WLAN Design Tool

โปรแกรมวิเคราะห์ผลกระทบของสัญญาณรบกวนต่อขอบเขตครอบคลุมของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย

(Wireless Local Area Network : WLAN)

โดย

นายขวัญฟ้า โสมาบุด รหัสนักศึกษา B4600886

นายอิทธิพล คุณพาที รหัสนักศึกษา B4612131

นายยุทธพงษ์ ดอนโมกข์ รหัสนักศึกษา B4607205

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษารายวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2549

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2546

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงงาน	โปรแกรมวิเคราะห์ผลกระทบของสัญญาณรบกวนต่อขอบเขตครอบคลุม ของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย (WLAN)
โดย	นายขวัญฟ้า โสมาบุด นายยุทธพงษ์ ดอนโมกข์ นายอิทธิพล คุณพาที
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ดร. ชุติมา พรหมมาก
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาคการศึกษาที่	3 / 2549

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายมีบทบาทกับชีวิตประจำวันมากขึ้นและมีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มมากขึ้น การติดตั้งอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณไร้สายเป็นสิ่งที่สำคัญเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดี และครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการในแต่ละอาคารสถานที่หากใช้อุปกรณ์กำเนิดสัญญาณตัวเดียวกันขอบเขตที่สัญญาณครอบคลุมถึง และความแรงของสัญญาณก็อาจจะแตกต่างกัน เพราะแต่ละอาคารสถานที่มีโครงสร้างของอาคารและสิ่ง แวดล้อมแตกต่างกัน การรู้ตำแหน่งที่สัญญาณครอบคลุมถึงและความแรงของสัญญาณ ณ ตำแหน่งต่างๆจึงเป็นสิ่งสำคัญในการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย เนื่องจากการออกแบบหาตำแน่งของจุดติดตั้งที่เหมาะสมนั้น ยังต้องใช้เทคโนโลยีในการตรวจวัดสัญญาณอยู่ ซึ่งเป็นการยุ่งยากและเสียเวลาในการวัดสัญญาณดังนั้นโครงงานนี้จึงได้จัดทำขึ้น เพื่อศึกษาวิเคราะห์ และจำลองขอบเขตบริเวณที่สัญญาณครอบคลุมถึงอีกทั้งความแรงของสัญญาณ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ สัญญาณที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสัญญาณ โดยคำนึงถึงผลของการกระจายคลื่นแบบชั้นเดียว และวิเคราะห์ผลของสัญญาณรบกวนที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสัญญาณไร้สาย เช่น สัญญาณรบกวนจากเตาอบไมโครเวฟ สัญญาณรบกวนจากโทรศัพท์บ้านไร้สาย สัญญาณรบกวนจากเครือข่าย HomeRF สัญญาณรบกวนจากบลูทูธ (Bluetooth) เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้ ได้รับการสนับสนุนจากผู้มีพระคุณหลายๆท่าน จึงทำให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และยังส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ในด้านต่างๆมากมาย คณะผู้จัดทำจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งคนแรกที่จะลืมไปไม่ได้เลยคืออาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน อ.ดร. ชุติมา พรหมมาก สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ผู้ที่คอยให้ความช่วยเหลือแนะนำเทคนิคการเขียนโปรแกรม การดูแลเอาใจใส่ติดตามโครงงานของเราและให้คำปรึกษาในทุกๆด้านแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆดังนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณมณีรัตน์ ทุมพงษ์ เลขานุการการประจำสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่คอยแจ้งข่าวสารและความสะดวกในการติดต่อกับอาจารย์

ขอขอบคุณคุณประพล จาระตะคุ วิศวกรประจำอาคารเครื่องมือ 4 ที่ช่วยเป็นธุระติดต่อการเบิกจ่ายค่าอุปกรณ์ต่างๆ รวมไปถึงการประสานงานการขอใช้เครื่องมือด้วย

ขอขอบคุณคุณมนูญ กิ่งแก้ว และคุณทีป์ชลิต เกษมอมร ที่เป็นผู้ริเริ่มเขียนโปรแกรมวิเคราะห์และจำลองขอบเขตการครอบคลุมของสัญญาณของเครือข่าย LAN แบบไร้สาย (WLAN)

ขอขอบคุณคุณวิวัฒน์ บุญทอง คุณเสาวลักษณ์ สินประดิษฐ์ และคุณสวัสดิ์อร วงศ์ข้าหลวงที่เป็นผู้เขียนโปรแกรม WLAN Design Project Version 3.0 โปรแกรมวิเคราะห์และจำลองขอบเขตการครอบคลุมของสัญญาณของเครือข่ายLANแบบไร้สาย (WLAN)

ขอขอบคุณเพื่อนๆพี่ๆและน้องๆสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกๆคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในด่านต่าง ๆ แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่ท่านทั้งสองให้การดูแลเอาใจใส่เลี้ยงดู และคอยเป็นกำลังใจเคียงข้างมาโดยตลอด ทำให้โครงงานนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขวัญฟ้า โสมาบุด
ยุทธพงษ์ ดอนโมกข์
อิทธิพล คุณพาที
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตการทำงาน	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีระบบเครือข่ายไร้สาย	
2.1 ระบบเครือข่ายไร้สาย	4
2.2 การส่งข้อมูลแบบไร้สาย	8
2.3 สถาปัตยกรรมการทำงานของเครือข่ายไร้สาย	10
2.3.1 การทำงานในระดับชั้น Physical	10
2.3.2 การทำงานในระดับชั้น Data Link	11
2.4 มาตรฐาน IEEE 802.11	12
2.5 สัญญาณรบกวน	
2.5.1 HomeRF	17
2.5.2 Bluetooth	18
2.5.3 Cordless Phones	19
2.5.4 Microwave Oven	20
2.6 การขยายพื้นที่ให้บริการเครือข่าย WLAN	21
บทที่ 3 การสร้างโปรแกรมและการใช้งานโปรแกรม	
3.1 ปัญหาและความน่าสนใจของโครงงาน	23
3.2 โครงสร้างของโปรแกรม	23
3.3 การทำงานด้าน Graphics ของตัวโปรแกรมที่เขียนโดย Visual Basic	24

3.4 พารามิเตอร์ที่ใช้งานในการวิเคราะห์ตัวโปรแกรม 26
3.5 สมการที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ค่าต่างๆในตัวโปรแกรม 27
3.6 การใช้งานตัวโปรแกรม 37

บทที่ 4 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรม

4.1การเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรมเปรียบเทียบกับโปรแกรมEkahau site survey 44
4.2 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SIR) 51

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป 52
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 53
5.3 ขีดจำกัดของโครงงาน 54
5.4 ข้อเสนอแนะ 54

ภาคผนวก

ประวัติผู้เขียน

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่าย LAN แบบไร้สาย หรือ WLAN (Wireless LAN) กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากประโยชน์ของ WLAN มีอยู่มากมายโดยเฉพาะอย่างยิ่ง WLAN สร้างความสะดวกและอิสระในการใช้งานและติดตั้งเครือข่ายเทคโนโลยี WLAN ทำให้การเชื่อมต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในบ้านหรือสำนักงานเข้าด้วยกันหรือต่อเข้ากับเครือข่ายไม่จำเป็นจะต้องใช้สายนำสัญญาณให้ยุ่งยาก และดูเกะกะอีกต่อไปอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั้งแบบตั้งโต๊ะและพกพาสามารถเชื่อมต่อถึงกันหรือเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายจากตำแหน่งต่างๆ ที่อยู่ในรัศมีของสัญญาณได้อย่างอิสระ

เครือข่ายไร้สายจะใช้การส่งคลื่นอินฟราเรด และ คลื่นความถี่วิทยุในย่านวิทยุ RF ในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ผ่านอากาศ, ทะลุกำแพง, เพดานหรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ โดยปราศจากความต้องการของการเดินสาย ส่วนใหญ่แล้วอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะเป็นอุปกรณ์ตามมาตรฐานIEEE 802.11b ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีและใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด (ใช้เครื่องหมายการค้าที่รู้จักกันดีในนาม Wi-Fi) ความสามารถของเทคโนโลยี IEEE 802.11b คือรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps ผ่านคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz เป็นย่านความถี่ที่เรียกว่า ISM (Industrial Scientific and Medical) ซึ่งถูกจัดสรรไว้อย่างสากลสำหรับการใช้งานอย่างสาธารณะด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม และการแพทย์ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ย่านนี้ก็เช่น IEEE 802.11, Bluetooth, โทรศัพท์แบบไร้สาย (Cordless Phone), เตาไมโครเวฟ, และ HomeRF เป็นต้น

เนื่องจากสัญญาณข้อมูลของระบบเครือข่าย LAN แบบไร้สายแพร่กระจายอยู่ในอากาศและไม่จำกัดขอบเขตอยู่เพียงแต่ในห้องๆ เดียวหรือบริเวณแคบๆ เท่านั้น แต่สัญญาณอาจจะแพร่ไปถึงบริเวณภายนอกเขตความดูแลของผู้ใช้ได้ และ อุปกรณ์หลายๆชนิดดังที่ได้กล่าวมาแล้วรับส่งข้อมูลโดยใช้คลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นความถี่เดียวกันกับที่ใช้ในระบบเครือข่าย LAN แบบไร้สาย จึงทำให้มีการรบกวนกันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อาจส่งผลให้เครือข่าย IEEE 802.11 WLAN ไม่สามารถทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ หรือตกอยู่ในสภาวะ Denial-of-Service หากมีการใช้งานอุปกรณ์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบริเวณใกล้เคียง

ดังนั้นโครงงานนี้จะเป็นการสร้างโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ในการคำนวณออกแบบตำแหน่งที่เหมาะสมในการหาจุดติดตั้งตัว Access Point ภายในตัวอาคารที่ต้องการจะติดตั้งระบบเครือข่าย

แบบไร้สาย โดยจะนำเอาสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นมาพิจารณาร่วมด้วย

นอกจากนี้การนำโปรแกรม Visual Basic 2005 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบตัวโปรแกรมนั้น ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานโปรแกรมออกแบบนี้ได้ง่าย เนื่องการใช้งานเกี่ยวกับ Graphics ของโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 นั้นมีฟังก์ชั่นใช้งานรองรับการออกแบบตัวโปรแกรมโครงงานนี้เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) ศึกษาระบบเครือข่ายไร้สาย
2) ศึกษาข้อมูลของอุปกรณ์ที่เป็นตัวก่อสัญญาณรบกวน
3) ศึกษาสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณค่า Path Loss และเลือกแบบจำลองที่เหมาะสม ในการวิเคราะห์ความแรงของสัญญาณภายในตัวอาคาร
4) ศึกษาโปรแกรมภาษา Visual Basic 2005 ในการคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว แล้วทำการออกแบบ โปรแกรมให้รับค่าจากพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องป้อนให้กับตัวโปรแกรม
5) ศึกษาการโปรแกรม Visual Basic 2005 เพื่อทำการอินเตอร์เฟส Visual Basic 2005 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแรงของสัญญาณและผลกระทบของสัญญาณรบกวนต่อระบบเครือข่ายไร้สายท้องถิ่น ลงบนระบบปฏิบัติการวินโดส์ ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์
6) ศึกษาและออกแบบสถานการณ์จำลอง ที่จะทำการวิเคราะห์ความแรงของสัญญาณและผลกระทบของสัญญาณรบกวนต่อระบบเครือข่ายไร้สายท้องถิ่นเมื่อนำสัญญาณรบกวนมาพิจารณาร่วมด้วย เพื่อหาจุดติดตั้งที่เหมาะสมจากสถานที่จริงที่ได้มาจากแผนที่จากแต่ละสถานที่
7) สามารถนำโปรแกรมที่ออกแบบขึ้น มาใช้งานร่วมกับแบบแผนที่ ที่ได้จากสถานที่จริง และทำการวิเคราะห์ความแรงของสัญญาณในสถานการณ์การใช้งานจริงได้
8) เพื่อรวบรวมความรู้ที่ได้ศึกษาจากภาคทฤษฎี มาใช้ในการทำงานได้จริง
9) วิเคราะห์ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมออกแบบ เปรียบเทียบกับการวัดสัญญาณจากสถานที่จริง

1.3 ขอบเขตงาน

สำหรับการศึกษาของโครงงานนี้ ทำการศึกษาการออกแบบวิเคราะห์สัญญาณเพียงแค่ชั้นเดียว โดยไม่คำนึงถึงสัญญาณจากชั้นอื่น หรือแบบ Multi Floor และทำการออกแบบโปรแกรมโดยที่นำแบบจำลอง Path-Loss Models ที่คำนึงถึงสิ่งกีดขวางแนวทางการเดินของสัญญาณมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบ โดยที่ตัวโปรแกรมสามารถให้ผู้ใช้งานออกแบบตำแหน่งการวางของตัว Access Point และอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนได้ เพื่อให้มีการครอบคลุมของสัญญาณในระดับตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- ศึกษาระบบเครือข่ายไร้สาย
- ศึกษาข้อมูลของอุปกรณ์ที่เป็นตัวก่อสัญญาณรบกวน
- เขียนโครงการและเสนอโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษา
- ศึกษาแบบจำลองที่เหมาะสม สำหรับการคำนวณค่า Path-Loss ภายในอาคาร
- ศึกษาการใช้งานฟังก์ชั่นต่างของโปรแกรม Visual Basic 2005 เพื่อใช้ในการออกแบบ โปรแกรม
- ศึกษาหาอัลกอริทึม (Algorithm) ที่เหมาะสมในการออกแบบโปรแกรมให้มีความถูกต้อง
- สร้างโปรแกรม โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 2005
- วิเคราะห์ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมออกแบบ เปรียบเทียบกับการวัดสัญญาณจากสถานที่จริง
- สรุปผลการทำงาน

บทที่ 2
ทฤษฎีระบบเครือข่ายไร้สาย

2.1 ระบบเครือข่ายไร้สาย

ระบบเครือข่ายไร้สาย หรือที่เห็นกันบ่อยๆ ในชื่อ 802.11 นั้น เป็นหนึ่งในสมาชิกของระบบเครือข่ายตามมาตรฐานของ IEEE ซึ่ง 802.11 คือมาตรฐานของเครือข่ายไร้สาย หรือจะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Wireless Ethernet ก็ได้ เพราะจะทำงานในรูปแบบคล้ายๆ กัน

ระบบไร้สาย จะแตกต่างจากระบบที่ใช้สายในบางส่วน อย่างที่เราทราบกันแล้วว่า เน็ตเวิร์กตามบ้านสามารถเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่อง หรือจะใช้ฮับ (Hub) เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ ซึ่งในระบบไร้สายเองก็เช่นกัน ที่มีการเชื่อมต่ออยู่สองแบบ นั่นคือแบบที่เรียกว่า Ad Hoc Network หรือ Peer-to-Peer และ อีกแบบเรียกว่า Infrastructure Network หรือ Client / server

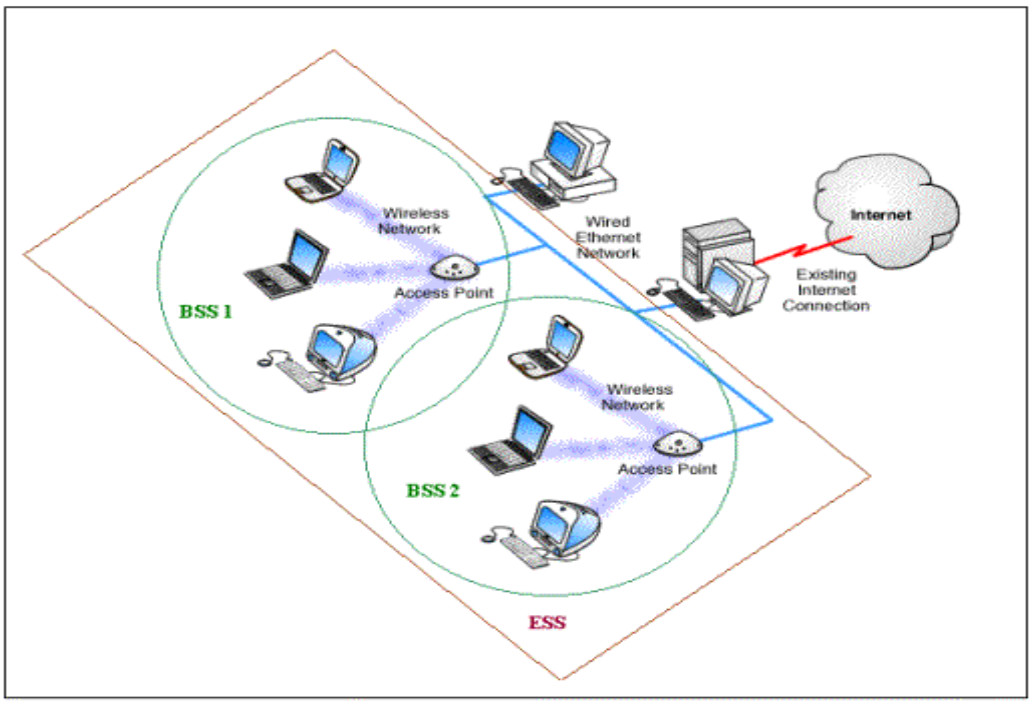
ใน Ad Hoc Network หรือ Peer-to-Peer เครื่องลูกข่ายอาจจะมี 2 เครื่อง หรือมากกว่า 2 เครื่องขึ้นไป แต่ไม่ควรเกิน10-15 เครื่อง เป็นการใช้งานร่วมกันของ wireless adapter cards โดยไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบใช้สายเลย โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีความเท่าเทียมกัน สามารถทำงานของตนเองได้และ ขอใช้บริการเครื่องอื่นได้ เหมาะสำหรับการนำมาใช้งานเพื่อจุดประสงค์ในด้านความรวดเร็วหรือติดตั้งได้โดยง่ายเมื่อไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่จะรองรับ ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 Ad Hoc Network หรือ Peer-to-Peer

ในโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของระบบ WLAN 802.11 ประกอบด้วยกลุ่มของ Basic Service Sets (BSS) โดยที่ BSS คือ กลุ่มของเครื่องลูกข่าย ที่อยู่ภายในพื้นที่ของสัญญาณครอบคลุม

ของ Access Point (AP) แต่ละตัว ซึ่งภายในพื้นที่ของสัญญาณครอบคลุมนี้ เครื่องลูกข่ายสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและยังคงสามารถสื่อสารกับ Access Point ตัวนั้น ๆ ได้ บริเวณที่ได้รับสัญญาณครอบคลุมจาก Access Point แต่ละตัว เรียกว่า Basic Service Area (BSA)

ส่วนของระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Client / server หรือ Infrastructure mode เป็นลักษณะการรับส่งข้อมูลโดยอาศัย Access Point (AP) หรือเรียกว่า “Hot spot” ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่ายแบบใช้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย(Client) โดยจะกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อ รับ-ส่ง ข้อมูลเป็นรัศมีโดยรอบ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรัศมีของ AP จะกลายเป็นเครือข่ายกลุ่มเดียวกันทันที ใน Basic Service Sets (BSS) โดยที่ Access Point จะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อกับสายในระบบเครือข่าย Infrastructure และอนุญาตให้เครื่องลูกข่ายสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลที่อยู่ในรูปของ Packet กับเครือข่ายภายนอก เช่น Internet ได้ ในเครือข่าย Infrastructureนั้นไม่อนุญาตให้เครื่องลูกข่ายติดต่อกันโดยตรงภายในพื้นที่ให้บริการของ BSS เหมือนกับเครือข่ายในระบบ ad-hoc โดยที่ข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในรูป Packet นั้นจะต้องถูกส่งผ่านด้วยตัว Access Point และ Access Point แต่ละตัวสามารถให้บริการครอบคลุมพื้นที่ได้ในระยะรัศมี 20-300 เมตร สำหรับพื้นที่ในการให้บริการขนาดใหญ่นั้นเป็นสถาปัตยกรรมแบบ Cellular ที่ประกอบไปด้วยหลาย BSSs โดยที่ Access Point หลายตัวนั้นจะสามารถเชื่อต่อถึงกันได้โดยในระบบ Ethernet LAN (Wire-Distribution Network) เกิดเป็น Extended Service Set หรือ ESS ขึ้นดังที่แสดงในรูปที่ 2.2



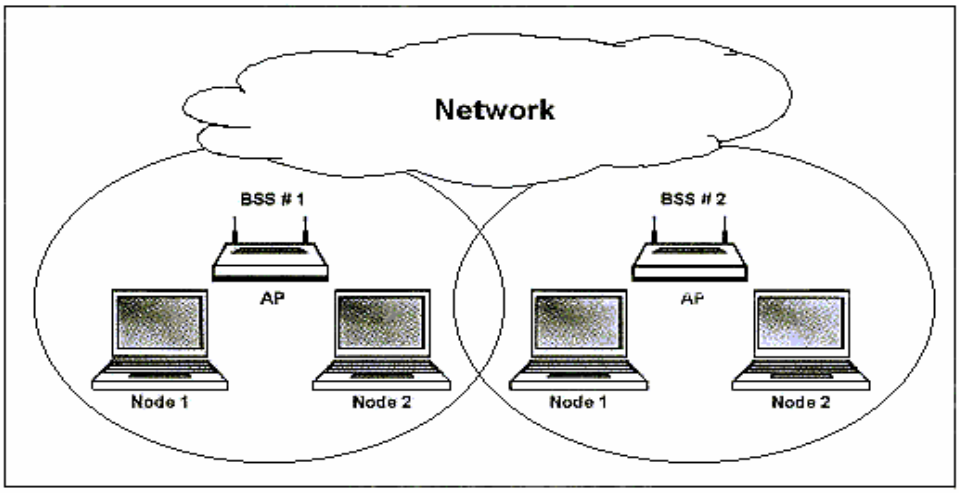
รูปที่ 2.2 Infrastructure Network

นอกจากนี้ยังมีแนวความคิดอีกแบบหนึ่งที่เรียกว่า IBSS หรือ Independent Basic Service Set ซึ่งมีการสื่อสารระหว่างกันแบบอิสระ ไม่ถูกควบคุมโดยอุปกรณ์เครือข่ายใด ๆ เมื่อใดที่สถานีลูกข่ายเปิดทำการ มันจะตรวจสอบการมีตัวตนของ BSS ที่ครอบคลุมตัวมันอยู่ กระบวนการนี้เรียกว่า DSS หรือ Distributed Service System ทำให้เกิดการบริการที่เรียกว่า DS หรือ Distribution System ซึ่ง DS จะช่วยประสานงานกับ BSS อื่นๆเข้าด้วยกันจนเกิดเป็นเครือข่ายครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ และมีผู้เข้าใช้งานเป็นจำนวนมาก การสื่อสารด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ควบคุมดูแลพื้นที่การสื่อสารอุปกรณ์นี้เราเรียกว่า Access Point หรือ AP

การให้บริการของ DSS

DSS สามารถให้บริการดังต่อไปนี้

- การสร้างความสัมพันธ์กัน
- การยกเลิกความสัมพันธ์กัน
- การแพร่กระจายข้อมูลข่าวสาร
- การควบรวมเข้าด้วยกัน
- การสร้างความสัมพันธ์กันใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 2.2 การใช้งาน Access Point หลาย ๆ ตัวสื่อสารระหว่างกันเพื่อเพิ่มระยะทางการเชื่อมต่อ

- **การสร้างความสัมพันธ์กัน**

สถานีลูกข่าย (STA) จะสื่อสารกับ Access Point (AP) ทันทีที่เปิดเครื่อง เสมือนกับการรายงานตัวและ จะติดต่อกับ Access Point อีกครั้งเมื่อต้องการส่งถ่ายข้อมูล โดยขอใช้ DS ส่ง

ข่าวสารเพื่อให้ Access Point ทำการสร้างระบบเชื่อมต่อกันระหว่าง Access Point กับสถานีลูกข่าย รวมทั้งจัดสร้างระบบ DSS เพื่อให้ประสานงานกับ Access Point ตัวอื่น ๆ ในระหว่างที่มีการถ่ายเทข้อมูลกัน ระบบ DS จะคอยดูแลการเชื่อมต่อและการสื่อสารกันโดยตลอด โดยรักษาความสัมพันธ์ระหว่างสถานีลูกข่ายและ Access Point ไว้อย่างต่อเนื่อง ถึงแม้จะเป็นช่วงทีสถานีลูกข่ายยังไม่ได้ติดต่อกับ Access Point ก็ตาม ระบบ DS ยังพร้อมที่จะทำการตรวจสอบและให้บริการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสถานีลูกข่ายและ Access Point ตลอดเวลา โดยทำหน้าที่สแกนดูลูกข่ายต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ระบบ DS นี้ติดตั้งทั้งในเครื่องลูกข่ายและ Access Point

- **การยกเลิกความสัมพันธ์**

สถานีลูกข่ายหรือ Access Point สามารถยกเลิกความสัมพันธ์หรือเกี่ยวดองกัน เมื่อกระบวนการสร้างความสัมพันธ์สิ้นสุดลงด้วย DS โดยบริการของ DS จะส่งคำเตือนออกมาแทนการร้องขอ และจะต้องได้รับการตอบสนองทันที อย่างไรก็ดีความสัมพันธ์ที่ถูกสร้างขึ้นโดย DS ถูกตัดขาดทันทีที่สถานีลูกข่ายปิดเครื่อง หรือออกไปจากเครือข่ายด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง

- **การแพร่กระจายข้อมูลข่าวสาร**

สอดคล้องกับมาตรฐาน IEEE802.11 การแพร่กระจายข้อมูลข่าวสารเป็นบริการขั้นพื้นฐานของสถานีลูกข่ายชนิดไร้สาย เครื่องลูกข่ายจะทำการร้องขอให้เปิดการเชื่อมต่อและแพร่ข่าวสารกัน รวมทั้งการขอให้ Access Point ช่วยขยายระยะทางการเชื่อมต่อระหว่าง Access Point ด้วยกันโดยส่งคำขอร้องในรูปแบบของ PDU หรือ Physical Data Unit อันเป็นรูปแบบของข่าวสารออกไปจากสถานีลูกข่าย และตรงสู่ระบบให้บริการแบบ ESS (Extended Service Set) โดย ESS เป็นระบบการให้บริการที่ขยายพื้นที่ในการสื่อสาร ให้สามารถครอบคลุมเนื้อที่ให้กว้างขวางขึ้น ซึ่งจะครอบคลุมทั้ง DS และ BSS ซึ่งบริการนี้จะทำให้สถานีลูกข่ายสามารถเคลื่อนย้ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งเมื่อใดก็ได้ โดยมีเงื่อนไขว่าต้องอยู่ในเขตพื้นที่ ที่คลื่นวิทยุสามารถไปได้ถึง

- **การควบรวมเข้าด้วยกัน**

เมื่อใดที่ DS ภายใน Access Point ตรวจพบว่ามีข่าวสารจากสถานีลูกข่ายส่งออกมาในทำนองว่าต้องการติดต่อกับสถานีลูกข่ายอื่น ๆ มันจะดูแลให้ แต่หากสถานีลูกข่ายอื่นติดตั้งบนเครือข่ายแบบมีสาย มันจะควบรวมทั้งเครือข่ายและเครือขายแบบไร้สายเข้าด้วยกัน โดยทำหน้าที่คล้ายกับอุปกรณ์ Bridge หรือสะพานเชื่อมโยงระหว่างเครือข่ายทั้งสอง

- **การสร้างความสัมพันธ์กันใหม่อีกครั้ง**

การสร้างความสัมพันธ์กันใหม่อีกครั้งสามารถเกิดขึ้นได้หากสถานีลูกข่ายมีการเคลื่อนย้ายจากAccess Point จุดหนึ่งไปยัง Access Point อีกจุดหนึ่ง วิธีนี้ DS จะดำเนินการสร้างข้อมูลเกี่ยวกับผังการเชื่อมต่อระหว่างสถานีลูกข่ายกับ Access Point รวมทั้ง BSS ปัจจุบัน และ

รักษาความสัมพันธ์นี้ไว้ เมื่อมีการเคลื่อนย้ายเครื่องลูกข่ายออกไปจาก Access Point ตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่งที่เชื่อมต่อกับ Access Point ตัวเดิมที่สถานีลูกข่ายเดินทางจากมา

2.2 การส่งข้อมูลแบบไร้สาย

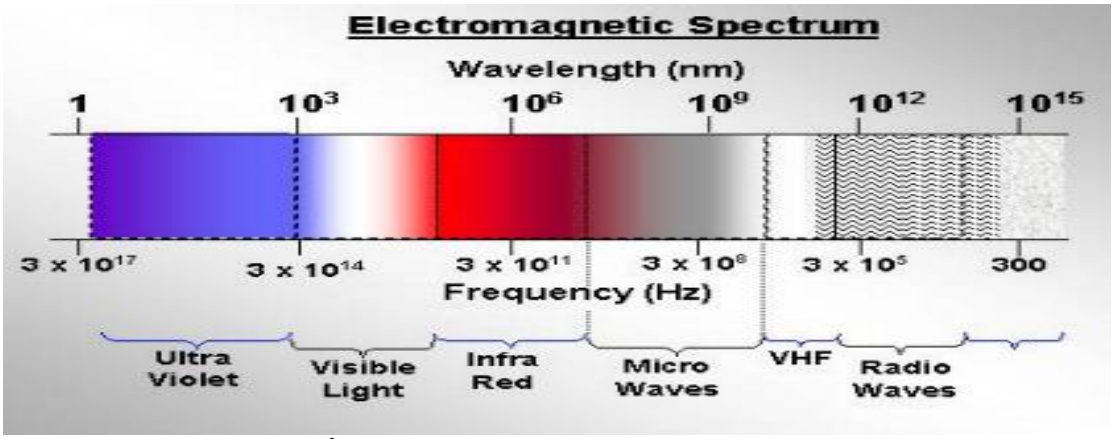
รอบกาบเราเต็มไปด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆมากมายและหลังจากมีการศึกษาก็พบว่ามีความถี่ประมาณ 300 เฮิรตซ์ ถึง 10^{21} เฮิรตซ์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นสามารถจำแนกออกได้เป็นช่วงๆ อยู่หลายช่วงด้วยกันซึ่งแต่ละช่วงก็มีประโยชน์ต่างกันเช่น ความถี่ต่ำเป็นสัญญาณที่เราใช้พูดคุยกัน ย่านความถี่กลางๆใช้สำหรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ ย่านความถี่สูงใช้สำหรับย่านไมโครเวฟใช้ในการสื่อสารและอุปกรณ์ประเภทอุ่นอาหาร ที่ความถี่สูงมากๆจะเป็นแสงที่เรามองเห็น

2.2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum)

ทฤษฎีเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้าได้กล่าวไว้ว่า เมื่ออิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่จะทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) ซึ่งสามารถเดินทางไปได้อย่างอิสระแม้กระทั่งในอวกาศก็สามารถเดินทางได้ จำนวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นต่อวินาที เรียกว่า ความถี่คลื่น (frequency: f) ซึ่งมีหน่วยวัดเป็น เฮิทส์ (Hertz) และระยะห่างระหว่างยอดคลื่นสองลูปที่อยู่ติดกันเรียกว่า ความยาวคลื่น (wavelength, λ)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกความถี่เดินทางด้วยความเร็วแสง (ประมาณ 3 ร้อยล้านเมตร ต่อวินาที หรือ 1 ฟุตต่อหนึ่งส่วนพันล้านวินาที) เท่ากันหมดเมื่อผ่านตัวกลางที่เป็นอากาศหรืออวกาศ แต่เมื่อบังคับให้คลื่นเดินทางผ่านสายทองแดงหรือสายใยแก้วจะมีความเร็วลดลงเหลือประมาณ 2 ใน 3 เท่านั้นและคลื่นความถี่ต่างชนิดกันก็จะเดินทางด้วยความเร็วต่างกัน

ปริมาณข้อมูลที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถนำพาไปได้นั้นคือช่วงความกว้างของคลื่น (Bandwidth) ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน คลื่นความถี่ต่ำสามารถใช้แทนความหมายข้อมูลได้เพียง 2-3 บิต แต่จะมีได้มากถึง 40 บิตเมื่อใช้ความถี่สูง



รูปที่ 2.3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการนำมาใช้งาน

เพื่อเป็นการป้องกันความสับสนที่อาจเกิดขึ้น จึงได้มีองค์กรระดับชาติและระดับนานาชาติมากมายร่วมทำความตกลงในการแบ่งช่วงความถี่ในการใช้งาน ในประเทศสหรัฐอเมริกามีองค์กรชื่อว่า FCC (Federal Communication Committee) เป็นกำหนดความถี่ในการใช้งานสำหรับคลื่นวิทยุ AM และ FM, คลื่นโทรทัศน์, คลื่นโทรศัพท์มือถือ, คลื่นสำหรับทหาร เป็นต้น ในระดับนานาชาติมีองค์กร WARC (World Administrative Radio Conference) มีรากฐานมากจากองค์กร ITU (International Telecommunication Union) ซึ่งเริ่มก่อตั้งในทวีปยุโรปมาตั้งแต่ พ.ศ.2508 ได้ร่วมประชุมชาติสมาชิกในประเทศสเปนเมื่อ พ.ศ.2534 เพื่อกำหนดขอบเขตการใช้งาน

การส่งสัญญาณทั่วไปมักจะกระทำในช่วงความถี่แคบๆ เพื่อส่งสัญญาณให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ในบางกรณีเครื่องส่งสัญญาณจะส่งคลื่นออกไปหลายช่วงความถี่เรียกว่า ช่วงความถี่กระจาย (Spread spectrum) ซึ่งนำไปใช้ในทางการทหารเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากทำให้ข้าศึกตรวจสอบการส่งสัญญาณได้ยากและทำให้ไม่สามารถส่งสัญญาณมารบกวนการสื่อสารได้

2.2.2 การส่งสัญญาณไมโครเวฟ

สัญญาณคลื่นความถี่ประมาณ 100 ล้านเฮิทส์จะเดินทางเป็นเส้นตรงจึงสามารถปรับทิศทางการส่งได้แน่นอน เมื่อมีการบีบสัญญาณให้ส่งออกไปเป็นลำแคบๆ จะทำให้มีพลังงานสูง สัญญาณรบกวนต่ำ และถ้าปรับจานรับและจานส่งสัญญาณให้ตรงกันพอดีแล้ว จะสามารถส่งสัญญาณหลายความถี่ไปในทิศทางเดียวกันได้โดยไม่รบกวนกันเอง ด้วยคุณลักษณะที่ดีเด่นนี้การส่งสัญญาณด้วยไมโครเวฟจึงเป็นวิธีการหลักในการส่งข้อมูลระยะทางไกลก่อนที่สายใยแก้วจะถูกนำมาใช้งาน

คลื่นไมโครเวฟไม่สามารถเดินทางผ่านวัตถุที่กีดขวางได้ ยิ่งกว่านั้นแม้ว่าจะสามารถปรับทิศทางการส่งได้อย่างเที่ยงตรงที่จานส่งสัญญาณก็ตาม สัญญาณไมโครเวฟอาจเกิดการหักเหในระหว่างทางได้ สัญญาณบางส่วนที่อาจเกิดการหักเหอาจเดินทางมาถึงจานรับสัญญาณช้ากว่าปกติและอาจเกิดการลบล้างกับสัญญาณบางส่วนที่ไม่เกิดการหักเหทำให้สัญญาณในช่วงนั้นสูญหายไป ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า “multi-path fading” ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศและความถี่ของสัญญาณเป็นองค์ประกอบหลัก

ความต้องการใช้งานคลื่นไมโครเวฟทำให้มีการพัฒนาคลื่นความถี่ที่ใช้ขึ้นไปจนถึงระดับ 10 พันล้านเฮิทส์ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามคลื่นวามถี่ตั้งแต่ 8 พันล้านเฮิทส์ขึ้นไปจะถูกดูดซึมโดยพื้นน้ำ คลื่นนาดนี้จะมีความยาวเพียงไม่กี่เซนติเมตรและจะดูดกลืนไปทั้งหมดเมื่อส่งผ่านพายุฝน

แม้ว่าจะมีปัญหาอยู่บ้างก็ตาม ไมโครเวฟได้ถูกนำมาใช้ง่ายอย่างมากในทางธุรกิจ เช่น การให้บริการโทรศัพท์ทางไกล บริการโทรศัพท์มือถือ และอื่นๆ การที่สถานีกลางในการรับ-ส่งสัญญาณไมโครเวฟ (Relay station) สามารถตั้งอยู่ห่างกันได้ถึง 50 กิโลเมตรทำให้การวางเส้นทางเดินสัญญาณไมโครเวฟมีความอ่อนตัวสูงมาก สามารถหลีกเลี่ยงอุปสรรคต่างๆ เช่น หลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีราคาที่ดินสูงมากได้ ด้วยคุณสมบัติข้อนี้ ระบบไมโครเวฟจึงมีราคาถูกกว่าระบบอื่นๆ รวมทั้งระบบสายเคเบิ้ลใยแก้วด้วย

2.3 สถาปัตยกรรมการทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย (Wireless Local Area Network, WLAN)

สถาปัตยกรรมการทำงานของ LAN ไร้สายตามมาตรฐานของแบบจำลอง OSI นั้นประกอบด้วย 3 ระดับชั้น ได้แก่ ระดับชั้น Physical ระดับชั้น Data Link และระดับชั้น Network โดยนิยามมาตรฐานการทำงานของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลทางคลื่นวิทยุและอินฟาเรดในระดับ Physical และการจัดสร้างเฟรมข้อมูลในระดับ Data Link

2.3.1 การทำงานในระดับชั้น Physical

Spread Spectrum เทคนิคการมอดดูเลตที่นิยมทำกันมากที่สุดใน Wireless LAN ในช่วงความถี่ 2.4 GHz เป็นความถี่ย่านสากลที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใดๆ ก็สามารถใช้ความถี่นี้ในการรับส่งข้อมูลได้ นั่นอาจจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้มีโอกาสที่จะรบกวนกันเองสูง ดังนั้นการแก้ไขทำได้โดยใช้เทคนิคการโมดูเลชันแบบ Spread Spectrum ที่จะมีการกระจายข้อมูลออกไป ในช่วงต่างๆ ของย่านความถี่นี้ หากมีสัญญาณใดมารบกวนที่ความถี่หนึ่งๆ ก็จะมีจุดเล็กๆเท่านั้น ไม่ได้ทำให้การสื่อสารนี้ถูกตัดขาดลงไป เนื่องจากยังมีข้อมูลอื่นๆ ที่เหลืออยู่ในช่วงที่ส่งสัญญาณนี้เมื่อผู้รับได้รับข้อมูลก็จะใช้ข้อมูลที่เหลือกู้ข้อมูลที่สูญหายไป

เทคนิคการโมดูเลชันแบบนี้ทำให้มีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนในรูปแบบต่างๆ ได้ดี ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณรบกวนจากปัญหาคลื่นสะท้อน (Multi-path Interference) การรบกวนจากการใช้ช่องความถี่เดียวกันของอุปกรณ์ไวร์เลส โดยเทคนิคที่นิยมกัน มี2 รูปแบบ คือ

1). FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)

2). DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

1). FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)

เป็นเทคนิคที่มีการแบ่งช่วงความถี่ออกเป็นช่องสัญญาณย่อย ๆ แล้วมีการย้ายความถี่ไปเรื่อยๆ เป็นจังหวะที่ผู้รับและส่งทราบความถี่ถัดไปนี้ คือความถี่อะไร การย้ายความถี่ไปเรื่อยๆ นี้

ช่วยลดปัญหาสัญญาณรบกวนได้ เนื่องจากเมื่อมีสัญญาณรบกวนที่ความถี่หนึ่งๆก็จะไม่สามารถรบกวนความถี่ที่เหลือได้ การสื่อสารจึงไม่ถูกตัดขาดลง ต่างจากวิธีแบบเดิมที่ใช้ความถี่เดียวในการรับส่งข้อมูล เมื่อถูกรบกวนที่ความถี่นี้ก็จะไม่สามารถติดต่อกันได้เลย

2). DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

เป็นเทคนิคที่ถูกพัฒนาขึ้นมาอีกขั้นหนึ่งและนิยมใช้กันมากในระบบไวร์เลสแลนตามมาตรฐาน802.11 b เนื่องจากรับ–ส่งข้อมูลได้เร็วกว่าระบบFHSS และยังมีความทนทานต่สัญญาณรบกวนมากกว่า เคล็ดลับการทำงานของวิธีนี้คือ การใช้ Chip Code ซึ่งเป็นบิตจำนวนมากกว่าบิตข้อมูลจริง เมื่อส่งออกอากาศไปก็จะกระจายอยู่ในช่วงความถี่นั้นๆ หากถูกสัญญาณรบกวนบิตข้อมูลก็จะเสียหายไป หากมีจำนวนไม่มากก็สามารถกู้ข้อมูลจาก Chip Code ที่เหลือมาได้ นั่นก็ทำให้การโมดูเลชันแบบนี้มีความเร็ว และมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนสูงกว่า แต่ก็มีข้อเสีย คือ กินช่วงแบนด์วิธค่อนข้างกว้างกว่าแบบธรรมดาการแบ่งช่องสัญญาณและแบนด์วิธของระบบ Wireless LAN ด้วยเทคนิคการโมดูเลชันแบบ DSSS ทำให้สัญญาณที่ได้หลังจากโมดูเลทใช้ความกว้างแบนด์วิธ สูงถึง 22 MHz แต่ในย่าน 2.4 GHz นั้นมีแบนด์วิธเพียง 83 MHzเท่านั้น ทำให้แบ่งช่องสัญญาณเป็นช่องที่ไม่ซ้อนทับกันได้เพียง 3 ช่อง ส่วนแบนด์วิธที่เหลือระหว่างช่องจะเป็น Guard Band เพื่อป้องกันการรบกวนกันระหว่างช่องสัญญาณต่างๆ เรามักจะเรียกช่องความถี่ที่ไม่ซ้อนทับกันว่า Non – Overlapping

2.3.2 การทำงานในระดับชั้น Data Link

IEEE802.11 ได้กำหนดคุณลักษณะการทำงานของ MAC ให้มีลักษณะการทำงานที่คล้ายคลึงกับ 802.3 ที่ใช้สายสัญญาณ LAN จะแตกต่างกันเล็กน้อยก็ตรงที่ระบบเครือข่ายไร้สายจะใช้โปรโตคอล CSMA/CA ในระดับชั้นนี้ CSMA/CA มาจากคำว่า Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance การหลีกเลี่ยงการชนกันของสัญญาณในระบบนี้แตกต่างกับ CSMA/CD ของ 802.3 ตรงที่ไม่ต้องมีกลไกตรวจสอบการชนกันของสัญญาณเหมือนที่ใช้อยู่ใน CSMA/CD ของ 802.3 แต่อย่างใด เหตุผลที่ต้องใช้ระบบนี้เนื่องจากเป็นเรื่องยากที่จะตรวจพบการชนกันของสัญญาณบนเครือข่ายที่ใช้คลื่นวิทยุ CSMA/CA ถูกใช้เพื่อตรวจสอบว่าช่องสัญญาณว่างอยู่หรือไม่ โปรโตคอลการทำงานนี้จะช่วยป้องกันหรือลดปัญหาการเกิด Collision หรือการชนกันของสัญญาณได้อย่างมาก โดยใช้เฟรมข้อมูลที่ประกอบด้วยสัญญาณ RTS (Request To Send), CTS (Clear To Send) ข้อมูลและการตอบรับว่าได้รับข้อมูล (ACK) มาเป็นกลไกในการรับส่งข้อมูลการสื่อสารถูกจัดตั้งขึ้นเมื่อสถานีลูกข่ายส่งข่าวสารสั้น ๆ ที่เป็น RTS เฟรมออกมา ภายใน RTS เฟรมประกอบด้วยจุดหมายปลายทางและความยาวของข้อมูลข่าวสาร ห้วงระยะเวลาการปลดปล่อย

ข้อมูลของข่าวสารเราเรียกว่า Network Allocation Vector (NAV) โดย NAV จะแจ้งเตือนสถานีลูกข่ายอื่น ๆ ให้ถอยออกไป หรือ อย่าเพิ่งออกจนกว่าการแพร่ข้อมูลในครั้งนี้ให้เสร็จเสียก่อน เมื่อสถานีลูกข่ายปลายทางได้รับข้อความนี้แล้วก็จะส่งเฟรม CTS ออกมายังเครื่องลูกข่ายที่จะส่งข้อมูล และเมื่อใดที่ลูกข่ายปลายทางหรือผู้รับไม่ได้รับ CTS แสดงว่าเกิดการชนกันของสัญญาณเกิดขึ้นแล้ว ดังนั้นผู้ส่งจะมีการส่ง RTS ออกมาซ้ำอีกครั้ง และผู้ส่งได้รับ CTS กลับมาก็จะดำเนินการส่งเฟรมข้อมูล หากผู้รับ ACK ออกมาก็จะเป็นการพิสูจน์ว่าการรับส่งข้อมูลครั้งนี้สำเร็จเสร็จสิ้น

2.4 มาตรฐาน IEEE 802.11

IEEE 802.11 : เป็น Wireless LAN ตัวแรก ทำงานที่ถูกคิดค้นขึ้น เมื่อปี พ.ศ. 2540 มีความเร็ว 1 Mbps แต่เนื่องจากว่าเป็นตัวแรกที่ถูกคิดค้นขึ้นมาจึงทำให้ไม่รองรับความสามารถ QoS (Quality of Service) และมาตรฐานความปลอดภัยต่ำ จากนั้นทาง IEEE จึงจัดตั้งคณะทำงานขึ้นมาปรับปรุงหลายกลุ่มด้วยกัน โดยที่กลุ่มที่มีผลงานเป็นที่น่าพอใจและได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการว่าได้มาตรฐานได้แก่กลุ่ม 802.11a , 802.11b และ 802.11g

- **มาตรฐาน IEEE 802.11**

เครือข่ายไร้สายมาตรฐาน IEEE 802.11 ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2540 โดยสถาบัน IEEE (The Institute of Electronics and Electrical Engineers) ซึ่งมีข้อกำหนดระบุไว้ว่าผลิตภัณฑ์เครือข่ายไร้สายในส่วนของ PHY Layer นั้นมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 1, 2, 5.5, 11 และ 54 Mbps โดยมีสื่อนำสัญญาณ 3 ประเภทให้เลือกใช้งานอันได้แก่ คลื่นวิทยุย่านความถี่ 2.4 GHz, 2.5 GHzและคลื่นอินฟาเรด ส่วน.ในระดับชั้น MAC Layer นั้นได้กำหนดกลไกของการทำงานแบบ CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับ CSMA/CD (Collision Detection) ของมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet ซึ่งนิยมใช้งานบนระบบเครือข่ายแลนใช้สาย โดยมีกลไกในการเข้ารหัสข้อมูลก่อนแพร่กระจายสัญญาณไปบนอากาศพร้อมกับมีการตรวจสอบผู้ใช้งานอีกด้วย

มาตรฐาน IEEE 802.11 ในยุคเริ่มแรกนั้นให้ประสิทธิภาพการทำงานที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งไม่มีการรับรองคุณภาพของการให้บริการที่เรียกว่า QoS (Quality of Service) ซึ่งมีความสำคัญในสภาพแวดล้อมที่มีแอพพลิเคชันหลากหลายประเภทให้ใช้งาน นอกจากนั้นกลไกในเรื่องการรักษาความปลอดภัยที่นำมาใช้ก็ยังมีช่องโหว่จำนวนมาก IEEE จึงได้จัดตั้งคณะทำงานขึ้นมาหลายชุดด้วยกัน เพื่อทำการพัฒนาและปรับปรุงมาตรฐานให้มีศักยภาพเพิ่มสูงขึ้น

- **มาตรฐาน IEEE 802.11a**

เป็นมาตรฐานระบบเครือข่ายไร้สายที่มีประสิทธิภาพสูง ทำงานที่ย่านความถี่ 5 GHz มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 54 Mbps ที่ความเร็วนี้สามารถทำการแพร่ภาพและข่าวสารที่ต้องการความละเอียดสูงได้ อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสามารถปรับระดับให้ช้าลงได้ เพื่อเพิ่มระยะทางการเชื่อมต่อให้มากขึ้น เช่น 54, 48, 36, 24 และ 11 เมกกะบิตเป็นต้น ในขณะที่คลื่นความถี่ 5 GHz นี้ยังไม่ได้ใช้งานอย่างแพร่หลาย ดังนั้นปัญหาการรบกวนคลื่นความถี่จึงมีน้อย ต่างจากคลื่นความถี่ 2.4 GHz ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายทำให้สัญญาณของคลื่นความถี่ 2.4 GHz ถูกรบกวนจากอุปกรณ์ประเภทอื่นที่ใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้

ระยะทางการเชื่อมต่อประมาณ 300 ฟิตจากจุดกระจายสัญญาณ Access Point หากเทียบกับมาตรฐาน 802.11b แล้ว ระยะทางจะได้น้อยกว่า 802.11b ที่คลื่นความถี่ต่ำกว่า และทั้ง 2 มาตรฐานนี้ไม่สามารถทำงานร่วมกันได้ ขณะที่ประเทศไทยไม่อนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ 5 GHz จึงไม่เห็นอุปกรณ์ WLAN มาตรฐาน 802.11a จำหน่ายในประเทศไทย แต่ความเร็ว 54 Mbps สามารถใช้งานได้ที่มาตรฐาน 802.11b ที่จะกล่าวถึงต่อไป

- **มาตรฐาน 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 Mbps โดยใช้คลื่นสัญญาณวิทยุย่านความถี่ 2.4 GHz 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 Compatibility Alliance) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้รับเครื่องหมาย Wi-Fi ได้ผ่านการตรวจสอบและรับรองว่าเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน IEEE 802.11b ซึ่งสามารถใช้งานร่วมกันกับผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิตรายอื่นๆ ได้

- **มาตรฐาน IEEE 802.11g**

เป็นมาตรฐานที่นิยมใช้งานกันมากในปัจจุบันและได้เข้ามาทดแทนผลิตภัณฑ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11b มาตรฐานนี้เป็นมาตรฐานใหม่ที่ความถี่ 2.4 GHz โดยสามารถรับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 36 - 54 Mbps ซึ่งเป็นความเร็วที่สูงกว่ามาตรฐาน 802.11b ซึ่ง 802.11g สามารถปรับระดับความเร็วในการสื่อสารลงเหลือ 2 Mbps ได้ (ตามสภาพแวดล้อมของเครือข่ายที่ใช้งาน) มาตรฐานนี้เป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้เป็นจำนวนมากและกำลังจะเข้ามาแทนที่ 802.11b ในอนาคตอันใกล้

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นนี้มีบางผลิตภัณฑ์ใช้เทคโนโลยีเฉพาะตัวเข้ามาเสริมทำให้ความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 54 Mbps เป็น 108 Mbps แต่ต้องทำงานร่วมกันเฉพาะอุปกรณ์ที่ผลิตจากบริษัทเดียวกันเท่านั้น ซึ่งความสามารถนี้เกิดจากชิป (Chip) กระจายสัญญาณของตัวอุปกรณ์ที่ผู้ผลิตบางรายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรับส่งสัญญาณเป็น 2 เท่าของการรับส่งสัญญาณได้ แต่ปัญหาของการกระจายสัญญาณนี้จะมีผลทำให้อุปกรณ์ไร้สายในมาตรฐาน 802.11b มีประสิทธิภาพลดลงด้วย

- **มาตรฐาน IEEE 802.11e**

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

- **มาตรฐาน IEEE 802.11f**

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

- **มาตรฐาน IEEE 802.11h**

มาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับผลิตภัณฑ์เครือข่ายไร้สายที่ใช้งานย่านความถี่ 5 GHz ให้ทำงานถูกต้องตามข้อกำหนดการใช้ความถี่ของประเทศในทวีปยุโรป

- **มาตรฐาน 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

- **มาตรฐาน IEEE 802.11k**

เป็นมาตรฐานที่ใช้จัดการการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สาย ทั้งจัดการการใช้งานคลื่นวิทยุให้มีประสิทธิ ภาพ มีฟังก์ชันการเลือกช่องสัญญาณ, การโรมมิงและการควบคุมกำลังส่ง นอกจากนั้นก็ยังมีการร้องขอและ ปรับแต่งค่าให้เหมาะสมกับการทำงาน การหารัศมีการใช้งานสำหรับเครื่องไคลเอนต์ที่เหมะสมที่สุดเพื่อให้ระบบจัดการสามารถทำงานจากศูนย์กลางได้

- **มาตรฐาน IEEE 802.11n**

เป็นมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เครือข่ายไร้สายที่คาดหมายกันว่า จะเข้ามาแทนที่มาตรฐาน IEEE 802.11a, IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน โดยให้อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลในระดับ 100 Mbps

- **มาตรฐาน IEEE 802.1x**

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

มาตรฐาน	อัตราเร็วในการสื่อสาร	เทคนิคการมอดูเลต
IEEE 802.11	สูงถึง 2 Mbps ที่ย่านความถี่ 2.4 GHz	FHSS หรือ DSSS
IEEE 802.11a (Wi-Fi)	สูงถึง 54 Mbps ที่ย่านความถี่ 5 GHz	OFDM
IEEE 802.11b (Wi-Fi)	สูงถึง 11 Mbps ที่ย่านความถี่ 2.4 GHz	DSSS
IEEE 802.11g (Wi-Fi)	สูงถึง 54 Mbps ที่ย่านความถี่ 2.4 GHz	OFDM ที่อัตราเร็วต่ำกว่า 20 Mbps และ DSSS ที่อัตราเร็วต่ำกว่า 20 Mbps
IEEE 802.16 (WiMAX)	ตามกำหนดในมาตรฐาน WiMAX โดยใช้ความถี่ย่าน 10 – 66 GHz	OFDM
IEEE 802.16a (WiMAX)	เพิ่มย่านความถี่ใช้งาน ในช่วง 2-11 GHz	OFDM
Bluetooth	สูงถึง 2 Mbps ที่ย่านความถี่ 2.45 GHz	FHSS
Home RF	สูงถึง 10 Mbps ที่ย่านความถี่ 2.4 GHz	FHSS
HiperLAN/1 (ยุโรป)	สูงถึง 20 Mbps ที่ย่านความถี่ 5 GHz	CSMA/CA
HiperLAN/1 (ยุโรป)	สูงถึง 54 Mbps ที่ย่านความถี่ 5 GHz	OFDM

2.5 สัญญาณรบกวน

2.5.1 HomeRF

HomeRF เป็นส่วนหนึ่งของ ITU ซึ่งมีการพัฒนามาตรฐานใน RF voice และการสื่อสารข้อมูลที่ไม่แพง กลุ่มการทำงาน HomeRF ได้ในคำสัตยาบันว่าจะมีรายละเอียด HomeRF 2.0 ซึ่งทำงานที่ 10Mbps และตั้งใจที่จะให้รองรับผู้ใช้ตามบ้านแบบไร้สาย ซึ่งมีการรองรับการควบคุมคุณภาพเสียงที่ผ่าน และพยายามที่ใช้รวมกันระหว่างข้อมูล เสียง และมีเดียต่างๆข้ามอุปกรณ์ช่วงกว้าง รวมถึงโทรศัพท์, PDAs, PCs, และอุปกรณ์เสียง และวีดีโอ HomeRF สามารถทำการส่งข้อมูล และตอบกลับด้วยความเร็ว 5Mbps, 1.6 Mbps และ 0.8 Mbps สามารถเข้าได้กับการติดตั้งอุปกรณ์ HomeRF ซึ่งใช้กับ 1.6 และ 0.8 Mbps มีการเชื่อมต่อระหว่างโฮสต์กับลูกข่ายด้วยเทคโนโลยี่ Peer สามารถติดต่อได้พร้อมกัน 8 ส่วนสำหรับเสียง และวีดีโอ ติดต่อ และควบคุมการติดต่อสองทิศทางได้พร้อมกัน 8 อุปกรณ์ มีการวางระบบเครื่องวัดความปลอดภัย ซึ่งป้องกันการลอบฟังและการโจมตี

- **ฟีเจอร์ HomeRF ที่สำคัญ**

HomeRF ทำงานที่ความถี่ 2.45 GHz ของช่วง ISM ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่ไม่ต้องได้รับอนุญาต มีระยะทางรัศมี 150 ฟุต ความถี่ที่โดดได้ 50 ครั้งต่อวินาที สามารถรองรับทั้ง TDMA ที่รองรับการส่งของเสียงที่ติดต่อกัน และบริการ CSMA/CA สำหรับการส่งแพ็ตเก็ตข้อมูลความเร็วสูง เครือข่ายสามารถรองรับได้ 127 โหนด ใช้กำลังไฟ 100-mW สามารถรองรับอัตราข้อมูล 1 Mbps, การใช้การส่งคลื่น 2 FSK และอัตราข้อมูล 2 Mbps ใช้การส่งคลื่น 4 FSK รองรับการสนทนาถึง 6 Full duplex ใช้การเข้ารหัสอัลกอริทึม Blowfish ความปลอดภัย และอัลกอริทึม LZRW3-A สำหรับการเข้ารหัส

HomeRF พัฒนา SWAP ซึ่งเหมือนกับ CSMA/CA ของ IEEE 802.11 แต่มีการเพิ่มการจราจรทางเสียง ระบบ SWAP สามารถทำงานได้ทั้งเครือข่าย ad hoc หรือ Infrastructure ใต้การควบคุมของจุดการเชื่อมต่อเครือข่าย ad hoc เครื่องต่างๆติดต่อกันเองได้ โดยกระจาย Station และรองรับเฉพาะข้อมูล ในเครือข่าย Infrastructure จุดการเชื่อมต่อถูกต้องการทำงานร่วมกันของระบบรองรับการต่อเชื่อมกับ Public Switched Telephone Network (PSTN) ซึ่งทั้งกำแพง และพื้นไม่มีปัญหาต่อหน้าที่การทำงาน และความปลอดภัยจะมี Network IDs ที่ไม่ซ้ำกัน มีการแข็งแกร่ง, ความน่าเชื่อถือ, และการลดรูปผลรบกวนคลื่น บริษัท Proxim มีผู้ขายสำหรับผลิตภัณฑ์ HomeRF ซึ่งอยู่ในอเมริกา ซึ่งมีการกระจาย 802.11b และ HomeRF สำหรับ Macintosh

- **การเปรียบเทียบระหว่าง HomeRF กับ 802.11b**

ทั้งสองไม่สามารถทำงานร่วมกัน หรือติดต่อกับระบบ WLAN อื่น HomeRF ถูกออกแบบมาระบบแรก ซึ่ง 802.11b ถูกออกแบบมาสำหรับการใช้ตามบ้าน, และองค์กรขนาดเล็ก ถึงกลาง ซึ่งองค์กรขนาดใหญ่ และจำนวนการเติบโตของเครือข่ายไร้สายในสาธารณะ ซึ่งผู้ขายเครื่องโน้ตบุ๊คมีการวางแผนให้ 802.11b NICs ซึ่งขณะนี้เป็นการนำระบบ HomeRF ดึงดูดผู้ใช้ตามบ้าน

- **ความปลอดภัย HomeRF**

มีมาตรฐานการเข้ารหัส 128-bit ซึ่งเริ่มต้นที่ 32-bit IV และมีชุดของเวลาในการทวน IVs ครึ่งปี รายละเอียด HomeRF ในกระบวนการจัดการ IV มีการออกแบบที่ลดการซ้ำซ้อนของ IV น้อยที่สุด ซึ่งกลุ่มทำงาน HomeRF เชื่อว่าการโจมตีด้วย Brute-force ของการเข้ารหัส HomeRF เป็นการทำขึ้นขององค์กรโดยไม่ต้องมีองค์กรความปลอดภัยของรัฐมาเกี่ยวข้อง และยืนยันว่า HomeRF มีจำนวนข้อดีต่างๆมากมายบน WLAN

2.5.2 Bluetooth

Bluetooth เป็นชื่อของ Denmark's แรกของ Christian King, Harald Bluetooth ซึ่งมีรายละเอียดเทคโนโลยี่ในรูปแบบปัจจัยขนาดเล็ก, ต้นทุนต่ำ, คลื่นวิทยุช่วงสั้นระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกซ์ Bluetooth ถูกออกแบบเพื่อให้ง่าย และเชื่อมต่อแบนด์วิดช์ต่ำ การใช้ความเร็วสูง, และเทคโนโลยี่กำลังไมโครเวฟต่ำ ผู้ก่อตั้งมี Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba สมาชิกใหม่ 3Com, Lucent, Microsoft, Motorola, Agere Bluetooth ถูกออกแบบในการเชื่อมต่อโทรศัพท์, แล็บท็อป, PDAs, และอุปกรณ์เคลื่อนย้ายอื่นๆ ซึ่งใช้ความพยายามของผู้ใช้เพียงเล็กน้อย เทคโนโลยี่ที่เด่นสำหรับขนาดเล็ก และต้นทุนต่ำ ใช้การแก้ไขเทคโนโลยี่ของ WLAN ซึ่งอุปกรณ์ Bluetooth ได้เข้ามาในช่วงต่างๆเหล่านั้น ซึ่งมีการโอนถ่ายข้อมูลที่อยู่ และการสร้างเครือข่ายย่อยซึ่งกันและกัน โดยไม่ต้องไปพาดพิงกับผู้ใช้เพราะว่าเทคโนโลยี่ Bluetooth ไม่ต้องการ Line-of-Sight (ไม่เหมือน Infrared) ซึ่งสามารถทำงานผ่านกำแพง หรือผ่านกระเป๋า PCs เคลื่อนที่สามารถต่อไร้สายกับเครื่องพิมพ์ และโอนถ่ายข้อมูลระหว่างเครื่อง ซึ่งต่อเชื่อมกับโทรศัพท์เซลลูล่าร์ พบว่าการเปลี่ยนความถี่โดยการกระโดดของอุปกรณ์บลูทูธในการติดต่อสื่อสาร ทำให้การรบกวนกับช่องสัญญาณของไวร์เลส แต่ความแรงของสัญญาณของอุปกรณ์บลูทูธนั้นมีระดับเพียง 0.01 วัตต์ ต่างจากไวร์เลสแลนที่มีกำลัง 0.1 วัตต์ และระยะการใช้งานของบลูทูธนี้มีเพียง 10 เมตร การรบกวนของบลูทูธจึงไม่ค่อยรุนแรงมากนัก แต่จะเกิดปัญหามากขึ้นหากบริเวณนั้นมีผู้ใช้บลูทูธจำนวนมาก หรือบลูทูธอยู่ใกล้กับอุปกรณ์ไวร์เลสแลนมาก ก็อาจจะมีสัญญาณแรงพอที่จะไปรบกวนได้ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้จึงไม่ควรเปิดใช้บลูทูธในระยะ 10เมตร ห่างจากแอ็กเซสพอยน์ หรืออุปกรณ์ไวร์เลสแลน

- **ฟีเจอร์สถาปัตยกรรมระบบ**

เทคโนโลยี่ Bluetooth รองรับรัศมี 10 เมตรซึ่งรองรับทั้งเสียง และข้อมูลในอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งอุปกรณ์ต่อเชื่อม 8 สำหรับอุปกรณ์ข้อมูลใน Pico-net ซึ่งสามารถทำได้ถึง 10 Pico-nets ในระยะ 10 เมตรของแต่ละฟอง ซึ่งทุก Pico-net สามารถรองรับการส่งข้อมูลเสียงพร้อมกัน Full-duplex ได้ถึง 3

- **ข้อสำคัญ Bluetooth**

Bluetooth ทำงานที่ความถี่ 2.45 GHz ของช่วง ISM ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่ไม่ต้องได้รับอนุญาต ใช้ความถี่การโดดแบบ FHSS สามารถรองรับได้ถึง 8 อุปกรณ์ใน Pico-net สามารถที่กำหนดในทิศทางเดียว ไม่จำเป็นต้องอยู่ในแนวสายตา ผ่านกำแพงได้ในระยะทาง 10-100 เมตร ใช้กำลังไฟต่ำ 1 mW สามารถเพิ่มระยะทางได้โดยการใช้แอมพลิไฟเออร์และสามารถเพิ่มระยะทางได้มากสุด100 เมตร

- **ความปลอดภัย Bluetooth**

Bluetooth มีการเข้ารหัส 128 บิต Public/Private key authentication ซึ่งจะใช้ Cipher up ถึง 64 บิต และใช้ A5 Security ซึ่งเทคโนโลยี่ Bluetooth ไร้สายถูกออกแบบให้ปลอดภัยใน LAN มีสายด้วย ซึ่งการเข้ารหัสนี้ทำได้อย่างแข็งแกร่ง และมีการสร้างลิงค์ที่ปลอดภัย ซึ่งอาจมีปัญหาในการส่งออกนอกอเมริกา ซึ่งมีการกำหนดช่วงความยาวในการเข้ารหัส มีการใช้ Challeng-response routing รับรอง และป้องกันการหลอก และการเข้าใช้ที่ไม่ต้องการสำหรับเข้าใช้ข้อมูลสำคัญ และหน้าที่ Stream cipher สำหรับการเข้ารหัส ป้องกันการแอบฟัง และการดูแลความเป็นส่วนตัว Session key generation อนุญาตให้คีย์เซสชั่นเปลี่ยนระหว่างที่ต่อเชื่อมส่วนประกอบสามส่วนในอัลกอริทึมความปลอดภัย Bluetooth device address (BD_ADDR/48 bits) ซึ่งมีการกำหนดรายการ Public ทุกอุปกรณ์ ซึ่งที่อยู่ถูกเก็บไว้ผ่านกระบวนการถามข้อมูล Private user key (128 bits) เป็นรายการ Secret ที่ส่งระหว่างเริ่มมีการติดต่อ และไม่มีการเปิดเผย Random number (128 bits) เป็นการส่งการจัดการใหม่ที่แตกต่างกัน ซึ่งเลขจะสุ่ม และสร้าง Pseudo- random ในหน่วยของ Bluetoothหน้าที่ของ Link-level ความถี่ที่โดด และช่วงการโอนถ่ายที่จำกัด การป้องกันแอบฟัง และฟีเจอร์ความปลอดภัย

2.5.3 Cordless Phones

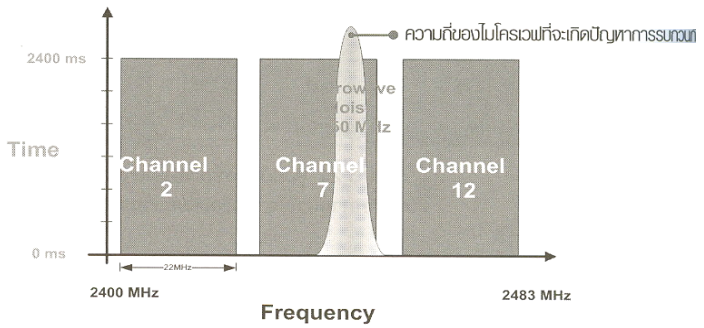
ลักษณะพิเศษของ cordless phone คือ มีพลังงานที่ต่ำและมีแบนด์วิดแคบ พลังงานที่ส่งออกไปมีค่าประมาณ 10 dBm หรืออาจจะต่ำกว่านั้น สำหรับ FHSS Cordless Phones จะมีแบนด์วิด 1 MHz ส่วน DSSS ส่วนใหญ่จะมีแบนด์วิดที่ 2 MHz จากการทดสอบได้ทำการทดสอบ

ผลกระทบของ Cordless Phones หลายๆชนิดต่ออุปกรณ์ DSSS WLAN การกวนกันจะพิจารณาจากความแรงของสัญญาณของ Cordless Phones, การครอบครอง frequency bandwidth , การแยกกันของความถี่, และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ โทรศัพท์รุ่นใหม่ที่ใช้ความถี่ 2.4 GHz จะเป็นเทคโนโลยีของบลูทูธ คือการเปลี่ยนความถี่โดยการกระโดด ซึ่งก็อาจจะทำให้เกิดการรบกวนกับอุปกรณ์ไวร์เลสแลนได้ ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการใช้โทรศัพท์รุ่นใหม่ที่ใช้ความถี่ 2.4 GHz นี้ หากต้องการใช้งานโทรศัพท์ไร้สายก็ควรเลือกใช้โทรศัพท์รุ่นเก่าที่ใช้งานที่ความถี่ 40 MHz

2.5.4 Microwave Oven

เตาไมโครเวฟ เป็นอุปกรณ์สำหรับปรุงและอุ่นอาหาร โดยใช้ความถี่เท่ากับ 2,450 MHz ด้วยพลังที่มีมากถึง 1,000 วัตต์ ซึ่งมากกว่าอุปกรณ์ไวร์เลสแลนที่มีกำลังเพียง 0.1 วัตต์ ถึง 10,000 เท่า แม้ว่าเตาไมโครเวฟจะมีชีลด์ป้องกันเพียงใดก็ตาม ก็จะมีสัญญาณแพร่กระจายรั่วไหลออกมา ซึ่งจะกลายเป็นสัญญาณรบกวนในระบบเครือข่ายไร้สายผลกระทบของสัญญาณรั่วไหลของเตาไมโครเวฟนั้นจะรบกวนช่องสัญญาณตั้งแต่ช่องที่ 7-10 เนื่องจากช่องที่ 7 มีความถี่กลางอยู่ที่ 2,442 MHz เมื่อใช้งานช่องนี้การติดต่อสื่อสารก็จะมีความถี่กระจายอยู่ที่ 2,431 – 2,453 MHz ซึ่งซ้อนทับกับความถี่ใช้งานของเตาไมโครเวฟ คือ 2,450 MHz

รูปที่ 5.26
ช่องสัญญาณที่ถูกรบกวนด้วย
คลื่นของเตาไมโครเวฟ



รูปแสดง ช่องสัญญาณที่ถูกรบกวนด้วยสัญญาณจากเตาไมโครเวฟ

การป้องกันการรบกวนทำได้หลายวิธี เช่น ควรติดตั้งแอ็กเซสพอยน์ห่างจากเตาไมโครเวฟอย่างน้อย 20 เมตร จะช่วยลดปัญหาได้ หรือเลือกใช้ช่องสัญญาณที่ 1-5 แทนก็จะไม่มีปัญหาการรบกวนมากนัก

2.6 การขยายพื้นที่ให้บริการเครือข่าย WLAN

วิธีการขยายพื้นที่ให้บริการเครือข่าย WLAN ให้ครอบคลุมพื้นที่กว้างไกลสามารถทำได้ 4 วิธี ดังนี้

1.เครือข่าย WLAN ให้บริการแบบโรมมิ่ง (Roaming)

2.ปรับเปลี่ยนสายอากาศของ AP ให้เป็นสายอากาศแบบเกนสูง (High Gain Antenna)

3.เพิ่มกำลังวัตต์ของ AP ด้วยอุปกรณ์ Signal Booster

4.ขยายพื้นที่ให้บริการเครือข่าย WLAN ด้วย Wireless Repeater

- **เครือข่าย WLAN ให้บริการแบบโรมมิ่ง (Roaming)**

วิธีการขยายพื้นที่ให้บริการด้วยการโรมมิ่ง (Roaming) นั้นทำได้โดยการการติดตั้ง AP เพิ่มเข้าไปในพื้นที่จุดบอดของสัญญาณ และให้รัศมีการแพร่กระจายคลื่นของ AP ที่ติดตั้งเพิ่มมีส่วนคาบเกี่ยวกัน ลักษณะของเครือข่ายนี้จะเหมือนกับระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือแบบเซลลูลาร์ (การทำโรมมิ่งเป็นการนำเอาคุณสมบัติของ WLAN แบบ infrastructure มาประยุกต์ใช้) ผู้ใช้งานสามารถเคลื่อนย้ายไปทำงานยังพื้นที่ใดๆ ก็ได้ที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่ให้บริการของ AP แต่ละตัว ซึ่งการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ไร้สายกับเครือข่ายแต่ละตัวจะไม่ขาดช่วง

- **ปรับเปลี่ยนสายอากาศของ AP ให้เป็นสายอากาศแบบเกนสูง (High Gain Antenna)**

การขยายพื้นที่ให้บริการเครือข่าย WLAN โดยการปรับเปลี่ยนสายอากาศ Omni directional เดิมของ AP ที่มีเกน 2.2 dBi ให้เป็นสายอากาศ Omni directional เกนสูง 5.2 dBi-12dBi วิธีนี้จะช่วยให้ AP มีประสิทธิภาพการรับ-ส่งคลื่นดีขึ้น ทำให้สามารถแพร่กระจายคลื่นออกไปในทิศทางต่างๆ ได้ไกลมากขึ้น การปรับเปลี่ยนสายอากาศสามารถทำได้กับ AP บางรุ่นบางยี่ห้อเท่านั้นหากต้องการ AP ที่สามารถเปลี่ยนสายอากาศเพื่อรองรับการขยายพื้นที่ให้บริการในอนาคตควรตรวจสอบคุณสมบัติของ AP ก่อนซื้อหรือสอบถามข้อมูลจากผู้แทนจำหน่าย

- **เพิ่มกำลังวัตต์ของ AP ด้วยอุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Signal Booster)**

การเพิ่มกำลังรับ-ส่งของ AP เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถขยายพื้นที่ให้สามารถขยายพื้นที่ให้บริการเครือข่าย WLAN โดยอาศัยอุปกรณ์ Signal Booster หรือในบางครั้งเรียกว่า “Amplifier”(วิธีนี้สามารถใช้ได้กับ AP บางยี่ห้อเท่านั้น) Signal Boosterจะทำหน้าที่เพิ่มขยายกำลังวัตต์รับ-ส่งสัญญาณให้กับ AP ซึ่งปกติอยู่ที่ 30-50 mwให้สูงขึ้นเป็น 100 mw ทำให้ AP แพร่กระจายคลื่นออกไปได้ไกลมากขึ้นกว่าเดิม

- **ขยายพื้นที่ให้บริการเครือข่ายด้วย Wireless Repeater (Wireless Repeater)**

Wireless Repeater จะทำหน้าที่ทวนสัญญาณให้กับ AP และรองรับการเชื่อมโยงเครื่องคอมพิวเตอร์ไร้สายที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่ติดตั้ง Wireless Repeater เสมือนกับว่าเครื่องคอมพิวเตอร์คอมพิวเตอร์ไร้สายได้เชื่อมโยงเข้าสู่ AP โดยตรงทำให้สามารถขยายพื้นที่การบริการเครือข่าย WLAN ไปได้มากขึ้น

บทที่ 3
การสร้างโปรแกรมและการใช้งาน

3.1 ปัญหาและความน่าสนใจของโครงงาน

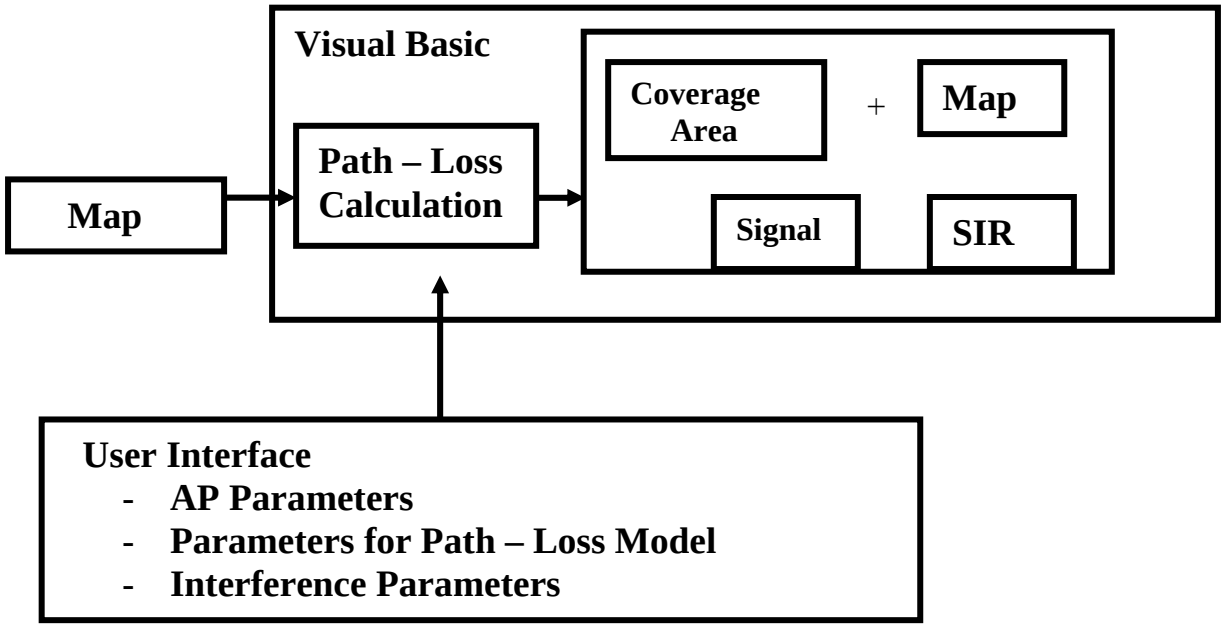
1. โปรแกรมนี้สามารถทำการโหลดแผนที่มาลงในตัวโปรแกรมได้จริง และนำมาคำนวณได้โดยการนำโปรแกรม Visual Basic 2005 มาใช้ในการคำนวณ

2. โปรแกรมนี้สามารถคำนวณค่าต่าง ๆ จากภาพเช่น วัสดุสิ่งกีดขวางต่าง ๆ ที่เราวาดลงบนแผนที่ในโปรแกรม และสามารถแสดงระดับสัญญาณเมื่อผ่านสิ่งกีดขวางไปแล้ว ณ จุดต่าง ๆ ออกมาเป็นระดับสีต่างแล้วแต่ระดับความเข้มมากน้อยของสัญญาณได้

3. โปรแกรมนี้ยังสามารถวิเคราะห์และคำนวณความเข้มของสัญญาณรบกวน และแสดงผลเป็นระดับดีต่างๆ ตามระดับความแตกต่างระหว่างสัญญาณไร้สายท้องถิ่นกับสัญญาณรบกวน(SIR)

เนื่องจากในปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีตัวโปรแกรมสำหรับใช้ในการออกแบบตำแหน่งการติดตั้งตัว Access Point ที่สามารถแสดงผลเป็นภาพออกมาให้ผู้ใช้งานได้เห็นจริง หรือ ถ้ามีก็เป็นตัวโปรแกรมจากต่างประเทศซึ่งยังมีราคาที่สูงอยู่มาก เช่น Ekahua Site Survey ซึ่งทางผู้จัดทำโครงงานจึงออกแบบตัวโปรแกรมนี้ขึ้นมา

3.2 โครงสร้างของโปรแกรม



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของโปรแกรม

- Map เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานจะออกแบบลักษณะพื้นที่ภายในอาคารและสิ่งกีดขวางต่างๆโดยใช้โปรแกรม Paint ในการออกแบบ
- Visual Basic เป็นโปรแกรมที่ผู้จัดทำโครงงานเลือกมาใช้ในการวิเคราะห์สมการต่าง ๆ รวมไปถึงการทำ Graphics ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย
- User เป็นผู้ที่สามารถควบคุมการใช้งานโปรแกรม และสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวโปรแกรมให้เป็นไปตามที่ต้องการ รวมทั้งสามารถเลือกตำแหน่งการวางตัว Access Point และตำแหน่งการวางตัวของ Interference ได้ด้วยตัวเอง
- Path-Loss Calculation เป็นการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง Path-Loss Models using Building Materials ซึ่งเป็นส่วนที่จะนำ Map และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ผู้ใช้งานป้อนให้กับตัวโปรแกรม เพื่อให้ตัวโปรแกรมส่วนนี้ทำการหาค่ากำลังรับ และค่าความแตกต่างระหว่างสัญญาณจาก Access Point กับสัญญาณจาก Interference ที่จุดต่างๆ เพื่อที่จะให้โปรแกรมแสดงผลต่อไป
- การแสดงผล จะมีสองลักษณะคือ เป็นความเข้มของสัญญาณไร้สาย และ ค่าความแตกต่างระหว่างสัญญาณจาก Access Point กับสัญญาณจาก Interference ที่จุดต่างๆ เราจะนำค่าที่คำนวณได้จากตัวโปรแกรมในส่วนของแบบจำลอง Path-Loss Models using Building Materials มาแสดงเป็นระดับสีของความเข้มของสัญญาณ ณ จุดต่าง ๆ ทับไปบนแผนผัง (Map) ที่เรามีอยู่

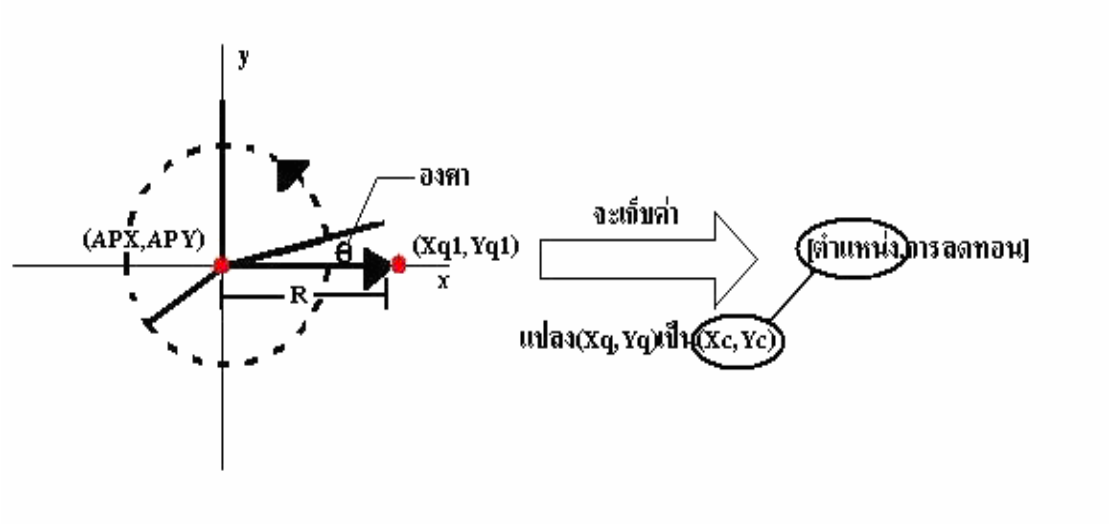
3.3 การทำงานด้าน Graphics ของตัวโปรแกรมที่เขียนโดย Visual Basic

การทำงานที่เกี่ยวกับด้าน Graphics ในตัวโปรแกรมที่เขียนด้วย Visual Basic หรือที่เราเรียกกันว่า Graphics User Interface (GUI) นั้นจะใช้ในการโต้ตอบกับผู้ใช้โปรแกรมในรูปของ Object ต่าง ๆ ซึ่งเป็นการโปรแกรมเชิงวัตถุ หรือ OOP (Object Oriented Program) เช่น การสร้างปุ่มกด สร้างช่องสำหรับให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลต่าง เป็นต้น ซึ่งเราจะนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากผู้ใช้งานมาทำการคำนวณต่อไป ดังนั้นในตัวโปรแกรมเราจึงต้องมีการเรียกดึงข้อมูลจากตำแหน่งต่าง ๆ มาคำนวณรวมกับพารามิเตอร์ที่เราใส่ให้ไปดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

การนำตำแหน่งต่างในแผนที่มาเก็บเป็นข้อมูล

การเก็บข้อมูลตำแหน่งต่าง ๆ ของแผนที่ในโปรแกรมนี้นั้นจะไล่เก็บไปทีละจุด โดยเริ่มเก็บจากตำแหน่งที่ 0 องศา และมีระยะ R เป็น 1 แล้ววน Loop ทำการเพิ่มค่า R ไปเรื่อย ๆ จนครบ

ในแนวองศานั้น แล้วก็ทำการเพิ่มองศาขึ้นทีละ 1 องศาแล้วเพิ่มค่า R ขึ้นเหมือนเดิม ซึ่งเราจะทำการเขียน Loop ให้กับตัวโปรแกรมเช่นนี้ ไปจนกว่าโปรแกรมจะวนไปครบ 359 องศา (เนื่องจากที่ 0 องศากับ 360 องศา คือตำแหน่งเดียวกัน) ดัง **รูปที่ 4.2**



รูปที่ 3.2 แสดง Algorithm ในการวนหาตำแหน่งของกำแพงและเก็บค่า Attenuation ของกำแพง

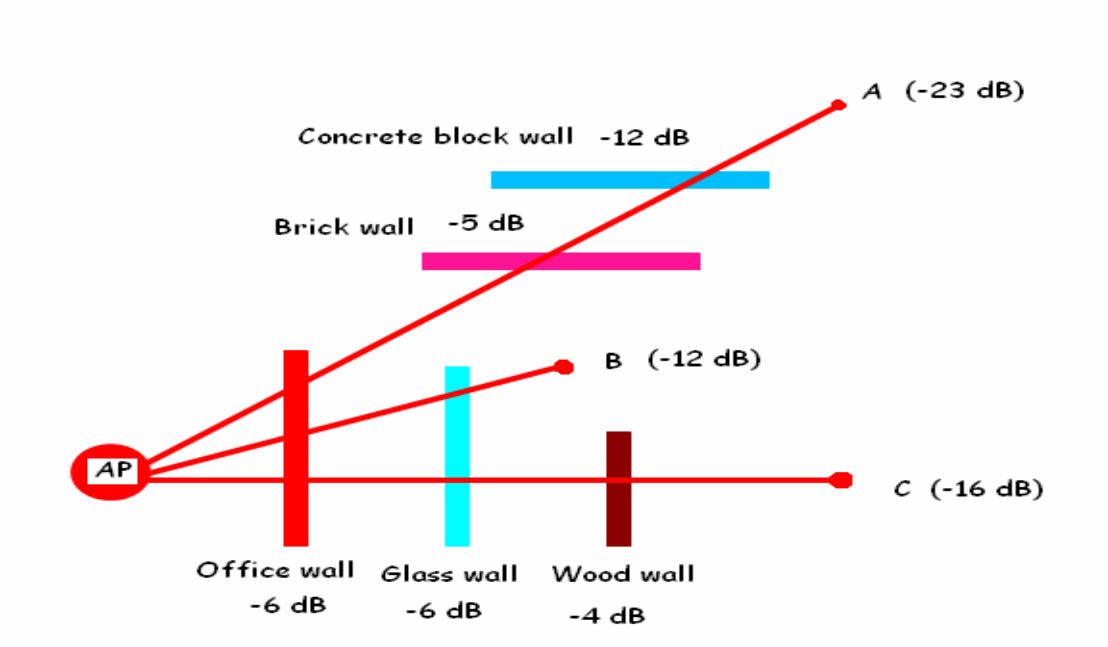
จาก **รูปที่ 3.2** เป็นการวนเก็บค่าลักษณะนี้เราจะทราบตำแหน่งจาก สมการพาราเมตริกซ์ ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะ R, θ, Xq, Yq ดังนี้

$$Xq = R \cos \theta$$
$$Yq = R \sin \theta$$

โดยที่ (Xq, Yq) นั้นยังเป็นค่าพิกัดในโลกของคณิตศาสตร์อยู่ดังนั้นเราต้องทำการแปลงพิกัด (Xq, Yq) กลับมาอยู่ในพิกัดที่ใช้ได้ในโปรแกรม Visual Basic ก่อนคือในระดับพิกเซล โดยใช้สมการดังนี้คือ

$$Xc = Xq + APX$$
$$Yc = APY - Yq$$

โดยที่ *APX* และ *APY* เป็นตำแหน่งของตัว Access Point ที่วางในแผนที่ ซึ่งเมื่อเราทำการวน Loop เก็บค่าได้หมดเราก็จะได้ค่าที่มาเก็บเป็น Array ที่บอกตำแหน่งและบอกว่า ณ ตำแหน่งพิกเซลนั้นมีการสะสมค่าการลดทอนของสิ่งกีดขวางทั้งหมดกี่ dBm ดังเช่นตัวอย่าง **รูปที่ 3.3**



รูปที่ 3.3 แสดงการหาค่าผลรวมของลดทอนในแต่ละทิศทาง

จาก **รูปที่ 3.3** ทำให้เห็นได้ว่าที่ตำแหน่ง *A, B* และ *C* (ซึ่งแปลงอยู่ในพิกัด *Xc, Yc* แล้ว) มีค่าการลดทอนเนื่องจากวัตถุหรือสิ่งกีดขวางเท่ากับ -23, -12, -16 dB ตามลำดับ

3.4 พารามิเตอร์ที่ใช้งานในการวิเคราะห์ตัวโปรแกรม

- มาตรฐาน IEEE ที่ใช้สำหรับ Access Point แต่ละตัว

ตารางที่ 3.1 แสดงย่านความถี่ที่ใช้งานในมาตรฐานต่าง ๆ

มาตรฐาน	**ย่านความถี่(f) ที่ใช้งาน**
* IEEE802.11a	5.15 - 5.35 GHz
* IEEE802.11a	5.725 - 5.825 GHz
IEEE 802.11b	2.4 - 2.4835 GHz
IEEE 802.11g	2.4 - 2.4835 GHz

*หมายเหตุ * มาตรฐาน IEEE 802.11a ทั้ง 2 ตัวในตารางซึ่งใช้ความถี่ในย่าน 5 GHz นั้น ในประเทศไทยไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้งาน จึงไม่ได้ทำการใส่ไว้ในตัวโปรแกรม*

- ค่ากำลังในการส่งของตัว Access Point ที่วัดในหน่วย dBm
- ค่าอัตราขยายของสายอากาศตัวส่งของตัว Access Point ที่วัดในหน่วย dB
- ค่าอัตราขยายของสายอากาศตัวรับของตัว Access Point ที่วัดในหน่วย dBi
- ค่ากำลังในการส่งของตัว Inteference ที่วัดในหน่วย dBm
- ค่าการลดทอนเนื่องจากสิ่งกีดขวางซึ่งในตัวโปรแกรมนี้มีทั้งหมด 7 ชนิดดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าการลดทอนเนื่องจากสิ่งกีดขวาง

ชนิดของสิ่งกีดขวาง	**ค่าการลดทอนวัดในหน่วย dB**
Concrete block wall	12
Metal wall / door	12
Brick wall	5
Office wall	6
Wood wall	4
Glass wall	6

- ไฟล์แผนที่ ที่ใช้นำมาวัด ซึ่งอยู่ในรูปไฟล์ของ Bitmap
- ค่า Scale ที่ต้องใส่ให้กับแผนภาพเพื่อให้มีอัตราส่วนที่อยู่ในขนาดเท่าของจริง ในหน่วย Pixels/Meter

3.5 สมการที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ในตัวโปรแกรม

- Path-Loss Models

เป็นสมการเริ่มแรกสำหรับการวิเคราะห์และคำนวณค่าของ Path-Loss (L_p) ซึ่งค่าที่ได้จากสมการนี้นั้นจะเป็นค่าความสูญเสียอันเนื่องจากระยะทางเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีรูปแบบสมการดังนี้

$$L_p = L_0 + 10\ \alpha\ \log d$$

- Path-Loss Models Using Building Materials

เป็นสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณค่าของความสูญเสียอันเนื่องจากระยะทาง และการลดทอนของสิ่งกีดขวางแต่ละชนิดซึ่งมีค่าการลดทอนไม่เท่ากันซึ่งสมการนี้เราจะกำหนดค่าของ Path-Loss Gradient หรือค่า α ไว้ที่ 2 สำหรับการสูญเสียเนื่องจากอากาศว่าง ซึ่งทำให้ได้สมการออกมามีรูปแบบดังนี้

$$L_p = L_0 + 20 \log d + \sum m_{type} w_{type}$$

โดย

L_p = ความสูญเสียที่เกิดจากระยะทางที่ระยะ d ที่คิดรวมการลดทอนเนื่องจากสิ่งกีดขวาง

L_0 = ความสูญเสียที่เกิดจากระยะทางที่ระยะ 1 เมตร

d = ระยะทางระหว่างตัว Access Point ไปยังจุดใด ๆ ที่ทำการวัดค่า Path-Loss(L_p)

$\sum m_{type} w_{type}$ = เป็นผลรวมของจำนวนสิ่งกีดขวางที่นับจากตัว Access Point ไปยังจุดที่ทำการวัดค่า Path-Loss(L_p) เป็นระยะทาง d ซึ่งสิ่งกีดขวางแต่ละชนิดมีค่าการลดทอนไม่เท่ากัน โดยที่ m_{type} คือ จำนวนสิ่งกีดขวาง และ w_{type} คือ ค่าการลดทอนของสิ่งกีดขวางแต่ละชนิด

- สมการในการวิเคราะห์ค่าความสูญเสียที่เกิดจากระยะทางที่ระยะ 1 เมตร (L_0)

$$L_0 = 10 \log (\lambda / 4\Pi^2) + Gain$$

โดย

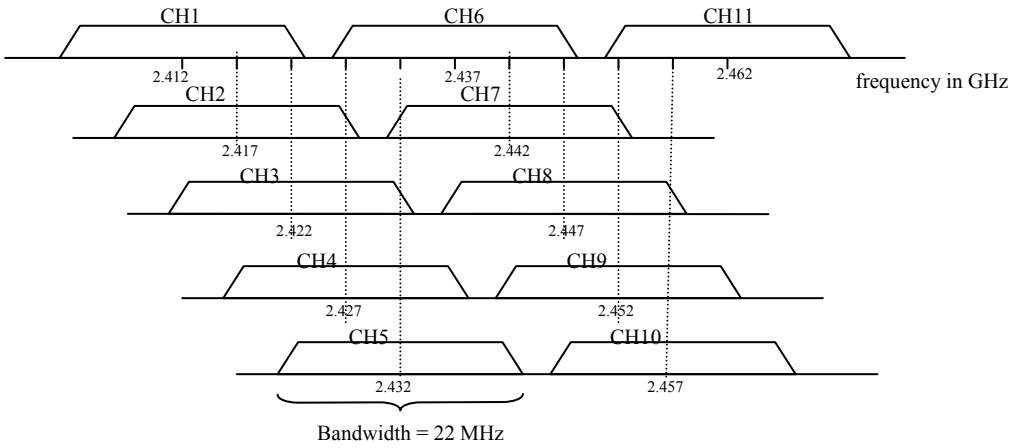
$Gain$ = $Gt + Gr$

- *Gt* เป็นอัตราขยายของสายอากาศภาคส่งที่ขึ้นอยู่กับชนิดของตัว Access Point(มีหน่วยเป็น dB หรือ dBi)
- *Gr* เป็นอัตราขยายของสายอากาศภาครับของตัวรับที่ขึ้นอยู่กับชนิดของ WLAN Card(มีหน่วยเป็น dB หรือ dBi)

λ = ค่าความยาวคลื่นซึ่งสามารถคิดได้จากค่าความถี่ *(f)* ที่มาจากการเลือกมาตรฐานของ IEEE ของตัว Access Point แต่ละชนิดดังนี้

ตารางที่ 3.3 แสดงย่านความถี่ที่ใช้งานในมาตรฐานต่าง ๆ

มาตรฐาน	**ย่านความถี่ (f) ที่ใช้งาน**
IEEE 802.11a	5.15 - 5.35 GHz
IEEE 802.11a	5.725 - 5.825 GHz
IEEE 802.11b	2.4 - 2.4835 GHz
IEEE 802.11g	2.4 - 2.4835 GHz



รูปที่ 3.4 แสดงการแบ่ง Frequency Spectrum ของ IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g

ตารางที่ 3.4 แสดง Center Frequency ของแต่ละ Channel

Channel	**Center Frequency (GHz)**
1	2.412
2	2.417
3	2.422
4	2.427
5	2.432
6	2.437
7	2.442
8	2.447
9	2.452
10	2.457
11	2.462

- สมการคำนวณหาค่ากำลังที่รับได้ (Pr) จากตัว Access Point และ Interference ณ ตำแหน่งใด ๆ

$$Pr = Pt - L_p$$

โดย

Pt = กำลังส่งของตัว Access Point

Pr = กำลังที่รับได้จากตัว Access Point ณ ตำแหน่งใด ๆ

L_p = ค่า Path-Loss

- สมการที่ใช้สำหรับการหาระยะ (*d*) จากตัว Access Point และ Interference ไปยังตำแหน่งใด ๆ

$$d = \left| \sqrt{(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2} \right|$$

(X_0 , Y_0) = ตำแหน่งของการวางตัว Access Point

(X , Y) = ตำแหน่งที่จะคำนวณระยะทางวัดเทียบกับตัว Access Point

- สมการที่ใช้ในการแปลงกำลังในหน่วยวัด Watt เป็น dBm

$$dBm = 10 \log (W / _{mW})$$

เช่น

$Pt = 100\ mW\ (20\ dBm)$, $Pt = 0.001\ mW\ (-30\ dBm)$ โดยที่ค่าของกำลังส่งจะเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ Access Point แต่ละตัว โดยที่บางตัวอาจบอกมาเป็นค่าที่คลาดเคลื่อนได้ เช่น Transmit Power = 13 dBm ± 2 dBm เป็นต้น

-สมการที่ใช้สำหรับการหาค่าความแตกต่างระหว่างสัญญาณไร้สายกับสัญญาณรบกวน

$$SIR=Pr(Access\ Point)-Pr(Interference) \quad \text{dB}$$

โดยที่

SIR = ค่าความแตกต่างระหว่างสัญญาณไร้สายกับสัญญาณรบกวน ณ ตำแหน่งใดๆ มีหน่วยเป็น dBm

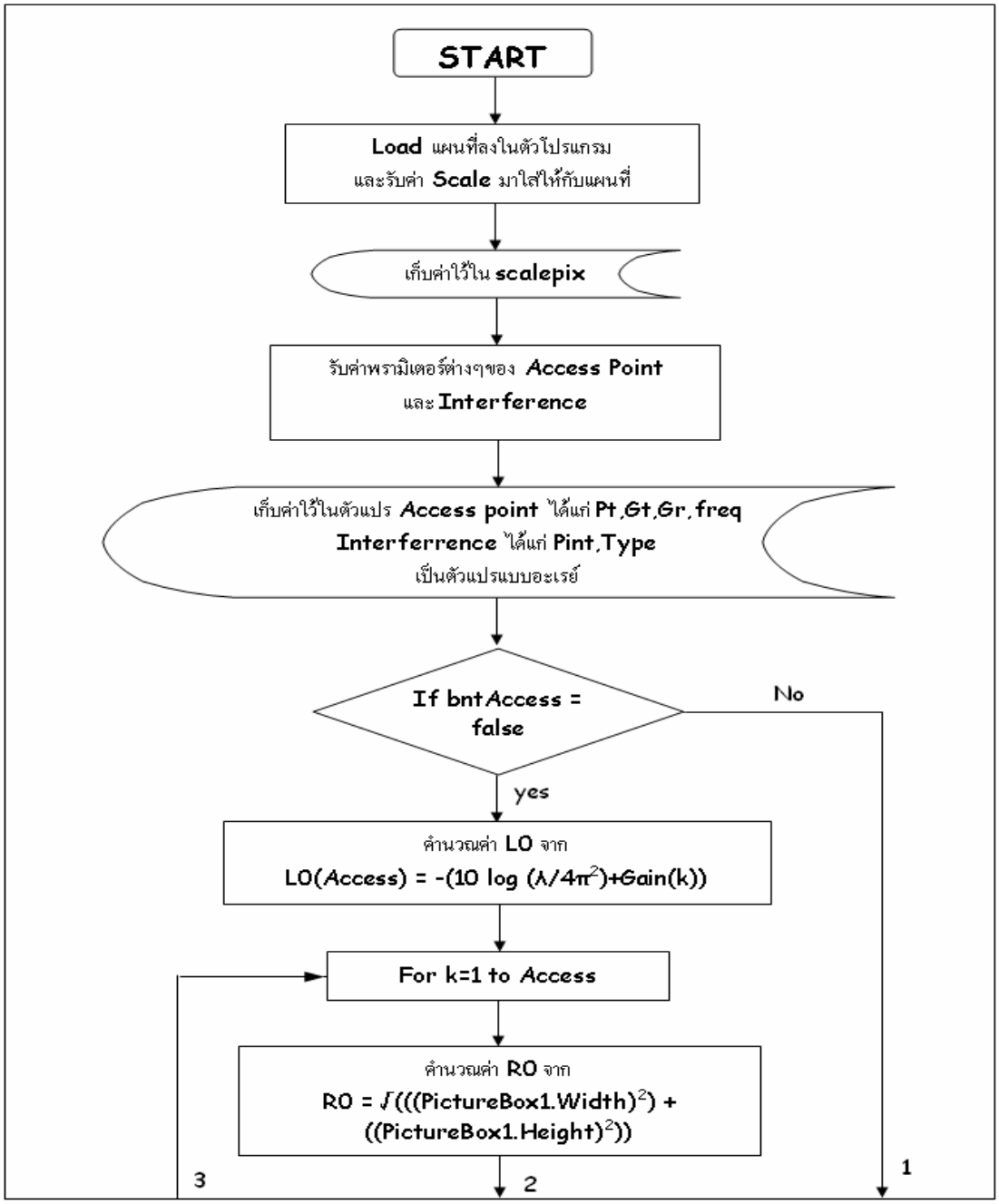
Pr(Access Point) = ความเข้มสูงสุดของสัญญาณไร้สาย ณ ตำแหน่งใดๆ มีหน่วยเป็น dBm

Pr(Interference) = ผลรวมของความเข้มของสัญญาณรบกวน ณ ณ ตำแหน่งใดๆ มีหน่วยเป็น dBm

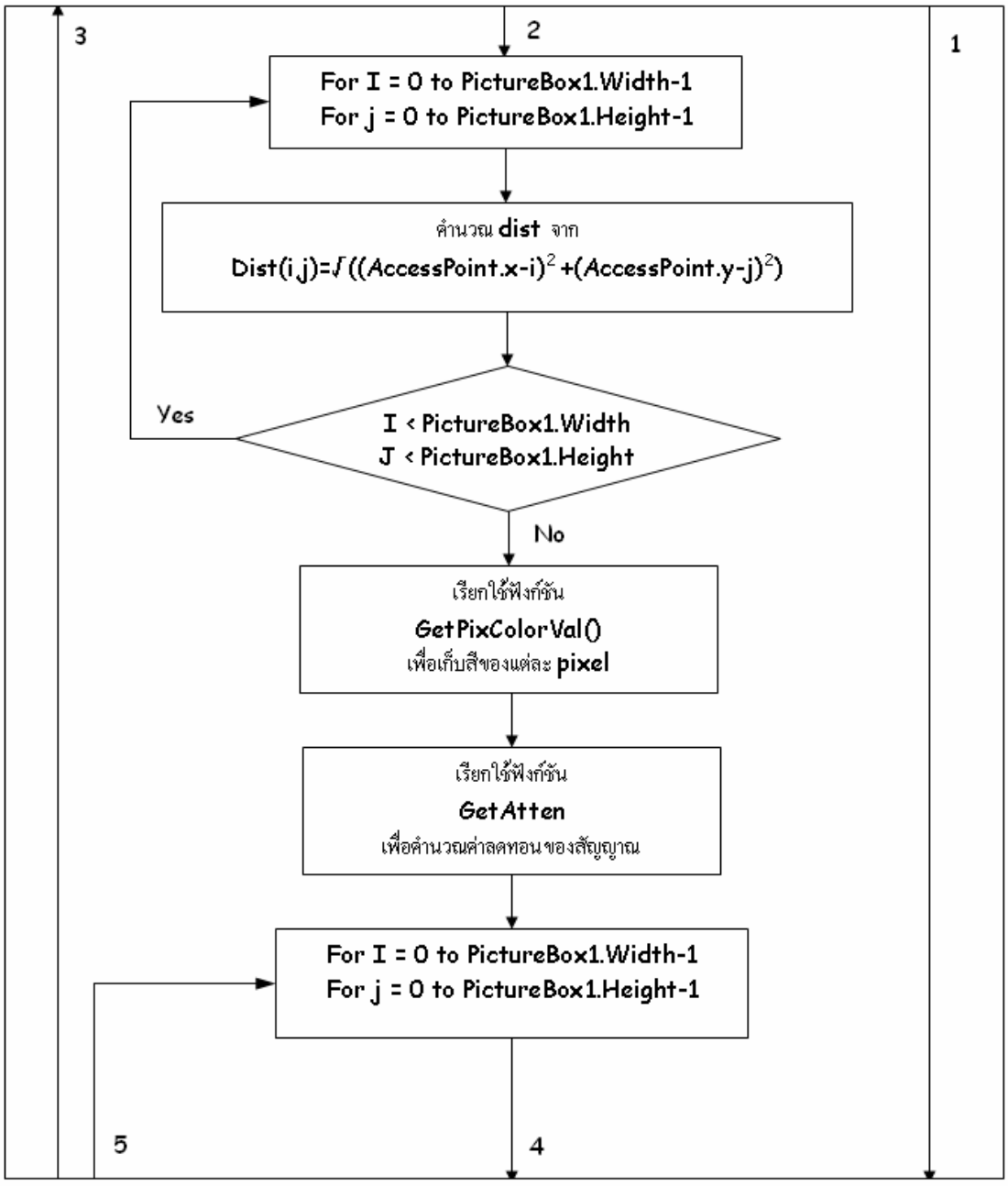
Pr(Access Point) ได้จากการคำนวณหาค่ากำลังที่รับได้ (Pr) จากตัว Access Point ต่างๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบ เพื่อหากำลังสูงสุด ณ จุดใดๆ

Pr(Interference) ได้มาจากผลรวมของความเข้มของสัญญาณรบกวน โดยที่ต้องหาค่าความเข้มของสัญญาณรบกวนของแต่ละตัวที่จุดใดๆ ออกมาก่อน โดยจะใช้หลักการในการคำนวณเหมือนกับ Access Point
แล้วนำค่าที่คำนวณได้มาแปลงให้เป็นหน่วย mW แล้วค่อยนำค่าที่แปลงเสร็จในแต่ละจุดมารวมกัน แล้วแปลงให้อยู่ในหน่วย dBm อีกที

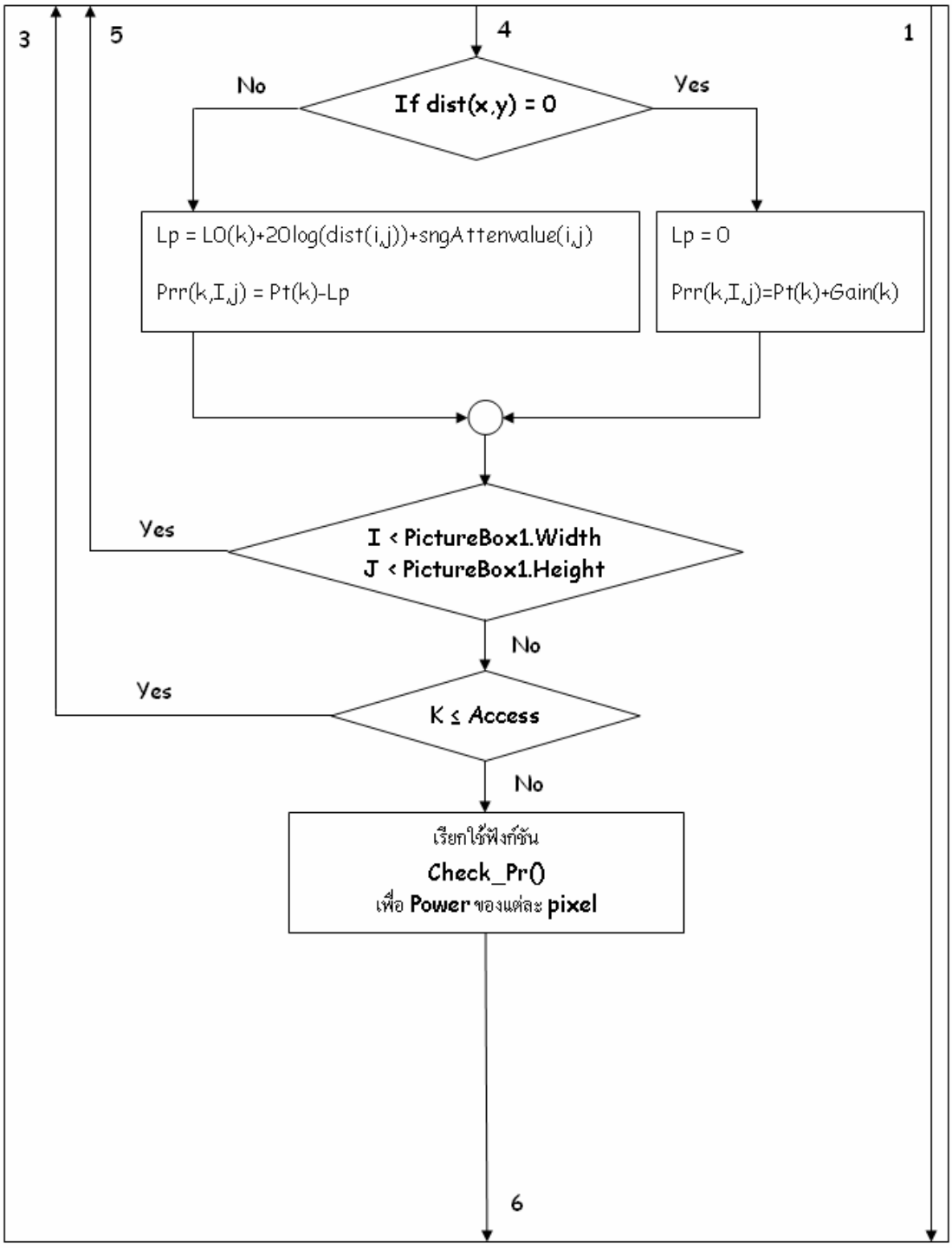
จากทั้งหมดที่ได้กล่าวมาแล้วในบทนี้ เราจะนำมาเป็นหลักการในการเขียนโปรแกรมนี้ขึ้นมา และเนื่องจากว่าตัวตัวโปรแกรมการออกแบบนี้มีขนาดของโปรแกรมใหญ่มากหลายพันบรรทัด ดังนั้นทางผู้จัดทำโครงงานจึงขอแสดง Flow Chart อย่างคร่าว ๆ ไว้ดังนี้



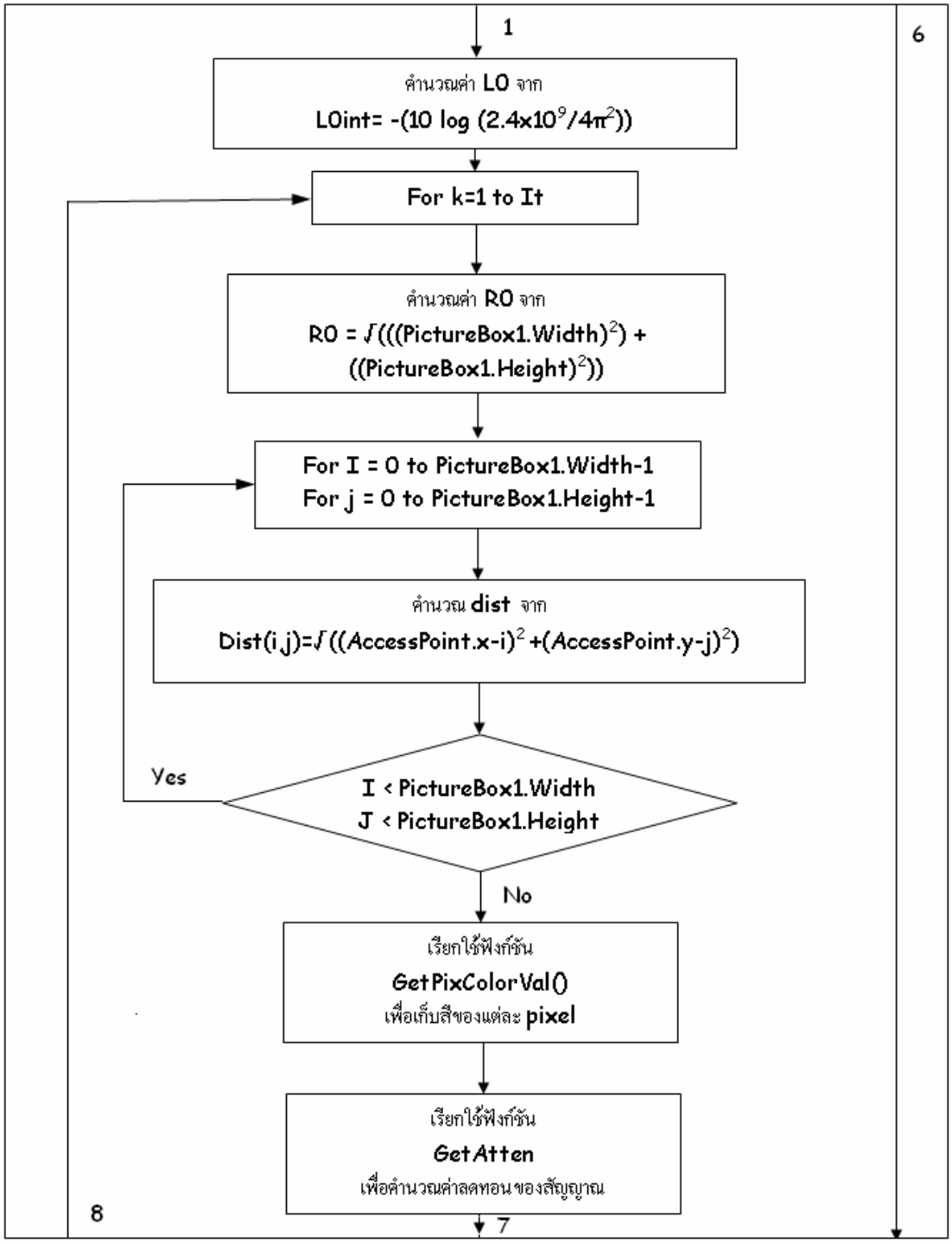
รูปที่ 3.5 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของ FrmMain



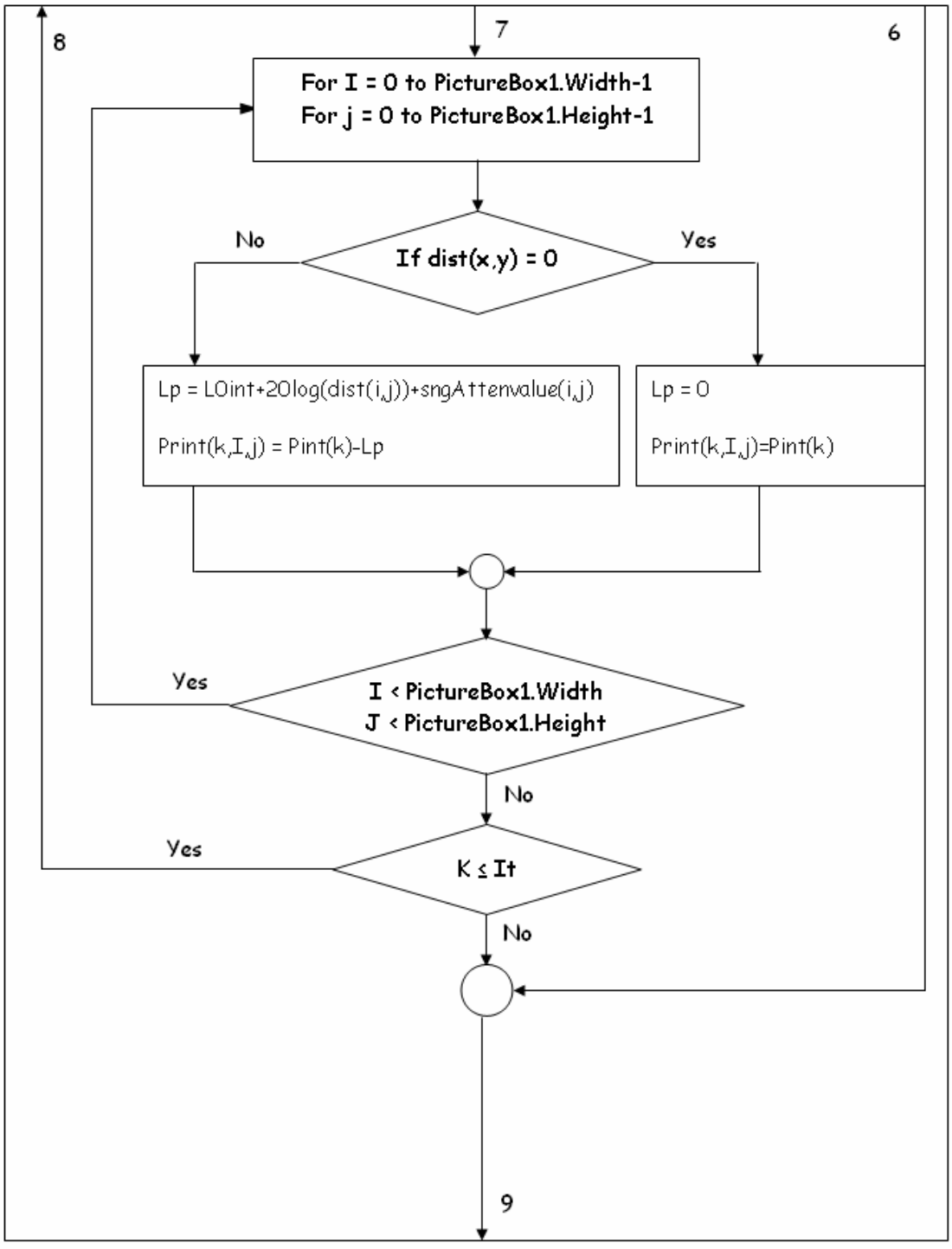
รูปที่ 3.5 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของ FrmMain (ต่อ)



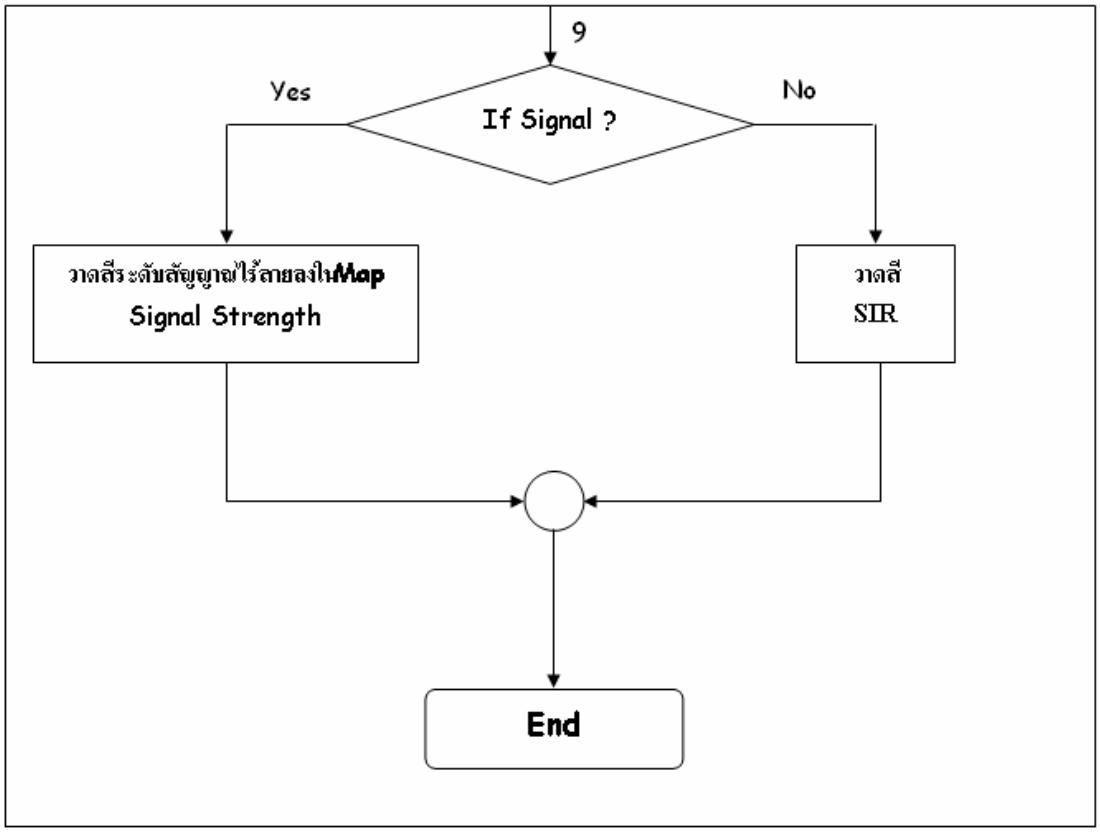
รูปที่ 3.5 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของ FrmMain (ต่อ)



รูปที่ 3.5 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของ FrmMain (ต่อ)



รูปที่ 3.5 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของ FrmMain (ต่อ)



รูปที่ 3.5 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของ FrmMain (ต่อ)

3.6 การใช้การโปรแกรม

3.6.1 ภาพรวมของโปรแกรม

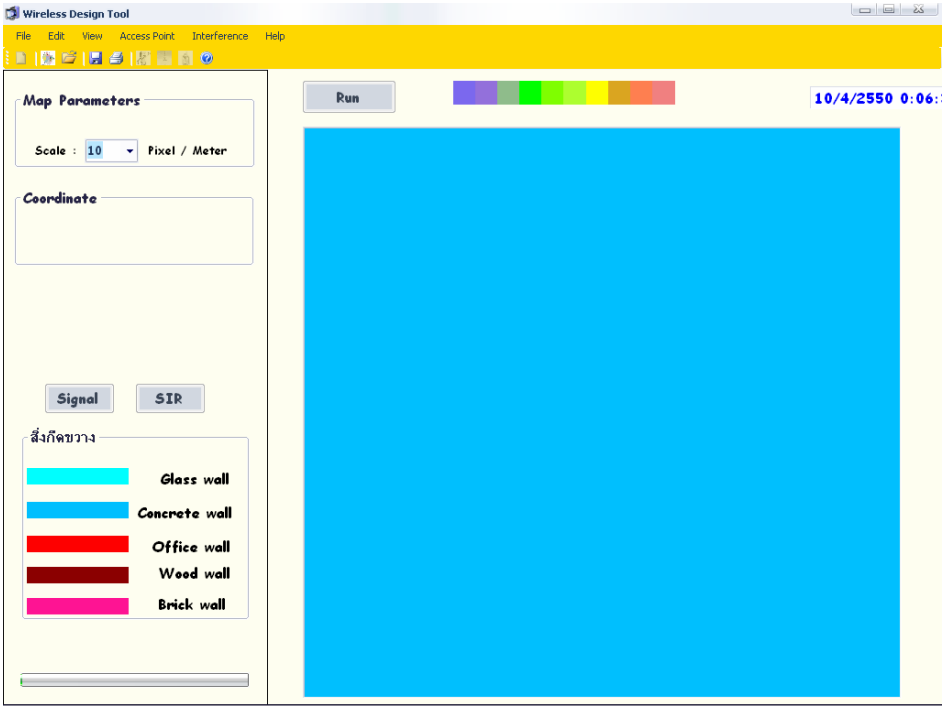
1. โปรแกรมนี้สามารถอนุญาตให้ผู้ใช้งานตัวโปรแกรม กำหนดจุดติดตั้งตัว Access Point ได้เองตามความต้องการของผู้ใช้งาน เหมาะสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการทราบว่าตำแหน่งใดที่เหมาะสำหรับการติดตั้งตัว Access Point เพื่อที่จะทำการออกแบบให้สัญญาณครอบคลุมทั่วถึง ณ บริเวณจุดที่ต้องการได้รับบริการ WLANs และนอกจากตำแหน่งของการวางที่เหมาะสมแล้ว ผู้ใช้งานโปรแกรมยังสามารถกำหนดจำนวนตัว Access Point ที่จะติดตั้งได้อีกด้วย เนื่องจากตัวโปรแกรมนี้สามารถแสดงระดับความแรงของสัญญาณ ณ จุดต่าง ๆ ในหน่วยวัดเดซิเบล ออกมาเป็นระดับสีต่าง ๆ กันได้

2. โปรแกรมนี้มีความสามารถในการแสดง Coverage Area ของ Signal Strength และ SIR เป็นผลทำให้ลดเวลาในการออกแบบและวัดสัญญาณหาจุดติดตั้งและจำนวนตัว Access Point ภายใน indoor area ที่เหมาะสมได้

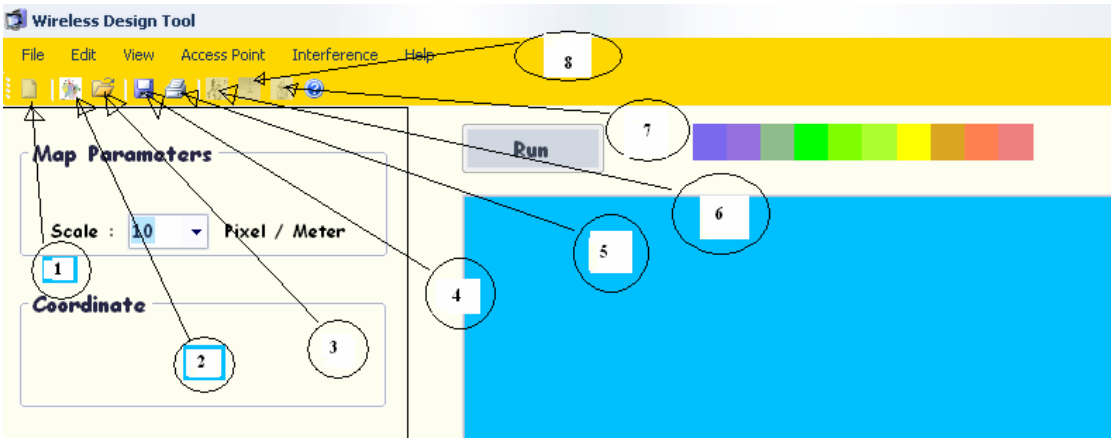
3. ตัวโปรแกรมนี้สามารถ Load แผนผังบริเวณอาคารจริงลงในตัวโปรแกรมเพื่อทำการคำนวณได้ และโปรแกรมนี้มีฟังก์ชั่นในการใช้งานเหมือนกับโปรแกรมทั่ว ๆ ไป

3.6.2 วิธีการใช้งานตัวโปรแกรม

หน้าตาของตัวโปรแกรม ดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 โปรแกรม Wireless Design Tool



รูปที่ 3.7 แสดง Toolbar ของโปรแกรม

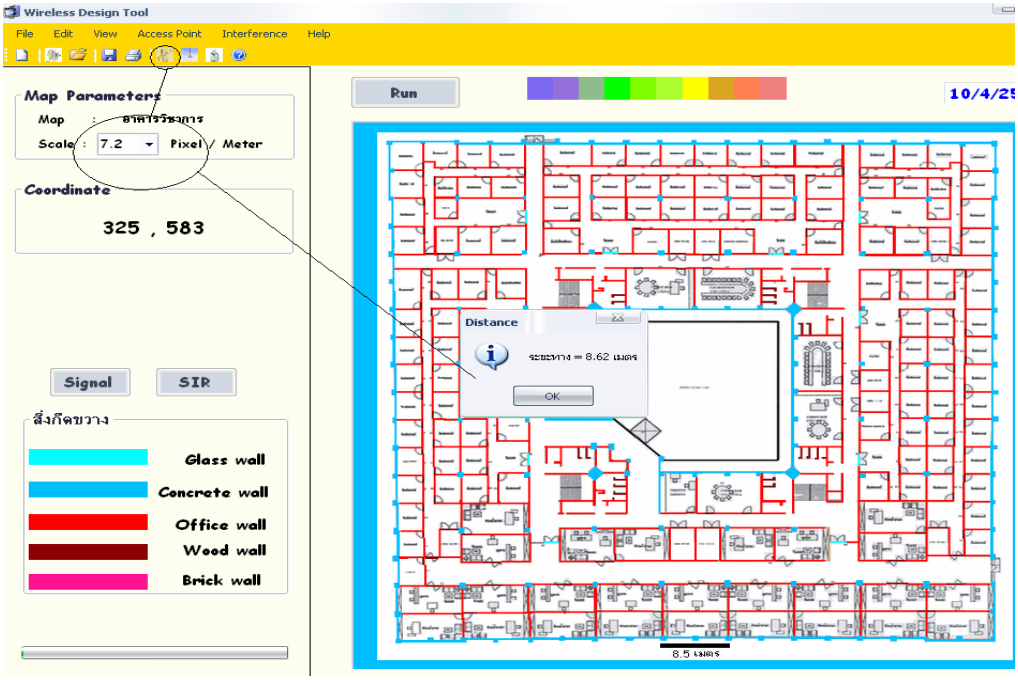
โดยที่จาก **รูปที่ 3.7** ปุ่มพื้นฐานสำหรับการใช้งานมีรายละเอียดดังนี้

- หมายเลข 1 คือปุ่ม **Close Map** ใช้เมื่อผู้ใช้ต้องการปิดไฟล์แผนที่
- หมายเลข 2 คือปุ่ม **Open New Map** ใช้เมื่อผู้ใช้ต้องการเปิดไฟล์แผนที่มาใหม่
- หมายเลย 3 คือปุ่ม **Open Map** ใช้เมื่อผู้ใช้ต้องการเปิดไฟล์แผนที่
- หมายเลข 4 คือปุ่ม **Save** ใช้เมื่อผู้ใช้งานต้องการทำการบันทึกไฟล์ และตัวโครงงาน
- หมายเลข 5 คือปุ่ม ปุ่ม **Print Map** ใช้เมื่อผู้ใช้งานต้องการ Print ตัวโครงงานที่ออกมาเก็บไว้ ซึ่งปุ่มนี้จะใช้งานได้สมบูรณ์เมื่อผู้ใช้งานทำการเชื่อมต่อ Printer กับเครื่องคอมพิวเตอร์ผู้ใช้งานแล้ว
- หมายเลข 6 คือปุ่ม **Ruler** ใช้เมื่อผู้ใช้งานต้องการทำให้ภาพมีขนาดเท่ากับตอนที่เปิดไฟล์ภาพมาตอนแรก
- หมายเลข 7 คือปุ่ม **Add Access Point** จะทำการใช้งานได้เมื่อผู้ใช้งานทำการกำหนดพารามิเตอร์ที่จำเป็นทั้งหมดให้กับตัว Access Point แล้ว ผู้ใช้งานสามารถใช้โดยการนำเมาส์ไปคลิกเลือกที่ตัว Access Point แล้วนำไปวาง ณ ตำแหน่งใด ๆ ที่ต้องการบนแผนผัง
- หมายเลข 8 คือปุ่ม ปุ่ม **Add Interference** จะทำการใช้งานได้เมื่อผู้ใช้งานทำการกำหนดพารามิเตอร์ที่จำเป็นทั้งหมดให้กับตัว Interference แล้ว ผู้ใช้งานสามารถใช้โดยการนำเมาส์ไปคลิกเลือกที่ตัว Interference แล้วนำไปวาง ณ ตำแหน่งใด ๆ ที่ต้องการบนแผนผัง

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

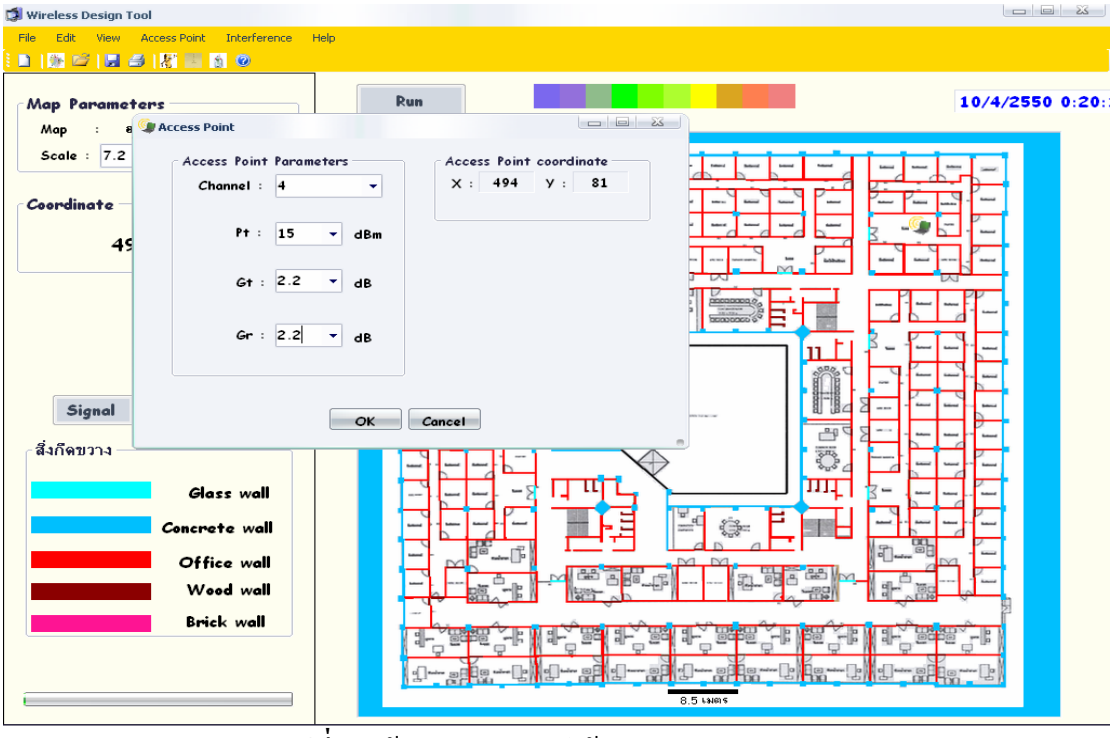
1). เปิดไฟล์แผนที่

2). ใส่ Scale ลงในช่อง Scale เราต้องใช้ไม้บรรทัดวัดขนาดของห้องเพื่อที่จะทำการใส่อัตราส่วนในช่อง Scale ให้ถูกต้องโดยเลือกปุ่มไม้บรรทัดดัง **รูปที่ 3.8**

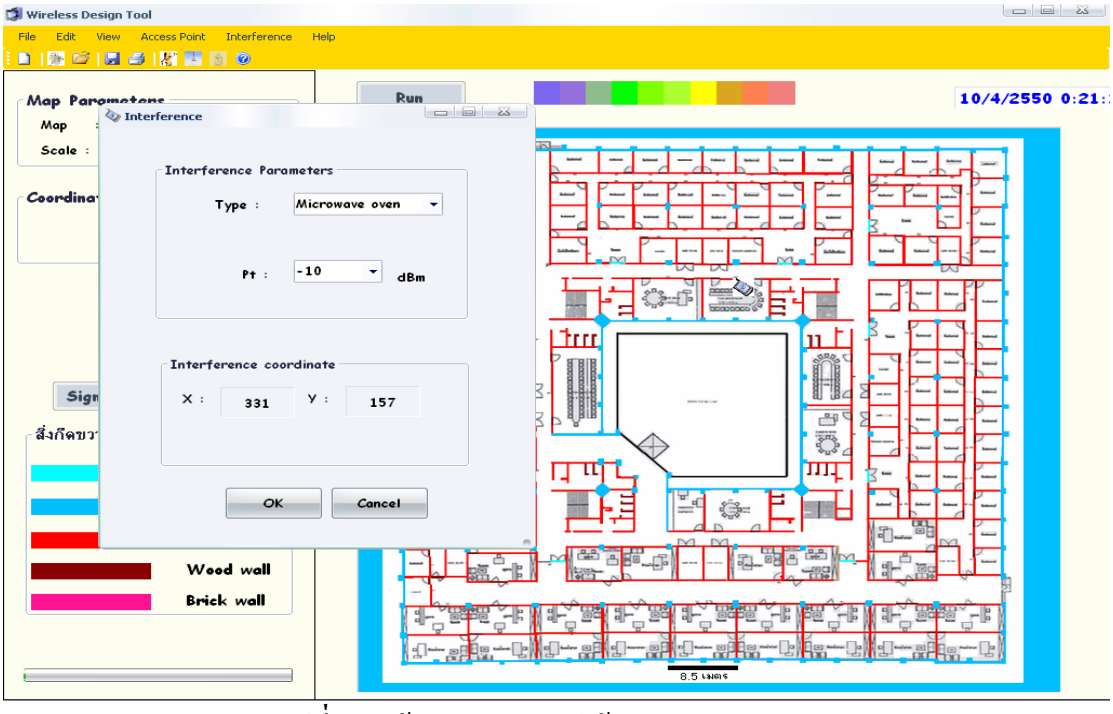


รูปที่ 3.8 แสดงการใช้ไม้บรรทัดในการเปรียบเทียบสเกลให้เท่ากับภาพจริง

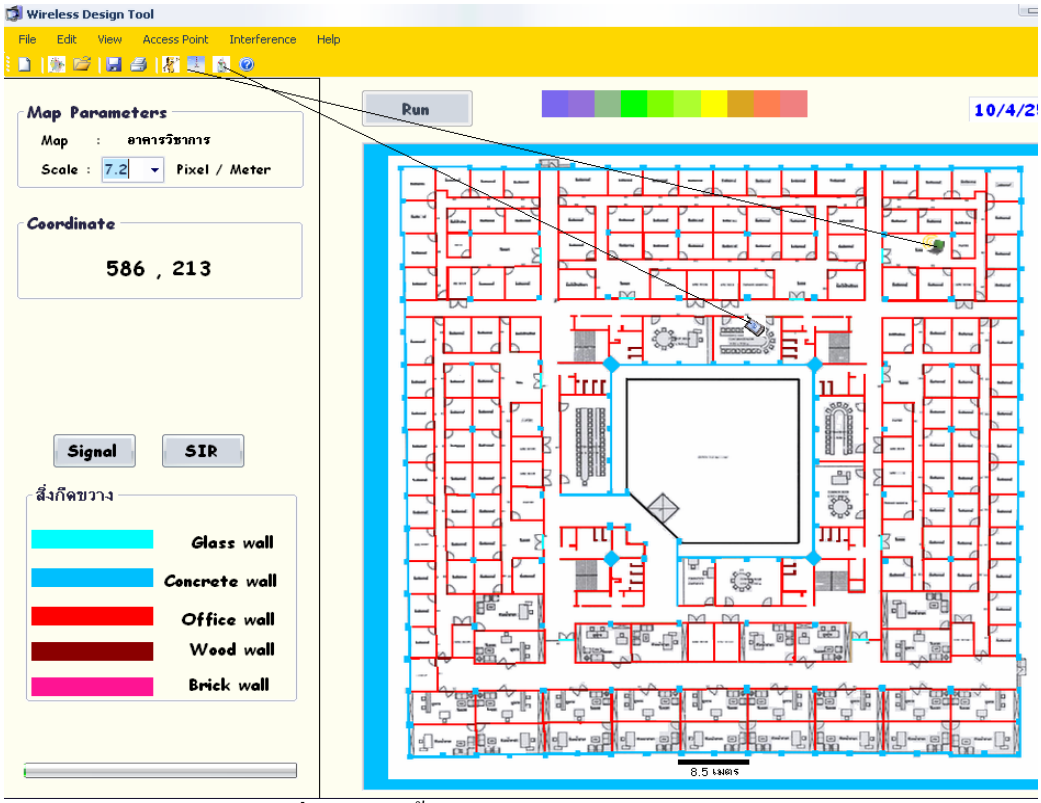
3). ติดตั้ง Access Point และ Interference ที่ตำแหน่งต่างๆตามต้องการ และป้อน parameter ต่างๆให้กับ Access Point และ Interference ทั้งนี้โปรแกรมสามารถรองรับ Access Point และ Interference ได้อย่างละ 10 ตัว **ดังรูปที่ 3.9 , 3.10,3.11**



รูปที่ 3.9 ป้อน parameter ให้กับ Access Point

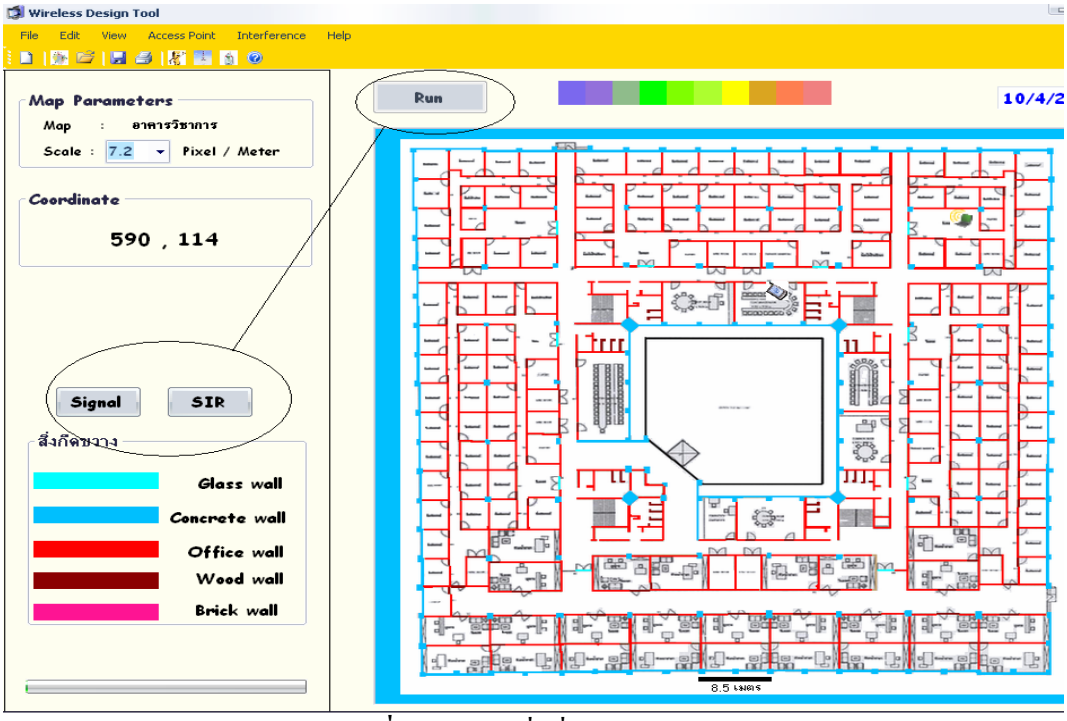


รูปที่ 3.10 ป้อน parameter ให้กับ Interference

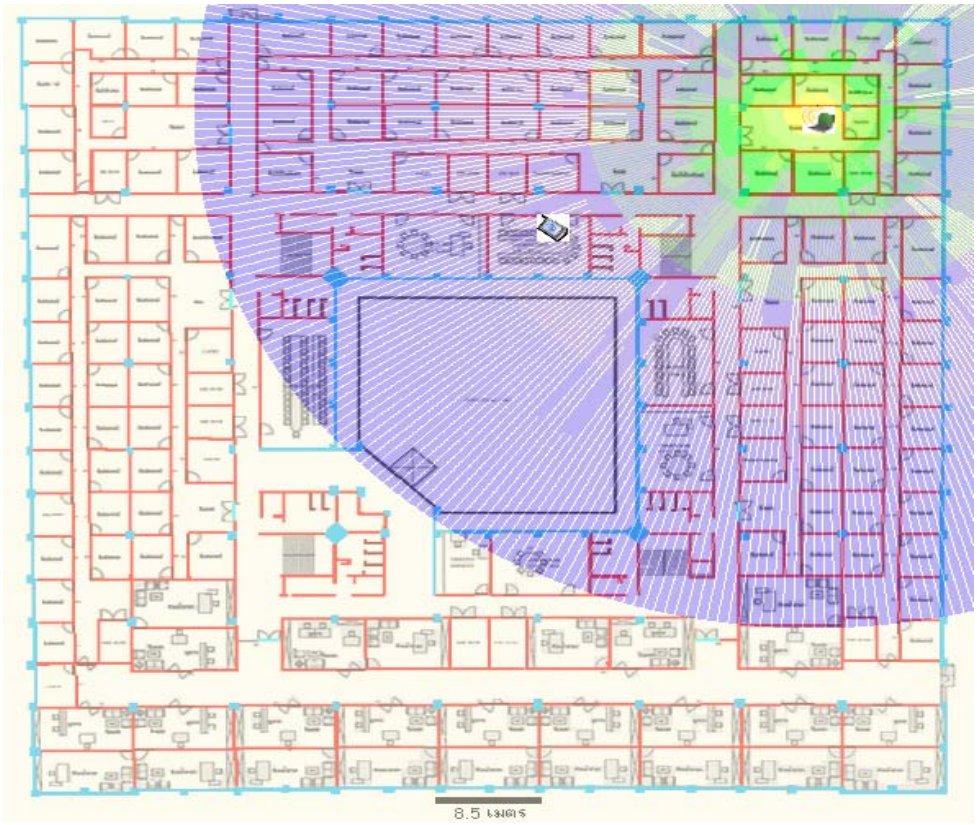


รูปที่ 3.11 ติดตั้ง Access Point และ Interference

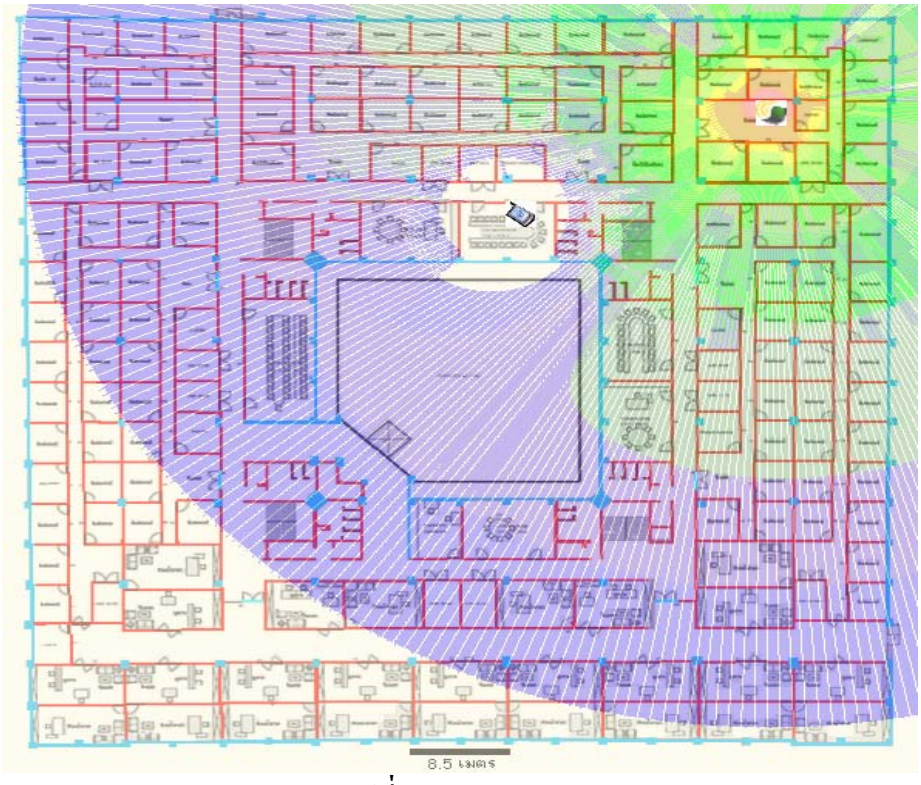
4.) เลือกสิ่งมี่ต้องการแสดง คือ Signal strength และ SIR แล้วกดปุ่ม Run จะสามารถแสดงภาพเป็นสีออกมาตามความเข้มของสัญญาณดัง**รูปที่ 3.12 , 3.13,3.14**



รูปที่ 3.12 เลือกสิ่งที่ต้องการแสดง



รูปที่ 3.13 แสดง Signal Strength

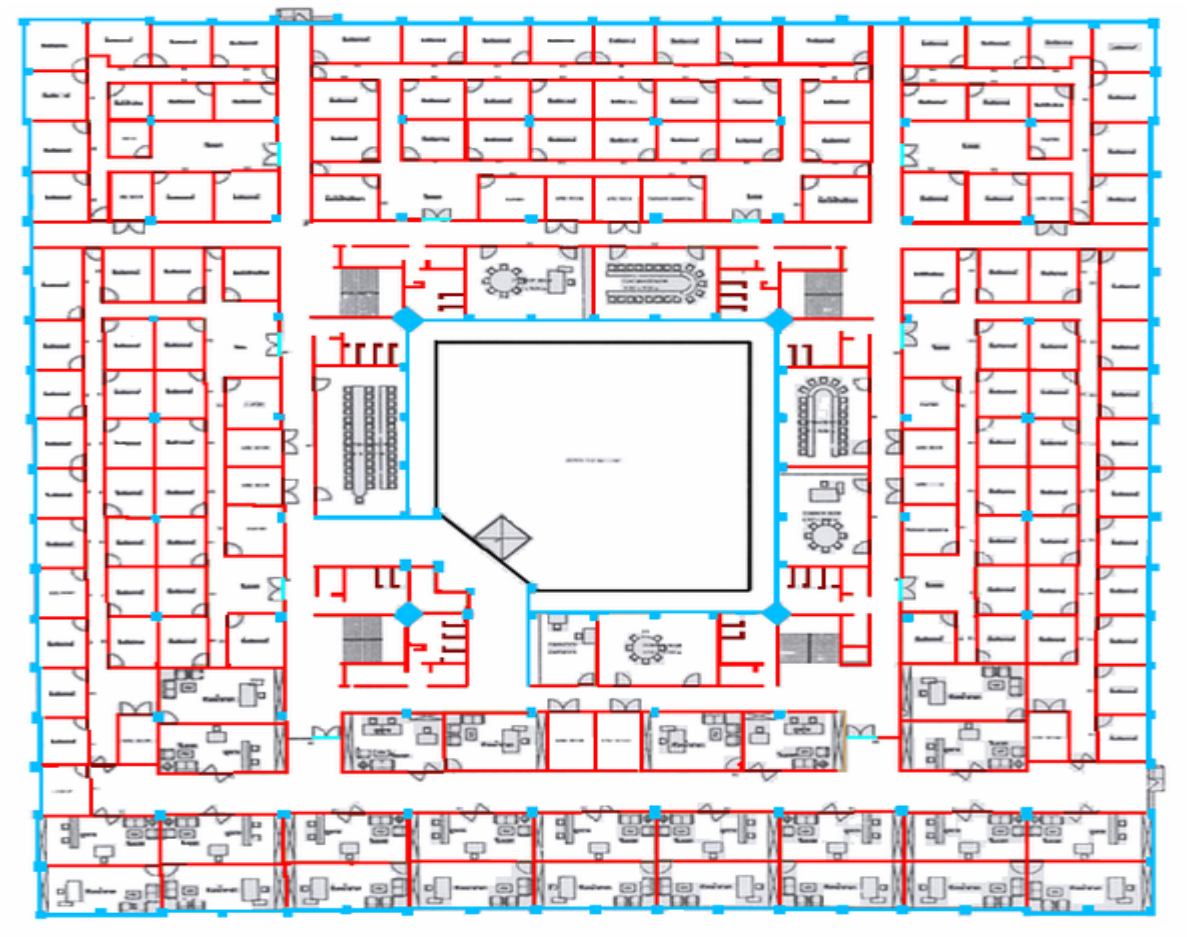


รูปที่ 3.14 แสดง SIR

บทที่ 4
การเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรม

4.1 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรมเปรียบที่พัฒนาขึ้นเทียบกับโปรแกรม Ekahau sitesurvey

จากการใช้สมการทางคณิตศาสตร์สร้างโปรแกรมเพื่อคำนวณหาค่าความแรงของสัญญาณที่ได้จากการลดทอนของสิ่งกีดขวางต่างๆและที่เกิดจากการรบกวนของสัญญาณรบกวนเพื่อให้สามารถคำนวณหาตำแหน่งของการติดตั้งตัว Access Point เพื่อให้มีการครอบคลุมของสัญญาณให้ครอบคลุมทั่วถึงทุกบริเวณภายในตัวอาคารและมีการรบกวนจากสัญญาณรบกวนน้อยที่สุด โดยในการทดสอบสัญญาณแต่ละจุดที่มี AP ติดตั้งอยู่จริงแล้วนำผลการทดลองของอีกโปรแกรมมาเปรียบเทียบกัน เพื่อทดสอบว่าตัวโปรแกรมนี้สามารถนำไปใช้งานในการออกแบบได้จริงหรือไม่ รูปที่อ้างอิงอาคารวิชาการชั้นที่ 4 ดัง**รูปที่ 4.1**



รูปที่ 4.1 อาคารวิชาการชั้นที่ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

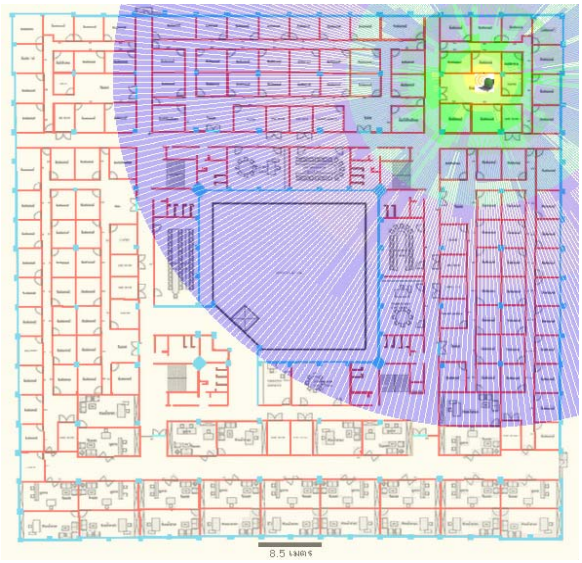
จาก**รูปที่ 4.1** เส้นสีแดงคือ Office wall มีค่าการลดทอนเท่ากับ 6dB เส้นสีฟ้าอ่อนคือ Glass wall มีค่าการลดทอนเท่ากับ 6 dB และตำแหน่งจุดสีน้ำเงิน คือ ตำแหน่งการติดตั้งของตัว Access Point ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆดัง**ตารางที่ 4.1**

ตารางที่ 4.1 แสดงชนิดและค่าพารามิเตอร์ของ Access Point ภายในบริเวณอาคารวิชาการชั้นที่ 4

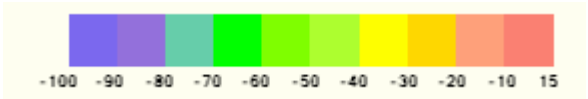
รุ่น	Cisco Aironet 1231 - radio access
มาตรฐาน	IEEE 802.11g 2.4-2.5 GHz, Channel 4 (2.427 GHz)
กำลังส่ง	15± 2 dBm
Gain สายอากาศภาคส่ง	2.2 dBi
Gain สายอากาศภาครับ (เครื่องที่ใช้วัดสัญญาณ)	2.3 dBi
Mac Address	00-15-C6-06-A2-60

- **ความแรงของสัญญาณก่อนมีสัญญาณรบกวน (Signal strength)**

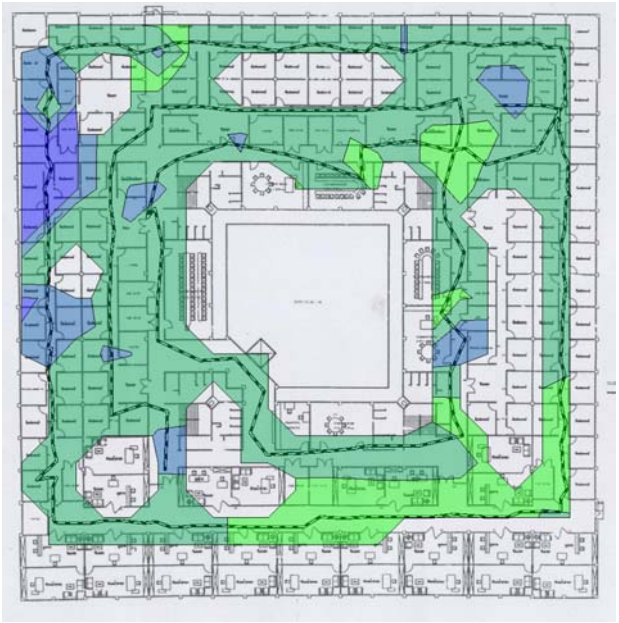
เมื่อทำการทดลองติดตั้งตัว Access Point ลงในแผนที่แล้วทำการรันจะได้ระดับความแรงของสัญญาณ (Signal strength) ที่ได้จากโปรแกรมดัง**รูปที่ 4.2** โดยระดับสีความแรงของสัญญาณแบ่งออกได้ดังที่ได้แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.3** ภาพส่วนระดับสีความแรงของสัญญาณในตัวโปรแกรม Ekahau Site Survey แสดงดัง**รูปที่ 4.4** และระดับความแรงของสัญญาณที่วัดได้จากโปรแกรม Ekahau Site Survey แสดงใน**รูปที่ 4.5**



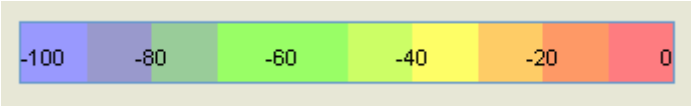
รูปที่ 4.2 แสดงระดับความแรงของสัญญาณก่อนมีการเพิ่มสัญญาณรบกวนที่คำนวณได้จากโปรแกรม ณ อาคารวิชาการชั้นที่ 4



รูปที่ 4.3 ระดับสีแสดงความแรงของสัญญาณในตัวโปรแกรม



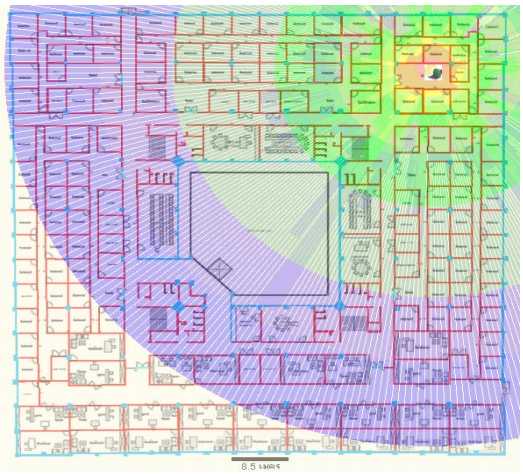
รูปที่ 4.4 แสดงระดับความแรงของสัญญาณก่อนมีการเพิ่มสัญญาณรบกวนที่วัดได้จากโปรแกรม Ekahau site survey ณ อาคารวิชาการชั้นที่ 4



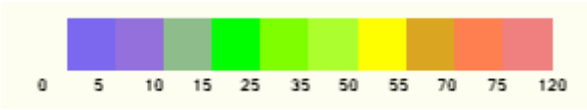
รูปที่ 4.5 ระดับสีแสดงความแรงของสัญญาณในตัวโปรแกรม Ekahau Site Survey

- **Signal-to-interference Ratio ก่อนมีการเพิ่มสัญญาณรบกวน (SIR)**

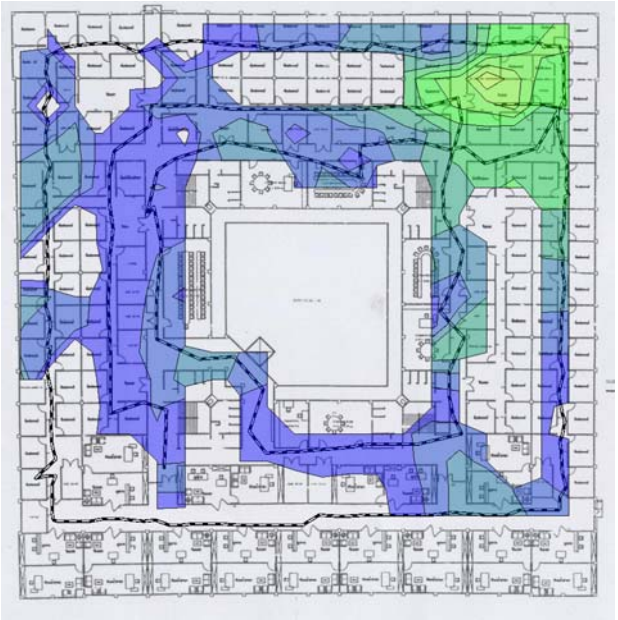
รูปที่ 4.6 แสดงระดับสีของอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนก่อนที่จะมีการเพิ่มสัญญาณรบกวนในตัวโปรแกรมที่ออกแบบ โดยระดับสีความแรงของสัญญาณแบ่งออกได้ดังที่ได้แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.7**และ**รูปที่ 4.8** แสดงถึงระดับของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนก่อนมีการเพิ่มสัญญาณรบกวนจากโปรแกรมEkahau Site Survey และระดับความแรงของสัญญาณที่วัดได้จากโปรแกรม Ekahau Site Survey ใน**รูปที่ 4.9**



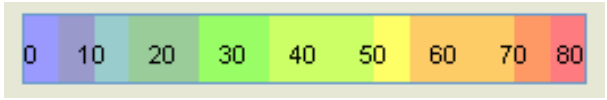
รูปที่ 4.6 แสดงระดับอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนก่อนมีการเพิ่มสัญญาณรบกวนที่คำนวณได้จากโปรแกรม ณ อาคารวิชาการชั้นที่ 4



รูปที่ 4.7 ระดับสีแสดงระดับสีของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนในตัวโปรแกรม



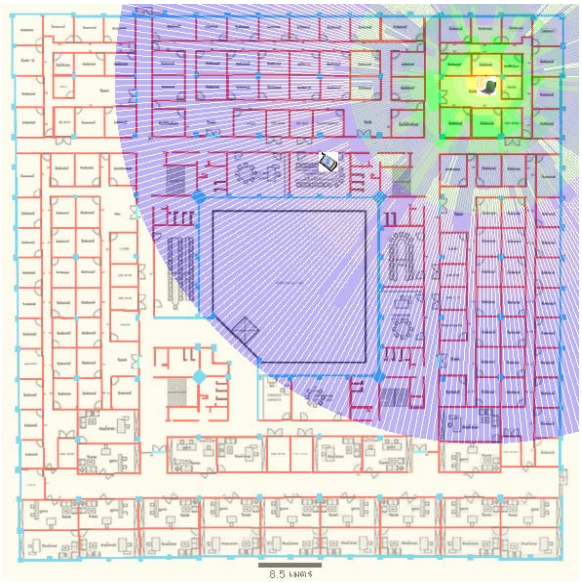
รูปที่ 4.8 แสดงระดับอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนก่อนมีการเพิ่มสัญญาณรบกวน ได้จากโปรแกรม Ekahau Site Survey ณ อาคารวิชาการชั้นที่ 4



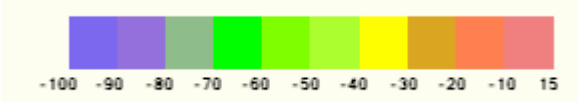
รูปที่ 4.9 ระดับสีแสดงระดับสีของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนในตัวโปรแกรม Ekahau Site Survey

- **ความแรงของสัญญาณหลังมีสัญญาณรบกวน (Signal strength)**

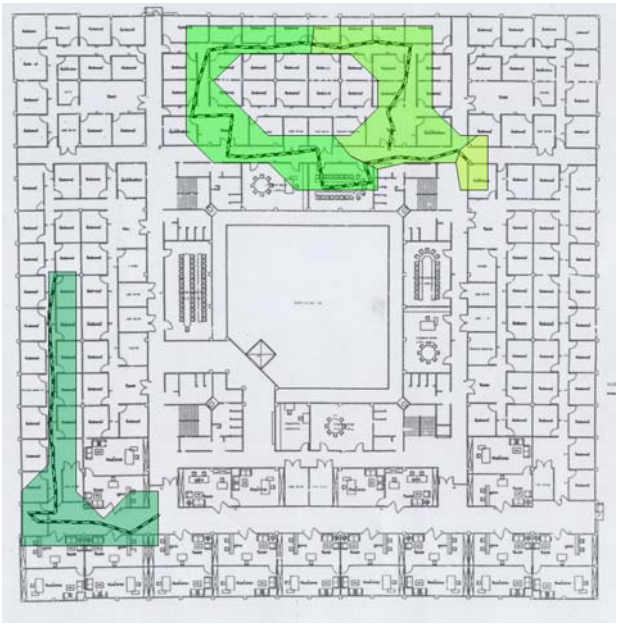
เมื่อทำการทดลองติดตั้งตัว Access Point และเพิ่มสัญญาณรบกวนลงในแผนที่แล้วทำการรันจะได้ระดับความแรงของสัญญาณ (Signal strength) ที่ได้จากโปรแกรมดัง**รูปที่ 4.10** โดยระดับสีความแรงของสัญญาณแบ่งออกได้ดังที่ได้แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.11** ภาพส่วนระดับสีความแรงของสัญญาณในตัวโปรแกรม Ekahau Site Survey แสดงดัง**รูปที่ 4.12** และระดับความแรงของสัญญาณที่วัดได้จากโปรแกรม Ekahau Site Survey แสดงใน**รูปที่ 4.13**



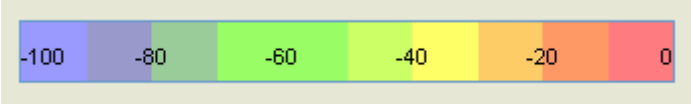
รูปที่ 4.10 แสดงระดับความแรงของสัญญาณหลังมีการเพิ่มสัญญาณรบกวนที่คำนวณได้จากโปรแกรม ณ อาคารวิชาการชั้นที่ 4



รูปที่ 4.11 ระดับสีแสดงความแรงของสัญญาณในตัวโปรแกรม



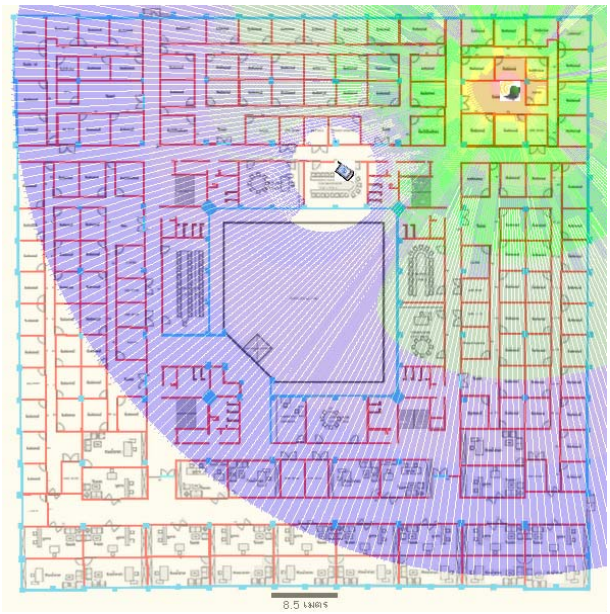
รูปที่ 4.12 แสดงระดับความแรงของสัญญาณหลังมีการเพิ่มสัญญาณรบกวนที่วัดได้จากโปรแกรม Ekahau site survey ณ อาคารวิชาการชั้นที่ 4



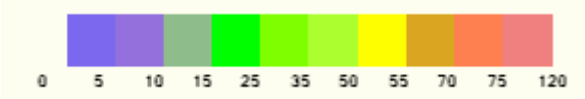
รูปที่ 4.13 ระดับสีแสดงความแรงของสัญญาณในตัวโปรแกรม Ekahau Site Survey

- **Signal-to-interference Ratio หลังมีการเพิ่มสัญญาณรบกวน (SIR)**

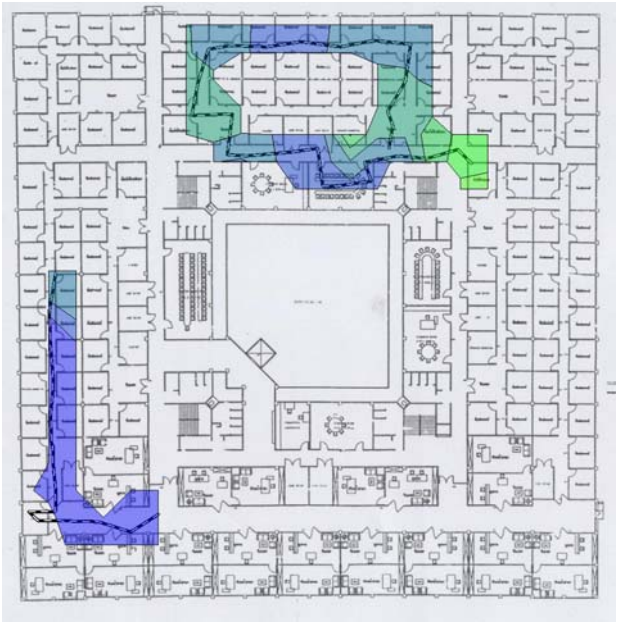
รูปที่ 4.14 แสดงระดับสีของอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนหลังที่จะมีการเพิ่มสัญญาณรบกวนในตัวโปรแกรมที่ออกแบบ โดยระดับสีความแรงของสัญญาณแบ่งออกได้ดังที่ได้แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.15**และ**รูปที่ 4.16** แสดงถึงระดับของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนหลังมีการเพิ่มสัญญาณรบกวนจากโปรแกรมEkahau Site Survey และระดับความแรงของสัญญาณที่วัดได้จากโปรแกรม Ekahau Site Survey ใน**รูปที่ 4.17**



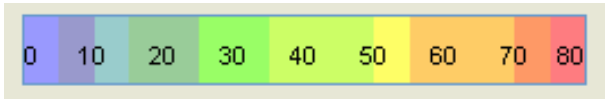
รูปที่ 4.14 แสดงระดับอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนหลังมีการเพิ่มสัญญาณรบกวนที่คำนวณได้จากโปรแกรม ณ อาคารวิชาการชั้นที่ 4



รูปที่ 4.15 ระดับสีแสดงระดับสีของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนในตัวโปรแกรม

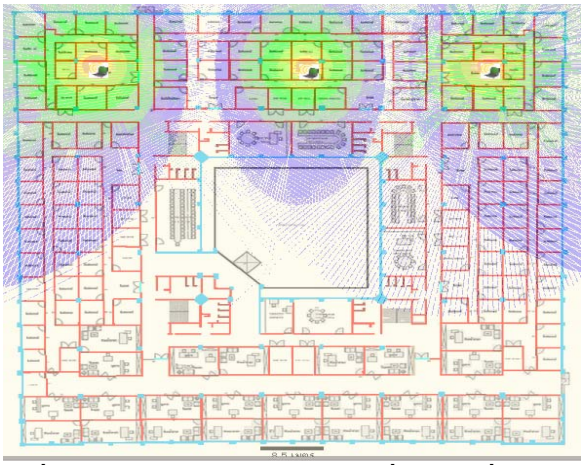


รูปที่ 4.16 แสดงระดับอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนหลังมีการเพิ่มสัญญาณรบกวนได้จากโปรแกรม Ekahau Site Survey ณ อาคารวิชาการชั้นที่ 4

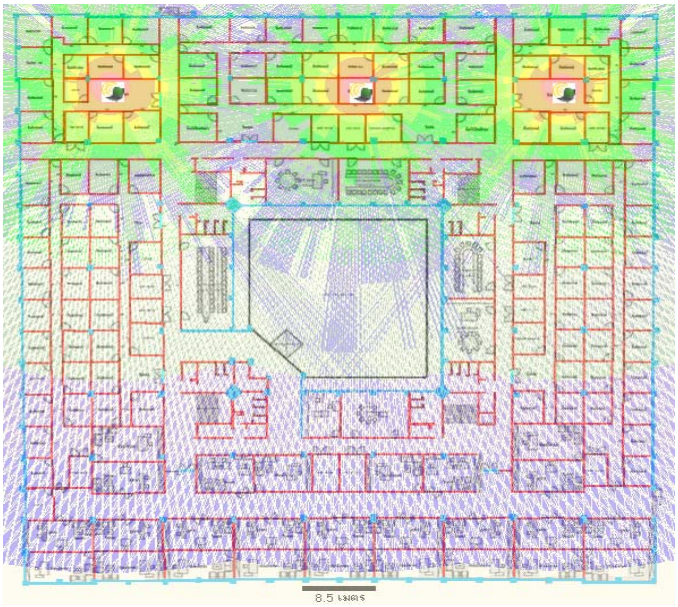


รูปที่ 4.17 ระดับสีแสดงระดับสีของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนในตัวโปรแกรม Ekahau Site Survey

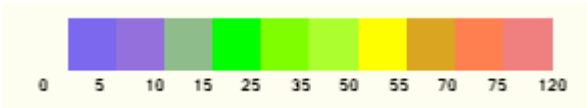
4.2 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SIR) ระหว่าง Access Point ที่ให้ความถี่เดียวกันทั้งหมด กับ Access Point ที่ไม่ใช้ความถี่เดียวกัน



รูปที่ 4.18 SIR ของ Access Point ที่มีความถี่เดียวกัน



รูปที่ 4.19 SIR ของ Access Point ที่มีความถี่ต่างกัน



รูปที่ 4.20 ระดับสีแสดงระดับสีของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนในตัวโปรแกรม

จากรูปที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีค่าน้อยกว่า รูปที่ 4.19 มากเนื่องจากรูปที่ 4.18 ใช้ Access Point ที่มีความถี่เดียวกัน ทำให้สัญญาณรบกวนกันเอง ซึ่งตรงข้ามกับรูปที่ 4.19 ที่ใช้ Access Point ที่มีความถี่ต่างกัน ทำให้สัญญาณไม่รบกวนกันเลย

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การใช้งานเครือข่ายไร้สายมีอัตราการเติบโตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วนับตั้งแต่มาตรฐาน IEEE 802.11 เกิดขึ้น เครือข่ายไร้สายก็ได้รับการปรับปรุงและพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งปัจจุบันเครือข่ายไร้สายสามารถใช้งานได้ด้วยความสะดวก และมีความปลอดภัยสูงขึ้นมาก นอกจากนั้นก็ยังมีการพัฒนาให้อัตราความเร็วของการสื่อสารที่เพิ่มสูงขึ้นจนสามารถตอบรับกับการใช้งานในด้านต่างๆ ได้อย่างดี แต่อย่างไรก็ดี ข้อจำกัดของการใช้งานเครือข่ายไร้สายคือต้องคำนึงถึงขอบเขตที่สัญญาณครอบคลุมถึงและความแรงของสัญญาณที่เกิดจากอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณหรือกำเนิดคลื่นความถี่นั้น ในแต่ละอาคารสถานที่หากใช้อุปกรณ์กำเนิดสัญญาณตัวเดียวกัน ขอบเขตที่สัญญาณครอบคลุมถึงและความแรงของสัญญาณก็อาจจะแตกต่างกัน เพราะโครงสร้างและสิ่งแวดล้อมของแต่ละอาคารแตกต่างกัน ซึ่งบางอาคารอาจจะมีสัญญาณรบกวนมาจากเครือข่ายไร้สายอื่นหรืออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ช่องความถี่เดียวกัน ดังนั้นการที่เราสามารถรู้บริเวณที่สัญญาณครอบคลุมถึงและความแรงของสัญญาณที่ตัวกำเนิดสัญญาณส่งออกมาโดยพิจารณาสัญญาณรบกวน ณ บริเวณนั้นๆได้แล้ว จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการปรับปรุงและพัฒนาเครือข่ายให้มีความสมบูรณ์ ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษา วิเคราะห์ จำลองขอบเขตบริเวณที่สัญญาณครอบคลุมถึงอีกทั้งความแรงของสัญญาณ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ โดยพิจารณาถึงสัญญาณรบกวนด้วย ซึ่งจากการทำโครงงานสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) สามารถทำการวิเคราะห์ความแรงของสัญญาณ (Signal Strength) และอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอด (Signal-to-Interference: SIR) ได้
2) สามารถพัฒนาเครือข่ายไร้สายเดิมให้ดีขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลง โยกย้าย ตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนต่อเครือข่ายไร้สาย หรือแม้กระทั่งจุดที่ติดตั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณ เพื่อให้ได้ค่าของขอบเขตที่สัญญาณครอบคลุมถึงและความแรงของสัญญาณที่เราต้องการได้
3) สามารถนำ Path Loss Model มาทำการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ในกระจายการครอบคลุมของสัญญาณในระบบ WLAN ให้เป็นไปตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ของโครงงานได้และสามารถเขียนโปรแกรม Visual Basic 6.0 เพื่อทำการอินเตอร์เฟสตัวโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแรงของสัญญาณ ลงบน

ระบบปฏิบัติการวินโดส์ ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งสามารถทำได้เป็นไปตามจุดประสงค์ของโครงงานนี้ เนื่องจากแบบจำลองที่ได้จากตัวโปรแกรมนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริง

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1) เนื่องจากในช่วงเวลาของการทำโครงงานชิ้นนี้ ผู้จัดทำโครงงานมีภาระหน้าที่ที่ต้องเรียนหนังสืออยู่ด้วย รวมทั้งยังมีกิจกรรมที่ทางสาขาวิชาและทางมหาลัยมอบหมายให้ปฏิบัติ จึงทำให้การวิเคราะห์และการทดลองผลของโปรแกรมที่เขียนมีความไม่ต่อเนื่องและอาจล่าช้าไปบ้าง
2) เนื่องจากผู้จัดทำโครงงานไม่ค่อยมีความรู้พื้นฐานในการเขียนโปรแกรม Visual Basic 2005 เท่าใดนัก จึงใช้เวลาศึกษาและทำความเข้าใจในการใช้คำสั่งต่างๆ นานพอสมควร อีกทั้งเมื่อโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาผิด เมื่อแก้ปัญหาไม่ได้ก็ต้องไปปรึกษาต่อผู้ชำนาญ ซึ่งก็ต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหานานพอสมควร
3) ตำราที่ใช้ในการศึกษาในการเขียนโปรแกรม Visual Basic 6.0 ไม่มีรายละเอียดปลีกย่อยต่างๆมากพอที่ใช้กับโครงงานชิ้นนี้ ผู้จัดทำจึงต้องค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมจากทางอื่นๆเช่น หาจากอินเตอร์เน็ต หาจากผู้ชำนาญ เพื่อมาประยุกต์ใช้ในการเขียนโปรแกรม
4) ผู้จัดทำไม่มีอุปกรณ์ที่สมบูรณ์พอที่จะช่วยให้ตัวโปรแกรมมีความสามารถที่ดีและสมบูรณ์กว่านี้ เช่น ไม่มีโน๊ตบุ๊คที่จะนำผลการเขียนโปรแกรมและปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาประมวลผลปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา, อุปกรณ์ประมวลผล (RAM) ของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะที่ใช้เขียนโปรแกรมมีน้อย เป็นต้น
5) ปัญหาในการศึกษาข้อมูลของอุปกรณ์ที่ก่อสัญญาณรบกวนนั้น คือ อุปกรณ์บางตัวมีข้อมูลน้อยและไม่ค่อยละเอียดเท่าใด จึงอาจมีข้อมูลที่ไม่เพียงพอ
6) ตัวก่อสัญญาณรบกวนที่ชั้น 4 ของอาคารวิชาการมีเพียงแค่ชนิดเดียว คือ เตาอบไมโครเวฟ ข้อมูลที่ทำการวัดค่าสัญญาณจึงไม่น่าเชื่อถือเท่าที่ควร

5.3 ขีดจำกัดของโครงงาน

1) โปรแกรมที่ผู้จัดทำเขียนขึ้น ใช้คำนวณความแรงของสัญญาณ (Signal Strength) และ อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอด (Signal-to-Interference: SIR) เพียงแค่ชั้นเดียว ไม่สามารถคำนวณค่าเหล่านี้แบบหลายๆชั้นได้ จึงอาจมีสัญญาณรบกวนจากชั้นอื่นมากวนด้วย ซึ่งอาจทำให้สัญญาณที่เราต้องการวัดคลาดเคลื่อนได้
2) การสร้างโปรแกรมนี้ควรที่จะสามารถทำให้ผู้ใช้งานทำงานเกี่ยวกับการวาดสิ่งแวดล้อมหรือว่าวัตถุชนิดต่างๆที่สัญญาณจะทะลุผ่านไปและสามารถกำหนดค่าการลดทอนของวัตถุเหล่านั้น แล้ววาดลงลงบนแผนที่ได้
3) ตัวโปรแกรมนี้มีความเร็วในการประมวลผลไม่มากนักเนื่องจาก ความซับซ้อนและขนาดของตัวโปรแกรมนั้นมีสูงมาก ซึ่งจำเป็นต้องคิดหาอัลกอลิทึมใหม่ ๆ ที่ช่วยลดความซับซ้อนให้กับตัวโปรแกรม
4) ไม่แสดงอัตราเร็วการรับ - ส่งข้อมูล ณ จุดต่าง ๆ ภายในพื้นที่ให้บริการ

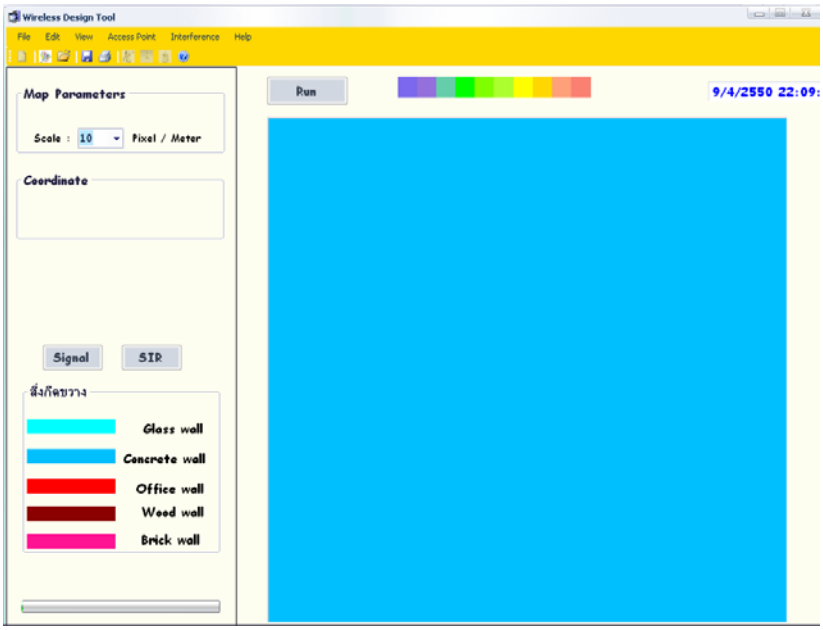
5.4 ข้อเสนอแนะ

1) ควรสามารถพัฒนาตัวโปรแกรมนี้เพื่อวิเคราะห์และคำนวณสัญญาณสำหรับระบบโทรศัพท์เซลลูลาร์ ที่ติดตั้งภายในอาคาร
2) ในกรณีที่ติดตั้ง Access Point หรือ อุปกรณ์ที่ก่อสัญญาณรบกวนผิดตำแหน่ง ควรจะพัฒนาตัวโปรแกรมนี้ให้สามารถเคลื่อนย้ายจุดที่ติดตั้ง Access Point หรืออุปกรณ์ที่ก่อสัญญาณรบกวนได้เพื่อที่จะได้มีความสะดวกและรวดเร็ว
3) ควรสามารถพัฒนาตัวโปรแกรมนี้เพื่อให้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ และคำนวณความแรงของสัญญาณภายในอาคารที่มี Access Point ติดตั้งอยู่ภายในชั้นต่างกัน เนื่องจากสัญญาณจาก Access Point อาจรบกวนกันได้ ถ้าหาก Access Point ในบริเวณนั้นใช้งานที่ความถี่เดียวกัน หรือใช้ช่องความถี่ที่มีแบนด์วิดท์ของสเปคตรัมของสเปคตรัมซ้อนกัน
4) ควรสามารถพัฒนาตัวโปรแกรมนี้ให้มีความเร็วในการประมวลผลมากขึ้น
5) ควรสามารถพัฒนาตัวโปรแกรมนี้เพื่อแสดงอัตราเร็วการรับ - ส่งข้อมูล ณ จุดต่าง ๆ ภายในพื้นที่ให้บริการ

