หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและโพรโตคอลของเครือข่ายท้องถิ่น

2.1 ส่วนประกอบของเครือข่ายท้องถิ่น (กองบรรณาธิการ 2530)

2.1.1 เวิร์คสเตชั่น (Workstation)

คือจุดที่ผู้ใช้ติดต่อกับระบบซึ่งก็คือ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นั่นเอง ซึ่งสามารถจะใช้เป็นเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบเอกเทศ(Stand-alone) หรือต่อกับเครือข่ายก็ได้

2.1.2 เซิร์ฟเวอร์ (Server)

เป็นเครื่องตัวแม่ในเครือข่าย โดยจะมีหน้าที่เก็บข้อมูลหรือโปรแกรมของระบบ ซึ่งปรกติมักจะต่อกับฮาร์ดดิสก์ความจุสูงๆ

2.1.3 ตัวกลางนำสัญญาณ (Media)

คือส่วนที่เป็นสายเชื่อมต่อเซิร์ฟเวอร์ กับเวิร์คสเตชั่น ซึ่งมีทั้งชนิดสายตีเกลียวคู่ (Twisted pair) สายโคแอกเชียล (Coaxial) หรือสายใยแสง (Fiber-optic) สายตัวกลางนำสัญญาณนี้จะเป็นตัวจำกัดความเร็วในการสื่อสารของเครือข่าย

2.1.4 ซอฟต์แวร์ของเครือข่าย (Network Software)

เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานในระบบเครือข่ายท้องถิ่น หน้าที่หลักๆที่ต้องมีคือ การเคลื่อนย้ายข้อมูลไปมาระหว่างเครือข่ายกับดิสก์ไดรว์ได้ ควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลและระบบความปลอดภัยของข้อมูล

2.1.5 ส่วนเชื่อมโยงเครือข่าย (Network Interface)

เป็นส่วนเชื่อมต่อสถานีทำงานกับตัวกลางนำสัญญาณเข้าด้วยกัน โดยทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณการติดต่อ เช่น สัญญาณโทเกนพาสซิ่ง(Token Passing) หรือ

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Carrier Detection) เป็นต้น ปรกติส่วนนี้จะเป็นแผ่นวงจรและนำมาเสียบใน ช่องเสียบ (Slot) ของไมโครคอมพิวเตอร์

2.1.6 โทโพโลยี่ (Topology)

โทโพโลยี่ หมายถึงวิธีการที่จะต่ออุปกรณ์ทั้งหมดของระบบเครือข่ายเป็นรูปแบบต่างๆ ซึ่งมีแบบพื้นฐาน 3 แบบ คือ แบบวงแหวน (Ring) แบบดาว (Star) และ แบบบัส (Bus)

2.1.7 โพรโตคอล (Protocol)

โพรโตคอล คือ ข้อกำหนดหรือมาตรฐาน ของรูปแบบการติดต่อและรับส่งข้อมูลซึ่งมีมาตรฐาน IEEE 802 กำหนดเกี่ยวกับเครือข่ายท้องถิ่น ออกมา

2.2 <u>ลักษณะเฉพาะของเครือข่ายท้องถิ่น</u> (Black 1987)

2.1 ช่องสัญญาณ (Channel) ที่ใช้ในการสื่อสารปรกติเป็นขององค์กรเอง

2.2 ใช้ความเร็วในการส่งในสายสูง คือประมาณ 1 Mbit/s-400 Mbit/s

2.3 ส่วน DTE (Data Terminal Equipment) ต่อกับเครือข่ายด้วยช่องสื่อสารความเร็วต่ำ ประมาณ 600 bit/s - 56 Kbit/s

2.4 DTE จะต่ออยู่ใกล้ๆกัน เช่น ในอาคารหรือโรงงานเดียวกัน

2.5 DSE (Data Switching Equipment) จะมีในเครือข่ายท้องถิ่นบางระบบแต่ไม่มีมากเท่าระบบ WAN (Wide Area Network)

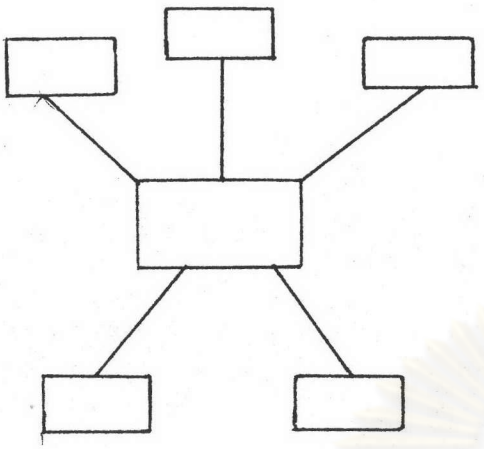
2.6 ช่องสัญญาณมีคุณภาพดีกว่า WAN

2.3 <u>โทโพโลยี่ของเครือข่ายท้องถิ่น</u> (Stallings 1985)

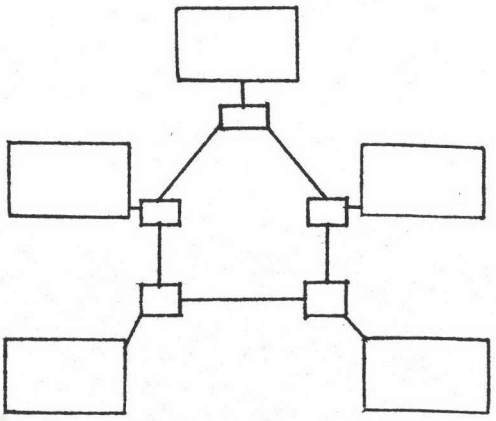
รูปแบบการต่อของเครือข่ายท้องถิ่น แบ่งได้เป็น 4 แบบใหญ่ๆ คือ

2.3.1 โทโพโลยี่แบบดาว (Star Topology)

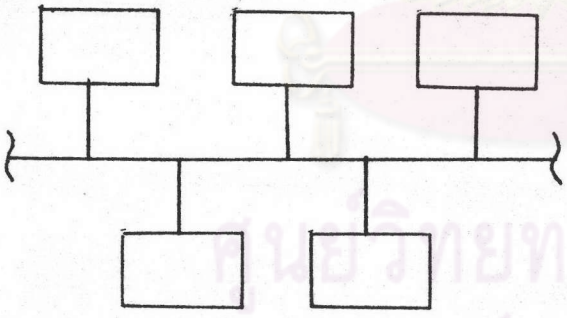
จะนำหลายๆสถานีมาต่อกับ ศูนย์สลับช่องสัญญาณ (Switching



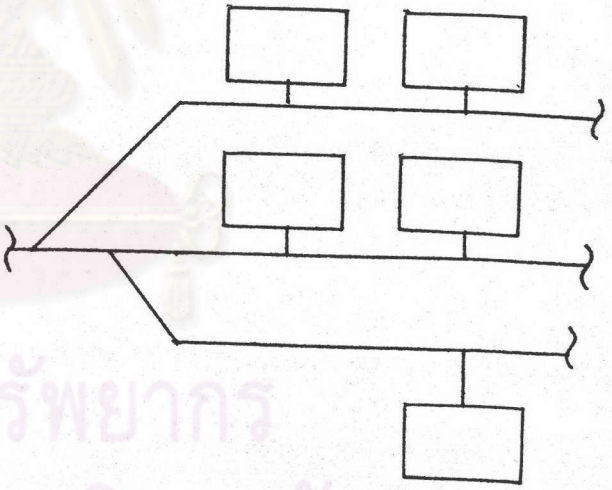
ก) ดาว



ข) วงแหวน



ค) บัส



ง) ทรี

รูปที่ 2.1 แสดงการต่อในโทโพโลยี่แบบต่างๆ

(Stallings 1985)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Center) การติดต่อระหว่างสถานีจะทำโดยการติดต่อผ่านทางวงจรสวิตชิ่ง (Switching Circuit) เหมือนกับชุมสายโทรศัพท์ ตัวสวิตชิ่งนี้ปรกติจะมีความยุ่งยากซับซ้อน การสื่อสารระหว่างสถานีไม่คล่องตัวเท่าที่ควร การต่อแบบนี้ใช้ในกรณีที่ระบบมีจำนวนสถานีไม่มากและมีการติดตอสื่อสารแบบรับส่งเป็นคู่

2.3.2 โทโพโลยี่แบบวงแหวน (Ring Topology)

จะต่อกันเป็น วง(Loop)ปิด ข้อมูลจะหมุนวนอยู่ในวงแหวน ถ้าตัวไหนส่งไปที่ไหนก็กำหนดแอดเดรสต้นทางปลายทาง แล้วส่งข้อมูลเป็นแพกเก็ต (Packet) วนไปในวงแหวนตัวไหนรับก็จะลอกข้อมูลเก็บมาไว้ที่สถานีตนเองแบบวงแหวนนี้ให้ประสิทธิภาพดีกว่าแบบดาว

2.3.3 โทโพโลยี่แบบบัสและทรี (Bus and Tree Topology)

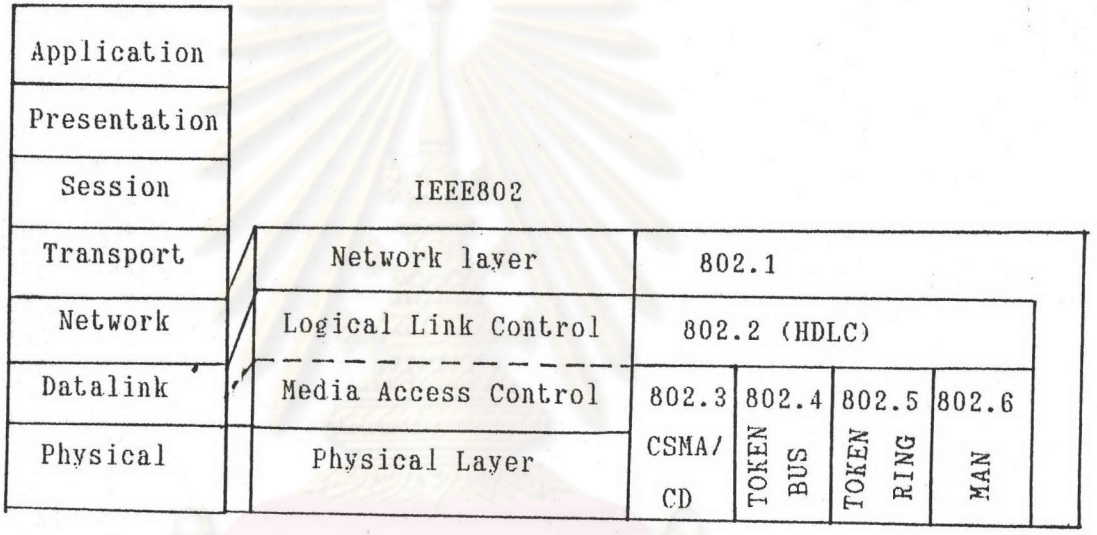
ทุกๆสถานีเชื่อมต่อเข้าหาบัส ซึ่งใช้ร่วมกันทั้งหมดการจัดส่งข้อมูลลงไปในบัสจึงสามารถทำให้ข้อมูลไปถึงได้ทุกสถานี สำหรับแบบทรีนั้นก็ถือว่าเป็นบัสแบบหนึ่ง ในการส่งข้อมูลไปในบัสจะทำได้ครั้งละหนึ่งสถานีโดยต้องไม่พร้อมกันระบบนี้มีรูปแบบง่ายๆ และขยายระบบก็ง่ายด้วย

2.4 <u>โพรโตคอลของเครือข่ายท้องถิ่น</u> (ไพศาล สงวนหมู่ และ ยืน ภู่วรวรรณ 2528 ; ANSI/IEEE Std 802.2 1984; ANSI/IEEE Std 802.5 1985)

2.4.1 มาตรฐาน IEEE 802

IEEE ย่อมาจาก Institue of Electrical and Electronics Engineers ซึ่งเป็นสถาบันที่มีผลงานทางด้านวิชาการทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า อิเลคทรอนิคส์ คอมพิวเตอร์ และการสื่อสาร และเป็นผู้กำหนดมาตรฐานต่างๆในเรื่องเหล่านี้ด้วย

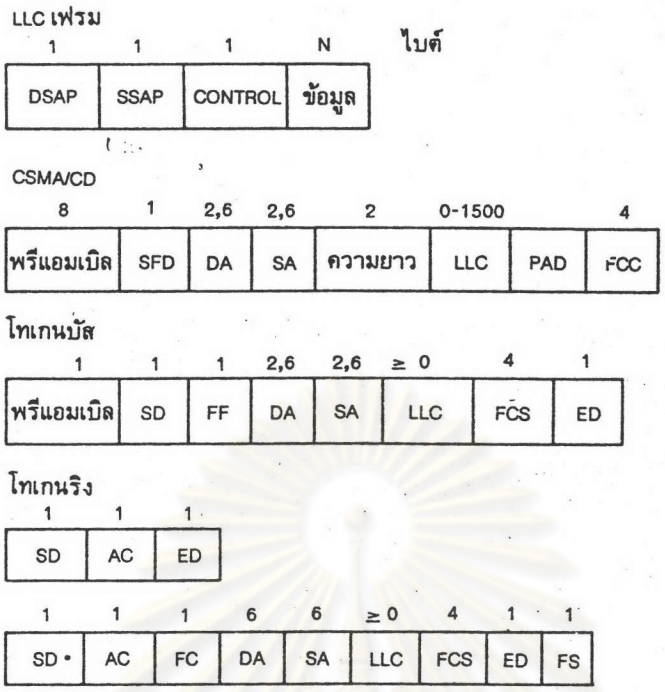
คณะกรรมการมาตรฐาน IEEE 802 ได้กำหนดมาตรฐานของเครือข่ายท้องถิ่น โดยพิมพ์ร่างออกมาในปี พ.ศ.2528 โดยควบคุม 2 ชั้น (Layer) ล่างสุดของมาตรฐาน OSI (Open System Interconnection) กำหนดโดย ISO



รูปที่ 2.2 การแบ่งระดับชั้นของโพรโตคอล LAN กับ OSI

(ANSI/IEEE Std 802.2, Lefkon 1987, Marsden 1986)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



AC (Access Control) ควบคุมการเข้าถึง

DA (Destination Address) ที่อยู่ปลายทาง

DSAP (Destination Service Access Point) จุดให้บริการปลายทาง

ED (Ending Dilimiter) ตัวปิดท้าย

FC (Frame Control) ควบคุมเฟรม

FCS (Frame Check Sequence) ตรวจสอบลำดับของเฟรม

FF (Frame Format) รูปแบบของเฟรม

FS (Frame Status) สถานะของเฟรม

SA (Source Address) ที่อยู่ต้นทาง

SD (Starting Delimiter) ตัวบอกการเริ่มต้น

SFD (Starting Frame Delimiter) ตัวบอกการเริ่มต้นของเฟรม

SSAP (Source Service Access Point) จุดให้บริการต้นทาง

รูปที่ 2.3 แสดงเฟรมของ IEEE 802

(ไพศาล สงวนหมู่ และ ยืน ภู่วรวรรณ 2528)

(International Standards Organization)ซึ่งเป็นองค์กรที่กำหนดมาตรฐานต่างๆ ทางด้านการสื่อสารขึ้นมา โดยในระดับ ดาต้าลิงค์ (Datalink) ได้ถูกแยกเป็น 2 ส่วน คือ LLC (Logical Link Control) กับ MAC (Media Access Control)

2.4.1.1 หน้าที่ของชั้น LLC

ก. มีจุดเชื่อมต่อที่เรียกว่า SAP (Service Access Point)เพื่อให้เชื่อมต่อกับชั้นที่อยู่ข้างเคียงได้

ข. ในระบบการส่งข้อมูล จะจัดข้อมูลเป็นเฟรม (Frame) มีการกำหนดแอดเดรส และฟิลด์ CRC (Cyclic Redundancy Check) สำหรับตรวจสอบข้อผิดพลาด

ค. จัดการสื่อสารระหว่างลิงค์ (Link)

สรุปคือ LLC มีหน้าที่ในการสร้าง การติดต่อแบบตรรกะ (Logical)ระหว่างคอมพิวเตอร์และเครือข่าย ซึ่งรวมทั้งการแปล แพกเก็ตข่าวสาร (Message Packet) ที่ได้รับแล้วทำการตอบสนองที่เหมาะสม

2.4.1.2 หน้าที่ของชั้น MAC

ก. จัดการสำหรับการเข้าถึง (Access)ข้อมูลที่มาจากต้นทางหลายแห่งและไปยังปลายทางได้หลายที่

ข. ทำหน้าที่บางส่วนคล้าย LLC เช่น ทำการใส่เฟรมและถอดเฟรมของแพกเก็ตข่าวสาร ทำการตรวจข้อผิดพลาด(Error Detection) เป็นต้น

2.4.1.3 หน้าที่ของระดับฟิสิคอล (Physical)

ก. การเข้ารหัส (Encode) และ ถอดรหัส (Decode) สัญญาณ

ข. ทำการชิงโครไนซ์ (Synchronize)สัญญาณ

ค. รับและส่งบิต (Bit)ข้อมูล

2.4.2 มาตรฐาน IEEE 802.1

กล่าวถึงความสัมพันธ์ของมาตรฐาน 802 ทั้งหมด และความสัมพันธ์กับ OSI ซึ่งตอนนี้กำลังเป็นร่างอยู่ (1987)

2.4.3 มาตรฐาน IEEE 802.2

กล่าวถึง ชั้นดาต้าลิงค์ ส่วนที่เป็น LLC ทั้งหมด

2.4.4 มาตรฐาน IEEE 802.3

จะกำหนดโปโตคอลแบบ CSMA/CD ระบบอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ของบริษัท ซีร็อกซ์ ก็ใช้มาตรฐานนี้ซึ่งจะใช้โทโปโลยี่แบบบัส CSMA/CD ใช้หลักการ "ฟังก่อนพูด"คือการส่งข้อมูลของสถานีจะเริ่มต้นจากการตรวจสอบตัวกลางนำสัญญาณ ถ้ามีข้อมูลส่งผ่านมาอยู่สถานีก็จะฟังหรืออ่านข้อมูลดูอย่างเดียว แต่เมื่อไรสายว่างสถานีที่มีข้อมูลก็จะส่งถ้ามีสถานีอื่นส่งข้อมูลพร้อมๆกันโดยเกิดการชน (Collision) กันขึ้น จะมีขั้นตอนดังนี้

ก. ให้มีการตรวจสอบการชนกัน ถ้าพบจะส่งสัญญาณรบกวน (Jam) เพื่อให้ทุกสถานีรู้ว่าเกิดการชนกัน

ข. หลังจากที่ส่งสัญญาณรบกวนแล้ว ให้รอเวลาด้วยตัวเลขสุ่มค่าหนึ่ง จากนั้นจึงทำการส่งสัญญาณใหม่ด้วยวิธีการของ CSMA

อัลกอริทึม(Algorithm) สำหรับ CSMA/CD นั้นได้พยายามลดการชนกันของข้อมูลจึงใช้หลักว่าเวลาจะส่งจะต้องตรวจสอบว่า ช่องสัญญาณไม่ว่าง หรือมีการชนกันเกิดขึ้น ถ้ามีมันจะรอด้วยเวลา Dr เพื่อตรวจสอบครั้งต่อไป ซึ่งวิธีที่ใช้กันมี 3 แบบ คือ

2.4.4.1 นอน-เปอร์ซิสเตน (Non-Persistent)ใช้วิธี

ก. หากตัวกลางว่าง จะส่งสัญญาณข้อมูล

ข. หากตัวกลางไม่ว่าง จะรอด้วยค่าคงที่ Dr ค่าหนึ่งแล้วกลับไปทำข้อแรกใหม่

จะเห็นว่าเสียเวลาก่อนช่วงการส่งของสถานีมากขึ้น แม้

ว่าจะลดการชนของ สัญญาณไปได้มาก

2.4.4.2 1-เปอร์ซิสเตน (1-Persistent)จะมีอัลกอริทึมดังนี้

```
loop: IF channel is busy THEN GOTO loop
      ELSE BEGIN
          COBEGIN
              transmit packet;
              read channel;
              IF bit sent <> bit recieved
                    THEN GOTO wait ;
          COEND;
          wait: call reschedule;{wait Dr second}
          GOTO loop;
      END;
```

สามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

ก. ถ้าหากตัวกลางนำสัญญานว่างก็จะส่งสัญญานข้อมูล

ข. ถ้าหากว่าตัวกลางไม่ว่าง ก็จะตรวจสอบจนกระทั่งการตรวจสอบตัวกลางได้สถานะตัวกลางว่าง แล้วจะส่งสัญญานข้อมูลทันที

ค. ถ้าหากเกิดการชนกัน ของสัญญานข้อมูลซึ่งทราบจากการที่ไม่ได้รับสัญญานตอบรับ (Acknowledgment) ให้รอค่าคาบเวลาช่วงหนึ่งด้วยค่าแรนด้อม (Dr) และทำซ้ำข้อ ก.

จะเห็นว่า นอน-เปอร์ซิสเตน มีการชนกันน้อยแต่เสียเวลาคอยนาน แต่ 1-เปอร์ซิสเตน มีการชนกันมากแต่ไม่เสียเวลาคอย(ความน่าจะเป็นในการส่ง=1)

2.4.4.3 พี-เปอร์ซิสเตน (P-Persistent)

จะทำการประนีประนอมข้อดีนข้อเสียของ 1-เปอร์ซิส-เตน และ พี-เปอร์ซิสเตน และมีอัลกอริทึ่มดังนี้

```
REPEAT
  loop: IF chennel is busy THEN GOTO loop
        ELSE BEGIN
        x: with probability p DO transmit the packet;
           with probability 1-p DO delay t second;
           {after t second is expired}
           IF channel is busy THEN call reshedule
                              ELSE GOTO x;
           GOTO loop;
         END;
UNTIL packet is transmitted;
```

สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

ก. ถ้าหากตัวกลางว่าง จะมีโอกาสที่สถานีจะส่งสัญญานหรือไม่ส่งสัญญาน โอกาสของการส่งสัญญานข้อมูลจะใช้ตัวเลขความน่าจะเป็น p และโอกาสในการไม่ส่งสัญญานข้อมูลจึงเป็น 1-p ดังนั้นในกรณีนี้จึงมีทั้งส่งและไม่ส่งด้วยการคำนวณดังกล่าว หากสถานีไม่ส่งสัญญานจะรอสัญญานด้วยค่าหนึ่งช่วงเวลา (t) ซึ่งมีค่าเท่ากับ เวลาของการหน่วงสัญญานสูงสุดในตัวกลาง

ข. หากตัวกลางไม่ว่าง จะทำการตรวจสอบตัวกลางต่อไปจนกระทั่งสถานีว่างแล้วจะทำซ้ำตามข้อ ก.

ค. ในกรณีที่รอเวลาหนึ่งช่วงเวลา ในข้อ ก. เสร็จแล้ว จะย้อนกลับทำตามข้อ ก.

ปัญหาของวิธีนี้คือ P (คือความน่าจะเป็นในการที่จะส่งสัญญาณข้อมูล)ควรเป็นเท่าไหร่ซึ่งจะขึ้นกับจำนวนสถานีด้วย และถ้า P มีค่าน้อยโอกาสของการรอเวลาก็มีค่าสูงในมาตรฐาน IEEE 802.3 นี้เลือกใช้ CSMA/CD แบบ 1-เปอร์ซิสเตน มาใช้

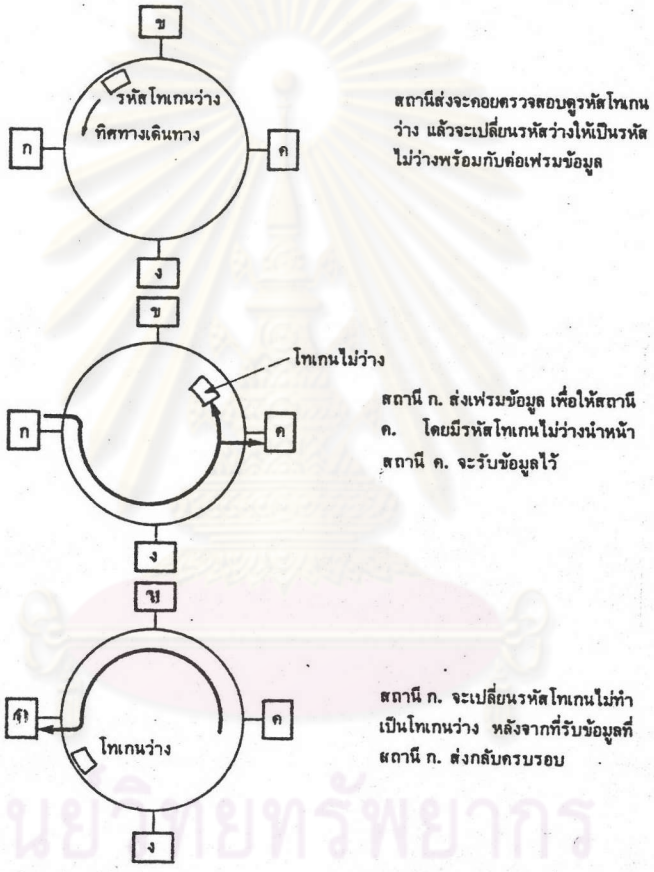
วิธีการ CSMA/CD นี้ทำงานได้ดีกับระบบขนาดเล็กถึงขนาดกลาง เพราะถ้ายิ่งการจราจร(Traffic)ยิ่งมากการชนกันก็จะมาก จะทำให้เกิดความล่าช้า (Delay)มากขึ้นด้วย โทโปโลยีที่จะใช้กับ CSMA/CD นั้นใช้ได้ทั้ง แบบดาว แบบบัสและทรีและใช้ได้ทั้ง บรอดแบนด์ (Broadband) และ เบสแบนด์ (Baseband)

2.4.5 มาตรฐาน IEEE 802.4

กำหนดโปโตคอลแบบโทเกนพาสชิ่งบัส (Token Passing Bus) จะใช้สายเคเบิ้ลสายเดี่ยวส่งทั้งไปทั้งกลับ ใช้โทโปโลยีแบบบัสหรือทรีแต่ให้เห็นเป็นวงรอบคือเป็นวงแหวนแบบตรรกะ (Logical Ring) แต่ละสถานีจะมีแอดเดรสเรียงกันตามลำดับแต่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามตำแหน่งที่มีอยู่จริง วิธีนี้จะหลีกเลี่ยงปัญหาการชนกันโดยกำหนด แพกเก็ตข้อมูล ที่เรียกว่า โทเกน ซึ่งจะมีโทเกนเดียวในเครือข่าย ในเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งถ้าใช้เสร็จหรือหมดเวลาก็จะส่งให้สถานีต่อไปใช้ได้ โพรโตคอลนี้เมื่อไม่มีการตรวจสอบการชนกัน จึงสามารถต่อสายได้ยาวกว่าระบบ CSMA/CD แม้ว่า CSMA/CD จะเป็นระบบที่ดีกว่า แต่ก็เฉพาะเมื่อโหลด (Load)น้อยๆเท่านั้น ถ้าโหลดมาก โทเกนบัสจะดีกว่า จะดีกว่า

2.4.6 มาตรฐาน IEEE 802.5

กำหนดโพรโตคอลแบบ โทเกนพาสชิ่งริง (Token Passing Ring) หรือโทเกนริง(Token Ring) เช่น เครือข่ายโทเกนริงของ IBM ใช้โทโปโลยีแบบวงแหวน ซึ่งเครือข่ายแบบวงแหวน มีอยู่ 3 แบบใหญ่ๆคือ รีจิสเตอร์อินเซอร์ชั่น(Register Insertion) สลอตริง(Slotted Ring)และโทเกนริง โพรโตคอลนี้จะคล้ายๆ 802.4 แต่ว่าจะต่อกันแบบวงแหวนจริงๆ แต่ละสถานีจะต่อกับเครือข่ายโดยสายเคเบิ้ล 2 เส้นคือรับและส่งจะมีการกำหนดให้สถานีหนึ่งเป็นแอคทีฟมอนิเตอร์ (Active Monitor) ซึ่งจะ



รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของโทเคนริง

(ไพศาล สงวนหมู่ และ ยืน ภู่วรวรรณ 2528)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017642

ทำหน้าที่ตรวจสอบและทำการแก้ไขความผิดพลาด เช่น การสูญหายของโทเกน แพกเก็ตข้อมูลมีรูปแบบผิดไปการวิ่งวนของโทเกนเป็นต้น ข้อดีของโทเกนริงก็คือมีระบบที่ง่ายต่อการประยุกต์ใช้ และให้วิธีการติดต่อกับวงแหวนแบบยุติธรรม คือทุกสถานีมีโอกาสเท่าเทียมกัน ข้อเสียคือต้องบริหารให้รหัสโทเกนคงอยู่ในริง

2.4.7 มาตรฐาน IEEE 802.6 (Lefkon 1987)

เป็นโพรโตคอลสำหรับ MAN (Metropolitan Area Network) เครือข่ายที่ต่อได้เป็น 1,000 จุดขึ้นไป โดยใช้การส่งแบบ บรอดแบนด์

2.4.8 นอกจากมาตรฐาน 802.3-802.6 แล้วยังมีคณะกรรมการย่อยซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวข้องอีก คือ

802.7 เป็นคณะที่ปรึกษาสำหรับการส่งแบบบอร์ดแบนด์

802.8 เป็นคณะที่ปรึกษาสำหรับการส่งผ่านใยแสง

802.9 ร่างมาตรฐานในการรวมสัญญาณเสียงพูดกับข้อมูลบนเครือข่ายท้องถิ่น

2.5 <u>การวิเคราะห์คุณสมบัติของเครือข่าย</u> (Stallings 1985)

การทดสอบความสามารถของเครือข่าย ที่ใช้โพรโตคอล CSMA/CD และโทเกนพาสซิ่ง ได้มีวิธีการสร้างแบบจำลองออกมา โดยสมมุติว่า

N : จำนวนสถานีที่ใช้งาน

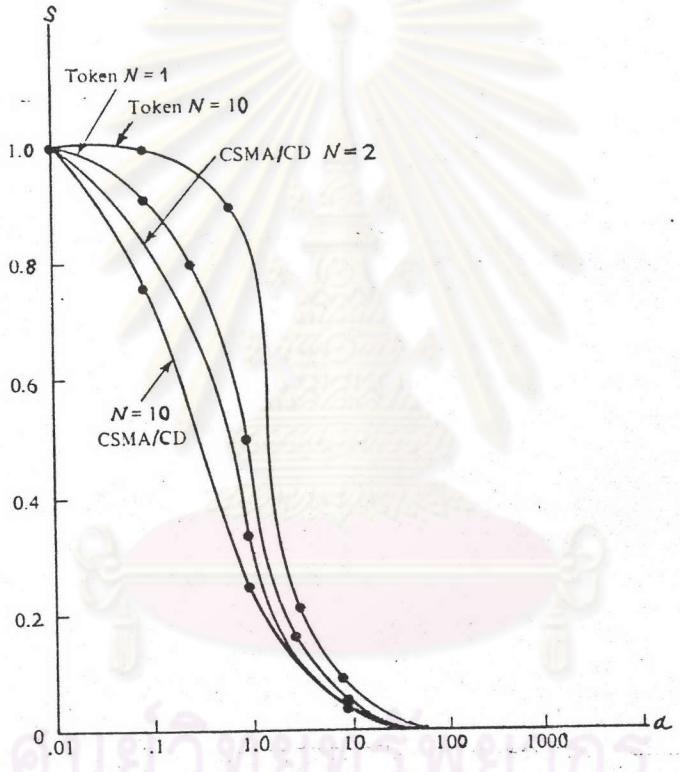
a : ค่านอร์มอลไลซ์โพรพาเกชั่นดีเลย์ที่มากที่สุด

(Maximum Normalized Propagation Delay)

และคิดว่า ทุกสถานีเตรียมจะส่งข้อมูล และ ค่า นอร์มอลไลซ์ของเวลาการส่ง แพกเก็ต = 1

S : อัตราปริมาณงาน (Throughput) ของระบบที่มากที่สุด

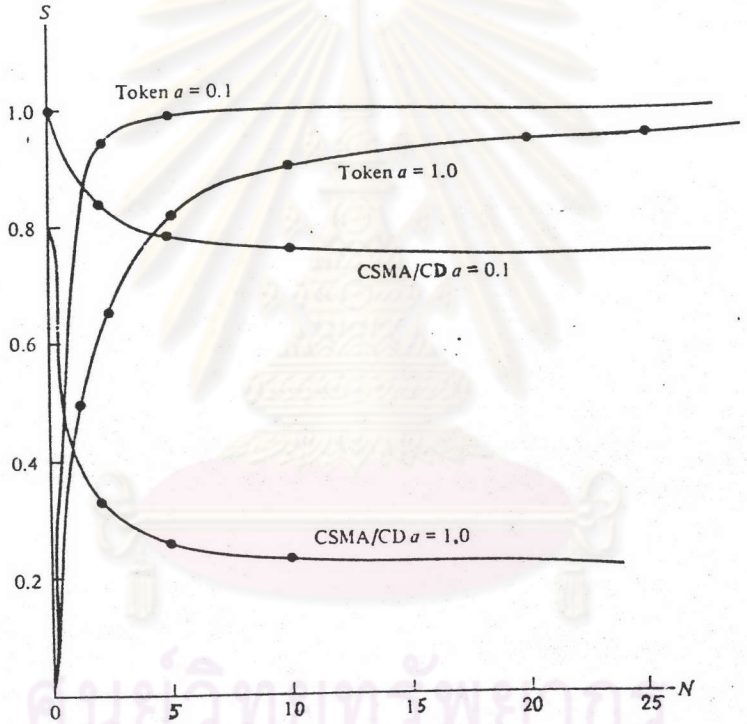
A : ความน่าจะเป็น ที่สถานีหนึ่งจะพยามส่งใน สลอต ซึ่งต้องใช้ตัวกลาง(เฉพาะระบบ CSMA/CD)



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงค่า S กับค่า a ของ TOKEN PASSING และ CSMA/CD

(Stallings 1985)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงค่า S กับค่า N ของ TOKEN PASSING และ CSMA/CD

(Stallings 1985)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

โทเกนพาสชิ่ง (ริง และ บัส): $S = \begin{cases} 1/(1+a/N) & a < 1 \\ \text{(แพกเก็ตสั้นกว่าวงแหวน)} & \\ 1/(a(1+1/N)) & a > 1 \\ \text{(แพกเก็ตยาวกว่าวงแหวน)} & \end{cases}$

โทเกนพาสชิ่งบัส ใช้สูตรเหมือน ริง เพราะแม้ว่าจะเป็น วงแหวนแบบตรรกะ แต่ก็เหมือนต่อกันเป็นวงแหวนจริงๆ

CSMA/CD : $S = (1/2a)/((1/2a) + ((1-A)/A))$

$= 1/(1+2a(1-A)/A)$

จากรูปกราฟ 2 รูป แสดงให้เห็นว่า S จะลดลง ถ้า a เพิ่มขึ้น ทั้ง CSMA/CD และโทเกนพาสชิ่ง แต่ถ้า N เพิ่มขึ้น S ของ โทเกนพาสชิ่ง เป็น ฟังก์ชั่นของ N แต่ของCSMA/CD จะลดลง เนื่องจากเมื่อเพิ่มสถานีจะเพิ่มการชนกันมากขึ้น

2.6 <u>เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของโพรโตคอลแบบต่างๆ</u> (ไพศาล สงวนหมู่ และ ยืน ภู่วรวรรณ 2528)

2.6.1 CSMA/CD

ข้อดี : อัลกอริทึมง่ายใช้ได้กว้างขวางมีความยุติธรรมต่อสถานี ให้ประสิทธิภาพดีในกรณีโหลดต่ำถึงปานกลาง

ข้อเสีย : ต้องใช้วิธีตรวจสอบการชนและ ปัญหาการตรวจสอบการทำงานผิดพลาดถ้าแพกเก็ตมีขนาดสั้น หากโหลดมากจะมีประสิทธิภาพต่ำขึ้นกับระยะทางการส่งสัญญาณ

2.6.2 โทเกนบัส

ข้อดี : ให้ข้อดีโดยรวมของระบบ มีกฎเกณฑ์การรับส่งข้อมูล ระบบมีความยืดหยุ่น

ข้อเสีย : อัลกอริทึมยุ่งยาก เป็นเทคนิคที่ยังไม่พิสูจน์หรือใช้กัน

2.6.3 โทเกนริง

ข้อดี : เพราะสัญญานมีการสร้างขึ้นใหม่ทุกสถานี จึงทำให้มีการรบกวนน้อย และส่งได้ไกลกว่า

ข้อเสีย : ต้องบริหารให้โทเกนคงอยู่ในวงแหวน หากมีสัญญาณรบกวนทำให้เสียไป แล้วต้องมีการแก้ไขด้วยตนเองได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย