

Lokális hálózatok I. rész

Az Ethernet (IEEE 802.3)

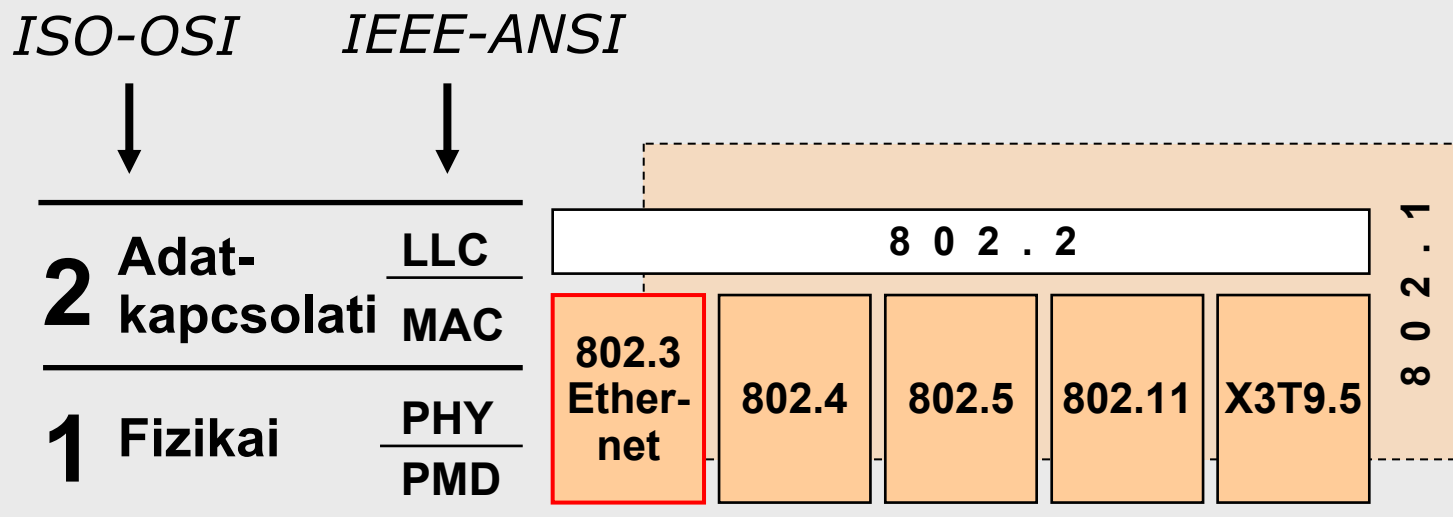
A számítógép-hálózatok klasszikus osztályozása területi lefedés szerint

- WAN – *Wide Area Network* – nagy kiterjedésű hálózat
 - távolsági megkötés nélküli, **tetszőleges kiterjedésű** hálózat
 - akár **globális méretű** is lehet
- MAN – *Metropolitan Area Network* – (nagy)városi hálózat
 - eredetileg: egy tipikus USA-beli **metropolitan area**, de nem feltétlenül város
 - **néhány km - néhány tíz km**
- LAN – *Local Area Network* – helyi v. lokális hálózat
 - tipikusan **vállalaton, intézményen belüli** hálózat
 - **néhány tíz méter – max. néhány km**
- PAN – *Personal Area Network* – személyi hálózat
 - **néhány méter – néhány 10 méter**
- BAN – *Body Area Network*
 - testfelszíni és testen belüli eszközök hálózata

Lokális hálózatok – tartalom

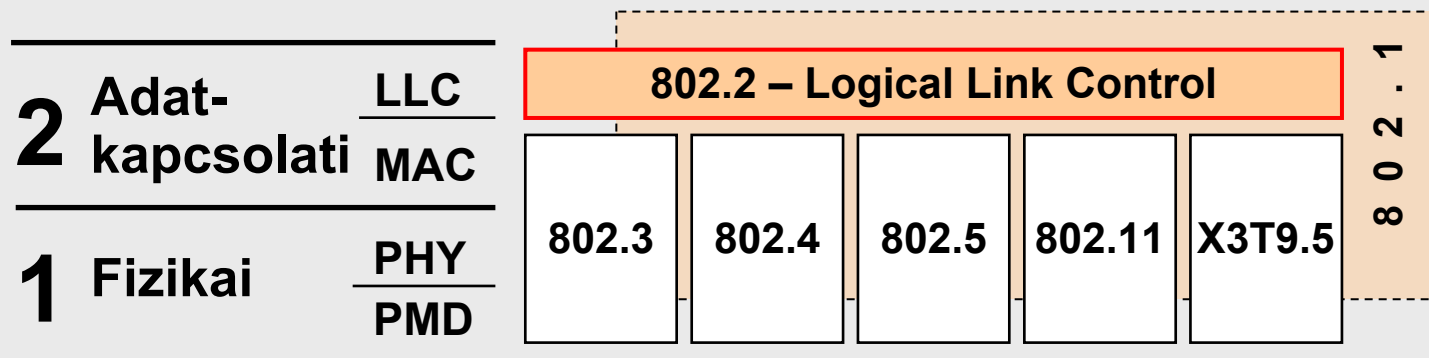
- I. Az „Ethernet”
 - IEEE 802.3 Ethernet (a „klasszikus” E.)
 - *IEEE 802.3u Fast Ethernet*
 - *IEEE 802.3z Gbit/s Ethernet*
 - *IEEE 802.3ae 10 Gbit/s Ethernet*
- II. Röviden két további IEEE 802-es szabványú LAN-ról és egy ANSI-szabványúról, amely átmenet volt a MAN felé
 - „Token ring” – 802.5
 - FDDI (ANSI)
- III. LAN-ok összekapcsolása

A lokális hálózatok architektúrája



- LLC : Logical Link Control – Logikai adatkapcsolati
 - MAC: Medium Access Control – Közeghozzáférési
 - PHY: Physical – Fizikai
 - PMD: Physical Medium Dependent – Fizikaiközeg-függő
 - **802.1: közös funkciók valamennyi LAN-ra és MAN-ra pl. együttműködés, biztonság (interworking, security)**
- Alrétegek (sublayer)

IEEE 802.2 LLC – Logical Link Control



- Feladatai:
 - A 3. rétegbeli protokoll számára megbízható átvitel biztosítása**
 - Forgalm szabályozás
 - Hibaérzékelés, -javítás
- Szolgáltatások:
 - Nyugtázatlan, összeköttetés-mentes (datagram)
 - Nyugtázott, összeköttetés-mentes (datagram)
 - Nyugtázott, összeköttetés-alapú
- Nem biztos, hogy szükség van LLC-re (pl. az IP nem igényli)**
- Protokoll-overhead: a MAC-kerethez LLC fejléc adódik hozzá

A 802.3 szerinti fizikai és MAC réteg: az Ethernet

- A Xerox Palo Alto Research Center fejlesztette ki
- A Digital Equipment, Intel, és Xerox mint DIX (DEC, Intel, Xerox) közös gyártói szabványa lett
- Az IEEE az IEEE 802.3-ban szabványosította (jelentős változtatásokkal)
- Ezért két változat létezik:
 - Ethernet version 2 (DIX)
 - IEEE 802.3
 - Különbségek elsősorban a MAC keretben
- Topológia:
logikailag (és eredetileg fizikailag is) busz

Ethernet – jelölésrendszer

A	B	C
10	Base	5
1000	Base	T

- „A” rész: Adatsebesség
 - **1 = 1 Mbit/s**
 - **10 = 10 Mbit/s, ...**
- „B” rész:
 - **Base = alapsávi (baseband) átvitel**
 - **Broad = „szélessávú” (broadband) átvitel**
– *mit jelent ez?*

- „C” rész:
 - Átviteli közeg:
 - T = twisted pair
 - FX/LX/SX = fibre optics
 - CX = shielded balanced copper
 - T4 = 4 pair twisted pair
 - T2 = 2 pair twisted pair
 - Szegmenshossz:
 - 2=185 m
 - 5=500 m