ภาคผนวก

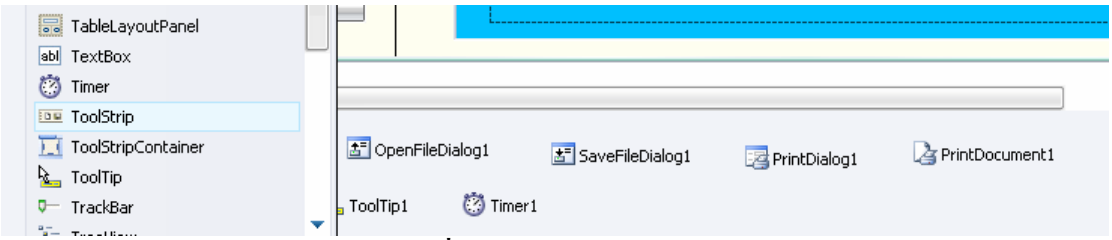
การสร้างโปรแกรม

1. วิธีการสร้าง Window และ Source Code

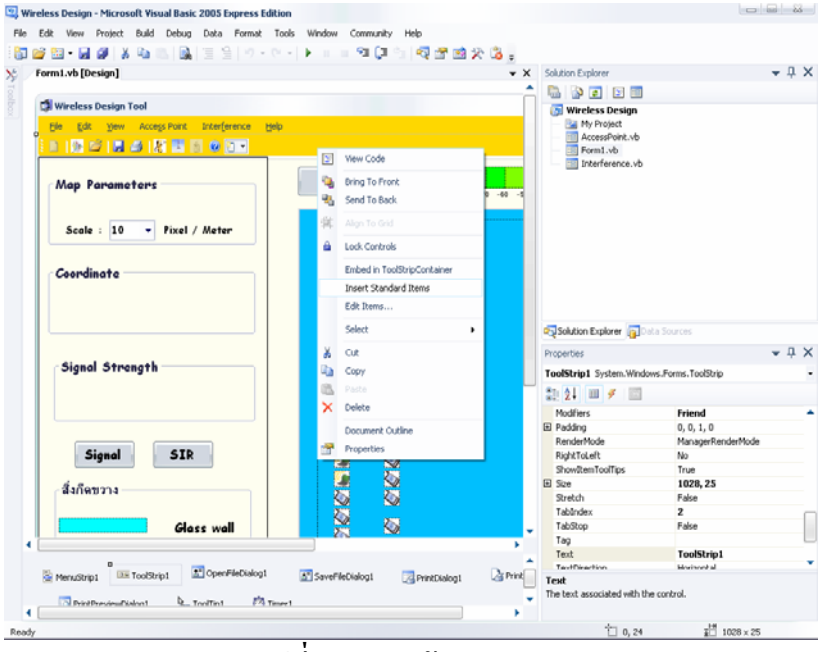


การสร้าง Window นั้นจะมีส่วนประกอบหลายๆอย่าง ซึ่งเราสามารถเลือกที่จะสร้างวัตถุต่างๆ ได้โดยการเลือกวัตถุจาก Toolbox

1.1 Toolbar ในการสร้าง Toolbar นั้นทำได้ง่ายมากเพียงแค่คลิกที่ Toolstrip แล้วลากมาลงในฟอร์มของเราดังรูปที่ 6.1 หลังจากนั้นก็ทำการใส่ปุ่มให้กับ Toolbar ของเรา วิธีการทำก็แค่ดับเบิลคลิกที่ Toolbar จะมีช่องให้ใส่ชื่อปุ่ม หรือคลิกขวาที่ Toolbar แล้วคลิก Insert standard Items ดังรูปที่ 6.2



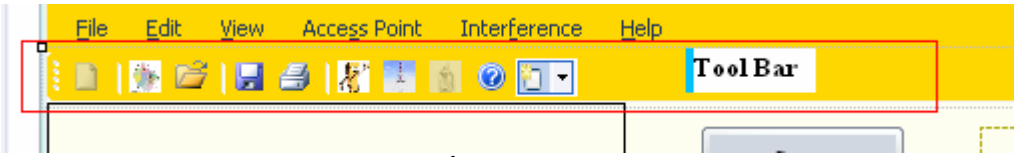
รูปที่ 6.1 การสร้าง Toolbar



รูปที่ 6.2 การสร้าง Toolbar

ซึ่ง Toolbar จะมี Property ที่สำคัญอยู่ 4 อย่างคือ

- **Name** เป็นส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง Object และ Source Code เป็นส่วนที่ผู้เขียนใช้ใน Source Code
- **Text** เป็นส่วนที่จะปรากฏใช้บอก User ว่า Object นี้คืออะไร
- **Enable** เป็นส่วนที่กำหนดสถานะในการทำงาน



รูปที่ 6.3 Tool bar

ในที่นี้จะยกตัวอย่าง Source Code Open Button ,Exit Button ,Save Button

Source Code Open button

```
Private Sub OpenToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles OpenMapFileToolStripMenuItem.Click
    PictureBox1.Enabled = True
    bntClosed.Enabled = True
        If OpenFileDialog1.ShowDialog() = Windows.Forms.DialogResult.OK Then
```

```
        PictureBox1.Image = New Bitmap(OpenFileDialog1.FileName)
        Map = New Bitmap(OpenFileDialog1.FileName)

        Me.Width = PictureBox1.Width + Me.Width - Me.ClientSize.Width
        Me.Height = PictureBox1.Height + Me.Height - Me.ClientSize.Height

        Dim file_name As String = OpenFileDialog1.FileName
        file_name = file_name.Substring(file_name.LastIndexOf("\") + 1)
        'Me.Text = "[" & file_name & "]"

        SaveFileDialog1.FileName = OpenFileDialog1.FileName
        Label2.Text = "Map    :    " & file_name
    End If
    bntruler.Enabled = True
    bntBase.Enabled = True
    bntInt.Enabled = True

End Sub
```

Source Code Save File Button

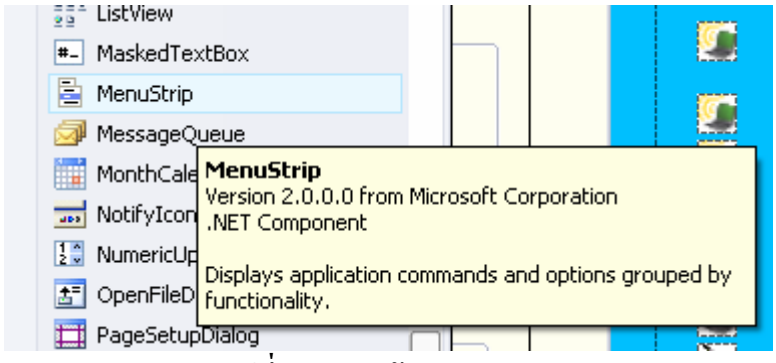
```
Private Sub SaveToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles SaveToolStripMenuItem.Click

    If SaveFileDialog1.ShowDialog() = Windows.Forms.DialogResult.OK Then
        Dim extension As String = SaveFileDialog1.FileName
        extension = extension.Substring(extension.LastIndexOf(".") + 1).ToLower
        Select Case extension
            Case "bmp"
                PictureBox1.Image.Save(SaveFileDialog1.FileName, ImageFormat.Bmp)
            Case "jpg", "jpeg"
```

```
                PictureBox1.Image.Save(SaveFileDialog1.FileName, ImageFormat.Jpeg)
            Case "gif"
                PictureBox1.Image.Save(SaveFileDialog1.FileName, ImageFormat.Gif)
            Case "ico"
                PictureBox1.Image.Save(SaveFileDialog1.FileName, ImageFormat.Icon)
            Case "emf"
                PictureBox1.Image.Save(SaveFileDialog1.FileName, ImageFormat.Emf)
            Case "wmf"
                PictureBox1.Image.Save(SaveFileDialog1.FileName, ImageFormat.Wmf)
            Case "png"
                PictureBox1.Image.Save(SaveFileDialog1.FileName, ImageFormat.Png)
            Case "tif", "tiff"
                PictureBox1.Image.Save(SaveFileDialog1.FileName, ImageFormat.Tiff)
            Case "exif"
                PictureBox1.Image.Save(SaveFileDialog1.FileName, ImageFormat.Exif)
        End Select
    End If

End Sub
```

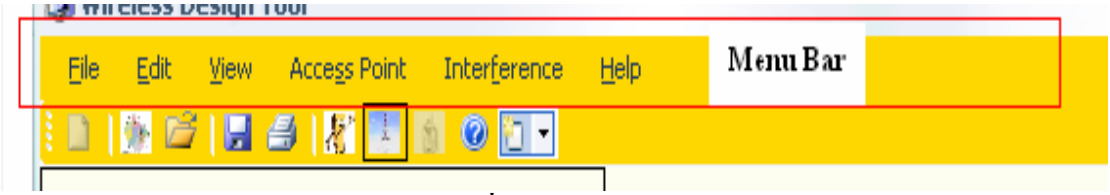
Source Code Exit Button

```
Private Sub ExitToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles ExitToolStripMenuItem.Click
    End
End Sub
```

1.2 Menubar วิธีการสร้าง Menubar จะเหมือนกับการสร้าง Toolbar ทุกประการณ์ ยกเว้นให้คลิกที่ Menustrip แทน Toolstrip ดังรูปที่ 6.4

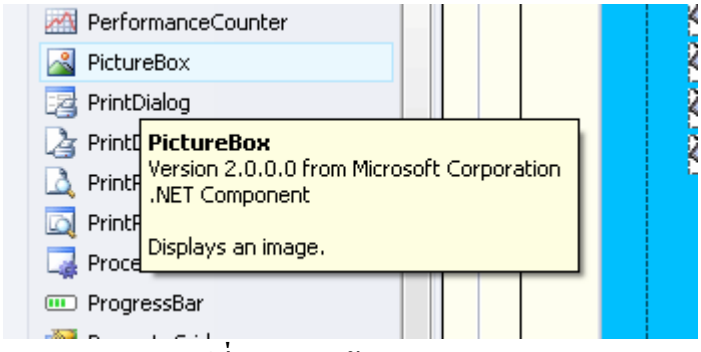


รูปที่ 6.4 การสร้าง Menu bar



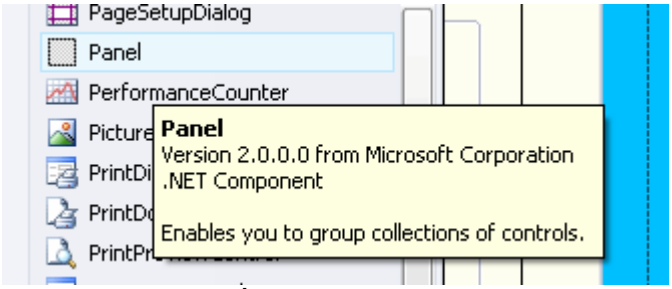
รูปที่ 6.5 Menu bar

1.3 PictureBox เป็นส่วนที่จะแสดงรูปภาพ ซึ่งเราสามารถกำหนดขนาดได้ว่าจะให้มีขนาดเท่าใด



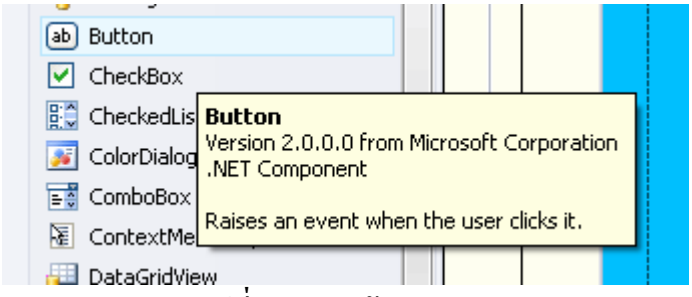
รูปที่ 6.6 การสร้าง Picturebox

1.4 Panel เป็นส่วนที่จะใช้ในการแยก Object ต่างๆ ให้เป็นระเบียบดูสวยงาม



รูปที่ 6.7 การสร้าง Panel

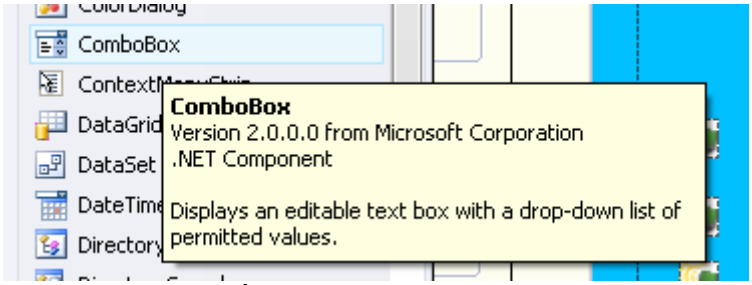
1.5 Button เป็นปุ่มที่จะใช้ในการติดต่อกับ User เป็น Object ที่ User ต้องเลือกว่าจะคลิกปุ่มไหน



รูปที่ 6.8 การสร้าง Button

รูปที่ 6.9 ตัวอย่าง Button

1.6 ComboBox เป็นส่วนที่จะให้ User กรอกข้อมูลใส่



รูปที่ 6.10 การสร้าง Combobox

รูปที่ 6.11 ตัวอย่าง Combo box

2.การสร้าง Combobox ที่ใช้ในการวัด Scale

รูปที่ 6.5 แสดงส่วนที่ให้ User กรอก Scale มี Source Code ดังนี้

ในส่วนนี้จะเกิดขึ้นเมื่อ User คลิก mouse ลงบน PictureBox1

```
Private Sub PictureBox1_mousedown(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventArgs) Handles PictureBox1.MouseDown
    PictureBox1.Refresh()
    PictureBox1.Cursor = Cursors.UpArrow
```

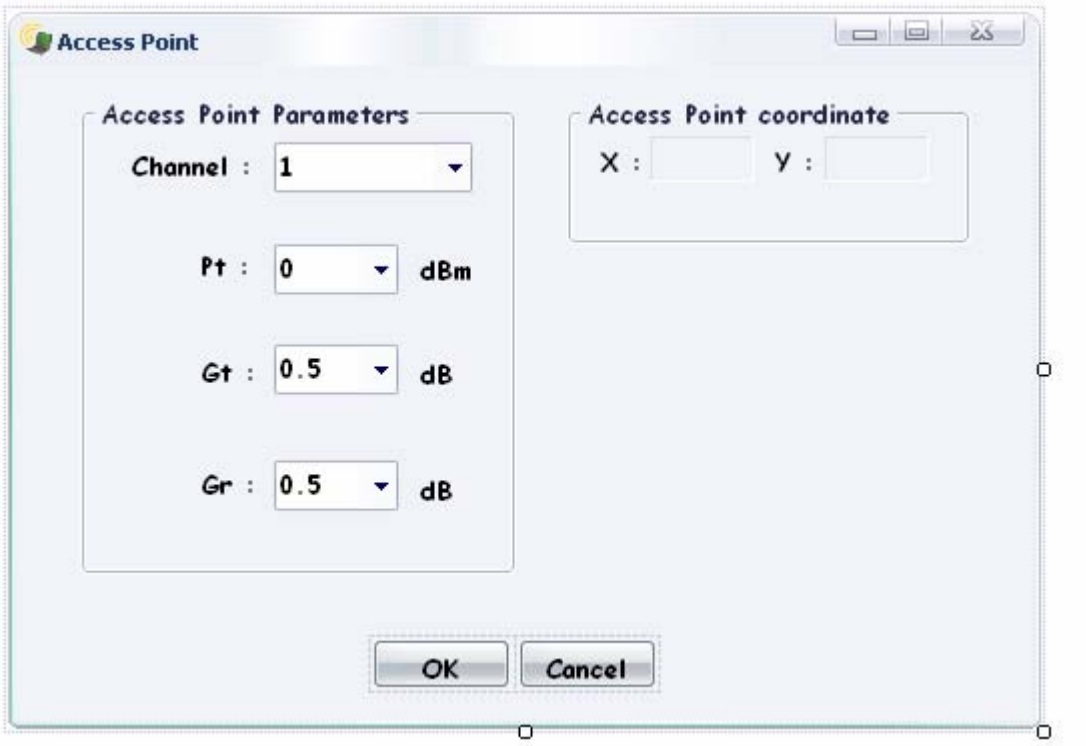
```
        If BooB = True Then
            If e.Button = Windows.Forms.MouseButtons.Left Then 'ตรวจสอบว่าได้กดเมาส์ปุ่มซ้าย
ป่าว
                Drawflag = True        'ถ้ากดปุ่มเมาส์ซ้ายเริ่มวาดเส้นได้
                x1 = e.X               'กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของเส้นตรงที่วาดเป็นตำแหน่งที่กดปุ่มเมาส์
                y1 = e.Y
            Else
                Drawflag = False       'ถ้าไม่กดปุ่มเมาส์ซ้ายวาดเส้นไม่ได้
            End If
        End If
    End Sub
```

ในส่วนนี้จะเกิดขึ้นเมื่อ User ปล่อย mouse

```
    Private Sub PictureBox1_mouseup(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventArgs) Handles PictureBox1.MouseUp
        PictureBox1.Cursor = Cursors.Default
        If BooB = True Then
            scalepix = ComboBox1.Text
            distshow = CSng(Sqrt((((x1 - e.X) / scalepix) ^ 2) + ((y1 - e.Y) / scalepix) ^ 2))
            MessageBox.Show("ระยะทาง = " & distshow.ToString("#,##0.00") & " เมตร",
"Distance", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information)
            bntruler.Enabled = True
            BooB = False
        End If
    End Sub
```

3.การสร้าง Interface ระหว่างโปรแกรมกับ User

3.1 Access Point parameter



รูปที่ 6.12 แสดงส่วนที่ให้ User กรอก Parameter ของ Access Point

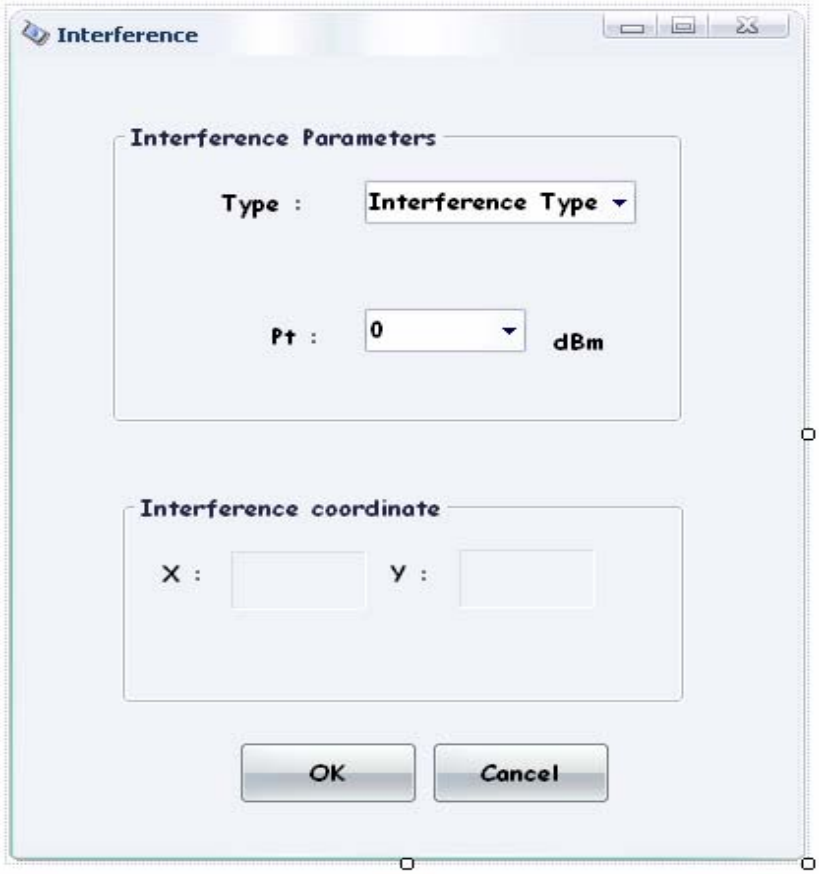
Source Code

```
Imports System.Windows.Forms
Imports System.Math
Public Class AccessPoint
    Public Shared X(10), Y(10) As Double
    Private Sub Base_Station_1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load

        Label15.Text = FrmMain.X_Click1
        Label16.Text = FrmMain.Y_Click1

    End Sub
```

```
    Private Sub OK_Button_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles OK_Button.Click

        If (FrmMain.pic(FrmMain.n).Visible = True) And (FrmMain.bntBase.Enabled = False) Then
            FrmMain.Access += 1
            If ComboBox1.Text = 1 Then
                FrmMain.freq(FrmMain.Access) = 2.412
            ElseIf ComboBox1.Text = 2 Then
                FrmMain.freq(FrmMain.Access) = 2.417
            ElseIf ComboBox1.Text = 3 Then
                FrmMain.freq(FrmMain.Access) = 2.422
            ElseIf ComboBox1.Text = 4 Then
                FrmMain.freq(FrmMain.Access) = 2.427
            ElseIf ComboBox1.Text = 5 Then
                FrmMain.freq(FrmMain.Access) = 2.432
            ElseIf ComboBox1.Text = 6 Then
                FrmMain.freq(FrmMain.Access) = 2.437
            ElseIf ComboBox1.Text = 7 Then
                FrmMain.freq(FrmMain.Access) = 2.442
            ElseIf ComboBox1.Text = 8 Then
                FrmMain.freq(FrmMain.Access) = 2.447
            ElseIf ComboBox1.Text = 9 Then
                FrmMain.freq(FrmMain.Access) = 2.452
            ElseIf ComboBox1.Text = 10 Then
                FrmMain.freq(FrmMain.Access) = 2.457
            ElseIf ComboBox1.Text = 11 Then
                FrmMain.freq(FrmMain.Access) = 2.462
            End If
            FrmMain.Pt(FrmMain.Access) = ComboBox2.Text
            FrmMain.Gt(FrmMain.Access) = ComboBox3.Text
```

```
            FrmMain.Gr(FrmMain.Access) = ComboBox4.Text
            X(FrmMain.Access) = Label15.Text
            Y(FrmMain.Access) = Label16.Text
            FrmMain.Button1.Enabled = True
            FrmMain.Button2.Enabled = True
        End If
        OK_Button.Enabled = False
        Me.DialogResult = System.Windows.Forms.DialogResult.OK

    End Sub

    Private Sub Cancel_Button_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Cancel_Button.Click
        If (FrmMain.pic(FrmMain.n).Visible = True) And (FrmMain.bntBase.Enabled = False) Then
            FrmMain.pic(FrmMain.n).Visible = False
            FrmMain.BST(FrmMain.n).Enabled = False
            If FrmMain.n >= 1 Then
                FrmMain.n = FrmMain.n - 1
            Else : FrmMain.Access = 0
            End If
        End If

        Me.DialogResult = System.Windows.Forms.DialogResult.Cancel
        Me.Close()
    End Sub

End Class
```

3.2 Interference parameter



รูปที่ 6.13 แสดงส่วนที่ให้ User กรอก Parameter ของ Interference

Source Code

```
Imports System.Windows.Forms
Imports System.Math


Public Class Interference
    Public Shared X(10), Y(10) As Double
    Private Sub Interference_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
        Label15.Text = FrmMain.X_Click1
        Label16.Text = FrmMain.Y_Click1
    End Sub
```

```
    Private Sub OK_Button_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles OK_Button.Click
        FrmMain.It += 1
        'FrmMain.Type(FrmMain.It) = ComboBox1.Text
        FrmMain.Pint(FrmMain.It) = ComboBox2.Text
        X(FrmMain.It) = Label15.Text
        Y(FrmMain.It) = Label16.Text
        OK_Button.Enabled = False
        Me.DialogResult = System.Windows.Forms.DialogResult.OK
    End Sub

    Private Sub Cancel_Button_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Cancel_Button.Click

        FrmMain.picInt(FrmMain.q).Visible = False
        FrmMain.Int(FrmMain.q).Enabled = False
        If FrmMain.q >= 1 Then
            FrmMain.q = FrmMain.q - 1
        Else : FrmMain.It = 0
        End If
        Me.DialogResult = System.Windows.Forms.DialogResult.Cancel
        Me.Close()
    End Sub

End Class
```

เอกสารอ้างอิง

[1] อำนาจ มีมงคล. **ออกแบบและติดตั้งเครือข่าย Wireless LAN**. สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส (Infopress)นนทบุรี: ไอดีซี. 2547

[2] ดร.วิรินทร์ เมฆประดิษฐสิน. **คัมภีร์ระบบเครือข่ายไร้สายแบบฉบับอาจารย์วิรินทร์ เล่ม 1.** สำนักพิมพ์ เอช. เอ็น. กรุ๊ป, กรุงเทพฯ. 2547

[3] จักกริช พฤษการ. **การสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์.** สำนักพิมพ์ท้อป, กรุงเทพฯ. 2548.

[4] Neil Reid and Ron Seide, “802.11 (Wi-Fi) Networking Handbook”, McGraw-Hill Companies, Inc., New York 2003

[5] Charles R. buffler. **Microwave Cooking and Processing**, Engineering Fundamentals for the Food Scientist. New York 10003

ประวัติผู้เขียน

นายขวัญฟ้า โสมาบุด เกิดเมื่อวันอาทิตที่ 18 พฤษจิกายน พ.ศ. 2527 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลหนองพอก อำเภอหนองพอก จังหวัดร้อยเอ็ด สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนหนองพอกวิทยา อำเภอหนองพอก จังหวัดร้อบเอ็ด เมื่อปี พ.ศ. 2546 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โทร 08-6725-5032

นางยุทธพงษ์ ดอนโมกข์ เกิดเมื่อวันพุทธที่ 29 สิงหาคม พ.ศ. 2527 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลโสกแสง อำเภอนาจะหลวย จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนวัดไร่ขิงวิทยา อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม เมื่อปี พ.ศ. 2546 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โทร 08-9146-6585

นายอิทธิพล คุณพาที เกิดเมื่อวันเสาร์ที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2527 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลโพธิ์ไทร อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนเบ็ญจมะมหาราช อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี เมื่อปี พ.ศ. 2546 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โทร 08-3926-3800