

2

Nivelul legătură de date

11 – 12 Octombrie 2016

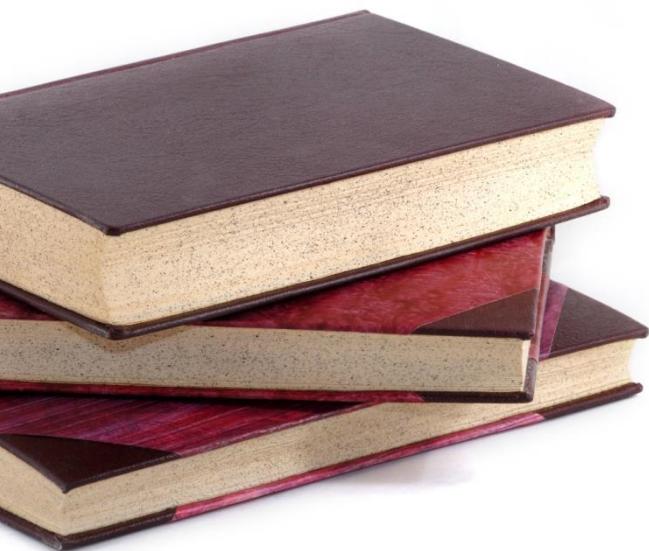
- RL Hit List
- Rolul și structura nivelului legătură de date
- Protocolul Ethernet
- Coliziuni
- Domenii de coliziune și domenii de broadcast
- Procesul de comutare

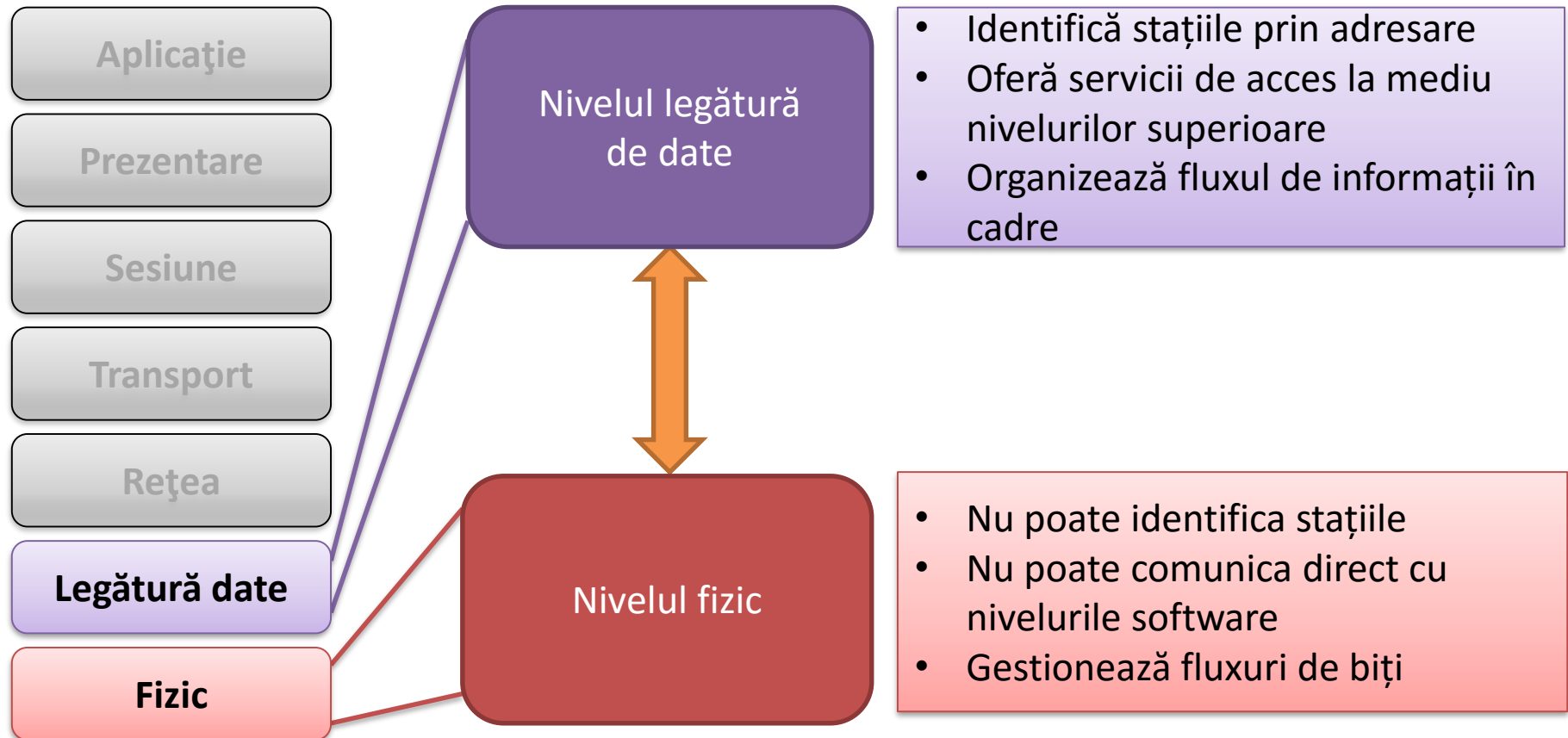
- Studenții cu performanțe remarcabile în stăpânirea materiei RL sunt menționați pe **RL Hit List**
- Distincțiile sunt repartizate astfel:
 - 5 pentru rezultatele cele mai bune de la testul intermediar
 - 5 pentru rezultatele cele mai bune de la examenul practic
 - 5 pentru activitate on-line (cs.curs.pub.ro, facebook.com/retele.locale)
 - 9 pentru activitatea de la curs (3 pentru CA, 3 pentru CB și 3 pentru CC)
 - 9 pentru examenul scris (3 pentru CA, 3 pentru CB, 3 pentru CC)



Nivelul legătură de date

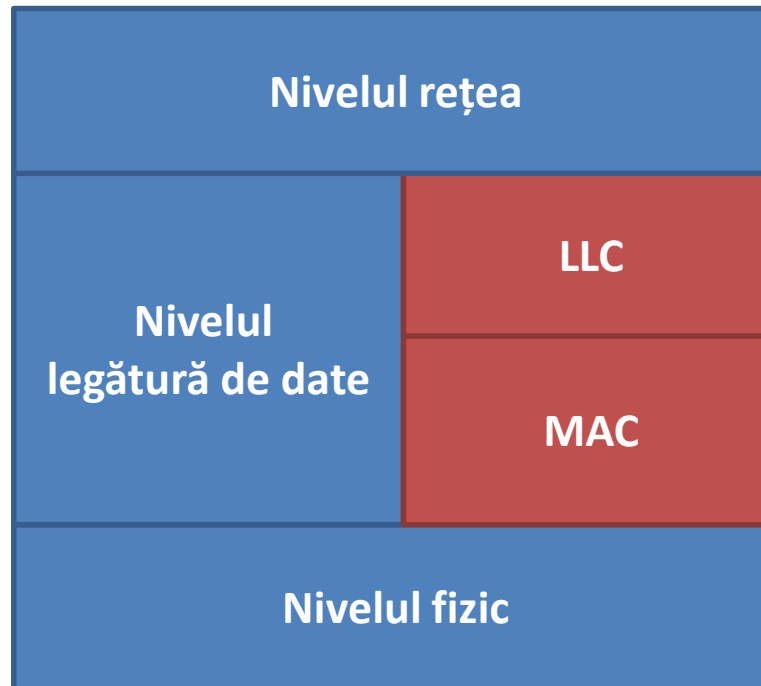
- Rol
- Structură
- Încapsularea datelor
- Exemple de protocoale

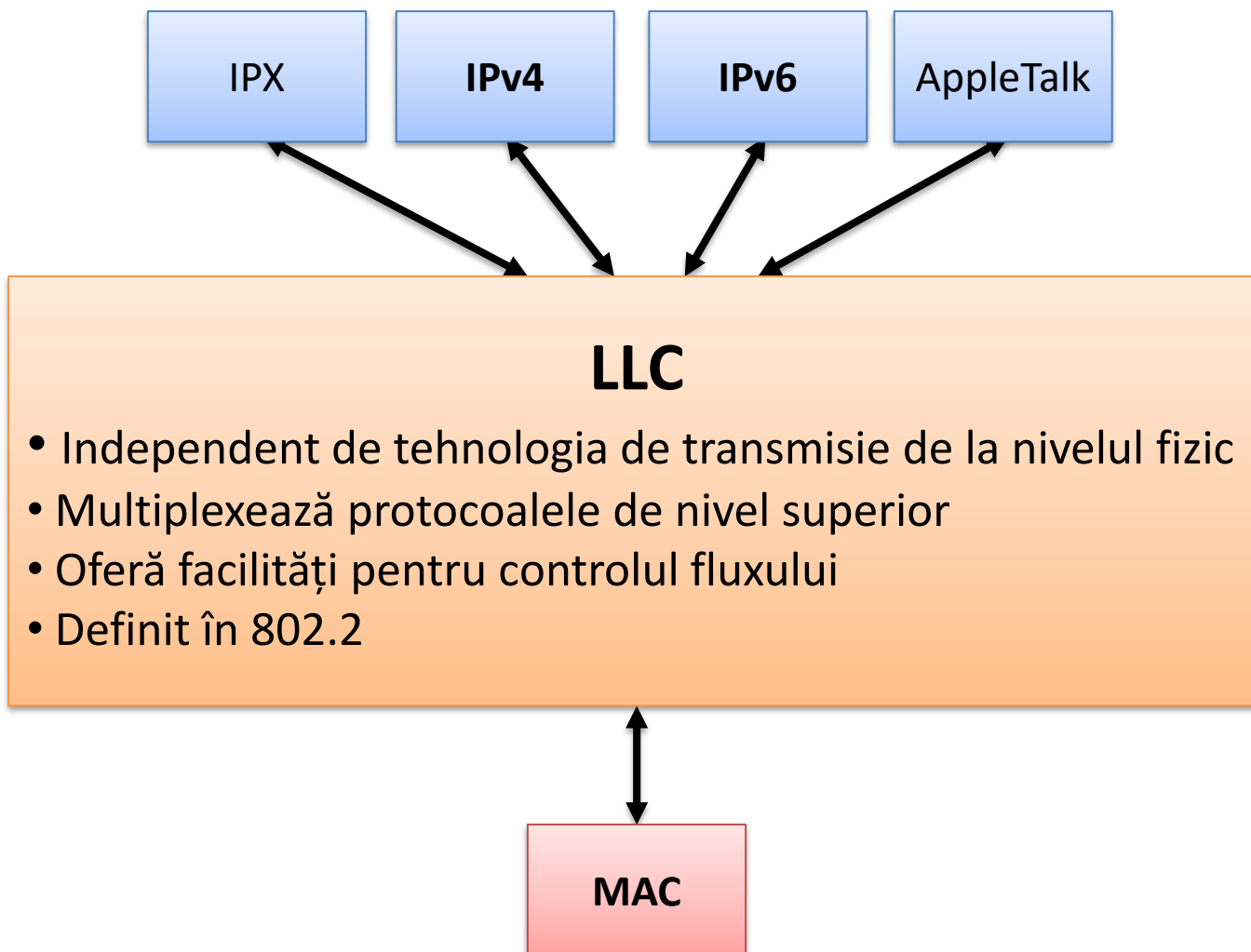


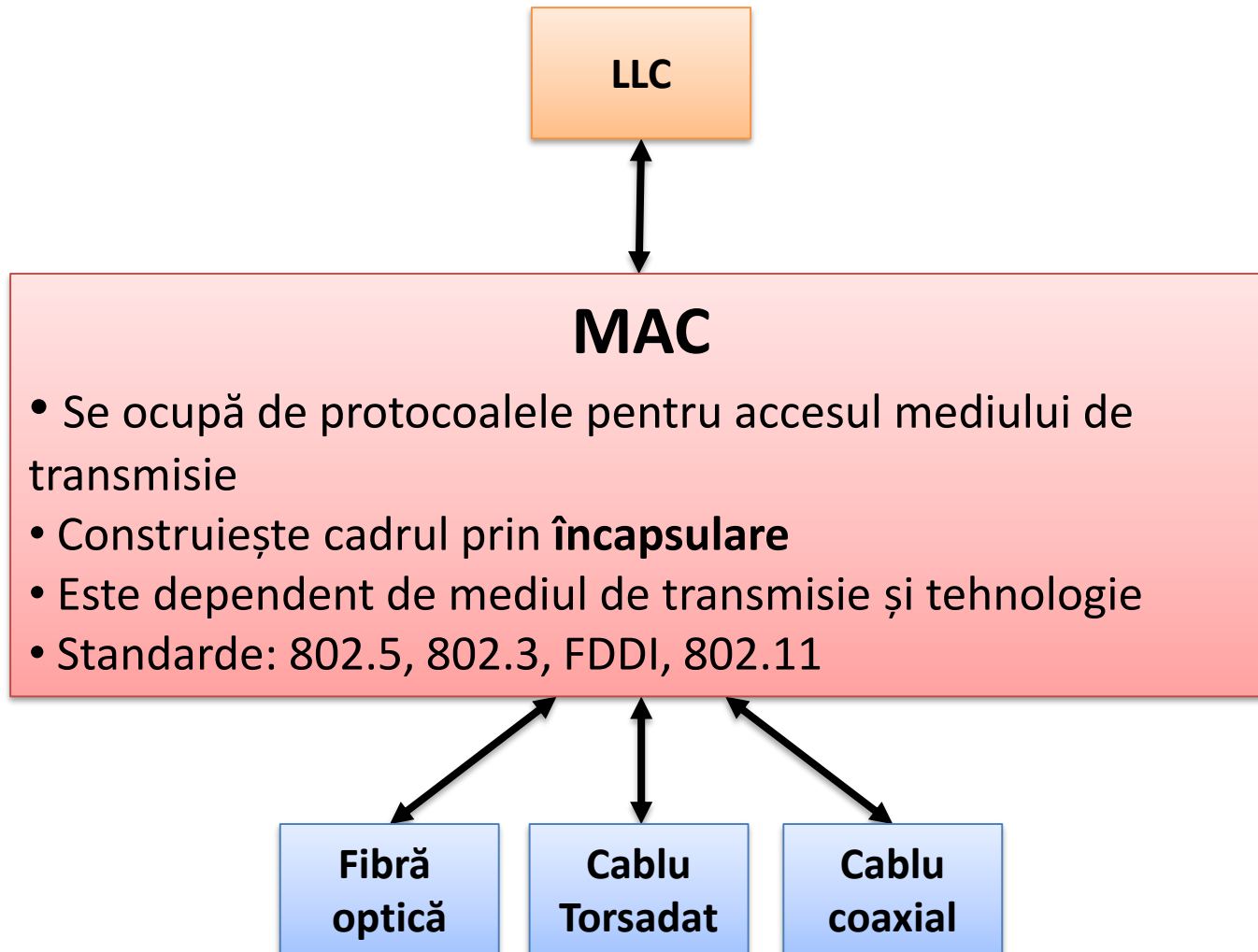


- Nivelul Legătură de date este situat la granița dintre hardware și software
- Subnivelul **LLC** (Logical Link Control) realizează interfața cu software-ul
- Subnivelul **MAC** (Media Access Control) realizează interfața cu mediul

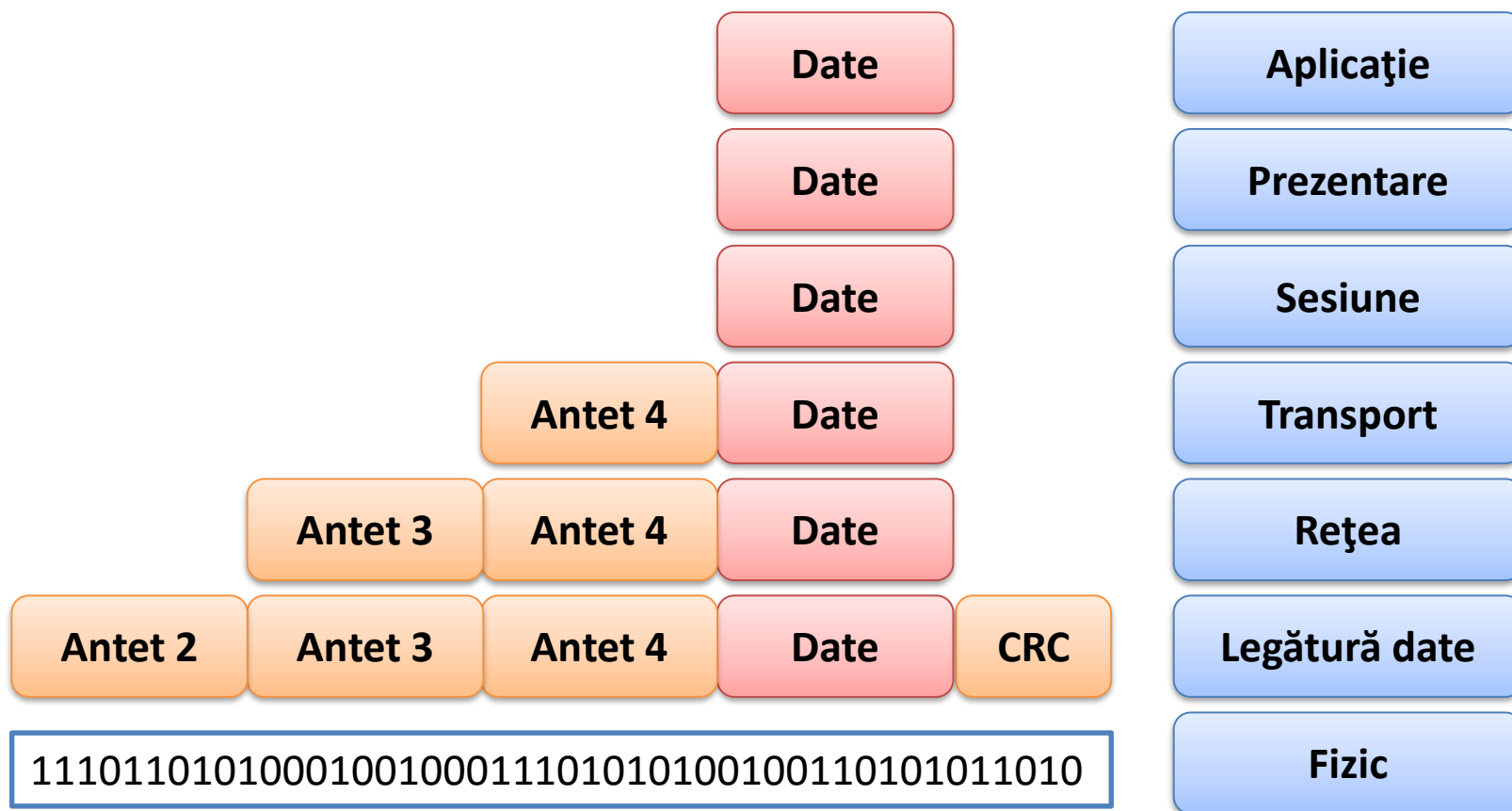
Stiva OSI







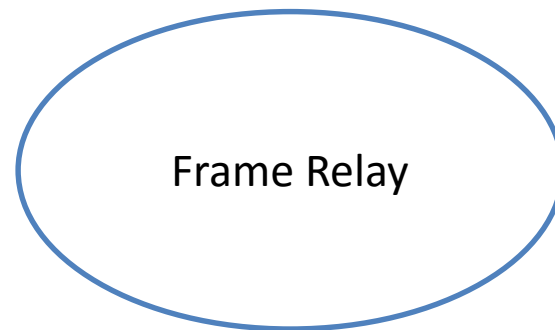
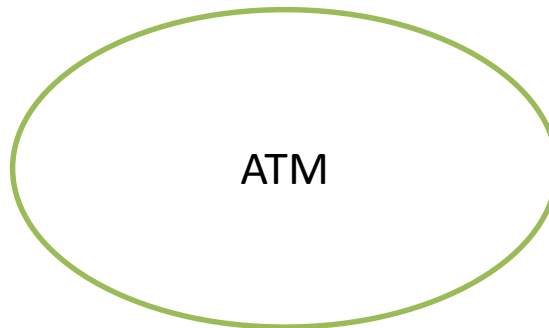
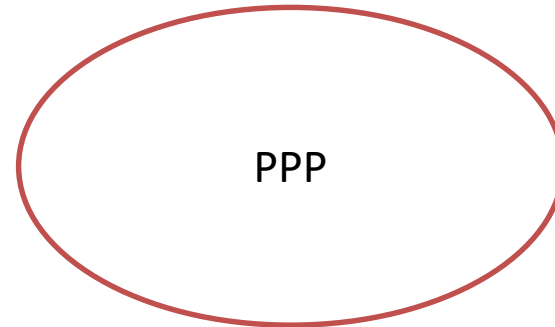
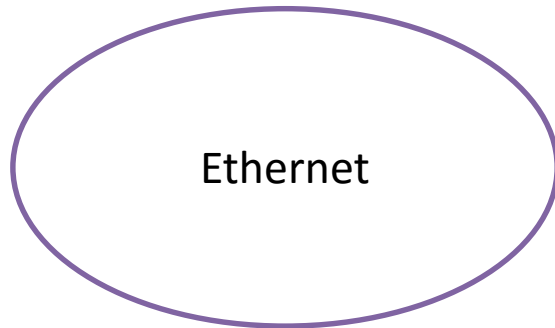
- Informația necesară protocolului de la un anumit nivel este adăugată prin încapsulare



- Pentru ca datele să ajungă la destinatarul corespunzător este nevoie de mai multă informație; această informație este adăugată de nivelul 2 și organizată în **cadre (frames)**
- Majoritatea protocoalelor de nivel 2 folosesc un set comun de câmpuri în formatul cadrului:
 - **Start Cadru:** secvență de biți ce anunță începutul unui cadru
 - **Adresă:** adresele MAC ale sursei și destinației
 - **Tip/Lungime:** protocolul de nivel 3 utilizat sau lungimea cadrului în octeți
 - **Date:** mesajul trimis
 - **CRC:** număr folosit în detectarea erorilor de transmisie

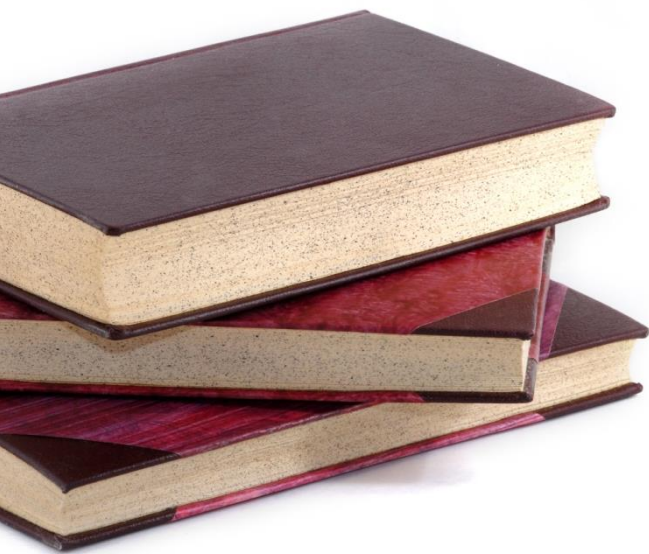


Exemple de protocole de nivel 2



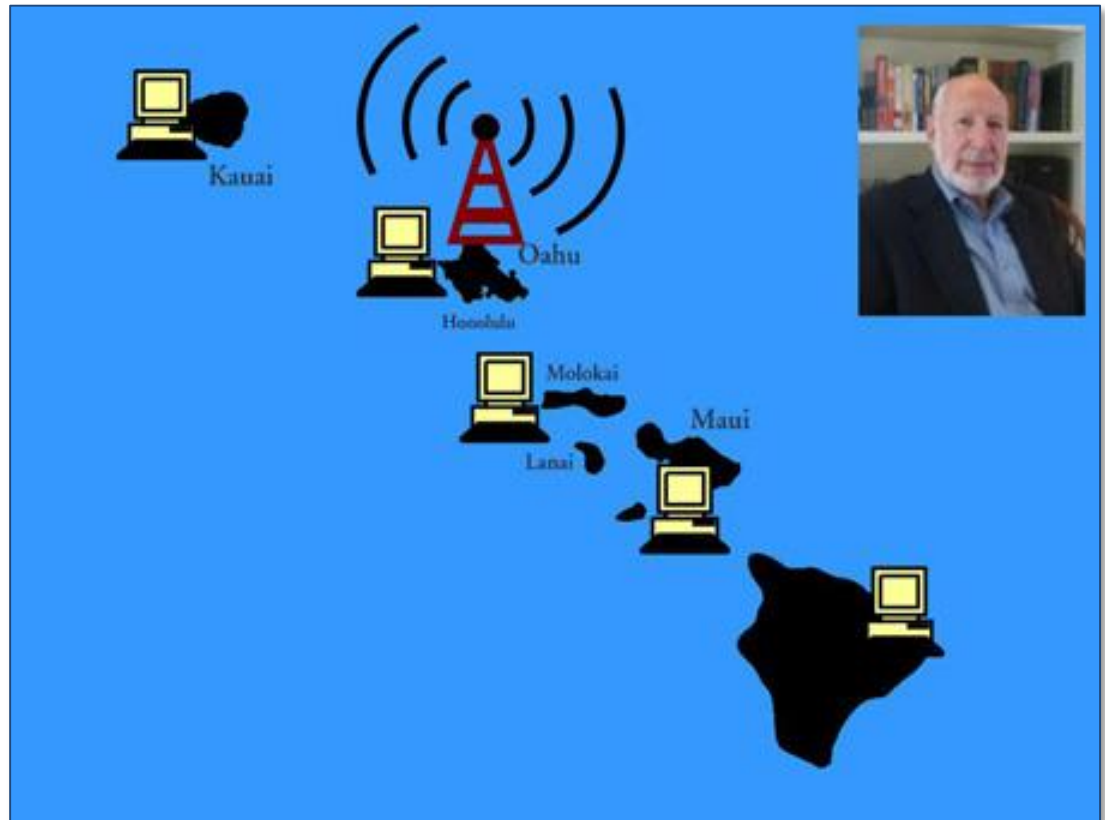
Ethernet

- Istoric
- Adresarea Ethernet
- Caracteristici



1971 – ALOHANET

- Realizat de Norman Abramson
- Locație: Hawaii
- Precursorul Ethernet
- Lățime de bandă: 9600bps

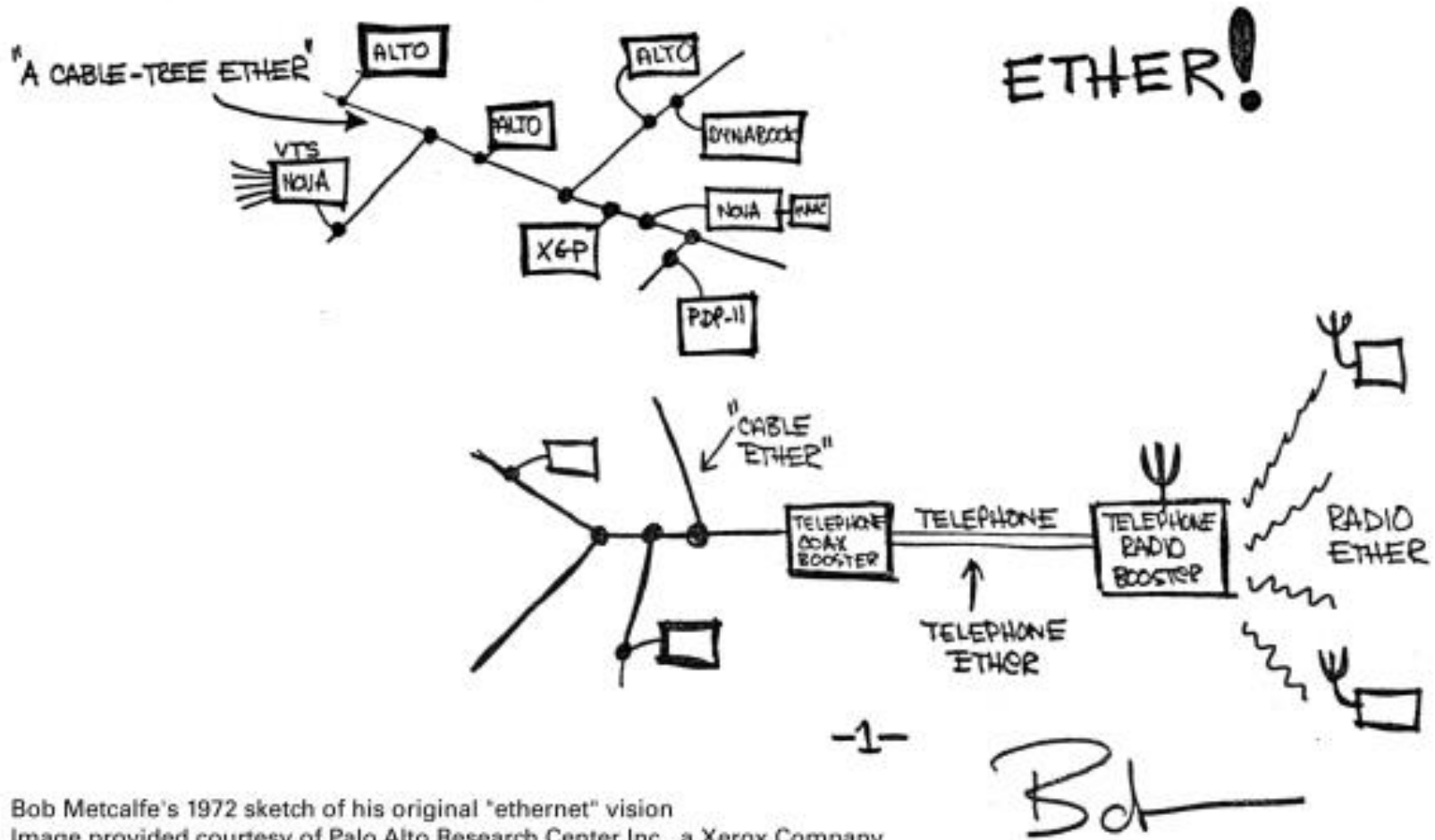


1976 – Ethernet

- Realizat de Bob Metcalfe și David Bogs la firma Xerox
- Locație: Palo Alto Research Center (PARC)
- Lățime de bandă: 2.94Mbps
- Numele provine de la **eter**



Primul cablu Ethernet din istorie (coaxial)



Bob Metcalfe's 1972 sketch of his original "ethernet" vision
Image provided courtesy of Palo Alto Research Center Inc., a Xerox Company

- DEC, Intel și Xerox colaborează pentru a crea un standard de 10Mb, denumit **standardul DIX**
- **1983:** IEEE transformă standardul DIX în **standardul 802.3**
- Xerox nu dezvoltă Ethernet-ul, și Bob Metcalfe pleacă de la Xerox formând 3COM. Până în 1999 a vândut mai mult de 100 milioane de plăci de rețea Ethernet

- Ethernet este un protocol de nivel 2 ce poate comunica peste mai multe tipuri de mediu fizic

Cablu coaxial



Cablu torsadat (Twisted pair)

Fibră optică



- Ethernet folosește adrese pentru a identifica în mod unic o interfață de rețea
- Adresele se numesc **adrese MAC**
- Adresele MAC:
 - Sunt locale LAN-ului din care face parte interfața (local scope)
 - Folosesc o schemă de adresare plată (nu există ierarhii de adrese)
 - Sunt scrise în ROM-ul plăcii de rețea și încărcate la inițializarea interfeței
 - Sistemul de operare poate fi configurat să folosească o altă adresă MAC pentru o interfață, însă cea din ROM nu poate fi modificată

OUI			ID Interfață		
Organizational Unique Identifier					
• atribuit unei companii producătoare de interfețe de rețea			• decis de companie, poate fi numărul serial al interfeței		
24 biți			24 biți		
00	FC	42	3E	34	99
48 biți					
Reprezențați în hexazecimal					

- Există trei tipuri de adrese MAC:

- Adresă **unicast**

- identifică un singur destinatar

ex: **00.10.A7.22.FE.63**

- Adresă **broadcast**

- folosită pentru a identifica toate calculatoarele din rețea

ex: **FF.FF.FF.FF.FF.FF**

- Adresă **multicast**

- folosită pentru a identifica un grup de calculatoare; identificată prin faptul că primul octet este impar

ex: **01.00.5E.00.A1.11**

- Structura cadrului este aproape identică pentru toate implementările Ethernet (de la 10Mbps la 10Gbps)
- Cadrul pentru versiunea **Ethernet IEEE 802.3** are următoarele câmpuri:

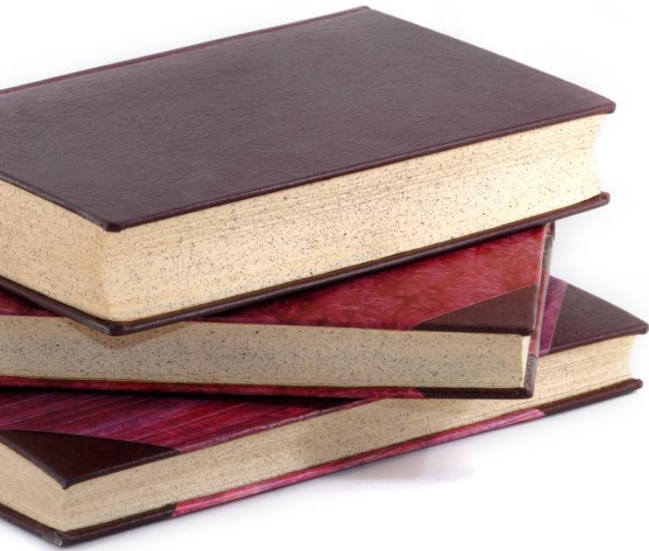
7	1	6	6	2	46 - 1500	4
Preambul	Delimitator început de cadru	Adresă Destinație	Adresă Sursă	Lungime/ Tip	Antet 802.2 și Date	FCS
64 – 1518 octeți						

- Primii 8 octeți sunt folosiți pentru sincronizare și nu vor fi socotiți în calculul dimensiunii cadrului
- Câmpul preambul este format din 7 octeți 10101010, iar octetul de start cadru are valoarea 10101011
- Câmpul tip / lungime are următoarea semnificație:
 - sub 0x0600 – câmpul este interpretat ca lungime
 - peste 0x0800 – câmpul este interpretat ca tipul protocolului de nivel 3

- **Bit Time** este timpul necesar transmiterii unui singur bit.
 - Într-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 sa 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 si să se pregătească pentru următorul cadru

Coliziuni

- Medii partajate
- Ce este o coliziune
- Domenii de coliziune
- Domenii de broadcast
- CSMA/CD



- Ethernet a fost proiectat ca un protocol peste medii partajate (mediu multiacces – mai multe stații conectate la același mediu fizic)
- Coliziunile și broadcast-urile sunt prevăzute în funcționarea Ethernet
- 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)

- **Coliziunile locale** (*local collisions*)
 - Se produc in rețeaua locală
 - Pe cablu coaxial sunt detectate prin creșterea tensiunii electrice peste limita maximă admisă
 - Pe un cablu twisted-pair sunt marcate de detectarea unui semnal pe perechea de fire RX simultan cu transmiterea unui semnal pe perechea de fire TX
- **Coliziunile la distanță** (*remote collisions*)
 - Nu se produc in rețeaua locala
 - Sunt marcate de existența unor cadre cu o lungime mai mică decât lungimea minimă acceptată și care prezintă un FCS invalid
- **Coliziunile târzii** (*late collisions*)
 - Se produc după ce au fost trimiși primii 64 de octeți
 - Cea mai importantă diferență între ele și coliziunile la distanță este că un NIC (Network Interface Controller) retransmite automat cadrele care au produs coliziuni înainte de primii 64 de octeți, dar nu le retransmite pe cele produse după
 - Retransmisia cade în sarcina nivelurilor superioare (care detectează absența cadrului prin time-out)

- Domeniu de coliziune = grup de segmente de rețea conectate fizic prin dispozitive de nivel 1 (repetor, hub, transceiver) în care se pot produce coliziuni

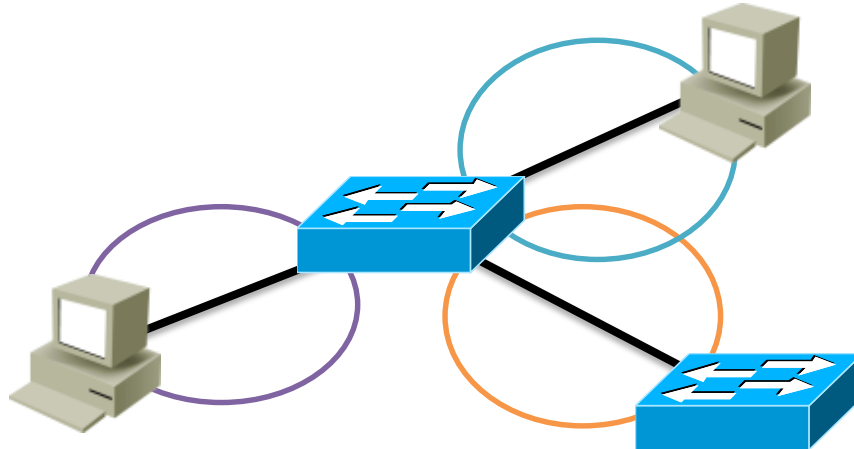
Dispozitive care delimitează domeniile de coliziune:



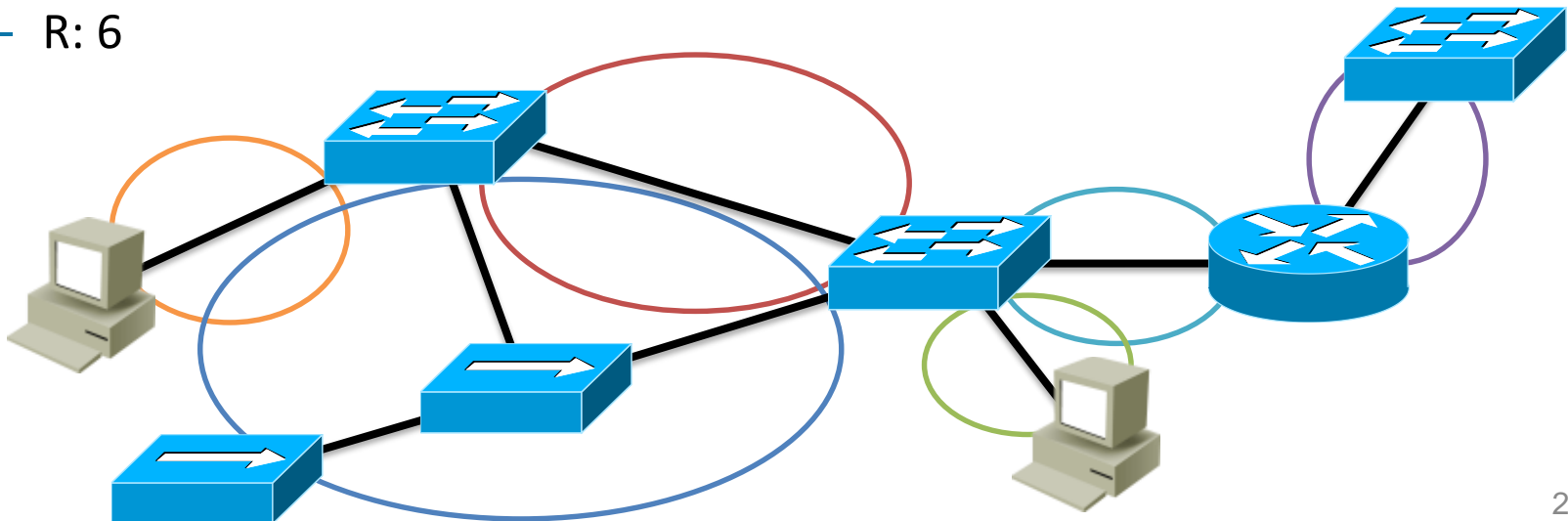
Dispozitive care extind domeniile de coliziune:



- Câte domenii de coliziune sunt în topologia 1?
 - R: 3



- Câte domenii de coliziune sunt în topologia 2?
 - R: 6



- Domeniu de broadcast – toate dispozitivele (stațiile) care primesc un broadcast trimis de unul dintre ele

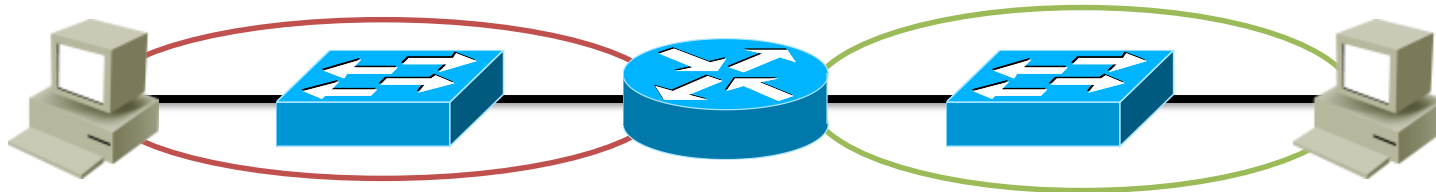
Dispozitive care delimitează domeniile de broadcast:



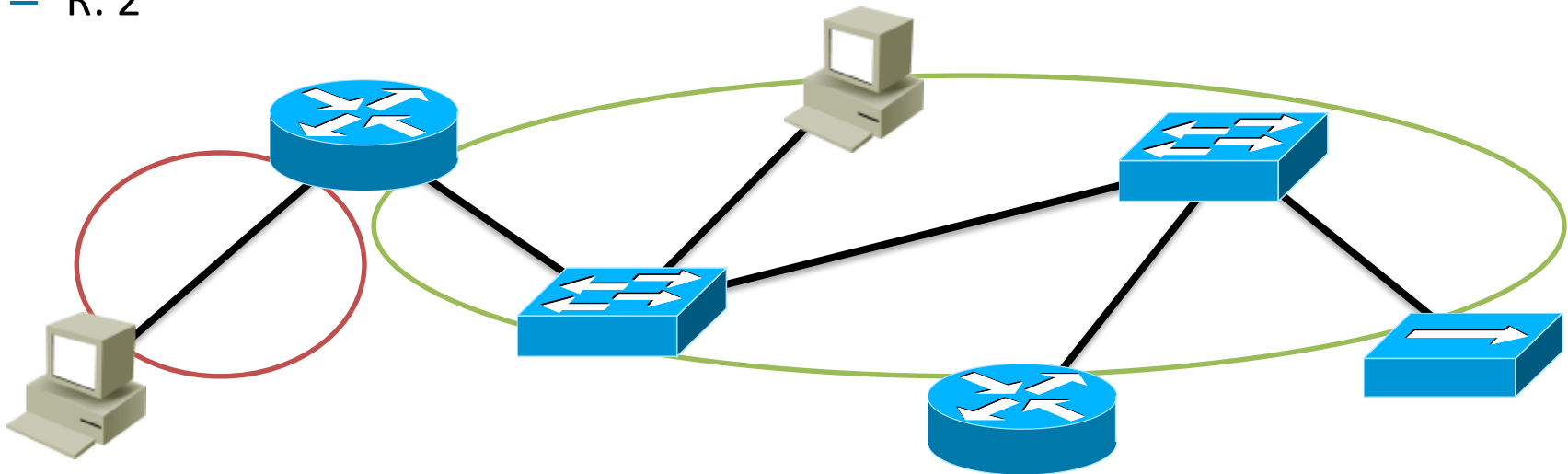
Dispozitive care extind domeniile de broadcast:



- Câte domenii de broadcast sunt în topologia 1?
 - R: 2



- Câte domenii de broadcast sunt în topologia 2?
 - R: 2



1. Carrier Sense

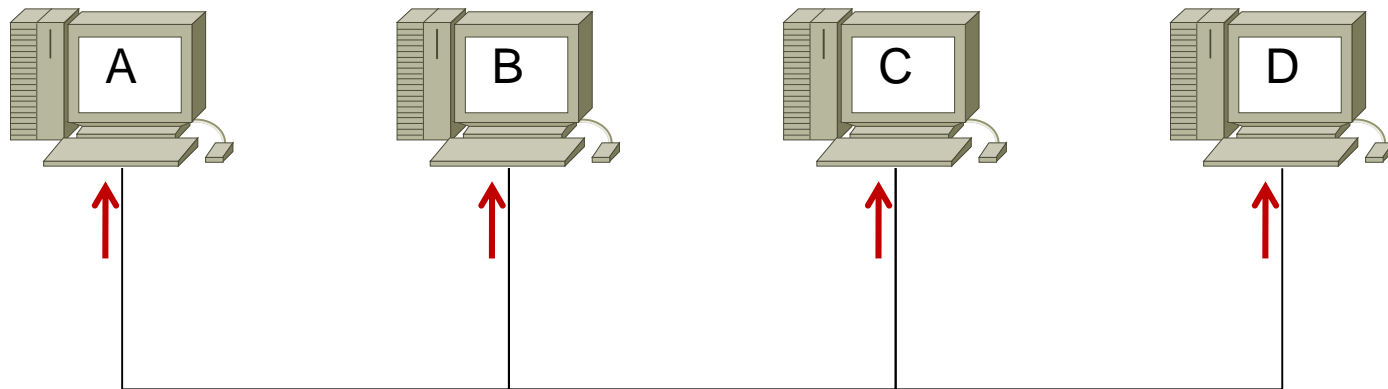
2. Multiple access

3. Collision detection

4. Jam signal

5. Random backoff

- Protocol folosit de Ethernet pentru a rezolva problema coliziunilor
- Fiecare stație ascultă mediul pentru a determina dacă o altă stație transmite



1. Carrier Sense

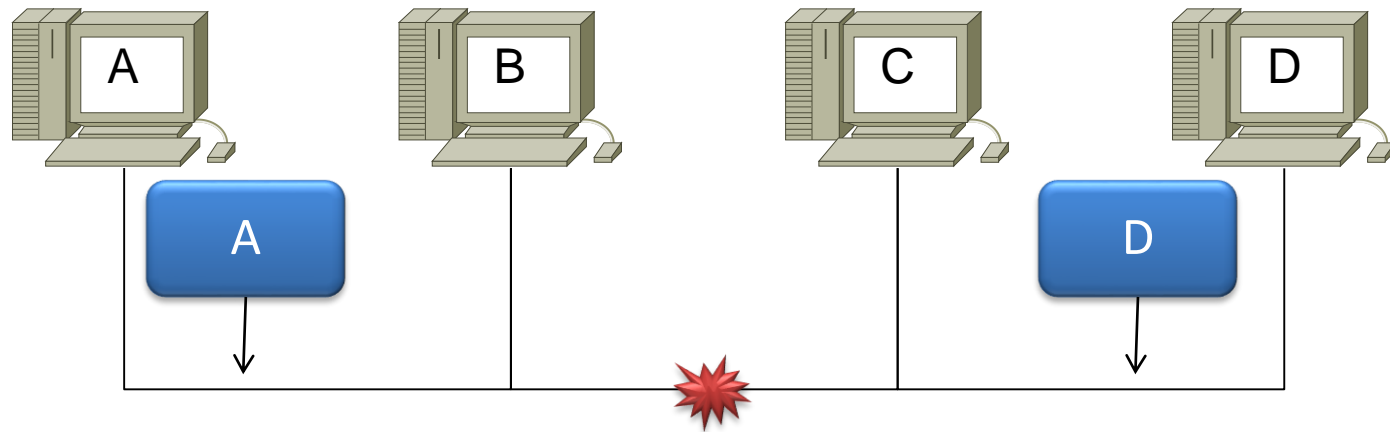
2. Multiple access

3. Collision detection

4. Jam signal

5. Random backoff

- Protocolul este folosit în medii partajate
- Mediul fiind partajat, există riscul ca două stații să transmită în același timp



1. Carrier Sense

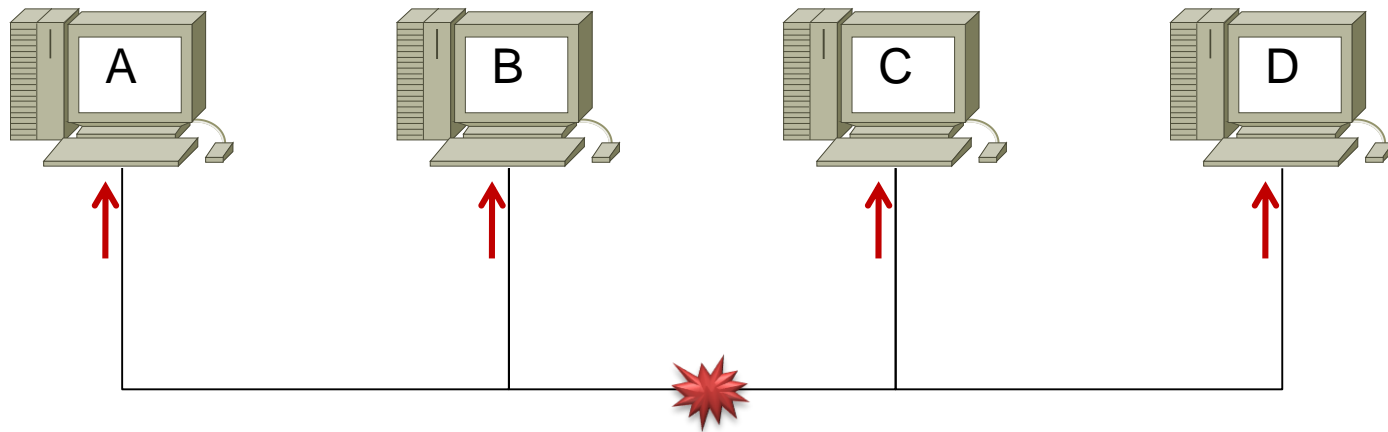
2. Multiple access

3. Collision detection

4. Jam signal

5. Random backoff

- Dacă două stații transmit simultan, conținutul cadrului va fi alterat (de exemplu poate fi creat un **runt frame** – cadru sub 64 de octeți)
- Întâlnirea celor două semnale poartă numele de **coliziune**
- Stațiile conectate vor detecta coliziunea



1. Carrier Sense

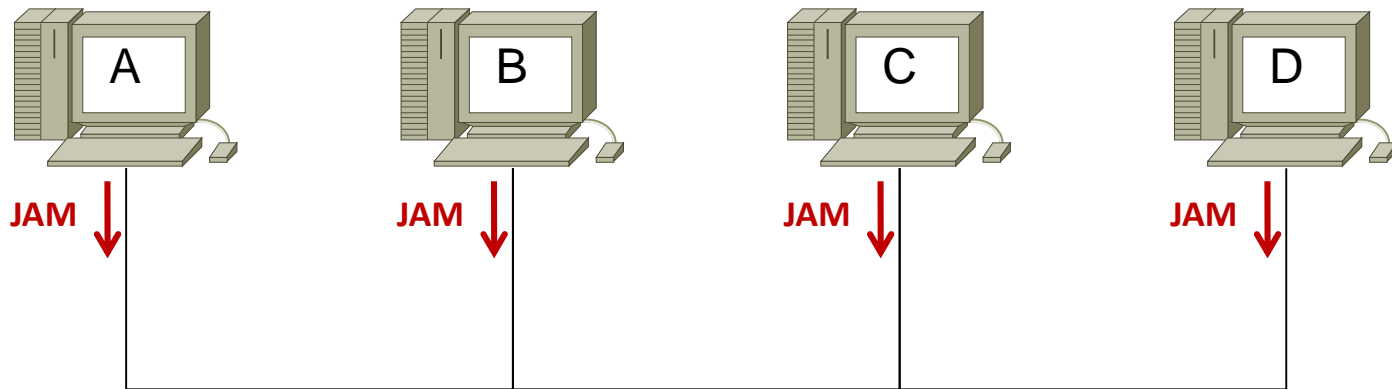
2. Multiple access

3. Collision detection

4. Jam signal

5. Random backoff

- Ca reacție la coliziune, este transmis un **jam signal** în rețea
 - Scopul este ca toate stațiile să detecteze coliziunea
- Jam signal-ul va suprascrie CRC-ul din cadrele ce au suferit coliziunea
 - Plăcile Ethernet sunt forțate să arunce cadrul



1. Carrier Sense

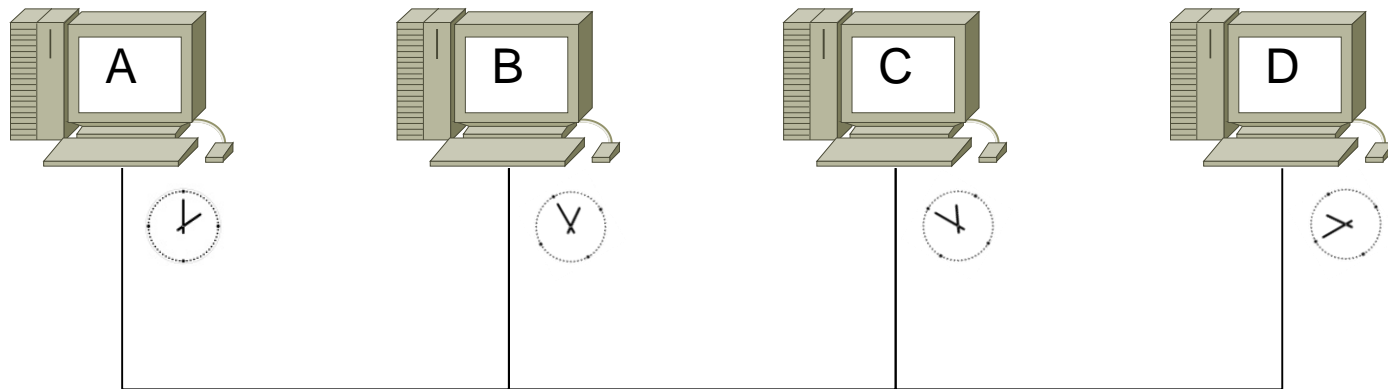
2. Multiple access

3. Collision detection

4. Jam signal

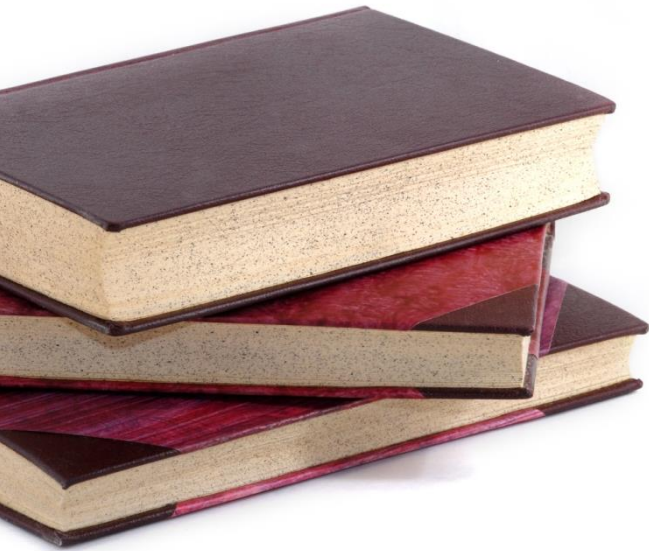
5. Random backoff

- Fiecare stație așteaptă un timp aleator înainte de a retransmite
- **Random backoff**
- De ce este durata aleasă aleator?



Standarde Ethernet

- Fast Ethernet
- Gigabit Ethernet
- 10 Gigabit Ethernet
- 40 Gigabit Ethernet
- 100 Gigabit Ethernet



Fast Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Gigabit Ethernet

10 Gigabit Ethernet

40 Gigabit Ethernet

100 Gigabit Ethernet

Fast Ethernet

Anul apariției: 1995

Viteză: 100Mbps

Standarde cupru:

- 100BASE-TX
- 100BASE-T4

Standarde fibră:

- 100BASE-FX
- 100BASE-SX
- 100BASE-BX
- 100BASE-LX10

CSMA/CD: Da

Codificări: 4B5B, NRZI, MLT-3

Fast Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Gigabit Ethernet

10 Gigabit Ethernet

40 Gigabit Ethernet

100 Gigabit Ethernet

Fast Ethernet: 100BASE-TX

Distanță maximă: 100m

Cablu: UTP Cat5+ (Pinii 1, 2, 3 și 6)

Conectori: RJ-45

Fast Ethernet: 100BASE-FX

Distanță maximă: 400m (half-duplex) / 2km (full-duplex)

Cablu: 2 Fibre multimode (@1300nm)

Fast Ethernet: 100BASE-SX

Distanță maximă: 550m

Cablu: 2 Fibre multimode (@850nm)

Fast Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Gigabit Ethernet

10 Gigabit Ethernet

40 Gigabit Ethernet

100 Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet

Anul apariției: 1998 (802.3z)

Standard actual: 802.3-2008

Viteză: 1000Mbps

Standarde cupru:

- 1000BASE-CX (802.3z – 1998)
- 1000BASE-T (802.3ab – 1999)

Standarde fibră:

- 1000BASE-SX (802.3z – 1998)
- 1000BASE-LX (802.3z – 1998)
- 1000BASE-LX10 (802.3ah – 2004)
- 1000BASE-BX10 (802.3ah – 2004)

Fast Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Gigabit Ethernet

10 Gigabit Ethernet

40 Gigabit Ethernet

100 Gigabit Ethernet

10 Gigabit Ethernet

Anul apariției: 2002 (802.3ae)

Standard actual: 802.3-2008

Viteză: 10000Mbps

Mod half-duplex: Nu

CSMA/CD: Nu

Standarde cupru:

- 10GBASE-CX4
- 10GBASE-T (802.3an – 2006)

Standarde fibră:

- 10GBASE-SR
- 10GBASE-LR

Fast Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Gigabit Ethernet

10 Gigabit Ethernet

40 Gigabit Ethernet

100 Gigabit Ethernet

40/100 Gigabit Ethernet

Anul apariției: 2010 (802.3ba)

Viteză: 40/100Gbps

Scop:

- Păstrarea compatibilității

Medii:

- Cupru
- Fibră optică

Vendori echipamente

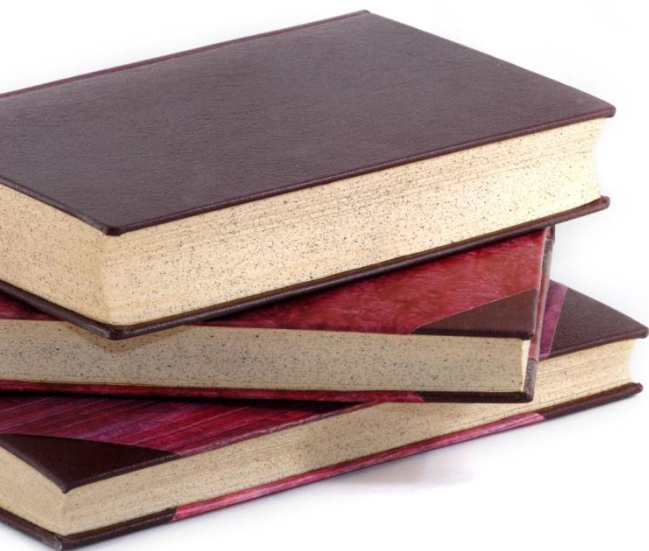
- Juniper

100GbE:

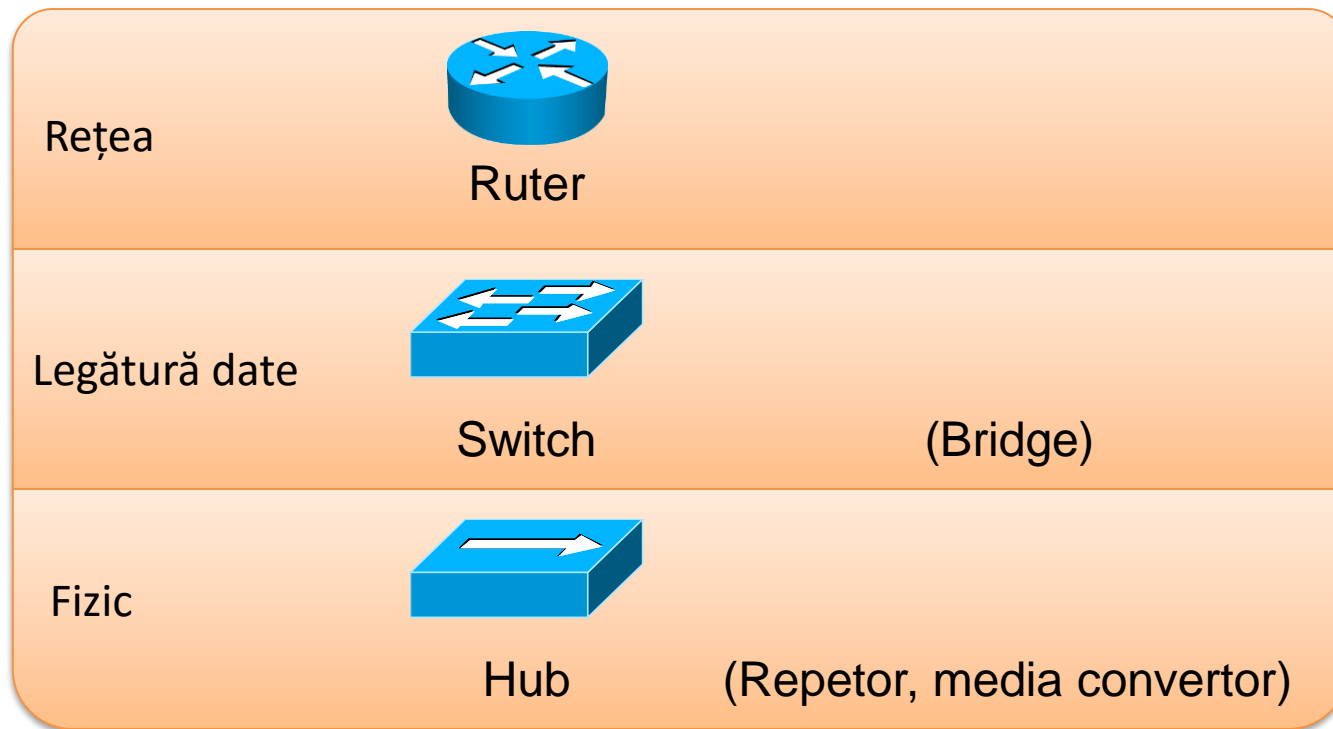
- Cisco
- Brocade

Procesul de comutare

- Rolul switch-ului într-o rețea
- Tabela CAM
- Procesul de învățare
- Procesul de comutare
- Metode de comutare



- **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 microsecundă 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?



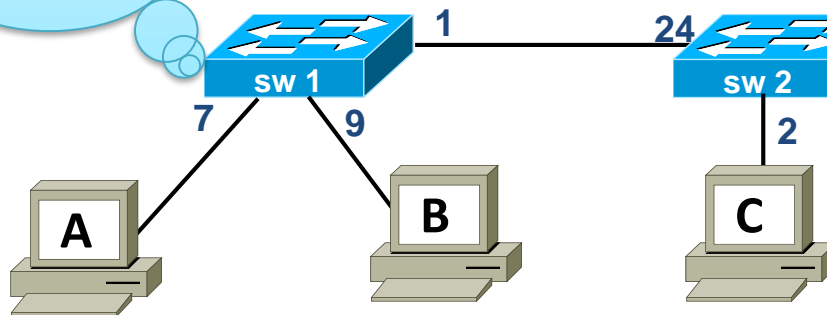
- Switch-ul operează la nivelul 2, legătură de date
- Rolul unui switch este de a oferi legături de viteză mare și latență mică în rețele restrânse din punct de vedere geografic
- Switch-ul delimitează domeniile de coliziune dar extinde domeniile de broadcast
- Switch-urile sunt caracterizate printr-un număr mare de porturi (pot ajunge la câteva sute prin tehnologii de tipul StackWise) și funcții de bază implementate în hardware
- Switch-ul **nu** este suficient pentru a avea conectivitate între două rețele diferite (mai multe explicații în cursul 4)



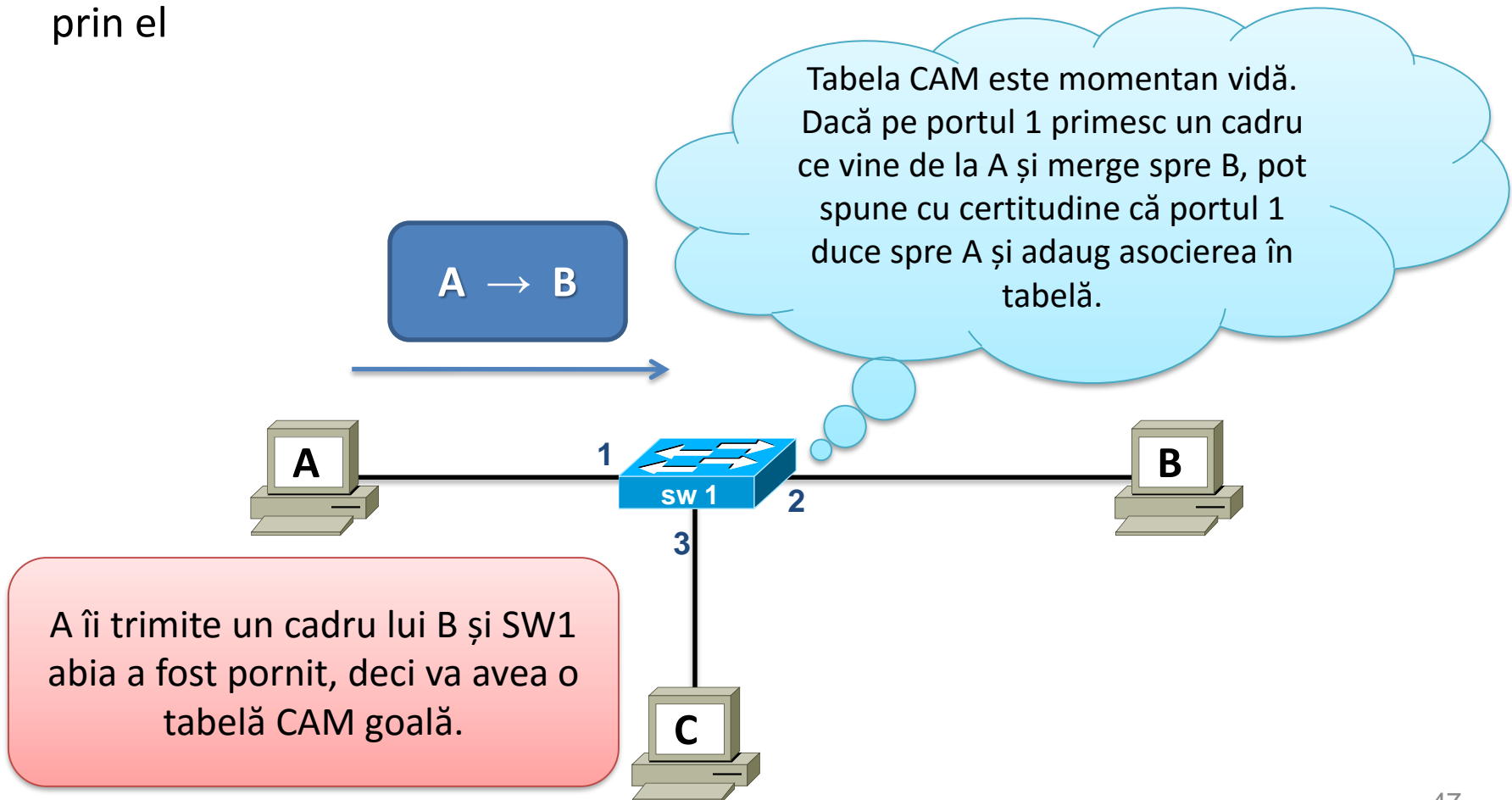
- Funcționarea unui switch se bazează pe o tabelă de asocieri între porturi și adrese MAC: **Tabela CAM (Content Addressable Memory)**
- Fiecare switch ia decizii independente, bazându-se doar pe propria sa tabelă CAM

Tabela CAM îmi spune că:
7 duce spre stația A
9 duce spre stația B
1 duce spre stația C

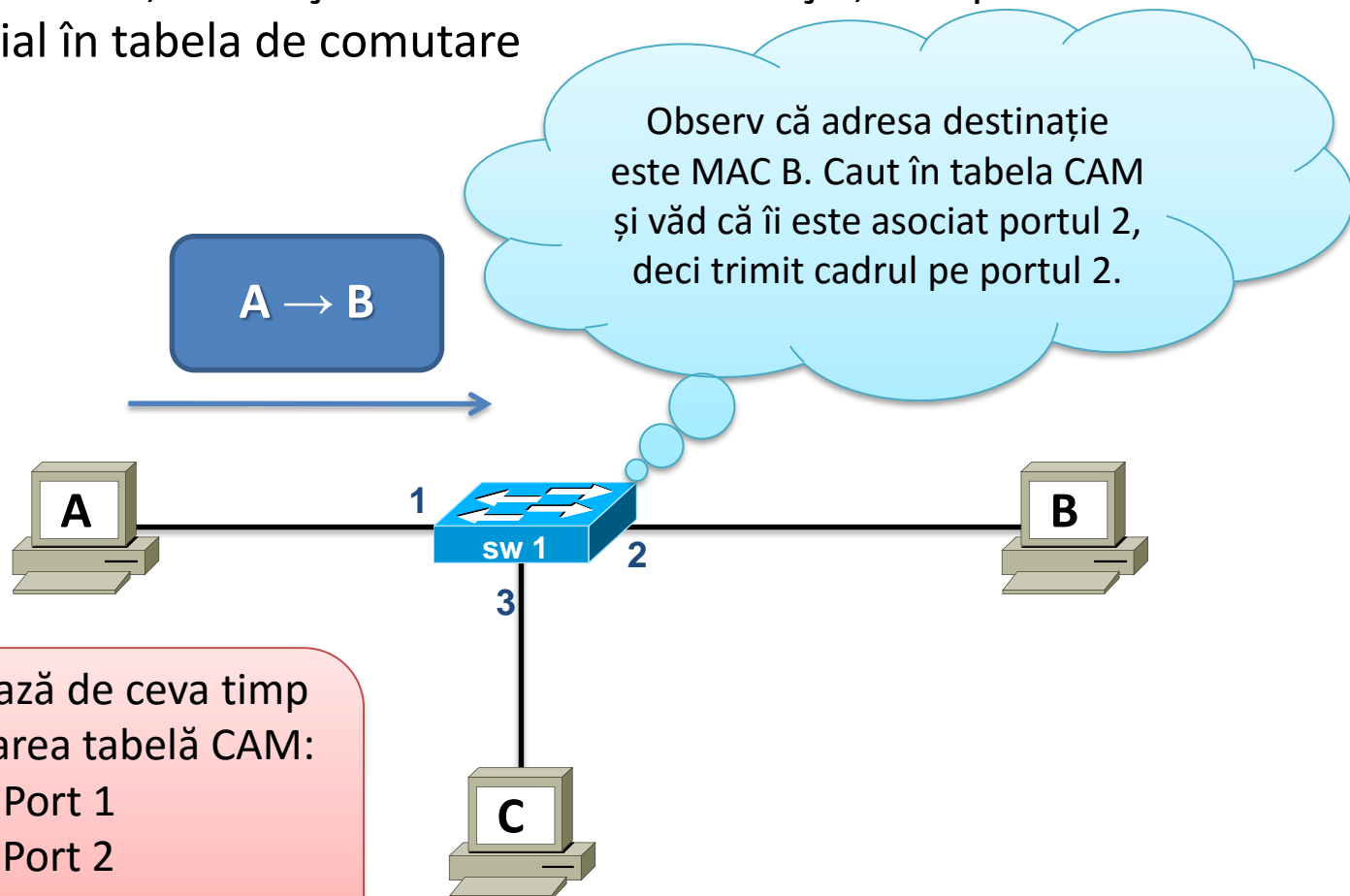
Tabela CAM îmi spune că:
24 duce spre stația A
24 duce spre stația B
2 duce spre stația C



- La pornire, un switch nu știe nimic despre host-urile din apropierea sa; tabela CAM este inițial goală
- Pentru a popula tabela, switch-ul citește adresa MAC sursă a cadrelor ce trec prin el



- Pentru a comuta cadre, se citește adresa MAC destinație, iar apoi aceasta este căutată secvențial în tabela de comutare

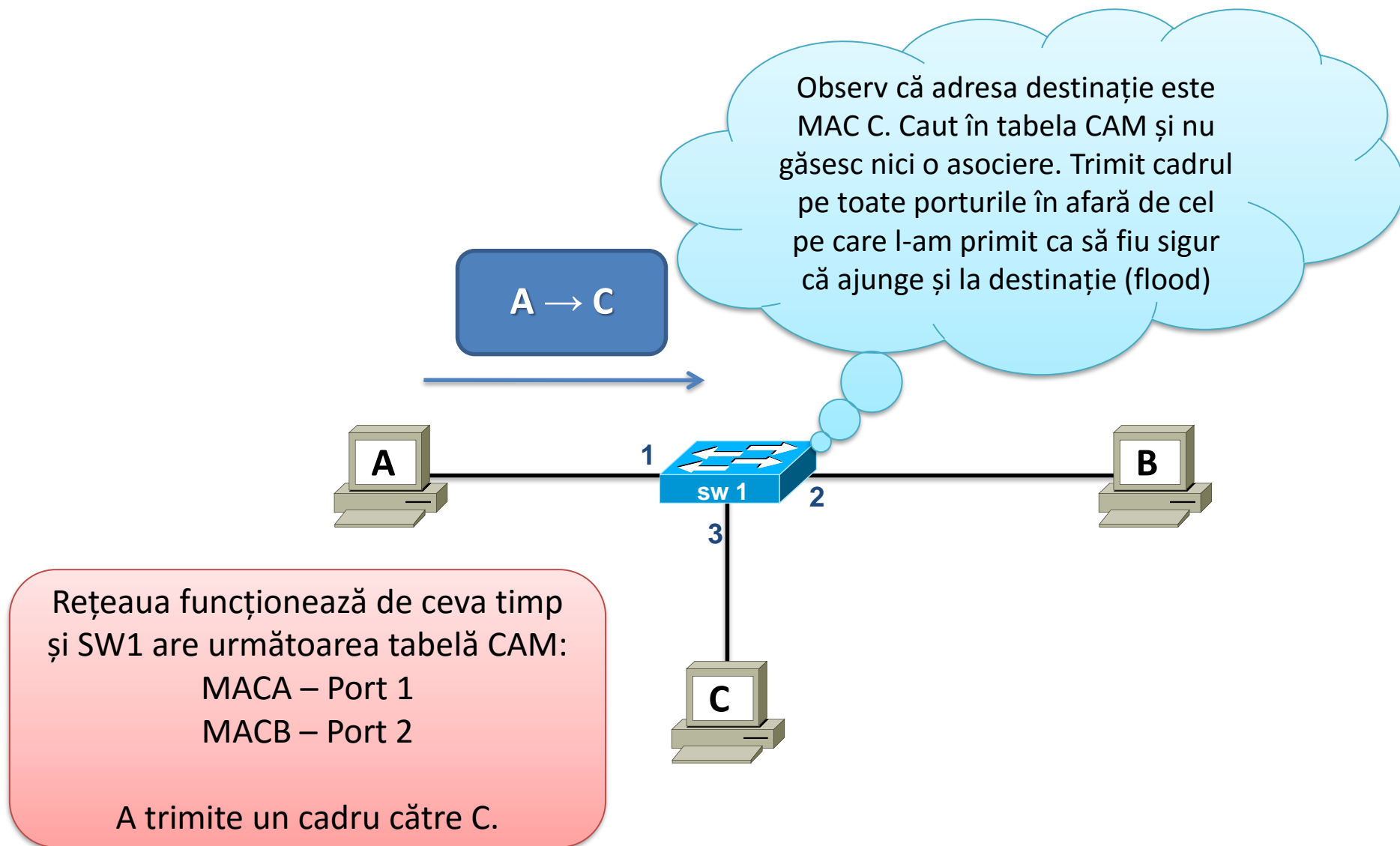


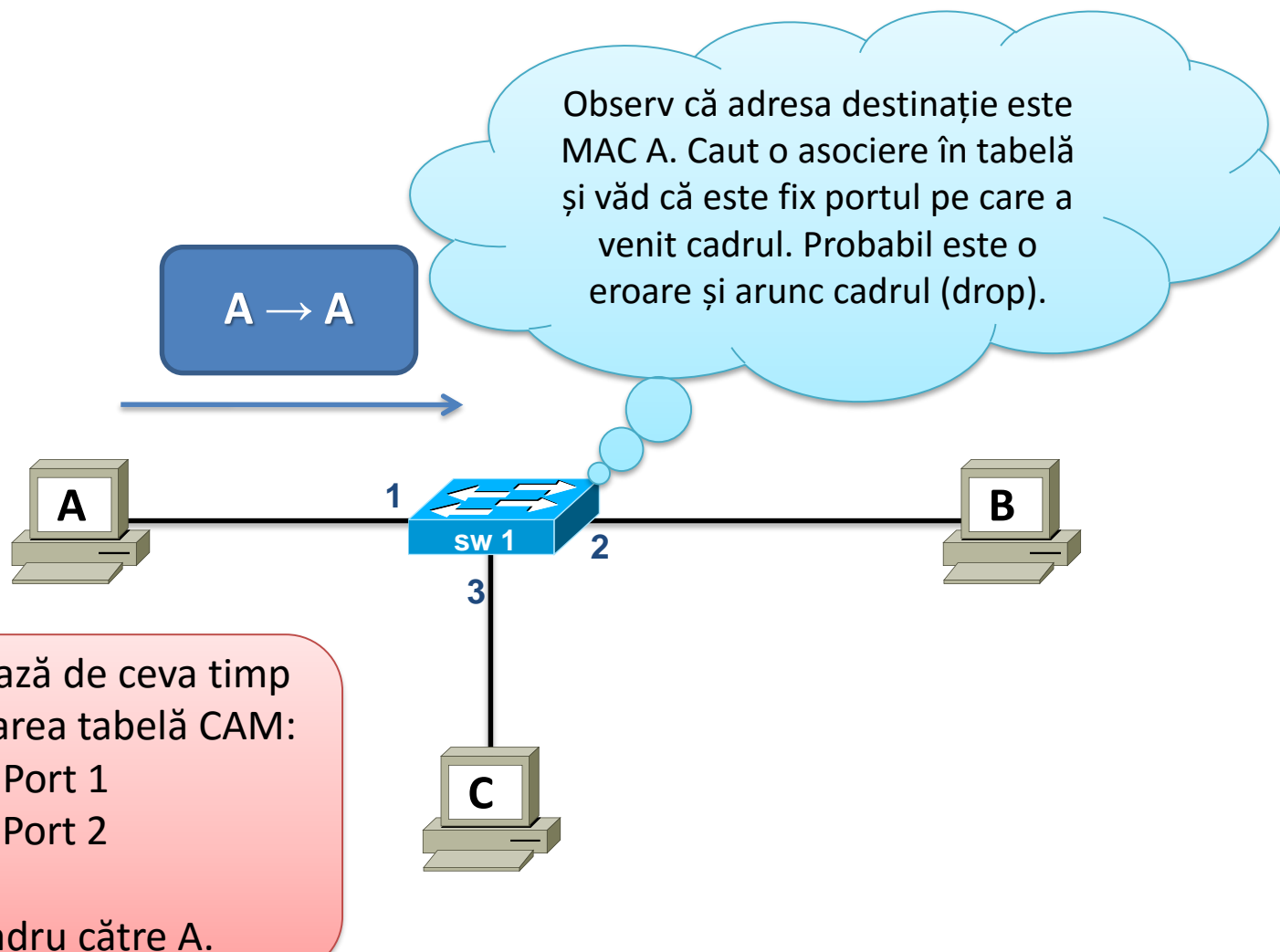
Rețeaua funcționează de ceva timp și SW1 are următoarea tabelă CAM:

MACA – Port 1

MACB – Port 2

A trimite un cadru către B.





- Cu fiecare cadru primit, un switch va desfășura acțiunile:
 - Citire adresă MAC sursă și verificare dacă există asocierea în tabela CAM
 - Dacă da, actualizează vârsta înregistrării din tabelă
 - Dacă nu, adaugă asocierea între MAC sursă și portul pe care a venit cadrul și îi asociază vârsta 0
 - Citire adresă MAC destinație și căutarea asocierii în tabela CAM
 - Dacă este găsită unicast pe portul corespunzător către destinație; excepție în cazul în care portul e fix cel pe care a venit, caz în care face drop
 - Dacă nu este găsită, se face flood cu cadrul pe toate porturile mai puțin cel pe care a venit cadrul

- Fiecare înregistrare din tabelă are o vârstă (timp de la ultima actualizare)
- Creșterea în timp a valorii poartă numele de **CAM Aging**
- Când vârsta ajunge la o anumită valoare, înregistrarea este ștearsă
- De ce trebuie șterse înregistrările?

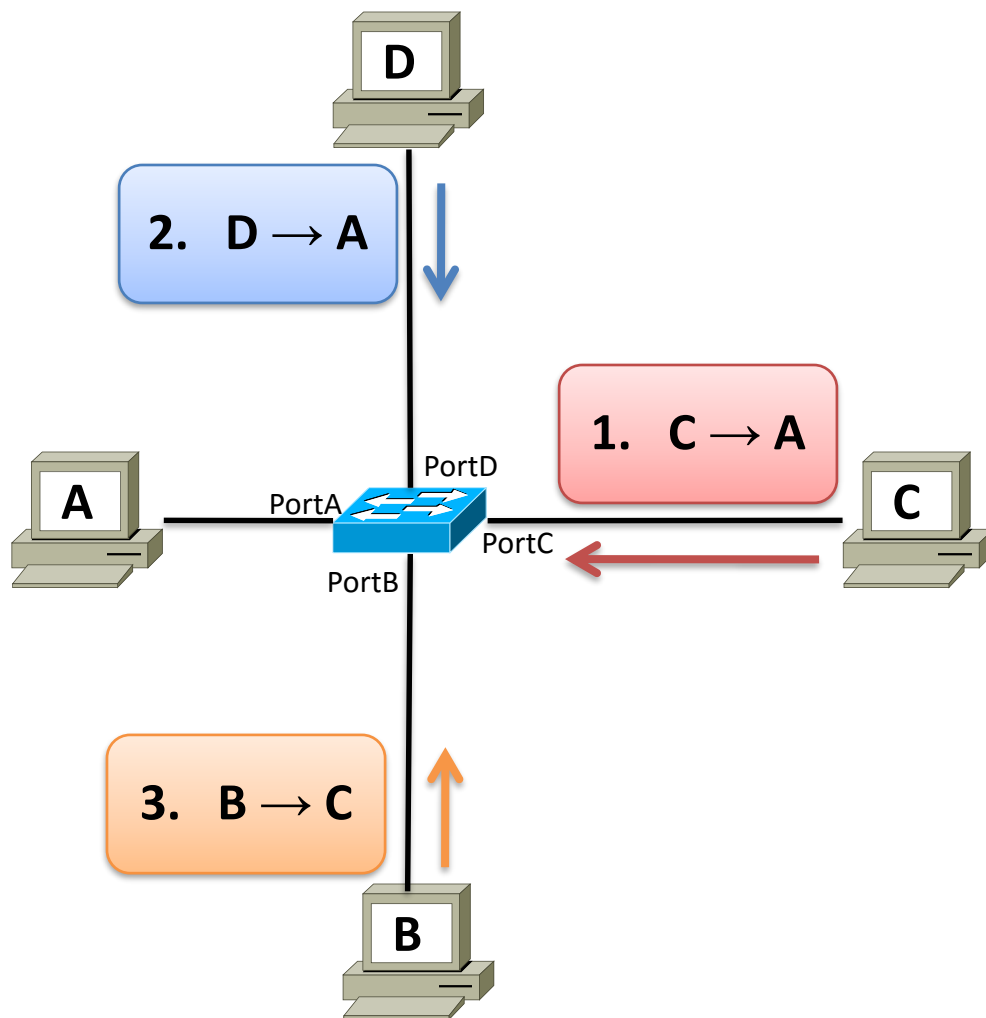


Tabela MAC

PortC: C

PortD: D

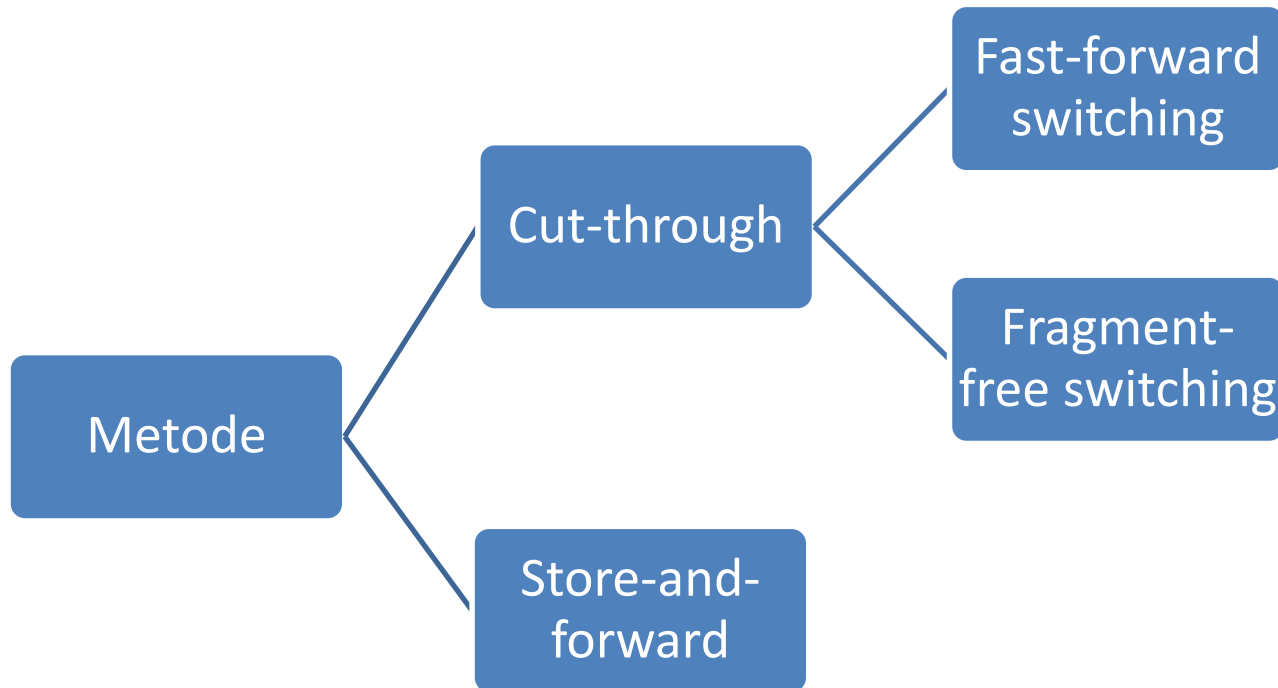
PortB: B

Tip operații

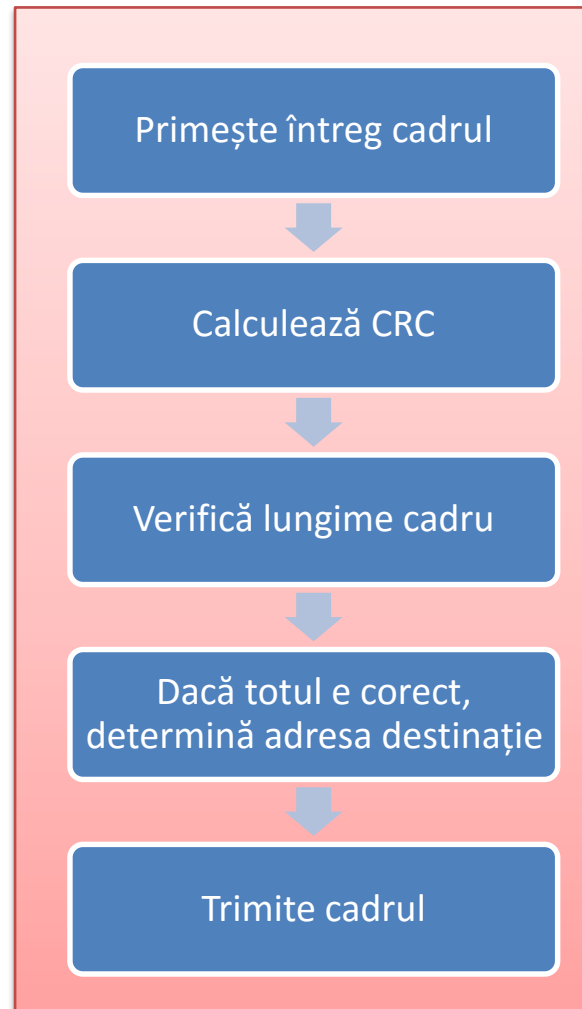
Broadcast

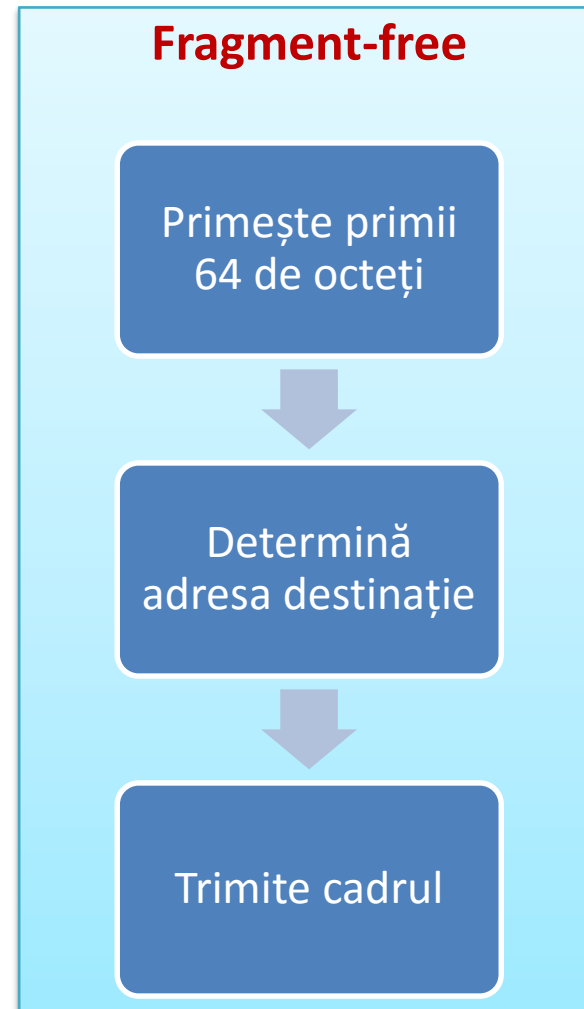
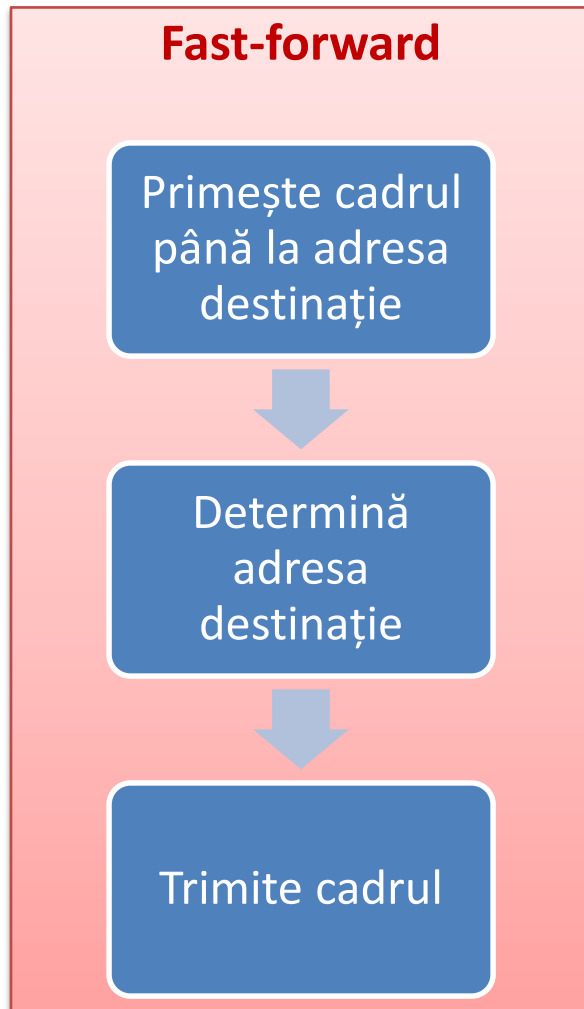
Broadcast

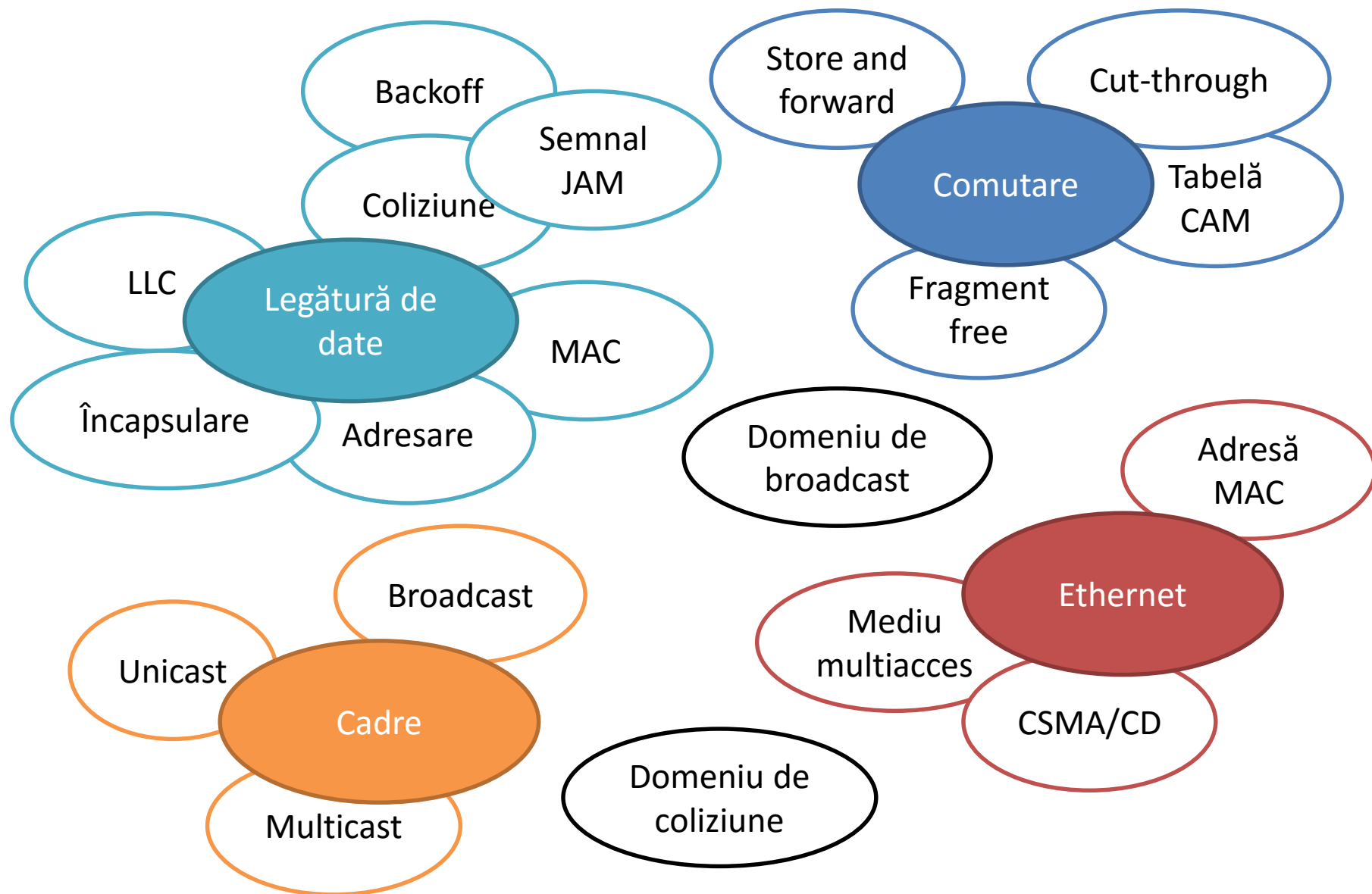
Unicast



Store-and-Forward Switching







?

