

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 9

2-3 พฤษภาคม 2554

การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายอากาศร่องหกเหลี่ยมด้านเท่า ที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง ด้วยเทคนิคสตริปโหลตร่วมกับเทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า

Efficiency Improvement of Broadband CPW Fed

Equilateral Hexagonal Slot Antenna with Strip-Slit and EBG Technique

รัฐพล จินะวงศ์¹ ชลดา ปานสง² อำนวย เรืองวารีย์³^{1,2} สาขาวิชาครุศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

³ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Rattapon Jeenawong¹ Chollada Pansong² Amnoiy Ruengwaree³¹ Division of Electronic and Telecommunication Education, Faculty of Technical Education,

Rajamangala University of Technology Thunyaburi, Phatumthani 12110

^{2,3} Department of Electronic and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Thunyaburi, Phatumthani 12110

E-mail: J_rattapon@rmutt.ac.th

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอการศึกษาและปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพของสายอากาศร่องหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง โดยใช้เทคนิคการปรับจูน 2 รูปแบบคือ (1) ใช้เทคนิคสตริป และ สลิท (Strip and Slit) (2) ใช้เทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Band Gap : EBG) ในการปรับจูน โดยทำการวิเคราะห์ด้วยการจำลองแบบ (Simulation) โครงสร้างของสายอากาศด้วยโปรแกรม IE3D สายอากาศที่นำเสนอถูกออกแบบให้มีการแมตช์อิมพีแดนซ์ที่ 50 โอห์ม เพื่อประยุกต์ใช้งานกับเครือข่ายการสื่อสารไร้สายย่านความถี่กว้าง

โดยแบบแรกตัวสายอากาศมีการปรับจูนสลับแบบสามเหลี่ยมผืนผ้า โดยใช้เทคนิคการใส่สตริป (strip) รูปสี่เหลี่ยมที่ฐานรอง และปรับปรุร่อง (Slit) รูปตัวโอบนสลับรูปสามเหลี่ยม ทำให้ได้ความถี่ใช้งานเท่ากับ 1.67 - 8.22 GHz และมีแบนด์วิดท์กว้าง ประมาณ 132.3% ส่วนแบบที่สองมีการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพของสายอากาศโดยใช้เทคนิค EBG ที่มีโครงสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่ตำแหน่งกราวด์ โดยคุณสมบัติของ EBG นั้นสามารถทำให้ค่าแบนด์วิดท์และค่าการสูญเสียย้อนกลับนั้นเพิ่มขึ้น ทำให้ได้ความถี่ใช้งานเท่ากับ 1.45 - 9.82 GHz และมีแบนด์วิดท์กว้างประมาณ 148.66%

สายอากาศร่องหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง จะครอบคลุมความถี่ใช้

งานตามมาตรฐาน DCS, PCS, UMTS, WLAN 802.11 a/b/g, Bluetooth และครอบคลุมบางย่านความถี่ของ IEEE 802.16 WiMAX โดยผลจากการวัดค่าแบนด์วิดท์ และแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศมีแนวโน้มใกล้เคียงกันกับผลจากการวิเคราะห์ด้วยการจำลองแบบโครงสร้างสายอากาศ

คำสำคัญ: สายอากาศแบบไมโครสตริป, สายอากาศความถี่กว้าง, การปรับจูนสลับ, ช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า

Abstract

This research presents the efficiency improvement of broadband CPW-Fed equilateral hexagonal slot antenna structure, by using two tuning types: (1) Strip and Slit technique and (2) Electromagnetic Band Gap technique. The analysis of antenna structure is simulated by IE3D program. Proposed antenna is designed to have the matches impedance at 50 ohms, for broad band wireless communication network application.

First experiment, the proposed antenna has been efficiency adapted by strip and slit technique. The bandwidth at resonance frequency is about 132.3% (1.676 - 8.224 GHz). The Electromagnetic Band Gap (EBG) technique has been

applied to proposed antenna for bandwidth improvement. The EGB structure is rectangular sharp and posited above ground plane. The characteristics of the EBG can improve the bandwidth and reflection coefficient. The measurement bandwidth of proposed antenna is about 148.66% (2.45 – 9.82 GHz).

The application of proposed antenna use for DCS, PCS, UMTS, WLAN IEEE802.11 a/b/g, Bluetooth and IEEE802.16 WiMAX applications. The simulated bandwidth and radiation pattern of prototype antenna are agreed with the measured results.

Keyword: Microstrip Antenna, Broadband Antenna, Tuning Stub, EBG

1. บทนำ

เทคโนโลยีทางการติดต่อสื่อสารโทรคมนาคม ถือได้ว่ามีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดต่อสื่อสารในย่านความถี่ไมโครเวฟ ซึ่งมีการใช้งานในระบบสื่อสารต่างๆ มากมาย เช่น ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบสื่อสารดาวเทียม ระบบวิทยุสื่อสาร ระบบเรดาร์ อีกทั้งยังนำมาใช้ประโยชน์ในงานด้านการศึกษา งานด้านสำรวจทรัพยากร งานด้านธุรกิจ งานด้านการแพทย์และทางการแพทย์ การสื่อสารไร้สายนั้นมียุทธศาสตร์ด้วยกัน เช่น ระบบ DCS (1720 – 1880 MHz), ระบบ PCS (1850 – 1990 MHz), ระบบ IMT – 2000 (1920 – 2170MHz), ระบบ WLAN IEEE 802.11 มีสองความถี่คือ 2.4 GHz (2400 – 2484 MHz) และที่ความถี่ 5.2 GHz (5130 – 5350MHz), ระบบ WPAN IEEE 802.15.3a (3.1GHz-10.6GHz) และ WIMAX IEEE 802.16a (2GHz-11GHz)

สายอากาศเป็นส่วนประกอบสำคัญชิ้นหนึ่งของระบบสื่อสาร ส่วนมากจะรองรับการใช้งานได้เพียงไม่กี่ระบบเท่านั้น ทำให้มีผู้พัฒนาสายอากาศชนิดใหม่ที่สามารถใช้งานครอบคลุมย่านความถี่กว้าง ดังเช่น สายอากาศที่มีลักษณะเป็นรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง [1] โดยใช้สลับสามเหลี่ยมในการปรับแบนด์วิดท์ได้ แบนด์วิดท์ประมาณ 109.5% อีกทั้งมีงานวิจัยเรื่อง Compact slot antenna with EBG feeding line for WLAN applications [2] ได้กล่าวถึงวิธีการปรับเพิ่มค่าแบนด์วิดท์และค่าความสูญเสีย เนื่องจากการย้อนกลับ โดยการใช้เทคนิค EBG

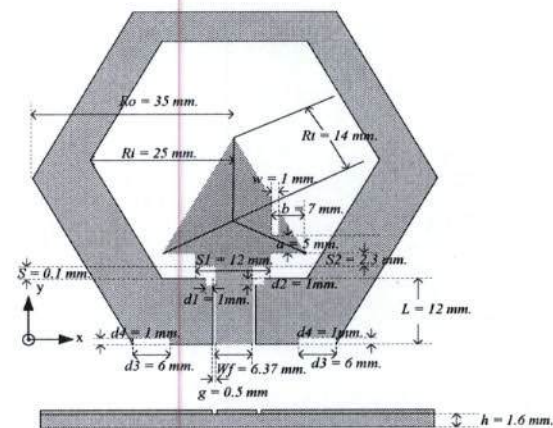
งานวิจัยนี้จึงนำเสนอ "การปรับเพิ่มประสิทธิภาพของสายอากาศรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้างด้วยเทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า" ซึ่งเปรียบเทียบกับสายอากาศแบบเก่า [1] ทำให้สายอากาศที่ปรับเพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า

นั้นมีผลการตอบสนองต่อความถี่สูง ดีกว่าสายอากาศแบบเก่า [1] และให้ผลของแบนด์วิดท์กว้างได้ถึงประมาณ 148.66%

2. การออกแบบ

ในการออกแบบสายอากาศรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้างด้วยเทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะเริ่มต้นด้วยการนำโครงสร้างสายอากาศรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ได้รับการออกแบบแล้ว [1] ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมจำลอง IE3D เมื่อทราบคุณลักษณะสมบัติของสายอากาศรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าแบบเก่า จากนั้นทำการออกแบบสายอากาศโดยใช้เทคนิคสตริปโหลดเพื่อให้ได้สายอากาศที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ $R_o = 35$ มม. $R_i = 25$ มม. $g = 0.5$ มม. $S_1 = 12$ มม. $S_2 = 2.3$ มม. $a = 5$ มม. $b = 7$ มม. $w = 1$ มม. และ $L = 12$ มม.

