

## Curs 03

# Nivelul Legătură de Date



# Obiective

- Rolul și structura nivelului legătură de date
- Încapsularea datelor
- Protocolul Ethernet
- Coliziuni
- Domenii de coliziune și domenii de broadcast
- Procesul de comutare

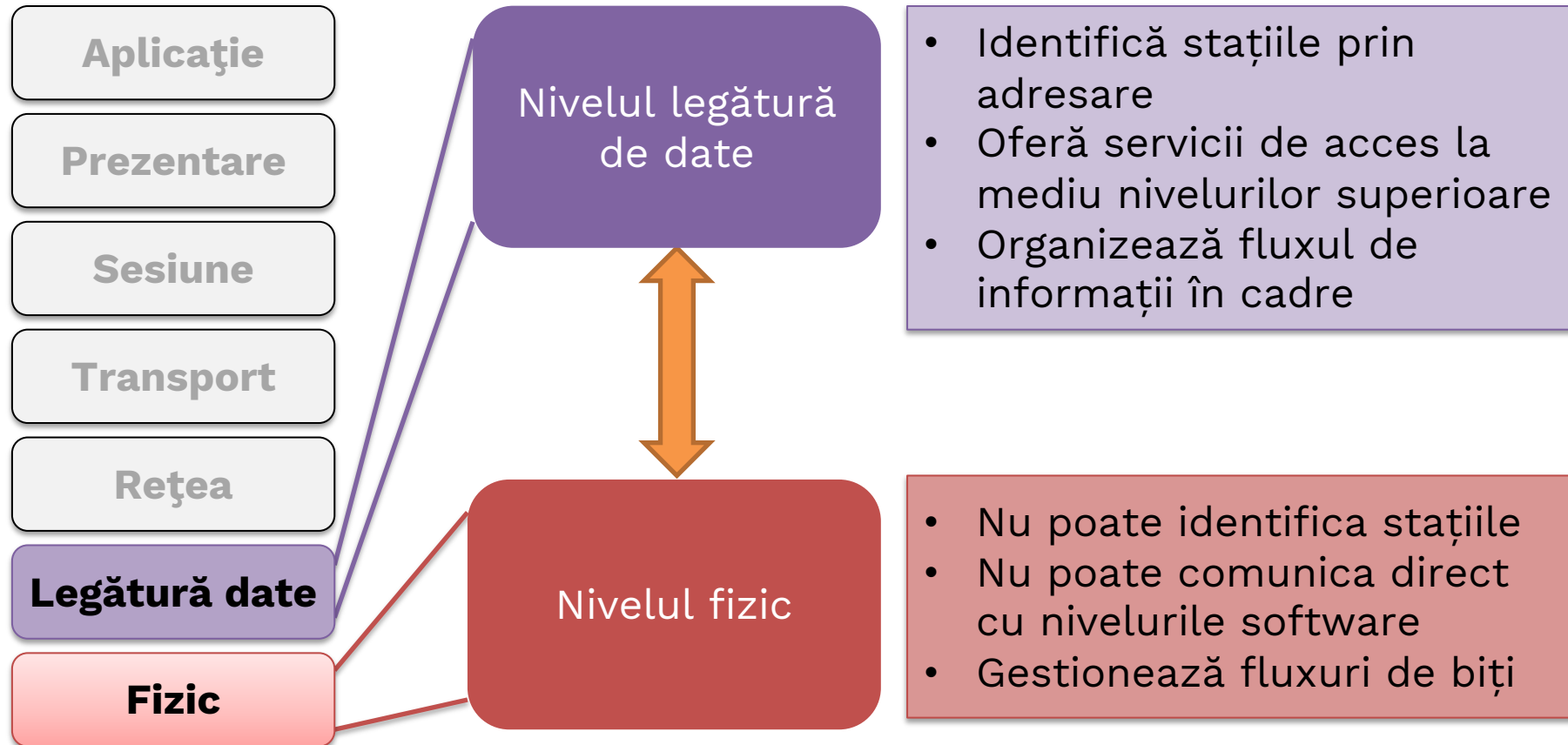
# Legătură de date

Încapsularea datelor

Protocoale

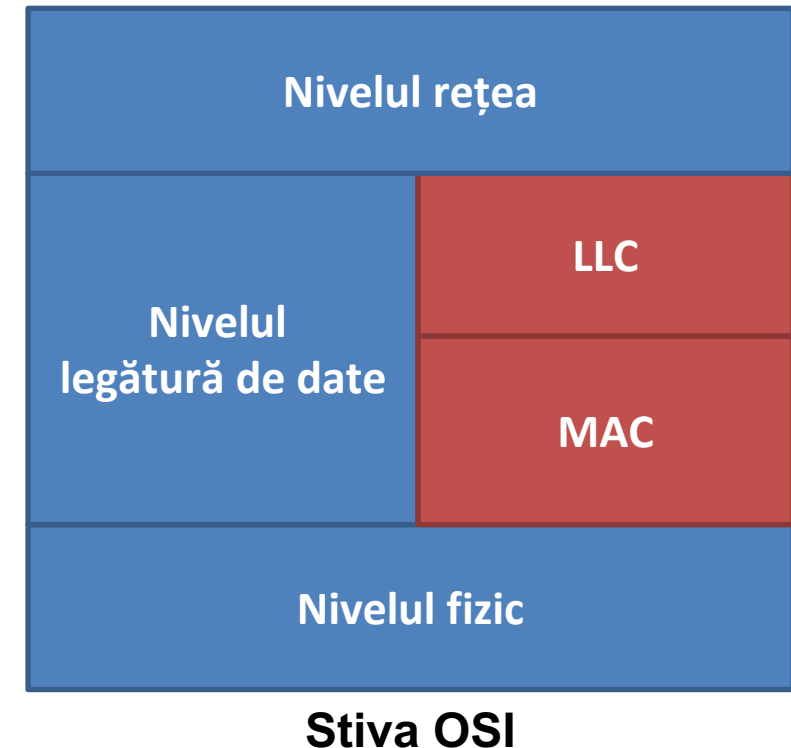


# Limitările nivelului fizic

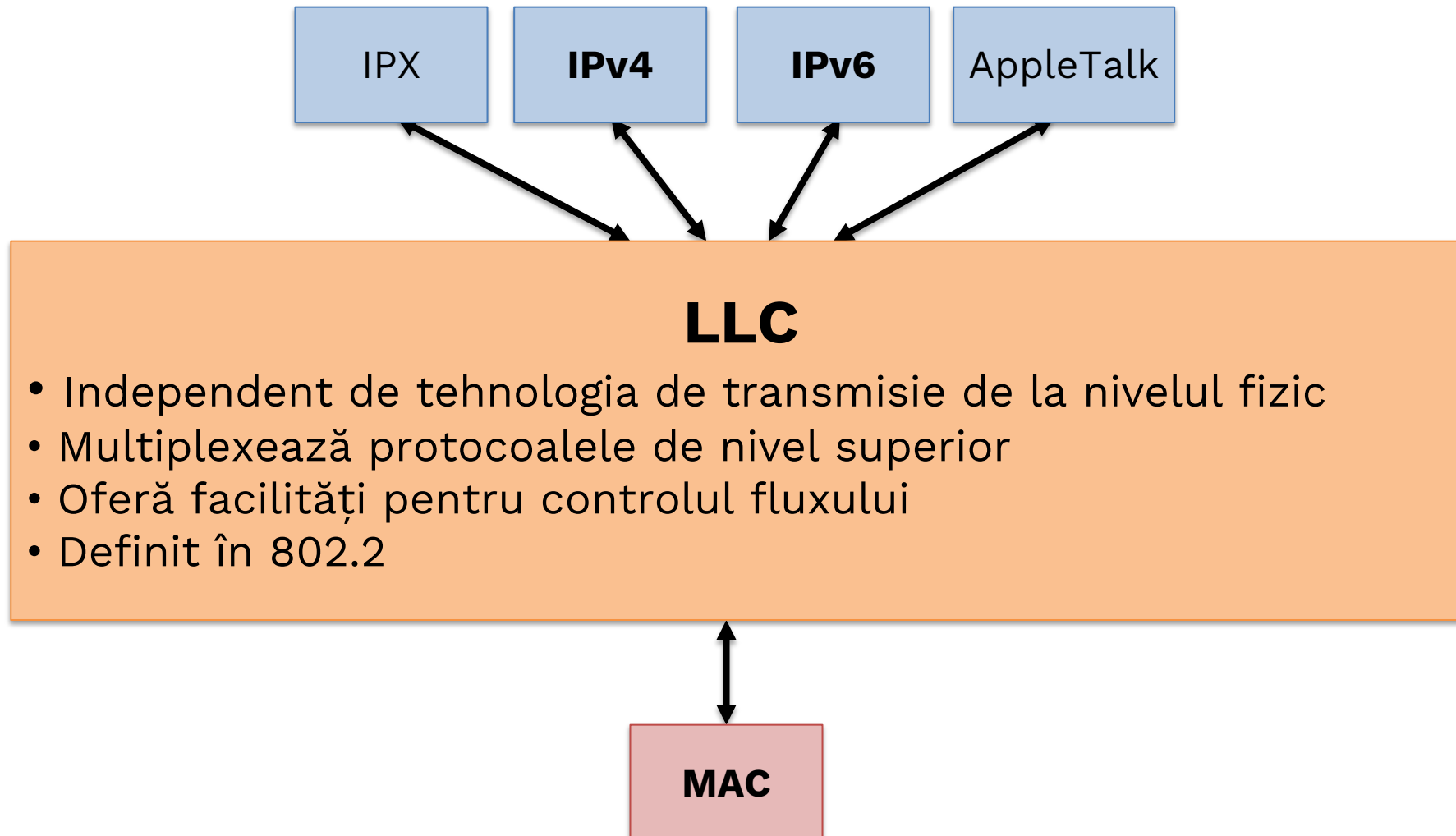


# Structura nivelului legătură de date

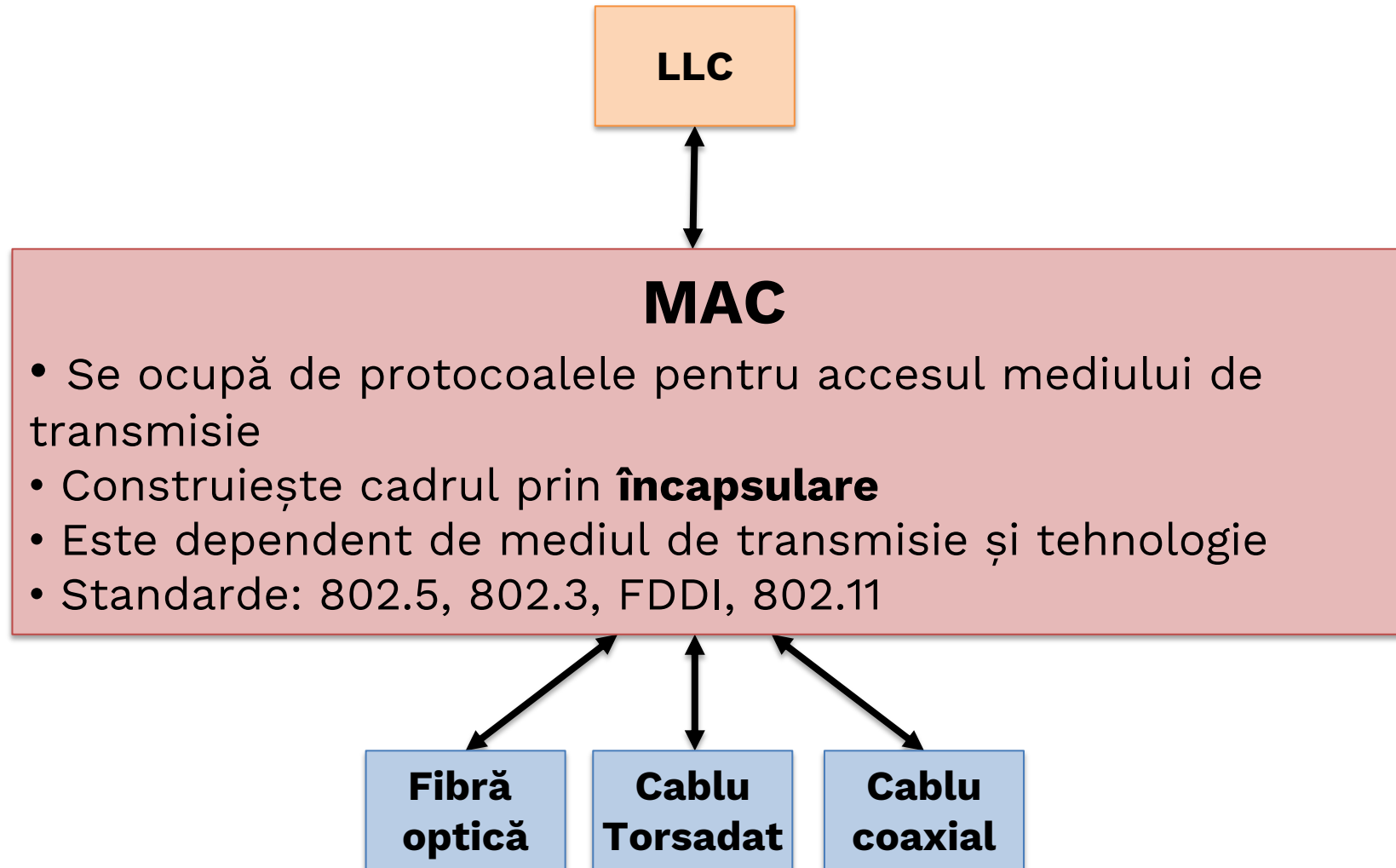
- Nivelul Legătură de date este situat la granița dintre hardware și software
- Subnivelul **LLC** (Logical Link Control) realizează interfața cu software-ul
- Subnivelul **MAC** (Media Access Control) realizează interfața cu mediul



# Subnivelul LLC

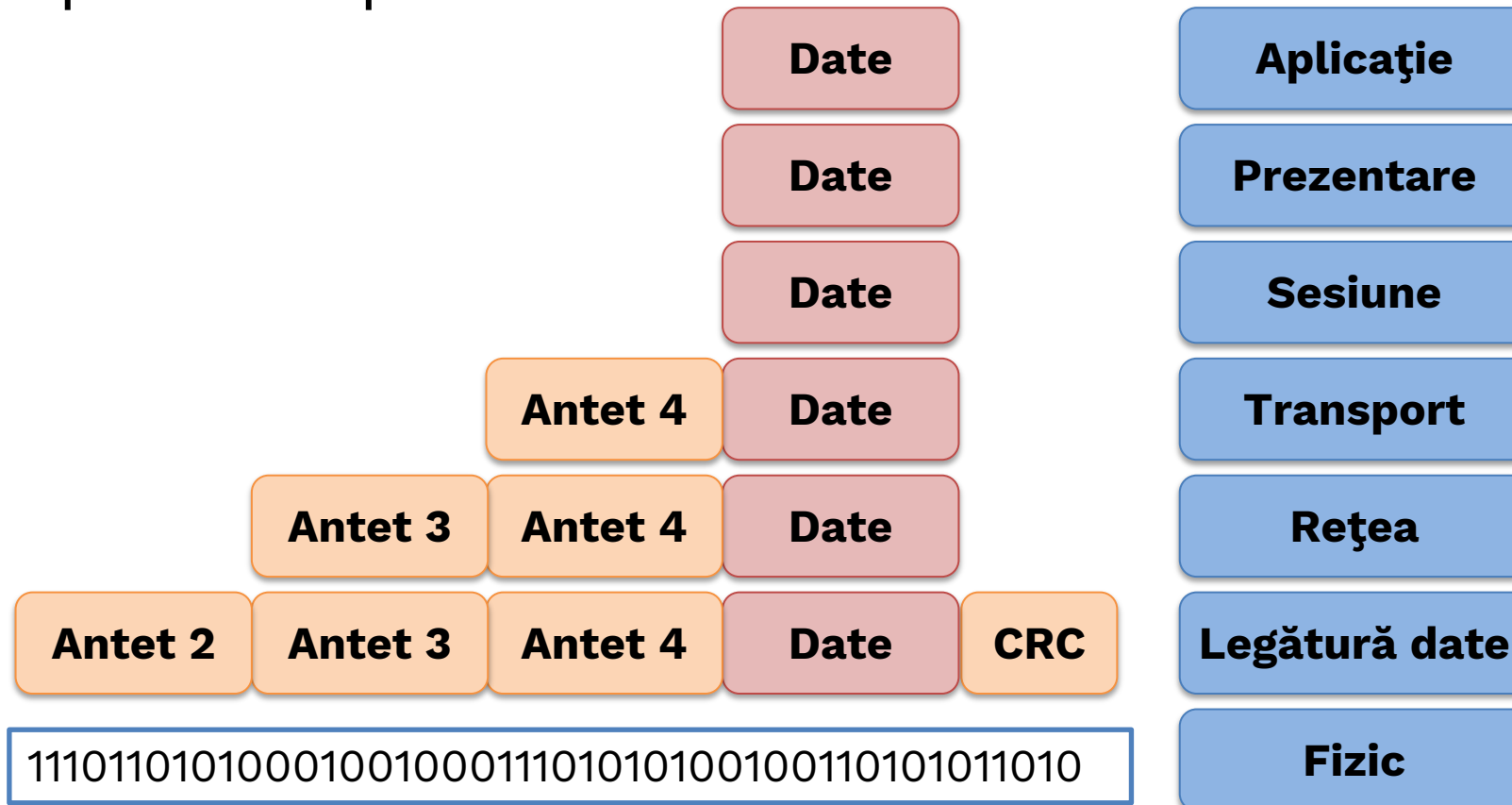


# Subnivelul MAC



# Încapsularea datelor

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





# Încapsularea datelor la nivelul 2

- 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 protocoale de nivel 2

Ethernet

PPP

ATM

Token Ring

Frame Relay

# Ethernet

Istoric

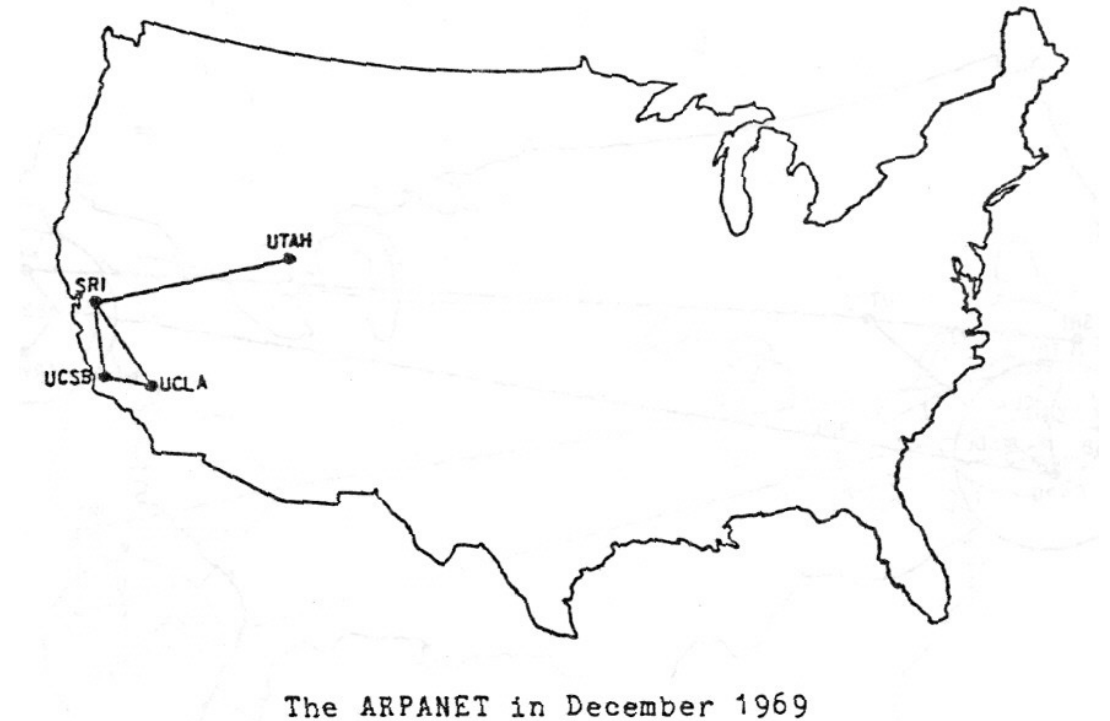
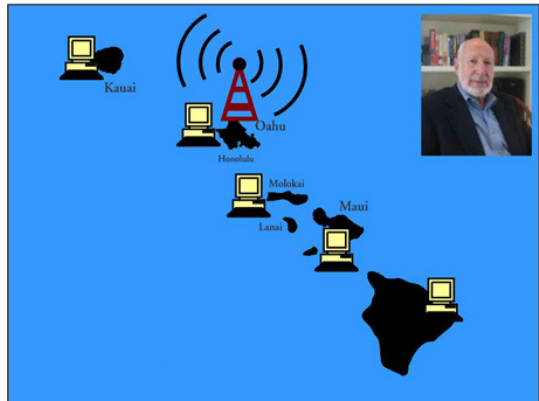
Adresare

Caratteristiche



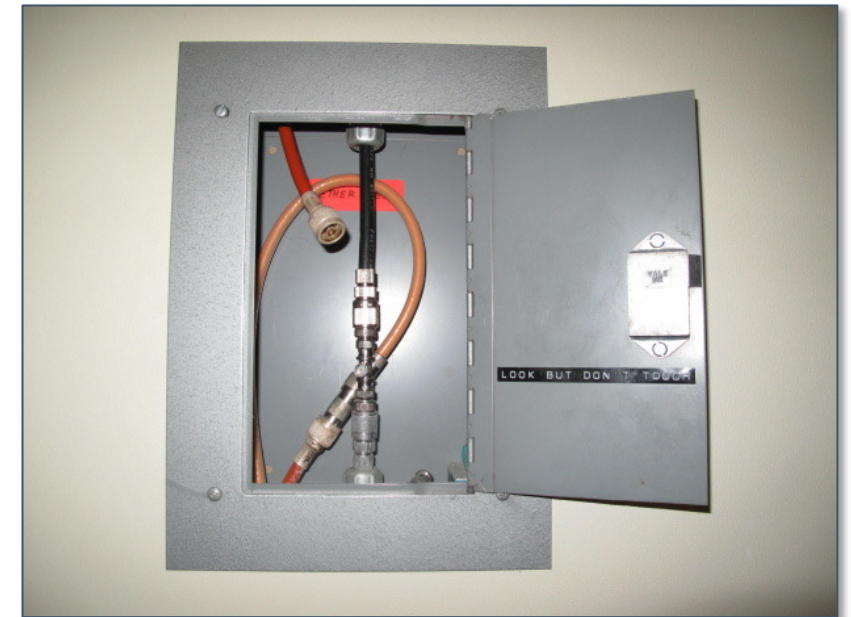
# Un pic de istorie

- 1971 – ALOHANET
- Realizat de Norman Abramson
- Locație: Hawaii
- Precursorul Ethernet
- Lățime de bandă: 9600bps



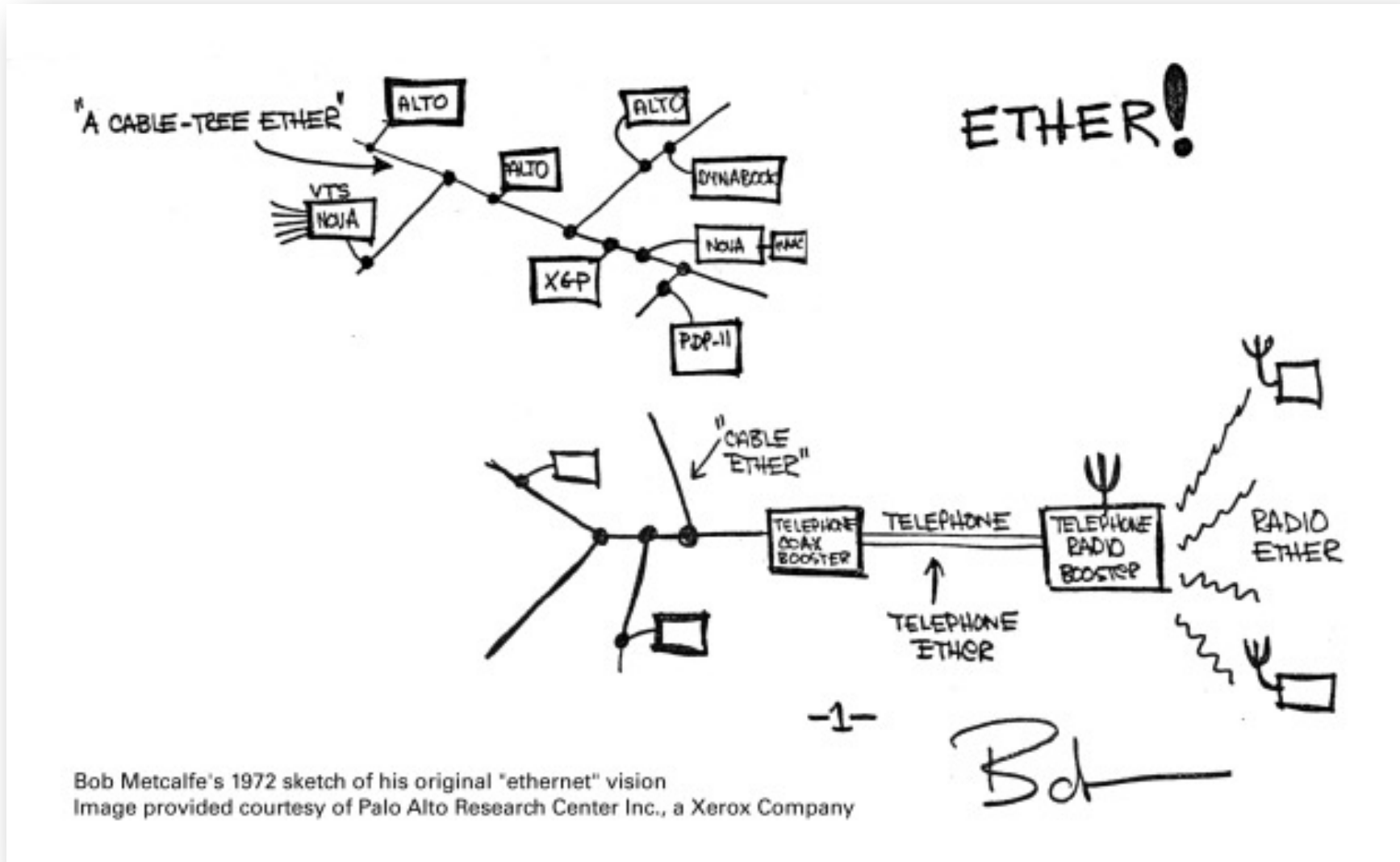
# Un pic de istorie

- 1973 – 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)

# Un pic de istorie



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

# Un pic de istorie

- 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

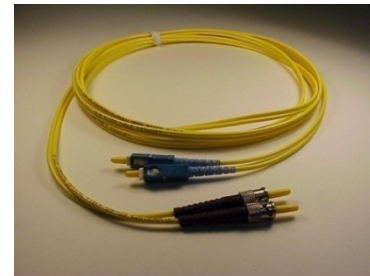
# Medii de transmisie Ethernet

**Cablu coaxial**



**Cablu torsadat (Twisted pair)**

**Fibră optică**





# Adresarea în Ethernet

- 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

# Formatul adresei MAC

OUI			ID Interfață		
Organizational Unique Identifier			ID Interfață		
<ul style="list-style-type: none"> <li>atribuit unei companii producătoare de interfețe de rețea</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>decis de companie, poate fi numărul serial al interfeței</li> </ul>		
24 biți			24 biți		
00	FC	42	3E	34	99
48 biți					
Reprezențați în hexazecimal					

# Tipuri de adrese MAC

- 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**

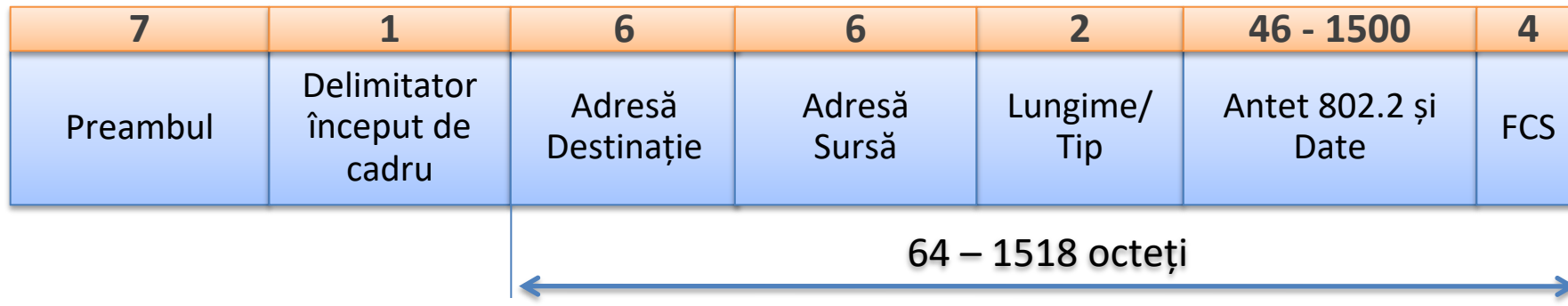
- Adresă **multicast**

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

ex: **01 . 00 . 5E . 00 . A1 . 11**

# Cadrul Ethernet

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



- 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

# Caracteristici ale rețelelor Ethernet

- **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

Domeniu de coliziune

Domeniu de difuzare



# Mediu partajat

- 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 repetitoare, sau de Ethernet peste mediu coaxial)

# Domenii de coliziune

- 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:



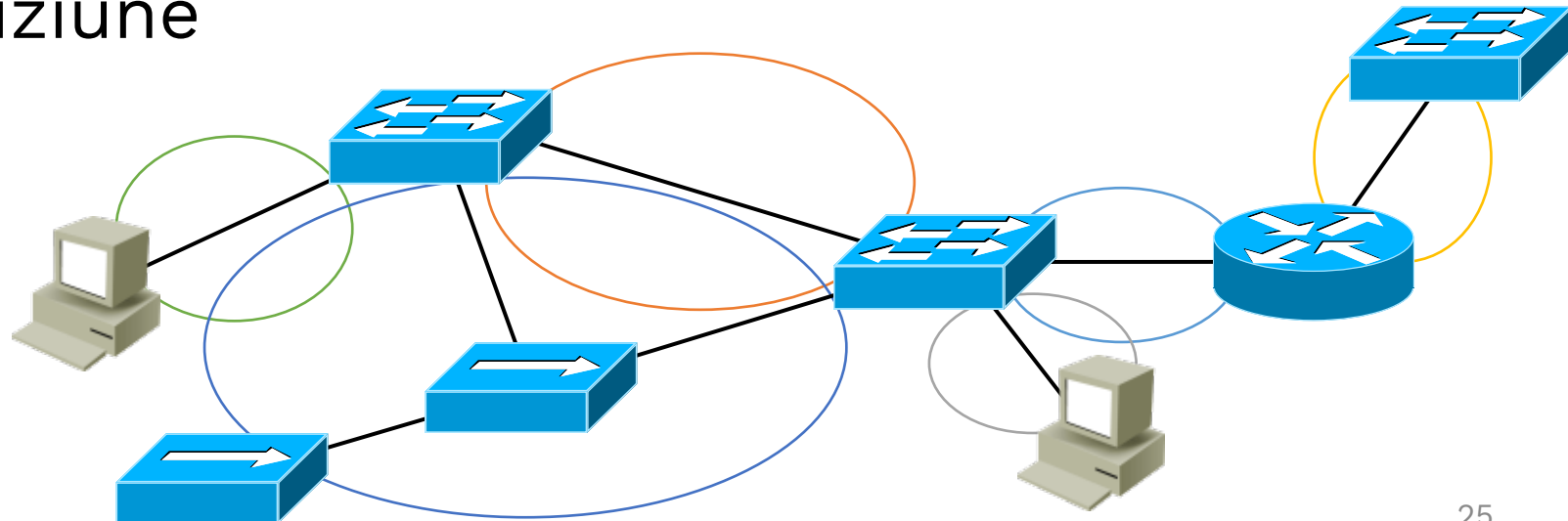
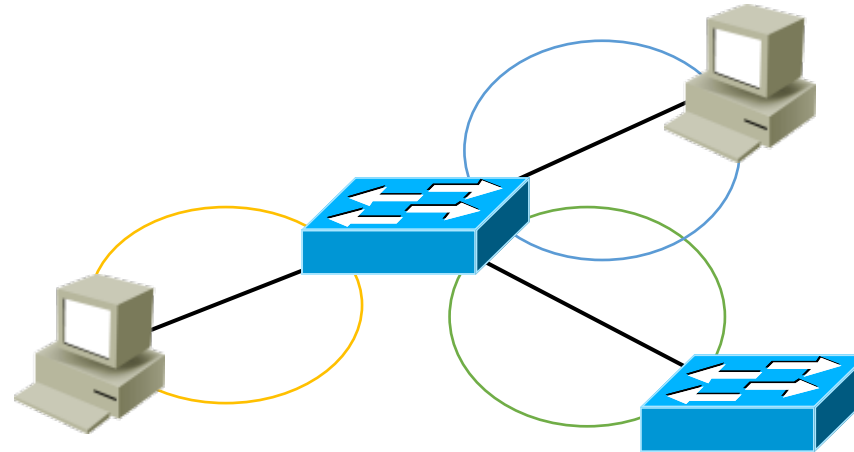
Dispozitive care extind domeniile de coliziune:





# Domenii de coliziune

- Câte domenii de coliziune sunt în topologia 1?
  - R: 3
  
- Câte domenii de coliziune sunt în topologia 2?
  - R: 6



# Domenii de broadcast

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

Dispozitive care delimitează domeniile de broadcast:

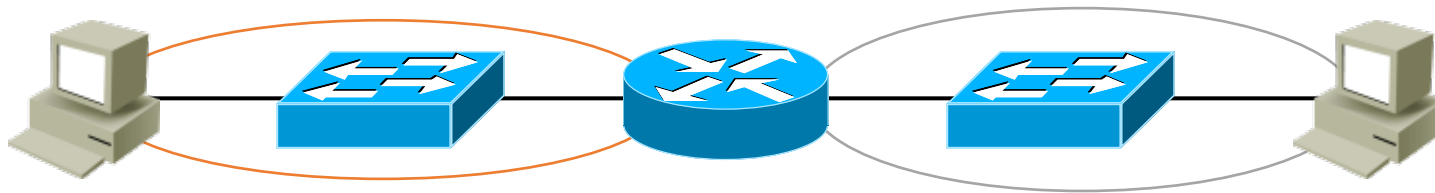


Dispozitive care extind domeniile de broadcast:

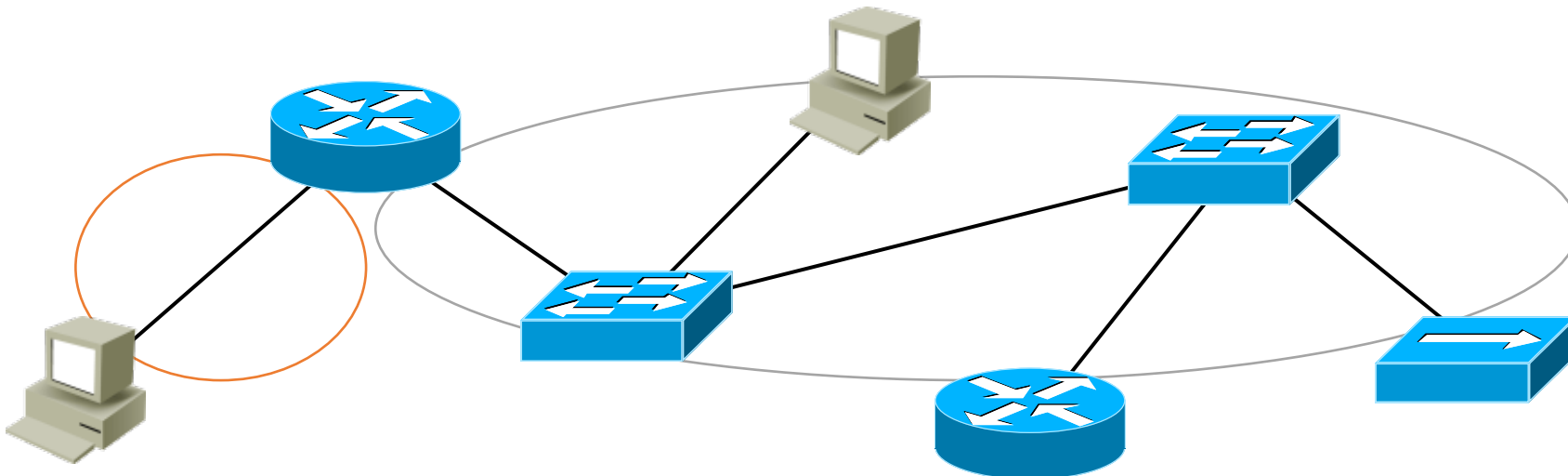


# Domenii de broadcast/difuzare

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



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



# CSMA/CD

1. Carrier Sense

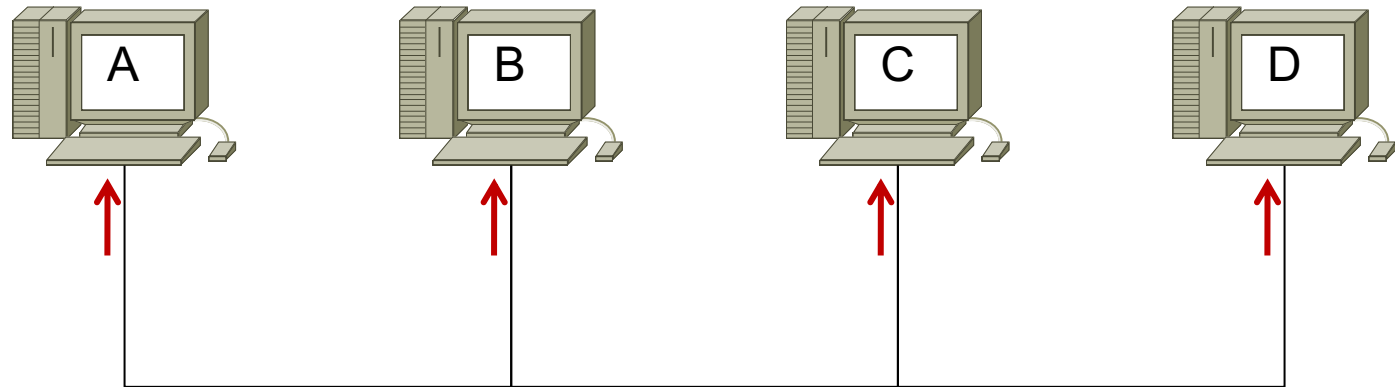
2. Multiple access

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



# CSMA/CD

1. Carrier Sense

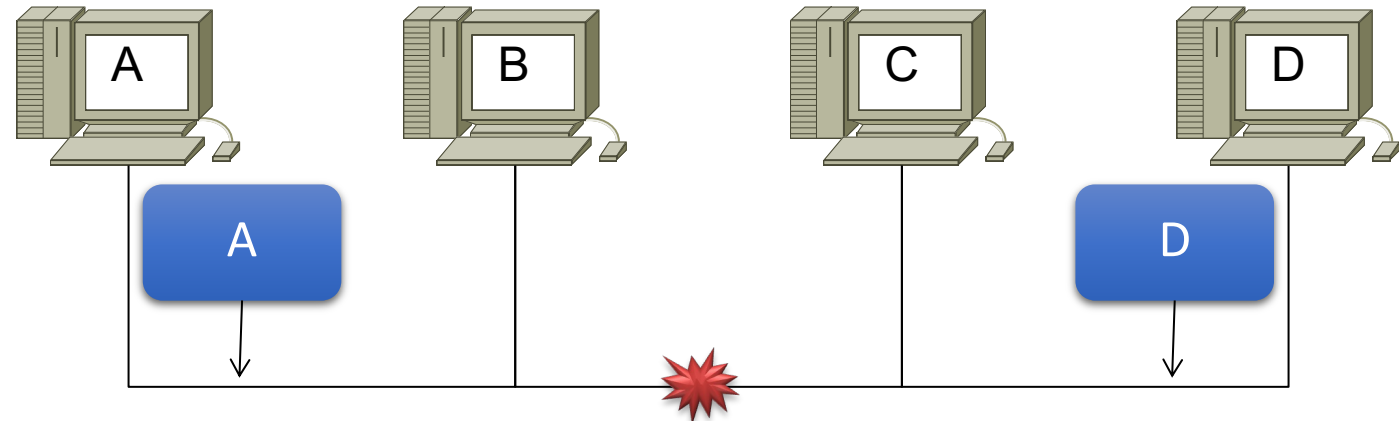
2. Multiple access

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



# CSMA/CD

1. Carrier Sense

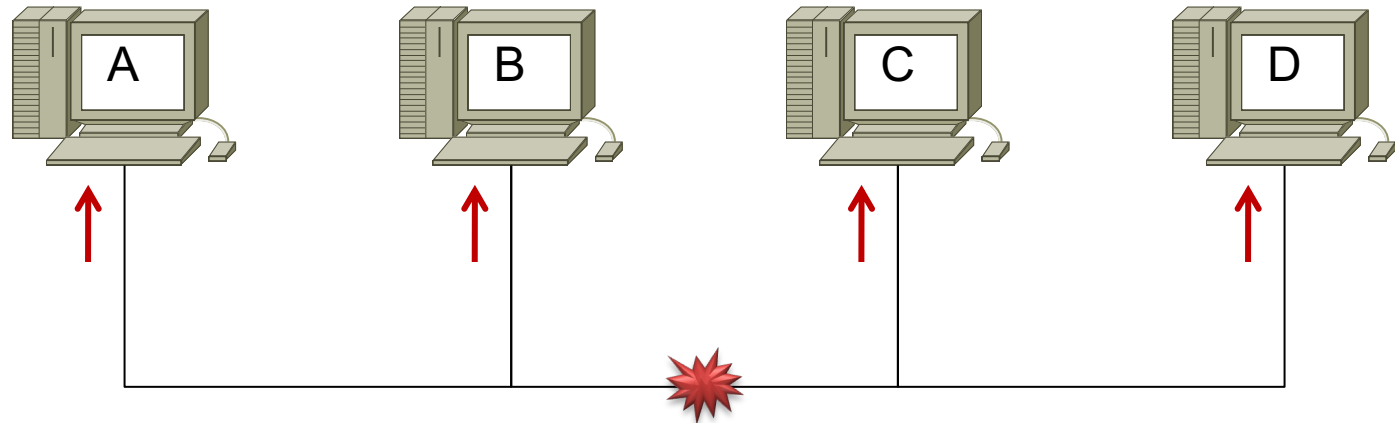
2. Multiple access

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 **run frame** – cadru sub 64 de octeți)
- Întâlnirea celor două semnale poartă numele de **coliziune**
- Stațiile conectate vor detecta coliziunea



# CSMA/CD

1. Carrier Sense

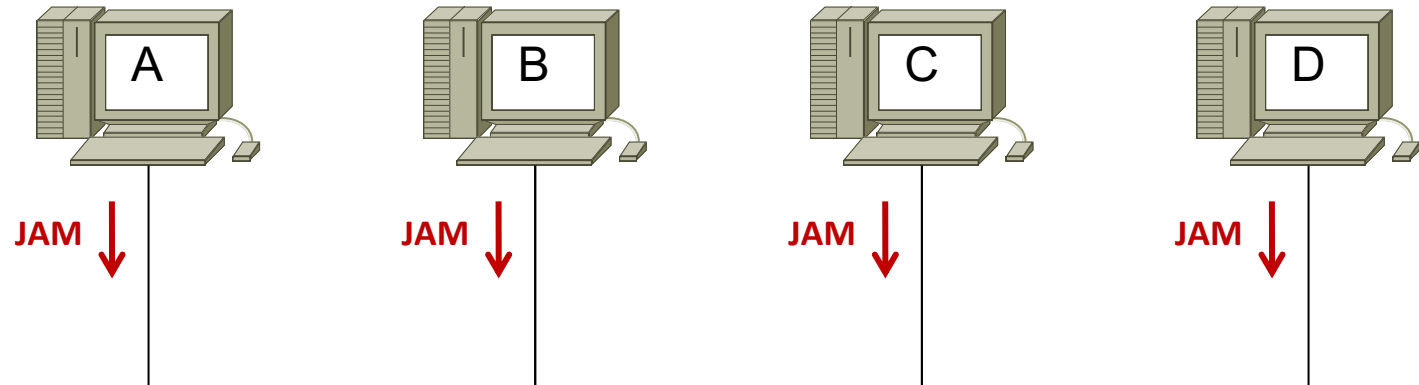
2. Multiple access

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



# CSMA/CD

1. Carrier Sense

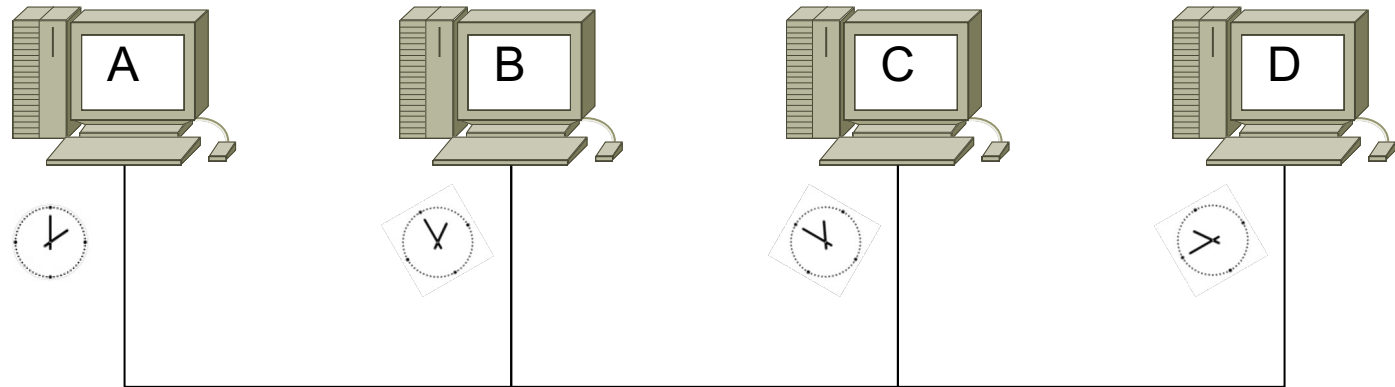
2. Multiple access

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

## 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

Fast Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Gigabit Ethernet

10 Gigabit Ethernet

40 Gigabit Ethernet

100Gigabit 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)

# Gigabit Ethernet

Fast Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Gigabit Ethernet

10 Gigabit Ethernet

40 Gigabit Ethernet

100Gigabit 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)

# 10 Gigabit Ethernet

Fast Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Gigabit Ethernet

10 Gigabit Ethernet

40 Gigabit Ethernet

100Gigabit 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

# 40/100 Gigabit Ethernet

Fast Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Gigabit Ethernet

10 Gigabit Ethernet

40 Gigabit Ethernet

100Gigabit Ethernet

## 40/100 Gigabit Ethernet

Anul apariției: 2010 (802.3ba)

Viteză: 40/100Gbps

Scop: • Păstrarea compatibilității

Medii: • Cupru  
• Fibră optică

Vendori echipamente: • Juniper  
• Cisco

100GbE: • Brocade

# Procesul de comutare

Tabela CAM

Procesul de învățare

Procesul de comutare

Metode de comutare

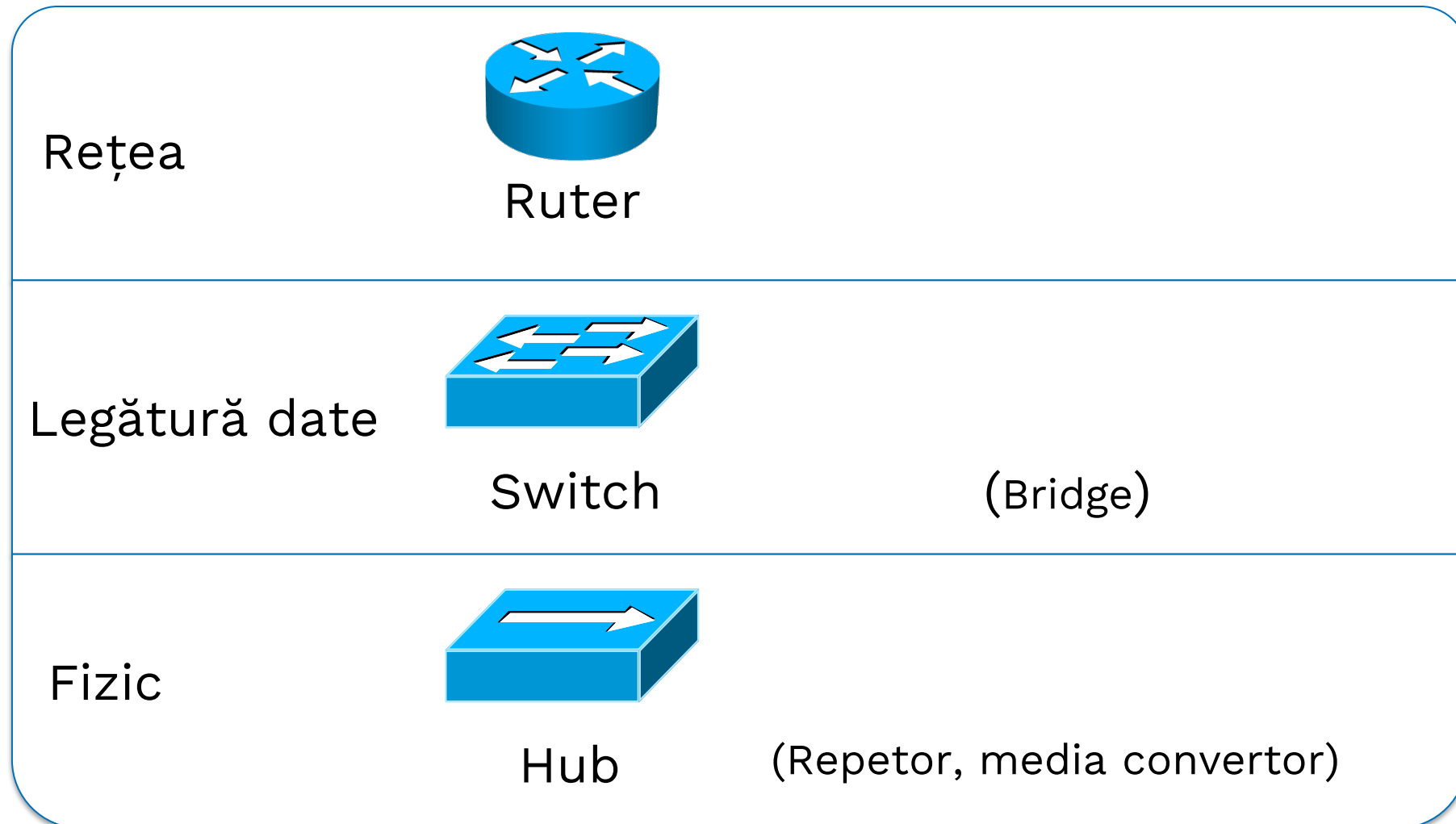


# Latența rețelei

- **Latența** reprezintă timpul necesar unui pachet 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?



