โครงการวิจัย

ประจำปี 2550

ชุดการทดลองทางสายอากาศไมโครสตริป

Microstrip Antenna for Experimental

หัวหน้าโครงการวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ

ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

รองศาสตราจารย์ นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย

RCH
TK
7871.67
.M5
ช282ช

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คำนำ

ในการเรียนการสอนเกี่ยวกับทฤษฎีสายอากาศนั้น สิ่งที่จะเป็นประโยชน์นำไปใช้เพื่อก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการสายอากาศได้ดียิ่งขึ้น คือ การสร้างและวัดสายอากาศซึ่งเป็นแนวทางในการปฏิบัติ ดังนั้นชุดการทดลองสายอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะถูกนำมาใช้ในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากชุดการทดลองสายอากาศที่นิยมใช้จะเป็นชุดการทดลองที่มาจากต่างประเทศ มีราคาสูง ดังนั้นหนทางหนึ่งที่จะใช้ในการแก้ปัญหา คือการสร้างชุดการทดลองทางสายอากาศไมโครสตริปราคาประหยัด เพื่อนำมาใช้ทดแทนชุดการสอนที่มีราคาแพงดังกล่าวได้ในระดับหนึ่ง

ชุดการทดลองทางสายอากาศไมโครสตริปที่จัดทำนี้ จะแบ่งเป็น 4 ส่วน **ส่วนที่ 1** ทฤษฎีสายอากาศ **ส่วนที่ 2** การสร้างสายอากาศไมโครสตริปและการวัดคุณสมบัติ **ส่วนที่ 3** ชุดอุปกรณ์วัดแพทเทอร์นสายอากาศไมโครสตริป และ**ส่วนที่ 4** วิธีการวัดแพทเทอร์สายอากาศ ซึ่งสายอากาศที่ใช้เป็นต้นแบบในการวัดนั้นจะเป็นสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดหลาย ๆ รูปแบบ ที่สามารถใช้งานในย่าน Wireless LAN ที่ความถี่ 2.45 GHz และเนื่องจากต้องการลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากชุดเครื่องมือวัด ดังนั้นจะจัดทำชุดทดลองที่ใช้การส่งผ่านกระจายคลื่นด้วยอุปกรณ์ Access Point เท่านั้น

RCH
TK
7871.67
.M6
ช2828
เลขหมู่.....
84557
เลขทะเบียน.....
13 ต.ค. 2551
วัน,เดือน,ปี.....

b.11905518

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1

ทฤษฎีสายอากาศ

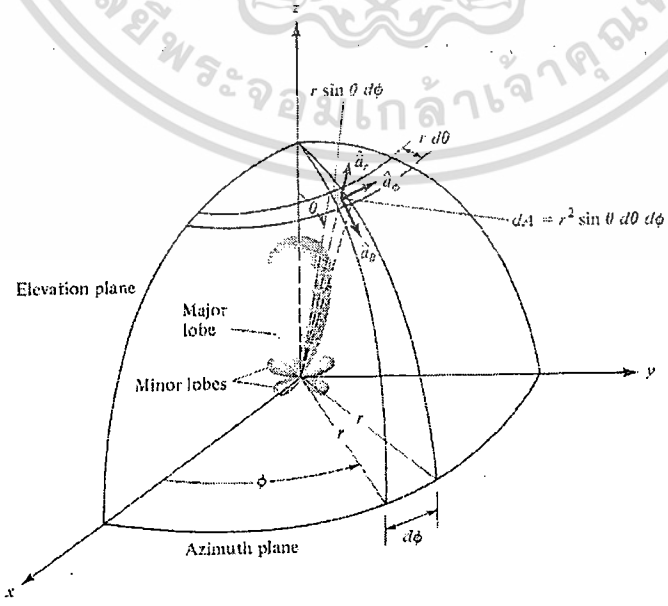
1.1 บทนำ

คำว่า **สายอากาศ** ได้มีผู้นิยามไว้มากมาย เช่น สายอากาศ คือ แท่งโลหะหรือเส้นลวดที่ใช้ในการแผ่กระจายหรือรับคลื่นวิทยุ โดยทั่วไปแล้วสายอากาศแบบเดียวกันสามารถใช้ทำหน้าที่ในการรับและส่งคลื่นได้เหมือนกัน ดังนั้นรูปแบบในการอธิบายจึงอาจจะอธิบายสายอากาศในเชิงของการส่งคลื่นหรือการรับคลื่นสลับไปมาได้ และสายอากาศที่นิยมใช้จะแบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ สายอากาศแบบเส้นลวด (Wire Antennas) สายอากาศแบบปากเปิด (Aperture Antennas) สายอากาศแบบไมโครสตริป (Microstrip Antennas) สายอากาศแบบเรียงลำดับ (Array Antennas) สายอากาศแบบสะท้อน (Reflector Antennas) และสายอากาศแบบเลนซ์ (Lens Antennas)

1.2 พารามิเตอร์พื้นฐานของสายอากาศ

1.2.1 แบบรูปของการกระจายคลื่น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระจายออกรอบตัวสายอากาศจะมีลักษณะรูปร่างของการกระจายพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นรูปร่างต่าง ๆ กันเรียกว่า รูปแบบหรือแพทเทอร์น ซึ่งเป็นตัวกำหนดการชี้ทิศทาง (Directivity) ซึ่งไดเรคติวิตี้ของสายอากาศ คือ พลังงานคลื่นที่ถูกแพร่ออกไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง สำหรับแพทเทอร์นที่แพร่กระจาย (Radiation Pattern) คือรูปร่างที่ใช้แสดงคุณสมบัติของการแพร่กระจายคลื่น ซึ่งเป็นฟังก์ชันของพิกัดในอากาศ (Space Coordinate) ส่วนใหญ่แพทเทอร์นของการแพร่กระจายคลื่นนี้มักคิดในบริเวณที่เป็นสนามระยะไกล (Far Field)



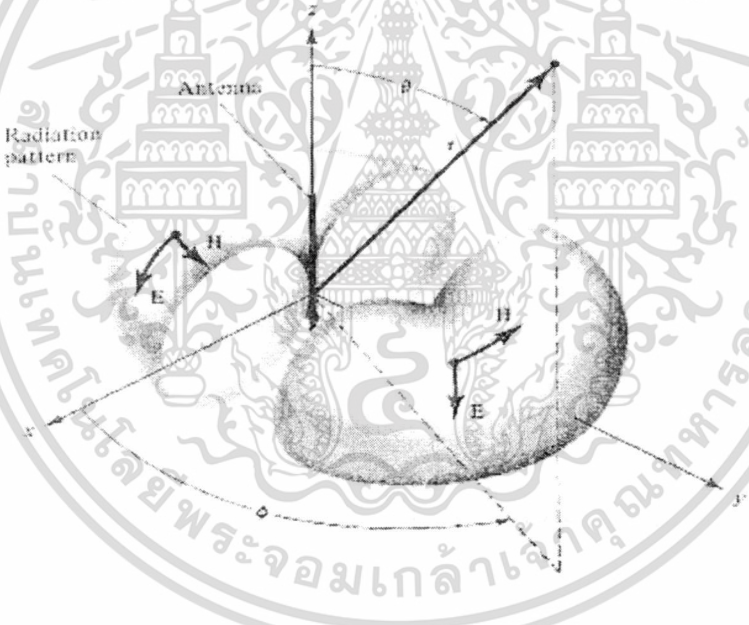
รูปที่ 1.1 ระบบโคออดิเนทที่ใช้ในการวิเคราะห์สายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.1 แสดงระบบโคออดิเนทที่ใช้แสดงคุณสมบัติของการแพร่กระจายคลื่น เส้นทางเดินของกำลังงานที่รับได้ที่แนวรัศมีคงที่ เรียกว่า แพทเทอร์นกำลังงาน (Power Pattern) และกราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าในทิศทางต่าง ๆ ที่มีรัศมีคงที่ เรียกว่า แพทเทอร์นสนาม (Field Pattern) สำหรับการนำไปใช้งานจะเป็นการเขียนแพทเทอร์นให้เป็นฟังก์ชันของ θ และ ϕ

1.2.2 รูปแบบไอโซโทรปิค ไดเรคชันแนล และออมนิไดเรคชันแนล

ตัวแพร่คลื่นไอโอโซโทรปิค (Isotropic Radiator) คือสายอากาศที่ไม่มีการสูญสียที่ถูกสมมุติขึ้นโดยมีคุณสมบัติของการแพร่กระจายคลื่นในทุกทิศทางด้วยความเข้มสนามที่เท่ากัน เป็นสายอากาศที่ไม่มีจริงแต่จะใช้เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับสายอากาศที่สร้างจริงในการแสดงคุณสมบัติการชี้ทิศทางของสายอากาศ สายอากาศแบบชี้ทิศทาง (directional antenna) เป็นสายอากาศที่มีคุณสมบัติในการแผ่กระจายหรือรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีในทิศทางหนึ่งขณะที่ทิศทางอื่น ๆ จะไม่ดีเท่า และสายอากาศแบบออมนิไดเรคชันแนล คือสายอากาศที่มีแพทเทอร์นของการแผ่กระจายได้รอบทิศทาง แสดงดังรูปที่ 1.2



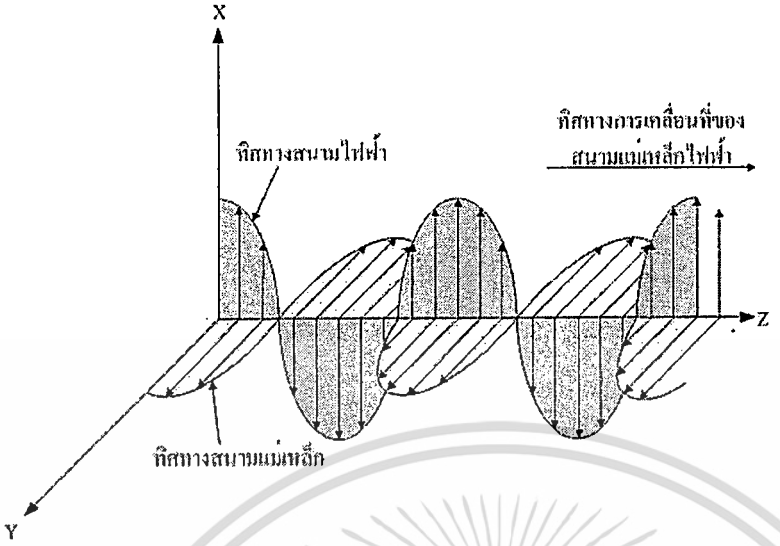
รูปที่ 1.2 แพทเทอร์นของสายอากาศแบบออมนิไดเรคชันแนล

จากรูปที่ 1.2 ไม่มีการชี้ทิศทาง (directional) ในระนาบแนวตั้ง แต่มีการชี้ทิศทางในระนาบแนวนอน ดังนั้นจะเรียกรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นแบบนี้ว่าออมนิไดเรคชันแนล (Omnidirectional)

1.2.3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave)

คลื่นวิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่กระจายออกจากสายอากาศ ประกอบด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน และสนามทั้งสองจะตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นม่เหล็กไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและทิศทางการเคลื่อนที่

1.2.4 ไดเรคติวิตี้ (Directivity)

ไดเรคติวิตี้หรือการชี้ทิศทางของสายอากาศ คือ อัตราส่วนของความเข้มในการแพร่กระจายคลื่นในทิศทางที่กำหนดต่อความเข้มในการแพร่กระจายเฉลี่ยตลอดทุกทิศทุกทาง ซึ่งความเข้มเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับกำลังงานรวมทั้งหมดที่แพร่กระจายออกไปหารด้วย 4π เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$D = \frac{U}{U_o} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \tag{1.1}$$

$$D_o = \frac{U_{max}}{U_O} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \tag{1.2}$$

เมื่อ D = ไดเรคติวิตี้

D_o = ค่าสูงสุดของไดเรคติวิตี้

U = ความเข้มของการแพร่กระจายคลื่น(W / หน่วยมุมตัน)

U_{max} = ค่าสูงสุดของความเข้มของการแพร่กระจายคลื่น(W / หน่วยมุมตัน)

U_o = ความเข้มของการแพร่กระจายคลื่นของโอโซโทรปิคพอยท์ซอส (W / หน่วยมุมตัน)

P_{rad} = กำลังงานที่แพร่กระจายทั้งหมด (W)

โดยค่าไดเรคติวิตี้ของไอโซโทรปิคพอยท์ซอสจะมีค่าเท่ากับหนึ่งเสมอ เนื่องจากว่ามันแพร่ กระจายกำลังงานออกไปในทุกทิศทางด้วยค่าที่เท่าๆกัน แต่สำหรับสายอากาศโดยทั่วไปแล้วย่อมมีไดเรคติวิตี้มากกว่าหนึ่งเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.5 อัตราขยาย (Gain)

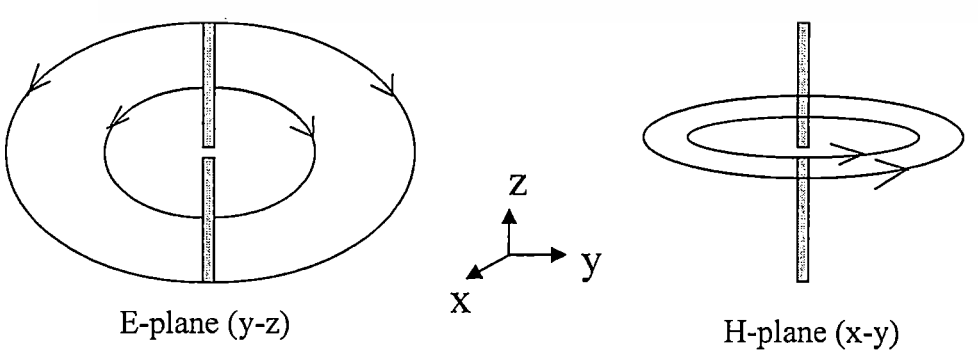
อัตราขยายของสายอากาศ หมายถึง ประสิทธิภาพในการรับส่งคลื่นของสายอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับสายอากาศมาตรฐาน โดยทั่วไปอัตราขยายในระบบสายอากาศจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น การสูญเสียในตัวสายอากาศ การไม่แมตช์กันระหว่างสายนำสัญญาณกับสายอากาศ เป็นต้น

อัตราขยายเป็นความสัมพันธ์ที่ได้จากไดเรคติวิตี้ โดยจะรวมเอาประสิทธิภาพของสายอากาศเข้ามาด้วย ขณะที่ไดเรคติวิตี้อธิบายคุณสมบัติในการชี้ทิศทางของสายอากาศเท่านั้น อัตราขยายของสายอากาศในทิศทางที่กำหนดมีค่าเท่ากับ 4π คูณอัตราส่วนของความเข้มของการแพร่กระจายคลื่นในทิศทางนั้นต่อกำลังงานสุทธิที่สายอากาศรับจากขั้วต่อของเครื่องส่ง เขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

$$G = \frac{4\pi U(\theta,\phi)}{P_{in}} \tag{1.3}$$

1.2.6 แบบรูปการแผ่กระจายคลื่น (Radiation Pattern)

สายอากาศเป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการแพร่กระจายคลื่นและรับคลื่นได้ด้วยรูปแบบเดียวกัน ซึ่งการออกแบบสายอากาศจะขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งาน โดยทั่วไปจะต้องกำหนดความถี่ย่านใช้งานเป็นอันดับแรกก่อน จากนั้นค่อยออกแบบด้วยการหารูปแบบสายอากาศที่สามารถสร้างได้ง่ายไม่ซับซ้อน ดังนั้นรูปแบบในการแผ่กระจายคลื่น (แพทเทอร์นการแผ่คลื่น) ออกจากสายอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องหา เพื่อจะได้ทราบถึงทิศทางที่คลื่นจะเดินทางออกจากสายอากาศ และเมื่อนำสายอากาศนี้ไปทำหน้าที่ในการรับคลื่นก็จะทำให้ทราบได้ว่าควรจะวางสายอากาศอย่างไร โดยจะอ้างอิงกับระนาบที่เป็นทิศทางเดินของคลื่น จากพิกัดในอากาศ ปกติจะให้แกน z เป็นทิศทางที่คลื่นเดินทาง ส่วนแกน y และแกน x จะเป็นแกนของระนาบสายอากาศ นั่นคือสายอากาศจะวางอยู่ในระนาบ x-y แพทเทอร์นการแผ่คลื่นจะอยู่ในรูปสามมิติและสองมิติ แต่โดยทั่วไปจะนิยมวัดเป็นสองมิติเพราะไม่ยุ่งยาก ซึ่งการวัดแพทเทอร์นสองมิตินี้จะวัดในรูปแบบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กซึ่งตั้งฉากกัน ตัวอย่างแสดงรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นออกจากสายอากาศในระนาบสนามไฟฟ้า (y-z plane) และระนาบสนามแม่เหล็ก (x-y plane) ของสายอากาศชนิดเส้นตรงที่ยาวเท่ากับความยาวครึ่งคลื่น (λ_o) แสดงดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 ระนาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสายอากาศไมโครสตริป

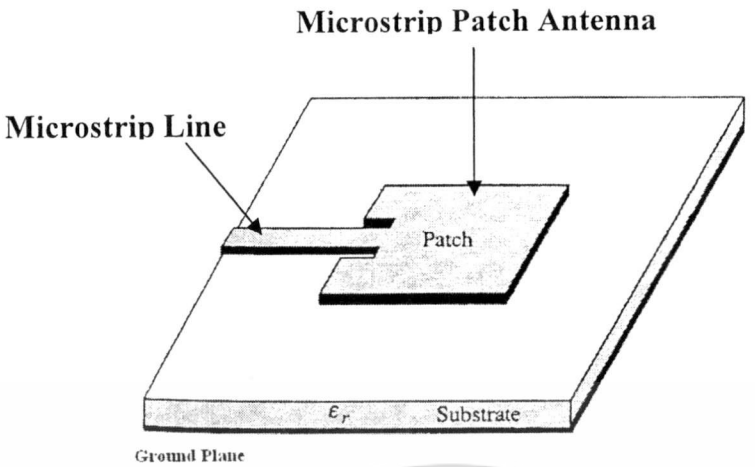
สายอากาศไมโครสตริปเป็นสายอากาศที่มีการศึกษา และพัฒนาอย่างมากตั้งแต่ปี 1970 เป็นต้นมา ในปัจจุบันสายอากาศไมโครสตริปเป็นสายอากาศที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในย่านความถี่ไมโครเวฟ เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นบางประการ คือ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และต้นทุนต่ำ ดังนั้นจึงได้มีการทำวิจัยและพัฒนารูปแบบของสายอากาศไมโครสตริปมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแบ่งเป็นสองแบบคือ แบบแผ่นตัวนำ (Patch Antenna) และแบบช่องเปิด (Slot Antenna) สำหรับสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดจะมีข้อดี คือ สามารถทำให้มีแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลได้ทั้งแบบทิศทางเดียว (unidirectional) และแบบสองทิศทาง (bidirectional) อีกทั้งยังมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของโพลาไรเซชั่น (polarization) น้อยกว่าสายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่น นอกจากนั้นครอส-โพลาไรเซชั่น (cross polarization) ของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดยังมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับสายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่น ซึ่งโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดนั้นสามารถจัดส่วนป้อนสัญญาณได้หลายรูปแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 2 รูปแบบ คือ สายนำสัญญาณไมโครสตริป (Microstrip Line) และแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม (Coplanar Waveguide: CPW) แต่ละรูปแบบของการป้อนสัญญาณจะมีข้อดีข้อเสียและให้ความสะดวกและการใช้งานที่อาจแตกต่างกันบ้าง สำหรับสายนำสัญญาณแบบ Microstrip Line นั้นจะเป็นรูปแบบที่มีการแยกสายอากาศที่เป็นช่องเปิดกับตัวป้อนสัญญาณให้เป็นอิสระต่อกัน จึงทำให้ง่ายต่อการออกแบบและง่ายต่อการทำแมตซ์อิมพิแดนซ์

ข้อได้เปรียบทางโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริป คือ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และมีความหลากหลายของรูปร่างของตัวแผ่กระจายคลื่น นอกจากนี้ยังมีข้อดีอื่น ๆ อีก เช่น ผลิตด้วยเทคโนโลยีแผ่นวงจรพิมพ์ ซึ่งทำให้สร้างได้ง่าย มีราคาถูก และตัวสายอากาศมีความแข็งแรงเพียงพอ นอกจากนี้สายอากาศชนิดนี้ยังเหมาะกับการใช้งานในโครงสร้างวงจรรวมไมโครเวฟ (Monolithic Microwave Integrated Circuit: MMIC) ด้วยคุณสมบัติที่ดีเหล่านี้จึงทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในระบบสื่อสารต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น การสื่อสารในระบบเครือข่ายไร้สาย ระบบมือถือ และการสื่อสารผ่านดาวเทียม เป็นต้น

1.3.1 โครงสร้างและคุณสมบัติทั่วไปของสายอากาศไมโครสตริป

โครงสร้างพื้นฐานของสายอากาศไมโครสตริปจะประกอบด้วยตัวแผ่กระจายคลื่น (Radiating Element) หรือก็คือสายอากาศแบบแผ่นตัวนำที่เรียกว่า Patch และสายนำสัญญาณไมโครสตริปวางอยู่บนระนาบเดียวกันบนวัสดุฐานรองที่เป็นฉนวน (Dielectric Substrate) ที่มีการสูญเสียต่ำ และอีก ด้านหนึ่งจะเป็นส่วนของตัวนำทั้งหมด เรียกว่า ระนาบดิน (Ground Plane) ดังแสดงในรูปที่ 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

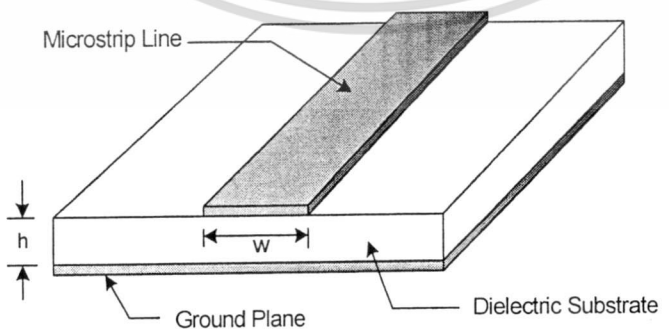


รูปที่ 1.5 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปบนวัสดุฐานรอง

สายอากาศชนิดนี้สามารถสร้างขนาดและรูปร่างได้หลายรูปแบบเพื่อให้ได้คุณลักษณะของสายอากาศที่เหมาะสมกับลักษณะงานที่ต้องการใช้ เช่น การออกแบบเพื่อให้เกิดความถี่เรโซแนนซ์สองความถี่ การออกแบบเพื่อให้ได้แบนด์วิดท์กว้างและลักษณะแบบรูปการแผ่พลังงานตามที่ต้องการ

1.3.2 การหาคุณลักษณะของสายนำสัญญาณไมโครสตริป

สายนำสัญญาณไมโครสตริป (Microstrip Line) จะเหมาะกับการใช้ร่วมกับสายอากาศแบบแผ่นตัวนำ (Patch Antenna) ปกติแล้วความกว้างของสายนำสัญญาณไมโครสตริปจะมีความกว้างน้อยมากเมื่อเทียบกับสายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่น จึงทำให้การสร้างและการแมทช์อิมพิแดนซ์ทำได้ง่าย ๆ โดยการควบคุมการวางตำแหน่งของการป้อนสัญญาณ โครงสร้างของสายนำสัญญาณไมโครสตริป แสดงดังรูปที่ 1.6

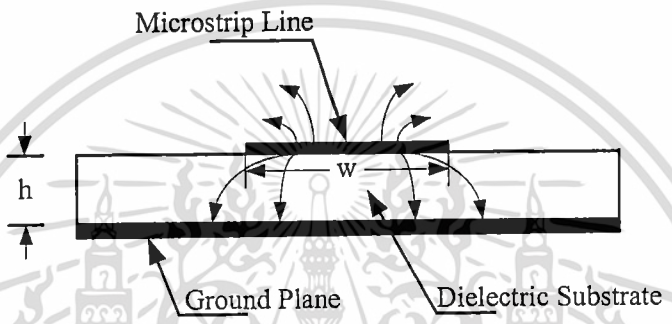


รูปที่ 1.6 โครงสร้างของสายนำสัญญาณไมโครสตริปบนวัสดุฐานรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2.1 การส่งผ่านคลื่นในสายนำสัญญาณไมโครสตริป

ถึงแม้สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปจะมีโครงสร้างง่าย ๆ แต่การวิเคราะห์คุณลักษณะของสายนำสัญญาณไมโครสตริปโดยละเอียดนั้น ในทางทฤษฎีเป็นสิ่งที่ยุ่งยากมาก ทั้งนี้เป็นเพราะเงื่อนไขขอบเขตของระบบค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนเมื่อเทียบกับท่อนำคลื่นหรือสายนำสัญญาณชนิดอื่น อย่างไรก็ตามได้มีผู้ทำการศึกษาทางทฤษฎีและพบว่า คลื่นที่ส่งผ่านไปตามไมโครสตริปนั้นจะใกล้เคียงกับโหมด TEM มาก แต่จะไม่ใช่โหมด TEM เสียทีเดียวจึงเรียกโหมดดังกล่าวนี้ว่าโหมดกึ่ง TEM (quasi-TEM mode) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1.7 โดยแสดงถึงเส้นแรงไฟฟ้าในระนาบตามขวางของสายส่ง



รูปที่ 1.7 เส้นแรงไฟฟ้าในระนาบตามขวางของสายนำสัญญาณแบบไมโครสตริป

1.3.2.2 การออกแบบสายส่งไมโครสตริป

การออกแบบสายส่งไมโครสตริปต้องคำนึงถึงค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งที่ประกอบด้วยความกว้าง W_m ความสูง h และความหนาของโลหะ (ที่มีความหนาน้อยมาก)

การหาค่าความยาวคลื่นในอากาศของความถี่หลักที่ออกแบบ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1.4)

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \tag{1.4}$$

เมื่อ c คือ ความเร็วแสง เท่ากับ 2.998×10^8 m/s หรือประมาณ 3.0×10^8 m/s

f คือ ความถี่หลักที่ต้องการออกแบบของสายอากาศ

การหาค่าความยาวคลื่นนำ (Guide wavelength: λ_g) หรือเรียกว่า ความยาวคลื่นสัมพัทธ์ ซึ่งหมายถึงความยาวคลื่นที่วิ่งในวัสดุฐานรอง จะสามารถคำนวณได้ด้วยสมการที่ (1.5)

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{eff}}} \tag{1.5}$$

โดยที่ ε_{eff} คือ ค่าคงตัวไดอิเล็คตริคประสิทธิผล ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (1.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณี $\frac{W_m}{h} > 1$

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2}\left[1 + 12\frac{h}{W_m}\right]^{-\frac{1}{2}} \quad (1.6)$$

เมื่อ ε_r คือ ค่าคงตัวไดอิเลคตริคของวัสดุฐานรอง

h คือ ค่าความหนาของแผ่นวงจรพิมพ์

W_m คือ ค่าความกว้างของสายส่งไมโครสตริป ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1.7)

$$\frac{W_m}{h} = \frac{2}{\pi}\left\{B' - 1 - ln(2B' - 1) + \frac{\varepsilon_r - 1}{2\varepsilon_r}\left[\ln(B' - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\varepsilon_r}\right]\right\} \quad (1.7)$$

เมื่อ $B' = \frac{120\pi^2}{2Z_o\sqrt{\varepsilon_r}}$ ขณะที่ Z_0 คือ ค่าอิมพิแดนซ์คุณลักษณะของสายส่งสัญญาณ ซึ่งส่วนใหญ่จะกำหนดให้เท่ากับ 50 โอห์ม

การออกแบบสายอากาศจะต้องคำนึงถึงการนำไปใช้งาน เช่น ต้องการวัสดุนั้นไปใช้กับงานที่มีอุณภูมิสูง ต้องการความยืดหยุ่นของวัสดุ เป็นต้น และควรเลือกวัสดุที่นำไปออกแบบให้เหมาะสมกับงาน ซึ่งวัสดุฐานรองที่นิยมนำมาออกแบบสายอากาศนั้นมีอยู่ 3 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. คุณสมบัติของวัสดุฐานรองที่นิยมใช้ในการสร้างสายอากาศ

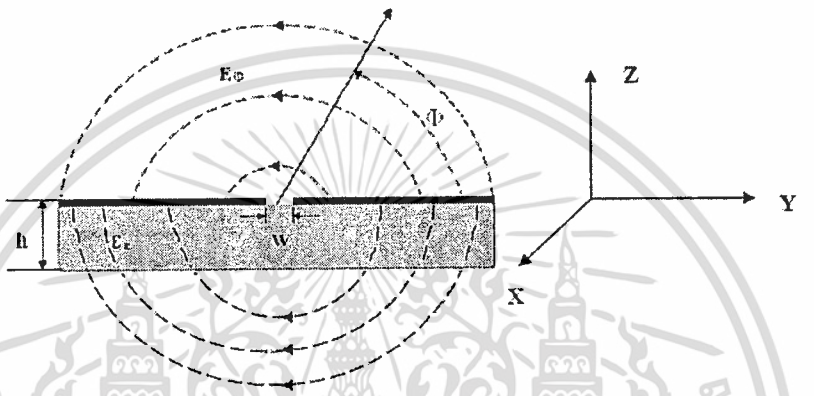
Substrate	Dielectric Constant	Dielectric Thickness	Loss tangent	Temperature
RT/Duroid 5880	2.20	0.8 mm, 1.57 mm.	0.0009	$225^\circ C$
RO4350B	3.48	0.5 mm.	0.004	$200^\circ C$
FR4	4.2 - 4.7	0.8 mm, 1.6mm	0.020	$130^\circ C$

วัสดุฐานรองที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ออกแบบสายอากาศมากที่สุดคือ RT/Duroid 5880 เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้งานได้หลากหลาย ทนต่ออุณภูมิสูงจึงทำให้สามารถใช้งานกับอุปกรณ์กำลังงานในการส่งสูง แต่มีข้อเสียคือราคาแพงและหาซื้อได้ยาก แต่เนื่องจากในปัจจุบันการสื่อสารไร้สายที่เรียกว่า WLAN นั้นจะใช้อุปกรณ์ที่มีกำลังงานในการส่งต่ำ อุณภูมิจึงไม่สูง ฉะนั้นจึงเสนอทางเลือกสำหรับการออกแบบสายอากาศโดยใช้วัสดุฐานรอง FR4 ซึ่งมีราคาต่ำ หาซื้อได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 การแผ่กระจายของสนามไฟฟ้าในช่องเปิด (Slot line)

สนามไฟฟ้าในช่องเปิดที่คิดในสนามระยะไกลจะอยู่ในทิศ ϕ ดังแสดงในรูปที่ 1.7 ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นสนามไฟฟ้าในช่องเปิด คือทิศทางที่พุ่งข้ามออกจากช่องเปิดบนระนาบของแผ่นโลหะที่วางอยู่บนวัสดุฐานรอง โดยมีลักษณะการแผ่กระจายสนามไฟฟ้าของช่องเปิด ในด้านของวัสดุฐานรองแถบโลหะและในอากาศ แสดงดังรูปที่ 1.8

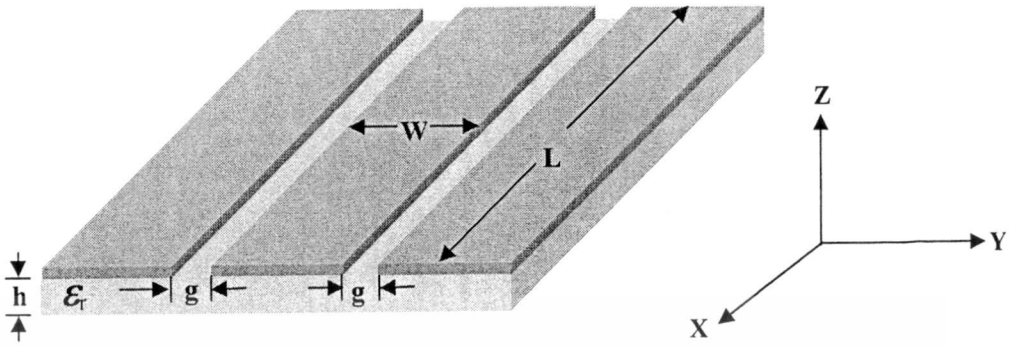


รูปที่ 1.8 ลักษณะการแผ่กระจายของสนามไฟฟ้าในช่องเปิด

1.3.4 สายนำสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม (Coplanar Waveguide: CPW)

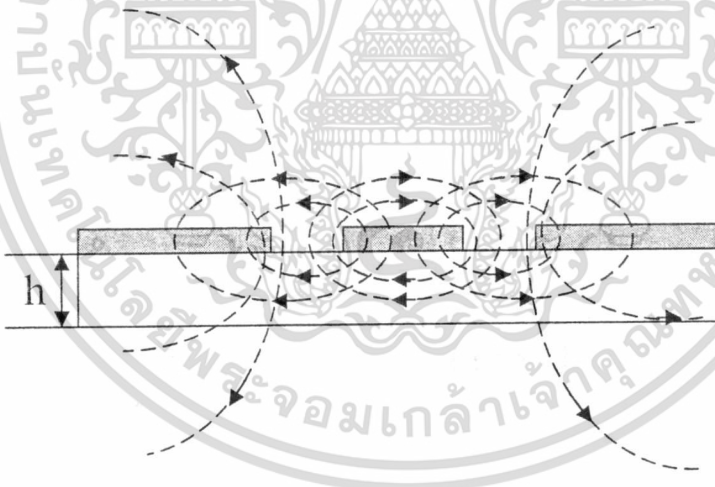
สายนำสัญญาณแบบเส้นไมโครสตริปกับสายนำสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมจะถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่จากผลการวิจัยและพัฒนาที่ผ่านมา โครงสร้างสายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่นตัวนำ จะประสบปัญหา และข้อจำกัด เช่น เมื่อต้องการเชื่อมต่อตัวนำด้านบนกับระนาบกราวด์ด้านล่างจำเป็นจะต้องมีช่องรูผ่าน (Via Holes) เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อ ซึ่งลักษณะแบบนี้จะทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของสัญญาณสูง (High Dispersion) และเกิดการสูญเสียสูง (High Insertion Loss) ด้วย เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงนำเสนอสายนำสัญญาณโครงสร้างระนาบร่วมที่มีกราวด์ด้านบนดังเสดงในภาพที่ 1.9 โครงสร้างระนาบร่วมที่มีกราวด์ด้านบนสามารถลดการผิดเพี้ยนของสัญญาณ (Low Dispersion) และการสูญเสียต่ำ (Low insertion Loss) ได้ นอกจากนี้ยังง่ายต่อการออกแบบเพื่อใช้งาน สายนำสัญญาณแบบ CPW (Coplanar Waveguide) ที่ใช้งานอยู่โดยทั่วไปนั้น จะมีรูปร่างเป็นแถบโลหะวางอยู่บนวัสดุฐานรอง ที่ถูกคั่นด้วยช่องเปิดสองช่อง การพิจารณาสายนำสัญญาณจะพิจารณาจากคุณลักษณะทางอิมพีแดนซ์ และเพื่อให้เกิดการแมตซ์กันระหว่างอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณกับอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ จะต้องพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะทางอิมพิแดนซ์ ซึ่งได้แก่ ความหนาของวัสดุฐานรอง และความกว้างของสายอากาศ ดังจะเห็นได้ว่าการเลือกชนิดของวัสดุฐานรองเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาคุณลักษณะทางอิมพีแดนซ์ และคุณสมบัติของวัสดุฐานรองที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.9 โครงสร้างของสายนำสัญญาณไมโครสตริปแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม (CPW)

การแพร่กระจายของสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้าในสายนำสัญญาณไมโครสตริป CPW นั้นจะมีลักษณะที่ตั้งฉากกัน โดยสนามไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ระหว่างแถบโลหะที่ถูกคั่นด้วยช่องเปิดส่วนสนามแม่เหล็กนั้นจะเคลื่อนที่ล้อมรอบแผ่นโลหะในทิศทางตามความหนาของวัสดุฐานรองแสดงดังรูปที่ 1.10



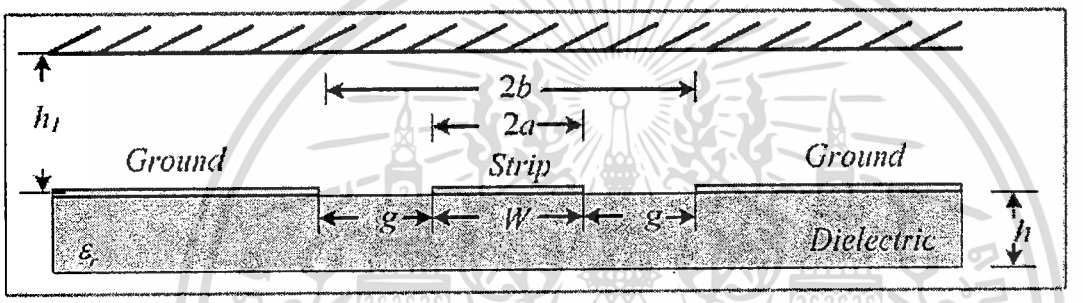
รูปที่ 1.10 ลักษณะการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสายนำสัญญาณแบบ CPW

สายนำสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมมี 2 ชนิดคือ สายนำสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมชนิดไม่มีกราวด์ด้านล่าง (Coplanar Waveguide) และชนิดมีกราวด์ด้านล่าง (Conductor – backed Coplanar Waveguide) ในที่นี้จะนำเสนอเฉพาะชนิดที่ไม่มีกราวด์ด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 1.11 โครงสร้างประกอบไปด้วยสตริป (Strip) อยู่ตรงด้านบนของฐานรองไดอิเล็กตริก (Substrate) โดยมีความกว้างของสตริปคือ W ด้านข้างทั้งสองด้านของสตริปมีลักษณะเป็นร่อง (Slot) และระนาบกราวด์ตามลำดับ มีความกว้างระหว่างสตริปถึงระนาบกราวด์คือ g และมีความหนาของฐานรองไดอิเล็กตริกคือ h ลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแผ่กระจายของสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้าบนสายนำสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมจะเป็นแบบ Quasi TEM ข้อดีของสายนำสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม คือสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เช่น ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุได้ง่าย เนื่องมาจากไม่ต้องมีการเจาะรูผ่านวัสดุฐานรองไดอิเล็กตริกเพื่อเชื่อมต่อกราวด์ให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นสามารถนำมาต่อร่วมในวงจรเดียวกันกับไมโครสตริปได้ง่าย โดยมีความผิดเพี้ยนของรูปสัญญาณ (Dispersion) และค่าความสูญเสีย (Loss) จะต่ำกว่าการใช้สายนำไมโครสตริป จากข้อดีที่กล่าวมาข้างต้นทำให้โครงสร้างสายนำสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมเหมาะกับการทำเป็นวงจรรวมไมโครเวฟได้เป็นอย่างดี

1.3.4.1 การออกแบบสายนำสัญญาณ แบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมชนิดไม่มีกราวด์ด้านล่าง



รูปที่ 1.11 โครงสร้างสายนำสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมชนิดไม่มีกราวด์ด้านล่าง

การวิเคราะห์คุณลักษณะของสายนำสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม จะใช้หลักการวิเคราะห์แบบ Quasi Static ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของวิธีการส่งคงรูป (conformal mapping) โดยอาศัยเทคนิคที่ใช้ในการหาค่าความจุไฟฟ้า และค่าความเหนี่ยวนำที่กระจายอยู่บนสายนำสัญญาณ การวิเคราะห์แบบนี้สามารถหาค่าคุณลักษณะพื้นฐานต่าง ๆ ของสายนำสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมได้ ค่าความจุไฟฟ้าโดยรวมต่อหน่วยความยาวของสายนำสัญญาณสามารถหาได้จากผลรวมของค่าความจุไฟฟ้าของครึ่งระนาบด้านบน ซึ่งอยู่ในอากาศ กับครึ่งระนาบด้านล่างซึ่งอยู่ในชั้นของฉนวน (Dielectric Layer) โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีการส่งคงรูปเพื่อหาค่าคงที่ไดอิเล็กตริกประสิทธิผล (Effective Dielectric Constant) และค่าอิมพิแดนซ์คุณลักษณะ (Characteristic Impedance) ซึ่งจะอยู่ในเทอมอัตราส่วนของการอินทิกรัลวงรีแบบสมบูรณ์ขั้นแรก (Complete Elliptic Integral of First Kind) โดยกำหนดให้

C คือ ค่าความจุไฟฟ้าโดยรวมต่อหน่วยความยาวของสายนำสัญญาณ

C^a คือ ค่าความจุไฟฟ้าในลักษณะเดียวกันกับ C แต่จะแทนไดอิเล็กตริกทั้งหมดด้วยอากาศ

โดยจะได้ว่า

$$\varepsilon_{eff} = \frac{C}{C^a} \tag{1.8}$$

$$v_p = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_{re}}} \tag{1.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\lambda_g = \frac{c}{f\sqrt{\varepsilon_{re}}} \tag{1.10}$$

$$Z_0 = \frac{1}{Cv_p} = \frac{1}{c\sqrt{\varepsilon_{re}}C^a} \tag{1.11}$$

เมื่อ ε_{eff} คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกประสิทธิผลของวัสดุฐานรอง

v_p คือ ความเร็วเฟสของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสายนำสัญญาณ

λ_g คือ ความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสายนำสัญญาณ

c คือ ความเร็วของแสงในอวกาศว่าง

Z_o คือ อิมพีแดนซ์คุณลักษณะของสายส่งสัญญาณ

ในการหาค่าความจุไฟฟ้าของสายนำสัญญาณจะใช้วิธีการส่งคงรูป ซึ่งในที่นี้จะไม่ขอกล่าวถึง แต่จะพิจารณาเฉพาะการหาค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะของสายนำสัญญาณ ที่สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

$$Z_0 = \frac{30\pi K'(k_1)}{\sqrt{\varepsilon_{re}}K(k_1)} \tag{1.12}$$

ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกประสิทธิผลหาได้จาก

$$\varepsilon_{re} = 1 + q(\varepsilon_r - 1) \tag{1.13}$$

โดยที่

$$q = \frac{1}{2}\left(\frac{K(k_2)K'(k_1)}{K'(k_2)K(k_1)}\right) \tag{1.14}$$

เมื่อ q หมายถึง ตัวประกอบการคูณ (Filling Factor)

และ

$$k_1 = \frac{a}{b} \tag{1.15}$$

$$k_2 = \frac{\sinh(\pi a/2h)}{\sinh(\pi b/2h)} \tag{1.16}$$

$$k_3 = \frac{\tanh(\pi a/2h_1)}{\tanh(\pi b/2h_1)} \tag{1.17}$$

เมื่อ

$$a = \frac{w}{2} \tag{1.18}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b = \frac{(2g + w)}{2} \tag{1.19}$$

โดยที่ h หมายถึง ความสูงของฐานรองไดอิเล็กตริก

w หมายถึง ความกว้างของสายนำสัญญาณ

g หมายถึง ความกว้างของร่อง

การอินทิกรัลวงรีแบบสมบูรณ์ขั้นแรกสามารถหาได้โดย

$$K(k) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \theta}} \tag{1.20}$$

เมื่อ θ หมายถึง ตัวแปรเชิงซ้อน

โดย

$$K'(k_1) = K(k'_1) \tag{1.21}$$

$$k'_1 = \sqrt{1 - k_1^2} \tag{1.22}$$

และอัตราส่วนของ $K(k)/K'(k)$ สามารถหาได้โดยการประมาณคือ

กรณี $0 \le k \le 0.707$

$$\frac{K(k)}{K'(k)} = \frac{\pi}{\ell n\left[2(1+\sqrt{k'})/(1-\sqrt{k'})\right]} \tag{1.23}$$

กรณี $0.707 \le k \le 1$

$$\frac{K(k)}{K'(k)} = \frac{1}{\pi} \ell n\left[2(1+\sqrt{k})/(1-\sqrt{k})\right] \tag{1.24}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 การออกแบบสายอากาศไมโครสตริป

ส่วนที่สำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาเป็นลำดับเพื่อใช้ในการออกแบบสายอากาศไมโครสติป์ คือ กำหนดวัสดุฐานรองในที่นี้จะใช้ชนิด FR4 กำหนดความถี่หลักที่แน่นอนที่ต้องการใช้งานของสายอากาศ กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของแผ่นวงจรพิมพ์ เช่น ค่าคงตัวของไดอิเล็กทริก (Dielectric constant) และความหนาของแผ่นวงจรพิมพ์ ค่าเหล่านี้เป็นส่วนที่สำคัญที่จะต้องนำไปใช้ในการออกแบบสายอากาศ วิธีการออกแบบสายอากาศจะต้องกำหนดว่าจะออกแบบสายอากาศแบบแผ่นปะตัวนำ (Patch Antenna) หรือแบบช่องเปิด (Slot Antenna) ในที่นี้จะแนะนำเฉพาะสายอากาศแบบช่องเปิดเท่านั้น ดังนั้นในการเริ่มต้นจะต้องกำหนดขนาดของสายอากาศ โดยคำนวณค่าความยาวคลื่นสัมพัทธ์ (λ_g) จากสมการที่ได้กล่าวมาแล้ว จากนั้นให้ประมาณขนาดวงรอบของสายอากาศช่องเปิดด้วย λ_g ซึ่งปรกติจะมีความยาวรอบรูปสายอากาศประมาณ 1 λ_g หรือมากกว่านี้เล็กน้อย โดยจะต้องกำหนดความกว้างและความยาวของสายอากาศตามความเหมาะสมก่อน และให้เลือกว่าจะใช้วิธีการป้อนสัญญาณแบบใด จากนั้นก็จะคำนวณขนาดของสายนำสัญญาณตามสมการที่ได้กล่าวมาตั้งแต่ต้น สุดท้ายให้ทำการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ คือ ความถี่เรโซแนนซ์ที่ได้ตรงกับความถี่ออกแบบหรือไม่ ถ้าไม่ตรงจะต้องทำการปรับขนาดของสายอากาศใหม่ เช่น ถ้าความถี่เรโซแนนซ์สูงกว่าความถี่ออกแบบ ก็จะต้องปรับให้ขนาดสายอากาศใหญ่กว่าเดิม ทั้งนี้จะต้องให้การแมทซ์อิมพีแดนซ์ที่ค่อนข้างดี คือมีค่าการสูญเสียย้อนกลับ (Return Loss: S_{11}) ที่ควรต่ำกว่า -10 dB ค่อนข้างมากจะดีที่สุด เพราะในการสร้างจริงผลการวัดการสูญเสียย้อนกลับมักจะดีไม่เท่ากับผลการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2
การสร้างสายอากาศไมโครสตริปและการวัดคุณสมบัติ

2.1 ขั้นตอนในการออกแบบและสร้างสายอากาศมีดังนี้

1. เลือกวัสดุฐานรองที่จะนำมาสร้างสายอากาศ
2. เลือกรูปแบบสายอากาศไมโครสตริปที่ต้องการ พร้อมส่วนป้อนสัญญาณ
3. นำคุณสมบัติของวัสดุฐานรองและความถี่ที่ต้องการออกแบบมาทำการคำนวณหาความกว้างของสายป้อนสัญญาณที่ต้องให้แมทซ์กับสายส่งสัญญาณ ซึ่งปกติจะมีความต้านทาน 50 โอห์ม และคำนวณหาความยาวคลื่นสัมพัทธ์เพื่อนำไปสู่การออกแบบขนาดของสายอากาศ
4. นำรูปแบบที่ได้ไปทำการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สายอากาศ ทำการปรับค่าต่าง ๆ จนได้ตามที่ต้องการ
5. นำรูปแบบสายอากาศที่วิเคราะห์ได้ ไปทำการสร้างจริง (ด้วยวิธีการกัด หรือเซาะด้วยเครื่องมือกล
6. เชื่อมต่อหัวต่อสาย (Connector) แบบ SMA เข้ากับสายป้อนสัญญาณ
7. ทำการวัดค่า การสูญเสียจากการย้อนกลับ (Return Loss: S_{11}) ด้วยเครื่องมือวัด คือ Network Analyzers โดยผลการวัดควรใกล้เคียงกับผลการจำลอง หรือถ้าจะดูที่ระดับการสูญเสีย ผลการวัดในช่วงความถี่ที่ต้องการจะต้องไม่ต่ำกว่าระดับ -10 dB
8. ทำการวัดรูปแบบการแผ่คลื่น (Radiation Pattern) ด้วยชุดการวัดแพทเทอร์น

2.2 ขั้นตอนการวัดผลการสูญเสียจากการย้อนกลับ (S_{11})

1. ทำการคาราเบรทเครื่อง Network Analyzers ด้วยชุดคาราเบรท

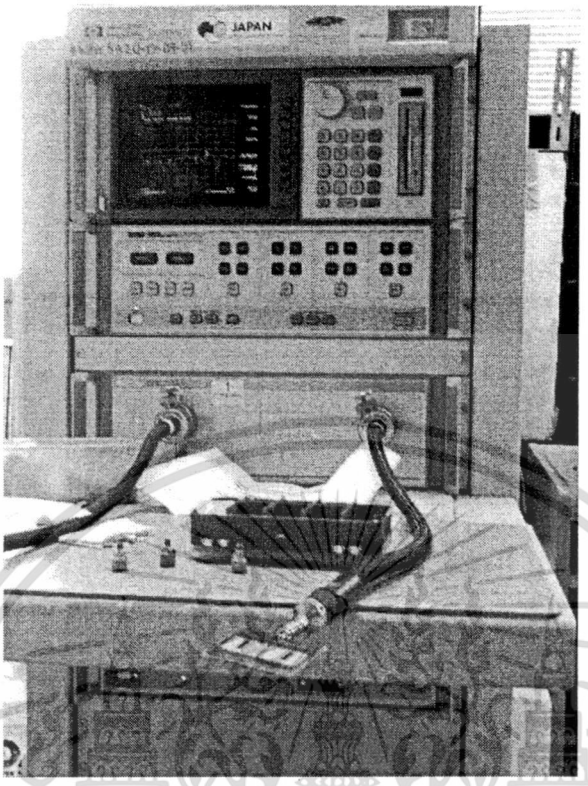
2. เลือกความถี่เริ่มต้นที่ครอบคลุมช่วงความถี่ที่ออกแบบ เช่น สายอากาศชนิด Ultra Wideband ก็จะเลือกความถี่เริ่มต้นที่ 2 GHz และความถี่สุดท้ายคือ 12 GHz

3. ทำการต่อสายอากาศไมโครสตริปที่จะทำการวัด เข้ากับเครื่อง แสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งรูปแบบสายอากาศไมโครสตริปที่แสดงในรูปที่ 2.2 เป็นตัวอย่างสำหรับสาธิต

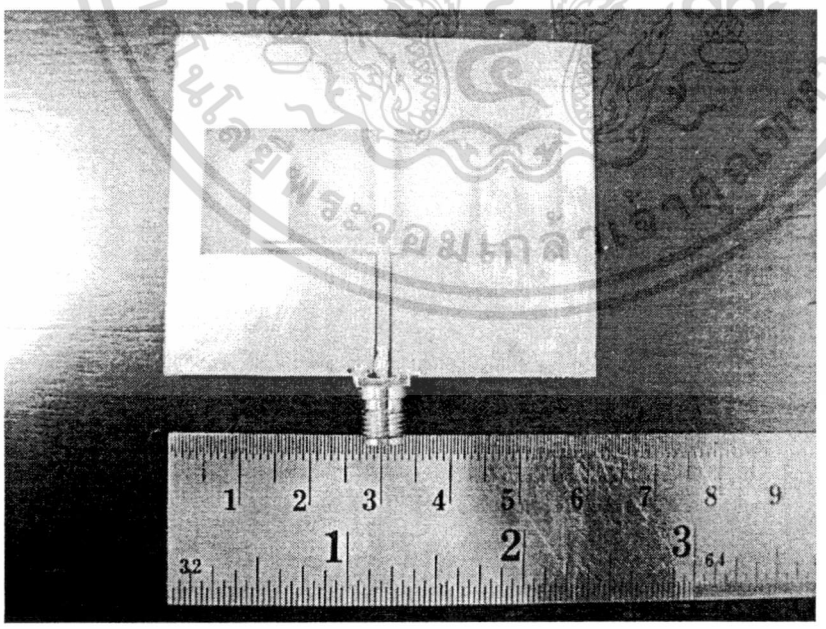
4. ทำการวัดหาค่าการสูญเสียจากการสะท้อนกลับ (S_{11}) ซึ่งผลจะปรากฏที่หน้าจอของเครื่อง Network Analyzers แสดงดังรูปที่ 2.3 โดยจะต้องทำการบันทึกค่าที่ได้ลงแผ่นฟลอปปี้ดิสค์ (Floppy Disk)

5. นำผลที่วัดได้ไปทำการพร็อตกราฟเปรียบเทียบกับผลการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



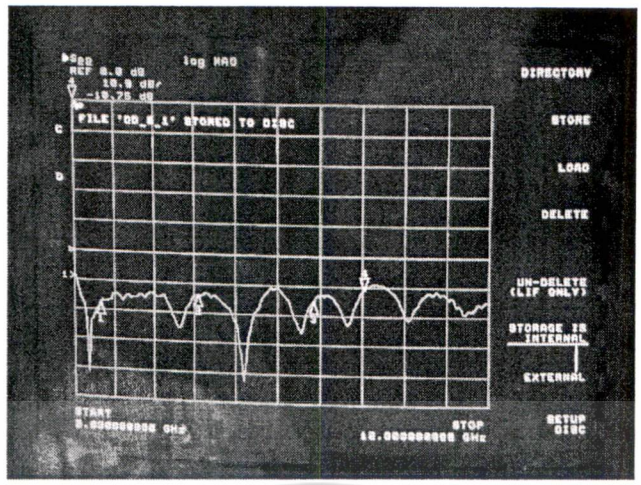
รูปที่ 2.1 การวัดสายอากาศไมโครสตริปด้วยเครื่อง Network Analyzers



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างสายอากาศไมโครสติปที่สร้างซึ่งเชื่อมต่อกับ connector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

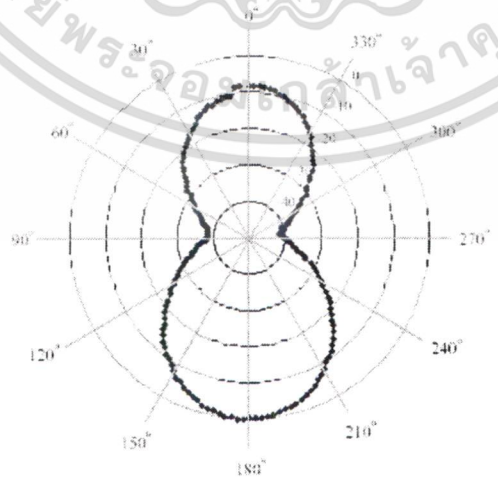
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างผลการวัดค่าการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับ (S_{11}) ด้วยเครื่อง Network Analyzers

2.3 รูปแบบการแผ่คลื่น (Radiation Pattern)

สำหรับการวัดรูปแบบการแผ่คลื่น (Radiation Pattern) ในที่นี้จะใช้ชุดการทดลองที่ได้สร้างขึ้นเพื่อทดแทนชุดการทดลองจริง ซึ่งชุดการวัดแพทเทอร์นจริงนั้นจะมีราคาสูงและมีอันตรายจากการแผ่คลื่นความถี่สูงด้วย นอกจากนี้การวัดก็จะต้องใช้ห้องพิเศษที่มีการป้องกันการสะท้อนและการกระจายคลื่นออกมาภายนอกด้วย ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการสร้างชุดทดลองเล็ก ๆ ที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายดังกล่าวได้ด้วยการใช้อุปกรณ์ที่กระจายสัญญาณที่เรียกว่า Access Point ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับกระจายสัญญาณไร้สาย นำมาต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแสดงค่าความแรงของสัญญาณที่จะสามารถนำค่าที่ได้ไปพร๊อตกราฟแสดงภาพแพทเทอร์นสายอากาศได้ ดังเช่นตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.4 นี้ จะเป็นตัวอย่างรูปแบบการแผ่คลื่นที่ได้จากการนำค่าที่วัดได้ไปพร๊อตเป็นภาพ



รูปที่ 2.4 แบบรูปการแผ่คลื่นของสนามไฟฟ้า (E-plane) ที่ความถี่ 2.45 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธีการวัดแพทเทอร์นสายอากาศจะแสดงขั้นตอนรายละเอียดใน **ส่วนที่ 4** ต่อไป

84557

ส่วนที่ 3

ชุดอุปกรณ์วัดแพทเทอร์นสายอากาศไมโครสตริป

คุณลักษณะของสายอากาศที่จำเป็น ได้แก่ การสูญเสียย้อนกลับ S11 อินพุทอิมพีแดนซ์ อัตราขยาย (Gain) VSWR และแพทเทอร์นที่แพร่กระจาย (Radiation Pattern) ทั้งหมดนี้จะวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดราคาสูง คือ Network Analyzer ซึ่งในระยะหลังความต้องการในการดูรูปแบบสนามที่แพร่กระจาย (Radiation Pattern) ที่สนามระยะไกลกำลังเป็นสิ่งจำเป็น และสามารถใช้เทคนิคจากตัวอุปกรณ์กระจายคลื่นไร้สายเข้ามาช่วย ดังนั้นในชุดทดลองนี้จึงเป็นเรื่องเกี่ยวกับการวัดแพทเทอร์นเท่านั้น โดยจะใช้สายอากาศช่องเปิดในหลาย ๆ รูปแบบเป็นตัวทดลอง ซึ่งสายอากาศทั้งหมดนี้จะถูกออกแบบและสร้างเพื่อให้สามารถใช้งานได้ที่ย่านความถี่ไร้สาย WLAN ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 b/g ที่ย่านความถี่ 2.4-2.485 GHz เป็นหลัก และโดยภาพรวมสายอากาศที่ได้ออกแบบใช้ในชุดทดลองนี้จะสามารถใช้งานได้หลายย่านความถี่

3.1 สายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดที่ใช้ในการทดลอง

สายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดที่จะนำมาใช้ในชุดการทดลองนี้ จะมีหลายรูปแบบ ที่มีคุณสมบัติในด้านความถี่ใช้งานและความกว้างของแถบความถี่ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ประเภทตามย่านความถี่ดังนี้

1. สายอากาศไมโครสตริปแบบช่อง ที่สามารถใช้งานได้ 2 ย่านความถี่ คือ 2.4-2.5 GHz และ 5.0-6.0 GHz

2. สายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดที่สามารถใช้งานได้ในย่านความถี่กว้าง ครอบคลุมตั้งแต่ 2.0-6 GHz

3. สายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดที่สามารถใช้งานในย่านแถบความถี่กว้างยิ่ง (Ultra Wide Band: UWB) คือตั้งแต่ความถี่ประมาณ 2.0-10.6 GHz

ซึ่งสายอากาศทั้งหมดนี้ มีจำนวน 10 ตัว ได้ผ่านการทดสอบด้วยการวัดผลการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) เรียบร้อยตามมาตรฐานการวัด กล่าวคือ ระดับผลการสูญเสียย้อนกลับต้องไม่อยู่ต่ำกว่าระดับ S_{11} ที่ -10 dB

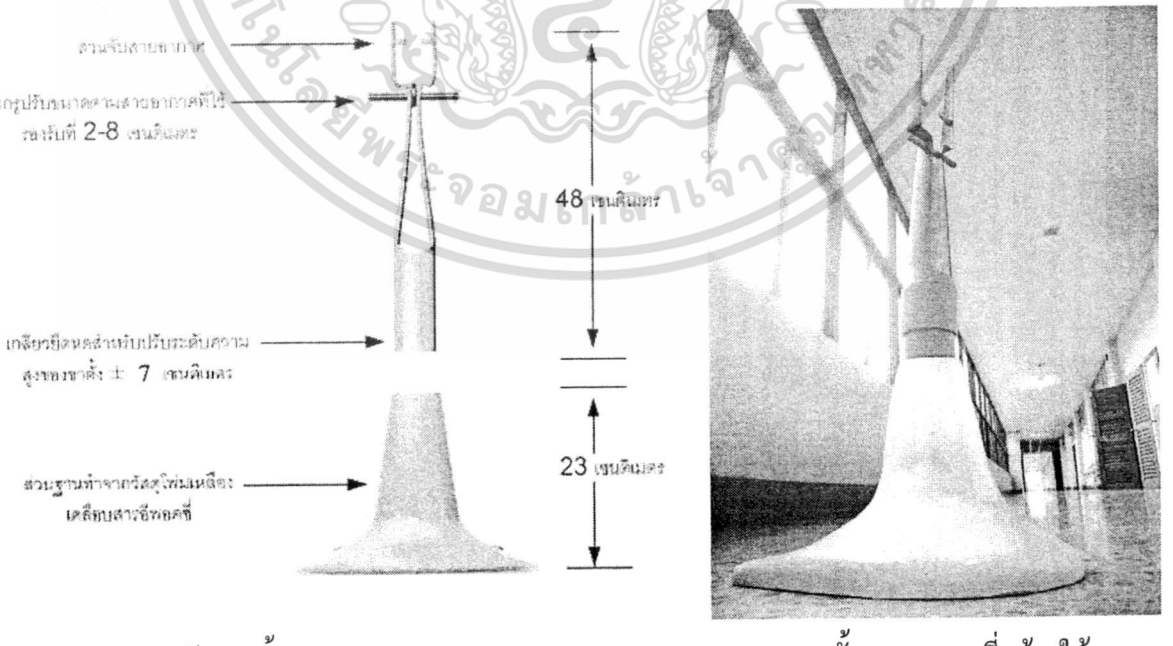
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดแพทเทอร์นสายอากาศ

3.2.1 ขาตั้งสายอากาศ

การวัดแพทเทอร์นสายอากาศ มีองค์ประกอบหลายอย่างที่เป็นตัวแปรในการทำให้แพทเทอร์นที่ได้อาจผิดเพี้ยนไป ไม่ว่าจะเป็นสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการ เช่น การที่ห้องวัดคลื่นไม่มีวัสดุดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือที่เรียกกันว่า Chamber วิธีการเข้าหัวต่อ connector ที่ไม่ดี อุณหภูมิของภายในห้องวัด เป็นต้น แต่ทั้งนี้ยังมีส่วนประกอบอื่นที่ไม่ควรมองข้าม ได้แก่ ส่วนขาตั้งสายอากาศ เพราะว่าเป็นส่วนที่สัมผัสกับสายอากาศอันเป็นเหตุที่จะทำให้การวัดค่านั้นเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ถ้าส่วนขาตั้งมีชิ้นส่วนที่เป็นโลหะอยู่ในขอบเขตหรือทิศทางการแพร่กระจายคลื่นจากสายอากาศ เพราะจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับของคลื่นได้ การวัดจึงไม่สมบูรณ์ ดังนั้นขาตั้งสายอากาศจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการวัดค่า ในที่นี้จึงขอนำเสนอชุดขาตั้งสายอากาศที่สามารถทำหน้าที่เป็นด้านส่งและด้านรับที่สร้างขึ้นมาเพื่อรองรับการใช้งานวัดแพทเทอร์นของสายอากาศ โดยที่ขาตั้งทั้งสองนี้จะไม่เหมือนกัน กล่าวคือ ขาตั้งสายอากาศตัวหนึ่งสามารถหมุนแกนขึ้นลงเพื่อใช้ในการลดและเพิ่มระดับความสูงได้ แต่จะไม่สามารถหมุนเป็นองศาได้ ส่วนขาตั้งอีกตัวหนึ่งจะหมุนเพิ่มระดับความสูงไม่ได้ แต่จะหมุนได้รอบตัวเป็นมุม 360 องศาได้ ดังนั้นในการนำไปใช้งานจะไม่ระบุว่าขาตั้งใดทำหน้าที่ส่งหรือรับตายตัว แต่ให้ดูว่าถ้าต้องการหมุนสายอากาศไป 360 องศา ก็ต้องเลือกใช้ขาตั้งให้ถูกต้อง และเนื่องจาก Chamber มีราคาสูงไม่สามารถหาซื้อได้ง่าย ดังนั้นจึงขอแนะนำให้วัดในห้องที่ค่อนข้างโล่ง และต้องไม่ให้มีสิ่งอื่นใดมาคั่นระหว่างระยะในการส่ง-รับคลื่น

โครงสร้างขาตั้งสายอากาศชนิดปรับความสูงและขาตั้งที่สร้างใช้งานแสดงดังรูปที่ 3.1

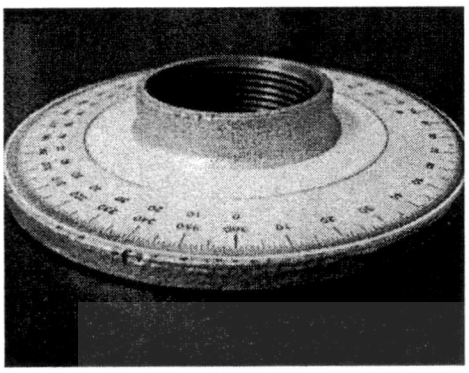


(ก) โครงสร้างขาตั้งสายอากาศจากการวาด (ข) ขาตั้งสายอากาศที่สร้างใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

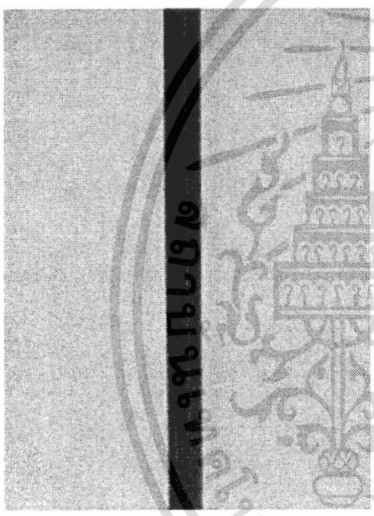
รูปที่ 3.1 ขาตั้งสายอากาศที่สามารถปรับความสูงได้

รูปแบบและชิ้นส่วนของขาตั้งสายอากาศชนิดหมุนรอบ 360 องศา แสดงดังรูปที่ 3.2 - 3.4

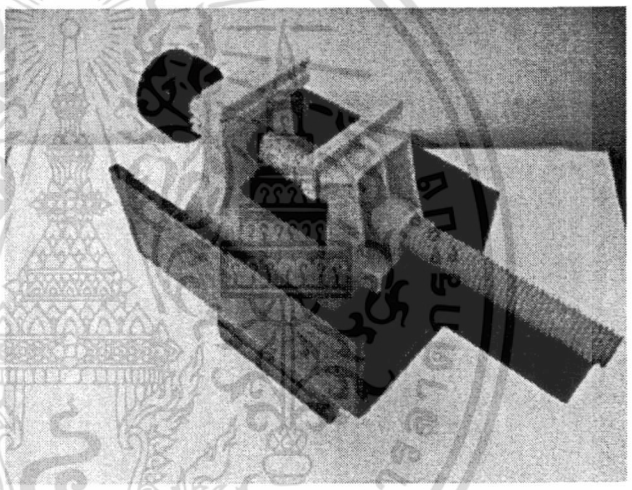


(ก) ส่วนฐานแสดงเสกล 360 องศา

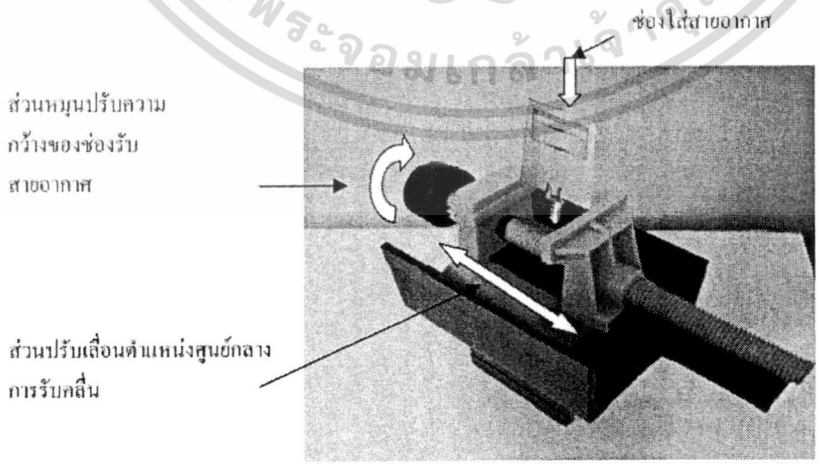
(ข) ส่วนต่อกับฐานชนิดหมุนได้รอบ



(ค) ส่วนเสาตั้งสำหรับต่อเชื่อมชิ้นส่วน



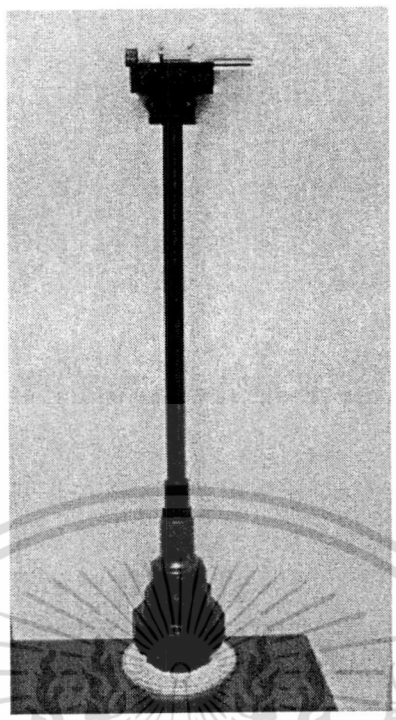
(ง) ส่วนยึดจับสายอากาศ



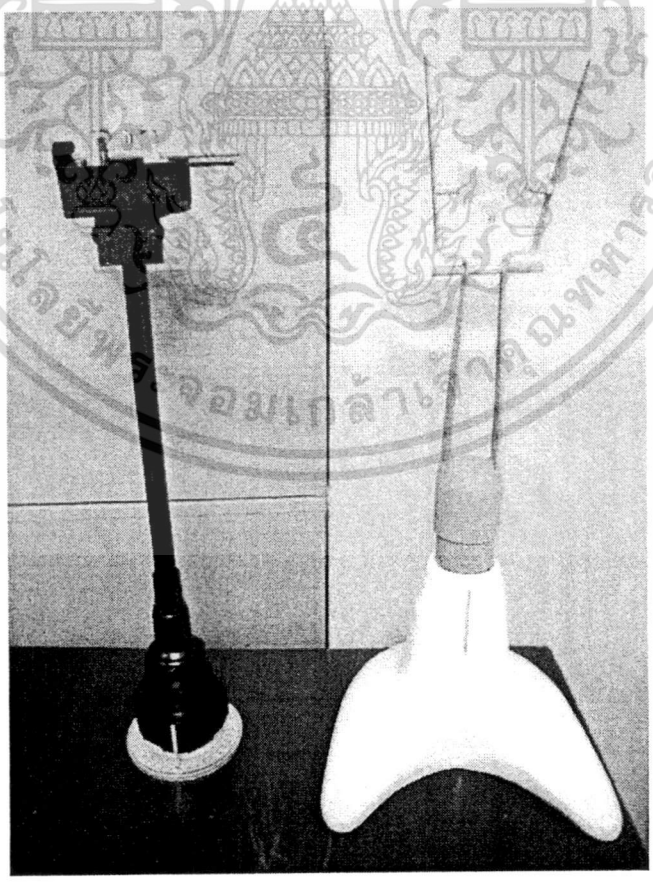
(จ) วิธีการใช้งานส่วนจับยึดสายอากาศ

รูปที่ 3.2 ชิ้นส่วนชุดขาตั้งสายอากาศแบบหมุนรอบตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ชุดขาตั้งสายอากาศแบบหมุนรอบตัว

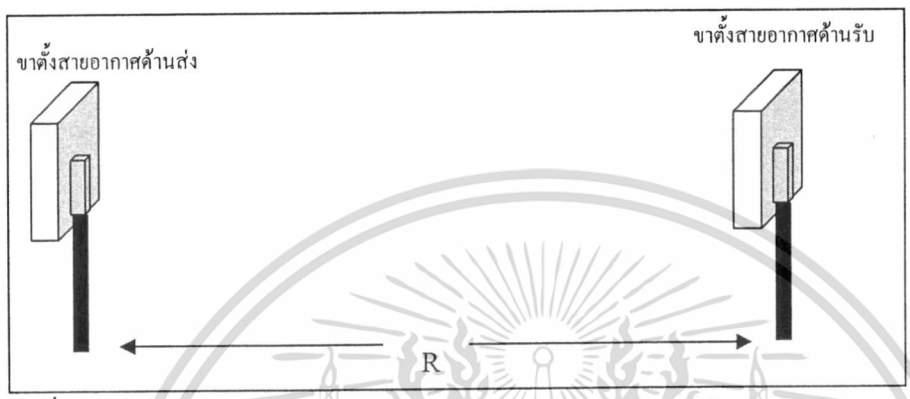


รูปที่ 3.4 ขาตั้งสายอากาศ (ซ้าย) แบบหมุนได้รอบ 360 องศา (ขวา) แบบปรับความสูงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วิธีการใช้งานขาตั้งสายอากาศ

ก่อนอื่นต้องทำการคำนวณหาระยะห่างระหว่างสายอากาศส่งและรับ ดังรูปที่ 3.5 จากสูตรสนามระยะไกล $R \geq \frac{2D^2}{\lambda}$ ซึ่งค่า R เป็นค่าของการวัดสนามระยะไกล ซึ่งถ้าน้อยกว่าค่า $\frac{2D^2}{\lambda}$ จะเป็นค่าสนามระยะใกล้ ซึ่งค่าที่เหมาะสมสำหรับการวัดที่ความถี่ 2.4 GHz คือระยะประมาณ 1-1.5 เมตร



รูปที่ 3.5 แสดงการวางระยะการวางสายอากาศด้านรับและส่งในการวัดสนามระยะไกล

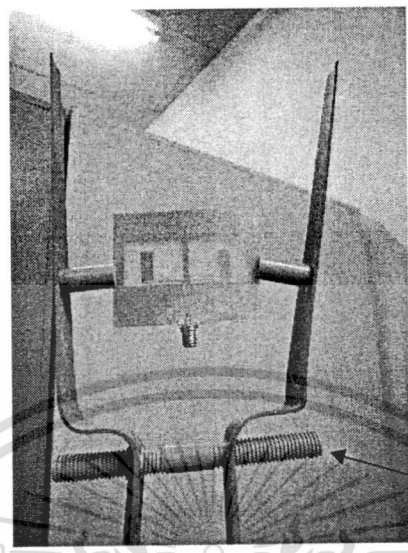
ก) การใช้งานขาตั้งสายอากาศชนิดปรับความสูง

1. หมุนสกรูปรับระดับเพื่อปรับให้แนวกึ่งกลางของสายอากาศอยู่แนวเดียวกัน ซึ่งในการวัดแพทเทอร์นจำเป็นต้องให้สายอากาศด้านส่งและด้านรับได้ระดับเดียวกัน ระยะการปรับขึ้นหรือลงจะสามารถดูได้จากเสกลด้านหน้าขาตั้งสายอากาศ ดังรูป 3.6

รูปที่ 3.6 แสดงเสกลสำหรับปรับระดับความสูงของขาตั้งสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หมุนสกรูเข้าเพื่อหนีบจับตัวสายอากาศ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งการหมุนสกรูเพื่อหนีบจับสายอากาศ

ก) การใช้งานขาตั้งสายอากาศชนิดหมุนรอบตัว

1. นำชิ้นส่วนทั้งหมดตามรูปที่ 3.2 มาประกอบเป็นชุดใช้งานตามรูปที่ 3.3
2. คลายเกลียวตัวจับสายอากาศออก ให้มีช่องพอเหมาะกับขนาดของสายอากาศตามที่แสดงในรูปที่ 3.2 (จ)
3. ใส่สายอากาศที่ต่อกับสายส่งสัญญาณแล้ว ลงในช่องจับสายอากาศ จากนั้นยึดให้แน่น
4. ทดสอบการหมุนเพื่อเตรียมใช้งาน ส่วนฐานที่มีเสกลจะคงที่ ส่วนเสายึดจะหมุนได้รอบ 360 องศา

3.2.2 อุปกรณ์โมเด็มเร้าเตอร์ (Modem Router)

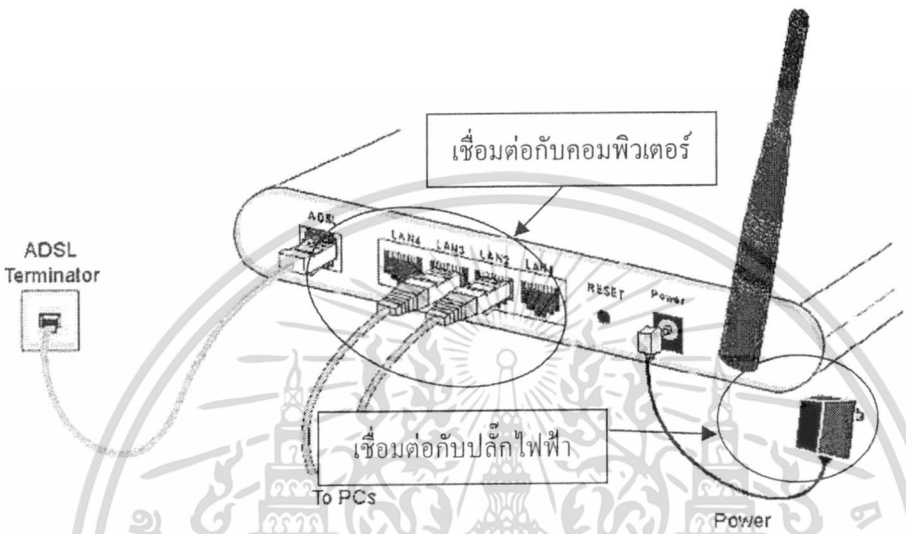
อุปกรณ์โมเด็มเร้าเตอร์ (Modem Router) มีหน้าที่ในการกระจายสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 2.4 GHz ในระบบ Wireless Local Area Network (WLAN) ตามมาตรฐานของ IEEE 802.11 b/g ซึ่งเป็นย่านความถี่แบบไร้สายออกไปในอากาศ ในการทดลองนี้จะนำอุปกรณ์นี้มาทำหน้าที่ในการกระจายสัญญาณในระดับกำลังงานต่ำที่ไม่เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ โดยมีแผนการติดตั้งแสดงดังรูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้ง Modem Router

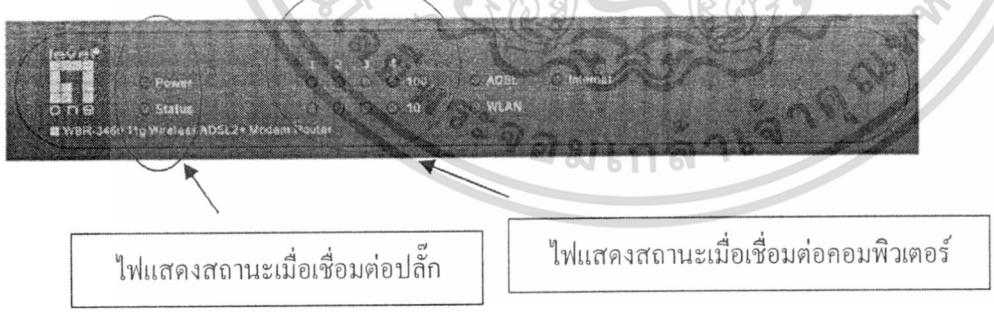
เมื่อเริ่มติดตั้งเครื่องเพื่อใช้งานครั้งแรก จะต้องทำตามขั้นตอนในข้อ 1 ถึง ข้อ 9 และในการใช้งานครั้งต่อ ๆ ไป ให้ทำตามเฉพาะข้อ 1 เท่านั้น

1. ทำการเชื่อมต่อสาย power เข้ากับปลั๊กไฟฟ้า เชื่อมต่อสาย LAN ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับ Modem Router ดังในรูปที่ 1.

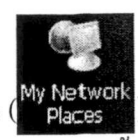


รูปที่ 1 แสดงส่วนเชื่อมต่อสายเข้ากับคอมพิวเตอร์ และ ปลั๊กไฟฟ้า

2. สังเกตุที่ LED ด้านหน้าของตัวเครื่อง Modem Router จะต้องสว่างที่บริเวณ Power และ บริเวณแต่ละช่องของ LAN ดังในรูปที่ 2

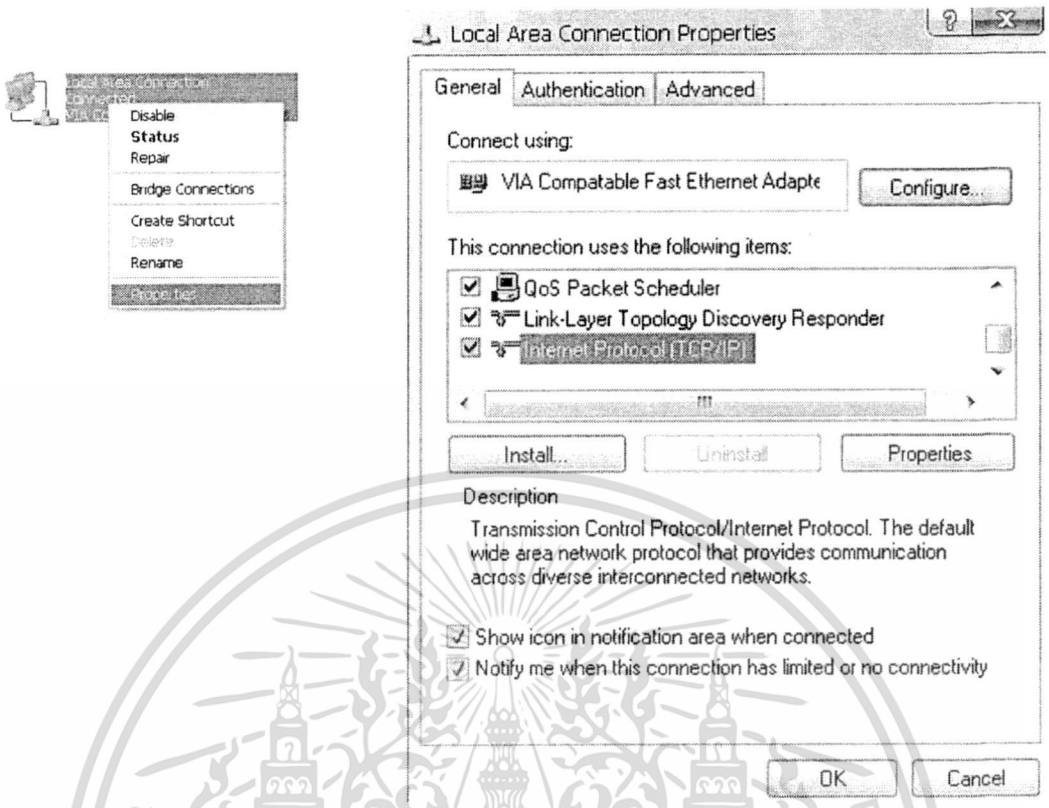


รูปที่ 2 LED แสดงสถานะของ Modem Router

3. เมื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์แล้วให้เปิดคอมพิวเตอร์ จากนั้นให้เข้าไปที่ My Network Places (

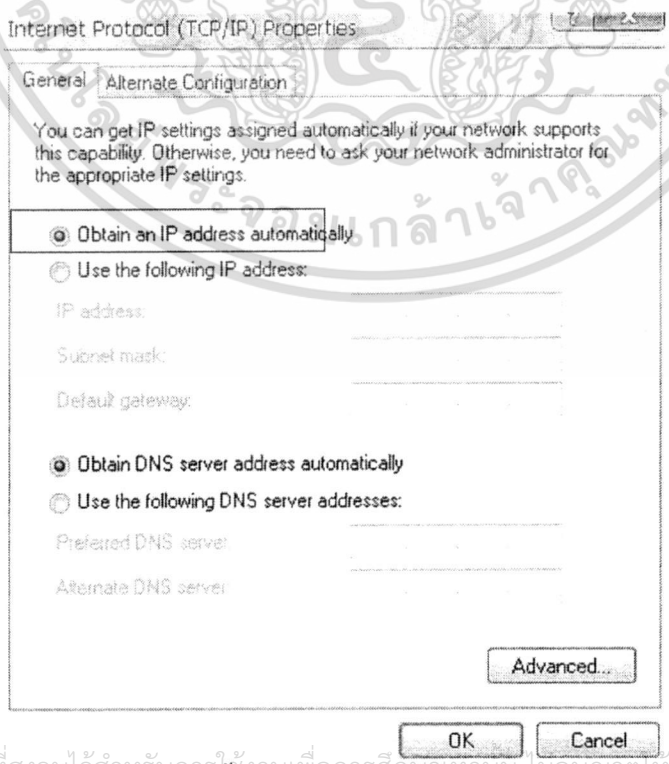
)
4. เมื่อเข้าสู่ My Network Places แล้วให้ทำการคลิกขวา เลือกคำสั่ง Properties จากนั้นทำการดับเบิ้ลคลิกที่ Internet Protocol (TCP/IP) ดังแสดงในรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงการเข้าสู่การตั้งค่า IP Address

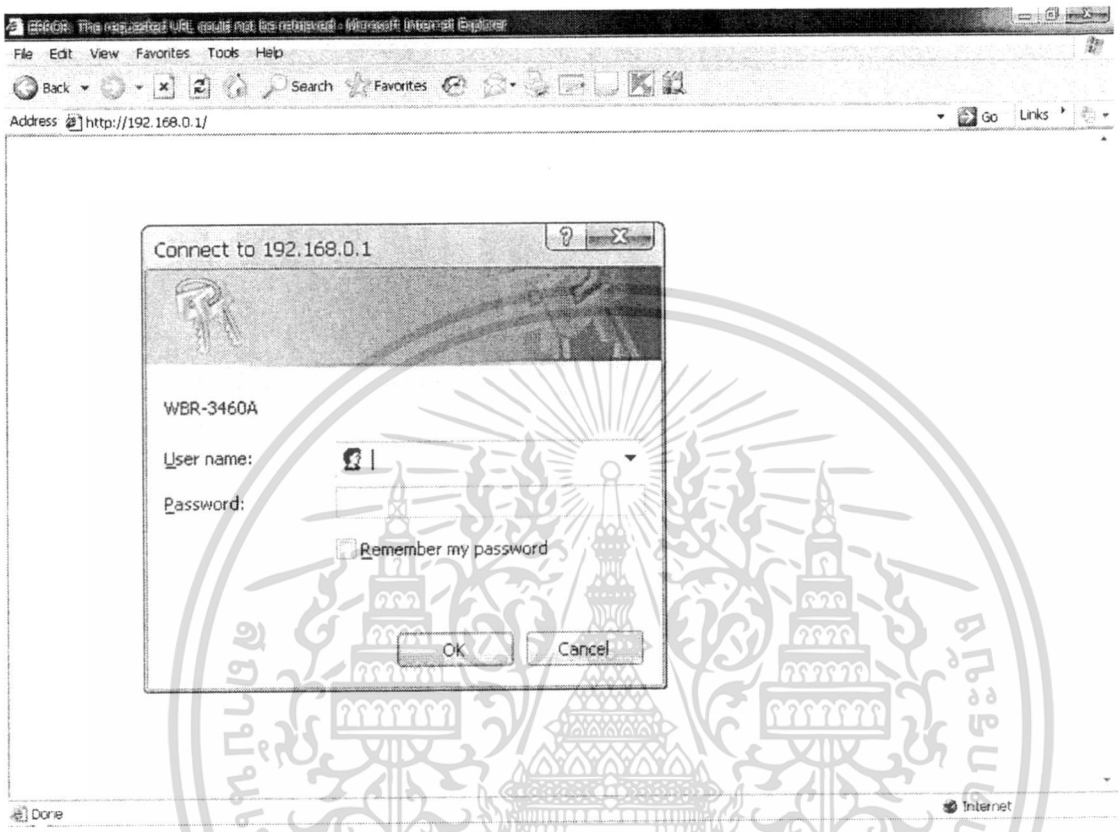
5. เมื่อทำขั้นตอนจากข้อ 4. ให้ทำการเลือก Obtain an IP address automatically แล้วคลิกเลือกที่ปุ่ม OK



รูปที่ 4. แสดงการตั้งค่าเพื่อรับ IP address แบบ automatic

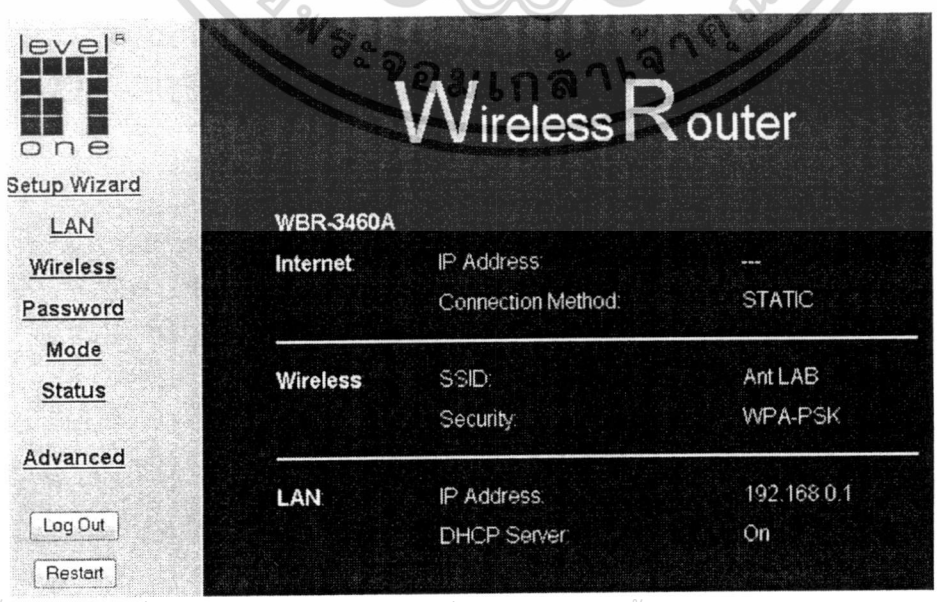
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการเปิดโปรแกรม Browser ได้แก่ Internet Explorer หรือ Mozilla Firefox และให้ใส่ค่าใน address box ดังนี้ http://192.168.0.1 แล้วทำการกดปุ่ม Enter บนคีย์บอร์ด จะได้ผลดังรูปที่ 5. จากนั้นให้กรอกข้อมูลดังนี้ User name: admin, Password: password



รูปที่ 5. ส่วนของการ Login เพื่อตั้งค่า Modem Router

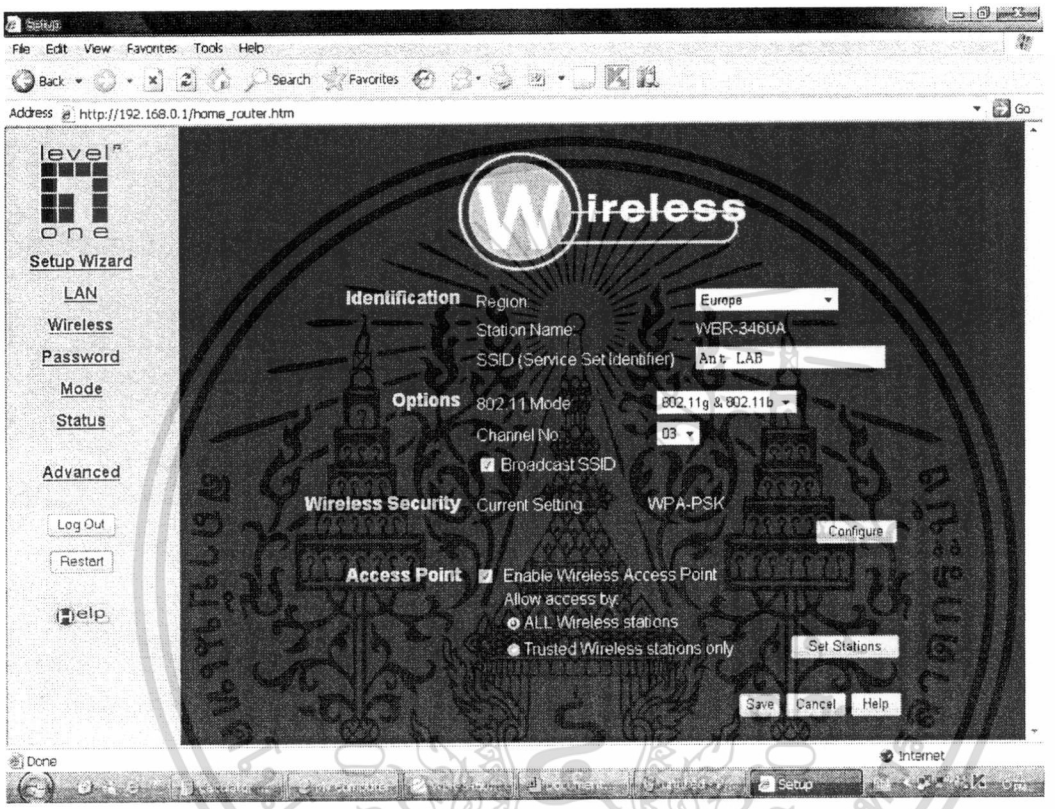
7. เมื่อทำการ Login เข้ามาจะพบกับหน้าต่าง ดังแสดงในรูปที่ 6.



รูปที่ 6. หน้าแรกของการตั้งค่า Modem Router

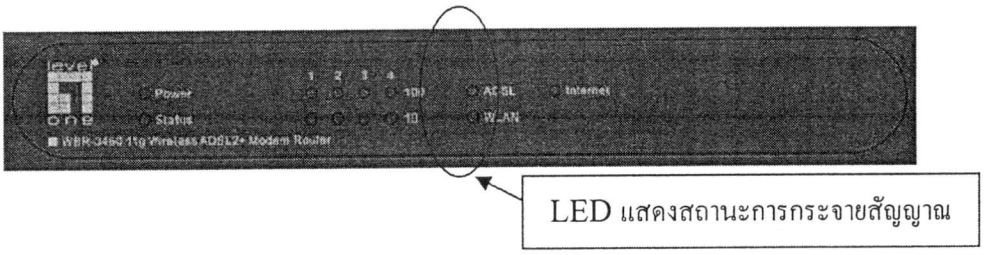
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ให้ทำการคลิกเลือกเมนูทางด้านซ้ายในหัวข้อ Wireless ส่วนของการตั้งค่านี้ สามารถตั้งชื่อ SSID เพื่อเป็นการระบุชื่อของสัญญาณนั้น (ในที่นี้ได้ตั้งไว้เป็น Ant LAB) และสามารถตั้งค่า Mode ของ 802.11 ในหัวข้อ Option ได้ว่าเราต้องการกระจายสัญญาณใน Mode 802.11g, 802.11b และ 802.11 b/g (ในที่นี้ได้ตั้งค่าไว้เป็น 802.11b/g เมื่อทำการตั้งค่าเรียบร้อยให้เลือก save ก็เป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ Modem Router



รูปที่ 7.แสดงการตั้งค่า SSID และ Mode การกระจายสัญญาณ

9. เมื่อทำการตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยให้ตรวจสอบว่า Modem Router มีการกระจายสัญญาณ หรือไม่ โดยการตรวจสอบนี้ให้สังเกตุที่ LED บริเวณ WLAN ถ้า LED สว่างแสดงว่ามีการกระจายสัญญาณ

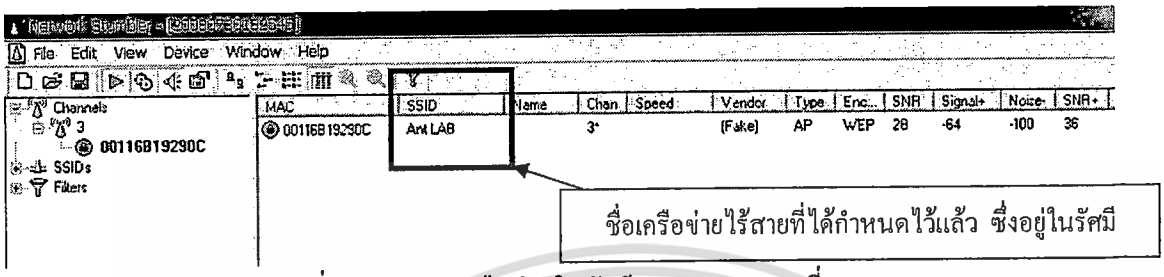


รูปที่ 9. LED แสดงสถานะการกระจายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

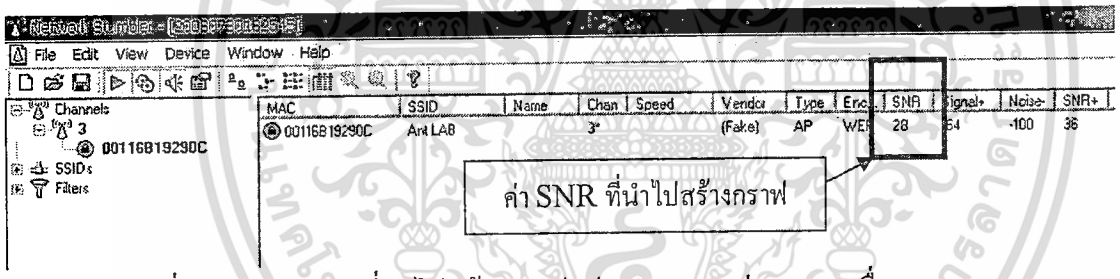
การใช้โปรแกรม Network Stumbler

1. ให้ทำการเปิดโปรแกรม Network Stumbler และทำการคลิกที่ปุ่ม scanning (▶) จะเห็นชื่อของเครือข่ายไร้สายที่อยู่ในรัศมีของสายอากาศที่เชื่อมต่ออยู่ ดังแสดงในรูปที่ 10.



รูปที่ 10. การหาเครือข่ายในรัศมีของสายอากาศที่ทดสอบ

2. ในการทดสอบนี้ให้บันทึกค่าในช่อง SNR เมื่อทำการเปลี่ยนองศาของแท่นยึดสายอากาศแต่ละครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 11. เช่นเมื่อเปลี่ยนองศาไปหนึ่งครั้งก็บันทึกค่าไว้ ทำเช่นนี้จนครบ 360 องศา และนำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟในโปรแกรมพล็อตกราฟต่างๆ เช่น Microsoft Excel, Math lab เป็นต้น



รูปที่ 11. ส่วนของค่าที่นำไปสร้างกราฟรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

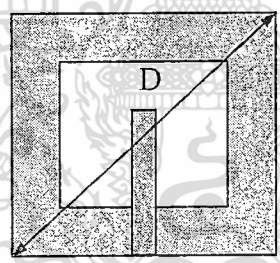
ส่วนที่ 4

วิธีการวัดแพทเทอร์นสายอากาศ

ในการวัดแพทเทอร์นสายอากาศจะต้องประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ด้านส่งที่มีสายอากาศทำหน้าที่กระจายคลื่นหรือสัญญาณออกไปในอากาศ และด้านรับที่มีสายอากาศทำหน้าที่ในการรับสัญญาณ หลักการในการวัดแพทเทอร์นสายอากาศจะมีหลายขั้นตอน เช่น กำหนดระยะห่างระหว่างสายอากาศด้านส่งและรับ การจัดวางสายอากาศเพื่อให้ได้สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กตามที่ต้องการ หรือแม้แต่การวัด Co-Polarization และ Cross Polarization เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดนี้จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดวางและการวัด ดังที่จะอธิบายดังต่อไปนี้

4.1 หลักการวัดแพทเทอร์นสายอากาศ

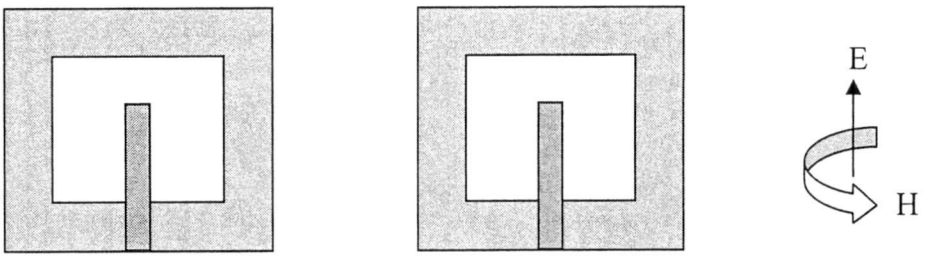
1. ทำการคำนวณค่า ระยะสนามไกลของสายอากาศเพื่อนำไป ตั้งระยะห่างของสายอากาศส่งและ รับ โดยมีสูตรดังนี้ $R \geq \frac{2D^2}{\lambda}$ เมื่อ D คือค่าของขนาดที่ใหญ่สุดของสายอากาศ (เส้นผ่าศูนย์กลาง) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และความยาวคลื่น $\lambda = c/f$ เมื่อ f คือความถี่ออกแบบ



รูปที่ 4.1 แสดงค่าขนาดที่ใหญ่สุดของสายอากาศ

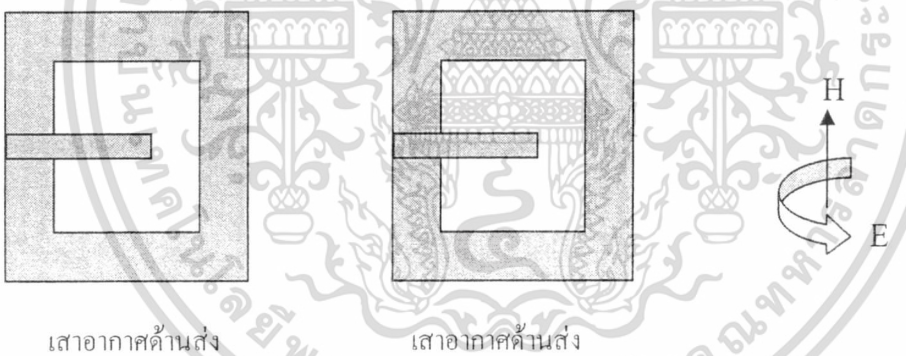
2. เมื่อคำนวณค่าได้ก็นำชุดทดลองสายอากาศ ไปตั้งในห้องโล่ง เพื่อลดการสะท้อนของคลื่นและทำการต่อสาย coaxial CFD200-E 50ohm ระหว่างอุปกรณ์โมเด็มเร้าเตอร์ (Modem Router) กับสายอากาศ ส่งและรับ โดยจะมีรูปแบบการจัดวางสายอากาศในการวัด ดังแสดงในรูปที่ 4.2 นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงการวัด E-plane

ลักษณะการติดตั้งตามที่แสดงในรูป จะเป็นการวัด สนามไฟฟ้า โดยทำการหมุนเสาด้านรับ ซึ่งก็คือการหมุนสนาม แม่เหล็กไป 360 องศา ก่อนการหมุนจะต้องทำการกระจายสัญญาณที่ความถี่ 2.4 GHz ที่ต้องการผ่านออกจาก Modem Router ก่อน จากนั้นจึงค่อยหมุนไปทีละ 10 องศา และทำการบันทึกค่าแต่ละครั้งลงในใบบันทึกค่าที่อยู่ท้ายบทนี้ จากนั้นจึงนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟด้วยโปรแกรม Microsoft Office Excel

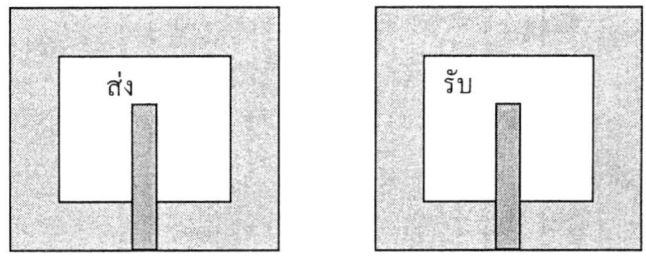


รูปที่ 4.3 แสดงการวัด H-plane

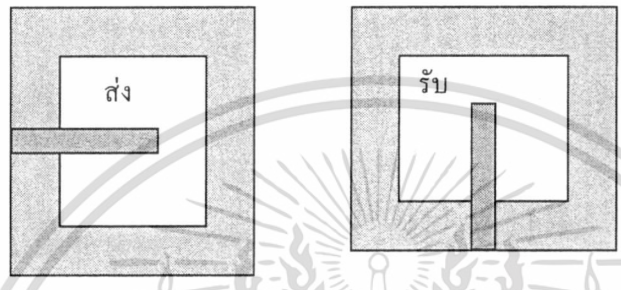
ลักษณะการวางสายอากาศทั้งสองด้าน แสดงดังรูปที่ 4.3 ซึ่งเป็นการวัดสนามแม่เหล็ก โดยทำการหมุนสายอากาศด้านส่งหรือก็คือสนาม ไฟฟ้าไปจนครบ 360 องศา ก่อนการหมุนจะต้องทำการกระจายสัญญาณที่ความถี่ 2.4 GHz ที่ต้องการผ่านออกจาก Modem Router ก่อน แล้วค่อยทำการหมุนไปทีละ 10 องศา และทำการบันทึกค่าแต่ละครั้งนำมาพร็อตกราฟ

ถ้าต้องการวัด Co-Polarization และ Cross Polarization จะต้องทำการวัดตามที่แสดงในรูปที่ 4.4 ดังนี้

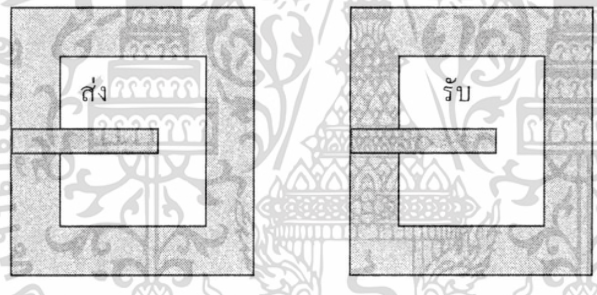
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



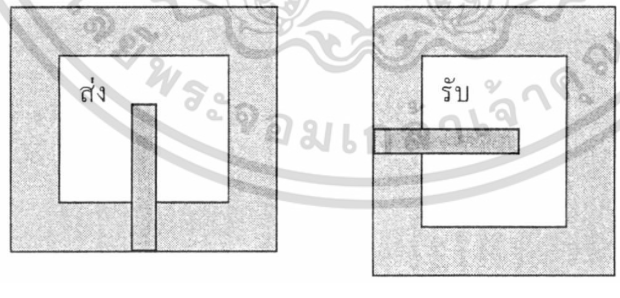
การวัด Co- Polarization ในระนาบ E-plane



การวัด Cross-Polarization ในระนาบ E-plane



การวัด Co- Polarization ในระนาบ H-plane



การวัด Cross- Polarization ในระนาบ H-plane

รูปที่ 4.4 การวัดแพทเทอร์นสายอากาศรับ – ส่งในระนาบต่าง ๆ

สำหรับภาพแสดงการติดตั้งชุดทดลองสายอากาศดูได้จากรูปที่ 3.7 **<u>ส่วนที่ 3</u>** หัวข้อ 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิธีการวัดแพทเทอร์นสายอากาศ

1. จัดเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการติดตั้งโปรแกรม Network Stumbler ซึ่งเป็นfree ware ที่สามารถโหลดผ่านอินเทอร์เน็ต
2. ติดตั้งสายอากาศทั้งสองตัวเข้ากับชุดขาตั้ง โดยขึ้นอยู่กับความต้องการ เช่น ถ้าวัดสนามไฟฟ้าต้องจัดตามรูปที่ 4.2 ดังนั้นสายอากาศรับจะต้องติดตั้งกับขาตั้งสายอากาศชนิดหมุนรอบตัว และสายอากาศส่งจะติดตั้งกับขาตั้งสายอากาศชนิดปรับความสูง ซึ่งรูปแบบการติดตั้งและความต้องการดูได้จากรูปที่ 4.2 ถึง รูปที่ 4.4
3. ทำการปรับระดับให้กึ่งกลางสายอากาศทั้งสองด้านอยู่ในระดับเดียวกัน ด้วยการปรับความสูงขาตั้งชนิดปรับความสูง โดยต้องหันสายอากาศเข้าหากัน
4. จัดวางอุปกรณ์โมเด็มเร้าเตอร์ (Modem Router) ให้อยู่ภายในรัศมีห่างจากชุดสายอากาศประมาณไม่เกินกว่า 1 เมตร เพราะขึ้นอยู่กับสายต่อสัญญาณแบบโคแอคเชียล โดยทำการต่อสายตามที่แสดงอยู่ใน **ส่วนที่ 3** หัวข้อ 3.2.2
5. ทำการเปิดระบบการทำงานด้วยการเข้าสู่โปรแกรม Network Stumbler โดยต้องมีการปรับแต่งให้สามารถมองเห็น ส่วนของ Router ได้
6. สัญญาณจะถูกส่งจาก Modem Router ในรูปแบบไร้สายผ่านสายอากาศส่งไปสู่สายอากาศรับ และสัญญาณที่รับได้ทางด้านรับก็จะถูกส่งเข้าไปแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นตัวเลขแสดงระดับความแรงของสัญญาณ
7. ให้ทำการจดบันทึกเลขความแรงสัญญาณไว้ในตารางบันทึกท้ายบท
8. ทำการหมุนสายอากาศไปทีละ 10 องศา จนครบ 360 องศา โดยต้องจดค่าความแรงสัญญาณลงในตารางท้ายบทนี้ก่อนทุกครั้งก่อนที่จะหมุนสายอากาศต่อไป
9. นำค่าที่ได้ไปทำการพร๊อตด้วยโปรแกรม Excel หรือโปรแกรมอื่น ๆ ที่สามารถพร๊อตภาพกราฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกค่า ☐E-plane ☐H-plane

☐Co-pol (E-plane) ☐ X-pol (E-plane) ☐Co-pol (H-plane) ☐X-pol (H-plane)

องศา	ความแรงสัญญาณ	องศา	ความแรงสัญญาณ	องศา	ความแรงสัญญาณ
0		130		260	
10		140		270	
20		150		280	
30		160		290	
40		170		300	
50		180		310	
60		190		320	
70		200		330	
80		210		340	
90		220		350	
100		230		360	
110		240			
120		250			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้