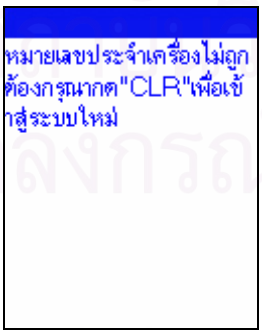
(ก)

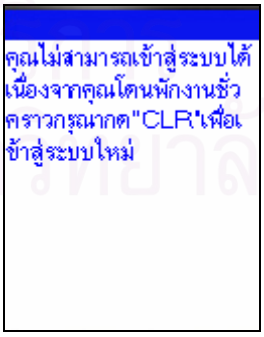




(ข)

(ค)





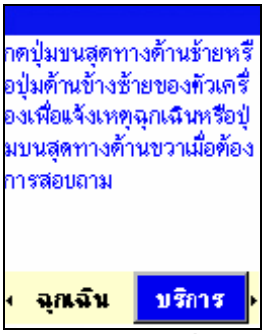
(ง)

รูปที่ 4.5 (ก) หน้าจอแสดงข้อความยืนยันการเข้าสู่ระบบ

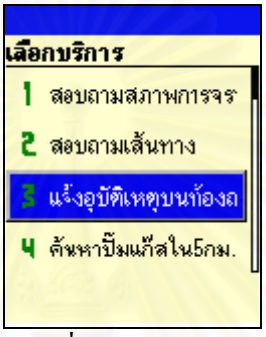
รูปที่ 4.5 (ข) หน้าจอแสดงข้อความ กรอกหมายเลขผู้ใช้ หรือรหัสผ่านผิด

รูปที่ 4.5 (ค) หน้าจอแสดงข้อความหมายเลขประจำเครื่องไม่ถูกต้อง

รูปที่ 4.5 (ง) หน้าจอแสดงข้อความไม่อนุญาตให้เข้าสู่ระบบเนื่องจากโดนพักงาน



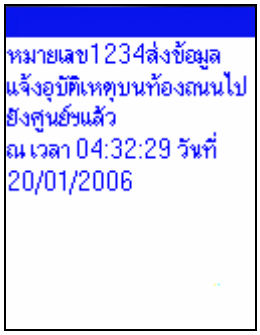
รูปที่ 4.6 หน้าจอหลักของโปรแกรมเมื่อเข้าสู่ระบบ (สภาวะปกติ)



รูปที่ 4.7 หน้าจอแสดงขั้นตอนเมื่อผู้ใช้เลือกบริการแจ้งอุบัติเหตุบนท้องถนน

รูปที่ 4.8 หน้าจอโปรแกรมกำลังทำการค้นหาพิกัดตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่

รูปที่ 4.9 หน้าจอโปรแกรมกำลังทำการติดต่อกับเครื่องบริการเว็บเพื่อส่งข้อมูลไปประมวลผล



รูปที่ 4.10 หน้าจอแสดงผลลัพธ์ในการติดต่อกับเครื่องบริการเว็บ

ในกรณีที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่สามารถค้นหาพิกัดตำแหน่งของตนเองได้ หรืออยู่ภายนอกบริเวณที่มีโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอครอบคลุมถึง สำหรับในโหมดการทำงานปกติ หน้าจอจะแสดงข้อความเพื่อให้ผู้ใช้ทำการเริ่มต้นใช้งานใหม่อีกครั้ง สำหรับในโหมดการทำงานเบื้องหลัง โปรแกรมจะเริ่มต้นทำงานขั้นตอนนั้นใหม่โดยอัตโนมัติหลังจาก 0.5 วินาที หากขั้นตอนการติดต่อยังไม่สำเร็จเป็นจำนวน 3 ครั้งโปรแกรมจะหยุดการทำงาน และกลับเข้าสู่สภาวะปกติต่อไป ซึ่งหากโปรแกรมกำลังทำการค้นหาพิกัดตำแหน่งของตนเองอยู่ บริเวณบนมุมบนซ้ายของหน้าจอโทรศัพท์เคลื่อนที่จะแสดงเป็นรูปดาวเทียม

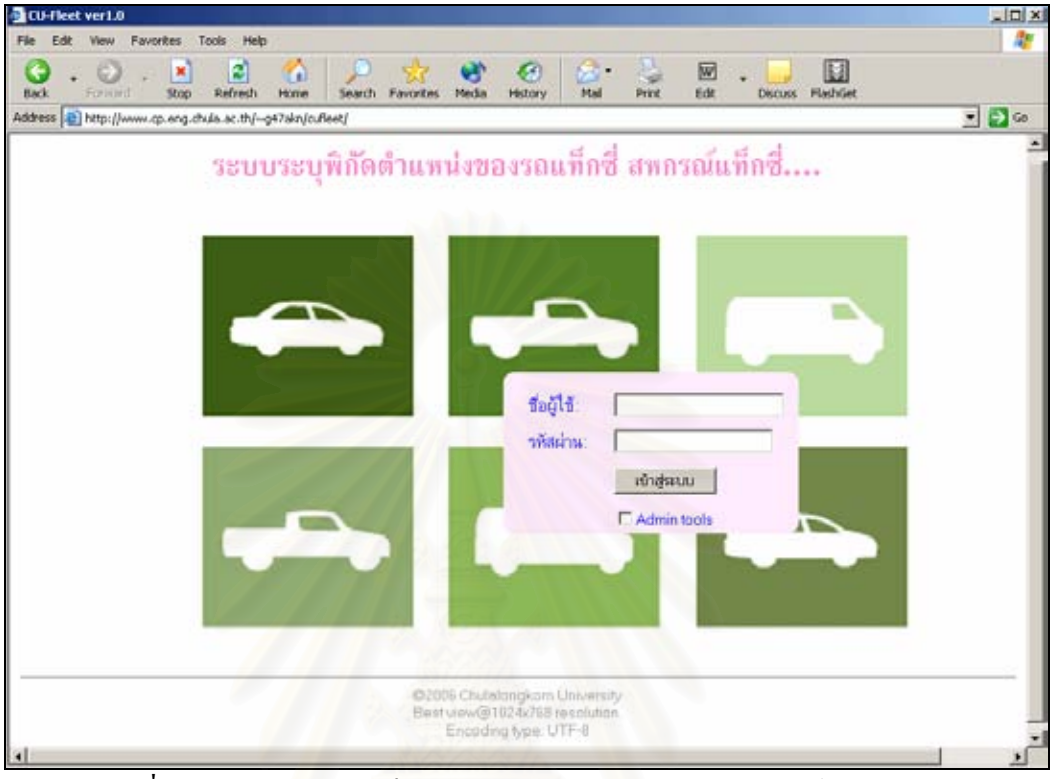
จากการทดสอบผู้วิจัยพบว่า โปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ อย่างไรก็ตามปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบซีดีเอ็มเอ และโครงข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นสำคัญ รวมทั้งสภาพภูมิประเทศที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ตั้งอยู่ สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการพัฒนาโปรแกรม คือ ข้อจำกัดด้านทรัพยากรบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ เช่น ต้องคืนหน่วยความจำให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ทุกครั้งที่ไม่มีการใช้อินเตอร์เฟส การแสดงผลข้อความภาษาไทยไม่ควรมีช่องว่างระหว่างพยัญชนะรวมถึงสระ หรือขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ต้องกำหนดอย่างชัดเจนดังรูปที่ 3.7 และ3.8 มิฉะนั้นแล้วอาจเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานได้ ฯลฯ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการแก้ไข และพัฒนาโปรแกรมให้สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์แล้ว

4.3 โปรแกรมสำหรับสถานีศูนย์กลาง

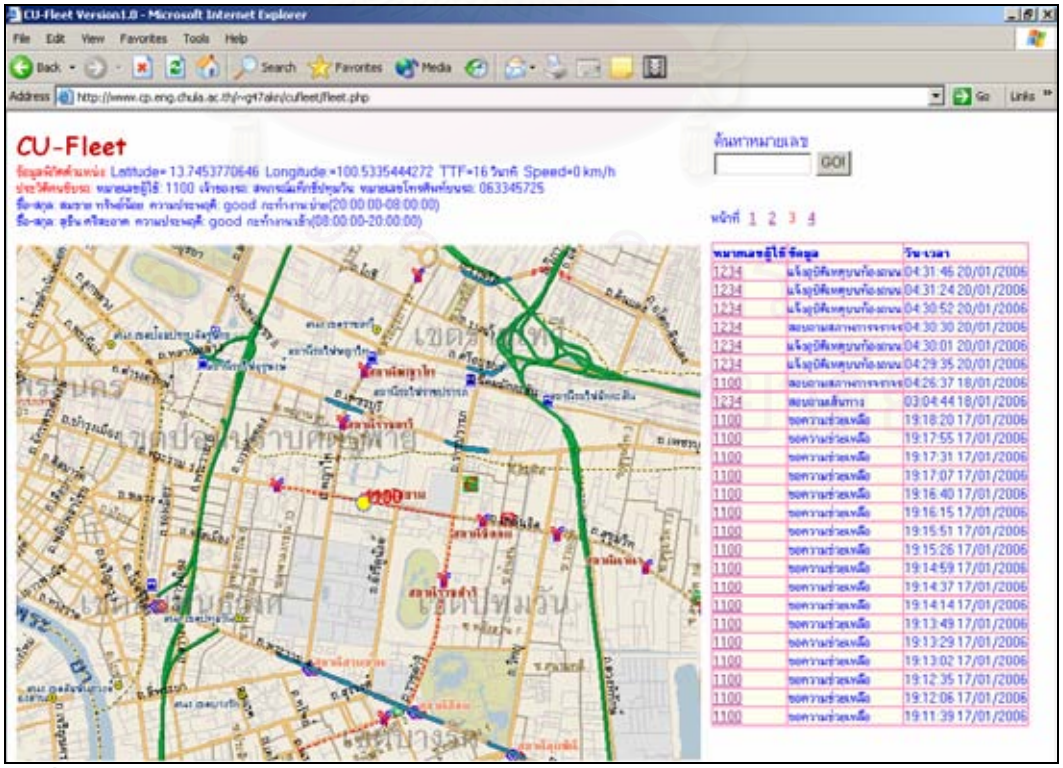
ในการใช้งานระบบทุกครั้ง พนักงานจำเป็นต้องเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ประจำศูนย์วิทยุเข้ากับโครงข่ายอินเตอร์เน็ตก่อนทุกครั้ง เพื่อให้สามารถสื่อสารข้อมูลระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และสถานีศูนย์กลางได้ จากการทดสอบผู้วิจัยพบว่าโปรแกรมสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ คือ ปริมาณผู้ใช้งานเว็บเพจจากเครื่องบริการเว็บ และอัตราเร็วของการสื่อสารข้อมูลผ่านโมเด็ม

รูปที่ 4.11-4.16 แสดงตัวอย่างหน้าจอการทำงานของโปรแกรม โดยมีการทดสอบความแม่นยำในการระบุตำแหน่งบนแผนที่จากหัวข้อ 3.3.3 (ค) โดยการระบุค่าลองติจูด และละติจูดใน

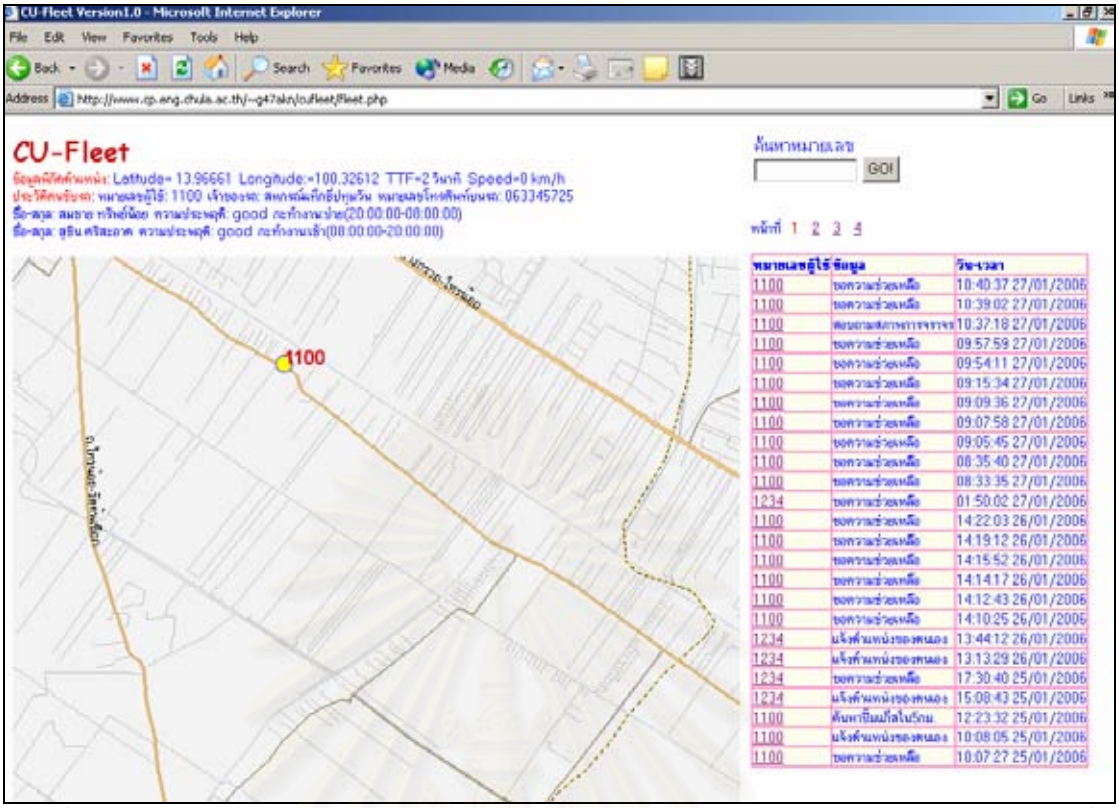
ตำแหน่งบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าสยาม รวมทั้งใกล้มุมบนซ้าย บนขวา ล่างซ้าย และล่างขวา บนรูปแผนที่ตามลำดับ ผลการทดสอบปรากฏว่าโปรแกรมสามารถระบุตำแหน่งบนแผนที่ได้อย่างถูกต้อง



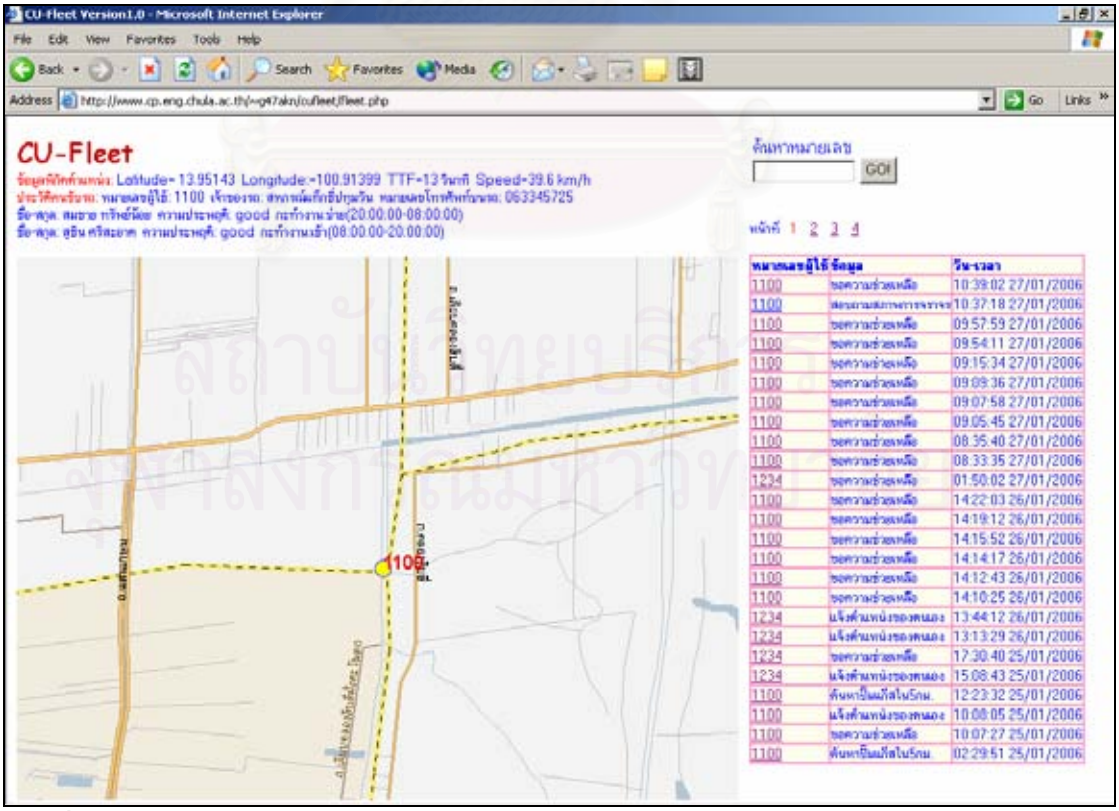
รูปที่ 4.11 หน้าจอแสดงเว็บเพจหน้าแรกให้พนักงานประจำศูนย์วิทยุลงทะเบียนผู้ใช้



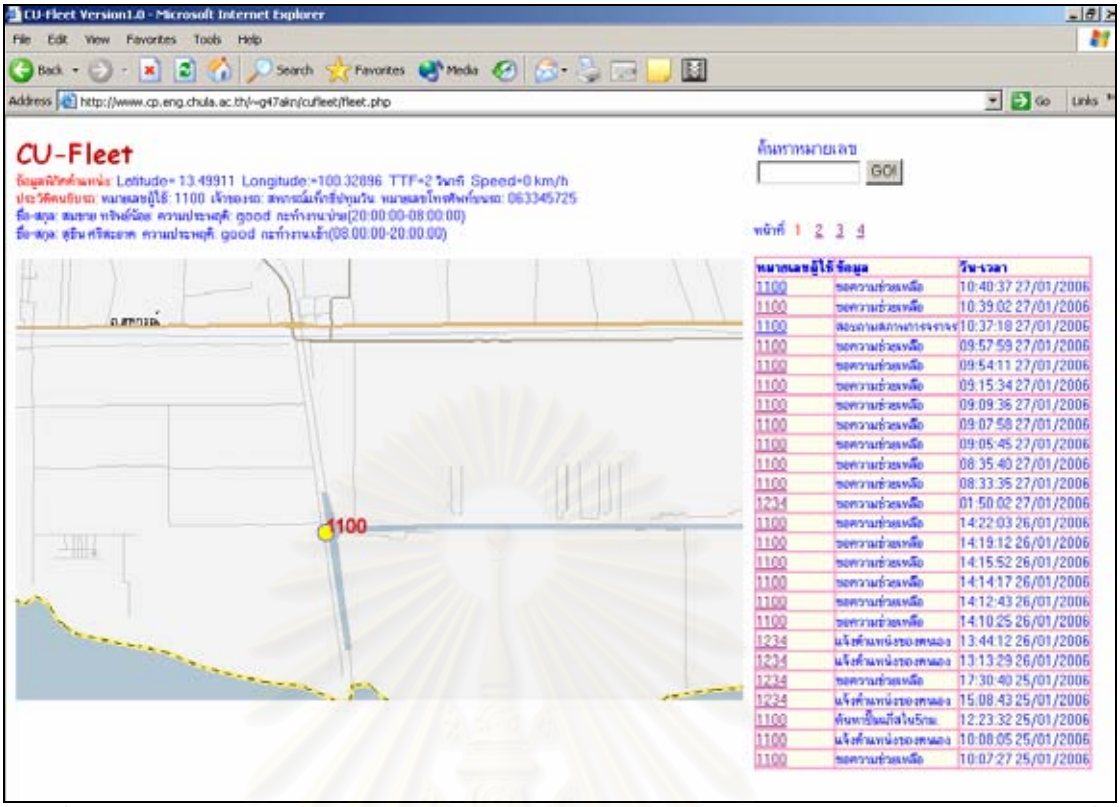
รูปที่ 4.12 หน้าจอหลักของโปรแกรม ทดสอบการระบุตำแหน่งบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าสยาม



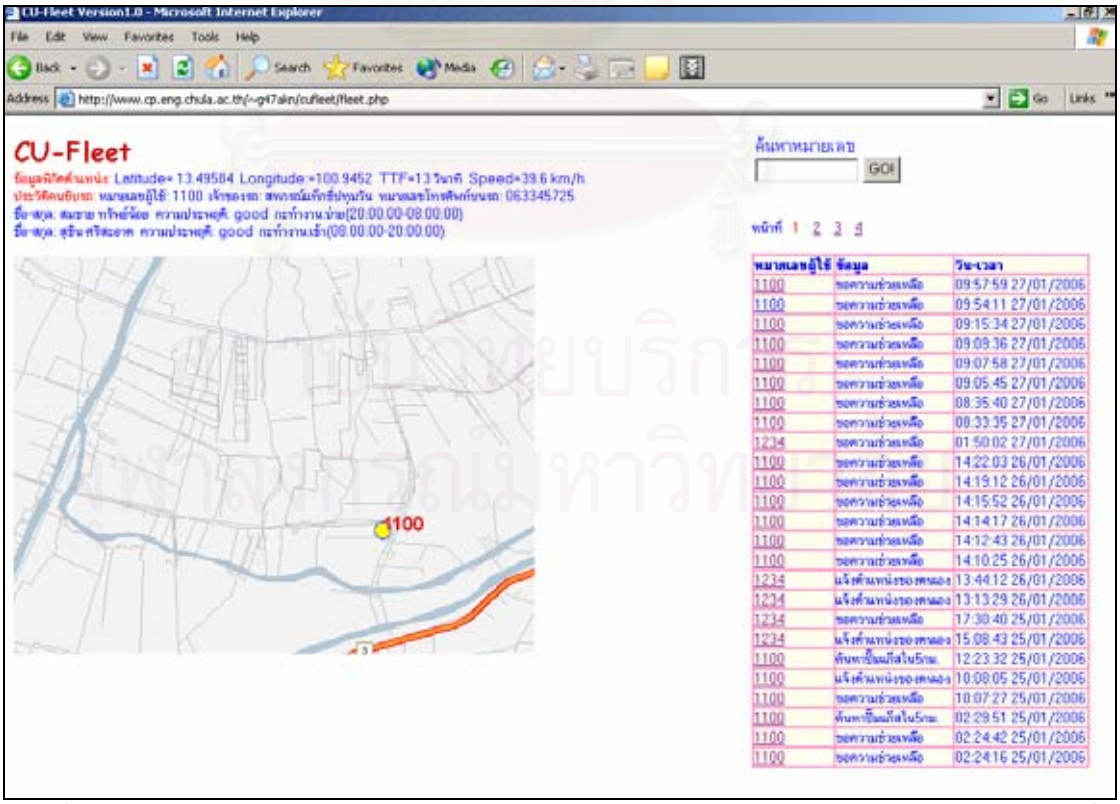
รูปที่ 4.13 หน้าจอหลักของโปรแกรม ทดสอบการระบุตำแหน่งบริเวณใกล้มุมบนซ้ายของแผนที่



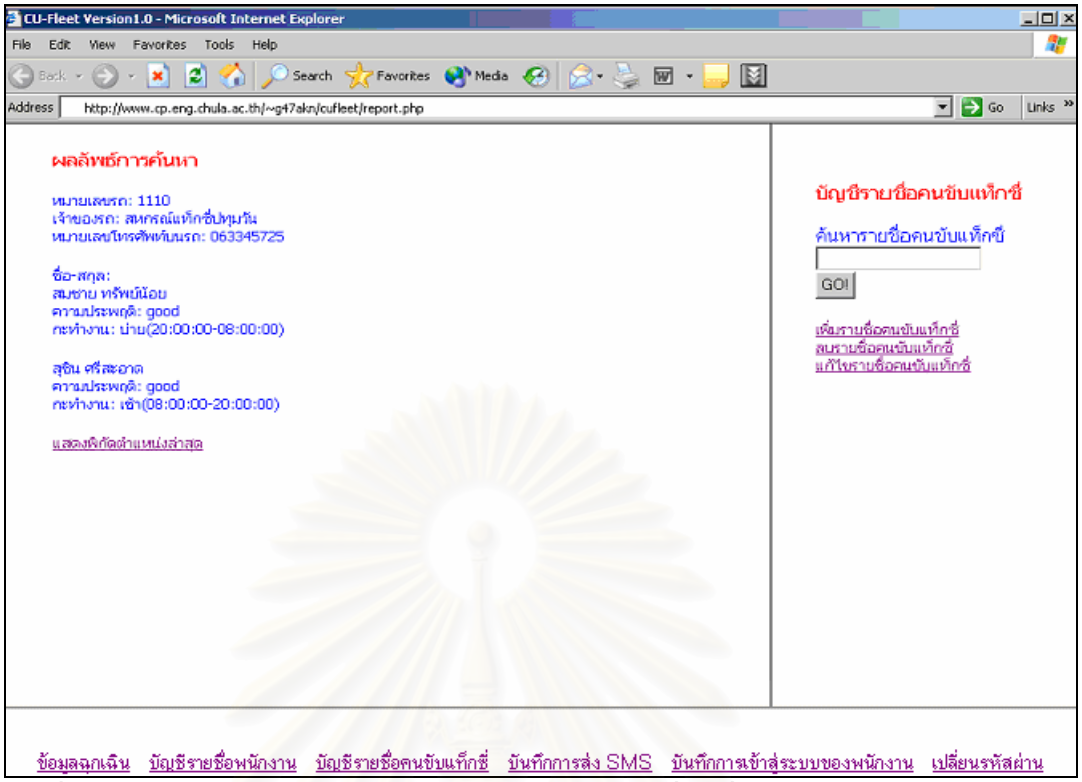
รูปที่ 4.14 หน้าจอหลักของโปรแกรม ทดสอบการระบุตำแหน่งบริเวณใกล้มุมบนขวาของแผนที่



รูปที่ 4.15 หน้าจอหลักของโปรแกรม ทดสอบการระบุตำแหน่งบริเวณใกล้มุมล่างซ้ายของแผนที่



รูปที่ 4.16 หน้าจอหลักของโปรแกรม ทดสอบการระบุตำแหน่งบริเวณใกล้มุมล่างขวาของแผนที่

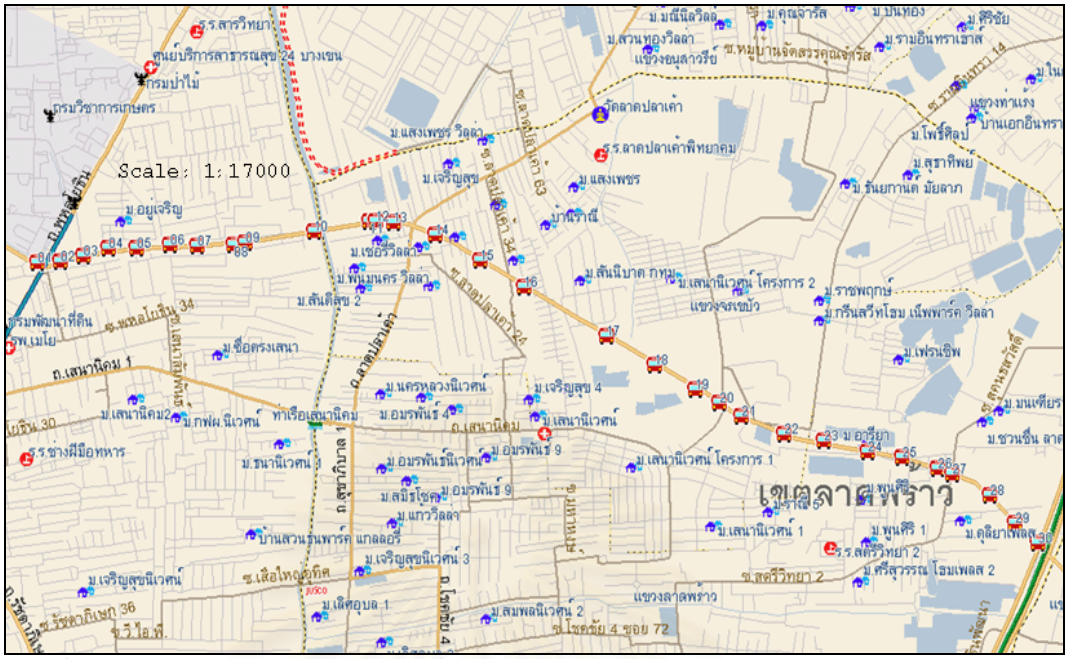


รูปที่ 4.17 หน้าจอการบริหารจัดการข้อมูลผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ และพนักงานประจำศูนย์วิทยุ

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติ

หัวข้อนี้กล่าวถึงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพต่างๆระหว่างระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ และเทคโนโลยีเอจีพีเอสที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติที่ทำการสื่อสารข้อมูลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม/โครงข่ายจีพีอาร์เอสที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสเป็นอุปกรณ์ในการระบุตำแหน่งของลูกข่าย ดังรูปที่ 1.2 โดยทดสอบภาคสนามในส่วนของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์ และศึกษาโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบต่างๆ และโปรแกรมประจำสถานีศูนย์กลางจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎี และระบบที่มีการใช้งานในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน

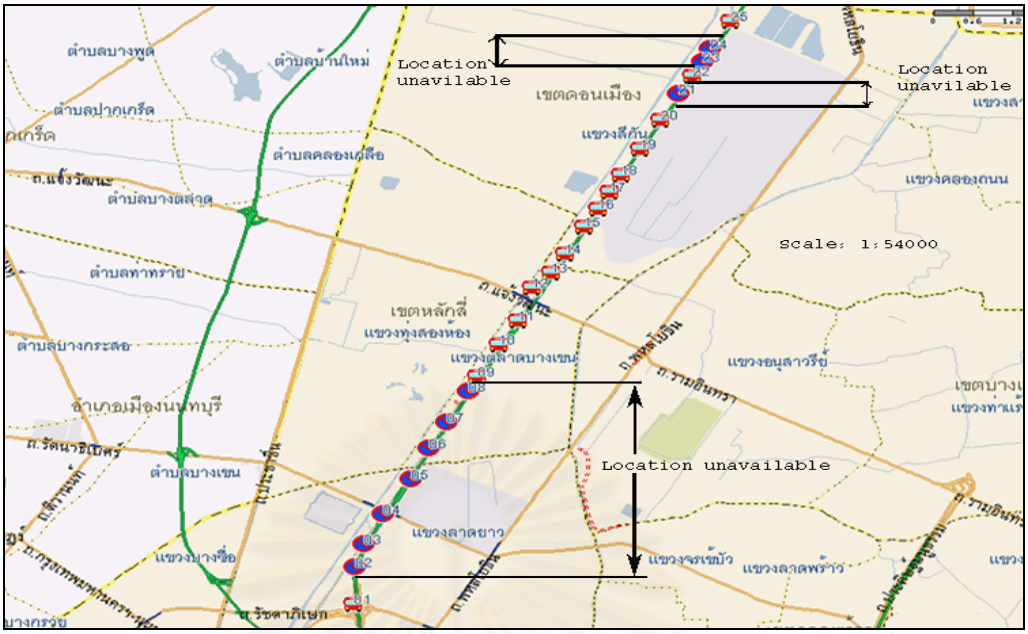
4.4.1 อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์ ออกแบบการทดลองส่วนของความสามารถในการระบุพิกัดตำแหน่งระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอที่สนับสนุนเทคโนโลยีเอจีพีเอส และเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส คือ ความละเอียดถูกต้องของพิกัดตำแหน่ง ความสามารถในการค้นหาพิกัดตำแหน่งได้ ค่าเฉลี่ยของตำแหน่งจากการค้นหาตำแหน่ง 100 ครั้ง ค่าคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งโดยการหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 67% และ 95% และเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งจากดาวเทียม โดยพื้นที่ในการทดสอบเลือกบริเวณพื้นที่โล่งที่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ดี พื้นที่แออัดที่มีการลดทอนสัญญาณจากดาวเทียมจากสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ที่ไม่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัยนี้ คือ ยี่ห้อ Garmin รุ่น GPS III Plus (Garmin, 2001) ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.18-4.25



รูปที่ 4.18 เส้นทางเดินรถในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี ทดสอบโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

รูปที่ 4.19 เส้นทางเดินรถในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี ทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ

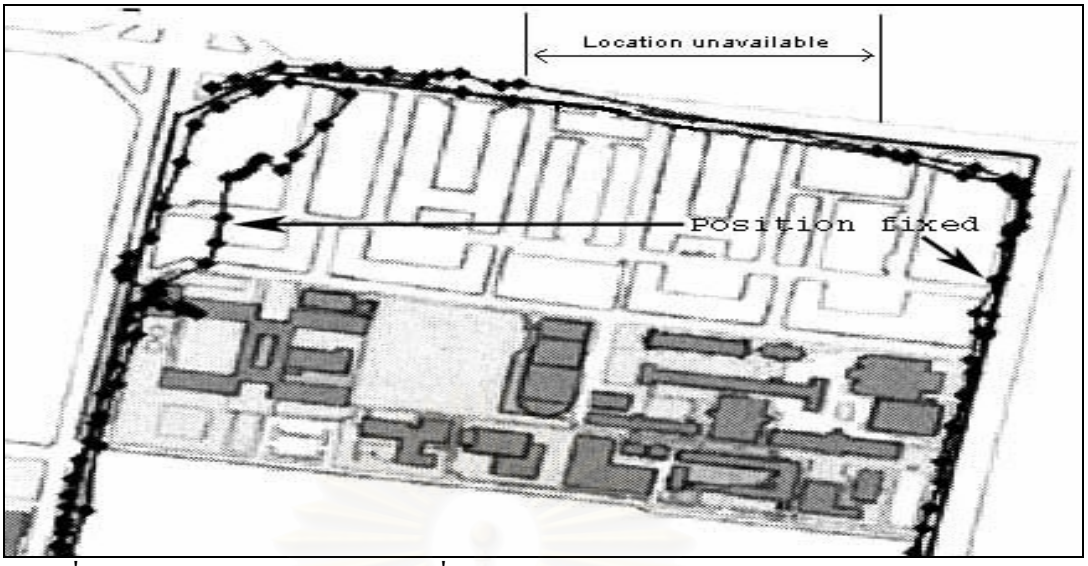
ทดสอบอุปกรณ์ในเส้นทางเดินรถบนถนนเกษตรฯ-นวมินทร์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้เป็นอย่างดีโดยไม่มีการบดบังสัญญาณจากสิ่งปลูกสร้าง จากผลการทดสอบ ผู้วิจัยพบว่าอุปกรณ์ทั้งสองชนิด สามารถระบุตำแหน่งยานพาหนะได้ถูกต้องทุกครั้ง ไม่มีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลในเส้นทางเดินรถ



รูปที่ 4.20 เส้นทางเดินรถในบริเวณที่มีการลดทอนสัญญาณจากดาวเทียมจากสิ่งปลูกสร้าง ทดสอบโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

