

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูปแอลคู่สำหรับใช้งานโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย

Design of Double L-shaped Slot Antenna for WLAN Application

เทพ เกื้อทวีกุล

Thep Kueathaweekun

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

69 ม.1 ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000 โทร (055) 706555 ต่อ 2511 E-mail: therasak_e@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบสายอากาศช่องเปิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีคุณสมบัติเรโซแนนซ์ที่สองความถี่คือ ความถี่ 2.4 GHz และ 5.2GHz สำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) สายอากาศนี้มีโครงสร้างประกอบด้วย ช่องปิดรูปตัวแอลคู่และมีสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม (CPW-fed) บน (ระนาบกราวด์) ในการศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของสายอากาศสายอากาศนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธี FDTD โดยใช้วิธีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศแบบช่องเปิด ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองได้สองความถี่เรโซแนนซ์โดยแบนด์วิดท์ครอบคลุมแถบความถี่ที่ต้องการได้ ตามมาตรฐานของโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) (IEEE 802.11b/g (2.4-2.48 GHz) และ IEEE 802.11a (5.15-5.35 GHz) และแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลทั้งสองความถี่เรโซแนนซ์เป็นแบบ ทิศทาง 2

คำสำคัญ: สองความถี่ สายอากาศช่องเปิด รูปแอลคู่

Abstract

This paper presents the study and design of slot antenna at 2.4 GHz and 5.2 GHz for Wireless Local Area Network (WLAN) applications. This antenna consists a double slot and fed by coplanar waveguide (CPW-

Fed) on the ground plane. The antenna is analyzed by using Finite Difference Time Domain (FDTD) method for study characteristics of slot antenna. The simulated results can be obtained impedance bandwidth for two operating bands that can cover the required bandwidths of IEEE 802.11 b/g (2.4-2.483 GHz) and IEEE 802.11 a (5.15-5.35 GHz) WLAN standard. The far-field radiation patterns of two resonance frequencies are bi-directional.

Keywords: dual frequency, slot antenna, double L-shaped

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ระบบการสื่อสารข้อมูลข่าวสารแบบไร้สายได้มีการพัฒนา และเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็น การสื่อสารดาวเทียม ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ และโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) เป็นต้น โดยการสื่อสารข้อมูลเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ใช้ความถี่ในย่านความถี่ไมโครเวฟ ในการรับ-ส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุทั้งสิ้น ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless Communication Systems) แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะตามระยะทางของการติดต่อสื่อสาร คือ โครงข่ายไร้สายระดับบุคคล (Wireless Personal Area

Network: WPAN) โครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (Wireless Local Area Network : WLAN) และ โครงข่ายบริเวณกว้างไร้สาย (Wireless Wide Area Network :WWAN) เป็นต้น ระบบโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายนับเป็นการสื่อสารหนึ่งในปัจจุบันมีการใช้กันแพร่หลายมากขึ้นเป็นลำดับ เนื่องจากระบบนี้มีความยืดหยุ่นสูง เพราะว่าเป็นระบบที่ใช้คลื่นวิทยุในการรับ-ส่งข้อมูล โดยการสื่อสารนี้ถูกกำหนดไว้ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11 a/b/g ในการรับและส่งข้อมูลข่าวสาร สายอากาศนับได้ว่าเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีความสำคัญในการเชื่อมโยงกับระบบการสื่อสารเพื่อรับ-ส่งข้อมูลข่าวสารในปัจจุบันที่มีความเป็นมัลติมีเดียมากขึ้น สายอากาศชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในการเชื่อมโยงเพื่อใช้รับ-ส่งข้อมูลข่าวสารในย่านความถี่ไมโครเวฟคือ สายอากาศแบบไมโครสตริป ซึ่งมีข้อดีคือ เป็นสายอากาศที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับสายอากาศแบบอื่น ๆ และในหลายปีที่ผ่านมา มีนักวิจัยด้านการสื่อสารไร้สายหลายๆ ท่านที่การออกแบบและพัฒนาสายอากาศไมโครสตริปสำหรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) ทำการศึกษาและพัฒนาในหลากหลายรูปแบบ และรูปแบบการป้อนสัญญาณที่แตกต่าง ๆ กัน เช่น สายอากาศช่องเปิดแบบวงแหวน [1] สายอากาศแบบไดโพล [2] รูปตัวอักษรเอฟ [3] รูปตัวแอล [4] รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า [5] สายอากาศไมโครสตริปแพทช์รูปตัววี [6] และสายอากาศไมโครสตริปแพทช์รูปหกเหลี่ยม [7] เป็นต้น สำหรับสายอากาศที่กล่าวมานั้นค่อนข้างจะมีข้อจำกัดกล่าวคือ แบนด์วิดท์ค่อนข้างแคบ มีรูปแบบที่ค่อนข้างซับซ้อน และค่อนข้างทำแมตซ์ซึ่งได้ยาก ดังนั้น ในการออกแบบและวิเคราะห์สายอากาศแบบช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมที่มีโครงสร้างพื้นฐาน และง่ายในการ

ทำแมตซ์อิมพีแดนซ์เพื่อให้สามารถรองรับกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN)

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูปตัวแอลคู่ที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม ซึ่งเป็นรูปร่างที่ไม่ซับซ้อนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้สองย่านความถี่คือความถี่ 2.4 GHz และ 5.2 GHz สำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธี FDTD เพื่อให้ได้สองความถี่เรโซแนนซ์ และมีแบนด์วิดท์สามารถครอบคลุมแถบความถี่ที่ต้องการได้ตามมาตรฐานของโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11b/g

2. การออกแบบสายอากาศไมโครสตริป

การออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดที่ป้อนสัญญาณโดยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม สิ่งที่จะต้องทำเป็นอันดับแรก คือ การเลือกชนิดของวัสดุฐานรอง (Substrate) เพื่อนำเอาค่าคุณสมบัติต่าง ๆ มาใช้ในการคำนวณหาความกว้างของ CPW ค่าความยาวคลื่นสัมพันธ์ (λ_g) ความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการออกแบบ และการออกแบบจำลองสายอากาศด้วยวิธีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา (FDTD) [10] ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามลำดับดังนี้

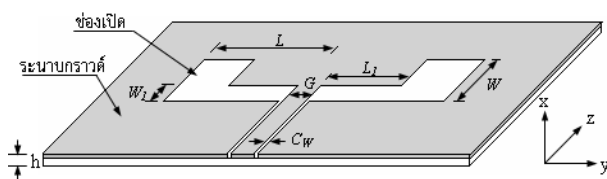
การออกแบบสายอากาศในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้วัสดุฐานรอง (Substrate) แบบ RT/duroid 5880 ซึ่งมีค่าคุณสมบัติดังนี้

- ค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ϵ_r) เท่ากับ 2.20
- ค่า Loss tangent ($\tan\delta$) เท่ากับ 0.0009
- ความหนาของวัสดุฐานรอง (h) เท่ากับ 1.575 มิลลิเมตร
- ค่าความนำของวัสดุตัวนำ (σ) เท่ากับ 4.9×10^7 s/m

- ค่าความหนาของวัสดุตัวนำ t เท่ากับ 0.017 มิลลิเมตร

การออกแบบสายอากาศแบบช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมมีพารามิเตอร์สำคัญที่เป็นตัวกำหนดความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ คือ ความยาวรวมทั้งหมดของวงรอบช่องเปิด การออกแบบสายอากาศในงานวิจัยนี้จะทำการออกแบบสายอากาศสองความถี่ที่ 2.4 GHz และ 5.2 GHz โดยค่าความยาวที่ทำการคำนวณนั้นจะมีการอ้างอิงกับความยาวคลื่นสัมพันธ์ (λ_g) [9] ของความถี่แรกคือ ความถี่ 2.4 GHz เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

