

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

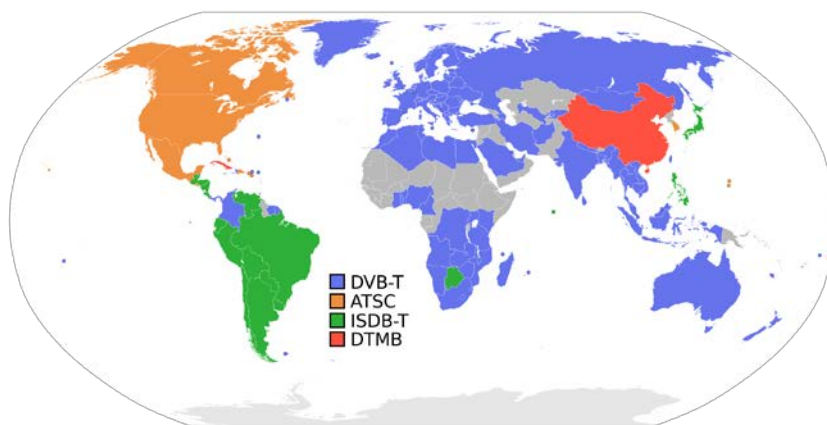
2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการของการสื่อสารโทรทัศน์ระบบดิจิตอล โดยเริ่มจากความเป็นมาของการรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล รูปแบบและแบนด์วิดธ์ของโทรทัศน์ระบบดิจิตอลในประเทศไทย คุณสมบัติของเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล งานวิจัยที่มีมาก่อนสำหรับสายอากาศรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล และทฤษฎีสายอากาศ

2.2 ความเป็นมาของการรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล

โทรทัศน์ระบบดิจิตอล (Digital Television) หรือทีวีดิจิตอล หรือ DTV คือ การส่งผ่านของสัญญาณเสียงและวิดีโอ โดยใช้กระบวนการของการผสมสัญญาณแบบดิจิตอล ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงกับการส่งผ่านสัญญาณแบบอนาล็อก ที่มีการแยกสัญญาณของช่องสัญญาณออกจากกัน ซึ่งรูปแบบดังกล่าวนี้ ถือได้ว่าเป็นนวัตกรรมที่ปฏิวัติเทคโนโลยีโทรทัศน์เป็นอย่างมาก นับตั้งแต่ นวัตกรรมโทรทัศน์สีเมื่อปี พ.ศ. 2493 โดยสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าแบบอนาล็อกในหนึ่งช่องสัญญาณ ซึ่งสามารถเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า Multicasting การส่งสัญญาณแบบดิจิตอลนั้น จะทำให้ได้คุณภาพของสัญญาณภาพและเสียงที่ดีกว่า เช่น โทรทัศน์ระบบ HDTV ซึ่งในหลายๆ ประเทศ กำลังเปลี่ยนระบบการส่งสัญญาณแบบอนาล็อกมาเป็นการส่งสัญญาณแบบดิจิตอล โดยเป็น การใช้ประโยชน์จากคลื่นความถี่วิทยุในอีกรูปแบบหนึ่ง รูปที่ 2.1 แสดงมาตรฐานในการรับส่งสัญญาณภาคพื้นดินในเนวราบที่ใช้กันในแต่ละประเทศ ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

- Advanced Television System Committee (ATSC) ใช้ Eight-Level Vestigial Sideband (8VSB) ถูกพัฒนาใน 6 ประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา คานาดา เม็กซิโก เกาหลีใต้ สาธารณรัฐโดมินิกัน และฮอนดูรัส
- Digital Video Broadcasting-Terrestrial (DVB-T) ใช้การผสมสัญญาณแบบ Coded Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM) พัฒนาในยุโรป ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์
- Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB-T) ได้รับการพัฒนาใน ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ ISDB-T International เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาต่อมาโดยการใช้ H.264/MPEG-4 AVC ที่ถูกนำมาใช้ในประเทศในทวีปอเมริกาใต้เป็นส่วนใหญ่และประเทศในทวีปแอฟริกา
- Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting (DTMB) พัฒนา OFDM technology แบบ time-domain synchronous (TDS) ที่ใช้ pseudo-random signal frame ให้ทำงานเป็น guard interval (GI) ของ OFDM block มาตรฐานนี้ถูกพัฒนาในประเทศจีน รวมทั้งฮ่องกง และมาเก๊า



รูปที่ 2.1 มาตรฐานโทรทัศน์ระบบดิจิทัลของแต่ละประเทศ
(<http://www.thaidigitaltelevision.com>)

2.3 รูปแบบและแบนด์วิธ

โทรทัศน์ระบบดิจิทัลมีการส่งหลายๆ รูปแบบของภาพที่แตกต่างกัน ที่กำหนดโดยระบบการออกอากาศทางโทรทัศน์ซึ่งเป็นส่วนผสมของขนาด และอัตราส่วนของความกว้างต่อความสูง

ระบบการรับส่งสัญญาณภาพและเสียงที่มีข้อมูลจะมีการเข้ารหัสเป็นแบบดิจิทัล ที่มีค่า “0” กับ “1” เท่านั้น โดยมีกระบวนการต่าง ๆ ที่จะทำการแปลงสัญญาณภาพและเสียงให้เป็นดิจิทัล มีการบีบอัดข้อมูล ทำการเข้ารหัสข้อมูล ก่อนที่จะทำการมอดูเลตข้อมูลดิจิทัลเหล่านี้ เพื่อส่งผ่านตัวกลางไปสู่ผู้รับปลายทาง ซึ่งต่างกันโดยสิ้นเชิงกับโทรทัศน์ระบบอนาล็อก เมื่อสัญญาณดิจิทัลถูกส่งมายังเครื่องรับโทรทัศน์ จะผ่านกระบวนการบีบอัดข้อมูลสัญญาณดิจิทัล โดย MPEG-2 หรือ MPEG-4 ทำการถอดรหัส หลังจากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปยังหลอดภาพ แล้วหลอดภาพจะยิงลำแสงออกไปยังหน้าจอโทรทัศน์ ทำให้เกิดพิกเซลบนจอภาพ ซึ่งในระบบโทรทัศน์ความละเอียดสูง (High Definition Television) หรือ HDTV นั้นจะให้ภาพที่มีความละเอียดของพิกเซล สูงกว่าโทรทัศน์ทั่วไปมาก จึงทำให้ภาพที่ออกมามีความคมชัด ละเอียด และไม่มีการกระพริบของสัญญาณภาพ ลักษณะการยิงลำแสง แบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ Interlaced Scanning ซึ่งใช้ตัวย่อ i เป็นการสแกนลำแสงสลับเส้นคี่และคู่ และ Progressive Scanning ซึ่งใช้ตัวย่อ p เป็นการสแกนตามลำดับ 1,2,3,...

- 480i/576i (SDTV) คือ สัญญาณโทรทัศน์มาตรฐานที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เป็นแบบดิจิทัล
- 480p/576p (EDTV) คือ โทรทัศน์ที่มีความชัดเจนเพิ่มขึ้น (Enhanced Definition Television) หรือ EDTV ที่ให้ภาพชัดเจนใกล้เคียงกับ HDTV ซึ่งดีกว่าที่รับชมกันในขณะนี้ และทุกวันนี้สามารถ เล่นแผ่นดีวีดีทั้งหมดกับ EDTV ได้
- 720p (HDTV) เป็น HDTV Format ที่ให้คุณภาพใกล้เคียงกับ 1080i แต่ก็ยอมให้ส่งสัญญาณ 480p ได้ด้วย
- 1080i (HDTV) เป็น HDTV Image ที่มีคุณภาพของภาพที่คมชัด ซึ่งเป็นแบบที่ผู้ให้บริการโทรทัศน์ใช้อยู่

ในการส่งกระจายเสียงและภาพในระบบดิจิทัลทีวี ช่วงของรูปแบบสามารถแบ่งออกกว้างๆ ได้เป็นสองประเภทได้แก่ โทรทัศน์ความละเอียดสูง (High Definition Television) หรือ HDTV สำหรับการส่งภาพวิดีโอความละเอียดสูง และโทรทัศน์ความละเอียดมาตรฐาน (Standard Definition Television) หรือ SDTV ซึ่งภาพของโทรทัศน์มีความละเอียดที่ต่างกัน ซึ่งหมายถึงความคมชัดของภาพ โดยจะเป็นไปตามจำนวนชิ้นส่วนของภาพใหญ่ที่มีมากน้อย เพื่อสร้างภาพทั้งหมดขึ้นมาใหม่ คำนิยามนี้จะแสดงเป็นจำนวนของเส้นแนวนอนและชิ้นส่วนเล็กๆ ของภาพ หรือพิกเซล ในแต่ละเส้นแนวนอนนั้นๆ ที่ถูกใช้สำหรับหลายรูปแบบที่แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อเรา กล่าวถึง รูปแบบคือ 640×480p ที่เราหมายถึง มี 640 ชิ้นส่วนเล็กๆของภาพในแต่ละ 480 เส้นแนวนอน รวมเป็น 307,200 พิกเซล และอัตราส่วนของ 640:480 หรือ 4:3 นั่นคือกว้าง 4 สูง 3 หรือ SDTV

หนึ่งในหลายรูปแบบของ HDTV จะมีความแตกต่างกันที่การส่งผ่านบน DTV คือ 1280×720 พิกเซล ในโหมด Progressive Scanning เขียนย่อๆว่า 720p หรือ 1920×1080 ในโหมดวิดีโอ interlaced เขียนย่อๆว่า 1080i แต่ละรูปแบบเหล่านี้ ใช้อัตราส่วน 16:9 ซึ่งในโทรทัศน์บางเครื่อง มีความสามารถในการรับ HD ที่ 1920×1080 ที่อัตราเฟรมโปรเกรสซีฟสแกน 60 Hz ที่รู้จักกันคือ 1080p รูปแบบ HDTV ไม่สามารถส่งผ่านช่องทางโทรทัศน์อนาล็อกปัจจุบันได้ เนื่องจากปัญหา ความจุของช่องสัญญาณ

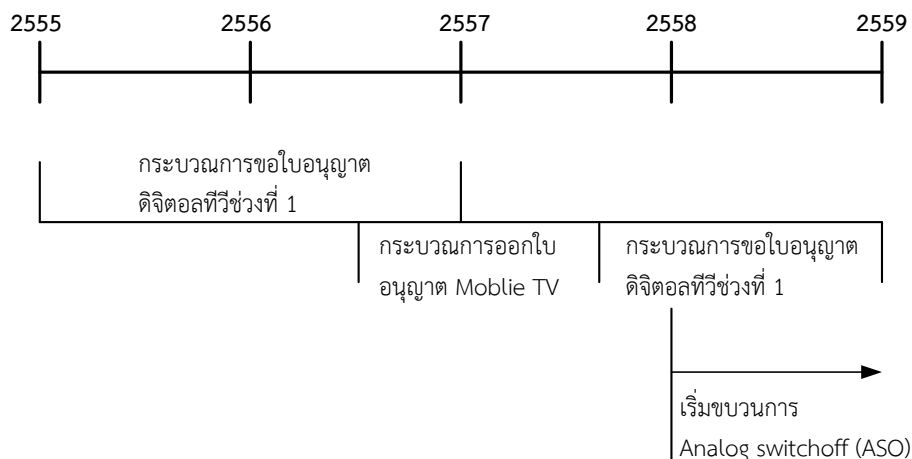
เมื่อเปรียบเทียบกัน โทรทัศน์ความละเอียดมาตรฐาน (SDTV) อาจจะใช้หนึ่งในรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยการใช้รูปแบบที่หลากหลายของอัตราส่วนต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่ใช้ในแต่ละประเทศที่ออกอากาศ สำหรับอัตราส่วน 4:3 รูปแบบ 640×480 จะถูกนำมาใช้ในประเทศที่ใช้ระบบ NTSC ในขณะที่ 720×576 ถูกนำมาใช้ในประเทศที่ใช้ระบบ PAL สำหรับ 16:9 รูปแบบ 720 × 480 ถูกนำมาใช้ในประเทศที่ใช้ระบบ NTSC ในขณะที่ 720×576 ถูกนำมาใช้ในประเทศที่ใช้ระบบ PAL อย่างไรก็ตาม ผู้ส่งกระจายเสียงอาจเลือกที่จะลดความละเอียดนี้ เพื่อประหยัดแบนด์วิดธ์ เช่น หลายช่อง DVB -T ในสหราชอาณาจักร ใช้ความละเอียดในแนวนอนที่ 544 หรือ 704 พิกเซลต่อเส้น

2.4 โทรทัศน์ระบบดิจิทัลในประเทศไทย

ประเทศไทยได้เลือกใช้การรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล แบบ DVB-T2 ซึ่งพัฒนาจาก DVB-T ตามประเทศในแถบยุโรป โดยมีคณะกรรมการกิจการกระจายเสียงกิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ หรือ กสทช. เป็นผู้จัดทำมาตรฐานการรับส่งทางสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล และได้กำหนดให้มีมาตรฐาน กสทช. มส. 4002-2555 ซึ่งเป็นมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล

2.4.1 การเปลี่ยนผ่านไปสู่ระบบการรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ในระบบดิจิทัล

กสทช. ได้วางแผนระบบรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ไปเป็นระบบดิจิทัล ตามรูปที่ 2.2 โดยมีเป้าหมายให้จำนวนครัวเรือนในเมืองใหญ่สามารถรับสัญญาณดิจิทัล ได้ไม่น้อยกว่า 80% ภายใน ปี 2560



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนผ่านไปสู่ระบบการรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ในระบบดิจิทัล
(<http://www.tvdigitalthailand.com>)

- ก.พ. 55 - ธ.ค. 56 กระบวนการออกใบอนุญาตทีวีดิจิทัลช่วงที่ 1
 - ก.พ. 55 เริ่มต้นแผนปรับเปลี่ยนสู่ระบบดิจิทัล
 - ส.ค. 55 ออกใบอนุญาตทีวีดิจิทัล โครงสร้างพื้นฐานโครงข่าย
 - ธ.ค. 55 ออกใบอนุญาตทีวีดิจิทัล กิจกรรมบริการสาธารณะ
 - ส.ค. 56 ออกใบอนุญาตทีวีดิจิทัล กิจกรรมทางธุรกิจ
 - ธ.ค. 56 ออกใบอนุญาตทีวีดิจิทัล กิจกรรมบริการชุมชน
- มิ.ย. 56 - มิ.ย. 57 กระบวนการออกใบอนุญาตโมบายล์ทีวี
- มิ.ย. 57- ธ.ค. 58 กระบวนการออกใบอนุญาตทีวีดิจิทัลช่วงที่ 2
- ม.ค. 2558 เริ่มกระบวนการยุติการรับส่งสัญญาณทีวีระบบอนาล็อก (Analog Switch Off)

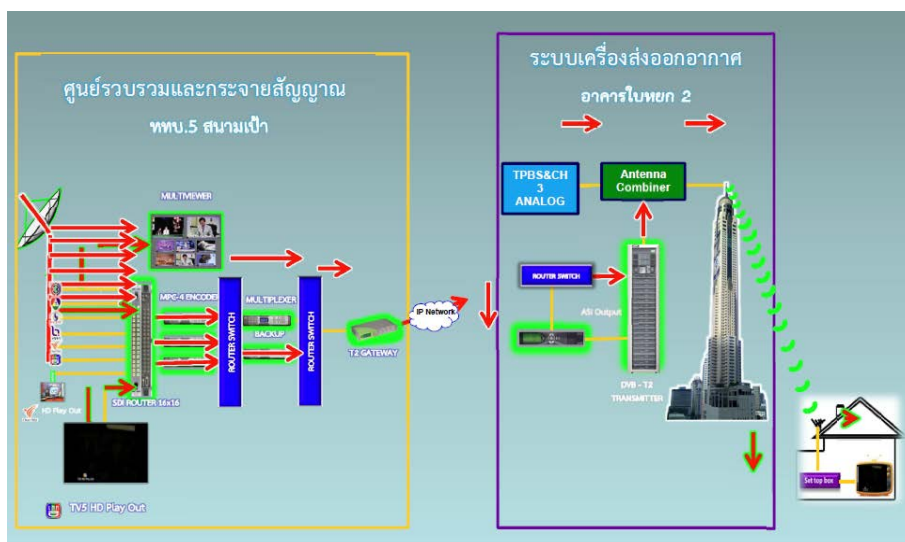
ทั้งนี้ กสทช. ยังกำหนดให้ผู้ให้บริการโครงข่ายโทรทัศน์ประเภทที่ใช้คลื่นความถี่ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล ต้องขยายโครงข่ายให้สามารถครอบคลุมครัวเรือนทั่วประเทศ อย่างน้อยดังนี้

- ร้อยละ 50 ของจำนวนครัวเรือนภายใน 1 ปีนับจากวันที่ได้รับใบอนุญาต
- ร้อยละ 80 ของจำนวนครัวเรือนภายใน 2 ปีนับจากวันที่ได้รับใบอนุญาต
- ร้อยละ 90 ของจำนวนครัวเรือนภายใน 3 ปีนับจากวันที่ได้รับใบอนุญาต
- ร้อยละ 95 ของจำนวนครัวเรือนภายใน 4 ปีนับจากวันที่ได้รับใบอนุญาต

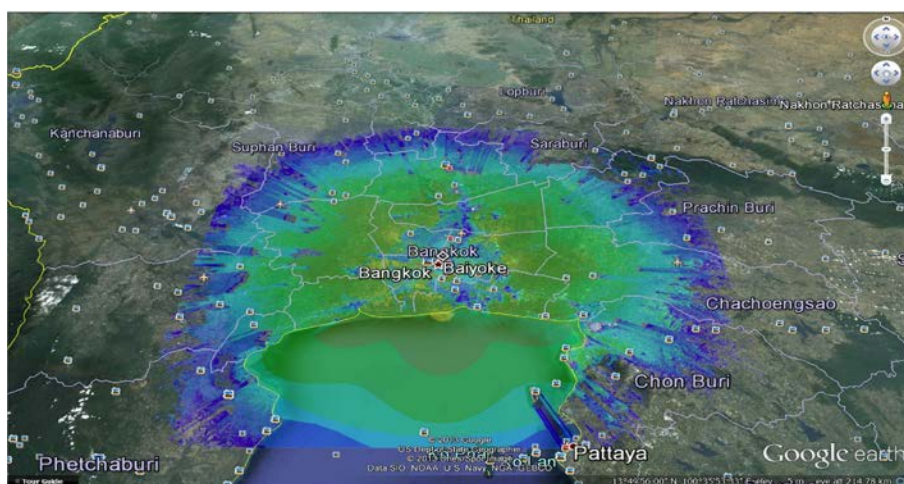
2.4.2 การทดลองส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัลในประเทศไทย

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ หรือ กสทช. ได้ร่วมมือกับสถานีโทรทัศน์ 3 และสถานีวิทยุโทรทัศน์กองทัพบกช่อง 5 เพื่อทดลองระบบการรับส่งสัญญาณวิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์ในระบบดิจิทัล

การทดลองออกอากาศโทรทัศน์ระบบดิจิทัล ของสถานีวิทยุโทรทัศน์กองทัพบก ช่อง 5 ตามรูปที่ 2.3 ได้เริ่มทดลองออกอากาศตั้งแต่วันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2556 โดยออกอากาศจากตึกใบหยกสอง และมีการตรวจวัดสัญญาณ พบมีรัศมีการออกอากาศของตึกใบหยกที่ 80 ถึง 90 กิโลเมตร ตามรูปที่ 2.4

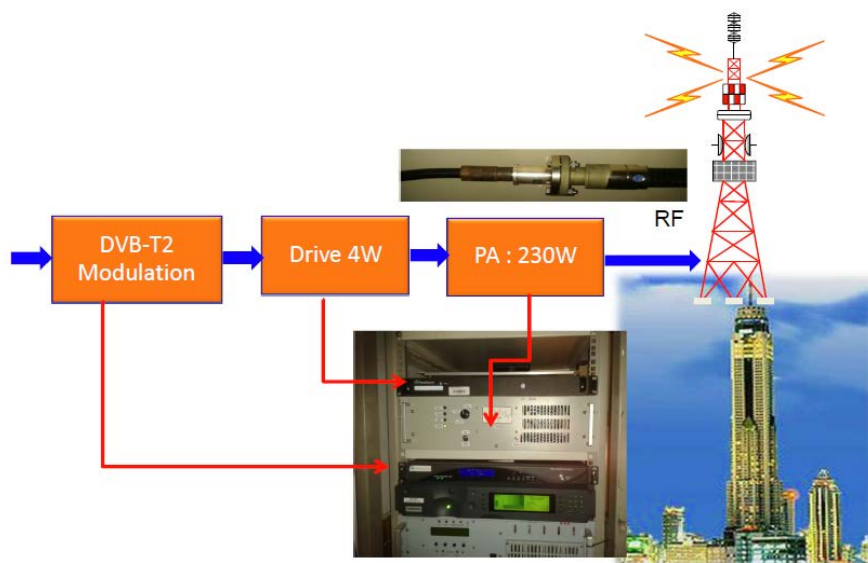


รูปที่ 2.3 การทดลองออกอากาศโทรทัศน์ระบบดิจิทัลของสถานีวิทยุโทรทัศน์กองทัพบก ช่อง 5 ([http://hq.prd.go.th/engineer/download/banner/TV_dijital/Ch5%20Trial%20DTTB%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://hq.prd.go.th/engineer/download/banner/TV_dijital/Ch5%20Trial%20DTTB%20[Compatibility%20Mode].pdf))



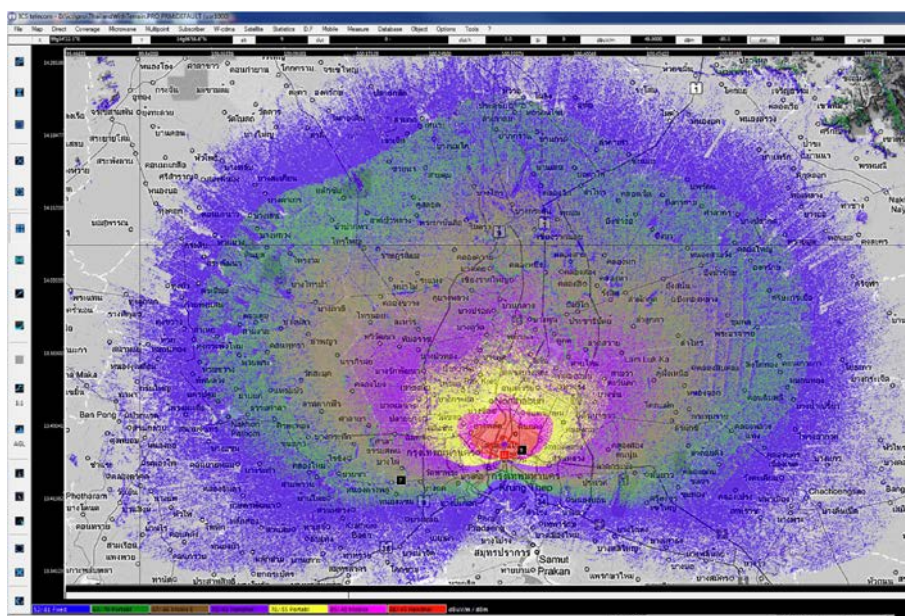
รูปที่ 2.4 ผลการทดสอบสัญญาณของสถานีวิทยุโทรทัศน์กองทัพบก ช่อง 5 ที่ส่งจากตึกใบหยก ([http://hq.prd.go.th/engineer/download/banner/TV_dijital/Ch5%20Trial%20DTTB%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://hq.prd.go.th/engineer/download/banner/TV_dijital/Ch5%20Trial%20DTTB%20[Compatibility%20Mode].pdf))

การทดลองออกอากาศโทรทัศน์ระบบดิจิทัลของช่อง 9 อสมท. ตามรูปที่ 2.5 ได้เริ่มทดลองออกอากาศจากตึกใบหยกสอง และมีการตรวจวัดสัญญาณ พบว่ามีรัศมีการออกอากาศของตึกใบหยกที่ 80 ถึง 90 กิโลเมตร ตามรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 การทดลองออกอากาศโทรทัศน์ระบบดิจิทัลของช่อง 9 อสมท.

([http://hq.prd.go.th/engineer/download/banner/TV_dijital/MCOT%20-%20Trial%20Project%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://hq.prd.go.th/engineer/download/banner/TV_dijital/MCOT%20-%20Trial%20Project%20[Compatibility%20Mode].pdf))



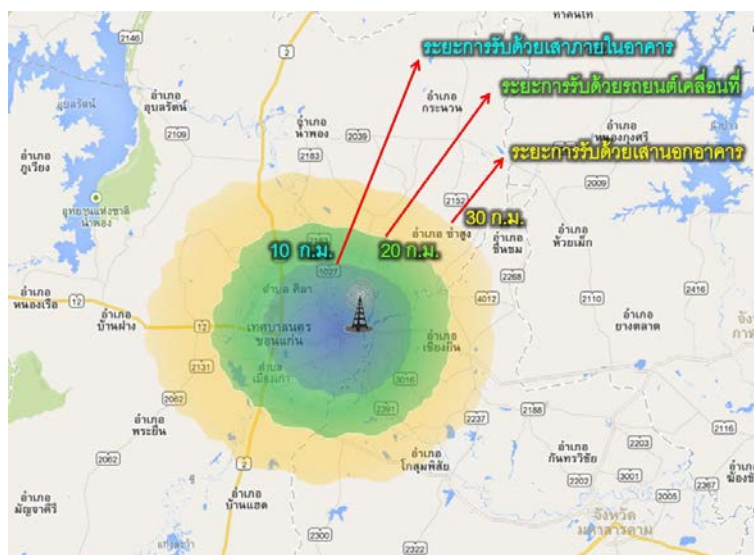
รูปที่ 2.6 ผลการทดสอบสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัลของ อสมท. ที่ส่งจากตึกใบหยก

([http://hq.prd.go.th/engineer/download/banner/TV_dijital/MCOT%20-%20Trial%20Project%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://hq.prd.go.th/engineer/download/banner/TV_dijital/MCOT%20-%20Trial%20Project%20[Compatibility%20Mode].pdf))

สถานีโทรทัศน์ ช่อง 9 อสมท. จังหวัดขอนแก่น ทดลองออกอากาศทีวีดิจิทัลเมื่อวันที่ 27 กันยายน 2556 สัญญาณช่อง 44 ความถี่ 658 MHz กำลังส่ง 3 กิโลวัตต์ โดยใช้แผงสายอากาศแบบรอบตัวติดตั้งเสา ที่ระยะความสูง 100 เมตร หันเข้า อ.เมือง ขอนแก่น ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งออกอากาศด้วยกำลังส่ง 3 กิโลวัตต์ จากกำลังส่งจริง 5 กิโลวัตต์ และได้ผลการวัดสัญญาณดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 การทดลองส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล ที่สถานีโทรทัศน์ อสมท. จังหวัดขอนแก่น
(http://dtv.mcot.net/data/up_show.php?id=1380764708&web=reportdtv)

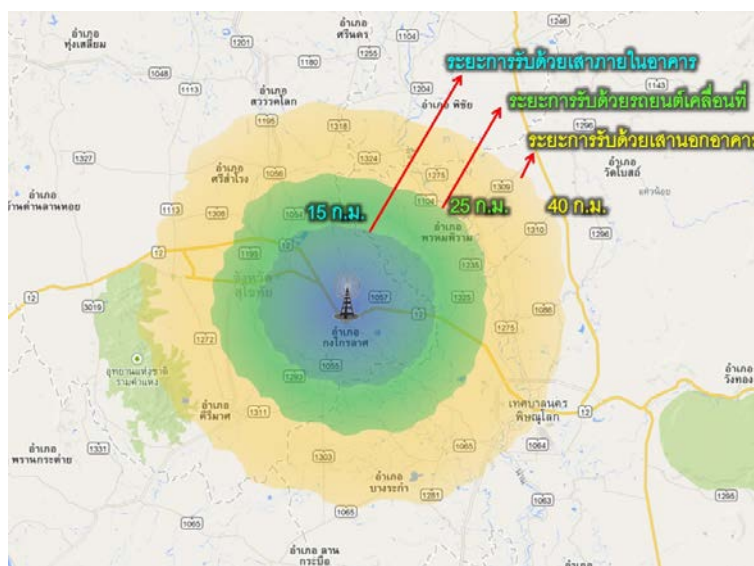


รูปที่ 2.8 ผลการทดสอบสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล ที่ส่งจากสถานีโทรทัศน์ อสมท. จังหวัดขอนแก่น (http://dtv.mcot.net/data/up_show.php?id=1380764708&web=reportdtv)

สถานีโทรทัศน์ อสมท. จังหวัดสุโขทัย ออกอากาศทีวีดิจิตอลเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2556 สัญญาณช่อง 33 ความถี่ 570 MHz กำลังส่ง 3 กิโลวัตต์ ออกอากาศโดยใช้สายอากาศร่วมกับทีวีอนาล็อกแบบเดิม โดยมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นออกอากาศรอบทิศทาง ผ่าน Combiner ดังแสดงในรูปที่ 2.9 เพื่อแพร่กระจายคลื่นโทรทัศน์ดิจิตอล DVB-T2 ที่ระยะความสูง 150 เมตร ออกอากาศด้วยกำลังส่ง 3 กิโลวัตต์ จากกำลังส่งจริง 5 กิโลวัตต์ และได้ผลการวัดสัญญาณ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 การทดลองส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล ที่สถานีโทรทัศน์ อสมท. จังหวัดสุโขทัย
(http://dtv.mcot.net/data/up_show.php?id=1379730890&web=reportdtv)



รูปที่ 2.10 ผลการทดสอบสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล ที่ส่งจากสถานีโทรทัศน์ อสมท. จังหวัด
สโขทัย (http://dtv.mcot.net/data/up_show.php?id=1379730890&web=reportdtv)

2.4.3 กล่องรับสัญญาณ (Set Top Box)