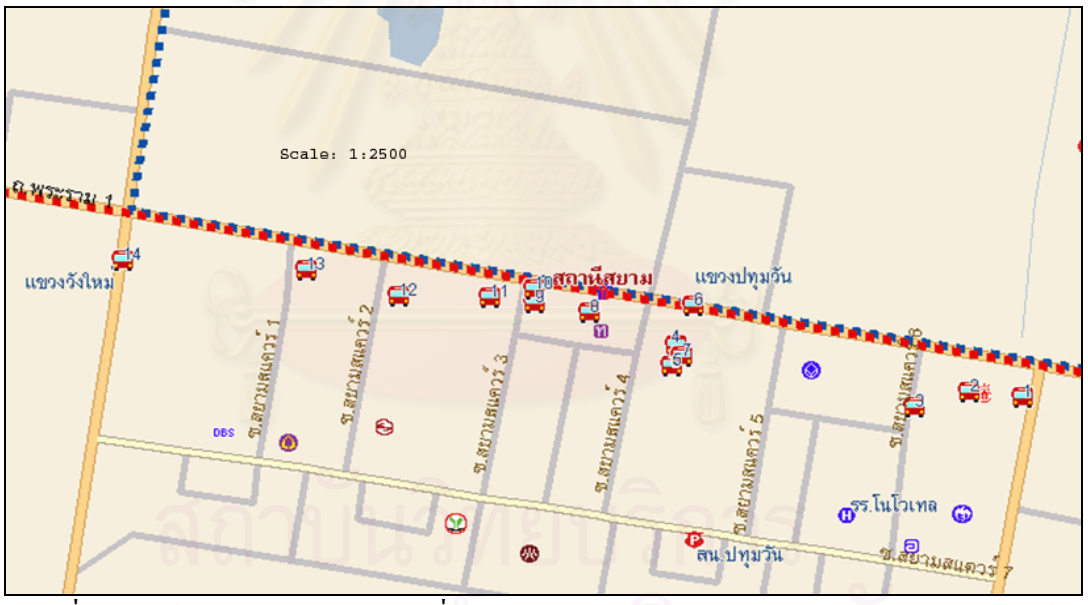
รูปที่ 4.21 เส้นทางเดินรถในบริเวณที่มีการลดทอนสัญญาณจากดาวเทียมจากสิ่งปลูกสร้าง ทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ

ทดสอบอุปกรณ์ในเส้นทางเดินรถบนถนนวิภาวดี-รังสิตขาออกในบริเวณใต้ทางด่วนโทลล์เวย์ ที่มีการบดบังสัญญาณจีพีเอสจากสะพาน ผลการทดสอบผู้วิจัยพบว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถระบุตำแหน่งได้ทุกครั้งตามเส้นทางการเดินรถ แต่มีบางจุดที่ระบุตำแหน่งคลาดเคลื่อนไปจากถนน โดยที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสไม่สามารถระบุตำแหน่งได้ในบริเวณที่แสดงด้วยเครื่องหมาย ⃠ ดังรูป 4.20 และมีบางตำแหน่งเมื่อระบุตำแหน่งบนแผนที่แล้วมีค่าคลาดเคลื่อนไปจากถนน



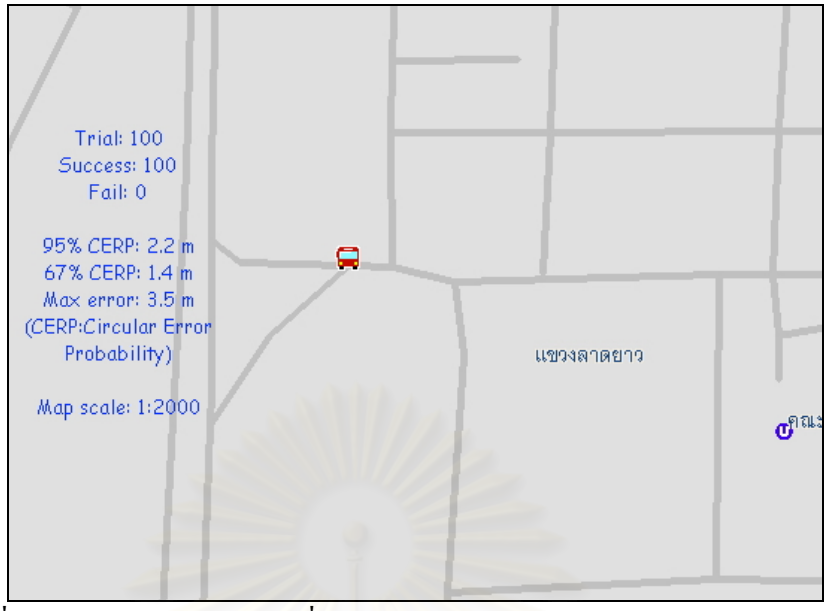
รูปที่ 4.22 เส้นทางเดินรถในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ทดสอบโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

ที่มา: (ชัชวาลย์, 2546)

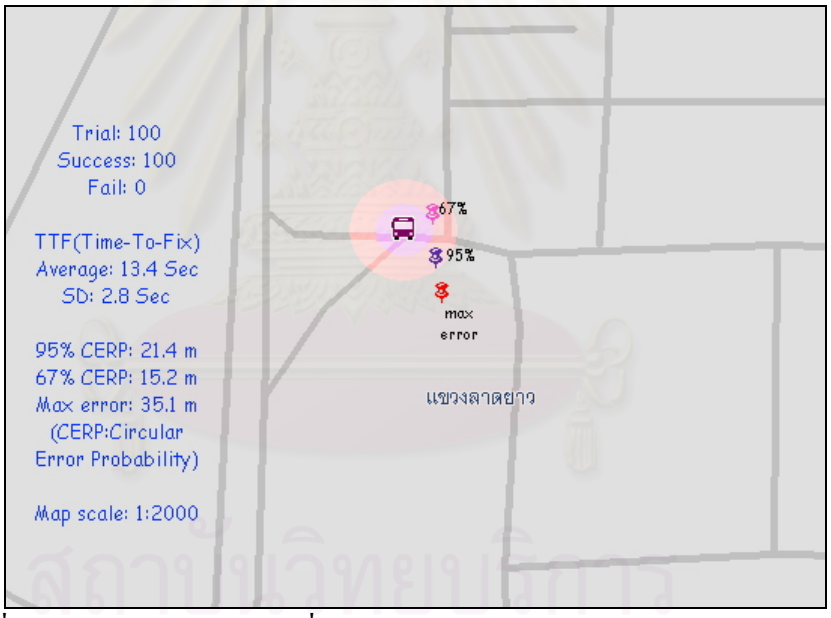


รูปที่ 4.23 เส้นทางเดินรถในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ

ทดลองอุปกรณ์ในเส้นทางเดินรถบนถนนพระรามที่ 1 จากบริเวณสามแยกเฉลิมเผ่า จนถึงสี่แยกปทุมวัน ซึ่งมีการบดบังสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมโดยสถานีไฟฟ้าบีทีเอส จากผลการทดลองของ (ชัชวาลย์, 2546) พบว่าเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสไม่สามารถระบุตำแหน่งได้เลย และในส่วนของโทรศัพท์เคลื่อนที่ผู้วิจัยพบว่าอุปกรณ์สามารถระบุตำแหน่งได้แต่พิกัดตำแหน่งที่ระบุได้บนแผนที่มีค่าคลาดเคลื่อนไปจากถนน



รูปที่ 4.24 ตำแหน่งในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี ทดสอบโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส



รูปที่ 4.25 ตำแหน่งในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี ทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ

ทดสอบอุปกรณ์ในบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ซึ่งสามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ดี ไม่มีการบดบังสัญญาณจากสิ่งปลูกสร้าง โดยทดสอบอยู่ที่เดิมจำนวน 100 ครั้ง ผลการทดสอบผู้วิจัยพบว่าอุปกรณ์ทั้งสองชนิดสามารถระบุตำแหน่งได้ทุกครั้ง และค่าตำแหน่งเฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับตำแหน่งที่อยู่จริง อย่างไรก็ตามการกระจายของข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่คำนวณจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอนั้นมีค่าสูงกว่าเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ซึ่งตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดไปจากตำแหน่งจริง คือ 35 เมตร

รูปที่ 4.26 ตำแหน่งในบริเวณที่มีการลดทอนสัญญาณจากดาวเทียมจากสิ่งปลูกสร้าง ทดสอบโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

รูปที่ 4.27 ตำแหน่งในบริเวณที่มีการลดทอนสัญญาณจากดาวเทียมจากสิ่งปลูกสร้าง ทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ

ทดสอบอุปกรณ์ในบริเวณซอยโชคชัย 4 ซอย 76 ซึ่งมีการบดบังสัญญาณจีพีเอสจากตึกสูงทั้งสองข้างทาง โดยทดสอบอยู่ที่เดิมจำนวน 100 ครั้ง ผลการทดสอบผู้วิจัยพบว่าอุปกรณ์ทั้งสองชนิดสามารถระบุตำแหน่งได้ทุกครั้ง และค่าตำแหน่งเฉลี่ยที่คำนวณได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่มีค่าใกล้เคียงกับตำแหน่งจริง โดยที่การกระจายของข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่คำนวณจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอนั้นมีค่าสูงกว่าเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดไปจากตำแหน่งจริง คือ 50.4 เมตร อย่างไรก็ตามค่าตำแหน่งเฉลี่ยที่คำนวณจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมีค่าเบี่ยงเบนไปจากตำแหน่งที่อยู่จริงไปประมาณ 26.0 เมตร

```
$GPGGA,084203,,,,,0,00,,,M,,M,,*6B
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSV,3,1,12,02,40,351,00,04,27,033,30,05,31,298,00,07,46,097,37*70
$GPGSV,3,2,12,09,05,239,33,10,63,230,00,13,10,058,00,17,31,106,31*75
$GPGSV,3,3,12,26,07,191,00,28,01,153,00,29,15,181,31,30,09,315,00*74
$PGRME,,M,,M,,M*00
$GPGLL,,,,,,084204,*5A
$PGRMZ,,,*7E
$PGRMM,WGS 84*06
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPRTE,1,1,c,TRACBACK,T002,T001*3B
$GPWPL,1344.173,N,10032.043,E,T002*2D
$GPRMC,084205,V,,,,,,,150106,,*39
$GPRMB,V,,,,,,,,,,,V*66
$GPGGA,084205,,,,,0,00,,,M,,M,,*6D
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSV,3,1,12,02,40,351,00,04,27,033,30,05,31,298,00,07,46,097,35*72
$GPGSV,3,2,12,09,05,239,33,10,63,230,00,13,10,058,00,17,31,106,31*75
$GPGSV,3,3,12,26,07,191,00,28,01,153,00,29,15,181,32,30,09,315,00*77
$PGRME,,M,,M,,M*00
$GPGLL,,,,,,084206,*58
$PGRMZ,,,*7E
$PGRMM,WGS 84*06
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPWPL,1344.164,N,10032.039,E,T001*25
$GPRMC,084207,V,,,,,,,150106,,*3B
$GPRMB,V,,,,,,,,,,,V*66
$GPGGA,084208,,,,,0,00,,,M,,M,,*60
```

รูปที่ 4.28 บันทึกข้อมูล NMEA ในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ทดสอบโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

รูปที่ 4.29 ตำแหน่งในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ทดสอบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ

ทดสอบอุปกรณ์บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสสยามซึ่งมีการบดบังสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมสูง ซึ่งทดสอบที่เดิมจำนวน 100 ครั้ง ผลการทดสอบผู้วิจัยพบว่าเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสไม่สามารถระบุตำแหน่งได้เมื่อวิเคราะห์จากข้อมูล NMEA สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถระบุตำแหน่งได้ 91% แต่ค่าตำแหน่งเฉลี่ยที่คำนวณได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่มีค่าคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งที่อยู่จริง คือ 49.5 เมตร และมีการกระจายของข้อมูลพิกัดตำแหน่งสูง

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดสอบเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ดี

อุปกรณ์ / ผลการทดสอบ	เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสยี่ห้อ Garmin รุ่น GPS III Plus	โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอยี่ห้อ Kyocera รุ่น KZ-830
การระบุตำแหน่งบนแผนที่ 100 ครั้ง	- ตำแหน่งเฉลี่ยที่ระบุได้บนแผนที่ตรงกับตำแหน่งที่อยู่จริง - สามารถระบุตำแหน่งได้ทุกครั้ง	- ตำแหน่งเฉลี่ยที่ระบุได้บนแผนที่ตรงกับตำแหน่งที่อยู่จริง - สามารถระบุตำแหน่งได้ทุกครั้ง
การระบุตำแหน่งบนเส้นทางเดินรถ	- สามารถระบุตำแหน่งบนถนนได้ทุกครั้งตามเส้นทางเดินรถ	- สามารถระบุตำแหน่งบนถนนได้ทุกครั้งตามเส้นทางเดินรถ
เวลาที่ใช้ในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่ง	- ใช้เวลาในการค้นหาดาวเทียมในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งเฉพาะตอนเริ่มต้น ตามคู่มือใช้งานระบุไว้ที่ 45 วินาที (Garmin, 2001)	- ใช้เวลาในการค้นหาดาวเทียมทุกครั้งในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งจากการทดลองใช้เวลาในการค้นหาเฉลี่ย 13.4 วินาที
ค่าคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง	- มีการกระจายของข้อมูลต่ำ - ตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนสูงสุด คือ 3.5 เมตร - ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 (95% CERP) ระยะห่างจากตำแหน่งที่อยู่จริง คือ 2.2 เมตร - ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 67 (67% CERP) ระยะห่างจากตำแหน่งที่อยู่จริง คือ 1.4 เมตร	- มีการกระจายของข้อมูลสูง - ตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนสูงสุด คือ 35.1 เมตร - ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 (95% CERP) ระยะห่างจากตำแหน่งที่อยู่จริง คือ 21.4 เมตร - ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 67 (67% CERP) ระยะห่างจากตำแหน่งที่อยู่จริง คือ 15.2 เมตร

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดสอบเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอในบริเวณที่มีการบดบังสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียม

อุปกรณ์ / ผลการทดสอบ	เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสยี่ห้อ Garmin รุ่น GPS III Plus	โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอยี่ห้อ Kyocera รุ่น KZ-830
การระบุตำแหน่งบนแผนที่ 100 ครั้ง	- ตำแหน่งเฉลี่ยที่ระบุได้บนแผนที่ไม่ตรงกับตำแหน่งที่อยู่จริงโดยมีความคลาดเคลื่อน 26.0 เมตร - สามารถระบุตำแหน่งได้ทุกครั้ง	- ตำแหน่งเฉลี่ยที่ระบุได้บนแผนที่ตรงกับตำแหน่งที่อยู่จริง - สามารถระบุตำแหน่งได้ทุกครั้ง

เวลาที่ใช้ในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่ง	- ใช้เวลาในการค้นหาดาวเทียมในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งเฉพาะตอนเริ่มต้น ตามคู่มือใช้งานระบุไว้ที่ 45 วินาที (Garmin, 2001)	- ใช้เวลาในการค้นหาดาวเทียมทุกครั้งในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งจากการทดลองใช้เวลาในการค้นหาเฉลี่ย 14.6 วินาที
การระบุตำแหน่งบนเส้นทางเดินรถ	- ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้ในบริเวณที่มีการบดบังสัญญาณจีพีเอสจากสะพาน	- สามารถระบุตำแหน่งบนถนนได้ทุกครั้งตามเส้นทางเดินรถ แต่มีบางตำแหน่งที่คลาดเคลื่อนไปจากถนน
ค่าคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง	- มีการกระจายของข้อมูลต่ำ - ตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนสูงสุด คือ 28.4 เมตร - ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 (95% CERP) ระยะห่างจากตำแหน่งที่อยู่จริง คือ 28.4 เมตร - ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 67 (67% CERP) ระยะห่างจากตำแหน่งที่อยู่จริง คือ 27.5 เมตร	- มีการกระจายของข้อมูลสูง - ตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนสูงสุด คือ 50.4 เมตร - ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 (95% CERP)ระยะห่างจากตำแหน่งที่อยู่จริง คือ 11.4 เมตร - ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 67 (67% CERP) ระยะห่างจากตำแหน่งที่อยู่จริง คือ 21.2 เมตร

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทดสอบเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้

อุปกรณ์ / ผลการทดสอบ	เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสยี่ห้อ Garmin รุ่น GPS III Plus	โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอยี่ห้อ Kyocera รุ่น KZ-830
การระบุตำแหน่งบนแผนที่	- ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้	- ตำแหน่งเฉลี่ยที่ระบุได้บนแผนที่ไม่ตรงกับตำแหน่งที่อยู่จริงโดยมีความคลาดเคลื่อน 49.5 เมตร - สามารถระบุตำแหน่งได้ 91%
การระบุตำแหน่งบนเส้นทางเดินรถ	-	- ระบุตำแหน่งบนถนนได้ทุกครั้งตามเส้นทางเดินรถ แต่ตำแหน่งที่ระบุได้คลาดเคลื่อนไปจากถนน
เวลาที่ใช้ในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่ง	-	- ใช้เวลาในการค้นหาดาวเทียมทุกครั้งในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งจากการทดลองใช้เวลาในการค้นหาเฉลี่ย 15.8 วินาที

ค่าคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง	-	- มีการกระจายของข้อมูลสูง - ตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนสูงสุด คือ 206.1 เมตร - ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 (95% CERP) ระยะห่างจากตำแหน่งที่อยู่จริง คือ 128.8 เมตร - ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 67 (67% CERP) ระยะห่างจากตำแหน่งที่อยู่จริง คือ 33.8 เมตร

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่มีความสามารถในการระบุพิกัดตำแหน่งได้ (Availability) ดีกว่าเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส โดยเฉพาะบริเวณที่มีการบดบังสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียม และสามารถระบุตำแหน่งบนแผนที่ได้ตรงตามข้อกำหนดดังตารางที่ 2.6 แต่มีการกระจายของข้อมูลพิกัดตำแหน่งสูงกว่า ในส่วนของการทดสอบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ดังรูปที่ 4.23 และ 4.29 สามารถวิเคราะห์ได้ว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ค้นหาพิกัดตำแหน่งโดยการใช้ระบบกำหนดพิกัดตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทำให้มีค่าคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งสูง ซึ่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องใช้เวลาในการค้นหาดาวเทียมทุกครั้งเพื่อคำนวณหาพิกัดตำแหน่ง (Time-To-Fix: TTF) นอกจากนี้ (Qualcomm, 2004) ระบุไว้ว่า ชุดของส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (Application Program Interface: API) ไม่สามารถระบุได้ว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่รับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้กี่ดวงในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่ง ทำให้ไม่ทราบว่าขณะนั้นพิกัดตำแหน่งที่คำนวณได้มาจากระบบเอจีพีเอส หรือการระบุตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ จากการที่ผู้วิจัยได้สอบถามกับทางบริษัท Qualcomm ได้รับคำตอบว่าในการระบุพิกัดตำแหน่งแต่ละครั้งโทรศัพท์เคลื่อนที่จะพยายามระบุพิกัดตำแหน่งให้ใกล้เคียงกับค่าความละเอียดถูกต้องที่กำหนดไว้ใน AEEGPSConfig ในโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้มากที่สุด แต่ระบบจะไม่ยืนยันว่าพิกัดตำแหน่งที่คำนวณได้จะมีค่าความละเอียดถูกต้องตรงตามที่กำหนดไว้ตอนต้น และการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถทราบวิธีการที่ใช้ในการระบุพิกัดตำแหน่งในแต่ละครั้งว่าเป็นระบบเอจีพีเอส หรือการระบุตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องพัฒนาโปรแกรมด้วย BREW รุ่น 3.1.3 ขึ้นไปเท่านั้น ซึ่งในปัจจุบันโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอทุกรุ่นภายในประเทศจะสนับสนุนเพียง BREW รุ่น 2.0.1 เท่านั้น ซึ่งโปรแกรมใดๆที่พัฒนาขึ้นไม่สามารถทำงานข้ามรุ่นกันได้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์ว่าสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด และมีข้อจำกัดในการใช้งานอย่างไรบ้าง

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์

อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์ / คุณสมบัติ	CDMA-based handset, AGPS included	GPS receiver+ Embedded board+ GSM/GPRS modem
• อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้	- โทรศัพท์เคลื่อนที่ สายชาร์จแบตเตอรี่บนรถยนต์ และการ์ด RUIM (Removable User Identity Module)	- เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส บอร์ดควบคุม โมเด็มจีเอสเอ็ม/จีพีอาร์เอส สายไฟเลี้ยงพร้อมฟิวส์ และการ์ด SIM (Subscriber Identity Module)
• ราคาค่าอุปกรณ์	- < 4,000 บาท (Hutch, 2005)	- > 10,000 บาท (ComnLinx, 2004)
• การติดตั้ง	- ต้องติดตั้งในบริเวณที่ไม่มีการบดบังสัญญาณจากหลังคา หรือประตูรถ และดึงเสารับสัญญาณขึ้น พร้อมจับตัวเครื่องตั้งตรง - กินพื้นที่น้อย	- หากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสเป็นแบบมีสายอากาศภายนอกควรติดตั้งสายอากาศไว้บนหลังคารถ และหากเป็นสายอากาศแบบติดมากับตัวเครื่องต้องติดตั้งในบริเวณที่ไม่มีการบดบังสัญญาณจากหลังคา หรือประตูรถพร้อมจับสายอากาศตั้งตรง - กินพื้นที่มากกว่า และหากเป็นเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสแบบมีสายอากาศภายนอกจะต้องเจาะหลังคารถเพื่อติดตั้งสายอากาศ
• ค่าใช้จ่ายเมื่อใช้งานในระยะยาว	- ค่าบัตรเติมเงินการ์ด RUIM หรือค่าบริการรายเดือน - ค่าบริการโปรแกรมรายเดือนเดือนละ 30 บาท	- ค่าบัตรเติมเงินการ์ด SIMหรือค่าบริการรายเดือน - ค่าใช้บริการสื่อสารข้อมูลผ่านโครงข่ายจีพีอาร์เอส 10 สตางค์ต่อ 1 กิโลไบต์
• ความสะดวกของผู้ใช้	- พกติดตัวได้ สามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่โทรออกหรือรับสายได้สะดวก	- ต้องถอดการ์ด SIM เมื่อต้องการใช้หมายเลขบนการ์ดโทรออก หรือรับสาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

• พลังงานที่ใช้	- กินไฟต่ำเพราะใช้เพียงโทรศัพท์เคลื่อนที่	- กินไฟสูงเพราะเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสต้องทำงานตลอดเวลา
• ความละเอียดถูกต้องในการระบุพิกัดตำแหน่ง (Accuracy)	- <10 เมตรในบริเวณที่รับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี - มีสถานีดีจีพีเอสติดตั้งอยู่ในบริเวณสถานีฐานทำให้สามารถระบุพิกัดตำแหน่งแม่นยำมากขึ้น - เกิดความคลาดเคลื่อนได้เมื่อใช้การระบุตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่	- <15 เมตรในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ดี - เกิดความคลาดเคลื่อนได้เมื่ออยู่ในบริเวณที่มีการบดบังสัญญาณจากดาวเทียมจากสิ่งปลูกสร้าง
• ความสามารถในการระบุพิกัดตำแหน่งได้ (Availability)	- สามารถระบุพิกัดตำแหน่งได้แม้อยู่ในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี	- ในบริเวณที่มีการบดบังสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมจะไม่สามารถระบุพิกัดตำแหน่งได้ หรือพิกัดตำแหน่งที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อนสูง
• ระยะเวลาที่ใช้ค้นหาสัญญาณจากดาวเทียม และคำนวณค่าพิกัดตำแหน่ง	- ต้องทำการค้นหาดาวเทียมผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ทุกครั้งที่ค้นหาตำแหน่ง - ไม่เหมาะสมสำหรับรถแท็กซี่ในการใช้งาน “จองงาน” เมื่อต้องการจองคิวไปรับผู้โดยสารผ่านทางศูนย์วิทยุโดยการระบุตำแหน่งไปพร้อมกับการส่งข้อมูลด้วย	- ใช้เวลาในการค้นหาดาวเทียมเฉพาะตอนเริ่มต้นเท่านั้น - สามารถแนบข้อมูลพิกัดตำแหน่งไปพร้อมกับการ “จองงาน” ในการใช้กับรถแท็กซี่ได้เพราะไม่เสียเวลาในการค้นหาดาวเทียมทุกครั้ง
• ความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูลพิกัดตำแหน่ง	- จากการทดสอบพบว่าการระบุตำแหน่งมีการกระจายของข้อมูลพิกัดตำแหน่งสูงแม้อยู่ในบริเวณที่รับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดี	- สามารถระบุได้ว่าขณะนั้นเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้กี่ดวง - ในบริเวณที่มีการบดบัง

	- หากผู้ใช้ไม่ดึงสายอากาศรับสัญญาณจีพีเอสขึ้น และจับตัวเครื่องตั้งตรง ซึ่งในบริเวณที่มีการบดบังสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียม พิกัดตำแหน่งที่คำนวณได้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ - โปรแกรมไม่สามารถระบุได้ว่าพิกัดตำแหน่งที่คำนวณได้มาจากระบบเอจีพีเอส หรือการกำหนดตำแหน่งบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ จึงไม่สามารถระบุได้ว่าความละเอียดถูกต้องของข้อมูลอยู่ในระดับใด	สัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่คำนวณได้อาจมีความคลาดเคลื่อน
• ฟังก์ชันการใช้งาน	- ให้บริการข่าวสารผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ตามลักษณะงานของแต่ละองค์กร	- การให้บริการข่าวสารแก่ผู้ใช้ทำได้ไม่สะดวก - สามารถกำหนดให้ปุ่มใดๆบนบอร์ดควบคุมเป็นปุ่มในการแจ้งข้อมูลตำแหน่งได้
• การกำหนดสิทธิของผู้ใช้รวมถึงสิทธิส่วนบุคคลในการแจ้งตำแหน่งของตนเอง	- สามารถทำการลงทะเบียนผู้ใช้เพื่อเข้าสู่ระบบได้ - ผู้ใช้สามารถกำหนดได้ว่าให้สถานีศูนย์กลางระบุตำแหน่งตนเองได้หรือไม่	- ไม่สามารถลงทะเบียนผู้ใช้เพื่อเข้าสู่ระบบได้ - การกำหนดได้ว่าให้สถานีศูนย์กลางระบุพิกัดตำแหน่งตนเองได้ทำได้ไม่สะดวก
• การสื่อสารข้อมูลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่	- โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ครอบคลุมไม่ทั่วประเทศ - ไม่คิดค่าบริการในการสื่อสารข้อมูล	- ผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่บางรายยังให้บริการโครงข่ายจีพีอาร์เอสครอบคลุมไม่ทั่วถึง - ค่าบริการสื่อสารข้อมูลคิดตามปริมาณข้อมูลที่รับส่ง

4.4.2 โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในส่วนของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อุปกรณ์ติดตั้งบนรถยนต์ใช้เป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลไปยังสถานีศูนย์กลาง โดยเทคโนโลยีแล้วโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอจะมีความสามารถที่จะรองรับอัตราการสื่อสารข้อมูลได้สูงกว่าโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม/โครงข่ายจีพีอาร์เอส แต่ทั้งนี้ปริมาณงาน(Throughput) ของการสื่อสารข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของผู้ใช้โครงข่ายด้วย ยกตัวอย่างเช่น บริเวณสยามสแควร์ที่มีปริมาณผู้ใช้บริการสื่อสารข้อมูลผ่านโครงข่ายสูง เป็นผลให้อัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลลดทอนลงไปด้วย นอกจากนี้พื้นที่ที่ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ก็มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานรวมของระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติทั้งระบบอีกด้วย เช่น โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอมีพื้นที่ให้บริการสื่อสารข้อมูล 25 จังหวัดในปัจจุบัน (Hutch, 2549) ซึ่งไม่ครอบคลุมการใช้งานทั่วประเทศ

4.4.3 โปรแกรมสำหรับสถานีศูนย์กลาง ในส่วนของโปรแกรมสำหรับพนักงานประจำสถานีศูนย์กลาง โดยทั่วไปแล้วจะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ การใช้งานผ่านโปรแกรมค้นดูเว็บผ่านทางโครงข่ายอินเตอร์เน็ต และการใช้งานผ่านชุดโปรแกรมสำเร็จรูป เมื่อเปรียบเทียบโปรแกรมบนสถานีศูนย์กลางระหว่าง CUFleet ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และ GFleet (GT&T, 2005) ที่มีการใช้งานในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน พบว่าฟังก์ชันการทำงานต่างๆ มีตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบความสามารถของโปรแกรมบนสถานีศูนย์กลาง

ระบบ / ความสามารถ	CUFleet	GFleet
ระบุตำแหน่งของลูกข่ายใดๆบนแผนที่	✓	✓
บริหารจัดการบัญชีรายชื่อผู้ใช้ระบบ	✓	✓
แสดงข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับพิกัดตำแหน่ง เช่น อัตราเร็วของรถ	✓	✓
แจ้งเหตุฉุกเฉิน	✓	✓
ดูบันทึกเส้นทางเดินรถย้อนหลัง	×	✓
รายงานการใช้งาน เช่น สืบค้นว่ารถวิ่งอยู่ในบริเวณใดมากที่สุด	×	✓
แสดงตำแหน่งของรถยนต์ทั้งหมดบนแผนที่	×	✓
ติดตามรถยนต์ที่ระบุอย่างต่อเนื่อง	×	✓
รองรับการให้บริการข่าวสารสำหรับคนขับรถ	✓	×

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติเพื่อใช้สำหรับศูนย์วิทยุสำหรับรถแท็กซี่ ดังนั้นฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรมบางอย่างผู้วิจัยจึงไม่ได้พัฒนาขึ้นตามตารางที่ 4.3 ดังรายละเอียด

- การดูบันทึกเส้นทางเดินรถย้อนหลัง: เนื่องจากการจัดเก็บข้อมูลเดินรถสำหรับรถแท็กซี่ทุกคันลงในฐานข้อมูลจะทำให้ฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ แล้วโปรแกรมบนสถานีศูนย์กลางจะทำงานได้ช้า
- รายงานการใช้งาน: เนื่องจากการจัดทำรายงานสำหรับรถแท็กซี่ทุกคัน ต้องมีฐานข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อให้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งเพียงพอ ซึ่งทำให้โปรแกรมบนสถานีศูนย์กลางทำงานได้ช้า
- แสดงตำแหน่งของรถยนต์ทั้งหมดบนแผนที่: เนื่องจากรถแท็กซี่ที่วิ่งอยู่บนท้องถนนมีปริมาณมาก และกระจัดกระจายไม่สามารถแสดงบนบนหน้าจอโปรแกรมได้เพียงพอ
- ติดตามรถยนต์ที่ระบุอย่างต่อเนื่อง: ยังไม่การพัฒนา

4.5 สรุปผลการทดสอบระบบ

จากการพัฒนา และทดสอบระบบ ผู้วิจัยพบว่าระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติที่ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอด้วยเทคโนโลยีเอจีพีเอสที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิผลตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยเฉพาะในส่วนของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถยนต์ สามารถระบุพิกัดตำแหน่งของลูกข่ายได้แม้ในบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ดี และประหยัดค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้ง แต่ค่าของพิกัดตำแหน่งที่คำนวณได้มีการกระจายของข้อมูลสูงกว่าเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสทั่วไป และโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องใช้เวลาในการค้นหาดาวเทียมทุกครั้งในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งในส่วนของโปรแกรมบนสถานีศูนย์กลาง ผู้ใช้ก็สามารถใช้งานได้ง่าย และสะดวก มีฟังก์ชันการทำงานเบื้องต้นครบถ้วน อย่างไรก็ตามในส่วนของการใช้บริการส่งข้อความบริการสารสั้นผ่านทางโปรแกรมค้นดูเว็บจะต้องทำสัญญาในการใช้บริการกับผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ แต่หากไม่ได้ทำสัญญาพนักงานประจำศูนย์วิทยุก็สามารถส่งข้อความบริการสารสั้นไปยังลูกข่ายโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ด้วยตนเองเช่นกันโดยทำการส่งข้อความตามรูปแบบที่กำหนดไว้ ในส่วนของแผนที่ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแผนที่ที่มีลิขสิทธิ์หากจะนำไปใช้งานเชิงพาณิชย์จะต้องทำสัญญาในการใช้งานก่อนเช่นกัน หรืออาจใช้บริการเว็บ (Web services) ที่ให้บริการข้อมูลแผนที่ผ่านโครงข่ายอินเตอร์เน็ต เช่น Google map หรือYahoo map ได้เช่นกัน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบ และพัฒนาระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ และเทคโนโลยีเอจีพีเอส ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบโดยใช้ศูนย์วิทยุสำหรับรถแท็กซี่เป็นกรณีศึกษา หน้าที่การทำงานของระบบมี 2 รูปแบบ คือ (ก) หมวดหมู่การค้นหาพิกัดตำแหน่งของลูกข่ายจากพนักงานประจำศูนย์วิทยุที่สามารถระบุพิกัดตำแหน่งของรถแท็กซี่บนแผนที่ผ่านทางโปรแกรมค้นดูเว็บได้ และ(ข) หมวดหมู่การบริการข่าวสาร ที่คนขับรถแท็กซี่สามารถเลือกใช้บริการต่างๆที่เครื่องบริการเว็บเปิดให้บริการได้

ส่วนประกอบหลักของระบบ ได้แก่ (ก) โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอที่สนับสนุนเทคโนโลยีเอจีพีเอสที่ใช้ BREW เป็นแพล็ตฟอร์มบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอเป็นเครื่องมือในการพัฒนา (ข) โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ และโครงข่ายอินเตอร์เน็ต ที่รองรับการสื่อสารข้อมูลทั้งหมดในระบบผ่านโปรโตรคอล HTTP และ TCP/IP โดยที่ระบบมีการติดตั้งระบบจัดการฐานข้อมูล และโปรแกรมบนเครื่องบริการเว็บ ที่ใช้โปรแกรม MySQL และภาษาโปรแกรม PHP และ HTML เป็นเครื่องมือในการพัฒนาตามลำดับ และ(ค) สถานีศูนย์กลาง หรือศูนย์วิทยุสำหรับรถแท็กซี่ที่ให้พนักงานประจำศูนย์วิทยุสามารถปฏิบัติงานผ่านทางโปรแกรมค้นดูเว็บได้ เพื่อทำการค้นหาพิกัดตำแหน่งของรถแท็กซี่ รองรับบริการการสอบถามข้อมูลจากคนขับรถแท็กซี่ และการบริหารจัดการบัญชีรายชื่อผู้ใช้

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนา และทดสอบระบบ เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อองค์กรใดๆ ที่ต้องการใช้งานระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นในส่วนของโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถรองรับการขอใช้บริการข่าวสารจากผู้ใช้ได้โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการระบุพิกัดตำแหน่ง มีความละเอียดถูกต้อง และความสามารถในการค้นหาตำแหน่งได้สูง รวมทั้งการติดตั้งอุปกรณ์บนรถยนต์ก็สามารถทำได้สะดวก และต้นทุนต่ำ สามารถนำไปใช้ร่วมกันกับระบบระบุพิกัดตำแหน่งยานพาหนะที่มีการใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันได้ทันที

5.2 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นมีข้อจำกัดในการใช้งานดังต่อไปนี้

(ก) โปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่จะต้องถูกเปิดอยู่ และผู้ใช้ต้องทำการเข้าสู่ระบบก่อนเท่านั้น จึงจะสามารถสื่อสารข้อมูลระหว่างสถานีศูนย์กลาง และโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ รวมทั้งในกรณีการแจ้งเหตุฉุกเฉิน

(ข) โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถสื่อสารข้อมูลภายในระบบได้ก็ต่อเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ภายในบริเวณที่โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอครอบคลุมถึง ไม่มีการส่งข้อความบริการสารสั้นหากโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่นอกโครงข่าย

(ค) ในส่วนของการส่งข้อความบริการสารสั้นผ่านทางโปรแกรมค้นดูเว็บ หากหน่วยงานหรือองค์กรใดๆต้องการใช้งานระบบ ต้องทำสัญญาในการขอใช้บริการส่งข้อความบริการสารสั้นกับทางผู้ให้บริการโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ก่อน เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบส่งข้อความบริการสารสั้นผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยตรงเท่านั้น

(ง) การติดตั้งโทรศัพท์เคลื่อนที่บนรถยนต์ ต้องติดตั้งในบริเวณที่ไม่มีการบดบังสัญญาณจากหลังคา หรือประตูรถยนต์ เช่น บริเวณหน้ากระจก และดึงเสารับสัญญาณจีพีเอสขึ้นแล้ววางเครื่องในตำแหน่งตั้งตรง เพื่อให้อุปกรณ์สามารถระบุพิกัดตำแหน่งได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด มิฉะนั้นแล้วอาจเกิดความผิดพลาดในการระบุพิกัดตำแหน่งได้

(จ) บริการข่าวสารข้อมูลที่คนขับรถแท็กซี่เรียกใช้บริการ เครื่องบริการเว็บจะไม่ตอบกลับผลลัพธ์ของการค้นหาแก่ผู้ใช้บริการโดยอัตโนมัติ แต่พนักงานประจำศูนย์วิทยุจะทำหน้าที่ในการค้นหาข้อมูลตามที่คนขับรถแท็กซี่ร้องขอที่ปรากฏบนโปรแกรมค้นดูเว็บแล้วตอบกลับต่อไป

(ฉ) โทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องใช้เวลาในการค้นหาดาวเทียมทุกครั้งในการระบุตำแหน่ง โดยจากการทดลองจะใช้เวลาประมาณ 10-20 วินาที ซึ่งจะมีข้อจำกัดเมื่อนำไปใช้ในงานบางประเภท เช่น รถขนส่งสินค้าที่ต้องการทราบพิกัดตำแหน่งของยานพาหนะอย่างต่อเนื่อง

5.3 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยพบว่าระบบจะมีประสิทธิภาพ และนำไปใช้ประโยชน์มากขึ้นหากมีการพัฒนา และการวิจัยในส่วนอื่นๆ ของระบบ ดังต่อไปนี้

(ก) พัฒนาโปรแกรม อัลกอริทึม และฐานข้อมูลในส่วนของเครื่องบริการเว็บ ให้สามารถตอบกลับข้อมูลข่าวสารที่ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ร้องขอได้โดยอัตโนมัติ ไม่ต้องกระทำผ่านพนักงานประจำศูนย์วิทยุ

(ข) ติดตั้งสายอากาศภายนอก (External antenna) บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ และลากสายไปติดตั้งนอกรถยนต์เพื่อให้สามารถรับสัญญาณจีพีเอสจากดาวเทียมได้ดีขึ้น

(ค) นำโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปทดสอบ TBT (True BREW Testing) เพื่อให้สามารถนำโปรแกรมไปใช้งานเชิงพาณิชย์ได้

(ง) รองรับการใช้งานระบบได้ทุกที่ ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบให้พนักงานประจำศูนย์วิทยุสามารถใช้งานหน้าเว็บเพจได้เท่านั้น ยังไม่ได้สนับสนุนการขยายบริการให้หน่วยงานอื่นๆ เช่น ต้นสังกัดของรถแท็กซี่ หรือผู้รถแท็กซี่สามารถตรวจตำแหน่งของรถแท็กซี่ในสังกัดได้เอง

(จ) ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบการรายงานสภาพการจราจรโดยการนำเอาระบบป้ายจราจรอัจฉริยะของทางกรุงเทพมหานครเป็นฐานข้อมูลในการพัฒนา โดยที่ผู้ใช้จะเป็นคนขับแท็กซี่ หรือเป็นประชาชนผู้ใช้รถใช้ถนนโดยทั่วไป

(ฉ) พัฒนาการระบุพิกัดตำแหน่งยานพาหนะบนแผนที่ให้เป็นระบบการแสดงกราฟิกแบบเวกเตอร์ทั้งหมด เพื่อให้สามารถแสดงกราฟิกมีความชัดเจน และเพิ่มเติมรายละเอียดได้มากขึ้น

(ช) พัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลพิกัดตำแหน่งของลูกข่ายทั้งหมด เช่น การสืบค้นว่ารถของลูกข่ายอยู่ในพื้นที่บริเวณใดมากที่สุด หรือหาอัตราเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะบนท้องถนนแต่ละสาย

(ซ) ทดสอบความสามารถของระบบว่าสามารถรองรับการทำงานจากทางลูกข่าย และจากสถานีศูนย์กลางได้สูงสุดเพียงใด เช่น ทดสอบให้โทรศัพท์เคลื่อนที่หลายๆเครื่องส่งพิกัดตำแหน่งของตนเองพร้อมกันในทุกๆ 1 ช่วงเวลา และให้พนักงานประจำสถานีศูนย์กลางใช้งานพร้อมกันหลายๆคน

(ฌ) ทดสอบความแม่นยำในการระบุค่าอื่นๆที่คำนวณจากสัญญาณจีพีเอสที่สามารถหาค่าได้จากโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ รวมทั้งวิเคราะห์ หรือพัฒนาอัลกอริทึมต่างๆที่จะสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ต่อไป ได้แก่ ข้อมูลอัตราเร็วในแนวระนาบ อัตราเร็วในแนวดิ่ง ทิศทางการเคลื่อนที่ และความสูงจากระดับน้ำทะเล

(ญ) พัฒนาระบบการบริการเว็บ (Web services) ให้สามารถรองรับการขอใช้บริการจากผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สามารถระบุพิกัดตำแหน่งของตนเองได้ทุกรุ่น และทุกโครงข่าย โดยกำหนดให้ข้อมูลที่มีการรับส่งระหว่างเครื่องบริการเว็บ และโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแฟ้มข้อมูลแบบเอ็กซเอ็มแอล รวมถึงการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถเรียกใช้บริการเว็บอื่นๆได้ เช่น บริการเว็บในการสอบถามข้อมูลราคาน้ำมันจาก บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

(ฎ) ทำการทดสอบภาคสนามในส่วนของค่าความละเอียดถูกต้องของพิกัดตำแหน่ง และความสามารถในการค้นหาพิกัดตำแหน่งได้โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มที่สนับสนุนเทคโนโลยีเอจีพีเอสในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อม และสภาพภูมิประเทศต่างๆกัน เช่น การทดสอบบริเวณชนบทที่โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ครอบคลุมถึง ที่มีสถานีฐานตั้งอยู่บริเวณข้างเคียงเพียง 1 หรือ 2 เซลล์ ซึ่งในกรณีนี้การระบุให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รับข่าวสารจีพีเอสจากดาวเทียมดวงใดบ้างอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชัชวาลย์ ชูศักดิ์ศรี และรตนพล บุบผาชาติ. M2M Development Project. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ภาษาอังกฤษ

Adusei, I.K., et. al. Mobile Positioning Technologies in cellular networks:An Evaluation of their performance metrics. MILCOM, California, USA, 2002.

Barbagallo, R. Wireless Game Development in C/C++ with BREW. Los Rios Boulevard,Texas, USA : Wordware Publishing, 2003.

CDG, CDMA Development Group. CDMA2000 Operators. Available from: http://www.cdg.org/technology/product_pavilion/operator_detail.asp?operatorid=70, Mar. 2005.

CommLinx Solutions. GPRS/GPS tracking system. Available from: http://www.commlinx.com.au, Sep. 2004.

Depriest, D. NMEA data. Available from: http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm, 2004.

Djuknic G.M. and Richtion R.E. Geolocation and Assisted-GPS. IEEE Computer 34 (2001) : 123-125.

Elena, M., et al. CARDIOSMART: Intelligent Cardiology Monitoring System. IECON'02, IEEE, 2002.

Ericsson. Global System for Mobile Communications: GSM. Available from: http://www.ericsson.com/technology/tech_articles/GSM.shtml, Oct. 2004.

Hutch. Network Coverage CDMA2000 1X. Available from: http://www.hutch.co.th, Jan. 2006.

Hutch. Promotion corner: Kyocera KZ-830. Available from: http://www.hutch.co.th, June 2005.

IEC, the International Engineering Consortium. Cellular Communications. Available from: http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/cell_comm.pdf, Oct. 2002.

IEC, the International Engineering Consortium. Global System for Mobile Communications (GSM). Available from: http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/gsm.pdf, Oct. 2002.

GARMIN. GPS Guide for Beginners. GARMIN Corporation, 2000.

GARMIN. GPS III Plus Owner's Manual and Reference. GARMIN Corporation, Jan. 2001.

GSMA, GSM Association. GSM Roaming-Thailand. Available from: http://www.gsmworld.com/roaming/gsminfo/cou_th.shtml, Jan. 2005.

GT&T. Intelligent Transportation System (ITMS). GT&T Engineering Pte, 2005.

Mcgovern A. Geographic Distance and Azimuth Calculations. Available from: http://www.codeguru.com/Cpp/Cpp/algorithms/article.php/c5115/, April 2004.

Motorola. Motorola CDMA Network Solutions Architecture. Available from: http://www.motorola.com/content/0,,2391-4388,00.html, 2005.

Nave R. Global Positioning System. Available from: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/gps.html, 2000.

Qualcomm. BREW Developer Training. Available from: http://brew.qualcomm.com, July 2001.
Qualcomm. BREW 2.0 API Reference. Available from: http://brew.qualcomm.com, Jan. 2003.
Qualcomm. Developing Location Based Applications with BREW. Available from: http://brew.qualcomm.com, June. 2004.
Retscher G. and Mok E. Integration of Mobile Phone Location Services into Intelligent GPS Vehicle Navigation Systems. The 3rd Workshop on Mobile Mapping Technology, Cairo, Egypt, Jan. 2001.
Sage A. Future positioning technologies and their application to the automotive sector. Journal of Navigation (Sep. 2001) : 321-328.
SnapTrack Inc. Assisted GPS :Technology Overview. Available from: http://www.snaptrack.com, 2005.
Stalling, W. Wireless Communications and Networks. Upper Saddle River, NewJersey, USA : Prentice Hall, 2001.
Swedberg, G. Ericsson's mobile location solution. Ericsson Review 4(1999) : 214-221.
Thinknet. MapMagic. Thinknet Co., Bangkok, Thailand 2004.
Wang, K., et al. Internet marine transport container global positioning service (IMTCGPS). Networked Appliances, Liverpool, IEEE, Oct. 2002.
Zhao, Y. Standardization of Mobile Phone Positioning for 3G Systems. IEEE Communication Magazine (July 2002) : 108-116.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

คณะกรรมการมาตรฐาน กทช. มาตรฐานและเทคโนโลยีของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่3. ฝ่ายเลขานุการคณะกรรมการมาตรฐานกทช. : สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, ธันวาคม 2548.

ภาษาอังกฤษ

Ambler, S.W. The Element of UML Style. Cambridge, UK : Cambridge University Press, 2003.

Apichart Kongpann. Development of an Automatic Vehicle Location System Using Hybrid Positioning Technology via CDMA Network. NCSEC'09, Bangkok, Thailand, 2005.

Buckingham, S. What is General Packet Radio Service?. Available from: http://www.gsmworld.com/technology/gprs/intro.shtml, 2004

CDG, CDMA Development Group. CDMA Technology. Available from: http://www.cdg.org/technology/index.asp, 2005.

Eisenberg, J.D. SVG Essentials. Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA : O'Reilly&Associates, Inc., Feb. 2002.

Hutch. About CDMA. Available from: http://www.hutch.co.th/msites/a01_aboutcdma/index.html, 2005.

Hutch. Kyocera KZ-830. Available from: http://www.hutch.co.th/play, 2005.

Liao, Z. Real-Time Taxi Dispatching Using Global Positioning Systems. IEEE Communication Magazine (April 1993) : 92-100.

Qualcomm. Creating a BREW™ Application from Scratch. Available from: https://brewx.qualcomm.com/bws/content/gi/docs/brew_app_from_scratch.pdf , Oct. 2002.

Qualcomm. Handling SMS in BREW. Available from: https://brewx.qualcomm.com/bws/content/gi/common/appseng/en/knowledgebase/docs, April 2003.

Qualcomm. gpsOne Overview. Available from: http://www.cdmatech.com, July 2003.

Qualcomm. Starting with BREW. Available from: https://brewx.qualcomm.com/bws/content/gi/docs/starting_brew.pdf, April 2004.

Qualcomm. The powerful IWEB API. Available from: http://brew.qualcomm.com, June 2004.

Rahnema, M. Overview of the GSM System and Protocol Architecture. Communication of the ACM 46 (May 2003) : 81-83.

Sombat Yumuang. Geographic Information System: GIS. Available from: http://www.eric.chula.ac.th/gisthai, 2002.

The PHP Group.PHP: Hypertext Processor.Available from: http://www.php.net, 2006.

Trimble Navigation Limited. All about GPS. Available from: http://www.trimble.com/gps/, 2005.

Wikipedia. Global System for Mobile Communications. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/GSM, Jan. 2005.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วย BREW

เนื้อหาในภาคผนวกกล่าวถึงขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอด้วย BREW รุ่น 2.0.1 ให้เป็นโปรแกรมประเภทบริการข่าวสารโดยใช้พิกัดตำแหน่ง (Location Based Services: LBS) เนื้อหาประกอบไปด้วยความต้องการขั้นต่ำของเครื่องมือ ขั้นตอนในการติดตั้งเครื่องมือ และการพัฒนาโปรแกรมจนสามารถนำโปรแกรมไปใช้งานในเชิงพาณิชย์ได้

1. ความต้องการเบื้องต้นของเครื่องมือ

การพัฒนาโปรแกรมมีความต้องการเบื้องต้นของเครื่องมือ และโปรแกรมที่ใช้พัฒนาดังนี้

- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows รุ่น 98 ขึ้นไป
- โปรแกรม Microsoft Visual C++ รุ่น 6.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมหลักที่ใช้พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาโปรแกรม C หรือ C++
- โปรแกรม BREW SDK รุ่น 2.0.1 ซึ่งเป็นโปรแกรมส่วนเสริมให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้
- โปรแกรม ARM Developer Suite รุ่น 1.2 พร้อมแฟ้ม license.dat ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการคอมไพล์โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้สามารถนำไปใช้บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้
- โปรแกรม QPST รุ่น 2.7 เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการอัพโหลด และดาวน์โหลดโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่
- แฟ้ม ARMMakeBREWApp.dll เป็นคลังโปรแกรม (Program library) ที่ทำหน้าที่แปลงแฟ้มโปรแกรมที่ผู้พัฒนาโปรแกรมจัดทำขึ้นให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปคอมไพล์ด้วยโปรแกรม ARM Developer Suite ได้
- แฟ้มนามสกุล .bgp เป็นแฟ้มจำลองข้อมูลพิกัดตำแหน่งสำหรับโปรแกรมเลียนแบบ (Emulator)
- แฟ้มที่กำหนดโครงแบบของอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้บนโปรแกรมเลียนแบบเป็นแฟ้มนามสกุล .bmp และ .qsc
- โปรแกรมที่สนับสนุนการเป็นเครื่องท้องถิ่น (Localhost) เช่น IIS หรือ Apache เป็นต้น เพื่อจำลองสภาพทำงานของเครื่องบริการเว็บในระหว่างที่ผู้ใช้ทำการพัฒนาโปรแกรม
- โปรแกรมที่สนับสนุนภาษาสคริปต์ที่ทำงานฝั่งเครื่องบริการเว็บ เช่น JSP, PHP หรือ ASP เป็นต้น ใช้เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งมาร้องขอ
- โปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล เช่น MySQL หรือ Microsoft SQL เป็นต้น
- โปรแกรมสำหรับการอัพโหลด และดาวน์โหลดข้อมูลผ่านโพรโตคอล FTP (File Transfer Protocol) เช่น FileZilla, CuteFTP หรือ Secure Shell

- สัญญาเช่าเพื่อขอใช้พื้นที่บนเครื่องบริการเว็บ

- แฟ้มนามสกุล .sig และ .bid ซึ่งเป็นแฟ้มที่อนุญาตให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถนำโปรแกรมไปใช้บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

- โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอที่สนับสนุนเทคโนโลยีเอจีพีเอส และ BREW รุ่น 2.0.1 เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อ Kyocera รุ่น KZ-830, KZ-850 หรือ KZ-860

- สายเคเบิลสำหรับการอัพโหลด หรือดาวน์โหลดแฟ้มข้อมูลบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

2. ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือ

ขั้นตอนในการติดตั้งระบบขั้นต้นจะทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถใช้งานโปรแกรมเพื่อการติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านเครื่องท้องถิ่นได้ ก่อนที่จะมีการติดตั้งโปรแกรม และฐานข้อมูลบนเครื่องบริการเว็บเพื่อใช้งานจริงต่อไป ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือมีดังนี้

- ติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual C++ รุ่น 6.0

- คัดลอกแฟ้ม ARMMakeBREWApp.dll ลงในโฟลเดอร์ C:\Program Files\Microsoft Visual Studio\Common\MSDev98\AddIns

- ติดตั้งโปรแกรม BREW SDK รุ่น 2.0.1

- คัดลอกแฟ้มที่กำหนดโครงแบบอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้งหมดลงในโฟลเดอร์ C:\Program Files\BREW SDK v2.0.1\Devices

- ติดตั้งโปรแกรม ARM Developer Suite รุ่น 1.2 โดยกำหนดที่อยู่ที่ติดตั้งเป็น C:\ADS พร้อมใช้แฟ้ม license.dat ในการลงทะเบียนเพื่อใช้โปรแกรมโดยการเลือกจากเมนู Start >Programs>ARM Developer Suite v1.2>License Installation Wizard

- ติดตั้งโปรแกรม QPST รุ่น 2.7

- ติดตั้งโปรแกรมที่สนับสนุนการเป็นเครื่องท้องถิ่น

- ติดตั้งโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล

- ติดตั้งโปรแกรมที่สนับสนุนภาษาสคริปต์ที่ทำงานฝั่งเครื่องบริการเว็บ

เมื่อผู้พัฒนาโปรแกรมติดตั้งโปรแกรม และเครื่องมือจนถึงขั้นตอนนี้แล้วก็สามารถที่จะทำการพัฒนาโปรแกรมด้วย BREW โดยใช้โปรแกรมเลียนแบบเป็นโปรแกรมทดสอบได้ เมื่อพัฒนาโปรแกรมจนทำงานบนโปรแกรมเลียนแบบเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะสามารถทำการทดสอบการใช้งานจริงบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ขอแฟ้มนามสกุล .sig และ .bid จากผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งเป็นแฟ้มที่อนุญาตให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถนำโปรแกรมไปใช้บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

- จัดหาโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอที่สนับสนุนเทคโนโลยีเอจีพีเอส พร้อมสายเคเบิลสำหรับการอัพโหลด หรือดาวน์โหลดแฟ้มข้อมูลบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

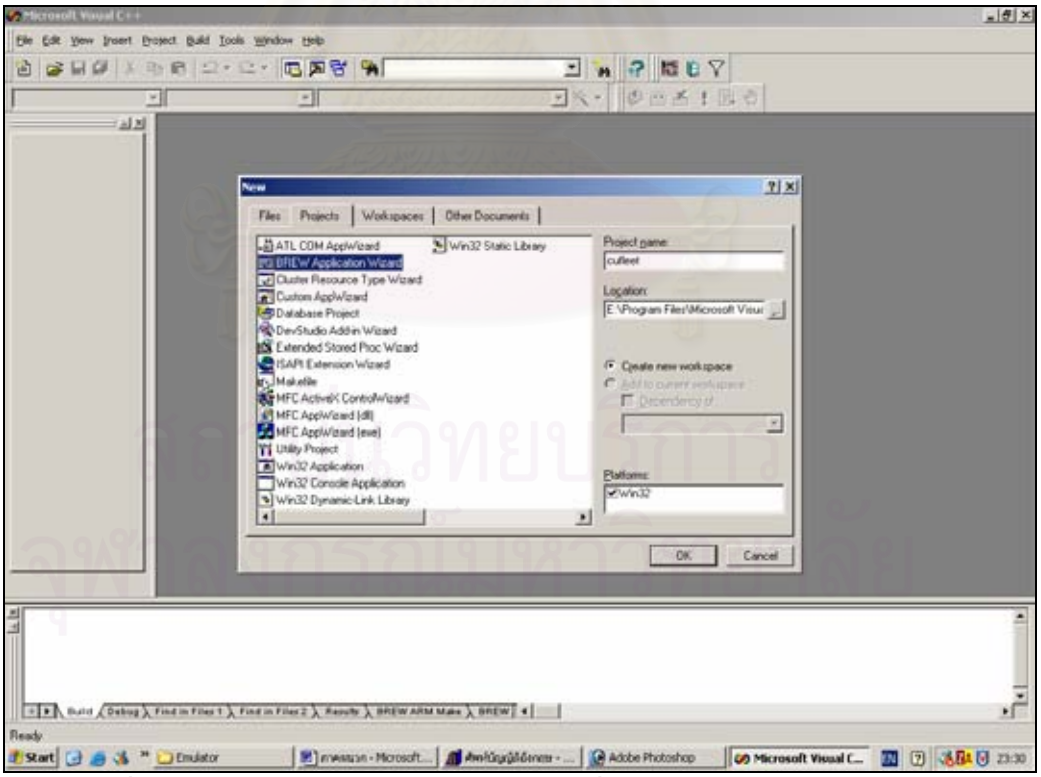
และเมื่อโปรแกรมที่พัฒนาสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์แล้วให้ดำเนินการดังนี้

- ติดตั้งโปรแกรมสำหรับการอัพโหลด และดาวน์โหลดข้อมูลผ่านโพรโตคอล FTP
- จัดทำสัญญาเช่าเพื่อขอใช้พื้นที่บนเครื่องบริการเว็บที่สนับสนุนภาษาสคริปต์ และโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูลที่ผู้พัฒนาโปรแกรมจัดทำขึ้น เพื่อให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถทดสอบระบบทั้งหมดได้
- จัดทำเอกสารเพื่อขอทำการทดสอบ TBT (True BREW Testing) กับผู้ให้บริการโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ พร้อมจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรม

3. ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

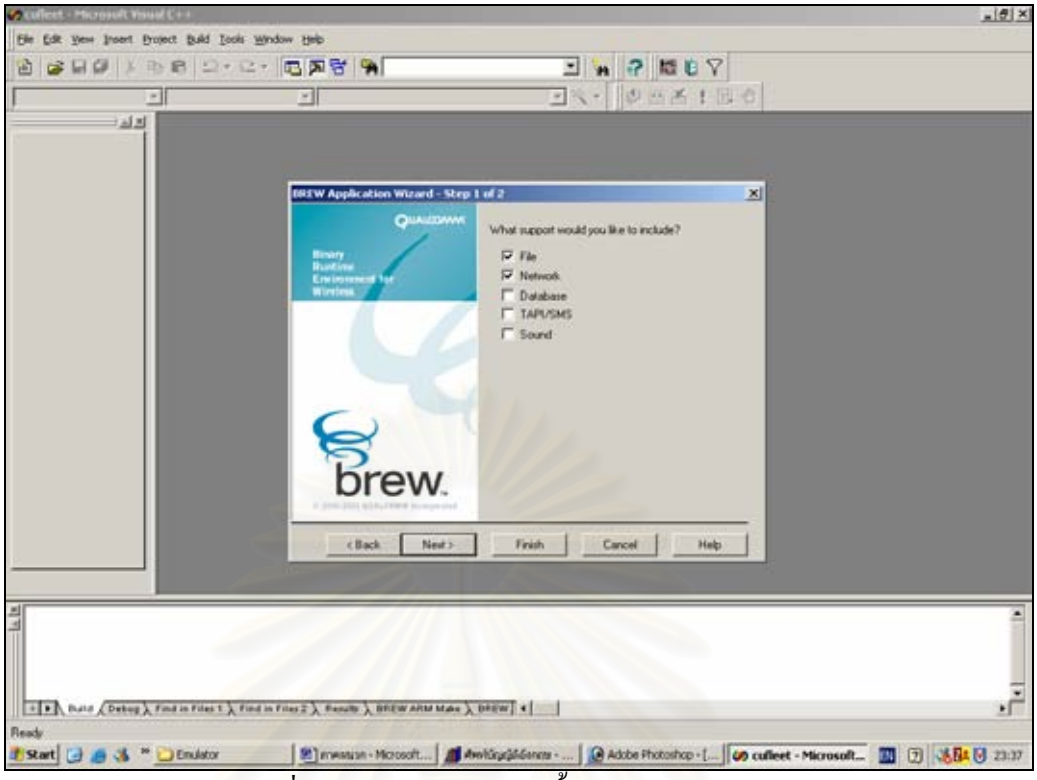
ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมจนสามารถที่จะนำโปรแกรมไปใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์ได้ อธิบายดังต่อไปนี้

- เลือกเมนู Start>Programs>Microsoft Visual Studio 6.0>Microsoft Visual C++ เพื่อเปิดโปรแกรม
- เลือก File>New แล้วเลือก BREW Application Wizard พร้อมทั้งใส่ชื่อในช่อง Project name แล้วกดปุ่ม OK ดังรูปที่ ก.1

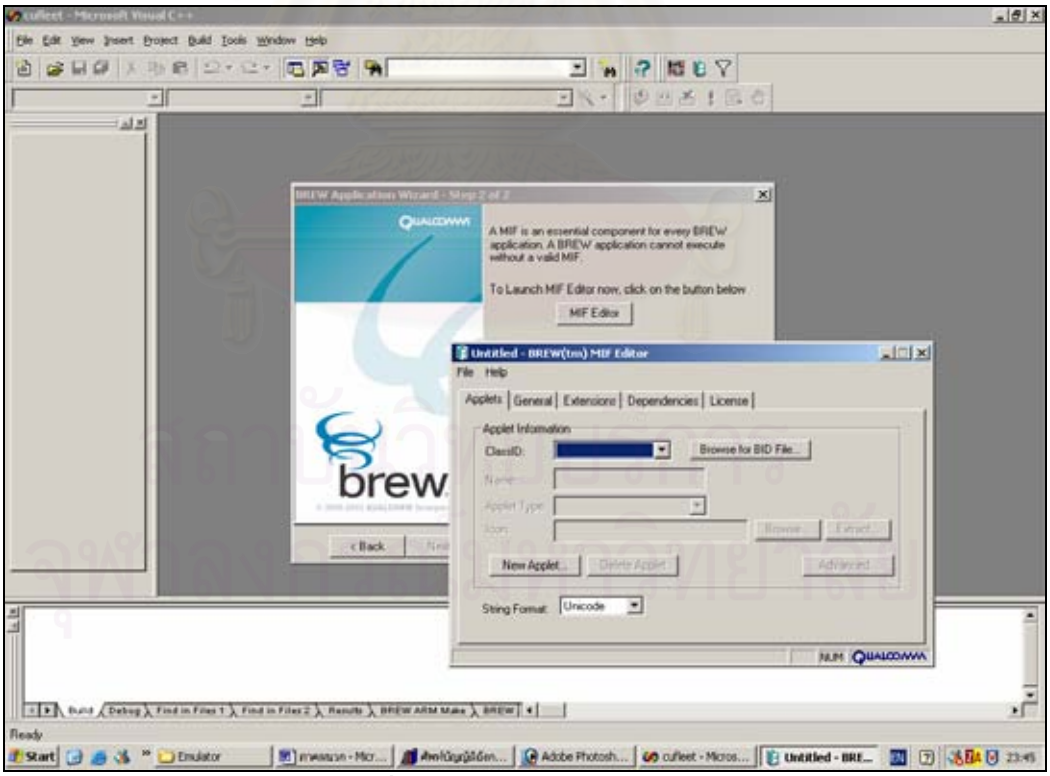


รูปที่ ก.1 สร้างโปรเจ็คใหม่สำหรับโปรแกรมที่ทำงานบนแพล็ตฟอร์ม BREW

- คลิกเลือก File และ Network และ/หรือฟังก์ชันอื่นๆแล้วกดปุ่ม Next ดังรูปที่ ก.2
- เมื่อปรากฏหน้าจอถัดไปให้กด MIF Editor แล้วจะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.3

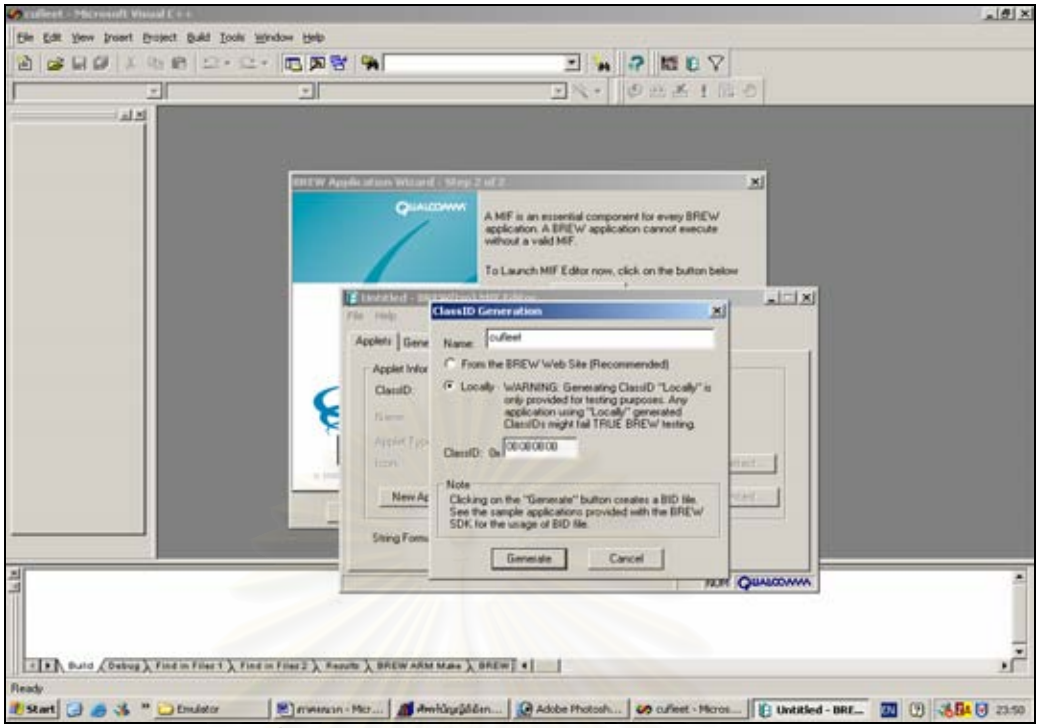


รูปที่ ก.2 เลือกข้อกำหนดเบื้องต้นของโปรแกรม



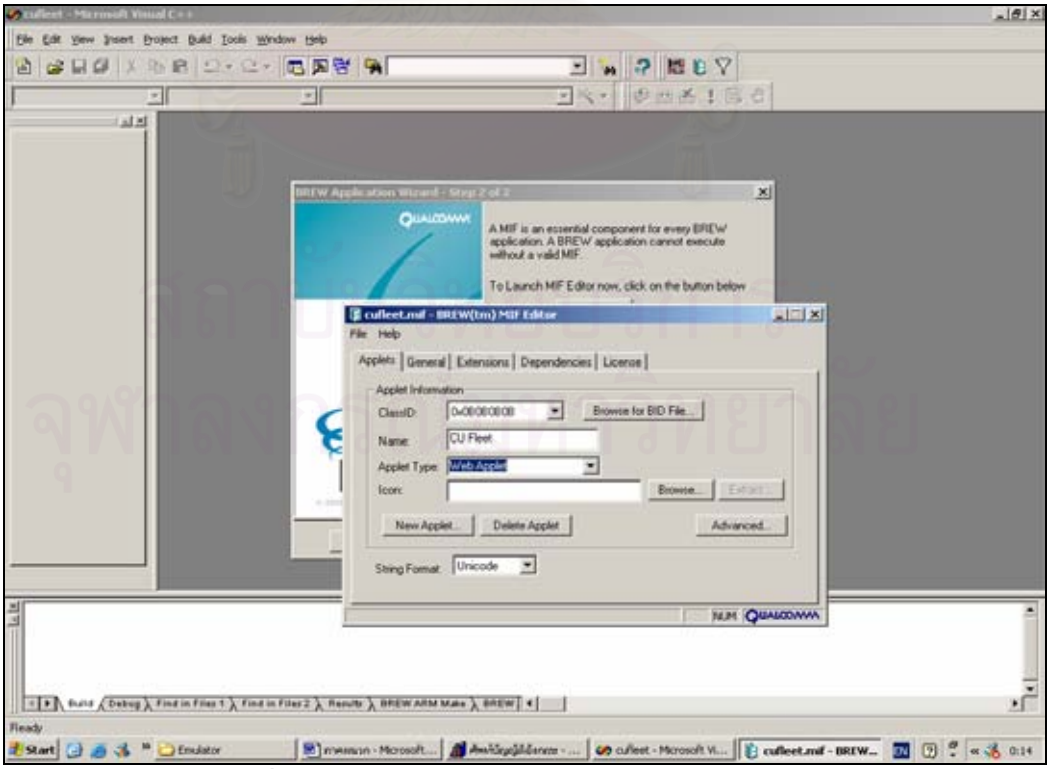
รูปที่ ก.3 หน้าต่าง MIF Editor

- ให้คลิก New Applet จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.4 แล้วกรอกข้อมูล Name และ ClassID และกดGenerate แล้วบันทึกไฟล์นามสกุล .bid ในโฟลเดอร์ที่สร้างโปรเจ็คจากรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.4 หน้าจอสำหรับการสร้าง ClassID

- เมื่อบันทึกแฟ้มเรียบร้อยแล้วหน้าจอจะปรากฏดังรูปที่ ก.5 ให้กรอกข้อมูล Name และ Applet type หลังจากนั้นให้ปิดหน้าต่าง MIF Editor แล้วบันทึกแฟ้มด้วยนามสกุล .mif ไว้ในโฟลเดอร์ที่เหนือกว่าโฟลเดอร์ที่สร้างโปรเจ็ค 1 ระดับ



รูปที่ ก.5 หน้าจอสำหรับการสร้างแฟ้มนามสกุล .mif

- เมื่อบันทึกแฟ้มเรียบร้อยแล้วหน้าจอให้ผู้ใช้กดปุ่ม Finish ตามด้วยปุ่ม OK เพื่อเสร็จสิ้นการสร้างโปรเจ็ค จะได้แฟ้ม และโฟลเดอร์ที่ได้จากการสร้างโปรเจ็ค

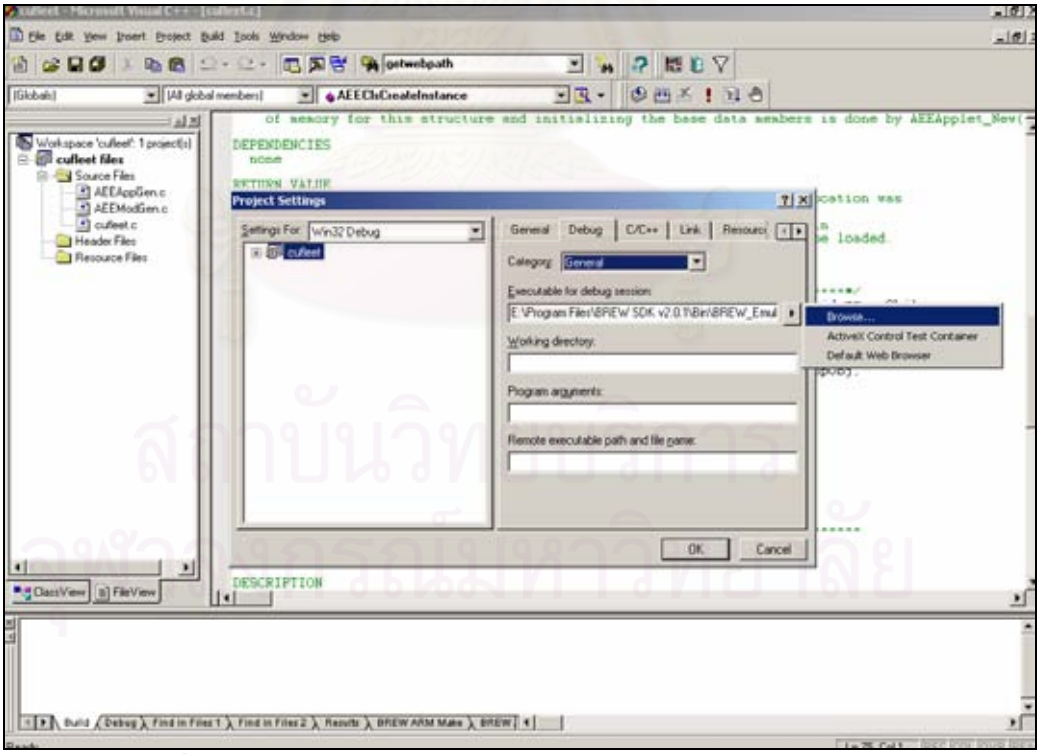
- แฟ้มหลักที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม คือ แฟ้มนามสกุล .c ที่มีชื่อเดียวกันกับชื่อโปรเจ็คที่ตั้งขึ้นโดยผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถจะเพิ่มเติมแฟ้มนามสกุล .c และ .h อื่นๆภายหลังได้

- กำหนดค่าเริ่มต้นของโปรแกรมโดยเปิดแฟ้มนามสกุล.dsw จากโฟลเดอร์ที่สร้างขึ้น

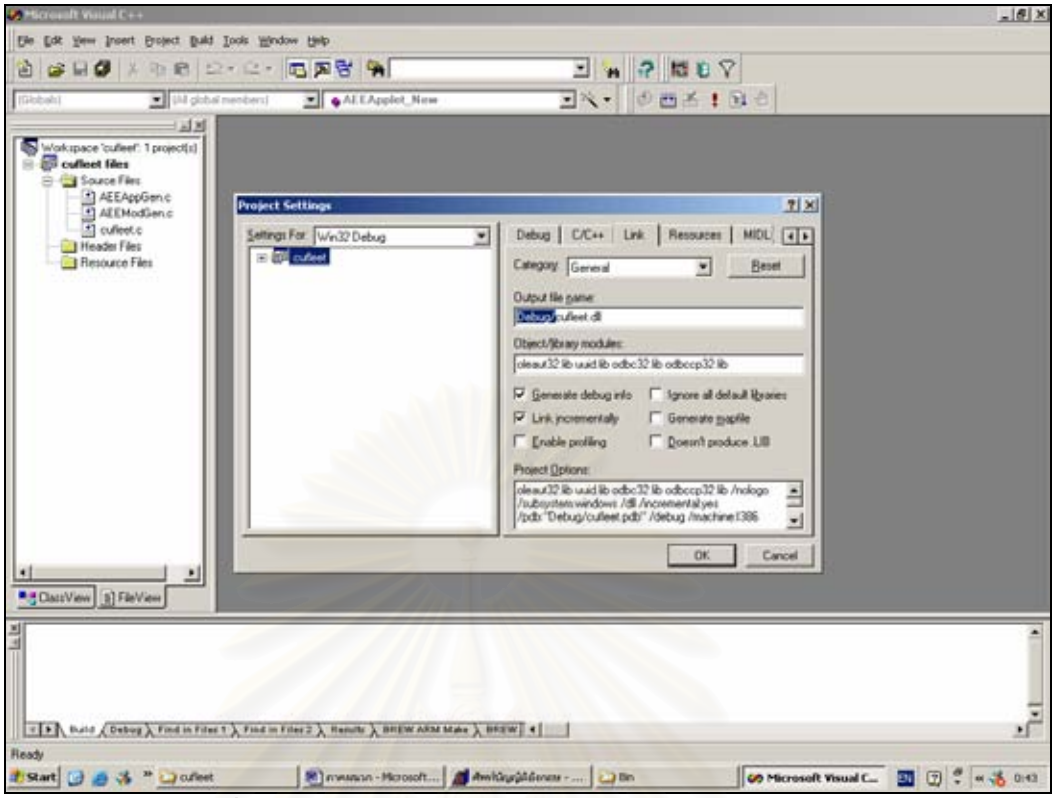
- ที่เมนูบาร์ให้เลือก Project>Settings แล้วเลือกแท็บ Debug ที่เมนู Executable for debug session ให้เลือก Browse ดังรูปที่ ก.6 และเลือก \BREW SDK v2.0.1\Bin\BREW _Emulater.exe จากที่อยู่ที่ติดตั้งโปรแกรมไว้

- ที่หน้าต่าง Project Settings ให้เลือกแท็บ Link แล้วให้ลบคำว่า Debug/ ออกจากช่อง Output file name ดังรูปที่ ก.7 แล้วกดปุ่ม OK เพื่อตกลง

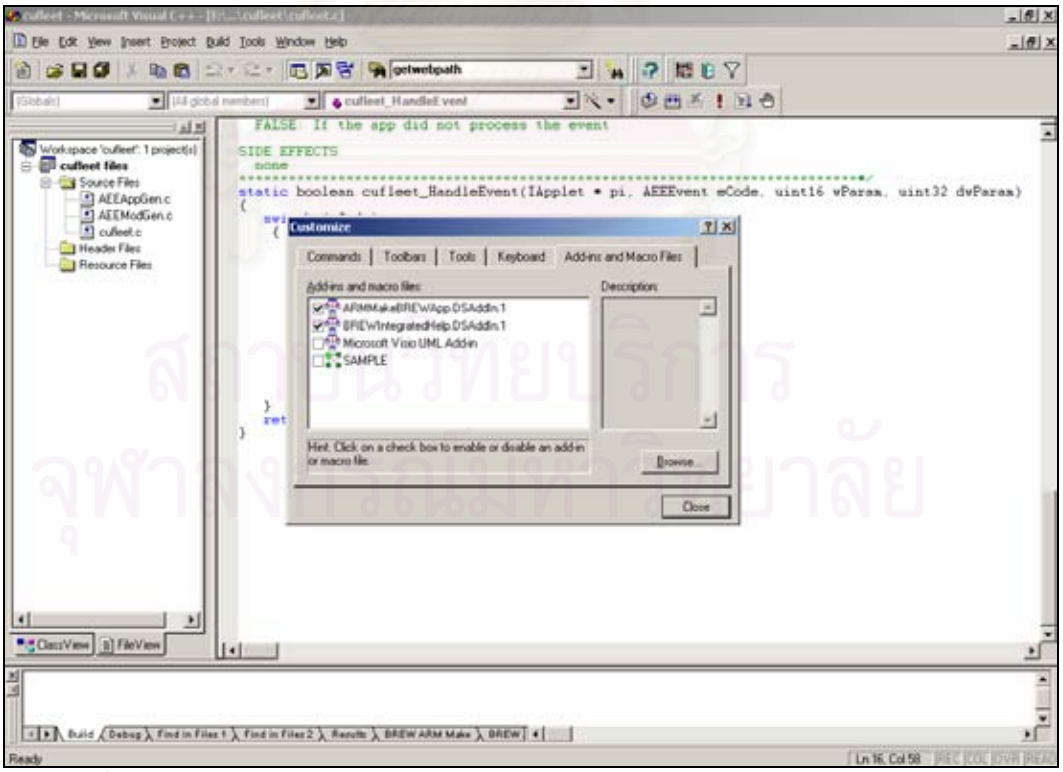
- ที่เมนูบาร์ให้เลือก Tool>Customize แล้วเลือกแท็บ Add-ins and Macro Files จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ ก.8 หลังจากนั้นคลิก ✓ เลือก ARMMakeBREWApp.DSAddIn.1 เมื่อกดปุ่ม close หน้าจอจะปรากฏ Toolbar ที่มีฟังก์ชัน คือ GenerateARMMakefile, Execute the BREW MIF Editor และExecute the BREW Resource Editor



รูปที่ ก.6 เลือก \BREW SDK v2.0.1\Bin\BREW_Emulater.exe



รูปที่ ก.7 ลบคำว่า Debug/ ออกจากช่อง Output file name

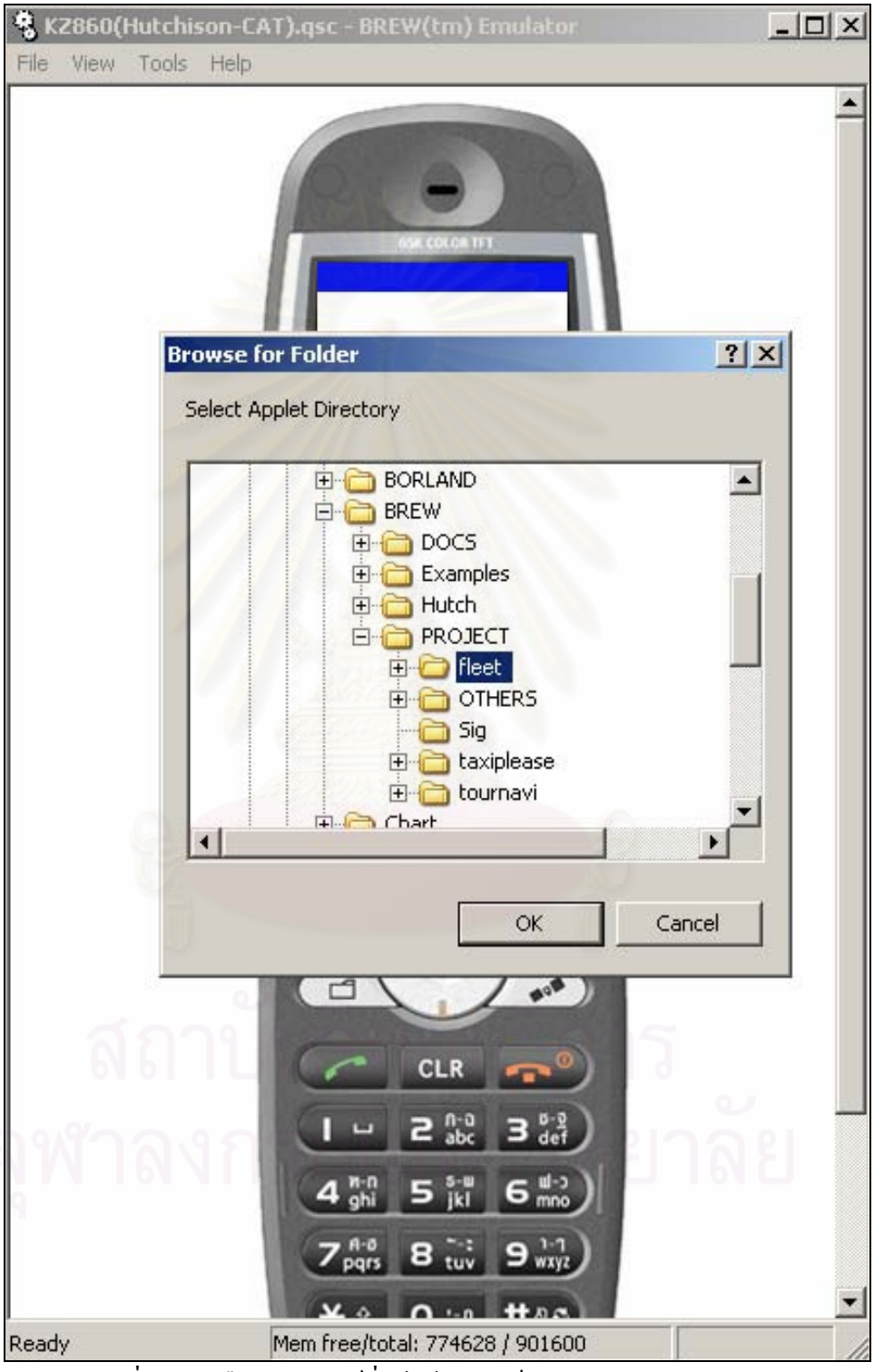


รูปที่ ก.8 คลิกเลือก ARMMakeBREWApp.DSAddIn.1 จาก Tool>Customize

- ตั้งค่าบนโปรแกรมเลียนแบบโดยการเลือกเมนู Start>Programs>BREW SDK v2.0.1>BREW Emulator หลังจากนั้นให้เลือก File>Load Device ดังรูปที่ ก.9

รูปที่ ก.9 เลือกรุ่นของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบบนโปรแกรมเลียนแบบ

- เลือกโฟลเดอร์ที่สร้างโปรเจ็คตามรูปที่ ก.1 จาก File>Change Applet Dir…. ดังรูปที่ ก.10

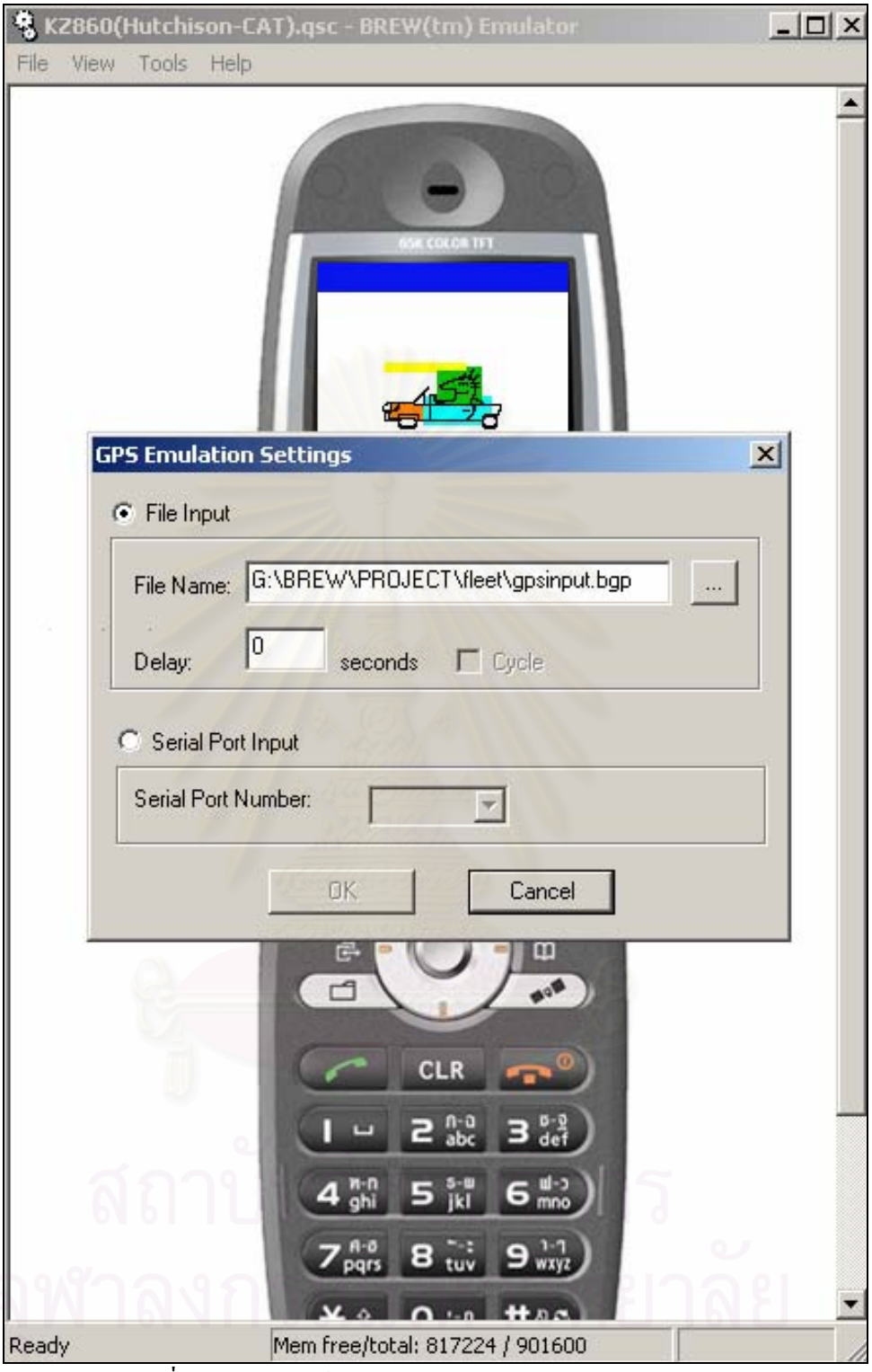


รูปที่ ก.10 เลือกโฟลเดอร์ที่ใช้สร้างโปรเจ็คบนโปรแกรมเลียนแบบ

- เลือกโฟลเดอร์ที่ใช้ระบุแฟ้มนามสกุล .mif บนโปรแกรมเลียนแบบจาก Tools> Settings… ดังรูปที่ ก.11

รูปที่ ก.11 เลือกโฟลเดอร์ที่ใช้ระบุแฟ้ม .mif บนโปรแกรมเลียนแบบ

- หลังจากนั้นให้สร้างแฟ้มนามสกุล .bgp ให้มีรูปแบบตามมาตรฐาน NMEA0183 และให้ระบุที่อยู่ของแฟ้มดังรูปที่ ก.12 โดยเลือกจาก Tools>GPS Emulation…



รูปที่ ก.12 เลือกแฟ้มนามสกุล .bgp บนโปรแกรมเลียนแบบ

หลังขั้นตอนนี้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ด้วยภาษาโปรแกรม C หรือ C++ โดยผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถศึกษาวิธีการใช้ชุดของส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ในการสร้างอินเตอร์เฟสต่างๆได้จาก (Barbagallo, 2003) หรือ (Qualcomm, 2003) ในหัวข้อที่ 3.1 แสดงขั้นตอนในการสร้างอินเตอร์ด้วยภาษาโปรแกรม C

3.1 ตัวอย่างการสร้างอินเตอร์เฟสด้วย BREW

การใช้อินเตอร์เฟสต่างๆบนโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถแบ่งได้เป็นขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ การประกาศอินเตอร์เฟส การสร้างอินเตอร์เฟส และการคืนหน่วยความจำ ในหัวข้อนี้แสดงตัวอย่างในการสร้างอินเตอร์เฟสด้วย IPosDet ซึ่งเป็นอินเตอร์เฟสที่ใช้ในการติดต่อกับส่วนการค้นหาพิกัดตำแหน่งบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.1.1 การประกาศอินเตอร์เฟส ในการสร้างอินเตอร์เฟสใดๆบนโปรแกรมต้องทำการประกาศอินเตอร์เฟสก่อนเช่นเดียวกับการประกาศตัวแปร ดังตัวอย่าง

```
#include "AEEPosDet.h" //declare agps header
        .
        .//declare other headers
        .
        .
typedef struct _Cfleet
{
        AEEApplet   app;       //First element of this structure must be AEEApplet.
        .
        .// declare other interfaces
        .
        .
        IPosDet                 *pIPosDet;      // declare agps interface
        AEECallback  gpsCb;
        AEEGPSInfo  gpsInfo;
        .
        .// declare other variables
        .
        .
        char    Lat[22];                        // declare agps variables
        char    Lon[22];
        .
        .// declare other variables
        .
        .
        double  wgsFactor;              // WGS-84 to UTM conversion factor
        double latitude;        // latitude on WGS-84 Geoid
        double longitude;       // longitude on WGS-84 Geoid
        .
        .// declare other variables
        .
} Cfleet;
```

3.1.2 การสร้างอินเตอร์เฟส ขั้นตอนในการสร้าง และการกำหนดค่าต่างๆของอินเตอร์เฟส IPosDet แสดงดังตัวอย่างดังนี้

```
static void GPSTracking(Cfleet *pMe)
{
    int nErr;      /*AGPS Initializing*/
    AEEGPSConfig gpsConfig;
    gpsConfig.mode=AEEGPS_MODE_TRACK_NETWORK;//gps Configuration.
    gpsConfig.optim = AEEGPS_OPT_ACCURACY;
    gpsConfig.qos = 30;                              // QoS (Cold start)
    gpsConfig.nFixes=5;  gpsConfig.nInterval=2;

    ISHELL_CreateInstance(pMe->app.m_pIShell,AEECLSID_POSDET,
                                (void **) &(pMe->pIPosDet)); //create interface here

    nErr = IPOSDET_SetGPSConfig(pMe->pIPosDet,&gpsConfig);
    if(nErr==SUCCESS)        //         Get gpsInfo if config is ok.
      {
        CALLBACK_Init(&pMe->gpsCb, (PFNNOTIFY)GPSCallback, pMe);
         IPOSDET_GetGPSInfo(pMe>pIPosDet,AEEGPS_GETINFO_LOCATION
                                                |AEEGPS_GETINFO_VELOCITY,
                                                AEEGPS_ACCURACY_HIGHEST,
                                                &pMe->gpsInfo, &pMe->gpsCb);
      }
}
static void GPSCallback(Cfleet * pMe)
{
    if(pMe->gpsInfo.status==AEEGPS_ERR_NO_ERR)//retrieve gps info if it's ok
      {
         pMe->wgsFactor = FASSIGN_STR("186413.5111");// convert lat/lon to
                                                                  plain degree
         pMe->latitude = FASSIGN_INT(pMe->gpsInfo.dwLat); //Get Latitude
         pMe->latitude = FDIV(pMe->latitude, pMe->wgsFactor);

         pMe->longitude=FASSIGN_INT(pMe->gpsInfo.dwLon);//Get Longitude
         pMe->longitude = FDIV(pMe->longtitude, pMe->wgsFactor);

         //Open connection to website or go to next function here
      }
    else if(pMe->gpsInfo.status== AEEGPS_ERR_GENERAL_FAILURE
                                    ||AEEGPS_ERR_TIMEOUT
                                    ||AEEGPS_ERR_ACCURACY_UNAVAIL
          /*gps is unavalible*/  ||AEEGPS_ERR_INFO_UNAVAIL)
      {
            //Display message "Location unavailable" or go to GPSTracking to retry
      }
         CALLBACK_Cancel(&pMe->gpsCb);        // callback cancel
         if(pMe->pIPosDet)                    // clear gps interface
                {
                        IPOSDET_Release(pMe->pIPosDet);
                        pMe->pIPosDet = NULL;
                }
}
```

3.1.3 การคืนหน่วยความจำ เมื่อมีการปิดโปรแกรม หรือการยกเลิกใช้งานอินเตอร์เฟส ผู้พัฒนาโปรแกรมจะต้องคืนหน่วยความจำให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ทุกครั้งมิฉะนั้นแล้วโทรศัพท์เคลื่อนที่จะรีสตาร์ทตัวเองได้ แสดงตัวอย่างดังนี้

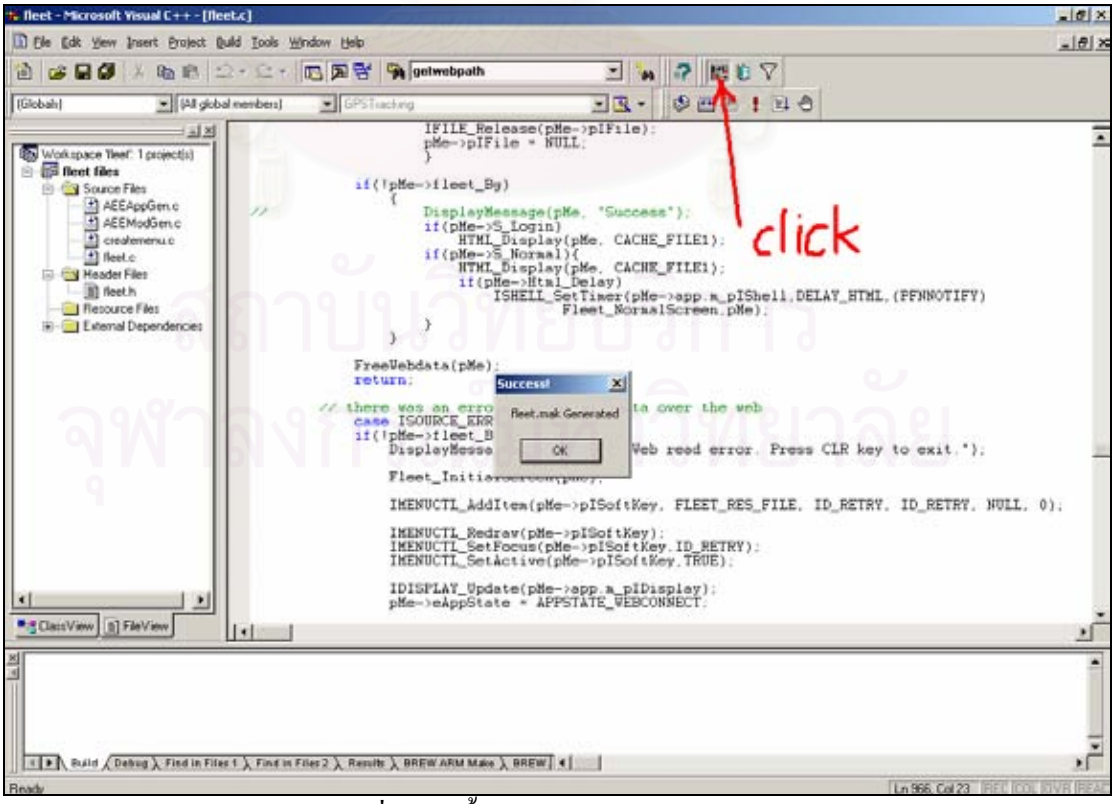
```
CALLBACK_Cancel(&pMe->gpsCb);          // callback cancel
if(pMe->pIPosDet)                      // clear gps interface
        {
                IPOSDET_Release(pMe->pIPosDet);
                pMe->pIPosDet = NULL;
        }
```

โดยทั่วไปแล้วการคืนหน่วยความจำอินเตอร์เฟสจะระบุไว้ในฟังก์ชัน fleet_HandleEvent ในเงื่อนไข EVT_APP_STOP และ EVT_KEY(wParam = AVK_CLR)

3.2 การอัพโหลดแฟ้มโปรแกรมลงบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

หลังจากพัฒนาโปรแกรมจนสามารถทำงานบนโปรแกรมเลียนแบบได้อย่างถูกต้องแล้ว ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถอัพโหลดแฟ้มโปรแกรมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

- ทำการสร้างแฟ้มนามสกุล .mak เพื่อให้โปรแกรม ARM Developer Suite รุ่น 1.2 สามารถทำการคอมไพล์ได้ดังรูปที่ ก.13



รูปที่ ก.13 ขั้นตอนการสร้างแฟ้มนามสกุล .mak

- เมื่อได้ทำแฟ้มนามสกุล .mak แล้วให้สร้างแฟ้มนามสกุล.bat โดยมีรายละเอียดของแฟ้มดังนี้ ที่ทำหน้าที่คอมไพล์แฟ้มโปรแกรมด้วยโปรแกรม ARM Developer Suite รุ่น 1.2 เมื่อทำการคอมไพล์โปรแกรมจะได้แฟ้มนามสกุล .mod ซึ่งเป็นแฟ้มโปรแกรมหลักที่ทำงานบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ เมื่อที่อยู่ G:\BREW\PROJECT\fleet เป็นโฟลเดอร์หลักที่จัดเก็บโปรแกรม

```
G:
cd \
cd G:\BREW\PROJECT\fleet
nmake /f fleet.mak clean
nmake /f fleet.mak all
```

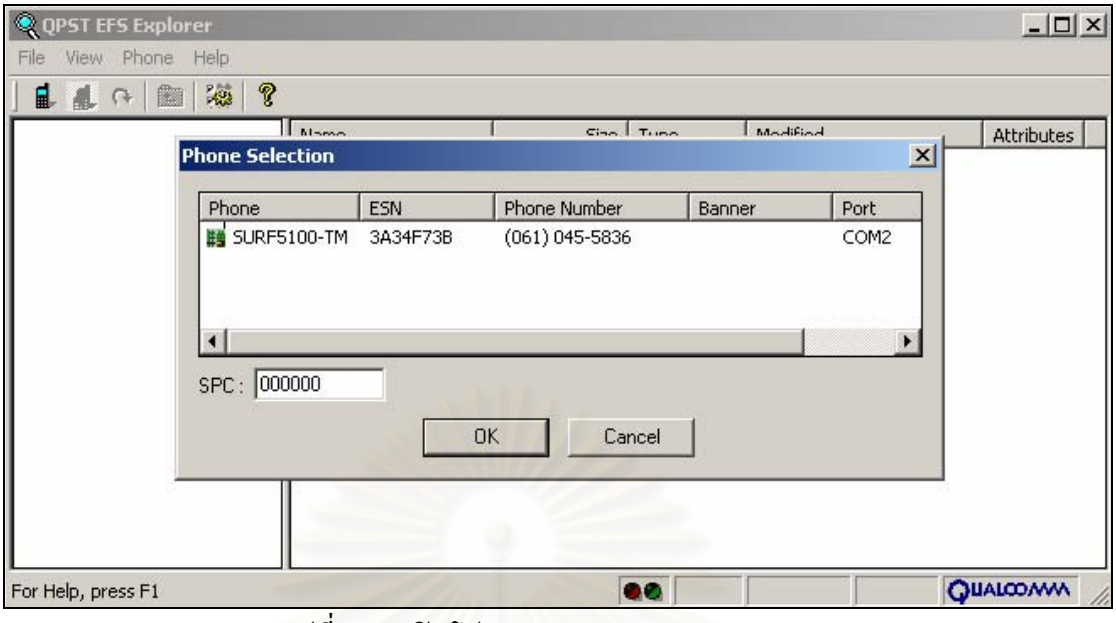
- ก่อนที่ผู้พัฒนาโปรแกรมจะทำการอัพโหลด หรือดาวน์โหลดโปรแกรมต่างๆบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ผู้พัฒนาโปรแกรมจะต้องตั้งค่าบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้สนับสนุนการทดสอบโปรแกรมก่อน (Test enable) โดยมีขั้นตอนการตั้งค่า คือ ให้กดปุ่ม บนหน้าจอแรกของโทรศัพท์เคลื่อนที่ > กดหมายเลข 05962372 แล้วเลื่อนตัวชี้ตำแหน่งไปที่ Settings > กดปุ่ม Menu/OK หน้าจอจะปรากฏเมนู Settings > เลือกเมนู ADS Setings ที่แถวสุดท้าย หน้าจอจะปรากฏเมนู ADS Settings > เลือกเมนู TEST Allowed ที่แถวสุดท้าย หน้าจอจะปรากฏเมนู TEST Allowed > เลือก Allowed แล้วออกจากเมนู

- เมื่อตั้งค่าบนโทรศัพท์เคลื่อนที่เสร็จแล้วให้ผู้พัฒนาโปรแกรมติดต่อกับผู้ให้บริการโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อสร้างแฟ้มนามสกุล.sig โดยการระบุหมายเลข ESN ด้านหลังตัวเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ แฟ้มนี้เป็นแฟ้มที่อนุญาตให้ผู้พัฒนาโปรแกรมทำการอัพโหลด หรือดาวน์โหลดโปรแกรมต่างๆบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ และสร้างแฟ้มนามสกุล .bid ที่เป็นแฟ้มระบุหมายเลขของคลาส (Class ID) ของโปรแกรมที่จะให้ทำงานบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ เมื่อได้แฟ้มนามสกุล .bid มาแล้วให้เปิดแฟ้มนามสกุล .mif จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.5 หลังจากนั้นให้เลือกปุ่ม Browse for BID File… และเลือกแฟ้มนามสกุล .bid ที่ได้รับมาต่อไป

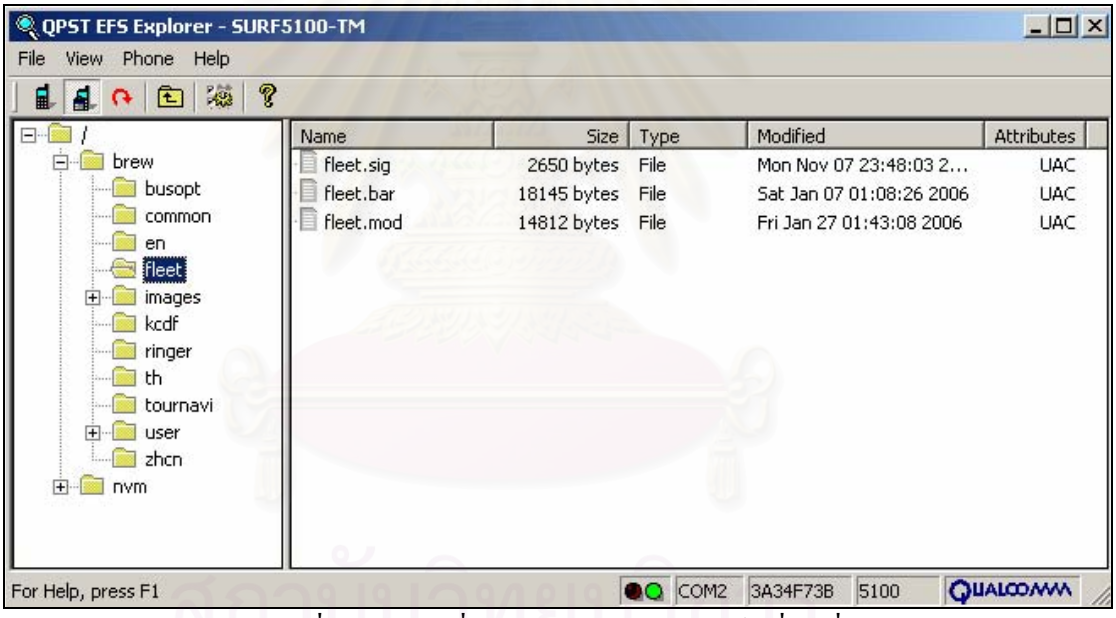
- แฟ้มที่ผู้พัฒนาโปรแกรมต้องเตรียมก่อนการอัพโหลด คือ แฟ้มนามสกุล .mif แฟ้มนามสกุล .bar แฟ้มนามสกุล .mod และแฟ้มนามสกุล .sig หากมีการใช้งานแฟ้มอื่นๆอีกจะต้องเตรียมอัพโหลดลงบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วย

- ให้เสียบสายเคเบิลเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่ และเปิดโปรแกรม QPST EFS Explorer จากเมนู Start>Programs>QPST>EFS Explorer หน้าจอจะปรากฏดังรูปที่ ก.14

- อัพโหลดแฟ้มนามสกุล .mif ลงในโฟลเดอร์ /brew/ และสร้างโฟลเดอร์ชื่อเดียวกันกับชื่อโปรเจ็คภายในโฟลเดอร์ /brew/ และอัพโหลดแฟ้มที่เหลือทั้งหมดลงในโฟลเดอร์นี้ ดังรูปที่ ก.15 หลังจากนั้นให้กดปุ่ม บนโปรแกรมเพื่อรีสตาร์ทโทรศัพท์เคลื่อนที่



รูปที่ ก.14 เปิดโปรแกรม QPST EFS Explorer



รูปที่ ก.15 แฟ้มที่อัพโหลดลงบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

- หลังจากติดตั้งโปรแกรมเสร็จแล้วสามารถที่จะทดสอบโปรแกรมโดยการสื่อสารข้อมูลผ่านทางโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอ็มเอ และโครงข่ายอินเตอร์เน็ตได้ หลังจากทดสอบแล้วผู้พัฒนาโปรแกรมต้องจัดทำเอกสารเพื่อที่จะขอทำการทดสอบ TBT (True BREW Testing) กับผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ พร้อมจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมเพื่อให้สามารถนำโปรแกรมไปใช้งานในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอภิชาติ คงแป้น เกิดวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ.2523 ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในปีการศึกษา 2544 มีประสบการณ์ทำงานกับบริษัท ออริสคอม จำกัด ในตำแหน่งวิศวกร ระหว่างปี พ.ศ.2545 - พ.ศ.2547 เข้าศึกษาในระดับปริญญาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2547

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย