

การศึกษาสายอากาศไดโพลโดยการจำลองการทำงาน

Study of Dipole Antenna by Simulation

สุรศักดิ์ เกิดผล* เบญจวรรณ อภัยสรพรหม และ เวช วิเวก

กลุ่มวิจัยสื่อสารไร้สาย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทร.0-2555-2000 E-mail: surasak_kkmutnb@hotmail.com

Surasak Kerdpol*, Benjawan Apatsaraphom and Vech Vivek

Wireless Communication Research Group (WCRG), Department of Electrical and Computer Engineering,

Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

1518 Pracharat 1 Rd., Bangsue, Bangkok 10800, THAILAND. E-mail: surasak_kkmutnb@hotmail.com

บทคัดย่อ

สายอากาศไดโพลเป็นสายอากาศที่แพร่กระจายคลื่นแบบรอบตัว ถ้าใส่ตัวสะท้อนจะทำให้มีการแผ่กระจายไปทางข้างหน้าเป็นแบบทิศทางเดียว บทความนี้เป็นการนำเสนอแนวคิดและการจำลองการทำงานสายอากาศไดโพลที่ใส่ตัวสะท้อนแบบเส้นลวด โดยมีการวางตัวสะท้อนจำนวน 2 รูปแบบคือแนวตั้งและแนวนอนโดยการวางตัวสะท้อนแนวตั้งโดยมีตัวสะท้อน 3 เส้นให้แสดงผลอัตราขยายของสายอากาศดีที่สุด ตอบสนองการใช้งานในระบบเครือข่ายไร้สายในย่านความถี่ 2.4 GHz (2400 - 2485 MHz)

คำสำคัญ: ไดโพล, ตัวสะท้อน

Abstract

Dipole antenna is omnidirectional. If a reflector is added, the antenna beam will be unidirectional. This paper presents the concept and simulation of dipole antenna with wire reflector. Both vertical and horizontal wire layout have been investigated. The vertical layout gives the best gain. It uses Wireless LAN 2.4GHz (2400 – 2485 MHz).

Tutorial Paper

* Corresponding author.

Keyword: Dipole, Reflector

1. บทนำ

เทคโนโลยีทางการติดต่อสื่อสารโทรคมนาคมถือว่ามีความสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดต่อสื่อสารในย่านความถี่ไมโครเวฟ ซึ่งมีการใช้งานในระบบสื่อสารต่างๆ มากมาย เช่น ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบสื่อสารดาวเทียม ระบบวิทยุสื่อสาร ระบบเรดาร์ อีกทั้งยังนำมาใช้ประโยชน์ในงานด้านการศึกษา งานด้านสำรวจทรัพยากร งานด้านธุรกิจ งานด้านการแพทย์และทางการแพทย์ การสื่อสารไร้สายนั้นก็มีหลายระบบด้วยกันเช่น ระบบ WLAN IEEE 802.11 มีสองความถี่ คือ 2.4 GHz (2400 – 2485 MHz) และที่ความถี่ 5.2 GHz (5130 – 5350 MHz), ระบบ WPAN IEEE 802.15.3a (3.1GHz - 10.6GHz) และ WIMAX IEEE 802.16a (2GHz-11GHz) จากการใช้งานดังที่ได้กล่าวมาในการรับส่งข้อมูลการสื่อสารต่างๆ ส่วนที่มีความสำคัญไม่น้อยกว่าส่วนอื่นคือสายอากาศ (Antenna) เนื่องจากทำหน้าที่เป็นสื่อกลางภาครับและภาคส่ง ดังนั้นการออกแบบสายอากาศจึงมีหลายรูปแบบตามความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกัน

Received 8 January 2013

Accepted 26 March 2013

ในบทความนี้ได้นำเสนอการศึกษาและออกแบบสายอากาศไดโพลที่มีตัวสะท้อน [1 - 2] โดยการใส่ตัวสะท้อน การศึกษาการวางตัวสะท้อนในระยะ λ ต่างๆ [3 - 7] เพื่อให้ได้อัตราขยายของสายอากาศที่เพิ่มขึ้น สามารถใช้งานได้ในระยะที่ไกลขึ้นและสามารถรับส่งสัญญาณได้ดี สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในระบบสื่อสารไร้สายท้องถิ่น สายอากาศสามารถใช้งานในย่านแถบความถี่ของ WLAN IEEE802.11 b/g (2.4-2.484 GHz) การโหลาไรซ์ถ้าอธิบายคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งขนาดสัมพัทธ์และทิศทางของเวกเตอร์สนามไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาตลอดทิศทางของการแผ่กำลังงานออกไป การแยกข้อคลื่นสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบเชิงเส้น(Linear) แบบวงรี(Elliptical) และวงกลม(Circular) สายอากาศไดโพลเป็นการโหลาไรซ์แบบเชิงเส้น สำหรับสายอากาศไดโพลที่มีตัวสะท้อนที่ออกแบบมีการโหลาไรซ์แบบเชิงเส้นซึ่งเวกเตอร์สนามไฟฟ้าของคลื่นเมื่อแปรผันตามเวลา ณ จุดใดๆ ในอากาศอย่างต่อเนื่องแล้วมีลักษณะเป็นเส้นตรง และการจำลองการทำงานของสายอากาศโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป CST ส่วนรายละเอียดการออกแบบสายอากาศ การทดสอบจะอธิบายในส่วนถัดไป

2. การออกแบบและสร้างสายอากาศไดโพล

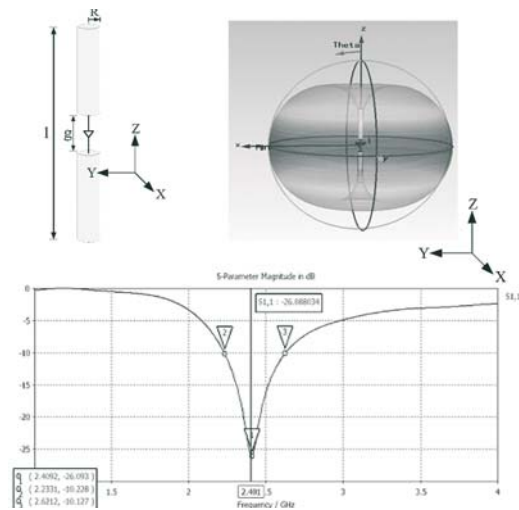
ตามทฤษฎีสายอากาศไดโพลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจะมีขนาดยาวเป็น $\lambda/2$ [8] และคำนวณโดยใช้สูตร $\lambda = c/f$ สายอากาศไดโพลที่ได้ศึกษานี้ จะใช้งานในย่านความถี่ย่าน 2.4 GHz ย่าน ISM Band เริ่มต้นจาก 2.4 GHz ไปจนถึง 2.483 GHz [3] ซึ่งจะเป็นความถี่ใช้งาน

การศึกษาและจำลองการทำงานของสายอากาศไดโพลโดยใช้โปรแกรม CST Microwave 2010 เริ่มจากการศึกษาสมบัติสายอากาศไดโพล โดยนำผลจากการคำนวณและนำมาออกแบบ และทำการปรับใหม่โดยใช้โปรแกรมในการออกแบบสายอากาศเพื่อให้ตรงกับความถี่ที่เราต้องการใช้งานที่ความถี่ 2.4 GHz ดังนั้นจึงได้ขนาดพารามิเตอร์ของสายอากาศใหม่ แสดงในตารางที่ 1

ดังนั้นผลที่ได้มีการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบตัว ได้อัตราขยายสายอากาศ 2.05 dB และแบนด์วิดท์ครอบคลุมความถี่ 2.23-2.62 GHz มีแบนด์วิดท์ 390 MHz

ตารางที่ 1 ขนาดพารามิเตอร์ของสายอากาศ

ค่าพารามิเตอร์	ค่าที่ได้ (mm.)
ความยาวของไดโพลทั้งหมด (l)	48
ความกว้างช่องว่างระหว่างไดโพล (g)	8
รัศมีของไดโพล (R)	1.5

