

บทที่ 5

การประเมินสมรรถนะโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11

5.1 บทนำ

เนื้อหาบทนี้นำเสนอหลักการและการประเมินสมรรถนะโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายตามมาตรฐาน 802.11 ทั้งมาตรฐาน 802.11b และ 802.11g ซึ่งมีความจำเป็นต่อการออกแบบและการใช้งานโครงข่าย โดยเริ่มจากศึกษาพื้นฐานโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบสายอากาศ และยังกล่าวถึงวิธีการประเมินประสิทธิภาพและผลการประเมินสมรรถนะโดยไร้สายอากาศตัวสะท้อนแบบพริสม์ที่ป้อนสัญญาณโดยโพรบภายในวงแหวนวงกลม จากนั้นก็ทำการประเมินประสิทธิภาพของสายอากาศตัวสะท้อนแบบพริสม์ที่ป้อนสัญญาณโดยโพรบภายในวงแหวนวงกลมเพื่อรองรับระบบโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย โดยทำการประเมินจากค่าระยะบริการสูงสุด ซึ่งค่าระยะบริการสูงสุดเป็นตัวแปรที่สำคัญที่บอกถึงความสามารถของสายอากาศ

5.2 ระยะบริการสูงสุด

ระยะทำงานไกลสุดของระบบเกิดขึ้นเมื่อระดับกำลังงานรับเท่ากับระดับที่ทำให้คุณภาพการสื่อสารตามที่กำหนดไว้ ซึ่งระดับนี้เรียกว่า ความไวเครื่องรับ (Receiver Sensitivity) อัตราการสูญเสียการแพร่กระจายที่ทำให้ค่ากำลังงานรับเท่ากับความไวเครื่องรับเรียกว่า ค่าอัตราสูญเสียการแพร่กระจายสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum Acceptable Path Loss) แสดงเป็นหน่วยเดซิเบลได้ดังนี้

$$L_{\max} = P_t - L_t + G_t - L_r + G_r - S \quad (5.1)$$

เมื่อ P_t คือกำลังงานส่ง G_t และ G_r คืออัตราขยายของสายอากาศส่งและรับ ตามลำดับ L_t และ L_r คืออัตราสูญเสียจากสายนำสัญญาณด้านส่งและรับ S คือค่าความไวเครื่องรับ ซึ่งตัวแปรทั้งหมดมีหน่วยเป็น dB ซึ่งจากทฤษฎีย้อนกลับ (Reciprocity Theorem) ได้นิยามว่า ความสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดการสลับหน้าที่รับส่งระหว่างสายอากาศส่งและรับ แต่อย่างไรก็ตามอัตราสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นสูงสุดที่ยอมรับได้ระหว่างสองทิศทางอาจมีความแตกต่างกันเนื่องจากความไวเครื่องรับด้านรับและด้านส่งต่างกัน ตัวอย่างเช่น เครื่องรับที่สถานีฐานถูกออกแบบให้มีความไวเครื่องรับมากกว่าลูกข่ายเพื่อลดกำลังงานส่งจากลูกข่าย

5.3 การทดสอบสมรรถนะของสายอากาศ

5.3.1 อัตราขยาย

อัตราขยายคือความสัมพันธ์ที่ได้มาจากค่าสภาพเจาะจงทิศทาง โดยรวมประสิทธิภาพของสายอากาศเข้ามาด้วย ซึ่งสมรรถนะของสายอากาศประกอบด้วยประสิทธิภาพของการสะท้อนกลับของตัวนำและ ไดอิเล็กตริก ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการหาค่าอัตราขยายของสายอากาศและประสิทธิภาพรวมไว้ด้วยแสดงโดยสมการของฟรีส (Friis Transmission Equation) ดังนี้

$$2G(\text{dBi}) = P_r(\text{dBm}) - P_t(\text{dBm}) + L_{t1}(\text{dB}) + L_{t2}(\text{dB}) + L_s(\text{dB}) \quad (5.2)$$

เมื่อ

$$L_s(\text{dB}) = 20 \log \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right) \quad (5.3)$$

เมื่อ G คือ อัตราขยายของสายอากาศ P_r และ P_t คือ กำลังงานรับและส่งของสายอากาศตามลำดับ L_{t1} และ L_{t2} คือ ค่าสูญเสียของสายส่งเส้นที่ 1 และ 2 ตามลำดับ L_s คือ ค่าสูญเสียในชั้นบรรยากาศ R คือ ระยะห่างระหว่างสายอากาศตัวส่งกับสายอากาศตัวรับ λ คือค่าความยาวคลื่น

5.3.2 ความกว้างแถบความถี่ (Bandwidth)

แถบความถี่ของสายอากาศคือช่วงของความถี่ที่สายอากาศมีคุณสมบัติอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดให้ กล่าวคือช่วงของความถี่ที่คุณสมบัติต่างๆของสายอากาศ ได้แก่ แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น, การโพลาไรเซชัน, อัตราการขยาย เป็นต้น อยู่ในค่าที่ใช้งานได้ คือ ไม่ต่างจากคุณสมบัติที่วัดที่ความถี่ตรงกลางที่ออกแบบจนทำให้คุณสมบัติเหล่านี้เปลี่ยนไปจากข้อกำหนด ซึ่งสายอากาศที่มีการใช้งานในช่วงความถี่ไม่มากนัก การแสดง Δf จะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับความถี่กลาง

$$\Delta f(\%) = \left(\frac{f_H - f_L}{f_c} \right) \quad (5.4)$$

เมื่อ

f_H คือค่าความถี่สูงสุดที่สามารถทำงานได้

f_L คือค่าความถี่ต่ำสุดที่สามารถทำงานได้

f_c คือค่าความถี่ที่ออกแบบ

5.3.3 บริเวณสนามระยะไกล (Far Field Distance)

บริเวณสนามระยะไกลคือบริเวณที่แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศเท่ากับ $\frac{2D^2}{\lambda}$ การวัดแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศจะวัดทั้งระนาบสนามไฟฟ้า และระนาบสนามแม่เหล็ก โดยจะพิจารณาที่สนามระยะไกลหรือสายอากาศตัวส่งกับตัวรับเมื่อ

$$R = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (5.5)$$

R = ระยะห่างระหว่างสายอากาศตัวส่งกับสายอากาศตัวรับ

D = ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของสายอากาศ

$$R = \left(\frac{2 \times (25)^2}{12.245} \right) = 1.02 \text{ m}$$

5.3.4 ประสิทธิภาพของสายอากาศ (Antenna Efficiency)

ประสิทธิภาพของสายอากาศคือ ค่าการสูญเสียที่รอยต่อด้านเข้า และภายในโครงสร้างของสายอากาศ เช่นการสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับเพราะว่าการไม่แมตช์กันระหว่างสายส่งกับสายอากาศและ การสูญเสียที่เกิดจากสภาพตัวนำและไดอิเล็กตริก

โดยทั่วไปประสิทธิภาพของสายอากาศสามารถเขียนได้เป็น

$$e_o = e_r e_c e_d \quad (5.6)$$

เมื่อ

e_o คือ ประสิทธิภาพรวมของสายอากาศ

e_r คือ ค่าประสิทธิภาพการสะท้อน $= 1 - |\Gamma|^2$

e_c คือ ประสิทธิภาพของตัวนำ

e_d คือ ประสิทธิภาพของไดอิเล็กตริก

Γ คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของแรงดันที่รอยต่อด้านเข้าของสายอากาศ

$$\left(\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_o}{Z_{in} + Z_o} \right)$$

เมื่อ

Z_{in} คือ อินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ

Z_o คือ อิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณ

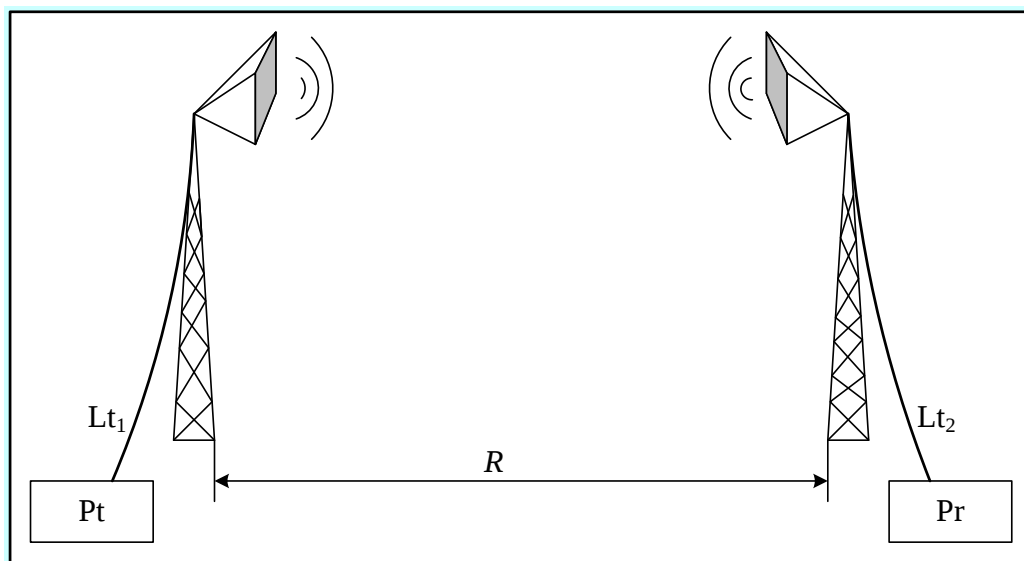
ปกติการหาค่า e_c และ e_d จะทำได้ยาก แต่ก็สามารถหาค่าได้ด้วยการทดลองดังนั้นสมการ (5.6) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$e_0 = e_r e_{cd} = e_{cd} (1 - |\Gamma|^2) \quad (5.7)$$

เมื่อ

$$e_{cd} = e_c e_d = \text{ประสิทธิภาพความนำและไดอิเล็กตริก}$$

ของสายอากาศ



รูปที่ 5.1 การทดสอบสายอากาศในย่านสนามระยะไกล

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ ที่ทำการทดสอบ

ระยะจุดป้อน สัญญาณ (λ)	กำลังงานรับ Pr(dBm)	กำลังงานส่ง Pt(dBm)	ค่าสูญเสียสาย ส่งเส้นที่ 1 Lt1 (dB)	ค่าสูญเสียสาย ส่งเส้นที่ 2 Lt2 (dB)	ค่าสูญเสีย จาก ช่องว่าง อิสระ Ls(dB)
0.5	-26.02	0	0.1	0.1	52.43
0.7	-34.05	0	0.1	0.1	52.43
1.0	-35.68	0	0.1	0.1	52.43

เมื่อนำค่าต่างๆจากการทดสอบมาแทนในสมการที่ (5.2) และ (5.3) จะได้ค่าอัตราขยายและประสิทธิภาพเมื่อทำการเปลี่ยนระยะจุดป้อนสัญญาณดังต่อไปนี้

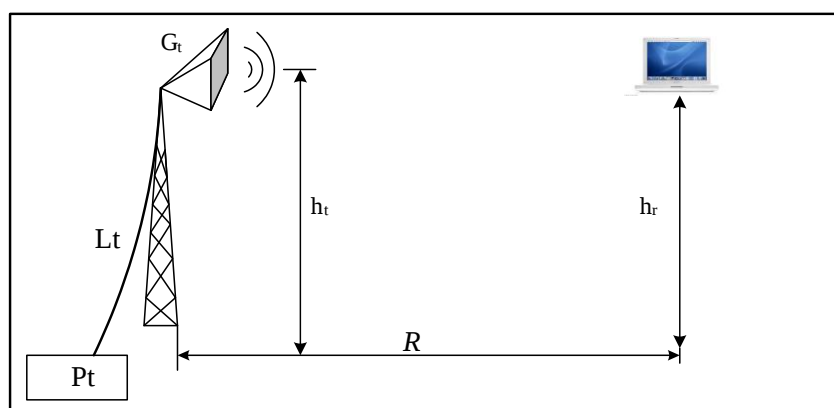
ตารางที่ 5.2 อัตราขยายเมื่อทำการเปลี่ยนระยะจุดป้อนสัญญาณ

ระยะจุดป้อนสัญญาณ (λ)	อัตราขยาย (dBi)	ประสิทธิภาพ (%)
0.5	13.3	92.3
0.7	9.2	86.7
1.0	8.4	88.0

ตารางที่ 5.3 ค่าการทดสอบคุณลักษณะสายอากาศ

ระยะจุดป้อน สัญญาณ	Input Impedance	SWR	Return Loss (dB)
0.5λ	$28 - j9.80 \Omega$	1.90	-10.7
0.7λ	$47 - j17.08 \Omega$	1.42	-15.0
1.0λ	$42.5 - j28.90 \Omega$	1.87	-10.7

5.4 การประเมินสมรรถนะในระบบโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11b/g



รูปที่ 5.2 การประเมินสมรรถนะสายอากาศในย่านสนามระยะไกล

ตารางที่ 5.4 ระยะจุดป้อนสัญญาณที่ทำการทดสอบ

ระยะจุดป้อน สัญญาณ	Input Impedance	SWR	ระยะบริการสูงสุด (m)
0.7λ	$47 - j17.08 \Omega$	1.42	300

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าพารามิเตอร์และอุปกรณ์ ที่ทำการทดสอบ

พารามิเตอร์	ด้านสถานีฐาน	ด้านลูกข่าย
Pt	16 dBm	-
Lt	3.5 dB	0 dB
Gt	9.2 dBi	0 dBi
ht, hr	1.1 m	1.1 m
เครื่องรับส่ง	D-Link DWL-2000AP+	INTEL(R) PRO/Wireless 2200 BG

5.5 สรุป

เนื้อหาบทนี้กล่าวถึงหลักการและการประเมินสมรรถนะโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายตามมาตรฐาน 802.11 ทั้งมาตรฐาน 802.11b และ 802.11g รวมทั้งทำการประเมินสมรรถนะของสายอากาศตัวสะท้อนแบบพริสมิตที่ป้อนสัญญาณโดยโพรบภายในวงแหวนวงกลม เพื่อใช้งานในระบบโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายโดยการพิจารณาจากระยะบริการสูงสุด จากการพิจารณาที่บริเวณสนามระยะไกลจะได้ $R = 2D^2 / \lambda$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.02 m แต่การทดลองจะใช้ที่ 2 m และแถบความถี่ของสายอากาศเท่ากับ 4.4 % และเมื่อพิจารณาถึงระยะของจุดป้อนสัญญาณ หรือระยะห่างระหว่างตัวสะท้อนคลื่นกับสายอากาศวงแหวนวงกลม ที่ระยะ 0.5λ ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศเท่ากับ $28 - j9.80 \Omega$ ค่า SWR เท่ากับ 1.9 : 1 ค่าการสะท้อนกลับเท่ากับ -10.7 dB ที่ระยะ 0.7λ ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศเท่ากับ $47 - j17.08 \Omega$ ค่า SWR เท่ากับ 1.42 : 1 ค่าการสะท้อนกลับเท่ากับ -15.0 dB และที่ระยะ 1.0λ ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศเท่ากับ $42.5 - j28.9 \Omega$ ค่า SWR เท่ากับ 1.87 : 1 ค่าการสะท้อนกลับเท่ากับ -10.7 dB ซึ่งพบว่าที่ระยะ 0.7λ เป็นช่วงระยะที่เหมาะสมที่สุด เพราะว่ามีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศเท่ากับ $47 - j17.082 \Omega$ ใกล้เคียงกับค่าอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณ 50Ω มากที่สุด มีค่า SWR น้อยกว่า 1.5 : 1 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป รวมทั้งได้ค่าการสะท้อนกลับเท่ากับ -15.0 dB ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นที่ระยะ 0.7λ จึงเป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดที่สายอากาศจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด