

Rețele Locale de Calculatoare

Principiile rețelelor Ethernet



– curs 2 –

12.10.2009

14.10.2009

Universitatea POLITEHNICA București



- **1970:** apare in Hawaii reteaua **ALOHANET**. Ea unea insulele arhipelagului folosind ca mediu de transmisie undele radio. Mediul de transmisie era partajat intre utilizatori
- **1976:** in Xerox PARC (Palo Alto Research Center) Bob Metcalfe (care studiasa ALOHANET) si David Bogs proiecteaza si implementeaza primul LAN, denumit **Ethernet** (numele vine de la *eter*, substanta prin care, in secolul 19, se credea ca se propaga undele electromagnetice)
 - Functiona pe cablu coaxial gros partajat intre utilizatori
 - Distanta maxima 2,5 km (5 segmente de 500m unite prin 4 repetoare)
 - Suporta maxim 256 calculatoare
 - Latime de banda: 2,94Mbps



- DEC, Intel si Xerox colaboreaza pentru a crea un standard de 10Mbps, denumit **standardul DIX**
- **1983**: IEEE transforma standardul DIX in **standardul 802.3**
- Xerox nu dezvolta Ethernet-ul, si Bob Metcalfe pleaca de la Xerox formand 3COM. Pana in 1999 a vandut mai mult de 100 milioane de placi de retea Ethernet



	Ethernet	Concurența	
1984	802.3 – 1 Mbps		D
		802.5 – 4 Mbps	0
	802.3 – 10 Mbps		0
		802.5 – 16 Mbps	0
1995		ATM – 155 Mbps	0
1996	802.3u – 100 Mbps		0
		ATM – 622 Mbps	0
1998	802.3z – 1000 Mbps		0
2003	802.3ae – 10 Gbps		0

In curs de standardizare 40G Ethernet (OC-768)



- IEEE are un grup de standardizare în domeniul ingineriei electrice
- Grupul pentru rețelele locale de calculatoare este 802

802.1	Arhitectura și principiile generale ale switchurilor
802.2	Controlul legăturii logice (Sunivelul LLC)
802.3	Ethernet
802.4	Token Bus
802.5	Token Ring
802.6	DQDB – Standardul de MAN
802.7	Tehnologii brodband
802.8	Tehnologii de comunicație peste fibra optică
802.9	Isocronus LAN
802.10	Rețele locale virtuale (VLAN)
802.11	Rețele fără fir (WLAN)
802.12	Mecanisme de priorități pentru rețele locale
802.13	Neassignat
802.14	Modemuri de cablu
802.15	Bluetooth
802.16	Rețele metropolitane fără fir (Brodband WMANs)



- Ethernetul foloseste patru tipuri de cabluri

- *Coaxial gros*



- *Coaxial subtire*



- *De tip Tisted Pair*



- *Fibra optica*





- Nivelul 1 poate comunica doar cu subnivelul MAC
- Nivelul 2 folosește subnivelul LLC pentru a comunica cu nivelul 3

- Nivelul 1 nu poate identifica stațiile
- Nivelul 2 oferă suport pentru o schemă de adrese

- Nivelul 1 gestionează fluxuri de biți
- Nivelul 2 folosește cadre pentru organizarea octeților



- Standardele concepute de IEEE se refera la operarea retelelor la nivelele 1 si 2

Stiva OSI

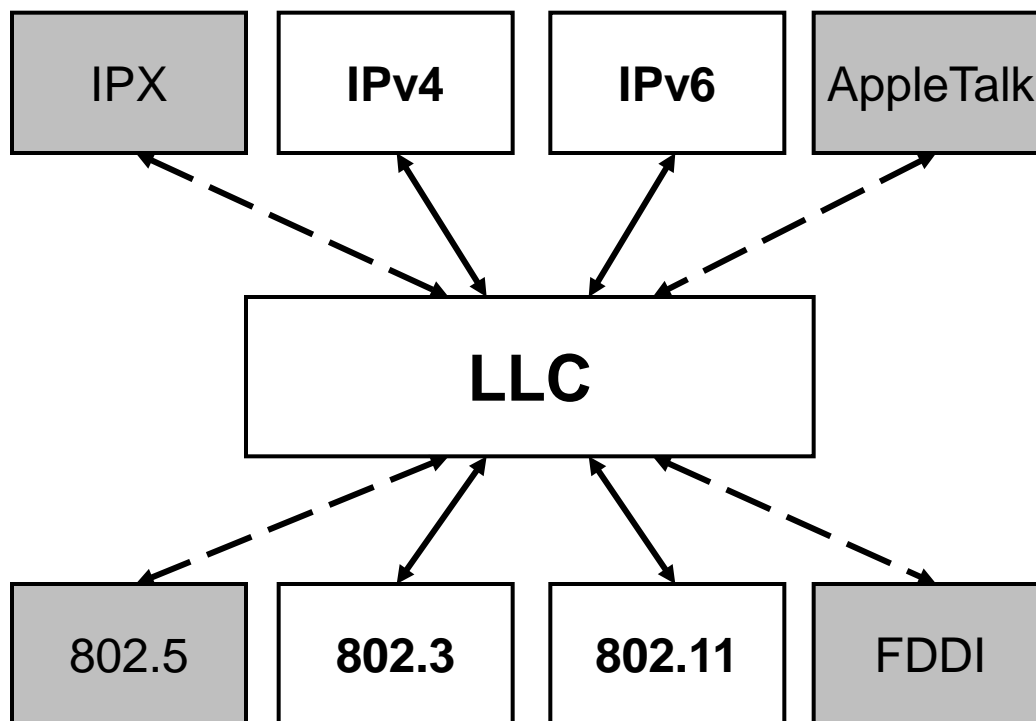
Nivelul legătură de date	subnivel LLC
	subnivel MAC
Nivelul fizic	

Specificații de LAN

Ethernet	IEEE 802.2			
	IEEE 802.3	10 Base T	IEEE 802.5	FDDI



- Compus din partea independenta de tehnologia de transmisie din nivelul legătură de date
- Asigura interfata intre diferite protocoale de nivel 3 cu diferite tehnologii de LAN
- A fost definit in IEEE 802.2





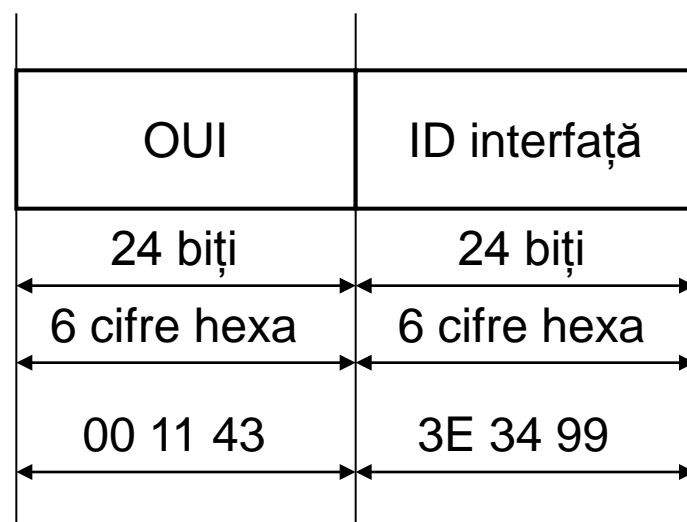
- Media Access Control se ocupa de protocoalele pe care le foloseste un host pentru a accesa mediul de transmisie
- Construiește cadrul (unitatea de date pentru nivelul 2)
 - Construiește sirul de 1 si 0 pentru nivelul fizic
- Este dependent de mediul de transmisie si de tehnologia folosita



- Ethernet foloseste un sistem de adresare pentru a **identifica in mod unic** fiecare computer sau interfata. Acest sistem de adresare este unul **local** (valabil doar in interiorul LAN-ului)
- Adresele utilizate se numesc adrese MAC. O adresa MAC indentifica in mod unic o interfata de retea ce foloseste Ethernet
- Adresa MAC este scrisa intr-o memorie ROM si incarcata in RAM la initializare interfetei de retea. Ea nu poate fi schimbata. In schimb, sistemul de operare poate fi configurat sa foloseasca alta adresa MAC



- Adresa MAC are **48 de biti** si este scrisa sub forma a **12 cifre hexazecimale**.
 - Primele 6 cifre (24 de biti) sunt administrate de IEEE si identifica producatorul. Aceasta parte se mai numeste OUI (Organizational Unique Identifier)
 - Ultimele 6 cifre sunt administrate de catre producator si pot reprezenta de ex. un numar serial asociat interfetei de retea





- Exista trei tipuri de adrese MAC:
 - Adresa **unicast** (adresa cea mai uzual intalnita). Ea identifica un singur destinatar
ex: **00.10.A7.22.FE.63**
 - Adresa **broadcast**. Este folosita pentru a identifica toate calculatoarele din retea
FF.FF.FF.FF.FF.FF
 - Adresa **multicast** (rar folosita). Este folosita pentru a identifica un grup de calculatoare. Este identificata prin faptul ca primul octet este impar.
ex: **01.00.5E.00.A1.11**

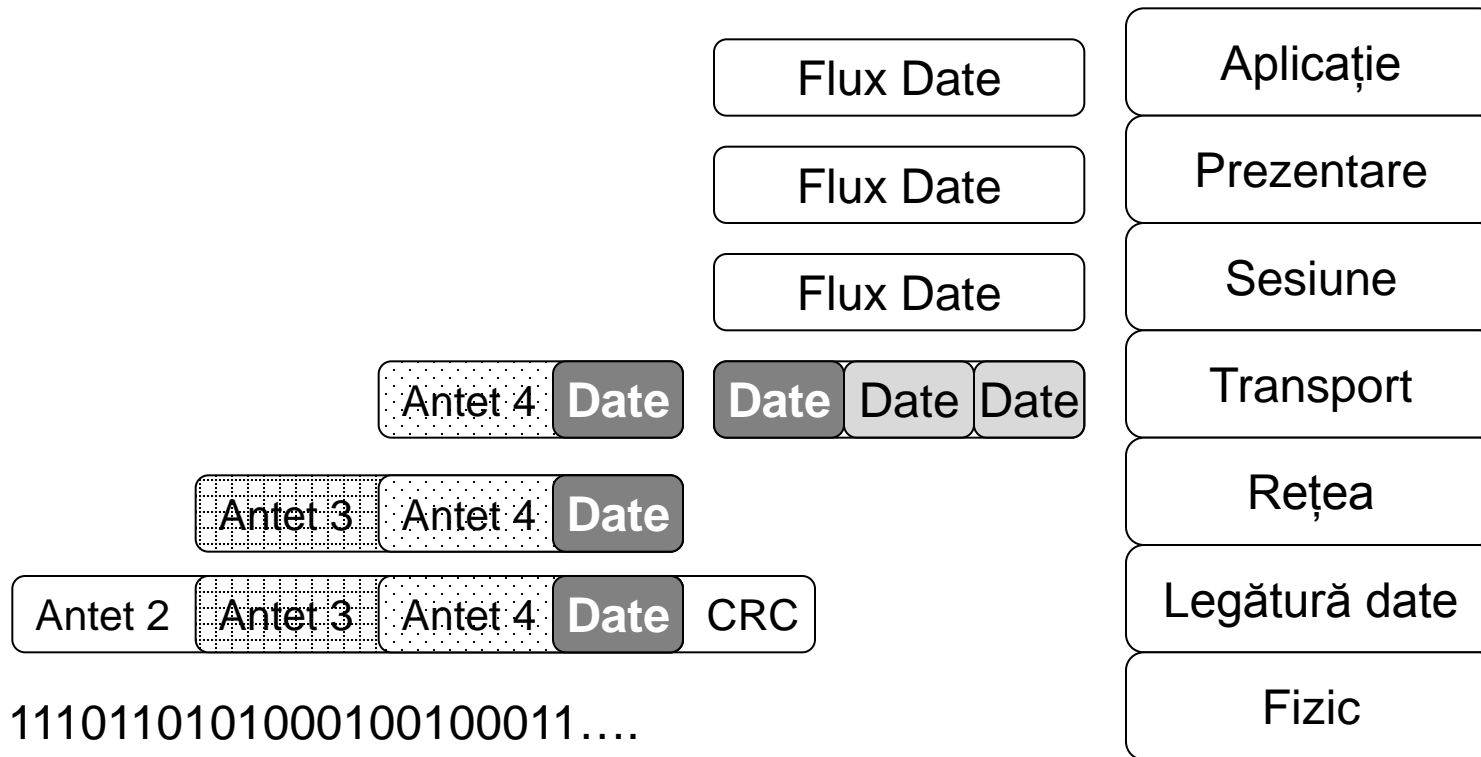


- Adresa MAC are o **structura liniara** (plată).
- Singurul mod de căutare într-o bază de date după adresa MAC este căutarea secvențială. Prin urmare cu cat numarul de adrese MAC devine mai mare, cu atat gestionarea lor devine mai dificila

- Adresa MAC poate fi folosita pentru adresare doar in **interiorul retelelor locale**
- Pentru comunicarea in **exteriorul rețelei locale** este nevoie de un alt sistem de adresare, la nivelul 3 (de ex. IP, IPX)



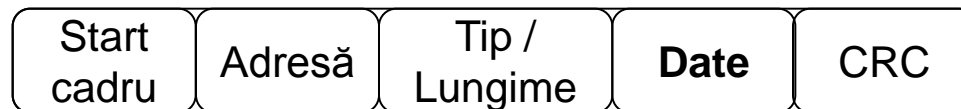
- Protocoalele pot fi deterministe sau non-deterministe
 - **Protocoalele deterministe**
 - Sunt protocoale ce se comporta in mod predictibil
 - Exemplu: Token Ring, FDDI
 - **Protocoalele non-deterministe**
 - Folosesc in general o abordare de tipul *primul venit, primul sosit*.
 - Exemplu: CSMA/CA, CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) - pentru a transmite, o placa de retea asculta mediul de transmisie si, daca nu transmite altcineva in acelasi timp, atunci poate incepe transmisia. Daca doua statii transmit simultan, se produce o coliziune
- Tehnologii de nivel 2 des intalnite sunt Ethernet și Wireless LAN



- Înainte de a fi transmise pe cablu datele sunt încapsulate într-un **cadru**

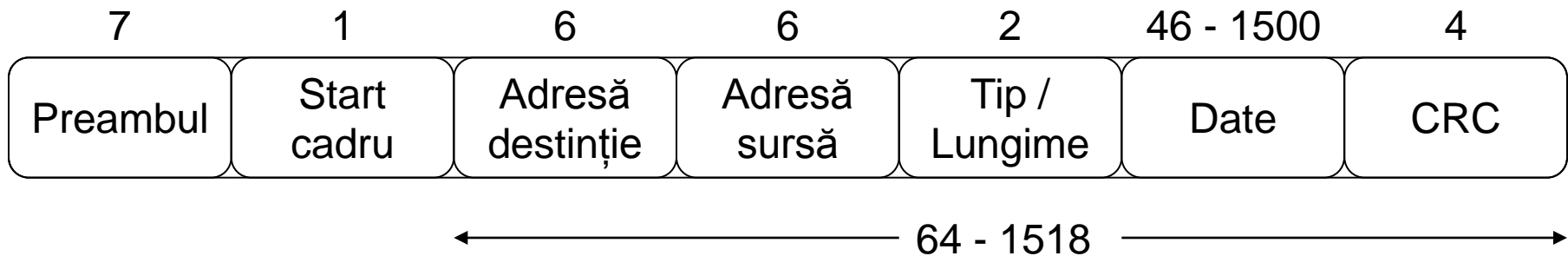


- Nivelul 1 asigura transmiterea de biti encodati. Pentru ca datele sa ajunga la destinatar este nevoie de mai multa informatie. Aceasta informatie este daugata de nivelul 2 si organizata in **cadre (frames)**
- Un tip general de cadru contine urmatoarele campuri:
 - **Start Cadru** secventa de biti ce anunta inceputul unui cadru
 - **Adresă** contine adresele MAC ale sursei si destinatiei
 - **Tip/Lungime** specifica protocolul de nivel 3 utilizat sau lungimea cadrului in octeti
 - **Date** contine mesajul trimis
 - **CRC** contine un numar calculat de sursa bazandu-se pe datele trimise. Destinatia calculeaza si ea numarul folosind acelasi algoritm, si, daca numarul nu este egal cu cel al sursei, nu ia cadrul in considerare





- Structura cadrului este aproape identica pentru toate implementarile Ethernet (de la 10Mbps la 10Gbps)
- Cadrul pentru versiunea **Ethernet IEEE 802.3** are urmatoarele campuri:

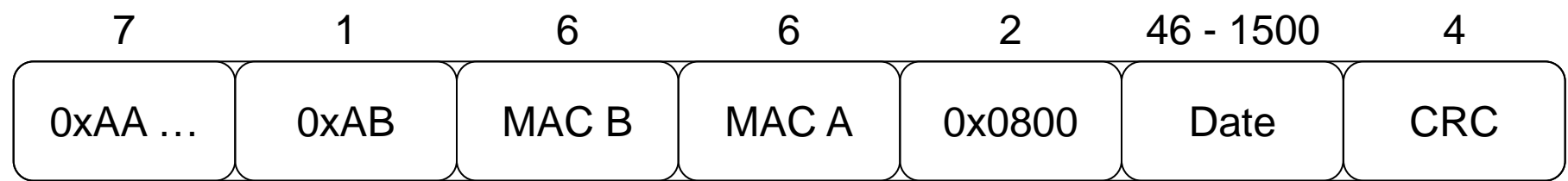
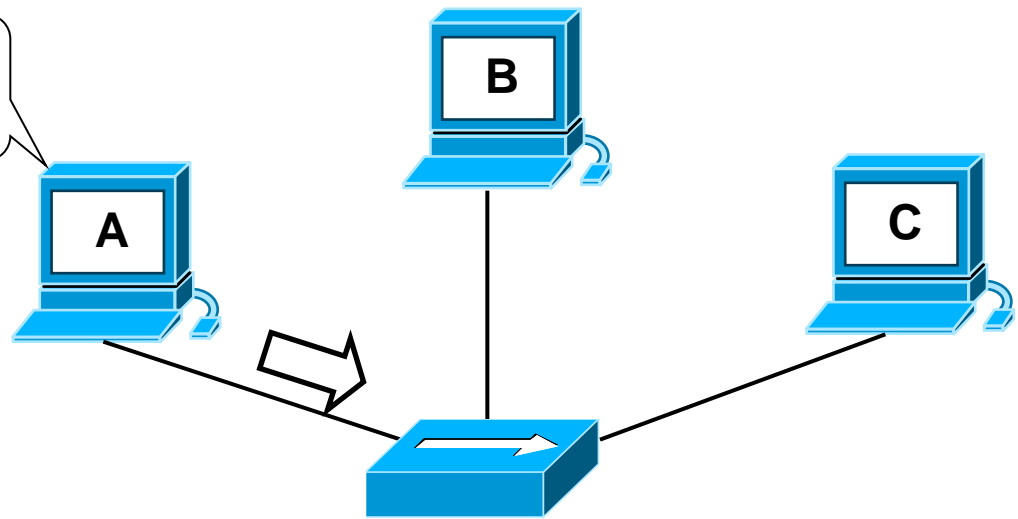


- Primi 8 octeți sunt folosiți pentru sincronizare și nu vor fi socotiți în calculul dimensiunii cadrului
- Campul preambului este format din 7 octeți 0xAA, iar octetul de start cadru are valoarea 0xAB
- Campul tip / lungime are următoarea semnificație:
 - sub 0x0600 – câmpul este interpretat ca lungime
 - peste 0x0800 – câmpul este interpretat ca tipul protocolului de nivel 3

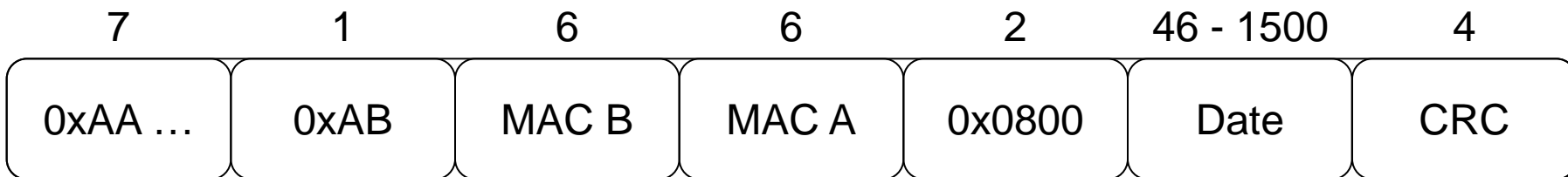
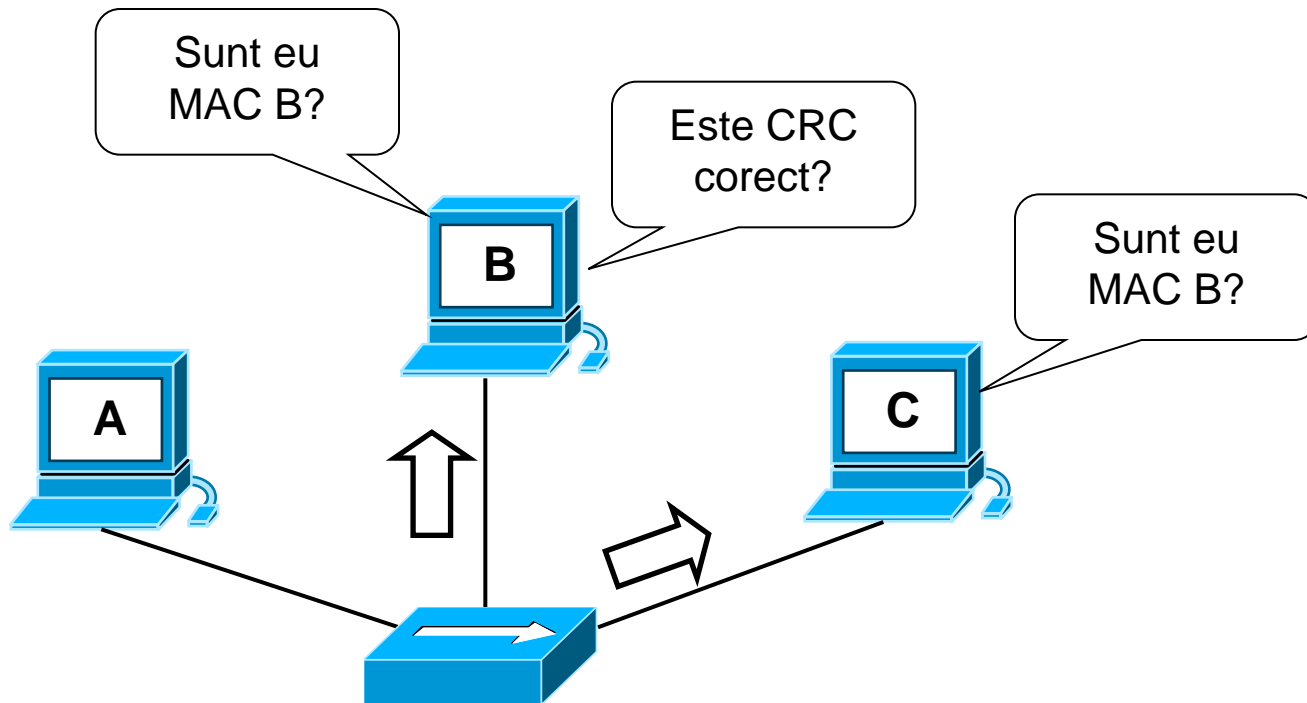
CSMA/CD – Trimiterea unui cadru

