

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

รายงานนี้นำเสนอสายอากาศรอบตัวโพลาริซ์แนวนอนโดยใช้วงแหวนวงกลมซ้อนกัน สำหรับการประยุกต์ใช้งานในการรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล โดยมีวัตถุประสงค์สำหรับการออกแบบสายอากาศคือ น้ำหนักเบา ราคาถูก สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอลได้รอบทิศทาง และมีความเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานสำหรับติดตั้งในอาคาร โดยเริ่มจากการหาค่าขนาดของพารามิเตอร์ที่เหมาะสม และทำการปรับปรุงโครงสร้างของสายอากาศเพื่อให้คุณลักษณะของสายอากาศนั้น สอดคล้องกับมาตรฐาน DVB-T2 ตามข้อกำหนดของ กสทช. เพื่อทำการสร้างเป็นสายอากาศต้นแบบสำหรับใช้งานจริงต่อไป

ในบทนี้จะแบ่งหัวข้อหลักออกเป็น 2 หัวข้อ โดยในหัวข้อแรกจะกล่าวถึง พารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสายอากาศรอบตัวโพลาริซ์แนวนอนโดยใช้วงแหวนวงกลมซ้อนกัน รวมไปถึงการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองและผลที่ได้จากการทดสอบของสายอากาศ ในส่วนที่สองนั้นจะเป็นการเสนอแนะ และแนวทางในการพัฒนาต่อไป

6.1 สรุปเนื้อหาของรายงาน

รายงานนี้ได้อธิบายถึงความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยจะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้งานของสายอากาศในช่วงความถี่โทรทัศน์ระบบดิจิตอล รวมไปถึงวิธีการออกแบบสายอากาศรอบตัวโพลาริซ์แนวนอนโดยใช้วงแหวนวงกลมซ้อนกัน โดยใช้โปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO [13] ในการจำลองผลเพื่อหาค่าขนาดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความเหมาะสมนั้น จะถูกนำไปใช้สำหรับการสร้างเป็นสายอากาศต้นแบบ และนำไปทดสอบคุณสมบัติต่อไป

มาตรฐานของโทรทัศน์ระบบดิจิตอล ตามที่ กสทช. กำหนดนั้น ถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงความถี่ที่ใช้งาน คือ ย่านความถี่ 470 MHz ถึง 862 MHz ซึ่งในงานรายงานนี้ จะนำเสนอวิธีการออกแบบสายอากาศรอบตัวโพลาริซ์แนวนอนโดยใช้วงแหวนวงกลมซ้อนกัน ซึ่งมีคุณลักษณะของสายอากาศที่มีเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในระบบดังกล่าว โดยการออกแบบจะมุ่งเน้น ให้สายอากาศมีน้ำหนักเบา เพื่อง่ายต่อการติดตั้ง และสายอากาศดังกล่าวสามารถรับสัญญาณได้รอบทิศทาง

การออกแบบสายอากาศสำหรับการจำลองผลนั้น เริ่มจากการคำนวณขนาดเริ่มต้นตามทฤษฎีของสายอากาศไดโพล จากนั้นทำการปรับปรุงโครงสร้างของสายอากาศ ให้มีคุณลักษณะที่เหมาะสมกับโทรทัศน์ระบบดิจิตอล ตามข้อกำหนดของ DVB-T2 โดยสายอากาศรอบตัวโพลาริซ์แนวนอนโดยใช้วงแหวนวงกลมซ้อนกันนั้น สามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งมีช่วงความถี่ที่ค่า $|S_{11}| \leq -10$ dB ตั้งแต่ 404 MHz จนถึง 872 MHz และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ได้จากผลการทดสอบมีความสอดคล้องกับผลการจำลอง อันเป็นผลมาจากการกระจายของกระแสที่ผิวของแผ่นวงแหวนทั้งสองข้างที่ใกล้เคียงกัน ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.18 ถึง 3.20 โดยแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ความถี่ 460 MHz มีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ความถี่ 470 MHz 666 MHz

และ 862 MHz เป็นแบบรอบตัวในระนาบ xy โดยมีความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังในระนาบ xz เป็น 121.8 องศา 140 องศา และ 38.9 องศา ตามลำดับ และมีอัตราขยายเป็น 0.67 dBi -1.14 dBi และ -6.52 dBi ที่ความถี่ 470 MHz 666 MHz และ 862 MHz ตามลำดับ

เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความเหมาะสมจากตารางที่ 3.6 มาทำการสร้างเป็นสายอากาศต้นแบบและทำการทดสอบคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ $|S_{11}|$ แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น โพลารไรซ์ และอัตราขยายของสายอากาศต้นแบบ พบว่าค่า $|S_{11}|$ ที่ได้จากการทดสอบนั้นมีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากการจำลอง แม้ว่าลักษณะกราฟ $|S_{11}|$ ของสายอากาศต้นแบบจะมีความคลาดเคลื่อนไปจากผลที่ได้จากการจำลองเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากความความคลาดเคลื่อนระหว่างขั้นตอนการสร้างสายอากาศ รวมไปถึงผลที่ได้จากการจำลองสายอากาศนั้น ยังไม่ได้มีการคำนวณผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการอุปสรรคคอนเนคเตอร์ อย่างไรก็ตามสายอากาศต้นแบบก็ยังมีแบนด์วิดท์ที่กว้างถึง 467 MHz ครอบคลุมช่วงความถี่ที่ใช้งานตั้งแต่ 404 MHz ถึง 871 MHz ซึ่งมีค่าที่มากเพียงพอสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานตามข้อกำหนดของ กสทช.

จากนั้นทำการทดสอบสายอากาศ โดยการรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล ซึ่งจะทำให้การต่อสายอากาศเข้ากับกล่องรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล และต่อเข้ากับโทรทัศน์ พบว่าสามารถรับสัญญาณได้จริง

และมีการจำลองเพิ่มเติมโดยนำสายอากาศดังกล่าวไปติดตั้งบนรถ และทำการจำลองด้วยโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO [13] พบว่าพารามิเตอร์ $|S_{11}|$ เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ยังคงอยู่ในช่วงความถี่ที่ใช้งานของโทรทัศน์ระบบดิจิตอล สายอากาศมีอัตราขยายเพิ่มสูงขึ้น และแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบลำคลื่นรูปกรวย

จากการเปรียบเทียบสายอากาศที่นำเสนอ กับงานวิจัยของสายอากาศโทรทัศน์ระบบดิจิตอล ที่มีมาก่อน พบว่าสายอากาศที่มีการวิจัยมาก่อน ส่วนใหญ่มีการแพร่กระจายคลื่นรอบทิศทาง และมีโพลารไรซ์แนวตั้ง ยกเว้นสายอากาศแบบเกลียวสำหรับรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล [5] ที่มีโพลารไรซ์แนวนอน และมีการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบตัว แต่สายอากาศดังกล่าวมีอัตราขยายน้อยคือ -19 dBi ถึง 12 dBi จากการศึกษาและวิจัยสายอากาศที่ได้นำเสนอพบว่าสายอากาศดังกล่าวมีการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง มีโพลารไรซ์แนวนอน มีอัตราขยาย -6.52 dBi ถึง 0.67 dBi ซึ่งจะเห็นว่าสายอากาศที่นำเสนอมีคุณสมบัติที่เหมือนกัน และมีอัตราขยายที่มากกว่า ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.1 และเมื่อนำสายอากาศอากาศที่นำเสนอไปทดลองบนรถยนต์ พบว่าสายอากาศมีอัตราขยายเท่ากับ 5.49 dBi ถึง 6.55 เนื่องจากมีการสะท้อนจากโครงสร้างของรถยนต์ ดังที่ได้มีการอธิบายไว้ก่อนหน้านี้

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบสายอากาศที่นำเสนอ กับงานวิจัยสายอากาศโทรทัศน์ดิจิทัลที่มีมาก่อน

ผลงานวิจัยที่มี มาก่อน	ขนาดของ สายอากาศ (mm)	ช่วง ความถี่ ใช้งาน (MHz)	แบบรูป การแพร่ กระจาย คลื่น	โพลาริซ	อัตรา ขยาย (dBi)
สายอากาศไดโพลพับ โหลดด้วยตัวเก็บประจุ และสลับสำหรับรับ โทรทัศน์ดิจิทัล ภาคพื้นดิน [1]	15x280x0.125	470 ถึง 950	สองทิศทาง	เชิง เส้นแนว นอน	0.7 ถึง 2.5
สายอากาศโมนโพลไมโค รสติป พร้อมระนาบ กราวด์ สำหรับ ประยุกต์ใช้งานโทรทัศน์ ดิจิทัล [2]	114x25x3	459 ถึง 891	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนวตั้ง	1.5 ถึง 2.1
สายอากาศไดโพลที่มีจุด ป้อนสัญญาณเป็นช่องว่าง สำหรับรับสัญญาณ โทรทัศน์ระบบดิจิทัล [3]	20x227x0.4	470 ถึง 806	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนวตั้ง	1.5 ถึง 2.8
สายอากาศโมนโพล รูปอักษรตัวเจสำหรับ โทรทัศน์ระบบดิจิทัล ภาคพื้นดินที่ย่านความถี่ ยูเอชเอฟ [4]	91x62x1.6	440 ถึง 770	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนวตั้ง	-
สายอากาศแบบเกลียว สำหรับรับสัญญาณ โทรทัศน์ระบบดิจิทัล [5]	30x20x0.4	470 ถึง 862	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนว นอน	-19 ถึง -12
สายอากาศ PIFA แบบ สองย่านความถี่ สำหรับ ประยุกต์ในโทรทัศน์ระบบ ดิจิทัล และ WiMAX [6]	230x31x20	470 ถึง 862	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนวตั้ง	2.7 ถึง 4.8

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบสายอากาศที่นำเสนอ กับงานวิจัยสายอากาศโทรทัศน์ดิจิทัลที่มีมาก่อน (ต่อ)

ผลงานวิจัยที่มี มาก่อน	ขนาดของ สายอากาศ (mm)	ช่วง ความถี่ ใช้งาน (MHz)	แบบรูป การแพร่ กระจาย คลื่น	โพลาไรซ์	อัตรา ขยาย (dBi)
สายอากาศ EBG สำหรับ รับสัญญาณโทรทัศน์ ระบบดิจิทัลภาคพื้นดิน [7]	3.5x25x2	470 ถึง 960	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนวตั้ง	1.5 ถึง 3.6
สายอากาศแบบห้ว สำหรับ LTE และเครื่อง เล่นแบบพกพาสำหรับรับ สัญญาณย่านโทรทัศน์ ระบบดิจิทัล [8]	150x150x0.8	496 ถึง 862	สองทิศทาง	เชิง เส้นแนว นอน	3 ถึง 5
สายอากาศที่นำเสนอ	360x360x8	404 ถึง 871	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนว นอน	-6.52 ถึง 0.67
สายอากาศที่นำเสนอ ติดตั้งบนรถยนต์	360x360x8	430 ถึง 903	ลำคลื่นรูป กรวย	เชิง เส้นแนว นอน	5.49 ถึง 6.55

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

จากการศึกษาผลกระทบของค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศพบว่า โครงสร้างสายอากาศสามารถที่จะออกแบบให้สายอากาศมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบตัว ตลอดย่านความถี่ที่ใช้งานของโทรทัศน์ระบบดิจิทัล แต่อัตราขยายของสายอากาศมีค่าน้อย อย่างไรก็ตามสายอากาศต้นแบบสามารถที่จะรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัลได้ และการรับสัญญาณนั้นมีคุณภาพสัญญาณ 100% ซึ่งการทดลองของสายอากาศสำหรับรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัลนั้น จะอยู่ในรัศมี 10 km และเมื่อมีการนำสายอากาศวางอยู่ห่างจากสถานีส่งมากกว่า 10 km ประสิทธิภาพในการรับสัญญาณจะมีคุณภาพที่ลดต่ำลง ซึ่งการแก้ไขของข้อบกพร่องดังกล่าวสามารถทำได้ โดยทำการออกแบบสายอากาศให้มีค่าอัตราขยายที่เพิ่มสูงขึ้น

ในรายงานฉบับนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบและทดสอบสายอากาศสำหรับรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจ สามารถที่จะนำไปพัฒนาเพื่อก่อให้เกิดความเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานได้ต่อไปในอนาคต