



Nivelul legăturii de date Ethernet





Standarde Ethernet

- 1973: Ethernet Invented (Ethernet II în 1978)
- 1983: 10Mbps Ethernet – IEEE 802.3
- 1985: 10Mbps Repeater
- 1990: 10BASE-T
- 1995: 100Mbps Ethernet
- 1998: 1000Mbps Ethernet
- 2002: 10Gbps Ethernet
- 2010: 40Gbps and 100Gbps Ethernet

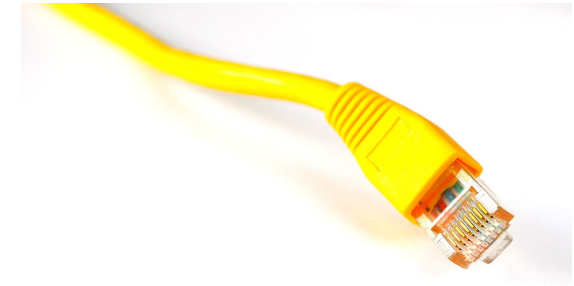
Utilizarea Ethernet

- Cea mai utilizată tehnologie de rețea (modelul TCP/IP)
 - Orice computer generic are unul sau mai multe porturi Ethernet.
 - Nodurile din centrele de date sunt în mare parte conectate prin Ethernet.

1976 - FIRST VERSION

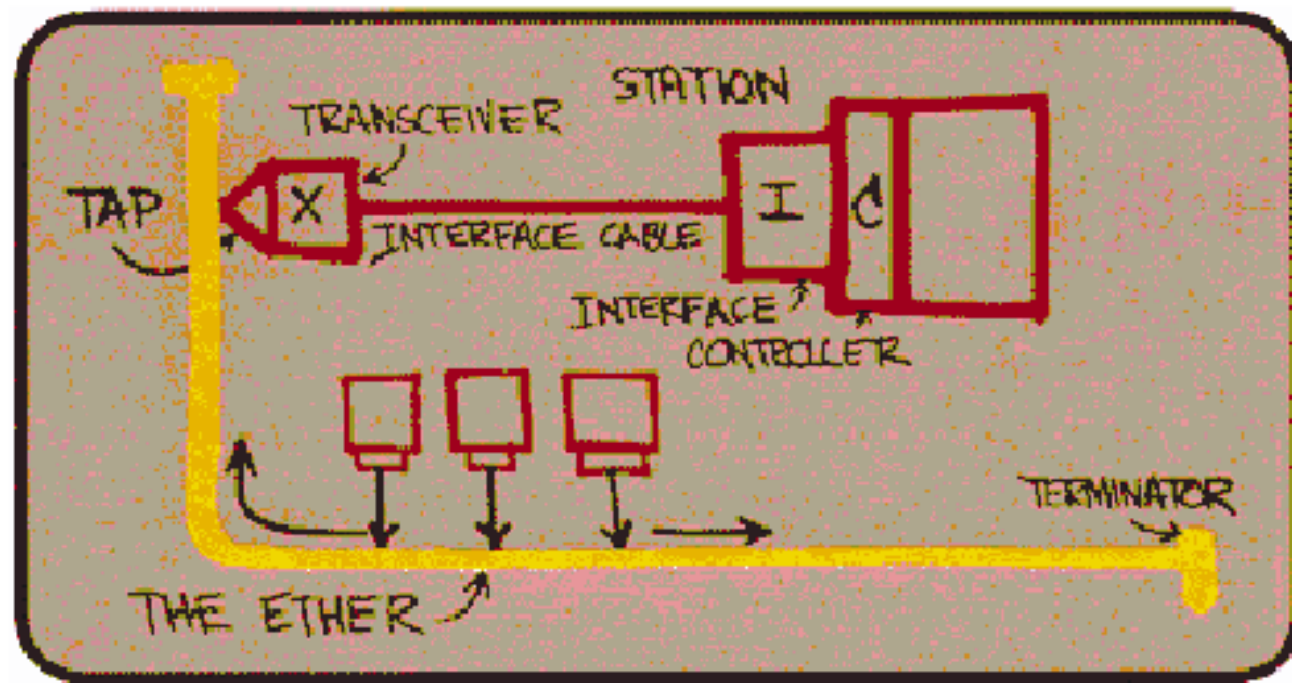
1978 - DIX (DEC, INTEL, XEROX) - ETHERNET 2

1983 - IEEE 802.3 — "ETHERNET"



Ethernet la origine

- Designul lui Robert Metcalfe (1976)
 - Mai multe stații accesează un mediu de comunicare comun numit Eter

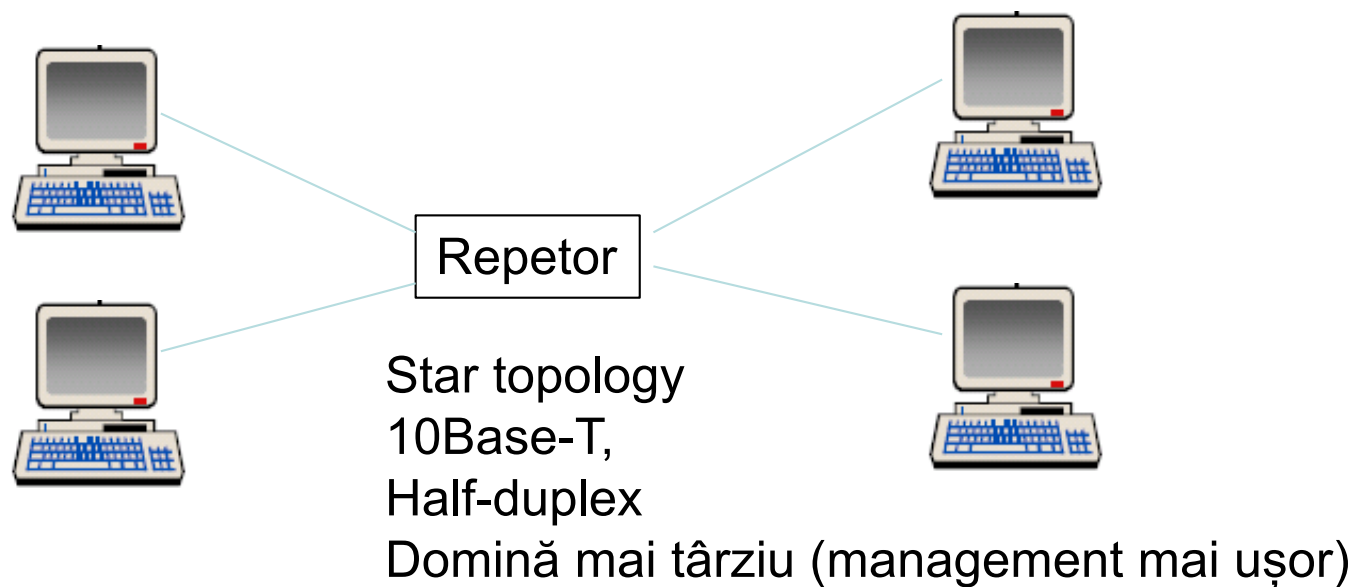
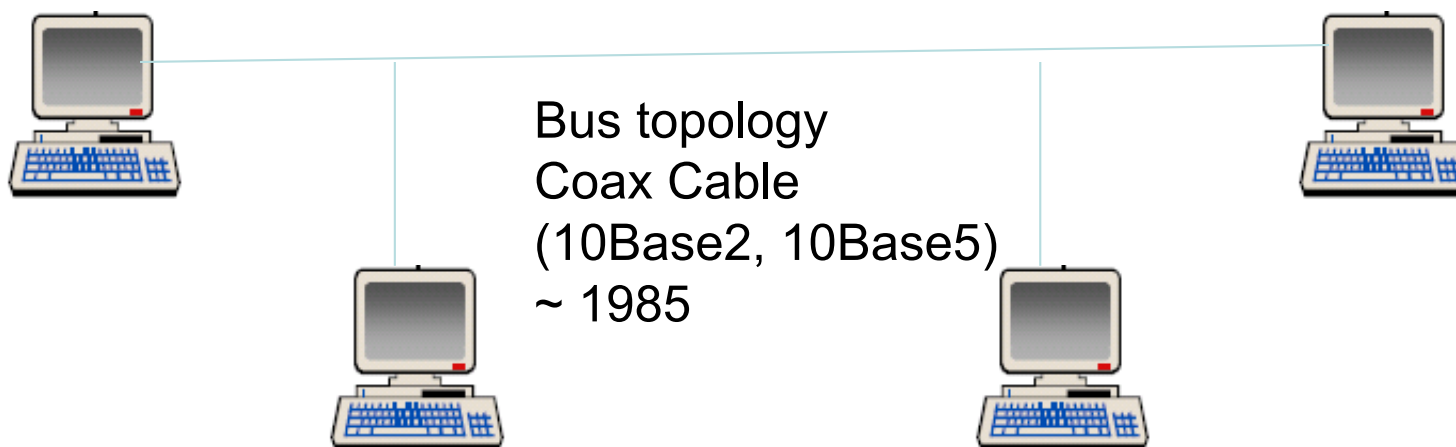




