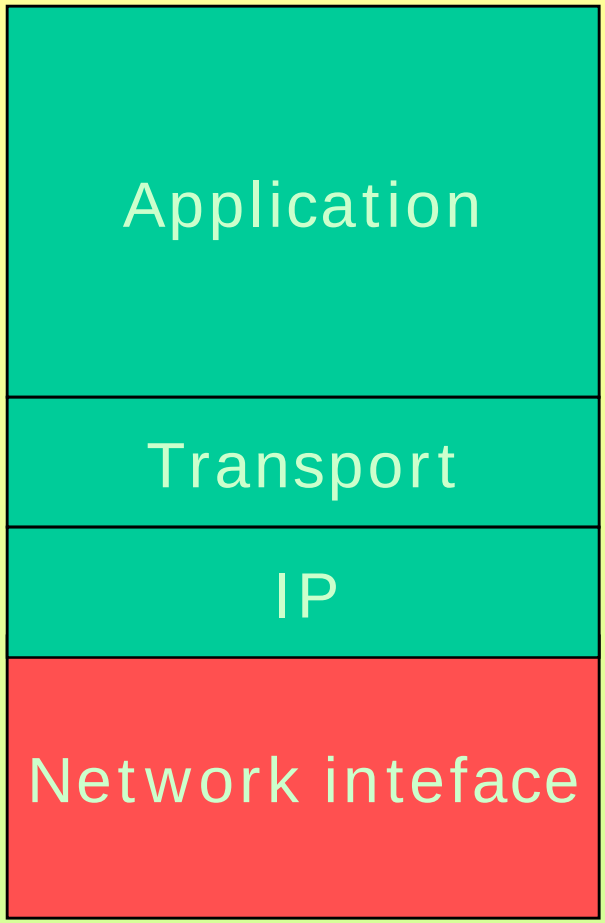
Dasar Komunikasi Komputer II

Network Interface Layer



I proudly present:
NETWORK INTERFACE LAYER





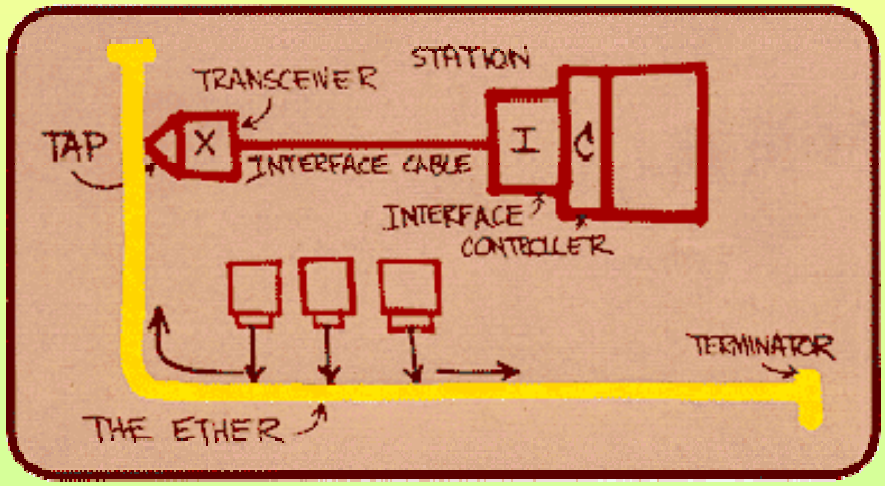
Local Area Networks

- Suatu Jaringan yang menghubungkan komputer yang berada di dalam suatu gedung atau kampus
- High speed

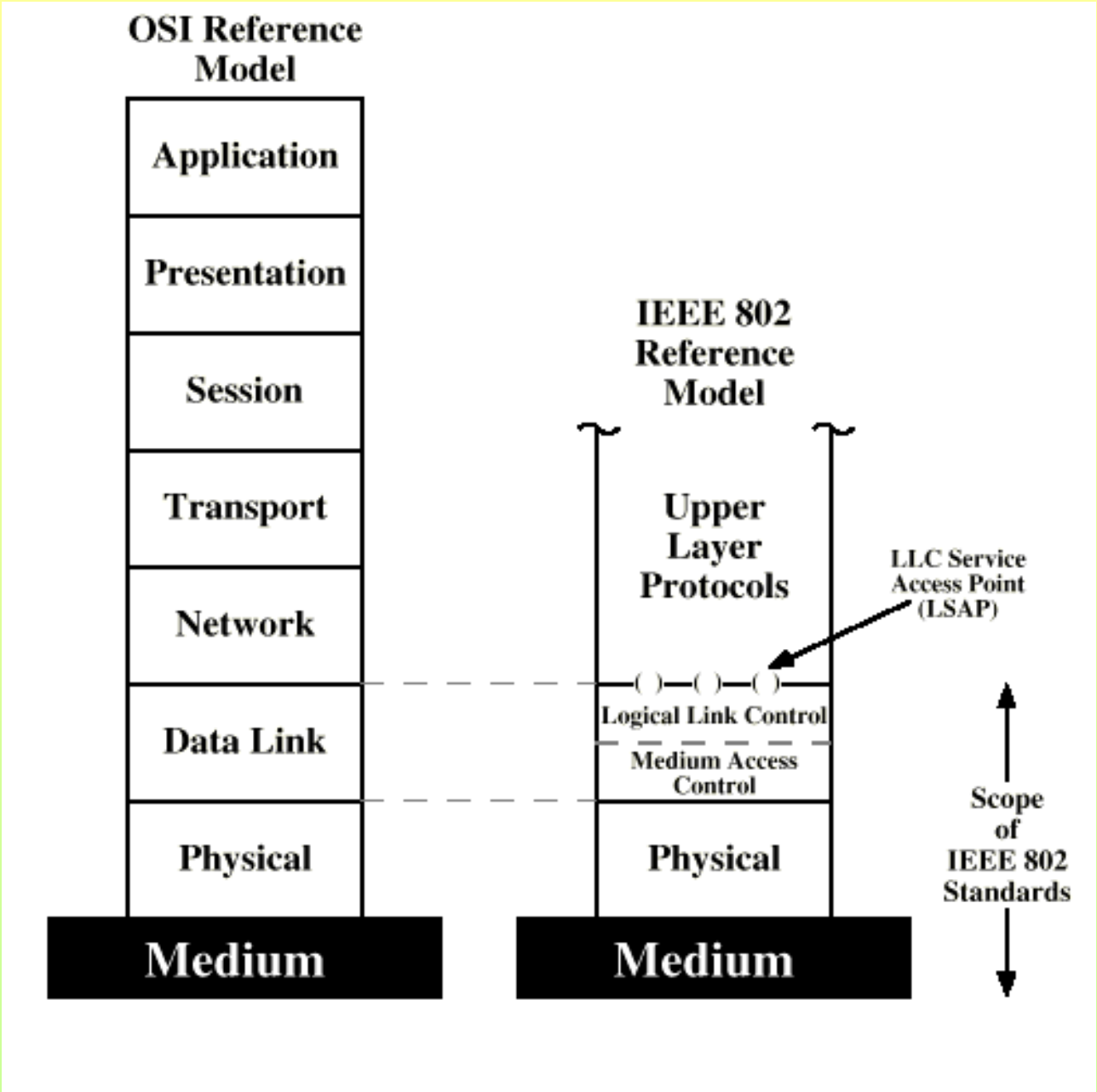
Ethernet



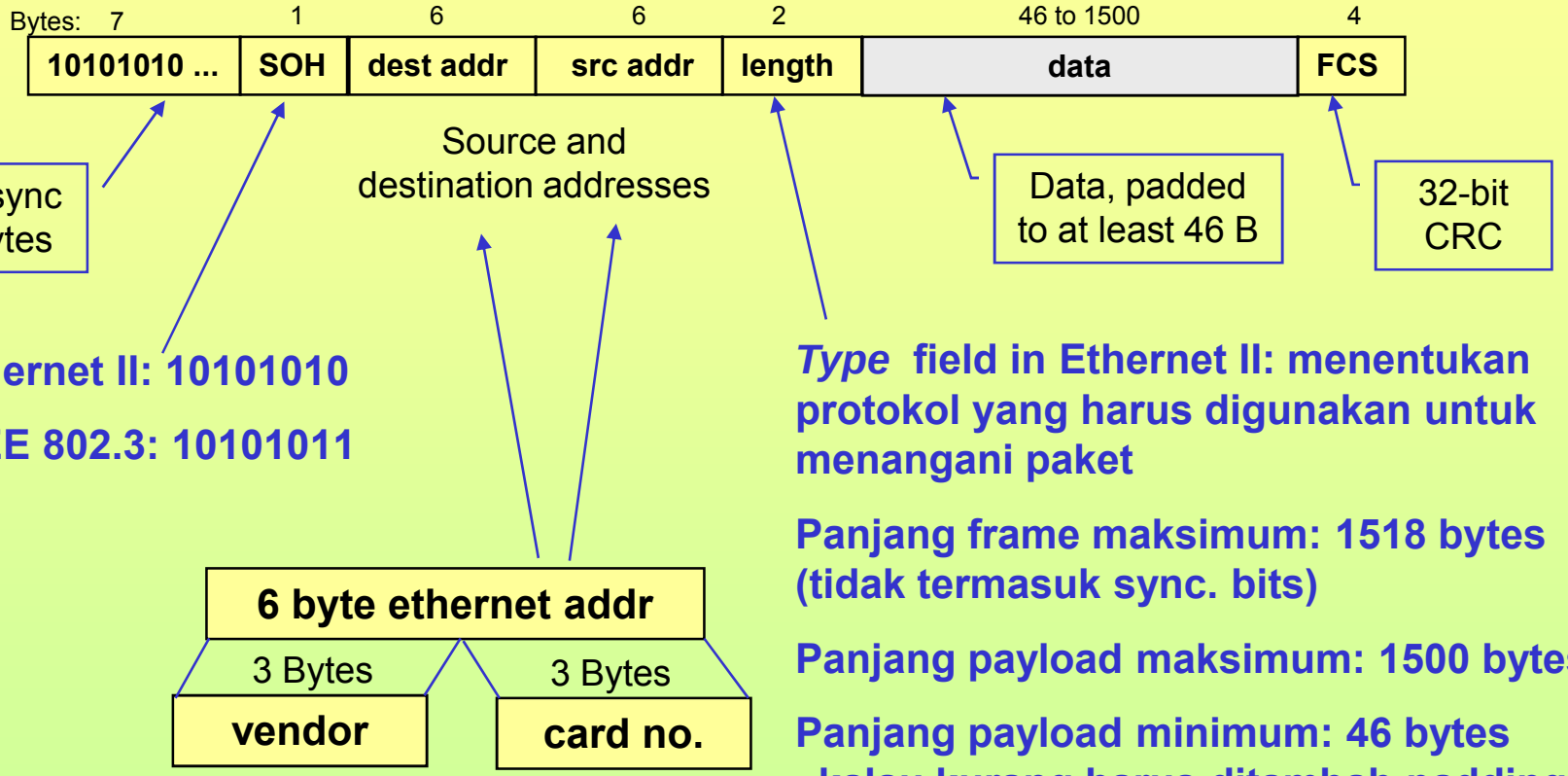
- 1976 : Ethernet dikembangkan oleh Xerox Palo Alto Research Center (termasuk Bob Metcalfe (yang kemudian mendirikan 3Com))
- 1980: Spesifikasi Ethernet 10Mbps oleh DEC, Intel, and Xerox (DIX Ethernet/Ethernet II)
- 1985: Diadopsi IEEE pada standard IEEE 802.3 (dengan sedikit perubahan pada format frame)
- 1995: “Fast Ethernet” 100 Mbps distandardkan dalam IEEE 802.3u (*sudah digunakan secara luas sebelumnya*)
- 1998: IEEE mengeluarkan standard “Gigabit Ethernet” 1Gbps
- 1999: Dikembangkan 10Gbps ethernet (2002 – standard completed)



Relasi IEEE 802 dengan OSI



Format Frame Ethernet dan 802.3



usually written: `00:02:4b:c6:90:f1`

broadcast: `ff:ff:ff:ff:ff:ff`

Type **field in Ethernet II: menentukan protokol yang harus digunakan untuk menangani paket**

Panjang frame maksimum: 1518 bytes (tidak termasuk sync. bits)

Panjang payload maksimum: 1500 bytes

Panjang payload minimum: 46 bytes kalau kurang harus ditambah padding

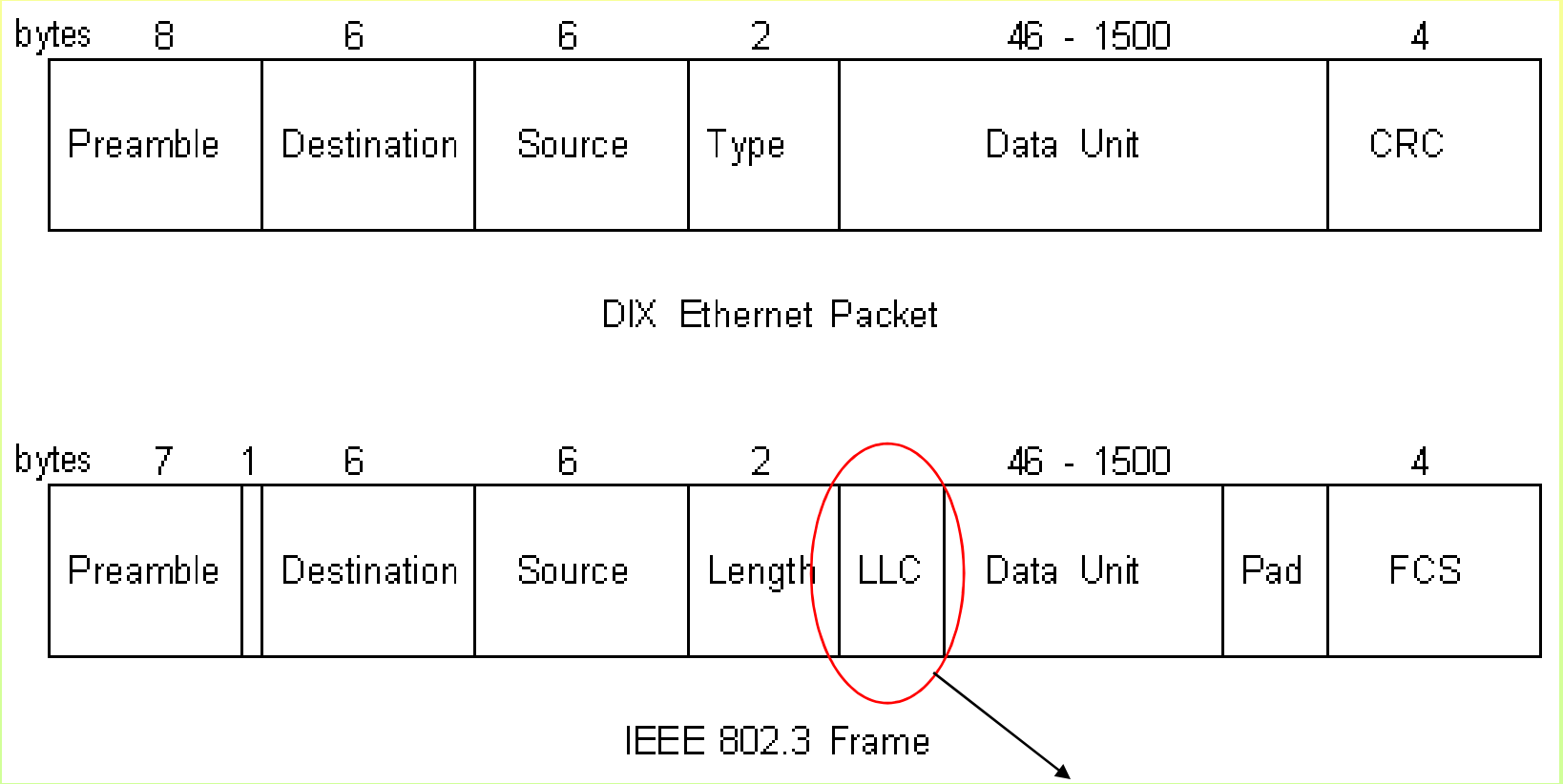
Panjang frame minimum adalah 64 bytes

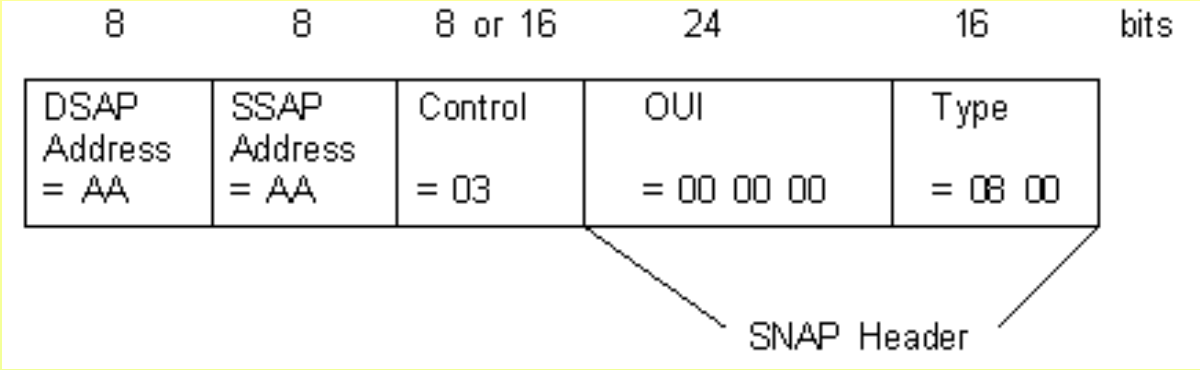
Beberapa kemungkinan isi field type

Value	Meaning
0000-05DC	Reserved for use with IEEE LLC/SNAP
0800	Internet IP Version 4
0805	CCITT X.25
0900	Ungermann-Bass Corporation network debugger
0BAD	Banyan Systems Corporation VINES
1000-100F	Berkeley UNIX Trailer encapsulation
6004	Digital Equipment Corporation LAT
6559	Frame Relay
8005	Hewlett Packard Corporation network probe
8008	AT&T Corporation
8014	Silicon Graphics Corporation network games
8035	Internet Reverse ARP
8038	Digital Equipment Corporation LANBridge
805C	Stanford University V Kernel
809B	Apple Computer Corporation AppleTalk
80C4-80C5	Banyan Systems Corporation
80D5	IBM Corporation SNA
80FF-8103	Wellfleet Communications
8137-8138	Novell Corporation IPX
818D	Motorola Corporation
FFFF	Reserved

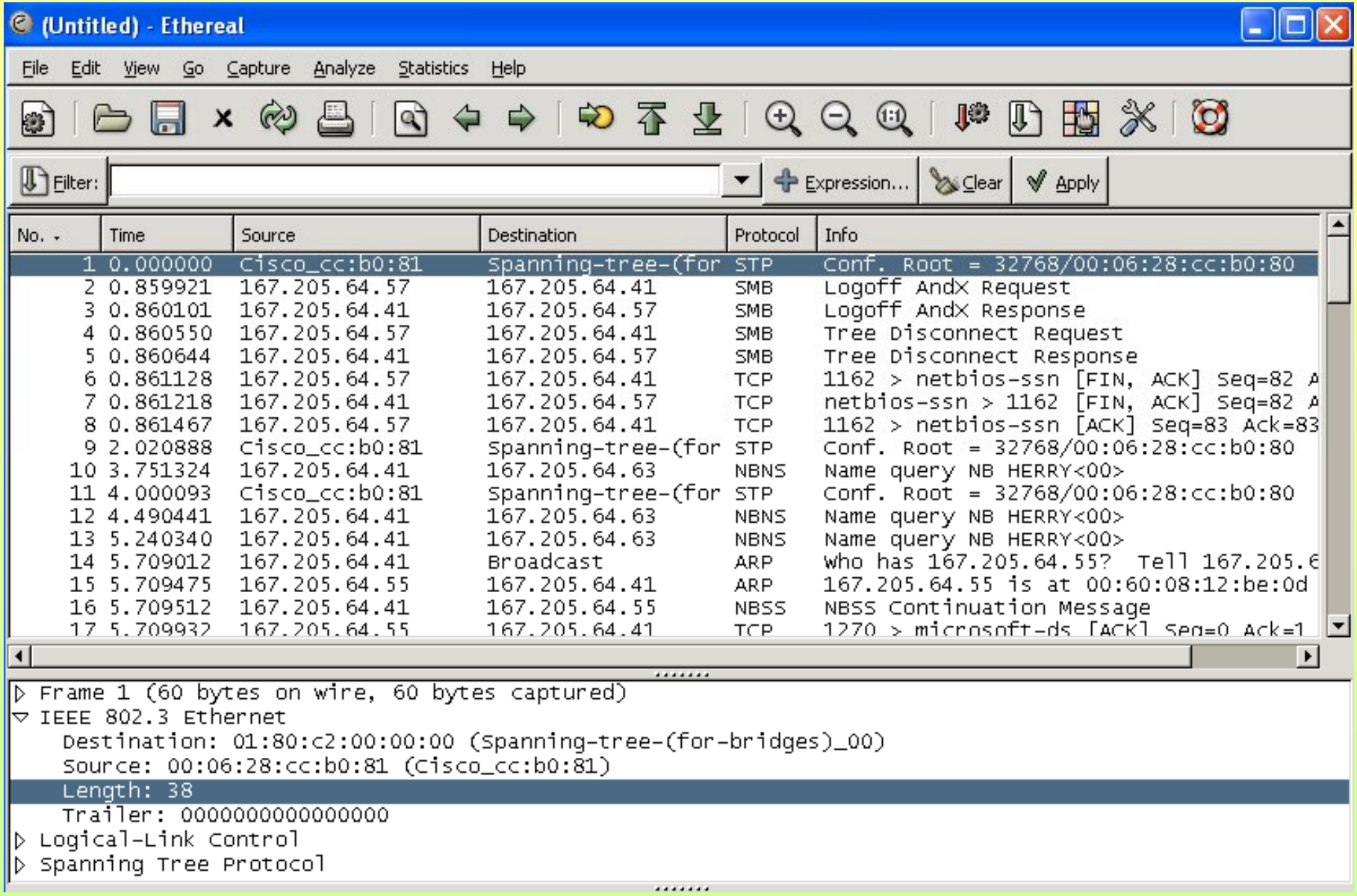
- Pada frame IEEE802.3 field *type* diganti menjadi field *length*
- Di dalam suatu jaringan yang sama, frame IEEE802.3 dan frame Ethernet II dapat digunakan kedua-duanya secara bersamaan
  - Why?
  - Facts:
    - Bilangan yang mengisi field type (lihat halaman 7) selalu lebih besar dari 1518
    - Panjang maksimum frame Ethernet adalah 1518 bytes
  - Bila isi field type/length merupakan bilangan yang lebih besar daripada 1518 maka dapat disimpulkan bahwa frame tersebut merupakan frame Ethernet II
  - Bila isi field type/length lebih kecil atau sama dengan 1518 maka dapat disimpulkan bahwa frame tersebut adalah frame IEEE802.3
  - Siapa yang menyimpulkan? Jawab: Software pada router atau mesin yang bertugas mengolah frame tersebut
- Problem untuk frame IEEE802.3: Bila pada jaringan terdapat lebih dari satu protokol layer atas (layer network) yang menangani frame tersebut
  - Misalnya ada dua server; yang satu menjalankan protokol TCP/IP sedangkan yang lain menjalankan protokol Novel netware
  - Akibat: bisa salah mengirimkan frame ke protokol yang tidak tepat

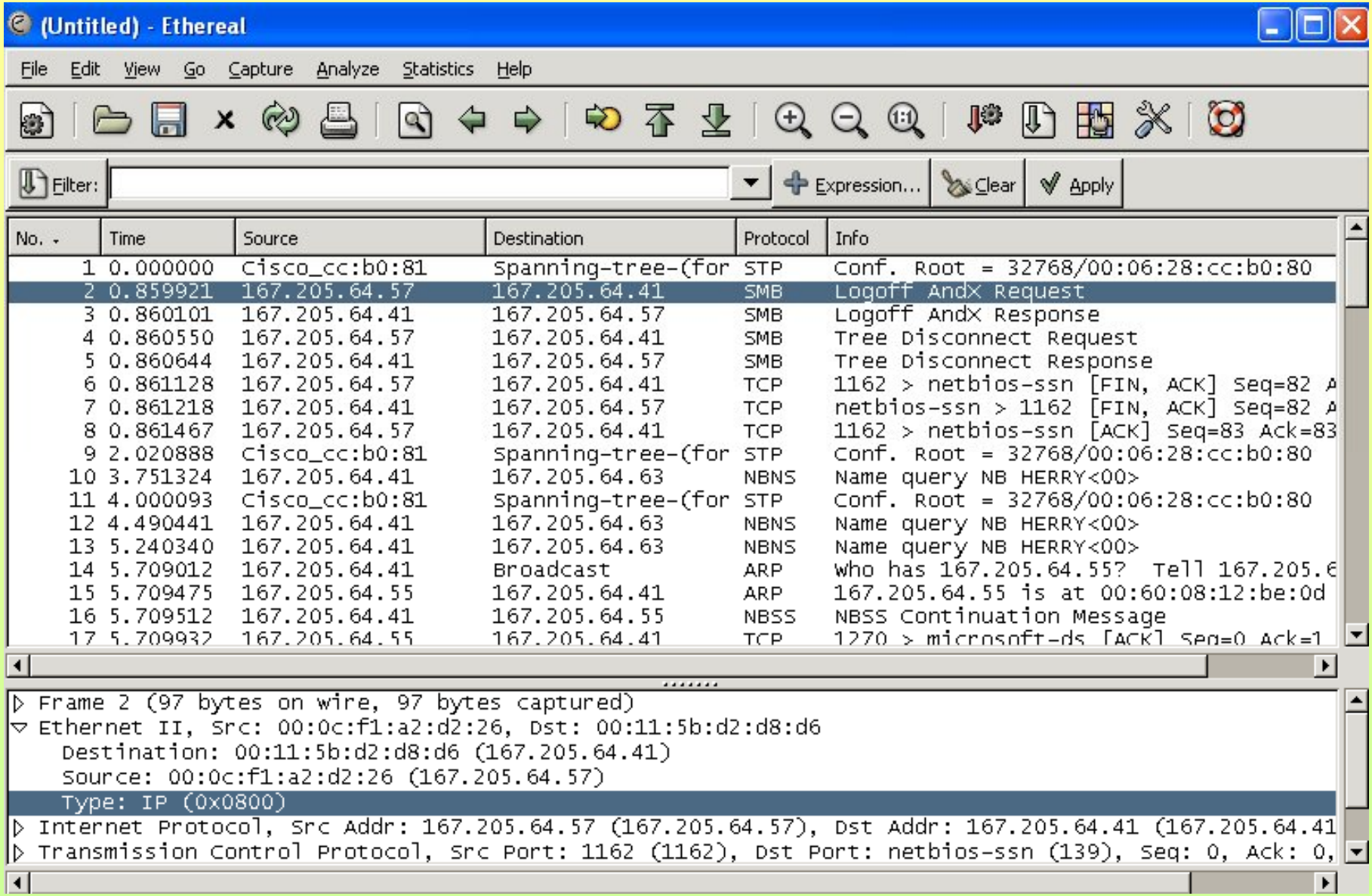
- Solusi untuk frame IEEE802.3: sebagian field payload diambil untuk mendefinisikan tipe protokol yang harus digunakan dalam menangani frame yang bersangkutan
  - Menggunakan Subnetwork Access Protocol (SNAP)





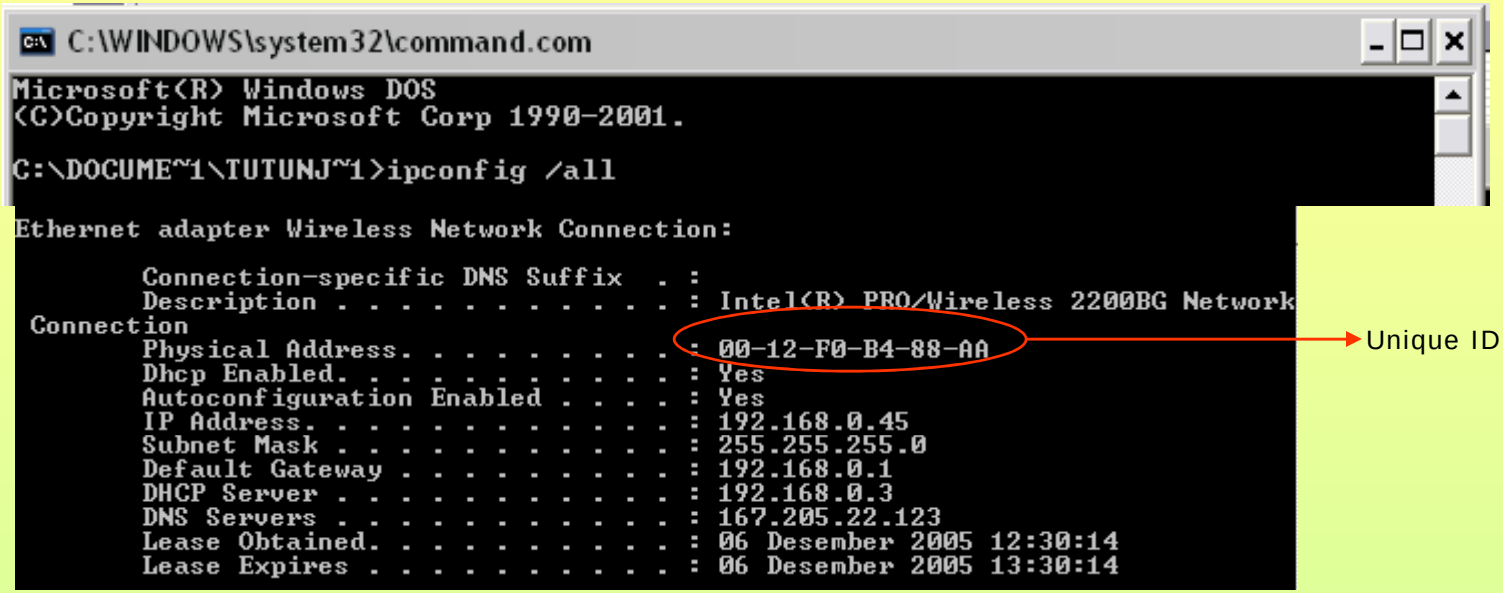
- Frame di atas contoh penggunaan SNAP untuk mendefinisikan tipe protokol layer network yang harus digunakan
- Source Service Access Point (SSAP): menunjukkan protokol (service) yang mengirimkan frame
- Destination Service Access Point (DSAP) menunjukkan protokol (service) yang harus menangani frame
  - DSAP dan SSAP yang diset AA menunjukkan bahwa frame mengandung SNAP header
- Field control diset 3 : Unsequenced (unnumbered) Information (UI) → connectionless please....
- Organisational Unique Identifier (OUI): identitas vendor protokol
  - 00 00 00 is OUI for Ethernet
- Type: tipe protokol layer network yang digunakan
  - 08 00 is IPv4


(Untitled) - Ethereal
File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help
Filter:
Expression... Clear Apply
No. Time Source Destination Protocol Info
1 0.000000 Cisco_cc:b0:81 Spanning-tree-(for STP Conf. Root = 32768/00:06:28:cc:b0:80
2 0.859921 167.205.64.57 167.205.64.41 SMB Logoff AndX Request
3 0.860101 167.205.64.41 167.205.64.57 SMB Logoff AndX Response
4 0.860550 167.205.64.57 167.205.64.41 SMB Tree Disconnect Request
5 0.860644 167.205.64.41 167.205.64.57 SMB Tree Disconnect Response
6 0.861128 167.205.64.57 167.205.64.41 TCP 1162 > netbios-ssn [FIN, ACK] Seq=82
7 0.861218 167.205.64.41 167.205.64.57 TCP netbios-ssn > 1162 [FIN, ACK] Seq=82
8 0.861467 167.205.64.57 167.205.64.41 TCP 1162 > netbios-ssn [ACK] Seq=83 Ack=83
9 2.020888 Cisco_cc:b0:81 Spanning-tree-(for STP Conf. Root = 32768/00:06:28:cc:b0:80
10 3.751324 167.205.64.41 167.205.64.63 NBNS Name query NB HERRY<00>
11 4.000093 Cisco_cc:b0:81 Spanning-tree-(for STP Conf. Root = 32768/00:06:28:cc:b0:80
12 4.490441 167.205.64.41 167.205.64.63 NBNS Name query NB HERRY<00>
13 5.240340 167.205.64.41 167.205.64.63 NBNS Name query NB HERRY<00>
14 5.709012 167.205.64.41 Broadcast ARP Who has 167.205.64.55? Tell 167.205.6
15 5.709475 167.205.64.55 167.205.64.41 ARP 167.205.64.55 is at 00:60:08:12:be:0d
16 5.709512 167.205.64.41 167.205.64.55 NBSS NBSS Continuation Message
17 5.709932 167.205.64.55 167.205.64.41 TCP 1270 > microsoft-ds [ACK] Seq=0 Ack=1
Frame 1 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
IEEE 802.3 Ethernet
Destination: 01:80:c2:00:00:00 (Spanning-tree-(for-bridges)_00)
Source: 00:06:28:cc:b0:81 (Cisco_cc:b0:81)
Length: 38
Trailer: 0000000000000000
Logical-Link Control
Spanning Tree Protocol


(Untitled) - Ethereal
File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help
Filter:
Expression... Clear Apply
No. Time Source Destination Protocol Info
1 0.000000 Cisco_cc:b0:81 Spanning-tree-(for STP Conf. Root = 32768/00:06:28:cc:b0:80
2 0.859921 167.205.64.57 167.205.64.41 SMB Logoff AndX Request
3 0.860101 167.205.64.41 167.205.64.57 SMB Logoff AndX Response
4 0.860550 167.205.64.57 167.205.64.41 SMB Tree Disconnect Request
5 0.860644 167.205.64.41 167.205.64.57 SMB Tree Disconnect Response
6 0.861128 167.205.64.57 167.205.64.41 TCP 1162 > netbios-ssn [FIN, ACK] Seq=82 A
7 0.861218 167.205.64.41 167.205.64.57 TCP netbios-ssn > 1162 [FIN, ACK] Seq=82 A
8 0.861467 167.205.64.57 167.205.64.41 TCP 1162 > netbios-ssn [ACK] Seq=83 Ack=83
9 2.020888 Cisco_cc:b0:81 Spanning-tree-(for STP Conf. Root = 32768/00:06:28:cc:b0:80
10 3.751324 167.205.64.41 167.205.64.63 NBNS Name query NB HERRY<00>
11 4.000093 Cisco_cc:b0:81 Spanning-tree-(for STP Conf. Root = 32768/00:06:28:cc:b0:80
12 4.490441 167.205.64.41 167.205.64.63 NBNS Name query NB HERRY<00>
13 5.240340 167.205.64.41 167.205.64.63 NBNS Name query NB HERRY<00>
14 5.709012 167.205.64.41 Broadcast ARP Who has 167.205.64.55? Tell 167.205.6
15 5.709475 167.205.64.55 167.205.64.41 ARP 167.205.64.55 is at 00:60:08:12:be:0d
16 5.709512 167.205.64.41 167.205.64.55 NBSS NBSS Continuation Message
17 5.709932 167.205.64.55 167.205.64.41 TCP 1270 > microsoft-ds [ACK] Seq=0 Ack=1
Frame 2 (97 bytes on wire, 97 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:0c:f1:a2:d2:26, Dst: 00:11:5b:d2:d8:d6
Destination: 00:11:5b:d2:d8:d6 (167.205.64.41)
Source: 00:0c:f1:a2:d2:26 (167.205.64.57)
Type: IP (0x0800)
Internet Protocol, Src Addr: 167.205.64.57 (167.205.64.57), Dst Addr: 167.205.64.41 (167.205.64.41
Transmission Control Protocol, Src Port: 1162 (1162), Dst Port: netbios-ssn (139), Seq: 0, Ack: 0,

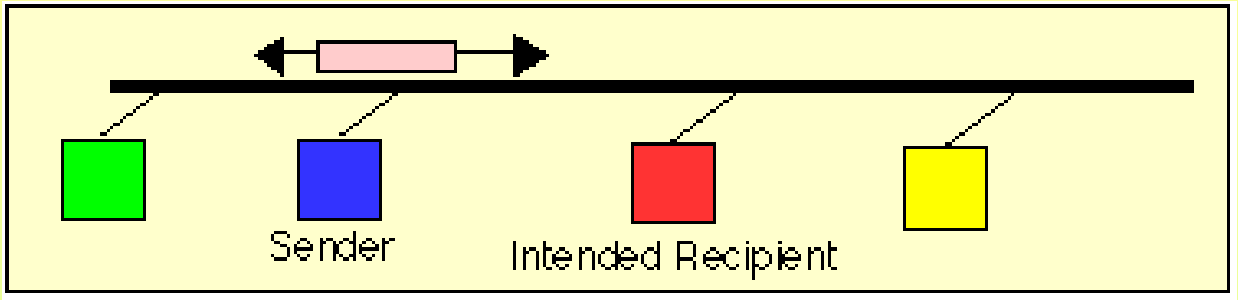
Ethernet Hardware Address

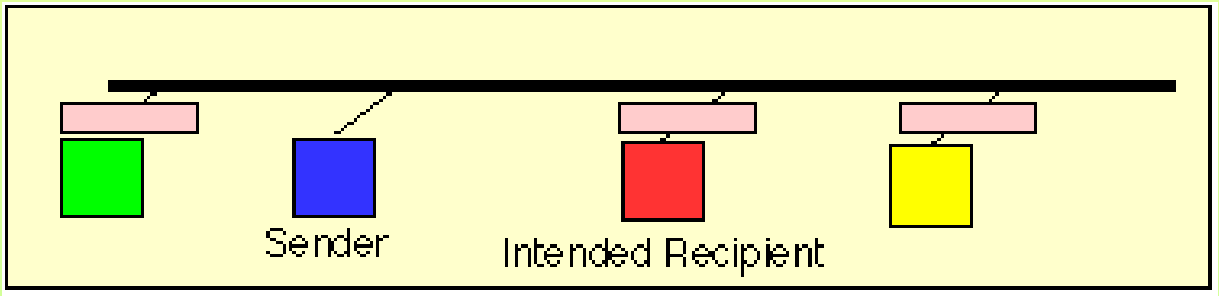
- Ethernet hardware address merupakan identitas suatu kartu jaringan (Network Interface Card (NIC))
  - Identitas ini harus unique, artinya tidak boleh ada NIC yang identitasnya (hardware addressnya) sama
  - Identitas suatu NIC disertakan ketika kartu itu dibuat dipabrik
- *Ethernet hardware address* dinyatakan oleh suatu bilangan yang terdiri dari 48 bits
  - Biasanya dinyatakan oleh 12 digit hexadecimal (0-9, plus A-F, huruf kapital)
  - Cara penulisan :
    - 123456789ABC
    - 123456-789ABC
    - Recommended: 12:34:56:78:9A:BC
  - 6 digit pertama (di sebelah kiri) menunjukkan vendor ethernet network interface [Organizationally Unique Identifier (OUI) assigned by IEEE]
  - 6 digit berikutnya (sebelah kanan) menunjukkan serial number interface dari vendor yang bersangkutan
- Beberapa list identifikasi vendor ethernet interface card :
  - 00000C Cisco
  - 00000E Fujitsu
  - 080020 Sun
- Contoh : sebuah NIC yang Ethernet address-nya 08:00:20:00:70:DF dibuat oleh Sun Microsystems


C:\WINDOWS\system32\command.com
Microsoft(R) Windows DOS
(C)Copyright Microsoft Corp 1990-2001.
C:\DOCUME~1\TUTUNJ~1>ipconfig /all
Ethernet adapter Wireless Network Connection:
Connection-specific DNS Suffix . :
Description . . . . . : Intel(R) PRO/Wireless 2200BG Network
Connection
Physical Address. . . . . : 00-12-F0-B4-88-AA
Dhcp Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
IP Address. . . . . : 192.168.0.45
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . . : 192.168.0.1
DHCP Server . . . . . : 192.168.0.3
DNS Servers . . . . . : 167.205.22.123
Lease Obtained. . . . . : 06 Desember 2005 12:30:14
Lease Expires . . . . . : 06 Desember 2005 13:30:14
Unique ID number

