

Curs

Ethernet

Introducere

- Tehnologii
 - Fast Ethernet și Gigabit Ethernet
 - Fibra optica
 - High Speed Wireless LAN

De ce High Speed LAN?

- LAN uzuale folosesc pentru conectivitate de baza
 - Conecteaza PC și terminale la servere sau sisteme care ruleaza aplicații centralizat
 - Asigură conectivitate pentru grupuri la nivel de departament
 - Tiparul scăzut al traficului
 - In principiu transfer de fișiere și e-mail
- Viteza și performanțele PC cresc
 - Aplicații cer resurse grafice și GUI
- Organizațiile acceptă LAN ca esențiale
 - La început: aplicații client-server
 - Acum este arhitectura dominantă în mediul de afaceri
 - Intranetworks
 - Transferuri frecvente de mari cantități de date

Aplicații care cer LAN de mare viteză

- Ferme de servere
 - Cantități imense de date între mai multe servere dispuse centralizat
 - Ex.: Tipărire color
 - Serverele conțin zeci de gigabytes de date
 - Download pe stațiile de lucru
- Power workgroups
- Număr mic de colaboratori
 - Trimit fișiere mari prin rețea
 - Ex.: grupuri soft care testează un nou software sau CAD rulând simulări
- High-speed local backbone
 - Cererile de procesare cresc
 - LAN se înmulțesc
 - E nevoie de interconectare la viteze mari

Ethernet (CSMA/CD)

- Carriers Sense Multiple Access with Collision Detection
- Xerox - Ethernet
- IEEE 802.3

IEEE802.3 Medium Access Control

- Random Access
 - Stațiile accesează mediul aleator
- Contention
 - Există coliziuni în timp la accesul la mediu

ALOHA

- Packet Radio
- Când stația are un frame, îl trimite
- Stația ascultă (pentru o transmisie dus întors) plus un mic increment
- Dacă ACK, e OK. Dacă nu, retransmit
- Dacă nu există ACK după transmisia repetată, renunță
- Frame check sequence (ca la HDLC)
- Dacă frame e OK și adresa se potrivește, trimite ACK
- Frame-urile pot fi afectate de zgomote sau alte stații care emit în același timp (collision)
- Orice suprapunere de frame-uri cauzează coliziuni
- Utilizare maximă: 18%

Slotted ALOHA

- Timpul se împarte în bucăți (slot) egale cu timpul de transmitere a unui frame
- E nevoie de un ceas central (sau alt mecanism de sincronizare)
- Transmisia începe la trecerea între bucăți
- Frame-urile ori lipsesc ori se suprapun complet
- Utilizare maximă: 37%

CSMA

- Timpul de propagare e mult mai mic decât timpul de transmisie
- Toate stațiile știu când o transmisie a început aproape imediat
- Întâi ascultă ca mediul să fie liber (carrier sense)
- Dacă mediul e liber, transmite
- Dacă 2 stații trimit în același timp, coliziune
- Așteaptă un timp rezonabil (dus-întors plus ACK)
- Dacă nu e ACK, retransmite
- Utilizarea maximă depinde de timpul de propagare (lungimea mediului) și lungimea frame-ului
 - Frame-uri mai lungi și timp de propagare mai mic asigură o utilizare mai bună

Nonpersistent CSMA

1. Dacă mediul e liber, transmite; altfel mergi la 2
 2. Dacă mediul e ocupat, așteaptă un timp dat probabilistic (întârziere de retransmisie), și repetă 1
- Întârzierile aleatoare reduc probabilitatea coliziunilor
 - Fie 2 stații gata să transmită la același timp
 - Când altă transmisie e în curs
 - Dacă ambele stații așteaptă la fel înainte de a încerca iar, amândouă vor încerca să transmită în același timp
 - Capacitatea rămâne neutilizată fiindcă mediul rămâne liber după terminarea transmisiei
 - Chiar dacă una sau mai multe stații așteaptă
 - Nonpersistent CSMA – “deferential”

1-persistent CSMA

- Ca să elimine timpul cât canalul e liber, se folosește protocolul 1-persistent
- Stațiile care vor să transmită ascultă și respectă protocolul:
 1. Dacă mediul e liber, transmit; altfel, vezi 2
 2. Dacă mediul e ocupat, așteaptă până e liber; apoi transmite imediat
- 1-persistent - egoiste
- Dacă 2 sau mai multe stații ascultă, coliziune garantată

P-persistent CSMA

- Compromis care încearcă să reducă coliziunile
 - Ca la nonpersistent
- Și să reducă timpul de așteptare
 - Ca la 1-persistent
- Reguli:
 1. Dacă mediul e liber, transmite cu probabilitatea p , și întârzie o unitate de timp cu probabilitatea $(1 - p)$
 - Unitatea de timp e de obicei timpul maxim de propagare
 2. Dacă mediul e ocupat, ascultă până e liber și repetă pasul 1
 3. Dacă transmisia e întârziată cu o unitate de timp, repetă pasul 1
- Care e o valoare eficientă pentru p ?

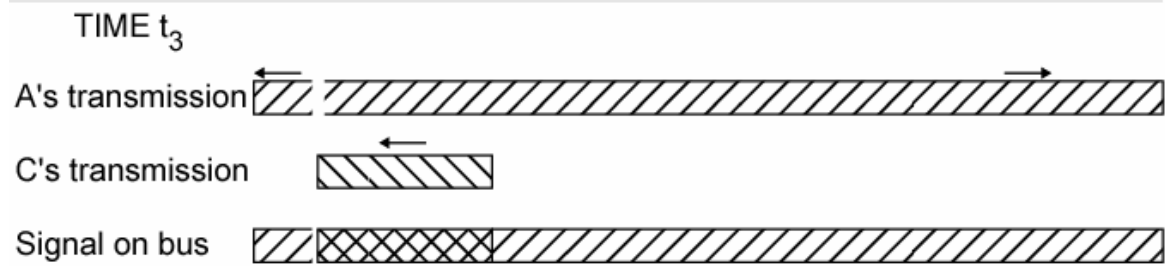
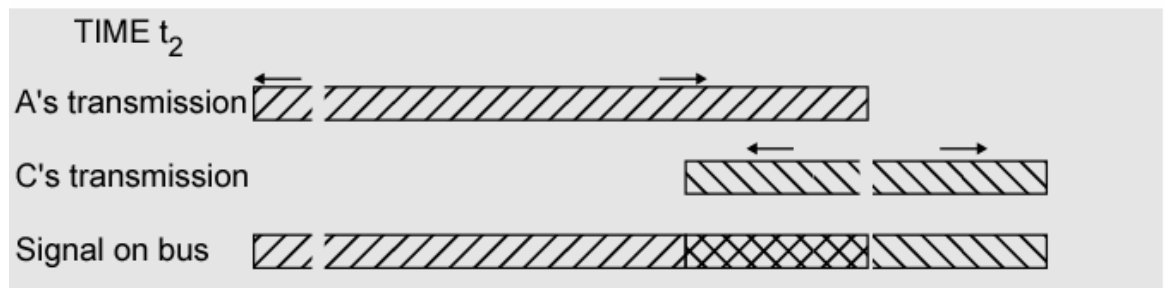
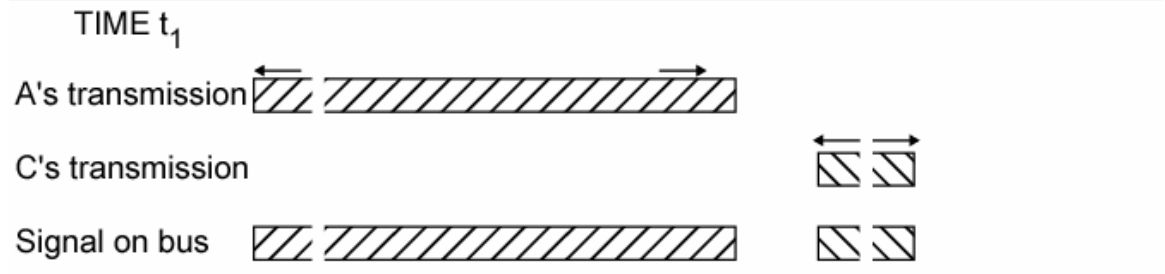
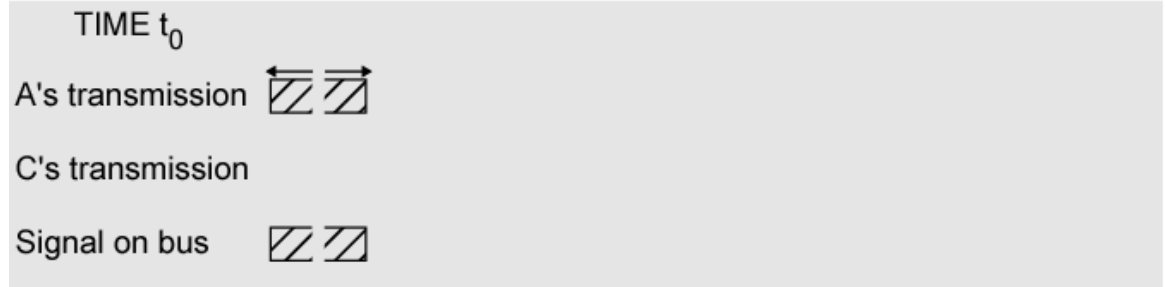
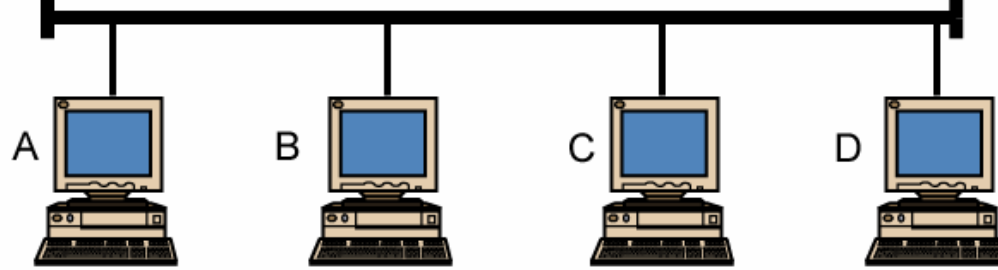
Valoarea lui p ?

- Elimină instabilitatea la încărcări mari
- n stații așteaptă să transmită
- La terminarea transmisiei, numărul de stații care se așteaptă să transmită este numărul de stații gata ori probabilitatea de transmitere
 - np
- Dacă $np > 1$ în medie va fi o coliziune
- Mai multe încercări de transmisie aproape garantează mai multe coliziuni
- Reîncercările concurează cu noile transmisii
- În cele din urmă, toate stațiile încearcă să transmită
 - Coliziuni în continuu, trafic zero
- Deci: $np < 1$ pentru numărul maxim așteptat de n
- Dacă se așteaptă încărcare mare, p e mic
- Oricum, cu cât p e mai mic, stațiile așteaptă mai mult
- La încărcări mici, asta generează întârzieri mari

CSMA/CD

- Cu CSMA, coliziunile ocupă mediul pe durata transmisiei
 - Stațiile ascultă când transmit
1. Dacă mediul e liber transmit, altfel pasul 2
 2. Dacă mediul e ocupat, ascultă până se eliberează, apoi transmit
 3. Dacă se detectează o coliziune, se intrerupe transmisia
 4. După întrerupere, așteaptă un timp aleator apoi se pornește de la pasul 1

CSMA/CD Operation



Care algoritm se folosește?

- IEEE 802.3 folosește 1-persistent
- nonpersistent și p-persistent au probleme de performanță
- 1-persistent ($p = 1$) pare mai instabil decât p-persistent
 - Stațiile sunt lacome
 - Dar timpul pierdut datorită coliziunilor e scurt (dacă frame-urile sunt lungi relativ la timpul de propagare)
 - Cu revenire aleatoare, nu e probabil sa existe coliziune la încercările ulterioare
 - Ca să asigure stabilitatea la revenire, IEEE 802.3 și Ethernet folosește "binary exponential backoff"

Binary Exponential Backoff

- Încearcă să transmită repetat dacă se detectează o coliziune
- Primele 10 încercări, valoarea medie a întârzierii aleatoare se dublează
- Apoi valoarea rămâne aceeași pentru următoarele 6 încercări
- După 16 încercări nereușite, stația renunță și raportează eroare

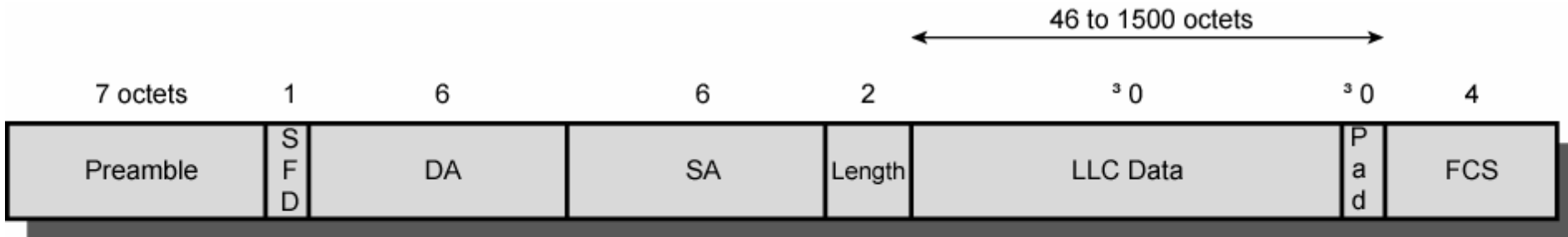
Algoritmul 1-persistent cu “Binary Exponential Backoff”

- Pe măsură ce crește congestia, stațiile reîncearcă după un timp mai lung pentru a reduce probabilitatea de coliziune
- e eficient la diferite încărcări ale rețelei
 - La încărcare redusă, 1-persistent garantează că stația poate ocupa canalul cînd se eliberează
 - La încărcare mare, cel puțin la fel de stabil ca celelalte tehnici
- Algoritmul de reîncercare are efectul de last-in, first-out (LIFO)
- Stațiile cu coliziuni puține transmit primele

Detecția coliziunilor

- Pe topologie de bus, coliziunile produc un semnal de tensiune mai mare decât semnalul util
- Coliziunile se detectează dacă semnalul pe cablu e mai mare decât semnalul unei singuri stații
- Semnalul se atenuează cu distanța
- Distanța minimă e 500m (10Base5) sau 200m (10Base2)
- Pentru perechi torsadate (topologie stea) activitatea pe mai mult de 1 port e coliziune
- Semnal special la prezența coliziunii

IEEE 802.3 Frame Format



SFD = Start of frame delimiter
DA = Destination address
SA = Source address
FCS = Frame check sequence

Specificații 10Mbps (Ethernet)

- <rata de transfer> <Metoda de semnalizare> <Lungimea maximă a segmentului>

•		10Base5	10Base2	10Base-T	10Base-F
•	Mediu	Coaxial	Coaxial	UTP	850nm FO
•	Semnale	Baseband	Baseband	Baseband	Manchester
•		Manchester	Manchester	Manchester	On/Off
•	Topologie	Bus	Bus	Star	Star
•	Noduri	100	30	-	33

100Mbps Fast Ethernet

- Folosește protocolul MAC și formatul de frame de la IEEE 802.3
- 100BASE-X folosește specificațiile de mediu de la FDDI (Fiber Distributed Data Interface)
 - 2 legături fizice între noduri
 - Transmisie și recepție
- 100BASE-TX folosește STP sau Cat. 5 UTP
- 100BASE-FX folosește fibră optică
- 100BASE-T4 poate folosi UTP Cat. 3 pentru voce
 - Folosește 4 linii cu perechi torsadate între noduri
 - Transmisia de date folosește 3 linii odata
- Topologie în stea
 - Similar to 10BASE-T

100Mbps (Fast Ethernet)

- | | | | | | |
|---|-------------|-------------------|-----------------|--|-------------------|
| • | 100Base-TX | | 100Base-FX | | 100Base-T4 |
| • | 2 pair, STP | 2 pair, Cat 5 UTP | 2 optical fiber | | 4 pair, cat 3,4,5 |
| • | MLT-3 | MLT-3 | 4B5B, NRZI | | 8B6T, NRZ |

MLT-3: Multi-Level Transition 3

4B5B: Fiecare 4 biți codați ca 5 biți

8B6T: Fiecare 8 biți codați ca 6 Ternar (-0+)

NRZ: Non return to zero

NRZI: Non return to zero inverted

100BASE-X: rata de transfer și codarea

- Rata de transfer de 100 Mbps unidirecțional, pe o singură legătură
 - o singură pereche, o singură fibră optică
- Schema de codare ca la FDDI
 - 4B/5B-NRZI

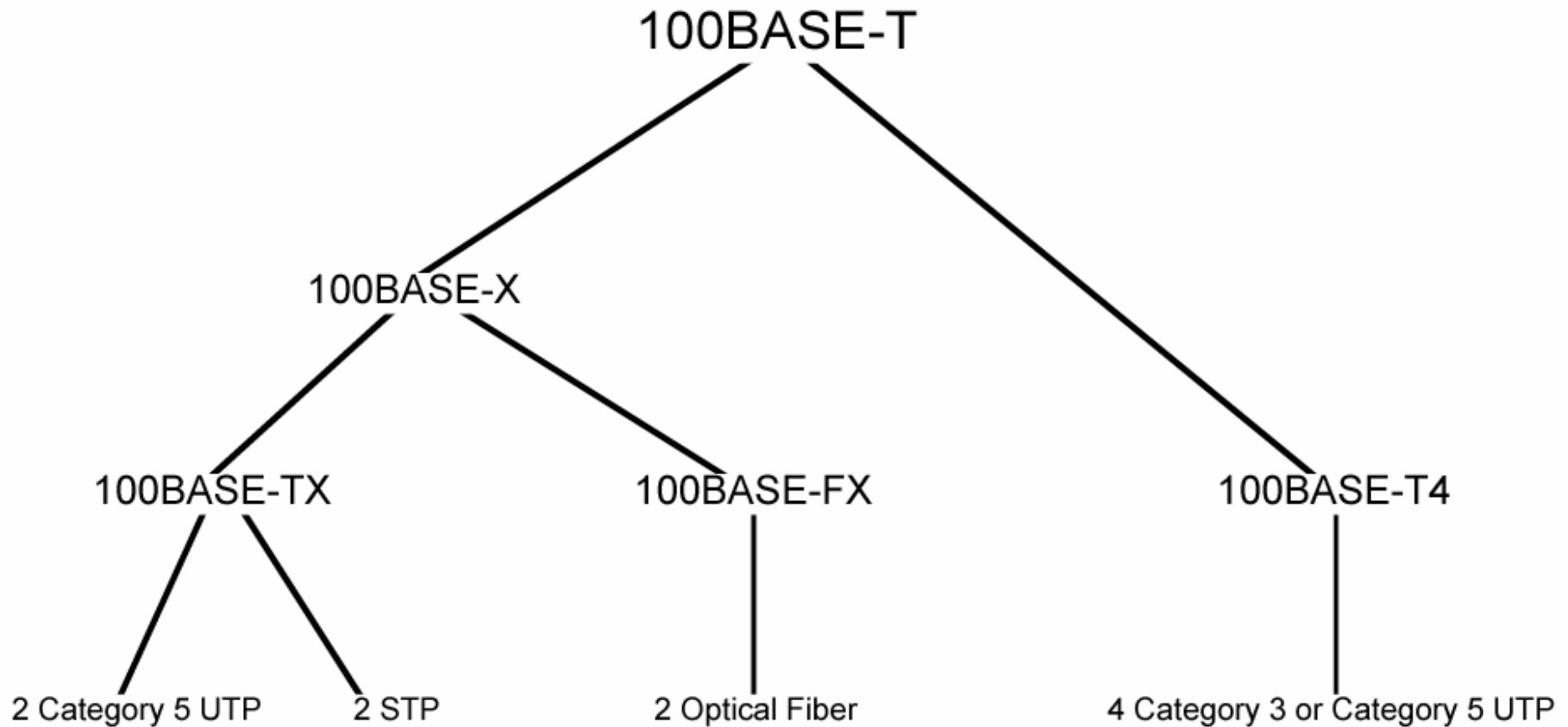
100BASE-X Mediul

- 2 specificații de medii fizice
- 100BASE-TX
 - 2 perechi de cablu UTP
 - O pereche pentru transmisie, una pentru recepție
 - Admise STP și Category 5 UTP
 - Schema de codare folosită: MTL-3
- 100BASE-FX
 - 2 cabluri de fibră optică
 - O pereche pentru transmisie, una pentru recepție
 - Modulație în intensitate folosită pentru conversia codului 4B/5B-NRZI în semnal optic
 - 1 se reprezintă ca puls de lumină
 - 0 se reprezintă ca absența pulsului sau o intensitate foarte scăzută

100BASE-T4

- 100-Mbps peste cablu Cat 3 UTP de slabă calitate
 - Avantajul unei rețele întinse
 - Cat 5 optional
 - Nu trimite semnale continui între pachete
 - Se folosește în sisteme cu baterii
- Nu se pot obține 100 Mbps pe o singură pereche torsadată
 - Datele se împart în 3 canale separate
 - Fiecare cu rata efectivă de 33.33 Mbps
 - Se folosesc 4 perechi torsadate
 - Datele se trimit și se recepționează pe 3 canale
 - 2 perechi se folosesc bidirecțional
- Nu se folosește NRZ
 - ar necesita 33 Mbps pe fiecare pereche
 - Nu asigură sincronizarea
 - Schema de semnalizare ternară (8B6T)

Opțiuni 100BASE-T



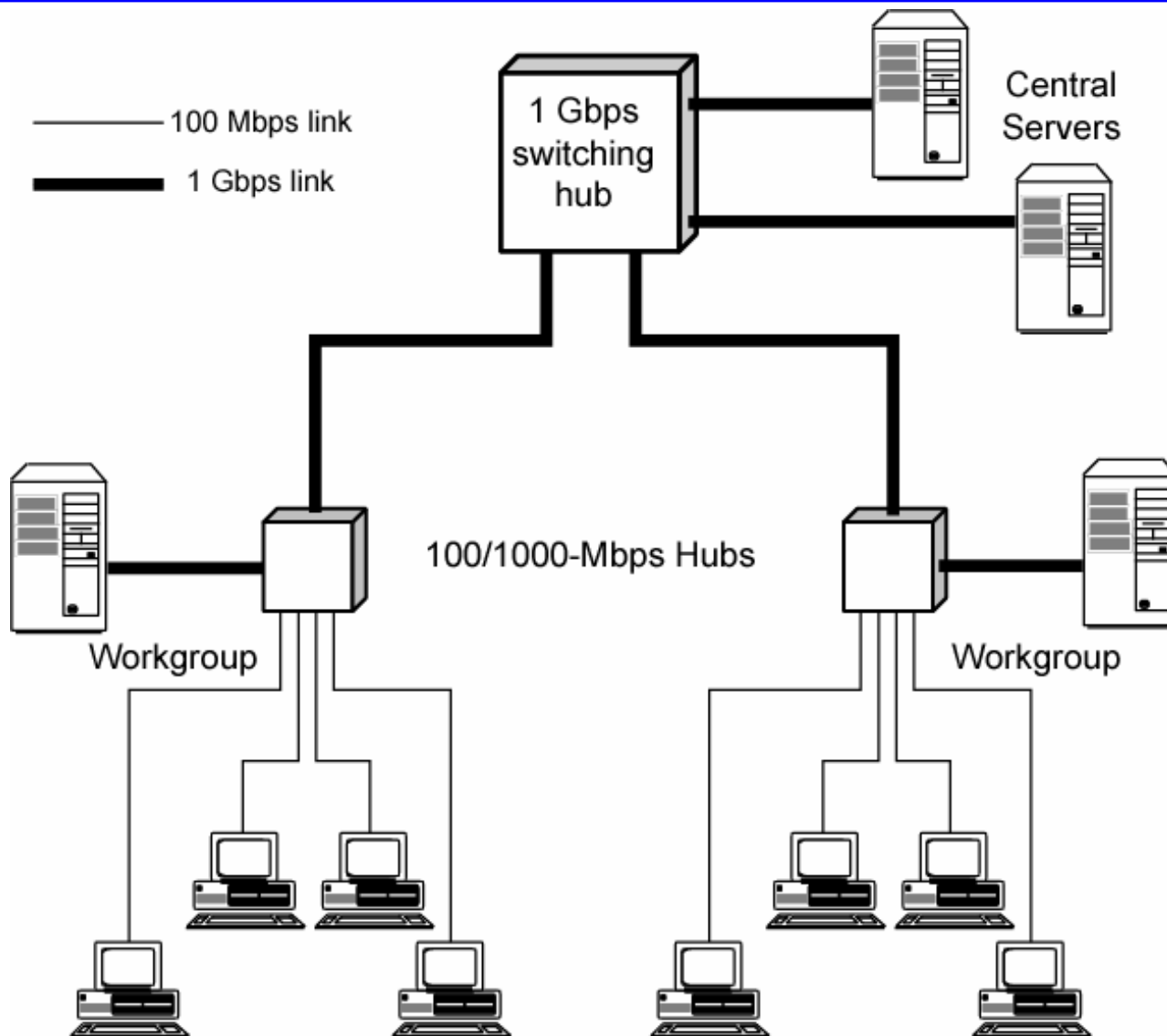
Operare Full Duplex

- Traditional: Ethernet e half duplex
- Cu full duplex, in același timp transmit și recepționez
- 100-Mbps Ethernet in mod full-duplex, teoretic rata de transfer e 200 Mbps
- Stațiile trebuie să aibă adaptoare full-duplex
- Trebuie folosit un switch
 - Fiecare stație e un domeniu separat de coliziuni
 - De fapt nu există coliziuni
 - Algoritmul CSMA/CD nu mai e necesar
 - Formatul de frame: 802.3 MAC
 - Stațiile atașate pot continua CSMA/CD

Configurații mixte

- Fast Ethernet acceptă mixturi de rețele 10-Mbps și 100-Mbps
- Ex.: 100-Mbps backbone LAN acceptă hub de 10-Mbps
 - Stațiile atașate la hub de 10-Mbps folosesc 10BASE-T
 - Hub conectate la switch folosesc 100BASE-T
 - Acceptă 10-Mbps și 100-Mbps
 - Stațiile de lucru de capacitate mare și servere atașate direct la switch de 10/100
 - 100-Mbps hub pentru o rețea backbone
 - Conexiune la router pentru acces la WAN

Configurație Gigabit Ethernet



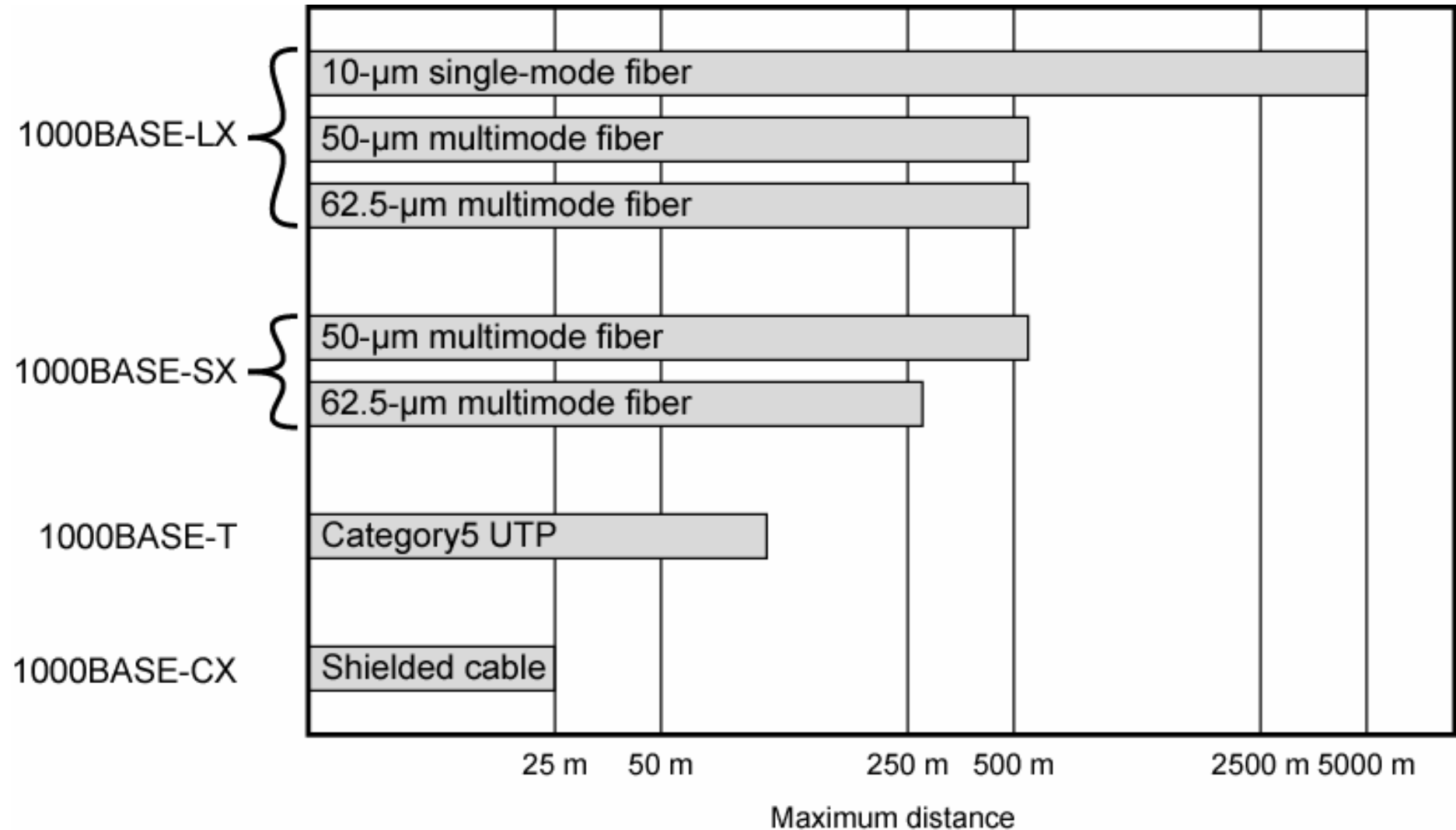
Gigabit Ethernet - Diferențe

- Extensie de bandă
- Cel puțin 4096 biți lungime (512 for 10/100)
- Frame bursting

Gigabit Ethernet – Fizic

- 1000Base-SX
 - Lungime de undă mică, fibră optică multimod
- 1000Base-LX
 - Lungime de undă mică, fibră optică multimod sau singlemode
- 1000Base-CX
 - shielded twisted pair, <25m
- 1000Base-T
 - 4 perechi, cat 5 UTP
- Semnaizare - 8B/10B

Gbit Ethernet – opțiuni de mediu



10Gbps Ethernet - Utilizare

- Conectare locală de mare viteză între switch-uri de mare capacitate
- Ferme de servere
- Campus wide connectivity
- Permit Internet service providers (ISPs) și network service providers (NSPs) să creeze legături de foarte mare viteză la prețuri foarte mici
- Permit construirea de MAN și WAN
 - Permit conectarea geografică a LAN dispersate
- Ethernet concurează cu ATM și alte tehnologii WAN

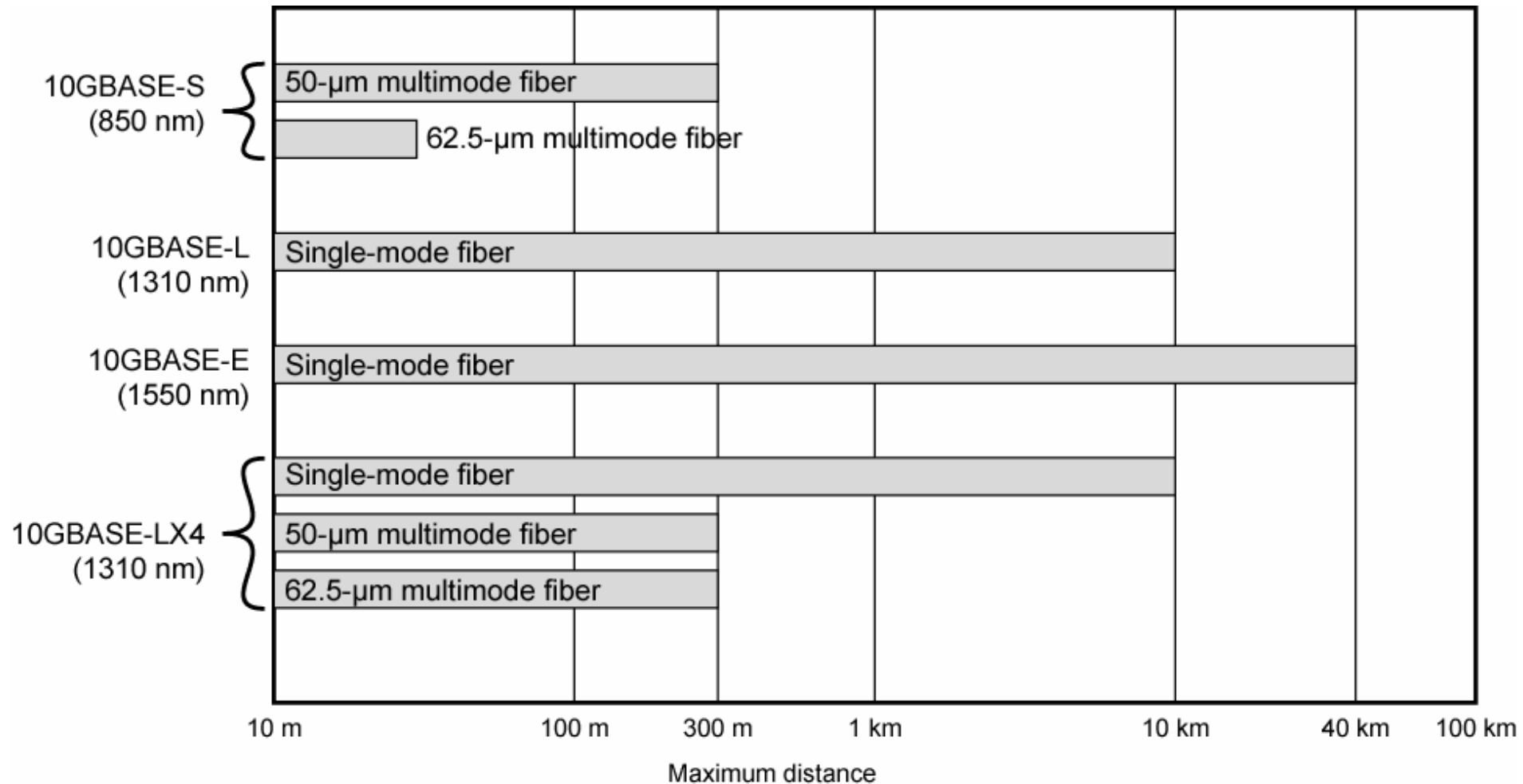
10Gbps Ethernet - Avantaje

- Conversie nu tocmai scumpă, ca urmare a cererii de bandă
- Rețeaua e Ethernet de la un cap la altul
- IP și Ethernet oferă QoS și politici de trafic
- Tehnologii avansate de trafic sunt la dispoziția user-ilor și a provider-ilor
- O varietate de interfețe optice
- Optimizează modul de operare și costurile pentru LAN, MAN, sau WAN

10Gbps Ethernet - Avantaje

- Distanța maximă 300 m la 40 km
- Mod Full-duplex
- 10GBASE-S (short):
 - 850 nm pe fibră optică multimode
 - Până la 300 m
- 10GBASE-L (long)
 - 1310 nm pe fibră optică single-mode
 - Până la 10 km
- 10GBASE-E (extended)
 - 1550 nm pe fibră optică single-mode
 - Până la 40 km
- 10GBASE-LX4:
 - 1310 nm pe fibră optică single-mode sau multimode
 - Până la 10 km
 - Wavelength-division multiplexing (WDM) bit stream pe 4 lungimi de undă

10Gbps Ethernet - opțiuni de mediu



Token Ring (802.5)

- Dezvoltat de IBM
- Acceptat pe scară largă, datorită IBM
- Nu a atins popularitatea lui Ethernet
- In prezent există o gamă largă de produse token ring
- Piața începe să scadă încet

Token Ring – modul de operare

- Fiecare repetor se conectează cu alte 2 printr-o legătură unidirecțională
- Cale închisă
- Datele se transferă bit cu bit de la un repetor la altul
- Repetoarele regenerează și retransmit fiecare bit
- Repetoarele execută: inserarea datelor, recepția datelor, eliminarea datelor
- Pachetele se elimină de către transmițător, după ce au făcut o tură

Funcții de ascultare

- Se scanează șirul de biți după pattern-uri
 - Adresa stației atașată
 - Jetonul de permisiune pentru transmisie
- Se copiază biții recepționați și se trimit stației atașate
 - În același timp se transmite mai departe fiecare bit
- Se modifică biții la trecere
 - ex. Pentru a indica faptul că pachetul a fost copiat (ACK)

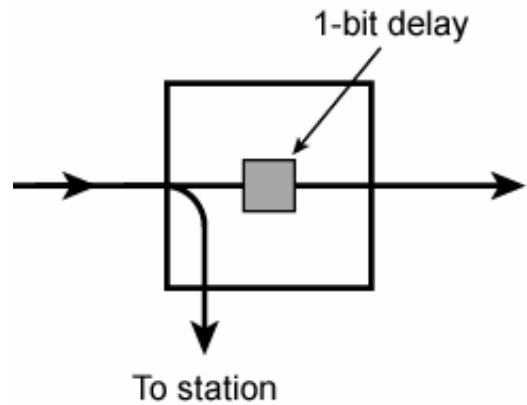
Funcții de transmisie

- Stația are datele
- Repetorul are permisiunea
- Poate recepționa biții care sosesc
 - Dacă lungimea inelului e mai mică decât un pachet
 - Se trimite înapoi la stație pentru verificare (ACK)
 - Poate fi mai mult de un pachet pe inel
 - Buffer pentru retransmisie mai târziu

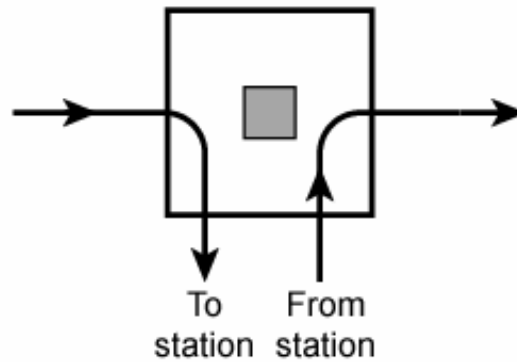
Funcții de trecere

- Semnalele se propagă prin repetoare fără întârziere (alta decât timpul de propagare)
- Soluție parțială la problema siguranței (mai vorbim)
- Se îmbunătățește performanța

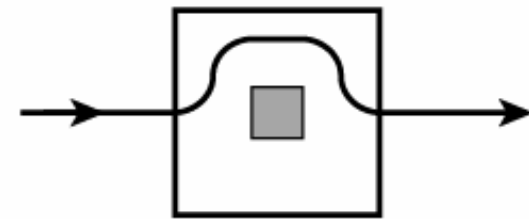
Stările repetoarelor



(a) Listen state



(b) Transmit state

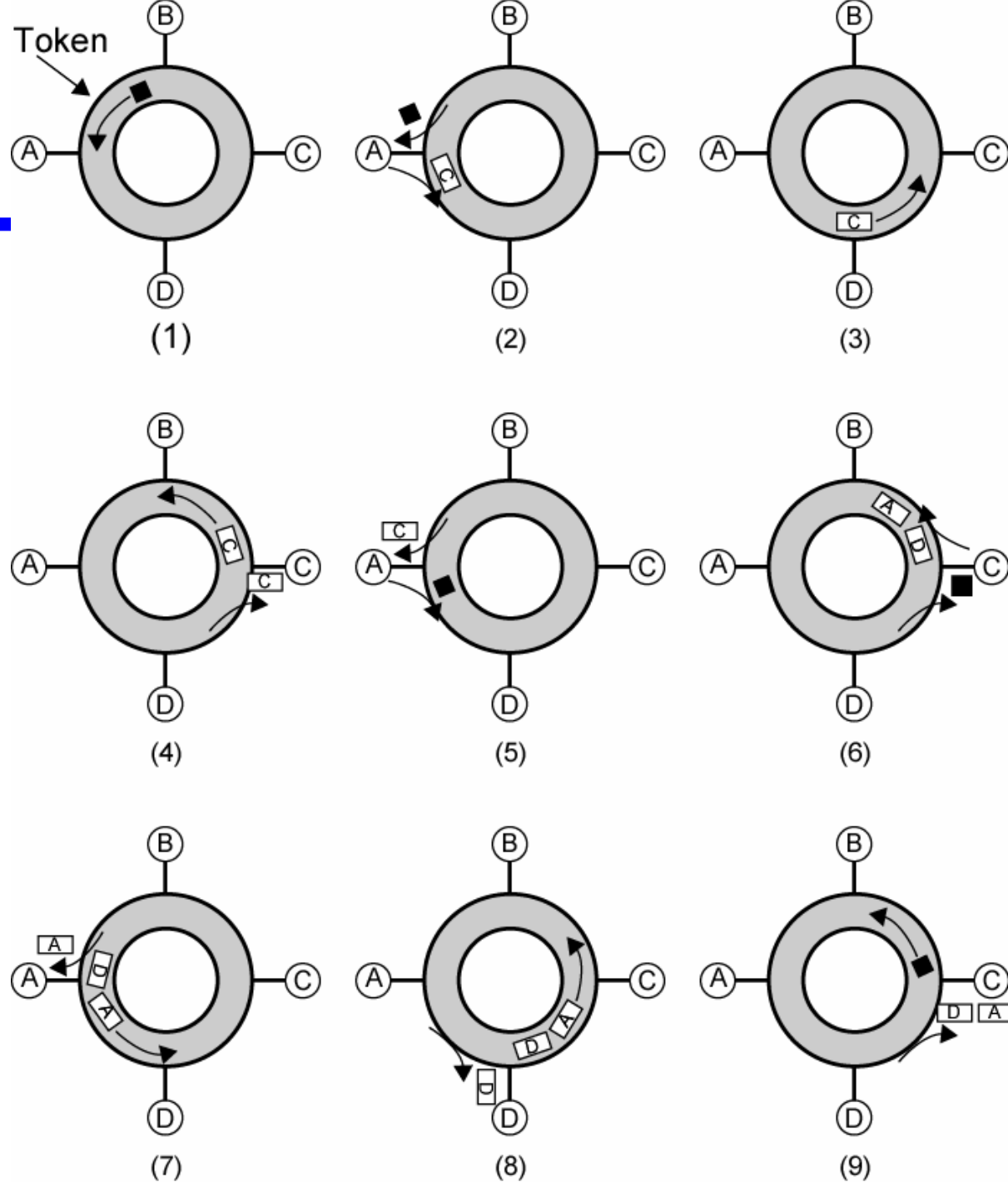


(c) Bypass state

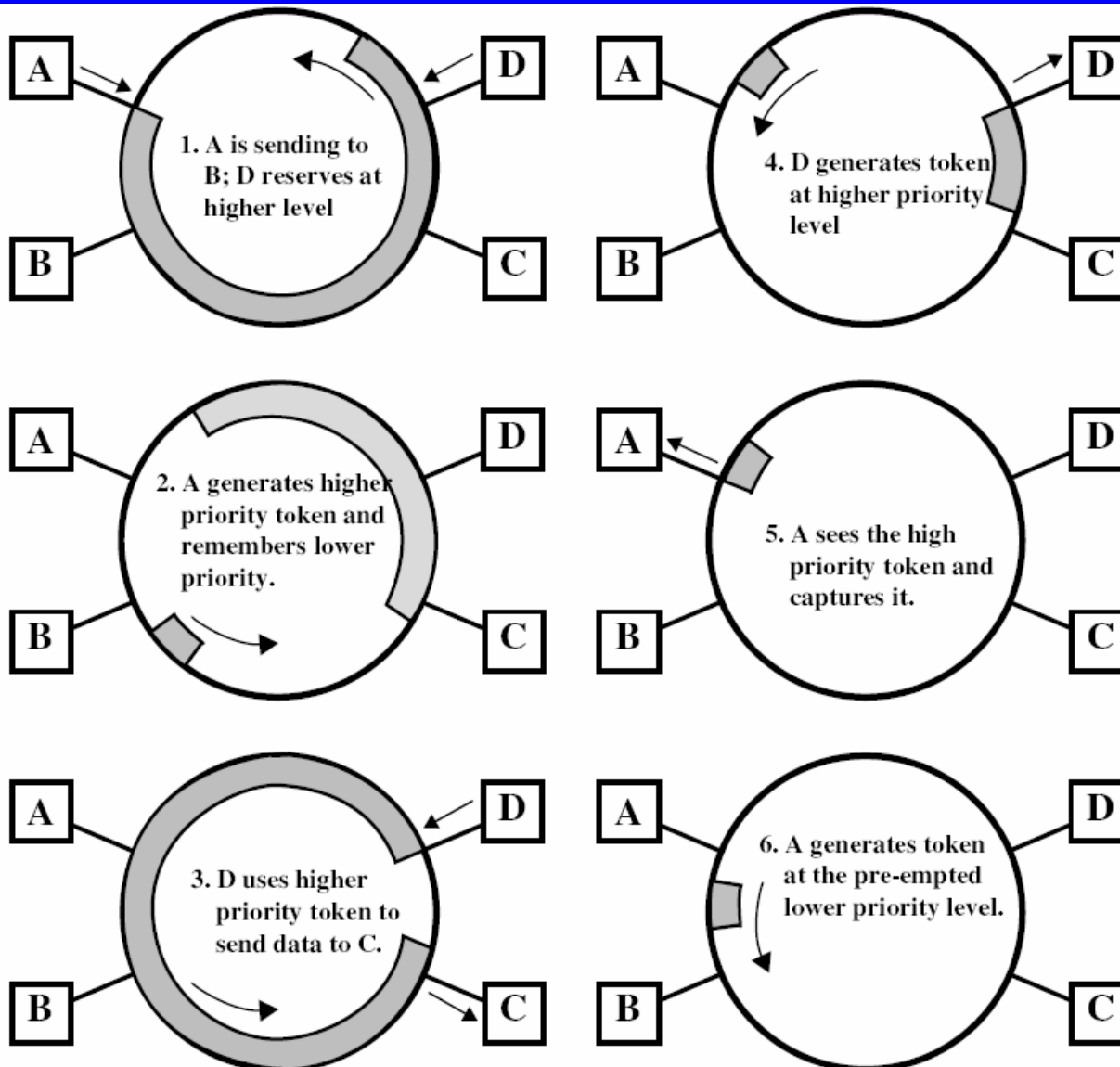
802.5 MAC Protocol

- Un frame mic (token) circulă când e pauză (idle)
- Stațiile așteaptă token
- Schimbă un bit în token pentru a-l face SOF pentru frame-ul de date
- Atașează restul frame-ului de date
- Frame-ul face o tură completă și e absorbită de stația transmițătoare
- Stația inserează un nou token când transmisia s-a terminat și a sosit înapoi sfârșitul frame-ului
- La încărcări mici – oarecum ineficient
- La încărcări mari – round robin

Token Ring Modul de operare



Schema priorităților



Early Token Release (ETR)

- Dacă lungimea inelului e mai mică decât lungimea unui frame, transmițătorul poate da drumul la token imediat ce a transmis frame-ul
- Dacă lungimea inelului e mai mare, trebuie așteptat header-ul frame-ului transmis înainte de a trimite token-ul
- ETR permite eliberarea unui token imediat după transmiterea frame-ului
- Prioritatea token-ului e a celui mai recent frame recepționat

Token Ring dedicat (DTR)

- Topologie in stea cu Hub central sau concentrator
- Funcționează ca switch
- Legătură punct la punct full duplex
- Concentrator funcționează ca repetor la nivel de frame
- Nu se pasează jetonul

MAC Frame



SD = starting delimiter

AC = access control

FC = frame control

DA = destination address

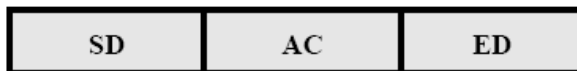
SA = source address

FCS = frame check sequence

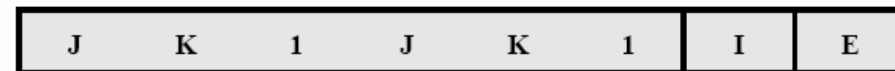
ED = ending delimiter

FS = frame status

(a) General Frame Format



(b) Token Frame Format



J, K = non-data bits

E = error-detected bit

I = intermediate frame bit

(e) Ending Delimiter Field



PPP = priority bits

M = monitor bit

T = token bit

RRR = reservation bits

(c) Access Control Field



A = Address recognized bit

rr = reserved

C = Frame copied bit

(e) Frame Status Field



FF = frame-type bits

ZZZZZZ = control bits

Fibre Channel

- Canale I/O
 - Legături directe punct la punct sau multipunct
 - Pe baza de hardware
 - Viteză mare
 - Distanță foarte mică
 - Datele utilizator de la un buffer sursă la un buffer destinație
- Conexiune în rețea
 - Puncte de acces interconectate
 - Protocol pe bază de software
 - Flow control, error detection & recovery

Fibre Channel

- Cele mai bune aspecte din ambele tehnologii
- Orientat pe canal
 - Calificator pentru tipurile de date pentru încărcătura unui frame
 - Construcții la nivelul legăturii de date asociate cu operații I/O
 - Specificații de protocol a interfeței pentru arhitecturile I/O existente
 - ex. SCSI
- Orientat pe rețea
 - Multiplexare totală între destinații multiple
 - Conectare "Peer to peer"
 - Interconectare cu alte tehnologii

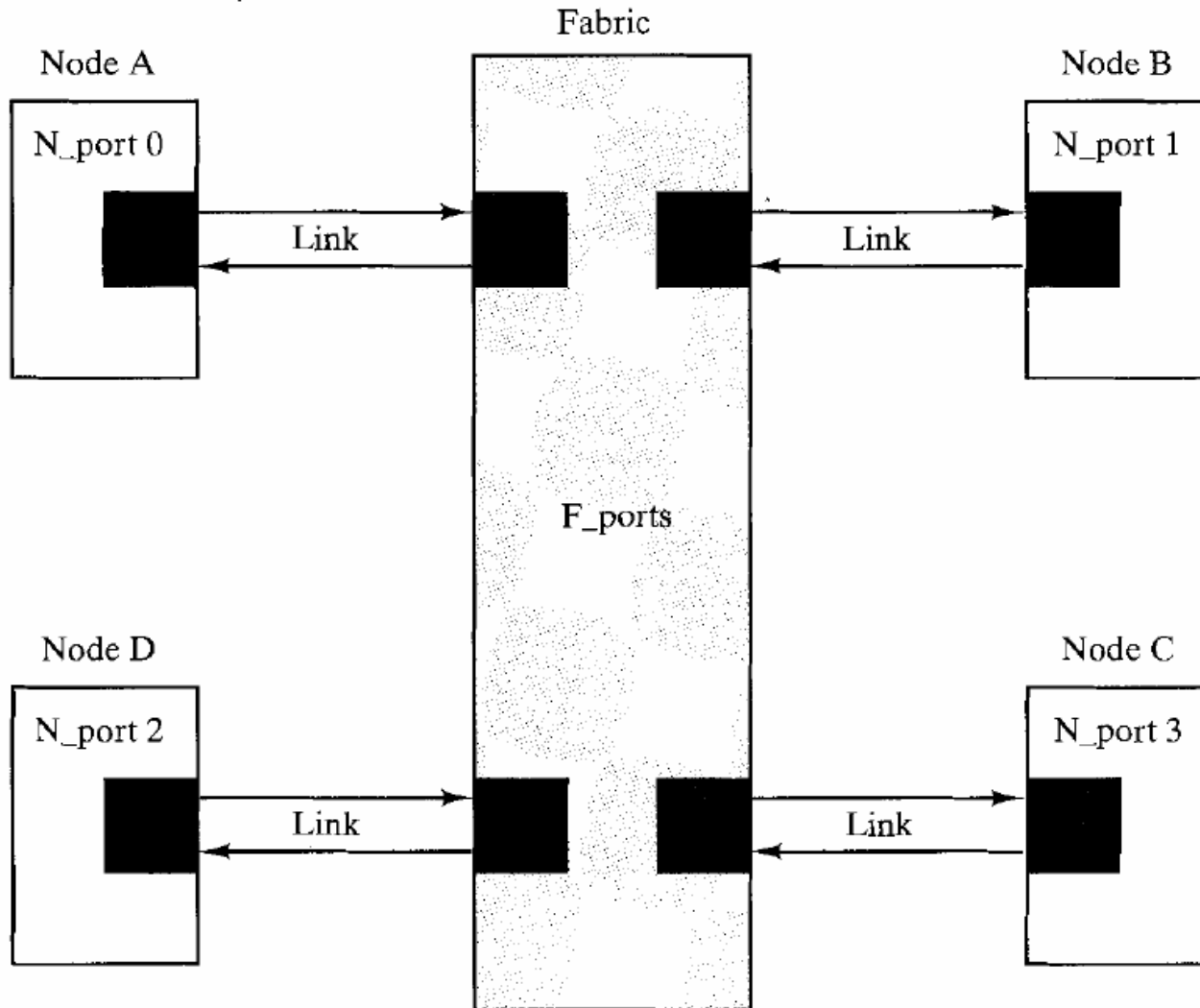
Fibre Channel - cerințe

- Legătură full duplex cu 2 linii pe legătură
- 100 Mbps la 800 Mbps pe o singură linie
 - Full duplex 200 Mbps la 1600 Mbps pe legătură
- Până la 10 km
- Conectori mici
- Capacitate de utilizare mare, neinfluențată de distanță
- Conectivitate bună
- Disponibilitate extinsă
 - ex. Componente standard
- Nivele multiple cost/performanță
 - Sisteme mici până la supercalculatoare
- Suport pentru seturi multiple de comenzi pentru protocoale de rețea sau canal
- Folosirea unui mecanism de transport generic bazat pe legături punct la punct și rețea cu comutare
- Codare și schemă de frame-uri simple

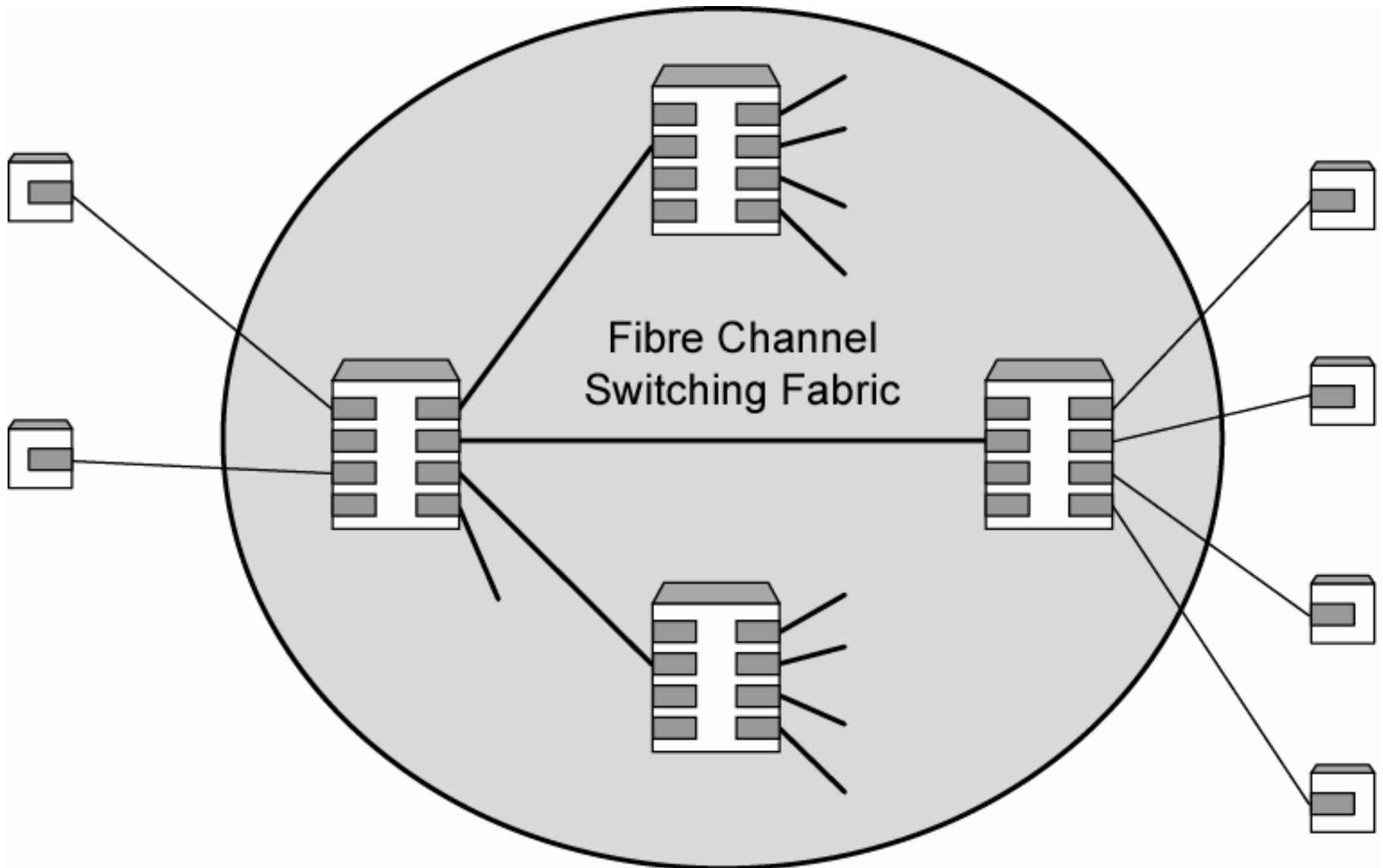
Fibre Channel - elemente

- Sisteme finale – noduri
- Elemente de comutare – rețea sau fabric
- Comunicație de-a lungul legăturilor punct la punct

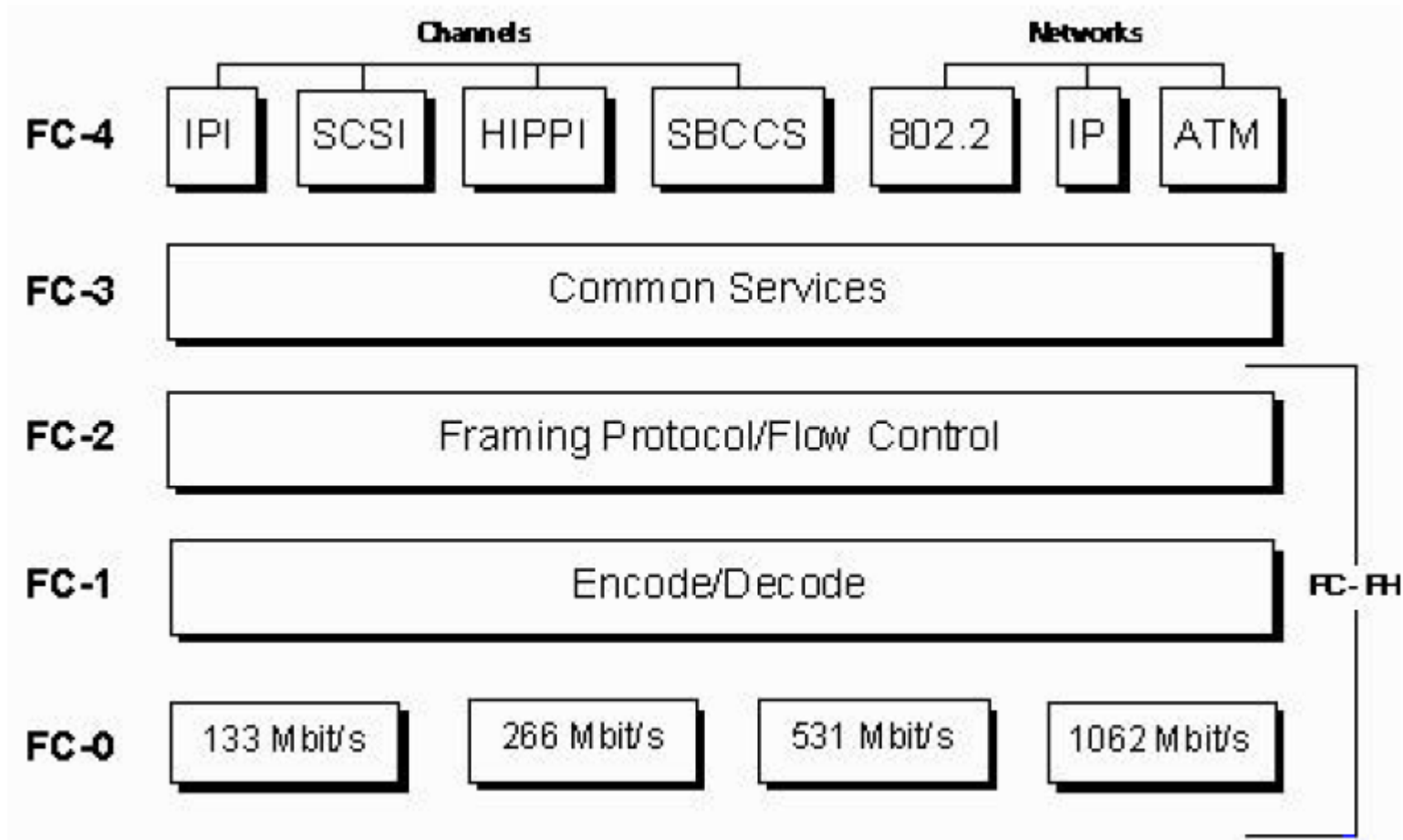
Fibre Channel - rețea



Fibre Channel - rețea



Fibre Channel – Arhitectura protocolului (1)



Fibre Channel – Arhitectura protocolului (2)

- FC-0 Mediul fizic
 - Fibră optică la distanță mare
 - Cablu coaxial la viteză mare, distanță mică
 - STP la viteză mică, distanță mică
- FC-1 Protocolul de transmisie
 - codare de semnal 8B/10B
- FC-2 Protocol de frame
 - Topologii
 - Formatul frame
 - Control de flux și erori
 - Secvențiere și schimburi (gruparea logică a frame-urilor)

Fibre Channel – Arhitectura protocolului (3)

- FC-3 Servicii comune
 - Include multicasting
- FC-4 Mapare
 - Maparea serviciilor de canal și rețea la fibre channel
 - ex. IEEE 802, ATM, IP, SCSI

Fibre Channel – Mediul fizic

- Asigură diferite opțiuni pentru mediul fizic, rata de transfer pe mediu și topologia rețelei
- Shielded twisted pair, cablu coaxial și fibră optică
- Rata de transfer 100 Mbps la 3.2 Gbps
- Punct la punct de la 33 m la 10 km

Fibre Channel - Fabric

- Topologie generală denumită “fabric” sau topologie cu comutare
- Tehnologie arbitrară care include cel puțin un switch pentru interconectarea unui număr de sisteme finale
- Rutarea e transparentă la noduri
 - Fiecare port are o adresă unică
 - Când data se transmite la “fabric”, acesta caută adresa de destinație pentru a determina la care nod atașat se transmite
 - Frame-ul se transmite la nodul atașat la același switch sau se transferă la un switch adiacent pentru rutare la destinație

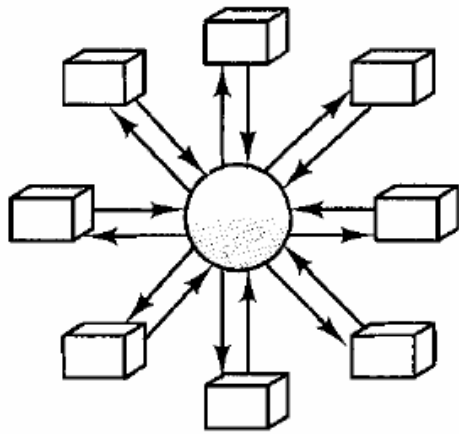
Fabric - Avantaje

- Scalare a capacității
 - Cu cît se adaugă porturi, capacitatea rețelei crește
 - Minimizează congestiile și coliziunile
 - Crește capacitatea de tranfer
- Independent de protocol
- Nu contează distanța
- Switch-urile și tehnologia de transmisie se pot schimba fără a afecta configurația globală
- Minimizare a încărcării pe noduri
 - Nodul de Fibre Channel este responsabil de managementul conexiunii punct la punct dintre el și fabric
 - Fabric e responsabil de rutare și detecția erorilor

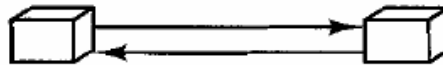
Topologii alternative

- Point-to-point
 - Doar 2 porturi
 - Conexiune directă, fără switch la mijloc
 - Nu există rutare
- Arbitrated loop
 - Topologie simplă, de cost scăzut
 - Până la 126 noduri în buclă
 - Operare asemănătoare cu token ring
- Topologiile, mediile de transmisie și ratele de tranfer pot fi combinate

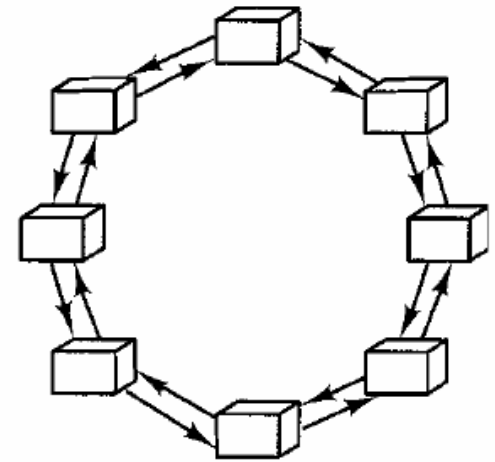
Topologii



(a) Fabric (switched)

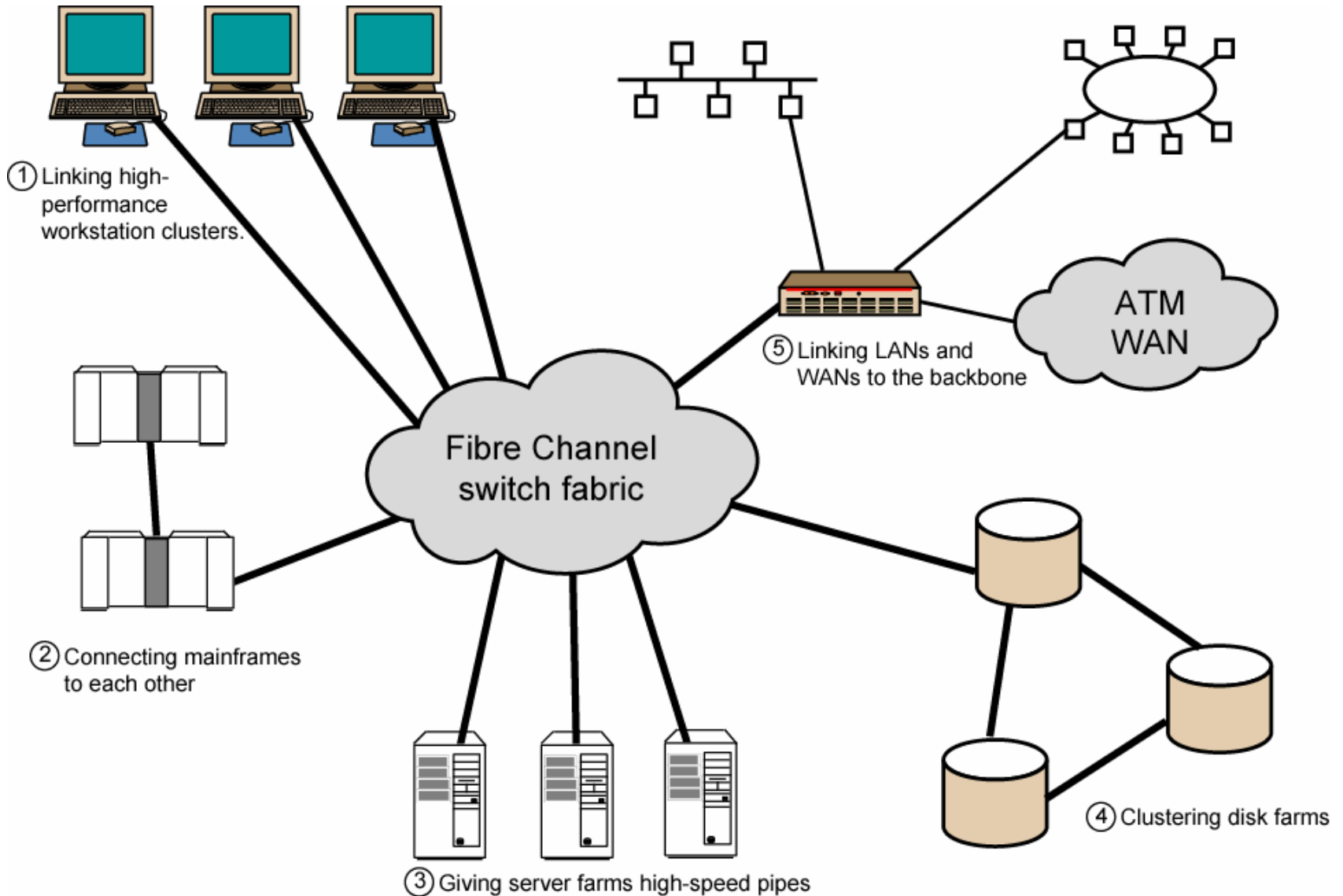


(b) Point to point



(c) Arbitrated loop

Fibre Channel - aplicații



Fibre Channel - perspective

- Sprijinit de Fibre Channel Association
- Sunt disponibile carduri de interfață pentru aplicații diferite
- Acceptat pe scară largă ca dispozitiv de interconectare cu perifericele
 - Poate înlocui SCSI
- Atractiv din punct de vedere tehnic pentru cerințele generale ale LAN de mare viteză
- Concurează cu Ethernet și ATM
- Problemele de cost și performanță domină la alegerea tehnologiei