

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบเครือข่ายแลนไร้สาย

SOFTWARE TOOLS FOR WIRELESS LAN DESIGN



นายปรัชญา สีนทอง
นายวสุ ชุนหษา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 55125
วัน,เดือน,ปี..... 8 เม.ย. 2548

.....
.....
.....

ซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบเครือข่ายแลนไร้สาย
SOFTWARE TOOLS FOR WIRELESS LAN DESIGN

โดย

นายปรัชญา สินทอง

นายวสุ ชุนหษา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ศักดิ์ชัย ทิพย์จักรรัตน์

อ.อำนาจ ขาวเน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบเครือข่ายแลนไร้สาย

SOFTWARE TOOLS FOR WIRELESS LAN DESIGN

คณะผู้จัดทำ นายปรัชญา สีนทอง รหัส 44015334

นายวสุ ชุนหษา รหัส 44015346



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบเครือข่ายแลนไร้สาย

นายปรัชญา สีนทอง 44015334

นายวสุ ชุนหษา 44015346

ดร.ศักดิ์ชัย ทิพย์จักรรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์อำนาจ ขาวเน อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบเครือข่ายแลนแบบไร้สายเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้น เนื่องจากช่วยลดข้อจำกัดหลายประการของระบบเครือข่ายแลนแบบใช้สาย เช่น การติดตั้งทำได้รวดเร็วและง่าย ความยืดหยุ่นในการติดตั้ง ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และเนื่องจากเครือข่ายแลนแบบไร้สายใช้คลื่นความถี่วิทยุในการสื่อสารถึงกันแทนการใช้สายนำสัญญาณนั้นการออกแบบเครือข่ายแลนแบบไร้สาย จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบให้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในเครือข่ายสามารถรับหรือส่งข้อมูลถึงกันได้อย่างต่อเนื่องและไม่มี การสูญเสียของข้อมูล ซึ่งทำให้การออกแบบเครือข่าย ไร้สายนั้นมีความซับซ้อนและต้องใช้เวลาในการ ออกแบบพอสมควร เนื่องจากมีตัวแปรหลายอย่างที่จะส่งผลในการรับส่งข้อมูลกันระหว่างเครื่องภายใน เครือข่าย เช่น ค่าความสูญเสียในสายนำสัญญาณ, ค่ากำลังเอาต์พุต, ระยะห่างระหว่างตัวแอดเซสพอยท์กับ ตัวไคลเอนท์ โดยซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบเครือข่ายแลนไร้สาย สามารถคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆเหล่านี้ ได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ออกแบบเครือข่าย ไร้สายมีความสะดวกในการออกแบบมากยิ่งขึ้น

โครงการนี้ได้อำนวยความสะดวกให้ผู้ออกแบบในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ใน การออกแบบ เช่น ค่าความสูญเสียในสายนำสัญญาณ, กำลังส่ง, เลือกสายอากาศที่เหมาะสมกับความถี่ที่ใช้ และลักษณะโครงสร้างของตัวอาคาร ซึ่งโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆโดยอัตโนมัติ ทำ ให้ลดความผิดพลาดและสะดวกรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOFTWARE TOOLS FOR WIRELESS LAN DESIGN

Mr.Pratya Sinthong

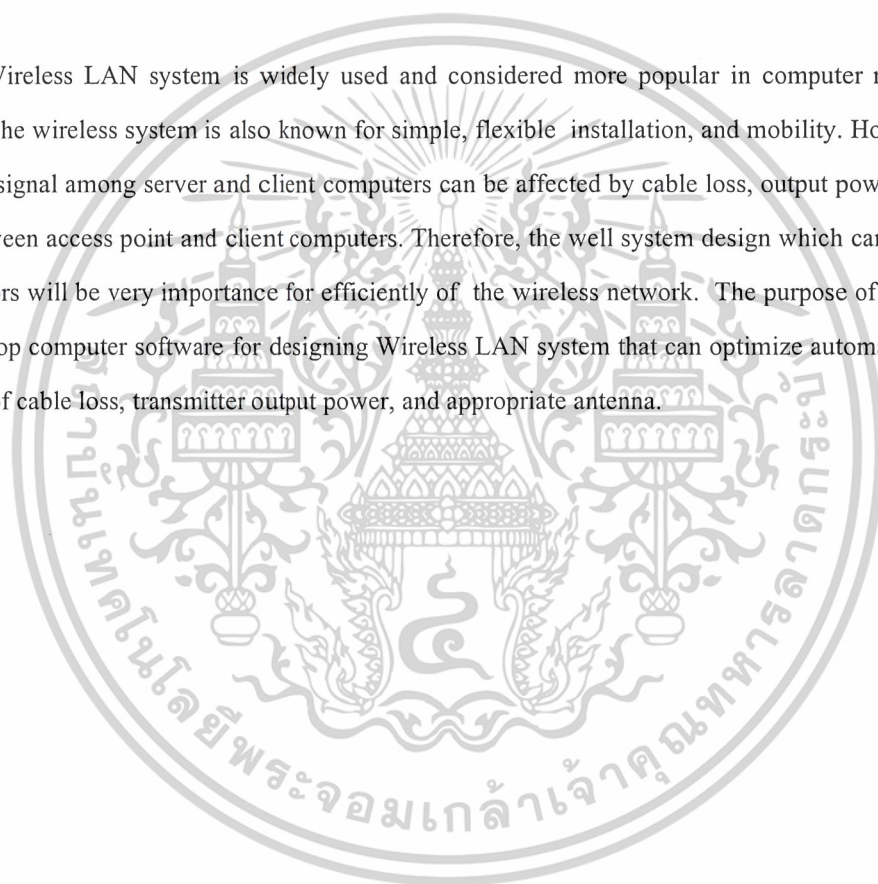
Mr.Vasu Chunhacha

Dr.Sakchai Thipchaksurat Advisor

Mr.Amnart Khawnae Advisor

ABSTRACT

Wireless LAN system is widely used and considered more popular in computer networking recently. The wireless system is also known for simple, flexible installation, and mobility. However, the quality of signal among server and client computers can be affected by cable loss, output power, and the range between access point and client computers. Therefore, the well system design which can eliminate those factors will be very importance for efficiently of the wireless network. The purpose of this study is to develop computer software for designing Wireless LAN system that can optimize automatically for the value of cable loss, transmitter output power, and appropriate antenna.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.ศักดิ์ชัย ทิพย์จักรรัตน์ และ อาจารย์อำนาจ ขาวเน อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำ
ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนช่วยตรวจทานความถูกต้อง
จนกระทั่งปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำ
ในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดหา
อุปกรณ์ในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่เอื้อเฟื้อน้ำใจในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และให้ความคิดดีๆ
ที่ประกอบขึ้นเป็น โครงการงานชิ้นนี้จนสำเร็จ

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา – มารดา และ ผู้อุปการะของผู้วิจัยที่ทำให้กำลังใจและ
สนับสนุนส่งเสริมผู้วิจัยในการเรียนด้วยดีเสมอมา

นายปรัชญา สีนทอง

นายวุฒ ชุนหา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 มาตรฐานและหลักการทำงานของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย	3
2.1 ประวัติความเป็นมาของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย	3
2.2 ตลาดของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย	4
2.3 มาตรฐานของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย	5
2.4 ระยะห่างและอัตราความเร็วในการการส่งข้อมูล	6
2.5 Throughput	7
2.6 Coverage Area ของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย	8
2.7 การออกแบบผังเซลล์	9
2.8 ลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในเครือข่ายแลนแบบไร้สาย	12
2.9 ชนิดของเสาอากาศของแอคเซสพอยท์	15
บทที่ 3 การออกแบบโปรแกรม	17
3.1 หลักการและแนวคิดในการออกแบบ	17
3.2 ส่วนประกอบโปรแกรมของระบบ	17
3.2.1 โปรแกรม Link Budget	17
3.2.2 โปรแกรม Access Point Configurator	20
3.3 การคำนวณ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	37
4.1 ผลการทดลองการใช้งานโปรแกรม Link Budget	37
4.2 ผลการทดลองการใช้งานโปรแกรม Access Point Configurator	43
บทที่ 5 สรุป	46
บรรณานุกรม	47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

รูปที่		หน้า
2-1	กราฟแสดง data rates เมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างจาก Access Point	6
2-2	แสดงโครงสร้างเซลล์ของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย	10
2-3	แสดง BSS และ ESS	11
2-4	แสดงการทำงานใน Adhoc mode หรือ Peer-to-Peer mode	12
2-5	แสดงHidden Node Problem และ กลไก RTS/CTS Handshake	14
2-6	เสาอากาศชนิด VO5/24 และ รูปแบบการแพร่กระจายคลื่น	16
2-7	เสาอากาศแบบ VO6/24 และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น	16
2-8	เสาอากาศแบบ SP45/25 และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น	17
2-9	เสาอากาศแบบ CA27/24 และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น	18
2-10	เสาอากาศแบบ VP165/24 และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น	18
2-11	เสาอากาศแบบ V870/24 และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น	19
3-1	แผนผังการดำเนินงานของโปรแกรม Link Budget	21
3-2	แสดง Class Diagram ของโปรแกรม Program Link Budget	22
3-3	แสดง Class Diagram ของโปรแกรม Program Link Budget (ต่อ)	23
3-4	แสดง Class Diagram ของ โปรแกรม Program Link Budget (ต่อ)	24
3-5	แสดง Class Diagram ของโปรแกรม Access Point Configurator	25
3-6	แสดง Class Diagram ของ โปรแกรม Access Point Configurator (ต่อ)	26
3-7	แสดง Class Diagram ของโปรแกรม Access Point Configurator (ต่อ)	27
3-8	โปรแกรม Link Budget	28
3-9	แสดงแผนผังลำดับการทำงานของ โปรแกรม Access Point Configurator	31
3-10	โปรแกรม Access Point Conguration (APC)	32
3-11	แสดงเมนูการเลือกชนิดของเสาอากาศ	33
3-12	การคำนวณหา Cable Loss Sum โดยเลือกจาก เมนู	35
3-13	การคำนวณความแรงของสัญญาณ	36
4-1	แสดงผลการคำนวณ โดยใช้โปรแกรม Access Point Configurator ของเสาอากาศแบบ VO6/24	43
4-2	แสดงผลการคำนวณ โดยใช้โปรแกรม Access Point Configurator ของเสาอากาศแบบ VP165/24	44
4-3	แสดงผลการคำนวณ โดยใช้โปรแกรม Access Point Configurator ของเสาอากาศแบบ VP165/24	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	เปรียบเทียบคุณสมบัติ ระหว่างมาตรฐานของระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ในมาตรฐานต่างๆ	5
2-2	ตารางเปรียบเทียบ Throughput เทียบกับระยะห่างของ Access Point ในมาตรฐานต่างๆ	7
2-3	แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเสาอากาศแต่ละชนิด	15
4-1	เปรียบเทียบผลการทดลองหาความแรงของสัญญาณกับเสาอากาศแบบ VO6/24	38
4-2	เปรียบเทียบผลการทดลองหาความแรงของสัญญาณกับเสาอากาศแบบ VP165/24	39
4-3	เปรียบเทียบผลการทดลองหาความแรงของสัญญาณกับเสาอากาศแบบ CA27/24	40
4-4	เปรียบเทียบผลการทดลองหาความแรงของสัญญาณกับเสาอากาศแบบ VP870/24	41
4-5	เปรียบเทียบผลการทดลองหาความแรงของสัญญาณกับเสาอากาศแบบ SP45/24	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันการใช้งานระบบเครือข่ายแลนแบบไร้สายมีแนวโน้มที่จะมีความนิยมในการใช้สูงมากขึ้นเรื่อยๆ อันเนื่องมาจากข้อได้เปรียบในหลายประการของระบบเครือข่ายแลนแบบไร้สายเมื่อเทียบกับระบบเครือข่ายแลนแบบใช้สายที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่ในการออกแบบเครือข่ายแลนแบบไร้สายนั้นจะมีความยุ่งยากและซับซ้อนกว่าการออกแบบเครือข่ายแลนแบบใช้สาย เนื่องจากการสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละตัวในเครือข่ายนั้นจะต้องสื่อสารโดยส่งข้อมูลผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกับการส่งสัญญาณวิทยุดังกล่าว เช่น โครงสร้างของตัวอาคาร, ระยะห่างระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละตัว, การมีอุปสรรคหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าบางอย่างที่กำเนิดสัญญาณรบกวนออกมาซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการรบกวนการสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายได้ และ อีกประการหนึ่ง คือ การเลือกตำแหน่งการวางของตัวแอคเซสพอยท์ให้ได้ระยะห่างระหว่างตัวโคไลแอนที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้มีระดับความแรงของสัญญาณที่มากพอเพื่อจะให้การรับส่งข้อมูลได้อย่างไม่มีปัญหา

โครงการนี้จะอำนวยความสะดวกในการออกแบบของผู้ออกแบบเครือข่ายแลนไร้สาย โดยโปรแกรมช่วยออกแบบเครือข่ายแลนไร้สายนี้จะคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ต้องใช้ในการออกแบบ เช่น ค่า Put, Ltx, Gtx, frequency, Lrx, Grx, Pin แล้วคำนวณเป็น ค่าอัตราการส่งข้อมูล, maximum range, margin เพื่อนำมาใช้ออกแบบเครือข่ายต่อไปและโปรแกรมยังสามารถช่วยเลือกชนิดของเสาอากาศให้เหมาะสมกับความถี่และอัตราการส่งข้อมูลที่จะใช้อีกด้วย โดยในการพัฒนาซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบเครือข่ายแลนแบบไร้สายนี้ได้เลือกใช้ภาษาจาวา ในการพัฒนาเนื่องจากภาษาจาวานั้นมีข้อได้เปรียบภาษาอื่นๆและยังสามารถใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษามาตรฐานต่างๆ ของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย
2. เพื่อศึกษาการทำงานของ เครือข่ายแลนแบบไร้สาย
3. เพื่อศึกษาออกแบบ เครือข่ายแลนแบบไร้สาย
4. เพื่อศึกษาการใช้ภาษาจาวาในการพัฒนาซอฟต์แวร์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ ความสามารถในการออกแบบเครือข่ายแลนแบบไร้สาย
2. ได้รับความรู้ ความสามารถในด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วยภาษาจาวา
3. ได้รับความรู้ในการใช้งานเครือข่ายแลนแบบไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ในการพัฒนาโครงงานนี้จะดำเนินการออกแบบและสร้างซอฟต์แวร์เพื่อออกแบบระบบเครือข่ายแลนแบบไร้สายในมาตรฐาน IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g โดยในซอฟต์แวร์นี้โปรแกรมทั้งสิ้น 2 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรม Link Budget และโปรแกรม Access Point Configurator โดยโปรแกรม Link Budget นั้นจะทำหน้าที่ในการคำนวณหาค่า power output, cable loss, range ส่วนโปรแกรม Access Point Configurator นั้นจะแสดงผลของ Access Point ในด้านต่างๆ เช่น ความแรงของสัญญาณ, Coverage Area โดยจะแสดงผลออกมาเป็นกราฟ โดยการจำลองในการคำนวณนี้จะเป็นการเชื่อมต่อแบบ Point to Point ค่าต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมจะนำมาออกแบบและตำแหน่งของการวาง Access Point ต่อไป

สำหรับส่วนของซอฟต์แวร์นั้นจะทำการพัฒนาโดยใช้ ภาษา Java เนื่องจากเป็นภาษาที่มีข้อได้เปรียบอื่นและใช้งานได้อย่างสะดวกทำให้เหมาะกับการพัฒนาโครงงานชิ้นนี้ โดยใช้ Jbuilder version 7 โดยเขียนเป็น Applet เพื่อให้สามารถใช้งานใน Internet ได้

คุณลักษณะของซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบเครือข่ายแลนไร้สาย

- มีระบบช่วยในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการออกแบบเครือข่ายแลนไร้สาย
- มีระบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บคุณลักษณะของแอสเซสพอยท์ชนิดต่างๆ
- มีระบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บคุณลักษณะของเสาอากาศของแอสเซสพอยท์แต่ละชนิดที่อยู่ในย่านความถี่ 2.40 - 2.45 MHz
- มีระบบการแสดงผลแบบกราฟในการคำนวณหาระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างแอสเซสพอยท์กับเครื่องไคลแอนท์
- สามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว
- ช่วยให้ผู้ออกแบบระบบเครือข่ายแลนไร้สายสะดวกสบายในการออกแบบและช่วยให้งานออกแบบเครือข่ายเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ
- ซอฟต์แวร์นี้สามารถนำไปใช้งานผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้
- สามารถกำหนดชนิดของแอสเซสพอยท์และเสาอากาศที่ผู้ออกแบบต้องการเลือกใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

มาตรฐานและหลักการทำงานของ Wireless LAN

2.1 ประวัติความเป็นมาของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย

Wireless Local Area Network (LAN) เป็นระบบสื่อสารข้อมูลในแง่การขยายหรือเป็นอีกทางเลือกในการแทนระบบแลนแบบใช้สายโดยการใช้เทคโนโลยีของคลื่นวิทยุเครือข่ายแลนแบบไร้สาย มีการรับส่งข้อมูลผ่านอากาศไม่ต้องการใช้สายสำหรับการสื่อสารข้อมูลดังนั้นเครือข่ายแลนแบบไร้สายสามารถเชื่อมต่อได้ในบริเวณที่ไม่สามารถเดินสายเคเบิล สามารถใช้ ซอฟต์แวร์และโปรแกรมต่างๆ เหมือนกับ แลนใช้สาย สายได้ [1] จึงรวมการเชื่อมต่อระบบเข้ากับการโยกย้ายของผู้ใช้ได้เป็นอย่างดีมีผู้ใช้เป็นจำนวนมาก เช่น ด้านการแพทย์, โรงงาน, โกดังเก็บสินค้า, องค์กรการศึกษาต่างๆ ซึ่งการใช้คอมพิวเตอร์มือถือหรือคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ส่งข้อมูลไปยัง hosts ซึ่งสามารถส่งได้ทุกที่ ส่วนส่งผลดีให้แก่องค์กร ในปัจจุบัน เครือข่ายแลนแบบ ไร้สาย กำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย

ความต้องการการใช้ระบบแลนไร้สายมีลักษณะเช่นเดียวกันกับเครือข่ายแบบเซลลูลาร์ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ แต่ระบบแลนไร้สายต้องการเซลล์ขนาดเล็ก และเป็นเซลล์เฉพาะกิจส่วนตัวที่เชื่อมกับเครือข่ายได้ ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะพัฒนาเครือข่ายแลนแบบไร้สาย เพื่อให้รองรับการใช้งานของผู้ใช้กลุ่มที่มีความต้องการใช้แลน ไร้สายซึ่งได้แก่ ร้านค้าปลีก โรงพยาบาล ธุรกิจขนส่ง มหาวิทยาลัย ตลอดจนองค์กรภาคธุรกิจต่างๆ

เนื่องด้วยในปัจจุบันนี้เป็นยุคแห่งการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร, ข้อมูลและทรัพยากรต่างๆภายในเครือข่ายที่มีการจัดสรรเพื่อใช้งานร่วมกัน โดยเฉพาะองค์กรด้านธุรกิจต่างๆ เมื่อใช้เทคโนโลยีไร้สาย ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้โดยไม่ต้องมองหา ปลั๊กต่อสายแลนและผู้มีหน้าที่ดูแลเน็ตเวิร์กสามารถติดตั้งหรือขยายการใช้งานได้โดยปราศจากการติดตั้งสายหรือเคลื่อนย้ายไปตามจุดต่างๆ เครือข่ายแลนแบบไร้สายทำให้เกิดความสะดวกแก่ผู้ใช้และ ลดค่าใช้จ่ายเรื่องสายได้ดังนี้

- ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

Wireless lan ช่วยให้ผู้ใช้สามารถ access ข้อมูลได้ทุกๆที่ในองค์กร การเคลื่อนย้ายของผู้ใช้ไม่เฉพาะเจาะจงในอยู่ในที่ทำงานอย่างเดียวอาจครอบคลุมเลยไปยังที่ต่างๆ เช่น การจัดประชุมสัมมนา การเดินทางไปยังสถานที่ต่างๆ โดยใช้ผู้ติดตั้งเฉพาะ note book ก็สามารถเข้าถึงเครือข่ายได้

- การติดตั้ง

เร็วและง่าย ไม่ต้องยุ่งยากกับการลากสายเคเบิลผ่านกำแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ความยืดหยุ่นในการติดตั้ง**

เชื่อมต่อระหว่างอาคารได้ด้วยระบบ point to point ทำให้ดำเนินการได้รวดเร็วและสะดวกต่อการติดตั้ง เครือข่ายแลนแบบไร้สาย ทำให้เครือข่ายองค์กรปรับขนาดและความเหมาะสมได้ง่าย ไม่ยุ่งยากในเรื่องการเดินสายสื่อสารซึ่งมีปัญหาในเรื่องสถานที่ การปรับปรุงสถานที่เพื่อเดินสายสัญญาณเป็นเรื่องที่ไม่พึงปรารถนา เครือข่ายแบบไร้สาย สามารถครอบคลุมพื้นที่เป็นเซลล์เล็กๆ

- **ลดต้นทุนขององค์กร**

ในระยะแรกของการลงทุนติดตั้ง wireless มีต้นทุนค่อนข้างสูงกว่า wired lan แต่ค่าใช้จ่ายโดยรวมแล้ว(รวมค่าติดตั้งและค่าเช่าสาย) wireless จะต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัด ยิ่งคิดในระยะยาวแล้วต่ำกว่ามาก

- **ความยืดหยุ่นในการขยายจำนวนผู้ใช้**

Wireless lan สามารถที่จะถูก config ได้หลาย topology เพื่อให้บรรลุตามความต้องการ การ config นั้นง่ายมากตั้งแต่แบบ peer to peer สำหรับผู้ใช้จำนวนไม่มาก ไปจนถึงเต็มตัวของ infrastructure ที่มีผู้ใช้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้จุดเด่นของระบบแลนไร้สายยังอยู่ที่การมีมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วโลก หมายถึงสามารถใช้งานร่วมกันได้ และเป็นมาตรฐานกลางที่กำหนดโดย IEEE มีการวางรูปแบบให้รับส่งกันได้อย่างดี โดยเฉพาะเรื่องการรักษาความปลอดภัยของคลื่นสัญญาณที่อาจถูกดักฟังได้ กรณีนี้มีวิธีการเข้ารหัส การสร้างระบบ เอ็นคริป ข้อมูล การให้บริการและการดูแลรักษาเครือข่ายทำได้ง่ายกว่าแบบใช้สายมาก ทั้งนี้เพราะระบบได้รับการออกแบบมาให้เป็นแบบอัตโนมัติ และตรวจสอบกันเอง ระบบแลนไร้สายจึงมีจุดเด่นที่ชัดเจน และจะมีบทบาทที่สำคัญของเครือข่ายในอนาคตอันใกล้

2.2 ตลาดของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย

ตลาดของแลนไร้สายในปัจจุบันนี้ได้เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วพอๆกับเทคโนโลยีของมัน ซึ่งได้ถูกใช้ในด้านต่างๆ เช่น

- เพื่อสนับสนุนพนักงานอิสระในแผนก IT ขององค์กร ซึ่งจะลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสายเคเบิลลงได้ และสามารถปรับเปลี่ยนตามความต้องการได้อย่างสะดวก
- ผู้ใช้สามารถเข้าใช้เครือข่ายแลนแบบไร้สายได้ในสถานที่ต่างๆเช่น คาเฟ่ สนามบิน รถไฟ, โรงแรม เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อ เข้าไปยังเครือข่าย นั้นๆ หรือเข้าไปสู่ Internet
- ภายในสำนักงานต่างๆใช้ เครือข่ายแลนแบบไร้สาย เพื่อ share Internet connection, printer และ อุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ
- ผู้ใช้ ตามบ้านก็เช่นเดียวกัน สามารถใช้ เครือข่ายแลนแบบไร้สาย ในการ share broadband Internet connection ภายในบ้านได้ โดยไม่จำเป็นต้องวางสายให้ยุ่งยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 มาตรฐานของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย

ในปี ค.ศ. 1997 สถาบัน IEEE ได้กำหนดมาตรฐานแลนไร้สายแบบเดียวกับอีเทอร์เน็ตและเป็นชุดเดียวกับ 802 โดยให้ชื่อว่า IEEE 802.11 มาตรฐานที่เกิดขึ้นในปีนี้ยังมีข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี จึงกำหนดการรับส่งสัญญาณด้วยขนาดความเร็ว 2 Mbps ระบบแลนไร้สาย IEEE 802.11 จึงเป็นที่รู้จักกันตั้งแต่นั้นมา ในปี ค.ศ.1999 IEEE ได้พัฒนามาตรฐานใหม่ของระบบแลนไร้สายและให้ชื่อมาตรฐานที่ IEEE 802.11b โดยมีการพัฒนาให้ใช้ความเร็วในการรับส่งได้ถึง 11Mbps และเป็นแบบ Full Duplex คือรับส่งแยกกันด้วยความเร็ว 11 Mbps จากมาตรฐาน 802.11b ที่ประกาศออกไปทำให้มีผู้ผลิตแลนไร้สายออกมามากโดยเฉพาะบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่ายขนาดใหญ่ทุกบริษัทให้ความสนใจและเร่งพัฒนาปรับปรุงกันต่อไป แต่ต่อมาในภายหลัง IEEE ได้พัฒนามาตรฐานใหม่ขึ้นมาอีก 2 ตัวคือ IEEE 802.11a และ IEEE 802.11g ซึ่งรายละเอียดของมาตรฐานแลนไร้สายทั้ง 3 มาตรฐานได้แสดงในตารางที่ 2-1

	802.11b	802.11a	802.11g
Standard approved	July 1999	July 1999	June 2003
Maximum data rate	11 Mbps	54 Mbps	54Mbps
Modulation	CCK	OFDM	OFDM and CCK
Data Rates	1,2,5.5,11 Mbps	6,9,12,18,24,36,48 54 Mbps	CCK: 1,2,5.5,11 OFDM: 6,9,12,18,24 36,48,54 Mbps
Frequencies	2.4 - 2.497 GHz	5.15 – 5.35 GHz 5.425 –5.675 GHz 5.725 – 5.875 MHz	2.4 – 2.497 GHz

ตารางที่ 2 - 1 แสดงคุณลักษณะต่างๆ ของเครือข่ายแลนแบบ ไร้สายมาตรฐานต่างๆ

2.3.1 IEEE 802.11b

ถูกกำหนดขึ้นมาในเดือน กรกฎาคม ปี ค.ศ. 1999 [2] ซึ่งกำเนิดมาจากมาตรฐานต้นแบบคือ IEEE 802.11 direct sequence spread spectrum (DSSS) โดยมีค่า Data rate 11Mbps ในช่วงความถี่ 2.4 - 2.497 GHz ใช้การ Modulation แบบ Complementary Code Keying (CCK) โดยในค่า Data rate ทั้ง 4 คือ 1, 2, 5.5 และ 11Mbps นั้นจะถูกใช้ใน 3 Non-overlapping channel และ Data rate ช่วง 1, 2 Mbps จะถูกใช้ใน overlapping channel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 IEEE 802.11a

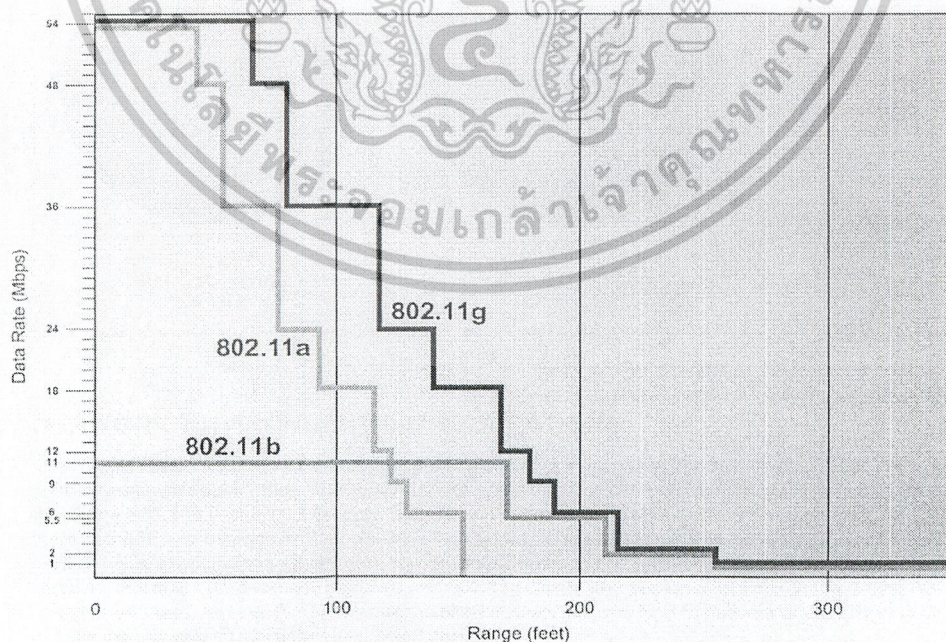
ถูกกำหนดขึ้นโดย IEEE เช่นเดียวกับกับ 802.11b โดยมาตรฐาน IEEE 802.11a นี้ ทำงานในช่วงความถี่ที่สูงกว่าคือ 5GHz ซึ่งมันถูกออกแบบมาใช้กับ Bandwidth ที่สูงขึ้นและมี Data rate ที่มากขึ้นคือ 6,9,12,18,24,36,48,54Mbps โดยใช้หลักการ Modulation แบบ Orthogonal Frequency Deviation Multiplexing (OFDM) ใน 12 direct channel

2.3.3 IEEE 802.11g

ในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 1999 คณะผู้ทดสอบเกี่ยวกับ 802.11g ได้ทดลองขยาย Data rate ให้สูงกว่า 20Mbps ภายในความถี่ 2.4GHz ซึ่งเป็นผลตามมาให้เกิดมาตรฐาน 802.11g ขึ้นในเดือนมิถุนายน 2003 โดยมาตรฐาน 802.11g ทำงานใน Data rate สูงถึง 54Mbps และใช้การ Modulation 2 แบบคือ OFDM และ CCK

2.4 ระยะห่างและอัตราความเร็วในการส่งข้อมูล

เมื่อระยะห่างจากตัว access point มากขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องลด data rate ลง เพื่อให้ยังเชื่อมต่ออยู่ได้ โดยมาตรฐาน 802.11g จะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับกับ 802.11b ซึ่งเป็นเพราะใช้ในความถี่ในช่วงเดียวกัน โดยดูจากกราฟเปรียบเทียบ โดยทั่วไปในช่วงความถี่ 2.4GHz ของ 802.11g network นั้นจะมีช่วง coverage เท่ากันกับ 802.11b แต่ 802.11b นั้นใช้ CCK modulation ในขณะที่ 802.11g ใช้ทั้ง CCK และ OFDM โดย OFDM นั้น จะใช้สำหรับให้ได้ Throughput ที่สูงขึ้นในระยะที่ต้องการ ส่วน 802.11a ซึ่งใช้ OFDM เช่นเดียวกันนั้น จะเกิด signal loss ในกรณีที่สัญญาณวิ่งผ่านสิ่งกีดขวาง เนื่องจากความถี่ที่สูงกว่านั่นเอง



รูปที่ 2-1 กราฟแสดง data rates เมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างจาก Access Point

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Throughput

ในระบบเครือข่ายนั้นค่า Throughput จะไม่เหมือนกับ data rate เนื่องจาก overhead สภาพแวดล้อมและส่วนประกอบอื่นๆ ซึ่งในมาตรฐาน 802.11g นั้นจะมีค่า throughput สูงสุดเมื่อตัว Access Point ได้ติดต่อกับ Client ภายในระบบเครือข่ายแลนแบบไร้สายเดียวกันเท่านั้น ซึ่งในสภาพแวดล้อมดังกล่าวนี้จะได้ data rate 54 Mbps ภายในระยะห่างของตัว Access Point กับคอมพิวเตอร์ ประมาณ 75 ฟุตและได้ throughput ที่ 22 - 24 Mbps โดยใช้ Transmission Control Protocol (TCP) และในบางกรณีที่ 802.11b กับ 802.11g ทำงานร่วมกันนี้ ตัว [5] Access Point ของ 802.11g จะใช้หลักการ Protection พิเศษซึ่งเรียกว่า CTS-to-Self เพื่อที่จะให้สามารถทำงานร่วมกันได้แต่จะทำให้ค่า throughput ลดลงเนื่องจากค่า overhead ที่เพิ่มมากขึ้นดังตารางที่ 2-2

Distance (Feet)	802.11b (Mbps)	802.11a (Mbps)	802.11g-only (Mbps)	802.11g Mixed Environment with CTS-to-self (Mbps)	802.11g Mixed Environment with RTS/CTS (Mbps)
10	5.8	24.7	24.7	14.7	11.8
50	5.8	19.8	24.7	14.7	11.8
100	5.8	12.4	19.8	12.7	10.6
150	5.8	4.9	12.4	9.1	8.0
200	3.7	0	4.9	4.2	4.1
250	1.6	0	1.6	1.6	1.6
300	0.9	0	0.9	0.9	0.9

ตารางที่ 2-2 เปรียบเทียบ Throughput เทียบกับระยะห่างของ Access Point ในมาตรฐานต่างๆ

2.6 Cover Area ของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย

เมื่อตัวกลางในการส่งสัญญาณของเครือข่ายไร้สายไม่ใช่สาย UTP แต่เป็นคลื่นความถี่วิทยุที่มองไม่เห็น จำต้องไม่ได้การออกแบบเครือข่ายจึงมีความซับซ้อนขึ้น การออกแบบระบบแลนสำหรับอาคารจำนวนมากถูกพัฒนาด้วยระบบโครงสร้างการวางสายไฟเบอร์หรือสายUTP, อุปกรณ์เราเตอร์และสวิตช์ต่างๆและอุปกรณ์เสริมอีกมากมาย ซึ่งแม้ว่าจะยังไม่สมบูรณ์แบบแต่ก็นับว่าระบบเครือข่ายไร้สายก็พัฒนาไปจากเดิมอย่างมาก ส่วนระบบเครือข่ายไร้สายนั้นแม้ว่าจะมีประโยชน์สูง แต่ก็ทำให้งานของนักออกแบบระบบเครือข่ายต้องซับซ้อนยุ่งยากจากเดิมพอควร นักออกแบบระบบเครือข่ายมีสายจำเป็นต้องมีความเข้าใจว่า เลเยอร์ระดับกายภาพและดาต้าลิงค์นั้นทำงานในระบบที่มีเราเตอร์และสวิตช์ทำงานร่วมกันได้อย่างไร ทั้งยังต้องออกแบบโครงสร้างของสาย UTP และไฟเบอร์ออฟติกในระดับกายภาพได้ดีอีกด้วย ส่วนผู้ที่ออกแบบระบบเครือข่ายไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นก็จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของสัญญาณวิทยุอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเครือข่ายแลนแบบไร้สายแล้ว อุปกรณ์ทุกชนิดจะเป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่งสัญญาณวิทยุ เราสามารถนำเทคนิคการมอดูเลชันหลากหลายรูปแบบมาใช้กับสัญญาณวิทยุ เพื่อใช้สื่อสารกับข้อมูลดิจิทัล แต่การใช้คลื่นวิทยุก็ทำให้การคาดการณ์ผลลัพธ์ของการสื่อสารภายในสภาพแวดล้อมบางอย่างเป็นไปได้ยากเช่นกันด้วยการใช้อุปกรณ์เครือข่ายในแบบเดียวกันระยะทางการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ อาจทำได้กว่า 100 เมตรในบางสถานที่หรืออาจจะต่ำกว่า 50 เมตรในจุดอื่นที่มีปัจจัยภายนอกเป็นจำนวนมาก เช่น โครงสร้างของตัวอาคารวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง และแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนทั้งหลาย ที่จะส่งผลกระทบต่อระยะทางการสื่อสารนี้ได้ ผู้เชี่ยวชาญการออกแบบ WLAN เพียงแต่เดินตรวจตัวอาคารก็จะใช้ข้อมูลที่ค้นพบมาช่วยออกแบบระบบได้อย่างดี แต่ผู้ไม่มีประสบการณ์ก็คงต้องลองผิดลองถูกไปก่อนยังดีที่อุปกรณ์ที่ใช้ช่วยในการตรวจสอบอาณาบริเวณของระบบเครือข่ายนั้นได้พัฒนาขึ้นมาอย่างมาก

อาจมีแนวความคิดที่มองว่าระยะทางที่จำกัดเป็นปัญหาใหญ่ของระบบไร้สายทั้งที่ข้อเท็จจริงแล้วข้อจำกัดนี้เป็นข้อดีหลัก เนื่องจากคลื่นสัญญาณในย่านความถี่เดิมจะถูกนำมาใช้ใหม่ได้ในอีกสถานที่หนึ่ง คล้ายกับระบบวิทยุ F.M. เช่น สถานีหนึ่งใช้คลื่นวิทยุย่าน 88.3 MHz ในขณะที่สถานีอื่นอยู่ห่างออกไปก็ใช้คลื่นในย่านเดียวกันนี้ในการส่งสัญญาณเช่นกัน สำหรับ มาตรฐาน 802.11b นั้นจะใช้ความถี่ในช่วง 83.5 MHz ส่วนรูปนี้ก็จะบอกถึงสเปกตรัมของแต่ละช่องในช่องสัญญาณแบบ 802.11 ซึ่งโดยปกติแล้ว นักออกแบบระบบจะใช้งานเฉพาะช่อง 1, 6 และ 11 ที่จะไม่ซ้อนทับกันเลย เพื่อใน Band Width ที่สูงสุด หรือถ้าจะยกตัวอย่างให้เข้าใจง่ายขึ้น นั่นคืออาจติดตั้งอุปกรณ์ AP (Access Point) ภายในห้องเดียวกันได้ถึง 3 ตัวโดยใช้คลื่นสัญญาณของแต่ละตัวทำงานในย่านความถี่ที่ต่างกันและไม่รบกวนกันเลย มีเพียงบางกรณีเท่านั้นที่จะใช้ AP ถึง 3 ตัวภายในห้องเดียวกัน เพื่อเพิ่มแบนด์วิดท์ให้สูงสุดเท่าที่จะทำได้แต่อาจจะเจอปัญหาอื่นตามมาอีก สมมุติว่าอาคารหนึ่งต้องการใช้ AP ทั้งหมด 21 ตัว จากนั้นแบ่ง AP เป็น 3 กลุ่มๆละ 7 ตัวและติดตั้งให้ 3 กลุ่มใช้สัญญาณที่แตกต่างกัน (1, 6 และ 11) ไม่เพียงแต่จะต้องออกแบบให้พื้นที่การทำงานของ AP แต่ละตัวหลักลมล้อมกัน (ป้องกันไม่ให้พื้นที่บริเวณขอบรัศมีการทำงานของ AP กลายเป็นเขตไร้สัญญาณ) แต่ยั้งต้องจัดการไม่ให้ AP ในช่องสัญญาณ 6 ตัวหนึ่งไปรบกวนกับ AP ที่ช่องสัญญาณเดียวกัน การที่จะออกแบบเครือข่ายให้ครอบคลุมพื้นที่โดยไม่มีช่องสัญญาณเหลื่อมล้ำกันเหล่านั้นทำได้ยากเนื่องจากภายในอาคารต้องคำนึงถึงพื้นที่ 3 มิติเช่นสัญญาณจากชั้น 2 อาจจะชนกับสัญญาณจากชั้น 3 เป็นต้น ด้วยข้อจำกัดของจำนวนช่องสัญญาณของคลื่นในย่าน 2.4 GHz นี้เองทำให้มีผู้สนใจมาตรฐาน 802.11a ที่ทำงานในย่านความถี่ 5GHz เพิ่มขึ้น เพราะมีช่องสัญญาณที่ไม่เหลื่อมล้ำกันเพิ่มขึ้นเป็น 8 ช่องสัญญาณแม้ว่าพื้นที่หรือรัศมีการทำงานของเซลล์จะหดเล็กลงก็ตาม

2.7 การออกแบบผังเซลล์

การวางผังเซลล์จัดเป็นงานค่อนข้างซับซ้อนเริ่มด้วยการอ่านผังอาคารและวางผังเซลล์ราวๆโดยดูจากระยะทางที่ประมาณและสภาพภายในอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เป็นห้องปิดทึบ ผู้ผลิตอุปกรณ์ WLAN หลายรายมีอุปกรณ์ที่ช่วยให้ติดตั้ง AP ชั่วคราวและวัดระดับสัญญาณในตำแหน่งต่างๆในช่วงแรกโดยไม่ต้องคำนึงถึงการต่ออินเทอร์เน็ตเข้ากับ AP แต่ควรใส่ใจกับการออกแบบระบบ RF อย่างเดียวก่อนในเบื้องต้น [6] การใช้อุปกรณ์ที่รองรับการจ่ายไฟผ่านอินเทอร์เน็ตก็จะสามารถช่วยได้มาก เพราะไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องเสียเวลาจัดการเรื่องปลั๊กจ่ายไฟสำหรับ AP แต่ละตัว ถึงแม้ว่าระบบแบบนี้จะยังไม่มีมาตรฐานที่ดีแต่ภายในปีนี้ มาตรฐาน IEEE 802.11af สำหรับการจ่ายไฟฟ้าผ่านสายอีเทอร์เน็ตคาดว่าจะเสร็จสิ้น

ปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือชนิดของเสาอากาศ โดยเสาอากาศสำหรับ AP เกือบทั้งหมดจะส่งคลื่นสัญญาณ 360 องศาที่มีลักษณะคล้ายกับโดนัท โดยมีตัวเสาเองยื่นขึ้นมาที่รูตรงกลางโดนัท นั้น ถ้าตัว AP ถูกติดตั้งไว้ที่มุมตึกคลื่นสัญญาณก็จะแผ่ไปทั้งภายในและภายนอกตัวอาคารผู้จำหน่ายบางรายเช่น Cisco และ Symbol Technologies มีผลิตภัณฑ์เสาอากาศให้เลือกมากมาย โดยเสาอาจจะครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่า แต่ทิศทางและขนาดของคลื่นก็เปลี่ยนตามไปด้วย เช่น เสาอากาศ patch ที่ใช้สัญญาณ 80 องศา ในขณะที่บางเสาถูกออกแบบมาเฉพาะ เพื่อให้ทำงานเข้ากับสภาพแวดล้อมในบางรูปแบบได้ง่าย สำหรับการซื้ออุปกรณ์ AP จากบริษัทหนึ่งแต่ใช้เสาอากาศจากผู้ค้ารายอื่นนั้นอาจจะเป็นการผิดกฎหมายเนื่องจาก FCC ได้รับรองผลิตภัณฑ์ของอุปกรณ์เป็นแบบคู่ เช่น เสาอากาศตัว AP หรือ เสาอากาศ, การ์ดเน็ตเวิร์ก ซึ่งนี่เป็นเหตุผลหนึ่งที่สนับสนุนการซื้อตัว AP จากผู้จำหน่ายที่มีเสาอากาศให้เลือกหลากหลายรูปแบบ

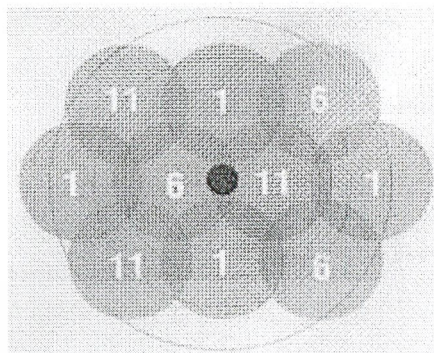
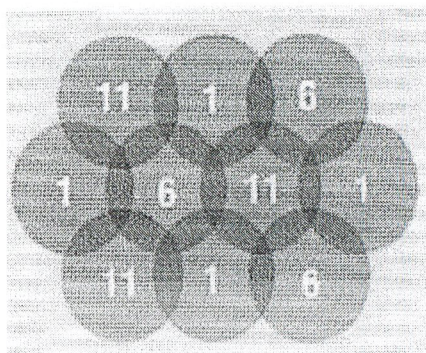
สิ่งอื่นที่ต้องคำนึงถึงนอกเหนือไปจาก RF ต้องประเมินขนาดของแบนด์วิดท์ที่ต้องการให้พอดีกับสภาพแวดล้อมที่มีอยู่ โดยคำนึงถึงความหนาแน่นของผู้ใช้และความต้องการแบนด์วิดท์ของผู้ใช้แต่ละคน เช่นในห้องประชุมที่มีผู้ใช้จำนวนมากแย่งกันใช้ช่องสัญญาณพื้นที่ทำการของเซลล์ก็ควรมีขนาดเล็ก ส่วนห้องกว้างที่มีผู้ใช้งานไม่กี่คน พื้นที่ทำการของเซลล์ก็ควรมีขนาดใหญ่ขึ้น [4]

เมื่อทำสิ่งที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดต่อไปก็ถึงเวลาที่ต้องต่อระบบ WLAN เข้ากับเครือข่ายธรรมดาที่มีอยู่ ต้องวางแผนสำหรับการรักษาความปลอดภัยและพิจารณาการเชื่อมต่อ AP เข้ากับระบบแลน, จัดการระบบบริหาร ไอพีแอดเดรส และ ไอพีแอฟทริเคชันให้เหมาะสม การรักษาความปลอดภัยควรรวมไปถึงการตรวจสอบตัวตนของผู้ใช้ความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้การควบคุมการเข้าใช้งานทรัพยากรระบบและการจัดการบัญชีผู้ใช้ แต่ในท้ายที่สุดองค์กรหลากหลายก็มักจะหันมาเลือกใช้เกตเวย์และโคลเ็นต์แบบ VPN เพื่อช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้กับอุปกรณ์เคลื่อนที่ทั้งหลายบนระบบ WLAN

วิธีการที่จะเชื่อมต่อ AP ทั้งหลายเข้ากับระบบเครือข่ายนั้นจะขึ้นอยู่กับสถาปัตยกรรมและอุปกรณ์ต่างๆของ อีเทอร์เน็ตที่มีอยู่ ยกตัวอย่างเช่นถ้ามีแบนด์วิดท์มากพอสมควรและยังมีสวิตช์อีเทอร์เน็ตสมรรถนะสูง อาจจะสร้างระบบ VLAN ไร้สายขึ้นมาอาจเป็น VLAN ไร้สายเพียงตัวเดียวก็สามารถทำได้เพื่อใช้จัดการแอดเดรสและระบบรักษาความปลอดภัยได้ง่ายยิ่งขึ้น จากนั้น VLAN ไร้สายอาจถูกแยกออกจากโดเมนของเครือข่ายหลักเพื่อให้สามารถออกกฎในการเข้าออกระหว่างสองเครือข่ายได้ แต่ระบบ VLAN ไร้สายก็มีข้อเสียเหมือนกับเครือข่ายทั่วไป นั่นคือระบบอาจมีประสิทธิภาพลดลง เพราะมีการ broadcast จำนวนมาก แต่ข้อดีคือ ช่วยแก้ปัญหาในกรณีที่ผู้ใช้ต้องเคลื่อนที่อยู่บ่อยๆ ในเครือข่ายทั่วไปผู้ใช้จะมี ไอพีแอดเดรสเพียงหนึ่งเดียวแต่เมื่อมี WLAN แล้ว การจัดการไอพีแอดเดรสก็ยากขึ้นอีก ผู้ใช้ที่เคลื่อนที่ไปมาต้องปิดเปิดเครื่องของตัวเอง (หรือ ปิดเปิด DHCP) เพื่อให้ได้ไอพีแอดเดรสใหม่สำหรับพื้นที่นั้นๆ แต่ความสะดวกสบายในการเคลื่อนที่จัดเป็นสิ่งสำคัญ จึงต้องหาผลิตภัณฑ์ที่จัดการงานด้านนี้ได้โดยตรง เช่น NetMotion ที่ทำหน้าที่เป็น พร็อกซี เซอร์เวอร์ สำหรับการสื่อสารทั้งหมดผ่าน WLAN ทำให้รองรับการทำงานของผู้ใช้ที่เคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาได้หรืออาจใช้ โสลูชันอื่นที่ใช้ Mobile IP หรือความสามารถของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VPN ที่ช่วยจัดการระบบ ให้ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์เดียวกัน สำหรับโครงสร้างของเซลล์ของเครือข่ายแลนแบบไร้สายได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-2



แสดงโครงสร้างเซลล์ของช่องสัญญาณที่
เหลื่อมกันอยู่

ตัวอย่างของการออกแบบเซลล์ในระบบ
เครือข่ายแลนแบบไร้สาย

รูปที่ 2-2 แสดง โครงสร้างเซลล์ของระบบเครือข่ายแลนแบบไร้สาย

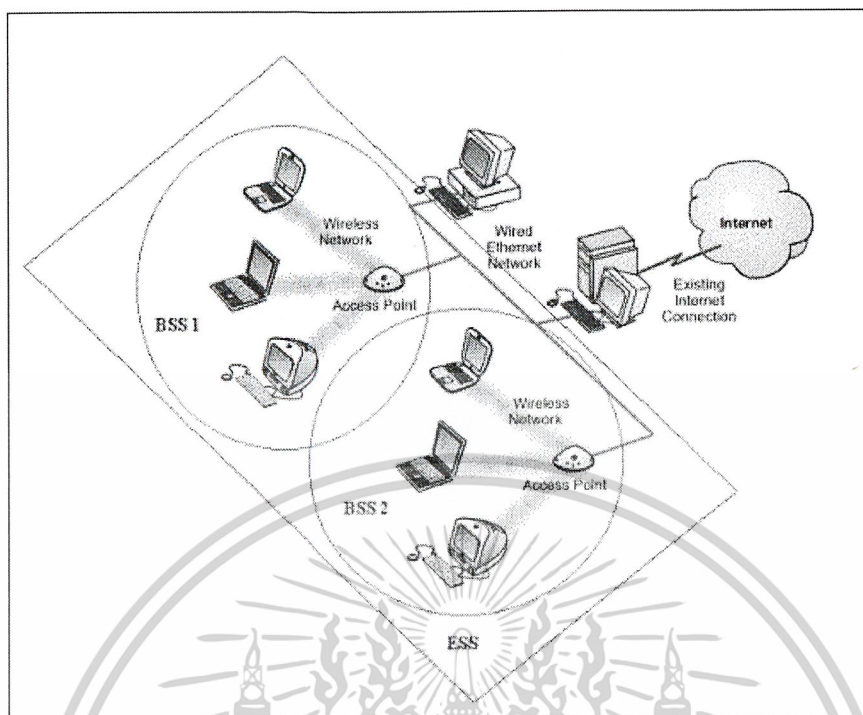
2.8 ลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในเครือข่ายแลนแบบไร้สาย

มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ภายในเครือข่ายแลนแบบไร้สายไว้ 2 ลักษณะคือ Infrastructure mode และ Ad-Hoc mode หรือ Peer-to-Peer mode [3]

2.8.1 Infrastructure mode

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ในเครือข่าย IEEE 802.11 เครือข่ายแลนแบบไร้สายจะเชื่อมต่อกันในลักษณะของ Infrastructure mode ซึ่งเป็นโหมดที่อนุญาตให้อุปกรณ์ภายในเครือข่ายแลนแบบไร้สายสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่นได้ ใน Infrastructure mode นี้เครือข่าย IEEE 802.11 จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 2 ประเภทได้แก่ สถานีผู้ใช้ (Client Station) ซึ่งก็คืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Desktop, Laptop, หรือ PDA ต่างๆ) ที่มีอุปกรณ์ Client Adapter เพื่อใช้รับส่งข้อมูลผ่าน IEEE 802.11 และสถานีแม่ข่าย (Access Point) ซึ่งทำหน้าที่ที่ต่อเชื่อมสถานีผู้ใช้เข้ากับเครือข่ายอื่น (ซึ่งโดยปกติจะเป็นเครือข่าย IEEE 802.3 Ethernet LAN) การทำงานใน Infrastructure mode มีพื้นฐานมาจากระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ กล่าวคือสถานีผู้ใช้จะสามารถรับส่งข้อมูลโดยตรงกับสถานีแม่ข่ายที่ให้บริการแก่สถานีผู้ใช้นั้นอยู่เท่านั้น ส่วนสถานีแม่ข่ายจะทำหน้าที่ส่งต่อ (forward) ข้อมูลที่ได้รับจากสถานีผู้ใช้ไปยังจุดหมายปลายทางหรือส่งต่อข้อมูลที่ได้รับจากเครือข่ายอื่นมายังสถานีผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



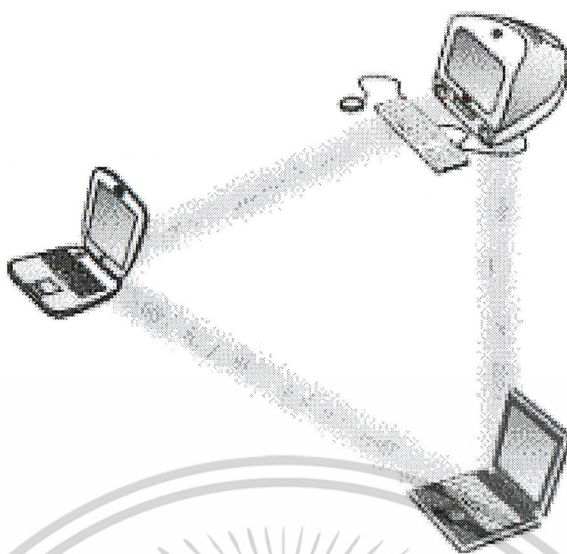
รูปที่ 2-3 แสดง BSS และ ESS

Basic Service Set (BSS) หมายถึงบริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 ที่มีสถานีแม่ข่าย 1 สถานี ซึ่งสถานีผู้ใช้ภายในขอบเขตของ BSS นี้ทุกสถานีจะต้องสื่อสารข้อมูลผ่านสถานีแม่ข่ายดังกล่าวเท่านั้น Extended Service Set (ESS) หมายถึงบริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 ที่ประกอบด้วย BSS มากกว่า 1 BSS ซึ่งได้รับการเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน สถานีผู้ใช้สามารถเคลื่อนย้ายจาก BSS หนึ่งไปอยู่ในอีก BSS หนึ่งได้โดย BSS เหล่านี้จะทำการ Roaming หรือติดต่อสื่อสารกันเพื่อทำการโอนย้ายการให้บริการสำหรับสถานีผู้ใช้งานดังกล่าว

2.8.2 Ad-Hoc mode หรือ Peer-to-Peer mode

เครือข่าย IEEE 802.11 ใน Ad-Hoc mode หรือ Peer-to-Peer mode เป็นเครือข่ายที่ปิดคือไม่มีสถานีแม่ข่ายและไม่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่น บริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 ใน Ad-Hoc mode จะถูกเรียกว่า Independent Basic Service Set (IBSS) ซึ่งสถานีผู้ใช้หนึ่งสามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลกับสถานีผู้ใช้อื่นๆในเขต IBSS เดียวกันได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านสถานีแม่ข่าย แต่สถานีผู้ใช้จะไม่สามารถรับส่งข้อมูลกับเครือข่ายอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-4 แสดงการทำงานใน Adhoc mode หรือ Peer-to-Peer mode

2.9 การเข้าใช้ช่องสัญญาณด้วยกลไก CSMA/CA

บทบาทหนึ่งของ MAC Layer ในมาตรฐาน IEEE 802.11 คือการจัดสรรการเข้าใช้ช่องสัญญาณ ซึ่งแต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS จะต้องแบ่งกันใช้ช่องสัญญาณที่ถูกกำหนดมาสำหรับใช้งานร่วมกัน อย่างเป็นธรรมชาติ มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดให้ใช้กลไก CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) เพื่อจัดสรรการใช้ช่องสัญญาณร่วมกันดังกล่าว

2.9.1 CSMA with Random Backoff

กลไก CSMA (Carrier Sense Multiple Access) with Random Back-Off เป็นเทคนิคอย่างง่าย สำหรับจัดสรรการเข้าใช้ช่องสัญญาณของผู้ใช้แต่ละคน (ซึ่งต้องแบ่งกันใช้ช่องสัญญาณร่วมกัน) อย่าง ยุติธรรม กลไกนี้เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ในมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet LAN หลักการทำงานของกลไก CSMA คือ เมื่อสถานีหนึ่งต้องการเข้าใช้ช่องสัญญาณ สถานีดังกล่าวจะต้อง ตรวจสอบช่องสัญญาณก่อนว่ามีสถานีอื่นทำการรับส่งสัญญาณข้อมูลอยู่หรือไม่และรอจนกว่า ช่องสัญญาณจะว่าง เมื่อช่องสัญญาณว่างแล้วสถานีที่ต้องการเข้าใช้ช่องสัญญาณจะต้องรอต่อไปอีกระยะ หนึ่ง (Random Backoff) ซึ่งแต่ละสถานีได้กำหนดระยะเวลาในการรอดังกล่าวไว้แล้วด้วยการสุ่มค่า หลังจากเสร็จการเข้าใช้ช่องสัญญาณครั้งก่อน สถานีที่สุ่มได้ค่าระยะเวลาในการรอน้อยกว่าก็จะมีสิทธิในการ เข้าใช้ช่องสัญญาณก่อน แต่อย่างไรก็ตามในบางกรณีกลไกดังกล่าวอาจจะกำหนดให้สถานีมากกว่าหนึ่ง สถานีส่งข้อมูลในเวลาพร้อมๆ กันซึ่งจะทำให้เกิดการชนกันของสัญญาณได้ ซึ่งหากเกิดการชนกันของ สัญญาณขึ้นจะต้องมีการส่งสัญญาณข้อมูลเดิมซ้ำอีกครั้งด้วยกลไกที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

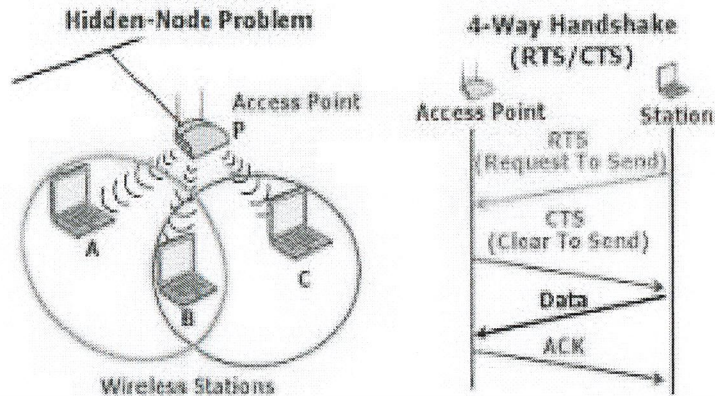
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 CSMA/CD

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

2.9.3 CSMA/CA with Acknowledgement

เป็นที่ควรสังเกตว่าเทคนิค CSMA/CD ไม่สามารถนำมาใช้กับ เครือข่ายแลนแบบไร้สายซึ่งใช้การสื่อสารแบบไร้สายได้ สาเหตุหลักๆ ก็คือการตรวจสอบการชนกันของสัญญาณในระหว่างที่ทำการส่งสัญญาณจะต้องใช้อุปกรณ์รับส่งคลื่นวิทยุที่เป็น Full Duplex (สามารถรับและส่งสัญญาณในเวลาเดียวกันได้)ซึ่งจะมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์รับส่งคลื่นวิทยุที่ไม่สามารถรับและส่งสัญญาณในเวลาเดียวกันนอกจากนี้ แต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS อาจไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานีอื่นทุกสถานีหรือปัญหาที่เรียกว่า Hidden Node Problem (ดังในรูปที่ 3: สถานี A ได้ยินสัญญาณจากสถานีแม่ข่าย (Access Point) แต่ไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานี C และในทางกลับกันสถานี C ไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานี A แต่ได้ยินสัญญาณจากสถานีแม่ข่าย ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวนี้เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในเครือข่ายแลนแบบไร้สาย โดยทั่วไป) ดังนั้นการตรวจสอบการชนกันของสัญญาณโดยตรงเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปได้เลย มาตรฐาน IEEE 802.11 จึงได้กำหนดให้ใช้เทคนิค CSMA/CA with Acknowledgement สำหรับการจัดการการเข้าใช้ช่องสัญญาณของแต่ละสถานีเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้ ซึ่งการทำงานของกลไก CSMA/CA โดยหลักแล้วเป็นเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในส่วนของ CSMA with Random Backoff แต่จะมีรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการชนกันของสัญญาณและเทคนิคสำหรับการตรวจสอบว่าเกิดการชนของสัญญาณหรือไม่แบบเป็นนัย โดยสถานีผู้ส่งสัญญาณข้อมูลจะต้องรอรับ Acknowledgement จากสถานีที่ส่งข้อมูลไปให้ หากไม่ได้รับ Acknowledgement กลับมาภายในเวลาที่กำหนดจะถือว่าเกิดการชนของสัญญาณขึ้นและต้องทำการส่งข้อมูลเดิมซ้ำอีกต่อไป



รูปที่ 2-5 แสดง Hidden Node Problem และ กลไก RTS/CTS Handshake

สำหรับการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการชนกันของสัญญาณนั้น มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้ใช้กลไกที่เรียกว่า Virtual Carrier Sense เพื่อแก้ไขปัญหาที่แต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS อาจไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานีอื่นบางสถานี กลไกดังกล่าวมีการทำงานดังนี้ เมื่อสถานีที่ต้องการจะส่งแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลได้รับสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณแล้วจะทำการส่งแพ็กเก็ตเกิดขึ้นๆ ที่เรียกว่า RTS (Request To Send) เพื่อเป็นการจองช่องสัญญาณ ก่อนที่จะส่งแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลจริง ซึ่งแพ็กเก็ต RTS ประกอบไปด้วยระยะเวลาที่คาดว่าจะใช้ช่องสัญญาณจนแล้วเสร็จ (Duration ID) รวมถึง Address ของสถานีผู้ส่งและผู้รับ เมื่อสถานีผู้รับได้ยินสัญญาณ RTS ก็จะตอบรับกลับมาด้วยการส่งสัญญาณ CTS (Clear To Send) ซึ่งจะบ่งบอกข้อมูลระยะเวลาที่คาดว่าจะใช้ช่องสัญญาณนั้นจะใช้ช่องสัญญาณจนแล้วเสร็จ หลักการก็คือทุกๆ สถานีใน BSS หรือ IBSS ควรจะได้ยินสัญญาณ RTS หรือไม่ก็ CTS อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง เมื่อได้รับ RTS หรือ CTS ทุกๆ สถานีจะทราบถึงว่าช่วงเวลาที่จะระบุไว้ใน Duration ID ซึ่งช่องสัญญาณจะถูกใช้และทุกสถานีที่ยังไม่ได้รับสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณจะตั้งค่า NAV (Network Allocation Vector) ให้เท่ากับ Duration ID ซึ่งแสดงถึงช่วงเวลาที่ยังไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ ทุกๆ สถานีจะใช้กลไก Virtual Carrier Sense ดังกล่าวผนวกกับการฟังสัญญาณในช่องสัญญาณจริงๆ ในการตรวจสอบว่าช่องสัญญาณว่างอยู่หรือไม่

2.10 ชนิดของเสาอากาศของแอคเซสพอยท์

เสาอากาศของแอคเซสพอยท์ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม Access Point Configurator นั้น มีอยู่ 6 ชนิดด้วยกัน คือ

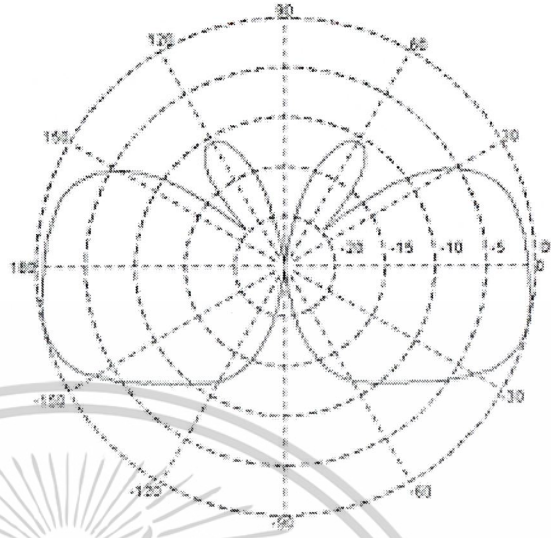
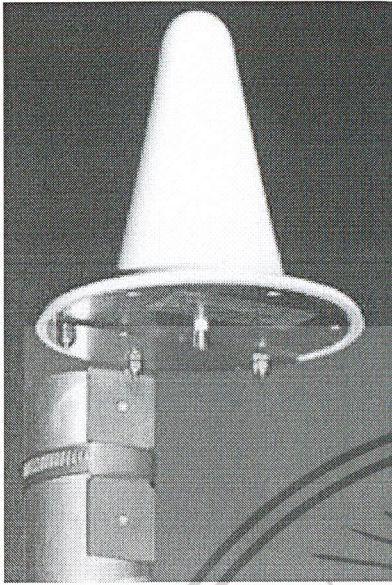
- VO5/24 Radome Ominidirectional Antenna
- VO6/24 Vertically Polarized Ominidirectional Antenna
- SP45/25 Solid Parabola, 450 mm, 18 dBi
- CA27/24 Cavity Antenna, 270 mm, 14 dBi
- VP165/24 Vertical Flat Panel Antenna, 65 deg, 9 dBi
- V870/24 Vertical Flat Panel Antenna, 70 dBi, 16.5 dBi

Antenna	VO5/24	VO6/24	SP45/25	CA27/24	VP165/24	V870/24
Type	Omni directional	Omni directional	Solid Parabola	Directional Antenna	Directional Flat Panel	Directional Panel
Polarization	Vertical	Vertical	linear	linear	Vertical	Vertical
Frequency	2.40-2.45 MHz	2.40-2.45 MHz	2.40-2.45 MHz	2.40-2.45 MHz	2.40-2.45 MHz	2.40-2.45 MHz
Impedance	50 Ohms	50 Ohms	50 Ohms	50 Ohms	50 Ohms	50 Ohms
VSWR	$\leq 1.5:1$	$\leq 1.7:1$	$< 1.7:1$	$\leq 1.5:1$	$< 1.5:1$	$< 1.5:1$
Gain	5 dBi	6 dBi	18 dBi	14 dBi	9 dBi	16.5 dBi
Power handling	20 W	20 W	20 W	20 W	20 W	20 W
Weight	200 g	280 g	1.7 kg	640 g	160 g	1340 g
Size	Diameter 122mm	Diameter 20/32 mm	Diameter 458 mm	Diameter 270 mm	W 92 mm H 100 mm D 30 mm	W 95 mm H 945 mm D 30 mm
Material	Stainless steel	Stainless steel	Aluminium	Aluminium	Element aluminium	Aluminium

ตารางที่ 2-3 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเสาอากาศแต่ละชนิด

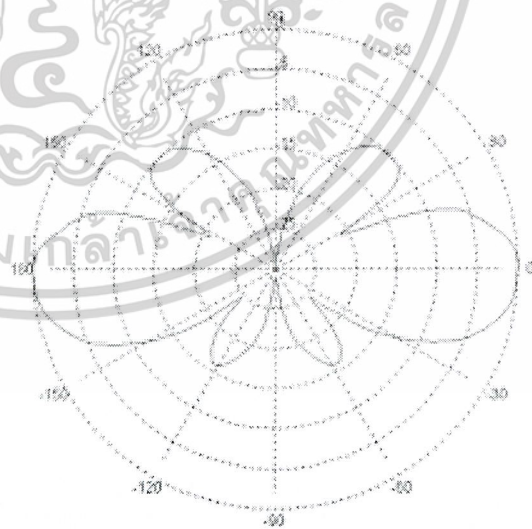
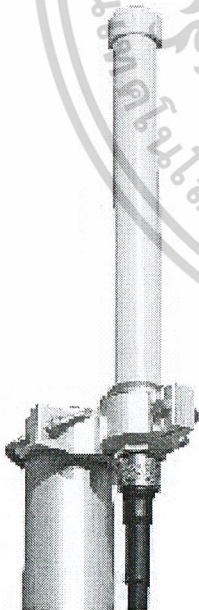
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เสาอากาศแบบ VO5/24 Radome Ominidirectional Antenna



รูปที่ 2-6 เสาอากาศชนิด VO5/24 และ รูปแบบการแพร่กระจายคลื่น

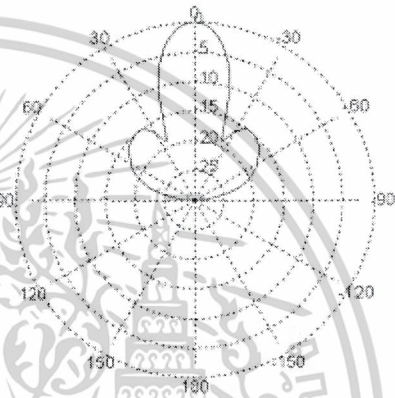
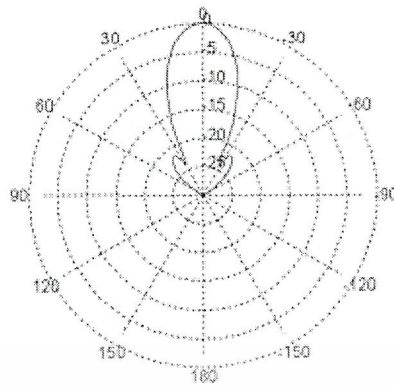
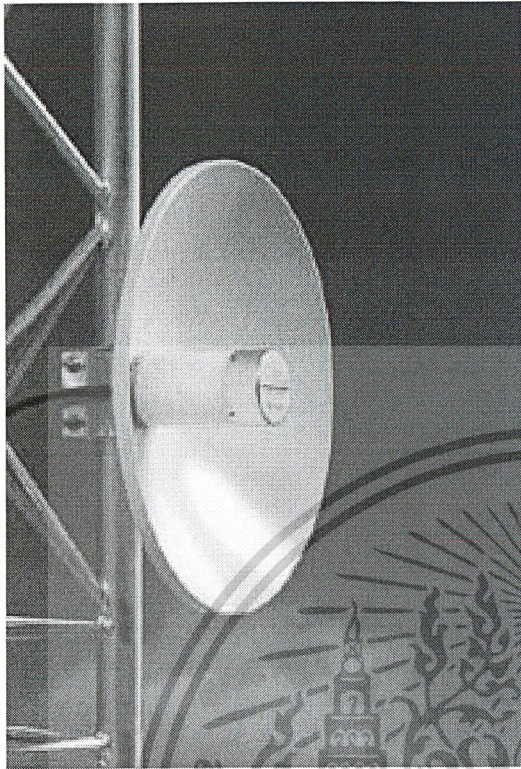
2. เสาอากาศแบบ VO6/24 Vertically Polarized Ominidirectional Antenna



รูปที่ 2-7 เสาอากาศแบบ VO6/24 และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เสาอากาศแบบ SP45/25 Solid Parabola, 450 mm, 18 dBi

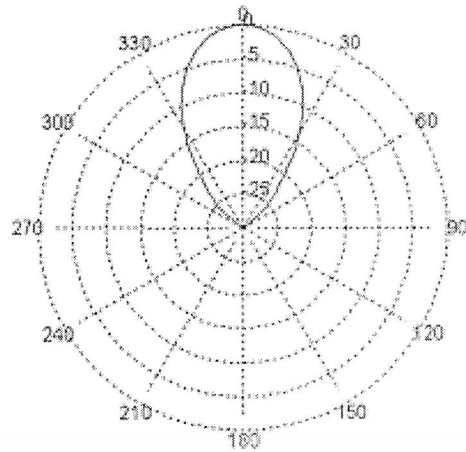
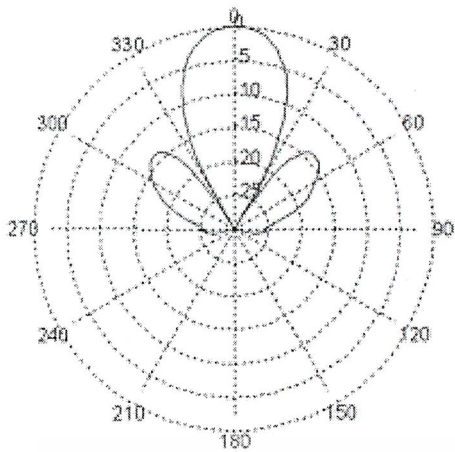


รูปที่ 2-8 เสาอากาศแบบ SP45/25 และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น

4. เสาอากาศแบบ CA27/24 Cavity Antenna, 270 mm, 14 dBi



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-9 เสาอากาศแบบ CA27/24 และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น

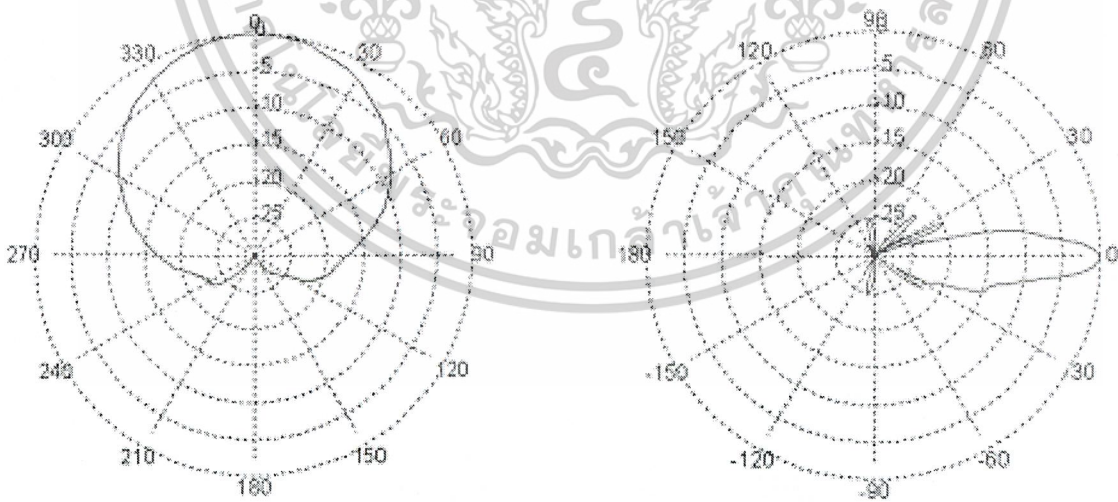
5. เสาอากาศแบบ VP165/24 Vertical Flat Panel Antenna, 65 deg, 9 dBi



รูปที่ 2-10 เสาอากาศแบบ VP165/24 และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เสาอากาศแบบ V870/24 Vertical Flat Panel Antenna , 70 dBi , 16.5 dBi



รูปที่ 2-11 เสาอากาศแบบ V870/24 และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบโปรแกรม

3.1 หลักการและแนวคิดในการออกแบบ

คณะผู้จัดทำเลือกใช้ภาษาจาวา (Java) และใช้โปรแกรมเจบิลเดอร์เจ็ด (J Bulider7) ในการพัฒนาตัวโปรแกรมเนื่องจากภาษาจาวานั้นเป็นภาษาที่ใช้พัฒนามาจากภาษาซีพลัสพลัส (C++) แต่การพัฒนาโปรแกรมนี้ภาษาจาวาทำได้ง่ายและสะดวกกว่าอีกทั้งภาษาจาวายังมีคุณลักษณะเด่นกว่าภาษาอื่นอีกหลายประการ เช่น

1. คอมไพเลอร์ (compiler) จะคอมไพล์ซอร์ส (source) ของจาวาเป็นไบต์โค้ดซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับแพลตฟอร์ม (platform) ใดๆ และตัวแปลภาษาที่ละคำสั่งหรืออินเตอร์พรีเตอร์ (interpreter) จะรันภายใต้ภาวะแวดล้อมรันไทม์เพื่อระบุว่าจะให้ไปทำงานบนแพลตฟอร์มอะไร
2. แอปเพล็ต (applet) และแอปพลิเคชัน (application) สามารถเข้าถึงออปเจ็คต่างๆ ข้ามเว็บทาง URLs นั้นทำได้ง่ายเช่นเดียวกับเข้าถึงไฟล์ระบบท้องถิ่น (local system file) นอกจากนี้ยังอนุญาตให้ก๊อปปี้แอปเพล็ตและแอปพลิเคชันได้ด้วย TCP/IP
3. สมรรถนะการทำงานของภาษาจาวามีความเร็วเทียบเท่าภาษาซีพลัสพลัส
4. สามารถเขียนและคอมไพล์แอปเพล็ตของจาวาบนระบบของตัวเองและติดตั้งบนเว็บเพจได้

3.2 ส่วนประกอบโปรแกรมของระบบ

ตัวโปรแกรมจะแบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่

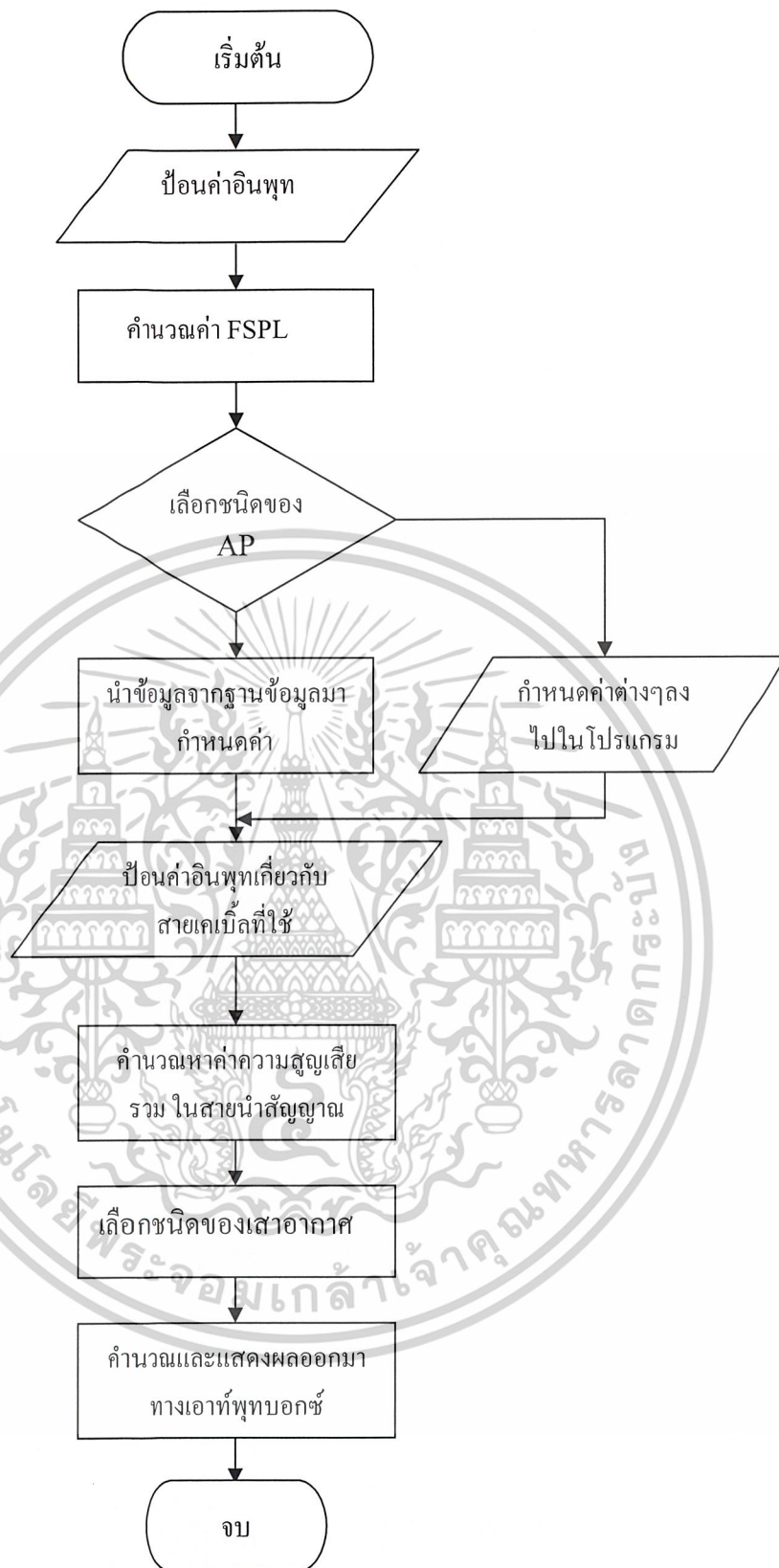
3.2.1 โปรแกรม Link Budget

1. Link Budget เป็นเครื่องมือ (tools) ที่ช่วยในการหาพลังงานทางเอาท์พุต (output power) ของตัวส่งหรือแอกเซสพอยท์ (access point) และความแรงของสัญญาณที่ส่งได้ภายใน อัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่ต่างกัน ซึ่งเราจำเป็นต้องทราบค่าของตัวแปรต่างๆที่จะนำมาคำนวณหาค่าเหล่านี้ได้แก่

- transmitter (Tx)
- cable/filter/splitter (resistor)
- antenna (transmit)
- recieve (Rx)
- cable/filter/combiner (resistor)
- antenna (receive)

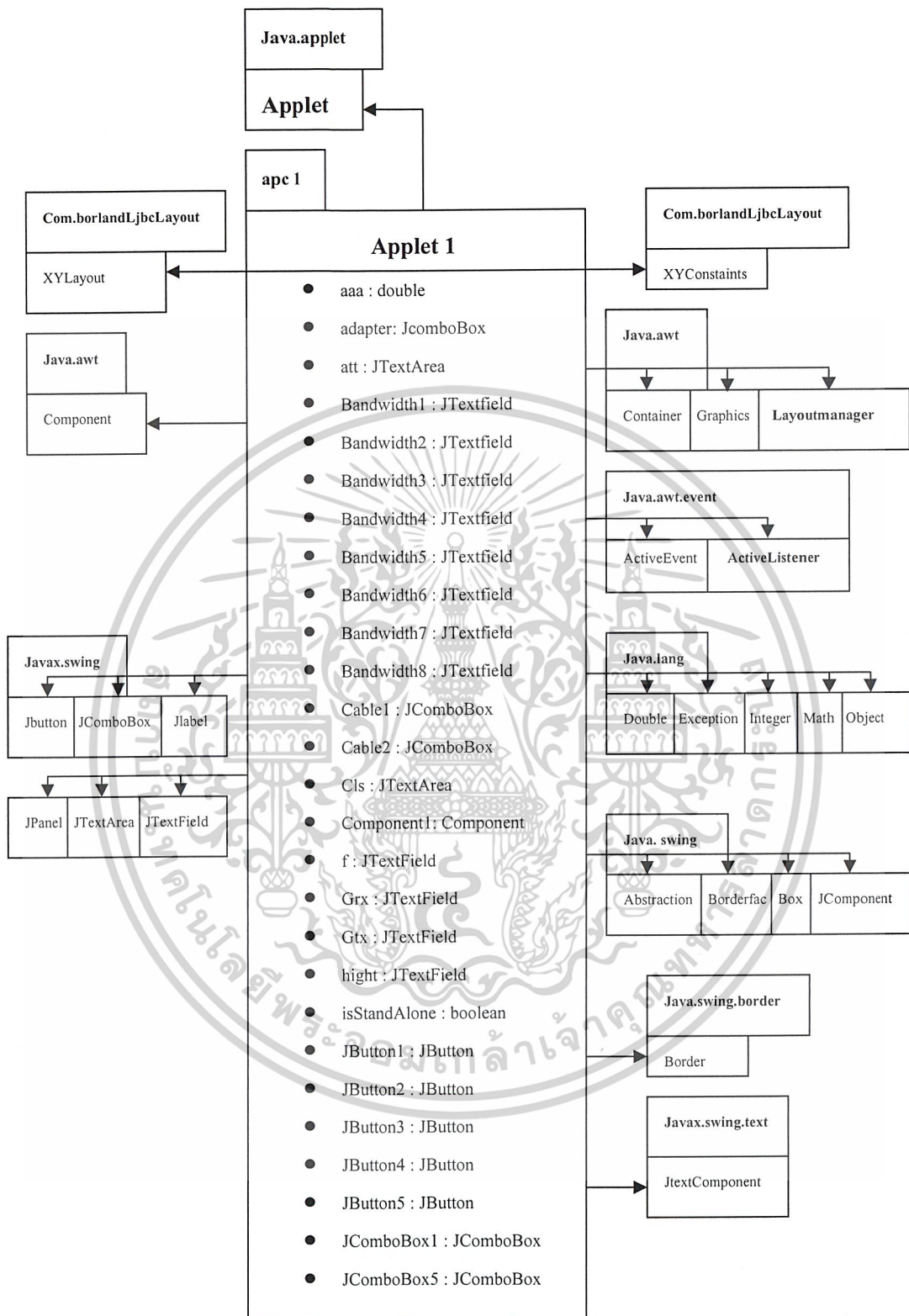
โดยทำการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลและเก็บบันทึกค่าตัวแปรต่างๆนี้ลงในฐานข้อมูล (data base) ของโปรแกรมเพื่อนำมาใช้คำนวณในภายหลัง ซึ่งในการออกแบบนั้นคณะผู้จัดทำได้ออกแบบอินเตอร์เฟส (interface) ไว้ในรูปที่ 3-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-1 แผนผังการดำเนินงานของโปรแกรม Link Budget

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-2 แสดง Class Diagram ของโปรแกรม Link Budget

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● Jlabel1:JLabel	● Jlabel44:JLabel	● Tilt:JTextField
● Jlabel10:JLabel	● Jlabel45:JLabel	● x:int[]
● Jlabel11:JLabel	● Jlabel46:JLabel	● x1:int[]
● Jlabel12:JLabel	● Jlabel47:JLabel	● x2:int[]
● Jlabel13:JLabel	● Jlabel48:JLabel	● xFSPL:double
● Jlabel14:JLabel	● Jlabel49:JLabel	● xGrx:double
● Jlabel15:JLabel	● Jlabel50:JLabel	● xGtx:double
● Jlabel16:JLabel	● Jlabel51:JLabel	● xLrx:double
● Jlabel17:JLabel	● Jlabel52:JLabel	● xLtx:double
● Jlabel18:JLabel	● Jlabel53:JLabel	● xPin:double
● Jlabel19:JLabel	● Jlabel54:JLabel	● xPut:double
● Jlabel20:JLabel	● Jlabel6:JLabel	● xyLaout1:xyLaout
● Jlabel21:JLabel	● Jlabel7:JLabel	● xyLaout2:xyLaout
● Jlabel22:JLabel	● Jlabel8:JLabel	● xyLaout3:xyLaout
● Jlabel23:JLabel	● Jlabel9:JLabel	● y:int[]
● Jlabel24:JLabel	● JPanel1:JPanel	● y11:int
● Jlabel25:JLabel	● JPanel2:JPanel	● y12:int
● Jlabel26:JLabel	● Lrx:JTextField	● y21:int
● Jlabel27:JLabel	● Ltx:JTextField	● y22:int
● Jlabel28:JLabel	● M1:JTextField	● y32:int
● Jlabel29:JLabel	● M2:JTextField	● y41:int
● Jlabel30:JLabel	● Name1:String[]	● y42:int
● Jlabel31:JLabel	● Name2:String[]	● y51:int
● Jlabel32:JLabel	● Name3:String[]	● y52:int
● Jlabel33:JLabel	● Name4:String[]	● y61:int
● Jlabel34:JLabel	● Name5:String[]	● y62:int
● Jlabel35:JLabel	● Put:JTextField	● y71:int
● Jlabel36:JLabel	● PutERP:JTextField	● y72:int
● Jlabel37:JLabel	● Rxsense1:JTextField	● y81:int
● Jlabel38:JLabel	● Rxsense2:JTextField	● y82:int
● Jlabel39:JLabel	● Rxsense3:JTextField	
● Jlabel40:JLabel	● Rxsense4:JTextField	
● Jlabel41:JLabel	● Rxsense5:JTextField	
● Jlabel42:JLabel	● Rxsense6:JTextField	
● Jlabel43:JLabel	● Rxsense7:JTextField	
	● Rxsense8:JTextField	

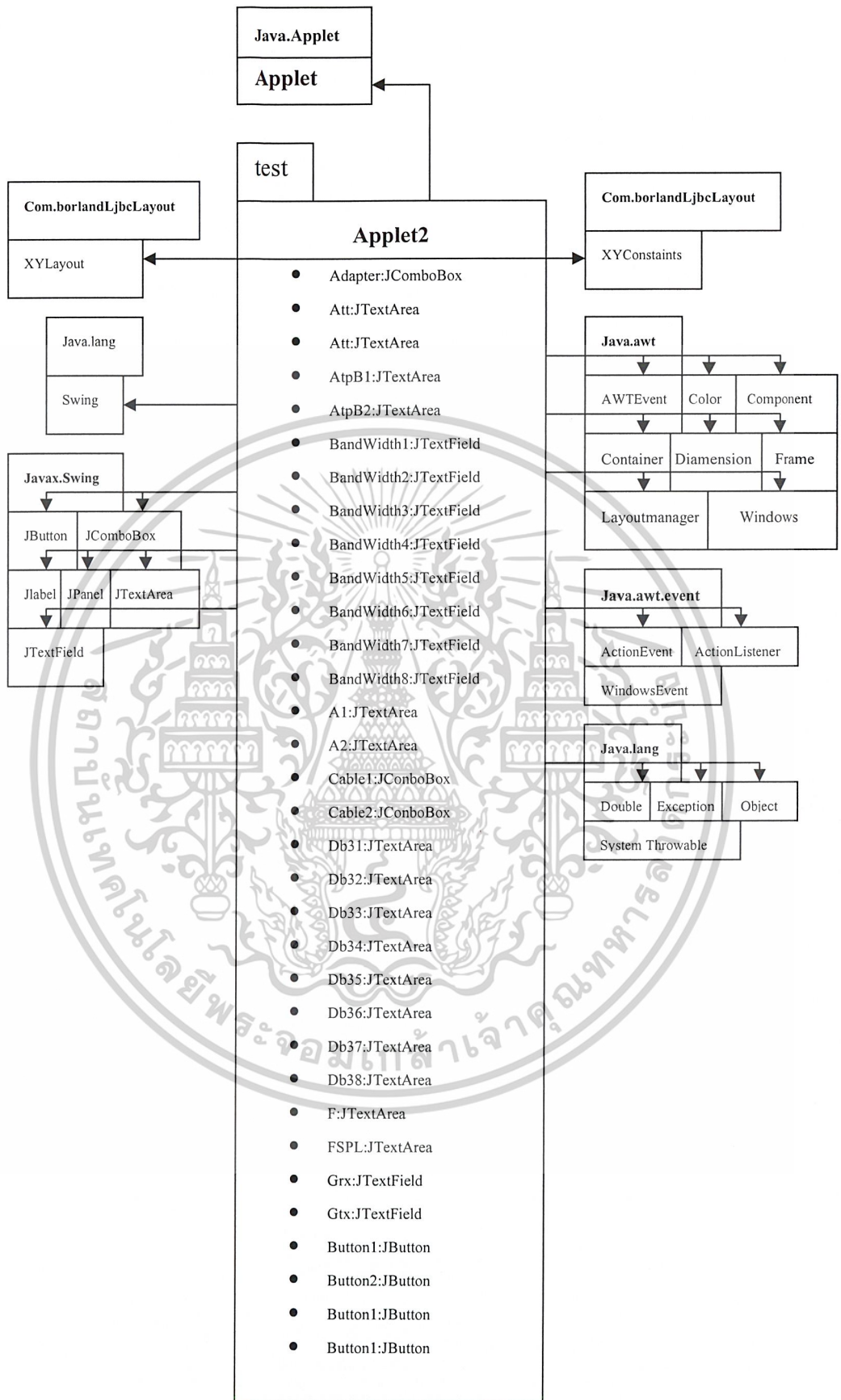
รูปที่ 3-3 แสดง Class Diagram ของโปรแกรม Link Budget (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Applet1():void
- Calputerp():void
- Change2():void
- getAppletInfo:String
- getParameter():String
- getParameterInfo():String[]
- init():void
- Paint():void
- Adapter_actionPerformed():void
- Cable1_actionPerformed():void
- Cable2_actionPerformed():void
- jButton1_actionPerformed():void
- jButton3_actionPerformed():void
- jButton4_actionPerformed():void
- jComboBox1_actionPerformed():void
- jComboBox1_actionPerformed():void
- m1_actionPerformed():void
- m2_actionPerformed():void
- jblind():void

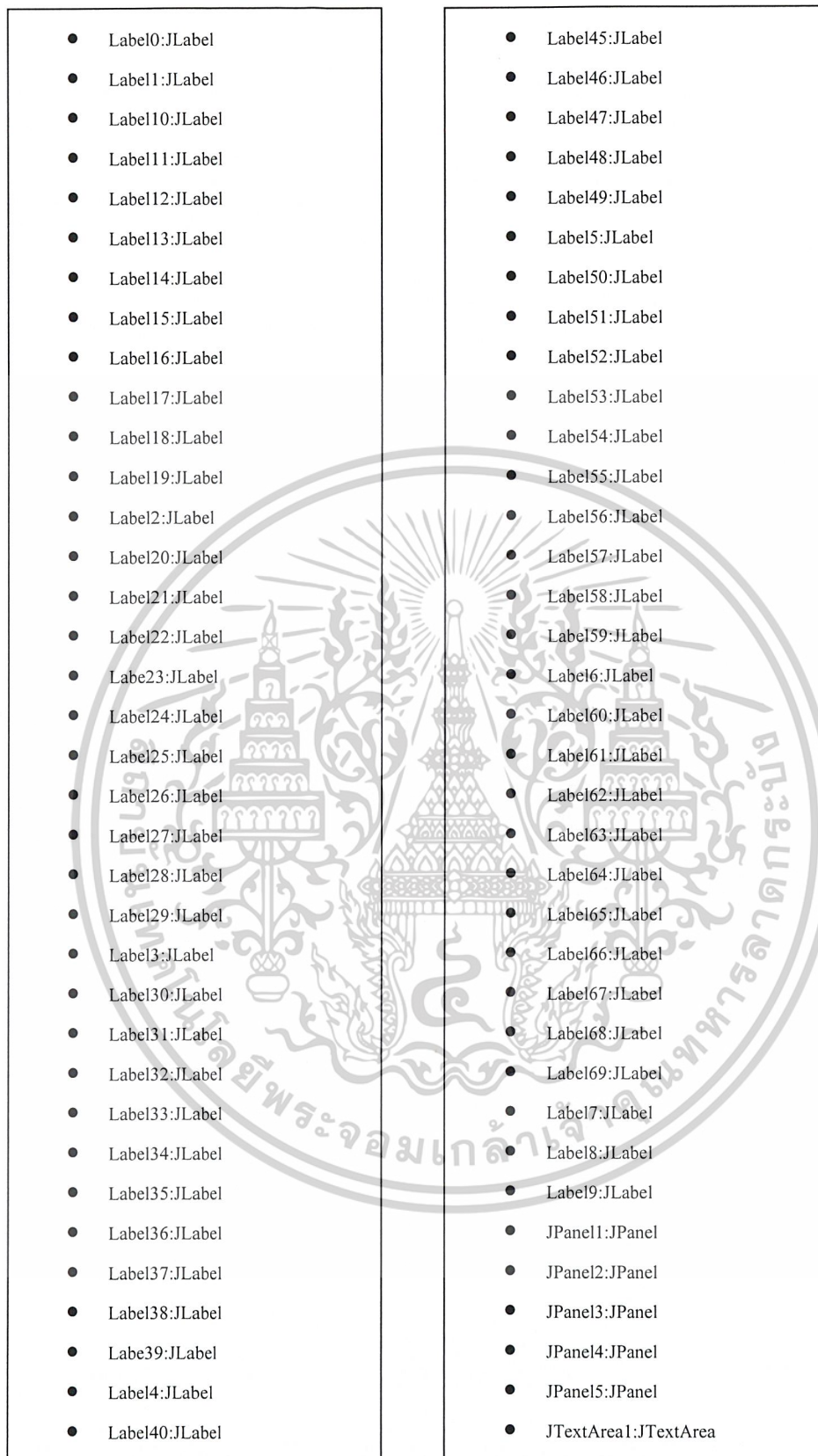
รูปที่ 3-4 แสดง Class Diagram ของ โปรแกรม Link Budget (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-5 แสดง Class Diagram ของโปรแกรม Access Point Configurator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-6 แสดง Class Diagram ของโปรแกรม Access Point Configurator (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<ul style="list-style-type: none"> ● Margin:JTextField ● Mba1:JLabel ● Mba2:JLabel ● Mba3:JLabel ● Mba4:JLabel ● Mba5:JLabel ● Mba6:JLabel ● Mba7:JLabel ● Mba8:JLabel ● Mbaa1:JTextArea ● Mbaa2:JTextArea ● Mbaa3:JTextArea ● Mbaa4:JTextArea ● Mbaa5:JTextArea ● Mbaa6:JTextArea ● Mbaa7:JTextArea ● Mbaa8:JTextArea ● Mt1:JTextArea ● Mt2:JTextArea ● Name1:String[] ● Name2:String[] ● Name3:String[] ● Name4:String[] ● Name5:String[] ● Pin:JTextField ● Put:JTextField ● R:JFrame ● RXsenses1:String[] ● RXsenses2:String[] ● RXsenses3:String[] ● RXsenses4:String[] ● RXsenses5:String[] 	<ul style="list-style-type: none"> ● XYLayout1:XYLayout ● XYLayout12:XYLayout ● XYLayout13:XYLayout ● XYLayout14:XYLayout ● XYLayout15:XYLayout
	<ul style="list-style-type: none"> ● Applet2: void ● Change(): void ● Change2(): void ● Change3():void ● Change4(): void ● Dtsp1():void ● Dtsp3():void ● Dtsp4():void ● Dtsp5():void ● Getparameter():string[] ● Adapter_actionperomed():void ● Bandwidth_actionperomed():void ● Cable1_actionperomed():void ● Cable2_actionperomed():void ● Gtx_actionperomed():void ● Grx_actionperomed():void ● JButton1_actionperomed():void ● JButton2_actionperomed():void ● JButton3_actionperomed():void ● JButton4_actionperomed():void ● JButton5_actionperomed():void ● JButton6_actionperomed():void ● JComboBox1_actionperomed():void ● JComboBox2_actionperomed():void ● Lrx_actionperomed():void ● Ltx_actionperomed():void

รูปที่ 3-7 แสดง Class Diagram ของโปรแกรม Access Point Configurator (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโปรแกรม Link Budget นั้นเมื่อเรียกโปรแกรมใช้งานนั้นหน้าต่างของโปรแกรม จะแสดงไว้ดังรูปที่ 3-8

The screenshot shows a Link Budget software interface with the following sections:

- Top Section:**
 - Put= 15 dBm Ltx= 2.5 dB Gtx= 12.0 dBi f= 2450 MHz
 - Pin= -82 dBm Lrx= 2.5 dB Grx= 12.0 dBi
 - R= 1 km Margin 5 dB FSPL= -116.0 dB
- Left Table:**

Pin= -82.0 dBm	Put= 24.5 dBm
12.0 dB margin@ 1.0 Mbps	
9.0 dB margin@ 2.0 Mbps	
5.0 dB margin@ 5.5 Mbps	
0.0 dB margin@ 11.0 Mbps	
- Right Table:**

Pin= -82.0 dBm	Put= 24.5 dBm
12.0 dB margin@ 1.0 Mbps	
9.0 dB margin@ 2.0 Mbps	
5.0 dB margin@ 5.5 Mbps	
0.0 dB margin@ 11.0 Mbps	
- Station Configuration:**
 - Orinoco black(15 dBm)
 - Put(dBm)= 15
 - Bandwidth: 1.0, 2.0, 5.5, 11.0
 - RXsens: -94, -91, -87, -82
- Cable Loss Calculator @2450MHz:**
 - RG223 1 m 0.9 dB
 - RG223 1 m 0.9 dB
 - Orinoco pigtail 0.7 dB
 - Cable loss sum= 2.5 dB
- Antenna 2.4GHz:**
 - VR270/24 = 12.0 dBi

รูปที่ 3-8 Link Budget

Link budget จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนได้แก่

1. Station Configuration ทำหน้าที่แสดงชนิดและเก็บข้อมูลของแอคเซสพอยท์แบบต่างๆซึ่งจะนำไปใช้ในการคำนวณ โดยแอคเซสพอยท์แต่ละรุ่นจะมีแบนด์วิธ (band width) และ ให้พลังงานเอาต์พุต (power output) ที่ต่างกัน โดยผู้ใช้ต้องเลือกรุ่นของแอคเซสพอยท์ที่ต้องการใช้งานจริง โปรแกรมจะคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ต้องการทราบออกมาให้
2. Cable Loss Calculation ทำหน้าที่ในการคำนวณค่าความสูญเสีย (loss) ภายในสายเคเบิล (cable) ที่ใช้ในการส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Antenna ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของเสาอากาศแบบต่างๆจะให้เลือกชนิดของเสาอากาศที่ผู้ใช้งานต้องการใช้งาน โดยที่พารามิเตอร์ของเสาอากาศชนิดต่างๆจะเก็บอยู่ในฐานข้อมูลเพื่อที่จะนำมาคำนวณหาความแรงของสัญญาณ
3. Output Box ทำหน้าที่แสดงผลจากการคำนวณของโปรแกรม โดยจะคำนวณค่าต่างๆที่เราเลือกเอาไว้จากส่วนต่างๆ

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในโปรแกรม Link budget

- Put (Transmitter Power) คือ พลังงานในขณะที่ตัวแอกเซสพอยท์ส่งออกไปยังตัวไคลเอนท์โดยที่ค่าPut นี้มีหน่วยเป็น (dBm)
- Ltx (Transmitter Loss) คือ ค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับ Transmitter มีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)
- Gtx (Transmitter Gain) คือ ค่าอัตราการขยายสัญญาณ จากผู้ส่งมีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)
- Grx (Reciever Gain) คือ ค่าอัตราการขยายสัญญาณฝ่ายผู้รับมีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)
- Lrx (Reciever Loss) คือ ค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับ Reciever มีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB)
- Pin (Power Input) คือ ค่าพลังงาน Input ของตัวแอกเซสพอยท์มีหน่วยเป็น (dBm)
- F (frequency) คือ ความถี่ที่ใช้ในการคำนวณ คือ 2.400 – 2.480 MHz ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน IEEE802.11b และ IEEE 802.11g ซึ่งนิยมใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันแต่โดยปกติแล้วจะตั้งค่าความถี่นี้ไว้ที่ 2.450 MHz
- R (Range) คือ ระยะห่างระหว่างแอกเซสพอยท์กับไคลเอนท์ มีหน่วยเป็นเมตร (m)
- Margin คือ จุดอ้างอิงความแรงของสัญญาณ มีหน่วยเป็น (dB) ปกติตั้งค่า Margin นี้ไว้ที่ 5 dB
- FSPL (Free Space Path Loss) คือ ค่าความสูญเสียของคลื่นความถี่วิทยุที่เดินทางผ่านอากาศมีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)

3.2.2 โปรแกรม Access Point Configurator

Access Point Configurator (APC) เป็นเครื่องมือที่ช่วยแสดงผลของในด้านต่างๆของแอกเซสพอยท์ เช่น ระยะทางที่ตัวไคลเอนต์ (client) จะรับสัญญาณจากแอกเซสพอยท์ได้ดีที่สุดหรือที่เรียกว่า โคเวอเรจแอเรีย (coverage area), ความแรงของสัญญาณที่สามารถส่งไปได้ โดยที่จะแสดงผลออกมาเป็นกราฟทำให้วิเคราะห์ได้ง่าย

โปรแกรม Access Point Configurator แบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่

1. กราฟ เป็นส่วนของการแสดงผลให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความแรงของคลื่นความถี่วิทยุกับระยะทาง และอัตราเร็วในการส่งข้อมูล โดยที่ในแกนแนวของกราฟจะเป็นความแรงของสัญญาณวิทยุ ส่วนในแกนเอียงจะแทนระยะห่างจากแอกเซสพอยท์ไปยังเครื่องไคลเอนท์และรูปคลื่นที่ปรากฏขึ้นในแต่ละรูปก็ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของการส่งข้อมูลในแต่ละค่า ซึ่งการแสดงผลเป็นกราฟเช่นนี้ช่วยให้ผู้ออกแบบระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ง่ายต่อการทำความเข้าใจและสามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

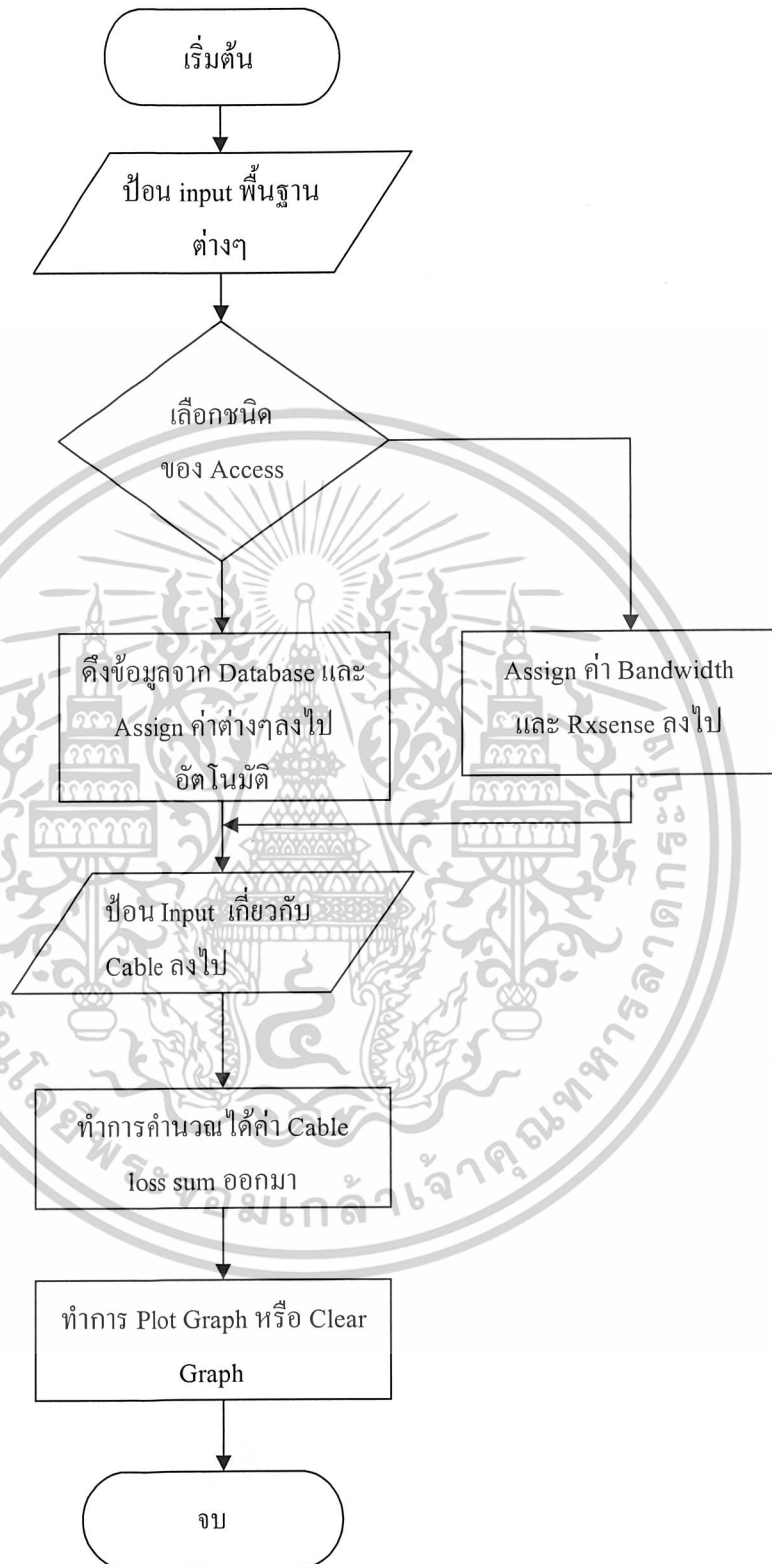
2. Cable Loss Calculator ทำหน้าที่ในการคำนวณค่าความสูญเสีย (loss) ภายในสายเคเบิล (cable) ที่ใช้ในการส่งสัญญาณ
3. Station Configuration เช่นเดียวกันกับในส่วนที่ใช้ในโปรแกรม Link Budget และใช้พารามิเตอร์ตัวเดียวกันในการคำนวณ ซึ่ง Station Configuration นี้จะทำหน้าที่แสดงชนิดและเก็บข้อมูลของแอกเซสพอยท์แบบต่างๆซึ่งจะนำไปใช้ในการคำนวณ โดยแอกเซสพอยท์แต่ละรุ่นจะมีแบนด์วิธ (band width) และ ให้พลังงานเอาท์พุท (power output) ที่ต่างกัน โดยผู้ใช้ต้องเลือกรุ่นของแอกเซสพอยท์ที่ต้องการใช้งาน

พารามิเตอร์ต่างๆในโปรแกรม Access Point Configurator

- Put (Transmitter Power) คือ พลังงานในขณะที่ตัวแอกเซสพอยท์ส่งออกไปยังตัวไคลแอนท์โดยที่ค่า Put นี้มีหน่วยเป็น (dBm)
- Ltx (Transmitter Loss) คือ ค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับ Transmitter มีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)
- Gtx (Transmitter Gain) คือ ค่าอัตราขยายสัญญาณ จากผู้ส่งมีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)
- Grx (Reciever Gain) คือ ค่าอัตราขยายสัญญาณฝ่ายผู้รับมีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)
- Lrx (Reciever Loss) คือ ค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับ Reciever มีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB)
- Pin (Power Input) คือ ค่าพลังงาน Input ของตัวแอกเซสพอยท์มีหน่วยเป็น (dBm)
- F (frequency) คือ ความถี่ที่ใช้ในการคำนวณ คือ 2.400 – 2.480 MHz ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน IEEE802.11b และ IEEE 802.11g ซึ่งนิยมใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันแต่โดยปกติแล้วจะตั้งค่าความถี่ไว้ที่ 2.450 MHz
- R (Range) คือ ระยะห่างระหว่างแอกเซสพอยท์กับไคลแอนท์ มีหน่วยเป็นเมตร (m)
- Margin คือ จุดอ้างอิงความแรงของสัญญาณ มีหน่วยเป็น (dB) ปกติตั้งค่า Margin นี้ไว้ที่ 5 dB
- FSPL (Free Space Path Loss) คือ ค่าความสูญเสียของคลื่นความถี่วิทยุที่เดินทางผ่านอากาศมีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)
- Tilt (degree) เป็นค่ามุมเอียงของเสาอากาศของแอกเซสพอยท์
- Hieght คือความสูงของเสาอากาศของแอกเซสพอยท์โดยจะเทียบจากตัวไคลแอนท์

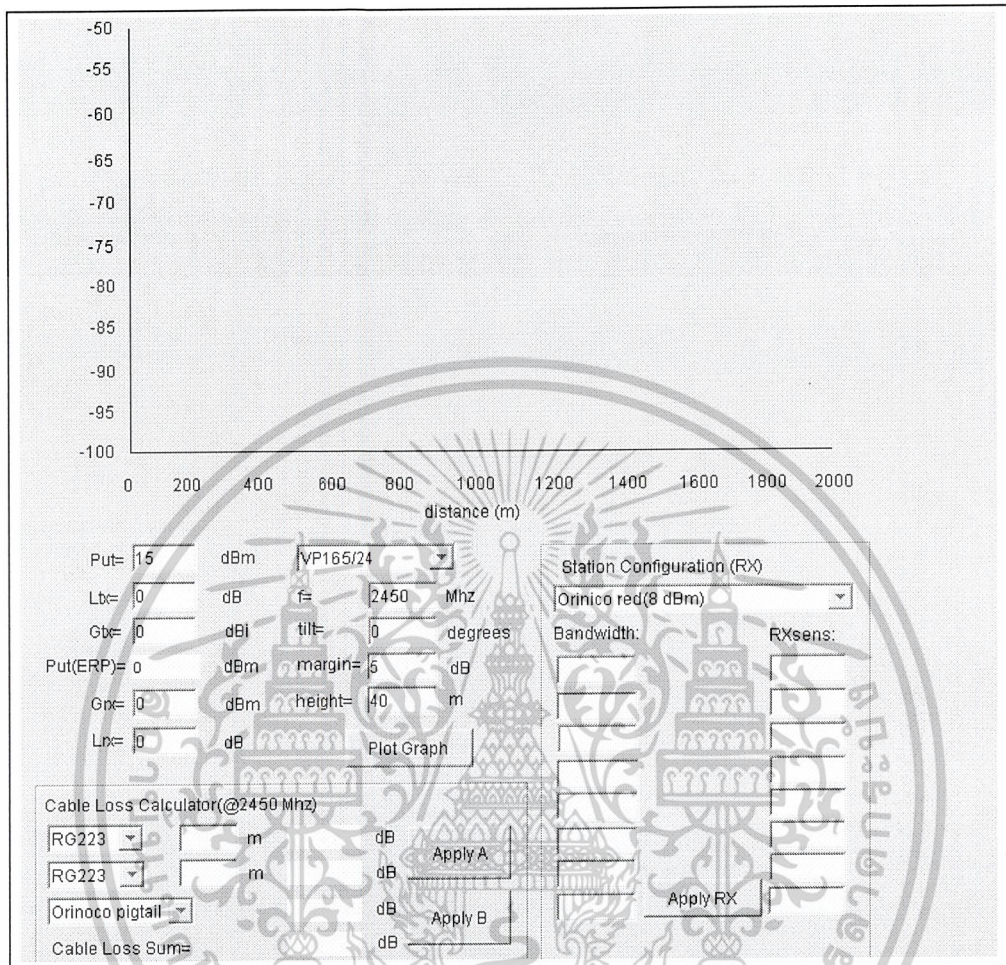
จะเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ที่นำมาคำนวณนั้นเป็นตัวเดียวกันกับที่ใช้ในโปรแกรม Link Budget แต่มีพารามิเตอร์สองตัวที่แตกต่างกันคือ Tilt เป็นค่ามุมเอียงของเสาอากาศของแอกเซสพอยท์ และ Hieght คือความสูงของเสาอากาศของแอกเซสพอยท์โดยจะเทียบจากตัวไคลแอนท์ ซึ่งมีผลกับการคิดคำนวณค่าความแรงของสัญญาณวิทยุและระยะห่างของตัวแอกเซสพอยท์กับเครื่องไคลแอนท์ ซึ่งจะนำมาคำนวณในโปรแกรม Access Point Configurator นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



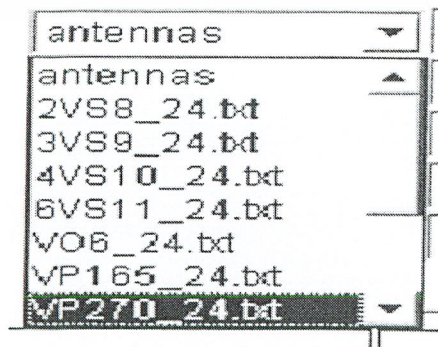
รูปที่ 3-9 แสดงแผนผังลำดับการทำงานของโปรแกรม Access Point Configurator เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3-10 จะแสดงให้เห็นรูปร่างหน้าตาของโปรแกรม Access Point Configurator



รูปที่ 3-10 Access Point Congulation (APC)

อีกส่วนหนึ่งซึ่งถือว่ามีความสำคัญในโปรแกรมนี้ก็คือค่าฐานข้อมูลของเสาอากาศของแอดเซสพอยท์แบบต่างๆ หรือในส่วนของ Antenna ซึ่งจะให้เลือกชนิดของเสาอากาศที่ต้องการใช้โดยจะมีหลายชนิดในซึ่งเป็นเสาอากาศที่ใช้ในย่านความถี่ 2.400-2.450 MHz



รูปที่ 3 -11 แสดงเมนูการเลือกชนิดของเสาอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การคำนวณ

ในการคำนวณเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของโปรแกรม link budget และ access point configurator จะใช้สูตรในการคำนวณที่สำคัญ 3 สมการด้วยกัน ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่า Pin (Power Input), สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความสูญเสียโดยรวมของสายนำสัญญาณ (Cable Loss Sum) และสมการในการคำนวณความแรงของสัญญาณที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูลต่างกัน โดยสูตรทั้ง 3 สมการนั้นสามารถเลือกค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่จะนำไปคิดคำนวณในแต่ละสมการ โดยที่ผู้ออกแบบระบบเครือข่ายสามารถใส่ค่าพารามิเตอร์ด้วยตัวเองโดยตรง หรือจะเลือกใส่พารามิเตอร์แบบอัตโนมัติจากชนิดของอุปกรณ์คือตัวแอกเซสพอยท์, สายเคเบิล, เสออากาศ ซึ่งจะมีข้อมูลของพารามิเตอร์ที่มีผลกับการคิดคำนวณอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรมอยู่แล้ว

3.3.1 สูตรคำนวณ Pin

สูตรในการคำนวณหาค่า Pin (Power Input) นั้นจะมีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัวด้วยกัน โดยสามารถหาได้ดังสมการที่ 1

$$Pin = Pout - Ltx + Gtx - FSPL + Grx - Lrx$$

1

โดย

- Pin (Power Input) คือ ค่ากำลังงานอินพุตมีหน่วยเป็น dBm
- Pout (Power Output) คือ ค่ากำลังงานเอาต์พุตมีหน่วยเป็น dBm
- Ltx (Transmitter Loss) คือ ค่าความสูญเสียทางผู้ส่งมีหน่วยเป็น dB
- Gtx (Transmitter Gain) คือ ค่าอัตราขยายฝั่งผู้ส่ง มีหน่วยเป็น dB
- FSPL (Free Space Path Loss) คือ ค่าความสูญเสียของคลื่นความถี่วิทยุที่เดินทางผ่านอากาศ มีหน่วยเป็น dB โดย

$$FSPL = 32.4 + 20 \log f + 20 \log d$$

f คือความถี่มีหน่วยเป็น Hz

d คือระยะห่าง มีหน่วยเป็น km

- Grx (Reciever Gain) คือ ค่าอัตราขยายฝั่งผู้รับมีหน่วยเป็น dB
- Lrx (Reciever Loss) คือ ค่าความสูญเสียในฝั่งผู้รับมีหน่วยเป็น dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า Pin

กำหนดให้ Pout = 18, Ltx = 1.49, Gtx = 16.5, FSPL = 100.2, Lrx = 0

จากสมการที่1 เราสามารถคำนวณหาค่า Pin ได้ดังสมการ 2 ถึง 4

$$\begin{aligned}
 \text{Pin} &= \text{Pout} - \text{Ltx} + \text{Gtx} - \text{FSPL} + \text{Grx} - \text{Lrx} && \text{-----} \textcircled{2} \\
 \text{Pin} &= 18 - 1.49 + 16.5 + 100.2 + 9 - 0 && \text{-----} \textcircled{3} \\
 \text{Pin} &= -58.19 \text{ dB} && \text{-----} \textcircled{4}
 \end{aligned}$$

3.3.2 สูตรคำนวณค่าความสูญเสียในสายนำสัญญาณ

ในการคำนวณค่าความสูญเสียในสายนำสัญญาณ (Cable Loss) นั้นมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับสายนำสัญญาณ ที่จะนำมาใช้กับแอดเซสพอยท์ โดยที่ค่าความสูญเสียในสายนำสัญญาณจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสายนำสัญญาณแต่ละแบบที่จะเลือกใช้ โดยผู้ใช้หรือผู้ออกแบบระบบสามารถเลือกได้จากเมนูในโปรแกรม Link Budget ในส่วนของ Cable Loss Calculator สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 5

$$\text{Cable Loss Sum} = \text{Cable loss 1} + \text{Cable loss 2} + \text{Adapter Loss} \text{-----} \textcircled{5}$$

โดย

- Cable Loss Sum คือค่าความสูญเสียในสายนำสัญญาณรวม มีหน่วยเป็น dB
- Cable Loss 1 คือ ค่าความสูญเสียในสายนำสัญญาณ เส้นที่1 มีหน่วยเป็น dB
- Cable Loss2 คือ ค่าความสูญเสียในสายนำสัญญาณ เส้นที่2 มีหน่วยเป็น dB

ค่าสัมประสิทธิ์ Cable Loss ที่ 1 km จาก Cable แบบต่างๆดังนี้

RG223 = 0.9
RG213 = 0.46
Low Loss = 0.46
C2 FCP = 0.24
1/2 “ = 0.12
7/8 “ = 0.07

สัมประสิทธิ์ของ Adapter Loss ของ Adapter มีค่าดังต่อไปนี้

- Orinoco Pigtail = 0.7
- Other = 0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณโดยใส่ค่าตามชนิดของสายนำสัญญาณ โดยการเลือกจากเมนู

Cable Loss Calculator @	2450	MHz
7/8"	10	m 0.69 dB
RG223	5	m 4.5 dB
Orinoco pigtail		0.7 dB
Cable loss sum=		5.89 dB
Apply A		Apply B

รูปที่ 3-12 การคำนวณหา Cable Loss Sum โดยเลือกจาก เมนู

จากรูปที่ 3.10 เราสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาค่า Cable Loss Sum ได้ดังสมการที่ 6, 7 และ 8

$$\text{Cable Loss Sum} = \text{Cable loss 1} + \text{Cable loss 2} + \text{Adapter Loss} \quad \text{-----} \quad \textcircled{6}$$

$$\text{Cable Loss Sum} = 0.69 + 4.5 + 0.7 \quad \text{-----} \quad \textcircled{7}$$

$$\text{Cable Loss Sum} = 5.89 \text{ dB} \quad \text{-----} \quad \textcircled{8}$$

3.3.3 สูตรคำนวณค่าความแรงของสัญญาณ

ความแรงของสัญญาณคือค่าของระดับความเข้มของสัญญาณวิทยุมีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB) ในการคำนวณค่าความแรงของสัญญาณจะใช้พารามิเตอร์ 2 ตัว คือค่า Pin และ RX sense. โดยในการคำนวณค่าความแรงของสัญญาณนั้นจะคำนวณที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล (Data Rates) ที่ดีที่สุดโดยโปรแกรม Link Budget จะให้ค่า Data Rates เป็นระดับคือ 1, 2, 5.5, 11 Mbps โดยจะต้องเลือกชนิดของแอกเซสพอยท์ในเมนู ซึ่งความแรงของสัญญาณเราสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 9

$$\text{ความแรงของสัญญาณ} = \text{Pin} - \text{RX sense.} \quad \text{-----} \quad \textcircled{9}$$

โดยที่

- RX sense. (Reciever Sensitivities) คือค่าความไวในการรับคลื่นความถี่วิทยุของตัวรับหรือแอกเซสพอยท์
ค่า RX sense นี้จะมีอยู่ในฐานข้อมูลของ แอกเซสพอยท์ แต่ละชนิดใน โปรแกรม Link Budget

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณความแรงของสัญญาณใน Data Rate ค่าต่างๆ

Station Configuration	
Link.sys WAP11 (18 dbm)	
Put (dBm)=	18
Datarate:	RXsens:
1.0	-94
2.0	-91
5.5	-87
11.0	-84
Apply A	Apply B

รูปที่ 3-13 การคำนวณความแรงของสัญญาณ

ในรูปที่ 3-13 เลือกชนิดของแอคเซสพอยท์เป็น Linksys WAP11 โดยโปรแกรมจะทำการคำนวณค่า Put (Power Output) ให้โดยอัตโนมัติเมื่อกดปุ่ม Apply A หรือ Apply B โปรแกรมจะนำค่า Rxsens. ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรมออกมาแสดงเพื่อให้เห็นและนำไปใช้คำนวณต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

ในการทดลองการใช้งานโปรแกรม Link Budget นั้น ส่วนที่คณะผู้จัดทำทำการทดลองคือการวัดผลและเปรียบเทียบจากการเลือกเสาอากาศชนิดต่างๆของแอคเซสพอยท์โดยใช้โปรแกรม Link Budget ในการคำนวณค่า ความแรงของสัญญาณเมื่อใช้เสาอากาศชนิดต่างกันเพื่อเปรียบเทียบว่าในการใช้งานจริงนั้นเสาอากาศแบบใดที่นำมาใช้แล้วทำให้ความแรงของคลื่นความถี่วิทยุที่ส่งไปยังตัวรับ (Client) มีความแรงที่เหมาะสมกับอัตราการส่งข้อมูล (Data Rate) เพื่อที่จะใช้ในการส่งข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด โดยจะมีพารามิเตอร์อยู่ 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นพารามิเตอร์ที่จะเปลี่ยนไปนั่นก็คือชนิดของเสาอากาศที่มีอยู่ในฐานข้อมูลโดยการเลือกที่เมนู และระยะห่างระหว่างสายอากาศของแอคเซสพอยท์กับตัวโคลแอนท์ที่เปลี่ยนไปกับพารามิเตอร์อีกส่วนหนึ่งคือพารามิเตอร์ส่วนที่เหลือจะเป็นค่าที่ไม่เปลี่ยนแปลงเพื่อที่จะให้ทราบข้อแตกต่างระหว่างเสาอากาศแต่ละแบบแต่ละชนิด ค่าพารามิเตอร์มี 2 ประเภทค่าได้แก่

4.1.1 ค่าพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงได้แก่

- ชนิดของเสาอากาศ เลือกตรง Select Antenna
- Gain คือ อัตราการขยายของเสาอากาศ ขึ้นอยู่กับชนิดของเสาอากาศมีหน่วยเป็น dB
- Range คือ ระยะห่างระหว่างแอคเซสพอยท์กับตัวโคลแอนท์มีหน่วยเป็น Km

4.1.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เปลี่ยนแปลงได้แก่

- Pout = Power Output (dBm)
- Ltx = Transmitter Loss (dB)
- Gtx = Transmitter Gain (dBi)
- f = ความถี่ (MHz)
- Grx = Receiver Gain (dBi)
- Lrx = Receiver Loss (dB)
- Pin = Power Input (dB)
- Station Configuration เลือกเป็น แอคเซสพอยท์ รุ่น Linksys WAP11(18 dBm)
- Cable Loss Sum = 2.4 dB โดยเลือก Cable เป็น 7/8 “ ทั้งสองอัน, Adapter เลือกเป็น Orinoco Pigtail มีค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสีย = 0.7 dB, frequency = 2.450 MHz
- Margin = 5 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองการใช้งานโปรแกรม Link Budget

1.เสาดอากาศแบบ VO6/24 gain = 6.0 dBi

-Pout = 18 dBm	-margin = 5 dB
-Ltx = 2.14dB	-FSPL = -100.2 dB
-Gtx = 6.0 dBi	
-f = 2.4 MHz	
-Grx = 6.0 dBi	
-Lrx = 2.14 dB	
-Pin = -74.0 dBm	

Parameter	3 km	5 km	10 km
Pin(dBm)	-84.5	-88.48	-94.51
Pout(dBm)	21.86	21.86	21.86
Datarate 1.0 Mbps	g 10.0 dB	g 6.0 dB	r 0.0 dB
Datarate 2.0 Mbps	g 7.0 dB	y 3.0 dB	r -3.0 dB
Datarate 5.5 Mbps	y 3 dB	r -1.0 dB	r -7.0 dB
Datarate 11.0 Mbps	r 0 dB	r -4.0 dB	r -10.0 dB

ตารางที่ 4 -1 เปรียบเทียบผลการทดลองหาความแรงของสัญญาณกับเสาดอากาศแบบ VO6/24

- g = green เป็นจุดที่มีความแรงของสัญญาณมากกว่าจุดอ้างอิง (margin = 5 dB) เป็นจุดที่ควรเลือกส่ง เนื่องจากเป็นจุดที่มีความแรงของสัญญาณที่มีความแรงมาก
- y = yellow เป็นจุดที่มีความแรงของสัญญาณเท่ากับจุดอ้างอิง (margin = 5 dB) เป็นจุดที่ยังพอส่งได้
- r = red เป็นจุดที่มีความแรงของสัญญาณน้อยกว่าจุดอ้างอิง (margin = 5 dB) เป็นจุดที่ไม่ควรส่ง เพราะสัญญาณจะสูญเสียมากกว่าความแรงของสัญญาณต่ำ

ผลการทดลอง

จากการทดลองกับเสาดอากาศแบบ VO6/24 ที่มีค่าอัตราการขยายสัญญาณ เท่ากับ 6.0 dBi ในระยะห่างระหว่างตัวแอกเซสพอยท์กับไคลแอนท์เท่ากับ 3 km ที่ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือที่ 1.0 Mbps และ 2.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 10.0 dBi ในระยะห่างที่ 5 km ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือ 1.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 6.0 dBi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระยะห่างที่ 10 km จะเป็นระยะที่ไกลเกินไปสำหรับเสาอากาศชนิดนี้ที่จะส่ง เนื่องจากในระยะนี้จะมี ความแรงของสัญญาณน้อยมากไม่เหมาะกับการส่ง

2. เสาอากาศแบบ VP165/24 gain = 9.0 dBi

- Pout = 18 dBm
- margin = 5 dB
- Ltx = 2.19dB
- FSPL = -100.2 dB
- Gtx = 9.0 dBi
- f = 2.4 MHz
- Grx = 9.0 dBi
- Lrx = 2.19 dB
- Pin = -68.0 dBm

Parameter	3 km	5 km	10 km
Pin(dBm)	-78.05	-82.48	-84.51
Pout(dBm)	24.86	24.8	24.88
Datarate 1.0 Mbps	g 16.0 dB	g 12.0 dB	g 6.0 dB
Datarate 2.0 Mbps	g 13.0 dB	g 9.0 dB	r 3.0 dB
Datarate 5.5 Mbps	g 9 dB	y 5.0 dB	r -1.0 dB
Datarate 11.0 Mbps	g 6 dB	y 2.0 dB	r -4.0dB

ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบผลการทดลองหาความแรงของสัญญาณกับเสาอากาศแบบ VP165/24

ผลการทดลอง

จากการทดลองกับเสาอากาศแบบ VP165/24 ที่มีค่าอัตราการขยายสัญญาณ เท่ากับ 9.0 dBi ใน ระยะห่างระหว่างตัวแอกเซสพอยท์กับไคลแอนท์เท่ากับ 3 km ที่ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสม ในการส่งคือ ที่ 1.0 Mbps, 2.0 Mbps, 5.5 Mbps, 11.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 16.0, 13.0, 9.0, 6.0dBi ตามลำดับ ในระยะห่างที่ 5 km ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือ 1.0 Mbps และ 2.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 12.0 dBi และ 9.0 dBi ในระยะห่างที่ 10 km อัตราเร็วในการส่งข้อมูล ที่เหมาะสมในระยะ 10 km ของเสาอากาศชนิดนี้คือ 1.0 Mbps ให้ความแรงของ สัญญาณ 6.0 dB ส่วนอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่ 2.0 Mbps ขึ้นไปนั้นไม่ควรส่งในเสาอากาศชนิดนี้ เนื่องจากสัญญาณมีความแรงต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เสาอากาศแบบ CA27/24 gain = 14.0 dBi

-Pout = 18 dBm	-margin = 5 dB
-Ltx = 2.14dB	-FSPL = -100.2 dB
-Gtx = 14.0 dBi	
-f = 2.4 MHz	
-Grx = 9.0 dBi	
-Lrx = 2.19 dB	
-Pin = -68.0 dBm	

Parameter	3 km	5 km	10 km
Pin(dBm)	-68.05	-72.48	-78.51
Pout(dBm)	29.86	29.86	29.86
Datarate 1.0 Mbps	g 26.0 dB	g 22.0 dB	g 16.0 dB
Datarate 2.0 Mbps	g 23.0 dB	g 19.0 dB	g 13.0 dB
Datarate 5.5 Mbps	g 19.0 dB	g 15.0 dB	g 9.0 dB
Datarate 11.0 Mbps	g 16.0 dB	g 12.0 dB	g 6.0dB

ตารางที่ 4 -3 เปรียบเทียบผลการทดลองหาความแรงของสัญญาณกับเสาอากาศแบบ CA27/24

ผลการทดลอง

จากการทดลองกับเสาอากาศแบบ CA27/24 ที่มีค่าอัตราขยายสัญญาณ เท่ากับ 14.0 dBi ในระยะห่างระหว่างตัวแอกเซสพอยท์กับไคลแอนท์เท่ากับ 3 km ที่ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือ ที่ 1.0 Mbps, 2.0 Mbps, 5.5 Mbps, 11.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 26.0, 23.0, 19.0, 16.0dBi ตามลำดับ ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมกับการส่ง ในระยะห่างที่ 5 km ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือ 1.0 Mbps, 2.0 Mbps, 5.5 Mbps, 11.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 22.0, 19.0, 15.0, 12.0 dB ตามลำดับ ในระยะห่างที่ 10 km ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือ ที่ 1.0 Mbps, 2.0 Mbps, 5.5 Mbps, 11.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 16.0, 13.0, 9.0, 6.0 dB ตามลำดับ จะเห็นว่าเสาอากาศชนิดนี้เป็นเสาอากาศที่มี อัตราการขยายสัญญาณมาก จึงทำให้ส่งได้ไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.เสาอากาศแบบ VP870/24 gain = 16.5 dBi

- Pout = 18 dBm
- margin = 5 dB
- Ltx = 2.14dB
- FSPL = -100.2 dB
- Gtx = 16.5 dBi
- f = 2.4 MHz
- Grx = 16.5 dBi
- Lrx = 2.14 dB
- Pin = -53.0 dBm

Parameter	3 km	5 km	10 km
Pin(dBm)	-63.05	-67.48	-73.51
Pout(dBm)	32.36	32.36	32.36
Datarate 1.0 Mbps	g 63.0 dB	g 27.0 dB	g 21.0 dB
Datarate 2.0 Mbps	g 28.0 dB	g 24.0dB	g 18.0 dB
Datarate 5.5 Mbps	g 24.0 dB	g 20.0 dB	g 14.0 dB
Datarate 11.0 Mbps	g 21.0 dB	g 17.0 dB	g 11.0dB

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบผลการทดลองหาความแรงของสัญญาณกับเสาอากาศแบบ VP870/24

ผลการทดลอง

จากการทดลองกับเสาอากาศแบบ CA27/24 ที่มีค่าอัตราขยายสัญญาณ เท่ากับ 16.5 dBi ในระยะห่างระหว่างตัวแอกเซสพอยท์กับไคลแอนท์เท่ากับ 3 km ที่ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือ ที่ 1.0 Mbps, 2.0 Mbps, 5.5 Mbps, 11.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 63.0, 28.0, 24.0, 21.0dB ตามลำดับ ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมกับการส่ง ในระยะห่างที่ 5 km ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือ 1.0 Mbps, 2.0 Mbps, 5.5 Mbps, 11.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 27.0, 24.0, 20.0, 17.0 dB ตามลำดับ ในระยะห่างที่ 10 km ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือ ที่ 1.0 Mbps, 2.0 Mbps, 5.5 Mbps, 11.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 21.0, 18.0, 14.0, 11.0 dB ตามลำดับ จะเห็นว่าเสาอากาศชนิดนี้เป็นเสาอากาศที่มี อัตราการขยายสัญญาณมาก จึงทำให้ส่งได้ไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.เสาอากาศแบบ SP45/24 gain = 18.0 dBi

-Pout = 18 dBm	-margin = 5 dB
-Ltx = 1.44dB	-FSPL = -100.2 dB
-Gtx = 18.0 dBi	
-f = 2.4 MHz	
-Grx = 16.5 dBi	
-Lrx = 1.44 dB	
-Pin = -49.0 dBm	

Parameter	3 km	5 km	10 km
Pin(dBm)	-58.65	-63.08	-70.51
Pout(dBm)	34.56	34.56	33.86
Datarate 1.0 Mbps	g 36.0 dB	g 31.0 dB	g 24.0 dB
Datarate 2.0 Mbps	g 33.0 dB	g 28.0dB	g 21.0 dB
Datarate 5.5 Mbps	g 29.0 dB	g 24.0 dB	g 17.0 dB
Datarate 11.0 Mbps	g 26.0 dB	g 21.0 dB	g 14.0dB

ตารางที่ 4 -5 เปรียบเทียบผลการทดลองหาความแรงของสัญญาณกับเสาอากาศแบบ SP45/24

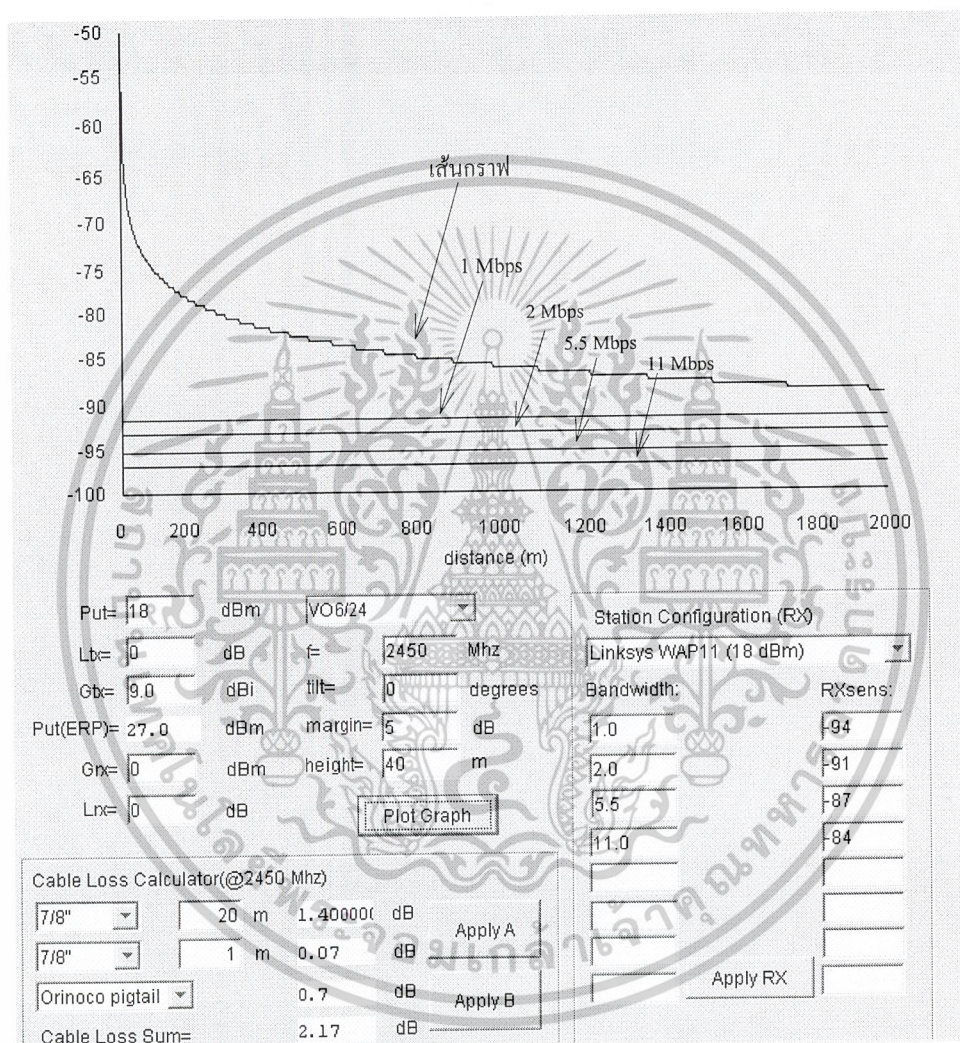
ผลการทดลอง

จากการทดลองกับเสาอากาศแบบ SP45/24 ที่มีค่าอัตราขยายสัญญาณ เท่ากับ 18.0 dBi ในระยะห่างระหว่างตัวแอกเซสพอยท์กับไคลแอนท์เท่ากับ 3 km ที่ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือ ที่ 1.0 Mbps, 2.0 Mbps, 5.5 Mbps, 11.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 36.0, 33.0, 29.0, 26.0dBi ตามลำดับ ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมกับการส่ง ในระยะห่างที่ 5 km ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือ 1.0 Mbps, 2.0 Mbps, 5.5 Mbps, 11.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 31.0, 28.0, 24.0, 21.0 dB ตามลำดับ ในระยะห่างที่ 10 km ค่าอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งคือ ที่ 1.0 Mbps, 2.0 Mbps, 5.5 Mbps, 11.0 Mbps จะได้ค่าความแรงของสัญญาณเท่ากับ 24.0, 21.0, 17.0, 14.0 dB ตามลำดับ จะเห็นว่าเสาอากาศชนิดนี้เป็นเสาอากาศที่มี อัตราการขยายสัญญาณมาก จึงทำให้ส่งได้ไกลมาก

4.3 ผลการทดลองการใช้งานโปรแกรม Access Point Configurator

การทดลองในการใช้โปรแกรม Access Point Configurator จะเป็นการทดลองต่อเนื่องจากการทดลองโปรแกรม Link Budget คือจะเปรียบเทียบความแรงของสัญญาณของเสาอากาศแต่ละชนิด โดยดูจาก Graph ที่ Plot โดยโปรแกรม Access Point Configurator

1. เสาอากาศแบบ VO6/24



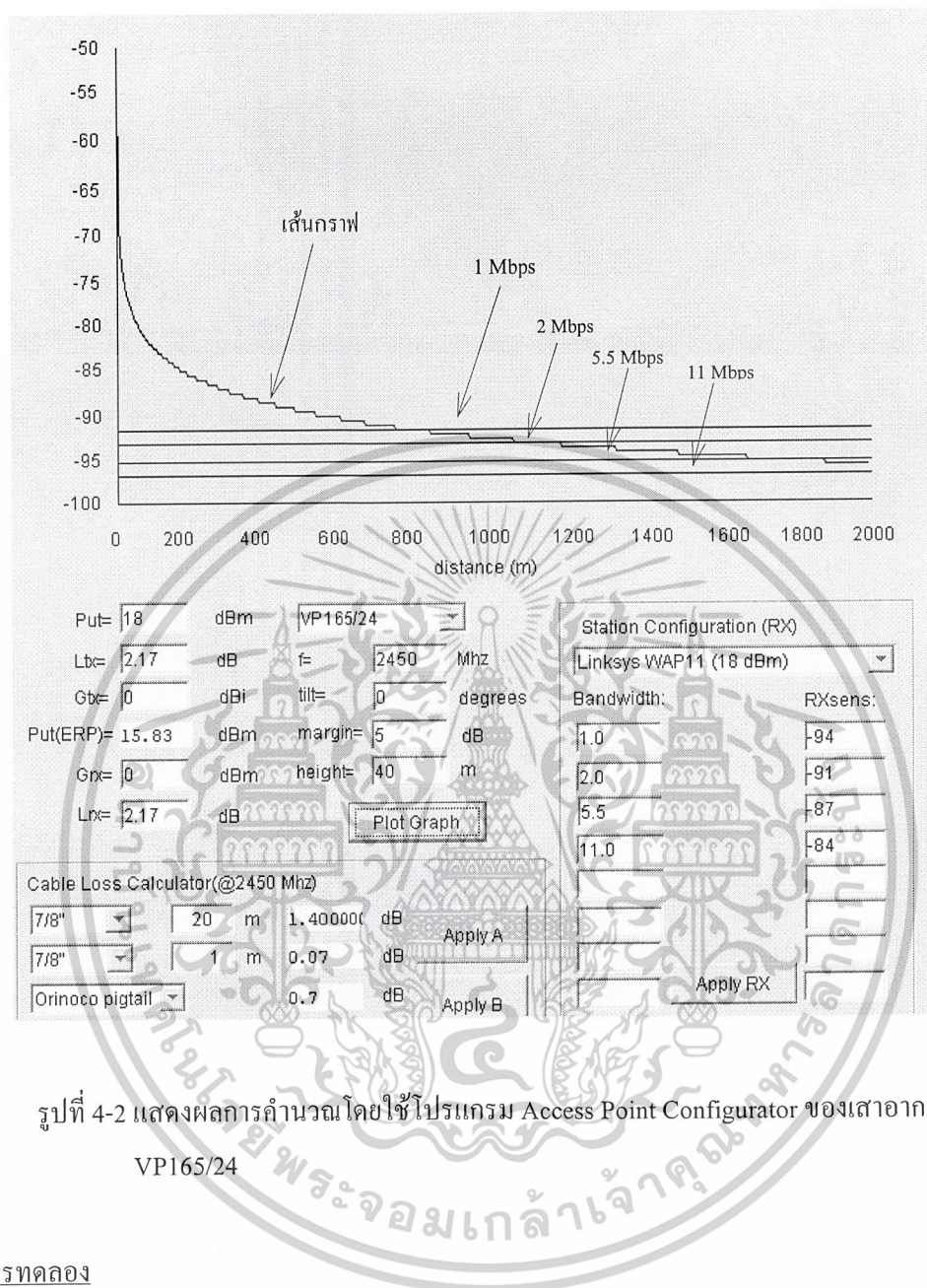
รูปที่ 4 -1 แสดงผลการคำนวณ โดยใช้โปรแกรม Access Point Configurator ของเสาอากาศแบบ VO6/24

ผลการทดลอง

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเสาอากาศ แบบ VO6/24 สามารถส่งได้ไกลถึง 2 km โดยส่งด้วยอัตราเร็วของข้อมูลได้ดีทั้ง 4 ระดับคือ 1.0 Mbps , 2.0 Mbps , 5.5 Mbps, 11.0 Mbps ดูได้จากเส้นของกราฟที่ครอบคลุม อัตราเร็วในการส่งข้อมูลทั้ง 4 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เสาอากาศแบบ VP165/24



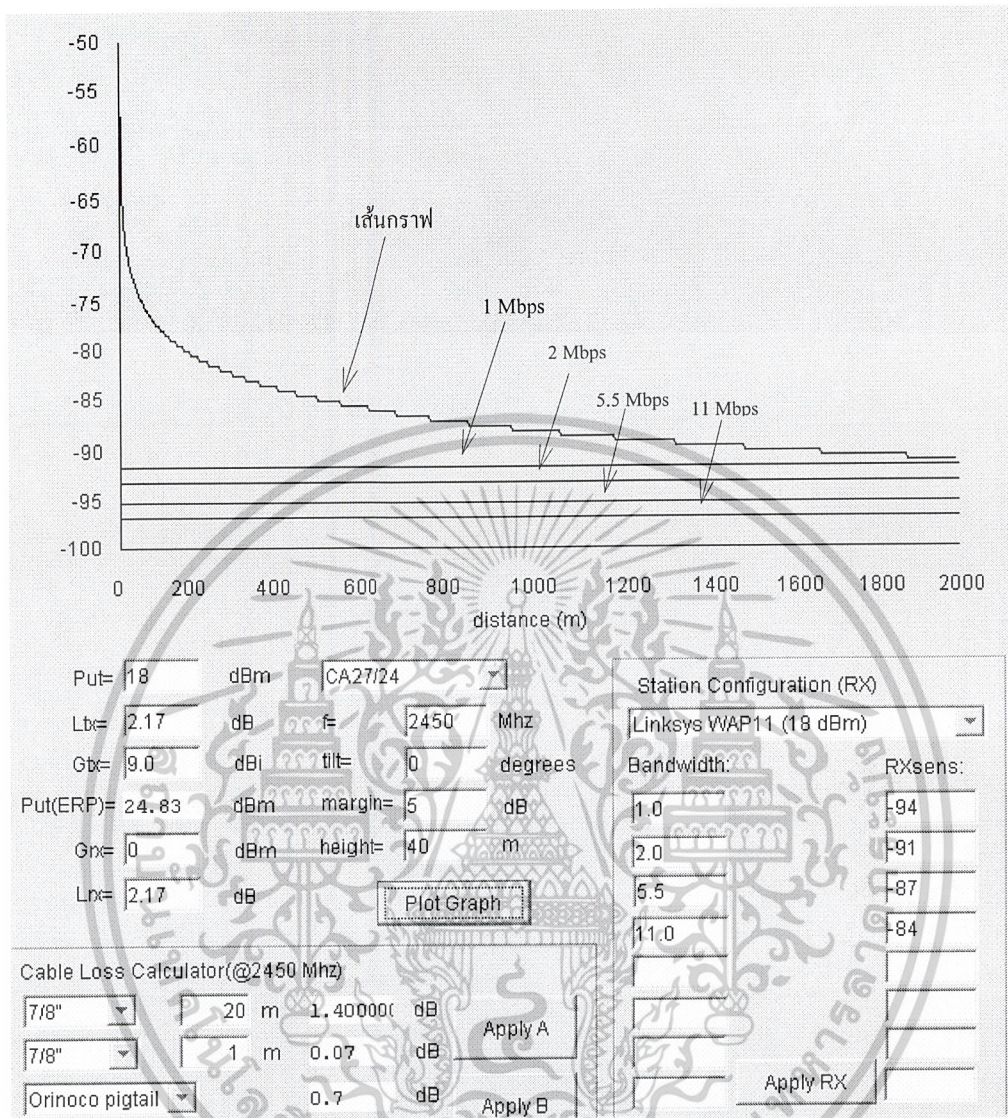
รูปที่ 4-2 แสดงผลการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Access Point Configurator ของเสาอากาศแบบ VP165/24

ผลการทดลอง

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเสาอากาศ แบบ VP165/24 สามารถส่งข้อมูลได้ดีในระยะห่างไม่เกิน 800 เมตรในระยะนี้ สามารถส่งในอัตราเร็วของข้อมูลได้ทุกระดับคือ 1.0 Mbps , 2.0 Mbps , 5.5 Mbps, 11.0 Mbps แต่ถ้าความห่างมากขึ้นหรือเกิน 800 เมตรอัตราการส่งข้อมูลที่ 11 Mbps จะไม่สามารถส่งได้ และถ้าระยะห่างเพิ่มขึ้นเป็น 1,200 เมตร จะไม่สามารถส่งข้อมูลที่อัตราเร็วที่ 5.5 Mbps ได้ ในระยะมากกว่า 1,800 เมตรนั้นจะไม่สามารถส่งด้วยอัตราเร็วที่ 2.0 Mbps ได้แต่ยังสามารถส่งที่อัตราเร็ว 1.0 Mbps ได้จนถึงระยะทาง มากกว่า 2 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เสาอากาศแบบ CA27/24



รูปที่ 4-3 แสดงผลการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Access Point Configurator ของเสาอากาศแบบ VP165/24

ผลการทดลอง

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเสาอากาศ แบบ CA27/24 สามารถส่งได้ไกลถึง 2 km โดยส่งด้วยอัตราเร็วของข้อมูลได้ดีทั้ง 4 ระดับคือ 1.0 Mbps, 2.0 Mbps, 5.5 Mbps, 11.0 Mbps ดูได้จากเส้นของกราฟที่ครอบคลุม อัตราเร็วในการส่งข้อมูลทั้ง 4 ระดับ เนื่องจากเสาอากาศแบบ CA27/24 เป็นเสาอากาศที่มีอัตราการขยายสูงจึงสามารถส่งข้อมูลได้ไกลในทุก Data Rates ที่ไม่เกิน 2 km

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป

การนำเครือข่ายแลนแบบไร้สายเข้ามาใช้แทนที่เครือข่ายแลนแบบเดิมในปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากมีข้อได้เปรียบระบบเครือข่ายแลนที่ใช้สายหลายประการ แต่การออกแบบเครือข่ายแลนไร้สายนั้นก็มีความซับซ้อนและยากกว่าการออกแบบเครือข่ายแลนที่ใช้สาย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบสามารถช่วยให้ผู้ออกแบบระบบหรือวิศวกรใช้เวลาน้อยลงและออกแบบระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการออกแบบนั้นซอฟต์แวร์เป็นตัวจัดการคำนวณออกมาได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถเลือกชนิดของอุปกรณ์ที่ผู้ออกแบบต้องการเลือกใช้ได้อีกด้วย

สิ่งที่คณะผู้จัดทำซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบเครือข่ายแลนไร้สายต้องการพัฒนาต่อไปคือ การพัฒนาโปรแกรมที่ชื่อว่า Pol Plot เป็นโปรแกรมที่เป็นเครื่องมือในการคำนวณหาค่าการแพร่กระจายคลื่นความถี่วิทยุไปบนอากาศของเสาอากาศชนิดต่างๆที่อยู่ในย่านความถี่ 2.40 - 2.45 MHz เพื่อหาดำแหน่งที่ดีที่สุดและระยะห่างที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้การส่งคลื่นวิทยุจากผู้ส่งไปยังผู้รับ (ตัวแอกเซสพอยท์กับตัวไคลแอนท์) ได้รับสัญญาณที่ดีที่สุด โดยจะแสดงออกมาเป็นกราฟและแสดงระยะทางออกมาด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Ramiro Jordan , Chaouki T. Abdallah (2002) : “Wirless Communication and Networking”
 , Albuquerque , New Mexico.
- [2] Bandit Rojarrayanon (2537) : “ Principle of Communication System ”,Chulalongkorn
- [3] http://thaicert.nectec.or.th/paper/wireless/ieee802.11_1.php
- [4] <http://www.atheros.com>
- [5] www.cuhk.edu.hk/itsc/network/wlan
- [6] www.cisco.com



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้