สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบติดตามพิกัดตำแหน่งโดยใช้เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลกและติดต่อในเครือข่ายไร้สาย

POSITIONING SYSTEM USING GPS AND WIRELESS NETWORK

T117375

พัชนิดา พรสง่า
ระพีพร มะคาทอง
สุทธิกานต์ ชูใจ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 117375
วัน,เดือน,ปี 1 ส.ค. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบติดตามพิกัดตำแหน่งโดยใช้เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลกและติดต่อในเครือข่ายไร้สาย

POSITIONING SYSTEM USING GPS AND WIRELESS NETWORK

ผู้จัดทำ

1. นางสาวพัชนิดา พรสง่า รหัสนักศึกษา 50011076
2. นางสาวระพีพร มะคาทอง รหัสนักศึกษา 50011273
3. นายสุทธิกานต์ ชูใจ รหัสนักศึกษา 50011709

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักตร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบติดตามพิกัดตำแหน่งโดยใช้เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลกและติดต่อในเครือข่ายไร้สาย

นางสาวพัชนิดา พรสง่า 50011076

นางสาวระพีพร มะคาทอง 50011273

นายสุทธิกานต์ ชูใจ 50011709

ผศ.ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักตร์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอระบบที่ใช้ในการระบุพิกัดตำแหน่งที่อยู่ของคอมพิวเตอร์ทั้งภายในและภายนอกอาคาร โดยการระบุตำแหน่งของคอมพิวเตอร์ภายนอกอาคารจะใช้เครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียมเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อรับค่าพิกัดตำแหน่งและนำข้อมูลพิกัดที่ได้มาคำนวณ เพื่อระบุตำแหน่งของคอมพิวเตอร์ภายนอกอาคาร ในการระบุตำแหน่งภายในอาคารนั้นระบบจะทำการค้นหาสัญญาณจาก Access Point ของเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) ที่พบมาเปรียบเทียบข้อมูลจากสถิติของสถานที่ที่ใช้ในการวัดสัญญาณและข้อมูลของอุปกรณ์ Access Point ณ เวลาที่ได้ค้นหาสัญญาณ นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อค้นหาว่า ณ จุดที่ได้ทำการวัดสัญญาณนั้นมีสัญญาณที่มาจาก Access Point ตัวใดให้ความเข้มของสัญญาณมากที่สุด เมื่อทราบ Access Point ที่ปล่อยสัญญาณมาแรงที่สุด นำค่าความเข้มของสัญญาณที่ได้มาตั้งเป็นกฎเพื่อเป็นแนวทางในการระบุตำแหน่งภายในอาคารให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POSITIONING SYSTEM USING GPS AND WIRELESS NETWORK

Ms.Phatchanida Pornsa-nga 50011076

Ms.Rapeeporn Makathong 50011273

Mr.Suthikarn Chujai 50011709

Asst.Prof.Doc. Orachat Chitsobhuk Adivisor

Academic Year 2010

ABSTRACT

This thesis presents a positioning system using GPS and wireless network. The objective is to locate a position of a target computer inside and outside the building. From outside of the building, the computer will be located and tracked via a GPS receiver, which calculates its position by precisely timing the signals sent by GPS satellites. However, when the computer moves inside the building, it will be determined the location via wireless network through the access points. We collect the statistics and build a database of signal strength data for a various locations and then use this training data to construct rules for classification of a test data. This allows us to better locate the position of the target computer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้อย่างสมบูรณ์ ด้วยการให้คำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผศ.ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักตร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาคอมพิวเตอร์ที่ได้ให้คำแนะนำและการช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ทุกท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านตั้งแต่เริ่มเข้าศึกษาจนถึงปัจจุบันที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ข้าพเจ้า ทำให้ข้าพเจ้าได้เป็นนักศึกษาคณะวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และจบไปเป็นวิศวกรคอมพิวเตอร์ที่ดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนทั้งในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและที่อื่น ที่ได้ให้คำแนะนำและให้ความร่วมมือช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้บรรลุเป้าหมายได้อย่างสมบูรณ์แบบ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง ให้ความรักและดูแลห่วงใยเป็นอย่างดี จนทำให้ข้าพเจ้าเติบโตเป็นตัวเป็นตนมาจนถึงทุกวันนี้ได้ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

พัชนิดา พรสง่า
ระพีพร มะคาทอง
สุทธิกานต์ ชูใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.4 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.5 ข้อจำกัดของโปรแกรม 3

1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ GPS 5

2.1 เกี่ยวกับ GPS 5

2.2 ระบบ GPS 6

2.3 โปรโตคอล NMEA 26

2.4 ระบบพิกัดตำแหน่ง 30

2.5 หมุดหลักฐาน 38

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ WIRELESS 43

3.1 Introduction Access Point 43

3.2 โหมดการทำงานของ Access Point 43

3.3 Wireless LAN 46

3.4 ทฤษฎีคลื่นวิทยุและการนำไปใช้ 47

3.5 ทฤษฎีเสาอากาศเบื้องต้น 50

3.6 สัญญาณรบกวน 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.7 มาตรฐาน IEEE 802.11 57
3.8 Service ของเครือข่าย Wireless LAN 60
3.9 Frame ที่ปล่อยมาจาก Access Point 67
3.10 ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลกับความแรงของสัญญาณ 79
3.11 วิธีคำนวณระยะทางใช้งานสูงสุดของระบบ Wireless LAN 80
3.12 สมการในการหาจุดตัดของสัญญาณ Access Point 82

บทที่ 4 ระบบเนวิเกเตอร์ 85
4.1 ความหมายของระบบเนวิเกเตอร์ 85
4.2 กระบวนการค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุด GPS 85
4.3 อัลกอริทึ่มในการค้นหา 88
4.4 การวัดคุณภาพของวิธีการค้นหา 88
4.5 A* (A-Star) Search Algorithm 90

บทที่ 5 การออกแบบและการพัฒนา 93
5.1 แนวคิดและการพัฒนา 93
5.2 โมเดลการออกแบบการทำงานภายนอกอาคารโดยใช้ GPS 94
5.3 โมเดลการออกแบบการทำงานภายในอาคาร โดยใช้ Access Point 95
5.4 โมเดลการออกแบบการทำงานของเนวิเกเตอร์ 96
5.5 การใช้งานแผนที่ภายในอาคาร 96
5.6 การวัดค่าความเข้มของสัญญาณ 98
5.7 เครื่องรับสัญญาณ GPS ที่ใช้ในการทดลอง 100

บทที่ 6 ผลการทดลอง 102
6.1 การระบุตำแหน่งภายในอาคาร โดยใช้ Rule 102
6.2 การระบุตำแหน่งภายในอาคาร โดยการหาจุดตัด 133
6.3 การระบุตำแหน่งภายนอกอาคาร โดยใช้ GPS 136
6.4 การสร้างแผนที่ภายนอกอาคาร 144
6.5 การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดภายนอกอาคาร 152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 7 บทวิจารณ์และสรุป 156
7.1 บทสรุปการระบุตำแหน่งภายในอาคาร 156
7.2 บทสรุปการระบุตำแหน่งภายนอกอาคาร 157
7.3 บทสรุปการหาเส้นทางที่ดีที่สุด 158
7.4 อุปสรรคและปัญหาของการระบุตำแหน่งภายในอาคาร 158
7.5 อุปสรรคและปัญหาของการระบุตำแหน่งภายนอกอาคาร 159

บรรณานุกรม 160

ภาคผนวก 162

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

3.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของมาตรฐาน IEEE 802.11a, 802.11b และ 802.11g 60

4.1 การเปรียบเทียบรูปแบบวิธีการค้นหา 89

6.1 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง ISAG 701 104

6.2 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 703 105

6.3 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 704 106

6.4 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 704 และ 705 107

6.5 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 705 108

6.6 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 705 และ 706 109

6.7 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 706 110

6.8 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 706 และ 707 111

6.9 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 707 112

6.10 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 707 และ 708 113

6.11 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 708 114

6.12 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง ISAG 701 และ 708 115

6.13 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง MML 801 116

6.14 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 803 117

6.15 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 804 118

6.16 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 804 และ 806 119

6.17 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 806 120

6.18 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 806 และ HARDWARE 811 121

6.19 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง HARDWARE 811 122

6.20 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง HARDWARE 811 และ 810 123

6.21 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 810 124

6.22 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 810 และ HCRL 807 125

6.23 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง HCRL 807 126

6.24 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง HCRL 807 และ OLALA 127

6.25 ค่าความเข้มสัญญาณของจุดที่ต้องการทดสอบระบุตำแหน่ง 132

6.26 Calibrate ของ Access Point ของห้อง 703 (CE-OPENCL) 133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

6.27 Calibrate ของ Access Point ของห้อง 708 (CE-ACCESS708) 133
6.28 Calibrate ของ Access Point ของห้อง 704 (CE-ACCESS704) 134
6.29 ค่าความเข้มสัญญาณของจุดที่ต้องการทดสอบระบุตำแหน่ง 135
6.30 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนนวมินทร์ ซอย 74 137
6.31 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนฉลองกรุง ซอย 2 137
6.32 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 15 138
6.33 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 22 139
6.34 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย36 139
6.35 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 40 140
6.36 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทาง ขณะท้องฟ้าแจ่มใส 143
6.37 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทาง ขณะฝนตกเบาๆ 144
6.38 ข้อมูลระยะทางที่วัดได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS 151
6.39 ค่า Heuristic Function 154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 ตำแหน่งของสถานีฐาน	7
2.2 การโคจรของดาวเทียม GPS	8
2.3 การรับสัญญาณดาวเทียม GPS	11
2.4 การหาจุดตัวของของดาวเทียม	12
2.5 การพิกัดจากดาวทียม 1 ดวง	12
2.6 การพิกัดจากดาวทียม 2 ดวง	13
2.7 การพิกัดจากดาวทียม 3 ดวง	13
2.8 องค์ประกอบของระบบดาวเทียม GPS	21
2.9 การทำงานของ GPS Receiver	26
2.10 Log File ของ Sentence โปรโตคอล NMEA	28
2.11 ระบบพิกัด UTM	31
2.12 ระบบพิกัดกริดของประเทศไทย	32
2.13 พื้นที่ Zone 47 และ Zone 48 ของประเทศไทย	33
2.14 การแบ่งพื้นที่ Zone 47 และ Zone 48 ของประเทศไทย	33
2.15 จังหวัดที่อยู่ระหว่างโซน 47 และโซน 48	33
2.16 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ ซอยลาดกระบัง 15	39
2.17 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ สะพานคลองหนองตะกร้า	40
2.18 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ สะพานคลองลาดกระบัง	40
2.19 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ สะพานคลองบัวลอย	41
2.20 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ สะพาน ถ.เลียบคลองมอญ	41
2.21 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ สะพานคลองบางเตย ซ.นวมินทร์ 74	42
3.1 โหมด Access Point	43
3.2 โหมด Client Bridge	44
3.3 โหมด Client Router	44
3.4 โหมด Wireless Router	44
3.5 โหมด WDS Bridge	45
3.6 โหมด WDS AP	45
3.7 โหมด Universal Repeater	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
3.8 เครือข่าย Wireless LAN	46
3.9 เขตเงาสัญญาณที่เกิดขึ้นกับสัญญาณไร้สาย	48
3.10 การสะท้อนและการเดินของคลื่นจากหลายทิศทาง	49
3.11 การแพร่กระจายคลื่นของเสาอากาศแบบไอโซโทรปิก ไดโพล และยากิ	51
3.12 ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นในแนวนอน (E-Plane) แนวตั้ง (H-Plane)	51
3.13 สายอากาศแบบ Om-ni Directional	52
3.14 สายอากาศแบบ Om-ni Directional	53
3.15 สเปกตรัมความถี่ของสัญญาณรบกวนที่อาจจะพบได้ในช่วงความถี่ Wireless LAN	55
3.16 การรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียงเมื่อช่องทั้งสองมีความถี่ใกล้เคียงกันมาก	56
3.17 การป้องกันการรบกวนระหว่างช่องสัญญาณข้างเคียงด้วย Guard Band ในวิทยุระบบ FM	57
3.18 โครงสร้าง BSS แบบ Ad-Hoc	61
3.19 โครงสร้าง Independent Basic Service Set ที่มี Access Point เป็นศูนย์กลาง	61
3.20 โครงสร้าง BSS แบบ Infrastructure	62
3.21 การกำหนดชื่อ SSID ของอุปกรณ์บนเครือข่าย Wireless LAN	62
3.22 การกำหนดชื่อ SSID ของอุปกรณ์บนเครือข่าย Wireless LAN Infrastructure	63
3.23 การเชื่อมโยงระบบแบบ Ad-hoc	63
3.24 การเชื่อมโยงระบบแบบ Infrastructure	64
3.25 แสดง Hidden Node Problem และกลไก RTS/CTS Handshake	66
3.26 รูปแบบ Frame ของ IEEE 802.11	67
3.27 รูปแบบ Frame IEEE 802.11 ส่วน header and trailer และ IEEE 802.2 LLC header	68
3.28 ฟิลด์ใน IEEE 802.11 ส่วน header และ trailer	68
3.29 การกำหนดบิตใน Duration/ID Field	69
3.30 การกำหนดบิตใน Sequence Control Field	69
3.31 แสดงฟิลด์ Frame Control ช่อง Frame Control subfields	70
3.32 Type และ Subtype ที่ระบุประเภทเฉพาะของ Frame	71
3.33 การกำหนดบิต ToDS และ From DS	72
3.34 Request to Send Frame	73
3.35 Clear to Send Frame	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
3.36 Acknowledgment Frame	73
3.37 Power-Save Poll Frame	74
3.38 Management Frame	74
3.39 Beacon Frame	74
3.40 Probe request Frame	75
3.41 Probe response Frame	76
3.42 Association Request Frame	76
3.43 Reassociation Request Frame	76
3.44 Association Response&Reassociation Request Frame	76
3.45 Authentication Frame	77
3.46 Disassociation&Deauthetication Frame	77
3.47 Announcement Traffic Indication Map Frame	77
3.48 Frame Transmission and Association and Authentication States	78
3.49 การสร้างการติดต่อระหว่าง ACCESS POINT และ STATION	79
3.50 การจบการติดต่อระหว่าง ACCESS POINT และ STATION	79
3.51 ระยะทางมีผลกระทบเรื่องความเร็วในระบบ Wireless LAN 802.11b และ 802.11g	80
3.52 จุดตัดของ Access Point 3 ตัว	82
3.53 ส่วน intersection ของ Access Point 3 ตัว	83
4.1 กระบวนการแปลงปัญหา	86
4.2 โครงสร้างข้อมูลในหาค้นหา	88
4.3 A* (A-Star)	90
4.4 ฟังก์ชัน A* (A-Star)	90
4.5 การหาเส้นทางการเดินทางจากเมืองหนึ่งไปยังอีกเมืองหนึ่งโดยใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด	91
4.6 การStraight-line Distance	91
4.7 การกระจายโหนดพร้อมระยะทางตรง ด้วย A* Algorithm	92
4.8 การกระจายโหนดเพื่อเลือกการเดินทางจากเมือง Arad ไป Bucharest	92
5.1 ภาพรวมของโครงงาน	93
5.2 การออกแบบการทำงานภายนอกอาคารโดยใช้ GPS	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
5.3 การออกแบบการทำงานภายในอาคารโดยใช้ Access Point	95
5.4 การออกแบบการทำงานของเนวิเกเตอร์	96
5.5 แผนที่อาคาร ECC ชั้น 7	97
5.6 แผนที่อาคาร ECC ชั้น 8	97
5.7 การวัดสัญญาณ Wireless LAN โดยใช้โปรแกรม WirelessMon	98
5.8 โปรแกรมแสดงสถิติการวัดสัญญาณ Wireless LAN	98
5.9 โปรแกรมแสดงการบันทึกค่าความเข้มสัญญาณ Wireless LAN	99
5.10 Log file ที่ได้จากโปรแกรมWireMon	99
5.11 เครื่องรับสัญญาณ GPS Holux m-241 Wireless GPS Logger	100
6.1 แผนผังอาคาร ECC ชั้น 7 แสดงจุดที่ทำการวัดและตำแหน่ง Access Point	103
6.2 แผนผังอาคาร ECC ชั้น 8 แสดงจุดที่ทำการวัดและตำแหน่ง Access Point	103
6.3 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง ISAG 701	104
6.4 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 703	105
6.5 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 704	106
6.6 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 704 และ 705	107
6.7 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 705	108
6.8 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง705 และ 706	109
6.9 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 706	110
6.10 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 706 และ 707	111
6.11 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 707	112
6.12 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 707 และ 708	113
6.13 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 708	114
6.14 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 701 และ 708	115
6.15 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง MML 801	116
6.16 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 803	117
6.17 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 804	118
6.18 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 804 และ 806	119
6.19 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 806	120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
6.20 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 806 และ HARDWARE 811	121
6.21 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง HARDWARE	122
6.22 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง HARDWARE 811 และ 810	123
6.23 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 810	124
6.24 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 810 และ HCRL 807	125
6.25 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง HCRL 807	126
6.26 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง HCRL 807 และ OLALA	127
6.27 แผนผังอาคาร ECC ชั้น 7 แสดงจุดที่ทำการวัดและตำแหน่ง Access Point	132
6.28 แผนผังอาคาร ECC ชั้น 8 แสดงจุดที่ทำการวัดและตำแหน่ง Access Point	134
6.29 ผลการทดลองการหาจุดตัดของ Access Point โดยเลือกช่วงที่มีความเข้ม MAXIMUM	135
6.30 ผลการทดลองการหาจุดตัดของ Access Point โดยเลือกช่วงที่มีความเข้ม MINIMUM	136
6.31 หมุดหลักฐานบริเวณ ถนนนวมินทร์ ซอย 74	137
6.32 ภาพหมุดหลักฐานบริเวณ ถนนฉลองกรุง ซอย 2	137
6.33 หมุดหลักฐานบริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 15	138
6.34 ภาพหมุดหลักฐานบริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 22	138
6.35 หมุดหลักฐานบริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 36	139
6.36 หมุดหลักฐานบริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 40	139
6.37 หมุดหลักฐานบริเวณ ลาดกระบังซอย 15	140
6.38 ข้อมูลหมุดหลักฐานบริเวณ ลาดกระบังซอย 15	141
6.39 บริเวณการกำหนดจุดอ้างอิงทั้ง 4 จุด	145
6.40 ค่าละติจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพฯ	145
6.41 ค่าลองจิจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพฯ	146
6.42 ค่าละติจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพฯ	146
6.43 ค่าลองจิจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพฯ	147
6.44 ค่าละติจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ	147
6.45 ค่าลองจิจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ	148
6.46 ค่าละติจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ	148
6.47 ค่าลองจิจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ	149

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
6.48 การแบ่งขอบเขตในแต่ละ Grid	150
6.49 ระยะทางที่วัดได้จริง	150
6.50 ขอบเขตของสถานที่ที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง	152
6.51 กราฟภายในสถาบัน	153
6.52 เส้นทางที่สั้นที่สุดจากสมาคมศิษย์เก่าไปยัง อาคาร ECC	153
6.53 การกระจายโหนดพร้อมระยะทางตรง ด้วย A* Algorithm	155
6.54 เส้นทางที่ดีและเหมาะสมที่สุดจากสมาคมศิษย์เก่าไปยังอาคาร ECC	155
ก.1 เมนูหลักของโปรแกรม	162
ก.2 การตั้งค่าของโปรแกรม	163
ก.3 การแสดงตำแหน่งภายในอาคาร	163
ก.4 การแสดงตำแหน่งภายนอกอาคาร	164
ก.5 การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด	165
ก.6 แสดงรายชื่อผู้พัฒนาโปรแกรม	165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ระบบติดตามพิกัดตำแหน่งในปัจจุบันมีใช้อย่างแพร่หลาย หรือที่รู้จักกันดีคือระบบ GPS ซึ่งในเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมหรือระบบ GPS แบบใช้งานทั่วไปนั้นให้ค่าความละเอียดได้ถึง 4-20 เมตร ซึ่งถือได้ว่าให้ความละเอียดพอสมควรแต่เนื่องมาจากว่าระบบ GPS จำเป็นต้องรับสัญญาณจากดาวเทียม ส่งผลให้มีข้อจำกัดในการใช้งานคือ ต้องอยู่ในบริเวณที่ไม่มีหลังคาหนาทึบ เพื่อให้เครื่อง GPS สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ หรือใช้งานภายในอาคารไม่ได้นั่นเอง จึงทำให้เกิดแนวคิดในการนำมาใช้งานร่วมกันกับ Access Point ที่มีอยู่ในตึกอาคารทั่วๆไป เพื่อระบุพิกัดตำแหน่งแทนการใช้ระบบ GPS ซึ่ง Access Point ที่มีอยู่ภายในตึกจะอยู่กับที่ และปล่อยคลื่นสัญญาณกระจายออกมาเพื่อให้บริการตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการเช่น เชื่อมต่อ Internet แบบไร้สาย เป็นต้น ในตัว Access Point จะมีการปล่อย Beacon Frame จึงมีการศึกษา Packet ดังกล่าวเพื่อนำมาประยุกต์ ในการระบุพิกัดตำแหน่ง รวมถึงมีการใช้ค่าระดับความเข้มของสัญญาณมาใช้ในการระบุพิกัดตำแหน่งด้วยเช่นกัน

การสร้างระบบแสดงระบบพิกัดตำแหน่งทำให้สามารถทราบได้ว่าอยู่ที่ไหนบริเวณไหน โดยแสดงผลออกมาในรูปของแผนที่ นับเป็นเทคโนโลยีอย่างหนึ่งที่มีประโยชน์สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายทางไม่ว่าจะเป็นการนัดพบกันในสถานที่ที่ไม่คุ้นเคย ใช้เพื่อบอกทางไปยังเป้าหมายที่ต้องการ และปัญหาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบอกพิกัดตำแหน่ง ระบบนี้จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถทราบได้ว่าขณะนี้อยู่ที่ไหนหรือบริเวณไหนซึ่งจะช่วยสร้างความสะดวกให้กับผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการหาตำแหน่งภายนอกอาคารโดยอ้างอิงจากเครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS)
2) เพื่อศึกษาค่าระบบพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก
3) เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการหาตำแหน่งภายในอาคารซึ่งใช้ประโยชน์จากสัญญาณของระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless Access Point)
4) เพื่อศึกษาและค้นคว้าเทคนิคการทำงานของระบบการหาตำแหน่งภายในอาคารต่างๆ
5) เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมแสดงแผนที่จำลองเสมือนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) เพื่อศึกษาหาแนวทางที่จะเพิ่มความเที่ยงตรง และความแม่นยำด้วยเทคนิคทางซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์
7) เพื่อพัฒนาแอพลิเคชั่นให้สามารถระบุตำแหน่งของคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้งานทั้งภายนอกอาคารและภายในอาคารได้
8) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับสถานที่ต่างๆ เช่น ห้างสรรพสินค้า โรงแรม และโรงพยาบาล เป็นต้น

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้รับความรู้ความเข้าใจในเรื่องการทำงานของระบบ GPS
2) ได้รับความรู้ความเข้าใจในเรื่องของระบบพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก
3) ได้รับความรู้ความเข้าใจในเรื่องการแปลงค่าพิกัดในรูปแบบต่างๆ
4) ได้รับความรู้ความเข้าใจในเรื่องของโปรโตคอล NMEA
5) ได้รับความรู้ความเข้าใจในเรื่องการทำงานของระบบ Access Point
6) ได้รับความรู้ความเข้าใจในเรื่องของโปรโตคอลต่างๆ ของ Access Point
7) ได้รับความรู้ความเข้าใจในเรื่องของ Frame ข้อมูลต่างๆ ของ Access Point
8) ได้รับความรู้ความเข้าใจในเรื่องรูปแบบของสัญญาณของ Access Point
9) สามารถสร้างโปรแกรมระบุตำแหน่งภายในและภายนอกอาคารได้
10) สามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อประโยชน์ในอนาคตได้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1) โปรแกรมจะทำการค้นหาตำแหน่งที่อยู่ให้โดยผู้ใช้เป็นผู้สั่งการ
2) โปรแกรมสามารถสลับโหมดการทำงานจากระบบค้นหาสัญญาณดาวเทียม GPS เป็นระบบ Wireless LAN ได้โดยอัตโนมัติ เมื่อเข้ามาอยู่ภายในอาคาร
3) ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้กับเครื่อง Computer PC และ Laptop
4) ผู้ใช้งานจะสามารถใช้ระบบได้ต้องอยู่ในบริเวณที่กำหนดคือบริเวณรอบตึก ECC และภายในอาคาร ECC ชั้น 7 และ ชั้น 8
5) ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบตำแหน่งของคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางหน้าจอของคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม
6) ระบบการระบุตำแหน่งภายในอาคารไม่สามมารถระบุตำแหน่งแบบ Real time ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ข้อจำกัดของโปรแกรม

1) มีปัจจัยภายนอกหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อความแม่นยำในการบอกพิกัดตำแหน่งของระบบ GPS เช่น สภาพภูมิอากาศ จำนวนของเมฆ ความโปร่งใสของท้องฟ้า เป็นต้น
2) ถ้าเครื่องรับสัญญาณ GPS ณ ขณะนั้นรับสัญญาณจากดาวเทียมได้มากก็จะให้มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น
3) ระบบนี้สามารถแสดงตำแหน่งได้ภายในขอบเขตที่มีการจัดทำแผนที่ขึ้น
4) มีปัจจัยภายนอกหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อการคำนวณหาค่าพิกัดของ Access Point เช่น บริเวณที่ทำให้เกิดการสะท้อน หักเห ของสัญญาณเป็นต้น
5) มีการจัดเก็บค่าต่างๆที่ได้จาก Access Point ภายในอาคารทั้งหมดเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล
6) ถ้ามีการขยายพื้นที่ในการระบุตำแหน่งเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องมีการจัดทำแผนที่เพิ่มเติม
7) คอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรแกรมจะต้องสามารถเชื่อมต่อกับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS และสามารถติดต่อกับเครือข่าย Wireless LAN ได้

1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกัน คือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของโครงงาน วัตถุประสงค์ของโครงงาน ขอบเขตของโครงงาน วิธีการดำเนินการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐาน ความรู้เกี่ยวกับ GPS ระบบ GPS โปรโตคอลNMEA ระบบพิกัดตำแหน่ง หมุดหลักฐาน

บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในโครงงาน ความรู้เบื้องต้นเกียวกับ Access Point โหมดการทำงานของ Access Point ความรู้เกี่ยวกับเครือข่ายไร้สาย Wireless LAN ทฤษฎีคลื่นวิทยุและการนำไปใช้ ทฤษฎีเสาอากาศเบื้องต้น สัญญาณรบกวน มาตรฐาน 802.11 การให้บริการของเครือข่าย Wireless LAN ข้อมูลที่ปล่อยมาจาก Access Point การติดต่อกันระหว่าง Mobile Station และ Access Point ความเร็วในการรับ – ส่งข้อมูลกับความแรงของสัญญาณ วิธีการคำนวณระยะทางใช้งานสูงสุดของระบบ Wireless LAN

บทที่ 4 กล่าวถึงระบบเนวิเกเตอร์ กระบวนการค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุด อัลกอริทึ่มในการค้นหา การวัดคุณภาพของวิธีการค้นหา A* (A-Star) Search Algorithm

บทที่ 5 กล่าวถึงการออกแบบพัฒนา ขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวม โปรแกรมที่ใช้ในการวัดความเข้มของสัญญาณ แผนผังอาคาร ECC ชั้น 7 และ ชั้น 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง ผลการทดลองในการวัดสัญญาณ Rule การระบุตำแหน่ง ผลการทดลองในการวัดสัญญาณของการใช้จุดตัดเพื่อระบุตำแหน่ง

บทที่ 7 เป็นบทวิจารณ์และสรุป ซึ่งกล่าวถึงบทสรุปของการทดลองการหาพิกัดภายในอาคาร อุปสรรคและปัญหาระหว่างทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ GPS

2.1 เกี่ยวกับ GPS

GPS ระบบบอกตำแหน่งบนผิวโลกโดยอาศัยการคำนวณจากสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมที่ทราบตำแหน่งที่โคจรอยู่รอบโลก แนวคิดในการพัฒนาระบบจีพีเอสเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ.1957 เมื่อนักวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกานำโดย Dr.Richard B.Kershner ได้พบปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ของคลื่นวิทยุ ที่ส่งมาจากดาวเทียมพวก เขาพบว่าหาก ทราบตำแหน่งบนพื้นผิวโลก Global Positioning System (GPS) หรือชื่อภาษาไทย "ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก" คือ ระบบบอกตำแหน่งบนผิวโลก โดยอาศัยการคำนวณจากสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียม ที่ทราบตำแหน่งที่โคจรอยู่รอบโลก

ตั้งแต่ในอดีต มนุษย์เรามีความพยายามที่จะสร้างเครื่องมือเพื่อบอกให้ได้ว่า เรากำลังอยู่ที่ใด เพื่อป้องกันการหลงทางและสามารถกลับไปยังจุดเดิมได้อย่างถูกต้อง ซึ่งในการเดินเรือสมัยแรก มีการใช้ดวงดาวเป็นการบอกตำแหน่งและทิศทาง ต่อมาเมื่อเทคโนโลยีทันสมัยมากขึ้น ได้มีการคิดค้นประดิษฐ์เข็มทิศและเครื่องวัดระยะทางหาเส้นรุ้งและเส้นแวง (Sextant) ขึ้นมา โดยเข็มทิศจะชี้ไปทางเหนือเสมอ ดังนั้นไม่ว่าเราจะไม่รู้ตำแหน่งของเราแต่เราจะยังสามารถรู้ทิศทางที่กำลังเดินทางไปได้ ส่วนเครื่องวัดระยะทางหาเส้นรุ้งและเส้นแวงนั้น ช่วยในการวัดมุมระหว่างดวงดาวกับพื้นดิน ในยุคแรกๆ เครื่องมือนี้จะใช้ในการเดินเรือและสามารถบอกได้แต่เส้นรุ้งเท่านั้น ไม่สามารถบอกเส้นแวงได้

ต่อมา ในศตวรรษที่ 17 ประเทศอังกฤษได้ตั้งกลุ่มนักวิทยาศาสตร์เพื่อทำการสร้างเครื่องมือเพื่อหาเส้นแวงให้ได้ ซึ่งกลุ่มที่ตั้งขึ้นมาถูกเรียกว่า Board of Longitude โดยมีรางวัลให้กับผู้ที่สามารถสร้างเครื่องมือที่ใช้หาเส้นแวงได้ ซึ่งในปี ค.ศ.1761 John Harrison ได้พัฒนาเครื่องมือที่สามารถใช้หาเส้นแวงได้เรียกว่า Chronometer ต่อมามีการใช้เครื่องมือ Sextant และ Chronometer ร่วมกันในการเดินทางอย่างแพร่หลาย

ในช่วง ต้นศตวรรษที่ 20 มีการพัฒนาระบบการส่งสัญญาณวิทยุมาใช้งานกันมากขึ้น จนกระทั่งได้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยทั้งเรือ และเครื่องบินจะใช้ระบบการรับ-ส่งสัญญาณวิทยุจากสถานีภาคพื้นดินเป็นตัวนำทาง การส่งสัญญาณวิทยุนั้นจะสามารถส่งได้ทั้งแบบความถี่สูงและความถี่ต่ำ แต่ข้อเสียคือ หากส่งสัญญาณในช่วงความถี่สูงจะสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แต่ครอบคลุมได้เพียงพื้นที่จำกัด ส่วนการรับ-ส่งสัญญาณในช่วงความถี่ต่ำสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างไกลกว่า แต่ความถูกต้องต่ำกว่า ในศตวรรษที่ 20 ดาวเทียมสปุตนิก (Sputnik) ของประเทศรัสเซียได้ถูกส่งออกสู่อวกาศเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม ค.ศ.1957

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทำให้เราเริ่มตระหนักว่า สามารถใช้ดาวเทียมในการนำทางได้เช่นเดียวกับดวงดาวบนท้องฟ้า โดยนักวิจัยจากสถาบัน MIT ได้ติดตามวิถีการโคจรของดาวเทียมสปุตนิกและสังเกตเห็นว่า สัญญาณวิทยุจากดาวเทียมสปุตนิกจะสูงขึ้นเมื่อดาวเทียมโคจรเข้ามาใกล้ และต่ำลงเมื่อดาวเทียมโคจรห่างออกไป จากข้อเท็จจริงดังกล่าวที่ว่าเราสามารถจะติดตามตำแหน่งของดาวเทียมในขณะโคจรรอบโลกได้จากภาคพื้นดินนั้น จึงเป็นที่มาของสมมุติฐานที่ว่า ในทางกลับกัน เราก็น่าจะสามารถติดตามหรือระบุตำแหน่งของวัตถุใดๆ บนพื้นโลกโดยการใช้สัญญาณวิทยุจากดาวเทียมได้เช่นกัน

ต่อมา ทางประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการพัฒนาดาวเทียมนำร่องออกสู่อวกาศ โดยทางอเมริกาเรียกระบบนี้ว่า Transit ซึ่งประกอบด้วยดาวเทียม 6 ดวงโคจรรอบโลกผ่านขั้วโลก ที่ความสูงประมาณ 1,100 กิโลเมตร โดยใช้สำหรับหาตำแหน่งของเรือเดินสมุทร และเครื่องบิน โดยระบบนี้รัฐบาลอเมริกาอนุญาตให้เอกชนบางรายใช้ในงานสำรวจเท่านั้น โดยยังไม่เปิดให้บุคคลทั่วไปใช้งาน แต่ระบบนี้ก็ใช้งานกันได้ไม่นานนักเนื่องจากการส่งสัญญาณช้าและมีความถูกต้องต่ำ จึงได้เริ่มมีการพัฒนาระบบ GPS เพื่อให้มีการบอกตำแหน่งได้อย่างแม่นยำมากขึ้น โดยได้เริ่มมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องส่งผลทำให้ ระบบ GPS ที่สมบูรณ์ได้ถูกใช้งานเต็มรูปแบบจากดาวเทียม 24 ดวงในกลางปี 1990

2.2 ระบบ GPS

กระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ดำเนินการโครงการ Global Positioning System หรือ "GPS" ขึ้น GPS จะใช้ดาวเทียมจำนวน 24 ดวง โคจรอยู่ในระดับสูงที่พ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลกและวิธีการที่สามารถให้ความถูกต้อง เพียงพอที่จะใช้ชี้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากการนำมาใช้งานจริงจะให้ความถูกต้องสูง โดยที่ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตำแหน่งทางราบต่ำกว่า 50 เมตร และถ้ารังวัดแบบวิธี "อนุพันธ์" (Differential) จะให้ความถูกต้องถึงระดับเซนติเมตร จากการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ u3607 ทำ ให้สามารถผลิตเครื่องรับ GPS ที่มีขนาดลดลง และมีราคาถูกลงกว่าเครื่องรับระบบ TRANSIT เดิมมาก ปัจจุบันมีการนำ GPS มาใช้งานในหลายสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจ อาทิเช่น ภูมิศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สิ่งแวดล้อม ได้แก่ การนำ GPS มาใช้ในการกำหนดขอบเขตและจุดที่แน่นอนของป่าสงวน และอุทยาน ใช้ในการบอกตำแหน่งเพื่อใช้ออกงานวงรอบ (TRAVERS) การใช้ GPS ในการสำรวจภูมิประเทศ

เพื่อทำแผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour) และงานถนนหรือแม้แต่การนำ GPS มาใช้ตรวจสอบรายละเอียด ความถูกต้องของงานโครงข่ายสามเหลี่ยมและงานวงรอบ เป็นต้น ระบบ GPS ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 สถานีฐาน

ในส่วนของสถานีควบคุมจะประกอบด้วย 5 สถานีย่อย ตั้งอยู่ที่เมือง Diego Garcia, Ascension Island, Kwajalein, และ Hawaii ส่วนสถานีควบคุมหลัก 1 สถานี ซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบดาวเทียม GPS ตั้งอยู่ที่เมือง Colorado Springs รัฐ Colorado สหรัฐอเมริกา สถานีควบคุมต่างๆเหล่านี้มีหน้าที่คอยติดต่อสื่อสารกับดาวเทียม ควบคุมการทำงาน รวมถึงวงโคจรของดาวเทียม ทำการคำนวณผล เพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง ส่งข้อมูลที่ได้ไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ทันสมัยอยู่เสมอ และจะคอยตรวจสอบดาวเทียมทุกดวงในระบบ ป้อนคำสั่งควบคุม และป้อนข้อมูล รวมทั้งให้ข่าวสารในการนำร่อง สถานีตรวจสอบภาคพื้นดิน ใช้สายอากาศภาคพื้นดินในการควบคุมดาวเทียม GPS และส่งต่อข้อมูลให้แก่สถานี Master Control เพื่อกำหนดตำแหน่งพิกัดที่แน่นอนของดาวเทียมแต่ละดวง และปรับปรุงความถูกต้องของข้อมูลตลอดเวลา ถ้าดาวเทียมดวงใดเกิดความผิดปกติขึ้น สถานีควบคุมภาคพื้นดิน จะทำการกำหนดสุขภาพดาวเทียมดวงนั้นเป็น "Un- healthy" เพื่อให้ GPS Receiver ทราบว่า ไม่ควรใช้ข้อมูล จากดาวเทียมดวงนี้ ซึ่งเครื่องรับ จะทำการตรวจสอบได้ จากการตรวจสอบสถานะของดาวเทียม และเครื่องจะไม่ทำการ รับข้อมูล จากดาวเทียมดวงดังกล่าว แล้วใช้ดาวเทียมดวงอื่นที่มีความเหมาะสมในการคำนวณตำแหน่งพิกัดแทน ในบางครั้งดาวเทียมอาจถูกปิดใช้งานเพื่อทำการบำรุงรักษา หรืออาจจะถูกปิดเพื่อเปลี่ยนวงโคจร ตามความเหมาะสม

รูป 2.1 ตำแหน่งของสถานีฐาน

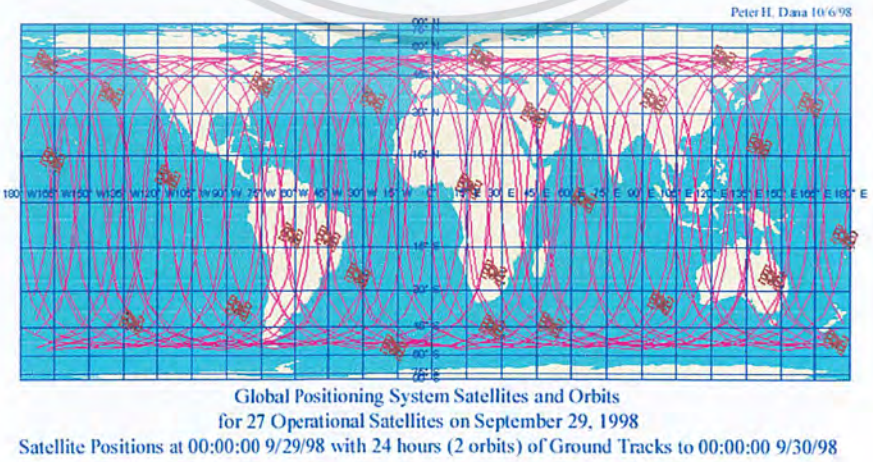
2.2.2 ดาวเทียม GPS

ส่วนของดาวเทียม GPS ในปัจจุบัน(พ.ศ. 2552) จะมาจาก 3 ชาติหลักๆคือ NAVSTAR จากของประเทศอเมริกา มีทั้งหมด 24 ดวง โคจรรอบโลกที่ความเร็ว 12 ชั่วโมงต่อ 1 รอบหรือเคลื่อนที่ผ่านรอบโลก 2 รอบในแต่ละวัน โดยแบ่งเป็น 6 รอบวงโคจร การโคจรจะเอียงทำมุมเอียง 55 องศา กับเส้นศูนย์สูตร (Equator)ในลักษณะสานกันคล้ายลูกตะกร้อ แต่ละวงโคจรมีดาวเทียม 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดวง รัศมีวงโคจรจากพื้นโลก 20,162.81 กม. หรือ 12,600 ไมล์ ดาวเทียมแต่ละดวงใช้เวลาในการโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง Galileo ถูกพัฒนาโดยสหภาพยุโรป ร่วมกับประเทศจีน อิสราเอล อินเดีย โมร็อกโก ซาอุดิอาระเบีย เกาหลีใต้ และยูเครน รวมจำนวน 27 ดวง มีกำหนดเปิดดำเนินการในปี 2553 GLONASS (Global Navigation Satellite System) ที่พัฒนาโดยรัสเซีย Beidou เป็นดาวเทียม GPS ที่กำลังพัฒนาโดยประเทศจีน ดาวเทียมทั้ง 24 ดวงนี้จะมีวงโคจรอยู่ 6 วงโคจรด้วยกัน โดยแบ่งจำนวนดาวเทียมวงโคจรละ 4 ดวง และมีรัศมีวงโคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 20,200 กิโลเมตร (12,600 ไมล์) วงโคจรทั้ง 6 จะเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) เป็นมุม 55 องศา ในลักษณะสานกันคล้ายลูกตะกร้อ ความถี่ที่ใช้ในการบอกตำแหน่งค่าพิกัดของดาวเทียมแต่ละดวงมี 2 ความถี่ คือ ความถี่ L1:1,575.42 MHz และ ความถี่ L2:1,27.60 MHz ในดาวเทียมแต่ละดวง จะมีส่วนประกอบหลักคล้ายคลึงกับดาวเทียมสื่อสารโดยทั่วไป คือ ภาครับสัญญาณ ภาคส่งสัญญาณ ภาคควบคุม และระบบสายอากาศวิทยุ ส่วนพิเศษ ที่มีเฉพาะในดาวเทียม GPS คือ ภาคกำเนิดสัญญาณเวลาความแม่นยำสูง เป็นนาฬิกาอะตอมมิคแบบซีเซียม (Very High Precision Cesium Atomic Clock) ซึ่งได้รับการออกแบบ และผลิต โดยบริษัท Datum Incorporation USA

ภาคกำเนิดสัญญาณเวลาความแม่นยำสูงเป็นหัวใจสำคัญ ที่เป็นตัวกำหนดความแม่นยำถูกต้องในการคำนวณตำแหน่งพิกัดของ GPS Receiver ที่รับสัญญาณบนโลก หากภาคกำเนิดสัญญาณเวลาบนดาวเทียมดวงใดเสื่อมสภาพ หรือไม่มีความแม่นยำเพียงพอ ดาวเทียมดวงนั้นจะถูกปลดออกจากการใช้งาน ตามแผนงานจะมีดาวเทียมโคจรทั้งหมด 24 ดวง และสำรอง 2 ดวง โดยมีการส่งดาวเทียมใหม่เข้าสู่วงโคจรตามระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อชดเชยดาวเทียมที่เสื่อมสภาพ แต่เนื่องจากเทคโนโลยีของดาวเทียม และภาคกำเนิดสัญญาณเวลาความแม่นยำสูงมีการพัฒนาตลอดเวลา ทำให้อายุการใช้งานของดาวเทียมยาวกว่าที่คำนวณไว้ ดาวเทียมจำนวนมากยังอยู่ในภาวะใช้งานได้ปกติ ถึงแม้จะอยู่ในวงโคจรมานานกว่า 8 ปี (อายุไขเฉลี่ยของดาวเทียม) ทำให้ปัจจุบัน มีดาวเทียมอยู่ในวงโคจรที่ใช้งานได้ จำนวนมากกว่า 30 ดวง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน



รูป 2.2 การโคจรของดาวเทียม GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 เครื่องรับสัญญาณ GPS

ในส่วนของผู้ใช้จะมีหน้าที่พัฒนาเครื่องรับสัญญาณให้ทันสมัยและสะดวกแก่การใช้งาน สามารถที่จะใช้ได้ทุกแห่งในโลก และให้ค่าที่มีความถูกต้องสูง ผู้ใช้งานสามารถรับสัญญาณ GPS ได้จากอุปกรณ์หลายๆอย่าง เช่น โทรศัพท์มือถือที่รับสัญญาณ GPS ได้ GPS Receiver (ต่อกับ computer, มือถือ) หรือเครื่อง PNA (Personal Navigation Assistant) หรือเรียกง่ายๆว่า GPS Navigator, GPS ติดรถ หรือ Car GPS

2.2.3.1 ประเภทเครื่องรับสัญญาณ GPS

เครื่องรับสัญญาณ GPS แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือเครื่องประเภทที่สามารถรับดาวเทียมได้ 4 ดวง หรือมากกว่าได้พร้อมกันทีเดียว กับเครื่องที่มีการรับดาวเทียมโดยการเรียงลำดับ และแต่ละกลุ่มยังแบ่งย่อยได้อีก คือ

2.2.3.1.1 เครื่องรับแบบเรียงลำดับสัญญาณดาวเทียม

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

2.2.3.1.2 Continuous Receivers

ได้แก่ เครื่องรับที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันได้ตั้งแต่ 4 ดวงขึ้นไป และสามารถแสดงผลค่าตำแหน่งและความเร็วได้ทันที การรับดาวเทียมได้ทั้ง 4 ดวง พร้อมกับที่มีค่าในการวัดหาในขณะที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งรวดเร็วหรือต้องการความถูกต้องสูง ดังนั้นเครื่องแบบนี้จึงนำมาใช้ในงานรังวัดและทางด้านวิทยุ ซึ่งจะพบว่าจะมีช่องรับสัญญาณทั้ง 4,5,8 10 และ 12 ช่อง นอกจากข้อดีที่ใช้วัดตำแหน่งอย่างต่อเนื่องได้แล้ว เครื่องรับ GPS แบบหลายช่องสามารถช่วยขจัดปัญหา GDoP ได้ด้วย คือ แทนที่จะรับดาวเทียม 4 ดวงใดก็ได้ จะคำนวณหาค่า GDoP ดาวเทียม 4 ดวงของกลุ่มดาวเทียมที่ขึ้นอยู่ และทำการวัดจากดาวกลุ่มที่มีค่า GDoP ต่ำสุด เครื่องรับ 4 ช่องสัญญาณ สามารถให้ค่า Signal to Noise Ratio เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของเครื่อง 2 ช่อง และเป็น 4 เท่าของเครื่องรับแบบช่องเดียว และโดยการเปรียบเทียบค่าการรับของแต่ละช่อง เครื่องสามารถปรับตั้งค่าพิกัดเทียมระหว่างช่องรับสัญญาณ ซึ่งช่วยทำให้การวัดมีความถูกต้องดีขึ้น นอกเหนือจากข้อดี ข้อเสียที่กล่าวแล้ว ยังมีข้ออื่นมาพิจารณาอีกคือ มีเครื่องแบบใหม่สามารถได้ค่าความถูกต้องสูงมาก โดยการใช้ทั้งรหัส Pseudo Random และใช้ความถี่ของคลื่นพาห์ (Carrier Frequency) ซึ่งทำให้เครื่องรับทำงานมีความเที่ยงสูง ที่รหัส Pseudo Random ไม่สามารถให้ได้ และใช้ในการวัดหาเวลาได้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งช่วยในการบอกตำแหน่งได้ดีขึ้นด้วย และมีบางเครื่องที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องใส่ค่าประมาณตำแหน่งและเวลา โดยประมาณให้เครื่องก่อนทำการวัด เครื่องรับแบบนี้ใช้ตัวเองใส่ค่าเริ่มตำแหน่งได้โดยตัวเอง ข้อที่ควรพิจารณา คือ การต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นและความสะดวกบางเครื่องแสดงได้เฉพาะพิกัดภูมิศาสตร์ บางเครื่องไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องมืออื่นหรือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (PC) ได้ และข้อใหญ่ที่ต้องพิจารณา ความแข็งแรงทนทานถ้าต้องใช้เครื่องทำงานในพื้นที่ทะเล หรือในพื้นที่ป่าเขา การใช้ไฟและความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นตัวชี้สำคัญที่จะต้องเอาใจใส่ ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าอัตราของค่าความผิดพลาดจะเพิ่มเป็นสองเท่าของความร้อนในเครื่อง เพิ่มทุก 7 องศาฟาเรนไฮต์ เครื่องรับรุ่นใหม่ปัจจุบันได้เพิ่มคุณค่าให้แก่เครื่องรับ GPS อีกหลายประการ เช่น ใช้การประมวลผลที่ซับซ้อน แสดงผลด้วยจอภาพรายละเอียด เครื่องรับ GPS อาจแสดงจุดตำแหน่งบนแผนที่ที่ได้วาดไว้แล้วให้เห็นทันที

2.2.3.2 ประเภทของเครื่องรับจีพีเอส ตามลักษณะการใช้งาน

เครื่องรับจีพีเอส แบ่งออกเป็นสามชนิดตามลักษณะการใช้งาน ได้ดังนี้

2.2.3.2.1 สำหรับการใช้งานทั่วไป (Consumer-Grade Receiver)

คือ อันที่เราใช้กันอยู่ในการนำทางแทนแผนที่กระดาษ เครื่องรับชนิดนี้ทำงานที่คลื่นความถี่ L1 (1.575 GHz) และใช้รหัส C/A ซึ่งเปิดให้คนทั่วไปใช้โดยเสรี และไม่เสียค่าใช้จ่าย เครื่องรับชนิดนี้สามารถระบุตำแหน่ง (พิกัด) ได้เที่ยงตรงภายในระยะทาง 4-20 เมตร (ไม่มีการชดเชยความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีอื่นๆ) เครื่องรับที่ไม่ได้มีการแก้ไขความคลาดเคลื่อนนี้เรียกว่า Autonomous Receiver เครื่องรับจีพีเอสทุกรุ่นทุกยี่ห้อที่เราใช้กันอยู่ในไทยเป็นชนิดนี้ทั้งหมด

2.2.3.2.2 สำหรับงานทำแผนที่และภูมิสารสนเทศ (Mapping & GIS)

เครื่องรับแบบนี้ใช้แต่ความถี่ L1 แต่เพิ่มความเที่ยงตรงโดยการใช้สัญญาณนาฬิกาความเที่ยงตรงสูง เมื่อเทียบกับสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในเครื่องรับ Consumer-Grade ซึ่งมีสัญญาณนาฬิกาชนิดที่ใช้ในอุปกรณ์ดิจิตอลทั่วไป เช่น คอมพิวเตอร์, Pocket PC ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนสูงเมื่อเทียบกับ atomic clock เครื่องรับสำหรับงานทำแผนที่และสารสนเทศนี้จะให้ความเที่ยงตรงภายใน +/- 10 ซม.

2.2.3.2.3 สำหรับการใช้งานสำรวจ (Survey-Grade Receiver)

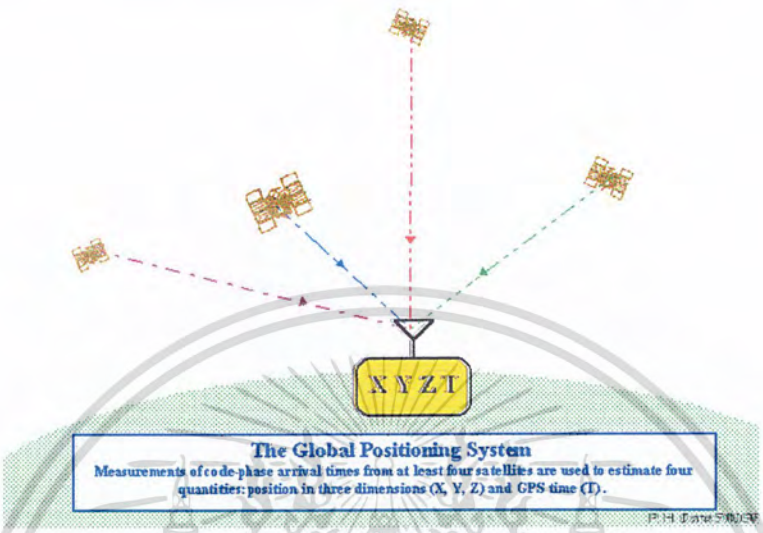
เครื่องรับชนิดนี้ใช้ในกิจการทำรังวัด และการสำรวจอื่นๆที่ต้องการความเที่ยงตรงสูงมากๆ ใช้ทั้งคลื่นความถี่ L1 และ L2 (1.228 GHz) ที่ใช้ในกิจการทหาร ความถี่ L2 นี้จะช่วยลดผลกระทบจากการเดินทางของสัญญาณผ่านชั้นบรรยากาศชั้นสูง (ความถี่ยิ่งสูงจะยิ่งถูกลดทอนความแรงได้ง่าย) เครื่องรับชนิดนี้ให้ความเที่ยงตรงสูงมาก (น้อยกว่า +/- 1 ซม.) และราคาก็สูงมากตามไปด้วย

2.2.4 การทำงานของ ดาวเทียม GPS

ดาวเทียม GPS นี้ จะส่งสัญญาณคลื่นวิทยุความถี่ต่ำในรูปของสัญญาณนาฬิกาที่ความถี่ 0.000000003 ต่อวินาทีลงมายังเครื่องรับสัญญาณ GPS ที่พื้นโลก โดยแบ่งเป็น 2 ระบบคือ L1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ความถี่ 1575.42 MHz) และ L2 (ความถี่ 1227.60 MHz) สำหรับประชาชนผู้ใช้ GPS ทั่วไปจะรับสัญญาณ L1 แบบ UHF band โดยสัญญาณที่ส่งลงมาจากดาวเทียมจะเป็นแบบเส้นตรง สามารถที่จะส่งทะลุชั้นบรรยากาศ กระจก และพลาสติก แต่ไม่สามารถผ่านอาคารสิ่งปลูกสร้าง หรือภูเขาได้



รูป 2.3 การรับสัญญาณดาวเทียม GPS

2.2.5 หลักการทำงานเครื่อง GPS

หลักการของเครื่อง GPS คือ การคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับอุปกรณ์รับ GPS โดยจะต้องทราบตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง ประกอบกับได้ระยะทางจากดาวเทียม 3 ดวง ขึ้นไปแล้ว อุปกรณ์ GPS ก็จะสามารถคำนวณหาจุดตัดกันของผิวทรงกลม ของระยะทางของดาวเทียม GPS แต่ละดวงได้

ดังนั้น ในทางทฤษฎี สิ่งที่อุปกรณ์ GPS จำเป็นต้องทราบในการคำนวณหาตำแหน่งแต่ละครั้ง คือ

1) ตำแหน่ง ดาวเทียม GPS ในอวกาศ อย่างน้อย 3 ดวง
2) ระยะห่างจาก ดาวเทียม GPS แต่ละดวง

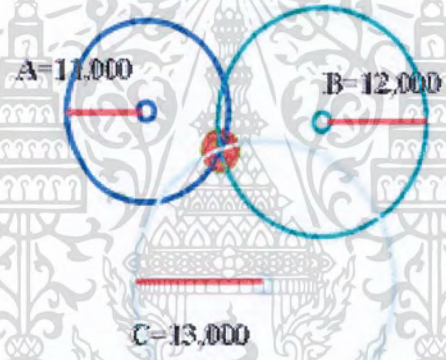
2.2.6 การทำงานของระบบ GPS

หลักการพื้นฐานของGPSเป็นเรื่องง่ายๆ แต่อุปกรณ์ของเครื่องมือถูกสร้างขึ้นด้วยวิทยาการขั้นสูง ซึ่งการทำงานของ GPS คือ

อาศัยหลักพื้นฐานของ GPS:SatellitesTriangulation หลักการอาศัยตำแหน่งของดาวเทียมในอวกาศเป็นจุดอ้างอิง เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการค้นหาตำแหน่งด้วยดาวเทียม ต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง เพื่อบอกตำแหน่งบนผิวโลก ซึ่งระยะห่างจากดาวเทียมทั้ง 3 กับเครื่อง GPS (ที่จุดสีแดง) จะสามารถระบุตำแหน่งบนผิวโลกได้หากพื้นโลกอยู่ในแนวระนาบแต่ในความเป็นจริงพื้นโลกมีความโค้งเนื่องจากสัณฐานของโลกมีลักษณะกลม ดังนั้นดาวเทียมดวงที่ 4 จะทำให้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณเรื่องความสูงเพื่อทำให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องมากขึ้น และใช้หลักการทางเรขาคณิตในการคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นโลก GPS จะต้องหาระยะระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับ GPS ดาวเทียมจะเป็นเหมือนหมุดหลักฐานสำหรับการวัดระยะ สิ่งที่ต้องรู้เพื่อใช้ในการคำนวณ คือ ตำแหน่งดาวเทียมดวงนั้นเพื่อให้ได้ระยะทางที่ถูกต้อง สมมติว่าอยู่ห่างจากดาวเทียม A 11,000 ไมล์ ขณะเดียวกันหาได้ว่าระยะจากดาวเทียม B 12,000 ไมล์ ดังนั้นตำแหน่งจึงอยู่ที่ทรงกลมที่มีศูนย์กลางที่ดาวเทียม A กับดาวเทียม B รัศมี 11,000 ไมล์ และ 12,000 ไมล์ ตัดกัน ดังนั้น ถ้าได้ระยะจากดาวเทียมดวงที่ 3 จะบอกตำแหน่งได้แน่นอนยิ่งขึ้น เช่น รู้ว่าระยะจากดาวเทียม C 13,000 ไมล์ จะบอกตำแหน่งที่ทรงกลมตัดกันเพียง 2 จุดเท่านั้น วัดหาระยะดาวเทียมดวงที่ 4 หรือจากการวัดระยะดาวเทียม 3 ดวง จะสามารถบอกตำแหน่งได้เลย เพราะ 2 ค่าที่ได้จะมีอยู่หนึ่งค่าที่ไม่เป็นจริง เพราะอยู่ห่างจากโลกมาก ในกรณีที่รู้ค่าความสูงของตำแหน่งที่วัดแน่นอน เช่น ในทะเล ไม่จำเป็นที่จะต้องวัดดาวเทียมดวงที่ 4 เครื่องมือรังวัดบางเครื่องจะให้เลือกใช้วัดแบบ 2D คือ พิกัดราบอย่างเดียว แต่ถ้าต้องการได้ตำแหน่ง 3D ต้องวัดจากดาวเทียม 4 ดวง

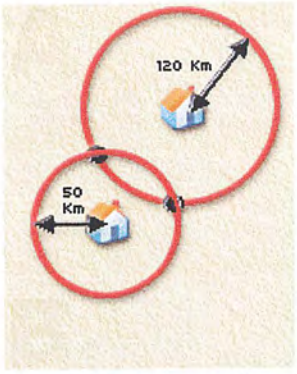


รูป 2.4 การหาจุดตัวของของดาวเทียม

รูป 2.5 การพิกัดจากดาวทียม1 ดวง

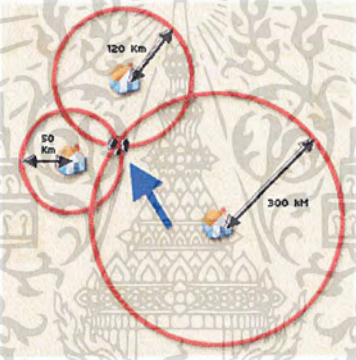
จากรูป จะเห็นได้ว่า หากรับสัญญาณ GPS จากดาวเทียมได้เพียงดวงเดียว จะได้พิกัดในลักษณะเป็นวงกว้าง ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.6 การพิกัดจากดาวทียม2ดวง

จากรูป เมื่อรับสัญญาณ GPS จากดาวเทียมได้ 2 ดวง จะทำให้สามารถระบุพิกัดได้ แต่จะมีพิกัดจำนวน 2 จุดที่เกิดจากการตัดกันของสัญญาณGPS จากดาวเทียม2ดวง ซึ่งก็ยังไม่สามารถระบุตำแหน่งที่ชัดเจนได้



รูป 2.7 การพิกัดจากดาวทียม3ดวง

จากรูป จะสามารถระบุพิกัดบนพื้นโลกได้อย่างชัดเจน เนื่องจากเครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถรับสัญญาณ จากดาวเทียมได้ 3 ดวง ทำให้ตัวเครื่องสามารถคำนวณหาพิกัด ซึ่งเกิดโดยจุดตัดจากสัญญาณดาวเทียม ทั้ง 3 ดวงได้ ดังนั้นการแสดงพิกัดที่ถูกต้อง ตัวเครื่องที่ใช้รับสัญญาณ GPS จะต้องรับสัญญาณ จากดาวเทียม GPS ได้อย่างน้อย 3 ดวงขึ้นไป

วัดระยะทางระหว่างเครื่องรับ GPS กับดาวเทียม GPS โดยการวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางจากดาวเทียมสู่เครื่องรับใช้เวลาเดินทางของคลื่นวิทยุ สูตร ระยะทาง = ความเร็ว x เวลาที่ใช้เดินทาง การวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุส่งจากดาวเทียมมายังเครื่องรับ GPS คูณด้วยความเร็วของคลื่นวิทยุจะเท่ากับระยะทางที่เครื่องรับอยู่ห่างจากดาวเทียม โดยเวลาที่วัดได้มาจากนาฬิกาของดาวเทียมที่มีความแม่นยำสูงมีความละเอียดถึงนาโนวินาที และมีการสอบทวนเสมอๆกับสถานีภาคพื้นดินคลื่นวิทยุ : ความเร็ว = 186,000 ไมล์ต่อนาทีการวัดระยะเวลาในการเดินทาง คือ โดยการเทียบกันของคลื่นสัญญาณที่ดาวเทียมส่งมา กับคลื่นสัญญาณที่เครื่องรับ GPS ส่งมา ส่วนคลื่นที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการส่งจะเป็น Pseudo Random Noise Code

จากการที่ GPS ต้องรู้ระยะทางจากเครื่องรับถึงดาวเทียม จึงต้องมีวิธีการหาระยะ วิธีการหาระยะใช้สมการง่ายๆ คือ อัตราความเร็วคูณด้วยเวลา ตัวอย่างเช่น ถ้ารถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. เวลา 2 ชม. รถยนต์จะเคลื่อนที่ได้เป็นระยะทางเท่าใด การคิดใช้ความเร็ว (60 กม./ชม.) ได้ระยะทาง (120 กม.) ระบบ GPS ทำงานเพื่อหาว่าสัญญาณวิทยุที่ส่งมาจากดาวเทียมจนถึงเครื่องรับใช้เวลาเดินทางนานเท่าใด แล้วนำเวลาที่หาได้มาคำนวณระยะทาง คลื่นวิทยุเดินทางด้วยความเร็วแสงคือ 186,000 ไมล์ต่อวินาที ดังนั้นถ้ารู้เวลาแน่นอนที่ดาวเทียมเริ่มปล่อยสัญญาณวิทยุ และเวลาที่เริ่มรับสัญญาณนั้นได้ จะได้เวลาที่คลื่นวิทยุเดินทาง ทำเวลาเป็นวินาทีคูณกับ 186,000 ไมล์ จะได้ระยะทางจากเครื่องรับถึงดาวเทียม ต้องได้ระยะเช่นนี้ 3 ค่า จากดาวเทียม 3 ดวง จึงจะนำมาหาตำแหน่งได้ เมื่อเป็นเช่นนี้ แน่นอนนาฬิกาจะต้องเป็นนาฬิกาที่ดีมาก เพราะเวลาที่วัดได้จะต้องน้อยมากเพราะแสงเดินทางเร็วมาก โดยปกติถ้าดาวเทียมดวงที่ส่งสัญญาณอยู่เหนือศีรษะพอดีเวลาที่คลื่นวิทยุ จะใช้เวลาเดินทางถึงเพียง 0.06 วินาที เท่านั้น

ด้วยเหตุนี้ GPS จึงได้นำเอาวิวัฒนาการทางอิเล็กทรอนิคส์มาใช้เพื่อให้ได้ความถูกต้องของเวลาในระดับที่ GPS ต้องการ ต้องใช้นาฬิกาอิเล็กทรอนิคส์ที่มีราคาแพงมาก ซึ่งให้เวลาที่ละเอียดถูกต้องสูง แต่ GPS จำเป็นต้องรู้เวลาที่ละเอียดยิ่งกว่ามาก นาฬิกาดาวเทียมจะอ่านเวลาได้เป็นนาโนเซคกัน หรือ 0.000000001 วินาที จะรู้เวลาที่สัญญาณเริ่มส่งจากดาวเทียมได้อย่างไร เคล็ดลับที่สำคัญในการหาเวลาการเดินทางของคลื่นวิทยุ คือ ต้องรู้ว่าเวลาที่แน่นอนที่สัญญาณเริ่มออกเดินทางจากดาวเทียม ผู้ออกแบบเครื่อง GPS ใช้หลักการจำลองแบบสัญญาณที่ส่งจากดาวเทียม และสัญญาณที่อยู่ในเครื่องรับให้เป็นแบบเดียวกัน ดังนั้นเครื่องทั้งสองจะต้องสร้างรหัสในเวลาที่ตรงกัน (Pseudo Random Code) ดังนั้นสิ่งที่ต้องกระทำคือการรอรับรหัสที่ดาวเทียมปล่อยออกมาและมองย้อนกลับไปว่าเครื่องได้เริ่มสร้างรหัสที่มีรูปเหมือนกันแล้วเป็นเวลานานเท่าใด เวลาที่แตกต่างก็คือเวลาที่คลื่นวิทยุใช้เดินทางมาถึงเครื่องรับ ข้อดีของการใช้รหัสที่ส่งเป็นชุดหรือตัวเลขหลายตัวเราสามารถเปรียบเทียบหาตรงเวลาใดก็ได้ตามต้องการ ไม่จำเป็นต้องใช้เลขหนึ่งอย่างเดียว ใช้ตัวเลขคู่ใดก็ได้ รหัส Pseudo Random ใน GPS ไม่ใช่ตัวเลขตามตัวอย่างที่กล่าวมาทั้งในดาวเทียมและเครื่องรับจะสร้างชุดรหัส เชิงตัวเลขที่ซับซ้อน การที่ต้องสร้างให้ซับซ้อนก็เพื่อสามารถนำรหัสทั้งสองมาเปรียบเทียบกันได้ ง่ายและไม่วุ่นวายและยังมีเหตุผลทางวิชาการประกอบด้วย รหัสซ้ำซ้อนนี้ทำให้มองเห็นเหมือนคลื่นวิทยุที่ต่อเนื่องกัน

การวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางของ GPS จะต้องใช้นาฬิกาที่แม่นยำ มาก ถ้า PRN CODE จากดาวเทียมมีข้อมูลเวลาที่คลื่นเริ่มออกเดินทางจากดาวเทียม เมื่อคลื่นสัญญาณจากดาวเทียม และคลื่นสัญญาณจากเครื่องรับ GPS สมวารกัน (Synchronize) และจะต้องใช้ Atomic Clock ในการวัดเวลา ส่วนเวลาที่ใช้ในการเดินทางจะสั้นมาก ประมาณ 0.06 วินาที คือเวลาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับ GPS * เวลาของดาวเทียม ส่วนการบอกตำแหน่ง GPS ยังเป็นเวลาที่มีความแน่นอนถึง 10 นาโนวินาทีหรือดีกว่า

แสงเดินทางด้วยความเร็ว 186,000 ไมล์/วินาที จะเกิดอะไร ถ้าเครื่องรับนับเวลาคลาดไป 1/100 วินาที ผลคือการวัดจะผิดไปถึง 1,860 ไมล์ และจะรู้ได้อย่างไรว่าเครื่องรับและดาวเทียมได้สร้างรหัสตรงเวลาเดียวกันหรือไม่ ปัญหานี้สามารถอธิบายได้คือ ในดาวเทียมใช้นาฬิกาอะตอม ซึ่งจะให้เวลาที่ถูกต้อง ในดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาอะตอมนี้ติดตั้งอยู่ถึง 4 เครื่อง ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าจะต้องใช้เวลาจากนาฬิกาเครื่องใดเครื่องหนึ่งอย่างแน่นอน นาฬิกาอะตอมไม่ได้เดินด้วยพลังงานอะตอม ที่ให้ชื่ออะตอมเพราะว่าใช้การวัดจังหวะจากอนุภาคของสารเฉพาะ เหมือนเครื่องเคาะจังหวะ อะตอมนี้จะให้เวลาที่แน่นอนและถูกต้องที่สุดที่มนุษย์ได้ประดิษฐ์มา ดังนั้นถ้านาฬิกาบอกเวลาเที่ยง 12.00 น. จะหมายถึงเวลาเที่ยง 12.00 จริง โชคดีที่มีวิธีให้หาเวลาได้ถูกต้องใช้งานได้ทั้งที่เครื่องรับ GPS ติดนาฬิกาที่มีความถูกต้องธรรมดาเท่านั้น และวิธีนั้นคือ จะต้องทำงานวัดระยะจากดาวเทียม สำหรับกรณีนี้เพิ่มอีกหนึ่งดวงเพื่อใช้ในการปรับแก้เวลาของเครื่องรับที่ไม่ สมบูรณ์ ซึ่งเป็นเพียงแนวคิดที่ธรรมดา เป็นฐานข้อมูลของการทำงานของเครื่อง GPS จะแสดงให้เห็นว่าการวัดระยะจากดาวเทียมเพิ่มอีกหนึ่งดวงช่วยได้อย่างไร

สมมติว่า นาฬิกาในเครื่องรับส่วนใหญ่เป็นควอทซ์ไม่เที่ยงตรงเท่ากับนาฬิกาอะตอม สมมตินาฬิกาเครื่องรับเดินช้า 1 วินาที ดังนั้นตัวเครื่องบอกเวลาเที่ยง เวลาจริงจะเป็น 12:00:01 น. ปกติจะใช้หน่วยวัดระยะไมล์หรือกิโลเมตร แต่เนื่องจากระยะทางคำนวณจากเวลา ดังนั้นจะใช้เวลาแทนระยะทาง ซึ่งจะช่วยให้เห็นความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาได้ชัดขึ้น สมมุติความจริงอยู่ห่างจากดาวเทียม A เป็นเวลา 4 วินาที และห่างจากดาวเทียม B เป็นเวลา 6 วินาที ในแบบรูปสองมิติ หาเส้นตัดกันได้ สมมุติตัดกันได้ X ดังนั้นที่ X คือตำแหน่งที่อยู่จริงซึ่งควรจะได้ ถ้านาฬิกาทำงานถูกต้อง แต่ถ้านาฬิกาเครื่องรับช้าไป 1 วินาที เครื่องรับจะบอกระยะจาก A 5 วินาที และระยะจากดาวเทียม B 7 วินาที และมีเส้นตัดกันที่จุด XX ดังนั้น ที่ XX ตำแหน่ง ที่เครื่องรับจะบอกเวลา และถ้าไม่มีวิธีที่จะรู้ว่าเครื่องรับเดินช้า ก็ต้องถือว่าตำแหน่งที่ได้ถูกต้องแล้ว แต่ระยะที่ได้อาจคลาดเคลื่อนเป็นกิโลเมตรก็ได้ และจะรู้ว่าไม่ถูกต้องก็เมื่อเดินตามที่เครื่องบอกแล้วจุดนั้นไม่ตรง กับความเป็นจริง เช่น เข้าไปในภูเขาหิน แต่ในการคำนวณจะไม่แสดงให้รู้ได้เลย ตามหลัก วิชาตรีโกณเพื่อหาตำแหน่ง ต้องวัดระยะทางเพิ่มอีกหนึ่งเส้นตามรูปสองมิติที่แสดงเป็นระยะจากดาวเทียม เป็นดวงที่สาม สมมติว่าถ้าระยะจริงจากดาวเทียม C 8 วินาที จะเห็น วงกลมทั้ง 3 วงตัดกันตามรูป ต่อไปขอให้เพิ่มระยะทางของรัศมีแต่ละวงอีกหนึ่งวินาทีตามค่าช้าของนาฬิกา แสดงในรูปด้วยเส้นประจะเป็นระยะเทียม (Pseudo Range) ที่เกิดจากการที่นาฬิกาเดินช้า คำว่า Pseudo Range ที่ใช้ในวงกลม GPS เพื่อบอกว่าระยะนั้นยังมีค่าผิดพลาดอยู่ (ปกติค่าความผิดพลาดเกิดจากเวลา) จากภาพจะสังเกตเห็นว่า วงกลมจากดาวเทียม A ดาวเทียม B ตัดกันที่จุด XX แต่วงกลมจากดาวเทียม C จะไม่ตัดตรงจุดเดียวกัน ดังนั้นจึงไม่มีจุดที่จะเกิดขึ้นได้จริง จากการที่ระยะห่างจากดาวเทียม A 5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียม B 7 วินาที และดาวเทียม C 9 วินาที ภายในเครื่องรับ GPS จะมีโปรแกรมที่จะนำเอาชุดของการวัดที่ไม่สมบูรณ์มาคำนวณ และหาค่าที่นาฬิกาเดินคลาดเคลื่อนมาปรับแก้ให้ถูกต้อง ดังนั้น คอมพิวเตอร์จะเริ่มทำการลบ (หรือบวก) เวลา ให้กับทุกๆการวัดโดยเท่าๆกัน จนกว่าจะได้ค่าคำตอบที่ทุกๆระยะมาตัดกันที่ตำแหน่งเดียวกัน ด้วยโปรแกรมจะพบว่าโดยการลบเวลาหนึ่งวินาทีออกจากระยะที่วัดได้ จะทำให้วงกลมทั้งสามตัดกันที่จุดเดียวกัน จึงได้ว่านาฬิกาเดินช้าไป 1 วินาที ความจริงในการคำนวณหาคำตอบในคอมพิวเตอร์ใช้การหาจากสมการพิชคณิต 4 สมการ สำหรับหาค่าที่ต้องการรู้ 4 ค่า นั่นเอง และก็จะได้ค่าที่ต้องแก้เวลาของนาฬิกาได้ แนวคิดก็เหมือนเดิมคือการที่รับสัญญาณจากดาวเทียมเพิ่มอีกหนึ่งดวง สามารถขจัดความคลาดเคลื่อนของเวลาที่เกิดจากนาฬิกาเดินไม่ถูกต้องได้ การวัดหาค่าแบบ 3 มิติ ต้องการใช้ดาวเทียม 4 ดวง แบบ 3 มิติ ได้ค่าการวัดถึง 4 ค่าเพื่อจะได้กำจัดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพราะว่าเวลาทำงานจะต้องตรวจดูเวลาในตารางดาวเทียมเพื่อสามารถวัดหาตำแหน่งได้ถูกเวลานั้นต้องมีดาวเทียมขึ้นอยู่อย่างน้อย 4 ดวง ระบบ GPS เมื่อการปล่อยดาวเทียมครบถ้วนก็จะมีดาวเทียมใช้งานได้ 24 ดวง ดังนั้น จะมีดาวเทียมมากกว่า 4 ดวง บนท้องฟ้าเสมอทุกตำแหน่ง ตอนที่ดาวเทียม GPS ยังไม่ปล่อยให้ครบ บางคนใช้ GPS ผสมกับระบบอื่นๆ เช่น ระบบ LORAN ซึ่งจะให้ความถูกต้องใกล้เคียงกับ GPS การทำเช่นนี้โดยการใช้ดาวเทียม GPS เป็นจุดบังคับให้ ระบบ LORAN การออกแบบเครื่องรับ GPS จะต้องทำให้สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้ 4 ดวงด้วย โดยมีหลักอยู่ว่า ถ้าต้องการให้เครื่องแสดงผลการวัดต่อเนื่องและเป็นแบบทันทีทันใด (Real Time) เครื่องรับต้องมีช่องรับสัญญาณ 4 ช่อง โดยช่องรับสัญญาณหนึ่งช่องจะรับสัญญาณจากดาวเทียมแยกแต่ละดวงจึงสามารถรับสัญญาณ 4 ดวง ในเวลาพร้อมกันได้ ในการใช้งานบางครั้งก็ไม่ต้องการความถูกต้องและแสดงผลรวดเร็วทันที กรณีนี้ เรื่องรับสัญญาณช่องเดียวอาจเป็นการเพียงพอ เครื่องรับที่มีช่องรับสัญญาณช่องเดียวจะทำการรับดาวเทียม 4 ดวงได้โดยการจัดลำดับเรียงการรับสัญญาณจากดาวเทียมจนครบ 4 ดวง แล้วจึงนำค่ามาคำนวณผลเวลาที่ใช้ในการรับและการคำนวณนี้อาจใช้เวลาระหว่าง 2-30 วินาที ซึ่งในบางครั้งก็เร็วพอเพียงแล้ว แต่เครื่องรับประเภทนี้จะทำงานในการหาความเร็วได้ไม่ดี การใช้หาความเร็วเป็นการใช้ประโยชน์อย่างหนึ่งของเครื่อง GPS เครื่อง GPS สามารถแสดงความเร็วในการเดินทางได้ถูกต้องมาก และในขณะที่ทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมอยู่นั้น ถ้าเครื่องรับมีการเคลื่อนไหว เครื่องรับประเภท 1 ช่องสัญญาณมีผลทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้มาก ข้อเสียอีกประการหนึ่งของเครื่องรับสัญญาณช่องเดียวเกิดขึ้น เมื่อดาวเทียมส่งรายงานสภาพระบบ (System Condition Message) สำหรับการเปลี่ยนรับดาวเทียมดวงใหม่ ซึ่งต้องใช้เวลาติดต่อถึง 30 วินาที ขณะนั้นจะทำให้เครื่องไม่สามารถทำงานคำนวณบอกทิศทางได้ ที่นิยมใช้ก็คือเครื่องรับที่มี 2 ช่องรับสัญญาณ ช่องหนึ่งจะทำการวัดคำนวณหาเวลา ในขณะที่อีกช่องหนึ่งพยายามจับคลื่นวิทยุจากดาวเทียมดวงต่อไปที่จะทำการวัด เมื่อช่องแรกวัดเสร็จก็สามารถเปลี่ยนไปรับสัญญาณดาวเทียมดวงใหม่ได้ทันทีโดย ไม่ต้องเสียเวลาในการค้นหาและรับสัญญาณดาวเทียมอีกช่องที่สองจึงทำหน้าที่คล้ายกับผู้ดูแล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำความสะอาดบ้าน และค้นหาดาวเทียมดวงต่อไปที่จะรับสัญญาณต่อและเมื่อไม่ใช้สำหรับการจับดาวเทียม ช่องที่สองก็สามารถทำงานในการวัดหาเวลาได้เช่นเดียวกัน วิธีการสองช่องรับสัญญาณนี้ช่วยให้การรับสัญญาณเรียงดาวเทียมได้เร็วขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และวิธีนี้เครื่องสามารถแสดงตำแหน่งที่คำนวณได้เร็ว ซึ่งเรียกว่าการ Updating Position ประโยชน์อีกประการหนึ่งคือ เครื่องรับสองช่องสามารถให้โปรแกรมรับดาวเทียมมากกว่า 4 ดวงก็ได้ ดังนั้น ในขณะทำงานบอกทางอาจมีดาวเทียมดวงหนึ่งดวงใดรับสัญญาณขาดหายไป จะสามารถใช้ดาวเทียมนี้สำรองใช้แทนโดยไม่ให้การนำทางขาดตอน

ต้องรู้ตำแหน่งของดาวเทียม GPS ที่แน่นอนในอวกาศ วงโคจรสูงมากประมาณ 11,000 ไมล์วงโคจรอาจคลาดเคลื่อน (Ephemeris Errors) เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์

ตามที่กล่าวมาทั้งหมด สมมติว่ารู้ตำแหน่งของดาวเทียมมาแล้ว จึงสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมขึ้นมาได้ แต่จะรู้ตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่สูงถึง 11,000 ไมล์ ได้อย่างไร ความสูงเช่นนี้จะไม่ทำให้มีคลื่นรหัสจากโลกไปรบกวนได้ วัตถุที่อยู่สูงขึ้นไปเช่นนี้ผ่านพ้นจากชั้นบรรยากาศของโลก หมายความว่าวงโคจรดาวเทียมรอบโลกแสดงได้ด้วยสมการคณิตศาสตร์ธรรมดาเหมือนกับดวงจันทร์ที่หมุนรอบโลกเป็นเวลาล้านๆปี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดาวเทียม GPS เดินตามวงโคจรตามแนวที่กำหนดไว้แน่นอนกองทัพอากาศสหรัฐมีหน้าที่นำดาวเทียมเข้าสู่วงโคจรตามแผนที่กำหนดไว้ในโครงการ และเนื่องจากในอวกาศว่างเปล่าไม่มีแรงเสียดทาน ดาวเทียมก็จะโคจรอยู่ในวงที่แน่นอนตามกำหนด วงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว และเครื่องรับ GPS สามารถรับตารางดาวเทียม (Almanac) ไว้ในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ได้ ตารางดาวเทียมจะบอกได้ว่าในท้องฟ้าจะมีดาวเทียมดวงไหนขึ้นลงเวลาใดบ้าง มีการติดตามการโคจรของดาวเทียมทุกดวงอย่างสม่ำเสมอแน่นอน สมการวงโคจรของดาวเทียมจะต้องถูกต้องตามตัวเลขของตัวเองอยู่แล้ว แต่เพื่อให้ทุกอย่างถูกต้องสมบูรณ์ กระทรวงกลาโหมสหรัฐจึงต้องทำการติดตามการโคจรของดาวเทียมทุกดวงอย่างสม่ำ เสมอการที่ต้องติดตามดาวเทียมนี้เป็นเหตุผลหนึ่ง ที่ทำให้ต้องสร้างดาวเทียม GPS ให้หมุนเร็วกว่าการหมุนของโลก ดาวเทียมหมุนรอบโลกทุก 12 ชั่วโมง และจะโคจรผ่านสถานีติดตามดาวเทียมของ DoD วันละ 2 ครั้ง ซึ่งทำให้สถานีติตตามนี้สามารถวัดความสูง ตำแหน่ง และความเร็วของดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง ความแปรเปลี่ยนของวงโคจรที่สถานีติดตามค้นหาก็คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของอีฟีเมอริส (Ephemeris Error) ปกติจะมีขนาดน้อยมาก โดยเกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ และเกิดจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่มีต่อดาวเทียม เมื่อ DoD วัด หาตำแหน่งดาวเทียมได้ ค่าตำแหน่งใหม่นี้ก็จะถูกส่งกลับเข้าไปบันทึกไว้ในดาวเทียมอีก ดาวเทียมดวงนั้นก็จะส่งค่าแก้นี้พร้อมกับข่าวสารเวลาให้เครื่องรับ ข้อสำคัญคือดาวเทียม GPS ไม่เพียงแต่ส่งรหัส Pseudo Random สำหรับการหาเวลาเท่านั้น แต่ส่งข่าวสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117375

เกี่ยวกับตำแหน่งของวงโคจรและค่าความสมบูรณ์ของระบบด้วยเครื่องรับ GPS ใช้ข่าวสารข้อมูลนี้ควบคู่กับข้อมูลตารางดาวเทียมในเครื่องรับ ในการคำนวณตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียม

ต้องแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเดินทางของคลื่นวิทยุมาสู่โลก เมื่อทราบแล้วว่าในระบบ GPS ได้ จัดทำทุกส่วนให้ได้ความถูกต้อง เช่น ใช้นาฬิกาอะตอมในดาวเทียม และมีการวัดระยะเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งระยะเพื่อใช้ขจัดความคลาดเคลื่อนของนาฬิกา ในเครื่องรับ และข้อความส่งจากดาวเทียมจะมีรายงานค่าปรับแก้วงโคจรทุกนาที แต่ก็ยังมีสาเหตุของความคลาดเคลื่อนอีกสองสามประการที่กำจัดได้ยาก ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดเห็นได้ชัดที่สุด เกิดจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งเป็นชั้นของอนุภาคประจุไฟฟ้า อยู่สูงจากโลกระหว่าง 80-120 ไมล์ อนุภาคเหล่านี้มีผลต่อความเร็วของแสง และความเร็วของสัญญาณวิทยุจากดาวเทียม GPS เช่นกัน บางคนอาจคิดว่าความเร็วของแสงเป็นค่าคงที่อยู่ตลอดเวลา แต่แสงเดินทางด้วยความเร็วคงที่เมื่ออยู่ในสูญญากาศซึ่งอยู่ในชั้นอวกาศที่สูงมาก แต่เมื่อแสงหรือสัญญาณวิทยุเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่น เช่น ชั้นที่มีอนุภาคประจุไฟฟ้าที่หนาหลายไมล์ย่อมทำให้ความเร็วลดลงบ้าง และการที่คลื่นวิทยุเดินทางช้าลงนี้จะทำให้ระยะที่ได้ไม่ถูกต้อง ถ้าหากว่าใช้ความเร็วของแสงคงที่ มี 2 วิธีที่จะใช้ลดความคลาดเคลื่อนของระยะทางจากการที่สัญญาณเดินทางช้า วิธีที่ 1 ต้องรู้ค่าความแปรเปลี่ยนเฉลี่ยรายวันตามสภาพบรรยากาศชั้นไอโอเฟียร์ความหนาแน่นปานกลางจึงสามารถนำมาเป็นค่าแก้กับทุกค่าที่วัดได้ ซึ่งได้ความถูกต้องสูงขึ้น แต่สภาพอากาศตามความเป็นจริงจะไม่คงที่ปานกลางตลอดเวลา ดังนั้น การนำค่าเฉลี่ยมาใช้จะไม่ถูกต้องทั้งหมด วิธีที่ 2 โดยการ วัดหาค่าความแปรความเร็วของสัญญาณวิทยุ โดยการวัดความเร็วสัมพัทธ์ของสัญญาณสองแบบที่ส่งมาจากดาวเทียมพร้อมกัน วิธีการนี้เป็นแขนงวิชาฟิสิกส์ที่ผู้ศึกษาจำนวนน้อยมีแนวคิดพื้นฐานดังนี้ เมื่อแสงผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์จะเดินทางช้าลงเป็นอัตราส่วนกลับกับความถี่ของสัญญาณยกกำลังสอง ถ้าความถี่ยิ่งต่ำการเดินทางจะยิ่งช้าลง วิธีนี้ใช้การเปรียบเทียบเวลาที่สัญญาณจาก GPS ที่มีความถี่ต่างกันเดินทางถึงเครื่องรับก็จะได้ค่าเวลาที่คลื่นเดินทางช้าไป วิธีการแก้แบบนี้มักใช้กับเครื่อง GPS ที่มีความละเอียดถูกต้องสูง ที่เรียกว่าเครื่องรับความถี่คู่ (Dual Frequency) จะช่วยขจัดค่าความคลาดเคลื่อนจากไอโอโนสเฟียร์ได้เป็นส่วนมากหลังจากเดินทางผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ซึ่งอยู่สูงกว่า ก็ถึงชั้นบรรยากาศโลกที่มีละอองไอน้ำในอากาศซึ่งมีผลต่อความเร็วของสัญญาณเช่นกัน ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนจึงเกิดเช่นเดียวกับที่เกิดในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ แต่ค่าคลาดเคลื่อนดังกล่าวยังไม่มีการปรับแก้ได้ซึ่งรวมอยู่ในค่าความคลาดเคลื่อนรวมของการบอกตำแหน่งโดยเครื่อง GPS เป็นระยะประมาณ 25 เมตรเท่านั้น ยังมีสาเหตุอื่นที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้อีก ได้แก่ ความเที่ยงของนาฬิกา นาฬิกาอะตอมในดาวเทียมที่ว่าถูกต้องมากแล้ว ก็ยังมีความคลาดเคลื่อนได้เหมือนกับ DoD ติดตามความเที่ยงของนาฬิกาอะตอมและทำการปรับแก้แต่ก็ยังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในความคลาดเคลื่อนรวมของเครื่อง GPS เช่นเดียวกัน เครื่องรับที่ตั้งอยู่บนพื้นดินก็มีส่วนทำให้ผิดพลาดได้เช่นกัน การคำนวณทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณิตศาสตร์ในโปรแกรมของเครื่องทำให้ต้องเลือกตัดค่าสังเกตบางค่าทิ้ง บางครั้งเมื่อถูกรบกวนด้วยคลื่นวิทยุ อาจทำให้รหัส Psudo Random มี ลักษณะผิดเพี้ยนทำให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำงานไม่ถูกต้อง ความคลาดเคลื่อนอาจมีขนาดเล็กมากหรือขนาดใหญ่มากก็ได้ ค่าที่ใหญ่ก็สามารถรู้ได้ง่ายกว่าเพราะเห็นได้ชัด แต่ถ้ามีค่าเล็กน้อยก็เป็นการยากที่จะหาได้พบ ความคลาดเคลื่อนแบบนี้มีผลทำให้การบอกตำแหน่งผิดไปประมาณ 0.5 – 1 เมตร

ความคลาดเคลื่อนอีกอย่างหนึ่งที่ได้เกิดจากดาวเทียมและเครื่องรับก็คือ Multipath Error ความคลาดเคลื่อนจากจำนวนเส้นทางที่มีมากกว่า 1 เส้นทาง เกิดจากการที่สัญญาณที่ส่งจากดาวเทียมตกกระทบไปยังวัตถุอื่นแล้วจึงสะท้อนเข้าเครื่องรับสัญญาณ ส่วนนี้ไม่เป็นสัญญาณจากดาวเทียมมีผลต่อการรับเหมือนกับที่เกิดกับการรับสัญญาณทีวี เช่นเดียวกัน คือทำให้เกิดภาพพร่าซ้อนให้เห็นบนจอ GPS รุ่นใหม่ ใช้วิธีการประมวลผลที่ดีขึ้น และการใช้เสาอากาศที่ป้องกันสัญญาณซ้อนได้ แต่ในบางครั้งถ้าเกิดรุนแรงมาก ก็จะมีผลต่อการวัด GPSได้เหมือนกัน สาเหตุของการเกิดการคลาดเคลื่อนทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นผลทำให้การวัด GPS ไม่แน่นอน ซึ่งความหมายว่าแทนที่จะกล่าวว่าของอยู่ห่างไป 10 ฟุต (3.5 เมตร) พอดี ต้องกล่าวว่าของอยู่ห่างไป 10 ฟุต บวกหรือลงเศษหนึ่งส่วนสิบนิ้ว เป็นต้น หรือเปรียบเทียบให้เห็นได้อีกอย่างเช่นเหมือนกับเรากำลังใช้ไม้บรรทัดที่ปลายข้างที่ใช้วัดหักหรือลบไป ทำให้ไม่สามารถบอกระยะที่แน่นอนที่เดียวได้ แต่ยังดีที่มีค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมดรวมกันแล้วก็จะมีไม่มาก ผลการใช้ GPS จะบอกตำแหน่งได้ถูกต้องอยู่ในระยะไม่เกิน 25 เมตร และจะถูกต้องยิ่งขึ้นถ้าเครื่องรับคุณภาพดี เพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องที่ดีที่สุด เครื่องรับที่ดีจะใช้หลักการของวิชาเรขาคณิต ซึ่งเรียกว่า Geometric Dilution of Precision (GdoP)

GDoP เป็นค่าที่ชี้ให้เห็นความถูกต้องของตำแหน่งที่เครื่องรับ GPS แสดงให้เห็นโดยค่าตำแหน่งที่คำนวณได้มาจากการหาระยะจากดาวเทียมหลายดวง ลักษณะการประกอบรวมกลุ่มของดาวเทียมรูปเรขาคณิตหรือขนาดของมุมของดาวเทียม แต่ละดวงภายในกลุ่ม จะมีส่วนทำให้ความคลาดเคลื่อนเพิ่มหรือน้อยลงได้ ดังนั้น GDoP จะได้มาจากมุมระหว่างดาวเทียมที่จะทำให้เกิดรูปแถบสี่เหลี่ยมขึ้น รูปสี่เหลี่ยมที่เกิดขึ้นอาจสวยงามดีได้ฉาก หรือยืดยาวและโตก็ได้ สรุปได้ว่าถ้าจะให้ได้ผลดีควรจะเลือกวัดจากกลุ่มดาวเทียมที่มุมระหว่างดาวเทียมมีขนาดโต ด้วยเหตุนี้ในเครื่องรับ GPS จะมีโปรแกรมให้วิเคราะห์ตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่บนท้องฟ้า และเลือกวัดจากชุดดาวเทียม 4 ดวง ที่มีค่า GdoP ดีที่สุด ในเครื่องรับประเภทละเอียดก็จะเลือกวัดจากดาวเทียมที่เห็นในท้องฟ้าขณะนั้น โดยวิธีนี้จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนจาก GdoP เหลือน้อยที่สุด

2.2.7 GPS แบบ Navigator

GPS แบบ Navigator คือ ระบบนำทางซึ่งในปัจจุบันเราจะพบมากทั้งในมือถือ PDA หรือแม้กระทั่งในรถยนต์ที่มีการเสริมในส่วนของระบบนำทางเข้าไป ซึ่งระบบ GPS แบบ Navigator นั้น โดยทั่วไปจะมีวิธีการ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ GPS แบบ Navigator นั้น จะใช้ดาวเทียมในการส่งค่าเพื่อคำนวณตำแหน่งและพิกัดโดยใช้ตัวรับสัญญาณ GPS เพื่อเป็นการบอกตำแหน่งที่อยู่บนพิกัดโลก ซึ่งใช้ในการคำนวณจากตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันไปยังจุดหมายปลายทาง ซึ่งจะใช้งานร่วมกับ "ระบบแผนที่" โดยการใช้วิธีจับคู่ตำแหน่งต่างๆที่อ่านได้จากดาวเทียมกับค่าพิกัดในระบบแผนที่ทั้งนี้อาจอาศัยเซ็นเซอร์อื่นๆ ช่วยในการคำนวณระยะทางที่เดินทางได้แน่ นอนขึ้น

การทำงานของระบบ GPS แบบ Navigator นั้น จะใช้ Software ตัวขับเคลื่อนพื้นฐาน ในตัวของ GPS ทำงานร่วมกับระบบแผนที่ ซึ่งในตัวของ GPS แบบ Navigator ซึ่งตัว Software และระบบแผนที่นี่เองเป็นจุดแตกต่างของ GPS ในแต่ละยี่ห้อ แต่ทั้งนี้ Software ตัวหลักในการประมวลผลนั้นมีด้วยกัน ดังนี้

1) GPS receiver & positioning system
2) Map drawer
3) Address search
4) Route calculator
5) Voice guidance
6) On Board/Off board Navigation

2.2.8 รหัสสุ่มเทียม (Pseudo Random Code)

แนวคิดการสร้างรหัส Pseudo Random เป็นเรื่องปกปิดรู้เฉพาะไม่กี่คน แต่ระบบนี้ก็ช่วยให้ระบบ GPS ทำงานได้ผลและราคาไม่แพง โดยการใช้รหัส Pseudo Random จะทำให้ GPS กลายเป็นเครื่องใช้ทั่วไปที่ทุกคนใช้ได้ เหตุผลที่สร้าง Pseudo Random code คือการประหยัด จะเปรียบเทียบให้เห็นชัดต้องดูจากดาวเทียมทีวี ซึ่งกระจายเสียงด้วยสัญญาณกำลังแรงดีมาก แต่ส่วนเครื่องรับบนโลกยังต้องใช้จานรับดาวเทียมทรงโค้งกลมขนาดใหญ่ สมมติถ้า GPS ต้องใช้จานรับแบบเดียวกันจะต้องมีความเทอะทะ ขนาดไหน และยิ่งกว่านั้นดาวเทียมทีวีหยุดนิ่งบนท้องฟ้า แต่ดาวเทียม GPS โคจร ซึ่งต้องรับโดยหมุนไปหา ตำแหน่งดาวเทียมทั้ง 4 ดวง จะต้องเป็นที่ยุ่งยากมากขึ้น การใช้ Pseudo Random ช่วยให้ลดความจำเป็นอื่นทั้งหมดในการส่งข้อมูล ดังนั้นการส่งสัญญาณ GPS จึงกินกำลังไฟน้อย และสัญญาณ GPS อ่อนมากที่ไม่รับเอาสัญญาณวิทยุรบกวนอื่น สัญญาณวิทยุรบกวนอื่นเกิดขึ้นเป็นคลื่นไม่เป็นรูปแบบ รหัส Pseudo Random ดูก็คล้ายคลื่นวิทยุรบกวนนี้มาก แต่มีข้อแตกต่างที่สำคัญคือ เรารู้รูปร่างของคลื่นแล้ว ถ้าหากว่านำเอาคลื่น Pseudo Random ไปเปรียบเข้ากับคลื่นวิทยุรบกวน การเปรียบเทียบจะแบ่งคลื่นออกเป็นช่วงเวลา จากที่ u3588 . คลื่นไม่มีรูปแบบแบบสุ่มโอกาสที่เกิดขึ้นได้เหมือนกัน ประมาณครึ่งหนึ่งถ้าให้ค่าคลื่นที่เหมือนกันเป็น 1 และที่ไม่เหมือนกันเป็น 1 จะพบว่าหลังจากเปรียบเทียบนานๆ จะได้ค่าสุดท้ายเป็น 0 แต่ถ้า GPS เริ่มส่งสัญญาณเข้าเครื่องรับที่มีรูปแบบเหมือนกับ Pseudo Random สัญญาณนี้ถึงแม้จะอ่อน จะถูกทำให้แรงขึ้นแล้วนำมาเปรียบเทียบกันได้และถ้าเราเลื่อนรหัสที่ส่งจากดาวเทียม จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นที่เข้ากันได้มากขึ้นและคะแนนก็จะมากขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งเปรียบเทียบนานตัวเลขจะเพิ่มมากขึ้น และจากที่ผลการเปรียบเทียบให้ผลตรงกันข้ามคลื่นวิทยุรบกวนซึ่งจะมีค่าเกือบศูนย์ ช่วงเวลานี้จะส่งกำลังขยายให้แก่สัญญาณดาวเทียมมากขึ้นเป็นพันเท่า รหัส Pseudo Random ช่วยให้จับสัญญาณที่อ่อนมากได้ ซึ่งหมายถึงในเครื่อง GPS ไม่ต้องใช้ไฟมาก และมีวิธีการเพิ่มความแรงสัญญาณเครื่องรับจึงใช้เสาอากาศขนาดเล็กได้ ทำไมดาวเทียมอื่นไม่ใช้วิธีการนี้ ดาวเทียมทั่วไปต้องมีจานรับขนาดใหญ่มากติดตามบ้านที่เห็นทั่วไป ทั้งนี้เพราะสัญญาณ GPS มีข้อมูลน้อย ต้องการเพียงให้หาเวลาได้เท่านั้น ตรงกันข้ามกับสัญญาณ ทีวีที่ข้อมูลมาก หรือถ้าพูดเชิงวิชาการก็ต้องว่าเป็นสัญญาณที่มีแถบกว้างสูงมาก หลักการของ Pseudo Random Code มีการทำงานในการเปรียบเทียบสัญญาณเหมือนกันหลายๆรอบ การเปรียบเทียบนี้จะทำให้ช้าเมื่อเทียบกับแบบที่ต้องใช้สัญญาณทีวี ดังนั้นวิธีการ GPS จึงนำมาใช้กับดาวเทียม TV ไม่ได้ ยังมีเหตุผลอื่นอีกสองข้อของการใช้รหัส Pseudo Random ข้อหนึ่งคือในเวลาสงคราม DoD สามารถควบคุมไม่ให้ศัตรูใช้ระบบนี้ได้ ถึงแม้เวลาปกติ DoD ยังคงเป็นผู้พิเศษในการควบคุมระบบอยู่ดี รหัส Pseudo Random มี 2 แบบ คือ C/A code และ P-code ดังนั้น บางคนจึงคิดว่า C/A code นี่ถูกต้องน้อยกว่า P-code รหัส Pcode เก็บไว้ใช้เฉพาะทางราชการทหารและ P-code นี้จะไม่เกิดการติดขัด DoD ยังสามารถลดความถูกต้อง ของ C/A code ได้การทำโดยมาตรการ Selective Availibility หรือ S/A วิธี S/A ที่สำคัญก็คือการทำให้นาฬิกาดาวเทียมบอกเวลาคลาดเคลื่อน ถ้านำเวลานี้ไปใช้ก็จะได้ตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนมาก ประโยชน์ อีกข้อของ Pseudo Random คือ ดาวเทียมทุกดวงสามารถใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้ โดยไม่เกิดการรบกวนต่อกัน ดาวเทียมแต่ละดวงจะมี Pseudo Random code เป็นของเฉพาะตัว ดังนั้นเวลาเครื่องรับนำรหัสมาใช้ ต้องให้ถูกตามหมายเลขดาวเทียมนั้นด้วย

2.2.9 เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Receiver)

รูป 2.8 องค์ประกอบของระบบดาวเทียม GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.9.1 หน้าที่ของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Receiver)

GPS Receiver ทำหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียมแล้วนำสัญญาณดังกล่าวมาประมวลผลเพื่อหาพิกัดปัจจุบัน ซึ่งภายในเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักๆ ดังนี้

1) ภาค RF ทำหน้าที่รับสัญญาณอนาลอกจากดาวเทียมจีพีเอส ผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณ ไปเป็นสัญญาณ ดิจิตอลเพื่อส่งไปประมวล ผลในภาค
2) ภาค Baseband ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากภาค RF เพื่อที่จะนำข้อมูลต่างๆ ไปคำนวณหาค่าพิกัดตำแหน่งต่อไป
3) ส่วน Microprocessor ทำหน้าที่ติดต่อกับภาค Baseband เพื่อประมวลผลหาพิกัดตำแหน่ง และติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

การบอกตำแหน่งมี 2 แบบ คือ

1) การบอกตำแหน่งโหมดมาตรฐาน (Standard Positioning Service, SPS) การบอกตำแหน่งโหมดมาตราฐานนี้เปิดให้ใช้โดยเสรีไม่มีการเข้ารหัสใดๆ แต่ข้อมูลที่ได้จากการบอกตำแหน่งโหมดมาตราฐาน จะมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าการบอกตำแหน่งโหมดละเอียด คือ 100 เมตร ในแนวนอน 156 เมตร ในแนวตั้ง และความคลาดเคลื่อนของ Coordinated Universal Time (UTC) 340 nsec
2) การบอกตำแหน่งโหมดละเอียด (Precise Positioning Service, PPS) การบอกตำแหน่งโหมดละเอียด ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับงานทางทหารหรืองานที่ได้รับอนุญาตเป็นพิเศษจารกระทรวงกลาโหมของอเมริกาเท่านั้น ข้อมูลที่ได้จะถูกเข้ารหัสไว้เพื่อไม่ให้ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตลักลอบนำข้อมูลไปใช้ ข้อมูลที่ได้มีความเที่ยงตรงกว่าการ บอกตำแหน่งโหมดมาตราฐานมาก คือ 22 เมตร ในแนวนอน และ 27.7 เมตร ในแนวตั้ง และความคลาดเคลื่อนของ UTC 200 nsec

2.2.9.2 การบอกตำแหน่งของ GPS Receiver

ดาวเทียม GPS แต่ละดวงจะส่งกระจายสัญญาณ 2 ชนิดอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ สัญญาณ Standard Positioning Service (SPS) ซึ่งใช้สำหรับบุคคลทั่วไป และสัญญาณ Precise Positioning Service (PPS) ซึ่งใช้สำหรับทางทหาร สัญญาณ SPS เป็นสัญญาณแบบ Spread-Spectrum ที่กระจายสัญญาณด้วยความถี่ 1575.42 MHz สภาพแวดล้อมหรือสัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าบนพื้นโลก มีผลกระทบค่อนข้างน้อยต่อสัญญาณดังกล่าว

สัญญาณ SPS ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับวงโคจรของดาวเทียม 2 ชนิด คือ ข้อมูล Almanac และข้อมูล Ephemeris ข้อมูล Almanac เป็นข้อมูลที่บอกถึงสภาพของดาวเทียม และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งวงโคจรของดาวเทียมทุกดวงในระบบอย่างคร่าวๆ เครื่องรับ GPS จะรับข้อมูล Almanac จากดาวเทียมดวงใดๆที่สามารถรับสัญญาณได้ แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อการเลือกรับดาวเทียม ที่สามารถจะใช้ได้ในการคำนวณตำแหน่งพิกัด ส่วนข้อมูล Ephemeris ประกอบด้วยข้อมูล ที่แม่นยำโดยละเอียดของวงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวง ที่ทำการรับสัญญาณได้ สัญญาณ SPS จะส่งรหัส (Code) ลงมาด้วย โดยรหัสดังกล่าว จะทำให้ GPS Receiver สามารถคำนวณเวลาที่สัญญาณเดินทางจากดาวเทียมมาถึงตัวเครื่อง GPS Receiver ได้ เมื่อเครื่องทราบเวลาที่เดินทางและตำแหน่งดาวเทียม (Ephemeris) จะสามารถคำนวณหาระยะ (Pseudorange) ระหว่างดาวเทียมแต่ละดวงกับ GPS Receiver ได้

เครื่องรับจะทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 3 ถึง 4 ดวงในเวลาเดียวกัน เครื่องจะใช้ดาวเทียม 3 ดวง ในการคำนวณหาตำแหน่งพิกัดเพียงอย่างเดียว โดยเมื่อทราบระยะทางจาก GPS Receiver ถึงดาวเทียม 3 ดวง เครื่องจะสามารถ คำนวณจุดตำแหน่งพิกัดของตนเองได้ เมื่อกำหนดให้ความสูงคงที่ (ผู้ใช้ต้องป้อนค่าความสูงที่ทราบให้กับเครื่อง) และถ้ารับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 4 ดวง เครื่องจะใช้ดาวเทียม 4 ดวงในการคำนวณตำแหน่งพิกัดและความสูงได้ โดยไม่จำเป็นต้องป้อนค่าความสูงให้กับเครื่อง

2.2.10 ค่าความผิดพลาดของระบบ GPS

2.2.10.1 Correctable errors

ความผิดพลาดแบบที่แก้ไขได้ ข้อมูลความผิดแบบที่แก้ไขได้นี้ จะเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ ได้แก่ Satellite clock error, ephemeris data error และ error จากการหน่วงสัญญาณของชั้นบรรยากาศ ionospheric และ tropospheric รวมทั้งค่า error ที่เกิดขึ้นได้จากผลของ SA

ค่าความผิดพลาด ที่เกิดขึ้นจาก satellite clock และ ephemeris เป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นภายในดาวเทียม GPS ค่าความผิดพลาด satellite clock จะเป็นค่าความผิดพลาดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆของเวลาที่ได้จาก Cesium Atomic Clock ภายในดาวเทียม ซึ่งจะทำให้เครื่องรับ GPS เกิดการผิดพลาดในการวัดตำแหน่ง ในขณะที่ทำการวัดแบบ pseudorange ส่วนค่าความผิดพลาด ephemeric นี้ เป็นค่าผิดพลาดที่อยู่ในข้อมูล ที่ถูกใช้โดยเครื่องรับ GPS ในการกำหนด การหาดาวเทียมในอวกาศ

ค่าความผิดพลาดเนื่องจากชั้นบรรยากาศ lonospheric และ tropospheric เกิดขึ้นเนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงของชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดการหน่วงเวลาการเดินทางของสัญญาณที่ส่งจากดาวเทียม เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของ electrons ในชั้นบรรยากาศ ionospheric ซึ่งเป็นชั้นบรรยากาศที่สัญญาณทะลุผ่าน ชั้นบรรยากาศ ionospheric นั้นเป็นชั้นบรรยากาศ ในส่วนบนสุดของชั้นบรรยากาศโลก ส่วนชั้นบรรยากาศ tropospheric จะเกี่ยวข้องกับความชื้น อุณภูมิ และความสูง ซึ่งชั้นบรรยากาศนี้ จะมีผล ทำให้เกิดการหน่วงเวลาได้น้อยกว่าชั้นบรรยากาศ ionospheric

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความผิดพลาดที่แก้ไขได้อีกแบบหนึ่ง คือ ผลของ Selective Availability (SA) ซึ่ง SA เป็นมาตรการ ที่กระทรวงกลาโหมสหรัฐ ใช้ในการทำให้ค่าความแม่นยำของเครื่องรับ GPS เกิดความผิดพลาดสูงขึ้น โดยการใส่ค่าความผิดพลาดเข้าไปในสัญญาณ GPS ที่จะส่งออกจากดาวเทียม ซึ่งเป็นมาตรการที่ทำเพื่อผลประโยชน์ทางทหาร สำหรับ สหรัฐอเมริกา และกองกำลังพันธมิตร ค่าความผิดพลาดทั้งหมดที่กล่าวนี้ จะมีความเหมือนกันอยู่อย่างหนึ่งคือ ปริมาณ และทิศทาง ของค่าความผิดพลาด ในเวลาใดเวลาหนึ่ง จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหัน ดังนั้น เครื่องรับ GPS 2 เครื่อง ซึ่งอยู่ในระยะห่างกันที่ไม่มากนัก จะได้รับผลกระทบจากค่าความผิดพลาดในปริมาณและทิศทางที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ดังนั้น เราสามารถ ที่จะทำการหาค่าความผิดพลาดดังกล่าวได้

2.2.10.2 Non-Correctable Errors

ค่าความผิดพลาดแบบที่แก้ไขไม่ได้ เป็นค่าความผิดพลาดที่เครื่องรับ GPS สองเครื่องในบริเวณเดียวกัน จะเกิดค่าความผิดพลาดที่ไม่เท่ากัน และค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น จะไม่มีความสัมพันธ์ใดๆต่อกัน แหล่งที่มาของค่าความผิดพลาดแบบนี้ ได้แก่ ค่าระดับสัญญาณรบกวน ในเครื่องรับ GPS ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นแบบชนิดใด และค่าความผิดพลาดเนื่องจาก Multipath หรือการรับสัญญาณสะท้อนจากหลายทิศทาง อันเนื่องจากสภาพแวดล้อมรอบๆบริเวณ ค่าความผิดพลาดแบบนี้ เกิดขึ้นเนื่องจาก เครื่องรับได้รับสัญญาณทั้งจากดาวเทียมโดยตรง และสัญญาณที่สะท้อนจากสัญญาณดังกล่าว ซึ่งจะสะท้อนจากสิ่งที่มีอยู่รอบข้าง ไม่ว่าจะเป็นตึก หรือภูเขา (เครื่องรุ่น ProMARK ของ Magellan ได้รับการออกแบบให้ใช้กับสายอากาศที่ติดมากับเครื่อง และสายอากาศภายนอกเครื่อง ซึ่งได้รับการออกแบบมาอย่างดี จะลดผลที่เกิดจากลักษณะดังกล่าวนี้ สำหรับสายอากาศแบบ submeter ซึ่งเป็นสายอากาศแบบพิเศษ ที่ได้รับการออกแบบมา เพื่อลดทอน multipath ซึ่งสายอากาศแบบนี้ จะใช้ในกรณีที่ทำการเก็บข้อมูล carrier phase) ค่าความผิดพลาดแบบที่ไม่สามารถแก้ไขได้นี้ ไม่สามารถจะกำจัดได้จากการทำ differential แต่สามารถจะลดได้โดยการทำ position fix averaging

2.2.11 ความคลาดเคลื่อนของเครื่องรับจีพีเอส

1) ผลกระทบจากการเดินทางของสัญญาณผ่านชั้นบรรยากาศชั้นสูง (Ionoshere) ทำให้ผิดพลาดได้ +/- 5 ม.

2) ความคลาดเคลื่อนของวงโคจรดาวเทียม ทำให้ผิดพลาดได้ +/- 2.5 ม.

3) ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาบนดาวเทียม (ระบบจีพีเอสทำงานได้ด้วยการเทียบเวลาที่เที่ยงตรงมากๆ ระดับ atomic clock) ทำให้ผิดพลาดได้ +/- 2 ม.

4) การรบกวนกันของสัญญาณจีพีเอส ทำให้ผิดพลาดได้ +/- 1 ม.

5) ผลกระทบจากการเดินทางของสัญญาณผ่านชั้นบรรยากาศชั้นต่ำ (Troposphere) ทำให้ผิดพลาดได้ +/- 0.5 ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ความคลาดเคลื่อนของตัวเลข ทำให้ผิดพลาดได้ +/- 1 ม.

จะเห็นว่าสาเหตุ 1) ทำให้ผิดพลาดได้มากที่สุด ซึ่งสามารถทำให้น้อยลงที่สุดได้โดยความถี่ L2 ส่วนสาเหตุ 2) และ 3) ก็มีความสำคัญมากเช่นกัน

2.2.12 เทคนิคต่างในการทำให้เครื่องรับจีพีเอสมีเที่ยงตรงมากขึ้น

2.2.12.1 Differential GPS (DGPS)

ใช้เครือข่ายวิทยุ (กระจายคลื่นแบบ FM) ที่แต่ละสถานีจะมีเครื่องรับจีพีเอสติดตั้งอยู่ เครื่องรับจีพีเอสดังกล่าวจะคำนวณพิกัดและเทียบกับพิกัดของตำแหน่งที่ตั้ง (วัดไว้ก่อนหน้า) และกระจายคลื่นบอกค่าแตกต่างออกไป เครื่องรับจีพีเอสที่สามารถใช้งาน DGPS ได้ ต้องสามารถรับคลื่น FM นี้ได้นอกเหนือจากการรับสัญญาณจีพีเอส เครื่องรับดังกล่าวจะใช้ค่าความแตกต่างนี้ชดเชยค่าที่วัดได้จริง โดยวิธีการนี้สามารถให้ค่าความเที่ยงตรงได้สูงถึงระดับ 1 ถึง 3 ม. ตัวอย่างของระบบ DGPS นี้คือระบบของ หน่วยป้องกันชายฝั่งสหรัฐ (US Coast Guard) ทราบว่าในเมืองไทยก็มีใช้ในกิจการของทางราชการ และไม่สามารถนำมาใช้งานได้สำหรับเครื่องรับที่เราใช้กันอยู่ซึ่งไม่ support DGPS

2.2.12.2 Satellite Based Augmentation (SBAS)

คือใช้เครือข่ายดาวเทียมภาคพื้นดิน คำนวณความคลาดเคลื่อน (เกี่ยวกับสัญญาณนาฬิกา และ ผลกระทบจากการเดินทางของสัญญาณผ่านชั้นบรรยากาศชั้นสูง) แล้วส่งไปให้ดาวเทียมกลุ่มหนึ่งที่โคจร (ดูเหมือนว่า) อยู่กับที่ (Geosynchronous Orbit) ดาวเทียม SBAS ดังกล่าวไม่รวมอยู่ในกลุ่มดาวเทียมจีพีเอสซึ่งประกอบไปด้วยดาวเทียม 24 ดวง ซึ่งโคจรเป็น 6 ระนาบ ระนาบละ 4 ดวง ข้อมูลจากดาวเทียม SBAS จะใช้ในการเพิ่มความเที่ยงตรงของเครื่องรับที่ใช้ได้กับระบบนี้ ระบบ SBAS นี้ต่างกับระบบ DGPS ซึ่งใช้เครือข่ายวิทยุ

ตัวอย่างของระบบ SBAS คือระบบ WAAS (Wide Area Augmentation System) ที่ใช้ในอเมริกาเหนือ, ระบบ EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) ที่ใช้ในยุโรป, ระบบ MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System) ที่ใช้ในญี่ปุ่น และระบบ GAGAN ที่ใช้ในอินเดีย เครื่องรับหลายๆยี่ห้อที่เราใช้กัน (เช่น การ์มิน) มักจะ support ระบบ WAAS แต่เนื่องจากไม่มีเครือข่าย WAAS ในไทยจึงจำเป็นต้องยกเลิก (disable) WAAS ในเครื่องรับ

2.2.12.3 Local Area Augmentation System (LAAS)

คล้ายกับระบบ WAAS (SBAS) แต่ข้อมูลแก้ไขความคลาดเคลื่อนแทนที่จะส่งไปยังดาวเทียมก็จะถูกส่งออกไปเครื่องส่งวิทยุครอบคลุมพื้นที่ใช้งาน เช่น บริเวณสนามบินหรือพื้นที่อื่นๆ ที่ต้องการความเที่ยงตรงสูงแทน ระบบดังกล่าวมักจะใช้งานในพื้นที่ในรัศมี 30-50 กม. เครื่องส่งดังกล่าวบางทีเรียกว่า ดาวเทียมจำลอง (Pseudo-Satellite) เพราะทำงานเลียนแบบดาวเทียม WAAS แต่ราคาค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับดาวเทียมจริง (US$ 50,000) ระบบดังกล่าวสามารถให้ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

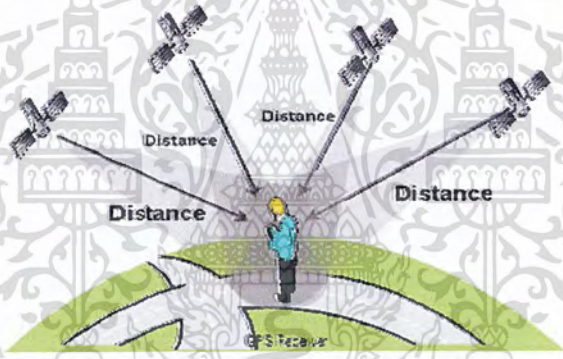
เที่ยงตรงได้ระดับ +/- 10-30 มิลลิเมตร (คือน้อยกว่าเซนติเมตรมาก) ทั้งทางระนาบ (พิกัด) และทางสูง (altitude) ซึ่งสามารถนำไปใช้งานนำให้เครื่องบินบินขึ้นและร่อนลงโดยอัตโนมัติเหมือนที่เราเห็นในหนังบางเรื่อง

2.2.12.4 Relative Kinematic Positioning (RKP)

ใช้วิธีการแก้ไขความคลาดเคลื่อนของระยะทางโดยการส่ง-รับข้อมูลซ้ำๆกันของเครื่องรับกับเครือข่าย DGPS ตัวอย่างของเครื่องรับแบบนี้ คือ เครื่องจีพีเอส Real-Time Kinematic (RTK) สำหรับงานสำรวจซึ่งให้ความเที่ยงตรงถึงระดับ +/- 10 ซม.

2.2.13 ข้อจำกัดการใช้งาน GPS

การรับสัญญาณ GPS จากดาวเทียม จะได้สัญญาณที่อ่อนลงหรือมีข้อผิดพลาด เมื่อมีปัจจัยบางอย่างเช่น มีฝนตกหนัก หรือฟ้ามีเมฆหนาทึบ ซึ่งเป็นข้อจำกัดทางภูมิอากาศ และหากอยู่ในพื้นที่มีแต่ตึกสูงมากๆอยู่ทั้ง 2 ข้างทาง เช่นในพื้นที่ที่เป็นย่านธุรกิจหรือในซอยแคบ อาจทำให้จำนวนดาวเทียมที่ตัวเครื่องจับสัญญาณได้มีน้อยลง



รูป 2.9 การทำงานของ GPS Receiver

2.3 โปรโตคอล NMEA

2.3.1 ความหมาย

NMEA ย่อมาจาก National MaritimeElectronics Association ซึ่งเป็นสมาคมที่มุ่งเน้นศึกษา และพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานทางทะเล หรืออุปกรณ์เดินเรือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ เมื่อเชื่อมต่อและทำงานร่วมกันต้องสามารถเข้าใจกันได้ หรือสื่อสารโดยใช้ภาษาเดียวกัน NMEA จึงพัฒนามาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ดังกล่าว เรียกว่า NMEA Standard ซึ่งระบุข้อมูลการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าและรูปแบบของข้อมูล

GPS แทบจะทุกรุ่นมักจะใช้โปรโตคอลมาตรฐานคือ NMEA (NMEA 0183) ที่พัฒนาโดย National Marine Electronics Association (NMEA) ในตัว NMEA มีรายละเอียดและชนิด sentences ย่อยไปตามประเภทการใช้งาน แต่โดยรวมจะเก็บ infomation หลักๆของ GPS ไว้ เช่น position, velocity, time, DOP และอื่นๆ ปัจจุบันที่ใช้งานกันอยู่คือ NEMA 2.0-2.3 มีเพิ่ม message

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางส่วนเกี่ยวกับ DGPS เข้ามา ที่ต้องเข้าใจคือ GPS แต่ละยี่ห้ออาจจะรองรับโปรโตคอลของ NMEA ที่ต่างกันมากหรือน้อยตามการใช้งาน ดังนั้นก่อนพัฒนาต้องทราบรายละเอียดในจุดนี้ก่อน เช่น SiRF chipset รองรับ GPGGA, GPGLL, GPGSA, GPGSV, GPRMC และ GPVTG รายละเอียดเหล่านี้อ่านได้จาก specification ของ NEMA

2.3.2 NMEA Standard

วิวัฒนาการของ NMEA Standard ก็เหมือนกับวิวัฒนาการของภาษามนุษย์ ที่ต้องผ่านการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและการใช้งาน เริ่มตั้งแต่ NMEA-0180, NMEA-0182 จนถึง NMEA-0183 โดยที่การใช้งานของ NMEA-0180 และNMEA-0182 ค่อนข้างจำกัด และเน้นทางการสื่อสารระหว่าง Loran-C กับ Autopilot NMEA-0180 และ NMEA-0182 ถูกพัฒนาให้ใช้งานได้กว้างขวางขึ้นและครอบคลุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เดินเรืออื่นๆจนกลายเป็น NMEA-0183

2.3.3 NMEA 0183

NMEA-0183 ใช้รหัสอักษร ASCII และการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในการส่งข้อมูลจาก "Talker" ตัวหนึ่ง ไปยัง "Listeners" หนึ่งหรือหลายตัว อัตราการส่งข้อมูลอยู่ที่ 4800 Baud ข้อมูลที่ส่งมีลักษณะเป็น "Sentence" ตามรูปแบบดังนี้

$TalkerIDSentenceID,Field1,Field2,…,FieldN<CR><LF>

โดยแต่ละ Sentence มีรายละเอียดดังนี้

1) แต่ละ Sentence ขึ้นต้นด้วยเครื่องหมาย "$"
2) ตัวอักษร 5 ตัวแรก แสดงชนิดของข้อความโดยที่ 2 ตัวแรกคือ "Talker ID" และ 3 ตัวหลังคือ"Sentence ID" ในบางที่อาจเรียกรวม 5 ตัวอักษรนี้ว่า "Sentence ID"
3) ถัดไปเป็นข้อมูลตาม Field ต่างๆ ซึ่งต้องคั่นด้วยเครื่องหมาย ","
4) ตามด้วย check sum (Optional) ซึ่งต้องมีเครื่องหมาย "*" ตามด้วยเลข 2 หลัก (HEX)
5) ปิดท้ายด้วย Carriage Return/Line Feed(CR/LF)หนึ่ง Sentence สามารถบรรจุได้ถึง 82 ตัวอักษร Field ข้อมูลใดที่ไม่มีให้ปล่อยว่างไว้โดยมีเครื่องหมาย "," คั่นอยู่เหมือนเดิม

Talker ID ของอุปกรณ์ที่ใช้งานทั่ว ๆ ไปมีดังนี้

1) GP-Global Positioning System Receiver
2) LC-Loran-C Receiver
3) OM-Omega Navigation Receiver
4) II- Integrated Instrumentation
5) AP-Autopilot
6) RA-Radar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) SD-Depth Sounder

2.3.4 บทสรุป

NMEA-0183 เป็นมาตรฐานที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เดินเรือใช้สื่อสารกัน มีลักษณะเป็น Sentence อุปกรณ์แต่ละชนิดแต่ละรุ่นรองรับ Sentence ไม่เหมือนกัน เราสามารถดักฟังข้อมูล NMEA-0183 ได้โดยการใช้ RS-232 เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จะต้องใช้งานร่วมกันต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติว่าสามารถรองรับ NMEA-0183 ในลักษณะใด

2.3.5 ตัวอย่างผลที่ได้จากการรับค่าจากเครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียม GPS

เมื่อทำการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องรับ GPS กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านทาง serial port แล้วทำการ run โปรแกรม GPS viewer เพื่อทำการดู NMEA sentences information โดยการ click mouse แล้วทำการเลือก pause เพื่อทำการ save log file หลังทำการ print NMEA sentences information เพื่อทำการดู NMEA data message

```
2.80,260110,,*34
$GPGGA,031356.000,1338.9658,N,10029.5542,E,1,06,1.8,36.9,M,-27.4,M,,0000*46
$GPGSA,A,3,10,05,28,27,09,02,,,,,,,2.5,1.8,1.8*35
$GPRMC,031356.000,A,1338.9658,N,10029.5542,E,0.11,59.52,260110,,,*39
$GPGGA,031357.000,1338.9658,N,10029.5542,E,1,06,1.8,36.9,M,-27.4,M,,0000*47
$GPGSA,A,3,10,05,28,27,09,02,,,,,,,2.5,1.8,1.8*35
$GPRMC,031357.000,A,1338.9658,N,10029.5542,E,0.10,69.72,260110,,,*38
$GPGGA,031358.000,1338.9657,N,10029.5542,E,1,06,1.8,36.9,M,-27.4,M,,0000*47
$GPGSA,A,3,10,05,28,27,09,02,,,,,,,2.5,1.8,1.8*35
$GPRMC,031358.000,A,1338.9657,N,10029.5542,E,0.08,78.93,260110,,,*3E
$GPGGA,031359.000,1338.9656,N,10029.5541,E,1,06,1.8,36.9,M,-27.4,M,,0000*44
$GPGSA,A,3,10,05,28,27,09,02,,,,,,,2.5,1.8,1.8*35
$GPGSV,3,1,10,10,65,201,42,05,46,210,39,02,42,316,25,17,41,071,20*73
$GPGSV,3,2,10,04,37,014,13,12,23,318,17,28,21,154,40,09,11,254,34*70
$GPGSV,3,3,10,27,10,251,37,13,10,078,11*72
$GPRMC,031359.000,A,1338.9656,N,10029.5541,E,0.06,118.71,260110,,,*08
$GPGGA,031400.000,1338.9654,N,10029.5541,E,1,06,1.8,37.0,M,-27.4,M,,0000*45
$GPGSA,A,3,10,05,28,27,09,02,,,,,,,2.5,1.8,1.8*35
$GPRMC,031400.000,A,1338.9654,N,10029.5541,E,0.06,117.69,260110,,,*07
$GPGGA,031401.000,1338.9652,N,10029.5540,E,1,06,1.8,37.1,M,-27.4,M,,0000*42
$GPGSA,A,3,10,05,28,27,09,02,,,,,,,2.5,1.8,1.8*35
$GPRMC,031401.000,A,1338.9652,N,10029.5540,E,0.08,136.85,260110,,,*0E
```

รูป 2.10 Log File ของ Sentence โปรโตคอล NMEA

เมื่อดูจาก Log File แล้ว Sentence แต่ละอันจะมีซ้ำกันเรื่อยๆ โดยจะมีอยู่ 4 แบบ สามารถอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง 2.1 รูปแบบที่ 1

$GPGGA,031356.000,1338.9658,N,10029.5542,E,1,06,1.8,36.9,M,-27.4,M,,0000*46	
GGA	Globol Position System Fix Data
031356.000	Fix taken at 03:13:56 UTC
1338.9658,N	Latitude 13 deg 38.9658'N
10029.5542,E	Longitude 100 deg 29.5542'E
1	Fix quality: 1 = GPS fix (SPS)
06	Number of satellites being tracked
1.8	Horizontal dilution of position
36.9,M	Altitude, Meters, above mean sea level
-27.4,M	Height of geoids (mean sea level) above WGS84 ellipsoid
(empty field)	time in seconds since last DGPS update
(empty field)	DGPS station ID number
*46	the checksum data, always beings with *

ตัวอย่าง 2.2 รูปแบบที่ 2

$GPGSA,A,3,10,05,28,27,09,02,,,,,,,2.5,1.8,1.8*35	
GSA	Satellite status
A	Auto selection of 2D or 3D fix
3	3D fix – value include
10,05,28,27,09,02	PRNs of satellites used for fix
2.5	PDOP (dilution of precision)
1.8	Horizontal dilution of precision (HDOP)
1.8	Vertial dilution of precision (VDOP)
*35	the checksum data, always beings with *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง 2.3 รูปแบบที่ 3

$GPGSV,3,1,10,10,65,201,42,05,46,210,39,02,42,316,25,17,41,071,20*73	
GSV	Satellite in view
3	Number of sentences for full data
1	sentence 1 of 3
10	Number of satellite in view
10	Satellite RNB number
65	Elevation, degrees
201	Azimuth, degree
42	SNR-higher is better
	For up to 4 satellite per sentence
*73	the checksum data, always begins with *

ตัวอย่าง 2.4 รูปแบบที่ 4

$GPRMC,031356.000,A,1338.9658,N,10029.5542,E,0.11,59.52,260110,,*39	
RMC	Recommended Minimun Sentence
031356.000	Fix taken at 03:13:56 UTC
A	Status A = Active
1338.9658,N	Latitude 13 deg 38.9658'N
10029.5542,E	Longtitude 100 deg 29.5542'E
0.11	Speed over the ground in knots
59.52	Track angle in degrees True
260110	Date - 26 January 2010
*39	The checksum data , always begins with *

2.4 ระบบพิกัดตำแหน่ง

2.4.1 ระบบพิกัด (Coordinate System)

ระบบพิกัด (Coordinate System) ที่นิยมใช้กับแผนที่ในปัจจุบัน มีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ

2.4.1.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System)

เป็นระบบพิกัดที่กำหนดตำแหน่งต่างๆบนพื้นโลก ด้วยวิธีการอ้างอิงบอกตำแหน่งที่มีหน่วยเป็นองศา ลิปดา ฟิลิปดา เช่นตำแหน่งที่ละติจูด 5 30 45 N ลองจิจูด 100 20 30 E

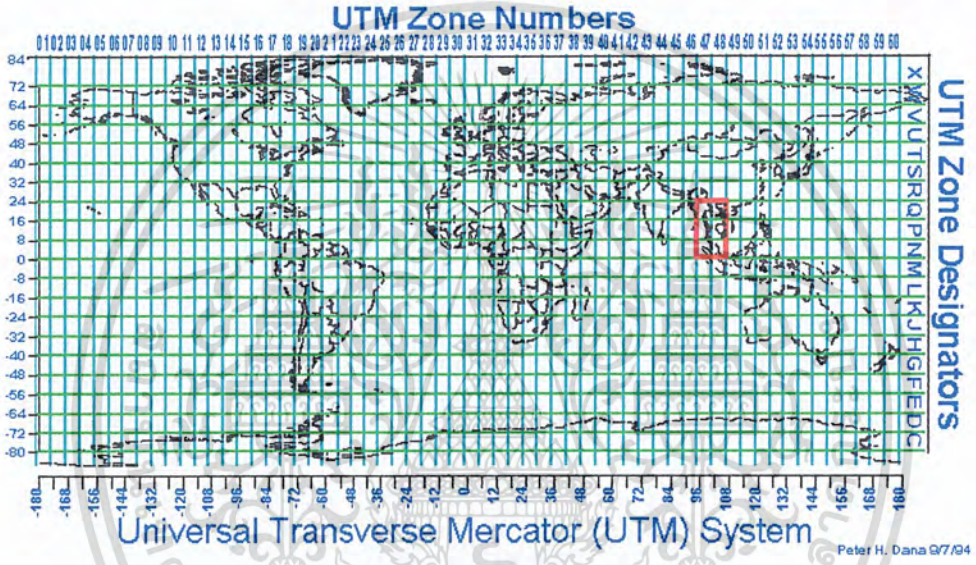
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 ระบบพิกัดกริดแบบ UTM (Universal Transverse Mercator co-ordinate System)

เป็นระบบพิกัดที่กำหนดตำแหน่งต่างๆบนพื้นโลก ด้วยวิธีการอ้างอิงบอกตำแหน่งที่มีหน่วยเป็นเมตร เช่นตำแหน่งที่ 753282 E 1472253 N

อนึ่ง ทางการทหารจะมีหลักการอ่านพิกัดโดยยึดรูปแบบของระบบพิกัดกริด แบบ MGRS (Military Grid Reference System) โดยจะมีอ่านค่าอักษรประจำกริดกำกับค่าพิกัดด้วย เช่น ตำแหน่งที่ 47NPH5240068400

2.4.2 ระบบพิกัด UTM : ระบบพิกัดกริด



รูป 2.11 ระบบพิกัด UTM

ระบบพิกัด ยูนิเวอร์ซัล ทรานส์เวิร์ส เมอร์เคเตอร์ (UTM) เป็นระบบพิกัดกริด ที่สร้างตามระบบเส้นโครงแผนที่เมเคเตอร์ ที่เกิดจากการฉายภาพเส้นโครงแผนที่ทรงกระบอก

พื้นที่โลกจะถูกแบ่งออกเป็น 60 โซน ตามองศา Longitude ในแต่ละโซนจะมีระยะห่างโซนละ 6 องศา Latitude จะเท่ากับ 600,000 เมตร หรือ 600 กิโลเมตร โซน ที่ 1 จะอยู่ระหว่าง Longitude ที่ 180 องศาตะวันตก ถึง Longitude ที่ 174 องศาตะวันตก และมีเมอร์ริเดียนกลาง (CM) คือเส้น Longitude ที่ 177 องศาตะวันตก ค่าความผิดพลาดไปทางทิศตะวันออก (False easting) เท่ากับ 500,000 เมตร ซึ่งค่า False easting นี้จะเท่ากันทุกโซน โซนที่ 2,3,4,5....,60 จะอยู่ถัดไปทางตะวันออก ห่างกันโซนละ 6 องศา Longitude ซึ่งโซนสุดท้ายคือโซนที่ 60 จะอยู่ระหว่าง Longitude ที่ 174 องศาตะวันออก ถึง Longitude ที่ 180 องศาตะวันออก

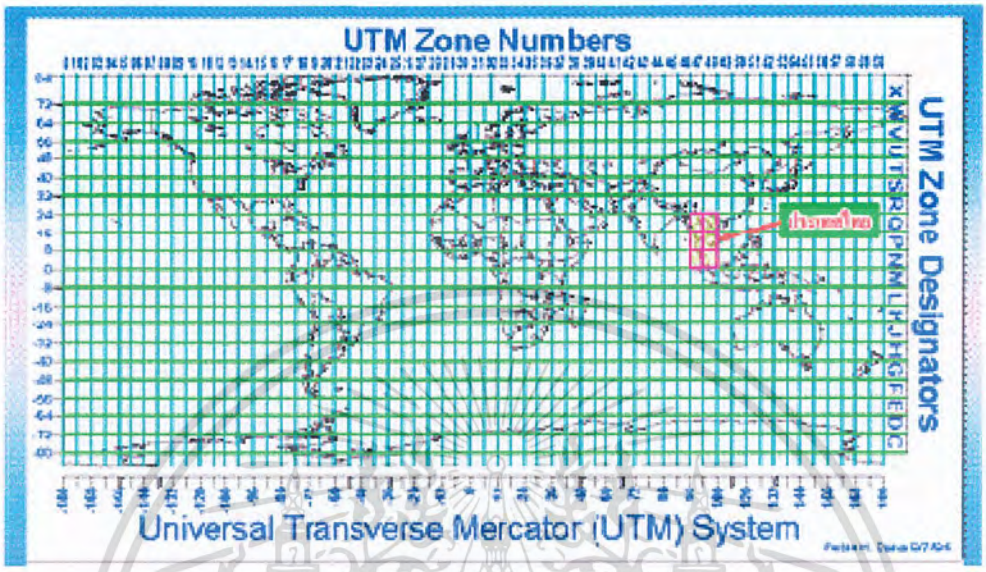
ซึ่งแผนที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยจะใช้เส้นโครงแผนที่แบบนี้ เพราะจะได้พื้นที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดในบริเวณเส้นศูนย์สูตร โดยประเทศไทยจะอยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zone 47 (96 – 102 องศาตะวันออก)

Zone 48 (102 – 108 องศาตะวันออก)

2.4.3 UTM Zone ในประเทศไทย



รูป 2.12 ระบบพิกัดกริดของประเทศไทย

2.4.3.1 ระบบ Universal Transverse Mercators : UTM

หรือระบบพิกัดฉาก ขอบเขตครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดบนโลก ระหว่าง Latitude 84 องศาเหนือ และ Latitude 84 องศาใต้ มีหน่วยในการวัดเป็นเมตรพื้นที่โซนจะแบ่งตามระยะองศา Latitude เรียกว่า **Zone**

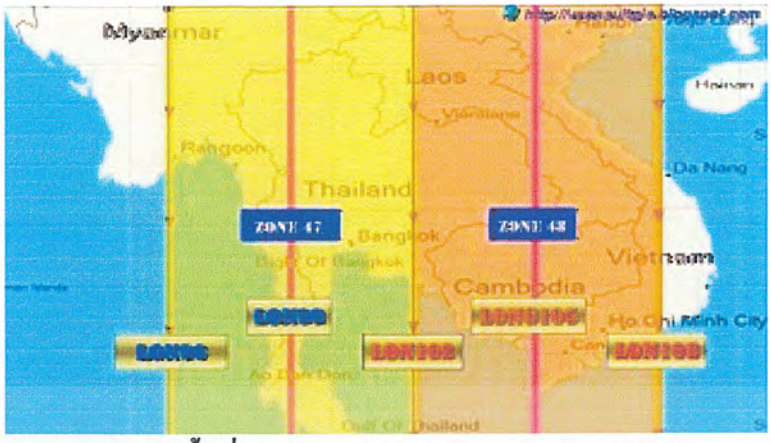
2.4.3.2 การแบ่ง Zone ในระบบ UTM

ประเทศไทยเป็นตั้งอยู่ในระหว่าง 2 โซน ได้แก่ Zone 47 และ Zone 48

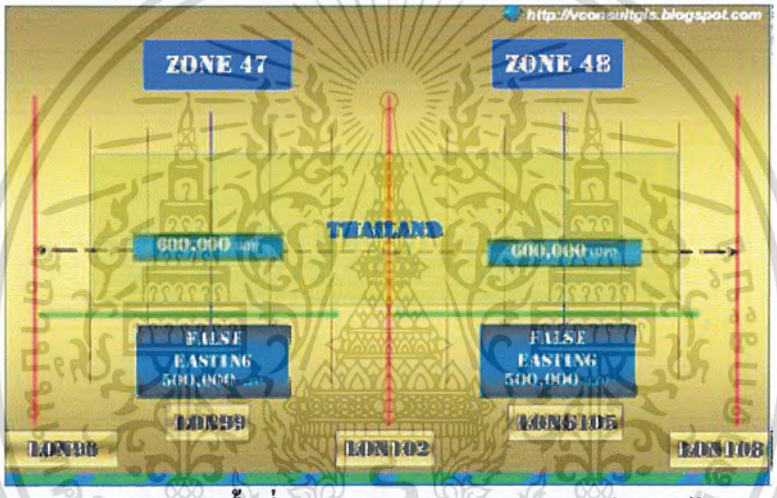
Zone 47 จะเริ่มต้นที่ Longitude ที่ 96 องศาตะวันออก และสิ้นสุดที่ Longitude ที่ 102 องศาตะวันออก มีเมอร์ริเดียนกลาง (CM) Longitude ที่ 99 องศาตะวันออก ค่าความผิดพลาดไปทางทิศตะวันออก (False easting) เท่ากับ 500,000 เมตร

Zone 48 จะเริ่มต้นที่ Longitude ที่ 102 องศาตะวันออก และสิ้นสุดที่ Longitude ที่ 108 องศาตะวันออก มีเมอร์ริเดียนกลาง (CM) Longitude ที่ 105 องศาตะวันออก ค่าความผิดพลาดไปทางทิศตะวันออก (False easting) เท่ากับ 500,000 เมตร

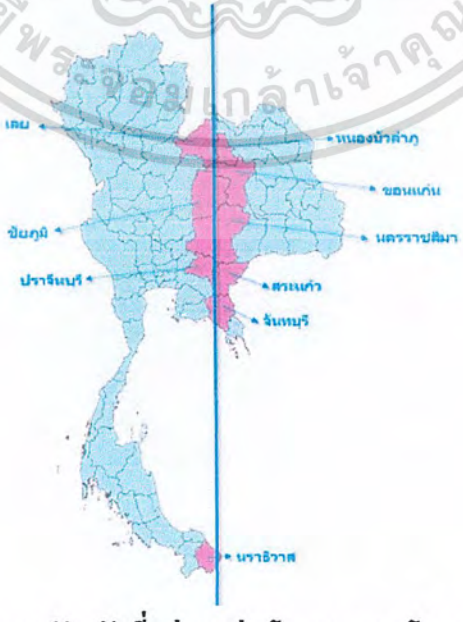
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.13 พื้นที่ Zone 47 และ Zone 48 ของประเทศไทย



รูป 2.14 การแบ่งพื้นที่ Zone 47 และ Zone 48 ของประเทศไทย



รูป 2.15 จังหวัดที่อยู่ระหว่างโซน 47 และโซน 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัดที่อยู่ระหว่างโซน 47 และโซน 48 ประกอบด้วย จันทบุรี ปราจีนบุรี สระแก้ว นครราชสีมา ชัยภูมิ ขอนแก่น เลย หนองบัวลำภู (บางส่วน) และนราธิวาส (บางส่วน)

2.4.4 การจำแนกระบบพิกัด

เนื่องจากการทำแผนที่มีขั้นตอนที่ค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน แต่ละขั้นตอนอาจมีการใช้ระบบพิกัดที่ต่างกันออกไปตามเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนนั้นๆ ระบบพิกัดที่ใช้ในงานแผนที่จึงมีความหลากหลาย หากจะจำแนกระบบพิกัดนั้นก็สามารถจำแนกได้หลายแบบ

2.4.4.1 การจำแนกระบบพิกัดตามมิติ

ระบบพิกัดที่ใช้มากในงานแผนที่ คือ ระบบพิกัดสองมิติ และระบบพิกัดสามมิติ ระบบพิกัดสองมิติใช้กำหนดตำแหน่งของจุดบนระนาบ เช่น การแสดงข้อมูลบนแผนที่ที่แสดงพิกัดหนึ่งในการกำหนดตำแหน่งในแนวตะวันออก-ตะวันตก และอีกพิกัดหนึ่งในการกำหนดตำแหน่งในแนวเหนือ-ใต้ เช่น ตำแหน่งของหมู่บ้านหนึ่งอยู่ที่พิกัด (697700 ม.,1618600 ม.) ตัวอย่างของระบบพิกัดสองมิติ ได้แก่ ระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator) ที่ใช้ในแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร ส่วนการกำหนดตำแหน่งบนโลกมักเป็นระบบพิกัดสามมิติ เช่น การกำหนดพิกัดโดยใช้ค่าลองจิจูด แลตติจูด และ ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ในการแสดงตำแหน่งของสิ่งต่างๆบนโลกที่อยู่ในระบบพิกัดสามมิติลงบนแผนที่ที่เป็นสองมิติ ทำผ่านกระบวนการฉายแผนที่ การวัดระยะบนแนวเส้นตรงนับได้ว่าเป็นระบบพิกัดหนึ่งมิติที่แสดงพิกัดในรูปของระยะที่วัดในแนวเส้นตรงนั้นจากจุดที่กำหนดเป็นจุดเริ่ม

2.4.4.2 การจำแนกระบบพิกัดตามลักษณะของแกนอ้างอิง

การจำแนกระบบพิกัดตามลักษณะของแกนอ้างอิงสามารถจำแนกระบบพิกัดออกได้เป็นระบบพิกัดฉาก (rectangular หรือ Cartesian) และระบบพิกัดขั้ว (polar หรือ spherical) ระบบพิกัดฉากเป็นการกำหนดพิกัดโดยมีแกนที่ตั้งฉากซึ่งกันและกันเป็นแกนอ้างอิง การกำหนดพิกัดทำโดยระยะที่วัดเป็นแนวตั้งฉากกับแกนอ้างอิงแต่ละแกน ส่วนระบบพิกัดขั้วนั้นกำหนดตำแหน่งโดยใช้ระยะและมุม ระบบพิกัดขั้วเป็นการกำหนดจุดกำเนิดและแนวหรือระนาบอ้างอิง พิกัดจะแสดงในรูปของระยะที่วัดจากจุดกำเนิดที่กำหนดและมุมที่วัดจากแนวหรือระนาบอ้างอิง

2.4.4.3 การจำแนกระบบพิกัดตามจุดกำเนิด

การจำแนกแบบนี้สามารถจำแนกระบบพิกัดออกเป็นระบบพิกัดที่มีจุดกำเนิดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของโลกและระบบพิกัดที่มีจุดกำเนิดบนผิวโลก ตัวอย่างของระบบพิกัดที่มีจุดกำเนิดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของโลก ได้แก่ ระบบที่ใช้กำหนดพิกัดบนโลก เช่น ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ส่วนระบบพิกัดบนแผนที่โดยทั่วไปแล้วเป็นระบบพิกัดที่มีจุดกำเนิดบนผิวโลก

2.4.5 เทคนิคการแปลงหน่วยค่าพิกัดแบบ DMS, DD และ DM จากเครื่อง GPS

ระบบดาวเทียม GPS (Global Positioning System : GPS) ของประเทศสหรัฐอเมริกาแม้จะถูกออกแบบให้ใช้ประโยชน์ทางด้านการทหารเป็นหลัก แต่ก็ยอมให้พลเรือนใช้ได้บางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงได้รับความนิยมจากผู้ใช้งานอย่างกว้างขวางในการบอกตำแหน่งพิกัด ด้วยคุณสมบัติเด่นที่เป็นระบบที่ใช้ฟรี สามารถใช้หาตำแหน่งได้ในทุกสภาพอากาศตลอด 24 ชั่วโมง และใช้ได้ทั่วโลก มีความถูกต้องแม่นยำสูง โดยเฉพาะการยกเลิกการใช้ SA (Selective Availability) เมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2543 ทำให้ความถูกต้องของการหาตำแหน่งบนโลกมีความถูกต้องมากขึ้นอยู่ในระดับเซนติเมตร

ปัจจุบันมีการใช้งานระบบ GPS มากขึ้น เมื่อปัจจัยเรื่องราคาของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS (Receiver) มีราคาถูกลง และขนาดของเครื่องเล็กลงจนสามารถพกพาได้ โดยเฉพาะการใช้เทคโนโลยีร่วมกับโทรศัพท์มือถือ แล้วเมื่อนำมาใช้ร่วมกับแผนที่ที่มีความละเอียดสูง (แผนที่มาตราส่วนใหญ่) ก็จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้หลายประเภท ทำให้สะดวกและแม่นยำยิ่งขึ้น อาทิ เช่น การนำทางทั้งทางบก ทางอากาศ และทางทะเล การติดตามบุคคล สัตว์ ยานพาหนะ งานรังวัดพื้นที่และการทำแผนที่ ฯลฯ การแสดงค่าพิกัดในเครื่องฯ GPS ที่ใช้อยู่โดยทั่วไปในประเทศไทยนิยมใช้แค่สองระบบเท่านั้น คือ พิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic coordinate system) และพิกัดกริด UTM (Universal Transverse Mercator) การอ่านค่าในระบบพิกัด UTM นั้นไม่ยุ่งยากมาก เพราะสามารถอ่านตัวเลขตามค่า East (ค่า X) และ ค่า North (ค่า Y) ในกริดโซน 47, 48 (Grid Zone 47, 48) และ UTM มีหน่วยเป็นเมตรอยู่แล้ว แต่การอ่านค่าระบบพิกัดภูมิศาสตร์นั้นค่อนข้างยุ่งยากเล็กน้อย เพราะเครื่องฯ GPS บางรุ่น บางยี่ห้อแสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ในหน่วยแบบที่เรียกว่า องศา ลิปดา ฟิลิปดา (DMS : Degrees Minutes Seconds) หรือแสดงเป็นหน่วยในระบบพิกัดแบบค่าตัวเลขทศนิยมแบบ DD (Decimal Degrees) และ DM (Degrees Minutes) เพื่อนำไปใช้ในคอมพิวเตอร์

ดังนั้นเมื่อต้องการใช้งานแบบใดแบบหนึ่ง จึงต้องมีการแปลง (Convert) ค่าหน่วย DMS เป็น DD หรือ DD เป็น DMS หรือ DMS เป็น DM และ DM เป็น DD ค่าพิกัดภูมิศาสตร์แบบที่เรียกว่า องศา ลิปดา ฟิลิปดา (° ’ ”) เป็นหน่วยแบบ DMS (Degrees Minute Seconds) เหมือนกับหน่วยของเวลา บอกเวลาเป็น ชั่วโมง นาที และวินาที

ค่าองศา (Degrees) 1 องศา มี 60 ลิปดา

ค่าลิปดา (Minutes) 1 ลิปดา มี 60 ฟิลิปดา

ฟิลิปดา (Seconds) 1 ฟิลิปดา มีค่าระยะทางประมาณ 30.48 เมตร หรือ 100 ฟุต บริเวณศูนย์สูตร

ตัวอย่างเช่น มีบ้านในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาตั้งอยู่ที่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ ละติจูด 7 องศา 2 ลิปดา 25 ฟิลิปดา เหนือ, ลองกิจูด 100 องศา 27 ลิปดา 15 ฟิลิปดา ตะวันออก

Latitude : 7° 2’ 25” N, Longitude : 100° 27’ 15” E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าละติจูด (Latitude) และค่าลองจิจูด (Longitude) จำเป็นจะต้องบอกทิศด้วยเพื่อให้ทราบว่าพิกัดอยู่ทางซีกไหนของโลก โดยละติจูด มีค่า 0-90 องศา เหนือ,ใต้ (North : N, South : S) (เป็นค่าของมุมที่วัดจากเส้นศูนย์สูตร (Equator) ไปยังขั้วโลกเหนือและใต้ข้างละ 90 องศา เหนือ-ใต้)

ส่วนลองจิจูด มีค่า 0-180 องศา ตะวันออก, ตะวันตก (East : E, West : W) (เป็นค่าของมุมที่วัดจากเมริเดียนปฐม (Prime Meridian) ไปทางตะวันออก 180 องศา ตะวันออก และทางตะวันตก 180 องศา ตะวันตก) เมริเดียนปฐมเริ่มต้นที่ เมืองกรีนิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ ส่วนหน่วยแบบ DD (Decimal Degrees) หมายถึง ค่าตัวเลขทศนิยม ที่เป็นเลขฐานสิบในหน่วยแบบ DD โดยบอกเป็นค่าองศามีทศนิยม

ตัวอย่างเช่น บ้านในอำเภอหาดใหญ่ ตั้งอยู่ที่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์

ละติจูด 7. 040277 องศา เหนือ, ลองจิจูด 100.45416 องศา ตะวันออก

Latitude : 7.040277° N, Longitude : 100.45416° E

สำหรับหน่วยแบบ DM (Degrees Minutes) หมายถึง ค่าตัวเลขทศนิยม เช่นเดียวกันกับ DD โดยบอกเฉพาะค่าองศา และค่าลิปดา ส่วนค่าฟิลิปดา ปัดเป็นตัวเลขทศนิยมของค่าลิปดา

ตัวอย่างเช่น บ้านในอำเภอหาดใหญ่ ตั้งอยู่ที่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์

ละติจูด 7 องศา 2. 416667 ลิปดา เหนือ, ลองจิจูด 100 องศา 27.25 ลิปดา ตะวันออก

Latitude : 7° 2 .416667’ N, Longitude : 100° 27.25 ’ E

2.4.5.1 วิธีการแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DMS เป็นแบบ DD

เราจะนำค่า DMS มาแปลงเป็นหน่วยในระบบพิกัดแบบค่าตัวเลขทศนิยม DD เพื่อนำไปใช้ในคอมพิวเตอร์ได้โดยผ่านสมการนี้

$$DD = Degrees + (Minutes * 60 + Seconds) / 3600 \quad (2.1)$$

$$DD = (Seconds / 3600) + (Minutes / 60) + Degrees \quad (2.2)$$

ตัวอย่าง แปลงค่าพิกัดในหน่วย DMS ให้เป็น DD เช่น บ้านในอำเภอหาดใหญ่ ตั้งอยู่ที่ ละติจูด 7 องศา 2 ลิปดา 25 ฟิลิปดา เหนือ ลองจิจูด 100 องศา 27 ลิปดา 15 ฟิลิปดา ตะวันออก จาก สมการ 2.1 จะได้

ละติจูด = 7 + (2 * 60 + 25) / 3600 = 7.040277

ลองจิจูด = 100 + (27 * 60 + 15) / 3600 = 100.45416

หรือจากสมการ DD = (Seconds / 3600) + (Minutes / 60) + Degrees จะได้

ละติจูด = (25 / 3600) + (2 / 60) + 7 = 7.040277

ลองจิจูด = (15 / 3600) + (27 / 60) + 100 = 100.45416

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ค่า DD ที่ตั้งบ้านในอำเภอหาดใหญ่อยู่ที่ ละติจูด 7.040277 องศา เหนือ ลองจิจูด 100.45416 องศา ตะวันออก

2.4.5.2 วิธีการแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DD เป็นแบบ DMS

เป็นการคำนวณด้วยมือง่าย ๆ โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1) จากค่าตัวเลขพิกัดในรูปแบบ DD ตัวอย่างเช่น 100.45416 ตัวเลขก่อนหน้าจุดทศนิยม จะเป็นค่าของหน่วยองศา ในที่นี่คือ 100 องศา
2) ให้นำตัวเลขหลังทศนิยมคูณด้วย 60 เช่น .45416 x 60 = 27.2496
3) จากค่าที่คำนวณได้ 27.2496 ตัวเลขก่อนหน้าจุดทศนิยม จะเป็นค่าของหน่วยลิปดา ในที่นี่คือ 27 ลิปดา
4) ให้นำตัวเลขหลังทศนิยมจากผลคูณในข้อ 2 คูณด้วย 60 เช่น .2496 x 60 = 14.976
5) จากค่าที่คำนวณได้ 14.976 ตัวเลขก่อนหน้าจุดทศนิยม จะเป็นค่าของหน่วยฟิลิปดา ในที่นี่ปัดทศนิยมเป็น 15 ฟิลิปดา
6) เมื่อนำตัวเลขมาอ่านรวมกันจะได้ 100 องศา 27 ลิปดา 15 ฟิลิปดา เหมือนกับคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข

2.4.5.3 วิธีการแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DMS เป็นแบบ DM

การแปลงค่า DMS ให้เป็นค่าพิกัดแบบตัวเลขทศนิยม DM ทำได้ดังนี้

$$\text{Degrees} = \text{Degrees} \tag{2.3}$$

$$\text{Minutes.m} = \text{Minutes} + (\text{Seconds} / 60) \tag{2.4}$$

ตัวอย่าง 100 องศา 27 ลิปดา 15 ฟิลิปดา

จากสมการ 2.3 และ 2.4 จะได้

100 องศา = 100 องศา

Minutes.m = Minutes + (Seconds / 60) = 27 + (15 / 60) = 27.25

ค่า DM ที่ได้ ก็คือ 100 องศา 27.25 ลิปดา (100° 27.25')

2.4.5.4 วิธีการแปลงหน่วยในระบบพิกัดแบบ DM เป็นแบบ DD

การแปลงค่า DM ให้เป็นค่าพิกัดแบบตัวเลขทศนิยม DD ทำได้ดังนี้

$$.d = \text{Minutes.m} / 60 \tag{2.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Decimal Degrees = Degrees + .d (2.6)

ตัวอย่าง 100 องศา 27.25 ลิปดา

.d = Minutes.m / 60 = 27.25 / 60 = 0.4542

Decimal Degrees = Degrees + .d = 100 + 0.4542 = 100.4542

ค่า DD ที่ได้ ก็คือ 100.4542 องศา (100.4542°)

2.5 หมุดหลักฐาน

2.5.1 TIME LINE ของการทำแผนที่ตามหลักวิชาการในประเทศไทย

เพื่อให้เป็นประโยชน์แก่การค้นคว้า วิวัฒนาการการทำแผนที่ตามหลักวิชาการในประเทศไทย จึงขอนำเสนอ TIME LINE ของการทำแผนที่ดังนี้

การทำแผนที่ภายในประเทศ เริ่มเมื่อปลายรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว

พ.ศ.2411 ได้มีการทำแผนที่บริเวณ ชายพระราชาอาณาเขตด้านตะวันตกของไทย เพื่อใช้กำหนดแนวเขตพรมแดนไทยกับพม่า

พ.ศ.2413 ได้ทำแผนที่กรุงเทพฯ และกรุงธนบุรี โดยชาวต่างประเทศเป็นผู้ทำความเจริญในการทำแผนที่ของประเทศไทย เริ่มจริงจังในสมัยรัชกาลที่ 5

พ.ศ.2418 ได้ทรงตั้งกองทำแผนที่ขึ้นตามคำแนะนำของนายเฮนรี อาลาบาสเตอร์ ที่ปรึกษาส่วนพระองค์ โดยมุ่งประโยชน์ในการตัดถนนสายต่างๆในกรุงเทพฯ การวางสายโทรเลขจากกรุงเทพฯ ไปพระตะบองและทำแผนที่ปากอ่าวเพื่อการเดินเรือ

พ.ศ.2424 ได้ข้างชาวอังกฤษ คือ แมคคาร์ธี มาเป็นเจ้ากรมแผนที่ มีการวางโครงข่ายสามเหลี่ยมจากประเทศไทยไปลาว-เขมร ต่อมาได้ทำแผนที่มาตราส่วน 1 : 2,000,000 แสดงดินแดนประเทศไทย รวมทั้งลาว - เขมร และทำแผนที่บริเวณที่ราบ ภาคกลาง มาตราส่วน 1 : 100,000

งานทำแผนที่ของประเทศไทยระยะต่อมา พอสรุปได้ดังนี้

พ.ศ.2444 เริ่มสำรวจและทำแผนที่โฉนดขึ้นเป็นครั้งแรก

พ.ศ.2447 มีการทำแผนที่ตามแนวพรมแดนด้านลาวและเขมร โดยชาวฝรั่งเศส

พ.ศ 2453 - 2493 ทำแผนที่ทั่วไปภายในประเทศ เป็นแผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000 ระยะเวลา 40 ปี นี้ทำแผนที่เสร็จประมาณ 50 %

พ.ศ.2455 เริ่มสำรวจทำแผนที่ทางทะเล

พ.ศ.2466 เริ่มงานสมุทรศาสตร์ 6. พ.ศ.2468 นายซัตตัน (N.Sutton) อาจารย์วิชาภูมิศาสตร์โรงเรียนสวนกุหลาบ ร่วมมือกับกรมแผนที่ทหาร ทำแผนที่เย็บเล่มขึ้นเป็นครั้งแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พ.ศ.2495 เริ่มโครงการทำแผนที่ประเทศไทย ตามข้อตกลงระหว่างไทยกับสหรัฐอเมริกา เป็นการทำแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000 ขึ้นใหม่ทั่วประเทศ

พ.ศ.2504 กรมแผนที่ทหารได้ทำแผนที่เฉพาะวิชา มาตราส่วน 1 : 1,000,000 ขึ้น 10 ชนิด

พ.ศ.2507 ปรับปรุงแก้ไขแผนที่เฉพาะให้ทันสมัยขึ้น และย่อส่วนเป็นมาตราส่วน 1 : 2,500,000

พ.ศ.2510 - 2512 เป็นต้นมา ก็ปรับปรุงแก้ไขแผนที่เฉพาะวิชาชุดเดิม แล้วรวบรวมเป็นแผนที่เล่มมีคำอธิบายประกอบแผนที่เฉพาะแต่ละชนิด ทำให้สะดวกในการศึกษาและใช้เป็นอย่างมา

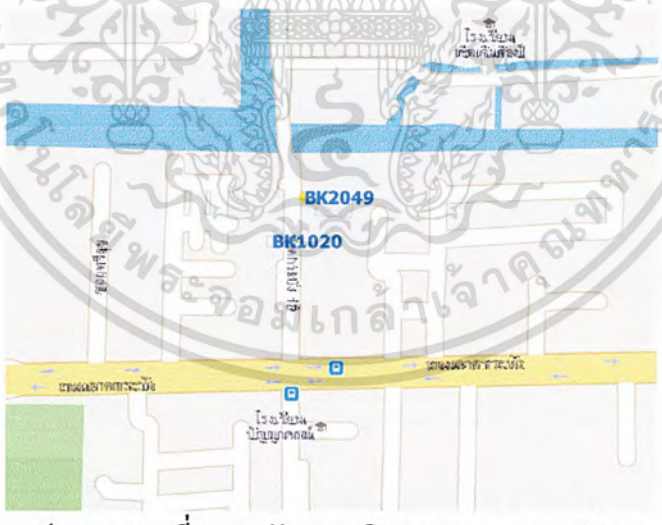
พ.ศ.2514 ชุดแผนที่ 1:50 000 จึงได้เปลี่ยนไปด้วยเป็น L7017 ใช้พื้นหลักฐาน Indian 1975 ครอบคลุมประเทศไทย 830 ระวาง

พ.ศ.2546 ชุดแผนที่ 1:50 000จึงได้เปลี่ยนไปด้วยเป็น L7018 ใช้พื้นหลักฐาน WGS84 ครอบคลุมประเทศไทย 830 ระวาง

พ.ศ.2551 ชุดแผนที่ 1501 มาตราส่วน 1 : 250 000 ที่ใช้พื้นหลักฐาน WGS84 เริ่มให้บริการ จำหน่าย ทั่วประเทศ

2.5.2 แผนที่ของหมุดหลักฐานที่ได้ทำการสำรวจ

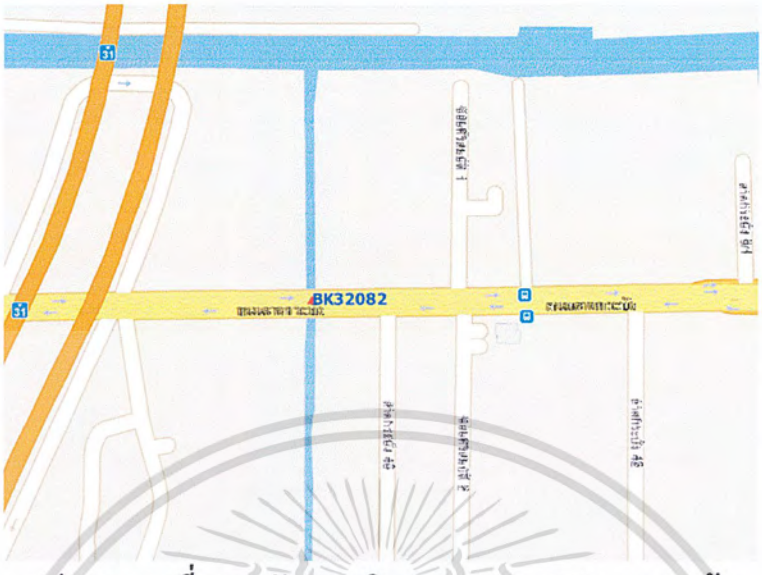
1) ซอยลาดกระบัง 15



รูป 2.16 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ ซอยลาดกระบัง 15

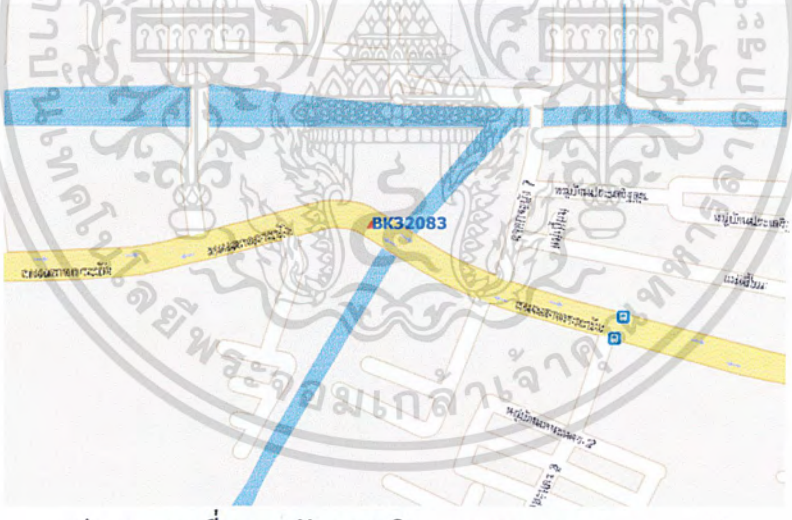
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สะพานคลองหนองตะกร้า



รูป 2.17 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ สะพานคลองหนองตะกร้า

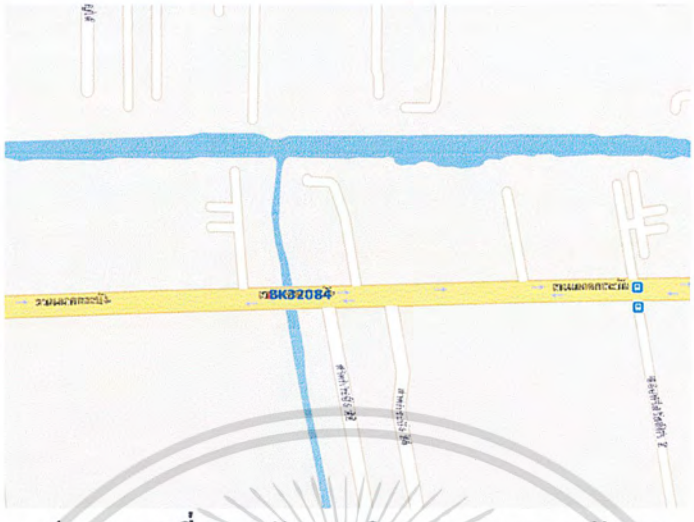
3) สะพานคลองลาดกระบัง



รูป 2.18 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ สะพานคลองลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) สะพานคลองบัวลอย



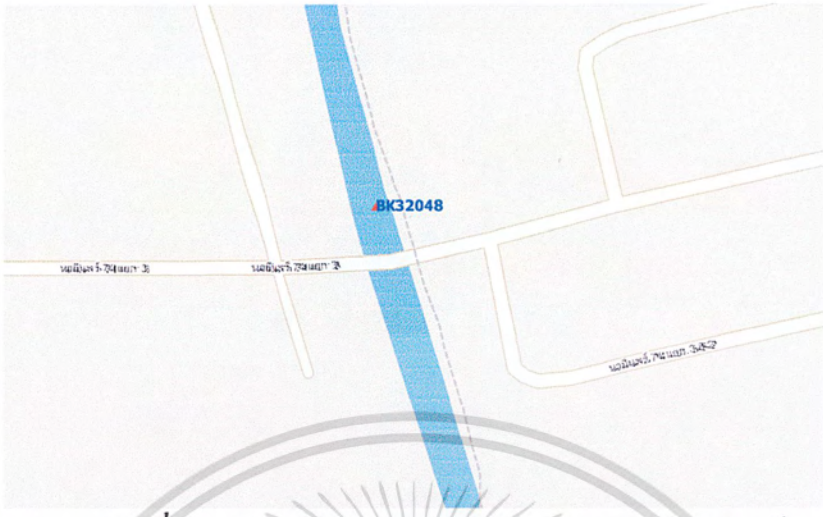
รูป 2.19 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ สะพานคลองบัวลอย

5) สะพาน ถ.เลียบคลองมอญ

รูป 2.20 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ สะพาน ถ.เลียบคลองมอญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) สะพานคลองบางเตย ซ.นวมินทร์ 74



รูป 2.21 แผนที่หมุดหลักฐานบริเวณ สะพานคลองบางเตย ซ.นวมินทร์ 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ WIRELESS

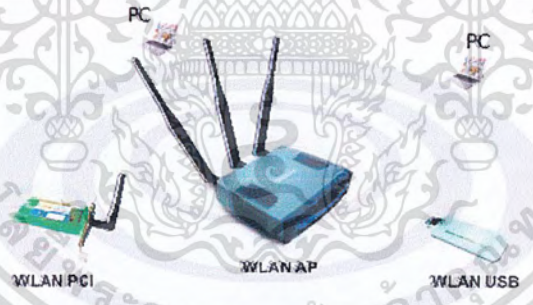
3.1 Introduction Access Point

Access Point หรือเรียกสั้นๆ ว่า AP (เอ-พี) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็น "จุดกระจายและเชื่อมต่อสัญญาณไร้สาย เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ไร้สายทุกชนิด" (ที่ทำงานภายใต้มาตรฐานของ IEEE802.11) เข้าด้วยกัน

3.2 โหมดการทำงานของ Access Point

3.2.1 Access Point

โหมด Access Point คือ โหมดพื้นฐานที่สุด การใช้งาน Wireless คือ Access Point จะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อเครื่องลูกข่ายเข้าสู่ระบบเครือข่ายแบบมีสาย เพื่อเข้าไปใช้งานอินเตอร์เน็ต หรือเข้าไปยังเครือข่าย LAN ของสำนักงาน เป็นต้น โดยการเข้าถึงเครือข่ายอาจจะมีการเข้ารหัส (Encryption) โดยผู้ใช้งานจะต้องใส่ Key ก่อนเชื่อมต่อ บนมาตรฐาน WEP หรือ WPA เป็นต้น



รูป 3.1 โหมด Access Point

3.2.2 Client Bridge

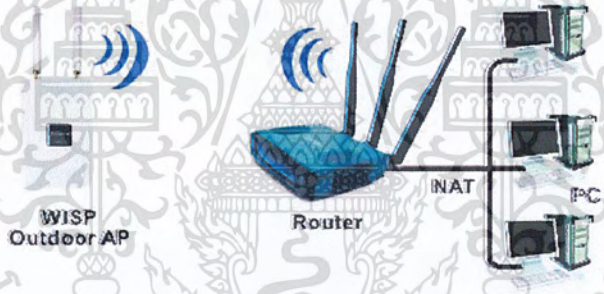
โหมด Client Bridge คือ ตัวอุปกรณ์จะทำหน้าที่เหมือนเป็นตัวลูกข่ายเพื่อเข้าเชื่อมต่อกับ Access Point โหมดนี้ เหมาะสำหรับการเชื่อมต่อไปยัง AP ระยะไกล หรือเพื่อเชื่อมต่อเครือข่าย wireless สำหรับอุปกรณ์เครือข่ายที่ไม่มี wireless card เช่น กล้องวงจรปิดแบบ IP เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.2 โหมด Client Bridge

3.2.3 Client Router

Client Router มีการทำงานคล้ายกับ Mode Client Bridge แต่ Mode นี้อุปกรณ์จะทำหน้าที่ NAT (Network Address Translation) ด้วย และมีฟังก์ชั่น DHCP ที่สามารถแจก IP Addresss ให้กับเครื่องลูกข่ายด้วย โหมดนี้ จะใช้ Wireless เป็น interface WAN และ ใช้พอร์ต RJ-45 เป็น interface LAN



รูป 3.3 โหมด Client Router

3.2.4 Wireless Router

โหมดนี้จะทำงานเหมือน Wireless Router ทั่วไป คือจะใช้ พอร์ต RJ-45 เป็น WAN และแชร์อินเตอร์เน็ตผ่าน Interface Wireless

รูป 3.4 โหมด Wireless Router

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 WDS Bridge

WDS Bridge คือ การทำงานแบบ Point to Point มีข้อแตกต่างจาก Client Bridge คือ จะทำการส่งค่า MAC Address ของเครื่องลูกข่ายทั้งหมดผ่านไปยัง Interface Wireless ด้วย ซึ่งจะจำเป็นสำหรับการนำไปทำ Wi-Fi Hotspot เพราะผู้ให้บริการ จำเป็นต้องทราบ MAC Address ของเครื่องลูกค้าทุกคน

รูป 3.5 โหมด WDS Bridge

3.2.6 WDS AP

WDS AP คือ การทำ Repeater หรือการขยายสัญญาณจาก AP ตัวหนึ่ง ไปยัง AP อีกตัวหนึ่ง (หรือหลายตัว) โดยสามารถทำการขยายต่อไปได้เรื่อยๆ (ยิ่งทำ WDS หลาย AP ความเร็วโดยรวมจะลดลง) โดย WDS จะมีข้อดีกว่า Repeater คือ สามารถส่งผ่าน MAC Address ของ Client ผ่านไปยัง Interface Wireless ซึ่งเหมาะสำหรับ WISP ที่จะทำการ Repeat สัญญาณ

ข้อจำกัดของ WDS AP คือ ก่อนที่จะการ Repeat นั้น AP ทั้งคู่ที่จะเชื่อมต่อกัน จะต้องมีการกำหนดสิทธิ์ของกันและกันเสียก่อน ด้วยค่า MAC Address และ AP ในกลุ่มจะต้องมี Encryption เดียวกัน ใช้ Channel เดียวกัน รวมไปถึง SSID เดียวกันด้วย

รูป 3.6 โหมด WDS AP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 Universal Repeater

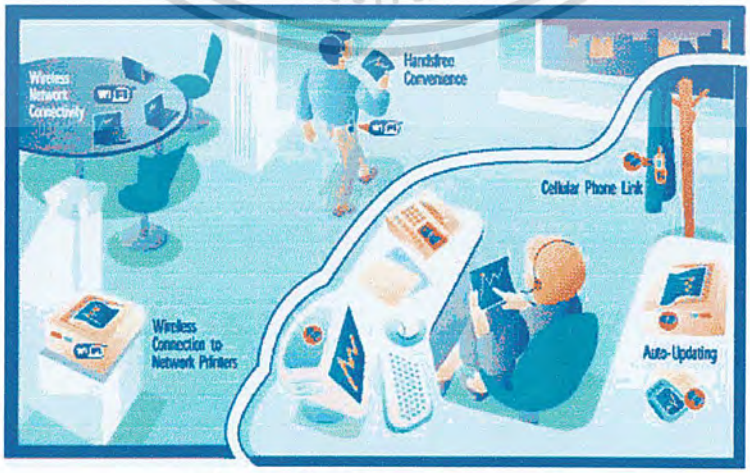
Universal Repeater นั้นอุปกรณ์จะทำหน้าที่ทวนสัญญาณจาก AP ตัวใดๆก็ได้ ที่อยู่ในรัศมี ที่อุปกรณ์รับสัญญาณได้ เพื่อขยายพื้นที่ให้บริการ รวมไปถึงยังสามารถเปลี่ยนชื่อ SSID เดิมให้เป็น SSID ใหม่ ที่กำหนดขึ้นได้

รูป 3.7 โหมด Universal Repeater

3.3 Wireless LAN

ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN : WLAN) หมายถึง เทคโนโลยีที่ช่วยให้การติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง หรือกลุ่มของเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถสื่อสารกันได้ ร่วมถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยเช่นกัน โดยปราศจากการใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อ แต่จะใช้คลื่นวิทยุ

เป็นช่องทางการสื่อสารแทน การรับส่งข้อมูลระหว่างกันจะผ่านอากาศ ทำให้ไม่ต้องเดินสายสัญญาณ และติดตั้งใช้งานได้สะดวกขึ้น



รูป 3.8 เครือข่าย Wireless LAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเครือข่ายไร้สายใช้แม่เหล็กไฟฟ้าผ่านอากาศ เพื่อรับส่งข้อมูลข่าวสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ และระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์เครือข่าย โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้อาจเป็นคลื่นวิทยุ (Radio) หรืออินฟาเรด (Infrared)

3.4 ทฤษฎีคลื่นวิทยุและการนำไปใช้

3.4.1 ความถี่ของคลื่น (Frequency)

ลักษณะคลื่นชนิดอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจะคล้ายกับคลื่นน้ำเช่นกัน หากมองดูภาพตัดขวางก็จะพบว่าคลื่นมีลักษณะเป็นลอนๆ คล้ายกระเบื้องมุงหลังคาบ้าน วิธีที่จะนับจำนวนลูกคลื่นก็คือ การนับจากจุดสูงสุดของคลื่นลูกหนึ่งไปยังจุดสูงสุดของคลื่นอีกลูกหนึ่งก่อนที่ลูกคลื่นจะมีรูปร่างซ้ำกัน และตัวแปรที่ใช้จะบอกว่า คลื่นนี้เกิดขึ้นกี่ลูกในหนึ่งนาทีก็คือ ความถี่ (Frequency) มีหน่วยเป็น Hz (เฮิร์ต) ตัวอย่างเช่น ถ้าคลื่นนี้เกิดขึ้น 2 ลูก ใน 1 วินาที คลื่นนี้ก็จะมีความถี่เท่ากับ 2 เฮิร์ต ถ้าคลื่นนี้เกิดขึ้น 10 ลูกต่อวินาทีก็คือ คลื่นมีความถี่เท่ากับ 10 เฮิร์ต เป็นต้น

3.4.2 ความแรงของคลื่น (Amplitude)

ตัวที่ใช้บ่งบอกคลื่นนี้มีความแรงนี้ทำได้โดยการวัดจากจุดสูงที่สุดไปยังกึ่งกลางระหว่างจุดที่สูงที่สุดและต่ำที่สุด ยิ่งคลื่นมีความแรงมากเท่าไร ก็จะมีพลังงานสูงมากเท่านั้นไปด้วย คล้ายๆ กับคลื่นน้ำที่มีความสูงมาก

3.4.3 การทดทอนของคลื่น (Attenuation)

การแพร่กระจายของคลื่นวิทยุก็มีลักษณะคล้ายกับแสง เพราะคลื่นวิทยุก็เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ความแรงของสัญญาณวิทยุก็จะลดลงตามระยะห่างจากต้นกำเนิดเป็นอัตราส่วนผกผันกำลังสอง คือ ยิ่งอยู่ห่างจากต้นกำเนิดแสงมากเท่าไหร่ ความแรงของสัญญาณก็จะยิ่งลดลงมากเป็นทวีคูณ ตามสมการความเข้มของสัญญาณของ Friis

$$Pd = \frac{Pt}{4\pi d^2} \qquad (3.1)$$

โดย Pt คือ ความแรงของสัญญาณจากเครื่องส่ง

Pd คือ ความเข้มของสัญญาณที่เครื่องรับซึ่งห่างจากเครื่องส่งเป็นระยะทาง

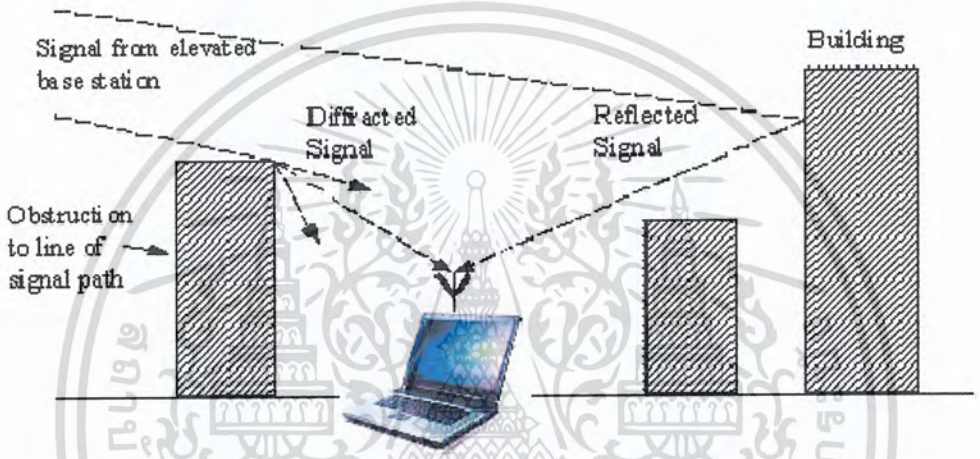
d คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ

จากสมการที่ 3.1 จะเห็นว่า ความเข้มของสัญญาณจะแปรผกผันในอัตราส่วนของระยะทางกำลังสอง ตัวอย่างเช่น เมื่อมีสถานีวิทยุส่งสัญญาณความแรง 1 วัตต์ เมื่ออยู่ห่าง 1 กิโลเมตร ความแรงของสัญญาณที่หน้าจอเครื่องรับก็จะเต็มสเกล แต่เมื่ออยู่ห่าง 10 กิโลเมตร ความแรงของสัญญาณเกือบจะเป็นศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 สิ่งกีดขวางมีผลต่อการรับสัญญาณคลื่นวิทยุ

ในสภาวะการใช้งานทั่วไป คงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะมีสิ่งกีดขวางต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอาคาร ต้นไม้ เสาไฟฟ้า ผนังห้อง หรือกระจก สิ่งเหล่านี้อาจจะมีคุณสมบัติในการลดทอนและการดูดซับคลื่น ซึ่งวัสดุที่มีผลต่อคลื่นวิทยุที่สำคัญก็คือ โลหะ ซึ่งสามารถสังเกตได้ง่ายๆ ว่าเมื่อที่อยู่ในลิฟต์ โทรศัพท์มือถือมักจะรับสัญญาณไม่ได้ หรือสายมักจะหลุดบ่อย ประการที่สองก็คือ ผนังคอนกรีตจะมีอัตราการลดทอนสัญญาณสูงเมื่อคลื่นวิทยุปะทะกับผนังคอนกรีตก็จะผ่านไปไม่ได้ ดังจะสังเกตได้จากการเดินเข้าไปในอาคารจอดรถชั้นใต้ดิน ซึ่งมักจะมีผนังคอนกรีตหนาๆ กันอยู่วัสดุเหล่านี้จะป้องกันไม่ให้คลื่นผ่านได้ทำให้รับสัญญาณไม่ได้



รูป 3.9 เขตเงาสัญญาณที่เกิดขึ้นกับสัญญาณไร้สาย

ลักษณะของสิ่งกีดขวางอีกประการหนึ่งก็คือ การบังคลื่นของสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ทำให้เกิดเขตเงา (Shadow) อาการนี้มักจะเกิดขึ้นเมื่ออยู่หลังอาคารสูงๆ หรือภูเขา หากยิ่งอยู่ในเขตอาคารสูงมากๆ หรืออาศัยอยู่ในอาคารพาณิชย์หรือตึกแถวอาจจะพบกับปัญหา ตัวอย่างเช่น เมื่ออยู่ในสำนักงานจะใช้สัญญาณไร้สายได้อย่างไม่มีปัญหาแต่พอออกไปยังข้างนอก จะใช้งานไม่ค่อยได้ เนื่องจากเกิดการลดทอนของคลื่น เนื่องจากความหนาของผนังคอนกรีตของสำนักงาน

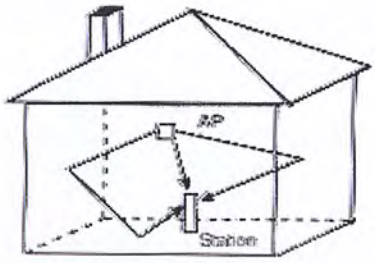
คลื่นความถี่ที่ใช้ในระบบเครือข่ายไร้สายนั้นมีความถี่ที่ 2.4 กิกกะเฮิร์ต ซึ่งความถี่นี้ก็จัดว่า เป็นความถี่ที่สูง มักจะเดินทางได้ไม่ไกล แต่นั่นกลับไม่ใช่ข้อเสียแต่กลับเป็นผลดีด้วยซ้ำไป เนื่องจากการเดินทางได้ไม่ไกลทำให้สามารถควบคุมระยะทางการแพร่กระจายคลื่นได้ง่ายขึ้น ทำให้ลดปัญหาคลื่นเดินทางไปรบกวนกับเครือข่ายข้างเคียงได้ง่ายขึ้น

3.4.5 การสะท้อนและการเดินทางของคลื่นจากหลายทิศทาง

นอกเหนือจากคุณสมบัติการลดทอนแล้ว คลื่นยังมีคุณสมบัติการสะท้อนจากวัสดุต่างๆ ได้ เมื่อส่งสัญญาณวิทยุออกอากาศมา คลื่นก็จะเดินทางมาถึงเราจากหลายทิศทาง เพราะเกิดจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะท้อนจากวัตถุหลายๆ อย่างรอบด้าน ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “การเดินทางของคลื่นมาจากหลายทิศทาง (Multipath)” ปรากฏการณ์นี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย



รูป 3.10 การสะท้อนและการเดินของคลื่นจากหลายทิศทาง

ข้อดีก็คือ การสะท้อนของคลื่นจากหลายทิศทางทำให้สามารถรับสัญญาณได้ แม้ว่าจะอยู่หลังอาคารสูงๆ หรือในหุบเขา คลื่นที่เดินมาทางก็จะสะท้อนกับวัตถุรอบด้านจนเดินทางมาถึงตัวรับได้ โดยไม่จำเป็นว่าต้องอยู่ในระยะกับเครื่องส่งคลื่นนั้น แต่บางครั้งก็กลายเป็นข้อเสีย ทำให้รูปร่างสัญญาณที่มาถึงยังเครื่องรับมีรูปร่างผิดเพี้ยนไป เครื่องรับก็จะรับสัญญาณได้ไม่ชัดเจนนี่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่อง รับมากที่สุด ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ เมื่อตั้งเครื่องรับวิทยุไว้บางจุดก็จะรับสัญญาณไม่ชัด แต่เมื่อเปลี่ยนที่ตั้งก็จะรับสัญญาณได้ชัดเจนขึ้น

3.4.6 เครื่องส่งสัญญาณวิทยุ (Transmitter)

เมื่อต้องการจะส่งข้อมูลไม่ว่าจะเป็นสัญญาณเสียง เพลง หรือข้อมูลที่เป็นดิจิตอล ก็ต้องป้อนข้อมูลนี้ให้กับเครื่องส่งสัญญาณ หลังจากนั้นข้อมูลก็จะถูกทำการโมดูเลทเข้ากับคลื่นพาหะ ซึ่งเป็นคลื่นวิทยุที่ใช้สำหรับนำพาข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง หลังจากโมดูเลทเสร็จ ก็จะได้สัญญาณวิทยุ ซึ่งก็จะนำไปผ่านวงจรขยายเพื่อเร่งความแรงสัญญาณเพื่อให้ส่งออกอากาศได้ในระยะทางไกลๆ สัญญาณวิทยุก็จะถูกส่งไปยังอากาศ โดยผ่านสายนำสัญญาณเพื่อออกอากาศต่อไป

3.4.7 เสาอากาศ (Antenna)

หน้าที่หลักของเสาอากาศ คือ การแปลงสัญญาณวิทยุไปเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อส่งออกอากาศยังภาคส่งคลื่นวิทยุ และทำหน้าที่ในการแปลงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในอากาศไปเป็นสัญญาณวิทยุเพื่อส่งให้ภาครับทำการดีโมดูเลทข้อมูลออกจากสัญญาณวิทยุต่อไป

เสาอากาศจัดเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมาก ถ้าเสาอากาศไม่มีคุณภาพก็จะส่งสัญญาณไม่ออก หรือไม่สามารถรับสัญญาณได้เลย ซึ่งมีตัวแปรหลายๆ ค่าที่ใช้บอกคุณสมบัติของเสาอากาศ เช่น เกน (Gain) หรืออัตราขยายเป็นตัวบอกว่าเสาอากาศนี่มีคุณสมบัติในการแปลงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาเป็นสัญญาณไฟฟ้าได้ดีเพียงใด ค่าบีมวิธ (Beamwidth) ซึ่งบอกรูปร่างลักษณะการกระจายคลื่นว่าเป็นรูปแบบไหน การเลือกใช้เสาอากาศที่มีทิศทางจะช่วยกำหนดรูปแบบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพร่กระจายคลื่นได้ดีกว่า และค่า SWR เป็นตัวเลขที่บอกถึงคลื่นที่สะท้อนกลับมาเมื่อส่งสัญญาณออกอากษสไป หากว่า SWR นี้มีค่าสูงมากๆ ก็อาจจะทำให้เครื่องส่งพังได้

3.4.8 เครื่องรับสัญญาณวิทยุ (Receiver)

หลังจากมีสัญญาณออกอากาศมาก็จะมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระจายออกไป ในระบบเครื่องรับวิทยุก็จะใช้เสาอากาศในการเปลี่ยนแปลงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้มาเป็นสัญญาณไฟฟ้า หลังจากนั้นก็จะทำการขยายสัญญาณให้มีความแรงขึ้น สัญญาณนี้ก็จะถูกทำการดีมอดูเลทข้อมูลจากคลื่นพาหะ ข้อมูลที่ได้ก็จะถูกเอาไปใช้งาน นั่นเป็นกระบวนการรับและส่งคลื่นวิทยุ

3.5 ทฤษฎีเสาอากาศเบื้องต้น

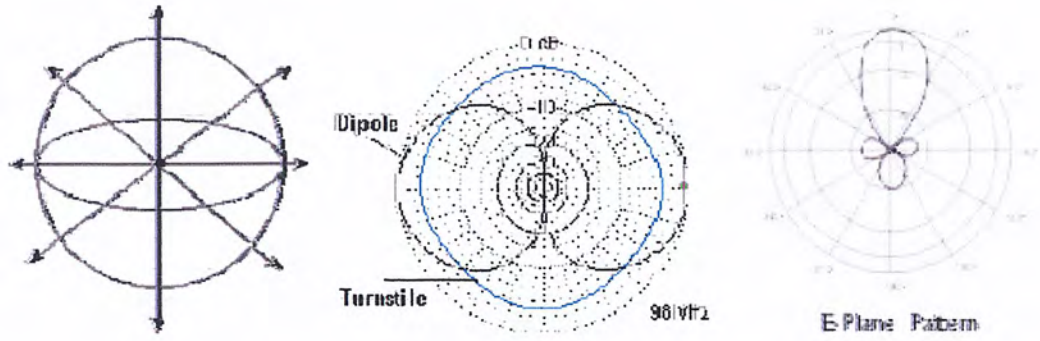
ทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลในรูปของกระแสไฟฟ้าที่ส่งออกมาจากภาคส่งของอุปกรณ์ไวร์เลสแลนให้กลายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่กระจายออกไปในอากาศและสายอากาศยังทำหน้าที่รับเอาคลื่นที่อุปกรณ์ไวร์เลสแลนเครื่องอื่น ๆ ส่งออกมาแปลงกลับให้อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าส่งให้ภาครับต่อไป

เสาอากาศเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญตัวหนึ่งในระบบสื่อสารไร้สายทำหน้าที่แพร่กระจายและรับสัญญาณที่แพร่กระจายออกมาจากเสาอากาศต้นอื่น ถ้าหากใช้เสาอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำก็จะไม่สามารถรับสัญญาณหรือส่งสัญญาณวิทยุออกไปได้เลย เพื่อเป็นการวัดประสิทธิภาพการทำงานของเสาอากาศจึงได้มีการกำหนดเสาอากาศในทางทฤษฎีขึ้นมา เรียกว่า เสาอากาศแบบไอโซโทรปิก (Isotropic Antenna) เสาอากาศนี้มีการแพร่กระจายคลื่นเป็นรูปทรงกลมคล้ายลูกโป่ง นั่นหมายถึงว่าไม่ว่าจะอยู่บริเวณใดของเสาอากาศนี้ก็จะสามารถรับสัญญาณได้ดี

เทคนิคที่ใช้เพิ่งอัตราขยายของเสาอากาศ (Antenna Gain) ทำได้โดยการกำหนดรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นนี้ใหม่ คล้ายกับการบีบลูกโป่ง ซึ่งทำให้การแพร่กระจายของคลื่นเปลี่ยนไป การบีบลูกโป่งจากด้านบนจะทำให้ลูกโป่งขยายออกในแนวนอน นั่นก็หมายถึงทิศทางการแพร่กระจายคลื่นก็จะดีในแนวนอนและการกระจายคลื่นในแนวตั้งก็จะลดลง นั่นก็เป็นรูปแบบการกระจายคลื่นที่ต้องการเนื่องจากการเพิ่มระยะการรับ-ส่งคลื่นนั้นต้องการให้เพิ่มระยะทางในแนวนอนมากกว่าแนวดิ่ง

อัตราขยายของเสาอากาศนั้นจะวัดจากค่าพลังในทิศทางที่ต้องการสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับพลังที่แพร่กระจายมาจากเสาอากาศในทางทฤษฎีแบบไอโซโทรปิก หากเสาอากาศนี้มีอัตราขยายสงๆ ก็คล้ายกับการบีบลูกทรงกลมนี้ออกเป็นรูปต่างๆ นั่นก็จะทำให้เกิดผลกระทบด้านพื้นที่ให้ครอบคลุมและองศาการกระจายคลื่นลดลง ตัวอย่างเช่น เสาอากาศแบบไดโพล (Dipole Antenna) จะมีรูปร่างการกระจายคลื่นคล้ายรูป โดนัท นั่นหมายถึงการที่กำลังใช้มือบีบลูกโป่งตรงกลางสองข้างจนมีรูปร่างคล้ายโดนัท นี้ก็ทำให้การแพร่กระจายของคลื่นในตรงกลางของโดนัทลดลงแต่จะไปเพิ่มการแพร่กระจายด้านแนวนอนทั้งสองข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) ข) ค)

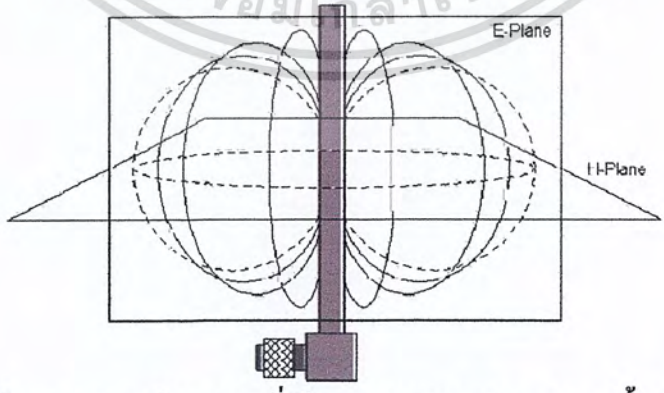
รูป 3.11 การแพร่กระจายคลื่นของเสาอากาศแบบไอโซโทรปิก ไดโพล และยากิ

ก) Isotropic Antenna

ข) Dipole omni Antenna

ค) Yagi directional Antenna

ในการแพร่กระจายของสัญญาณวิทยุจะเป็นรูปแบบ 3 มิติ ดังนั้นจะต้องมีการวัดการกระจายคลื่นจากแนวนอน(E-Plane) และแนวตั้ง (H-Plane) รูปต่อไปนี้คือ รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของเสาอากาศรอบทิศทางแบบไดโพล (Dipole – Plane) ที่มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นคล้ายรูปโดนัท หากมองจากแนวนอนก็จะเห็นคล้ายรูปโดนัทผ่าครึ่ง แต่ถ้าหากมองจากแนวตั้งจะเห็นว่าเป็นรูปทรงกลมประโยชน์จากรูปแบบการกระจายคลื่นแบบนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้กับอาคารสูงๆ ซึ่งที่มีอุปกรณ์ Wireless LAN มากๆ หากคุณใช้เสาอากาศแบบนี้คลื่นก็จะแพร่กระจายไปในแนวนอนได้ดี นั่นหมายถึงในชั้นเดียวกันสามารับสัญญาณได้ดี แต่ในแต่ตั้งจะแพร่กระจายคลื่นไม่ดี ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้คลื่นเดินทางไปรบกวนชั้นบนและล่างได้เป็นอย่างดี



รูป 3.12 ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นในแนวนอน (E-Plane) แนวตั้ง (H-Plane)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 ประเภทของสายอากาศ

อุปกรณ์ Wireless LAN ทุกๆ เครื่องจะมีสายอากาศ (Antenna) ไม่ว่าจะเป็นแบบติดตั้งไว้ภายนอกตัวอุปกรณ์หรือแบบซ่อนไว้ภายใน ซึ่งสายอากาศจะทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลในรูปของกระแสไฟฟ้าที่ส่งออกมาจากภาคส่งของอุปกรณ์ Wireless LAN ให้กลายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่กระจายออกไปในอากาศ และสายอากาศยังทำหน้าที่รับเอาคลื่นที่อุปกรณ์ Wireless LAN เครื่องอื่นๆ ส่งออกมาแปลงกลับให้อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าส่งให้ภาครับต่อไป ทิศทาง (Direction) และรูปแบบ (Pattern) การแพร่กระจายคลื่นของอุปกรณ์ Wireless LAN ถูกกำหนดโดยชนิดของสายอากาศดังนี้

3.5.1.1 เสาอากาศแบบรอบตัว (Omni Direction Antenna)

อุปกรณ์ Wireless LAN ไม่ว่าจะเป็น Access Point หรือ LAN Card ไร้สายชนิดต่างๆ ถูกออกแบบให้ติดตั้งสายอากาศแบบ Om-ni Directional มาจากโรงงาน สายอากาศแบบ Om-ni นี้มีคุณสมบัติที่สามารถแพร่กระจายและรับคลื่นได้ทิศทางรอบตัวสายอากาศเนื่องจากผู้ออกแบบอุปกรณ์ Wireless LAN ต้องการให้ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมโยงและสื่อสารข้อมูลถึงกันจากทิศทางใดก็ได้โดยอิสระ ไม่จำเป็นต้องเป็นแนวเส้นตรงจากทิศทางใดทิศทางหนึ่งหนึ่ง (Peer to Peer) เหมือนกับการสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี Infrared (Ir) หรือ Bluetooth

รูป 3.13 สายอากาศแบบ Om-ni Directional

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.2 เสาอากาศแบบทิศทาง (Directional Antenna)

สายอากาศแบบ Directional Antenna เป็นสายอากาศที่มีคุณสมบัติแพร่กระจายและรับคลื่นได้ทิศทางใดทิศทางหนึ่งในลักษณะแนวเส้นตรงทำให้ได้ระยะทางการเชื่อมโยงระบบไกลมากขึ้น สัญญาณรบกวนในทิศทางอื่นๆ ไม่สามารถเข้ามารบกวนข้อมูลที่กำลังสื่อสารกันได้ และผู้ใช้งานสามารถบังคับทิศทางการสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์ได้ตามที่ต้องการ สายอากาศชนิดนี้ส่วนใหญ่จะนำไปติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์ Wireless Bridge สำหรับเชื่อมโยงระบบระยะไกลแบบ Peer to Peer

รูป 3.14 สายอากาศแบบ Om-ni Directional

สายอากาศนอกจากทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แพร่กระจายและรับคลื่นแล้ว สายอากาศยังช่วยเพิ่มระยะทางการเชื่อมโยงให้กว้างไกลมากขึ้น โดยการเปลี่ยนสายอากาศเดิมของอุปกรณ์ Wireless LAN ให้เป็นสายอากาศเกนสูงหรือที่เรียกว่า สายอากาศ High Gain สายอากาศประเภทนี้จะมีเกนการขยายสัญญาณที่สูงกว่าสายอากาศที่ติดตั้งมากับอุปกรณ์ Wireless LAN ค่าของเกนสายอากาศจะอยู่ประมาณ 5.2, 8, 8.5, 12, 14, 22 dBi หรือสูงกว่ารายละเอียดของสายอากาศประเภทต่างๆ

3.5.2 ค่าประสิทธิภาพการแพร่กระจายคลื่นของระบบส่ง

ในระบบส่งสัญญาณวิทยุ หากใช้ค่ากำลังส่งของเครื่องส่งอย่างเดียวเป็นตัวบอกว่าคลื่นกระจายออกมาดีเพียงใดก็จะบอกค่าได้ไม่เที่ยงตรง จึงต้องมีการนำเอาตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบส่งสัญญาณมาเกี่ยวข้องด้วย เช่น อัตราขยายของเสาอากาศ (Antenna Gain) จะเป็นส่วนที่เพิ่มความแรงสัญญาณได้ส่วนอัตราการสูญเสียของสายนำสัญญาณ (Cable Loss) เป็นค่าที่ทำให้สัญญาณมีความแรงลดลง เมื่อนำค่าเหล่านี้มารวมกันก็สามารถบอกถึงประสิทธิภาพในการแพร่กระจายคลื่นที่แท้จริง โดยมีชื่อว่า “EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)” มีหน่วยเป็นเดซิเบล (Decibel) และสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$EIRP_{db} = TransmitterPower_{db} + AntennaGain_{db} - CableLoss_{db} \quad (3.2)$$

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นการคำนวณค่า EIRP ของแอ็กเซสพอยน์ที่มีกำลังส่งเท่ากับ 20 dBm ใช้เสาอากาศแบบไดโพลมีอัตราขยายเท่ากับ 2.2 dBi แล้วต่อสายนำสัญญาณออกไปห่างจากตัวเครื่องทำให้มีอัตราสูญเสียเท่ากับ 1 dB จะมีค่า EIRP เท่ากับ

$$EIRP_{db} = 20 + 2.2 - 1 = 21.2 \text{ dBm} \quad (3.3)$$

3.6 สัญญาณรบกวน

สัญญาณที่ไม่พึงประสงค์ที่เข้ามารวมกับสัญญาณเอาท์พุตทำให้ค่าที่ได้เปลี่ยนแปลงไป โดยทั่วไปสัญญาณรบกวนมีหลายชนิดเกิดจากหลายสาเหตุแต่ในวงจรชักตัวอย่างและคงค่าที่อาศัยเทคนิคแบบเกตลอยพบสัญญาณรบกวน 2 ชนิด คือ สัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุณหภูมิ (Thermal noise) เกิดขึ้นมาเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบสุ่มตามอุณหภูมิของอิเล็กตรอนที่ วิ่งผ่านตัวนำที่มีความต้านทานภายในวงจรโดยสเปคตรัมกำลัง (Power Spectrum)ของสัญญาณรบกวนนี้จะมีลักษณะที่เรียบ หรือกล่าวได้ว่าทุกๆ ฮาโมนิกของสัญญาณรบกวนจะมีค่าพลังงานเท่ากันอย่างต่อเนื่องตลอดย่านสเปคตรัม บางครั้งจะเรียก สัญญาณรบกวนประเภทนี้ว่า สัญญาณรบกวนขาว (white noise) สัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งคือ สัญญาณรบกวนฟลิกเกอร์ (Flicker noise) หรือ สัญญาณรบกวน 1 / f (1/f Noise) จะให้ระดับสัญญาณรบกวนเป็นเส้นกราฟที่มีความชัน 1/f ซึ่งจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อความถี่เพิ่มมากขึ้นระดับของสัญญาณรบกวนนี้ขึ้น อยู่กับคุณภาพ ในกระบวนการผลิต เรา

สามารถแบ่งนอยส์ออกได้ 4 ชนิดดังนี้

3.6.1 สัญญาณรบกวนจากบรรยากาศ

เกิดขึ้นจากความแปรปรวนของอากาศที่ห่อหุ้มโลก เช่น ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ก่อให้เกิดคลื่นวิทยุ แผ่กระจายออกไปรอบโลก สัญญาณรบกวนบรรยากาศสามารถที่จะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาแม้จะไม่มีฝนฟ้าคะนองก็ตาม

3.6.2 สัญญาณรบกวนจากอวกาศ

เกิดจากดวงอาทิตย์และดวงจันทร์นับล้านดวงในจักรวาล ดวงอาทิตย์จะแผ่พลังงานออกมา โดยมีสเปกตรัมมีความถี่กว้างมาก พลังงานนั้นปรากฏออกมาเป็นสัญญาณรบกวนคงที่ อย่างไรก็ตามที่ผิวดวงอาทิตย์ยังมีความแปรปรวนอื่นๆอีก เช่นจุดบนดวงอาทิตย์การลุกโชติช่วง ซึ่งก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นอีกนอกจากนี้ดวงอาทิตย์บางดวงที่ไกลออกไปจากระบบสุริยะจักรวาล ก็สามารถ ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนมายังโลกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 สัญญาณรบกวนที่เกิดจากสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น

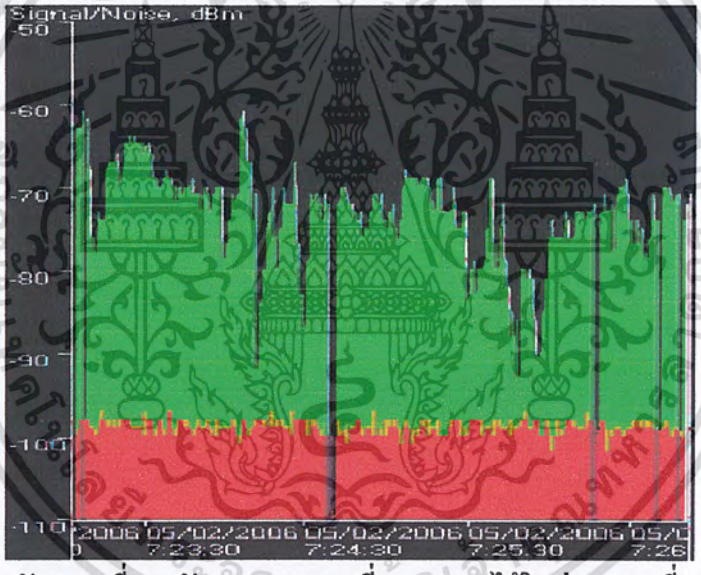
ได้แก่ สัญญาณรบกวนที่เกิดจากมอเตอร์ไฟฟ้าเช่น พัดลม ที่เป่าผมเครื่องดูดฝุ่น นอกจากนี้ ยังมีสัญญาณรบกวนจากระบบจุดระเบิดของรถยนต์ การรั่วของสายไฟแรงสูงหลอดไฟฟลูออเรสเซนส์

3.6.4 สัญญาณรบกวนภายในตัวอุปกรณ์ในเครื่องรับ

แยกเป็น 2 ประเภท คือ Thermal noise และ Shot noise ซึ่ง Thermal noise เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในตัวอุปกรณ์ บางครั้งเรียกว่าสัญญาณรบกวนจอห์นสัน (Johnson noise)

ส่วน Shot noise เกิดขึ้นใน อุปกรณ์แอกตีฟ (Active device) ทุกชนิด เนื่องจากการรวมตัวของ

อิเล็กตรอนกับโฮล(hole)เช่นในทรานซิสเตอร์ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ



รูป 3.15 สเปกตรัมความถี่ของสัญญาณรบกวนที่อาจจะพบได้ในช่วงความถี่ Wireless LAN

3.6.5 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน(Signal to Noise Ratio)

อัตราความแรงของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนนั้นเป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นตัวบอกถึงคุณภาพของสัญญาณในระบบสื่อสารว่าดีเพียงใด หากสัญญาณข้อมูลมีความแรงมากกว่าสัญญาณรบกวนเราก็จะได้ยินเสียงชัดเจน แต่ถ้าสัญญาณข้อมูลมีความแรงต่ำกว่าสัญญาณรบกวนแล้วเราก็จะไม่สามารถแยกแยะสัญญาณข้อมูลออกมาได้ หน่วยที่ใช้วัดค่านี้จะมีหน่วยเป็น" เดซิเบล (Decibel)" ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\mathrm{SNR_{dB}} = 10\ \mathrm{Log}\frac{\mathrm{Signal}}{\mathrm{Noise}} \qquad (3.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณหากมีการคิดว่าความแรงของสัญญาณในหน่วยเดซิเบลแล้วก็สามารถนำค่านั้นมาลบกันได้ ซึ่งก็จะตรงตามสูตรสมการดังนี้

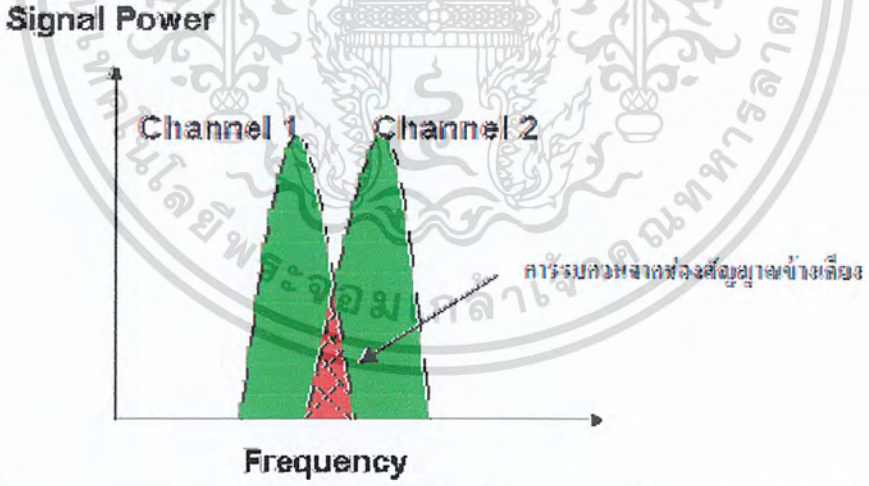
$$\mathrm{SNR_{dB}} = \mathrm{Signal_{dB}} - \mathrm{Noise_{dB}} \qquad (3.5)$$

3.6.6 สัญญาณรบกวนที่เกิดจากระบบสื่อสารรบกวนกันเอง

สัญญาณรบกวนบางประเภทก็เกิดจากระบบสื่อสารกันเอง โดยคลื่นเหล่านี้แพร่กระจายออกมาทำให้สัญญาณที่ได้รับด้อยคุณภาพลงไป มีทั้งที่เกิดขึ้นแบบตั้งใจและไม่ตั้งใจ ส่วนมากจะสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือ การรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียง และการรบกวนจากช่องสัญญาณเดียวกัน

3.6.7 การรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียง

การรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียง (Adjacent Channel Interface) เกิดขึ้นจากการออกอากาศสัญญาณวิทยุนั้นจะเกิดความถี่อื่นๆ รอบความถี่หลัก แม้ว่าความถี่นี้จะมีความแรงของสัญญาณไม่มาก แต่เมื่อความถี่ของช่องสัญญาณทั้งสองนี้อยู่ใกล้กันมากก็จะเกิดการรบกวนกันได้ ข้อมูลที่อยู่ในช่วงสเปกตรัมของสัญญาณช่วงที่จะเกิดการรบกวนกันขึ้นนั้นจะไม่สามารถแยกแยะออกมาได้



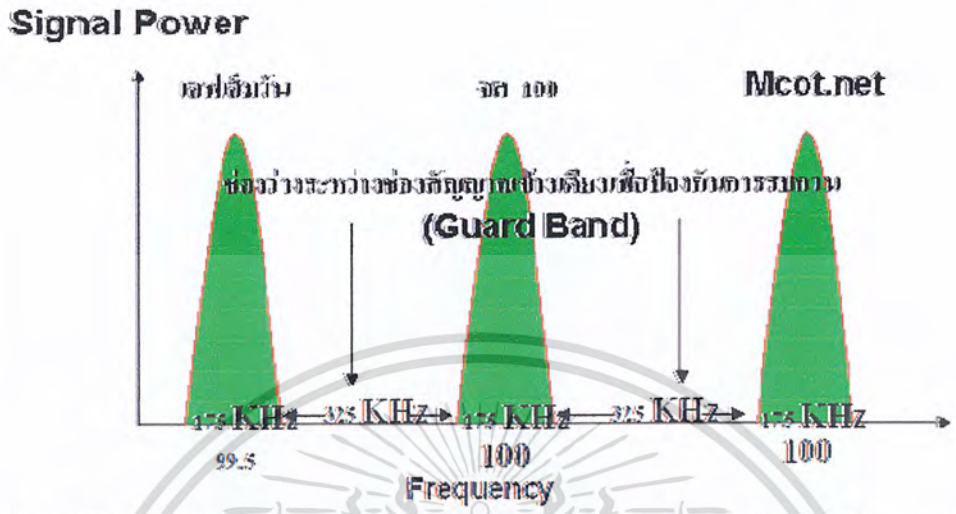
รูป 3.16 การรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียงเมื่อช่องทั้งสองมีความถี่ใกล้เคียงกันมาก

3.6.8 เทคนิคการป้องกันการรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียง

เคล็ดลับง่ายๆ สำหรับการป้องกันสัญญาณรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียงทำได้โดยการกำหนดช่องว่างระหว่างช่องสัญญาณข้างเคียงเพื่อป้องกันการรบกวน (Guard Band) ตัวอย่างของการกำหนดช่องว่างของช่องสัญญาณจะเห็นได้ชัดในระบบวิทยุ FM นั้นแต่ละช่องสัญญาณจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะห่างกัน 0.5 เมกะเฮิตร์ เช่น คลื่นของ จส 100 ที่มีความถี่ 100 MHz จะห่างกับช่องข้างเคียงคือ คลื่นเอฟเอ็มวันที่มีความถี่ 99.5 MHz และคลื่น Mcot.net ที่มีความถี่ 100.5 MHz



รูป 3.17 การป้องกันการรบกวนระหว่างช่องสัญญาณข้างเคียงด้วย Guard Band ในวิทยุระบบ FM

3.6.9 การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน (Co-Channel Interference)

เป็นการรบกวนที่เกิดขึ้นเมื่อมีเครื่องส่ง 2 เครื่องส่งสัญญาณออกอากาศที่ความถี่เดียวกัน และเครื่องรับอยู่ในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากเครื่องส่งทั้งสองได้ คลื่นจากสถานีทั้งสองจะรบกวนกันเอง โดยคุณจะรับสัญญาณได้ขาดๆ หายๆ บางครั้งก็รับสัญญาณได้จากเครื่องส่งเครื่องแรก หรือบางครั้งก็รับสัญญาณได้จากเครื่องส่งเครื่องที่สองขึ้นอยู่กับว่าบริเวณที่คุณอยู่และกำลังส่งของสถานีนั้นว่าใครจะแรงมากกว่ากัน ตัวอย่างของการรบกวนประเภทนี้ที่ชัดเจนก็คือ สถานีวิทยุกระจายเสียงในกรุงเทพกับต่างจังหวัด ทั้งสองมักจะใช้ความถี่เดียวกันแต่ก็มีที่ตั้งห่างกันเป็นร้อยกิโล ถ้าเราอยู่ในกรุงเทพก็จะรับสัญญาณได้ชัด แต่เมื่อเดินทางไปต่างจังหวัดซึ่งอยู่ในบริเวณคาบเกี่ยวกับสถานีทั้งสองนี้จะประสบปัญหาการรบกวนประเภทนี้ หากสถานีใดมีกำลังส่งแรงกว่าเราก็จะสามารถรับสัญญาณได้จากสถานีนี้

3.7 มาตรฐาน IEEE 802.11

เครือข่ายไร้สายมาตรฐาน IEEE 802.11 ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2540 โดยสถาบัน IEEE (The Institute of Electronics and Electrical Engineers) ซึ่งมีข้อกำหนดระบุไว้ว่า ผลิตภัณฑ์เครือข่ายไร้สายในส่วนของ PHY Layer นั้นมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 1, 2, 5.5, 11 และ 54 เมกะบิตต่อวินาที โดยมีสื่อนำสัญญาณ 3 ประเภทให้เลือกใช้งานอันได้แก่ คลื่นวิทยุย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์, 2.5 กิกะเฮิรตซ์และคลื่นอินฟาเรด ส่วนในระดับชั้น MAC Layer นั้นได้กำหนดกลไกของการทำงานแบบ CSMA/CA (Carrier Sense

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Multiple Access/Collision Avoidance) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับ CSMA/CD (Collision Detection) ของมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet ซึ่งนิยมใช้งานบนระบบเครือข่ายแลนใช้สาย โดยมีกลไกในการเข้ารหัสข้อมูลก่อนแพร่กระจายสัญญาณไปบนอากาศ พร้อมกับมีการตรวจสอบผู้ใช้งานอีกด้วย มาตรฐาน IEEE 802.11 ในยุคเริ่มแรกนั้นให้ประสิทธิภาพการทำงานที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งไม่มีการรับรองคุณภาพของการให้บริการที่เรียกว่า QoS (Quality of Service) ซึ่งมีความสำคัญในสภาพแวดล้อมที่มีแอพพลิเคชันหลากหลายประเภทให้ใช้งาน นอกจากนั้นกลไกในเรื่องการรักษาความปลอดภัยที่นำมาใช้ก็ยังมีช่องโหว่จำนวนมาก IEEE จึงได้จัดตั้งคณะทำงานขึ้นมาหลายชุดด้วยกัน เพื่อทำการพัฒนาและปรับปรุงมาตรฐานให้มีศักยภาพเพิ่มสูงขึ้น

3.7.1 IEEE 802.11a

เป็นมาตรฐานที่ได้รับการตีพิมพ์และเผยแพร่เมื่อปี พ.ศ. 2542 โดยใช้เทคโนโลยี OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เพื่อพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์ไร้สายมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราความเร็วสูงสุด 54 เมกะบิตต่อวินาที โดยใช้คลื่นวิทยุย่านความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่ไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้งานโดยทั่วไปในประเทศไทย เนื่องจากสงวนไว้สำหรับกิจการทางด้านดาวเทียม ข้อเสียของผลิตภัณฑ์มาตรฐาน IEEE 802.11a ก็คือมีรัศมีการใช้งานในระยะสั้นและมีราคาแพง ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไร้สายมาตรฐาน IEEE 802.11a จึงได้รับความนิยมน้อย

3.7.2 IEEE 802.11b

เป็นมาตรฐานที่ถูกตีพิมพ์และเผยแพร่ออกมาพร้อมกับมาตรฐาน IEEE 802.11a เมื่อปี พ.ศ. 2542 ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีและได้รับความนิยมในการใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมาให้รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11b ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า CCK (Complimentary Code Keying) ร่วมกับเทคโนโลยี DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราความเร็วสูงสุดที่ 11 เมกะบิตต่อวินาที โดยใช้คลื่นสัญญาณวิทยุย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่อนุญาตให้ใช้งานในแบบสาธารณะทางด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม และการแพทย์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ความถี่ย่านนี้มีชนิด ทั้งผลิตภัณฑ์ที่รองรับเทคโนโลยี Bluetooth, โทรศัพท์ไร้สายและเตาไมโครเวฟ จึงทำให้การใช้งานนั้นมีปัญหาในเรื่องของสัญญาณรบกวนของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ข้อดีของมาตรฐาน IEEE 802.11b ก็คือ สนับสนุนการใช้งานเป็นบริเวณกว้างกว่ามาตรฐาน IEEE 802.11a ผลิตภัณฑ์มาตรฐาน IEEE 802.11b เป็นที่รู้จักในเครื่องหมายการค้า Wi-Fi ซึ่งกำหนดขึ้นโดย WECA (Wireless Ethernet Compatability Alliance) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้รับเครื่องหมาย Wi-Fi ได้ผ่านการตรวจสอบและรับรองว่าเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน IEEE 802.11b ซึ่งสามารถใช้งานร่วมกันกับผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิตรายอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 IEEE 802.11g

เป็นมาตรฐานที่นิยมใช้งานกันมากในปัจจุบันและได้เข้ามาทดแทนผลิตภัณฑ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11b เนื่องจากสนับสนุนอัตราความเร็วของการรับส่งข้อมูลในระดับ 54 เมกะบิตต่อวินาที โดยใช้เทคโนโลยี OFDM บนคลื่นสัญญาณวิทยุย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ และให้รัศมีการทำงานที่มากกว่า IEEE 802.11a พร้อมความสามารถในการใช้งานร่วมกันกับมาตรฐาน IEEE 802.11b ได้ (Backward-Compatible)

3.7.4 IEEE 802.11e

เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับการใช้งานแอพพลิเคชันทางด้านมัลติมีเดียอย่าง VoIP (Voice over IP)เพื่อควบคุมและรับประกันคุณภาพของการใช้งานตามหลักการ QoS (Quality of Service) โดยการปรับปรุง MAC Layer ให้มีคุณสมบัติในการรับรองการใช้งานให้มีประสิทธิภาพ

3.7.5 IEEE 802.11f

มาตรฐานนี้เป็นที่รู้จักกันในนาม IAPP (Inter Access Point Protocol) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับจัดการกับผู้ใช้งานที่เคลื่อนที่ข้ามเขตการให้บริการของ Access Point ตัวหนึ่งไปยัง Access Point เพื่อให้บริการในแบบโรมมิงสัญญาณระหว่างกัน

3.7.6 IEEE 802.11h

มาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับผลิตภัณฑ์เครือข่ายไร้สายที่ใช้งานย่านความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์ ให้ทำงานถูกต้องตามข้อกำหนดการใช้ความถี่ของประเทศในทวีปยุโรป

3.7.7 IEEE 802.11i

เป็นมาตรฐานในด้านการรักษาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เครือข่ายไร้สาย โดยการปรับปรุง MAC Layer เนื่องจากระบบเครือข่ายไร้สายมีช่องโหว่มากมายในการใช้งาน โดยเฉพาะฟังก์ชันการเข้ารหัสแบบ WEP 64/128-bit ซึ่งใช้คีย์ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับสภาพการใช้งานที่ต้องการความมั่นใจในการรักษาความปลอดภัยของการสื่อสารระดับสูง มาตรฐาน IEEE 802.11i จึงกำหนดเทคนิคการเข้ารหัสที่ใช้คีย์ชั่วคราวด้วย WPA, WPA2 และการเข้ารหัสในแบบ AES (Advanced Encryption Standard) ซึ่งมีความน่าเชื่อถือสูง

3.7.8 IEEE 802.11k

เป็นมาตรฐานที่ใช้จัดการการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สาย ทั้งจัดการการใช้งานคลื่นวิทยุให้มีประสิทธิภาพ มีฟังก์ชันการเลือกช่องสัญญาณ, การโรมมิงและการควบคุมกำลังส่ง นอกจากนั้นก็ยังมีการร้องขอและ ปรับแต่งค่าให้เหมาะสมกับการทำงาน การหารัศมีการใช้งานสำหรับเครื่องไคลเอนต์ที่เหมะสมที่สุดเพื่อให้ระบบจัดการสามารถทำงานจากศูนย์กลางได้

3.7.9 IEEE 802.11n

เป็นมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เครือข่ายไร้สายที่คาดหมายกันว่า จะเข้ามาแทนที่มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IEEE 802.11a, IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน โดยให้อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลในระดับ 100 เมกะบิตต่อวินาที

3.7.10 IEEE 802.1x

เป็นมาตรฐานที่ใช้งานกับระบบรักษาความปลอดภัย ซึ่งก่อนเข้าใช้งานระบบเครือข่ายไร้สายจะต้องตรวจสอบสิทธิ์ในการใช้งานก่อน โดย IEEE 802.1x จะใช้โพรโตคอลอย่าง LEAP, PEAP, EAP-TLS, EAP-FAST ซึ่งรองรับการตรวจสอบผ่านเซิร์ฟเวอร์ เช่น RADIUS, Kerberos เป็นต้น

ตาราง 3.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของมาตรฐาน IEEE 802.11a, 802.11b และ 802.11g

คุณสมบัติ	IEEE 802.11b	IEEE 802.11a	IEEE 802.11g
ความเร็วสื่อสารข้อมูลสูงสุด	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
กลไกการส่งสัญญาณ	DSSS	OFDM	DSSS และ OFDM
ความเร็วสื่อสาร	1, 2, 5.5, 11 Mbps	6, 9, 12,18, 24, 36, 48, 54 Mbps	DSSS : 1, 2, 5.5, 11 Mbps OFDM : 6, 9, 12,18, 24, 36, 48, 54 Mbps
ช่วงความถี่ที่ใช้งาน	2.4 – 2.4835 GHz	5.15 – 5.35 GHz 5.425 – 5.675 GHz 5.725 – 5.875 GHz	2.4 – 2.4835 GHz
สามารถทำงานร่วมกับมาตรฐาน	IEEE 802.11b IEEE 802.11g	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b IEEE 802.11g

3.8 Service ของเครือข่าย Wireless LAN

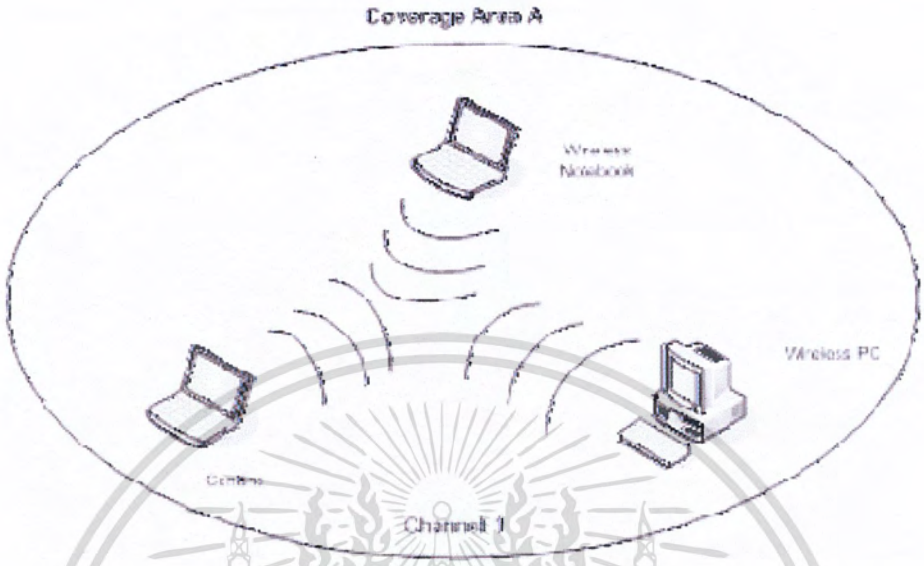
Service Set คือกลุ่มของอุปกรณ์ Wireless LAN ตั้งแต่สองเครื่องขึ้นไปอยู่ในขอบเขตพื้นที่ให้บริการ (Coverage Area) ที่ใช้ช่องสัญญาณ (Channel) สื่อสารข้อมูลช่องเดียวกันและอยู่ในรัศมีสามารถแพร่กระจายคลื่นถึงกันได้

3.8.1 Basic Service Set (BSS)

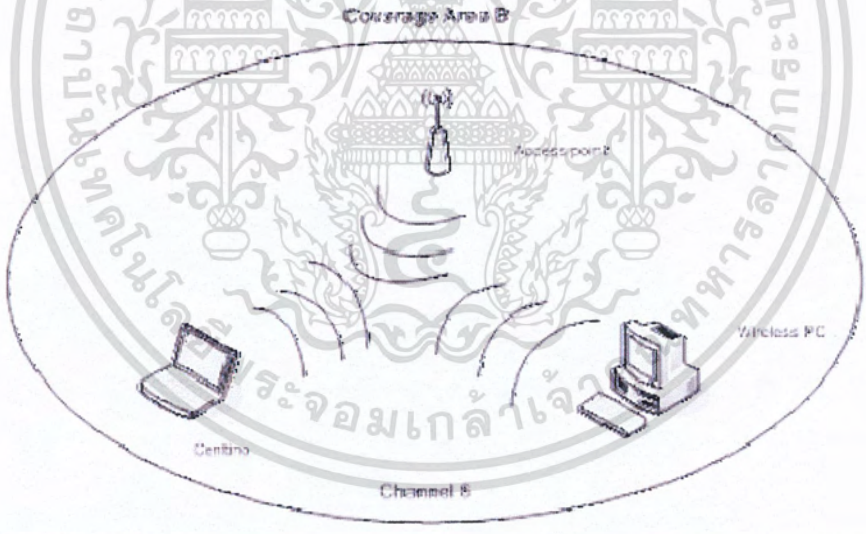
Basic Service Set (BSS) หมายถึงบริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 Wireless LAN ที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีแม่ข่าย 1 สถานี ซึ่งสถานีผู้ใช้ภายในขอบเขตของ BSS นี้ทุกสถานีจะต้องสื่อสารข้อมูลผ่านสถานีแม่ข่ายดังกล่าวเท่านั้น

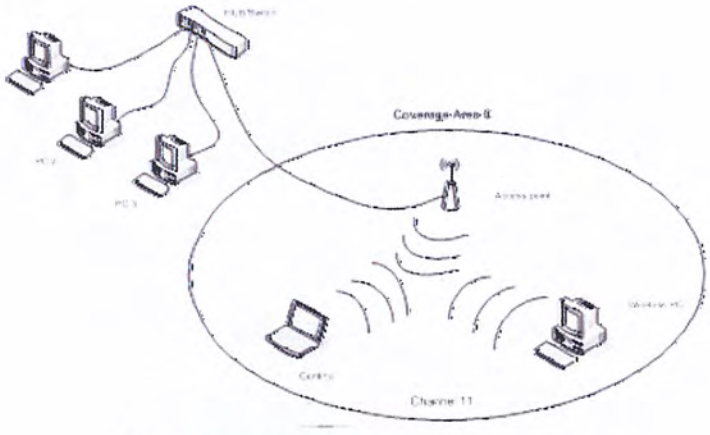


รูป 3.18 โครงสร้าง BSS แบบ Ad-Hoc



รูป 3.19 โครงสร้าง Independent Basic Service Set ที่มี Access Point เป็นศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



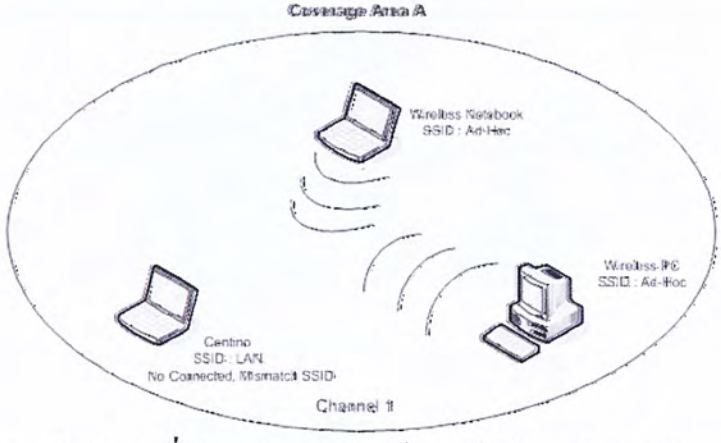
รูป 3.20 โครงสร้าง BSS แบบ Infrastructure

3.8.2 Extended Service Set (ESS)

Extended Service Set (ESS) หมายถึงบริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 Wireless LAN ที่ประกอบด้วย BSS มากกว่า 1 BSS ซึ่งได้รับการเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน สถานีผู้ใช้สามารถเคลื่อนย้ายจาก BSS หนึ่งไปอยู่ในอีก BSS หนึ่งได้โดย BSS เหล่านี้จะทำการ Roaming หรือติดต่อสื่อสารกันเพื่อทำการโอนย้ายการให้บริการสำหรับสถานีผู้ใช้ดังกล่าว

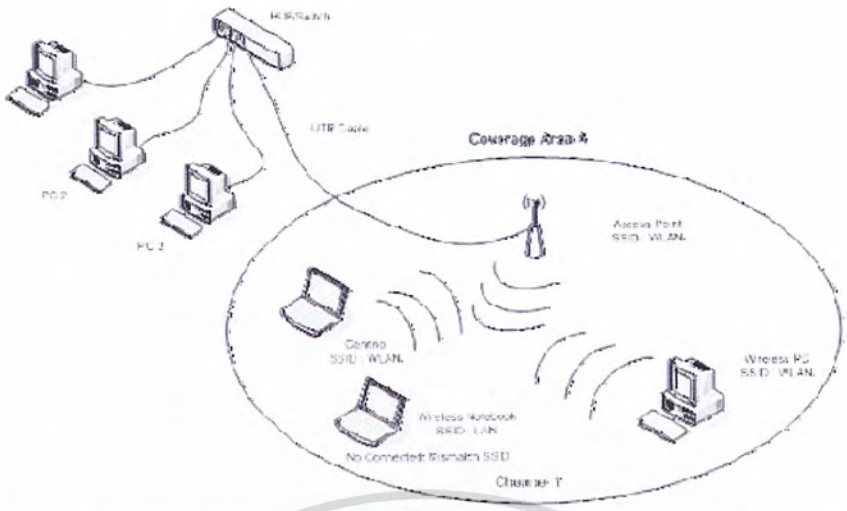
3.8.3 Service Set Identifier (SSID)

Service Set Identifier เป็นกลุ่มตัวอักษรที่มีขนาดความยาวไม่เกิน 32 ตัวอักษร ใช้เป็นชื่ออ้างอิง Service Set ของเครือข่าย Wireless LAN อุปกรณ์ Wireless LAN ทุกเครื่องที่ต้องการสื่อสารข้อมูลระหว่างกันบนเครือข่าย Wireless LAN Ad-Hoc หรือต้องการเชื่อมโยงเข้าเครือข่าย Wireless LAN Infrastructure ผ่าน Access Point ที่อยู่ในพื้นที่ให้บริการนั้นๆ จะต้องระบุ Service Set ID ของตนเป็นชื่อเดียวกันกับชื่อ Service Set ID ของพื้นที่ให้บริการ หากอุปกรณ์ Wireless ที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่ให้บริการเดียวกันแต่ระบุ Service Set ID แตกต่างกันแล้ว อุปกรณ์ก็จะไม่สามารถสื่อสารข้อมูลระหว่างกันได้



รูป 3.21 การกำหนดชื่อ SSID ของอุปกรณ์บนเครือข่าย Wireless LAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

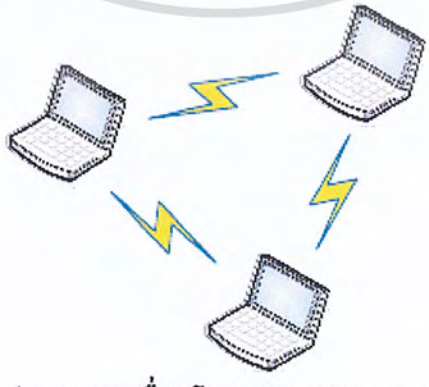


รูป 3.22 การกำหนดชื่อ SSID ของอุปกรณ์บนเครือข่าย Wireless LAN Infrastructure

3.8.4 รูปแบบการเชื่อมโยงของเครือข่าย

3.8.4.1 การเชื่อมโยงระบบแบบ Ad-hoc (Peer to Peer)

โครงสร้างการเชื่อมโยงระบบแบบ Ad-hoc หรือ Peer to Peer เป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ไร้สายและอุปกรณ์ต่าง ๆ ตั้งแต่สองเครื่องขึ้นไป โดยที่ไม่มีศูนย์กลางควบคุมอุปกรณ์ทุกเครื่องสามารถสื่อสารข้อมูลถึงกันได้เอง ตัวส่งจะใช้วิธีการแพร่กระจายคลื่นออกไปในทุกทิศทุกทางโดยไม่ทราบจุดหมายปลายทางของตัวรับว่าอยู่ที่ใด ซึ่งตัวรับจะต้องอยู่ในขอบเขตพื้นที่ให้บริการที่คลื่นสามารถเดินทางมาถึงแล้วคอยเช็คข้อมูลว่าใช่ของตน หรือไม่ ด้วยการตรวจสอบค่า Mac Address ผู้รับปลายทางในเฟรมข้อมูลที่แพร่กระจายออกมา ถ้าใช่ข้อมูลของตนก็จะนำข้อมูลเหล่านั้นไปประมวลผลต่อไป การเชื่อมโยงเครือข่ายไวร์เลสแลนที่ใช้โครงสร้างการเชื่อมโยงแบบ Ad-hoc ไม่สามารถเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตได้ เนื่องจากบนระบบไม่มีการใช้สัญญาณเลย

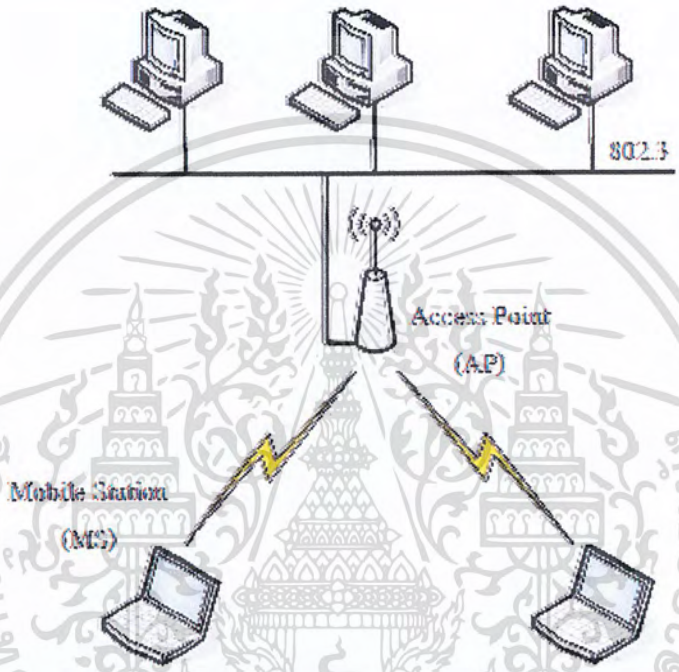


รูป 3.23 การเชื่อมโยงระบบแบบ Ad-hoc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.4.2 การเชื่อมโยงระบบแบบ Infrastructure (Client/Server)

โครงสร้างการเชื่อมโยงระบบแบบ Infrastructure หรือ Client / Server มีข้อพิเศษกว่าระบบแบบ Ad-hoc ตรงที่มีแอ็กเซสพอยน์เป็นศูนย์กลางการเชื่อมโยง (ทำหน้าที่คล้ายฮับ) และเป็นสะพานเชื่อมเครื่องคอมพิวเตอร์ไร้สายอุปกรณ์ไวร์เลสแลนเข้าสู่เคลือข่ายอีเธอร์เน็ตแลนหลัก (Ethernet Backbone) รวมถึงการควบคุมการสื่อสารข้อมูลอุปกรณ์ไวร์เลสแลนอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการเชื่อมต่อระบบเครือข่าย Wireless LAN



รูป 3.24 การเชื่อมโยงระบบแบบ Infrastructure

3.8.5 กลไกการสื่อสารข้อมูลของเครือข่าย Wireless LAN

บนเครือข่าย Wireless LAN ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ มากมาย เช่น Access Point, Wireless Printer Server, Wireless Bridge และ เครื่องคอมพิวเตอร์ไร้สาย อุปกรณ์เหล่านี้สื่อสารข้อมูลถึงกันผ่านสื่อกลาง (Media) ที่เป็นอากาศ โดยอุปกรณ์ทุกเครื่องมีสิทธิครอบครองและเข้าใช้งานสื่อกลางสำหรับสื่อสารข้อมูลเท่าเทียมกัน หากไม่มีกลไกคอยควบคุม ต่างคนต่างส่งข้อมูลโดยไม่ตรวจเช็คก่อนว่าขณะนั้นมีคนอื่นกำลังใช้สื่อกลางส่งข้อมูลอยู่หรือไม่ ผลที่ตามมาก็คือ การสื่อสารข้อมูลบนเครือข่าย Wireless LAN อาจจะล้มเหลวอันเนื่องจากเกิดการขนกันของข้อมูลในระหว่างการส่ง (Collision) มาตรฐาน IEEE802.11 จึงได้มีการกำหนดกลไกขึ้นมาสำหรับควบคุม

3.8.6 ควบคุมการใช้งานสื่อกลางด้วยกลไก CSMA / CA

บทบาทหนึ่งของ MAC Layer ในมาตรฐาน IEEE 802.11 คือ การจัดสรรการเข้าใช้ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณซึ่งแต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS จะต้องแบ่งกันใช้ช่องสัญญาณที่ถูกกำหนดมาสำหรับใช้งานร่วมกันอย่างเป็นธรรม มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดให้ใช้กลไก CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) เพื่อจัดสรรการใช้ช่องสัญญาณร่วมกันดังกล่าว

3.8.6.1 CSMA with Random Back-Off

กลไก CSMA (Carrier Sense Multiple Access) with Random Back-Off เป็นเทคนิคอย่างง่ายสำหรับจัดสรรการเข้าใช้ช่องสัญญาณของผู้ใช้แต่ละคน (ซึ่งจะต้องแบ่งกันใช้ช่องสัญญาณร่วมนี้) อย่างยุติธรรม กลไกนี้เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ในมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet LAN หลักการทำงานของกลไก CSMA คือ เมื่อสถานีหนึ่งต้องการเข้าใช้ช่องสัญญาณ สถานีดังกล่าวจะต้องตรวจสอบช่องสัญญาณก่อนว่ามีสถานีอื่นทำการรับส่งสัญญาณข้อมูลอยู่หรือ ไม่และรอจนกว่าช่องสัญญาณจะว่าง เมื่อช่องสัญญาณว่างแล้วสถานีที่ต้องการเข้าใช้ช่องสัญญาณจะต้องรอต่อไปอีกระยะหนึ่ง (Random Back-Off) ซึ่งแต่ละสถานีได้กำหนดระยะเวลาในการรอดังกล่าวไว้แล้วด้วยการสุ่มค่าหลังจากเสร็จการใช้ช่องสัญญาณครั้งก่อน สถานีที่สุ่มได้ค่าระยะเวลาในการรอน้อยกว่าก็จะมีสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณก่อน แต่อย่างไรก็ตามในบางกรณีกลไกดังกล่าวอาจจะกำหนดให้สถานีมากกว่าหนึ่งสถานีส่งข้อมูลในเวลาพร้อมๆ กันซึ่งจะทำให้เกิดการชนกันของสัญญาณได้ ซึ่งหากเกิดการชนกันของสัญญาณขึ้นจะต้องมีการส่งสัญญาณข้อมูลเดิมซ้ำอีกครั้งด้วยกลไกที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

3.8.6.2 CSMA / CD

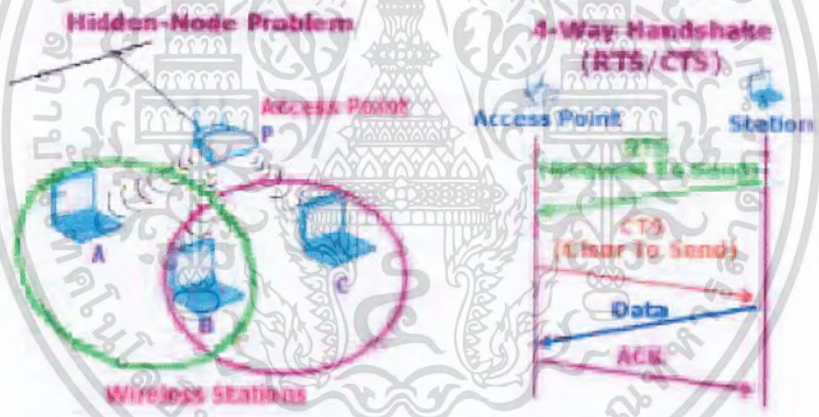
กลไก CSMA/CD (Collision Detection) เป็นเทคนิคที่รู้จักกันดีซึ่งถูกนำมาใช้ในมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet LAN ซึ่งการทำงานกลไก CSMA/CD โดยหลักแล้วเป็นเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในส่วนของ CSMA with Random Back-Off แต่จะมีรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการตรวจสอบว่าเกิดการชนกันของสัญญาณหรือไม่ ในกรณีนี้สถานีที่กำลังทำการส่งสัญญาณข้อมูลอยู่จะต้องคอยตรวจสอบด้วยว่ามีการชนกันของสัญญาณเกิดขึ้นหรือไม่ (ในขณะเดียวกันกับที่ทำการส่งสัญญาณข้อมูล) โดยการตรวจวัดระดับ voltage ของสัญญาณในสายสัญญาณว่ามีค่าสูงกว่าปกติหรือไม่ ซึ่งหากระดับ voltage ของสัญญาณในสายสัญญาณในสายสัญญาณมีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดแสดงว่าเกิดการชนกันของสัญญาณขึ้น ในกรณีดังกล่าวสถานีที่กำลังส่งสัญญาณข้อมูลอยู่จะต้องยกเลิกการส่งสัญญาณทันทีและจะปฏิบัติตามกลไกที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเพื่อทำการส่งข้อมูลเดิมซ้ำอีกต่อไป

3.8.6.3 CSMA/CA with Acknowledgement

เป็นที่ควรสังเกตว่าเทคนิค CSMA/CD ไม่สามารถนำมาใช้กับ Wireless LAN ซึ่งใช้การสื่อสารแบบไร้สายได้ สาเหตุหลักๆ ก็คือการตรวจสอบการชนกันของสัญญาณในระหว่างที่ทำการส่งสัญญาณจะต้องใช้อุปกรณ์รับส่งคลื่นวิทยุที่เป็น Full Duplex (สามารถรับและส่งสัญญาณในเวลาเดียวกันได้) ซึ่งจะมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์รับส่งคลื่นวิทยุที่ไม่สามารถรับและส่งสัญญาณใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาเดียวกัน นอกจากนี้แต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS อาจไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานีอื่นทุกสถานีหรือปัญหาที่เรียกว่า Hidden Node Problem (ดังในรูปที่ 3: สถานี A ได้ยินสัญญาณจากสถานีแม่ข่าย (Access Point) แต่ไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานี C และในทางกลับกันสถานี C ไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานี A แต่ได้ยินสัญญาณจากสถานีแม่ข่าย ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวนี้เป็นสถานการณ์เกิดขึ้นใน Wireless LAN โดยทั่วไป) ดังนั้นการตรวจสอบการชนกันของสัญญาณโดยตรงเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปไม่ได้เลย มาตรฐาน IEEE 802.11 จึงได้กำหนดให้ใช้เทคนิค CSMA/CA with Acknowledgement สำหรับการจัดสรรการเข้าใช้ช่องสัญญาณของแต่ละสถานีเพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ ซึ่งการทำงานของกลไก CSMA/CA โดยหลักแล้วเป็นเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในส่วนของ CSMA with Random Back-Off แต่จะมีรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการชนกันของสัญญาณและเทคนิคสำหรับการตรวจสอบว่าเกิดการชนของสัญญาณหรือไม่แบบเป็นนัย โดยสถานีผู้ส่งสัญญาณข้อมูลจะต้องรอรับ Acknowledgement จากสถานีที่ส่งข้อมูลไปให้ หากไม่ได้รับ Acknowledgement กลับมาภายในเวลาที่กำหนดจะถือว่าเกิดการชนของสัญญาณขึ้นและต้องทำการส่งข้อมูลเดิมซ้ำอีกต่อไป



รูป 3.25 Hidden Node Problem และกลไก RTS/CTS Handshake

สำหรับการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการชนกันของสัญญาณนั้น มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้ใช้กลไกที่เรียกว่า Virtual Carrier Sense เพื่อแก้ไขปัญหาที่แต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS อาจไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานีอื่นบางสถานี (Hidden Node Problem) กลไกดังกล่าวมีการทำงานดังนี้ เมื่อสถานีที่ต้องการจะส่งแพ็กเก็ตข้อมูลได้รับสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณแล้วจะทำการส่งแพ็กเก็ตสั้นๆ ที่เรียกว่า RTS (Request To Send) เพื่อเป็นการจองช่องสัญญาณ ก่อนที่จะส่งแพ็กเก็ตข้อมูลจริง ซึ่งแพ็กเก็ต RTS ประกอบไปด้วยระยะเวลาที่คาดว่าใช้ช่องสัญญาณจนแล้วเสร็จ (Duration ID) รวมถึง Address ของสถานีผู้ส่งและผู้รับ เมื่อสถานีผู้รับได้ยินสัญญาณ RTS ก็จะตอบรับกลับมาด้วยการส่งสัญญาณ CTS (Clear To Send) ซึ่งจะบ่งบอกข้อมูลระยะเวลาที่คาดว่าสถานีที่กำลังจะทำการส่งข้อมูลนั้นจะใช้ช่องสัญญาณจนแล้วเสร็จ หลักการก็คือทุกๆสถานีใน BSS หรือ

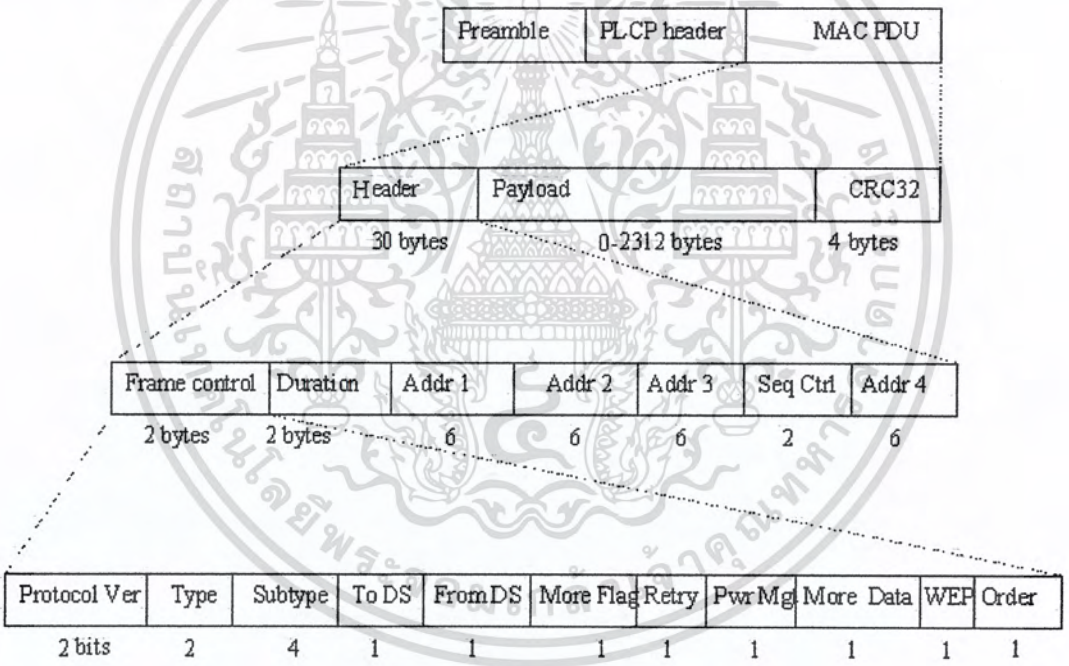
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IBSS ควรจะได้ยินสัญญาณ RTS หรือไม่ก็ CTS อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง เมื่อได้รับ RTS หรือ CTS ทุกๆสถานีจะทราบถึงว่าช่วงเวลาที่ระบุไว้ใน Duration ID ซึ่งช่องสัญญาณจะถูกใช้และทุกสถานีที่ยังไม่ได้รับสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณจะตั้งค่า NAV (Network Allocation Vector) ให้เท่ากับ Duration ID ซึ่งแสดงถึงช่วงเวลาที่ยังไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ ทุกๆสถานีจะใช้กลไก Virtual Carrier Sense ดังกล่าวผนวกกับการฟังสัญญาณในช่องสัญญาณจริงๆ ในการตรวจสอบว่าช่องสัญญาณว่างอยู่หรือไม่

3.9 Frame ที่ปล่อยมาจาก Access Point

3.9.1 IEEE 802.11 Frame Format

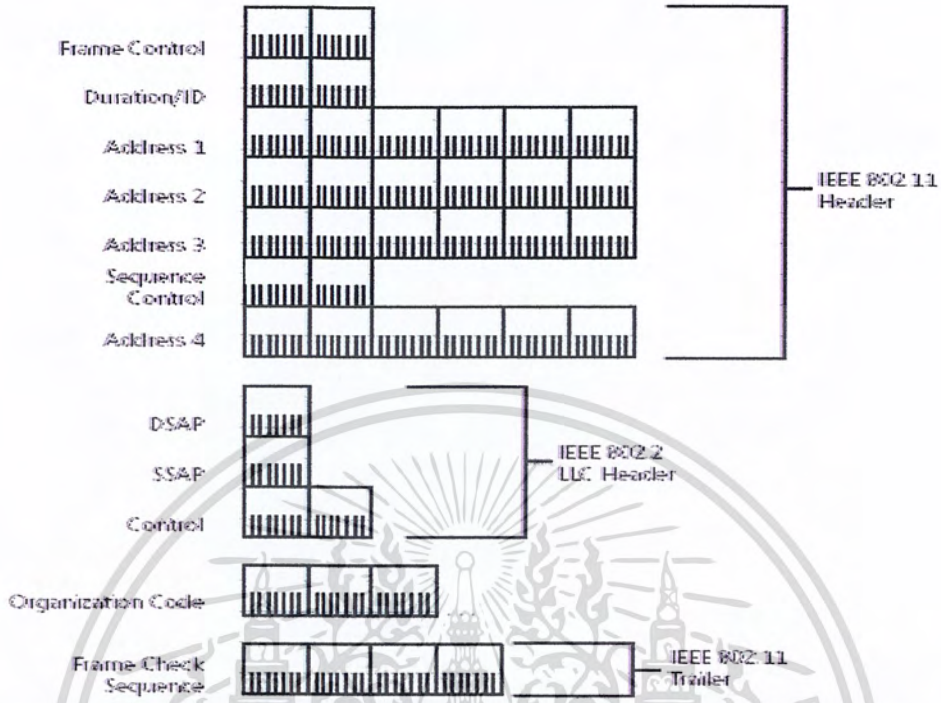
รูปแบบ Frame ของ IEEE 802.11 ประกอบด้วย IEEE 802.11 ส่วน header และ trailer ของ Frame 802.2 LLC header



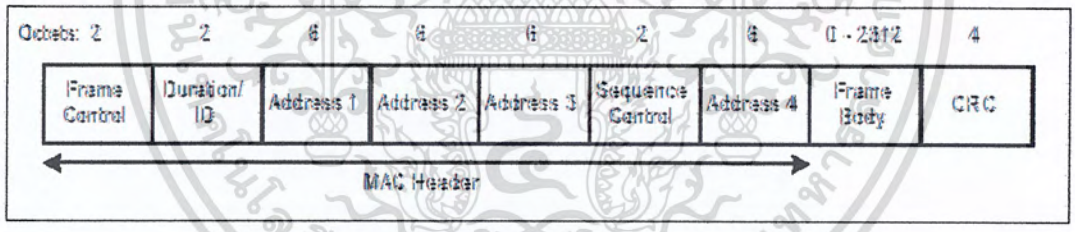
รูป 3.26 รูปแบบ Frame ของ IEEE 802.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.1.1 IEEE 802.11 Header and Trailer



รูป 3.27 รูปแบบ Frame IEEE 802.11 ส่วน header and trailer และ IEEE 802.2 LLC header

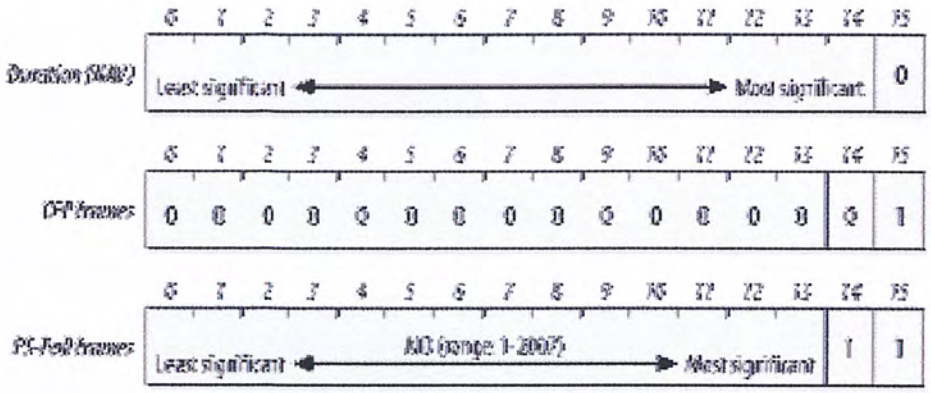


รูป 3.28 ฟิลด์ใน IEEE 802.11 ส่วน header และ trailer

ฟิลด์ใน IEEE 802.11 ส่วน header และ trailer สำหรับ Frame ข้อมูลที่ส่งมาจากระบบไร้สายหรือสาย AP เป็นโหนดแบบไร้สายมีการกำหนดดังนี้

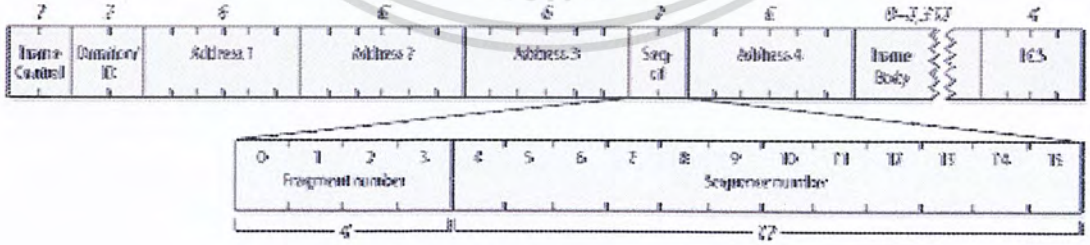
1) Frame Control ขนาด 2 ไบต์ มีข้อมูลการควบคุมที่กำหนดประเภทของ Frame
2) Duration / ID Field ขนาด 2 ไบต์ แสดงระยะเวลาในหน่วย microseconds ที่จำเป็นในการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.29 การกำหนดบิตใน Duration / ID Field

3) Address 1 มีขนาด 6 ไบต์ ซึ่งเป็น Recipient Address (Station ที่อยู่ภายใน BSS ที่ได้รับแพ็คเกจ) ถ้าฟิลด์ ToDS ถูกเซต ฟิลด์นี้จะเป็น Address ของ Access Point ถ้าฟิลด์ ToDS ไม่ถูกเซต ฟิลด์นี้จะเป็น Address ของ End Station
4) Address 2 มีขนาด 6 ไบต์ ซึ่งเป็น Transmitter Address (Station ที่สามารถส่งต่อ แพ็คเกจได้) ถ้าฟิลด์ ToDS ถูกเซต AP ฟิลด์นี้จะเป็น Address ของ Access Point ถ้าฟิลด์ ToDS ไม่ถูกเซต ฟิลด์นี้จะเป็น Address ของ Station
5) Address 3 มีขนาด 6 ไบต์ ใน Frame ที่ FromDS ถูกเซตเป็น 1 ฟิลด์นี้จะถูกกำหนดเป็น Address ต้นทาง และ Frame ที่ ToDS ถูกเซตเป็น 1 ฟิลด์นี้จะถูกกำหนดเป็น Address ปลายทาง
6) Sequence Control มีขนาด 2 ไบต์ ใช้สำหรับในการ defragment และตรวจสอบเฟรมที่ซ้ำทิ้ง แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 4 บิต สำหรับ Fragment number และ 12 บิต สำหรับ Sequence number



รูป 3.30 การกำหนดบิตใน Sequence Control Field

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) Address 4 มีขนาด 6 ไบต์ ใช้ในกรณีพิเศษเมื่อมีการใช้ Wireless Distribution System และ Frame ถูกส่งจาก Access Point ตัวหนึ่งไปยังตัวอื่นๆ ซึ่งในกรณีนี้ ToDS และ FromDS จะถูกเซต

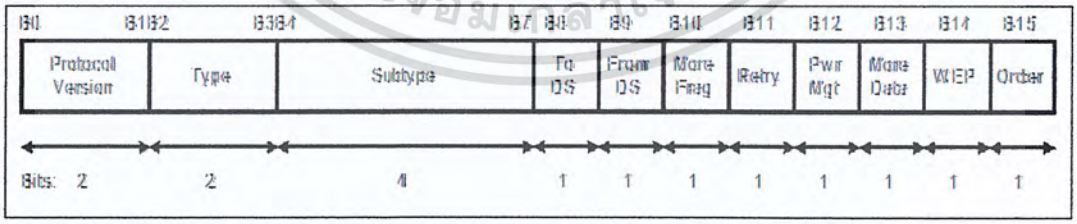
8) Frame Check Sequence คือการตรวจสอบลำดับข้อมูลขนาด 4 ไบต์ ด้วยวิธี CRC ที่ใช้กลไกเดียวกับ Ethernet ให้ บิตตรวจสอบความสมบูรณ์ระดับฟิลด์ทั้งหมดใน Frame IEEE 802 จาก Frame ด้านการควบคุมฟิลด์ Payload

3.9.2 Payload

Payload สำหรับ IEEE 802.11 Frame สามารถมีขนาดสูงสุดได้เพียง 2,312 bytes IEEE 802.11 payloads สามารถมี Frame MAC ของการบริหารจัดการ (เช่น Frame สัญญาณส่ง APs ไร้สาย) การควบคุม fames (เช่น RTS, CTS และเฟรม ACK) หรือ Frame ข้อมูลที่มี ใน PDU ภายในระบบของโปรโตคอลชั้น (เช่น datagram IP)

ถ้า payload ของ Frame ข้อมูลที่จะเข้ารหัสกับ WEP, ชั้นบน PDU จะนำหน้าด้วยข้อมูลธรรมดา 4 byte มีการเขียนอักษรย่อ (IV) ฟิลด์และปฏิบัติตามด้วย PDU เข้ารหัส 4-byte Integrity Check Value (ICV) ด้านการลดชั้นบนสูงสุด ขนาด 2,304 ไบต์ ถ้า payload ของ Frame ข้อมูลที่จะเข้ารหัสด้วย WPA และ Key Integrity Protocol (TKIP), ซึ่งในชั้นบน PDU จะนำหน้าด้วยข้อมูลธรรมดา 8 byte containing IV และปฏิบัติตาม ด้วยการเข้ารหัส 8-byte Message Integrity Code (MIC) และ 4 ช่อง ICV byte การลด ขนาดชั้นสูงสุดบน PDU ที่ 2,292 ไบต์ ถ้า payload ของ Frame ข้อมูลที่จะเข้ารหัสกับ WPA2 และ Advanced Encryption Standard (AES), ชั้นบน PDUจะนำหน้าด้วย plaintext 8 byte Packet ที่มีจำนวน ฟิลด์และตามด้วยการเข้ารหัส 8-byte Message Integrity Code (MIC) ลดขนาดชั้นสูงสุดบน PDU ที่ 2,296 ไบต์ ส่วน header และ trailer

3.9.3 Frame Control Field



รูป 3.31 แสดงฟิลด์ Frame Control ช่อง Frame Control subfields

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) Protocol Version ขนาด 2 บิต ที่ระบุรุ่นของ 802.11 โปรโตคอลที่ใช้ในการ สร้าง Frame ฟิลด์นี้จะกำหนดให้เป็น 0 สำหรับรุ่นปัจจุบันของ IEEE 802.11 ในกรณีที่ช่อง Protocol Version ตั้งค่าที่ไม่ได้รับการสนับสนุนจากสาย Frame จะยกเลิกไปในทันที
2) Type ขนาด 2 บิต ที่ระบุประเภทของ IEEE 802.11 frame ที่กำหนดค่า 00 สำหรับ Management Frame 01 สำหรับ Control Frame และ 10 สำหรับ Data Frame และค่า 11 จะถูก reserved ไว้
3) Subtype ขนาด 4 บิต ที่ระบุประเภทเฉพาะของ Control Frame, Management Frame และ Data Frame

Type Value b3 b2	Type Description	Subtype Value b7 b6 b5 b4	Subtype Description
00	Management	0000	Association Request
00	Management	0001	Association Response
00	Management	0010	Reassociation Request
00	Management	0011	Reassociation Response
00	Management	0100	Probe Request
00	Management	0101	Probe Response
00	Management	0110-0111	Reserved
00	Management	1000	Beacon
00	Management	1001	ATIM
00	Management	1010	Disassociation
00	Management	1011	Authentication
00	Management	1100	Deauthentication
00	Management	1101-1111	Reserved
01	Control	0000-1001	Reserved
01	Control	1010	PS-Poll
01	Control	1011	RTS
01	Control	1100	CTS
01	Control	1101	ACK
01	Control	1110	CF End
01	Control	1111	CF End + CF-ACK
10	Data	0000	Data
10	Data	0001	Data + CF-Ack
10	Data	0010	Data + CF-Poll
10	Data	0011	Data + CF-Ack + CF-Poll
10	Data	0100	Null Function (no data)
10	Data	0101	CF-Ack (no data)
10	Data	0110	CF-Poll (no data)
10	Data	0111	CF-Ack + CF-Poll (no data)
10	Data	1000-1111	Reserved

รูป 3.32 Type และ Subtype ที่ระบุประเภทเฉพาะของ Frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) To DS ขนาด 1 บิต บิตนี้จะถูกกำหนดเป็น 1 เมื่อ Frame ถูกกำหนด Address ให้ส่งไปยัง Access Point เพื่อส่งต่อไปยัง Distribution System (รวมถึงในกรณีที่ สถานีปลายทางมี Address อยู่ BSS เดียวกันกับต้นทาง โดย Access Point ทำหน้าที่ส่ง Frame) และในกรณีอื่นๆ บิตนี้จะถูกกำหนดเป็น 0
5) From DS ขนาด 1 บิต บิตนี้จะถูกกำหนดเป็น 1 เมื่อ Frame ถูกส่งมาจาก Distribution System

To DS	From DS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
0	0	DA	SA	BSSID	N/A
0	1	DA	BSSID	SA	N/A
1	0	BSSID	SA	DA	N/A
1	1	RA	TA	DA	SA

รูป 3.33 การกำหนดบิต ToDS และ From DS

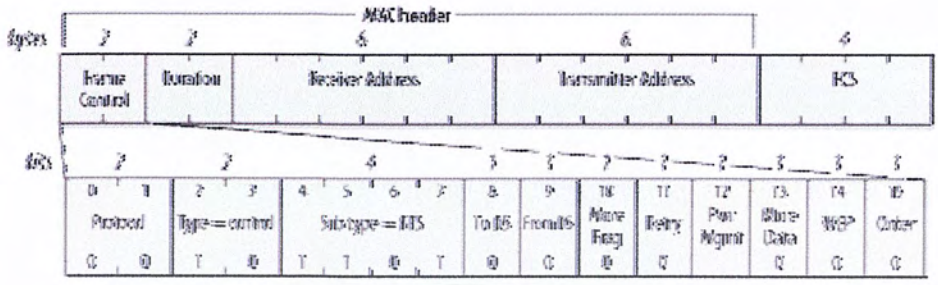
6) More Fragments ขนาด 1 บิต บิตนี้จะถูกกำหนดเป็น 1 เมื่อ Frame ที่ส่งมีการ fragment เป็น Frame ย่อยๆ
7) Retry ขนาด 1 บิต ที่ระบุว่า Frame นี้มีการส่งใหม่ ซึ่งจะถูกใช้โดยสถานีที่รับ ในการตรวจสอบว่า Frame ซ้ำหรือไม่ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ Acknowledgment Packet หาย
8) Power Management บิตนี้ใช้บอกโหมดจัดการพลังงานที่ Station จะเปลี่ยนไปอยู่หลังจากทำการส่ง Frame นี้เสร็จ ซึ่งถูกใช้โดย Station ที่เปลี่ยนจากโหมดประหยัดพลังงานเป็น Active
9) More Data ขนาด 1 บิต บิตนี้ใช้สำหรับการจัดการพลังงาน ซึ่งถูกใช้โดย Access Point เพื่อบอกกับ Station ว่ายังมี Frame ข้อมูลส่งมาถึง Station อีก ตัว Station อาจใช้บิตนี้ในการเปลี่ยนโหมดเข้าสู่ Active mode
10) WEP ขนาด 1 บิต ที่บอกว่า Frame ที่ส่งมีการเข้ารหัสแบบ WEP
11) Order ขนาด 1 บิ ต ที่ระบุ ที่บอกว่า Frame ที่กำลังส่งมีการใช้ Strictly-Ordere service

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.4 Control Frames

3.9.4.1 Request to Send (RTS)

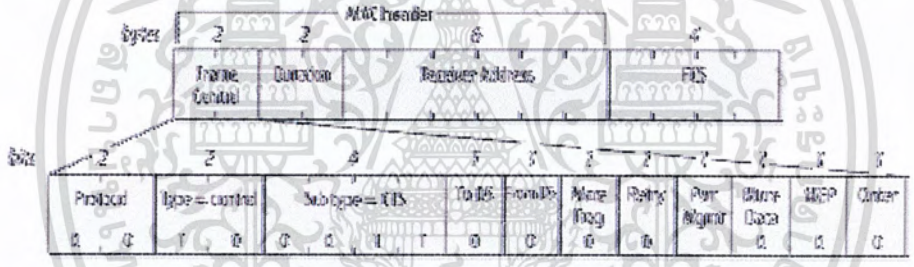
เฟรม RTS ใช้ในการขอการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์เครือข่ายปลายทาง



รูป 3.34 Request to Send Frame

3.9.4.2 Clear to Send (CTS)

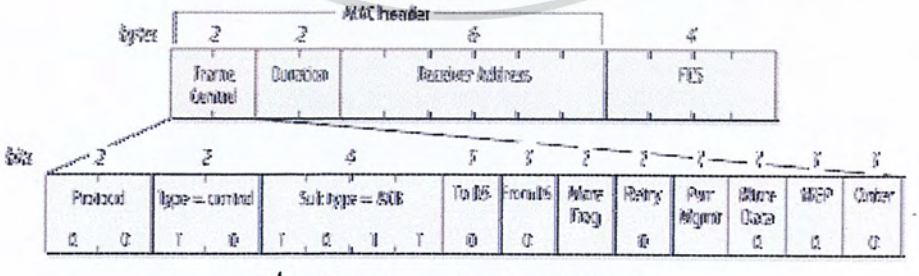
ใช้ในการตอบกลับ เฟรม RTS



รูป 3.35 Clear to Send Frame

3.9.4.3 Acknowledgment (ACK)

เฟรม ACK ถูกใช้ในการส่งการตอบกลับการได้รับข้อมูลถูกต้อง

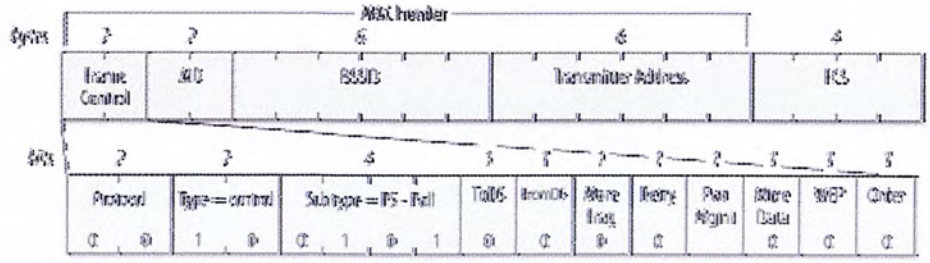


รูป 3.36 Acknowledgment Frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.4.4 Power-Save Poll (PS-poll)

เมื่อ STA ใด กลับจากสถานะ sleep STA จะส่งเฟรม PS-poll เพื่อแจ้งให้ AP ส่งเฟรมข้อมูลที่เก็บไว้ให้กับ STA นั้น



รูป 3.37 Power-Save Poll Frame

3.9.5 Management Frames

รูป 3.38 Management Frame

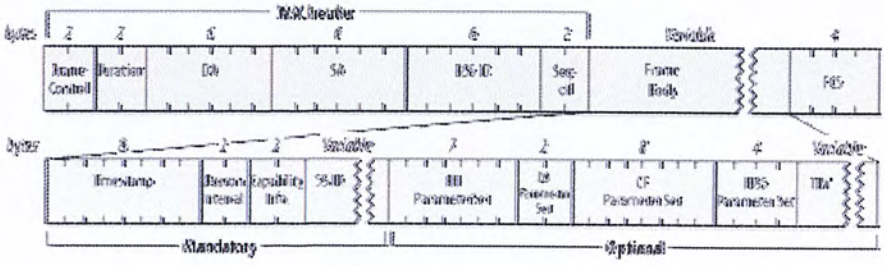
DA = destination Address, SA= Source Address

BSSID ถูกใช้ในการกรองเฟรมข้อมูล ถ้า BSSID เป็นหมายเลขของเครือข่ายที่ทำการเชื่อมต่อก็จะทำการรับเฟรมนั้น ถ้าไม่ใช่ก็จะไม่รับ ยกเว้น เฟรม Beacon จะรับหมด

Management Frame แบ่งเป็นหลายๆ แบบ ดังนี้

3.9.5.1 Beacon Frame

เฟรม Beacon ใช้ในการแจ้งถึงการมีอยู่ของเครือข่ายซึ่งจะถูกส่งเป็นรายคาบเช่น ทุก ๆ 0.1 วินาที สำหรับ BSS และ EBSS, AP เป็นผู้ส่งเฟรม Beacon



รูป 3.39 Beacon Frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลภายใน Beacon Frame Body

1) Beacon intervalช่วงเวลาในการส่ง Beacon Frameมีหน่วยเป็นmillisecond
2) Timestamp หลังจากได้รับ Beacon Frame เครื่องปลายทาง จะใช้ค่า Timestamp ในการอัพเดตค่าเวลาของตัวเอง
3) Service Set Identifier (SSID) SSID บอกถึงเครือข่าย Wireless LAN ที่กำลังเชื่อมต่ออยู่ ก่อนที่ station จะเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่าย Wireless LAN ใดๆนั้น จะต้องมี SSID เดียวกับ Access Point ตัวนั้น
4) Supported rates แสดงอัตราการส่งข้อมูลที่เครือข่าย Wireless LAN นั้นรองรับ มีหน่วยเป็น Mbps
5) Parameter Sets เป็นฟิลด์ที่กำหนดวิธีการส่งสัญญาณ โดยสามารถกำหนดได้ว่า จะส่งแบบ frequency hopping spread spectrum หรือ direct sequence spread spectrum
6) Capability Information เป็นฟิลด์ที่บอกให้ station ทราบว่าในการส่งข้อมูลต้องใช้การเข้ารหัสแบบ wired equivalent privacy (WEP)
7) Traffic Indication Map (TIM)เป็นฟิลด์ที่ Access Point ใช้ส่งไปบอก station ที่อยู่ในโหมดประหยัดพลังงานให้ทราบว่า มีข้อมูลที่จะส่งถึง station ที่เก็บอยู่ใน access point's buffer

3.9.5.2 Probe request

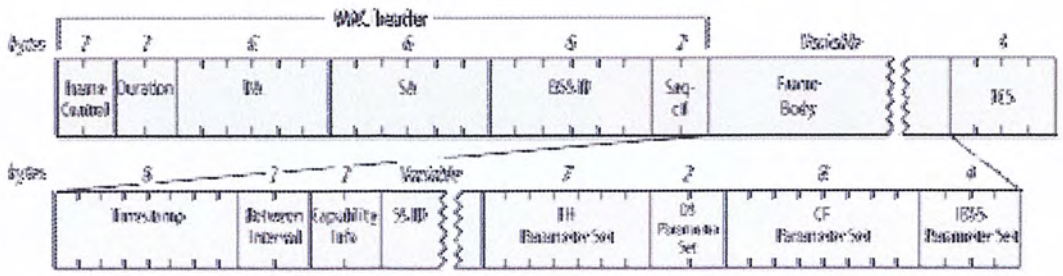
STA ใช้เฟรม Probe request ในถามหาเครือข่ายที่เปิดใช้งานอยู่

รูป 3.40 Probe request Frame

3.9.5.3 Probe response

เฟรม Probe response ใช้ในการส่งข้อมูลใช้ในเครือข่ายเช่น อัตราการส่งข้อมูล ข้อมูลเหล่านี้เข้าในการขอเข้าใช้งานเครือข่าย

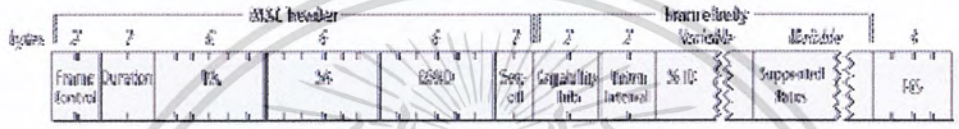
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.41 Probe response Frame

3.9.5.4 Association Request

ใช้ในการขอเชื่อมต่อระบบเครือข่าย ส่งหลังจากการทำ Authentication เสร็จ

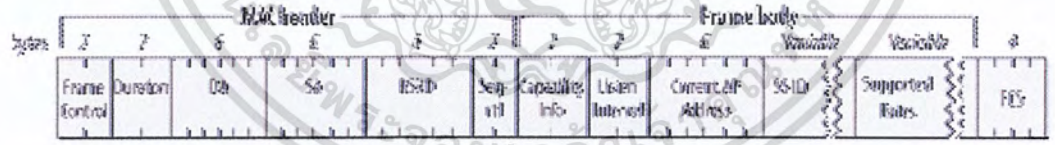


รูป 3.42 Association Request Frame

3.9.5.5 Reassociation Request

ใช้ในการขอเชื่อมต่อระบบเครือข่ายเมื่อ STA เคลื่อนจาก BSS หนึ่งไปยังอีก BSS หนึ่งภายในเครือข่าย EBSS เดียวกัน

ใช้ในการขอเชื่อมต่อระบบเครือข่ายเมื่อ STA เคลื่อนออกจากพื้นที่ให้บริการของ BSS หนึ่งแล้วกลับมาขอใช้บริการอีกครั้ง

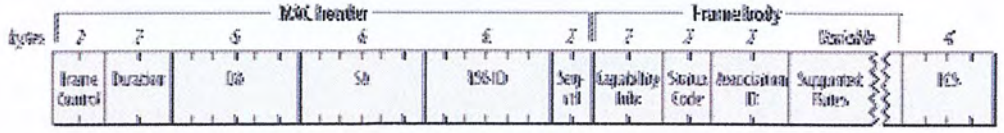


รูป 3.43 Reassociation Request Frame

3.9.5.6 Association Response&Reassociation Request

AP ใช้ในการตอบกลับการขอใช้เครื่อข่ายของ STA

Association ID จะถูกกำหนดให้โดย AP

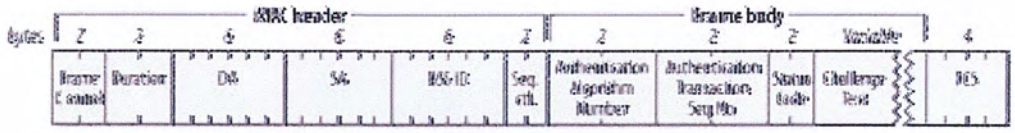


รูป 3.44 Association Response&Reassociation Request Frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.5.7 Authentication

ในการพิสูจน์ตัวของ STA นั้น STA จะต้องส่งเฟรม Authentication Request ไปยัง AP, AP จะตอบกลับด้วย เฟรม Authentication Response



รูป 3.45 Authentication Frame

3.9.5.8 Disassociation&Deauthetication

เฟรม Disassociation ถูกใช้จบการใช้งานเครือข่าย

เฟรม Deauthetication ถูกใช้สำหรับการจบการยืนยันตัวตน

รูป 3.46 Disassociation&Deauthetication Frame

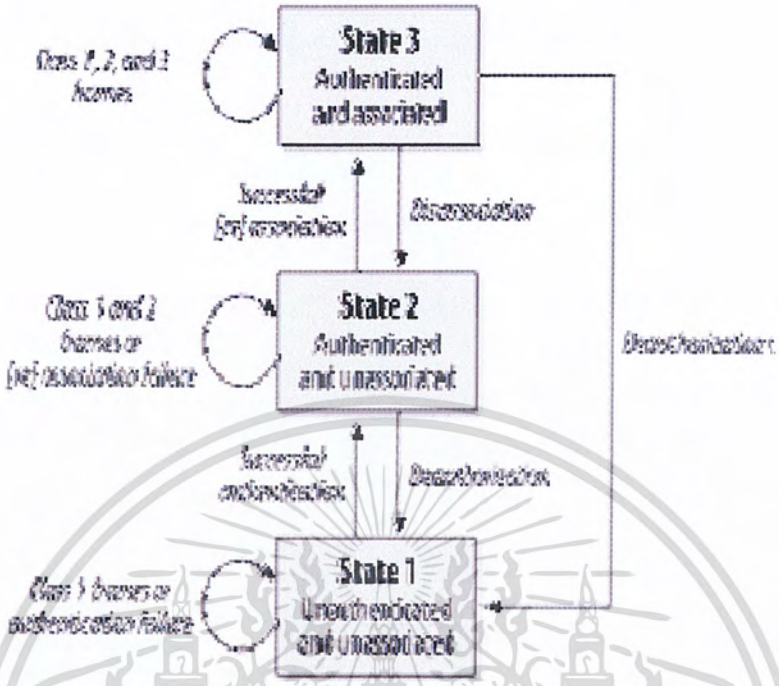
3.9.5.9 Announcement Traffic Indication Map frame

เครือข่าย IBSS ใช้เฟรม ATIM ในการแจ้ง STA หนึ่ง ถึงจำนวนข้อมูลที่รอการส่งจาก STA หนึ่ง

รูป 3.47 Announcement Traffic Indication Map Frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.6 Frame Transmission and Association and Authentication States



รูป 3.48 Frame Transmission and Association and Authentication States

State 1: เริ่มต้น ไม่ได้ผ่านการยืนยันตัวตนและไม่ทำการเชื่อมต่อเครือข่าย

State 2: ผ่านการยืนยันตัวตนแต่ไม่ทำการเชื่อมต่อเครือข่าย

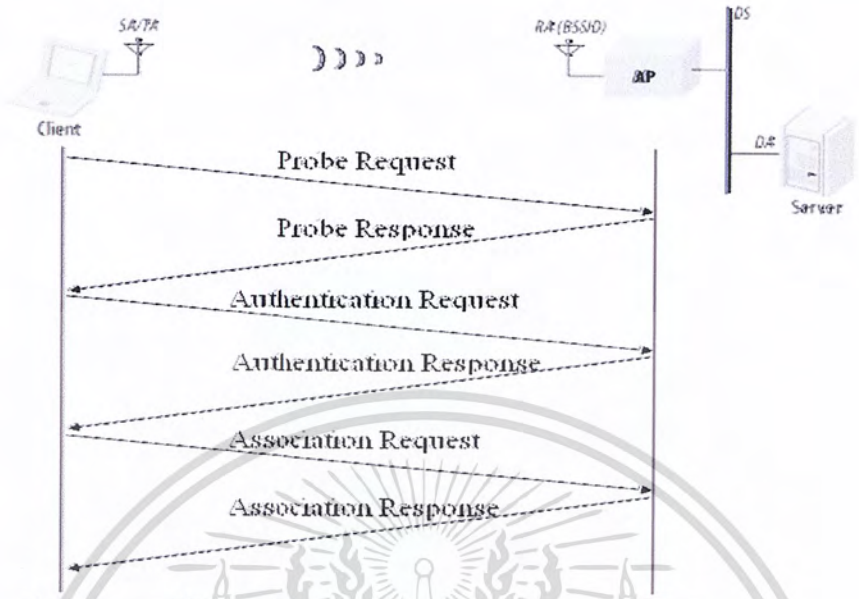
State 3: ไม่ได้ผ่านการยืนยันตัวตนและทำการเชื่อมต่อเครือข่าย

3.9.7 Frame Classes

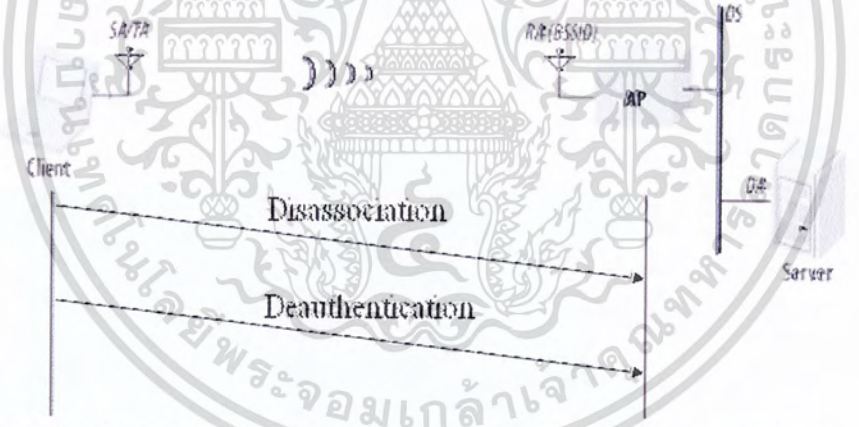
1) Class 1 สามารถส่งเฟรมได้ทุก state ของอุปกรณ์เครือข่าย RTS, CTS, ACK, CF-End, CF-End+CF+ACK, Probe Request, Probe Response,Beacon, Authentication, Deauthetication,ATIM, DATA(ToDS=0,FromDS=0)
2) Class 2 สามารถส่งเฟรมได้หลังจากผ่านการยืนยันตัวตนเรียบร้อย Association request, Association Response, Ressociation request, Reassociation Response, Disassociation
3) Class 3 สามารถส่งเฟรมได้เมื่ออยู่ใน State 3 PS-poll, Deauthentication, DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.8 การติดต่อกันระหว่าง Mobile Station และ Access Point



รูป 3.49 การสร้างการติดต่อระหว่าง ACCESS POINT และ STATION

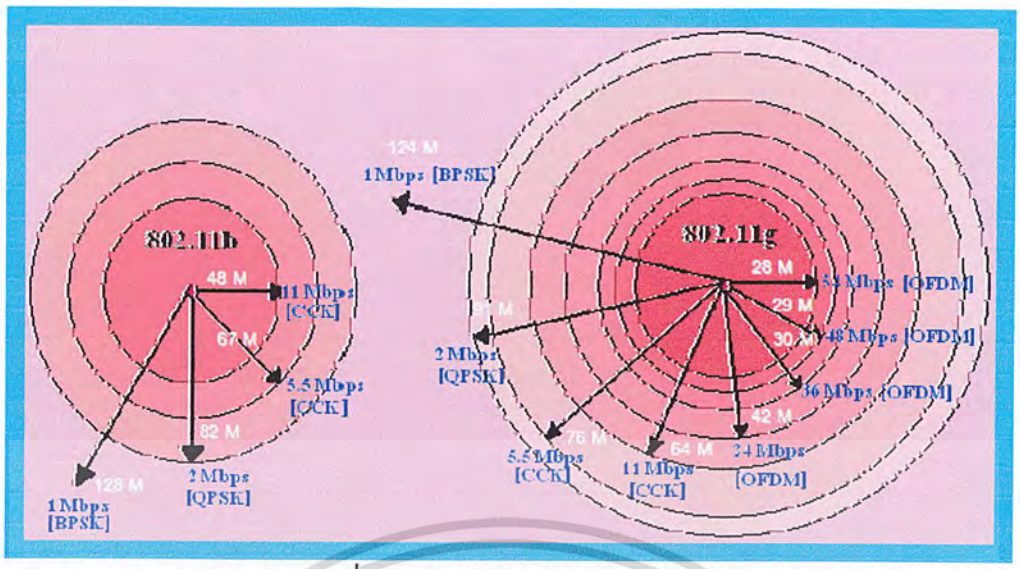


รูป 3.50 การจบการติดต่อระหว่าง ACCESS POINT และ STATION

3.10 ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลกับความแรงของสัญญาณ

ความเร็วในการรับ-ส่งของเครือข่าย Wireless LAN นั้นจะแปรผันกับความแรงของสัญญาณวิทยุนั่นหมายความว่าเมื่อสัญญาณวิทยุมีความแรงก็จะส่งข้อมูลได้เร็ว แต่เมื่อสัญญาณวิทยุอ่อนแรงลง ก็จะส่งข้อมูลได้ช้าลง ที่เป็นเช่นนี้เพราะระบบ Wireless LAN จะเลือกวิธีการโมดูเลทให้เหมาะกับความแรงของสัญญาณ ตามมาตรฐาน 802.11b จะมีความเร็วในการทำงาน 4 ระดับคือ 11, 5.5, 2 และ 1 Mbps และ 802.11g จะมีความเร็วในการทำงาน 8 ระดับ คือ 54, 48, 36, 24, 11, 5.5, 2 และ 1 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.51 ระยะทางมีผลกระทบเรื่องความเร็วในระบบ Wireless LAN 802.11b และ 802.11g

จากรูปที่ 2.25 จะเห็นได้ว่าเมื่ออยู่ห่างจาก Access Point ไม่มาก มาตรฐาน 802.11g จะมีความเร็วสูงมากแต่เมื่อออกห่างออกไปก็จะมีความเร็วลดลงใกล้เคียงกับมาตรฐาน 802.11b ที่เป็นเช่นนี้เพราะมาตรฐาน 802.11g ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตามมาตรฐาน 802.11b มาตรฐานตัวใหม่นี้จึงสามารถใช้การโมดูเลทวิธีเดียวกับของ 802.11b โดเมื่อ Wireless Card อยู่ใกล้กับ Access Pointก็จะใช้การโมดูเลทแบบ OFDM แบบใหม่ แต่เมื่อยู่ห่างออกไปก็จะใช้การโมดูเลทแบบเดิมตามมาตรฐาน 802.11b นั่งก็เป็นสาเหตุว่าทำไมมาตรฐานทั้งสองถึงมีระยะการทำงานและความเร็วที่ใกล้เคียงกันเมื่อมีระยะห่างออกไป

3.11 วิธีคำนวณระยะทางใช้งานสูงสุดของระบบ Wireless LAN

ในการออกแบบระบบสื่อสารไร้สายทั่วไป ผู้ออกแบบส่วนใหญ่มักจะต้องการให้สัญญาณเดินทางไปได้ไกลๆ และต้องการให้สัญญาณมีความคมชัด นั่นหมายความว่าจะต้องส่งสัญญาณให้มีความแรงมากพอที่จะเดินทางไปถึงปลายทาง โดยจะต้องคำนวณเผื่อถึงอัตราสูญเสียประเภทต่างๆด้วย ยิ่งเป็นความถี่ย่านไมโครเวฟที่อุปกรณ์ Wireless LAN ใช้งานอยู่ก็จะมีอัตราการสูญเสียค่อนข้างสูง และอ่อนไหวจากผลกระทบรอบข้างได้มาก เมื่อออกแบบระบบสื่อสารไร้สายจึงต้องเผื่อค่าความแรงสัญญาณให้มากพอที่เครื่องรับวิทยุจะทำงานได้ เพื่อให้เข้าใจมากขึ้นเราจะทำความเข้าใจกับอุปสรรคที่ทำให้คลื่นมีความแรงลดลงดังต่อไปนี้

3.11.1 การลดทอนสัญญาณของคลื่นตามระยะทาง

การลดทอนนี้เกิดจากความแรงของสัญญาณที่ลดลงซึ่งแปรผันกับระยะทาง ที่เกิดขึ้นในสภาวะสุญญากาศ โดยไม่มีตัวแปรอื่นๆ มาเกี่ยวข้องในสภาวะนี้จะไม่มีสิ่งกีดขวางมาเกี่ยวข้อง เราเรียกค่านี้ว่า “อัตราลดทอนในสภาวะสุญญากาศ (Free Space Loss)”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11.2 การลดทอนของคลื่นที่เดินทางผ่านตัวกลาง

ที่มีความสามารถดูดซับสัญญาณได้ เช่น ต้นไม้ ผนัง หน่าต่าง กระจก หรือพื้นอาคาร อัตราการลดทอนนั้นจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของวัตถุ ยิ่งวัตถุมีความหนาก็จะมีอัตราลดทอนที่สูง โดยทั่วไปจะมีค่าดังต่อไปนี้

1) ต้นไม้ มีอัตราการการลดทอนอยู่ระหว่าง 10-20 dB โดยจะขึ้นอยู่กับขนาดและประเภทของต้นไม้ที่มีใบมากจะมีการลดทอนที่สูง
2) ผนัง มีอัตราการการลดทอนอยู่ระหว่าง 10-15 dB โดยจะขึ้นอยู่กับความหนาและวัสดุที่ใช้ ถ้าเป็นผนังยิปซัมเบาก็จะมีอัตราการลดทอนน้อยกว่าผนังปูนและอิฐ
3) พื้นอาคาร มีอัตราการลดทอนระหว่าง 12-27 dB โดยจะขึ้นอยู่กับความหนาและวัสดุที่ใช้ หากเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวนมาก จะมีอัตราการลดทอนที่สูงกว่าปกติ และถ้าเป็นพื้นไม้จะมีการลดทอนที่ต่ำกว่ามาก
4) กระจก มีอัตราการลดทอนไม่มาก แต่ถ้าเป็นกระจกเคลือบปรอทป้องกันความร้อนจะมีอัตราการลดทอนที่สูงกว่า

3.11.3 การกระจายของสัญญาณอันเกิดจากเครื่องรับและเครื่องส่งไม่ได้อยู่ในระยะสายตา

คลื่นก็จะเดินทางผ่านวัตถุมากมายเกิดการตกกระทบแล้วสะท้อนกระจายเป็นคลื่นต่างๆ ที่มาจากหลายทิศทางทำให้เกิดปัญหาสัญญาณเพี้ยน จึงยากต่อการทำงานของภาครับวิทยุที่จะนำสัญญาณที่ต้องการมาใช้งานได้

3.11.4 การคำนวณความแรงสัญญาณระหว่างภาครับและภาคส่ง (Link Margin)

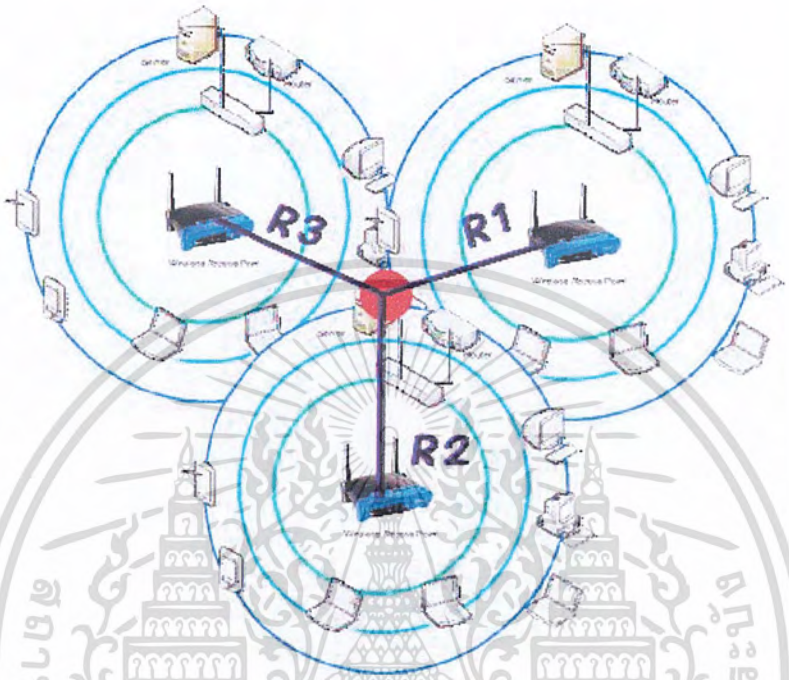
การคำนวณค่าความแรงของสัญญาณที่เชื่อมต่อกันระหว่างภาครับและภาคส่ง (Link Margin) นั้นให้ประเมินว่าในระหว่างภาครับและภาคส่งมีความแรงของสัญญาณดีเพียงใด หากค่านี้มีค่าน้อยเมื่อมีสัญญาณรบกวนเข้ามาในระบบสื่อสารก็จะทำให้การสื่อสารล้มเหลวลงได้ หากค่านี้มีค่ามากก็แสดงถึงโอกาสที่จะรับสัญญาณได้ชัดเจนมีมากขึ้น และมีโอกาสที่คลื่นเดินทางได้ไกลขึ้น ค่านี้มีตัวแปรที่มีผลกระทบดังต่อไปนี้

1) กำลังส่งของคลื่นวิทยุ (Transmit Power)
2) อัตราขยายของเสาอากาศภาคส่ง (Transmit antenna gain)
3) อัตราการลดทอนของสายนำสัญญาณภาคส่ง (Transmit cable loss)
4) อัตราขยายของเสาอากาศภาครับ (Receive antenna gain)
5) ความแรงของสัญญาณต่ำสุดที่ภาครับจะทำงานได้ (Minimum received signal Level)
6) อัตราการลดทอนของสายนำสัญญาณภาครับ (Receive cable loss)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12 สมการในการหาจุดตัดของสัญญาณ Access Point

ในบริเวณที่มีเครือข่าย Wireless มากกว่า 2 จุด ขึ้นไปจะสามารถคำนวณหาตำแหน่งที่อยู่ภายในบริเวณที่รับสัญญาณ Wireless นั้นได้



รูป 3.52 จุดตัดของ Access Point 3 ตัว

จากรูปจะเห็นว่า เมื่อได้ระยะ รัศมีของสัญญาณจาก access point จุดต่าง ๆ แล้ว จุดที่รัศมี R1,R2,R3 มาตัดกันจะเป็นบริเวณตำแหน่งที่เราอยู่

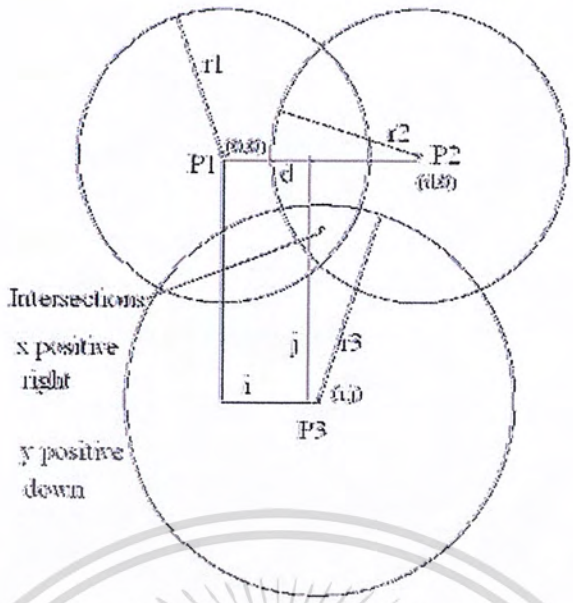
เนื่องจากการส่งสัญญาณ Wireless เป็นแบบทรงกลมรอบ access point ในกรณีที่ access point ที่ใช้ในการทดลอง อยู่บนชั้นที่สูงหรือต่ำกว่า ต้องใช้ระยะห่างที่เป็นแนวรัศมีของทรงกลมของการปล่อยสัญญาณ ในการหาสมการ (อาศัยทฤษฎีสามเหลี่ยมมุมฉาก ปีทากอรัส)

เมื่อได้สมการแล้ว ก็ต้องทำการตรวจสอบโดยสุ่มตำแหน่งในบริเวณที่รับสัญญาณ Wireless ที่ใช้ได้ทั้งหมด นำมาคำนวณหาระยะตามสมการที่ได้ แล้วระบุเป็นพิกัดแล้วเปรียบเทียบกับพิกัดจริง

3.12.1 Trilateration

เป็นวิธีการพิจารณา intersection ของทรงวงกลม 3 วง ตัวอย่างสมมติให้ทั้งสามทรงกลมอยู่บน ระนาบ $x = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.53 ส่วน intersection ของ Access Point 3 ตัว

ให้ทรงกลม P1 เป็นทรงกลมอ้างอิง มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ (0,0) สมการ r1, r2, r3 มีค่าตามลำดับดังนี้

$$R_1^2 = x^2 + y^2 + z^2 \quad (3.6)$$

$$R_2^2 = (x-d)^2 + y^2 + z^2 \quad (3.7)$$

$$R_3^2 = (x-i)^2 + (y-j)^2 + z^2 \quad (3.8)$$

จากสมการ จะระบุตำแหน่งที่ต้องการเป็นพิกัด x,y,z ได้ดังนี้

$$x = (R_1^2 - R_2^2 + d^2) / 2d \quad (3.9)$$

สมมติว่า วงกลม 2 วงแรก ตัดกันมากกว่า 1 จุด นั่นคือ d-r1 < r2 < d+r1. แทนค่าสมการ 1.1 .ในสมการ 1 คำตอบสำหรับ 2 วงกลม ที่ intersection กัน คือ

$$y^2+z^2 = R_1^2 - ((R_1^2 - R_2^2 + d^2)^2 / 4d^2) \quad (3.10)$$

จากนั้น แทนค่า $y^2+z^2 = R_1^2 - x^2$ในสมการ ที่ 3 แล้วหาค่า y จะได้

$$y = (R_1^2 - R_3^2 + (x-i)^2 + j^2) / 2j = (R_1^2 - R_3^2 + i^2 + j^2) / 2j - (i / j) * x \quad (3.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะนี้เรามี ค่า x , y ของจุดที่ต้องการระบุตำแหน่ง เราสามารถ หาค่า z

$$z = \pm\sqrt{(R_1^2 - x^2 - y^2)} \qquad (3.12)$$

เนื่องจาก ค่า z มีค่าเป็นไปได้ ทั้ง รากที่สองของค่าลบ และ รากที่สองของค่าบวก ให้จินตนาการถึงวงกลมที่เกิดจากการ intersection กัน ของทรงกลมทั้งสามวง โดยค่า z ที่เป็นไปได้จะบอกความหมายดังนี้

$Z = 0$ ถ้าวงกลมที่จุดที่ระบุตำแหน่งสัมผัสกับพื้นผิวของทรงกลม 1 จุด

$Z = \mp\sqrt{i}$ ถ้าวงกลมที่จุดที่ระบุตำแหน่งสัมผัสกับพื้นผิวของทรงกลม 2 จุด

$Z = \sqrt{-i}$ ถ้าวงกลมที่จุดที่ระบุตำแหน่งไม่สัมผัสกับพื้นผิวของทรงกลม

โดยที่ i เป็นจำนวนเต็มบวกใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ระบบเนวิเกเตอร์

4.1 ความหมายของระบบเนวิเกเตอร์

เนวิเกเตอร์ คือ ระบบนำทางซึ่งในปัจจุบันเราจะพบมากทั้งในมือถือ PDA หรือ แม้กระทั่งในรถยนต์ที่มีการเสริมในส่วนของระบบนำทางเข้าไป ซึ่งระบบจีพีเอช แบบเนวิเกเตอร์นั้น โดยทั่วไปจะมีวิธีการโดยทั่วๆไปเหมือนกันระบบจีพีเอช แบบเนวิเกเตอร์นั้นจะใช้ ดาวเทียมในการส่งค่าเพื่อคำนวณตำแหน่งและพิกัดโดยใช้ตัวรับสัญญาณจีพีเอช เพื่อเป็นการบอกตำแหน่งที่อยู่บนพิกัดโลก ซึ่งใช้ในการคำนวณจากตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันไปยังจุดหมายปลายทาง ซึ่งจะใช้งานร่วมกับ “ระบบแผนที่” โดยการใช้วิธีจับคู่ตำแหน่งต่างๆที่อ่านได้จากดาวเทียมกับค่าพิกัดในระบบ แผนที่ทั้งนี้อาจอาศัยเซ็นเซอร์อื่นๆช่วยในการคำนวณระยะทางที่เดินทางได้แน่นอนขึ้น

ดังนั้น จึงนำเอาแนวความคิดนี้มาพัฒนาร่วมกับระบบติดตามพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลกโดยใช้เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลกหรือจีพีเอช โดยนำเอาค่าตำแหน่งที่ระบุได้จากจีพีเอชมาเป็นต้นทาง และสามารถเลือกตำแหน่งปลายทางจากรายการที่กำหนดมาให้ หรือหากต้องการที่จะเลือกตำแหน่งต้นทางด้วยตนเองก็สามารถทำได้ จากนั้นระบบจะค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางและแสดงผลเส้นทางที่สั้นที่สุดออกมาในรูปแบบของตัวอักษรและเส้นทางในแผนที่

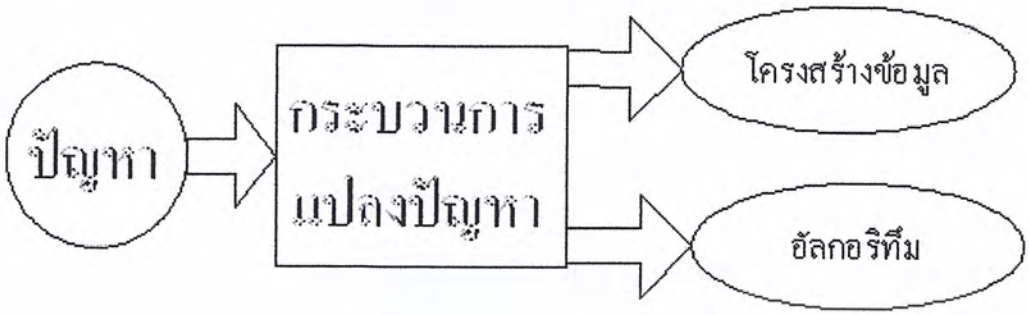
4.2 กระบวนการค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุด

ปัญหาการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด หากจะกล่าวถึงปัญหาที่ต้องการมาวิเคราะห์และพิจารณาความเป็นไปได้ต่างๆ มาแทนให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างที่ชัดเจน เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาในทางปัญญาประดิษฐ์ให้มีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่นเอาปัญหาของการเดินทางมาเข้าสู่การแทนข้อมูลแบบโหนด (node)เทคนิคการค้นหาคำตอบเป็นพื้นฐานของ AI เพื่อนำไปสู่คำตอบที่ดี

ปัญหาที่พบในทาง AI ส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาที่ต้องการคำตอบที่เหมาะสม โดยปกติปัญหาจะไม่ได้อยู่ในรูปแบบของโครงสร้างที่ชัดเจนมากนัก แต่ในศาสตร์ทาง AI จะดัดแปลงให้อยู่ในรูปแบบของโครงสร้างที่ชัดเจน จุดประสงค์เพื่อให้ AI สามารถรับรู้และเข้าใจปัญหาที่พบได้เป็นการนำปัญหาในชีวิตจริงมาเข้าสู่กระบวนการของการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ จะพยายามปรับรูปแบบของปัญหาให้ชัดเจน และนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหาที่ถูกต้องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 รูปแบบกระบวนการแปลงปัญหา



รูป 4.1 กระบวนการแปลงปัญหา

1) ปัญหา (problem) คือปัญหาต่างๆ ที่เราต้องการนำมาแก้ปัญหา โดยปัญหาในตอนนี้คือค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด
2) โครงสร้างข้อมูล (Data Structure)นำรายละเอียดของปัญหามาแปลงให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างข้อมูลเช่น โครงสร้าง Graph, Link List, Tree
3) อัลกอริทึม (Algorithm) ที่จะนำมาใช้ค้นหาคำตอบเช่น เทคนิคการค้นหาแบบต่างๆ

4.2.2 การแก้ปัญหา (Problem Solving)

เป็นการนำปัญหามาวิเคราะห์เป็นขั้นตอน เพื่อค้นหาเป้าหมายที่ต้องการ ในการแก้ปัญหาทาง AI จะมองให้อยู่ในรูปแบบการค้นหา เนื่องจากมีกระบวนการค้นหาคำตอบที่เป็นลำดับ และชัดเจน สะดวกต่อการเขียนโปรแกรม และถ้าพบคำตอบมากกว่า 1 วิธีในการหาคำตอบก็สามารถที่จะค้นหาเส้นทางเพื่อไปยังคำตอบที่ดีที่สุดได้

4.2.3 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

1) Gold Formulation กำหนดเป้าหมาย โดยควรจะกำหนดเป้าหมายให้ชัดเจน
2) Problem Formulation อธิบายปัญหาให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน Well-Defined Problem
3) Search for Solution เลือกเทคนิคสำหรับการแก้ปัญหา
4) Execute นำเทคนิคการค้นหาจากการ Search for Solution มาเขียนเป็นโปรแกรมประยุกต์ใช้งานจริง

4.2.3.1 Problem Formulation

ประกอบด้วย

1) Initial State กำหนดสถานะเริ่มต้นของปัญหา
2) Successor Function กำหนด set ของการกระทำทั้งหมดที่เป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Goal State กำหนดสถานะเป้าหมายของปัญหาที่เป็นไปได้

4) Path Cost กำหนดค่าใช้จ่ายหรือทรัพยากรที่ใช้ทั้งหมดจากการกระทำ (Action) แต่ละครั้ง

4.2.4 การแก้ปัญหาค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

4.2.4.1 Gold Formulation

ปัญหาการเดินทางในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยจะหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในแต่ละจุดสำคัญ

4.2.4.2 Problem Formulation

ปรับรูปแบบของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบของ Node Graph

1) Initial State จุดเริ่มต้น และจุดหมายปลายทาง

2) Successor Function ค้นหาระยะทางที่สั้นที่สุด

3) Goal State สามารถค้นหาเส้นทางจากต้นทางไปปลายทาง

4) Path Cost ระยะทางในการเดินทาง

4.2.4.3 Search for Solution

ใช้เทคนิควิธีการค้นหาแบบ A* (A-Star) Search Algorithm

4.2.4.4 Execute

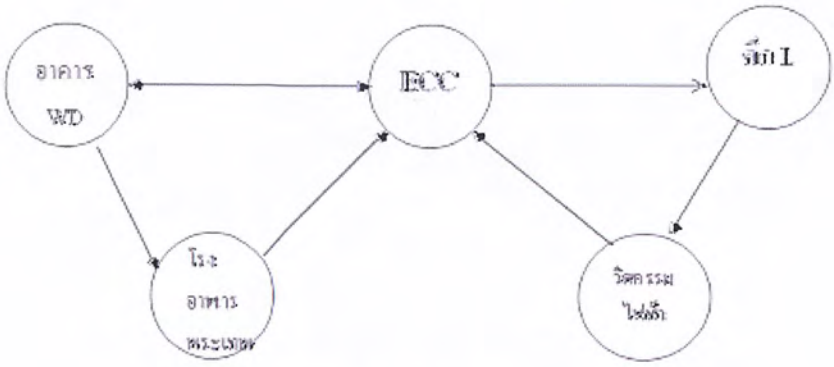
ลงมือการเขียนโปรแกรมจริงๆ

4.2.5 รูปแบบโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการค้นหา

โครงสร้างกราฟ คือเซ็ตของโหนด (Nodes) และ อาร์ก ที่ใช้เชื่อมระหว่างโหนดเข้าด้วยกัน แต่ละโหนดจะมีชื่อประจำโหนดเพื่อแยกความแตกต่างระหว่างโหนดออกจากกัน ในอาร์กอาจมีคำอธิบายหรือค่าเพื่อบ่งบอกถึงคุณสมบัติของอาร์กนั้นๆ เช่น ค่า cost ของเส้นทางที่เชื่อมระหว่างโหนด อาร์กนั้นอาจจะเป็นทิศทางไปเดียว เราเรียกว่า directed

ในที่นี้จะกำหนดโครงสร้างข้อมูลในหาค้นหาด้วยโครงสร้างกราฟโดยแต่ละโหนดจะแทนสถานที่ภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังบริเวณฝั่งอาคารอีซีซี และอาร์ก ก็คือค่าระยะทางระหว่างโหนดนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 โครงสร้างข้อมูลในหาค้นหา

4.3 อัลกอริทึ่มในการค้นหา

เทคนิคการค้นหามีปลายประเภท จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน แต่เป้าหมายหลักคือการค้นหาคำตอบ

1) Blind Search Technique เป็นเทคนิคการค้นหาที่ไม่มีข้อมูลนำมาพิจารณา
2) Heuristic Search Techniques เป็นเทคนิคการค้นหาที่มีข้อมูลประกอบในการค้นหา

4.3.1 Blind Search Technique/ Uninformed Search

เป็นเทคนิคที่ไม่มีข้อมูลมาประกอบการพิจารณา จึงทำให้ยากต่อการนำไปสู่คำตอบ แต่ข้อดีคือง่ายต่อการเขียนโปรแกรม

1) Breadth First Search (BFS)
2) Depth First Search (DFS)
3) Depth-Limited Search (DLS)
4) Iterative Deepening Search (IDS)

4.3.2 Heuristic Search / Informed Search

Heuristic Search เป็นเทคนิคการค้นหาแบบมีข้อมูล (Informed) โดยนำข้อมูลมาประกอบการพิจารณาเพื่อช่วยประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบที่ดีที่สุด

1) Greedy Best First Search (GBRS)
2) A*
3) Hill-Climbing

4.4 การวัดคุณภาพของวิธีการค้นหา

เครื่องชี้วัดคุณภาพของวิธีการค้นหา

1) Completeness รับรองความสามารถในค้นหาวิธีการแก้ปัญหาได้เสมอเมื่อมีวิธีการแก้ปัญหานั้นอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Optimality สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดได้

3) Time Complexity ใช้เวลานานแค่ไหนในการทำงาน โดยปรกติจะใช้ค่า Big O ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่บอกความซับซ้อนของการทำงานของอัลกอริทึมต่างๆเช่น O(n), O(log(n)), $O(n^2)$ เป็นต้น

4) Space Complexity ใช้ขนาดของหน่วยความจำเท่าไหร่

ตาราง 4.1 การเปรียบเทียบรูปแบบวิธีการค้นหา

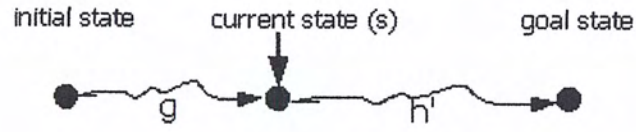
อัลกอริทึม	BFS	DFS	DLS	IDS	GBRS	A*
Completeness	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
Optimality	Yes	No	No	Yes	No	Yes
Time Complexity	O(b^d)	O(b^d)	O(b^d)	O(b^d)	O(b^m)	O(bd)
Space Complexity	O(b^d)	O(bd)	O(bd)	O(bd)	O(b^m)	O(bd)

จากตารางเป็นการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการค้นหาจะเห็นว่าอัลกอริทึม A* เป็นอัลกอริทึมที่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ในการประเมินคุณภาพทางด้านความสมบูรณ์ของการค้นหา อัลกอริทึม A* สามารถค้นหาเส้นทางได้โดยไม่มีการติดลูปเนื่องจากนำค่าสมการฮิวริสติกเข้ามาช่วยพิจารณาร่วมกับค่าระยะทาง ด้วยเหตุผลนี้จึงได้ทำการเลือกอัลกอริทึม A* มาประยุกต์ใช้งานกับระบบโดยรายละเอียดของอัลกอริทึม A* จะอธิบายในหัวข้อถัดไป

4.5 A* (A-Star) Search Algorithm

A* เป็นหนึ่งในหลาย Algorithm ที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุด โดยทำการใส่อินพุธเข้าไปแล้วจะรีเทิร์นผลลัพธ์ออกมา ซึ่ง A* นี้มีลักษณะคล้ายกับ greedy best-first search แต่ว่ามีข้อดีกว่าตรงที่สามารถค้นหาคำตอบได้แน่นอนและสามารถหาเส้นทางที่ดีที่สุดได้ ซึ่งค่า Heuristic Function ของ A*: ผสมเอาค่าความดีของเส้นทางจาก initial state มายัง current state และ จาก current state ไปยัง goal state ด้วย F'(s) = g(s) + h'(s) A* แตกต่างจาก Best-First Search การใช้ฟังก์ชัน g ที่ไม่เพียงแค่ประมาณค่าจากจุดปัจจุบันไปยังเป้าหมาย หากยังเพิ่มการประมาณค่าจากจุดเริ่มต้นมายังจุดปัจจุบันด้วย โดยการใช้ g( ) state ที่ประมาณว่าใกล้ goal state มากที่สุดอาจจะไม่ถูกกระจายก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



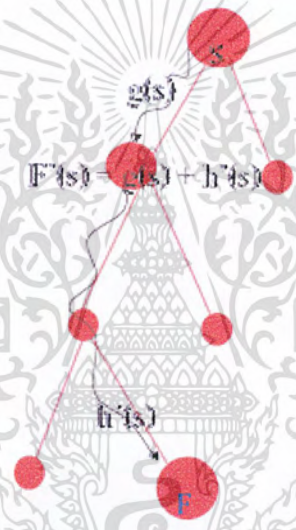
$$f'(s) = g(s) + h'(s)$$

รูป 4.3 A* (A-Star)

โดยที่ g คือฟังก์ชันที่คำนวณค่า cost จาก initial state ถึง current state

h' คือฟังก์ชันที่ประมาณ(estimate) ค่าcost จาก current state ถึง goal state

f' คือ ฟังก์ชันที่ประมาณค่า cost จาก initial state ถึง goal state (state ที่ดีจะมีค่า f' น้อย)



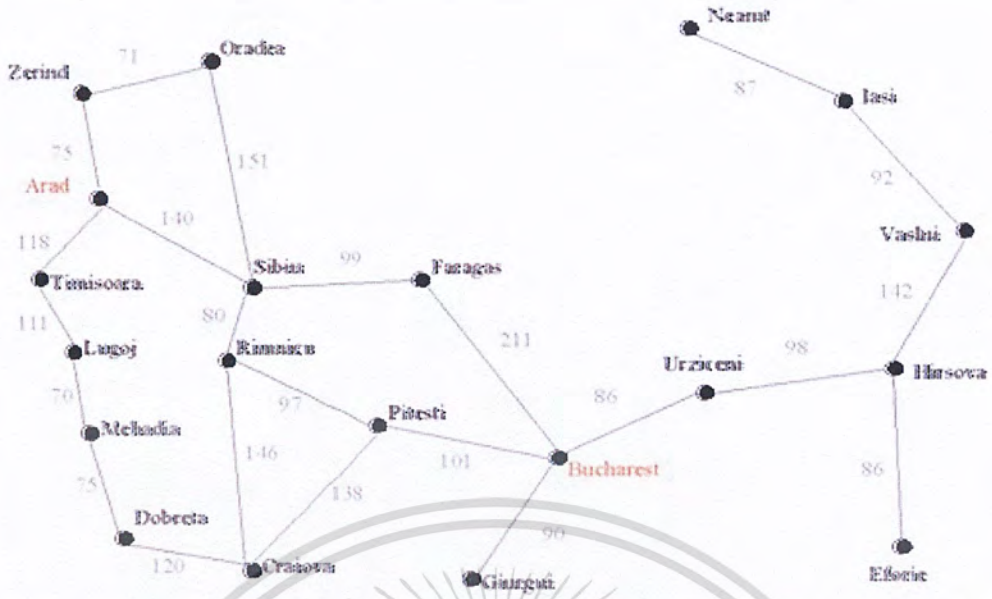
รูป 4.4 ฟังก์ชัน A* (A-Star)

4.5.1 คุณสมบัติของ A*

1) h'(s) = 0 เมื่อ s คือ goal state

2) ถ้า h' เป็นฟังก์ชันที่คืนค่า cost ที่ไม่เกินค่า cost ของฟังก์ชัน h (h คือฟังก์ชันที่คืนค่า cost จาก current state ถึง goal state โดยที่ค่า cost ที่คืนมานั้นเป็นค่าที่น้อยที่สุด) เราจะรับรองได้ว่า path ที่ได้จากฟังก์ชัน f'() นั้นจะเป็น Optimal path เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.5 การหาเส้นทางการเดินทางจากเมืองหนึ่งไปยังอีกเมืองหนึ่งโดยใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด

Straight Line Distances to Bucharest

Town	SLD	Town	SLD
Arad	366	Mehadia	241
Bucharest	0	Neamt	234
Craiova	160	Oradea	380
Dobreta	242	Pitesti	98
Eforie	161	Rimnicu	193
Fagaras	178	Sibiu	253
Giurgiu	77	Timisoara	329
Hirsova	151	Urziceni	80
Iasi	226	Vaslui	199
Lugoj	244	Zerind	374

รูป 4.6 การStraight-line Distance

การรับรองว่า h'(n) จะไม่เกินค่า h(n) ในที่นี้จะใช้ Straight-line Distance คือ ทางตรงที่ประมาณขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1.1 ขั้นตอนการทำงานของ A* เริ่มจากจุดเริ่มต้นของเมืองคือ Arad

รูป 4.7 การกระจายโหนดพร้อมระยะทางตรง ด้วย A* Algorithm

การกระจายโหนดเพื่อเลือกการเดินทางจากเมือง Arad ไป Bucharest A* คือ $f(s) = g(s) + h'(s)$

รูป 4.8 การกระจายโหนดเพื่อเลือกการเดินทางจากเมือง Arad ไป Bucharest

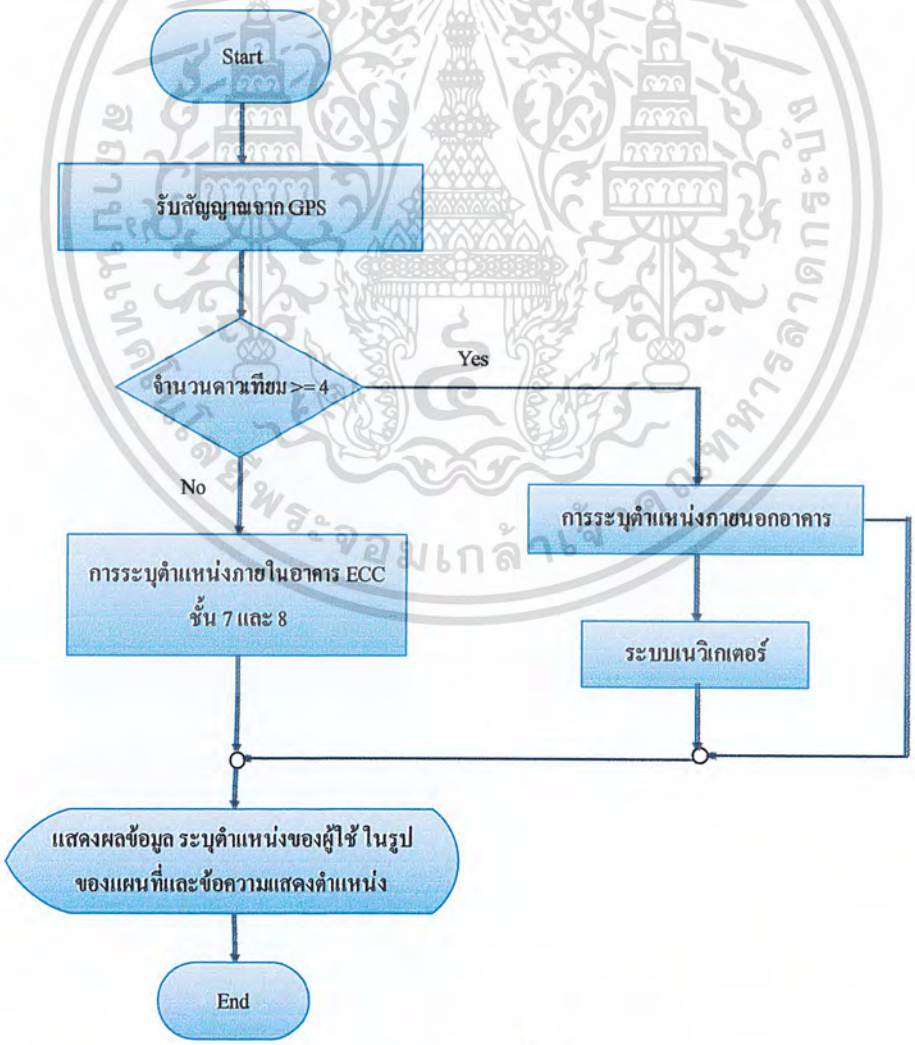
Heuristic function ของ A* คือ $f(s) = g(s) + h'(s)$ เมื่อ g คือระยะทางที่เดินผ่านมา และ $h'(n)$ คือระยะทางตรงที่ประมาณได้ ทำให้ได้ลักษณะการกระจายโหนดดังข้างต้น โดยเส้นทางที่สั้นที่สุดจากเมือง Arad ไปยัง Bucharestเป็นดังนี้ Arad->Sibiu->Rimnicu->Pitesti->Bucharest

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การออกแบบและการพัฒนา

5.1 แนวคิดและการพัฒนา

การทำงานของโปรแกรมเริ่มต้นจากภายนอกอาคาร โดยภายนอกอาคารจะรับค่าจาก GPS เพื่อตรวจสอบและระบุตำแหน่งภายนอกอาคาร จากนั้นเมื่อเข้าตัวอาคารจึงเปลี่ยนโหมดการทำงานมาใช้เป็น Access Point เพื่อระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยจะใช้สัญญาณจาก Access Point ทั้งหมด 3 ตัวเป็นอย่างน้อย จากนั้นคัดเลือกค่าความเข้มของสัญญาณ แล้วเปรียบเทียบกับกฎที่ได้กำหนดไว้จะได้ค่าตำแหน่งคอมพิวเตอร์ และมีระบบเนวิเกเตอร์ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถหาเส้นทางที่ดีและเหมาะสมที่สุดไปยังจุดหมายปลายทางได้ สำหรับการทำงานโดยรวมของโปรแกรมที่จะพัฒนาแสดงได้ดังรูป



รูป 5.1 ภาพรวมของโครงงาน

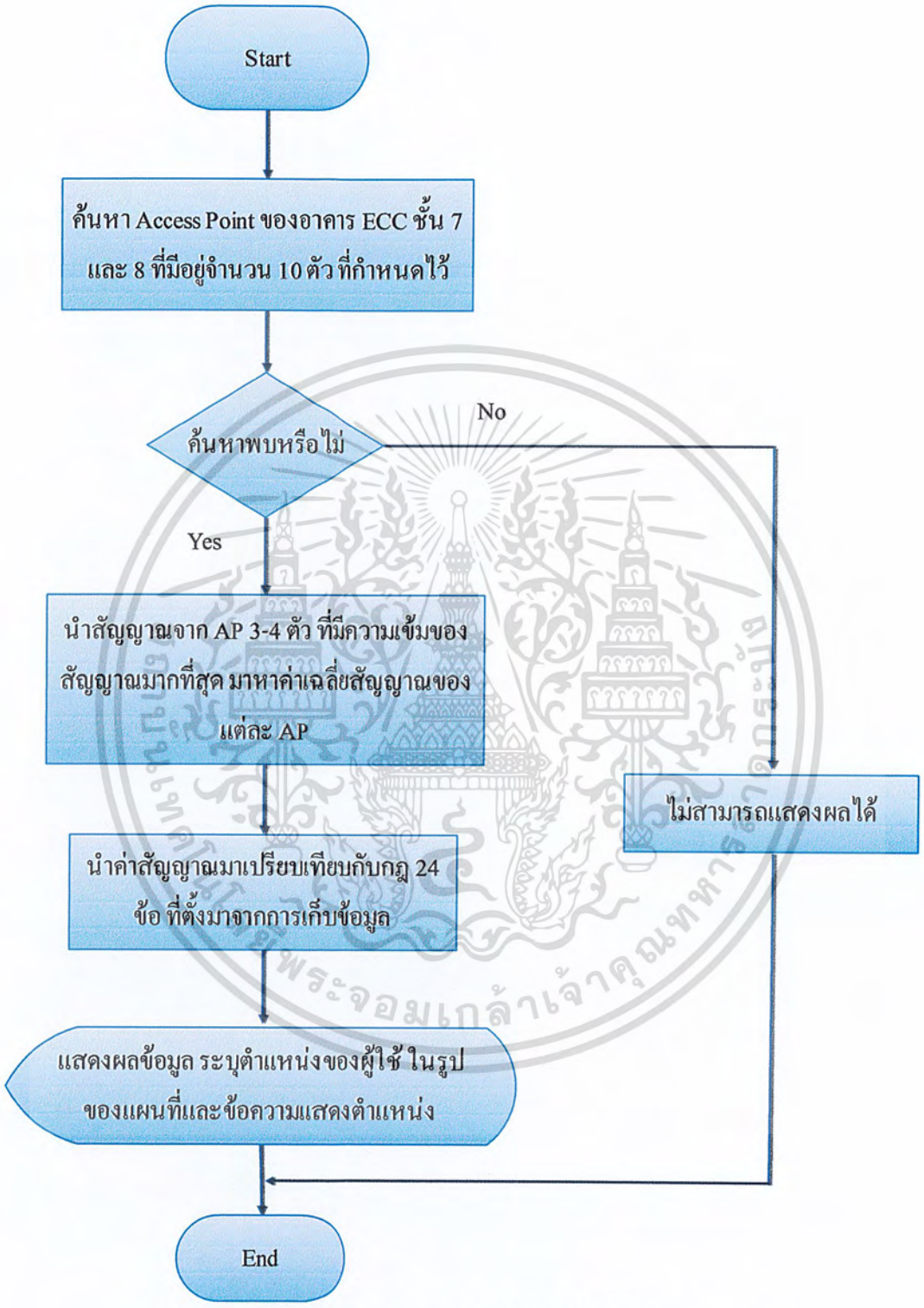
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 โมเดลการออกแบบการทำงานภายนอกอาคารโดยใช้ GPS

รูป 5.2 การออกแบบการทำงานภายนอกอาคารโดยใช้ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

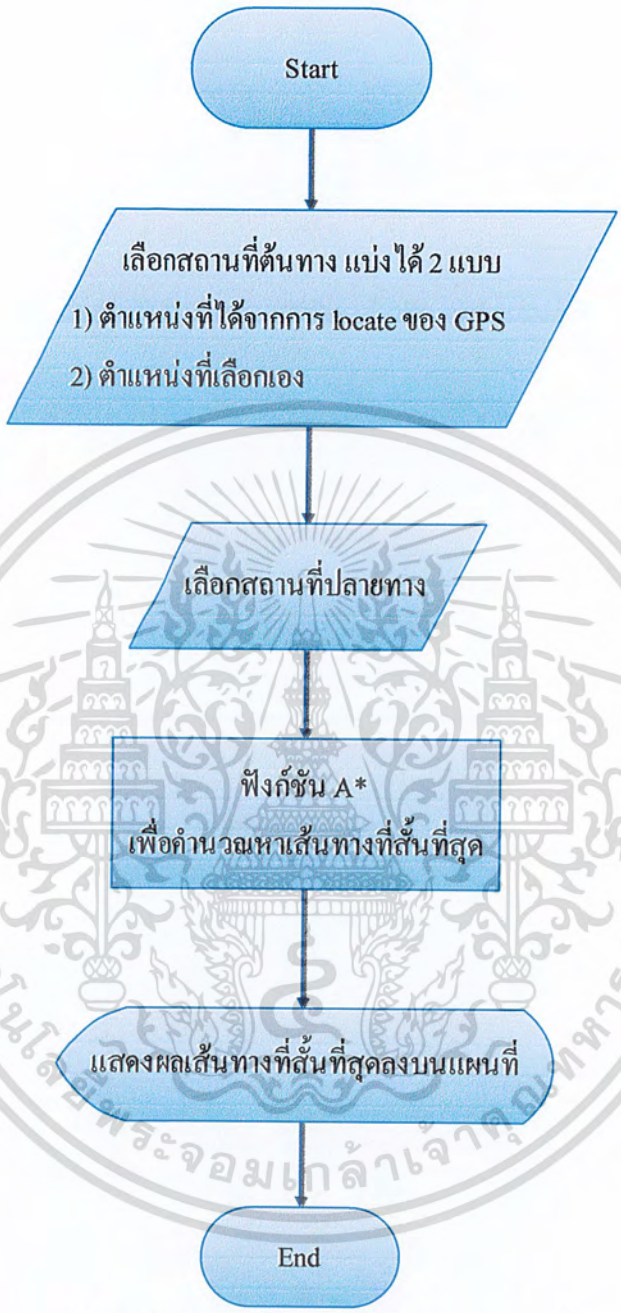
5.3 โมเดลการออกแบบการทำงานภายในอาคารโดยใช้ Access Point



รูป 5.3 การออกแบบการทำงานภายในอาคารโดยใช้ Access Point

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 โมเดลการออกแบบการทำงานของเนวิเกเตอร์

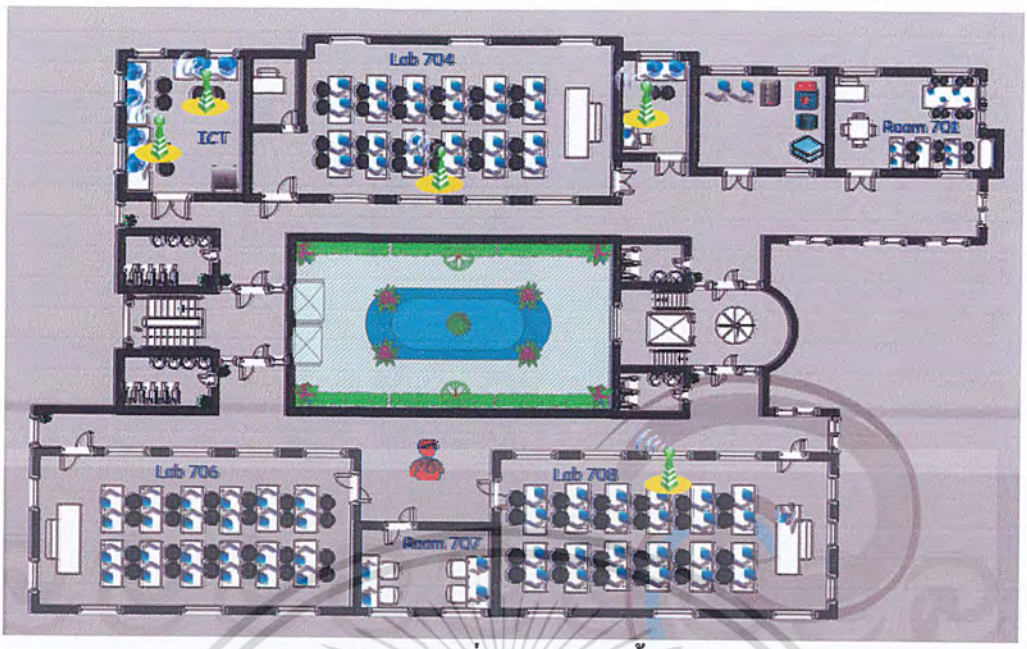


รูป 5.4 การออกแบบการทำงานของเนวิเกเตอร์

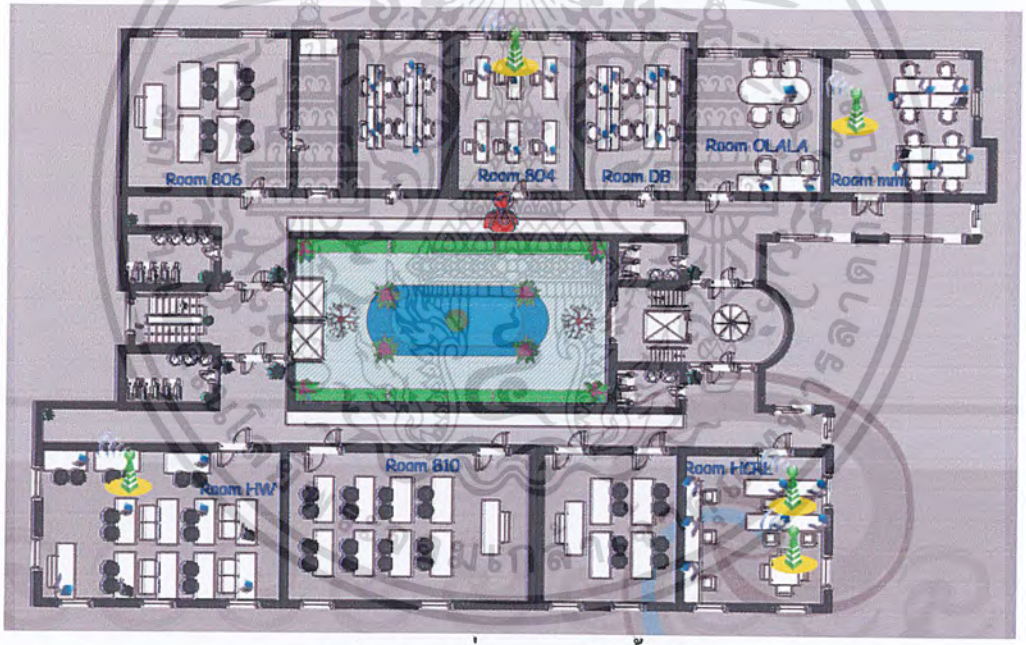
5.5 การใช้งานแผนที่ภายในอาคาร

ในส่วนของแผนที่นั้นเราจะใช้แผนผังอาคาร ECC ชั้น 7 และชั้น 8 เพื่อจะได้ทราบระยะทางที่แท้จริงของอาคาร และได้ทำการเพิ่มจุดที่ได้ทำการสำรวจและเพิ่มรูปแสดง Access Point ของแต่ละห้องลงไปในแผนที่จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการวิเคราะห์ค่าความเข้มและคำนวณระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.5 แผนที่อาคาร ECC ชั้น 7



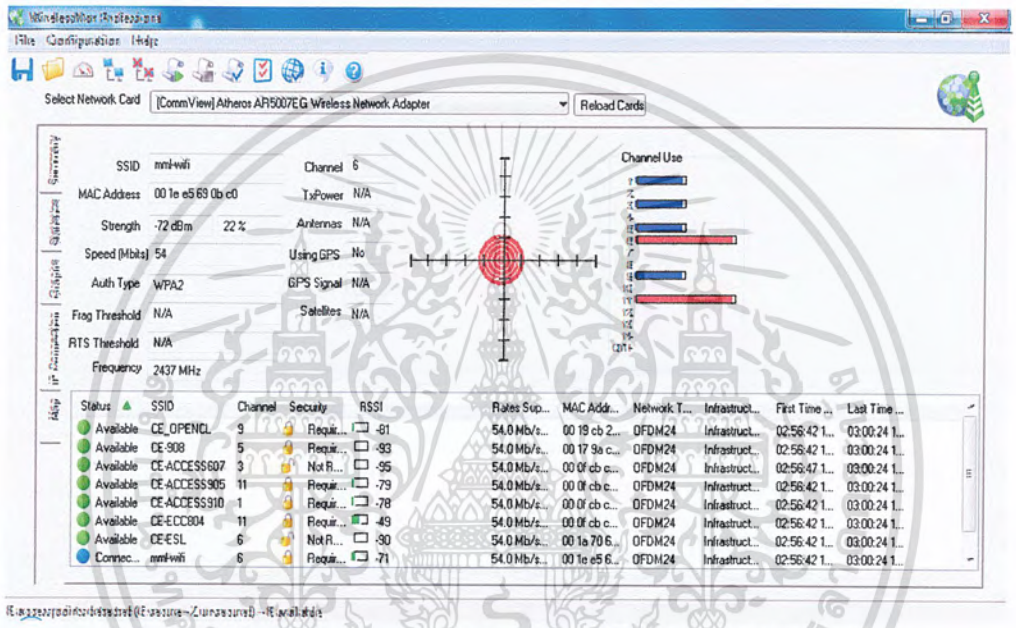
รูป 5.6 แผนที่อาคาร ECC ชั้น 8

จากรูปเป็นแผนที่แสดงจุดที่ทำการวัดสัญญาณและAccess Point ทุกตัวที่ทำการสำรวจ โดยรูปสีเขียวคือรูปที่แสดงแทน Access Point และรูปคนสีแดงคือรูปที่แสดงจุดที่ได้ทำการวัดค่าความเข้มของสัญญาณ

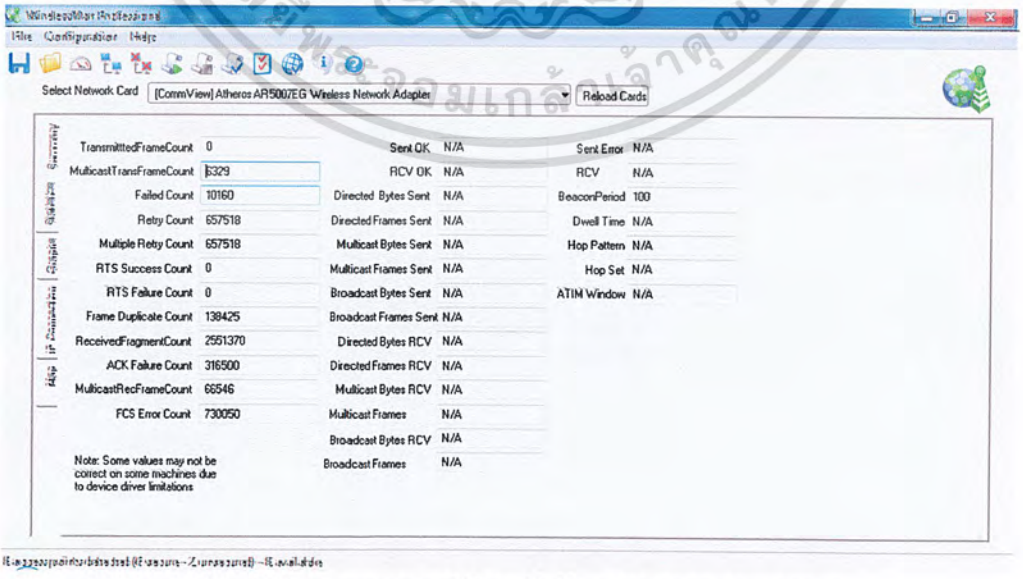
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การวัดค่าความเข้มของสัญญาณ

ในการค้นหาสัญญาณของ Access Point จะทำการค้นหา Access Point ที่พบและสามารถติดต่อด้วยได้โดยจะรับค่าข้อมูลของ Access Point แต่ละตัวมาเก็บไว้ โดยโปรแกรมที่เลือกใช้ในการวัดค่าความเข้มคือโปรแกรม WirelessMon ซึ่งโปรแกรมนี้จะบอกค่าระดับความเข้มของสัญญาณของ Access Point และสามารถเก็บ Log File เพื่อดูสถิติของค่าความเข้มสัญญาณ ซึ่งเราจะนำข้อมูลจาก Log File ที่เก็บได้นี้มาวิเคราะห์ค่าความเข้มของสัญญาณเพื่อระบุตำแหน่งที่อยู่ของคอมพิวเตอร์

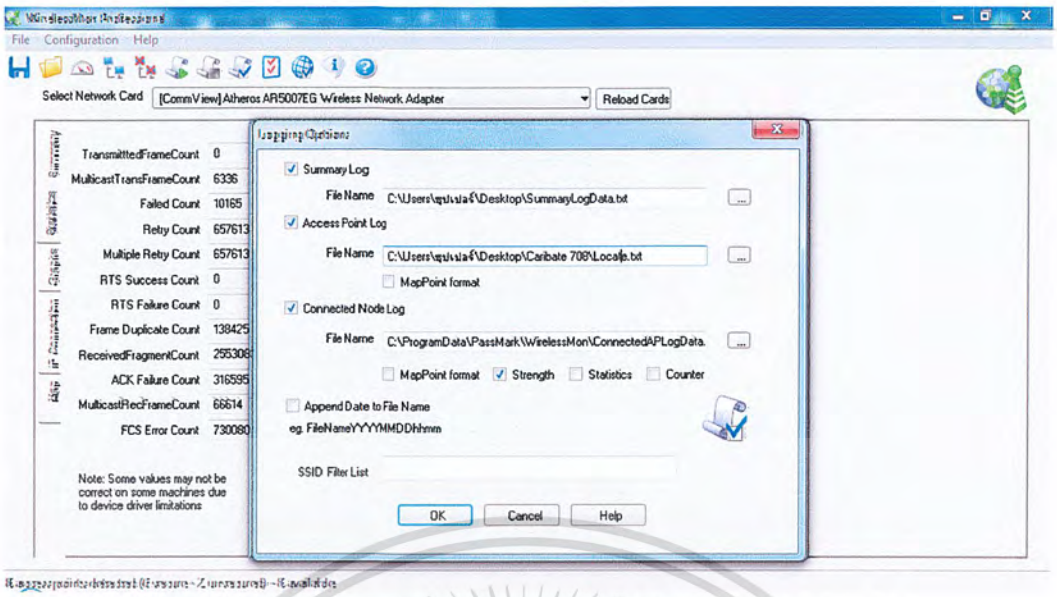


รูป 5.7 การวัดสัญญาณ Wireless LAN โดยใช้โปรแกรม WirelessMon



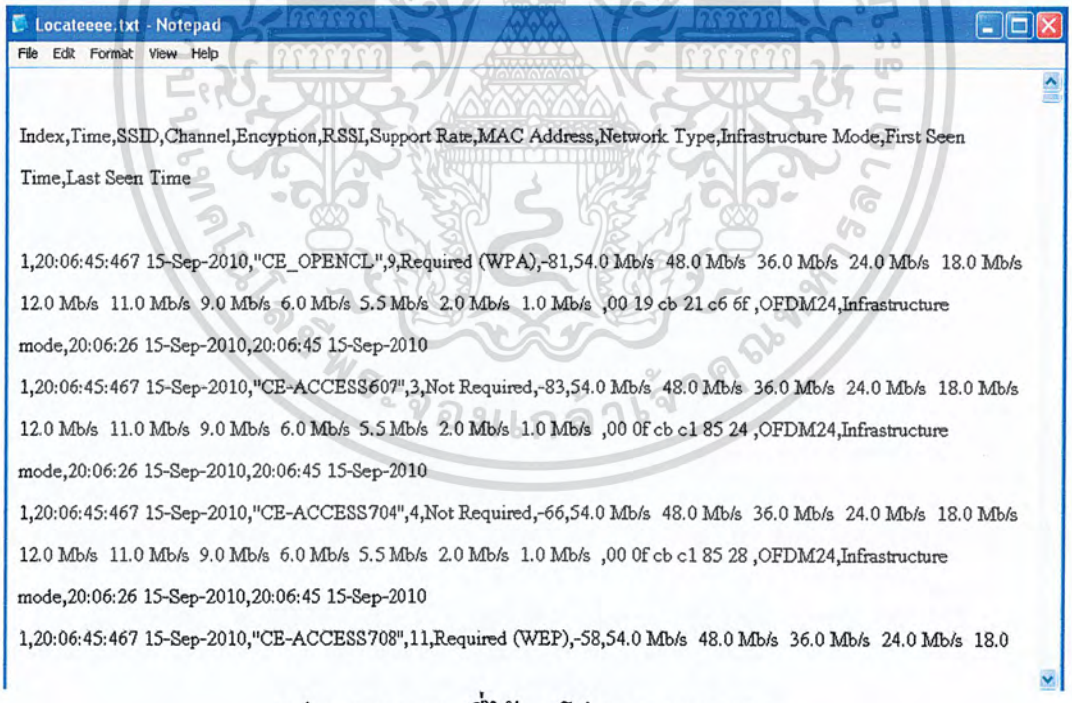
รูป 5.8 โปรแกรมแสดงสถิติการวัดสัญญาณ Wireless LAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.9 โปรแกรมแสดงการบันทึกค่าความเข้มสัญญาณ Wireless LAN

จากรูปเป็นรูปของโปรแกรมแสดงการบันทึกค่าความเข้มสัญญาณ Wireless LAN เป็น Log File



รูป 5.10 Log file ที่ได้จากโปรแกรมWireMon

จากรูปเป็นการแสดง Log file ที่ได้จากโปรแกรมWireMon ซึ่งบันทึกค่าที่ได้จากการวัดสัญญาณ Wireless LAN ซึ่งใน Log File นี้จะเก็บเวลา , วันเดือนปี , ค่าความเข้มของสัญญาณ, SSID, ค่า MAC ADDRESS ของ Access Point ตัวนั้น ,การให้บริการของ Access Point

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 เครื่องรับสัญญาณ GPS ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องรับสัญญาณ GPS รุ่น Holux m-241 Wireless GPS Logger

รูป 5.11 เครื่องรับสัญญาณ GPS Holux m-241 Wireless GPS Logger

อุปกรณ์ GPS ตัวนี้ เป็นอุปกรณ์อเนกประสงค์ที่บันทึกข้อมูลพิกัดแบบเรียลไทม์ และมีวิธีใช้งานที่สะดวก สามารถบันทึกได้ทั้งหมด 130,000 จุดซึ่งแต่ละจุดจะประกอบด้วยพิกัด (Lat./Long) ,เวลา และความสูง สามารถถ่ายข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB และความสามารถที่โดดเด่นอีกอย่างนึง คือ สามารถนำพิกัดมารวมกับภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอล เพื่อแชร์ข้อมูลแทร็คและพิกัดของสถานที่ที่เราถ่ายภาพ ลงในโปรแกรมยอดนิยมอย่าง Google Earth ได้อีกด้วย นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นเครื่องนำทาง (Street Pilot) โดยมีการเชื่อมต่อแบบ Bluetooth กับ Pocket PC หรือ PC ที่รองรับอุปกรณ์ตัวนี้ได้อีกเช่นกัน

คุณสมบัติของตัวเครื่อง

1) การเชื่อมต่อ มีทั้งแบบ Bluetooth และ USB
2) ใช้ Chipset MTK 32 Channel ความไวสูงที่สุด รับสัญญาณได้น้อยถึง -159 dBm
3) รองรับการทำงาน Bluetooth Serial Port Profile (SPP)
4) ใช้แบตเตอรี่ แบบ AA 1 ก้อน
5) จอแสดงผลแบบ LCD ขนาด 32 มม. * 8.9 มม. พร้อมไฟสำหรับดูเวลากลางคืน
6) บันทึกข้อมูลพิกัดได้ 130,000 จุด
7) สามารถตั้งค่าการจัดเก็บข้อมูลได้ทั้งเวลาและระยะทาง, แสดงข้อมูลเป็นกิโลเมตรหรือไมล์
8) สามารถวัดระยะทางได้
9) เป็น GPS นำทางต่อเชื่อมกับ PDA/Notebook / Smart mobile ได้
10) ใช้แบตเตอรี่ ขนาด AA 1 ก้อน และสายชาร์จในรถ
11) รูปแบบของข้อมูลที่บันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์มี 4 รูปแบบด้วยกัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบสำหรับโปรแกรม Google Earth(.kml), รูปแบบมาตรฐาน NMEA (.txt), รูปแบบไบนารี่ (.trl),รูปแบบGPS Exchange (.gpx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ผลการทดลอง

ในบทที่ 6 นี้จะประกอบด้วยการระบุตำแหน่งภายในอาคารและภายนอกอาคาร ซึ่งการระบุตำแหน่งภายในอาคารจะมีวิธีในการระบุตำแหน่ง 2 แบบโดยเนื้อหาในบทนี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

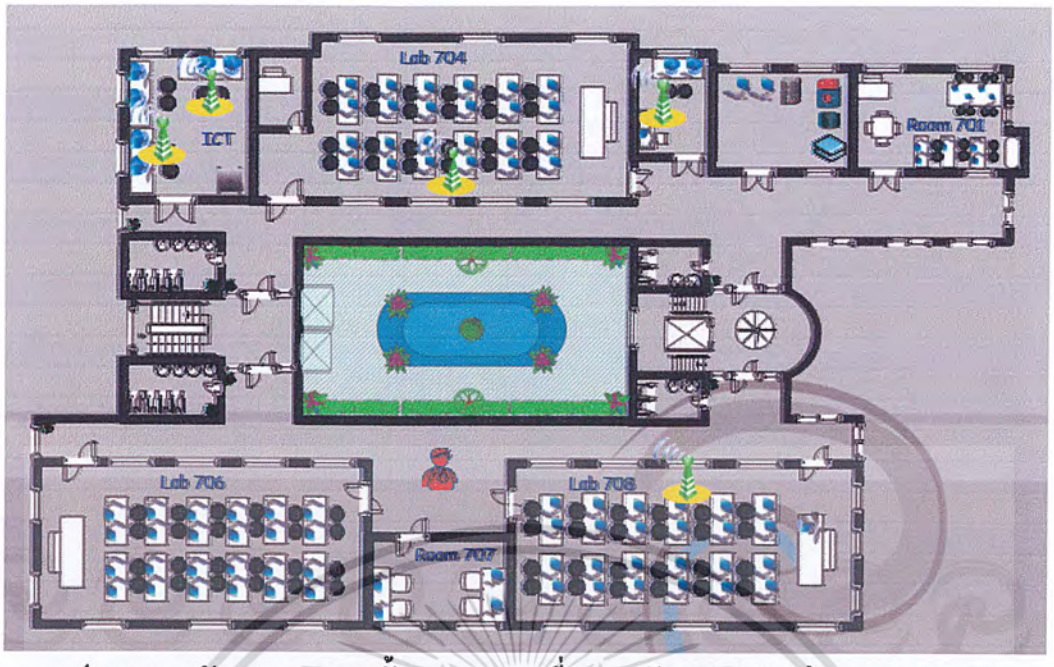
1) Rule คือการทดลองวัดค่าความเข้มของสัญญาณ wireless แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเก็บไว้เป็นสถิติทั้งจุดที่ได้ทำการวัดและค่าความเข้มของสัญญาณ wireless จากนั้นนำค่าข้อมูลที่ได้จากการเก็บสถิติมาวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกช่วงความเข้มของสัญญาณโดยแต่ละจุดจะเลือกค่าความเข้มของสัญญาณที่มากกว่า -90 นำมาตั้งเป็นกฎเพื่อระบุตำแหน่งภายในอาคาร
2) การหาจุดตัดเพื่อระบุตำแหน่ง การหาจุดตัดของ Access Point เราจะทำการ calibrate เพื่อดูค่าระยะทางและค่าความเข้มของสัญญาณ จากนั้นนำค่าความเข้มที่ได้มาจัดเป็นช่วง เนื่องจากในการทำการ calibrate นั้นค่าความเข้มค่อนข้างจะไม่เป็นไปตามทฤษฎีที่ว่าระยะทางใกล้จะมีความเข้มสูงกว่าที่ระยะไกลกว่า ดังนั้นเราจึงได้แบ่งค่าความเข้มและระยะทางที่ calibrate เป็นช่วงเพื่อลดความผิดพลาดในการระบุตำแหน่ง

6.1 การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้ Rule

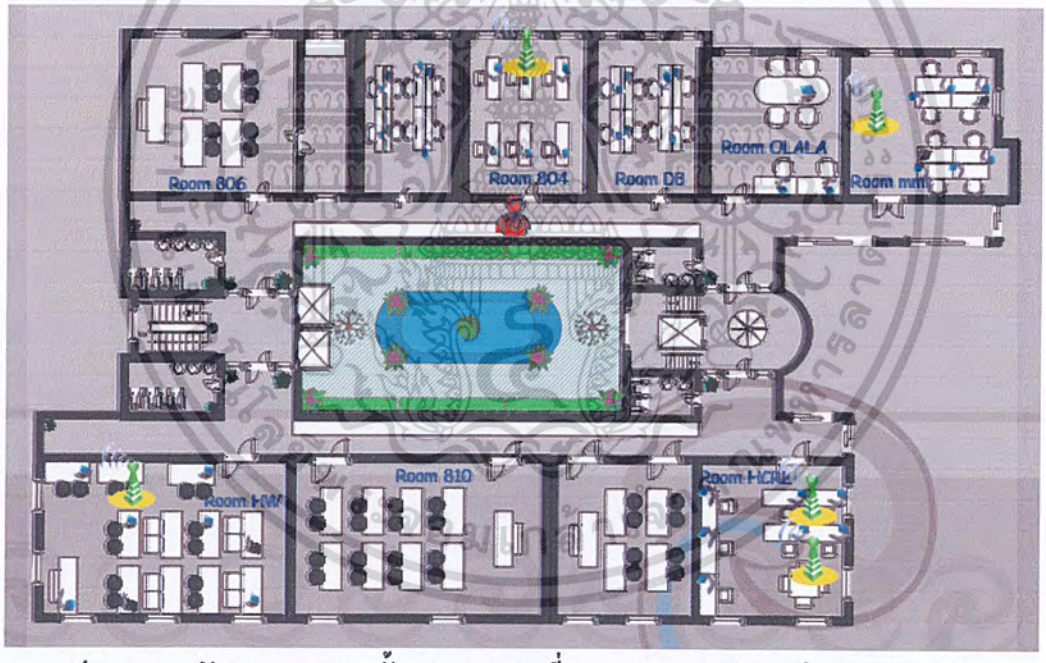
ในการระบุตำแหน่งโดยใช้ Rule นั้นเราต้องทำการเก็บค่าความเข้มของสัญญาณ wireless ที่อยู่ภายในอาคารเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการสร้างกฎเพื่อระบุตำแหน่งของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์

โดยในการเก็บข้อมูลค่าความเข้มของสัญญาณ wireless นั้นเราจะเลือกจุดที่ทำการวัดสัญญาณบนอาคารและวัดสัญญาณของ Access Point ทุกตัวของอาคาร ECC ชั้น 7 และ ชั้น 8 ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 6.1 แผนผังอาคาร ECC ชั้น 7 แสดงจุดที่ทำการวัดและตำแหน่ง Access Point



รูป 6.2 แผนผังอาคาร ECC ชั้น 8 แสดงจุดที่ทำการวัดและตำแหน่ง Access Point

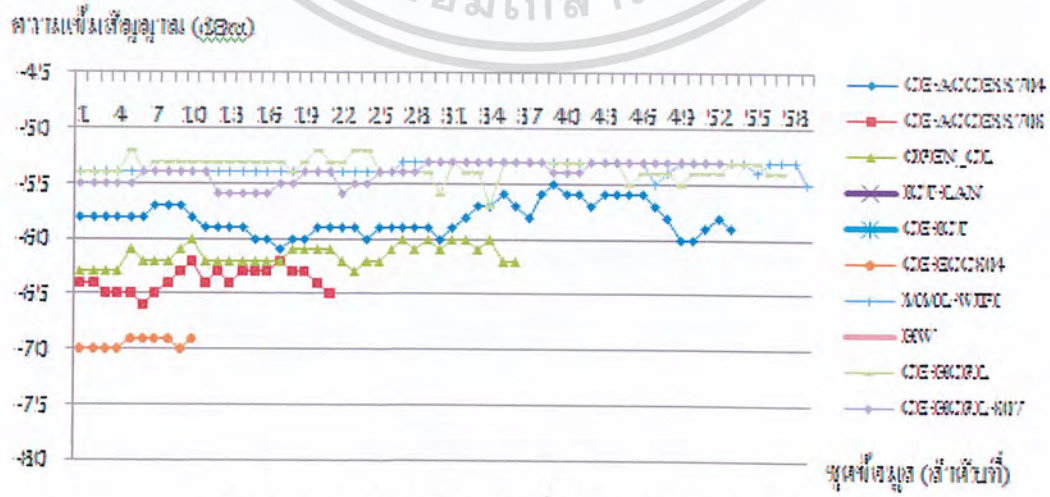
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.1 ผลการทดลองวัดสัญญาณ บริเวณตึก ECC ชั้น 7 และ ชั้น 8

จากการผลการทดลอง เราทำการเก็บค่าความเข้มของสัญญาณภายในอาคาร Ecc บริเวณชั้น 7 และ ชั้น 8 ในวันศุกร์ที่ 14 มกราคม พศ.2554 ซึ่งสภาพอากาศท้องฟ้าปลอดโปร่ง อากาศแจ่มใส ความชื้นในอากาศน้อย เมื่อทำการเก็บค่าความเข้มเรียบร้อยแล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟโดยข้อมูลแกน X แสดงค่าลำดับของชุดข้อมูล และข้อมูลแกน Y แสดงค่าความเข้มของสัญญาณ เพื่อวิเคราะห์หาช่วงของความเข้มสัญญาณที่เกิดซ้ำกันมากที่สุด

ตาราง 6.1 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง ISAG 701

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-69	-70	-69.5
CE-HCRL807	-52	-55	-53.49
HARDWARELAB	-	-	-
mml-wifi	-53	-55	-53.54
CE-ACCESS708	-62	-66	-63.81
CE_ACCESS704	-56	-60	-58.15
ICT-LAN	-	-	-
CE-ICT	-	-	-
CE-HCRL807-TRUE	-53	-56	-54.00
CE-OPENCL	-60	-63	-61.53

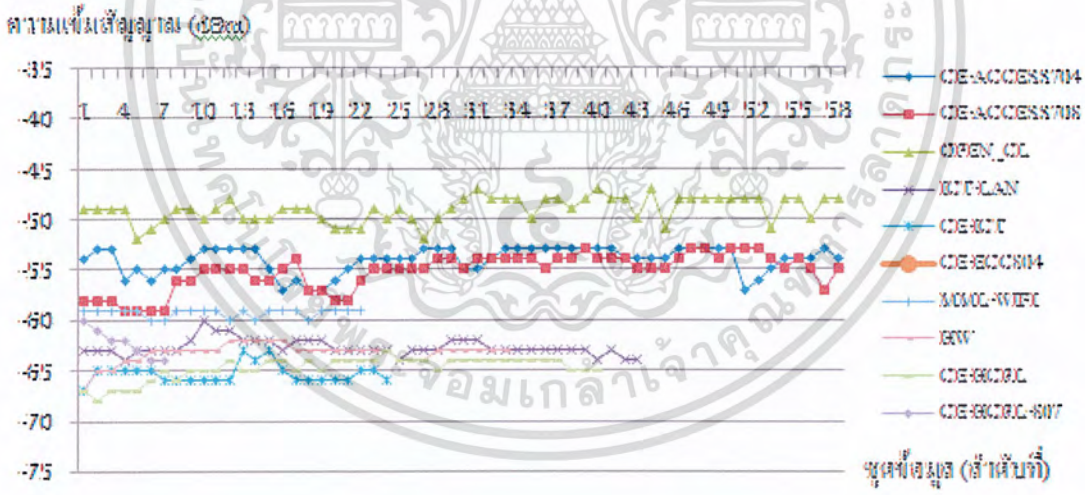


รูป 6.3 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง ISAG 701

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.2 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 703

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-55	-60	-64.05
CE-HCRL807	-63	-68	-64.78
HARDWARELAB	-62	-67	-63.00
mml-wifi	-59	-60	-59.23
CE-ACCESS708	-54	-58	-55.22
CE_ACCESS704	-53	-56	-54.09
ICT-LAN	-60	-64	-62.72
CE-ICT	-63	-67	-65.38
CE-HCRL807-TRUE	-60	-64	-62.29
CE-OPENCL	-48	-51	-49.05

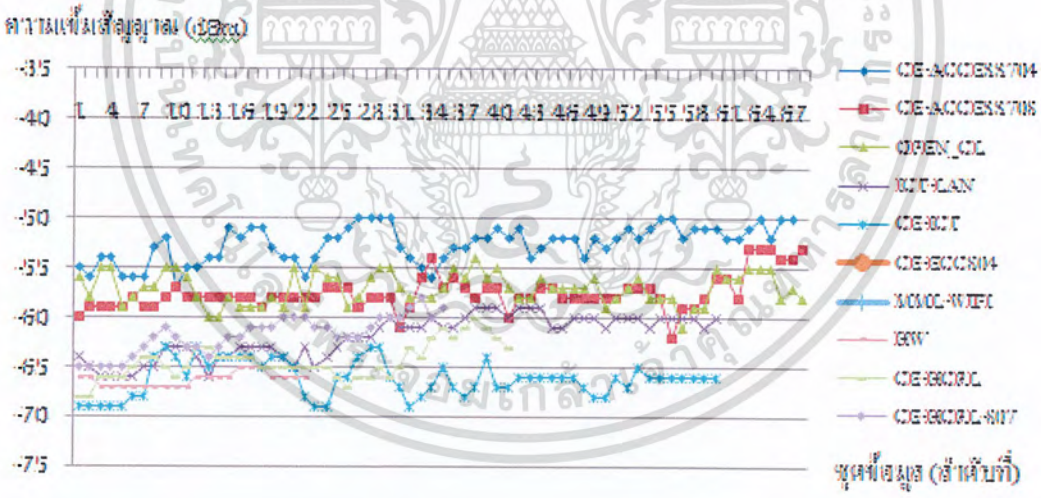


รูป 6.4 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 703

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.3 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 704

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-	-	-
CE-HCRL807	-60	-68	-64.39
HARDWARELAB	-65	-67	-66.00
mml-wifi	-	-	-
CE-ACCESS708	-56	-59	-57.54
CE_ACCESS704	-50	-55	-52.60
ICT-LAN	-59	-66	-61.95
CE-ICT	-63	-69	-66.15
CE-HCRL807-TRUE	-60	-65	-61.77
CE-OPENCL	-55	-60	-57.06

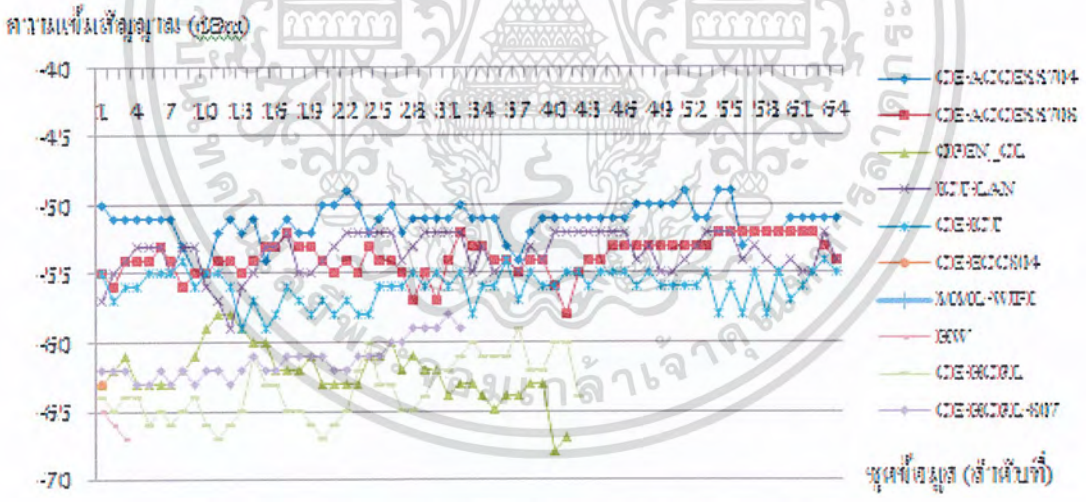


รูป 6.5 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 704

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.4 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 704 และ 705

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-63	-63	-63.00
CE-HCRL807	-59	-67	-63.45
HARDWARELAB	-65	-67	-66.00
mml-wifi	-	-	-
CE-ACCESS708	-52	-55	-53.78
CE_ACCESS704	-50	-54	-51.20
ICT-LAN	-52	-56	-53.56
CE-ICT	-55	-58	-56.06
CE-HCRL807-TRUE	-58	-63	-61.28
CE-OPENCL	-58	-68	-62.22

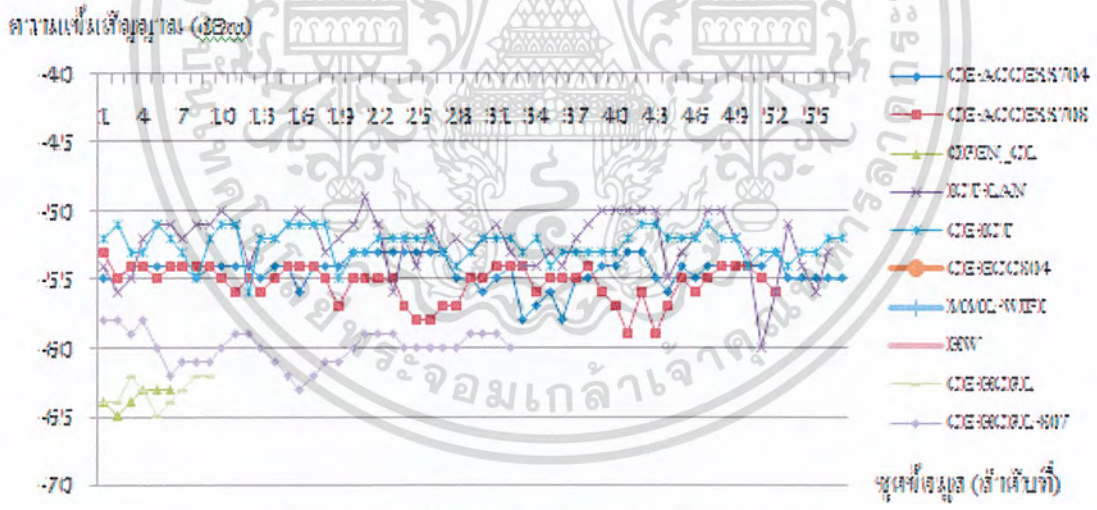


รูป 6.6 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 704 และ 705

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.5 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 705

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-	-	-
CE-HCRL807	-62	-65	-63.22
HARDWARELAB	-	-	-
mml-wifi	-	-	-
CE-ACCESS708	-54	-58	-55.29
CE_ACCESS704	-53	-56	-54.42
ICT-LAN	-50	-55	-52.32
CE-ICT	-51	-54	-52.42
CE-HCRL807-TRUE	-58	-63	-60.00
CE-OPENCL	-63	-65	-63.67

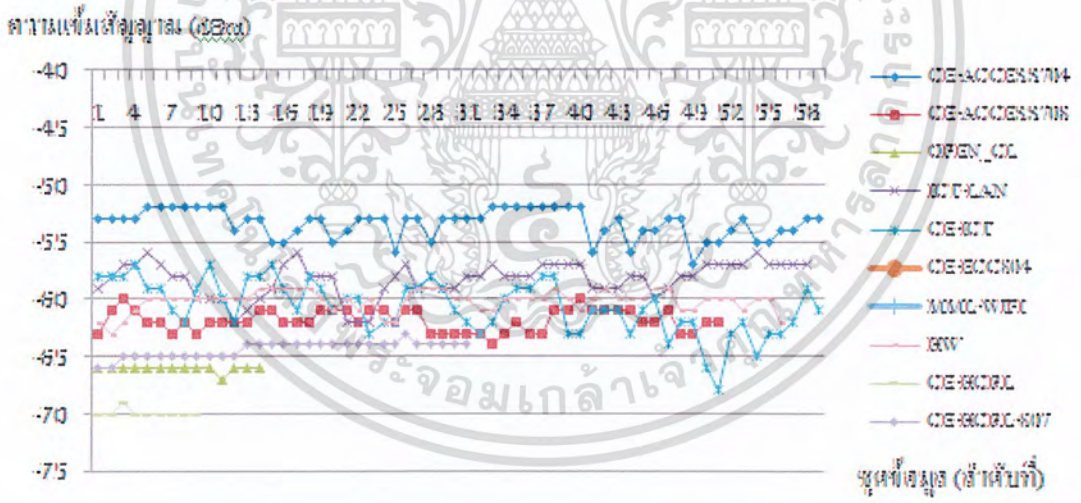


รูป 6.7 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 705

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.6 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 705 และ 706

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-	-	-
CE-HCRL807	-69	-70	-69.89
HARDWARELAB	-59	-63	-60.00
mml-wifi	-	-	-
CE-ACCESS708	-	-	-
CE_ACCESS704	-52	-55	-53.39
ICT-LAN	-56	-60	-58.26
CE-ICT	-57	-63	-60.64
CE-HCRL807-TRUE	-63	-66	-64.42
CE-OPENCL	-66	-67	-66.07

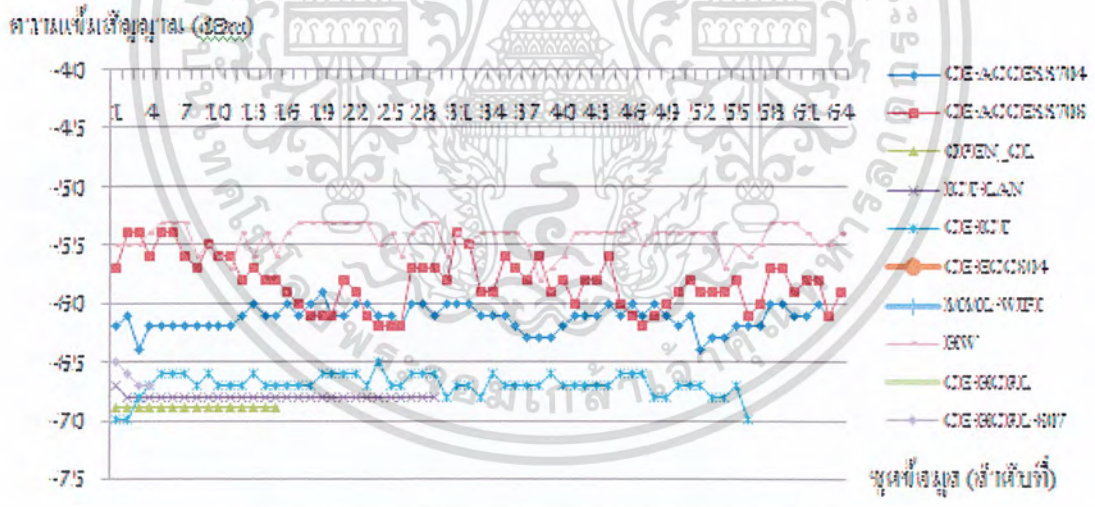


รูป 6.8 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง705 และ 706

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.7 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 706

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-	-	-
CE-HCRL807	-	-	-
HARDWARELAB	-53	-57	-54.00
mml-wifi	-	-	-
CE-ACCESS708	-56	-61	-58.19
CE_ACCESS704	-60	-63	-61.22
ICT-LAN	-67	-68	-67.97
CE-ICT	-66	-68	-66.95
CE-HCRL807-TRUE	-65	-67	-66.25
CE-OPENCL	-69	-69	-69.00

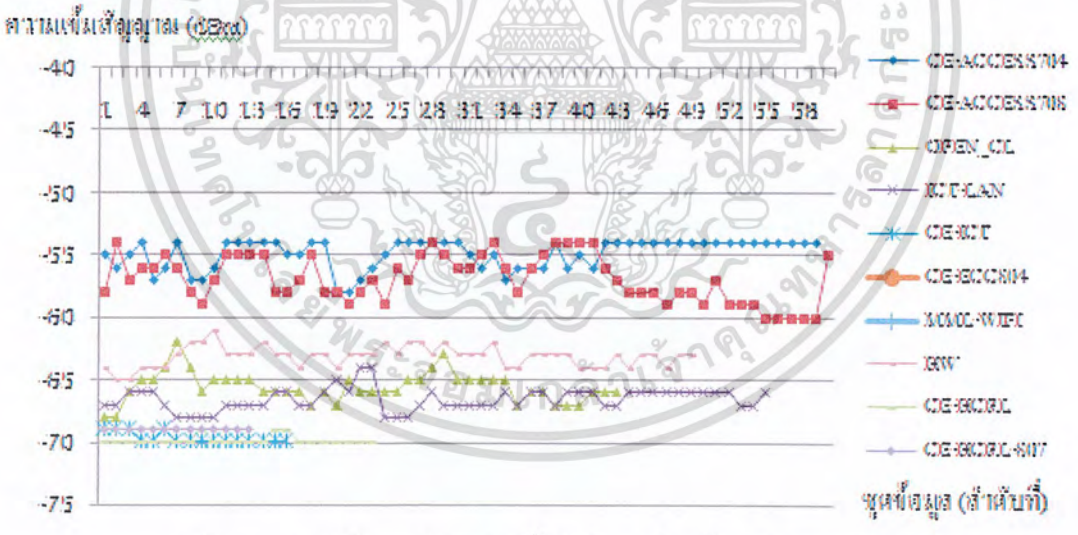


รูป 6.9 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 706

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.8 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 706 และ 707

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-	-	-
CE-HCRL807	-69	-70	-69.87
HARDWARELAB	-62	-64	-63.00
mml-wifi	-	-	-
CE-ACCESS708	-54	-59	-56.87
CE_ACCESS704	-54	-57	-54.86
ICT-LAN	-64	-68	-66.55
CE-ICT	-69	-70	-69.75
CE-HCRL807-TRUE	-69	-69	-69.00
CE-OPENCL	-65	-68	-65.60

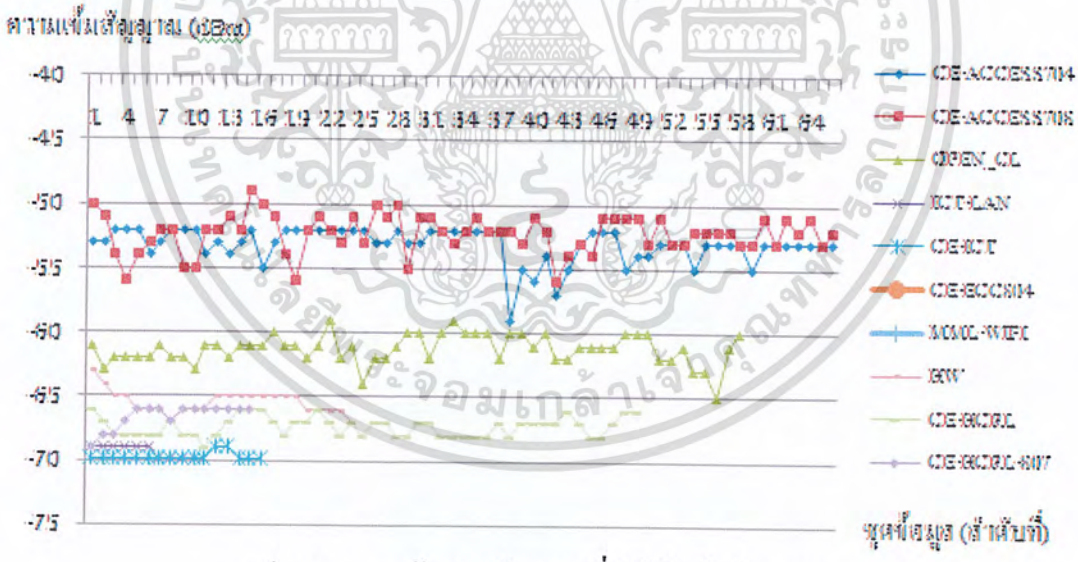


รูป 6.10 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 706 และ 707

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.9 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 707

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-	-	-
CE-HCRL807	-66	-69	-67.31
HARDWARELAB	-65	-67	-65.00
mml-wifi	-	-	-
CE-ACCESS708	-51	-54	-52.23
CE_ACCESS704	-52	-55	-53.08
ICT-LAN	-69	-70	-69.46
CE-ICT	-69	-70	-69.88
CE-HCRL807-TRUE	-66	-69	-66.60
CE-OPENCL	-60	-63	-61.24

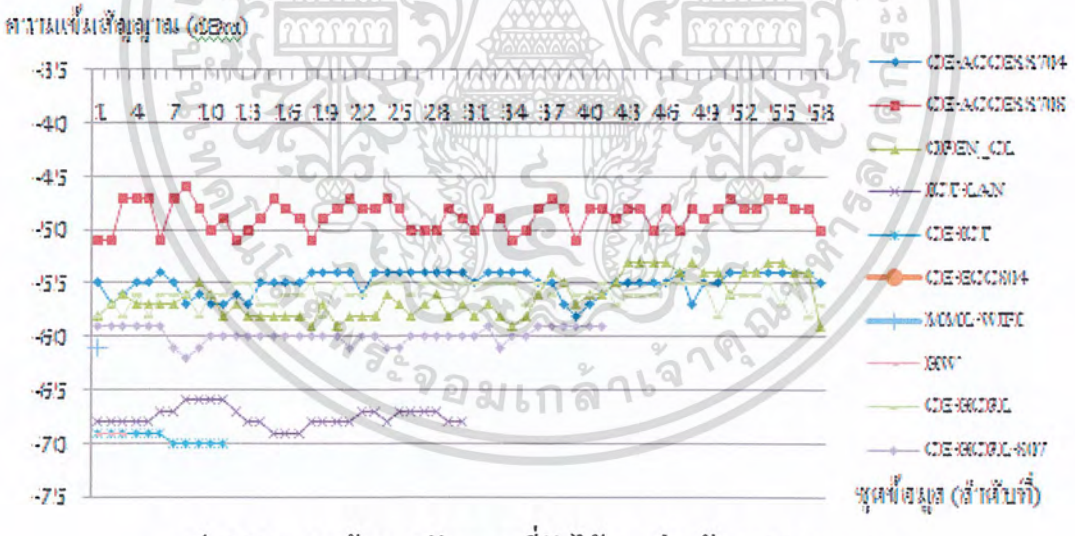


รูป 6.11 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 707

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.10 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 707 และ 708

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-	-	-
CE-HCRL807	-55	-57	-55.95
CE-HCRL807-TRUE	-59	-62	-59.88
HARDWARELAB	-69	-69	-69.00
mml-wifi	-61	-61	-61.00
CE-ACCESS708	-47	-51	-48.62
CE_ACCESS704	-54	-57	-54.98
CE_OPENCL	-53	-59	-56.24
ICT-LAN	-66	-69	-67.53
CE-ICT	-69	-70	-69.45

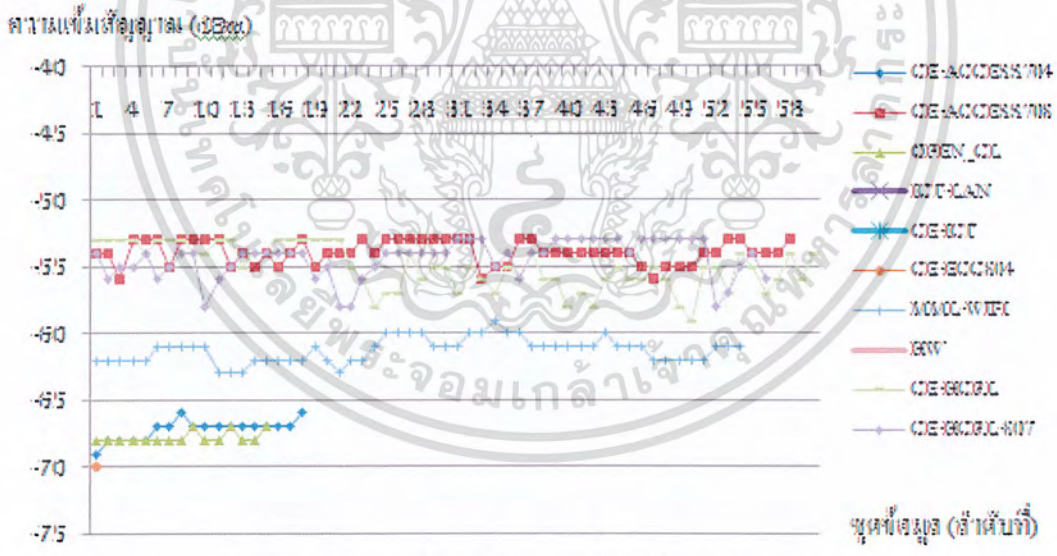


รูป 6.12 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 707 และ 708

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.11 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 708

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-70	-70	-70.00
CE-HCRL807	-53	-59	-55.03
CE-HCRL807-TRUE	-53	-58	-54.46
HARDWARELAB	-	-	-
mml-wifi	-59	-63	-61.28
CE-ACCESS708	-53	-56	-53.91
CE_ACCESS704	-66	-69	-67.22
CE_OPENCL	-67	-68	-67.80
ICT-LAN	-	-	-
CE-ICT	-	-	-

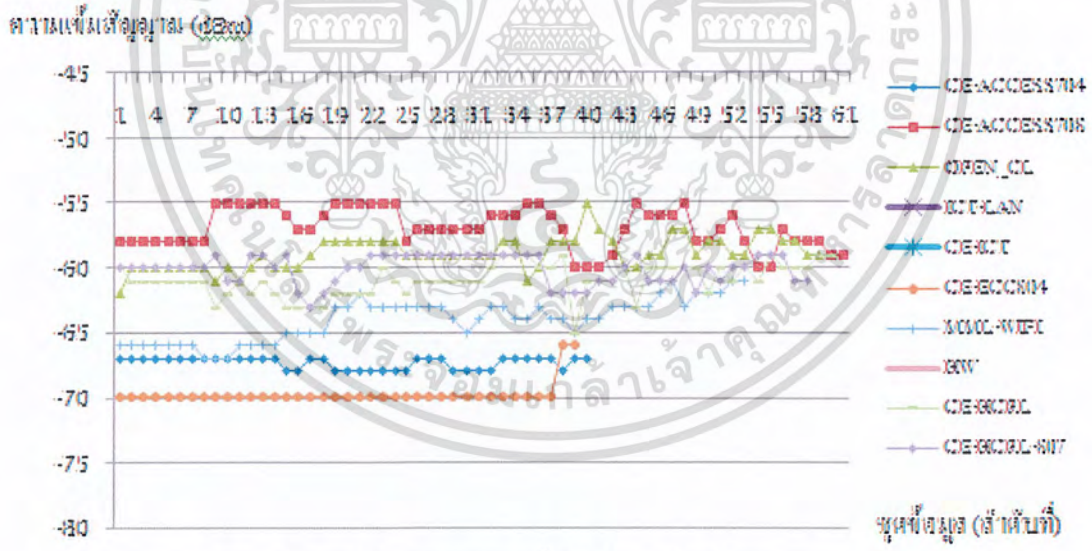


รูป 6.13 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 708

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.12 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง ISAG 701 และ 708

