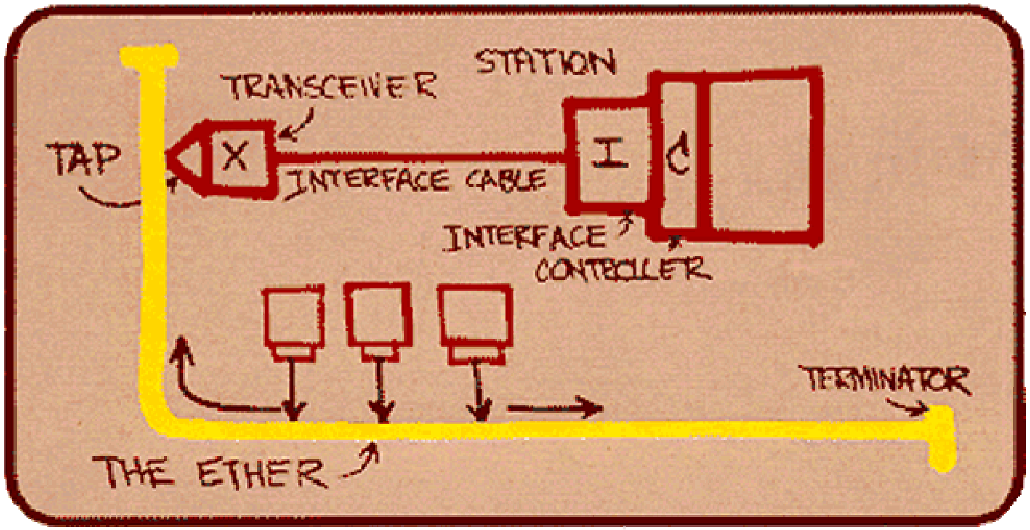
ข่ายงานบริเวณเฉพาะที่อีเทอร์เน็ต

ETHERNET

ประวัติความเป็นมา

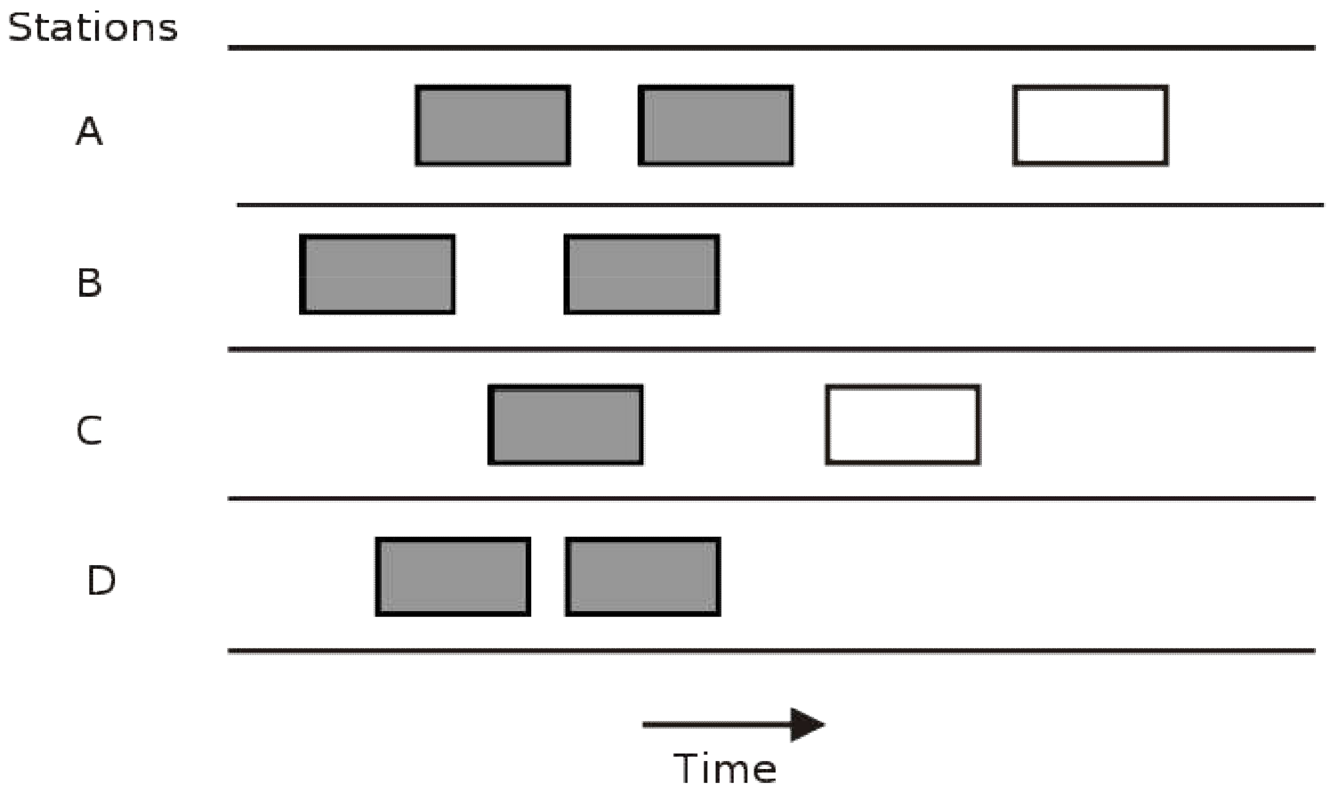
- ในปี 1960 โดยนอร์แมน แอ็บแรมสัน (Norman Abramson) และเพื่อนร่วมงานได้พัฒนา เครือข่ายอโลฮา (Aloha) ที่มหาวิทยาลัยฮาวาย
- เครือข่ายอโลฮา เป็นการพัฒนาระบบวิทยุสื่อสารเกาะต่างๆ เพื่อแชร์สื่อสารกลางการรับส่งข้อมูลคือ อากาศที่เป็นสื่อคลื่นวิทยุ
- ในปี 1973 เม็ทคาลเฟได้เขียนอธิบายระบบเครือข่ายที่มีการพัฒนามาจากเครือข่ายอโลฮา (Aloha)



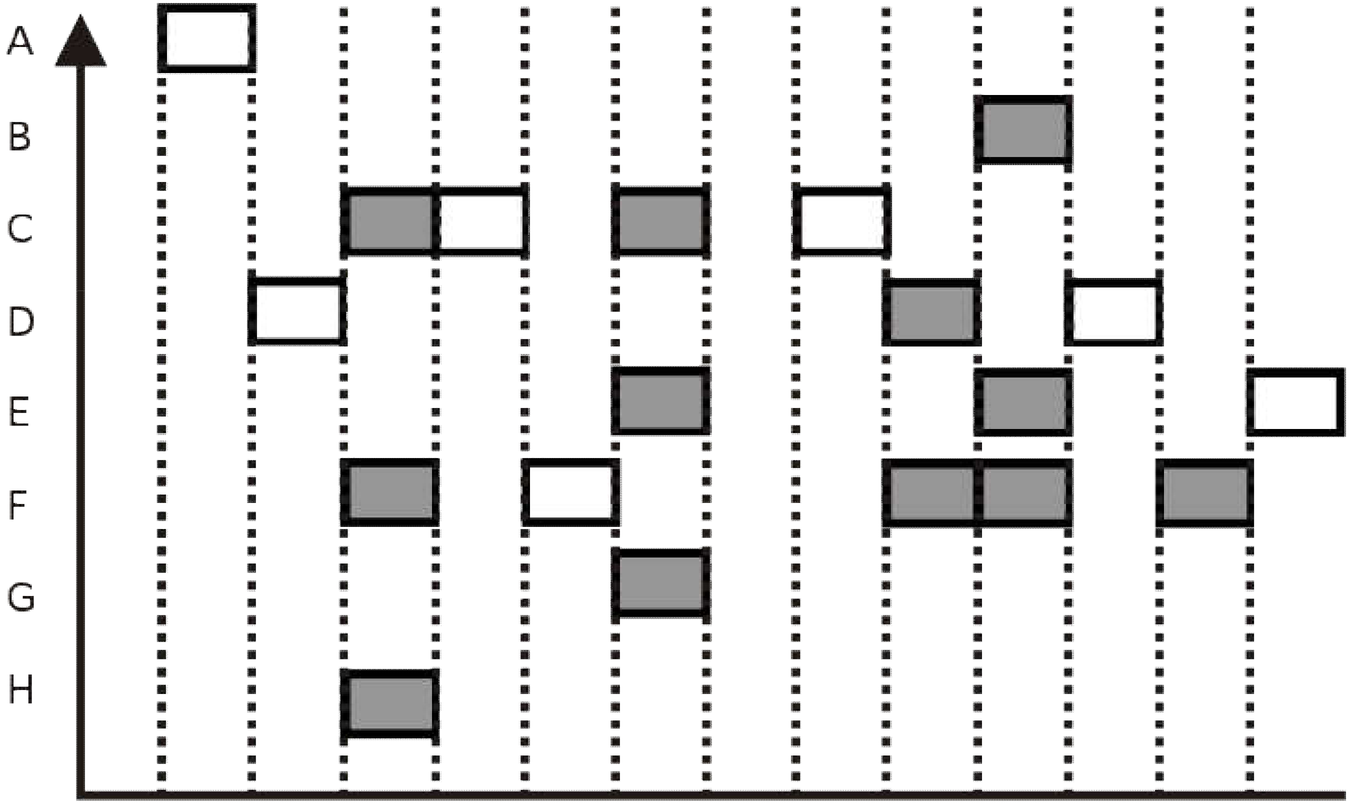
ALOHA System

- เป็นระบบที่ใช้ทดลองการทำ Multiple Access(Random Access) ของ Packet Radio System
  - 1970 University of Hawaii
- จากการวิจัยพบว่า Efficiency ของระบบ มีได้สูงสุด 18%
  - ถ้าใช้ Slotted ALOHA จะได้ถึง 36%
- ค่านี้เป็นค่าสูงสุดในทางทฤษฎี
- การศึกษาวิจัย ALOHA นำไปสู่การพัฒนา CSMA ซึ่งถูกนำไปใช้เป็นครั้งแรกใน Ethernet
  - ให้ฟังก่อนที่จะส่ง

Pure ALOHA



Slotted ALOHA



Slotted ALOHA protocol (shaded slots indicate collision)

ประวัติความเป็นมา

- จุดประสงค์ของการสร้างอีเธอร์เน็ตในตอนแรกนั้นเพื่อให้นักวิจัยสามารถแชร์ข้อมูลร่วมกันได้เท่านั้นไม่ใช่เป็นการพัฒนาเทคโนโลยี
- สมัยแรกใช้สายโคแอ็กซ์แบบหนา (Thick Coax) เป็นสายสัญญาณในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เหล่านั้น
- ตอนนั้นอีเธอร์เน็ตถือเป็นเทคโนโลยีที่น่าทึ่งมากในการใช้คอมพิวเตอร์ในสมัยนั้น เพราะคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องเมนเฟรมที่มีราคาแพงมาก มีน้อยคนที่สามารถซื้อระบบเมนเฟรมมาใช้ และคนส่วนใหญ่จะไม่รู้จักเมนเฟรม
- การพัฒนาอีเธอร์เน็ตทำให้การใช้คอมพิวเตอร์แพร่หลายมากขึ้น

ประวัติความเป็นมา

- ในช่วงแรกอีเธอร์เน็ตเป็นลิขสิทธิ์ของบริษัทซีร็อกซ์
- มาตรฐานอีเธอร์เน็ตที่เร็ว 10 Mbps ได้ประกาศใช้เมื่อปี 1980 โดยความร่วมมือของ 3 บริษัทคือ DEC-lintel-Xerox หรือเรียกสั้นว่า DIX
- IEEE ก็ได้พัฒนามาตรฐาน IEEE 802.3 พัฒนาจากมาตรฐานอีเธอร์เน็ตของ DIX มาตรฐานของ IEEE ถูกตีพิมพ์ครั้งแรกในปี 1985
- ISO (International Organization for Standardization) ยอมรับเอามาตรฐาน IEEE 802.3 นี้เป็นมาตรฐานอีเธอร์เน็ตนานาชาติ ทำให้ใครก็ได้สามารถผลิตอุปกรณ์อีเธอร์เน็ตโดยที่ไม่ต้องเสียลิขสิทธิ์ให้กับใคร

Overview of Ethernet

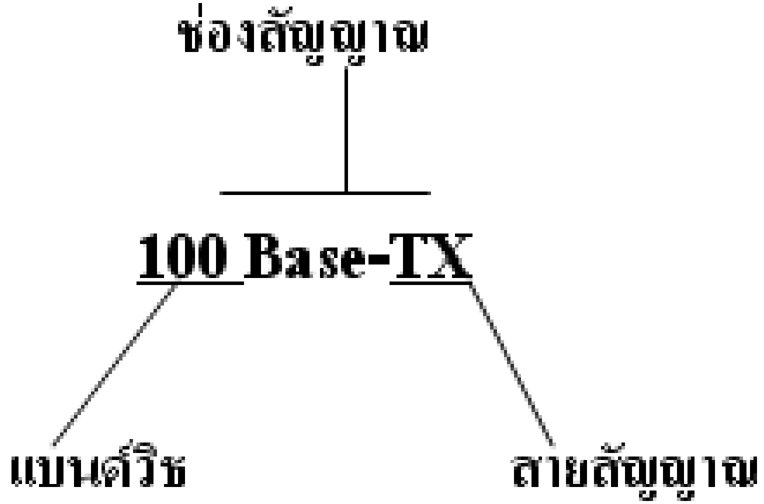
- เป็นสถาปัตยกรรมเครือข่ายที่ได้รับความนิยมมาก
- ข้อดี
  - ติดตั้งง่าย
  - ต้นทุนต่ำ
  - รองรับสื่อกลางหลายแบบ
- ใช้ hardware address ของ NIC เป็นตัวกำหนดตำแหน่งแพ็กเก็ต
  - ที่อยู่นี้จะถูก “burned in” ใน ROM ของ NIC
  - เมื่อมีการส่งข้อมูล จะมีการใส่ hardware (MAC) addresses ทั้งต้นทางและปลายทางไว้ที่ส่วนหัวของแพ็กเก็ต

Overview of Ethernet

- การแบ่งกลุ่มตามความเร็วและสายที่ใช้
  - 10 Mbps IEEE standards
  - 100 Mbps IEEE standards
  - 1 Gbps IEEE 802.3z standards
  - 10 Gbps IEEE 802.3ae standards

มาตรฐาน	คำอธิบาย
IEEE 802.3 CSMA/CD-1985	มาตรฐานอีเธอร์เน็ตที่ตีพิมพ์ครั้งแรกซึ่งประกอบด้วยวิธีการเข้าใช้สื่อกลางแบบ CSMA/CD และข้อกำหนดเกี่ยวกับชั้นกายภาพ
IEEE 802.3a-1985	10BASE2 Thin Ethernet:เปลี่ยนมาใช้สายสายโคแอ็กซ์แบบหนา
IEEE 802.3c-1985	10 Mbps repeater speciation clause 9:ข้อกำหนดเพิ่มเติมเกี่ยวกับอุปกรณ์ทวนสัญญาณ
IEEE 802.3d-1987	FOIRL fiber link:เริ่มนำสายไฟเบอร์มาใช้เป็นสื่อกลาง
IEEE 802.3i-1990	10BASE-T twisted-pair: ใช้สายคู่เกลียวบิต หรือ UTP
IEEE 802.3j-1993	10BASE-F fiber potter:มาตรฐานสายไฟเบอร์
IEEE 802.3u-1995	100BASE-T Fast Ethernet and Auto-Negotiation:เพิ่มความเร็ว 10 เท่า และข้อกำหนดเกี่ยวกับการเลือกใช้ความเร็วโดยอัตโนมัติ
IEEE 802.3x-1997	Full-Duplex standard:มาตรฐานเกี่ยวกับฟูลล์ดูเพล็กซ์
IEEE 802.3z-1998	Full-Duplex standard: มาตรฐานเกี่ยวกับฟูลล์ดูเพล็กซ์
IEEE 802.3ac-1998	VLAN [illegible] ข้อกำหนดเกี่ยวกับเฟรมข้อมูลของ VLAN

การเรียกชื่ออีเธอร์เน็ต



มาตรฐาน IEEE 802.3 ประเภทต่างๆ

	10 Base5	10 Base2	10 Base FOIRL	10 Basd36	10 BaseT	10 BaseFL
แบนด์วิธ	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps
ช่องสัญญาณ	Basedband	Basedband	Basedband	Boardband	Basedband	Basedband
ความยาสาย	500 m	185 m	5km	3,600	100 m	2km
สายสัญญาณ	ThickCoax	ThickCoax	MMF	Coax	UTP cat 3	MMF
โทโปโลยี	Bus	Bus	PPP	PPP	Star	PPP

มาตรฐาน IEEE 10 Mbps

- 10Base5: Ethernet ใช้สาย thicknet coaxial
- 10Base2: Ethernet ใช้สาย thinnet coaxial
- 10BaseT: Ethernet ใช้สาย unshielded twisted-pair (UTP)
- 10BaseF: Ethernet ใช้สาย fiber-optic
- 10 Bases- FOIRL สายใยแก้วนำแสงแบบซิงเกิลโหมด
- 10 Based 36 ส่งสัญญาณแบบรอดแบนด์บนสายทองแดง

10Base5

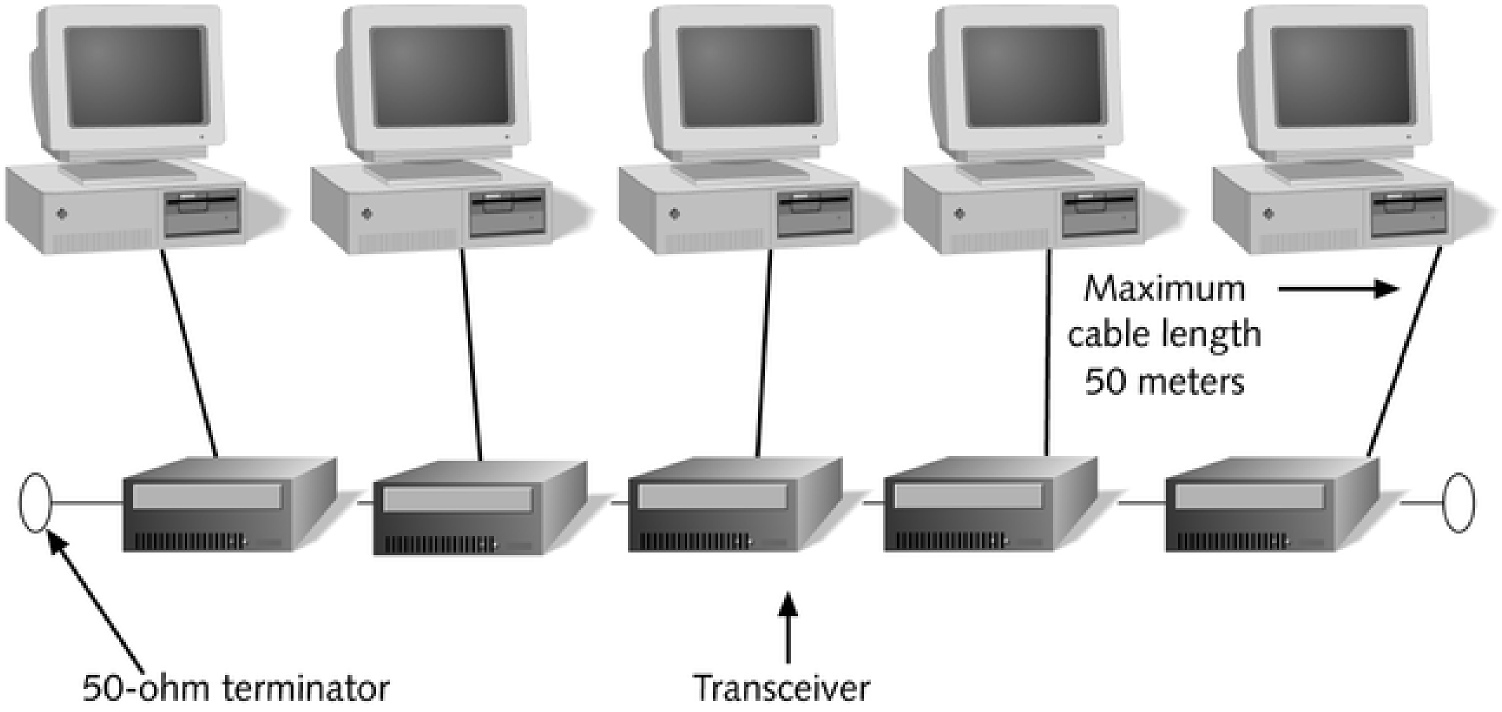
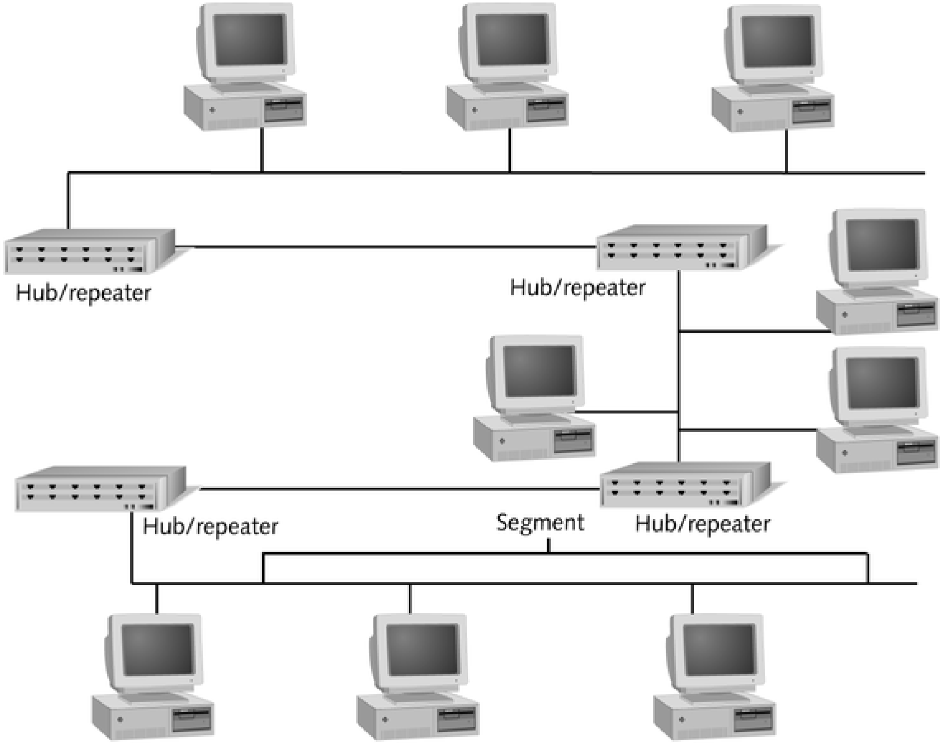


Figure 7-1 10Base5 network uses transceivers connected to thicknet cable

กฎ 5-4-3

- ใช้กับสาย coaxial Ethernet networks (10Base5 and 10Base2)
- สามารถมี segmentsได้มากที่สุด 5 segments มี repeaters มากที่สุด 4 ตัว และจำนวน segments ที่ใช้งานเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้ไม่เกิน 3 segments



Segmentation

- เซ็กเมนต์ (Segment) หมายถึงส่วนของเครือข่ายที่เชื่อมต่อกันโดยสายสัญญาณเดียวกัน เช่น คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมกันด้วยสายโคแอ็กซ์
- สามารถแบ่งเซ็กเมนต์เป็น 2 เซ็กเมนต์ได้โดยใช้ bridge หรือ router
  - ทำให้การส่งข้อมูลไปปลายทางมีประสิทธิภาพมากขึ้น
  - ช่วยลดความคับคั่งในแต่ละส่วนของเครือข่ายได้

Segmentation

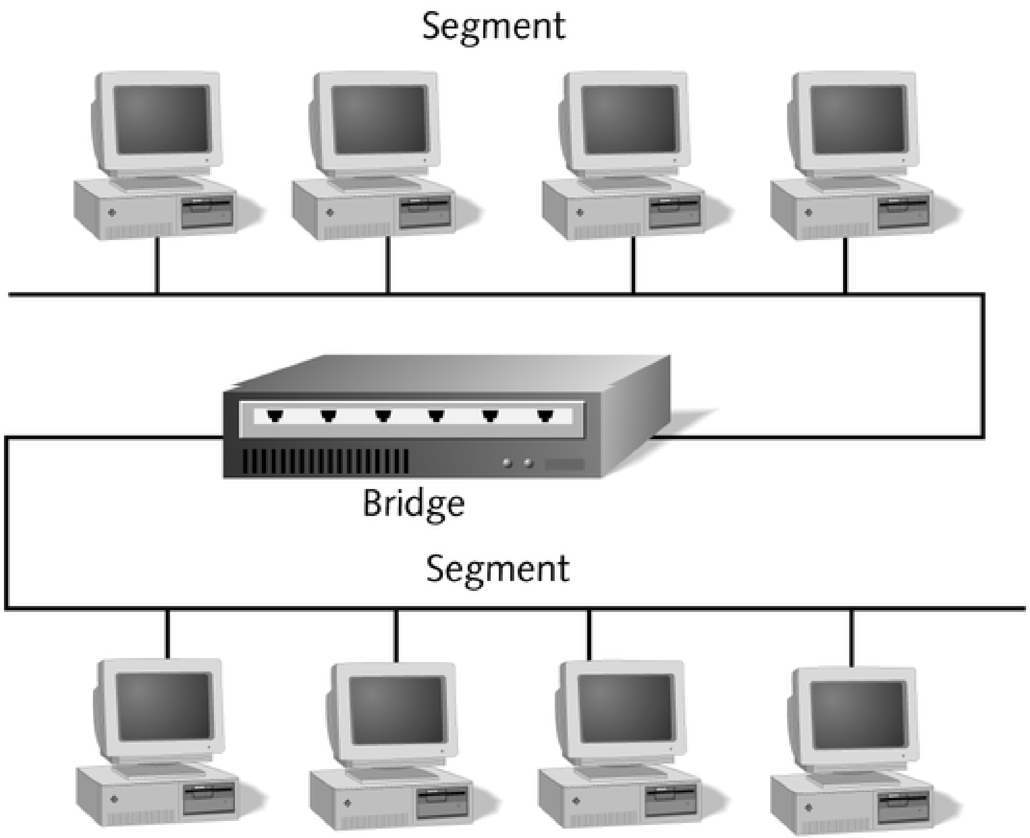


Figure 7-10 Adding a bridge reduces network traffic

10Base5 Ethernet Specifications

Category	Specification
IEEE specification	802.3
Advantages	Long maximum cable length
Disadvantages	Difficult to install; cost
Topology	Linear bus
Cable type	50-ohm thicknet
Channel access method	CSMA/CD
Transceiver location	Connected to cable at vampire tap
Maximum cable segment length	500 meters (1640 feet)
Maximum total network length	2500 meters (8200 feet)
Maximum drop cable length	50 meters (164 feet)
Minimum distance between transceivers	2.5 meters (8 feet)
Maximum number of segments	5 connected by 4 repeaters
Maximum number of populated segments	3
Maximum devices per segment	100
Maximum devices per network	1024
Transmission speed	10 Mbps

10Base2 Ethernet Specifications

Category	Specification
IEEE specification	802.3
Advantages	Inexpensive; easy to install and configure
Disadvantages	Difficult to troubleshoot
Topology	Linear bus
Cable type	50-ohm thinnet—RG-58A/U or RG-58C/U
Channel access method	CSMA/CD
Transceiver location	On NIC
Maximum cable segment length	185 meters (607 feet)
Maximum total network length, end to end	925 meters (3035 feet)
Minimum distance between devices	.5 meters (20 inches)
Maximum number of segments	5 connected by 4 repeaters
Maximum number of populated segments	3
Maximum devices per segment	30
Maximum devices per network	1024
Transmission speed	10 Mbps

10BaseT

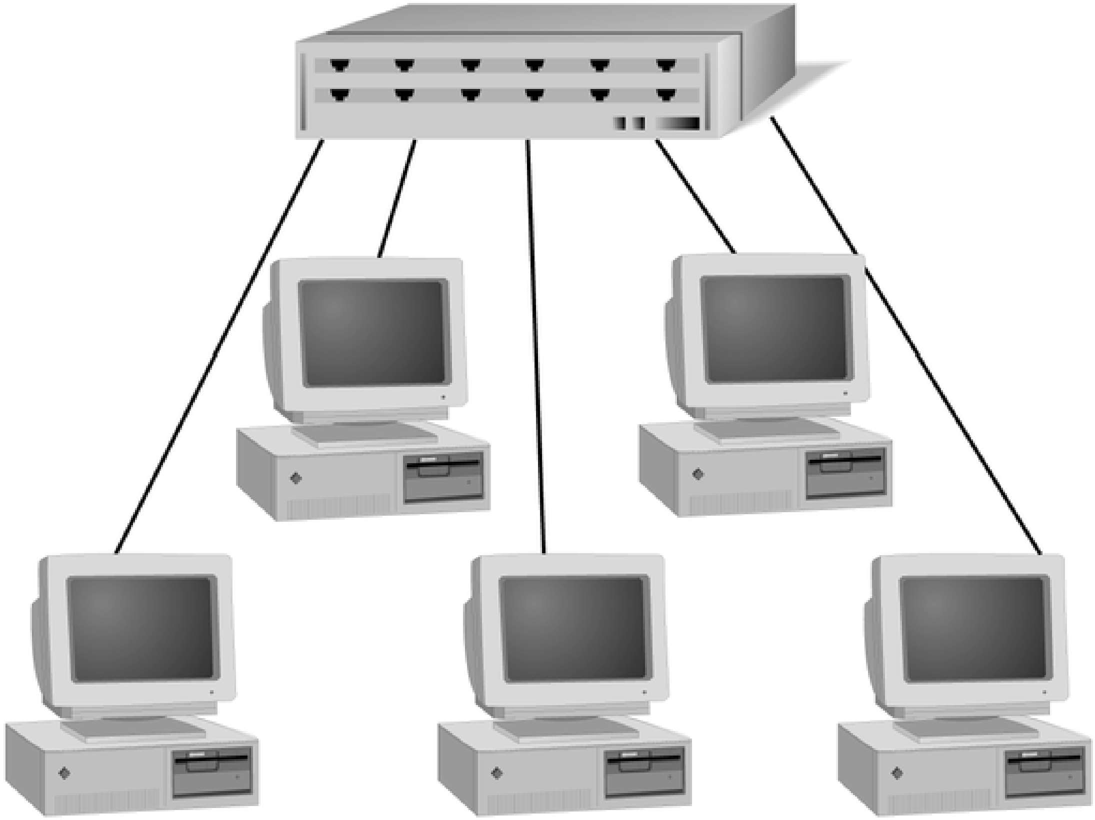


Figure 7-4 10BaseT network uses a star wiring topology

10BaseT

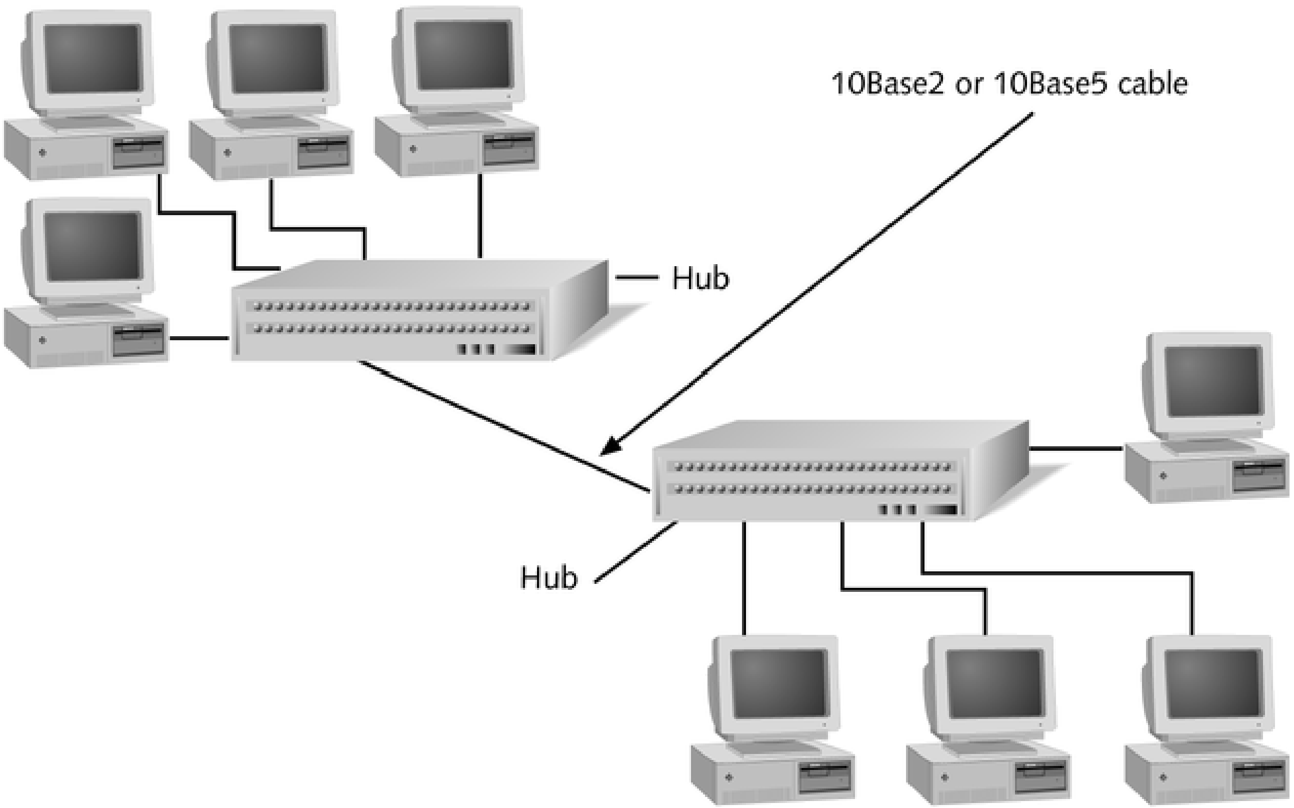


Figure 7-5 10BaseT implementations use media with greater distance limitations to connect 10BaseT hubs

10BaseT Ethernet Specifications

Category	Summary
IEEE specification	802.3
Advantages	Very inexpensive; easy to install and troubleshoot
Disadvantages	Small maximum cable segment length
Topology	Star
Cable type	Category 3, 4, or 5 UTP
Channel access method	CSMA/CD
Transceiver location	On NIC
Maximum cable segment length	100 meters (328 feet)
Minimum distance between devices	N/A
Maximum number of segments	1024
Maximum devices per segment	2
Maximum devices per network	1024
Transmission speed	10 Mbps

10BaseF

- 10BaseFL
  - ใช้เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ในระบบ LAN (fiber to the desktop)
- 10BaseFP
  - เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์โดยใช้ passive hubs
  - ระยะทางสูงสุด 500 เมตร
- 10BaseFB
  - ใช้สาย fiber-optic เป็น backbone ระหว่างฮับ

10BaseF Ethernet Specifications

Category	Summary
IEEE specification	802.3
Advantages	Long distance
Disadvantages	High cost; difficult installation
Topology	Star
Cable type	Fiber-optic
Channel access method	CSMA/CD
Transceiver location	On NIC
Maximum cable segment length	2000 meters (6561 feet), except for 10BaseFP at 500 meters (1635 feet)
Maximum number of segments	1023
Maximum devices per segment	2
Maximum devices per network	1024
Transmission speed	10 Mbps

100 Mbps IEEE Standards

- ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง
- เป็นเทคโนโลยีความที่มีเร็วสูงรองรับแอพพลิเคชันใหม่ ๆ เช่นด้าน video, CAD, CAM, และ imaging
- มีการประยุกต์ใช้ 100 Mbps Ethernet 2 เทคโนโลยีหลัก
  - 100VG-AnyLAN
  - 100BaseT (fast Ethernet)

100VG-AnyLAN

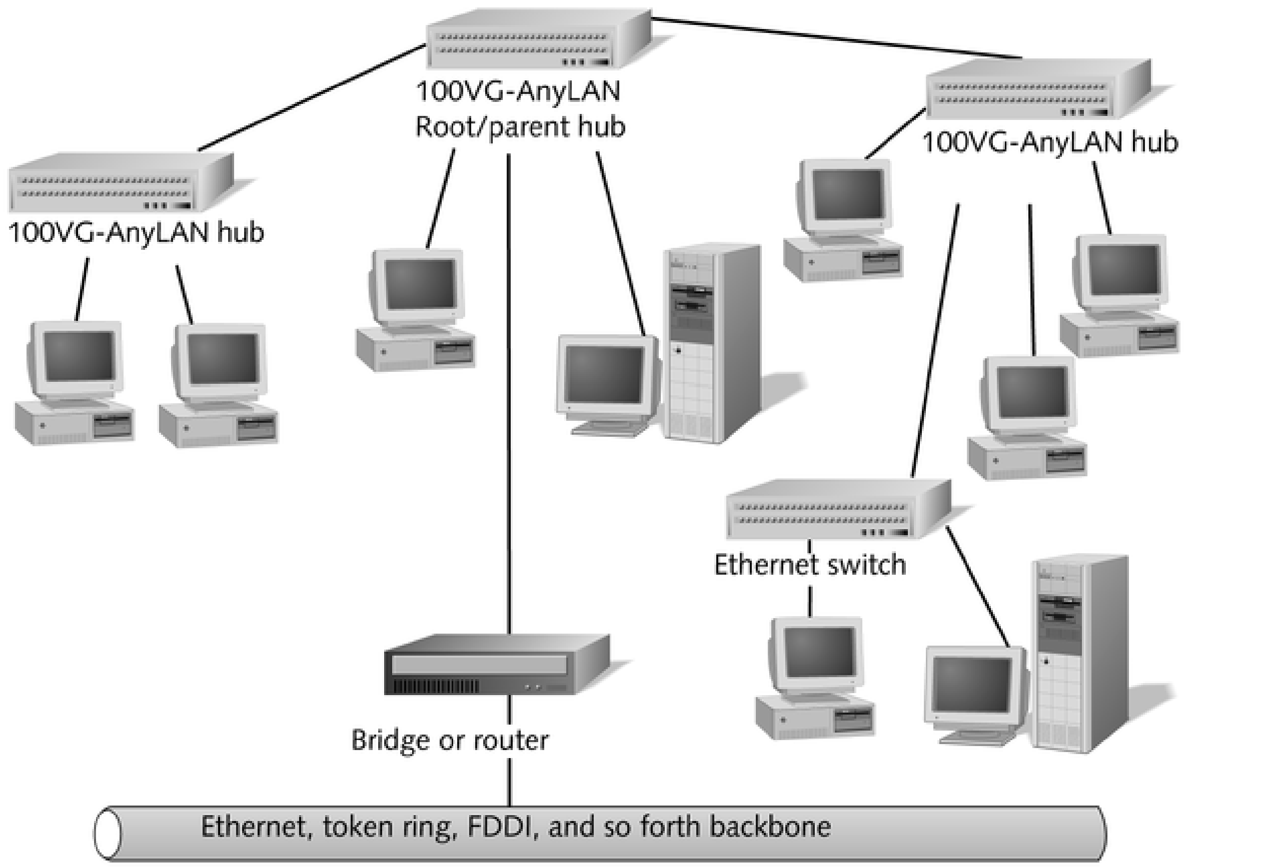


Figure 7-6 In 100VG-AnyLAN networks, hubs can be connected to form a star topology

100VG-AnyLAN Specifications

Category	Summary
IEEE specification	802.12
Advantages	Fast, easy to configure and troubleshoot; supports token ring and Ethernet packets
Disadvantages	High cost; limited distance over UTP
Topology	Star
Cable type	Category 3 or higher UTP and STP, fiber-optic
Channel access method	Demand priority
Transceiver location	On NIC
Maximum cable segment length	100 meters (328 feet) Category 3 UTP; 150 meters (492 feet) Category 5 UTP; 2000 meters (6561 feet) fiber-optic
Maximum number of segments	1023
Maximum devices per segment	1
Maximum devices per network	1024
Transmission speed	100 Mbps

100BaseT

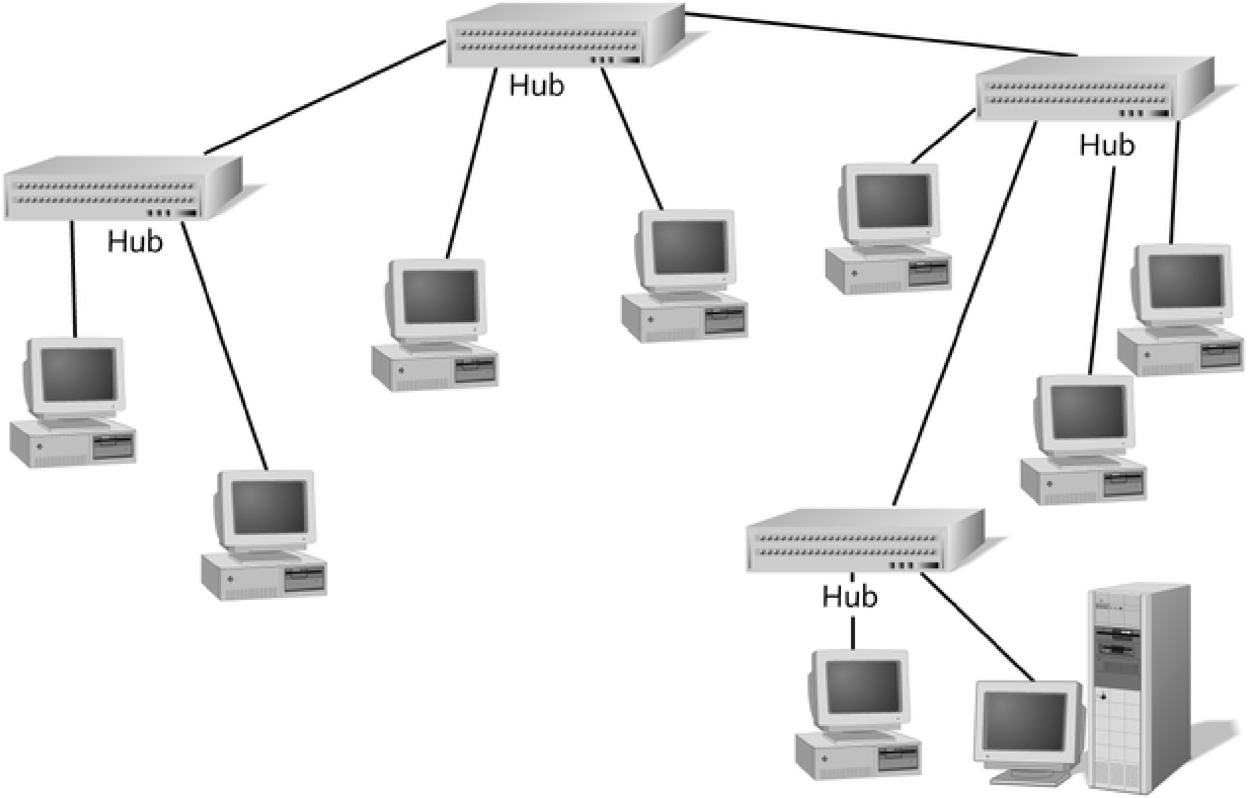


Figure 7-7 100BaseT hubs can cascade in a star topology

100BaseT

- 100BaseT4
  - ใช้สาย UTP Category 3, 4, หรือ 5 ทั้ง 4 คู่
- 100BaseTX
  - ใช้สาย UTP Category 5 ทั้ง 2 คู่
  - ได้รับความนิยมอย่างกว่างขวาง ปกติจะเรียกว่า Fast Ethernet
- 100BaseFX
  - fiber-optic 2 เส้น

100BaseT Ethernet Specifications

Category	Summary
IEEE specification	802.3
Advantages	Fast; easy to configure and troubleshoot
Disadvantages	High cost; limited distance
Topology	Star
Cable type	Category 3 or higher UTP—100BaseT4; Category 5 UTP—100BaseTX; Fiber-optic—100BaseFX
Channel access method	CSMA/CD
Transceiver location	On NIC
Maximum cable segment length	100 meters (328 feet)—100BaseT4, 100BaseTX 2000 meters (6561 feet)—100BaseFX
Maximum number of segments	1023
Maximum devices per segment	1
Maximum devices per network	1024
Transmission speed	100 Mbps

ข้อจำกัดของฟาสต์อีเธอร์เน็ต

- สำหรับ 100 Base-Tx ความยาวสูงสุดของสาย UTP ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์หรือ NIC กับฮับคือ 100 เมตร
  - **5 เมตร** จากฮับไปแพทช์พาแนล (Patch Panel)
  - **90 เมตร** จากแพทช์พาแนลไปยังเต้าเสียบฝาผนังโดยสายที่อยู่ในช่วงนี้จะเรียกว่า "Hortizontal Cabling"
  - **5 เมตร** จากเต้าเสียบฝาผนังไปยังคอมพิวเตอร์
- สำหรับเครือข่ายแบบ 100 Base-Fx สายไฟเบอร์ที่ใช้เชื่อมต่อมีข้อจำกัดดังนี้
  - สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างฮับกับโหนด ความยาวสูงสุดของสายไฟเบอร์แบบมัลติโหมด (62.5/125) คือ 160 เมตร เมื่อใช้กับรีพีทเตอร์ประเภท 2 (Class II Repeater) 1 เครื่อง
  - สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างสวิตช์กับโหนด ระยะทางไกลสุดเมื่อใช้สายมัลติโหมดคือ 210 เมตร
  - สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างสวิตช์กับสวิตช์ ระยะทางไกลสุดเมื่อเชื่อมต่อโดยใช้สายไฟเบอร์แบบมัลติโหมดคือ 412 เมตร เพื่อใช้การรับส่งข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ และ 2,000 เมตร เมื่อใช้การรับส่งข้อมูลแบบฟูลล์ดูเพล็กซ์

ข้อจำกัดของฟาสต์อีเธอร์เน็ต

- ค่าดีเลย์รวมจากทั้งสายสัญญาณ ฮับ และเน็ตเวิร์คการ์ด
- ค่าดีเลย์ไปกลับ (Round – Trip delay) สูงสุดของฟาสต์อีเธอร์เน็ต คือ เวลาที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูลจำนวน 64 ไบต์ (512 บิต) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.12 ns(10-6 วินาที)
- เฟรมนี้จะต้องเดินทางจากตัวส่ง (Transmitter) ไปถึงโหนดที่อยู่ไกลสุด และเดินทางกลับมายังตัวส่งอีกครั้งเพื่อสำหรับการตรวจสอบการชนกันของข้อมูล (Collision Detection)
- ค่าดีเลย์ขาเดียว (One-way Time delay) จะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของค่านี้

Gigabit Ethernet: 1 Gbps IEEE 802.3z Standards

- Allows for 1000-Mbps transmission using CSMA/CD and Ethernet frames
- Most implementations work in full-duplex mode
- Specifications are based on the ANSI X3.230-1994 standard for Fiber Channel
- Two separate extensions to the 802.3 specification cover 1000BaseX and 1000BaseT

Extensions to the 802.3 Specification

- 802.3z-1998 covers 1000BaseX specifications
  - L (long wavelength laser/fiber-optic)
  - S (short wavelength laser/fiber-optic)
  - C (copper jumper s)
- 802.3ab-1999 covers 1000BaseT specifications
  - Require four pairs of 100-ohm Category 5 or better

1000BaseLX Ethernet Specifications

Table 7-7 1000BaseLX Ethernet summary

Category	Summary
IEEE specification	802.3z
Advantages	Fast; supports full-duplex communications
Disadvantages	High cost; hard to deploy and install
Topology	Star
Cable type	Two strands of fiber-optic cable per connection; Multi-mode (MMF): 62.5/125 or 50/125 cable; Single mode (SMF): 10 micron cable
Channel access method	Switched
Transceiver location	On NIC
Maximum cable segment length	Half-duplex MMF, SMF: 316 meters (1036 ft); Full-duplex MMF: 550 meters (1804 ft); Full-duplex SMF: 5000 meters (16,404 ft)
Maximum number of segments	1023
Maximum devices per segment	2
Maximum devices per network	1024
Transmission speed	1000 Mbps (uses 8B/10B encoding); 2000 Mbps in full-duplex mode

1000BaseSX Ethernet Specifications

Table 7-8 1000BaseSX Ethernet summary

Category	Summary
IEEE specification	802.3z
Advantages	Fast; supports full-duplex communications
Disadvantages	High cost; hard to deploy and install
Topology	Star
Cable type	Two strands of fiber-optic cable per connection; Multi-mode (MMF): 62.5/125 or 50/125 cable
Channel access method	Switched
Transceiver location	On NIC

1000BaseSX Ethernet Specifications

Table 7-8 1000BaseSX Ethernet summary (continued)

Category	Summary
Maximum cable segment length	Half-duplex 62.5 MMF: 275 meters (902 ft); Half-duplex 50 MMF: 316 meters (1036 ft); Full-duplex 62.5 MMF: 275 meters (902 ft); Full-duplex MMF: 550 meters (1804 ft)
Maximum number of segments	1023
Maximum devices per segment	2
Maximum devices per network	1024
Transmission speed	1000 Mbps (uses 8B/10B encoding); 2000 Mbps in full-duplex mode

1000BaseCX Ethernet Specifications

Table 7-9 1000BaseCX Ethernet summary

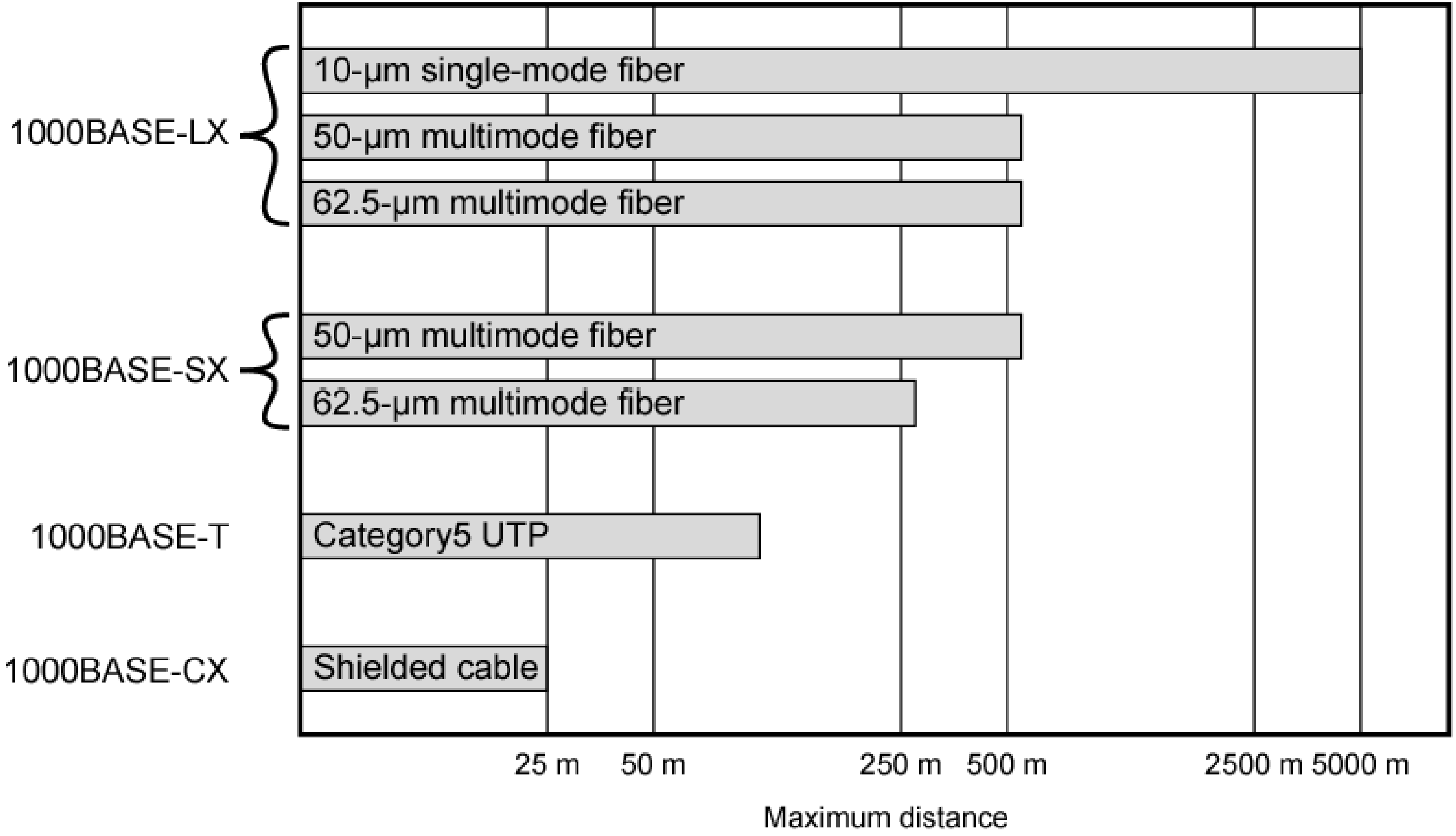
Category	Summary
IEEE specification	802.3z
Advantages	Fast; supports full-duplex communications
Disadvantages	High cost; short-haul only
Topology	Star
Cable type	Two strands of copper cable (twinax); sold in prefabricated lengths only
Channel access method	Switched
Transceiver location	On NIC or switch
Maximum cable segment length	Half-duplex: 25 meters (82 ft); Full-duplex: 25 meters (82 ft)
Maximum number of segments	1023 (normally, far fewer are used)
Maximum devices per segment	2
Maximum devices per network	1024
Transmission speed	1000 Mbps (uses 8B/10B encoding); 2000 Mbps in full-duplex mode

1000BaseT Ethernet Specifications

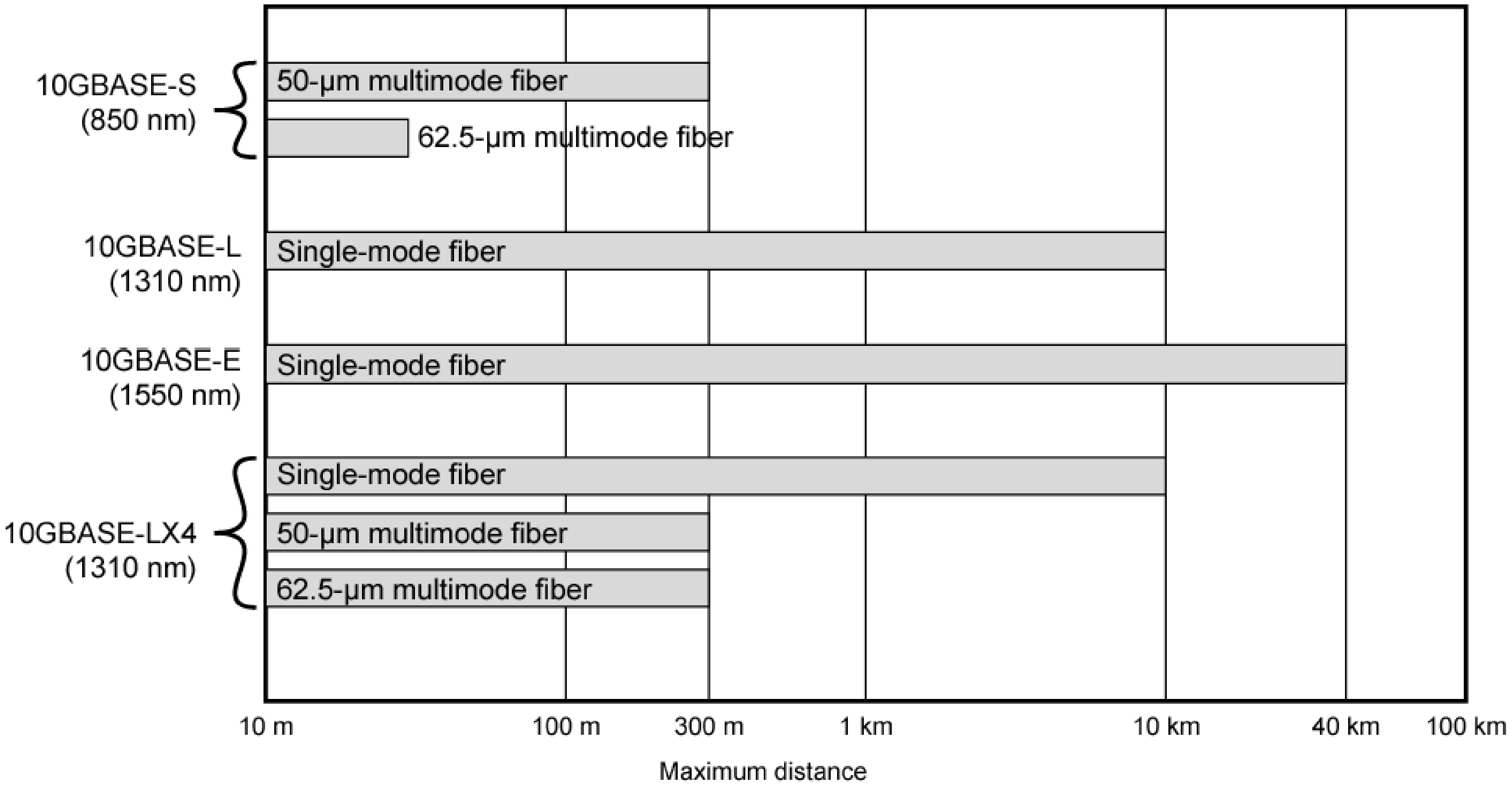
Table 7-10 1000BaseT Ethernet summary

Category	Summary
IEEE specification	802.3ab
Advantages	Fast; supports full-duplex communications
Disadvantages	High cost; short-haul cable segments only
Topology	Star
Cable type	Four-pair, balanced Category 5 cable; 100-ohm impedance
Channel access method	Switched
Transceiver location	On NIC
Maximum cable segment length	Half-duplex: 100 meters (328 ft); Full-duplex: 100 meters (328 ft)
Maximum number of segments	1023
Maximum devices per segment	2
Maximum devices per network	1024
Transmission speed	1000 Mbps (uses 100BaseTX or 100BaseT2 signaling)

Gbit Ethernet Medium Options (log scale)



10Gbps Ethernet Distance Options (log scale)



10 Gigabit Ethernet

- จุดประสงค์เพื่อความเร็วของอีเธอร์เน็ตเพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้ โดยได้เพิ่มความเร็วเป็น 10 Gbps นอกจากนี้ยังทำให้อีเธอร์เน็ตสามารถทำเป็นลิงค์ของ WAN ได้
- ถูกกำหนดในมาตรฐาน IEEE 802.3ae ซึ่งเป็นมาตรฐานล่าสุดของอีเธอร์เน็ตและได้ประกาศใช้เมื่อปีค.ศ. 2002
- ส่วนใหญ่มาตรฐาน IEEE 802.3ae หรือเทนกิกะบิตอีเธอร์เน็ตยังคงใช้มาตรฐานอีเธอร์เน็ตเดิมอยู่ เช่น โปรโตคอล MAC (Medium Access Control) ขนาดและฟอร์แมตของเฟรม เป็นต้น
- สิ่งที่เทนกิกะอีเธอร์เน็ตแตกต่างจากอีเธอร์เน็ตก่อนหน้านี้มีดังนี้
  - ความเร็วและระยะทางของสายสัญญาณ
  - รองรับการส่งข้อมูลแบบฟูลล์ดูเพล็กซ์เท่านั้น จึงไม่จำเป็นต้องใช้โปรโตคอล CSMA/CD เพราะโปรโตคอลนี้จะใช้กับการส่งรับสัญญาณแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์
  - ใช้เฉพาะสายไฟเบอร์ออฟติดเท่านั้น

ข้อจำกัดของกิกะบิตอีเธอร์เน็ตและเทนกิกะบิตอีเธอร์เน็ต

- แม้ว่าจะมีมาตรฐานเกี่ยวกับฮาล์ฟดูเพล็กซ์ แต่อุปกรณ์เครือข่ายที่ผลิตและมีตามท้องตลาดปัจจุบันจะเป็นแบบฟูลล์ดูเพล็กซ์ทั้งสิ้น
- มีแต่กิกะบิตสวิตช์และไม่มีกิกะบิตฮับนั่นเอง ดังนั้นข้อกำหนดเกี่ยวกับการใช้ฮับนั้นจึงไม่สำคัญ
- ดังนั้นข้อกำหนดเกี่ยวกับการออกแบบนั้นจะขึ้นอยู่กับความยาวของสายสัญญาณ
- เทนกิกะบิตอีเธอร์เน็ตจะรองรับเฉพาะฟูลล์ดูเพล็กซ์เท่านั้น ดังนั้นข้อจำกัดเกี่ยวกับค่าดีเลย์จึงไม่มีความสำคัญอีกต่อไป ดังนั้นข้อกำหนดของเทนกิกะบิตจึงขึ้นอยู่กับเฉพาะความยาวของสายสัญญาณที่ใช้มากกว่า

มาตรฐานต่างๆ ของ IEEE 802.3ae

มาตรฐาน	วิธีเข้ารหัส	ความยาวคลื่น	ช่องสัญญาณ	สายไฟเบอร์	รองรับ WAN
10GBase-SR	64B/66B	850 nm	Serial	MMF	ไม่รองรับ
10GBase-SW	64B/66B	850 nm	Serial	MMF	รองรับ
10GBase-LX4	8B/10B	1310 nm	WWDM	MMF/SMF	ไม่รองรับ
10GBase-LR	64B/66B	1310 nm	Serial	SMF	ไม่รองรับ
10GBase-LW	64B/66B	1310 nm	Serial	SMF	รองรับ
10GBase-ER	64B/66B	1510 nm	Serial	SMF	ไม่รองรับ
10GBase-EW	64B/66B	1510 nm	Serial	SMF	ไม่รองรับ

ความยาวสายไฟเบอร์ออฟติคที่ใช้กับ 10 GBase

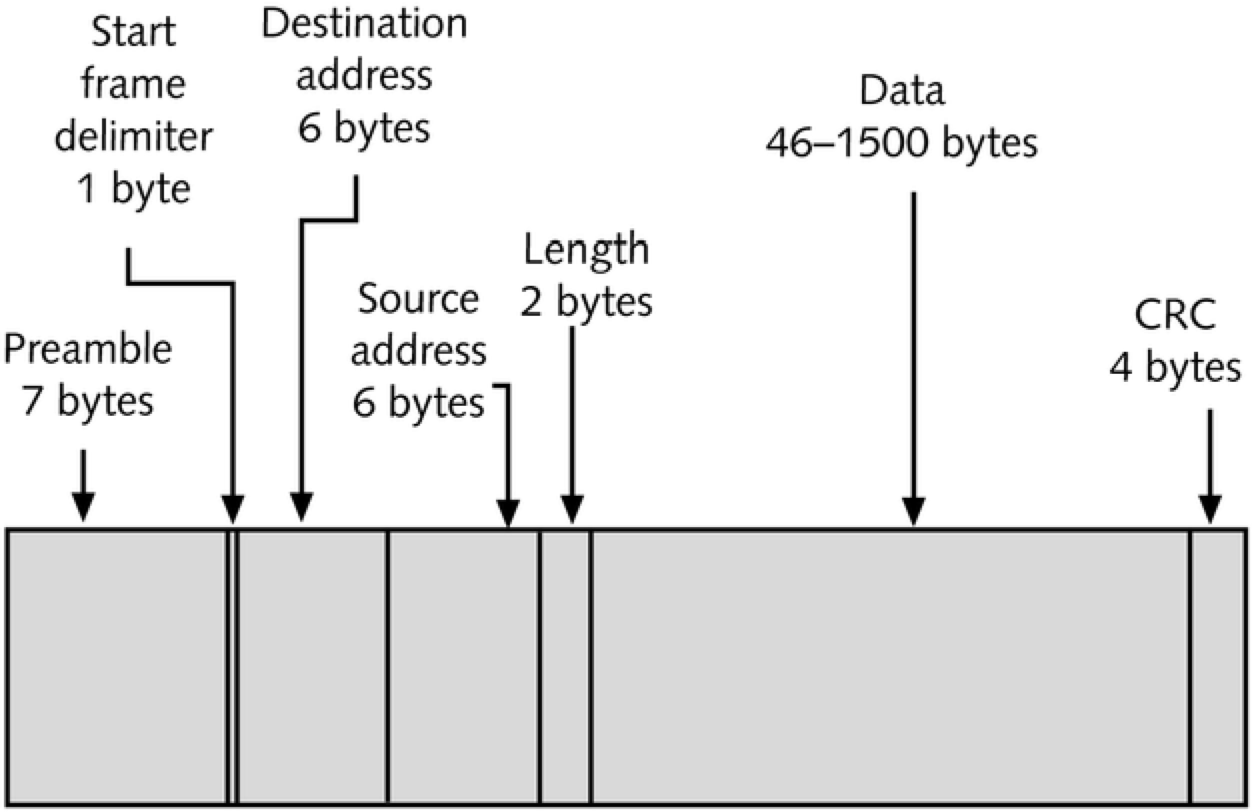
PMD (Optical Transceiver)	ประเภทของสายไฟเบอร์	ระยะทาง (เมตร)
850 nm Serial	MMF	65
1310 nm WWDM	MMF	300
1310 nm WWDM	SMF	10,000
1310 nm Serial	SMF	10,000
1510 nm Serial	SMF	40,000

Ethernet Frame Types

- 4 frame types
  - Ethernet 802.3
  - Ethernet 802.2
  - Ethernet SNAP
  - Ethernet II
- แต่ละชนิดทำงานแยกกัน ไม่สามารถใช้งานร่วมกันได้
- แต่ละชนิดรองรับแพ็กเก็ตขนาดระหว่าง 64 ถึง 1518 bytes
- แต่ละชนิด สามารถใช้ได้กับทุกสถาปัตยกรรมเครือข่าย

Ethernet 802.3

- ส่วนใหญ่ใช้สำหรับโปรโตคอล IPX/SPX สำหรับเครือข่าย Novell NetWare 2.x และ 3.x



Ethernet 802.3 Frame

- **Preamble :** มีบิตสลับกันระหว่าง 1 กับ 0 ซึ่งสัญญาณบอกสถานีฝ่ายรับว่ากำลังมีข้อมูลส่งมา
- **SOF (Start-of-Frame):**เป็นไบต์สุดท้ายของพรีแอมเบิล ซึ่งไบต์นี้จะแตกต่างจากไบต์อื่นๆ คือ 2 บิตสุดท้ายจะเป็นเลข 1 ทั้งคู่เพื่อเป็นสัญญาณสำหรับบอกจุดเริ่มต้นของเฟรมจริงๆ
- **Destination/Source Address**: หมายเลข หรือที่อยู่ของสถานีปลายทางและต้นทางซึ่งมีความยาว 48 บิต ส่วนใหญ่จะเรียก" แม็คแอดเดรส (MAC address)" การกำหนดหมายเลขนี้ควบคุมโดย IEEE ซึ่งมีเกณฑ์คือ
  - 24 บิตแรกเป็นหมายเลขที่กำหนดให้กับบริษัทผู้ผลิต NIC (Network Interface Card)
  - 24 บิตหลัง บริษัทเป็นคนกำหนด เพื่อให้แน่ใจว่าในเครือข่ายหนึ่งๆ จะไม่มีหมายเลขซ้ำกัน
- **Type/Length:** บอกประเภทของโปรโตคอลของเลเยอร์ที่อยู่เหนือกว่า เช่น IP,IPX,IP6,ARP,Apple Talk เป็นต้น
- **Data:** เก็บข้อมูลซึ่งความยาวอย่างน้อยต้องไม่ต่ำกว่า 46 ไบต์ ถ้าต่ำกว่านี้จะต้องมีฟิลด์เสริม (Padding) ให้ข้อมูลมีขนาดอย่างน้อย 46 ไบต์ เพื่อสำหรับการตรวจเช็คการชนกันของข้อมูล (Collision) ในระหว่างการรับส่งข้อมูล ส่วนความยาวสูงสุดคือ 1,500 ไบต์
- **FCS (Frame Check Sequence):** มีความยาว 4 ไบต์ ซึ่งเป็นโค้ดสำหรับตรวจสอบข้อผิดพลาดแบบCRC (Cyclic Redundancy Check) ของข้อมูลในเฟรม

Ethernet 802.2

- ส่วนใหญ่ใช้สำหรับโปรโตคอล IPX/SPX สำหรับเครือข่าย Novell NetWare 3.12 และ 4.x

Ethernet SNAP (SubNetwork Address Protocol)

- ใช้ใน EtherTalk และ mainframe environments
- จะมี 802.2 frame รวมทั้งฟิลด์ชนิดของ protocol

Ethernet II

- ใช้โดย TCP/IP

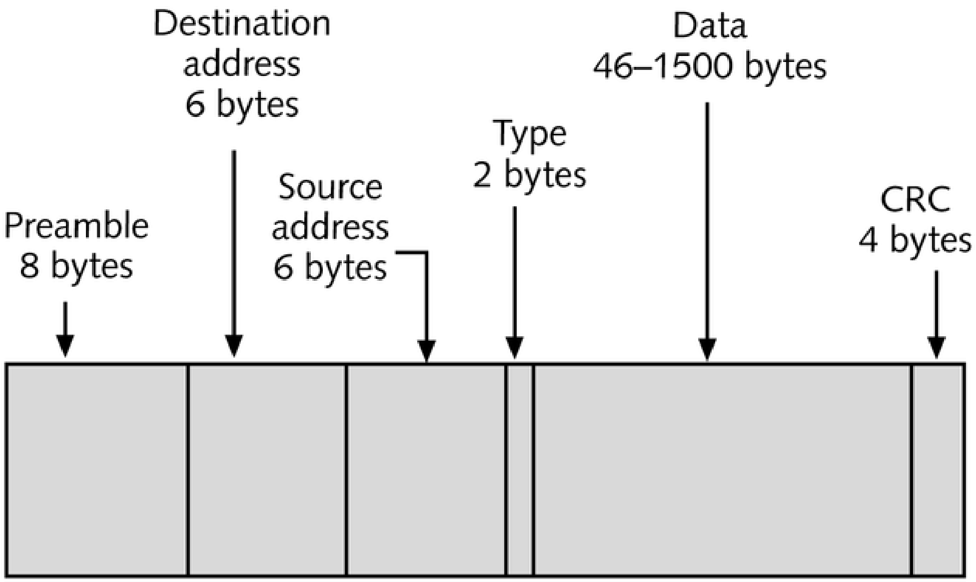


Figure 7-9 Ethernet II frame uses a Type field

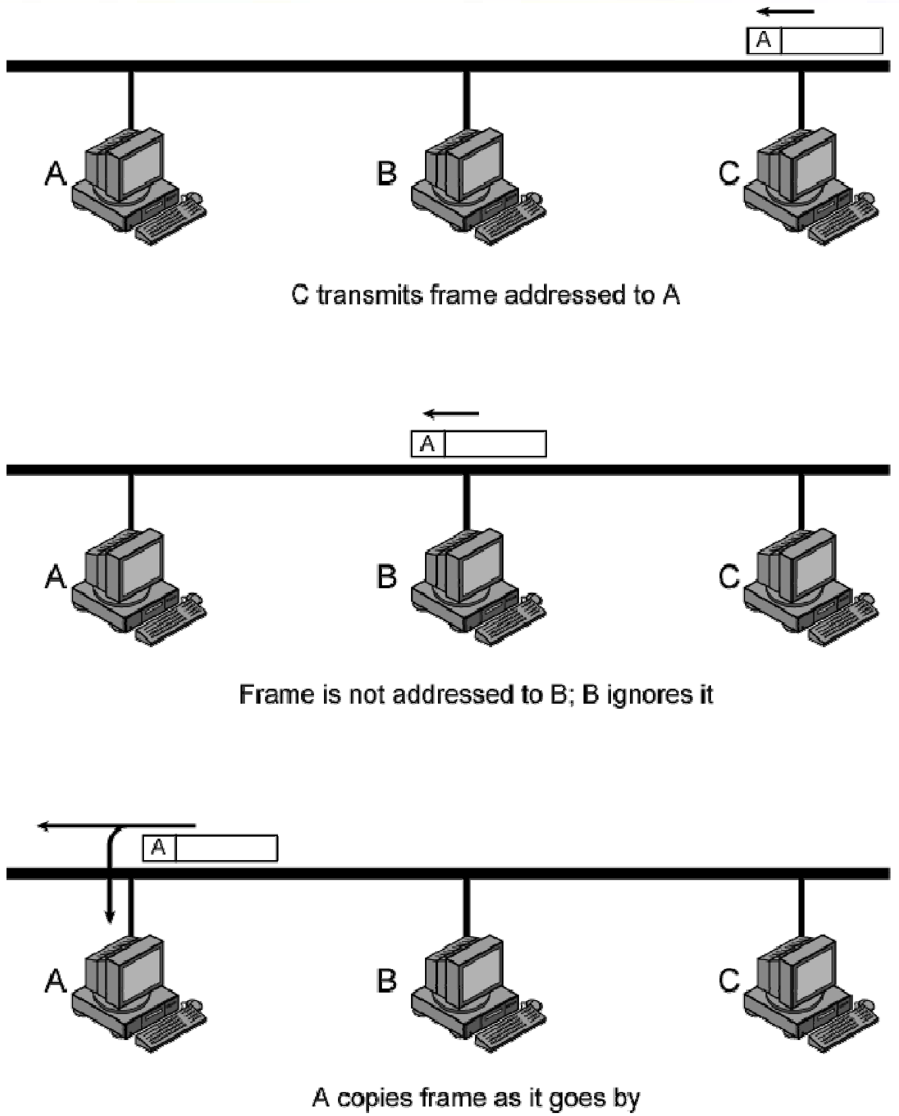
โปรโตคอล CSMA/CD

- เป็นโปรโตคอลที่รับส่งข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half-Duplex) โปรโตคอลใช้สำหรับการเข้าใช้สื่อสารกลางที่แชร์กันในการส่งสัญญาณระหว่างโหนดในเครือข่าย
- เมื่อโหนดใดๆ ต้องการที่จะส่งข้อมูลจะต้องคอยฟังก่อน (Carrier Sense)ว่ามีโหนดอื่นกำลังส่งข้อมูลอยู่หรือไม่
- ถ้ามีให้รอจนกว่าโหนดนั้นส่งข้อมูลเสร็จก่อน แล้วค่อยเริ่มส่งข้อมูล และในขณะที่กำลังส่งข้อมูลอยู่นั้นต้องตรวจสอบว่ามีการชนกันของข้อมูลเกดขึ้นหรือไม่ (Collision Detection)
- ถ้ามีการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้นให้หยุดทำการส่งข้อมูลทันที แล้วค่อยเริ่มกระบวนการส่งข้อมูลใหม่อีกครั้ง

โปรโตคอล CSMA/CD

- แต่ละโหนดใช้สื่อกลางร่วมกัน เรียกว่าบัส(Bus) ในขณะใดขณะหนึ่ง จึงมีโหนดที่ส่งข้อมูลได้แค่โหนดเดียว
- การชนกันของข้อมูล เกิดจากการที่มีโหนดมากกว่าหนึ่งโหนดส่งข้อมูลไปบนสื่อกลางในเวลาเดียวกัน ผลคือ ข้อมูลจะกลายเป็นขยะ หรืออ่านไม่ได้
- จำนวนโหนดมากขึ้นความน่าจะเป็นที่ข้อมูลจะชนกันก็เพิ่มขึ้นตามลำดับ
- การชนกันของข้อมูลเป็นเรื่องธรรมดาของเครือข่ายอีเธอร์เน็ต แต่ถ้าเกิดบ่อยเกินไปอาจทำให้เครือข่ายช้าหรือใช้การไม่ได้เลย
- เมื่อแบนด์วิธหรืออัตราการส่งข้อมูลของเครือข่ายถูกใช้มากกว่า 50% การชนกันของข้อมูลก็เริ่มที่จะก่อให้เกิดความคับคั่ง (Congestion) ในเครือข่าย ผลคือ การพิมพ์เอกสารอาจใช้เวลามากขึ้น หรือการถ่ายโอนไฟล์จะช้าลง
- ถ้ามีการใช้มาก 60%เครือข่ายจะช้าลงอย่างเห็นได้จัดหรืออาจทำให้เครือข่ายใช้การไม่ได้เลย

Frame Transmission on Bus LAN



CSMA ใน BUS Ethernet

- Carrier Sense Multiple Access

1. ก่อนส่งข้อมูล ให้ฟังก่อนว่ามีใครกำลังใช้ Channel หรือไม่ ถ้าไม่มีให้ส่งได้ มิฉะนั้นให้รอจนกว่า Channel จะว่าง ถึงส่งได้

- ปัญหา
  - ถ้ามีผู้รอส่งมากกว่าหนึ่งคน เมื่อสายว่าง คนเหล่านั้นจะส่งข้อมูลออกมา และชนกัน
  - เราต้องการกลไกเพิ่มเติม ในการตรวจจับการชนกันและจัดการ เรียก Collision Detection(CD)

CD or Collision Detection

2. ในขณะที่กำลังส่งข้อมูลให้ทำการฟังด้วย ถ้าข้อมูลที่ฟังได้ไม่เหมือนกับที่ส่ง แสดงว่าเกิดการชนกัน ให้หยุดส่งทันที พร้อมทั้งส่งสัญญาณบอกสถานีอื่นว่าได้มีการชนกันเกิดขึ้น (Jamming Signal)

3. หยุดรอเป็นระยะเวลา Random และลองใหม่ (กลับไปยังข้อ 1)

4. ถ้ามีการชนกันติดต่อกัน แต่ละครั้งที่หยุดรอ ให้จับเลข Random ที่มีค่า Standard Deviation เป็นสองเท่า

เรียก Binary Exponential Back-Off

5. ถ้าจำนวนครั้งที่ชนกัน ติดต่อกันเกินกำหนด ให้เลิกล้มการส่งข้อมูลและ Report ไปยังผู้ส่ง

ขบวนการรวมเรียก CSMA/CD

Notes on CSMA/CD

- เพื่อที่จะให้ CD สามารถทำงานได้ ข้อมูลต้องส่งเป็นจำนวนมากพอ
  - ใน Ethernet กำหนดให้ขนาดของ Frame ที่ส่งอย่างต่ำต้องมีความยาว 64 Octet(512 Bit)
- เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใดผู้หนึ่งใช้ Channel นานเกินไป จะต้องมีการกำหนดค่า MTU (Maximum Transfer Unit)
  - Ethernet กำหนดขนาด Frame สูงสุดคือ 1518 Octet โดยส่วน Payload จะมีขนาดสูงสุดคือ 1500 Octet
- เมื่อคนหนึ่งส่งไปหนึ่ง Frame แล้ว จะส่งอีก Frame ต่อเลยไม่ได้ ต้องรอว่ามีใครต้องการส่งหรือเปล่า (Inter-Frame Gap) ถ้าไม่มีจึงส่ง Frame ต่อไปได้

