



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

การปรับปรุงสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งแบบไมโครสตริปไลน์ที่มีสตัดจ์แบบง่ามโดยระเบียบวิธี FDTD สำหรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย

Improved of Slot Antenna by Microstrip-Fed Using Fork-shaped Tuning stub Using FDTD Method for WLAN Applications

เทพ เกื้อทวีกุล
Thep Kueathaweekun

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งแบบไมโครสตริปไลน์ที่มีสตัดจ์แบบง่ามโดยใช้ระเบียบวิธี FDTD โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบให้มีสองความถี่ใช้งานคือ ความถี่ 2.40GHz และ 5.20GHz สำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) โดยสายอากาศนี้มีโครงสร้างประกอบด้วย ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และมีสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปไลน์ที่มีการเพิ่มสตัดจ์แบบง่ามอีกด้าน ในการศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของสายอากาศสายอากาศนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธี FDTD โดยใช้วิธีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศแบบช่องเปิด ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองได้สองความถี่เรโซแนนซ์โดยแบนด์วิดท์ครอบคลุมแถบความถี่ที่ต้องการได้ ตามมาตรฐานของโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) IEEE 802.11b/g ที่ความถี่ 2.40 GHz (2.29-2.54 GHz) และ IEEE 802.11a ที่ 5.20 GHz (4.87-5.49 GHz) และแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลทั้งสองความถี่เรโซแนนซ์เป็นแบบ 2 ทิศทาง

คำสำคัญ: สายอากาศช่องเปิด/สตัดจ์แบบง่าม/โครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย

Abstract

This paper presents design of slot antenna fed by microstrip line with fork-shaped tuning stub for wireless local area Network (WLAN) applications. The objective of proposed slot antenna to created dual frequency at 2.40 GHz and 5.20 GHz for WLAN operations. This antenna consist wide-rectangular slot and fed by microstrip line with fork-shaped tuning stub on the ground plane. The antenna is analyzed by using Finite Difference Time Domain (FDTD) method for study characteristics of slot antenna. The simulation results of the proposed antenna can be obtained dual frequency bands that can cover the required bandwidths of IEEE 802.11 b/g at 2.40 GHz (2.29-2.54 GHz) and IEEE 802.11a at 5.20 GHz (4.87-5.49 GHz) WLAN standard. The far-field radiation patterns of dual-band frequencies are bi-directional.

Keywords: Slot antenna/ Fork-shaped tuning stub / Wireless Local Area Network



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬงเพชร

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการสื่อสารไร้สายได้ถูกพัฒนาและเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็น การสื่อสารดาวเทียม ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ และโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) เป็นต้น การสื่อสารข้อมูลไร้สายเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ใช้ความถี่ในย่านความถี่ไมโครเวฟในการรับ-ส่งข้อมูลโดยผ่านคลื่นวิทยุทั้งสิ้น ระบบการสื่อสารไร้สายสามารถแบ่งได้ดังนี้คือ โครงข่ายไร้สายระดับบุคคล (WPAN) โครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และ โครงข่ายบริเวณกว้างไร้สาย (WWAN) เป็นต้น ระบบโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายนับเป็นการสื่อสารหนึ่งที่ใช้กันแพร่หลายมากขึ้นเนื่องจากระบบนี้มีความยืดหยุ่นสูง เพราะว่าเป็นระบบที่ใช้คลื่นวิทยุในการรับ-ส่งข้อมูล โดยการสื่อสารนี้ถูกกำหนดไว้ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11a/b/g

