

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โปรแกรมนำทางโดยใช้ความแรงของสัญญาณจากแอคเซสพอยน์  
NAVIGATOR APPLICATION USING SIGNAL STRENGTH FROM  
ACCESS POINT



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 06083  
วัน,เดือน,ปี... ๒๐ ส.ค. 2553

b. 12146730  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**NAVIGATOR APPLICATION USING SIGNAL STRENGTH FROM  
ACCESS POINT**



**A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY  
FACULTY OF INFORMATION TECNOLOGY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2/2008**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2009**

**FACULTY ON INFORMATION TECHNOLOGY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบรับรองปริญญาโท ประจำปีการศึกษา 2551

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โปรแกรมนำทางโดยใช้ความแรงของสัญญาณจากแอคเซสพอยน์  
Navigator Application Using Signal Strength From Access  
Point

ผู้จัดทำ

1. นายวรวงศ์ แซ่ตั้ง รหัสนักศึกษา 48070153
2. นายวิศัลย์ วลีวิวัฒน์ รหัสนักศึกษา 48070162

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผศ.ดร. จันทรบุรณ สติตวิริยวงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมนำทางโดยใช้ความแรงของสัญญาณจากแอคเซสพอยน์
นักศึกษา	นายวรวงษ์ แซ่ตั้ง
รหัสนักศึกษา	48070153
นักศึกษา	นายวิศัลย์ วลีวิวัฒน์
รหัสนักศึกษา	48070162
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2551
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.จันทร์บุรณ สติตวิริยวงศ์

### บทคัดย่อ

โครงงานนี้เสนอความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายและแนวคิดในการใช้เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย เพื่อคำนวณหาระยะทางระหว่างอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายไร้สายซึ่งการรู้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายไร้สาย จะทำให้เราสามารถพัฒนาระบบที่อ้างอิงกับตำแหน่งได้เนื่องจากการติดต่อหรือไปยังสถานที่ที่ไม่เคยไปมาก่อน อาจทำให้ต้องเสียเวลาในการหาข้อมูลของสถานที่นั้นๆ ในปัจจุบันนี้เครือข่ายไร้สายได้ถูกนำมาใช้ในองค์กรและสถานที่ต่างๆอย่างกว้างขวางเพื่อใช้สำหรับให้บริการเชื่อมต่อเครือข่าย จึงเป็นแนวคิดที่จะพัฒนาโปรแกรมนำทางโดยใช้ประโยชน์จากการกระจายตัวของแอคเซสพอยต์ทั่วบริเวณต่างๆภายในอาคารมาใช้ในการพัฒนาโครงงานโดยใช้ความแรงของสัญญาณและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการระบุตำแหน่ง ผู้ใช้ยังสามารถทำการค้นหาสถานที่และมีแผนที่แนะนำเส้นทางได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Title** Navigator Application Using Signal Strength from Access Point  
**Student** Mr. Worawong Sae-Tung  
**Student ID.** 48070153  
**Student** Mr. Wison Waseewiwat  
**Student ID.** 48070162  
**Degree** Bachelor of Science  
**Program** Information Technology  
**Academic Year** 2008  
**Advisor** Asst.Prof.Dr.Chanboon Sathitwiriawong

## ABSTRACT

This project proposes wireless network knowledge and how to uses wireless network to calculate distances between wireless nodes. Then we can develop Location-Base Application, because when you go to any buildings you have never been affect you waste time to search building data. In present day, most organizations and buildings had deployed wireless network therefore we have idea to develop navigation program from the benefit of access points distribution to determine position of user or wireless node by using signal strength and mathematics method .User can search rooms, then application will navigate to the rooms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดี ด้วยคำปรึกษาและความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร.จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งที่ได้ให้ความช่วยเหลือแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นที่ในระหว่างการทำโครงการตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีในการทำงาน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆให้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศที่ได้ให้ความร่วมมือในการให้ความสะดวกในการเข้า ออกใช้สถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ น้อง และเพื่อนคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือคำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมาและให้เยี่ยมอุปกรณ์ สถานที่ เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำโครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณสมาชิกในกลุ่มที่ได้ร่วมกันทำโครงการด้วยความพยายามมานะอดทน เพื่อให้ปริญาณิพนธ์เล่มนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากโครงการนี้ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วรวงศ์ แซ่ตั้ง

วิศัลย์ วสีวิวัฒน์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VII
สารบัญรูป .....	VIII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา .....	1
1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย .....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย .....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง .....	3
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมาตรฐาน IEEE 802.11 .....	3
2.1.1 วิวัฒนาการของมาตรฐาน IEEE 802.11 .....	3
2.1.1.1 IEEE 802.11b .....	4
2.1.1.2 IEEE 802.11a .....	4
2.1.1.3 IEEE 802.11e .....	5
2.1.1.4 IEEE 802.11i .....	5
2.1.1.5 IEEE 802.11g .....	5
2.1.2 ลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN .....	8
2.1.2.1 โหมด Infrastructure .....	8
2.1.2.2 โหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer .....	9
2.1.3 การเข้าใช้ช่องสัญญาณด้วยกลไก CSMA/CA .....	10
2.1.3.1 CSMA with Random Back-Off .....	10
2.1.3.2 CSMA/CD .....	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ IV ศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 Flow Chart .....	26
บทที่ 4 ผลการทดลองและการใช้โปรแกรม .....	28
4.1 ผลการทดลองเพื่อหาระยะทางโดยใช้เวลาในการเดินทางของ Packet .....	28
4.2 ผลการทดลองเพื่อเก็บค่าความสัมพันธ์ความแรงของสัญญาณและระยะทาง .....	28
4.2.1 ผลการเก็บค่าความแรงของสัญญาณของ Access Point ตัวที่ 1 (7A:83) .....	28
4.2.2 ผลการเก็บค่าความแรงของสัญญาณของ Access Point ตัวที่ 1 (7A:3B) .....	30
4.3 การใช้โปรแกรม .....	31
4.3.1 การทำงานของโปรแกรม .....	31
บทที่ 5 สรุปผลโครงการ .....	35
5.1 สรุปผลโครงการ .....	35
5.2 ปัญหาและอุปสรรค .....	35
บรรณานุกรม .....	36
ประวัติผู้เขียน .....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงมาตรฐาน Wireless Lan .....	6
4.1 ตารางแสดงค่าความแรงสัญญาณของ Access Point ตัวที่ 1 (7A:83) .....	28
4.2 ตารางแสดงค่าความแรงสัญญาณของ Access Point ตัวที่ 1 (7A:3B) .....	30
4.3 ตารางแสดงผลพัทธ์จากการคำนวณระยะทางของโปรแกรม .....	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ **VII** ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดง BSS และESS .....	8
2.2 แสดงการทำงานในโหมด Adhoc หรือ Peer-to-Peer Mode .....	9
2.3 แสดงHidden Node Problem และ กลไก RTS/CTS Handshake .....	11
2.4 แสดงICMP Ping sequence diagram .....	14
2.5 แสดงค่าความแรงของสัญญาณจาก Radiotap Header ของ Bacon Frame .....	15
2.6 แสดงพิกัดที่เกิดจากการตัดกันของสมการวงกลม .....	18
2.7 แสดงตำแหน่งของผู้ใช้ จากกลุ่มของพิกัดที่อยู่ใกล้เดียวกัน .....	19
3.1 แสดงการระบุตำแหน่งโดยใช้ Access Point 1 ตัว .....	20
3.2 แสดงการระบุตำแหน่งโดยใช้ Access Point 2 ตัว .....	21
3.3 แสดงการระบุตำแหน่งโดยใช้ Access Point 3 ตัว .....	22
3.4 แสดงRouter Wireless รุ่น WRVS4400N .....	23
3.5 แสดงสถานที่ทดลอง .....	24
3.6 แสดงลำดับการส่ง Packet ในการส่ง Ping Request และ รอรับ Ping Reply .....	25
3.7 แสดง Flow Chart Diagram ของส่วนคำนวณระยะทางและพิกัด .....	26
3.8 แสดง Flow Chart Diagram ของส่วนแสดงเส้นทาง .....	27
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแรงของสัญญาณกับระยะทางของ AP 1 (7A:83) .....	29
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแรงของสัญญาณกับระยะทางของ AP 1 (7A:3B) .....	30
4.3 แสดงGUI เมื่อเริ่มเรียกโปรแกรม .....	31
4.4 แสดงเส้นทางเมื่อกดปุ่ม Show Path .....	32

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่าย LAN แบบไร้สาย หรือ WLAN (Wireless LAN) กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากประโยชน์ของ WLAN มีอยู่มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง WLAN สร้างความสะดวกและอิสระในการใช้งานและติดตั้งเครือข่ายเทคโนโลยี WLAN ทำให้การเชื่อมต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในบ้านหรือสำนักงานเข้าด้วยกันหรือต่อเข้ากับเครือข่ายไม่จำเป็นต้องใช้สายนำสัญญาณให้ยุ่งยากและดูเกะกะอีกต่อไป อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั้งแบบตั้งโต๊ะและพกพาสามารถเชื่อมต่อถึงกันหรือเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายจากตำแหน่งต่างๆ ที่อยู่ในรัศมีของสัญญาณได้อย่างอิสระ

ซึ่งการรู้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายไร้สาย จะทำให้เราสามารถพัฒนาระบบที่อ้างอิงกับตำแหน่งได้ เนื่องจากการติดต่อระยะ หรือไปยังสถานที่ที่ไม่เคยไปมาก่อน อาจทำให้ต้องเสียเวลาในการหาข้อมูลของสถานที่นั้นๆ ในปัจจุบันนี้เครือข่ายไร้สายได้ถูกนำมาใช้ในองค์กร และสถานที่ต่างๆอย่างกว้างขวางเพื่อใช้สำหรับให้บริการเชื่อมต่อเครือข่าย จึงเป็นแนวคิดที่จะพัฒนาโครงการระบบระบบนำทางและสารสนเทศอาคารสถานที่ โดยโครงการนี้ได้อาศัยประโยชน์จากการกระจายตัวของแอคเซสพอยต์ทั่วบริเวณต่างๆภายในอาคารมาใช้ในการพัฒนาโครงการ สำหรับให้ข้อมูลอาคารสถานที่ ณ ตำแหน่งที่ผู้ใช้ใช้ โดยใช้ความแรงของสัญญาณและวิธีการทางคณิตศาสตร์ ในการระบุตำแหน่ง โดยผู้ใช้สามารถทำการค้นหาสถานที่และมีแผนที่แนะนำเส้นทางได้ด้วย

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

รายงานฉบับนี้มุ่งเพื่อศึกษาการคำนวณระยะทางระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย ให้มีความคลาดเคลื่อนของระยะทางไม่เกิน 5 เมตรเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แม่นยำมากพอ ไม่ให้คลาดเคลื่อนจนตำแหน่งผิดพลาด เช่น ตำแหน่งจริงๆ อยู่หน้าห้อง 205 แต่ถ้าคำนวณแล้วได้ตำแหน่งที่ห้อง 203 ก็ทำให้ข้อมูลที่ส่งไปให้ผู้ใช้ก็จะผิดพลาดกับสถานที่ที่ผู้ใช้จริงๆ ซึ่งความแม่นยำในการคำนวณขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่าง Client และ Access Point ที่คำนวณออกมาได้ ยิ่งแม่นยำเท่าไรการระบุตำแหน่งก็ทำได้แม่นยำมากขึ้นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

เราจะใช้วิธีการในการนำข้อมูลในระบบเครือข่ายไร้สายเพื่อนำมาหาระยะทางระหว่าง Client กับ Access Point จากนั้นก็นำระยะทางที่คำนวณมาได้ ไปคำนวณเพื่อหาตำแหน่งโดยใช้หลักการตัดกันของสมการวงกลม

### 1.4 ขอบเขตการวิจัย

รายงานฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการคำนวณหาระยะทางระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย เพื่อนำระยะทางที่ได้จากการวัดหลายครั้ง กับหลาย Access point เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่คลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 เมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบเครือข่ายไร้สาย ทฤษฎีเกี่ยวกับความแรงของสัญญาณ การคำนวณระยะทางโดยใช้ข้อมูลในระบบเครือข่ายไร้สาย และการใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตำแหน่ง ซึ่งเนื้อหาทั้งหมดนี้จำเป็นสำหรับการศึกษา เพื่อทำโครงการงาน

### 2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมาตรฐาน IEEE 802.11

มาตรฐาน IEEE 802.11 ซึ่งได้รับการตีพิมพ์ครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ.2540 โดย IEEE (The Institute of Electronics and Electrical Engineers) และเป็นเทคโนโลยีสำหรับ WLAN ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด คือข้อกำหนด (Specification) สำหรับอุปกรณ์ WLAN ในส่วนของ Physical (PHY) Layer และ Media Access Control (MAC) Layer โดยในส่วนของ PHY Layer มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดให้อุปกรณ์มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1, 2, 5.5, 11 และ 54 Mbps โดยมีสื่อ 3 ประเภทให้เลือกใช้ได้แก่ คลื่นวิทยุที่ความถี่สาธารณะ 2.4 และ 5 GHz, และอินฟราเรด (Infrared) (1 และ 2 Mbps เท่านั้น) สำหรับในส่วนของ MAC Layer มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดให้มีกลไกการทำงานที่เรียกว่า CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับหลักการ CSMA/CD (Collision Detection) ของมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในเครือข่าย LAN แบบใช้สายนำสัญญาณ นอกจากนี้ในมาตรฐาน IEEE802.11 ยังกำหนดให้มีทางเลือกสำหรับสร้างความปลอดภัยให้กับเครือข่าย IEEE 802.11 WLAN โดยกลไกการเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) และการตรวจสอบผู้ใช้ (Authentication) ที่มีชื่อเรียกว่า WEP (Wired Equivalent Privacy) ด้วย

#### 2.1.1 วิวัฒนาการของมาตรฐาน IEEE 802.11

มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้รับการตีพิมพ์ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2540 ซึ่งอุปกรณ์ตามมาตรฐานดังกล่าวจะมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1 และ 2 Mbps ด้วยสื่ออินฟราเรด (Infrared) หรือคลื่นวิทยุที่ความถี่ 2.4 GHz และมีกลไก WEP ซึ่งเป็นทางเลือกสำหรับสร้างความปลอดภัยให้กับเครือข่าย WLAN ได้ในระดับหนึ่ง เนื่องจากมาตรฐาน IEEE 802.11 เวอร์ชันแรกเริ่มมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำและไม่มีการรองรับหลักการ Quality of Service (QoS) ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาด อีกทั้งกลไกรักษาความปลอดภัยที่ใช้ยังมีช่องโหว่อยู่มาก IEEE จึงได้จัดตั้งคณะทำงาน (Task Group) ขึ้นมาหลายชุดด้วยกันเพื่อทำการปรับปรุงเพิ่มเติมมาตรฐานให้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศักยภาพสูงขึ้น โดยคณะทำงานกลุ่มที่มีผลงานที่น่าสนใจและเป็นที่ยอมรับกันดีได้แก่ IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11e, IEEE 802.11g, และ IEEE 802.11i

#### 2.1.1.1 IEEE 802.11b

คณะทำงานชุด IEEE 802.11b ได้ตีพิมพ์มาตรฐานเพิ่มเติมนี้เมื่อปี พ.ศ. 2542 ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันดีและใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด มาตรฐาน IEEE 802.11b ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า CCK (Complimentary Code Keying) ผสมกับ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps ผ่านคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz (เป็นย่านความถี่ที่เรียกว่า ISM (Industrial Scientific and Medical) ซึ่งถูกจัดสรรไว้อย่างสากลสำหรับการใช้งานอย่างสาธารณะด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม และการแพทย์ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ย่านนี้ก็เช่น IEEE 802.11, Bluetooth, โทรศัพท์ไร้สาย, และเตาไมโครเวฟ) ส่วนใหญ่แล้วอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะเป็นอุปกรณ์ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b นี้และใช้เครื่องหมายการค้าที่ยอมรับกันดีในนาม Wi-Fi ซึ่งเครื่องหมายการค้าดังกล่าวถูกกำหนดขึ้นโดยสมาคม WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) โดยอุปกรณ์ที่ได้รับเครื่องหมายการค้าดังกล่าวได้ผ่านการตรวจสอบแล้วว่าเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.11b และสามารถนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ยี่ห้ออื่นๆที่ได้รับเครื่องหมาย Wi-Fi ได้

#### 2.1.1.2 IEEE 802.11a

คณะทำงานชุด IEEE 802.11a ได้ตีพิมพ์มาตรฐานเพิ่มเติมนี้เมื่อปี พ.ศ. 2542 มาตรฐาน IEEE 802.11a ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps แต่จะใช้คลื่นวิทยุที่ความถี่ 5 GHz ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะสำหรับใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์อื่นน้อยกว่าในย่านความถี่ 2.4 GHz อย่างไรก็ตามข้อเสียหนึ่งของมาตรฐาน IEEE 802.11a ที่ใช้คลื่นวิทยุที่ความถี่ 5 GHz ก็คือในบางประเทศย่านความถี่ดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้งานได้อย่างสาธารณะ ตัวอย่างเช่น ประเทศไทยไม่อนุญาตให้มีการใช้งานอุปกรณ์ IEEE 802.11a เนื่องจากความถี่ย่าน 5 GHz ได้ถูกจัดสรรสำหรับกิจการอื่นอยู่ก่อนแล้ว นอกจากนี้ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งของอุปกรณ์ IEEE 802.11a WLAN ก็คือรัศมีของสัญญาณมีขนาดค่อนข้างสั้น (ประมาณ 30 เมตร ซึ่งสั้นกว่ารัศมีสัญญาณของอุปกรณ์ IEEE 802.11b WLAN ที่มีขนาดประมาณ 100 เมตร สำหรับการใช้งานภายในอาคาร) อีกทั้งอุปกรณ์ IEEE 802.11a WLAN ยังมีราคาสูงกว่า IEEE 802.11b WLAN ด้วย ดังนั้นอุปกรณ์ IEEE 802.11a WLAN จึงได้รับความนิยมน้อยกว่า IEEE 802.11b WLAN มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1.3 IEEE 802.11e

คณะทำงานชุดนี้ได้รับมอบหมายให้ปรับปรุง MAC Layer ของ IEEE 802.11 เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานหลักการ Quality of Service สำหรับ application เกี่ยวกับมัลติมีเดีย (Multimedia) เนื่องจาก IEEE 802.11e เป็นการปรับปรุง MAC Layer ดังนั้นมาตรฐานเพิ่มเติมนี้จึงสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN ทุกเวอร์ชันได้ แต่อย่างไรก็ตามการทำงานของคณะทำงานชุดนี้ยังไม่แล้วเสร็จในขณะนี้ (พฤษภาคม พ.ศ. 2546)

### 2.1.1.4 IEEE 802.11i

คณะทำงานชุดนี้ได้รับมอบหมายให้ปรับปรุง MAC Layer ของ IEEE 802.11 ในด้านความปลอดภัย เนื่องจากเครือข่าย IEEE 802.11 WLAN มีช่องโหว่อยู่มากโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) ด้วย key ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง คณะทำงานชุด IEEE 802.11i จะนำเอาเทคนิคขั้นสูงมาใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลด้วย key ที่มีการเปลี่ยนค่าอยู่เสมอและการตรวจสอบผู้ใช้ที่มีความปลอดภัยสูง มาตรฐานเพิ่มเติมนี้จึงสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN ทุกเวอร์ชันได้ แต่อย่างไรก็ตามการทำงานของคณะทำงานชุดนี้ยังไม่แล้วเสร็จในขณะนี้ (พฤษภาคม พ.ศ. 2546)

### 2.1.1.5 IEEE 802.11g

คณะทำงานชุด IEEE 802.11g ได้ใช้นำเทคโนโลยี OFDM มาประยุกต์ใช้ในช่องสัญญาณวิทยุความถี่ 2.4 GHz ซึ่งอุปกรณ์ IEEE 802.11g WLAN มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps ส่วนรัศมีสัญญาณของอุปกรณ์ IEEE 802.11g WLAN จะอยู่ระหว่างรัศมีสัญญาณของอุปกรณ์ IEEE 802.11a และ IEEE 802.11b เนื่องจากความถี่ 2.4 GHz เป็นย่านความถี่สาธารณะสากล อีกทั้งอุปกรณ์ IEEE 802.11g WLAN สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ IEEE 802.11b WLAN ได้ (backward-compatible) ดังนั้นจึงมีแนวโน้มสูงกว่าอุปกรณ์ IEEE 802.11g WLAN จะได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายหากมีราคาไม่แพงจนเกินไปและน่าจะมาแทนที่ IEEE 802.11b ในที่สุด ตามแผนการแล้วมาตรฐาน IEEE 802.11g จะได้รับการตีพิมพ์ประมาณช่วงกลางปี พ.ศ. 2546

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงมาตรฐาน Wireless Lan

	802.11	802.11a	802.11b	802.11g
<b>Standard Approved</b>	July 1997	September 1999	September 1999	June 2003
<b>Available Bandwidth</b>	83.5 MHz	300 MHz	83.5 MHz	83.5 MHz
<b>Unlicensed Frequencies of Operation</b>	2.4-2.4835 GHz DSSS, FHSS	5.15-5.35 GHz 5.425-5.675 GHz 5.725-5.825GHz OFDM	2.4-2.4835GHz DSSS	2.4-2.4835GHz DSSS, OFDM
<b>Data Rate per Channel</b>	2, 1 Mbps	54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps	11, 5.5, 2, 1Mbps	54, 36, 33, 24, 22, 12, 11, 9, 6, 5.5, 2, 1 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงมาตรฐาน Wireless Lan (ต่อ)

<b>Modulation</b>	DQPSK	BPSK (6, 9 Mbps)	DQPSK/CCK	OFDM/CCK (6,9,
<b>Type</b>	(2 Mbps DSSS)	QPSK (12, 18	(11, 5.5 Mbps)	12,18,24,36,48,54
	DBPSK	Mbps)	DQPSK (2 Mbps)	) OFDM
	(1 Mbps DSSS)	16-QAM (24, 36	DBPSK (1 Mbps)	(6,9,12,18,
	4GFSK	Mbps)		24,36,48,54)
	(2Mbps FHSS)	64-QAM (48, 54		DQPSK/CCK
	2GFSK	Mbps)		(22, 33, 11, 5.5
	(1Mbps FHSS)			Mbps)
				DQPSK(2 Mbps)
				DBPSK(1 Mbps)
<b>Compatibility</b>	802.11	Wi-Fi (5 GHz)	Wi-Fi	Wi-Fi at 11Mbps And below