ค่าดีเลย์ (Round-Trip Delay)

- คือเวลาในการเดินทางไปกลับของสัญญาณ (Round-Trip Time) ระหว่างสถานีส่งและสถานีรับ
- มาตรฐานอีเธอร์เน็ตกำหนดให้มีค่าความล่าช้าของสัญญาณหรือดีเลย์ไม่ได้เกิน 51.2 ns (10 วินาที) สำหรับอีเธอร์เน็ตที่ความเร็ว 10 Mbps และ 51.2 ns สำหรับอีเธอร์เน็ตที่ความเร็ว 100 Mbps
- อุปกรณ์เครือข่ายหรือสายสัญญาณแต่ละชนิดมีค่าดีเลย์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจำเป็นที่ต้องคำนวณค่าดีเลย์ของเครือข่ายก่อนที่จะติดตั้ง
- หากค่าดีเลย์ของเครือข่ายมีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ อาจทำให้การส่งข้อมูลล้มเหลวหรือเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้
- องค์ประกอบอื่นที่มีผลต่อค่าดีเลย์ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือแม้กระทั่งอายุการใช้งานก็มีผลเช่นเดียวกัน การคำนวณควรมีการเผื่อไว้สำหรับองค์ประกอบเหล่านี้ด้วย

ค่าดีเลย์โดยประมาณของอุปกรณ์เครือข่ายอีเธอร์เน็ต

อุปกรณ์	ค่าดีเลย์ (ns)
Fiber-optic Repeater	1.55
Multi-port Repeater	0.1
Fiber-optic Transceiver	0.20
Twisted Pair Transceiver	0.27

ค่าดีเลย์ของสายสัญญาณประเภทต่างๆ

สายสัญญาณ	ค่าดีเลย์ (ns)
สายโคแอ็กซ์แบบหนา	0.00514
สายโคแอ็กซ์แบบบาง	0.00433
สาย UTP	0.0057
สาย STP	0.0057
สายใยแก้วนำแสง	0.005

การคำนวณค่าดีเลย์ของเครือข่าย

- วาดแผนผังของเครือข่ายรวมทั้งอุปกรณ์เครือข่าย ชนิดของสายสัญญาณที่ใช้และความยาวของสายสัญญาณ
- ค้นหาสองโหนดใดๆ ที่อยู่ห่างกันที่สุด โดยการคำนวณความยาวสาย และจำนวนฮับที่อยู่ระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่อง แล้วคูณความยาวสายกับค่าดีเลย์ ของสายประเภทนั้น บวกกับค่าดีเลย์ของอุปกรณ์เครือข่ายที่อยู่ระหว่างสองโหนดดังกล่าว ผลที่ได้จะเป็นค่าดีเลย์ของเครือข่าย

ค่าดีเลย์ของเครือข่าย = (ความยาวสายและจำนวนฮับ * ความยาวสาย * ค่าดีเลย์) + ดีเลย์ของอุปกรณ์เครือข่าย

- ค่าดีเลย์ของสวิตซ์และเราท์เตอร์จะไม่เอารวมกันเข้าด้วยกัน
- การที่เครือข่ายมีค่ารีเลย์เกินกว่าที่กำหนดไว้ก็จะมีผลประสิทธิภาพของเครือข่าย ส่วนใหญ่จะไม่ทำให้ระบบเครือข่ายล่มทันที แต่จะเกิดปัญหาตอนที่ใช้เครือข่ายมากๆ

อุปกรณ์เครือข่ายอีเธอร์เน็ต

- ฮับ (Hub)
- สวิตช์ (Switch)
- เลเยอร์ 3 สวิตช์ (Layer 3 Switch)

ฮับ (Hub)

- บางที่เรียกว่า "รีพีทเตอร์ (Repeater)"
- คืออุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อกลุ่มของคอมพิวเตอร์ มีหน้าที่รับส่งเฟรมข้อมูลทุกเฟรมที่ได้รับจากพอร์ตหนึ่งไปยังทุกๆ พอร์ตทีเหลือ
- คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับฮับ จะแชร์แบนด์วิธหรืออัตราข้อมูลของเครือข่าย ฉะนั้นยิ่งมีคอมพิวเตอร์มากเชื่อมต่อเข้ากับฮับมากเท่าใด ยิ่งทำให้แบนด์ต่อคอมพิวเตอร์ลดลง
- ข้อแตกต่างของฮับต่าง ๆ คือจำนวนพอร์ตสายสัญญาณที่ใช้ประเภทเครือข่าย และอัตราข้อมูลที่ฮับรองรับได้
- อุปกรณ์เครือข่ายอินเธอร์เน็ตสามารถเช็คได้ว่าอุปกรณ์ที่มาเชื่อมต่อรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็วสูงสุดเท่าใด อุปกรณ์จะเลือกอัตราข้อมูลที่รอบรับทั้งสองฝั่งฟังก์ชั้นนี้จะเรียก "การเจรจาอัตโนมัติ (Auto Negotiation)"

สวิตช์ (Switch)

- ทำหน้าที่ในเลเยอร์ที่ 2 สวิตช์บางที่เรียก ”สวิตช์ฮับ (Switching Hub)”
- ช่วงแรกเรียกว่า“บริดจ์(Bridge)” ส่วนใหญ่บริดจ์จะมีแค่สองพอร์ต และใช้สำหรับแยกคอลลิชันโดเมน
- สวิตช์ หมายถึงบริดจ์ที่มีมากกว่าสองพอร์ต
- สวิตช์ฉลาดกว่าฮับ สามารถส่งข้อมูลที่ได้รับมาจากพอร์ตหนึ่งไปยังเฉพาะพอร์ตที่เป็นปลายทางเท่านั้น ทำให้คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับพอร์ตที่เหลือสามารถส่งข้อมูลถึงกันและกันได้เวลาเดียวกัน
- อัตราการรับส่งข้อมูลหรือแบนด์วิธไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อ
- คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะมีแบนด์วิธเท่ากับแบนด์ของสวิตช์
- ปัจจุบันส่วนใหญ่นิยมใช้สวิตช์มากกว่าฮับ เพราะจะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการชนของข้อมูลในเครือข่าย

เลเยอร์ 3 สวิตช์ (Layer 3 Switch)

- สวิตช์บางประเภทสามารถรองรับการทำงานที่เลเยอร์ที่ 3 ได้ ซึ่งอุปกรณ์เครือข่ายที่ทำงานในเลเยอร์นี้จะรู้จักในชื่อ “เราท์เตอร์ (Router)”
- แต่เลเยอร์ 3 สวิตช์หมายถึงอุปกรณ์เครือข่ายที่ทำหน้าที่ทั้งในเลเยอร์ที่ 2 และเลเยอร์ที่ 3
- ข้อแตกต่างระหว่างเลเยอร์ 3 สวิตช์และเราท์เตอร์อย่างคือ สวิตช์ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า “ASIC (Application Specific Integrated Circuit)” หรือเป็นวงจรควบคุมที่สร้างสำหรับทำสวิตช์โดยเฉพาะ ส่วนเราท์เตอร์ทำงานของสวิตช์ก็จะเร็วกว่าเราท์เตอร์มาก

คอลลิชันโดเมน (Collision Domain)

- หมายถึงส่วนของเครือข่ายที่แชร์ช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลเดียวกัน ส่วนของเครือข่ายนี้อาจประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ สายสัญญาณ และรีพีทเตอร์ เป็นต้น
- ในคอลลิชันเมนเดียวกันถ้ามีอย่างน้อยสองโหนดส่งสัญญาณในเวลาเดียวกันก็จะเกิดการชนกันของข้อมูลขึ้น
- คอลลิชันโดเมนหนึ่งๆ อาจประกอบด้วยหลายเซ็กเมนต์ที่เชื่อมต่อกันด้วยรีพีทเตอร์หรือฮับ
- แต่ละส่วนของเครือข่ายที่เชื่อมต่อเข้ากับพอร์ตของสวิตช์จะมีส่วนคอลลิชันโดเมนของตัวเอง เมื่อมีการใช้สวิตช์ก็จะไม่มีการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้น

บรอดคาสต์โดเมน (Broadcast Domain)

- มัลติคาสต์โดเมน (Multicast Domain) หมายถึง กลุ่มของหมายเลข MACซึ่งแต่ละโหนดสามารถโปรแกรมให้อยู่ในกลุ่มนี้ได้
- บรอดคาสต์โดเมน (Broadcast Domain) เป็นกรณีพิเศษของมัลติคาสต์โดเมน หมายถึง ทุกโหนดที่อยู่ในวง LAN เดียวกัน ดังนั้นเฟรมข้อมูลที่ส่งไปยังบรอดคาสต์โดเมน ทุกๆ โหนดที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายจะได้รับเฟรมนั้น
- สวิตช์ถูกออกแบบมาสำหรับเชื่อมต่อหลายๆคอลลิชันโดเมนเป็นวง LANเดียวกัน
- สวิตช์จะทำการ ฟลัด (Flood) หรือส่งเฟรมข้อมูลรอดคาสต์ไปยังทุกๆ พอร์ตสวิตช์ยกเว้นพอร์ตที่รับเฟรมข้อมูลนั้นมา
- ด้วยวิธีนี้เฟรมแบบบรอดคาสต์สามารถส่งไปยังทุกๆ โหนดในเครือข่าย ดังนั้นบางที่สวิตช์ก็ทำหน้าที่เป็นรีพีทเตอร์เหมือนกัน

บรอดคาสต์โดเมน (Broadcast Domain)

- การส่งเฟรมข้อมูลแบบมัลติคาสต์หรือบรอดคาสต์นั้นมีข้อดีอยู่หลายประการ
- บางโปรโตคอลในเลเยอร์เหนือกว่าใช้การส่งข้อมูลแบบบรอดคาสต์เพื่อสำหรับการค้นหาที่อยู่ในเลเยอร์นั้น
  - โปรโตคอล DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) จะใช้การส่งข้อมูลแบบบรอดคาสต์เมื่อคอมพิวเตอร์ถูกเปิดเพื่อใช้งานครั้งแรกเพื่อค้นหาเซิร์ฟเวอร์ที่แจกจ่ายหมายเลขไอพีและค่าคอนฟิกอื่นๆ
- ส่วนมัลติคาสต์นี้อาจถูกโดยบางโปรแกรมมัลติมีเดียเพื่อส่งวีดีโอและเสียงไปยังกลุ่มของโหนดที่รอรับเฟรมนี้อยู่ หรือเกรมที่เล่นผ่านเครือข่ายก็ใช้การสื่อสารระหว่างผู้เล่นโดยการส่งเฟรมแบบมัลติคาสต์ทุกๆ เครือข่ายก็จะมีการส่งข้อมูลแบบบรอดคาสต์
- โดยทั่วไปแล้วสวิตช์ส่งต่อเฟรมแบบบรอดคาสต์ไปยังทุกๆ โหนดในเครือข่าย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องจำกัดจำนวนสวิตช์ที่ใช้เครือข่าย เพราะถ้ามีการบรอดคาสต์ข้อมูลมากเกินไป อาจทำให้เครือข่ายช้าเกินไป
- เลเยอร์ 3 สวิตช์ หรือเราท์เตอร์นั้นจะช่วยลดอาการบรอดคาสต์ในเครือข่ายได้ เนื่องจากเราท์เตอร์นั้นจะไม่ส่งต่อเฟรมข้อมูลแบบบรอดคาสต์