# Dispozitive de interconectare



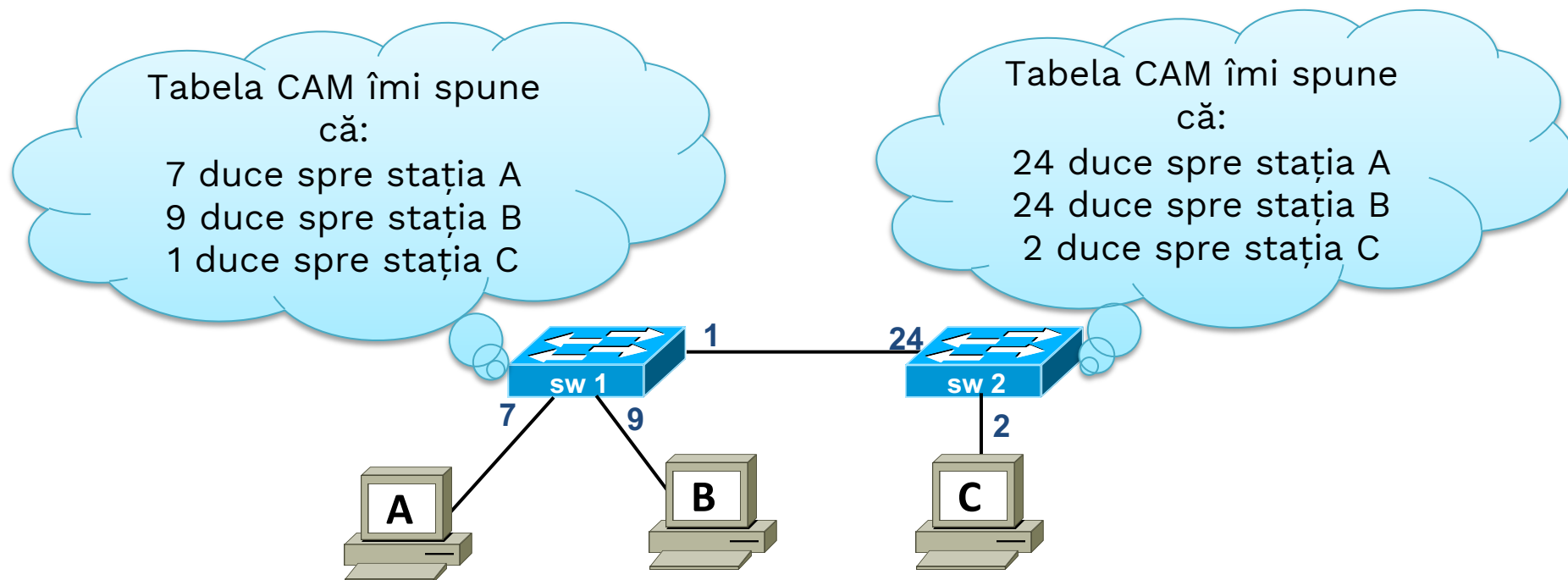
# Rolul switch-ului

- 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)



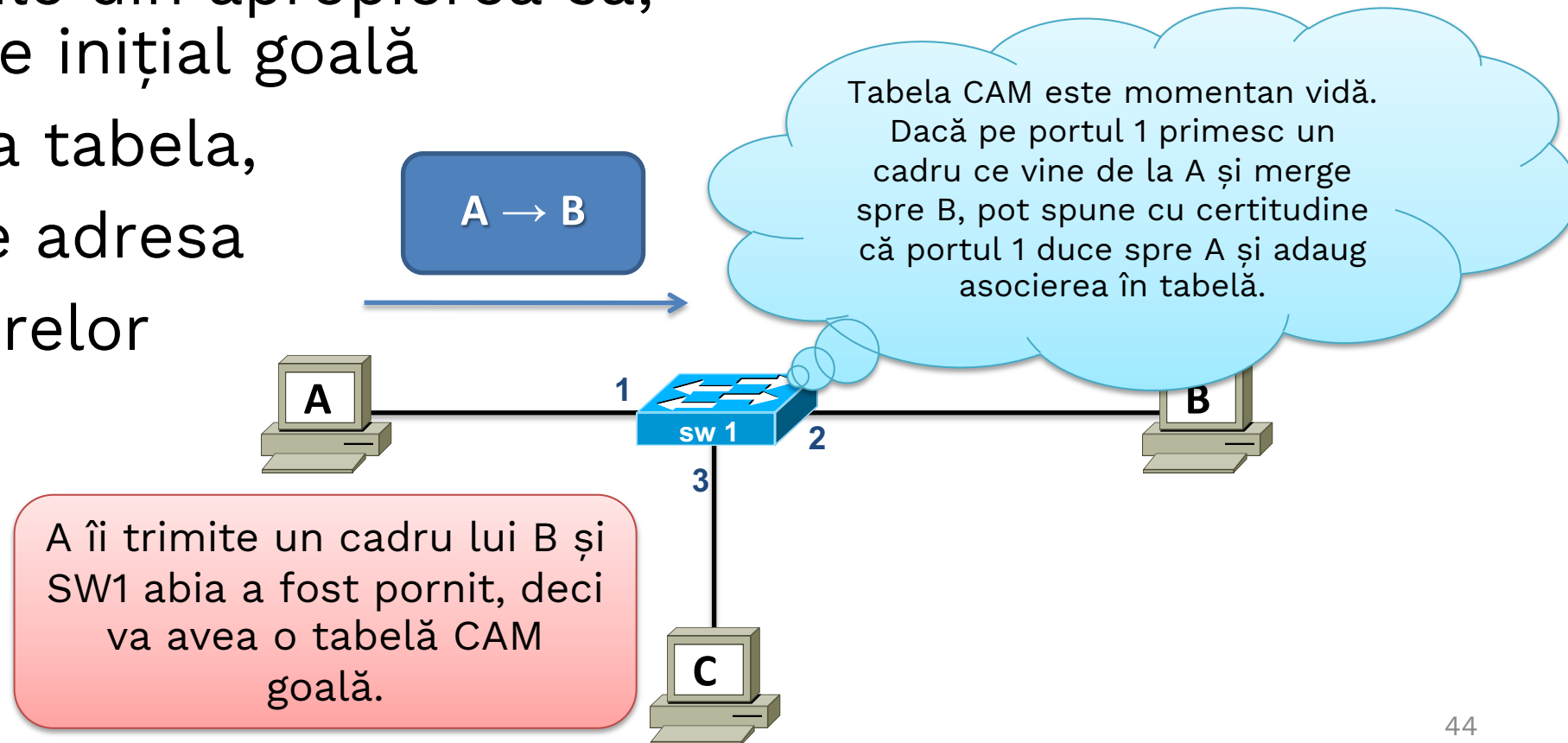
# Modul de operare al switch-ului

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



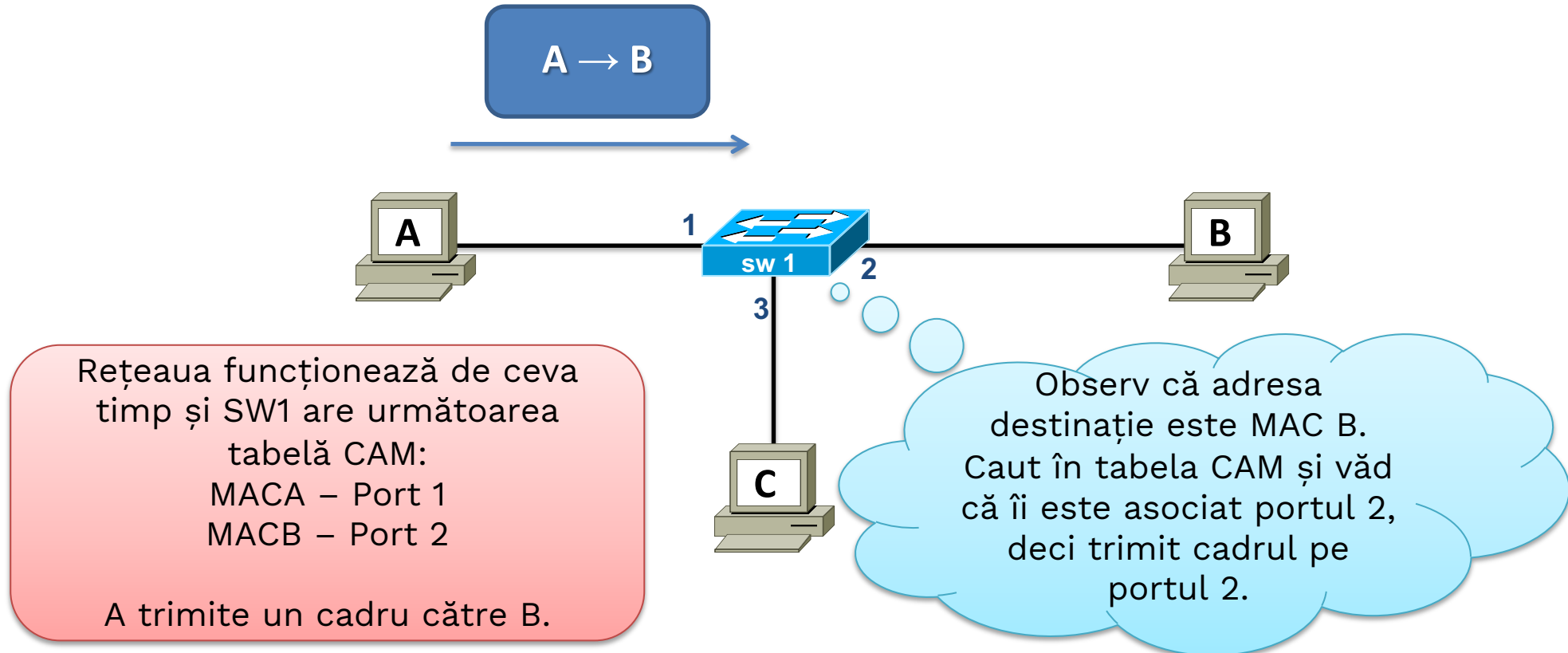
# Popularea tablei CAM

- 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

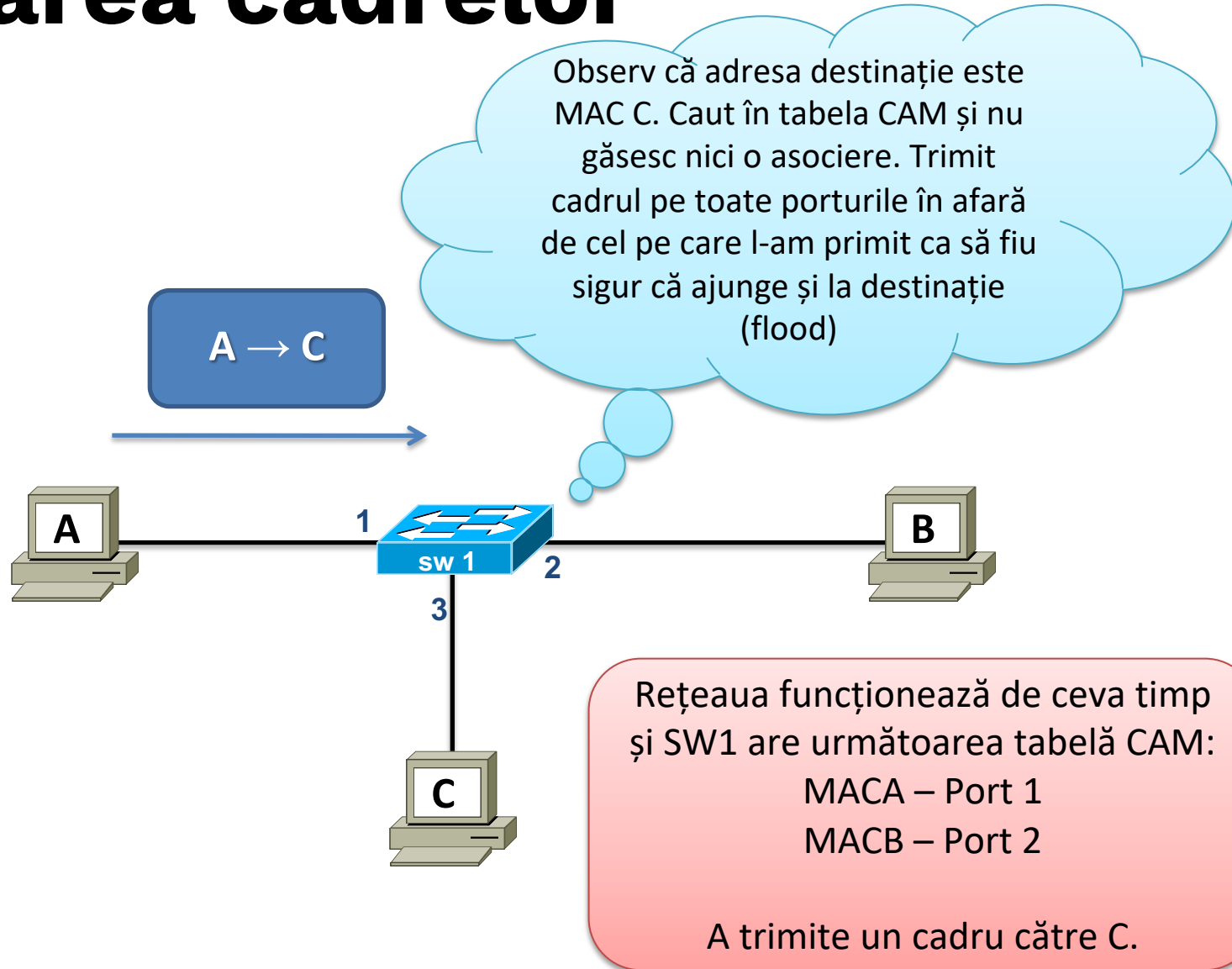


# Comutarea cadrelor

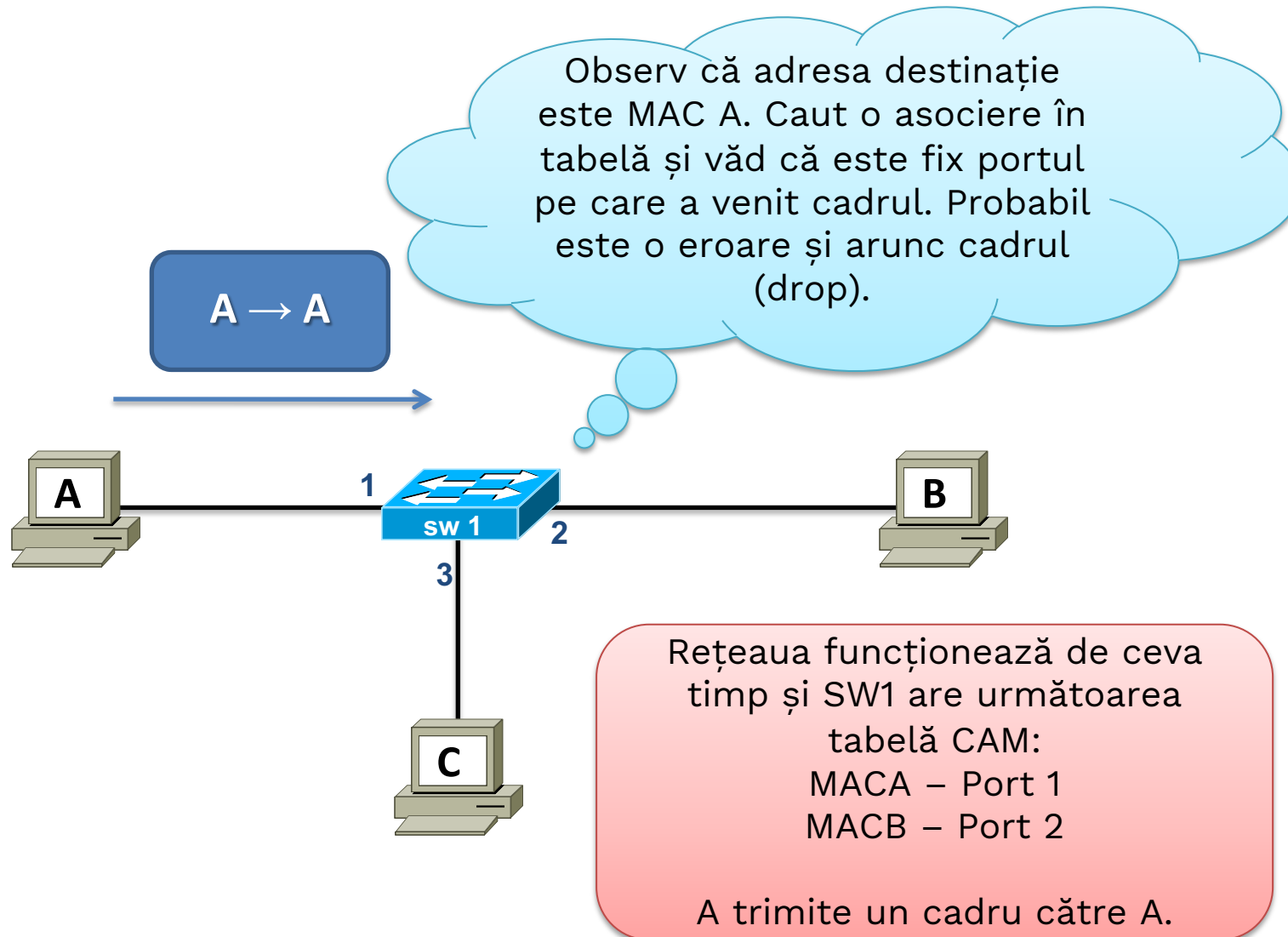
- Pentru a comuta cadre, se citește adresa MAC destinație, iar apoi aceasta este căutată secvențial în tabela de comutare



# Comutarea cadrelor



# Comutarea cadrelor



# Rezumat proces de comutare

- 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



# CAM Aging

- 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 ștersă
- De ce trebuie șterse înregistrările?

# Exercițiu

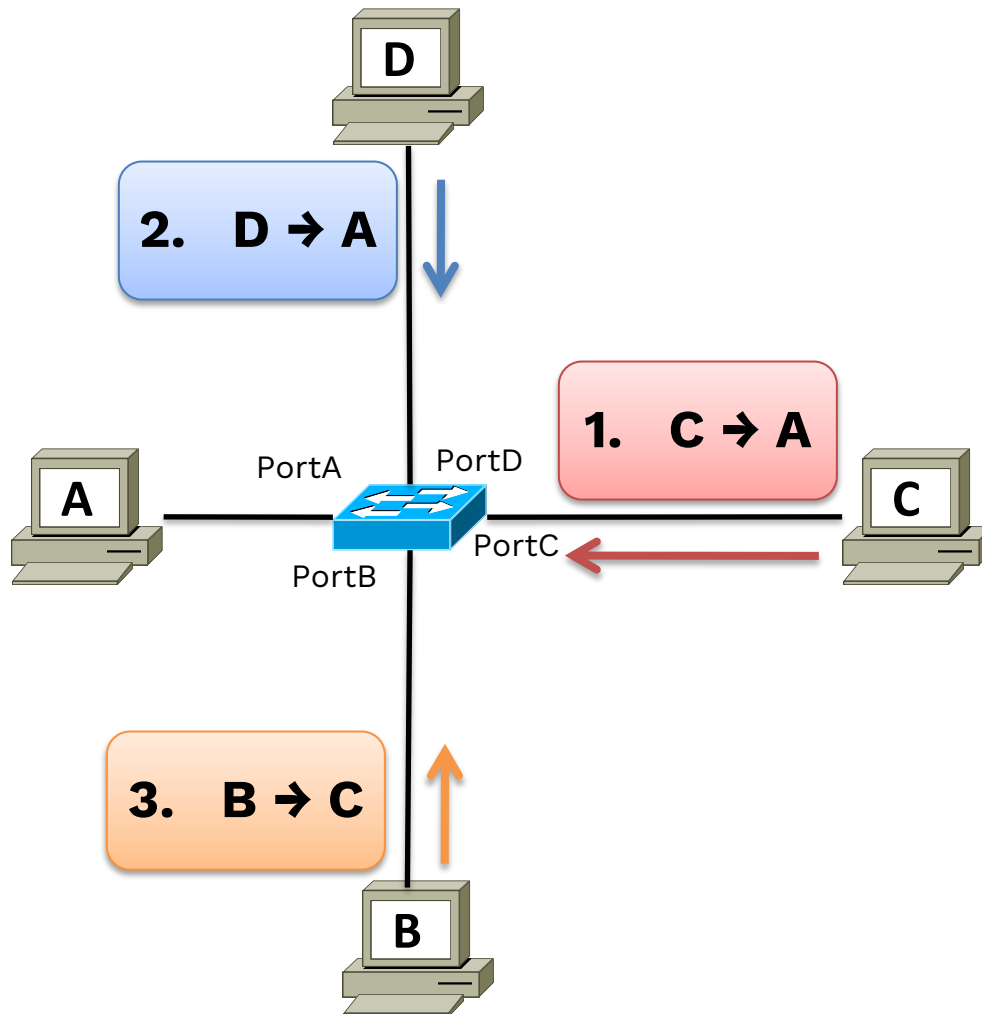


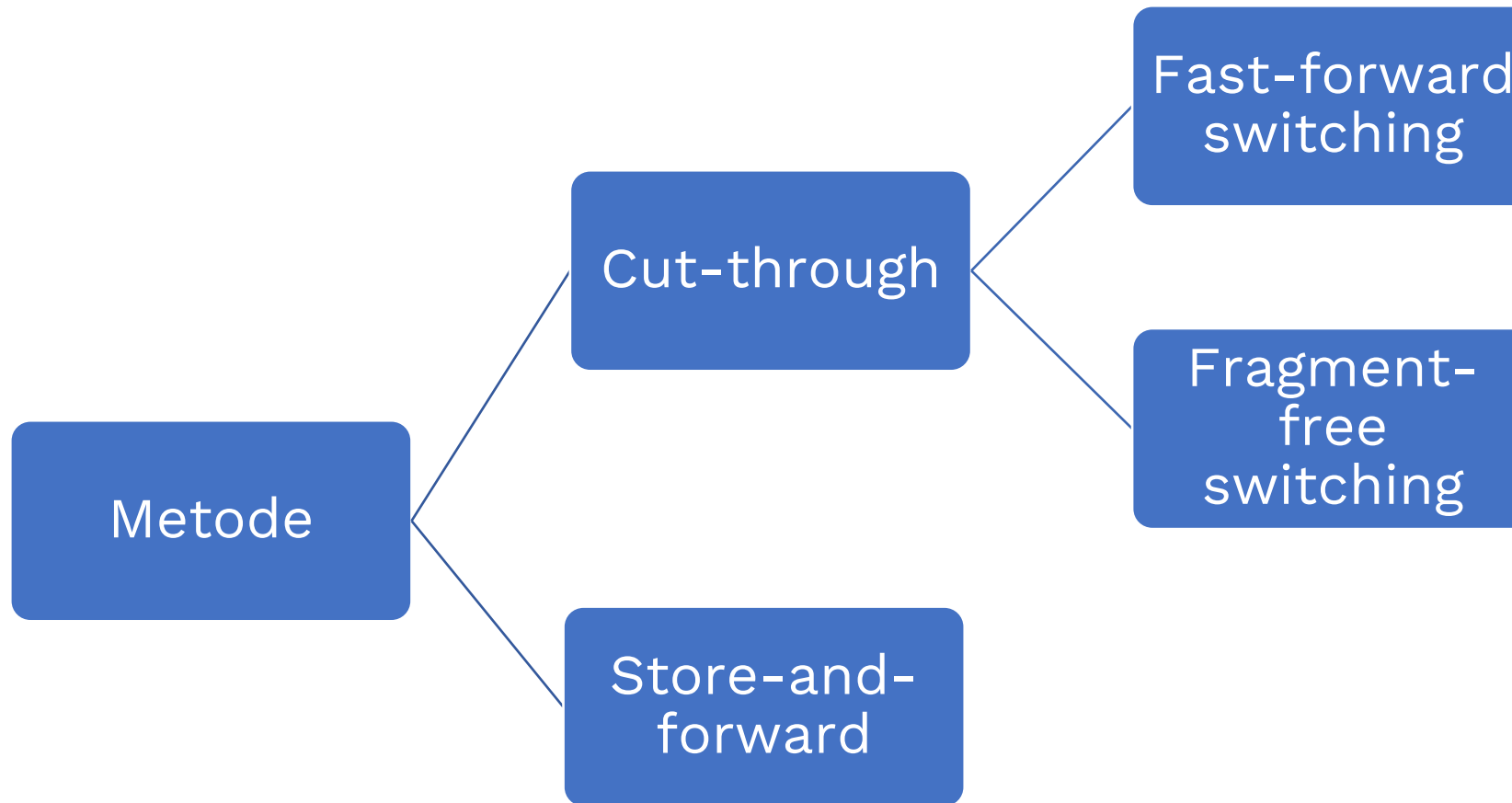
Tabela MAC

PortC: C
PortD: D
PortB: B

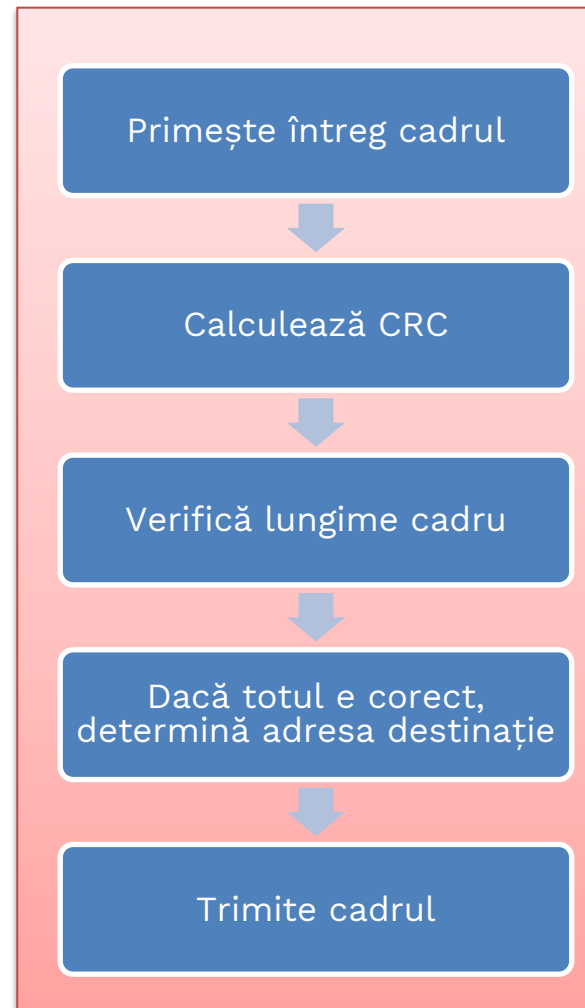
Tip operații

Broadcast
Broadcast
Unicast

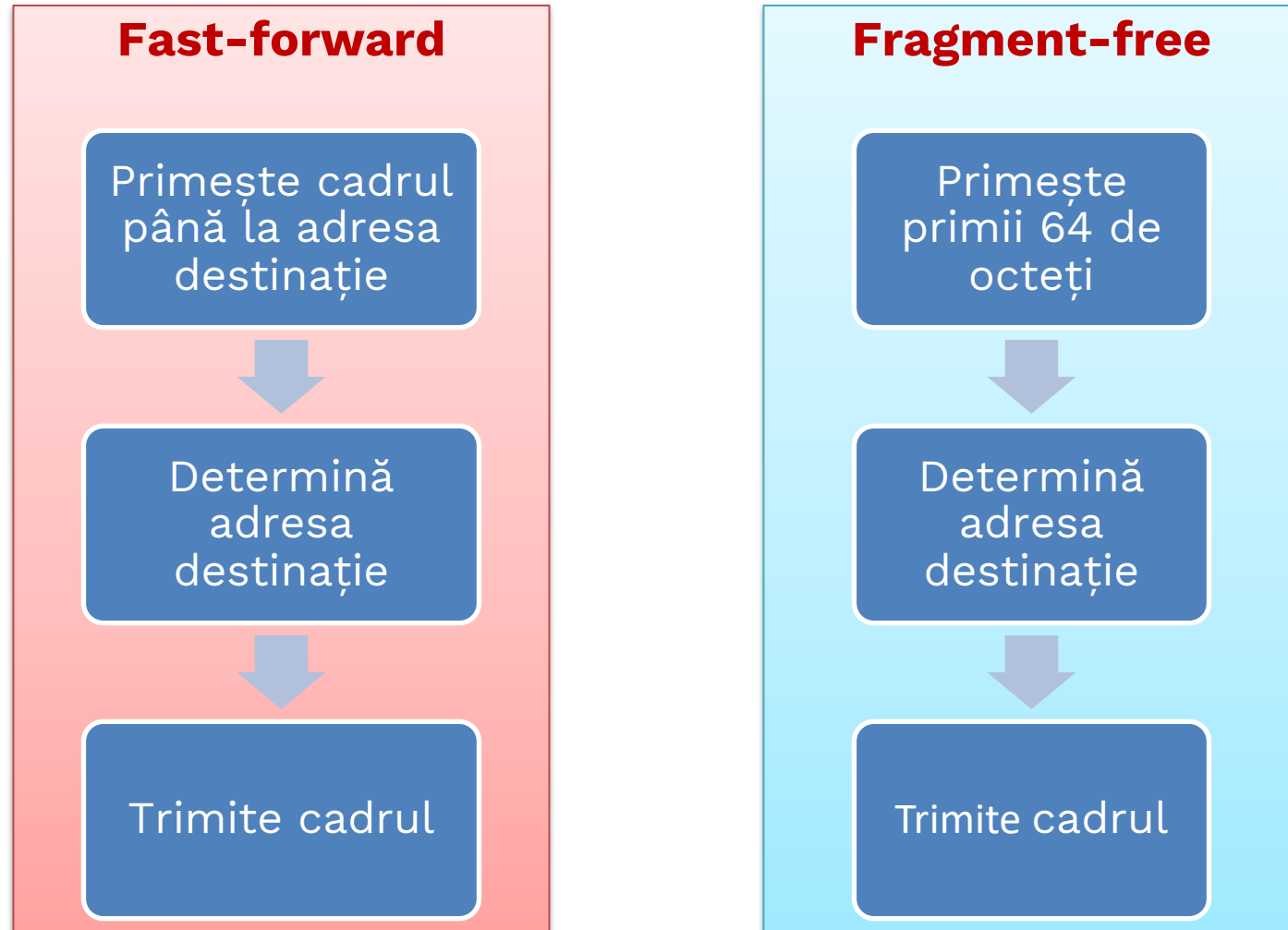
# Metode de comutare



# Store-and-Forward Switching



# Cut-Through Switching



# Sumar