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-66	-70	-69.79
CE-HCRL807	-59	-65	-60.92
HARDWARELAB	-	-	-
mml-wifi	-61	-67	-64.02
CE-ACCESS708	-55	-59	-56.90
CE_ACCESS704	-67	-68	-67.35
ICT-LAN	-	-	-
CE-ICT	-	-	-
CE-HCRL807-TRUE	-59	-63	-60.09
CE-OPENCL	-57	-60	-58.88

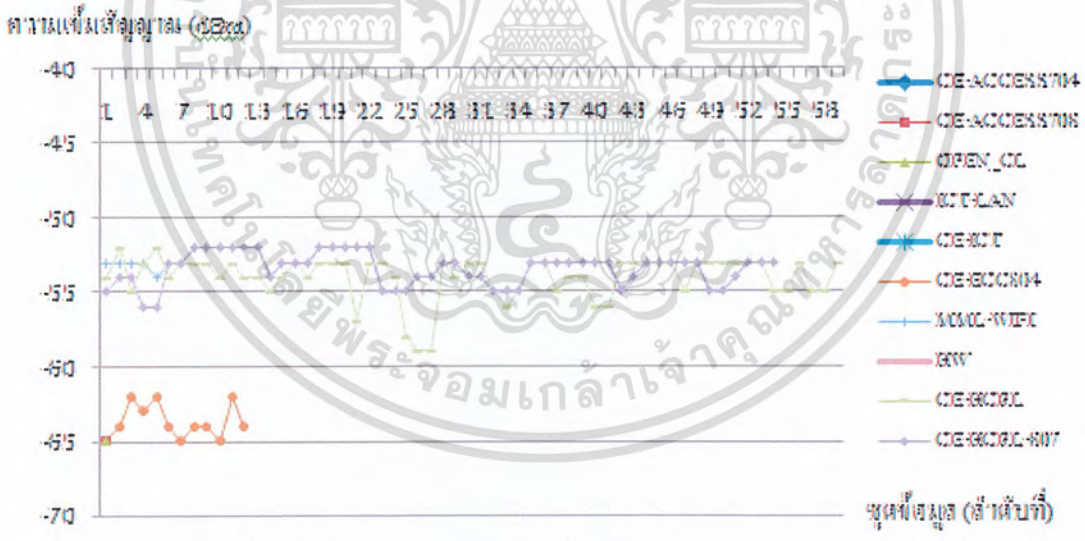


รูป 6.14 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 701 และ 708

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.13 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง MML 801

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-62	-65	-63.67
CE-HCRL807	-52	-56	-54.00
CE-HCRL807-TRUE	-52	-55	-53.44
HARDWARELAB	-	-	-
mml-wifi	-52	-55	-53.28
CE-ACCESS708	-65	-65	-65.00
CE_ACCESS704	-	-	-
CE_OPENCL	-65	-65	-65.00
ICT-LAN	-	-	-
CE-ICT	-	-	-

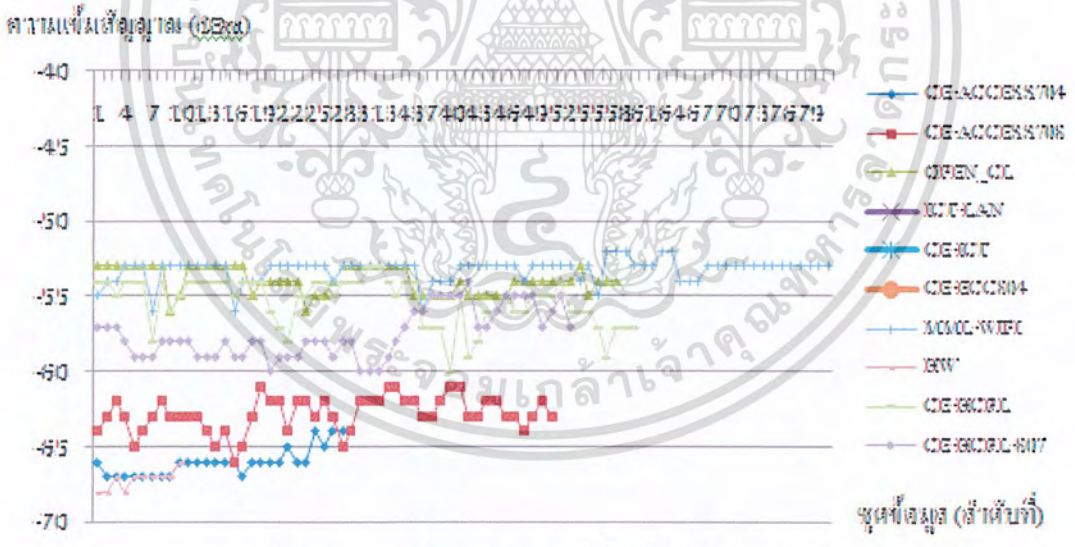


รูป 6.15 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง MML 801

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.14 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 803

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-	-	-
CE-HCRL807	-54	-57	-55.33
CE-HCRL807-TRUE	-55	-59	-57.51
HARDWARELAB	-66	-68	-67.00
mml-wifi	-52	-54	-53.27
CE-ACCESS708	-61	-66	-62.84
CE_ACCESS704	-64	-67	65.97
CE_OPENCL	-53	-55	-53.91
ICT-LAN	-	-	-
CE-ICT	-	-	-

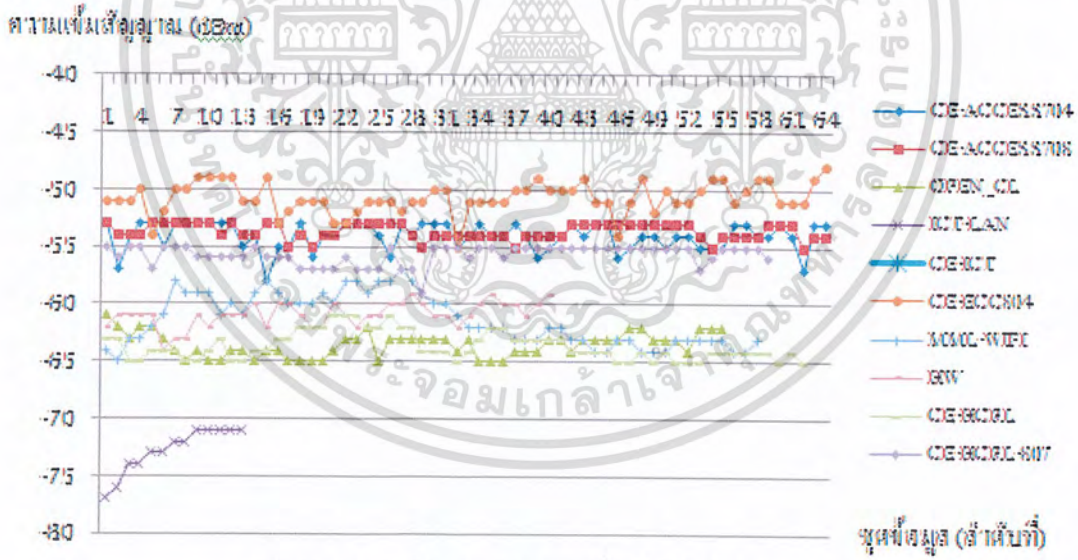


รูป 6.16 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 803

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.15 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 804

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-49	-53	-50.67
CE-HCRL807	-61	-65	-63.58
CE-HCRL807-TRUE	-55	-58	-55.68
HARDWARELAB	-59	-64	-61.00
mml-wifi	-57	-65	-61.29
CE-ACCESS708	-53	-55	-53.63
CE_ACCESS704	-53	-56	-54.03
CE_OPENCL	-61	-65	-63.47
ICT-LAN	-71	-77	-72.77
CE-ICT	-	-	-

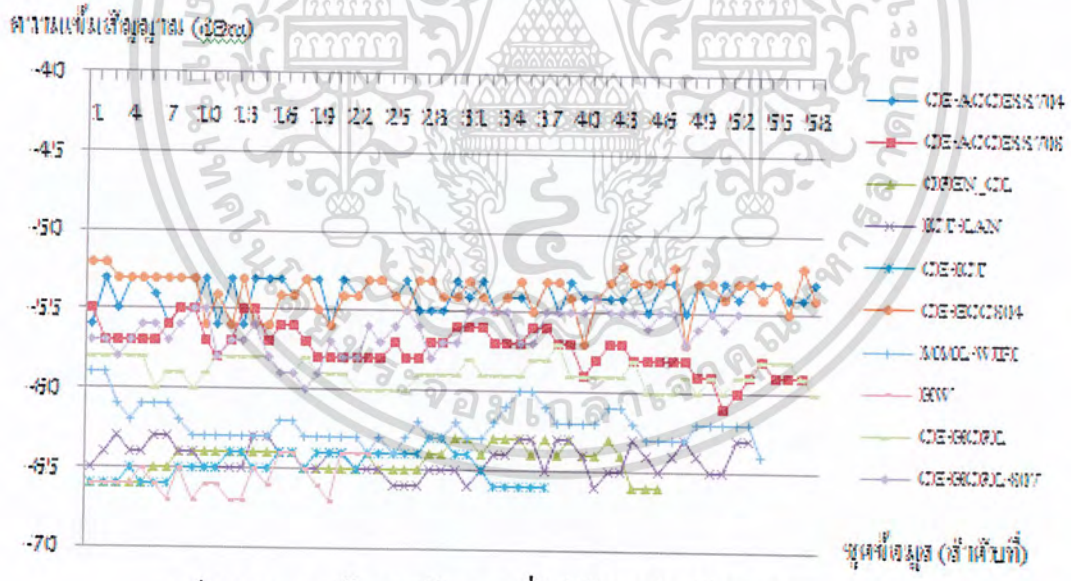


รูป 6.17 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 804

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.16 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 804 และ 806

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-53	-55	-53.74
CE-HCRL807	-57	-60	-58.88
CE-HCRL807-TRUE	-55	-58	-56.35
HARDWARELAB	-64	-67	-66.00
mml-wifi	-59	-64	-62.19
CE-ACCESS708	-56	-59	-57.33
CE_ACCESS704	-53	-55	-53.91
CE_OPENCL	-63	-66	-64.41
ICT-LAN	-63	-66	-64.32
CE-ICT	-63	-66	-64.81

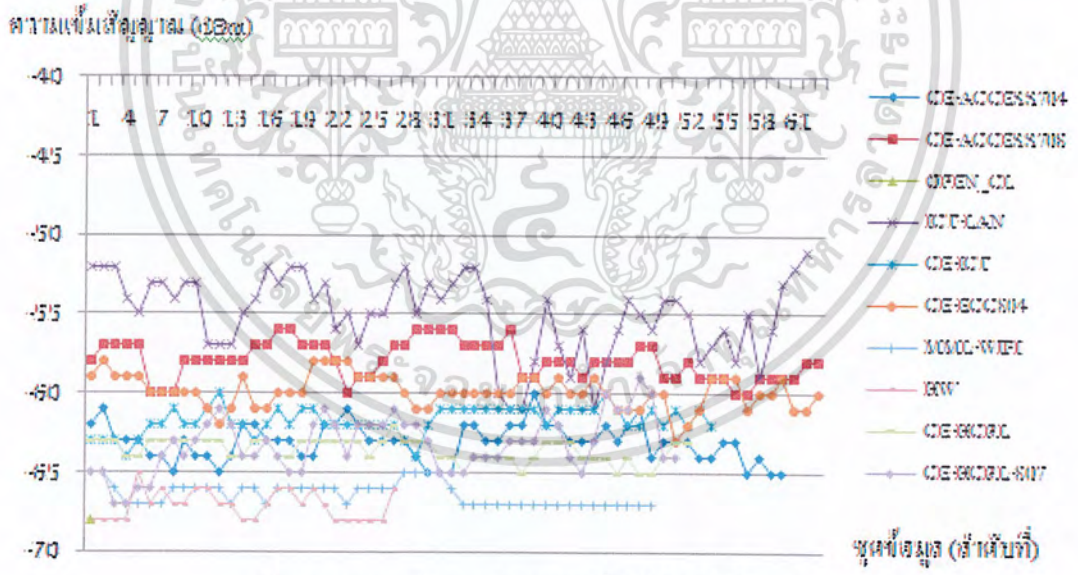


รูป 6.18 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 804 และ 806

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.17 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 806

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-58	-61	-59.89
CE-HCRL807	-62	-65	-63.54
CE-HCRL807-TRUE	-59	-67	-63.20
HARDWARELAB	-65	-68	-67.00
mml-wifi	-65	-67	-66.37
CE-ACCESS708	-56	-59	-57.92
CE_ACCESS704	-60	-65	-63.08
CE_OPENCL	-68	-68	-68.00
ICT-LAN	-52	-57	-54.95
CE-ICT	-61	-64	-61.70

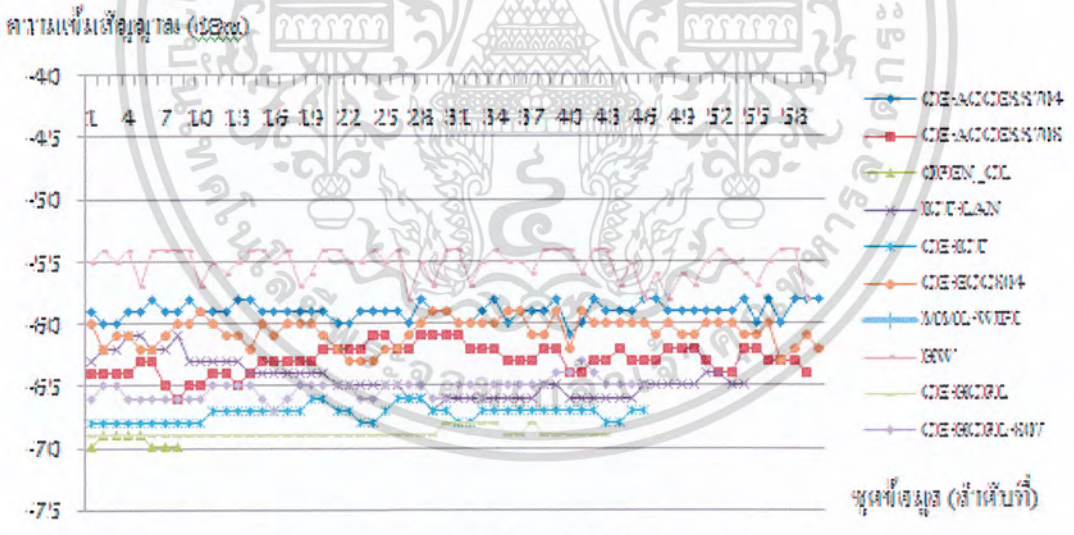


รูป 6.19 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 806

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.18 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 806 และ HARDWARE 811

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-59	-62	-60.68
CE-HCRL807	-68	-69	-68.86
CE-HCRL807-TRUE	-63	-67	-65.26
HARDWARELAB	-54	-57	-55.00
mml-wifi	-	-	-
CE-ACCESS708	-61	-64	-62.90
CE_ACCESS704	-58	-60	-58.97
CE_OPENCL	-69	-70	-69.50
ICT-LAN	-61	-67	-64.50
CE-ICT	-66	-68	-67.24

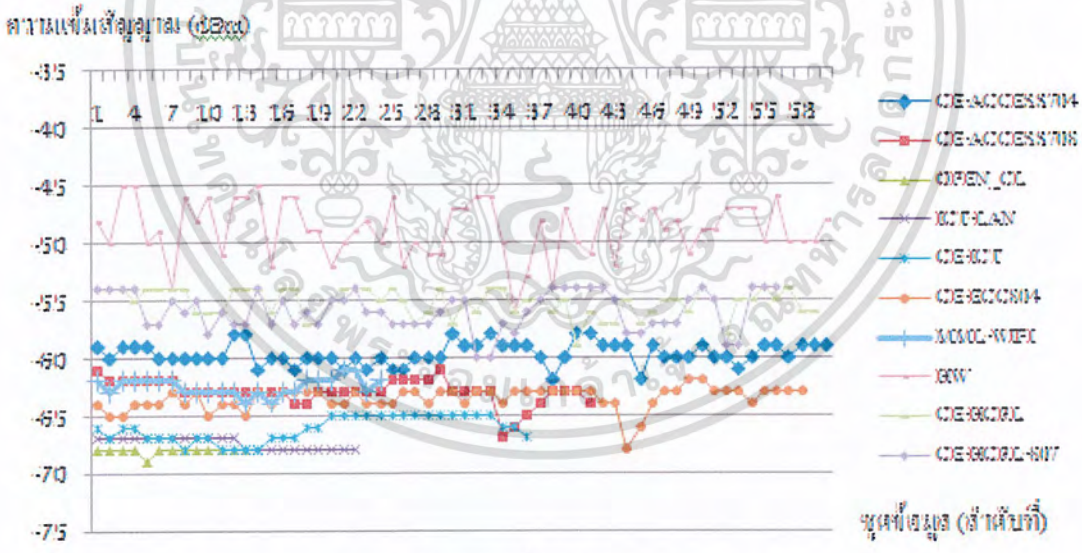


รูป 6.20 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 806 และ HARDWARE 811

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.19 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง HARDWARE 811

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-62	-68	-63.59
CE-HCRL807	-54	-57	-55.20
CE-HCRL807-TRUE	-54	-58	-55.93
HARDWARELAB	-47	-52	-49.00
mml-wifi	-61	-64	-62.50
CE-ACCESS708	-61	-67	-62.98
CE_ACCESS704	-59	-61	-59.67
CE_OPENCL	-68	-69	-68.08
ICT-LAN	-67	-68	-67.46
CE-ICT	-65	-68	-66.17

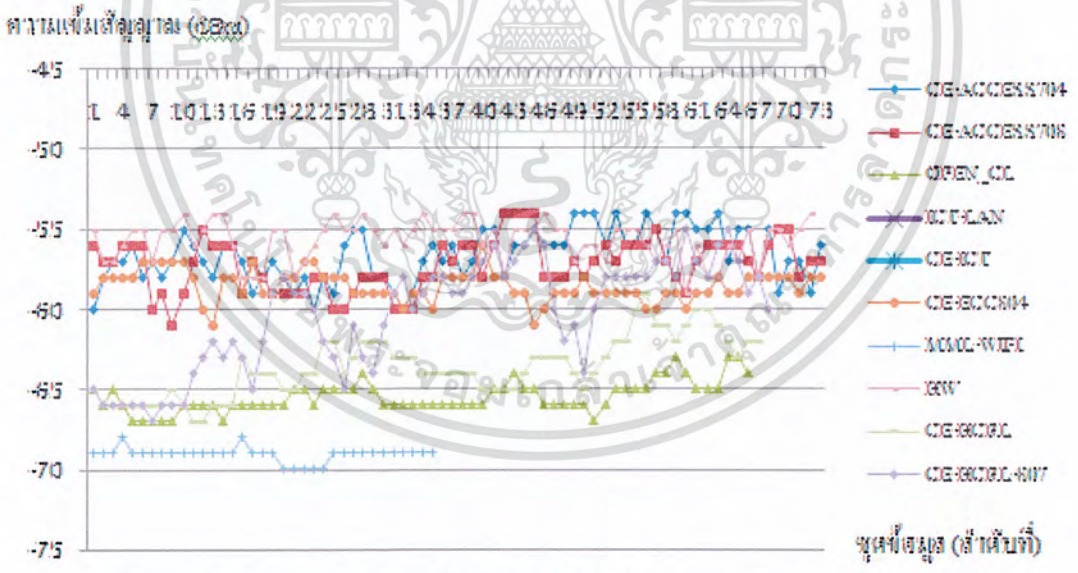


รูป 6.21 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง HARDWARE 811

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.20 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง HARDWARE 811 และ 810

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-58	-60	-58.52
CE-HCRL807	-59	-67	-63.63
CE-HCRL807-TRUE	-55	-67	-60.37
HARDWARELAB	-54	-57	-56.00
mml-wifi	-68	-70	-69.09
CE-ACCESS708	-55	-58	-57.22
CE_ACCESS704	-54	-58	-56.61
CE_OPENCL	-63	-67	-65.48
ICT-LAN	-	-	-
CE-ICT	-	-	-

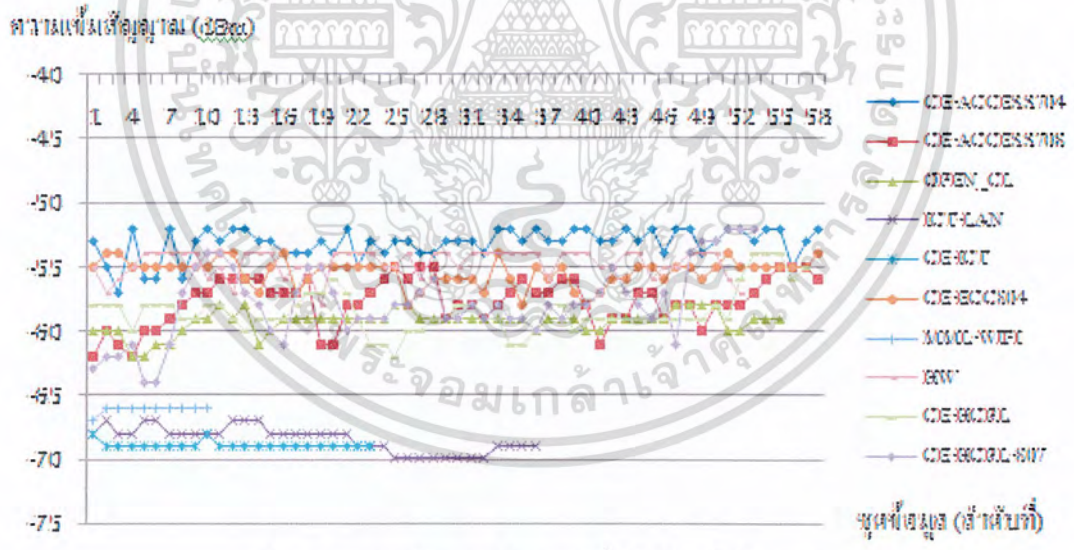


รูป 6.22 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง HARDWARE 811 และ 810

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.21 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง 810

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-54	-57	-55.43
CE-HCRL807	-54	-62	-58.46
CE-HCRL807-TRUE	-52	-64	-57.77
HARDWARELAB	-54	-57	-55.00
mml-wifi	-66	-67	-66.10
CE-ACCESS708	-55	-59	-57.66
CE_ACCESS704	-52	-55	-53.16
CE_OPENCL	-58	-62	-59.25
ICT-LAN	-67	-70	-68.47
CE-ICT	-68	-69	-68.91

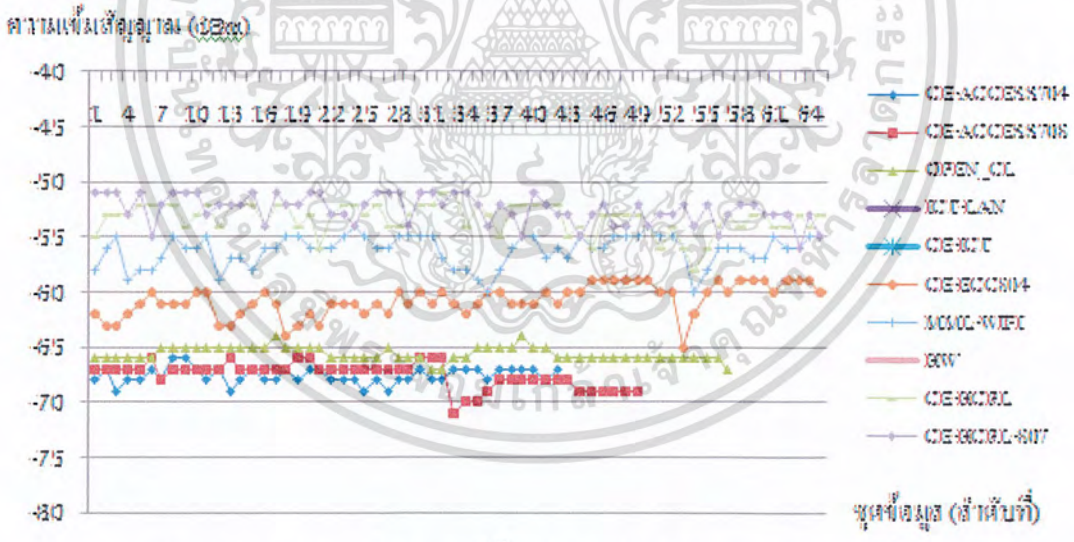


รูป 6.23 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง 810

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.22 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง 810 และ HCRL 807

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-64	-69	-67.10
CE-HCRL807	-53	-57	-54.13
CE-HCRL807-TRUE	-52	-57	-55.00
HARDWARELAB	-61	-66	-64.00
mml-wifi	-63	-67	-65.23
CE-ACCESS708	-55	-58	-56.67
CE_ACCESS704	-63	-70	-66.22
CE_OPENCL	-68	-70	-68.92
ICT-LAN	-	-	-
CE-ICT	-	-	-

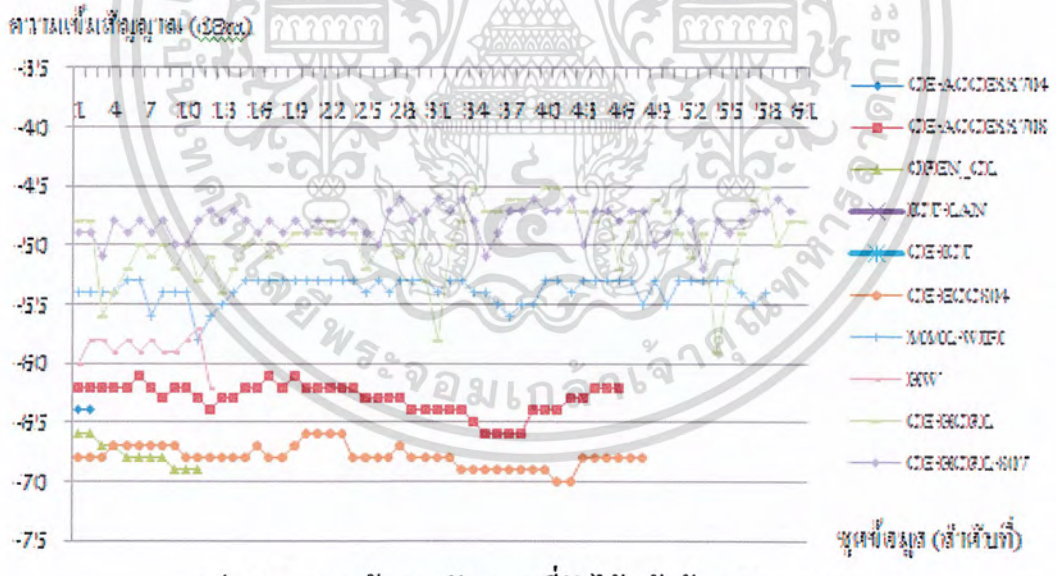


รูป 6.24 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง 810 และ HCRL 807

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.23 ความเข้มสัญญาณบริเวณหน้าห้อง HCRL 807

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-60	-70	-67.90
CE-HCRL807	-46	-52	-49.49
CE-HCRL807-TRUE	-46	-50	-48.07
HARDWARELAB	-57	-62	-59.00
mml-wifi	-53	-55	-53.76
CE-ACCESS708	-62	-65	-62.96
CE_ACCESS704	-64	-64	-64.00
CE_OPENCL	-66	-69	-67.73
ICT-LAN	-	-	-
CE-ICT	-	-	-

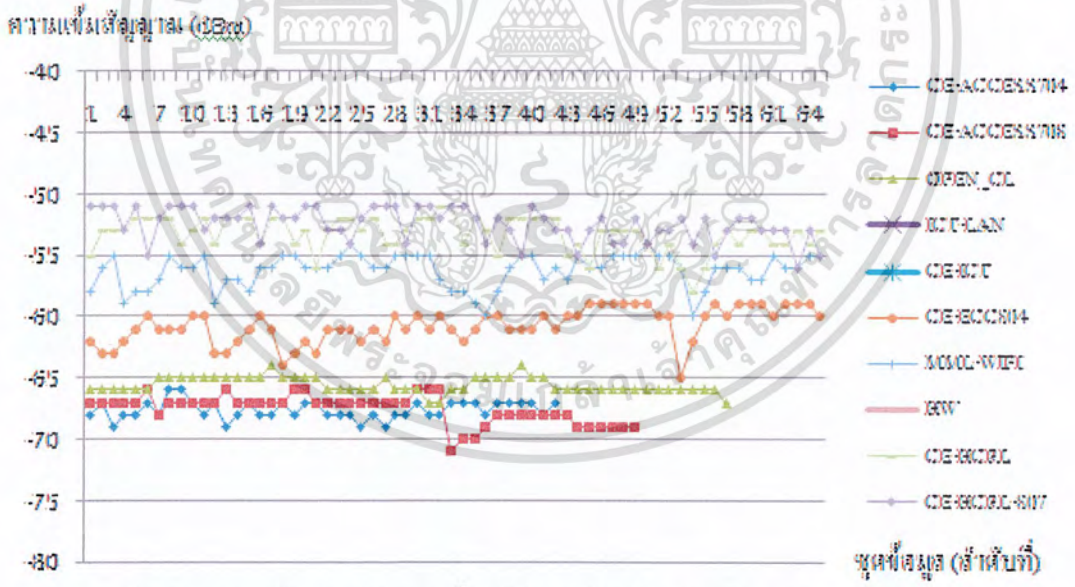


รูป 6.25 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้หน้าห้อง HCRL 807

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.24 ความเข้มสัญญาณบริเวณระหว่างห้อง HCRL 807 และ OLALA

สรุปค่าความเข้มของสัญญาณ			
ACCESS POINT	**ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)**		**ค่าเฉลี่ยความเข้มของสัญญาณ (dBm)**
ECC-804	-59	-63	-60.74
CE-HCRL807	-52	-55	-53.25
CE-HCRL807-TRUE	-51	-54	-52.48
HARDWARELAB	-	-	-
mml-wifi	-55	-58	-56.23
CE-ACCESS708	-66	-71	-67.51
CE_ACCESS704	-66	-69	-67.60
CE_OPENCL	-64	-67	-65.61
ICT-LAN	-	-	-
CE-ICT	-	-	-



รูป 6.26 ความเข้มของสัญญาณที่วัดได้ระหว่างห้อง HCRL 807 และ OLALA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2 กฎที่ใช้ในการระบุตำแหน่งที่ได้จากการวัดความเข้มสัญญาณทั้ง 24 จุด

1) Rule1: ROOM 701(Isag)

AP CE-HCRL807 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -55 dBm

AP mml-wifi มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -55 dBm

AP CE-HCRL807-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -56 dBm

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -56 dBm ถึง -60 dBm

2) Rule2: Front Lift 7

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -55 dBm ถึง -59 dBm

AP CE_OPENCL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -57 dBm ถึง -60 dBm

AP CE-HCRL807-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -59 dBm ถึง -63 dBm

AP CE-HCRL807 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -59 dBm ถึง -65 dBm

3) Rule3: ROOM 703

AP CE_OPENCL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -48 dBm ถึง -51 dBm

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -56 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -58 dBm

AP mml-wifi มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -59 dBm ถึง -60 dBm

4) Rule4: ROOM 704

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -50 dBm ถึง -55 dBm

AP CE_OPENCL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -55 dBm ถึง -60 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -56 dBm ถึง -59 dBm

AP CE-HCRL807-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -60 dBm ถึง -65 dBm

5) Rule5: ROOM 704 และ ROOM 705

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -50 dBm ถึง -54 dBm

AP ICT-LAN มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -56 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -55 dBm

AP CE-ICT มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -55 dBm ถึง -58 dBm

6) Rule6: ROOM 705

AP ICT-LAN มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -50 dBm ถึง -55 dBm

AP CE-ICT มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -51 dBm ถึง -54 dBm

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -56 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -58 dBm

7) Rule7: Back Lift 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -55 dBm

AP ICT-LAN มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -56 dBm ถึง -60 dBm

AP CE-ICT มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -57 dBm ถึง -63 dBm

AP Hardwarelab มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -59 dBm ถึง -63 dBm

8) Rule8: ROOM 706

AP Hardwarelab มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -56 dBm ถึง -61 dBm

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -60 dBm ถึง -63 dBm

AP CE-ICT มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -66 dBm ถึง -68 dBm

9) Rule9: ROOM 706 และ ROOM 707

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -59 dBm

AP Hardwarelab มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -62 dBm ถึง -64 dBm

AP CE_OPENCL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -65 dBm ถึง -68 dBm

10) Rule10: ROOM 707

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -51 dBm ถึง -54 dBm

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -55 dBm

AP CE_OPENCL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -60 dBm ถึง -63 dBm

AP Hardwarelab มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -65 dBm ถึง -67 dBm

11) Rule11: ROOM 707 และ ROOM 708

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -47 dBm ถึง -51 dBm

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-HCRL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -55 dBm ถึง -57 dBm

AP CE_OPENCL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -59 dBm

12) Rule12: ROOM 708

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -56 dBm

AP CE-HCRL-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -58 dBm

AP CE-HCRL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -59 dBm

AP mml-wifi มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -59 dBm ถึง -63 dBm

13) Rule13: ROOM 807

AP CE-HCRL-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -46 dBm ถึง -50 dBm

AP CE-HCRL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -46 dBm ถึง -52 dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AP mml-wifi มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -55 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -62 dBm ถึง -65 dBm

14) Rule14: ROOM 808

AP CE-HCRL-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-HCRL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -55 dBm ถึง -58 dBm

AP Hardwarelab มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -61 dBm ถึง -66 dBm

15) Rule15: ROOM 810

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -55 dBm

AP Hardwarelab มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-ECC804 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -55 dBm ถึง -59 dBm

16) Rule16: ROOM 810 และ ROOM 811(Hardware)

AP Hardwarelab มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -58 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -55 dBm ถึง -58 dBm

AP CE-ECC804 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -58 dBm ถึง -60 dBm

17) Rule17: ROOM 811 (Hardware)

AP Hardwarelab มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -47 dBm ถึง -52 dBm

AP CE-HCRL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-HCRL-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -58 dBm

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -59 dBm ถึง -61 dBm

18) Rule18: Back Lift 8

AP Hardwarelab มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -58 dBm ถึง -60 dBm

AP CE-ECC804 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -59 dBm ถึง -62 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -61 dBm ถึง -64 dBm

19) Rule19: ROOM 806

AP ICT-LAN มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -56 dBm ถึง -59 dBm

AP CE-ECC804 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -58 dBm ถึง -61 dBm

AP CE-ICT มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -61 dBm ถึง -64 dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20) Rule20: ROOM 806 และ ROOM 804

AP CE-ECC804 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -55 dBm

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -55 dBm

AP CE-HCRL-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -55 dBm ถึง -58 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -56 dBm ถึง -59 dBm

21) Rule21: ROOM 804

AP CE-ECC804 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -49 dBm ถึง -53 dBm

AP CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -55 dBm

AP CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -56 dBm

AP CE-HCRL-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -55 dBm ถึง -58 dBm

22) Rule22: ROOM 803

AP mml-wifi มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -54 dBm

AP CE_OPENCL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -53 dBm ถึง -55 dBm

AP CE-HCRL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -54 dBm ถึง -57 dBm

AP CE-HCRL-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -55 dBm ถึง -59 dBm

23) Rule23: Front Lift 8

AP CE-HCRL-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -51 dBm ถึง -54 dBm

AP CE-HCRL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -55 dBm

AP mml-wifi มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -55 dBm ถึง -58 dBm

AP CE-ECC804 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -59 dBm ถึง -63 dBm

24) Rule24: ROOM 801

AP mml-wifi มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -55 dBm

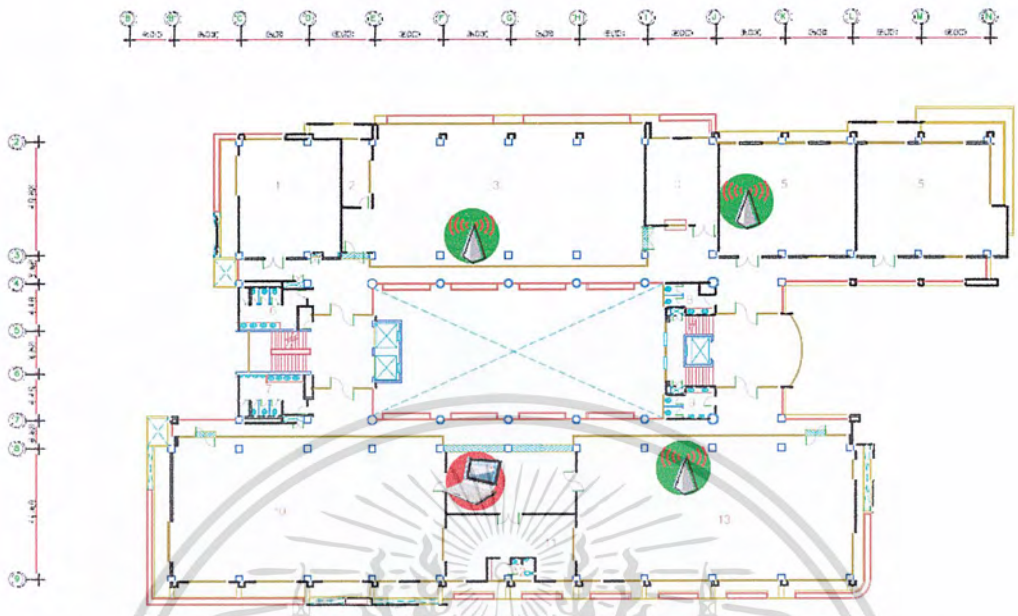
AP CE-HCRL-TRUE มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -55 dBm

AP CE-HCRL มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -52 dBm ถึง -56 dBm

AP CE-ECC804 มีความเข้มสัญญาณอยู่ระหว่าง -62 dBm ถึง -65 dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 การทดลองหาตำแหน่งโดยการใช้กฎที่ได้จากการวัดความเข้มสัญญาณ



รูป 6.27 แผนผังอาคาร ECC ชั้น 7 แสดงจุดที่ทำการวัดและตำแหน่ง Access Point

จากรูปแสดงตำแหน่งที่ทำการวัดความเข้มสัญญาณเพื่อทดสอบการระบุตำแหน่งและตำแหน่งของ Access Point ที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ตาราง 6.25 ค่าความเข้มสัญญาณของจุดที่ต้องการทดสอบระบุตำแหน่ง

ACCESS POINT	ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)	
	MAXIMUM	MINIMUM
ECC-804	-83	-87
CE-HCRL807	-	-
HARDWARELAB	-85	-88
mml-wifi	-90	-
CE-ACCESS708	-58	-66
CE_ACCESS704	-65	-72
ICT-LAN	-88	-90
CE-ICT	-88	-90
CE-HCRL807-TRUE	-	-
CE-OPENCL	-78	-82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง ณ จุดทดสอบ จะพบว่า Access Point ที่มีความเข้มสัญญาณมากที่สุด 5 ตัว คือ

CE-ACCESS708 มีความเข้มสัญญาณในช่วง -58 ถึง -66

CE-ACCESS704 มีความเข้มสัญญาณในช่วง -65 ถึง -72

CE-OPENCL มีความเข้มสัญญาณในช่วง -78 ถึง -82

ECC-804 มีความเข้มสัญญาณในช่วง -83 ถึง -87

HARDWARELAB มีความเข้มสัญญาณในช่วง -85 ถึง -88

สามารถสรุปผลได้ตามกฎข้อที่ 10 คือ สามารถระบุตำแหน่งได้บริเวณหน้าห้อง 707

6.2 การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการหาจุดตัด

6.2.1 การ Calibrate ความเข้มของสัญญาณที่ปล่อยออกมาจาก Access Point

ทำการ Calibrate ความเข้มของสัญญาณที่ปล่อยออกมาจาก Access Point 3 ตัว ดังนี้

ตาราง 6.26 Calibrate ของ Access Point ของห้อง 703 (CE-OPENCL)

ช่วงระยะทาง(เมตร)	ค่าความเข้มของสัญญาณ	
	MAXIMUM	MINNIMUM
ช่วง 1 - 4 เมตร	-38	-53
ช่วง 5 - 8 เมตร	-57	-63
ช่วง 9 - 12 เมตร	-65	-69
ช่วง 13 - 16 เมตร	-68	-77
ช่วง 17 - 20 เมตร	-79	-82

ตาราง 6.27 Calibrate ของ Access Point ของห้อง 708 (CE-ACCESS708)

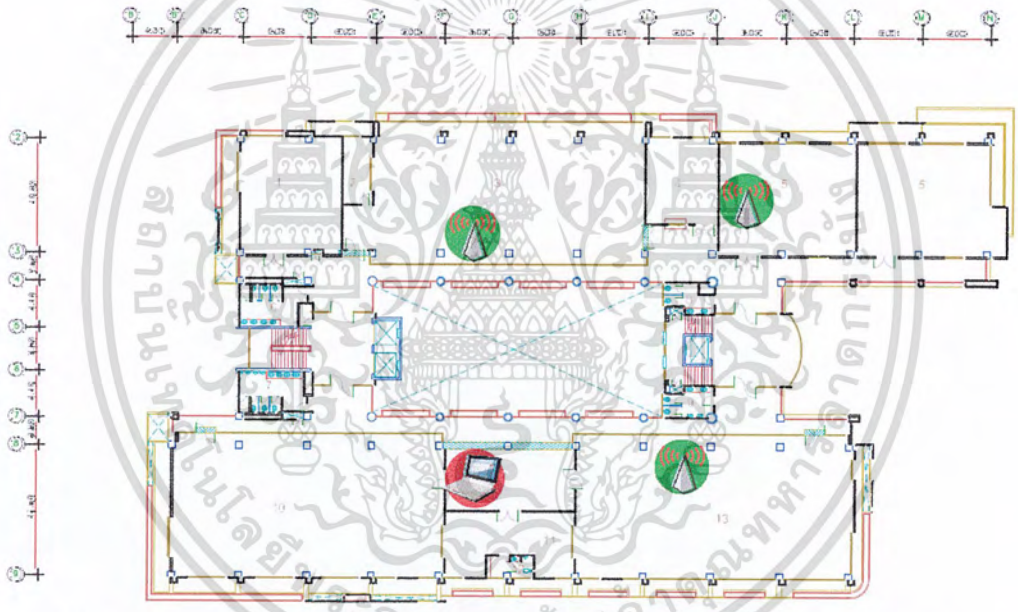
ช่วงระยะทาง(เมตร)	ค่าความเข้มของสัญญาณ	
	MAXIMUM	MINNIMUM
ช่วง 1 - 4 เมตร	-52	-58
ช่วง 5 - 8 เมตร	-64	-68
ช่วง 9 - 12 เมตร	-67	-76
ช่วง 13 - 16 เมตร	-74	-79
ช่วง 17 - 20 เมตร	-77	-81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.28 Calibrate ของ Access Point ของห้อง 704 (CE-ACCESS704)

ช่วงระยะทาง(เมตร)	ค่าความเข้มของสัญญาณ	
	MAXIMUM	MINNIMUM
ช่วง 1 - 4 เมตร	-40	-44
ช่วง 5 - 8 เมตร	-46	-51
ช่วง 9 - 12 เมตร	-57	-64
ช่วง 13 - 16 เมตร	-66	-73
ช่วง 17 - 20 เมตร	-63	-76

6.2.2 การทดลองหาตำแหน่งโดยการหาจุดตัด



รูป 6.28 แผนผังอาคาร ECC ชั้น 7 แสดงจุดที่ทำการวัดและตำแหน่ง Access Point

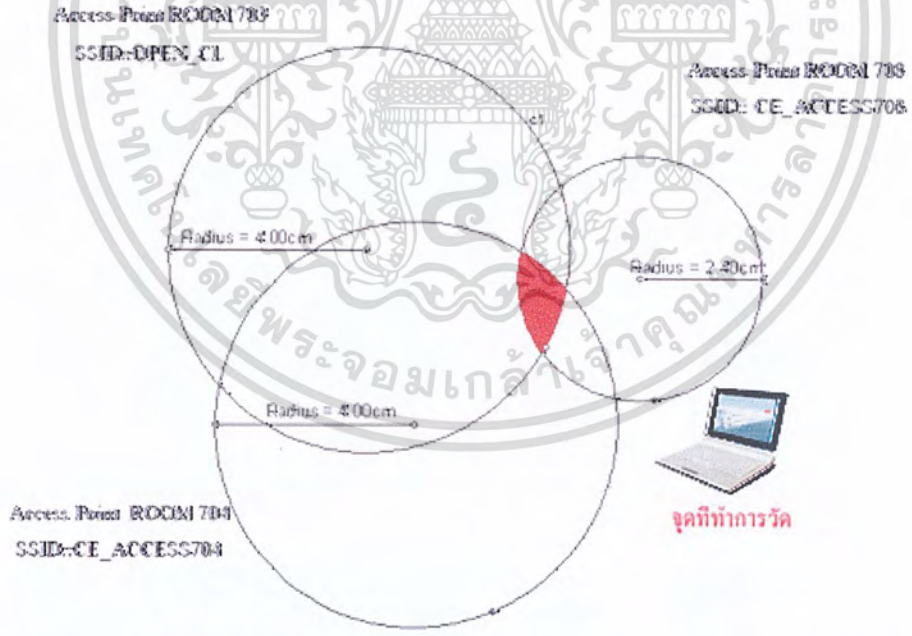
จากรูปแสดงตำแหน่งที่ทำการวัดความเข้มสัญญาณเพื่อทดสอบการระบุตำแหน่งและตำแหน่งของ Access Point ที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง ได้ผลการทดลอง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.29 ค่าความเข้มสัญญาณของจุดที่ต้องการทดสอบระบุตำแหน่ง

ACCESS POINT	ช่วงความเข้มสัญญาณ (dBm)	
ECC-804	-83	-87
CE-HCRL807	-	-
HARDWARELAB	-85	-88
mml-wifi	-90	-
CE-ACCESS708	-58	-66
CE_ACCESS704	-65	-72
ICT-LAN	-88	-90
CE-ICT	-88	-90
CE-HCRL807-TRUE	-	-
CE-OPENCL	-78	-82

จากการทดลอง สามารถหาจุดตัดเพื่อระบุตำแหน่งได้ ดังนี้

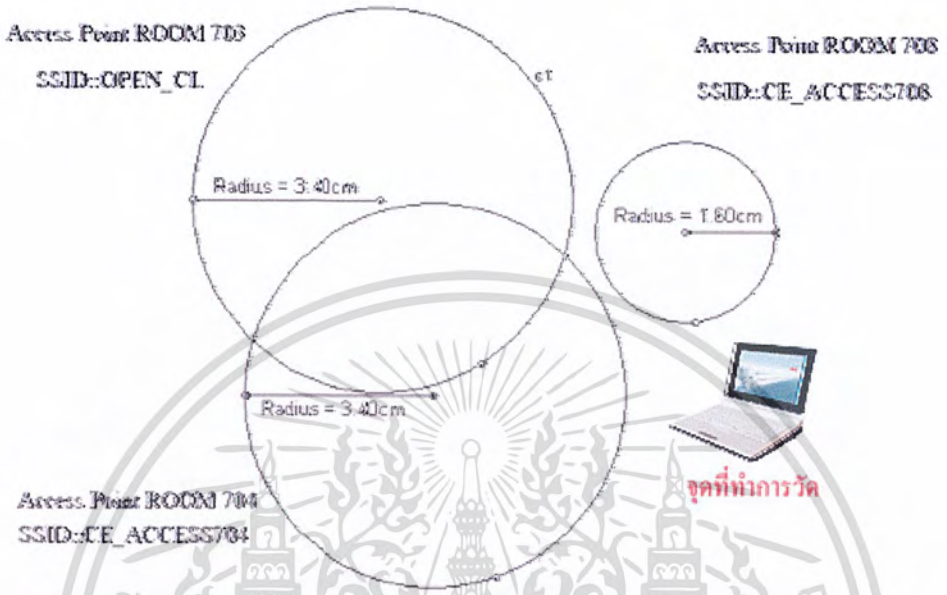


รูป 6.29 ผลการทดลองการหาจุดตัดของ Access Point โดยเลือกช่วงที่มีความเข้ม MAXIMUM

จากรูป เป็นผลการทดลองที่ได้จากการนำค่าความเข้มของสัญญาณWireless ของ Access Point ที่มีค่าความเข้มเป็น MAXIMUM 3 ตัวมาสร้างรูปวงกลมแล้วหาจุดตัดเพื่อระบุตำแหน่งภายในอาคารซึ่งAccess Point ที่ทำการวัดสัญญาณนั้นคือ Access Point ของห้อง 703, Access Point

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของห้อง 704 และAccess Point ของห้อง 708 จากรูป จะเห็นว่าจุดสีแดงเป็นจุดที่วงกลมสามวงตัดกันซึ่งมีระยะห่างจากจุดที่ทำการวัดจริงจะเห็นว่าผลการทดลองที่ได้นั้นมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง



รูป 6.30 ผลการทดลองการหาจุดตัดของ Access Point โดยเลือกช่วงที่มีความเข้ม MINIMUM

จากรูป เป็นผลการทดลองที่ได้จากการนำค่าความเข้มของสัญญาณWireless ของ Access Point ที่มีค่าความเข้มเป็น MINIMUM ของ Access Point ทั้ง 3 ตัวมาสร้างเป็นรูปวงกลมแล้วหาจุดตัดจะเห็นว่าวงกลมนั้นไม่สามารถตัดกันครบทั้ง 3 วง ดังนั้นความคลาดเคลื่อนจากการระบุตำแหน่งจึงเพิ่มมากขึ้นกว่าการใช้ความเข้มแบบ MAXIMUM

6.3 การระบุตำแหน่งภายนอกอาคารโดยใช้ GPS

6.3.1 การทดสอบความคลาดเคลื่อนจากหมุดหลักฐานที่ทำการสำรวจ

หมุดหลักฐานที่ได้ทำการสำรวจมีอยู่ 6 หมุดด้วยกัน

1) บริเวณที่ 1 ซอย นวมินทร์ 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.31 หมุดหลักฐานบริเวณ ถนนนวมินทร์ ซอย 74

ตาราง 6.30 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนนวมินทร์ ซอย 74

ค่าพิกัด	ค่าที่ได้จากหมุดหลักฐาน	ค่าที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS	ค่าความคลาดเคลื่อน
ละติจูด	13°49'01.71686" N	13°49'01.70" N	คลาดเคลื่อน
ลองจิจูด	100°39'40.25034" E	100°39'40.23" E	ประมาณ 0.81 เมตร

2) บริเวณที่ 2 ซอย ฉลองกรุง 2

รูป 6.32 ภาพหมุดหลักฐานบริเวณ ถนนฉลองกรุง ซอย 2

ตาราง 6.31 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนฉลองกรุง ซอย 2

ค่าพิกัด	ค่าที่ได้จากหมุดหลักฐาน	ค่าที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS	ค่าความคลาดเคลื่อน
ละติจูด	13°44'26.41956" N	13°44'26.55" N	คลาดเคลื่อน
ลองจิจูด	100°47'41.84876" E	100°47'41.90" E	ประมาณ 4.27 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) บริเวณที่ 3 ซอย ลาดกระบังซอย 15

รูป 6.33 หมุดหลักฐานบริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 15

ตาราง 6.32 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 15

ค่าพิกัด	ค่าที่ได้จากหมุดหลักฐาน	ค่าที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS	ค่าความคลาดเคลื่อน
ละติจูด	13°43'22.87549" N	13°43'22.96" N	คลาดเคลื่อน ประมาณ 4.8 เมตร
ลองจิจูด	100°47'00.85326" E	100°47'00.72" E	

4) บริเวณที่ 4 ซอย ลาดกระบัง 22

รูป 6.34 ภาพหมุดหลักฐานบริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.33 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 22

ค่าพิกัด	ค่าที่ได้จากหมุดหลักฐาน	ค่าที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS	ค่าความคลาดเคลื่อน
ละติจูด	13°43'19.89294" N	13°43'19.93" N	คลาดเคลื่อน
ลองจิจูด	100°43'45.59604" E	100°43'45.49" E	ประมาณ 3.42 เมตร

5) บริเวณที่ 5 ซอย ลาดกระบัง 36

รูป 6.35 หมุดหลักฐานบริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย36

ตาราง 6.34 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย36

ค่าพิกัด	ค่าที่ได้จากหมุดหลักฐาน	ค่าที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS	ค่าความคลาดเคลื่อน
ละติจูด	13°43'22.44233" N	13°43'22.68" N	คลาดเคลื่อน
ลองจิจูด	100°45'05.80750" E	100°45'05.91" E	ประมาณ 7.89 เมตร

6) บริเวณที่ 6 ซอย ลาดกระบัง 40

รูป 6.36 หมุดหลักฐานบริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.35 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อน บริเวณ ถนนลาดกระบัง ซอย 40

ค่าพิกัด	ค่าที่ได้จากหมุดหลักฐาน	ค่าที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS	ค่าความคลาดเคลื่อน
ละติจูด	13°43'17.57571" N	13°43'17.84" N	คลาดเคลื่อนประมาณ
ลองจิจูด	100°45'42.55816" E	100°45'42.78" E	10.51 เมตร

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อย เพราะเครื่องรับสัญญาณ GPS ทั่วไปจะมีค่าความคลาดเคลื่อนได้ที่ระดับ 4 -20 เมตร ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดได้จากการปัดเศษทศนิยมในการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน และการวัดค่าพิกัดในแต่ละสถานที่จะมีค่าต่างกันอันเนื่องมาจากแต่ละสถานที่จะมี

6.3.2 การทดสอบจำนวนดาวเทียมที่สามารถรับสัญญาณได้

หมุดหลักฐานที่ได้ทำการทดสอบ บริเวณ ลาดกระบังซอย 15 (ซอย โรงพยาบาลลาดกระบัง)

รูป 6.37 หมุดหลักฐานบริเวณ ลาดกระบังซอย 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.38 ข้อมูลหมุดหลักฐานบริเวณ ลาดกระบังซอย 15

ค่าพิกัดจากหมุดหลักฐานคือ

LA:13°43’22.87549” N

LO:100°47’00.85326” E

1) กรณีที่ 1 สามารถรับสัญญาณจาดาวเทียมจำนวน 6 ดวงผลที่ได้เป็นดังนี้

$GPGGA,054107.000,1343.3832,N,10047.0144,E,1,6,1.04,10.4,M,-27.2,M,,*4B

ค่าพิกัด คือ 1343.3832,N,10047.0144,E

แปลงรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูป DMS

13°43’22.992” N

100°47’00.864” E

ผลการทดสอบ

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้รับ กับค่าพิกัดที่ได้จากหมุดหลักฐาน มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ ประมาณ 3.73 ม.

2) กรณีที่ 2 สามารถรับสัญญาณจาดาวเทียมจำนวน 9 ดวงผลที่ได้เป็นดังนี้

$GPGGA,054346.000,1343.3810,N,10047.0127,E,2,9,0.86,6.1,M,-27.2,M,0000,0000*7C

ค่าพิกัด คือ 1343.3810,N,10047.0127,E

แปลงรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูป DMS

13°43’22.86” N

100°47’00.762” E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้รับ กับค่าพิกัดที่ได้จากหมุดหลักฐาน มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ ประมาณ 2.8 ม.

3) กรณีที่ 3 สามารถรับสัญญาณจาดาวเทียมจำนวน 10 ดวงผลที่ได้เป็นดังนี้

$GPGGA,054316.000,1343.3804,N,10047.0142,E,2,10,0.82,3.4,M,-27.2,M,0000,0000*43

ค่าพิกัด คือ 1343.3804,N,10047.0142,E

แปลงรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูป DMS

13°43'22.824" N

100°47'00.852" E

ผลการทดสอบ

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้รับ กับค่าพิกัดที่ได้จากหมุดหลักฐาน มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ ประมาณ 1.4 ม.

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ถ้าเครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถรับสัญญาณดาวเทียมจำนวนมากก็ยิ่งให้ค่าที่มีความแม่นยำสูงกว่าเครื่องที่ได้รับสัญญาณจากดาวเทียมจำนวนน้อยกว่า ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ทำการศึกษามาในการรับสัญญาณดาวเทียมถ้าเกิดรับสัญญาณดาวเทียมได้น้อยก็จะให้จุดตัดที่มีขนาดใหญ่ซึ่งจะทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนในส่วนนี้ แต่ถ้าสามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้มากก็จะทำให้เกิดจุดที่ตัดเล็กลงหรือระบุพิกัดที่แม่นยำขึ้น ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองนี้ได้มีการนำค่าไปเทียบกับหมุดหลักฐานของ กองสำรวจ สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้

6.3.3 การทดสอบความคลาดเคลื่อนระยะทาง

1) รายละเอียดการวัดระยะทางเพื่อหาค่าความผิดพลาด ด้านหน้าอาคาร ECC (ท้องฟ้าแจ่มใส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.36 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทาง ขณะท้องฟ้าแจ่มใส

สถานที่ทำการวัด	LATITUDE	LONGITUDE	ระยะทางตามพิกัด	ผลต่าง (เมตร)
หน้าตึก ECC ฝั่งตึกพระเทพ 1	13’ 43” 45.88	100’ 46” 33.49	88.602	|93.9-88.602| = 5.298 m.
หน้าตึก ECC ฝั่งทางรถไฟ 1	13’ 43” 42.94	100’ 46” 33.69		
หน้าตึก ECC ฝั่งตึกพระเทพ 2	13’ 43” 46.03	100’ 46” 33.50	93.27	|93.9-93.27| = 0.63 m.
หน้าตึก ECC ฝั่งทางรถไฟ 2	13’ 43” 42.97	100’ 46” 33.51		
หน้าตึก ECC ฝั่งตึกพระเทพ 3	13’ 43” 46.03	100’ 46” 33.53	92.074	|93.9-92.074| = 1.286 m.
หน้าตึก ECC ฝั่งทางรถไฟ 3	13’ 43” 43.01	100’ 46” 33.60		

2) รายละเอียดการวัดระยะทางเพื่อหาค่าความผิดพลาด ด้านหน้าอาคาร ECC (หลังฝนตก และตกเบาๆในครั้งที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.37 ข้อมูลค่าพิกัดและค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทาง ขณะฝนตกเบาๆ

สถานที่ทำการวัด	LATITUDE	LONGITUDE	ระยะทางตามพิกัด	ผลต่าง (เมตร)
หน้าตึก ECC ฝั่งตึกพระเทพ 1	13' 43" 46.26	100' 46" 33.66	96.9264	|93.9-96.9264| = 3.0264 m.
หน้าตึก ECC ฝั่งทางรถไฟ 1	13' 43" 43.09	100' 46" 33.41		
หน้าตึก ECC ฝั่งตึกพระเทพ 2	13' 43" 46.11	100' 46" 33.54	98.93	|93.9-98.93| = 5.08 m.
หน้าตึก ECC ฝั่งทางรถไฟ 2	13' 43" 42.88	100' 46" 33.86		
หน้าตึก ECC ฝั่งตึกพระเทพ 3	13' 43" 46.06	100' 46" 33.78	93.5736	|93.9-93.5736| = 0.3264 m.
หน้าตึก ECC ฝั่งทางรถไฟ 3	13' 43" 42.99	100' 46" 33.77		

หมายเหตุ

ค่าที่วัดได้จากตลับเมตร ได้ความยาว 93.9 m.

1 ฟิลิปดา = 30.48 เมตร

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ค่าที่ได้จากการวัดสัญญาณ GPS ขณะที่ท้องฟ้าแจ่มใสหรือมีเมฆน้อยนั้นให้ค่าที่มีความแม่นยำสูงกว่าค่าที่วัดในขณะที่ มีฝนตกเบาๆ และมีเมฆครึ้ม และค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก เพราะเครื่องรับสัญญาณ GPS ทั่วไปจะมีค่าความคลาดเคลื่อนได้ที่ระดับ 4 -20 เมตร โดยมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนนี้สามารถเกิดได้จากการปัดเลขทศนิยม และการแปลงค่า ฟิลิปดาเป็นเมตร อีกด้วย

6.4 การสร้างแผนที่ภายนอกอาคาร

6.4.1 กำหนดจุดอ้างอิง

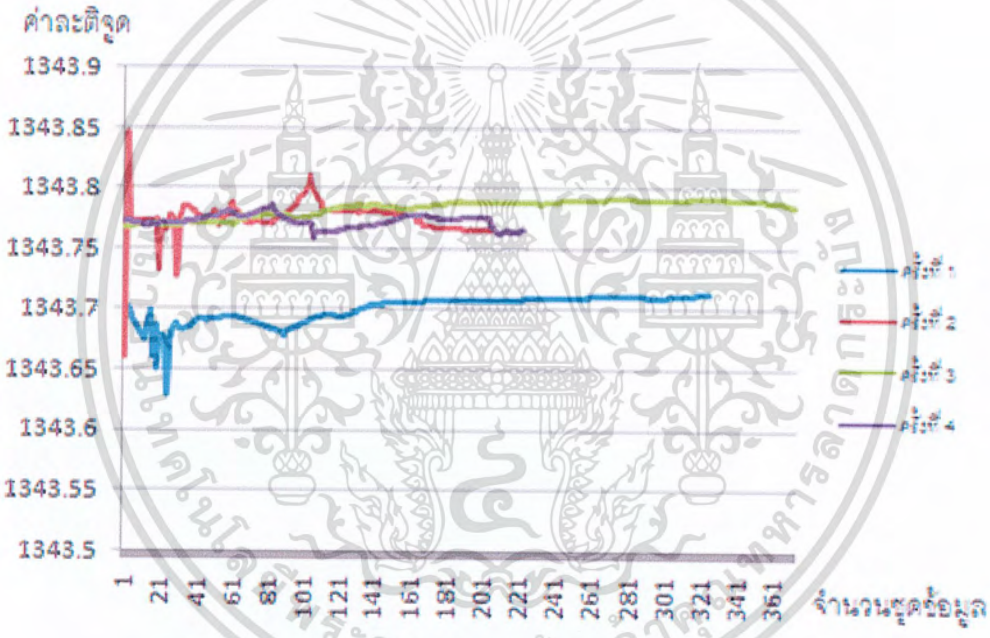
การกำหนดจุดอ้างอิง จะใช้ในการอ้างอิงเพื่อหาพิกัดตำแหน่งอื่นๆ โดยเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงที่ได้ทำการกำหนดขึ้นซึ่ง จะทำให้สามารถระบุตำแหน่งอื่นๆได้ โดยการนำค่าพิกัดที่ได้จากตำแหน่งอื่นๆ มาทำการเปรียบเทียบกับค่าพิกัดจากจุดอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.39 บริเวณการกำหนดจุดอ้างอิงทั้ง 4 จุด

ในการกำหนดจุดอ้างอิง จะทำการวัดสัญญาณ GPS ทั้งหมด 4 จุด ซึ่งจะทำการวัดสัญญาณจุดละ 5-10 นาที จะได้ค่าพอกัดประมาณ 200 ค่า และทำการวัดด้วยกันทั้งหมด 4 วัน

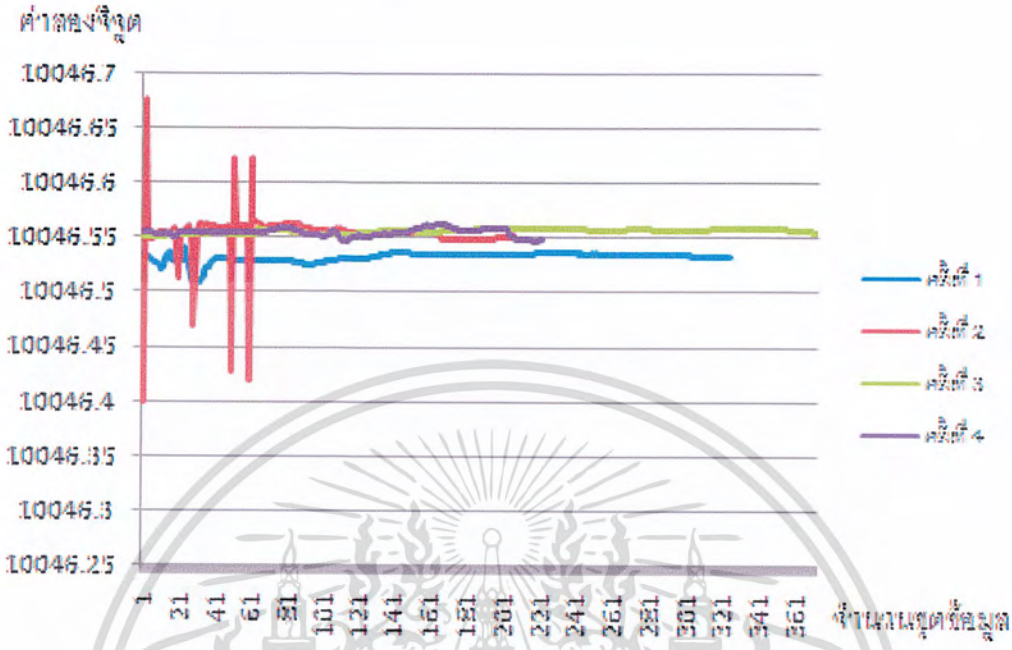
ค่าละติจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพ



รูป 6.40 ค่าละติจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพฯ

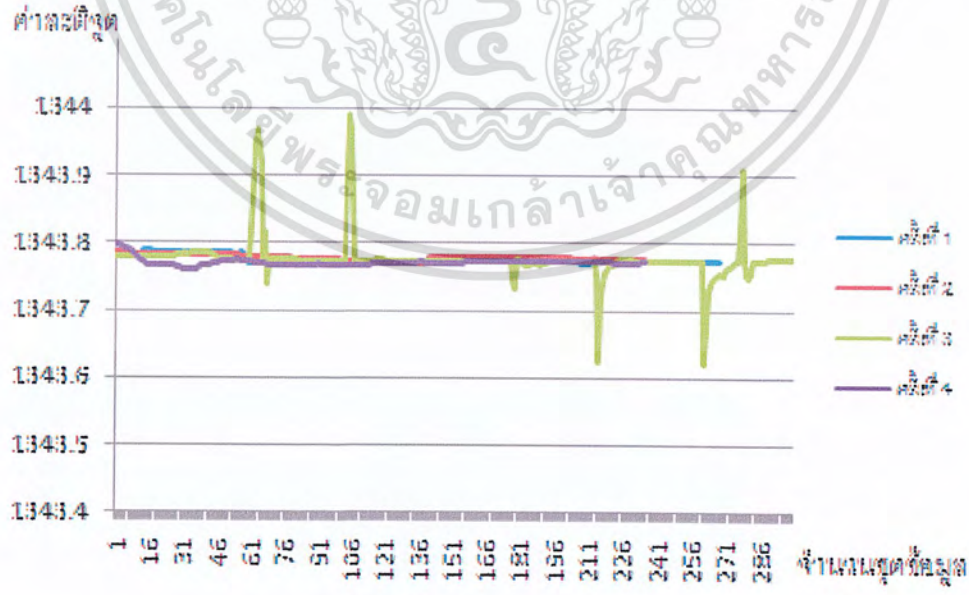
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าลองจิจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพฯ



รูป 6.41 ค่าลองจิจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพฯ

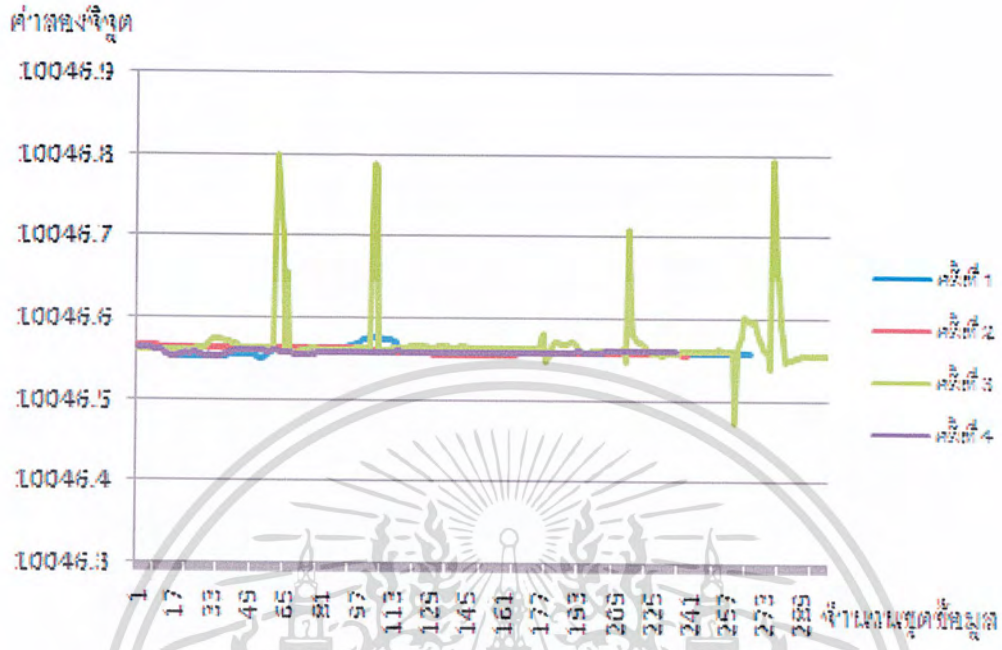
ค่าละติจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพฯ



รูป 6.42 ค่าละติจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพฯ

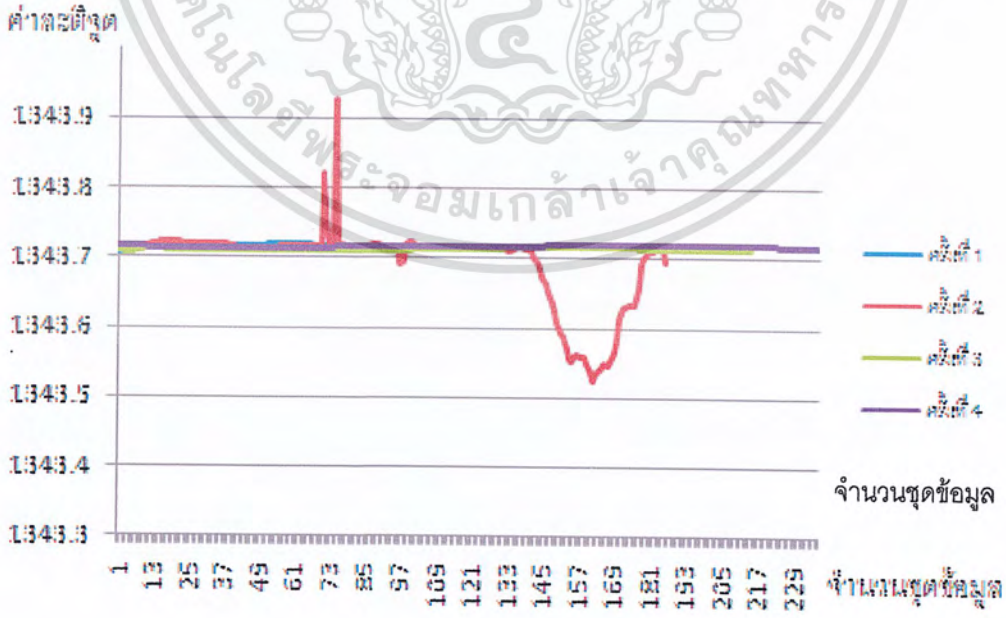
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าลองจิจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพฯ



รูป 6.43 ค่าลองจิจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งตึกพระเทพฯ

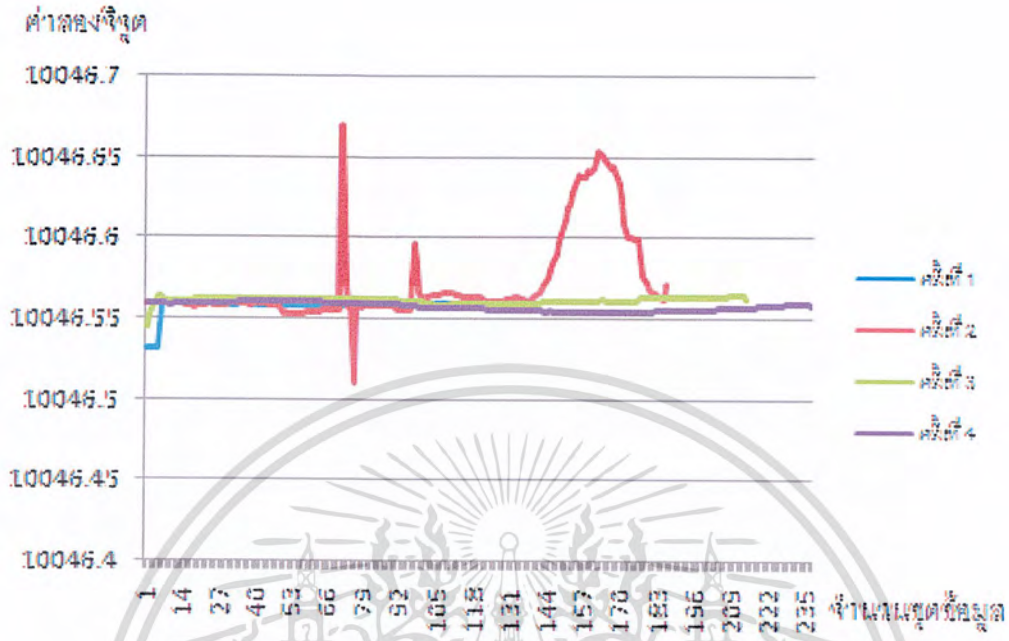
ค่าละติจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ



รูป 6.44 ค่าละติจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ

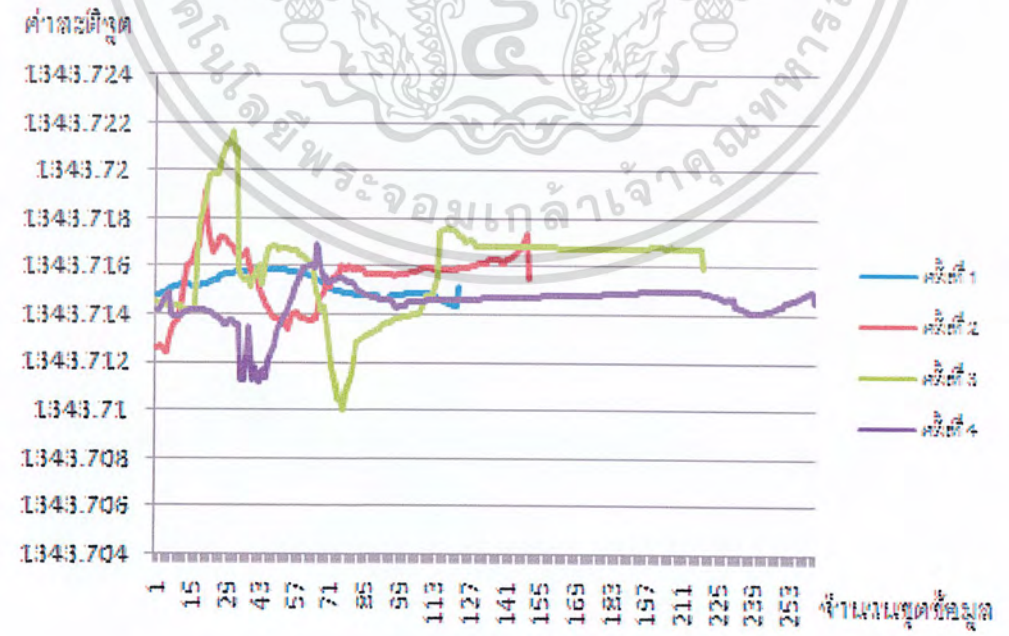
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าลองจิจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ



รูป 6.45 ค่าลองจิจูดบริเวณหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ

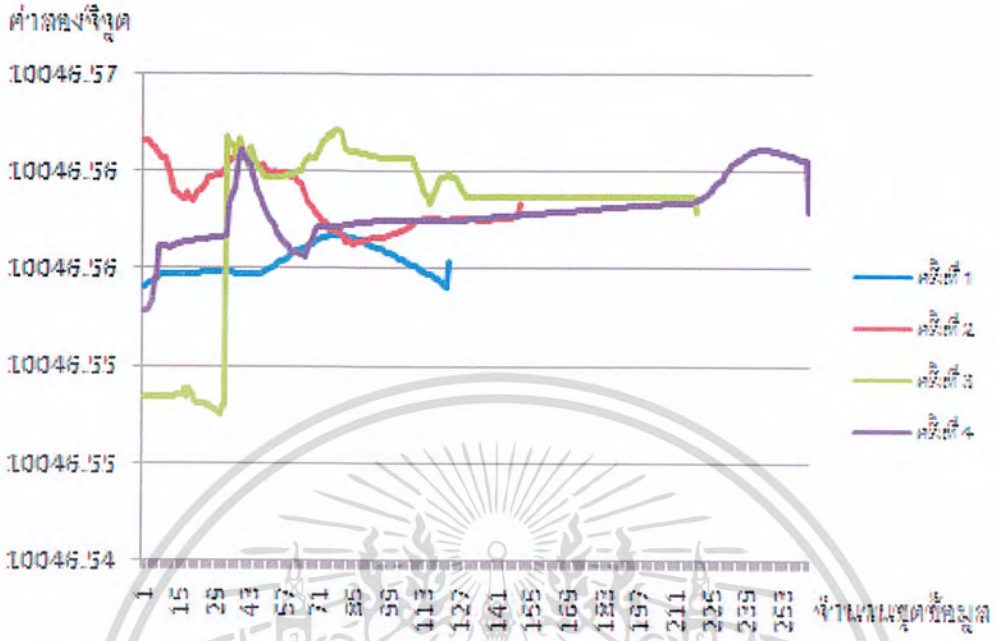
ค่าละติจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ



รูป 6.46 ค่าละติจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าลองจิจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ



รูป 6.47 ค่าลองจิจูดบริเวณลานจอดรถหน้าอาคาร ECC ฝั่งทางรถไฟ

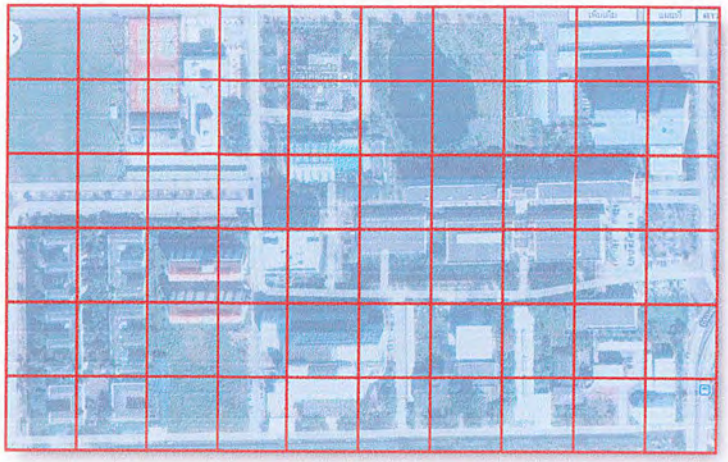
สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบ การกำหนดจุดอ้างอิงค่าพิกัดที่ได้มีค่าความคาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างที่สูง อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดของเครื่องรับสัญญาณ GPS ที่ใช้ในการกำหนดจุดอ้างอิงที่มีความแม่นยำไม่เพียงพอต่อการใช้ในการกำหนดจุดอ้างอิงและค่าความคาดเคลื่อนอาจจะเกิดจากจำนวนดาวเทียมที่สามารถรับสัญญาณได้ ส่งผลให้ไม่สามารถนำมาใช้ในการใช้กำหนดจุดอ้างอิงได้

6.4.2 แบ่งตาม Grid ที่กำหนด

จะใช้ในการกำหนดขอบเขตของพิกัด โดยจะทำการแบ่งแผนที่ออกเป็นกรอบสี่เหลี่ยมตามที่กำหนดหลังจากนั้นจะทำการวัดหาค่าพิกัดทั้ง 4 มุมของกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อให้ได้ขอบเขตพิกัดในแต่ละกรอบ หลังจากนั้นจะทำการหาค่าพิกัดของกรอบทั้งหมดด้วยการบวกเพิ่มค่าพิกัดเข้าในทุกๆกรอบ จะทำให้ได้ค่าพิกัดในแต่ละกรอบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 6.48 การแบ่งขอบเขตในแต่ละ Grid

สรุปผลการทดสอบ

การออกแบบ Grid ผลปรากฏว่า ขณะที่ทำการวัดค่าพิกัดทั้ง 4 มุมของกรอบค่าพิกัดในแต่ละ Grid ค่าที่ได้จากการจับสัญญาณค่ามีความเปลี่ยนแปลงอยู่ในเกณฑ์สูง หลังจากการหาค่าพิกัดเฉลี่ยเพื่อกำหนดจุดและกรอบต่างๆ มีค่าความผิดพลาดจากความเป็นจริงสูงเพราะค่าที่ได้ไม่สามารถระบุขอบเขตให้เป็น Grid ได้ และในขณะที่นำค่าที่ได้มาลองทดสอบใช้งานจริง ค่าที่ได้จากการวัดสัญญาณมีการแกว่งของสัญญาณสูงส่งผลให้ค่าพิกัดที่ได้มีความคาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์สูง โดยค่าที่ได้ไม่สามารถระบุอยู่ในขอบเขตของ Gridที่กำหนดไว้ได้

6.4.3 สร้างตามขนาดจริง

จะทำการวัดสัญญาณ 2 จุดโดยการกำหนดจุดเริ่มต้นและและจุดสุดท้าย โดยจะทำการวัดระยะทางด้วยกัน 2 วิธีคือ การใช้เครื่องรับสัญญาณ GPS วัดระยะทางและการวัดจากระยะทางจริงโดยการใช้ตลับเมตร โดยเมื่อเราสามารถใช้เครื่องรับสัญญาณ GPS

ผลการทดสอบ

รูป 6.49 ระยะทางที่วัดได้จริง

วัดระยะทางจริงมีค่า 325.78 เมตร

ระยะทางจากเครื่องรับสัญญาณ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.38 ข้อมูลระยะทางที่วัดได้จากเครื่องรับสัญญาณ GPS

ครั้งที่ 1	354.2 เมตร
ครั้งที่ 2	368.3 เมตร
ครั้งที่ 3	329.6 เมตร
ครั้งที่ 4	388.1 เมตร
ครั้งที่ 5	298.9 เมตร
ครั้งที่ 6	365.7 เมตร
ครั้งที่ 7	302.3 เมตร
ครั้งที่ 8	321.2 เมตร
ครั้งที่ 9	285.3 เมตร
ครั้งที่ 10	295.4 เมตร

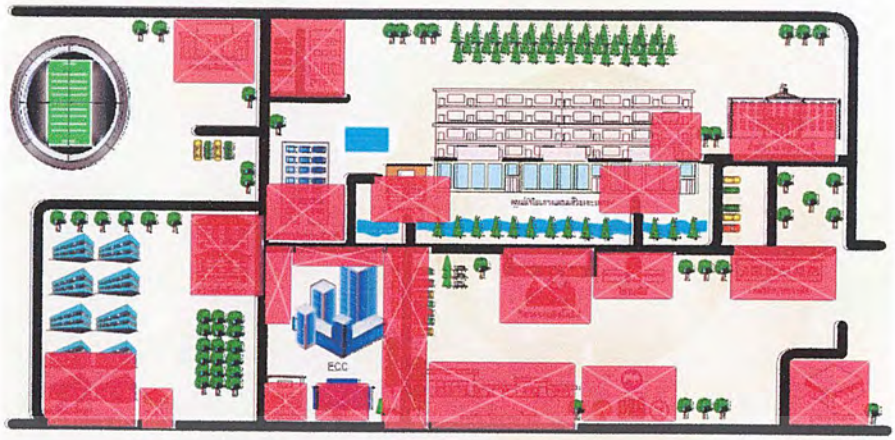
สรุปผลการทดสอบ

ระยะทางที่ได้มีความคาดเคลื่อนมากพอสมควร จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้ในแต่ละครั้งจะมีจำนวนไม่เท่ากัน ค่าความคาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดได้จากสภาพภูมิศาสตร์ ณ ขณะนั้น ค่าความคาดเคลื่อนอาจจะเกิดขึ้นจากการปัดเลขทศนิยม และค่าที่ได้จากการกำหนดจุดอ้างอิงจุดเริ่มต้นละจุดสุดท้ายที่ได้ทำการวัดในแต่ละครั้งมีค่าพิกัดที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละครั้งจึงส่งผลให้การวัดค่าในแต่ละครั้งมีความยาวที่ไม่เท่ากัน

6.4.4 กำหนดขอบเขตสถานที่

จะใช้วิธีการเก็บพิกัดบริเวณที่จะใช้ในการระบุตำแหน่ง เพื่อสร้างเป็นแผนที่ที่ต้องการใช้งานระบุขอบเขตของแต่ละสถานที่ โดยจะใช้การ Tracking ของเครื่องรับสัญญาณ GPS จะทำการเก็บพิกัดทุกจุดบริเวณสถานที่ที่สนใจ หลังจากนั้นจะนำค่าพิกัดที่ได้มาทำการหาขอบเขตของแต่ละสถานที่ เพื่อให้ได้ค่าพิกัดในแต่ละสถานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 6.50 ขอบเขตของสถานที่ที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง

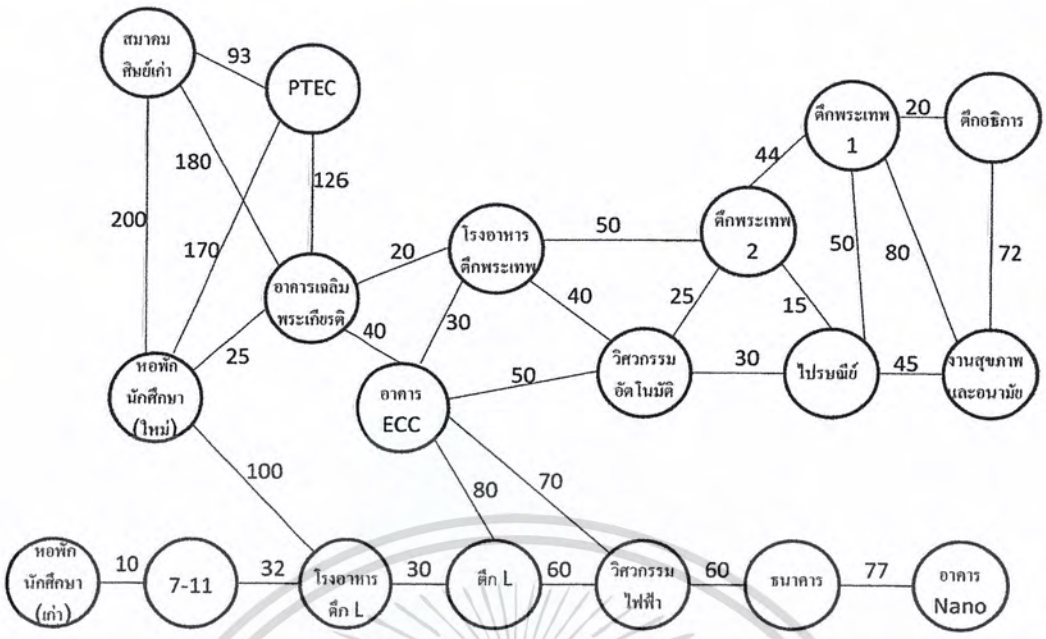
สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบการระบุตำแหน่งในสถานที่ต่างๆ อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างแม่นยำสามารถบอกได้ตรงตามสถานที่ต่างๆที่ได้จัดทำขึ้น แต่จะไม่สามารถบอกสถานที่ที่อยู่ติดกันหรือใกล้เคียงกันได้ อันเนื่องมาจากเครื่องรับสัญญาณ GPS มีความแม่นยำไม่เพียงพอ จึงทำให้ค่าพิกัดที่ได้มีความใกล้เคียงกันจึงไม่สามารถแบ่งขอบเขตของแต่ละสถานที่ได้ ส่งผลให้ไม่สามารถระบุสถานที่ที่ใกล้เคียงกันหรือติดกันได้ และในการทดสอบการแบ่งขอบเขตตามรูปแผนที่ข้างต้นสามารถระบุตำแหน่งได้ค่อนข้างแม่นยำ เพราะแต่ละสถานที่อยู่ห่างกันจึงทำให้สามารถแบ่งขอบเขตกันได้อย่างชัดเจน แต่ก็มีบางสถานที่ที่อยู่ใกล้กันส่งผลให้มีความคาดเคลื่อนอยู่บ้างเล็กน้อย

6.5 การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดภายนอกอาคาร

การหาเส้นทางการเดินทางจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งโดยใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด โดยรูปข้างล่างนี้เป็นการแสดงแผนที่รูปแบบกราฟภายในสถาบันที่ได้ทำการสำรวจ ค่าตัวเลขที่กำกับแต่ละเส้นในกราฟจะแสดงค่าระยะทางโดยมีหน่วยเป็นเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 6.51 กราฟภายในสถาบัน

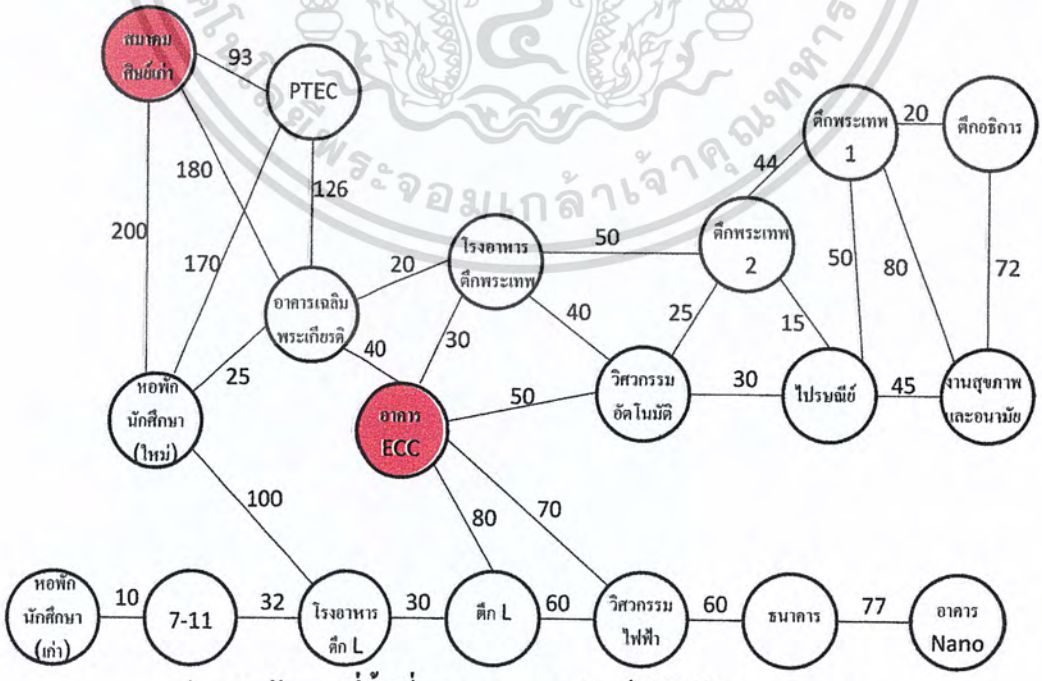
ตัวอย่างของการทำการค้าหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากสมาคมศิษย์เก่ามายังอาคาร ECC

จากสมการ $f(s) = g(s) + h(s)$

โดยที่ g คือฟังก์ชันที่คำนวณค่า cost จาก initial state ถึง current state

h คือฟังก์ชันที่ประมาณ(estimate) ค่าcost จาก current state ถึง goal state

f คือ ฟังก์ชันที่ประมาณค่า cost จาก initial state ถึง goal state (state ที่ดีจะมีค่า f น้อย)



รูป 6.52 เส้นทางที่สั้นที่สุดจากสมาคมศิษย์เก่าไปยัง อาคาร ECC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้จะใช้ Straight-line Distances หรือค่า Heuristic Function คือค่าเส้นทางตรงที่ประมาณขึ้นเมื่อจุดหมายปลายทางคืออาคาร ECC แสดงดังตารางข้างล่างนี้

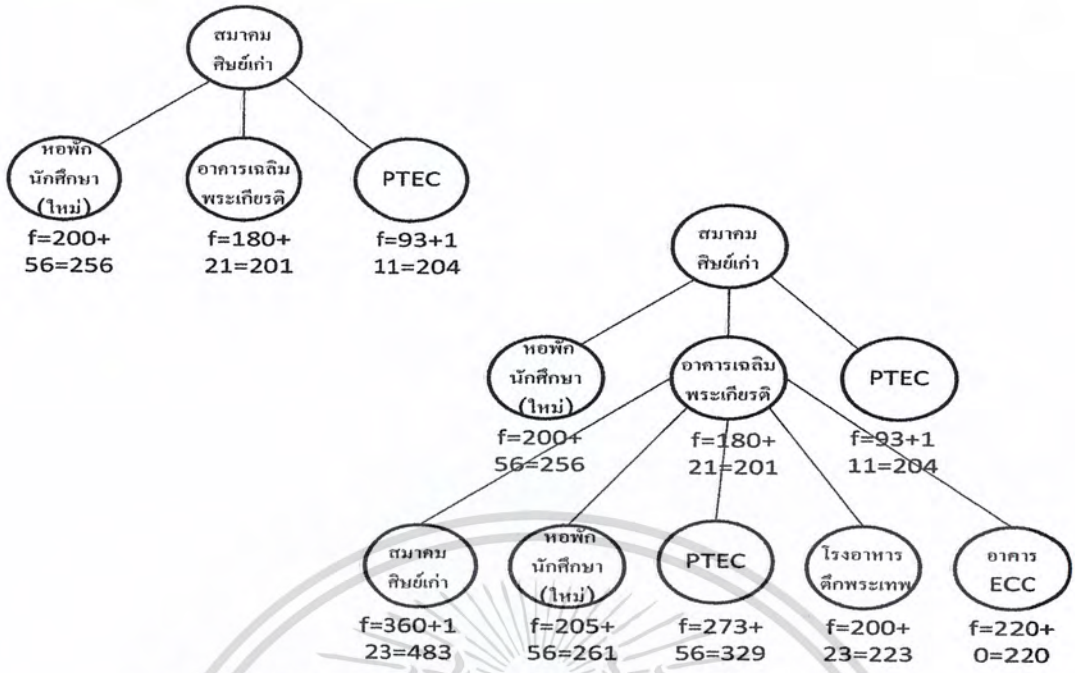
ตาราง 6.39 ค่า Heuristic Function

สถานที่	Straight-line Distances	สถานที่	Straight-line Distances
อาคาร ECC	0	ไปรษณีย์	72
อาคารเฉลิมพระเกียรติ	21	สำนักงานอธิการบดี	197
สมาคมศิษย์เก่า	123	ตึกพระเทพ ประตู1	107
หอพักนักศึกษา(ใหม่)	56	ตึกพระเทพ ประตู2	77
หอพักนักศึกษา(เก่า)	113	โรงอาหารตึกพระเทพฯ	23
7-11	97	PTEC	111
โรงอาหารตึก L	64	ภาควิศวกรรมอัตโนมัติ	38
ตึก L	70	ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	61
อาคาร Nano	238	อาคารงานอนามัย	106
ธนาคาร	119		

ขั้นตอนการทำงานของ A* เริ่มจากจุดเริ่มต้นคือสมาคมศิษย์เก่า และสิ้นสุดที่อาคาร ECC การกระจายโหนดเพื่อเลือกการเดินทางจากเมือง สมาคมศิษย์เก่า ไป อาคาร ECC A* คือ

$$f(s) = g(s) + h(s)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

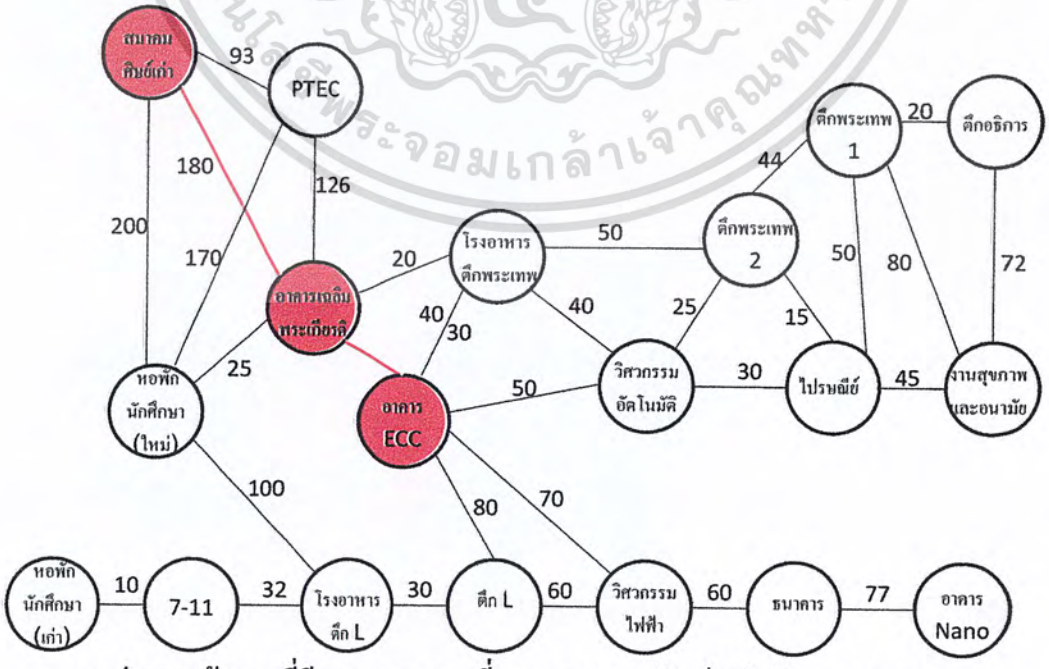


รูป 6.53 การกระจายโหนดพร้อมระยะทางตรง ด้วย A* Algorithm

Heuristic function ของ A* คือ f(s) = g(s) + h(s)

เมื่อ g คือระยะทางที่เดินผ่านมา และ h(n) คือระยะทางตรงที่ประมาณได้ ทำให้ได้ลักษณะการกระจายโหนดดังข้างต้น

ดังนั้นเส้นทางที่ดีและเหมาะสมที่สุดจากสมาคมศิษย์เก่าไปยังอาคาร ECC มีเส้นทางดังนี้คือ สมาคมศิษย์เก่า -> อาคารเฉลิมพระเกียรติ -> อาคาร ECC ซึ่งมีค่า f= 220 แสดงดังรูปข้างล่าง



รูป 6.54 เส้นทางที่ดีและเหมาะสมที่สุดจากสมาคมศิษย์เก่าไปยังอาคาร ECC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
บทวิจารณ์และสรุป

7.1 บทสรุปการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

จากผลการทดลองที่ผ่านมานั้น ได้ใช้วิธีการระบุตำแหน่งภายในอาคารทั้งหมด 2 วิธี คือ แบบที่หนึ่งการใช้ Rule โดยการใช้ Rule นั้นได้ทำการเก็บข้อมูลค่าความเข้มของสัญญาณของ Access Point ในสถานที่บนอาคาร ECC ชั้น 7 และชั้น 8 ทั้งหมด 24 จุดและเลือกใช้ Access Point ทั้งหมด 10 ตัว ซึ่งในแต่ละจุดจะทำการค้นหาสัญญาณของAccess Point ทุกตัวรับค่าความเข้มของสัญญาณมาหาค่าเฉลี่ย และนำมาตั้งเป็นกฎการระบุตำแหน่งทั้งหมด 24 ข้อ สำหรับการใช้การระบุตำแหน่งแบบที่สองเป็นการระบุตำแหน่งโดยใช้จุดตัดของสัญญาณ Access Point ได้ทำการ calibrate ค่าความเข้มของสัญญาณในแต่ละเมตรเป็นระยะทางทั้งหมด 20 เมตร และทำการเก็บข้อมูลไว้ การทดลองนี้ได้เลือก calibrate สัญญาณของ Access Point ทั้งหมด 3 ตัวคือ Access Point ของห้อง 703 , Access Point ของห้อง 704 และ Access Point ของห้อง 708 ในการเก็บข้อมูลนั้นในแต่ละเมตรที่ได้ทำการวัดสัญญาณนั้นได้เลือกค่าความเข้มของสัญญาณมาเมตรละ 30 ค่า เนื่องจากความเข้มที่เก็บข้อมูลมาได้จะเห็นว่าค่าความเข้มไม่ได้เป็นไปตามทฤษฎีที่ว่าที่ระยะทางไกลจะมีค่าความเข้มสัญญาณน้อยกว่าที่ระยะทางใกล้กว่า ดังนั้นเราจึงทำการแบ่งระยะทางเป็นช่วง ช่วงละ 4 เมตรและวิเคราะห์ค่าความเข้มของสัญญาณแล้วทำการแบ่งช่วงความเข้มที่ได้จากการเก็บข้อมูลให้แต่ละช่วงของระยะทางที่ได้ทำการแบ่งไว้แล้ว

ผลการทดลองการระบุตำแหน่งภายในอาคาร เราจะเลือกตำแหน่งที่เราต้องการจะระบุ ในการทดลองนี้เราเลือกจุดที่ต้องการระบุตำแหน่งบนชั้น 7 ที่ระหว่างห้อง 707 และห้อง 706 จากนั้นได้ทำการวัดค่าความเข้มของสัญญาณและกรองค่าความเข้มของสัญญาณที่ได้จาก Access Point ทั้งหมด 10 ตัวที่เราสนใจ ผลการทดลองจากการใช้ Rule ปรากฏว่าจากช่วงความเข้มที่ได้จากการวัดสัญญาณนั้นเข้า Rule ข้อที่ 10 คืออยู่หน้าห้อง 707 จะเห็นว่าจากตำแหน่งที่ต้องการระบุจริงและตำแหน่งที่ได้จาก Rule นั้นมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 7 เมตร

ผลการทดลองจากการระบุตำแหน่งโดยใช้จุดตัดของสัญญาณ Access Point นั้นเราได้นำค่าความเข้มที่วัดจากตำแหน่งที่ต้องการจะระบุตำแหน่งนั้นมาแปลงเป็นระยะทางตามค่าที่เราได้ทำการ calibrate ไว้ ทำให้เราทราบระยะทางจากความเข้มสัญญาณที่เราวัดได้ จากนั้นนำเอาระยะทางนั้นมาเป็นรัศมีวงกลมของ Access Point แล้วหาจุดตัดของวงกลมทั้งสามวง ผลที่ได้คือจากการนำเอาค่าความเข้มสูงสุดของแต่ละช่วงระยะทางมาแปลงเป็นระยะทางพบว่าจากจุดตัดที่ได้มีความคลาดเคลื่อนประมาณ18.70 เมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความคลาดเคลื่อนสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบุตำแหน่งโดยใช้ Rule ส่วนการนำค่าความเข้มน้อยที่สุดมาสร้างวงกลมเพื่อหาจุดตัดนั้น ไม่สามารถหาจุดตัดของวงกลมทั้งสามวงกลมได้จึงไม่สามารถระบุตำแหน่งจากการใช้ความเข้มน้อยที่สุดได้

7.2 บทสรุปการระบุตำแหน่งภายนอกอาคาร

จากการทดลองการระบุตำแหน่งภายนอกอาคารจะใช้เครื่องรับสัญญาณ GPS เป็นเครื่องบอกพิกัดตำแหน่ง ในการทดสอบดูค่าโปรโตคอล NMEA นั้นจะเครื่องรับสัญญาณ GPS เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ผ่านพอร์ต USB และใช้โปรแกรม Hyper Terminal ทำการดูค่าผ่านคอมพอร์ตที่ได้ทำการเชื่อมต่อ โดยเครื่องรับสัญญาณ GPS ที่ใช้งานจะต้องตั้งค่า Bits per second ให้มีค่า 38400 หลังจากการตั้งค่าต่างๆ เสร็จนั้นก็จะเห็นข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณ GPS ส่งมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของโปรโตคอล NMEA ซึ่งค่าที่สนใจก็จะมีอยู่ 2 ค่าด้วย คือ ค่าพิกัดตำแหน่ง และจำนวนดาวเทียมที่เครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถรับสัญญาณได้ เพื่อใช้ในการทดลอง

ซึ่งการตรวจสอบค่าความเคลื่อนของ GPS ที่นำมาใช้งานจะอ้างอิงค่าพิกัดจากหมุดหลักฐานที่ได้ทำการสำรวจ จากหมุดหลักฐานของกองสำรวจและแผนที่ สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นค่าที่เชื่อถือได้ ผลปรากฏว่าค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดสอบทั้งหมด 6 หมุดหลักฐาน มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนทั่วๆไปที่เกิดขึ้นจากเครื่องรับสัญญาณ GPS ประเภทนี้ การทดสอบจำนวนของดาวเทียมที่รับสัญญาณได้นั้นผลปรากฏว่า เมื่อเครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้จำนวนมากก็จะให้ค่าพิกัดที่ใกล้เคียงกับค่าหมุดหลักฐานที่ได้ทำการทดสอบ แต่ถ้าเครื่องรับสัญญาณ GPS รับสัญญาณจากดาวเทียมได้จำนวนน้อยก็จะให้ค่าคลาดเคลื่อนมากกว่าตามลำดับ ตรงตามทฤษฎีที่ได้ทำการศึกษามากล่าวว่า ถ้าเครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถรับสัญญาณจากจำนวนดาวเทียมได้มาก ก็จะให้ได้ค่าพิกัดที่มีความแม่นยำสูงกว่า เครื่องที่รับสัญญาณจากจำนวนดาวเทียมได้น้อย และการทดสอบการวัดระยะทางจากเครื่องรับสัญญาณ GPS ก็ให้ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยเช่นกัน ในการสร้างแผนที่จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องรับสัญญาณ GPS ที่มีความละเอียดสูง เพราะจะทำให้สามารถสร้างแผนที่ได้ถูกต้องและแม่นยำ และถ้าใช้เครื่องรับสัญญาณ GPS ที่มีความแม่นยำต่ำจะส่งผลให้แผนที่ที่สร้างขึ้นมานั้นมีความผิดพลาดสูง ส่งผลให้การระบุตำแหน่งในแต่ละครั้งนั้นมีความผิดพลาดสูงมากเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 บทสรุปการหาเส้นทางที่ดีที่สุด

ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เมื่อเลือกสถานที่ต้นทางและสถานที่ปลายทาง ระบบจะทำการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยใช้อัลกอริทึม A* ซึ่งมีค่า Heauristic Function เข้ามาช่วยในการคำนวณร่วมกับค่า Cost หรือค่าระยะทางทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด และจะแสดงผลออกมาในรูปแบบของการเดินทางจากสถานที่ต้นทางไปยังสถานที่ปลายทางว่าผ่านสถานที่ใดบ้างหรือควรเดินทางไปยังเส้นทางใดเพื่อให้ถึงจุดหมายปลายทางที่สั้นที่สุด

จากการทดสอบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยการเลือกสถานที่ต้นทางและสถานที่ปลายทางจากโปรแกรม โปรแกรมจะทำการแสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยใช้อัลกอริทึม A* เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการวัดเส้นทางจริงจากแผนที่โปรแกรมสามารถแสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วกว่าการใช้การคำนวณเส้นทางจากแผนที่หรือการวัดระยะทางจากสถานที่จริง

7.4 อุปสรรคและปัญหาของการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

1) การรับค่าของสัญญาณ Access Point นั้นต้องควบคุมปัจจัยที่จะทำให้ค่าความเข้มของสัญญาณเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเราจำเป็นต้องใช้ Receiver ตัวเดียวกันเพื่อความแม่นยำของการทดลอง ดังนั้นในการวัดสัญญาณจึงต้องใช้เวลามากในการทดลองแต่ละครั้ง
2) ในการ calibrate ค่าความเข้มของ Access Point นั้น ค่าความเข้มยังมีความคลาดเคลื่อนสูงมาก ในระยะทางที่ไกลจาก Access Point ในบางระยะเมตรค่าบางค่ามีความเข้มของสัญญาณสูงกว่าที่ระยะใกล้ Access Point ทำให้ต้องแบ่งความเข้มของสัญญาณและระยะทางในการ calibrate ออกเป็นช่วงๆซึ่งหากใช้การระบุตำแหน่งแบบการใช้จุดตัดนั้นจะมีการเพิ่มความคลาดเคลื่อนมากยิ่งขึ้น
3) การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้ความเข้มของสัญญาณ Access Point นั้นมีความคลาดเคลื่อนสูงเนื่องจากความเข้มของสัญญาณนั้นแปรปรวนสูงมาก ในการเก็บค่าข้อมูลค่าความเข้มสัญญาณมีปัจจัยทำให้ค่าความเข้มเปลี่ยนแปลงเยอะมาก เช่น สภาพอากาศ, สิ่งกีดขวาง, wireless card เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยทำให้ค่าความเข้มสัญญาณเปลี่ยนแปลงทั้งนั้น
4) ข้อมูลที่เก็บได้จากการ calibrate นั้นยังน้อยเกินไปต้องเก็บข้อมูลเพิ่มมากกว่านี้ เพื่อดูแนวโน้มค่าความเข้มของสัญญาณ Access Point
5) Access Point ที่ทำการสำรวจบางครั้งเปิดไม่ครบ โดยเฉพาะห้อง LAB708 และ ห้อง LAB704

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5 อุปสรรคและปัญหาของการระบุตำแหน่งภายนอกอาคาร

1) ในการหาค่าพิกัดตำแหน่งของระบบ GPS มีค่าความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจาก สภาพภูมิอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย
2) ในบางช่วงเครื่องรับสัญญาณ GPS สามารถจับสัญญาณดาวเทียมได้น้อย จึงทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Mikhail, E.M., Bethel, J.S., McGlone, J.C., 2001, **Appendix A : Mathematics for Photogrammetry in Introduction to Modern Photogrammetry**, John Wiley & Sons, Inc.

S. Halford : M. WebsterMay, 2001 ; **"Frequently Asked Questions on CCK-OEDM"** ; doc. : IEEE 802.1I-O1/2X4 I.Zyren : P. Chiuchiolo : A. Garret : M. Seals.

Louise Barkhuus and Anind Dey (2003). **Location-Based Services for Mobile Telephony** : a Study of Users' PrivacyConcerns.

Parsons LD , Gardingr JG (1989) **Mobile Communication Systems**, Halsted Press, New York , USA.

Hjelm J (2002) **Creating location services for the wireless web**, Wiley, New York, USA, 15-40.

V.M. Vishnevsky and A.I. Lyakhov 2002, **"802.11 LANs : SaturationThroughput in the Presence of Noise,"** Proc. Second Int'l IFIP TC6Networking Conf.

Aad and C. Castelluccia 2001. **"Differentiation mechanismsfor IEEE 802.11"**, proceeding on IEEE Infocom.

Vietnamese GPS 2006-2010. **NMEA sentences.** [Online].
Available : http://www.digitalmobilemap.com/index.php?slug=nmea-sentence.

GPSdeedee 2010. **หลักการทำงาน GPS.** [Online].
Available : http://www.gpsdeedee.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538825826.

ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย 1999 - 2010. Learning GPS. **[Online].**
Available : http://www.gisthai.org/index.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Smithsonian Institution 1998. **How Does GPS Work. [Online].**

Available : http://www.rtsd.mi.th/school/coordinate/coordinate2.htm.

Variakojis 2002. **NMEA Parser Design.** [Online].

Available: http://www.visualgps.net/Papers/NMEAParser/NMEA%20Parser%20Design.htm, accessed 10-Oct-2007.

Rare Niche2006 - 2008. **How GPS work.** [Online].

Available : http://www.how-gps-works.com.

Texas Instrument 2009. "Robotics4.NET – Manage WiFi". [Online].

Available : http://www.robotics4.net/Software/ManagedWiFi.aspx.2006.

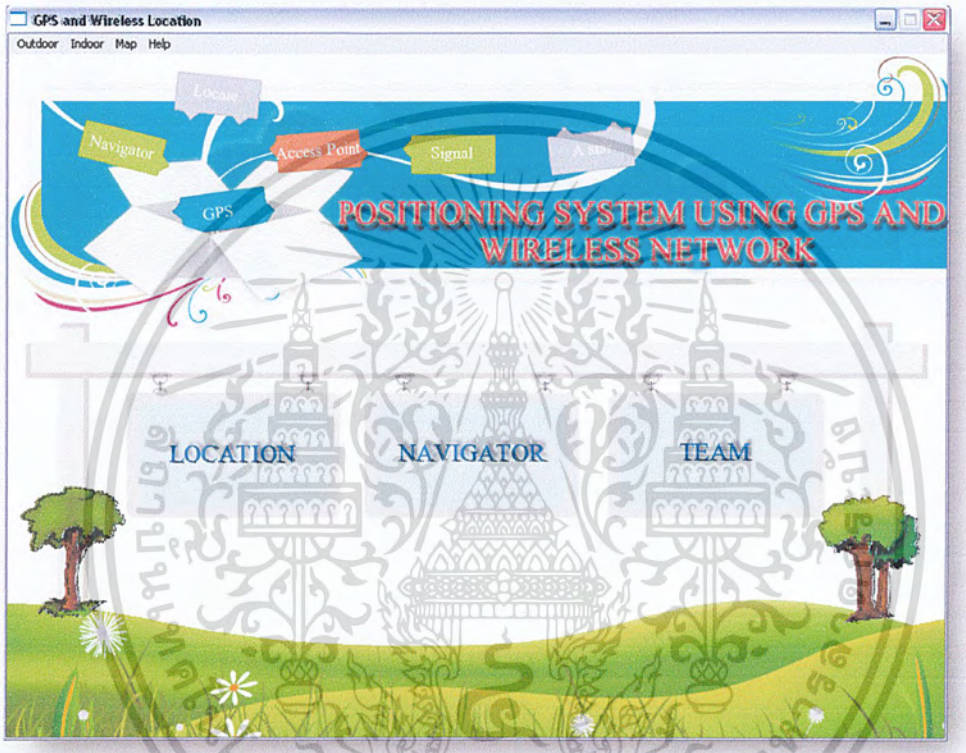
อำนาจ มีมงคล. อรรณพ ขันธิกุล 2547. **ออกแบบและติดตั้งเครือข่าย Wireless LAN.** นนทบุรี : บริษัท ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด.

Louise Barkhuus and Anind Dey (2003). **Location-Based Services for Mobile Telephony** : a Study of Users' PrivacyConcerns.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การใช้งานโปรแกรม

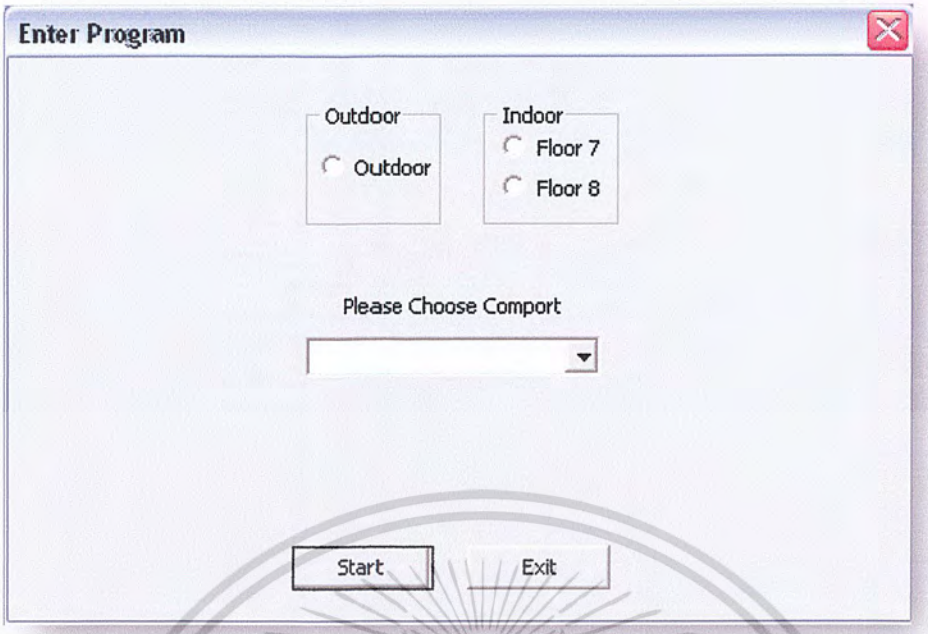
เมื่อทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมา จะเข้าสู่เมนูหลักซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนจะมีในส่วนของ Location Navigator และ Team



รูป ก.1 เมนูหลักของโปรแกรม

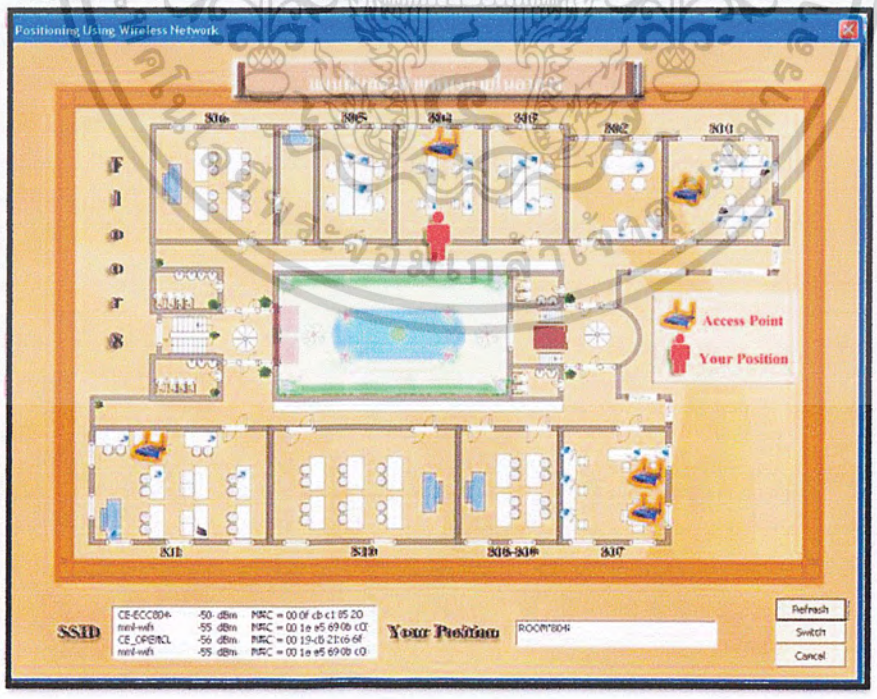
เมื่อทำการคลิกที่ LOCATION จะเป็นการเข้าสู่ mode การค้นหาพิกัดตำแหน่ง โดยจะมีการตั้งค่าเบื้องต้นก่อนที่จะเริ่มต้นการค้นหาตำแหน่งดังรูป ก.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.2 การตั้งค่าของโปรแกรม

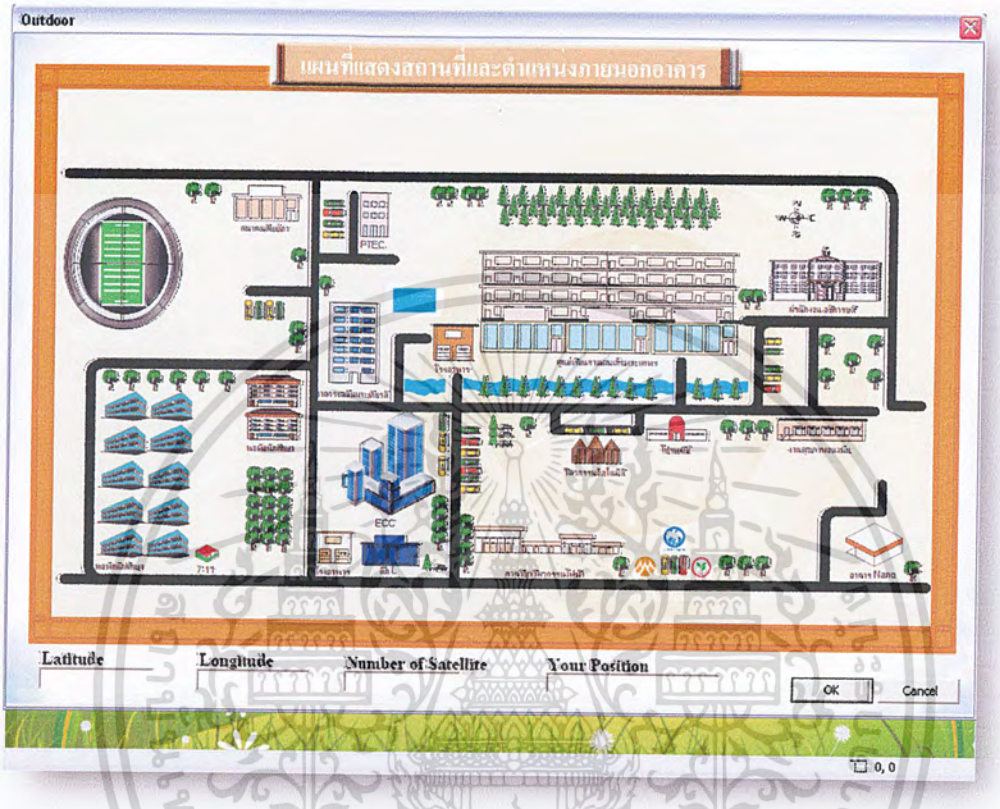
กรณีที่อยู่ภายในอาคาร โปรแกรมจะแสดงตำแหน่งขึ้นมาดังรูป ก.3 โดยจะมีการแสดงค่า SSID ค่าความเข้มของ Access point และจะมีการบอกตำแหน่งทั้งในรูปของข้อความและแผนที่



รูป ก.3 การแสดงตำแหน่งภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

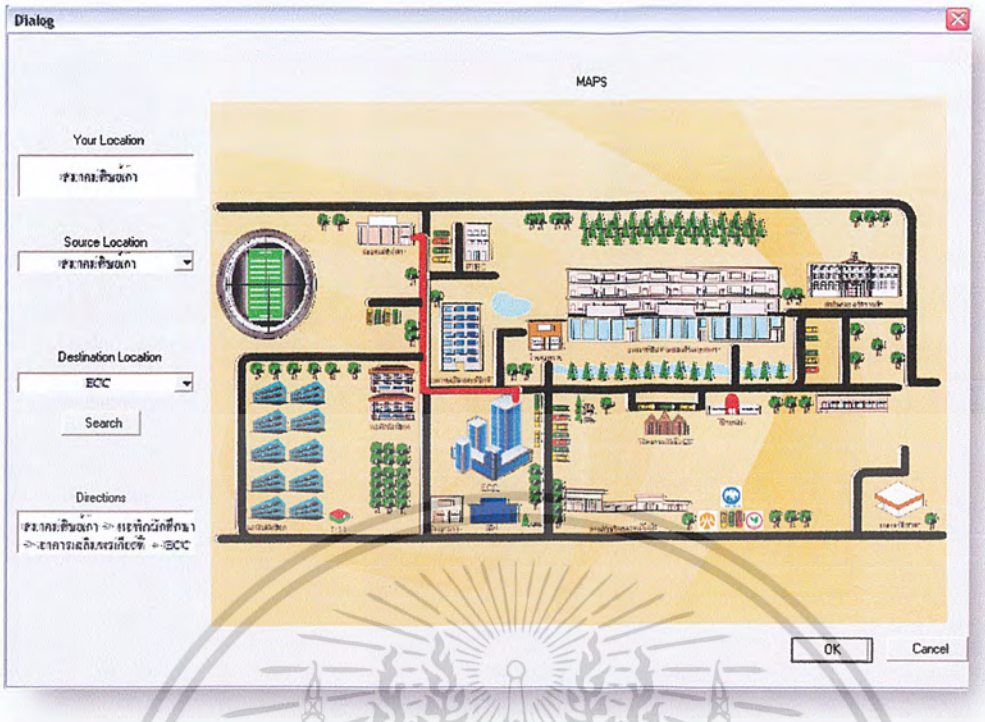
กรณีที่อยู่ภายนอกอาคาร โปรแกรมจะแสดงตำแหน่งขึ้นมาดังรูป ก.4 โดยจะมีการแสดงค่าพิกัดละติจูดและค่าลองจิจูด จำนวนดาวเทียมที่สามารถรับสัญญาณได้และจะมีการบอกตำแหน่งทั้งในรูปของข้อความและแผนที่



รูป ก.4 การแสดงตำแหน่งภายนอกอาคาร

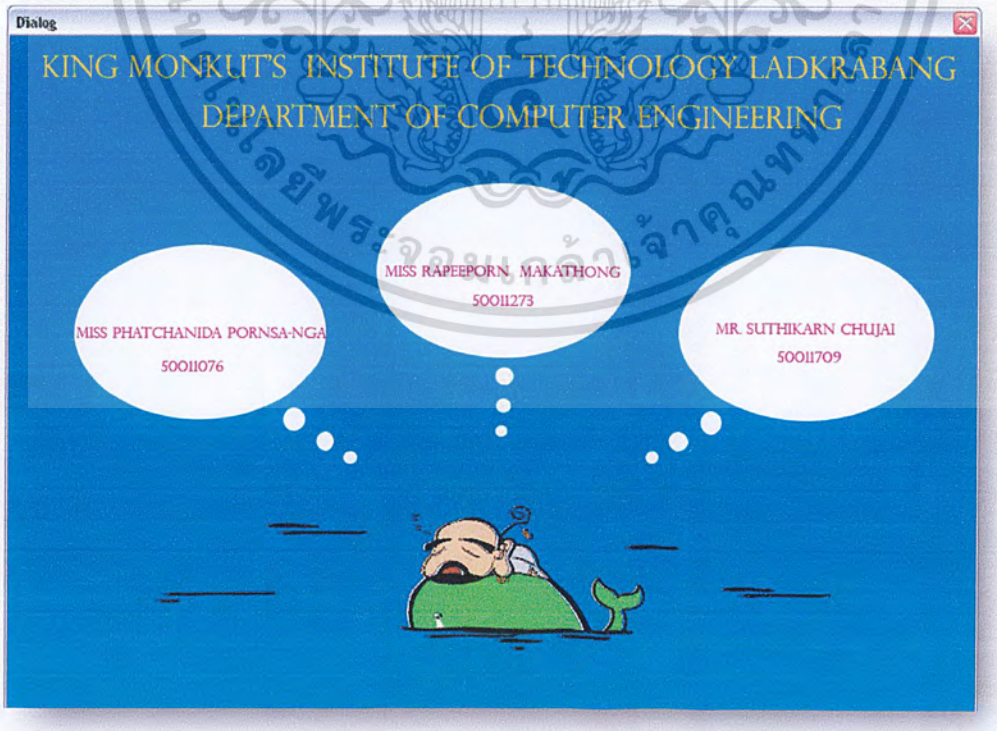
ถ้าทำการเลือก Mode เป็น Navigator ระบบจะแสดงหน้าต่างขึ้นมาดังรูป ก.5 จะเป็นการแสดงหาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยจะมีการใส่สถานที่ต้นทางและสถานที่ปลายทางที่ต้องการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เมื่อโปรแกรมในส่วนนี้ทำงานจะมีการแสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดออกมาในรูปแบบของข้อความและแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.5 การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

ถ้าทำการเลือก Mode เป็น Team จะเป็นการแสดงรายชื่อผู้พัฒนาโปแกรมนี้ดังรูป ก.6



รูป ก.6 แสดงรายชื่อผู้พัฒนาโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้