



การออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่สำหรับ
โครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย

Design of Slot Antenna Fed by CPW with Filtering frequency Band
for Wireless Local Area Networks

เทพ เกื้อทวีกุล

Thep Kueathaweekun

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่สำหรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย โดยโครงสร้างของสายอากาศประกอบด้วย ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบ CPW ที่สลับมีสตัดจ์จูนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสตัดจ์รูปแอลต่อด้านข้างทั้งสองด้าน สำหรับกรองแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป โดยจำลองโครงสร้างสายอากาศได้ของนำวิธีระเบียบวิธีโมเมนต์ด้วยโปรแกรม IE3D มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของสายอากาศ ผลที่ได้จากการจำลองได้แบนด์วิดท์เท่ากับ 3.8 GHz ครอกลคลุมแถบความถี่ตั้งแต่ 2.4-5.98 GHz นอกจากนี้สายอากาศนี้ยังสามารถกรองแถบความถี่ตั้งแต่ 3.80-4.81 GHz ที่ไม่ต้องการออกไป ความถี่โดยแถบความถี่อื่นยังคงสามารถใช้งานได้ และแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลเป็นแบบสองทิศทาง

คำสำคัญ : การกรองแบนด์/สตัดจ์จูนรูปแอล/สายอากาศแบบแถบกว้าง

Abstract

In this paper, design of slot antenna fed by CPW for filtering the frequency band is presented. The proposed antenna consists of a rectangular-shaped slot on the ground plane, fed by CPW with a rectangular-shaped tuning stub and L-shaped stub add on rectangular-shaped tuning stub. The proposed antenna is analyzed by using IE3D Software. The simulations results of the slot antenna can be deployed the bandwidth of 3.58 GHz cover the frequency from 2.4-5.98 GHz. Moreover, this antenna can avoid interference with WLAN and other wideband communications. Its can filter the frequency band at 3.80-4.81 GHz. The radiation patterns of the proposed antenna are bi-directional.

Keywords : Band Filter/L-Shaped tuning stub/ Wideband antenna.



ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคการสื่อสารไร้สาย สายอากาศเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้สำหรับการสื่อสารไร้สายไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารผ่านโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook) ไอแพด (Ipad) ล้วนแต่ต้องมีอุปกรณ์ไร้สายเชื่อมต่อเพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลหรือกระจายสัญญาณ ทั้งนี้สายอากาศที่นำมาใช้จะต้องรองรับกับเทคโนโลยีไร้สายต่าง ๆ ตามมาตรฐานที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป โดยที่นิยมนำไปใช้งานคือ โครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) การสื่อสารไวแมก (WiMAX) เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายแบบแถบกว้างยิ่งยวด (Ultra-wideband) เป็นต้น

สายอากาศแบบไมโครสตริปไลน์จึงเป็นสายอากาศที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีข้อดีอยู่หลายประการคือ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ราคาถูก ออกแบบได้ง่าย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ ดังนั้นจึงมีนักวิจัยออกแบบสายอากาศในหลากหลายรูปแบบประกอบด้วย การออกแบบสายอากาศความถี่เดียว และสองความถี่สำหรับการสื่อสารไร้สายในมาตรฐานของ IEEE 802.11 a/b/g/j และ IEEE 802.16d (W. Kueathaweekun, and T. Wakabayashi, 2007), (Shih-Huang and W. Kin-Lu, 2002), (H. D. Chen, J. S. Chen, and Y. T. Cheng, 2003), (C. Hornig-Dean, 2003) มีการออกแบบสายอากาศที่ต้องการให้มีแบนด์วิดท์กว้างมากๆ เพื่อสามารถนำไปใช้กับย่านการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งยวด (UWB) ซึ่งก็มีหลาย ๆ งานวิจัยได้นำเสนอการออกแบบสายอากาศสำหรับการสื่อสารย่านการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งยวด (UWB) ที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ (F. G. Kharakhili, M. Fardis, G. Dadashzadeh, and A. Ahmadi, 2007), (A. Dastranj, A. Imani, and M. NaserMoghaddasi, 2008), (A. Dastranj and A. Imani, 2010) ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้สามารถนำไปพัฒนาให้รองรับกับย่านความถี่แบบแถบกว้างยิ่งยวดแต่ปัญหาที่พบคือ การสอดแทรกของสัญญาณระหว่าง ย่านความถี่ไร้สายอื่นกับย่านความถี่แบบแถบกว้างยิ่งยวด (Ultra-wideband) เนื่องจากมีแถบความถี่บางส่วนที่ทับกับอยู่ ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบสายอากาศที่มีตัวกรองแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป เพื่อให้สายอากาศสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นสายอากาศที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้จึงเป็นสายอากาศแบบช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปไลน์ มีน้ำหนักเบา โครงสร้างไม่ซับซ้อน และง่ายในการสร้าง สายอากาศต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้จะใช้สลับจน มาช่วยในการขยายแบนด์วิดท์เพื่อให้สามารถรองรับกับย่านความถี่แบบแถบกว้าง (Wideband) และมีการพัฒนาสายอากาศที่มีการกรองแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกไปเพื่อไม่ให้เกิดการสอดแทรกของสัญญาณ (Interference signal) ระหว่างย่านความถี่ไร้สายอื่น ๆ กับ ย่านความถี่แบบแถบกว้าง โดยใช้สลับรูปตัวแอลมาช่วยในการกรองแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป ซึ่งจะกล่าวในลำดับถัดไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่สำหรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอออกแบบและพัฒนาสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่สำหรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย โดยนำวิธีระเบียบวิธีโมเมนต์ด้วยโปรแกรม IE3D มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของสายอากาศ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของสายอากาศบางตัวเพื่อคุณสมบัตินี้ของสายอากาศ ประกอบด้วย การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) แบนด์วิดท์ อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) และแบบรูปการแพร่พลังงานสนามระยะไกล



วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบ CPW ที่มีการรองรับความถี่สำหรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย

การออกแบบและพัฒนาสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบ CPW ที่มีการรองรับความถี่สำหรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย ลำดับแรกในการออกแบบคือ การเลือกชนิดของวัสดุฐานรอง (Substrate) และความหนาของวัสดุฐานรอง (h) เพื่อนำคุณสมบัติดังกล่าวมาใช้ในการคำนวณหาความกว้างของ W_m และความยาวคลื่นสัมพันธ์ (λ_g) (Balanis, A. C., 2005) เพื่อออกแบบความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้วัสดุฐานรอง (Substrate) FR4 โดยมีค่าคุณสมบัติดังนี้คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ϵ_r) เท่ากับ 4.5 และความหนาของวัสดุฐานรอง (h) เท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ

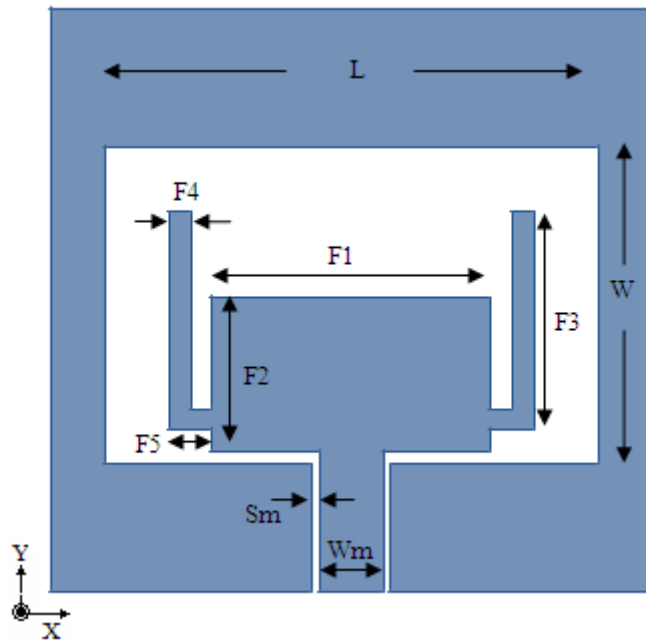
การออกแบบสายอากาศจะเริ่มทำการออกแบบที่ความถี่แรกที่ต้องการคือ ออกแบบที่ความถี่ 3.0 GHz โดยสามารถคำนวณค่าความยาวจาก (1)-(3) ซึ่งจะมีการอ้างอิงกับความยาวคลื่นสัมพันธ์ (λ_g) เพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ

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

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

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

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

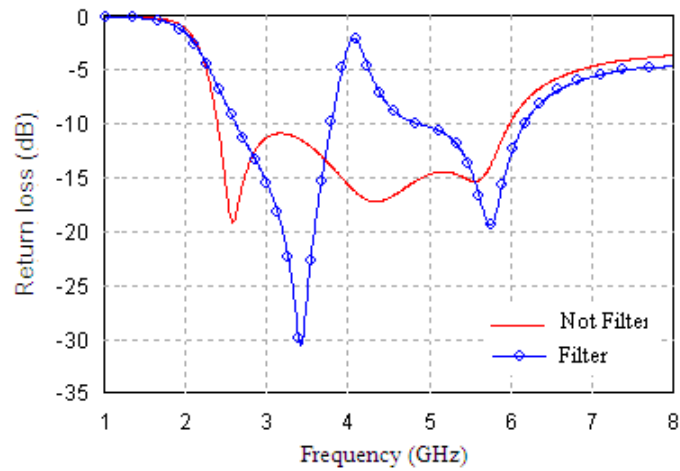


ภาพที่ 1 โครงสร้างของสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่ โดยความถี่ที่นำมาทำออกแบบคือ 3 GHz โดยในลำดับแรกเป็นการออกแบบสายอากาศช่องเปิดรูปเหลี่ยมผืนผ้าโดยที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบ CPW ที่มีสัณฐานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อศึกษาวิธีการขยายแบนด์วิดท์สำหรับนำไปใช้งานตามต้องการ ลำดับที่สอง ดำเนินการใส่สัณฐานรูปตัวแอลเพิ่มที่สายส่งสัญญาณ CPW โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกรองแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกไปและวิเคราะห์คุณสมบัติของสายอากาศ ดังภาพที่ 1 และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการคำนวณจากการจำลองผลมีค่าดังต่อไปนี้คือ L มีค่าเท่ากับ 23 มิลลิเมตร, W มีค่าเท่ากับ 17.5 มิลลิเมตร, $F1$ มีค่าเท่ากับ 14 มิลลิเมตร, $F2$ มีค่าเท่ากับ 10 มิลลิเมตร, $F3$ มีค่าเท่ากับ 13 มิลลิเมตร, $F4$ มีค่าเท่ากับ 1 มิลลิเมตร, $F5$ มีค่าเท่ากับ 2 มิลลิเมตร, S_m มีค่าเท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร และ W_m มีค่าเท่ากับ 3 มิลลิเมตร โดยคุณสมบัติต่างๆ ของสายอากาศนั้นจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

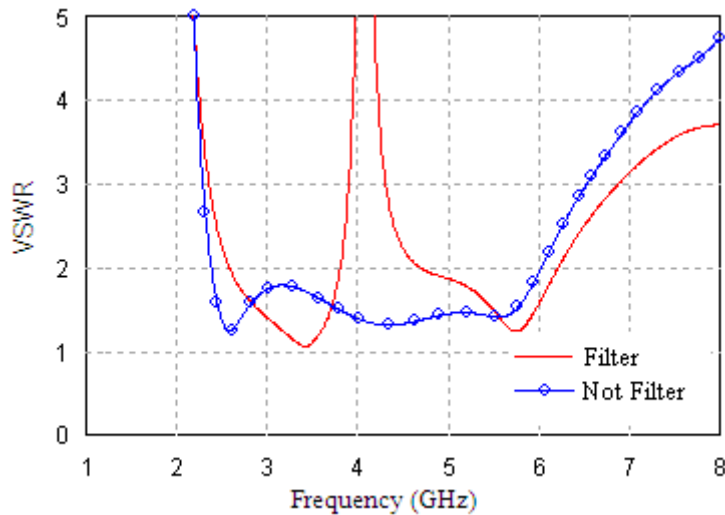
2. ผลการจำลองของสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่ สำหรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย

จากผลการศึกษาวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่ ซึ่งในการจำลองเพื่อศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติของสายอากาศ ได้นำระเบียบวิธีโมเมนต์ด้วยโปรแกรม IE3D (Zeland Software, 2010) มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของสายอากาศ และทำการศึกษาพารามิเตอร์ของสายอากาศบางตัวเพื่อดูคุณสมบัติเฉพาะของสายอากาศ ประกอบด้วย การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) แบนด์วิดท์ อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) และแบบรูปการแพร่พลังงานสนามระยะไกล ตามลำดับ



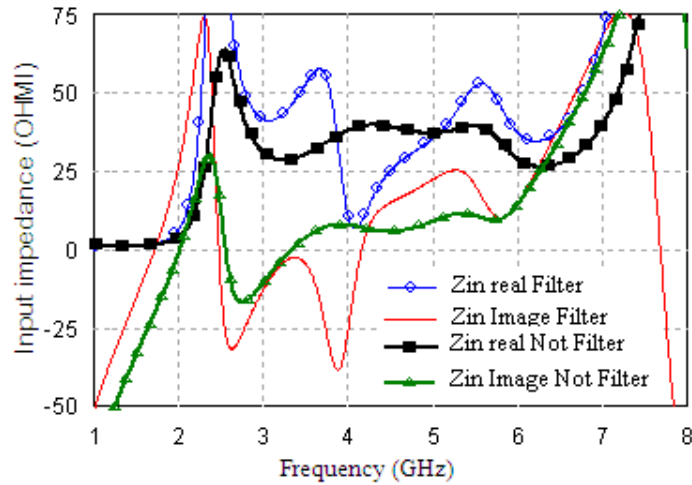
ภาพที่ 2 การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณ CPWที่มีการกรองแถบความถี่

จากภาพที่ 2 แสดงผลการจำลองค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ต่ำกว่า -10 dB อยู่ในช่วง -10 dB ถึง -42 dB ครอบคลุมแถบความถี่ตั้งแต่ 2.62-3.79 GHz และ 4.82 -6.17 GHz โดยสายอากาศนี้สามารถกรองแถบความถี่ตั้งแต่ 3.80-4.81 GHz ดังแสดงในภาพที่ 2



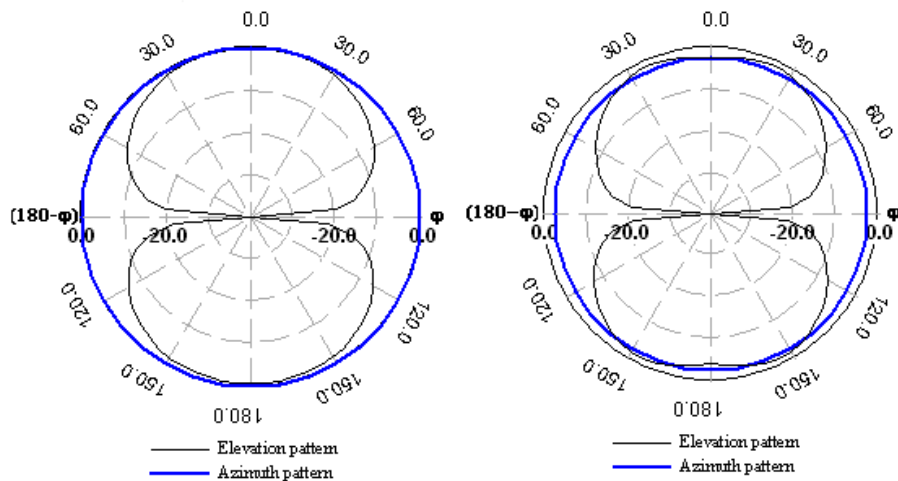
ภาพที่ 3 อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) ของสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่

อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) ที่แสดงในภาพที่ 3 จะมีค่าอยู่ในช่วง 1-2 ซึ่งครอบคลุมแถบความถี่ตั้งแต่ 2.62-3.79 GHz และ 4.82 -6.17 GHz โดยทั่วไปแล้วค่าที่ยอมรับได้คือ VSWR ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 2 ซึ่งยังสามารถใช้งานได้ และ แถบความถี่ตั้งแต่ 3.80-4.81 GHz มีค่า VSWR มากกว่า 2 จะใช้งานไม่ได้เนื่องถูกกรองแถบความถี่ดังกล่าวออกไป



ภาพที่ 4 อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) ของสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่

จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าอินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) ในเทอมจริงในกรณีที่ไม่มีการกรองแถบความถี่ 3.80-4.81 GHz จะค่าอยู่ที่ประมาณ 40 โอห์ม แต่เมื่อมีการกรองแถบความถี่ดังกล่าวออกไป จะทำให้ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) ในเทอมจริงลดลงเหลือ 7 โอห์ม ในทำนองเดียวกัน อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) ในเทอมจินตราบภาพในกรณีที่ไม่มีการกรองแถบความถี่ 3.80-4.81 GHz จะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 8 โอห์ม แต่เมื่อมีการกรองแถบความถี่ดังกล่าวออกไป จะทำให้ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) ในเทอมจินตราบภาพ จะลดลงต่ำกว่า -30 โอห์ม



(ก) ความถี่ 3.0 GHz

(ข) ความถี่ 5.0 GHz

ภาพที่ 5 แบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่



จากภาพที่ 5 แสดงแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศช่องเปิดที่ความถี่ 3.0 GHz และ 5.0 GHz ซึ่งจากผลการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลในระนาบ azimuth (xy-plane) เป็นแบบรอบทิศทาง (Omni-directional) และระนาบ elevation (xz-plane) เป็นแบบสองทิศทาง (bi-directional)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบ CPW ที่มีการกรองแถบความถี่สำหรับโครงข่ายท้องถิ่น ไร้สายที่ได้นำเสนอเป็นสายอากาศที่มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน และทำการจำลองโครงสร้างสายอากาศได้ของนำวิธีระเบียบวิธีโมเมนต์ด้วยโปรแกรม IE3D จากผลการจำลองผลที่ได้จากการจำลองสามารถกรองแถบความถี่ที่ต้องการใช้งานออกได้ตั้งแต่ 3.80-4.81 GHz ความถี่ และแถบความถี่ ตั้งแต่ 2.62-3.79 GHz และ 4.82 -6.17 GHz ยังคงสามารถใช้งานได้อย่างปกติ โดยแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลเป็นแบบสองทิศทาง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์โปรแกรม IE3D ซึ่งนำมาใช้ในการจำลองสายอากาศในงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- Balanis, A. C. (2005). **Antenna Theory Analysis and Design**. John Wiley & Sons, Inc.
- Chavan, A. S., Pragnesh, N. S. and Seema, M. (2013). Analysis of Dual Frequency Microstrip Antenna Using Shorting Wall. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, 3, 578-582.
- Chulvanich, C., Nakasuwan, J., Songthanapitak, N., Anantrasirichai, N. and T. Wakabayashi. (2007). Design Narrow Slot Antenna for Dual Frequency. **PIERS**, 3, 1024-1028.
- Dastranj, A., Imani, A. and M. Naser-Moghaddasi. (2008). Printed Wide-Slot Antenna for Wideband Applications. **IEEE Trans. Antennas Propag.**, 56, 3097-3102.
- Dastranj, A. and Imani, A. (2010). Bandwidth Enhancement of Printed E-Shaped Slot Antenna Fed by CPW and Microstrip Line. **IEEE Trans. Antennas Propag.**, 58, 1402-1407.
- Kueathaweekun, W., Anantrasirichai N., Nakasuwan, J. and Wakabayashi, T. (2007). Broadband Slot Antenna Fed by Microstrip Line. **The International conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST)**, 21-23 November, Thailand.
- Pratap N. Shinde & Jayashree P. Shinde. (2015). Design of compact pentagonal slot antenna with bandwidth enhancement for multiband wireless applications. **Int. J. Electron. Commun. (AEU)**, 69, 1489-1494.
- Sanchita, B., Srivastava, A. and Goswami, A. (2013). Dual Frequency Hexagonal Microstrip Patch Antenna. **International Journal of Scientific and Research Publications**, 3, 1-9.
- Zeland Software, Inc., IE3D, New York.