หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความจำเป็นและลักษณะทั่วไปของข่ายวงจรท้องถิ่น

วัตถุประสงค์โดยทั่วไปของการสร้างข่ายวงจรท้องถิ่นนั้น อาจแบ่งออกกว้างๆเป็น 2 ประการ ด้วยกัน คือ ต้องการให้อุปกรณ์สื่อสาร เช่น โทรศัพท์ และคอมพิวเตอร์ที่อยู่ตามหน่วยต่างๆ ในองค์การสามารถจะติดต่อกันได้ อีกประการหนึ่งคือ ต้องการให้เครื่องคอมพิวเตอร์ต่างๆ ในระบบสามารถใช้อุปกรณ์บางชนิดที่มีราคาสูงเช่น ฮาร์ดดิสก์ หรือเครื่องพิมพ์ร่วมกันได้ วัตถุประสงค์ทั้งสองประการนี้ อาจกล่าวได้ว่าเกิดจากการที่อุปกรณ์สื่อสารโดยเฉพาะไมโครคอมพิวเตอร์มีการใช้อย่างแพร่หลายในหน่วยงานทั่วไป และไมโครคอมพิวเตอร์ต่างๆ มีความจำเป็นต้องติดต่อกันเพื่อให้ทำงานได้มากชนิดขึ้น และการทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ในขณะเดียวกันก็ทำให้สามารถประหยัดจำนวน ฮาร์ดดิสก์ และเครื่องพิมพ์ลงได้

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข่ายวงจรท้องถิ่น ซึ่งจะประกอบด้วยรูปแบบและวิธีการติดต่อสื่อสารในข่ายวงจรเป็นหลัก

1.1.1 <u>นิยามของข่ายวงจรท้องถิ่น</u> ข่ายวงจรท้องถิ่นนั้นโดยนิยามกว้างๆ จะหมายถึง "ข่ายสื่อสารที่เชื่อมโยงอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลต่างๆเข้าด้วยกัน โดยที่อุปกรณ์ดังกล่าวกระจายอยู่ในบริเวณจำกัด"

เมื่อขยายความของนิยามข้างต้น จะมีประเด็นที่สำคัญ 3 ประการที่ครอบคลุมคือ[1]

1) ส่วนของการสื่อสารข้อมูลในข่ายวงจรท้องถิ่น เป็นส่วนของโปรแกรมที่จะควบคุมการทำงาน และการสื่อสารโต้ตอบในข่ายวงจรท้องถิ่น เรียกว่า โปรโตคอล

2) อุปกรณ์การสื่อสารข้อมูล ซึ่งก็ประกอบด้วยอุปกรณ์หลายอย่าง เช่น
   - คอมพิวเตอร์
   - เทอร์มินัล
   - อุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจความชื้น ความดัน
   - โทรศัพท์

3) สภาพทั่วไปทางภูมิศาสตร์ และรูปร่างของข่ายวงจรท้องถิ่น

ซึ่งโดยทั่วไปจะจำกัดวงพื้นที่อยู่ในอาคารเดียวกัน หรืออยู่ในอาคารใกล้เคียงกัน เช่นใน มหาวิทยาลัย ในโรงงานเดียวกัน

จากนิยามข้างต้น เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติในการรับส่งสัญญาณที่จำเป็นอื่นๆ อาจจะสรุปลักษณะเฉพาะของข่ายวงจรท้องถิ่นได้ดังนี้ คือ

(1) มีระยะทางสั้น (โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 0.1 - 50 ก.ม.)
ดังตารางที่1.1 แสดงระยะห่างของสถานีในข่ายวงจรท้องถิ่น[2]

(2) มีการส่งด้วยอัตราข้อมูลสูง (โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง0.1 - 100 Mbps)

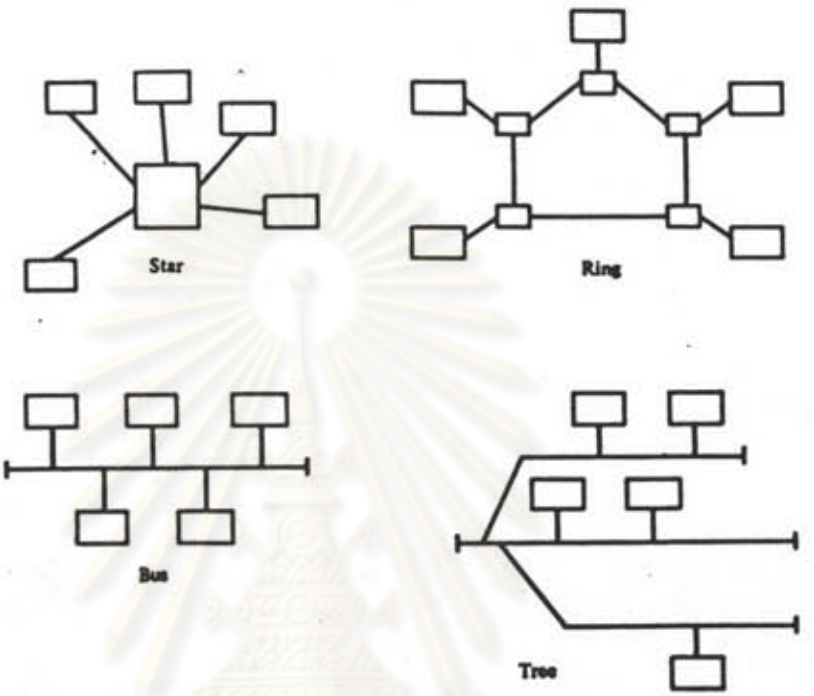
(3) มีอัตราการผิดพลาดของข้อมูลต่ำ (อยู่ระหว่าง $10^{-8}$ - $10^{-11}$ )

THE USES OF COMPUTER NETWORKS

| Interprocessor distance | Processors located in same | Example |
|---|---|---|
| 0.1 m | Circuit board | Data flow machine |
| 1 m | System | Multiprocessor |
| 10 m | Room | Local network |
| 100 m | Building | |
| 1 km | Campus | |
| 10 km | City | Long haul network |
| 100 km | Country | |
| 1000 km | Continent | Interconnection of long haul networks |
| 10,000 km | Planet | |

ตารางที่ 1.1 การแบ่งแยกระบบข่ายสื่อสารตามระยะทางที่หน่วยควบคุมติดต่อกัน

1.1.2 <u>โทโปโลยีของข่ายวงจรท้องถิ่น</u> สำหรับโทโปโลยีหรือรูปแบบการเชื่อมโยงอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเข้าหากันนั้นมีหลายแบบด้วยกัน ดังรูปที่ 1.1 แสดงโทโปโลยีที่ใช้กันอยู่ทั่วไป




รูปที่ 1.1 แสดงโทโปโลยีแบบต่างๆของข่ายวงจรท้องถิ่น

โทโปโลยีแบบดาว (Star Topology) นั้นโดยทั่วไปจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการสวิทช์ช่องสัญญาณอยู่ตรงกลาง ตัวอย่างของโทโปโลยีแบบนี้ที่คุ้นเคยกันมากก็คือระบบโทรศัพท์ภายในอาคารที่ใช้ตู้สาขาโทรศัพท์ อุปกรณ์สวิทช์นี้จะทำงานตอบสนองการเรียกจากสถานีที่ติดต่ออยู่ และเมื่ออุปกรณ์สวิทช์ต่อสัญญาณให้เรียบร้อยแล้ว สถานีที่เรียกและสถานีที่ถูกเรียกก็จะติดต่อกันได้อย่างอิสระเหมือนกับมีช่องสัญญาณติดต่อกันโดยเฉพาะระหว่างจุดสองจุด (Dedicated Point To Point Link)

โทโปโลยีแบบวงแหวน (Ring Topology) นั้น จะมีสายนำสัญญาณต่อถึงกันในรูปวงแหวนปิด โดยมีเครื่องทวนสัญญาณคั่นอยู่เป็นช่วงๆ ตรงตำแหน่งที่มีสถานีสื่อสารมาเชื่อมต่อด้วย สัญญาณข้อมูลจะถูกส่งผ่านจากสถานีต้นทางผ่านเครื่องทวนสัญญาณระหว่างทางไปยังสถานีปลายทางที่ต้องการติดต่อด้วย

สำหรับโทโปโลยีแบบบัสและแบบทรีนั้นจะมีลักษณะคล้ายกัน คือสถานีจะต่อกับบัสหรือกิ่ง

ของทรีโดยตรง ในโทโปโลยีทั้งสองแบบนี้สัญญาณข้อมูลจะถูกส่งในรูปของแพ็กเก็ตเช่นเดียวกัน

1.1.3 สายนำสัญญาณ

สายนำสัญญาณที่ใช้ในข่ายวงจรท้องถิ่นนั้นโดยทั่วไปใช้อยู่ 3 แบบด้วยกัน คือ สายคู่ตีเกลียว (Twisted Pair Wire), สายโคแอกเชียลและเส้นใยแสง เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของสายทั้งสามแบบนี้ในเชิงต่างๆ จะเป็นดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.2 สายคู่ตีเกลียวเป็นสายที่มีราคาถูกและสะดวกในการติดตั้งมาก แต่ก็มีข้อจำกัดที่มีแบนด์วิดท์แคบ ซึ่งทำให้ไม่สามารถส่งสัญญาณด้วยอัตราข้อมูลสูงได้ สายโคแอกเชียลนั้นโดยทั่วไปจะมีแบนด์วิดท์กว้างพอสมควร มีการชิลด์ดีพอสมควร แต่มีข้อเสียที่ค่าการสูญเสียจะสูง ดังนั้นถ้าใช้ในระยะทางเป็น 100 เมตรขึ้นไปจะต้องการเครื่องทวนสัญญาณ สำหรับเส้นใยแสงนั้นมีคุณสมบัติทางด้านการส่งผ่านสัญญาณที่ดีมาก โดยเฉพาะการป้องกันสัญญาณรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านอกระบบ เส้นใยแสงจึงมีที่ใช้อย่างกว้างขวางในระบบเครื่องมือวัดและระบบสื่อสารข้อมูลในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งโดยทั่วไปมีสัญญาณรบกวนสูง

| | สายคู่ตีเกลียว | สายโคแอกเชียล | เส้นใยแสง |
|---|---|---|---|
| 1. แบนด์วิดท์ | ต่ำ | ปานกลาง | สูง |
| 2. การสูญเสีย | ต่ำ | สูง | ต่ำ |
| 3. การป้องกันสัญญาณรบกวน | ไม่ดี | ดี | ดีมาก |
| 4. ราคา | ต่ำ | ปานกลาง | สูง |

ตารางที่ 1.2 แสดงคุณสมบัติของสายนำสัญญาณชนิดต่างๆ

1.1.4 การส่งแบบเบสแบนด์และการส่งแบบบรอดแบนด์ วิธีการส่งสัญญาณในระบบสื่อสารนั้นโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็นการส่งแบบเบสแบนด์และการส่งแบบบรอดแบนด์ การส่งแบบเบสแบนด์นั้นคือการส่งสัญญาณที่อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้าขั้นปฐมภูมิออกไปตรงๆเลย ตัวอย่างของระบบนี้ที่คุ้นเคยกันมากที่สุดก็คือสัญญาณโทรศัพท์ที่ส่งระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องโทรศัพท์ที่บ้านผู้เช่า หรือการส่งสัญญาณวิดีโอในระบบโทรทัศน์วงจรปิด เป็นต้น ตัวอย่างที่กล่าวมานี้เป็นกรณีที่สัญญาณส่งเป็นสัญญาณอนาล็อก ในกรณีที่เป็นสัญญาณดิจิตอลนั้น ก็จะทำเช่นเดียวกันคือ ส่งสัญญาณดิจิตอลขั้นปฐมภูมินั้นออกไปเลย

สำหรับการส่งแบบบรอดแบนด์นั้น โดยทั่วไปจะนำสัญญาณเบสแบนด์นั้นไปผสมหรือมอดูเลตเข้ากับคลื่นพาห์ ซึ่งเป็นการฝากสัญญาณไปกับคลื่นพาห์ ตัวอย่างของการส่งแบบบรอดแบนด์ก็ได้แก่การส่งวิทยุกระจายเสียง หรือวิทยุโทรทัศน์ และการส่งโทรทัศน์ตามสาย เป็นต้น สำหรับการส่งสัญญาณดิจิตอลนั้นก็จะทำเช่นเดียวกันคือ ผสมสัญญาณดิจตอลเข้ากับคลื่นพาห์ อุปกรณ์ที่ใช้ทำหน้าที่นี้โดยทั่วไปเรียกว่า "โมเดม" (MODEM ย่อมาจาก Modulator-Demodulator)

จากวิธีการส่งดังกล่าวนี้จะเห็นได้ว่า การส่งแบบเบสแบนด์เป็นวิธีการที่ง่ายแต่ก็มีความสามารถจำกัด เพราะการมัลติเพลกซ์เชิงความถี่จะทำไม่ได้ นอกจากนั้นถ้าแบนด์วิดท์ของสัญญาณนั้นกว้าง ก็จะมีการผิดเพี้ยนของสัญญาณสูงทั้งนี้เป็นเพราะสายนำสัญญาณจะตอบสนองต่อความถี่แตกต่างกัน สำหรับการส่งแบบบรอดแบนด์ก็จะมีข้อเสียที่อุปกรณ์ของระบบจะยุ่งยากขึ้น แต่ก็มีข้อดีที่มีขีดความสามารถสูง เพราะสามารถมัลติเพลกซ์เชิงความถี่ได้ และการผิดเพี้ยนของสัญญาณจะน้อย เพราะเมื่อใช้คลื่นพาห์ที่มีความถี่สูงเพียงพอแล้ว แบนด์วิดท์ที่เกิดขึ้นใหม่ก็จะแคบลงจนไม่เป็นปัญหา ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเราส่งสัญญาณวีดีโอ ซึ่งมีความถี่ในช่วง50 Hzถึง 5MHz ไปตามสายโคแอกเชียลแบบเบสแบนด์ แบนด์วิดท์ดังกล่าวนี้จัดว่ากว้างมากสำหรับสายโคแอกเชียล เพราะว่าสายโคแอกเชียลจะตอบสนองความถี่ 50 Hzกับ 5 MHz แตกต่างกันมาก ผลก็คือสัญญาณจะค่อยๆผิดเพี้ยนไปในระหว่างที่ส่งผ่านไปตามสาย และจะผิดเพี้ยนมากขึ้นเมื่อสายยาวขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าเราทำการส่งแบบบรอดแบนด์โดยมอดูเลตสัญญาณวีดีโอดังกล่าวเข้ากับคลื่นพาห์ที่มีความถี่ 200 MHz สัญญาณที่มอดูเลตแล้วจะมีความถี่อยู่ในช่วง 200-205 MHz ซึ่งแบนด์วิดท์ที่เกิดใหม่นี้จะเป็นเพียงประมาณ 3% เท่านั้น และสายโคแอกเชียลก็จะสามารถตอบสนองความถี่ในช่วงแคบๆนี้ได้ราบเรียบ ผลก็คือสัญญาณที่ได้จะไม่ผิดเพี้ยนหรือผิดเพี้ยนน้อยมาก

1.1.5 <u>ข้อดีและข้อเสียของระบบข่ายวงจรท้องถิ่น</u>

ตารางที่ 1.3 เป็นตารางแสดงข้อดีข้อเสียของระบบข่ายวงจรท้องถิ่นอย่างไรก็ดีข้อดีและข้อเสียเหล่านี้ ก็ขึ้นอยู่กับเวลาของการพัฒนาระบบในอนาคตด้วย

| ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|
| -ระบบมีความเชื่อถือได้สูง | -ระบบซอฟท์แวร์ยังพัฒนาไม่ถึงจุด |
| -สามารถเลือกระบบมาใช้ได้ง่าย | ที่ใช้งานได้ดี |
| -สามารถใช้อุปกรณ์ที่มีราคาแพงร่วมกัน | -ระบบฐานข้อมูลเป็นแบบกระจาย |
| เช่น เครื่องพิมพ์ , ฮาร์ดดิสก์ | ทำให้ใช้งานได้ยุ่งยาก |
| -ผู้ใช้สามารถใช้เทอร์มินัลเดียวเพื่อ | -ต้องระวังดูแลรักษาอุปกรณ์ |
| เรียกใช้อุปกรณ์ หรือคอมพิวเตอร์อื่นๆ | จำนวนมากในระบบ |
| ได้หลายเครื่อง | -ยากที่จะควบคุมให้มีมาตรฐาน |
| -สามารถใช้เป็นระบบสำนักงานอัตโนมัติ | |
| ได้ง่าย | |

ตารางที่ 1.3 แสดงข้อดีและข้อเสีย ของระบบข่ายวงจรท้องถิ่น

1.1.6 <u>การใช้งานข่ายวงจรท้องถิ่น</u>

การใช้งานระบบข่ายวงจรท้องถิ่นในปัจจุบันนี้ เป็นไปอย่างกว้างขวางและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากในองค์การต่างๆ มักจะมีอุปกรณ์สื่อสารเช่น โทรศัพท์หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ใช้งานกันอยู่แล้ว การรวมอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้เข้าเป็นข่ายวงจรท้องถิ่น จะเพิ่มขีดความสามารถของระบบยิ่งขึ้น ต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างการใช้งานข่ายวงจรท้องถิ่น

- ระบบการประมวลผลข้อมูล
- ระบบสำนักงานอัตโนมัติ
- ระบบโรงงานอัตโนมัติ
- ระบบโทรศัพท์
- ระบบโทรทัศน์ตามสาย

จากประโยชน์ใช้งานเหล่านี้ จึงทำให้เกิดการพัฒนาความรู้ด้านข่ายวงจรท้องถิ่นเพิ่มขึ้น ในหน่วยงานต่างๆ

ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบไฟฟ้าสื่อสารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เริ่มทำการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับข่ายวงจรท้องถิ่นตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2526 โดยมี คุณสุวิทย์ นาคพีระยุทธ (นิสิตปริญญาโทขณะนั้น) เป็นผู้เริ่มต้นศึกษาและออกแบบข่ายวงจรท้องถิ่น โดยมี รศ.ดร. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คุณสุวิทย์ นาคพีระยุทธ ได้ทำการสร้างฮาร์ดแวร์ ของข่ายวงจรท้องถิ่นจนถึงระดับหนึ่ง [3] คือสามารถทดสอบว่า อุปกรณ์ต่าง ๆ

ภายในข่ายวงจรท้องถิ่นสามารถติดต่อกันได้หลังจากนั้น ก็ได้มีการพัฒนาข่ายวงจรท้องถิ่น ให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น เป็นลำดับ โดยพัฒนาทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์ เช่น หน่วยอุปกรณ์อินเตอร์เฟสต่างๆ และพัฒนาทางด้านซอฟท์แวร์ คือโปรแกรมควบคุม เพื่อเพิ่มการให้บริการด้านต่างๆ

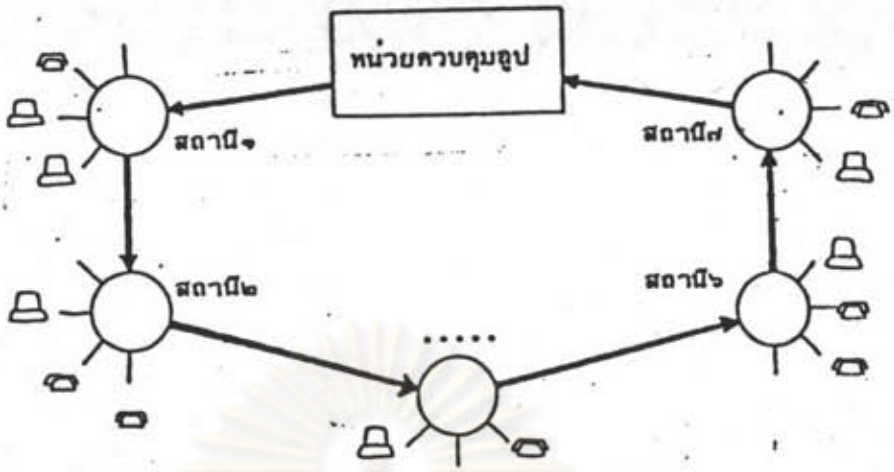
ก่อนที่กล่าวถึงการพัฒนาข่ายวงจรท้องถิ่นที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยนั้น จะขอกล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการสร้างข่ายวงจรท้องถิ่นโดยทั่วไปก่อน

1.2 <u>โครงสร้างของข่ายวงจรท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้นที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า</u> [3]

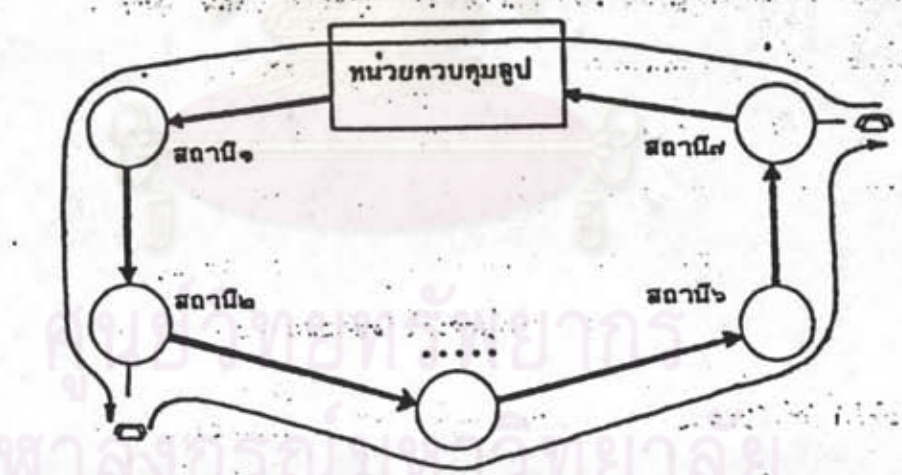
ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบไฟฟ้าสื่อสาร ซึ่งสังกัดภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เริ่มพัฒนาข่ายวงจรท้องถิ่นเมื่อปลายปี พ.ศ. 2526 โดยมีโครงสร้างของระบบโดยสังเขป ดังต่อไปนี้ คือ

1.2.1 <u>ลักษณะโดยทั่วไปของระบบ</u> ในการออกแบบข่ายวงจรท้องถิ่นนี้ได้วางหลักเกณฑ์ไว้ว่าให้อุปกรณ์ทุกตัวที่ต่ออยู่ในระบบสามารถติดต่อกันเองได้หมด และติดต่อพร้อมๆ กันให้ได้มากที่สุด และอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับระบบนั้นอาจจะเป็นโทรศัพท์และอุปกรณ์รับส่งข้อมูลอื่นๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ ฯลฯ สำหรับช่องสัญญาณนั้นเป็นช่องสัญญาณแสงส่งผ่านเส้นใยแสง ซึ่งได้พัฒนาขึ้นที่ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบไฟฟ้าสื่อสารเช่นเดียวกัน โดยมีแถบกว้างความถี่2เมกะบิทต่อวินาที แต่อย่างไรก็ตามอาจใช้สายทองแดง ซึ่งมีขีดความสามารถดังกล่าวแทนได้จากคุณสมบัติของช่องสัญญาณแสงที่ผ่านเส้นใยแสง จะไม่เหมาะกับการต่อสัญญาณออกในลักษณะของบัสทำให้มีจุดต่อสัญญาณเข้าและออก ที่จุดที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณแสงเท่านั้น ดังนั้นระบบจะประกอบด้วยสถานีหลายๆ สถานีโดยแต่ละสถานีทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณแสงกับสถานีอื่น และเป็นจุดต่อของข้อมูลต่างๆ เข้าและออกจากช่องสัญญาแสง เพื่อให้ระบบไม่ซับซ้อนมาก จึงให้แต่ละสถานี มีช่องสัญญาณแสงเข้าทางเดียวและออกทางเดียวซึ่งทำให้สถานีต่าง ๆ มีลักษณะการติดต่อกันเป็นเส้นและมีการไหลของข้อมูลในทิศทางเดียว ดังนั้นจึงต้องต่อเป็นวงปิดเพื่อให้ข้อมูลจากสถานีท้ายส่งมายังสถานีแรกได้ เรียกว่า โครงสร้างแบบลูป ซึ่งมีการไหลของข้อมูลในทิศทางเดียว (Unidirectional Loop) ดังรูป 1.2

แต่แม้ว่าการไหลของข้อมูลจะมีทิศทางเดียว แต่อย่างไรก็ตาม การติดต่อสามารถทำในลักษณะฟูลดูเพลกซ์ได้ เนื่องจากการรับส่งข้อมูลเมื่อมาถึงสถานีใด ในช่องเวลาใดก็ตาม สถานีนั้นจะดึงข้อมูลออกและถ้าสถานีนั้นต้องการส่งข้อมูลลงในช่องเวลานั้น ก็สามารถเติมข้อมูลลงไปในช่องเวลานั้นเพื่อเดินทางกลับไปหาสถานีที่ติดต่อด้วย ดังรูป 1.3 โดยไม่รบกวนข้อมูลที่ไม่ได้เกี่ยวข้องด้วย




รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างของระบบเป็นแบบลูปซึ่งมีการไหลของข้อมูลในทิศทางเดียว

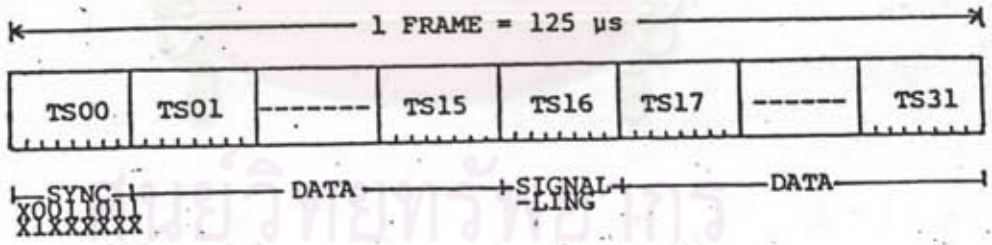



รูปที่ 1.3 การรับส่งข้อมูลแบบฟูลดูเพลกซ์สำหรับโครงสร้างแบบลูปดังกล่าว

1.2.2 <u>วิธีการรับส่งข้อมูล</u> การรับส่งข้อมูลระหว่างสถานี ใช้การมัลติเพลกซ์เชิงเวลาแบบซิงโครนัส โดยใช้โครงสร้างของเฟรม, สัญญาณซิงค์ และอัตราการส่งข้อมูล เช่นเดียวกับระบบPCM-30 (CCITT - Recommendation G.732) แต่สัญญาณซิกแนลลิงแตกต่างออกไป

การมัลติเพลกซ์เชิงเวลาทำโดยการส่งข้อมูลเป็นเฟรม แต่ละเฟรมแบ่งเป็นช่องเวลา32 ช่อง โดยใช้ช่องเวลา ๐ สำหรับสัญญาณซิงค์ และช่องเวลา 16 สำหรับสัญญาณซิกแนลลิง ที่เหลือ ๓๐ ช่องใช้สำหรับส่งข้อมูล แต่ละช่องเวลาจะมีข้อมูลอยู่ ๘ บิท.อัตราการส่งข้อมูลเท่ากับ ๘๐๐๐ เฟรมต่อวินาที หรือ 2.๐๔๘ เมกกะบิทต่อวินาที ดังนั้นแต่ละช่องเวลาจะสามารถใช้ส่งข้อมูลได้โดยตรง 64 กิโลบิทต่อวินาทีหรือใช้กับข้อมูล PCM (Pulse Code Modulation) ของสัญญาณเสียง ซึ่งถูกสุ่มตัวอย่าง๘,๐๐๐ ครั้งต่อวินาที ตัวอย่างละ ๘ บิทได้พอดี การมัลติเพลกซ์ดังกล่าวจึงสามารถส่งสัญญาณเสียงได้พร้อมกัน ๓๐ เสียง

การซิงโครนัสมี 2 ระดับ คือ ซิงโครนัสบิท และซิงโครนัสเฟรม การซิงโครนัสบิททำได้โดยการแยกสัญญาณนาฬิกาออกมา เพื่อใช้ในการอ่านข้อมูลแต่ละบิทให้ถูกต้อง ส่วนการซิงโครนัสเฟรมใช้การส่งสัญญาณซิงค์ เพื่อบอกตำแหน่งของช่องเวลา ๐ ในทุกๆเฟรม สัญญาณซิงค์มีอยู่ 2 ค่าสำหรับส่งในเฟรมคู่และเฟรมคี่สลับกัน เพื่อป้องกันการเข้าใจผิดที่เกิดจากข้อมูลในช่องเวลาอื่นอาจมีรูปแบบเหมือนสัญญาณซิงค์และถูกส่งออกมาตลอดเวลาได้ สัญญาณซิงค์ในเฟรมคู่มีขนาด 7 บิท และเฟรมคี่มีขนาด 1 บิท โดยสงวนบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุดไว้สำหรับบอกสถานะผิดปกติของลูป ส่วนบิทที่ไม่ได้ใช้อีก 6 บิท ในเฟรมคี่อาจใช้แสดงสถานะอื่นๆ ของลูปได้ในอนาคต รูป 1.4 แสดงถึงโครงสร้างการมัลติเพลกซ์ดังกล่าวข้างต้น



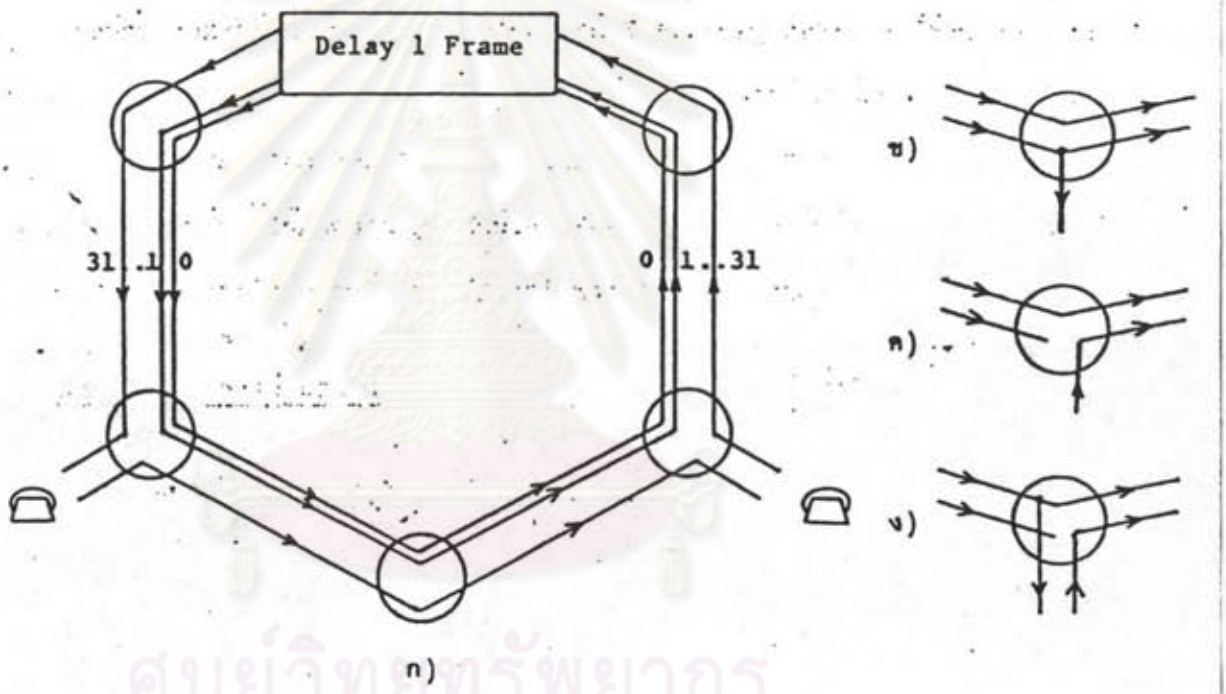

รูปที่ 1.4 เฟรมการส่งข้อมูลแบบ PCM-๓๐

ตามปกติสัญญาณซิกแนลลิงหมายถึง สัญญาณซึ่งอุปกรณ์ในระบบโทรศัพท์ ใช้รับส่งกันเพื่อควบคุมการติดต่อของโทรศัพท์ต่างๆ แต่ในระบบสื่อสารข้อมูล ชุดของคำสั่งและวิธีการที่ใช้ติดต่อกันเพื่อควบคุมการรับส่งข้อมูล เรามักเรียกว่า โปรโตคอล ในที่นี้จะใช้คำว่า ซิกแนลลิงเป็นคำรวมเพื่อหมายถึงข่าวสารที่ส่งเพื่อทำหน้าที่ดังกล่าวทั้งหมด ซึ่งมีวิธีการส่ง2 ชนิด คือ ซิกแนลลิงระหว่างอุปกรณ์กับสถานีที่อุปกรณ์นั้นต่ออยู่จะส่งผ่านทางอินเตอร์เฟสบัสภายในสถานี ส่วนซิกแนลลิงซึ่งส่งระหว่างเสถานี กับสถานีจะใช้ช่องเวลาที่ 16 ดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งช่องเวลาที่ 16 นี้ จะใช้ร่วมกันทุกสถานี ดังนั้นจะต้องมีโปรโตคอลอีกระดับหนึ่งเพื่อควบคุมการใช้ช่องเวลาดัง

กล่าวในการับส่งชิกแนลลิงให้เป็นไปอย่างถูกต้อง ดังจะได้กล่าวต่อไป

การมัลติเพลกซ์ดังกล่าวทำให้ระบบเสมือนกับมีสายสัญญาณ 32 คู่สายขนานกันและอิสระกัน เชื่อมระหว่างสถานีทุกสถานีจนครบลูป แต่ละคู่สายสามารถส่งผ่านสัญญาณเสียงในระบบ PCM ได้ 1 สัญญาณ หรือข้อมูลในอัตรา 64 กิโลบิทต่อวินาทีโดยใช้ 1 คู่สายสำหรับสัญญาณซิงค์ และอีก 1 คู่สายสำหรับส่งชิกแนลลิงเพื่อควบคุมการใช้คู่สายที่เหลืออีก 30 คู่สาย เมื่อต้องการใช้ติดต่อจะแทรกอุปกรณ์ที่ต้องการรับส่งกันเข้าไปในคู่สายสมมติดังกล่าว คู่สายที่ไม่ใช้จะถูกลัดผ่านสถานีไปดังรูป1.5 ก) จะเห็นว่าการสวิทช์คู่สายจะเกิดขึ้นที่สถานีที่อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่ออยู่เท่านั้น ในบางกรณีอุปกรณ์บางชนิดอาจต้องการสวิทช์คู่สายมากกว่าหนึ่งคู่สายหรือทั้งหมด (ถ้าว่าง) เพื่อใช้ส่งข้อมูลจำนวนมากได้ นอกจากนี้การสวิทช์คู่สายอาจเป็นการรับอย่างเดียว (โดยปล่อยข้อมูลเดิมผ่านออกไป) หรือส่งอย่างเดียว หรือรับสายหนึ่งและส่งอีกสายหนึ่งก็ได้ ดังรูป 1.5 ข), ค) และ ง) ตามลำดับ
ผลของหน่วยควบคุมลูปต่อการรับส่งข้อมูลรวมทั้งชิกแนลลิง คือ ข้อมูลหรือชิกแนลลิงที่ผ่านเข้าหน่วยควบคุมลูป จะถูกส่งออกมาในช่องเวลาเดิมของเฟรมถัดไป หรือเทียบได้กับการหน่วงเวลาสัญญาณบนคู่สายสมมติในรูป 1.5 ก) เป็นเวลา 1 เฟรมพอดี

การติดต่อระหว่างอุปกรณ์ภายในสถานีเดียวกันจะไม่ต้องใช้ช่องสัญญาณของลูปเลย โดยให้ข้อมูลจากอุปกรณ์วิ่งเข้าสถานีแล้วกลับออกไปยังอุปกรณ์อีกตัวหนึ่งโดยตรง การติดต่อภายในใช้การมัลติเพลกซ์เชิงเวลาเช่นเดียวกัน แต่มีวิธีการแตกต่างออกไปดังนี้ ตามปกติแล้วในการติดต่อระหว่างสถานีในช่องเวลาหนึ่งๆ จะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและ/หรือส่งเพียงตัวเดียวในสถานีเท่านั้น โดยมีหน่วยควบคุมสถานีคอยส่งสัญญาณสั่งให้อุปกรณ์นั้นๆ ทำงานในช่องเวลาที่ถูกต้องทุกๆเฟรม ส่วนการติดต่อภายในจะต้องมีอุปกรณ์สองตัวในสถานีเดียวกันรับหรือส่งพร้อมกัน แต่หน่วยควบคุมสถานีจะสั่งให้อุปกรณ์ทำงานได้ทีละตัวเท่านั้น จึงใช้หน่วยความจำชั่วคราวเก็บข้อมูลสุดท้ายที่อุปกรณ์ส่งออกมา (เฉพาะที่กำลังติดต่อภายในอยู่) และ ให้ส่งออกมาใหม่ในช่องเวลาถัดไป เพื่อให้อุปกรณ์อื่นมารับไป ดังนั้นการติดต่อภายในจะต้องใช้ช่องเวลา 3 ช่อง สำหรับการติดต่อแบบฟูลดูเพลกซ์ คือ ช่องเวลาแรก อุปกรณ์ A ส่งข้อมูลออกมา ช่องเวลาที่สอง อุปกรณ์ B รับข้อมูลจากอุปกรณ์ A ซึ่งถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำชั่วคราว ขณะเดียวกันอุปกรณ์จะส่งข้อมูลออกไปแทนที่ข้อมูลเดิมของอุปกรณ์ A และช่องเวลาที่สาม อุปกรณ์ A ค่อยมารับข้อมูลจากอุปกรณ์ B ที่ถูกเก็บไว้ไป ในระหว่างการติดต่อภายในนี้ข้อมูลจากภายนอกจะถูกลัดผ่านออกจากสถานีไปโดยตรง จึงไม่กระทบกระเทือนถึงช่องเวลาที่สถานีอื่นๆใช้ติดต่อกันอยู่ ดังนั้นการติดต่อภายในจะทำได้พร้อมกัน 10 คู่สายสำหรับแต่ละสถานี โดยที่การติดต่อระหว่างสถานียังทำได้พร้อมกัน 30 คู่สายคงเดิม




รูป 1.5 ก) การมัลติเพลกซ์เชิงเวลาทำให้เสมือนมีสายสัญญาณ 32 คู่สายขนานกันอยู่

ข) การรับอย่างเดียว

ค) การส่งอย่างเดียว

ง) การรับส่งคนละคู่สาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ลักษณะเฉพาะของข่ายวงจรท้องถิ่น

(Specification of a Local Area Network)

| | |
|---|---|
| โครงสร้าง | แบบลูป (Loop) |
| จำนวนสถานี | 7 สถานี |
| การไหลของข้อมูล | ทิศทางเดียว (Unidirectional) |
| ลักษณะการสวิทช์ | เซอร์กิตสวิทชิ่ง (Circuit Switching) |
| การมัลติเพลช์ | มัลติเพลกช์เชิงเวลา( TDM-Synchronous ) |
| การมอดูเลชั่น | PCM-30,32 ช่องเวลา |
| ความเร็วของข้อมูล | 2.048 Mbit/s |
| ลักษณะการติดต่อ | ฟูลดูเพลกช์ (Full Duplex) |
| ตัวกลาง | เส้นใยแสง (Optical Fiber) |

องค์ประกอบของแต่ละสถานี

- หน่วยควบคุมสถานี จำนวน 1 อุปกรณ์
- หน่วยอินเตอร์เฟสโทรศัพท์ จำนวน 10 อุปกรณ์
- หน่วยอินเตอร์เฟสข้อมูล จำนวน 16 อุปกรณ์
- หน่วยอุปกรณ์ช่วย จำนวน 4 อุปกรณ์

| | |
|---|---|
| ชนิดของโทรศัพท์ | แบบกดปุ่ม (Push Button) |
| ชนิดของอุปกรณ์รับส่งข้อมูล | ไมโครคอมพิวเตอร์ ที่อัตราการส่งข้อมูลสูงสุด 8,000 บิทต่อวินาที |

หมายเหตุ: จำนวนอุปกรณ์ภายในสถานี อาจเปลี่ยนแปลงได้แล้วแต่ความต้องการของผู้ใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย