

ABSTRACT

บทคัดย่อ

การประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่
“งานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาท้องถิ่น”

5

8-9 มีนาคม 2561

ณ อิมพีเรียล ภูเก็ต ฮิลล์ รีสอร์ท อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ

คณะกรรมการที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์	ประธานกรรมการ
รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ	รองประธานกรรมการ
รองอธิการบดีฝ่ายบริหาร	กรรมการ
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ	กรรมการ
รองอธิการบดีฝ่ายวางแผนและพัฒนา	กรรมการ
รองอธิการบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา	กรรมการ
ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายกฎหมาย	กรรมการ
ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายทรัพย์สินและจัดหารายได้	กรรมการ
ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายประกันคุณภาพการศึกษา	กรรมการ
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา	กรรมการและเลขานุการ

ผู้ประเมินอิสระหรือพิชญพิจารณา (Peer review)

รองศาสตราจารย์ ดร. พยุง มีสัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร. ศจีมาจ ณ วิเชียร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร. ชไมพร กาญจนกิจสกุล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรินทร์ สิริสุนทร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร. ต้องจิต ถันขมนาง	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร. สัญญา เคนาภูมิ	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร. พวงผกา แก้วกรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
รองศาสตราจารย์ ดร. สรวงพร กุศลส่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระภัทรา เอกผาชัยสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
รองศาสตราจารย์ ดร. ธานี สุขเกษม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มณฑิยา รัตนศิริวงศ์วุฒิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

สายอากาศช่องเปิดรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมสำหรับระบบ
การสื่อสารโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายย่าน 2.4 GHz และ การสื่อสารไวไฟแม็กย่าน 3.5 GHz
 Ω -Shaped Slot Antenna fed by CPW for WLAN 2.4 GHz and WIMAX 3.5 GHz

เทพ เกื้อทวีกุล

Thep Kueathaweekun

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้สองย่านความถี่คือ ความถี่ 2.4 GHz และ 3.5 GHz สำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และการสื่อสารไวไฟแม็ก (WIMAX) โดยใช้ระเบียบการวิเคราะห์ด้วยวิธี FDTD โดยสายอากาศนี้มีโครงสร้างประกอบด้วย ช่องเปิดรูป Ω และป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม (CPW-fed) ในการศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของสายอากาศสายอากาศนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธี FDTD โดยใช้วิธีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศแบบช่องเปิด ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองได้สองความถี่เรโซแนนซ์โดยแบนด์วิดท์ครอบคลุมแถบความถี่ที่ต้องการได้ตามมาตรฐานของโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และการสื่อสารไวไฟแม็ก (WIMAX) โดยแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศทั้งสองความถี่เรโซแนนซ์เป็นแบบ 2 ทิศทาง

คำสำคัญ : สายอากาศช่องเปิดรูป Ω วิถีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา ระบบโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย การสื่อสารไวไฟแม็ก

สายอากาศช่องเปิดรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมสำหรับระบบการสื่อสาร
โครงข่ายท้องถิ่นไร้สายย่าน 2.4 GHz และ การสื่อสารไวแมกย่าน 3.5 GHz
 Ω -Shaped Slot Antenna fed by CPW for WLAN 2.4 GHz and WiMAX 3.5 GHz

เทพ เกื้อทวีกุล

Thep Kueathaweekun

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้สองย่านความถี่คือ ความถี่ 2.4 GHz และ 3.5 GHz สำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และการสื่อสารไวแมก (WiMAX) โดยใช้ระเบียบการวิเคราะห์ด้วยวิธี FDTD โดยสายอากาศนี้มีโครงสร้างประกอบด้วย ช่องเปิดรูป Ω และป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม (CPW-fed) ในการศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของสายอากาศสายอากาศนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธี FDTD โดยใช้วิธีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศแบบช่องเปิด ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองได้สองความถี่เรโซแนนซ์โดยแบนด์วิดท์ครอบคลุมแถบความถี่ที่ต้องการได้ ตามมาตรฐานของโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และการสื่อสารไวแมก (WiMAX) โดยแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศทั้งสองความถี่เรโซแนนซ์เป็นแบบ 2 ทิศทาง

คำสำคัญ: สายอากาศช่องเปิดรูป Ω /วิธีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา/ระบบโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย/การสื่อสารไวแมก

Abstract

This paper presents the study and design of slot antenna fed by coplanar waveguide (CPW-fed) at 2.4 GHz and 3.50 GHz for Wireless Local Area Network (WLAN) and WiMAX communication systems. The proposed slot antenna consists Ω -shaped slot and fed by coplanar waveguide (CPW-fed). The antenna is analyzed by using Finite Difference Time Domain (FDTD) method for study characteristics of CPW-fed slot antenna. The simulated results of the slot antenna can be obtained impedance bandwidth for two operating bands that can cover the required bandwidths of for Wireless Local Area Network (WLAN) and WiMAX communication. The far-field radiation patterns of the slot antenna of dual-band frequencies are bi-directional.

Keywords: Ω -Slot Antenna/Finite Difference Time Domain (FDTD) / Wire Local Area Network (WLAN)/WiMAX

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้การสื่อสารไร้สายได้ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น ระบบโทรศัพท์มือถือ การสื่อสารดาวเทียม และโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) เป็นต้น การสื่อสารนี้ถูกออกแบบให้ใช้งานในย่านความถี่ไมโครเวฟในการรับ-ส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ โดยระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless Communication Systems) แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ตามระยะทางการติดต่อสื่อสาร คือ โครงข่ายไร้สายระดับบุคคล (Wireless Personal Area Network: WPAN) โครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (Wireless Local Area Network : WLAN) และ โครงข่ายบริเวณกว้างไร้สาย (Wireless Wide Area Network :WWAN) เป็นต้น ระบบโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายและการสื่อสารไว้มักเทคโนโลยีที่งานกันแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากระบบนี้มีความยืดหยุ่นสูง เพราะว่าเป็นระบบที่ใช้คลื่นวิทยุในการรับ-ส่งข้อมูล โดยการสื่อสารนี้ถูกกำหนดไว้ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11 a/b/g ในการรับและส่งข้อมูลข่าวสารสายอากาศนับได้ว่าเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีความสำคัญในการเชื่อมโยงกับระบบการสื่อสารเพื่อรับ-ส่งข้อมูลข่าวสารในปัจจุบันที่มีความเป็นมัลติมีเดียมากขึ้น โดยสายอากาศชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในการเชื่อมโยงเพื่อใช้รับ-ส่งข้อมูลข่าวสารในย่านความถี่ไมโครเวฟคือสายอากาศแบบไมโครสตริป ซึ่งมีข้อดีคือ เป็นสายอากาศที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับสายอากาศแบบอื่น ๆ และในหลายปีที่ผ่านมา มีนักวิจัยด้านการสื่อสารไร้สายหลายๆ ท่านที่ทำการออกแบบและพัฒนาสายอากาศไมโครสตริปสำหรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) ทำการศึกษาและพัฒนาในหลากหลายรูปแบบ และรูปแบบการป้อนสัญญาณที่แตกต่าง ๆ กัน เช่น สายอากาศช่องเปิดแบบวงแหวน [1] สายอากาศแบบไดโพล [2] รูปตัวอักษรเอฟ [3] รูปตัวแอล [4] รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า [5] สายอากาศไมโครสตริปแพทช์รูปตัววี [6] และสายอากาศไมโครสตริปแพทช์รูปหกเหลี่ยม [7] เป็นต้น สำหรับสายอากาศที่กล่าวมานั้นค่อนข้างจะมีข้อจำกัดกล่าวคือ แบนตัววัดค่อนข้างแคบ มีรูปแบบที่ค่อนข้างซับซ้อน และค่อนข้างทำแมตซ์ซึ่งได้ยาก ดังนั้น ในการออกแบบและวิเคราะห์สายอากาศแบบช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมที่มีโครงสร้างพื้นฐาน และง่ายในการทำแมตซ์อิมพีแดนซ์เพื่อให้สามารถรองรับกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และการสื่อสารไว้มัก (WiMAX)

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้สองย่านความถี่คือ ความถี่ 2.4 GHz และ 3.5 GHz สำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และการสื่อสารไว้มัก (WiMAX) โดยใช้ระเบียบการวิเคราะห์ด้วยวิธี FDTD เพื่อให้ได้สองความถี่เรโซแนนซ์ และมีแบนด์วิดท์สามารถครอบคลุมแถบความถี่ที่ต้องการ

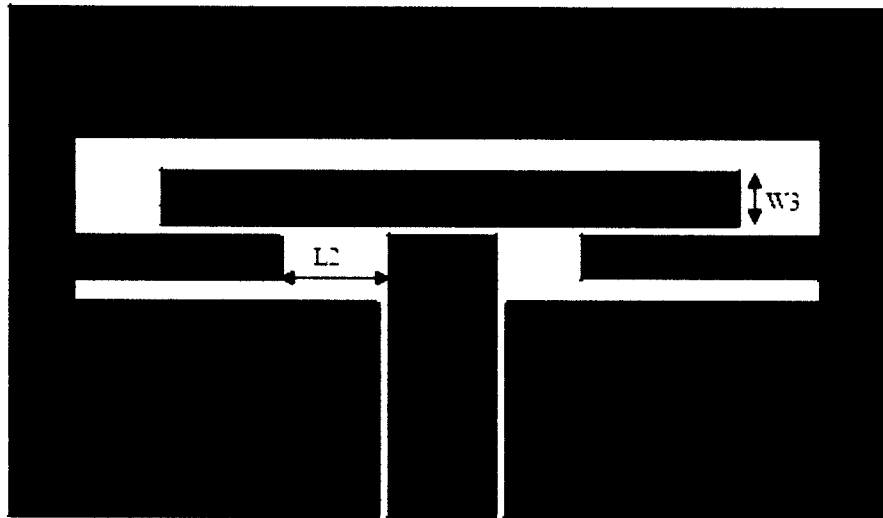
2. วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบสายอากาศสองย่านความถี่ 2.4 GHz และ 3.5 GHz สำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และการสื่อสารไว้มัก (WiMAX)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

1. โครงสร้างและการออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมสิ่งที่จะต้องทำเป็นอันดับแรก คือ การเลือกชนิดของวัสดุฐานรอง (Substrate) เพื่อนำคุณสมบัติต่าง ๆ มาใช้ในการคำนวณหาความกว้างของ L4 ค่าของความยาวคลื่นสัมพันธ์ (λ_p) [8-9] ความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการออกแบบ และทำการออกแบบและวิเคราะห์ผลด้วยวิธี FDTD ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้วัสดุฐานรอง (Substrate) FR4 โดยมีค่าคุณสมบัติดังนี้คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ϵ_r) เท่ากับ 4.5 ค่า Loss tangent เท่ากับ 0.02 ความหนาของวัสดุฐานรอง (h) เท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 1 โครงสร้างและพารามิเตอร์ของสายอากาศช่องเปิดสายอากาศรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม

ในการออกแบบสายอากาศช่องเปิดสายอากาศรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมโดยใช้วิธีระเบียบของ FDTD โดยทำการออกแบบสายอากาศสองความถี่เพื่อใช้งานย่านความถี่ 2.4 GHz และ 3.5 GHz สำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และการสื่อสารไวแมกซ์ (WIMAX) ในการศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของสายอากาศสายอากาศนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธี FDTD ซึ่งผลการจำลองที่ดีที่สุดและได้ผลตามที่ต้องการ โดยพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับการออกแบบมีค่าดังต่อไปนี้

- L คือ ความยาวของสายอากาศช่องเปิดด้านบน มีค่าเท่ากับ 34.5 มิลลิเมตร
- L1 คือ ความยาวของสายอากาศช่องเปิดด้านในด้านล่าง มีค่าเท่ากับ 26.6 มิลลิเมตร
- L2 คือ ความยาวของสายอากาศช่องเปิดที่เชื่อมกับช่องเปิดด้านล่าง มีค่าเท่ากับ 5 มิลลิเมตร
- L3 คือ ความยาวของสายอากาศช่องเปิดด้านล่าง มีค่าเท่ากับ 14.6 มิลลิเมตร
- L4 คือ ความกว้างของสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม มีค่าเท่ากับ 5 มิลลิเมตร
- W คือ ความกว้างของสายอากาศช่องเปิด มีค่าเท่ากับ 7.5 มิลลิเมตร

- W1 คือ ความกว้างของสายอากาศช่องเปิดด้านบน มีค่าเท่ากับ 4.5 มิลลิเมตร
- W2 คือ ความกว้างของสายอากาศช่องเปิดตรงกลาง มีค่าเท่ากับ 2 มิลลิเมตร
- W3 คือ ความกว้างของแผ่นสตริปของช่องเปิดด้านบน มีค่าเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร
- W4 คือ ความกว้างของสายอากาศช่องเปิดด้านล่าง มีค่าเท่ากับ 1 มิลลิเมตร
- W5 คือ ความกว้างช่องเปิดของสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม มีค่าเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตร

ลำดับแรกในการออกแบบสายอากาศแบบช่องเปิดให้ได้ความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ จะเริ่มทำการออกแบบที่ความถี่แรกคือ ความถี่ 2.4 GHz โดยค่าความยาวที่ทำการคำนวณนั้น จะมีการอ้างอิงกับความยาวคลื่นสัมพันธ์ (λ_g) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

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

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

$$\epsilon_{eff} \approx \frac{\epsilon_r + 1}{2} \quad (3)$$

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

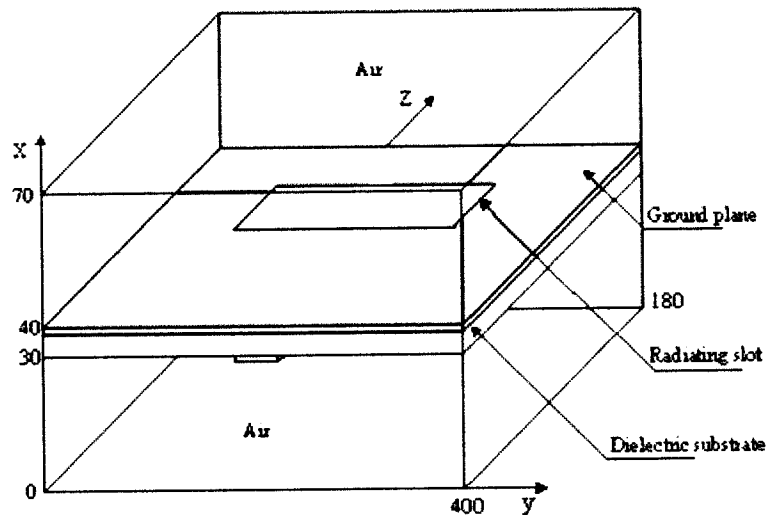
2. การจำลองสายอากาศด้วยวิธีผลต่างสี่เหลี่ยมในโดเมนเวลา (FDTD)

ในการออกแบบสายอากาศเพื่อจำลองผลด้วยวิธีผลต่างสี่เหลี่ยมในโดเมนเวลา (FDTD) ของ Yongxi, 1999 [11] สิ่งที่สำคัญในการคำนวณเชิงตัวเลขของวิธี FDTD คือ ค่าเสถียรภาพเชิงตัวเลขเพื่อใช้ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการคำนวณเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งได้แก่การกำหนดขนาดของช่วงเวลา Δt และขนาดของช่วงระยะทาง คือ Δx , Δy , Δz จำนวนช่วงระยะทางที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ของรูปร่างทั้งหมดที่ต้องการได้ และจำนวนเวลาเพียงพอที่จะให้คลื่นสามารถเดินทางผ่านเส้นทางที่ต้องการได้จนเสร็จสิ้น อย่างไรก็ตามขนาดของช่วงระยะทาง คือ Δx , Δy , Δz ควรจะมีขนาดต่ำกว่า 1/10 ถึง 1/20 ส่วนของความยาวคลื่นที่ใช้ งาน และตัวแปรที่สำคัญที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อการคำนวณคือ ช่วงเวลา เนื่องจากการกำหนดช่วงของเวลาที่ไม่เหมาะสมซึ่งอาจมากไปหรือน้อยไป จะทำให้การคำนวณขาดเสถียรภาพ ดังนั้น จึงต้องมีข้อกำหนดในการเลือกค่าช่วงเวลาที่เหมาะสมโดยมีการกำหนดเงื่อนไขความเสถียรภาพทางเวลาดังสมการดังต่อไปนี้

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

โดยที่ v_{\max} คือ ความเร็วในการแพร่กระจายคลื่นในขอบเขตสเปซโดยสามารถใช้ค่าความเร็วแสงได้คือ $c = 3 \times 10^8$ เมตร/วินาที

การจำลองสายอากาศโดยใช้วิธี FDTD ในงานวิจัยฉบับนี้ จะเริ่มต้นจากการกำหนดขนาดหนึ่งหน่วยของยูนิตเซลล์ (Yee cell) ให้มีขนาดเล็กกว่าหนึ่งส่วนยี่สิบของขนาดความยาวคลื่นสัมพัทธ์ที่ต้องการ โดยการออกแบบให้มีขนาดหนึ่งหน่วยยูนิตเซลล์ในทิศทาง x คือ $\Delta_x = 0.16$ มิลลิเมตร และขนาดหนึ่งหน่วยยูนิตเซลล์ในทิศทาง y และ z เท่ากัน คือ $\Delta_y = \Delta_z = 0.2$ มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถครอบคลุมขนาดสายอากาศทั้งหมดที่ออกแบบ และเพื่อให้มีความผิดพลาดในการคำนวณน้อยที่สุดโดยขนาดของเซลล์ที่ใช้ในการจำลองสายอากาศเท่ากับ $70 \times 400 \times 200$ เซลล์



ภาพที่ 2 รูปแบบการจำลองโครงสร้างสายอากาศที่ใช้การคำนวณด้วยวิธี FDTD

ภาพที่ 2 แสดงผลการจำลองโครงสร้างของสายอากาศที่ใช้วิธี FDTD ซึ่งในการคำนวณด้วยวิธีนี้จะคำนวณส่วนที่เป็นอากาศ (Air) ด้วยเพื่อให้ได้ค่าสนามระยะใกล้ของสายอากาศ การคำนวณรูปแบบโครงสร้างของสายอากาศนั้นจะมีวิธีการคำนวณทั้งหมด 2 ครั้งคือ ครั้งแรกจะทำการคำนวณเฉพาะรูปแบบจำลองโครงสร้างของสายส่งสัญญาณไมโครสตริปเพียงอย่างเดียว เพื่อสร้างแหล่งกำเนิดแรงดันพัลซ์แบบเกาส์เซียน และนำเอาแหล่งกำเนิดพัลซ์ที่ได้ไปใช้ในการคำนวณครั้งที่สอง และในการคำนวณครั้งที่สองนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าคุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศ เช่น ค่าการสูญเสียย้อนกลับ อินพุตอิมพีแดนซ์ และอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งแบบรูปการแผ่ของสนามระยะไกล และอัตราการขยายของสายอากาศ เป็นต้น

4. ผลจากการจำลองของสายอากาศช่องเปิดสายอากาศรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม

ในการศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ของสายอากาศช่องเปิดสายอากาศรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม โดยมีค่าที่ต้องการศึกษา ประกอบด้วย ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง อินพุตอิมพีแดนซ์ เป็นต้น ซึ่งสำหรับค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) เป็นพารามิเตอร์ของสายอากาศที่จะบอกถึงสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสัญญาณจากโหลด โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการ

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

เมื่อ \mathfrak{I} 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

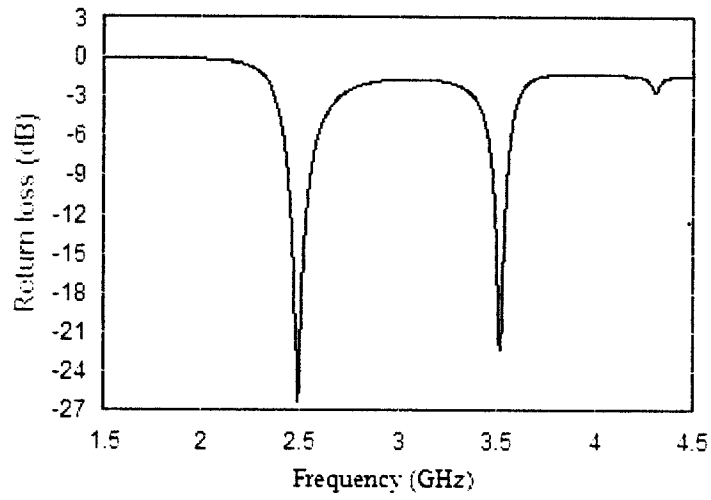
ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_m) สามารถคำนวณได้จาก

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

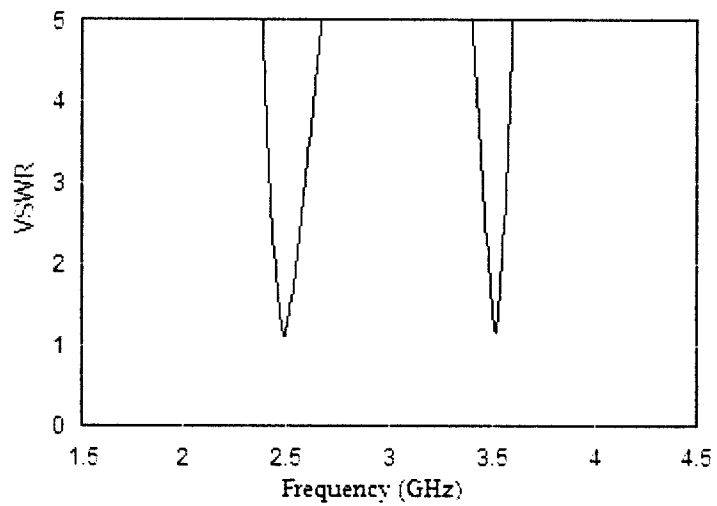
เมื่อ Z_c เป็นอิมพีแดนซ์คุณลักษณะของสายส่งสัญญาณและ S_{11} คือ การสูญเสียย้อนกลับ (Return Loss) ของสายอากาศสำหรับสมการหาอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งนั้นสามารถหาได้จากสมการ

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

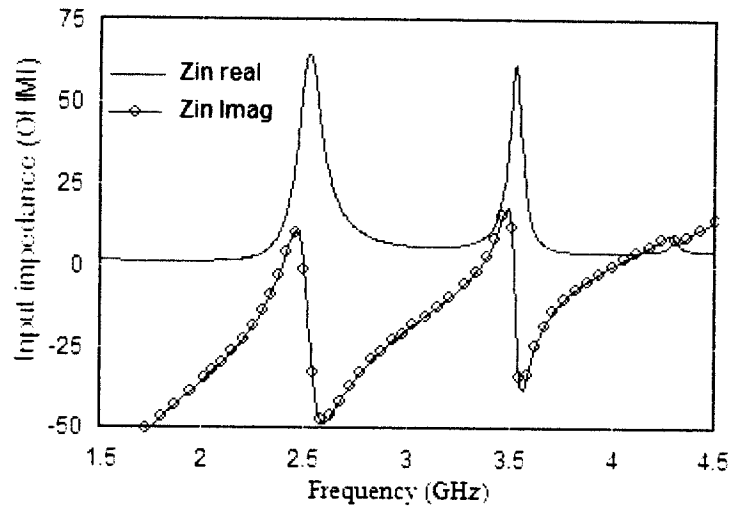
คุณลักษณะของสายอากาศช่องเปิดสายอากาศรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมที่ได้จากการวิเคราะห์และศึกษาคุณสมบัติ ซึ่งประกอบด้วย ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) และของอินพุตอิมพีแดนซ์ (Input impedance) ที่ได้จากการจำลองแสดงในภาพที่ 3-5 และคุณลักษณะต่างๆ ของสายอากาศแสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 3 ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศช่องเปิดสายอากาศรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม



ภาพที่ 4 อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) ของสายอากาศช่องเปิดสายอากาศรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม



ภาพที่ 5 อินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศช่องเปิดสายอากาศรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม

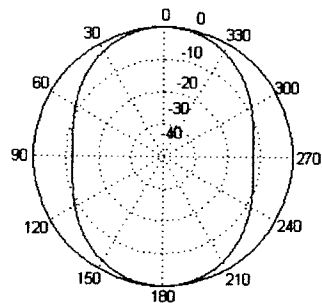
ภาพที่ 3-5 แสดงคุณลักษณะของสายอากาศจะเห็นได้ว่าความถี่เรโซแนนซ์ที่ได้ใกล้เคียงกับความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ รวมทั้งผลของยังได้ผลของอินพุตอิมพีแดนซ์ที่ดีและคุณลักษณะต่างๆ ของสายอากาศแบบช่องเปิดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะต่างๆ ของสายอากาศแบบช่องเปิด

คุณลักษณะของสายอากาศ	ความถี่เรโซแนนซ์ที่ 2.45 GHz	ความถี่เรโซแนนซ์ที่ 3.50 GHz
S_{11} พารามิเตอร์	-25.10 dB	-22.28 dB
อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR)	1.02	1.02
จำนวนจริงของอินพุตอิมพีแดนซ์ (Zin real)	49.44 โอห์ม	49.83 โอห์ม
จำนวนจินตภาพของอินพุตอิมพีแดนซ์ (Zin image)	6.25 โอห์ม	11.89 โอห์ม
แบนด์วิดท์	0.23 GHz (2.4-2.52 GHz)	0.10 GHz (3.45-3.55 GHz)

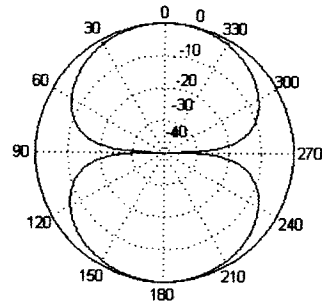
จากตารางที่ 1 คุณลักษณะต่างๆ ของสายอากาศแบบช่องเปิด ซึ่งการจำลองที่ได้สายอากาศนี้สามารถออกแบบได้สองความถี่ คือ ความถี่ 2.45 GHz มีค่าการสูญเสียย้อนกลับเท่ากับ -25.10 dB และความถี่ที่สองคือ ที่ความถี่ 3.50 GHz มีค่าการสูญเสียย้อนกลับเท่ากับ -22.28 dB และทั้งสองความถี่มีค่า VSWR ใกล้เคียงกับ 1 และมีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ประมาณ 50 โอห์ม โดยที่ความถี่ 2.45 GHz มีแบนด์วิดท์เท่ากับ 0.23 GHz ครอบคลุม

แถบความถี่ 2.4-2.52 GHz และที่ความถี่ 3.5 GHz มีแบนด์วิดท์เท่ากับ 0.10 GHz ครอบคลุมแถบความถี่ 3.45-3.55 GHz ตามลำดับ

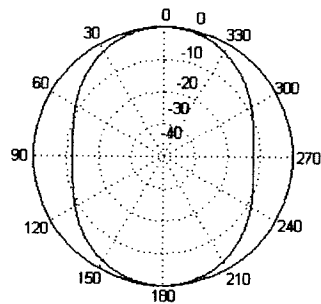


(ก) ระนาบ X-Y

ความถี่ 2.45 GHz

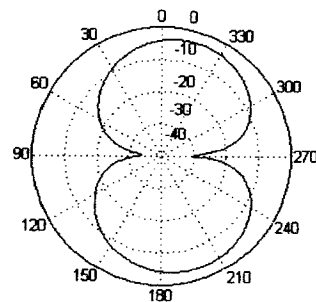


(ข) ระนาบ X-Z



(ค) ระนาบ X-Y

ความถี่ 3.50 GHz



(ง) ระนาบ X-Z

ภาพที่ 6 แบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศแบบช่องเปิด

จากผลการจำลองสายอากาศด้วย FDTD ได้รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลในระนาบ X-Y และระนาบ X-Z จะแสดงดังภาพที่ 6 โดยภาพที่ 7(ก) แสดงระนาบ X-Y ที่ความถี่ 2.45 GHz ภาพที่ 6(ข) แสดงระนาบ X-Z ที่ความถี่ 2.45 GHz ภาพที่ 6(ค) แสดงระนาบ X-Y ที่ความถี่ 3.5 GHz และภาพที่ 6(ง) แสดงระนาบ X-Z ที่ความถี่ 3.5 GHz ตามลำดับ จากภาพพบว่า ระนาบ X-Y จะแสดงรูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสนามแม่เหล็กและระนาบ X-Z จะแสดงรูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสนามไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าสายอากาศแบบนี้จะรูปแบบเสมือนมีลักษณะในการแผ่พลังงานเป็นสองทิศทาง (Bi-directional)

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูป Ω ที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมสำหรับใช้งานกับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และการสื่อสารไวแมก (WiMAX) และทำการวิเคราะห์ผลด้วยระเบียบวิธี FDTD จากผลการจำลองที่ได้สายอากาศนี้สามารถออกแบบได้สองความถี่ คือ ความถี่ 2.45 GHz มีค่าการสูญเสียย้อนกลับเท่ากับ -25.10 dB และความถี่ที่สองคือ ที่ความถี่ 3.50 GHz มีค่าการสูญเสียย้อนกลับเท่ากับ -22.28 dB โดยมีแบนด์วิดท์เท่ากับ 0.23 GHz ครอบคลุมแถบความถี่ 2.4-2.52 GHz และที่ความถี่ 3.50 GHz มีแบนด์วิดท์

เท่ากับ 0.10 GHz ครอบคลุมแถบความถี่ 3.45-3.55 GHz ตามลำดับ และแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกล ระบายสนามไฟฟ้าของสองความถี่เป็นแบบสองทิศทาง ดังนั้น สายอากาศนี้สามารถนำไปใช้งานสำหรับโครงข่าย ท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และการสื่อสารไวแมก (WiMAX) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

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. Nakasawan, 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.