3. โครงสร้างของสายอากาศแบบช่องเปิด



รูปที่ 1 โครงสร้างสายอากาศแบบช่องเปิด

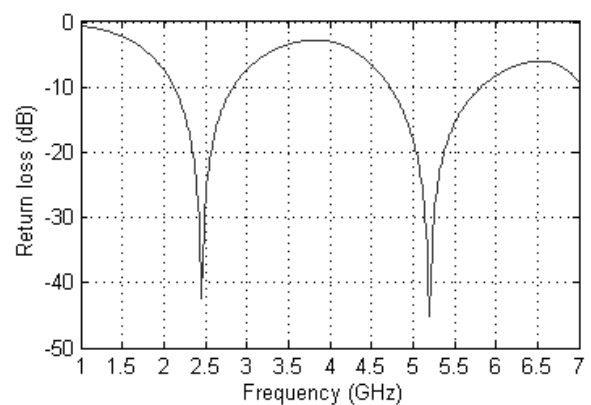
พารามิเตอร์ของสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมดังแสดงในรูปที่ 1 มีดังนี้คือ

- L คือ ความยาวของสายอากาศช่องเปิด ด้านนอก
- L_1 คือ ความยาวของสายอากาศช่องเปิด ด้านใน
- W คือ ความกว้างของสายอากาศช่องเปิด ด้านบน
- W_1 คือ ความกว้างของสายอากาศช่องเปิด ด้านล่าง
- G คือ ระยะห่างระหว่างสายส่งสัญญาณแบบท่อนำ คลื่นระนาบร่วม

C_w คือ ความกว้างของสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม

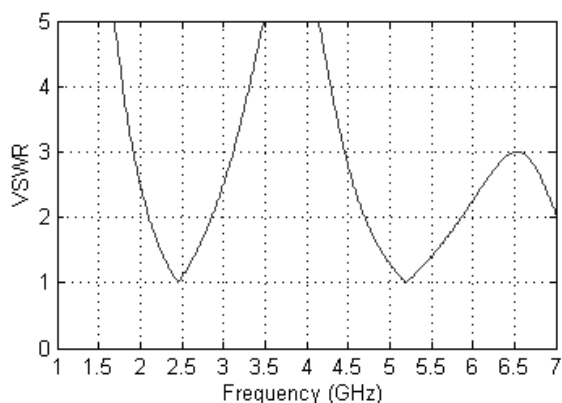
4. ผลการจำลองของสายอากาศแบบช่องเปิด

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม อันดับแรก ทำการออกแบบสายอากาศรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความถี่ 2.4 GHz โดยค่าที่ได้จากการคำนวณมีดังนี้ ความยาว L เท่ากับ 42.9 มิลลิเมตร และความกว้าง (W) เท่ากับ 5.7 มิลลิเมตร โดยมีความกว้างระยะระหว่างสายส่งสัญญาณ (G) เท่ากับ 3 มิลลิเมตร และช่องเปิดที่เป็นสายส่งสัญญาณ (C_w) เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ

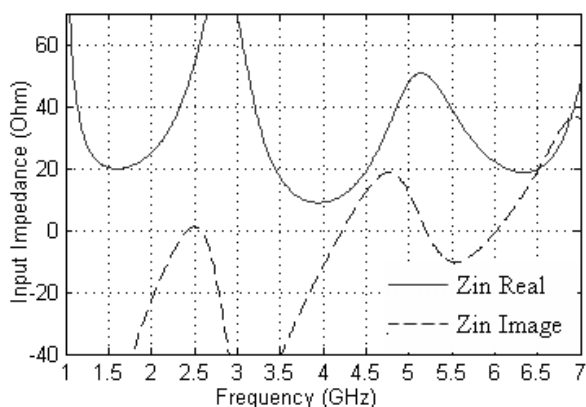


รูปที่ 2 การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศช่องเปิด

ลำดับถัดมา ทำการปรับเปลี่ยนรูปร่างของสายอากาศเป็นรูปตัวแอลคู่ เพื่อทำให้เกิดความถี่ที่สองที่ความถี่ 5.2 GHz โดยค่าพารามิเตอร์ที่ให้ผลดีที่สุดมีดังนี้คือ L เท่ากับ 46.2 มิลลิเมตร W เท่ากับ 7.5 มิลลิเมตร L_1 เท่ากับ 7.5 มิลลิเมตร และ W_1 เท่ากับ 3 มิลลิเมตร โดยผลการจำลองที่ได้แสดงในรูปที่ 2 ถึงรูปที่ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 3 VSWR ของสายอากาศแบบช่องเปิด



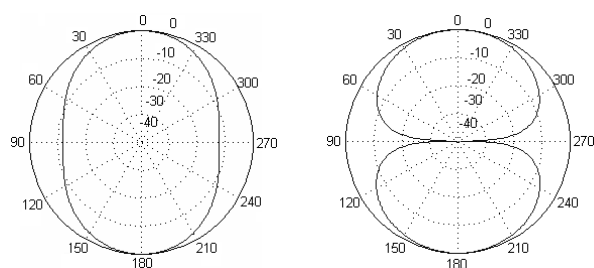
รูปที่ 4 อินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศแบบช่องเปิด

จากรูปที่ 2 แสดงค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศช่องเปิด ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองได้สองความถี่เรโซแนนซ์คือ 2.46 GHz โดยมีค่าการสูญเสียย้อนกลับเท่ากับ -42.51 dB และ ที่ความถี่ 5.20 GHz มีค่าการสูญเสียย้อนกลับ เท่ากับ -45.05 dB อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งของทั้งสองความถี่เรโซแนนซ์ใกล้เคียงกับ 1 และอินพุตอิมพีแดนซ์ที่ความถี่ 2.46 GHz และที่ความถี่ 5.20 GHz ใกล้เคียงกับ 50 โอห์ม ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ และคุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศช่องเปิดแสดงดังตารางที่ 1

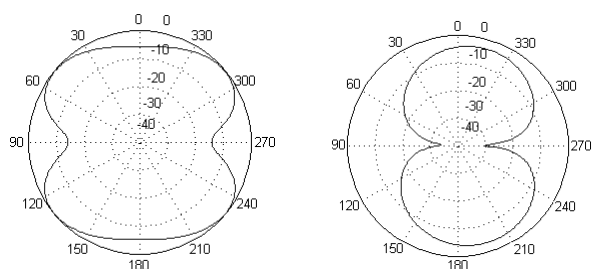
ตารางที่ 1 คุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศช่องเปิดสองความถี่ที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม

คุณลักษณะของสายอากาศ	ความถี่เรโซแนนซ์ที่ 2.46 GHz	ความถี่เรโซแนนซ์ที่ 5.20 GHz
S_{11} พารามิเตอร์	-42.51 dB	-45.05 dB
อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR)	1.001	1.001
จำนวนจริงของอินพุตอิมพีแดนซ์ (Zin real)	50.26 โอห์ม	50.25 โอห์ม
จำนวนจินตภาพของอินพุตอิมพีแดนซ์ (Zin Imag)	-0.52 โอห์ม	0.11 โอห์ม
อัตราขยาย (Gain)	3.07 dBi	3.28 dBi
แบนด์วิดท์	0.69 GHz (2.13-2.82 GHz)	0.91 GHz (4.72-5.81 GHz)

จากตารางที่ 1 ได้สองความถี่เรโซแนนซ์คือ 2.46 GHz โดยมีค่าการสูญเสียย้อนกลับ เท่ากับ -42.51 dB และที่ความถี่ 5.20 GHz มีค่าการสูญเสียย้อนกลับ เท่ากับ -45.05 dB โดยผลที่ได้จากการจำลองสามารถครอบคลุมแถบความถี่เป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.11b/g (2.4-2.4835 GHz) และ IEEE 802.11a (5.150-5.350 GHz) ตามวัตถุประสงค์ ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) ของสายอากาศที่ 2.46 GHz และ ที่ความถี่ 5.2. GHz จะมีค่าประมาณ 50 โอห์ม อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง จะใกล้เคียงกับ 1 และ มีอัตราขยาย เท่ากับ 3.07 dBi และ 3.28 dBi ที่ความถี่ 2.45 GHz และ 5.2 GHz ตามลำดับ



(ก) ระบาย xy ความถี่ 2.40 GHz (ข) ระบาย xz



(ค) ระนาบ xy ความถี่ 5.20 GHz (ง) ระนาบ xz
รูปที่ 5 แบบรูปการพลังงานสนามระยะไกลของ
สายอากาศแบบช่องเปิด

จากผลการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลในระนาบสนามแม่เหล็ก (xy-plane) และระนาบสนามไฟฟ้า (xz-plane) จะแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งการแผ่กระจายสนามระยะไกลของสองความถี่ในระนาบสนามแม่เหล็กเป็นแบบรอบทิศทาง และระนาบของสนามไฟฟ้าของสองความถี่เรโซแนนซ์เป็นแบบสองทิศทาง (bi-directional)

จากผลการจำลองที่ดีที่สุดของสองความถี่เรโซแนนซ์ คือ 2.45 GHz และ 5.2 GHz มีค่าการสูญเสียย้อนกลับ เท่ากับ -42.51 dB และ -45.05 dB ดังนั้น การออกแบบและศึกษาวิเคราะห์สายอากาศในงานวิจัยฉบับนี้สามารถรองรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย

5. สรุป

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูปตัวแอลคู่ที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมสำหรับระบบการสื่อสารท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) จากผลการจำลองที่ได้มีสองความถี่เรโซแนนซ์คือ 2.46 GHz และ 5.20 GHz ซึ่งมีค่าการสูญเสียย้อนกลับ เท่ากับ -42.51 dB และ -45.05 dB โดยมีแบนด์วิดท์ที่ความถี่ 2.4 GHz เท่ากับ 0.69 GHz ครอบคลุมแถบความถี่ 2.13 GHz ถึง 2.82 GHz และที่ความถี่ 5.2 GHz มีแบนด์วิดท์ เท่ากับ 0.91 dB ครอบคลุมแถบความถี่ 4.72 GHz ถึง 5.81 GHz อัตราขยายของสายอากาศ เท่ากับ 2.78 dBi ที่ความถี่ 2.4 GHz และ

2.87 dBi ที่ความถี่ 5.2 GHz และแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลระนาบสนามไฟฟ้าของสองความถี่เป็นแบบสองทิศทาง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Q. Xianming and Y.W.C. Michael, "Broadband Annular Dual-slot Antenna for WLAN Applications", Antennas and Propagation Society International Symposium, USA, 16-21 June. 2002, pp. 452-455, 2002.
- [2] C. Hua-Ming, C. Jia-Mao, C Ping-Shou, and L Yi-Fang, "Microstrip-fed Printed Dipole Antenna for 2.4/5.2 GHz WLAN Operation", Antennas and Propagation Society Symposium, USA, 20-25 June 2004, pp. 2584-2587, 2004.
- [3] Y. Shih-Huang and W. Kin-Lu, "Dual-band F-shaped monopole antenna for 2.4/5.2 GHz WLAN Application", IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, USA, vol. 4, June 2002, pp. 72-75, 2002.
- [4] C. Chulvanich, J. Nakasuwan, N. Songthanapitak, N. Anantrasirichai, T. Wakabayashi, "Design Narrow Slot Antenna for Dual Frequency", PIERS, China, 2007.
- [5] S.C. Apeksha, N.S. Pragnesh, M. Seema, "Analysis of Dual Frequency Microstrip Antenna Using Shorting Wall", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, India, 2013.

- [6] K. Amit, K. Sachin, P.R.C. Prof., “Design of a Dual-Band Microstrip Patch Antenna for GPS, WiMAX and WLAN”, IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE), 2013.
- [7] B. Sanchita, S. Ashish, G. Abhishek, “Dual Frequency Hexagonal Microstrip Patch Antenna”, International Journal of Scientific and Research Publications, 2013.
- [8] G. Ramesh, B. Prakash, B. Inder, I. Apisak, “Microstrip Antenna Design Handbook”, Artech House, 2001.
- [9] A.B. Constantine, “Antenna Theory Analysis and Design”, John Wiley & Sons,. 2005.
- [10] Q. Yongxi, I. Tatsuo, “FDTD Analysis and Design of Microwave Circuits and antennas Software and Applications”, Realize Inc (Tokyo), 1999.