

สายอากาศแพทช์แถบกว้างรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมูสำหรับประยุกต์ใช้งาน
โครงข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ย่านความถี่ 5GHz

Trapezoidal-Shaped Wide-Band Patch Antenna for WLAN
at 5GHz Band Application

เสกสิทธิ์ สอนสุข¹, อธิวัฒน์ อุ้นพวก² และ ประพัทธ์ อานมณี^{3*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอสายอากาศแพทช์แถบกว้างรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมูสำหรับประยุกต์ใช้งานโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ย่านความถี่ 5GHz แพทช์การแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศถูกดัดแปลงจากรูปทรงสี่เหลี่ยมเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมูเพื่อเพิ่มแบนด์วิธ สายอากาศที่นำเสนอมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา สัญญาณน้อย และโครงสร้างไม่ซับซ้อน สายอากาศถูกออกแบบและสร้างบนวัสดุฐานรองชนิด FR-4 มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเท่ากับ 4.3 หนา 1.6 มิลลิเมตร ขนาด 29.35x29.35 ตารางมิลลิเมตร ผลการทดสอบสายอากาศที่นำเสนอมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ต่ำกว่า -10 dB ตั้งแต่ 4.9 GHz ถึง 6 GHz มีอัตราขยายที่ความถี่ 5.2 GHz, 5.5 GHz และ 5.8 GHz เท่ากับ 1.54 dBi, 1.7 dBi และ 1.44 dBi

คำสำคัญ: สายอากาศแถบกว้าง แพทช์สี่เหลี่ยมคางหมู โครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย ย่านความถี่ 5 GHz

^{1, 2, 3}สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

¹E-mail: Earthearth897@gmail.com

²E-mail: Atiwatgun2703@gmail.com

³E-mail: praphat.arn@rmutr.ac.th

* Corresponding author, e-mail: praphat.arn@rmutr.ac.th

Abstract

This paper presents the trapezoidal-shaped wide-band patch antenna for WLAN at 5GHz band application. The antenna radiating patch is modified from square-shaped to trapezoidal-shaped for increasing the frequency bandwidth. The proposed antenna has small size, light weight, low profile and low complexity in its structure. The antenna is designed and fabricated on FR-4 substrate with dielectric constant of 4.3, thickness of 1.6 mm and the size of 29.35x29.35 mm². The measured results of the proposed antenna are designed to obtain the reflection coefficient with lower than -10 dB from 4.9 GHz to 6 GHz. The antenna gains are 1.54 dBi, 1.7 dBi and 1.44 dBi, at 5.2 GHz, 5.5 GHz and 5.8 GHz, respectively.

Keywords: Wide-band antenna, Trapezoidal-shaped patch, WLAN, 5 GHz band frequency

1. ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายมีบทบาทต่อชีวิตประจำวันมากขึ้น เนื่องจากมีความสะดวกในการใช้งาน โดยเฉพาะโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น ย่านความถี่ของโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ใช้งานในประเทศไทยมีสองย่านความถี่คือ 2.4 GHz และ 5GHz โดยที่ย่านความถี่ 5GHz มีข้อดีในการใช้งานเมื่อเทียบกับย่านความถี่ 2.4 GHz คือมีแบนด์วิดท์ที่มากกว่าและมีการถูกรบกวนที่น้อยกว่า [1], [2] ดังนั้นการออกแบบอุปกรณ์ให้รองรับการใช้งานที่ย่านความถี่ 5GHz จึงมีความสำคัญ

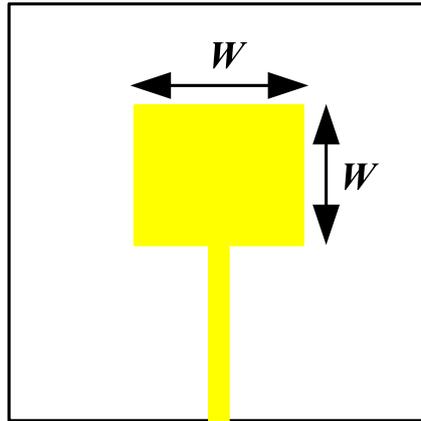
อุปกรณ์ที่มีความสำคัญในระบบสื่อสารไร้สายคือสายอากาศ โดยสายอากาศแพทช์เป็นสายอากาศที่สร้างจากแผ่นวงจรพิมพ์หรือสายอากาศระนาบมีข้อดีคือมีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบา และต้นทุนต่ำ เป็นต้น [3] สายอากาศที่สามารถตอบสนองย่านความถี่กว้างหรือสายอากาศแถบกว้างมีข้อดีคือสายอากาศสามารถรองรับการทำงานได้หลายระบบมากกว่าสายอากาศที่ตอบสนองได้หนึ่งแถบความถี่ การออกแบบสายอากาศแถบกว้างจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

ใน [4], [5] เป็นการออกแบบสายอากาศที่ตอบสนองแถบความถี่กว้างและแถบความถี่กว้างยิ่งยวด สายอากาศทั้งสองมีอัตราสูงแต่มีโครงสร้างที่ซับซ้อน งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบสายอากาศระนาบแถบความถี่กว้างที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน โดยออกแบบแพทช์รูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมูและใช้เทคนิคการดัดแปลงระนาบกราวด์เพื่อให้สายอากาศมีการตอบสนองแถบความถี่กว้างได้ดีขึ้น [6] สายอากาศถูกสร้างบนวัสดุชนิด FR-4 หนา 1.6 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ง่าย มีราคาถูก และสายอากาศถูกออกแบบให้มีขนาดเล็ก (29.35x29.35 ตารางมิลลิเมตร) เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในหลากหลายรูปแบบ

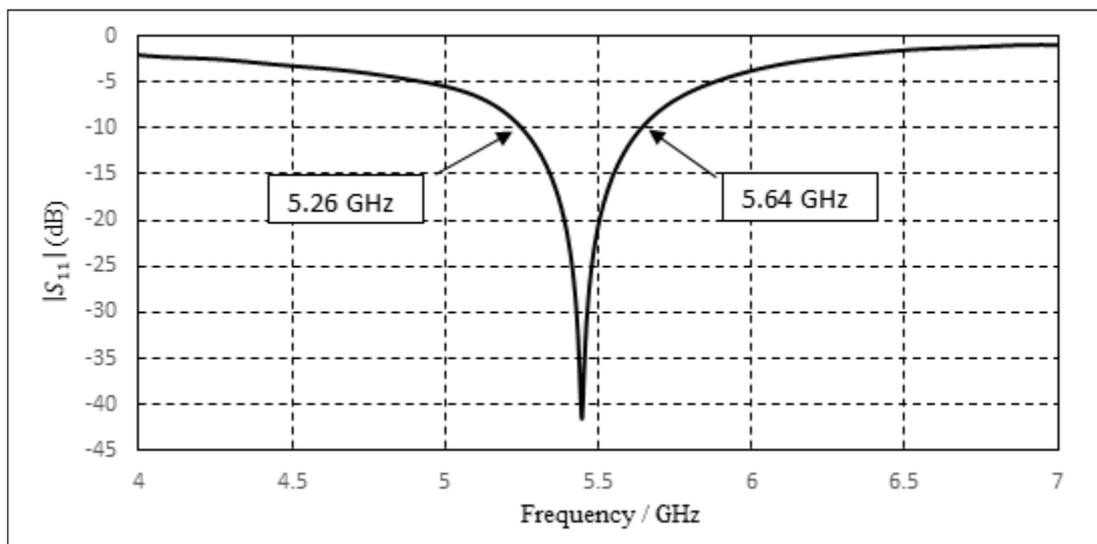
2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบสายอากาศระนาบแถบกว้างสำหรับใช้งานโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายย่านความถี่ 5 GHz
2. เพื่อออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของสายอากาศที่ครอบคลุมความถี่ 4.9 GHz ถึง 6 GHz
3. เพื่อประเมินสมรรถนะการรับสัญญาณ WiFi ย่านความถี่ 5 GHz ของสายอากาศที่ออกแบบ

3. ขั้นตอนการออกแบบ



รูปที่ 1 สายอากาศระนาบแบบแพทช์สี่เหลี่ยม

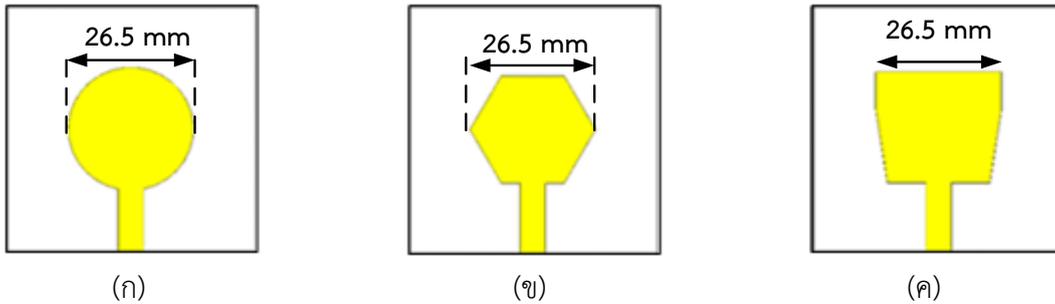


รูปที่ 2 สัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศระนาบแบบแพทช์สี่เหลี่ยม

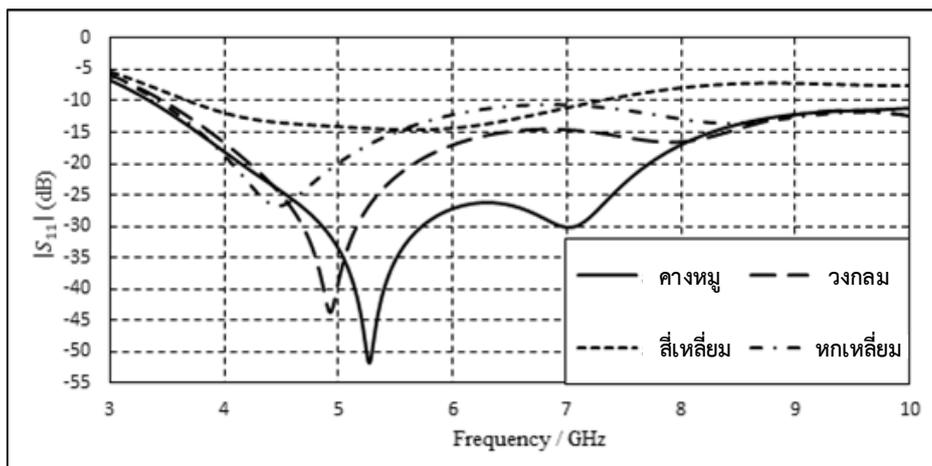
ในขั้นตอนแรก ทำการออกแบบสายอากาศแถบกว้างให้ตอบสนองความถี่ 4.9 GHz ถึง 6 GHz โดยเริ่มต้นจากการออกแบบสายอากาศระนาบที่มีแพทช์รูปร่างทั่วไป (สี่เหลี่ยม) ดังแสดงในรูปที่ 1 ให้ตอบสนองความถี่กลาง 5.45 GHz โดยสายอากาศออกแบบบนวัสดุชนิด FR-4 หนา 1.6 มิลลิเมตร มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเท่ากับ 4.3 มีการออกแบบขนาดแพทช์สี่เหลี่ยมที่ขนาดหนึ่งความยาวคลื่นทำให้สายอากาศมีความกว้างแพทช์ (W) เท่ากับ 26.5 มิลลิเมตร

รูปที่ 2 แสดงสัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศระนาบแบบแพทช์สี่เหลี่ยม พบว่าสายอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ต่ำกว่า -10 dB ตั้งแต่ 5.26 GHz ถึง 5.64 GHz

โดยในขั้นตอนถัดไป ทำการดัดแปลงแพทช์การแพร่กระจายคลื่นสามรูปร่างคือ รูปร่างวงกลม รูปร่างหกเหลี่ยม และรูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมู ดังแสดงในรูปที่ 3 เพื่อให้สายอากาศสามารถตอบสนองแถบความถี่กว้างได้ โดยทำการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศทั้งสามรูปร่างเทียบกับสายอากาศรูปร่างสี่เหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 4



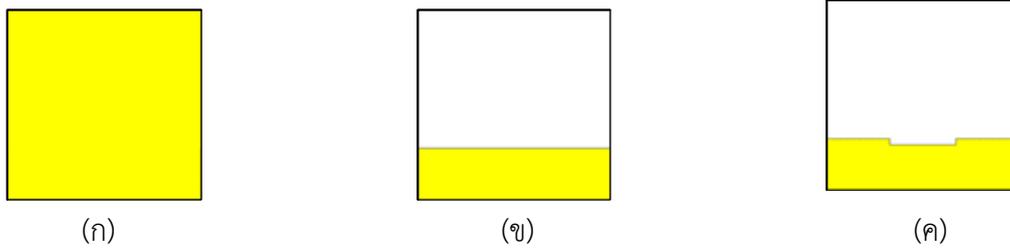
รูปที่ 3 สายอากาศแพทช์รูปร่าง (ก) วงกลม (ข) หกเหลี่ยม และ(ค) สี่เหลี่ยมคางหมู



รูปที่ 4 สัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศแพทช์รูปร่างต่างๆ

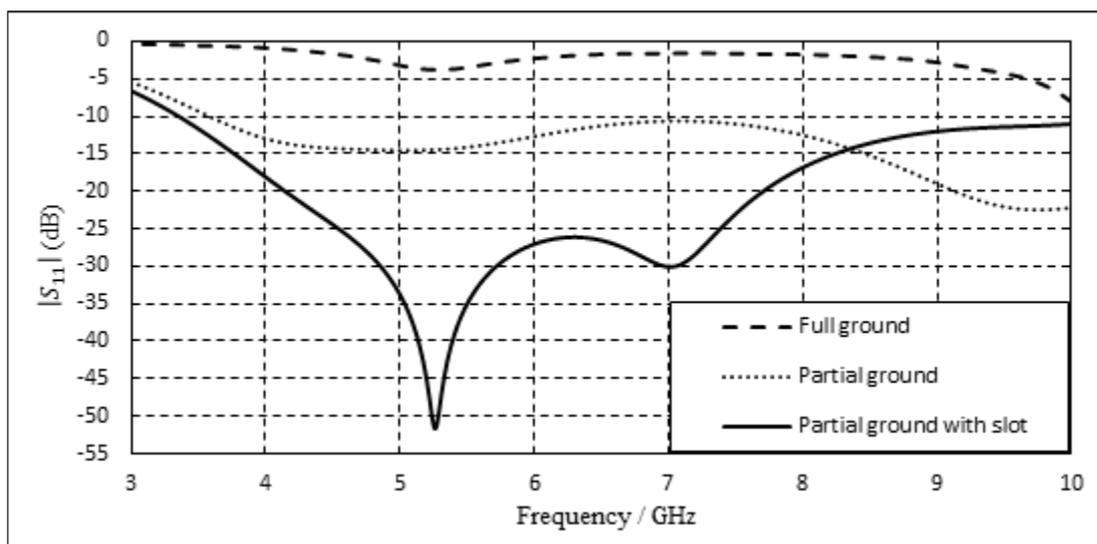
จากรูปที่ 4 พบว่าสายอากาศแพทช์รูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมูมีการตอบสนองความถี่กว้างได้ดีกว่ารูปร่างอื่นๆ เนื่องจากแพทช์รูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมูมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำบนแพทช์การแพร่กระจายทำให้สายอากาศมีแบนด์วิดท์กว้างขึ้น

ในขั้นตอนสุดท้ายทำการลดขนาดและตัดแปลงระนาบกราวด์เพื่อให้สายอากาศสามารถตอบสนองความถี่กว้างและมีการแมทซ์อิมพีแดนซ์ที่ดีขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบระนาบกราวด์สามรูปแบบคือ แบบระนาบกราวด์เต็ม (Full Ground) แบบระนาบกราวด์บางส่วน (Partial Ground) และแบบระนาบกราวด์บางส่วนเพิ่มร่อง (Partial Ground with Slot) แสดงในรูปที่ 5 ดังนี้



รูปที่ 5 สายอากาศระนาบที่มีระนาบกราวด์ต่างๆ

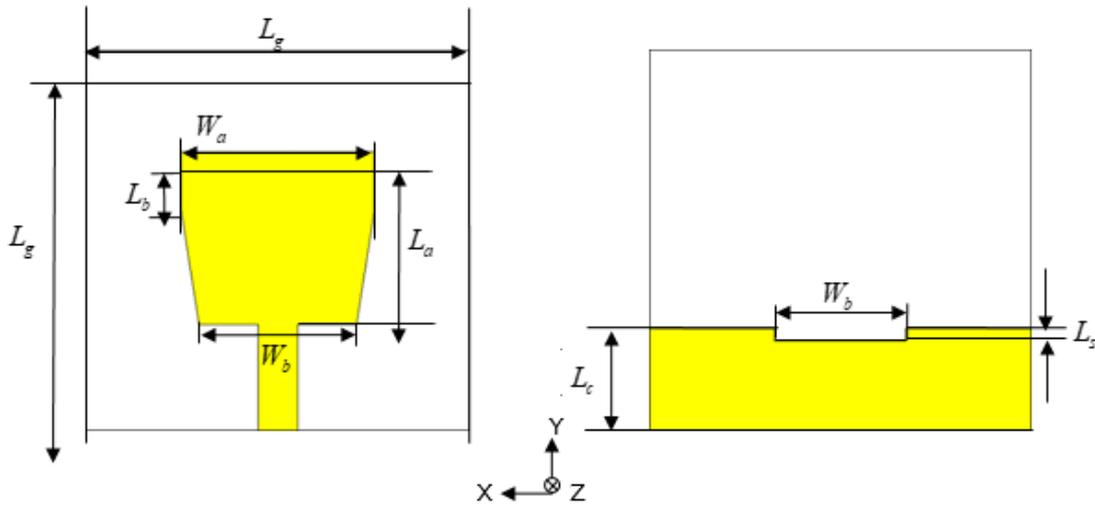
การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศระนาบที่มีระนาบกราวด์ต่างๆ ในรูปที่ 6 พบว่าระนาบกราวด์บางส่วนเพิ่มร่องสามารถตอบสนองความถี่กว้างได้ดีขึ้น เนื่องจากการลดขนาดระนาบกราวด์เป็นการลดค่าความเก็บประจุทำให้สายอากาศมีแบนด์วิดท์กว้างขึ้น ในขณะเดียวกันสายอากาศมีแพทช์รูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมู ส่งผลให้การตอบสนองย่านความถี่ของสายอากาศสามารถตอบสนองได้ดีขึ้น และทำให้สายอากาศสามารถแพร่กระจายคลื่นไปด้านหลังได้เนื่องจากขนาดระนาบกราวด์ที่ลดลง



รูปที่ 6 สัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศระนาบที่มีระนาบกราวด์ต่างๆ

4. การสร้างและทดสอบ

ในหัวข้อนี้ทำการสร้างสายอากาศที่ได้ทำการออกแบบในหัวข้อที่ผ่านมา โดยทำการสร้างบนแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด Epoxy หนา 1.6 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดพารามิเตอร์ต่างๆของสายอากาศที่นำเสนอแสดงดังรูปที่ 7 และตารางที่ 1 ดังต่อไปนี้

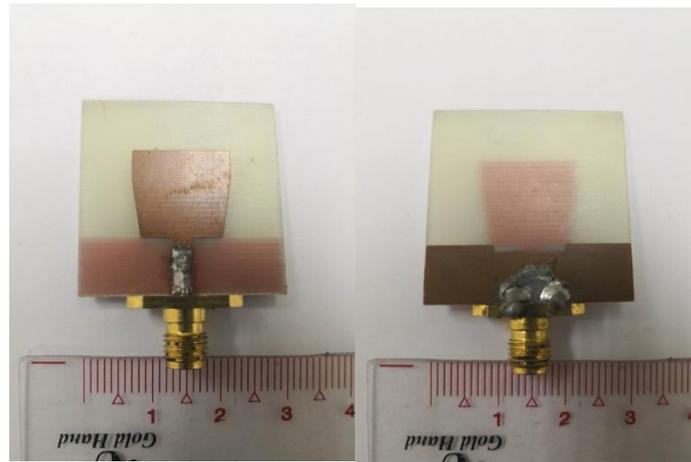


รูปที่ 7 โครงสร้างและพารามิเตอร์ของสายอากาศที่นำเสนอ (ก) ด้านหน้า และ(ข) ด้านหลัง

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์และขนาดต่างๆของสายอากาศที่นำเสนอ

พารามิเตอร์	ขนาด
ความกว้างของฐานรอง (L_g)	29.35 mm.
ความกว้างของสายอากาศความถี่ต่ำ (W_a)	14.76 mm.
ความกว้างของสายอากาศความถี่สูง (W_b)	12.056 mm.
ความยาวของสายอากาศ (L_a)	13.5816 mm
ความยาวด้านข้างของสายอากาศ (L_b)	2.2636 mm.
ความหนาของฐานรอง (h)	1.6 mm.
ความหนาของแผ่นแพร่กระจาย (t)	0.035 mm.
ความลึกของหน้าตัดกราวด์ (L_s)	1 mm.
ความกว้างของหน้าตัดกราวด์ (L_c)	7.8842 mm.

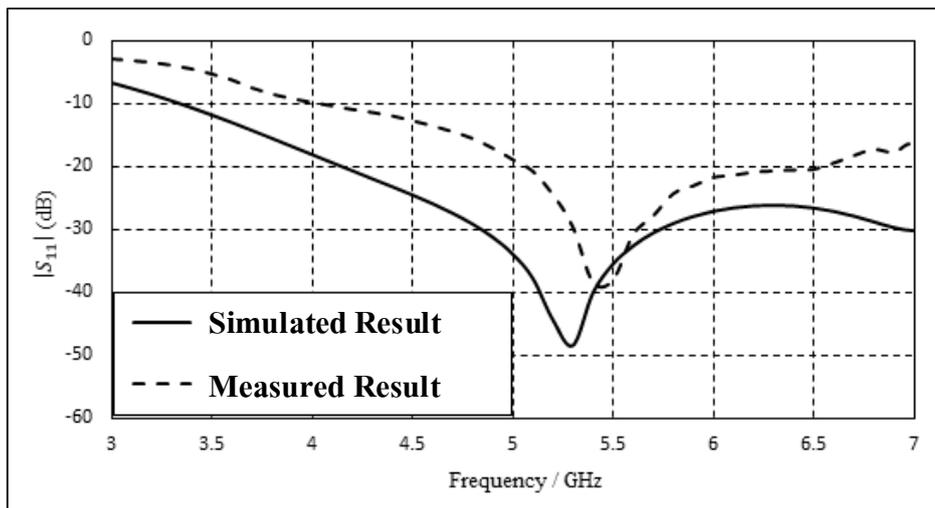
สายอากาศที่นำเสนอจะถูกนำมาสร้างตามขนาดพารามิเตอร์ต่างๆในตารางที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 8 และทดสอบกับเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายยี่ห้อ Agilent รุ่น N5230A โดยทำการทดสอบสัมประสิทธิ์การสะท้อนแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น และอัตราขยาย ดังแสดงต่อไปนี้



(ก)

(ข)

รูปที่ 8 สายอากาศที่นำเสนอมือ (ก) ด้านหน้า และ(ข) ด้านหลัง

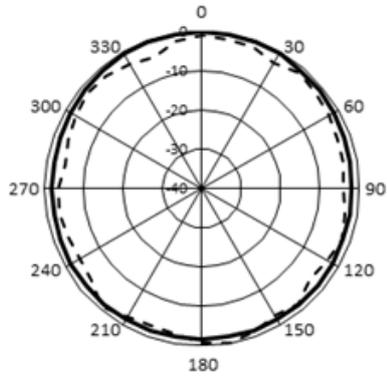


รูปที่ 9 การจำลองและทดสอบผลสัมประสิทธิ์การสะท้อน

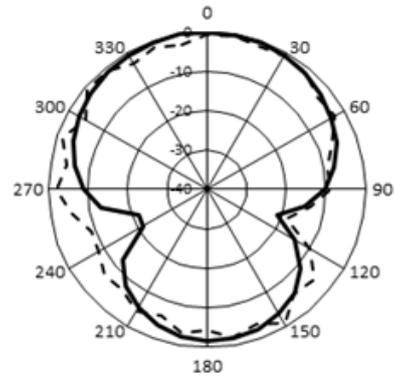
รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบการจำลองและทดสอบผลสัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศที่นำเสนอมือ พบว่าผลการทดสอบสายอากาศที่นำเสนอมือมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ต่ำกว่า -10 dB ครอบคลุมความถี่ตั้งแต่ 4.9 GHz ถึง 6 GHz

รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบการจำลองและทดสอบผลแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในระนาบ xz และระนาบ yz ที่ความถี่ 5.2 GHz 5.5 GHz และ 5.8 GHz จากรูปพบว่าสายอากาศมีการแพร่กระจายคลื่นรอบทิศทางเนื่องจากขนาดของระนาบกราวด์ที่ลดลง

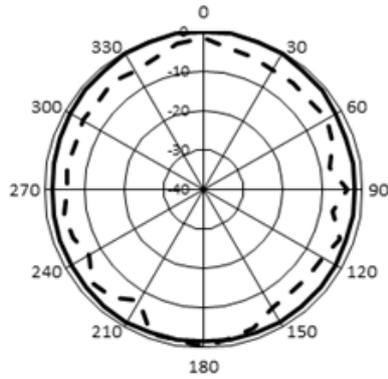
--- Simulated Results
 — Measured Results



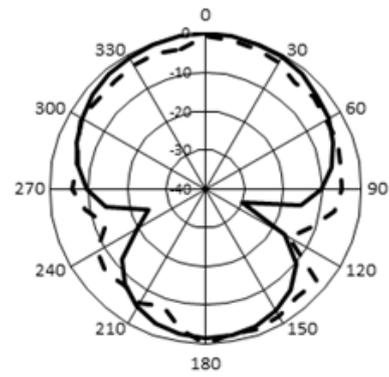
(ก)



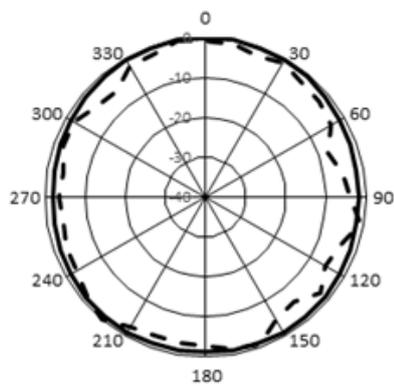
(ข)



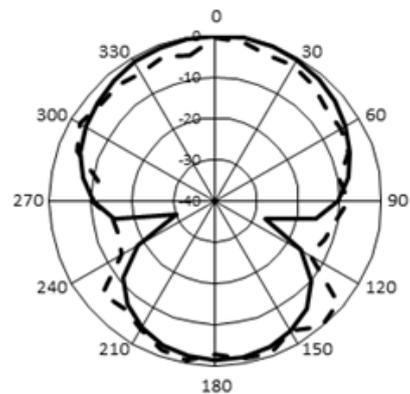
(ค)



(ง)

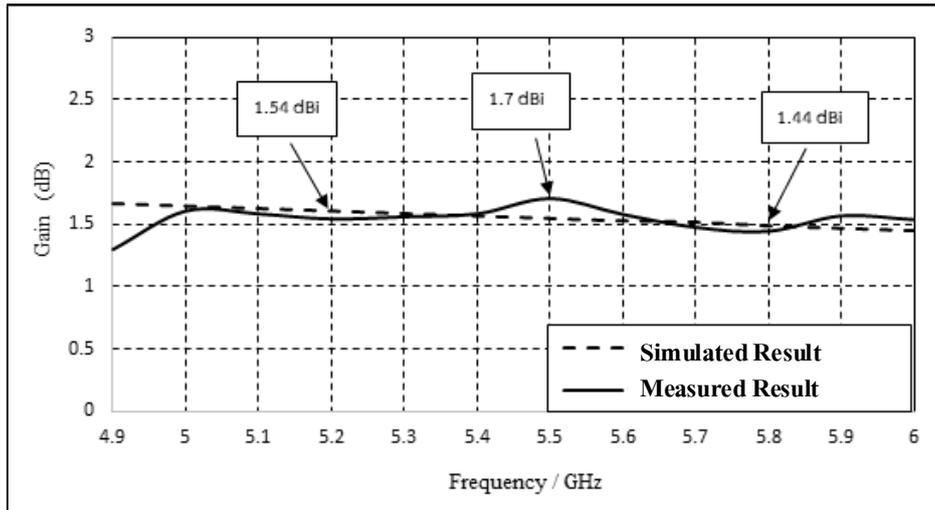


(จ)



(ฉ)

รูปที่ 10 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ความถี่ (ก) 5.2 GHz ระนาบ xz (ข) 5.2 GHz ระนาบ yz (ค) 5.5 GHz ระนาบ xz (ง) 5.5 GHz ระนาบ yz (จ) 5.8 GHz ระนาบ xz และ (ฉ) 5.8 GHz ระนาบ yz



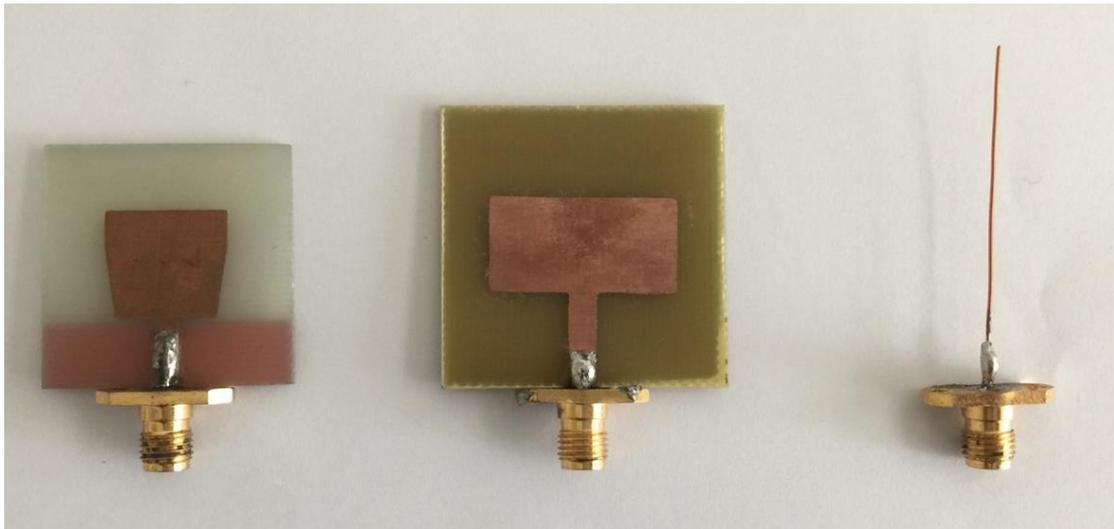
รูปที่ 11 การจำลองและทดสอบผลอัตราขยาย

รูปที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบการจำลองและทดสอบผลอัตราขยายของสายอากาศที่นำเสนอ พบว่าผลการทดสอบสายอากาศที่นำเสนอมีอัตราขยายเท่ากับ 1.54 dBi, 1.7 dBi และ 1.44 dBi ที่ความถี่ 5.2 GHz, 5.5 GHz และ 5.8 GHz ตามลำดับ

5. การประเมินสมรรถนะ

ในหัวข้อนี้ทำการประเมินสมรรถนะการรับสัญญาณ WLAN ที่ย่านความถี่ 5GHz ด้วยอุปกรณ์ Router ยี่ห้อ HUMAX QUANTUM รุ่น T3A AC 1200 Dual Band Smart Wi-Fi Router เป็นตัวส่งสัญญาณ โดยย่านความถี่ 5GHz เครื่อง Router แพร่กระจายสัญญาณ WiFi ที่ความถี่ 5.75 GHz และใช้เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (EXA Signal Analyzer) ยี่ห้อ Agilent เป็นตัวรับสัญญาณจากสายอากาศ

ในขั้นตอนการทดสอบทำการเปรียบเทียบสมรรถนะการรับสัญญาณด้วยสายอากาศสามชนิด คือ สายอากาศที่นำเสนอ สายอากาศแพทช์ไมโครสตริป และสายอากาศโมนโพล ดังแสดงในรูปที่ 12 โดยสายอากาศแพทช์ไมโครสตริป และสายอากาศโมนโพลถูกออกแบบให้มีความถี่กลางที่ 5.75 GHz จากรูปที่ 13 ทำการทดสอบการรับสัญญาณโดยตั้งระยะห่างระหว่างเครื่อง Router กับสายอากาศด้วยระยะ 1 ถึง 5 เมตร โดยสมรรถนะการรับสัญญาณ WiFi แสดงดังรูปที่ 14 ดังนี้

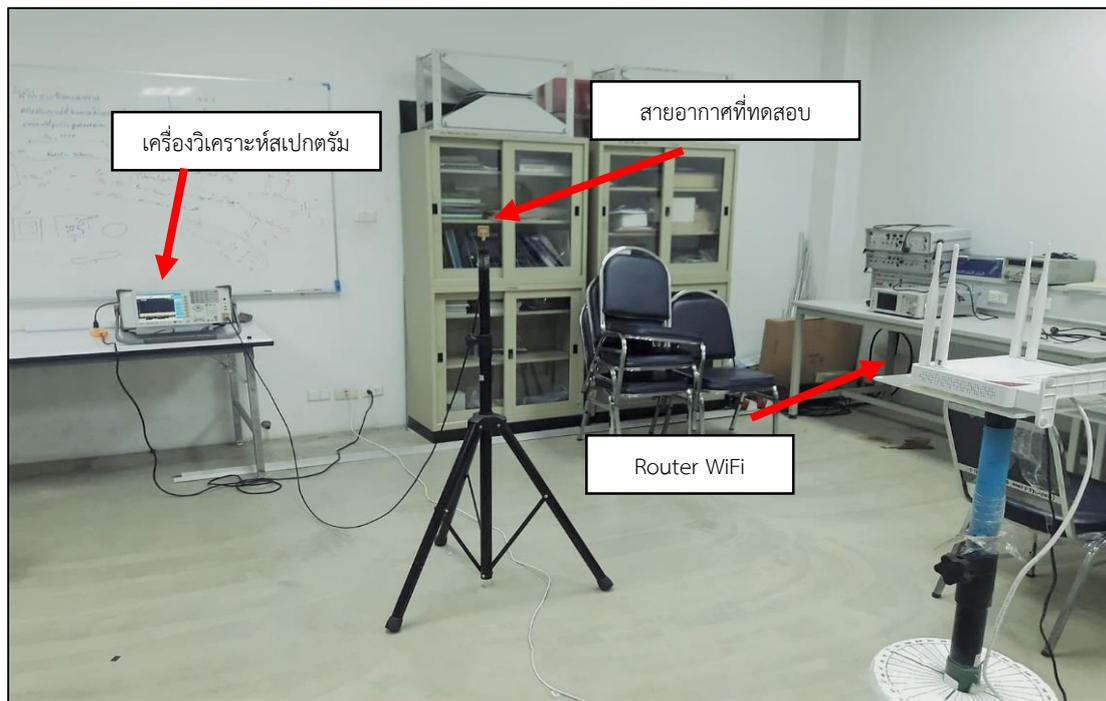


(ก)

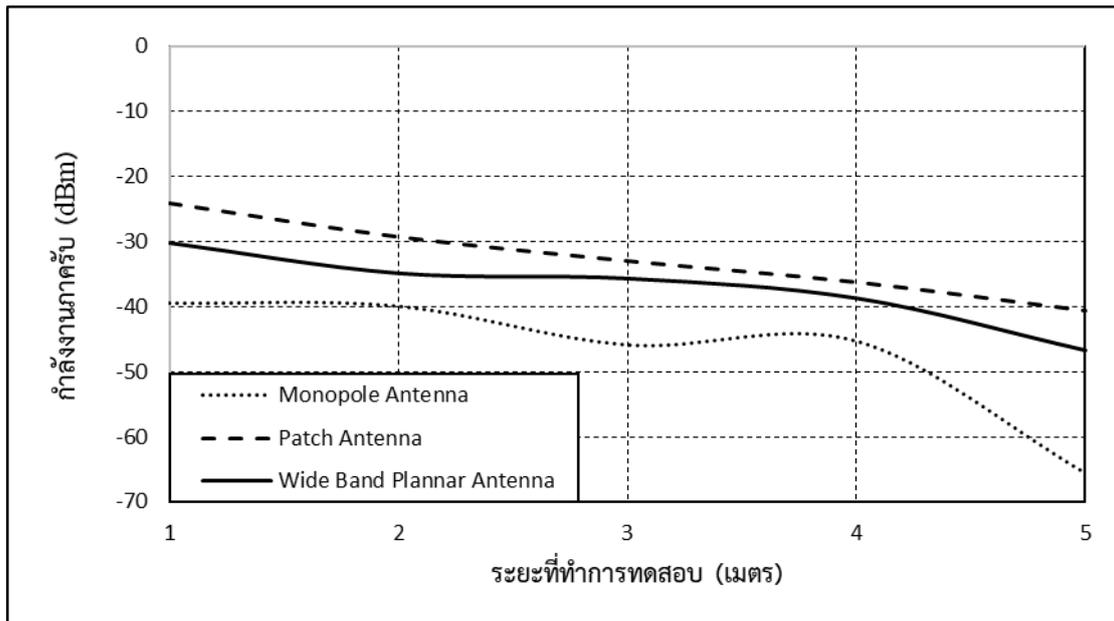
(ข)

(ค)

รูปที่ 12 สายอากาศที่ทำการประเมินสมรรถนะ (ก) สายอากาศที่นำเสนอ (ข) สายอากาศแพทช์ไมโครสตริป และ (ค) สายอากาศโมโนโพล



รูปที่ 13 การทดสอบการประเมินสมรรถนะการรับสัญญาณ WiFi



รูปที่ 14 เปรียบเทียบการทดสอบการรับสัญญาณ WiFi ของสายอากาศ

จากรูปที่ 14 พบว่าเมื่อระยะที่ทำการทดสอบมากขึ้นจะทำให้กำลังงานที่รับจากสายอากาศทั้งสามชนิดลดลง โดยจะเห็นได้ว่าสายอากาศโมโนโพลมีค่ากำลังงานที่รับได้น้อยที่สุดและสายอากาศแพทช์ไมโคร-สตริปสามารถรับสัญญาณได้มากที่สุด เนื่องจากสายอากาศแพทช์ไมโครสตริปมีขนาดแพทช์การแพร่กระจายที่ใหญ่เมื่อเทียบกับสายอากาศที่นำเสนอ แต่สายอากาศที่นำเสนอสามารถรองรับการใช้งานที่ย่านความถี่ 5GHz ได้มากกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับสายอากาศแพทช์ไมโครสตริป ในขณะที่สายอากาศแพทช์ไมโคร-สตริปรองรับการใช้งานได้เพียงที่ความถี่ 5.75 GHz เท่านั้น

6. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบสายอากาศระนาบแถบกว้างรูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมูที่สามารถตอบสนองที่ความถี่ 4.9 GHz ถึง 6 GHz จากผลการทดสอบสายอากาศมีการแพร่กระจายคลื่นรอบทิศทางมีอัตราขยายเท่ากับ 1.54 dBi, 1.7 dBi และ 1.44 dBi ที่ความถี่ 5.2 GHz, 5.5 GHz และ 5.8 GHz ตามลำดับ ในขั้นตอนการประเมินสมรรถนะการรับสัญญาณ WiFi พบว่าสายอากาศสามารถนำมาใช้งานได้ อีกทั้งสายอากาศมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ซึ่งเหมาะสมและง่ายต่อการนำไปติดตั้งใช้งานกับอุปกรณ์รับสัญญาณทั่วไป

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์และห้องทดลองที่ใช้สำหรับการทดสอบสายอากาศ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] What' s the Difference Between 2 . 4 and 5 - Ghz Wi- Fi, [online] . Available: <https://www.howtogeek.com/222249/whats-the-difference-between-2.4-ghz-and-5-ghz-wi-fi-and-which-should-you-use/>.
- [2] WiFi 2.4 GHz vs 5 GHz, [online]. Available: <https://www.centurylink.com/home/help/internet/wireless/which-frequency-should-you-use.html>.
- [3] C. A. Balanis, “Antenna Theory Analysis and Design”, John Wiley & son, 2005.
- [4] Y. Chen, S. Yang, S. He, and Z. Nie, Design and Analysis of Wideband Planar Monopole Antennas using the Multilayer Fast Multipole Algorithm, Progress in Electromagnetics Research, Vol. 15, pp. 95–112, 2009
- [5] M. N. Shakib, M. Moghavvemi, and W. N. L. Mahadi, Design of a Compact Planar Antenna for Ultra-wideband Operation, ACES Journal, Vol. 30, No. 2, pp. 222-229, Feb. 2015.
- [6] P. Arnmanee and P. Wongsirithon, Dual-Band Planar Antenna for WLAN and Ultra Wide Band Application, Ladkrabang Engineering Journal, Vol. 35, No. 2, pp. 1-7, June 2018.