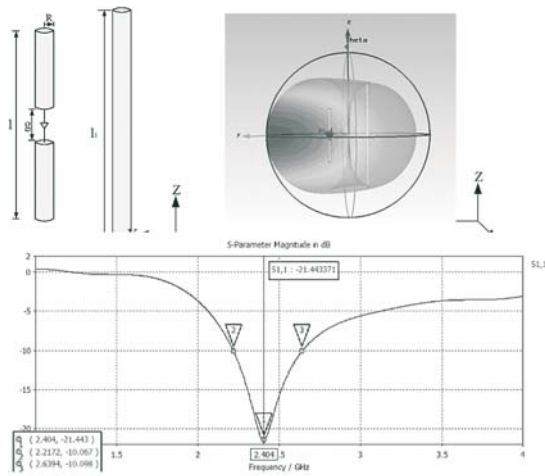


รูปที่ 1 สายอากาศไดโพลความถี่ 2.4 GHz ,Pattern, และ S_{11}

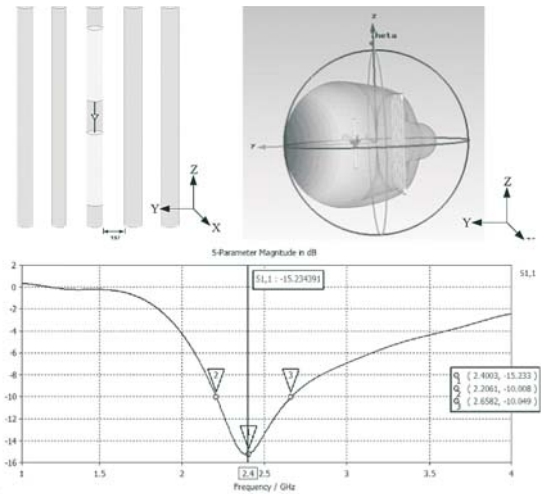
จากนั้นได้ใส่ตัวสะท้อนเป็นแบบเส้นในแนวตั้งที่มีรัศมีเท่ากับไดโพลแต่ความยาวกว่าไดโพล และทำการปรับใหม่ทำให้ได้ความยาวไดโพล $l = 46$ mm. ตัวสะท้อนขนาด $l_1 = 90$ mm และระยะห่างระหว่างไดโพลกับตัวสะท้อน $l_2 = 30$ mm. โดยวัดจากจุดกึ่งกลางของเส้นลวด

การใส่ตัวสะท้อนแบบเส้นเข้าไป 1 เส้นทำให้อัตราขยายของสายอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 4.14 dB แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นจะเป็นแบบทิศทางเดียว และแบนด์วิดท์ครอบคลุมความถี่ 2.21 - 2.63 GHz มีแบนด์วิดท์ 420 MHz ดังรูปที่ 2

จากสายอากาศไดโพลรูปที่ 2 ได้เพิ่มตัวสะท้อนแบบเส้นจาก 1 เส้นเป็น 3 เส้น โดยให้ขนาดความยาวของตัวสะท้อนเท่า 90 mm. เหมือนต้นแรก และระยะห่างของตัวสะท้อนแต่ละตัว (W) เท่ากับ 10 mm.

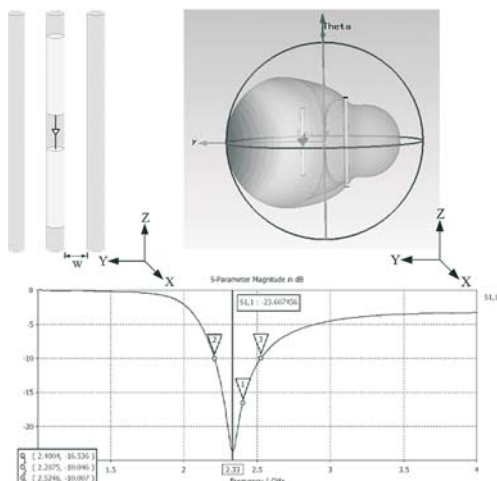


รูปที่ 2 สายอากาศไดโพลใส่ตัวสะท้อน 1 เส้นที่ความถี่ 2.4 GHz, Pattern, และ S_{11}



รูปที่ 4 สายอากาศไดโพลใส่ตัวสะท้อน 5 เส้นที่ความถี่ 2.4 GHz, Pattern และ S_{11}

การเพิ่มตัวสะท้อนแบบเส้นเข้าไปเป็น 3 เส้นทำให้อัตราขยายของสายอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 6.55 dB แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นจะเป็นแบบทิศทางเดียว และแบนด์วิดท์ที่ครอบคลุมความถี่ 2.20-2.52 GHz และมีแบนด์วิดท์ 320 MHz ดังรูปที่ 3

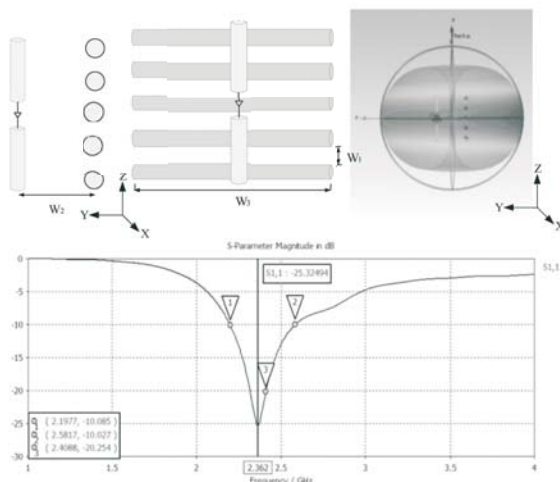


รูปที่ 3 สายอากาศไดโพลใส่ตัวสะท้อน 3 เส้นที่ความถี่ 2.4 GHz, Pattern, และ S_{11}

หลังจากได้เพิ่มตัวสะท้อนแบบเส้นลด จาก 3 เส้น เป็น 5 เส้น โดยให้ขนาดของตัวสะท้อน และระยะห่างระหว่างตัวสะท้อน (W) ให้เท่ากันทุกเส้นเพิ่มตัวสะท้อนเป็น 5 เส้นทำให้อัตราขยายของสายอากาศเพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.28 dB แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นจะเป็นแบบทิศทางเดียว และแบนด์วิดท์ครอบคลุมความถี่ 2.20-2.65 GHz และมีแบนด์วิดท์ 450 MHz ดังรูปที่ 4

การเพิ่มตัวสะท้อนเข้าไปทำให้ผลการแมตช์ดีขึ้น และอัตราขยายของสายอากาศเพิ่มขึ้นในแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบทิศทางเดียว การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ที่ความถี่ 2.4 GHz เท่ากับ -26.09 dB อัตราขยายของสายอากาศเท่ากับ 2.05 dB แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบตัว เพิ่มตัวสะท้อนเข้าไป 1 เส้นผลการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) เท่ากับ -21.44 dB อัตราขยายของสายอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 4.14 dB แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นจะเป็นแบบทิศทางเดียว เพิ่มตัวสะท้อนเป็น 3 เส้นผล S_{11} เท่ากับ -16.53 dB อัตราขยายของสายอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 6.55 dB เพิ่มตัวสะท้อนเป็น 5 เส้นผล S_{11} เท่ากับ -15.23 dB และอัตราขยายของสายอากาศ เท่ากับ 6.28 dB

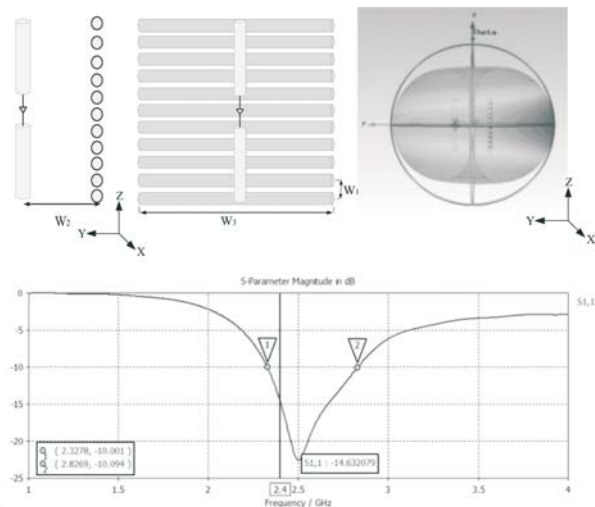
การจำลองหาประสิทธิภาพของสายอากาศไดโพล เมื่อวางตัวสะท้อนในแนวนอนหรือลักษณะตั้งฉากกับสายอากาศไดโพล ใช้ความยาวของตัวสะท้อนเท่ากับในกรณีวางตัวสะท้อนแนวตั้งความยาวของตัวสะท้อน $l_1 = 0.5\lambda$ หลังจากปรับค่าใหม่ให้เหมาะสม จะได้ความยาว $W_3 = 90$ mm., $W_1 = 10$ mm และ $W_2 = 30$ mm.



รูปที่ 5 สายอากาศไดโพลใส่ตัวสะท้อน 5 เส้น ในแนวนอนที่ความถี่ 2.4 GHz ,Pattern และ S_{11}

หลังจากเปลี่ยนตัวสะท้อนแบบ 5 เส้น ในแนวตั้งเป็นแบบแนวนอนดังรูปที่ 5 ทำให้ได้อัตราขยายของสายอากาศเท่ากับ 2.04 dB แบบรูปการแพร่กระจายจากคลื่นเป็นแบบรอบตัวและแบนด์วิดท์ครอบคลุมความถี่ 2.19-2.58 GHz และมีแบนด์วิดท์เท่ากับ 390 MHz

กรณีการวางตัวสะท้อนในแนวนอนได้ศึกษาการปรับลดระยะของ W_1 เท่ากับ 5 mm. ทำให้ต้องเพิ่มจำนวนของตัวสะท้อนเพิ่มขึ้นเป็น 11 เส้นดังรูปที่ 6 โดยความยาวของ W_3 เท่ากับ 90 mm. และระยะระหว่างตัวสะท้อนกับไดโพล $W_2 = 30$ mm. เหมือนเดิมเพื่อต้องการทดสอบการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของสายอากาศหลังจากปรับลดระยะห่างระหว่างตัวสะท้อน W_1 จากการเพิ่มตัวสะท้อนแบบเส้นแนวนอนเข้าไปเป็น 11 เส้นทำให้ได้อัตราขยายของสายอากาศเท่ากับ 2.01dB และค่าแบนด์วิดท์ที่ครอบคลุมความถี่ 2.32 - 2.82 มีแบนด์วิดท์เท่ากับ 500 MHz

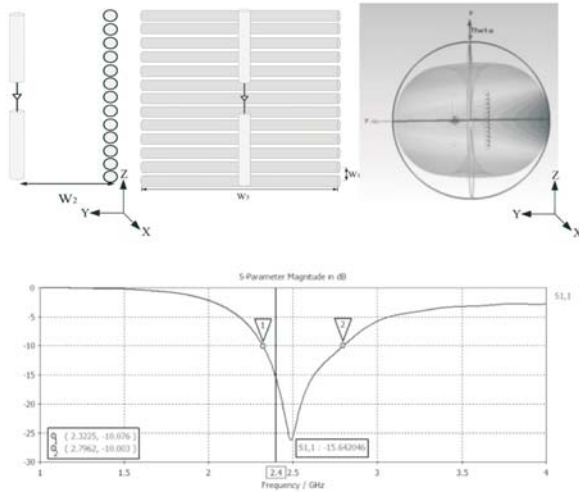


รูปที่ 6 สายอากาศไดโพลใส่ตัวสะท้อน 11 เส้น ในแนวนอนที่ความถี่ 2.4 GHz ,Pattern และ S_{11}

โครงสร้างของสายอากาศไดโพลในการวางตัวสะท้อนในแนวนอนโดยปรับลดระยะของ W_1 เท่ากับ 4 mm. ทำให้เพิ่มจำนวนของตัวสะท้อนเพิ่มขึ้นเป็น 13 เส้น โดยความยาวของ W_3 เท่ากับ 90 mm. และระยะระหว่างตัวสะท้อนกับไดโพล W_2 เท่ากับ 30 mm. เหมือนเดิมเพื่อต้องการศึกษาทดสอบการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของสายอากาศหลังจากปรับลดระยะห่างระหว่างกับตัวสะท้อน

