รายงานผลการศึกษาและจัดทำ
มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล

คณะอนุกรรมการเฉพาะกิจ
ศึกษาและจัดทำมาตรฐานทางเทคนิค
สำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล
กันยายน 2552

ฝ่ายเลขานุการคณะอนุกรรมการเฉพาะกิจ
ศึกษาและจัดทำมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล
สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ
87 ถนนพหลโยธิน ซอย 8 (สายลม) แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400
โทรศัพท์ 0 2271 0151-60 เว็บไซต์: www.ntc.or.th

สารบัญ	**i**
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)	**0-1**
ส่วนที่หนึ่ง ข้อมูลทางเทคนิคของระบบโทรทัศน์ดิจิทัล	**1-1**
ภาพรวมของเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์	
มาตรฐานสากลของเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (Digital Terrestrial TV)	
มาตรฐานสากลของเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลอื่นๆ	
ส่วนที่สอง บทวิเคราะห์และข้อเสนอแนะระบบโทรทัศน์ดิจิทัลสำหรับประเทศไทย	**2-1**
การเลือกใช้มาตรฐานสากลของเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัล	
การจัดแผนความถี่วิทยุสำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัล	
แนวทางการดำเนินการเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยีแอนะล็อกสู่ดิจิทัล	
ประโยชน์และผลกระทบจากการเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยีแอนะล็อกสู่ดิจิทัล	
ส่วนที่สาม ร่าง มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัล	**3-1**
ร่าง มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการให้บริการโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน	
ร่าง มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับอุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน	
ตารางแสดงข้อเสนอแนะแนวทางจัดสรรคลื่นความถี่สำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล	
องค์ประกอบคณะอนุกรรมการฯ	

รายงานผลการศึกษาและจัดทำมาตรฐานทางเทคนิค
สำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

เอกสารนี้ถูกจัดทำขึ้นโดย คณะอนุกรรมการเฉพาะกิจศึกษาและจัดทำมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล ตามคำสั่งแต่งตั้งของคณะกรรมการมาตรฐาน กทช . โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ ศึกษารวบรวม และวิเคราะห์มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับโทรทัศ น์ระบบดิจิทัลที่มีใช้งานในระดับสากล คัดเลือกมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัลที่สมควรใช้งานในประเทศไทย และเสนอแนะ แนวทางการจัดสรรย่านความถี่วิทยุที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานโทรทัศน์ระบบดิจิทัลในประเทศไทย

เอกสารนี้แบ่งออกเป็น3 ส่วน มีรายละเอียดพอสรุปได้ดังนี้

ส่วนที่หนึ่ง เป็นส่วนข้อมูลทางเทคนิคของระบบโทรทัศน์ดิจิทัล โดยกล่าวถึงความเป็นมาและรายละเอียดทางเทคนิคของเทคโนโลยี โทรทัศน์ระบบดิจิทัลในระดับสา กล ซึ่งเทคโนโลยี โทรทัศน์ระบบดิจิทัลนี้สามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น เทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้ นดิน ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม ระบบโทรทัศน์มือถือดิจิทัล ฯลฯ และถูกพัฒนาขึ้นจากหลายประเทศ เช่น กลุ่มมาตรฐาน ATSC ของประเทศสหรัฐอเมริกา กลุ่มมาตรฐาน DVB ของกลุ่มประเทศยุโรป กลุ่มมาตรฐาน ISDB ของประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น นอกจากนี้ ยังได้กล่าวถึงข้อมูลทางเทคนิคอื่น ๆ ที่สำคัญ เช่น เทคนิคการบีบอัดสัญญาณเสียงและวิดีโอ รหัสช่องสัญญาณ เทคนิคการมอดูเลต ขนาดแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ สมรรถนะของระบบการมัลติเพล็กซ์ ฯลฯ

ส่วนที่สอง เป็นส่วนบทวิเคราะห์และข้อเสนอแนะระบบโทรทัศน์ดิจิทัลสำหรับประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วยบทวิเครา ะห์แนวทาง ในการเลือกใช้มาตรฐานของเทคโนโลยีระบบวิทยุโทรทัศน์ดิจิทัล ที่เหมาะสมกับประเทศไทย ข้อเสนอแนะในการจัด แผนความถี่วิทยุสำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัล ข้อเสนอแนะแนวทางการดำเนินการเปลี่ยนผ่าน จากเทคโนโลยีแอนะล็อก ไปสู่ดิจิทัล รวมถึงประโยชน์และผลกระทบจากการเปลี่ยนผ่านทางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้น

จากผลการศึกษา ได้ข้อสรุปว่าประเทศไทยควรเลือกใช้มาตรฐาน DVB ของยุโรป ซึ่งเป็นที่ยอมรับและมีการใช้งาน แพร่หลายมากที่สุด อีกทั้งยังสอดคล้อง และเป็นไปตามข้อตกลงในที่ประชุมรัฐมนตรีสารสนเทศอาเซียนหรือ AMRI (ASEAN Ministers Responsible for Information) ที่มีมติสนับสนุนให้รับ DVB-T เป็นมาตรฐานร่วมของอาเซียนสำหรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน

สำหรับการจัดแผนความถี่วิทยุสำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัล คณะอนุกรรมการฯ ได้จัดทำ ข้อเสนอแนะแนวทางการจัดสรรความถี่สำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัลโดยเสนอให้มี การปรับปรุงแผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ของประเทศ ปี พ.ศ. 2539 เดิม ซึ่งการปรับปรุงแผนความถี่ดังกล่าวจะยึดจากหลักการที่สามารถให้บริการโทรทัศน์ระบบดิจิทัล ได้โดยไม่ส่งผลกระทบกับการให้บริการโทรทัศน์ระบบแอนะล็อกเดิมในช่วงของการเปลี่ยนผ่าน และเมื่อเสร็จสิ้นช่วงระยะเวลาการเป ลี่ยนผ่านเทคโนโลยีแล้ว จะสามารถนำย่านความถี่ที่ให้บริการโทรทัศน์ระบบแอนะล็อกเดิม มาใช้เพิ่มเติมสำหรับการให้บริการโทรทัศน์ระบบดิจิทัล เพิ่มเติมหรือนำไปประยุกต์ใช้งานด้านอื่นได้

ส่วนที่สาม เป็นส่วน ร่างมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัล โดยเป็นการเสนอข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับเครื่อง และอุปกรณ์สำหรับเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัล ที่จะนำมาใช้งานภายในประเทศ ซึ่งมุ่งเน้น ถึงข้อกำหนด ที่เกี่ยวข้องกั บการทำงานร่ว มกันได้ของระบบ (Interoperability) เอกสารส่วนนี้ประกอบด้วย ร่างมาตรฐาน 2 ส่วนคือ

1) ร่างมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการให้บริการโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ซึ่งเป็น ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับอุปกรณ์ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินในส่วนของสถานีโทรทัศน์

2) ร่างมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับอุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ซึ่งเป็น ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับอุปกรณ์ ภาครับสำหรับระบบ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินที่ใช้ติดตั้งในส่วนของผู้ใช้บริการ

คณะอนุกรรมการเฉพาะกิจศึกษาและจัดทำมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล ประสงค์จะขอรับข้อคิดเห็น /ข้อเสนอแนะจาก ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่มีต่อเอกสารนี้ โดยเฉพาะ ในส่วนของ (ร่าง) มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัล เพื่อจะได้นำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ ก่อนนำเสนอคณะกรรมการมาตรฐาน กทช และ กทช. พิจารณาต่อไป

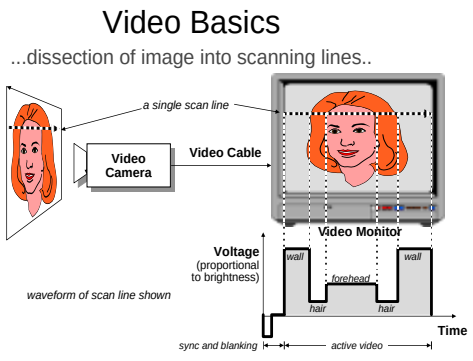
ส่วนที่หนึ่ง

ข้อมูลทางเทคนิคของระบบโทรทัศน์ดิจิทัล

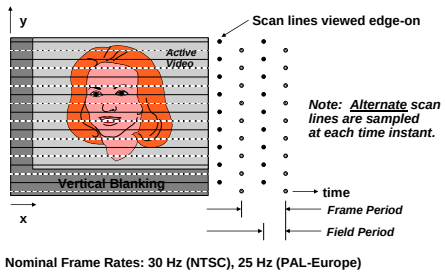
เทคโนโลยีโทรทัศน์แอนะล็อก

ในยุคเริ่มต้นของ กิจการ วิทยุกระจายเสียงและแพร่ภาพ โทรทัศน์ นั้น การให้บริการโทรทัศน์ ใช้เทคโนโลยีที่เป็น ระบบแอนะล็อกแบบขาว- ดำ ในเวลาต่อมามีการพัฒนา โทรทัศน์สี ขึ้น ซึ่งเป็นการต่อยอดทางเทคโนโลยีจาก โทรทัศน์ขาว- ดำ โดยการแพร่สัญญาณภาพส่วนที่เป็นภาพสีฝากไปกั บแถบความถี่ภายในช่องความถี่ที่กำหนด เพื่อให้เครื่องรับโทรทัศน์ขาว- ดำ ยังคงรับสัญญาณจากการส่งโทรทัศน์สีได้ ปัจจุบันมีระบบโทรทัศน์สี อยู่ 3 ระบบ ได้แก่ NTSC (National Television System Committee), PAL (**Phase Alternating Line**) และ SECAM (Séquentiel couleur avec mémoire หรือ Sequential Color with Memory) ทั้ง 3 ระบบอิงอยู่บนหลักการพื้นฐานเดียว กัน คือ ภาพ ที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์ เกิดจากการสแกน (scan) ในแนวนอน จำนวนหลายเส้นสแกนจนครบเฟรมภาพ (Frame) หนึ่งเฟรม ในทางทฤษฎีเส้นสแกนในแนวนอนจะต่อเนื่องกัน นั่นคือ ความชัดเจนขอ งภาพทางแนวนอนไม่มีขีดจำกัด แต่ในทางปฏิบัติ ความชัดเจนของภาพทางแนวนอน จะถูกจำกัดด้วยความกว้างของแถบความถี่ของช่องสัญญาณโทรทัศน์

โทรทัศน์สีแอนะล็อกใช้วิธีสแกนภาพแบบ อินเทอร์เลซ (Interlaced) กล่าวคือ ภาพแต่ละเฟรมจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่เรียกว่า ฟิลด์ คี่ และฟิลด์คู่ ทั้งสอง ฟิลด์จะถูกนำมาแสดงสลับกันด้วยอัตราจำนวนเฟรม ต่อวินาที (หรือจำนวนภาพต่อวินาที) โดยที่อิงกับมาตรฐานภาพยนตร์ (ซึ่งมีค่าเท่ากับ 24 เฟรม ต่อวินาที) การเลือกอัตราจำนวน เฟรมต่อวินาที สำหรับระบบโทรทัศน์ยังคำนึงถึงความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศนั้น ๆ ด้วย กล่าวคือ ในประเทศที่ใช้กระแสไฟฟ้า 50 Hz จะเลือกใช้ 25 เฟรม ต่อวินาที ในขณะที่ประเทศที่ใช้กระแสไฟฟ้า 60 Hz จะใช้ 30 เฟรม ต่อวินาที เหตุผลของการเลือกตัวเลขดังกล่าวนี้ก็ เพื่อหลีกเลี่ยงการวูบวาบ (Flicker) ของภาพที่เกิดขึ้นจากการรบกวนเมื่อจังหวะในการสแกนภา พโทรทัศน์ไม่สัมพันธ์กับแสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าในห้องที่รับชมโทรทัศน์อยู่



รูปที่ 1-1 ตัวอย่างแสดงการสแกนภาพโทรทัศน์



รูปที่ 1-2 การแสดงผลด้วยวิธีสแกนภาพแบบอินเทอร์เลซ

ก่อนที่จะทำการ แพร่กระจายสัญญาณภาพโทรทัศน์สีแอนะล็อกจากสถานีส่งไป ยังสายอากาศ ของเครื่องรับ สัญญาณภาพโทรทัศน์สีแอนะล็อกจะถูกมอดูเลตเข้ากับคลื่นความถี่วิทยุเพื่อให้สัญญาณสามารถส่งผ่านอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพบนคลื่นความถี่ตามที่กำหนด และ ลดผลกระทบของสัญญาณรบกวน การมอดูเลตสัญญาณภาพโทรทัศน์สีแบบแอนะล็อกกับคลื่นความถี่วิทยุส่วนมากจะเป็น การมอดูเลตเชิงขนาดแบบ VSB (Vestigial Sideband) ซึ่งมีข้อดีคือมีประสิทธิภาพการใช้งานแบนด์วิทด์ที่ดี

ในส่วนของการส่งสัญญาณเสียง สำหรับ ระบบโทรทัศน์สีแบบแอนะล็อก นั้นใช้ระบบการมอดูเลตที่ต่างไปและการมอดูเลตกับคลื่นความถี่วิทยุจะแยกกันกับสัญญาณภาพ แต่ทั้งสองสัญญาณ อาจจะรวมกันในเครื่องขยายสัญญาณ (กล่าวคือ ใช้เครื่องขยายสัญญาณร่วมกัน) หรืออาจจะรวมกันก่อนจะป้อนสู่ระบบสายอากาศ (กล่าวคือ ใช้เครื่องขยายสัญญาณแยกกัน) โดยทั่วไปสัญญาณเสียง โมโน (mono) จะเป็นการมอดูเลตสัญญาณเสียงแบบ FM กับคลื่นความถี่วิทยุ ส่วนสัญญาณเสียง ภาษาที่ 2 หรือเสียงระบบสเตอริโอ (stereo) จะเป็นระบบ Digital NICAM อย่างที่ใช้ประเทศอังกฤษ ระบบ FM-FM ในประเทศญี่ปุ่น ระบบ A2 Stereo หรือมาตรฐาน IRT ในประเทศเยอรมัน และ ระบบ BTSC หรือ MTS ในประเทศสหรัฐอเมริกา

ระบบโทรทัศน์สีแอนะล็อกทั่วโลกแพร่ภาพในย่านความถี่ VHF และ UHF เหมือน ๆ กัน แต่การจัดสรรขนาดความกว้างของช่องสัญญาณความถี่วิทยุ จำนวนเส้นสแกน ความถี่ด้านภาพและเสียง จะแตกต่างกันไปตามมาตรฐานการแพร่ภาพสัญญาณโทรทัศน์ที่เลือกใช้

สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecom Union) หรือที่เรียกโดยย่อว่า ITU ได้จัดสรรความถี่ย่าน VHF และ UHF สำหรับกิจการกระจายเสียงและแพร่ภาพ (broadcasting) ไว้ดังนี้คือ

VHF Band I	ความถี่ 47-72 MHz
VHF Band II	ความถี่ 87-108 MHz
VHF Band III	ความถี่ 174-230 MHz
UHF Band IV, V	ความถี่ 470-890 MHz

จะด้วยเหตุผลทางประวัติศาสตร์หรือเหตุผลอื่น ๆ ก็ตาม ประเทศ ส่วนใหญ่ ใช้มาตรฐานการส่งโทรทัศน์ บนย่านความถี่ UHF มากกว่าย่านความถี่ VHF หมายเหตุ ในหลายประเทศอาจใช้ความถี่เหล่านี้กับกิจการอื่น ๆ เช่น ประจำที่ (Fixed) หรือเคลื่อนที่ (Mobile) ร่วมกับกิจการ กระจายเสียงและแพร่ภาพด้วย

ภายหลังการประชุม ITU ณ กรุงสต็อกโฮล์ม (Stockholm) ในปี ค.ศ. 1961 ITU ได้กำหนดมาตรฐานการส่งสัญญาณโทรทัศน์โดยใช้ตัวอักษร A-N ผสมกับระบบโทรทัศน์สี (NTSC, PAL และ SECAM) เช่น PAL-B, NTSC-M เป็นต้น ดังปรากฏใน ตารางที่ 1-1 ดังนี้

ตารางที่ 1-1 มาตรฐานการส่งโทรทัศน์ ตามตัวอักษร A-N

System	Lines	Frame Rate	BW (MHz)	Visual (MHz)	Sound (MHz)	VSB (MHz)	Vision Mod.	Sound Mod.
A	405	25	5	3	-3.5	0.75	Pos.	AM
B	625	25	7	5	+5.5	0.75	Neg.	FM
C	625	25	7	5	+5.5	0.75	Pos.	AM
D	625	25	8	6	+6.5	0.75	Neg.	FM
E	819	25	14	10	+11.5	2.00	Pos.	AM
F	819	25	7	5	+5.5	0.75	Pos.	AM
G	625	25	8	5	+5.5	0.75	Neg.	FM
H	625	25	8	5	+5.5	1.25	Neg.	FM
I	625	29.97	8	5.5	+5.9996	1.25	Neg.	FM
J	525	25	6	4.2	+4.5	0.75	Neg.	FM
K	625	25	8	6	+6.5	0.75	Neg.	FM
L	625	25	8	6	+6.5	1.25	Pos.	AM
M	525	29.97	6	4.2	+4.5	0.75	Neg.	FM
N	625	25	6	4.2	+4.5	0.75	Neg.	FM

หมายเหตุ ระบบในแถบสีเทา เป็นระบบที่เลิกใช้แล้ว คือ

A ระบบ 405 เส้น ความถี่ VHF ในประเทศอังกฤษ

C ระบบเดิม ความถี่ VHF ในประเทศเบลเยี่ยม

E ระบบ 819 เส้น ความถี่ VHF ในประเทศฝรั่งเศส ความชัดเจนใกล้เคียง HDTV ปัจจุบัน

F ระบบ 819 เส้น แต่ BW 7 MHz ความถี่ VHF ในประเทศเบลเยี่ยมและลักแซมเบอร์ก

ระบบ ที่ยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้แก่

B ทั่วไป ความถี่ VHF เช่น PAL-B, ยกเว้นทวีป ออสเตรเลีย มีทั้ง VHF และ UHF

D ทั่วไปย่านความถี่ VHF เช่น SECAM-D, ยกเว้นจีน PAL-D ทั้ง VHF และ UHF

G ทั่วไปความถี่ UHF เช่น PAL-G ใช้คู่กับ B ในความถี่ VHF ยกเว้นทวีป ออสเตรเลีย

H ความถี่ UHF เช่น PAL-H ใช้ในประเทศเบลเยี่ยม ลักแซมเบอร์ก และกลุ่มประเทศยูโกสลาเวียเดิม

I ความถี่ UHF เช่น PAL–I ใช้ในประเทศอังกฤษ ไอร์แลนด์ อาฟริกาใต้ มาเก๊า และฮ่องกง

J ความถี่ VHF เช่น NTSC-J และ UHF ใช้ในประเทศญี่ปุ่น

K ทั่วไป ความถี่ UHF เช่น SECAM-K ใช้คู่กับ D ในย่านความถี่ VHF

L ความถี่ VHF Band I เช่น SECAM-L ในประเทศฝรั่งเศส

M ความถี่ VHF และ UHF เช่น NTSC –M ใช้ในทวีปอเมริกาเหนือ ฟิลิปปินส์ เกาหลีใต้ ไต้หวัน และ เมียนม่าร์ ส่วนในประเทศบราซิล เป็นระบบ PAL-M

N ความถี่ VHF และ UHF เช่น PAL-N ใช้ในทวีปอเมริกาใต้ อาเจนตินา ปารากวัย อุรุกวัย

สำหรับประเทศไทยและประเทศในกลุ่มอาเซียน ใช้ระบบ PAL-B และ PAL-G ยกเว้น เมียนม่าร์และฟิลิปปินส์ ใช้ระบบ NTSC-M

<u>เทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัล</u> <u>Digital television (DTV)</u>

เป็นเวลาหลายสิบปีที่กิจการโทรทัศน์แอนะล็อกให้บริการสู่ผู้ชมทั้งที่ผ่านดาวเทียม เคเบิลทีวี และจากสถานีโทรทัศน์ภาคพื้นดิน มีความพยายามลดจำนวนมาตรฐานการส่งโทรทัศน์ ตั้งแต่ยุคโทรทัศน์ ขาว - ดำ ที่มีจำนวนเส้นสแกนต่างถึง 4 ระบบคือ 405, 525, 625 และ 819 เส้น เหลือเพียง 2 ระบบคือ 525 และ 625 เส้น แต่มีระบบโทรทัศน์สี 3 ระบบ คือ NTSC, PAL และ SECAM คือระบบ NTSC 525 เส้น PAL มีทั้ง 525 / 625 เส้น และ SECAM 625 เส้น เมื่อเทคโนโลยีได้รับการพัฒนาไปสู่โทรทัศน์ยุคดิจิทัล จึงคาดหวังกันว่าน่าจะมีมาตรฐานโทรทัศน์ดิจิทัลเพียงมาตรฐานเดียว อย่างไรก็ดี ในทางปฏิบัติประเทศหรือกลุ่มประเทศที่เป็นผู้นำทางเทคโนโลยีต่างก็พัฒนามาตรฐานระบบโทรทัศน์ดิจิทัลที่เป็นของตนเองขึ้นมาใช้งาน แต่กระนั้น มีข้อพึงสังเกตว่า โดยพื้นฐานแล้วมาตรฐานของแต่ละระบบ ต่างก็ใช้สัญญาณภาพที่เป็น ดิจิทัลและใช้การบีบอัดแบบ MPEG-2 เหมือนกัน

โทรทัศน์ดิจิทัล (Digital television หรือ DTV) คือระบบการแพร่สัญญาณภาพเคลื่อนไหวและสัญญาณเสียงไปสู่เครื่องรับโทรทัศน์ด้วยสัญญาณดิจิทัล ซึ่งแตกต่างกับการใช้สัญญาณแอนะล็อกในระบบโทรทัศน์แอนะล็อก โดยทั่วไป DTV ใช้สัญญาณดิจทัลที่ถูกบีบอัดและเข้ารหัส MPEG-2 การรับชมจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ถอดรหัส ซึ่งอาจมีมาพร้อมกับตัวเครื่องรับโทรทัศน์เลยหากเป็นโทรทัศน์รุ่นใหม่ที่ผลิตขึ้นมาเพื่อรองรับระบบดิจิทัล หรือจะเป็นอุปกรณ์ถอดรหัส ที่แยกอยู่โดด ๆ ในอุปกรณ์เครื่องรับสัญญาณที่เรียกว่า STB (Set Top Box) ซึ่งใช้ถอดรหัสสัญญาณและป้อนให้กับเครื่องรับโทรทัศน์แอนะล็อกที่มีใช้งานทั่วไป หากเป็นการรับชมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ก็มีการ์ดรับสัญญาณที่สามารถถอดรหัสได้ ในระบบโทรทัศน์ดิจิทัล สัญญาณภาพและเสียงที่รับได้มีคุณภาพสูงกว่า ระบบ โทรทัศน์แอนะล็อก เนื่องจากเทคโนโลยีดิจิทัลมีขีดความสามารถในการขจัดปัญหาของ สัญญาณรบกวน ได้ดีกว่าแอนะล็อก ภาพเสียงชัดเจนไม่มีภาพเงา การเปลี่ยนแปลงไปสู่ DTV นับว่าเป็นการปฏิวัติวงการโทรทัศน์ยิ่งกว่าตอนเปลี่ยนจากโทรทัศน์ขาว -ดำไปเป็นโทรทัศน์สี ก่อให้เกิดธุรกิจและโอกาสใหม่ ๆ ในวงการวิทยุกระจาย เสียงและแพร่ภาพโทรทัศน์ รวมถึงผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ DTV ได้รับความนิยมแพร่หลายอย่างรวดเร็ว ซึ่งมี

ทั้งการให้บริการผ่าน ระบบสื่อสาร ดาวเทียม ผ่านเคเบิล ผ่านบรอดแบนด์ และผ่านสถานีโทรทัศน์ภาคพื้นดิน

มาตรฐานการส่งสัญญาณโทรทัศน์ ดิจิทัลผ่านดาวเทียม แบบ DVB-S (Digital Video Broadcasting Satellite) เป็นต้นแบบของมาตรฐานการส่งสัญญาณโทรทัศน์ ดิจิทัลระบบอื่น ๆ ทั้งในเรื่องของ วิธีการมอดูเลตแบบ QPSK, วิธีการบีบอัดและเข้ารหัส ข้อมูลด้วยมาตรฐาน MPEG-2 และวิธีการแก้ไขความผิดพล าดแบบไปข้างหน้า (Forward Error Correction) ซึ่งมาตรฐาน DVB-S เริ่มถูกนำมาใช้งานในปี ค.ศ. 1995 และได้รับการยอมรับอย่างรวดเร็ว มีการใช้งานกันอย่าง แพร่หลายทั่วโลก สำหรับลักษณะของการส่งข้อมูลผ่านทางช่องสัญญาณของมาตรฐาน DVB-S แบ่งออกได้ 2 แบบ ได้แก่ MCPC (Multi Channel per Carrier) ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณโทรทัศน์หลายช่องในรูปของสัญญาณดิจิทัลบนคลื่นพาห์เดียว และ SCPC (Single Channel per Carrier) ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณโทรทัศน์ หนึ่งช่องในรูปของสัญญาณดิจิ ทัลบนคลื่นพาห์เดียว

ตัวอย่างผู้ใ ห้บริการโทรทัศน์ ดิจิทัล ผ่านดาวเทีย มในประเทศต่าง ๆ มีดังนี้ Direct TV และ Dish Network ให้บริการในประเทศสหรัฐอเมริกา Sky Digital ให้บริการในประเทศอังกฤษ Astro ให้บริการในประเทศมาเลเซีย และ True Vision ให้บริการ ในประเทศไทย การให้บริการโทรทัศน์ ดิจิทัลผ่านดาวเทียม ได้รับความนิยม เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง เพราะ มีช่องรายการให้เลือก จำนวนมาก จานรับสัญญาณดาวเทียมมีราคาถูก การติดตั้งทำได้สะดวกเนื่องจาก จานรับสัญญาณดาวเทียม มีขนาดเล็ก โดยจานรับสัญญาณดาวเทียม Ku Band มีขนาดเพียง 60-90 ซ.ม. และจานรับสัญญาณดาวเทียม C-Band มีขนาด 150-180 ซ.ม.

มาตรฐานการส่งสัญญาณโทรทัศน์ผ่านเคเบิล แบบ DVB-C (Digital Video Broadcasting-Cable) ใช้วิธีการบีบอัดและเข้ารหัสข้อมูลด้วยมาตรฐาน MPEG-2 เช่นเดียวกับมาตรฐาน DVB-S แต่จะใช้การมอดูเลตสัญญาณแบบ QAM แทน ตัวอย่างเช่น การมอดูเลตสัญ ญาณแบบ 16QAM, 64QAM, 128QAM และ 256QAM พร้อมทั้งมีการใช้รหัสช่องสัญญาณ (Channel Coding) ก่อนการมอดูเลตและส่งสัญญาณ

การส่งสัญญาณโทรทัศน์ ดิจิทัลภาคพื้นดิน (Digital Terrestrial Television Broadcasting: DTTB) ใช้วิธีการ บีบอัดและเข้ารหัส ข้อมูลด้วยมาตรฐาน MPEG-2 เช่นเดียวกับมาตรฐาน DVB-S และ DVB-C ระบบ DTTB ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ แทนที่ระบบโทรทัศน์แอนะล็อก โดยระบบใหม่นี้มีข้อดีคือมีจำนวนช่องรายการมากกว่า และมีคุณภาพของภาพและเสียง ที่ดีกว่าโทรทัศน์แอนะล็อก สำหรับการรับสัญญาณสามารถกระทำได้ โดยใช้สาย อากาศรับ สัญญาณ โทรทัศน์ แบบ ธรรมดาที่ใช้ กันอยู่ตามบ้านเรือนทั่วไป ซึ่งจะประหยัดกว่า การใช้จานรับ สัญญาณ ดาวเทียมหรือ การสมัคร เป็นสมาชิกเคเบิลทีวี ปัจจุบันระบบ DTTB ในโลกนี้มีอยู่ 4 มาตรฐาน ได้แก่

1. ATSC ถูกพัฒนาขึ้นมาในประเทศสหรัฐอเมริกา
2. DVB-T ถูกพัฒนาขึ้นมาในทวีปยุโรป
3. ISDB-T ถูกพัฒนาขึ้นมาในประเทศญี่ปุ่น

4. DTMB ถูกพัฒนาขึ้นมาในประเทศจีน

รายละเอียดของมาตรฐานทั้ง 4 แบบจะได้กล่าวถึงในหัวข้อย่อยต่อไป

มาตรฐาน ATSC

ระบบโทรทัศน์ดิจิทัล ATSC ได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1998 เพื่อใช้แทนที่ระบบโทรทัศน์สีแอนะล็อก NTSC 525 เส้น 60 Hz โดยคณะกรรมการ ATSC (Advance Television System Committee) สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ข้อกำหนดในการพัฒนาระบบใหม่นี้คือ ต้องสามารถครอบคลุมพื้นที่ การให้บริการ เมื่อวัดทั้งขนาดพื้นที่ ทางภูมิศาสตร์ และจำนวนประชากร ได้เทียบเท่ากับการให้บริการโทรทัศน์สี NTSC แบบดั้งเดิม โดยต้องไม่มีการรบกวนกันกับการให้บริการโทรทัศน์สี NTSC ที่มีอยู่เดิม ทั้งนี้ได้มีการทดสอบการให้บริการโทรทัศน์ดิจิทัล ATSC แล้ว ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า เป็นที่น่าพอใจ อย่างยิ่ง เนื่องจากมีการรบกวนระหว่างช่องสัญญาณความถี่เดียวกันต่ำ จึงสามารถเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณได้มากขึ้น และผู้ชมทางบ้านสามารถรับชมได้อย่างสะดวกเพราะใช้เพียงสายอากาศที่ติดตั้งบนหลังคา (roof-top) หรือสายอากาศแบบพกพาเคลื่อนย้ายได้ (Portable) ก็จะรับสัญญาณได้ดี

ระบบ ATSC ได้กำหนดมาตรฐานรูปแบบภาพโทรทัศน์ ที่มีความชัดเจนแตกต่างกัน ตามตารางที่ 1-2 ดังนี้

ตารางที่ 1-2 มาตรฐานรูปแบบภาพโทรทัศน์แบบต่าง ๆ

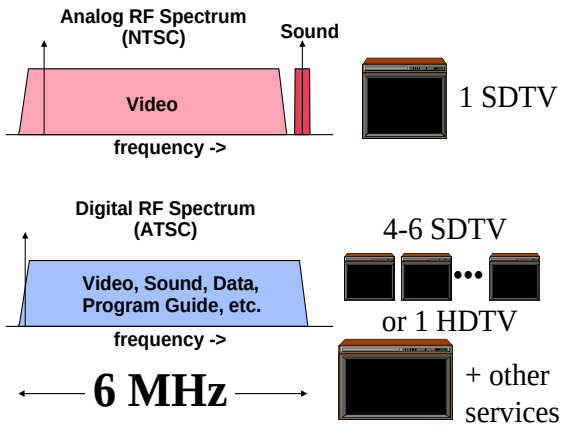
Vertical Lines	*Pixels*	*Aspect Ratio*	*Picture rate**
1080	1920	16 : 9	60i, 30p, 24p
720	1280	16 : 9	60i, 30p, 24p
480	704	16 : 9 and 4 : 3	60p, 60i, 30p, 24p
480	640	4 : 3	60p, 60i, 30p, 24p

หมายเหตุ i : การสแกนแบบอินเทอร์เลซ (Interlaced) ที่ใช้กับโทรทัศน์ทั่วไป, p : การสแกนแบบก้าวหน้า (Progressive) ที่ใช้กับจอภาพ

รูปที่ 1-3 มาตรฐานโทรทัศน์ ระบบ ATSC แบบต่างๆ

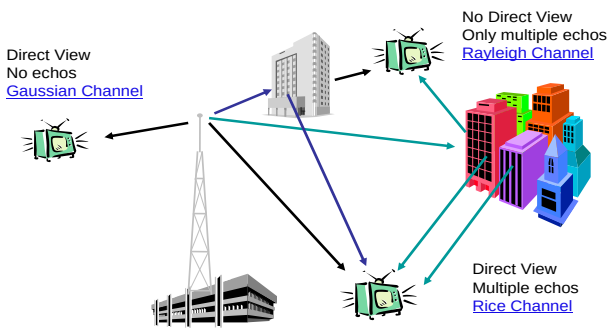
จากตารางที่ 1-2 สถานีโทรทัศน์สามารถเลือก รูปแบบภาพ ให้เหมาะสมกับ รายการที่ถ่ายทอด เช่น หากกำลังถ่ายทอดรายการ ภาพยนตร์ ให้เลือกรูปแบบภาพที่มีความละเอียด 1920 X 1080 พิกเซล, 60i โดยใช้อัตราส่วนระหว่างความยาวในแนวนอนกับความยาวในแนวดิ่งเท่ากับ 16 : 9 หรือที่เรียกว่ามาตรฐาน 1080i ส่วนการถ่ายทอดการแข่งขันกีฬาและข่าว อาจเลือก รูปแบบภาพที่มีความละเอียด 1280 X 720 พิกเซล, 30p โดยใช้อัตราส่วนระหว่างความยาวในแนวนอนกับความยาวในแนวดิ่งเท่ากับ 16 : 9 หรือที่เรียกว่ามาตรฐาน 720p เป็นต้น มาตรฐานรูปแบบภาพโทรทัศน์แบบ 1080i และ 720p ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานโทรทัศน์ความชัดเจนสูง หรือ มาตรฐาน HDTV ซึ่งมีความชัดเจนมากกว่า รูปแบบภาพที่มีความละเอียด 480 X 704, 60i หรือแบบ 480 X 640, 60i บนมาตรฐานจอภาพ 16 : 9 หรือ 4 : 3 ซึ่งกำหนดให้เป็นโทรทัศน์ความชัดเจนมาตรฐาน SDTV โดยทั่วไปโทรทัศน์ความชัดเจนสูงจะชัดกว่าโทรทัศน์ความชัดเจนมาตรฐาน และโทรทัศน์สี NTSC ถึง 6 เท่า สำหรับระบบเสียงนั้น มาตรฐาน ATSC เลือกใช้ตามมาตรฐาน Dolby AC-3 แบบ 5.1 ช่องเสียง ทั้งสำหรับสัญญาณภาพซึ่งถูกบีบอัดด้วยมาตรฐาน MPEG-2 และสัญญาณเสียงระบบ Dolby AC-3 จะถูกนำมามัลติเพล็กซ์กันตามมาตรฐาน MPEG-2 TS ก่อนที่จะถูกนำมาเข้ารหัสและมอดูเลตสัญญาณเชิงขนาดแบบ VSB เช่นเดียวกับระบบโทรทัศน์สี NTSC

การมอดูเลตสัญญาณเชิงขนาดแบบ VSB สำหรับมาตรฐาน ATSC นั้น ได้แก่การมอดูเลตแบบ 8 VSB โดยวิธีการมอดูเลตสัญญาณแบบ 8 VSB สามารถป้องกันการรบกวนจากระบบโทรทัศน์สี NTSC เดิมได้ดีกว่า และขนาดช่องสัญญาณที่ใช้ได้มีขนาด 6, 7 และ 8 เมกกะเฮิร์ต หากใช้วิธีการมอดูเลตสัญญาณแบบ 8 VSB ในช่องสัญญาณขนาด 6 เมกกะเฮิร์ต จะสามารถรองรับอัตราบิตของการส่งข้อมูลได้ถึง 19.28 เมกกะบิตต่อวินาที โดยอัตราข้อมูลนี้สามารถรองรับรายการโทรทัศน์ที่มีความชัดเจนสูงได้ 1 รายการ หรือรายการโทรทัศน์ที่มีความชัดเจนมาตรฐานได้ถึง 4-6 รายการพร้อมกัน และมาตรฐาน ATSC เหมาะสำหรับประเทศที่ใช้ไฟฟ้าระบบ 60 เฮิร์ต ปัจจุบันยังไม่สามารถให้บริการแก่โทรทัศน์เคลื่อนที่ได้



รูปที่ 1-4 เปรียบเทียบการใช้สเปกตรัมความถี่ของโทรทัศน์สี NTSC และโทรทัศน์ดิจิทัล ATSC

รูปที่ 1-4 แสดงการใช้สเปกตรัมความถี่ของโทรทัศน์ ดิจิทัล ATSC ซึ่งผลจากการใช้เทคโนโลยี 8VSB คือทำให้ได้เขต บริการที่กว้างไกลกว่า มาตรฐานอื่น ๆ ที่กำลังส่งออกอากาศ (ERP หรือ effective radiated power) เท่ากัน จึงเหมาะสมกับประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีพื้นที่กว้างขวางแต่มีความหนาแน่นของประชากรน้อย โดย ประชากร ที่อยู่ในเขต พื้นที่ที่มีความหนาแน่นต่ำ ลักษณะของ ช่องสัญญาณ จะเป็นช่องสัญญ าณที่มี สัญญาณรบกวนแบบเกาส์ (Gaussian Channel) ดังที่แสดงตามรูป ที่ 1-5 ในขณะที่ประชากร ที่อยู่ในเขต พื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงจะมีลักษณะ ช่องสัญญาณ ที่มีสัญญาณรบกวนแบบเรลีย์ (Rayleigh Channel) หรือช่องสัญญาณไรซ์ (Rice Channel)



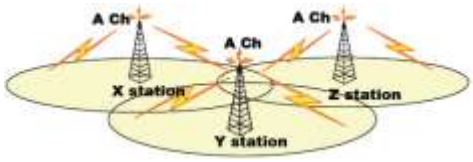
รูปที่ 1-5 เส้นทางการส่งข้อมูลแบบต่างๆ

มาตรฐาน DVB-T

ระบบโทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T ถูกพัฒนาขึ้นในทวีปยุโรป ในปี ค.ศ. 1998 เพื่อทดแทนระบบ PAL & SECAM 625 เส้น 50 Hz โดยองค์การ Digital Video Broadcasting Project (DVB) ซึ่งเป็นความร่วมมือกันระหว่าง สถานีวิทยุโทรทัศน์ และบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ ในอุตสาหกรรมวิทยุโทรทัศน์ มาตรฐาน DVB ถูกกำกับดูแลโดยคณะกรรมการร่วม (JTC) ของ European Telecommunication Standards Institute (ETSI), European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) และ European Broadcasting Union (EBU)

โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน DVB-T ถูกออกแบบเพื่อให้สามารถครอบคลุมพื้นที่เขตบริการได้ดี ทั้งในบริเวณที่ไม่มีคลื่นวิทยุรบกวน และในบริเวณที่มีคลื่นวิทยุรบกวน โดยเครื่องรับสามารถรับสัญญาณได้ดีไม่ว่าเครื่องรับสัญญาณ จะอยู่กับที่ หรือกำลัง เคลื่อนที่ อยู่ก็ตาม หาก รับสัญญาณ ในเขตบริการที่ ไม่มีคลื่นรบกวน จะสามารถรับสัญญาณได้ดี แม้ขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ที่สูงถึง 170 กิโลเมตรต่อชั่วโมงก็ตาม ระบบถูกออกแบบให้มีความทนทานต่อสภาพการรับสัญญาณซ้ำซ้อนจากคลื่นวิทยุที่สะท้อนจากภูเขา อาคารหรือสิ่งก่อสร้าง และสามารถรับ สัญญาณเดียวกันที่ส่งออกมาจากสถานี ส่งหลาย ๆ สถานีพร้อมกันได้ ซึ่งโครงข่ายแบบนี้เรียกว่า โครงข่ายความถี่เดียว (SFN หรือ Single Frequency Network) นอกจากนี้

ระบบ โทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T ยังสามารถใช้แถบคลื่นความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกในการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่



รูปที่ 1-6 เครือข่ายความถี่เดียว (Single Frequency Network)

สัญญาณภาพ ของระบบ โทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T ถูกเข้ารหัสและ บีบอัดแบบ MPEG-2 และสัญญาณเสียงถูกเข้ารหัสและบีบอัด แบบ MPEG-2 Layer 2 ปัจจุบันหลายประเทศโดยเฉพาะประเทศที่เริ่มให้บริการ ได้เริ่มใช้การ เข้ารหัสและบีบอัดสัญญาณภาพแบบ MPEG-4 AVC หรือ H.264 และใช้การเข้ารหัสและบีบอัดสัญญาณเสียงแบบ MPEG-4 AAC แทน MPEG-2 สำหรับการมอดูเลตสัญญาณนั้นจะใช้การมอดูเลตแบบ แบบ COFDM (Code Orthogonal Frequency Division Multiplex) ซึ่งใช้คลื่นพาห์พหุคูณจำนวน 2,000 และ 8,000 คลื่น แต่ละคลื่นจะมีปริมาณข้อมูลไม่มากนัก จึงมีความทนทานต่อสภาพการรับสัญญาณซ้ำซ้อนจากคลื่นวิทยุแบบ พหุวิถี (Multipath) ได้ดี สำหรับรายละเอียดของ Orthogonal Frequency Division Multiplexing มีดังนี้

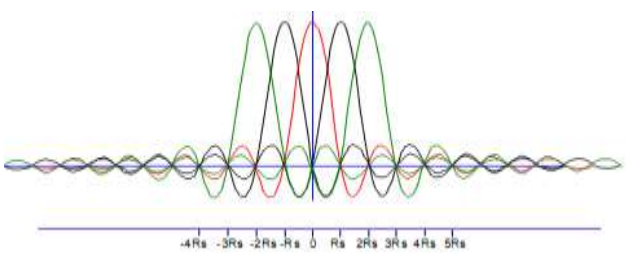
OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing)

หลักการทำงานของ OFDM จะคล้ายกับ การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiplex หรือ FDM) นั่นคือทั้ง OFDM และ FDM เป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณหลาย ๆ สัญญาณหรือการแบ่งช่องสัญญาณด้วยความถี่ แต่จะแตกต่างกันตรงที่ FDM เป็นเพียงการแบ่งสัญญาณความถี่ออกจากกันเพื่อให้แต่ละช่องสัญญาณนั้นไม่มีการรบกวนกัน แต่การที่จะทำให้แต่ละช่องสัญญาณไม่มารบกวนกันนั้นจำเป็นที่จะต้องมี แถบป้องกัน (Guard band) ซึ่งเป็นช่วงความถี่ระหว่างช่องสัญญาณแต่ละช่อง โดยที่เราไม่สามารถใช้งานช่วงความถี่นี้ได้ จึงกลายเป็นความสูญเปล่า

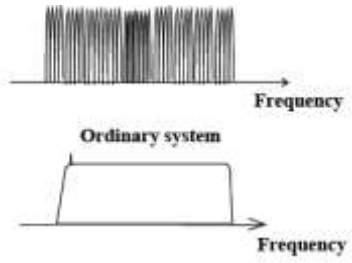
ดังนั้นเพื่อให้การทำมัลติเพล็กซ์ ในเชิงความถี่มีประสิทธิภาพมากขึ้นจึงมีการเสนอแนวคิดเพื่อที่จะลดช่วงของแถบป้องกัน โดยแนวคิดหนึ่งที่นำเสนอคือการทำให้แต่ละช่องสัญญาณที่มีอยู่เป็นอิสระต่อกันและไม่สามารถที่จะส่งผลกระทบต่อกันและกันได้ ซึ่งการทำให้ช่องสัญญาณที่มีอยู่อิสระต่ อกันสามารถทำได้โดยให้แต่ละสัญญาณ ตั้งฉาก (Orthogonal) ต่อกัน เมื่อสัญญาณสองสัญญาณ ตั้งฉากต่อกัน ค่าผลคูณของเวกเตอร์ของสัญญาณทางคณิตศาสตร์ก็จะเป็นศูนย์ ซึ่งก็คือเป็นอิสระต่อกัน

สำหรับสัญญาณ ไซนูซอยด์ (Sine wave) จะตั้งฉากต่อกันก็ต่อเมื่อการทำปริพันธ์ของการคู ณได้เท่ากับศูนย์ต่อหนึ่งช่วงเวลา ($T = 2\pi$) ซึ่งก็คือการทำ คูณกัน ในเชิงเวกเตอร์ของสัญญาณนั่นเอง ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการตรวจสอบว่าสัญญาณ $\sin(x)$ และสัญญาณ $\cos(x)$ ตั้งฉากต่อกันหรือไม่ สามารถกระทำได้โดยหาค่าปริพันธ์ของการคูณกันภายในช่วง x เท่ากับ 0 ถึง 2π ซึ่งจะพบว่าค่าปริพันธ์ของการคูณกันภายในช่วงที่กำหนดมีค่าเท่ากับ 0 สัญญาณทั้งสองจึงตั้งฉากต่อกัน

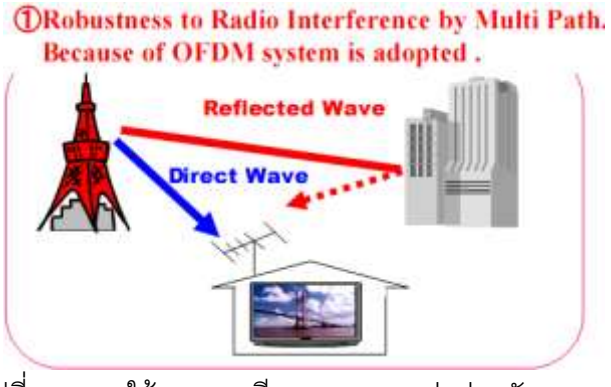
เราสามารถจัดให้สัญญาณในแต่ละช่องสัญญาณนั้น ตั้งฉาก ต่อกันได้โดยง่าย โดยกำหนดให้ความถี่ของแต่ละสัญญาณเป็นจำนวนเท่าของความถี่ใด ๆ สัญญาณที่ได้ก็จะมีลักษณะ ตั้งฉากกับความถี่ดั้งเดิมหรือเป็นชุดความถี่ฮาร์โมนิกของความถี่นั้น ยกตัวอย่างเช่น สัญญาณ $\sin(3x)$ และ $\sin(4x)$ จะตั้งฉากต่อกันและตั้งฉากกับสัญญาณ $\sin(x)$ ด้วย และเมื่อเราสามารถจัดให้สัญญาณในแต่ละช่องสัญญาณนั้นตั้งฉากต่อกันได้ ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องมีช่วง แถบป้องกัน (Guard band) อีกต่อไป ทำให้สามารถใช้ คลื่นความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปแล้วการใช้ง าน OFDM ซึ่งเป็นลักษณะของ การสื่อสารหลายคลื่นพาห์ (Multi-carrier Communication) สามารถช่วยในเรื่องของสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ได้ดี โดยจะทำการกระจายสัญญาณออกเป็นหลาย ๆ ส่วนและส่งเข้าไปในแต่ละช่องสัญญาณเพื่อส่งออกอากาศอีกทีหนึ่ง



รูปที่ 1-7 สเปกตรัมของสัญญาณ OFDM



รูปที่ 1-8 Orthogonal Frequency Division Multiplex



รูปที่ 1-9 การใช้ OFDM มีความทนทานต่อช่องสัญญาณพหุวิถี

เนื่องจากวิธีการส่งสัญญาณของระบบ DVB-T นั้น สามารถเลือกตัวแปรได้ หลายมิติ จึงสามารถเลือกส่งอัตราบิต (bit rate) ของการส่งได้ตั้งแต่ 4-32 Mbit/s ตามขนาดช่องความถี่ 6, 7 และ 8 MHz ในย่านความถี่ VHF และ UHF ของแต่ละประเทศ การเลือกอัตราบิตสูงจะทำให้จำนวนช่องรายการมากจริง แต่จะจำกัดขอบเขตของพิสัยการให้บริการ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้าน C/N ความทนทานต่อสภาพการรับสัญญาณซ้ำซ้อนจากคลื่นวิทยุแบบ พหุวิถี (Multipath) และการรับด้วยเครื่องรับแบบพกพาหรือการรับในยานพาหนะขณะเคลื่อนที่

ด้วยคุณสมบัติทางเทคนิคของระบบ DVB-T ที่สามารถเลือกตัวแปรต่างๆ ได้ระบบจึงมีความยืดหยุ่นมากกว่า คือ

- สามารถเลือกการมอดูเลตแบบ QPSK, 16QAM หรือ 64QAM ได้
- สามารถเลือกอัตราการเข้ารหัสแก้ไขความผิดพลาดแบบไปข้างหน้า (Forward Error Correction) ได้ 5 อัตราคือ 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 และ 7/8
- สามารถเลือกช่วงป้องกัน (Guard Interval) ได้ 4 แบบคือ 1/4, 1/8, 1/16 และ 1/32
- สามารถเลือกจำนวนคลื่นพาห์ได้ 2 แบบ คือ 2K หรือ 8K

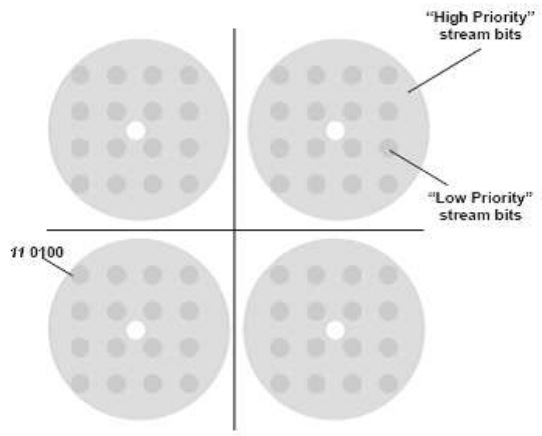
DVB-T อาศัยวิธีมอดูเลตสัญญาณแบบลำดับชั้น (Hierarchical Modulation) พร้อมกับการมอดูเลตคลื่นความถี่วิทยุโทรทัศน์เป็นแบบ COFDM จึงสามารถส่งสัญญาณผสมกันได้ระหว่างการส่งสัญญาณเพื่อเครื่องรับสัญญาณอยู่กับที่โดยใช้สายอากาศเครื่องรับแบบติดตั้งบนหลังคา (Roof-Top) แบบ 16QAM หรือ 64QAM ที่ต้องการอัตราบิตสูง เช่น การบริการ HDTV และ QPSK สำหรับการรับสัญญาณขณะนำพาหรือพกพาเครื่องรับ (โทรทัศน์มือถือ DVB-H) หรือเมื่อรับสัญญาณในยานพาหนะขณะเคลื่อนที่ ที่ต้องการอัตราบิตไม่สูงนักเพราะเครื่องรับสัญญาณแบบพกพาต้องการระดับ ความละเอียดของภาพที่มี ความชัดเจนต่ำกว่า (QVGA) ขนาดจอภาพแสดงผลเล็กกว่า อัตราบิตที่ต้องใช้จึงน้อยกว่า HDTV มาก

การมอดูเลตแบบลำดับชั้น (Hierarchical Modulation)

สำหรับการมอดูเลตแบบลำดับชั้นนั้น สตรีมของข้อมูลที่แตกต่างกัน 2 ประเภทจะถูกมอดูเลตเหลือเพียงสตรีมเดียว โดยสตรีมประเภทแรกที่นำมามอดูเลตเรียกว่า สตรีมที่มีลำดับความสำคัญสูง (High Priority หรือ HP) ซึ่งสตรีมประเภทนี้จะถูกฝังลงในสตรีมที่มีลำดับความสำคัญต่ำ (Low Priority หรือ LP) สำหรับเครื่องรับที่รับสัญญาณได้ดีจะรับสตรีมข้อมูลได้ทั้งสองประเภท ในขณะที่เครื่องรับที่รับสัญญาณได้ไม่ดีจะรับได้เพียงสตรีมข้อมูลที่มีลำดับความสำคัญสูง โดยทั่วไปผู้บริการแพร่ภาพโทรทัศน์จะกำหนดให้สตรีมที่มีลำดับความสำคัญต่ำส่งข้อมูลที่มีอัตราการส่งข้อมูลสูง และเหมาะสำหรับเครื่องรับที่อยู่กับที่ อย่างเช่น สัญญาณ HDTV

DVB-T เป็นระบบที่ใช้คลื่นพาห์หลายคลื่น โดยใช้คลื่นพาห์จำนวน 2,000 หรือ 8,000 คลื่น และแต่ละคลื่นใช้วิธีการผสมสัญญาณแบบ QPSK, 16QAM หรือ 64QAM ยกตัวอย่างการทำงานได้ดังนี้

กำหนดให้ระบบทำการผสมสัญญาณข้อมูลเข้ากับสัญญาณคลื่นพาห์แบบ 64QAM และมีการฝังสัญญาณข้อมูลที่ถูกมอดูเลตแบบ QPSK ลงไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 1-10

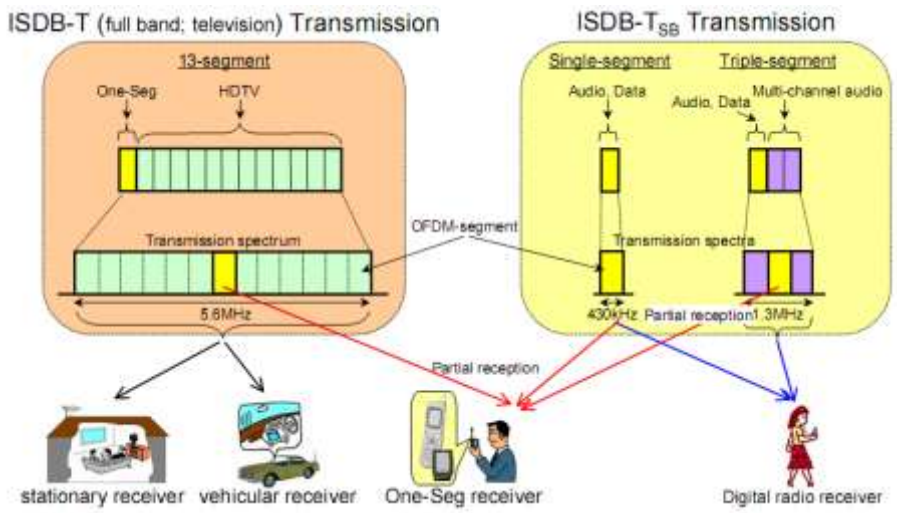


รูปที่ 1-10 การมอดูเลตแบบลำดับชั้น โดยใช้การมอดูเลตสตรีมข้อมูลแบบ 64QAM และฝังสตรีมข้อมูลที่ถูกมอดูเลตแบบ QPSK ลงไปด้วย

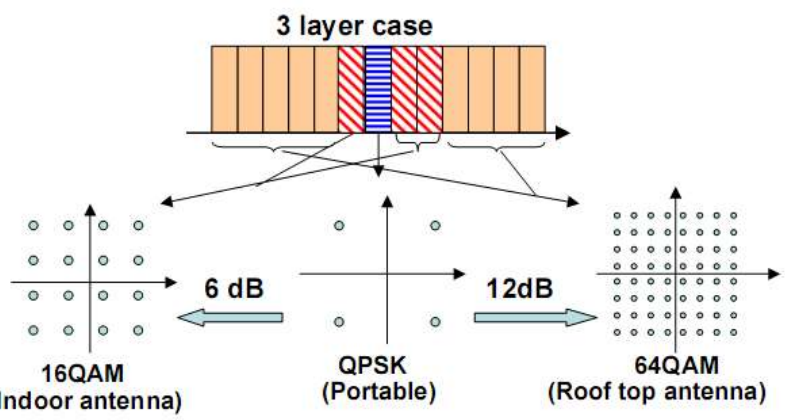
ในกรณีที่เครื่องรับมีการเคลื่อนที่อาจจะทำให้เครื่องรับรับสัญญาณได้ไม่ดีนัก โดยเครื่องรับอาจจะทราบเพียงแค่ Quadrant ที่สัญญาณตกอยู่ และได้ค่า 2 บิตแรกออกมาเท่านั้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 1-10 เครื่องรับจะทราบค่า 2 บิตแรก ซึ่งได้แก่บิต '11' และหากเครื่องรับสามารถรับสัญญาณได้ดีจะทราบถึง 4 บิตที่เหลือได้ โดยพิจารณาจากขนาดและเฟสของสัญญาณที่ถูกมอดูเลต

<u>มาตรฐาน ISDB-T</u>

ISDB : Integrated Service Digital Broadcasting ถูกพัฒนาในประเทศญี่ปุ่น ในปี ค.ศ. 1999 เพื่อทดแทนระบบ NTSC 525 เส้น 60 Hz โดยกลุ่มผู้พัฒนาได้แก่ ARIB (Association of Radio Industries and Business) และมีองค์การ Digital Broadcasting Expert Group (DiBEG) เป็นหน่วยงานส่งเสริมและสนับสนุนระบบให้แพร่หลายทั่วโลกและแก่บริษัทผู้ผลิตในอุตสาหกรรมวิทยุโทรทัศน์ มาตรฐาน ISDB ครอบคลุมการให้บริการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม (ISDB-S) เคเบิลทีวี (ISDB-C) และโทรทัศน์ภาคพื้นดิน (ISDB-T) ทุกมาตรฐานอยู่บนฐานการบีบอัดสัญญาณมาตรฐาน MPEG-2 ทั้งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงรวมกันในกระแสสัญญาณ MPEG-2 ทรานสปอร์ตสตรีม โทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบ ISDB-T มีความยืดหยุ่นสูง สามารถให้บริการไม่เฉพาะสัญญาณภาพและเสียงเท่านั้นแต่สามารถให้บริการสื่อประสม (Multimedia) อื่น ๆ เช่น การกระจายข้อมูล (Data Broadcasting) ได้พร้อมกัน โดยทั่วไปจะส่งสัญญาณโทรทัศน์ความชัดเจนสูง (HDTV) พร้อมด้วยส่งสัญญาณ ISDB-Tsb ที่เรียกว่าแบบ One-Seg โดยใช้วิธี BST-OFDM (Band Segmented Transmission) สำหรับโทรทัศน์มือถือ คอมพิวเตอร์ วางตัก (Laptop) และเครื่องรับในยานพาหนะ



รูปที่ 1-11 Segmented OFDM รองรับการส่งสัญญาณหลายบริการพร้อมกัน

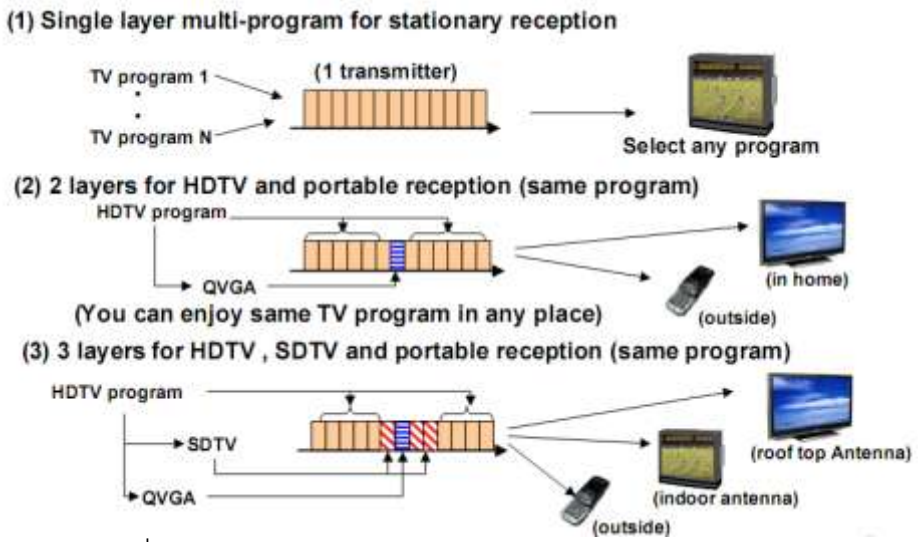


รูปที่ 1-12 Hierarchical Transmission Segmented OFDM รองรับการรับสัญญาณสูงสุด 3 แบบ

ช่องสัญญาณความถี่คลื่นวิทยุโทรทัศน์ ขนาด 6 MHz จะถูกแบ่งเป็น 13 segment จัดเป็น 2 ส่วนคือช่องความถี่กว้าง ขนาด 12 segment และช่องความถี่แคบ ขนาด 1 segment (ขนาด 430 KHz) รวม 5.6 MHz แต่ละส่วนจัดไว้สำหรับการบริการเฉพาะ คือส่วน 12 segment ส่งสัญญาณโทรทัศน์ความชัดเจนสูง (HDTV) จำนวน 1 ช่อง หรือใช้ส่งสัญญาณโทรทัศน์ความชัดเจนมาตรฐาน (SDTV) จำนวนหลายช่องรายการ และส่วน 430KHz หรือ One-Seg สำหรับโทรทัศน์มือถือ คอมพิวเตอร์วางตัก และเครื่องรับในยานพาหนะหรือส่งสัญญาณรายการวิ ทยุกระจายเสียง ทั้งสองส่วนจะนำมาเข้ารหัสรวมกัน อาศัยวิธีมอดูเลตสัญญาณแบบลำดับชั้น (Hierarchical Modulation) พร้อมกับการมอดูเลตคลื่นความถี่วิทยุโทรทัศน์เป็นแบบ OFDM ซึ่งสามารถ

- เลือกใช้คลื่นพาห์จำนวน 2K, 4K หรือ 8K ได้
- เลือกวิธีผสมสัญญาณได้หลายแบบ คือ DQPSK,QPSK,16QAM และ 64QAM
- เลือกเข้าอัตราการเข้ารหัสชั้นใน (Internal Code Rate) ได้ 5 วิธีคือ 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 และ 7/8 (เช่นเดียวกับ DVB-T)

ในการมอดูเลตสัญญาณแบบลำดับชั้น (Hierarchical Modulation) จัดไว้สำหรับแต่ละ BST ขนาด 430KHz ข้อมูลการจัดลำดับเหล่านี้ถูกส่งไปยังเครื่องรับโดย TMCC (Transmission and Multiplexing Configuration Control) เนื่องจากทั้งส่วน 5.6 MHz และ 430KHz อาศัยคลื่น OFDM ร่วมกัน ส่วนสัญญาณในช่องความถี่แคบ 430 KHz จึงอาจรวมอยู่ในส่วนช่องความถี่กว้าง 5.6 MHz ได้ นั่นคือเครื่องรับสำหรับส่วนช่องความถี่แคบ 430 KHz สามารถรับสัญญาณบางส่วนของส่วน 5.6 MHz ได้ ในทางกลับกันเครื่องรับสำ หรับส่วนช่องความถี่กว้าง 5.6 MHz สามารถรับสัญญาณได้ทุกบริการ



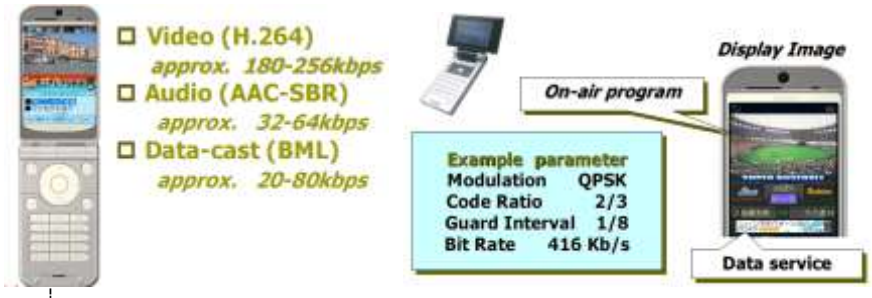
รูปที่ 1-13 ตัวอย่างการให้บริการด้วยวิธี Hierarchical Transmission

ISDB-T ใช้สัญญาณภาพที่ถูกบีบอัดแบบ MPEG-2 และสัญญาณเสียงแบบ MPEG-2 AAC สำหรับการบริการโทรทัศน์ความชัดเจนสูง (HDTV) และ SDTV เลือกมอดูเลตแบบ 16QAM / 64QAM ส่วนการบริการสัญญาณแบบ One-Seg. ใช้เทคโนโลยีการบีบอัดแบบ MPEG-4 AVC หรือ H.264 และสัญญาณเสียงแบบ MPEG-4 AAC-SBR เลือกมอดูเลตแบบ QPSK ส่วน Data Broadcasting จะเป็นสัญญาณแบบ BML (XTML), ECMA Script ขนาด 20-80 Kbit/s

ระบบถูกออกแบบให้มีความทนทานต่อสภาพการรับสัญญาณซ้ำซ้อนจากคลื่นวิทยุแบบ พหุวิถี (Multipath) ได้ดี พร้อมทั้งสามารถเลือกตัวแปรได้หลายมิติ จึงสามารถเลือกส่งข้อมูล ที่อัตราบิต (bit rate) ได้ตั้งแต่ 3.6-23.5 Mbit/s (อัตราบิตที่สูงหมายถึงมีจำนวนช่องรายการได้มากขึ้น) ตามขนาดช่องความถี่ 6 MHz, และมีอัตราบิตมากขึ้นในช่องสัญญาณ 7 และ 8 MHz บนย่านความถี่ VHF และ UHF ของแต่ละประเทศ นอกจากนั้นยังสามารถเลือกปรับ ตัวแปรของระบบได้หลายมิติ โดยการเลือกอัตราบิตสูงจะทำให้จำนวนช่องรายการมากจริง แต่ จะจำกัดขอบเขตของพิสัยการให้บริการ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้าน C/N เพราะความทนทานต่อสภาพการรับสัญญาณซ้ำซ้อนจากคลื่นวิทยุแบบ พหุวิถี (Multipath) และการรับชมแบบพกพาเครื่องรับหรือการรับในยานพาหนะขณะเคลื่อนที่

ISDB-T กำหนดเป้าหมายของระบบ ดังนี้

- เพิ่มความชัดเจนด้วยรายการโทรทัศน์แบบ HD 1 รายการ
- หรือให้บริการแบบ SD 3-4 รายการพร้อมกัน
- สามารถส่งรายการให้แก่ Mobile TV โทรทัศน์มือถือแบบ One-Seg ได้พร้อมกัน
- การกระจายข้อมูล (Data Broadcasting)
- Engineering Service เพื่อเพิ่มฟังก์ชันการทำงานและแก้ปัญหาของเครื่องรับโทรทัศน์โดยการส่งซอฟต์แวร์



รูปที่ 1-14 One-Seg. Service Receiver & Technical Parameter

Content *ที่เลือกได้ เช่น Traffic,News,Sport,weather Forecast,Shoping,Internet,Movies etc.

รูปที่ 1-15 ตัวอย่าง Data Broadcasting แสดงหน้าจอ Page Format

การกระจายข้อมูล (Data Broadcasting) มี 2 บริการ คือ

1. Data ที่สัมพันธ์กับเนื้อหารายการที่ชมอยู่ และสามารถเข้าถึงระหว่างออกอากาศเท่านั้น
2. Data ที่ไม่สัมพันธ์กับเนื้อหารายการที่ชมอยู่ และสามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลา

<u>การเปรียบเทียบมาตรฐานระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน</u> <u>(Digital Terrestrial TV)</u>

ตารางที่ 1-3 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของโทรทัศน์ระบบดิจิทัลภาคพื้นดิน DTTB

คุณลักษณะ	ATSC	DVB-T	ISDB-T
HDTV / SDTV Fixed Reception	HDTV & Multi-Ch. SDTV	HDTV & Multi-Ch. SDTV	HDTV & Multi-Ch. SDTV
HDTV / SDTV Mobile Reception	Under Study	Possible for SDTV	Practical Even HDTV
Data Broadcasting	In Operation	In Operation	In Operation
SFN	Field Trial Underway	In Operation	In Operation
Portable Reception	Under Study	Field Trial Underway	In Operation
		DVB-H	One-Seg.
Internet Access	-	-	In Operation

จากตารางการเปรียบเทียบคุณลักษณะของ ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน DTT จะเห็นว่า ระบบ DVB-T และ ISDB-T มีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน เช่นสามารถประหยัดช่องความถี่โดยการจัดสรรความถี่แบบ SFN ที่มีข้อจำกัดเรื่อง Data Bit rate ต้องเหมือนกัน คือ Content เดียวกันทั้งเครือข่าย (Network) มีความสามาร ถให้บริการโทรทัศน์เคลื่อนที่และ โทรทัศน์มือถือได้ดีเหมือนๆ กัน เนื่องจากใช้การมอดูเลตสัญญาณแบบลำดับชั้น (Hierarchical Modulation) ซึ่ง ISDB-T One-Seg ให้บริการในประเทศญี่ปุ่นแล้วตั้งแต่ เมษายน 2005 ส่วนการเข้าถึง อินเทอร์เน็ต มีเฉพาะ ISDB-T เท่านั้นที่เตรียมไว้ ส่วนการให้บริการ HDTV และ Multi-Channel SDTV และ การกระจายข้อมูล (Data Broadcasting) แบบที่เครื่อง รับสัญญาณอยู่กับที่ เหมือนกันทุกระบบ

ตารางที่ 1-4 การเปรียบเทียบรายละเอียดทางเทคนิคของโทรทัศน์ระบบดิจิทัลภาคพื้นดิน DTTB

รายละเอียดทางเทคนิค	ATSC	DVB-T	ISDB-T
Modulation	8 VSB	COFDM	BST-OFDM
Carrier Modulation	-	QPSK,16QAM.64QAM	DQPSK,QPSK,16QAM.64QAM
Number of Carrier	1	1705 (2K), 6818 (8K)	1405 (One Seg) 5617 (4K)

Interleaving			
-Bit/Symbol	YES	YES	YES
-Frequency	No	YES	YES
-Time	No	No	0s,0.1s,0.25s,0.5s
Guard Interval	-	1/4,1/8,1/16,1/32	1/4,1/8,1/16,1/32
TMCC	No	No	YES
Inner Channel Code	Trelis 2/3	Convolutional Code	Convolutional Code
		Rate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	Rate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
Outer Channel Code	RS (207,187)	RS (204,188)	RS (204,188)
Multiplex	MPEG-2 System (ISO/IEC 13818-1)		
Video Coding	MPEG-2 Video (ISO/IEC 13818-2)		
	MPEG-4 AVC		
Audio Coding	AC-3	MPEG-2 BC /MPEG-4 AAC	MPEG-2 AAC
Data Broadcasting	HTML 4.0	DVB-HTML	BML (based on XML1.0)
Channel Bandwidth	6 / 7 / 8 MHz	6 / 7 / 8 MHz	6 / 7 / 8 MHz
Bit rate BW 6MHz	19.39 Mbit/s	3.73 - 23.75 Mbit/s	3.65 - 23.2 Mbit/s
Bit rate BW 7MHz		4.35 - 27.7 Mbit/s	4.3 - 27.1 Mbit/s
Bit rate BW 8MHz		4.97 - 31.67 Mbit/s	4.9 - 31.0 Mbit/s

จากตารางการเปรียบเทียบรายละเอียดคุณสมบัติทางเทคนิคของโทรทัศน์ระบบ ดิจิทัลภาคพื้นดิน DTTB จะเห็นว่า ระบบ DVB-T และ ISDB-T คุณสมบัติทางเทคนิคใกล้เคียงกัน เช่นการมอดูเลตสัญญาณแบบ OFDM การเลือกใช้เทคโนโลยีแก้ไขความผิดพลาด แบบไปข้างหน้า (FEC) แบบเดียวกันทั้ง รหัสชั้นใน (Inner code) และรหัสชั้นนอก (Outer Code) จึงทำให้สามารถ ให้อัตราบิตสุทธิ (Net Bit Rate) เท่า ๆ กัน ส่วน ATSC เลือกใช้การมอดูเลตสัญญาณแบบ VSB อาศัยคลื่นพาห์เดี่ยว เครื่องรับต้องการค่า C/N ต่ำกว่า นั่นคือสามารถครอบคลุมพื้นที่เขตบริการมากกว่าเมื่อกำลังส่ งออกอากาศ เท่ากัน หรือหากมองอีกมุมหนึ่ง คือใช้กำลังส่งออกอากาศน้อยกว่าเมื่อต้องการครอบคลุมพื้นที่เท่ากัน แต่ความทนทานต่อสัญญาณ สะท้อน (Echo) หรือสัญญาณพหุวิถี (Multi-path) ที่เป็นเหตุให้เกิดภาพเงา (Ghost image) น้อยกว่า DVB-T และ ISDB-T ที่ใช้แบบ OFDM อาศัยคลื่นพาห์หลายคลื่น 2K, 4K หรือ 8K และสามารถเลือกค่า ช่วงป้องกัน (Guard Interval) ได้หลายระดับเพื่อให้ได้เป็นระบบที่มี ความทนทานต่อสัญญาณ สะท้อนหรือสัญญาณพหุวิถีได้ตามต้องการ

มาตรฐาน DTMB

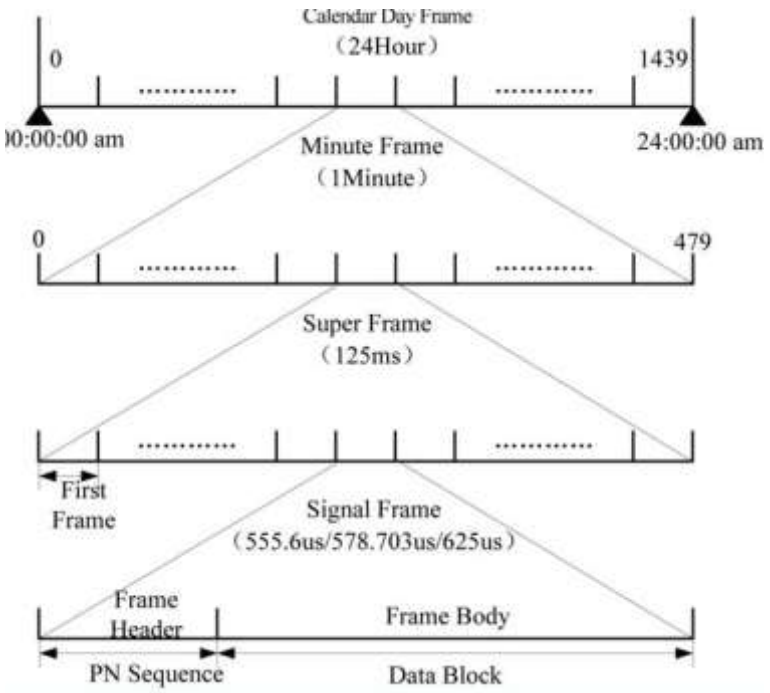
DTMB ย่อมาจาก Digital Terrestrial Multimedia Broadcast เป็นระบบที่ประเทศจีนพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานเอง ปัจจุบันชื่อระบบที่เป็นทางการ คือ DTMB เปลี่ยนจากเดิมใช้ชื่อว่า DMB-T/H ซึ่งย่อมาจาก Digital Multimedia Broadcast - Terrestrial / Handheld ที่มีเป้าหมายในการพัฒนาให้เป็นโทรทัศน์ ดิจิทัล ให้บริการภาคพื้นดินทั้งแบบรับอยู่กับที่ตามบ้านเรือนและแบบมือถือที่เคลื่อนที่ได้

ประเทศสาธารณ รัฐประชาชนจีน ได้ประกาศระบบ โทรทัศน์ดิจิทัล ของตัวเอง เมื่อประมาณเดือนสิงหาคม 2549 เรียกว่า GB 20600-2006 อักษร GB มาจากภาษาจีน *guo biao* หมายถึงมาตรฐานแห่งชาติ ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน DTMB ประกอบด้วย 2 มาตรฐาน ๆ ที่เหมือนกับ DVB-T/ ISBD-T คือมาตรฐาน DMB-T พัฒนาโดย Tsinghua University กรุงปักกิ่งใช้ อาศัยเทคโนโลยี OFDM แบบหลายคลื่นพาห์ (Multiple Carrier) และอีกมาตรฐานที่เหมือนกับระบบ ATSC พัฒนาโดย Jiaotong University เมืองเซี่ยงไฮ้ คือมาตรฐาน ADBT-T (Advanced Digital Broadcasting–Terrestrial) ส่งสัญญาณด้วย Single Carrier แบบ 8 VSB เนื่องจากประเทศสาธารณ รัฐประชาชนจีน ไม่ได้เลือกระบบใดระบบหนึ่งเป็นมาตรฐานเพียงระบบเดียว คือ DTMB โดยเชื่อมรวมทั้ง 2 มาตรฐานเข้าด้วยกัน มีผลให้ Set Top Box หรือเครื่องรับ ต้องสามารถรับสัญญาณและถอดรหัสสัญญาณได้ ทั้ง 2 มาตรฐาน DTMB ได้เริ่มให้บริการในฮ่องกงและมาเก๊า วันที่ 31 ธันวาคม 2550 ทั้งแบบ SDTV และ HDTV ส่วนจีนแผ่นดินใหญ่เริ่มให้บริการตั้งแต่การถ่ายทอดมหกรรมกีฬาปักกิ่งโอลิมปิค 2008 ในแบบ HDTV

มาตรฐาน DTMB ใช้เทคโนโลยีแบบใหม่ในการแก้ไขความผิดพลาดแบบไปข้างหน้า (FEC) คือใช้รหัสชั้นใน (Inner Coding) เป็นรหัส LDPC (Low Density Parity Check) และรหัสชั้นนอก (Outer Coding) ใช้รัหสแบบ BCH (Bose, Ray-Chaudhuri, Hocquenghem) แบบเดียวกับ DVB-S2 มีผลให้ระบบต้องการค่า C/N น้อยกว่า และสามารถใช้ได้กับทั้งโหมด Multiple Carrier และโหมด Single Carrier ที่มีส่วนหน้าสุดของเฟรมข้อมูล (Frame Header) ที่แข็งแรงด้วย PN (pseudorandom noise) ส่วนโหมด Multiple ใช้เทคนิค TDS-OFDM (time-domain synchronous OFDM) ซึ่งโดยทั่วไประหัส คอนโวลูชัน (Convolution) จะถูกแทรกระหว่างเฟรมสัญญาณ OFDM บน Frequency Domain ใน Frame Body : FB ที่มีความยาวรวม 3780 Symbol โดยที่โครงสร้างของเฟรมตามมาตรฐาน DTMB เป็นแบบลำดับชั้น ตามรูปที่ 1-16 ช่วงเวลาของเฟรมวันตามปฏิทิน และเฟรมนาที แต่ละวันมี 1440 เฟรมนาที ในเฟรมนา ที มี 480 Super Frame ขนาด 125 ms และเฟรมสัญญาณ (Signal Frame) ตามลำดับ

แต่ละเฟรมสัญญาณ ประกอบด้วย Frame Header : FH และ Frame Body : FB สัญญาณ Base Band จะมี Symbol Rate เท่ากันทั้ง FH และ FB คือ 7.56 Msps ช่วง FH จะส่งสัญญาณ PN

(pseudorandom noise) เรียงกัน PN มี 3 ขนาด คือ 420, 595 และ 945 Symbols ตามลำดับเพื่อรองรับบริการที่ต่างกัน เทคโนโลยีการแทรก PN ในแถบเวลานี้ จึงเรียกว่า Time Domain OFDM (TDS-OFDM)



รูปที่ 1-16 โครงสร้างของเฟรม DTMB

ช่วง Frame Header ดังกล่าวก็คือช่วงป้องกัน (Guard Interval) ซึ่งตามมาตรฐาน DVB-T/ ISBD-T จะมีวิธีปฏิบัติใน Frequency Domain เครื่องรับต้องใช้เวลาถึง 100ms ในการถอดรหัส ซึ่งไม่เหมาะสำหรับเครื่องรับที่กำลังเคลื่อนที่ ระบบ DTMB จึงเติมช่วงป้องกันด้วย PN ใน Time Domain ที่เครื่องรับใช้เวลาเพียง 5ms ในการถอดรหัส ส่วนในช่ วง Frame Body มีวิธีปฏิบัติใน Frequency Domain เช่นเดียวกับมาตรฐาน COFDM อื่นๆ การส่งสัญญาณแบบ TDS-OFDM จึงผสมกันทั้งวิธีปฏิบัติใน ทางเวลา และทางความถี่ การใช้เวลาเพียง 5ms ในการถอดรหัส จึงเหมาะสำหรับการรับสัญญาณระหว่างกำลังเคลื่อนที่ความเร็วสูง

แม้ว่า DTMB จะรองรับการมอดูเลต ตั้งแต่ 4QAM – 64QAM ก็ตาม แต่ 4QAM จะแข็งแกร่งที่สุด จึงถูกใช้ในการส่ง PN (pseudorandom noise) ในช่วง Frame Header : FH บน Time Domain ส่วนในช่วง Frame Body : FB สามารถเลือกใช้การมอดูเลต ได้หลายวิธี ทั้ง 4QAM,16QAM,64QAMและ4QAM-NR (Nordstrom-Robinson) บน Frequency Domain และสามารถเลือกอัตราบิตหลายแบบ ขึ้นอยู่กับความต้องการขนาดข้อมูล คือ

- คลื่นพาห์จำนวน 4K (3,780 Carriers)
- เลือกวิธีผสมสัญญาณได้หลายแบบคือ 4QAM,16QAM,32QAM,64QAMและ 4QAM-NR
- เลือกเข้ารหัส Internal Code Rate ได้ 3 วิธีคือ 0.4,0.6, และ 0.8

- สามารถเลือกค่า PN ได้ 3 แบบคือ 420,595, และ 945 Symbols

ตัวอย่างเช่นในฮ่องกง TVB เลือกค่าพารามิเตอร์ในการให้บริการ DTMB ดังนี้

- จำนวนคลื่นพาห์พหุคูณ 3,780 คลื่น
- วิธีผสมสัญญาณได้แบบ 64QAM
- Code Rate = 0.6
- ค่า PN 945 Symbol
- ได้จำนวน Data Rate = 21.658 Mbps เพื่อบริการ 1x HDTV,และ 2X SDTV สัญญาณภาพเข้ารหัส MPEG-4 AVC สัญญาณเสียงเข้ารหัสแบบ AC 3 ทั้ง 2.0 Ch และ 5.1CH

เนื่องจากมาตรฐาน DTMB มีทั้ง 2 แบบ คือ DMB-Tในโหมด Multiple Carrier และ ADBT-T ในโหมด Single Carrier เครื่องรับทั้งแบบ STB และ iDTV จำเป็นต้องมีความสามารถถอดรหัสได้ทั้ง 2 แบบ ประกอบกับ DTMB มิได้กำหนด วิธีการเข้ารหัสสัญญาณภาพ เครื่องรับ STB และ iDTV จำเป็นต้องมีความสามารถถอดรหัสได้ทั้ง MPEG-2, และ MPEG-4 AVC/H.264 เป็นผลให้ เครื่องรับSTB และ iDTV, มีราคาสูงกว่ามาตรฐานอื่น ๆ

ปัจจุบันมีก ารทดลองใช้ DTMB ในหลายประเทศ ในทวีปอาเซีย เช่น อิรัก จอร์แดน ซีเรีย ในทวีปอเมริกาใต้ เช่น นิคารากัว คิวบา เอลซาวาดอร์ และเวเนซุเอลล่า

มาตรฐาน DVB-T2

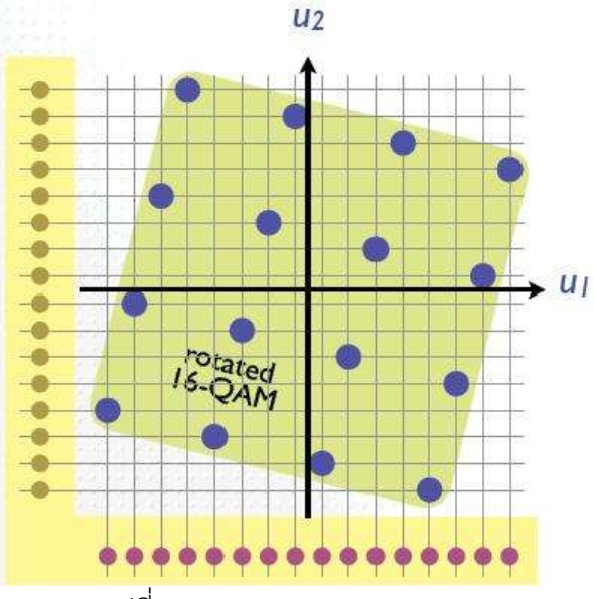
DVB-T2 ย่อมาจาก Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial เป็นมาตรฐานที่พัฒนามาจากมาตรฐาน DVB-T โดยนำเทคนิคการมอดูเลตและการเข้ารหัสแบบใหม่มาใช้เพื่อให้การใช้สเป กตรัมในการส่งสัญญาณประเภทเสียง วิ ดีโอและข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับหลักการทำงานนั้น DVB-T2 ใช้การมอดูเลชันแบบ OFDM (orthogonal frequency division multiplex) เช่นเดียวกับมาตรฐาน DVB-T สำหรับการแก้ไขข้อมูลผิดพลาดนั้น DVB-T2 ใช้วิธีการเข้ารหัสแบบที่ใช้กับมาตรฐาน DVB-S2 ได้แก่การเข้ารหัสแบบ LDPC (Low Density Parity Check) ซึ่งใช้ร่วมกับการเข้ารหัสแบบ BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquengham) ทำให้สัญญาณที่ถูกเข้ารหัสทนทานต่อสัญญาณแทรกสอด (Interference) และสัญญาณรบกวนที่มีระดับสูงได้ดี

นอกจากนี้ยังสามารถเลือกจำนวนคลื่นพาห์และขนาดของช่วงป้องกัน (guard interval) ได้หลากหลายมากขึ้นเมื่อเทียบกับมาตรฐาน DVB-T และหากเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับช่องสัญญาณจะทำให้การส่งมีประสิทธิภาพ โดยการเปรียบเที ยบค่าพารามิเตอร์และรายละเอียดทางเทคนิคระหว่าง DVT-T และ DVB-T2 แสดงได้ดังตารางที่ 1-5 นี้

ตารางที่ 1-5 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์และรายละเอียดทางเทคนิค สำหรับ DVB-T และ DVB-T2

	DVB-T	DVB-T2
FEC	Convolutional Coding + Reed Solomon 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LPDC + BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Modes	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Guard Interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128
FFT size	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Scattered Pilots	8% of total	1%, 2%, 4%, 8% of total
Continual Pilots	2.6% of total	0.35% of total

นอกจากนี้มาตรฐาน DVB-T2 ยังใช้เทคนิคแบบใหม่ที่มีชื่อว่า Rotated Constellations ดังแสดงในรูปที่ 1-17 ทำให้สัญญาณมีความทนทานมากขึ้นในช่องสัญญาณบางประเภท และ DVB-T2 ยังได้ใช้ Alamouti code ในการปรับปรุงให้สัญญาณครอบคลุมพื้นที่ในโครงข่ายความถี่เดียว (single-frequency networks) มากขึ้น



รูปที่ 1-17 Rotated Constellation

หลักการของรหัส LDPC

รหัสพาริตีเช็กความหนาแน่นต่ำ (Low-Density Parity-Check codes) หรือเรียกโดยย่อว่ารหัส LDPC จัดเป็นรหัสแก้ไขความผิดพลาดข้างหน้า (Forward Error Correcting codes) ที่มีประสิทธิภาพสูงมากเมื่อใช้ขนาดบล็อกข้อมูลปานกลางถึงใหญ่ เนื่องจากสมรรถนะของรหัสเข้าใกล้ขีดจำกัดของแชนนอน (Shannon's limit) โดยห่างกันในระดับของเศษส่วนของหน่วยเดซิเบล (dB) เท่านั้น การบรรยายถึงรหัส LDPC สามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ 1) การบรรยายด้วยเมทริกซ์ตรวจสอบพาริตี 2) การบรรยายในรูปของกราฟ

การบรรยายด้วยเมทริกซ์

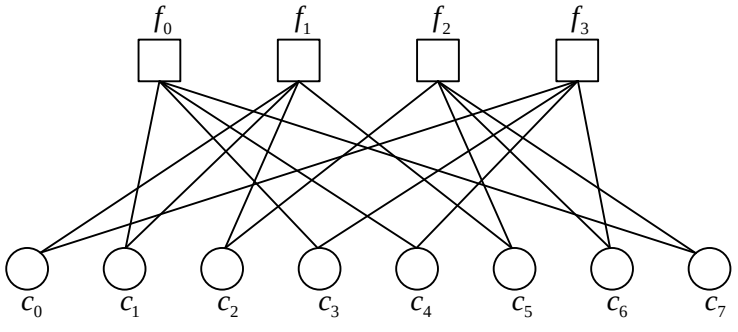
พิจารณาตัวอย่างของเมทริกซ์ตรวจสอบพาริตี H ในสมการข้างล่างซึ่งเป็นเมทริกซ์ที่มีขนาด $M \times N$ โดยที่ $M = 4$ และ $N = 8$ เราสามารถนิยามค่าตัวเลขขึ้นมา 2 ค่าเพื่อใช้ในการบรรยายคุณลักษณะของเมทริกซ์ดังกล่าว ได้แก่ w_r และ w_c โดยหมายถึงจำนวนตัวเลขที่เป็น 1 ในแต่ละแถวและแต่ละสดมภ์ของเมทริกซ์ H ตามลำดับ ในตัวอย่างนี้ $w_r = 4$ และ $w_c = 2$

$$H = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

การนิยามรหัส LDPC สามารถเขียนแสดงในรูป LDPC (N, w_c, w_r) ซึ่งหมายถึงรหัสบล็อกความยาว N มีเลขหนึ่งอยู่ในเมทริกซ์พาริตีเช็กขนาด $M \times N$ อยู่เป็นจำนวนคงที่ในแต่ละแถวและแต่ละสดมภ์เป็น w_r และ w_c ตามลำดับ โดยที่ $w_r << N$ และ $w_c << M$ ยกตัวอย่างเช่น เมทริกซ์ ตรวจสอบพาริตี H ข้างต้นจัดเป็นรหัส LDPC แบบสม่ำเสมอที่มีพารามิเตอร์เป็น $(N = 8, w_c = 2, w_r = 4)$ หมายเหตุ รหัสในตัวอย่างนี้ไม่จัดว่ามีความหนาแน่นต่ำ แต่นำเสนอเพื่อการอธิบายเท่านั้น

การบรรยายในรูปของกราฟ

รหัส LDPC สามารถบรรยายใ นรูปของกราฟ ที่เรียกว่า กราฟแทนเนอร์ (Tanner) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ กราฟแทนเนอร์คือกราฟไบพาร์ไทต์ (bipartite graph) ซึ่งประกอบด้วยเซตของโนดที่ต่างกัน 2 กลุ่ม โนดกลุ่มแรกเรียกว่า โนดตัวแปร (variable node) และโนดกลุ่มหลังเรียกว่า โนดตรวจสอบ (check node) โดยจะมีการเชื่อมเส้นเชื่อมโยงระหว่างโนดที่ต่างชนิดกันเท่านั้น การสร้างกราฟสามารถทำได้อย่างตรงไปตรงมา คือ จะมีโนดตัวแปรจำนวน N โนด และโนดตรวจสอบจำนวน M โนด โนดตัวแปร c_i จะต่อเชื่อมกับโนดตรวจสอบ f_j ถ้าอีลิเมนต์ h_{ij} ของเมทริกซ์ H มีค่าเป็น 1 รูปที่ 1-18 เป็นตัวอย่างของกราฟแทนเนอร์สำหรับรหัส LDPC ที่บรรยายด้วยเมทริกซ์ตรวจสอบพาริตี H ในสมการที่ (1) การบรรยายในรูปของกราฟมีประโยชน์อย่างมากต่อการทำความเข้าใจหลักการของการถอดรหัส LDPC ได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะได้กล่าวถึงในส่วนต่อไป



รูปที่ 1-18 กราฟแทนเนอร์ของเมทริกซ์ตรวจสอบพาริตี H

อัลกอริทึมการถอดรหัส LDPC

อัลกอริทึมที่ใช้ในการถอดรหัส LDPC นั้นมีการคิด ค้นขึ้น มามากมาย โดย อัลกอริทึมที่มีความน่าสนใจ ได้แก่ อัลกอริทึมการส่งผ่านความเชื่อ (belief propagation algorithm) อัลกอริทึมการส่งผ่านข้อความ (the message passing algorithm) และอัลกอริทึมผลรวม -ผลคูณ (the sum-product algorithm) ในการอธิบายถึงการทำงานของอัลกอริทึมต่าง ๆ เหล่านี้ จะ ขอกล่าวถึงการทำงานแบบ hard decision ก่อน ซึ่งมีความซับซ้อนน้อย ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และทำให้เข้าใจหลักการของรหัส LDPC ได้อย่างชัดเจน จากนั้นจึงกล่าวถึงการทำงานแบบ soft decision ซึ่งให้ผลการทำงานที่ดีกว่า

การถอดรหัสแบบ hard-decision

ในที่นี้จะใช้ตัวอย่างง่าย ๆ ของอัลกอริทึม กับรหัส LDPC ที่มีเมทริกซ์ตรวจสอบพาริตี ดังแสดงในสมการที่ (1) และกราฟแทนเนอร์ใน รูปที่ 1-18 เราจะ ใช้คำรหัส $c=[1\ \ 1\ \ 0\ \ 0\ \ 0\ \ 0\ \ 1\ \ 1]$ เป็นตัวอย่างในการ อธิบายขั้นตอนการทำงานของตัวถอดรหัส สมมติให้ช่องสัญญาณเป็นแบบ Binary Symmetric Channel หรือ BSC โดยสมมติว่าคำรหัสดังกล่าวนี้เมื่อผ่านช่องสัญญาณแล้วมีความผิดพลาดเกินขึ้น 1 บิต โดยให้ผิดพลาด ที่บิตแรก c_0 โดยเปลี่ยนจากค่า 1 เป็น 0 ฉะนั้น ชุดของบิตที่ภาครับได้จากช่องสัญญาณมีค่าเป็น $y=[0\ \ 1\ \ 0\ \ 0\ \ 0\ \ 0\ \ 1\ \ 1]$

ขั้นตอนการถอดรหัสเป็นดังนี้

1. ขั้นตอนแรกให้โน ดตัวแปร c_i ทุกโนดส่งแมสเสจ (ที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1) ที่คิดว่าถูกต้องไปยังโนดตรวจสอบ f_j (ในตัวอย่างนี้ c_i แต่ละตัวจะส่งแมสเสจไปยังโนด ตรวจสอบจำนวน 2 โนดเสมอ) ตัวอย่างเช่น โนดตัวแปร c_0 ส่งแมสเสจของตนไปยังโนดตรวจสอบ f_1 และ f_3 และโนดตัวแปร c_1 ส่งแมสเสจของตนไปยังโนดตรวจสอบ f_0 และ f_1 เป็นต้น ในตัวอย่างข้างต้น โนดตรวจสอบ f_j แต่ละตัวจะได้รับค่าแมสเสจจากโนดตัวแปรดังที่รวบรวมไว้ในตารางที่ 1-6

ตารางที่ 1-6 ค่าแมสเสจที่โนดตรวจสอบ f_j ได้รับจากโนดตัวแปร c_i ของขั้นตอนที่ 1

	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
f_0		1		0	0			1
f_1	0	1	0			0		
f_2			0			0	1	1
f_3	0			0	0		1	

2. ขั้นตอนที่ 2 โนดตรวจสอบทุกโนดจะ ใช้ค่าของแมสเสจที่ได้รับมา จากโนดตัวแปรเพื่อคำนวณให้ได้เป็นแมสเสจที่จะส่งคืนกลับให้กับโนดตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากในตัวอย่างนี้โนดตรวจสอบแต่ละตัวต่อเชื่อมกับโนดตัวแปรจำนวน 4 โนด ฉะนั้น โนดตรวจสอบแต่ละตัวจะต้องคำนวณค่าแมสเสจทั้งหมด 4 ค่าสำหรับส่งคืนให้กับโนดตัวแปรแต่ละตัว การคำนวณค่าแมสเสจให้กับโนดตัวแปร c_i ทำได้โดยการนำค่าแมสเสจที่ได้รับจากโนดตัวแปรทุกตัวที่เกี่ยวข้องยกเว้นแมสเสจที่มาจากโนดตัวแปร c_i (ในตัวอย่างนี้จึงใช้แมสเสจจำนวน 3 ตัว) เช่น โนดตรวจสอบ f_0 คำนวณค่าแมสเสจให้กับโนดตัวแปร c_1 โดยใช้ค่าแมสเสจที่ได้รับจากโนด c_3, c_4 และ c_7 มาบวกกันแบบมอดูโล 2 ฉะนั้น ใ นตัวอย่างนี้แมสเสจที่ว่านี้มีค่าเท่ากับ $0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$ ค่าแมสเสจที่โนดตรวจสอบ f_j แต่ละตัวที่ส่งกลับไปยังโนดตัวแปร c_i ที่เกี่ยวข้องได้สรุปไว้ในตารางที่ 1-7

ตารางที่ 1-7 ค่าแมสเสจที่โนดตรวจสอบ f_j ส่งกลับไปยังโนดตัวแปร c_i ของขั้นตอนที่ 2

	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
f_0		1		0	0			1
f_1	1	0	1			1		
f_2			0			0	1	1
f_3	1			1	1		0	

y	0	1	0	0	0	0	1	1

3. ขั้นตอนที่ 3 โนดตัวแปรแต่ละตัวจะมีแมสเสจที่ได้จากโนดตรวจสอบ 2 โนด และแมสเสจเดิมที่ได้จากช่องสัญญาณ ฉะนั้น โนดตัวแปรสามารถตัดสินใจว่าบิตของตนนั้นควรเป็น 0 หรือ 1 ได้โดยพิจารณาจากเสียงข้างมากของแมสเสจทั้งสาม เมื่อใช้ข้อมูลในตารางที่ 2 ประกอบกับแมสเสจเดิมที่ได้จากช่องสัญญาณที่มีค่าเป็น $y=[0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1]$ จะได้ว่าผลการตัดสินของโนดตัวแปรแต่ละบิตมีค่าเป็น $[1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1]$

มาตรฐานสากลของเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม (Satellite digital TV)

เทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม (Satellite digital TV) หรือที่ทราบกันในชื่อของ Direct To Home (DTH) เป็นการส่งตรงจาก ดาวเทียมถึงผู้รับโดยตรง โดยผ่าน Set-top-box เหมือนระบบ Terrestrial ซึ่งโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม นี้ สามารถส่งโทรทัศน์ 100–200 ช่องรายการ โดยมาตรฐานสากลต่าง ๆ ที่สำคัญของโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียมมีดังนี้

มาตรฐาน DVB-S

ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม DVB-S ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1994 เพื่อการถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมระบบดิจิทัลโดยองค์การ Digital Video Broadcasting Project (DVB) ซึ่งเป็นความร่วมมือกันระหว่าง สถานีวิทยุโทรทัศน์ และบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมวิทยุโทรทัศน์ มาตรฐาน DVB-S ได้ถูกใช้งาน ในเชิงพาณิชย์ เป็นครั้งแรกในประเทศฝรั่งเศส และในอีกหลายประเทศในภายหลัง เช่น อังกฤษ สหรัฐอเมริกา แคนาดา รวมถึงประเทศไทย

รายละเอียดของมาตรฐาน DVB-S ได้ถูกอธิบายไว้ในเอกสารมาตรฐานยุโรป EN 300 421 โดยมาตรฐานดังกล่าวได้ระบุวิธีการมอดูเลตและระบบการเข้ารหัสช่องสัญญาณสำหรับการส่งข้อมูลในระดับชั้นกายภาพ (Phisical Layer) และระดับชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Datalink Layer) โดยวิธีการมอดูเลตที่ใช้ได้แก่ QPSK สำหรับการส่งข้อมูลภาพและเสียงในระบบ DVB-S นั้น ข้อมูลทั้งหมดจะส่งในรูปของกระแสสัญญาณ MPEG-2 ทรานสปอร์ตสตรีม

มาตรฐาน DVB-S2

เนื่องจากเทคโนโลยีการการถ่ายทอดสัญญาณผ่านดาวเทียมได้มีการพัฒนาไปอย่างมากตั้งแต่มีการจัดทำมาตรฐาน DVB-S เป็นต้นมา เทคนิคการมอดูเลตสัญญาณ และการเข้ารหัสช่องสัญญาณที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความคล่องตัวในการใช้งานช่องสัญญาณได้มากขึ้น ดังนั้น มาตรฐาน DVB-S2 ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียมยุคที่ 2 จึงได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อที่จะรองรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่มีขึ้น รายละเอียดของมาตรฐาน DVB-S2 ได้ถูกอธิบายไว้ในเอกสารมาตรฐานยุโรป EN 302 307 ในการมอดูเลตสัญญาณนั้น DVB-S2 สามารถรองรับ QPSK, 8PSK, 16APSK หรือ 32APSK โดยการที่จะเลือกใช้วิธีการมอดูเลตแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับผู้ให้บริการ ซึ่งโดยทั่ วไปแล้วจะเลือกใช้ QPSK หรือ 8PSK

นอกจากนี้ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม DVB-S2 ยังถูกออกแบบมาให้สามารถรองรับบริการแบบที่มีการปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ได้ โดยที่ช่องทางการส่งข้อมูลกลับ (Return channel) จากผู้ใช้บริการสามารถเป็นไปได้หลากหลายรูปแบบเช่น

- ส่งข้อมูลกลับผ่านทางช่องสัญญาณดาวเทียม
- ส่งข้อมูลกลับผ่านทางระบบเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (PSTN หรือ Public Switched Telephone Network)
- ส่งข้อมูลกลับผ่านทางระบบ GSM (Global System for Mobile Communications) ซึ่งเป็นมาตรฐานของเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก

มาตรฐาน DVB-S2 มีข้อดีกว่ามาตรฐาน DVB-S หลาย ๆ ด้าน อย่างเช่น มีอัตราการส่งข้อมูลที่สูงขึ้น มีประสิทธิภาพในการเข้ารหัสที่ดีกว่า และปรับปรุงในเรื่องการใช้แบนด์วิดท์ให้คุ้มค่า นอกจากนี้มาตรฐาน DVB-S2 ได้นำการนำเทคโนโลยี Adaptive Coding and Modulation (ACM) มาใช้ทำให้ผู้ให้บริการโครงข่ายสื่อสารดาวเทียมสามารถปรับเทคนิคการเข้ารหัสและการมอดูเลตได้ตามคุณภาพของสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์เครื่องรับส่งระยะไกล (Remote terminal) ซึ่งเทคนิคนี้มีประโยชน์อย่างมากในการให้บริการ อย่างเช่น หากในขณะนั้นมีฝนตก อย่างหนัก จะทำให้การรับส่งสัญญาณทำได้ไม่ดีนัก เมื่อผู้ให้บริการโครงข่ายสื่อสารดาวเทียมทราบก็สามารถปรับเทคนิคการเข้ารหัสและการมอดูเลตให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนั้นได้

มาตรฐาน ISDB-S

ประเทศญี่ปุ่นได้มีการนำมาตรฐาน DVB-S มาใช้ในปี ค.ศ. 1996 แต่เนื่องจากคุณสมบัติบางประการของมาตรฐาน DVB-S ยังไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้ให้บริการแพร่ภาพโทรทัศน์ อย่างเช่น ขีดความสามารถในการให้บริการ HDTV, การปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้บริการ , การเข้าถึงโครงข่ายและการใช้ความถี่อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มาตรฐานโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม ISDB-S ถูกพัฒนาขึ้นมาโดย ARIB: Association of Radio Industries and Business มีองค์การ Digital Broadcasting Expert Group (DiBEG) เป็นหน่วยงานส่งเสริมและสนับสนุนระบบให้แพร่หลายในอุตสาหกรรมวิทยุโทรทัศน์

มาตรฐาน ISDB-S ทำงานโดยใช้เทคนิคการบีบอัดสัญญาณตามมาตรฐาน MPEG-2 และมีการส่งทั้งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงรวมกันในกระแสสัญญาณ MPEG-2 ทรานสปอร์ตสตรีม โทรทัศน์ผ่านดาวเทียมระบบ ISDB-S ถูกออกแบบให้มีความยืดหยุ่นสูง ทนทานต่อสภาพอากาศ และมีอัตราการส่งข้อมูลสูง

ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม ISDB-S สามารถให้บริการไม่เฉพาะ กับสัญญาณภาพและเสียงเท่านั้นแต่สามารถให้บริการสื่อประสม (Multimedia) อื่นๆ เช่น การแพร่สัญญาณภาพหรือข้อมูลทาง

เครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Data Broadcasting) ได้ และภายในหนึ่งช่องสัญญาณดาวเทียมสามารถใช้ส่งสัญญาณ HTDV ได้ 2 ช่อง คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบ ISDB-S สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1-8

ตารางที่ 1-8 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบ ISDB-S

Modulation scheme	TC8PSK/QPSK/BPSK
Raised cosine roll-off factor	0.35(square root)
Transmission symbol rate	28.86 M baud
Video coding	MPEG-2
	MP@HL for 1080i, 720p
	MP@ML for 480i
	MP@H14 for 480p
Audio coding	MPEG-2 AAC
FEC(Outer code)	Reed-Solomon (204,188)
FEC(Inner code)	Convolutional (constraint length k=7)
Inner code ratio	1/2 for BPSK
	1/2,2/3,3/4,5/6,7/8 for QPSK
	2/3 for TC8PSK
Transport Layer	MPEG-2 systems
Packet size	188 bytes

ตารางที่ 1-9 ข้อกำหนดทางความถี่และช่องสัญญาณของดาวเทียมประเทศญี่ปุ่นที่ใช้มาตรฐาน ISDB-S

Method	*BS digital broadcasting*	*Wide band CS digital broadcasting*
Frequency band	11.7 to 12.2 GHz	12.2 to 12.75 GHz
Transmission bit rate	51 Mbit/s (TC8PSK)	40 Mbit/s (QPSK)
Transmission band width	34.5 MHz*	34.5 MHz
*Compatible with 27 MHz band satellite transponder for analog FM broadcasting.		

<u>มาตรฐานสากลของเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านเคเบิล</u> <u>(Cable digital TV)</u>

เทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านเคเบิล (Cable digital TV) เป็นการรับรายการผ่านระบบการกระจายผ่านสายสัญญาณ ไปตามท้องถิ่นต่างๆ ซึ่งส่งจากศูนย์กลางการส่งสัญญาณโทรทัศน์แห่งใดแห่งหนึ่ง เมื่อถึงบ้านลูกค้าก็ต้องผ่าน Set-top-box เพื่อเข้าเครื่องรับชมต่อไป มาตรฐานสากลต่างๆ ที่สำคัญของโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านเคเบิลมีดังนี้

มาตรฐาน DVB-C

ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านเคเบิล DVB-C ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1994 โดยองค์การ Digital Video Broadcasting Project (DVB) ในปัจจุบันมาตรฐาน DVB-C ถูกนำมาใช้งานในระบบโทรทัศน์ผ่านสายเคเบิลทั่วโลกทั้งในระบบโครงข่าย CATV ขนาดใหญ่ รวมไปถึงโครงข่ายขนาดย่อยอื่นๆ เช่นระบบ SMATV

มาตรฐาน DVB-C นั้นเป็นส่วนหนึ่งในตระกูลมาตรฐานโทรทัศน์ดิจิทัล DVB โดยระบุถึงเทคนิคการ modulate สัญญาณซึ่งใช้เทคนิค QAM ตั้งแต่ 16-QAM ถึง 256-QAM และสำหรับการส่งข้อมูลภาพและเสียงในระบบ DVB-C นั้นข้อมูลทั้งหมดจะส่งในรูปของ MPEG-2 หรือ MPEG-4

มาตรฐาน DVB-C2

ในการประชุมคณะกรรมการชี้แนะแนวทางการทำงานของโครงการ DVB ซึ่งจัดในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2008 ได้มีการประกาศเพื่อที่จะจัดทำมาตรฐานระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านเคเบิลยุคที่ 2 (DVB-C2) และเป็นที่คาดหมายกันว่ามาตรฐาน DVB-C2 จะเป็นมาตรฐานสุดท้ายสำหรับการส่งสัญญาณผ่านเคเบิล โดยที่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านเคเบิล DVB-C2 ใหม่นี้จะใช้เทคนิคการมอดูเลตสัญญาณและการเข้ารหัสที่มีความทันสมัยกว่าระบบ DVB-C ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการใช้คลื่นความถี่ (Spectrum efficiency) ที่ดีขึ้น ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และจะทำให้ความสามารถในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นถึง 60 เปอร์เซ็นต์

โดยสาเหตุหลัก ๆ ที่ต้องพัฒนาจาก DVB-C ไปเป็น DVB-C2 มีดังนี้

1. มีความต้องการที่จะเพิ่มความจุในการขนส่งข้อมูลเพื่อรองรับบริการใหม่ ๆ อย่างเช่น HDTV และ Video-on-demand (VOD) และบริการที่มีการโต้ตอบกับผู้ใช้บริการ
2. มีความจำเป็นที่ผู้ให้บริการจะต้องปรับปรุงการให้บริการของตนเอง เพื่อให้สามา รถแข่งขันผู้ให้บริการรายอื่นได้

สำหรับตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเทคนิคระหว่างมาตรฐาน DVB-C และ DVB-C2 แสดงได้ดังตารางที่ 1-10

ตารางที่ 1-10 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเทคนิคระหว่าง DVB-C และ DVB-C2

	DVB-C	*DVB-C2*
Input Interface	Single Transport Stream (TS)	Multiple Transport Stream and Generic Stream Encapsulation (GSE)
Modes	Constant Coding & Modulation	Variable Coding & Modulation and Adaptive Coding & Modulation
FEC	Reed Solomon (RS)	LDPC + BCH
Interleaving	Bit-Interleaving	Bit- Time- and Frequency-Interleaving
Modulation	Single Carrier QAM	COFDM
Pilots	Not Applicable	Scattered and Continual Pilots
Guard Interval	Not Applicable	1/64 or 1/128
Modulation Schemes	16- to 256-QAM	16- to 4096-QAM

มาตรฐาน ISDB-C

มาตรฐาน ISDB-C ถูกพัฒนาในประเทศญี่ปุ่นโดย ARIB: Association of Radio Industries and Business มาตรฐาน ISDB-C ใช้เทคนิคการบีบอัดสัญญาณตามมาตรฐาน MPEG-2 และ ส่งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงรวมกันใน MPEG-2 Transport Stream

สำหรับเทคนิคการมอดูเลตสัญญาณที่ใช้ในมาตรฐาน ISDB-C ได้แก่การมอดูเลตสัญญาณแบบ 64-QAM นอกจากนี้ยังใช้รหัสรีดโซโลมอนในการแก้ความผิดพลาดแบบไปข้างหน้า และใช้แบนด์วิดท์ขนาด 6 MHz ซึ่งสามารถรองรับความเร็วในการส่งข้อมูลต่อช่องสัญญาณประมาณ 29 Mbps โดยคุณสมบัติทางเทคนิคของระบบ ISDB-S สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1-11

ตารางที่ 1-11 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบ ISDB-C

Input signal	MPEG2-TS packets
Frame synchronization	Sync byte inversion for every 8 packets
Randomization	PRBS (polynomial $1+X^{14}+X^{15}$)
FEC	Reed-Solomon (204,188)
Interleave	Byte unit convolutional (Depth: 12)

Modulation	64QAM
Mapping	Given in Figure 3
Roll-off	13%
Bandwidth	6 MHz
Symbol rate	5.274 Mbaud
Transmission rate	31.644 Mbps
Information rate	29.162 Mbps

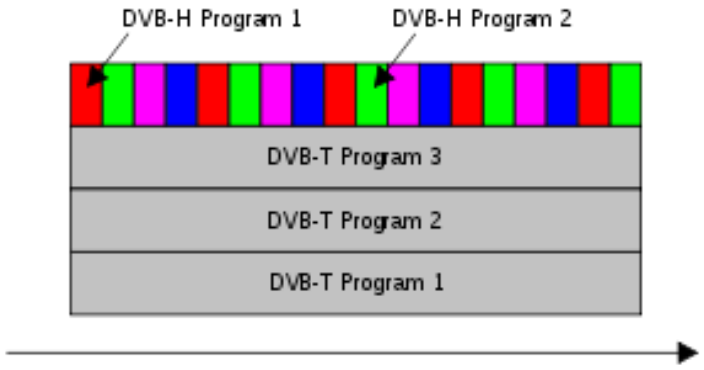
<u>มาตรฐานสากลของเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์มือถือดิจิทัล (Handheld Digital TV)</u>

เทคโนโลยีระบบโทรทัศน์มือถือดิจิทัล (Handheld Digital TV) มีหลายมาตรฐาน เช่น DVB – H DVB-SH (ยุโรป), 1seg (ญี่ปุ่น), Media FLO (อเมริกา) T-DMB (เกาหลีใต้), S-DMB (เกาหลีใต้-ญี่ปุ่น) CMMB (ประเทศจีน), และ 3GPP เป็นต้น

มาตรฐาน DVB-H

เทคโนโลยีโทรทัศ น์ดิจิทัลมือถือระบบ DVB-H ถูกพัฒนาขึ้นโดยเป็นการต่อยอดจากระบบระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินแบบ DVB-T ซึ่งมีการเพิ่มเติมคุ ณสมบัติเพื่อให้สามารถรองรับข้อกำหนดเฉพาะต่าง ๆ ของเครื่องรับโทรทัศน์แบบพกพาที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่

เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานในการใช้ง านโทรทัศน์ดิจิทัลมือถือที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ระบบ DVB-H ทำงานโดยใช้เทคโนโลยี Time Slicing ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวทำงานโดยส่งข้อมูลเป็น Burst ลงใน Time-slot ที่ถูกกำหนดไว้ ซึ่งอุปกรณ์ภาครับสามารถประหยัดพลังงานได้โดยเปิดรับข้อมูลในช่วงระยะเวลาของ Time-slot ที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า ในแต่ละ burst สามารถบรรจุข้อมูลได้ถึง 2 Mbits ซึ่งใช้การเข้ารหัสแบบ Reed-Solomom 64 bits ต่อ ข้อมูล 191 bits และนอกจากนี้ สัญญานระบบโทรทัศน์ DVB-H ยังสามารถูกส่งออกมาร่วมกันกับสัญญาณ DVB-T ภายในมัลติเพล็กซ์เดียวกันได้ดังแสดงในรูปที่ 1-19



รูปที่ 1-19

เทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัลมือถือระบบ DVB-H ได้ถูกออกแบบให้ทำงานได้ในย่านความถี่ดังต่อไปนี้

- VHF-III (170-230 MHz)
- UHF-IV/V (470-862 MHz)
- L (1.452-1.492 GHz)

มาตรฐาน 1seg

มาตรฐาน 1seg เป็นมาตรฐานเทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัลมือถือที่พัฒนาขึ้นโดยประเทศญี่ปุ่นในปี 2005 และปัจจุบันถูกใช้งานในประเทศญี่ปุ่นและประเทศบราซิล เทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัลมือถือ 1seg ถูกออกแบบขึ้นมาให้สามารถให้บริการถ่ายทอดสัญญานร่วมกับเทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินระบบ ISDB-T ที่มีใช้งานในประเทศญี่ปุ่นและประเทศบราซิล

ในระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ISDB-T ช่องสัญญาณถ่ายทอดใช้ความกว้างแถบความถี่ขนาด 6 MHz (5.57 MHz สำหรับส่งข้อมูลและ 430 KHz สำหรับ guard band) ในแต่ละช่องสัญญาณได้ถูกแบ่งย่อยอีกออกเป็น 13 segment (428 kHz) ซึ่งสัญญาณ 1seg จะถูกถ่ายทอดโดยใช้ segment หนึ่งใน 13 segment นั้น โดยใช้เทคนิคการ modulate สัญญาณแบบ QPSK และ 2/3 forward error correntionซึ่งระบบมีอัตราการส่งข้อมูล 416 kbit/s ข้อมูลภาพถูกส่งตามมาตรฐาน H.264/MPEG-4 AVC video stream และเสียงตาม HE-AAC audio stream ซึ่งถูก multiplex ลงใน MPEG-2 Transport Stream

มาตรฐาน T- DMB

T-DMB หรือ Digital Media Broadcasting เป็นระบบที่ประเทศเกาหลีใต้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานเองโดยเน้นการใช้งานทางด้านมัลติมิเดียเป็นหลัก และถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับอุปกรณ์พกพาและเคลื่อนที่ได้ เช่นเดียวกันกับมาตรฐาน DVB-H นอกจากนี้ยังมีบริการข้อมูลด้านต่าง ๆ อย่างเช่น รายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมรายการโทรทัศน์ และ ข้อมูลสภาพการจราจร เป็นต้น

มาตรฐาน T- DMB พัฒนาโดยประเทศเกาหลีจากเทคโนโลยี DAB ที่เป็นมาตรฐานวิทยุกระจายเสียงระบบดิจิทัลภาคพื้นดิน สำหรับเครื่องรับประจำที่และที่ติดตั้งในยานพาหนะ ตามมาตรฐาน ESTI TS 102 427 และ TS 102 428 304 ส่วนที่เพิ่มเติมขึ้นมาคือ ระบบแก้ความผิดพลาดแบบไปข้างหน้า (FEC) สามารถมอดูเลตกับสัญญาณ DQPSK กับคลื่น OFDM, ระบบออกแบบเพื่อใช้ในย่านความถี่ VHF Band III (174-230MHz) สำหรับช่องสัญญาณย่อยขนาด 1.5 MHz สามารถส่งรายการโทรทัศน์ที่มี คุณภาพ 2-3 รายการ มีบริการเชิงพาณิชย์แล้วในประเทศเกาหลี มีเครื่องรับใช้บริการกว่า 6.7 ล้านเครื่อง ส่วนใหญ่ที่ได้รับความนิยม จะเป็นเครื่องรับเฉพาะบริการ T- DMB แบบติดรถยนต์และแบบพกพาไม่สามารถใช้เป็นโทรศัพท์มือถือได้ประมาณ 60% แต่ปัจจุบันมีเครื่องรับมือถือ ที่รองรับทั้งมาตรฐาน GSM และ T- DMB ควบคู่กัน ประมาณ 40%

มาตรฐาน Media FLO

Media FLO เป็นระบบโทรทัศน์มือถือที่พัฒนาโดยบริษัท Qualcomm ประเทศสหรัฐอเมริกา FLO คือ Forward Link Only บนพื้นฐาน COFDM เป็นระบบเปิดโดยเฉพาะ Physical Layer มีหลักการในการเข้ารหัสคล้ายกับ DVB-H ระบบแก้ความผิดพลาดแบบไปข้างหน้า (FEC) แบบเทอร์โบ (Turbo- Coding)

สามารถมอดูเลตกับสัญญาณ QPSK, 16QAM, กับคลื่น OFDM แบบเรียงลำดับ (Layered Modulation) ขนาด 4K ระบบออกแบบเพื่อใช้ในย่านความถี่ UHF สำหรับช่องสัญญาณขนาด 8 MHz สามารถส่งรายการโ ทรทัศน์ที่มีคุณภาพ 10-20 รายการ Media FLO เป็นการให้บริการโทรทัศน์มือถือที่สมบูรณ์ รวมทั้งระบบเก็บค่าบริการ และค่าลิขสิทธิ์ มีบริการเชิงพาณิชย์แล้วในประเทศสหรัฐอเมริกา และอยู่ระหว่างการทดลองให้บริการในประเทศไต้หวันและฮ่องกง

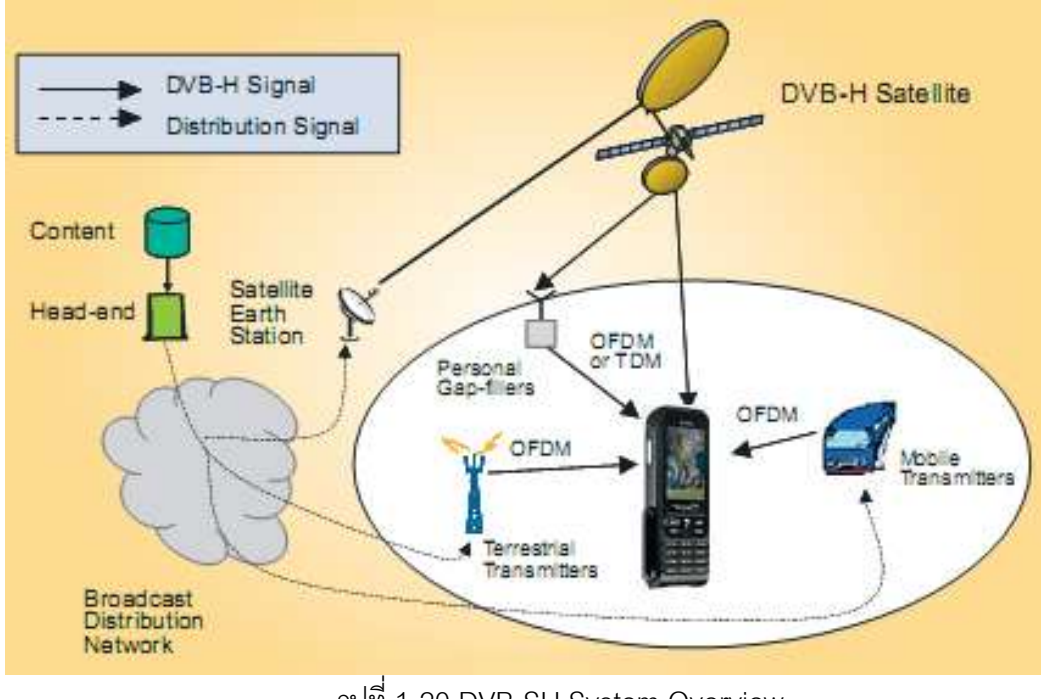
มาตรฐาน DVB-SH

DVB-SH คือมาตรฐา นโทรทัศน์มือถือ ที่ให้บริการ Audio/Video และบริการข้อมูลสู่อุปกรณ์รับสัญญาณแบบมือถือ เช่น Mobile Phone, และเครื่องรับที่ติดตั้งบนยานพาหนะต่างๆ เป็นการให้บริการแบบผสมกันทั้งแบบผ่านดาวเทียมและให้บริการภาคพื้นดิน ระบบจะออกแบบให้ครอบคลุมเขตบริการกว้าง ๆ เช่นครอบคลุมทั้งประเทศ ด้วยดาวเทียมในย่านความถี่ต่ำกว่า 3GHz เช่นในย่าน S-Band ความถี่ 2.2 GHz ใกล้เคียงกับย่านความถี่ของบริการ 3G ส่วนในบริเวณพื้นที่ ที่ไม่สามารถรับได้คุณภาพดีโดยตรงจากดาวเทียมหรือกรณีรับสัญญาณในอาคาร สถานีภาคพื้นดินย่านความถี่ UHF และ L-Band จะช่วยเสริมในส่วนนี้ได้ดี

DVB-SH ถูกออกแบบให้เป็นส่วนเสริมและปรับปรุงมาตรฐาน Physical Layer ของ DVB-H ให้ดียิ่งขึ้น บนพื้นฐานของการแจกจ่าย DVB IP Datacast (IPDC) เป็นไปตามมาตรฐาน ETSI EN 302 583 และ TS 102 585

DVB-SH มีการทำงาน 2 โหมด คือ.

- SH-A: กำหนดใช้วิธี COFDM ทั้งการส่งผ่านดาวเทียมและภาคพื้นดิน ในโหมด SFN ทั้ง 2 ลิงค์ SH-B: กำหนดใช้วิธี TDM (Time Division Multiplexing) ในการส่งผ่านดาวเทียมส่วนภาคพื้นดิน ใช้ COFDM
- FEC แบบ 3GPP2 Turbo Coding
- ปรับปรุง Time interleavingให้ดีขึ้น
- รองรับเครื่องสัญญาณที่การใช้สายอากาศรับแบบ Diversity
- สามารถเลือกมอดูเลต แบบ QPSK,8PSK,16APSK เมื่อส่งแบบ TDM และ มอดูเลต แบบ QPSK,16QAM เมื่อส่งแบบ COFDM
- เลือกใช้ Bandwidth ขนาด 8MHz, 7MHz, 6MHz, 5MHz, 1.7MHz ตามความเหมาะสม
- สามารเลือก FFT ได้หลายแบบคือ 8K, 4K, 2K และส่วนย่อยจาก 2K คือ1K



รูปที่ 1-20 DVB-SH System Overview

มาตรฐาน S-DMB

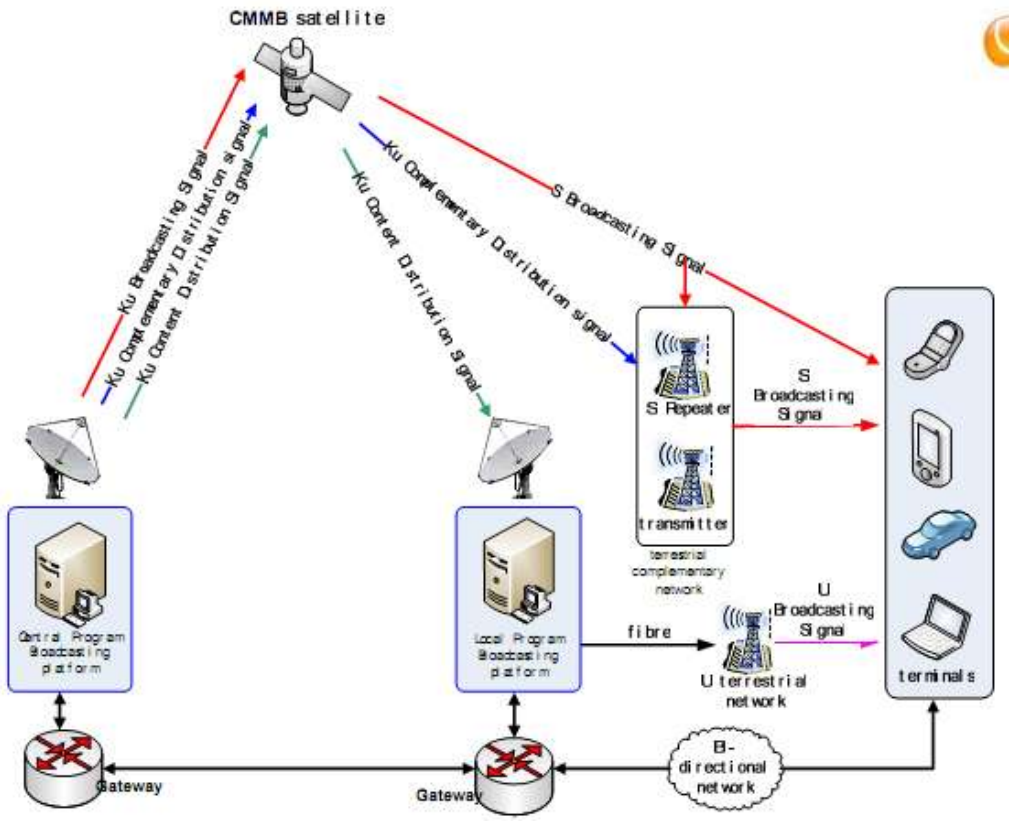
S-DMB เป็นมาตรฐานการให้บริการ Audio คุณภาพสูงพร้อมด้วยข้อมูลสื่อประสมแบบต่าง ๆ รวมทั้ง Video ให้บริการผสมกันทั้งแบบผ่านดาวเทียมและให้บริการภาคพื้นดิน ที่ประเทศเกาหลีและประเทศญี่ปุ่นพัฒนาร่วมกัน ตามมาตรฐาน ITU-R BO1130,ITU-R BS1547 และรู้จักในนามมาตรฐาน ARIB ระบบจะออกแบบให้ครอบคลุมเขตบริการกว้าง ๆ เช่นครอบคลุมทั้งประเทศ ด้วยดาวเทียมในย่านความถี่ S-Band ความถี่ 2,630-2,655 MHz ใกล้เคียงกับย่านความถี่ของบริการ 3G ส่วนในบริเวณพื้นที่ ที่ไม่สามารถรับไ ด้คุณภาพดีโดยตรงจากดาวเทียมหรือกรณีรับสัญญาณในอาคาร สถานีทวนสัญญาณภาคพื้นดินโดยใช้ความถี่เดียวกันแต่กำลังต่ำครอบคลุมพื้นที่แคบๆ ในเขตเมืองและภายในอาคาร เทคโนโลยีที่ใช้เช่นเดียวกับ DVB-SH.

S-DMB ใช้การมอดูเลตแบบ CDM (Code Division Multiplex) บนพื้นฐาน QPSK พร้อมด้วย FEC แบบ RS (204,188) และรหัสชั้นใน (Inner Code) แบบคอนโวลูชัน (Convolution) ที่เลือกอัตรา 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 และ7/8 ได้ มีแบนด์วิดท์ในการให้บริการ 25 MHz ที่ความถี่ 2,630-2,655 MHz มีการให้บริการแล้วในประเทศเกาหลีและประเทศญี่ปุ่น

มาตรฐาน CMMB

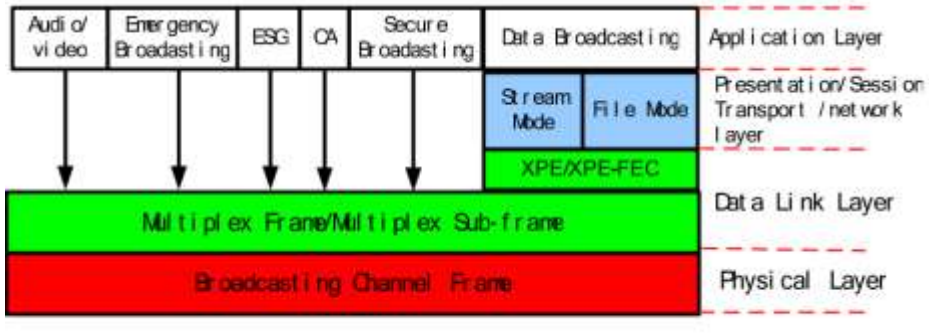
CMMB หรือ China Mobile Multimedia Broadcasting มาตรฐานที่ประเทศจีนกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้ในประเทศจีน พัฒนาโดยการนำโดย SARFT : State Administration for Radio,Film and Television อยู่บนพื้นฐาน STiMi (Satellite and Terrestrial interactive multiservice infrastructure) ประกาศใช้ในปี 2006 มาตรฐาน CMMB จะใกล้เคียงกับ มาตรฐาน DVB-SH คือบรอดคาสท์จากดาวเทียมและเสริมจุด

บอด (Gap filler) ด้วยสถานีภาคพื้นดิน สู่อุปกรณ์รับสัญญาณแบบมือถือ เครื่องรับติดรถยนต์ ที่มีจอแสดงภาพขนาดเล็ก เช่น PMP, PDA, Cell Phone และ UMPC



รูปที่ 1-21 CMMB Network

มาตรฐาน CMMB กำหนดให้ใช้ความถี่ดาวเทียมย่าน S-Band ความถี่ 2.6 GHz แถบความถี่กว้าง 25MHz สามารถให้บริการวิดีโอได้ 25 ช่อง และรายการวิทยุ 30 รายการ พร้อมบริการข้อมูลอีกส่วนหนึ่ง มาตรฐาน CMMB มีข้อเด่นหลายประการ เช่น เครื่องรับสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ การรับระหว่างการเคลื่อนที่ดีมาก คุณภาพการให้บริการ (QOS) อยู่ในขั้นดีมาก เนื่องจากใช้จำนวนบิตในการบริการไม่มาก การให้บริการจะแบ่งเป็นระดับชาติ ให้บริการผ่านดาวเทียม ส่วนระดับท้องถิ่นจะเป็นการให้บริการผ่านสถานีภาคพื้นดิน ในย่าน UHF แบบ SFN



รูปที่ 1-21 ส่วนประกอบของมาตรฐาน CMMB

จากรูปที่ 1-21 จะเห็นว่า สามารถให้บริการ Audio / Video, Emergency Broadcast, ESG, CA, Secure Broadcasting, และ Data Broadcast โดยมีข้อกำหนดการส่ง (Transmission Specification) ดังนี้

ตารางที่ 1-12 Transmission Specification

System bandwidth	8MHz, 2MHz
Modulation	4K-OFDM(8MHz), 1K-OFDM(2MHz)
Outer coding	RS code
Outer interleaving	Column-in clumn-out block interleaver for RS encoder
Inner coding	LDPC (1/2, 3/4)
Inner interleaving	Row-in column-out block interleaving
Scrambling	Complex PN sequence
Frame Structure	Time slot based

ระบบ CMMB มีการทดลองใช้งานในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ตั้งแต่โอลิมปิคเกมส์ 2008 ใน 37 เมือง ปัจจุบันมีการทดลองใช้งานรวม 150 เมือง

ส่วนที่สอง

บทวิเคราะห์และข้อเสนอแนะระบบโทรทัศน์ดิจิทัลสำหรับประเทศไทย [1]

[1] อ้างอิงเนื้อหาบางส่วนจาก " (ร่าง) รายงานผลการศึกษาแนวทางการจัดทำนโยบายการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบดิจิทัลของประเทศไทย" และบทความ "แนวทางการเตรียมความพร้อมในการปรับเปลี่ยนการแพร่ภาพโทรทัศน์ไปสู่ระบบดิจิทัล ", วารสาร กทช. 2551 หน้า 301-315 ซึ่งจัดทำโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ซึ่งคณะอนุกรรมการฯ ได้รับทราบข้อมูลรายงานผลการศึกษาในประเด็นต่างๆ เกี่ยวกับการจัดทำนโยบายการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลของประเทศไทย จากคณะวิจัย ในการประชุมคณะอนุก รรมการฯ ครั้งที่ 3/2552 เมื่อวันที่ 3 กรกฎาคม พ.ศ. 2552 และเห็นสมควรนำมาอ้างอิงประกอบการศึกษาและจัดทำมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัลให้มีความครบถ้วนและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทั้งนี้ คณะอนุกรรมการฯ ได้เพิ่มเติมข้อเสนอแนะในการจัดแผนความถี่วิทยุระบบโทรทัศ น์จิทัลและปรับปรุงเนื้อหาบางส่วนให้มีความเหมาะสมและเป็นปัจจุบันด้วยแล้ว

ปัจจุบันมีการพัฒนามาตรฐานทางเทคนิคของโทรทัศน์ดิจิทัลขึ้นมาหลายมาตรฐานแสดงในตารางที่ 2-1 สำหรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้น ดินมีมาตรฐานที่แพร่หลายอยู่ 3 มาตรฐาน ได้แก่ (1) มาตรฐาน ATSC ของสหรัฐอเมริกา (2) มาตรฐาน DVB-T ของยุโรป และ (3) มาตรฐาน ISDB-T ของญี่ปุ่น อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีมาตรฐานอื่นที่อยู่ในระหว่างการพัฒนาด้วยคือมาตรฐาน DTMB ของจีน

ตารางที่ 2-1 ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลแบบต่างๆ

	สหรัฐ	**ยุโรป**	**ญี่ปุ่น**	**อื่นๆ**
ภาคพื้นดิน (terrestrial)	ATSC	DVB-T	ISDB-T	DTMB (จีน)
ทางสาย (Cable)		DVB-C	ISDB-C	
เคลื่อนที่ภาคพื้นดิน (terrestrial mobile)	MediaFLO ATSC-M/H	DVB-S, S2	ISDB-T (1 Seg)	T-DMB (เกาหลี)
เคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม (satellite mobile)		DVB-SH		S-DMB (เกาหลี)

พัฒนาการของมาตรฐานทางเทคนิคของระบบโทรทัศน์ภาคพื้นดิน แต่ละระบบมีความแตกต่างกัน แม้ว่าส่วนใหญ่มีแนวทางการพัฒนาที่คล้ายกันคือเป็นการทำงานร่วมกันของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องโดยการสนับสนุนของรัฐบาลหรือองค์กรว่าด้วยการมาตรฐาน แต่เทคนิคทางดิจิทัลที่เลือกใช้มีความแตกต่างหลากหลายในหลายระดับ เช่น วิธีการเข้ารหัส-ถอดรหัส (หรือการบีบอัด) ภาพและเสียง วิธีการรวมส่งสัญญาณ (multiplexing) วิธีการมอดูเลต (modulation) จำนวนคลื่นพาห์ (carrier) และความกว้างของช่อง (Bandwidth) เป็นต้น การเลือกใช้เทคนิคที่ต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพ เสถียรภาพ ความยืดหยุ่น ต้นทุนและปัจจัยอื่นๆ ซึ่งในการพิจารณาเลือกรับมาตรฐานของประเทศต่างๆ นั้น โดยทั่วไปจะพิจารณาจากปัจจัยหลักสองด้านคือ

1. **ปัจจัยทางเทคนิค** โดยทั่วไปจะพิจารณาจากคุณสมบัติและสมรรถนะในด้านต่างๆ ได้แก่ การพัฒนาจนเป็นที่ยอมรับ (maturity) ประสิทธิภาพการใช้คลื่นความถี่ (spectrum efficiency) ความทนทานต่อปัญหาการรบกวนและการแทรกสอด (robustness) ความสามารถในการให้บริการหลายรูปแบบ (เช่น HDTV, SDTV, Fixed, Mobile) ความยืดหยุ่นในการเลือกค่าตัวแปรทางเทคนิคให้เหมาะสมกับสภาพช่องสัญญาณในพื้นที่และเวลาต่างๆ (flexibility) ความสามารถในการทำงานร่วมกับระบบอื่นๆ (interoperability) ความสอดคล้องกับแผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ที่มีอยู่เดิม (เช่น แผนความถี่ของไทยที่ใช้ช่องขนาด 8 MHz ในย่าน UHF) และความเข้ากันได้กับแผนความถี่ของประเทศเพื่อนบ้านที่มีชายแดนติดกัน ตลอดจนแนวโน้มการพัฒนาของมาตรฐานต่างๆ ในอนาคตด้วย

2. **ปัจจัยทางเศรษฐกิจ-สังคม** โดยทั่วไปจะพิจารณาจากต้นทุนในการเปลี่ยนผ่านฯ และผลกระทบที่มีต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งประชาชนทั่วไป ความนิยมของนานาประเทศโดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเดียวกันซึ่งมีผลต่อต้นทุนของอุปกรณ์เครื่ องรับตามบ้านเรือน โอกาสในการส่งเสริมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และซอฟต์แวร์ รวมถึงประเด็นทางสังคมที่ เกี่ยวกับความมั่นคงของชาติเช่น ประสิทธิผลของการสื่อสารระหว่างรัฐกับประชาชนในแถบชายแดน

จากข้อมูล ณ เดือนกันยายน 2551 พบว่าโทรทัศน์ดิจิทัลแต่ละระบบมีจำนวนประเทศที่ เลือกรับแตกต่างกันไป ดังนี้

- ระบบ ATSC ของสหรัฐอเมริกา เป็นที่นิยมในทวีปอเมริกาเหนือ 5 ประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา แคนาดา เม็กซิโก ฮอนดูรัส และ บาฮามาส นอกทวีปอเมริกาเหนือมีเพียงเกาหลีใต้ประเทศเดียวที่รับมาตรฐานนี้ จึงมีประเทศที่เลือกใช้ระบบ ATSC รวมทั้ง สิ้น 6 ประเทศ
- ระบบ DVB-T ของยุโรป เป็นที่นิยมแพร่หลายมากที่สุด 118 ประเทศทั่วโลก เป็นประเทศในยุโรป 43 ประเทศ, เอเชีย-แปซิฟิก 32 ประเทศ, แอฟริกา 41 ประเทศ, และอเมริกาใต้ 2 ประเทศ
- ระบบ ISDB-T ของญี่ปุ่น มีประเทศที่เลือกรับในปัจจุบันเพียง 2 ประเทศ ได้แก่ ญี่ปุ่น และ บราซิล
- ระบบ DTMB ของประเทศจีน

สำหรับประเทศไทย ได้มีการทดลองส่งโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัลระบบ DVB-T จากตึกใบหยก 2 กรุงเทพฯ เป็นครั้งแรก ระหว่างวันที่ 5 ธันวาคม 2543 – 31 พฤษภาคม 2544 แต่หลังจากนั้น ก็มิได้มีการดำเนินการต่อ อย่างไรก็ตาม ในปี 2550 มีความคืบหน้าสองประการในเรื่ องการเลือกมาตรฐานโทรทัศน์ดิจิทัลสำหรับประเทศไทย

ประการแรกคือสถานีโทรทัศน์ในประเทศไทยได้หารือร่วมกันเมื่ อวันที่ 30 เมษายน 2550 เลือกระบบโทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T เป็นมาตรฐาน โดยมีเหตุผลสนับสนุน 10 ประเด็น ได้แก่

1. DVB-T ได้ออกแบบทดแทนโทรทัศน์แอนะล็อกระบบ PAL B/G 625 เส้น 50 Hz โดยตรง
2. DVB-T พัฒนาต่อจากมาตรฐาน DVB-S ที่พิสูจน์แล้วว่าใช้ช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพแพร่หลายทั่วโลกรวมทั้งไทย
3. DVB-T มีความคงทนต่อสัญญาณรบกวน เนื่องจากสัญญาณสะท้อน (echo) และ สัญญาณพหุวิถี (multi-path)
4. รับสัญญาณได้ดี ในยานพาหนะขณะเคลื่อนที่ และเครื่องรับพกพา
5. สามารถให้บริการ SDTV, HDTV หรือผสมกัน
6. สามารถให้บริการทั้ง อยู่กับที่ (DVB-T) และโทรทัศน์มือถือ (DVB-H) ในช่องเดียวกัน
7. สามารถจัดสรรความถี่ได้ง่าย ไม่สิ้นเปลืองเนื่องจากสามารถใช้ความถี่ เดียวกันแบบ SFN (Single Frequency Network)
8. สามารถเลือกค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ได้หลายแบบตามความต้องการ

9. สามารถให้บริการเสริมอื่นๆ ด้วยเทคโนโลยีการกระจายข้อมูล (data broadcasting)

10. เครื่องรับโทรทัศน์และอุปกรณ์แปลงสัญญาณแบบ set-top box มีราคาถูกกว่า

ประการที่ สอง ประเทศสมาชิกกลุ่มอาเซียนได้มีการประชุม ASEAN Digital Broadcasting Corporation (ADB) ครั้งที่ 4 เมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2550 ซึ่งที่ประชุมได้มีมติเกี่ยวกับความร่วมมือในการพัฒนา Digital Terrestrial Television Broadcasting (DTTB) ร่วมกันในกลุ่มประเทศอาเซียน และในการประชุมรัฐมนตรีสารสนเทศอาเซียนหรือ AMRI (ASEAN Ministers Responsible for Information) ครั้งที่ 9 เมื่อวันที่ 24 พฤษภาคม 2550 ที่กรุงจาการ์ตา ประเทศอินโดนีเซีย ที่ประชุมมีมติสนับสนุนให้รับ DVB-T เป็นมาตรฐานร่วมของอาเซียนสำหรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้น นดิน ขณะนี้จึงอาจกล่าวได้ว่าประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะเลือกระบบ DVB-T เป็นมาตรฐานค่อนข้างแน่นอน รอเพียงแต่การประกาศอย่างเป็นทางการ

การตัดสินใจเลือกมาตรฐานทางเทคนิคในขั้นต่อไปจึงเป็นเรื่องการตัดสินใจเลือกมาตรฐานหรือข้อกำหนดย่อยต่างๆ ได้แก่ การบีบอัดสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง, Interactive TV platform, การให้บริการโทรทัศน์พกพาเคลื่อนที่ เป็นต้น ทางเลือกที่ดีควรเป็นทางเลือกที่ได้รับการพัฒนาจนเป็นที่ยอมรับแล้ว มีประสิทธิภาพสูง มีความยืดหยุ่น และสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่นๆ ได้ดี

การจัดแผนความถี่วิทยุในปัจจุบัน

การจัดสรรคลื่ นความถี่ สำหรับบริการวิทยุโทรทัศน์ระบบ แอนะล็อกในปัจจุบัน อ้างอิงตามแผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ของประเทศ พ.ศ. 2539 โดยสถานีโทรทัศน์แต่ละสถานีได้รับจัดสรรคลื่ นความถี่ 1 ช่องความถี่ (7 MHz สำหรับคลื่นย่าน VHF หรือ 8 MHz สำหรับคลื่นย่าน UHF) ซึ่งช่วงคลื่นความถี่ที่ได้รับจัดสรรจะแตกต่างกันในแต่ละพื้ นที่บริการ โดยในแผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ของประเทศ พ.ศ. 2539 นั้นมีสถานีหลัก 40 สถานี สถานีเสริมจุดบอด 68 สถานี

สำหรับการปรับแผนความถี่ในการให้บริการโทรทัศน์ดิจิทัลแบบภาคพื้นดินนั้น สามารถเริ่มพิจารณาจากแผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ของประเทศ พ.ศ. 2539 ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยที่จะให้บริการโทรทัศน์ดิจิทัลเฉพาะย่าน UHF ซึ่งในแผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ของประเทศ พ.ศ. 2539 ได้จัดสรรกลุ่มช่องความถี่ UHF ช่อง 26 ถึง ช่อง 60 สำหรับการให้บริการในแต่ละเขตบริการไว้อย่างน้อย 4 ช่องความถี่ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การจัดสรรกลุ่มความถี่ในแผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ของประเทศ พ.ศ. 2539

กลุ่มที่	N-3	N	N+3	N+4	N+7	N+8	N+11	N+12	N+15	N+16	N+20
U1	-	28	31	-	35	-	39	-	43	-	-
U2	26	29	32	-	36	-	40	-	44	-	-
U3	27	30	33	-	37	-	41	-	45	-	-
U4	-	34	-	38	-	42	-	46	-	50	54
U5	-	47	-	51	-	55	58	-	-	-	-
U6	-	48	-	52	-	56	59	-	-	-	-
U7	-	49	-	53	-	57	60	-	-	-	-

กลุ่มที่	จำนวนช่องความถี่	ช่องความถี่
U1	5	28, 31, 35, 39, 43
U2	6	26, 29, 32, 36, 40, 44
U3	6	27, 30, 33, 37, 41, 45
U4	6	34, 38, 42, 46, 50, 54
U5	4	47, 51, 55, 58
U6	4	48, 52, 56, 59

U7	4	49, 53, 57, 60

ส่วนการจัดสรรกลุ่มช่องความถี่วิทยุโทรทัศน์บริเวณชายแดนไทย -มาเลเซียนั้น ในการประชุมคณะกรรมการร่วมทางเทคนิคไทย -มาเลเซีย เพื่อการประสานงานและจัดสรรความถี่วิทยุตามบริเวณชายแดน ครั้งที่ 4 เมื่อวันที่ 11-12 มกราคม 2539 ได้จัดทำร่างแ ผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ของทั้งสองฝ่ายและใช้ช่องความถี่วิทยุโทรทัศน์ตามร่างแผนความถี่วิทยุดังกล่าวที่จังหวัดสงขลา จังหวัดสตูล จังหวัดยะลา อำเภอเบตง อำเภอสุไหงปาดี และอำเภอยี่งอ โดยที่ช่องความถี่วิทยุโทรทัศน์บริเวณชายแดนไทย -มาเลเซีย แสดงได้ตามตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 การจัดสรรกลุ่มความถี่ตามเขตชายแดนไทย-มาเลเซีย
ในแผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ของประเทศ พ.ศ. 2539

กลุ่มที่	N	N+4	N+8	N+12	N+16	N+20	N+24	N+28	N+32
T1	26	30	34	38	42	46	50	54	58
T2	27	31	35	39	43	47	51	55	59
T3	28	32	36	40	44	48	52	56	60
T4	29	33	37	41	45	49	53	57	-

กลุ่มที่	จำนวนช่องความถี่	ช่องความถี่
T1	9	26, 30,34 ,38, 42, 46, 50, 54, 58
T2	9	27, 31, 35, 39, 43, 47, 51, 55, 59
T3	9	28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60
T4	8	29, 33, 37, 41, 45 , 49, 53, 57

การจัดแผนความถี่สำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัลในประเทศไทย

สำหรับการเปลี่ยนผ่านสู่โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ประเด็นที่สำคัญคือการ จัดสรรคลื่นความถี่ ซึ่งเป็นปัญหาในหลายประเทศโดยเฉพาะในทวีปยุโรป เพราะมีการใช้ความถี่ UHF สำหรับโทรทัศน์แอนะล็อกมาก ส่วนในประเทศไทย ตามแผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ของประเทศ พ.ศ. 2539 จัดความถี่สำหรับกิจการโทรทัศน์ระบบแอนะล็อก เขตบริการละ 9 ช่องความถี่ คือย่าน VHF 4 ช่องความถี่และ UHF 5 ช่องความถี่ ซึ่งทำให้มีความถี่ UHF เหลือในแต่ละเขตให้บริการ 3-4 ช่องความถี่และเพียงพอที่จะใช้ในกิจการโทรทัศน์ดิจิ ทัล

ภาคพื้นดิน แม้จะต้องปรับปรุงแผนความถี่โทรทัศน์ปี 2539 บ้าง แต่ก็อยู่ในวิสัยที่ปรับปรุงได้ง่าย เนื่องจากโทรทัศน์ดิจิทัลจัดทำแผนความถี่ง่ายกว่า

จากการศึกษาในเบื้องต้นเกี่ยวกับสถานภาพการใช้คลื่นความถี่วิทยุโทรทัศน์ในปัจจุบันตามที่ กำหนดไว้ในแผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ของประเทศ พ.ศ. 2539 ในแต่ละเขตให้บริการมีการจัดสรรไปแล้ว ไม่เกิน 2-3 ช่องความถี่ จึงเหลือว่างอยู่ ไม่น้อยกว่า 3 ช่องความถี่ในแต่ละเขตบริการ คาดว่าในช่วงของการเปลี่ยนผ่าน ฯ ซึ่งจะต้องออกอากาศโทรทัศน์ในระบบ แอนะล็อกและดิจิทัลคู่ขนานกันไปน่าจะสามารถจัดสรรคลื่นความถี่ย่าน UHF band IV และบางส่วนของ band V สำหรับบริการโทรทัศน์ดิจิทัลได้อย่างน้อย 4 ช่องความถี่ (multiplexes) สำหรับโทรทัศน์ดิจิทัล ในแต่ละเขตบริการ ได้ไม่ยาก โดยใช้เพียงช่อง 26-54 ซึ่งสามารถเริ่มออกอากาศในแบบ SDTV โดยมีเป้าหมายให้พัฒนาเป็น HDTV ได้ในอนาคต โดยใช้เทคโนโลยีการบีบอัดสัญญาณแบบ MPEG-4 AVC/ H.264 ซึ่งในแต่ละช่องความถี่สามารถส่งรายการโทรทัศน์แบบ SDTV ได้ 10-12 รายการ หรือ HDTV 2 รายการ และ SDTV อีก 2-3 รายการ และเมื่อยุติระบบแอนะล็อกแล้วน่าจะสามารถจัดสรรเพิ่มเติมได้อีกอย่างน้อย 2 ช่องความถี่ รวมเป็น 6 ช่องความถี่ ซึ่งจะสามารถรองรับช่องรายการได้อย่างน้อย 24 – 60 ช่องรายการ

สำหรับคลื่นความถี่ย่าน VHF band I และ VHF band III ที่เคยใช้ออกอากาศในระบบแอนะล็อก รวมถึงบางส่วนของ UHF band V (742 – 790 MHz, ช่อง 55-60) สามารถนำมาจัดสรรใหม่หรือสำรองไว้สำหรับบริการสื่อสารไร้สายสมัยใหม่ (digital dividend) หรือสำรองไว้เพื่อกิจการอื่น ๆ เช่นโทรทัศน์มือถือในอนาคต

เนื่องจากการปรับเปลี่ยนไปสู่ระบบดิจิทัลจะทำให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากเดิมที่เคยใช้ช่องความถี่ 1 ช่อง ต่อ 1 ช่องรายการ เมื่อปรับเปลี่ยนเป็นระบบดิจิทัลแล้วจะสามารถเพิ่มจำนวนช่องรายการขึ้นหลายช่องรายการต่อ 1 ช่องความถี่ เช่น การส่งโทรทัศน์ระบบ DVB-T ในช่องขนาด 8 MHz ที่อัตรา 24 Mbps หากใช้การบีบอัดสัญญาณแบบ MPEG-4 AVC จะรองรับ SDTV ได้ 8-10 ช่องรายการ หรือ HDTV 2 ช่องรายการและ SDTV 2-3 ช่องรายการ (อัตราการส่ง SDTV คือ 2 Mbps ต่อช่องรายการ และ HDTV คือ 8 Mbps ต่อช่องรายการ) ดังนั้นจากจำนวนช่องความถี่ขั้นแรกของการเปลี่ยนผ่านที่จะจัดสรรให้ 4 ช่องความถี่ (multiplexes) ได้อัตราการส่งข้อมูลรวมเท่ากับ 96 Mbps (4 multiplexes ของ 24 Mbps ได้ 96 Mbps) สามารถจัดให้มีบริการหลายแบบ เช่น บริการโทรทัศน์ความชัดเจนมาตรฐาน (SDTV) จำนวน 40-48 รายการ หรือโทรทัศน์ความชัดเจนสูง (HDTV) 8-10 HD รายการ หรือโทรทัศน์ความชัดเจนสูง (HDTV) 4- 6 รายการและความชัดเจนมาตรฐาน (SDTV) 18-24 รายการ และเมื่อเปลี่ยนไปเป็นระบบดิจิทัล การจัดสรรคลื่นความถี่จึงไม่จำเป็นที่ จะต้องผูกติดกับใบอนุญาตของสถานีโทรทัศน์หรือผู้ให้บริการช่องรายการ แต่จะผูกติดกับใบอนุญาตผู้ให้บริการรวมส่งสัญญาณ (multiplex operator) แทน

ข้อเสนอแนะในการจัดแผนความถี่สำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัลในประเทศไทย

แผนความถี่โทรทัศน์ปี 2539 มีสถานีหลัก 40 สถานี สถานีเสริมจุดบอด 68 สถานี ซึ่งในการปรับแผนฯ อาจเพิ่มสถานีหลักเป็น 43 สถานี เพื่อให้สอดคล้องกับ พรบ.ประกอบกิจการวิทยุ ฯ ปี 2551 ที่กำหนดให้มีสถานีท้องถิ่น ส่วนสถานีเสริมจุดบอดอาจจะมากกว่าเดิม การปรับแผนฯ ความถี่จะพิจารณาเฉพาะสถานีหลัก 43 สถานี ก่อน แล้วพิจารณาสถานีเสริมจุดบอดภายหลัง

ในการปรับแผนฯ ความถี่จะพิจารณา ใช้คุณสมบัติทางภูมิศาสตร์ และคุณลักษณะทางเทคนิคสถานีหลักระบบ UHF แอนะล็อก ที่ใช้งานในปัจจุบัน เช่น ความสูงเสาอากาศ Antenna Pattern Antenna Gain เพื่อคำนวณหาเขตบริการ และค่า ERP ตามมาตรฐาน DVB-T และสมมุติฐานที่กำหนดไว้ คือการใช้โครงสร้างพื้นฐานร่วมกัน ทั้ง 6 Mux จะใช้สายอากาศร่วมกัน เพื่อประโยชน์สูงสุดแก่ผู้รับชม การปรับแผนฯ ความถี่ จึงเป็นแบบมอบหมายความถี่ (Assignments) บนเครือข่าย MFN (Multi Frequency Network) โดยมีเป้าหมายในการรับชม 2 แบบ คือ

1. แบบรับอยู่กับที่ ตามบ้านเรือน (Fixed Roof-level)
2. แบบพกพาอยู่กลางแจ้ง (Portable outdoor) หรือแบบพกพาในร่ม (Portable indoor) และขณะเคลื่อนที่ (Mobile)

เพื่อบรรลุเป้าหมายที่จะเริ่มให้บริการในแบบ SDTV พร้อมพัฒนาเป็น HDTV ได้ในอนาคโดยใช้เทคโนโลยีการบีบอัดสัญญาณแบบ MPEG-4 AVC/ H.264 ในแต่ละช่องความถี่สามารถส่งรายการโทรทัศน์แบบ SDTV ที่อัตราบิต 2 Mbps ได้ 10-12 รายการ หรือส่ง HDTV แบบ 720p หรือ 1080i ที่อัตราบิต 8-10 Mbps ได้ 2 รายการ พร้อมกับ SDTV อีก 2-3 รายการนั้น จะต้องกำหนดอัตราบิตในแต่ละช่องความถี่ไม่น้อยกว่า 20-24 Mbps และการรับ-ส่งสัญญาณจะต้องทนทานต่อการสูญเสียอันเนื่องมาจากสภาพการรับสัญญาณที่ไม่อาจควบคุมได้ ไม่ว่าจะอยู่ในสภาพเคลื่อนที่ หรือพกพา หรือพหุวิถี จึงได้กำหนดพารามิเตอร์ ต่าง ๆ ดังนี้

Modulation	64 QAM
Number of carrier	8 K
Code Rate	2 / 3
Location Probability for Planning	95 %
Guard Interval	เลือกค่า Tu/4,Tu/8,Tu/16,Tu/32 ได้

ซึ่งสามารถสรุปความต้องการ ค่า C/N และค่าความเข้มของสัญญาณที่เครื่องรับแบบรับอยู่กับที่ (Fixed Roof-level) ต้องการ ตามตารางที่ 2-4

ค่า C/N อ้างอิงที่เหมาะสม สำหรับแต่ละ RCP คือค่าเฉลี่ยของค่า C/N แต่ละค่า ตามพารามิเตอร์ต่าง ๆที่กำหนดไว้ในโครงร่างแผน ตามคำแนะนำของ ETSI TR 101 190 รวมทั้งค่าที่สูญเสียอัน

เนื่องมาจาก อาคารสิ่งก่อสร้าง รวมทั้งสัญญาณรบกวนที่มนุษย์สร้างขึ้น สำหรับ DVB-T ค่าความเข้มของสัญญาณอ้างอิง (Emed)ref ดังปรากฏใน ตารางที่ 2-4

ค่าความเข้มของสัญญาณอ้างอิง (Emed)ref กำหนดที่ความสูง 10 เมตร จากพื้นดิน สำหรับ 50% สถานที่ และ 50% เวลาการวัด เมื่อคิดค่า Height loss ตามที่กำหนดใน ITU-R P.1546

ตารางที่ 2-4 Common DVB-T Planning Configuration

Reference Planning Configuration	RPC 1		RPC 2	
Reception Mode	Fixed Roof level		Portable outdoor	
Modulation	64 QAM	64 QAM	16QAM	64 QAM
Code Rate	2/3	3/4	2/3	2/3
Location Probability for Planning	95%	95%	95%	95%
Max.Net Bit Rate (Mbit/s) from	19.9	22.4	13.3	19.9
To Max.Net Bit Rate (Mbit/s)	24.4	27.14	16.09	24.4
Required C/N (dB)	21		19	
Emed (dBuV/m) at 650 MHz	56		78	

ในการคำนวณเขตบริการจึงใช้ค่าความเข้มของสัญญาณเท่ากับ 56 dBuV/m ที่ความถี่ 650 MHz หรือ ช่อง 43 ส่วนที่ช่องความถี่อื่นๆ ต้องอ้างอิงกับความถี่ 650 MHz ตามคำแนะนำ ของ ITU-R BT 417-5 คือ E (dBuV/m) at xx MHz = 56 + 20 log (xx/650) dBuV/m

นอกจากค่าความเข้มของสัญญาณจะเป็นตัววัดคุณภาพของการบริการแล้ว การรบกวนจากคลื่นโทรทัศน์ในเขตบริการข้างเคียงหรือเขตบริการเดียวกัน ก็เป็นตัววัดคุณภาพด้วยเหมือนกัน คุณภาพสัญญาณที่ต้องการ ต้องมีคุณสมบัติทั้งสองแบบ คือมีค่าความเข้มของสัญญาณพอเพียงและไม่มีสัญญาณรบกวน จึงต้องนำข้อมูลการรบกวน ตามคำแนะนำของ ITU-R BT 1368-6 รายละเอียดตามตารางที่ 2-5 มาพิจารณาประกอบการทำแผนความถี่

ตารางที่ 2-5 Protection Ratio

Signal		Minimum Protection Ratio Value (dB)		
Wanted	Unwanted	Lower Channel	Co-Channel	Upper Channel
		N-1	N	N+1
PAL-G	PAL-G	-2	40	-2
PAL-G	DVB-T	2	49	-14
DVB-T	PAL-G	-47	6	-39

DVB-T	DVB-T	-30	20	-30

ในแผนความถี่โทรทัศน์ปี 2539 นั้นมีการแบ่งกลุ่มความถี่เป็น 7 กลุ่ม (U1-U7) ตามตารางที่แสดงไว้ข้างต้น ดังนั้นเพื่อให้สามารถรองรับการให้บริการถึง 6 ช่องความถี่ในแต่ละพื้นที่ให้บริการหลังการเปลี่ยนผ่านในย่านความถี่ UHF จึงเสนอให้มีการเมื่อปรับแผนความถี่ใหม่ โดยแบ่งกลุ่มความถี่เหลือ 6 กลุ่มคือ

- กลุ่ม U1 เดิมมี 5 ความถี่ คือ ช่อง 28, 31, 35, 39, 43 เพิ่มช่อง 47 และเปลี่ยนเป็นกลุ่ม D1
- กลุ่ม U2 เดิมมี 6 ความถี่ คือ ช่อง 26, 29, 32, 36, 40, 44 คงเดิม เปลี่ยนเป็นกลุ่ม D2
- กลุ่ม U3 เดิมมี 6 ความถี่ คือ ช่อง 27, 30, 33, 37, 41, 45 คงเดิม เปลี่ยนเป็นกลุ่ม D3
- กลุ่ม U4 เดิมมี 6 ความถี่ คือ ช่อง 34, 38, 42, 46, 50, 54 คงเดิม เปลี่ยนเป็นกลุ่ม D4
- ปรับปรุงกลุ่ม U5 และ U6 โดยยกเลิกช่อง 55-60 เพื่อกิจการอื่น
- กลุ่ม U5 เดิมมี 4 ความถี่ คือ ช่อง 47, 51, 55, 58 จัดใหม่กลุ่ม D5 มี 2 ช่อง คือ 48, 52
- กลุ่ม U6 เดิมมี 4 ความถี่ คือ ช่อง 48, 52, 56, 59 จัดใหม่กลุ่ม D6 มี 3 ช่อง คือ 49, 51, 53
- กลุ่ม U7 เดิมมี 4 ความถี่ คือ ช่อง 49, 53, 57, 60 ยกเลิก

การปรับเปลี่ยนแผนความถี่ดังกล่าวสามารถสรุปการจัดสรรกลุ่มความถี่ใหม่ได้ดังแสดงในตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 การปรับเปลี่ยนแผนความถี่สำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล

กลุ่มที่	N-3	N	N+2	N+3	N+4	N+7	N+8	N+11	N+12	N+15	N+16	N+19	N+20
D1	-	28	-	31	-	35	-	39	-	43	-	47	-
D2	26	29	-	32	-	36	-	40	-	44	-	-	-
D3	27	30	-	33	-	37	-	41	-	45	-	-	-
D4	-	34	-	-	38	-	42	-	46	-	50	-	54
D5	-	48	-	-	52	-	-	-	-	-	-	-	-
D6	-	49	51	-	53	-	-	-	-	-	-	-	-

กลุ่มความถี่	จำนวนช่องความถี่	ช่องความถี่
D1	6	28, 31, 35, 39, 43, 47
D2	6	26, 29, 32, 36, 40, 44
D3	6	27, 30, 33, 37, 41, 45

D4	6	34, 38, 42, 46, 50, 54
D5	2	48, 52
D6	3	49, 51, 53

สำหรับบริเวณชายแดน ไทย-มาเลเซีย จำเป็นต้องจัดสรรความถี่ตามข้อตกลงของคณะกรรมการร่วมทางเทคนิคไทย-มาเลเซีย เพื่อการประสานงานและจัดสรรความถี่วิทยุตามบริเวณชายแดน ซึ่งประเทศไทยต้องใช้ช่องคู่ในเขตให้บริการ ดังนั้นสามารถสรุปการจัดสรรช่องความถี่ได้ดังตารางที่ 2-7

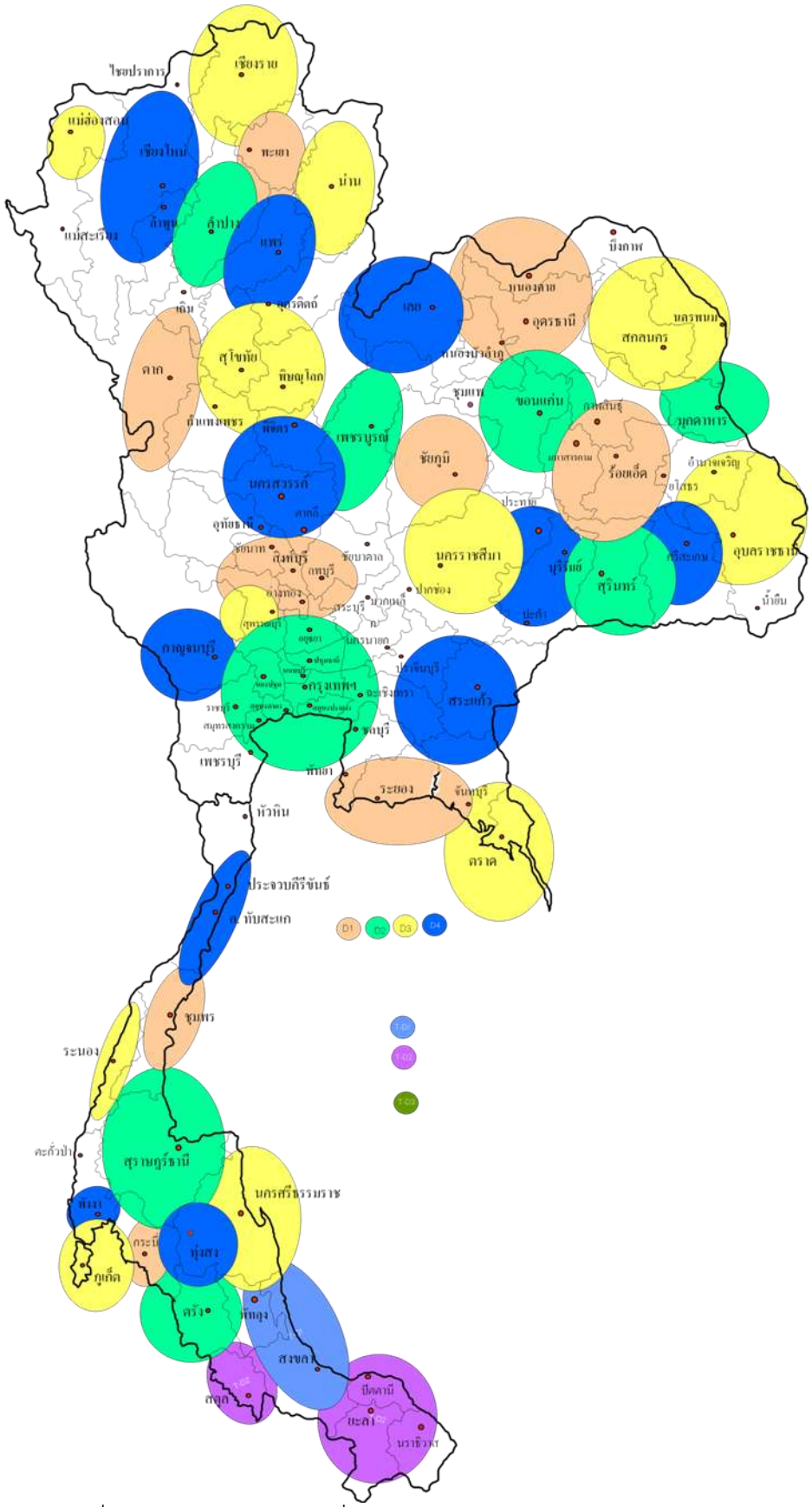
ตารางที่ 2-7 การปรับเปลี่ยนแผนความถี่ในบริเวณชายแดนไทย-มาเลเซีย
สำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล

กลุ่มที่	N	N+4	N+8	N+12	N+16	N+20
T-D1	26	30	34	38	42	46
T-D2	28	32	36	40	44	48
T-D3	30	34	38	42	46	50

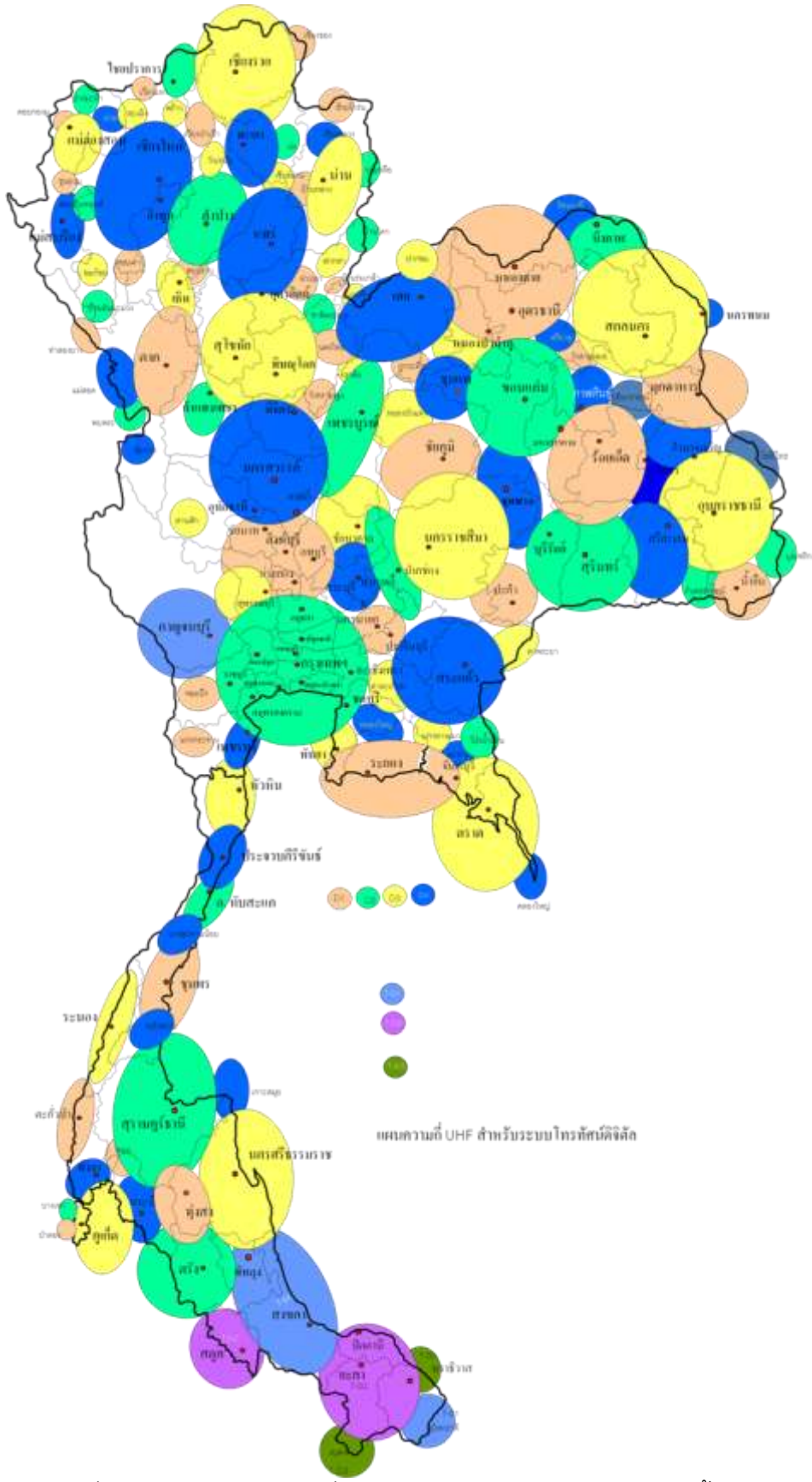
กลุ่มความถี่	จำนวนช่องความถี่	ช่องความถี่
T-D1	6	26, 30 ,34 ,38 ,42 ,46
T-D2	6	28, 32, 36, 40, 44, 48
T-D3	6	30, 34, 38, 42, 46, 50

- จังหวัด สงขลา กลุ่ม T-D 1 ช่อง 26, 30, 34, 38, 42, 46
- สตูล กลุ่ม T-D 2 ช่อง 28, 32, 36, 40, 44, 48
- ยะลา กลุ่ม T-D 2 ช่อง 28, 32, 36, 40, 44, 48
- อ.เบตง จ.ยะลา กลุ่ม T-D 1 ช่อง 26, 30, 34, 38, 42, 46
- อ.สุไหงปาดี จ.นราธิวาส กลุ่ม T-D 1 ช่อง 26, 30, 34, 38, 42, 46
- อ.ยี่งอ/อ.เมือง จ.นราธิวาส กลุ่ม T-D 3 ช่อง 30, 34, 38, 42, 46, 50
- ส่วนมาเลเซีย ใช้ ช่องคี่ ตั้งแต่ช่อง 27 ถึงช่อง 60

จากหลักการการจัดสรรความถี่ใหม่ดังกล่าวข้างต้น การจัดสรรความถี่สำหรับแต่ละพื้นที่ให้บริการ ในช่วงก่อนการเปลี่ยนผ่าน ระหว่างการเปลี่ยนผ่าน และ หลังการเปลี่ยนผ่านสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางในภาคผนวก ก



รูปที่ 2-1 แผนที่แสดงการจัดกลุ่มความถี่สำหรับสถานีถ่ายทอดโทรทัศน์ดิจิทัลหลักในประเทศ



รูปที่ 2-2 แผนที่แสดงการจัดกลุ่มความถี่สำหรับสถานีถ่ายทอดโทรทัศน์ดิจิทัลทั้งหมดในประเทศ

การเปลี่ยนแปลงระบบการแพร่ภาพโทรทัศน์ให้เป็นแบบดิจิทัลเป็นการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ซึ่งหลายๆ ประเทศ ได้มีการประกาศแนวทางการเปลี่ยนแปลงที่สนับสนุนให้ตนเองได้ประโยชน์จากตลาดใหม่ที่จะเกิดขึ้น ตลอดจนสร้างโอกาสในการพัฒนาบริการสารสนเทศ เพื่อลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร (digital divide) และพัฒนาบริการเพื่อสังคมอื่นๆ

ประเทศไทยซึ่งจะได้รับประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว และอาจได้รับผลกระทบจากสิ่งนี้เช่นกันหากไม่มีการเตรียมความพร้อมที่ดีก็เป็นการยากที่อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ให้บริการโทรทัศน์ รวมถึงผู้ผลิตรายการจะมีโอกาสเตรียมตัวในการจัดบริการให้มีประสิทธิภาพการลงทุนที่ดี และจัดหาเครื่องมือที่ครบถ้วนรวมถึง ประชาชนทั่วไปซึ่งเป็นผู้รับบริการโทรทัศน์ก็จะต้องเตรียมตัวในการเปลี่ยนไปใช้เครื่องโทรทัศน์แบบดิจิทัล หรือติดตั้ง set-top box เพิ่มเติมกับเครื่องโทรทัศน์แบบแอนะล็อกที่ใช้อยู่เดิม ถึงแม้ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา ผู้ผลิตรายการโทรทัศน์ในประเทศไทยได้เริ่มที่จะปรับปรุงระบบผลิตรายการ (production studio) ให้เป็นระบบดิจิทัล รวมถึงผู้ให้บริการเคเบิลทีวี (cable TV) และผู้ให้บริการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม (satellite TV) ก็ได้เริ่มปรับปรุงระบบการถ่ายทอดสัญญาณของตนเป็นระบบดิจิทัลบ้างแล้ว อย่างไรก็ตาม การแพร่ภาพโทรทัศน์ภาคพื้นดิน (terrestrial TV) ในปัจจุบันยังคงเป็นระบบแอนะล็อกอยู่ เนื่องจากการปรับเปลี่ยนไปสู่ระบบดิจิทัลมีความซับซ้อนทั้งในเชิงเทคนิค และเชิงนโยบายมากกว่าการถ่ายทอดสัญญาณในระบบอื่นๆ

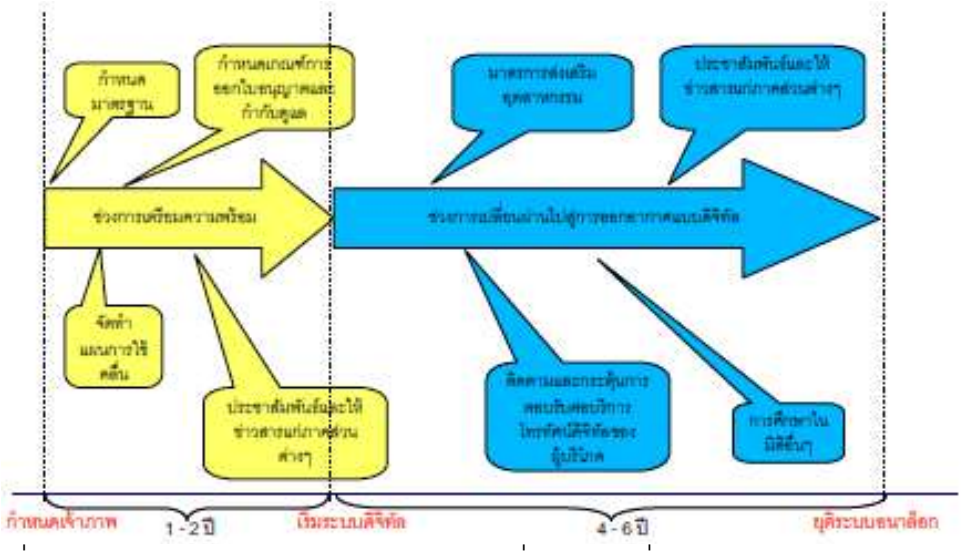
การกำหนดช่วงเวลาการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัล

การกำหนดช่วงเวลาเริ่มต้นการออกอากาศในระบบดิจิทัล และยุติออกการอากาศในระบบแอนะล็อก เป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่ง ของนโยบายการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลที่จะต้องมีการประกาศอย่างเป็นทางการให้เป็นที่รับรู้ทั่วไป เนื่องจากจะเป็นกรอบเวลาสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องแทบจะทุกภาคส่วนในการวางแผนและเตรียมตัวจัดหาหรือปรับปรุงอุปกรณ์ ตลอดจนพัฒนารายการให้เหมาะสม กับโทรทัศน์ระบบใหม่ อาทิสถานีโทรทัศน์จะต้องวางแผนการลงทุนและปรับปรุงระบบ พัฒนารายการและวางแผนการประชาสัมพันธ์ให้ข้อมูลแก่ผู้บริโภค ผู้บริโภคจะต้องเตรียมจัดหาเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัล หรือ set-top box ที่มีอุปกรณ์สำหรับรับระบบดิจิทัล (digital tuner) สำหรับต่อพ่วงโทรทัศน์แอนะล็อกที่ใช้อยู่เดิม ผู้ผลิตเครื่องโทรทัศน์จะต้องปรับปรุงสายการผลิต ร้านค้าโทรทัศน์จะต้องวางแผนการขาย ตลอดจนการให้ข้อมูลแก่ผู้บริโภค เป็นต้น ตารางที่ 2-8 แสดงการกำหนดช่วงเวลาเริ่มต้นโทรทัศน์ระบบดิจิทัล และยุติโทรทัศน์ระบบแอนะล็อกของต่างประเทศ ซึ่งจะเห็นได้ว่าโดยทั่วไปจะเริ่มออกอากาศในระบบดิจิทัลประมาณ 1-2 ปี หลังจากการประกาศนโยบายและช่วงเวลาการเปลี่ยนผ่านฯ อย่างเป็นทางการแล้ว

ตารางที่ 2-8 การกำหนดช่วงเวลาการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลของต่างประเทศ

ประเทศ	ช่วงเวลาที่ประกาศนโยบาย	ช่วงเวลาที่เริ่มระบบดิจิทัล	ช่วงเวลายุติระบบแอนะล็อก
อังกฤษ	1996	กันยายน 1998	2010 – 2012
สหรัฐอเมริกา	1996	1999 - SDTV 2005 - HDTV	17 กุมภาพันธ์ 2009
เยอรมัน	2002	2002 – เบอร์ลิน 2004 – เมืองอื่นๆ	2007 – เบอร์ลิน 2010 – เมืองอื่นๆ
ฝรั่งเศส	2000	2005	2010
อิตาลี	2001	2003	2012
ญี่ปุ่น	2000	2003	2011
จีน	2001	2004	2012 - 2015
มาเลเซีย		2006	2015

สหภาพยุโรป (European Union: EU) แนะนำประเทศสมาชิกให้ยุติการออกอากาศโทรทัศน์ระบบ แอนะล็อกภายในปี 2012 ซึ่งเหตุผลประการหนึ่ งมาจากข้อเสนอแนะของบริษัทผู้ผลิตเครื่ องรับส่งโทรทัศนที่วางแผนจะยุติการผลิตอุปกรณ์โทรทัศน์ระบบ แอนะล็อกในช่วงปีดังกล่าว ในขณะที่สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union: ITU) เสนอแนะให้ประเทศต่างๆ พิจารณากำหนดช่วงเวลายุติโทรทัศน์ระบบ แอนะล็อกภายในปี 2015 โดยช่วงเวลาที่ออกอากาศโทรทัศน์ระบบ แอนะล็อกและดิจิทัลคู่ขนานกัน (simulcast of analog and digital TV) ควรมีระยะเวลาประมาณ 4 – 8 ปี เนื่องด้วยการออกอากาศสองระบบเป็นการเสียค่าใช้จ่ายที่ ซ้ำซ้อน ประกอบกับการยุติระบบ แอนะล็อกได้เร็วก็จะสามารถนำคลื่นความถี่ที่เคยใช้ออกอากาศในระบบแอนะล็อกเดิมมาจัดสรรใหม่สำหรับบริการอื่ นๆ ต่อไป ทั้งนี้ การกำหนดช่วงเวลาเริ่ มต้นออกอากาศในระบบดิจิทัล และยุติระบบแอนะล็อก ควรพิจารณาจากความพร้อมของผู้บริโภคในการจัดหาอุปกรณ์เครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัล ความพร้อมของผู้ประกอบการในการปรับปรุงระบบ ตลอดจนความพร้อมเชิ งนโยบายภาครัฐในการขับเคลื่ อนการเปลี่ยนผ่านฯ ซึ่งควรมีมาตรการหลักๆ ในช่วงเวลาก่อนที่จะเริ่มออกอากาศในระบบดิจิทัล และยุติระบบแอนะล็อกดังแสดงในรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 มาตรการเตรียมความพร้อมและขับเคลื่อนการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัล

เกณฑ์การออกใบอนุญาตผู้ให้บริการโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัล

เนื่องจากการปรับเปลี่ยนการออกอากาศโทรทัศน์ภาคพื้นดินไปเป็นระบบดิจิทัลจะส่งผลทำให้ห่วงโซ่บริการโทรทัศน์เปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงในรูปที่ 2-4 โดยบทบาทของสถานีโทรทัศน์จะถูกทดแทนด้วยผู้เล่นรายใหม่ 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ให้บริการช่องรายการ ผู้ให้บริการรวมส่งสัญญาณ และผู้ให้บริการโครงข่าย การออกใบอนุญาตให้แก่ผู้ประกอบกิจการโทรทัศน์ดิจิทัลจึงควรสอดคล้องกับโครงสร้างอุตสาหกรรมที่ จะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่ง โดยสากลจะแบ่งใบอนุญาตออกเป็น 3 ประเภทเพื่อรองรับกลุ่มผู้เล่นรายใหม่ ที่จะเข้าสู่ตลาด ได้แก่

- ใบอนุญาตผู้ให้บริการช่องรายการ (channel provider หรือ content provider)
- ใบอนุญาตผู้ให้บริการรวมส่งสัญญาณ (multiplex operator)
- ใบอนุญาตผู้ให้บริการโครงข่าย (network provider)

สำหรับในบริบทของประเทศไทย การออกใบอนุญาตสำหรับผู้ให้บริการช่องรายการโทร ทัศน์ดิจิทัลอาจสามารถดำเนินการตามเกณฑ์การออกใบอนุญาตที่ กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติการประกอบกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์ พ.ศ. 2551 ซึ่งได้กำหนดประเภทของใบอนุญาตกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์ที่ใช้คลื่นความถี่ไว้ 3 ประเภท ได้แก่ 1.ใบอนุญาตประกอบกิจการบ ริการสาธารณะ 2. ใบอนุญาตประกอบกิจการบริการชุมชน และ 3.ใบอนุญาตประกอบกิจการทางธุรกิจ (ซึ่งแบ่งย่อยเป็นสามระดับ ได้แก่ ทั่วประเทศ ระดับภูมิภาค และระดับท้องถิ่น)สำหรับเกณฑ์การออกใบอนุญาตผู้ให้บริการรวมส่งสัญญาณ และผู้ให้บริการโครงข่ายนั้น ควรมีการศึกษาในเชิงลึ กถึงข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณสมบัติของผู้ให้บริการ ตลอดจนสิทธิหน้าที่และเงื่อนไขของใบอนุญาตซึ่งควรจะสอดคล้องกับเกณฑ์การออกใบอนุญาตกิจการโทรทัศน์ประเภทอื่ นๆ (ทั้งที่ใช้คลื่นความถี่และไม่ใช้คลื่นความถี่) ตลอดจนนโยบายการแข่งขัน และนโยบายการพัฒนากิจการโทรทัศน์ในภาพรวม

การประชาสัมพันธ์และให้ข้อมูลแก่ภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง

การปรับเปลี่ยนการออกอากาศโทรทัศน์ภาคพื้นดินจากระบบแอนะล็อกเป็นระบบดิจิทัลจะส่งผลกระทบต่อหลายภาคส่วน ทั้งภาครัฐ เอกชน และประชาชน การประชาสัมพันธ์และให้ข้อมูลเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนสู่ระบบดิจิทัลจึงเป็นเรื่องสำคัญ เนื่องจากการปรับเปลี่ยนดังกล่าวอาจเป็นการสร้างโอกาส หรือการจำกัดโอกาสก็ได้ประเด็นสำคัญที่ภาครัฐควรประชาสัมพันธ์และให้ข้อมูลแก่ภาคส่วนต่างๆ ได้แก่

- ประชาชน: สื่อสารถึงเป้าหมายของรัฐบาล และประโยชน์ต่อประชาชนที่จะได้รับจากการเปลี่ยนไปสู่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัล ช่วงเวลาที่จะเริ่มออกอากาศระบบดิจิทัลและยุติระบบแอนะล็อก คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดหาอุปกรณ์เครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลและอุปกรณ์ต่อพ่วงที่จำเป็น ทางเลือกและข้อดีข้อด้อยของบริการโทรทัศน์ดิจิทัลแบบต่างๆ การให้ความช่วยเหลือด้านการเงินในการจัดหาอุปกรณ์ต่อพ่วง (หากมี) เป็นต้น โดยควรจัดให้มีเว็บไซต์กลาง และโทรศัพท์ HotLine สำหรับให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนผ่านฯ
- ผู้ผลิตเครื่องโทรทัศน์: กำหนดให้มีการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับรับระบบดิจิทัล (digital tuner) ในเครื่องรับโทรทัศน์ที่จำหน่ายในประเทศภายใน 6 เดือนหลังจากประกาศนโยบายการเปลี่ยนผ่านฯอย่างเป็นทางการ สำหรับโทรทัศน์ที่ไม่มี digital tuner ต้องติดป้ายแจ้งว่ารับโทรทัศน์ระบบดิจิทัลไม่ได้
- สถานีโทรทัศน์ และผู้ผลิตรายการ: เกณฑ์การออกใบอนุญาตให้แก่ผู้ให้บริการ กรอบเวลาในการรับสมัครและเกณฑ์การคัดเลือกผู้ให้บริการประเภทต่างๆ มาตรการสนับสนุนและช่วยเหลือในการปรับปรุงอุปกรณ์ และผลิตรายการในระบบดิจิทัล (หากมี)

โดยการประชาสัมพันธ์ควรจัดให้มีเป็นระยะๆ ผ่านสื่อต่างๆ ที่หลากหลาย ทั้งทางวิทยุ โทรทัศน์ อินเทอร์เน็ต หนังสือพิมพ์ และป้ายประกาศต่างๆ ซึ่งควรเน้นการประชาสัมพันธ์ให้มากในช่วง 3 – 6 เดือนก่อนเริ่มต้นออกอากาศในระบบดิจิทัล และก่อนยุติระบบแอนะล็อก

การส่งเสริมอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

การสนับสนุนให้เกิดโอกาสกับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องด้วยมาตรการต่างๆ ทั้งมาตรการส่งเสริมการลงทุนและมาตรการอื่น เช่น มาตรฐาน การวิจัยและพัฒนา บุคลากร โดยอุตสาหกรรมในประเทศไทยที่สำคัญที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนผ่านฯ ได้แก่ อุตสาหกรรมโทรทัศน์ อุตสาหกรรมการผลิตเนื้อหาดิจิทัล (digital content) กล่าวคือ การสนับสนุนด้านการขยายโอกาสด้านการลงทุนและการผลิตเพื่อให้เกิดการผลิตโทรทัศน์ประเภทที่มีอุปกรณ์สำหรับรับระบบดิจิทัล เนื่องจากประเทศไทยมีฐานการผลิตโทรทัศน์ในประเทศที่เข้มแข็งอยู่แล้ว นอกจากนี้การสนับสนุนให้มีการผลิตโทรทัศน์ที่มีอุปกรณ์รับระบบดิจิทัลยังช่วยกระตุ้นให้การเปลี่ยนผ่านไปสู่ระบบดิจิทัลเกิดขึ้นได้เร็วขึ้นอีกด้วย

สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อหาดิจิทัลควรได้รับการส่งเสริมในด้านของการพัฒนากำลังคนเพื่อรองรับการขยายตัวของการผลิตเนื้อหาดิจิทัลที่จะเพิ่มขึ้นตามรายการ (program) ที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต อีก

ทั้งควรสนับสนุนให้มีการผลิตเนื้ อหาในลักษณะที่ สร้างประโยชน์หรือองค์ความรู้ให้กับชุมชนเพิ่ มมากขึ้ น นอกจากนี้ยังมีอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ต่อพ่วง set-top box ซึ่งเป็นที่ถกเถียงกันว่าปัจจุบันประเทศจีน สามารถผลิต set top box ราคาไม่สูง เนื่องจากมีการผลิตในจำนวนมาก ดังนั้นการที่อุตสาหกรรม set-top box จะเกิดในประเทศไทยอาจไม่สามารถแข่งขันในด้านราคากับ set top box นำเข้าจากประเทศจีนได้ อย่างไรก็ดีจากการศึกษาพบว่า set-top box นั้นมีหลากหลายรุ่นและราคา ถึงแม้อุตสาหกรรม set-top box ในการผลิตแบบจำนวนมาก (mass product) เกิดขึ้นยากในประเทศไทย อย่างไรก็ตาม ภาครัฐควรเข้ามามีส่วนในการกำหนดมาตรฐานของ set-top box เพื่อให้คนไทยได้มีโอกาสใช้สินค้าที่มีคุณภาพ

การติดตามและกระตุ้นการตอบรับต่อบริการโทรทัศน์ดิจิทัลของผู้บริโภค

การตอบรับต่อบริการโทรทัศน์ดิจิทัลของผู้บริโภคเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่ งต่อความสำเร็จของการปรับเปลี่ยนระบบโทรทัศน์ภาคพื้ นดินจากระบบ แอนะล็อกเป็นระบบดิจิทัลให้เป็นไปตาม กรอบระยะเวลาที่วางแผนไว้ ดังนั้นจึงควรมีการติดตามสถานภาพการมีการใช้บริการโทรทัศน์ระบบดิจิทัลในครัวเรือนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการกำหนดช่วงเวลาที่ เหมาะสมในการยุติโทรทัศน์ภาคพื้ นดินระบบ แอนะล็อก ตลอดจนจัดทำมาตรการให้ความช่วยเหลือสำหรับครัวเรือนที่ มีรายได้น้อยที่ ไม่สามารถจัดหาอุปกรณ์เครื่ องรับโทรทัศน์ดิจิทัลหรืออุปกรณ์ set-top box ได้ด้วยตนเองก่อนที่ จะยุติโทรทัศน์ระบบ แอนะล็อกตามความเหมาะสมต่อไป โดยภาครัฐควรจัดให้มีหน่วยงานรับผิดชอบในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการมีการใช้บริการโทรทัศน์ดิจิทัลในครัวเรือ น โดยกำหนดให้มีการลงทะเบียนเครื่ องรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล และสำรวจการมีการใช้บริการโทรทัศน์ดิจิทัลในครัวเรือนเป็นระยะ (อย่างน้อยทุกๆ 2 ปี)

ทั้งนี้ภาครัฐอาจพิจารณาจัดให้มีมาตรการกระตุ้นการตอบรับต่อบริการโทรทัศน์ดิจิทัลของผู้บริโภค โดยการส่งเสริมการพัฒนารายกา รโทรทัศน์ในระบบดิจิทัลที่ มีคุณภาพ ทั้งในด้านความหลากหลายของเนื้อหารายการและคุณภาพของภาพและเสียงที่ มีความคมชัดสูง (HDTV) รวมถึงการพัฒนาบริการเสริมใหม่ๆ เช่น รายการโทรทัศน์แบบผู้ชมมีส่วนร่วมด้วยได้ (interactive TV) ตลอดจนมาตรการให้ความช่วยเหลือด้านการเงินในก ารจัดหาอุปกรณ์เครื่ องรับโทรทัศน์ดิจิทัลหรืออุปกรณ์ set-top box สำหรับผู้มีรายได้น้อย

การศึกษาผลกระทบในมิติต่างๆ

การปรับเปลี่ ยนสู่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลจะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมของประเทศ จึงควรจัดให้มีการศึกษาในเชิงลึกถึงผลกระทบของการเปลี่ ยนผ่านฯ ในมิติต่างๆ เช่น โครงสร้างอุตสาหกรรมและการแข่งขันในธุรกิจโสตทัศน์ (audio visual) การเกิดขึ้นของธุรกิจใหม่ และการปรับตัวของธุรกิจเดิม ผลกระทบต่อการจ้างงาน แนวทางการกำกับดูสื่ อดิจิทัลสมัยใหม่ ผลกระทบต่อการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อม ผลกระทบต่อวัฒนธรรมและอัตลักษณ์ของชาติ ตลอดจนแนวทางการส่งเสริมอุตสาหกรรมการพัฒนารายการและสื่อสร้างสรรค์ต่างๆ (content and creative industry) เป็นต้น

หน่วยงานเจ้าภาพในการกำหนดนโยบายการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัล

จากการศึกษาประสบการณ์เปลี่ยนผ่านสู่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลในต่างประ เทศ เป็นที่น่าสังเกตว่าหน่วยงานที่ริเริ่มผลักดันให้มีการจัดทำนโยบายการเปลี่ยนผ่านการออกอากาศโทรทัศน์ภาคพื้นดินจากระบบแอนะล็อกเป็นระบบดิจิทัลจะค่อนข้างแตกต่างกันในแต่ละประเทศ เช่น ประเทศอังกฤษ ริเริ่มโดยหน่วยงานภาครัฐหลายหน่วยงานได้แก่ Ofcom, Department of Culture, Media and Sport และ Department of Business Enterpriseand Regulatory Reform ได้ร่วมมือกันภายใต้โครงการโทรทัศน์ดิจิทัล (Digital Television Project) จัดทำแผนปฏิบัติการโทรทัศน์ดิจิทัล (Digital Television Action Plan) ประเทศเยอรมัน ริเริ่มโดยกระทรวงเศ รษฐกิจและเทคโนโลยี (Bundesministerium fur Wirtschaft und Technologie) ซึ่งได้จัดทำข้อกำหนดการเริ่มต้นให้บริการโทรทัศน์ภาคพื้ นดินในระบบดิจิทัล หรือที่รู้จักกันในชื่อ “The Launch Scenarios 2000” ประเทศญี่ปุ่น ริเริ่มโดย Ministry of Internal Affairs and Communications: MIC ประเทศนิวซีแลนด์ริเริ่มโดย Ministry for Culture and Heritage ส่วนสหรัฐอเมริการิเริ่มโดย Federal Communications Commission (FCC)

สำหรับบริบทของประเทศไทยนั้น หน่วยงานเจ้าภาพในการกำหนดนโยบายการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัล อาจเป็นเจ้าภาพร่ วมระหว่างกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และองค์กรกำกับกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม ที่จะตั้งขึ้นใหม่ตามพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เนื่องจากนโยบายการเปลี่ยนผ่านฯมีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจการและเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประเทศในภาพรวมซึ่ง กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารดูแลอยู่ และเกี่ยวข้องกับการกำกับดูแลกิจการกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม ซึ่ง เป็นอำนาจหน้าที่ขององค์กรกำกับดูแลที่จะตั้งขึ้นใหม่ตามพรบ . องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฯ โดยในระหว่างที่รอการจัดตั้งองค์กรกำกับดูแลดังกล่าว กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอาจร่วมมือกับสำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ ดำเนินการเตรียมการศึกษาและเก็บข้อมูลเพื่อกำหนดนโยบายก ารเปลี่ยนผ่านสู่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลไปพลางก่อน โดยอาจร่วมมือกับหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมประชาสัมพันธ์ สำนักนายกรัฐมนตรี กระทรวงวัฒนธรรม กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงพาณิชย์ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงพัฒนาสังคมแ ละความมั่นคงของมนุษย์ สมาคมต่างๆ ของภาคเอกชน เช่น สมาคมอุตสาหกรรมบันเทิง, สมาคมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ , สมาคมเคเบิลทีวี และภาคประชาชน เช่น คณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค เป็นต้น

แนวทางขั้นตอนดำเนินการเปลี่ยนถ่ายไปสูเทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัล

- เมื่อรัฐบาลได้จัดตั้ง หน่วยงานองค์กรกำกับดูแลที่จะเกิดขึ้นใหม่ตามพรบ .จัดสรรความถี่ร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาเป็นเจ้าภาพในการกำหนดนโยบายการเปลี่ยนถ่ายไปสู่ระบบดิจิทัล

- หน่วยงานเจ้าภาพในการเปลี่ยนผ่านฯจะต้องกำหนดกฎเกณฑ์การออกใบอนุญาตและกำกับดูแลให้ผู้บริการที่ดำเนินการใ นส่วนต่างๆให้ชัดเจน ซึ่งดำเนินการตามเกณฑ์การออกใบอนุญาตที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติการประกอบกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์ พ.ศ. 2551 ร่วมกับการจัดแบ่งแบบสากลตามที่ต่างประเทศที่ออกอากาศระบบดิจิทัลกำหนดแบ่งเป็นกลุ่มไว้ 3 ประเภท
- กำหนดกลุ่มความถี่ใช้งานในแ ต่ละพื้นที่เขตบริการซึ่งเป็นความถี่ในย่าน UHF พร้อมประกาศมาตรฐานการออกอากาศในระบบดิจิทัล
- หลังจากประกาศนโยบายแล้วจะต้องบังคับให้เครื่องรับทีเข้ามาหลังจากวันที่ประกาศต้องมีจูนเนอร์ระบบดิจิทัลประกอบมาภายในเครื่องรับเรียบร้อย
- การออกอากาศในช่วงแรกสถานีหลักคว รจะใช้เครือข่ายของทีวีไทยเป็นหลักเพราะสถานีเครือข่ายทีวีไทยออกอากาศในย่านความถี่ UHF เนื่องจากสถานีทีวีไทยมีโครงข่ายหลักอยู่แล้วและได้ออกแบบระบบสายส่งสัญญาณและสายอากาศให้สามารถรองรับได้อีก 4 ความถี่ในการออกอากาศระบบแอนะล็อก
- ในช่วงแรกสถานีหลักให้ส่งออกอาก าศ 4 MUX ด้วยความถี่ในกลุ่มที่เหลือควบคู่ไปกับการออกอากาศระบบแอนะล็อกเดิมไปช่วงเวลาหนึ่งหลังจากนั้นเอาความถี่ UHF เดิมที่ออกอากาศในระบบ แอนะล็อกมาจัดสรรใช้งานในระบบดิจิทัลอีก 2 MUX รวมเป็นการส่งออกอากาศในระบบดิจิทัลจำนวน 6 MUX

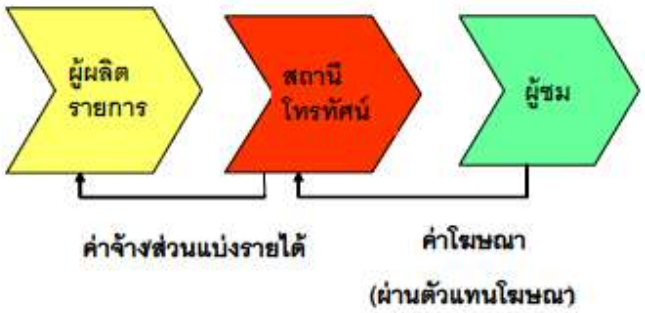
ประโยชน์และผลกระทบจากการเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยีแอนะล็อกสู่ดิจิทัล

การปรับเปลี่ยนการแพร่ภาพโทรทัศน์ภาคพื้น ดินจากระบบแอนะล็อกเป็นระบบดิจิทัล จะทำให้เกิดประโยชน์และส่งผลกระทบทางตรงต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกลุ่มหลักๆ สรุปได้ดังนี้

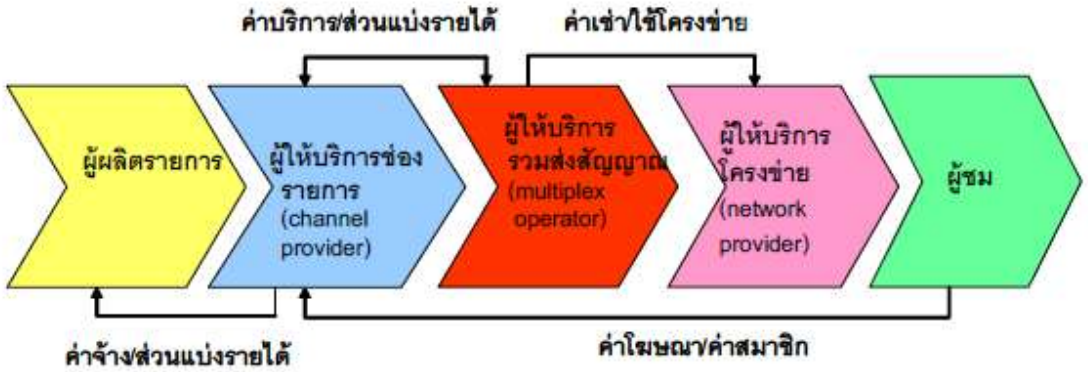
ผู้บริโภค/ประชาชนทั่วไป : โอกาสในการรับชมรายการโทรทัศน์ในระบบดิจิทัลที่จะมีความคมชัดมากขึ้น กว่าระบบแอนะล็อก และจำนวนช่องที่มีรายการที่หลากหลายมากขึ้น ซึ่ง อาจมีการจัดช่องรายการสำหรับผู้ชมเฉพาะกลุ่มมากขึ้น ด้วย เช่น ช่องรายการสำหรับเด็ก ช่องรายการการเกษตร ช่องรายการเพื่อการศึกษา ช่องรายการกีฬา ช่องรายการข่าว และช่องรายการท้องถิ่น เป็นต้น รวมถึงโอกาสในการรับบริการเสริมใหม่ๆ เช่นโทรทัศน์แบบผู้ชมมีส่วนร่วมด้วยได้ (interactive TV) และโทรทัศน์มือถือ (mobile TV) เป็นต้น ทั้งนี้ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการเปลี่ยนไปใช้เครื่องโทรทัศน์แบบดิจิทัล หรือติดตั้ง set-top box เพิ่มเติมกับเครื่องโทรทัศน์แบบแอนะล็อกที่ใช้อยู่เดิม ซึ่ง ปัจจุบัน set-top box แบบพื้นฐานมีราคาประมาณ 1,000 – 2,000 บาท และมีแนวโน้มที่ราคาจะลดลงเรื่อยๆ

สถานีโทรทัศน์/อุตสาหกรรมโทรทัศน์ในภาพรวม : สามารถขยายจำนวนช่องรายการเพื่อเพิ่มความหลากหลายและตรงความต้องการของผู้ชมกลุ่มต่างๆ มากขึ้น ตลอดจนขยายบริการรูปแบบใหม่ เช่น pay-perview, interactive TV และ mobile TV ได้ อย่างไรก็ตาม สถานีโทรทัศน์จะต้องปรับเปลี่ยนระบบการผลิตรายการ ตลอดจนระบบการแพร่ภาพให้เป็นระบบดิจิทัลใหม่ทั้ง ระบบ ซึ่ง จะมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ ยังมีค่าใช้จ่ายที่ซ้ำ ซ้อนซึ่ง สถานีโทรทัศน์จะต้องออกอากาศรายการในระบบ แอนะล็อกคู่ขนานไปกับระบบดิจิทัล จนกว่าจะยุติระบบแอนะล็อกโดยสิ้น เชิง ซึ่ง จากประสบการณ์ของต่างประเทศ ช่วงเวลาของการเปลี่ยนผ่านนี้อาจนานถึง 8 – 10 ปี

ทั้งนี้ การปรับเปลี่ยนการแพร่ภาพโทรทัศน์ภาคพื้นดินเป็นระบบดิจิทัลยังสร้างโอกาสในการปรับโครงสร้างอุตสาหกรรมโทรทัศน์ด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2-4 ซึ่งเปรียบเทียบห่วงโซ่แห่งมูลค่า (value chain) ของบริการโทรทัศน์ภาคพื้น ดินระบบแอนะล็อกและระบบดิจิทัล จะเห็นได้ว่าเมื่อเปลี่ยนเป็นระบบดิจิทัล ผู้ทำหน้าที่สถานีโทรทัศน์ในระบบ แอนะล็อกแบบเดิม จะถูกทดแทนด้วยผู้เล่นรายใหม่ 3 กลุ่ม กล่าวคือ ผู้ให้บริการช่องรายการ (channel provider) ซึ่ง ทำหน้าที่รวบรวมรายการจากผู้ผลิตรายการรายต่างๆ ส่งต่อให้แก่ผู้ให้บริการรวมส่งสัญญาณ (multiplex operator) ซึ่ง จะนำรายการจากผู้ให้บริการช่องรายการรายต่างๆ มารวบรวมแล ปรับปรุงสัญญาณให้เหมาะสมเพื่อส่งต่อให้แก่ผู้ให้บริการโครงข่าย (network provider) สำหรับออกอากาศไปยังผู้ชมรายการต่อไป ผลจากการปรับเปลี่ยนห่วงโซ่แห่งมูลค่าดังกล่าวข้างต้นมีผลต่อรูปแบบของการให้บริการโทรทัศน์และการแข่งขันในอุตสาหกรรม ตลอดจนกรอบการกำกับดูแลและเกณฑ์การออกใบอนุญาตสำหรับผู้ให้บริการโทรทัศน์ดิจิทัลในอนาคต



ห่วงโซ่แห่งมูลค่าของบริการโทรทัศน์ระบบอนาล็อก



ห่วงโซ่แห่งมูลค่าของบริการโทรทัศน์ระบบดิจิทัล

รูปที่ 2-4 เปรียบเทียบห่วงโซ่แห่งมูลค่า (value chain) ของบริการโทรทัศน์ภาคพื้นดิน ระบบแอนะล็อกและระบบดิจิทัล

ภาครัฐ : การปรับเปลี่ยนการออกอากาศโทรทัศน์ภาคพื้น ดินเป็นระบบดิจิทัลจะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้คลื่นความถี่ และโอกาสในการเพิ่มจำนวนช่องรายการให้มีความหลากหลายมากขึ้น นอกจากนี้ ยังเป็นการสร้างโอกาสในการพัฒนาธุรกิจใหม่ที่ จะเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมการผลิตรายการ เนื่องจากจะมีจำนวนช่องรายการที่เกิดขึ้นใหม่อีกจำนวนมาก และเป็นโอกาสในการส่งเสริมการแข่งขันในอุตสาหกรรมโทรทัศน์ และปฏิรูปสื่อโทรทัศน์ ตลอดจนโอกาสในการเพิ่ม ช่องทางการให้ข้อมูลข่าวสารภาครัฐแก่ประชน และพัฒนารายการโทรทัศน์เพื่อการบริการสังคม เช่น การพยากรณ์อากาศ การเตือนภัย การศึกษา และความปลอดภัยสาธารณะ (public safety) เป็นต้น โดยเมื่อเปลี่ยนเป็นระบบดิจิทัลได้เสร็จสมบูรณ์ และยุติการออกอากาศโทรทัศน์ระบบ แอนะล็อกแล้ว สามารถนำคลื่นความถี่ที่เคยใช้ออกอากาศในระบบแอนะล็อกมาจัดสรรใหม่สำหรับบริการสื่อสารไร้สายสมัยใหม่ต่อไป

การปรับเปลี่ยนการออกอากาศโทรทัศน์ภาคพื้นดินเป็นระบบดิจิทัลเป็นกระบวนการที่ ซับซ้อน เนื่องจากมีส่วนเกี่ยวข้องกับหลายภาคส่วน ทั้ง ภาครัฐ เอกชน และประชาชนทั่วไป จึงต้องมีนโยบายระดับชาติเพื่อเป็นแนวทางในการขับเคลื่อนการเปลี่ยนผ่านฯ ให้เกิดขึ้น อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นไปอย่างบูรณาการเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อประเทศ

ส่วนที่สาม

ร่าง มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัล

ร่าง

มาตรฐานทางเทคนิค
สำหรับการให้บริการโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน

ฉบับร่าง

สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ
87 ถนนพหลโยธิน ซอย 8 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400
โทร. 0 2271 0151-60 เว็บไซต์: www.ntc.or.th

1. ขอบข่าย

มาตรฐานทางเทคนิคนี้ ระบุข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (Digital Terrestrial Television) ที่ใช้งานสำหรับ ระบบ/อุปกรณ์ทางภาคส่ง รวมทั้งเครื่องส่งวิทยุโทรทัศน์ระบบดิจิทัลภาคพื้นดิน โดยมีคุณสมบัติทางด้านคลื่นความถี่ดังนี้

ย่านความถี่วิทยุใช้งาน (Operating Band)	470 – 860 MHz (UHF Band IV และ V)
ความกว้างช่องสัญญาณ (Channel Bandwidth)	8 MHz
กำลังส่งออกอากาศประสิทธิผล (ERP)	ตามที่กำหนดในแผนความถี่

2. มาตรฐานทางเทคนิคขั้นต่ำสำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (Digital Terrestrial Television)

มาตรฐานทางเทคนิคขั้นต่ำสำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน นี้ ระบุข้อกำหนด ทางเทคนิคขั้นต่ำ ซึ่งระบบ /อุปกรณ์ ทางภาคส่ง รวมทั้งเครื่อง ส่งวิทยุ โทรทัศน์ ระบบดิจิทัล ภาคพื้นดิน จำเป็นต้องมี ขีดความสามารถดังกล่าว เพื่อการให้บริการโทรทัศน์ระบบดิจิทัลที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ

2.1 ด้านการส่งสัญญาณ

2.1.1 โครงสร้างเฟรม (Framing Structure), การเข้ารหัสช่องสัญญาณ (Channel Coding) และการมอดูเลต สำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI EN 300 744: Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television

2.2 ด้านสัญญาณ Baseband

2.2.1 ระบบการเข้ารหัส สัญญาณสำหรับกระแสขนส่ง (Transport Stream) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI TS 101 154 V1.8.1: Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream

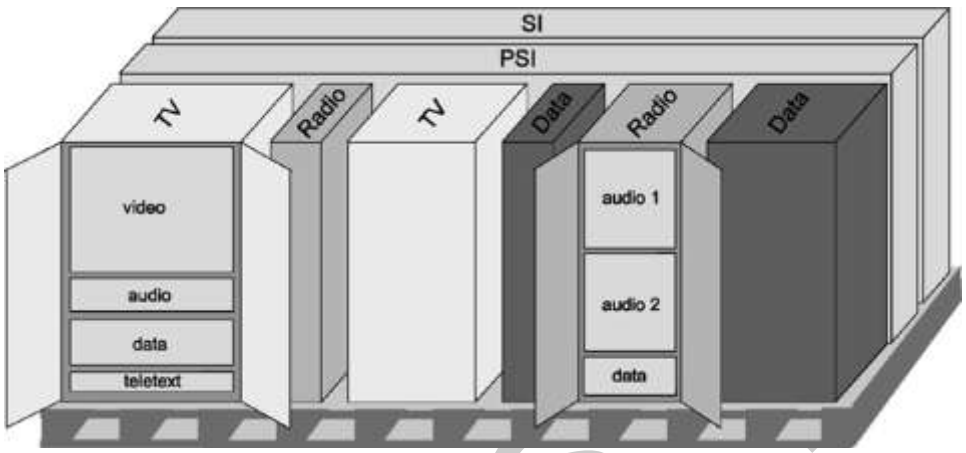
2.2.2 ระบบการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียงให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO/IEC 13818-1: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems

2.2.3 การเข้ารหัส ภาพเคลื่อนไหวให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO/IEC 14496-10: Information technology -- Coding of audio-visual objects -- Part 10: Advanced Video Coding (MPEG 4 H.264/AVC)

2.2.4 การเข้ารหัสเสียงให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งดังต่อไปนี้

i. ISO/IEC 14496-3: Information technology -- Coding of audio-visual objects -- Part 3: Audio (MPEG 4 HE AAC)

ii. ISO/IEC 13818-3: Generic coding of moving pictures and associated audio information -- Part 3: Audio (MPEG 1 Layer 2)



Components inside the data container

2.3 ด้านการมัลติเพล็กซ์ (Multiplexing)

2.3.1 ข้อกำหนดสำหรับ ข้อมูลข่าวสารการให้บริการ (Service Information: SI) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI EN 300 468: Specification for Service Information (SI) in DVB systems

2.3.2 ข้อกำหนดสำหรับ Teletext System B ตามมาตรฐาน ITU-R ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI EN 300 472: Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams

2.3.3 ข้อกำหนดสำหรับ การนำพาข้อมูล VBI (Vertical Blanking Interval data) ในบิตสตรีมให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI EN 301 775: Standard for conveying VBI data in DVB bitstreams

2.4 ด้านการกระจายข้อมูล (Data Broadcasting)

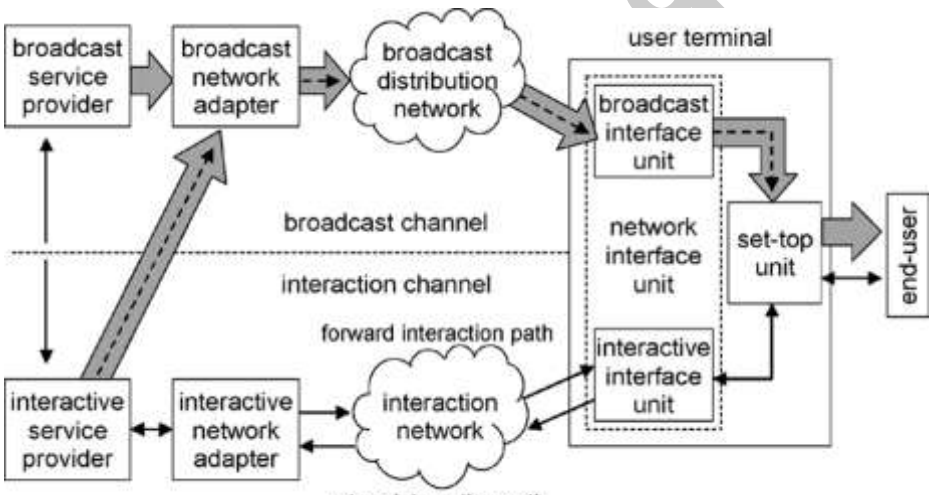
ข้อกำหนดสำหรับ การกระจายข้อมูล (Data Broadcasting) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI EN 301 192: Specification for data broadcasting

2.5 ด้านระบบคำบรรยายใต้ภาพ (Subtitling)

ข้อกำหนดสำหรับระบบคำบรรยายใต้ภาพ (Subtitling) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI EN 300 743: Subtitling systems

3 มาตรฐานทางเทคนิค ทางเลือก สำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิ ทัลภาคพื้นดิน (Digital Video Broadcasting - Terrestrial)

มาตรฐานทางเทคนิค ทางเลือก สำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินระบุ ข้อกำหนด ทางเทคนิค ของ ระบบ/อุปกรณ์ทางภาคส่ง รวมถึง เครื่อง ส่งวิทยุ โทรทัศน์ระบบดิจิทัล ภาคพื้นดิน ที่เป็นทางเลือกสำหรับผู้ให้บริการ เพื่อการ เพิ่มเติมรูปแบบ (features) การให้บริการต่าง ๆ แก่ผู้ใช้บริการ หรือเพื่อการ สนับสนุนและปรับปรุงคุณภาพการให้บริการ ซึ่งหากอุปกรณ์ ระบบทางภาคส่ง และ เครื่อง ส่งวิทยุ โทรทัศน์ ระบบดิจิทัล ภาคพื้นดิน มีขีดความสามารถใดตามมาตรฐาน ทางเลือกนี้ จำเป็นต้ องเป็นไป ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน นี้ด้วย



Generic system reference model for interactive services

3.1 ด้านการส่งสัญญาณ

ข้อกำหนดสำหรับ การใช้ DVB mega-Frame เพื่อการซิงโครไนซ์ (Synchronize) ความถี่ของเครื่อง ส่งในโครงข่ายความถี่เดียว (Single Frequency Network: SFN) ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ETSI TR 101 191: Mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization

3.2 ด้านการสื่อสารโต้ตอบระหว่างกัน (Interactivity)

3.2.1 ข้อกำหนดสำหรับ โพรโทคอลสำหรั บการให้บริการ ในลักษณะ โต้ตอบซึ่งกันและกันได้ (Interactive) ที่ไม่ขึ้นกับโครงข่ายให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI ETS 300 802: Network-independent protocols for DVB interactive services

3.3 ด้านการ Update Software

ข้อกำหนดสำหรับ การปรับปรุงโปรแกรม (ซอฟแวร์) ให้เป็นปัจจุบัน (software update) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI TS 102 006: Specification for System Software Update in DVB Systems

3.4 ด้านการเข้าถึงบริการแบบมีเงื่อนไข (Conditional Access)

ข้อกำหนดสำหรับการผสมสัญญาณรบกวน (Scrambling) และการเข้าถึงบริการแบบมีเงื่อนไข (Conditional Access: CA) สำหรับระบบ Digital Broadcasting ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI ETR 289V1: Support for use of scrambling and Conditional Access (CA) within digital broadcasting systems

4 มาตรฐานทางเทคนิคด้านความปลอดภัย

4.1 ความปลอดภัยทางไฟฟ้า (Electrical Safety Requirements)

มาตรฐานทางเทคนิคด้า นความปลอดภัยทางไฟฟ้าของเครื่องส่งวิทยุโทรทัศน์ระบบดิจิทัลภาคพื้นดิน ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งดังต่อไปนี้

i. IEC 60950-1 : Information Technology equipment – Safety _ Part 1: General requirements

ii. มอก. 1561 – 2548 : บริภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเท ศ เฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป

4.2 ความปลอดภัย ต่อสุขภาพของมนุษย์จากการใช้เครื่องวิทยุ คมนาคม (Radiation Exposure Requirements)

การติดตั้งเครื่องส่งวิทยุโทรทัศน์ระบบดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานความปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์ จาก การใช้เครื่องวิทยุคมนาคม รวมทั้งหลักเกณฑ์และมาตรการกำกับดูแลความปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์จา กการใช้เครื่องวิทยุคมนาคมที่คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติประกาศกำหนดโดยอนุโลม

มาตรฐานทางเทคนิค
สำหรับอุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน

ฉบับร่าง

สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ
87 ถนนพหลโยธิน ซอย 8 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400
โทร. 0 2271 0151-60 เว็บไซต์: www.ntc.or.th

1 ขอบข่าย

มาตรฐานทางเทคนิคนี้ ระบุ ข้อกำหนด ทางเทคนิคสำหรับ อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (Digital Terrestrial Television - Receiver) ที่ติดตั้งใช้งานในส่วนของผู้ใช้บริการ ทั้งที่เป็นแบบ integrated และ แบบ non-integreated (Set-top-box)

2 มาตรฐานทางเทคนิคขั้นต่ำสำหรับ อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (Digital Terrestrial Television - Receiver)

มาตรฐานทางเทคนิคขั้นต่ำสำหรับ อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน นี้ ระบุข้อกำหนด ทางเทคนิค ขั้นต่ำซึ่งอุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิ ทัลภาคพื้นดิน จำเป็นต้องมีขีดความสามารถดังกล่าว เพื่อการรับบริการโทรทัศน์ระบบดิจิทัลที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ

2.1 ด้านการรับสัญญาณ

2.1.1 คุณสมบัติด้านคลื่นความถี่ (Radio Frequency)

i. ย่านความถี่ภาครับสัญญาณ: 470 – 860 MHz ในย่าน UHF Band IV และ V

ii. ความกว้างช่องสัญญาณ: 8 MHz (Signal Bandwidth 7.61 MHz)

iii. ค่า Noise Figure ของอุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน : ดีกว่า 7 dB ในย่าน UHF Band IV และ V

iv. การออฟเซ็ทความถี่ช่องสัญญาณ (Channel Offset): อุปกรณ์ภาครับ ต้องสามารถรั บสัญญาณคลื่นพาห์ที่ออฟเซ็ทไปจากความถี่ศูนย์กลางช่องสัญญาณ ไม่เกิน +/- 125 kHz

2.1.2 อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถรอง รับโครงสร้างเฟรม (Framing Structure) การถอดรหัสช่องสัญญาณ (Channel Decoding) และการดีมอดูเลตสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิ นตามที่กำหนดไว้ใน มาตรฐาน ETSI EN 300 744: Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television

i. เวลาในการค้นหาและ จับสัญญาณของ อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินจะต้องน้อยกว่า 2 วินาที เมื่อเปลี่ยนช่องความถี่ หรือน้อ ยกว่า 5 วินาที เมื่อผู้ให้บริการโทรทัศน์เปลี่ยน โหมดการส่ง COFDM ซึ่งจะกำหนดโดยสัญญาณ Transmission Parameter Signaling (TPS) หรือใน Network Information Table (NIT) ที่รับได้

2.1.3 การทำงานในโครงข่ายความถี่เดียว (Single Frequency Network: SFN)

i. อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถรองรับการทำงานในโครงข่ายความถี่เดียว (Single Frequency Network: SFN) ตามมาตรฐาน

ETSI TR 101 191: Mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization

ii. อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินต้องสามารถทำงานได้ดี เ มื่อสัญญาณพหุวิถี (Multipath Signal) ที่รับได้ยังอยู่ในช่วง Guard Interval (GI)

iii. หากรับได้ มากกว่าหนึ่ง สัญญาณในเวลาเดียวกัน ในโครงข่ายความถี่เดียว และสัญญาณที่รับได้มี กำลังไล่เลี่ย กัน อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินจะต้องเลือกแสดงผลสัญญาณที่รับได้ก่ อน หากสัญญาณที่รับภายหลังมีกำลังต่างกันไม่เกิน +/- 3 dB

2.2 ด้านสัญญาณ Baseband

2.2.1 อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถ รองรับการ แยกสัญญาณ (Demultiplex) กระแสขนส่ง (Transport Stream) ขั้นต่ำตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI TS 101 154 V1.8.1: Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream

2.2.2 อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถ ถอดรหัสภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียง ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO/IEC 13818-1: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems

2.2.3 อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถ ถอดรหัสภาพเคลื่อนไหว ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO/IEC 14496-10: Information technology -- Coding of audio-visual objects -- Part 10: Advanced Video Coding (MPEG4 H.264/AVC)

2.2.4 อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถ ถอดรหัสเสียงตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานต่อไปนี้

i. ISO/IEC 14496-3: Information technology -- Coding of audio-visual objects -- Part 3: Audio (MPEG4 HE AAC)

ii. ISO/IEC 13818-3: Generic coding of moving pictures and associated audio information -- Part 3: Audio (MPEG1 Layer 2)

2.3 ด้านข้อมูลให้บริการ (Service Information) และการประมวลผลตัวบอก (Processing Descriptor)

2.3.1 การประมวลผล PSI/SI และการตีความตัวบอก : อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินต้องสามารถ ประมวลผลและใช้งาน Program Specific Information (PSI) ตามที่กำหนดในมาตรฐาน ISO/IEC 13818-1 และส่วนขยายของมาตรฐาน ETSI TS 101 154 V1.8.1 และ ข้อมูล Service Information (SI) ตามที่กำหนดไว้ใน ETSI EN 300 468

2.3.2 Service Information (SI) ที่ไม่สามารถระบุได้: อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องเพิกเฉยต่อ SI หรือตารางที่ไม่สามารถระบุได้ และต้องทิ้งสัญญาณ PSI/SI ถ้าไม่เป็นที่ยอมรับหรือไม่สนับสนุน

2.3.3 การกวาดตรวจหา PSI/SI ในเครือข่ายและ Service Identification:

i. อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินจะต้องสนับสนุนการกวาดตรวจเครือข่ายผ่านทางตาราง Network Information Table (NIT)

ii. อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถตรวจจับและปรับข้อมูล PSI/SI ให้เป็นปัจจุบัน ทุกๆ ช่วงเวลาที่สั้นกว่า 100 msec

iii. อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินจะต้องสามารถปรับปรุงข้อมูล PSI/SI ได้ทันทีในหน่วยความจำโดยไม่จำเป็นต้อง Reset, Retune, หรือ Restart

2.3.4 การเลือกเวลา Time and Date Table (TDT), Time Offset Table (TOT), และ Program Clock Reference (PCR): เครื่องรับต้องใช้ตารางเวลา TDT,TOT สำหรับระบบเวลาของอุปกรณ์และสามารถแบ่งเขตเวลา ตาม UTC หรือ GMT ได้ และต้องถอดรหัสและนำเสนอบริการอย่างถูกต้องพร้อมกัน โดยอ้างอิงกับ PCR ทุกๆช่วงเวลาที่สั้นกว่า 100 msec

2.3.5 ข้อมูลผังรายการอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Programme Guide: EPG):

i. อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินต้องสามารถถอดรหัสและแสดงข้อมูลจากตาราง Event Information Table (EIT) และข้อมูล Electronic Programme Guide (EPG) ตามมาตรฐาน ETSI EN 300 468 และมาตรฐาน TR 101 211

ii. การแสดงผลข้อมูล EPG จะต้องประกอบด้วย ชื่อบริการ ชื่อรายการ ความยาวของรายการ เวลารายการที่ผ่านไป คำอธิบายโดยย่อ คำอธิบายขยายความ รายการกำลังเสนอและรายการถัดไป วันและเวลาปัจจุบัน

iii. อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องจัดเตรียมข้อมูลรายการ 7 วันล่วงหน้า เพื่ อการแนะนำรายการและง่ายต่อการสืบค้น และเครื่องรับจะต้องสามารถทำงานต่อไปถึงแม้ ไม่มีการส่ง EIT

2.3.6 การตอบสนองและการปรับตารางให้เป็นปัจจุบัน: อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินต้องสามารถระบุการเปลี่ยนแปลงรายการหรือบริการใหม่ ในช่องสัญญาณหรือใน Multiplex ซึ่งตรวจสอบได้จากตาราง Network Information Table (NIT) และ Service Description Table (SDT) อย่างสม่ำเสมอทุก 10 วินาที

2.4 ด้านการถอดรหัสและการแสดงผลสัญญาณภาพ (Video Codec and Presentation)

2.4.1 อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินต้อง สามารถ ถอดร หัสและแสดงผลสัญญาณภาพได้ดังนี้

i. HD H.264/AVC 1920x1080i frame rate 25 aspect ratio 16:9

ii. HD H.264/AVC 1280x720p frame rate 50 aspect ratio 16:9

iii. SD H.264/AVC 720x576i frame rate 25 aspect ratio 4:3

2.4.2 อัตราส่วนภาพ: อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องเตรียมการรับการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนภาพของผู้ใช้ ไปมาระหว่างภาพ 4:3 และ 16:9 ให้เหมาะสมกับขนาดของภาพและอัตราส่วนภาพ

2.5 ด้านการถอดรหัสและการแสดงผลสัญญาณเสียง (Audio Codec and Presentation)

2.5.1 กระแสสัญญาณหลายช่องเสียง (Multi Audio Stream): อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถ จัดการกับกระแสสัญญาณหลายช่อง เสียง ในบริการเดียวกันและมีข้อมูล PSI/SI เหมือนกัน เช่นตัว บ่งชี้ภาษา และเครื่องรับจะต้องเตรียมการรับการเปลี่ยนเสียงไปมาโดยผู้ใช้

2.5.2 การ Lipsync ภาพและเสียง: อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถ รองรับกรณี ภาพและเสียงไม่ตรงกัน เมื่ออ้างอิงกับ Program Clock Reference (PCR) ไม่น้อยกว่า +/- 10 msec

2.6 ด้านการทำงานของระบบ

2.6.1 ระบบปฏิบัติการและหน่วยความจำ : อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องมีระบบปฏิบัติการเวลาจริงฝังอยู่ในตัว (Realtime Embeded Operating System) และหน่วยความจำแบบไม่ลบเลือนได้ง่าย (Non-volatile memory)

2.6.2 การเปิดใช้งานครั้งแรก : เมื่อเปิดใช้งานครั้งแรก อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินต้องร้องขอข้อมูลการตั้งค่าการทำงานเบื้องต้นดังนี้

i. ภาษาที่จะแสดงบนจอ เช่น ไทย / อังกฤษ (ค่าเริ่มต้น ภาษาไทย)

ii. เริ่มการ กราดตรวจ ด้วยมือ/อัตโนมัติ (Manual/Automatic) เพื่อค้นหาการบริการโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินทั้งหมดที่มีอยู่

2.6.3 การเริ่มต้นกราดตรวจช่องสัญญาณ (Initial Channel Scan): อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินต้องสามารถกราดตรวจการบริการ เริ่มตั้งแต่ UHF Band IV จนสิ้นสุด UHF Band V และตรวจหา COFDM ทุกพารามิเตอร์จนกระทั่งพบพารามิเตอร์ในการส่ง ทั้งนี้เครื่องรับจะต้องรองรับทั้งแบบการกราดตรวจด้วยมือและโดยอัตโนมัติ (Manual/Automatic)

2.6.4 ข้อมูลความแรงและคุณภาพสัญญาณ: อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถแสดงความ แรง (Signal Strength) และคุณภาพ (BER) ของสัญญาณที่รับได้ เพื่อประโยชน์ในการเลือกใช้ ติดตั้ง และปรับทิศทางสายอากาศเพื่อรับสัญญาณได้ดีที่สุด รวมทั้งใช้ประโยชน์ในการพิสูจน์ และแก้ปัญหาในการรับสัญญาณ

2.6.5 รายชื่อบริการที่มีอยู่: อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถแสดงรายชื่อบริการที่มีอยู่ ตามลำดับ Logical Channel Number (LCN) น้อยไปหามาก และจะต้องยินยอมให้ผู้ใช้สามารถกำหนดลำดับช่องได้ด้วย

2.6.6 การไม่มีการให้บริการ หรืออุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ไม่รองรับการให้บริการ: เมื่อการบริการไม่สามารถเข้าถึง ด้วยสาเหตุขัดข้องใด อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินจะต้องสามารถแสดงข้อขัดข้องเหล่านั้นบนจอภาพ เช่น

- ไม่มีบริการ (Service Unavialble)
- เครื่องรับไม่สามารถรับบริการได้ (Service not supported by receiver)
- สัญญาณอ่อนหรือไม่มีสัญญาณ (Poor RF Signal)

2.6.7 การเปิดเครื่องใช้งาน หลังจากเปิดครั้งแรก : อุปกรณ์ภาครั บของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินจะกลับไปช่องที่รับชมครั้งสุดท้าย หรือเริ่มที่ช่องที่ตั้งไว้

2.6.8 ภาษาและตัวอักษร: เพื่อนำเสนอ Electronics Programme Guide (EPG) และการแสดงผลต่างๆ อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินต้องรองรับรหัส Unicode เพื่อแสดงผลอักษรภาษาไทยและภาษาอังกฤษได้

2.6.9 การเริ่มต้นใหม่ของส่วนอุปกรณ์ /การปลุกเครื่องอีกครั้ง /ค่าเริ่มต้นที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ (hardware reset/reboot/factory default setting): อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินจะต้องรองรับการเริ่มต้นใหม่ทั้งแบบทันทีทันใด (hot reset) แบบค่อยๆ เริ่มต้นใหม่ (cold reset) และการเริ่มต้นใหม่เต็มกระบวนการตามค่าเริ่มต้นที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ (full reset to default)

2.6.10 การทำงานในโหมดเตรียมพร้อม (Standby Power): อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถ รองรับ โหมดเตรียมพร้อมเพื่อการประหยัด พลังงา น ไฟฟ้า

2.7 ด้านระบบคำบรรยายใต้ภาพ (Subtitling)

2.7.1 อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถรองรับ ระบบคำบรรยายใต้ภาพ (Subtitling) ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI EN 300 743: Subtitling systems

2.7.2 ความแม่นยำในการแสดงผลคำบรรยายใต้ภาพ จะต้องผิดพลาดไม่เกิน +/- 40 msec

2.7.3 อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถจัดการกับคำบรรยายใต้ภาพแบบหลายภาษาในเวลา เดียวกันตามที่ระบุไว้ในข้อมูล Program Specific Information (PSI) หรือ Service Information (SI)

2.7.4 อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินต้องเตรียมการรับการปิด เปิด และเลือกแสดงคำบรรยายใต้ภาพภาษาต่างๆ

2.8 ด้านการ Update Software

อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินต้องสามารถ รองรับการ update software ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI TS 102 006: Specification for System Software Update in DVB Systems

2.9 ด้านหัวต่อและส่วนต่อเชื่อม

2.9.1 หัวต่อ Radio Frequency (RF): อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องมีหัวต่อภาครับ Radio Frequency (RF input) ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน IEC 60169-2 (UHF) female ความต้านทาน 75 Ω และหัวต่อภาคส่ง Radio Frequency loop-through (RF loop-through male)

2.9.2 หัวต่อสัญญาณภาพ แบบ Composite Video: อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องมีหัวต่อภาคส่ง สัญญาณภาพ แบบ Composite Video แบบ RCA ระบบ PAL/NTSC ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน IEC48B Section 316

2.9.3 หัวต่อสัญญาณเสียง: อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องมีหัวต่อภาคส่งสัญญาณเสียงแบบ RCA Stereo โดยหัวต่อสีขาวสำหรับเสียงด้านซ้าย และหัวต่อสีแดงสำหรับเสียงด้านขวา

2.10 ด้านกำลังไฟฟ้าขาเข้า

อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ต้องสามารถรองรับกำลังไฟฟ้าขาเข้ากระแสสลับ (AC) ที่ 90 – 240 V 50 Hz หรือกำลังไฟฟ้าขาเข้ากระแสตรง (DC)

3 มาตรฐานทางเทคนิคทางเลือกสำหรับอุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (Digital Terrestrial Television - Receiver)

มาตรฐานทางเทคนิค ทางเลือกสำหรับอุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินระบุข้อกำหนดทางเทคนิคที่เป็นทางเลือกสำหรับ อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ระบบดิจิทัล ภาคพื้นดิน เพื่อการเพิ่มเติมรูปแบบ (features) การรับบริการต่างๆ แก่ผู้ใช้บริการ หรือเพื่อการสนับสนุนและปรับปรุงคุณภาพการรับ บริการ ซึ่งหากอุปกรณ์ ภาครับของโทรทัศน์ระบบดิจิทัล ภาคพื้นดิน มีขีดความสามารถใดตามมาตรฐานทางเลือกนี้ จำเป็นต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานนี้ด้วย

3.1 ด้านการถอดรหัสและการแสดงผลสัญญาณเสียง (Audio Codec and Presentation)

การถอดรหัส สัญญาณเสียง ดอลบี้ ดิจิ ทัล AC-3: อุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินสามารถถอดรหัสสัญญาณเสียงมาตรฐาน Dolby Digital AC-3 แบบ 5.1 ช่องเสียงได้ ซึ่งต้องสามารถส่งผ่าน Dolby AC-3 แบบ 5.1 ช่องเสียง และต้องสามารถผสม 5.1 ช่องเสียง ลงมาเป็น 2 ช่องเสียงสเตอริโอ สำหรับอัตราบิต 32kbps-384kbps ที่อัตราสุ่ม 32KHz, 44.1KHz และ 48KHz

3.2 ด้าน Teletext

3.2.1 การถอดรหัสข้อมูล Teletext System B ตามมาตรฐาน ITU-R ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ETSI EN 300 472: Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams

3.3 ด้านหัวต่อและส่วนต่อเชื่อม

3.3.1 หัวต่อส่งสัญญาณภาพ Analog Component: Analog Component Output YPbPr สำหรับอุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ดิจิทัลภ าคพื้นดิน จัดเตรียมโดยใช้หัวต่อแบบ RCA (RCA-phono socket)

3.3.2 หัวต่อ HDMI: อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน สามารถรองรับ หัวต่อ HDMI สำหรับ output แบบดิจิทัลที่สามารถป้องกันการทำสำเนา (HDCP)

3.3.3 หัวต่อ ดิจิ ทัล ออดิโอ: อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้ นดินสามารถเตรียม หัวต่อ แบบ S/PDIF (Coaxial) หรือ หัวต่อแบบ Optical (TOSLINK) สำหรับ Digital Audio Output เพื่อรองรับระบบเสียงแบบ MPEG-4 HE-ACC และ pass-through Dolby Digital AC-3

3.3.4 กำลังไฟฟ้าสำหรับสายอากาศ ภาครับ: อุปกรณ์ภาครับของ โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน สามารถ เตรียมกำลังไฟฟ้า ขนาด 5V DC สำหรับสายอากาศแบบขยายสัญญาณได้ และสามารถเลือกปิด/เปิดได้จากเมนู (menu)

4 มาตรฐานทางเทคนิค ด้าน ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatability)

มาตรฐานทางเทคนิคด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ภาครั บของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน IEC/CISPR 13: Sound and television broadcast receivers and associated equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement

5 มาตรฐานทางเทคนิค ด้านความปลอดภัย ทางไฟฟ้า (Electrical Safety Requirements)

มาตรฐานทางเทคนิคด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ภาครับของโทรทัศน์ระบบดิจิทัลภาคพื้นดิน ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งดังต่อไปนี้

i. IEC 60950-1 : Information Technology equipment – Safety _ Part 1: General requirements

ii. มอก. 1561 – 2548 : บริภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงข้อเสนอแนะแนวทางจัดสรรคลื่นความถี่สำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล

ลำดับ (ID)	สถานี โทรทัศน์ UHF	ประเภท	แผนความถี่ แอนะล็อกเดิม	ช่องความถี่ใช้งาน ระบบแอนะล็อกเดิม	แผนความถี่ ที่เสนอใหม่	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ช่วงการเปลี่ยนผ่าน	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ภายหลังการเปลี่ยนผ่าน (6Mux)	หมายเหตุ
1.0	กรุงเทพฯ	สถานีหลัก	U2	29/32	D2	26/36/40/44	26/29/32/36/40/44	
1.1	ปราจีนบุรี	สถานีเสริม	U1+U7	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	
1.2	ท่าตะเกียบ ฉะเชิงเทรา	สถานีเสริม	U3+U5	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
1.3	เมืองพัทยา	สถานีเสริม	U4+U6	38/46/48/50	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	U4 to D3
1.4	เพชรบุรี	สถานีเสริม	U4+U6	34	D4	38/42/46/50	34/38/42/46/50/54	
1.5	แก่งกระจาน เพชรบุรี	สถานีเสริม	U1+U7	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	
1.6	จอมบึง ราชบุรี	สถานีเสริม	U3+U5	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	
1.6	มวกเหล็ก สระบุรี	สถานีเสริม	U4+U6	34	D4	38/42/46/50	34/38/42/46/50/54	
1.7	หนองใหญ่ ชลบุรี	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	จัดเพิ่ม
2.0	สุพรรณบุรี	สถานีหลัก	U3+U5	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	
2.1	ด่านช้าง สุพรรณบุรี	สถานีเสริม	U2+U6	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
3.0	กาญจนบุรี	สถานีหลัก	U4+U6	34/38/48	D4	42/46/50/52	34/38/42/46/50/54	
3.1	ทองผาภูมิ กาญจนบุรี	สถานีเสริม	U2	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
3.2	ศรีสวัสดิ์ กาญจนบุรี	สถานีเสริม	U3	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	
3.3	สังขละบุรี กาญจนบุรี	สถานีเสริม	U1	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
4.0	สิงห์บุรี	สถานีหลัก	U1+U7	28/31/53	D1	35/39/43/47	28/31/35/39/43/47	
4.1	ชัยบาดาล ลพบุรี	สถานีเสริม	U2+U5	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	

ลำดับ (ID)	สถานี โทรทัศน์ UHF	ประเภท	แผนความถี่ แอนะล็อกเดิม	ช่องความถี่ใช้งาน ระบบแอนะล็อกเดิม	แผนความถี่ ที่เสนอใหม่	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ช่วงการเปลี่ยนผ่าน	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ภายหลังการเปลี่ยนผ่าน (6Mux)	หมายเหตุ
5.0	ระยอง	สถานีหลัก	U1	28	D1	31/35/39/43	28/31/35/39/43/47	
5.1	โป่งน้ำร้อน จันทบุรี	สถานีเสริม	U1	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
5.2	แก่งหางแมว จันทบุรี	สถานีเสริม	U2+U6	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	
5.3	มะขาม จันทบุรี	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	จัดเพิ่ม
6.0	สระแก้ว	สถานีหลัก	U4	34/50	D4	38/42/46/54	34/38/42/46/50/54	
6.1	ตาพระยา สระแก้ว	สถานีเสริม	U3+U6	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	
7.0	ตราด	สถานีหลัก	U3	27	D3	30/33/37/41	27/30/33/37/41/45	
7.1	คลองใหญ่ ตราด	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D4	38/42/46/50	34/38/42/46/50/54	จัดเพิ่ม
8.0	ประจวบคีรีขันธ์	สถานีหลัก	U4	34	D4	38/42/46/50	34/38/42/46/50/54	
8.1	หัวหิน ประจวบคีรีขันธ์	สถานีเสริม	U3+U5	27/30/55	D3	33/37/41/45	27/30/33/37/41/45	
8.2	บางสะพานน้อย ประจวบฯ	สถานีเสริม	U2+U5	-	D4	38/42/46/50	34/38/42/46/50/54	U2 to D4
8.3	ทับสะแก ประจวบคีรีขันธ์	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	34	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	จัดเพิ่มเดิมรวมกับประจวบ
9.0	นครราชสีมา	สถานีหลัก	U3	27/41	D3	30/33/37/45	27/30/33/37/41/45	
9.1	ชุมพวง/ประทาย นครราชสีมา	สถานีเสริม	U4+U6	34/38	D4	42/46/48/50	34/38/42/46/50/54	
9.2	เขายายเที่ยง นครราชสีมา	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	จัดเพิ่ม
10.0	ชัยภูมิ	สถานีหลัก	U1+U7	28/31/49	D1	35/39/43/47	28/31/35/39/43/47	
10.1	หนองบัวแดง ชัยภูมิ	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	จัดเพิ่ม
11.0	สุรินทร์ / บุรีรัมย์	สถานีหลัก	U2	29	D2	26/32/36/40	26/29/32/36/40/44	

ลำดับ (ID)	สถานี โทรทัศน์ UHF	ประเภท	แผนความถี่ แอนะล็อกเดิม	ช่องความถี่ใช้งาน ระบบแอนะล็อกเดิม	แผนความถี่ ที่เสนอใหม่	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ช่วงการเปลี่ยนผ่าน	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ภายหลังการเปลี่ยนผ่าน (6Mux)	หมายเหตุ
11.1	ปะคำ / โนนสุวรรณ	สถานีเสริม	U1+U7	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
12.0	ศรีสะเกษ (ไพรบึง)	สถานีหลัก	U4+U6	-	D4	38/42/46/50	34/38/42/46/50/54	แทน ไพรบึง
12.1	กันทรลักษณ์ ศรีสะเกษ	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	จัดเพิ่ม
13.0	อุบลราชธานี	สถานีหลัก	U3	27/30/33	D3	37/41/45/48	27/30/37/41/45/48	
13.1	อำนาจเจริญ	สถานีเสริม	U4	-	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	
13.2	น้ำยืน อุบลราชธานี	สถานีเสริม	U1	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
13.3	บุณฑริก อุบลราชธานี	สถานีเสริม	U2+U6	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	แทน สิรินทร
13.4	โพธิ์ไทร อุบลราชธานี	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	จัดเพิ่ม
14.0	มุกดาหาร	สถานีหลัก	U2	29/32	D1	35/39/43/47	28/31/35/39/43/47	U2 to D1
15.0	ยโสธร	สถานีหลัก	จัดเพิ่ม	-	D5+D6	49/52/51/53	25/33/49/52/51/53	จัดพิเศษ
16.0	ร้อยเอ็ด	สถานีหลัก	U1+U7	28/31/43/49/53	D1+D6	35/39/47/51	28/31/35/39/47/51	
16.1	กุฉินารายณ์ ร้อยเอ็ด	สถานีเสริม	U4+U6	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
17.0	กาฬสินธุ์	สถานีหลัก	จัดเพิ่ม	-	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	จัดเพิ่ม
18.0	ขอนแก่น	สถานีหลัก	U2	26/29	D2	32/36/40/44	26/29/32/36/40/44	
18.1	ชุมแพ ขอนแก่น	สถานีเสริม	U4+U6	34/38	D4	42/46/48/50	34/38/42/46/50/54	
19.0	เลย	สถานีหลัก	U4	34/50	D4	38/42/46/54	34/38/42/46/50/54	
19.1	ปากชม เลย	สถานีเสริม	U3+U5	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	
19.2	ภูกระดึง เลย	สถานีเสริม	U3+U5	-	D1	35/39/43/47	28/31/35/39/43/47	
19.3	นาแห้ว เลย	สถานีเสริม	U3	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	

ลำดับ (ID)	สถานี โทรทัศน์ UHF	ประเภท	แผนความถี่แอนะล็อกเดิม	ช่องความถี่ใช้งานระบบแอนะล็อกเดิม	แผนความถี่ที่เสนอใหม่	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ช่วงการเปลี่ยนผ่าน	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ภายหลังการเปลี่ยนผ่าน (6Mux)	หมายเหตุ
20.0	อุดรธานี	สถานีหลัก	U1+U7	28/31	D1	35/39/43/47	28/31/35/39/43/47	
20.1	บึงกาฬ หนองคาย	สถานีเสริม	U2+U5	26/29	D2	32/36/40/44	26/29/32/36/40/44	
20.2	รัตนวาปี หนองคาย	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	จัดเพิ่ม
20.3	หนองบัวลำภู	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D3	30/33/41/45	27/30/33/37/41/45	จัดเพิ่ม
20.4	ศรีธาตุ อุดรธานี	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	จัดเพิ่ม
20.5	วังสามหมอ อุดรธานี	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	จัดเพิ่ม
21.0	สกลนคร	สถานีหลัก	U3	27/37	D3	30/33/41/45	27/30/33/37/41/45	
21.1	นครพนม	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	จัดเพิ่ม
22.0	เชียงใหม่	สถานีหลัก	U4	34/46	D4	38/42/50/54	34/38/42/46/50/54	
22.1	ไชยปราการ /ฝางเชียงใหม่	สถานีเสริม	U2+U6	26/29	D2	32/36/40/44	26/29/32/36/40/44	
22.2	สะเมิง เชียงใหม่	สถานีเสริม	U3+U5	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	
22.3	ดอยอินทนนท์ /แม่วางเชียงใหม่	สถานีเสริม	U2+U6	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
22.4	ดอยเต่า เชียงใหม่	สถานีเสริม	U3+U5	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
22.5	อมก๋อย เชียงใหม่	สถานีเสริม	U1+U7	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	
22.6	บ้านสันมะม่วง เชียงใหม่	สถานีเสริม	U2+U6	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
22.7	พร้าว เชียงใหม่	สถานีเสริม	U3+U5	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	
22.8	เวียงแหง เชียงใหม่	สถานีเสริม	U1+U7	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	

ร่างรายงาน

ลำดับ (ID)	สถานี โทรทัศน์ UHF	ประเภท	แผนความถี่ แอนะล็อกเดิม	ช่องความถี่ใช้งาน ระบบแอนะล็อกเดิม	แผนความถี่ ที่เสนอใหม่	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ช่วงการเปลี่ยนผ่าน	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ภายหลังการเปลี่ยนผ่าน (6Mux)	หมายเหตุ
23.0	แม่ฮ่องสอน	สถานีหลัก	U3		D3	30/33/37/41	27/30/33/37/41/45	
23.1	แม่สะเรียง แม่ฮ่องสอน	สถานีเสริม	U4	42/46	D4	34/38/50/54	34/38/42/46/50/54	
23.2	ปาย แม่ฮ่องสอน	สถานีเสริม	U4	50	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	
23.3	ขุนยวม แม่ฮ่องสอน	สถานีเสริม	U1	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
23.4	ปางมะผ้า แม่ฮ่องสอน	สถานีเสริม	U2+U6	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
23.5	ดอยกองมู แม่ฮ่องสอน	สถานีเสริม	U3	27	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	U3 to D1
24.0	ลำปาง	สถานีหลัก	U2	26/29	D2	32/36/40/44	26/29/32/36/40/44	
24.1	เถิน ลำปาง	สถานีเสริม	U1+U7	28/31	D3	33/37/41/45	27/30/33/37/41/45	U1 to D3
24.2	วังเหนือ ลำปาง	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	จัดเพิ่ม
24.3	สบปราบ ลำปาง	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	จัดเพิ่ม
25.0	เชียงราย	สถานีหลัก	U3	27	D3	30/33/37/41	27/30/33/37/41/45	
25.1	เวียงป่าเป้า เชียงราย	สถานีเสริม	U1+U6	28	D1	31/35/39/43	28/31/35/39/43/47	
25.2	เชียงของ เชียงราย	สถานีเสริม	U2+U6	29	D2	32/36/40/44	26/29/32/36/40/44	
26.0	พะเยา	สถานีหลัก	U4	34/44	D4	38/42/46/50	34/38/42/46/50/54	
26.1	ปง พะเยา	สถานีเสริม	U2+U6	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
26.2	เชียงม่วนพะเยา	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	จัดเพิ่ม
27.0	น่าน	สถานีหลัก	U3	27	D3	30/33/37/41	27/30/33/37/41/45	
27.1	เชียงกลาง น่าน	สถานีเสริม	U4+U6	-	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	
27.2	ห้วยโกร่น น่าน	สถานีเสริม	U1	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	

ร่าง

ลำดับ (ID)	สถานี โทรทัศน์ UHF	ประเภท	แผนความถี่ แอนะล็อกเดิม	ช่องความถี่ใช้งาน ระบบแอนะล็อกเดิม	แผนความถี่ ที่เสนอใหม่	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ช่วงการเปลี่ยนผ่าน	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ภายหลังการเปลี่ยนผ่าน (6Mux)	หมายเหตุ
27.3	บ่อเกลือ น่าน	สถานีเสริม	U2	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
27.4	บ้านหลวง น่าน	สถานีเสริม	U1+U7	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
28.0	แพร่	สถานีหลัก	U4	34	D4	38/42/46/50	34/38/42/46/50/54	
28.1	ท่าปลา อุตรดิตถ์	สถานีเสริม	U1+U7	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
28.2	ฟากท่า อุตรดิตถ์	สถานีเสริม	U3		D3	30/33/37/41	27/30/33/37/41/45	
28.3	บ้านโคก อุตรดิตถ์	สถานีเสริม	U2		D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
29.0	สุโขทัย	สถานีหลัก	U3	27/37	D3	30/33/41/45	27/37/30/33/41/45	
29.1	กำแพงเพชร	สถานีเสริม	U1+U7	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
29.2	นครไทย พิษณุโลก	สถานีเสริม	U1+U7	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
29.3	ชาติตระการ พิษณุโลก	สถานีเสริม	U2+U5	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
29.4	ร่มเกล้า พิษณุโลก	สถานีเสริม	U1+U7	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
30.0	ตาก	สถานีหลัก	U4	34	D1	28/31/39/43	28/31/35/39/43/47	U4 to D1
30.1	ท่าสองยาง ตาก	สถานีเสริม	U3		D3	30/33/41/45	27/37/30/33/41/45	
30.2	อุ้มผาง ตาก	สถานีเสริม	U2		D4	38/42/46/50	34/38/42/46/50/54	U2 to D4
30.3	พบพระ ตาก	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	จัดเพิ่ม
30.4	แม่สอด ตาก	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D4	38/42/46/50	34/38/42/46/50/54	จัดเพิ่ม
31.0	นครสวรรค์	สถานีหลัก	U4	34	D4	38/42/46/50	34/38/42/46/50/54	
31.1	วังทรายพูน / พิจิตร	สถานีเสริม	U2+U5	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
31.2	ลานสัก อุทัยธานี	สถานีเสริม	U3	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	

ฉบับร่าง

ลำดับ (ID)	สถานี โทรทัศน์ UHF	ประเภท	แผนความถี่แอนะล็อกเดิม	ช่องความถี่ใช้งานระบบแอนะล็อกเดิม	แผนความถี่ที่เสนอใหม่	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ช่วงการเปลี่ยนผ่าน	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ภายหลังการเปลี่ยนผ่าน (6Mux)	หมายเหตุ
32.0	เพชรบูรณ์	สถานีหลัก	U3	27	D2	32/36/40/44	26/29/32/36/40/44	U3 to D2
32.1	เขาค้อ เพชรบูรณ์	สถานีเสริม	จัดเพิ่ม	-	D3	27/30/33/37	27/30/33/37/41/45	จัดเพิ่ม
33.0	ชุมพร	สถานีหลัก	U1	28	D1	31/35/39/43	28/31/35/39/43/47	
33.1	หลังสวน ชุมพร	สถานีเสริม	U4+U6	-	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	
34.0	ระนอง	สถานีหลัก	U3	27/33	D3	30/37/41/45	27/30/33/37/41/45	
35.0	สุราษฎร์ธานี	สถานีหลัก	U2	29/32	D2	26/36/40/44	26/29/32/36/40/44	
35.1	เกาะสมุย สุราษฎร์ธานี	สถานีเสริม	U4+U6	34/38	D4	42/46/48/50	34/38/42/46/50/54	
35.2	พนม สุราษฎร์ธานี	สถานีเสริม	U4+U6	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
36.0	พังงา	สถานีหลัก	จัดเพิ่ม	-	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	จัดเพิ่ม
36.1	ตะกั่วป่า พังงา	สถานีเสริม	U1	28	D1	31/35/39/43	28/31/35/39/43/47	
37.0	ภูเก็ต	สถานีหลัก	U3	27/33	D3	30/37/41/45	27/30/33/37/41/45	
37.1	ป่าตอง ภูเก็ต	สถานีเสริม	U2+U5	-	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	
37.2	บางเทา ภูเก็ต	สถานีเสริม	U1+U5	-	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	
38.0	กระบี่	สถานีหลัก	U1+U7	-	D4	34/38/42/46	34/38/42/46/50/54	U1 to D4
39.0	นครศรีธรรมราช	สถานีหลัก	U3+U5	27	D3	30/33/37/41	27/30/33/37/41/45	
39.1	ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	สถานีเสริม	U3+U5	45/51	D1	28/31/35/39	28/31/35/39/43/47	จัดเพิ่มเดิมรวมกับนครศรีฯ
40.0	ตรัง	สถานีหลัก	U4	46/50	D2	26/29/32/36	26/29/32/36/40/44	U4 to D2
41.0	สงขลา	สถานีหลัก	T1	34/38	T-D1	26/30/42/46	26/30/34/38/42/46	T1 to T-D1 ปรับตามข้อตกลงมาเลเซีย

ร่างรายงาน

ลำดับ (ID)	สถานี โทรทัศน์ UHF	ประเภท	แผนความถี่แอนะล็อกเดิม	ช่องความถี่ใช้งานระบบแอนะล็อกเดิม	แผนความถี่ที่เสนอใหม่	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ช่วงการเปลี่ยนผ่าน	ช่องความถี่สำหรับ DVB-T ภายหลังการเปลี่ยนผ่าน (6Mux)	หมายเหตุ
42.0	สตูล	สถานีหลัก	T2	27/31/51/55	T-D2	36/40/44/48	28/32/36/40/44/48	T1 to T-D2 ปรับตามข้อตกลงมาเลเซีย
43.0	ยะลา	สถานีหลัก	T4	37/53	T-D2	32/40/44/48	28/32/36/40/44/48	T1 to T-D2 ปรับตามข้อตกลงมาเลเซีย
43.1	เบตง ยะลา	สถานีเสริม	T3	52	T-D1	26/30/42/46	26/30/34/38/42/46	T3 to T-D1 ปรับตามข้อตกลงมาเลเซีย
43.2	สุไหงปาดี นราธิวาส	สถานีเสริม	T3	-	T-D1	26/30/42/46	26/30/34/38/42/46	T3 to T-D1 ปรับตามข้อตกลงมาเลเซีย
43.3	ยี่งอ/ นราธิวาส	สถานีเสริม	T3	-	T-D3	38/42/46/50	30/34/38/42/46/50	T3 to T-D3 ปรับตามข้อตกลงมาเลเซีย

ฉบับร่าง

ภาคผนวก ข

องค์ประกอบคณะอนุกรรมการฯ

ตามคำสั่ง คณะกรรมการมาตรฐาน กทช. ที่ 3/2552 เมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2552

1.	รศ.ดร.ลัญฉกร	วุฒิสิทธิกุลกิจ	ประธานอนุกรรมการ
2.	นายไพโรจน์	ปิ่นแก้ว	อนุกรรมการ
3.	นายพรศักดิ์	ทับเที่ยง	อนุกรรมการ
4.	นายประพัฒน์	รัฐเลิศกานต์	อนุกรรมการ
5.	ดร.วรากร	ศรีเชวงทรัพย์	อนุกรรมการ
6.	นายนันทเกียรติ	สุทธิธรรม	อนุกรรมการ
7.	ดร.อรรถปรีชา	รักษาชาติ	เลขานุการ
8.	นายอัมพร	ดีเลิศเจริญ	ผู้ช่วยเลขานุการ

ฉบับร่าง