หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 2

รายละเอียดเกี่ยวกับโมเด็ม

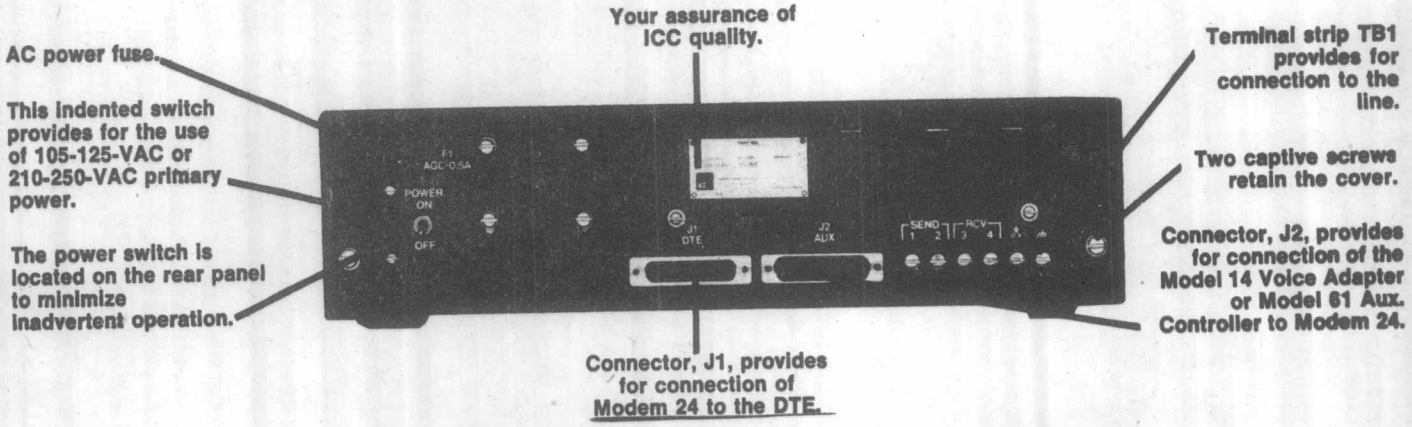
1. ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับโมเด็ม

วิวัฒนาการทางด้านอีเล็คโทรนิคส์ ช่วยให้ขนาดของโมเด็มลดลงเรื่อย ๆ โดยระยะแรกใช้ทรานซิสเตอร์ ต่อมาใช้ IC และปัจจุบันใช้ LSI

โมเด็มมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 8 $\frac{3}{4}$" x 19" x 14" แตกต่างกันออกไปในแต่ละ Model ของแต่ละบริษัทผู้ผลิต ดังตัวอย่างรูปที่ 1 โดยทั่วไปแล้วโมเด็มมีปุ่ม Control และ Indicator น้อยมาก บางเครื่องมีแต่ Power on ปุ่มเดียว เพราะการทำงานต่าง ๆ ได้ตั้งไว้เรียบร้อยแล้ว นอกจากเครื่องที่มีวงจรทดสอบภายในตั้งไว้ก็จะมีปุ่ม Control เพิ่มขึ้น เช่น ปุ่ม Remote test, Carrier detect เป็นต้น

เมื่อเปิดฝาครอบออกภายในจะมีแผ่นวงจรต่าง ๆ วางเรียงตั้งฉากกับฐาน ดังรูปที่ 2 ซึ่งวิศวกรออกแบบการทำงานไว้ เมื่อจะได้ใช้ทำงานใดก็ต่อเข้ากับแผ่นวงจรดังกล่าวได้

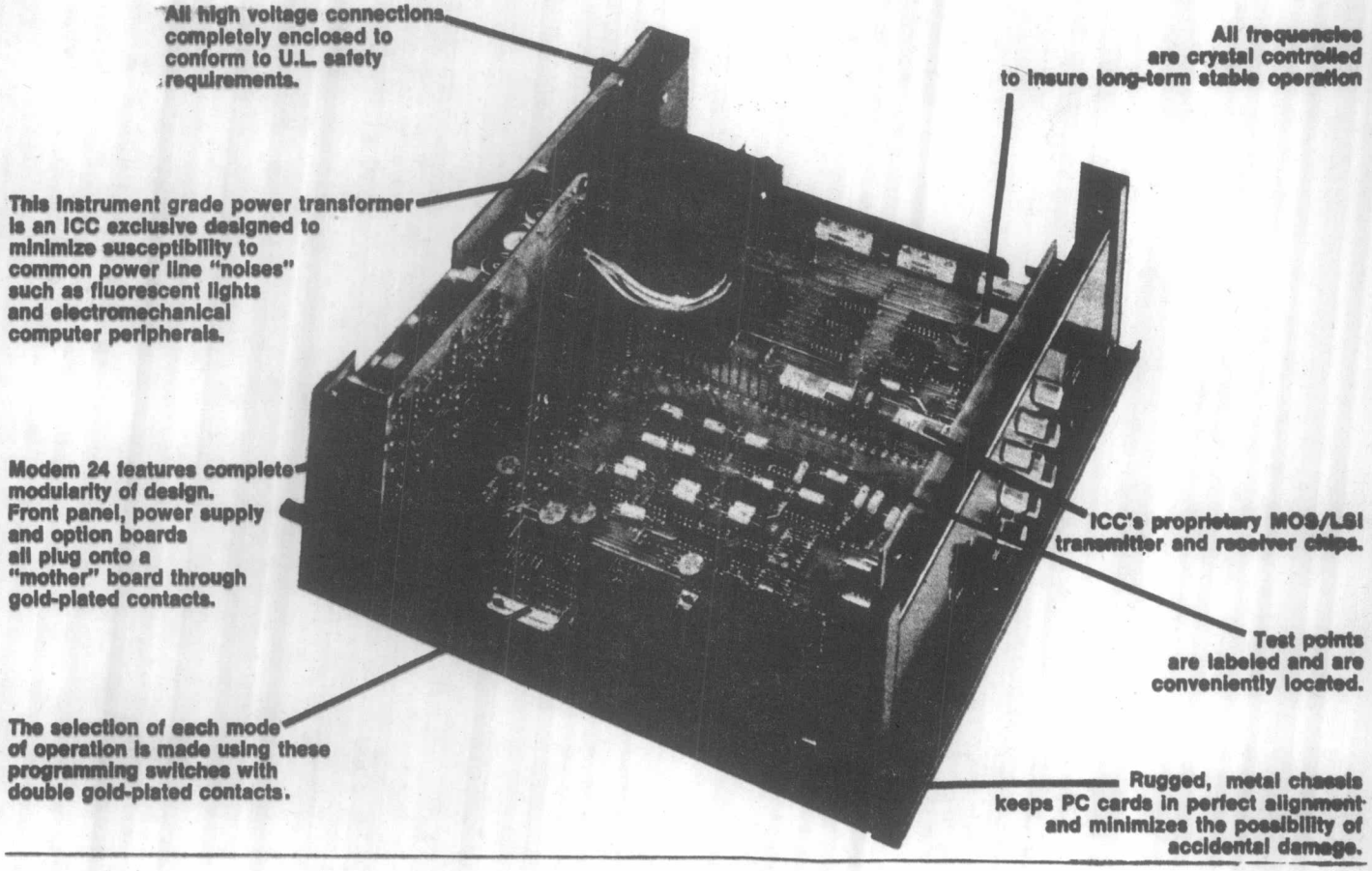
แบ่งโมเด็มเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ โมเด็มส่วนรับ (Receiver) และส่วนส่ง (Transmitter) ส่วนทั้งสองนี้อาจบรรจุอยู่ในกล่องเดียวกันหรือแยกกันก็ได้ เพราะหน้าที่การทำงานของส่วนทั้งสองเป็นอิสระแยกจากกันได้ ถ้าแยกส่วนรับและส่วนส่งไว้คนละกล่องการทำงานจะเป็นแบบ Simplex modemโมเด็มดังกล่าวจะทำหน้าที่รับหรือส่งสัญญาณได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ถ้ารวมส่วนรับและส่วนส่งอยู่ในกล่องเดียวกัน โมเด็มนั้นจะทำงานอย่าง Half-duplex หรือ Full-duplex ก็ได้ ส่วนมากแล้วมักจะรวมส่วนรับและส่วนส่งในเครื่องเดียวกัน เพราะระบบงานส่วนใหญ่มีการจัดแบบ Full-duplex หรือ Half-duplex แบบ Simplex มีน้อย



รูปที่ 1 ตัวอย่างเครื่องคาต้าโมเด็ม ICC. 2400 BPS[1]

---

[1]International Communications Corporation ICC Modem 24 LSI. (Florida: 800 N.W. 41 Street Miami, 1975), p. 3.



รูปที่ 2 รูปโมเด็มเมื่อเปิดฝากล่องออก

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

2. ประเภทของโมเด็ม

แบ่งประเภทของโมเด็มตามลักษณะต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. แบ่งตามวิธีการ Coordination เมื่อโมเด็มได้รับสัญญาณที่ส่งมาจะมีการ Coordinate สัญญาณที่ได้รับกับสัญญาณที่ส่งมา การ Coordinate มี 2 วิธี คือ Synchronous coordination กับ Asynchronous coordination หรือ Start-stop ดังนั้นจึงแบ่งโมเด็มได้เป็น 2 ชนิด คือ

ก) Synchronous modem และ

ข) Asynchronous modem

2. แบ่งตาม Bit stream ที่ส่ง การส่ง Bit stream ทำได้ 2 แบบ คือ Parallel bit stream กับ Serial bit stream ดังนั้นจึงแบ่งโมเด็มได้ 2 อย่าง คือ

ก) Parallel transmission modem

ข) Serial transmission modem

3. แบ่งตามวิธี Modulate signals การ Modulate สัญญาณที่ได้รับ-ส่ง ทำได้หลายแบบ เช่น AM, FM, PM, FM ผสม PM, Frequency-shift keying (FSK) และ On-of keying (OOK) เป็นต้น ดังนั้นจึงแบ่งโมเด็มได้เป็น

1) AM. (Amplitude modulation) modem

2) FM. (Frequency modulation) modem

3) PM. (Phase modulation) modem

4) FM. ผสม PM. modem

5) FSK. (Frequency shift keying) modem

6) OOK. (On-off keying) modem

4. แบ่งตาม Bandwidth ที่ใช้ Bandwidth ที่ใช้มี Sub voice-band, Voice band และ Greater than voice-band หรือ Broad band ดังนั้นจึง แบ่งโมเด็มได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

ก) Sub-voice band modem โมเด็มชนิดนี้ใช้เพียงส่วนหนึ่งของช่วงความถี่เสียง สำหรับค่าต้าที่จะส่งแต่ละตัวมีอัตราความเร็วในการรับส่งเพียง 600 Bps. และเมื่อต้องการจะใช้ช่วงกว้างของ Channel ให้เต็มที่ ก็ใช้ FDM. Technique หรือ TDM. Technique

ข) Voicé band modem คือโมเด็มที่ใช้ช่วงความถี่ของสายโทรศัพท์ทั้งหมดส่งด้วยความเร็วได้ตั้งแต่ 300 - 900 Bps.

ค) Greater than voice band หรือ Broad band modem ใช้ช่วงความถี่ในการส่งมากกว่าหนึ่งช่วงความถี่ของเสียง คือตั้งแต่ 18,750 ถึง 600,000 Bps.

3. <u>อัตราความเร็วและราคาของโมเด็ม</u>

ความเร็วในการรับส่งของโมเด็มมีหลายอัตรา ตั้งแต่ 0 - 9,600 Bps. ส่วนใหญ่แล้วโมเด็มจะมีอัตราส่งคงที่ คือส่งด้วยอัตราใดอัตราหนึ่งเพียงอันเดียว เช่น 600 Bps. ส่งได้เพียงอัตราความเร็วเดียวนี้ แต่มีบางชนิดที่ออกแบบให้เลือกใช้อัตราความเร็วในการรับส่งได้มากกว่าหนึ่งอันโดยการกดสวิทซ์ หรือ Push button หรือต่อเพิ่มเติมบางวงจร ราคาของเครื่องโมเด็มแพงมากขึ้นเมื่อเครื่องมีอัตราการรับส่งค่าต้าได้สูงขึ้น เช่นโมเด็มที่มีอัตราความเร็วในการรับส่งค่าต้า 2,000 - 2,400 Bps. จะเป็น 4 เท่าของโมเด็มที่มีอัตราความเร็ว 1,200 ถึง 1,800 Bps. เป็นราคาที่คิดเปรียบเทียบกันใน U.S.A. ในประเทศอื่นอาจต่างกันออกไปบ้าง นอกจากนี้ราคาของเครื่องยังขึ้นอยู่กับ Line borad ต่าง ๆ ของเครื่องและอุปกรณ์เพิ่มเติมพิเศษอื่น ๆ เช่น การมี Equalizer ในเครื่องหรือไม่ และเป็นชนิดใด Fixed equalizer, statistics equalizer หรือ Automatic equalizer และการมี Backward channel เหล่านี้เป็นต้น จะทำให้ราคาสูงต่ำแตกต่างกันด้วย โมเด็มที่มีส่วนรับและส่วนส่งในเครื่องเดียวกันราคาจะถูกกว่าที่แยกกัน เนื่องจากเทคนิคการสร้างและราคาของอุปกรณ์ที่ใช้

4. การเชื่อมต่อโมเด็มเข้ากับข่ายสายการสื่อสาร (Communication network)

การเชื่อมต่อโมเด็มเข้ากับข่ายสายการสื่อสารอาจแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ 2 ประเภท คือ Private หรือ Leased line (วงจรเช่าตรงระหว่างผู้ใช้) กับ Switched line (วงจรหมุนผ่านชุมสายโทรศัพท์) การแบ่งประเภทนี้เป็นการแบ่งตามประเภทของผู้ใช้

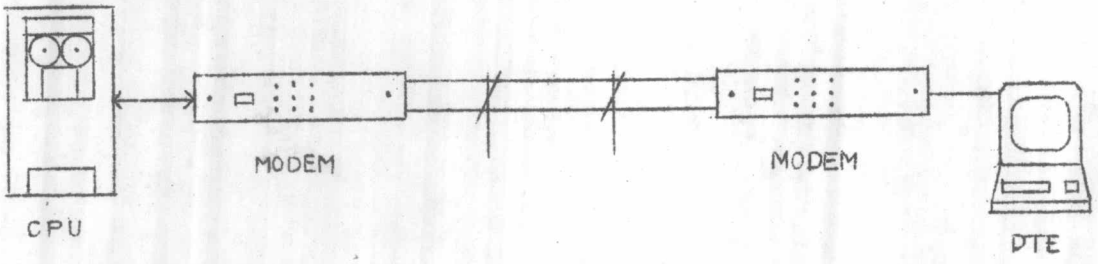
Leased line นั้น ผู้ใช้สามารถต่อกันได้โดยตรง ไม่ผ่านชุมสายองค์การโทรศัพท์ มีเส้นทางการเชื่อมต่อเพียงทางเดียว ดังรูปที่ 3

Switched line เป็นสายส่งที่ต้องหมุนผ่านชุมสายโทรศัพท์ก่อนจะถึงปลายทางฝ่ายรับ ดังนั้นเส้นทางในการหมุนติดต่อในแต่ละครั้งจะเปลี่ยนแปลงไปไม่แน่นอน ดังรูปที่ 4 เช่นสายโทรศัพท์ที่ใช้เป็นต้น ปัจจุบันการใช้ Switched line ใน Broad band channel มีน้อยมาก ส่วนใหญ่มักต่อกันแบบ Leased line

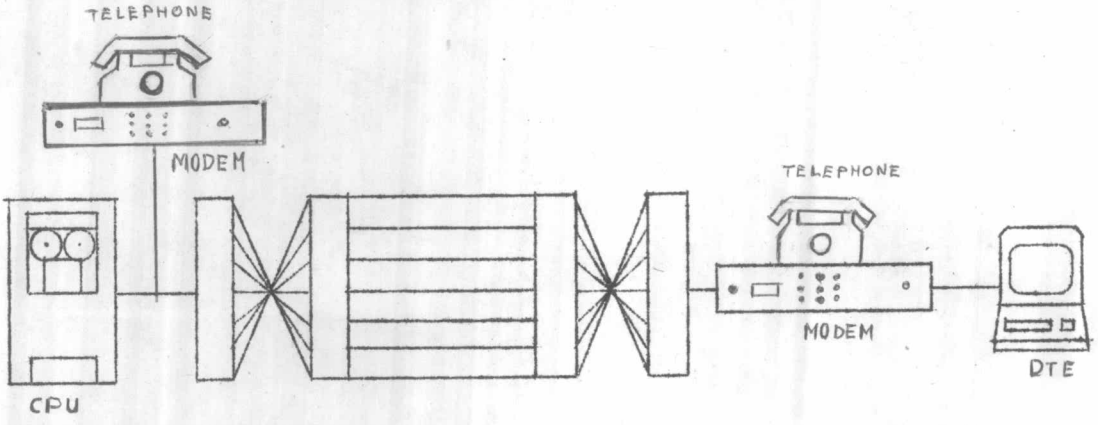
นอกจากจะแบ่งเป็น Leased line และ Switched line แล้ว ยังมีการแบ่งการต่อตามจุดปลายทางต่าง ๆ เช่น

1) Point to point line เป็นการส่งข้อมูลโดยตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ส่วนมากมีการจัดอุปกรณ์แบบ Full-duplex ในระบบนี้โมเด็มปลายทางข้างหนึ่งจะรับ Carrier ทำให้โมเด็มปลายทางเครื่องส่ง ส่งข้อมูลโดยไม่มี Delay ชนิดอื่นในสายส่ง นอกจาก Propagation delay เท่านั้น

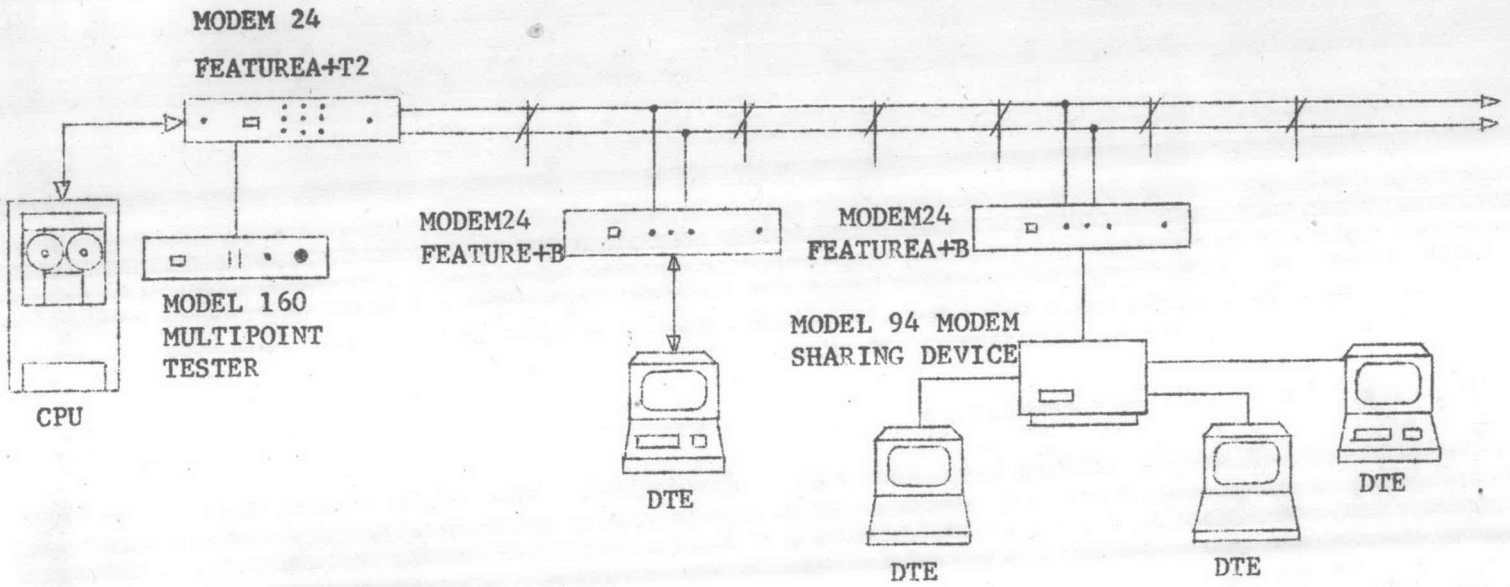
2) Multidrop มักใช้กับ Polling เป็นการรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยกลาง (Central site) กับปลายทางหลาย ๆ จุด โดยหน่วยกลางจะควบคุมการส่งข้อมูลของ DTE. ต่าง ๆ การเชื่อมต่อโมเด็มในข่ายสายนี้แสดงในรูปที่ 5 มักใช้ Full-duplex 4 wire โดยใช้สายคู่หนึ่งสำหรับ Polling และส่งข้อมูลไปยังปลายทาง อีกคู่หนึ่งสำหรับส่งข้อมูลจากปลายทางหลังการ Polling แล้ว แต่ละ DTE. จะส่งข้อมูลเมื่อมีสัญญาณ Request จากหน่วยกลางเท่านั้น ลักษณะการต่อแบบนี้บางทีเรียกว่า Centrally polled ด้วย



รูปที่ 3 การเชื่อมต่อโมเด็มใน Leased circuit



รูปที่ 4 การเชื่อมต่อโมเด็มใน Switched circuit



รูปที่ 5 การเชื่อมต่อโมเด็มใน Multidrop line

3) DDD. Network (Direct distance dialing) หรือ STD. (Subscriber trunk dialing) เมื่อต่อโมเด็มเข้ากับข่ายสายชนิดนี้ ต้องใช้ Data coupler ต่อเข้าด้วย ข่ายสายชนิดนี้ใช้ Full-duplex ความเร็วต่ำกว่าหรือเท่ากับ 600 Bps. เท่านั้น และจะทำ Condition ไม่ได้ โมเด็มที่ใช้จึงต้องเป็นแบบ Fixed statistical equalizer ถ้าส่งด้วยความเร็วที่สูงกว่า 3,600 Bps. ก็ต้องใช้ชนิดมี Adjustable equalizer

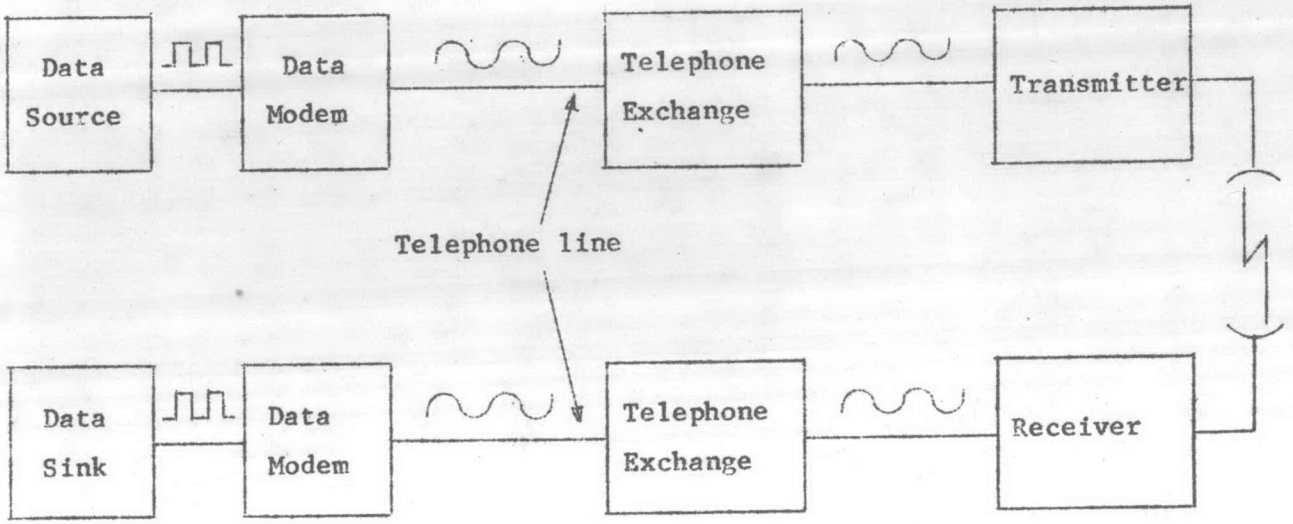
การเชื่อมต่อโมเด็มเข้ายังข่ายสายต่าง ๆ ดังกล่าวมาทำได้โดยดูจากคู่มือ (Manual) ของแต่ละเครื่องที่ใช้ว่ามีปุ่มต่าง ๆ และจุดการเชื่อมต่ออย่างไรเป็นเครื่อง ๆ ไป

5. <u>การทำงานของโมเด็ม</u>

โดยทั่วไปแล้วระบบการสื่อสารดาต้าจะประกอบด้วย Data processing equipment, Interface assembly, Transmission medium และ Data terminal ซึ่งสามารถต่อโมเด็มเข้ากับระบบสื่อสารได้หลายแบบ ตัวอย่างการต่อโมเด็มเข้ากับระบบการสื่อสารดาต้ามีดังรูปที่ 6

โมเด็มส่วนรับจะรับสัญญาณ Digital จาก Terminal แล้วเปลี่ยนสัญญาณเป็นแบบ Analog เพื่อให้เหมาะกับข่ายสายการสื่อสาร เช่นสายโทรศัพท์ ปลายทางฝ่ายรับจะมีโมเด็มต่ออยู่ เพื่อแปลงสัญญาณแบบ Analog ให้กลับเป็นแบบ Digital ตามเดิม แล้วส่งต่อให้กับอุปกรณ์ปลายทางซึ่งอาจมีหนึ่งเครื่องหรือมากกว่าหนึ่งเครื่อง

โมเด็มมีหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ ช่วยให้อัตราความเร็วในการรับส่งสูงขึ้น และลด Noise และ Distortion ต่าง ๆ ในกระบวนการแปลงสัญญาณของโมเด็มนั้น โมเด็มจะสร้าง Sine wave carrier อย่างต่อเนื่อง แล้วปรับ Carrier นี้ให้เข้ากับดาต้าที่ส่ง Sine wave carrier มี 3 ตัวแปร (Parameter) คือ Frequency, Amplitude และ Phase ดังนั้นจึงมีการ Modulate แบบ AM, FM และ PM ดังกล่าวมาแล้ว



รูปที่ 6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบการสื่อสารกาต้าโดยทั่วไป

6. ลักษณะที่เป็นอุปสรรคต่อการสื่อสารข้อมูล

โมเด็มนอกจากจะออกแบบตามลักษณะความเร็วและการทำงานตามระบบงานแล้ว ต้องคำนึงถึงสิ่งรบกวนอื่น ๆ จากอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ในข่ายสายการสื่อสารมักเกิดมีเสียงรบกวน (White noise) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของ Electron ระดับเสียงรบกวนนี้จะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิสัมพัทธ์ มักมีในข่ายสายทุกชนิด และอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการ Modulate ต่าง ๆ ของโมเด็ม สามารถคำนวณได้ทางทฤษฎี[2] นอกจากนี้ Amplitude attenuation, Envelope delay, Phase jitter และ Phase hit ต่าง ๆ ที่เกิดในสายการสื่อสารต่างก็ทำให้เกิดการพร่าเพี้ยนและการสูญหายของสัญญาณบางส่วน ตลอดจนเกิดเสียงแทรกซ้อน (Crosstalk) ได้

7. คุณภาพที่ดีของโมเด็มโดยทั่ว ๆ ไป

ระยะแรกโมเด็มออกแบบมาให้ทำงานแปลงสัญญาณ ได้มีข้อบกพร่องอยู่มาก ทั้งด้านเทคนิคการทำงานและขนาดของวงจรที่ใช้ ปัจจุบันได้ดัดแปลงจนมีส่วนประกอบเพิ่มเติมในการทำงานดีขึ้นมาก

คุณภาพของโมเด็มที่ดีพอสรุปได้ดังนี้คือ

1) มีความทนทานในการใช้งาน และสามารถส่งหรือรับสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ (มี Error rate ต่ำ)

2) ทำงานได้กว้างขวาง มีอัตราความเร็ว และ Mode การทำงานให้เลือกได้

3) มีขนาดกระทัดรัด

4) ติดตั้งง่าย

---

[2]Bennet and Davey, Data Transmission (New York: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1965), p. 125.

5) สะดวกแก่การใช้
6) สามารถดัดแปลงเพื่อใช้งานเมื่อต้องการขยายขนาดของงานได้
7) มีวงจรพิเศษให้สามารถส่งผ่านข่ายสายที่มีคุณภาพไม่ดีนักได้
8) มี Backward channel หรือ Secondary channel
9) ใช้เวลาของ CTS. (Clear to send) ต่ำ
10) มีความเชื่อถือได้ในการส่ง Digital data ที่มีความเร็วสูง
11) ง่ายแก่การดัดแปลง Interface สำหรับการใช้ I/O Device ต่าง ๆ
12) มีวงจรพิเศษสำหรับ Error correction
13) มี Turnaround time ต่ำ

8. <u>คำศัพท์ (Terms) เกี่ยวกับโมเด็ม</u>[3]

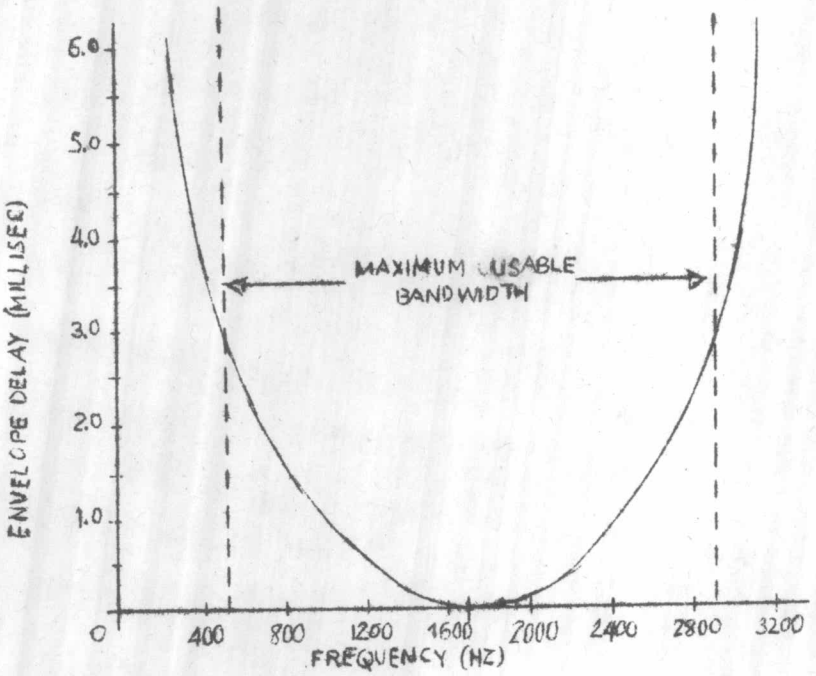
หน้าที่การทำงานของโมเด็มเกี่ยวข้องกับการสื่อสาร ดังนั้นคำศัพท์ที่เกี่ยวกับโมเด็มนอกจากจะเป็นคำศัพท์เฉพาะแล้วยังเป็นคำศัพท์ด้านการสื่อสารด้วย ได้นำมาใช้ทับศัพท์เนื่องจากหาคำที่เหมาะสมที่สุดในภาษาไทยมาใช้แทนเพื่อให้มีความหมายเหมือนเดิมไม่ได้หรือคำบางคำหาคำแทนได้แต่ก็ไม่ตรงนัก ดังนั้นจึงได้อธิบายคำที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน

1. ARQ. System (Automatic reguest for repetition system) เป็นระบบโทรคมนาคมซึ่งใช้ Code สำหรับคอยตรวจสอบว่าสัญญาณที่ได้รับนั้นตัวใดมี Error เมื่อพบ Error แล้วจะส่งสัญญาณแก่อุปกรณ์เครื่องส่งให้ส่งสัญญาณที่มี Error นั้น ซ้ำใหม่

---

[3] IBM. Company, <u>Data Communications Glossary</u> (Pbughkeepsie 1967), Manual Number c 20 - 1666.

CCITT, <u>Essential Telecommunication Terms</u> (Geneva: ITU).



รูปที่ 7 Attenuation ของสัญญาณที่ส่งผ่านข่ายสายการสื่อสาร[4]

2. Attenuation คือการลดลงของพลังงานสัญญาณ เมื่อสัญญาณถูกส่งผ่านเข้าไปยังตัวกลางด้วยความเข้มของความถี่หนึ่ง แต่เมื่อไปถึงปลายทางความเข้มของสัญญาณจะเบาบางลงทุกที ๆ ตามลำดับของระยะทางที่สัญญาณเคลื่อนที่ไป และตามช่วงกว้าง (Bandwidth) ของ Channel ที่ส่ง โดยปกติค่า Attenuation มีหน่วยเป็น Decibel per unit length ตัวอย่างเช่น ที่ความถี่ระหว่าง 300-3400 Hz. มี Attenuation เกือบเท่ากัน โดยวัดในลักษณะเปรียบเทียบกับ Attenuation ณ ความถี่หนึ่งที่ตั้งไว้ มักตั้งไว้ที่ 10 Hz. ดังรูปที่ 7

---

[4]Vilips Vess V., Data Modem Selection and Evaluation Guide (Massachusetts: Artech House, Inc., 1972), p. 9.

3. Audio frequency ความถี่ในรูปคลื่นเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยิน คือช่วงความถี่ระหว่าง 30 - 20,000 Hz.

4. Base band คือสัญญาณที่ยังไม่ถูก Modulate

5. Baud เป็นหน่วยที่ใช้วัดอัตราความเร็วของการส่งดาต้าหน่วยหนึ่ง หมายถึงส่วนกลับของระยะเวลาที่สั้นที่สุดของสัญญาณดาต้าที่ใช้ในการส่งตัวอักษรตัวใดตัวหนึ่ง ถ้าเป็นการส่งดาต้าแบบ Asynchronous bits per second เท่ากับ Baud ถ้าเป็นการส่งดาต้าแบบ Synchronous bits per second เท่ากับ N.x Baud เมื่อ N = 2, 3, 4 ...

6. Bias distortion (Asymmetrical distortion) คือการพร่าเพี้ยน (Distortion) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนของรูปสัญญาณ (Wave form) ที่เกิดระหว่างจุด 2 จุด โดยมี Duration สั้นหรือยาวกว่า Duration ที่ควรจะมีตามปกติ แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

ก. Marking bias เกิดเมื่อ Bit "1" มี Duration ยาวกว่า Bit "0" ใช้สัญญลักษณ์ "+" แทน

ข. Spacing bias เกิดเมื่อ Bit "0" มี Duration ยาวกว่า Bit "1" ใช้เครื่องหมาย " - " แทน

7. BPS. (Bit per second) เป็นหน่วยหนึ่งของอัตราการรับส่งดาต้า หมายถึงจำนวน Information pulse หรือจำนวน Bits ทั้งหมดที่ส่งใน 1 วินาที ดังนั้นเมื่อทราบความเร็วของแต่ละ Bit ก็สามารถคำนวณหาเวลาที่ใช้ส่ง 1 ตัวอักษร (Character) ได้

8. Carrier modulation carrier เป็นคลื่นวิทยุที่มีความถี่คงที่อยู่ก่อน มีลักษณะเป็น Sine wave เมื่อมีการส่งสัญญาณมายังโมเด็มเพื่อที่จะส่งต่อไปสู่ปลายทาง จะต้องมีการรวมตัวระหว่างสัญญาณที่ส่งมาและ Sine wave หรือ Carrier นี้เรียกว่าการ Modulate หรือการผสมสัญญาณ

การ Modulate ที่นิยมใช้กันมี 3 วิธี คือ

ก. Amplitude modulation คือการ Modulate สัญญาณโดยการเปลี่ยนช่วงกว้างที่สุดของสัญญาณ Carrier เข้ารวมกับสัญญาณดาต้าที่ส่ง ดังนั้นการ Modulate วิธีนี้ Amplitude ของสัญญาณ Carrier จะมีการเปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 8

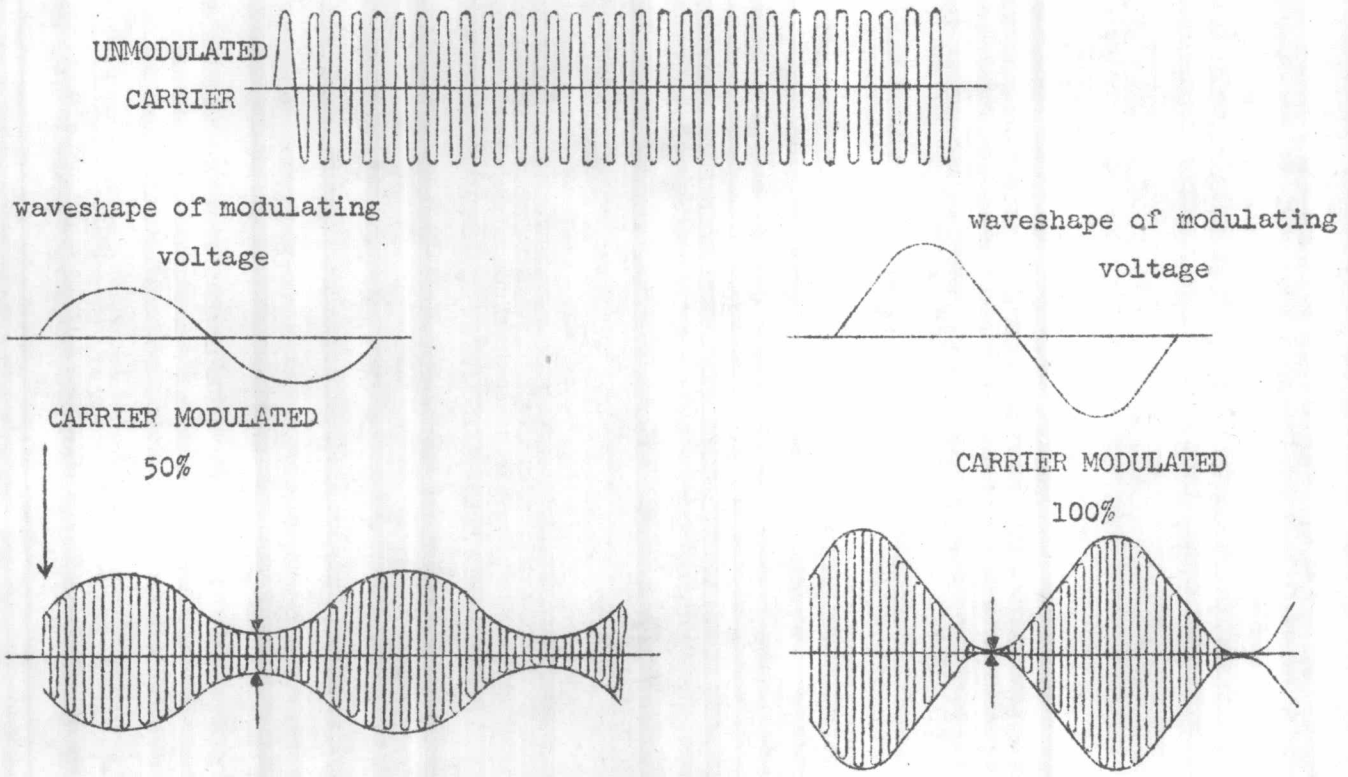
ข. Frequency modulation คือการ Modulate ที่ Amplitude คงที่ แต่ความถี่ของสัญญาณ Carrier เปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 9

ค. Phase modulation คือการ Modulate phase ของคลื่น Carrier ซึ่งความถี่และ Phase ของ Carrier แปรผันตามกัน เมื่อ Phase เปลี่ยนความถี่ก็เปลี่ยนตาม ความถี่ของสัญญาณ Carrier จะเปลี่ยงเบนอย่างเป็นสัดส่วน กับทั้ง Amplitude และ Frequency ของสัญญาณดาต้าที่จะ Modulate

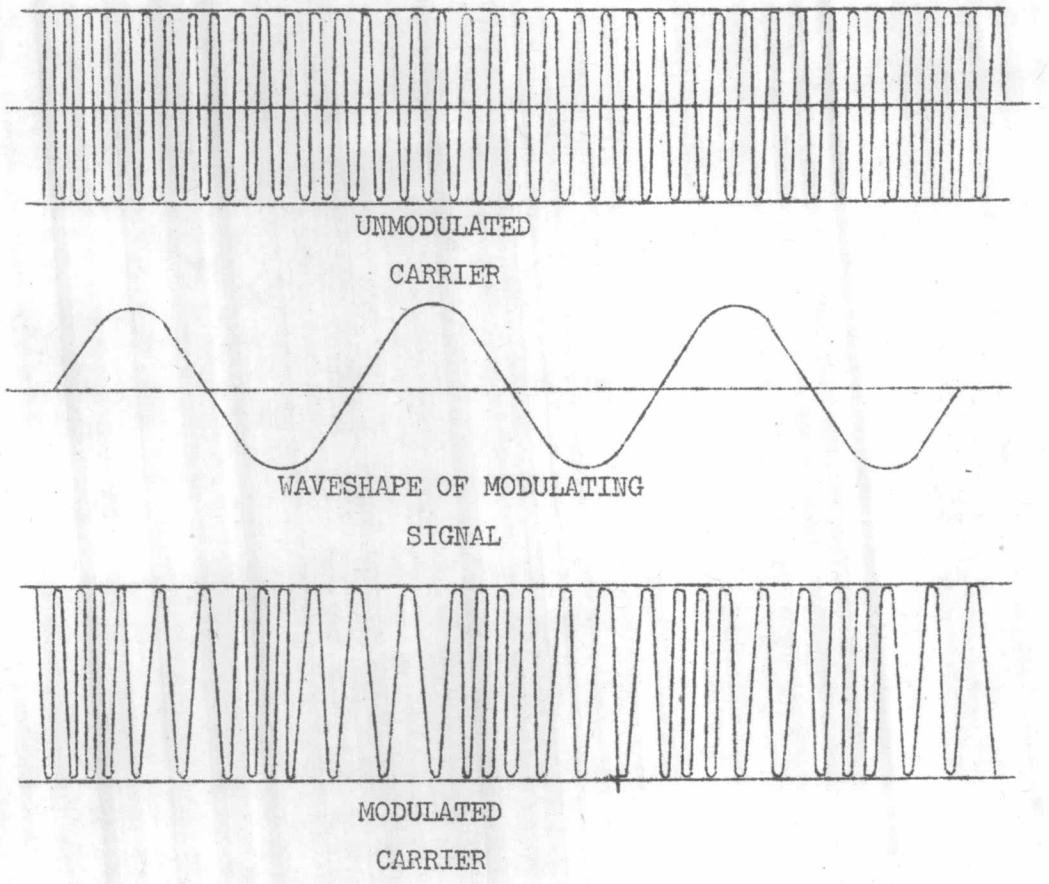
9. CCITT (International telegraph and telephone consultative committee) เป็นคณะกรรมการกลางระหว่างประเทศที่มาจากบริษัทผู้ผลิตและผู้ใช้เครื่องมือทางการสื่อสารต่าง ๆ และเครื่อง Computer ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้ โดยจัดทำเป็น Recommendation เช่นได้กำหนดว่า โมเด็มมีอัตราความเร็วเท่าไร จะต้องมีคุณสมบัติอย่างไร เป็นต้น

10. Channel คือตัวกลางที่มีขีดจำกัดในการให้สัญญาณอีเล็คโทรนิคผ่านไปได้ มีชื่อเรียกแตกต่างกันดังนี้คือ Circuit, Facilities, Line หรือ Link

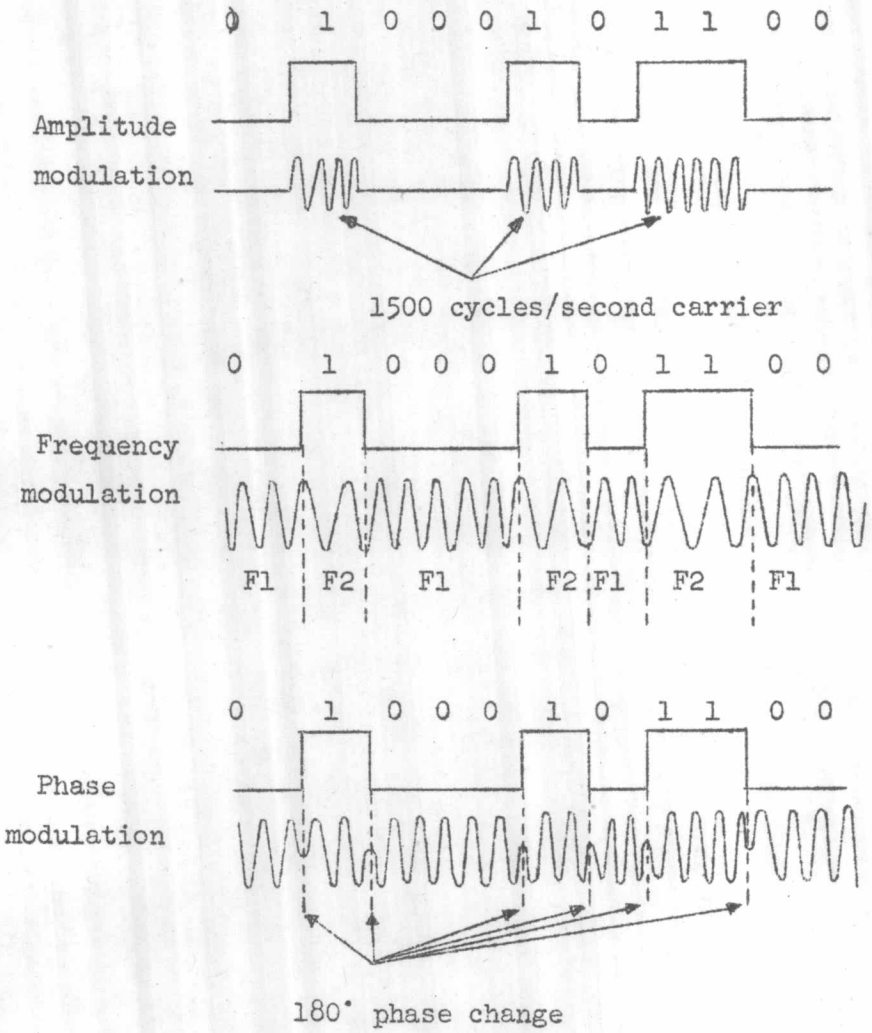
11. Characteristic distortion คือ Distortion ที่เกิดจาก Transients ซึ่งเป็นผลจากการ Modulate และเกิดขึ้นใน Channel ของการสื่อสารดาต้า Distortion ชนิดนี้จะเกิดขึ้นมากน้อยขึ้นกับการควบคุมคุณภาพของการรับส่งสัญญาณในเครื่องส่งและช่ายสายที่ส่ง



รูปที่ 8 การ Modulate amplitude



รูปที่ 9 การ Modulate frequency



รูปที่ 10 เปรียบเทียบการ Modulate แบบต่าง ๆ

12. Common carrier เป็นบริษัทต่าง ๆ ที่ให้บริการการสื่อสารอย่างกว้างขวางแก่ประชาชนและบริษัทห้างร้านต่าง ๆ ในต่างประเทศ เช่นให้เช่าเครื่องโมเด็มเป็นรายเดือนหรือตามระยะเวลาในการใช้งาน หรือกรณีที่จะส่งข่าวสารระหว่างปลายทางหลายอันที่อยู่ในระยะห่าง สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ไม่เหมาะแก่การที่ผู้ใช้จะจัดหา Channel เอง บริษัทดังกล่าวจะจัดหาให้โดยคิดค่าบริการ ในประเทศไทย Common carrier คือองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

13. Conditioning คือการติดตั้งเครื่องมือใน Leased voice-grade channel เพื่อช่วยให้สายส่งมีคุณภาพในการส่งดีขึ้น คือไม่เกิดการสูญหายของสัญญาณมากเกินไป และช่วยให้อัตรากำลังส่งสูงขึ้น บริการด้านนี้องค์การโทรศัพท์เป็นผู้จัดทำให้ เกี่ยวกับการทำ Condition นั้น บริษัท American Telephone and telegraph company มีการ Conditioning voice grade line ไว้ โดยเรียกเป็นชนิด C_1, C_2 และ C_4 แต่ละชนิดก็เหมาะสำหรับระบบข่ายสาย และ Mode การทำงานแตกต่างกัน ดังตารางที่ 1

14. Cross talk เป็นเสียงแทรกที่เกิดขึ้นในสายส่ง เกิดจากสัญญาณใน Communication channel อื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกันพลัดเข้ามาในสายอีกสายหนึ่ง เช่นเสียงแทรกในสายโทรศัพท์ เป็นต้น

ตารางที่ 1 [5] แสดงหน้าที่การทำงานของ Conditioning ต่าง ๆ

SPECIFICATIONS FOR THE VOICE BANDWIDTH DATA CHANNEL AND C-TYPE CONDITIONING ON LEASED TELEPHONE LINES

Type of Line Characteristics	Unconditioned Type 3002 Channel (Telephone Line)	With C1 Conditioning	With C2 Conditioning	With C4 Conditioning
1. Cost of Conditioning (At each Data Center)		$10.00 /month $ ---- /Initial Charge	$20.00 /month $ ---- /Initial Charge	Alternate Voice Data or Data only $ 10.00 /Month $ ---- /Initial Charge
2. General Characteristics of Line Type of Service Mode of Operation Method of Termination Imped. Source & Load Maximum Signal Power	2-Point or Multipoint Half- or Full-Duplex 2-Wire or 4-Wire 600-ohm-Resistive-Bal. 0 dBm for Composite Data Signal, OVU for Voice	2-Point or Multipoint Half- or Full-Duplex 2-Wire or 4-Wire 600-ohm-Resistive-Bal. 0 dBm for Composite Data Signal, OVU for Voice	2-Point or Multipoint Half- or Full-Duplex 2-Wire or 4-Wire 600-ohm-Resistive-Bal. 0 dBm for Composite Data Signal, OVU for Voice	2-Point or 3-Point (Note F) Half- or Full Duplex 2-Wire or 4-Wire 600 ohm-Resistive-Bal. 0 dBm for Composite Data Signal, OVU for Voice
3. Attenuation Characteristics Max. between 600-ohm impedances at Lineup	16 dB at 0 1000 Hz	16 dB at 0 1000 Hz	16 dB at dB 0 1000 Hz	16 dB at dB 0 1000 Hz
Expected Maximum Variation of signal level received	Short-term 03 dB Long-term 04 dB	Short-term 03 dB Long-term 04 dB	Short-term 03 dB Long-term 04 dB	Short term 03 dB Long-term 04 dB
Frequency Response (Ref. 1000 Hz)	Freq. Range Var. +dB 500-3000, +3 to +12 300-3500, +2 to +6	Freq. Range Var. +dB 0 500-2700, +2 to +6 01000-2400, +1 to +3 2700-3000, +3 to +12	Freq. Range Var. +dB 0 500-3000, +1 to +6 0 500-3000, +1 to +3	Freq. Range Var. +dB 0 500-3000, +2 to +6 0 500-3000, +2 to +3
Frequency Error (translation)	05 Hz	05 Hz	05 Hz	05 Hz
4. Delay Characteristics Envelope delay distortion	Less than 1750 Microseconds over band from 800 to 2600 Hz	0Less than 1000 Microseconds over band from 1000 to 2400 Hz Less than 1750 Microseconds over band from 800 to 2600 Hz	0Less than 500 Microseconds 1000 to 2600 Hz 0Less than 1500 Microseconds 600 to 2600 Hz 0Less than 3000 Microseconds 500 to 2800 Hz	0Less than 500 Microseconds 1000 to 2600 Hz 0Less than 500 Microseconds 600 to 2800 Hz 0Less than 1500 Microseconds 600 to 3000 Hz 0Less than 3000 Microseconds 500 to 3000 Hz
5. Noise Characteristics Message Circuit Noise Impulse Noise (Note E & H)	-40 to -50 dbm -40 to -50 dbm 15 counts in 15 minutes @ 44 dBmVB (44 dBm C)	-40 to -50 dbm -40 to -50 dbm 15 counts in 15 minutes @ 44 dBmVB (44 dBm C)	-40 to -50 dbm -40 to -50 dbm 15 counts in 15 minutes @ 44 dBmVB (44 dBm C)	-40 to -50 dbm -40 to -50 dbm 15 counts in 15 minutes @ 44 dBmVB (44 dBm C)

* These items are specified by DDS Tariff No. 264. All others are the current administrative instructions of A.T.&T. Company.

Note E – These impulse noise limits are primarily maintenance limits. In cases where they are exceeded, Telephone Company Engineers will evaluate the performance on impulse noise distribution, i.e., how rapidly the counts (impulses) fall off as counting level (impulse noise peak voltage) is raised, and the effect on the data system performance.

Note F – Third-point operation describes the conditioning where point A (master) can transmit to B and C (slaves) simultaneously and both B and C can respond to A. Transmissions between B and C are possible, but the characteristics are not specified.

Note H – The "Vb" in the objectives refers to the voiceband filter in the measuring set. This approximates the "C" message filter and the typical response of the voice grade channel.

Source – Bell Systems Data Communications Technical Reference
Transmission Specifications for Voice Grade Private Line Data Channels
March 1969

[5] Ibid., p. 21.

15. Data signaling rate คืออัตราในการรับส่งสัญญาณของอุปกรณ์เครื่องส่ง

คำนวณได้จากสูตร[6] $\sum_{i=1}^{m} \frac{1}{T_i} \log_2 N_i$

มีหน่วยเป็น Bps. เมื่อ

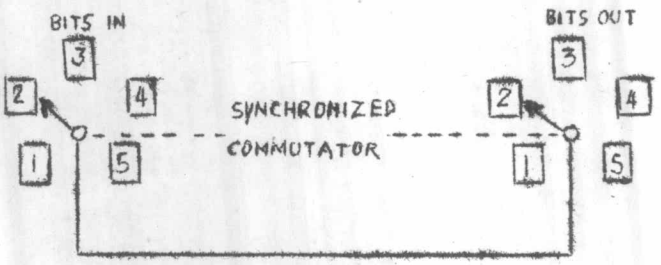
m = จำนวน Parallel channels

T_i = ช่วงเวลาต่ำสุดของ Channel ที่ i มีหน่วยเป็นวินาที

N_i = จำนวน State ของสัญญาณที่ Modulate ใน Channel ที่ i

16. Data transmission คือการส่งข้อมูล แบ่งตาม Bit stream ได้ 2 แบบ คือ

ก. Serial transmission คือการส่ง Bit stream โดยส่งทีละ Bit ตามลำดับกัน เทคนิคการส่งแบบนี้สามารถส่ง Binary code ที่เป็น Multilevel data โดยส่งผ่านเพียง Channel เดียวเท่านั้น ดังรูปที่ 11

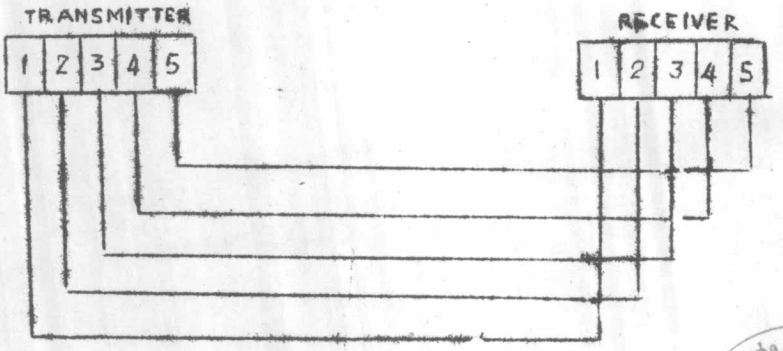


รูปที่ 11 การส่ง Bit stream แบบ Serial

---

[6] James Martin, System Analysis for Data Transmission. (New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1972).

ข. Parallel transmission คือลักษณะการส่งหลาย ๆ Bit พร้อม ๆ กัน ดังนั้นอาจส่งทีละ Character ซึ่งแต่ละ Character จะเป็นกี่ Bit code ก็ได้ โดยต้องใช้จำนวน Channel เท่ากับจำนวน Bits ที่ส่งในแต่ละครั้ง ดังรูปที่ 12 เป็นการส่ง 5 Bit code



หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รูปที่ 12 การส่งคาต้าแบบ Parallel 5 bit code

แบ่งการส่งคาต้าตามลักษณะการจัดอุปกรณ์การสื่อสารได้ 3 แบบ คือ

ก. แบบ Simplex

ข. แบบ Half-duplex

ค. แบบ Full-duplex

ก. Simplex เป็นวิธีการจัดอุปกรณ์การส่งคาต้าโดยให้รับหรือส่งสัญญาณได้เพียงทางเดียวเท่านั้น

ข. Half-duplex ได้แก่ระบบที่จัดให้มีการรับและส่งคาต้าได้ทั้ง 2 ทาง แต่คนละเวลากัน

ค. Full-duplex หรือ Duplex เป็นระบบที่จัดอุปกรณ์ให้สามารถรับและส่งดาต้าได้พร้อม ๆ กันในขณะเดียวกัน ดังนั้นจึงใช้สาย 4 สายในการรับส่ง ระบบนี้การทำงานจะได้เป็น 2 เท่าของ Half-duplex

17. DDD. (Direct distance dialing) เป็นบริการโทรศัพท์ที่ผู้ใช้สามารถหมุนสายตรงไปยังเครื่องโทรศัพท์ภายนอกเขตที่ใช้อยู่ได้ โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่นใด หรือ Operator ช่วยต่อเลย ในบางประเทศ เช่นประเทศอังกฤษใช้ STD. (Subscriber trunk dialing) แทน

18. Demodulation เป็นเทคนิคการเปลี่ยนสัญญาณที่ถูก Modulated กลับเป็น Digital signal ตามเดิม เทคนิคนี้ใช้ในการทำงานของโมเด็ม เพื่อให้สัญญาณที่ได้ถูกแปลงเป็น Analog สามารถส่งเข้าเครื่อง Data processing หรือ DTE. ปลายทางอื่น ๆ ได้

19. Echo supperssor อุปกรณ์ในสายส่ง ใช้สำหรับป้องกันการสะท้อนกลับของเสียงไปยังทิศทางของเครื่องส่งมิให้สะท้อนกลับมาด้านที่ส่งสัญญาณ จะใช้เมื่อส่งสัญญาณเป็นระยะทางไกล ๆ (เช่นส่งสัญญาณผ่านดาวเทียม) เท่านั้น

20. EIA interface เป็นมาตรฐานของสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณ ได้แก่เวลาช่วงของสัญญาณ Voltage ฯลฯ ที่องค์การอุตสาหกรรมไฟฟ้า (Electronic industries association) ได้ตั้งไว้ เพื่อให้อุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ ทำงานร่วมกันได้ดี

21. Envelope delay คือ Delay ที่เกิดจากความแตกต่างของ Bandwidth ของสัญญาณที่ Modulate วัดจากส่วนเบี่ยงเบนไปจาก Delay ที่วัดได้ในความถี่หนึ่ง ๆ ที่ตั้งไว้ (มักใช้ 10 Hz.) มีหน่วยเป็น m.sec. หรือ Msec. โดยให้ RMS amplitude ของ

Sinusoidal voltage ที่เป็นครึ่งหนึ่งของ Bandwidth สัญญาณเท่ากับ 6 db.

22. Equalization คือการปรับ Attenuation และ Delay ต่าง ๆ ของสัญญาณที่จะส่งผ่าน Medium โดยการเพิ่มวงจรพิเศษเข้าไปในเครื่องโมเด็ม วงจร Equalized นี้จะ Generate attenuation และ Delay ที่พอเหมาะเพื่อให้เกิด Distortion ของดาต้าที่ส่งน้อยที่สุด

23. Filter เป็นวงจรที่สามารถเลือกสัญญาณที่มีความถี่ตามที่ต้องการได้ Filter มีอยู่หลายชนิดตามขีดสูงสุดของความถี่ที่ยอมให้ผ่านได้ ดังนี้

ก. Low - pass filter

ข. Band - pass filter

ค. High - pass filter

ง. Band - Eliminated filter เป็นต้น

24. Leased circuit (Private line) เป็นวงจรเช่าที่ต่อโดยตรงระหว่างผู้ใช้ 2 ฝ่าย เป็น Channel ที่องค์การโทรศัพท์จัดให้แก่ผู้ใช้ที่ต้องการส่งผ่านเป็นส่วนตัว โดยคิดค่าเช่าเป็นรายเดือนตามระยะทางที่ต่อ

25. Load cable line circuit วงจรที่เป็น Leased line ที่เป็นสายคู่ต่อในระยะทางไกล ๆ โดยมี Loading coins ต่ออยู่เพื่อให้ส่งดาต้าที่มีความเร็วสูงในสายได้ เมื่อต่อโมเด็มเข้ากับ Cable line ต้องปรับ Equalizer ในโมเด็มให้เหมาะกับวงจรด้วย

26. MTBF (Mean - time - between failure) ระยะเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์ในระบบทำงานโดยไม่ผิดพลาดเลย

27. MTTR. (Mean time to repair) ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องเมื่อเครื่องชำรุดบกพร่อง

28. Multiplexor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับ Communication channel หลาย ๆ Channel ในเวลาเดียวกัน จะทำหน้าที่รับ-ส่งดาต้าและควบคุมสายการรับส่ง โดยแบ่ง Channel ออกเป็นหลาย ๆ Channel ให้มีช่วงกว้าง (Bandwidth) เล็กลง ช่วยให้ส่ง Data ได้ทีละหลาย Channel เรียกว่า FDM. (Frequency division multiplexing) อีกวิธีหนึ่ง ในการ Multiplex คือใช้ Channel เพียง Channel เดียว ส่งไปยัง Channel อื่นหลาย Channel โดยแบ่งเวลาส่ง เรียกว่า TDM. (Time division multiplexing)

29. Noise เสียงรบกวนต่าง ๆ เกิดจากสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีระเบียบในวงจร บางครั้งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากสภาพแวดล้อม เมื่อเกิดขึ้นจะทำให้คุณภาพการรับส่งดาต้าเลว แยกเสียงรบกวนในสายส่งได้ 3 ชนิด คือ[7]

1) Construct noise Noise ชนิดนี้เกิดจากการบกพร่องของเครื่องมือในการสื่อสาร

2) Natural noise เกิดจากสภาพแวดล้อม เช่นมีอุณหภูมิหรือความร้อนที่สะสมไว้ เช่น Johnson noise หรือ Thermal noise เป็นต้น

3) Network noise เกิดจากสัญญาณที่เข้ามาในสายส่งมีองค์ประกอบของสัญญาณที่ก่อให้เกิด Noise ขึ้น

---

[7]Murphy Donald E., and Kallis Teprien A. J.R., Introduction To Data Communication (U.S.A.: Digital Equipment Corporation, 1974), pp. 19-20.

Error ที่เกิดจาก Noise ต่าง ๆ ดังกล่าวมานี้อาจเป็นแบบ Random หรือ Systematic ก็ได้

30. PCM. (Pulse code modulation) คือการ Modulate สัญญาณ โดยเปลี่ยนสัญญาณเดิมให้อยู่ในรูป Binary coding เสียก่อน

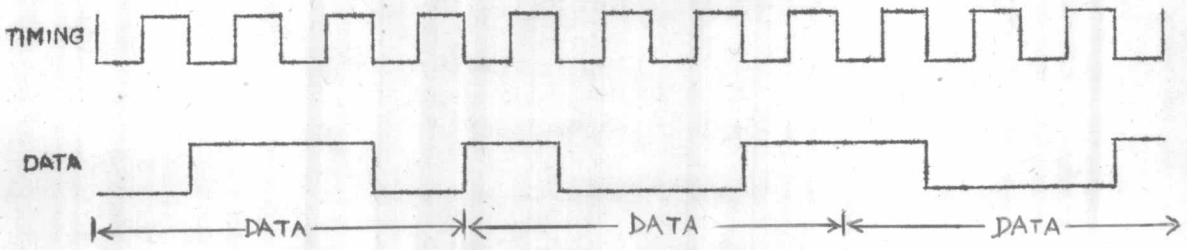
31. Polling เป็นวิธีควบคุมข่ายสายการสื่อสารวิธีหนึ่ง วิธีนี้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมสายจะ Generate สัญญาณ แล้วส่งไปยังปลายทางแต่ละอัน เพื่อ Check ดูว่าปลายทางใดต้องการจะส่งสัญญาณเข้าสู่หน่วยกลางบ้าง จะมี Polling list ซึ่งเป็น Address ของปลายทางต่าง ๆ การจัด Polling นี้ก็เพื่อให้ปลายทางต่าง ๆ ใน System ไม่ต้องเสียเวลาคอยนานการส่งสัญญาณจาก DTE. แต่ละอันไปยังหน่วยกลางเป็นไปทีละจุดไม่พร้อมกัน และการส่งสัญญาณคำตอบจากส่วนกลางสู่ DTE. แต่ละอันก็เช่นกัน ไม่ส่งพร้อมกัน แม้ต้องการส่ง Information อย่างเดียวกันก็ตาม

32. Propagation Delay คือช่วงเวลาที่สัญญาณเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในวงจร

33. Response time คือเวลาที่ใช้ในการ Process information ที่เข้ามาหรือเท่ากับช่วงเวลาระหว่างที่กด key อักษรตัวสุดท้ายที่ปลายเครื่องส่ง กับเวลาที่ปลายทางเครื่องรับพิมพ์ตัวอักษรตัวแรก

34. Synchronous transmission เป็นการ Coordinate คำตอบแบบหนึ่งซึ่งมีการรับส่งคำตอบอย่างต่อเนื่อง ช่วงเวลาส่งและความถี่ที่ส่งคงที่ วิธีการส่งคำตอบแบบนี้ทั้ง Block ของ Data จะประกอบด้วย Code เพียงอย่างเดียว เครื่องรับจะ Lock เมื่อ Counter นับจำนวน Bit ครบแต่ละ Character ดังนั้น Receiver

จะต้องรู้จำนวน Bit ที่ประกอบเป็น Character หนึ่ง ๆ การส่งแบบนี้จึงต้องใช้ Timing signal หรือ Clocking device ลักษณะการส่งสัญญาณจะเป็นดังรูปที่ 13

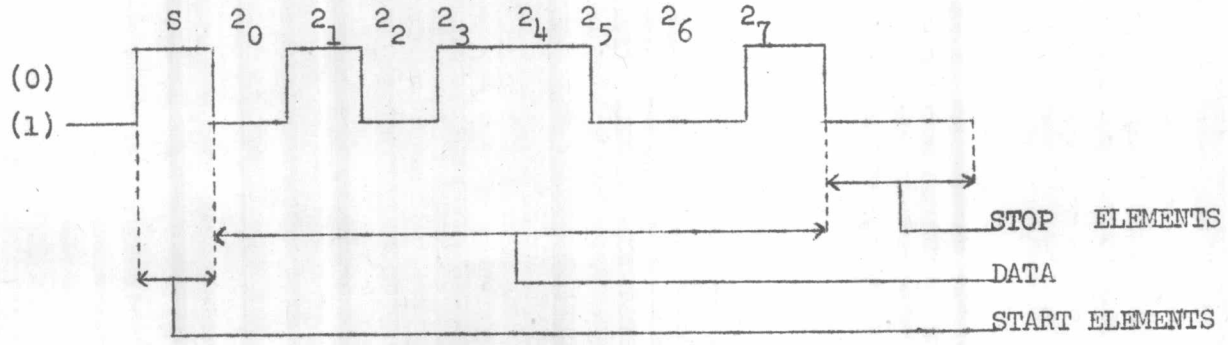


รูปที่ 13 เทคนิคการส่งคาต้าแบบ Synchronous[8]

การ Coordinate คาต้าที่ส่งอีกวิธีคือ Asynchronous (Start-stop) เป็นเทคนิคการส่ง Bit stream โดยใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ส่งแบบ Serial ทั้งหลาย เช่นโทรพิมพ์ โดยวิธีส่งนี้ 1 Character จะประกอบด้วย 3 ส่วน มี Start bit และ Stop bit อย่างละ 1 Bit และตรงกลางของ Character จะเป็น Information bits 1 Bit หรือมากกว่า 1 Bit ก็ได้ ดังรูปที่ 14

---

[8] Ibid., p. 27.



รูปที่ 14 การส่งค้าต้าแบบ Asynchronous

Start bit มักจะเป็น Bit "0" ใช้เพื่อบอก Bit แรกของ Character Start bit จะทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ

1. เมื่อไม่มีการส่งค้าต้าในสายส่ง จะมี state เป็น "1"
2. เมื่อค้าต้า Bit สุดท้ายถูกส่งไปสายจะกลับเป็น 1

จากสภาพดังกล่าวทำให้ Interface สามารถจะทราบได้ว่า Start bit อยู่ที่ใด Start bit และ Stop bit จึงเป็นกรอบ (Frame) ที่กำหนดจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละ Character

35. Voice-grade channel. Channel ที่ใช้สำหรับการส่งสัญญาณเสียงพูดปกติมีความถี่ระหว่าง 300 - 3400 Hz. เช่น สายโทรศัพท์ เป็นต้น

36. WATS. (Wide area telephone service) เป็นบริการที่บริษัทหรือองค์การโทรศัพท์ให้บริการเช่าสายชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะในเขตใดเขตหนึ่ง ผู้ใช้สามารถจะหมุนระหว่างจุดต่าง ๆ ได้ โดยเสียค่าเช่าเป็นรายเดือน บริการนี้มีทั้งให้เช่าบางเวลา และให้บริการ 24 ชั่วโมง

I15086926