สายอากาศเป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารเพื่อรับ-ส่งข้อมูล โดยสายอากาศหนึ่งที่ได้ถูกนำมาใช้ในการเชื่อมโยงเพื่อใช้รับ-ส่งข้อมูลข่าวสารในย่านความถี่ไมโครเวฟเนื่องจากมีข้อดีอยู่หลายประการคือ สายอากาศที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับสายอากาศชนิดอื่น ๆ หลายปีที่ผ่านมามีนักวิจัยด้านการสื่อสารไร้สายหลายๆ ท่านได้ทำการออกแบบและพัฒนาสายอากาศไมโครสตริปสำหรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) ทำการศึกษาและพัฒนาในหลากหลายรูปแบบ และรูปแบบการป้อนสัญญาณที่แตกต่างกัน เช่น สายอากาศช่องเปิด(เทพ เกื้อทวีกุล, 2558 และ เทพ เกื้อทวีกุลและคณะ, 2558) สายอากาศไมโครสตริปแพทช์ (Amit, K.&Sachin, K., 2013 and B. Sanchita, S. Ashish, G. Abhishek, 2013) สายอากาศแบบช่องเปิดที่ป้อนด้วย CPW (Chulvanich C, and etal., 2007) เป็นต้น สายอากาศดังกล่าวที่ได้ทำการออกแบบมานั้นค่อนข้างจะมีข้อจำกัดบางประการคือ แบนด์วิดท์ค่อนข้างแคบ และค่อนข้างทำแมตซ์ซึ่งได้ยาก ดังนั้น ในการออกแบบและวิเคราะห์สายอากาศแบบช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปที่มีโครงสร้างพื้นฐาน และง่ายในการทำแมตซ์อิมพีแดนซ์เพื่อให้สามารถรองรับกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) ภายใต้มาตรฐานของโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11b/g

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปโลทที่มีสลับจูนแบบง่าย ซึ่งเป็นรูปร่างสายอากาศดังกล่าวมีรูปร่างที่ไม่ซับซ้อนวัตถุประสงค์ของการออกแบบสายอากาศนี้เพื่อให้ได้สองย่านความถี่คือ ความถี่ 2.4 GHz และ 5.2 GHz สำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธี FDTD เพื่อให้ได้สองความถี่เรโซแนนซ์ และมีแบนด์วิดท์สามารถครอบคลุมแถบความถี่ที่ต้องการได้ ตามมาตรฐานของโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11b/g

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดสองความถี่ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบไมโครสตริปโลทที่มีสลับจูนแบบง่ายสำหรับระบบการสื่อสารโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบสายอากาศช่องเปิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีคุณสมบัติเรโซแนนซ์ที่สองความถี่คือ ความถี่ 2.40 GHz และ 5.20 GHz สำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) โดยการจำลองสายอากาศด้วยวิธีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา (FDTD) เพื่อนำไปใช้งานในย่านการสื่อสารไร้สาย โดยจะทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของอากาศบางตัว คือ การสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับ (S_{11}) อินพุตอิมพีแดนซ์ อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง และรูปแบบการแพร่สนามระยะไกล ตามลำดับ

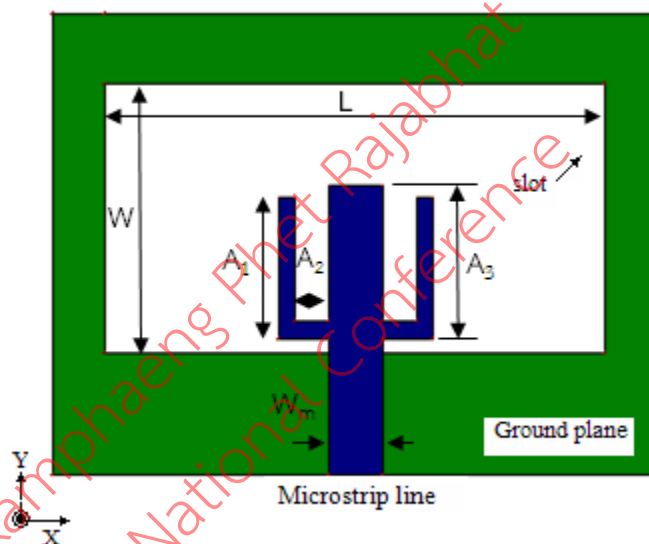


รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. โครงสร้างและการออกแบบสายอากาศแบบช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปไลน์ที่มีสตัปจูนแบบง่าม

การออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดที่ป้อนสัญญาณด้วยสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปไลน์ที่มีสตัปจูนแบบง่าม สิ่งที่จะต้องทำเป็นอันดับแรก คือ การเลือกชนิดของวัสดุฐานรอง (Substrate) เพื่อนำคุณสมบัติต่างๆ มาใช้ในการคำนวณหาความกว้างของ W_m ค่าของความยาวคลื่นสัมพันธ์ (λ_g) (Constantine, A. B., 2005) ความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการออกแบบและทำการออกแบบและวิเคราะห์ผลด้วยวิธีโมเมนต์ของโปรแกรม IE3D ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้วัสดุฐานรอง (Substrate) FR4 โดยมีค่าคุณสมบัติดังนี้คือค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ϵ_r) เท่ากับ 4.5 ค่า Loss tangent เท่ากับ 0.02 และความหนา หรือ ขนาดของวัสดุฐานรอง (h) เท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร



ภาพที่ 1 โครงสร้างและพารามิเตอร์ของสายอากาศช่องเปิด

ออกแบบสายอากาศช่องเปิดป้อนด้วยสายส่งแบบไมโครสตริปไลน์ที่มีสตัปจูนแบบง่ามด้วยระเบียบวิธี FDTD โดยทำการออกแบบสายอากาศสองความถี่เพื่อใช้งานย่านความถี่ 2.40 GHz และ 5.20 GHz สำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) การศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของสายอากาศสายอากาศนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธี FDTD ซึ่งผลการจำลองที่ดีที่สุด และได้ผลตามที่ต้องการ โดยพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับการออกแบบมีค่าดังต่อไปนี้

- L คือ ความยาวของสายอากาศช่องเปิดด้านนอก มีค่าเท่ากับ 28.4 มิลลิเมตร
- W คือ ความกว้างของสายอากาศช่องเปิดด้านนอก มีค่าเท่ากับ 15.3 มิลลิเมตร
- A_1 คือ ความกว้างของสตัปจูนด้านนอก มีค่าเท่ากับ 8.0 มิลลิเมตร
- A_2 คือ ระยะระหว่างง่ามสตัปจูน มีค่าเท่ากับ 2.0 มิลลิเมตร
- A_3 คือ ความกว้างของสตัปจูนด้านใน มีค่าเท่ากับ 8.70 มิลลิเมตร

การออกแบบสายอากาศแบบช่องเปิดอันดับแรก คือ การออกแบบความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ เพื่อนำมาคำนวณความยาวรวมทั้งหมดของวงรอบช่องเปิด ในบทความนี้จะเริ่มทำการออกแบบที่ความถี่แรกคือ ความถี่



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

2.40 GHz โดยค่าความยาวที่ทำการคำนวณนั้น จะมีการอ้างอิงกับความยาวคลื่นสัมพันธ์ (λ_0) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (1)$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \quad (2)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W_m} \right)^{-1/2} \quad (3)$$

เมื่อ f คือ ความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ λ_g คือ ความยาวคลื่นสัมพันธ์ ϵ_{eff} คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพันธ์ ϵ_r คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกของวัสดุฐานรอง h คือ ความหนา (สูง) ของวัสดุฐานรองและ c คือ ความเร็วของแสง (3×10^8 เมตร/วินาที) ตามลำดับ

การออกแบบความกว้างของสายส่งสัญญาณ W_m เพื่อให้แมตช์กับสายส่งสัญญาณที่ 50 โอห์ม โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Z_0 = A(C - B) \quad (4)$$

เมื่อ

$$A = \frac{119.9}{[2(\epsilon_r + 1)]^{1/2}} \quad (5)$$

$$B = \left[\ln\left(\frac{\pi}{2}\right) + \frac{\ln(4/\pi)}{\epsilon_r} \right] \frac{\epsilon_r - 1}{2(\epsilon_r + 1)} \quad (6)$$

$$C = \ln \left\{ \frac{4h}{W_m} + \left[\left(\frac{4h}{W_m} \right)^2 + 2 \right]^{1/2} \right\} \quad (7)$$

2. การจำลองสายอากาศด้วยวิธีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา (FDTD)

