โมเดลการกระจายคลื่นวิทยุของระบบไวร์เลสแลนมาตรฐาน IEEE 802.11b/g สำหรับพื้นที่ภายนอกอาคาร

Outdoor Propagation Prediction Models for WLAN Standard IEEE 802.11b/g

นุชนาฏ ทิพกองลาด พิเชฐ ม่วงนวล
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอโมเดลการกระจายคลื่นวิทยุของเครือข่ายไวร์เลสแลนมาตรฐาน IEEE 802.11b/g สำหรับการใช้งานภายนอกอาคารโดยสร้างโมเดลการกระจายคลื่นวิทยุในเส้นทางระดับแนวสายตา (Line-Of-Sight) เพื่อศึกษาตัวแปรการลดทอนสัญญาณสภาพพื้นที่นอกอาคารในการหาตำแหน่งวางอุปกรณ์กระจายคลื่นวิทยุ (Access Point) ที่มีความเหมาะสม ทำการทดสอบโดยปรับค่าตัวแปรดังต่อไปนี้คือ ระยะทางระหว่างเครื่องรับกับแอคเซสพ้อยท์ ระดับความสูงของแอคเซสพ้อยท์ ความถี่ของแอคเซสพ้อยท์ เพื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาแบบจำลองการกระจายคลื่นที่เหมาะสมสำหรับสภาพแวดล้อม

คำสำคัญ : เครือข่ายไวร์เลสแลน, โมเดลการกระจายคลื่นวิทยุ, แอคเซสพ้อยท์

Abstract

This abstract will present the outdoor propagation prediction model for WLAN standard IEEE 802.11b/g by using the line-of-sight radio propagation model. This model is used for analyzing the three factors, including the distance between the access point and receivers (Clients), the height of the positioning access point and the used frequency of access point, which have the impact on the access point in terms of signal propagation attenuation. In the experiment, these three parameters will be adjusted and the results will be recorded accordingly. As a result, the standard formula for calculating the receiving power of clients from the access point, related to these three parameters, will be generated.

Keywords: WLAN, Prediction model, Access Point

1. บทนำ

สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงในการติดตั้งเครือข่าย WLAN คือการออกแบบให้สัญญาณครอบคลุมพื้นที่บริการ เนื่องจากระดับความแรงของสัญญาณ (Field Strength) ที่อุปกรณ์รับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการรับส่งข้อมูล (Data Connection) การติดตั้งเครือข่าย WLAN จะต้องมีการสำรวจสัญญาณ (Site survey) เพื่อหารัศมีการกระจายสัญญาณของแอคเซสพ้อยท์ (Access Point :AP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

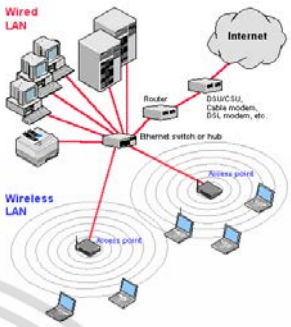
ในการระบุตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมทำให้ประหยัดจำนวนอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายต่างๆ

ก่อนหน้าได้มีการนำเสนอวิธีออกแบบติดตั้งระบบเครือข่ายไร้สายในพื้นที่ภายนอกอาคาร [1], [2], [3], [4], [5] ได้แก่ Free Space Loss [1] เป็นแบบจำลองพื้นฐานใช้หาค่าการลดทอนสัญญาณของเครือข่าย WLAN ทุกประเภทที่ไม่มีค่าลดทอนสัญญาณแต่ในพื้นที่การใช้งานจริงสิ่งต่างๆรอบตัวทำให้เกิดการลดทอนทั้งสิ้น Lopaz [2] ใช้แอพพลิเคชั่นจำลองลักษณะพื้นที่ภายนอกอาคารของวิทยาลัยเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะเห็นได้ว่า [1] [2] ไม่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งจริงเนื่องจากพื้นที่ภายนอกอาคารมีหลายๆสิ่งที่ส่งผลต่อการลดทอนสัญญาณซึ่งควรเป็นแบบจำลองที่ได้จากการทดสอบสัญญาณของพื้นที่ใช้งานจริงดังเช่นแบบจำลองของ Large Scale Fading [3] หาค่าลดทอนสัญญาณที่ระยะทางเริ่มต้น (P_{L0})ที่ 30 เมตร ซึ่งในการติดตั้งจริงระยะดังกล่าวถือเป็นตำแหน่งที่มีความเข้มของสัญญาณสูง หากใช้แบบจำลองดังกล่าวเพื่อการออกแบบทำให้ใช้จำนวนแอคเซสพ้อยท์มากขึ้น สำหรับแบบจำลองของ COST-231 Walfisch-Ikegami[4] ใช้สำหรับเครือข่ายไร้สายย่านความถี่ 800 MHz และ 2000 MHz เนื่องจากความถี่ของเครือข่าย WLAN คือ2400 MHz ทำให้ไม่เหมาะสำหรับการออกแบบเครือข่าย WLAN ส่วนแบบจำลอง Weissberger[5] ใช้หาค่าลดทอนจากพื้นที่ป่าในระบบ Tactical Remote Sensor System (TRSS) Repeater/Relay ทางการทหารที่ย่านความถี่ 2400 MHz ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้กับระบบ WLAN

จากความไม่เหมาะสมของแบบจำลอง[1], [2], [3], [4], [5] เป็นที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้ที่ต้องการสร้างโมเดลการกระจายคลื่นวิทยุสำหรับการออกแบบเครือข่าย WLAN เพื่อใช้ทำนายตำแหน่งติดตั้งแอคเซสพ้อยท์ที่มีความเหมาะสมแม่นยำของพื้นที่ภายนอกอาคารต่อไปนี้ได้แก่ พื้นที่โล่งไร้สิ่งกีดขวาง พื้นที่ใกล้แอ่งน้ำ พื้นที่ป่าและพื้นที่ชนบท

2. ระยะการกระจายสัญญาณของแอคเซสพ้อยท์

แอคเซสพ้อยท์(Access Point) เป็นอุปกรณ์ในการกระจายคลื่นวิทยุทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่างเครือข่ายหลัก (LAN) กับเครือข่าย WLAN



รูปที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานของเครือข่าย WLAN

จากรูปที่1 แอคเซสพ้อยท์ใช้สายอากาศแบบรอบตัว (Omni-directional) กระจายคลื่นในลักษณะวงกลมดังนั้นการหาระยะทางของการกระจายคลื่นให้ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ WLAN คือการหารัศมีวงกลมนั่นเอง

3. โมเดลการลดทอนสัญญาณที่ได้จากการวัด

3.1 แบบจำลองFree Space Loss [1] ใช้หาค่าการลดทอนสัญญาณเนื่องจากชั้นบรรยากาศทุกพื้นที่ที่มีลักษณะโล่งไร้สิ่งกีดขวาง สมการคือ

$$FSL = 32.4 + 20\log f(MHz) + 20\log d(Km) \qquad (1)$$

เมื่อ d คือ ระยะทาง (กิโลเมตร)

f คือ ความถี่ (MHz)

3.2 แบบจำลอง Large Scale Fading Modeling[3] ใช้หาค่าการลดทอนสัญญาณของเครือข่าย WLAN ที่ความถี่ตั้งแต่ 2.35 GHz ถึง 2.65 GHz สมการคือ

$$PL = P_{L0} + 10\gamma\log\left(\frac{d}{d_0}\right) + S(d); d \geq d0 = 30m \qquad (2)$$

โดย

$10\gamma\log\left(\frac{d}{d_0}\right)$ คือมัธยฐานการลดทอนสัญญาณที่ d_0=30 เมตร

P_{L0} คือค่าลดทอนสัญญาณที่ระยะ d_0=30 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

γ คือค่าความคาดเคลื่อนของการส่งสัญญาณที่สูญเสียไป $s(d)$ คือค่าจางหายของสัญญาณ Lognormal shadow fading

3.3 แบบจำลอง Lopaz model [2] ใช้หาค่าการลดทอนสัญญาณที่จำลองจากพื้นที่วิทยาลัยช่างมณฑลแคทะโล-เนียะในสเปนหาได้จาก

$$PL(dB) = 7.6 + 40\log d - 20\log h_t h_r \quad (3)$$

เมื่อ d คือระยะทาง (เมตร)

h_t คือระดับความสูงของแอคเซสพ้อย (เมตร)

h_r คือระดับความสูงของเครื่องรับสัญญาณ (เมตร)

3.4 แบบจำลอง COST-231Walfisch-Ikegami [4] พัฒนามาจากโมเดลของ COST231 หาการลดทอนสัญญาณของพื้นที่สภาพเมืองที่ระยะทางตั้งแต่20 เมตรถึง 5 กิโลเมตร สมการคือ

$$PL = 57.9 + (29.5 - \frac{1.5 f_c}{925})\log_{10} f_c + 38\log_{10} d \quad (4)$$

เมื่อ d คือระยะทาง (เมตร)

f_c คือความถี่ (MHz)

3.5 แบบจำลอง Weissberger[5] ใช้หาการลดทอนสัญญาณพื้นที่ป่าซึ่งมีต้นไม้ขวางเส้นทางการกระจายคลื่นเรียกว่า Foliage factor สามารถแบ่งเป็น 2 ช่วงระยะทางคือ ตั้งแต่ระยะทาง 0 ถึง 14 เมตร

$$PL = 1.33(f^{0.284})(d_f{}^{0.588}) \quad (5)$$

ตั้งแต่ระยะทางมากกว่า 14 เมตรขึ้นไป

$$PL = 0.45(f^{0.284})(d_f) \quad (6)$$

ที่ d_f คือระยะทางที่ผ่านต้นไม้ $(Foliage)$ (เมตร)

f คือความถี่ของตัวส่งสัญญาณหน่วยเป็น (GHz)

4. โมเดลการลดทอนสัญญาณที่นำเสนอ

ค่ากำลังรับสัญญาณที่ได้จากการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศไอโซโทรปิก (EIRP : Effective Isotropic Radiated Power) มีกำลังส่งเป็น P_t -หน่วยเป็น $(dBm : EIRP)$ สามารถหาค่าความหนาแน่นของกำลังรับ P_d (Power Flux Density) ที่รัศมี r จากจุดที่แอคเซสพ้อยท์กระจายสัญญาณโดย A_{eff} (Effective aperture area) คือพื้นที่ในการรับสัญญาณของสายอากาศไอโซโทรปิกมีค่าเท่ากับ $4\pi r^2$ เป็น

$$P_t = P_d * 4\pi d^2 \quad (7)$$

$$P_r = P_d A_{eff} \quad (8)$$

เมื่อให้กำลังรับสัญญาณเป็น P_r ดังนั้นค่ากำลังรับต่อพื้นที่รับสัญญาณเขียนได้เป็น

$$P_r = \frac{P_t A_{eff}}{4\pi r^2} = \left(P_t \Big/ 4\pi d^2\right)\left(\lambda^2 \Big/ 4\pi\right) \quad (9)$$

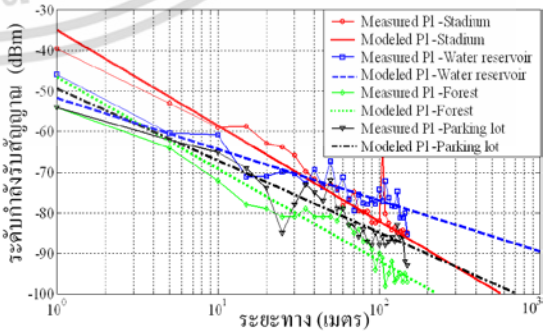
เมื่อ λ เป็นค่าความยาวคลื่นที่แพร่กระจายเพื่อหากำลังงานที่ใช้ในการรับสัญญาณ โดยอัตราขยายสัญญาณของเสาอากาศขยาย P_d คือ G_t และส่วนขยาย A_{eff} คือ G_r ดังนั้นเมื่อเขียนสมการการแพร่กระจายคลื่นของฟรีอิส (Friis free-Space equation)ใหม่ได้เป็น

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi r)^2} \quad (10)$$

จากสมการที่ (10) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ Path Loss หน่วย dBm ได้เป็น

$$PL = P_t(dBm) - P_r(dBm) \quad (11)$$

เมื่อการลดทอนตามระยะทางในการแพร่กระจายคลื่นเป็นความแตกต่างระหว่างกำลังงานการแพร่กระจายคลื่นที่ใช้สายอากาศไอโซโทรปิกกับกำลังที่รับได้ทำการทดสอบที่กำลังส่งแอคเซสพ้อยท์ -16.97 dBm อัตราการขยายสัญญาณสายอากาศเท่ากับ 2.2 dBi ได้ผลการทดสอบเนื่องจากระยะทางดังรูปที่ 3



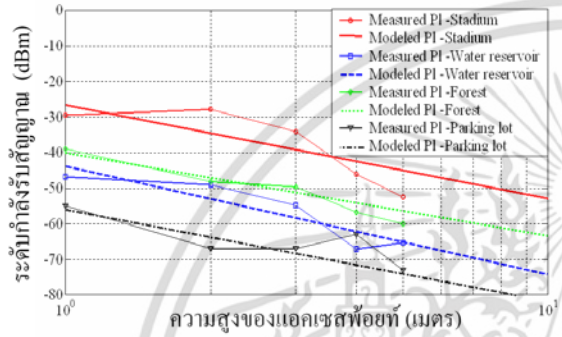
รูปที่ 3 ความชันกราฟเส้นตรงของกำลังรับเฉลี่ยที่ระยะทาง 1-150 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3 เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระดับกำลังสัญญาณที่รับได้ (Received Power) มีค่าลดลงแสดงว่าเกิดการลดทอนเนื่องจากระยะทางสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรงแล้วนำมาเปรียบเทียบความชันของกราฟ L ในรูปที่ (3) เขียนสมการใหม่ได้เป็น

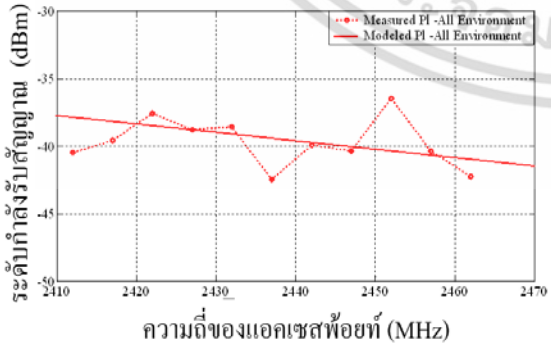
$$PL = A + B\log d(m) \qquad (12)$$

เมื่อทดสอบความสูงของจุดติดตั้งแอคเซสพ้อยท์ที่ความถี่ 2462 MHz ที่ระยะทาง 1 เมตร วัดระดับสัญญาณแล้วพล็อตค่าเฉลี่ยได้ค่าความชันดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ความชันกราฟเส้นตรงของกำลังรับเฉลี่ยที่ระดับความสูงแอคเซสพ้อยท์ 1-5 เมตร

จากรูปที่ 4 เห็นได้ว่าเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นระดับกำลังสัญญาณมีค่าลดลงเกิดการลดทอนเพิ่มขึ้นการทดสอบความถี่ของแอคเซสพ้อยท์ระหว่างช่องสัญญาณ (Channel) 1 ถึง 11 ที่ความถี่ 2412 MHz ถึง 2462 MHz ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 b/g เพิ่มครั้งละ 5 MHz ที่ความสูง 1 เมตร และระยะทาง 1 เมตร ได้ผลการทดสอบเฉลี่ยโดยพล็อตกราฟหาความชันดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความชันกราฟเส้นตรงของกำลังรับเฉลี่ยที่ความถี่ 2412 MHz ถึง 2462 MHz

จากรูปที่ 5 เห็นได้ว่าเมื่อความถี่สูงขึ้นค่าการลดทอนสัญญาณจะเพิ่มขึ้นแล้วจึงวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อสร้างแบบจำลองการกระจายคลื่นวิทยุสำหรับการพยากรณ์ ค่าระดับกำลังรับสัญญาณใช้ค่าเฉลี่ยของระดับกำลังรับสัญญาณที่ระยะทางเริ่มต้น 1 เมตรได้ความชันจากระยะทางดังรูปที่ 3 ความชันจากความสูงดังรูปที่ 4 และความชันจากความถี่ดังรูปที่ 5

ตารางที่ 1 ค่ากำลังรับสัญญาณที่ระยะทาง 1 เมตร (A_0) และ ค่าความชัน (B) ของตัวแปรที่ได้จากการทดสอบสัญญาณ

ตัวแปรที่ทำให้เกิดการลดทอนในระบบ Wireless LAN					
ลักษณะพื้นที่	ค่าลดทอน ระยะ 1 เมตร	ความชันของกราฟ			ค่าคงที่
		ระยะทาง	ความสูง	ความถี่	
	A_0(dBm)	B_d	B_{ht}	B_{fc}	K
ไร้สิ่งกีดขวาง	51.17	23.77	26.28	0.075	115.98
ใกล้แหล่งน้ำ	68.67	12.52	32.17	0.075	121.68
ป่าทึบ	62.97	23.2	22.60	0.075	121.68
ลานจอดรถ	66.27	17.69	19.85	0.075	118.38

เมื่อ A เป็นจุดตัดแกนที่ระดับกำลังรับสัญญาณที่ระยะทางเป็นศูนย์ (x=0) และ B คือความชันของตัวแปรที่ทำการทดสอบ กำหนดให้

B_d เป็นค่าความชันจากระยะทางมีหน่วยเป็นเมตร

B_{ht} เป็นค่าความชันจากความสูงมีหน่วยเป็นเมตร

B_{fc} เป็นค่าความชันจากความถี่ของเส้นตรง (slope)

การหาสมการเส้นตรงโดยการประมาณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรระยะทาง ความถี่ ความสูง และค่าเฉลี่ยกำลังรับสัญญาณจะประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) ได้ค่าคงที่จากความชันที่หาได้ดังค่าที่ในตารางที่1 แทนค่าลงในสมการที่ (12) สามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างแบบโมเดลการลดทอนสัญญาณของพื้นที่ภายนอกอาคารทั้ง 4 แบบใหม่ได้เป็นสมการที่ 13 คือ

$$PL = B_d \log d(m) + B_{fc} \log f_c(MHz) + B_{ht} \log h_t(m) - K \qquad (13)$$

เมื่อ f_c คือความถี่ใช้งาน (MHz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d คือระยะทาง (เมตร)

h_t คือความสูงในการติดตั้งแอคเซสพ้อยท์ (เมตร)

ภายใต้เงื่อนไขอัตราการขยายสัญญาณของเสาอากาศแอคเซสพ้อยท์เป็น 2.2 dBi และความสูงของเสาอากาศเครื่องรับ 0.1 เมตร

5. การทดสอบการแพร่กระจาย

ทดสอบระดับกำลังงานของสัญญาณที่รับจากแอคเซสพ้อยท์ในหน่วย *dBm* เพื่อศึกษาตัวแปรที่ทำให้เกิดการลดทอนสัญญาณของพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีลักษณะทางกายภาพต่างกันรายละเอียดดังนี้

5.1 พื้นที่ภายนอกอาคารที่ใช้ในการทดสอบสัญญาณคือ

5.1.1 พื้นที่โล่งไร้สิ่งกีดขวางหาลักษณะการลดทอนสัญญาณในสภาพสูญญากาศทำการทดสอบบริเวณสนามฟุตบอลมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มีลักษณะเป็นสนามหญ้าล้อมรอบด้วยลู่วิ่งและอัฒเจรรย์เชียร์

5.1.2 พื้นที่ใกล้แอ่งน้ำเพื่อศึกษาความชื้นจากแหล่งน้ำที่ทำให้เกิดการดูดซับสัญญาณทำการทดสอบบริเวณเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์มีลักษณะเป็นแอ่งน้ำขนาดใหญ่คิดเป็นปริมาณพื้นน้ำประมาณ 50% ตลอดแนวของระยะทางวัดสัญญาณที่คลื่นเดินทางถึงอุปกรณ์รับสัญญาณ

5.1.3 พื้นที่มีต้นไม้ปกคลุมหนาแน่นเพื่อศึกษาค่าลดทอนจากต้นไม้ที่กีดขวางการแพร่กระจายคลื่นทำการทดสอบบริเวณอุทยานทุ่งแสลงหลวงมีลักษณะเป็นป่าสนใบค่อนข้างโปร่งกระจายทั่วบริเวณ ความสูงของลำต้น 2 เมตรถึง 10 เมตรโดยแต่ละต้นมีช่วงห่าง 2 เมตรถึง 4 เมตร

5.1.4 พื้นที่ลานจอดรถเพื่อศึกษาการลดทอนที่ส่งผลต่อระดับกำลังรับสัญญาณบริเวณหลังอาคาร KPN พระรามเก้าซึ่งมีสภาพแวดล้อมประกอบด้วยอาคารจอดรถแบบชั้นเดียว แอ่งน้ำขนาดเล็ก และต้นไม้กระจายทั่วบริเวณที่ความสูงประมาณ 2 เมตรถึง 5 เมตร

ทำการวัดและเก็บผลการทดสอบโดยใช้โปรแกรมฟิวชั่น (Fusion) บนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์มือถือ Symbol MC3090 เป็นตัววัดระดับกำลังรับสัญญาณ (Signal Level) ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 โปรแกรม Fusion ที่ติดตั้งอยู่บน Symbol MC3090

การทดสอบตัวแปรมีรายละเอียดดังนี้

1. ระยะทางตั้งแต่ 1 เมตร ถึง150 เมตร เก็บผลทุกๆ 5 เมตร กำหนดความสูง 1 เมตร และความถี่ 2462 MHz

2. ความสูงที่ระดับ 1 ถึง 5 เมตร กำหนดระยะทาง 1 เมตร และความถี่ 2462 MHz

3. ความถี่ที่ 2412 MHz ถึง 2462 MHz วัดค่าเพิ่มขึ้นทุกๆ 5 MHz กำหนดระยะทาง1 เมตร และความสูง 1 เมตร

6. ผลการทดสอบ

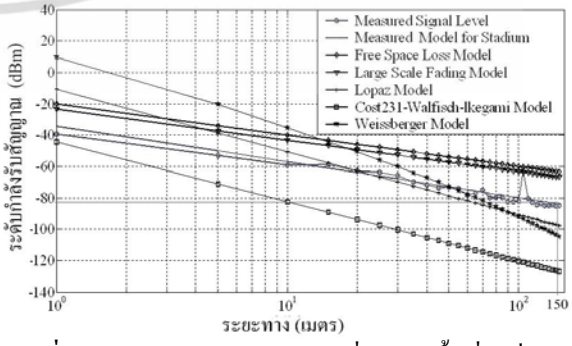
เมื่อแทนค่าคงที่จากตารางที่1 ลงในสมการที่13 ได้โมเดลการลดทอนสัญญาณจากการกระจายคลื่นวิทยุเปรียบเทียบกับ [1], [2], [3], [4], [5] รายละเอียดดังนี้

6.1 เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นการลดทอนสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็นผลให้กำลังรับสัญญาณมีค่าลดลง

6.2 เมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้นการลดทอนสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ระดับกำลังรับสัญญาณมีค่าลดลง

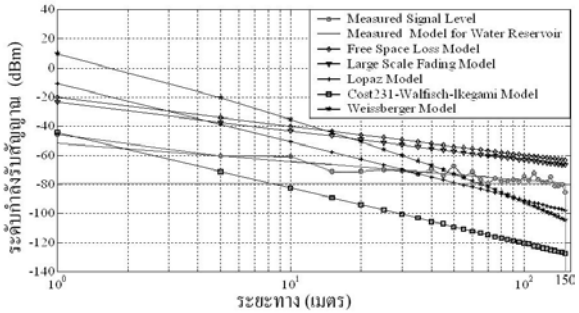
6.3 จากรูปที่ 7 และรูปที่8 เห็นได้ว่าน้ำทำให้เกิดการดูดซับสัญญาณของระบบ

6.4 จากพื้นที่ป่าค่ากำลังรับสัญญาณมีลักษณะขึ้นลงไม่คงที่และยังไม่ผู้ศึกษารายใดสร้างโมเดลที่มีค่าใกล้เคียงกับผลการทดสอบจริง