- Pada frame ethernet ada dua field address yaitu source address dan destination address
- Source address selalu diisi *ethernet hardware address*
- *Destination address* bisa diisi oleh ketiga kemungkinan berikut:
  - Ethernet hardware address
  - Multicast address: penerima lebih dari satu mesin
  - Broadcast address: ff:ff:ff:ff:ff:ff : seluruh mesin menerima frame yang dikirimkan

Propagasi frame

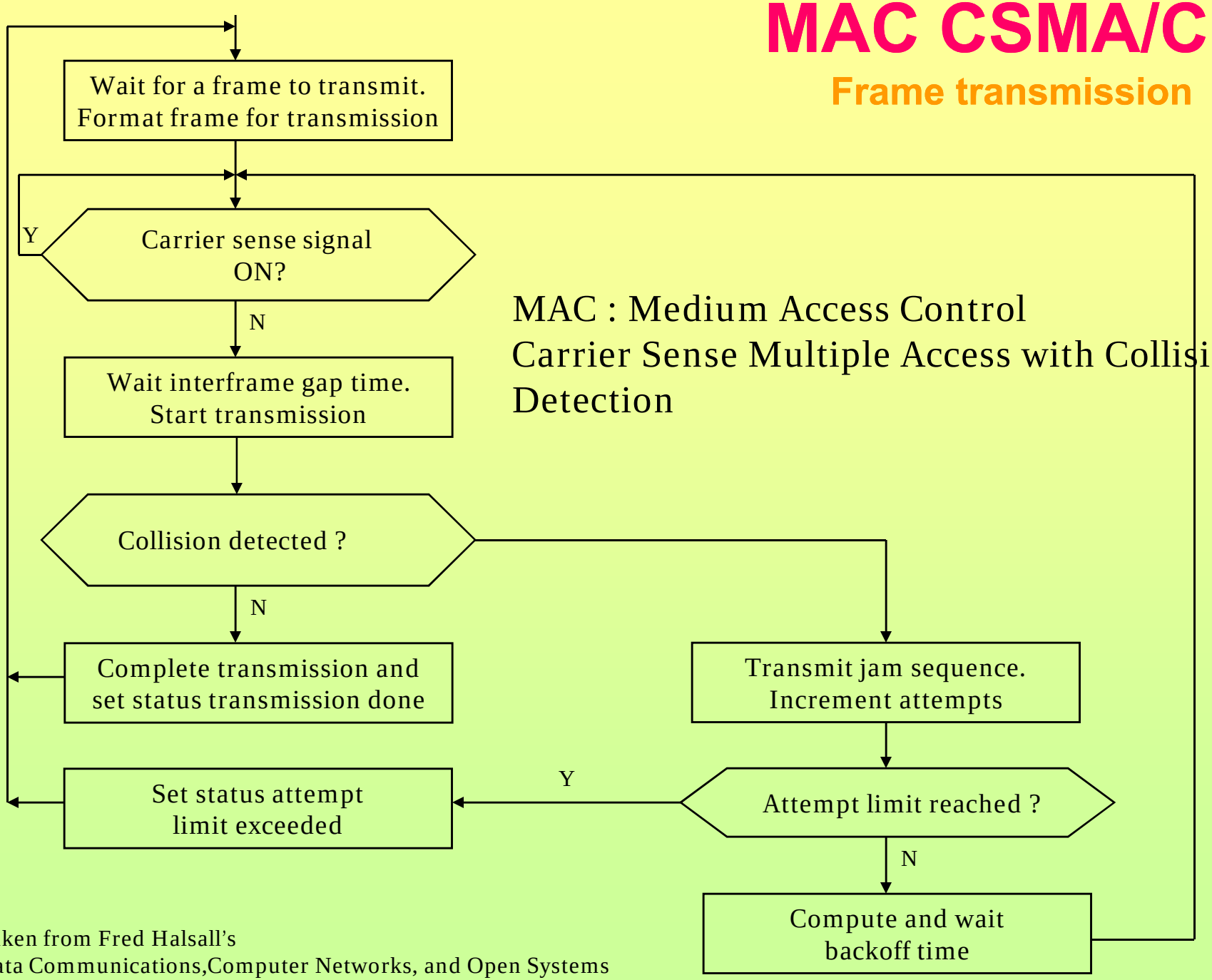




Taken from
Garry Fairhust - *email:G.Fairhurst@eng.abdn.ac.uk*

MAC CSMA/CD

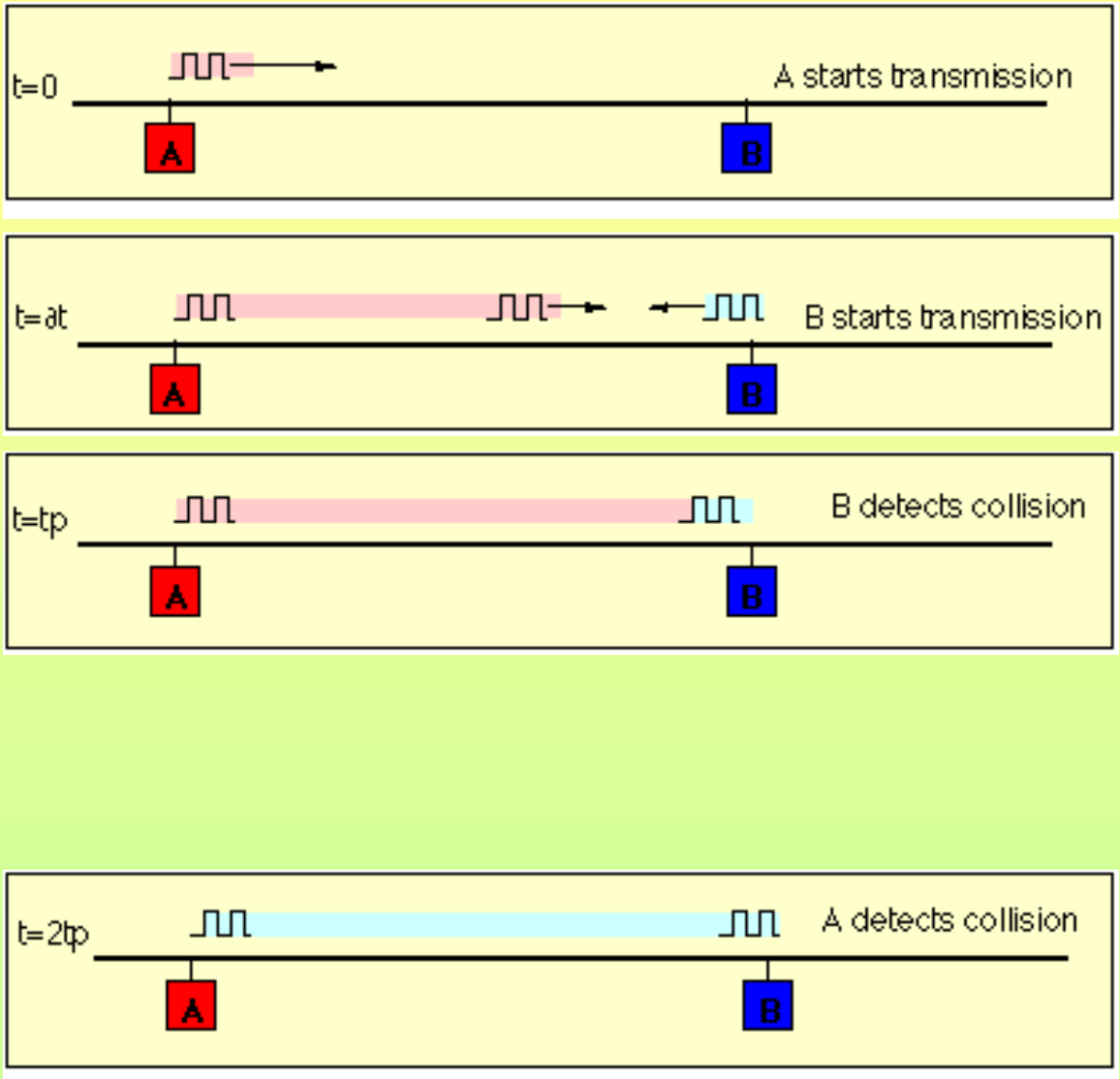
Frame transmission



MAC : Medium Access Control
Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

Taken from Fred Halsall's
Data Communications,Computer Networks, and Open Systems

Terjadinya tabrakan



- Pada t=0, sebuah frame dikirimkan oleh komputer A pada saat medium sedang idle
- Sesaat kemudian, komputer B juga mengirimkan frame (B berpendapat bahwa medium idle)
- Setelah perioda waktu yang sama dengan delay propagasi (tp), komputer B mendeteksi adanya transmisi dari A (tabrakan), namun pada saat ini komputer A belum menyadari adanya tabrakan. B terus mengirimkan jam sequence
- Setelah 1 kali propagasi *round trip* (2 tp), kedua komputer merasakan adanya tabrakan. B akan segera menyelesaikan *jamming sequence* sedangkan A akan mengirimkan *jamming sequence*

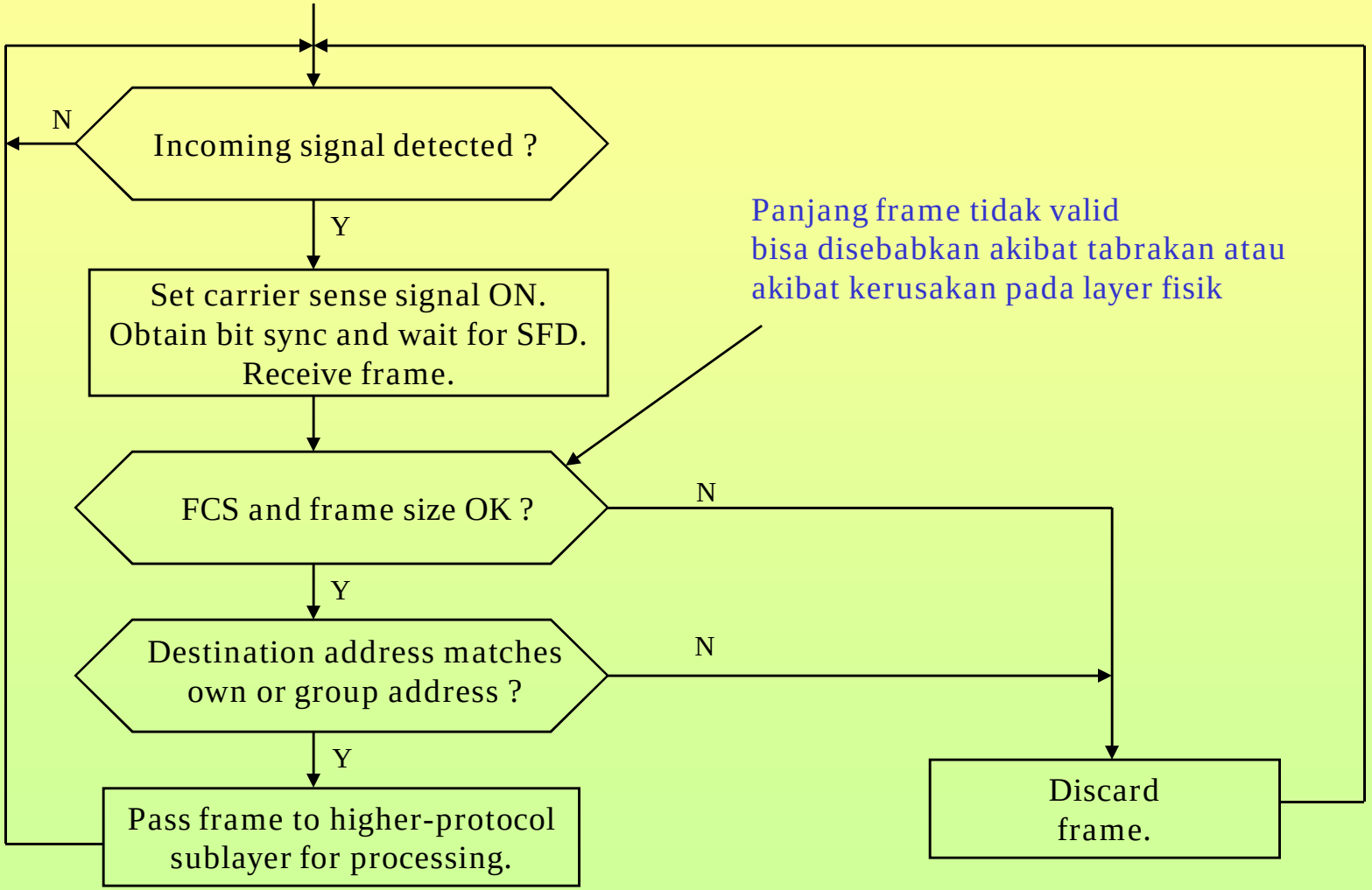
Taken from
Garry Fairhust - *email:G.Fairhurst@eng.abdn.ac.uk*

Collision Domain

- Adalah suatu cakupan LAN yang apabila di dalamnya ada lebih dari satu komputer yang mengirimkan frame, maka akan terjadi tabrakan
- *Collision domain* biasanya dinyatakan oleh *collision diameter*
  - Contoh: 10 Base-5 memiliki *collision diameter* sampai 2,5 km

MAC CSMA/CD

Frame reception



Taken from Fred Halsall's
Data Communications,Computer Networks, and Open Systems

Frame yang tidak valid

Runt Frame

- Setiap frame yang diterima yang ukurannya lebih kecil dari 64 byte (512 bit)
- Muncul akibat terjadinya tabrakan atau kerusakan port atau NIC

Long Frame

- Frame yang diterima yang ukurannya antara 1518 bytes sampai 6000 bytes
- Muncul akibat kegagalan hardware atu software di pengirim

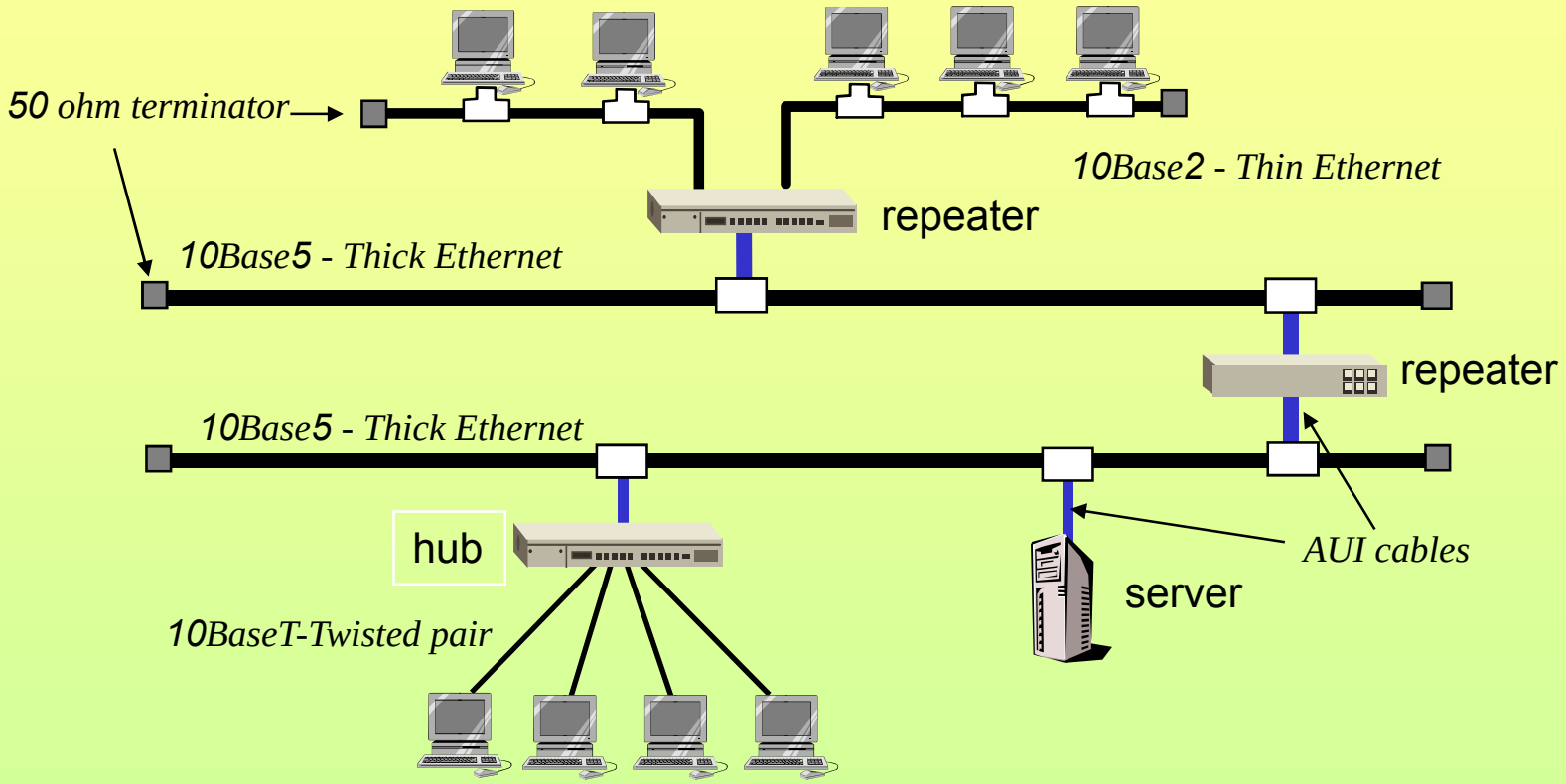
Giant Frame

- Frame yang diterima yang ukurannya lebih dari 6000 bytes
- Muncul akibat kegagalan hardware atu software di pengirim

Jabber Frame

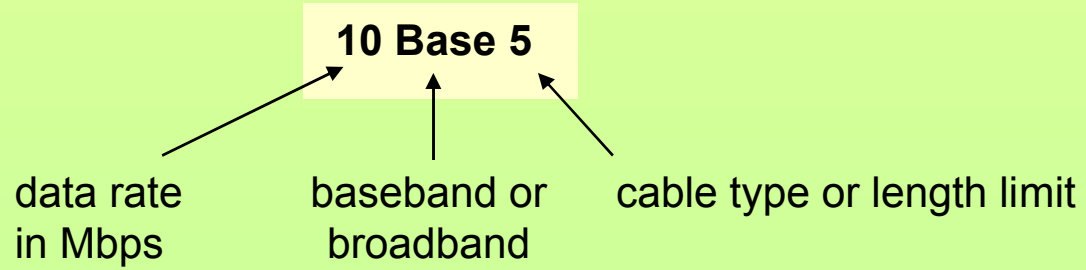
- Muncul ketika terjadi masalah kelistrikan dan akibatnya NIC mengirimkan terus menerus pola bits 101010101010 atau 0101010101 yang merupakan preamble frame sehingga mesin lain menganggap jaringan sibuk

Ethernet Topology



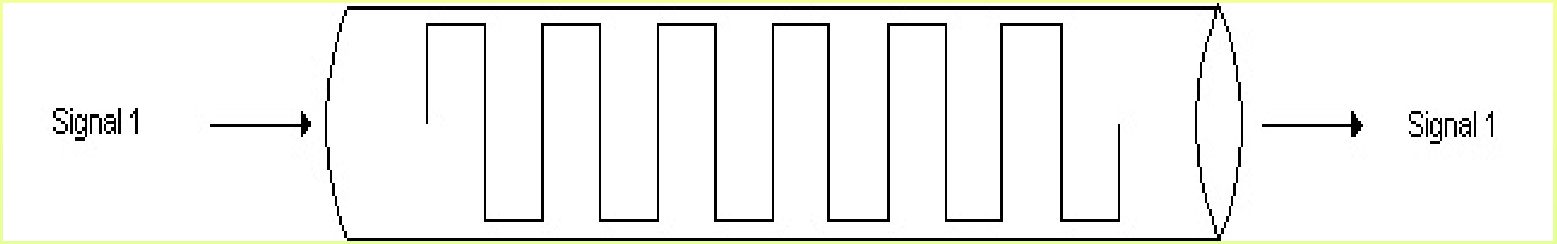
IEEE 802.3 Cable Types

Name	Cable	Max. Length	Nodes/segment	
10Base5	thick coax	500 meters	100	
10Base2	thin coax	185 meters	30	
10BaseT	twisted pair	100 meters	1	
10BaseFP	fiber optic	1 km	33	passive fiber
10BaseFL	fiber optic	2 km	1	point-to-point
10BaseFB	fiber optic	2 km	1	point-to-point
10Broad36	coax	3.6 km	?	broadband

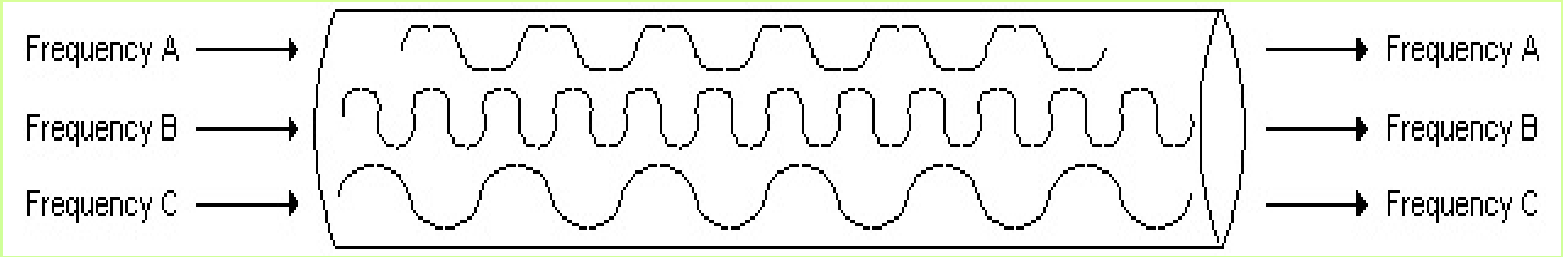


Coax Cable (cont.) baseband vs broadband

- Baseband transmission



- Broadband transmission



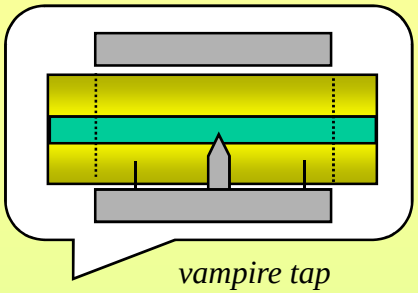
Implementasi LAN IEEE802.3

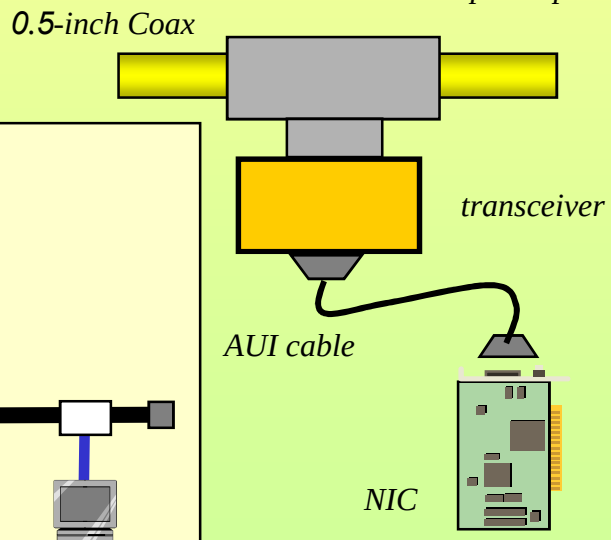
- **10 Base 5 (10 Mbps, Baseband transmission, jarak maksi mum satu segmen jaringan 500 m)**
  - Topologi jaringan : bus
  - Menggunakan kabel coaxial berdiameter 0,5 inch (10 mm)
  - Disebut juga *thick ethernet*
  - Biasanya kabelnya berwarna kuning dan pada kedua ujung kabel diberi terminator yang impedansinya sesuai dengan impedansi kabel coaxial.
  - Antara NIC (*Network Interface Card*) yang ada di komputer (DTE, *Data Terminal Equipment*) dengan media transmisi bus (kabel coaxial)-nya diperlukan sebuah transceiver (MAU, *Medium Attachment Unit*). Antar MAU dibuat jarak minimal 2,5 m. Konektor yang dipakai adalah konektor 15 pin
  - Jumlah maksimum repeater antara dua DTE dalam jaringan : 4
  - Jumlah maksimum DTE pada satu segmen 10 Base 5 : 100

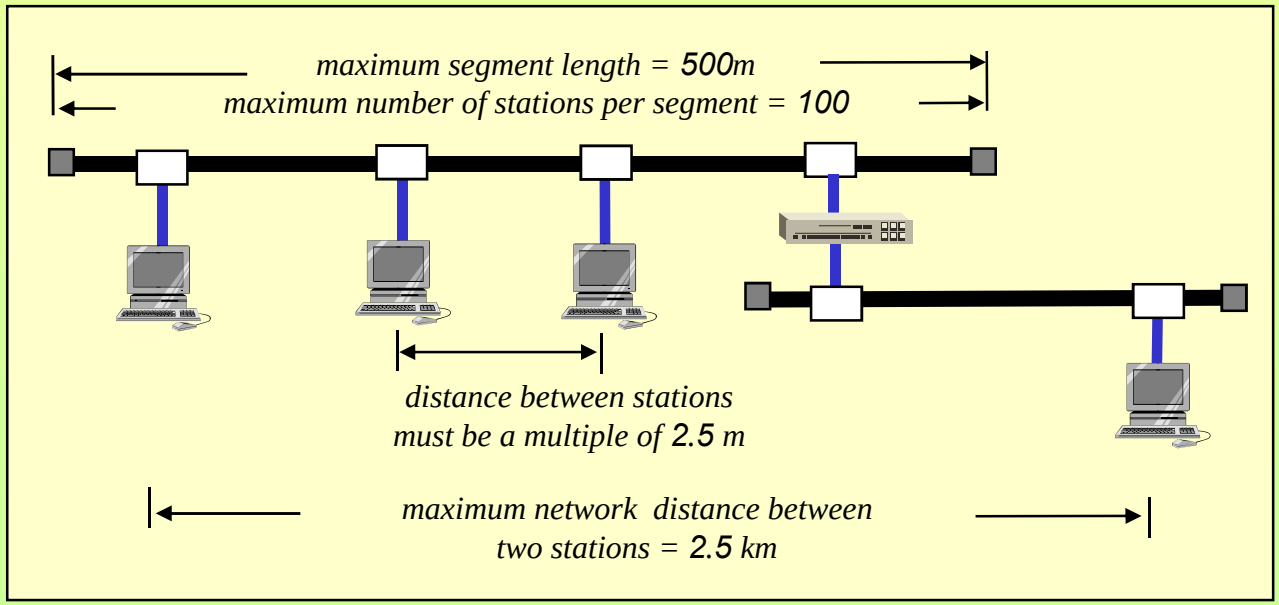
10Base5

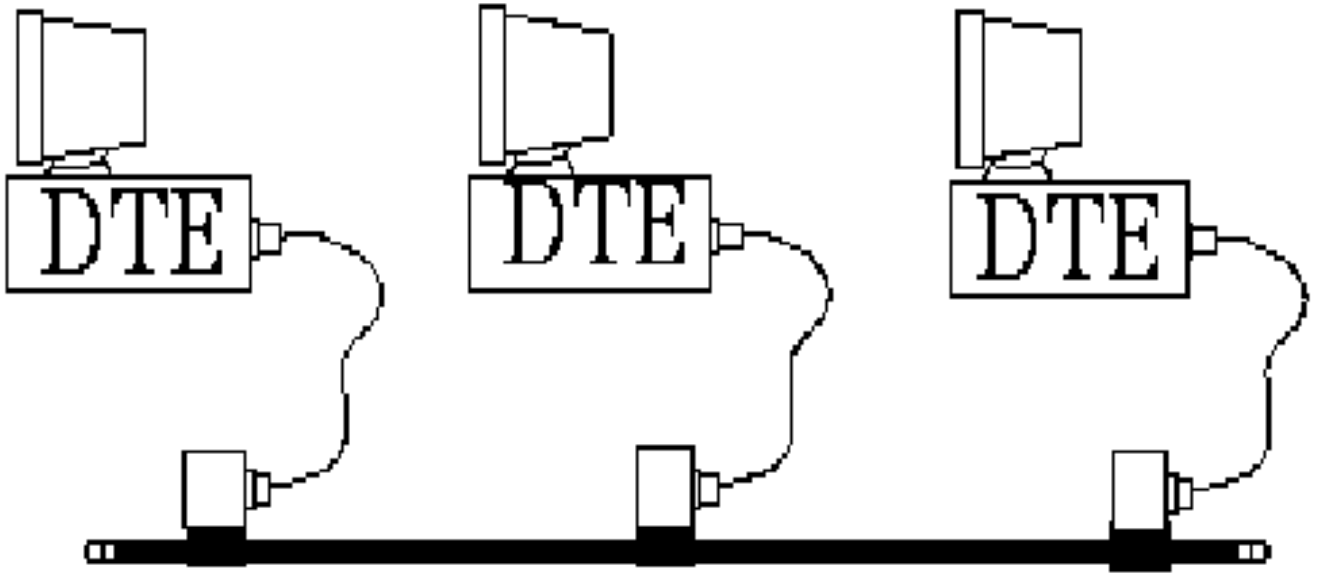
"Thick Coax"

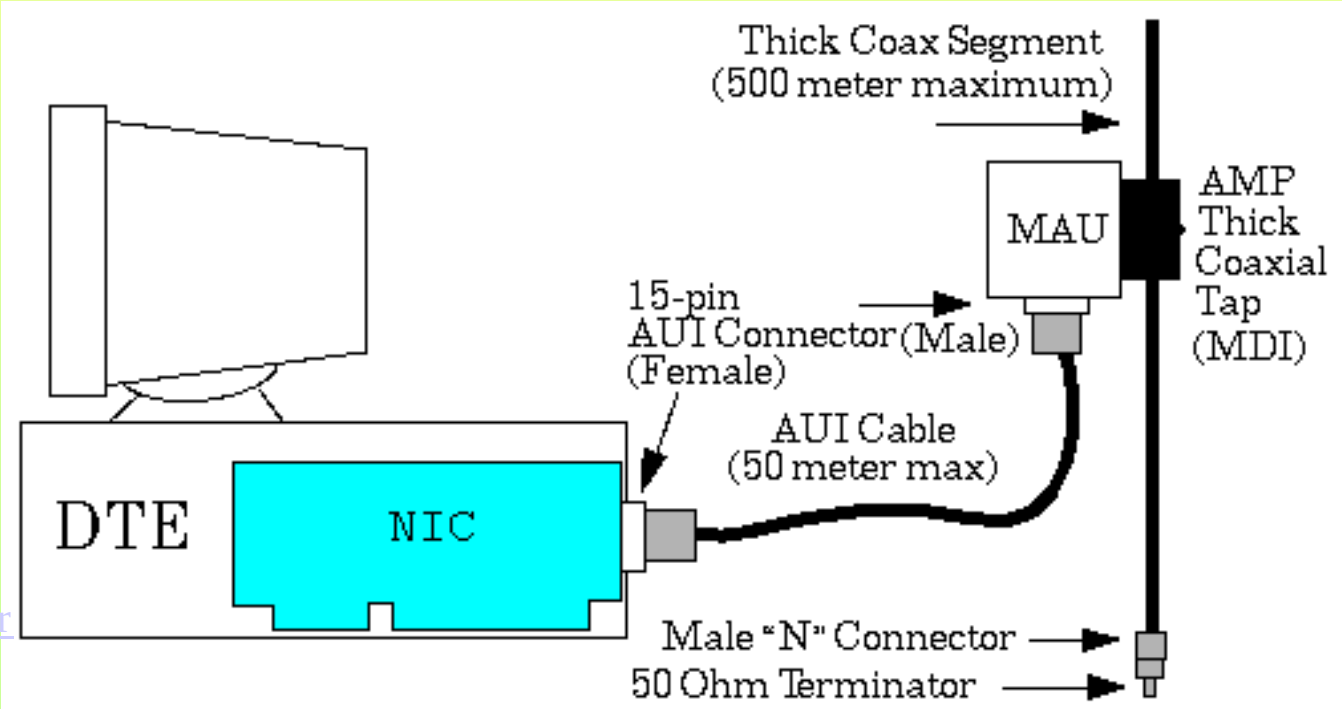
tap: by insertion, cable does not need to be cut
transceiver: send/receive, collision detection, electronics isolation
AUI: Attachment Unit Interface, a 5-pair cable up to 50 meters long
use: for backbone networks











Taken from Harry Prihanto's

harry@istecs.org

http://www.istecs.org/~harry



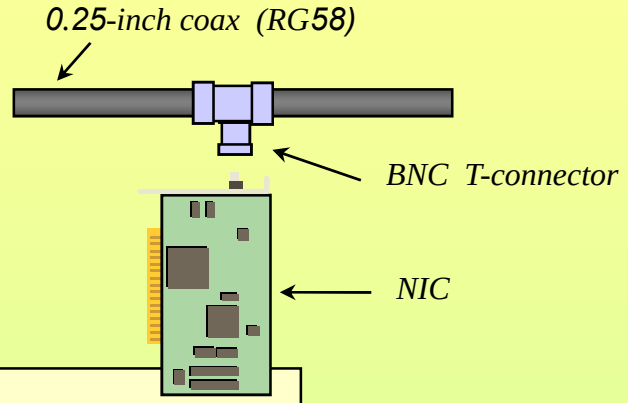
A Typical 10Base2 Ethernet Transceiver

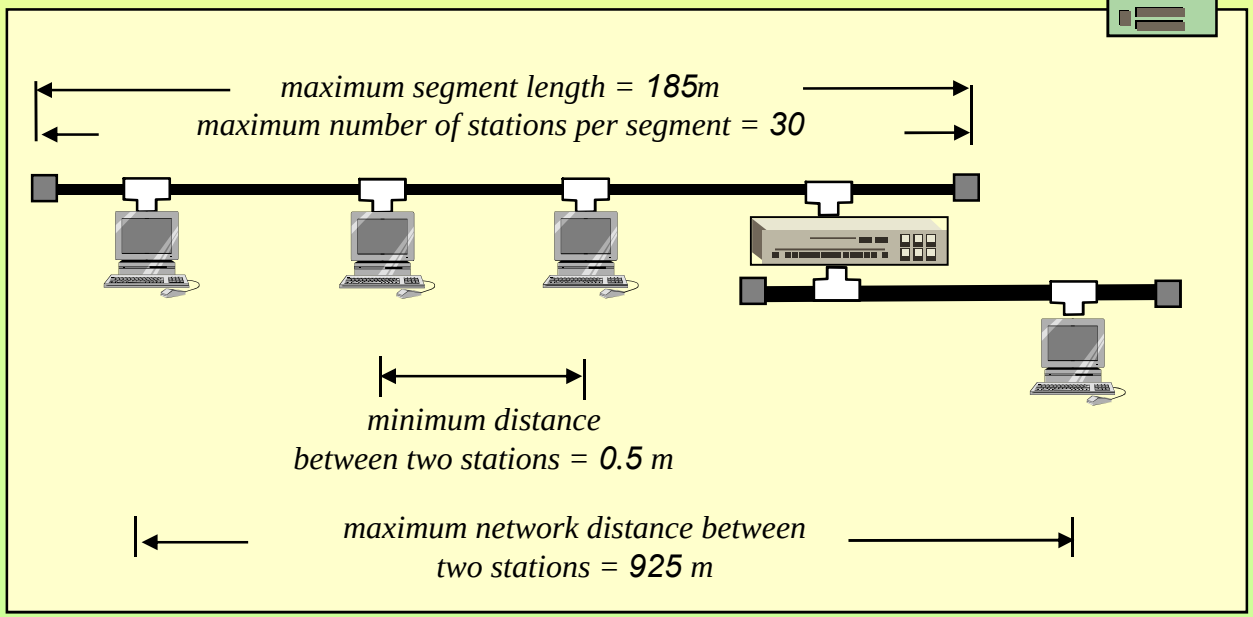
- **10 Base 2 (10 Mbps, Baseband transmission, jarak maksi mum satu segmen jaringan 200 m (sebenarnya 185 m))**
  - Topologi jaringan : bus
  - Kabel coaxial yang digunakan lebih kecil berdiameter 5 mm
  - Biasa disebut juga *thin ethernet* (cheaper nets)
  - Jenis konektor yang digunakan adalah BNC (British Naval Connector)
  - Jumlah maksimum repeater antar dua DTE : 4
  - Jumlah node maksimum dalam satu segmen : 30
  - Kedua ujung segmen diterminasi menggunakan terminator 50 ohm
  - Jarak antar NIC : minimum 0.5 m

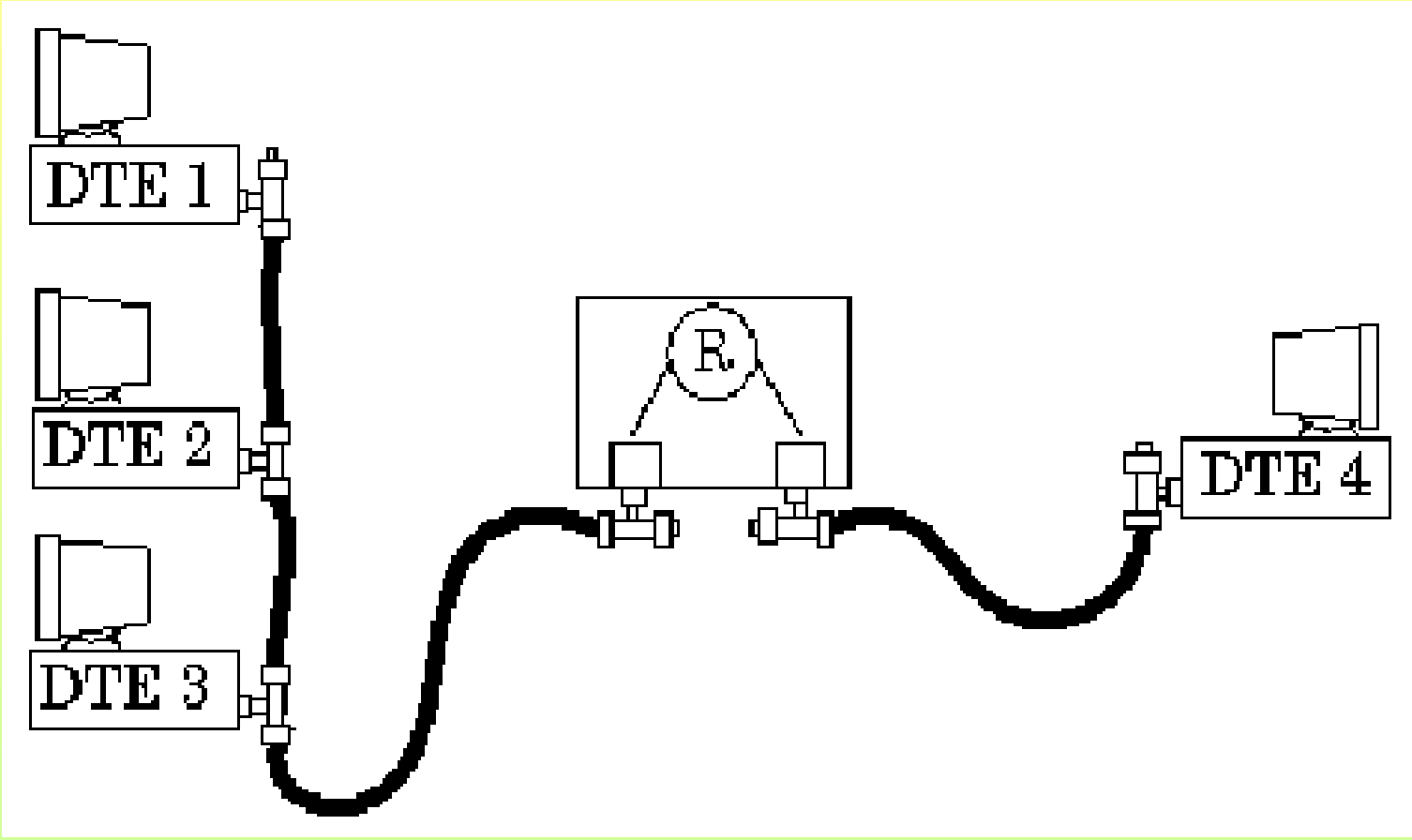
10Base2

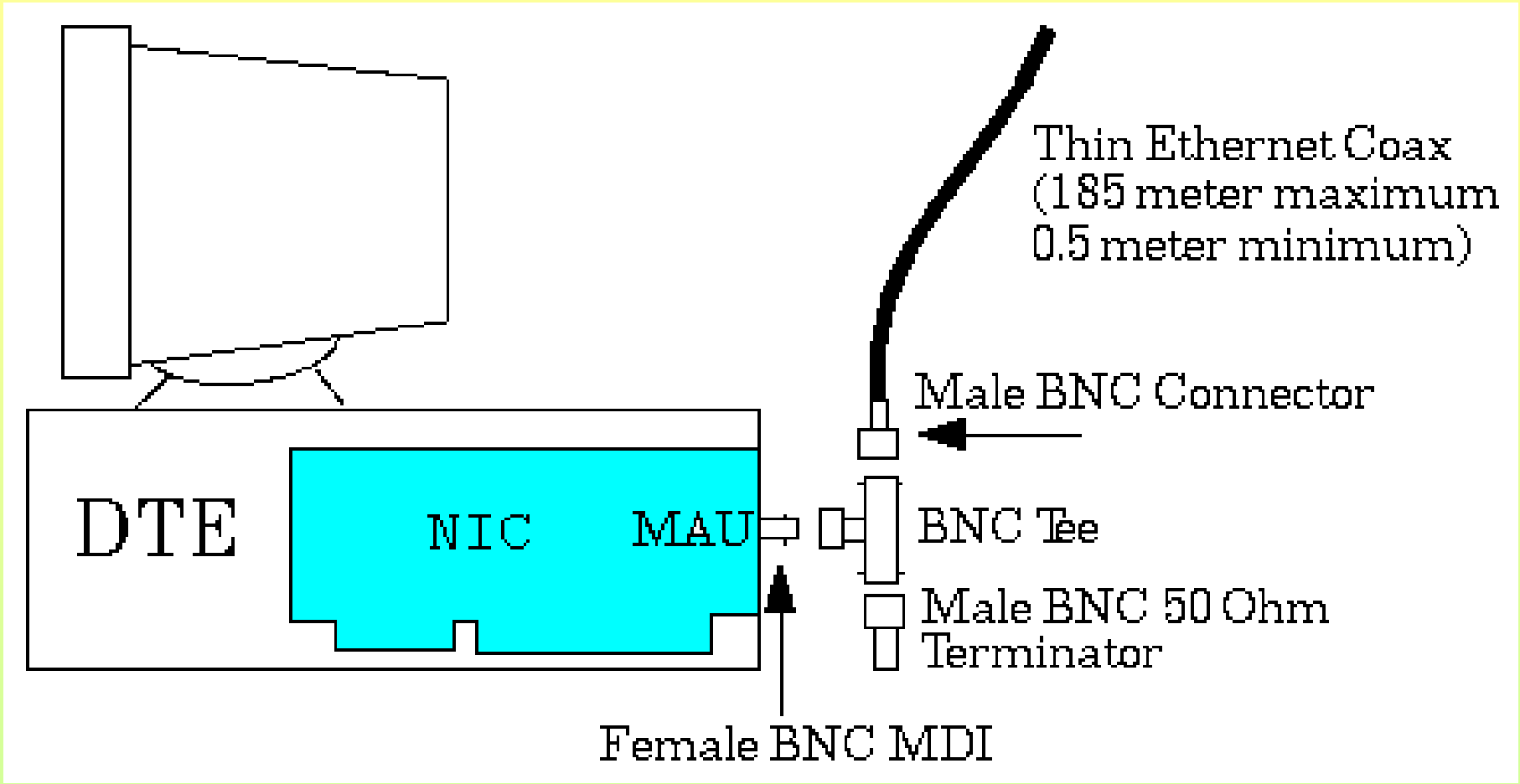
"Thin Coax" or "CheaperNet"

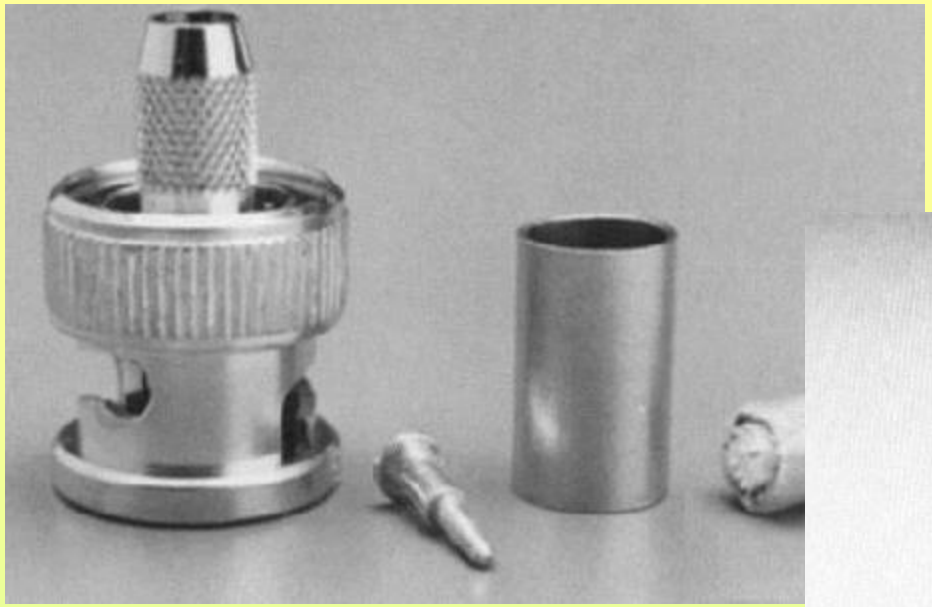
tap: BNC connector, must splice cable
No drop (AUI) cable
use: for connecting workstations
cheaper, easier to use than thick coax, but more signal attenuation



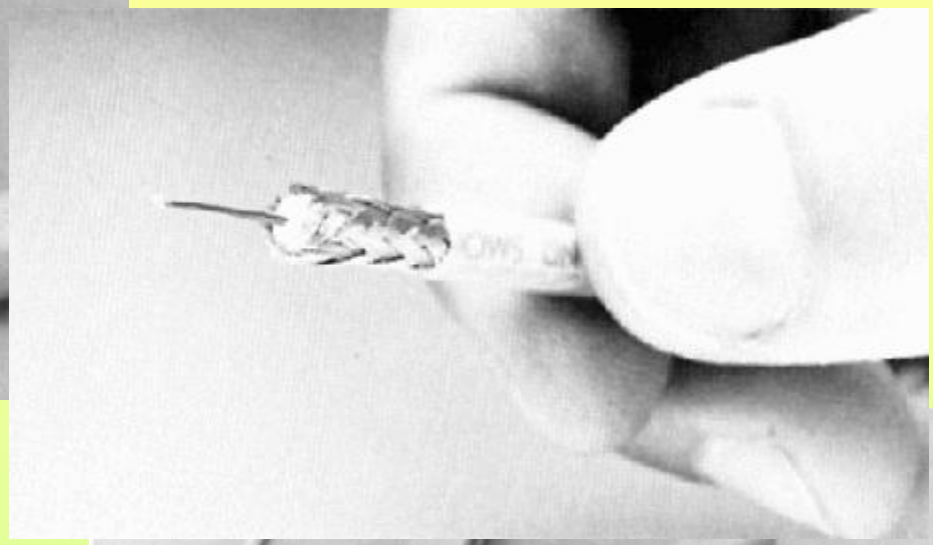



DTE 1
DTE 2
DTE 3
R
DTE 4

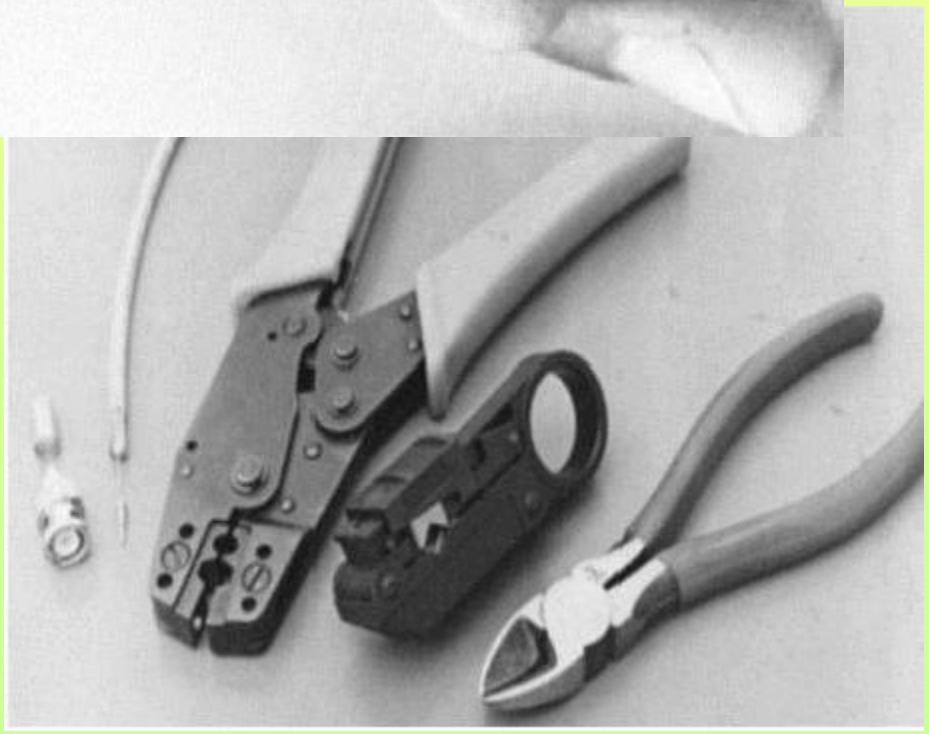

Thin Ethernet Coax
(185 meter maximum
0.5 meter minimum)
Male BNC Connector
DTE
NIC
MAU
BNC Tee
Male BNC 50 Ohm
Terminator
Female BNC MDI



← BNC Connector

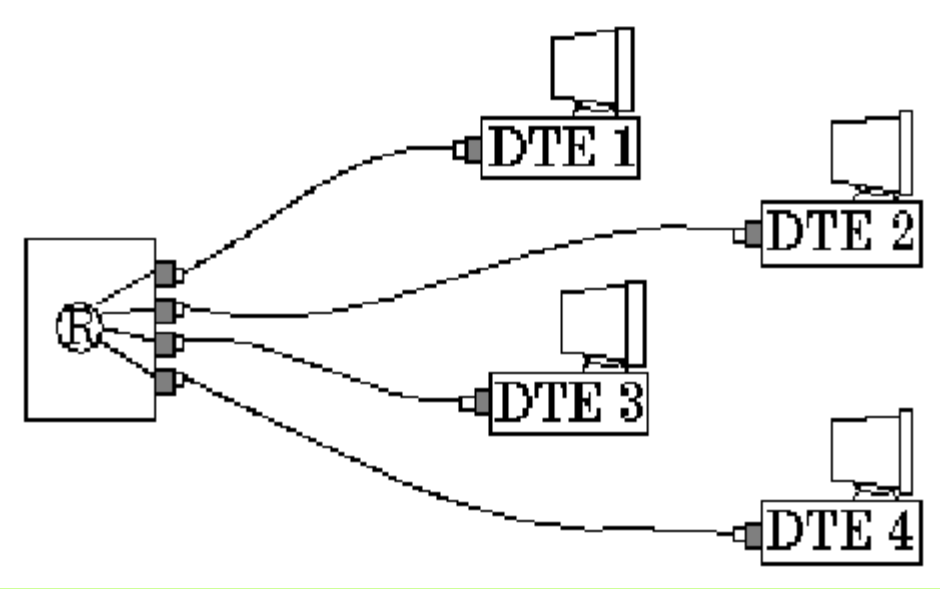


Tools →

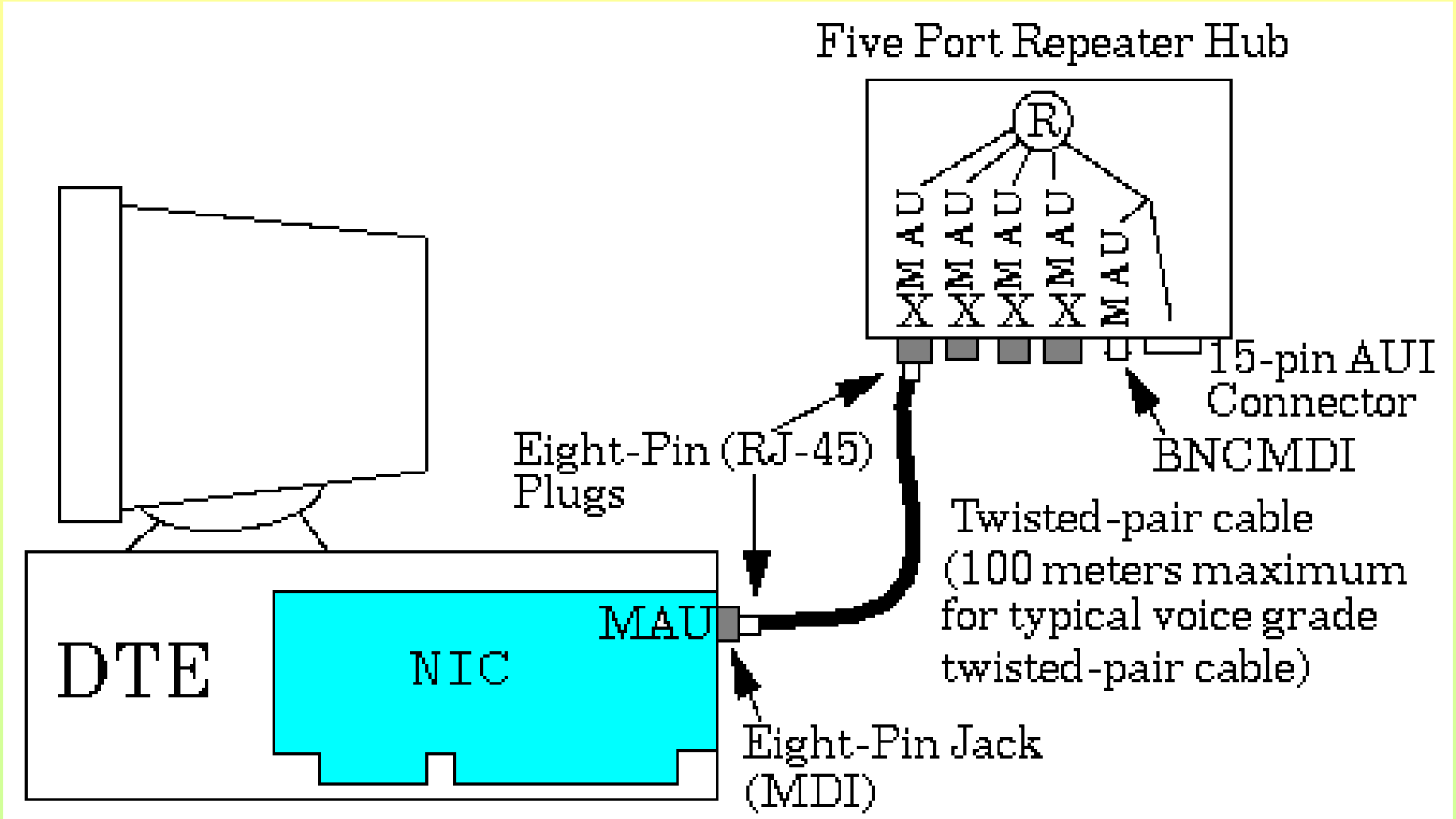


10BaseT

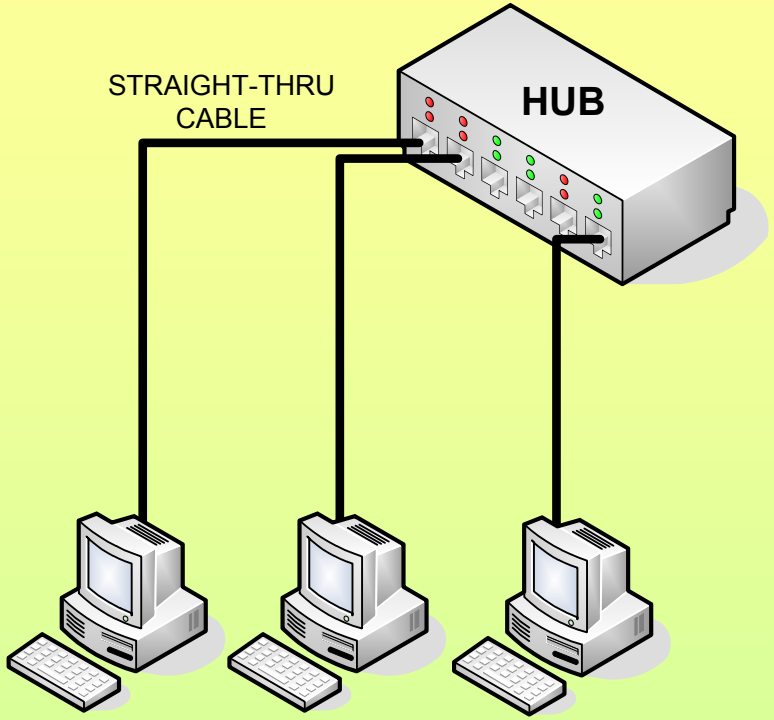
- Topologi jaringan : star
- Medium transmisi : twisted pair katagori 3 atau lebih
- Panjang sebuah segmen jaringan maksimal 100 m
- Menggunakan konektor RJ-45



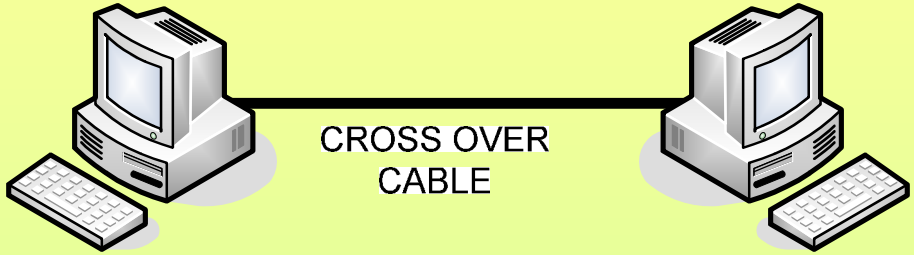
Kategori	Aplikasi
Category 1	Dipakai untuk komunikasi suara (voice), dan digunakan untuk kabel telepon di rumah-rumah
Category 2	Terdiri dari 4 pasang kabel twisted pair dan bisa digunakan untuk komunikasi data sampai kecepatan 4 Mbps
Category 3	Bisa digunakan untuk transmisi data dengan kecepatan sampai 10 Mbps dan digunakan untuk Ethernet dan TokenRing
Category 4	Sama dengan category 3 tetapi dengan kecepatan transmisi sampai 16 Mbps
Category 5	Bisa digunakan pada kecepatan transmisi sampai 100 Mbps, biasanya digunakan untuk FastEthernet (100Base)


Five Port Repeater Hub
R
MAU
MAU
MAU
MAU
MAU
15-pin AUI
Connector
BNCMDI
Eight-Pin (RJ-45)
Plugs
Twisted-pair cable
(100 meters maximum
for typical voice grade
twisted-pair cable)
DTE
NIC
MAU
Eight-Pin Jack
(MDI)

Twisted Pair Wiring



Koneksi PC hub/switch menggunakan
Straight-thru cable

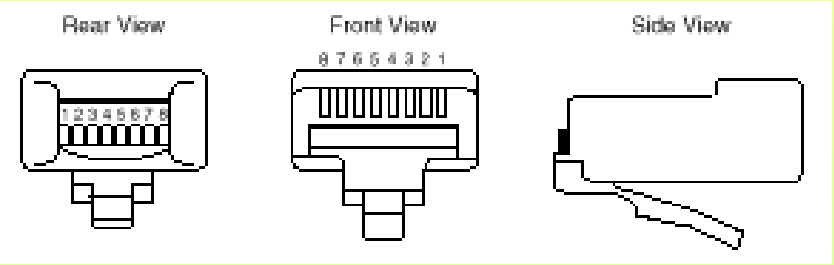


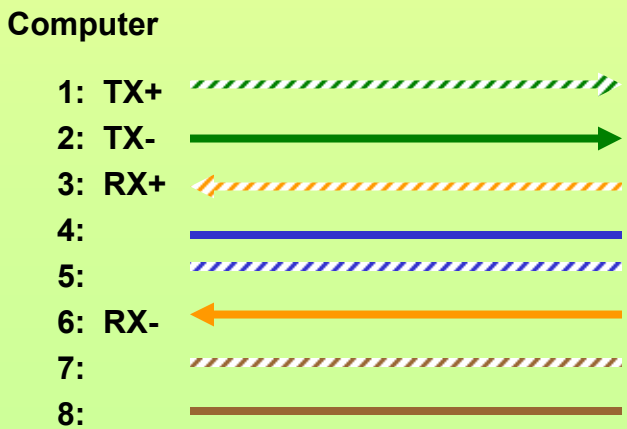
Koneksi PC to PC menggunakan
Cross over cable

Twisted Pair Wiring

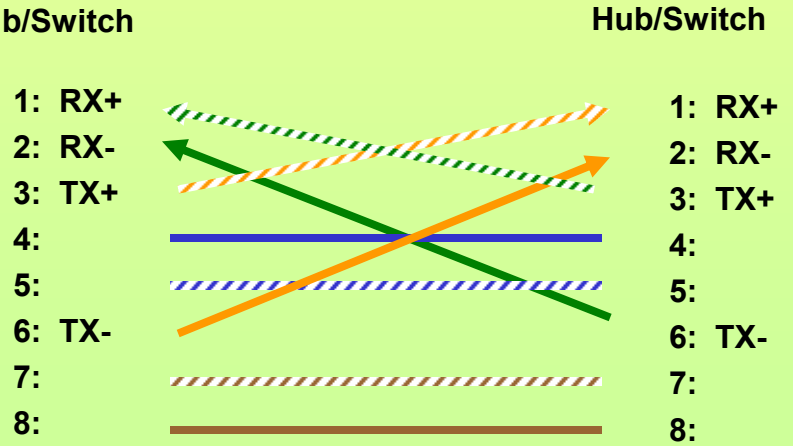
ANSI/EIA 568-A Wiring Method

Pin	Color Code	Signal
1	White/Green	Transmit+
2	Green/White	Transmit-
3	White/Orange	Receive+
4	Blue/White	none
5	White/Blue	none
6	Orange/White	Receive-
7	White/Brown	none
8	Brown/White	none



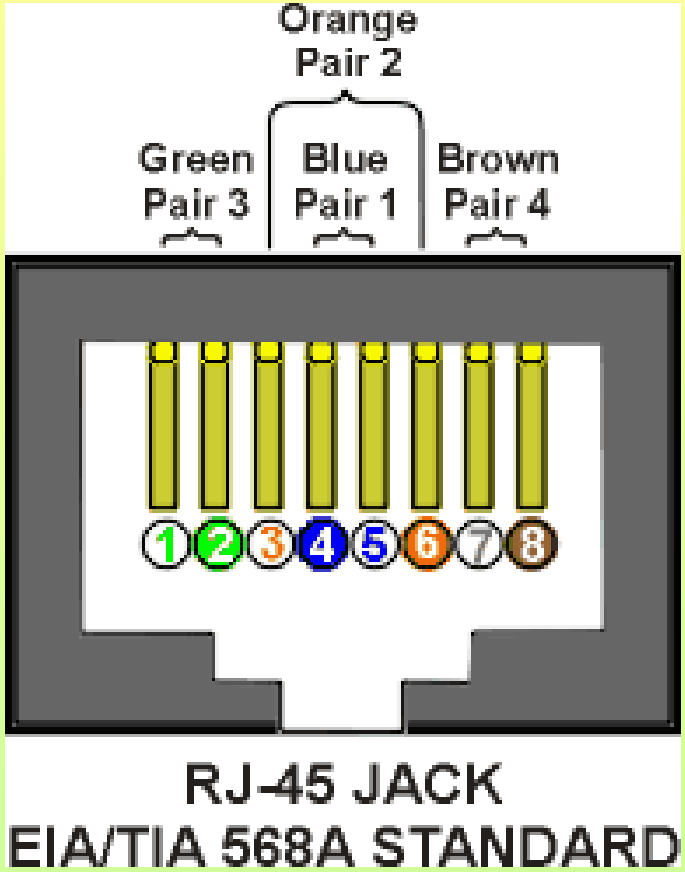


Straight-thru

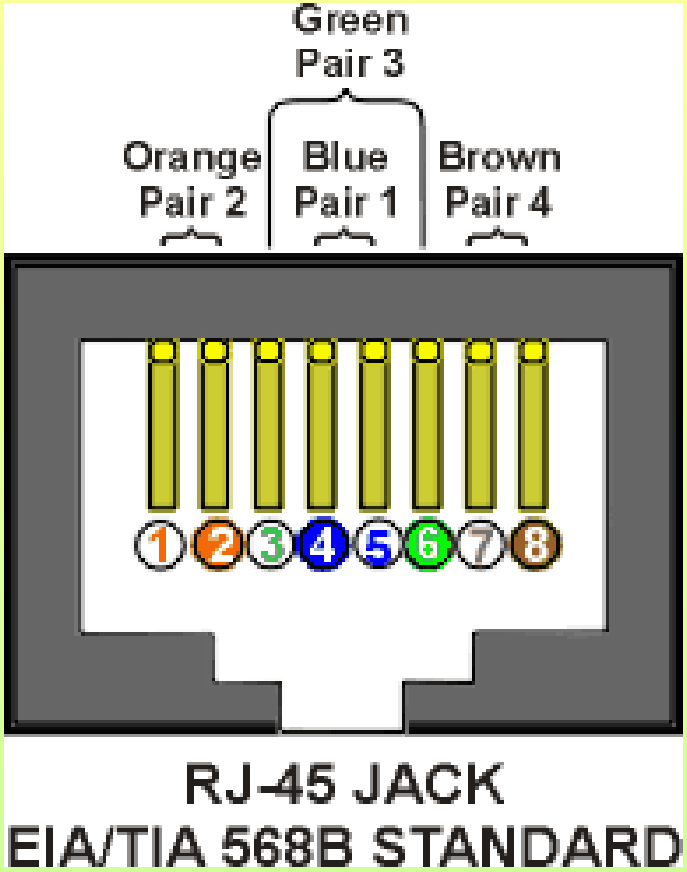


Cross over

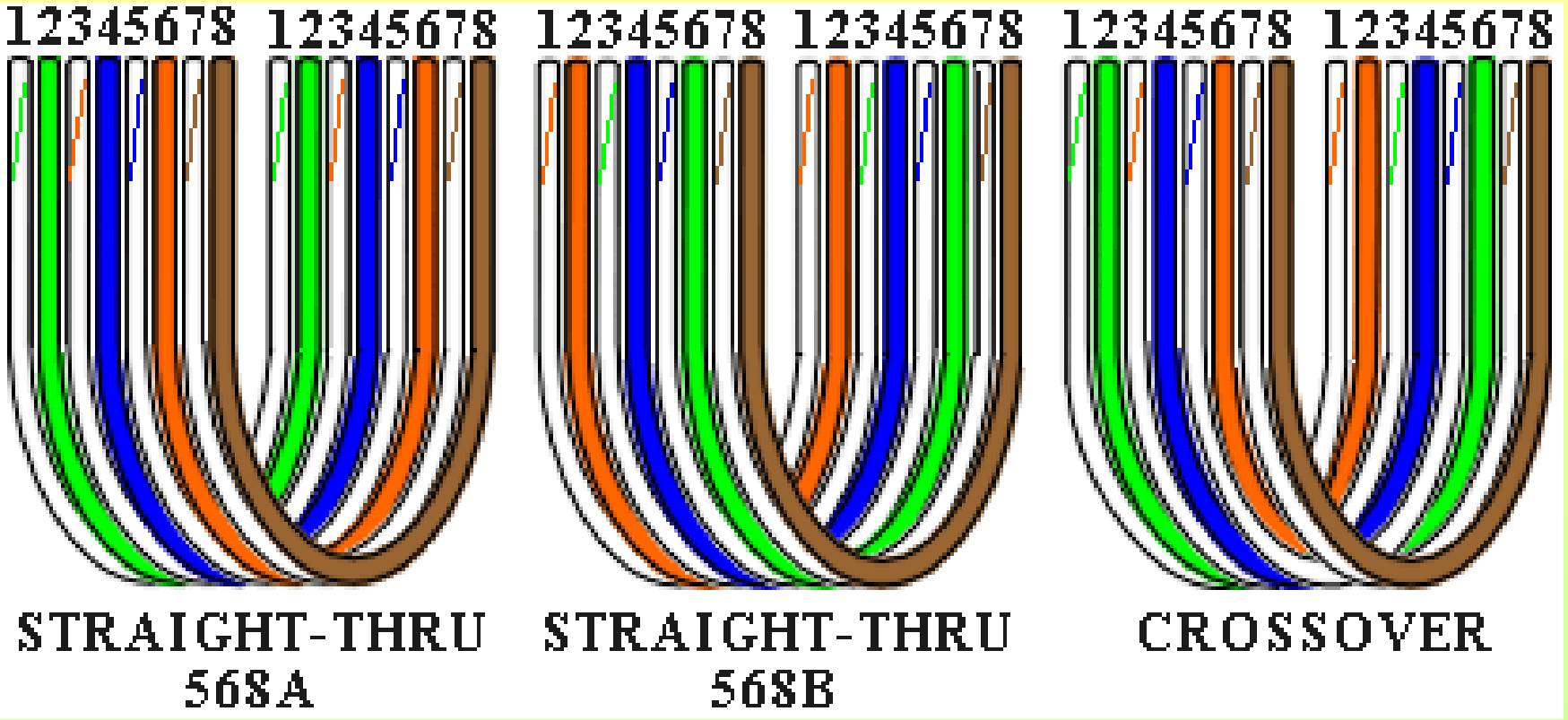
568-A versus 568-B

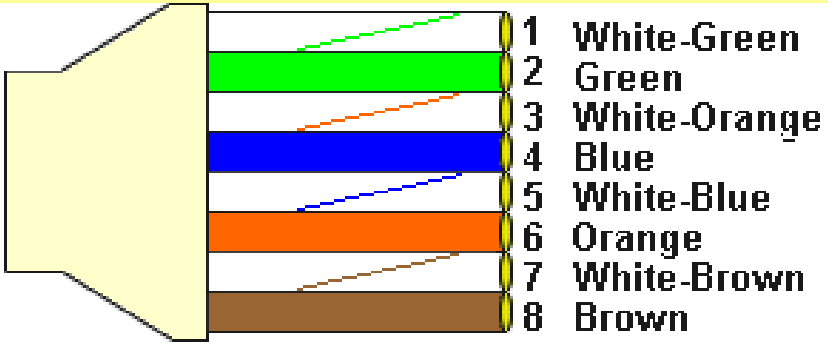


RJ-45 JACK
EIA/TIA 568A STANDARD

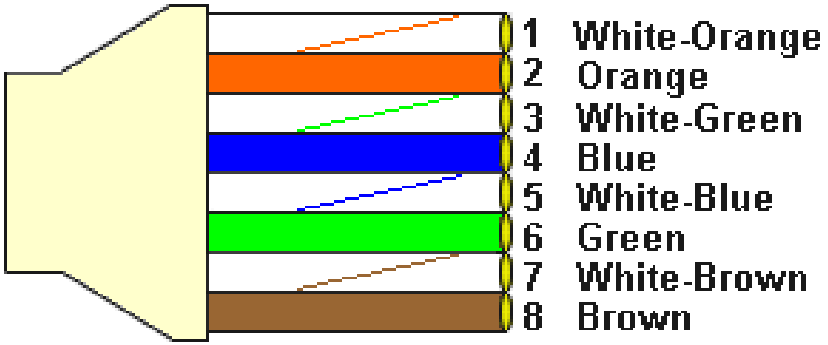


RJ-45 JACK
EIA/TIA 568B STANDARD

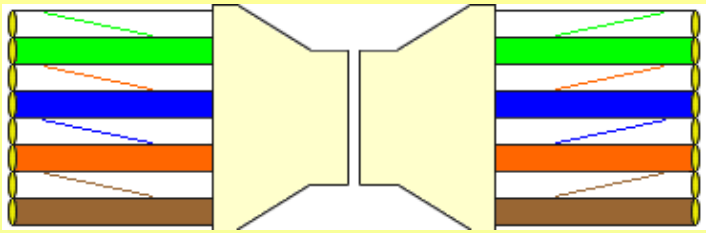

12345678 12345678
STRAIGHT-THRU
568A
12345678 12345678
STRAIGHT-THRU
568B
12345678 12345678
CROSSOVER



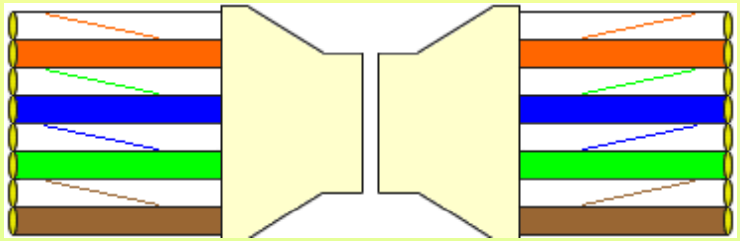
568A CABLE END



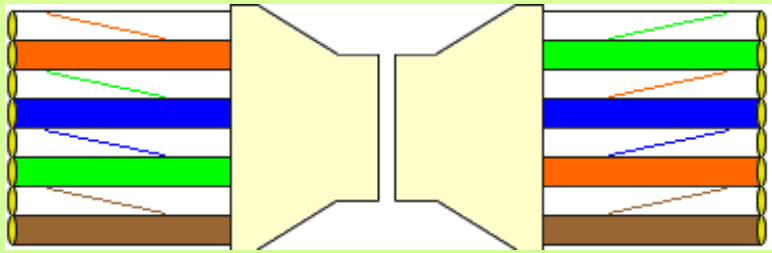
568B CABLE END



Ujung kabel 568A+ Ujung kabel 568A = straight-thru



Ujung kabel 568B+ Ujung kabel 568B = straight-thru



Ujung kabel 568B+ Ujung kabel 568A = cross over

Membuat konstruksi kabel UTP sendiri

- Minimal tools yang diperlukan

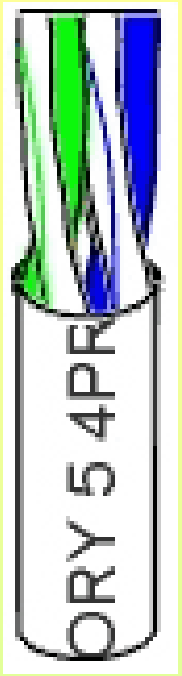


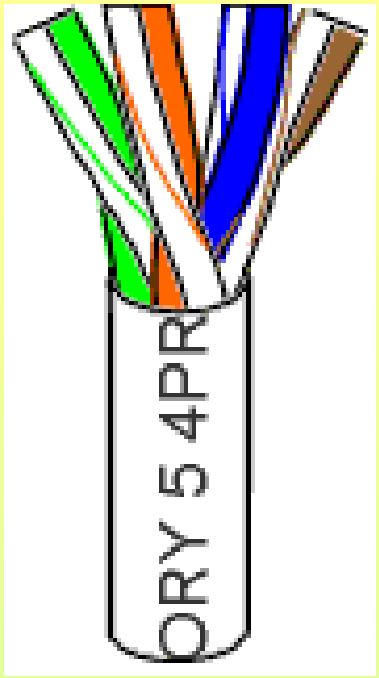
Modular Plug Crimp Tool
- Untuk memasang konektor RJ-45 ke kabel UTP
- Bisa untuk memotong kabel UTP

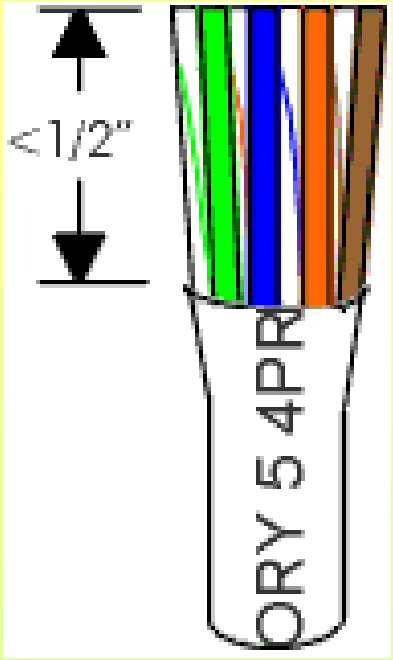


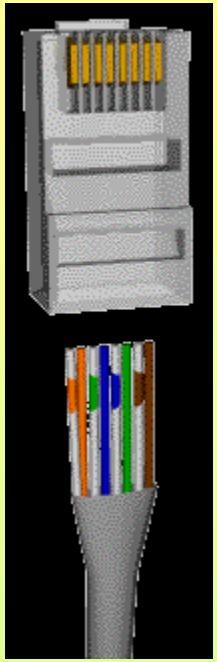
Diagonal Cutters
- Lebih enak untuk memotong kabel UTP

- Memotong dan mengupas kabel UTP

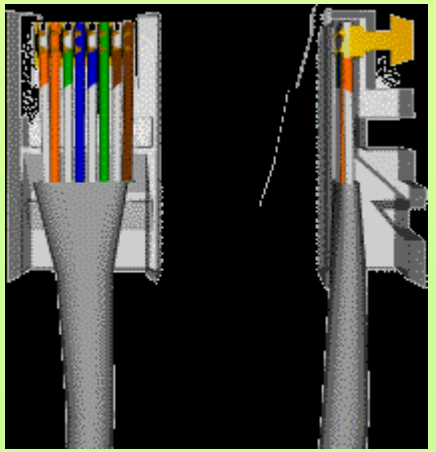




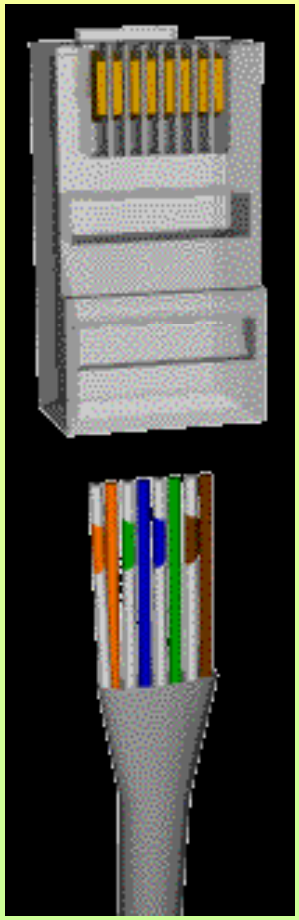


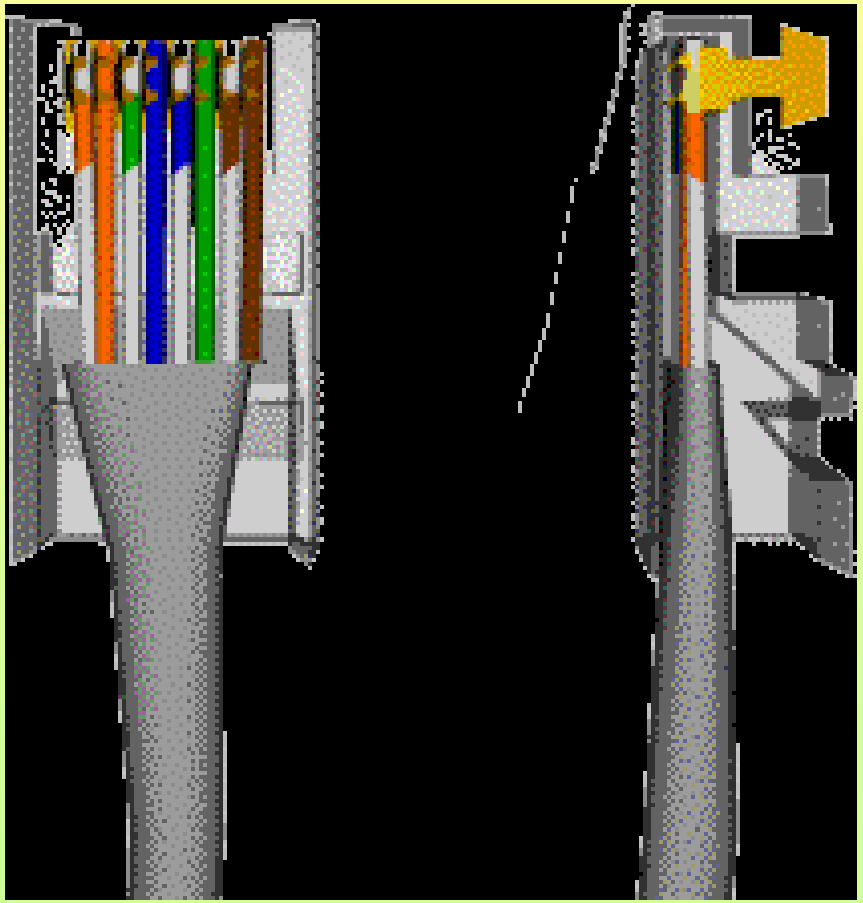


½”=1,27 cm

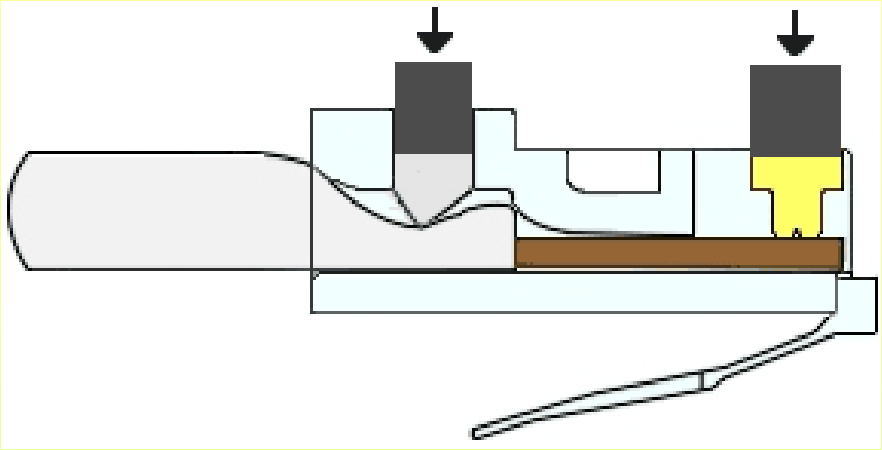


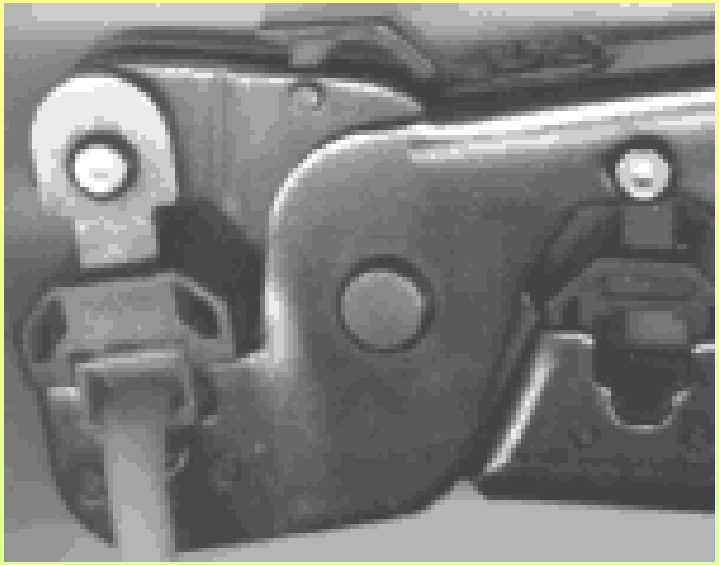
- Memasukkan kabel ke konektor





Crimp the cable



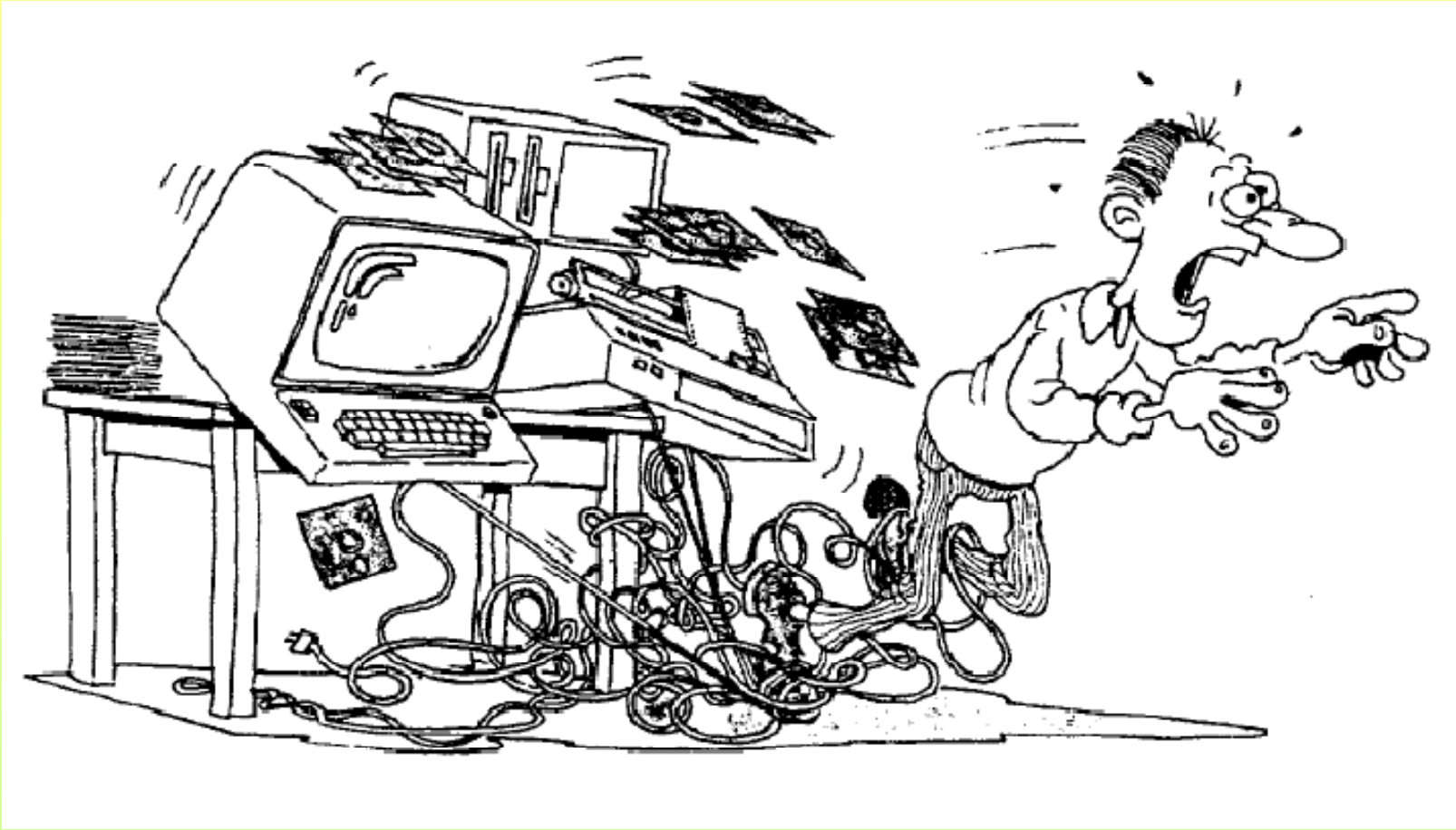


- Test menggunakan *cable tester* atau Ohm meter

Aturan menggelar kabel UTP

- Jangan menggelar kabel UTP sejajar dengan kabel listrik
- Jangan melengkungkan kabel dengan diameter lengkungan yang lebih kecil daripada empat kali diameter kabel
- Jangan membundel kabel terlalu keras
- Jauhkan kabel dari perangkat yang menimbulkan noise (TV, printer, elevator dsb.)
- Jangan menarik kabel UTP
- Jangan menggelar UTP di ruang terbuka (di luar ruangan) karena akan menimbulkan bahaya petir
- Tandai ujung-ujung kabel

Structured Cabling System



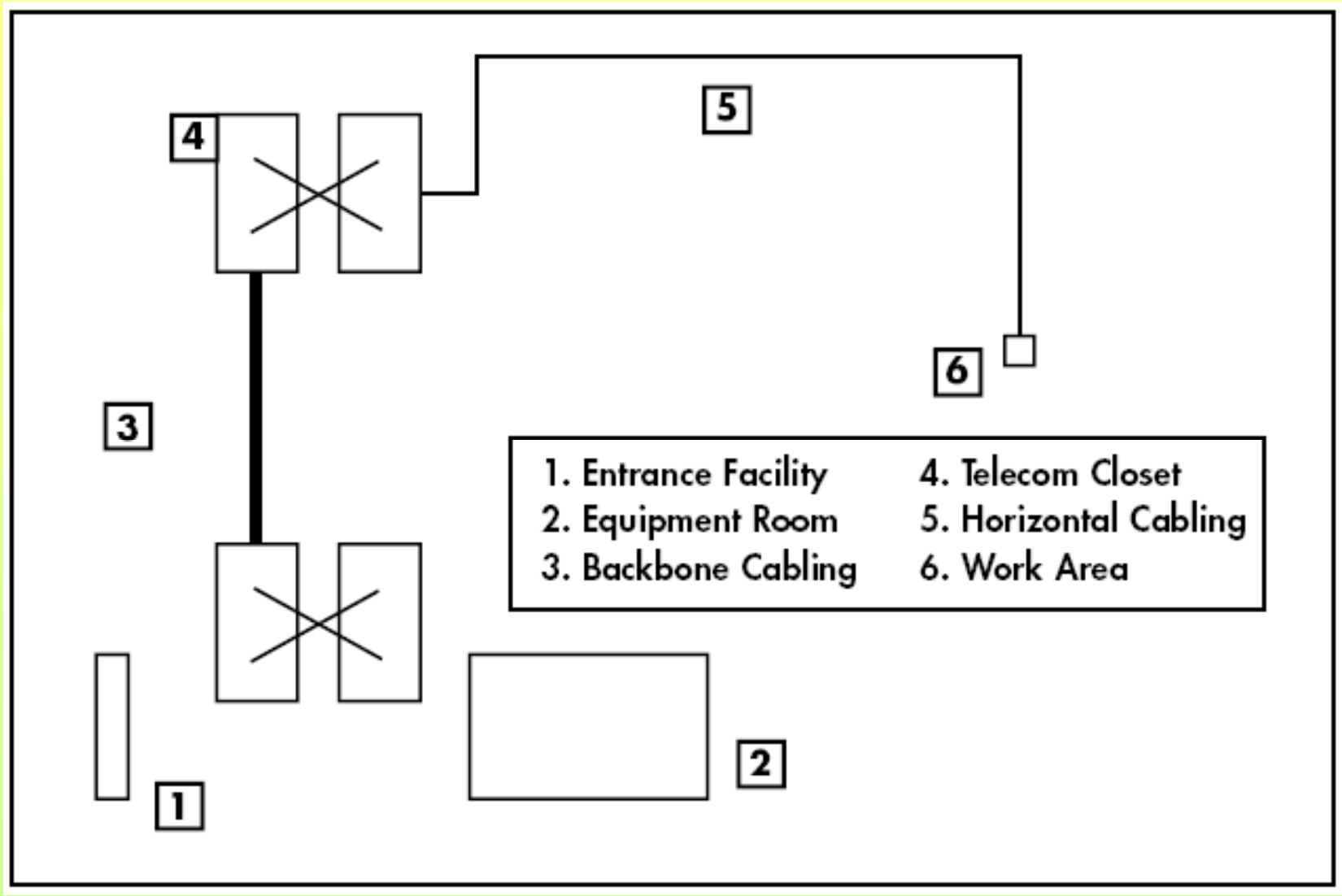
- *Structured Cabling System* (SCS) merupakan sekumpulan produk perkabelan dan koneksi yang mengintegrasikan sistem voice, data, video dan berbagai sistem manajemen pada suatu bangunan (sistem alarm, keamanan dsb.)

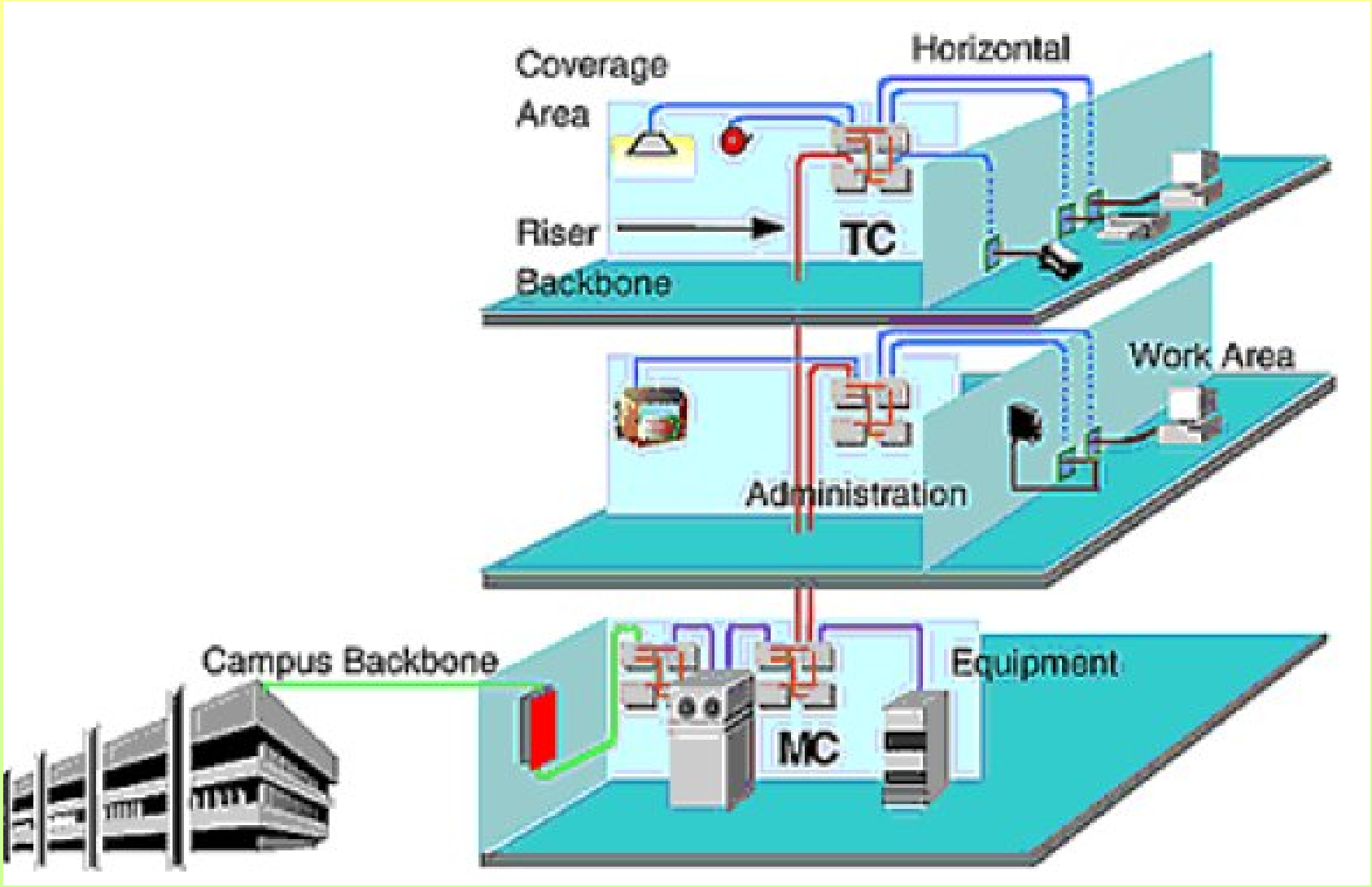
Keuntungan menggunakan SCS

- Konsistensi : penggunaan sistem perkabelan yang sama untuk data, voice dan video.
- Mendukung perangkat multi-vendor
- Menyederhanakan pemindahan/penambahan/perubahan–
- Troubleshooting yang lebih sederhana

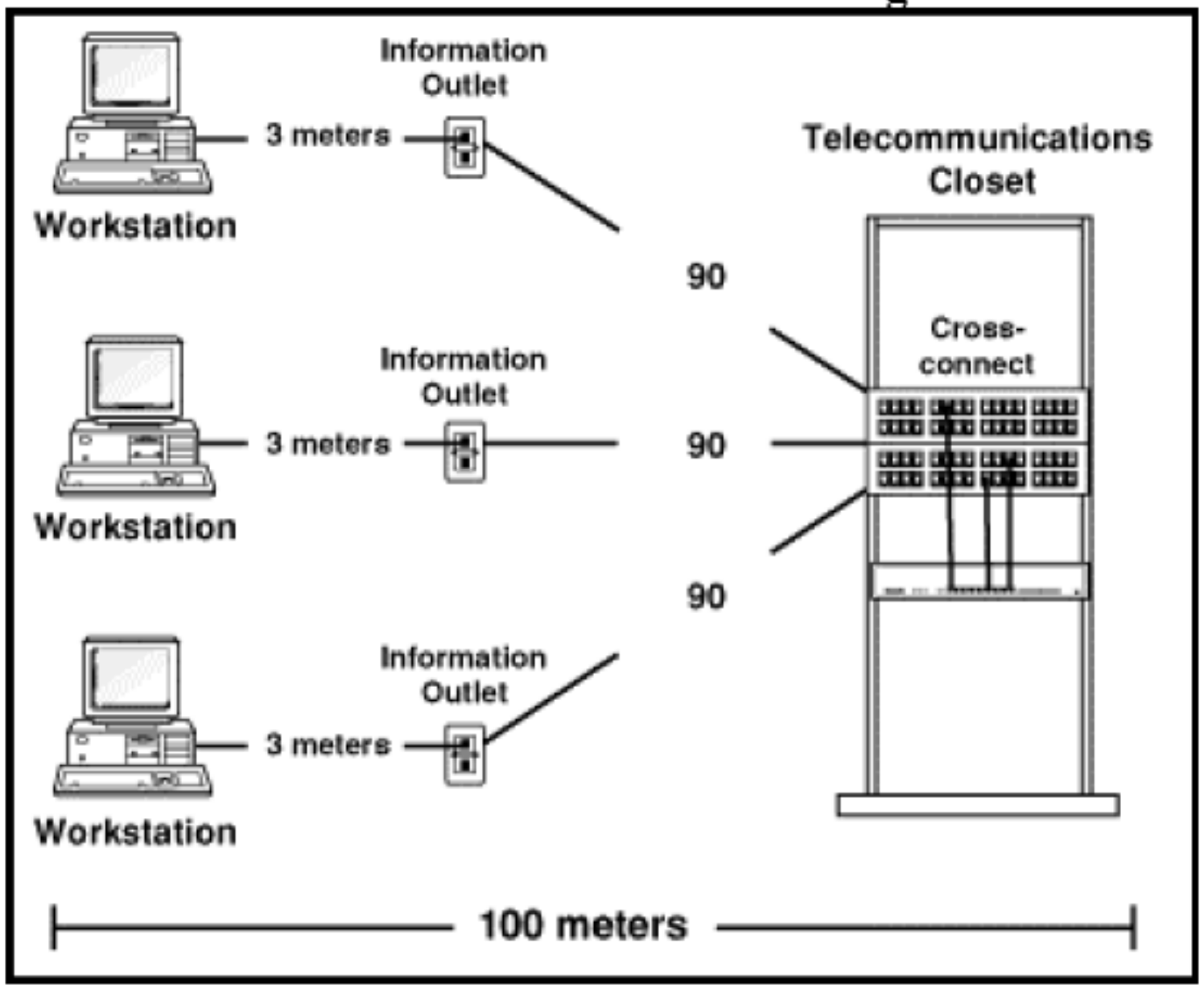
Standard SCS

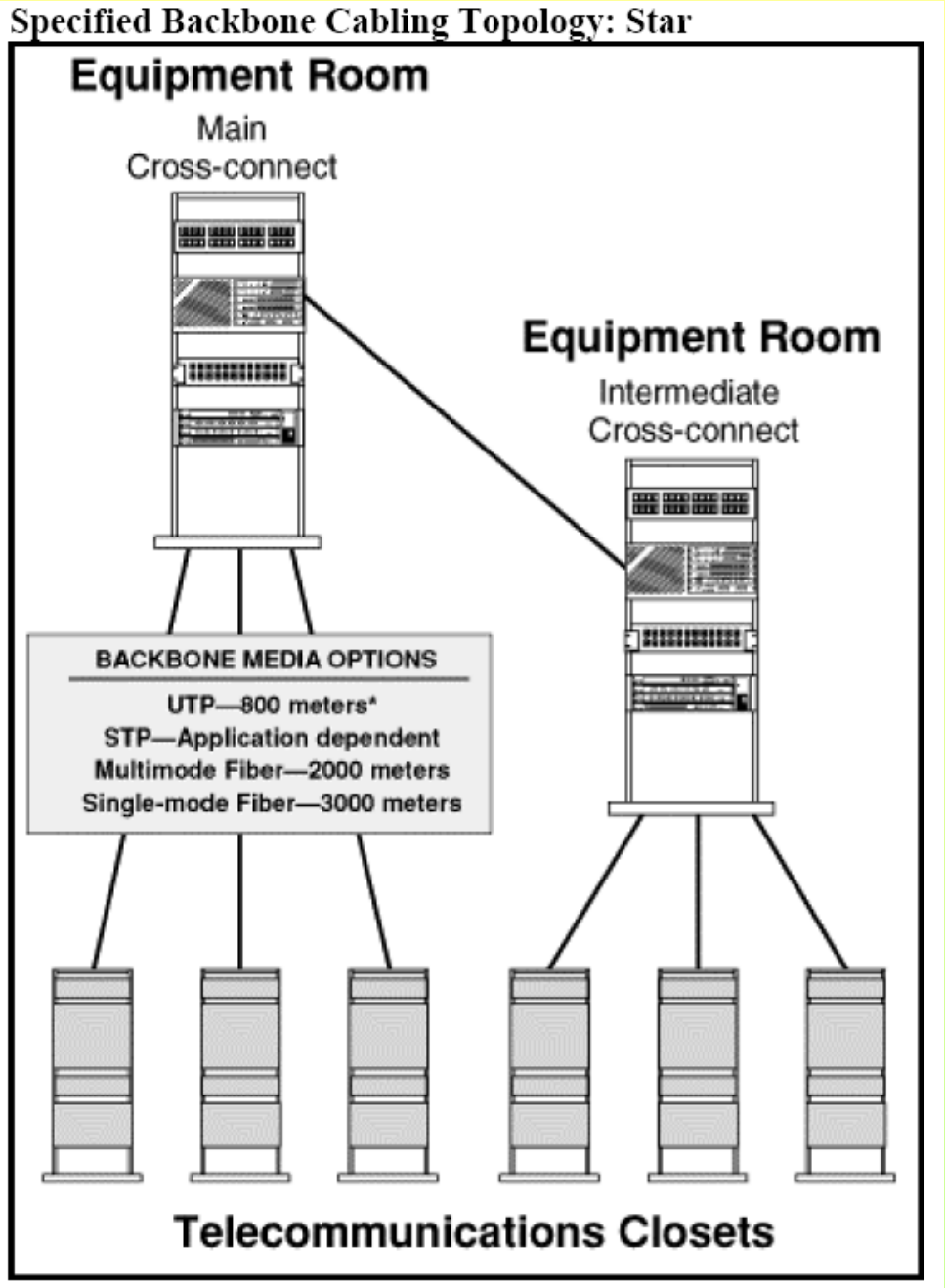
- ANSI/TIA/EIA - 568-A
- Standard ANSI/TIA/EIA-568-A menentukan syarat minimum bagi penggelaran perkabelan telekomunikasi di dalam suatu bangunan komersial, termasuk outlet/konektor telekomunikasi, dan jaringan antar gedung
- Menurut standard di atas, SCS terdiri dari 6 subsistem fungsional yaitu:
  - Entrance facility: tempat masuknya gelaran kabel luar (outside plant) ke dalam gedung
  - Equipment room: ruangan penyimpan perangkat telekomunikasi (PBX, video switch dsb.)
  - Backbone cabling: penghubung *telecommunication closet*, *equipment rooms*, dan *entrance facilites*
  - Telecommunication closet: Lokasi tempat terminasi (ujung) perkabelan horizontal
  - Horizontal cabling: media fisik yang menghubungkan setiap outlet dengan closet
  - Work-area components: menghubungkan ujung sistem perkabelan horizontal (telecommunication outlet/konektor) dengan perangkat lain untuk melakukan pelerjaan


4
5
6
3
1. Entrance Facility
2. Equipment Room
3. Backbone Cabling
4. Telecom Closet
5. Horizontal Cabling
6. Work Area
2
1

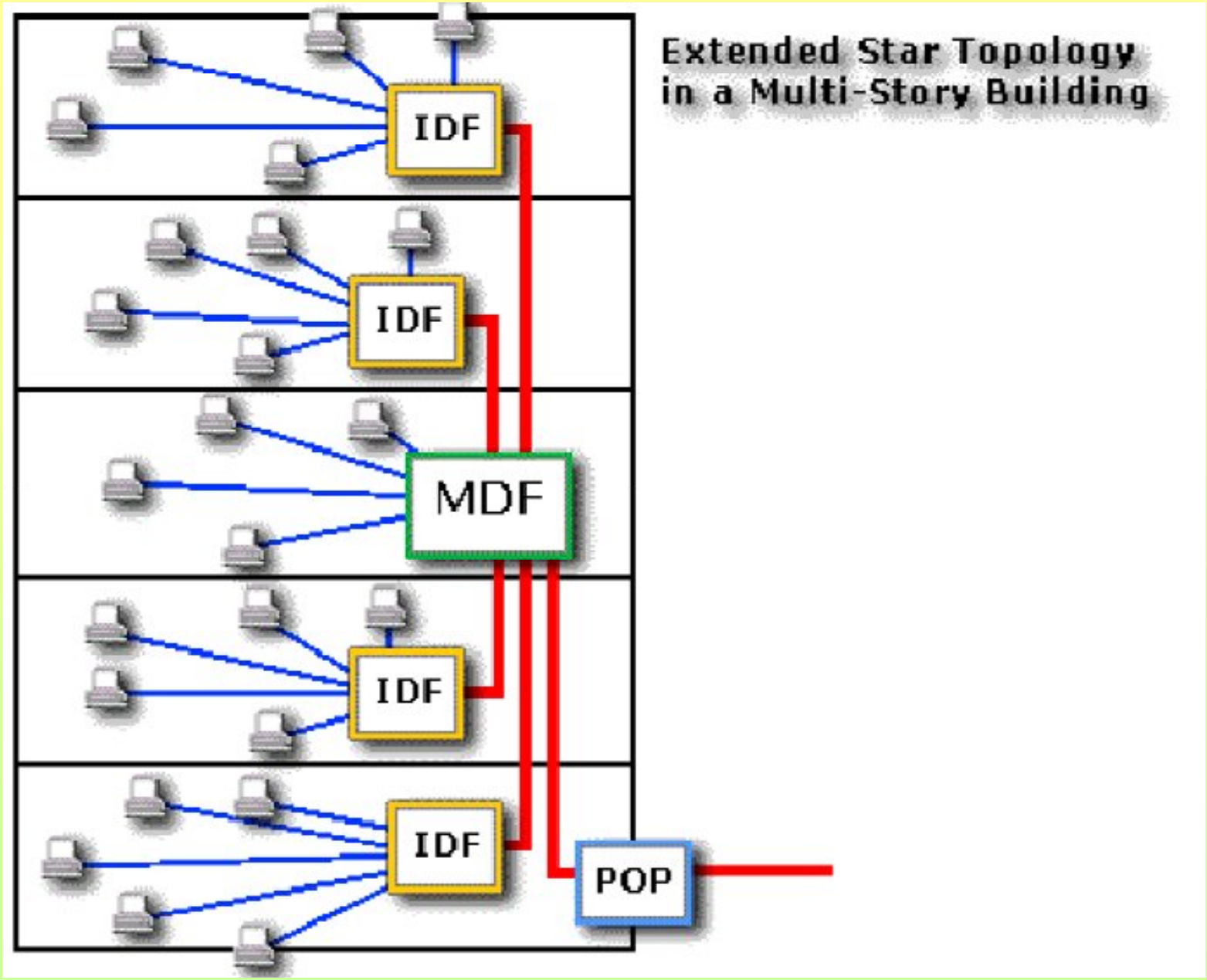

Coverage
Area
Horizontal
Riser
Backbone
TC
Work Area
Administration
Campus Backbone
Equipment
MC

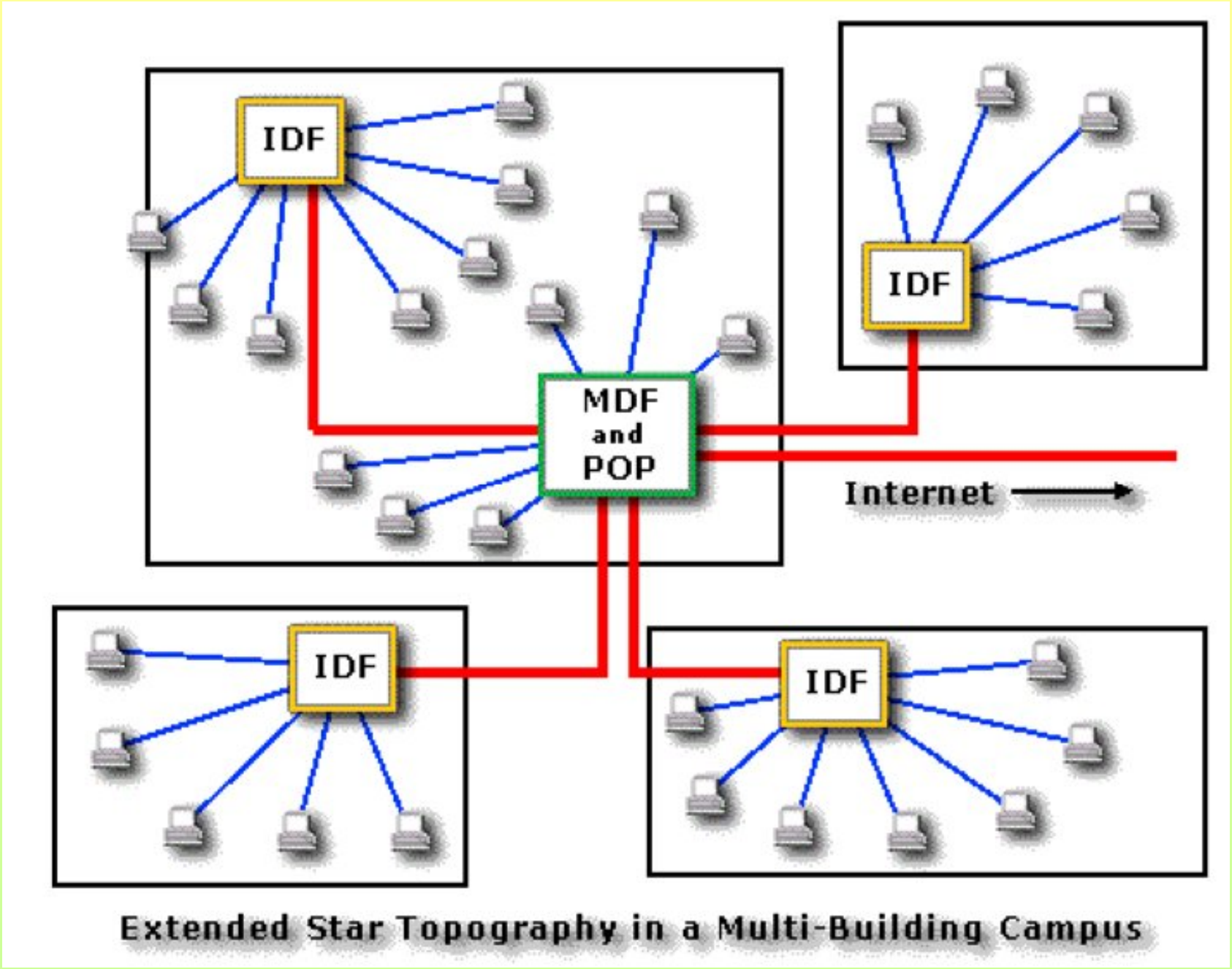
Maximum Distances for Horizontal Cabling





- Jenis kabel yang bisa digunakan dan jarak maksimum backbone:
- 100 ohm UTP (24 or 22 AWG) 800 meters (2625 ft) untuk Voice
  - 90 meter untuk UTP pada spectral bandwidths of 5 MHz - 16 MHz for CAT 3, 10 MHz - 20 MHz for CAT 4 and 20 MHz - 100 MHz for CAT 5.
- 150 ohm STP 90 meters (295 ft) Data
- Multimode 62.5/125 µm optical fiber 2,000 meters (6560 ft)
- Single-mode 8.3/125 µm optical fiber 3,000 meters (9840 ft)


Extended Star Topology
in a Multi-Story Building
IDF
IDF
MDF
IDF
IDF
POP



Extended Star Topography in a Multi-Building Campus

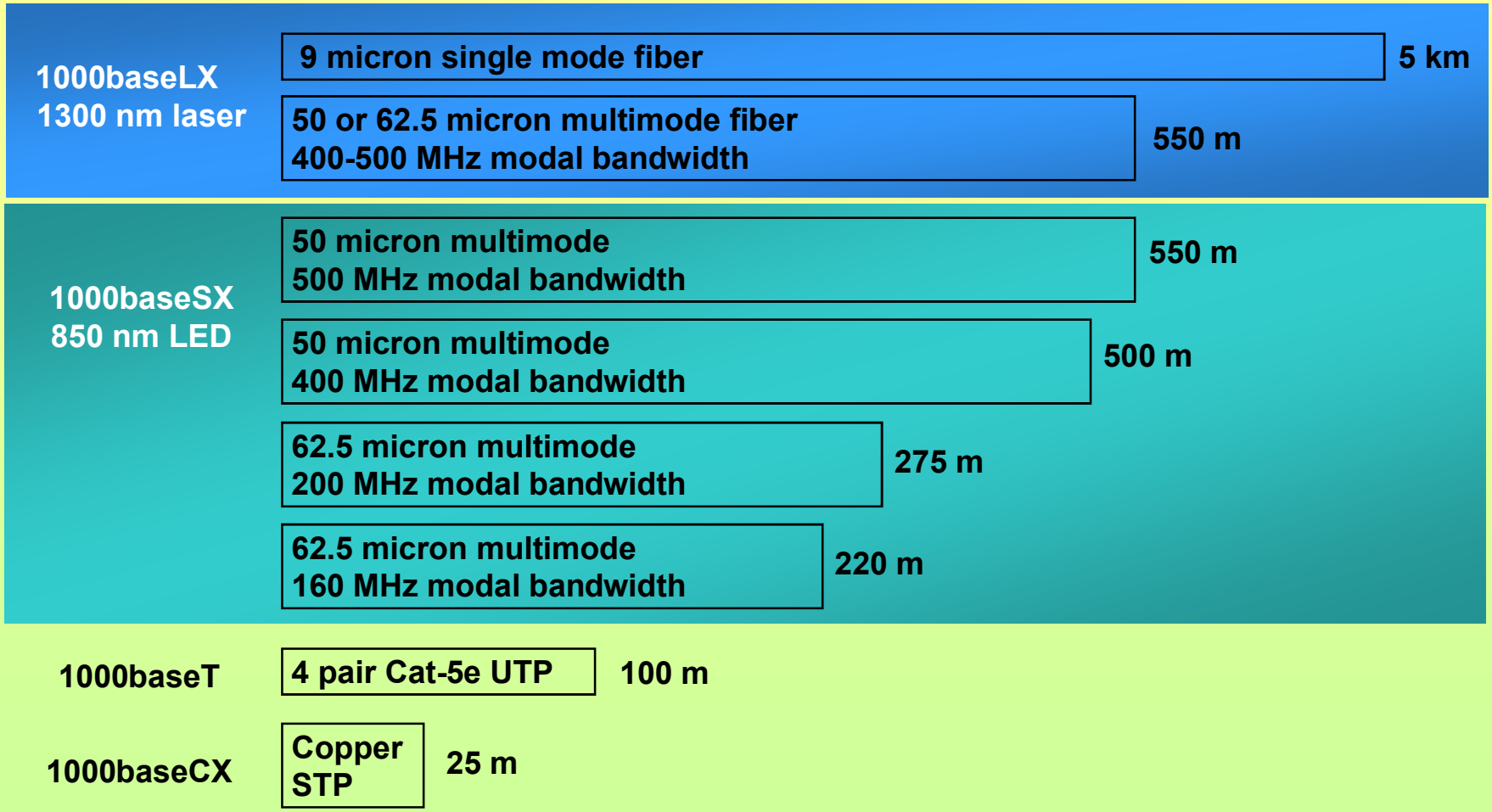
Fast Ethernet

- 100 Mbps
- Autonegotiation function
  - Mampu mendeteksi mode target lawan komunikasi (Ethernet atau Fast Ethernet)

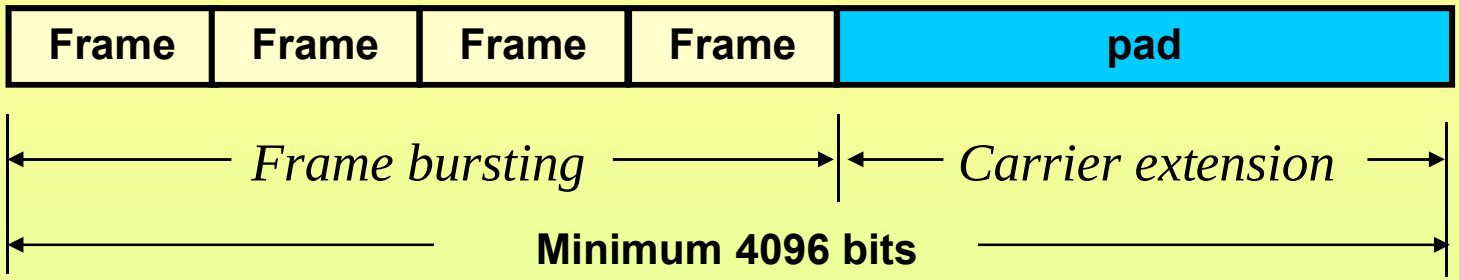
Gigabit Ethernet

- Format frame, MAC, dan aturan deteksi kesalahan sama dengan ethernet generasi sebelumnya
- Ukuran frame minimum sama (64 byte) dan interframe gap 96 bit
- Beberapa tipe media yang digunakan
  - UTP, shielded copper
  - short-wave fiber optics
  - long-wave fiber optics

Gigabit Ethernet Media Types



Carrier Extension dan Frame Bursting



- Transmisi Gigabit ethernet harus menggunakan frame yang panjangnya paling sedikit 4096 bit
- Panjang frame minimum masih 64 bytes (512 bit) (kompatibel dengan ethernet).
- Pengirim harus menambahkan bit-bit (padding) untuk frame-frame yang pendek agar tercapai panjang 4096 bits. Proses ini disebut *carrier extension.*
- *Frame bursting :* Jika pengirim mempunyai beberapa frame yang pendek-pendek, maka dia dapat mengirimkan mereka secara berurutan (tanpa interframe gap) untuk meminimalkan *carrier extension*

10 Gigabit Ethernet

Features of 802.3ae Standard

- Compatible with other existing 802.3 protocols
  - Preserve IEEE 802.3 Ethernet MAC and Frame format
- Optical Media only (no copper cable options)
- Full- duplex only (no CSMA/ CD)
- Define two familiar PHYs
  - A LAN PHY, operating at a data rate of 10Gb/s
  - A WAN PHY,operating at a data rate compatible with the payload rate of OC-192/SDH VC-4-64c
- Support longer distance (40 Km)
- New Coding Schemes (64b/ 66b)

Performance Characteristics

- Range of distances

  65-40,000 meters

- Straightforward scalability

  10/100/1000/10000 Mb/s

- Low Cost

  Not only the cost of installation, but the cost of network maintenance and management

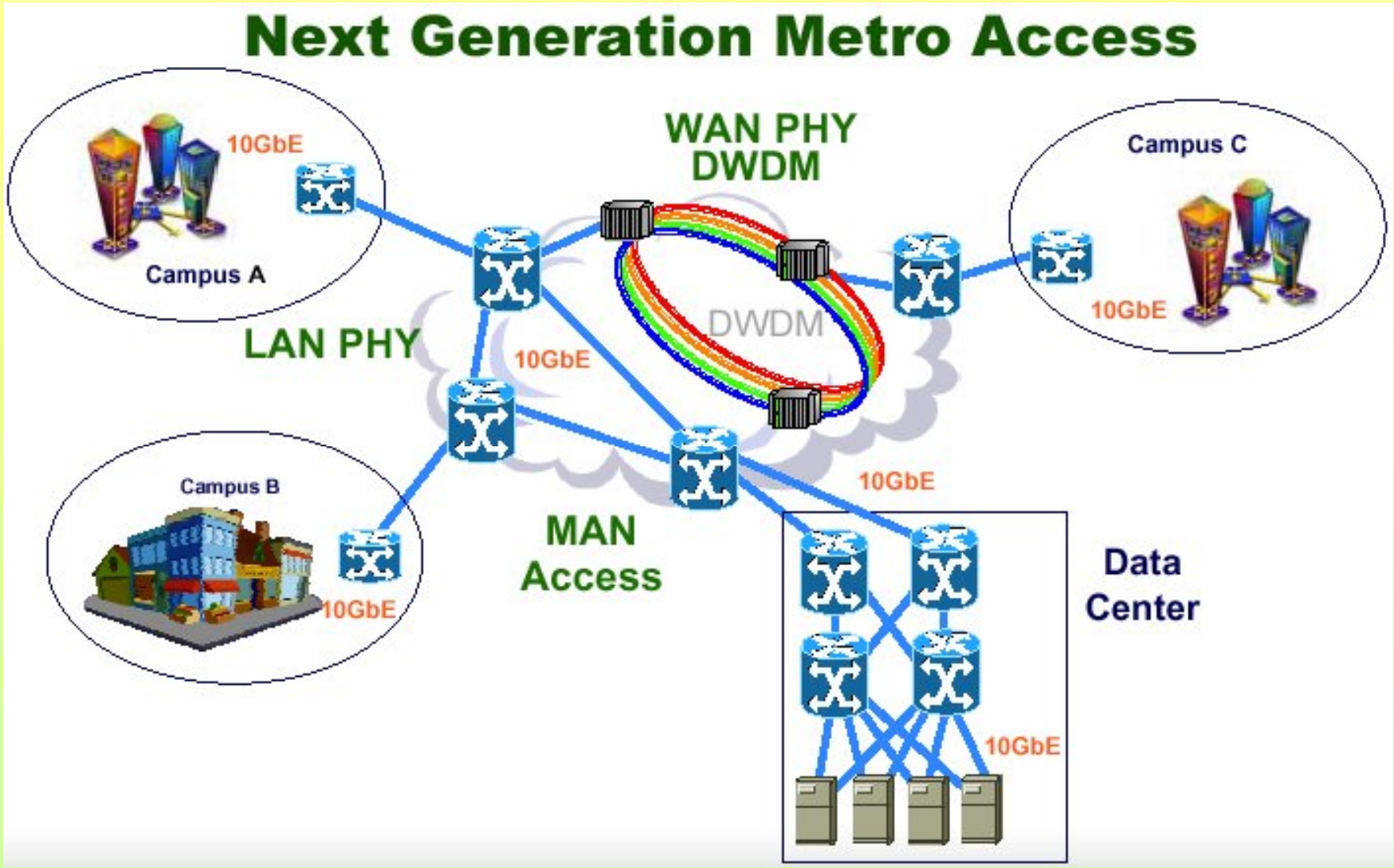
  Increases the exiting 1-Gbit Ethernet at only 2-3 times the cost.

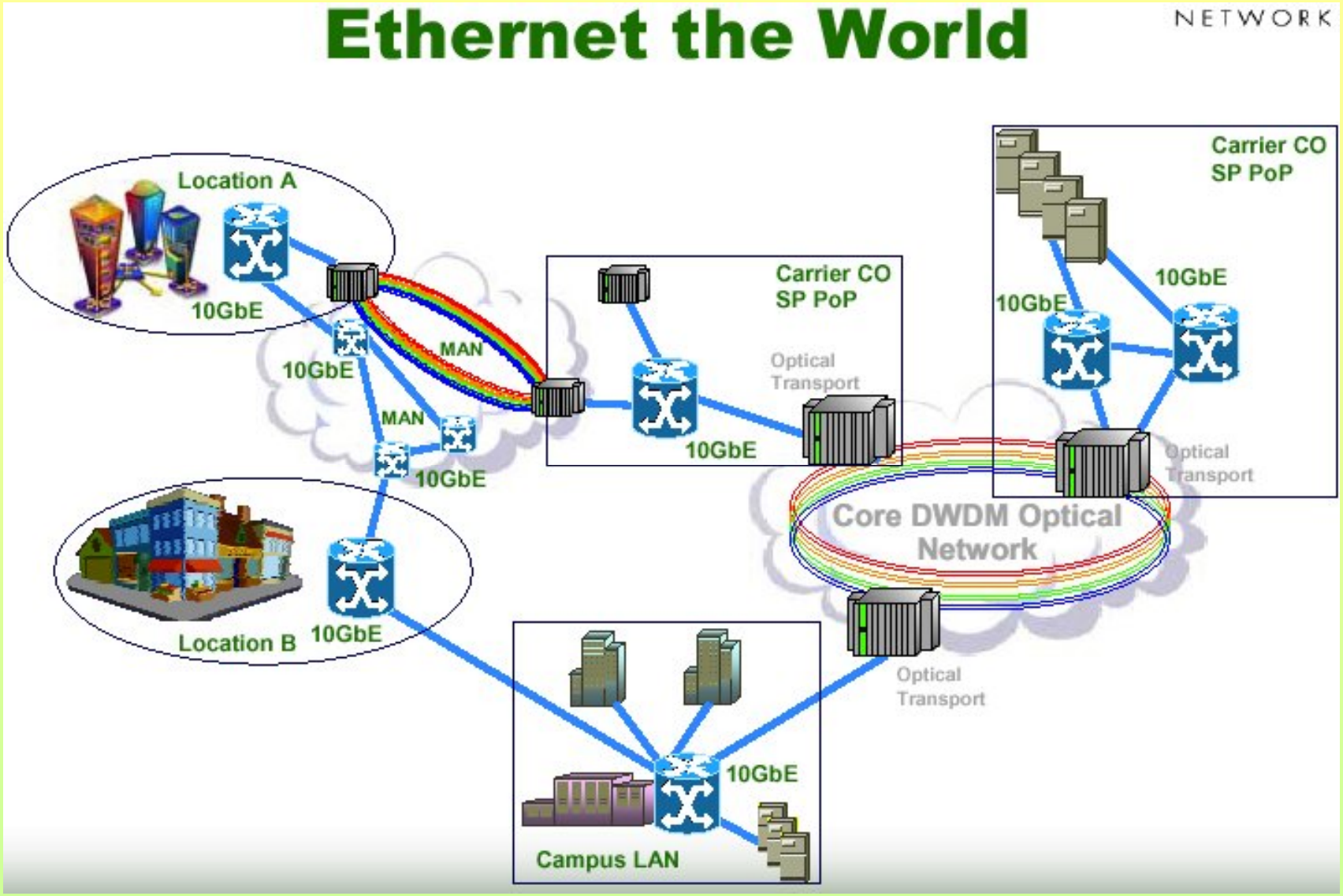
  Only 1/5 the cost of deploying ATM or Sonet

DVD Movie Download "The Matrix" 7.81 GB

from New York to Beverly Hills

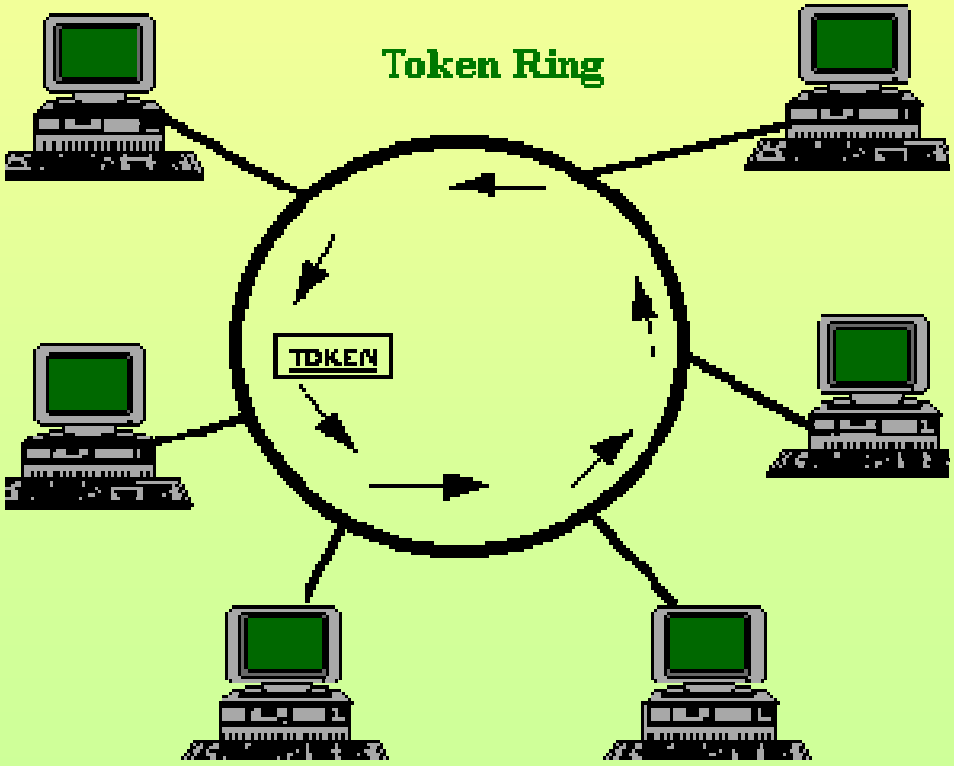
Technology	Minutes	Hours	Days
Modem *56K*	18,904.8	315.1	13.1
ISDN *128Kbps*	8,720.8	137.8	5.7
Cable Modem *1.56Mbps*	705.8	11.8	0.5
T-1/DSL *1.54Mbps*	685.7	11.4	0.5
FedEx Express	600.0	10.0	0.4
Gigabit Ethernet *1000 Mbps*	1.1	0.1	0

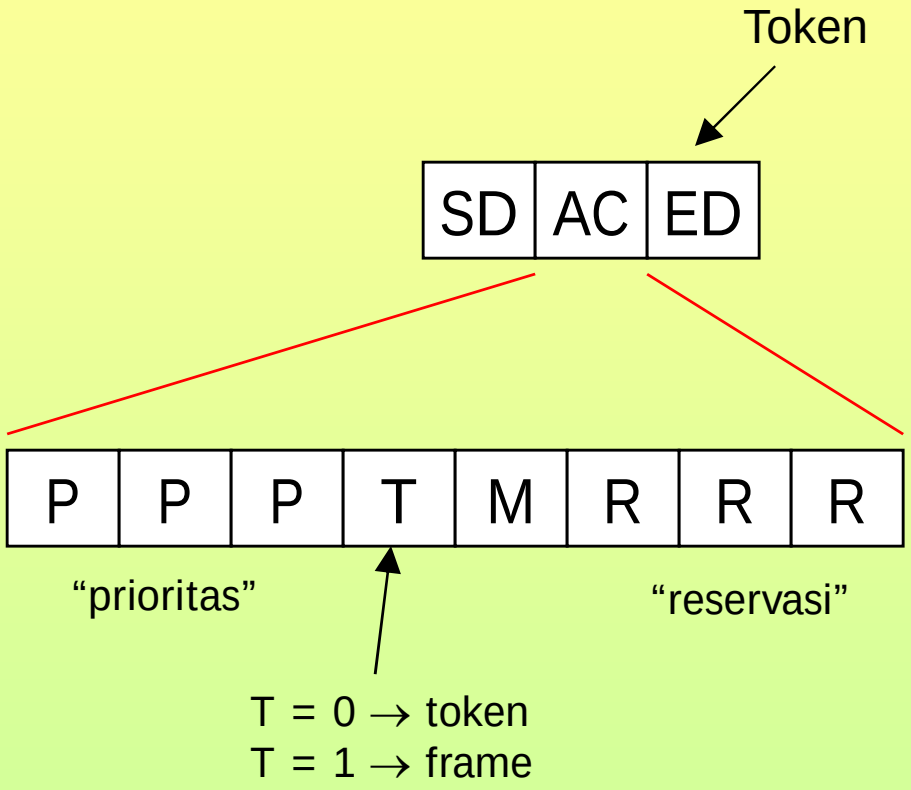

Next Generation Metro Access
10GbE
Campus A
WAN PHY
DWDM
Campus C
LAN PHY
10GbE
DWDM
10GbE
Campus B
10GbE
MAN
Access
10GbE
Data
Center
10GbE


Ethernet the World
NETWORK
Location A
10GbE
10GbE
MAN
MAN
10GbE
Carrier CO
SP PoP
Optical
Transport
10GbE
Carrier CO
SP PoP
10GbE
10GbE
Optical
Transport
Core DWDM Optical
Network
Location B
10GbE
Optical
Transport
10GbE
Campus LAN

Token ring

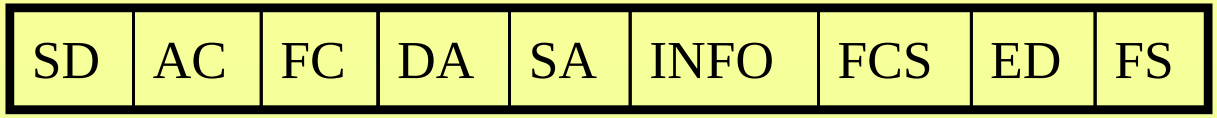
- Topologi : ring
- MAC : token passing





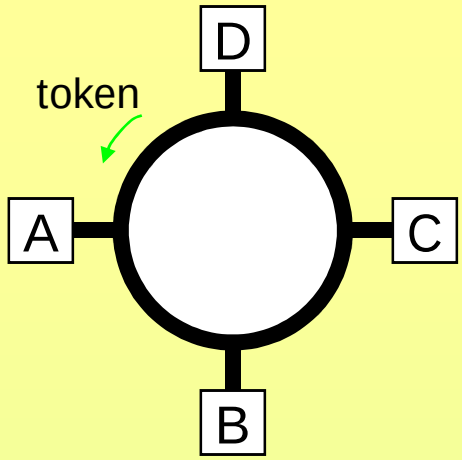
SD = Starting Delimiter (1 Octet)
AC = Access Control (1 Octet)
ED = Ending Delimiter (1 Octet)

Format frame token ring

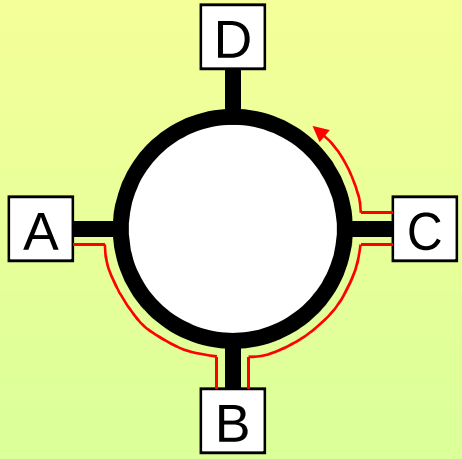


FC = Frame Control (1 Octet)
DA = Destination Address (2 or 6 Octets)
SA = Source Address (2 or 6 Octets)
INFO = Information 0 or more octets up to 4027 FCS = Frame Check Sequence (4 Octets)
ED = Ending Delimiter (1 Octet)
FS = Frame Status (1 Octet) this octet includes the address recognition bit (A) & copy bit (C bit; indikasi suatu DTE telah mengopi frame)

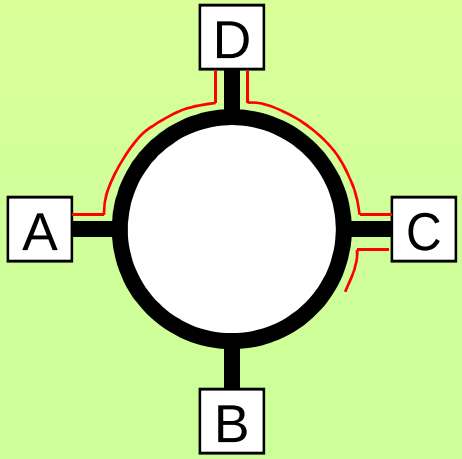
DTE A akan mengirimkan
frame ke DTE C. DTE menunggu datangnya token



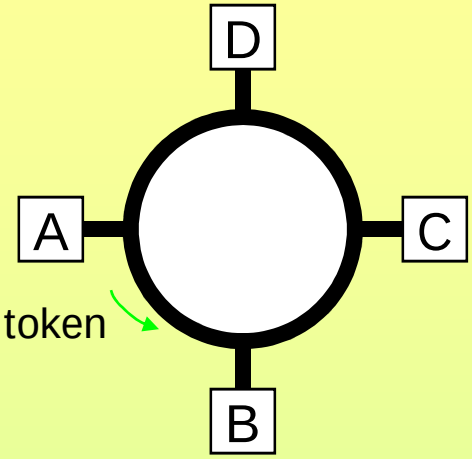
DTE A mengirimkan frame ke ring;
DTE C mengopi frame



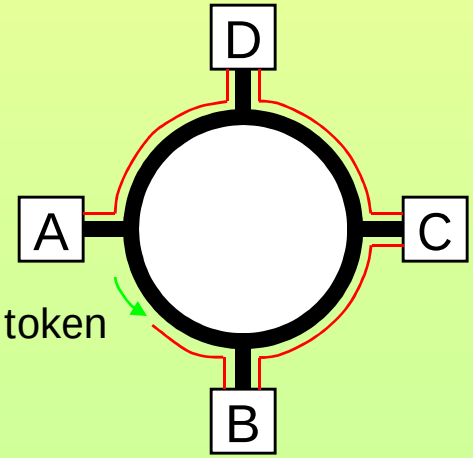
DTE A menunggu datangnya awal frame, tetapi tidak
Mengulangi perngiriman frame sehingga DTE A
Menghilangkan frame dari ring



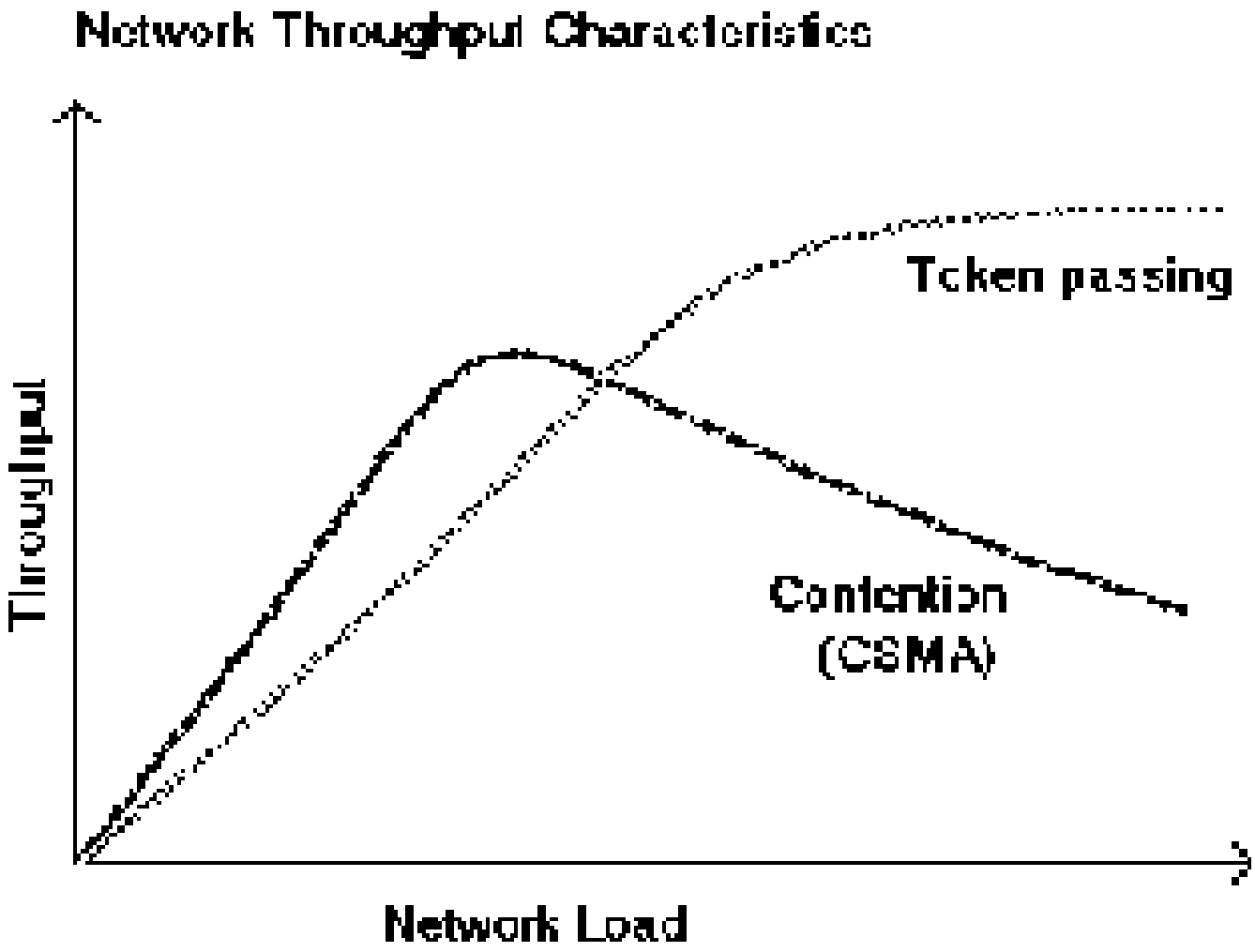
Pada ring 4 Mbps
Jika bit terakhir dari frame telah diterima
DTE A akan membangkitkan kembali token



Pada ring 16 Mbps
Ketika bit terakhir dari frame telah dikirimkan,
DTE A akan langsung membangkitkan kembali token
(early release token)



Perbandingan throughput token passing dengan CSMA/CD

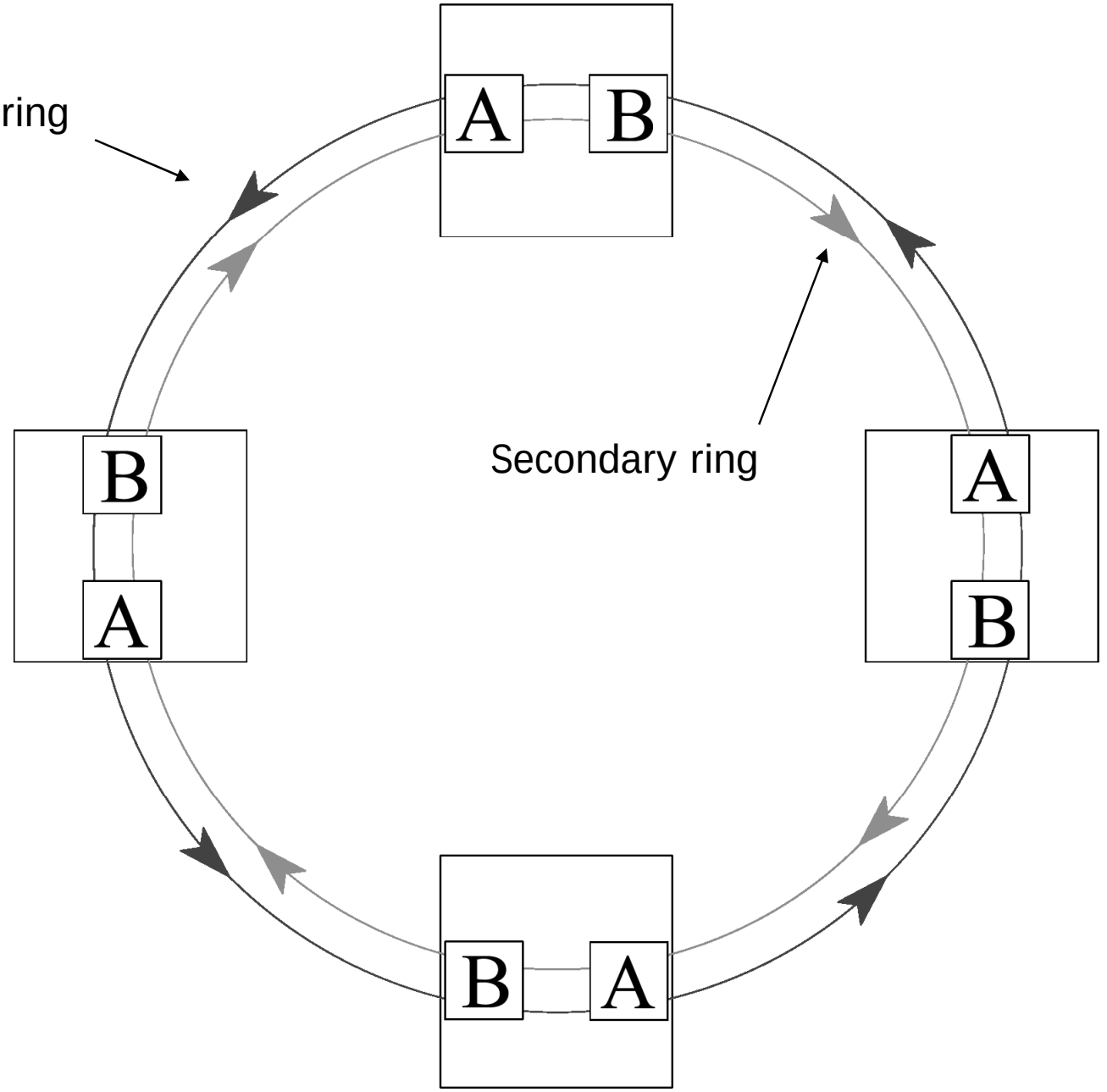


Fiber Distributed Data Interface (FDDI)

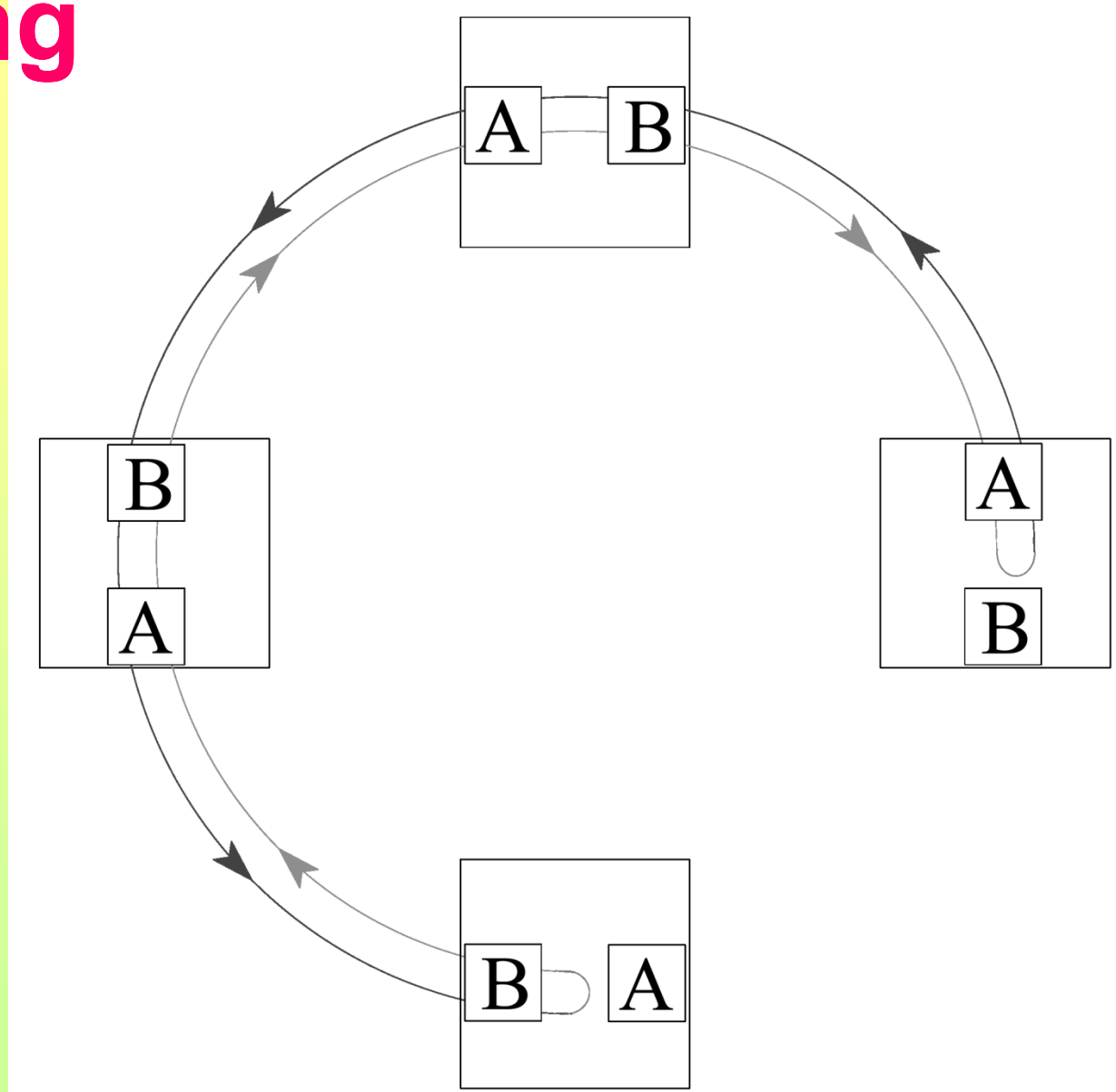
- Standard LAN (biasanya digunakan sebagai backbone) dari American National Standard Institute (ANSI)
- Konfigurasi jaringan : *dual counter-rotating rings*
  - Ring primer
  - Ring sekunder : terutama untuk backup
- Kapasitas jaringan : 100 Mbps
- Jangkauan jaringan : sampai 100 km
- Jumlah node dapat sampai 500 pada setiap ring
  - Jika ring primer gagal sehingga terbentuk wrap ring maka panjang ring total tidak boleh melebihi 200km dan jumlah node tidak boleh melebihi 1000
- Jarak antar node
  - Sampai 2 km pada serat optik multi-mode
  - Sampai 20 km pada serat single-mode

Dual counter-rotating rings

- Improve reliability

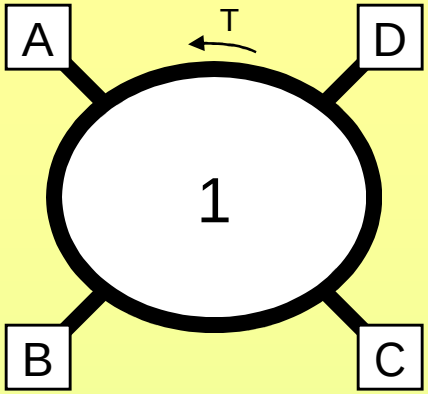


Wraped ring

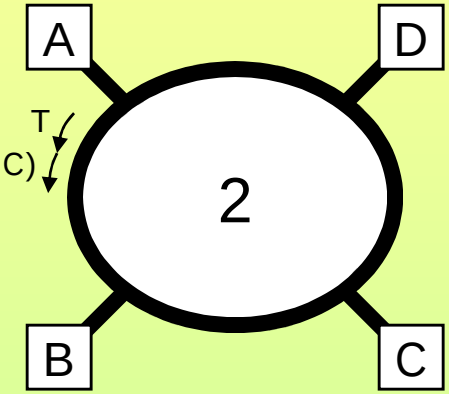


Frame transmission (dari A ke C dan B ke D)

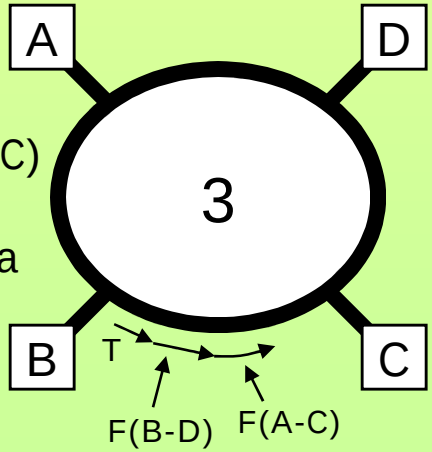
A menunggu Token (T)



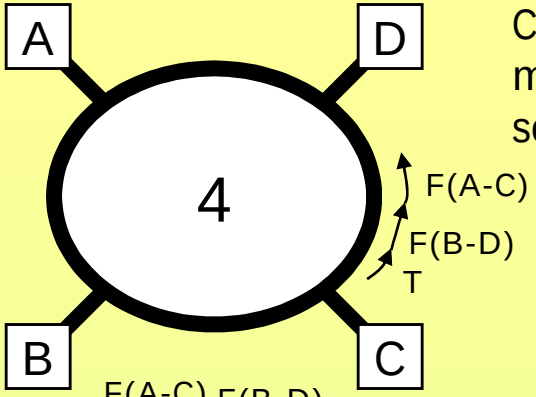
A mengirimkan frame F(A-C) sambil mem-bangkitkan kem-bali token

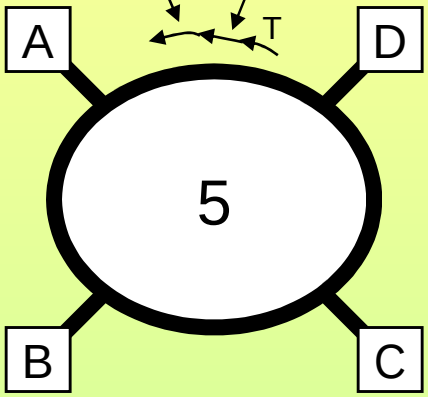


B mengulang F(A-C) dan menyertakan F(B-D) di ujungnya Diikuti oleh T

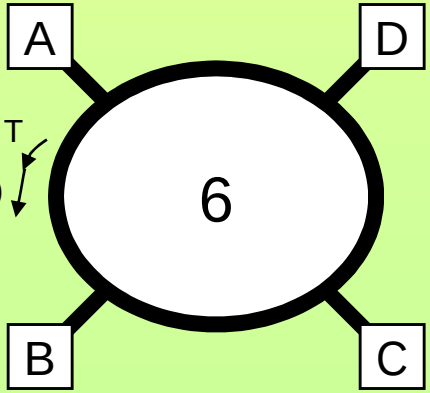


C mengopi dan mengulang F(A-C) serta F(B-D) dan T

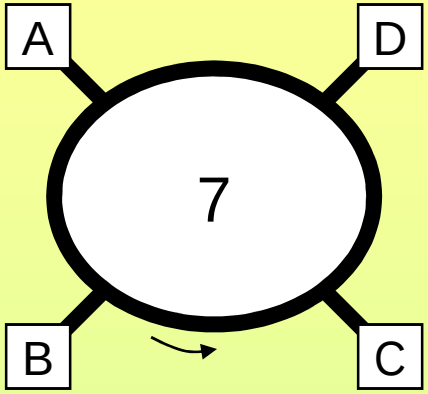




D mengulang F(A-C) dan mengulang F(B-D) serta T



A menghilangkan F(A-C) dari ring dan mengulang F(B-D) serta T



B menghilangkan F(B-D)
dari ring dan
mengulang T

Tipe trafik yang dapat dilayani FDDI

- Trafik asynchronous : trafik yang dikirimkan dalam selang waktu yang acak. Contoh : transfer file, e-mail, dsb.

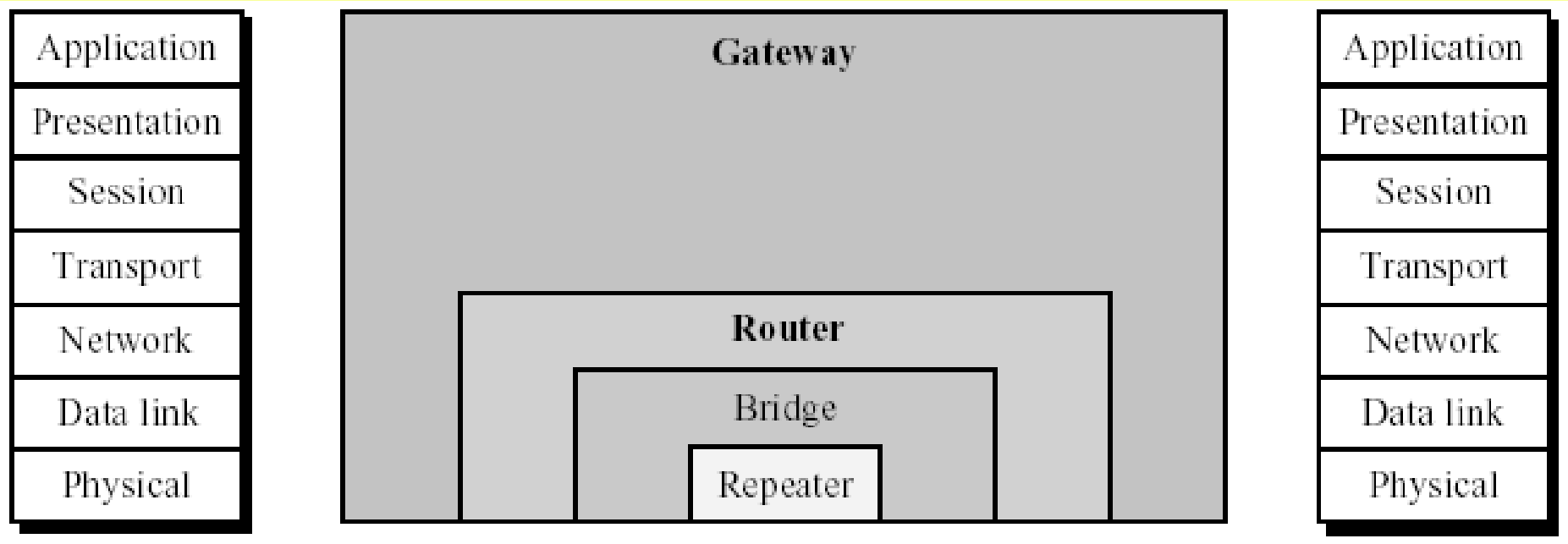
Isochronous traffic

- Trafik yang sensitif terhadap delay dan variasi delay (jitter)
- FDDI tidak dapat melayani pengiriman trafik *isochronous*
- Dikembangkan FDDI II untuk melayani pengiriman trafik *isochronous*

FDDI-II

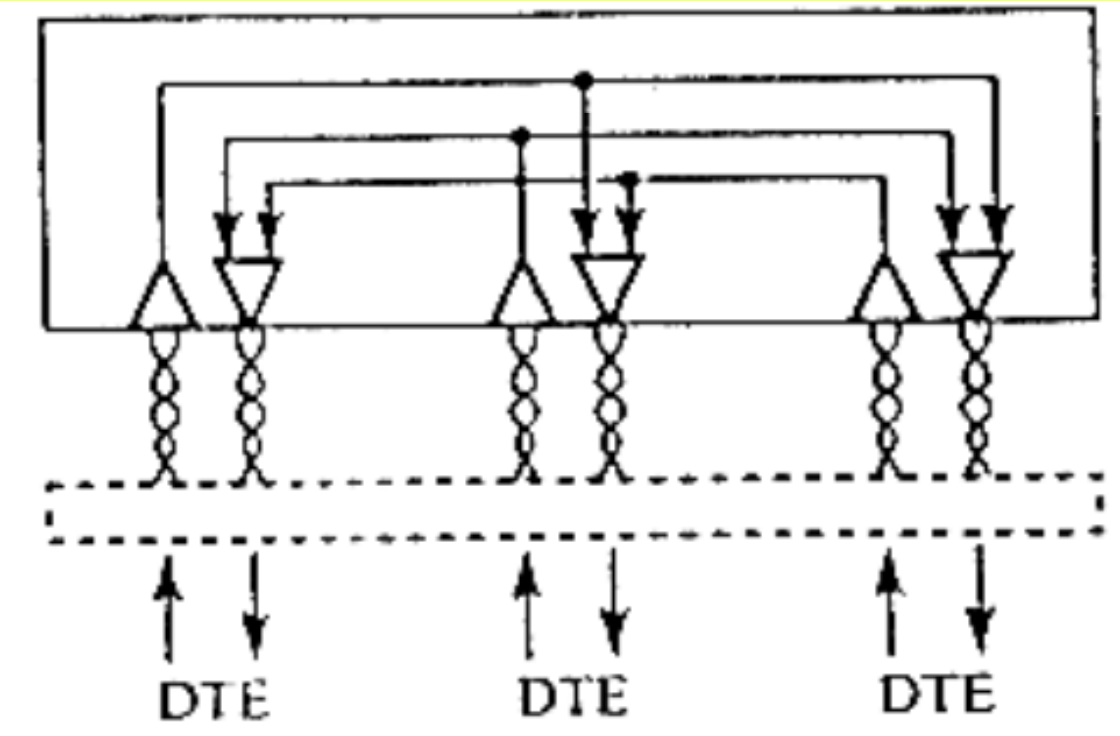
- Bisa bekerja dalam dua mode
  - Mode dasar (basic mode) : bekerja seperti FDDI
    - Transmisi dikendalikan token
    - *Available bandwidth* dipakai secara *time-shared* menggunakan TTRP
  - Hybrid mode :
    - Bandwidth dibagi menjadi sejumlah kanal (channel) menggunakan teknik TDM oleh *cycle master*. Setiap kanal yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengirimkan data aynchronous atau isochronous

Memperluas Jangkauan LAN


Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data link
Physical
Gateway
Router
Bridge
Repeater
Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data link
Physical

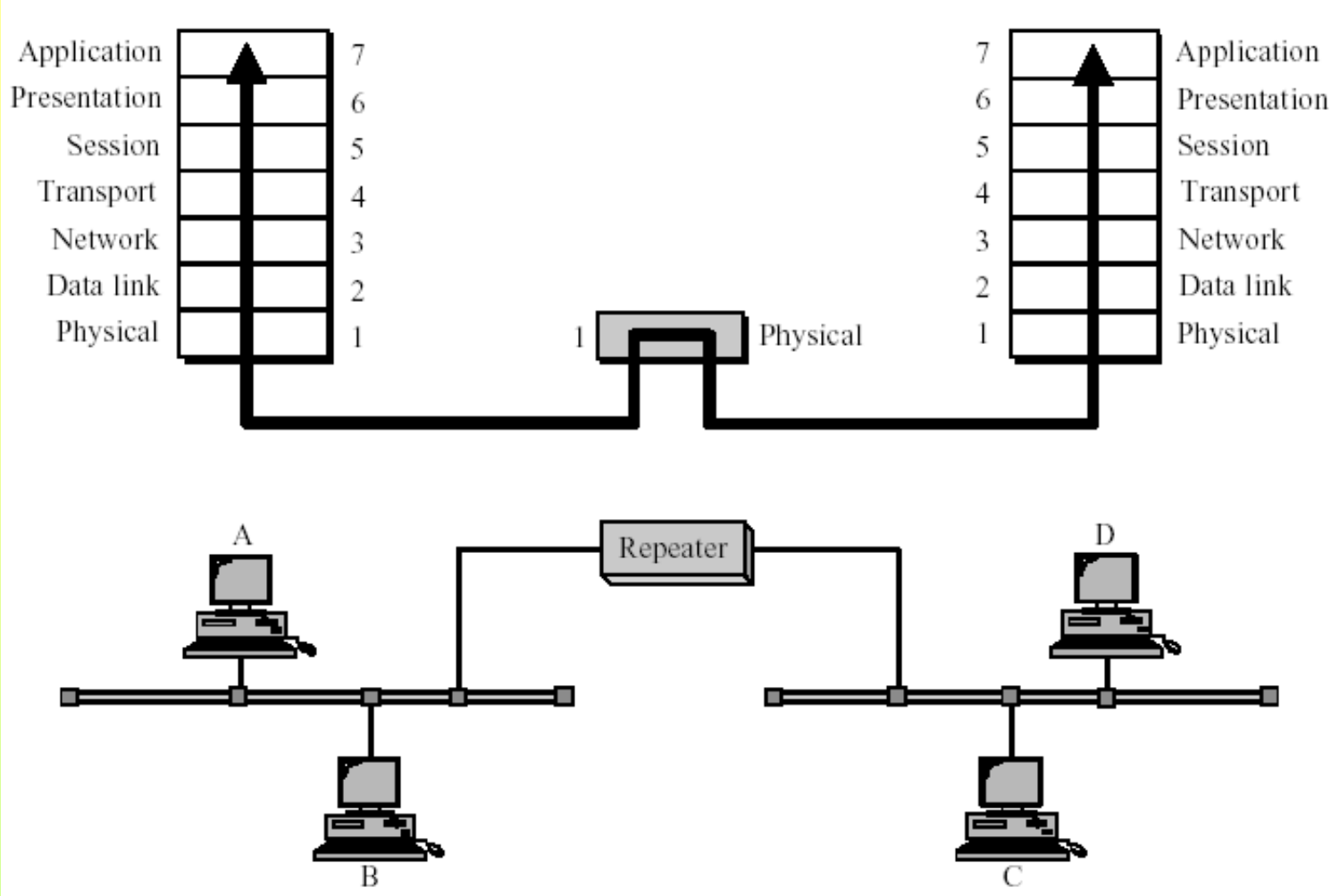
Repeater (hub)

Seluruh DTE pada 10/100Base-T dihubungkan ke repeater (hub), maka repeater dibuat sedemikian rupa agar jaringan dapat dipandang sebagai suatu *shared network* (seperti halnya 10base-5 atau 10base-2)



Fred Halsall's

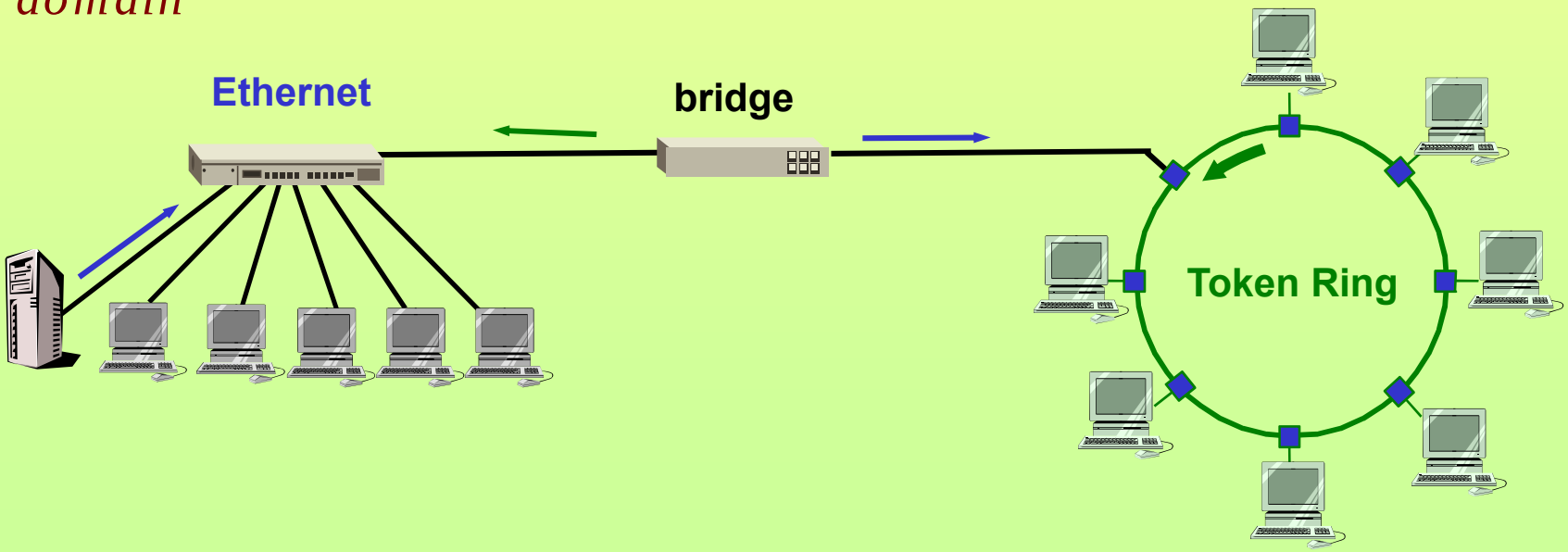
Repeater

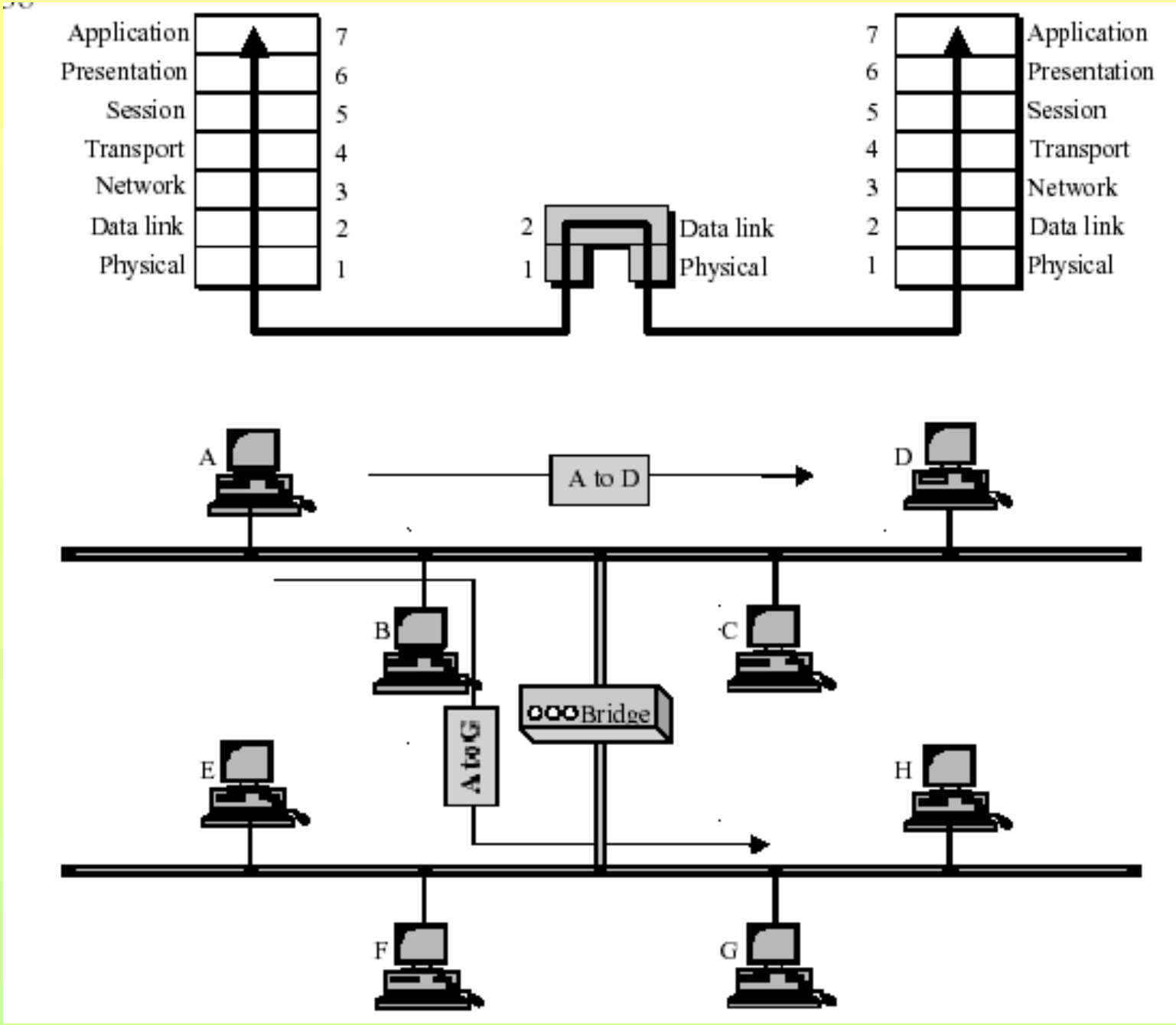


- Menghubungkan dua segmen LAN yang setipe
- Memperkuat sinyal dari satu segmen ke segmen yang lain
- Noise dan collision ikut disebarkan (tdk dapat memecah collision domain)
- Tidak mengerti format paket
- Known as hub

Bridge

- Perangkat layer 2
- Menghubungkan dua segmen LAN (bisa berbeda tipe)
- Mem-forward frame bila perlu
  - Dapat mengenal alamat hardware dan melakukan filtering terhadapnya
    - Noise dan collision tidak ikut disebarkan (tidak diforward)
    - Broadcast/multicast traffic diforward ke seluruh port
- Memungkinkan transmisi beberapa frame secara independent
- Bisa memecah *collision domain* tetapi tidak dapat memecah *broadcast domain*

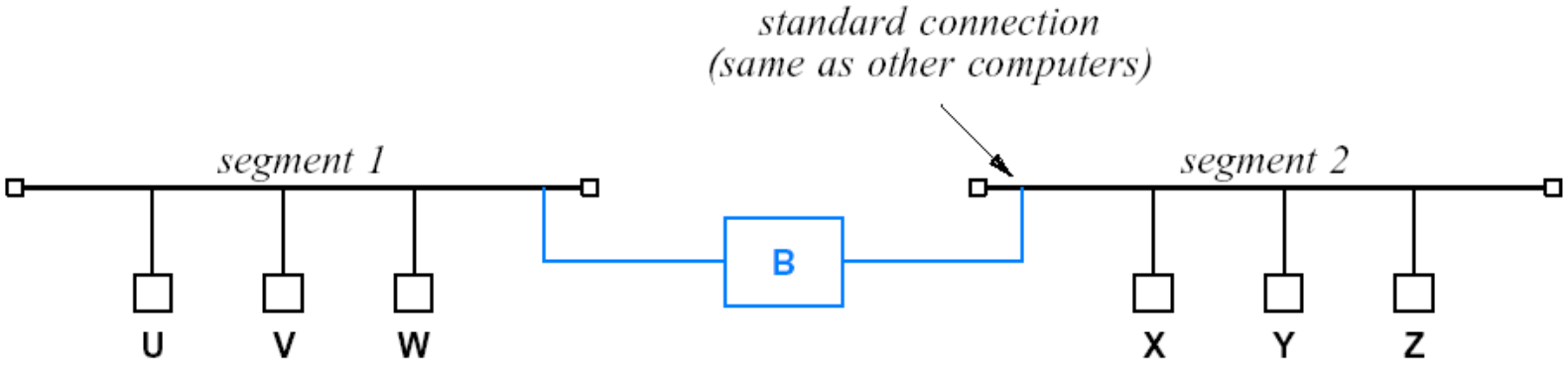



Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data link
Physical
7
6
5
4
3
2
1
Data link
Physical
A
A to D
D
B
C
Bridge
A to G
E
H
F
G

Algoritma pada Bridge

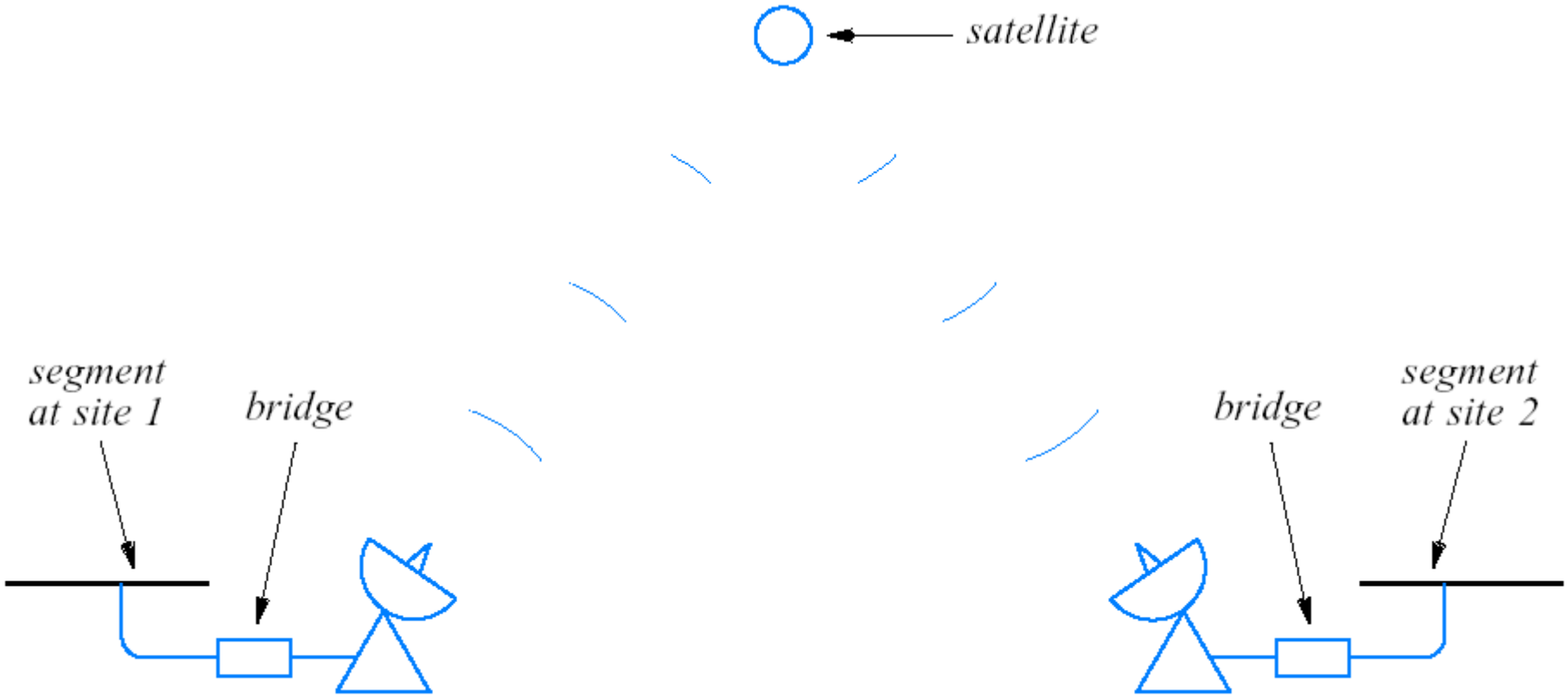
- Listen in promiscuous mode
  - It learns all of the traffics that come to its ports
- Mengamati *source address* dari frame yang masuk
  - Bridge menggunakan source address untuk dapat mengetahui lokasi suatu komputer

Ilustrasi pembelajaran yang dilakukan oleh suatu Bridge



Event	Segment 1 List	Segment 2 List
Bridge boots	–	–
U sends to V	U	–
V sends to U	U, V	–
Z broadcasts	U, V	Z
Y sends to V	U, V	Z, Y
Y sends to X	U, V	Z, Y
X sends to W	U, V	Z, Y, X
W sends to Z	U, V, W	Z, Y, X

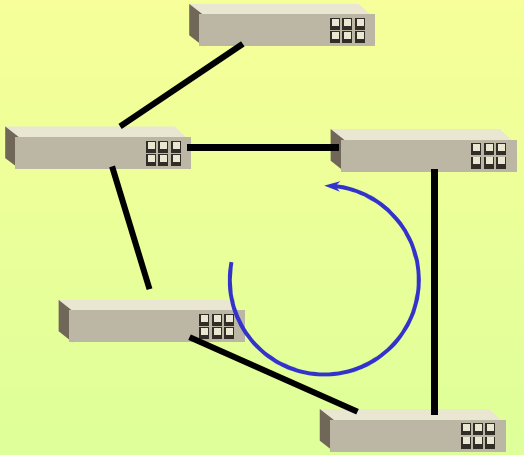
Satellite Bridging



- Beberapa jenis bridge:
  - Transparent (learning) bridge
    - Biasa digunakan pada jaringan Ethernet
    - Bridge dapat mengisi tabel forwarding-nya melalui pembelajaran sendiri (dengan mengamati alamat sumber)
    - Rawan terhadap masalah loop di jaringan
  - Source-routing bridge
    - Biasa digunakan pada jaringan Token Ring
    - Bridge sumber paket menentukan sendiri bridge dan LAN mana yang harus ditempuh oleh paket agar sampai ke tujuan
      - Bisa digunakan pula untuk mencegah loop pada jaringan menggunakan bridge
      - Cara lain untuk mencegah loop adalah dengan menerapkan Spanning Three Algorithm
  - Translation Bridge
    - Menghubungkan dua jaringan yang berbeda arsitektur
      - Misalnya antara Token Ring dengan Ethernet

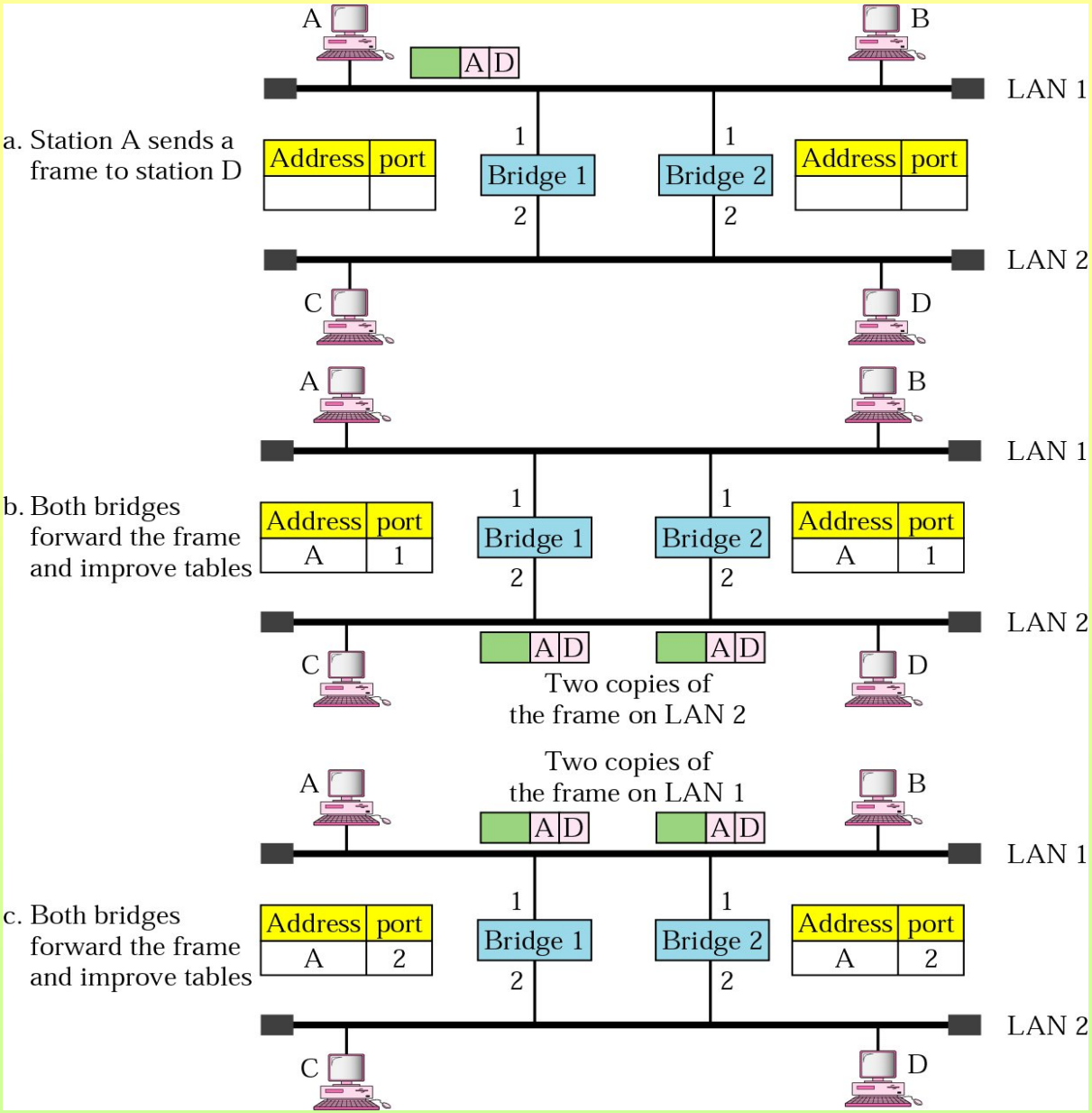
Spanning Tree Algorithm pada Bridge

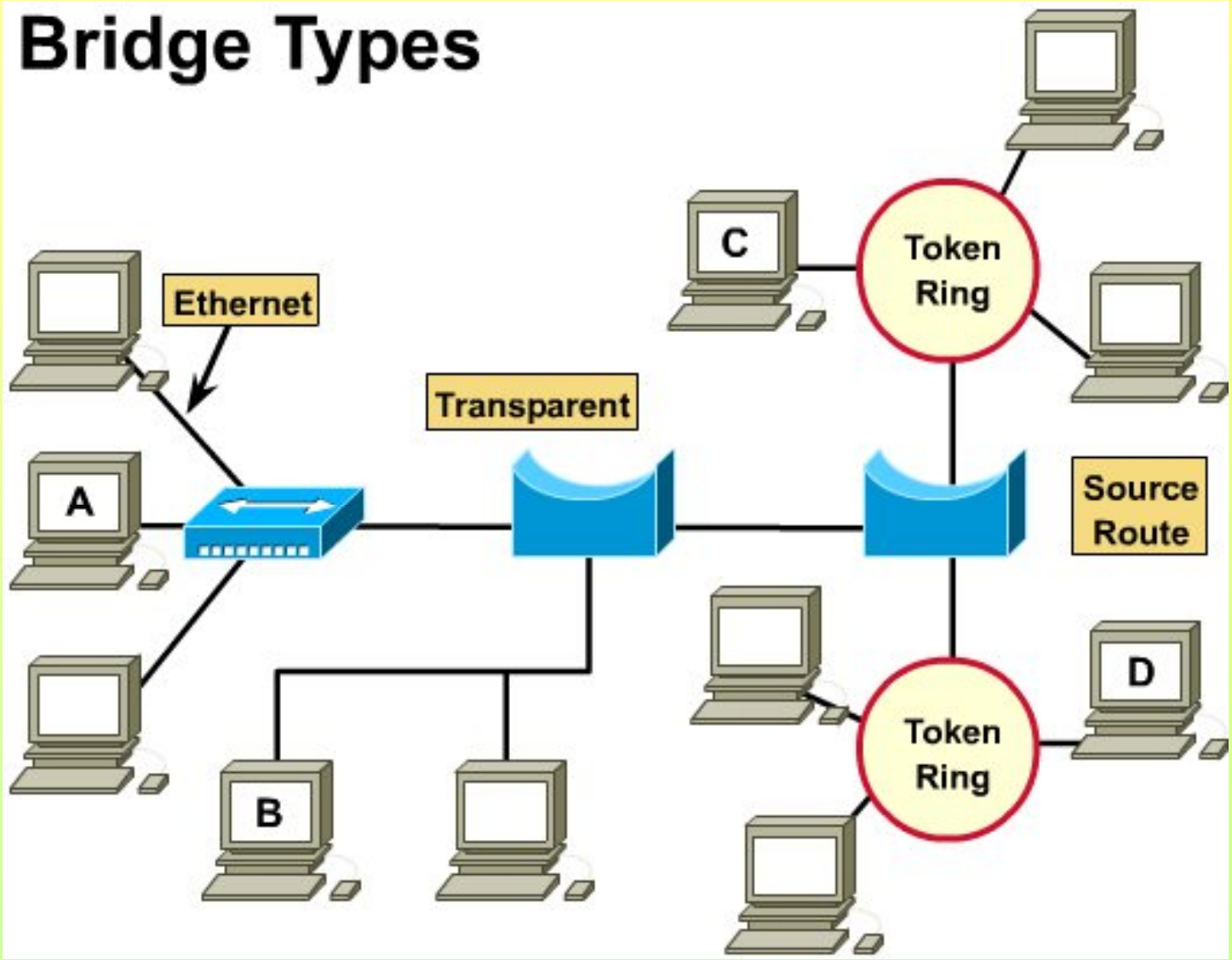
- Jaringan yang menggunakan bridge tidak boleh membentuk suatu cycle (loop tertutup)
- Untuk mencegah adanya cycle, pada bridge diterapkan spanning tree algorithm
  - Memungkinkan suatu bridge untuk mengenali bridge yang lain
  - Dapat memutuskan cyles
    - Walaupun secara fisik topologinya bisa berbentuk loop tertutup



Loop

- Loop problem itu lho……..



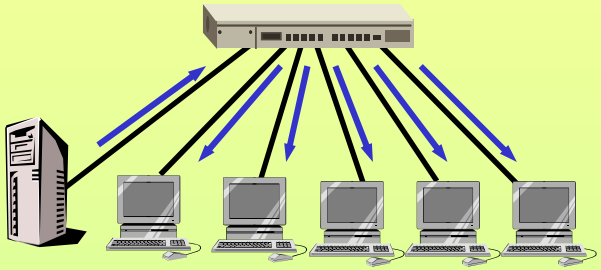

Bridge Types
Ethernet
Transparent
Source Route
Token Ring
Token Ring
A
B
C
D

Switch

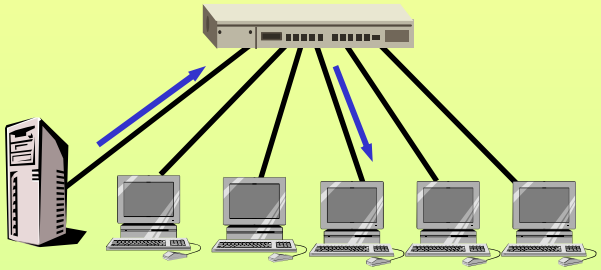
- Mampu mengenali frame (perangkat layer 2)
- Mengenali alamat
- Hanya mem-forward jika diperlukan
- Memungkinkan lebih dari satu pasang komputer berkomunikasi pada saat yang bersamaan

Perbedaan antara hub dan switch

Hub: shared media access



Switch: selective access



Beberapa terminologi

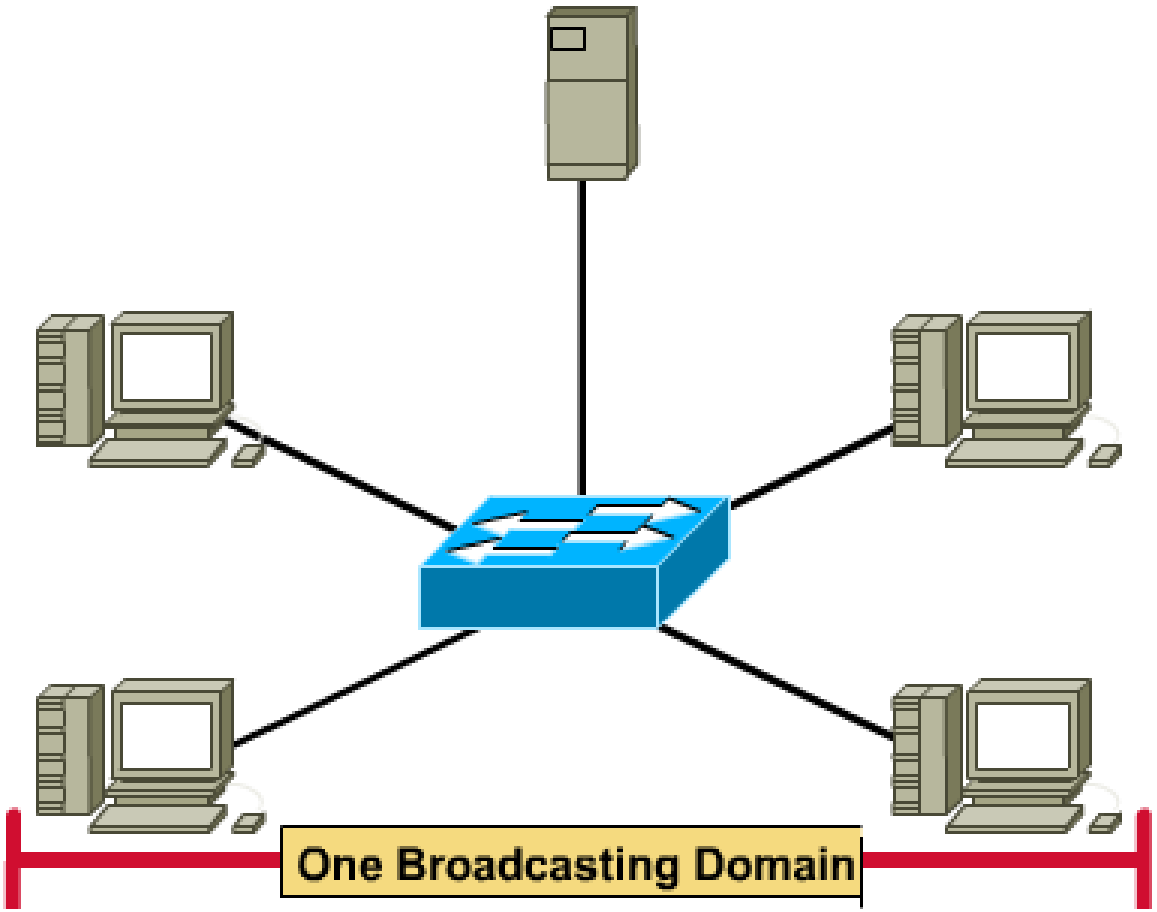
- Layer-2 switch (two-layer switch) adalah bridge yang memiliki banyak interface (multiport bridge) dan dirancang agar memiliki kecepatan yang lebih baik daripada bridge
- Layer-3 switch (three-layer switch) adalah router yang rancangannya lebih ditingkatkan agar memiliki kinerja lebih baik daripada router biasa
  - Layer-3 switch dapat menerima,mengolah dan mendistribusikan (dispatch) paket jauh lebih cepat daripada router biasa

What is Layer-2 switching?

- *Hardware based*
  - Menggunakan MAC address untuk melakukan penapisan (filtering)
- Switching berlangsung dengan cepat karena switch tidak memeriksa informasi header *network layer*
  - Hanya melihat *hardware address* sebelum memutuskan mem-forward frame atau men-dropnya
- Dapat digunakan untuk memecah *collision domain*
- Menaikkan bandwidth untuk setiap user karena setiap koneksi (interface) ke switch merupakan suatu *collision domain* sendiri sehingga kita dapat menghubungkan beberapa perangkat ke setiap interface

Keterbatasan *Layer-2 Switching*

- Tidak dapat memecah *broadcast domain*
  - Switch akan mem-forward frame broadcast (juga multicast) ke seluruh port yang ada pada switch
  - Agar switch hanya mem-forward frame broadcast kepada port tertentu, dapat dibuat suatu Virtual LAN (VLAN)
- Bila ukuran jaringan semakin besar dapat menyebabkan masalah besar juga akibat
  - Trafik broadcast dan multicast
  - Konvergensi *spanning tree* yang lambat
- Karena masalah-masalah inilah maka *layer-2 switching* tidak dapat menggantikan peran router dalam suatu *internetwork*


One Broadcasting Domain

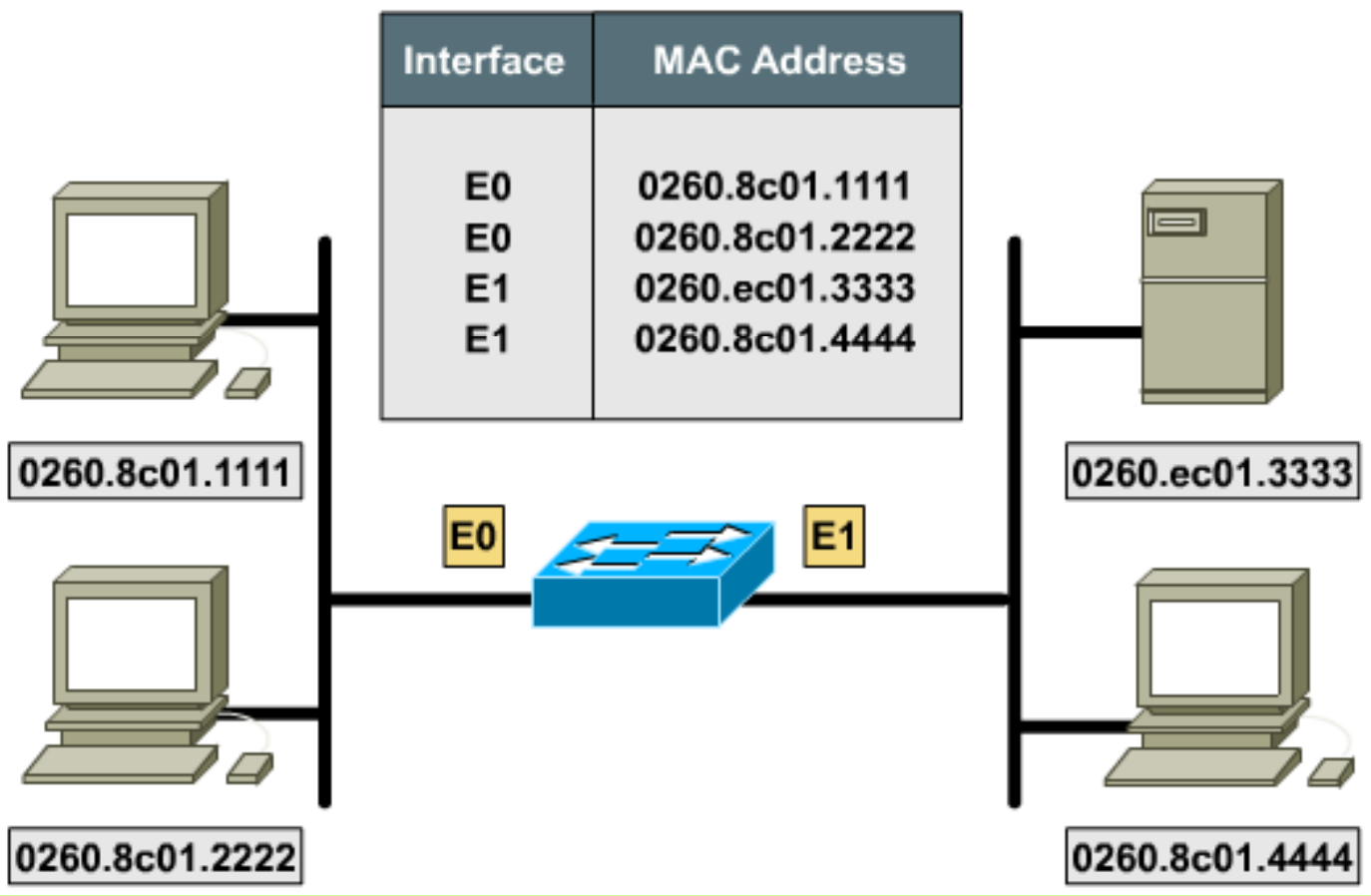
Bridging vs Layer-2 Switching

- Meskipun *layer-2 switching* dapat dianggap sebagai multiport bridge, tetapi ada perbedaan mendasar yang perlu diketahui yaitu:
  - Bridge berbasis *software* sedangkan *layer-2 switch* berbasis *hardware* dalam menentukan keputusan filtering
  - Setiap bridge hanya memiliki satu spaning tree sedangkan switch bisa banyak
  - Bridge hanya maksimum memiliki 16 port sedangan switch bisa memiliki ratusan port

Fungsi *Layer-2 Switching*

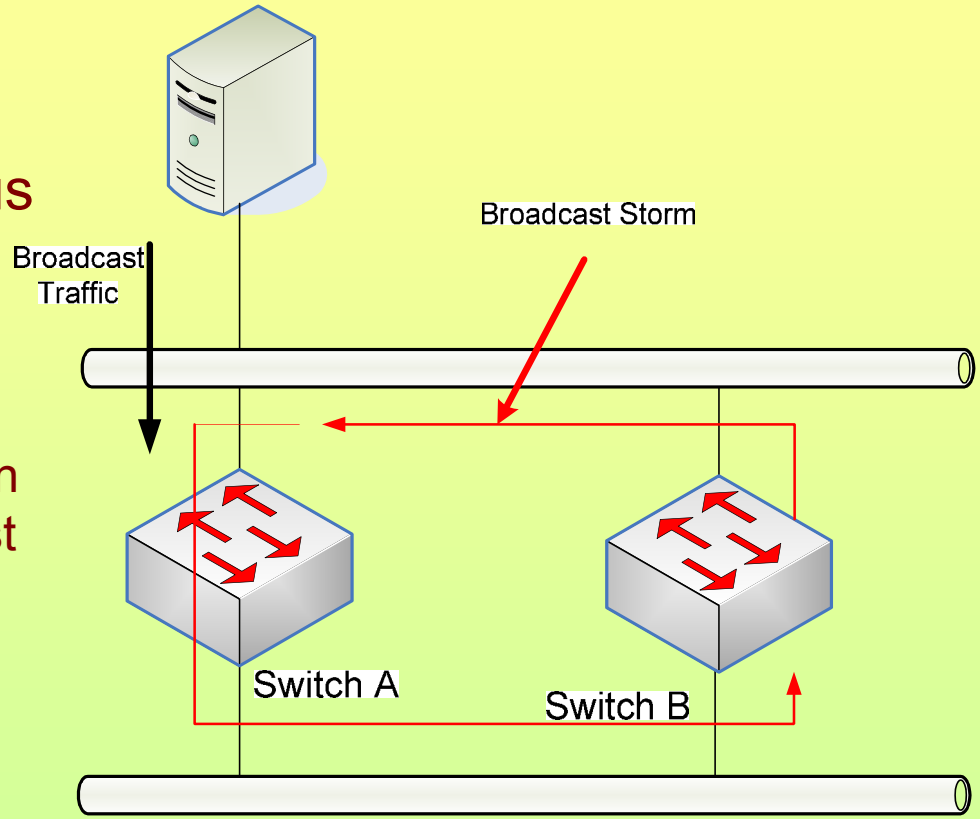
- Address Learning
  - Mengingat alamat *hardware* sumber dari frame yang diterima interface-nya serta memasukkan informasi ini ke database MAC
- Forward/filter decision
  - Ketika frame diterima sebuah interface pada switch, switch melihat alamat *hardware* tujuan lalu mencari interface keluar pada database MAC-nya
- Loop avoidance
  - Jika ada *multiple connection* antar switch untuk keperluan redudancy, maka dapat terjadi loop, untuk mencegahnya digunakan *spanning tree protocol (STP)*

Switching Table



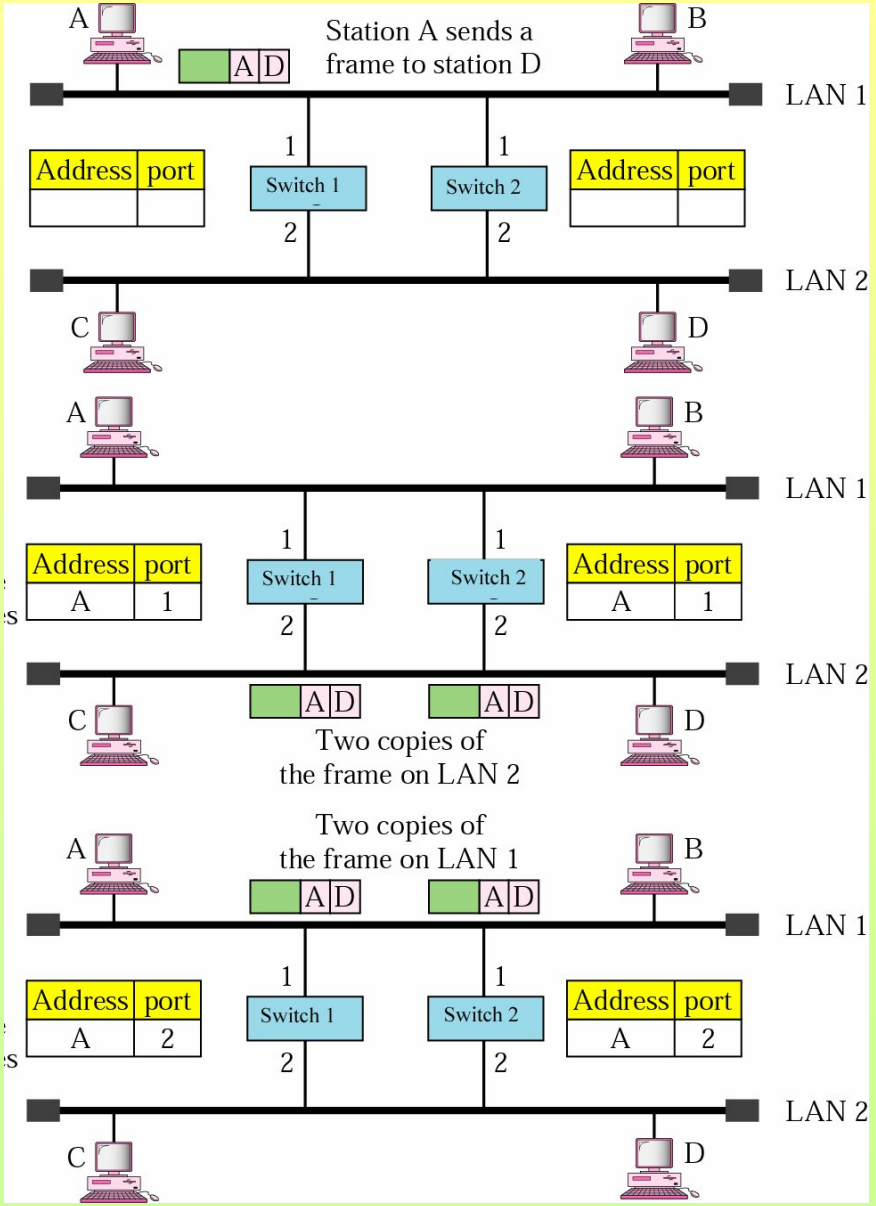
Loop avoidance

- Link redundant antar switch memang bermanfaat, tetapi ada beberapa masalah serius yang bisa timbul bila tidak ada mekanisme *loop avoidance*:
  - Switch bisa membanjiri jaringan oleh trafik broadcast (broadcast storm)



Loop Avoidance (2)

- Bisa terdapat lebih dari satu frame yang sama yang beredar pada jaringan multisegment
- Menimbulkan kebingungan pada pengisian tabel MAC akibat switch dapat menerima frame dari beberapa link
  - Switch jadi tidak mampu mem-forward frame karena switch terus melakukan updating terhadap tabel MAC → ini disebut *thrashing the MAC table*



Loop Avoidance (3)

- Bisa terjadi multiple loop di dalam jaringan
  - Ada loop di dalam loop
    - Bila ada broadcast storm, maka switch tidak dapat lagi melakukan packet switching
- Spanning-Tree Protocol dibuat untuk menanggulangi kemungkinan adanya loop di jaringan

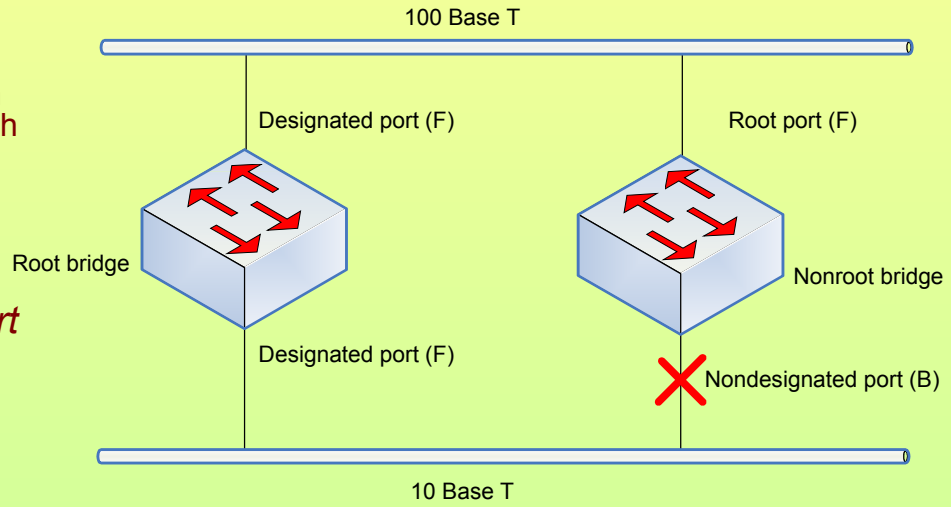
Spanning-Tree Protocol (STP)

- Dibuat pertama kali oleh Digital Equipment Corporation (DEC) [sekarang Compaq]
- Lalu IEEE membuat versi STP yang disebut 802.1d
  - Tidak kompatibel dengan versi DEC
  - Seluruh switch Cisco menjalankan STP versi IEEE802.1d
- Fungsi utama STP adalah mencegah adanya loop pada jaringan layer-2 (baik menggunakan bridge maupun switch)
- STP secara terus menerus memantau seluruh link pada jaringan agar tidak terjadi loop dengan mematikan link-link redundant

Cara kerja STP

- STP akan memutuskan (shut down) link redundant pada jaringan agar tidak ada loop pada jaringan
- Caranya dengan terlebih dulu memilih suatu *root bridge*
  - *Root bridge* akan menentukan topologi jaringan
  - Hanya boleh ada satu *root bridge* pada suatu jaringan tertentu
  - Port *root bridge* disebut *designated ports* yang disebut bekerja dalam keadaan *forwarding-state*
    - Port *fowading-state* akan menerima dan mengirimkan trafik
- Switch lain yang ada di dalam jaringan disebut *nonroot bridge*

- Port pada *nonroot bridge* yang memiliki jalur ke arah *root bridge* paling murah disebut *root port* dan akan digunakan untuk mengirim dan menerima trafik
  - Cost suatu link ditentukan berdasarkan bandwidth link tersebut
    - Link yang berkecepatan tinggi (bandwidth lebar) akan memiliki cost yang lebih murah daripada link yang berkecepatan lebih rendah
- Port yang jalur menuju root bridge-nya paling murah disebut *designated port*
  - Port lainnya dianggap *nondesignated port* dan tidak akan digunakan untuk menerima maupun mengirimkan trafik
    - Port ini disebut berada dalam mode *blocking*



Cara memilih *root bridge*

- Switch atau bridge yang menjalankan STP akan bertukar informasi menggunakan *Bridge Protocol Data Units* (BPDU)
  - BPDU mengirimkan pesan-pesan konfigurasi (configuration message) menggunakan frame multicast
  - *Bridge ID* dari setiap perangkat dikirimkan ke perangkat lain menggunakan BPDU
- *Bridge ID* digunakan untuk menentukan *root bridge* dan *root port*
  - *Bridge ID* berukuran 8 byte dan mengikutsertakan prioritas serta MAC address dari perangkat yang bersangkutan
  - Prioritas default pada seluruh perangkat yang menjalankan STP versi IEEE adalah 32,768

Cara memilih *root bridge* (2)

- Penentuan *root bridge* dilakukan dengan melihat prioritas bridge dan *MAC address*
- Jika dua switch atau bridge memilki prioritas yang sama, maka barulah *MAC address* digunakan untuk menentukan mana di antara keduanya yang memiliki prioritas paling rendah
  - Misalnya ada dua switch A dan B;keduanya memiliki prioritas 32,768 maka *MAC address* akan digunakan untuk menentukan switch yang prioritasnya paling rendah; misalnya *MAC address* switch A adalah 0000.0c00.1111.1111 sedangkan *MAC address* switch B adalah 0000.0c00.2222.2222, maka switch A-lah yang akan dipilih menjadi *root bridge*

Cara memilih *root bridge* (3)

Berikut contoh suatu BPDU yang dikirimkan oleh suatu switch Cisco 1900 (BPDU dikirimkan setiap 2 detik (default))

```
     Flags:    0x80          802.3
     Status:   0x00
     Packet Length:64
     Timestamp:              19:33:18.72631402/28/2000
802.3 Header
     Destination:            01:80:c2:00:00:00
     Source:                 00:b0:64:75:6b:c3
     LLC Length:             38
802.2 Logical Link Control (LLC) Header
     Dest. SAP:              0x42 802.1 Bridge Spanning Tree
     Source SAP:             0x42 802.1 Bridge Spanning Tree
     Command:                0x03 Unnumbered Information
802.1 – Bridge Spanning Tree
     Protocol Identifier:    0
     Protocol Version ID:    0
     Message Type:                        0 Configuration Message
     Flags:                               %00000000
     Root Priority/ID:       0x800        / 00:b0:64:75:6b:c0
     Cost of Path to Root:   0x00000000 (0)
     Bridge Priority/ID:     0x8000       / 00:b0:64:75:6b:c0
     Port Priority/ID:       0x80         /0x03
     Message Age:                                              0/256 seconds
   (exactly 0seconds)
     Maximum Age:                                              5120/256 seconds
   (exactly 20seconds)
     Hello Time:                                               512/256 seconds
   (exactly 2seconds)
     Forward Delay:                                            3840/256 seconds
   (exactly 15seconds)
   Extra bytes (Padding):
     ……                    00 00 00 00 00 00 00 00
   Frame Check Sequence:     0x2e006400
```

This is a root bridge

Cara memilih *designated port*

- Untuk menentukan satu buah atau beberapa port yang akan digunakan untuk berkomunikasi dengan *root bridge*, yang harus diperhatikan adalah cost dari jalur (path cost)
- Tabel di samping menunjukkan cost tipikal jaringan Ethernet

Speed	New IEEE Cost	Original IEEE Cost
10 Gbps	2	1
1 Gbps	4	1
100 Mbps	19	10
10 Mbps	100	100

Kondisi Port Spanning-Tree

- Kondisi (state) port yang terdapat pada bridge atau switch dapat bertransisi melalui empat kondisi:
  - Blocking
    - Pada kondisi ini bridge/switch tidak akan mem-forward frame pada port tersebut
    - Port masih bisa “mendengarkan” BPDU
    - Secara default,seluruh port berada di dalam kondisi *blocking* bila bridge/switch baru pertama kalai dinyalakan
  - Listening
    - Port “mendengarkan” BPDU untuk menjamin tidak ada loop di dalam jaringan sebelum mengirimkan data
  - Learning
    - Mempelajari MAC address dan mambangun tabel filter tetapi tidak mem-forward frame
  - Forwarding
    - Mengirimkan dan menerima seleuruh data pada port bridge

Kondisi Port Spanning-Tree (2)

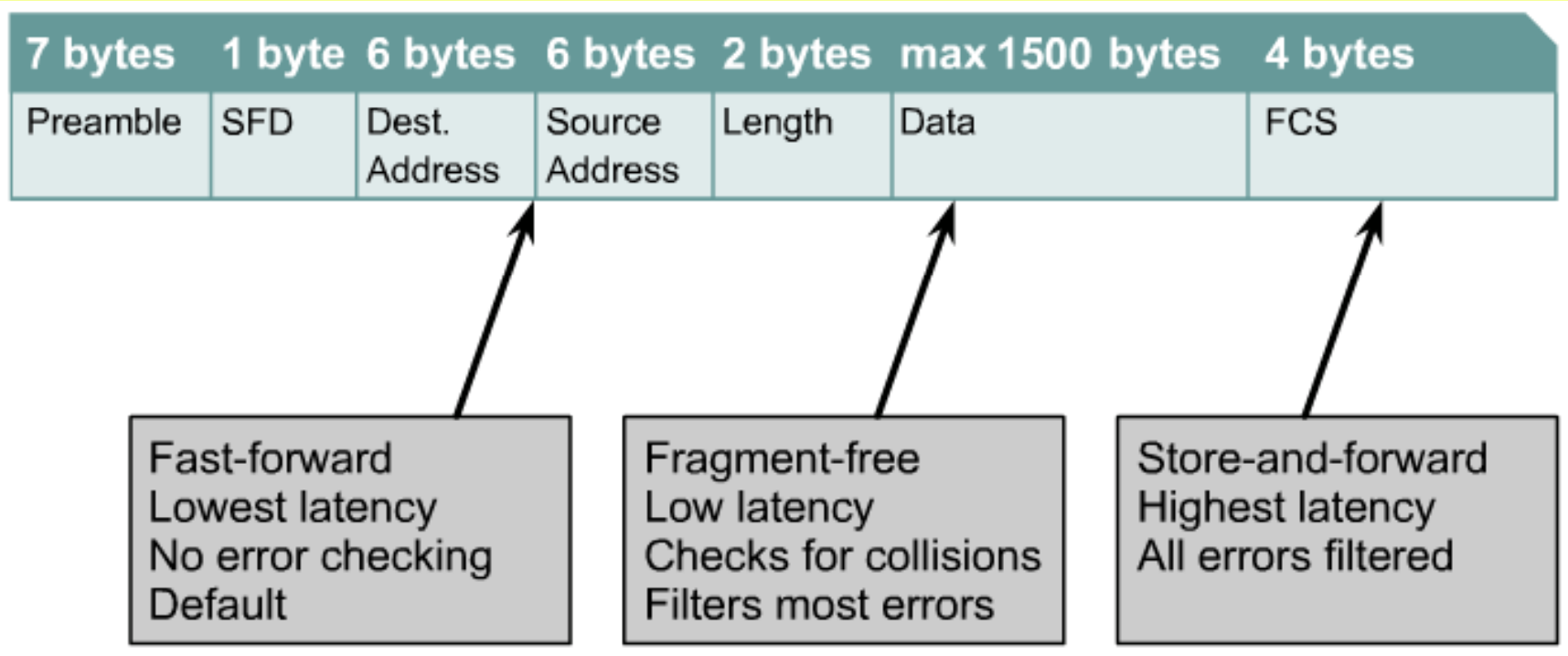
- Biasanya, port switch berada di dalam kondisi *blocking* atau *forwarding*
  - *Forwarding port* memiliki cost jalur yang paling rendah ke *root bridge*
- Tetapi, jika terjadi perubahan topologi akibat adanya link yang rusak atau ada penambahan switch, maka port pada suatu switch akan berada dalam kondisi *listening* dan *learning*
- *Blocking port* digunakan untukmencegah loop pada jaringan
- Ketika suatu switch sudah menentukan jalur terbaik ke *root bridge* maka seluruh port lain berada di dalam kondisi *blocking*
  - Jangan lupa *blocked port* tetap dapat menerima BPDU
- Jika suatu switch menentukan bahwa suatu *blocked port* akan dijadikan sebagai *designated ports*, maka switch akan berada di dalam kondisi listening
  - Pada kondisi ini, switch men-cek seluruh BPDU yang diterima untuk menjamin tidak akan terbentuknya loop bila kondisi suatu port berubah menjadi *forwarding*

Convergence

- Konvergensi terjadi ketika bridge dan switch bertransisi ke kondisi *forwarding* atau *blocking*
  - Selama transisi, tidak ada data yang diforward
- Konvergensi penting untuk menjamin seluruh perangkat memiliki database yang sama
- Sebelum data dapat di-forward, seluruh perangkat harus di-update
- Masalah pada konvergensi adalah waktu yang diperlukan oleh perangkat-perangkat ini untuk melakukan update
- Biasanya diperlukan waktu 50 detik untuk berubah dari kondisi blocking ke forwarding
- Tidak dianjurkan untuk merubah timer STP, tetapi bila perlu timer dapat disetting
- *Forward delay* adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu port untuk berubah dari kondisi *learning* ke kondisi *forwarding*

LAN Switch Type

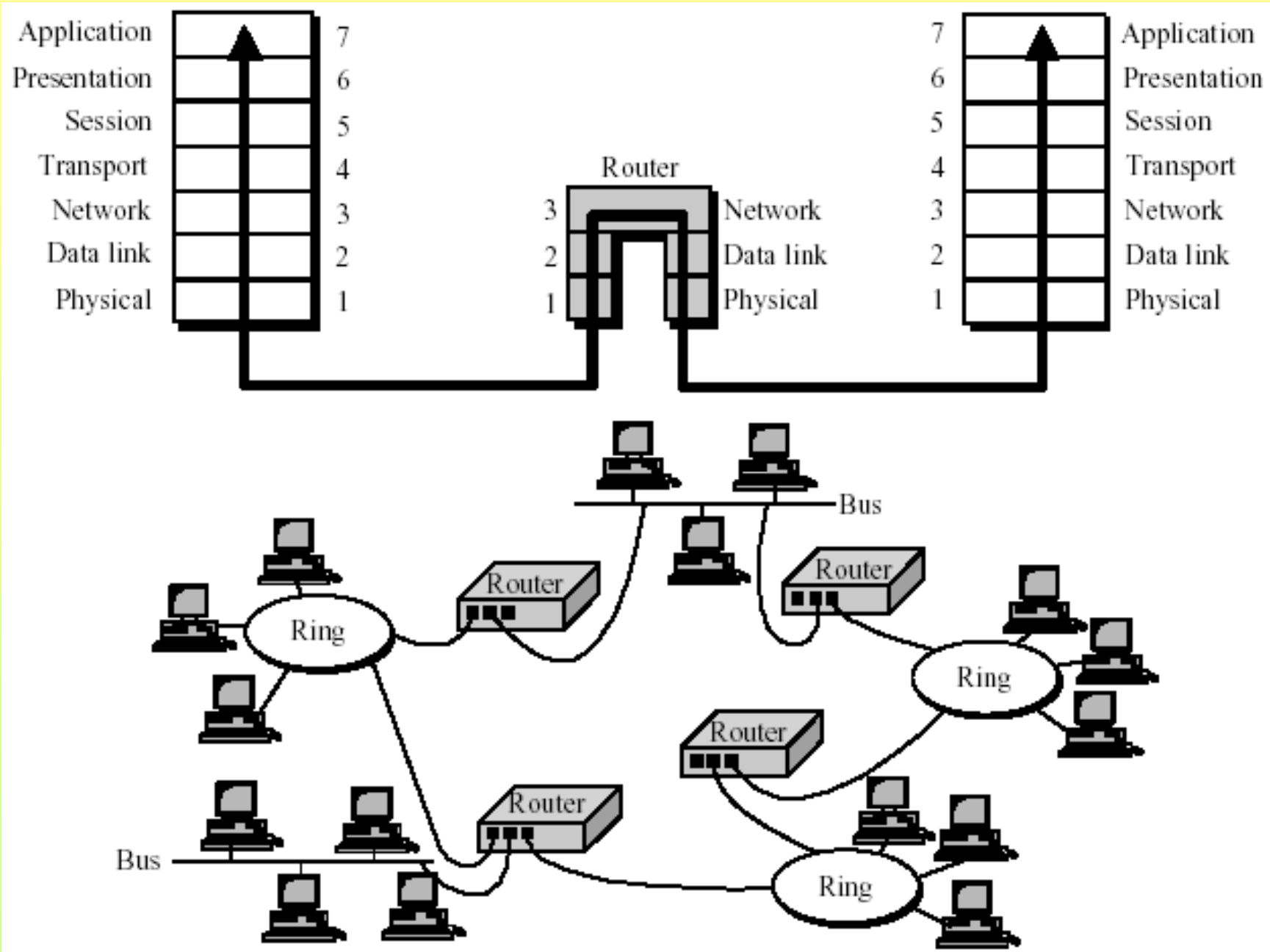
- Latency pada switch dipengaruhi oleh mode switching yang digunakan
- Ada tiga macam mode switching, yaitu:
  - Store and Forward
    - Seluruh frame harus diperiksa oleh switch,CRC-nya dihitung, lalu dicarikan hardware address tujuannya
    - Frame dibuang jika :
      - » CRC error
      - » Terlalu pendek
      - » Terlalu panjang
  - Cut-trough (real time/fast forward)
    - Frame tidak diperiksa keseluruhan,melainkan apabila hardware address sudah diterima switch langsung mencarikan hardware address tujuan
  - Fragment Free (Modified Cut-trough)
    - Pada mode ini, switch hanya mencek frame sampai 64 bytes pertama sebelum mem-forward frame
      - » Hal ini dapat dilakukan karena pada umumnya error terjadi pada 64 bytes pertama
- Latency Store and Forward > Latency Fragment Free> Latency Cut-trough


7 bytes
1 byte
6 bytes
6 bytes
2 bytes
max 1500 bytes
4 bytes
Preamble
SFD
Dest. Address
Source Address
Length
Data
FCS
Fast-forward
Lowest latency
No error checking
Default
Fragment-free
Low latency
Checks for collisions
Filters most errors
Store-and-forward
Highest latency
All errors filtered

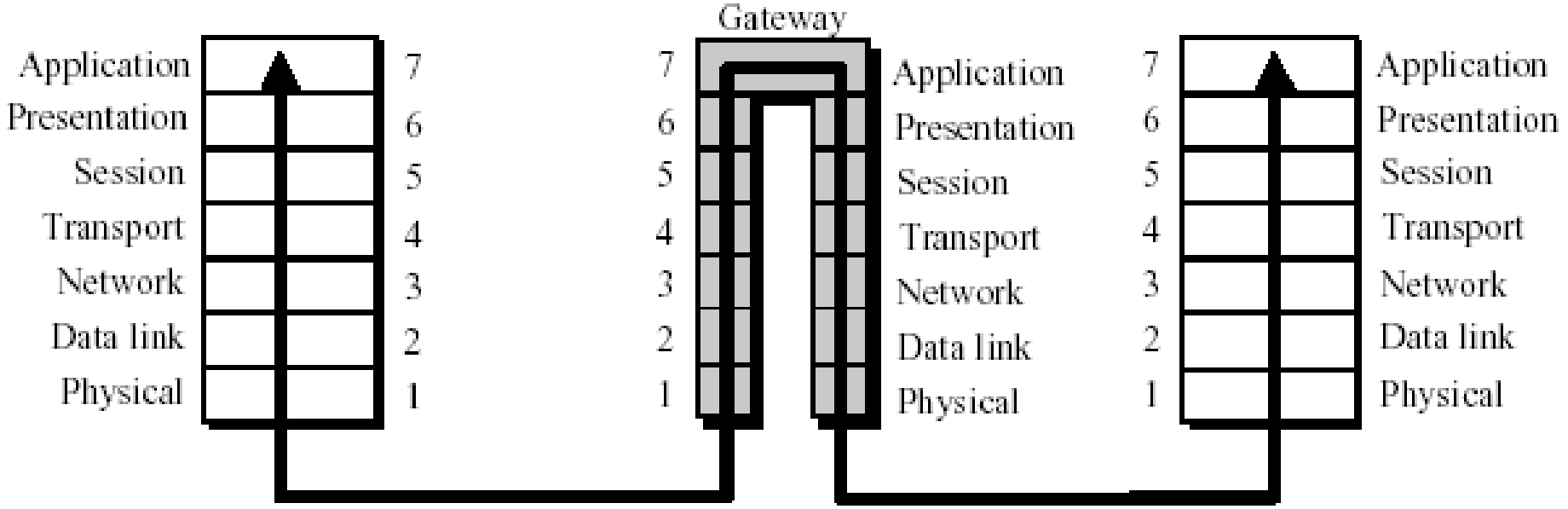
Adaptive Cut Through

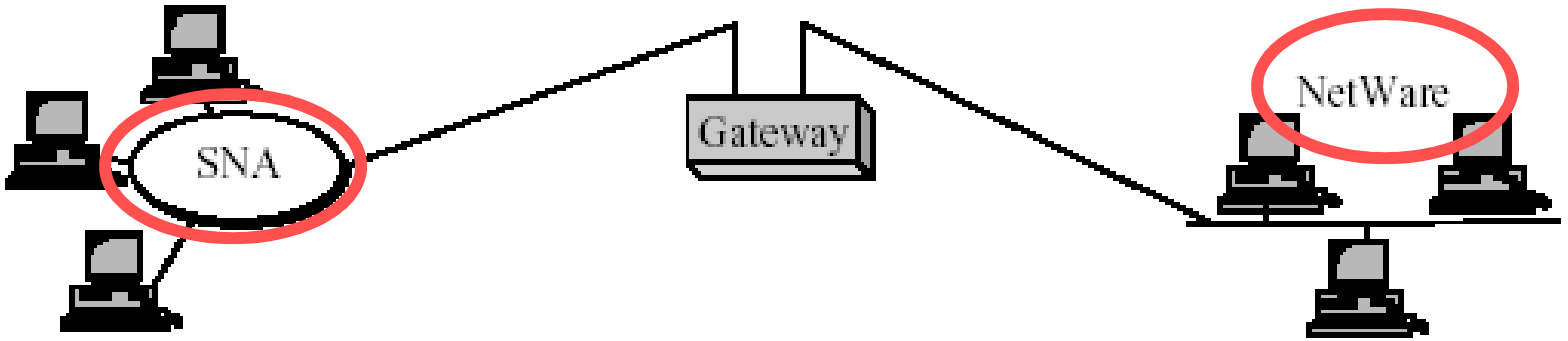
- Kombinasi antara *cut through* dan *store and forward*
  - Switch menggunakan *cut-through* sampai tingkat error tertentu
  - Lalu switch akan menggunakan *store and forward*

Router


Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data link
Physical
7
6
5
4
3
2
1
Router
Network
Data link
Physical
Bus
Router
Router
Ring
Ring
Router
Router
Bus
Ring

Gateway

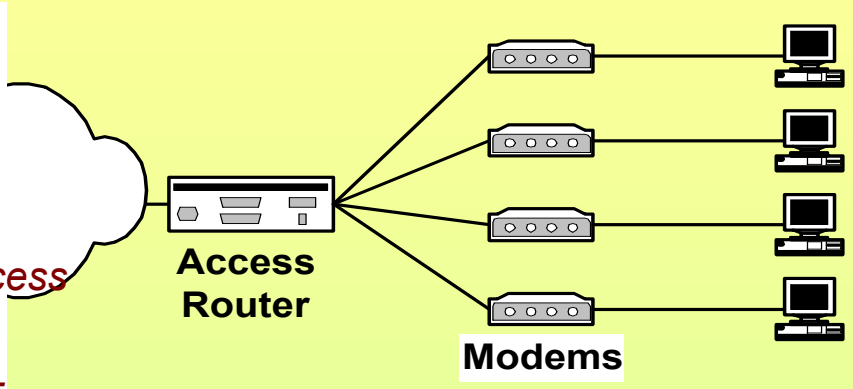

Gateway
Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data link
Physical
7
6
5
4
3
2
1
Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data link
Physical
7
6
5
4
3
2
1
Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data link
Physical


SNA
Gateway
NetWare

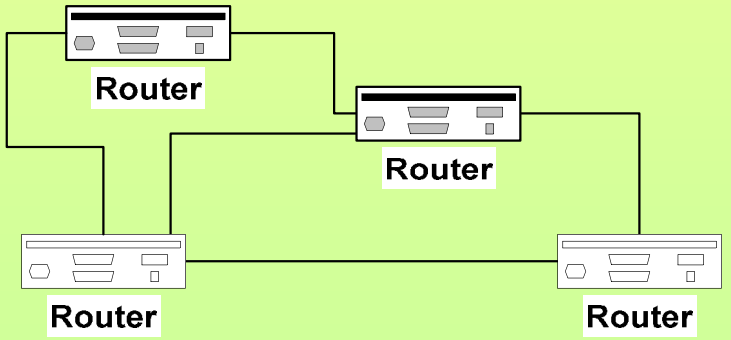
Another Data Link Network

Point-to-Point (serial) links

- Banyak koneksi data link yang merupakan *point-to-point serial links*,misalnya:
  - Pada akses dial-in atau DSL dengan *access routers*
  - Router-router dihubungkan dengan *high-speed point-to-point links*
- Pada koneksi point-to-point ini, hosts dan routers dihubungkan oleh suatu kabel serial
- Protokol layer *data link* untuk *point-to-point links* adalah sederhana:
  - Fungsi utamanya adalah menmbungkus (encapsulation) datagram IP
  - Tidak diperlukan *medium access control* (MAC)



Dial-Up Access



Point-to-Point Links

Protokol Data Link untuk *Point-to-Point links*

- **SLIP (Serial Line IP)**
  - Merupakan protokol pertama yang digunakan untuk mengirimkan datagram IP melalui link dial-up (sejak 1988)
  - Hanya melakukan proses enkapsulasi
- **PPP (Point-to-Point Protocol):**
  - Penerus SLIP pada tahun 1992, dengan penambahan beberapa fungsi
  - Digunakan untuk *dial-in* dan untuk *high-speed routers*
- **HDLC (High-Level Data Link) :**
  - Standard yang banyak digunakan dan sangat berpengaruh (1979)
  - Protokol default untuk link serial pada router Cisco
  - Bahkan PPP sebenarnya berdasarkan salah satu varian HDLC

PPP - IP encapsulation

- Format frame PPP serupa dengan HDLC dan 802.2 LLC :

flag	addr	ctrl	protocol	data	CRC	flag
7E	FF	03				7E
1	1	1	2	<= 1500	2	1

0021	IP datagram
C021	link control data
8021	network control data

- PPP mengasumsikan adanya sirkit duplex
- Perhatikan: PPP tidak menggunakan alamat apapun
- Biasanya ukuran maksimum frame adalah 1500 bytes

FUngsionalitas PPP lainnya

- Selain enkapsulasi, PPP pun mendukung:
  - multiple network layer protocols (protocol multiplexing)
  - Link configuration
  - Link quality testing
  - Error detection
  - Option negotiation
  - Address notification
  - Authentication
- Fungsi-fungsi di atas disokong leh protokol lain:
  - LCP
  - PAP, CHAP
  - NCP

- **Link management**
  - *Link control protocol* (LCP) bertanggung jawab untuk membentuk, mengkonfigurasi dan menegosiasikan sebuah koneksi *data-link*
  - LCP juga memantau kualitas link yang digunakan untuk menentukan pemutusan link
- **Authentication**
  - Optional
  - PPP mendukung dua protokol *authentication*:
    - Password Authentication Protocol (PAP) dan
    - Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP)
- **Network protocol configuration**
  - PPP mempunyai *network control protocols* (NCPs) untuk beberapa protokol *network layer*
  - *IP control protocol* (IPCP) me-negosiasikan pemberian *IP address* dan parameter lainnya bila protokol IP digunakan sebagai *network layer*

WANs

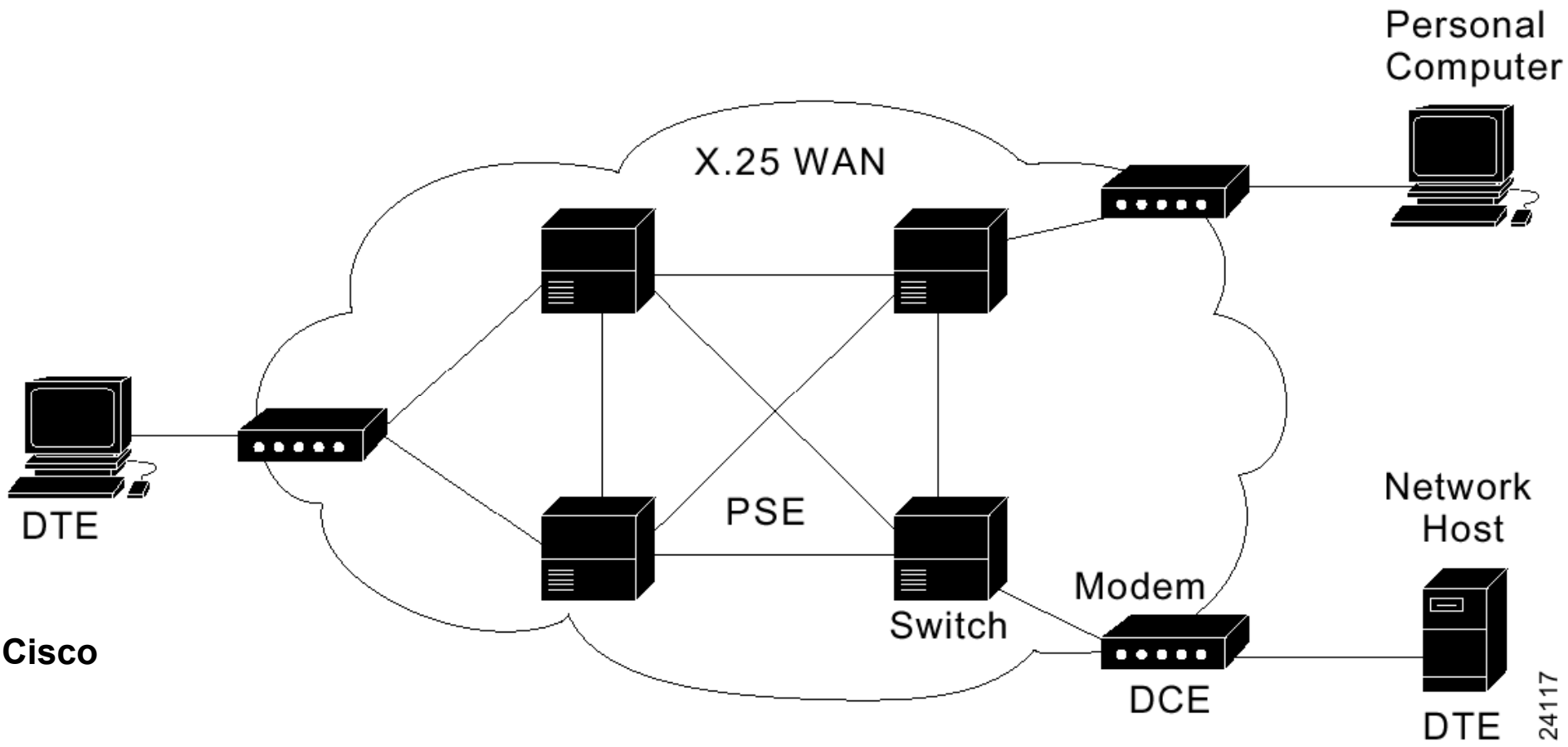
X.25

- X.25 lahir atas dorongan kebutuhan transfer informasi dalam bentuk data dalam jaringan publik
- PSTN sebagai jaringan telekomunikasi yang telah lebih dahulu lahir, kurang efisien untuk digunakan bagi transfer data serta kecepatan transfer yang dapat diakomodasi rendah
- **X.25** dipublikasikan pertama kali sebagai **X.25 Recommendation** oleh **CCITT** *(Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique)/(International Consultative Committee for Telegraphy and Telephony)* pada tahun 1974 sebagai draft pertama (the "Gray Book"). Direvisi pada tahun 1976,1978,1980, dan 1984 dengan dipublikasikannya Rekomendasi "Red Book“
- Hingga tahun 1988, X.25 telah direvisi dan dipublikasikan kembali
- X.25 dikenal sebagai standard interface untuk *wide area packet networks* (WAN)

Perangkat X.25

- Ada tiga katagori perangkat jaringan X.25
  - Data terminal equipment (DTE)
  - Data circuit-terminating equipment (DCE)
  - Packet switching exchange (PSE)
- DTE : *end system* yang berkomunikasi melalui jaringan X.25. Biasanya berupa *terminal*, *personal computers*, atau *network hosts*, dan terletak di lokasi pelanggan (subscribers premises)
- DCE : perangkat komunikasi seperti modem. Menyediakan interface antara perangkat DTE dengan PSE dan pada umumnya terletak di penyedia jaringan
- PSE : adalah switches yang membentuk jaringan. Mentransfer data dari satu DTE ke DTE yang lain melalui jaringan X.25 PSN.