ในการจำลองสายอากาศด้วยวิธีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา (FDTD) (Yongxi, 1999) สิ่งที่สำคัญคือ เสถียรภาพเชิงตัวเลข ดังนั้นในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการคำนวณเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งได้แก่การกำหนดขนาดของช่วงเวลา Δt และขนาดของช่วงระยะทาง คือ Δx , Δy , Δz จำนวนช่วงระยะทางที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ของรูปร่างทั้งหมดที่ต้องการได้ และจำนวนเวลาเพียงพอที่จะให้คลื่นสามารถเดินทางผ่านเส้นทางที่ต้องการได้จนเสร็จสิ้น นอกจากนั้นขนาดของช่วงระยะทาง คือ Δx , Δy , Δz ควรจะมีขนาดต่ำกว่า $1/10$ ถึง $1/20$ ส่วนของความยาวคลื่นที่ใช้งาน และตัวแปรที่สำคัญที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อผลการคำนวณ คือ ช่วงเวลา เนื่องจากการกำหนดช่วงของเวลาที่ไม่เหมาะสมซึ่งอาจมากไปหรือน้อยไป จะทำให้การคำนวณขาดเสถียรภาพ ดังนั้นจึงต้องมีข้อกำหนดในการเลือกค่าช่วงเวลาที่เหมาะสมโดยมีการกำหนดเงื่อนไขความเสถียรภาพทางเวลาไว้ดังนี้

$$\Delta t \leq \frac{1}{V_{\max} \sqrt{(1/\Delta x)^2 + (1/\Delta y)^2 + (1/\Delta z)^2}} \quad (4)$$

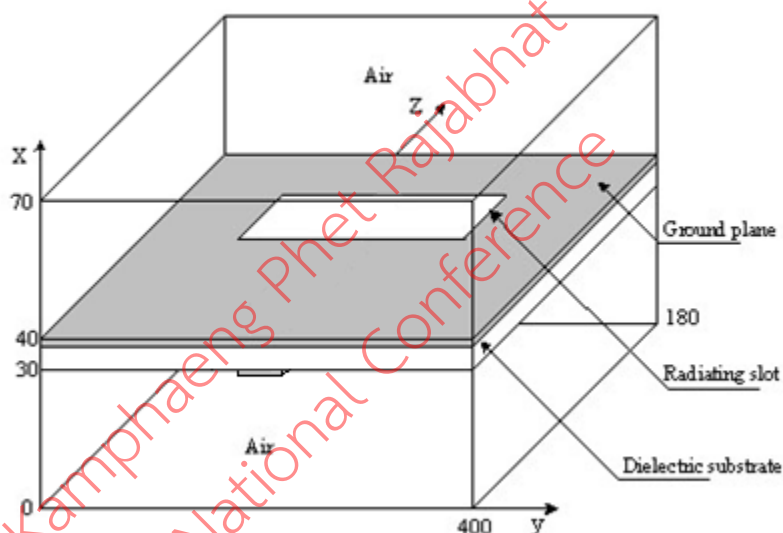


รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

โดยที่ V_{\max} คือ ความเร็วในการแพร่กระจายคลื่นในขอบเขตสเปซโดยสามารถใช้ค่าความเร็วแสงได้
คือ

$$c = 3 \times 10^8 \text{ เมตร/วินาที}$$

การจำลองสายอากาศโดยใช้วิธี FDTD ในงานวิจัยฉบับนี้ จะเริ่มต้นจากการกำหนดขนาดหนึ่งหน่วยของยี่เซลล์ (Yee cell) ให้มีขนาดเล็กกว่าหนึ่งส่วนยี่สิบของขนาดความยาวคลื่นสัมพัทธ์ที่ต้องการ โดยการออกแบบให้มีขนาดหนึ่งหน่วยยี่เซลล์ในทิศทาง x คือ $\Delta_x = 0.16$ มิลลิเมตร และขนาดหนึ่งหน่วยยี่เซลล์ในทิศทาง y และ z เท่ากันคือ $\Delta_y = \Delta_z = 0.10$ มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถครอบคลุมขนาดสายอากาศทั้งหมดที่ออกแบบ และเพื่อให้มีความผิดพลาดในการคำนวณน้อยที่สุดโดยขนาดของเซลล์ที่ใช้ในการจำลองสายอากาศเท่ากับ $70 \times 600 \times 300$ เซลล์



ภาพที่ 2 รูปแบบการจำลองโครงสร้างสายอากาศที่ใช้การคำนวณด้วยวิธี FDTD

แบบจำลองโครงสร้างของสายอากาศที่ใช้วิธี FDTD แสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งในการคำนวณด้วยวิธีนี้จะคำนวณส่วนที่เป็นอากาศ (Air) ด้วยเพื่อให้ได้ค่าสนามระยะไกลของสายอากาศ การคำนวณรูปแบบโครงสร้างของสายอากาศนั้นจะมีวิธีการคำนวณทั้งหมด 2 ครั้งด้วยกันคือ ครั้งแรกจะทำการคำนวณเฉพาะรูปแบบจำลองโครงสร้างของสายส่งสัญญาณไมโครสตริปเพียงอย่างเดียว เพื่อสร้างแหล่งกำเนิดแรงดันพัลส์แบบเกาส์เซียน และนำเอาแหล่งกำเนิดพัลส์ที่ได้ไปใช้ในการคำนวณครั้งที่สอง และในการคำนวณครั้งที่สองนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าคุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศ เช่น ค่าการสูญเสียย้อนกลับ อินพุตอิมพีแดนซ์ อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง แบบรูปการแผ่ของสนามระยะไกล และอัตราการขยายของสายอากาศ เป็นต้น

ผลจากการจำลองของสายอากาศช่องเปิดสายอากาศที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปไลท์ที่มีสตัดจูนแบบง่ายที่มีสตัดจูนแบบง่าย

การศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ของสายอากาศ โดยมีค่าที่ต้องการศึกษา ประกอบด้วย ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง อินพุตอิมพีแดนซ์ เป็นต้น ซึ่งสำหรับค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) เป็นพารามิเตอร์ของสายอากาศที่จะบอกถึงสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสัญญาณจากโหลด โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

$$S_{11} = \frac{\Im[V_{ref}(t)]}{\Im[V_{inc}(t)]} e^{2\gamma L} \quad (5)$$

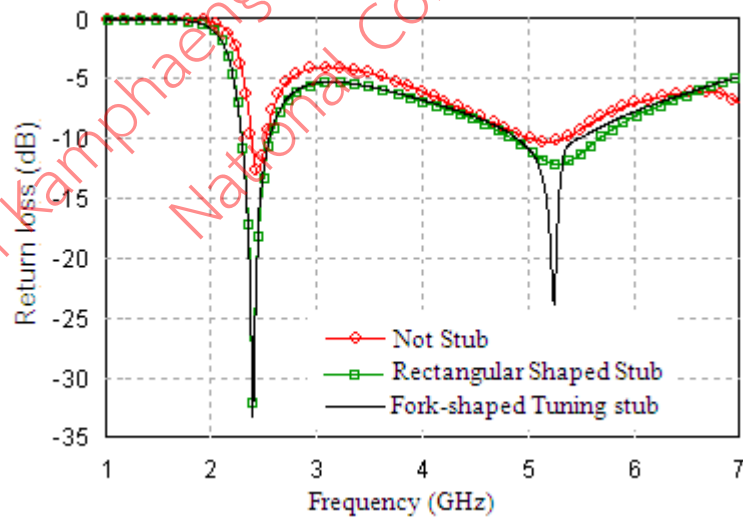
เมื่อ \Im เป็นฟูเรียร์ทรานฟอร์ม, $V_{inc}(t)$ คือ แรงดันที่ส่งเข้าไปในโครงสร้าง, $V_{ref}(t)$ คือแรงดันที่สะท้อนกลับของแต่ละพอร์ตและ L ระยะระหว่างจุดสังเกตและจุดอ้างอิง และ ส่วนค่า γ สามารถคำนวณได้จาก $\gamma = \alpha + j\beta$ เมื่อ α และ β คือ ขนาดและเฟสระนาบอ้างอิง

ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) สามารถคำนวณได้จาก

$$Z_{in} = Z_c \frac{1 + S_{11}}{1 - S_{11}} \quad (6)$$

เมื่อ Z_c เป็นอิมพีแดนซ์คุณลักษณะของสายส่งสัญญาณและ S_{11} คือ การสูญเสียย้อนกลับ (Return Loss) ของสายอากาศสำหรับสมการหาอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งนั้นสามารถหาได้จากสมการ

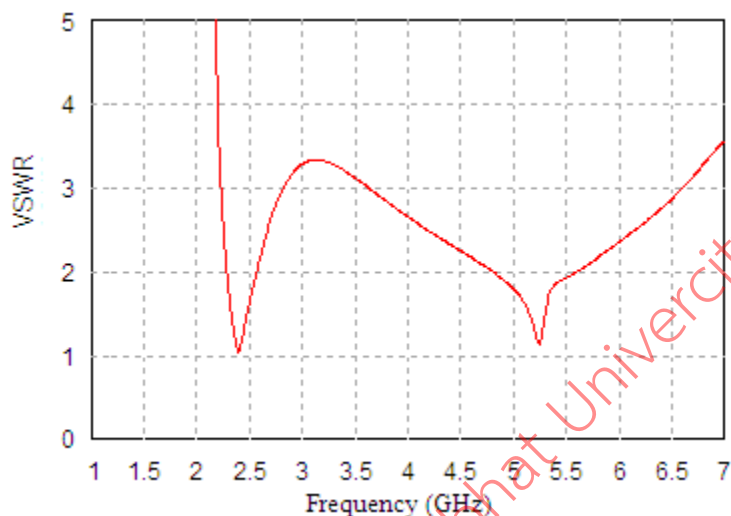
$$VSWR = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|} \quad (7)$$



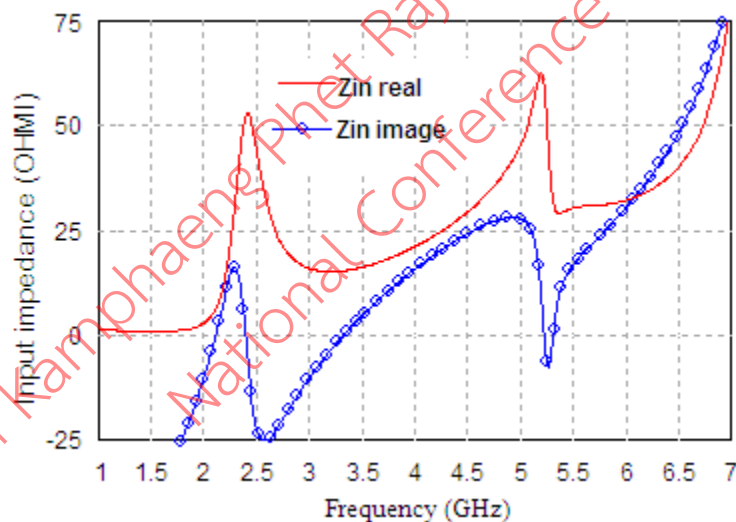
ภาพที่ 3 ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศแบบช่องเปิด



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร



ภาพที่ 4 VSWR ของสายอากาศแบบช่องเปิด



ภาพที่ 5 อินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศแบบช่องเปิด

จากภาพที่ 3 แสดงค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศแบบช่องเปิดในสามกรณีคือ กรณีไม่มีสตับ (Not Stub) สตับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Shaped Stub) และสตับรูปแบบง่าม (Fork-shaped Stub) จากผลการทดลองพบว่า กรณีไม่มีสตับจะมีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ดีที่สุดที่ความถี่ 2.4 GHz และความถี่ที่สองผลของการสูญเสียย้อนกลับไม่ดี และในกรณีสตับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ดีที่สุดที่ความถี่ 2.4 GHz และความถี่ที่สองผลของการสูญเสียย้อนกลับดีขึ้น ทำให้เห็นแนวโน้มการเกิดแมตซ์อิมพีแดนซ์ และในกรณีสตับรูปแบบง่ามได้ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ดีที่สุดที่ความถี่ 2.4 GHz และความถี่ที่สองผลของการสูญเสียย้อนกลับที่ 5.2 GHz ดังแสดงในตารางที่ 1 และ ภาพที่ 4-5 แสดงคุณลักษณะของสายอากาศจะเห็นได้ว่าความถี่เรโซแนนซ์ที่ได้ใกล้เคียงกับความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ รวมทั้งผลของยังได้ผลของอินพุตอิมพีแดนซ์ที่ดีและคุณลักษณะต่างๆ ของสายอากาศแบบช่องเปิดแสดงในตารางที่ 1

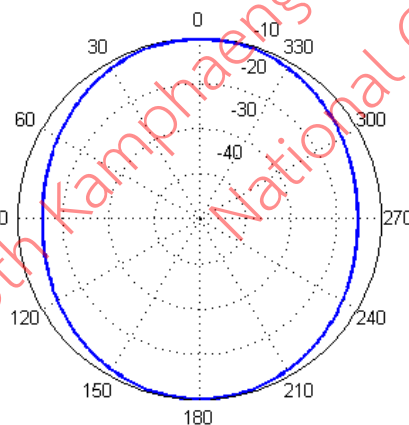


รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

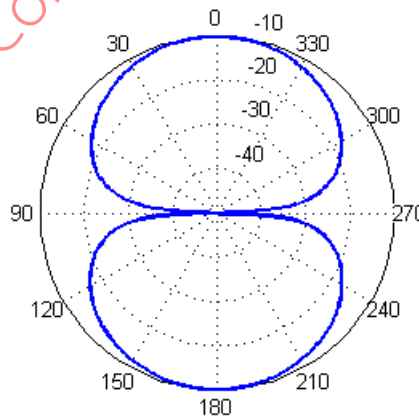
ตารางที่ 1 คุณลักษณะต่างๆ ของสายอากาศช่องเปิดสายอากาศที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปไลท์ที่มีสลับจูนแบบง่ามที่มีสลับจูนแบบง่าม

คุณลักษณะของสายอากาศ	ความถี่เรโซแนนซ์ที่ 2.40GHz	ความถี่เรโซแนนซ์ที่ 5.20 GHz
S ₁₁ พารามิเตอร์	-33.28 dB	-23.91 dB
อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR)	1.04	1.13
จำนวนจริงของอินพุตอิมพีแดนซ์ (Z _{in} real)	51.87 โอห์ม	52.35 โอห์ม
จำนวนจินตภาพของอินพุตอิมพีแดนซ์ (Z _{in} real)	1.17 โอห์ม	-6.09 โอห์ม
แบนด์วิดท์	0.25 GHz (2.29-2.54 GHz)	0.62 GHz (4.87-5.49 GHz)

จากตารางที่ 1 คุณลักษณะต่างๆ ของสายอากาศแบบช่องเปิดซึ่งการจำลองที่ได้สายอากาศนี้สามารถออกแบบได้สองความถี่คือ ความถี่ 2.40GHz มีค่าการสูญเสียย้อนกลับเท่ากับ -33.28 dB และความถี่ที่สองคือ ที่ความถี่ 5.2 GHz มีค่าการสูญเสียย้อนกลับเท่ากับ -23.91 dB และทั้งสองความถี่มีค่า VSWRใกล้เคียงกับ 1 และมีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ประมาณ 50 โอห์ม โดยที่ความถี่ 2.40GHz มีแบนด์วิดท์เท่ากับ 0.25 GHz ครอบคลุมแถบความถี่ 2.29-2.54 GHz และที่ความถี่ 5.20GHz มีแบนด์วิดท์เท่ากับ 0.62 GHz ครอบคลุมแถบความถี่ 4.87-5.49 GHz ตามลำดับ



(ก) ระนาบ H (ระนาบ X-Y)

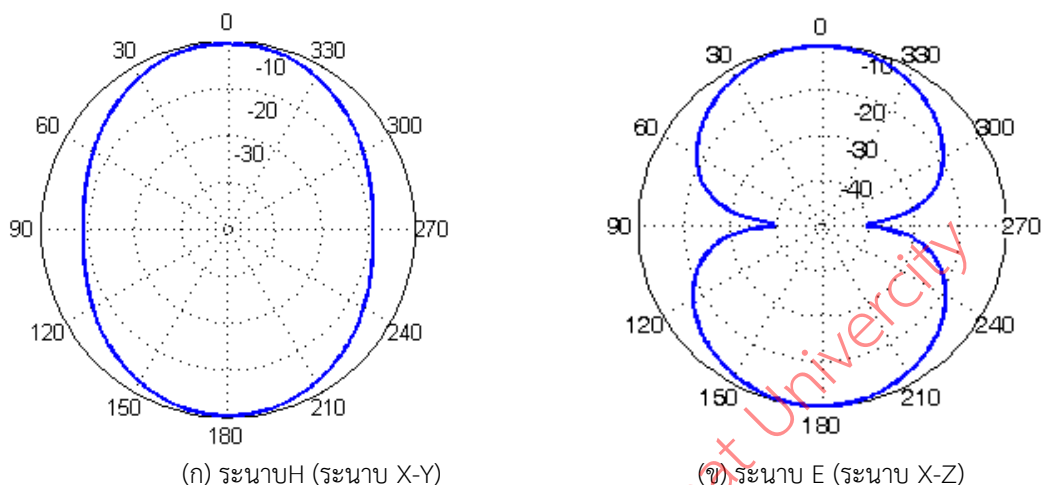


(ข) ระนาบ E (ระนาบ X-Z)

ภาพที่ 6 แบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศแบบช่องเปิดที่ความถี่ 2.40 GHz



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร



ภาพที่ 7 แบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศแบบช่องเปิดที่ความถี่ 5.20 GHz

รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลในระนาบ X-Y และระนาบ X-Z ที่ความถี่ 2.40 GHz และ 5.20 GHz จะแสดงในภาพที่ 6-7 โดยระนาบ X-Y จะแสดงรูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสนามแม่เหล็กและระนาบ X-Z จะแสดงรูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสนามไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าสายอากาศแบบนี้จะรูปแบบเสมือนมีลักษณะในการแผ่พลังงานเป็นสองทิศทาง (Bi-directional)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูปตัวซีป้อนด้วยสายส่งแบบไมโครสตริปไลน์ที่มีสัดรูปสี่เหลี่ยมด้วยระเบียบวิธี FDTD สำหรับ ระบบ การสื่อสารโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายซึ่งผลที่ได้จากการจำลองได้สองความถี่ เรโซแนนซ์โดยแบนด์วิดท์ครอบคลุมแถบความถี่ที่ต้องการได้ ตามมาตรฐานของโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) IEEE 802.11b/g ที่ความถี่ 2.40 GHz และ IEEE 802.11a ที่ 5.20 GHz และแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลทั้งสองความถี่เรโซแนนซ์เป็นแบบ 2 ทิศทาง

เอกสารอ้างอิง

- เทพ เกื้อทวีกุล. (2558).การออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูปแอลคู่สำหรับใช้งานโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย.การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมครั้งที่ 1(หน้า 68-71). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
- เทพ เกื้อทวีกุล และคณะ. (2558).การออกแบบสายอากาศช่องเปิดสองความถี่ที่มีแผ่นสตริปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยใช้วิธี FDTD สำหรับประยุกต์ใช้งานโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย.การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมครั้งที่ 1(หน้า 76-79). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
- Amit, K.&Sachin, K., Prof. (2013).P R C. Design of a Dual-Band Microstrip Patch Antenna for GPS, WiMAX and WLAN.IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering.,6, 56-59.
- B. Sanchita, S. Ashish, G. Abhishek. (2013). “Dual Frequency Hexagonal Microstrip Patch Antenna”, International Journal of Scientific and Research Publications.
- Constantine, A. B. .(2005). **Antenna Theory Analysis and Design** (3rded.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

- Chulvanich, C., Nakasuwan, J., Songthanapitak, N., Anantrasirichai, N. and Wakabayashi, T. (2007). Design Narrow Slot Antenna for Dual Frequency. *PIERS*, 3, 1024-1028.
- Ramesh, G., Prakash, B., Inder, B., and Apisak, I. (2001). *Microstrip Antenna Design Handbook*. MA: Artech House.
- Shun-Lai, M. & Jeen-Sheen, R. (2011). Design of single-feed dual-frequency patch antenna for GPS and WLAN applications. *IEEE Trans. Antennas Propag*, 59, 3433-3436.
- Yongxi, Q. & Tatsuo, I. (1999). *FDTD Analysis and Design of Microwave Circuits and Antennas (Software and Applications)*. Tokyo: Realize.

The 5th Kamphaeng Phet Rajabhat University
National Conference