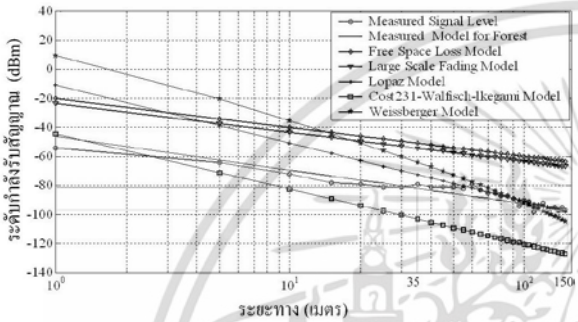


ภาพที่ 7 เปรียบเทียบแบบจำลองที่ได้จากพื้นที่ไร้สิ่งกีดขวางและแบบจำลอง [1], [2], [3], [4], [5]

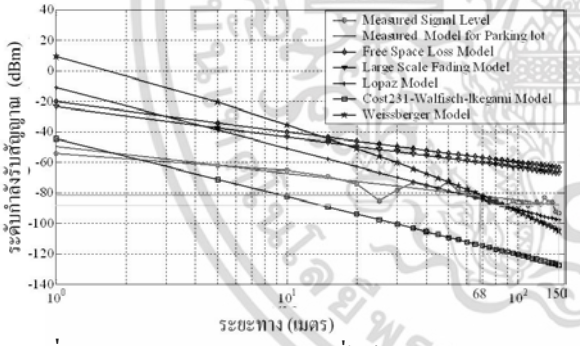
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบแบบจำลองที่ได้จากพื้นที่ใกล้แอ่งน้ำ (Water reservoir) และแบบจำลอง [1], [2], [3], [4], [5]



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบแบบจำลองที่ได้จากพื้นที่ต้นไม้หนาแน่น (Forest) และแบบจำลอง[1], [2], [3], [4], [5]



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบแบบจำลองที่ได้จากบริเวณลานจอดรถ (Parking lot) และแบบจำลอง[1], [2], [3], [4], [5]

7. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการศึกษาแพร่กระจายคลื่นของเครือข่าย WLAN มาตรฐานIEEE 802.11b/g ย่านความถี่ 2.4 GHz โดยสร้างแบบจำลองการลดทอนสัญญาณของพื้นที่ภายนอกอาคาร แล้วนำเสนอสมการทางคณิตศาสตร์ดังสมการที่13 เพื่อทำนายกำลังรับสัญญาณสำหรับระบุตำแหน่งติดตั้งแอคเซสพ้อยท์ที่สัญญาณครอบคลุมพื้นที่ลักษณะโล่งไร้สิ่งกีดขวาง พื้นที่ใกล้แอ่งน้ำ พื้นที่ป่าและพื้นที่ลานจอดรถที่มีความแม่นยำ ทำให้บริเวณที่ไม่สามารถให้บริการเครือข่ายแบบมีสาย (LAN Network) จากเดิมที่มีความยุ่งยากสามารถให้บริการสารสนเทศ สื่อสิ่งพิมพ์และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่างๆเพื่อสนองตามนโยบายขององค์กรได้

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คุณทรงพล มากพานิช ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง Cisco 1121b/g, Symbol MC3090 และคุณนันทรัตน์ ธรรมานุชศร, คุณกฤษดา ดวงดี, คุณศิริมงคล สาลี ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Kaveh Pahlavan ,“Wireless Information Networks”, John Wiley & Sons INC, pp. 37-76, 1995.

[2] E. Lopez-Aguilera,“A Transmit Power Control Proposal for IEEE 802.11 Cellular Networks”, Wireless Networks Group – Telematics Department, Technical University of Catalonia Barcelona, Spain, pp. 2

[3] V. Dasarathan,"Outdoor Channel Measurement, Pathloss Modelling and System Simulation of 2.4 GHz WLAN IEEE 802.11g in Indian Rural Environments", Department of ECE, Thiagarajar College of Engineering, Madurai, India, Proceedings of Asia-Pacific Microwave Conference, pp. 2, 2007.

[4] Johansson & Furuskär, Cost efficient capacity expansion strategies using multi-access networks, In Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference (VTC)., Spring., pp.2

[5] M. Dapper, “RF propagation in short-range sensor communications,” in Proceedings of the SPIE Conference on Unattended Ground Sensor Technologies and Applications V, E. Carapezza, Ed., vol. 5090, Orlando FL, pp. 6-9, Sept., 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้