Ethernet la origine

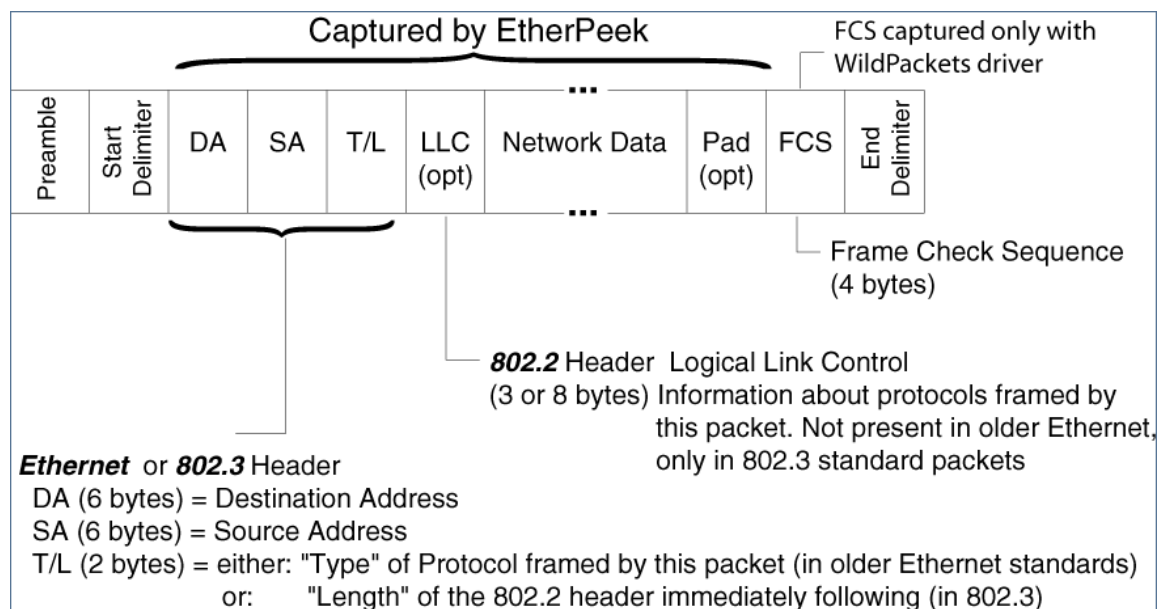
- Designul lui Robert Metcalfe
 - Mai multe stații conectate la un mediu partajat apelează Ether
 - Deoarece mediul de comunicare este partajat, o singură stație poate comunica: este nevoie de un protocol de acces mediu (MAC), acces multiplu cu sens de transportator (CSMA) cu detectare a coliziunilor (CD), CSMA/CD
 - CSMA: simți mediul; dacă nimeni nu vorbește, vorbești
 - Două stații pot începe să vorbească în același timp din cauza întârzierii de propagare a semnalului
 - CD: monitorizați mediul în timp ce vorbiți, de îndată ce se aude un mesaj confuz, nu mai vorbiți, se realizează o retragere exponențială

Topologii: logic la fel

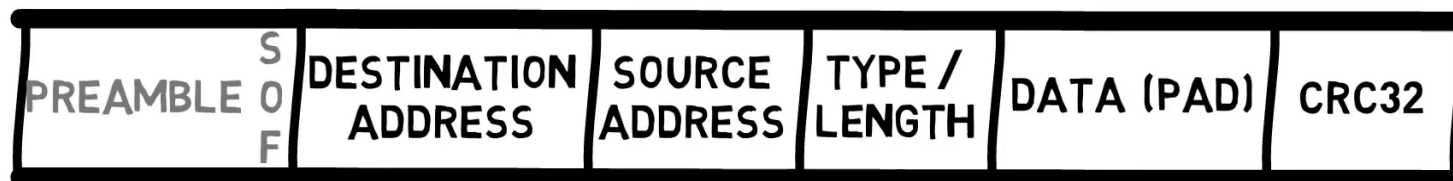


Standardul Ethernet

- IEEE std 802.3, CSMA/CD
- Dimensiunea pachetului: de la 64 de octeți la 1500 de octeți
 - De ce dimensiuni minime și maxime?
- Format pachet:
- Viteză:
 - 10 Mbps
- Dimensiunea rețelei
 - < 2500m



Cadrul Ethernet



- **Preambulul** este format din 8 octeți, fiecare conținând modelul de biți alternând 1 și 0, adică **10101010**.
 - În Ethernet II, toți cei 8 octeți au avut acest model.
 - În IEEE 802.3, primii șapte octeți poartă valoarea 10101010, dar ultimul bit al ultimului octet este setat la 1, astfel încât octetul poartă valoarea 10101011.
 - Acest ultim octet se numește **Start of Frame**. Ultimii doi biți 1 îi spun receptorului că restul cadrului este pe cale să înceapă.
- Acest model de biți trimis înainte de un nou cadru permite dispozitivelor din rețea să-și sincronizeze cu ușurință ceasurile receptorului
 - Nu e parte a cadrului așa cum îl vedeți în utilitare precum Wireshark...

PREAMBLE - 10101010 ... 10101010 (**ETHERNET 2**)
 8 BYTES 10101010 ... 10101011 (**802.3**)

Un pic de practice... Wireshark

Capturing from Ethernet 3

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Wireless Tools Help

Apply a display filter: <Ctrl-F>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
43323	168.775174	2607:f8b0:401f:17::a	2601:603:4e80:afb0::...	UDP	1392	443 → 62135 Len=1330
43324	168.775174	2607:f8b0:401f:17::a	2601:603:4e80:afb0::...	UDP	1392	443 → 62135 Len=1330
43325	168.775175	2607:f8b0:401f:17::a	2601:603:4e80:afb0::...	UDP	1392	443 → 62135 Len=1330
43326	168.775401	2607:f8b0:401f:17::a	2601:603:4e80:afb0::...	UDP	1058	443 → 62135 Len=996
43327	168.775402	2607:f8b0:401f:17::a	2601:603:4e80:afb0::...	UDP	82	443 → 62135 Len=20
43328	168.775478	2601:603:4e80:afb0::...	2607:f8b0:401f:17::a	UDP	92	62135 → 443 Len=30
43329	168.775769	2601:603:4e80:afb0::...	2607:f8b0:401f:17::a	UDP	92	62135 → 443 Len=30
43330	168.777385	2607:f8b0:401f:17::a	2601:603:4e80:afb0::...	UDP	83	443 → 62135 Len=21
43331	168.777386	54.203.112.76	10.0.0.252	TCP	60	443 → 54621 [ACK] Seq=12207 Ack=17823 Win=110592 Len=0
43332	168.782348	54.203.112.76	10.0.0.252	TCP	60	443 → 54621 [ACK] Seq=12207 Ack=18608 Win=110592 Len=0
43333	168.782348	54.203.112.76	10.0.0.252	TLSv1.3	102	Application Data
43334	168.789907	2607:f8b0:401f:17::a	2601:603:4e80:afb0::...	UDP	83	443 → 62135 Len=21
43335	168.798878	2601:603:4e80:afb0::...	2607:f8b0:400a:804::...	UDP	962	60968 → 443 Len=900
43336	168.804989	2601:603:4e80:afb0::...	2607:f8b0:400a:804::...	UDP	622	60968 → 443 Len=560
43337	168.818456	2607:f8b0:400a:804::...	2601:603:4e80:afb0::...	UDP	83	443 → 60968 Len=21
43338	168.824859	10.0.0.252	54.203.112.76	TCP	54	54621 → 443 [ACK] Seq=18608 Ack=12255 Win=261632 Len=0
43339	168.825314	2607:f8b0:400a:804::...	2601:603:4e80:afb0::...	UDP	83	443 → 60968 Len=21
43340	168.827047	2607:f8b0:400a:804::...	2601:603:4e80:afb0::...	UDP	127	443 → 60968 Len=65
43341	168.827218	2607:f8b0:400a:804::...	2601:603:4e80:afb0::...	UDP	79	443 → 60968 Len=17
43342	168.831254	2601:603:4e80:afb0::...	2607:f8b0:400a:804::...	UDP	91	60968 → 443 Len=29