จากนั้นใช้เทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้าในการออกแบบเพื่อให้ได้สายอากาศที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า (EBG) มีค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ $d_1 = 1$ มม. $d_2 = 1$ มม. $d_3 = 6$ มม. $d_4 = 1$ มม. โดยรายละเอียดในการสร้างแสดงดังรูปที่ 1

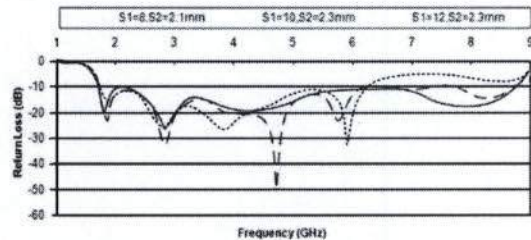


รูปที่ 1 สายอากาศรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณ ระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้างที่ออกแบบด้วยเทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า

สายอากาศรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม ที่ได้ออกแบบสตริปสามเหลี่ยมขึ้นมาใหม่ ดังรูปที่ 1 โดยใช้เทคนิคสตริปโหลดในการเพิ่มสตริปรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเข้าไปใต้ฐานของสตริปสามเหลี่ยม โดยค่าความกว้าง (S_1) และค่าความสูง (S_2) ของสตริปรูปสี่เหลี่ยมสามารถแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งมีค่าความกว้าง และค่าความสูงที่เหมาะสมที่สุดที่ตำแหน่ง $S_1 = 12$ มม. $S_2 = 2.3$ มม. ทำให้สามารถเพิ่มแบนด์วิดท์ของสายอากาศได้ถึง 22 % ดังแสดงในตารางที่ 1 และ รูปที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนค่า S_1 และ S_2

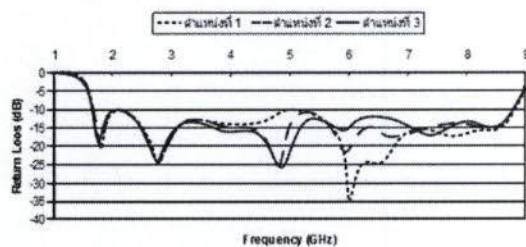
ระยะห่าง (มม.)		$f_l - f_u$ (GHz)	f_c (GHz)	Bandwidth	
S_1	S_2			(%)	(GHz)
8	2.1	1.69 - 6.28	3.98	115.32	4.59
10	2.3	1.69 - 6.13	3.91	113.55	4.44
12	2.3	1.69 - 8.81	5.25	135.62	7.12

รูปที่ 2 ผลการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับ โดยการเปลี่ยนค่า S_1 และ S_2

จากผลการจำลองแบบในรูปที่ 2 จะสังเกตเห็นว่า ค่าการสูญเสียย้อนกลับ ในช่วงความถี่ยังมีค่าสูงเพื่อทำการลดค่าดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงได้เพิ่มร่อง (Slit) รูปตัวโอ ลงบนสลับรูปสามเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งตำแหน่งของร่องนี้จะกำหนดจากปลายด้านขวาของสลับ สามารถแสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 3 โดยตำแหน่งของร่องรูปตัวโอที่เหมาะสมที่สุด อยู่ที่ตำแหน่งที่ 3

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบตำแหน่งของการเพิ่มร่องบนสลับสามเหลี่ยมรูปตัวโอ

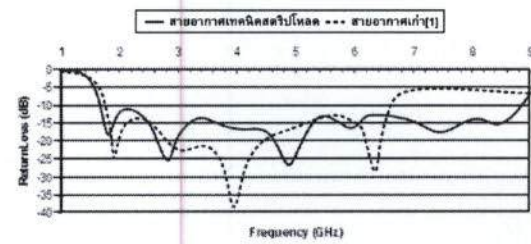
ตำแหน่งที่	ระยะของ (w)	ระยะของ (a)	ระยะของ (b)
1	1 มม.	3 มม.	7 มม.
2	1 มม.	4 มม.	7 มม.
3	1 มม.	5 มม.	7 มม.



รูปที่ 3 ผลของการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับ โดยการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของการเพิ่มร่อง (Slit) รูปตัวโอ บนสลับรูปสามเหลี่ยม

เมื่อเปรียบเทียบผลของการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับ ของสายอากาศทรงหกเหลี่ยมด้านเท่า ที่ปรับเพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคนิคสตริปโหลด กับสายอากาศแบบเก่า [1] ดังแสดงในรูปที่ 4 สามารถสรุปได้ว่าสายอากาศทรงหกเหลี่ยม

ด้านเท่าที่ปรับเพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคนิคสตริปโหลด มีค่าแบนด์วิดท์ที่กว้างกว่าสายอากาศทรงหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบเก่า [1] เพิ่มขึ้นจากเดิม 28 %

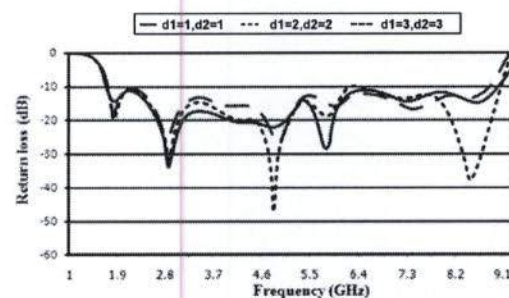


รูปที่ 4 การเปรียบเทียบผลของการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับ ของสายอากาศทรงหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ปรับเพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคนิคสตริปโหลด กับแบบเก่า

จากนั้นใช้เทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้าในการออกแบบเพื่อให้ได้สายอากาศทรงหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้างที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดแสดงดังรูปที่ 5 โดยการเพิ่ม EBG รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเข้าไปที่กราวด์ บริเวณใต้ฐานของสลับรูปสามเหลี่ยมใกล้กับตำแหน่งสายนำสัญญาณ (Feed Line) โดยมีขนาดของ EBG (d_1, d_2) แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งมีค่าความกว้าง และค่าความสูงที่เหมาะสมที่สุดคือ $d_1 = 1$ มม. $d_2 = 1$ มม. สามารถเพิ่มแบนด์วิดท์ของสายอากาศได้อีก 1.49 % เมื่อเทียบกับการใช้เทคนิคสตริปโหลด

ตารางที่ 3 แสดงการเปลี่ยนขนาดช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า (EBG) บริเวณใต้ฐานของสลับรูปสามเหลี่ยม

ระยะห่าง (มม.)		$f_l - f_u$ (GHz)	f_c (GHz)	Bandwidth	
d_1	d_2			(%)	(GHz)
1	1	1.67 - 9.01	5.34	137.45	7.34
2	2	1.67 - 5.95	3.81	112.33	4.28
3	3	1.67 - 5.86	3.76	111.43	4.19

รูปที่ 5 ผลการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับโดยปรับเปลี่ยนค่า d_1 และ d_2

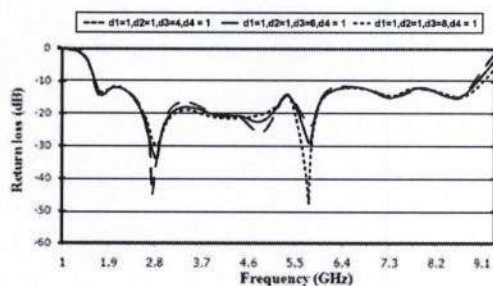
จากผลการจำลองแบบในรูปที่ 5 จะสังเกตเห็นว่า ค่าการสูญเสียย้อนกลับในช่วงความถี่ 5.5 - 8 GHz ยังมีค่าสูง

ดังนั้นเพื่อลดค่าดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ใช้เทคนิค EBG โดยการใส่ EBG รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเข้าไปใต้ฐานกราวด์ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งตำแหน่งของ EBG กำหนดจากตำแหน่ง $(x=-10, y=0)$ และ $(x=+10, y=0)$ สามารถแสดงดังตารางที่ 4 และรูปที่ 6 โดยตำแหน่งของ EBG ที่เหมาะสมที่สุดมีค่าความกว้างและค่าความสูงที่เหมาะสมที่สุดคือ $d_3 = 6\text{ มม.}$ $d_4 = 1\text{ มม.}$

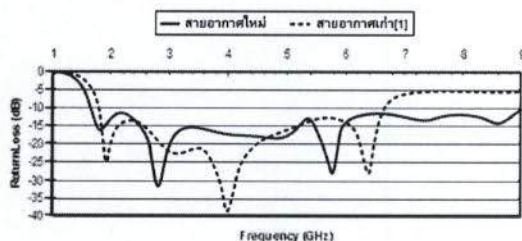
ตารางที่ 4 แสดงเปรียบเทียบการเปลี่ยนขนาด EBG (d_3 และ d_4) บริเวณใต้ฐานกราวด์

ระยะห่าง (มม.)		$f_l - f_u$ (GHz)	f_c (GHz)	Bandwidth	
d_3	d_4			(%)	(GHz)
4	1	1.67 - 8.87	5.27	136.62	7.20
6	1	1.67 - 8.92	5.29	137.05	7.25
8	1	1.67 - 8.96	5.31	137.28	7.29

เมื่อเปรียบเทียบผลของการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับ ของสายอากาศที่ออกแบบด้วยเทคนิค EBG กับสายอากาศแบบเก่า ดังแสดงในรูปที่ 7 สรุปได้ว่าสายอากาศที่ออกแบบด้วยเทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิค EBG มีค่าแบนด์วิดท์ที่กว้างกว่าสายอากาศแบบเก่า [1] โดยมีแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้นจากเดิม 27.55% และมีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ตอบสนองได้ดีขึ้น



รูปที่ 6 ผลของการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับโดยการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของ (EBG) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

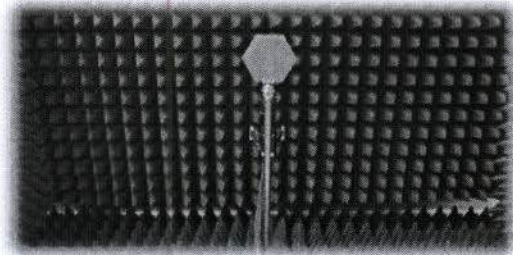


รูปที่ 7 การเปรียบเทียบผลของการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศแบบใหม่ที่ออกแบบด้วยเทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า กับสายอากาศแบบเก่า

3. การสร้างและทดสอบสายอากาศ

จากผลการจำลองแบบและการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศด้วยวิธีเชิงประสบการณ์ (Empirical method)

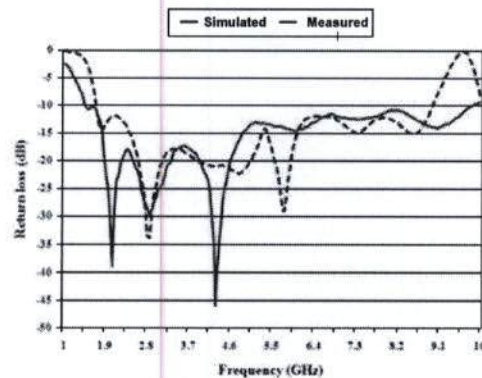
ร่วมกับโปรแกรมโปรแกรม IE3D ให้ได้ค่าที่เหมาะสม ซึ่งได้ขนาดของสายอากาศดังรูปที่ 1 และทำการสร้างสายอากาศต้นแบบตามขนาดของสายอากาศดังรูปที่ 1 โดยตัวสายอากาศถูกสร้างขึ้นด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR-4 ซึ่งมี ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ϵ_r) เท่ากับ 4.4 ค่า Loss Tangent เท่ากับ 0.02 ความสูงของฐานรองไดอิเล็กตริกเท่ากับ 1.6 มม. ความหนาของทองแดงเท่ากับ 0.0018 มม. สายอากาศต้นแบบที่สร้างสำเร็จแสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ชิ้นงานสายอากาศต้นแบบและการทดสอบสายอากาศ

3.1 การทดสอบวัดค่าความสูญเสียย้อนกลับ

จากนั้นทำการทดสอบวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานไฟฟ้า (Network Analyzer) รุ่น N5230C แล้วทำการเปรียบเทียบค่าการสูญเสียย้อนกลับ ของสายอากาศที่ได้สร้างขึ้นกับผลที่ได้จากการจำลอง และผลที่ได้จากการวัดพบว่าสายอากาศมีแบนด์วิดท์ที่กว้าง ประมาณ 148.66% (1.45 GHz - 9.82 GHz) ที่ค่าการสูญเสียย้อนกลับ เท่ากับ -10 dB ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลการจำลองแบบและจากการวัดของสายอากาศที่ออกแบบด้วยเทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิค (EBG)

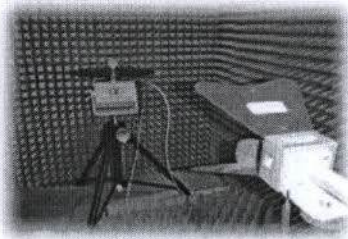
เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างสายอากาศที่ออกแบบด้วยเทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิค EBG กับสายอากาศแบบเก่า [1] พบว่ามีขนาดและรูปร่างที่ใกล้เคียงกัน และผลการเปรียบเทียบการวัดพบว่าสายอากาศที่ออกแบบด้วยเทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิค EBG นี้มีแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้นจากเดิม 39.16% ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบการวัดและทดสอบระหว่าง
สายอากาศที่ออกแบบด้วยเทคนิคสตริปโหลด
ร่วมกับเทคนิค EGB กับสายอากาศแบบเก่า [1]

สาย อากาศ	ผลการ คำนวณ	$f_c - f_o$ (GHz)	f_c (GHz)	Bandwidth	
				(%)	(GHz)
สายอากาศหก เหลี่ยมด้านเท่า แบบเก่า [2]	ผลจากการ จำลอง	1.68- 6.07	3.88	113.24	4.39
	ผลจากการวัด	1.86- 6.38	4.12	109.50	4.51
สายอากาศที่ ออกแบบด้วย เทคนิค EGB	ผลจากการ จำลอง	1.67- 8.92	5.29	137.05	7.25
	ผลจากการวัด	1.45- 9.82	5.63	148.66	8.37

4.2 การทดสอบวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ

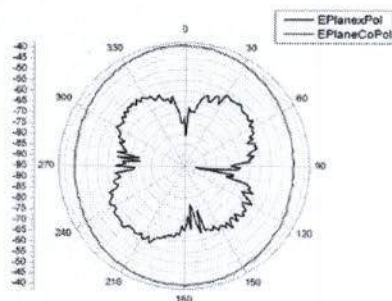
การทดสอบวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ
โดยต่ออุปกรณ์ตามรูปที่ 10 โดยใช้เครื่องวิเคราะห์งานไฟฟ้า
รุ่น E8257D และโปรแกรม Antenna Measurement studio
โดยทำการวัดรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศที่ความถี่
2.45 GHz, 5.2 GHz และ 9.2 GHz



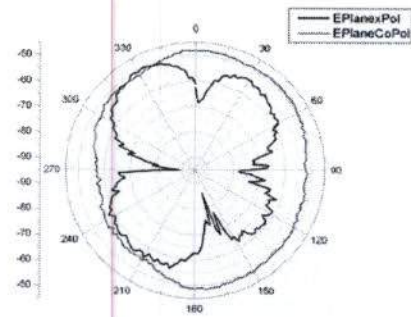
รูปที่ 10 การต่ออุปกรณ์วัดแบบรูปการแผ่พลังงานสายอากาศ
ในแนวระนาบ x-z plane (Co-Polarization)

ผลการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศที่ออกแบบด้วย
เทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิค EGB ที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้จะ
ทำการวัดใน ระนาบ x-z และระนาบ y-z

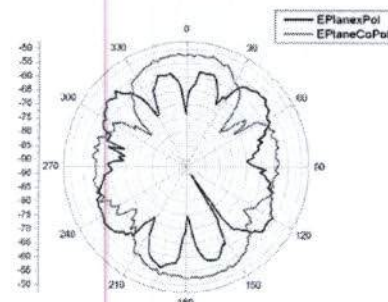
สำหรับผลการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ
ระนาบ x-z ดัง แสดงดังรูปที่ 11 รูปที่ 12 และรูปที่ 13 ตามลำดับ
พบว่าสายอากาศจะมีการแบบรูปการแผ่พลังงานรอบทิศทาง
และเมื่อความถี่สูงขึ้นแบบรูปการแผ่พลังงานจะเริ่มบิดเบี้ยว
และบิดเบี้ยวมากที่สุดที่ ความถี่ 9.2 GHz



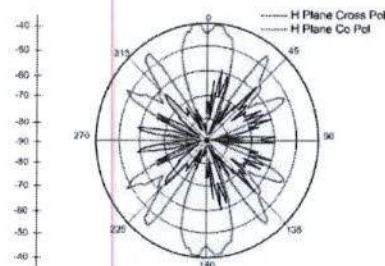
รูปที่ 11 ผลการวัดการแผ่พลังงานสายอากาศ
ที่ความถี่ 2.45 GHz ระนาบ x-z



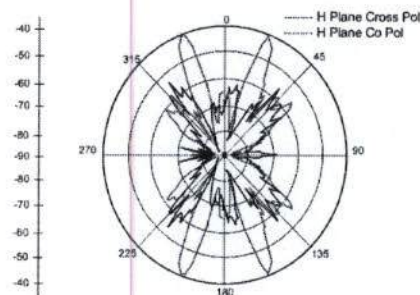
รูปที่ 12 ผลการวัดการแผ่พลังงานสายอากาศ
ที่ความถี่ 5.2 GHz ระนาบ x-z



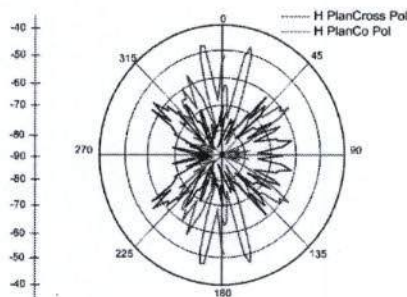
รูปที่ 13 ผลการวัดการแผ่พลังงานสายอากาศ
ที่ความถี่ 9.2 GHz ระนาบ x-z



รูปที่ 14 ผลการวัดการแผ่พลังงานสายอากาศ
ที่ความถี่ 2.45 GHz ระนาบ y-z



รูปที่ 15 ผลการวัดการแผ่พลังงานสายอากาศ
ที่ความถี่ 5.2 GHz ระนาบ y-z



รูปที่ 16 ผลการวัดการแผ่พลังงานสายอากาศ ที่ความถี่ 9.2 GHz ระนาบ y-z

สำหรับผลการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ ดังแสดงดังรูปที่ 14 รูปที่ 15 และรูปที่ 16 ตามลำดับ พบว่า สายอากาศจะมีการแบบรูปการแผ่พลังงานกระจุกกระจายรอบทิศทาง และเมื่อความถี่สูงขึ้นแบบรูปการแผ่พลังงาน จะเริ่มกระจุกกระจายมากขึ้นและกระจุกกระจายมากที่สุดที่ความถี่ 9.2 GHz

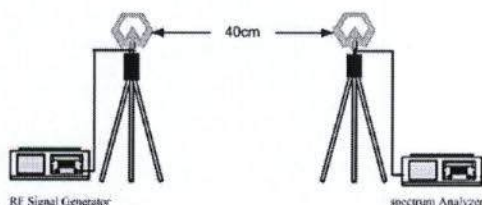
สรุปได้ว่า สายอากาศ ที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถรับการแผ่พลังงาน ของคลื่นแบบ Co-Polarization และ Cross-Polarization ดีที่สุดที่ ความถี่ 2.45 GHz และแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศมีรูปการแผ่พลังงานใกล้เคียงกับผลการจำลอง ส่วนที่ความถี่ 9.2 GHz เริ่มมีการบิดเบี้ยว ของแบบรูปการแผ่พลังงานมากที่สุด

3.3 การทดสอบวัดอัตราขยายของสายอากาศ

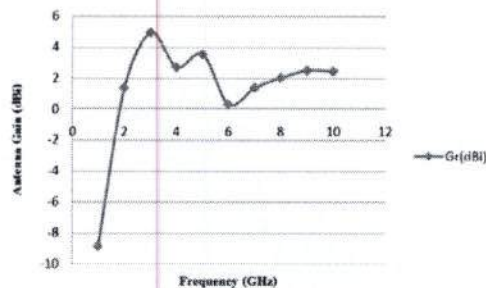
การวัด อัตราขยาย ของสายอากาศ ทำการต่ออุปกรณ์ตามรูปที่ 17 มีเครื่องกำเนิดสัญญาณ (RF Signal Generator) เป็นตัวป้อนสัญญาณที่ความถี่ 1-10 GHz ส่งกำลังคลื่นออกไป 0 dBm โดยผ่านสายโคแอกเซียล ชนิด RG-142 ที่มีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์มไปยังสายอากาศรูปปากแตร (Horn Antenna) ที่เป็นตัวส่งสัญญาณแผ่ไปยังสายอากาศ หกเหลี่ยม ที่เป็นตัวรับสัญญาณ ซึ่งเป็นสายอากาศที่จะทำการทดสอบโดยผ่านสายโคแอกเซียล เข้าเครื่องวิเคราะห์แถบความถี่ (spectrum Analyzer) ซึ่งจะได้อ่านค่าความแรงของสัญญาณความถี่ที่รับได้ แล้วนำมาคำนวณเพื่อหาอัตราขยายของสายอากาศของสายอากาศที่สร้างขึ้น

เนื่องจาก สายอากาศที่นำทดสอบดังรูปที่ 17 มีอัตราขยายเท่ากันทั้งด้านรับและส่งดังนั้นสามารถคำนวณหา อัตราขยาย ของสายอากาศที่สร้างขึ้นจากสูตร

$$(G_{or})_{dB} = (G_{or})_{dB} = \left(\frac{1}{2} \right) \left[20 \log_{10} \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right) + 10 \log \left(\frac{P_r}{P_t} \right) \right]$$



รูปที่ 17 การวัดอัตราขยายของสายอากาศ



รูปที่ 18 ผลของอัตราขยายของสายอากาศ ที่ได้จากการวัด

จากรูปที่ 18 ผลของอัตราขยายพลังงานสูงสุดของสายอากาศ ที่ความถี่เรโซแนนซ์ ณ ความถี่ 3 GHz เท่ากับ 4.9dBi และผลของอัตราขยายพลังงานต่ำสุด ณ ความถี่ 7 GHz เท่ากับ 1.39 dBi

4. สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาสายอากาศแบบไมโครสตริปที่มีการ การพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของสายอากาศร่องหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้างโดยเทคนิค ปรับปรุง สตริปและร่องสลิต และปรับปรุงประสิทธิภาพต่อด้วยเทคนิค EBG นั้น ทำให้ได้ค่าแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้นและค่าการสูญเสียย้อนกลับลดลง ซึ่งครอบคลุมการใช้งานในย่านความถี่ของระบบสื่อสารไร้สาย จากผลการวิจัยพบว่าสายอากาศมีแบนด์วิดท์ที่ค่าการสูญเสียย้อนกลับต่ำกว่า -10 dB ที่ความถี่ 1.45 - 9.82 GHz หรือมีค่าเปอร์เซ็นต์แบนด์วิดท์ 148.66 % และเมื่อเปรียบเทียบค่าการสูญเสียย้อนกลับระหว่างสายอากาศที่ออกแบบด้วยเทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิค EBG และสายอากาศแบบเก่า [1] ผลปรากฏว่าสายอากาศที่ออกแบบด้วยเทคนิคสตริปโหลดร่วมกับเทคนิค EBG มีแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้นจากเดิม 39.16% และแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศมีรูปการแผ่พลังงานใกล้เคียงกับผลการจำลอง โดยที่อัตราขยายพลังงานสูงสุดของสายอากาศที่ความถี่ 3 GHz เท่ากับ 4.9dBi ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างสายอากาศ แบบแถบความถี่กว้างของระบบสื่อสารไร้สายต่างๆ เช่น DCS, PCS, UMTS, WLAN 802.11 a/b/g, Bluetooth และครอบคลุมย่านความถี่ IEEE 802.16 WIMAX ได้ถึง 85.25 %

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] ไกรสร สาริษา. 2549 . สายอากาศร่องหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [2] A Danideh, A.A. Loft Neyestanek, M.N. Moghaddasi and, G. Dadashzadeh, "Compact slot antenna with EBG feeding line for WLAN applications" Progress In Electromagnetics Research C, Vol. 10, 87-99, 2009.