

การออกแบบสายอากาศไดโพลแบบแผ่นแถบความถี่กว้างสำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินภายในอาคาร

Design of Broadband Patch Dipole Antenna for Indoor Digital Terrestrial Television Reception

ศุภกิต แก้วดวงตา^{1*}, นฤดม บางแก้ว¹, ระพี วรรณเลิศ¹ และชวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์²

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

² ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Supakit Kawdungta^{1*}, Naruedom Bangkaew¹, Rapee Wunnaleart¹ and
Chuwong Phongcharoenpanich²

¹ Department of Electronic and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

² Department of Telecommunications Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
No.1, Chalong Krung Road, Ladkrabang Sub-district, Ladkrabang district, Bangkok 10520

*ผู้รับผิดชอบบทความ: supakitting@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 0865659485

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบสายอากาศไดโพลแบบแผ่นที่มีแถบความถี่กว้างเพื่อใช้สำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัลภาคพื้นดินเพื่อใช้ภายในอาคาร ซึ่งสายอากาศที่นำเสนอสามารถทำงานได้ในช่วงความถี่ 470-790 MHz ตามข้อกำหนดของประเทศไทย โดยได้ทำการศึกษาและออกแบบสายอากาศ 2 แบบ ที่มีขนาดโดยรวมแตกต่างกัน ซึ่งสายอากาศทั้งสองแบบมีโครงสร้างเป็นไดโพลแบบแผ่นที่คั่นกลางด้วยช่องว่างและวางตัวอยู่บนวัสดุฐานรอง จากการออกแบบพบว่าสายอากาศที่นำเสนอมีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ที่เข้าใกล้ $75\ \Omega$ มีค่า $|S_{11}|$ ต่ำกว่า -10 dB ตลอดช่วงความถี่ใช้งาน มีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบกึ่งรอบทิศทางด้วยโพลาริเซชันแนวนอนและมีอัตราขยายเท่ากับ 2 dBi จากการสร้างและทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศต้นแบบพบว่าค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ที่เข้าใกล้ $75\ \Omega$ มีค่า $|S_{11}|$ ต่ำกว่า -10 dB ในช่วงความถี่ 470-790 MHz มีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบกึ่งรอบทิศทางด้วยโพลาริเซชันแนวนอนและมีอัตราขยายมากกว่า 2 dBi ตลอดช่วงความถี่ใช้งาน ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการออกแบบ จากนั้นได้ทดสอบใช้สายอากาศทั้งสองแบบกับเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินภายในอาคาร พบว่าสามารถนำใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ สายอากาศไดโพลแบบแผ่น สายอากาศแถบความถี่กว้าง โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน

Abstract

This paper presents the design of broadband patch dipole antenna for indoor digital terrestrial television. The proposed antenna can be operated in the frequency of 470-790 MHz according to the requirements of Thailand. Two types of the proposed antenna have been presented that has different total sizes. The patch dipole antenna on the dielectric substrate is separated between two arms by small gap. From the simulated results, the proposed antenna has an input impedance of $75\ \Omega$, $|S_{11}|$ of less than -10 dB, omni-directional pattern, horizontal polarization and 2 dBi gain. The proposed antenna is fabricated and measured. Good agreement is

obtained, compared with the simulated results. Therefore, both prototype antennas can be employed for the digital terrestrial television and can be efficiently operated in the indoor environment.

Keywords: Broadband patch dipole antenna, Digital terrestrial television, Patch dipole antenna.

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการริเริ่มแพร่สัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาด้านคุณภาพการรับชมทั้งภาพและเสียงที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น มีจำนวนช่องสำหรับการเลือกรับชมได้มากขึ้น และสามารถจัดสรรคลื่นความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ ได้มีการปรับเปลี่ยนช่วงความถี่ในการแพร่กระจายสัญญาณไปด้วยเพื่อให้เกิดการซ้อนทับกันกับการแพร่สัญญาณโทรทัศน์อนาล็อกเดิมซึ่งแพร่กระจายสัญญาณอยู่ในช่วงความถี่ 47 - 68 MHz และ 174 - 230 MHz โดยการแพร่สัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินนี้ได้มีการกำหนดให้ใช้ช่วงสัญญาณความถี่ที่ 470 - 582 MHz และ 582 - 790 MHz ตามข้อกำหนดของประเทศไทย โดยใช้มาตรฐานการแพร่สัญญาณของ Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2) [1]

จากที่กล่าวมาสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีการใช้งานช่วงความถี่ที่แตกต่างกันไปฉะนั้นจึงเป็นผลให้อุปกรณ์การรับชมโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินต้องมีการเปลี่ยนแปลง โดยจะต้องมีการเพิ่มกล่องรับสัญญาณดิจิทัล (Set Top Box) สำหรับกรณีที่เครื่องรับโทรทัศน์อนาล็อกเดิมหรือหากเป็นเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลอยู่แล้วก็ไม่จำเป็นต้องใช้กล่องรับสัญญาณดังกล่าว อย่างไรก็ตามสิ่งหนึ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปคือ สายอากาศ ซึ่งถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่เป็นปัจจัยหลักในการรับชมสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน จึงเป็นสาเหตุให้มีการคิดค้นพัฒนาและออกแบบสายอากาศสำหรับรับสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินออกมาอย่างแพร่หลายทั้งในรูปแบบของงานวิจัยและการพัฒนาเพื่อการค้า โดยแต่ละแบบนั้นต่างก็มีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันออกไปดังจะกล่าวต่อไป เริ่มจากสายอากาศยี่ห้อที่นิยมใช้ในการรับสัญญาณโทรทัศน์อนาล็อกเดิมมาตั้งแต่ในอดีต ซึ่งในปัจจุบันก็ยังคนนิยมใช้กันอยู่เนื่องจากมีอัตราการขยายสูงและมีช่วงความถี่ที่กว้างจึงได้มีการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ของตัวสายอากาศให้เกิดการเรโซแนนซ์ที่ความถี่ของโทรทัศน์ดิจิทัลดังแสดงในเอกสารอ้างอิงที่ [2] แต่สายอากาศชนิดนี้มีข้อเสียคือขนาดค่อนข้างใหญ่และยากต่อการติดตั้งใช้งานโดยเฉพาะภายในอาคาร

จากข้อเสียของสายอากาศยี่ห้อที่ได้อีกกล่าวมาข้างต้นจึงได้มีการคิดค้นพัฒนาสายอากาศที่มีลักษณะเป็นแผ่นและ

สายอากาศที่สร้างมาจากแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board : PCB) ที่มักเรียกกันว่าสายอากาศไมโครสตริป ซึ่งมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาเหมาะกับการติดตั้งใช้งานในอาคารหรือแม้กระทั่งการออกแบบให้ซ่อนอยู่ภายในเครื่องใช้ไฟฟ้าก็สามารถทำได้ดังแสดงในเอกสารอ้างอิงที่ [3] - [6] ในปี ค.ศ. 2007 Y.-W. Chi และคณะได้มีการนำเสนอการออกแบบสายอากาศไดโพลแบบวางตัวอยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 และมีลักษณะการป้อนสัญญาณแบบช่องว่างรูปทรงขั้นก้าว (Step-Shape Feed Gap) จากผลการออกแบบสายอากาศดังกล่าวสามารถใช้งานได้ในช่วงความถี่ 470 - 806 MHz และมีขนาดความกว้างเท่ากับ 20 mm ความยาวเท่ากับ 227 mm และความหนาเท่ากับ 0.4 mm ซึ่งถือได้ว่ามีขนาดเล็ก กะทัดรัดเป็นอย่างมาก และเหมาะสมกับการติดตั้งใช้งานภายในอาคารและภายในอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ดังแสดงในเอกสารอ้างอิงที่ [3] ถัดมาเป็นการนำเสนอการออกแบบสายอากาศไดโพลแถบความถี่กว้างและมีขนาดเล็กกะทัดรัดด้วยซึ่งนำเสนอโดย H.-D. Chen โดยในการออกแบบนั้นได้ใช้เทคนิคการขดลวดทวนในแนวตั้งบนลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์ร่วมกับแกนโมโนโพลช่วยที่เชื่อมต่อกับระนาบกราวด์และป้อนสัญญาณด้วยสายนำสัญญาณแบบไมโครสตริปทำให้สายอากาศนี้มีขนาดเล็กและสามารถใช้งานได้ในช่วงความถี่ 470 - 862 MHz และแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบกึ่งรอบทิศทางด้วยอัตราการขยายเฉลี่ยประมาณ 2 dBi และมีขนาดความกว้างเท่ากับ 48 mm ความยาวเท่ากับ 114 mm และความหนาเท่ากับ 1.6 mm ซึ่งถือได้ว่ามีขนาดเล็กเช่นกันดังแสดงในเอกสารอ้างอิงที่ [4] ทั้งนี้อีกหนึ่งเทคนิคที่ถูกนำเสนอในการออกแบบสำหรับสายอากาศบนแผ่นวงจรพิมพ์คือ การป้อนสัญญาณด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วม (Coplanar Waveguide: CPW) และใช้ตัวแพร่กระจายคลื่นแบบหลายบ่วง (Multiple Loop) บนแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 ความหนา 1.6 mm โดยสามารถใช้งานได้ครอบคลุมช่วงความถี่ 430 - 1180 MHz ด้วยอัตราการขยายประมาณ 1.78 ถึง 2.83 dBi ตลอดย่านความถี่ดังแสดงในเอกสารอ้างอิงที่ [5] และอีกเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการออกแบบสายอากาศไดโพลที่วางอยู่บนวัสดุฐานรองได้ถูกนำเสนอในเอกสารอ้างอิงที่ [6] คือการใช้สัณฐานรูปทรงตัวแอลและสตริปเชื่อมต่อ ทำให้ได้สายอากาศที่มีรูปร่างกะทัดรัดและมีช่วงความถี่กว้าง

จากที่กล่าวมาก่อนหน้านี้นั้นเป็นสายอากาศที่มีรูปร่างกะทัดรัดและมีช่วงความถี่กว้าง แต่เนื่องจากในปัจจุบัน

เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ที่มีขนาดเล็กและสามารถพกพาได้ จึงได้มีการพัฒนาการออกแบบสายอากาศต่างๆ ในลักษณะที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่สามารถพกพาได้ ดังแสดงในเอกสารอ้างอิงที่ [7]-[8] และยังมีการพัฒนาให้สามารถรองรับการใช้งานในช่วงความถี่อื่นได้พร้อมกันอีกด้วย ดังแสดงในเอกสารอ้างอิงที่ [9] ซึ่งสายอากาศที่ออกแบบสามารถรองรับการใช้งานในระบบโทรทัศนิจิทัลภาคพื้นดิน ระบบแอลทีอี (Long Term Evolution : LTE) และระบบรับส่งสัญญาณในหลายช่องทาง (Multiple Input Multiple Output : MIMO) อย่างไรก็ตามเนื่องจากการแพร่กระจายของสัญญาณในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันเนื่องจากสภาพแวดล้อมและสิ่งกีดขวางต่างๆ ทำให้ระดับของสัญญาณที่รับได้นั้นต่ำมากและมีสัญญาณรบกวนสูงโดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่อยู่ภายในอาคารดังแสดงในเอกสารอ้างอิงที่ [10] จึงได้มีการเพิ่มวงจรขยายสัญญาณเข้ากับสายอากาศเพื่อให้สามารถรับสัญญาณได้ดียิ่งขึ้น ดังแสดงในเอกสารอ้างอิงที่ [11] จากที่ได้กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่ามีการพัฒนาสายอากาศสำหรับเครื่องรับโทรทัศนิจิทัลภาคพื้นดินมาในหลากหลายรูปแบบซึ่งต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ซึ่งในบทความนี้ก็เป็นอีกบทความหนึ่งที่จะนำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบ การสร้างและการทดสอบสายอากาศสำหรับเครื่องรับโทรทัศนิจิทัลภาคพื้นดินเพื่อใช้งานภายในอาคารที่มีลักษณะโครงสร้างกะทัดรัด น้ำหนักเบา สามารถติดตั้งภายในอาคารได้อย่างสะดวกไม่ว่าจะเป็นรูปแบบตั้งโต๊ะหรือติดกับฝาผนัง อีกทั้งสายอากาศที่นำเสนอนี้จะมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบกึ่งรอบทิศทาง (Omni-Directional Pattern) ด้วยอัตราขยายเท่ากับ 2 dBi เพื่อที่จะสามารถรับสัญญาณที่เข้ามาได้ในทุกทิศทางและมีโพลาริเซชันแนวนอน (Horizontal Polarization) ที่เป็นแนวเดียวกับโพลาริเซชันที่ส่งมาจากเครื่องส่งสัญญาณ

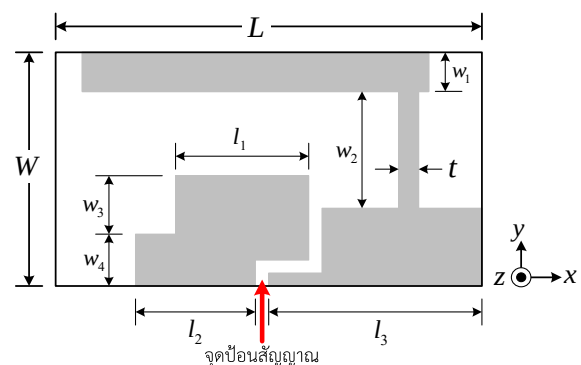
โดยในบทความนี้จะกล่าวแยกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้คือ หัวข้อที่สองจะกล่าวถึงโครงสร้างและผลการจำลองสายอากาศไดโพลแบบแผ่นที่มีแถบความถี่กว้าง ในส่วนของผลการสร้างและทดสอบสายอากาศต้นแบบจะถูกกล่าวถึงในหัวข้อที่สาม และในหัวข้อสุดท้ายจะกล่าวถึงสรุปผลของการออกแบบและการทดสอบ

2. โครงสร้างของสายอากาศและการออกแบบ

การออกแบบสายอากาศภายในอาคารสำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินในบทความนี้จะออกแบบด้วยการใช้โครงสร้างสายอากาศไดโพลแบบแผ่นซึ่งด้วยโครงสร้างลักษณะดังกล่าวจะสามารถตอบสนองย่านความถี่ที่กว้างและการออกแบบในบทความนี้จะนำเสนอสายอากาศไดโพลแบบแผ่นสองแบบที่มีลักษณะการป้อนสัญญาณและขนาดโดยรวม

แตกต่างกันซึ่งแสดงในรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จากรูปแสดงให้เห็นว่าสายอากาศไดโพลแบบแผ่นมีลักษณะโครงสร้างที่มีแผ่นตัวนำสองแผ่นที่แตกต่างกันวางห่างกันด้วยระยะห่างที่เหมาะสมและแผ่นตัวนำทั้งสองจะวางตัวอยู่บนวัสดุฐานรอง ซึ่งด้านล่างของวัสดุฐานรองนั้นจะไม่มีแผ่นตัวนำใดๆ อยู่

จากสายอากาศโดโพลแบบแผ่นแบบที่หนึ่งที่แสดงในรูปที่ 1 จะมีลักษณะโดยรวมเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีแผ่นตัวนำสองแผ่นที่มีลักษณะเป็นรูปหลายเหลี่ยมที่แตกต่างกันวางตัวอยู่บนวัสดุฐานรองแบบไม่สมมาตรด้วยระยะห่างที่เหมาะสมเท่ากับ 3 mm ซึ่งส่วนของระนาบกราวด์จะอยู่ทางซีกขวาและแผ่นตัวนำอยู่ทางซีกซ้าย จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของสายอากาศดังกล่าวทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 1



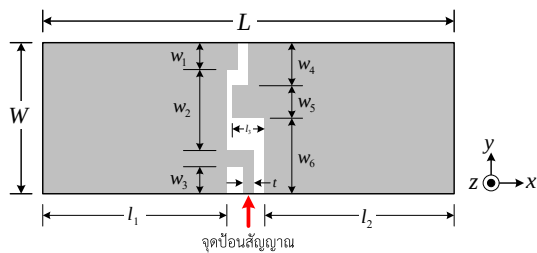
รูปที่ 1 โครงสร้างของสายอากาศไดโพลแบบแผ่น
สำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินแบบที่หนึ่ง

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศไดโพลแบบแผ่น
แบบที่หนึ่ง

พารามิเตอร์ ของสายอากาศ	ขนาด (mm)	พารามิเตอร์ ของสายอากาศ	ขนาด (mm)
W	150	w_4	49
I	300	l_1	75
w_1	22	l_2	91
w_2	83	l_3	146
w_3	45	t	10

จากสายอากาศไดโพลแบบแผ่นแบบที่สองที่แสดงในรูปที่ 2 จะมีลักษณะโดยรวมเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเช่นกันและมีแผ่นตัวนำสองแผ่นที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตัวอยู่บนวัสดุฐานรองแบบสมมาตรด้วยระยะห่างที่เหมาะสม ซึ่งส่วนของระนาบกราวด์จะอยู่ทางซีกขวาและแผ่นตัวนำอยู่ทางซีกซ้าย จากการใช้โปรแกรมจำลองเพื่อวิเคราะห์

คุณสมบัติของสายอากาศดังกล่าวทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมาดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างของสายอากาศไดโพลแบบแผ่นสำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินแบบที่สอง

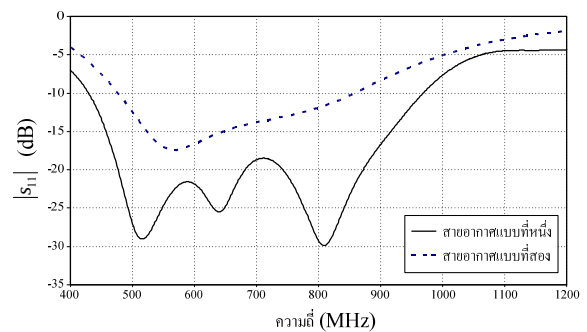
ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศไดโพลแบบแผ่นแบบที่สอง

พารามิเตอร์ของสายอากาศ	ขนาด (mm)	พารามิเตอร์ของสายอากาศ	ขนาด (mm)
W	50	w_5	10
L	250	w_6	25
w_1	9	l_1	126
w_2	26	l_2	122
w_3	10	l_3	11
w_4	15	t	1

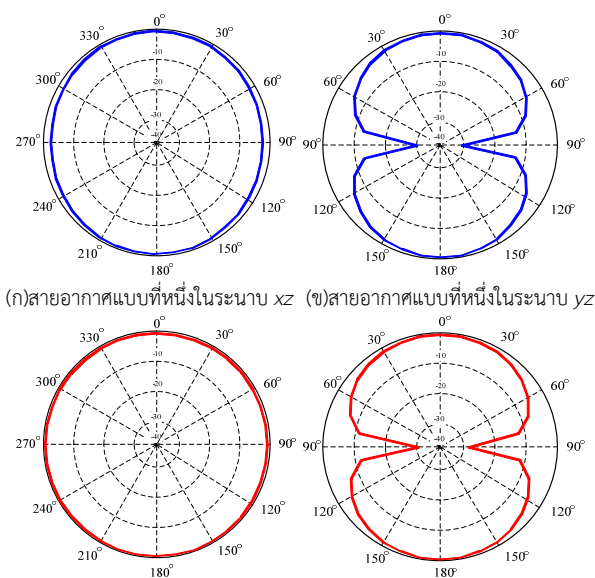
จากผลการออกแบบสายอากาศทั้งสองแบบโดยมุ่งเน้นให้คุณสมบัติของสายอากาศทั้งสองให้สามารถทำงานในช่วงความถี่ 470-790 MHz มีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบกึ่งรอบทิศทาง (Omni-direction Pattern) ตลอดช่วงความถี่ใช้งานทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศทั้งสองแบบที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ด้วยค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวนี้ทำให้สายอากาศที่ทำการออกแบบมีคุณสมบัติดังแสดงในรูปที่ 3 ถึง 4 ตามลำดับ

จากการออกแบบสายอากาศทั้งสองแบบพบว่าสายอากาศแบบที่หนึ่งสามารถทำงานในช่วงความถี่ 440-980 MHz เนื่องจากมีค่า $|S_{11}|$ น้อยกว่า -10 dB ครอบคลุมในช่วงความถี่ 470-790 MHz และสายอากาศแบบที่สองสามารถทำงานในช่วงความถี่ 465-935 MHz และมีค่า $|S_{11}|$ น้อยกว่า -10 dB ครอบคลุมในช่วงความถี่ 470-790 MHz เช่นกันดังแสดงในรูปที่ 3 เนื่องจากสายอากาศทั้งสองแบบนี้มีโครงสร้างเป็นแผ่นแบนกว้างจึงทำให้สามารถทำงานครอบคลุมช่วงความถี่ที่ค่อนข้างกว้างได้ดีและเห็นได้ว่าสายอากาศทั้งสองแบบนี้สามารถที่จะใช้งานกับระบบเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินได้แต่สายอากาศแบบที่

สองนั้นจะมีช่วงกว้างความถี่น้อยกว่าแบบที่หนึ่งและมีขนาดโดยรวมเล็กกว่า จากรูปที่ 4 แสดงถึงแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในระนาบ xz และ yz ของสายอากาศทั้งสองแบบพบว่าสามารถแพร่กระจายคลื่นออกมาแบบกึ่งรอบทิศทางทั้งสองแบบเนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบสายอากาศไดโพลและมีลักษณะคล้ายกันในช่วงความถี่ใช้งานเพราะฉะนั้นในหัวข้อนี้จึงแสดงเฉพาะแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศทั้งสองแบบที่ความถี่ 600 MHz เท่านั้น ส่วนอัตราขยายของสายอากาศทั้งสองแบบพบว่ามีค่ามากกว่า 2 dBi ตลอดช่วงความถี่ใช้งาน



รูปที่ 3 ค่า $|S_{11}|$ ของสายอากาศไดโพลแบบแผ่นทั้งสองแบบ



(ก)สายอากาศแบบที่หนึ่งในระนาบ xz (ข)สายอากาศแบบที่หนึ่งในระนาบ yz

(ค)สายอากาศแบบที่สองในระนาบ xz (ง)สายอากาศแบบที่สองในระนาบ yz

รูปที่ 4 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศไดโพลแบบแผ่นทั้งสองแบบที่ความถี่ 600 MHz

3. การสร้างและผลการทดสอบ

จากผลการจำลองที่ได้ในหัวข้อที่สองได้นำมาทำการสร้างสายอากาศต้นแบบทั้งสองแบบโดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีวัสดุฐานรองชนิดเอฟอาร์-4 (FR-4) มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริกเท่ากับ 4.3 และมีความหนา 1.6 mm โดยรูปของสายอากาศ

ต้นแบบทั้งสองได้แสดงในรูปที่ 5 ซึ่งได้ออกแบบเพื่อใส่กับตัวครอบสายอากาศสองแบบคือ สายอากาศต้นแบบแบบที่หนึ่ง ถูกออกแบบเพื่อใส่กับตัวครอบสายอากาศสำหรับติดตั้งและสายอากาศต้นแบบแบบที่สองถูกออกแบบเพื่อใส่กับตัวครอบสายอากาศแบบตั้งโต๊ะเพื่อความสะดวกในการใช้งานจริงของสายอากาศดังกล่าว



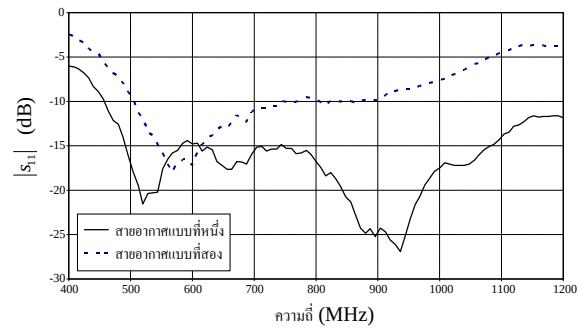
(ก) สายอากาศแบบที่หนึ่ง



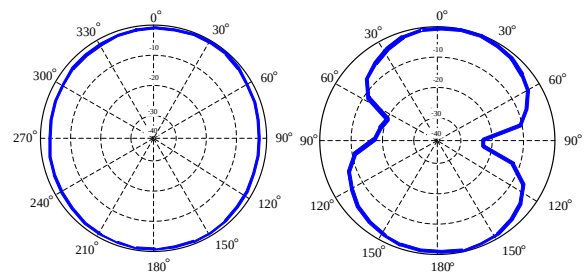
(ข) สายอากาศแบบที่สอง

รูปที่ 5 ต้นแบบของสายอากาศไดโพลแบบแผ่นสำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน

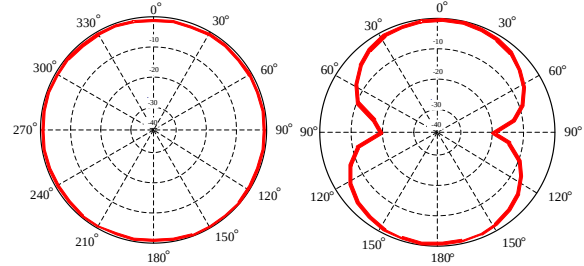
จากนั้นได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศต้นแบบด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analyzer) รูปที่ 6 แสดงถึงผลการทดสอบค่า $|S_{11}|$ ของสายอากาศต้นแบบแบบที่หนึ่งและแบบที่สอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างจากผลการจำลองเล็กน้อยแต่ยังคงครอบคลุมช่วงความถี่ 470-790 MHz โดยสายอากาศแบบที่หนึ่งมีค่า $|S_{11}|$ น้อยกว่า -10 dB ที่ช่วงความถี่ 460-1500 MHz และสายอากาศแบบที่สองมีค่า $|S_{11}|$ น้อยกว่า -10 dB ที่ช่วงความถี่ 510-740 MHz อีกทั้งแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศต้นแบบทั้งสองมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบกึ่งรอบทิศทางสอดคล้องกับผลการจำลองในหัวข้อก่อน และเพื่อแสดงให้เห็นว่าสายอากาศต้นแบบทั้งสองสามารถใช้งานกับระบบเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงได้นำสายอากาศต้นแบบมาทดสอบในการใช้งานจริงและแสดงผลการรับความแรงของสัญญาณในแต่ละช่องของสัญญาณโทรทัศน์ดังแสดงในรูปที่ 8 จะเห็นว่าสายอากาศต้นแบบทั้งสองสามารถรับความแรงของสัญญาณได้มากกว่า 75% ในทุกช่องสัญญาณโทรทัศน์



รูปที่ 6 ค่า $|S_{11}|$ ของสายอากาศไดโพลแบบแผ่นทั้งสองแบบ

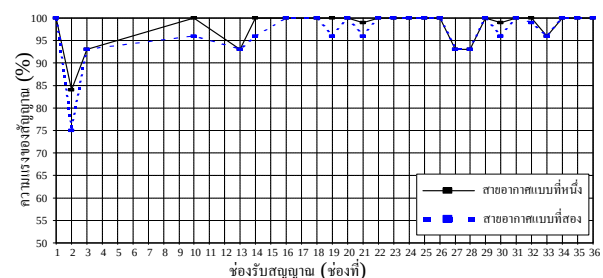


(ก) สายอากาศแบบที่หนึ่งในระนาบ xz (ข) สายอากาศแบบที่หนึ่งในระนาบ yz



(ค) สายอากาศแบบที่สองในระนาบ xz (ง) สายอากาศแบบที่สองในระนาบ yz

รูปที่ 7 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศไดโพลแบบแผ่นทั้งสองแบบที่ความถี่ 600 MHz



รูปที่ 8 การทดสอบประสิทธิภาพของสายอากาศต้นแบบทั้งสองแบบในระบบเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน



4. สรุป

จากผลการออกแบบและการสร้างสายอากาศไดโพลแบบแผ่นแถบความถี่กว้างสำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินแบบที่หนึ่งและแบบที่สองพบว่าสายอากาศทั้งสองเหมาะสำหรับการใช้งานภายในอาคาร สายอากาศแบบที่หนึ่งมีลักษณะโครงสร้างตัวครอบสายอากาศเป็นแบบติดผนัง ส่วนสายอากาศแบบที่สองมีลักษณะโครงสร้างของสายอากาศเป็นแบบตั้งโต๊ะ ซึ่งสายอากาศแบบที่หนึ่งสามารถใช้งานได้ในช่วงความถี่ 440-980 MHz และสายอากาศแบบที่สองสามารถใช้งานได้ในช่วงความถี่ 465-935 MHz สายอากาศทั้งสองแบบมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบกึ่งรอบทิศทางและมีอัตราขยายมากกว่า 2 dBi ตลอดย่านความถี่ใช้งาน อีกทั้งยังใช้งานกับระบบเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] กสทช. ผว.102-2555, “แผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล,” สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.), 2555.
- [2] Agubor C. K. and Onwumere C., Optimal Design and Fabrication of a Wideband Antenna for Terrestrial DTV Reception, International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS), April 2016, vol. 2, no. 4, pp. 412 – 418.
- [3] Chi Y.-W., Wong K.-L., and Su S.-W., Broadband Printed Dipole Antenna With a Step-Shaped Feed Gap for DTV Signal Reception, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, November 2007, vol. 55, no. 11, pp. 3353 – 3356.
- [4] Chen H.-D., Compact Broadband Microstrip-Line-Fed Sleeve Monopole Antenna for DTV Application and Ground Plane Effect, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, August 2008, vol. 7, pp. 497 – 500.
- [5] Chen O. T.-C. and Tsai C.-Y., CPW-Fed Wideband Printed Dipole Antenna for Digital TV Applications, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, December 2011, vol. 59, no. 12, pp. 4826 - 4830.
- [6] Wang C.-J. and Lee Y.-L., A Compact Dipole Antenna for DTV Applications by Utilizing L-Shaped Stub and Coupling Strip, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, December 2014, vol. 62, no. 12, pp. 6515 – 6519.
- [7] Yu Y.-S., Seo D.-H., Jeon S.-G., and Choi J.-H., Design of an Internal DTV antenna for portable multimedia player, Asia-Pacific Microwave Conference, December 2006.
- [8] Geng J., Jin R., Wang W., He W., Ding M., Wu Q., Rui X., Yang G. and Fang Z., A New Quasi-omnidirectional Vertical Polarization Antenna With Low Profile and High Gain for DTV On Vehicle, IET Microwaves Antennas & Propagation, August 2007, vol. 1, no. 4.
- [9] Kulkarni A. N. and Sharma S. K., Frequency Reconfigurable Microstrip Loop Antenna Covering LTE Bands With MIMO Implementation and Wideband Microstrip Slot Antenna all for Portable Wireless DTV Media Player, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, February 2013, vol. 61, no. 2, pp. 964 – 968.
- [10] Eilers C. G. and Sgrignoli G., An Analysis of DTV Propagation Into and Within a Room in a Domestic Environment, IEEE Transactions on Broadcasting, March 2002, vol. 48, no. 1, pp. 1-9.
- [11] Wetmore R. E. and Schnelle D., The Performance of Antenna Amplifiers Used for Terrestrial DTV Reception, IEEE Transactions on Broadcasting, June 2004, vol. 50, no. 2, pp. 200 – 206.