Hubungan antar tiga jenis perangkat jaringan X.25

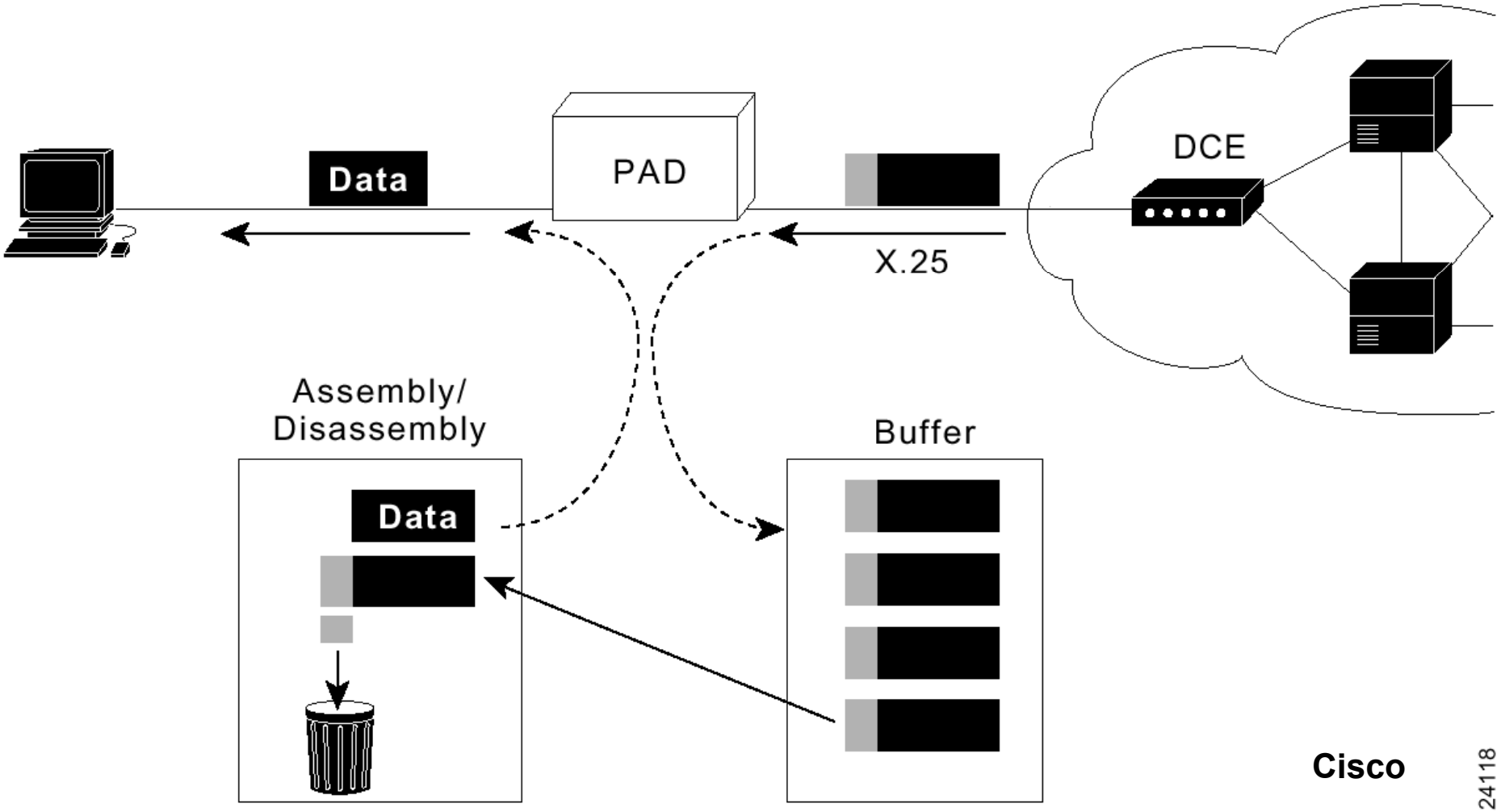


Cisco

Packet Assembler/Disassembler (PAD)

- Perangkat yang juga sering digunakan pada jaringan X.25
- Digunakan bila suatu perangkat DTE tidak dapat mengimplementasikan protokol X.25. Misalnya suatu *character-mode terminal*
- PAD terletak antara perangkat DTE dengan DCE
- PAD melakukan tiga fungsi berikut :
  - Buffering : menyimpan sementara data yang dikirimkan ke atau dari perangkat DTE
  - Packet assembly : menyusun data ke dalam bentuk paket dan mengirimkannya ke perangkat DCE (termasuk menambahkan header X.25)
  - Packet disassembly : membongkar paket menjadi data untuk dikirimkan ke DTE (termasuk menghilangkan header X.25

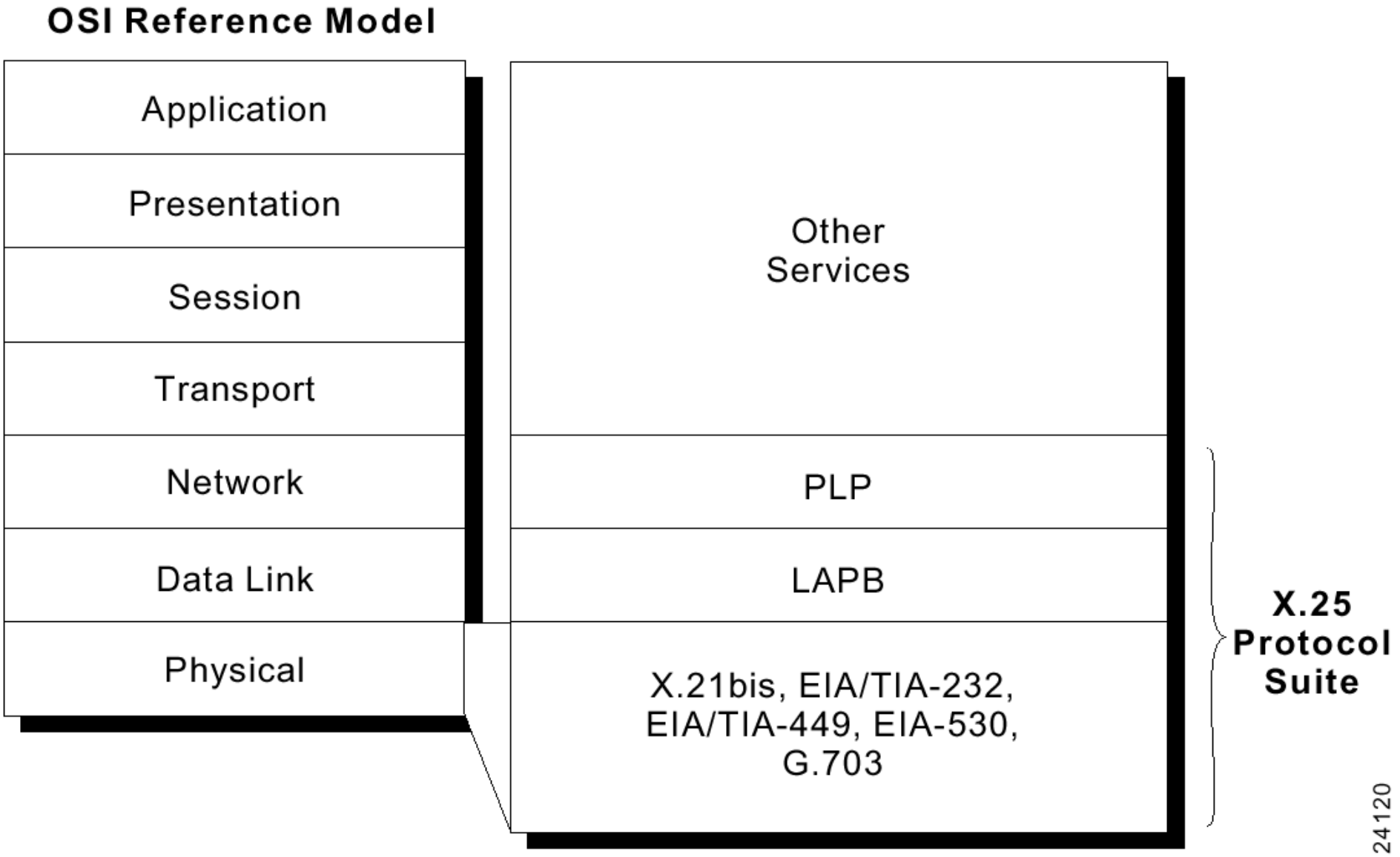
Prinsip kerja PAD ketika menerima paket dari WAN X.25

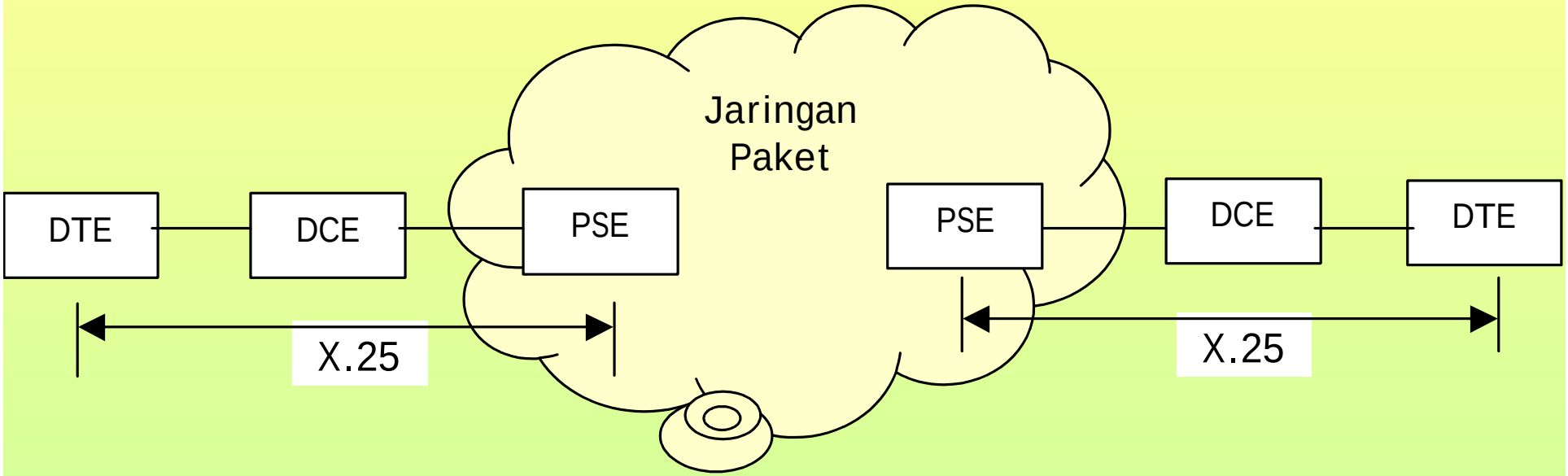


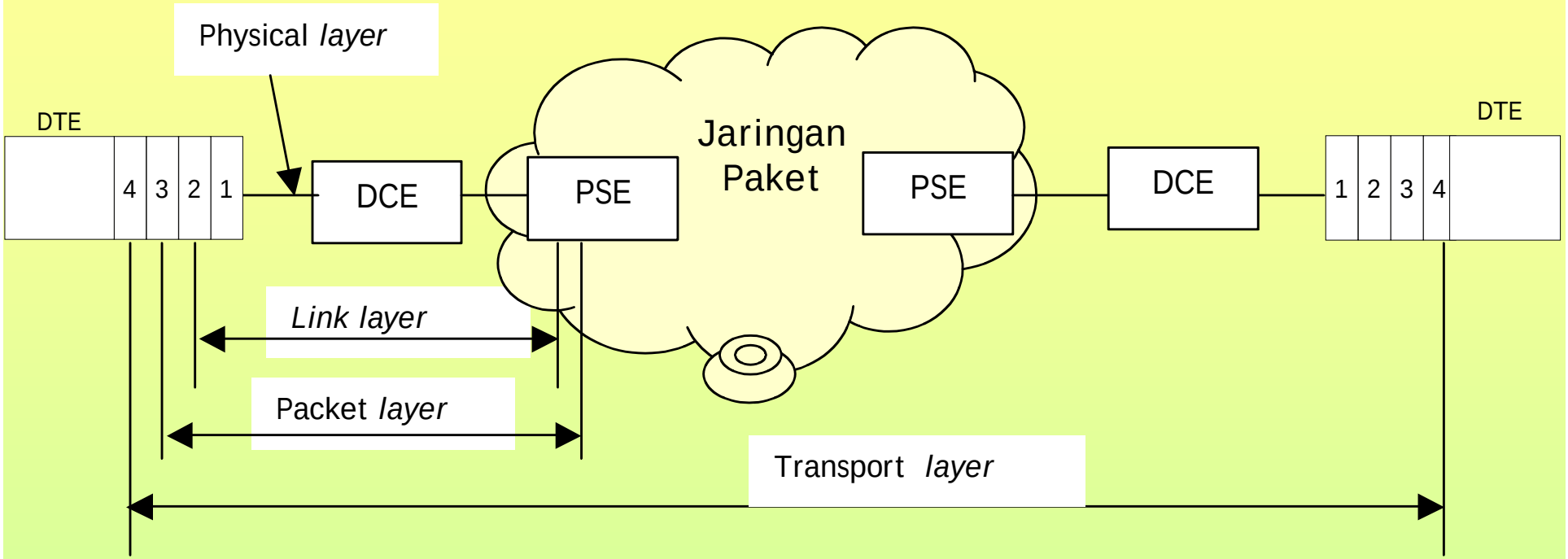
- Oleh karena itu istilah "**Jaringan X.25**" tidak mengandung arti bahwa operasi di dalam jaringan dikendalikan protokol X.25, melainkan mengacu kepada pengertian bahwa interface ke jaringan paket dikendalikan oleh protokol X.25
- Meskipun demikian, tidak berarti bahwa X.25 tidak bisa digunakan di dalam jaringan. Bahkan dalam kenyataannya, beberapa penerapan jaringan menggunakan rekomendasi X.25 untuk mendefinisikan operasi antara node-node di dalam jaringan

- Ada dua macam *virtual circuit* yang terdapat pada X.25 yaitu *switched virtual circuit* dan *permanent virtual circuit*.
- *Switched virtual circuits* (SVC) merupakan koneksi temporer . SVC harus dibentuk, dipertahankan, dan diputuskan oleh kedua DTE yang berkomunikasi (call-by-call based)
- *Permanent virtual circuits* (PVC) merupakan koneksi yang dibentuk secara permanen sehingga DTE dapat mengirimkan data kapan saja karena sesi selalu aktif (serupa dengan leased lines)

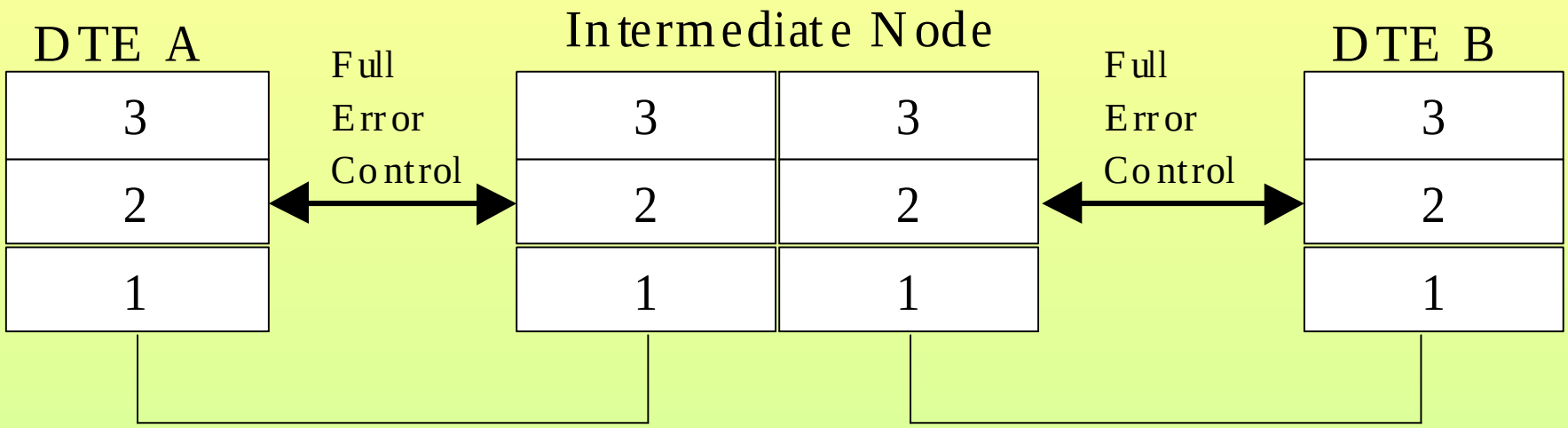
X.25 Protocol suite




Jaringan
Paket
DTE
DCE
PSE
PSE
DCE
DTE
X.25
X.25


Physical *layer*
DTE
4
3
2
1
DCE
PSE
Jaringan
Paket
PSE
DCE
DTE
1
2
3
4
Link layer
Packet *layer*
Transport *layer*

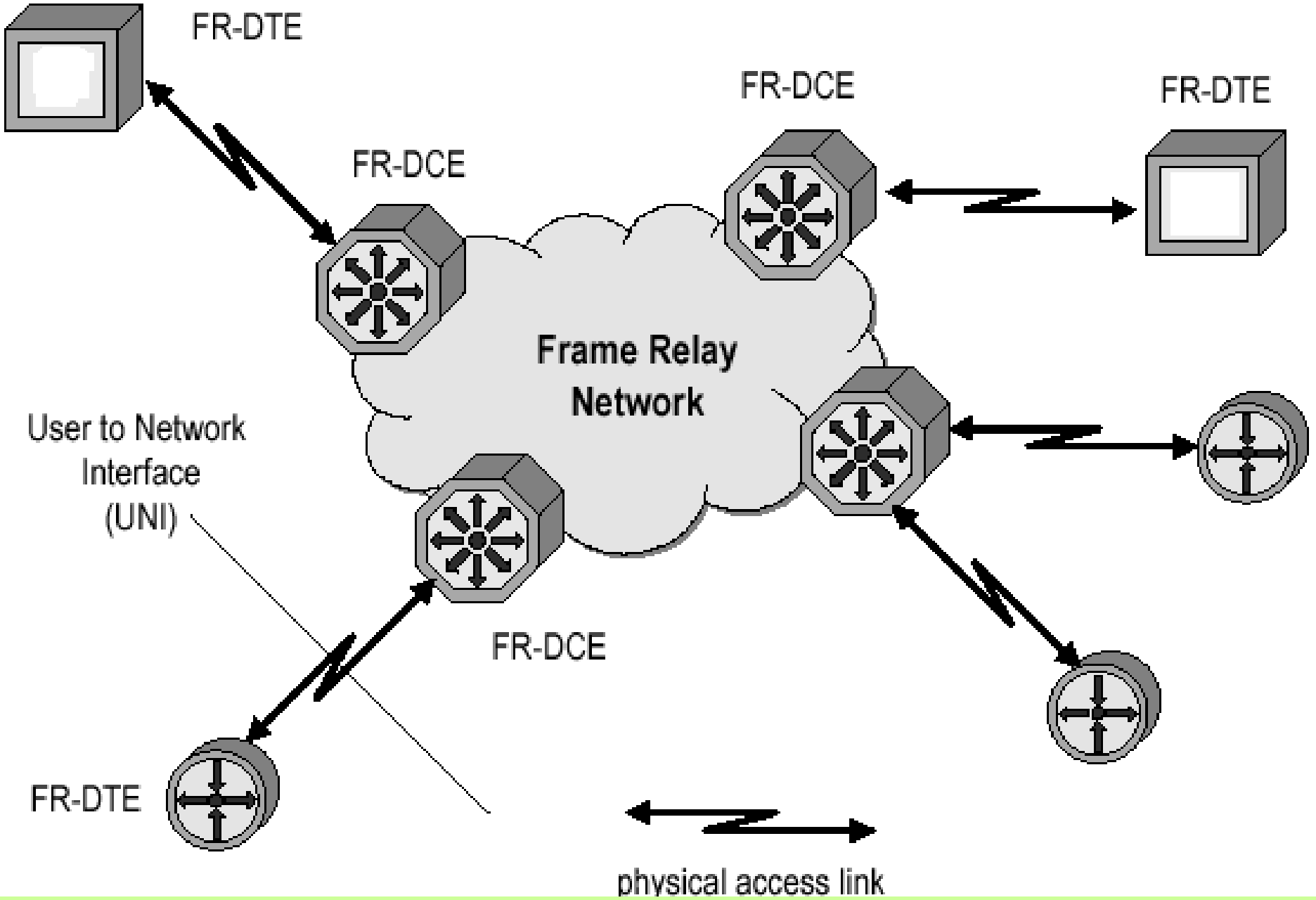
Error control dan flow control link-by-link pada X.25



Frame Relay

Frame relay

- Teknologi *packet switching*
- *Connection-oriented*
- Mendefinisikan interface antara perangkat user dengan perangkat jaringan
- Tidak mendefinisikan operasi (ruting) di dalam jaringan (diserahkan ke vendor)
- Scalable – kecepatan implementasi dapat dilakukan mulai 56 kbps sampai T1 (1.544 Mbps) atau bahkan T3 (45 Mbps)


FR-DTE
FR-DCE
FR-DCE
FR-DTE
Frame Relay
Network
User to Network
Interface
(UNI)
FR-DCE
FR-DTE
physical access link

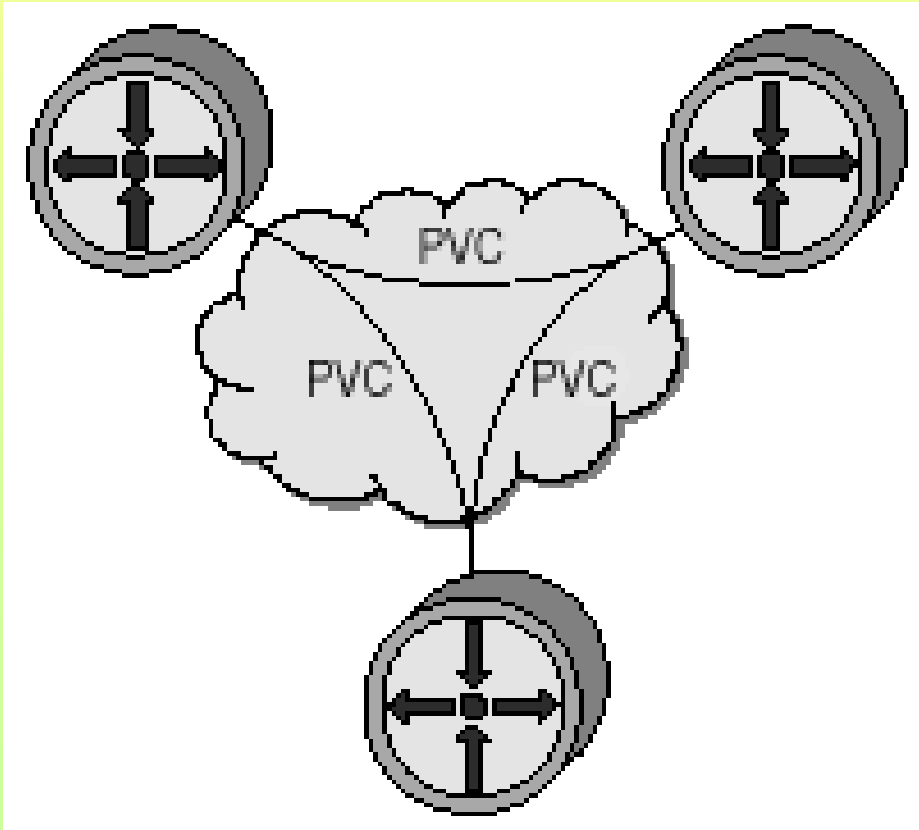
Frame Relay Virtual Circuits

Ada dua macam virtual circuit

- Switched Virtual Circuits (SVCs)
- Permanent Virtual Circuits (PVCs)

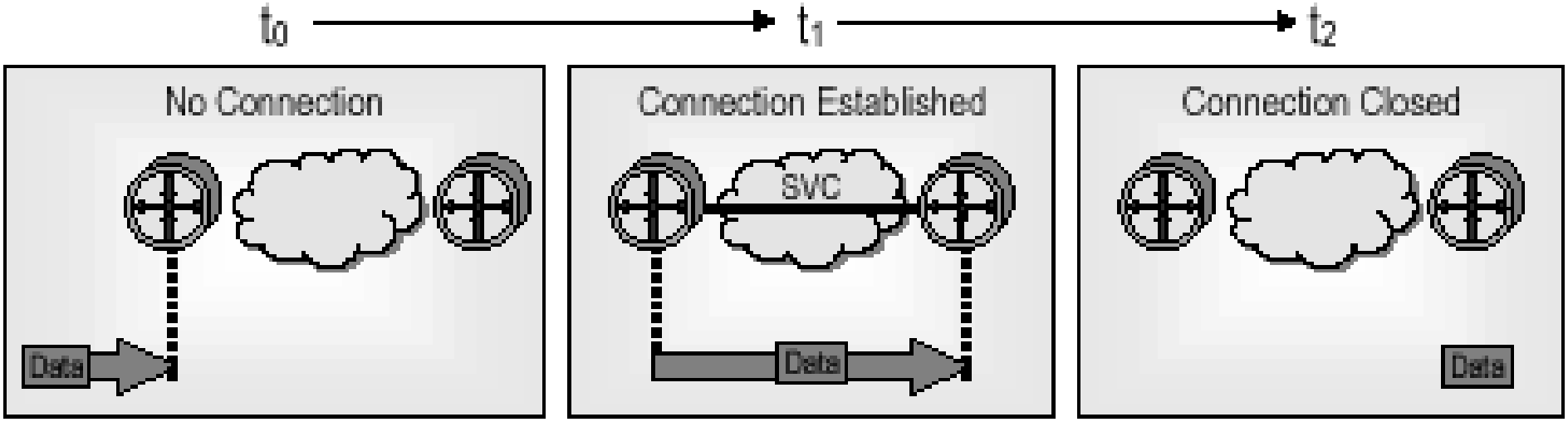
PVC

- Koneksi statis antar *end system*
- Serupa dengan *leased lines*, only :
  - *Store and forward*
  - *Variable delays*



Frame Relay Virtual Circuits (cont.)

SVC



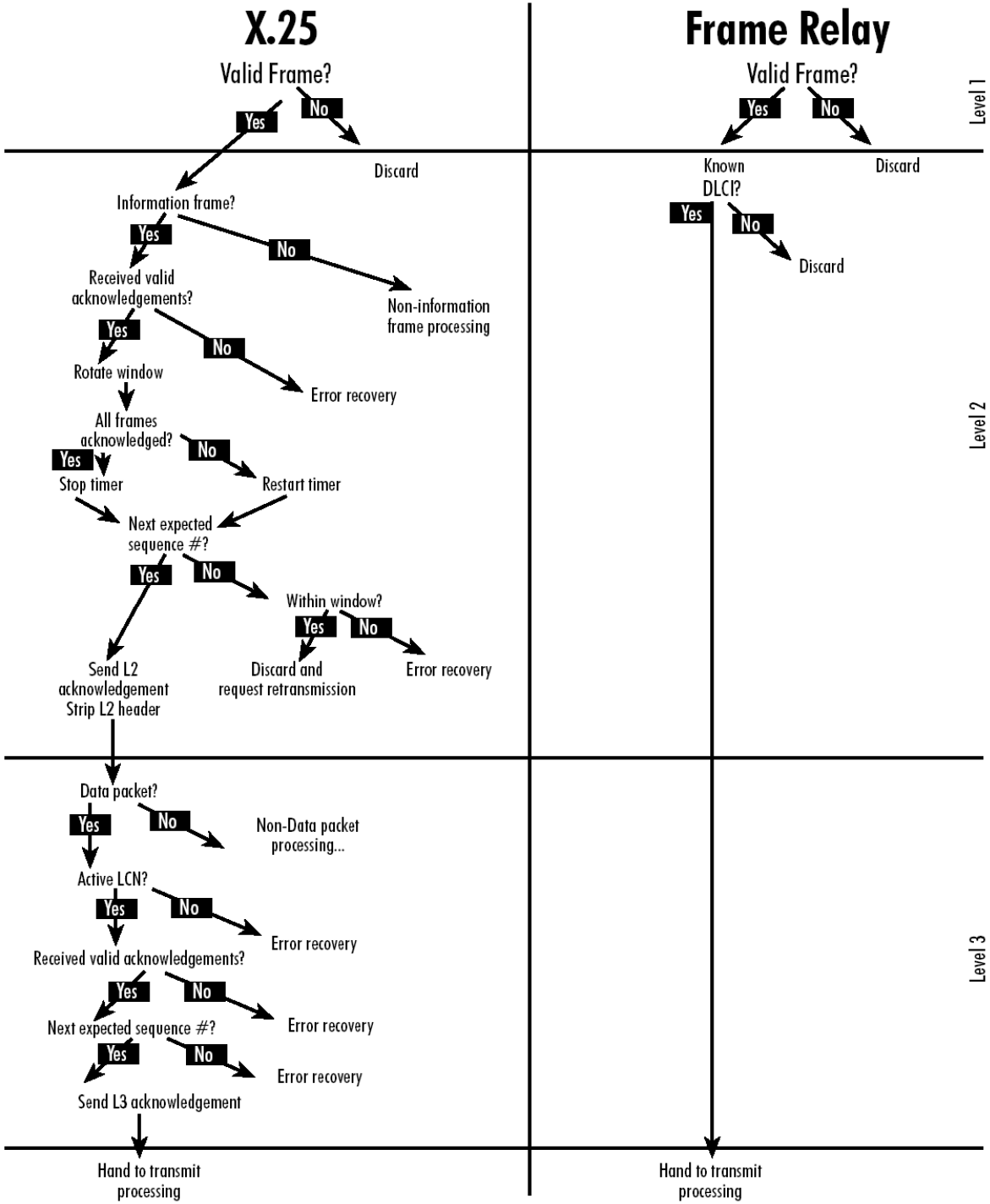
- Setup koneksi dan pemutusan dinamis antar *end system*
- Serupa dengan koneksi dial-up

Frame Relay versus X.25

- Protokol X.25 dikembangkan untuk saluran berkecepatan dan berkualitas rendah (BER tinggi)
  - Menggunakan error recovery dan flow control pada layer 2 dan layer 3 → overhead tinggi → high delay – low throughput (maksimum 64 kbps (meskipun ada yang bisa mencapai 2 MBps))
- Penggunaan protokol X.25 pada saluran berkecepatan dan berkualitas tinggi (BER rendah) menjadi tidak sesuai lagi (not the best) → dikembangkan frame relay

Frame relay versus X.25

- Frame relay :
  - Hanya menggunakan sebagian dari layer 2
  - Error recovery dipindahkan ke *end system*
  - Tidak ada flow control link-by-link sehingga diperlukan kendali kongesti
  - Menghasilkan operasi yang lebih sederhana sehingga dapat lebih cepat daripada X.25
- Agar efektif, frame relay memerlukan dua kondisi yang harus dipenuhi
  - Perangkat *end system* harus dapat (intelligent) melaksanakan protokol layer yang lebih atas
  - Saluran transmisi harus *error-free* (virtually error-free)


X.25
Frame Relay
Valid Frame?
Yes
No
Discard
Valid Frame?
Yes
No
Discard
Known DLCI?
Yes
No
Discard
Level 1
Information frame?
Yes
No
Non-information frame processing
Received valid acknowledgements?
Yes
No
Error recovery
Rotate window
All frames acknowledged?
Yes
No
Stop timer
Restart timer
Next expected sequence #?
Yes
No
Within window?
Yes
No
Send L2 acknowledgement Strip L2 header
Discard and request retransmission
Error recovery
Level 2
Data packet?
Yes
No
Non-Data packet processing...
Active LCN?
Yes
No
Error recovery
Received valid acknowledgements?
Yes
No
Error recovery
Next expected sequence #?
Yes
No
Error recovery
Send L3 acknowledgement
Level 3
Hand to transmit processing
Hand to transmit processing

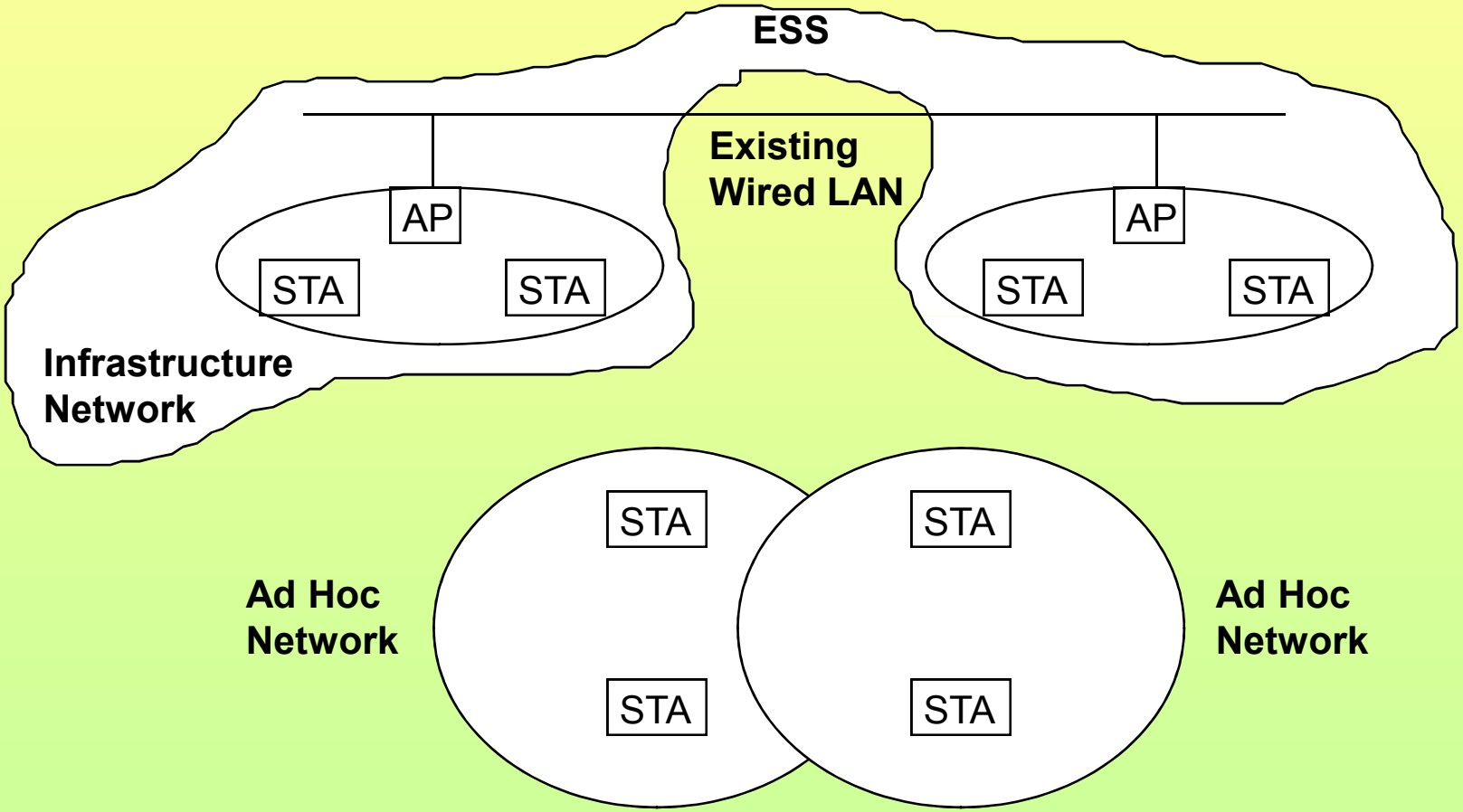
Wireless LAN

WLAN Technologies/Protocols

- IEEE 802.11 (b,g & a) --WiFi
- IEEE 802.16 (a) -- Wi -Max or Wider - Fi
- IEEE 802.20 -- Mobile - Fi

WiFi = Wireless Fidelity

802.11 Architecture

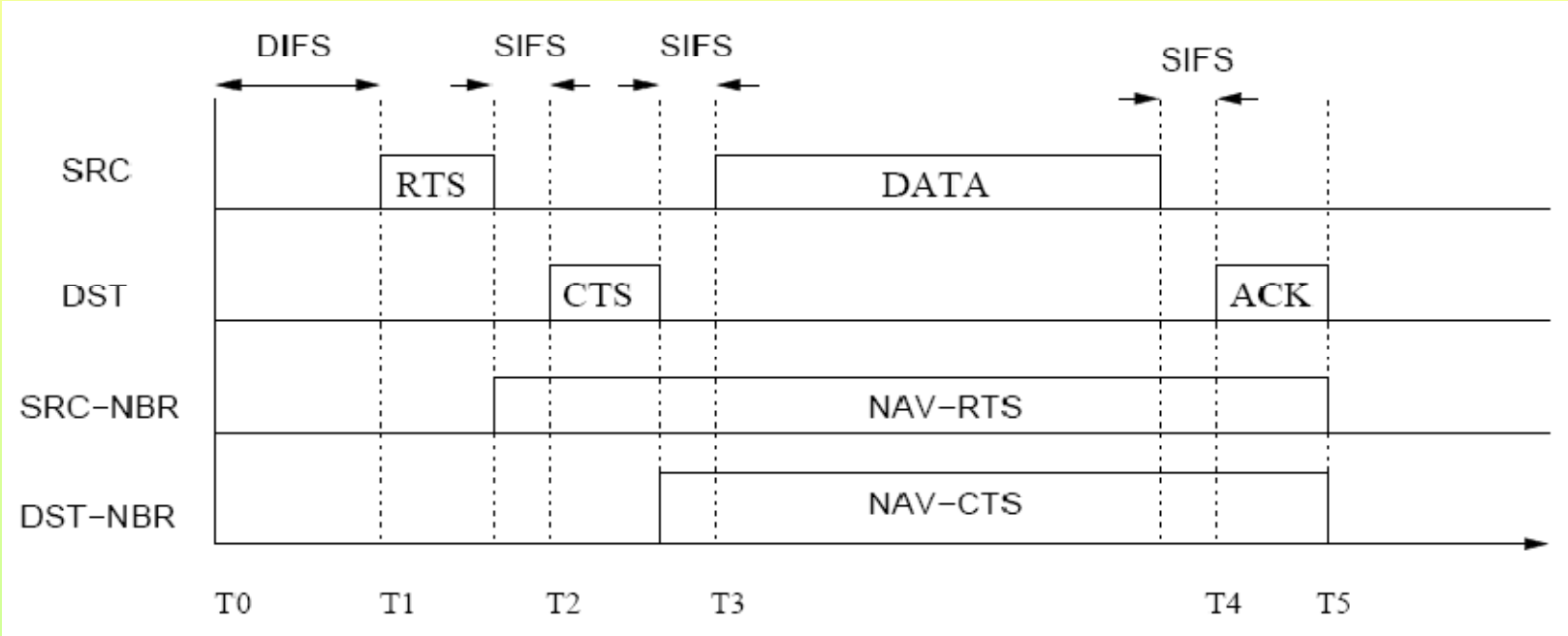


Beberapa istilah pada IEEE 802.11

- Station (STA): A computer or device with a wireless network interface.
- Access Point (AP): Device used to bridge the wireless-wired boundary, or to increase distance as a wireless packet repeater.
- Ad Hoc Network: A temporary one made up of stations in mutual range.
- Infrastructure Network: One with one or more Access Points.

MAC

- CSMA/CA (Collision Avoidance)



IEEE 802.11 Specs. (WiFi)

	802.11b	802.11g	802.11a
Max. Speed	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Modulation	CCK	OFDM & CCK	OFDM
Frequencies	2.4 – 2.497 Ghz	2.4 – 2.497 Ghz	5 Ghz band
Approval	July 1999	June 2003	July 1999

IEEE 802.11 vs 802.16a

	IEEE 802.11	IEEE 802.16a
Max Speed	54 Mbps (11a & g)	70 Mbps
Range	100 m	40 km
QoS	None	Yes
Coverage	Indoor Opt.	Outdoor Opt.
Users	Hundreds	Thousands
Service Levels	None	Yes

Mobile-Fi

	Mobile-Fi
Standard	IEEE 802.20
Max Speed	16 Mbps
Operations	WISPs
License	Yes
Coverage Area	Several km
Advantages	Speed, mobility

Bluetooth

- Ad hoc network
- Frequency-hopping spread-spectrum (FHSS) radio
- Operates in unlicensed 2.4 GHz ISM band
- Gross data rate of 1 Mbps
- Time division duplex (TDD) operation

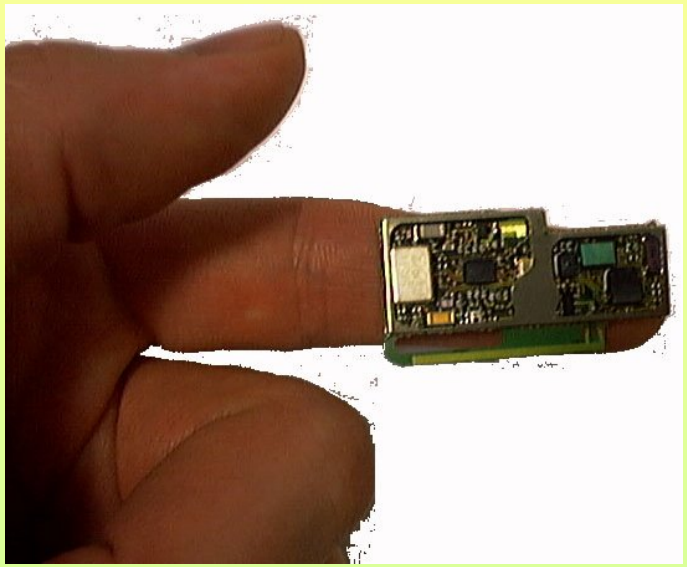


Photo from Yrjö Neuvo (Nokia), “The Wireless World,” Bluetooth ‘99, June 23, 1999, http://www.bluetooth.com/services/download.asp?doc=68.

IEEE 802.15 WPANs (2)

- P802.15.2 — Coexistence
  - Coexistence of 802.11 and 802.15
  - Quantifying mutual interference
- P802.15.3 — High rate WPAN
  - Data rates of greater than 20 Mbps
  - 2.4 GHz ISM band
  - Portable multimedia and imaging applications
  - Possible compatibility with 802.15.1 (WPAN/Bluetooth)
- P802.15.4 — Low rate WPAN
  - Multi-year battery life
  - Data rate of less than 200 Kbps