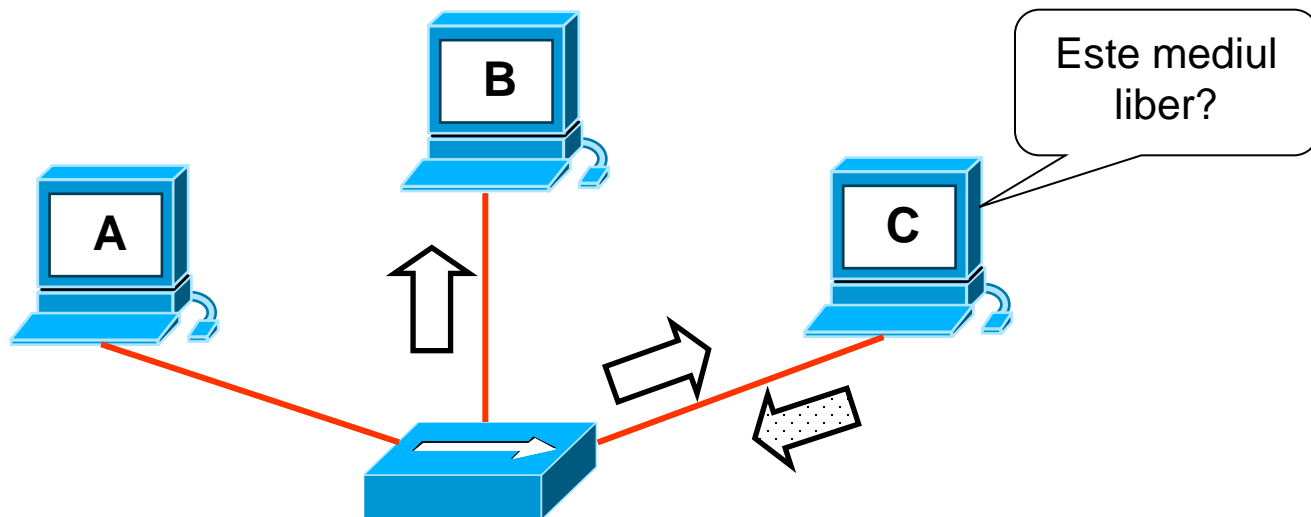


Este mediul liber?

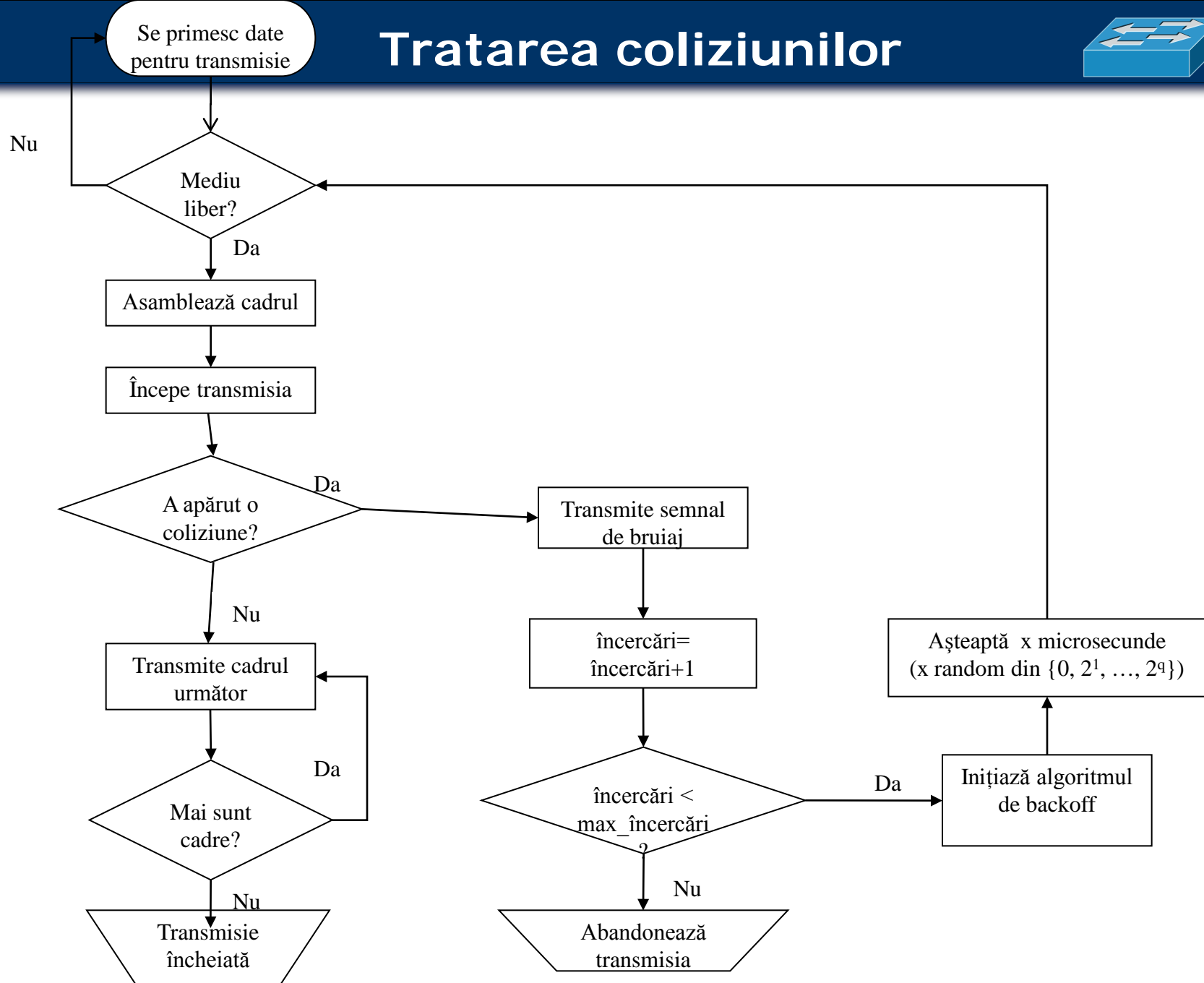


CSMA/CD – Recepționarea unui cadru





- Semnalul de bruiaj (“jam signal”) este biți de 0 și 1 alternativ: 01010101....
- Funcționarea CSMA/CD este definită de 2 parametri:
 - n – numărul maxim de încercări de retransmisie
 - valoare sa implicită este 16
 - q – controlează timpul de așteptare înainte de retransmisie
 - 2^q reprezintă timpul maxim ce îl va aștepta o stație
 - valoare sa implicită este 10





- Ethernet a fost proiectat ca un protocol *shared media* (mediu multiacces – mai multe stații conectate la același mediu fizic)
- Coliziunile și broadcasturile sunt prevăzute în funcționarea Ethernet
- Domeniu de coliziune – grup de segmente de rețea conectate fizic prin dispozitive de nivel 1 (repetor, hub, tranceiver) în care se pot produce coliziuni
- Domeniu de broadcast – toate host-urile care aud un broadcast trimis de unul dintre ele

- În rețelele Ethernet full-duplex
 - fiecare port al switchului împreună cu nodul de rețea conectat reprezintă un domeniu de coliziune
 - infrastructura de rețea devine o infrastructură dedicată (față de una partajată în cazul folosirii de repetoare, sau de Ethernet peste mediu coaxial)



- **Bit Time** este timpul necesar transmiterii unui singur bit.
 - Intr-o rețea Ethernet de 10Mbps, pentru trimiterea unui bit sunt necesare 100ns.
 - Pentru 100Mbps, bit time-ul este de 10ns
 - La 1000 Mbps bit time-ul ajunge să fie 1ns
- **SlotTime** este timpul necesar semnalului pentru a parcurge cel mai lung segment de rețea
 - pentru 10Mbps și 100Mbps el este de **512*Bit Time** (=64 de octeți),
 - pentru 1000Mbps este de **4096*Bit Time** (=512 octeți)
 - Pentru toate versiunile de Ethernet cu viteze de transmisie mai mici sau egale cu 1000Mbps, o transmisie nu trebuie să dureze mai puțin decât slot time-ul
- **Interframe spacing** reprezintă timpul minim între două cadre succesive
 - Valoarea sa este de **96 * Bit Time**
 - Rolul său este să permită stațiilor lente să proceseze cadrul curent și să se pregătească pentru următorul cadru



- **Coliziunile locale** (*local collisions*)
 - Se produc in reseaua locala
 - Pe cablu coaxial sunt detectate prin cresterea tensiunii electrice peste limita maxima admisa
 - Pe un cablu twisted sunt marcate de detectarea unui semnal pe perechea de fire RX simultan cu transmiterea unui semnal pe perechea de fire TX
- **Coliziunile la distanta** (*remote collisions*)
 - Nu se produc in reseaua locala
 - Sunt marcate de existenta unor frame-uri cu o lungime mai mica decat lungimea minima acceptata si care prezinta un FCS invalid
 - In plus nu indeplinesc conditiile de coliziune locala
- **Coliziunile târzii** (*late collisions*)
 - Se produc dupa ce au fost trimisi primii 64 de octeti
 - Cea mai importanta diferenta intre ele si coliziunile la distanță este ca un NIC retransmite automat cadrele care au produs coliziuni inainte de primii 64 de octeti, dar nu le retransmite pe cele produse dupa
 - Retransmisia cade in sarcina nivelurilor superioare (care detecteaza absenta frame-ului prin time-out)



- Principalele surse de erori in Ethernet sunt:
 - **Collision sau runt.** Transmisie simultana produsa inainte de expirarea slot-time-ului
 - **Late collision.** Transmisie simultana produsa dupa expirarea slot-time-ului
 - **Jabber, long frame sau range errors.** Transmisie excesiv de lunga
 - **Short frame, collision fragment sau runt.** Transmisie ilegal de scurta
 - **FCS error.** Transmisie corupta
 - **Alignment error.** Numar insuficient sau prea mare de biti transmisi
 - **Range error.** Numarul de octeti din frame nu corespunde cu cel declarat (in campul Type/Length)
 - **Ghost sau jabber.** Preambul prea lung sau semnal de jam



- Auto-negocierea permite comunicarea intre doua noduri de retea cu viteze de transfer diferite (de ex. 10Mbps si 100Mbps)
- Acest mecanism permite realizarea compatibilitatii “inapoi” intre noile versiuni de Ethernet ce apar si vechile versiuni
- Prezinta avantajul de a implica doar nivelul fizic
- La fiecare 16ms se trimit doua tipuri de semnale:
 - **NLP (Normal Link Pulse)**: semnale transmise pentru a indica prezenta nodului de retea (indica o viteza de 10Mbps)
 - **FLP (Fast Link Pulse)**: un grup de NLP-uri trimise pentru auto-negociere



- In cadrul auto-negocierii fiecare statie transmite un FLP in care isi comunica capabilitatile. Dupa ce fiecare statie receptioneaza semnalele celeilalte, de comun acord aleg viteza de transmisie cea mai mare.
- O varianta de stabilire a vitezei de operare este de a forta interfata sa functioneze sa functioneze la o anumita viteza



- Pentru stabilirea unei conexiuni Full-Duplex exista doua variante:
 - un proces complet de auto-negociere
 - fortarea ambelor interfete pe Full-Duplex
- Daca o interfata este fortata pe Full-Duplex si cealalta incearca un proces de auto-negociere, vor aparea coliziuni si stabilirea legaturii va esua
- Standardul de 10Gbps permite doar conexiuni Full-Duplex

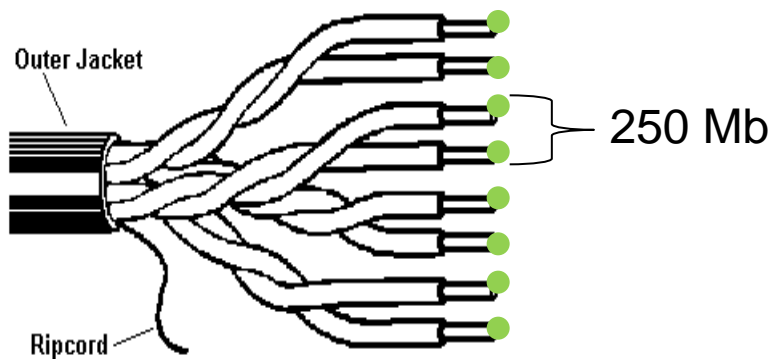


- Există implementări atât pe cupru (**802.3ab**) cât și pe fibră optică (**802.3z**).
- Diferențele între standardele Ethernet de viteze diferite (10 Mb, 100 Mb, 1 Gb, 10 Gb) apar la nivelul fizic.
- Formatul cadrului este același ca la Ethernet sau la FastEthernet
- Gigabit Ethernet pune foarte repede un bit pe mediu, având un bit time de 1 ns.

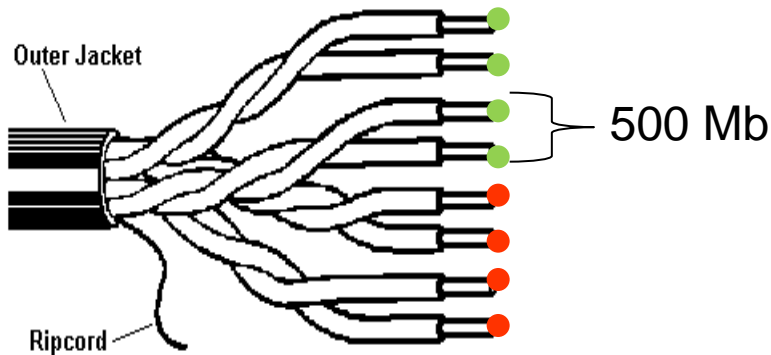


- Pentru transmiterea Gigabit Ethernet pe cupru există 2 implementări:

UTP Cable (4-pair)



-> se folosește cablu UTP **CAT5e** sau mai bun (CAT 6,7)
 -> se transmite pe fiecare fir **125 Mbps**, deci pe fiecare pereche **250 Mb**
 -> pentru a ajunge la 1 Gb se folosesc **toate perechile** în transmisie



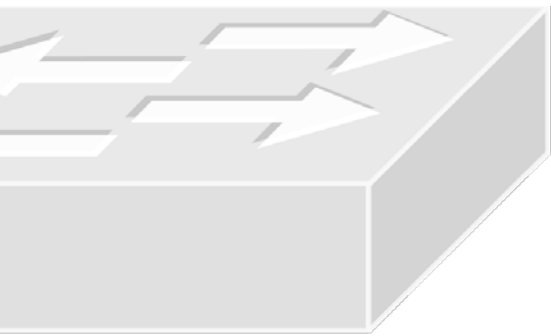
-> se transmit date doar pe **2 perechi**
 -> se transmit **500 Mb** pe fiecare pereche
 -> **această implementare este mult mai des întâlnită**



- Soluție pentru **MAN**
- **1000 Base – SX** folosește LED-uri care transmit cu o lungime de undă de **850 nm**
- Echipamentele sunt mai ieftine, însă distanța maximă pe care se poate transmite este destul de mică
- **1000 Base – LX** transmite la **1310nm** folosind laser
- Distanța maximă ajunge pana la **5000 m**, echipamentele fiind sensibil mai scumpe

Rețele Locale de Calculatoare

Comutarea în rețelele Ethernet



Universitatea POLITEHNICA București



- ✓ **Latența** reprezintă timpul necesar unui cadru pentru a ajunge de la sursă la destinație.

Surse ale latenței:

- Latența transmisiei la nivelul interfeței de rețea
 - ~1 microsecunda pentru 10 BASE-T
- Latența de propagare
 - ~0,556 microsecunde pentru 100 m cablu CAT 5 UTP
- Latența cauzată de echipamentele de interconectare
 - aceasta este cea mai importantă sursă de latență
 - variază în funcție de tipul dispozitivului de interconectare (de nivel 1, 2 sau 3)

La ce nivel apare cea mai mare latență?



Rețea



ruter

Legătură date



switch, bridge

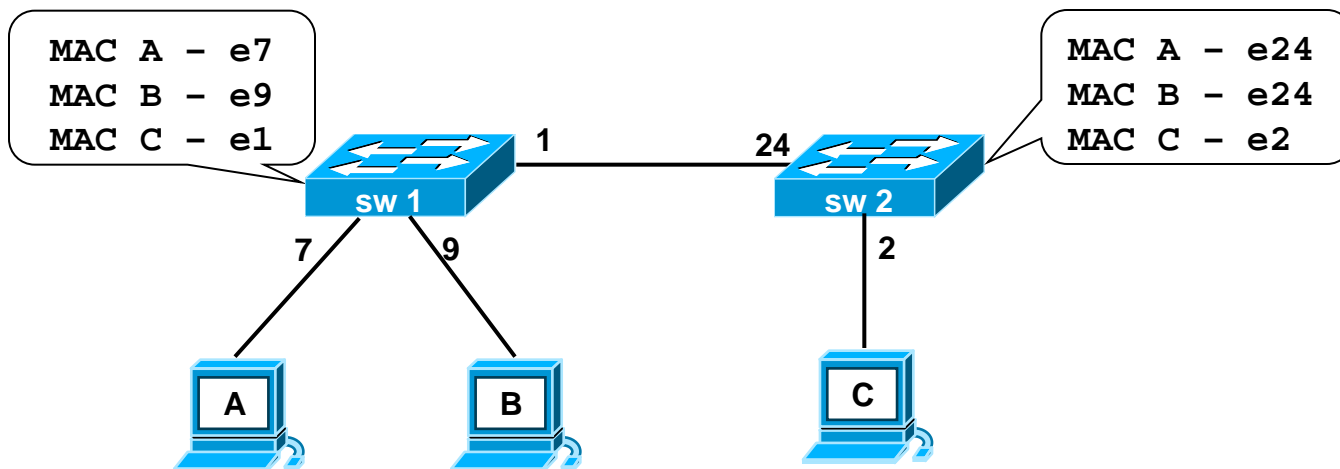
switch Ethernet

Fizic



repetor, hub, MC (media convertor)

hub Ethernet



Un switch

- Operează la nivelul 2 al modelului OSI
- Se bazează pe menținerea unei tabele cu asocieri între adrese MAC și porturi
- În cazul în care nu cunoaște portul destinație trimite pachetul pe toate porturile exceptând portul sursă



- Pentru a comuta cadre, se citește adresa MAC destinație, iar apoi aceasta este căutată secvențial în tabela de comutare:
 - Dacă adresa nu este găsită în CAM switchul trimite cadrul pe toate porturile mai puțin portul sursă → flooding
 - Dacă adresa se găsește în CAM dar este asociată cu portul sursă a cadrului, cadrul este ignorat
 - Dacă adresa se afla în CAM și portul asociat nu coincide cu portul sursă cadrul este trimis pe portul precizat



- Switch-urile și bridge-urile **învăț**ă dinamic adresele MAC ale stațiilor din rețeaua locală:
 - Este citită adresa de MAC sursă pentru fiecare cadru, și este creată o asociere între portul pe care a fost primit cadrul și adresa MAC sursă
 - Dacă în tabela de comutare nu există asocierea, aceasta este adăugată
 - Dacă în tabela de comutare există o asociere între adresa MAC și un alt port, vechea asociere este ștearsă, iar noua asociere este adăugată
 - Dacă în tabela de comutare există deja aceeași asociere este resetat contorul de vârstă
- Adresele învățate împreună cu portul asociat sunt memorate într-o tabelă de adresare, numită tabelă de comutare sau tabelă MAC.
 - Tabela este stocată în Content Addressable Memory (CAM)

Procesul de învățare pentru un switch



A1 → A3

MAC A1 – e2

MAC A1 – e0

A1 → C1

MAC A1 – e2

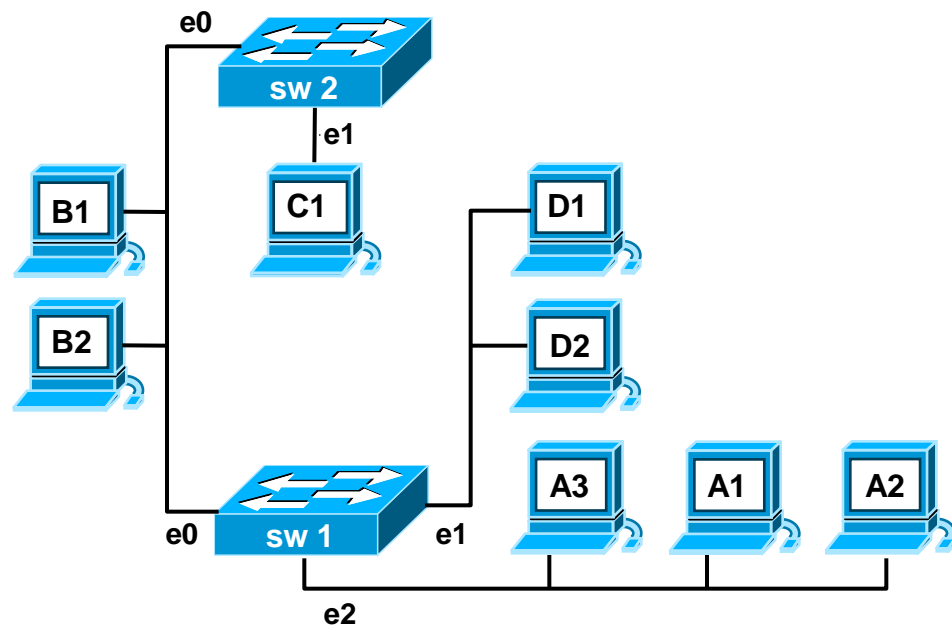
MAC A1 – e0

D1 → A1

MAC A1 – e2

MAC D1 – e1

MAC A1 – e0





Buffer per port:

- Pachetele sunt tinute in cozi asociate anumitor porturi sursa
- Este posibil ca un singur pachet sa blocheze coada in situatia in care destinatia sa este ocupata (chiar daca celelalte pachete ar putea sa fie trimise)

Buffer partajat:

- Toate pachetele folosesc la comun un buffer
- Pachetele sunt mapate dinamic la porturile destinatie
- Astfel este posibil ca un pachet care vine pe un port sa poata fi transmis pe alt port fara a trebui sa schimbe coada
- Numarul de pachete din coada este restrictionat de dimensiunea totala a memorie si nu de cea alocata cozii fiecarui port
- Acest tip de buffer este util la switchingul asimetric unde cadrele sunt transmise intre segmente cu lungime de banda diferit.



Cut-through: Cadrul începe să fie transmis înainte de a fi primit în totalitate

Fast-forward: Începe transmiterea cadrului imediat după ce citește adresa MAC destinație

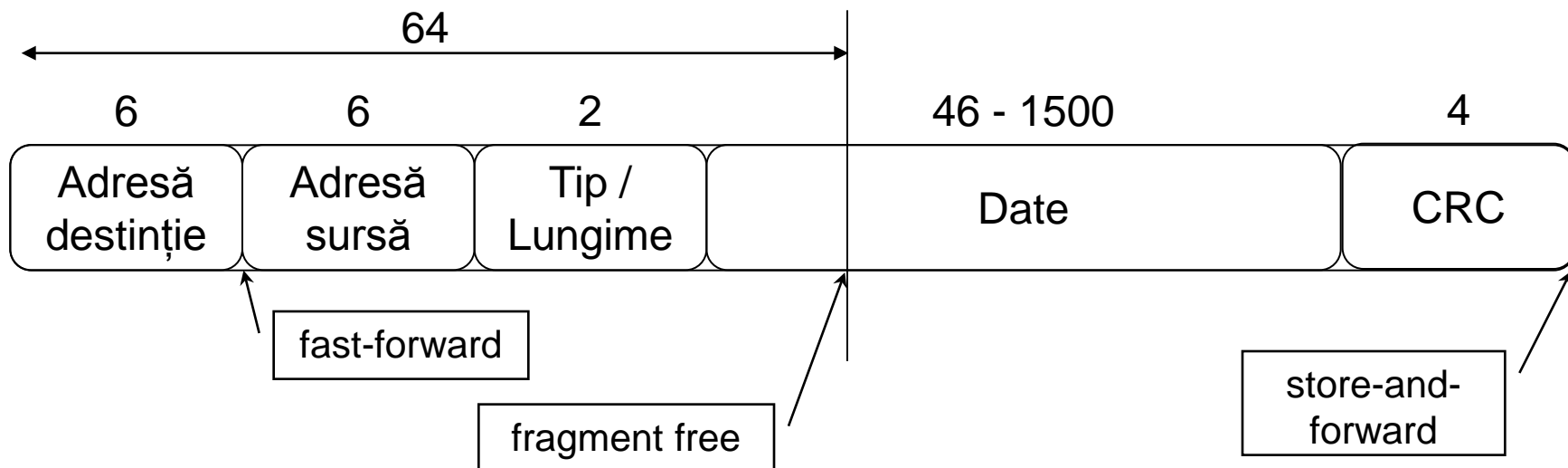
- cel mai scăzut nivel de latență
- metoda implicită de comutare pentru majoritatea switchurilor

Fragment-free: Așteaptă primirea a 64 de octeți.

- va elimina erorile datorate coliziunilor

Store-and-forward: Cadrul este primit în totalitate înainte de a fi transmis

- va elimina și erorile de CRC





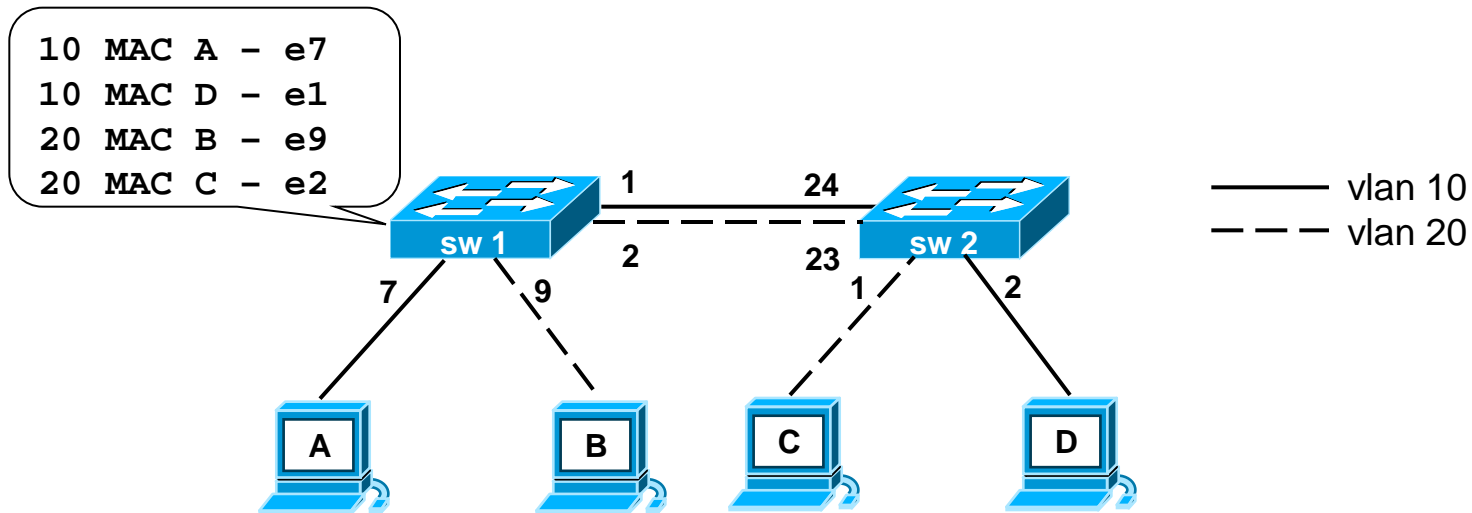
- O rețea locală virtuală sau un VLAN segmentează o rețea comutată ținând seama de organizarea în echipe de lucru sau de aplicații și nu de criterii geografice
 - poate fi privit ca un domeniu logic de broadcast limitat atât de rutere cât și de switchuri
 - conceptual de VLAN a apărut din dorința de a oferi segmentarea rețelelor la viteza de comutare și prețul switchurilor
 - oferă scalarea spațiului de adrese, securitate precum și o mai ușoară gestionare a rețelei
- Prin implementarea de VLAN-uri un switch de nivel 2 va separa complet porturile din VLAN-uri diferite
 - pentru a asigura conectivitate inter-VLAN este necesar un echipament de nivel 3



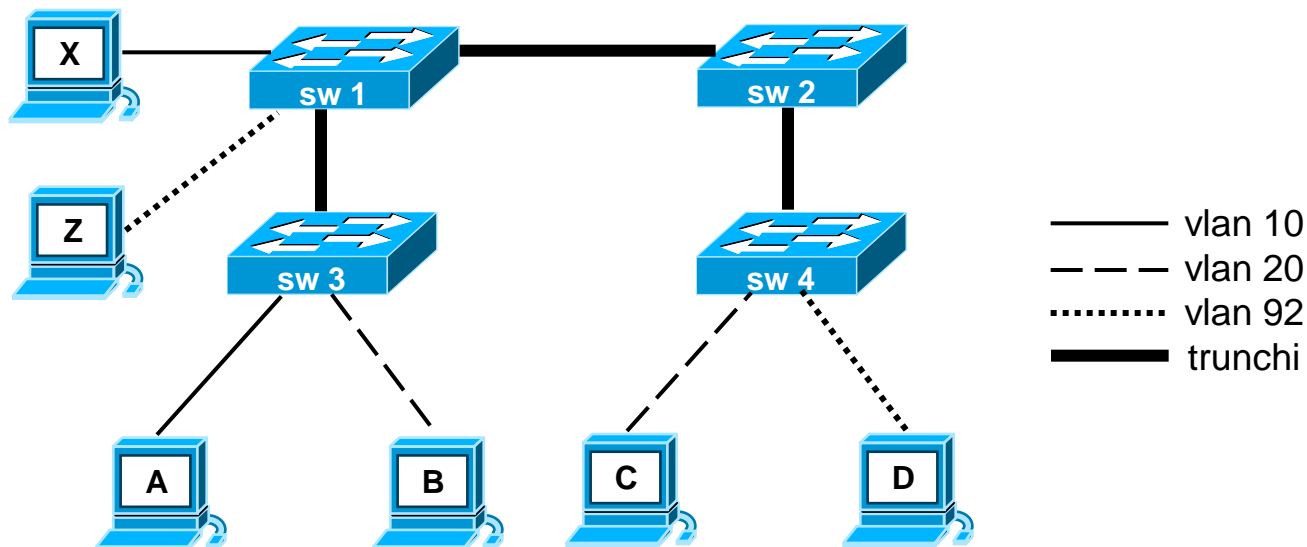
- Oferă un control mult mai bun al broadcasturilor
- Ușurează gestionarea migrațiilor și a schimbărilor din rețea
- Reduce costurile de administrare
- Îmbunătățește securitatea rețelelor
 - “Muta” serverele în locații sigure
- Oferă o mai mare scalabilitate



- VLAN-urile statice sunt porturi pe un switch asociate static unui VLAN
 - porturile își mențin configurațiile VLAN atribuite până când sunt schimbate manual
- VLAN-urile statice sunt:
 - sigure
 - ușor de configurat
 - simplu de monitorizat
 - funcționează bine în rețele în care acțiunile sunt controlate și administrate
- Alternativa o reprezintă VLAN-urile dinamice
 - mult mai puțin răspândite
 - mai flexibile, dar mai costisitor de implementat
 - portul unui astfel de VLAN își poate schimba apartenența în funcție de adresa MAC sursă, adresa IP, sau chiar tipul de protocol