> Frame 43344: 79 bytes on wire (632 bits), 79 bytes captured (632 bits) on interface \Device\NPF_{213D4D99-3F4B-4E7C-990E-5EF15B522C62}, id 0

> Ethernet II, Src: Technico_f7:be:49 (0c:02:27:f7:be:49), Dst: Microsof_e8:f9:7b (c4:9d:ed:e8:f9:7b)

> Internet Protocol Version 6, Src: 2607:f8b0:400a:804::200e, Dst: 2601:603:4e80:afb0:60ca:36f6:6cf8:eddc

> User Datagram Protocol, Src Port: 443, Dst Port: 60968

> Data (17 bytes)

```

0000  c4 9d ed e8 f9 7b 0c 02 27 f7 be 49 86 dd 62 00  ....{..I..b..
0010  00 00 00 19 11 3a 26 07 f8 b0 40 0a 08 04 00 00  ....8.....
0020  00 00 00 00 20 0e 26 01 06 03 4e 80 af b0 60 ca  ....8...N...
0030  36 f6 6c f8 ed dc 01 bb ee 20 00 19 54 16 41 01  6-I.....(:T-A
0040  61 46 ad f4 e2 ef d4 75 39 af 8f 10 ac c0 9b     aF.....u9.....

```

Ethernet 3: <live capture in progress>

Wireshark - Capture Interfaces

Input Output Options

Interface	Traffic	Link-layer Header	Promisc	Sniffer	Buffer (M)	Monitor	Capture Filter
Local Area Connection* 9	_____	Ethernet	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	---	
> Bluetooth Network Connection	_____	Ethernet	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	---	
> Local Area Connection* 1	_____	Ethernet	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	---	
> Wi-Fi	_____	Ethernet	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	---	
> VirtualBox Host-Only Network	_____	Ethernet	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	---	
> Local Area Connection* 2	_____	Ethernet	<input type="checkbox"/>	default	2	---	
> Ethernet 3	_____	Ethernet	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	---	
Local Area Connection* 11	_____	Ethernet	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	---	
Local Area Connection* 8	_____	Ethernet	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	---	
Adapter for loopback traffic capture	_____	BSD loopback	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	---	
USBPcap1	_____	USBPcap	---	---	---	---	

☒ Enable promiscuous mode on all interfaces

Capture filter for selected interfaces:

Manage Interfaces... Compile BPFs

Start Close Help

Adresă MAC (fizică)



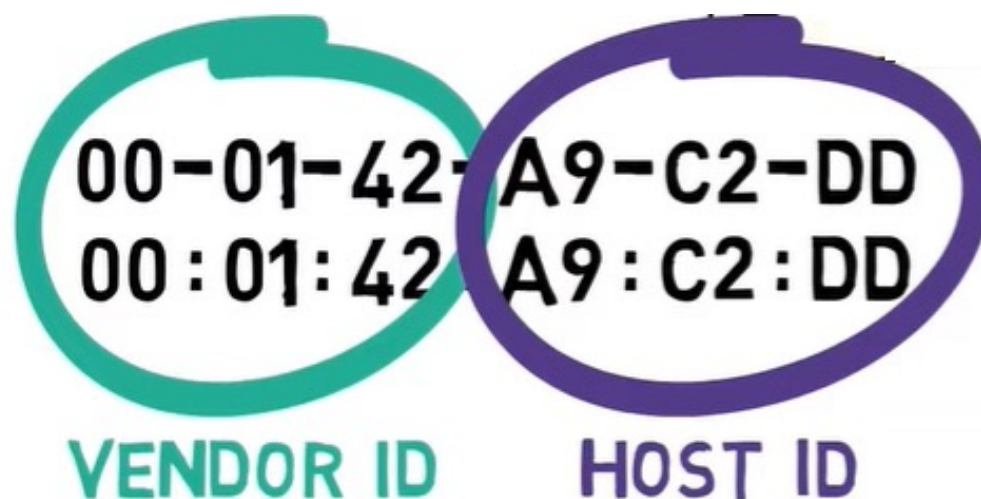
- În cadru putem vedea două adrese, fiecare constând din 6 octeți
 - Un cadru începe cu o adresă de destinație, urmată de adresa sursă. De ce ar începe cadrul cu adresa de destinație?
 - De ce este importantă adresa sursă?
- O adresă Ethernet constă din 6 octeți (48 de biți)
 - De obicei, acestea sunt prezentate în bază hexazecimală, delimitate fie prin liniuțe, fie prin două puncte:

00-01-42-A9-C2-DD

00:01:42:A9:C2:DD

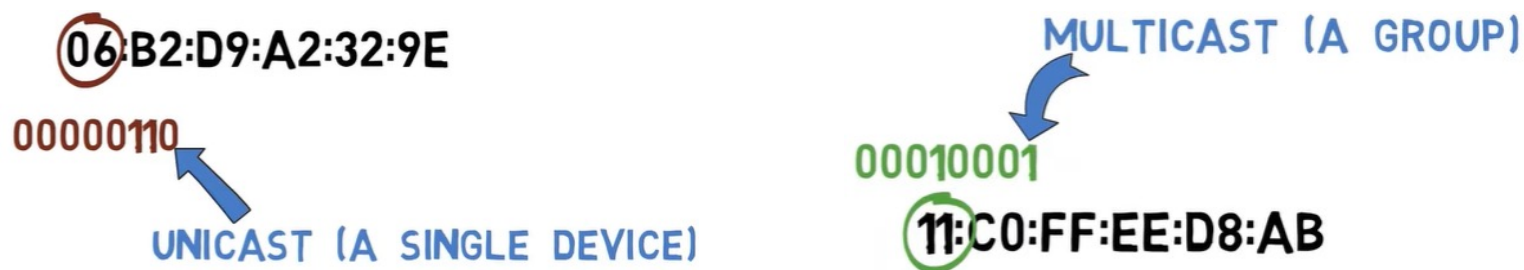
Adresă Ethernet

- În general, adresele Ethernet sunt unice la nivel global
- **Primii 3 octeți** ai oricărei adrese se numesc OUI – Organizationally Unique Identifier (sau Vendor ID)
 - Pentru a se asigura că adresele sunt unice, IEEE atribuie aceste OUI diverși producători, cum ar fi Dell, HP sau IBM
- Producătorii atribuie cei 3 octeți rămași unor gazde specifice. Această parte se mai numește și ID-ul gazdei:



Adresă Ethernet - multicast

- Adresele Ethernet au doi biți speciali.
- **Primul bit** special este bitul cel mai puțin semnificativ din octetul cel mai semnificativ
 - Indică dacă adresa este unicast sau multicast:
 - Unicast înseamnă că adresa reprezintă un singur dispozitiv
 - Adresele multicast reprezintă un grup de dispozitive – ex. toate imprimantele din rețeaua locală



- O adresă multicast foarte faimoasă se numește adresa de difuzare, adică grupul care conține toate mașinile:

FF:FF:FF:FF:FF:FF

Adresă Ethernet –administrată local

- Al doilea bit special este al doilea bit cel mai puțin semnificativ din octetul cel mai semnificativ
 - Indică dacă adresa este într-adevăr unică la nivel global

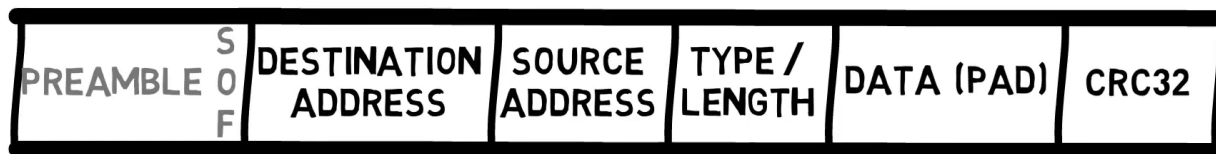


Acest bit este activat și, prin urmare, știm că această adresă nu este de fapt unică la nivel global

- IEEE nu va atribui niciodată această adresă niciunui furnizor - dacă dorim, o putem putea atribui unui anumit dispozitiv
- Faptul că acest bit este activat declară că nu este unic la nivel global.

Aceasta este într-adevăr o adresă unică la nivel global, atribuită lui Cisco

Cadru Ethernet – Type/Length



- În Ethernet II, acest câmp se numește Tip și îi spune receptorului ce payload poartă cadrul
 - Ex., dacă acest cadru poartă un pachet IP, atunci placa de rețea care primește trebuie să transmită payloadul cadrului către handler-ul IP
 - Ex., dacă payloadul cadrului este ARP, atunci handlerul ARP ar trebui să se ocupe

TYPE / LENGTH
2 BYTES

(ETHERNET 2) TYPE

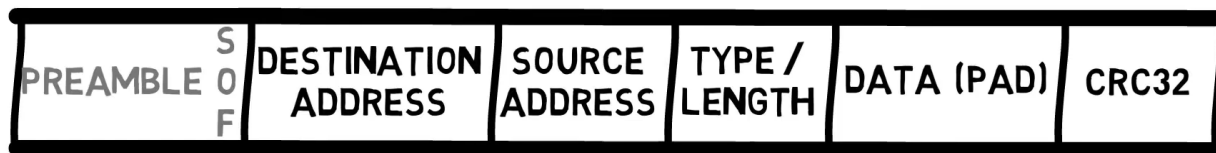


IP HANDLER



ARP HANDLER

Cadru Ethernet – Datele



- Data (pad) conține până la 1500 de octeți de date
 - Acest număr a fost ales deoarece memoria RAM era scumpă în 1978, iar un receptor ar fi avut nevoie de mai mult RAM dacă cadrul ar fi fost mai mare
- Există, de asemenea, o lungime minimă a datelor, care este de 46 de octeți → împreună cu celelalte câmpuri ale cadrului, lungimea minimă a unui cadru Ethernet este de 64 de octeți în total
 - Dacă avem o lungime minimă pentru un cadru Ethernet, ce se întâmplă dacă expeditorul dorește să trimită un mesaj foarte scurt, să spunem doar un octet?... Expeditorul trebuie să completeze mesajul, de exemplu cu 0 până la atingerea lungimii minime

DATA

UP TO 1500 BYTES

AT LEAST 46 BYTES



PADDING TO REACH THE MINIMUM LENGTH

A00...00



Problema cu câmpul tip / lungime (1)

- Câmpul Date trebuie să aibă cel puțin 46 de octeți...
 - Ce se întâmplă în cazul în care expeditorul dorește să trimită A și zero? Adică, datele constau de fapt din 'A0'. În acest caz, primul zero face parte de fapt din date, și nu din umplutură.
- Ethernet II a rezolvat această problemă prin... nu s-a ocupat de ea
→ nivelul rețea trebuie să descopere singur ce octeți aparțin datelor
 - De ce nivelul rețea s-ar ocupa de o problemă de payload care ar trebui să fie tratată de al doilea strat?
- IEEE a decis să schimbe câmpul Tip într-un câmp **Lungime** în IEEE 802.3
 - Un cadru care transportă un singur octet de date, 'A', va avea câmpul Lungime setat la 1, în timp ce un cadru care transportă doi octeți de date, 'A0', va avea câmpul Lungime setat la 2

(802.3) **LENGTH**

1A00...00

2A00...00

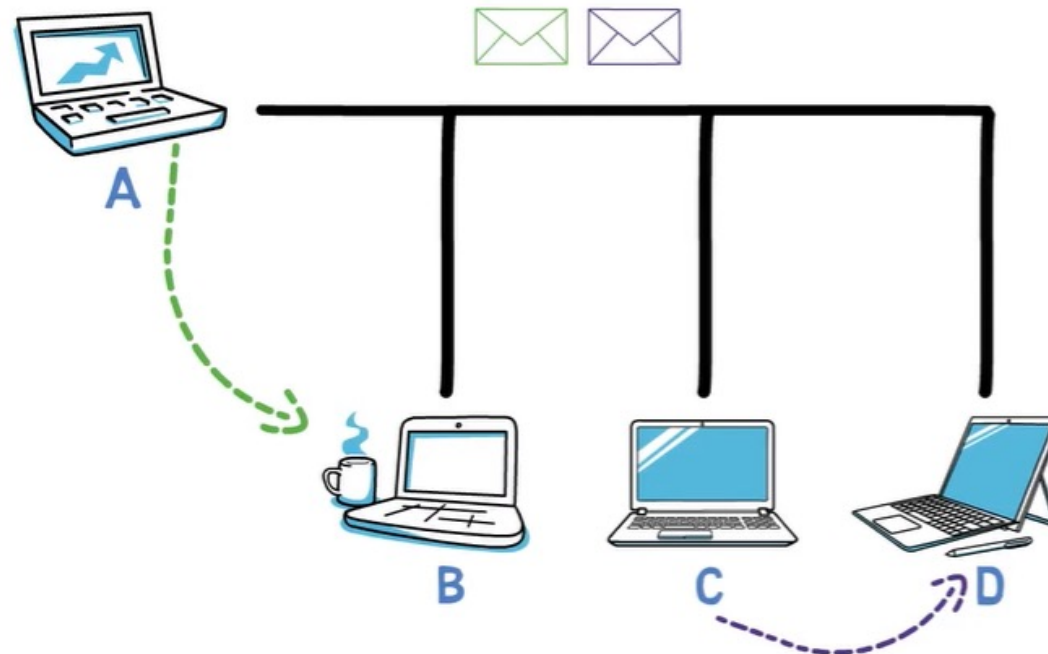


Problema cu câmpul tip / lungime (2)

- Dacă primiți un cadru Ethernet, de unde știți dacă este un cadru Ethernet II, unde acest câmp înseamnă Tip, sau un cadru IEEE 802.3, unde acest câmp înseamnă lungime?
 - Din fericire, toate valorile Type utilizate anterior apariției IEEE 802.3 aveau valori mai mari decât 1500
 - În cazul în care acest câmp are o valoare mai mică sau egală cu 1500, înseamnă de fapt **Lungime**. În cazul în care are o valoare mai mare sau egală cu 1536, înseamnă **Tip**
- Ce se întâmplă cu câmpul Tip? Cum știe receptorul de IEEE 802.3 ce protocol este purtat în cadrul cadrului?
 - IEEE 802.3 adaugă un alt antet al protocolului 802.2 LLC (Logical Link Control) chiar înaintea datelor. Acest antet transmite informații despre tip
- De ce mai avem nevoie de Tip / Lungime, nu au migrat toate plăcile de rețea la IEEE 802.3? Ei bine, încă avem Ethernet II...

Cadrul Ethernet

- De ce un cadru Ethernet are o lungime minimă?
 - Din cauza coliziunilor..
- Să considerăm o rețea în care toate computerele sunt atașate la un singur cablu
 - Să presupunem că A vrea să trimită un mesaj către B și C vrea să trimită un mesaj către D. În timp ce A își transmite cadrul, C își transmite și eș cadrul... și cadrele se vor ciocni (**collide**)





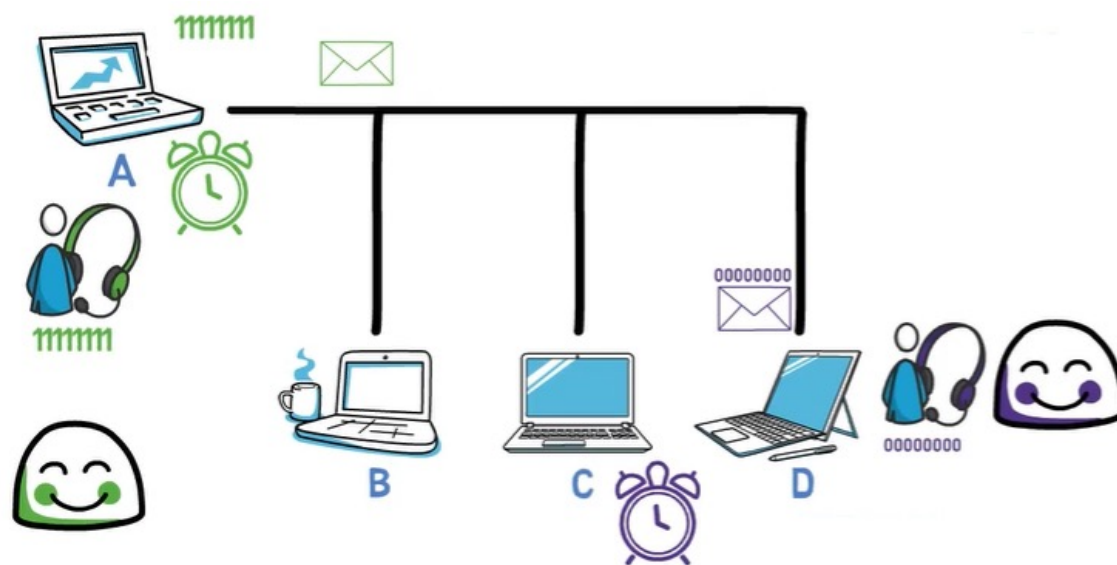
Cum sunt gestionate coliziunile?

- CSMA (Carrier Sense Multiple Access): atunci când o stație dorește să transmită date, mai întâi detectează canalul pentru a vedea dacă altcineva transmite prin verificarea nivelului de semnal al liniei
 - Este exact ca într-o conversație umană, în care o persoană așteaptă până când cealaltă nu mai vorbește și abia atunci acea persoană vorbește
- La fel ca în cazul în care două persoane ar putea începe să vorbească în același timp, două mașini Ethernet ar putea începe să transmită date în același timp → intră în joc CD (Collision Detection), ascultarea canalului în timpul transmiterii
 - De exemplu, să presupunem că stația A transmite fluxul de biți 11001010. În timpul transmiterii, A ascultă și canalul. Dacă nu a avut loc nicio coliziune, A ar citi și semnalul 11001010 de pe linie

Cadrul minim.. Din nou

- Ex. nodul A vrea să transmită un cadru foarte scurt către B (1B)
 - Nodul A transmite un cadru (8 de 1b). Apoi, A ascultă canalul în timp ce transmite și, de asemenea, citește 8 de 1 din acesta, ajungând la concluzia că a fost transmis cu succes
 - Înainte ca acest cadru să ajungă în celălalt capăt al rețelei, D începe să transmită și el un cadru foarte scurt (1B). D ascultă canalul în timp ce transmite și, de asemenea, citește 8 de 0-uri din acesta, concluzionând că și acest cadru a fost transmis cu succes

Pentru a evita astfel de cazuri, cadrul trebuie să fie suficient de lung pentru a împiedica o stație să își finalizeze transmisia înainte ca primul bit al cadrului să ajungă la capătul îndepărtat al liniei



100Mbps Ethernet (Fast Ethernet – IEEE 802.3u)

- Același protocol, același format/dimensiune de pachet, viteză mai mare
 - 100 Mbps
- Trei tipuri de Fast Ethernet:
 - 100BASE-TX pentru utilizarea cu cablu UTP de nivel 5
 - 100BASE-FX pentru utilizare cu cablu de fibră optică
 - 100BASE-T4 care utilizează două fire suplimentare pentru utilizarea cu cablul UTP de nivel 3.
- Alt impact în afară de progresele tehnologice?
 - Dimensiunea rețelei?

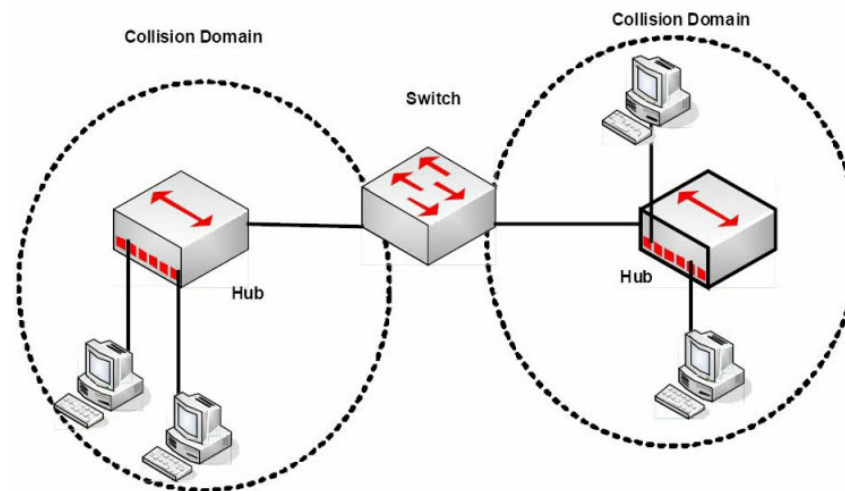
Length / type						
PRE	SOF	DA	SA		Data payload	FCS
7	1	6	6	2	46 - 1500	4

1000Mbps Ethernet (Gigabit Ethernet)

- Calitate mai bună a cablurilor de rețea
- Cadru Jumbo pentru mesaje mari
 - Cadrele jumbo pot transporta până la 9000 de octeți payload
- Se menține CSMA/CD
 - Dacă nu faceți nimic în dimensiunea minimă a cadrului, dimensiunea rețelei poate fi doar $250/10 = 25\text{m}$!
 - Soluție: Extensie purtătoare pentru a face ca dimensiunea minimă a cadrului să fie de 4096 biți (512 octeți) pentru a menține dimensiunea la 250 m

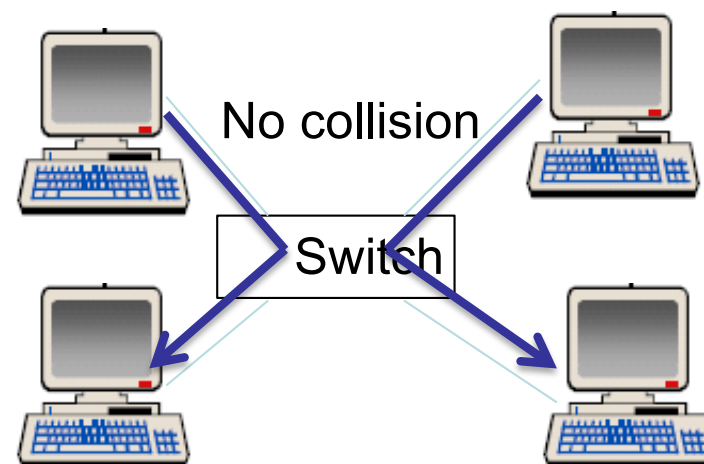
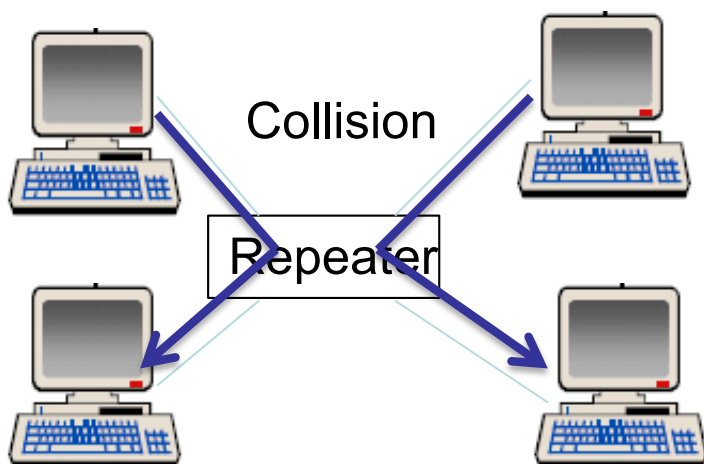
Reality check: Nimeni nu folosește modul CSMA/CD la 1Gbps

- Toată comunicația este comutată (switched)



Ethernetul comutat

- În 1992/1993, repetorul s-a schimbat cu comutatorul (switch)
 - Repetor: difuzează întotdeauna
 - Switch: se transmite doar către portul vizat
- Ethernetul comutat este fără dispute de coliziuni
 - Astăzi, Ethernetul cu fir este în mare parte Ethernet comutat
 - CSMA este încă folosit în Wireless Ethernet, evoluat la CSMA/CA



Collision free
Full duplex 10/100Base-T

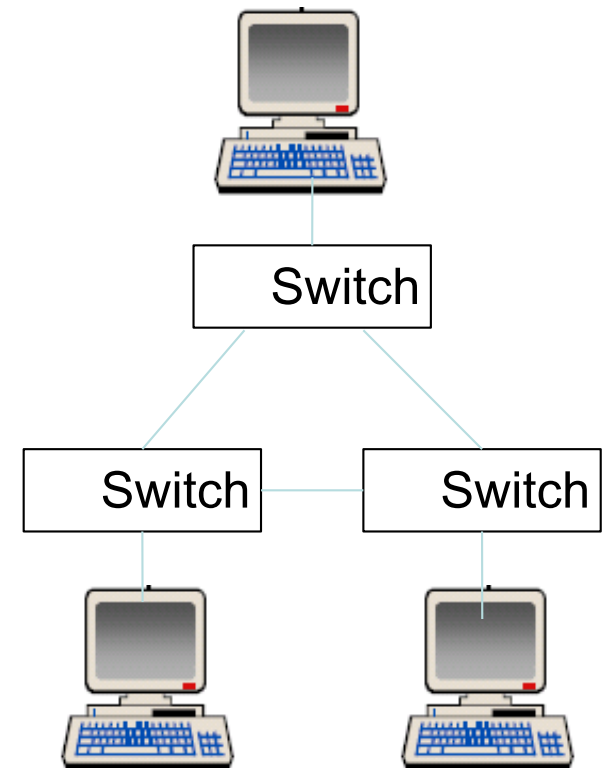


Ethernetul comutat

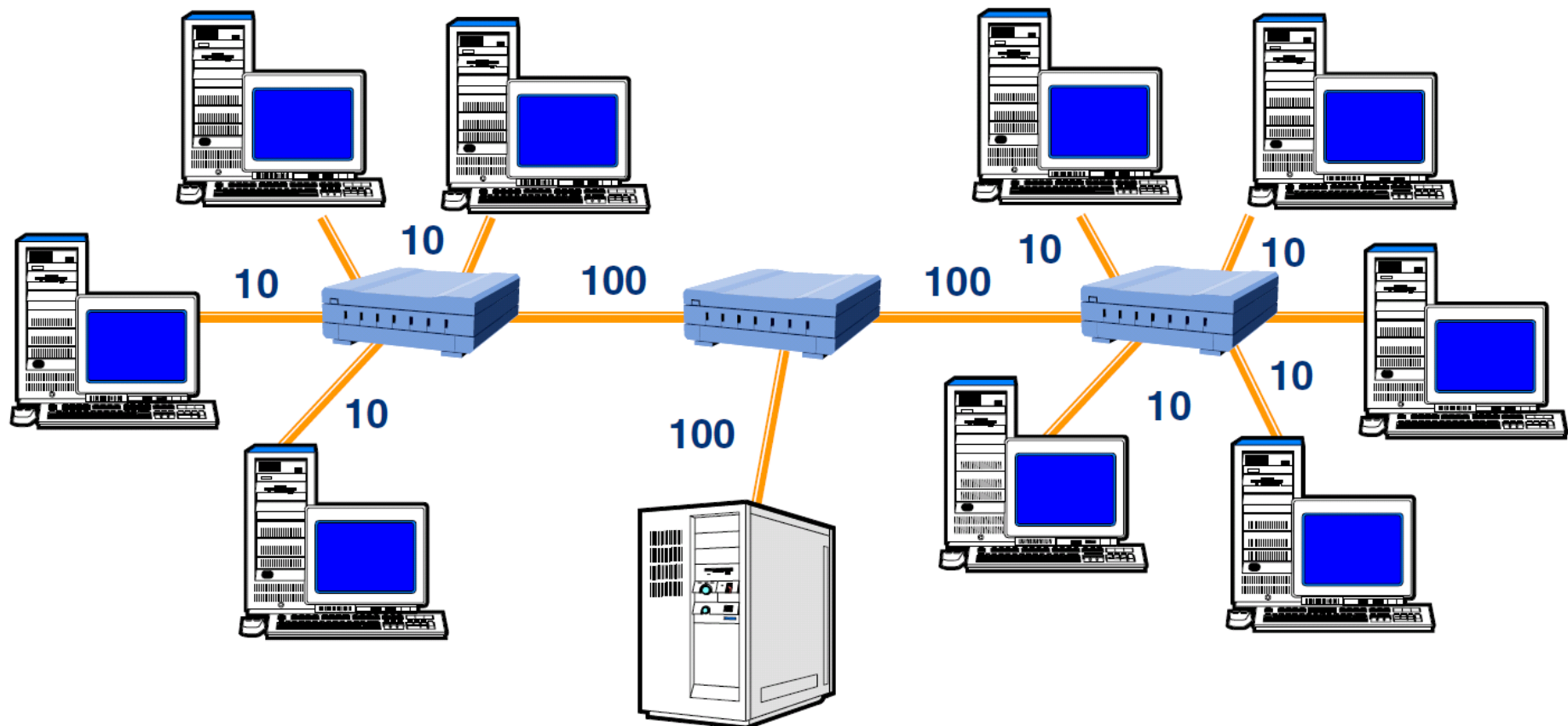
- Managementul topologiei
 - Dacă nu mai difuzăm datele, cum știm că pachetele pot ajunge la destinații?
- Fall-back sau Modul de retragere
 - Dacă un switch nu știe ce să facă cu un pachet (destinația nu este în tabelul de redirectionare), se transmite în stil broadcast (către toate porturile cu excepția celui de intrare)
- Mod normal
 - Algoritm de învățare backward: Dacă un switch vede un pachet de la A venind la portul X, se pune (A, X) în tabelul de redirectionare. Pe viitor, switchul va ști ce să facă cu pachetul destinat către A.

Ethernetul comutat

- În modul fall-back, difuzarea va cauza probleme într-o topologie cu o buclă
 - Un pachet cu destinație necunoscută va declanșa o furtună de pachete care ar satura toate legăturile din buclă.
- Soluție: folosirea unui algoritm *spanning tree* pentru a realiza o topologie fără nicio buclă (găsire cale unică de la un switch la orice alt switch)
 - Ethernetul comutat acceptă doar o topologie arborescentă



Switched Ethernet permite o topologie cu mai multe viteze





Ethernet și nivelul superior

- Nodurile de internet rulează de obicei stiva de protocoale TCP/IP/Ethernet
- Ethernet este proiectat pentru cost
 - Placa Ethernet este ieftină, fără prea multă logică
 - Se utilizează CPU pentru a muta datele în și din bufferele de pe placa de rețea
- De obicei, există un parametru în sistemul de operare pentru a seta intervalul minim de timp pentru a genera întreruperi
 - Prea multă întrerupere poate consuma întregul procesor, văzut chiar și în Ethernet de 1 Gbps. Dacă nu este controlat, cardul poate genera mai mult de 1000000 de întreruperi pe secundă
- Latența de comunicare este foarte mare în Ethernetul tradițional



10 Gigabit Ethernet

- Focus pe mediul fizic - diferență mare în legăturile de 1 Gbps și 10 Gbps.
 - Doar cabluri pe fibră de rețea
- Protocolul MAC: încă este protocolul Ethernet
 - format de cadru 802.3
 - Dimensiunea cadrului 802.3 min/max
 - Doar operare full duplex, nu mai există CSMA/CD
- LAN și WAN -- Rulează pe distanțe lungi

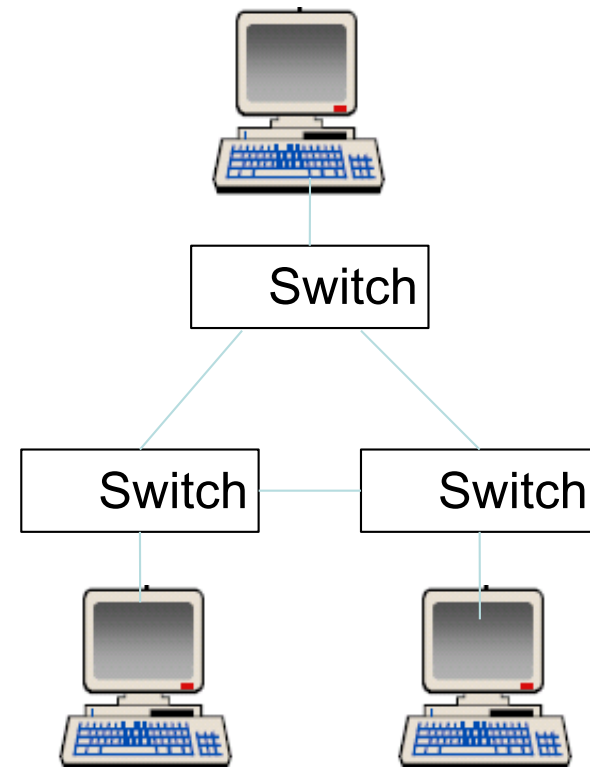


Îmbunătățiri Ethernet pentru centre de date

- Diferențierea traficului: Grupuri de prioritate (priority groups)
 - Diferențierea traficului de la un capăt la altul, nu mai este doar „best effort”
 - Cozi multiple pentru diferite grupuri de prioritate
- Infrastructură fără pierderi (Lossless fabric): transport fiabil
 - Ca și rețelele HPC tradiționale (ex. InfiniBand)
 - Congestie tranzitorie: control al fluxului bazat pe prioritate
 - Congestie persistentă: notificare de congestie înapoi
- Topologie fat-tree: legături pe calea cea mai scurtă
 - Nu mai cuprinde algoritmi de tip spanning tree
 - L2-multi-pathing

Shortest path bridging

- Avans incremental la Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP)
- Construieste un spanning tree pentru fiecare bridge
 - Folosind spanning tree înrădăcinat la switchul sursă pentru realizarea de poduri pe calea cea mai scurtă





40GB, 100GB Ethernet

- Standardizat în 2012
- Doar crește viteza.
- Caracteristici:
 - Numai operare full duplex
 - Se păstrează formatul de cadru IEEE 802.3
 - Se păstrează dimensiunea minimă și maximă a cadrului 802.3
 - Se menține rata de eroare de biți 10^{-12} – se folosește codul de corecție înainte
 - 40 Gbps sau 100 Gbps pe anumite distanțe
- Focus în principal pe problemele de strat fizic și tehnologie pentru a atinge rata de transfer



Studiu individual

A. S. Tanenbaum Rețele de calculatoare, ed 4-a, BYBLOS 2003

4 NIVELUL DE ACCES LA MEDIU

4.1 Alocarea Canalelor

4.2 Protocoale de Acces la Mediu

4.3 Ethernet

4.8 Comutare la nivelul Legătură de Date

A. S. Tanenbaum Computer networks, 5-th ed. PEARSON 2011

4. MEDIUM ACCESS CONTROL SUBLAYER

4.1 The Channel Allocation Problem

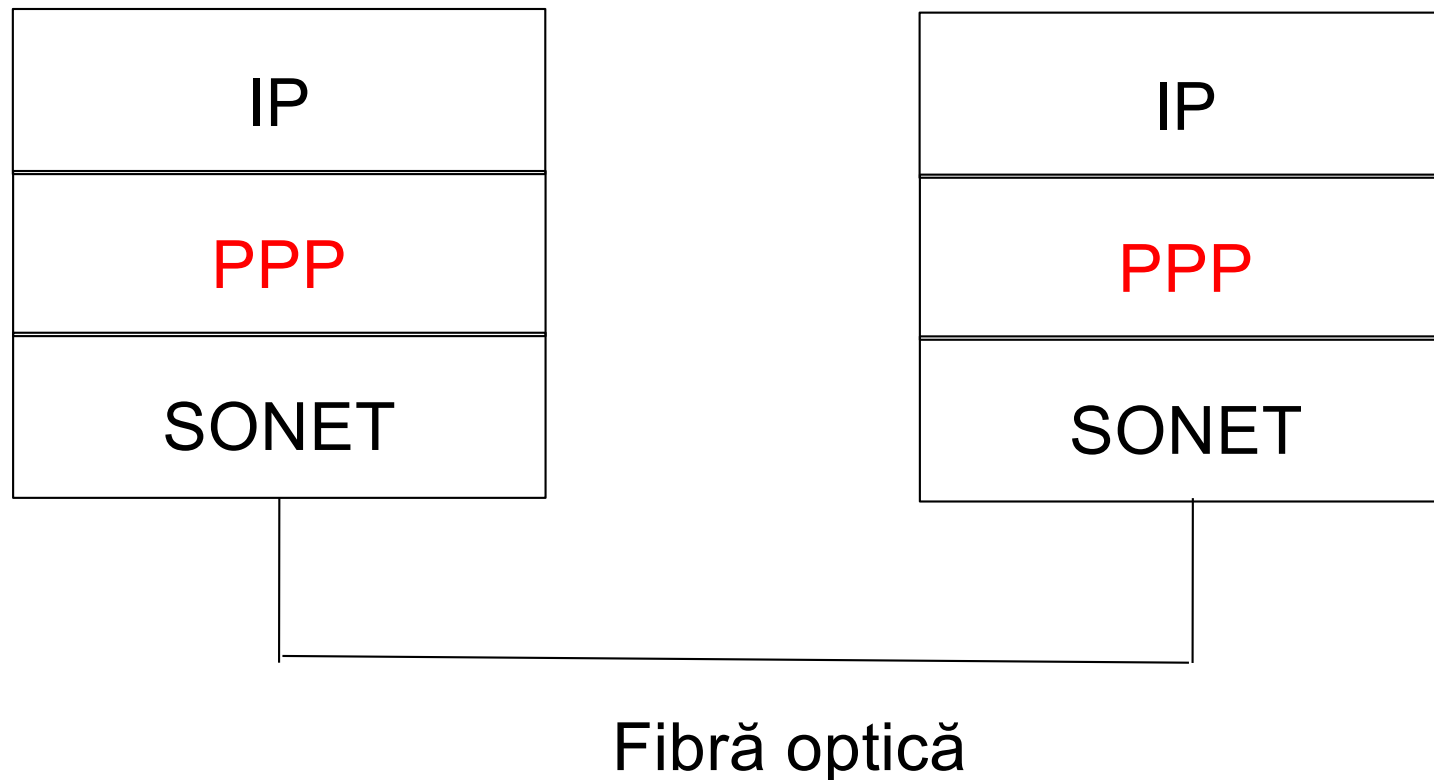
4.2 Multiple Access Protocols

4.3 Ethernet

4.8 Data Link Layer Switching

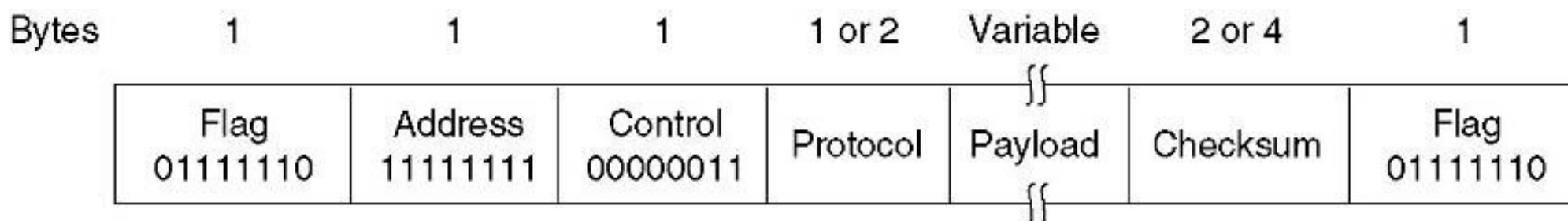
Legătura de date în Internet

Comunicarea pe fibră optică



PPP – Point to Point Protocol

Oferă încadrare
 Link Control Protocol, LCP
 Network Control Protocol, NCP



Format de cadru PPP pentru modul nenumerotat

Addressa 11111111 = toate stațiile acceptă cadrul

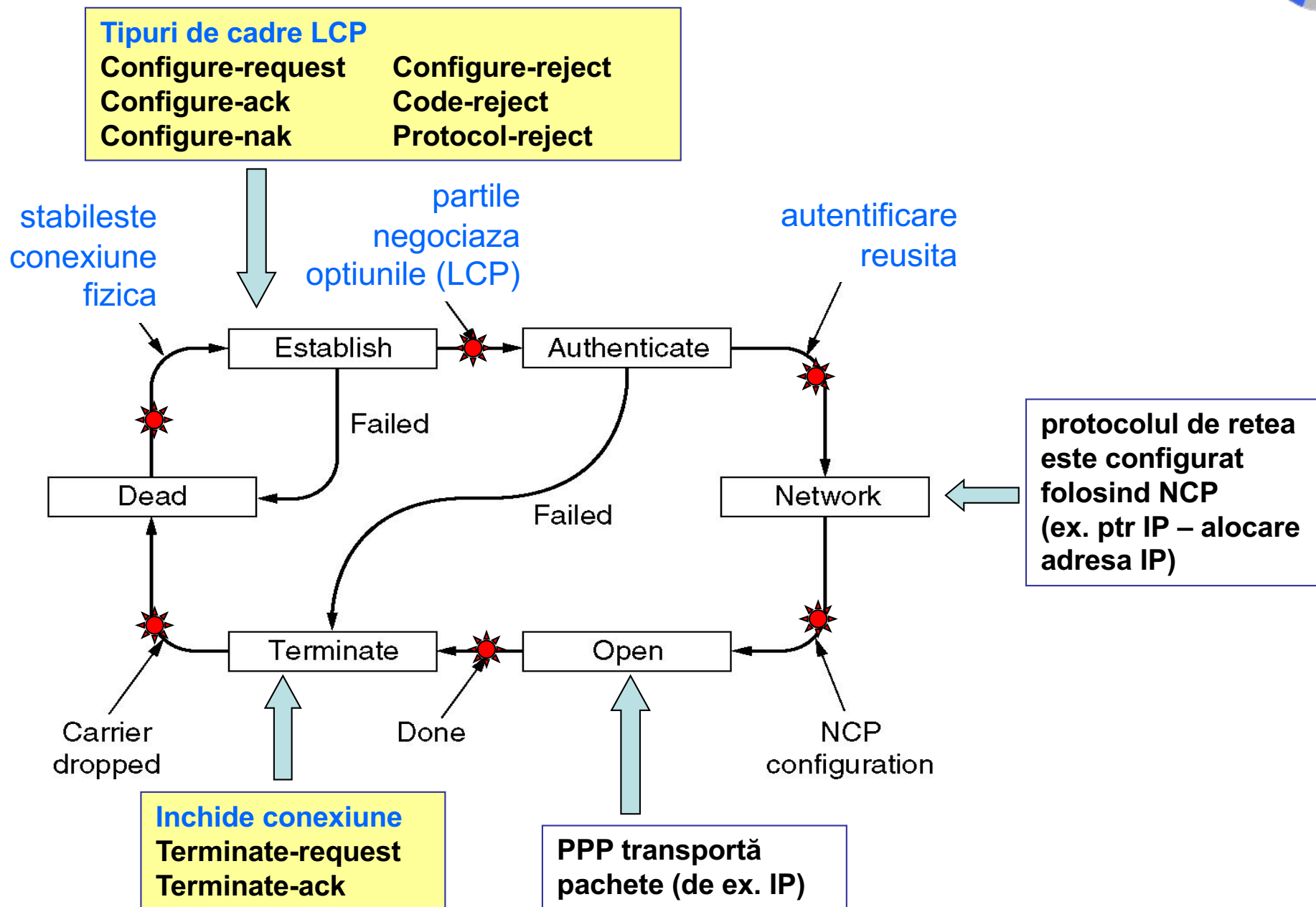
Control 00000011 = nenumerotat

Protocol = selectează dintre:

LCP, NCP

IP, IPX (Internetwork Packet eXchange), OSI CLNP, XNS (Xerox Network Services)

PPP – Point to Point Protocol (2)



Tipuri de cadre LCP

Name	Direction	Description
Configure-request	$I \rightarrow R$	List of proposed options and values
Configure-ack	$I \leftarrow R$	All options are accepted
Configure-nak	$I \leftarrow R$	Some options are not accepted
Configure-reject	$I \leftarrow R$	Some options are not negotiable
Terminate-request	$I \rightarrow R$	Request to shut the line down
Terminate-ack	$I \leftarrow R$	OK, line shut down
Code-reject	$I \leftarrow R$	Unknown request received
Protocol-reject	$I \leftarrow R$	Unknown protocol requested
Echo-request	$I \rightarrow R$	Please send this frame back
Echo-reply	$I \leftarrow R$	Here is the frame back
Discard-request	$I \rightarrow R$	Just discard this frame (for testing)

I - Initiator

R - Responder



PPPoE

- Variantă a PPP încapsulată peste Ethernet; folosit pe scară largă
- PPPoE are două faze:
 - Descoperire (discovery)
 - Sesiune

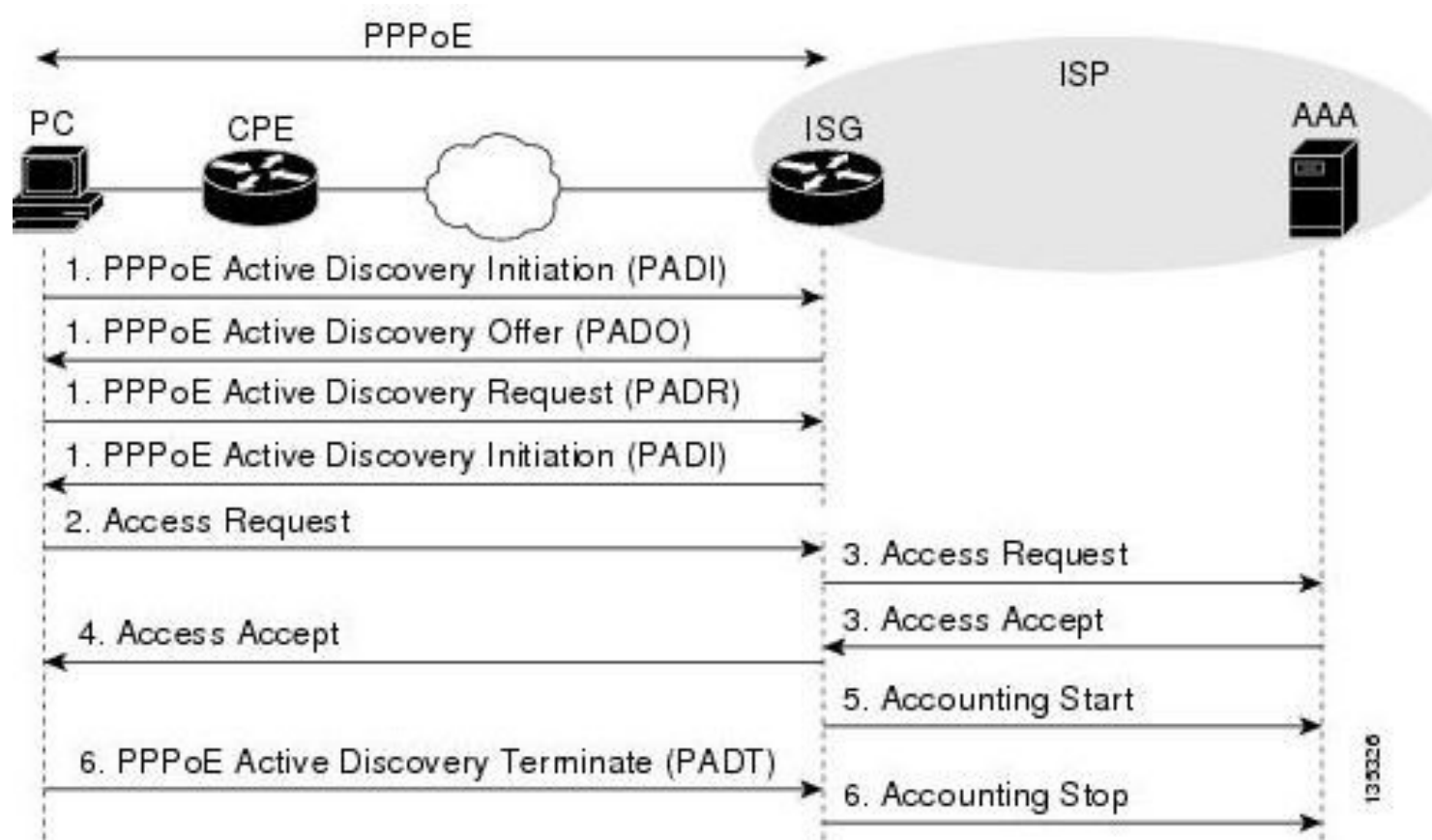


PPPoE Discovery

- Clientul trimite către server un pachet de inițiere (PADI)
 - Frame Ethernet către adresa broadcast

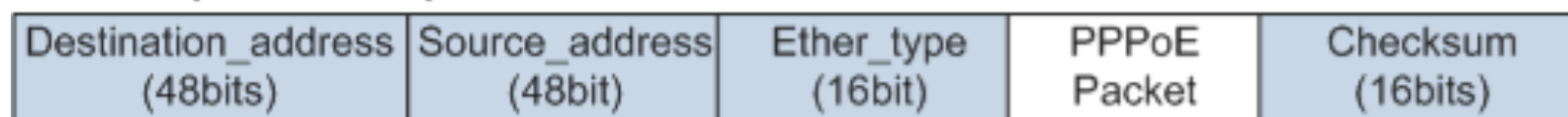
```
Frame 1 (44 bytes on wire, 44 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:50:da:42:d7:df, Dst: ff:ff:ff:ff:ff:ff
PPP-over-Ethernet Discovery
  Version: 1
  Type 1
  Code Active Discovery Initiation (PADI)
  Session ID: 0000
  Payload Length: 24
PPPoE Tags
  Tag: Service-Name
  Tag: Host-Uniq
    Binary Data: (16 bytes)
  Tag: Host-Uniq
    Binary Data: (16 bytes)
```

Point To Point Protocol over Ethernet (PPPoE)

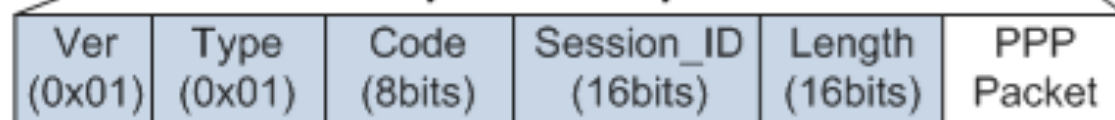


Point To Point Protocol over Ethernet (PPPoE)

Ethernet packet encapsulation format



PPPoE packet encapsulation format



PPP packet encapsulation format