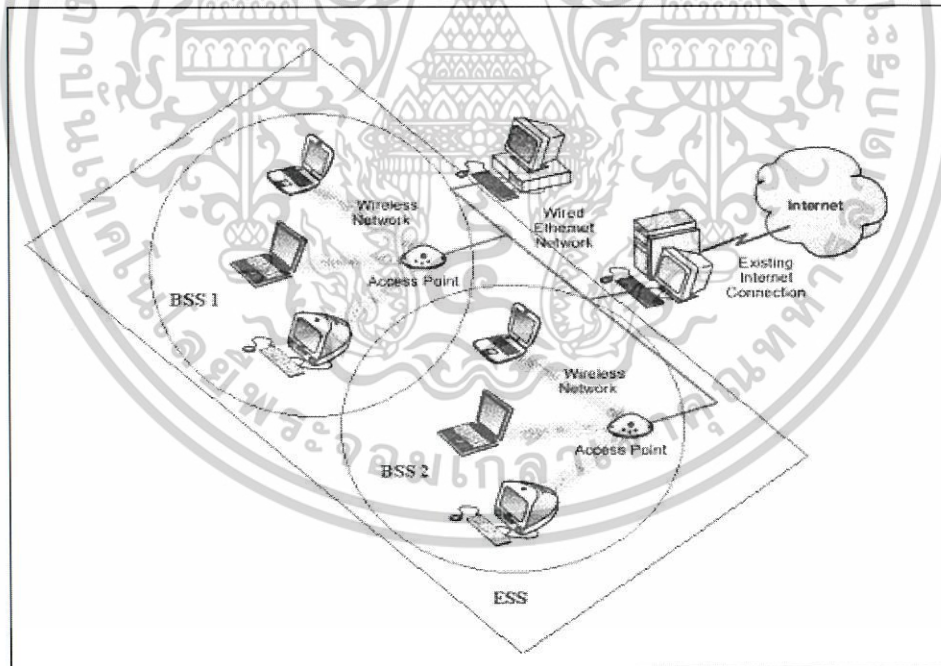
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1.2 ลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN

มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ภายในเครือข่าย WLAN ไว้ 2 ลักษณะคือ โหมด Infrastructure และ โหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer

### 2.1.2.1 โหมด Infrastructure

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ในเครือข่าย IEEE 802.11 WLAN จะเชื่อมต่อกันในลักษณะของ โหมด Infrastructure ซึ่งเป็นโหมดที่อนุญาตให้อุปกรณ์ภายใน WLAN สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่นได้ ในโหมด Infrastructure นี้เครือข่าย IEEE 802.11 WLAN จะประกอบไปด้วย อุปกรณ์ 2 ประเภทได้แก่ สถานีผู้ใช้ (Client Station) ซึ่งก็คืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Desktop, Laptop, หรือ PDA ต่างๆ) ที่มีอุปกรณ์ Client Adapter เพื่อใช้รับส่งข้อมูลผ่าน IEEE 802.11 WLAN และสถานีแม่ข่าย (Access Point) ซึ่งทำหน้าที่ต่อเชื่อมสถานีผู้ใช้เข้ากับเครือข่ายอื่น (ซึ่งโดยปกติจะเป็นเครือข่าย IEEE 802.3 Ethernet LAN) การทำงานในโหมด Infrastructure มีพื้นฐานมาจากระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ กล่าวคือสถานีผู้ใช้จะสามารถรับส่งข้อมูลโดยตรงกับสถานีแม่ข่ายที่ให้บริการแก่สถานีผู้ใช้นั้นอยู่เท่านั้น ส่วนสถานีแม่ข่ายจะทำหน้าที่ส่งต่อ (forward) ข้อมูลที่ได้รับจากสถานีผู้ใช้ไปยังจุดหมายปลายทางหรือส่งต่อข้อมูลที่รับจากเครือข่ายอื่นมายังสถานีผู้ใช้



รูปที่ 2.1 แสดง BSS และ ESS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Basic Service Set (BSS)

Basic Service Set (BSS) หมายถึงบริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 WLAN ที่มีสถานีแม่ข่าย 1 สถานี ซึ่งสถานีผู้ใช้งานภายในขอบเขตของ BSS นี้ทุกสถานีจะต้องสื่อสารข้อมูลผ่านสถานีแม่ข่ายดังกล่าวเท่านั้น

### Extended Service Set (ESS)

Extended Service Set (ESS) หมายถึงบริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 WLAN ที่ประกอบด้วย BSS มากกว่า 1 BSS ซึ่งได้รับการเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน สถานีผู้ใช้สามารถเคลื่อนย้ายจาก BSS หนึ่งไปอยู่ในอีก BSS หนึ่งได้โดย BSS เหล่านี้จะทำการ Roaming หรือติดต่อสื่อสารกันเพื่อทำการโอนย้ายการให้บริการสำหรับสถานีผู้ใช้งานดังกล่าว

### 2.1.2.2 โหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer

เครือข่าย IEEE 802.11 WLAN ในโหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer เป็นเครือข่ายที่ปิดคือไม่มีสถานีแม่ข่ายและไม่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่น บริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 WLAN ในโหมด Ad-Hoc จะถูกเรียกว่า Independent Basic Service Set (IBSS) ซึ่งสถานีผู้ใช้หนึ่งสามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลกับสถานีผู้ใช้งานอื่นๆในเขต IBSS เดียวกันได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านสถานีแม่ข่าย แต่สถานีผู้ใช้งานจะไม่สามารถรับส่งข้อมูลกับเครือข่ายอื่นๆได้



รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานในโหมด Adhoc หรือ Peer-to-Peer Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 การเข้าใช้ช่องสัญญาณด้วยกลไก CSMA/CA

บทบาทหนึ่งของ MAC Layer ในมาตรฐาน IEEE 802.11 คือการจัดสรรการเข้าใช้ช่องสัญญาณซึ่งแต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS จะต้องแบ่งกันใช้ช่องสัญญาณที่ถูกกำหนดมา สำหรับใช้งานร่วมกันอย่างเป็นธรรม มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดให้ใช้กลไก CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) เพื่อจัดสรรการใช้ช่องสัญญาณร่วมกัน ดังกล่าว

#### 2.1.3.1 CSMA with Random Back-Off

กลไก CSMA (Carrier Sense Multiple Access) with Random Back-Off เป็นเทคนิคอย่างง่ายสำหรับจัดสรรการเข้าใช้ช่องสัญญาณของผู้ใช้แต่ละคน (ซึ่งต้องแบ่งกันใช้ช่องสัญญาณร่วมกัน) อย่างยุติธรรม กลไกนี้เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ในมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet LAN หลักการทำงานของกลไก CSMA คือ เมื่อสถานีหนึ่งต้องการเข้าใช้ช่องสัญญาณ สถานีดังกล่าวจะต้องตรวจสอบช่องสัญญาณก่อนว่ามีสถานีอื่นทำการรับส่งสัญญาณข้อมูลอยู่หรือไม่และรองนกว่าช่องสัญญาณจะว่าง เมื่อช่องสัญญาณว่างแล้วสถานีที่ต้องการเข้าใช้ช่องสัญญาณจะต้องรอต่อไปอีกระยะหนึ่ง (Random Back-Off) ซึ่งแต่ละสถานีได้กำหนดระยะเวลาในการรอดังกล่าวไว้แล้วด้วยการสุ่มค่าหลังจากเสร็จการเข้าใช้ช่องสัญญาณครั้งก่อน สถานีที่สุ่มได้ค่าระยะเวลาในการรอน้อยกว่าก็จะมีสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณก่อน แต่อย่างไรก็ตามในบางกรณี กลไกดังกล่าวอาจจะกำหนดให้สถานีมากกว่าหนึ่งสถานีส่งข้อมูลในเวลาพร้อมๆ กันซึ่งจะทำให้เกิดการชนกันของสัญญาณได้ ซึ่งหากเกิดการชนกันของสัญญาณขึ้นจะต้องมีการส่งสัญญาณข้อมูลเดิมซ้ำอีกครั้งด้วยกลไกที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

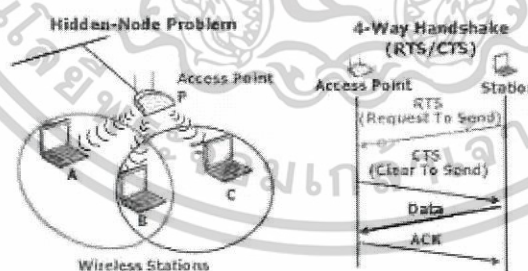
#### 2.1.3.2 CSMA/CD

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3.3 CSMA/CA with Acknowledgement

เป็นที่ควรสังเกตว่าเทคนิค CSMA/CD ไม่สามารถนำมาใช้กับ WLAN ซึ่งใช้การสื่อสารแบบไร้สายได้ สาเหตุหลักๆ ก็คือการตรวจสอบการชนกันของสัญญาณในระหว่างที่ทำการส่งสัญญาณจะต้องใช้อุปกรณ์รับส่งคลื่นวิทยุที่เป็น Full Duplex (สามารถรับและส่งสัญญาณในเวลาเดียวกันได้) ซึ่งจะมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์รับส่งคลื่นวิทยุที่ไม่สามารถรับและส่งสัญญาณในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้แต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS อาจไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานีอื่นทุกสถานี หรือปัญหาที่เรียกว่า Hidden Node Problem (ดังในรูปที่ 2.3: สถานี A ได้ยินสัญญาณจากสถานีแม่ข่าย (Access Point) แต่ไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานี C และในทางกลับกันสถานี C ไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานี A แต่ได้ยินสัญญาณจากสถานีแม่ข่าย ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวนี้เป็นสถานการณ์เกิดขึ้นใน WLAN โดยทั่วไป) ดังนั้นการตรวจสอบการชนกันของสัญญาณโดยตรงเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปได้ไม่ได้เลย มาตรฐาน IEEE 802.11 จึงได้กำหนดให้ใช้เทคนิค CSMA/CA with Acknowledgement สำหรับการจัดการการเข้าใช้ช่องสัญญาณของแต่ละสถานีเพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ ซึ่งการทำงานของกลไก CSMA/CA โดยหลักแล้วเป็นเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในส่วนของ CSMA with Random Back-Off แต่จะมีรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการชนกันของสัญญาณและเทคนิคสำหรับการตรวจสอบว่าเกิดการชนของสัญญาณหรือไม่แบบเป็นนัย โดยสถานีผู้ส่งสัญญาณข้อมูลจะต้องรอรับ Acknowledgement จากสถานีที่ส่งข้อมูลไปให้ หากไม่ได้รับ Acknowledgement กลับมาภายในเวลาที่กำหนดจะถือว่าเกิดการชนของสัญญาณขึ้นและต้องทำการส่งข้อมูลเดิมซ้ำอีกต่อไป



รูปที่ 2.3 แสดง Hidden Node Problem และ กลไก RTS/CTS Handshake

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการชนกันของสัญญาณนั้น มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้ใช้กลไกที่เรียกว่า Virtual Carrier Sense เพื่อแก้ไขปัญหาที่แต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS อาจไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานีอื่นบางสถานี (Hidden Node Problem) กลไกดังกล่าวมีการทำงานดังนี้ เมื่อสถานีที่ต้องการจะส่งแพ็กเก็ตข้อมูลได้รับสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณแล้วจะทำการส่งแพ็กเก็ตเก็ตสั้นๆ 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 IBSS ควรจะได้อินสัญญาณ RTS หรือไม่ก็ CTS อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง เมื่อได้รับ RTS หรือ CTS ทุกๆสถานีจะทราบถึงว่าช่วงเวลาที่จะระบุไว้ใน Duration ID ซึ่งช่องสัญญาณจะถูกใช้และทุกสถานีที่ยังไม่ได้รับสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณจะตั้งค่า NAV (Network Allocation Vector) ให้เท่ากับ Duration ID ซึ่งแสดงถึงช่วงเวลาที่ยังไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ ทุกๆสถานีจะใช้กลไก Virtual Carrier Sense ดังกล่าวผนวกกับการฟังสัญญาณในช่องสัญญาณจริงๆ ในการตรวจสอบว่าช่องสัญญาณว่างอยู่หรือไม่