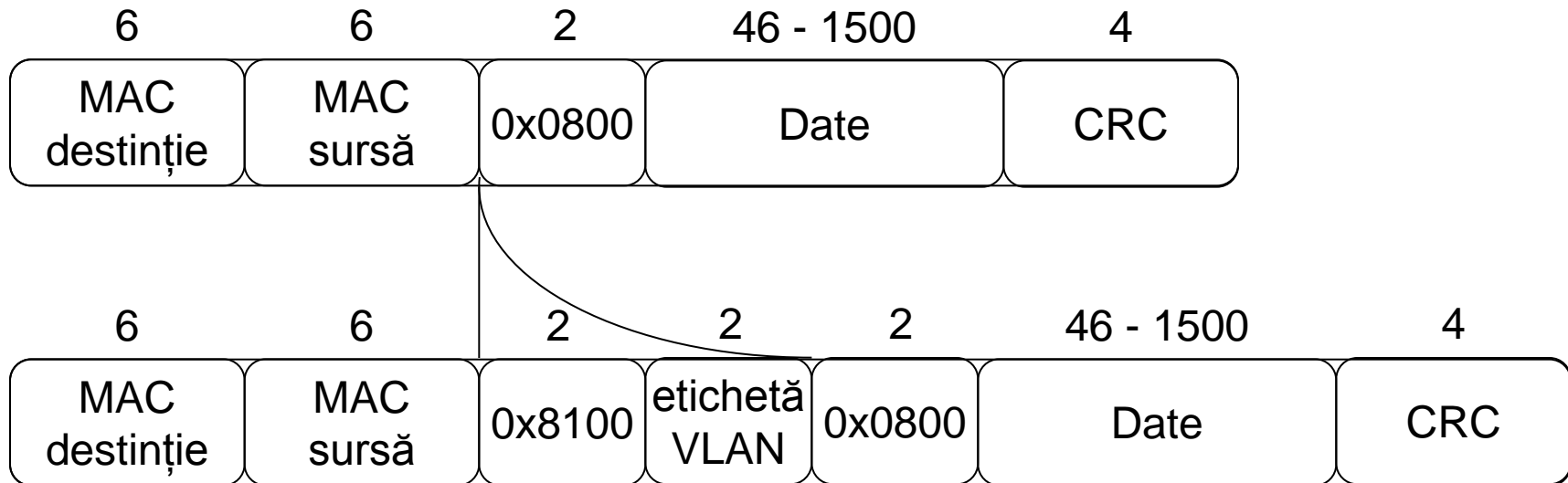
- Dacă switchul oferă suport pentru VLAN tabela de comutare va fi organizată pe secțiuni separate pentru fiecare VLAN
 - fiecare asociere din tabela de comutare va avea specificat și VLAN-ul căruia îi aparține

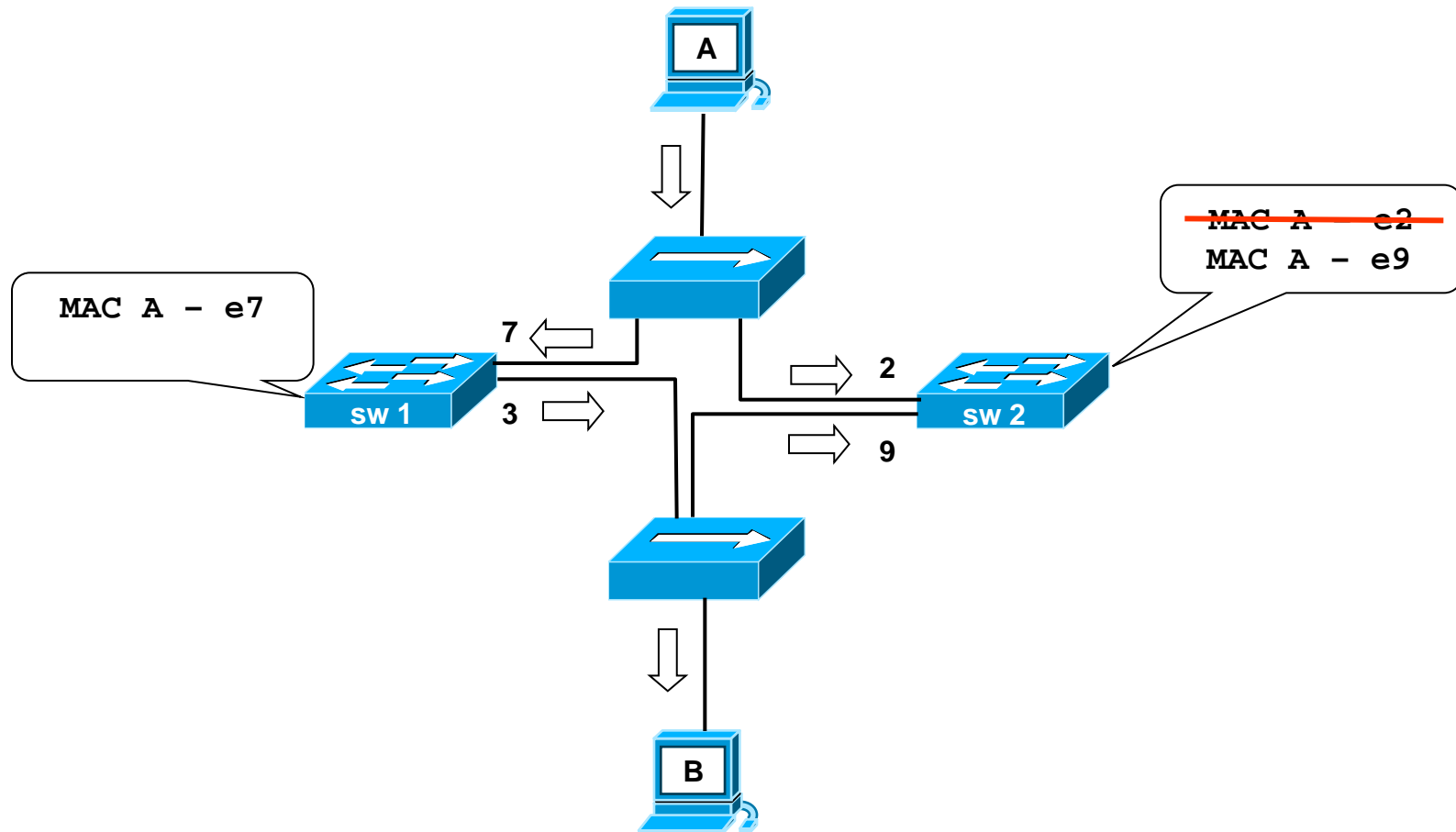


- un port ce aparține unui VLAN este numit **port acces**
- pentru a reduce numărul de legături între switchuri au fost definite **porturi de trunchi**, porturi ce pot transporta mai multe VLAN-uri
- un port de trunchi nu aparține unui VLAN, din acest motiv a trebuit găsit un mecanism pentru transportarea informațiilor referitoare la VLAN-ul de origine peste o legătură de trunchi
- IEEE 802.1q reprezintă o metodă de identificare a VLAN-urilor prin introducerea unui identificator de VLAN în antetul cadrului



- O etichetă dot1q va conține:
 - 16b – tipul pachetului (0x8100). Dacă un switch nu este capabil să interpreteze cadre etichetate dot1q la citirea acestui cod va decide să ignore cei 4 octeți ce reprezintă etichetă
 - 3b – prioritate (utilă în rețelele Token Ring)
 - 1b – bit de encapsulare Token Ring
 - 12b – identificatorul de VLAN





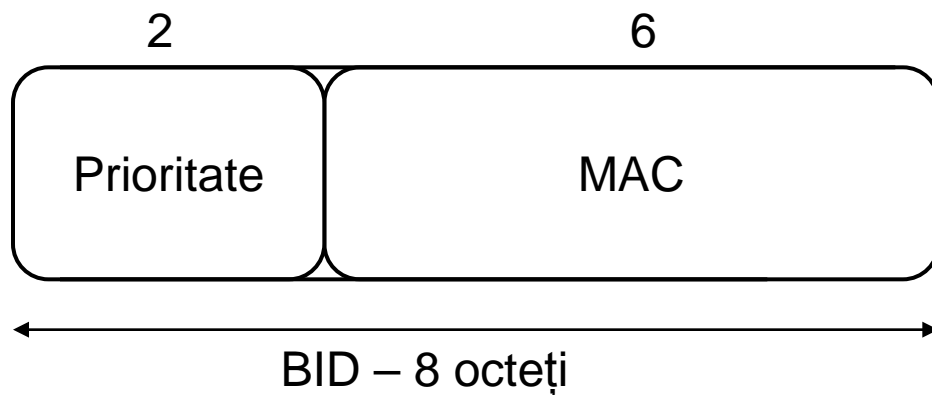
- avalanșe de difuzare (broadcast storms)
- coruperea tabelelor de comutare



- STP este un protocol pentru prevenirea apariției buclelor
- STP permite bridge-urilor să comunice între ele în scopul descoperirii buclelor, și specifică un algoritm pe care acestea îl pot utiliza pentru a crea o topologie fără bucle
- STP este descris de standardul 802.1D
- Radia Perlman



- Fiecare switch are un identificator pe 8 octeți numit BID (Bridge ID)
- BID este compus din 2 câmpuri:
 - prioritate
 - Valoare pe 16 biti
 - 2^{16} valori posibile, de la 0 la 65535; valoare implicita este 32768
 - Este exprimata ca valoare zecimala
 - Adresa MAC de bază a switchului





- Bridge-urile folosesc conceptul de *cost* pentru a calcula distanța până la celelalte bridge-uri
- Inițial, costul se calcula după formula:
$$Cost = 10^8 / bandwidth$$
- Apariția unor tehnologii cu lățimi de bandă pentru care costul calculat astfel nu mai era întreg a dus la o schimbare



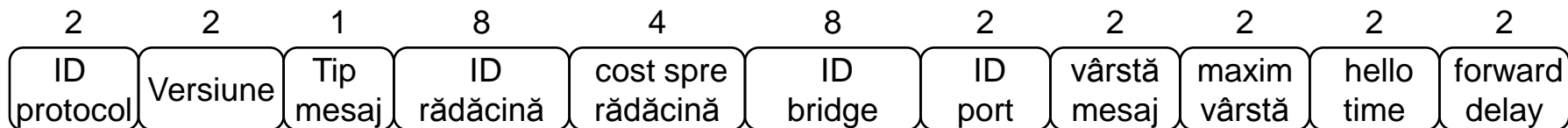
Bandwidth	Cost
4 Mbps	250
10 Mbps	100
16 Mbps	62
45 Mbps	39
100 Mbps	19
155 Mbps	14
622 Mbps	6
1 Gbps	4
10 Gbps	2



Bandwidth	Cost
100 Kbps	200,000,000
1 Mbps	20,000,000
10 Mbps	2,000,000
100 Mbps	200,000
1 Gbps	20,000
10 Gbps	2,000
100 Gbps	200
1 tbps	20
100 Tbps	2



- Funcționarea STP se bazează pe comunicația dintre bridge-uri
- Bridge-urile schimbă informații necesare STP sub forma unor cadre speciale numite BPDU-uri (Bridge Protocol Data Units)
- Pe baza unui proces de decizie, fiecare bridge alege cele mai “bune” BPDU-uri “văzute” pe fiecare port
- Cu setările implicite, BPDU-urile se transmit la fiecare 2 secunde



Cele mai importante câmpuri sunt:

1. ID rădăcină = bridge-ul cu cel mai mic Bridge ID
 - dacă mai multe bridge-uri au aceeași prioritate, alegerea se face în funcție de MAC
2. Costul către rădăcină
3. BID-ul sursei
4. ID port



3 pași:

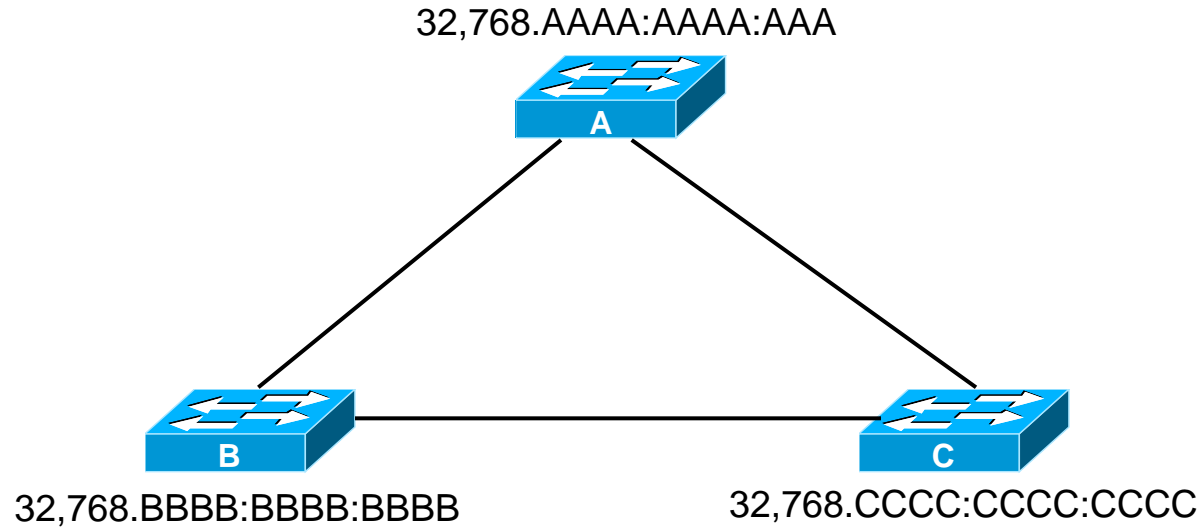
1. Alegerea rădăcinii
2. Alegerea porturilor rădăcină
3. Alegerea porturilor desemnate



- Cel mai mic Bridge ID
- Calea către rădăcină care are cel mai mic cost
- Sursa cu cel mai mic Bridge ID
- Cel mai mic Port ID

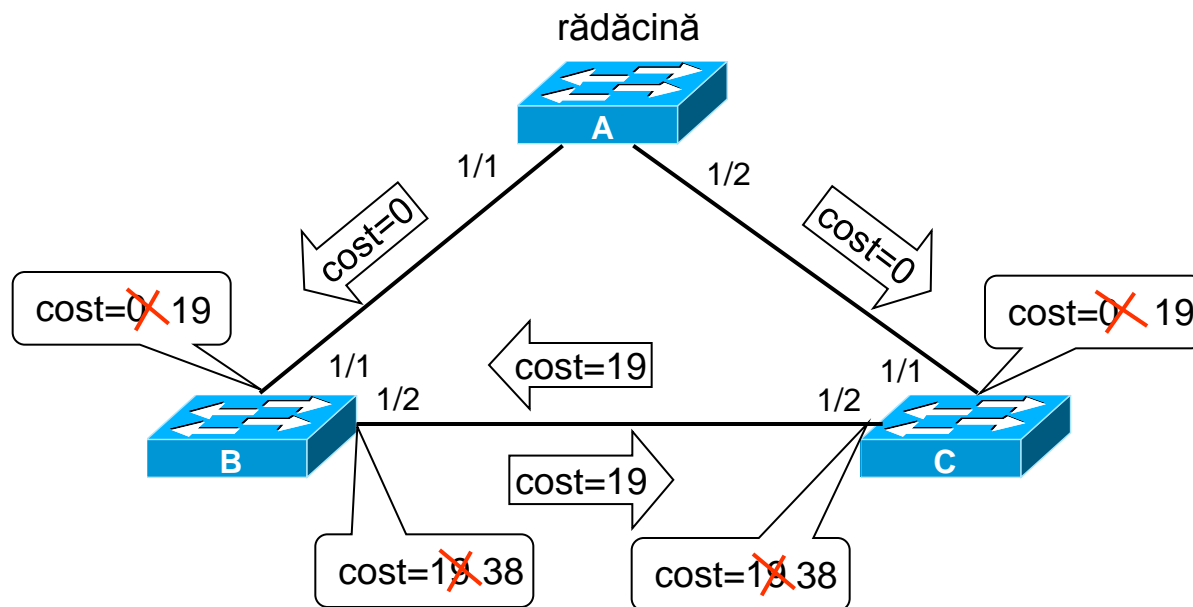


1. Alegerea rădăcinii



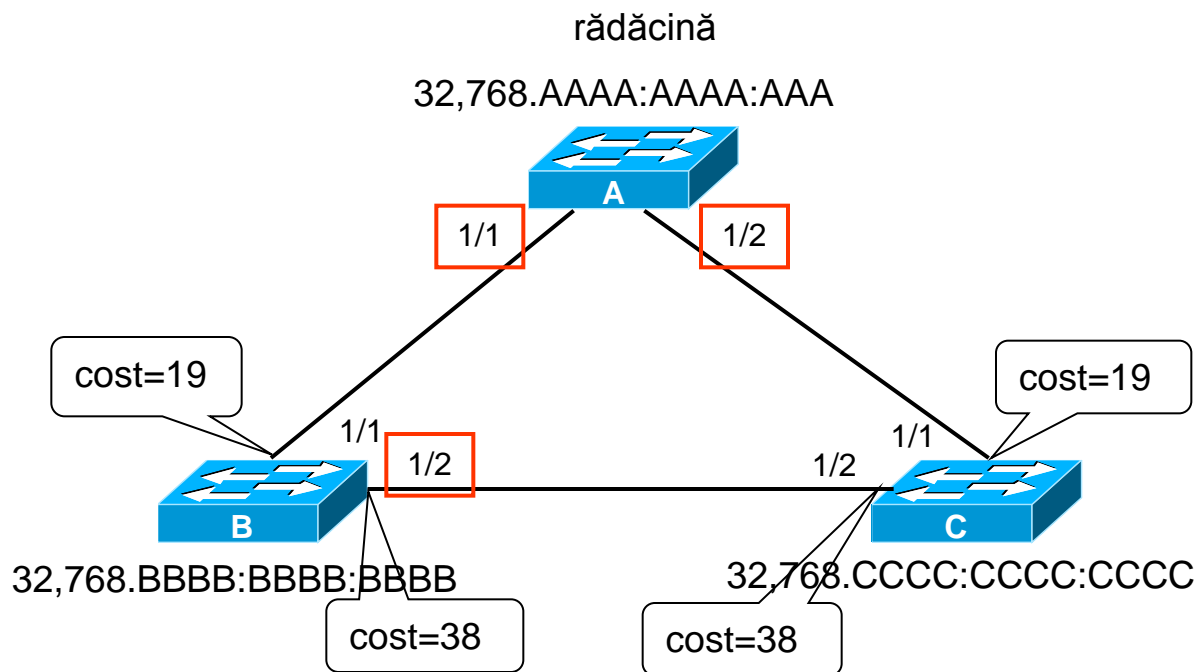
- Initial, fiecare bridge se anunta pe sine ca Root Bridge in BPDU-rile trimise
- Pe masura ce primește alte BPDU-uri cu BID mai mic, ține cont de acestea

2. Alegerea porturilor rădăcină



- port rădăcină = port pentru care costul până la rădăcină este minim
- Fiecare non-root bridge alege un port rădăcină

3. Alegerea porturilor desemnate

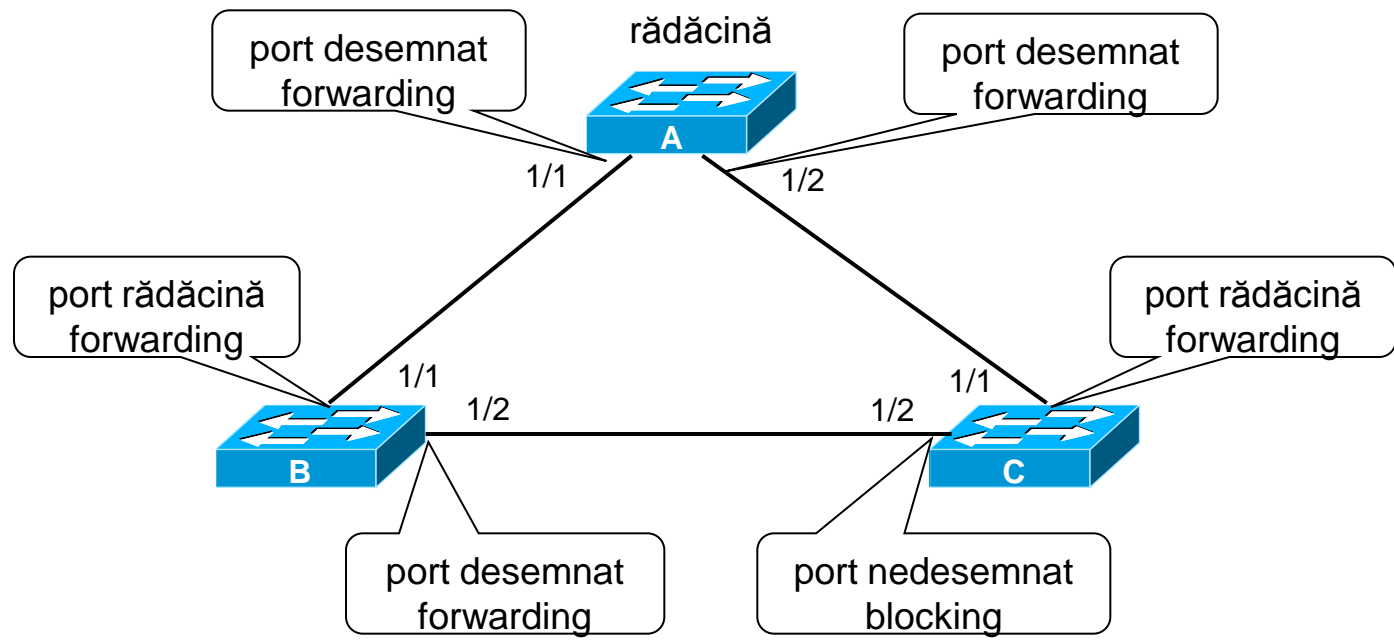


- Secvența de decizie:
 1. Calea către Root Bridge care are cel mai mic cost
 2. Sursa cu cel mai mic Bridge ID
 3. Cel mai mic Port ID
- Pentru orice legătură va exista un port desemnat.
- Toate porturile de pe rădăcină devin porturi desemnate.



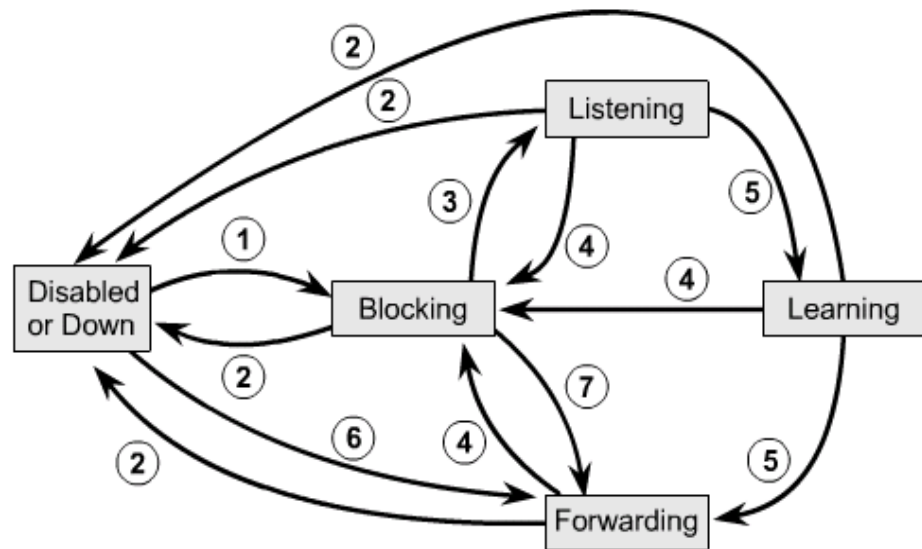
- După ce porturile bridge-urilor au fost clasificate ca fiind root, designated sau non-designated, topologia fără bucle se realizează ușor: porturile root și designated forwardează traficul, pe când cele non-designated, nu.
- Deși, în cele din urmă un port forwardează sau blochează traficul (într-o rețea stabilă), există mai multe stări asociate cu STP.

Topologia finală





Stare	Descriere
Forwarding	Se primesc si se comuta date
Learning	Se construiește tabela de comutare Se primesc, dar nu se forwardează cadre
Listening	Se construiește topologia Se primesc si se trimit cadre BPDU
Blocking	Se primesc doar cadre BPDU, nu se trimit
Disabled	Dezactivat

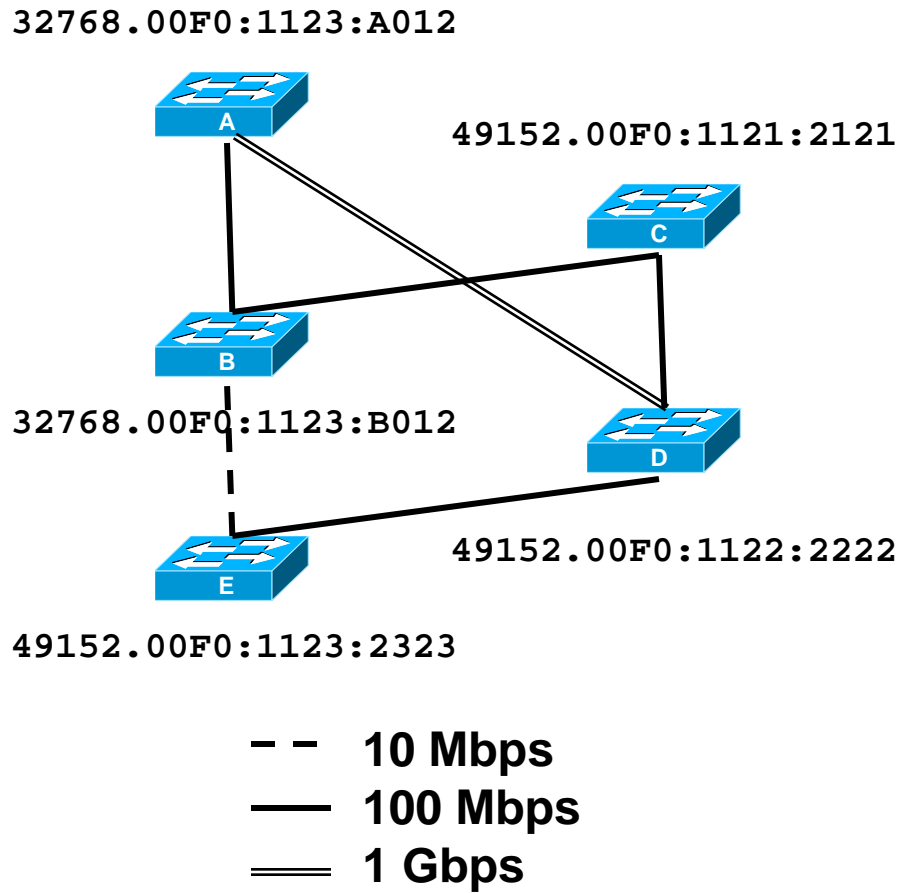


1. Port activat sau inițializat.
2. Port dezactivat.
3. Port selectat ca Root sau Designated
4. Portul încetează să mai fie Root/Designated
5. Timerul pt. Forwarding expiră
6. PortFast *
7. UplinkFast *

* Specifice Cisco



- **Hello Time** – 2 secunde
- **Forward Delay** – 15 secunde
 - Folosit pentru trimiterea BPDU-urilor
 - Stabileste timpul petrecut in starile Listening si Learning
- **Max Age** – 20 secunde
 - Stabileste dupa cat timp expira un BPDU (este utilizat pentru a detecta “indirect failures”, in cazul in care problema este pe switch-ul local, nu se mai asteapta MaxAge pentru a se invalida un BPDU)
- De obicei nu este necesara schimbarea valorilor implicite
- Se recomandă ca schimbarea acestor valori să se facă pe Root Bridge, deoarece acesta poate propaga aceste schimbari celorlalte bridge-uri utilizând câmpuri din BPDU





- Alegerea Root Bridge
 - Este evident faptul că A are cel mai mic Bridge ID, deci A va fi Root Bridge

Costuri către Root Bridge:

B-Root: 19

B-C-D-Root: 42

B-C-D-E-B-Root: 176

C-B-Root: 38

C-D-Root: 23

C-D-E-B-Root: 157

D-Root: 4

D-C-B-Root: 57

D-E-B-Root: 138

E-B-Root: 119

E-D-Root: 23

E-D-C-B-Root: 76

32768.00F0:1123:A012



49152.00F0:1121:2121



19



4

23

32768.00F0:1123:B012

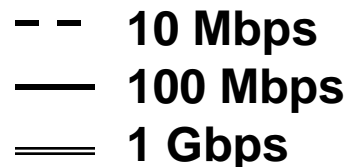


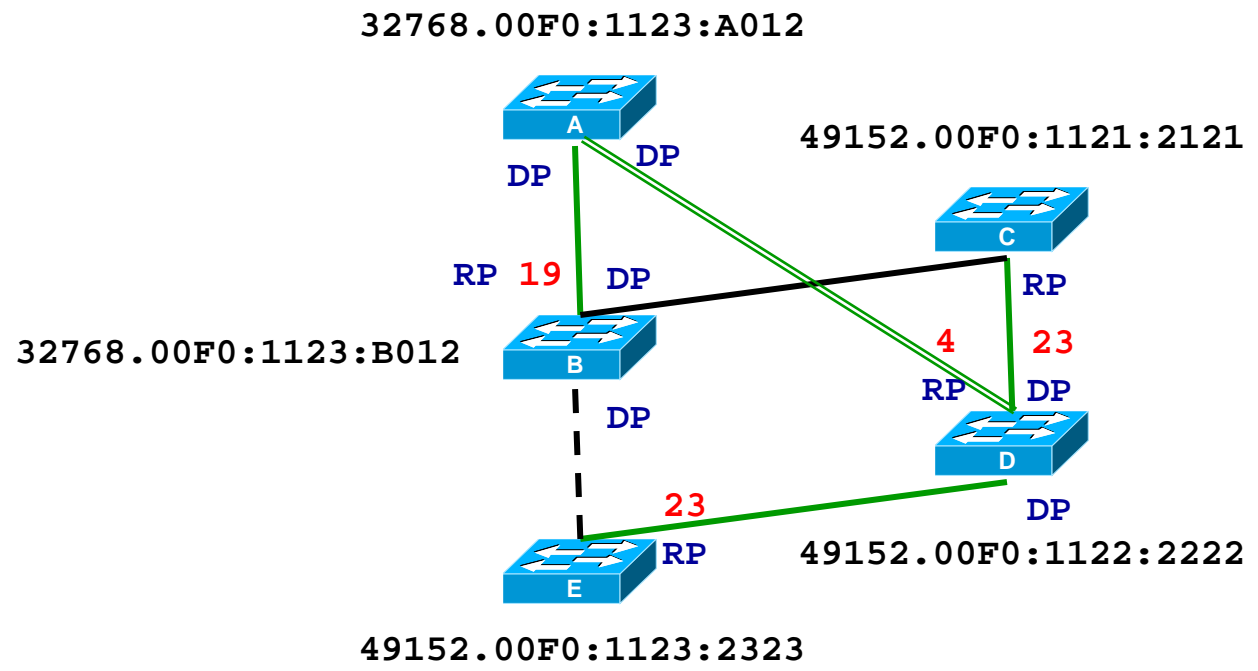
23



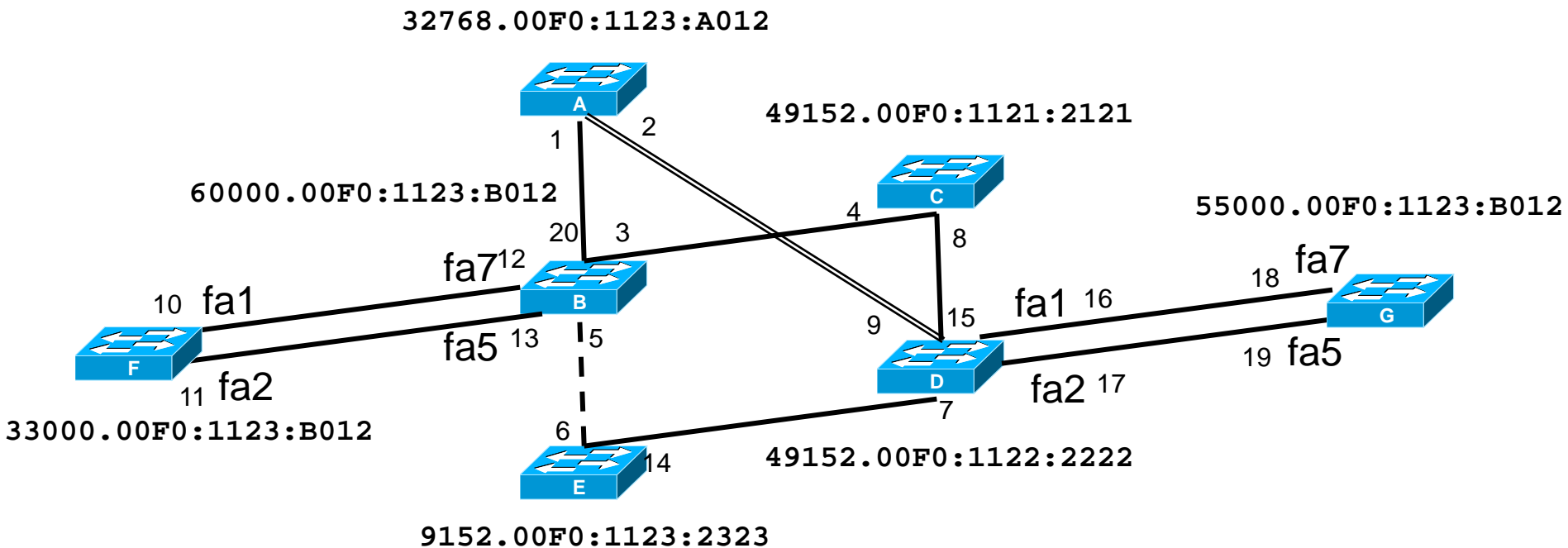
49152.00F0:1122:2222

49152.00F0:1123:2323





- 10 Mbps
- 100 Mbps
- === 1 Gbps



- 10 Mbps
- 100 Mbps
- === 1 Gbps