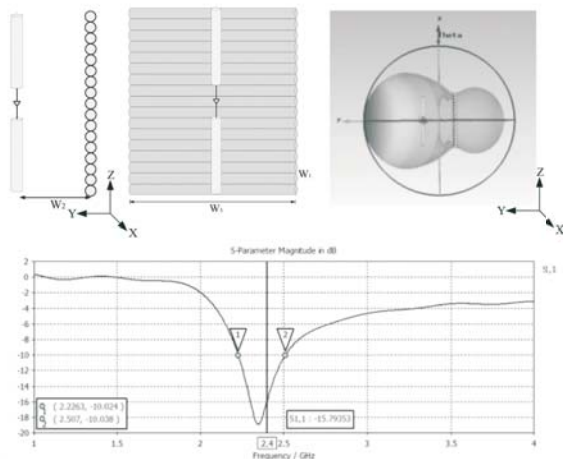
หลังเพิ่มตัวสะท้อนแบบเส้นแนวนอนเข้าไปเป็น 13 เส้น ดังรูปที่ 7 ทำให้ได้อัตราขยายของสายอากาศเท่ากับ 2.34 dB และค่าแบนด์วิดท์ครอบคลุมความถี่ 2.32 - 2.79 GHz และมีแบนด์วิดท์ 470 MHz

โครงสร้างของสายอากาศไดโพลในการวางตัวสะท้อนในแนวนอน โดยลดระยะของ W_1 เท่ากับ 0 mm. ทำให้เพิ่มจำนวนของตัวสะท้อนเพิ่มขึ้นเป็น 17 เส้น ดังรูปที่ 8 โดยความยาวของ $W_3 = 90$ mm. และระยะระหว่าง ตัวสะท้อนกับไดโพล $W_2 = 30$ mm. เหมือนเดิมเพื่อต้องการหาประสิทธิภาพของสายอากาศหลังจากปรับลดระยะห่างระหว่างตัวสะท้อนให้ลดลง



รูปที่ 7 สายอากาศไดโพลใส่ตัวสะท้อน 13 เส้น ในแนวนอน ที่ความถี่ 2.4 GHz ,Pattern และ S_{11}

การปรับลดระยะ $W_1 = 0$ mm. ทำให้คลื่นไม่สามารถสอดแทรกออกไปได้ ทำให้คลื่นสะท้อนกลับทั้งหมด ทำให้ได้อัตราขยายของสายอากาศเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 7.34 dB แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบทิศทางเดียว และแบนด์วิดท์ครอบคลุมความถี่ 2.22-2.50 GHz มีแบนด์วิดท์เท่ากับ 280 MHz



รูปที่ 8 สายอากาศไดโพลใส่ตัวสะท้อนชิดกันในแนวนอน ที่ความถี่ 2.4 GHz ,Pattern และ S_{11}

3. สรุป

การจำลองหาประสิทธิภาพของสายอากาศไดโพลเมื่อใส่ตัวสะท้อนคลื่นเพื่อให้การแพร่กระจายคลื่นไปในทิศทางเดียว ทำให้อัตราขยายของสายอากาศเพิ่มขึ้น ระยะการแพร่กระจายคลื่น ใกล้ขึ้น

การวางตัวสะท้อนของสายอากาศในแนวนอนกับสายอากาศไดโพลหรือแนวตั้ง จำนวนของตัวสะท้อน 3 เส้น โดยระยะห่างระหว่างตัวสะท้อนกับไดโพลเท่ากับ 30 mm. ความยาวของตัวสะท้อนเท่ากับ 90 mm. และระยะห่างระหว่างตัวสะท้อนกับตัวสะท้อนเท่ากับ 10 mm. จะทำให้การสะท้อนของคลื่นมีอัตราขยายของสายอากาศมากที่สุดเท่ากับ 6.55 dB ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวางตัวสะท้อนในแนวตั้ง

สายอากาศไดโพล	W_2 (mm.)	อัตราขยาย (dB)	แบนด์วิดท์ (MHz)
	10	2.04	390
	5	2.01	500
	4	2.34	470
	0	7.34	280

ในการวางตัวสะท้อนในแนวตั้งฉากกับสายอากาศไดโพลหรือในแนวนอนนั้น ระยะห่างระหว่างตัวสะท้อนกับตัวสะท้อนที่ระยะ 10 mm. ไม่ส่งผลต่อการสะท้อนคลื่น เมื่อระยะห่างระหว่างตัวสะท้อนกับตัวสะท้อนเท่ากับ 5 mm. และ 1 mm. นั้นตัวสะท้อนจะทำหน้าที่เปรียบเสมือน director ตัว

หนึ่ง เพราะการวางจะอยู่ในแนวเดียวกับการโพลาไรซ์ของคลื่น แต่ถ้าลดระยะห่างเท่ากับ 0 mm. หรือติดกันทำให้การสะท้อนของคลื่นนั้นสะท้อนกลับหมด ทำให้การแพร่กระจายคลื่นแพร่ไปทิศทางเดียว และมีอัตราขยายของสายอากาศที่สูงขึ้น เท่ากับ 7.34 dB ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวางตัวสะท้อนในแนวนอน

สายอากาศไดโพล	อัตราขยาย (dB)	แบนด์วิธ (MHz)
	2.05	390
	4.14	420
	6.55	320
	6.28	450

- [3] John D. Kraus, "Antennas", McGraw-Hill Book Company; 2nd edition. New York, 1988.
- [4] Gary A. Thiele and Warren L. Stutzman, "Antenna Theory and Design", 3rd edition. United States of America, 2013.
- [5] Maryam Dehghani Estarki, Xing Yun, Xu Han, Rodney G. Vaughan "The Effect of Gap Size on Dipole Impedance Using the Induced EMF Method", School of Engineering Science, Simon Fraser University, *IEEE*, 2010, pp. 373-376.
- [6] Maowen Wang, Yejun He, Guangxi Zhu, Deming Liu, "Design and Simulation of Dipole and Cable-Fed Network of TD-SCDMA Smart Antenna", *IEEE International Conference on Communications and Mobile*, 2009, pp.65-69.
- [7] Olusola O. Olaode, W. Devereux Palmer, Senior Member, and William T. Joines, "Effects of Meandering on Dipole Antenna Resonant Frequency", *IEEE Antennas and Wireless Prop Lett.*, Vol.11, 2012, pp.122-125.
- [8] Richard C. Johnson, "Antenna Engineering Handbook", McGraw-Hill, New York, 1961.

ประวัติผู้เขียนบทความ

เอกสารอ้างอิง

- [1] A.Balanis, "Antenna Theory", 3rd edition, John Wiley & Sons, Canada, 2005.
- [2] Shohei Hasegawa, Takenori Yasuzumi, Tamotsu Suda Yasuhiro Kazama, and Osamu Hashimoto, "A Study on Dipole Antenna Having Conical Radiation Pattern with EBG as a Reflector" *2009 Loughborough Antenna & Propagation Conference*, UK, 2009, pp. 305-308.



สุรศักดิ์ เกิดผล สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ปี 2553 และกำลังศึกษาระดับปริญญาโท ที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

งานวิจัยที่สนใจ Multiband Antenna



เบญจวรรณ อภัสร์พรหม สำเร็จ
การศึกษาระดับปริญญาตรี ปี 2553 และ
กำลังศึกษาระดับปริญญาโท ที่ภาควิชา
วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ

งานวิจัยที่สนใจ สาขาอากาศในช่วงความถี่ไมโครเวฟ



รองศาสตราจารย์ เวช วิเวก สำเร็จ
การศึกษาระดับปริญญาตรี ปี 2519 และ
ปริญญาโท ปี 2523 จากสาขาวิชาไฟฟ้า
สื่อสารและโทรคมนาคม สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
และคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

งานวิจัยที่สนใจ เทคโนโลยีสาขาอากาศและระบบสื่อสาร