## 2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับความแรงของสัญญาณ

### 2.2.1 ความแรงของสัญญาณคลื่นวิทยุ (RF signal strength)

ความแรงของสัญญาณคลื่นวิทยุ มีหน่วยวัด อยู่ 4 ชนิด ได้แก่ mW (milliwatts), dBm (“db”-milliwatts), RSSI (Receive Signal Strength Indicator), และ percentage ซึ่งหน่วยวัดแต่ละชนิดมีความสัมพันธ์กัน และสามารถแปลงหน่วยได้ เนื่องจากการเก็บค่าความแรงสัญญาณจากแพ็กเก็ตได้ ค่าความแรงสัญญาณในหน่วย dBm ค่าความแรงสัญญาณจึงสามารถแปลงเป็นหน่วย mW ได้จากสูตร

$$\text{dBm} = \log(\text{mW}) * 10 \quad (2.1)$$

### 2.2.2 The Receive Signal Strength Indicator (RSSI)

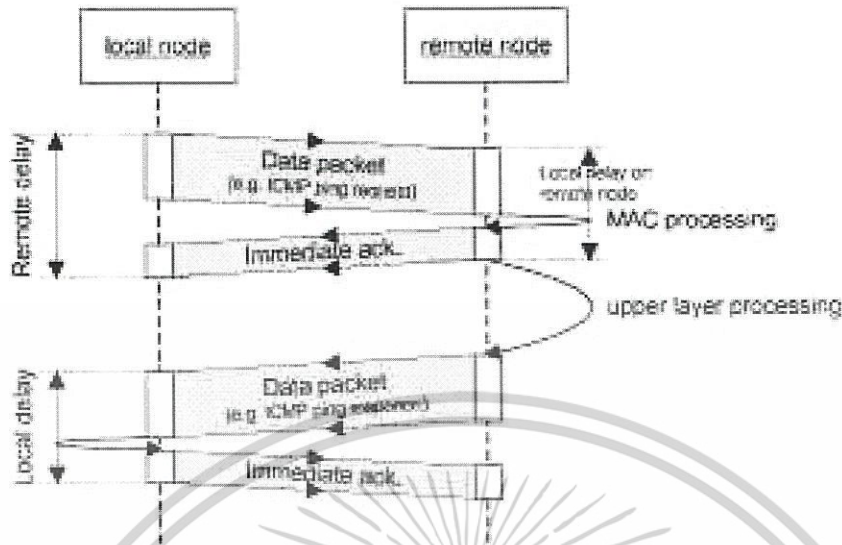
มาตรฐาน IEEE 802.11 กำหนดกลไกในการวัดความแรงสัญญาณเป็นตัวเลขซึ่งมีช่วงตั้งแต่ 0-255 เป็นค่า RSSI ซึ่งเป็นค่าที่ใช้แสดงถึงจำนวนช่วงของความแรงสัญญาณ โดยทั่วไปไม่มีผู้ผลิตเจ้าใดใช้ช่วงค่าครบทั้ง 256 ค่า เช่น 31, 61, 101 ช่วงของความแรง ซึ่งค่าดังกล่าวจะแบ่งช่วงของความแรงสัญญาณที่ wireless card นั้นตอบสนอง

## 2.3 การคำนวณระยะทางโดยใช้ข้อมูลในระบบเครือข่ายไร้สาย

การคำนวณหาระยะในระบบเครือข่ายไร้สายมีวิธีการหาระยะทางได้ 2 วิธีหลักๆ ได้แก่ การคำนวณหาระยะทางโดยใช้เวลาในการเดินทางของข้อมูล(แพ็กเก็ต) และการคำนวณหาระยะทางโดยใช้ความแรงของสัญญาณ

### 2.3.1 การคำนวณหาระยะทางโดยใช้เวลาในการเดินทางของข้อมูล(แพ็กเก็ต)

การคำนวณระยะทางจากเวลา เราจะสนใจที่การวัดเวลาในการเดินทาง 1 รอบ (Round Trip) ของ WLAN แพ็กเก็ต ซึ่งแต่ละ แพ็กเก็ต จะถูกตอบรับโดยตัวรับสัญญาณ ซึ่งเราจะหาค่าเวลาระหว่างเริ่มการส่งแพ็กเก็ตและเวลาที่ได้รับการตอบรับกลับมา ซึ่งเราจะเรียกมันว่า remote delay ( $t_{remote}$ )



รูปที่ 2.4 แสดง ICMP Ping sequence diagram.

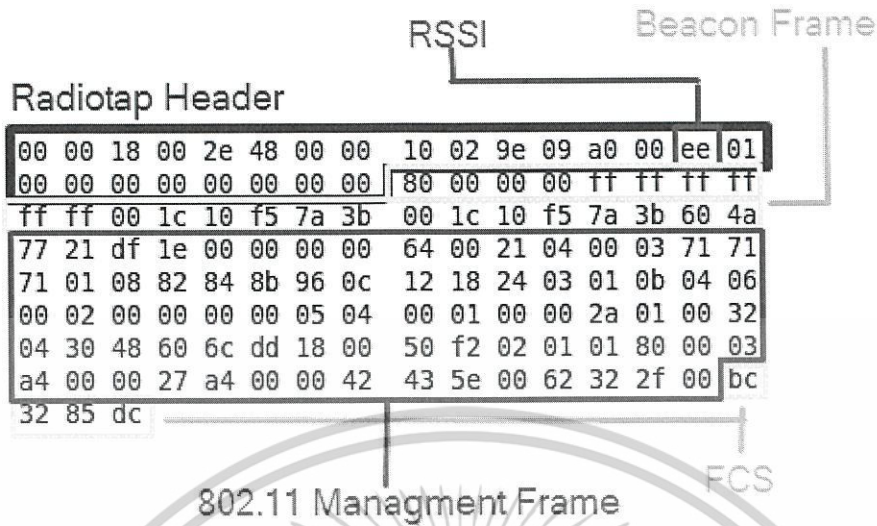
และเช่นเดียวกันเราจะหาค่าช่วงเวลาของการรับและส่ง แพ็กเก็ต ซึ่งเราจะช่วงเวลานี้ว่า Local Delay ( $t_{local}$ ) ดังนั้นเราจะสามารถหาระยะทางได้จาก

$$c = \frac{2 \times Distance}{t_{remote} - t_{local}} \quad (2.2)$$

โดยที่  $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$  (เท่าความเร็วแสง)

### 2.3.2 การคำนวณหาระยะทางโดยใช้ความแรงของสัญญาณ

การคำนวณระยะทางโดยใช้ความแรงของสัญญาณ เราจะสนใจที่ค่าความแรงของสัญญาณที่ Access Point ส่งออกมา โดยเราจะเก็บค่าความแรงจาก Radiotap Header ของ Bacon Frame ดังรูปที่ 2.5 ที่ Access Point แต่ละตัวส่งออกมา เพื่อนำความแรงที่เก็บได้นั้นไปคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับความแรงของสัญญาณ โดยจะมีการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วย เพื่อให้เกิดความแม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 2.5 แสดงค่าความแรงของสัญญาณจาก Radiotap Header ของ Beacon Frame

## 2.4 การคำนวณตำแหน่งโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์

### 2.4.1 การหาตำแหน่งโดยใช้หลักการตัดกันของสมการวงกลม

สมการวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(h,k)$  จะมีรูปแบบมาตรฐาน(Standard Form) คือ

$$(x-h)^2 + (y-k)^2 = r^2 \tag{2.3}$$

ซึ่งเมื่อเราทำการแจกแจงสมการที่ 2.3 จะได้

$$x^2 - 2hx + h^2 + y^2 - 2ky + k^2 = r^2 \tag{2.4}$$

ถ้าให้  $D = -2h, E = -2k, F = h^2 + k^2 - r^2$  จะได้

$$x^2 + y^2 + Dx + Ey + F = 0 \tag{2.5}$$

ซึ่งสมการที่ 2.5 จะเรียกว่า สมการวงกลมในรูปทั่วไป (General Form)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.2 การหาจุดตัดของสมการวงกลม

จากสมการที่ 2.5 เราจะได้สมการวงกลม 2 วง ดังนี้

$$x^2 + y^2 + D_1x + E_1y + F_1 = 0 \quad (2.6)$$

$$x^2 + y^2 + D_2x + E_2y + F_2 = 0 \quad (2.7)$$

ขั้นแรกในการแก้สมการคือหาค่า  $y^2$  จากสมการที่ 2.7 จะได้

$$y^2 = r_2^2 - x^2 - D_2x - E_2y - \frac{D_2^2}{4} - \frac{E_2^2}{4} \quad (2.8)$$

จากนั้นนำค่า  $y^2$  จากสมการที่ 2.6 จะได้

$$(D_1 - D_2)x + (E_1 - E_2)y + F_1 - F_2 = 0 \quad (2.9)$$

จัดรูปสมการที่ 2.9 ใหม่ให้เป็นสมการเส้นตรง โดยที่สมการเส้นตรงนี้จะเป็นสมการเส้นตรงที่ลากผ่านจุดตัดของสมการวงกลมทั้ง 2 จะได้

$$y = \frac{(D_2 - D_1)}{(E_1 - E_2)}x + \frac{(F_2 - F_1)}{(E_1 - E_2)} \quad (2.10)$$

แทนค่า  $y$  จากสมการที่ 2.10 ลงในสมการที่ 2.6 จะได้

$$x^2 + \left[ \frac{(D_2 - D_1)}{(E_1 - E_2)}x + \frac{(F_2 - F_1)}{(E_1 - E_2)} \right]^2 + D_1x + E_1 \left[ \frac{(D_2 - D_1)}{(E_1 - E_2)}x + \frac{(F_2 - F_1)}{(E_1 - E_2)} \right] + F_1 = 0 \quad (2.11)$$

จัดรูปสมการที่ 2.11 ใหม่ให้เป็นรูป  $Ax^2 + Bx + C = 0$  โดยที่  $A, B, C$  เป็นค่าคงที่ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\left\{1 + \left[\frac{(D_2 - D_1)}{(E_1 - E_2)}\right]\right\} x^2 + \left\{2 \left[\frac{(D_2 - D_1)}{(E_1 - E_2)}\right] \cdot \left[\frac{(F_2 - F_1)}{(E_1 - E_2)}\right] + D_1 + E_1 \left[\frac{(D_2 - D_1)}{(E_1 - E_2)}\right]\right\} x + \left\{\left[\frac{(F_2 - F_1)}{(E_1 - E_2)}\right]^2 + E_1 \left[\frac{(F_2 - F_1)}{(E_1 - E_2)}\right] + F_1\right\} = 0 \quad (2.12)$$

ดังนั้นจะได้

$$A = \left\{1 + \left[\frac{(D_2 - D_1)}{(E_1 - E_2)}\right]\right\}, B = \left\{2 \left[\frac{(D_2 - D_1)}{(E_1 - E_2)}\right] \cdot \left[\frac{(F_2 - F_1)}{(E_1 - E_2)}\right] + D_1 + E_1 \left[\frac{(D_2 - D_1)}{(E_1 - E_2)}\right]\right\}, \quad (2.13)$$

$$C = \left\{\left[\frac{(F_2 - F_1)}{(E_1 - E_2)}\right]^2 + E_1 \left[\frac{(F_2 - F_1)}{(E_1 - E_2)}\right] + F_1\right\}$$

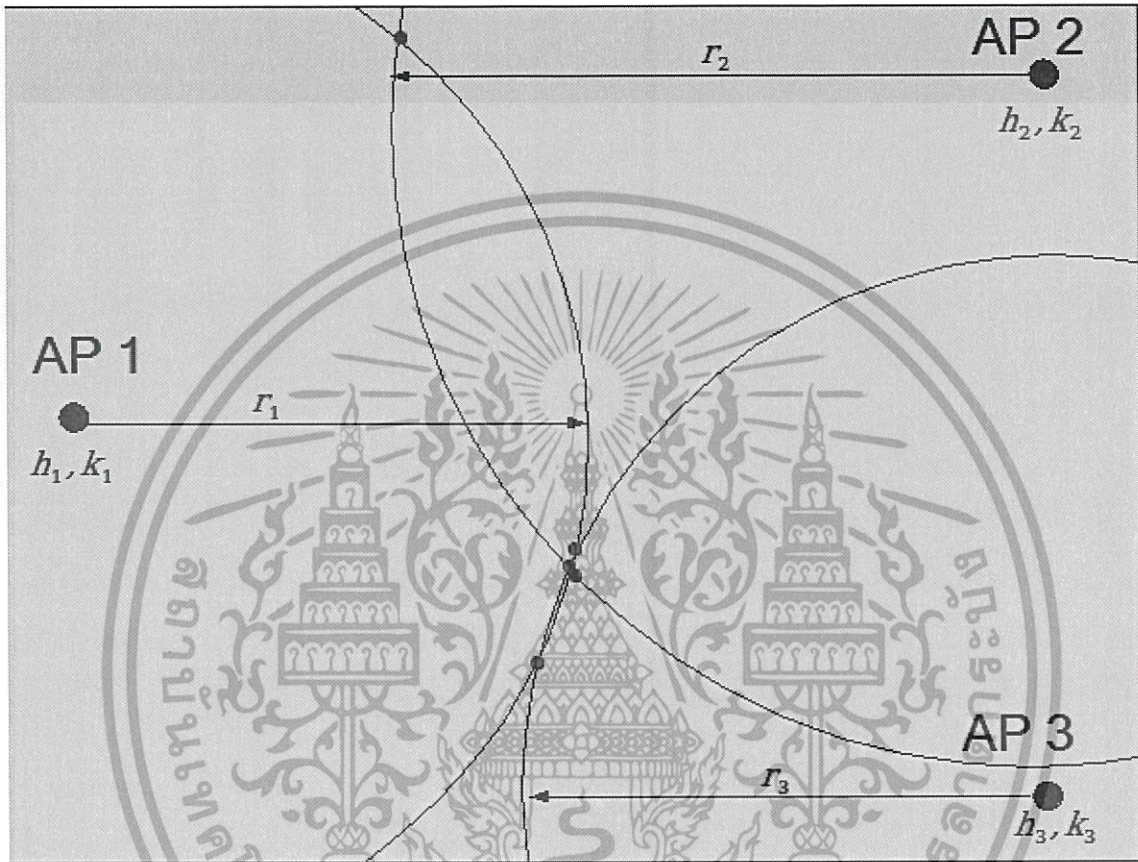
จาก  $Ax^2 + Bx + C = 0$  เราจะสามารถหาค่า  $x$  ได้จาก

$$x = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \quad (2.14)$$

แทนค่า  $x$  จากสมการที่ 2.14 ลงในสมการที่ 2.10 จะได้ค่า  $y$  ออกมา ซึ่งผลลัพธ์จะออกมาเป็นพิกัด  $(x,y)$  2จุด ซึ่งเป็นจุดตัดของสมการวงกลมทั้ง 2 สมการ

### 2.4.3 การคำนวณหาตำแหน่งหลังจากได้จุดตัดของวงกลม

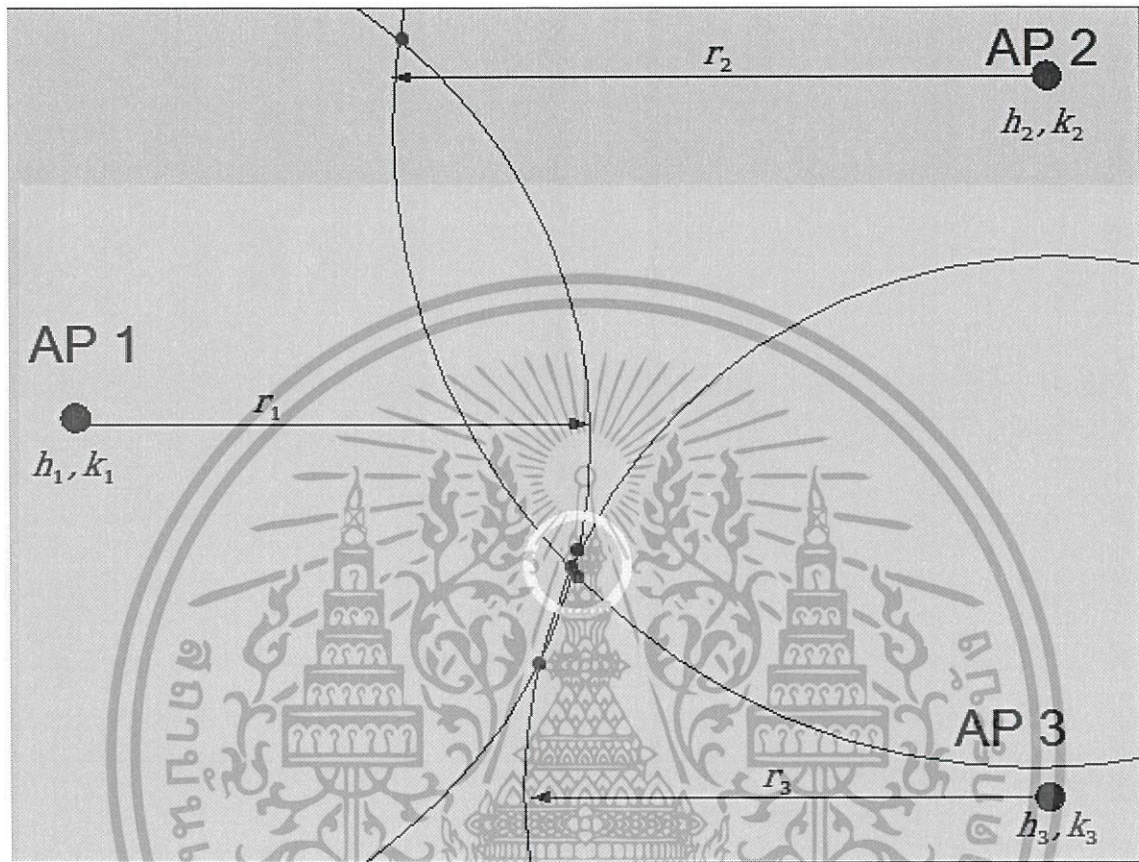
เมื่อเราคำนวณหาจุดตัดของสมการวงกลม 3 สมการ เราจะได้พิกัดของจุดตัดทั้งหมด 6 จุด ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงพิกัดที่เกิดจากการตัดกันของสมการวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นก็จะทำการเลือกกลุ่มของจุดตัดที่อยู่ใกล้เคียงกัน เพื่อระบุตำแหน่งของผู้ใช้ได้ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงตำแหน่งของผู้ใช้ จากกลุ่มของพิกัดที่อยู่ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงข้อจำกัดของระบบ การออกแบบการทดลอง และ Flowchart

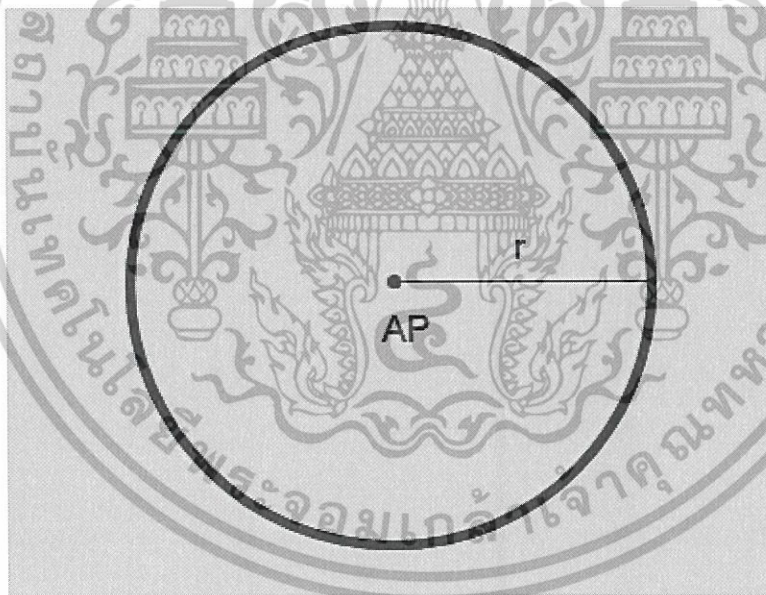
#### 3.1 ข้อจำกัดของระบบ

##### 3.1.1 จำนวน Access Point

ในการหาตำแหน่งในระบบเครือข่ายไร้สาย จำนวนของ Access Point ก็มีความจำเป็นต่อการคำนวณหาตำแหน่งในด้านรูปแบบของสถานที่ ที่จะใช้ทำการทดลองดังนี้

##### 3.1.1.1 การระบุตำแหน่งโดยใช้ Access Point จำนวน 1 ตัว

การใช้ Access Point 1 ตัวเพื่อระบุตำแหน่งนั้น เราจะไม่สามารถระบุตำแหน่งที่แม่นยำได้ เนื่องจากการใช้ Access Point 1 ตัว เราจะรู้เฉพาะระยะทางที่ Client ห่างจาก Access Point ไม่สามารถระบุตำแหน่งที่แน่ชัดได้ ว่าอยู่ที่ทิศทางไหนของ Access Point ดังรูปที่ 3.1

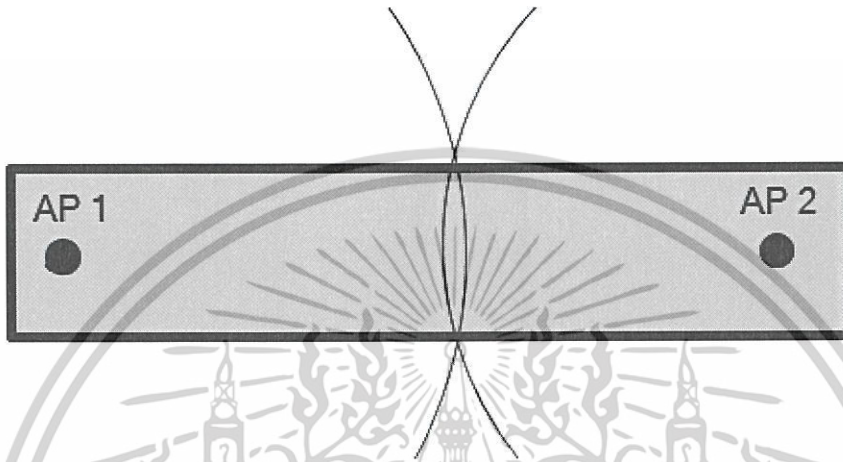


รูปที่ 3.1 แสดงการระบุตำแหน่งโดยใช้ Access Point 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.1.2 การระบุตำแหน่งโดยใช้ Access Point จำนวน 2 ตัว

การใช้ Access Point จำนวน 2 ตัว เพื่อระบุตำแหน่งของ Client เราจะสามารถระบุตำแหน่งได้ เฉพาะพื้นที่ที่เป็นทางตรง เนื่องจาก Access Point จำนวน 2 ตัว สามารถระบุตำแหน่งได้แม่นยำในแนวแกนเดียว ซึ่งเป็นแกนที่เป็นแนวเดียวกับ Access Point ทั้ง 2 ตัว ดังรูปที่ 3.2

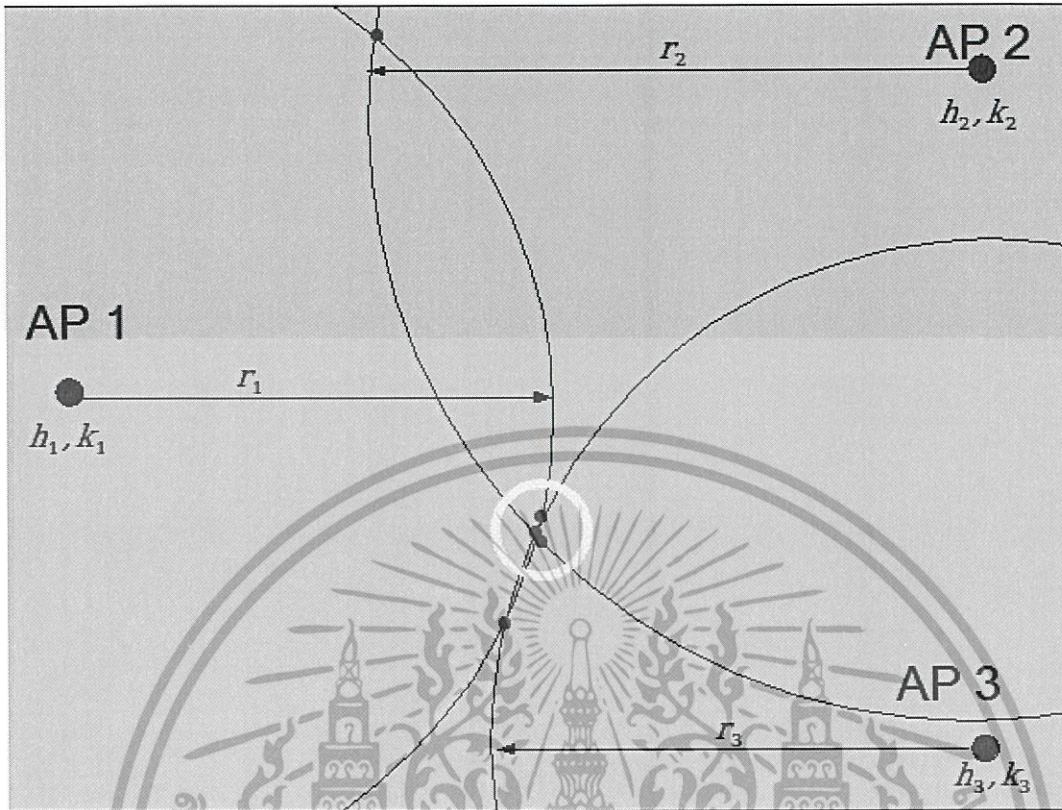


รูปที่ 3.2 แสดงการระบุตำแหน่งโดยใช้ Access Point 2 ตัว

จากรูปที่ 3.2 เราจะสังเกตได้ว่า แบบใช้ Access Point สามารถให้ความถูกต้องได้ในแนวแกน  $x$  ซึ่งเป็นแกนในแนวเดียวกับ Access Point ไม่สามารถให้ความถูกต้องในแนวแกน  $y$  ได้ เนื่องจากเกิดจุดตัดขึ้น 2 จุด ซึ่งเราไม่สามารถบอกได้ว่า จุดไหนเป็นจุดที่ต้องการ แต่ค่าในแนวแกน  $x$  นั้นเป็นค่าที่เชื่อถือได้

### 3.1.1.3 การระบุตำแหน่งโดยใช้ Access Point จำนวน 3 ตัว

การใช้ Access Point จำนวน 3 ตัว เพื่อระบุตำแหน่งของ Client สามารถใช้ได้กับพื้นที่ทั่วไป เนื่องจาก การใช้ Access Point 3 ตัว จะสามารถระบุตำแหน่งที่แม่นยำได้ ทั้งในแนวแกน  $x$  และในแนวแกน  $y$  เพราะ Access Point ตัวที่ 3 จะทำการระบุตำแหน่งที่ต้องการในอีกแกนหนึ่งเพิ่มขึ้นจากวิธีใช้ Access Point 2 ตัว ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงการระบุตำแหน่งโดยใช้ Access Point 3 ตัว

จากรูปที่ 3.3 เราจะสังเกตเห็นได้ว่าเกิด จุดตัดทั้งหมด 6 จุด (มีจุดหนึ่งที่จัดกันนอกรูป) ซึ่งเราต้องทำการเลือกกลุ่มของจุดที่อยู่ใกล้กัน 3 จุด เพื่อระบุตำแหน่งที่ต้องการของผู้ใช้

### 3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงและระยะทาง

ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงของสัญญาณกับระยะทาง ควรที่จะเป็นไปในทิศทางเดียวกันตลอด เช่น ความแรงน้อยลง เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ตลอดทุกช่วงระยะทางที่ทำการทดลอง และสามารถที่จะใช้สมการแทนความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความสัมพันธ์ได้ โดยเราจะใช้ค่าความแรงของสัญญาณเป็น input เพื่อให้ได้ output ที่เป็นระยะทางออกมา

### 3.2 การออกแบบการทดลองเพื่อหาระยะทางระหว่าง Client กับ Access Point

ในหัวข้อนี้จะพูดถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และการออกแบบการทดลองเพื่อหาระยะทางระหว่าง Client กับ Access Point โดยใช้วิธีการหาระยะทาง 2 แบบ ได้แก่ การทดลองหาระยะทางโดยใช้เวลาในการเดินทางของ แพนิกเก็ต และการทดลองหาระยะทางโดยใช้ความแรงของสัญญาณจาก Access Point

#### 3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

##### 3.2.1.1 Access Point

เราจะใช้ Router Wireless ยี่ห้อ Linksys รุ่น WRVS4400N ทำหน้าที่เป็น Access Point ดังรูปที่ 3.4



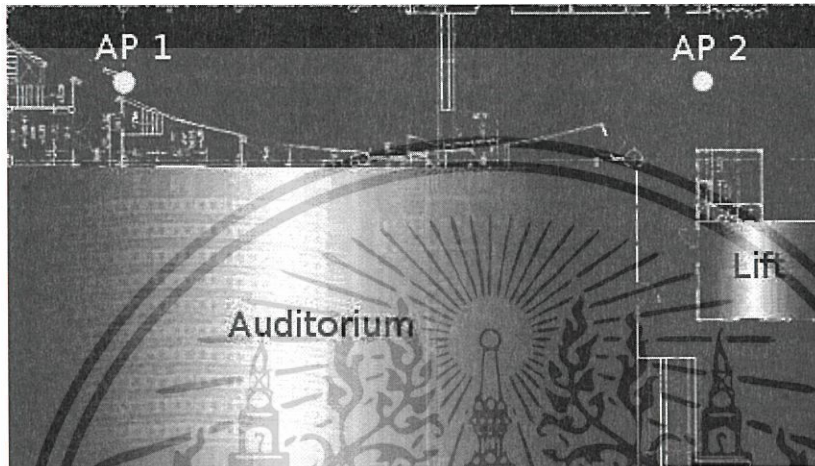
รูปที่ 3.4 แสดง Router Wireless รุ่น WRVS4400N

##### 3.2.1.2 Wireless Adapter

เราจะใช้ Notebook ยี่ห้อ Dell รุ่น Latitude D630 ที่ติดตั้ง Wireless Adapter รุ่น Dell Wireless™ 1395 802.11g Mini Card ที่สามารถเปลี่ยนไปใช้การรับ แพนิกเก็ต แบบ Monitor Mode ( Promiscuous mode ) ได้ กล่าวคือสามารถรับ แพนิกเก็ต ที่วิ่งใน Channel นั้นๆ ทั้งที่ส่งหาตัวเอง และส่งหาอุปกรณ์อื่นได้ เราสามารถใช้ Wireless Adapter รุ่นอื่นได้ แต่ Wireless Adapter นั้นต้องสามารถที่จะรับ แพนิกเก็ต แบบ Monitor Mode ได้

### 3.2.2 การออกแบบการทดลอง

เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านอุปกรณ์คือมี Access Point 2 ตัว เราจึงต้องออกแบบการทดลองตามรูปที่ 3.2 โดยใช้สถานที่คือ หน้าห้อง Auditorium จนถึงหน้าห้องสมุด ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ดังรูปที่ 3.5

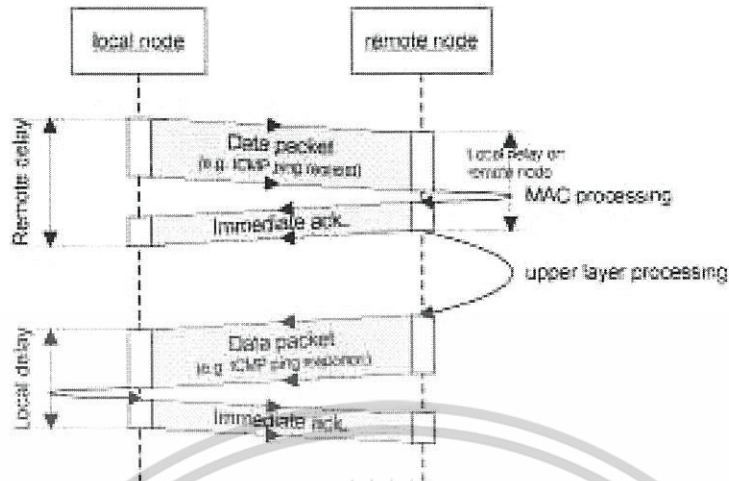


รูปที่ 3.5 แสดงสถานที่ทดลอง

โดยเราจะแบ่งหัวข้อการทดลองออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

#### 3.2.2.1 การทดลองหาระยะทางโดยใช้เวลาในการเดินทางของ แพ็กเก็ต

เราจะทำการทดลองเพื่อสังเกตค่า Local Delay และ Remote Delay ในการส่ง Ping Request และรอรับ Ping Reply เพื่อหาเวลาที่แพ็กเก็ตเดินทางผ่านอากาศ โดยเราจะใช้ Wireless Adapter ดักจับแพ็กเก็ตที่มีการรับส่งกันเพื่อเก็บค่า Local Delay และ Remote Delay ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงลำดับการส่งแพ็กเก็ตเกิดในการส่ง Ping Request และ รอรับ Ping Reply

โดยเราจะนำค่า Remote Delay และ Local Delay ที่เก็บได้ในการส่ง Ping Request และ รอรับ Ping Reply มาลบกัน จะได้เวลาที่แพ็กเก็ตเดินทางผ่านอากาศ

### 3.2.2.2 การทดลองหาระยะทางโดยใช้ความแรงของสัญญาณจาก Access Point

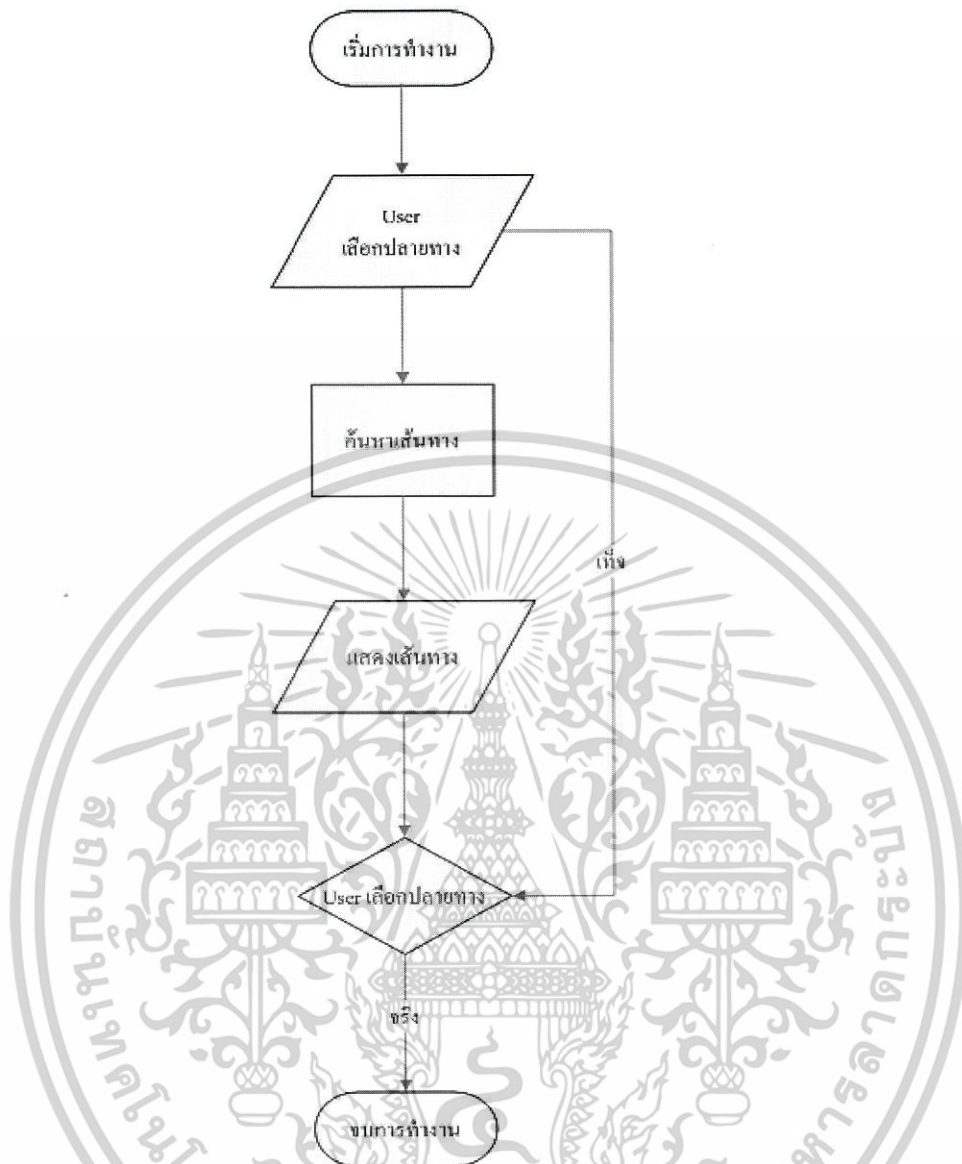
ในการทดลองนี้เราจะสนใจที่ค่าความแรงของสัญญาณจาก Beacon Frame ที่ Access Point ส่งมา โดยเราจะทำการเก็บค่าความแรงของสัญญาณทุกๆ 5 เมตร โดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยความแรงของสัญญาณที่เก็บมาได้ และทำการเก็บค่าหลายๆครั้งในแต่ละระยะทาง จากนั้นใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาความสัมพันธ์ของระยะทางกับความแรงของสัญญาณ โดยความสัมพันธ์นี้ต้องสามารถใช้สมการแทนความสัมพันธ์ของระยะทางกับความแรงของสัญญาณได้

## 3.3 Flow Chart



รูปที่ 3.7 แสดง Flow Chart Diagram ของส่วนคำนวณระยะทางและพิกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดง Flow Chart Diagram ของส่วนแสดงเส้นทาง

จากรูปที่ 3.7 โปรแกรมจะเริ่มทำงานในส่วนการคำนวณพิกัด ด้วยการรับ Beacon Frame จาก Access Point เข้ามาคำนวณเพื่อหาระยะทางและตำแหน่ง หากข้อมูลที่ได้อาจไม่เพียงพอจะต้องกลับไปคำนวณระยะทางและตำแหน่งใหม่ เมื่อข้อมูลเพียงพอที่จะคำนวณได้ โปรแกรมจึงจะเริ่มทำการคำนวณ และแสดงระยะทางและพิกัดที่คำนวณได้ให้ผู้ใช้ทราบ หลังจากนั้นหากผู้ใช้ไม่ต้องการให้แสดงเส้นทางไปยังสถานที่ต่างๆ โปรแกรมก็จะจบการทำงาน หากผู้ใช้กดปุ่ม Show Path โปรแกรมก็จะแสดงเส้นทางไปยังสถานที่เป้าหมายที่ผู้ใช้ได้เลือกไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและการใช้โปรแกรม

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ผลการทดลองเพื่อเก็บค่าความสัมพัทธ์ความแรงของสัญญาณและระยะทาง และการใช้โปรแกรม

#### 4.1 ผลการทดลองเพื่อหาระยะทางโดยใช้เวลาในการเดินทางของแพ็กเก็ต

เนื่องจากการทดลองเพื่อหาระยะทางโดยใช้เวลาในการเดินทางของแพ็กเก็ต ได้ผลลัพธ์ที่ไม่สามารถนำมาใช้งานได้ เนื่องจาก Delay ในบางส่วนไม่สามารถควบคุมได้ เช่น Delay ที่เกิดจาก OS เอง หรือ Delay ที่เกิดจาก Hardware ทำให้ได้ค่าเวลามาผิดพลาดจากที่ควรจะเป็น และการเก็บค่าเวลาที่ละเอียดมากในส่วนนาโนวินาทีให้ความแม่นยำนั้นทำได้ยากในทางปฏิบัติ ดังนั้นเราจึงใช้วิธีการหาระยะทางโดยใช้ความแรงของสัญญาณจาก Access Point มาประยุกต์ใช้กับโปรแกรม

#### 4.2 ผลการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ความแรงของสัญญาณและระยะทาง

เราทำการทดลองโดยเก็บค่าความแรงของสัญญาณจาก Access Point ที่ทุกๆระยะทาง 5 เมตร แล้วนำมาหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว นั่นคือ ความแรงของสัญญาณและระยะทางโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel คำนวณหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความแรงของสัญญาณ โดยข้อมูลที่เก็บมาได้มีดังนี้

##### 4.2.1 ผลการเก็บค่าความแรงของสัญญาณของ Access Point ตัวที่ 1 (7A:83)

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าความแรงสัญญาณของ Access Point ตัวที่ 1 (7A:83)

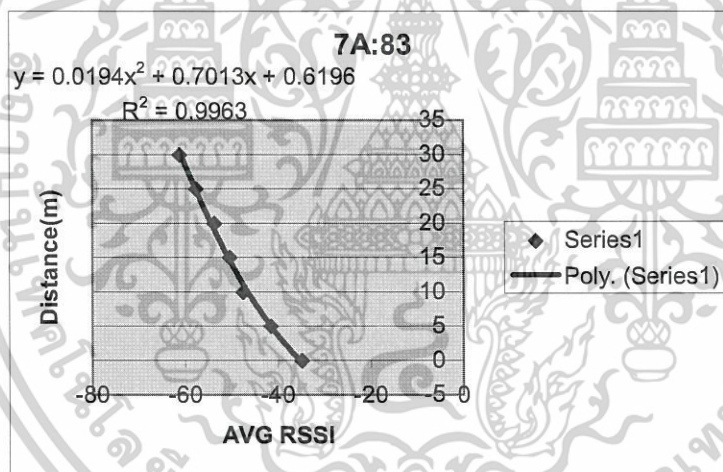
Distance (m)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	-33.5	-32.25	-32.8	-36.4	-36.25	-35.1	-35.7	-35.35	-35.75	-35.6	-34.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าความแรงสัญญาณของ Access Point ตัวที่ 1 (7A:83) (ต่อ)

5	-40.35	-42.3	-39.8	-38.8	-42.85	-41.45	-41.15	-43.2	-42.7	-43	-41.56
10	-47.4	-47.55	-46.4	-45.85	-47.25	-47.45	-47.15	-47.95	-48.8	-49.05	-47.485
15	-51.6	-50.85	-50.2	-49	-50.75	-50.3	-50.35	-50.85	-49.3	-50.8	-50.4
20	-51.75	-56.45	-55.3	-59.7	-54.7	-52.55	-52.35	-51.25	-52.9	-50.6	-53.755
25	-60	-57.15	-59	-57.4	-56.5	-57.95	-57.3	-58.2	-55.9	-57.1	-57.65

จากข้อมูลข้างต้นเราจะหาค่าความสัมพันธ์ของสมการได้ดังนี้



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแรงของสัญญาณกับระยะทางของ AP 1 (7A:83)

จากรูปที่ 4.1 จะได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$y = 0.0194x^2 + 0.7013x + 0.6196 \quad (4.1)$$

โดยที่  $x$  เป็นค่าความแรงของสัญญาณมีหน่วยเป็น dBm และ  $y$  เป็น ระยะทางมีหน่วยเป็นเมตร และสมการมีความน่าเชื่อถือ 0.9963 หรือ 99.63 %

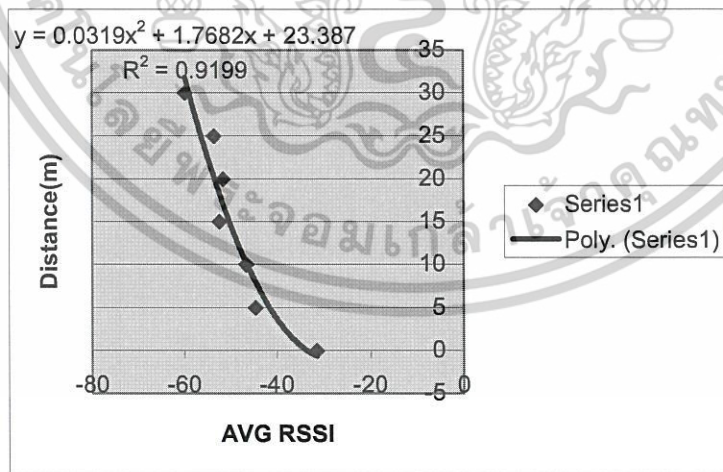
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 ผลการเก็บค่าความแรงของสัญญาณของ Access Point ตัวที่ 2 (7A:3B)

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าความแรงสัญญาณของ Access Point ตัวที่ 1 (7A:3B)

Distance (m)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	-31.5	-29.75	-29.9	-30.4	-30.85	-30.5	-30.3	-30.5	-33.45	-38	-31.515
5	-45.85	-44.9	-45.95	-47.35	-40.3	-46.75	-43.3	-45.75	-41.65	-44.3	-44.61
10	-47.65	-45.05	-46.1	-45	-46.05	-45	-50.05	-46	-47.8	-46.7	-46.54
15	-52.3	-52.25	-52	-52	-52.85	-52.85	-51.6	-53.8	-53.5	-51.1	-52.425
20	-51.6	-52.6	-51.3	-50.1	-51.8	-51.2	-52.7	-52.8	-49.8	-51.15	-51.505
25	-53.95	-52.9	-53.55	-54	-52.55	-52.1	-53.75	-54.25	-54.05	-54.8	-53.59

จากข้อมูลข้างต้นเราจะหาความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ดังนี้



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแรงของสัญญาณกับระยะทางของ AP 2 (7A:3B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 จะได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$y = 0.0319x^2 + 1.7682x + 23.387 \quad (4.2)$$

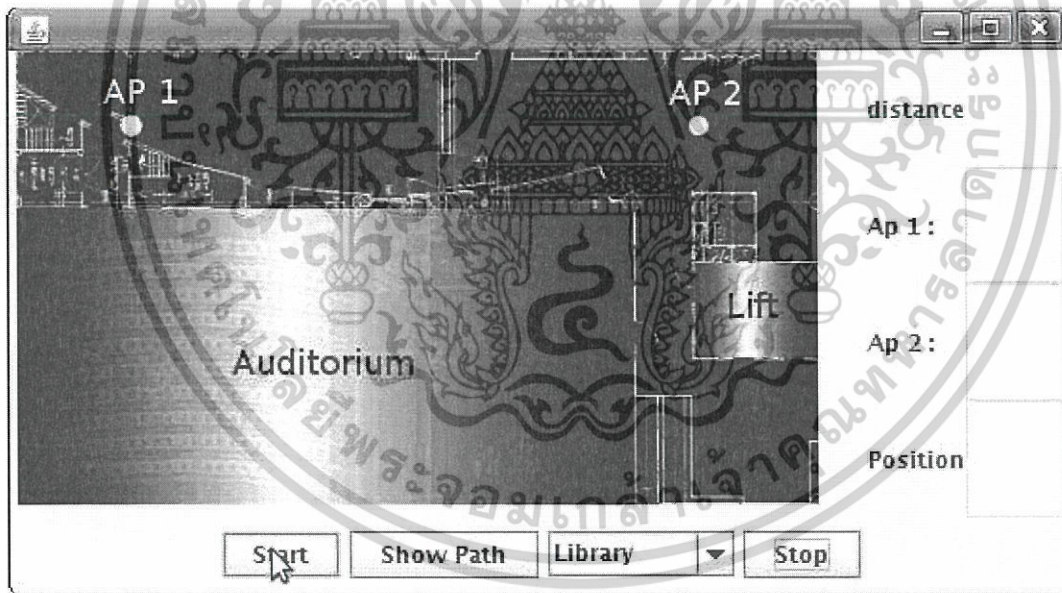
โดยที่  $x$  เป็นค่าความแรงของสัญญาณมีหน่วยเป็น dBm และ  $y$  เป็น ระยะทางมีหน่วยเป็นเมตร และสมการมีความน่าเชื่อถือ 0.9199 หรือ 91.99%

จากผลการเก็บค่าความแรงที่เก็บมาจาก Access Point ตัวที่ 2 จะสังเกตได้ว่า สมการที่สร้างออกมาจากข้อมูลที่เก็บมานั้น ไม่เหมือนกับสมการจาก Access Point ตัวที่ 1 เนื่องจาก ที่ระยะ 15 เมตร นั้นมี Access Point ของระบบเครือข่ายไร้สายระบบอื่นอยู่ใกล้ และมีสัญญาณมารบกวน ทำให้ค่าความแรงที่เก็บมาได้นั้นผิดพลาดจากความจริงไป

### 4.3 การใช้โปรแกรม

เราจะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและความสามารถของโปรแกรม

#### 4.3.1 การทำงานของโปรแกรม



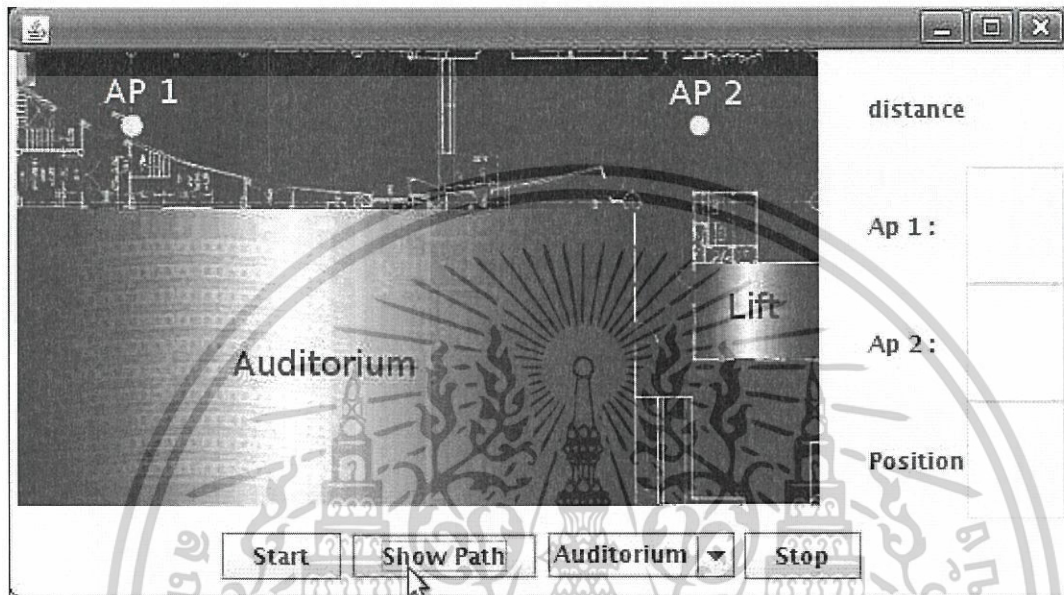
รูปที่ 4.3 แสดงGUI เมื่อเริ่มเรียกโปรแกรม

เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Start โปรแกรมจะทำการเก็บ Beacon Frame ที่มี MAC Address ตรงกับ Access Point ตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 ที่เราใช้ในการทดลอง จากนั้นก็จะอ่านค่า Signal Strength จาก Radiotap Header โดยจะเก็บค่าจาก Beacon frame 20 frame จาก Access Point 1 ตัว แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นก็จะทำการคำนวณหาตำแหน่ง โดยใช้หลักการตัดกันของสมการวงกลมดังที่กล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ในบทที่ 2 เมื่อคำนวณเสร็จแล้วก็จะทำการเขียนพิกัดที่คำนวณได้ด้วยรูปที่ได้เตรียมไว้ และแสดงระยะทางจาก Access Point แต่ละตัว รวมทั้งพิกัดที่คำนวณออกมาได้

เมื่อผู้ใช้เลือกตำแหน่งเป้าหมายแล้วกดปุ่ม Show Path โปรแกรมก็จะวาดเส้นทางจากตำแหน่งที่คำนวณได้ไปยังตำแหน่งเป้าหมาย ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงเส้นทางเมื่อกดปุ่ม Show Path

โดยตำแหน่งที่โปรแกรมคำนวณออกมาได้นั้น มีความแม่นยำพอสมควร และมีความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน 5 เมตร ดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการคำนวณระยะทางของโปรแกรม

ระยะทาง(เมตร)	ครั้งที่	AP 1		AP 2	
		ความแรงของสัญญาณ (dBm)	ระยะทางที่คำนวณได้ (เมตร)	ความแรงของสัญญาณ (dBm)	ระยะทางที่คำนวณได้ (เมตร)
5	1	-41.45	4.881904	-44.3	7.659171
	2	-41.15	4.611562	-43.3	6.632931
	3	-42.1	5.479624	-44.1	7.659171
	4	-43.1	6.431204	-43.5	6.833075
	5	-41.2	4.656376	-44.2	7.553676
10	1	-47.55	11.13623	-45.05	8.47072
	2	-46.4	9.846704	-46.1	9.667179
	3	-47.25	10.79489	-46.05	8.47072
	4	-47.95	11.59679	-46	9.5502
	5	-47.45	11.02206	-46.7	10.38245
15	1	-50.85	15.12151	-52.3	18.16589
	2	-51.6	16.08618	-52	17.6982
	3	-50.3	14.42796	-51.6	17.08354
	4	-50.85	15.12151	-51.1	16.32958

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการคำนวณระยะทางของ โปรแกรม (ต่อ)

15	5	-50.35	14.49052	-53.8	20.59048
20	1	-52.55	17.33943	-53.6	20.2589
	2	-54.7	20.30504	-52.6	18.63932
	3	-55.3	21.16466	-52.7	18.79841
	4	-54.6	20.16312	-53.1	19.44114
	5	-55.3	21.16466	-54.8	22.28662
25	1	-57.95	25.12839	-55.95	24.31605
	2	-57.3	24.13094	-54	20.9246
	3	-58.2	25.5164	-54.8	22.28662
	4	-57.1	23.82732	-55.1	22.8079
	5	-55.9	22.03824	-56.8	25.8703

จากตารางที่ 4.3 จะสังเกตเห็นได้ว่าที่ระยะทางไกลขึ้น ค่าความแรงของสัญญาณจะมีผลกับระยะทางมากกว่าที่ระยะทางใกล้ๆ เนื่องจากกราฟของสมการเป็นแบบกำลังสอง นั่นคือ ช่วงแรกกราฟจะเพิ่มขึ้นอย่างน้อยๆ แต่ช่วงหลัง กราฟจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ระยะทางเปลี่ยนไปมาก เมื่อค่าความแรงของสัญญาณเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ซึ่งทำให้ความแม่นยำที่ระยะไกลนั้น มีน้อยกว่าที่ระยะใกล้ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลโครงการ

#### 5.1 สรุปผลโครงการ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาระบบที่สามารถแสดงพิกัดที่อยู่ของผู้ใช้และแสดงเส้นทางภายในอาคารที่มีเครือข่ายไร้สายโดยอาศัยการกระจายตัวของอุปกรณ์เครือข่ายในอาคาร ซึ่งสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์เพื่อหาพิกัดและเส้นทาง โดยหลังจากได้ข้อมูลดังกล่าวโปรแกรมจะคำนวณระยะระหว่างผู้ใช้กับ Access Point แล้วจึงนำระยะดังกล่าวจาก Access Point หลายอันมาคำนวณหาพิกัด ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนระดับหนึ่งเนื่องจากข้อมูลที่ได้จาก Access Point มาทำการวิเคราะห์ยังแตกต่างกันและไม่สอดคล้องกันอยู่บ้าง และเนื่องจากใช้ Access Point ในการทดลองเพียงสองจุด จึงทำให้สามารถบอกพิกัดได้แม่นยำเพียงพอแค่นั้นในพื้นที่ทดลองที่เป็นลักษณะเป็นโรงยว

ในด้านการใช้งาน โปรแกรมนี้สามารถใช้อำนวยความสะดวกสำหรับผู้ที่จำเป็นต้องเข้าไปดูระบุในอาคารสถานที่ที่ไม่รู้จักเส้นทาง

#### 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

การเข้าถึงข้อมูลความแรงสัญญาณเครือข่ายไร้สายจำเป็นต้องคักจับเอาข้อมูลจริงที่ได้ส่งออกมาในอากาศมาใช้วิเคราะห์ซึ่งโดยทั่วไปแอปพลิเคชันที่ใช้งานเครือข่ายไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลในระดับนี้จึงทำให้การเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวเพื่อนำมาใช้ในแอปพลิเคชันทำได้ลำบาก โดยจะต้องทำการตั้งค่าต่างๆของอุปกรณ์หลายอย่าง ซึ่งถ้าหากไม่มีการตั้งค่าจะทำให้ได้ข้อมูลอื่นซึ่งไม่มีประโยชน์

ส่วนวิเคราะห์ของโปรแกรมได้จากการเก็บข้อมูลจากพื้นที่ที่ใช้ทดลองมาสร้างกลไกการวิเคราะห์ซึ่งสภาพพื้นที่ทดลองมีผลต่อความแรงสัญญาณที่เก็บได้ การเปลี่ยนสถานที่ใช้ทดลองทำให้ความแรงของสัญญาณที่เก็บได้เปลี่ยนไปด้วยทำให้มีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม และในพื้นที่ทดลองเป็นบริเวณภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งมีการติดตั้งเครือข่ายไร้สายอยู่แล้วทำให้มีผลต่อข้อมูลที่โปรแกรมคักจับมาได้โดยมีแพคเกจข้อมูลของเครือข่ายดังกล่าวเข้ามาปะปนอยู่กับข้อมูลของเครือข่ายทดลองเป็นจำนวนมากซึ่งมีผลกระทบต่อผลลัพธ์ของ โปรแกรมเช่นกัน

## บรรณานุกรม

จตุชัย แพงจันทร์ และอนุชิต วุฒิพรพงษ์.2547.เจาะระบบ Network ฉบับสมบูรณ์.พิมพ์ครั้งที่ 2.

นนทบุรี: ไอดีซีอินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด

อำนาจ มีมงคลและอรุณพ ขันธิกุล.2547.ออกแบบและติดตั้งเครือข่ายWireless LAN.พิมพ์ครั้งที่1.

นนทบุรี: ไอดีซีอินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายวรวงษ์ แซ่ตั้ง  
วัน เดือน ปีเกิด 18 พฤศจิกายน 2528 ที่กรุงเทพมหานคร  
ที่อยู่ 3668/5 แขวงคลองตัน เขตคลองเตย จังหวัดกรุงเทพมหานคร  
ประวัติการศึกษา 2551 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล นายวิศัลย์ วสีวิวัฒน์  
วัน เดือน ปีเกิด 3 ธันวาคม 2528 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช  
ที่อยู่ 3 หมู่ 10 ตำบลเป็ลียน อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช  
ประวัติการศึกษา 2551 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้