บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

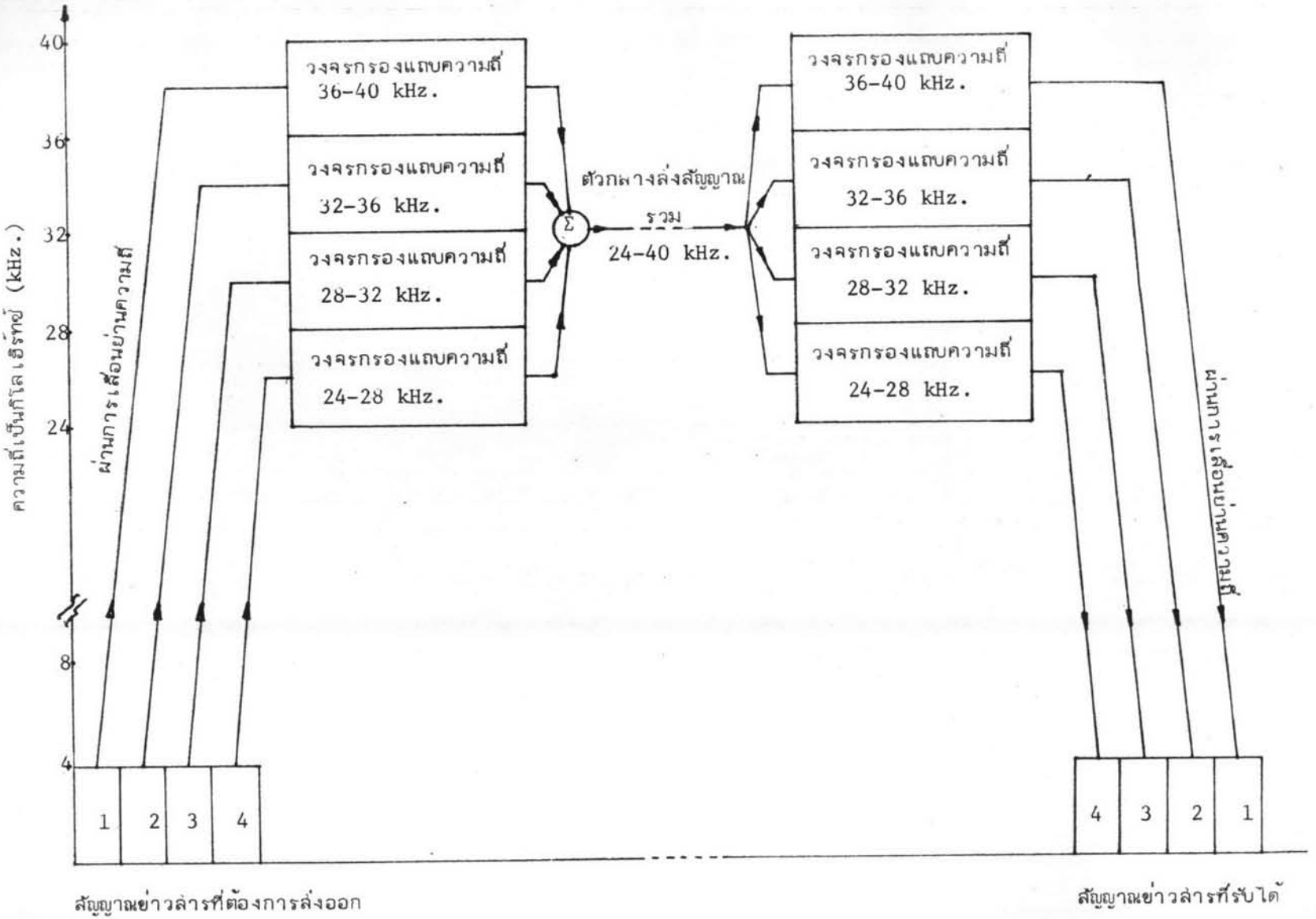
1.1 การรวมสัญญาณ (Multiplexing)

เพื่อให้การส่งสัญญาณข่าวสารหลาย ๆ สัญญาณพร้อมกันจากสถานีส่งไปยังสถานีรับที่อยู่ห่างไกลเป็นไปอย่างประหยัด จึงจำเป็นต้องส่งสัญญาณข่าวสารเหล่านั้นรวมกันไปในสายหรือช่องทาง (Channel) เดียวกัน แทนที่จะส่งแยกกันไปสัญญาณละ 1 ช่องทาง กรรมวิธีในการรวมสัญญาณโดยทั่ว ๆ ไปมีอยู่ 2 วิธีคือ[1]

1.1.1 การรวมสัญญาณโดยการแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiplexing)

การรวมสัญญาณโดยวิธีนี้ กระทำได้โดยการเลื่อน (Shift) ย่านความถี่ (Frequency Band) ของสัญญาณข่าวสารแต่ละสัญญาณ ขึ้นไปอยู่ในย่วงความถี่ต่าง ๆ กันตามที่กำหนดเอาไว้ให้เหมาะสมสำหรับตัวกลางส่งสัญญาณ (Transmission Medium) แต่ละชนิด โดยการผสมสัญญาณ (Modulation) ข่าวสารของแต่ละข่าวสารเข้ากับสัญญาณพาห์ย่อย (Sub-Carrier) ของแต่ละช่องเป็นสัญญาณผสม ซึ่งอาจจะแสดงให้เห็นได้ง่าย ๆ ดังรูปที่ 1.1

ในรูปที่ 1.1 สัญญาณข่าวสารที่ต้องการส่งออกมี 4 สัญญาณด้วยกัน ซึ่งแต่ละสัญญาณมีความถี่ตั้งแต่ 0 ถึง 4 kHz เมื่อผ่านการเลื่อนย่านความถี่แล้ว จึงเข้าไปอยู่ในช่องสัญญาณที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งมีย่านความถี่ 36-40 kHz, 32-36 kHz, 28-32 kHz และ 24-28 kHz ตามลำดับ ดังนั้นสัญญาณข่าวสารทั้ง 4 จะถูกเลื่อนย่านความถี่ไปอยู่ในย่านต่าง ๆ กัน โดยที่ตัวกลางส่งสัญญาณในตัวอย่างนี้สามารถส่งสัญญาณรวมในย่วงความถี่ตั้งแต่ 24 ถึง 40 kHz ได้



รูปที่ 1.1 แสดงการรวมสัญญาณโดยการแบ่งความถี่

การเลื่อนย่านความถี่ของสัญญาณข่าวสารนี้ กระทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับการเลือกวิธีผสมสัญญาณข่าวสารกับสัญญาณพาห์ย่อย ซึ่งอาจเป็นวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

ก. ผสมสัญญาณแบบความสูงของสัญญาณพาห์ย่อยแปรตามขนาดความสูงสัญญาณข่าวสาร (Amplitude Modulation ; AM.)

ข. ผสมสัญญาณแบบความถี่ของสัญญาณพาห์ย่อยแปรตามขนาดความสูงสัญญาณข่าวสาร (Frequency Modulation ; FM.)

ค. ผสมสัญญาณแบบเฟสของสัญญาณพาห์ย่อยแปรตามขนาดความสูงสัญญาณข่าวสาร (Phase Modulation ; PM.)

ในทางปฏิบัตินิยมใช้วิธีผสมสัญญาณตามข้อ ก. แล้วเลือกใช้แถบความถี่ข้างข้างใดข้างหนึ่ง (Single Sideband Amplitude Modulation ; SSB-AM) ด้วยเหตุผลว่า วิธีนี้เป็นวิธีที่ให้ประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณสูง และใช้ความกว้างของย่านความถี่ (Band-Width) น้อยกว่าวิธีผสมสัญญาณแบบอื่น ๆ แต่การที่จะเลือกใช้วิธีการผสมสัญญาณแบบใดนั้น ก็จำต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ อีกด้วย

เมื่อสัญญาณรวมมาถึงสถานีรับต้องมีวงจรกรองแถบความถี่ (Band-Pass Filter) วงจรกรองแถบความถี่นี้จะทำหน้าที่แยกสัญญาณผสมของแต่ละย่องออกจากสัญญาณรวมที่รับได้ แล้วส่งสัญญาณผสมที่แยกได้นี้ผ่านวงจรดีเทคเตอร์ (Detector) เพื่อแยกสัญญาณข่าวสารออกจากสัญญาณพาห์ย่อย วงจรแยกสัญญาณนี้จะใช้แบบใดย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของวิธีผสมสัญญาณทางด้านเครื่องส่งดังกล่าวแล้ว

1.1.2 การรวมสัญญาณโดยการแบ่งเวลา (Time Division Multiplexing)

การรวมสัญญาณวิธีนี้กระทำได้โดยอาศัยหลักการดังต่อไปนี้คือ สัญญาณข่าวสาร ซึ่งแม้ว่าจะเป็นสัญญาณต่อเนื่อง แต่ก็อาจแทนได้ด้วยย่วงความสูง (Amplitude) ของแต่ละพัลส์ในขบวนพัลส์ที่ใช้หลักการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Principle) ออกมาจากสัญญาณต่อเนื่องนั้นด้วยความถี่ของการสุ่มตัวอย่างที่คงที่ และมีค่าสูงพอเมื่อเทียบกับความถี่สูงสุด (ω_m) ของสัญญาณ

ข่าวสารนั้น การรวมสัญญาณข่าวสารตั้งแต่ 2 ข่าวสารขึ้นไปสามารถกระทำได้โดยการแทรกพัลส์-ตัวอย่าง (Sampled Pulse) ที่ได้จากสัญญาณข่าวสารหนึ่ง เข้าไปในช่วงเวลาที่ว่างระหว่างพัลส์ตัวอย่างจากสัญญาณข่าวสารอีกอันหนึ่ง และในกระบวนการนี้จำเป็นต้องส่งพัลส์ซินโครไนซ์ (Synchronizing Pulse) แทรกร่วมไปด้วย เพื่อใช้เป็นสัญญาณกระตุ้นวงจรรับข่าวสารให้ทำงานโดยมีจังหวะเวลาของการรับข่าวสารสัมพันธ์กันกับจังหวะเวลาของการส่งข่าวสารแต่ละช่อง เพื่อให้สามารถแยกพัลส์ตัวอย่างของข่าวสารออกให้ตรงตามจังหวะเวลาของสัญญาณข่าวสารนั้น ๆ หลังจากนั้นต้องนำพัลส์ตัวอย่างจากแต่ละสัญญาณข่าวสารที่แยกได้ไปผ่านวงจรผ่านย่านความถี่ต่ำ (Low-Pass Filter) เพื่อสกัดกั้นไม่ให้สัญญาณที่มีความถี่สูงกว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณข่าวสารผ่านออกมาได้ และเป็นการทำให้ยอดพัลส์ตัวอย่างของสัญญาณข่าวสารต่อเนื่องกัน สัญญาณที่ได้รับในขั้นสุดท้ายจะมีลักษณะคล้ายกับสัญญาณข่าวสารที่ส่งมา

1.2 ความเพี้ยน (Distortion) ของสัญญาณ

ในระบบที่ใช้วิธีการรวมสัญญาณโดยการแบ่งความถี่นั้น สัญญาณพาห์ย่อยของสัญญาณข่าวสารช่องแรกกับช่องสุดท้ายจะมีความถี่ต่างกันมาก เพราะต้องส่งสัญญาณข่าวสารหลายๆ ช่องไปในสายส่งเดียวกัน ถ้าสายส่งสัญญาณนั้นมีคุณสมบัติเป็นตัวกรองอุดมคติ (Ideal Filter) ที่สามารถผ่านย่านความถี่ได้โดยมีคุณสมบัติเหมือนกันตลอดทั้งย่านความถี่ที่ใช้แล้ว ข่าวสารที่ได้รับจากแต่ละช่องจะไม่เกิดความเพี้ยนเลย แต่ในทางปฏิบัติสายส่งที่ใช้มักมีคุณสมบัติไม่สมบูรณ์ดังที่กำหนดเอาไว้สำหรับสายส่งอุดมคติ จึงไม่สามารถผ่านสัญญาณให้ได้ความแรงสม่ำเสมอทุกความถี่และความสัมพันธ์ระหว่างเฟส (Phase) ของสัญญาณที่ผ่านกับความถี่ก็ไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Linear) โดยตลอดทั้งช่วงความถี่ที่ใช้ในระบบนั้น ดังนั้นหากข่าวสารช่องใดอยู่ในช่วงที่คุณสมบัติของสายส่งมีลักษณะใกล้เคียงกับสายส่งอุดมคติ ข่าวสารที่ได้รับจะมีความเพี้ยนน้อยกว่าข่าวสารช่องที่อยู่ในช่วงที่คุณสมบัติของสายส่งแตกต่างออกไปจากสายส่งอุดมคติ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วสัญญาณที่อยู่ในช่วงแรกและช่วงสุดท้ายจะมีความเพี้ยนมากกว่าสัญญาณที่อยู่ในช่วงกลางของย่านความถี่ที่ใช้

ในระบบที่ใช้วิธีการรวมสัญญาณโดยการแบ่งเวลานั้น สัญญาณที่ส่งออกไปจะประกอบด้วยย่านสารของทุกช่องสัญญาณ โดยย่านสารของแต่ละช่องสัญญาณถูกสุ่มตัวอย่างเอาไว้เป็นพัลส์ซึ่งมีความถี่คงที่ ดังนั้นสัญญาณตัวอย่างของแต่ละช่องสัญญาณจะมีความถี่อยู่ในย่าน[2] $\omega_p \pm \omega_m$

ω_p = ความถี่ของขบวนคลื่นที่เป็นพัลส์ (เรเดียนต่อวินาที)

ω_m = ความถี่สูงสุดของสัญญาณย่านสาร (เรเดียนต่อวินาที)

โดยที่สัญญาณตัวอย่างของแต่ละช่องเกิดขึ้นห่างกันเท่ากับ t วินาที

$$t = \frac{\P}{N\omega_m} \qquad ....(1.1)$$

N = จำนวนช่องของสัญญาณย่านสาร

ดังนั้นย่านสารที่ส่งออกไปจะมีลักษณะและคุณสมบัติเหมือน ๆ กันทุกช่องสัญญาณ ด้วยเหตุผลดังกล่าวมาแล้วนี้ จึงพิจารณาได้ว่าระบบการรวมสัญญาณโดยการแบ่งเวลานั้นมีส่วนที่ดีกว่าระบบการรวมสัญญาณโดยการแบ่งความถี่ ในเมื่อพิจารณาถึงความสม่ำเสมอของคุณภาพในการรับสัญญาณของทุก ๆ ช่อง

1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาหาข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องส่ง เครื่องรับสัญญาณในย่านความถี่เสียงที่สามารถส่งและรับสัญญาณได้พร้อมกัน 3 สัญญาณด้วยระบบการรวมสัญญาณโดยการแบ่งเวลา พร้อมกันนี้ได้ตรวจสอบความเพี้ยนของสัญญาณที่รับได้เมื่อใช้ความถี่ของการสุ่มตัวอย่างสัญญาณมีค่าต่าง ๆ กัน ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสัญญาณที่รับได้เมื่อส่งสัญญาณผ่านสายโทรศัพท์และวิเคราะห์หาสาเหตุของความเพี้ยนที่เกิดขึ้น

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเพื่อหาข้อมูล ออกแบบและสร้างเครื่องส่ง เครื่องรับชนิด 3 ช่องสัญญาณในระบบการรวมสัญญาณโดยการแบ่งเวลา ในงานนี้เราใช้สัญญาณย่านสารไปกำหนด

ช่วงความสูง (Amplitude) ของแต่ละพัลส์ในขบวนคลื่น สัญญาณข่าวสารที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นสัญญาณย่านความถี่เสียงในระบบการสื่อสาร ซึ่งตามมาตรฐานสากลได้กำหนดเอาไว้ให้มีความถี่อยู่ระหว่าง 300-3400 เฮิรทซ์[3] ขบวนพัลส์ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณทั้ง 3 ช่อง จะถูกส่งร่วมกับพัลส์ของสัญญาณซินโครไนซ์ ผ่านสายโทรศัพท์คู่เดียวกันไปยังเครื่องรับ เครื่องรับทำหน้าที่แยกพัลส์ตัวอย่างที่ได้จากสัญญาณข่าวสารทั้งหมด ออกมาเป็นขบวนพัลส์ตัวอย่างของแต่ละช่องสัญญาณ แล้วนำขบวนพัลส์ที่แยกออกนี้ไปผ่านวงจรผ่านย่านความถี่ต่ำ สัญญาณที่ได้รับในขั้นนี้จะเป็นสัญญาณต่อเนื่องซึ่งมีลักษณะคล้ายกับสัญญาณข่าวสารที่ป้อนเข้าทางด้านเครื่องส่ง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์นี้

1. วิทยานิพนธ์นี้จะเป็นพื้นฐานในการศึกษาระบบการรวมสัญญาณโดยการแบ่งเวลาแบบเข้ารหัส (Pulse Code Modulation, P.C.M.)

2. ข้อมูลที่ได้จากวิทยานิพนธ์นี้อาจนำไปปรับปรุงทำเป็นวงจรโทรศัพท์ภายในอาคารได้อีกระบบหนึ่ง