บทที่ 2

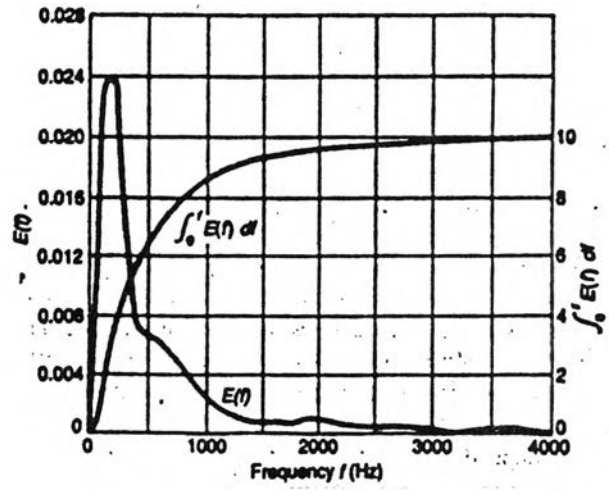
แนวทางในการออกแบบ

2.1 หลักการสื่อสารข้อมูลผ่านข่ายสายโทรศัพท์

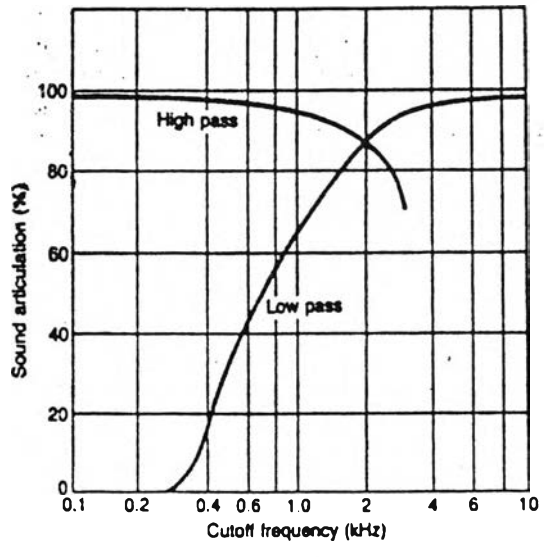
เมื่อต้องมีการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ประมวลผล (คอมพิวเตอร์) กับ อุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุท หรือ การแลกเปลี่ยนข่าวสารระหว่างอุปกรณ์ประมวลผลกับอุปกรณ์ประมวลผล การเชื่อมต่อสื่อสารในชั้นกายภาพนี้ ถ้าระยะทางไม่ไกลหรือไม่ทำการรับส่งข้อมูลที่อัตราสูงนัก คือ ระยะประมาณ 50 ฟุต และการรับส่งข้อมูลที่อัตราไม่สูงกว่า 20 กิโลบิตต่อวินาที การเชื่อมต่อมักจะเป็นไปตาม มาตรฐาน RS-232-C หรือ มาตรฐานอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียง เมื่อการสื่อสารมีระยะทางในการติดต่อสื่อสารไกลมากขึ้น และจำเป็นต้องใช้ช่องสัญญาณในการติดต่อสื่อสาร เช่น การใช้ช่องสัญญาณโทรศัพท์ หรือ ช่องสัญญาณดาวเทียม ข่าวสารที่ทำการส่งผ่านไปในระบบสื่อสารดังกล่าว ต้องทำการแปลงข่าวสารนั้นให้เหมาะสมที่จะส่งผ่านไปในช่องสัญญาณนั้นเสียก่อน การแปลงข่าวสารนี้ เรียกว่า การทำ Channel Encoding การแปลงข่าวสารให้เหมาะสมกับช่องสัญญาณดังกล่าว มีข้อจำกัดและวิธีการดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

2.1.1 ข้อจำกัดด้านแบนด์วิดท์

โดยปกติช่องสัญญาณโทรศัพท์จะถูกออกแบบสำหรับส่งสัญญาณเสียงเป็นหลัก สัญญาณเสียงจะมีการกระจายของพลังงานเฉลี่ยกับความถี่ ดังแสดงในรูป 2.1 ในการกำหนดขนาดแบนวิดท์ของช่องสัญญาณเสียงนั้น กำหนดจากการทดสอบแยกแยะการรับฟัง โดยการฟังเสียงที่มีการลดขนาดทั้งความถี่สูงและความถี่ต่ำ พบว่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรับฟัง หรือ Articulation [7] มีค่าดังแสดงในรูป 2.2 จากรูปพบว่าเมื่อทำการลดทอนที่ความถี่ต่ำ โดยการกรองสัญญาณที่ความถี่ต่ำกว่า 300 Hz และ การลดทอนที่ความถี่สูง หรือ การกรองสัญญาณที่ความถี่สูงกว่า 3500 Hz ปรากฏว่าไม่มีผลต่อการรับฟัง ดังนั้นในการกำหนดขนาดแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณเสียงจึงกำหนดให้มีขนาดประมาณ 3 KHz หรือ อยู่ในช่วงความถี่ 300 ถึง 3400 Hz



รูป 2.1 พลังงานเฉลี่ยที่ความถี่ต่างๆของสัญญาณเสียงพูด



รูป 2.2 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรับฟัง

ในระบบสื่อสารไมโครเวฟแบบอนาลอก การมัลติเพลกซ์หลายช่องสัญญาณเป็นการมัลติเพลกซ์เชิงความถี่แบบซิงเกิลไซด์แบนด์ อันเป็นการมัลติเพลกซ์ที่มีการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์สูง [8] ขนาดของแบนด์วิดท์ของแต่ละช่องสัญญาณเสียงถูกกำหนดให้มีขนาด 4 KHz เพื่อให้เป็น Guard Bands ของวงจรกรองความถี่ในระบบสื่อสารไมโครเวฟ

การรับส่งข้อมูลผ่านสายส่ง [8] ด้วยสัญญาณ NRZ หรือ การเข้ารหัส (Line

Coding) แบบต่างๆนั้น องค์ประกอบทางความถี่ของสัญญาณข้อมูลส่วนใหญ่ เป็นสัญญาณ ดี.ซี. และความถี่ต่ำ (ภาคผนวก ก) ถึงแม้ว่าคุณสมบัติของสายโทรศัพท์จากบ้านถึงชุมสายจะมีแบนวิดท์กว้าง (ภาคผนวก ข) สามารถทำการรับส่งสัญญาณข้อมูลได้ในที่อัตราสูง มีผลตอบสนองต่อความถี่ต่ำและสัญญาณ ดี.ซี.ที่ดี แต่เนื่องจาก การคัปปลิ้งของทรานสฟอร์มเมอร์ในวงจรไฮบริดและ คุณสมบัติของวงจรกรองความถี่ ในชุมสาย สัญญาณ ดี.ซี. และสัญญาณที่สูงกว่า 4 kHz จะถูกกรองออกไป ดังนั้นในการรับส่งข้อมูลโดยผ่านข่ายสายโทรศัพท์ จึงต้องอาศัยอุปกรณ์มอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่น ในการแปลงสัญญาณข้อมูลให้เหมาะสมที่จะส่งผ่านไปในช่องสัญญาณ อนึ่งวิธีการมอดูเลตที่ใช้ต้องเป็นแบบที่ใช้ประโยชน์ในแบนด์วิดท์สูง และเกิดสัญญาณรบกวนต่อช่องสัญญาณข้างเคียงน้อย การกำหนดขนาดแบนด์วิดท์ของการมอดูเลต ไม่นิยมกำหนดจากแบนด์วิดท์ขนาด 3 dB เนื่องจากการกำหนดแบบนี้ จะทำให้สัญญาณที่ถูกมอดูเลตไปรบกวนช่องสัญญาณข้างเคียงได้มาก ในทางปฏิบัติการกำหนดขนาดแบนด์วิดท์ส่วนใหญ่กำหนดจากขนาดของช่องสัญญาณที่ทำให้สัญญาณที่เข้าไปรบกวนช่องสัญญาณข้างเคียงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ หรือ ในกรณีทางยุโรปกำหนดแบนด์วิดท์จากความหนาแน่นของกำลังงานสเปคตรัมเฉลี่ย (Average Power Spectral Density:PSD) ของสัญญาณมอดูเลชั่นให้มีค่าประมาณ 99% ของความหนาแน่นของกำลังงานสเปคตรัมเฉลี่ยของสัญญาณมอดูเลชั่นทั้งหมด

ตามทฤษฎีทางอุดมคติของ Shannon-Hartley กำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุดที่ผ่านช่องสัญญาณแบบ Gaussian ตามสมการ 1.1 จะเห็นได้ว่าสามารถทำการรับส่งข้อมูลได้ที่อัตราสูงกว่าขนาดของแบนวิดท์ได้

$$C = B \log_2(1+S/N) \qquad \text{บิตต่อวินาที} \qquad (1.1)$$

อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติการกำหนดขนาดแบนวิดท์ จะกำหนดจากขนาดของวงจรกรองผ่านแถบอุดมคติ (Ideal Bandpass Filter) ที่มีความถี่กลาง f_c และทำให้สัญญาณเอาท์พุทมีความหนาแน่นของกำลังงานสเปคตรัมเฉลี่ย 95 เปอร์เซนต์ของความหนาแน่นของกำลังงานสเปคตรัมเฉลี่ยของสัญญาณมอดูเลชั่นทั้งหมด สมการ (1.2)(1.3) เป็นสมการของความหนาแน่นของกำลังงานสเปคตรัมเฉลี่ยของการมอดูเลตแบบ ASK และ PSK ตามลำดับ

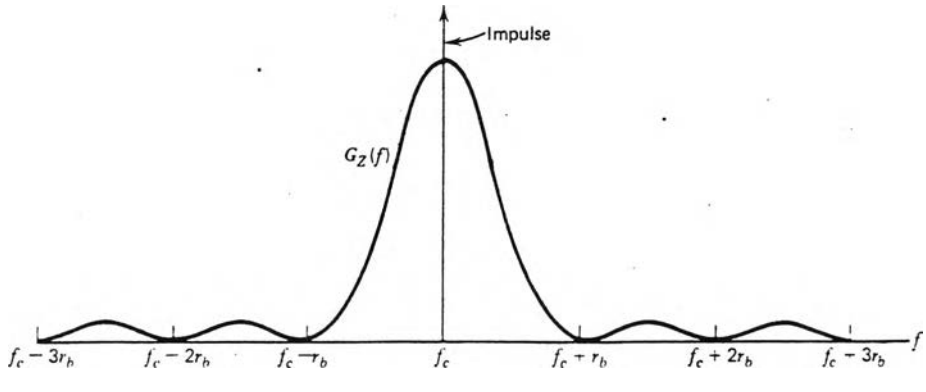
$$G_Z(f) = \frac{A^2}{16}\Big(\delta(f-f_c)+\delta(f+f_c) + \frac{\sin^2 \pi T_b(f-f_c)}{\pi^2 T_b(f-f_c)^2} + \frac{\sin^2 \pi T_b(f+f_c)}{\pi^2 T_b(f+f_c)^2}\Big) \qquad (1.2)$$

$$G_D(f) = \frac{\sin^2 \pi f T_b}{\pi^2 f^2 T_b} \qquad (1.3)$$

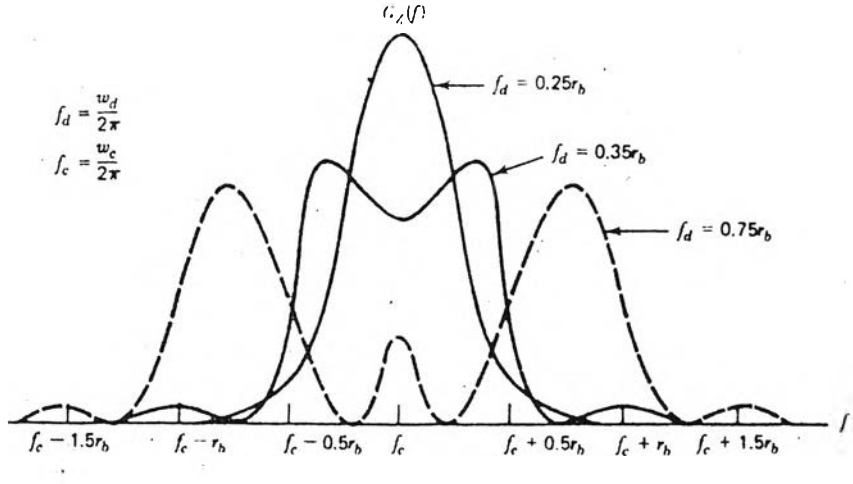
T_b = 1/อัตราการรับส่งข้อมูล

จากรูป 2.3 และ 2.4 ซึ่งแสดงความหนาแน่นของกำลังงานสเปคตรัมเฉลี่ยของการมอดูเลตแบบ ASK และ FSK ขนาดของแบนวิดท์ของการมอดูเลตแบบ ASK มีขนาดประมาณ 3 เท่าของอัตราการรับส่งข้อมูล(r_b) ในทำนองเดียวกันในรูป 2.4 แบนวิดท์ของการมอดูเลตแบบ FSK ถูกกำหนดให้มีขนาด 2 ถึง 4 เท่าของอัตราการรับส่งข้อมูล สำหรับการมอดูเลตแบบ PSK จะมีความหนาแน่นของกำลังงานสเปคตรัมเฉลี่ย ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับแบบ ASK แต่มีความต้องการใช้แบนด์วิดท์ประมาณ 2 เท่าของอัตราการรับส่งข้อมูล

ในปัจจุบันการมอดูเลตได้มีการพัฒนาตลอดเวลา มีการศึกษาเทคนิคการมอดูเลตที่มีการใช้แบนวิดท์อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การมอดูเลตแบบหลายระดับ หรือ แบบหลายเฟส เช่น การมอดูเลตแบบ 8 เฟส PSK หรือ QAM หรือ การมอดูเลตแบบ MSK (Minimum Frequency Shift Keying) เป็นต้น



รูป 2.3 ความหนาแน่นของกำลังงานสเปคตรัมเฉลี่ยของการส่งสัญญาณข้อมูลแรนดอมแบบ ASK



รูป 2.4 ความหนาแน่นของกำลังงานสเปคตรัมเฉลี่ยของการส่งสัญญาณข้อมูลแรนดอมแบบ FSK

สมรรถนะของการมอดูเลตในแบบต่าง ๆ พิจารณาจากความน่าจะเป็นของความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล (Probability of Error) ซึ่งขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของกำลังงานเฉลี่ยของสัญญาณส่ง กับ กำลังงานของความหนาแน่นสเปคตรัมเฉลี่ยของสัญญาณรบกวน (Noise Power Spectral Density) และอัตราการรับส่งข้อมูลของวงจรดีมอดูเลเตอร์ [9]

2.1.2 อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลหรือโมเดม

อุปกรณ์สื่อสารข้อมูล หรือ โมเดม หมายถึง อุปกรณ์มอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่นที่มีหน้าที่แปลงสัญญาณข้อมูลให้เหมาะสมกับช่องสัญญาณที่ส่ง ชนิดของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลหรือโมเดมสามารถแบ่งตามลักษณะของช่องสัญญาณได้ดังนี้คือ

1. โมเดมแบบ Short Haul ใช้ในการติดต่อระยะสั้น (โดยปกติน้อยกว่า 10 ไมล์) ทำการติดต่อสื่อสารโดยใช้ช่องสัญญาณแบบสายส่ง ไม่ทำการโหลดสาย และ ไม่มีการมัลติเพลกซ์เชิงความถี่จึงมีผลตอบสนองต่อความถี่ต่ำดี การมอดูเลตของโมเดมแบบนี้ คือ การทำ Line Coding เช่น Bipolar หรือ Duobinary เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโมเดมแบบ Short Haul ที่อาศัยคุณสมบัติทางไฟฟ้าในการรับส่ง หรือวิธีการอื่นที่ทำให้ ระยะทางในการรับส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นเช่น Modem Eliminator หรือ Line Driver เป็นต้น โมเดมในลักษณะนี้ตามความ

จริงแล้วไม่นับว่าเป็นโมเดมโดยตรงทีเดียวนัก เนื่องจากมีลักษณะการรับ-ส่ง ข้อมูลแบบเบสแบนด์

2. โมเดมแบบ Wide Band เป็นแบบที่ทำงานที่อัตราการรับส่งข้อมูล 19.2 kbps ถึง 230.4 kbps โดยการใช้ช่องสัญญาณที่มีแบนด์วิดท์มากกว่าแบนด์วิดท์ของสายโทรศัพท์ 6 ถึง 60 เท่า โดยปกติใช้สายนำสัญญาณเป็นแบบโคแอกเชียล

3. โมเดมแบบ Voice Grade เป็นโมเดมที่ออกแบบให้ทำงานกับคู่สายโทรศัพท์ (Voice grade line) ซึ่งเป็นช่องสัญญาณที่ออกแบบให้ส่งผ่านความถี่เสียง คือมีแบนด์วิดท์ 300-3400 Hz โมเดมที่กล่าวถึงในงานวิจัยนี้เป็นโมเดมแบบนี้

นอกจากนั้นยังมีโมเดมแบบ Sub Voice Grade สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลที่อัตราความเร็วต่ำๆ นอกจากการกำหนดชนิดของโมเดมตามลักษณะการใช้งานช่องสัญญาณดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังสามารถกำหนดตามลักษณะการใช้และการทำงานได้ดังนี้คือ

1. Dial-up โมเดม ใช้กับข่ายสายโทรศัพท์ทั่วไป (GSTN) ในการติดต่อสื่อสารที่ต้องมีการหมุนเรียกผ่านข่ายสายข่ายการสื่อสารลักษณะนี้มีข้อดี คือ มีข่ายการติดต่อสื่อสารที่กว้างขวางและประหยัด แต่มีข้อเสียหลายประการคือ มีสัญญาณรบกวนสูง มีค่า delay distortion ที่ไม่สามารถทำการชดเชยในสายได้ดีนัก เสียเวลาในการติดต่อและเลิกการติดต่อสัญญาณเรียกต่างๆ มี Turn Around Time ทำให้ปริมาณการรับ-ส่ง ข้อมูลลดลง และยังมีข้อเสียเปรียบอันเนื่องมาจากการเรียกสายไม่ว่างหรือชุมสายเกิดเสียหาย

2. คู่สายเช่าเฉพาะ (Leased Line) เป็นวงจรที่ทางการให้เช่าคู่สาย ทำให้มีข้อดีกว่าแบบ dial-up ชดเชยข้อเสียเปรียบของแบบ dial-up แต่ไม่สะดวก และ มีต้นทุนที่สูงกว่า

3. ช่องสัญญาณพิเศษ (Dataphone Digital Service) เป็นช่องสัญญาณที่จัดให้เป็นพิเศษ เป็นช่องสัญญาณที่มีอัตราผิดพลาดในช่องสัญญาณต่ำมากประมาณ 10^{-7} ทำการรับส่งข้อมูลแบบเบสแบนด์สามารถส่งข้อมูลได้ถึง 56 kbps โดยจะมี Repeater ที่ทุก ระยะ 2-3 พันฟุต

ในการรับส่งข้อมูลของโมเดม สามารถทำงานได้ทั้งแบบทางเดียว กึ่งสองทางและแบบสองทาง โดยทำงานแบบ 2 สาย หรือ 4 สาย

2.1.3 การรับส่งข้อมูล (Data Transmission)

สัญญาณข้อมูลที่ทำการติดต่อสื่อสารข้อมูล ผ่านข่ายสื่อสารทั่วไปจะเป็นแบบอนุกรม [10] เมื่อสัญญาณข้อมูลถูกส่งผ่านไปตามสายนำสัญญาณ เข้าสู่อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทางด้านรับ อุปกรณ์ปลายทางต้องสามารถรับสัญญาณไบนารีหรือบิตข้อมูลได้อย่างถูกต้องตามจังหวะที่ส่งมาเสียก่อน การที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางสามารถรับสัญญาณบิตข้อมูลได้ถูกต้องตามจังหวะนี้เรียกว่า การซิงโครไนซ์บิต

เมื่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง สามารถรับส่งข้อมูลบิตต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องแล้วการที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางรู้ว่ารหัสแต่ละตัวมีจุดเริ่มต้นที่ใดและสิ้นสุดที่ใด และทำการถอดรหัสนั้นเป็น รหัส ASCII หรือ EBCDIC ต่าง ๆ ซึ่งวิธีการที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางสามารถถอดรหัสนี้ได้เรียกว่า การซิงโครไนซ์คาแรคเตอร์ หรือการซิงโครไนซ์บล็อก

การรับส่งข้อมูลอนุกรมแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การรับส่งข้อมูลแบบ อะซิงโครนัส และแบบซิงโครนัส อันเป็นแบบแผนขั้นต้นในการรับส่งข้อมูลเพื่อที่จะแยกสัญญาณเวลาสำหรับการซิงโครไนซ์บิตจากสัญญาณข้อมูลที่ได้รับมา

ก. การรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส การรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส เป็นระบบที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลค่อนข้างต่ำ เมื่อต้องการส่งสัญญาณรหัสออกไปก็จะจัดสัญญาณนั้นในรูปอนุกรมและเติมสตาร์ทบิตไว้ที่ด้านหน้า และเพิ่มสต็อปบิตไว้ที่ด้านหลัง แล้วส่งข้อมูลออกไปตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกาทางด้านส่ง ส่วนอุปกรณ์รับส่งข้อมูลทางปลายทางนั้น เมื่อได้รับสัญญาณข้อมูล ก็จะรับสัญญาณข้อมูลตามสัญญาณนาฬิกาที่สังเคราะห์จากการเปลี่ยนระดับของสตาร์ทบิต (จาก Mark เป็น Space) และ รับสัญญาณจนกว่าจะถึงสต็อปบิตแล้วจึงหยุด ดังนั้นวิธีการนี้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางจะทำการซิงโครไนซ์บิตและซิงโครไนซ์คาแรคเตอร์ไปพร้อมกัน วิธีนี้จะมีข้อเสียเกิดขึ้นในกรณีที่รหัสที่ใช้ส่งมีความยาวมากขึ้นเพราะนั่น หมายถึงจังหวะสัญญาณนาฬิกาทางด้านส่งและทางรับจะมีโอกาสเบี่ยงเบนกันในแต่ละคาแรคเตอร์ได้มากขึ้น คุณภาพของสัญญาณในการรับส่งข้อมูลกำหนดขึ้นเป็นมาตรฐาน EIA-RS-363 [11] การรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนี้จึงเป็นการรับส่งข้อมูลแบบ Character-by-Character รูปแบบในการรับส่งข้อมูลแบบนี้เรียกว่า Character Oriented Link Control โพรโทคอลในการรับส่งแบบนี้ได้แก่ XMODEM XON/XOFF เป็นต้น อนึ่งการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสดังกล่าวนี้ อุปกรณ์สื่อ

สารข้อมูลและระบบส่งสัญญาณไม่จำเป็นต้องมีความสามารถในการซิงโครไนซ์เลย

ข. การรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่สำหรับในกรณีของการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสนั้นจะมีการแบ่งหน้าที่ให้ อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลและระบบส่งสัญญาณทำหน้าที่ซิงโครไนซ์บิตและอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทำหน้าที่ซิงโครไนซ์คาแรคเตอร์หรือบล็อก

ในระบบการรับส่งแบบซิงโครนัส อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลจะมีวงจรที่สามารถแยกสัญญาณนาฬิกาออกจากสัญญาณข้อมูลที่ได้รับ(สัญญาณอนาลอก) โดยอาศัยการตรวจจับจุดเปลี่ยนที่เกิดขึ้น พร้อมกันนั้นยังทำการกำหนดตำแหน่งเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจจับระดับสัญญาณข้อมูลที่รับมาได้ วิธีนี้จะเป็นการซิงโครไนซ์โดยการติดตามสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์ทางด้านส่ง คุณภาพของสัญญาณในการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสนี้กำหนดขึ้นเป็นมาตรฐาน RS-334 [12]

สัญญาณข้อมูลที่อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลรับมาแล้ว และทำการซิงโครไนซ์บิตเรียบร้อยจะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง โดยใช้มาตรฐานในการเชื่อมต่อต่างๆ อาทิเช่น RS-232-C, V.24 หรือ RS-449 เป็นต้น โดยมีสัญญาณนาฬิกาในการรับส่งกำหนดไว้ในมาตรฐานด้วย อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางจะทำการซิงโครไนซ์คาแรคเตอร์ หรือซิงโครไนซ์บล็อกขึ้นอยู่กับลักษณะการรับส่งข้อมูล โดยจะทำการตรวจจับสัญญาณเฉพาะที่ส่งมาเพื่อให้รู้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของรหัสข้อมูล เพื่อทำการตรวจจับรหัสข้อมูลแต่ละคาแรคเตอร์ต่อไป

ระบบซิงโครนัสจะมีประสิทธิภาพสูงในการรับส่งสัญญาณ และเหมาะในการรับส่งข้อมูลที่อัตราความเร็วสูง เนื่องจากสามารถลด Overhead ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลได้ทำให้ความสามารถในการรับส่งข้อมูลสูงขึ้น

รหัสสัญญาณเฉพาะที่ใช้ในการซิงโครไนซ์นคาแรคเตอร์ ได้แก่ รหัสสัญญาณ PAD ('0' สลับ '1') ในการติดต่อแบบกึ่งสองทาง เพื่อให้การซิงโครไนซ์บิตของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทำงานได้ด้วยดี และรหัสสัญญาณซิงค์ Syn (0010110) ซึ่งถูกส่งเป็นช่วงเวลา 1 หรือ 2 วินาที ถ้าภายในช่วงเวลาดังกล่าวไม่สามารถตรวจจับสัญญาณซิงค์คาแรคเตอร์ได้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางจะทำการยกเลิกข้อมูลที่ได้รับนั้น รูปแบบการส่งสัญญาณข้อมูลลักษณะนี้เป็นแบบ Character Oriented Data Link โพรโทคอลที่ใช้ในการรับส่งแบบนี้เช่น BSC หรือ Byte Count Protocol DDCMP (DEC) เป็นต้น ในการซิงโครไนซ์บล็อก รหัสสัญญาณที่ใช้ได้แก่ สัญญาณแฟลก (Flag Sequence 01111110) รูปแบบการส่งสัญญาณเป็นแบบ Bit Oriented Data Link Control โพรโทคอลที่ใช้ได้แก่ SDLC และ HDLC เป็นต้น

2.1.4 มาตราฐานของโมเดมแบบ Voice Grade Line.

การกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลในช่องสัญญาณโทรศัพท์โดยเฉพาะช่องสัญญาณแบบ Voice grade line ได้มีการกำหนดขึ้นเป็นมาตรฐานนานาชาติโดยองค์กร CCITT (International Consultative Committee of Telegraphs and Telephones) มาตรฐานดังกล่าวกำหนดในตาราง 2.3

ตาราง 2.3 ข้อแนะนำ V. series ของ CCITT [13]

Recommenda-tion No.	ความเร็วในการส่ง b/s	วิธีมอดูเลต	สายส่ง	หมายเหตุ
V.21	300	FSK	ใช้สายโทรศัพท์ทั่วไป	Full Duplex FDM:
V.22	1200	FSK/PSK	ใช้สายโทรศัพท์ทั่วไป	Full Duplex แบบอะซิงโครนัส V.22bis Full
V.23	1200	FSK	ใช้สายโทรศัพท์ทั่วไป	ส่งอะซิงโครนัส Backward Channel 75 b
V.26	2400	PSK	สายเช่าเฉพาะ	4 สาย Full Duplex V.26 bisใช้สายทั่วไป
V.27	4800	PSK	สายเช่าเฉพาะ	V.27 bis มีอีควอไลเซอร์อัตโนมัติV.27 ter ใช้สายทั่วไป
V.29	9600	QAM	สายเช่าเฉพาะ	
V.32	9600	QAM	ใช้สายโทรศัพท์ทั่วไป	Full Duplex ECT

2.1.5 มาตรฐานในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง และอุปกรณ์ติดต่อสื่อสารอัตโนมัติ

นอกจากการติดต่อมาตรฐานในการรับส่งข้อมูล และมาตรฐานในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล หรือ RS-232-C แล้ว ในการติดต่อแบบ dial-up การติดต่อสื่อสารจำเป็นที่ต้องผ่านอุปกรณ์ติดต่ออัตโนมัติ ซึ่งกำหนดเป็นมาตรฐานรวมอยู่ในการเชื่อมโยงการสื่อสาร ระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับอุปกรณ์ติดต่ออัตโนมัติ ดังนี้คือ

1. ข้อแนะนำ V.25 ของ CCITT [13]
2. ข้อแนะนำ V.25 bis ของ CCITT [14]
3. RS-366-A Type I-VII [15]

ลักษณะการเชื่อมโยงการติดต่อสื่อสารแบบ RS-366-A Type I-VII แบ่งตามลักษณะ ได้ดังนี้ คือ

1. แบบที่ I เป็นแบบที่มีการเก็บหมายเลขโทรศัพท์และหมุนด้วยอุปกรณ์ติดต่ออัตโนมัติ

2. แบบที่ II อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางสามารถเลือกหมายเลขให้อุปกรณ์ติดต่ออัตโนมัติหมุนได้

3. แบบที่ III หรือแบบ 801 ตามระบบของ Bell หมายเลขที่ทำการติดต่อจะถูกส่งผ่านจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางแบบขนานทีละหมายเลข

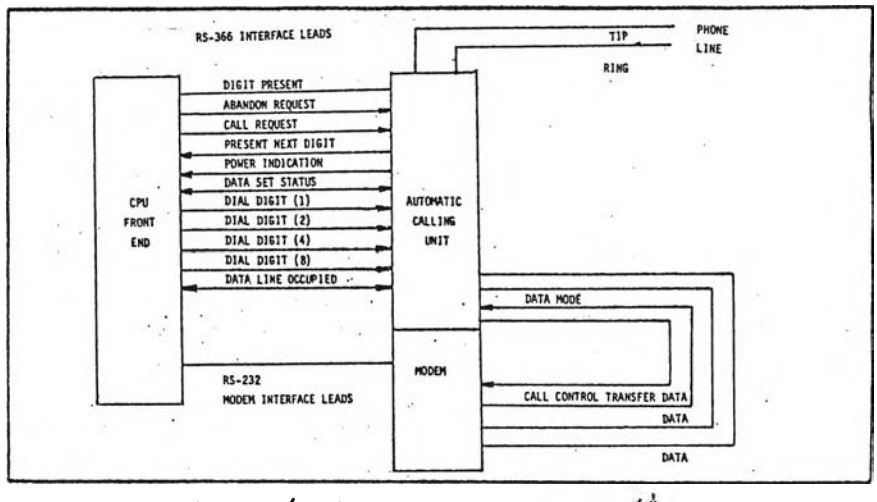
4. แบบที่ IV อุปกรณ์ติดต่ออัตโนมัติทำงานร่วมอยู่ภายในอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล

5. แบบที่ V เป็นการใช้งานอุปกรณ์ติดต่อสื่อสารอัตโนมัติในกรณีติดต่อช่องสัญญาณหลายช่อง

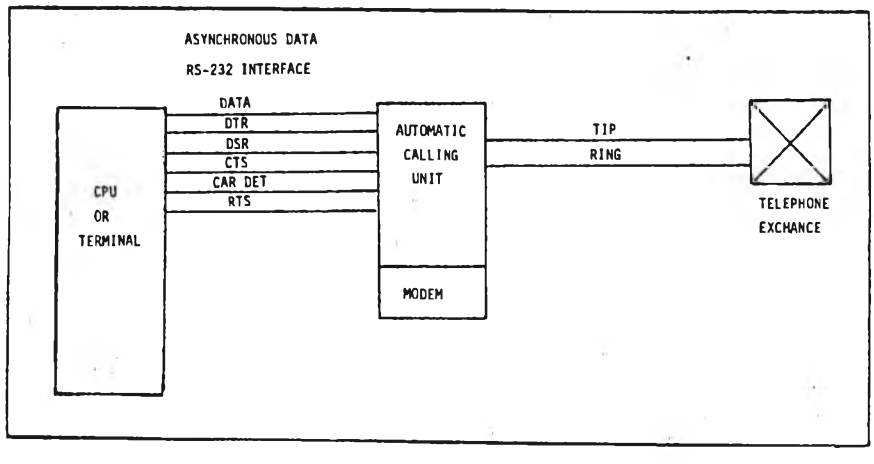
6. แบบที่ VI เป็นแบบที่รวมอุปกรณ์ติดต่ออัตโนมัติกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลโดยหมายเลขที่ทำการติดต่อจะถูกส่งผ่านเหมือนแบบที่ III (มาตรฐานนี้เทียบเท่ากับข้อแนะนำ V.25 ของ CCITT) ลักษณะการเชื่อมโยงการติดต่อแสดงดังในรูป 2.5

7. แบบที่ VII ในการติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์ติดต่ออัตโนมัติตามมาตรฐาน RS-366-A Type VI หมายเลขที่หมุนเรียกจะถูกส่งทีละตัวไปยังอุปกรณ์ติดต่ออัตโนมัติโดยผ่านการอินเตอร์เฟสแบบขนาน ซึ่งการอินเตอร์เฟสแบบนี้มีราคาแพง ดังนั้นจึงมีการกำหนดมาตรฐาน

RS-366-A Type VII ขึ้น โดยใช้การอินเตอร์เฟสแบบอนุกรมในแบบอะซิงโครนัส ลักษณะการเชื่อมโยงตามมาตรฐาน RS-366-A Type VII ข้อมูลและหมายเลขในการติดต่อผ่านมาตรฐาน RS-232-C เพียงพอร์ตเดียว ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดช่วงใดเป็นการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการรับส่งข้อมูล และช่วงใดเป็นการทำงานในการติดต่อทางโทรศัพท์ โดยการใช้ชุดคำสั่ง (Comman set) ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปในบทที่ 4 ต่อไป การอินเตอร์เฟสตามมาตรฐาน RS-366-A Type VII แสดงดังในรูป 2.6



รูป 2.5 แสดงการต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-366 แบบ VI หรือ 801



รูป 2.6 แสดงการต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-366 แบบ VII

อนึ่งในการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส ตามมาตรฐาน ข้อแนะนำ V.25 bis ของ CCITT สามารถทำการรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบ อะซิงโครนัส ซิงโครนัส และ HDLC โดยการกำหนดสถานะการทำงานว่าเป็นการรับส่งข้อมูล หรือ การติดต่ออุปกรณ์ติดต่ออัตโนมัติโดยใช้สัญญาณควบคุมมาตรฐานและกำหนด state diagram ตามมาตรฐาน V.24 ควบคุมสถานะการทำงานแทนชุดคำสั่ง

2.1.5 โพรโทคอลในการสื่อสารข้อมูล [16]

ในการรับส่งข้อมูลจำเป็นต้องมี โพรโทคอล หรือ พิธีการ ในการติดต่อสื่อสาร การติดต่อสื่อสารข้อมูล รหัสข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อ ได้แก่ รหัส ASCII (ANSI 3.4),EBCDIC ของ IBM,Alphabet No.5 (ISO std. 646) หรือ extend ASCII รูปแบบโพรโทคอลที่ใช้ควบคุมการรับส่งรหัสข้อมูลนี้ แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

ก. Byte Control Protocol หรือ Character Oriented Protocol เป็นโพรโทคอลที่เหมาะสมในการโต้ตอบ ซึ่งกันและกันของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง 1 คู่ โพรโทคอลแบบ Byte Control Protocol แบ่งออกได้ 2 แบบคือ

1. อะซิงโครนัสโพรโทคอล โพรโทคอลลักษณะนี้เหมาะสำหรับการรับส่งข้อมูลที่ความเร็วต่ำ โดยอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางในโพรโทคอลลักษณะนี้ต้องทำหน้าที่ ซิงโครไนซ์บิต และคาแรคเตอร์ โพรโทคอลแบบนี้ ได้แก่ XMODEM, XON/XOFF, Ward Christensen, Hay Verification และ Kermit [17][18]เป็นต้น

2. ซิงโครนัสโพรโทคอล เป็นโพรโทคอลที่พัฒนาขึ้นเพื่อลด Overhead ที่ใช้ไปสำหรับสตาร์ทบิตและสต็อปบิตในการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส การรับส่งข้อมูลตามโพรโทคอลลักษณะนี้ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทำหน้าที่ซิงโครไนซ์คาแรคเตอร์ อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทำหน้าที่ซิงโครไนซ์บิต โพรโทคอลแบบนี้ได้แก่ BSC (IBM), ECMA-16 หรือ IATA (ใช้ในธุรกิจการบิน) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโพรโทคอลแบบ byte count protocol คือ DDCMP (DEC) ซึ่งตรวจจับข้อมูลผิดพลาด ARQ แบบต่อเนื่อง

ข. Bit Oriented Protocol เป็นโพรโทคอลที่นิยมใช้ในการทำงานในรูปแบบสองทาง (Full Duplex) หรือ Two Way Simultaneous เป็นส่วนมาก ลักษณะการซิงโครไนซ์คล้ายซิงโครนัสโพรโทคอล เพียงแต่แทนที่จะทำการซิงโครไนซ์คาแรคเตอร์อุปกรณ์รับ

014302

ส่งข้อมูลปลายทางจะทำการซิงโครไนซ์บล็อกข้อมูลแทน ลักษณะของโพรโทคอลแบบนี้ได้แก่ SDLC (IBM), ADCCP (ANSI), HDLC (CCITT/ISO) และ UDLC (univac) เป็นต้น

ในการออกแบบโมเดม หลักการสื่อสารข้อมูลในเงื่อนไขต่างๆ เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องคำนึงถึง อาทิเช่น ได้แก่

การทำงานของโมเดมว่าเป็นแบบ Short Haul หรือ แบบ Voice Grade เป็นส่วนที่กำหนด ข้อจำกัดแบนวิดท์ของช่องสัญญาณที่ใช้

ข้อจำกัดทางด้านแบนวิดท์ วิธีการมอดูเลต และความถี่คลื่นพาห์ เป็นส่วนที่กำหนด อัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุด กำหนดแบบแผนการรับส่งข้อมูล และมาตรฐานการรับส่งข้อมูล ซึ่งรวมไปถึงโพรโทคอลที่จำเป็นสำหรับการรับส่งข้อมูลในแต่ละแบบ

การใช้ทำงานผ่านข่ายสายโทรศัพท์ทั่วไป หรือ ผ่านคู่สายเช่าเฉพาะ เป็นส่วนที่กำหนดว่าจำเป็นต้องติดต่อผ่านอุปกรณ์ติดต่ออัตโนมัติ หรือไม่ เป็นต้น

2.2 เหตุผลที่เลือกพัฒนาโมเดม V.26 bis และพัฒนาโปรแกรมควบคุมการติดต่อสื่อสาร

เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติของโมเดม Voice Grade ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ดังตาราง 2.2 จากความต้องการอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลที่กำลังมีความต้องการอย่างมากในขณะนี้ สามารถสรุปเพื่อหาแนวเหตุผลในการเลือกออกแบบและพัฒนาโมเดม V.26 bis ได้ดังต่อไปนี้

โมเดมตามมาตรฐาน V.26 bis เป็นการติดต่อสื่อสารแบบกึ่งสองทาง 2 สาย ทำให้สามารถทำการติดต่อผ่านข่ายสายโทรศัพท์ทั่วไปได้ ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบในการทำงาน และติดต่อสื่อสารได้อย่างกว้างขวาง และ มีความเชื่อถือได้ดีพอสมควร ซึ่งโมเดมที่ทำการรับส่งข้อมูลที่อัตราสูงกว่านี้ เช่น ตามมาตรฐาน V.27 ถึง V.29 ยังมีปัญหาในการรับส่งข้อมูลในบางชุมสายโทรศัพท์อยู่ ซึ่งทำให้โมเดมตามมาตรฐาน V.26 bis เป็นโมเดมที่เป็นที่นิยมใช้กิจการธนาคาร ธุรกิจ ต่างๆ แม้ทว่าการทำงานจะเป็นแบบกึ่งสองทาง แต่ก็มีความเหมาะสมเนื่องจากการรับส่งข้อมูลโดยส่วนใหญ่เป็นการโอนย้ายแฟ้มข้อมูล และเป็นการติดต่อระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งมีการทำงานโดยส่วนใหญ่เป็นแบบกึ่งสองทางอยู่แล้ว (และในปี 1986 เพิ่งมีการกำหนดมาตรฐานใหม่ คือ V.22 bis ตาม CCITT

ตาราง 2.2 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของ Voice Grade โมเดม

	อัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุด	การติดต่อสื่อสาร	การทำงาน	ความซับซ้อนของวงจรอนาลอก
V.21	300,600(FSK)	สองทาง	ใช้สายโทรศัพท์ทั่วไป	น้อย
V.22	1200(PSK)	สองทาง	ใช้สายโทรศัพท์ทั่วไป	น้อย
V.22 bis	2400(PSK)	สองทาง	ใช้สายโทรศัพท์ทั่วไป	มาก
V.23	1200(FSK)	กึ่งสองทาง	ใช้สายโทรศัพท์ทั่วไป	น้อย
V.26	2400(PSK)	กึ่งสองทาง	คู่สายเช่าเฉพาะ	ปานกลาง
V.26 bis	2400(PSK)	กึ่งสองทาง	ใช้สายโทรศัพท์ทั่วไป	ปานกลาง
V.27 และ V.29	4800,9600 (QAM)	กึ่งสองทาง	คู่สายเช่าเฉพาะ	มาก
V.32	14400(QAM/ECT)	สองทาง	ใช้สายโทรศัพท์ทั่วไป	มาก

Recommendations Red Book ที่สามารถทำการรับส่งข้อมูลได้ที่อัตราการรับส่งข้อมูล 2400 บิตต่อวินาที เท่ากับมาตรฐาน V.26 bis) นอกจากนั้นความซับซ้อนของอุปกรณ์มอดูเลชั่น และวงจรอีควอไลซ์เซอร์ ตามมาตรฐาน V.26 bis ยังมีความซับซ้อนน้อยกว่า V.22 bis,V.27 V.29 และ V.32

จากเหตุผลที่เลือกพัฒนา โมเดม V.26 bis ดังกล่าวข้างต้น นอกจากคุณสมบัติทั่วไปตามมาตรฐานแล้ว ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาและออกแบบ เพิ่มเติม โดยได้ทำการออกแบบให้สามารถทำการติดต่อสื่อสารกับเครื่อง IBM PC ซึ่งมีการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส โดยโมเดม V.26 bis เป็นโมเดมที่ทำการรับส่งข้อมูลเป็นแบบซิงโครนัส เมื่อทำการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส จำเป็นที่ต้องออกแบบอุปกรณ์แปลงการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเป็นแบบซิงโครนัส ปกติอุปกรณ์ดังกล่าวนี้เป็นอุปกรณ์เพิ่มเติมสำหรับโมเดม ตามมาตรฐาน V.26 และความสามารถในระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นความสามารถพิเศษที่กำลังเป็นที่ต้องการในระบบธุรกิจ ดังจะเห็นได้จากการพัฒนาอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล หรือ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง ให้มีความสามารถดังกล่าว ในต่างประเทศ

อนึ่งในการทดสอบใช้งานซอฟต์แวร์สำหรับโอนย้ายแฟ้มข้อมูลที่ใช้ในปัจจุบัน พบว่ามีความไม่เหมาะสมกับการใช้งานอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลที่ออกแบบ เนื่องจากซอฟต์แวร์สำหรับโอนย้ายข้อมูลดังกล่าวออกแบบสำหรับการทำงานแบบสองทาง (Full Duplex) ดังนั้นสัญญาณ RTS (สัญญาณหมายเลข 105) จึงไม่เป็นตามข้อแนะนำของ V.26 bis ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมการติดต่อสื่อสารบน IBM PC นี้ขึ้น โดยในขั้นแรกนี้ทำการพัฒนาให้มีความสามารถทั่วไปเทียบเท่าซอฟต์แวร์ XTALK [19] และ Bizcomp [20] ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นดังกล่าว สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลที่ออกแบบให้กว้างขวางขึ้น ซึ่งจะกล่าวถึงในต่อไปในบท 2.4

2.3 องค์ประกอบของโมเดม V.26 bis ที่ทำการพัฒนา

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโมเดม V.26 bis แสดงดังในรูป 2.7 ลักษณะการทำงานเป็นโมเดมแบบใช้ภายนอก การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลติดต่อโดยผ่านมาตรฐาน RS-232-C เนื่องจากอุปกรณ์มีความสามารถพิเศษในระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นการทำงานของอุปกรณ์มี 3 แบบ คือ

1. การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับ อุปกรณ์การรับส่งข้อมูลปลายทางทางด้านรับ โดยผ่านอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลในการสื่อสารปกติ

2. การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทางผู้รับในการสื่อสารข้อมูล แบบกำหนดเวลาในการรับส่งล่วงหน้า ในระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail)

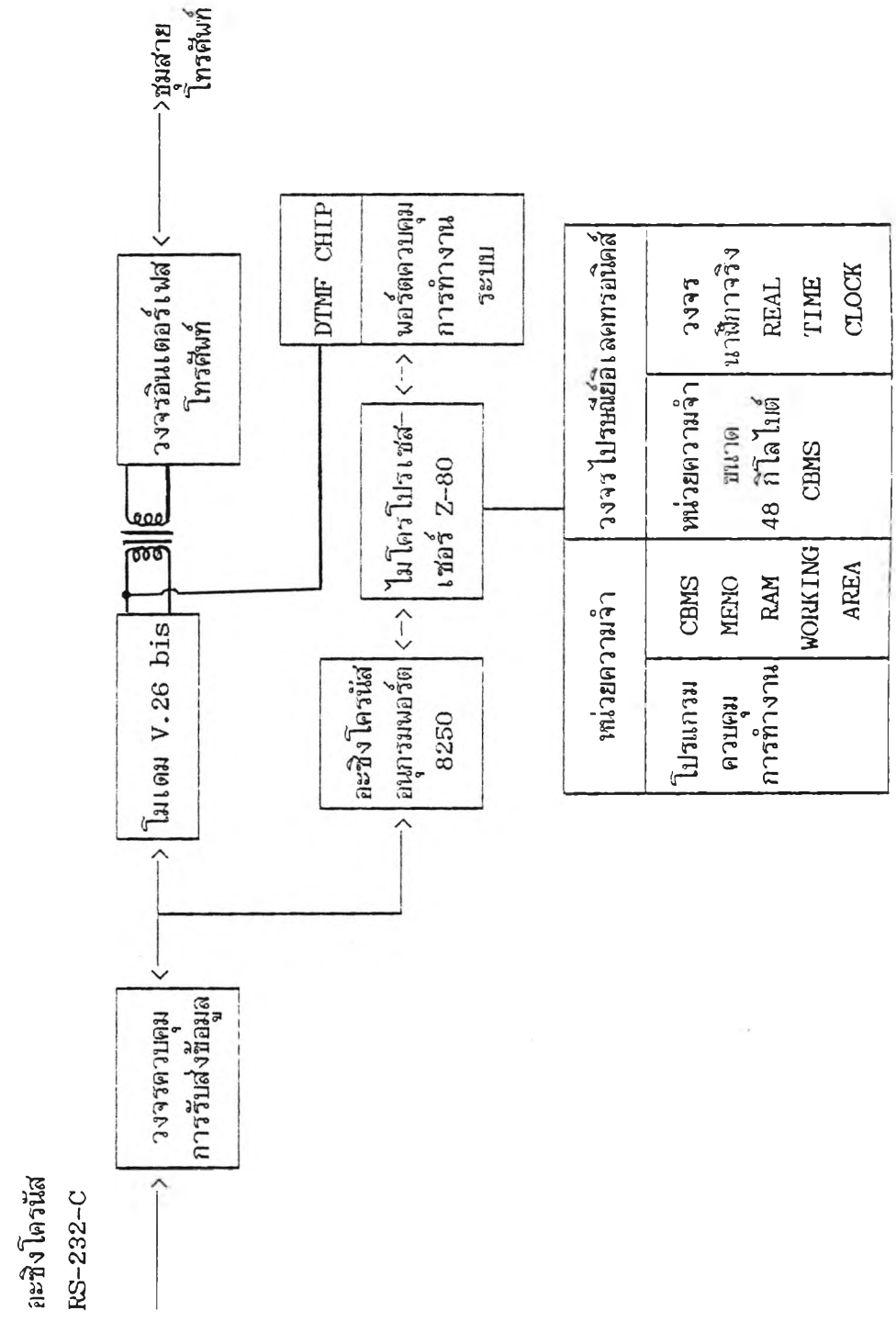
3. การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางหรืออุปกรณ์สื่อสารข้อมูลกับ อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทางด้านผู้รับ โดยทำงานแบบรับส่งข้อมูลอัตโนมัติ หรือ แบบ Unattended Mail

2.3.1 อุปกรณ์มอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่น

อุปกรณ์มอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่น ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเชิงเลขเป็นสัญญาณอนาลอกโดยการใช้ความถี่คลื่นพาห์ 1800 Hz การออกแบบเป็นไปตามมาตรฐานของ CCITT (ภาคผนวก ค.) อุปกรณ์มอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่นใช้ IC ของ บริษัท Motorola MC 6172 และ 6173 [21] พร้อมด้วยวงจรฟิวเตอร์ วงจรสแครมเบอร์ และวงจรตรวจจับระดับสัญญาณ การทำงานเป็นแบบกึ่งสองทาง 2 สาย ผ่านวงจรไฮบริดจ์

2.3.2 ระบบควบคุมไมโครคอมพิวเตอร์

ระบบควบคุมไมโครคอมพิวเตอร์ ทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 และพอร์ตต่างๆ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น การรับส่งชุดคำสั่ง ควบคุมการทำงานในการหมุนและตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ การควบคุมการรับส่งข้อมูลของอะซิงโครนัสพอร์ตอนุกรม



รูป 2.7 บล็อกไดอะแกรมโมเดม V.26 bis

ควบคุมการหมุนโทรศัพท์แบบพัลส์และ DTMF การอ่านเวลาวงจรนาฬิกาจริง และการจัดการหน่วยความจำเมื่อทำงานในระบบไปรษณีย์อิเลกทรอนิกส์ ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แปลงการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเป็นแบบซิงโครนัส การทำงานของระบบควบคุมไมโครคอมพิวเตอร์เป็นการควบคุมการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล ยกเว้นภารมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญญาณข้อมูล

ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบ คือ

ก. CPU เบอร์ Z-80 ทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกา 2 เมกกะเฮิร์ตซ์, ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอก

ข. 8255 เป็นพอร์ต 8 บิต 3 พอร์ต ทำหน้าที่ดังนี้ คือ

1. พอร์ต A ควบคุมการหมุนโทรศัพท์ทั้งแบบพัลส์ และ DTMF

2. พอร์ต B ควบคุมการทำงานของวงจรนาฬิการจริงร่วมกับพอร์ต C

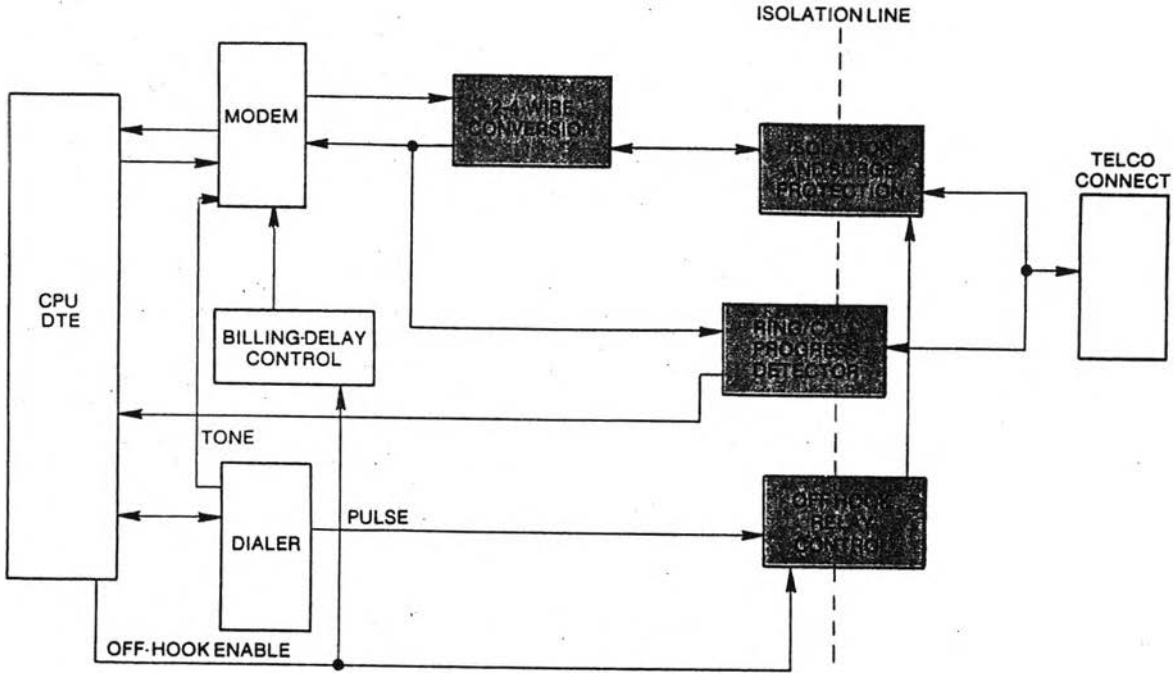
3. พอร์ต C ควบคุมการทำงานของวงจรนาฬิกาจริง และ วงจรควบคุมการรับส่งข้อมูล

ค. EPROM เบอร์ 2732 เป็นหน่วยความจำภายนอกซึ่งเป็นโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล

3.1.3 อุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์

เป็นส่วนที่อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทำการติดต่อกับสายโทรศัพท์ ในการหมุนหรือตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ ชุดคำสั่ง หรือ คำสั่งที่ CPU ได้รับจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางโดยผ่านทางอะซิงโครนัสซีเรียลพอร์ต เป็นไปตามมาตรฐาน RS-366-A คำสั่งที่ให้หมุนโทรศัพท์อัตโนมัติทั้งแบบพัลส์ และ แบบความถี่ DTMF จะถูกทำการประมวลผลด้วย CPU จากนั้นควบคุมการทำงานด้วยพอร์ต A ของ 8255 การหมุนโทรศัพท์แบบพัลส์นั้น สัญญาณพัลส์จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์ สัญญาณหมุนโทรศัพท์แบบความถี่จะต่อโดยตรงกับสัญญาณคลัปปิ้งจากทรานสฟอร์มเมอร์ของอุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์(สัญญาณเดียวกับสัญญาณรับส่งของโมเดม) หน้าที่สำคัญของอุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์ [22][23] แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. เพื่อป้องกันอันตรายอันเกิดแก่อุปกรณ์สื่อสารข้อมูล ซึ่งจำเป็นในกรณีที่วางสายภายนอกอาคารเพื่อป้องกันการลัดวงจรเข้ากับสายไฟฟ้า การเหนี่ยวนำจากฟ้าผ่า การสวิงของ



รูป 2.8 บล็อกไดอะแกรมอุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์

แรงดัน หรือการกระชากของกระแส

2. เพื่อป้องกันการรบกวนการทำงานของโทรศัพท์ โดยควบคุมขนาดของสัญญาณที่ส่งผ่านคู่สายโทรศัพท์ ในทางปฏิบัติยังเป็นการเลือกการทำงานของโทรศัพท์ หรือการรับส่งข้อมูลเพื่อป้องกันการรบกวนจากโทรศัพท์ในกรณีทำการรับส่งข้อมูล

อุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบ Direct Connect Modem (DCC) การต่ออุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์ เป็นการแยกสัญญาณภายในอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลจากสัญญาณภายในคู่สายโทรศัพท์ โดยอาศัยการคลัปปิ้งของทรานสฟอร์มเมอร์และป้องกันอันตรายที่จะเกิดแก่อุปกรณ์สื่อสารข้อมูล กำหนดขึ้นเป็นมาตรฐาน FCC part 68 โดยตามมาตรฐานยังมีข้อกำหนดเกี่ยวกับขนาดสูงสุดของแรงดันกระชาก ขนาดของสัญญาณสูงสุดหรืออิมพีแดนซ์ของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เป็นต้น

อุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์ หรือ DAA (Direct Access Arrangement) มีลักษณะการทำงานดังในรูป ในการออกแบบอุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์มีส่วนประกอบ 2 ส่วนที่ต้องพิจารณา คือ

ก. ชนิดของทรานสฟอร์มเมอร์ที่ใช้สำหรับ Isolation และ Surge-protection เป็นแบบแห้ง หรือ เปียก

ข. ชนิดของรีเลย์ที่ใช้สำหรับสัญญาณ off-hook โดยปกติต้องเป็นแบบปิดสนิท คอนแทคเป็นแบบ Silver Palladium ซึ่งกินกระแสน้อยมาก และสามารถทนกระแสไฟตรงขนาด 75 mA ได้

3.1.4 อุปกรณ์ซีเรียลอินเตอร์เฟส

อุปกรณ์ซีเรียลอินเตอร์เฟส เป็นอุปกรณ์ที่ทำการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง เพื่อรับส่งข้อมูล รับส่งชุดคำสั่ง และ ตรวจสอบสัญญาณควบคุม อุปกรณ์ซีเรียลอินเตอร์เฟส มีองค์ประกอบ คือ

ก. อะซิงโครนัสซีเรียลพอร์ต เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้เน้นการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเป็นหลัก ซึ่งรูปแบบการสื่อสารข้อมูลโดยส่วนใหญ่แล้วเป็นการสื่อสารแบบโต้ตอบกันระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง 1 คู่ ดังนั้นอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางโดยส่วนใหญ่มีการทำงานแบบ Two-way Alternate หรือ การรับส่งข้อมูลแบบกึ่งสองทาง (Half Duplex) รูปแบบการสื่อสารข้อมูลที่เหมาะสมกับการสื่อสารข้อมูลแบบนี้คือ Character Oriented Data Link ซึ่งรูปแบบการสื่อสารข้อมูลดังกล่าวเป็นที่ยอมรับกันว่ามีการใช้งานสูงกว่ารูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบ Bit Oriented Data Link ดังนั้นในการออกแบบอุปกรณ์ซีเรียลพอร์ต จึงเป็นการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสอันเป็นรูปแบบอย่างง่ายของรูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบ Character Oriented Data Link อะซิงโครนัสซีเรียลพอร์ตที่ใช้เป็นเบอร์ 8250 ที่สามารถโปรแกรมสัญญาณนาฬิกาในการรับส่งข้อมูลได้

ข. อุปกรณ์แปลงการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเป็นแบบซิงโครนัส โดยปกติเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง อุปกรณ์ซีเรียลพอร์ตจะทำงานโดยใช้ผลิกที่

ความถี่สูงมีค่าประมาณ 1.8432 MHZ นำมาสร้างเป็นอุปกรณ์สังเคราะห์ความถี่ และทำการหารด้วยวงจรนับเพื่อให้ได้สัญญาณนาฬิกาในการรับส่งข้อมูล สัญญาณนาฬิกาที่ได้จากการหารจะเกิด jitter ขึ้นจากวงจรนับและวงจรที่เกี่ยวข้องประมาณ 1% เมื่อทำการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส สัญญาณนาฬิกาที่ได้จากการซิงโครไนซ์บิตด้วยข้อมูลอะซิงโครนัสแตกต่างจากสัญญาณนาฬิกา ที่ได้จากการมอดูเลตและดีมอดูเลต ด้วยวิธีโคฮีเรนท์ของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (วิธีการซิงโครไนซ์ข้อมูลต่างกันดังกล่าวถึงในบทที่ 2.1) ทำให้การรับส่งข้อมูลเกิดความผิดพลาดขึ้นจึงมีความจำเป็นต้องออกแบบ อุปกรณ์แปลงการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเป็นแบบซิงโครนัสและยอมให้ข้อมูลอะซิงโครนัสที่รับสามารถเบี่ยงเบนได้ 1% [11] เนื่องจากสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัสและการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางไม่เท่ากัน การชดเชยความเร็วเมื่อสัญญาณนาฬิกาเร็วหรือช้าจึงเป็นวิธีการที่ใช้ โดยสร้างอุปกรณ์ดังกล่าวเพื่อทำการชดเชยอัตราการรับส่งข้อมูล [15] ในทางปฏิบัติการชดเชยอัตราการรับส่งข้อมูลกระทำโดยการการเพิ่มและลดสต็อปบิต วิธีการชดเชยเป็นดังนี้

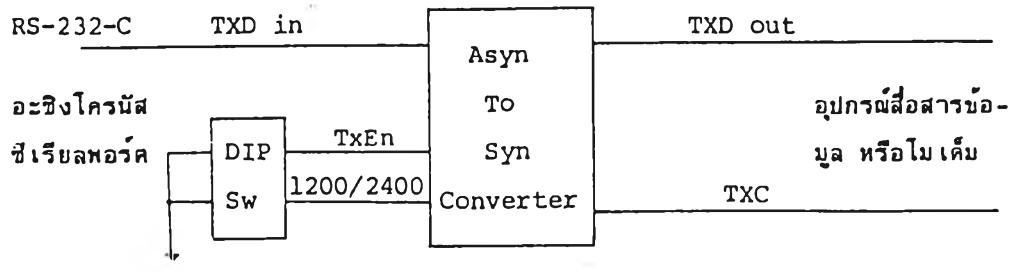
1. เมื่ออัตราเร็วสัญญาณนาฬิกาเร็วกว่า (Overspeed Compensate) การชดเชยกระทำโดยการตัดสต็อปบิตออก 1 บิต ในทุก 8 คาแรคเตอร์ หรือ 12.5 % ของสต็อปบิต ทางภาครับเมื่อตรวจพบสต็อปบิตที่หายไป จะทำการเติมสต็อปบิต 7/8 บิต ในคาแรคเตอร์แรกและทำการลดขนาดของสต็อปบิต ใน 7 คาแรคเตอร์ถัดไป คาแรคเตอร์ละ 1/8 บิตของสต็อปบิต ในทางปฏิบัติในบางกรณีอาจทำการเพิ่มสต็อปบิตอย่างเดียว โดยทำการรับส่งข้อมูลด้วยสัญญาณนาฬิกาที่สูงขึ้น ตัวอย่างเช่น IC ของ EXAR [24] เบอร์ 2125 เป็นต้น

2. เมื่ออัตราเร็วสัญญาณนาฬิกาช้ากว่า (Underspeed Compensate) การชดเชยกระทำโดยการเพิ่มสต็อปบิตจำนวน 1 บิต ในทุก 8 คาแรคเตอร์ ทางภาครับทำการตัดสต็อปบิตที่พบ (สต็อปบิต 2 บิตติดกัน) ลงเหลือ 1 1/8 บิตของสต็อปบิต จากนั้นทำการเพิ่มขนาดของสต็อปบิตใน 7 คาแรคเตอร์ถัดไป คาแรคเตอร์ละ 1/8 บิตของสต็อปบิต

จากการสำรวจ IC ที่มีในท้องตลาด ยังไม่มี IC ที่สามารถทำงานที่อัตราการรับส่งข้อมูล 2400 บิตต่อวินาที จึงได้ทำการวิจัยและออกแบบอุปกรณ์แปลงการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเป็นแบบซิงโครนัส

อุปกรณ์แปลงการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเป็นแบบซิงโครนัส ในที่นี้ออกแบบที่อัตราความเร็ว 1200/2400 bps สำหรับใช้กับซิงโครนัสโมเดม ตามมาตรฐาน V.26 bis ของ CCITT ลักษณะการเชื่อมโยงระหว่างอะซิงโครนัสซีเรียลพอร์ตกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล

แสดงดังในรูป 2.9



รูป 2.9 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แปลงการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเป็นแบบซิงโครนัสกับอุปกรณ์อะซิงโครนัสซีเรียลพอร์ต และอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล

อุปกรณ์แปลงรับ-ส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเป็นแบบซิงโครนัส จะถูกเลือกให้ทำงานในการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส โดยการตั้ง TxEn เป็น High และทำงานในการรับ-ส่งข้อมูล 1,200 หรือ 2,400 bps โดยอาศัยการเพิ่มสต็อปบิตในกรณีที่สัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเร็วกว่าข้อมูลอะซิงโครนัส ในกรณีที่อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลช้ากว่าข้อมูลอะซิงโครนัสนั้นในที่นี้แก้ไขโดยให้ทางอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทำการ delay เวลาในการส่งคาแรคเตอร์ถัดไป ซึ่งวิธีนี้จะทำให้เวลา idle มีมากขึ้น ทำให้ไม่จำเป็นต้องตัดสต็อปบิตออก

2.3.5 <u>ระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์</u> [25]

ระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail หรือ Computer-Based Mail System:CBMS) ขณะนี้กำลังเป็นที่นิยมและมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ มีข้อแตกต่างจาก Bulletin Board System ซึ่งข้อความสามารถถูกเรียกใช้ได้ทั่วไป หรือไม่เจาะจงผู้ใช้ ลักษณะการใช้งานเหมือนกับการติดบอร์ด หรือการปิดประกาศ แต่ระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์สามารถเจาะจงผู้รับ ลักษณะการทำงานคล้ายกับการทำงานของเครื่องโทรสาร คือ สามารถรับส่งข้อมูลโดยอัตโนมัติ โดยทำงานแบบรับส่งปกติ หรือ แบบกำหนดเวลาในการรับส่งล่วงหน้า (Attended or Unattended Mails) สำหรับในแบบหลังสามารถกำหนดในการรับส่งล่วงหน้าและรับข้อมูลอัตโนมัติโดยไม่ต้องเปิดอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

ระบบนี้ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

1. วงจรนาฬิกาจริง ควบคุมการทำงานโดยระบบไมโครคอมพิวเตอร์และพอร์ตควบคุมพอร์ต B และ C ของ 8255 โดยทำการควบคุมวงจรนาฬิกาจริง เบอร์ MSM 5832

2. หน่วยความจำ ขนาด 56 kbyte แบ่งออกเป็นหน่วยความจำทางด้านรับและด้านส่งส่วนละ 28 กิโลไบต์ เมื่อต้องการทำงานแบบกำหนดเวลาในการรับส่งข้อมูลล่วงหน้า อุปกรณ์รับส่งปลายทาง ทำการรับส่งข้อมูลไปเก็บในหน่วยความจำด้านส่งผ่านอะซิงโครนัสพอร์ตอนุกรม หรือเมื่อทำงานในการรับข้อมูลอัตโนมัติ ข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางด้านส่งจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำด้านรับ ซึ่งในกรณีนี้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทางด้านรับไม่จำเป็นต้องทำงาน หรือ อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลสามารถทำงานโดยลำพัง

ระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ ทำงานภายใต้การจัดการของ CPU และอะซิงโครนัสซีเรียลพอร์ต ในการทำงานระบบดังกล่าวนี้มีข้อดี ทำให้สามารถที่จะส่งข่าวสาร จดหมายเวียน หรือ Teletex ฯลฯ ไปยังสถานีปลายทางโดยสามารถกำหนดการทำงานแบบรับส่งปกติหรือแบบกำหนดเวลาในการรับส่งล่วงหน้าได้

การรับส่งแบบกำหนดเวลาล่วงหน้า เป็นการรับส่งลักษณะ Stored and Forward แบบหนึ่ง ทำให้สามารถทำการรับส่งข่าวสาร ในช่วงเวลาที่มีการใช้ข่ายสายโทรศัพท์ไม่หนาแน่น หรือ การรับส่งข่าวสารในช่วงเวลากลางคืนที่การคิดค่าบริการลดลง หรือ การติดต่อทางไกลที่เวลาระหว่างสองสถานีต่างกันมาก ความสามารถในการทำงานแบบ Store and Forward ทำให้อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลสามารถทำงานได้อย่างอิสระ โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางในการรับส่งข่าวสาร อันทำให้อายุในการใช้งานของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางยาวนานขึ้น

เพื่อให้ระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ จำเป็นทำการพัฒนาโปรแกรมรักษาความปลอดภัยข้อมูล (Data Security) บน IBM PC ในการทำงานร่วมกันโดยมีความสามารถพิเศษสามารถรับส่งข้อมูลเฉพาะตัวบุคคลหรือกลุ่มบุคคล เพื่อป้องกันการดักฟัง (Evasdropping)

2.4 ซอฟต์แวร์ควบคุมการติดต่อสื่อสารบน IBM PC

เนื่องจากระบบที่ออกแบบมีความสามารถพิเศษเพิ่มขึ้นจากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทั่วไป การทำงานในการติดต่อสื่อสารจึงถูกควบคุมด้วยซอฟต์แวร์ควบคุมการติดต่อสื่อสาร 2 ส่วน คือ

ซอฟต์แวร์ควบคุมการติดต่อสื่อสารบน IBM PC และ โปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล

ลักษณะการใช้งานของซอฟต์แวร์ควบคุมการติดต่อสื่อสารบน IBM PC มีลักษณะคล้ายโปรแกรมสำหรับโอนย้ายแฟ้มข้อมูลอื่นๆ อาทิเช่น XTALK, Procom,PC-TALK และ Bizcomp เป็นต้น

ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาจะมีความสามารถดังนี้คือ

1. มีความสามารถในการโอนย้ายแฟ้มบันทึกข้อมูล (File Transfer) กล่าวคือ สามารถในการแลกเปลี่ยวข่าวสาร โดยการโอนย้ายจากแฟ้มบันทึกข้อมูลที่เก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล IBM PC ข้อมูลที่เก็บไว้อาจเป็น รูปภาพ ตัวเลข หรือ ข้อมูล ประโยชน์ของการทำงานแบบโอนย้ายแฟ้มบันทึกข้อมูลนี้สามารถประยุกต์มาใช้เป็น สื่อการเรียนการสอนทางไกล การสอบถามยอด หรือโอนย้ายบัญชี หรือสื่อความหมายในทางธุรกิจได้ นอกจากนั้นเมื่ออาศัยโปรแกรมโอนย้ายแฟ้มข้อมูลดังกล่าว ทำงานร่วมกับโปรแกรม Full Screen Editor เช่น Side Kick และโปรแกรมในระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์แล้ว ทำให้สามารถที่จะเขียนจดหมาย หรือออกจดหมายเวียน หรือทำในลักษณะติดประกาศ (Bulletin Board) ได้

2. มีความสามารถในการโต้ตอบกัน ความสามารถนี้มาจากโปรแกรมอีกส่วนหนึ่งที่ผู้ใช้สามารถทำการโต้ตอบกันได้ โดยการกดคีย์บอร์ด การสื่อสารแบบนี้มีลักษณะเหมือนการถามตอบกันและกันนั่นเอง

3. มีความสามารถในการหมุนโทรศัพท์อัตโนมัติ โปรแกรมนี้เป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยอำนวยความสะดวกสบายในการหมุนโทรศัพท์ โดยที่สามารถหมุนหมายเลขจากแฟ้มเก็บหมายเลขโทรศัพท์ หรือจากคีย์บอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ โดยไม่ต้องหมุนที่หน้าปัดของโทรศัพท์

4. ระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นโปรแกรมจัดการการส่งจดหมายเวียน Telex หรือข่าวสารโดยสามารถกำหนดการทำงานเป็นแบบรับส่งตามปกติ หรือแบบกำหนดเวลาในการรับส่งล่วงหน้า (Attended or Unattended Mail) หรือกำหนดสถานีปลายทางหรือผู้รับได้หลายแห่ง

5. ระบบรักษาความปลอดภัยข้อมูล เป็นโปรแกรมเพิ่มเติมที่พัฒนาขึ้น เนื่องจากในการทำงานบางหน่วยงาน มีเอกสารหรือข่าวสารที่เป็นความลับ โดยที่มีระดับของบุคคลหรือกลุ่มบุคคลบางระดับเท่านั้นที่จะเข้าใช้ข้อมูลหรือข่าวสารนั้นได้ โปรแกรมที่ใช้นี้มีระดับความปลอดภัยที่สูงมาก เนื่องจากออกแบบตามมาตราฐาน DES (Data Encryption Standard)

ของ US Goverment (NBS 77) โดยการนำข้อมูลมาเข้ารหัส โดยใช้รหัสพิเศษ (Keyword) บุคคลที่สามารถเข้าใช้ข่าวสารดังกล่าวได้ จะต้องรู้รหัสพิเศษดังกล่าว

6. แฟ้มบันทึกหมายเลขโทรศัพท์ เป็นโปรแกรมที่เก็บและแสดงหมายเลขโทรศัพท์ โดยแสดงรายชื่อ และหมายเลขโทรศัพท์แต่ละคนขึ้นบนจอภาพ เมื่อต้องการติดต่อไปยังผู้ใด สามารถที่จะสั่งได้ทางคีย์บอร์ด

7. โปรแกรมจัดการในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยปกติขณะที่ทำการใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถเรียกใช้คำสั่งจัดการบางคำสั่งได้ เช่น คำสั่ง Type และ Dir (File Directory) เป็นต้น

8. สามารถใช้งานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล IBM PC ได้ ซึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ที่มีโปรแกรมสำเร็จรูปใช้อย่างมากมาย

9. สามารถเปลี่ยนสถานะการทำงานระหว่างการสื่อสารข้อมูล และการติดต่อโทรศัพท์ได้ ทำให้สามารถพูด หรือสอบถามกันได้ โดยเปลี่ยนสถานะจากการสื่อสารข้อมูลในกรณีที่เกิดปัญหาหรือต้องการสอบถามกันขึ้น

2.5 โปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล

โปรแกรมเขียนขึ้นด้วยภาษาแอสแซมบลี (Assembly) เพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล การเขียนโปรแกรมจะมีลักษณะเป็นโมดูลย่อย ๆ โปรแกรมมีขนาดประมาณ 2 กิโลไบต์ ลักษณะของโปรแกรมแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ ได้ดังนี้คือ

1. โปรแกรม initial เป็นโปรแกรมตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบ เช่น โปรแกรม Z-80 CTC แชนแนลต่าง ๆ ทำการตั้งค่าสัญญาณ Answer Tone ให้เป็น '1' เพราะสัญญาณดังกล่าวจะมีผลต่อการทำงานของโมเดม รับเวลาจริงจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางเพื่อตั้งค่าดังกล่าวให้กับวงจรนาฬิกาจริง ตั้งค่าพารามิเตอร์ของพอร์ตอนุกรมที่ใช้รับส่งข้อมูล รวมทั้งตั้งสถานะการทำงานของอุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์ด้วย

2. โปรแกรมตรวจสอบสถานะการทำงาน เป็นโปรแกรมใช้ตรวจสอบว่ามีชุดคำสั่งเข้ามาหรือไม่ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทำงานหรือไม่ มีสัญญาณเรียก Ringing Tone เข้ามา หรือ ได้เวลาในการรับส่งข้อมูลล่วงหน้าแล้วหรือไม่

3. โปรแกรมควบคุมการทำงาน เป็นโปรแกรมที่จัดการการทำงาน ตามคำสั่ง

และการควบคุมของ Z-80 เช่น ควบคุมการหมุนโทรศัพท์อัตโนมัติ การ Handshake สัญญาณในการเริ่มการติดต่อสื่อสารข้อมูล ตลอดจนควบคุมการรับส่งข้อมูลในระบบไปรษณีย์อิเลคทรอนิกส์

4. โปรแกรมสนับสนุน เป็นโปรแกรมพื้นฐาน เช่น โปรแกรมรับส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ที่เขียนเลียนแบบโปรแกรมรับส่งข้อมูลบน BIOS ของ IBM PC โปรแกรมอ่านและตั้งเวลาจริง รวมทั้งโปรแกรมทำการตัดต่อสัญญาณยกหูและวางหู