เครื่องรับโทรทัศน์รุ่นใหม่ที่มีลักษณะจอแบน ส่วนใหญ่เป็นเครื่องรับโทรทัศน์ที่สามารถรับชมรายการที่ส่งมาเป็นระบบดิจิตอลได้ แต่ถ้าเป็นจอใหญ่ๆ ดูเหมือนตู้ ก็จะต้องมีอุปกรณ์เสริมคือกล่องแปลงสัญญาณ เพื่อทำการแปลงสัญญาณเป็นระบบดิจิตอล ซึ่งทำให้ทีวีแบบดั้งเดิมสามารถรับสัญญาณภาพและเสียงของระบบดิจิตอลได้ กล่องแปลงสัญญาณนี้ เรียกว่า Set Top Box

กสทช. ได้กำหนดสเปกมาตรฐานขั้นต่ำของเครื่องรับสัญญาณทีวีดิจิตอลภาคพื้นดิน ทั้งแบบมีจอภาพ (โทรทัศน์ที่รับสัญญาณระบบดิจิตอลได้) และแบบไม่มีจอภาพ (กล่องรับสัญญาณ Set Top Box) ตามรูปที่ 2.11 ซึ่งเป็นมาตรฐาน กสทช. มส. 4002-2555 โดยเครื่องรับดังกล่าวจะต้องรองรับ DVB-T2 ได้ทั้งแบบมาตรฐานความคมชัดปกติ (Standard Definition: SD) และแบบมาตรฐานความคมชัดสูง (High Definition: HD) ตามตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.11 จอภาพ (โทรทัศน์ที่รับสัญญาณระบบดิจิทัลได้) และแบบไม่มีจอภาพ (กล่องรับสัญญาณ Set Top Box) (<http://ทีวีดิจิทัล.ไทย>)

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติ และข้อกำหนดด้านความถี่วิทยุของภาครับสัญญาณ

รายการ	ทีวี (มีจอภาพ)	กล่องรับสัญญาณ (ไม่มีจอภาพ)
ย่านความถี่วิทยุสำหรับ ภาครับสัญญาณ	470 MHz ถึง 862 MHz (UHF band IV/V) ความกว้างช่องสัญญาณ (bandwidth) 8 MHz	
การถอดรหัสสัญญาณ ภาพ	MPEG-4 AVC/H.264	
การแสดงผลภาพ	- แสดงผลความคมชัดสูงความละเอียด 1920x1080 แบบ interlace (1080i) ที่มีอัตราเฟรม (frame rate) 25 ภาพต่อวินาที และอัตราส่วนภาพ (aspect ratio) 16:9 - แสดงผลความคมชัดสูงความละเอียด 1280x720 แบบ progressive (720p) ที่มีอัตราเฟรม (frame rate) 50 ภาพต่อวินาที และอัตราส่วนภาพ (aspect ratio) 16:9 - แสดงผลความคมชัดปกติความละเอียด 720x576 แบบ interlace (576i) ที่มีอัตราเฟรม (frame rate) 25 ภาพต่อวินาที และ อัตราส่วนภาพ (aspect ratio) 16:9 และ 4:3	
การถอดรหัส สัญญาณเสียง	ถอดรหัสสัญญาณเสียงแบบ 2 ช่องเสียง (stereo) แบบ MPEG-4 HE AACv2	
หัวต่อภาครับขาเข้า (RF Input Connector)	หัวต่อแบบตัว เมีย	หัวต่อแบบตัวเมีย และรองรับการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ให้กับ สายอากาศแบบแอคทีฟ (active antenna)
หัวต่อภาครับขาออก (RF Loop-through)	-	หัวต่อแบบตัวผู้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติ และข้อกำหนดด้านความถี่วิทยุของภาครับสัญญาณ (ต่อ)

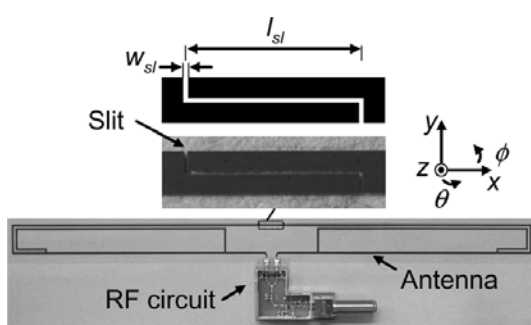
รายการ	ทีวี (มีจอภาพ)	กล่องรับสัญญาณ (ไม่มีจอภาพ)
หัวต่อสัญญาณภาพ และเสียง	-	- หัวต่อพร้อมสายสัญญาณแบบ RCA สำหรับเสียง ขาออกแบบสเตอริโอ (stereo audio) - หัวต่อพร้อมสายสัญญาณแบบ RCA สำหรับภาพ ขาออกแบบคอมโพสิต (composite) - หัวต่อพร้อมสายสัญญาณแบบ HDMI ซึ่งสามารถ ป้องกันการทำสำเนา (HDCP) สำหรับสัญญาณขา ออกดิจิทัล
หน่วยประมวลผลและ หน่วยความจำ	DDRAM ไม่น้อยกว่า 64 MB หน่วยความจำ Flash ไม่น้อยกว่า 8 MB CPU ความเร็วไม่น้อยกว่า 300 MHz	
ภาษา	รองรับทั้งไทยและอังกฤษ และมีระบบคำบรรยายใต้ภาพ (subtitle) แบบ Display Definition Segment (DDS)	
ผังรายการ อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Program Guide: EPG)	สามารถเก็บและแสดงผลผังรายการอิเล็กทรอนิกส์ล่วงหน้าได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน และแสดงผลข้อมูลอย่างน้อยดังนี้ 1. วัน เดือน ปีและเวลาปัจจุบัน 2. เวลาเริ่มรายการปัจจุบัน (now/present) และรายการถัดไป (next/follow) 3. เวลาจบรายการปัจจุบัน (now/present) และรายการถัดไป (next/follow) 4. หมายเลขช่อง (LCN) 5. ชื่อตอน และ/หรือ ชื่อเรื่องของรายการ 6. คำอธิบายโดยย่อ 7. ประเภทรายการ	
การปรับปรุง ซอฟต์แวร์ให้เป็น ปัจจุบัน (System Software Update : SSU)	มีตามมาตรฐาน ETSI TS 102 006 แบบ simple profile	
รีโมทคอนโทรล (Remote Control)	มีปุ่มนูนสัมผัส (Tactile marking) บนปุ่มกดตัวเลข “5”	
การแสดงความ สอดคล้องตาม มาตรฐานทางเทคนิค	มีการแสดงว่าผ่านมาตรฐานที่กสทช.กำหนด	

2.5 การศึกษางานวิจัยที่มีมาก่อน

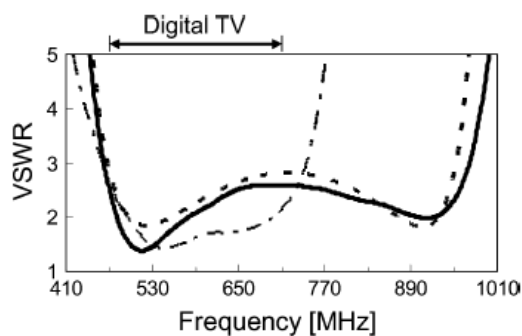
ในหัวข้อนี้จะเป็นการศึกษางานวิจัยที่มีมาก่อนเกี่ยวกับสายอากาศโทรทัศน์ระบบดิจิตอล ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการออกแบบสายอากาศของงานวิจัยนี้ นอกจากนี้จะทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานวิจัยของสายอากาศที่มีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบตัว และมีโพลาไรซ์ในแนวนอน โดยนำเอาโครงสร้างของสายอากาศดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ รวมถึงทำการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของสายอากาศเพื่อใช้อธิบายคุณลักษณะของสายอากาศ

2.5.1 งานวิจัยสายอากาศโทรทัศน์ระบบดิจิตอลที่มีมาก่อน

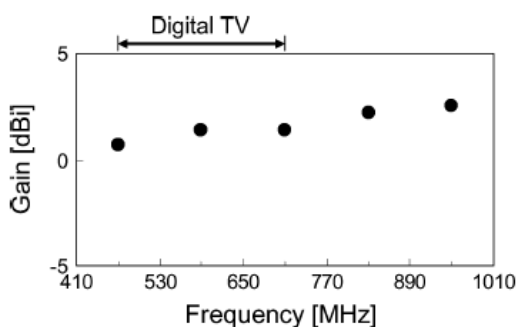
สายอากาศอ้างอิงที่ [1] ซึ่งเป็นผลงานของ H. Iizuka และคณะ ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2008 โดยสายอากาศถูกแสดงได้ดังรูปที่ 2.12(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพ $15\text{ mm} \times 280\text{ mm} \times 0.125\text{ mm}$ และย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 470 MHz ถึง 950 MHz โดยแสดงการเปรียบเทียบระหว่างผลการจำลองและผลการทดสอบคุณลักษณะของอัตราส่วนคลื่นนิ่ง แสดงดังรูปที่ 2.12(ข) มีอัตราขยายมากที่สุด 2.5 dBi โดยประมาณตามรูปที่ 2.12(ค) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบสองทิศทาง ที่มีโพลาไรซ์ในแนวนอน ซึ่งพิจารณาที่ความถี่ 470 MHz ถึง 950 MHz ดังรูปที่ 2.12(ง)



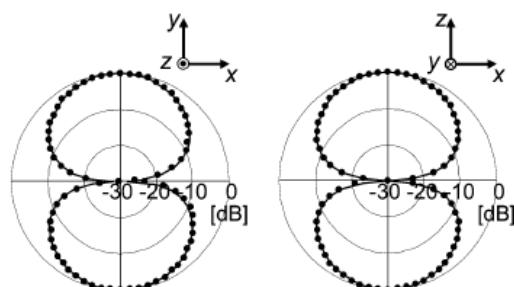
(ก) โครงสร้างของสายอากาศ



(ข) อัตราส่วนคลื่นนิ่ง



(ค) อัตราขยาย

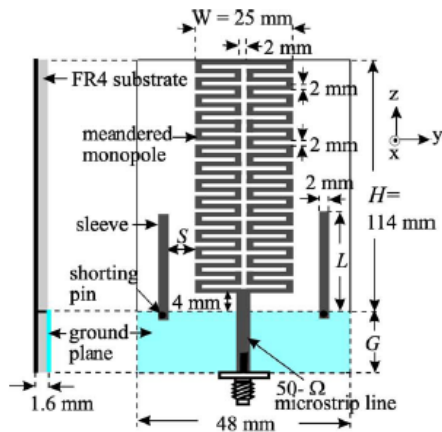


(ง) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

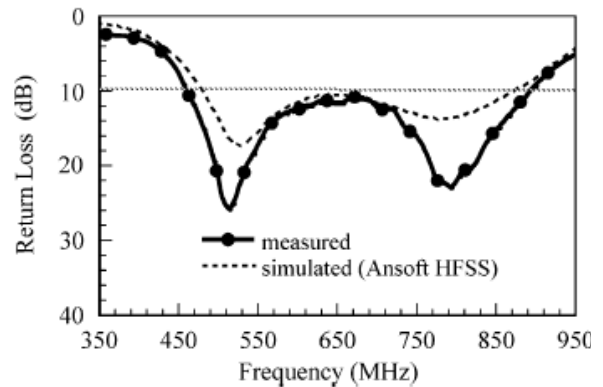
รูปที่ 2.12 สายอากาศไดโพลพับโหลดด้วยตัวเก็บประจุและสตัป สำหรับรับโทรทัศน์ดิจิตอลภาคพื้นดิน [1]

สายอากาศอ้างอิงที่ [2] ซึ่งเป็นผลงานของ H.-D. Chen และคณะ ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2008 โดยสายอากาศถูกแสดงดังรูปที่ 2.13(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพ

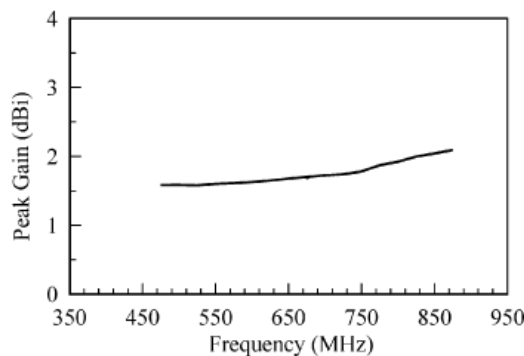
114 mm x 25 mm x 3 mm ย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 459 MHz ถึง 891 MHz ผลการจำลองและการทดสอบคุณลักษณะของค่า $|S_{11}|$ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.13(ข) มีอัตราขยายมากที่สุด 2.1 dBi โดยประมาณ ตามรูปที่ 2.13(ค) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบตัว ที่มีโพลาริซอยน์แนวตั้ง ซึ่งพิจารณาตั้งแต่ความถี่ 459 MHz ถึง 891 MHz ดังรูปที่ 2.13(ง)



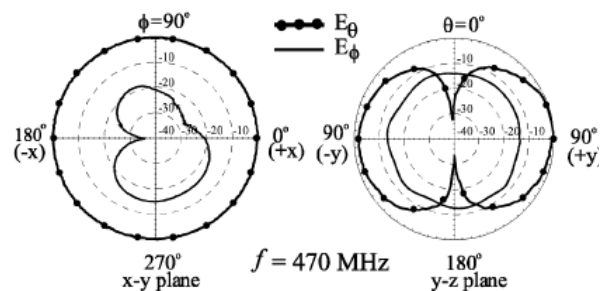
(ก) โครงสร้างของสายอากาศ



(ข) ค่าการสูญเสียย้อนกลับ



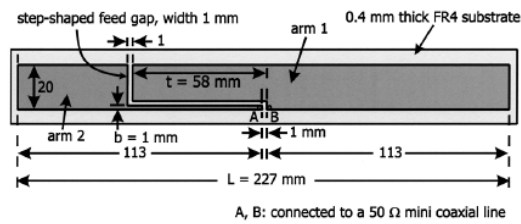
(ค) อัตราขยาย



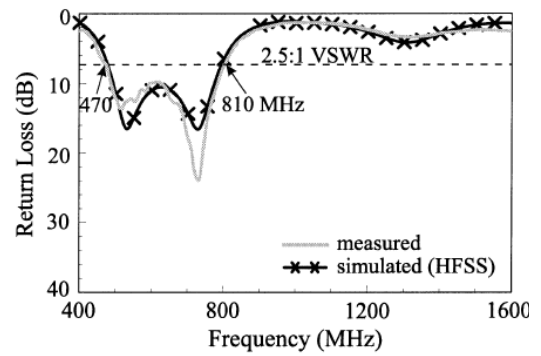
(ง) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

รูปที่ 2.13 สายอากาศโมโนโพลไมโครสตริป พร้อมระนาบกราวด์
สำหรับประยุกต์ใช้งานโทรศัพท์มือถือ [2]

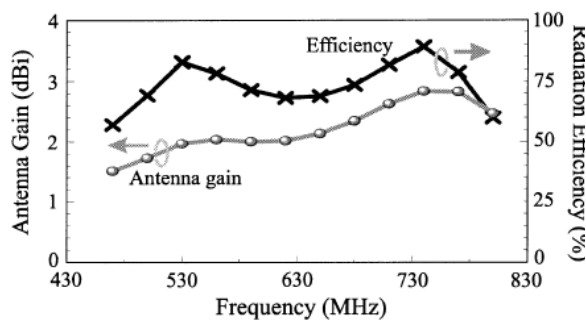
สายอากาศอ้างอิงที่ [3] ซึ่งเป็นผลงานของ Y.-W. Chi และคณะ ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2007 โดยสายอากาศถูกแสดงดังรูปที่ 2.14(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพ 20 mm x 227 mm x 0.4 mm ย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 470 MHz ถึง 806 MHz ผลการจำลองและการทดสอบคุณลักษณะของค่า $|S_{11}|$ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.14(ข) มีอัตราขยายมากที่สุด 2.8 dBi โดยประมาณ ตามรูปที่ 2.14(ค) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบทิศทาง ที่มีโพลาริซอยน์แนวนอน ซึ่งพิจารณาตั้งแต่ความถี่ 470 MHz ถึง 806 MHz ดังรูปที่ 2.14(ง)



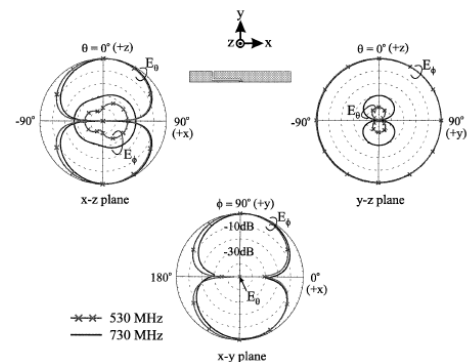
(ก) โครงสร้างของสายอากาศ



(ข) ค่าการสูญเสียย้อนกลับ



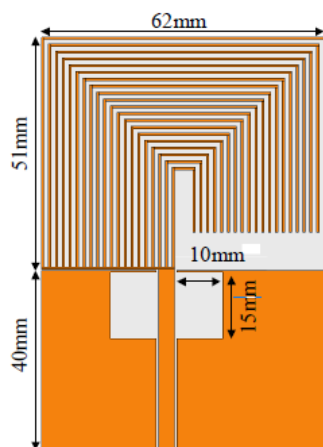
(ค) อัตราขยาย



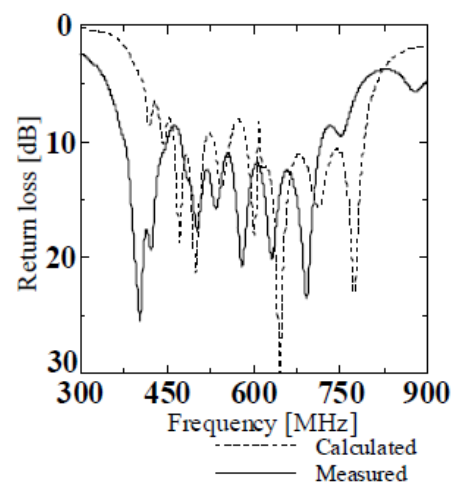
(ง) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

รูปที่ 2.14 สายอากาศไดโพลที่มีจุดบ่อนสัญญาณเป็นช่องว่าง
สำหรับรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอล [3]

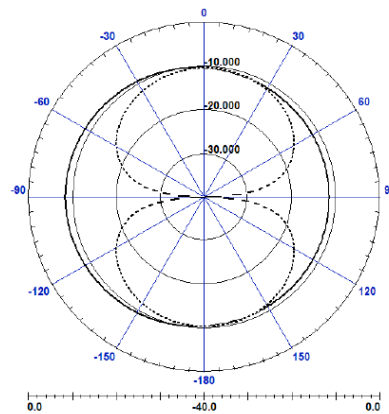
สายอากาศอ้างอิงที่ [4] ซึ่งเป็นผลงานของ S. Kashihara และคณะ ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2009 โดยสายอากาศถูกแสดงดังรูปที่ 2.15(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพ 91 mm x 62 mm x 1.6 mm ย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 440 MHz ถึง 770 MHz ผลการจำลองและผลการทดสอบคุณลักษณะของค่า $|S_{11}|$ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.15(ข) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบทิศทาง ซึ่งพิจารณาตั้งแต่ความถี่ 440 MHz ถึง 770 MHz ดังรูปที่ 2.15(ค)



(ก) โครงสร้างของสายอากาศ



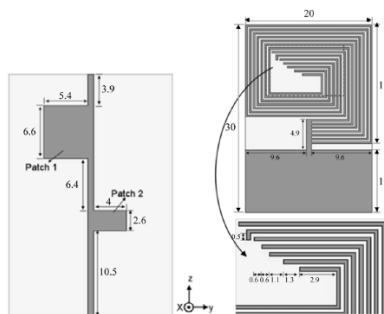
(ข) ค่าการสูญเสียย้อนกลับ



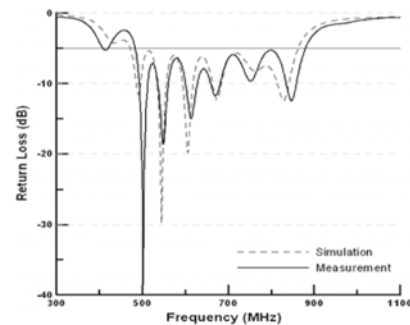
(ค) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

รูปที่ 2.15 สายอากาศโมโนโพลรูปอักษรตัวเจสำหรับโทรศัพท์ระบบดิจิตอลภาคพื้นดิน
ที่ย่านความถี่เอชเอฟ [4]

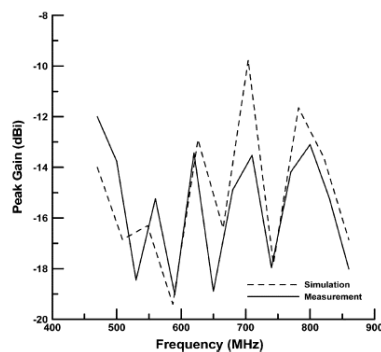
สายอากาศอ้างอิงที่ [5] ซึ่งเป็นผลงานของ D.-B. Lin และคณะ ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2010 โดยสายอากาศถูกแสดงดังรูปที่ 2.16(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพ 30 mm x 20 mm x 0.4 mm ย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 470 MHz ถึง 862 MHz ผลการจำลองและผลการทดสอบคุณลักษณะของค่า $|S_{11}|$ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.16(ข) มีอัตราขยายมากที่สุด -12 dBi โดยประมาณ แสดงดังรูปที่ 2.16(ค) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบทิศทาง ในระนาบ XY XZ และ YZ ซึ่งพิจารณาตั้งแต่ความถี่ 470 MHz ถึง 810 MHz ดังรูปที่ 2.16(ง)



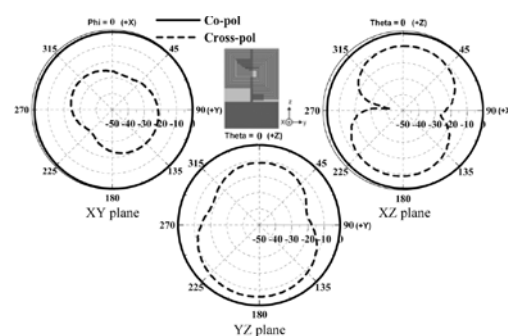
(ก) โครงสร้างของสายอากาศ



(ข) ค่าการสูญเสียย้อนกลับ



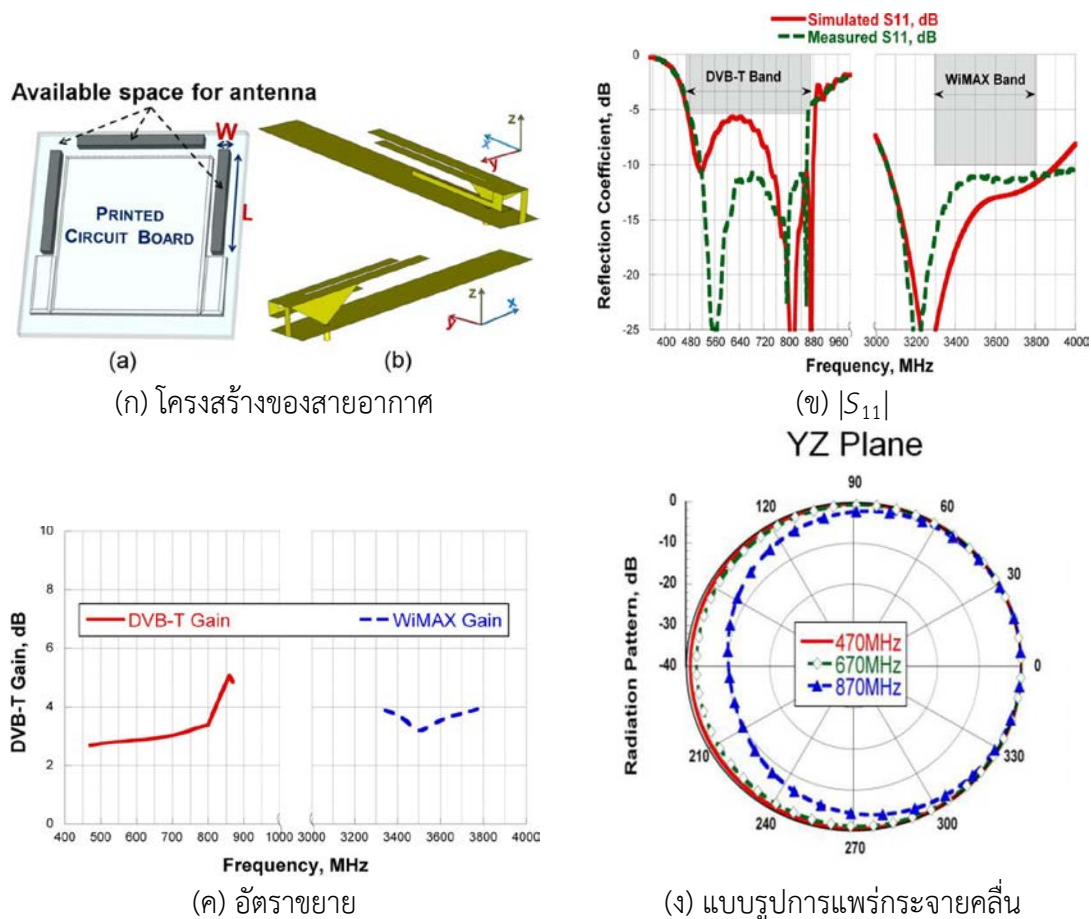
(ค) อัตราขยาย



(ง) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

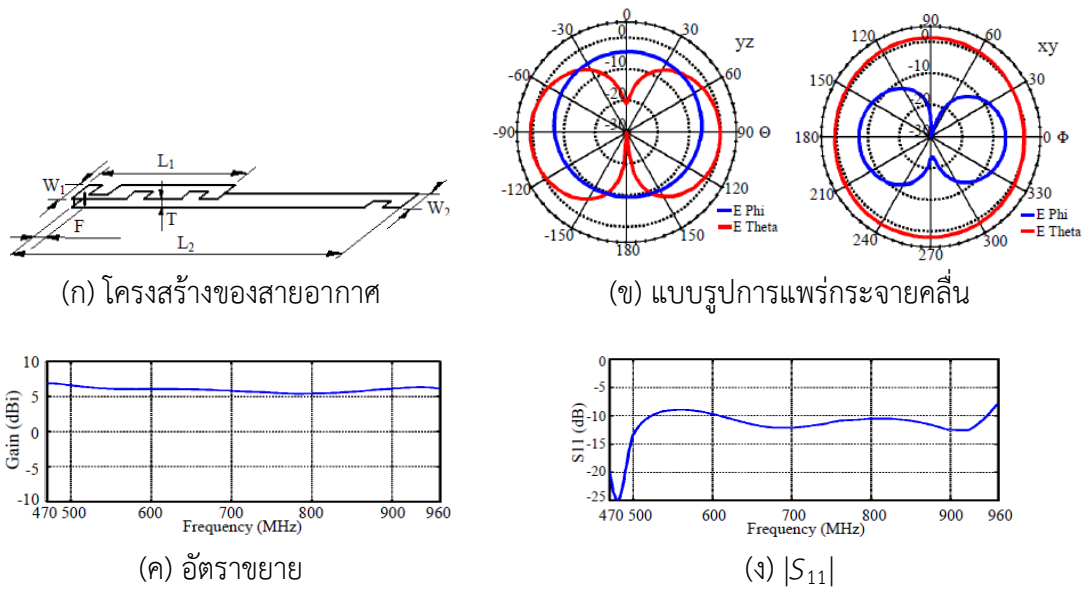
รูปที่ 2.16 สายอากาศแบบเกลียว สำหรับรับสัญญาณโทรศัพท์ระบบดิจิตอล [5]

สายอากาศอ้างอิงที่ [6] ซึ่งเป็นผลงานของ R. Caso และคณะ ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2011 โดยสายอากาศถูกแสดงดังรูปที่ 2.17(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพ $230 \text{ mm} \times 31 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ ย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 470 MHz ถึง 862 MHz ผลการจำลองและผลการทดสอบคุณลักษณะของค่า $|S_{11}|$ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.17(ข) มีอัตราขยายมากที่สุด 4.8 dBi โดยประมาณ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.17(ค) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบทิศทาง ซึ่งพิจารณาตั้งแต่ความถี่ 470 MHz ถึง 810 MHz ดังรูปที่ 2.17(ง)



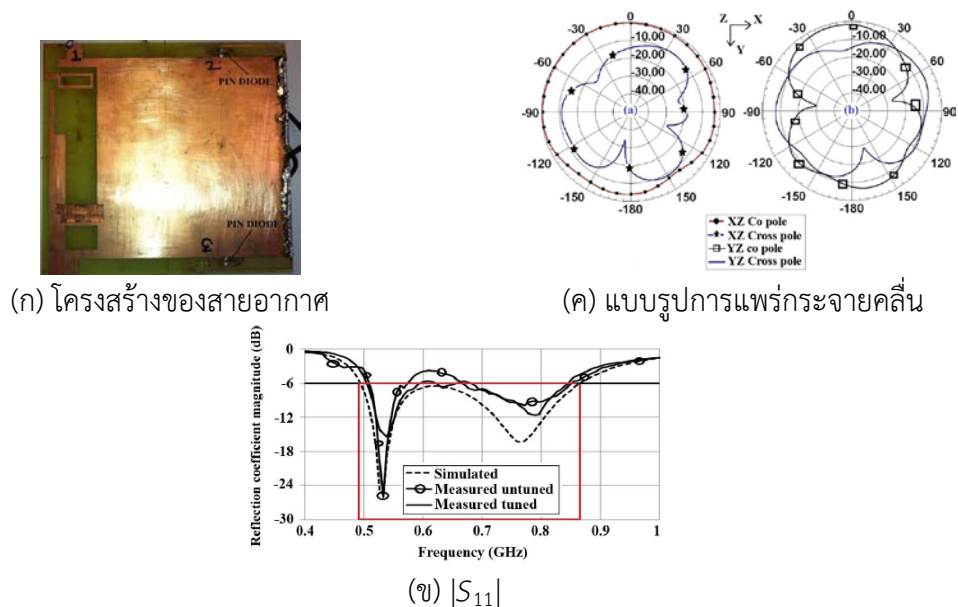
รูปที่ 2.17 สายอากาศ PIFA แบบสองย่านความถี่ สำหรับประยุกต์ในโทรทัศน์ระบบดิจิตอล และ WiMAX [6]

สายอากาศอ้างอิงที่ [7] ซึ่งเป็นผลงานของ M. Sanad และคณะ ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2011 โดยสายอากาศถูกแสดงดังรูปที่ 2.18(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพ $3.5 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ ย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 470 MHz ถึง 960 MHz ผลของการจำลองและผลทดสอบคุณลักษณะ $|S_{11}|$ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.18(ง) มีอัตราขยายมากที่สุด 5 dBi โดยประมาณ ตามรูปที่ 2.18(ค) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบทิศทาง ซึ่งพิจารณาตั้งแต่ความถี่ 470 MHz ถึง 960 MHz ดังรูปที่ 2.18(ข)



รูปที่ 2.18 สายอากาศ EBG สำหรับรับสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิตอลภาคพื้นดิน
ภายในอาคาร [7]

สายอากาศอ้างอิงที่ [8] ซึ่งเป็นผลงานของ A. N. Kulkarni และคณะ ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2011 โดยสายอากาศถูกแสดงดังรูปที่ 2.19(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพ $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 0.8 \text{ mm}$ และย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 496 MHz ถึง 862 MHz ผลการจำลองและผลการทดสอบคุณลักษณะของค่า $|S_{11}|$ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.19(ข) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบทิศทาง มีโพลาริซในแนวตั้ง ซึ่งพิจารณาตั้งแต่ความถี่ 496 MHz ถึง 862 MHz ดังรูปที่ 2.19(ค)



รูปที่ 2.19 สายอากาศแบบห้วงสำหรับ LTE และเครื่องเล่นแบบพกพา
สำหรับรับสัญญาณย่านโทรทัศน์ระบบดิจิตอล [8]

สรุปคุณสมบัติต่างๆ ของสายอากาศโทรทัศน์ระบบดิจิตอลจากผลงานวิจัยที่มีมาก่อนดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สรุปคุณสมบัติของสายอากาศโทรทัศน์ระบบดิจิตอลของผลงานวิจัยที่มีมาก่อน

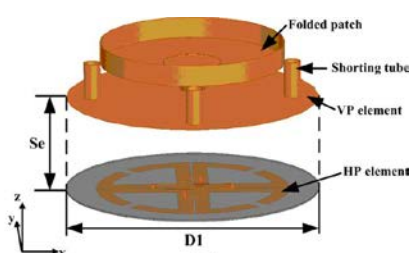
ผลงานวิจัยที่มี มาก่อน	ขนาดของ สายอากาศ (mm)	ช่วง ความถี่ ใช้งาน (MHz)	แบบรูปการ แพร่กระจาย คลื่น	โพลาริซซ์	อัตรา ขยาย
สายอากาศไดโพลพับ โหลดด้วยตัวเก็บประจุ และสัดสำหรับรับ โทรทัศน์ดิจิตอล ภาคพื้นดิน [1]	15x280x0.125	470 ถึง 950	สองทิศทาง	เชิง เส้นแนว นอน	0.7 ถึง 2.5
สายอากาศโมโนโพลไมโคร สตริป พร้อมระนาบ กราวด์ สำหรับ ประยุกต์ใช้งานโทรทัศน์ ดิจิตอล [2]	114x25x3	459 ถึง 891	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนวตั้ง	1.5 ถึง 2.1
สายอากาศไดโพลที่มีจุด ป้อนสัญญาณเป็นช่องว่าง สำหรับรับสัญญาณ โทรทัศน์ระบบดิจิตอล [3]	20x227x0.4	470 ถึง 806	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนวตั้ง	1.5 ถึง 2.8
สายอากาศโมโนโพล รูปอักษรตัวเจสำหรับ โทรทัศน์ระบบดิจิตอล ภาคพื้นดินที่ย่านความถี่ ยูเอชเอฟ [4]	91x62x1.6	440 ถึง 770	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนวตั้ง	-
สายอากาศแบบเกลียว สำหรับรับสัญญาณ โทรทัศน์ระบบดิจิตอล [5]	30x20x0.4	470 ถึง 862	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนว นอน	-19 ถึง -12
สายอากาศ PIFA แบบ สองย่านความถี่ สำหรับ ประยุกต์ในโทรทัศน์ระบบ ดิจิตอล และ WiMAX [6]	230x31x20	470 ถึง 862	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนวตั้ง	2.7 ถึง 4.8
สายอากาศ EBG สำหรับ รับสัญญาณโทรทัศน์ ระบบดิจิตอลภาคพื้นดิน ภายในอาคาร [7]	3.5x25x2	470 ถึง 960	รอบทิศทาง	เชิง เส้นแนวตั้ง	1.5 ถึง 3.6

ตารางที่ 2.2 สรุปคุณสมบัติของสายอากาศโทรทัศนระบบดิจิทัลของผลงานวิจัยที่มีมาก่อน (ต่อ)

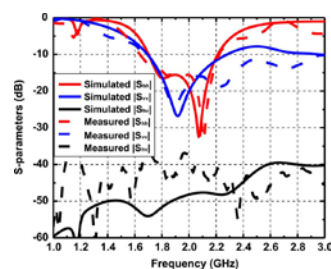
ผลงานวิจัยที่มี มาก่อน	ขนาดของ สายอากาศ (mm)	ช่วง ความถี่ ใช้งาน (MHz)	แบบรูปการ แพร่กระจาย คลื่น	โพลาไรซ์	อัตรา ขยาย
สายอากาศแบบห้วง สำหรับ LTE และเครื่อง เล่นแบบพกพาสำหรับรับ สัญญาณย่านโทรทัศน ระบบดิจิทัล [8]	150x150x0.8	496 ถึง 862	สองทิศทาง	เชิง เส้นแนว นอน	3 ถึง 5

2.5.2 งานวิจัยสายอากาศโพลาไรซ์แนวนอนรอบตัวที่มีมาก่อน

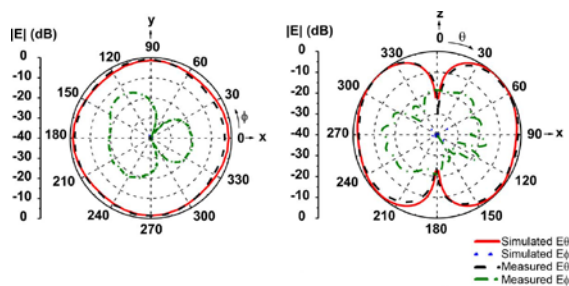
สายอากาศอ้างอิงที่ [9] ซึ่งเป็นผลงานของ X. Quan และ R. Li ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2013 โดยสายอากาศแสดงดังรูปที่ 2.20(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพเป็นรูปทรงกรวย มีแผ่นระนาบกราวด์ และป้อนจุดป้อนสัญญาณระหว่างแผ่นทั้งสอง ย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 1700 MHz ถึง 2200 MHz ผลการจำลองและผลการทดสอบคุณลักษณะของค่า $|S_{11}|$ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.20(ข) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบทิศทาง ที่มีโพลาไรซ์ในแนวนอน ดังรูปที่ 2.20(ค)



(ก) โครงสร้างของสายอากาศ



(ข) $|S_{11}|$

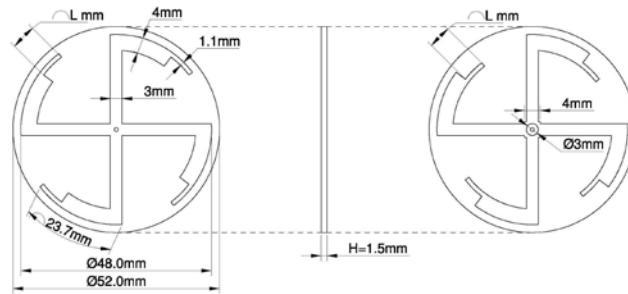


(ค) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

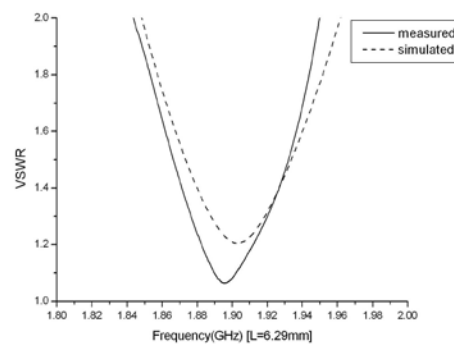
รูปที่ 2.20 สายอากาศชนิดแบนด์แบบรอบตัวที่มีโพลาไรซ์สำหรับสถานีส่ง [9]

สายอากาศอ้างอิงที่ [10] ซึ่งเป็นผลงานของ G. Jia และคณะ ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2010 โดยสายอากาศถูกแสดงดังรูปที่ 2.21(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพลักษณะเป็นแผ่นสองแผ่นที่เหมือนกัน ป้อนจุดป้อนสัญญาณระหว่างแผ่นทั้งสอง และย่านความถี่ที่

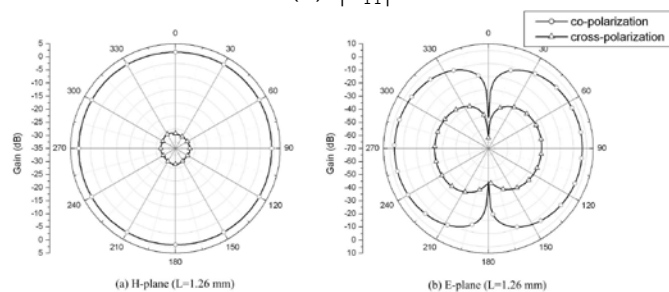
สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 1700 MHz ถึง 2400 MHz ผลการจำลองและผลการทดสอบคุณลักษณะของค่า $|S_{11}|$ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.21(ข) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบทิศทางที่มีโพลาไรซ์ในแนวนอน ดังรูปที่ 2.21(ค)



(ก) โครงสร้างของสายอากาศ



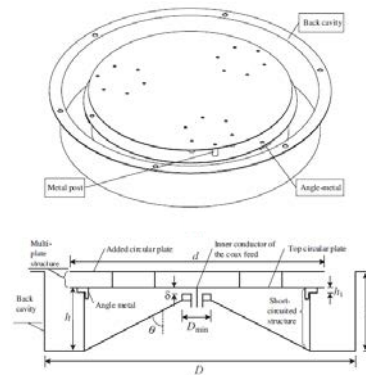
(ข) $|S_{11}|$



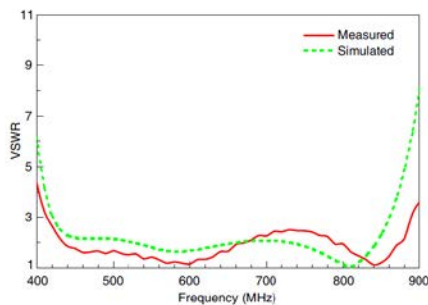
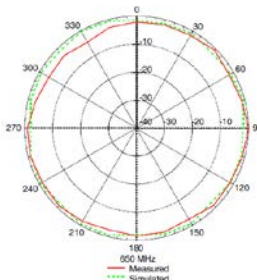
(ค) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

รูปที่ 2.21 สายอากาศขนาดเล็กแบบรอบทิศทางที่มีโพลาไรซ์แนวนอน [10]

สายอากาศอ้างอิงที่ [11] ซึ่งเป็นผลงานของ A. Chen และคณะ ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2011 โดยสายอากาศแสดงดังรูปที่ 2.22(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพเป็นรูปทรงกรวย มีแผ่นระนาบกราวด์ และมีป้อนจุดป้อนสัญญาณระหว่างแผ่นทั้งสอง ย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 430 MHz ถึง 845 MHz ผลการจำลองและผลการทดสอบคุณลักษณะของค่า $|S_{11}|$ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.22(ข) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบทิศทางที่มีโพลาไรซ์ในแนวนอน แสดงได้ดังรูปที่ 2.22(ค)



(ก) โครงสร้างของสายอากาศ

(ข) $|S_{11}|$ 

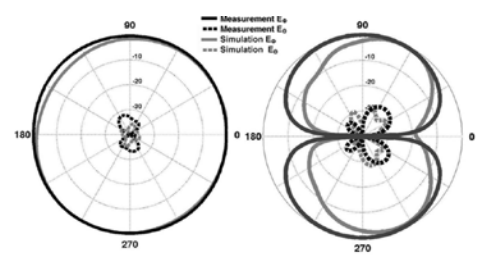
(ค) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น

รูปที่ 2.22 สายอากาศขนาดเล็กย่านกว้างสำหรับย่านความถี่เอชเอฟ [11]

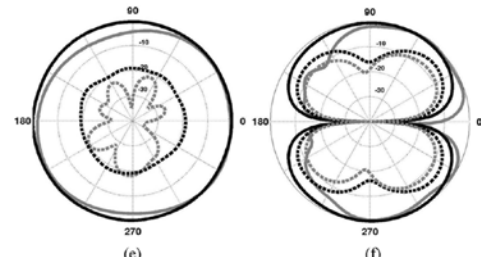
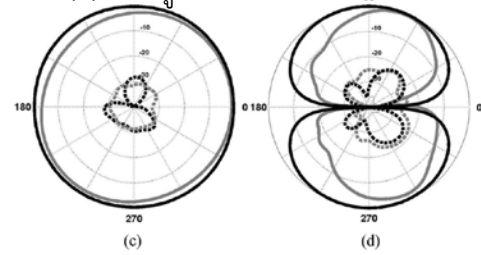
สายอากาศอ้างอิงที่ [12] ซึ่งเป็นผลงานของ Y. Yu และคณะ ที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 2013 โดยสายอากาศแสดงดังรูปที่ 2.23(ก) สายอากาศดังกล่าวมีขนาดทางกายภาพเป็นรูปทรงกรวย มีแผ่นระนาบกราวด์ และมีจุดป้อนสัญญาณระหว่างแผ่นทั้งสอง ย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 1760 MHz ถึง 2680 MHz ผลการจำลองและผลการทดสอบคุณลักษณะของค่า $|S_{11}|$ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.23(ข) และมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบทิศทางที่มีโพลาริไซในแนวนอนดังรูปที่ 2.23(ค)

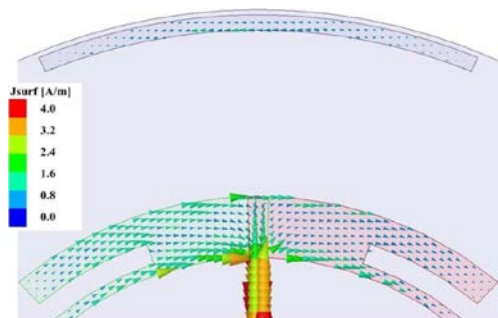


(ก) โครงสร้างของสายอากาศ

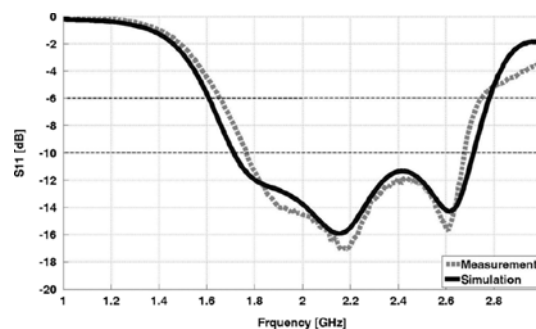
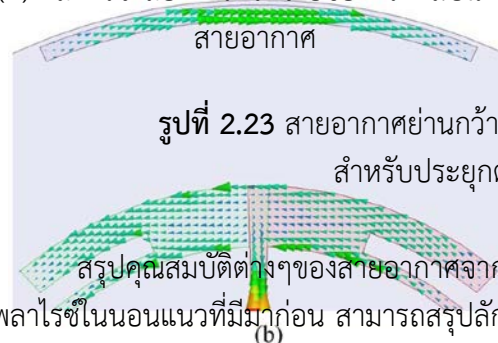


(ข) แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น





(ค) ผลการจำลองการกระจายของกระแสบนผิว

(ง) $|S_{11}|$ 

รูปที่ 2.23 สายอากาศย่านกว้างแบบรอบทิศทางที่มีโพลาไรซ์แนวนอน
สำหรับประยุกต์ใช้งาน 4G LTE [12]

สรุปคุณสมบัติต่างๆของสายอากาศจากงานวิจัยสายอากาศโพลาไรซ์แนวนอนรอบตัวที่มีการโพลาไรซ์ในแนวนอนแนวที่มีมาก่อน สามารถสรุปลักษณะโครงสร้างได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สรุปคุณสมบัติของสายอากาศของที่มีการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง และมีการโพลาไรซ์แนวนอนของผลงานวิจัยที่มีมาก่อน

ผลงานวิจัยที่มี มาก่อน	โครงสร้างของ สายอากาศ	ช่วงความถี่ใช้ งาน (MHz)	แบบรูปการ แพร่กระจาย คลื่น
A Broadband Dual-Polarized Omnidirectional Antenna for Base Stations [9]	ทรงกรวยมีฐานเป็นวงกลม	1700 ถึง 2200	รอบตัว
A Novel Compact Horizontally Polarized Omni-directional Antenna [10]	วงกลมซ้อนทับกัน	1700 ถึง 2400	รอบตัว
A Novel Low-profile Wideband UHF Antenna [11]	ทรงกรวยกับแผ่นสี่เหลี่ยม	430 ถึง 845	รอบตัว
A Wideband Omnidirectional Horizontally Polarized Antenna for 4G LTE Applications [12]	วงกลมซ้อนทับกัน	1760 ถึง 2680	รอบตัว

2.6 สรุป

ในบทนี้ได้เสนอทฤษฎีและหลักการของโทรทัศน์ระบบดิจิตอล โดยเริ่มจากประวัติความเป็นมารวมทั้งมาตรฐานโทรทัศน์ระบบดิจิตอลในประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยได้เริ่มทดลองออกอากาศโทรทัศน์ระบบดิจิตอลไปบ้างแล้ว และได้รับความสนใจจากสื่อมวลชน ประชาชน รวมไปถึง

ถึงผู้ประกอบการทางด้านโทรทัศน์ โดยส่วนมากแล้วการสร้างสายอากาศเพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานกับระบบโทรทัศน์ดิจิทัลนี้ มักจะมีช่วงความถี่ที่ใช้งานตั้งแต่ 470 MHz ถึง 862 MHz โดยขึ้นอยู่กับมาตรฐานการรับส่งของประเทศนั้นๆ ซึ่งในประเทศไทย ได้ตั้งข้อกำหนดการรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบดิจิทัล โดย กสทช. ที่มีการกำหนดมาตรฐานของเครื่องรับสัญญาณ หรือ Set Top Box ให้สามารถรับความถี่ได้ตั้งแต่ 470 MHz ถึง 862 MHz

จากการออกแบบสายอากาศที่ทำงานในย่านความถี่ของโทรทัศน์ระบบดิจิทัล จะต้องทำการออกแบบสายอากาศให้สามารถรับสัญญาณได้รอบตัว และมีการโพลาไรซ์ในแนวนอน นี่จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจสำหรับการออกแบบสายอากาศที่มีแบนด์วิธกว้าง ดังนั้นสายอากาศที่ได้นำเสนอในรายงานนี้ จึงได้มีการออกแบบรูปลักษณะของสายอากาศให้มีขนาดเบา เพื่อง่ายสำหรับการติดตั้งภายในอาคาร โดยสายอากาศจะออกแบบบนวัสดุแผ่นทองเหลืองที่มีราคาถูกและสามารถหาซื้อได้ง่าย สำหรับขั้นตอนเบื้องต้นของการออกแบบสายอากาศ รวมถึงการพัฒนารูปร่างของสายอากาศให้มีความเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานร่วมกับโทรทัศน์ระบบดิจิทัลได้มีการกล่าวไว้ในบทต่อไป