

## บทที่ 6

### การออกแบบระบบเคเบิลทีวี MATV และ CATV

ระบบเคเบิลทีวีที่ได้ศึกษาในบทที่ 5 เป็นการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ระบบ MATV และ CATV ซึ่งในบทนี้ จะเป็นการอธิบายเรื่องหลักการออกแบบระบบ MATV ที่จะต้องอาศัยหลักการคำนวณตั้งแต่อุปกรณ์เฮดเอนด์ไปจนถึงเอาต์เลต โดยจะมีการคำนวณจากระดับความแรงของสายอากาศโทรทัศน์ ณ จุดรับสัญญาณที่ห่างจากสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ของแต่ละสถานี การออกแบบระบบ MATV และ CATV การเขียนไดอะแกรมระบบ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบระบบดังกล่าว เนื่องจากระบบ MATV และ CATV เป็นส่วนงานหนึ่งของช่างติดตั้งที่จะต้องออกแบบและดูแลระบบ เมื่อทำความเข้าใจส่วนต่าง ๆ เหล่านี้แล้ว งานติดตั้งระบบ MATV และ CATV ก็จะทำให้ง่ายขึ้น ในบทนี้จะอธิบายถึงหัวข้อต่าง ๆ คือ หลักการออกแบบระบบ MATV การสำรวจข้อมูลขั้นพื้นฐาน การกำหนดอุปกรณ์หลักในเฮดเอนด์ (Head End) วิธีคำนวณระดับสัญญาณในระบบ MATV ตัวอย่างการออกแบบระบบ MATV การออกแบบระบบ CATV อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ CATV หลักการออกแบบและคำนวณระดับสัญญาณในระบบ CATV ระบบ CATV แบบ 2 ทาง และระบบอื่น ๆ ในการแพร่ภาพ

#### หลักการออกแบบระบบ MATV

ในการออกแบบระบบ MATV นั้นมีความสำคัญ โดยเฉพาะหลักการพื้นฐานที่จะทำให้ผลของสัญญาณที่มีคุณภาพเหมาะสมกับราคา ดังนั้นความสำคัญนี้อาจกล่าวได้ว่า มี 2 ประการด้วยกัน (บัณฑิต โรจน์อารยพันธ์. 2540 : 67-68) คือ

1. สัญญาณที่เอาต์เลตทีวีจะต้องมีคุณภาพดี
2. ราคาของระบบจะต้องถูก

หลักการประการแรกที่ว่า สัญญาณที่เอาต์เลตทีวีจะต้องมีคุณภาพดีนั้น หมายถึง สัญญาณที่ได้เมื่อแสดงออกที่จอโทรทัศน์แล้ว จะต้องชัดเจนไม่มีสัญญาณรบกวนในลักษณะใด ๆ ที่จะทำให้ผู้ชมเกิดความรำคาญได้ การที่สัญญาณที่ได้จะมีคุณภาพดีดังกล่าวนี้ จะต้องประกอบด้วยคุณสมบัติหลายอย่างด้วยกัน คือ

1. ระดับสัญญาณ (dB $\mu$ V) จะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม
2. ระดับของอัตราส่วน S/N จะต้องสูงเพียงพอ
3. จะต้องไม่มีภาพซ้อนปรากฏบนจอโทรทัศน์

คุณสมบัติทั้งสามประการนี้นับว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญและจะขาดเสียมิได้ ไม่ว่าในกรณีใด ๆ ก็ตาม อย่างไรก็ตามในบางกรณีที่ตัวอาคารที่ต้องการติดตั้งระบบ MATV อยู่ในบริเวณที่ใกล้สถานีส่งของวิทยุ หรือโทรทัศน์ หรือสถานีส่งคลื่นวิทยุอื่น ๆ คลื่นต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะเข้ามารบกวนระบบได้ในกรณีเช่นนี้จำเป็นจะต้องรู้ข้อมูลโดยละเอียดเพื่อนำมาประกอบการพิจารณาในการออกแบบ และต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ ในการขจัดสัญญาณรบกวนนั้น ๆ ออกไป ซึ่งก็หมายถึงราคาของระบบจะต้องสูงขึ้น สำหรับช่วงของระดับสัญญาณที่เหมาะสม ค่า S/N ที่จำเป็น และระดับของสัญญาณภาพซ้อนนั้น รายละเอียดจะต้องดูค่าต่าง ๆ ประกอบ

สำหรับหลักการสำคัญประการที่ 2 ที่ว่า ราคาของระบบต้องถูกนั้น อันนี้เป็นหลักการพื้นฐานของทางด้านวิศวกรรมทั่วไป คือ ผู้ออกแบบจะต้องออกแบบให้ระบบทำงานได้ดี โดยที่ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมร่วมกับการออกแบบวงจรการจ่ายสัญญาณอย่างถูกต้อง ในกรณีทั่ว ๆ ไป ผู้ออกแบบจะต้องทำการประเมินประเมินระหว่างคุณภาพของสัญญาณที่ได้กับราคาของระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มีสัญญาณรบกวนจากภายนอกได้มาก ผู้ออกแบบจะต้องพยายามออกแบบวงจรการจ่ายและกำหนดอุปกรณ์อย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้คุณภาพของสัญญาณดีพอสมควร ในขณะที่เดียวกันราคาของระบบก็ไม่สูงมากนัก ในเงื่อนไขการรับที่สัญญาณมีระดับต่ำ และเสียงรบกวนมีมาก ราคาของระบบอาจจะสูงขึ้นเป็นหลายเท่าตัวของกรณีที่ไม่มีปัญหาอะไร ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบที่จะต้องหาจุดที่เหมาะสมที่สุดระหว่างคุณภาพของสัญญาณกับราคาของระบบดังกล่าวข้างต้น โดยสัญญาณโทรทัศน์ที่มีคุณภาพดีจะต้องมีค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$\text{Good Picture} = \begin{cases} 1. \text{ Signal Level} > 65 \text{ dB}\mu\text{V} \\ 2. \text{ S/N} > 38 \text{ dB} \\ 3. \text{ No Ghost} \end{cases}$$

### ภาพที่ 6.1 สัญญาณโทรทัศน์ที่มีคุณภาพดี

ที่มา : บัณฑิต โรจน์อารยพันธ์ (2540 : 68)

### การสำรวจข้อมูลขั้นพื้นฐาน

การสำรวจข้อมูลขั้นพื้นฐานนั้น นับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งสำหรับการออกแบบระบบที่ดี โดยเฉพาะในกรณีที่คาดว่าจะมีสัญญาณรบกวนเข้าสู่ระบบได้มาก ข้อมูลที่ต้องทำการสำรวจจะเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของสัญญาณทั้ง 3 ประการ กล่าวคือระดับสัญญาณของแต่ละช่อง แห่่งของสัญญาณรบกวน และสาเหตุที่ทำให้เกิดภาพซ้อน วิธีการที่ง่ายที่สุด คือ การสอบถามจากชาวบ้านที่อยู่ใกล้เคียงกับอาคารที่จะทำการติดตั้งระบบ MATV แต่ถ้าในบริเวณใกล้เคียงไม่มีบ้านเรือน หรือการสอบถามทำไม่สะดวกก็จะเป็นต้องทำการสำรวจเอาเอง ขั้นตอนในการสำรวจควรเป็นดังนี้ คือ (เกียรติศักดิ์ คนธสิงห์. 2554 : 12; สำนักวิศวกรรมและเทคโนโลยีกระจายเสียงและโทรทัศน์. 2559 : 12-13)

1. ติดตั้งสายอากาศชั่วคราวในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับการติดตั้งจริง เช่น บนชั้นสูง ๆ ของอาคารที่กำลังก่อสร้าง แล้วใช้เครื่องรับโทรทัศน์รับภาพจากเสาอากาศ โดยให้ผ่านสายนำสัญญาณยาวกว่า 20 เมตรขึ้นไป ถ้าภาพที่รับได้มีคุณภาพดีทุกช่อง ก็สามารถดำเนินการออกแบบต่อไปได้ แต่ถ้าสัญญาณบางช่องหรือทุกช่องมีปัญหา เช่น ภาพเป็นหิมะ หรือมีภาพซ้อน เป็นต้น ก็ต้องดำเนินการขั้นต่อไป
2. ในกรณีที่ภาพเป็นหิมะ (Snow) ซึ่งหมายถึง ระดับสัญญาณจริงต่ำ เมื่อเทียบกับสัญญาณรบกวนที่มีอยู่ (ค่า S/N ต่ำ) ให้ใช้สายอากาศที่รู้ค่าอัตราขยาย และเครื่องวัดระดับสัญญาณของ

โทรทัศน์ (TV Signal Level Meter หรือ Field Strength Meter) ทำการวัดระดับสัญญาณที่รับได้ แล้วทำการบันทึกไว้โดยจัดทำเป็นตารางการสำรวจ ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 การสำรวจคุณภาพของสัญญาณโทรทัศน์จากสถานีส่ง

ช่อง	ระดับสัญญาณ (dB $\mu$ V)	อัตราขยายของสายอากาศ (dB)
3	49	3
5	60	7
7	65	7
9	47	8

ที่มา : บัณฑิต วิจารณ์ารยพันธ์ (2540 : 69)

3. ในกรณีที่มีภาพซ้อนเกิดขึ้น ก่อนอื่นต้องสังเกตดูว่าเป็นแบบนำหน้าหรือแบบตามหลัง ถ้าเป็นภาพซ้อนแบบนำหน้าก็แสดงว่าบริเวณนั้นมีคลื่นแรงมาก ถ้าเป็นภาพซ้อนแบบตามหลังซึ่งหมายความว่า เป็นการสะท้อนจากตึก ภูเขา หรือสิ่งอื่น ๆ ที่สามารถสะท้อนคลื่นโทรทัศน์ได้ ในกรณีนี้ ถ้าภาพซ้อนที่เกิดขึ้นมีเพียงหนึ่งภาพ โดยทั่วไปจะแก้ปัญหาก็ได้ แต่ถ้าภาพซ้อนมีหลายภาพ ปัญหาก็จะยุ่งยากขึ้น

4. ในกรณีที่มีสัญญาณรบกวนเข้ามาในลักษณะอื่น ๆ ให้ทำการพิจารณาจากภาพที่ได้ว่าเกิดจากสัญญาณรบกวนชนิดใด ในกรณีที่เกิดจากการใช้การสังเกตจากภาพได้ข้อมูลไม่ชัดเจน หรือต้องการรู้สาเหตุที่แน่นอนยิ่งขึ้น จะสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Spectrum Analyzer ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ดูว่า สัญญาณที่รับเข้ามาจากสายอากาศมีความถี่อะไรบ้าง และแต่ละความถี่มีระดับสัญญาณเป็นอย่างไร ซึ่งจะทำให้สามารถพิจารณาได้ว่า สาเหตุที่แท้จริงของสัญญาณรบกวนมาจากอะไร

เมื่อทำการสำรวจข้อมูล และทำการจดบันทึกผลที่ได้ไว้อย่างเหมาะสมแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือ นำข้อมูลที่ได้มานี้มาประกอบการพิจารณา เพื่อทำการออกแบบระบบต่อไป

ในการจัดการระบบ MATV เดิมของอาคารให้สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ดิจิตอลได้นั้น บางครั้งไม่จำเป็นต้องรื้อทิ้งหรือเปลี่ยนอุปกรณ์เดิมที่มีอยู่ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นสายอากาศ จานรับสัญญาณดาวเทียม ชุดเครื่องรับและขยายสัญญาณ และระบบแยกสัญญาณ ซึ่งอาจนำกลับมาใช้งานได้ อีก มีอยู่หลายกรณีในสถานการณ์จริงที่ทำการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไม่ก็อย่างก็สามารถรับชมสัญญาณโทรทัศน์ดิจิตอลได้แล้ว

สำนักวิศวกรรมและเทคโนโลยีกระจายเสียงและโทรทัศน์ (2559 : 13) อธิบายว่า เพื่อเป็นการทดสอบว่าระบบ MATV เดิมที่มีอยู่ในอาคาร จะสามารถกระจายสัญญาณดิจิตอลไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ที่อยู่ในห้องต่าง ๆ ได้หรือไม่ วิธีการทดสอบอย่างง่ายทำได้โดยการเลือกห้องที่ผู้พักอาศัยได้ติดตั้งกล่องรับสัญญาณหรือเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิตอลไว้แล้ว และสอบถามข้อมูลว่าสามารถรับชมรายการโทรทัศน์ได้หรือไม่ จำนวนช่องที่รับได้มีจำนวนมากน้อยเพียงใด ที่สำคัญควรเลือกห้องพักที่มี

ตำแหน่งที่ตั้งในอาคารที่แตกต่างกันมาก ๆ อีกจำนวนหนึ่งเพื่อทำการทดสอบความเป็นไปได้ว่าบริเวณที่อาจจะรับสัญญาณได้หรือไม่ได้ด้วย โดยอาจใช้เครื่องรับโทรทัศน์ที่มี DVB-T2 ในตัวหรือใช้กล่องรับสัญญาณโทรทัศน์ในระบบดิจิทัลไปเสียบกับตัวรับสัญญาณโทรทัศน์ที่ติดตั้งอยู่แล้วบนผนังห้องเพื่อทดสอบก็สามารถกระทำได้นอกจากนี้ในบางพื้นที่อาจจะมีการติดตั้งเสาส่งสัญญาณตัวใหม่เพิ่มขึ้น (Additional Station) เพื่อเพิ่มความแรงของสัญญาณในพื้นที่นั้น ๆ กรณีแบบนี้จำเป็นต้องมีการติดตั้งสายอากาศเพิ่มเติมเพื่อให้ขึ้นไปยังตำแหน่งใหม่ โดยสามารถตรวจสอบข้อมูลจากโปรแกรม Digital TV Service Area ของสำนักงาน กสทช. ได้เมื่อทราบข้อมูลแล้วควรทำการทดสอบให้แน่ใจก่อนจะมีการติดตั้งจริง

### กำหนดอุปกรณ์หลักในเฮดเอนด์ (Head End)

เฮดเอนด์เป็นคำที่ใช้เรียกระบบสายอากาศในส่วนที่เป็นสายอากาศและเครื่องขยายสัญญาณตรงต้นทางทั้งอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ติดตั้งอยู่ในห้องหรือในตู้เดียวกันกับเครื่องขยายสัญญาณดังกล่าว การเลือกใช้อุปกรณ์หลักในเฮดเอนด์ คือ สายอากาศและเครื่องขยายสัญญาณนั้นจะต้องพิจารณาถึงความจำเป็นเป็นหลัก โดยทั่วไปเราอาจแบ่งขนาดของระบบออกกว้าง ๆ ได้เป็น 3 ระดับ (บัณฑิตโรจน์อารยพันธ์. 2540 : 70-74) ดังนี้ คือ

1. บ้านเรือนทั่วไป ซึ่งมักจะมีเอาต์เลตทีวีจำนวนต่ำกว่า 10 จุดลงมา
2. อพาร์ทเมนต์ หรือ คอนโดมิเนียมขนาดกลาง ซึ่งมีเอาต์เลตทีวีต่ำกว่า 100 จุดลงมา
3. คอนโดมิเนียมขนาดใหญ่ หรือโรงแรม ที่มีเอาต์เลตทีวีมากกว่า 100 จุดขึ้นไป

ในเรื่องนี้ขออย่างเดียวกัน เช่น ระดับของสัญญาณรบกวนและภาพซ้อนไม่เป็นปัญหา

การเลือกอุปกรณ์หลัก คือ สายอากาศและเครื่องขยายสัญญาณจะแตกต่างกันออกไป

1. กรณีของบ้านเรือนทั่วไป ที่มีเอาต์เลตทีวีประมาณ 10 จุด ในกรณีเช่นนี้เราพบว่า ระดับสัญญาณที่สูงกว่า 90 dB $\mu$ V จะเพียงพอสำหรับการป้อนให้กับทุกจุด ดังนั้น ถ้าเป็นบริเวณที่คลื่นจากสถานีส่งมีกำลังสูงเราอาจใช้สายอากาศที่มีอัตราการขยายสูงรับคลื่นให้ได้ระดับสัญญาณสูงกว่า 90 dB $\mu$ V แล้วป้อนให้ระบบโดยตรงโดยไม่ต้องใช้เครื่องขยายสัญญาณ ซึ่งถ้าทำได้ก็นับว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงตำแหน่งที่เราต้องการติดตั้งอาจจะมีการเคลื่อนของบางสถานีแรงและบางสถานีอ่อน ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้สายอากาศรับคลื่นให้มีระดับสูงกว่า 90 dB $\mu$ V ได้ ดังนั้น วิธีที่ดีคือ ใช้เครื่องขยายสัญญาณที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเข้าช่วย กรณีที่เป็นกรับภายในตัวเมือง หรือบริเวณชานเมือง (รัศมีจากเครื่องส่งไม่เกิน 50 กิโลเมตร) เมื่อใช้สายอากาศแบบทั่วไป ซึ่งมีอัตราการขยายอยู่ในช่วง 5-10 dB จะรับสัญญาณได้สูงกว่า 60 dB $\mu$ V ขึ้นไป เมื่อเป็นเช่นนี้ เครื่องขยายสัญญาณก็ไม่จำเป็นต้องใช้แบบที่มีอัตราการขยายสูงมากนัก โดยทั่วไป เครื่องขยายสัญญาณแบบบูสเตอร์ ซึ่งมีอัตราการขยายอยู่ในช่วง 25-35 dB ก็สามารถใช้งานได้ โดยการพิจารณาจากอัตราการขยายของบูสเตอร์แต่ละตัวเป็นหลัก

2. กรณีของอพาร์ทเมนต์และคอนโดมิเนียมขนาดกลาง ซึ่งมีเอาต์เลตทีวีต่ำกว่า 100 จุดลงมา ในกรณีนี้เราพบว่า ระดับสัญญาณต่ำสุดที่ต้องการนั้นต้องสูงกว่า 100 dB $\mu$ V ระดับสัญญาณขนาดนี้โดยทั่วไปจะไม่สามารถทำงานได้โดยใช้สายอากาศรับแบบทั่วไปได้ เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องขยายสัญญาณเข้าช่วย วิธีการเลือกสายอากาศและเครื่องขยายสัญญาณที่เหมาะสม คือ

เลือกสายอากาศที่มีอัตราขยายสูงพอสมควรเพื่อให้ระดับสัญญาณที่รับเข้ามาอยู่ในช่วง 70-80 dB $\mu$ V แล้วเลือกใช้เครื่องขยายสัญญาณแบบแบนด์แอมป์ ซึ่งมีอัตราขยายอยู่ในช่วง 30-40 dB ก็จะกำลังดี สำหรับวิธีการกำหนดอัตราขยายของสายอากาศที่จะเลือกใช้ขึ้นนั้น ถ้าสามารถทำการวัดได้โดยใช้สายอากาศที่รู้อัตราขยายที่แน่นอน เช่น สายอากาศแบบไดโพลมาตรฐานกับเครื่องวัดระดับสัญญาณ ก็จะเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เพราะข้อมูลที่ได้จะถูกต้องแน่นอน เมื่อทำการวัดด้วยสายอากาศไดโพลมาตรฐานแล้วได้ระดับสัญญาณเป็น 60 dB $\mu$ V ถ้าต้องการให้ระดับสัญญาณจากสายอากาศสูงกว่า 70 dB $\mu$ V ขึ้นไป ก็ต้องใช้สายอากาศที่มีอัตราขยายสูงกว่า 10 dB ขึ้นไป สำหรับสายอากาศแบบไดโพลมาตรฐานนั้น ส่วนใหญ่จะทำไว้ในลักษณะสามารถปรับความยาวได้เพื่อความสะดวกในการใช้ และบนก้านสายอากาศจะมีตัวเลขเขียนบอกไว้เป็นความถี่ เช่น 200 MHz 220 MHz เป็นต้น ซึ่งหมายความว่า ถ้าดึงสายอากาศจากปล้องที่เล็กที่สุดออกไปจนถึงตัวเลขที่แสดงไว้ก็จะได้ความยาวของสายอากาศตรงกับความถี่ใช้งานนั้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากค่าตัวเลขที่แสดงไว้ไม่ละเอียดนัก เพราะฉะนั้นเวลาใช้งานจริงจำเป็นต้องอาศัยการวัดความยาวของสายอากาศเป็นหลัก ความยาวที่เหมาะสมนั้นคือ ความยาว 0.5 เท่าของครึ่งความยาวคลื่นของความถี่ศูนย์กลางแต่ละช่อง ยกตัวอย่างเช่น ช่อง 26 ของโทรทัศน์ระบบดิจิตอล ซึ่งมีความถี่ศูนย์กลางเป็น 514 MHz ความยาวที่เหมาะสมของสายอากาศไดโพล คือ

$$l = 0.95 \times \frac{1}{2} \times \frac{30000}{514} = 27.72 \text{ ซม.}$$

เหตุที่ต้องใช้ 0.95 คุณนั้น เป็นเพราะว่าความยาวคลื่นในโครงสร้างของสายอากาศไดโพลสั้นกว่าความยาวคลื่นในอากาศ ( $\lambda = c / f$ ) ดังนั้นถ้าจะให้สายอากาศไดโพลทำงานเป็นสายอากาศครึ่งความยาวคลื่นที่ถูกต้องก็ต้องใช้ความยาวของสายอากาศที่ได้จากวิธีคำนวณข้างต้น

อนึ่ง สิ่งที่สำคัญสำหรับสายอากาศแบบไดโพลนั้นนอกจากความยาวที่ถูกต้องแล้วสายอากาศไดโพลมาตรฐานที่ดีจะต้องมีส่วนที่เรียกว่า บาลัน (Balun) ที่ตรงจุดป้อน วงจรนี้จะทำหน้าที่แปลงสายป้อนแบบบาลานซ์ (Balance) ให้เป็นแบบอับบาลานซ์ (Unbalance) ในกรณีของสายอากาศไดโพลที่ขั้วสายอากาศต้องการการป้อนจากสายแบบบาลานซ์ ซึ่งได้แก่สายแบบทวินลีด (Twin Lead) เมื่อเราป้อนด้วย (หรือว่ารับคลื่นด้วย) สายแบบโคแอกเชียลซึ่งเป็นสายแบบอับบาลานซ์ เราต้องใช้วงจรบาลันเข้าช่วยเพื่อให้การส่งพลังงานเป็นไปได้อย่างราบรื่นขึ้น วงจรบาลันนี้ส่วนใหญ่จะถูกออกแบบให้เป็นวงจรแมทชิง (Matching) ไปในตัว สำหรับสายอากาศแบบไดโพลมาตรฐานนี้ วงจรบาลันที่ใช้ถูกออกแบบให้ใช้ได้ในความถี่ช่วงกว้างมาก อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการออกแบบวงจรบาลันให้สามารถทำการแมทชิงในช่วงกว้าง ๆ ได้นั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากมากเพราะฉะนั้นความสามารถในการแมทชิงนั้น จะมีเพียงบางช่วงเท่านั้นที่ทำได้ดีมาก ๆ คือ ค่า VSWR ใกล้เคียงกับ 1.0 แต่ในช่วงอื่น ๆ จะมีค่า VSWR ประมาณ 1.5 หรือต่ำกว่า 2.0 ลงมา แต่ค่า VSWR ที่ต่ำกว่า 2.0 ลงมานี้ จะไม่ทำให้เกิดการสะท้อนกลับของกำลังคลื่นอย่างน่าสังเกต จึงอาจจะไม่ต้องนำมาคิดก็ได้ ดังนั้น ถ้าใช้สายอากาศไดโพลมาตรฐานที่มีวงจรบาลันติดอยู่แล้วปรับความยาวได้ถูกต้องตามความถี่ที่ต้องการวัด ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดสัญญาณก็ถือว่าเป็นค่าที่สายอากาศไดโพลมาตรฐานรับได้

3. กรณีของคอนโดมิเนียมขนาดใหญ่ หรือโรงแรมที่มีจำนวนเอาต์เล็ตที่วิมากกว่า 100 จุดขึ้นไป กรณีเช่นนี้ เรามักต้องการระดับสัญญาณจากเครื่องขยายที่สูงกว่า 115 dB $\mu$ V ขึ้นไป ดังนั้น การเลือกสายอากาศรับและเครื่องขยายสัญญาณที่เหมาะสม ควรใช้สายอากาศที่มีอัตราขยายสูงเพื่อรับสัญญาณเข้ามาให้มีระดับสูงในช่วง 75-85 dB $\mu$ V และใช้เครื่องขยายสัญญาณแบบเซลแนลแอมป์ ซึ่งมีอัตราขยายอยู่ในช่วง 40-50 dB ทำการขยายเพื่อให้ได้ระดับสัญญาณตามต้องการ

เกี่ยวกับการเลือกตำแหน่งของเฮดเอนด์นั้น ควรจะกำหนดตำแหน่งที่อยู่ใกล้สายอากาศมากที่สุด โดยทั่วไปเราจะทำการติดตั้งสายอากาศบนชั้นดาดฟ้าของตัวตึก เพราะฉะนั้นควรติดตั้งเฮดเอนด์ไว้ที่ชั้นบนสุดของตัวตึก เฮดเอนด์ของระบบ MATV ธรรมดาจะไม่เปลืองที่มากนัก เพราะจะมีแต่เครื่องขยายสัญญาณกับเพาเวอร์ซัพพลาย และอุปกรณ์พ่วงที่จะเป็นอีกนิดหน่อยเท่านั้น จึงควรติดตั้งไว้ที่ชั้นสูงสุดของอาคารดังกล่าว เพราะจะเป็นการสะดวกและประหยัดที่สุด ในขณะเดียวกันก็จะให้ผลดีที่สุดโดยเฉพาะในกรณีที่อาคารสูงมาก ๆ

### วิธีคำนวณระดับสัญญาณในระบบ MATV

การคำนวณระดับสัญญาณในระบบ MATV นับว่าเป็นงานที่ผู้ออกแบบจะต้องทำการคำนวณโดยละเอียดทุกครั้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกใช้อุปกรณ์ในขั้นต้น และยังทำเพื่อความมั่นใจว่าระดับสัญญาณเอาต์เล็ตที่วิทุกจุดอยู่ในระดับที่ใช้งานได้ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการคำนวณระดับสัญญาณตั้งแต่ที่ขั้วรับของสายอากาศ แล้วผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ จนถึงปลายทางคือเอาต์เล็ตที่วิ (บัณฑิตโรจน์อารยพันธ์. 2540 : 74-80) ดังนี้

#### 1. การคำนวณระดับสัญญาณที่สายอากาศรับได้

ระดับสัญญาณที่สายอากาศรับได้นั้น ถ้าสามารถทำการตรวจวัดจากสถานที่ติดตั้งจริงก็จะเป็นวิธีการที่ดีและแน่นอนที่สุด อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวไม่ใช่ว่าจะทำได้เสมอไป เช่น ทำการออกแบบระบบตั้งแต่ยังไม่สร้างตึก เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องทำการคำนวณระดับสัญญาณที่สายอากาศรับได้โดยใช้วิธีต่อไปนี้ โดยการวางแผนที่ออกเพื่อหาระยะห่างของตำแหน่งติดตั้งจากสถานีส่งโทรทัศน์ในที่นี้เพื่อความสะดวกจะขอยกตัวอย่างของกรุงเทพฯ และสมมติว่าตำแหน่งติดตั้งห่างจากสถานีส่งที่สนามเป้า 20 กิโลเมตร และห่างจากสถานีส่งที่หนองแขม 40 กิโลเมตร เราจะได้ระดับความเข้มของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งติดตั้งของสัญญาณช่องต่าง ๆ ได้ และจากตัวเลขที่ได้นี้ เราจะสามารถคำนวณกำลังคลื่นที่สายอากาศไดโพลมาตรฐานรับได้โดยใช้สมการที่ 6.1

$$P_a = PA_e \quad (6.1)$$

ในขณะที่ P คือ กำลังคลื่นโทรทัศน์ที่ตำแหน่งสายอากาศ ซึ่งเท่ากับ  $\frac{E^2}{Z_0}$  และ  $A_e$  คือพื้นที่ประสิทธิผล (Effective Area) ของสายอากาศซึ่งเท่ากับ  $\frac{\lambda^2}{4\pi} G$  โดยที่ G เป็นอัตราขยายของสายอากาศไดโพลเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดคลื่นแบบจุดซึ่งเท่ากับ 1.64 เท่า ดังนั้นสมการที่ 6.1 เมื่อแทนค่าต่าง ๆ เหล่านี้ลงไปจะได้เป็นสมการที่ 6.2

$$P_a = \frac{E^2}{Z_0} \times \frac{\lambda^2}{4\pi} \times 1.64 \quad (W) \quad (6.2)$$

และเนื่องจากอิมพีแดนซ์ของสายอากาศไดโพลเป็น 75 โอห์ม ดังนั้น เมื่อใช้วงจรบาลันซึ่งทำหน้าที่แมทซ์อิมพีแดนซ์กับโหลด 75 โอห์ม แล้ว  $P_a$  จะเขียนในรูปของระดับสัญญาณ  $V$  ได้เป็นสมการที่ 6.3

$$P_a = \frac{V^2}{75} \quad (W) \quad (6.3)$$

ดังนั้นจากสมการ (6.2) และสมการ (6.3) เราจะสามารถหาระดับสัญญาณที่สายอากาศรับได้จากความเข้มของสนามไฟฟ้า ( $E$ ) หรือจากกำลังคลื่นที่ตำแหน่งติดตั้ง  $\frac{E^2}{Z_0}$  ได้เป็นสมการที่ 6.4 ดังนี้

$$\begin{aligned} V &= \left[ 75 \times \frac{E^2}{Z_0} \times \frac{\lambda^2}{4\pi} \times 1.64 \right]^{1/2} \quad (V) \\ &= \left[ 75 \times \frac{E^2}{120\pi} \times \frac{\lambda^2}{4\pi} \times 1.64 \right]^{1/2} \quad (V) \\ &= \left[ 75 \times \frac{1}{30} \times 1.64 \right]^{1/2} \times E \times \frac{\lambda}{4\pi} \quad (V) \end{aligned} \quad (6.4)$$

จากสมการ (6.4) จะเห็นได้ว่า ระดับสัญญาณ  $V$  ที่สายอากาศไดโพลรับได้นั้น นอกจากจะแปรตรงกับความเข้มของสนามไฟฟ้าแล้วยังแปรตรงกับความยาวคลื่นด้วย นั่นคือ ถ้าความเข้มของสนามไฟฟ้าเท่ากัน สัญญาณช่องต่ำซึ่งมีความถี่ต่ำกว่าแต่ความยาวคลื่นยาวกว่า จะรับสัญญาณได้ระดับสูงกว่า ลักษณะดังกล่าวนี้อาจกล่าวได้ว่า เป็นข้อดีข้อหนึ่งของการใช้ความถี่ช่องต่ำ โดยสามารถสรุประดับสัญญาณที่สายอากาศไดโพลได้รับจากการคำนวณ ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ระดับสัญญาณที่สายอากาศไดโพลรับได้ ณ ตำแหน่งติดตั้งที่ห่างจากสถานีส่งที่ สนามเป้า 20 กิโลเมตร และห่างจากสถานีส่งที่หนองแขม 40 กิโลเมตร

ช่อง	ความเข้มของสนามไฟฟ้า E( $\mu\text{V}/\text{m}$ )	ความยาวคลื่น $\lambda(\text{m})$	ระดับสัญญาณ V	
			$\mu\text{V}$	$\text{dB}\mu\text{V}$
3	$0.11 \times 10^6$	5.22	$0.9 \times 10^5$	99
5	$0.17 \times 10^6$	1.69	$0.45 \times 10^5$	93
7	$0.14 \times 10^6$	1.57	$0.35 \times 10^5$	91
9	$0.10 \times 10^6$	1.46	$0.24 \times 10^5$	87

ที่มา : บัณฑิต วิจารณ์ารยพันธ์ (2540 : 75)

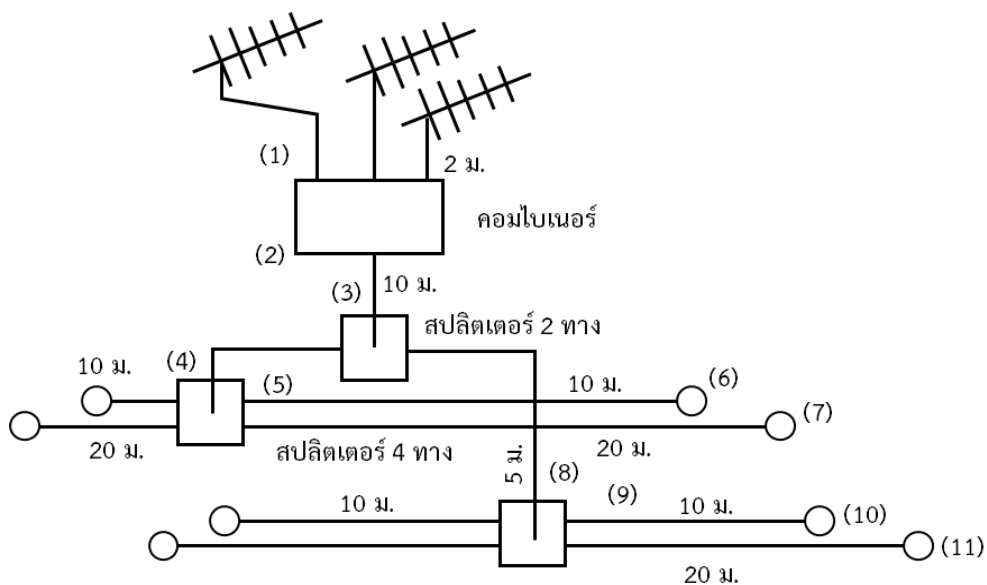
จากตารางที่ 6.2 เมื่อแทนค่า E ของช่องต่าง ๆ ลงไปตามเงื่อนไขระยะห่างจากสถานีดังกล่าวข้างต้นและแทนค่า  $\lambda$  ตามความถี่ศูนย์กลางของแต่ละช่อง แล้วคำนวณระดับสัญญาณที่สายอากาศไดโพลมาตรฐานรับได้ เมื่อได้ค่าแล้วผู้ออกแบบก็จะสามารถกำหนดอัตราขยายของสายอากาศที่จะใช้ตามความจำเป็นได้ และเมื่อใช้สายอากาศที่มีอัตราขยายเทียบสายอากาศแบบไดโพลมาตรฐานแล้วสูงกว่า A dB ระดับสัญญาณที่สายอากาศนั้นรับได้ก็จะสามารถคำนวณได้โดยการบวกค่า A dB เข้าไปที่ระดับสัญญาณที่คิดเป็น  $\text{dB}\mu\text{V}$  เช่น ถ้าใช้สายอากาศรับที่มีอัตราขยาย 6 dB สำหรับช่อง 9 ระดับสัญญาณที่รับได้จะเป็น  $87 \text{ dB}\mu\text{V} + 6 \text{ dB} = 93 \text{ dB}\mu\text{V}$  เป็นต้น ซึ่งข้อมูลจากตารางที่ 6.2 เป็นเพียงกรณีตัวอย่างหนึ่งเท่านั้น ในกรณีทั่วไปก็สามารถคำนวณได้ด้วยวิธีการเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ค่าระดับสัญญาณที่วัดได้จริงจะต่ำกว่านี้เสมอ เนื่องจากการสูญเสียกำลังคลื่นในบรรยากาศระหว่างทางจึงอาจจะต้องเผื่อการลดต่ำลงประมาณ 5 dB หรือมากกว่าโดยขึ้นอยู่กับระยะทางและเงื่อนไขของภูมิประเทศ

## 2. การคำนวณระดับสัญญาณที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในระบบ

ในการคำนวณหาระดับสัญญาณที่เอาต์เลตทีวีนั้น เราจะเป็นต้องคำนวณหาระดับสัญญาณระหว่างทางที่จุดต่าง ๆ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อสัญญาณส่งผ่านไปตามสายนำสัญญาณ หรือผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น สปลิตเตอร์ แท็ปออฟ จะมีระดับลดทอนลงเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นยังมีสิ่งที่ต้องคำนึงอีกประการหนึ่ง คือ สัญญาณช่องสูงจะมีการสูญเสียในสายนำสัญญาณและในอุปกรณ์สูงกว่าสัญญาณช่องต่ำ ดังนั้นในการคำนวณเพื่อตรวจสอบว่าระดับสัญญาณที่เอาต์เลตทีวีเพียงพอหรือไม่นั้น เราจะคำนวณจากความถี่ของช่องสูงที่สุดในระบบเพื่อประกันว่าช่องสูงจะใช้งานได้ และถ้าระบบที่กำลังคิดอยู่นั้นเป็นระบบใหญ่ คือ มีอุปกรณ์ระหว่างทางมากขึ้น และมีสายยาวมาก เราจะทำการคำนวณระดับสัญญาณของช่องต่ำด้วย โดยเฉพาะช่องต่ำนั้นอยู่ในแบนด์ I (Band I) ทั้งนี้ก็เพื่อประกันเช่นเดียวกันว่าระดับสัญญาณของช่องต่ำที่เอาต์เลตทีวีจะไม่สูงเกินกว่าค่าที่เครื่องรับโทรทัศน์ต้องการคือประมาณ  $80 \text{ dB}\mu\text{V}$  อย่างไรก็ตาม สำหรับระบบเล็ก ๆ คือ ระบบที่ต่ำกว่า 10 จุดลงมาอาจไม่ต้องคิดละเอียดอย่างนั้นก็ได้ เพราะระดับสัญญาณของช่องสูงและช่องต่ำจะแตกต่างกันไม่มากอยู่แล้ว



ระบบ MATV แบบง่าย ๆ ของบ้าน 2 ชั้น ซึ่งมีเอาต์เลตทีวีทั้งหมด 8 จุด อยู่ชั้นบนและชั้นล่าง 4 จุดเท่ากัน การกำหนดอุปกรณ์และความยาวของสาย โดยใช้เงื่อนไขในตารางที่ 6.2 สำหรับการคำนวณ โดยเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 6.2 จะเห็นได้ว่าถ้าช่อง 3 ช่อง 5 ช่อง 7 และช่อง 9 ใช้สายอากาศรับที่มีอัตราขยายเป็น 3 dB, 5 dB, 5 dB และ 6 dB ตามลำดับ สัญญาณของแต่ละช่องที่รับได้จะสูงกว่า 85 dB $\mu$ V ถึงแม้จะเผื่อการสูญเสียระหว่างทางไป 5 dB ดังนั้นถ้าใช้สายอากาศตามนี้เราจะสามารถป้อนระบบได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องขยายสัญญาณ ในการคำนวณระดับสัญญาณที่จุดต่าง ๆ ในระบบนั้นเราต้องรู้ค่าการบั่นทอนสัญญาณของสายนำสัญญาณและอุปกรณ์ที่ใช้ ในที่นี้เราจะสมมติว่าใช้สายนำสัญญาณชนิด 5C-2V ซึ่งมีค่าการบั่นทอนสัญญาณ 13 dB ต่อ 100 เมตร ที่ความถี่ช่อง 9 และคอมไบเนอร์มีการบั่นทอนสัญญาณ 1 dB สำหรับสปลิตเตอร์แบบ 2 ทาง และ 4 ทาง มีการบั่นทอนสัญญาณเป็น 4 dB และ 8 dB ตามลำดับ ดังภาพที่ 6.2



ภาพที่ 6.2 ตัวอย่างการคำนวณระดับสัญญาณของระบบ MATV ขนาดเล็ก  
ที่มา : บัณฑิต โรจน์อารยพันธ์ (2540 : 77)

จากข้อมูลในภาพที่ 6.2 เราจะสามารถดำเนินการคำนวณระดับสัญญาณของช่อง 9 ตามจุดต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. ที่ตำแหน่งก่อนเข้าคอมไบเนอร์ ระดับสัญญาณจะเป็น

$$85 \text{ dB}\mu\text{V} - 13 \times \frac{2}{100} \text{ dB} = 84.74 \text{ dB}\mu\text{V}$$

2. ที่ตำแหน่งออกจากคอมไบเนอร์ ระดับสัญญาณจะเป็น

$$84.74 \text{ dB}\mu\text{V} - 1 \text{ dB} = 83.74 \text{ dB}\mu\text{V}$$

3. ที่ตำแหน่งก่อนเข้าสปลิตเตอร์ 2 ทาง ระดับสัญญาณจะเป็น

$$83.74 \text{ dB}\mu\text{V} - 13 \times \frac{10}{100} \text{ dB} = 82.44 \text{ dB}\mu\text{V}$$

4. ที่ตำแหน่งออกจากสปลิตเตอร์ 2 ทาง ระดับสัญญาณจะเป็น

$$82.44 \text{ dB}\mu\text{V} - 4 \text{ dB} = 78.44 \text{ dB}\mu\text{V}$$

5. ที่ตำแหน่งออกจากสปลิตเตอร์ 4 ทาง บนชั้นสอง เนื่องจากสปลิตเตอร์ 2 ทาง และสปลิตเตอร์ 4 ทางบนชั้นสองอยู่ใกล้กันมาก จึงทำให้ระดับสัญญาณที่ขาออกของสปลิตเตอร์ 2 ทางเท่ากับที่ขาเข้าของสปลิตเตอร์ 4 ทาง เพราะฉะนั้น จะได้รับสัญญาณเป็น

$$78.44 \text{ dB}\mu\text{V} - 8 \text{ dB} = 70.44 \text{ dB}\mu\text{V}$$

6. ที่ปลั๊กเอาต์เลตทีวีที่พ่วงสายยาว 10 เมตร จะมีระดับสัญญาณดังนี้

$$70.44 \text{ dB}\mu\text{V} - 13 \times \frac{5}{100} \text{ dB} = 69.14 \text{ dB}\mu\text{V}$$

7. ที่ปลั๊กเอาต์เลตทีวีที่ต้องเดินสายยาว 20 เมตร จะมีระดับสัญญาณเป็น

$$70.44 \text{ dB}\mu\text{V} - 13 \times \frac{20}{100} \text{ dB} = 67.84 \text{ dB}\mu\text{V}$$

8. ที่ขาเข้าของสปลิตเตอร์ 4 ทางที่ชั้นล่าง จะมีระดับสัญญาณเป็น

$$78.44 \text{ dB}\mu\text{V} - 13 \times \frac{10}{100} \text{ dB} = 77.79 \text{ dB}\mu\text{V}$$

9. ที่ขาออกของสปลิตเตอร์ 4 ทาง จะมีระดับสัญญาณเป็น

$$77.79 \text{ dB}\mu\text{V} - 8 \text{ dB} = 69.79 \text{ dB}\mu\text{V}$$

10. ที่ปลั๊กเอาต์เลตทีวีที่เดินสาย 10 เมตร จะมีระดับสัญญาณเป็น

$$69.79 \text{ dB}\mu\text{V} - 13 \times \frac{10}{100} \text{ dB} = 68.49 \text{ dB}\mu\text{V}$$

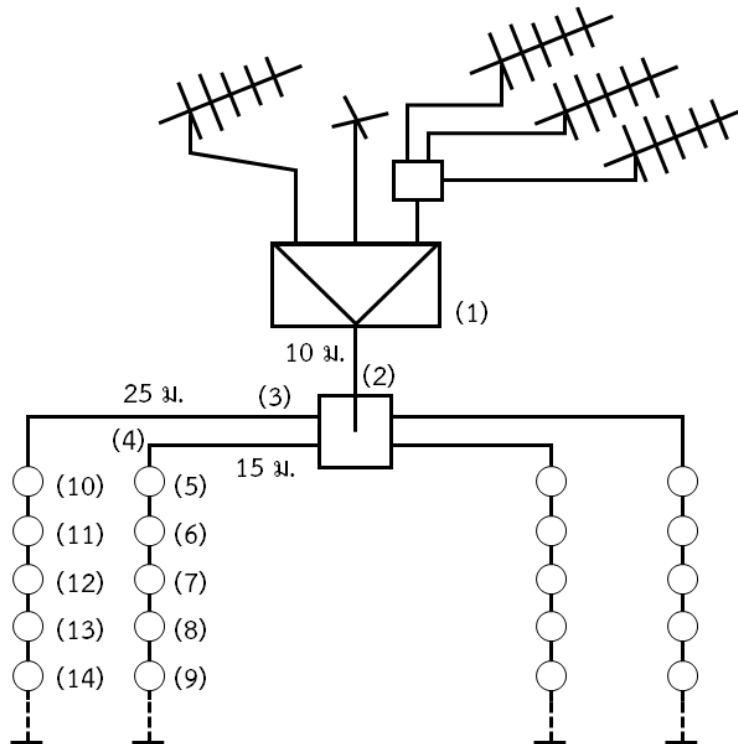
11. ที่ปลั๊กเอาต์เลตทีวีที่เดินสาย 20 เมตร จะมีระดับสัญญาณเป็น

$$69.79 \text{ dB}\mu\text{V} - 13 \times \frac{20}{100} \text{ dB} = 67.19 \text{ dB}\mu\text{V}$$

จากการคำนวณข้างบน จะเห็นได้ว่าระดับสัญญาณช่อง 9 ที่เอาต์เลตทีวีทุกจุดจะมีระดับสูงกว่า 65 dB $\mu$ V ขึ้นไป ซึ่งนับว่าใช้ได้ ถ้าระดับสัญญาณที่สายอากาศรับได้เป็น 90 dB $\mu$ V คือสูงขึ้น 5 dB ค่าระดับสัญญาณที่จุดต่าง ๆ ก็จะมีสูงขึ้น 5 dB ซึ่งก็จัดว่ายังใช้ได้ดีเพราะระดับของสัญญาณที่เอาต์เลตทีวีจะเป็นประมาณ 73 dB $\mu$ V แต่ถ้าระดับสัญญาณสูงถึง 95 dB $\mu$ V ขึ้นไป ระดับสัญญาณของช่อง 9 ที่เอาต์เลตทีวีจะเป็นประมาณ 78 dB $\mu$ V ซึ่งใกล้เคียงกับค่าสูงสุด ในกรณีนี้ถึงแม้ว่าช่อง 9 จะไม่เป็นปัญหา แต่ช่อง 3 อาจจะเป็นปัญหาได้เพราะระดับสัญญาณจะสูงกว่า 80 dB $\mu$ V ในทางกลับกัน ถ้าระดับสัญญาณที่สายอากาศเป็น 80 dB $\mu$ V ก็จะได้ระดับสัญญาณที่เอาต์เลตทีวีตัวสุดท้ายประมาณ 62 dB $\mu$ V ซึ่งจัดว่าค่อนข้างต่ำอาจทำให้การรับสัญญาณไม่มีประสิทธิภาพได้

กรณีที่ตำแหน่งติดตั้งระบบสายอากาศเป็นตำแหน่งที่เคลื่อนจากสถานีส่งไม่สูงนัก ถ้าเราต้องการใช้สายอากาศที่มีอัตราขยายสูง ๆ เพื่อรับคลื่นให้ได้ระดับสูง ๆ แล้วนำไปป้อนโดยตรงแก่ระบบ บางครั้งเราอาจจะต้องใช้สายอากาศที่มีอัตราการขยายสูงมาก ๆ ซึ่งมีราคาแพงทั้งสายอากาศเองและค่าติดตั้งสายอากาศ ในกรณีเช่นนี้จึงเป็นการเหมาะสมกว่าที่จะเลือกใช้สายอากาศแบบอัตราการขยายไม่สูงนักให้รับคลื่นได้ คิดเป็นระดับสัญญาณประมาณ 65 dB $\mu$ V แล้วจึงใช้บูสเตอร์ที่มีอัตราขยายประมาณ 25 dB ขยายสัญญาณนั้น

ตัวอย่างระบบ MATV ของอาคาร 5 ชั้น ซึ่งแต่ละชั้นมีตำแหน่งติดตั้งเอาต์เลตทีวีตรงกันในแนวตั้ง ในเงื่อนไขเช่นนี้จะเป็นการสะดวกและประหยัดมากเมื่อใช้เอาต์เลตทีวีแบบต่ออนุกรม เนื่องจากในแต่ละชั้นมี 4 ยูนิต รวม 20 ยูนิต ในกรณีนี้เราต้องการระดับสัญญาณที่ต้นทางสูงกว่า 95 dB ขึ้นไป เพราะฉะนั้นอุปกรณ์เฮดเอนด์จึงควรเลือกใช้สายอากาศที่มีอัตราขยายพอสมควร ให้สามารถรับคลื่นของโทรทัศน์ได้ประมาณ 75 dB $\mu$ V สำหรับสายอากาศของวิทยุเอฟเอ็มนั้นใช้แบบครอสไดโพล หรือแบบลูปวงกลมที่สามารถรับคลื่นได้รอบทิศทาง สำหรับเครื่องขยายสัญญาณนั้นให้ใช้มัลติแบนด์แอมป์ที่มีอัตราขยายประมาณ 30 dB ซึ่งจะทำได้สัญญาณเอาต์พุตสูงสุดเป็น 105 dB $\mu$ V ในการคำนวณเราจะใช้ระดับสัญญาณเอาต์พุต 100 dB $\mu$ V ดังภาพที่ 6.3



ภาพที่ 6.3 ตัวอย่างการคำนวณระดับสัญญาณของระบบ MATV ที่ใช้เอาต์เล็ตทีวีแบบอนุกรม  
ที่มา : บัณฑิต โรจน์อารยพันธ์ (2540 : 79)

จากภาพที่ 6.3 สมมติว่า สามารถทำการแยกป้อนทางซ้ายและขวาอย่างสมมาตรกัน เพราะฉะนั้นการคำนวณระดับสัญญาณก็คำนวณทางด้านใดด้านหนึ่งก็เพียงพอ ถ้าให้สายที่ใช้เป็นแบบ 5C-2V ซึ่งมีการสูญเสีย 10 dB ต่อ 100 เมตร ที่ช่อง 9 จะสามารถคำนวณระดับสัญญาณที่จุดต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. ที่เอาต์พุตของเครื่องขยายสัญญาณ 100 dB $\mu$ V
2. ที่ตำแหน่งก่อนเข้าสปลิตเตอร์ 4 ทาง จะมีระดับสัญญาณเป็น

$$100 \text{ dB}\mu\text{V} - 13 \times \frac{10}{100} \text{ dB} = 98.7 \text{ dB}\mu\text{V}$$

3. ที่เอาต์พุตของสปลิตเตอร์ 4 ทาง ถ้าเลือกใช้สปลิตเตอร์ 4 ทางที่มีการสูญเสียเป็น 7.5 dB จะได้ระดับสัญญาณเป็น

$$98.7 \text{ dB}\mu\text{V} - 7.5 \text{ dB} = 91.2 \text{ dB}\mu\text{V}$$

4. ที่ตำแหน่งก่อนเข้าเอาต์เล็ตทีวีตัวหนึ่งในสายด้านใกล้ ระดับสัญญาณจะเป็นดังนี้

$$91.2 \text{ dB}\mu\text{V} - 13 \times \frac{15}{100} \text{ dB} = 89.29 \text{ dB}\mu\text{V}$$

5. ที่เอาต์เลตทีวีชั้นบนสุด ถ้าเลือกใช้เอาต์เลตทีวีแบบอนุกรมที่มีการลดทอนต่ำที่หัวเอาต์เลตเป็น 15 dB และค่าการสูญเสียในตัวเอาต์เลตทีวีเป็น 1.5 dB เหมือนกันทุกตัว เราจะได้ระดับสัญญาณเป็นดังนี้

$$89.25 \text{ dB}\mu\text{V} - 15 \text{ dB} = 74.25 \text{ dB}\mu\text{V}$$

6. ที่เอาต์เลตทีวีตัวถัดลงมา ระดับสัญญาณที่ตำแหน่งนี้จะเท่ากับระดับสัญญาณที่ตำแหน่งใน (5) ลบด้วย ค่าการสูญเสียในเอาต์เลตตัวบน และค่าการสูญเสียในสาย ดังนั้นจึงได้ระดับสัญญาณเป็น

$$74.25 \text{ dB}\mu\text{V} - 1.5 \text{ dB} - 13 \times \frac{3}{100} \text{ dB} = 72.36 \text{ dB}\mu\text{V}$$

7. ที่เอาต์เลตทีวีตัวที่ 3 จากชั้นบน ระดับสัญญาณจะคำนวณได้ในทำนองเดียวกับตำแหน่ง (6) และจะได้ระดับสัญญาณเป็นดังนี้คือ

$$72.36 \text{ dB}\mu\text{V} - 1.5 \text{ dB} - 13 \times \frac{3}{100} \text{ dB} = 70.47 \text{ dB}\mu\text{V}$$

8. ที่เอาต์เลตทีวีตัวที่ 4 จากชั้นบน จะได้ระดับสัญญาณเป็น

$$70.47 \text{ dB}\mu\text{V} - 1.5 - 13 \times \frac{3}{100} \text{ dB} = 68.58 \text{ dB}\mu\text{V}$$

9. ที่เอาต์เลตตัวล่างสุด จะได้ระดับสัญญาณเป็น

$$68.58 \text{ dB}\mu\text{V} - 1.5 - 13 \times \frac{3}{100} \text{ dB} = 66.69 \text{ dB}\mu\text{V}$$

10. ที่เอาต์เลตตัวบนสุดในสายที่ 2 เมื่อพิจารณาจากแบบแล้ว ระดับสัญญาณที่ตำแหน่ง (10) จะต่างกับที่ตำแหน่ง (5) เท่ากับการสูญเสียในสายที่แตกต่างกันอยู่ 10 เมตร ดังนั้น ระดับสัญญาณที่ 10 เมตร จะเป็น

$$74.25 \text{ dB}\mu\text{V} - 13 \times \frac{10}{100} \text{ dB} = 72.95 \text{ dB}\mu\text{V}$$

11. ในทำนองเดียวกัน ที่ตำแหน่ง (10) จะต่างกับตำแหน่ง (6) อยู่ 1.3 dB เพราะฉะนั้น ที่ตำแหน่งนี้จะมีระดับสัญญาณเป็น

$$72.36 \text{ dB}\mu\text{V} - 1.3 \text{ dB} = 71.06 \text{ dB}\mu\text{V}$$

12. มีระดับสัญญาณเป็น

$$\text{ข้อ 7} - 1.3 \text{ dB} = 70.47 - 1.3 = 69.17 \text{ dB}\mu\text{V}$$

13. มีระดับสัญญาณเป็น

$$\text{ข้อ 8} - 1.3 \text{ dB} = 68.85 - 1.3 = 67.55 \text{ dB}\mu\text{V}$$

14. มีระดับสัญญาณเป็น

$$\text{ข้อ 9} - 1.3 \text{ dB} = 66.69 - 1.3 = 65.39 \text{ dB}\mu\text{V}$$

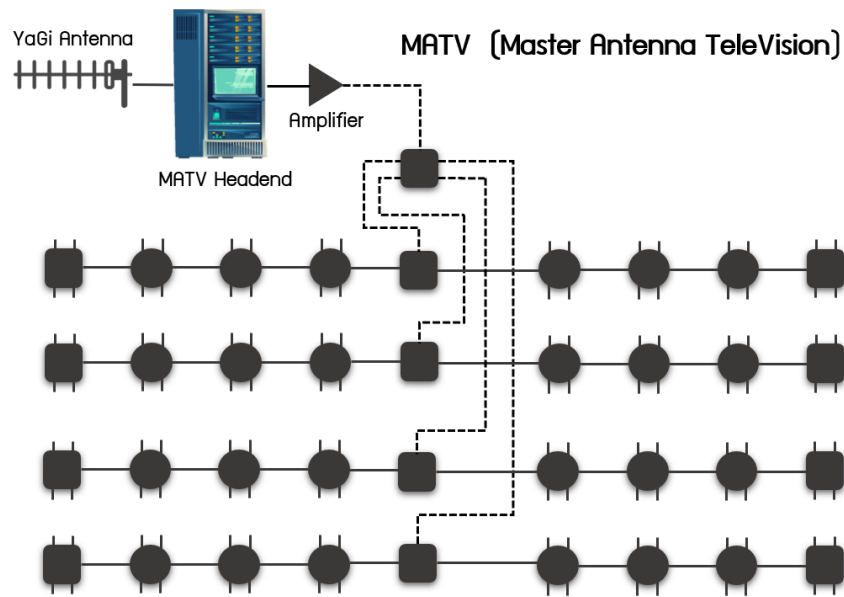
อนึ่ง ที่เอาต์เลตที่วิตัวปลายสุดในแต่ละสายจะต้องต่อไว้ด้วยความต้านทาน 75 โอห์ม เพื่อป้องกันการสะท้อนของสัญญาณที่ปลายสาย

### การออกแบบระบบ MATV

เมื่อเข้าใจวิธีการคำนวณระดับสัญญาณที่จุดต่าง ๆ ของระบบได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการออกแบบระบบ ซึ่งจะมีขั้นตอนและวิธีการออกแบบระบบ MATV เพื่อให้ผู้เรียนได้นำมาเป็นแนวทางในการออกแบบต่อไป

ขั้นตอนและวิธีการออกแบบระบบ MATV จากขั้นตอนและวิธีการดังกล่าวนี้ เราจะนำมารวบรวมเขียนเป็นแบบที่ใช้ในการปฏิบัติงาน แบบที่สมบูรณ์จะประกอบด้วยไดอะแกรม 3 อย่างต่อไปนี้ (บัณฑิต โรจน์อารยพันธ์. 2540 : 83-85) คือ

1. บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ซึ่งเป็นไดอะแกรมที่ระบุรายละเอียดของวิธีการรับและป้อนสัญญาณของระบบโดยระบุอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบทั้งหมดพร้อมทั้งการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้น โดยเขียนในลักษณะ ดังภาพที่ 6.4



ภาพที่ 6.4 ตัวอย่างบล็อกไดอะแกรม MATV

ที่มา : MATV (ม.ป.ป. : 1)

2. ไดอะแกรมของระดับสัญญาณ (Signal Level Diagram) ซึ่งเป็นไดอะแกรมที่แสดงระดับของสัญญาณตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง

3. ไดอะแกรมของการเดินสาย (Wiring Diagram) ซึ่งเป็นไดอะแกรมที่ระบุรายละเอียดของการเดินสาย ซึ่งรวมถึงการเดินท่อร้อยสายและการติดตั้งบ็อกซ์สำหรับติดอุปกรณ์ทั้งหลาย

ไดอะแกรมของการเดินสายนั้น จะใช้หลักการออกแบบเช่นเดียวกับในระบบไฟฟ้ากำลัง และไฟแสงสว่างธรรมดา กล่าวคือ การกำหนดขนาดของท่อร้อยสาย จะพิจารณาจากขนาดของสายและจำนวนสายที่ใช้ โดยให้พื้นที่หน้าตัดของสายรวมกันต่ำกว่า 30% ของพื้นที่หน้าตัดท่อ แสดงขนาดของท่อและชนิดของสายพร้อมทั้งจำนวนเส้นที่สามารถร้อยได้ สำหรับขนาดของบ็อกซ์นั้นก็พิจารณาจากขนาดและจำนวนของอุปกรณ์ที่จะทำการติดตั้ง เช่น ถ้าติดตั้งสปลิตเตอร์ หรือแท็พออฟตัวเล็ก ๆ เพียงตัวเดียวก็อาจจะใช้บ็อกซ์ขนาด 4x4x2 นิ้ว ได้ เป็นต้น และตัวอย่างของการออกแบบในคอนโดมิเนียมและโรงแรม ซึ่งเป็นระบบ MATV ขนาดกลางและขนาดใหญ่ กรณีของโรงแรมนั้น เนื่องจากมีปล่อง (Shaft) เดินท่อและเดินสายอยู่จึงสามารถใช้อุปกรณ์ในแนวตั้งได้ โดยเดินสายเมนลงทางปล่องดังกล่าวนี้ ดังตารางที่ 6.3

### ตารางที่ 6.3 ขนาดของท่อร้อยสาย กับชนิดและจำนวนเส้นของสาย

ขนาดท่อ (มม.)	ชนิดและจำนวนสาย	
15	3C - 2V x 1	
19	3C - 2V x 2	5C - 2V x 1
25	5C - 2V x 2	7C - 2V x 1
31	5C - 2V x 3	7C - 2V x 1
39	7C - 2V x 2	

ที่มา : บัณฑิต วิจารณ์ารยพันธ์ (2540 : 83)

#### การออกแบบระบบ CATV

ระบบ CATV ซึ่งย่อมาจาก Community Antenna Television System เป็นระบบสายอากาศร่วม เช่นเดียวกับระบบ MATV แต่มีส่วนรวมที่แตกต่างกันคือ ระบบ MATV นั้นเป็นระบบการป้อนสัญญาณในตัวอาคารเดียว ในขณะที่ระบบ CATV จะเป็นการป้อนสัญญาณในบริเวณที่กว้าง ๆ เช่น ป้อนเป็นหมู่บ้าน หรือ เป็นเมือง เป็นต้น ดังนั้น โดยทั่วไประบบ CATV จึงมีขนาดใหญ่กว่าระบบ MATV และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ก็จะแข็งแรงทนทานกว่าที่ใช้ในระบบ MATV ในส่วนนี้จะกล่าวถึง โครงสร้าง หลักการออกแบบ การคำนวณระดับสัญญาณ และตัวอย่างของระบบ CATV โครงสร้างของระบบ CATV ไว้ (บัณฑิต วิจารณ์ารยพันธ์. 2540 : 87-88) ดังนี้

ระบบ CATV ซึ่งเป็นระบบส่งสัญญาณโทรทัศน์ผ่านสายนำสัญญาณไปตามบ้านเป็นระบบส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่ใช้กันมานานแล้วเช่นเดียวกัน โดยใช้ในการส่งในหมู่บ้าน หรือในเมืองที่มีพื้นที่ไม่มากนัก ปัจจุบันระบบนี้นอกจากจะใช้ในลักษณะดังกล่าวแล้ว ยังใช้ในการแก้ปัญหาการรับภาพไม่ได้ในตัวเมืองที่มีตึกสูง ๆ ด้วย ในบางประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น ได้มีกฎหมายเกี่ยวกับเรื่องนี้ โดยบังคับให้ผู้ที่ทำการก่อสร้างตึกสูง ๆ ที่มีผลทำให้บ้านเรือนละแวกนั้นรับภาพโทรทัศน์ไม่ได้ (รับไม่ได้เพราะสัญญาณอ่อนมาก หรือมีภาพซ้อน) จะต้องติดตั้งระบบ CATV เพื่อป้อนสัญญาณโทรทัศน์ให้กับบ้านเรือนที่ได้รับผลกระทบนั้น ดังนั้นผู้สร้างตึกจะต้องทำการสำรวจทั้งทางภาคทฤษฎีและภาคสนาม ในการกำหนดบริเวณที่จะต้องทำการป้อน CATV ให้ตามกฎหมาย

ตามลักษณะการใช้งานดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้ระบบ CATV มีลักษณะแตกต่างกับระบบ MATV 2 ประการด้วยกัน คือ

1. ความยาวของสายนำสัญญาณจากเฮดเอนด์จนถึงปลายทางจะมีความยาวมากกว่าในระบบ MATV กล่าวคือ ในระบบ MATV ความยาวของสายจากเฮดเอนด์ถึงเอาต์เลตที่วิปลายทางที่อยู่ไกลที่สุดมักจะอยู่ในหลัก 100 เมตร ถึง 200 เมตร เป็นส่วนใหญ่ แต่ในระบบ CATV นั้น ความยาวนี้อาจจะเป็นหลายร้อยเมตรหรืออยู่ในหลักของกิโลเมตร เป็นต้น

2. การเดินสายและการติดตั้งอุปกรณ์ส่วนใหญ่จะต้องอยู่ภายนอกอาคาร

ข้อแตกต่าง 2 ประการดังกล่าวนี้ ทำให้ระบบ CATV ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มมากขึ้น และอุปกรณ์ที่ใช้ก็ต้องแข็งแรงทนทานกว่าที่ใช้ในระบบ MATV อุปกรณ์ที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนใหญ่ คือ

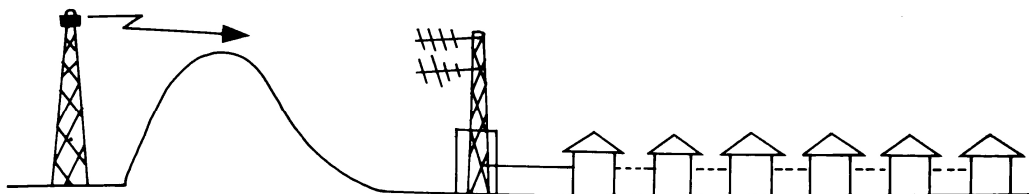


เครื่องขยายสัญญาณแบบต่าง ๆ ที่จะต้องเพิ่มเข้าไปในระบบเพื่อขยายสัญญาณที่ลดต่ำลงให้สูงขึ้น การลดต่ำลงของระดับสัญญาณนั้น เฉพาะส่วนที่ลดต่ำลงเนื่องจากความยาวของสายนำสัญญาณก็จะมีไม่น้อย ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าสายจากเฮดเอนด์ถึงปลายทางยาว 500 เมตร และใช้สายที่มีการสูญเสีย 8 dB/100 เมตร ที่ความถี่ช่องสูงสุดที่ใช้งาน ก็หมายความว่า เฉพาะการสูญเสียในสายจะเป็น 40 dB เมื่อรวมกับการสูญเสียในอุปกรณ์อื่น ๆ ก็จะมีค่าสูงขึ้น ซึ่งอาจจะสูงถึง 60-70 dB หรืออาจจะมากกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนหลังคาเรือนที่ต้องการป้อน และเนื่องจากสัญญาณเอาต์พุตจากเครื่องขยายในเฮดเอนด์ เป็นประมาณ 115-120 dB $\mu$ V จึงทำให้ระดับสัญญาณที่ปลายทางต่ำเกินไป ผลก็คือ ต้องติดตั้งเครื่องขยายสัญญาณระหว่างทาง

### อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ CATV

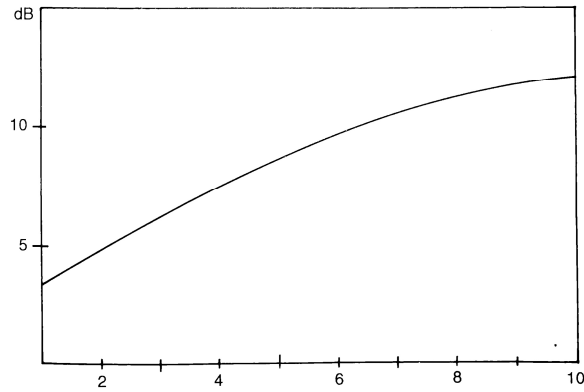
การป้อนสัญญาณในระบบ CATV นั้น เนื่องจากการป้อนสัญญาณที่เป็นพื้นที่กว้าง ๆ และจำนวนเอาต์เลตทีวีก็อาจจะมีจำนวนเป็นหลาย ๆ ร้อย หรือ หลาย ๆ พันจุดก็ได้ นอกจากนั้น การเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ยังอยู่ภายนอกอาคารเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นอุปกรณ์จึงจำเป็นต้องมีคุณสมบัติที่ดี และแข็งแรงทนทานกว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ MATV ธรรมดา ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ CATV โดยแยกเป็นอุปกรณ์ในเฮดเอนด์ อุปกรณ์ที่ใช้ระหว่างทาง สายนำสัญญาณและอุปกรณ์อื่น ๆ (บัณฑิต โรจน์อารยนนท์. 2540 : 88-92) ดังนี้

1. อุปกรณ์ในเฮดเอนด์ อาจแยกออกเป็นสายอากาศและอุปกรณ์ส่วนอื่นที่อยู่ในห้องเฮดเอนด์ โดยคำนึงถึงสายอากาศที่ใช้ในระบบ CATV นั้น โดยทั่วไปมักจะต้องมีคุณสมบัติเป็นพิเศษ ทั้งนี้เพราะเมื่อคำนึงถึงลักษณะการใช้งานที่ต้องรับสัญญาณในบริเวณที่มีความเข้มของสัญญาณต่ำ หรือบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนสูงในกรณีที่ใช้รับในบริเวณที่มีสัญญาณต่ำ เช่น ในหมู่บ้านชานเมือง หรือนอกเมืองที่ห่างจากสถานีส่งเป็นระยะทางหลาย ๆ สิบลิโลเมตรขึ้นไป หรือในบริเวณที่อยู่ในหุบเขา ในกรณีเช่นนี้ อาจจะต้องตั้งเสาสูงสำหรับติดตั้งสายอากาศ โดยที่ความสูงของเสาจะขึ้นอยู่กับระยะห่างจากสถานีส่ง และความสูงของสิ่งกีดขวาง นอกจากนั้นสายอากาศที่ติดตั้งก็ต้องมีอัตราขยายสูง ๆ เพื่อให้ระดับสัญญาณที่ได้รับได้จากสายอากาศสูงเพียงพอที่จะนำไปใช้งานต่อไป ดังภาพที่ 6.5



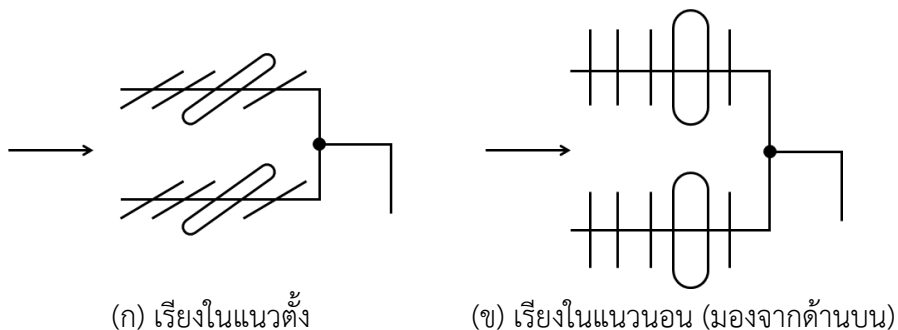
ภาพที่ 6.5 การติดตั้งสายอากาศบริเวณที่มีสัญญาณต่ำ  
ที่มา : บัณฑิต โรจน์อารยนนท์ (2540 : 89)

สัญญาณที่รับได้จะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอีเลเมนต์ของสายอากาศและอัตรา  
การขยายของสัญญาณ ดังภาพที่ 6.6



ภาพที่ 6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายและจำนวนอีเลเมนต์ของสายอากาศ  
ที่มา : บัณฑิต โรจน์อารยพันธ์ (2540 : 89)

อย่างไรก็ตามอัตราขยายของสายอากาศนี้จะสูงขึ้นตามจำนวนของอีเลเมนต์ที่ใช้ กล่าวคือ  
ในช่วงต้น ๆ การเพิ่มจำนวนอีเลเมนต์จะทำให้อัตราขยายเพิ่มขึ้นน้อยลง จึงทำให้กรณีที่ต้องการ  
อัตราขยายสูงมาก ๆ แทนที่จะใช้วิธีเพิ่มจำนวนอีเลเมนต์เราจะใช้วิธี สแตค (Stack) สายอากาศ คือ  
นำเอาสายอากาศที่มีโครงสร้างเหมือนกันมาเรียงกันในลักษณะที่เหมาะสม คือ จะเรียงซ้อนกันใน  
แนวตั้ง หรือเรียงตามแนวนอน ในกรณีที่น่ามาสแตคกันนี้ อัตราขยายของสายอากาศจะสูงขึ้นจาก  
สายอากาศแผงเดียวเป็น  $n$  เท่า เมื่อ  $n$  เป็นจำนวนแผงที่น่ามาสแตคกันนั้นคือ ถ้าสายอากาศแผง  
เดียวมีอัตราขยายเป็น  $G$  เท่า เมื่อสแตคกัน  $n$  แผง ก็จะมีอัตราขยายเป็น  $nG$  เท่า หรือเมื่อคิดเป็น dB  
แล้ว อัตราขยายจะสูงขึ้น  $10 \log n$  (dB) ดังภาพที่ 6.7



ภาพที่ 6.7 การสแตคสายอากาศ

ที่มา : บัณฑิต โรจน์อารยพันธ์ (2540 : 90)

ในการคำนวณอัตราการขยายเมื่อนำแผงมาเสตคกัน จะได้ค่าอัตราการขยายดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 อัตราขยายที่สูงขึ้นเมื่อเสตค n แผง

n	s	อัตราขยายที่สูงขึ้น (dB)
2	1	3
3		4.8
4	2	6
6		7.8
8	3	9
12		10.8
16	4	12
24		13.8
32	5	15

หมายเหตุ  $n = 2^s$

ที่มา : บัณฑิต วิจารณ์อารยพันธ์ (2540 : 90)

จากตารางที่ 6.4 แสดงอัตราการขยายที่สูงขึ้นเมื่อคิดเป็น dB จากตารางจะเห็นได้ว่าในช่วง n มีค่าน้อยอัตราการขยายจะเพิ่มขึ้นค่อนข้างสูง แต่เมื่อ n มีค่าสูงขึ้นโดยเฉพาะสูงกว่า 8 ขึ้นไป อัตราขยายที่เพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดต่ำลงมาก ทั้งนี้ก็เนื่องจากอัตราการเพิ่มอยู่ในรูป  $10 \log n$  (dB) นั้นเอง และถ้า n เขียนได้เป็น 2 โดยที่ s เป็นเลขจำนวนเต็ม เราจะได้อัตราการขยายที่เพิ่มขึ้นเป็น ดังสมการที่ 6.5

$$10 \log n = 10 \log 2 = s \times 10 \log 2 \text{ dB} \quad (6.5)$$

และเนื่องจาก  $10 \log 2 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$  นั้น คือ การที่จะให้ได้อัตราการขยายเพิ่มขึ้นทุก ๆ 3 dB นั้น จำนวนแผงจะต้องเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวทุก ๆ ครั้ง ซึ่งจะสังเกตได้จากตารางที่ 6.4 เช่นเดียวกัน

จากลักษณะการเพิ่มขึ้นของอัตราการขยายตามจำนวนอีเลเมนต์ ดังภาพที่ 6.7 และเพิ่มขึ้นตามจำนวนแผงตามตารางที่ 6.4 ดังนั้น ในกรณีที่ต้องการอัตราการขยายสูงจึงมักนำสายอากาศที่มีจำนวนอีเลเมนต์ประมาณ 10 อีเลเมนต์ ซึ่งมีอัตราการขยายประมาณ 12 dB มาทำการเสตคกัน และถ้าต้องการอัตราการขยายทั้งหมดเป็น 18 dB หรือเพิ่มขึ้น 6 dB ก็จะต้องเสตค 4 แผงด้วยกัน เป็นต้น อนึ่งในการรวมสัญญาณจากเสาอากาศ คล้าย ๆ แผงนั้นต้องใช้อุปกรณ์รวมสัญญาณ ซึ่งปกติจะมี 2 ทาง และแบบ 4 ทาง ดังภาพที่ 6.8



(ก) แบบ 2 ทาง



(ข) แบบ 4 ทาง

### ภาพที่ 6.8 อุปกรณ์รวมสัญญาณ

ที่มา : BNC T Connector (2017 : 1)

ในกรณีที่สัญญาณจากสายอากาศสูงเพียงพอที่จะนำไปป้อนแชลแนลแอมป์ต่อไปก็ไม่มีปัญหาอะไร แต่ถ้าระดับสัญญาณที่ได้รับต่ำกว่าเกินไป เช่น ต่ำกว่า 50 dB $\mu$ V ลงมาก็จำเป็นต้องติดตั้งเครื่องขยายปรีแอมป์ที่สายอากาศเสียก่อนแล้วจึงส่งมายังที่ห้องเฮตเอนด์ และการส่งมาที่ห้องเฮตเอนด์นั้น สายนำสัญญาณที่ใช้จะต้องมีอัตราการสูญเสียต่ำโดยเฉพาะถ้าระยะจากสายอากาศมายังห้องเฮตเอนด์ไกลมากเป็นหลาย ๆ สิบเมตรหรือเป็นร้อยเมตรขึ้นไป สายที่ใช้จะต้องดีกว่าสาย 7C-2V ขึ้นไป และถ้าเป็นการเดินสายอยู่ภายนอกตัวอาคารก็ต้องใช้สายแบบทนแดดและกันน้ำได้ นอกจากนี้ถ้าสายอากาศกับห้องเฮตเอนด์ต้องอยู่ห่างกันมากดังกล่าว ก็จำเป็นต้องใช้คอมไบเนอร์ในการรวมสัญญาณจากสายอากาศหลาย ๆ ช่องเข้าด้วยกันแล้วส่งมาโดยใช้สายเส้นเดียว จะทำให้ประหยัดกว่าเมื่อส่งลงมาด้วยวิธีนี้ที่ปลายสายก็จะต้องมีอุปกรณ์แยกสัญญาณช่องต่าง ๆ เพื่อป้อนแชลแนลแอมป์ต่อไป

สำหรับอุปกรณ์ในห้องเฮตเอนด์นั้น ส่วนใหญ่จะเหมือนที่ใช้ในระบบ MATV คือ ประกอบด้วยแชลแนลแอมป์เป็นหลักและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น เช่น แชลแนลคอนเวอร์เตอร์ อาร์เอฟมอดูเลเตอร์ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แชลแนลแอมป์ที่ใช้กัน CATV ควรจะมี AGC ติดอยู่ด้วยเพื่อให้การจ่ายสัญญาณมีเสถียรภาพยิ่งขึ้น สำหรับแชลแนลคอนเวอร์เตอร์นั้นถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ต้องเลือกใช้ชนิดที่มีคุณสมบัติ เพื่อให้สัญญาณช่องใหม่ที่ส่งออกไปมีคุณภาพดี สำหรับอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ก็เช่นเดียวกัน จะต้องเลือกใช้ชนิดที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกัน เพราะกว่าที่สัญญาณจะผ่านไปถึงเอาต์เลตทีวีที่ปลายทางอาจจะต้องผ่านเครื่องขยายสัญญาณอีกหลายเครื่องซึ่งมีคุณภาพของสัญญาณจะเลวลงเรื่อย ๆ ดังนั้นจึงต้องทำสัญญาณที่ต้นทางที่มีคุณภาพดีไว้

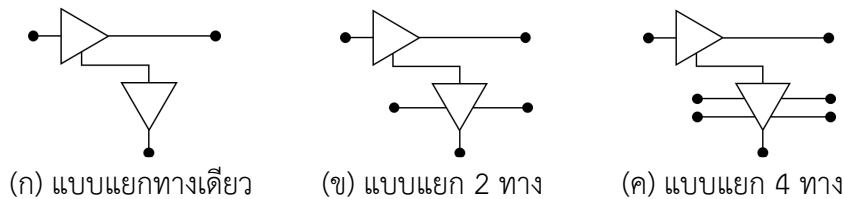
อุปกรณ์ในห้องเฮตเอนด์ที่จำเป็นอีกชิ้นหนึ่ง คือ เพาเวอร์ซัพพลาย ที่ใช้จ่ายกระแสให้กับเครื่องขยายสัญญาณที่อยู่ระหว่างทาง ระบบ CATV นั้น เครื่องขยายสัญญาณที่ใช้ในสายเมนระหว่างทางนั้น เราจะพึ่งพาเวอร์ซัพพลายจากเฮตเอนด์เป็นหลัก จึงจำเป็นต้องมีเพาเวอร์ซัพพลายสายยูนิต์พร้อมกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการรวมโวลเตจ จากเพาเวอร์ซัพพลายเข้ากับสัญญาณโทรทัศน์เพื่อป้อนเข้าสู่สายเมนร่วมกัน และเนื่องจากในระบบ CATV (ในระบบ MATV ก็เช่นเดียวกัน) การป้อนเพาเวอร์ให้แก่เครื่องขยายสัญญาณจากตำแหน่งที่อยู่ห่างไกลมักป้อนด้วยไฟ AC โวลเตจต่ำ คือประมาณ 24-30 V ดังนั้น เอาต์พุตของเพาเวอร์ซัพพลายจะเป็นไฟ AC 30 V สำหรับกระแสที่เมื่อคิดถึงด้านความ

ปลอดภัยจะถูกจำกัดไว้ที่ค่าค่าหนึ่ง เช่น ของประเทศญี่ปุ่น จำกัดไว้ที่ 3A ซึ่งทำให้สามารถป้อนเพาเวอร์ได้ 90AV เป็นต้น

2. อุปกรณ์ที่ใช้ระหว่างทาง ในทางระบบ CATV จะแตกต่างกับในระบบ MATV ค่อนข้างมาก ในระบบ CATV ต้องใช้เครื่องขยายสัญญาณระหว่างทางเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้ก็เพื่อรักษาระดับสัญญาณที่ปลายทางได้สูงเพียงพอ เครื่องขยายสัญญาณที่ใช้ระหว่างทางมีอยู่หลายแบบด้วยกัน (บัณฑิต โรจน์อารยนนท์. 2540 : 94-99) ดังต่อไปนี้

2.1 ทังก์แอมพลิไฟเออร์ (Trunk Amplifier ย่อว่า TA) เครื่องขยายสัญญาณชนิดนี้ จะใช้ในการขยายสัญญาณในสายเมนใหญ่ หรือสายทังก์เพียงอย่างเดียว ดังนั้น จะใช้ตำแหน่งที่ระดับสัญญาณลดต่ำลงเพื่อให้มีระดับสัญญาณสูงขึ้นเพียงอย่างเดียว

2.2 ทังก์บริดจิงแอมพลิไฟเออร์ (Trunk Bridging Amplifier ย่อว่า TBA) เครื่องขยายสัญญาณแบบนี้ ใช้ในการขยายสัญญาณในสายทังก์ และในสายบรานช์ (Branch Line) ที่แยกออกไป สายบรานช์ที่แยกออกไปโดยทั่วไปจะมีแบบทางเดียว 2 ทาง และ 4 ทาง เมื่อเขียนการทำงานของเครื่องขยายแบบนี้ในรูปของไดอะแกรมแล้ว จะเป็น ดังภาพที่ 6.9



ภาพที่ 6.9 ลักษณะการทำงานของทังก์บริดจิงแอมพลิไฟเออร์  
ที่มา : บัณฑิต โรจน์อารยนนท์ (2540 : 94)

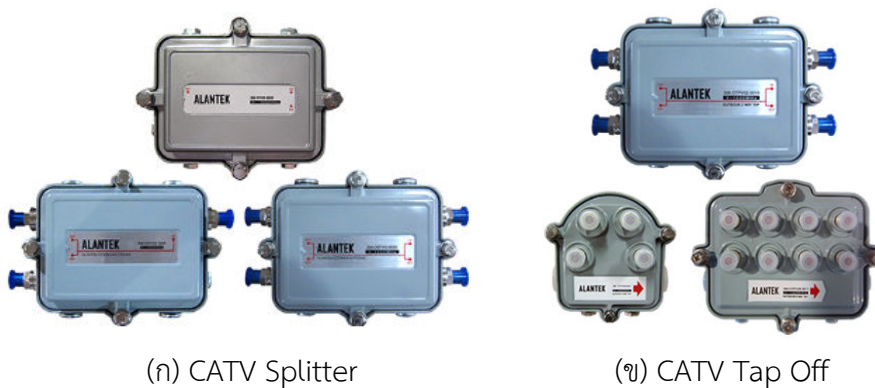
เครื่องขยายสัญญาณแบบนี้จะใช้ในกรณีที่ต้องการนำสัญญาณจากสายบรานช์ไปป้อนให้กับกลุ่มบ้านเป็นจำนวนหลาย ๆ หลังด้วยกัน จึงมีความจำเป็นต้องขยายสัญญาณในบรานช์ด้วย คุณสมบัติของเครื่องขยายสัญญาณแบบทังก์บริดจิงแอมพลิไฟเออร์จะมีอัตราขยายในสายบรานช์จะสูงกว่าในสายทังก์ ที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องจากการรักษาคุณภาพของสัญญาณในสายทังก์เอาไว้ ในขณะเดียวกันก็รักษาระดับของสัญญาณไว้ด้วย ส่วนในสายบรานช์นั้น เนื่องจากการป้อนไปยังกลุ่มบ้านหลาย ๆ หลัง และส่วนใหญ่จะไม่นำไปขยายอีกจึงทำการขยายได้เต็มที่ตามต้องการ ลักษณะภายนอกของแอมพลิไฟเออร์ ดังภาพที่ 6.10



ภาพที่ 6.10 ลักษณะภายนอกของแอมพลิไฟเออร์แบบต่าง ๆ  
ที่มา : Outdoor Amplifier (n.d. : 1)

2.3 เอกซ์เทนชันแอมพลิไฟเออร์ (Extension Amplifier ย่อว่า EA) เครื่องขยายสัญญาณแบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้ในการขยายสัญญาณในสายบรานซ์ที่แยกออกมาจากสายทรีนค์แล้ว

2.4 สปลิตเตอร์และแท็ปออฟ อุปกรณ์แยกสัญญาณแบบสปลิตเตอร์และแท็ปออฟก็มีใช้มากเช่นเดียวกันในระบบ CATV ลักษณะวงจรและการทำงานก็เหมือนใน MATV ทุกประการ จะต่างก็ตรงที่ต้องการเป็นแบบที่ติดตั้งภายนอกอาคารได้ ตัวอย่างรูปร่างภายนอกของสปลิตเตอร์และแท็ปออฟแบบที่ใช้ภายนอกอาคาร ซึ่งเป็นแบบกล่องอะลูมิเนียมหล่อและกันน้ำได้ เช่นเดียวกับกล่องของเครื่องขยายสัญญาณ ดังภาพที่ 6.11



(ก) CATV Splitter

(ข) CATV Tap Off

ภาพที่ 6.11 ตัวอย่างสปลิตเตอร์และแท็ปออฟ  
ที่มา : Splitter (n.d. : 1)

2.5 เครื่องป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Arrestor) นับว่าเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นอีกชิ้นหนึ่งในระบบ CATV อุปกรณ์นี้จะใช้ต่ออนุกรมในสายทรีนค์หรือสายบรานซ์ของระบบ เพื่อป้องกันแรงดันจากฟ้าผ่าไปทำลายอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบได้ ดังภาพที่ 6.12



ภาพที่ 6.12 ตัวอย่างเครื่องป้องกันฟ้าผ่า

ที่มา : Generic Antenna Lightning Protection (2017 : 1)

2.6 สายนำสัญญาณ (Coaxial Cable) สายนำสัญญาณที่ใช้ในระบบ CATV นอกจากจะต้องมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีแล้ว คุณสมบัติทางกลก็ต้องดีเช่นเดียวกัน โดยทั่วไปสารไดอิเล็กทริกที่ใช้จะเป็นโพลีเอทิลีนแบบโฟม และฉนวนหุ้มภายนอกก็ต้องมีความเหนียวและทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ สายเบอร์ใหญ่จะใช้เป็นสายทรีซ และสายเบอร์เล็กจะใช้เป็นสายบรานซ์ อนึ่งในการคิดความยาวสายนั้น สำหรับสายทรีซต้องคิดเป็น 12 เท่าของความยาวที่ปรากฏในแบบ และถ้าเป็นสายบรานซ์ให้คิดเป็น 1.1 เท่า นอกจากนั้นต้องเผื่อการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติตามอุณหภูมิและการเสื่อมสภาพ โดยเผื่อการสูญเสียสูงขึ้น 4% (เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 20°C) และ 10% สำหรับสาเหตุทั้งสอง ตามลำดับ สายโคแอกเชียลที่ใช้ในงาน CATV มีลักษณะภายนอก ดังภาพที่ 6.13



ภาพที่ 6.13 ลักษณะภายนอกของสายโคแอกเชียลสำหรับงาน CATV

ที่มา : Helukabel (2015 : 342)

จากลักษณะภายนอกของสายนำสัญญาณโคแอกเชียล สามารถพิจารณาจากคุณสมบัติของสายนำสัญญาณของแต่ละบริษัทที่ผลิตขึ้นมาตามแต่ละชนิดของการใช้งาน โครงสร้างของวัสดุ และค่าอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณแต่ละชนิด กำหนดเป็นคุณสมบัติเฉพาะ ดังภาพที่ 6.14

used as Type	0.7/4.4 ALG	Underground 1.1/7.3 ALG	Outdoor span 1.1/7.3 ALG-T	Underground 1.8/11.5 FG
Part no.	40135	40139	40140	40141
<b>Cable structure</b>				
Inner conductor diameter mm	0,7	1,1	1,1	1,8
	Copper, bare	Copper, bare	Copper, bare	Copper, bare
Insulation Ø mm	4,4 PE	7,3 PE	7,3 PE	11,5 PE
Outer conductor	Polyester foil coated with aluminium on both sides	Polyester foil coated with aluminium on both sides	Polyester foil coated with aluminium on both sides	Copper tape
	Braid	Braid	Braid	Braid
	-	-	-	-
Outer sheath	PVC	PE	PE	PE
Sheath colour	white	black	black	black
Outer Ø approx. mm	6,6	10,5	2,8	15,0
Min. bending radius approx. mm	35	100	150	150
Strain/suspending wire N	-	-	5500	-
Weight approx. kg / km	44	98	177	218
<b>Electrical characteristics</b>				
<b>Impedance (Ohm)</b>	<b>75 ± 3</b>	<b>75 ± 3</b>	<b>75 ± 3</b>	<b>75 ± 3</b>
Capacitance pF/m	67	67	67	67
Propagation velocity v/c	0,7	0,7	0,7	0,7
Attenuation at 20°C (db/100m)				
100 MHz	9	5,2	5,2	3,5
200 MHz	12	7,3	7,3	5,2
500 MHz	21,2	12,6	12,6	9
800 MHz	27,5	16,8	16,8	12
950 MHz	30,5	18,8	18,8	13
1350 MHz	37	23	23	-
1750 MHz	43	27,7	27,7	-
2050 MHz	47,5	30,2	30,2	-
Structural return loss min. (dB) between				
30 and 300 MHz	30	32	32	30
300 and 600 MHz	30	32	32	30
600 and 960 MHz	25	30	30	28
960 and 1750 MHz	23	27	27	25

ภาพที่ 6.14 คุณสมบัติของสายโคแอกเชียลสำหรับงาน CATV

ที่มา : Helukabel (2015 : 342)

### หลักการออกแบบและคำนวณระดับสัญญาณในระบบ CATV

ในการออกแบบ CATV จุดมุ่งหมายหลัก ก็คือ ต้องออกแบบให้สัญญาณที่ปลายทางมีคุณภาพดี ในขณะที่เดียวกันราคาของระบบต้องต่ำและไม่ส่งคลื่นรบกวนออกไป เนื่องจากอุปกรณ์และสายนำสัญญาณรวมทั้งค่าเดินสายติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหลายในระบบนี้มีราคาสูง ในการออกแบบจึงต้องศึกษารายละเอียดตรง ๆ อย่างถี่ถ้วน หัวข้อพื้นฐานที่จะต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบ (บัณฑิตโรจน์อารยพันธ์. 2540 : 100-102) มีดังนี้

1. หลักการออกแบบระบบ CATV



1.1 การเลือกสายอากาศและตำแหน่งติดตั้งสายอากาศ นับว่าเป็นเรื่องสำคัญมากเป็นเป้าหมายสำคัญสำหรับกรณีนี้คือ

1.1.1 ระดับสัญญาณของช่องต่าง ๆ ที่รับได้ต้องสูงกว่า 50 dB $\mu$ V

1.1.2 ระดับสัญญาณของช่องต่าง ๆ ที่รับได้จะต้องไม่แตกต่างกันมาก

1.1.3 สัญญาณที่รับได้จะต้องไม่มีสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ปะปนเข้ามา เช่น สัญญาณภาพซ้อนหรือสัญญาณจากแหล่งรบกวนอื่น ๆ

1.1.4 กรณีที่เป็นบริเวณที่มีเฟดดิ้ง (Fading) เกิดขึ้น ช่วงของเฟดดิ้งจะต้องแคบจนไม่เป็นปัญหา

การติดตั้งสายอากาศให้ได้ตามความต้องการทั้งหมดข้างบนนั้น บางครั้งอาจจะต้องติดตั้งสายอากาศของแต่ละช่องในตำแหน่งที่ห่างกันบ้าง แต่ในกรณีทั่วไปก็ควรพิจารณาหาตำแหน่งติดตั้งที่สามารถติดตั้งให้เสาอากาศของช่องต่าง ๆ อยู่ใกล้ ๆ กันได้

1.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบจะต้องมีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

1.2.1 จะต้องไม่ปล่อยให้มีคลื่นรบกวนออกไประดับที่เป็นปัญหา

1.2.2 คุณภาพของสัญญาณที่ออกจากสปลิตเตอร์หรือแท็ปออฟ เพื่อป้องกันเข้าสู่บ้านผู้ใช้ ดังตารางที่ 6.5

#### ตารางที่ 6.5 คุณภาพของสัญญาณที่เอาต์เลตทีวีในระบบ CATV

หัวข้อ	คุณสมบัติ
1. ระดับสัญญาณ	65-80 dB $\mu$ V
2. ความแตกต่างของระดับสัญญาณระหว่างช่อง	ต้องไม่เกิน 10 dB
3. Hum Modulation	ต่ำกว่า -50 dB
4. การตอบสนองความถี่ในแต่ละช่อง	ต้องดีกว่า $\pm 3$ dB เมื่อเปรียบเทียบกับความถี่พาห้ของสัญญาณภาพ
5. C/N (ช่วงความถี่ 4 MHz)	สูงกว่า 38 dB
6. Cross Modulation	ต่ำกว่า -40 dB
7. Inter-Modulation	ต่ำกว่า -50 dB
8. การสะท้อนในสายนำสัญญาณ	ต่ำกว่า -30 dB

ที่มา : บัณฑิต โรจน์อารยพันธ์ (2540 : 100)

1.2.3 ผลของอุณหภูมิรอบ ๆ สำหรับกรณีของประเทศไทย อุปกรณ์ต่าง ๆ ควรจะทำงานได้จนถึงอุณหภูมิ 45°C ขึ้นไป

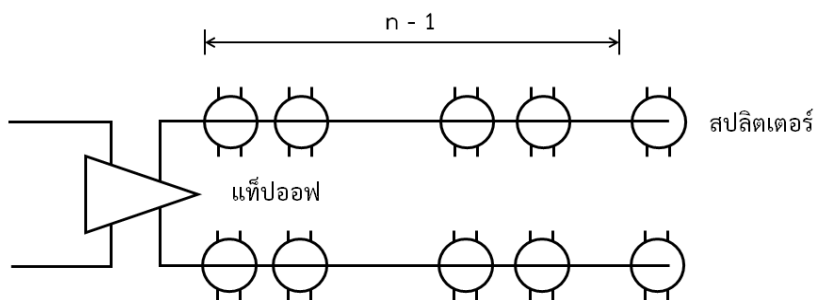
1.2.4 การเลือกใช้ระบบมาตรฐานขนาดของระบบ CATV นั้นจะแตกต่างกันได้มากมาย บางแห่งอาจจะประกอบด้วยบ้านไม่กี่สิบหลัง แต่บางแห่งอาจจะเป็นหลายร้อยหลัง เป็นต้น ในการออกแบบนั้นถ้าสามารถเลือกใช้ระบบมาตรฐานที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับกรณีนั้น ก็จะทำให้การออกแบบและการติดตั้งสะดวกขึ้น สำหรับระบบมาตรฐานที่คิดว่าเหมาะสมนั้นจะกล่าวไว้ในหัวข้อต่อไป

## 2. ระบบมาตรฐานและการคำนวณระดับสัญญาณ

2.1 การแบ่งเป็นกลุ่มย่อย เมื่อคำนึงถึงว่าระบบ CATV จะมีการใช้มากสำหรับหมู่บ้านจัดสรรหรือทาวน์เฮาส์ที่อยู่ตามชานเมืองหรือนอกเมืองออกไป ลักษณะดังกล่าวนี้ทำให้สามารถจัดทำเป็นระบบมาตรฐานได้ระบบมาตรฐานที่จะเสนอไว้ในที่นี้ จะมีแนวคิดร่วมกันอยู่ประการหนึ่ง คือ การแบ่งกลุ่มย่อยโดยให้แต่ละกลุ่มย่อยป้อนได้ด้วยทรังก์บริดจิ่งแอมพลิไฟเออร์ 1 ชุด ในการกำหนดจำนวนบ้านที่เหมาะสมนั้นสามารถคำนวณได้ดังนี้ คือ ถ้าให้ทรังก์บริดจิ่งแอมพลิไฟเออร์ที่ใช้มี 4 เอาต์พุต เมื่อนำแต่ละเอาต์พุตป้อนให้สายบรานช์ ซึ่งในแต่ละสายบรานช์นี้ถ้าใช้แท็ปออฟแบบ 4 ทาง เป็นจำนวน (n-1) และตัวสุดท้ายใช้เป็นสปลิตเตอร์แบบ 4 ทาง เมื่อทำตามเงื่อนไขที่กล่าวมานี้ก็จะสามารถคำนวณจำนวนบ้าน N ในหนึ่งกลุ่มย่อยได้ ดังสมการที่ 6.6

$$N = 4 \times 4n \quad (6.6)$$

สำหรับจำนวนแท็ปออฟที่สามารถใช้ได้ นั้น คือ จำนวนหลังคาเรือนที่เหมาะสมในหนึ่งกลุ่มย่อยนั้นจะขึ้นอยู่กับความห่างระหว่างบ้าน ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการสูญเสียในสาย กล่าวคือ ถ้าเป็นลักษณะของทาวน์เฮาส์ซึ่งตัวบ้านอยู่ใกล้กันก็จะสามารถใช้แท็ปออฟจำนวนมากตัวได้ จำนวนหลังคาเรือนก็จะมาก แต่ถ้าเป็นหมู่บ้านจัดสรรที่แต่ละบ้านมีพื้นที่มาก ๆ จำนวนแท็ปออฟที่สามารถใช้ได้ก็จะน้อยลง โดยสามารถเขียนโครงสร้าง ดังภาพที่ 6.15



ภาพที่ 6.15 โครงสร้างของกลุ่มย่อย

ที่มา : บัณฑิต โรจน์อารยพันธ์ (2540 : 101)

จากภาพที่ 6.15 สามารถออกแบบจากจำนวนหลังคาเรือนและจำนวนแท็ปออฟที่ใช้ สรุปได้ดังตารางที่ 6.6

**ตารางที่ 6.6** ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนหลังคาเรือนกับจำนวนแท่งปออฟที่ใช้

n (หลังคาเรือน)	1	2	3	4	5	6
N (จำนวนแท่งปออฟ)	16	32	48	64	80	96

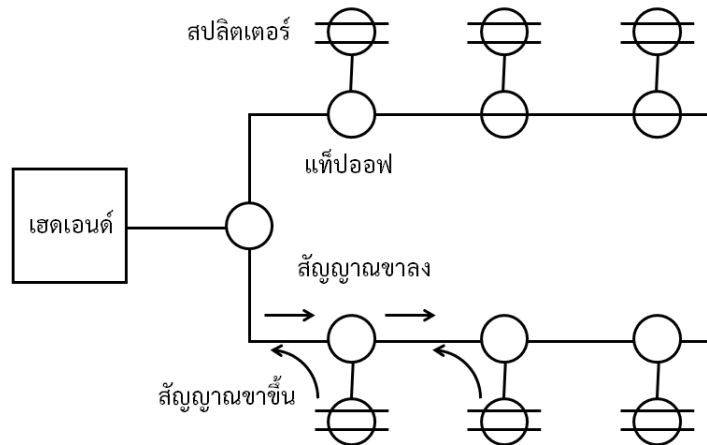
ที่มา : บัณฑิต วิจารณ์ารยพันธ์ (2540 : 102)

2.2 ระบบมาตรฐานแบบต่าง ๆ ระบบมาตรฐานแบบต่าง ๆ ที่กล่าวต่อไปนี้เป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับกรณีต่าง ๆ กล่าวคือ เหมาะสมสำหรับกรณีที่จำนวนหลังคาเรือนมีมากเป็นหลาย ๆ ร้อยหลังคาขึ้นไปหมู่บ้านตามชนบท และหมู่บ้านที่บ้านแต่ละหลังอยู่ห่างกัน ในระบบมาตรฐานแต่ละแบบจะคำนึงถึงคุณภาพของสัญญาณที่ปลายทางว่าจะต้องได้ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น ดังตารางที่ 6.5

ระบบมาตรฐานทั้งสองแบบที่กล่าวมานี้ นับว่าเป็นระบบที่สามารถนำไปใช้ได้ทั่วไป แต่ในการใช้งานจริงต้องมีการดัดแปลงเพื่อให้เข้ากับสภาพจริงบ้าง หรือบางครั้งอาจจะต้องเปลี่ยนแปลงรูปแบบตามความเหมาะสม อย่างไรก็ตาม แนวความคิดเกี่ยวกับการแบ่งเป็นกลุ่มย่อยและการจัดเป็นระบบมาตรฐานก็ถือได้ว่ามีความสะดวกทั้งในด้านการออกแบบและการติดตั้งเป็นอย่างมาก

### ระบบ CATV แบบ 2 ทาง

ระบบ CATV โดยทั่วไปนั้นจะเป็นแบบทางเดียว คือ สัญญาณต่าง ๆ จะถูกส่งออกไปจากเฮดเอนด์ไปยังเครื่องรับที่อยู่ปลายทางเพียงทางเดียว โดยทางด้านปลายทางจะไม่สามารถส่งสัญญาณย้อนกลับมาที่อุปกรณ์เฮดเอนด์ได้ ในระบบ CATV แบบ 2 ทางนี้ นอกจากสัญญาณจะถูกส่งออกจากเฮดเอนด์ไปยังปลายทางแล้วการส่งสัญญาณจากปลายทางก็จะสามารถทำได้เช่นเดียวกัน ระบบ CATV แบบ 2 ทางนี้ นับว่าทำให้การบริการดีขึ้นมาก และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ในระบบการศึกษาในโรงเรียน หรือใช้ในระบบรักษาความปลอดภัยสำหรับหมู่บ้าน หรือคอนโดมิเนียม เป็นต้น มีรูปแบบโครงสร้างของระบบ CATV แบบ 2 ทาง (บัณฑิต วิจารณ์ารยพันธ์. 2540 : 107-108) ดังภาพที่ 6.16



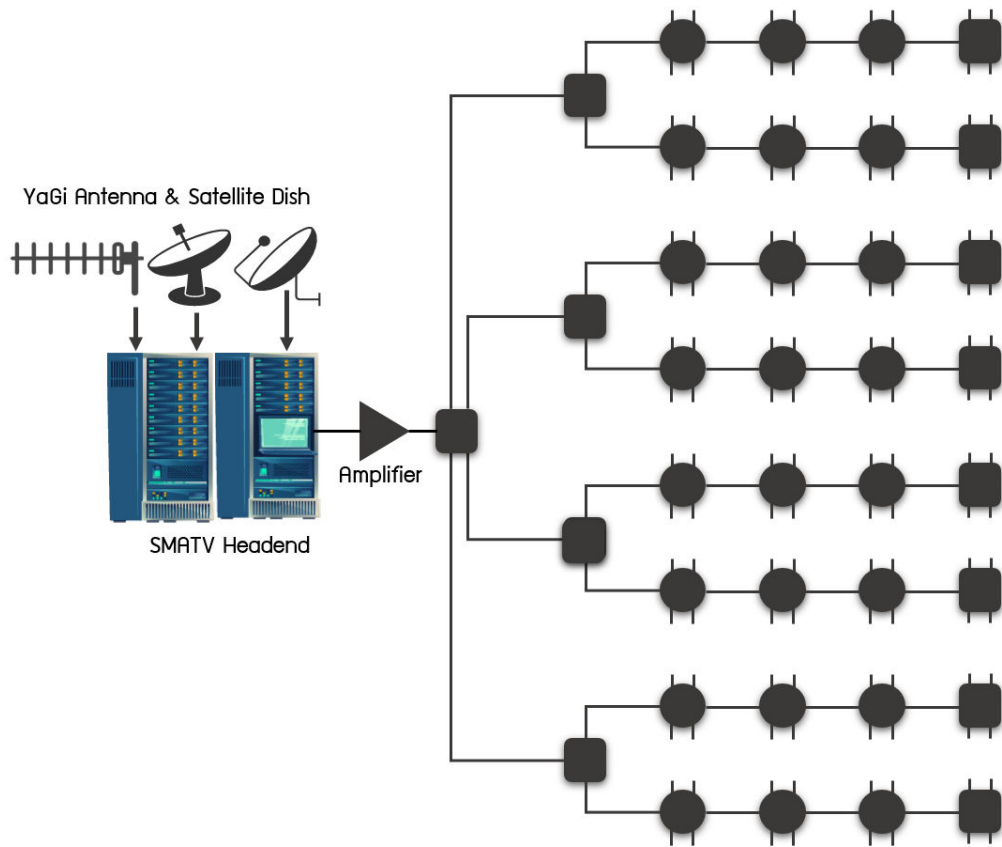
ภาพที่ 6.16 โครงสร้างของระบบ CATV แบบ 2 ทาง  
ที่มา : บัณฑิต โรจน์อารยพันธ์ (2540 : 107)

### ระบบอื่น ๆ ในการแพร่ภาพ

นอกจากระบบการแพร่สัญญาณภาพและส่งสัญญาณ MATV และ CATV ไปยังจุดต่าง ๆ ของอาคารและภายนอกอาคารแล้ว ยังมีระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง และเป็นพัฒนาการของระบบการแพร่ภาพตามเทคโนโลยีที่ใช้ ดังนี้

#### 1. ระบบ SMATV

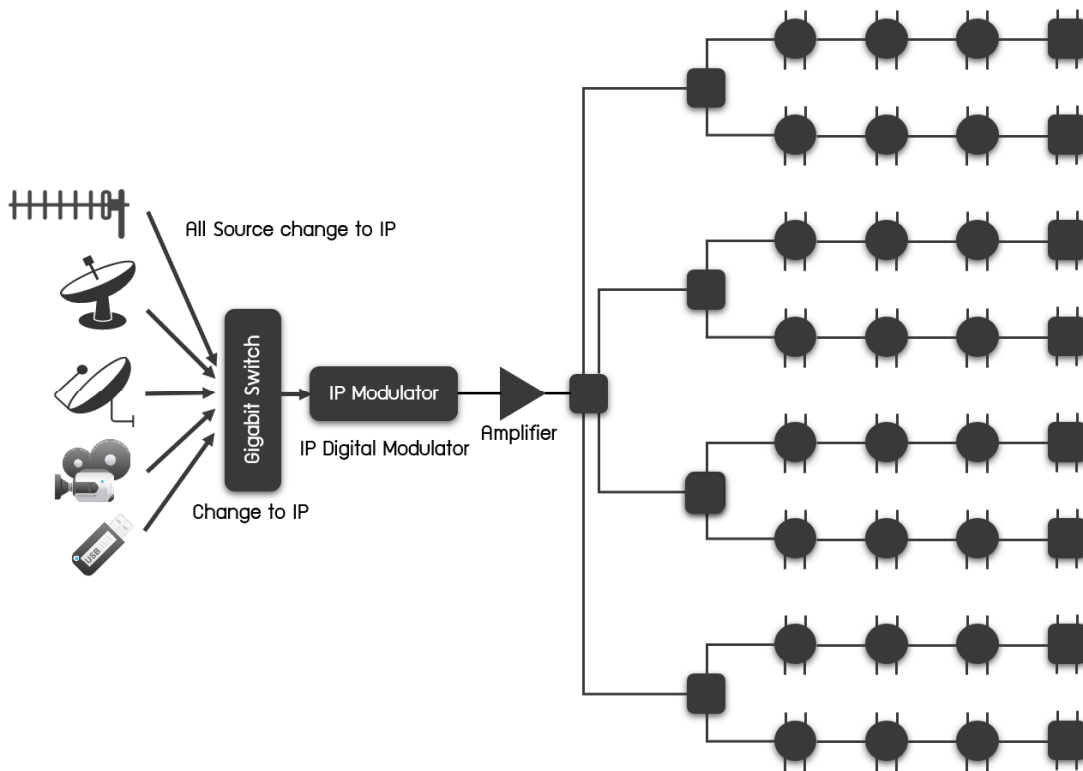
ระบบ SMATV ย่อมาจาก Satellite Master Antenna Television Systems หรือย่อมาจาก Single Master Antenna Television แล้วแต่จะเรียกว่าอย่างไร เป็นระบบที่วิวัฒนาการที่ออกแบบมาสำหรับอาคารสูง ที่พัฒนามาจากระบบ MATV เพื่อนำไปใช้ในธุรกิจ โรงแรม อพาร์ทเมนต์ คอนโดมิเนียม แฟลต อาคารชุด ความแตกต่างคือ การทำระบบ SMATV นั้นเป็นการตั้งเสาอากาศเพียงชุดเดียวเพื่อรับสัญญาณโทรทัศน์และวิทยุ FM โดยแผงเสาอากาศ และมีการนำรายการโทรทัศน์ที่รับจากจานดาวเทียม หรือรายการโทรทัศน์ที่ผลิตเอง (Hotel Information) มาผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า Channel Amplifier หรือ Modulator ทำให้สามารถส่งช่องรายการได้เพิ่มขึ้น และนำสัญญาณทั้งหมดมาจัดระดับให้เท่ากันที่เหมาะสมเพื่อจ่ายเข้าสู่โครงข่ายสายโคแอกเซียลภายในอาคาร โดยมีการวางตำแหน่งอุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Booster) ที่เหมาะสม วางตำแหน่งอุปกรณ์แยกสัญญาณ (Splitter & Tap-Off) ที่เหมาะสม จะสามารถให้คุณภาพความคมชัดใกล้เคียงกันทุกจุดรับชม การทำระบบ SMATV นั้นหากต้องการคุณภาพควรเลือกใช้วิศวกรหรือช่างเทคนิคที่มีความรู้ สามารถคำนวณค่าสัญญาณได้ และกระบวนการตรวจรับงานต้องสามารถตรวจเช็ค 2 ส่วน คือ สัญญาณได้ระดับใกล้เคียงกันทุกจุดโดยมีระดับสัญญาณไม่น้อยกว่า +65dBuV (+5dBm) และให้สัญญาณภาพมีความคมชัด เช่นเดียวกับกับระบบ MATV ระบบ SMATV มีไดอะแกรมของระบบ (SMATV, n.d. : 1) ดังภาพที่ 6.17



ภาพที่ 6.17 ไดอะแกรมระบบ SMATV  
ที่มา : SMATV (n.d. : 1)

## 2. ระบบ DMATV หรือ DSMATV

DMATV เป็นคำศัพท์ใหม่ที่ย่อมาจาก Digital Master Antenna Television Systems หรือบางกรณีอาจเรียกรวม ๆ ว่า DSMATV ที่ย่อมาจาก Digital Satellite Master Antenna Television Systems เป็นคำศัพท์ใหม่ที่เราจะพบในบ้านเรา หมายถึง “ระบบโทรทัศน์รวมศูนย์แบบดิจิทัลที่ออกแบบมาสำหรับอาคารสูง” ซึ่งปัจจุบันเชื่อว่าทุกอาคารน่าจะต้องมีทั้งเสาอากาศและจานดาวเทียมเป็นชุดรับอยู่แล้ว จึงไม่ได้แบ่งแยกกว่าควรใช้คำว่า DMATV หรือ DSMATV ดีกว่ากัน หากสถานประกอบการต้องการทำระบบที่วิวัฒนาการแบบ DMATV หรือ DSMATV สิ่งจำเป็นที่สุด คือ เครื่องรับโทรทัศน์ในห้องพักต้องรองรับระบบโทรทัศน์ดิจิทัลแบบ DVB-T2 ตามข้อกำหนด กสทช. หรือต้องใช้กล่อง DVB-T2 ตามข้อกำหนด กสทช. ต่อเข้าเครื่องรับโทรทัศน์รุ่นเก่าจึงจะสามารถรับชมได้ การส่งสัญญาณระบบที่วิวัฒนาการแบบ DMATV หรือ DSMATV มีความแตกต่างจากระบบ MATV และ SMATV แบบเก่า คือ จะสามารถรับชมระบบโทรทัศน์ดิจิทัลพื้นฐานได้ถึง 27 ช่องรายการ (มีช่องความคมชัดสูงสุดระดับ Full HD ถึง 10 ช่อง) หรือมีรายการอื่นๆ ที่น่าสนใจที่รับจากจานดาวเทียมเพิ่มเติม ขึ้นกับเงื่อนไขของสถานประกอบการ ระบบ DMATV หรือ DSMATV มีไดอะแกรมของระบบ (DMATV & DSMATV. ม.ป.ป. : 1) ดังภาพที่ 6.18



ภาพที่ 6.18 ไดอะแกรมระบบ DMATV หรือ DSMATV  
ที่มา : DMATV & DSMATV (ม.ป.ป. : 1)

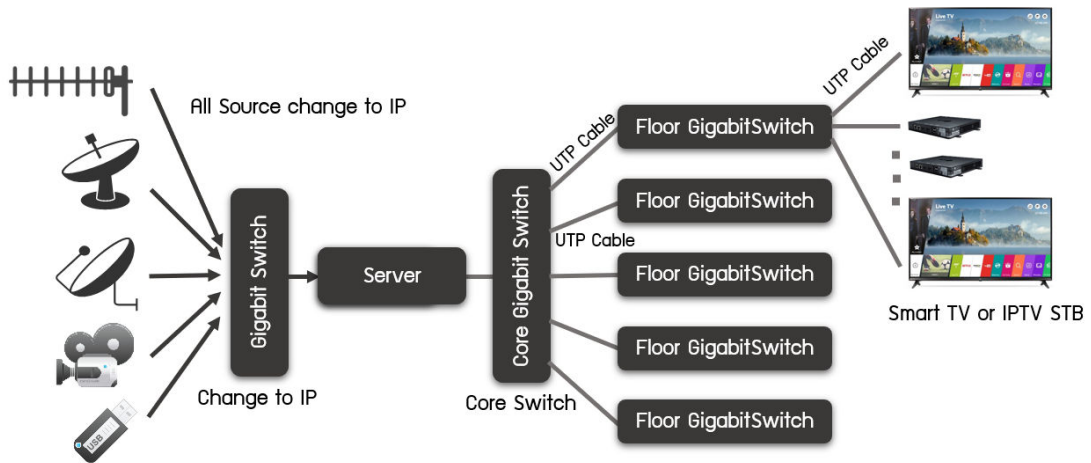
### 3. ระบบ IPTV

IPTV ย่อมาจาก Internet Protocol Television ระบบที่วิวัฒนาการแบบ IPTV เป็นระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์รวมอีกรูปแบบหนึ่ง แบ่งเป็น 2 ประเภท (IPTV. ม.ป.ป. : 1) คือ

3.1 ระบบ IPTV ที่ส่งสัญญาณโทรทัศน์ขึ้นอินเทอร์เน็ตในรูปแบบ IP และใช้กล่อง IPTV เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเพื่อรับชมรายการโทรทัศน์ ระบบนี้หากอินเทอร์เน็ตต้นทางล่ม (ฝั่งผู้ทำระบบส่ง) หรืออินเทอร์เน็ตปลายทางล่ม (ฝั่งผู้รับ) จะไม่สามารถรับชมรายการโทรทัศน์ได้ และการจัดสรรแบนด์วิดท์ที่ไม่เหมาะสมกับจำนวนผู้ชม จะทำให้รับชมได้ไม่ต่อเนื่องหรือไม่สามารถรับชมรายการโทรทัศน์ได้ เหมาะสำหรับบ้านพักอาศัย ไม่เหมาะกับการนำมาใช้ในธุรกิจบริการ

3.2 ระบบ IPTV ที่ส่งสัญญาณเฉพาะภายในอาคารสูง เรียกว่า Hospitality IPTV หรือ Hotel IPTV ระบบนี้เป็นระบบปิด เหมาะสำหรับการนำมาใช้ในธุรกิจบริการ เช่น โรงแรม รีสอร์ท โรงพยาบาล เนื่องจากไม่ต้องใช้อินเทอร์เน็ต สามารถควบคุมดูแลระบบได้ด้วยตนเอง ระบบ Hospitality IPTV หรือ Hotel IPTV นอกจากสามารถส่งรายการโทรทัศน์ในรูปแบบที่วิวัฒนาการแบบ MATV แล้วยังสามารถ นำภาพนิ่งภาพเคลื่อนไหวมาตกแต่งหน้าจอโทรทัศน์ให้ธีมบนหน้าจอโทรทัศน์ ดูมีสไตล์ บอกถึงความล้ำสมัยของธุรกิจบริการ สามารถทำช่องรายการ Video On Demand (VOD) สามารถขายสินค้าหรือบริการต่าง ๆ การเรียกใช้บริการต่าง ๆ ผ่านหน้าจอโทรทัศน์ และให้บริการความบันเทิงอื่น ๆ ได้นำสนใจกว่าระบบโทรทัศน์ทั่วไปอีกด้วย

ระบบ Hospitality IPTV หรือ Hotel IPTV ระบบนี้ อาจแยกย่อยได้ 2 รูปแบบ คือ ระบบที่ต้องมีกล่อง IPTV ต่อกับโทรทัศน์ และระบบที่ต่อกับโทรทัศน์ได้โดยตรงโดยไม่ต้องมีกล่อง (Boxless) ซึ่งให้ความสวยงามเช่นเดียวกัน แต่อาจมีบางบริการที่แตกต่างกัน ลักษณะการเชื่อมต่อตามไดอะแกรม ดังภาพที่ 6.19



ภาพที่ 6.19 ไดอะแกรมระบบ IPTV  
ที่มา : IPTV (ม.ป.ป. : 1)

จากระบบ MATV CATV และระบบอื่น ๆ ที่มีการพัฒนาให้เป็นไปตามเทคโนโลยีเพื่อให้ผู้ที่รับชมสามารถเลือกรับชมได้ตามช่องทางต่าง ๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีนี้ก็ยังมีบางส่วนที่ยังใช้ระบบเดิมอยู่ แต่อย่างไรก็ตามระบบต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนี้ก็จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่ระบบใช้สายนำสัญญาณไปจนถึงระบบไร้สาย และมีช่องทางของการใช้งานเพิ่มมากขึ้น มีช่องสัญญาณที่คุณภาพมากขึ้น สอดคล้องกับความต้องการของผู้รับชมได้อย่างมาก

### บทสรุป

ในบทนี้เป็นการอธิบายถึงการออกแบบระบบเคเบิลทีวี แบ่งออก 2 ส่วน คือ การออกแบบระบบ MATV และ การออกแบบระบบ CATV ซึ่งทั้งสองส่วนมีหลักการคล้ายกัน แต่ใช้อุปกรณ์ต่างกัน โดยในหลักการออกแบบจะต้องคำนึงถึงสัญญาณที่เอาต์เลตจะต้องมีคุณภาพดี มีระดับสัญญาณที่เหมาะสม อัตราส่วน S/N ต้องสูงพอ และต้องไม่มีภาพซ้อนปรากฏบนจอโทรทัศน์ อีกประการหนึ่งคือ ระบบจะต้องมีราคาถูก นั่นหมายถึงมีความคุ้มค่ากับราคา ซึ่งอาจจะแปรผันไปกับสัญญาณรบกวนภายนอกที่อาจเกิดขึ้นทำให้ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย ลำดับต่อไปเป็นการสำรวจพื้นที่ที่จะติดตั้ง จะต้องมีการวัดความแรงของสัญญาณจากสถานีส่งเพียงพอ หรือใช้สายอากาศที่มีอัตราการขยายการขยายมากเพียงพอกับการจ่ายสัญญาณเข้าอุปกรณ์เฮดเอนด์ การเลือกอุปกรณ์เฮดเอนด์ที่เหมาะสมกับขนาดและสถานที่ติดตั้ง โดยการคำนวณระดับสัญญาณที่สายอากาศด้านรับแล้วนำมาคำนวณระดับสัญญาณตามจุดต่าง ๆ ของระบบ เพื่อให้แน่ใจว่ามีระดับความแรงของ

สัญญาณเพียงพอ จากนั้นมาทำการออกแบบระบบด้วยการทำไดอะแกรมของการรับและจุดบ่อน  
สัญญาณ ระดับสัญญาณแต่ละจุด และไดอะแกรมการเดินสาย ซึ่งรวมไปถึงการเดินท่อร้อยสายและ  
การติดตั้ง บ็อกซ์สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ส่วนการออกแบบระบบ CATV ก็มีลักษณะเดียวกัน แต่  
CATV จะแตกต่างกับ MATV ตรงที่ความยาวของสายนำสัญญาณจากเฮดเอนด์ไปจนถึงปลายทาง  
มากกว่า MATV และการเดินสายสัญญาณและการติดตั้งอุปกรณ์ส่วนใหญ่จะต้องอยู่ภายนอกอาคาร  
ดังนั้นอัตราการสูญเสียในระบบจะสูงขึ้นตามจำนวนจุดและระยะทาง และอุปกรณ์ที่ใช้จะต้องมีความ  
ทนทานต่อแดด ฝน เป็นพิเศษ นอกจากนี้แล้วเมื่ออยู่นอกอาคารสิ่งสำคัญก็คือ สัญญาณรบกวนจาก  
ภายนอกจะมีมาก ดังนั้นอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้กับระบบนี้จึงมีราคาสูงตามไปด้วย นอกจากระบบ MATV  
และ CATV แล้วยังมีระบบอื่น ๆ ที่เข้ามามีบทบาทต่อยุคดิจิทัล ทำให้การนำสัญญาณจากแหล่ง  
ต่าง ๆ มาแปลงเข้ากับระบบ MATV หรือ CATV เป็นระบบดิจิทัลไปแล้ว ทำให้ประสิทธิภาพในการ  
รับชมมีมากขึ้นด้วย และเป็นไปตามเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นไปเรื่อย ๆ เช่นเดียวกัน