

บทที่ 3

เทคโนโลยีและระบบการแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัล

3.1 บทนำ

ปัจจุบันนับว่าโทรทัศน์เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวันของคนเราโทรทัศน์กลายเป็นสิ่งสำคัญในโลกปัจจุบัน คำว่า “โทรทัศน์” หรือ Television นักวิชาการได้ให้ความหมายว่า ซึ่งตรงกับคำว่า “โทร” ที่แปลว่าไกล และ “ทัศน์” ที่แปลว่าการเห็น เป็นเวลาหลาย 100 ปีมาแล้ว การส่งโทรทัศน์และการส่งข้อมูล (Data) พัฒนาคู่ขนานมาพร้อม ๆ กัน แต่แยกเส้นทางการพัฒนากันอย่างสมบูรณ์ [1]

3.2 การกำเนิดโทรทัศน์ [3]

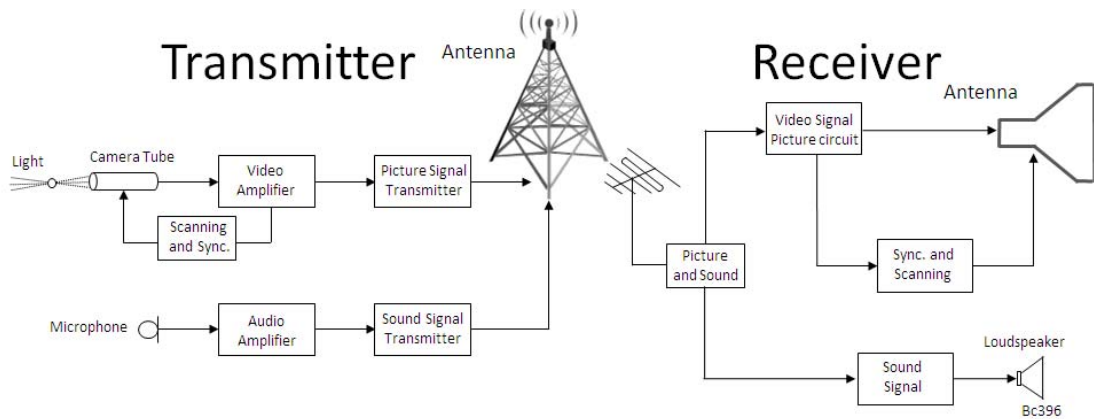
มีความคิดที่จะเอาพลังงานแสงผสมไปกับกระแสไฟฟ้าแล้วส่งไปตามสาย หรือไม่ก็ไม่ใช่สายเลยก็ได้ จากหลักการพื้นฐานที่ว่าคนที่คนเราสามารถมองเห็นวัตถุนั้น เป็นเรื่องของพลังงานแสงหลักการแรกมาจากหลักการที่ว่า การมองเห็นภาพที่เกิดจากการที่แสงส่องไปกระทบวัตถุ แล้ววัตถุนั้นเกิดการสะท้อนแสงเข้าสู่ประสาทตาหากวัตถุนั้นสะท้อนแสงกลับมามากเราจะเห็นความสว่างมากหากไม่สะท้อนกลับมามากเราจะเห็นเป็นสีดำหรือไม่สว่าง อีกกรณีหนึ่งก็คือการรับแสงโดยตรงจากต้นกำเนิดแสง อย่างเช่นหลอดไฟหรือดวงอาทิตย์ เป็นพลังงานแสงที่เรารับเข้ามาโดยตรง หากแสงที่ส่องเข้ามามีความเข้มมากก็จะมี ความสว่างมาก หากมีความเข้มน้อยจะสว่างน้อยในเวลาเดียวกัน

ในประเทศไทย ได้มีการตั้งสถานีโทรทัศน์ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2500 โดยใช้เครื่องส่งขนาด 5 กิโลวัตต์ 525 เส้น 30 ภาพต่อวินาที เรียกชื่อสถานีว่า “สถานีวิทยุโทรทัศน์กองทัพบกช่อง 7” หรือ “ท.ท.บ.” โดยออกอากาศครั้งแรกเมื่อ พ.ศ.2501 จนกระทั่งถึงปี พ.ศ. 2517 จึงเปลี่ยนมาใช้ระบบ 625 เส้น 25 ภาพต่อวินาที และส่งเป็นโทรทัศน์สีระบบ PAL (Phase Alternation at Line) ตามมาตรฐาน CCIR (Consultative Committee on International Radio: CCIR) ซึ่งเป็นคณะกรรมการที่ปรึกษาการวิทยุโทรทัศน์ระหว่างประเทศ โดยส่งทางช่อง 5 ออกอากาศอย่างเป็นทางการพ.ศ. 2517 ดังนั้นสถานีวิทยุโทรทัศน์กองทัพบกช่อง 7 ในตอนนั้น ก็คือสถานีวิทยุโทรทัศน์สีกองทัพบกช่อง 5 ในปัจจุบัน ส่วนสถานีโทรทัศน์กองทัพบกช่อง 7 ในปัจจุบันนั้น เป็นความร่วมมือที่เอกชนเข้าร่วมดำเนินการก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2510 แพร่ภาพด้วยระบบสีมาตรฐานระบบ 625 เส้น สีระบบ PAL แพร่ภาพเมื่อพ.ศ. 2510 ประมาณ พ.ศ. 2513 สถานีวิทยุโทรทัศน์ไทยทีวีสีช่อง 3 ได้เปิดสถานีอย่างเป็นทางการที่กรุงเทพมหานคร ส่งสัญญาณสีระบบ PAL ด้วยจำนวนเส้น 625 เส้น กำลังส่ง 50 กิโลวัตต์ ส่งลงช่อง 3 พร้อมกันนั้นได้จัดสร้างสถานีวิทยุเอฟเอ็มสเตอริโอโมดูลิเฟล็กซ์ขนาด 10 กิโลวัตต์ เพื่อถ่ายทอดเสียงบางรายการควบคู่ไปกับ สถานีโทรทัศน์ นอกจากนี้แล้วยังมีสถานีโทรทัศน์ของกรมประชาสัมพันธ์ ที่ปัจจุบันมีแม่ข่ายคือ สทท. 11 และยังมีสถานีโทรทัศน์ในสังกัดกรมประชาสัมพันธ์ในส่วนภูมิภาคอีกส่วนหนึ่งด้วย อย่างเช่นภาคเหนือที่จังหวัดลำปาง ภาคใต้ที่จังหวัดสงขลา และภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดขอนแก่น เป็นต้น

3.3 หลักการเบื้องต้นของการแพร่ภาพ [4]

การแพร่ภาพ (Television Broadcasting) หากจะเอาความหมายของคำว่า Broadcast แล้วจะหมายถึงการส่งสัญญาณออกรอบตัว ซึ่งแสดงวิธีการเอาไว้ในภาพที่ 1.1 หลักการเบื้องต้นของการแพร่ภาพโทรทัศน์คือการกระจายทั้งภาพและเสียงออกไปในรูปสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อให้เครื่องรับสามารถรับได้ทั้งภาพและเสียงอย่างต่อเนื่อง แท้แล้วภาพที่ต่อเนื่องได้นั้นมาจากการส่งภาพนิ่งที่มีความแตกต่างกัน

เล็กน้อยหลายๆ ภาพต่อเนื่องกันในช่วงเวลาสั้น ๆ เหมือนหลักการของภาพยนตร์นั่นเอง เราได้หลักการอยู่อย่างหนึ่งว่าภาพหนึ่งเหล่านั้นถูกนำมาลำดับตั้งแต่ 16 ภาพต่อวินาทีขึ้นไปสายตาของคนเราจะเห็นเป็นภาพต่อเนื่องหรือเคลื่อนที่ได้ 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) โดยการบังคับตัวอิเล็กตรอนบีม (Electron Beam) ให้กวาดจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง โดยภาพหนึ่ง เฟรมจะใช้เวลา 1/25 หรือ 1/30 วินาที รวมการสแกนทั้งหมดด้วยเส้นสแกน 625 เส้น หรือ 525 เส้น สัญญาณที่ออกไปทางเสาพุตจะเป็นสัญญาณที่เป็นไฟฟ้าที่ต่อเนื่อง

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

3.4 ความถี่ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ [4]

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 ในขณะที่ช่อง CCIR บรรจุช่อง 5-12 เอาไว้

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	-	-	-

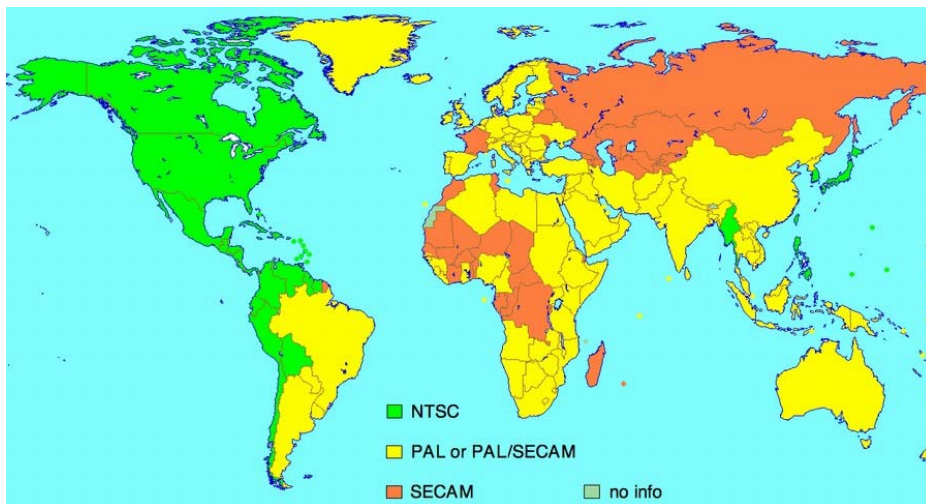
3.5 การแพร่ภาพโทรทัศน์ [4]

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

3.6 ประเภทของโทรทัศน์ [4]

1) โทรทัศน์แอนะล็อก (Analog Television) เป็นโทรทัศน์ที่มีระบบการรับ-ส่งสัญญาณภาพและเสียงในรูปสัญญาณอนาล็อกแบบ 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 การส่งข้อมูลแบบนี้สามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าแบบอนาล็อก เป็นการผสมคลื่นแบบ COFDM โดยในหนึ่งช่องสัญญาณสามารถนำมาส่งได้หลายๆ รายการโทรทัศน์(Program) จึงเรียกได้อีกอย่างว่าการแพร่กระจายคลื่นแบบหลากหลายรายการ (Multicasting) การส่งสัญญาณเป็นแบบดิจิทัลจึงทำให้ได้คุณภาพของภาพและเสียงดีกว่าด้วย เช่น โทรทัศน์ระบบ HDTV



ภาพที่ 3.2 ระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์ของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

3.7 ระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์แอนะล็อก [4]

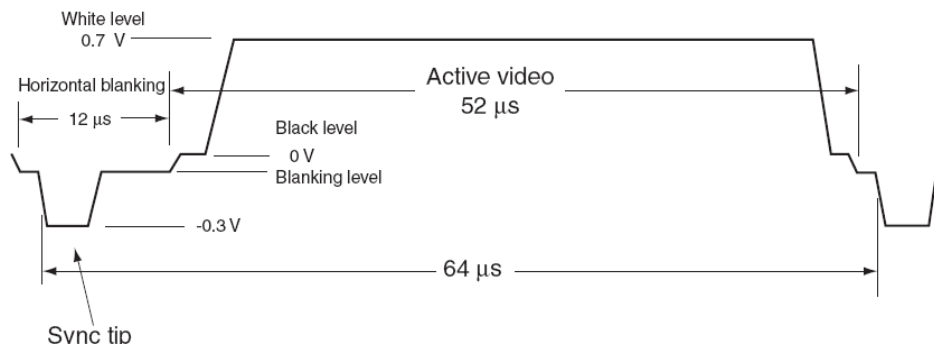
การส่งสัญญาณระบบโทรทัศน์สีได้พัฒนามาจากการส่งสัญญาณระบบโทรทัศน์แบบขาว-ดำ โดยที่ได้มีการกำหนดว่าการส่งสัญญาณระบบสีทุกระบบจะต้องให้เครื่องรับโทรทัศน์ขาว-ดำสามารถรับสัญญาณได้ด้วย เพียงแต่จะเห็นเป็นภาพขาว-ดำเท่านั้น

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 ซึ่งหลักการของระบบนี้จะ

เหมือนกันกับหลักการของระบบเอ็นทีเอสซี (NTSC) โดยปรับปรุงเรื่องความผิดพลาดของสีที่เกิดจากเฟสที่เปลี่ยนไปเปลี่ยนมา โดยมีวิธีการแก้ไขคือเพิ่มเฟสเข้าไป 180 องศา และเป็นระบบการส่งโทรทัศน์ของสถานีโทรทัศน์ในประเทศไทย

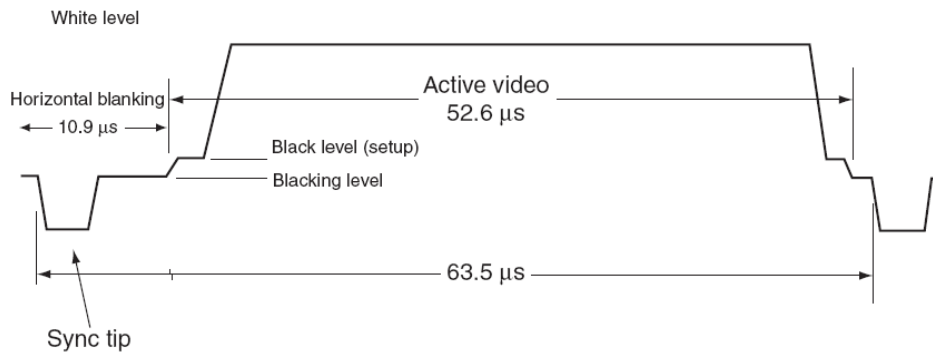
3) ระบบซีแคม (SECAM) ย่อมาจาก Sequential Couleur a Memoire (sequential color with a memory) ได้ถูกคิดค้นโดย Henri de France นักวิจัยชาวฝรั่งเศส ระบบนี้เป็นระบบที่มีการส่ง 625 เส้น 25 ภาพต่อวินาที หลักการของระบบนี้คือ แยกส่งสัญญาณกำหนดความแตกต่างของสีสลับกันทีละเส้น ในเครื่องรับจะจับสัญญาณไว้ชุดหนึ่งเพื่อรวมกับสัญญาณในเส้นถัดไปทำให้ได้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



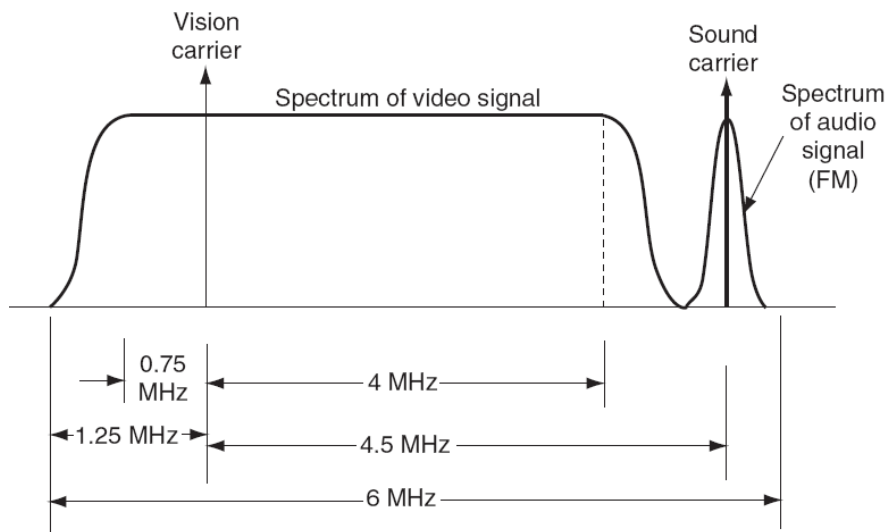
ภาพที่ 3.3 สัญญาณ composite video ของระบบการส่ง 625 เส้น [4]

ตารางที่ 3.2 มาตรฐานโทรทัศน์ระบบต่าง ๆ [5]

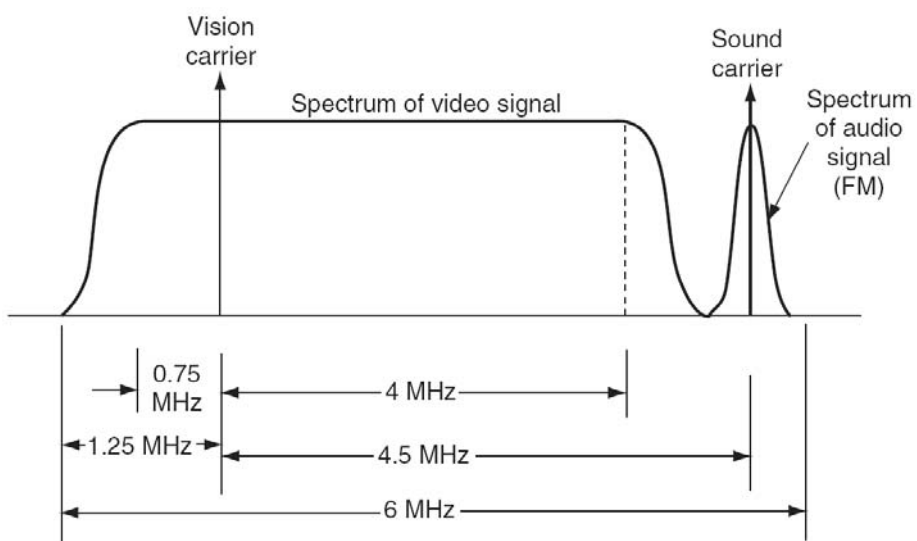
มาตรฐาน	NTSC (M)	PAL (B)	SECAM (H,K)
จำนวนเส้นต่อภาพ	525 เส้น	625 เส้น	625 เส้น
จำนวนภาพต่อวินาที	30 ภาพ	25 ภาพ	25 ภาพ
จำนวนฟิลด์ต่อวินาที	60 ฟิลด์	50 ฟิลด์	50 ฟิลด์
ความถี่ Horizontal	15.750 KHz	15.625 KHz	15.625 KHz
ความถี่ Vertical	60 Hz	50 Hz	50 Hz
แบนด์วิดท์ของลูมิแนนซ์ รายการขาวดำ	4.2 MHz	5 MHz	5 MHz
รายการสี	3.2 MHz	4 MHz	4 MHz
แบนด์วิดท์ RF	6 MHz	7 MHz	7 MHz
ระยะห่างคลื่นพาห์ภาพกับคลื่นพาห์เสียง	4.5 MHz	5.5 MHz	5.5 MHz
เฟสของสัญญาณภาพรวมผสมกับคลื่นพาห์ภาพ	ช่วงลบ	ช่วงลบ	ช่วงลบ
ไซด์แบนด์ RF ด้านต่ำ	0.75 MHz	1.25 MHz	1.25 MHz
การผสมสัญญาณเสียงกับคลื่นพาห์	FM	FM	FM
Sub Carri	3.57955	4.43361875	*
ลักษณะการผสม Sub Carri 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 Carri 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 [4]



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างสเปกตรัมความถี่ระบบ PAL ของประเทศในทวีปยุโรป



ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างสเปกตรัมความถี่ระบบ NTSC ของประเทศอเมริกา

3.8 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ [4]

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)

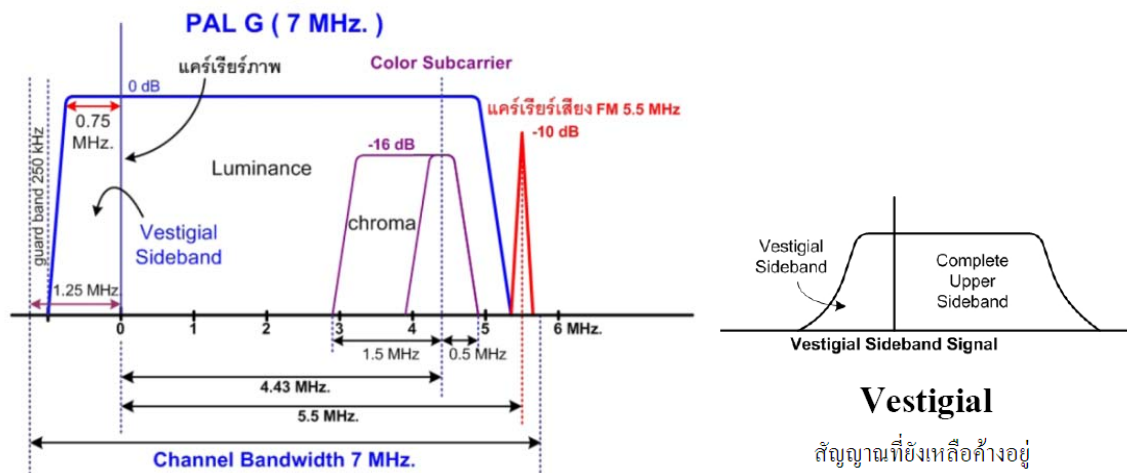
5) ระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์ในประเทศไทย

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 การมอดูเลตสัญญาณภาพโทรทัศน์ด้วยวิธี Vestigial Sideband (VSB)

ตารางที่ 3.4 มาตรฐานการส่งโทรทัศน์ ตามอักษร A-N [4]

System	Lines	Frame	BW	Visual	Sound	VSB	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 ทัวไปความถี่ 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 ทัวไป 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

3.9 โทรทัศน์ระบบดิจิทัล [6]

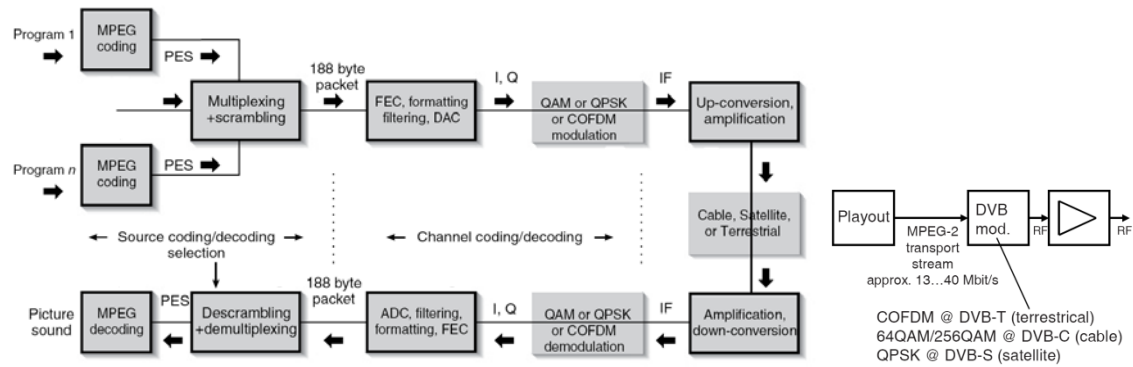
โทรทัศน์ระบบดิจิทัล หรือ โทรทัศน์ดิจิทัล (Digital television) คือการส่งผ่านของเสียงและ
วิดีโอโดยสัญญาณดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพสูงทั้งความคมชัดของภาพและเสียง การส่งข้อมูลแบบนี้สามารถส่ง
ข้อมูลได้มากกว่าแบบแอนะล็อกในหนึ่งช่องสัญญาณ จึงเรียกได้อีกอย่างว่า Multicasting การส่งสัญญาณ
เป็นแบบดิจิทัลจึงทำให้ได้คุณภาพของภาพและเสียงดีกว่าด้วย เช่น โทรทัศน์ระบบ HDTV ตรงกันข้าม
แอนะล็อกก็ใช้กับสัญญาณโทรทัศน์แอนะล็อก หลายประเทศจะเปลี่ยนการรับสัญญาณโทรทัศน์จากระบบ
แอนะล็อกเป็นโทรทัศน์ระบบดิจิทัล เพื่อออกอากาศโทรทัศน์แบบแอนะล็อกได้ จึงใช้วิทยุคลื่นความถี่เดิม
โทรทัศน์แต่เดิมใช้ระบบแอนะล็อกหรือเชิงเส้นทั้งในภาคการส่งสัญญาณและภาครับสัญญาณ แต่ต่อมาเมื่อ
ระบบคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างกว้างขวางขึ้น จึงได้มีการนำระบบคอมพิวเตอร์นำมาพัฒนาใช้ในการ
ช่วยโทรทัศน์ แต่ต่อมาได้มีผู้เล็งเห็นว่าหากนำเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์มาผสมผสานกับเทคโนโลยีของ
โทรทัศน์ คงจะเป็นประโยชน์อย่างมหาศาล คอมพิวเตอร์นั้นใช้ส่งสัญญาณและรับสัญญาณในระบบดิจิทัล
ดังนั้น จึงได้ปรับปรุงโทรทัศน์ให้ใช้ระบบดิจิทัลด้วย เนื่องจากโทรทัศน์ใช้กันทั่วโลก การเปลี่ยนระบบจาก
แอนะล็อกเป็นระบบดิจิทัล จึงต้องเปลี่ยนทั่วโลก ซึ่งคณะกรรมการสหภาพโทรคมนาคมสากล (ITU) กำลัง
ประชุมกันอยู่ โดยกำหนดมาตรฐานดังนี้ เช่น ระบบแพร่ภาพดิจิทัลผ่านดาวเทียม (DVB-S The Digital
Video Broadcasting Satellite System) ระบบแพร่ภาพดิจิทัลผ่านสายเคเบิล (DVB-C the digital
cable delivery system) ระบบแพร่ภาพดิจิทัลภาคพื้นดิน (DVB-T the Digital Terrestrial
Television System) เป็นต้น

3.10 ประเภทของระบบดิจิทัลทั่วโลก [7]

แบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่

3.10.1 DVB (Digital Video Broadcasting)

พัฒนาในทวีปยุโรป ระบบ DVB-T แพร่หลายใน Europe, Australia, New Zealand, Colombia, Uruguay และบางภูมิภาคของทวีป Africa



ภาพที่ 3.8 โครงสร้างการทำงานของระบบ DVB [8]

DVB ย่อมาจากคำว่า "Digital Video Broadcasting" โดยเป็นเทคโนโลยีจากฝั่งยุโรปซึ่งถูกสร้างขึ้นช่วงปี ค.ศ.1991 ด้วยการรวมตัวของหน่วยงาน European Launching Group หรือ ELG ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มองค์กรจากหลายๆภาคอุตสาหกรรม ได้แก่ กลุ่มผลประโยชน์ทางด้านสื่อรายใหญ่ของยุโรป (major European media interest group) ทั้งจากฝั่งภาครัฐและภาคเอกชน ผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ตามครัวเรือน common carrier และหน่วยงานควบคุม ซึ่งจำแนกออกได้ดังนี้

1) DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite System)

การส่งสัญญาณดิจิทัลผ่านดาวเทียม ใช้การคลื่นสัญญาณ QPSK (Quadrature phase-shift keying) ในการผสมสัญญาณ (Modulation) ใช้ความถี่เพียงความถี่เดียวผสมสัญญาณดิจิทัลโดยแบ่งเป็น 4 phase ทำให้สามารถส่งสัญญาณได้ 2 bit ต้องใช้ Bandwidth ขนาดใหญ่ เช่น 36 MHz ส่งข้อมูลได้ 39 Mbit/s

2) DVB-C (Digital Video Broadcasting - Cable System)

เป็นการส่งสัญญาณดิจิทัลในสายส่งสัญญาณ (Cable) การผสมสัญญาณกับคลื่นความถี่วิทยุใช้ระบบ QAM (Quadrature Amplitude Modulation) เป็นการใช้คลื่นความถี่เดียว แต่การผสมสัญญาณใช้เทคนิคระดับการรวมสัญญาณ เช่น 16-QAM, 64-QAM และมีการพัฒนาให้เพิ่มประสิทธิภาพเป็น 128-QAM, 256-QAM ข้อดีในระบบนี้ไม่มีการรบกวนจากสัญญาณภายนอก และผลจากคลื่นสะท้อน (Reflections Effect) สำหรับส่งสัญญาณ Bandwidth 8 MHz ใช้ 64-QAM ในการส่งสัญญาณจะได้ข้อมูล 38.5 Mbit/s

3) DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial System)

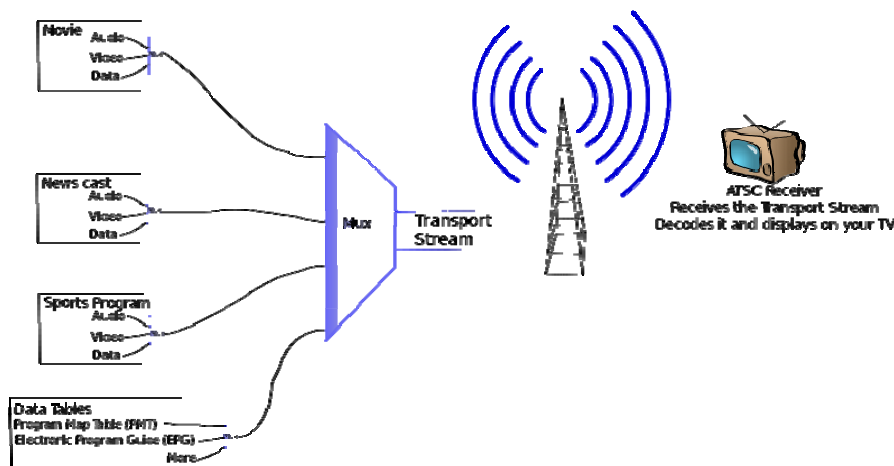
เป็นการส่งสัญญาณดิจิทัลภาคพื้นดินใช้เทคนิคผสมคลื่นวิทยุ COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เป็นการแบ่งคลื่นส่งวิทยุเป็นคลื่นสัญญาณวิทยุย่อยๆ หลายความถี่ คือ ระบบ 2K Mode = 1705 Carriers และระบบ 8K Mode = 6817 Carriers โดยในแต่ละคลื่นความถี่ย่อยสามารถผสมสัญญาณวิทยุในระบบ QPSK เนื่องจากระบบการส่งใช้คลื่นความถี่มากและในการส่งสัญญาณมีการสะท้อนของคลื่นสัญญาณมากจึงต้องออกแบบต่างจากการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียม และในเคเบิล และในการรับสัญญาณอาจมีความผิดพลาดจึงมีการใช้ error correcting (Reed-Solomon) ส่งสัญญาณโทรทัศน์ย่าน VHF และ UHF ความกว้างช่องสัญญาณ Bandwidth 7-8 MHz ในการส่งสัญญาณจะได้ข้อมูล 16.59 Mbit/s

4) DVB-H (Digital Video Broadcasting - HandHeld)

เป็นการส่งสัญญาณดิจิทัลภาคพื้นดินที่ใช้งานผ่านเครื่องพกพา, อุปกรณ์เคลื่อนที่และโทรศัพท์มือถือ ใช้เทคนิคผสมคลื่นวิทยุ COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เป็นการแบ่งคลื่นสัญญาณคือ ระบบ 4K Mode โดยในแต่ละคลื่นความถี่ย่อยสามารถผสมสัญญาณในระบบ QPSK ใช้ย่านการส่งสัญญาณเช่นเดียวกับโทรทัศน์ คือย่าน VHF และ UHF ความกว้างช่องสัญญาณ Bandwidth 7-8 MHz สามารถส่งรายการได้มาก 20-40 Program ต่อ 1 ช่องสัญญาณ เพราะใช้สัญญาณข้อมูลเพียง 1.5 - 2 Mbit/s

3.10.2 ATSC (Advanced TV System Committee)

หรือเรียกอีกอย่างว่า 8VSB พัฒนาโดยอเมริกา โดย FCC แพร่หลายใน North America และ South Korea ATSC ถือกำเนิดในปี ค.ศ. 1982 จากการรวมตัวของ FCC, JICT, EIA, IEEE, NAB, NCTA, SMPTE รวมทั้งหน่วยงานและบริษัทต่างๆ รวม 140 แห่ง เพื่อเป็นองค์กรนานาชาติที่ไม่หวังผลกำไร อาศัย HDTV เป็นตัวผลักดัน หากญี่ปุ่นสามารถพัฒนาระบบนี้ได้ จะมีบทบาทด้านอิเล็กทรอนิกส์และมีอิทธิพลต่อสาขาอื่นๆ รวมทั้งงานด้านการทหาร ระบบ ATSC เป็นการแพร่กระจายคลื่นโดยมุ่งเน้นบริการโทรทัศน์ความคมชัดสูง HDTV เท่านั้น แต่ได้ครอบคลุมถึงการส่งข้อมูลข่าวสารอื่นรวมออกไปด้วย บนช่วงความกว้างของแบนด์วิดท์ 6 MHz โดยระบบจะต้องส่งสัญญาณที่เชื่อถือได้ประมาณ 19 Mbps สำหรับการแพร่ภาพออกอากาศบนพื้นโลก และสำหรับแพร่ภาพในสายเคเบิลอยู่ที่ 39 Mbps โดยระบบ ATSC เลือกบริการแบบ HDTV หลายช่อง (Multicasting) พร้อมบริการข้อมูลเสริมอื่น ๆ รวมทั้งระบบอินเทอร์เน็ตก็ได้ ผู้ให้บริการสามารถเลือกนำมาเสนอได้

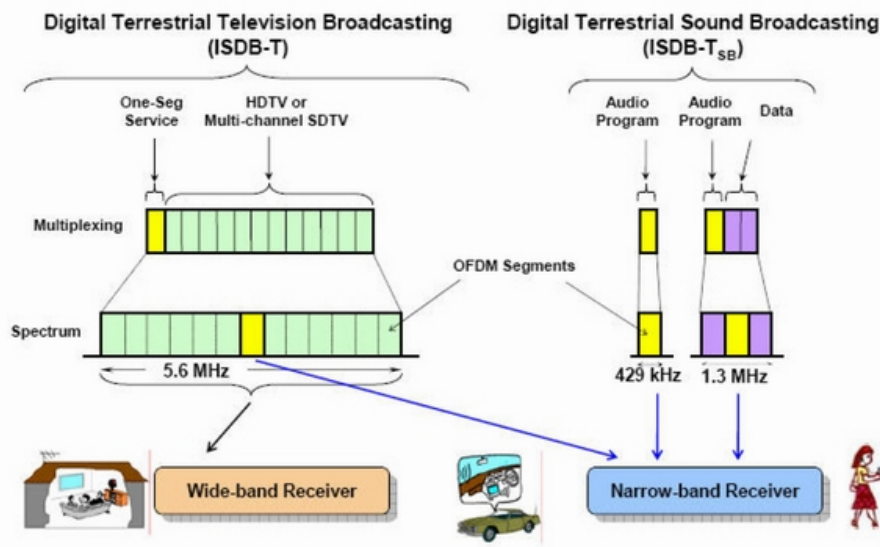


ภาพที่ 3.9 เทคโนโลยีการส่ง-รับสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลระบบ ATSC

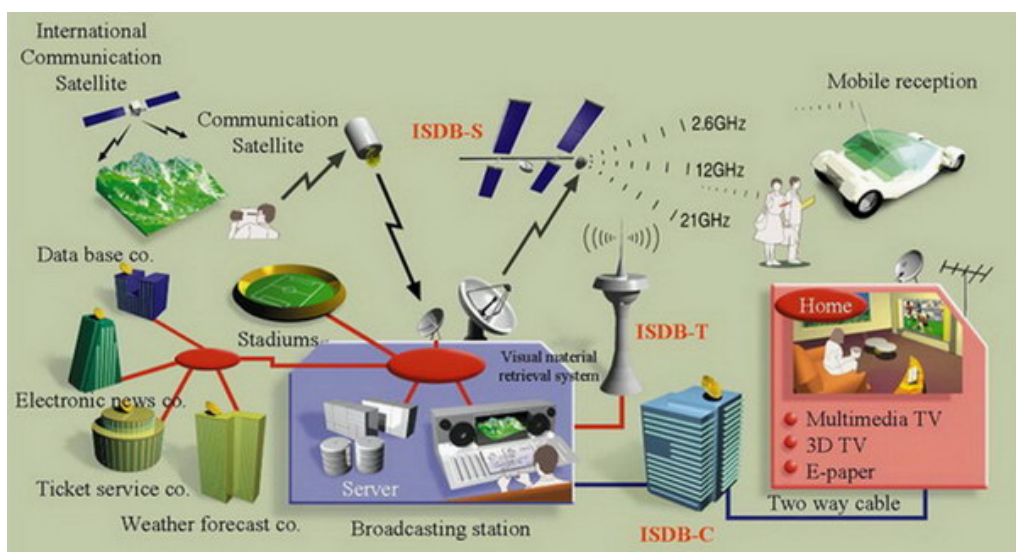
3.10.3 ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting)

ได้ถูกพัฒนาโดยประเทศญี่ปุ่น ตั้งแต่ปี ค.ศ.1993 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ทั้งโทรทัศน์ระบบดิจิทัล (ISDB-T) และระบบวิทยุดิจิทัล (ISDB-Tsb) ระบบ ISDB ได้รับการสนับสนุนและส่งเสริมโดย Digital Broadcasting Expert Group (DiBEG) ระบบ ISDB มี 2 รูปแบบ คือ แบบ Narrow band สำหรับการส่งสัญญาณวิทยุกระจายเสียงและส่งข้อมูลต่าง ๆ และแบบ Wide band สำหรับการส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัล (ISDB-T) มีความยืดหยุ่นต่อการส่งสัญญาณโทรทัศน์หรือสัญญาณเสียงและยังสามารถสนับสนุนการบริการแบบ Multimedia อื่นๆ อีกด้วยซึ่งทำให้การส่งข้อมูล

ดิจิทัลมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น การส่งภาพ เสียง ข้อความ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะถูกนำมา รวมกัน มอดูเลชันแบบ BST-OFDM (Band Segmented Transmission) จากนั้นนำสัญญาณที่ได้มา รวมเข้ากับ Error Correction Code และ Reed Solomon Codes ระบบ ISDB แบ่งแถบคลื่นที่ส่งออกเป็นทั้งหมด 13 ส่วนด้วยกัน โดยในส่วนที่ 1-3 จะใช้สำหรับข้อมูลเสียงและข้อมูลอื่นๆ เช่น Metadata ส่วนที่เหลือ 6 - 13 ใช้สำหรับข้อมูลภาพ โดยแต่ละส่วนจะมีค่า Bandwidth 429 kHz / 500 kHz / 571 kHz ตาม Bandwidth ของช่องสัญญาณ 6 MHz / 7 MHz / 8 MHz ตามลำดับ ระบบ ISDB ยังสามารถ จำแนกเป็นมาตรฐานอื่น ๆ อีก เช่น ISDB-S (ISDB Satellite) ISDB-C (ISDB Cable), ISDB-T (ISDB Terrestrial), ISDB-Tsb (ISDB Terrestrial Segment Band) และ ISDB-Tmm (ISDB Terrestrial Mobile Multimedia)



ภาพที่ 3.10 เทคโนโลยีการส่ง-รับสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลระบบ ISDB



ภาพที่ 3.11 ระบบต่าง ๆ ของเทคโนโลยีโทรทัศน์ดิจิทัล ISDB

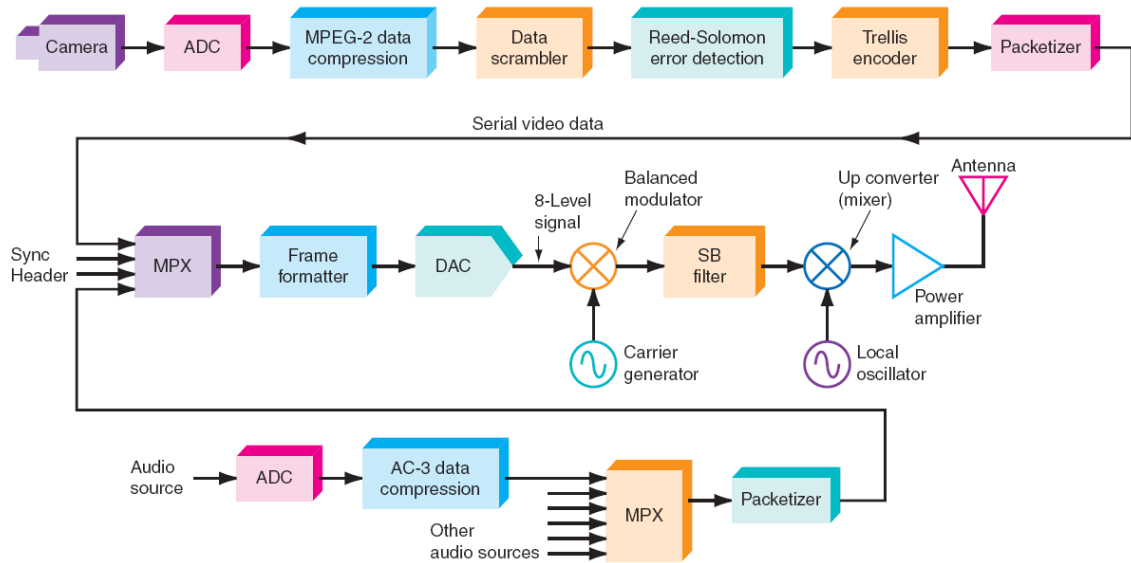
3.10.4 DMB (Digital Media Broadcasting)

เป็นระบบที่ประเทศต่างๆพัฒนาขึ้นมาใช้เอง เช่น ประเทศจีนพัฒนาระบบ DMB-H/T/C เกาหลีใต้พัฒนาระบบ DMB-T ญี่ปุ่นพัฒนาระบบ DMB-S และใช้งานแพร่หลายในจีนและฮ่องกง เน้นการใช้งานด้านดิจิทัลออดิโอและมัลติมีเดีย สำหรับอุปกรณ์พกพาและเคลื่อนที่ได้เป็นหลัก นอกจากนั้นยังสนับสนุนการรับสัญญาณวิทยุและโทรทัศน์ดิจิทัลเคลื่อนที่ด้วย (เป็นคู่แข่งของเทคโนโลยี DVB-H) และยังมีข้อมูลบริการด้านอื่นๆ เช่น Program Guide, Traffic information เป็นต้น โดยข้อมูลเหล่านี้จะส่งอยู่ในรูปแบบที่เรียกว่า TPEG (Transport Protocol Experts Group) TMC (Traffic MessageChannel) DGPS (Differential Global Positioning System) EWS (Emergency Warning System), EPG (Electronic Program Guide) และ IP tunneling

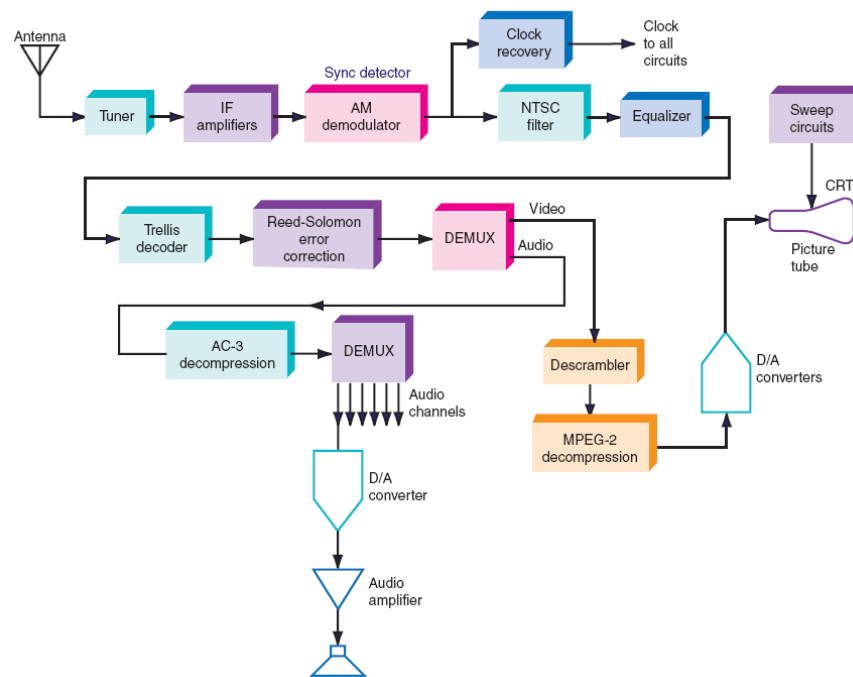
3.11 กลไกการทำงานของโทรทัศน์ระบบดิจิทัล

เป็นระบบการรับส่งสัญญาณภาพและเสียงที่มีข้อมูลที่มีการเข้ารหัสเป็นดิจิทัล ที่มีค่า “0” กับ “1” เท่านั้น โดยมีกระบวนการต่าง ๆ ที่จะทำให้การแปลงสัญญาณภาพและเสียงให้เป็น ดิจิทัล มีการบีบอัดข้อมูล ทำการเข้ารหัสข้อมูล ก่อนที่จะทำการมอดูเลตข้อมูลดิจิทัลเหล่านี้เพื่อส่งผ่านตัวกลางไปสู่ผู้รับปลายทาง ซึ่งต่างกันอย่างสิ้นเชิงกับโทรทัศน์ระบบแอนะล็อก เมื่อสัญญาณดิจิทัลถูกส่งมายังเครื่องรับโทรทัศน์ จะผ่านกระบวนการบีบอัดข้อมูลสัญญาณดิจิทัล โดย MPEG-2 หรือ MPEG-4 ทำการถอดรหัส หลังจากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปยังหลอดภาพ แล้วหลอดภาพจะยิงลำแสงออกไปยังหน้าจอโทรทัศน์ ทำให้เกิด Pixel (จุดภาพ) บนจอภาพ ซึ่งในระบบ HDTV นั้นจะให้ภาพที่มีความละเอียดของ Pixel สูงกว่าโทรทัศน์ทั่วไปมาก จึงทำให้ภาพที่ออกมามีความคมชัด ละเอียด และไม่มีการกระพริบของสัญญาณภาพ ลักษณะการยิงลำแสง แบ่งได้ 2 แบบ คือ Interlaced Scanning และ Progressive Scanning

- 480i/576i (SDTV) เป็นสัญญาณโทรทัศน์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เป็นแบบดิจิทัล
- 480p/576p (EDTV) เป็นโทรทัศน์ที่มีความชัดเจนเพิ่มขึ้น (Enhanced Definition Television) หรือ EDTV ที่ให้ภาพชัดเจนใกล้เคียงกับ HDTV ซึ่งดีกว่าที่รับชมกันในขณะนี้และทุกวันนี้สามารถ เล่นแผ่นดีวีดีทั้งหมดกับ EDTV ได้
- 720p (HDTV) เป็น HDTV format ที่ให้คุณภาพใกล้เคียงกับ 1080i แต่ก็ยอมให้ส่งสัญญาณ 480p ได้ด้วย
- 1080i (HDTV) เป็น HDTV image ที่มีคุณภาพของภาพที่คมชัดซึ่งเป็นแบบที่ผู้ให้บริการโทรทัศน์ใช้อยู่



ภาพที่ 3.12 ระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์ HDTV [9]



ภาพที่ 3.13 ระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ HDTV [9]

3.12 การพัฒนาโทรทัศน์ภาคพื้นดิน (Terrestrial Television)

ในขณะที่โทรทัศน์จากดาวเทียมขยายกิจการมากขึ้น มีการถ่ายทอดข้ามโลกและครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น ทางเคเบิลทีวีก็พัฒนาระบบมากขึ้น มีการให้บริการมากขึ้น ทางโทรทัศน์ที่ส่งด้วยสายอากาศภาคพื้นดิน ก็ต้องขยับตัวเพราะต้องการช่องสัญญาณมากขึ้น การพัฒนาโทรทัศน์ภาคพื้นดินนั้น มีความพยายามที่จะเพิ่มสถานีโทรทัศน์ให้มากขึ้นโดยใช้ช่องสัญญาณความถี่ในย่านยูเอชเอฟ นอกจากนั้นยังมี

ความพยายามทำโทรทัศน์ให้มีความคมชัดมากขึ้น และมีรายละเอียดมากขึ้นที่เรียกว่า HDTV แต่ก็ต้องเลิกล้มไปเพราะเห็นว่าระบบที่พัฒนานั้นเป็นระบบแอนะล็อก ซึ่งจะพัฒนาต่อไปก็คงยากจึงหันมาพัฒนาโทรทัศน์ HDTV ในระบบดิจิทัลแทน

3.13 การส่งโทรทัศน์ในระบบดิจิทัล (Digital)

เดิมที่การส่งโทรทัศน์จะส่งในระบบแอนะล็อก แต่เมื่อมีสถานีส่งโทรทัศน์มากขึ้นก็เกิดปัญหาการรบกวนเกิดขึ้น เพราะความถี่มีจำนวนจำกัด การส่งโทรทัศน์ในระบบแอนะล็อกนั้น ในเมืองเดียวกันจะส่งความถี่ใกล้เคียงกันไม่ได้ ต้องส่งช่องเว้นช่อง เช่นใน กทม. ส่งช่อง 3 5 7 9 11 จะส่งช่อง 2 4 6 8 10 12 ไม่ได้ ถ้าจะส่งช่อง 2 4 6 8 10 12 จะต้องส่งให้ห่างจาก กทม. อย่างน้อย 200 กม. เช่นที่ นครสวรรค์ ระยอง หรือ ประจวบคีรีขันธ์ นอกจากนี้ยังมีปัญหาอื่น ๆ อีก อาทิ

- สัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าและแม่เหล็กอื่น ๆ ทำให้ภาพไม่คมชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่องต่ำ
- สัญญาณที่ส่งมาจากสถานีวิทยุหรือโทรทัศน์อื่น ๆ มารบกวนทำให้รับไม่คมชัด
- สัญญาณที่สะท้อนจากตึก สิ่งปลูกสร้าง หรือภูเขาทำให้เกิดเงาที่จอเครื่องรับโทรทัศน์ ทำให้ได้รับไม่ ชัดเจนและน่ารำคาญ
- เนื่องจากไม่สามารถบีบอัดสัญญาณได้ จึงต้องใช้ความถี่มากทำให้มีสถานีได้น้อย
- การที่จะส่งสัญญาณอื่น ๆ ร่วมไปด้วยทำได้โดยยาก

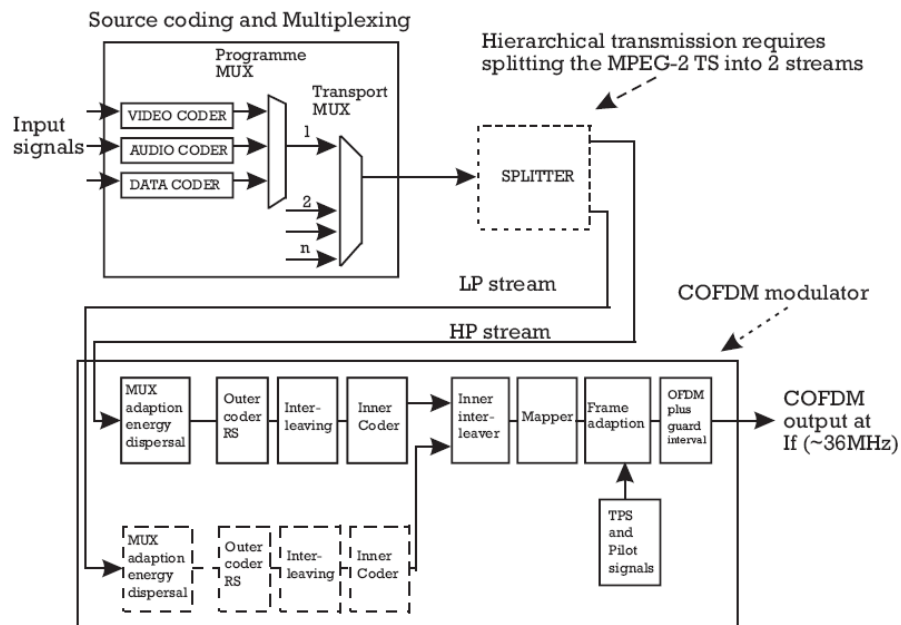
ยังมีเหตุผลอื่น ๆ อีก แต่เหตุผลที่สำคัญคือ การมีช่องสัญญาณน้อยไม่พอใช้ จึงต้องนำระบบดิจิทัล มาแก้ปัญหาเพื่อให้มีช่องสัญญาณออกอากาศรายการได้มากขึ้น

3.14 DVB-T [8]

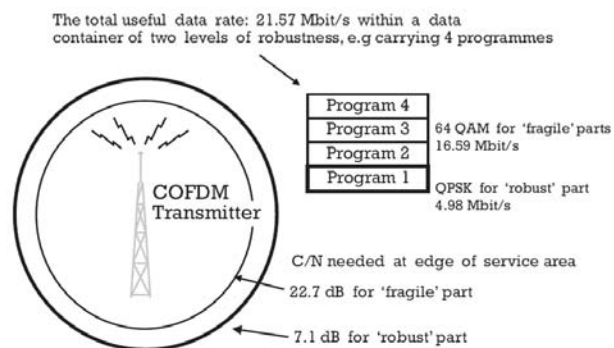
DVB-T เป็นคำย่อของ Digital Video Broadcasting - Terrestrial เป็นมาตรฐานที่สมาคม DVB ยุโรป ใช้สำหรับการส่งสัญญาณออกอากาศของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน ที่ออกอากาศครั้งแรกในสหราชอาณาจักรในปี 1998 ระบบนี้ส่งบีบอัดระบบเสียงดิจิทัลวิดีโอและข้อมูลอื่น ๆ ในรูปแบบ MPEG โดยใช้การเข้ารหัสการมอดูเลตแบบ Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (COFDM หรือ OFDM) เพื่อทดแทนระบบ PAL & SECAM 625 เส้น 50 Hz โดยองค์การ Digital Video Broadcasting Project (DVB) ซึ่งเป็นความร่วมมือกันระหว่าง สถานีวิทยุโทรทัศน์ 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 และในบริเวณที่มีคลื่นวิทยุรบกวน โดยเครื่องรับสามารถรับสัญญาณได้ดีไม่ว่าเครื่องรับสัญญาณ จะอยู่กับที่หรือกำลังเคลื่อนที่อยู่ก็ตาม หากรับสัญญาณ ในเขตบริการที่ไม่มีคลื่นรบกวน จะสามารถรับสัญญาณได้ดีแม้ขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ที่สูงถึง 170 กิโลเมตรต่อชั่วโมงก็ตาม ระบบถูกออกแบบให้มีความทนทานต่อสภาพการรับสัญญาณซ้ำซ้อนจากคลื่นวิทยุที่สะท้อนจากภูเขาอาคาร หรือสิ่งก่อสร้าง และสามารถรับ สัญญาณเดียวกันที่ส่งออกมาจากสถานีส่งหลาย ๆ สถานีพร้อมกันได้ ซึ่งโครงข่ายแบบนี้เรียกว่า โครงข่ายความถี่เดียว (SFN หรือ Single Frequency Network) นอกจากนี้ระบบ

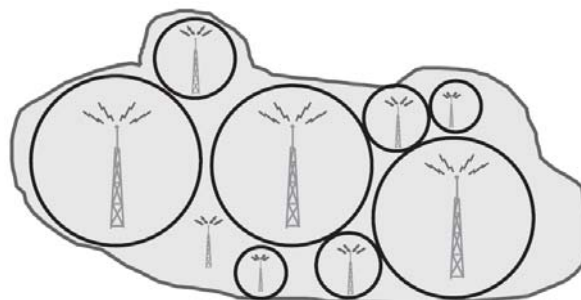
โทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T ยังสามารถใช้แถบคลื่นความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกในการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่



ภาพที่ 3.14 บล็อกไดอะแกรมฟังก์ชันการมอดูเลตแบบ COFDM [10]

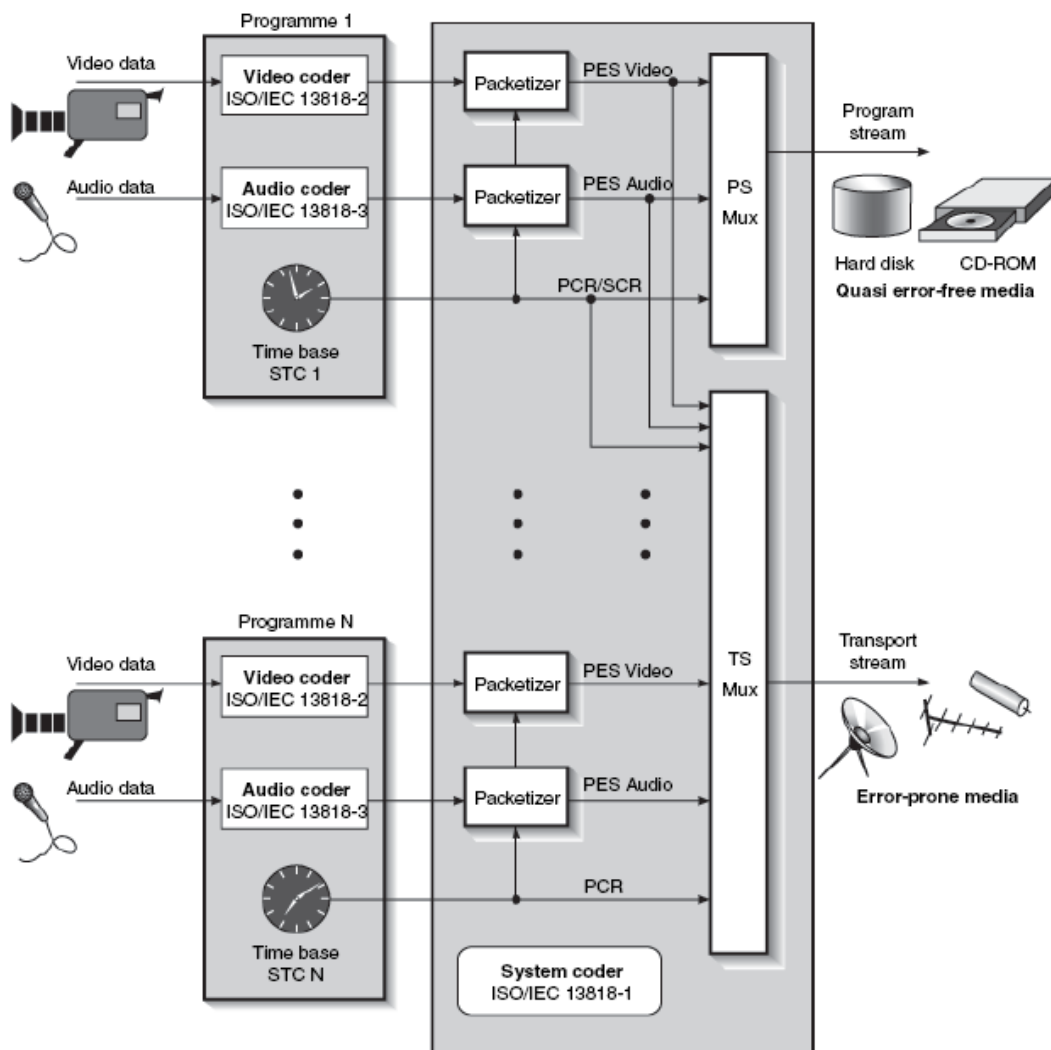


ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างการส่งผ่านตามลำดับขั้นของการมอดูเลตแบบ COFDM [10]



ภาพที่ 3.16 โครงข่ายแบบ Single Frequency Network [10]

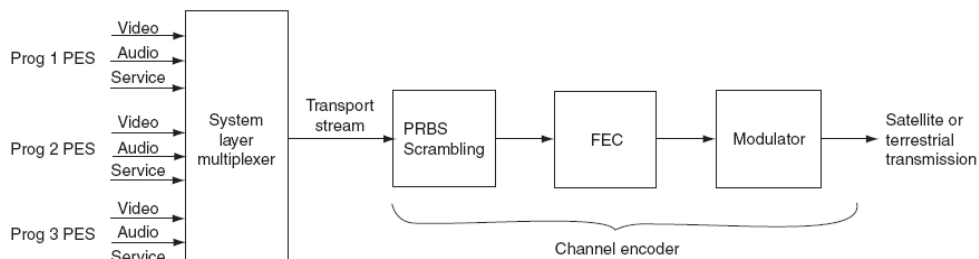
ระบบ DVB-T ประกอบด้วยส่วนสำคัญต่างๆ ดังนี้ คือ ตัว MPEG encoder ทำหน้าที่ในการบีบอัดสัญญาณภาพและเสียงเพื่อให้มี Bit rate ที่ลดลงหลาย ๆ เท่า (เช่น ที่ความละเอียด 720x480/576 pixels และความเร็วภาพ 30 fps (SDTV) ตัวบีบอัดสัญญาณ MPEG2 สามารถลดบิตเรตที่ต้องใช้จาก 120-150 Mbps ให้เหลือแค่ประมาณ 49 Mbps เท่านั้น) หลังจากนั้น ตัว Packetize ทำหน้าที่ในการแบ่งข้อมูลที่เป็น Streaming data ที่ออกมาจากตัวบีบอัดสัญญาณให้เป็น Packet ที่เรียกว่า PES (Packetized Elementary Stream) ก่อน แล้วทำการจัดแบ่งความยาวของข้อมูลให้เหมาะสมตามลักษณะการใช้งานอีกครั้งหนึ่ง กรณีที่ส่งข้อมูลไปยัง Media Storage ต่าง ๆ เช่น ฮาร์ดดิสก์ หรือแผ่นดีวีดี ที่มีสัญญาณรบกวนน้อย ข้อมูลในแต่ละ Packet ก็สามารถส่งคราวละมาก ๆ ได้ (เช่น 2Kbytes) เรียกว่า MPEG-2 Program Stream



ภาพที่ 3.17 ไดอะแกรมของ MPEG-2 transport stream และ MPEG-2 program [8]

ส่วนกรณีที่ส่งข้อมูลผ่านตัวกลางที่มีสัญญาณรบกวนมากๆ เช่น การส่งออกอากาศก็จะต้องแบ่งข้อมูลให้สั้นลงเพื่อความปลอดภัยของการส่ง เราเรียกว่า MPEG-2 Transport Stream ซึ่งในแต่ละ Packet จะถูกกำหนดมีความยาวคงที่แค่ 188 ไบต์เท่านั้น Multiplexer ทำหน้าที่ในการมัลติเพล็กซ์ข้อมูล Packet ต่าง ๆ ที่เป็นทั้งภาพ เสียง หรือข้อมูลอื่น ๆ เข้าด้วยกันเป็น Streaming เดียว ก่อนที่จะเข้าไปทำ

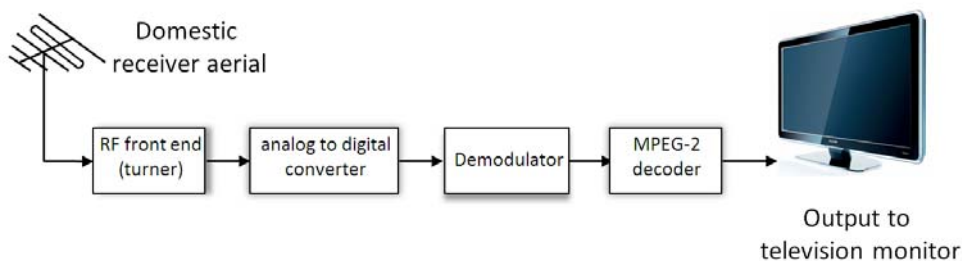
Channel Coding สำหรับการเข้ารหัสเพื่อให้แต่ละ Packet โดยจะมีการเพิ่มไบนารีพิเศษเข้าไป 16 ไบนารี (รวมเป็น 204 ไบนารีในแต่ละ Packet กรณีที่เป็น Transport Stream) เพื่อให้ด้านรับสามารถตรวจสอบข้อมูลว่ามีความถูกต้องหรือไม่ ทั้งยังสามารถ Recover ไบนารีที่ผิดต่าง ๆ ได้สูงสุดถึง 8 ไบนารี ในขั้นตอนสุดท้าย ตัว Modulation จะทำหน้าที่ในการมอดูเลตข้อมูลดิจิทัลในแบบต่างๆ เพื่อส่งผ่านตัวกลางไปยังผู้รับ ซึ่งอาจจะเป็น QPSK, QAM หรือ COFDM กรณีที่เป็นการส่งผ่านดาวเทียม (DVB-S) หรือสายเคเบิล (DVB-C) หรือออกอากาศภาคพื้นดิน (DVB-T) ตามลำดับ ซึ่งจะได้ช่องการส่งข้อมูลดิจิทัลที่มีความเร็ว Bit rate ที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ช่องสัญญาณทีวีภาคพื้นดินที่มีความกว้างแบนด์วิดท์ 6-7 MHz สามารถส่งข้อมูลได้เร็วถึง 19.3 Mbps ทำให้เราใส่ช่องรายการทีวีปกติปัจจุบันได้ถึง 4-5 ช่องเลยทีเดียว (เรียกลักษณะการแพร่ภาพแบบนี้ว่า Multicast) หรืออาจใส่ช่องรายการที่มีคุณภาพภาพและเสียงในระดับ HDTV เข้าไปได้เลย



ภาพที่ 3.18 Channel encoding

3.15 เครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัล

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงระบบการรับสัญญาณของโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (DVB-T) ซึ่งเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลที่นำมาใช้งานในปัจจุบันก็คือ Set top Box (STB) ซึ่งภายในประกอบเครื่องหรือตัวถอดรหัสวงจรรวม (Integrated Receiver Decoders: IDR) อีกทั้งจะมีจุดเชื่อมต่อหรือ interface ทั้ง 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นจุดเชื่อมต่อ ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณเข้ามา (Input) โดยใช้สายอากาศโทรทัศน์ และส่วนที่สองเป็นส่วนที่ส่งสัญญาณหรือเชื่อมต่อออก (Output) ไปยังโทรทัศน์หรือจอมอนิเตอร์



ภาพที่ 3.19 ไดอะแกรมฟังก์ชันเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (DVB-T) [10]

แผนภาพการทำงานของมาตรฐานเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลแสดงดังภาพที่ 3.19 ซึ่งถูกมาใช้สำหรับระบบแพร่ภาพโทรทัศน์ภาคพื้นดิน เครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลประกอบไปด้วย Tuner ซึ่งมีการเชื่อม

ต่อไปยังอุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (analog to digital converter) ต่อไปยังอุปกรณ์ถอดรหัส (COFDM demodulator) และเชื่อมต่อไปยังส่วนสุดท้ายคืออุปกรณ์ถอดรหัส MPEG-2 ระบบเครื่องรับสัญญาณประเภทนี้มีลักษณะคล้ายกับเครื่องรับที่ใช้สำหรับการส่งผ่านโดยทั่วไป ยกเว้นในส่วนของวงจรส่วนหน้า หรือ RF front ends และอุปกรณ์ถอดรหัสซึ่งจะมีการใช้งานตามลักษณะการเข้ารหัสของสื่อแต่ละประเภท เช่น 64-QAM, QPSK, VSB และ COFDM

STB เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้โทรทัศน์ สามารถตั้งค่าให้ Interface กับอินเทอร์เน็ต และทำให้โทรทัศน์สามารถตั้งค่าการรับและถอดรหัสการแพร่ภาพโทรทัศน์แบบดิจิทัลจำเป็นมากสำหรับผู้ชมโทรทัศน์ที่ต้องการให้โทรทัศน์แอนะล็อกให้รับภาพดิจิทัล มีการประมาณว่าในสหรัฐอเมริกาจำนวนผู้อยู่อาศัยที่ใช้ STB ประมาณ 35 หลังคาเรือน ในปลายปี ค.ศ. 2006 ซึ่งจะมีการเปลี่ยนไปใช้ระบบโทรทัศน์ดิจิทัล ในอินเทอร์เน็ต STB ยังทำหน้าที่เป็นเสมือนเครื่องคอมพิวเตอร์อีกประเภทหนึ่งที่สามารถติดต่ออินเทอร์เน็ต ซึ่งประกอบด้วย web browser (ที่จริงคือ client ของ Hypertext Transfer Protocol) และโปรแกรมหลักของอินเทอร์เน็ต TCP/IP การบริการของ STB คือ การต่อเชื่อมผ่านสายโทรศัพท์ เช่น web TV หรือ เคเบิลทีวี เหมือน TC1 ใน DTV โดยทั่วไป STB มีไมโครโพรเซสเซอร์ 1 ตัวหรือมากกว่าสำหรับการทำงานของระบบปฏิบัติการ เช่น Linux และหรือ สำหรับการกระจายการส่งผ่านตามมาตรฐาน MPEG-2 และ STB มีหน่วยความจำชั่วคราว ชิปสำหรับถอดรหัส MPEG-2 และชิปอื่น ๆ สำหรับการถอดรหัสเสียง และการประมวลผลเนื้อหาของ STB ขึ้นกับมาตรฐานโทรทัศน์ดิจิทัลที่ใช้ STB ตามมาตรฐานโทรทัศน์ดิจิทัลของประเทศยุโรป ประกอบด้วยส่วนสำหรับการถอดรหัส การส่งผ่าน COFDM ขณะที่ STB ของระบบโทรทัศน์ ATSC ประกอบด้วยส่วนถอดรหัสการส่งผ่าน VSB ส่วน STB ที่ทันสมัยประกอบด้วยฮาร์ดไดรฟ์ สำหรับการเก็บการแพร่ภาพโทรทัศน์ การดาวน์โหลดซอฟต์แวร์ และ Application ที่ถูกกำหนดจากผู้ให้บริการโทรทัศน์ดิจิทัล

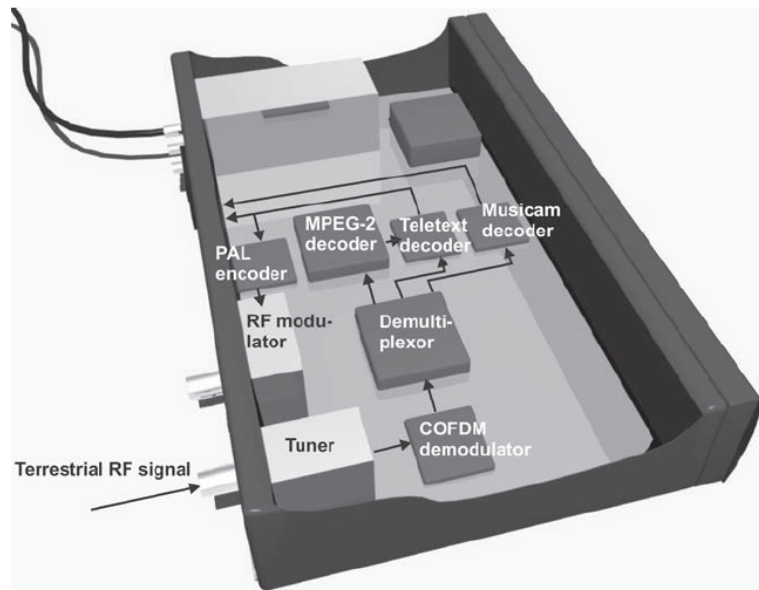


ภาพที่ 3.20 ตัวอย่างเครื่องรับสัญญาณ Set Top Box ระบบ DVB-T [11]-[12]

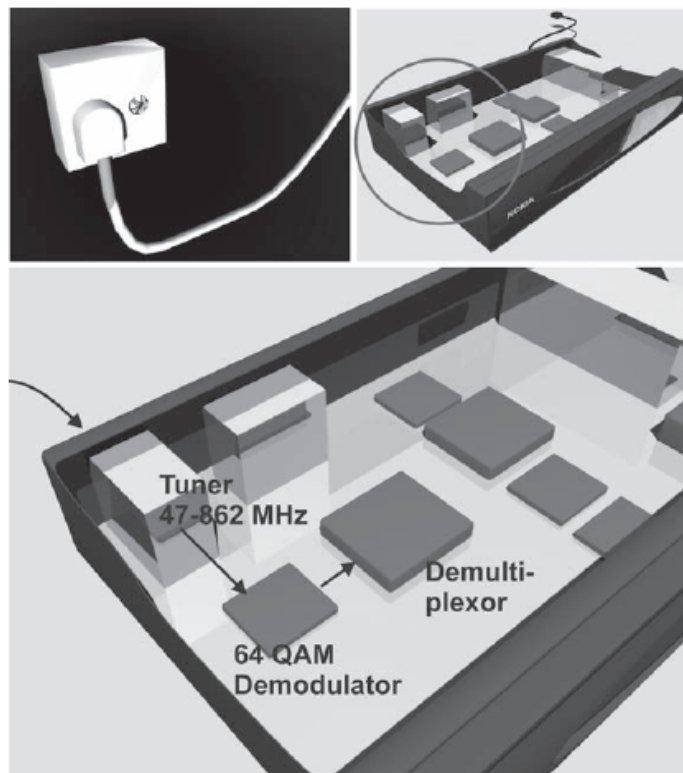
STB ของโทรทัศน์ดิจิทัลจะใช้กับดาวเทียม เคเบิล และการบริการ DTV-T มีสิ่งที่สำคัญสำหรับการบริการการใช้งานจากการประกันผู้ชมรายการฟรี STB มีราคาตั้งแต่ 100 เหรียญสหรัฐ สำหรับรุ่นพื้นฐานจนถึงมากกว่า 1,000 เหรียญสหรัฐ สำหรับรุ่นที่ทันสมัย มักจะให้เข้าในฐานะส่วนหนึ่งของสัญญาณบริการ ตัวอย่างเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัลระบบ DVB-T ที่มีขายในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายแบบหลายยี่ห้อ ดังแสดงตามภาพที่ 3.20

เครื่องรับสัญญาณ หรือ STB ภายในประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ มากมายตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยที่แต่ละระบบก็จะมีส่วนประกอบหรือโครงสร้างภายในที่คล้ายกันหรือแตกต่าง

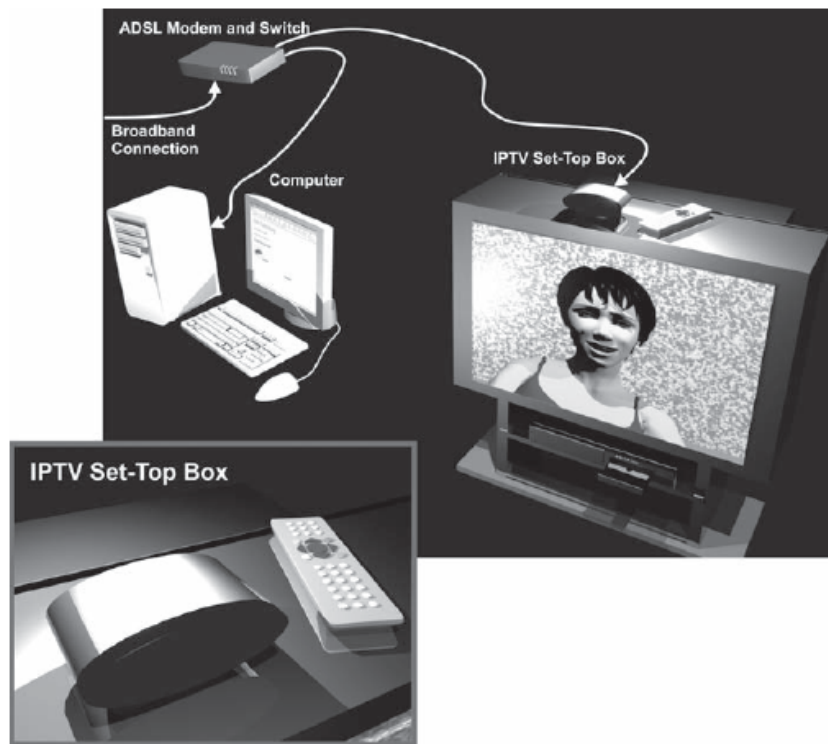
กันไม่มาก ยกตัวอย่างดังภาพที่ 3.21 3.22 และ 3.23 และบล็อกไดอะแกรมภายในดังภาพที่ 3.24 และ 3.25 เป็นต้น



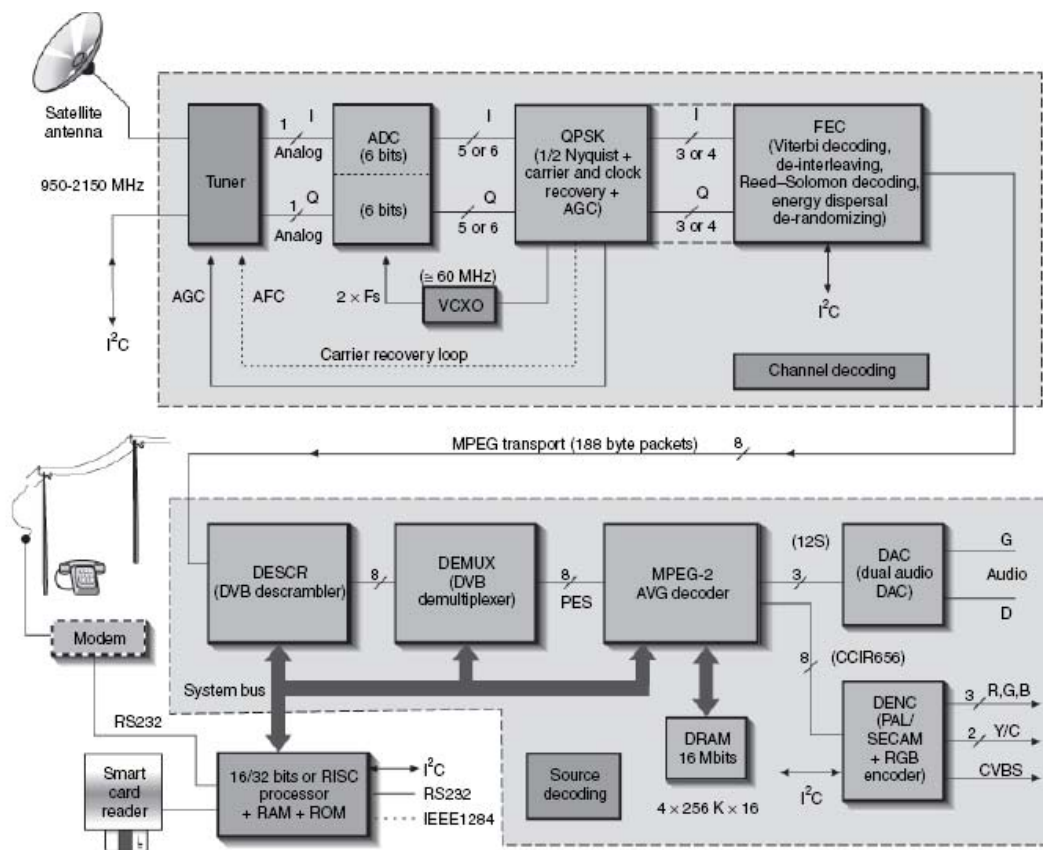
ภาพที่ 3.21 โครงสร้างภายในเครื่องรับสัญญาณระบบ DVB-T ประเทศยุโรป ย่านความถี่ UHF (470-860 MHz) ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ถอดรหัส COFDM [13]



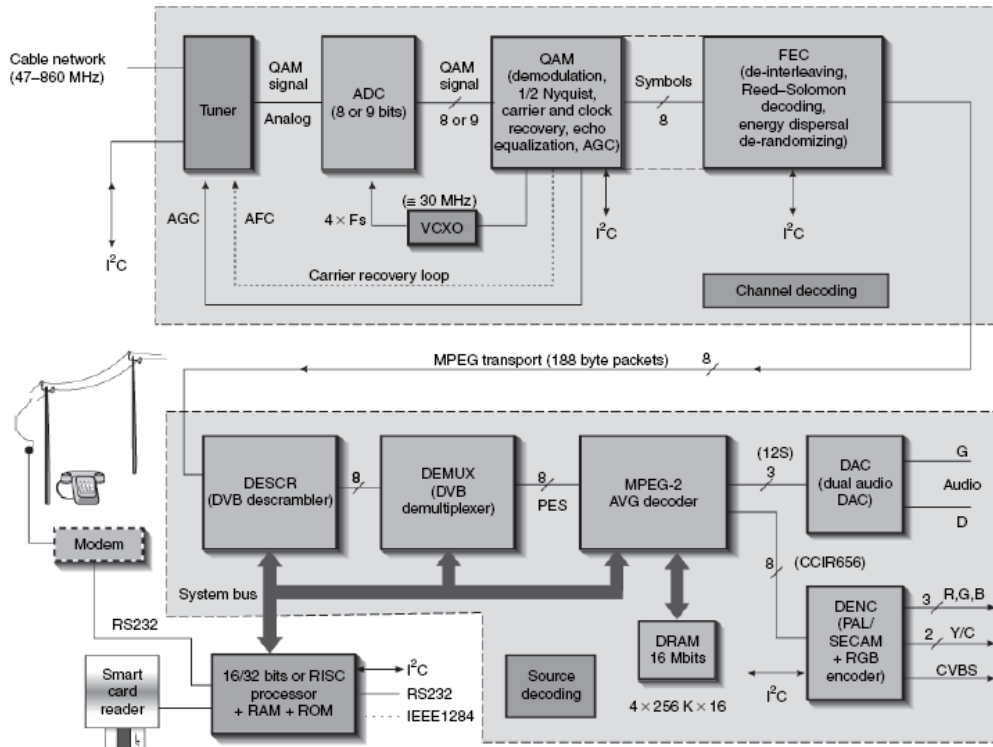
ภาพที่ 3.22 เครื่องรับสัญญาณระบบ DVB-C มีการใช้อุปกรณ์ถอดรหัสแบบ QAM [13]



ภาพที่ 3.23 เครื่องรับสัญญาณที่นำมาใช้กับระบบ Broadband IPTV ก่อนผ่าน ADSL Modem [13]



ภาพที่ 3.24 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณระบบ DVB-S (1995/96 generation) [13]



ภาพที่ 3.25 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับสัญญาณระบบ DVB-C (1995/96 generation) [13]

3.16 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการเปลี่ยนมาใช้คลื่นสัญญาณแบบดิจิทัล [4]

การแพร่กระจายคลื่นแบบแอนะล็อกมีขีดจำกัดในการส่งสัญญาณ ซึ่งใช้ความกว้างช่องสัญญาณมาก คลื่นสัญญาณถูกรบกวนได้ง่าย สัญญาณภาพมีคุณภาพต่ำ ไม่สามารถประยุกต์ไปใช้งานร่วมกับสื่อผสมอื่นๆ ได้ จึงต้องคิดค้นการส่งสัญญาณแบบดิจิทัลขึ้นมาใหม่ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถและกระโดดข้ามข้อจำกัดเหล่านี้ ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น และได้พัฒนาใช้งานเป็นระบบการแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T กันอย่างมากมายทั่วโลก ดังแสดงตามภาพที่ 3.26

ประโยชน์จากการเปลี่ยนมาใช้ในการแพร่กระจายคลื่นแบบดิจิทัลนี้ เกิดจากข้อจำกัดที่สำคัญ 4 ประการ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เองที่นำไปสู่เป้าหมายการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาไปสู่ระบบการแพร่กระจายคลื่นระบบดิจิทัล และทำให้ผู้รับบริการได้รับผลประโยชน์นี้ได้โดยตรง คือ

1) Bandwidth Efficiency (ใช้ความกว้างช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ)

สามารถจัดสรรช่องสัญญาณความถี่ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากเดิมเป็นระบบอนาล็อก ใช้ช่องสัญญาณหนึ่งช่องต่อหนึ่งรายการและวางช่องสัญญาณคลื่นความถี่ติดกัน หรือสถานีส่งๆ ใกล้เคียงกัน ไม่สามารถใช้ช่องสัญญาณความถี่ที่อยู่ติดกันได้ แต่ในระบบดิจิทัลสามารถใช้ช่องสัญญาณความถี่ติดกัน ทำให้ใช้ช่องสัญญาณได้เต็มที่ครบทุก ๆ ช่อง และสามารถออกอากาศในพื้นที่ใกล้เคียงกันได้โดยไม่รบกวนกัน และในหนึ่งช่องสัญญาณสามารถออกอากาศได้หลาย ๆ รายการไปพร้อม ๆ กัน (Multi Channel) ทำให้ส่งรายการได้มากขึ้นกว่าเดิม เช่น จากระบบแอนะล็อกใช้ช่องสัญญาณ CH21 ถึง CH69 (48 ช่อง) ใช้ออกอากาศหนึ่งช่องต่อหนึ่งรายการโทรทัศน์ซึ่งเท่ากับ 48 รายการเท่านั้น หากเปลี่ยนเป็นระบบดิจิทัล ช่องหนึ่งสามารถส่งได้ 4 รายการ ทำให้สามารถออกอากาศรายการโทรทัศน์ได้ 4x48 จะเท่ากับ 192 รายการ (เป็นการยกตัวอย่างเปรียบเทียบให้เห็นเท่านั้น)

2) Quality Reliability (สัญญาณมีคุณภาพที่ดีและไม่มีการรบกวน)

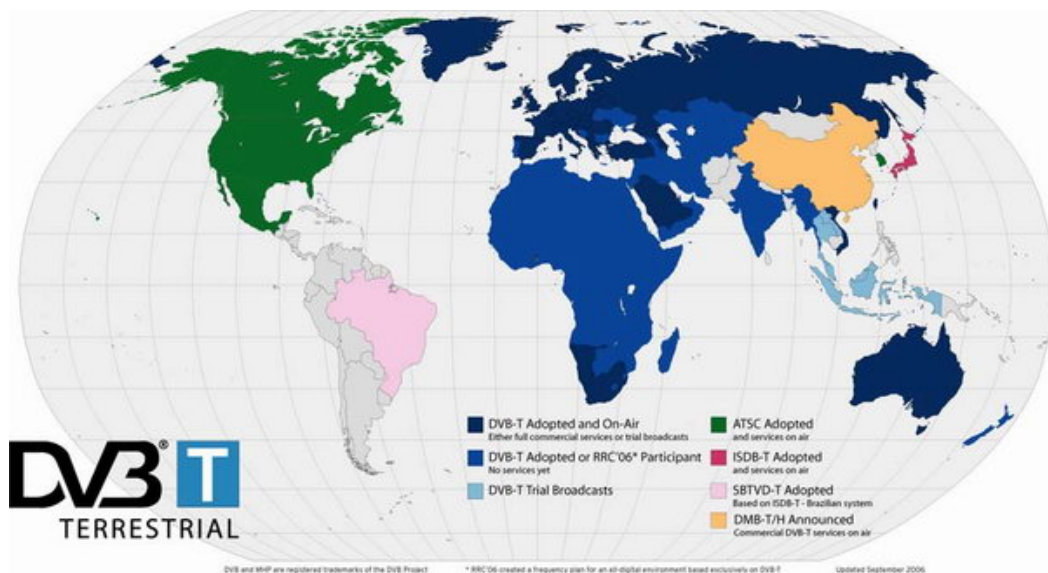
ระบบแอนะล็อกมีการผสมคลื่นแบบต่อเนื่อง สภาวะแวดล้อมมีผลกระทบทำให้เกิดการรบกวนและลดทอนสัญญาณลง สัญญาณภาพจะถูกรบกวนและถูกซึมซาบไปมาก ทำให้มีสัญญาณแปลกปลอมสอดแทรกเข้ามารบกวนได้ง่าย การรับชมภาพจึงไม่ชัดเจน สัญญาณภาพขาดหายและเกิดสโนว์เข้ามารบกวนได้ แต่ระบบดิจิทัลมีการผสมคลื่นแบบเข้ารหัสสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง มีการเข้ารหัส ถอดรหัส และมีระบบควบคุมเพื่อชดเชยสัญญาณได้ด้วย จึงทำให้สัญญาณไม่ถูกรบกวนได้ สัญญาณภาพมีความต่อเนื่อง ภาพที่รับได้มีความคมชัดมาก

3) Compatibility (รูปแบบสัญญาณเป็นมาตรฐานเดียวกัน)

ระบบแอนะล็อกแบบเดิมมีสัญญาณภาพหลายมาตรฐาน คือ PAL, NTSC, SECAM ทำให้การควบคุมคุณภาพ การตัดต่อภาพและตกแต่งภาพระหว่างมาตรฐานที่แตกต่างกันทำได้ยาก และยังทำให้คุณภาพด้อยลงเมื่อผ่านกระบวนการตัดต่อหลาย ๆ ครั้ง แต่ระบบดิจิทัลใช้มาตรฐานการเข้ารหัสภาพแบบเดียว คือ MPEG-2 ซึ่งให้คุณสมบัติของภาพที่หลากหลาย มีกระบวนการสร้างภาพที่ซับซ้อนกว่า แต่ให้คุณภาพที่ดีมากกว่า สามารถนำไปใช้งานในสื่อผสมอื่น ๆ ที่หลากหลาย เป็นที่นิยมแพร่หลายที่สุดในขณะนี้ ทำให้การนำไปใช้งานได้ครอบคลุมทุกวงการการสื่อสารเป็นมาตรฐานเดียวกัน

4) Scalability (ขนาดของการมองภาพที่ให้มุมมองภาพที่ดีขึ้น)

ระบบแอนะล็อกมีขนาดของการมองภาพที่แคบ (758x578 - PAL อัตราส่วนภาพ 4:3) และภาพมีความละเอียดต่ำ การแสดงผลที่จอภาพไม่มีความชัดเจน ยิ่งจอภาพมีขนาดมากขึ้นยิ่งให้รายละเอียดต่ำกว่า ซึ่งเป็นแบบ SDTV ทั่วไป ยิ่งนำไปแสดงผลบนจอโทรทัศน์ที่มีหน้าจอนาจอใหญ่มาก ๆ ทำให้ภาพขาดความชัดเจน แต่ระบบดิจิทัลสามารถเลือกการเข้ารหัสสัญญาณภาพได้หลายขนาด (1080x720, 1920x1080 ที่อัตราส่วนภาพ 16:9) ให้ความละเอียดสูง ทำให้การแสดงผลที่จอภาพมีความคมชัดสูงแบบ HDTV มีมุมมองภาพที่กว้างมากขึ้น (Width Screen) ภาพที่ได้ดูสมจริงและมองเห็นภาพได้กว้างขวางมากขึ้น



ภาพที่ 3.26 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลของภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก