

บทที่ 3

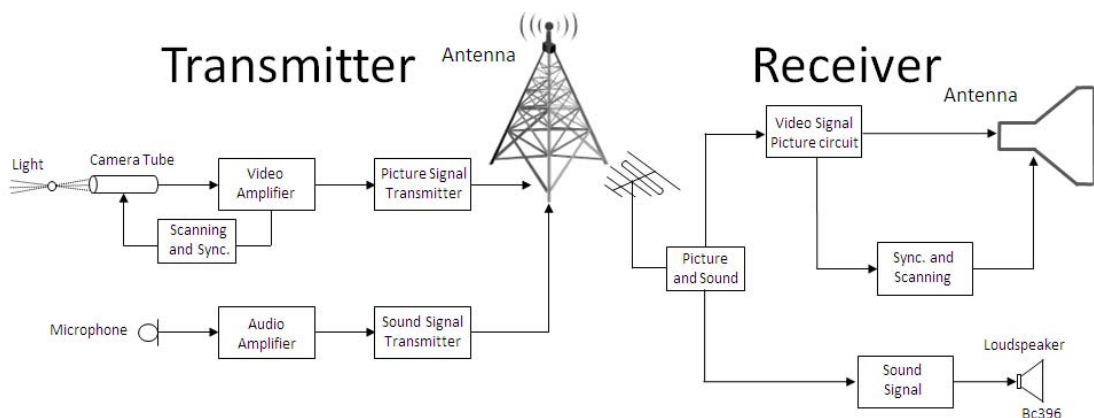
เทคโนโลยีการแพร่ภาพโทรทัศน์

3.1 บทนำ

การแพร่ภาพโทรทัศน์ (Television Broadcasting) เป็นวิธีการรับส่งข้อมูลข่าวสารทั้งข้อมูลภาพและเสียง โดยแบ่งการทำงานออกเป็นสองประเภท ได้แก่ การแพร่ภาพโทรทัศน์แบบแอนะล็อก (Analog) และแบบดิจิทัล (Digital) โดยหลักการแพร่ภาพเบื้องต้นเกิดจากเครื่องส่งจะส่งสัญญาณภาพและเสียงพร้อมกับพหุสัญญาณรวมกับคลื่นวิทยุแล้วกระจายสู่อากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากนั้นเครื่องรับจะทำการแยกสัญญาณ ทำให้เป็นภาพปรากฏที่หน้าจอเครื่องรับ โดยหลักการของการแพร่ภาพประกอบด้วย การสแกนภาพ การส่งสัญญาณโทรทัศน์แอนะล็อกในระบบต่าง ๆ เช่น ระบบเอ็นทีเอสซี (NTSC) ระบบ PAL (Phase Alternation at Line) และระบบซีแคม (SECAM) เป็นต้น ซึ่งการแพร่ภาพในแต่ละประเภทนี้สามารถรับและส่งข้อมูลได้ในหลายช่องทาง เช่น การส่งสัญญาณผ่านสายเคเบิล การส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมและการส่งสัญญาณแพร่ภาพภาคพื้นดินด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งอาจจะมาจากการถ่ายทอดสดหรือจากการบันทึกเทปไว้

3.2 หลักการเบื้องต้นของการแพร่ภาพ [9]

การแพร่ภาพ (Television Broadcasting) หากจะเอาความหมายของคำว่า Broadcast แล้วจะหมายถึงการส่งสัญญาณออกรอบตัว ซึ่งแสดงวิธีการเอาไว้ในภาพที่ 3.1 หลักการเบื้องต้นของการแพร่ภาพโทรทัศน์คือการกระจายทั้งภาพและเสียงออกไปในรูปสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อให้เครื่องรับสามารถรับได้ทั้งภาพและเสียงอย่างต่อเนื่อง แท้แล้วภาพที่ต่อเนื่องได้นั้นมาจากการส่งภาพนิ่งที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อยหลายๆ ภาพต่อเนื่องกันในช่วงเวลาสั้น ๆ เหมือนหลักการของภาพยนตร์นั่นเอง เราได้หลักการอยู่อย่างหนึ่งว่าภาพนิ่งเหล่านั้นถูกนำมาลำดับตั้งแต่ 16 ภาพต่อวินาทีขึ้นไปสายตาของคนเราจะเห็นเป็นภาพต่อเนื่องหรือเคลื่อนไหวก็ได้ เพราะการทำงานของประสาทตามีลักษณะพิเศษที่เรียกว่า Persistence of Vision เป็นความรู้สึกรู้สึกเห็นติดตาชั่วขณะจึงจะจางหายไปจากระบบประสาท



ภาพที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมเบื้องต้นของกระบวนการแพร่ภาพโทรทัศน์

เครื่องส่งโทรทัศน์ต้องประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือส่วนที่เป็นสัญญาณภาพและส่วนที่เป็นสัญญาณเสียง โดยสัญญาณภาพจะส่งไปในรูปของสัญญาณเอเอ็ม (AM) และสัญญาณเสียงส่งไปในรูปของสัญญาณ เอฟเอ็ม (FM) การแพร่กระจายคลื่นออกไปในรูปของแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวสายอากาศ (Radiating Antenna) โดยทั่วไปหากเป็นสถานีภาคพื้นดินคลุมพื้นที่ทางตรงได้ประมาณ 75 ไมล์ หรือ 121 กิโลเมตร

กล้องโทรทัศน์จะรับเอาสัญญาณภาพในรูปของพลังงานแสงเข้าไป เพื่อเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าหลักการเบื้องต้นของกล้องอยู่ที่แสงจะผ่านเลนส์เข้าไปกระทบแผ่นโฟโตอิเล็กทริกเพลท (Photo Electric Plate) ของหลอดถ่ายภาพ ซึ่งหลอดนี้จะทำการสแกนหรือกวาดสัญญาณทางแนวนอน (Horizontal Line) โดยการบังคับด้วยอิเล็กตรอนบีม (Electron Beam) ให้กวาดจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง โดยภาพหนึ่ง เฟรมจะใช้เวลา 1/25 หรือ 1/30 วินาที รวมการสแกนทั้งหมดด้วยเส้นสแกน 625 เส้น หรือ 525 เส้น สัญญาณที่ออกไปทางเสาอากาศจะเป็นสัญญาณที่เป็นไฟฟ้าที่ต่อเนื่อง

สัญญาณภาพดังกล่าวจะถูกส่งไปขยายให้แรงขึ้น แล้วนำไปผสมกับซิงโครไนซิงพัลส์ (Synchronizing Pulse) แล้วทำการผสมสัญญาณทางแอมพลิจูดกับคลื่นพาหะภาพ (Picture Carrier) เพื่อให้ได้สัญญาณภาพเป็นเอเอ็ม ส่วนสัญญาณเสียงจะถูกส่งเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณก่อนที่จะผสมสัญญาณกับคลื่นพาหะเสียง เพื่อให้ได้สัญญาณเสียงเป็นเอฟเอ็ม (FM)

3.3 ความถี่ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ [9]

ตามมาตรฐานของ FCC กำหนดให้ความถี่โทรทัศน์ทั้งภาพและเสียงมีความกว้างช่องละ 6 MHz ในขณะที่มาตรฐาน CCIR กำหนดให้กว้างถึง 7 MHz โดยแบ่งย่านความถี่ในช่วงวีเอชเอฟเป็น 2 แบนด์ คือ แบนด์ด้านต่ำ (Low band) กับแบนด์ด้านสูง (High band) เนื่องจากความถี่สูงมาก (Very High Frequency) อยู่ในช่วง 30-300 MHz แต่ในย่านความถี่นี้มีการส่งกระจายเสียงวิทยุ เอฟเอ็ม ดังนั้น ความถี่แบนด์ต่ำในระบบ FCC จึงบรรจุช่องโทรทัศน์ช่อง 2-6 เอาไว้ในขณะที่ระบบ CCIR บรรจุช่อง 2-4 เอาไว้ ความถี่แบนด์กลางเป็นของเอฟเอ็ม และทางด้านแบนด์สูงของ FCC บรรจุช่อง 7-13 ในขณะที่ของ CCIR บรรจุช่อง 5-12 เอาไว้

3.4 การแพร่ภาพโทรทัศน์ [9]

โทรทัศน์ (Television) คือ การถ่ายทอดเสียงและภาพพร้อมกันจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยเครื่องที่เปลี่ยนสัญญาณภาพและเสียงเป็นคลื่นโทรทัศน์ เรียกว่า เครื่องส่งโทรทัศน์ (TV Transmission) และเครื่องที่เปลี่ยนคลื่นโทรทัศน์เป็นสัญญาณภาพและเสียง เรียกว่าเครื่องรับโทรทัศน์ (TV Receiver) การแพร่ภาพเป็นการส่งกระจายภาพและเสียงออกไปในรูปสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อให้เครื่องรับสามารถรับภาพและเสียงได้อย่างต่อเนื่อง เช่น การแพร่ภาพโทรทัศน์ ซึ่งจากเดิมที่เป็นการแพร่ภาพแบบไม่จำกัดผู้รับ และได้พัฒนามาเป็นแบบแพร่ภาพเฉพาะทาง เช่น การแพร่ภาพโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม (Satellite), การแพร่ภาพโทรทัศน์ผ่านสื่อนำสัญญาณ อาจรวมถึงการแพร่ภาพไปเฉพาะผู้รับที่เป็นสมาชิกหรือเคเบิลทีวี (Cable TV) การที่จะรับและส่งข้อมูลข่าวสารนี้ได้หลายวิธี แต่การที่จะรับและส่งข้อมูลได้ดีคือการที่ผู้รับสามารถรับข้อมูลได้ทั้งภาพ และเสียง การแพร่ภาพโทรทัศน์เป็นการส่งข้อมูลอีกวิธีหนึ่งที่สามารถทำให้ผู้รับได้ ทั้งข้อมูลทางภาพและทางเสียงเหมือนกับแหล่งที่มา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ การแพร่ภาพโทรทัศน์แบบแอนะล็อก และการแพร่ภาพโทรทัศน์แบบดิจิทัล ซึ่งการแพร่ภาพในแต่ละประเภทสามารถรับและส่งข้อมูลได้หลายแบบ เช่น การส่งสัญญาณผ่านสายเคเบิล การส่งสัญญาณผ่านดาวเทียม และการส่งสัญญาณภาคพื้นดิน ซึ่งอาจจะมาจากการถ่ายทอดสดหรือจากการบันทึกเทปไว้

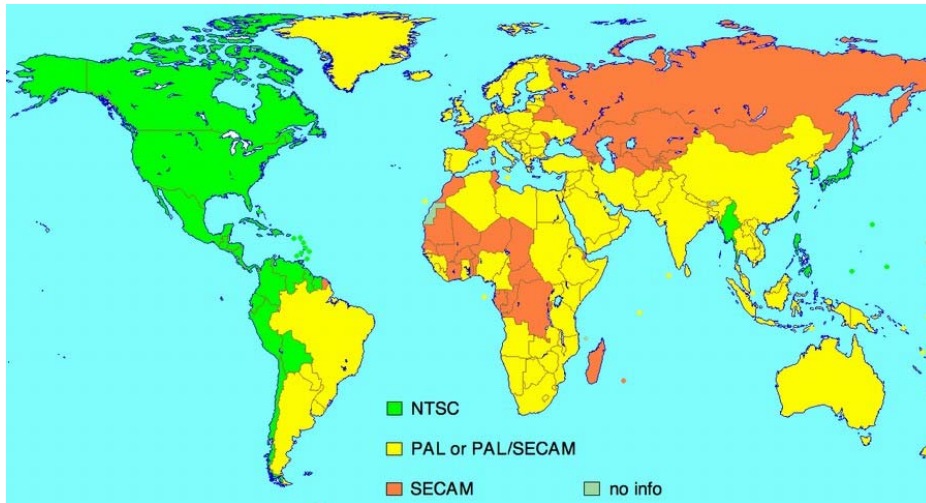
ตารางที่ 3.1 ช่องความถี่ระบบ PAL และ NTSC

CHANNEL	ระบบ NTSC 525 เส้น (FCC)			ระบบ PAL 625 เส้น (CCIR)		
	Frequency (MHz)	VIDEO CARRIER (MHz)	SOUND CARRIER (MHz)	FREQUENCY (MHz)	VIDEO CARRIER (MHz)	SOUND CARRIER (MHz)
2	54-60	55.25	59.75	47-54	48.25	53.75
3	60-66	61.25	65.75	54-61	55.25	60.75
4	66-72	67.25	71.75	61-68	62.25	67.75
5	72-82	77.25	81.75	174-181	175.25	180.75
6	82-88	83.25	87.75	174-181	175.25	180.75
7	174-180	175.25	179.75	188-195	189.25	194.75
8	180-186	181.25	185.75	195-202	196.25	201.75
9	186-192	187.25	191.75	202-209	203.25	208.75
10	192-198	193.25	197.75	209-216	210.25	215.75
11	198-204	199.25	203.75	216-223	217.25	222.75
12	204-210	205.25	209.75	223-230	224.25	229.75
13	210-216	211.25	215.75	-	-	-

3.5 ประเภทของโทรทัศน์ [9]

1) โทรทัศน์แอนะล็อก (Analog Television) เป็นโทรทัศน์ที่มีระบบการรับ-ส่งสัญญาณภาพและเสียงในรูปแบบสัญญาณแอนะล็อกแบบ A.M. และ F.M. โดยมีการส่งเป็นสัญญาณแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นการผสมคลื่นแบบ Vestigial Sideband (VSB) เป็นสัญญาณโทรทัศน์ที่มีการใช้งานทั่วไป เช่น โทรทัศน์ที่เป็นระบบ NTSC, PAL และ SECAM ซึ่งก็คือโทรทัศน์ทั่วไปที่ใช้ตามบ้านเรือน แบบ SDTV

2) โทรทัศน์ดิจิทัล (Digital Television) เป็นโทรทัศน์ที่มีระบบการรับ-ส่งสัญญาณภาพและเสียงที่มีรูปแบบมาตรฐานพัฒนามาจากโทรทัศน์แอนะล็อกมีระบบการส่งสัญญาณภาพและเสียงแบบดิจิทัลคือส่งข้อมูลเป็นบิต การส่งข้อมูลแบบนี้สามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าแบบแอนะล็อก เป็นการผสมคลื่นแบบ COFDM โดยในหนึ่งช่องสัญญาณสามารถนำมาส่งได้หลายๆ รายการโทรทัศน์(Program) จึงเรียกได้อีกอย่างว่าการแพร่กระจายคลื่นแบบหลากหลายรายการ (Multicasting) การส่งสัญญาณเป็นแบบดิจิทัลจึงทำให้ได้คุณภาพของภาพและเสียงดีกว่าด้วย เช่น โทรทัศน์ระบบ HDTV



ภาพที่ 3.2 ระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์ของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

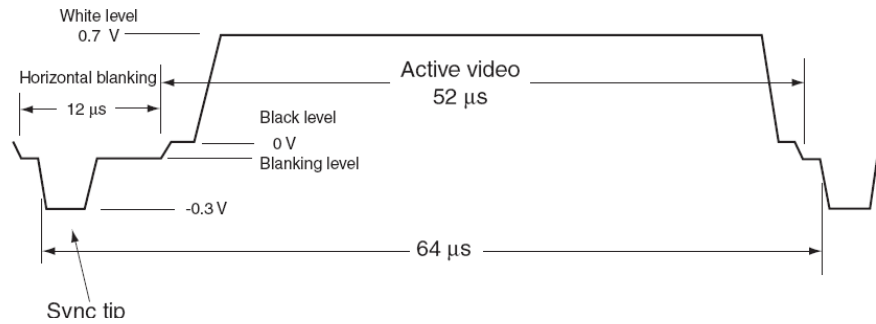
3.6 ระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์แอนะล็อก [9]

การส่งสัญญาณระบบโทรทัศน์สีได้พัฒนามาจากการส่งสัญญาณระบบโทรทัศน์แบบขาว-ดำ โดยที่ได้มีการกำหนดว่าการส่งสัญญาณระบบสีทุกระบบจะต้องให้เครื่องรับโทรทัศน์ขาว-ดำสามารถรับสัญญาณได้ด้วย เพียงแต่จะเห็นเป็นภาพขาว-ดำเท่านั้น

1) ระบบเอ็นทีเอสซี (NTSC) ย่อมาจาก Nation Television System Committee หรืออาจเรียกว่าระบบเอฟซีซี (FCC) เป็นระบบของสหรัฐอเมริกา ระบบนี้เป็นแม่แบบของระบบอื่นๆ ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศที่เคยอยู่ภายใต้อำนาจของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีการส่งภาพ 525 เส้น 30 ภาพต่อวินาที หลักการของระบบนี้คือแทรกความถี่พาหะย่อยของสีลงในสัญญาณภาพโดยไม่รบกวนกัน แต่ข้อเสียของระบบนี้คือจะมีความเพี้ยนของสีเกิดขึ้น

2) ระบบพาล (PAL) ย่อมาจาก Phase Alternative Line หรืออาจเรียกว่าระบบ ซีซีไออาร์ (CCIR) ระบบนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศเยอรมนี โดย Dr.Walter Bruch เป็นระบบที่ปรับปรุงมาจากระบบเอ็นทีเอสซี (NTSC) เป็นระบบที่มีการส่ง 625 เส้น 25 ภาพต่อวินาที ซึ่งหลักการของระบบนี้จะเหมือนกันกับหลักการของระบบเอ็นทีเอสซี (NTSC) โดยปรับปรุงเรื่องความผิดพลาดของสีที่เกิดจากเฟสที่เปลี่ยนไปเปลี่ยนมา โดยมีวิธีการแก้ไขคือเพิ่มเฟสเข้าไป 180 องศา และเป็นระบบการส่งโทรทัศน์ของสถานีโทรทัศน์ในประเทศไทย

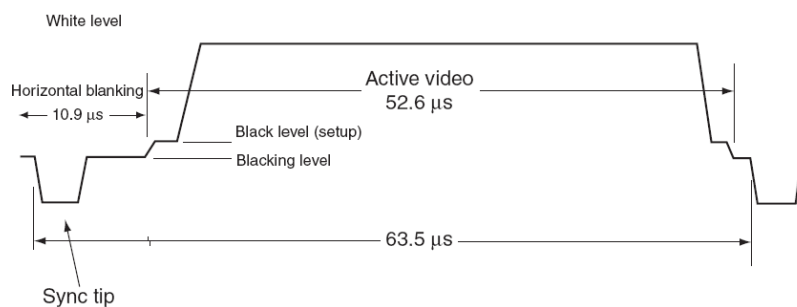
3) ระบบซีแคม (SECAM) ย่อมาจาก Sequential Couleur a Memoire (sequential color with a memory) ได้ถูกคิดค้นโดย Henri de France นักวิจัยชาวฝรั่งเศส ระบบนี้เป็นระบบที่มีการส่ง 625 เส้น 25 ภาพต่อวินาที หลักการของระบบนี้คือ แยกส่งสัญญาณกำหนดความแตกต่างของสีสลับกันทีละเส้น ในเครื่องรับจะจับสัญญาณไว้ชุดหนึ่งเพื่อรวมกับสัญญาณในเส้นถัดไปทำให้ได้ ภาพสีตรงตามสัญญาณภาพที่ส่งมา เป็นระบบที่ใช้ในประเทศฝรั่งเศส ประเทศทางแถบยุโรปและแอฟริกา



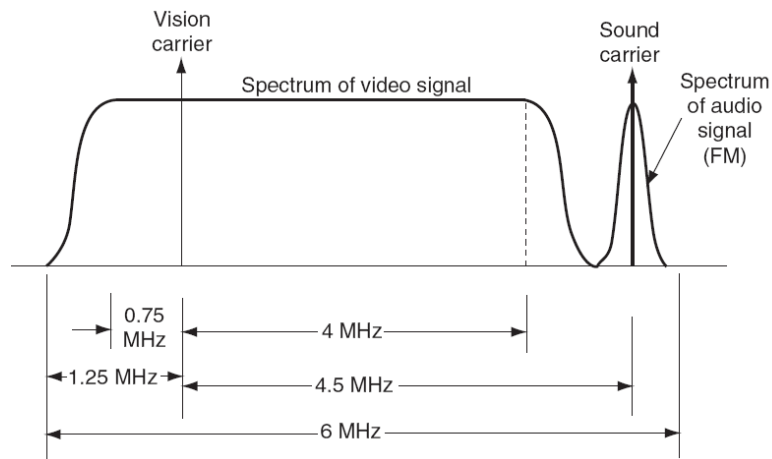
ภาพที่ 3.3 สัญญาณ composite video ของระบบการส่ง 625 เส้น [9]

ตารางที่ 3.2 มาตรฐานโทรทัศน์ระบบต่าง ๆ [10]

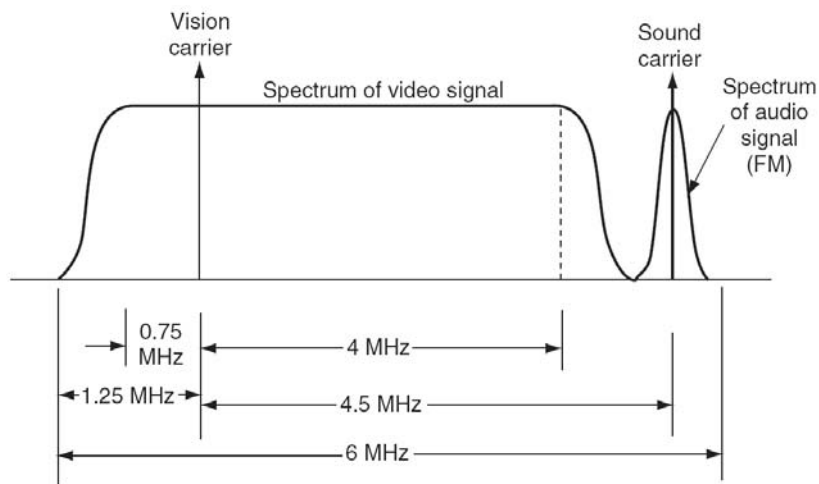
มาตรฐาน	NTSC (M)	PAL (B)	SECAM (H,K)
จำนวนเส้นต่อภาพ	525 เส้น	625 เส้น	625 เส้น
จำนวนภาพต่อวินาที	30 ภาพ	25 ภาพ	25 ภาพ
จำนวนฟิลด์ต่อวินาที	60 ฟิลด์	50 ฟิลด์	50 ฟิลด์
ความถี่ Horizontal	15.750 KHz	15.625 KHz	15.625 KHz
ความถี่ Vertical	60 Hz	50 Hz	50 Hz
แบนด์วิดท์ของลูมิแนนซ์ รายการขาวดำ	4.2 MHz	5 MHz	5 MHz
รายการสี	3.2 MHz	4 MHz	4 MHz
แบนด์วิดท์ RF	6 MHz	7 MHz	7 MHz
ระยะห่างคลื่นพาหภาพกับคลื่นพาหเสียง	4.5 MHz	5.5 MHz	5.5 MHz
เฟสของสัญญาณภาพรวมผสมกับคลื่นพาหภาพ	ช่วงลบ	ช่วงลบ	ช่วงลบ
ไซด์แบนด์ RF ด้านต่ำ	0.75 MHz	1.25 MHz	1.25 MHz
การผสมสัญญาณเสียงกับคลื่นพาห	FM	FM	FM
Sub Carrie	3.57955	4.43361875	*
ลักษณะการผสม Sub Carrie กับ (R-Y), (B-Y)	AM (DSBSC)	AM (DSBSC)	FM
แบนด์วิดท์ของสัญญาณ I (V) MHz	+0.4 -1.3	V=±0.5	(R-Y)=±0.5
แบนด์วิดท์ของสัญญาณ Q (U) MHz	±0.4	U=±0.5	(B-Y)=±0.5
ระบบย่านความถี่ที่ออกอากาศ	FCC อเมริกา	CCIR ยุโรป	CCIR ยุโรป
*Sub Carrie of SECAM R-Y=4.40625 MHz (282 F _H) B-Y=4.250 MHz (272F _H)			
NTSC Japan (4.43 MHz) I=±0.4 MHz Q=±0.4 MHz			



ภาพที่ 3.4 สัญญาณ composite video ของระบบการส่ง 525 เส้น [9]



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างสเปกตรัมความถี่ระบบ PAL ของประเทศในทวีปยุโรป



ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างสเปกตรัมความถี่ระบบ NTSC ของประเทศอเมริกา

3.7 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ [9]

1) การส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดิน เป็นการแพร่กระจายคลื่นสัญญาณไปในอากาศเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อติดตั้งเสาอากาศแล้วต่อสายนำสัญญาณเข้าเครื่องรับก็สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์จากสถานีส่งได้ การส่งสัญญาณด้วยคลื่นวิทยุส่งได้ในช่วงความถี่ 30- 300 MHz จะเป็นช่วงของ Very high Frequency (VHF) และช่วงความถี่ 300 - 3000 MHz จะเป็นช่วงของ Ultra high Frequency (UHF)

2) การส่งสัญญาณโทรทัศน์ผ่านช่องนำสัญญาณ เป็นการส่งสัญญาณไปตามสายนำสัญญาณหรือสายเคเบิลไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งเป็นการติดต่อโดยตรงระหว่างสถานีส่งกับผู้รับสัญญาณ การส่งสัญญาณด้วยสายนำสัญญาณแบ่งออกเป็น

- เคเบิลโทรทัศน์ชุมชน
- ระบบเสาอากาศโทรทัศน์ชุมชน
- ระบบเสาอากาศชุดเดียว

3) การส่งสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม เป็นการส่งสัญญาณโทรทัศน์โดยผ่านดาวเทียมซึ่งใช้คลื่นไมโครเวฟเป็นตัวกลางในการส่งสัญญาณ

4) การส่งสัญญาณโทรทัศน์ผ่านอินเทอร์เน็ต เป็นการส่งสัญญาณโทรทัศน์โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต www สามารถเปิดใช้งานและรับชมได้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อผ่านระบบเครือข่ายเน็ตเวิร์ก (Network)

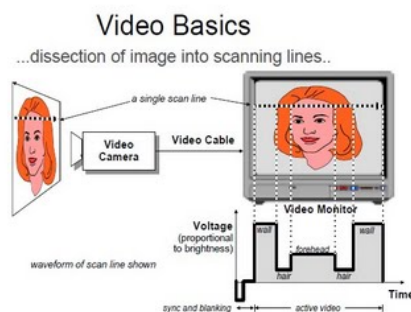
5) ระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์ในประเทศไทย

ประเทศไทยใช้ระบบโทรทัศน์ PAL ซึ่งแบ่งแถบคลื่นความถี่ของการใช้งานโทรทัศน์ออกเป็นย่านความถี่ VHF และ ความถี่ UHF โดยที่ย่านความถี่ VHF ได้ถูกใช้จนเต็มแล้ว ดังนั้นสถานีโทรทัศน์ที่จัดตั้งขึ้นมาใหม่จึงต้องส่งสัญญาณโทรทัศน์ในย่าน ความถี่ UHF แถบคลื่นความถี่ของความถี่การใช้งานโทรทัศน์แสดงดังตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ความถี่การใช้งานโทรทัศน์ของประเทศไทย

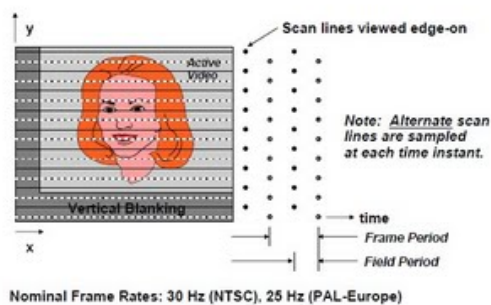
ช่องความถี่ใช้งาน	ย่านความถี่	ช่วงความถี่
ช่อง 2-4	VHF	41-68 MHz
สถานีวิทยุ F.M.	VHF	88-108 MHz
ช่อง 5-13	VHF	174-230 MHz
ช่อง 21-69	UHF	470-806 MHz

ภายหลังการประชุม ITU ณ กรุง Stockholm ในปี 1961 ITU ได้กำหนดมาตรฐานการส่งโทรทัศน์ ตามตัวอักษร A-N ผสมกับระบบโทรทัศน์สี (NTSC, PAL และ SECAM) เช่น PAL-B, NTSC-M เป็นต้น ดังปรากฏในตารางที่ 3.4 ดังนี้

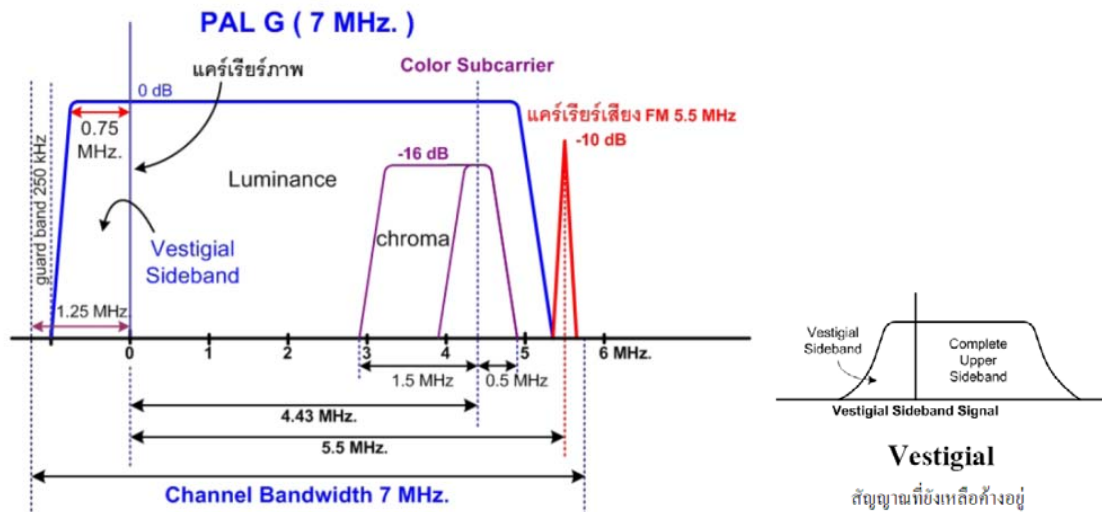


ภาพที่ 3.7 แสดงการสแกนภาพโทรทัศน์ [11]

The Interlaced Raster



ภาพที่ 3.8 การแสดงผลด้วยวิธีการสแกนภาพแบบอินเทอร์เลซ [11]



ภาพที่ 3.9 การมอดูเลตสัญญาณภาพโทรทัศน์ด้วยวิธี Vestigial Sideband (VSB)

ตารางที่ 3.4 มาตรฐานการส่งโทรทัศน์ ตามอักษร A-N [9]

System	Lines	Frame	BW	Visual	Sound	VSB (MHz)	Vision	Sound
		Frame Rate	BW (MHz)	Visual (MHz)	Sound (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	352	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 ในประเทศเบลเยียม

E ระบบ 819 เส้น ความถี่ VHF ในประเทศฝรั่งเศส ความชัดเจนใกล้เคียง HDTV ปัจจุบัน

F ระบบ 819 เส้น แต่ BW 7 MHz ความถี่ VHF ในประเทศเบลเยียมและลักเซมเบิร์ก

ระบบที่ยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน 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 ใช้ในประเทศเบลเยียม ลักแซมเบิร์ก และกลุ่มประเทศ
 ยูโกสลาเวียเดิม
 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 ฟิลิปินส์ เกาหลีใต้
 ไต้หวันและ เมียนมาร์ ส่วนในประเทศบราซิล เป็นระบบ PAL-M
 N ความถี่ VHF และ UHF เช่น PAL-N ใช้ในทวีปอเมริกาใต้ อาเจนตินา ปารากวัย อุรุกวัย
 สำหรับประเทศไทยและประเทศในกลุ่มอาเซียน ใช้ระบบ PAL-B และ PAL-G ยกเว้น
 เมียนมาร์และฟิลิปปินส์ ใช้ระบบ NTSC-M

3.8 เทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัล [11] , [14]-[16]

เป็นเวลาหลายสิบปีที่กิจการโทรทัศน์แอนะล็อกให้บริการสู่ผู้ชมทั้งที่ผ่านดาวเทียม เคเบิลทีวี และจากสถานีโทรทัศน์ภาคพื้นดิน มีความพยายามลดจำนวนมาตรฐานการส่งโทรทัศน์ ตั้งแต่ยุคโทรทัศน์ ขาว-ดำ ที่มีจำนวนเส้นสแกน ต่างถึง 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 เมื่อเทคโนโลยีได้รับการพัฒนาไปสู่โทรทัศน์ยุค ดิจิทัล จึงคาดหวังกันว่าน่าจะมีมาตรฐานโทรทัศน์ดิจิทัลเพียงมาตรฐานเดียว อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ ประเทศหรือกลุ่มประเทศที่เป็นผู้นำทางเทคโนโลยีต่างก็พัฒนามาตรฐานระบบโทรทัศน์ดิจิทัล ที่เป็นของ ตนเองขึ้นมาใช้งาน แต่กระนั้น มีข้อสังเกตว่า โดยพื้นฐานแล้วมาตรฐานของแต่ละระบบ ต่างก็ใช้สัญญาณ ภาพที่เป็น ดิจิทัลและใช้การบีบอัดแบบ MPEG-2 เหมือนกัน โทรทัศน์ดิจิทัล (Digital Television หรือ DTV) คือระบบการแพร่สัญญาณภาพเคลื่อนไหวและสัญญาณเสียงไปสู่เครื่องรับโทรทัศน์ด้วยสัญญาณ ดิจิทัล ซึ่งแตกต่างกับการใช้สัญญาณแอนะล็อกใน ระบบโทรทัศน์แอนะล็อก โดยทั่วไป DTV ใช้สัญญาณ ดิจิทัลที่ถูกบีบอัดและ เข้ารหัส MPEG-2 การรับชมจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ถอดรหัส ซึ่งอาจมีมาพร้อมกับ ตัวเครื่องรับโทรทัศน์เลยหากเป็นโทรทัศน์รุ่นใหม่ที่เกิดขึ้นมาเพื่อรองรับระบบดิจิทัล หรือจะเป็นอุปกรณ์ ถอดรหัส ที่แยกอยู่โดด ๆ ในอุปกรณ์เครื่องรับสัญญาณที่เรียกว่า STB (Set Top Box) ซึ่งใช้ถอดรหัส สัญญาณและป้อนให้กับเครื่องรับโทรทัศน์แอนะล็อกที่มีใช้งานทั่วไป หากเป็นการ รับชมด้วยเครื่อง คอมพิวเตอร์ PC ก็มีการรับสัญญาณที่สามารถถอดรหัสได้ ในระบบโทรทัศน์ดิจิทัล สัญญาณภาพและเสียง ที่รับได้มีคุณภาพสูงกว่า ระบบโทรทัศน์แอนะล็อก เนื่องจากเทคโนโลยีดิจิทัลมีขีดความสามารถในการขจัด ปัญหาของ สัญญาณรบกวน ได้ดีกว่าแอนะล็อก ภาพเสียงชัดเจนไม่มีภาพเงา

การเปลี่ยนแปลงไปสู่ DTV นับว่าเป็นการปฏิวัติวงการโทรทัศน์ยิ่งกว่าตอนเปลี่ยนจากโทรทัศน์ ขาว - ดำไปเป็นโทรทัศน์สี ก่อให้เกิดธุรกิจและโอกาสใหม่ ๆ ในวงการ วิทยุกระจาย เสียงและแพร่ภาพ โทรทัศน์ รวมถึงผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ DTV ได้รับความนิยมแพร่หลายอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีทั้ง การให้บริการผ่าน ระบบสื่อสาร ดาวเทียม ผ่านเคเบิล ผ่านบรอดแบนด์ และผ่านสถานีโทรทัศน์ภาคพื้นดิน เป็นต้น มาตรฐานการส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียมแบบ DVB-S (Digital Video Broadcasting

Satellite) เป็นต้นแบบของมาตรฐานการส่งสัญญาณโทรทัศน์ ดิจิทัลระบบอื่น ๆ ทั้งในเรื่องของ วิธีการมอดูเลตแบบ QPSK, วิธีการบีบอัดและเข้ารหัส ข้อมูลด้วยมาตรฐาน MPEG-2 และวิธีการแก้ไขความผิดพลาดแบบไปข้างหน้า (Forward Error Correction) ซึ่งมาตรฐาน DVB-S เริ่มถูกนำมาใช้งานในปี ค.ศ. 1995 และได้รับการยอมรับอย่างรวดเร็ว มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก สำหรับลักษณะของการส่งข้อมูลผ่านทางช่องสัญญาณของมาตรฐาน DVB-S แบ่งออกได้ 2 แบบ ได้แก่ MCPC (Multi Channel per Carrier) ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณโทรทัศน์หลายช่องในรูปของสัญญาณดิจิทัลบนคลื่นพาห์เดียว และ SCPC (Single Channel per Carrier) ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณโทรทัศน์หนึ่งช่องในรูปของสัญญาณดิจิทัลบนคลื่นพาห์เดียวมาตรฐานการส่งสัญญาณโทรทัศน์ผ่านเคเบิล แบบ DVB-C (Digital Video Broadcasting-Cable) ใช้วิธีการบีบอัดและเข้ารหัสข้อมูลด้วยมาตรฐาน MPEG-2 เช่นเดียวกับมาตรฐาน DVB-S แต่จะ使用方法มอดูเลตสัญญาณแบบ QAM แทน ตัวอย่างเช่น การมอดูเลตสัญญาณแบบ 16QAM, 64QAM, 128QAM และ 256QAM พร้อมทั้งมีการใช้รหัสช่องสัญญาณ (Channel Coding) ก่อนการมอดูเลตและส่งสัญญาณการส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (Digital Terrestrial Television Broadcasting: DTTB) ใช้วิธีการ บีบอัดและเข้ารหัส ข้อมูลด้วยมาตรฐาน MPEG-2 เช่นเดียวกับมาตรฐาน DVB-S และ DVB-C ระบบ DTTB ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ แทนที่ระบบโทรทัศน์แอนะล็อก โดยระบบใหม่นี้ มีข้อดีคือ มีจำนวนช่องรายการมากกว่า และมีคุณภาพของภาพและเสียง ที่ดีกว่าโทรทัศน์แอนะล็อก สำหรับการรับสัญญาณสามารถกระทำได้ โดยใช้สาย อากาศรับ สัญญาณ โทรทัศน์แบบธรรมดาที่ใช้กันอยู่ตามบ้านเรือนทั่วไป ซึ่งจะประหยัดกว่า การใช้งานรับ สัญญาณ ดาวเทียมหรือ การสมัคร เป็นสมาชิกเคเบิลทีวีปัจจุบันระบบ DTTB ในโลกนี้มีอยู่ 4 มาตรฐาน ได้แก่

- 1) ATSC ถูกพัฒนาขึ้นมาในประเทศสหรัฐอเมริกา
- 2) DVB-T ถูกพัฒนาขึ้นมาในทวีปยุโรป
- 3) ISDB-T ถูกพัฒนาขึ้นมาในประเทศญี่ปุ่น
- 4) DTMB ถูกพัฒนาขึ้นมาในประเทศจีน

3.9 มาตรฐานสากลของเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (Digital Terrestrial TV) [11], [14]-[16]

3.9.1 มาตรฐาน ATSC

ระบบโทรทัศน์ดิจิทัล ATSC ได้รับการ พัฒนาขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1998 เพื่อใช้แทนที่ระบบโทรทัศน์แอนะล็อก NTSC 525 เส้น 60 Hz โดยคณะกรรมการ ATSC (Advance Television System Committee) สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ข้อกำหนดในการพัฒนาระบบใหม่นี้คือ ต้องสามารถครอบคลุมพื้นที่ เขตบริการ ทั้งขนาดพื้นที่ทางภูมิศาสตร์และจำนวนประชากร เท่ากับการให้บริการโทรทัศน์ NTSC แบบดั้งเดิม โดยต้องไม่มีการรบกวนกันกับการให้บริการโทรทัศน์ NTSC ที่มีอยู่เดิม ทั้งนี้ได้มีการทดสอบการให้บริการโทรทัศน์ดิจิทัล ATSC แล้ว ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า เป็นที่น่าพอใจ อย่างยิ่ง เนื่องจากการรบกวนระหว่างช่องสัญญาณความถี่เดียวกันต่ำ จึงสามารถเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณได้มากขึ้นถึง 1600 ช่อง และผู้ชมที่บ้านสามารถรับชมได้อย่างสะดวก เพราะใช้เพียงสายอากาศ ที่ติดตั้งบนหลังคา (roof-top) หรือสายอากาศแบบพกพาเคลื่อนย้ายได้ (Portable) ก็จะได้รับสัญญาณได้ดี และระบบ ATSC ยังได้ออกแบบเพื่อให้มีความทนทานต่อสภาพการรับสัญญาณรบกวนจากคลื่นวิทยุที่สะท้อนจากภูเขา อาคารหรือสิ่งก่อสร้างแบบ Multipath ที่ช่วงเวลาที่คลื่นวิทยุเหล่านั้น มาถึงต่างกันไม่มากนัก รวมทั้งมีประสิทธิภาพในการใช้แถบความถี่และสะดวกในการ

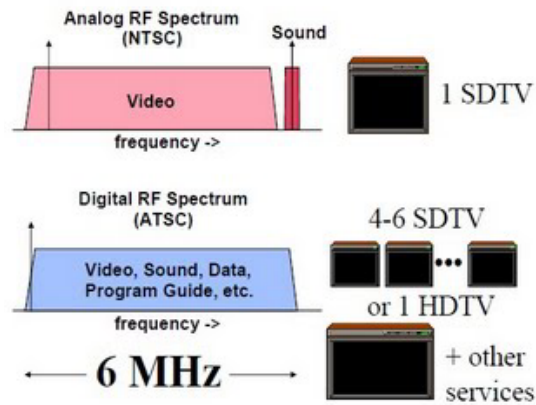
จัดสรรช่องสัญญาณความถี่ 4 ระบบ ATSC ได้กำหนดมาตรฐานรูปแบบภาพโทรทัศน์ ที่มีความชัดเจนแตกต่างกัน ตามตารางที่ 3.5 ดังนี้

ตารางที่ 3.5 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

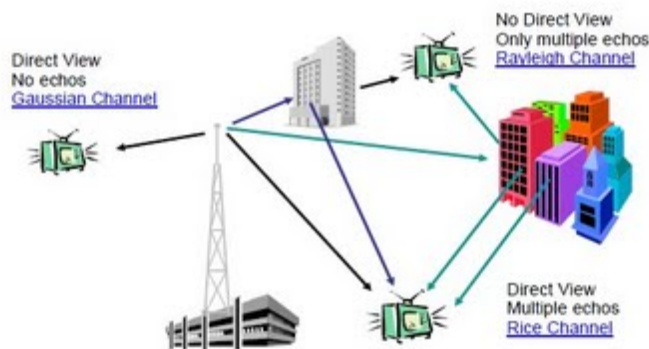
หมายเหตุ i : การสแกนแบบอินเทอร์เลซ (Interlaced) ที่ใช้กับโทรทัศน์ทั่วไป
p : การสแกนแบบก้าวหน้า (Progressive) ที่ใช้กับจอภาพ

จากตารางที่ 3.5 สถานีโทรทัศน์สามารถเลือก รูปแบบภาพให้เหมาะสมกับรายการที่ถ่ายทอด เช่น หากกำลังถ่ายทอดรายการ ภาพยนตร์ ให้เลือกรูปแบบภาพที่มีความละเอียด 1920 x 1080 pixels, 60i โดยใช้อัตราส่วนระหว่างความยาวในแนวนอนกับความยาวในแนวดิ่งเท่ากับ 16:9 หรือที่เรียกว่ามาตรฐาน 1080i ส่วนการถ่ายทอดการแข่งขันกีฬาและข่าว อาจเลือก รูปแบบภาพที่มีความละเอียด 1280 x 720 pixels, 30p โดยใช้อัตราส่วนระหว่างความยาวในแนวนอนกับความยาวในแนวดิ่งเท่ากับ 16:9 หรือที่เรียกว่ามาตรฐาน 720p เป็นต้น มาตรฐานรูปแบบภาพโทรทัศน์แบบ 1080i และ 720p ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานโทรทัศน์ความชัดสูง หรือ มาตรฐาน HDTV ซึ่งมีความชัดสูงมากกว่า รูปแบบภาพที่มีความละเอียด 480 x 704, 60i หรือแบบ 480 x 640, 60i บนมาตรฐานจอภาพ 16:9 หรือ 4:3 ซึ่งกำหนดให้เป็นโทรทัศน์ความชัดสูงมาตรฐาน SDTV โดยทั่วไปโทรทัศน์ความชัดสูงจะชัดกว่าโทรทัศน์ความชัดสูงมาตรฐาน และโทรทัศน์สี NTSC ถึง 6 เท่า สำหรับระบบเสียงนั้น มาตรฐาน ATSC เลือกใช้ตามมาตรฐาน Dolby AC-3 แบบ 5.1 ช่องเสียง ทั้งสำหรับสัญญาณภาพซึ่งถูกบีบอัดด้วยมาตรฐาน MPEG-2 และสัญญาณเสียงระบบ Dolby AC-3 จะถูกนำมาผลิตเพื่อกันตามมาตรฐาน MPEG-2 TS ก่อนที่จะถูกนำมาเข้ารหัสและมอดูเลตสัญญาณเชิงขนาดแบบ VSB เช่นเดียวกับระบบโทรทัศน์สี NTSC การมอดูเลตสัญญาณเชิงขนาดแบบ VSB สำหรับมาตรฐาน ATSC นั้น ได้แก่การมอดูเลตแบบ 8 VSB โดยวิธีการ มอดูเลตสัญญาณแบบ 8 VSB สามารถป้องกันการรบกวนจากระบบโทรทัศน์สี NTSC เดิมได้ดีกว่า และขนาดช่องสัญญาณที่ใช้ได้มีขนาด 6, 7 และ 8 MHz หากใช้วิธีการมอดูเลตสัญญาณแบบ 8 VSB ในช่องสัญญาณขนาด 6 MHz จะสามารถรองรับอัตราบิตของการส่งข้อมูลได้ถึง 19.28 Mbit/s โดยอัตราข้อมูลนี้สามารถรองรับรายการโทรทัศน์ที่มีความชัดสูงได้ 1 รายการ หรือรายการโทรทัศน์ที่มีความชัดสูงมาตรฐานได้ถึง 4-6 รายการพร้อมกัน และมาตรฐาน ATSC เหมาะสมสำหรับประเทศที่ใช้ไฟฟ้ระบบ 60 Hz ปัจจุบันยังไม่สามารถให้บริการแก่โทรทัศน์เคลื่อนที่ได้



ภาพที่ 3.10 เปรียบเทียบการใช้สเปกตรัมความถี่โทรทัศน์สี NTSC และโทรทัศน์ดิจิทัล ATSC

ภาพที่ 3.10 แสดงการใช้สเปกตรัมความถี่ของโทรทัศน์ดิจิทัล ATSC ซึ่งผลจากการใช้เทคโนโลยี 8VSB คือทำให้ได้เขต บริการที่กว้างไกลกว่า มาตรฐานอื่น ๆ ที่กำลังส่งออกอากาศ (ERP หรือ effective radiated power) เท่ากัน จึงเหมาะสมกับประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีพื้นที่กว้างขวางแต่มีความหนาแน่นของประชากรน้อย โดยประชากรที่อยู่ในเขตพื้นที่ที่มีความหนาแน่นต่ำ ลักษณะของช่องสัญญาณจะเป็นช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์ (Gaussian Channel) ดังที่แสดงตามภาพที่ 3.11 ในขณะที่ประชากร ที่อยู่ในเขตพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงจะมีลักษณะ ช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนแบบเรลีย์ (Rayleigh Channel) หรือช่องสัญญาณไรซ์ (Rice Channel)

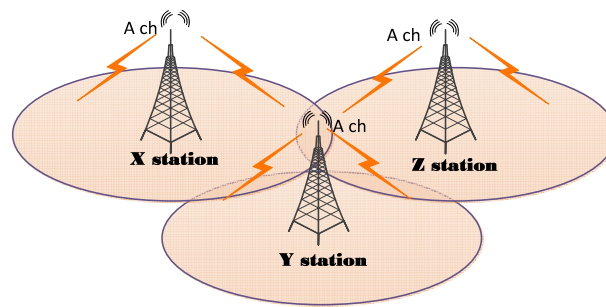


ภาพที่ 3.11 เส้นทางการส่งข้อมูลแบบต่าง ๆ

3.9.2 มาตรฐาน DVB-T

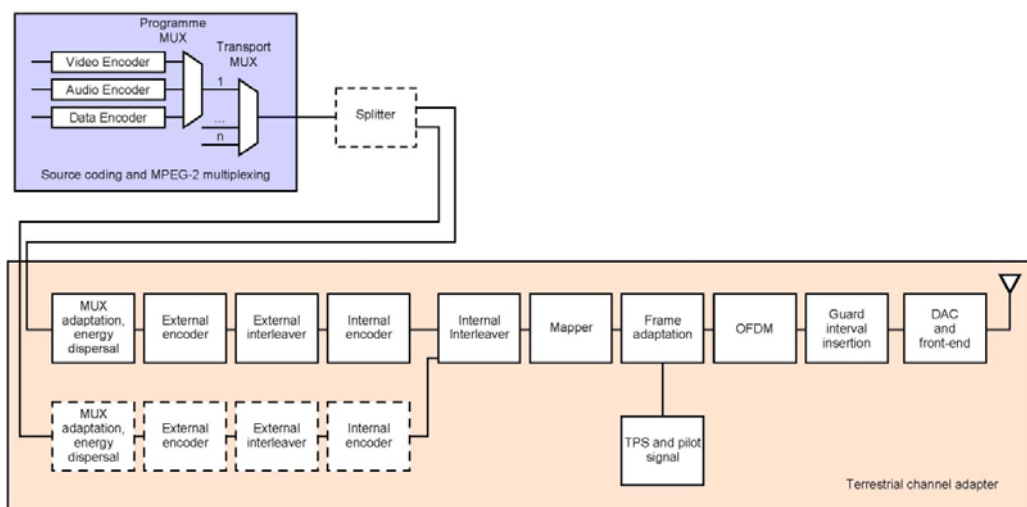
ระบบโทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T ถูกพัฒนาขึ้นในทวีปยุโรป ในปี ค.ศ. 1998 เพื่อทดแทนระบบ PAL & SECAM 625 เส้น 50 Hz โดยองค์การ Digital Video Broadcasting Project (DVB) ซึ่งเป็นความร่วมมือกันระหว่าง สถาบันวิทยุโทรทัศน์ และบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมวิทยุโทรทัศน์ มาตรฐาน DVB ถูกกำกับดูแลโดยคณะกรรมการร่วม (JTC)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

คลื่นวิทยุรบกวน โดยเครื่องรับสามารถรับสัญญาณได้ดีไม่ว่าเครื่องรับสัญญาณ จะอยู่กับที่หรือกำลังเคลื่อนที่อยู่ที่ตาม หากรับสัญญาณ ในเขตบริการที่ ไม่มีคลื่นรบกวน จะสามารถรับสัญญาณได้ดีแม้ขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ที่สูงถึง 170 กิโลเมตรต่อชั่วโมงก็ตาม ระบบถูกออกแบบให้มีความทนทานต่อสภาพการรับสัญญาณซ้ำซ้อนจากคลื่นวิทยุที่สะท้อนจากภูเขาอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง และสามารถรับ สัญญาณเดียวกันที่ส่งออกมาจากสถานีส่งหลาย ๆ สถานีพร้อมกันได้ ซึ่งโครงข่ายแบบนี้เรียกว่า โครงข่ายความถี่เดียว (SFN หรือ Single Frequency Network) นอกจากนี้ระบบ โทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T ยังสามารถใช้แถบคลื่นความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกในการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่

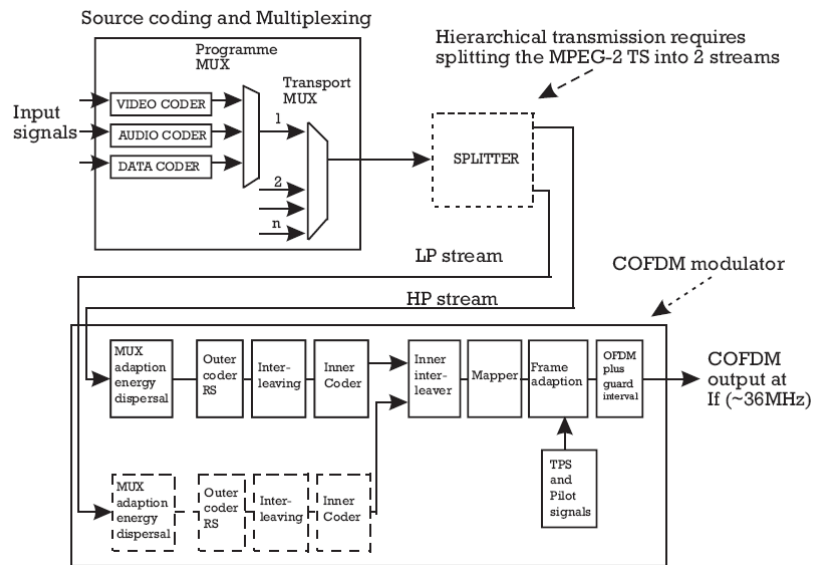


ภาพที่ 3.12 เครือข่ายความถี่เดียว (Single Frequency Network)

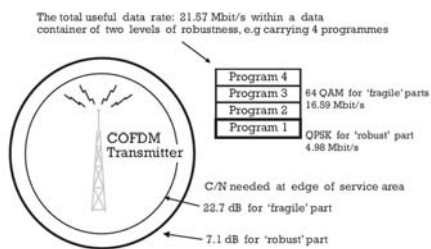
สัญญาณภาพ ของระบบ โทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T ถูกเข้ารหัสและ บีบอัดแบบ MPEG-2 และสัญญาณเสียงถูกเข้ารหัสและบีบอัด แบบ MPEG-2 Layer 2 ปัจจุบันหลายประเทศโดยเฉพาะประเทศที่เริ่มให้บริการ ได้เริ่มใช้การเข้ารหัสและบีบอัดสัญญาณภาพแบบ MPEG-4 AVC หรือ H.264 และใช้การเข้ารหัสและบีบอัดสัญญาณเสียงแบบ MPEG-4 AAC แทน MPEG-2 สำหรับการมอดูเลตสัญญาณ นั้นจะใช้การมอดูเลตแบบ แบบ COFDM (Code Orthogonal Frequency Division Multiplex) ซึ่งใช้คลื่นพาหะพหุคูณจำนวน 2,000 และ 8,000 คลื่น แต่ละคลื่นจะมีปริมาณข้อมูลไม่มากนัก จึงมีความทนทานต่อสภาพการรับสัญญาณซ้ำซ้อนจากคลื่นวิทยุแบบพหุวิถี (Multipath) ได้ดี



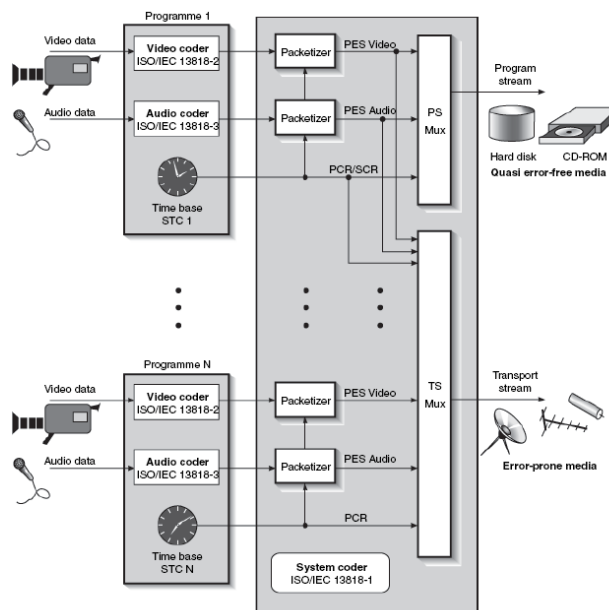
ภาพที่ 3.13 บล็อกไดอะแกรมระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T [2]



ภาพที่ 3.14 บล็อกไดอะแกรมฟังก์ชันการมอดูเลตแบบ COFDM [12]



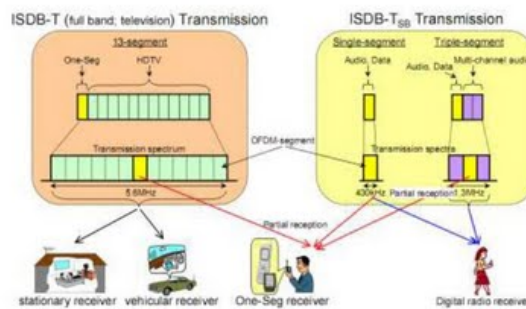
ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างการส่งผ่านตามลำดับขั้นของการมอดูเลตแบบ COFDM [12]



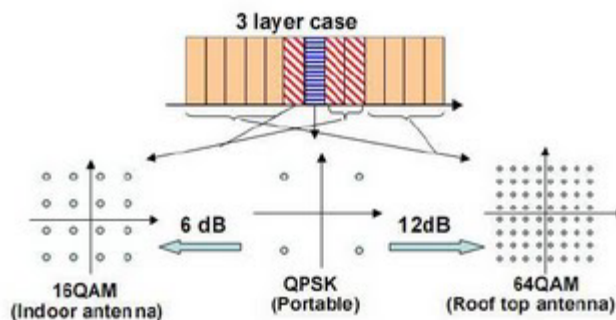
ภาพที่ 3.16 บล็อกไดอะแกรมของ MPEG-2 transport stream และ MPEG-2 program [13]

3.9.3 มาตรฐาน ISDB-T

ISDB : Integrated Service Digital Broadcasting ถูกพัฒนาในประเทศญี่ปุ่น ในปี ค.ศ. 1999 เพื่อทดแทนระบบ NTSC 525 เส้น 60 Hz โดยกลุ่มผู้พัฒนาได้แก่ ARIB (Association of Radio Industries and Business) และมีการ Digital Broadcasting Expert Group (DiBEG) เป็นหน่วยงานส่งเสริมและสนับสนุนระบบให้แพร่หลายทั่วโลกและแก่บริษัทผู้ผลิตในอุตสาหกรรมวิทยุโทรทัศน์ มาตรฐาน ISDB ครอบคลุมการให้บริการโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม (ISDB-S) เคเบิลทีวี (ISDB-C) และโทรทัศน์ภาคพื้นดิน (ISDB-T) ทุกมาตรฐานอยู่บนฐานการบีบอัดสัญญาณมาตรฐาน MPEG-2 ทั้งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงรวมกันในกระแสสัญญาณ MPEG-2 ทรานสพอร์ตสตรีม 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 Laptop และเครื่องรับในยานพาหนะ



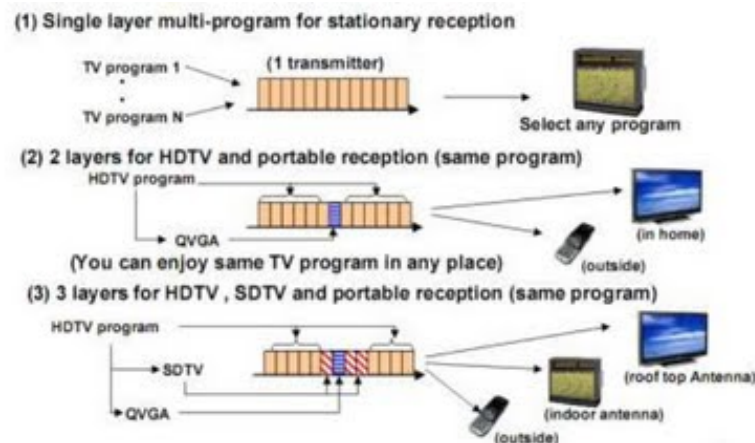
ภาพที่ 3.17 Segmented OFDM รองรับการส่งสัญญาณหลายบริการพร้อมกัน



ภาพที่ 3.18 Hierarchical Transmission Segmented OFDM รองรับการรับสัญญาณสูงสุด 3 แบบ

ช่องสัญญาณความถี่คลื่นวิทยุโทรทัศน์ขนาด 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 430 kHz หรือ One-Seg สำหรับโทรทัศน์มือถือ คอมพิวเตอร์วางตั้ง

และเครื่องรับในยานพาหนะหรือส่งสัญญาณรายการวิทยุกระจายเสียง ทั้งสองส่วนจะนำมาเข้ารหัสรวมกัน อาศัยวิธีมอดูเลตสัญญาณแบบลำดับชั้น (Hierarchical Modulation) พร้อมกับการมอดูเลตคลื่นความถี่ วิทยุโทรทัศน์เป็นแบบ OFDM ซึ่งสามารถเลือกใช้คลื่นพาห้จำนวน 2k, 4k หรือ 8k ได้ เลือกวิธีผสมสัญญาณได้หลายแบบ คือ DQPSK, QPSK, 16QAM และ 64QAM เลือกเข้าอัตราการใช้รหัสชั้นใน (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 430 kHz ข้อมูลการจัดลำดับเหล่านี้ถูกส่งไปยังเครื่องรับโดย TMCC (Transmission and Multiplexing Configuration Control) เนื่องจากทั้งส่วน 5.6 MHz และ 430 kHz อาศัยคลื่น OFDM ร่วมกัน ส่วนสัญญาณในช่องความถี่แคบ 430 kHz จึงอาจรวมอยู่ในส่วนช่องความถี่กว้าง 5.6 MHz ได้ นั่นคือเครื่องรับสำหรับส่วนช่องความถี่แคบ 430 kHz สามารถรับสัญญาณบางส่วนของส่วน 5.6 MHz ได้ ในทางกลับกัน เครื่องรับสำหรับส่วนช่องความถี่กว้าง 5.6 MHz สามารถรับสัญญาณได้ทุกบริการ



ภาพที่ 3.19 ตัวอย่างการให้บริการด้วยวิธี Hierarchical Transmission

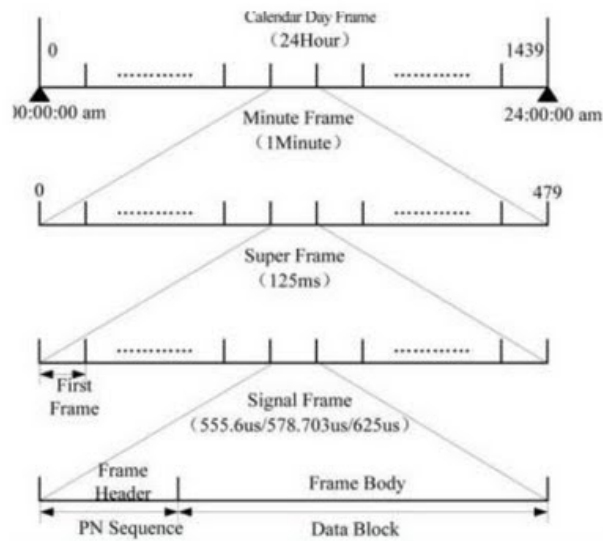
ISDB-T ใช้สัญญาณภาพที่ถูกบีบอัดแบบ MPEG-2 และสัญญาณเสียงแบบ MPEG-2 AAC สำหรับการบริการโทรทัศน์ความชัดสูง (HDTV) และ SDTV เลือกมอดูเลตแบบ 16QAM / 64QAM ส่วนการบริการสัญญาณแบบ One-Seg ใช้เทคโนโลยีการบีบอัดแบบ MPEG-4 AVC หรือ H.264 และสัญญาณเสียงแบบ MPEG-4 AAC-SBR เลือกมอดูเลตแบบ QPSK ส่วน Data Broadcasting จะเป็นสัญญาณแบบ BML (XTML), ECMA Script ขนาด 20-80 Kbit/s ระบบถูกออกแบบให้มีความทนทานต่อสภาพการรับสัญญาณรบกวนจากคลื่นวิทยุแบบพหุวิถีได้ดี พร้อมทั้งสามารถเลือกตัวแปรได้หลายมิติ จึงสามารถเลือกส่งข้อมูล ที่อัตราบิต (Bit Rate) ได้ตั้งแต่ 3.6-23.5 Mbit/s (อัตราบิตที่สูงหมายถึงมีจำนวนช่องรายการ ได้มากขึ้น) ตามขนาดช่องความถี่ 6 MHz และมีอัตราบิตมากขึ้นในช่องสัญญาณ 7 และ 8 MHz บนย่านความถี่ VHF และ UHF ของแต่ละประเทศ นอกจากนั้นยังสามารถเลือกปรับ ตัวแปรของระบบได้หลายมิติ โดยการเลือกอัตราบิตสูงจะทำให้จำนวนช่องรายการมากจริง แต่จะจำกัดขอบเขตของพื้นที่ให้บริการ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้าน C/N เพราะความทนทานต่อสภาพการรับสัญญาณรบกวนจากคลื่นวิทยุแบบ พหุวิถี (Multipath) และการรับชมแบบพกพาเครื่องรับหรือการรับในยานพาหนะขณะเคลื่อนที่ ISDB-T กำหนดเป้าหมายของระบบ ดังนี้

- เพิ่มความชัดเจนด้วยรายการโทรทัศน์แบบ HD 1 รายการ หรือให้บริการแบบ SD 3-4 รายการพร้อมกัน
- สามารถส่งรายการให้แก่ Mobile TV โทรศัพท์มือถือแบบ One-Seg ได้พร้อมกัน
- การกระจายข้อมูล (Data Broadcasting)
- Engineering Service เพื่อเพิ่มฟังก์ชันการทำงานและแก้ปัญหาของเครื่องรับโทรทัศน์โดยการส่งซอฟต์แวร์ การกระจายข้อมูล (Data Broadcasting) มี 2 บริการ คือ
 - 1) Data ที่สัมพันธ์กับเนื้อหารายการที่ชมอยู่ และสามารถเข้าถึงระหว่างออกอากาศเท่านั้น
 - 2) Data ที่ไม่สัมพันธ์กับเนื้อหารายการที่ชมอยู่ และสามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลา

3.9.4 มาตรฐาน DTMB

DTMB ย่อมาจาก Digital Terrestrial Multimedia Broadcast เป็นระบบที่ประเทศจีนพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานเอง ปัจจุบันชื่อระบบที่เป็นทางการ คือ DTMB เปลี่ยนจากเดิมใช้ชื่อว่า DMB-T/H ซึ่งย่อมาจาก Digital Multimedia Broadcast - Terrestrial/Handheld ที่มีเป้าหมายในการพัฒนาให้เป็นโทรทัศน์ดิจิทัลให้บริการภาคพื้นดินทั้งแบบรับอยู่กับที่ตามบ้านเรือนและแบบมือถือที่เคลื่อนที่ได้ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ได้ประกาศระบบ โทรทัศน์ดิจิทัล ของตัวเอง เมื่อประมาณเดือน สิงหาคม 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 กรุงปักกิ่ง อาศัยใช้เทคโนโลยี OFDM แบบหลายคลื่นพาห์ (Multiple Carrier) และอีกมาตรฐานที่เหมือนกับระบบ ATSC พัฒนาโดย Jiaotong University เมืองเซี่ยงไฮ้ คือมาตรฐาน ADBT-T (Advanced Digital Broadcasting-Terrestrial) ส่งสัญญาณด้วย Single Carrier แบบ 8 VSB เนื่องจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน 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 ส่วนจีนแผ่นดินใหญ่เริ่มให้บริการตั้งแต่การถ่ายทอดมหกรรมกีฬาปักกิ่ง โอลิมปิก 2008 ในแบบ HDTV มาตรฐาน DTMB ใช้เทคโนโลยีแบบใหม่ในการแก้ไขความผิดพลาดแบบไปข้างหน้า (FEC) คือใช้รหัสชั้นใน (Inner Coding) เป็นรหัส LDPC (Low Density Parity Check) และรหัสชั้นนอก (Outer Coding) ใช้รหัสแบบ BCH (Bose, Ray-Chaudhuri, Hocquenghem) แบบเดียวกับ DVB-S2 มีผลให้ระบบต้องการค่า C/N น้อยกว่า และสามารถใช้ได้กับทั้งโหมด Multiple Carrier และโหมด Single Carrier ที่มีส่วนหัวสุดของเฟรมข้อมูล (Frame Header) ที่แข็งแกร่งด้วย PN (Pseudorandom Noise) ส่วนโหมด Multiple ใช้เทคนิค TDS-OFDM (Time Domain Synchronous - OFDM) ซึ่งโดยทั่วไปรหัส Convolution จะถูกแทรกระหว่างเฟรมสัญญาณ OFDM บน Frequency Domain ใน Frame Body : FB ที่มีความยาวรวม 3780 Symbol โดยที่โครงสร้างของเฟรมตามมาตรฐาน DTMB เป็นแบบลำดับชั้น ตามรูปที่ 9 ช่วงเวลาของเฟรมวันตามปฏิทิน และเฟรมนาฬิกา แต่ละวันมี 1440 เฟรมนาฬิกา ในเฟรมนาฬิกา มี 480 Super Frame ขนาด 125 ms และเฟรมสัญญาณ (Signal Frame) ตามลำดับแต่ละเฟรมสัญญาณ 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)



ภาพที่ 3.20 โครงสร้างของเฟรม DTMB

ช่วง Frame Header ดังกล่าวก็คือช่วงป้องกัน (Guard Interval) ซึ่งตามมาตรฐาน DVB-T/ ISBD-T จะมีวิธีปฏิบัติใน Frequency Domain เครื่องรับต้องใช้เวลารั้งถึง 100ms ในการถอดรหัส ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับเครื่องรับที่กำลังเคลื่อนที่ ระบบ DTMB จึงเติมช่วงป้องกันด้วย PN ใน Time Domain ที่เครื่องรับใช้เวลาเพียง 5ms ในการถอดรหัส ส่วนในช่วง Frame Body มีวิธีปฏิบัติใน Frequency Domain เช่นเดียวกับมาตรฐาน COFDM อื่นๆ การส่งสัญญาณแบบ TDS-OFDM จึงผสมกันทั้งวิธีปฏิบัติใน ทางเวลา และทางความถี่ การใช้เวลาเพียง 5ms ในการถอดรหัส จึงเหมาะสำหรับการรับสัญญาณ ระหว่างกำลังเคลื่อนที่ความเร็วสูง 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, 64QAM และ 4QAM-NR (Nordstrom-Robinson) บน Frequency Domain และ สามารถเลือกอัตราบิดหลายแบบ ขึ้นอยู่กับความต้องการขนาดข้อมูล คือ

- คลื่นพาห้จำนวน 4K (3,780 Carriers)
- เลือกวิธีผสมสัญญาณได้หลายแบบคือ 4QAM, 16QAM, 32QAM, 64QAM และ 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 เนื่องจากมาตรฐาน DTMB มีทั้ง 2 แบบ คือ DMB-T ในโหมด Multiple Carrier และ ADBT-T ในโหมด Single Carrier เครื่องรับทั้งแบบ STB และ iDTV จำเป็นต้องมีความสามารถถอดรหัสได้ทั้ง 2 แบบ ประกอบกับ DTMB ไม่ได้กำหนด วิธีการเข้ารหัสสัญญาณภาพ เครื่องรับ STB และ iDTV จำเป็นต้องมีความสามารถถอดรหัสได้ทั้ง MPEG-2, และ MPEG-4 AVC/H.264 เป็น ผลให้ เครื่องรับ STB และ iDTV มีราคาสูงกว่ามาตรฐานอื่น ๆ

3.10 มาตรฐานสากลของเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม (Satellite digital TV) [11], [14]-[16]

เทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม (Satellite digital TV) หรือที่ทราบกันในชื่อของ Direct To Home (DTH) เป็นการส่งตรงจากดาวเทียมถึงผู้รับโดยตรง โดยผ่าน Set-top-box เหมือนระบบ Terrestrial ซึ่งโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียมนี้ สามารถส่งโทรทัศน์ 100-200 ช่องรายการ โดยมาตรฐานสากลต่าง ๆ ที่สำคัญของโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียมมีดังนี้

3.10.1 มาตรฐาน DVB-S

ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม DVB-S ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1994 เพื่อการถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมระบบดิจิทัลโดยองค์การ Digital Video Broadcasting Project (DVB) ซึ่งเป็นความร่วมมือกันระหว่าง สถานีวิทยุโทรทัศน์ และบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมวิทยุโทรทัศน์มาตรฐาน DVB-S ได้ถูกใช้งาน ในเชิงพาณิชย์เป็นครั้งแรกในประเทศฝรั่งเศส และในอีกหลายประเทศในภายหลัง เช่น อังกฤษ สหรัฐอเมริกา แคนาดา รวมถึงประเทศไทย รายละเอียดของมาตรฐาน DVB-S ได้ถูกอธิบายไว้ในเอกสารมาตรฐานยุโรป EN 300 421 โดยมาตรฐานดังกล่าวได้ระบุวิธีการมอดูเลตและระบบการเข้ารหัสช่องสัญญาณสำหรับการส่งข้อมูลในระดับชั้นกายภาพ (Physical Layer) และระดับชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) โดยวิธีการมอดูเลตที่ใช้ได้แก่ QPSK สำหรับการส่งข้อมูลภาพและเสียงในระบบ DVB-S นั้น ข้อมูลทั้งหมดจะส่งในรูปแบบของกระแสสัญญาณ MPEG-2 ทรานสปอร์ตสตรีม

3.10.2 มาตรฐาน DVB-S2

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

นอกจากนี้ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม DVB-S2 ยังถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถรองรับบริการแบบที่มีการปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ได้ โดยที่ช่องทางการส่งข้อมูลกลับ (Return channel) จากผู้ให้บริการสามารถเป็นไปได้หลากหลายรูปแบบ เช่น

- 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 มีอัตราการส่งข้อมูลที่สูงขึ้นมีประสิทธิภาพในการเข้ารหัสที่ดีกว่า และปรับปรุงในเรื่องการใช้แบนด์วิดท์ให้คุ้มค่า นอกจากนี้มาตรฐาน DVB-S2 ได้นำเทคโนโลยี Adaptive Coding and Modulation (ACM) มาใช้ทำให้ผู้ให้บริการโครงข่ายสื่อสารดาวเทียมสามารถปรับเทคนิคการเข้ารหัสและการมอดูเลตได้ตามคุณภาพของ

สัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์เครื่องรับส่งระยะไกล (Remote terminal) ซึ่งเทคนิคนี้มีประโยชน์อย่างมากในการให้บริการอย่างเช่น หากในขณะมีฝนตก อย่างหนัก จะทำให้การรับส่งสัญญาณทำได้ไม่ดีนัก เมื่อผู้ให้บริการโครงข่ายสื่อสารดาวเทียมทราบก็สามารถปรับเทคนิคการเข้ารหัสและการมอดูเลตให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนั้นได้

3.10.3 มาตรฐาน ISDV-S

ประเทศญี่ปุ่นได้มีการนำมาตรฐาน DVB-S มาใช้ในปี ค.ศ. 1996 แต่เนื่องจากคุณสมบัติบางประการของมาตรฐาน DVB-S ยังไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้ให้บริการแพร่ภาพโทรทัศน์อย่างเช่น ขีดความสามารถในการให้บริการ HDTV การปฏิสัมพันธ์กับผู้ให้บริการ 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 และมีการส่งทั้งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงรวมกันในกระแสดสัญญาณ MPEG-2 ทรานสปอร์ตสตรีม โทรศัพท์ผ่านดาวเทียมระบบ ISDB-S ถูกออกแบบให้มีความยืดหยุ่นสูง ทนทานต่อสภาพอากาศ และมีอัตราการส่งข้อมูลสูง ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านดาวเทียม ISDB-S สามารถให้บริการไม่เฉพาะ กับสัญญาณภาพและเสียงเท่านั้นแต่สามารถให้บริการสื่อประสม (Multimedia) อื่น ๆ เช่น การแพร่สัญญาณภาพหรือข้อมูลทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Data Broadcasting) ได้ และภายในหนึ่งช่องสัญญาณดาวเทียมสามารถใช้ส่งสัญญาณ HTDV ได้ 2 ช่อง คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบ ISDB-S สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบ ISDB-S

Modulation scheme	TC8PSK/QPSK/BPSK
Raised cosine roll-off factor	0.35(square root)
Video coding	MPEG-2
	MP@HL for 1080i, 720p
	MP@HL for 480i
	MP@H14 for 480p
Audio coding	MPEG-2 AAC
FEC (Outer code)	Reed-Solomon (204, 188)
FEC (Inner code)	Convolutional (constant 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 system
Packet size	188 bytes

ตารางที่ 3.7 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		

3.11 มาตรฐานสากลของเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านเคเบิล (Cable digital TV) [11], [14]-[16]

เทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านเคเบิล (Cable digital TV) เป็นการรับรายการผ่านระบบการกระจายผ่านสายสัญญาณ ไปตามท้องถิ่นต่างๆ ซึ่งส่งจากศูนย์กลางการส่งสัญญาณโทรทัศน์แห่งใดแห่งหนึ่ง เมื่อถึงบ้านลูกค้าก็ต้องผ่าน STB เพื่อเข้าเครื่องรับชมต่อไป มาตรฐานสากลต่าง ๆ ที่สำคัญของโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านเคเบิลมีดังนี้

3.11.1 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 นั้นข้อมูลทั้งหมดจะส่งในรูปแบบของ MPEG-2 หรือ MPEG-4

3.11.2 มาตรฐาน DVB-C2

ในการประชุมคณะกรรมการชี้แนะแนวทางการทำงานของโครงการ DVB ซึ่งจัดในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2008 ได้มีการประกาศเพื่อที่จะจัดทำมาตรฐานระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านเคเบิลยุคที่ 2 (DVB-C2) และเป็นที่คาดการณ์กันว่ามาตรฐาน DVB-C2 จะเป็นมาตรฐานสุดท้ายสำหรับการส่งสัญญาณผ่านเคเบิลโดยที่ระบบโทรทัศน์ดิจิทัลผ่านเคเบิล DVB-C2 ใหม่จะใช้เทคนิคการมอดูเลตสัญญาณและการเข้ารหัสที่มีความทันสมัยกว่าระบบ DVB-C ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการใช้คลื่นความถี่ (Spectrum efficiency) ที่ดีขึ้น ถึง 30% และจะทำให้ความสามารถในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นถึง 60% โดยสาเหตุหลัก ๆ ที่ต้องพัฒนาจาก DVB-C ไปเป็น DVB-C2 มีดังนี้

- 1) มีความต้องการที่จะเพิ่มความสามารถในการขนส่งข้อมูลเพื่อรองรับบริการใหม่ ๆ อย่างเช่น HDTV และ Video-on-demand (VOD) และบริการที่มีการโต้ตอบกับผู้ให้บริการ
- 2) มีความจำเป็นที่ผู้ให้บริการจะต้องปรับปรุงการให้บริการของตนเอง เพื่อให้สามารถแข่งขันผู้ให้บริการรายอื่น

ตารางที่ 3.8 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเทคนิคระหว่าง DVB-C และ DVB-C2

	DVB-C	DVB-C2
Interface	Single Transport Stream (TS)	Multiple Transport Stream and Genetic Stream Encapsulation (GSE)
Mode	Constant Coding & Modulation	Variable Coding & Modulation and Adaptive Coding + BCH
FEC	Reed Solomon (RS)	
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 Scheme	16- to 256- QAM	16- to 4096- QAM

3.11.3 มาตรฐาน ISDB-C

มาตรฐาน ISDB-C ถูกพัฒนาในประเทศญี่ปุ่นโดย ARIB: Association of Radio Industries and Business มาตรฐาน ISDB-C ใช้เทคนิคการบีบอัดสัญญาณตามมาตรฐาน MPEG-2 และส่งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงรวมกันใน MPEG-2 Transport Stream สำหรับเทคนิคการมอดูเลตสัญญาณที่ใช้ในมาตรฐาน ISDB-C ได้แก่การมอดูเลตสัญญาณแบบ 64-QAM นอกจากนี้ยังใช้รหัสรีดโซโลมอนในการแก้ความผิดพลาดแบบไปข้างหน้า และใช้แบนด์วิดท์ขนาด 6 MHz ซึ่งสามารถรองรับความเร็วในการส่งข้อมูลต่อช่องสัญญาณประมาณ 29 Mbps โดยคุณสมบัติทางเทคนิคของระบบ ISDB-S สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบ ISDB-C

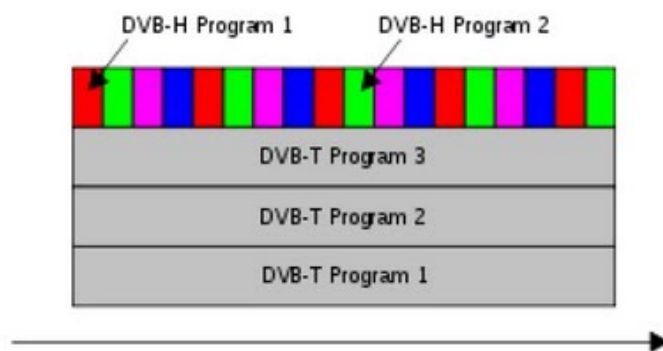
Modulation	64 QAM
Mapping	Follow Standard
Roll-off	13%
Bandwidth	6 MHz
Symbol rate	5.274 Mbaud
Transmission rate	31.644 Mbps
Information rate	29.162 Mbps

3.12 มาตรฐานสากลของเทคโนโลยีระบบโทรทัศน์มือถือดิจิทัล (Handheld Digital TV)

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

3.12.1 มาตรฐาน DVB-H

เทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัลมือถือ ระบบ DVB-H ถูกพัฒนาขึ้นโดยเป็นการต่อยอดจากระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินแบบ DVB-T ซึ่งมีการเพิ่มเติมคุณสมบัติเพื่อให้สามารถรองรับข้อกำหนดเฉพาะต่างๆ ของเครื่องรับโทรทัศน์แบบพกพาที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานในการใช้งานโทรทัศน์ดิจิทัลมือถือที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ระบบ DVB-H ทำงานโดยใช้เทคโนโลยี Time Slicing ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวทำงานโดยส่งข้อมูลเป็น Burst ลงใน Time-slot ที่ถูกกำหนดไว้ ซึ่งอุปกรณ์ภาครับสามารถประหยัดพลังงานได้โดยเปิดรับข้อมูลในช่วงระยะเวลาของ Time-slot ที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า ในแต่ละ burst สามารถบรรจุข้อมูลได้ถึง 2 Mbits ซึ่งใช้การเข้ารหัสแบบ Reed-Solomon 64 bits ต่อ ข้อมูล 191 bits และนอกจากนี้ สัญญาณระบบโทรทัศน์ DVB-H ยังสามารถถูกส่งออกมาพร้อมกับสัญญาณ DVB-T ภายในมัลติเพล็กซ์เดียวกันได้ดังแสดงในภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 แสดงสัญญาณระบบโทรทัศน์ DVB-H ถูกส่งออกมารวมกันกับสัญญาณ DVB-T ภายในมัลติเพล็กซ์เดียวกัน

เทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัลมือถือระบบ DVB-H ได้ถูกออกแบบให้ทำงานได้ในย่านความถี่ดังต่อไปนี้

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

3.12.2 มาตรฐาน 1seg

มาตรฐาน 1seg เป็นมาตรฐานเทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัลมือถือที่พัฒนาขึ้นโดยประเทศญี่ปุ่นในปี 2005 และปัจจุบันถูกใช้งานในประเทศญี่ปุ่นและประเทศบราซิล เทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัลมือถือ 1seg ถูกออกแบบขึ้นมาให้สามารถให้บริการถ่ายทอดสัญญาณร่วมกับ เทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินระบบ 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 correction ซึ่งระบบมีอัตราการส่งข้อมูล 416 kbit/s ข้อมูลภาพถูกส่งตามมาตรฐาน

H.264/MPEG-4 AVC video stream และเสียงตาม HE-AAC audio stream ซึ่งถูก multiplex ลงใน MPEG-2 Transport Stream

3.12.3 มาตรฐาน T-DMB

T-DMB หรือ Digital Media Broadcasting เป็นระบบที่ประเทศเกาหลีใต้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานเองโดยเน้นการใช้งานทางด้านมัลติมีเดียเป็นหลัก และถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับอุปกรณ์พกพาและเคลื่อนที่ได้ เช่นเดียวกับกับมาตรฐาน DVB-H นอกจากนี้ ยังมีบริการข้อมูลด้านต่าง ๆ อย่างเช่น รายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมรายการโทรทัศน์ และ ข้อมูลสภาพการจราจร เป็นต้น

มาตรฐาน T-DMB พัฒนาโดยประเทศเกาหลีจากเทคโนโลยี DAB ที่เป็นมาตรฐานวิทยุกระจายเสียงระบบดิจิทัลภาคพื้นดิน สำหรับเครื่องรับประจำที่และที่ติดตั้งในยานพาหนะ ตามมาตรฐาน ETSI 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 สามารถส่งรายการโทรทัศน์ที่มีคุณภาพ 2-3 รายการ มีบริการเชิงพาณิชย์แล้วในประเทศเกาหลี มีเครื่องรับใช้บริการกว่า 6.7 ล้านเครื่อง ส่วนใหญ่ที่ได้รับความนิยม จะเป็นเครื่องรับเฉพาะบริการ T-DMB แบบติดรถยนต์และแบบพกพาไม่สามารถใช้เป็นโทรศัพท์มือถือได้ประมาณ 60% แต่ปัจจุบันมีเครื่องรับมือถือที่รองรับทั้งมาตรฐาน GSM และ T-DMB ควบคู่กัน ประมาณ 40%

3.12.4 มาตรฐาน Media FLO

Media FLO เป็นระบบโทรศัพท์มือถือที่พัฒนาโดยบริษัท 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 สามารถส่งรายการโทรทัศน์ที่มีคุณภาพ 10-20 รายการ Media FLO เป็นการให้บริการโทรศัพท์มือถือที่สมบูรณ์รวมทั้งระบบเก็บค่าบริการ และค่าลิขสิทธิ์ มีบริการเชิงพาณิชย์แล้วในประเทศสหรัฐอเมริกา และอยู่ระหว่างการทดลองให้บริการในประเทศไต้หวันและฮ่องกง

3.12.5 มาตรฐาน DVB-SH

DVB-SH คือมาตรฐานโทรศัพท์มือถือ ที่ให้บริการ Audio/Video และบริการข้อมูลสู่อุปกรณ์รับสัญญาณแบบ มือถือ เช่น Mobile Phone, และเครื่องรับที่ติดตั้งบนยานพาหนะต่างๆ เป็นการให้บริการแบบผสมกันทั้งแบบผ่านดาวเทียมและให้บริการภาคพื้นดิน ระบบจะออกแบบให้ครอบคลุมเขตบริการกว้าง ๆ เช่นครอบคลุมทั้งประเทศ ด้วยดาวเทียมในย่านความถี่ต่ำกว่า 3GHz เช่นในย่าน S-Band ความถี่ 2.2 GHz ใกล้เคียงกับย่านความถี่ของบริการ 3G ส่วนในบริเวณพื้นที่ที่ไม่สามารถรับได้คุณภาพดีโดยตรงจากดาวเทียมหรือกรณีรับสัญญาณในอาคาร สถานีภาคพื้นดินย่านความถี่ UHF และ L-Band จะช่วยเสริมในส่วนนี้ได้

DVB-SH ถูกออกแบบให้เป็นส่วนเสริมและปรับปรุงมาตรฐาน Physical Layer ของ DVB-H ให้ดียิ่งขึ้น บนพื้นฐานของการแจกจ่าย DVB IP Data cast (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 interleaving ให้ดีขึ้น
- รองรับเครื่องสัญญาณที่ใช้สายอากาศรับแบบ Diversity
- สามารถเลือกมอดูเลต แบบ QPSK, 8PSK, 16APSK เมื่อส่งแบบ TDM และมอดูเลต แบบ QPSK, 16QAM เมื่อส่งแบบ COFDM
- เลือกใช้ Bandwidth ขนาด 8MHz, 7MHz, 6MHz, 5MHz, 1.7MHz ตามความเหมาะสม- สามารถเลือก FFT ได้หลายแบบคือ 8K, 4K, 2K และส่วนย่อยจาก 2K คือ 1K

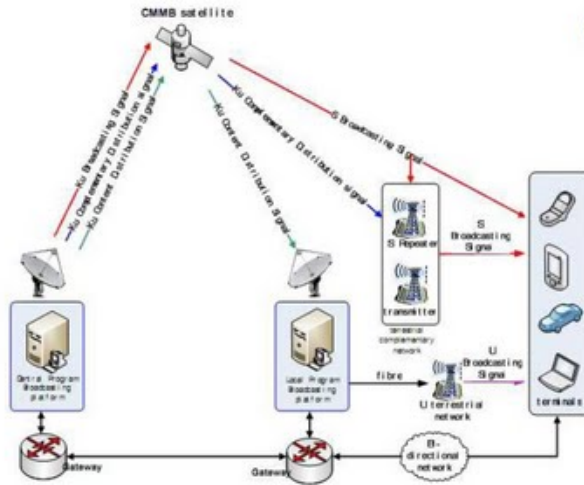
3.12.6 มาตรฐาน S-DMB

S-DMB เป็นมาตรฐานการให้บริการ Audio คุณภาพสูงพร้อมด้วยข้อมูลสื่อประสมแบบต่างๆ รวมทั้ง Video ให้บริการผสมกันทั้งแบบผ่านดาวเทียมและให้บริการภาคพื้นดิน ที่ประเทศเกาหลีและประเทศญี่ปุ่นพัฒนาร่วมกัน ตามมาตรฐาน ITU-R BO1130, ITU-R BS1547 และรู้จักในนามมาตรฐาน ARIB ระบบจะออกแบบให้ครอบคลุมเขตบริการกว้าง ๆ เช่น ครอบคลุมทั้งประเทศ ด้วยดาวเทียมในย่านความถี่ S-Band ความถี่ 2,630-2,655 MHz ใกล้เคียงกับย่านความถี่ของบริการ 3G ส่วนในบริเวณพื้นที่ ที่ไม่สามารถรับได้คุณภาพดีโดยตรงจากดาวเทียมหรือกรณีรับสัญญาณในอาคาร สถานีทวนสัญญาณภาคพื้นดินโดยใช้ความถี่เดียวกันแต่กำลังต่ำครอบคลุมพื้นที่แคบๆ ในเขตเมืองและภายในอาคาร เทคโนโลยีที่ใช้เช่นเดียวกับ DVB-SH

S-DMB ใช้การมอดูเลตแบบ CDM (Code Division Multiplex) บนพื้นฐาน QPSK พร้อมด้วย FEC แบบ RS (204,188) และรหัสชั้นใน (Inner Code) แบบ Convolution ที่เลือกอัตรา 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 และ 7/8 ได้ มีแบนด์วิดท์ในการให้บริการ 25 MHz ที่ความถี่ 2,630-2,655 MHz มีการให้บริการแล้วในประเทศเกาหลีและประเทศญี่ปุ่น

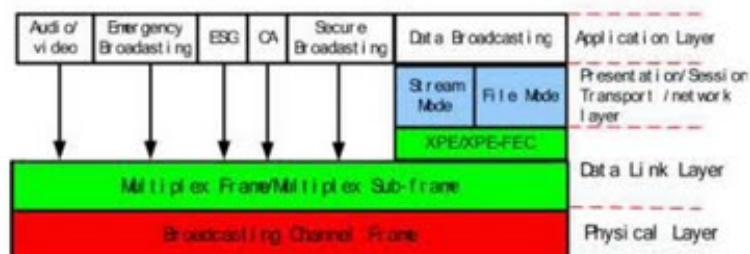
3.12.7 มาตรฐาน CM-MB

CM-MB 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 CM-MB จะใกล้เคียงกับ มาตรฐาน DVB-SH คือ บรอดคาสต์จากดาวเทียมและเสริมจุดบอด (Gap filler) ด้วยสถานีภาคพื้นดิน สู่อุปกรณ์รับสัญญาณแบบมือถือ เครื่องรับติดรถยนต์ ที่มีจอแสดงภาพขนาดเล็ก เช่น PMP, PDA, Cell Phone และ UMPC



ภาพที่ 3.22 CM-MB Network

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



ภาพที่ 3.23 ส่วนประกอบของมาตรฐาน CM-MB

จากภาพที่ 3.23 จะเห็นว่า สามารถให้บริการ Audio / Video, Emergency Broadcast, ESG, CA, Secure Broadcasting, และ Data Broadcast โดยมีข้อกำหนดการส่ง (Transmission Specification) ดังนี้

ตารางที่ 3.10 Transmission Specification

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

ระบบ CM-MB มีการทดลองใช้งานในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ตั้งแต่โอลิมปิกเกมส์ 2008 ใน 37 เมือง ปัจจุบันมีการทดลองใช้งานรวม 150 เมือง