



KKU Res. J. 2012; 17(1):(153-161)
<http://resjournal.kku.ac.th>

การออกแบบสายอากาศขั้วเดียวสองแถบความถี่ขนาดกะทัดรัดแบบใหม่สำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

Design of a Novel Compact Dual Band Monopole Antenna for WLAN

จักรพรรดิ อบรม, นิวัตร์ อังควิสิตพันธุ์*, ณัฐวุฒิ สุวรรณทา
Jagraphon Obma, Niwat Angkawisitpan*, Nattawoot Suwannata

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
*Correspondent author: niwat.a@msu.ac.th

Received December 7, 2011

Accepted January 26, 2012

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบสายอากาศขั้วเดี่ยวสองแถบความถี่ขนาดกะทัดรัดสำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบใหม่ สายอากาศที่ถูกนำเสนอนี้มีโครงสร้างเดียวคู่ขนานอยู่รวมกันกับสายอากาศขั้วเดี่ยวแบบดั้งเดิม ความถี่ทำงานที่หนึ่งที่ 2.4 GHz ถูกออกแบบด้วยทฤษฎีของสายอากาศขั้วเดี่ยวแบบดั้งเดิมในขณะที่ความถี่ทำงานที่สองที่ 5.2 GHz ถูกออกแบบโดยใช้โครงสร้างเดียวคู่ขนาน โครงสร้างของสายอากาศถูกนำมาจำลองทางคอมพิวเตอร์ด้วยซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ถูกนำไปยืนยันความถูกต้องโดยเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์และผลการทดลองจริงมีความสอดคล้องกันดี นอกจากนี้แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นก็ถูกทำการทดลองวัดในระนาบที่แตกต่างกัน เทคนิคที่นำเสนอนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสายอากาศสองแถบความถี่สำหรับช่วงความถี่อื่นๆได้

Abstract

This paper presents a new design of the compact dual band monopole antenna for WLAN. The proposed dual band antenna has two parallel spurlines integrated with the conventional monopole antenna. The first operating frequency is designed using the theory of conventional monopole antenna at 2.4 GHz while the second operating frequency is obtained from spurline structures for the frequency of 5.2 GHz. The antenna structure is simulated with the commercial software (CST Microwave Studio) for reflection coefficients and voltage standing wave ratio. The simulated results of reflection coefficients and voltage standing wave ratios are validated with the

measured results. Both results are in good agreement. Moreover, the radiation patterns are measured in different planes. The proposed technique can be applied to design dual frequency antennas for other frequency bands.

คำสำคัญ : สายอากาศขั้วเดี่ยว ขนาดกะทัดรัด โครงสร้างเคี้ยว สองแถบความถี่ ความถี่กำธร

Keywords: monopole antenna, compact, spurline, dual band, resonance

1. บทนำ

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนี้ การติดต่อสื่อสารโทรคมนาคมนับว่ามีบทบาท และมีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์เป็นอย่างมาก การสื่อสารโทรคมนาคมแบ่งออกได้เป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ การสื่อสารแบบใช้สาย และการสื่อสารแบบไร้สาย ในปัจจุบันนิยมใช้การสื่อสารแบบไร้สาย ทำให้มีความสะดวกในการติดต่อสื่อสารกันมากยิ่งขึ้น โลกของเรในปัจจุบัน และอนาคตกำลังเข้าสู่ยุคของการสื่อสารแบบไร้สายอย่างเต็มรูปแบบ เพราะการวางระบบแบบใช้สายมีความไม่สะดวก ยุ่งยากซับซ้อน และมีค่าใช้จ่ายในการวางระบบค่อนข้างสูง ในขณะที่ระบบการสื่อสารแบบไร้สายสามารถอำนวยความสะดวก และตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้ ตัวอย่างอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายคือ สายอากาศ (1-2)

จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีนักวิจัยหลายท่านได้ออกแบบและสร้างสายอากาศชนิดต่าง ๆ หลายชนิดเช่น สายอากาศขั้วคู่ (Dipole Antennas) สายอากาศขั้วเดี่ยว (Monopole Antennas) และสายอากาศไมโครสตริป (Microstrip Antennas) ออกมาอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับการใช้งานกับระบบสื่อสารแบบไร้สายในหลายรูปแบบ และหลายความถี่ (3-8) ในปัจจุบันระบบสายอากาศสมัยใหม่ที่มีขนาดกะทัดรัดเหมาะแก่การนำไปใช้งานในยุคนี้มีความเจริญก้าวหน้าและพัฒนานำไปสู่การใช้งานในอุปกรณ์ไร้สาย เช่น โทรศัพท์มือถือ โทรศัพท์สมาร์ต (Smartphones) คอมพิวเตอร์พกพา (Laptops) คอมพิวเตอร์พกพาขนาดเล็ก (Tablets) และอุปกรณ์รับและส่งสัญญาณในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN Access Points) ซึ่งสามารถรองรับได้สองแถบความถี่ตามมาตรฐาน IEEE ได้แก่ ความถี่ 2.4 GHz (2.4-2.484 GHz) และ ความถี่ 5.2 GHz (5.15-5.35 GHz) (9)

นักวิจัยบางท่านที่มีความสนใจในการออกแบบสายอากาศขนาดกะทัดรัด ได้ออกแบบสายอากาศลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Boards) หลายชนิดเช่น Arlon AD260A และ Rogers RO4003C ร่วมกับทฤษฎีของสายอากาศเพื่อนำมาประยุกต์ใช้งาน สายอากาศในกลุ่มนี้เรียกว่า สายอากาศบนแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Antennas)

Kamtongdee และ Wongkasem (3) ได้ออกแบบสายอากาศบนแผ่นวงจรพิมพ์สำหรับความถี่ทำงาน 2.4 GHz โดยพัฒนาทำให้แผ่นกระจายคลื่นของสายอากาศมีขนาดพื้นที่ลดลงด้วยเทคนิคสาทิสรูป (Fractal Technique) Chen และคณะ (5) ได้รายงานผลของการพัฒนาสายอากาศสองแถบความถี่ วิธีการของกลุ่มวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงสายอากาศที่มีลักษณะคล้ายสายอากาศขั้วคู่โดยการเจาะรูรูปร่างคล้ายตัวอักษรแอลบนโครงสร้างของสายอากาศขั้วคู่ทั้งสองด้าน การออกแบบเพื่อทำให้เกิดความถี่กำธร (Resonant Frequency) ที่สองนี้ ความถี่จะสูงกว่าความถี่กำธรที่หนึ่ง ซึ่งความยาวคลื่นของความถี่กำธรที่สองก็จะสั้นกว่าความยาวคลื่นของความถี่กำธรที่หนึ่ง การปรับปรุงเพื่อให้ได้ความถี่กำธรทั้งสองค่าทำได้ยาก และโครงสร้างของสายอากาศยังคงมีขนาดใหญ่

นักวิจัยบางท่านมีความสนใจในการพัฒนาสายอากาศชนิดขั้วเดี่ยวบนแผ่นวงจรพิมพ์ ตัวอย่างเช่น Lu และ Li (7) ได้ออกแบบสายอากาศขั้วเดี่ยวบนแผ่นวงจรพิมพ์โดยออกแบบสายอากาศในรูปทรงตัวอักษรทีและรูปทรงตัวอักษรแอล นอกจากนั้นได้ทำการปรับขนาดเพื่อหาความกว้างและความยาวที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าความถี่ที่ต้องการในการใช้งาน แต่เกิดปัญหาเรื่องการปรับแต่งสายอากาศ เนื่องจากความยาว และระยะห่างของรูปทรงตัวอักษรทีจะต้องห่างจากรูปทรงตัวอักษรแอลระยะหนึ่ง เพื่อให้สามารถได้ความถี่กำธรสองความถี่ที่ต้องการ ทำให้ต้องใช้พื้นที่ของวัสดุฐานรอง

มากขึ้น และต้องทำการปรับแต่งความยาว และความกว้างให้เหมาะสม ทำให้เกิดความลำบากในการออกแบบ

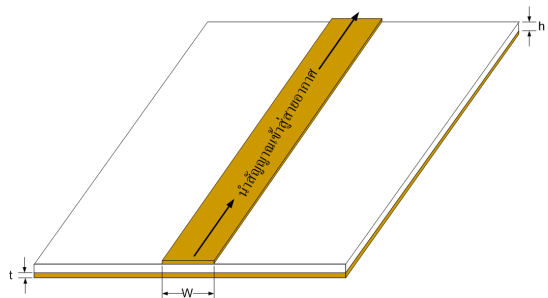
จากบทความวิจัยเหล่านี้ ทำให้เกิดแนวคิดใหม่ในการออกแบบ และสร้างสายอากาศขนาดเล็กที่ สามารถทำงานได้ถึงสองแถบความถี่ โดยอาศัยหลักการ พื้นฐานของการออกแบบสายอากาศแบบจั่วเดี่ยวร่วมกับ โครงสร้างเคเบิล (Spurlines) โดยทั่วไปโครงสร้างเคเบิล จะมีคุณสมบัติในการให้กำเนิดการก่อกำรในวงจรกรอง ความถี่แถบหยุดผ่านเมื่ออยู่ร่วมกับสายนำสัญญาณแบบ ไมโครสตริป (Microstrip lines) เมื่อนำมาใช้งานบนสายอากาศก็ทำให้เกิดการก่อกำรที่ความถี่ที่ออกแบบไว้ได้

บทความวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาและพัฒนา สายอากาศจั่วเดี่ยวที่สามารถใช้งานได้สองแถบความถี่ ตามมาตรฐานการสื่อสารแบบไร้สายของ IEEE ได้แก่ ความถี่ 2.4 GHz (2.4-2.484 GHz) และความถี่ 5.2 GHz (5.15-5.35 GHz) โดยโครงสร้างสายอากาศจั่วเดี่ยวถูก ออกแบบให้ทำงานที่แถบความถี่ 2.4 GHz และการเจาะ ร่องเป็นรูปเคเบิลคู่ขนานทำให้เกิดการก่อกำรมีผลทำให้ สายอากาศนี้ทำงานที่แถบความถี่ 5.2 GHz อีกด้วย ผล การทดลองวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflection Coefficients, S11) และอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน (Voltage Standing Wave Ratio, VSWR) ถูกนำมาเปรียบ เทียบกับผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้นผล การวัดค่าแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น (Radiation Pat- tern) ของแถบความถี่ 2.4 GHz และ 5.2 GHz ถูกนำมา แสดงในบทความวิจัยนี้ด้วย

2. วิธีการวิจัย

การออกแบบสายอากาศให้สามารถทำงานได้ สองแถบความถี่นี้อาศัยการป้อนสัญญาณผ่านสายนำ สัญญาณแบบไมโครสตริปไปสู่โครงสร้างสายอากาศ วัสดุฐานรองความถี่สูงที่นำมาใช้คือ Arlon AD260A ที่มี ความหนา (h) เท่ากับ 1 มม. ความหนาของแผ่นทองแดง ทั้งด้านบนและด้านล่าง (t) เท่ากับ 0.035 มม. ค่าคงตัว ไดอิเล็กทริกสัมพัทธ์ (Relative Dielectric Constant, ϵ_r) ของวัสดุฐานรองเท่ากับ 2.60 และค่าแทนเจนต์การสูญเสียของวัสดุฐานรอง (Loss tangent) เท่ากับ 0.0017 ที่ ความถี่ 10 GHz

การคำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะ (Characteristic Impedance, Z_0) และค่าคงตัวไดอิเล็กทริก ยังผล (Effective Dielectric Constant, ϵ_{eff}) จากโครงสร้าง ของสายนำสัญญาณแบบไมโครสตริปดังรูปที่ 1 สามารถ คำนวณได้จากสมการที่ 1 และ 2 (10) เมื่ออัตราส่วน ระหว่างความกว้างของไมโครสตริปด้านบน (W_{feed}) ต่อ ความหนาของของวัสดุฐานรอง (h) มีค่ามากกว่าหรือ เท่ากับหนึ่ง ดังนั้นเพื่อให้สายนำสัญญาณไมโครสตริปมี ค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะเท่ากับ 50 โอห์ม จึงคำนวณค่า จากสมการที่ 1 และ 2 ได้ค่า W_{feed} เท่ากับ 2.9 มม. และค่า ϵ_{eff} เท่ากับ 2.1515



รูปที่ 1 สายนำสัญญาณแบบไมโครสตริป

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \left\{ \frac{W_{feed}}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{W_{feed}}{h} + 1.444 \right) \right\}^{-1} \quad (1)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W_{feed}} \right)^{-0.5} \quad (2)$$

การออกแบบสายอากาศจั่วเดี่ยวที่สามารถ ทำงานได้สองแถบความถี่ด้วยเทคนิคที่นำเสนออาศัย ทฤษฎีการออกแบบสายอากาศจั่วเดี่ยวแบบดั้งเดิม สำหรับแถบความถี่ที่หนึ่ง และการทำให้เกิดการจาก โครงสร้างเคเบิลคู่ขนานสำหรับแถบความถี่ที่สอง สมการ ที่ใช้คำนวณหาความยาวของสายอากาศจั่วเดี่ยวแบบ ดั้งเดิม (L_{ant}) สำหรับแถบความถี่ที่หนึ่งคือ (11-12)

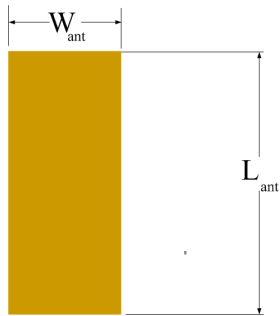
$$\lambda_{g1} = \frac{3 \times 10^8}{f_1 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3)$$

$$L_{ant} = \frac{\lambda_{g1}}{4} \quad (4)$$

เมื่อ f_1 คือความถี่ทำงานที่หนึ่ง (Hz)

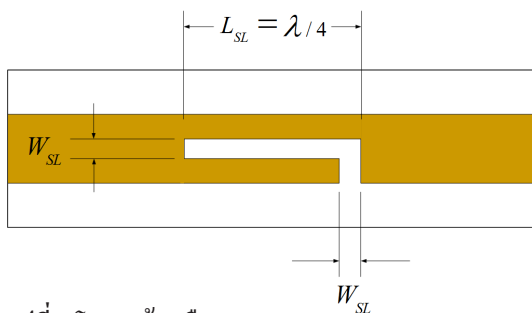
การออกแบบสายอากาศจั่วเดี่ยวแบบดั้งเดิม ตามทฤษฎีเพื่อให้สามารถทำงานที่ความถี่ 2.4 GHz ได้ ใช้สมการที่ 3 และ 4 คำนวณค่า L_{ant} ได้เท่ากับ 21.33

มม. และค่า W_{ant} ทำการปรับแต่งตามความเหมาะสมได้เท่ากับ 6 มม. ดังรูปที่ 2



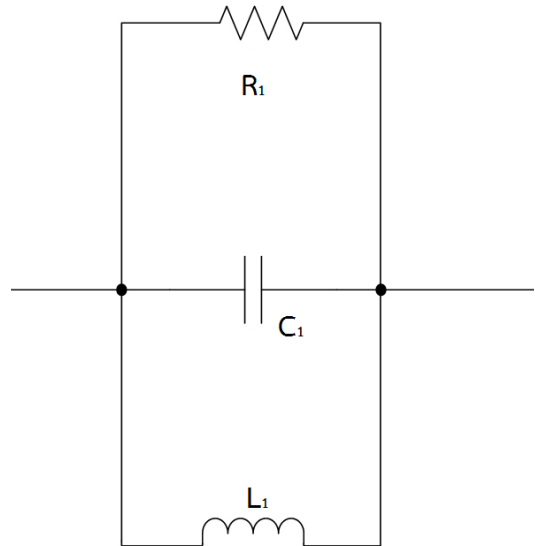
รูปที่ 2 สายอากาศขั้วเดียว

การออกแบบโครงสร้างเคือแบบคู่ขนานบนสายอากาศขั้วเดียวแบบดั้งเดิมเพื่อให้เกิดค่าที่แถบความถี่ที่สอง ความยาวของเคือ (L_{SL}) มีความยาวเท่ากับหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่นของความถี่ที่สอง ขณะที่ความกว้างของร่อง (W_{SL}) มีความกว้างเท่ากับ 1 มม. รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างเคือดั้งเดิมบนสายนำสัญญาณแบบไมโครสตริป



รูปที่ 3 โครงสร้างเคือ

โดยทั่วไปโครงสร้างเคือมีวงจรสมมูล RLC ต่อแบบขนานดังรูปที่ 4 ซึ่งทำให้เกิดความถี่กำร เมื่อ นำใช้งานกับวงจรกรองความถี่บนสายนำสัญญาณแบบไมโครสตริปจะทำให้เกิดคุณสมบัติเป็นวงจรกรองความถี่แถบหยุดผ่าน การหาค่า RLC และความถี่กำรในวงจรสมมูลสำหรับโครงสร้างเคือนั้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5 6 7 และ 8 (13)



รูปที่ 4 วงจรสมมูลของโครงสร้างเคือ

$$R = 2Z_0 \left(\frac{1}{|S_{21}|} - 1 \right) \quad (5)$$

$$C = \frac{\sqrt{0.5(R + 2Z_0)^2 - 4(Z_0)^2}}{2.83\pi Z_0 R \Delta f} \quad (6)$$

$$L = \frac{1}{4(\pi f)^2 C} \quad (7)$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (8)$$

เมื่อ R คือ ค่าการสูญเสียและผลจากการแพร่กระจายคลื่น

(Radiation Effect and Loss) (โอห์ม)

C คือ ค่าเก็บประจุไฟฟ้าของโครงสร้างเคือ (F)

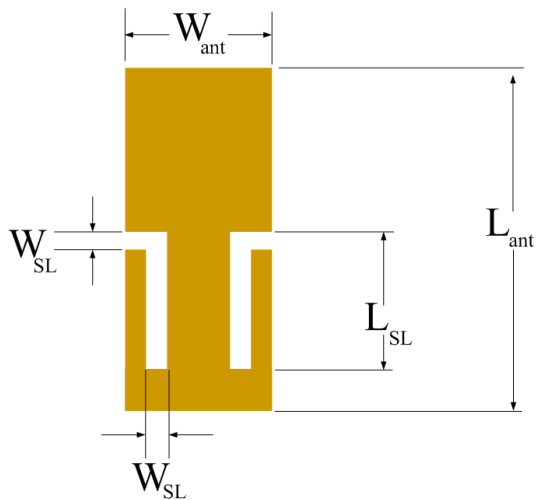
L คือ ค่าความเหนี่ยวนำไฟฟ้าของโครงสร้างเคือ (H)

f คือ ความถี่กำร (Hz)

f คือ ความกว้างแถบความถี่ (Bandwidth) ที่ระดับ -3 dB (Hz)

และ $|S_{21}|$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน (Transmission Coefficient) ที่ความถี่กำร

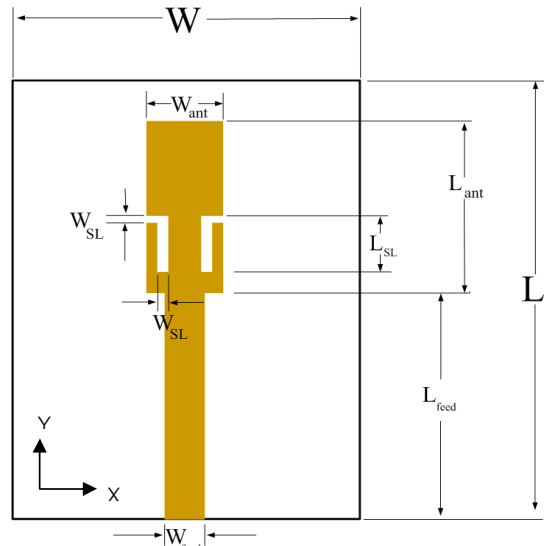
เมื่อทำการคำนวณความยาวของสร้างโครงสร้างเคือสำหรับความถี่ 5.2 GHz และ ทำการออกแบบโครงสร้างเคือแบบคู่ขนานบนโครงสร้างสายอากาศขั้วเดียวแบบดั้งเดิม ทำให้ได้สายอากาศขั้วเดียวชนิดใหม่ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5 ขนาดของส่วนต่างๆ ของโครงสร้างสายอากาศชนิดใหม่นี้มีดังนี้ L_{SL} เท่ากับ 9.84 มม. W_{SL} เท่ากับ 1 มม. W_{ant} เท่ากับ 6 มม. และ L_{ant} เท่ากับ 21.33 มม.



รูปที่ 5 โครงสร้างเคียบแบบคู่ขนานหลังจากออกแบบ เพื่อให้มีความถี่การที่ส่งที่ 5.2 GHz บนสายอากาศ

เมื่อทำการออกแบบสายอากาศตามสมการดังกล่าวแล้วจะได้ความกว้าง ความยาวของแผ่นวงจรพิมพ์สายอากาศ โครงสร้างเคียบแบบคู่ขนานบนสายอากาศ และทำการปรับแต่งขนาดของสายอากาศเพื่อให้ได้ความถี่ตามที่ต้องการ จนได้ความกว้างของแผ่นวงจรพิมพ์ (W) เท่ากับ 35 มม. และความยาวของแผ่นพิมพ์ (L) เท่ากับ 50 มม. ระบายกราวด์ที่ด้านล่างของโครงสร้างสายอากาศมีความกว้าง (W) เท่ากับ 35 มม. และความสูง (L_{feed}) เท่ากับ 25 มม. ความกว้างของสายนำสัญญาณไมโครสตริป (W_{feed}) เท่ากับ 2.9 มม. ความยาวของสายอากาศชั่วคราว (L_{ant}) เท่ากับ 21.33 มม. ความกว้างของสายอากาศที่ถูกปรับแต่งให้เหมาะสม (W_{ant}) เท่ากับ 6 มม. ความยาวของโครงสร้างเคียบ (L_{SL}) เท่ากับ 9.84 มม. และขนาดของร่อง (W_{SL}) เท่ากับ 1 มม. รูปที่ 6 แสดงโครงสร้างสายอากาศชั่วคราวชนิดใหม่

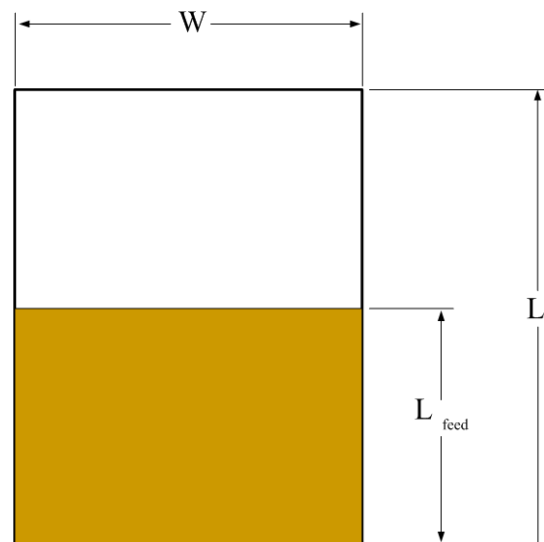
เพื่อทำการยืนยันว่าสายอากาศชั่วคราวแบบใหม่นี้มีความสามารถในการทำงานจริงจึงนำโครงสร้างสายอากาศที่ได้ออกแบบไว้ไปทำการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulations) ด้วยซอฟต์แวร์ CST Microwave Studio เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดัน และทำการเปรียบเทียบผลที่ได้กับ



ด้านหน้า

รูปที่ 6 (ก) ด้านระนาบด้านหน้าของสายอากาศชั่วคราวชนิดใหม่

ค่าที่วัดได้จริงจากเครื่องวิเคราะห์เครือข่ายแบบเวกเตอร์ (Vector Network Analyzer) นอกจากนั้นก็ทำการวัดค่าแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศชนิดใหม่นี้ด้วย

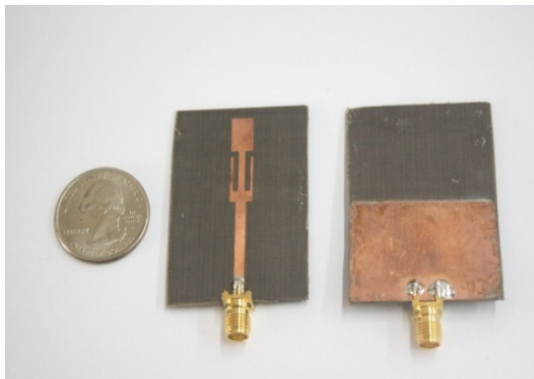


ด้านหลัง

รูปที่ 6 (ข) ด้านระนาบด้านหลังของสายอากาศชั่วคราวชนิดใหม่ที่แสดงให้เห็นระบายกราวด์

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

การออกแบบสายอากาศชั่วคราวด้วยสองแถบความถี่ขนาดกะทัดรัดนี้ ได้ทำการจำลองทางคอมพิวเตอร์ด้วยซอฟต์แวร์ CST Microwave Studio ซึ่งใช้ระเบียบวิธีผลต่างอันตะเชิงเวลา (Finite Difference Time Domain) สำหรับสมการของแมกซ์เวลล์ที่ขึ้นกับเวลา (Time Dependent Maxwell's Equations) และทำการทดลองวัดจริงจากเครื่องวิเคราะห์เครือข่ายแบบเวกเตอร์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน หลังจากนั้นแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศชนิดใหม่ถูกทำการวัดจริงด้วยระบบวัดสนามซึ่งประกอบด้วยเครื่องวิเคราะห์เชิงสเปกตรัม และเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่ไมโครเวฟ สำหรับการสร้างสายอากาศชนิดใหม่นี้ได้อาศัยเทคโนโลยีพื้นฐานการสร้างลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการสร้างสายอากาศชนิดนี้ รูปที่ 7 แสดงสายอากาศต้นแบบเทียบขนาดกับเหรียญ

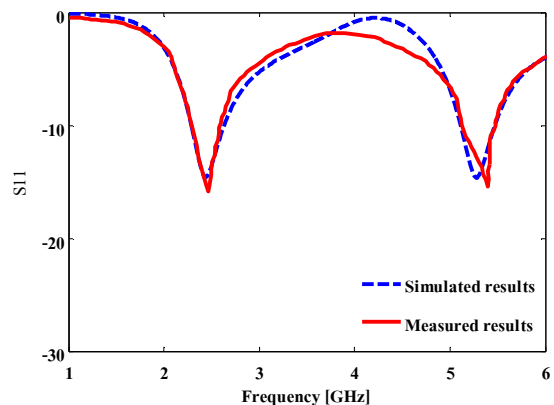


รูปที่ 7 ภาพถ่ายสายอากาศต้นแบบทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

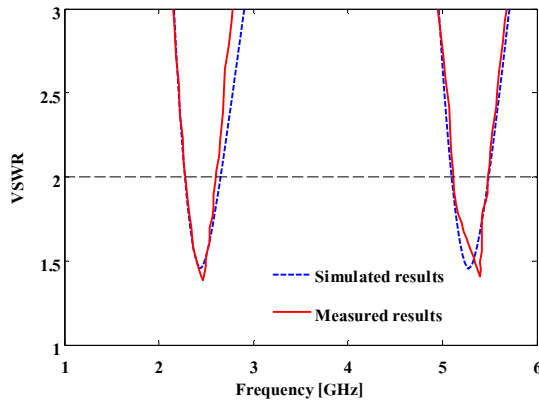
ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนจากการจำลองด้วยซอฟต์แวร์ CST Microwave Studio หลังจากการปรับขนาดความกว้าง ความยาว เพื่อให้ได้ความถี่ แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น และสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่เหมาะสมปรากฏว่าเกิดความถี่ทำงานอยู่สองแถบความถี่ ได้แก่ ที่แถบความถี่ 2.4 GHz มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนต่ำ

ที่สุดเท่ากับ -14.60 dB และที่แถบความถี่ 5.2 GHz มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนต่ำที่สุดเท่ากับ -14.66 dB ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนจากการทดลองวัดจริงด้วยเครื่องวิเคราะห์เครือข่ายแบบเวกเตอร์รุ่น Agilent E5071B ที่แถบความถี่ 2.4 GHz มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนต่ำที่สุดเท่ากับ -16 dB และที่แถบความถี่ 5.2 GHz มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนต่ำที่สุดเท่ากับ -15 dB รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันจากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์และการทดลองวัดจริงแสดงในรูปที่ 9 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์และผลการทดลองวัดจริงของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันมีความสอดคล้องกันดีมาก

การวัดแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศจะทำการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทำการทดลองในห้องทดสอบแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสายอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 10 ในระบบการวัดนี้ประกอบไปด้วยภาควัดเพื่อแพร่กระจายคลื่นระยะไกล ภาควัดเพื่อวัดแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น และห้องทดสอบการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชั้นตอนของ



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนจากการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (เส้นประ) และการทดลองวัดจริง (เส้นทึบ)



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันจากการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (เส้นประ) และการทดลองวัดจริง (เส้นทึบ)

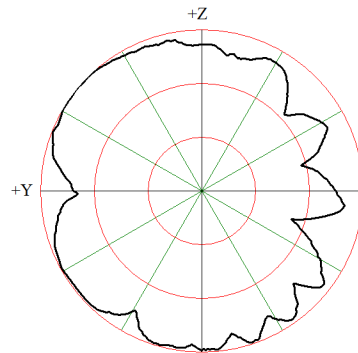
การวัดเริ่มต้นจาก ภาคส่งทำการสร้างสัญญาณความถี่ 2.4 GHz และ 5.2 GHz จากเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่ย่านไมโครเวฟให้กับสายอากาศต้นแบบชนิดใหม่เพื่อส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปแพร่กระจายในระยะไกล ภาครับจะใช้สายอากาศชนิดปากแตร (Horn antenna) ทำการรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากภาคส่งแล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เชิงสเปกตรัม (Spectrum Analyzer) เพื่อหาแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในทิศทางต่างๆกัน การวัดบริเวณสนามระยะไกล (Far Field Region) เพื่อหารูปแบบการแพร่กระจายคลื่นหาได้จากสมการที่ 9 โดยระยะห่างระหว่างสายอากาศชนิดปากแตรกับสายอากาศที่ทดลองมีระยะห่างไม่น้อยกว่า R เมื่อ D คือขนาดของสายอากาศที่ใช้ทดสอบ และ λ คือความยาวคลื่นของความถี่ที่ใช้ในการทำงาน (1) สำหรับกรณีของสายอากาศที่นำเสนอนี้ ระยะห่างระหว่างสายอากาศที่นำเสนอกับสายอากาศชนิดปากแตรเท่ากับ 2 ม. (16 เท่าของความยาวคลื่นที่ความถี่ 2.4 GHz และ 34.5 เท่าของความยาวคลื่นที่ความถี่ 5.2 GHz)

$$\frac{R=2D^2}{\lambda} \quad (9)$$

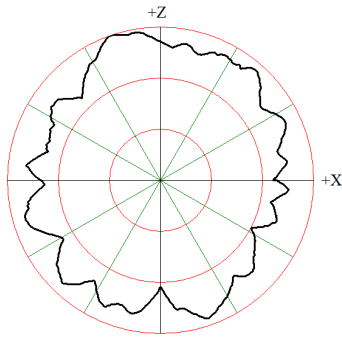


รูปที่ 10 ภาพการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อทำการทดลองในห้องทดสอบแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสายอากาศ

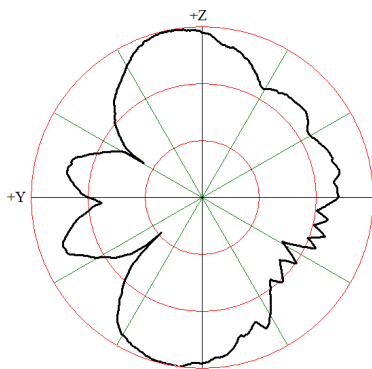
ผลการทดลองวัดจริงแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นจากห้องทดสอบการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสายอากาศสำหรับความถี่ 2.4 GHz และ 5.2 GHz แสดงในรูปที่ 11 ทิศทางของ X Y และ Z ในรูปที่ 11 คือทิศทางเดียวกันที่แสดงในรูปที่ 6 (ก)



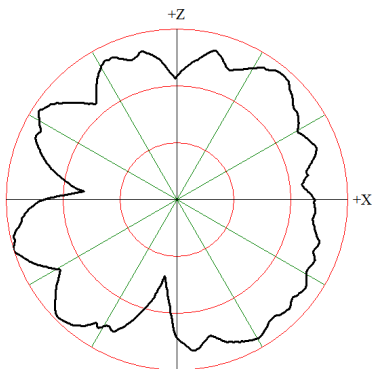
รูปที่ 11(ก) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นตามแนวระนาบ YZ ที่ความถี่ 2.4 GHz (20 dB/div)



รูปที่ 11(ข) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นตามแนวระนาบ ZX ที่ความถี่ 2.4 GHz (20 dB/div)



รูปที่ 11(ค) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นตามแนวระนาบ YZ ที่ความถี่ 5.2 GHz (20 dB/div)



รูปที่ 11(ง) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นตามแนวระนาบ ZX ที่ความถี่ 5.2 GHz (20 dB/div)

จากผลการทดลองวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน อัตราส่วนคลื่นนิ่งและแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น พบว่า สายอากาศต้นแบบมีความสามารถในการทำงานที่สองแถบความถี่ ได้แก่ 2.4 GHz และ 5.2 GHz โดยสังเกตจากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่มีค่าต่ำกว่า

-10 dB หรือค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันที่มีค่าต่ำกว่าสอง แถบความถี่ทำงานที่หนึ่งอยู่ระหว่างความถี่ 2.28 GHz และ 2.59 GHz ในขณะที่แถบความถี่ทำงานที่สองอยู่ระหว่างความถี่ 5.13 GHz และ 5.48 GHz ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสายอากาศต้นแบบมีความสามารถทำงานได้สองแถบความถี่ตามมาตรฐาน IEEE ได้แก่ความถี่ 2.4 GHz (2.4-2.484 GHz) และ ความถี่ 5.2 GHz (5.15-5.35 GHz) นอกจากนั้น สายอากาศต้นแบบมีขนาดกะทัดรัดเหมาะแก่การนำไปใช้งานจริงในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายได้

4. สรุป

บทความวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการออกแบบและสร้างสายอากาศขั้วเดี่ยวสองแถบความถี่ขนาดกะทัดรัดแบบใหม่สำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ความถี่ 2.4 GHz และ 5.2 GHz วิธีการออกแบบสายอากาศที่มีโครงสร้างแบบใหม่ให้สามารถทำงานได้สองแถบความถี่คือ การออกแบบให้สายอากาศทำงานที่ความถี่แรกด้วยทฤษฎีสายอากาศขั้วเดี่ยวแบบดั้งเดิมและการออกแบบให้สายอากาศทำงานที่ความถี่ที่สองด้วยการเจาะรูทำให้เกิดโครงสร้างเดียวแบบคู่ขนาน ผลการทดลองวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน และอัตราส่วนคลื่นนิ่งของแรงดันของสายอากาศ แสดงให้เห็นว่า สายอากาศต้นแบบนี้สามารถทำงานได้ที่ช่วงความถี่ 2.28 GHz - 2.59 GHz และ 5.13 GHz - 5.48 GHz ได้ เมื่อพิจารณาถึงขนาดของสายอากาศแบบใหม่นี้พบว่าโครงสร้างมีขนาดกะทัดรัดเหมาะแก่การนำไปใช้งานในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย หลักการในการออกแบบสายอากาศแบบใหม่นี้สามารถนำไปประยุกต์กับการออกแบบสายอากาศสองแถบความถี่ในช่วงความถี่อื่นๆที่ต้องการได้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนวัสดุในการทำวิจัย ห้องปฏิบัติการวิจัย NTC Telecommunications Research Laboratory มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุญาตให้ใช้ซอฟต์แวร์ CST Microwave Studio ห้องปฏิบัติการทาง

ฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องวิเคราะห์เครือข่ายแบบเวกเตอร์ และศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่อนุญาตให้ใช้ระบบทดสอบการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

6.เอกสารอ้างอิง

- (1) Balanis C.A. Antenna theory. 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc; 2005.
- (2) Wongsan R. Antenna engineering. 2nd ed. Nakorn Ratchasima: The Center for Educational Innovation and Technology, Suranaree University of Technology; 2009. Thai.
- (3) Kamtongdee, C., Wongkasem, N. A novel design of compact 2.4 GHz microstrip antennas. Proceedings of the 6th International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology; 2009 May 6-9; Chonburi, Thailand. 766-9.
- (4) Panda J.R., Kshetrimayum R.S. Parametric study of printed rectangular monopole antennas. International Journal of Recent Trends in Engineering. 2009; 1(3): 42-6.
- (5) Chen H.-M., Chan J.-M., Cheng P.-S., Lin Y.-F. Microstrip-fed printed dipole antenna for 2.4/5.2 GHz WLAN operation. 2004 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium; 2004 June 20-25; Monterey, California, 3: 2584-7.
- (6) Ruangboonsong S., Jamjareekul P. Dual-band C-shaped printed monopole antenna for wireless communication systems. Proceedings of the 8th Prince of Songkla University Engineering Conference; 2010 April 22-23; Songkla, Thailand. 304-8. Thai.
- (7) Lu J.-H., Li Y.-H. Planar multi-band T-shaped monopole antenna with a pair of mirrored L-shaped strips for WLAN/WIMAX operation. Progress In Electromagnetics Research C. 2011; 21: 33-44.
- (8) Sakulchat S., Ruengwaree A. Dual band microstrip antenna with triangular tuning stub for WLAN applications. The 8th International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory; 2008 November 2-5; Kunming, China. 377-80.
- (9) Parkash D., Khanna R. Design of a dual band monopole antenna for WLAN/WiMAX applications. Proceedings of the 2010 7th International Conference on Wireless and Optical Communications Networks; 2010 September 6-8; Colombo. 1-4.
- (10) Hong J.-S., Lancaster M.J. Microstrip filters for RF/Microwave applications. New York: John Wiley & Sons, Inc; 2001.
- (11) Suwanpet W., Noppawong Na Ayutthaya T. Telecommunication system. Bangkok: Academic Center; 2006.
- (12) Sakulchat S. Dual band microstrip antenna with tuning stub for WLAN communications. [M.Eng Thesis]. Pathumthani: Rajamangala University of Technology Thanyaburi; 2009. Thai.
- (13) Liu H., Sun L., Shi Z. Dual-bandgap characteristics of spurline filters and its circuit modeling. Microwave and Optical Technology Letters. 2007; 49(11):2805-7.