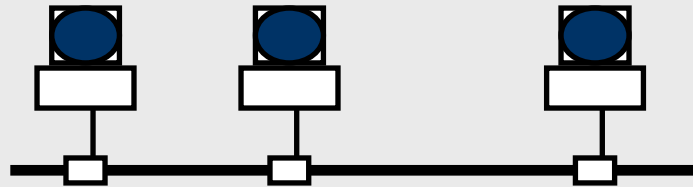
A fizikai réteg feladatai

- Bitfolyamok adása és vétele
- Vivőérzékelés
- Ütközésészlelés
- A jelek kódolása és dekódolása
- „Előtag” („előke”)(preamble) generálása
- Órajel generálása a szinkronizáláshoz

Kábelezési megoldások

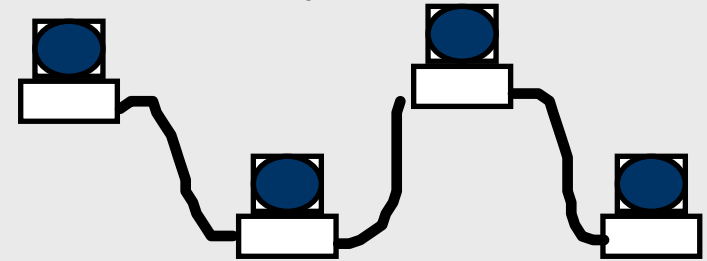
Régebben:

„Eredeti” vastag (yellow) kábeles



10 BASE5

Vékony kábeles

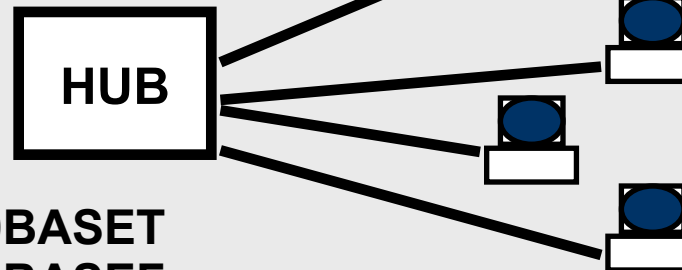


10BASE2

Mostanában:

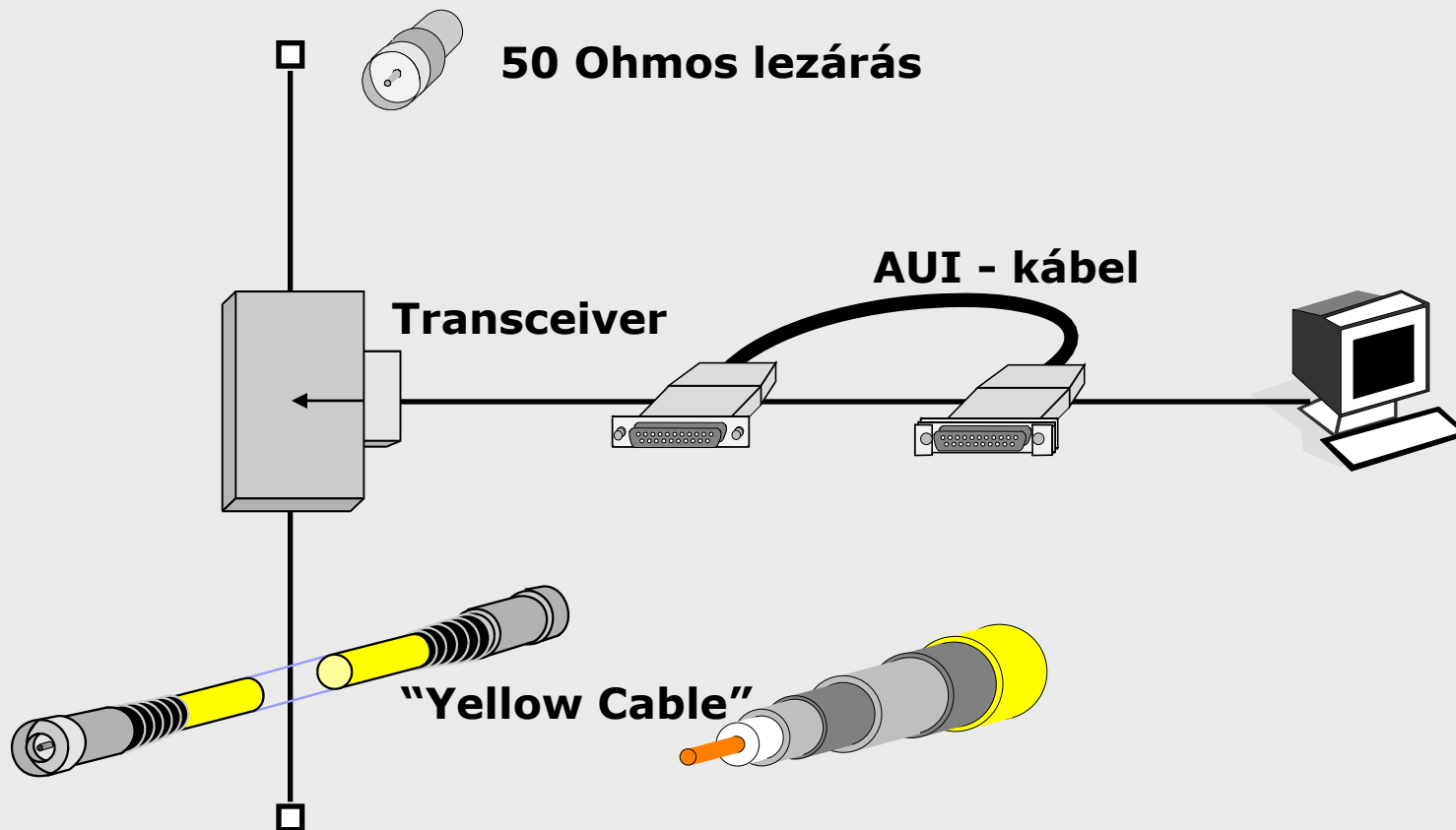
Aktív hubos

hub („sokkapus” ismétlő)

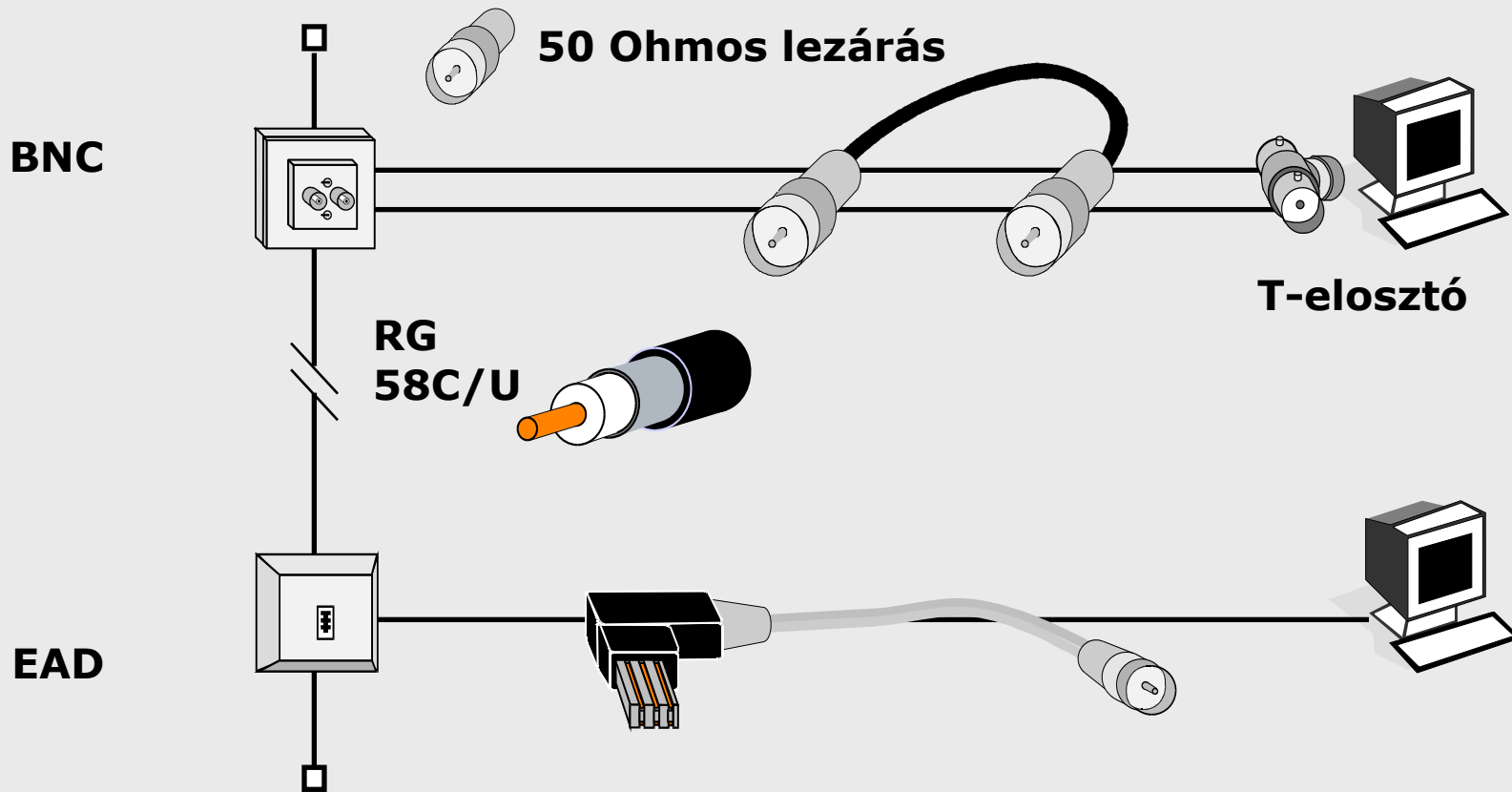


10BASET
10BASEF

Ethernet kábelezés: 10 Base 5

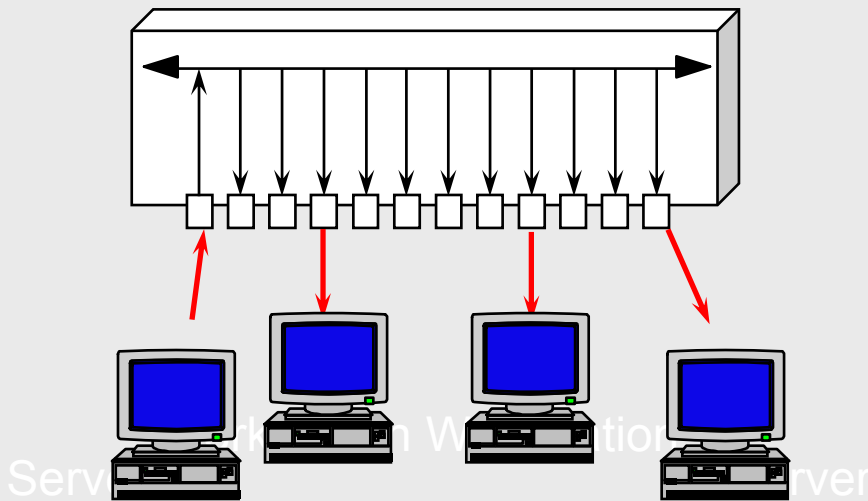


Ethernet kábelezés: 10 Base 2



10Base T

10BaseT



- Sokkapus ismétlő (multiport repeater) / hub
- Valamely porton észlelt jel a hátlapra jut, onnan minden egyes porton adásra kerül

Az esetleges ütközés a hubban jön létre !

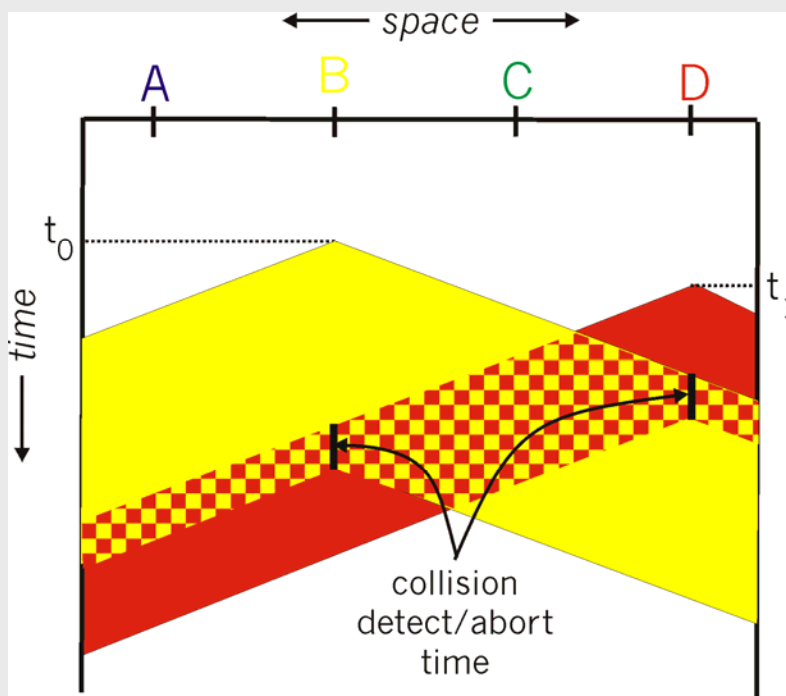
Medium Access Control – az Ethernet-keretek felépítése

Előtag 7 byte	SFD 1 byte	Célcím 6 byte	Forráscím 6 byte	Típus/hossz 2 byte	Adat 46-1500 byte	CRC 4 byte
------------------	---------------	------------------	---------------------	-----------------------	----------------------	---------------

Keret hossza
(64-1518 byte)

- ❑ Előtag (preamble) (7 byte): 10101010...
- ❑ SFD (Start Frame Delimiter) – keret kezdete (1 byte)
- ❑ Célcím (6 byte), pl. 00:DA:07:9B:43:1B
- ❑ Forráscím (6 byte)
- ❑ Típus/hossz (2 byte): az adatmező típusa és hossza
- ❑ Adat: min. 46 byte, max. 1500 byte
- ❑ CRC - ellenőrző összeg (4 byte)

Min. csomaghossz, „résidő”: az ütközések biztos érzékeléséhez



- Grafikus ábrázolás:
az ütközési területnek
folytonosnak kell lennie a
busz mentén

- Legkedvezőtlenebb esetben is
(két állomás a busz két végén)
minden állomás érzékeli az
ütközést:

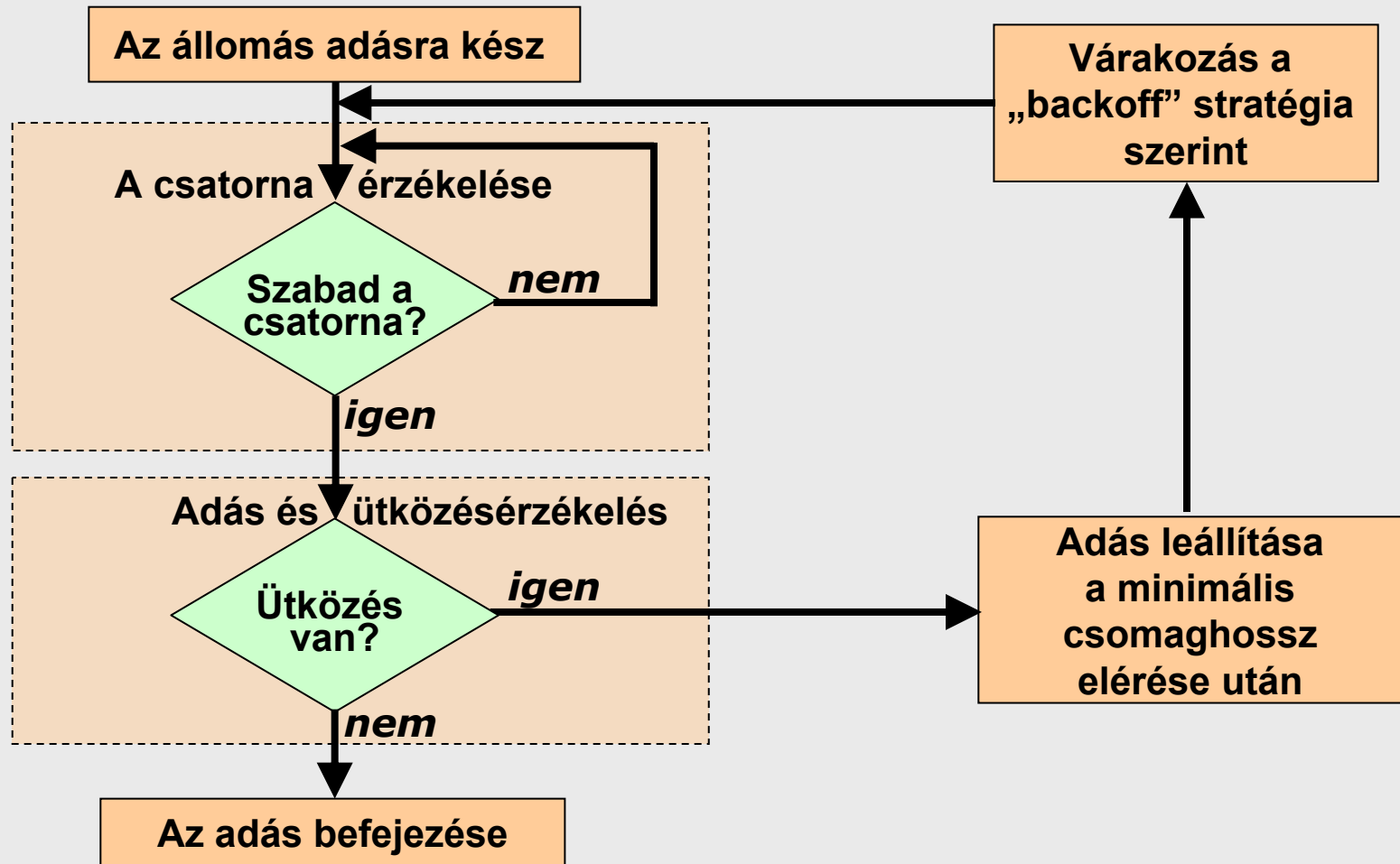
$$T = \frac{2L}{C}$$

- L: szegmens (busz) hossza
- C: jelterjedési sebesség
- T: „résidő”
- $L = 500 \text{ m}$; $C = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
 \Rightarrow kb. $T = 51,2 \mu\text{s}$
- Ha 10 Mbit/s , akkor
 $51,2 \mu\text{s} \Rightarrow 512 \text{ bit} = 64 \text{ bájt}$

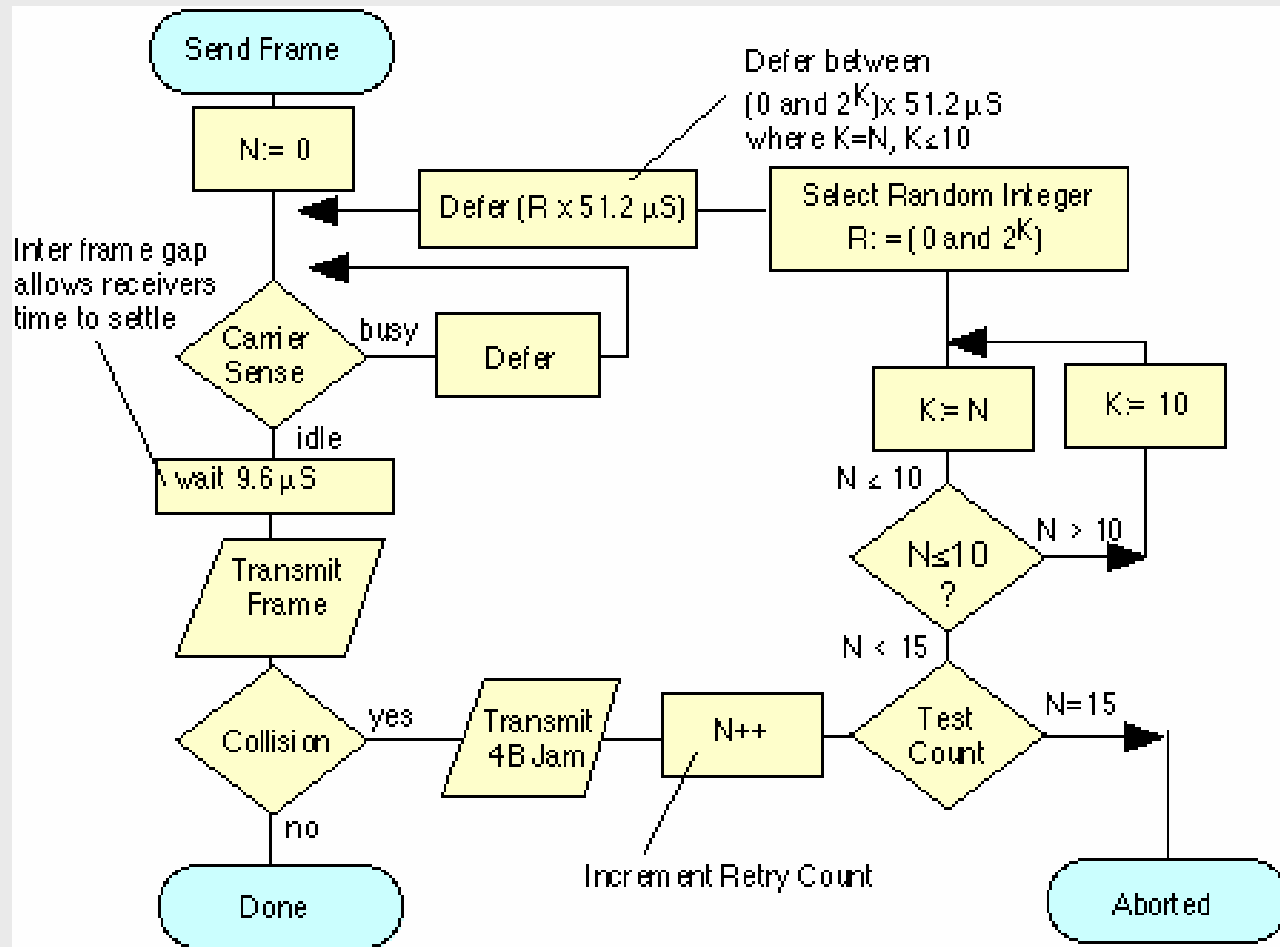
Medium Access Control – CSMA/CD

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)
 - Az állomás figyeli a csatornát, a „vivőt” (carrier sense)
 - Ha nem érzékel adást, elkezd küldeni a keretet
 - Ha kettő vagy több állomás ad, mindegyik abbahagyja az adást (ütközésérzékelés - collision detection)
 - Valamekkora (véletlen) késleltetést („backoff” time) követően az állomás újból megkísérli az adást
- A CSMA/CD-hoz szükséges, hogy
 - **adás előtt** vivőt érzékeljünk (carrier sensing – CS)
 - **adás alatt** érzékeljük, hogy más is ad (collision detection - CD)

Medium Access Control – a CSMA/CD elvi folyamatábrája



Az Ethernet MAC-protokollja

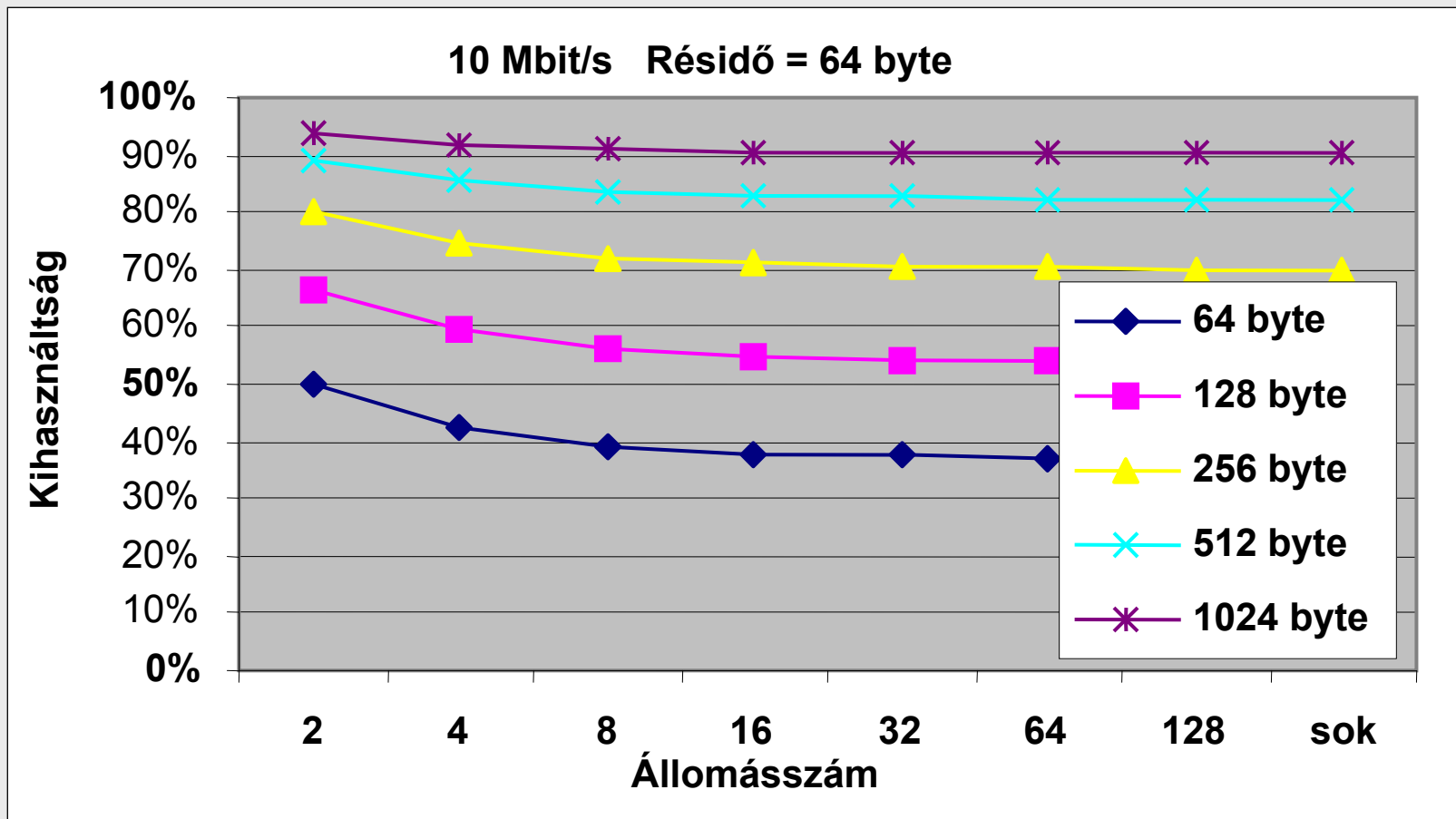


Backoff
stratégia:
truncated binary
exponential
backoff

Magyarázatok a MAC-protokollhoz

- Interframe gap (keretek közötti idő): 96 bit (9,6 μ s 10 Mbit/s-nél)
- Retry count (ismétlésszám): N , $N=1\dots 15$
- Véletlen késleltetésszám: R
 - R -et a $[0, 2^{K-1}]$ intervallumból sorsoljuk, ahol $K=N$, ha $N \leq 10$, és $K=10$, ha $N > 10$
 - 1. ütközés után: sorsoljuk R -et a $\{0, 1\}$ -ből; a késleltetés $R \cdot 512$ bitidő (1 bitidő 0,1 μ s 10 Mbit/s-nál)
 - 2. ütközés után: R -et a $\{0, 1, 2, 3\}$ -ből
 - ...
 - 10. ütközés után: R -et a $\{0, 1, 2, 3, 4, \dots, 1023\}$ -ből (Ez kb. max. 52,4 ms-ot ad.)
- Részidő: 512 bit = 51,2 μ s 10 Mbit/s-en
- Jam (zavarás): 48 bitnyi ideig, hogy minden állomás biztosan érzékelje az ütközést

Az Ethernet hatékonysága (kihasználtság – throughput)



LAN-ok - tartalom

- I. Az „Ethernet”
 - IEEE 802.3 Ethernet (a „klasszikus” E.)
 - IEEE 802.3u Fast Ethernet
 - IEEE 802.3z Gbit/s Ethernet
 - IEEE 802.3ae 10 Gbit/s Ethernet
- II. Röviden két további IEEE 802-es szabványú LAN-ról és egy ANSI-szabványúról, amely átmenet volt a MAN felé
 - „Token ring” – 802.5
 - FDDI (ANSI)
- III. Az IEEE 802.2 LLC (Logical Link Control)
- IV. LAN-ok összekapcsolása

Kapcsolt Ethernet

- Nagyobb forgalom kezelése a buszsebesség növelése nélkül
- Ethernet-kapcsoló (switch), több vonali kártyával
- A kártyák portjaira 10BaseT-n csatlakoznak a végpontok
 - Adott portra csatlakozó szegmensen ütközéses kommunikáció (mint a klasszikus esetben)
 - A kapcsolón belül nincs ütközés
 - Pufferelt portok, duplex működés
 - Egy port egy állomás is lehet (dedikált sáv szélesség)
- Kicsit többet a kapcsolókról a „LAN-ok összekapcsolása” részben

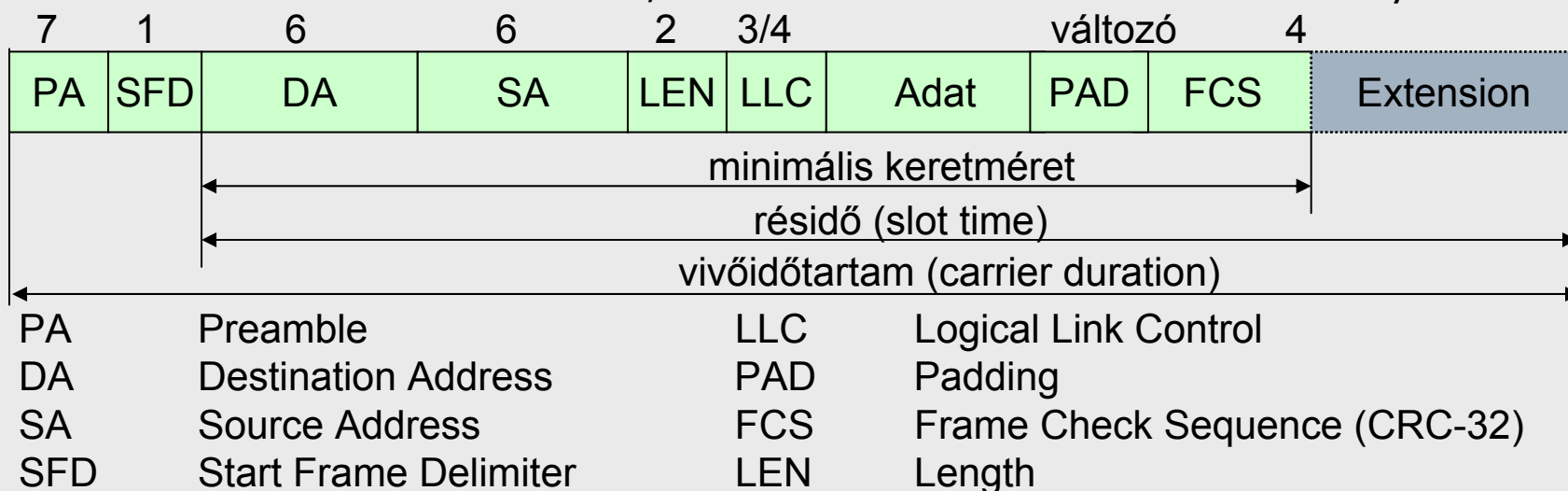
Nagysebességű Ethernet szabványok

- Fast Ethernet
(IEEE 802.3u)
- Gigabit Ethernet
(IEEE 802.3z)
- 10Gb Ethernet
(IEEE 802.3ah)

Jellemzők	10/100 Mbit/s	1 Gbit/s	10 Gbit/s
<i>Fizikai közeg</i>	<input type="checkbox"/> UTP <input type="checkbox"/> fényv.	<input type="checkbox"/> koax <input type="checkbox"/> UTP <input type="checkbox"/> fényv.	<input type="checkbox"/> fényv. <input type="checkbox"/> (rézv.)
<i>Résidő (slot time) [byte]</i>	64	512	NINCS CSMA/CD MAC PROTOKOLL
<i>Küldési próbálkozás</i>	16		
<i>Visszalépési algoritmus korlátja</i>	10		
<i>Minimális keretméret [byte]</i>	64		
<i>Maximális keretméret [byte]</i>	1518		

IEEE 802.3z Gigabit Ethernet – Megnyújtott keretformátum

- Duplex üzemmód: nincs ütközés, nincs CSMA/CD
- Félduplex üzemmód:
 - Mint a klasszikus Ethernet (CS, CD), de sokkal rövidebb keretidők
 - Két megoldási lehetőség:
 - Megnövelt kerethossz
 - „Carrier-extension” bitek hozzáadása a keretekhez
 - Ezt választották, mert ezzel nem változott a szabvány

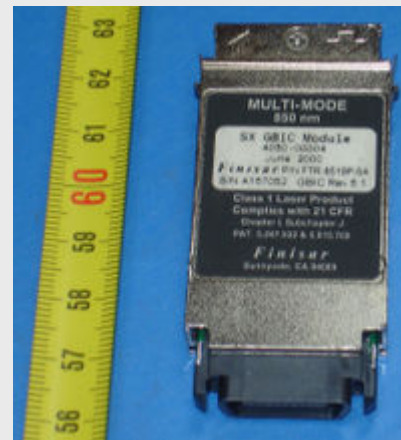


IEEE 802.3ae - 10 Gbit/s Ethernet (XGE) - Áttekintés

- Ez a legújabb az Ethernet-családban, 2002 közepén hagyták jóvá
- 10 Gigabit-Ethernet Alliance (<http://www.10gea.org>)
- IEEE 802.3ae:
 - további 10-szeres sebességnövelés a GbE-hez képest
 - az Ethernet alkalmazási területének kiterjesztése a WAN-okra
- Kizárólag duplex, nincs többé CSMA/CD
- Főként üvegszál, de van rézvezetékes változata is
 - 7 különböző PHY-réteg

Gigabit Ethernet és 10GbE eszközök hálózati eszközökben

Cisco Catalyst switch GbE és 10GbE optikai interfészekkel



Finisar
1000BASE-
FX *GBIC*
(*Gigabit
Interface
Card*)

Finisar XFP-k

SFP – Small Form-factor Pluggable, 4,5 Gbit/s-ig
XFP – 10 GE-hez



GbE a munkaállomások jelentős részében is megtalálható

IEEE 802.3 Ethernet – összefoglalás

- Az Ethernet nagy fejlődésen ment át az utolsó 10-12 évben
 - Sebességben 3 nagyságrend!
 - Lefedési/alkalmazási területet illetően (LAN-től a WAN-ig)
- A különböző IEEE 802.3 szabványok közös tulajdonságai:
 - Keretformátum
 - Címzés
- Különböző lehet
 - a közeghozzáférés
 - a CSMA/CD fokozatos kivonása
 - a fizikai közegek
 - koaxiális kábeltől a monomódusú üvegszálig
- Megvalósítás szempontjából mindegyik változatra igaz:
 - Könnyű telepítés
 - Költséghatékonyság

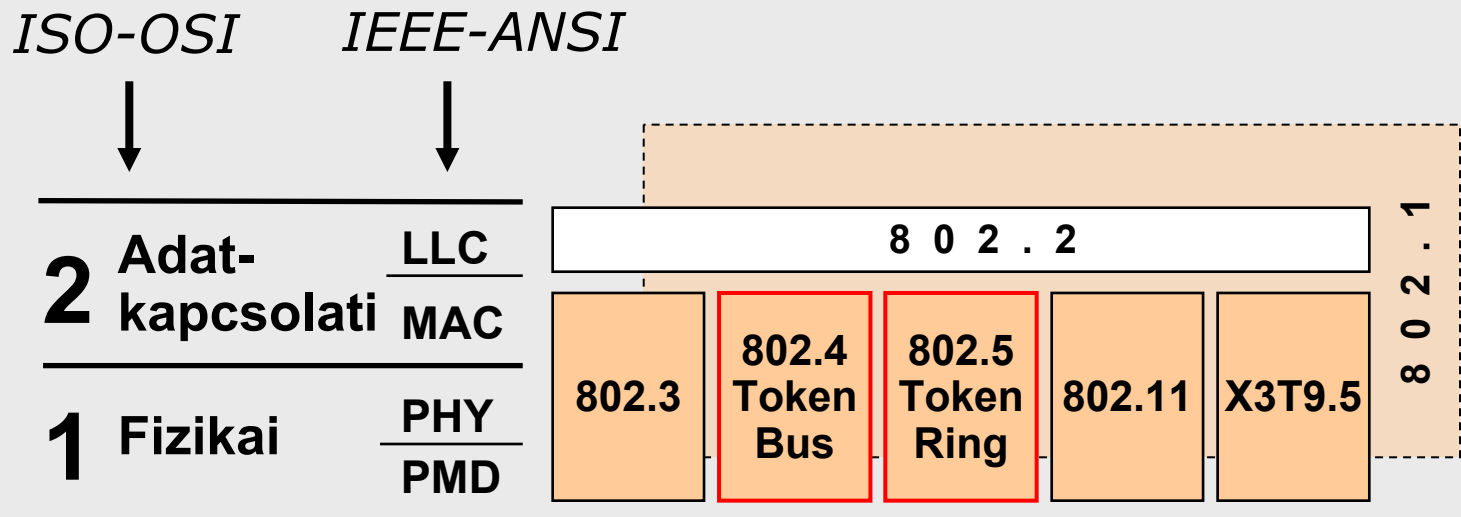
Lokális hálózatok II. rész

További lokális hálózatok:

- ❑ Token bus (IEEE 802.4)*
- ❑ Token ring (IEEE 802.5)
- ❑ FDDI (ANSI)
- ❑ FiberChannel (ANSI)*

* *nem tárgyaljuk*

A lokális hálózatok architektúrája



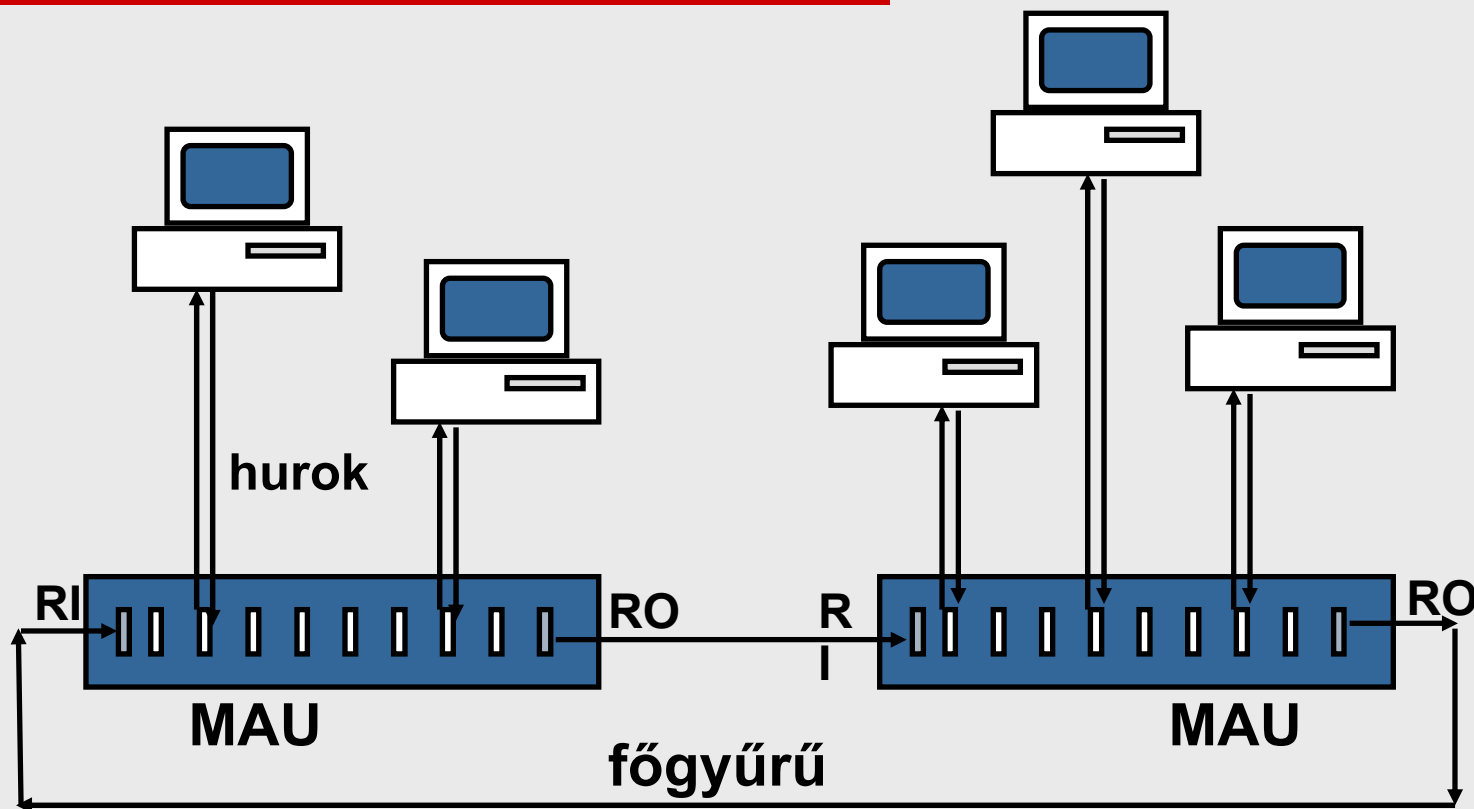
- LLC : Logical Link Control
- MAC: Medium Access Control
- PHY: Physical
- PMD: Physical Medium Dependent

- *802.1: közös funkciók valamennyi LAN-ra és MAN-ra*
- *pl. együttműködés, biztonság (interworking, security)*

További LAN-ok

- 802.4: Token bus (vezérjeles busz)
 - Talán a legjobb MAC protokoll, de bonyolult
 - A kezdeti ipari alkalmazások után kihalt
- 802.5: Token ring (vezérjeles gyűrű)
 - Az IBM hatására szabványosították
 - Még létezik, de csak nagyon kevés helyen
- ANSI FDDI
 - FDDI – Fiber Distributed Data Interface
 - A LAN-oknál egy nagyságrenddel nagyobb sebességet és lefedettséget biztosít
 - Gyűrű-topológia és MAC-protokoll
 - Még létezik pár helyen, de kifutóban
- *Mivel az alkalmazott megoldások és közeghozzáférési protokollok érdekesek és tanulságosak, röviden foglalkozunk ezekkel is*

Token ring az IBM kábelezési rendszerén



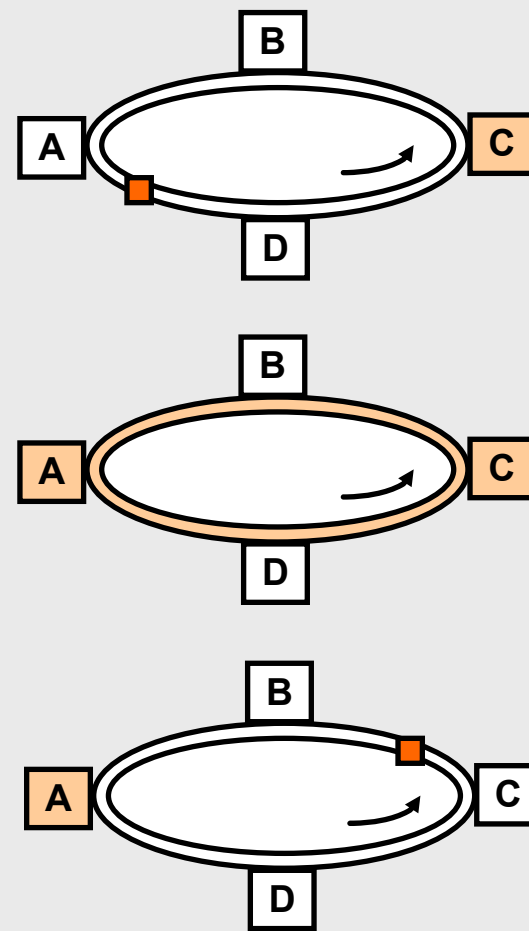
MAU: Multistation Attachment Unit

RI: Ring In

RO: Ring out

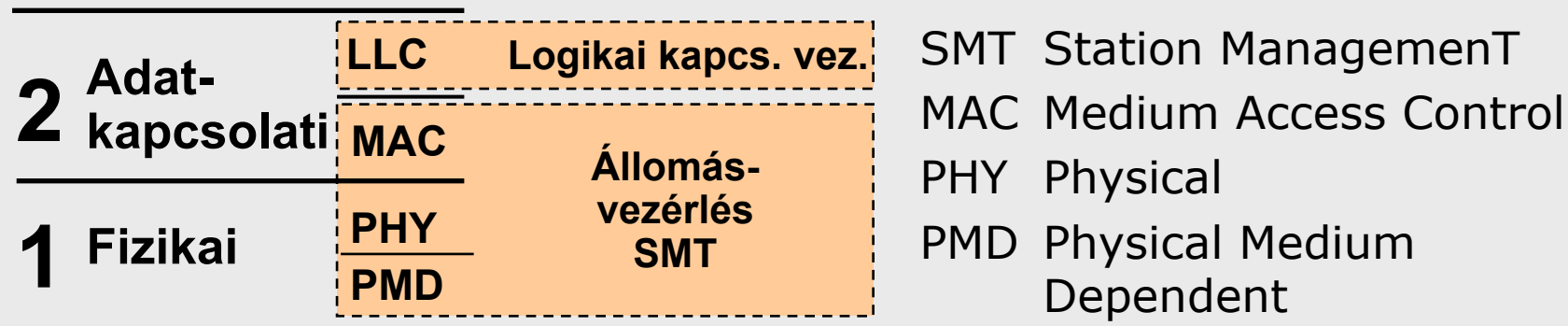
Az IEEE 802.5 szerinti tokenes protokoll működése

- ❑ Az adni kívánó állomás kivárja, míg megérkezik hozzá a token (A token egy speciális rövid keret.)
- ❑ A tokent átírja üzenetkeretre, és kiegészíti az adatokkal
- ❑ Az állomások kimenetükre másolják a bemeneten jött adatokat
- ❑ A címzett beolvassa a neki szóló csomagot
- ❑ A küldő kivonja a csomagot a gyűrűről
- ❑ A küldő új tokent indít útra

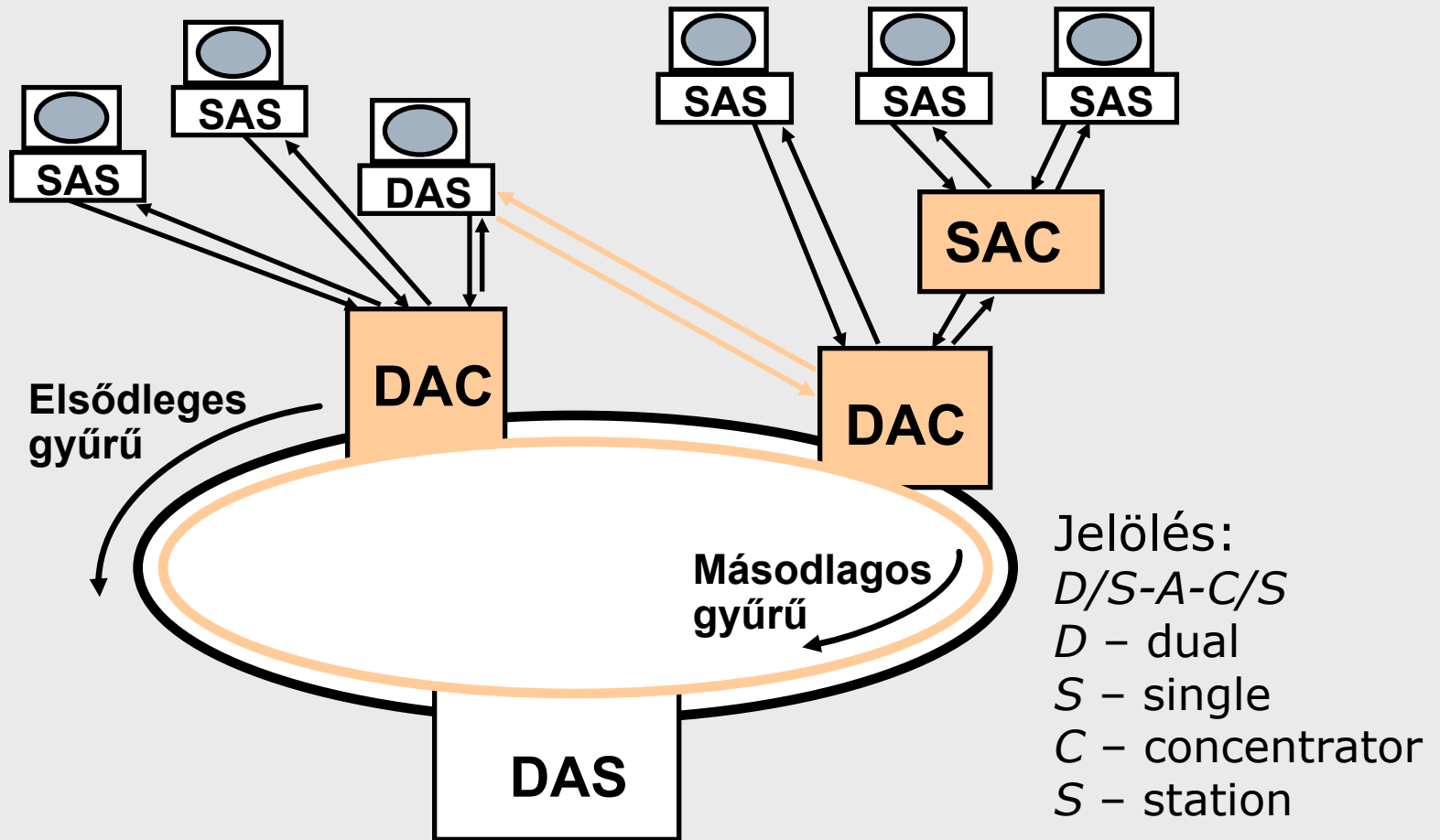


FDDI - Fiber Distributed Data Interface

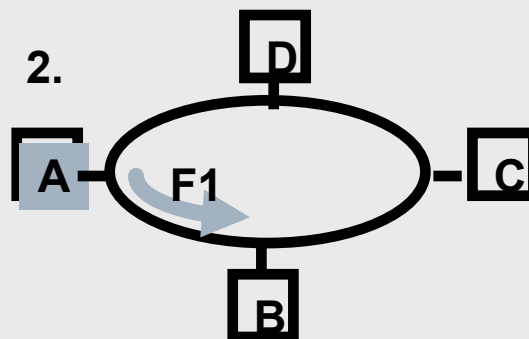
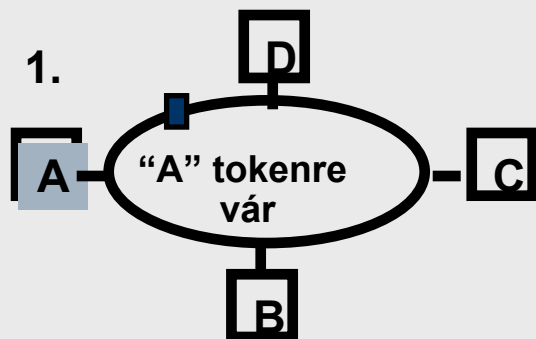
- Az elnevezésről...
- ANSI szabvány
- A LAN-okhoz képest nagyobb sebességgel és területi lefedéssel (100 Mbit/s, 100 km)
- Tokenes közeghozzáférési protokoll
- Logikai gyűrű, fizikai gyűrű- és fa-topológia



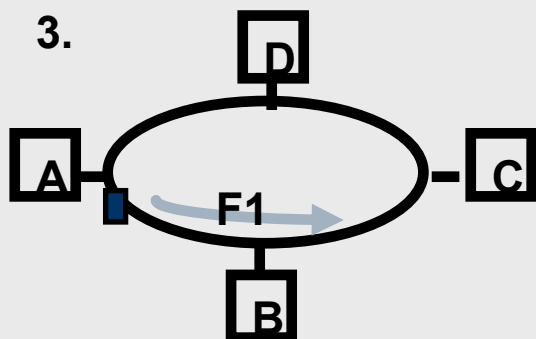
Az FDDI topológiája



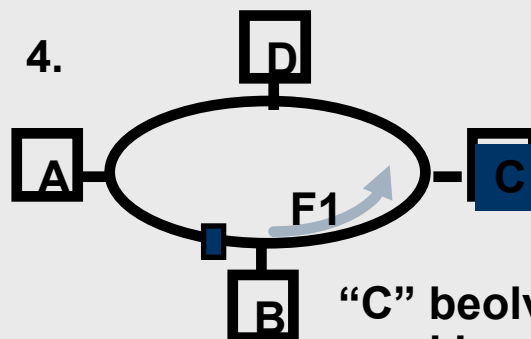
Az FDDI tokenes protokolljának működése



“A” a token helyett F1-et küldi C-nek

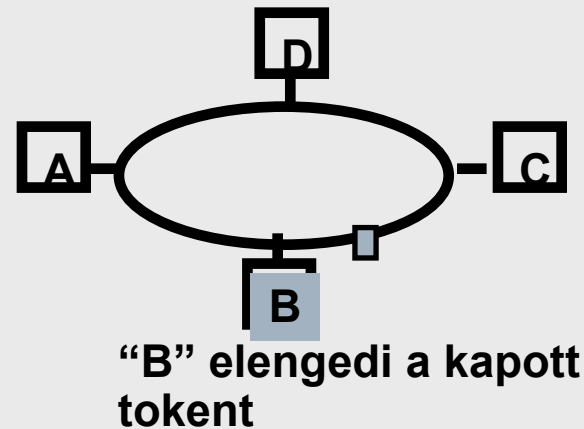
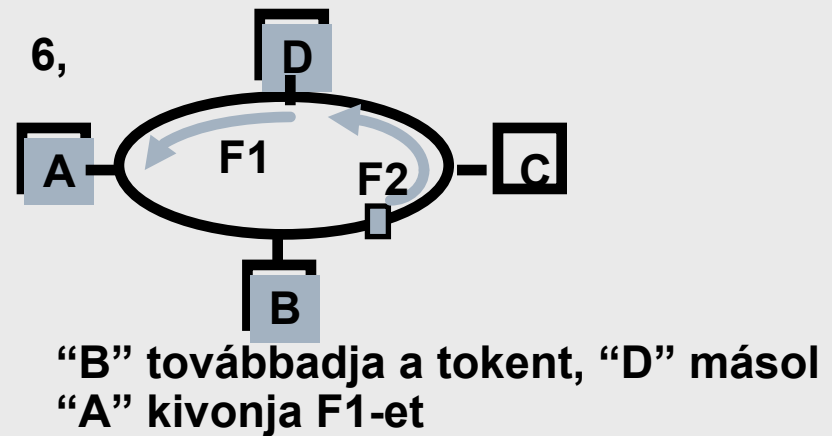
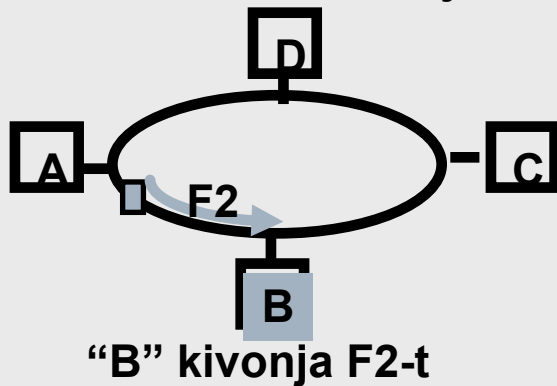
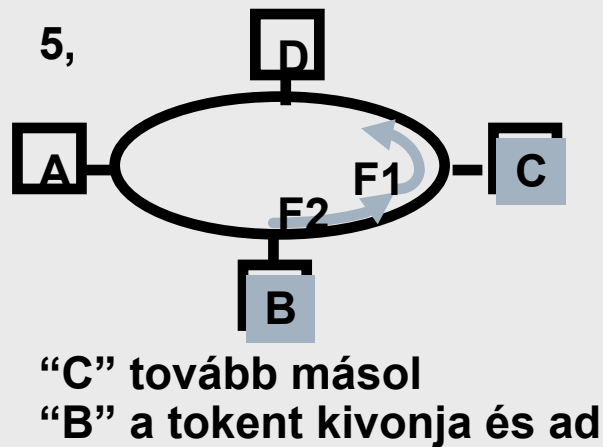


F1 után azonnal továbbadja a token



“C” beolvassa a neki szóló F1-et és másol

Az FDDI tokenes protokolljának működése (folyt.)



Az FDDI MAC protokollja a „timed token ring” protokoll

- Az állomások megállapodnak egy megcélzott (target) TRT-ben (Token Rotation Time)
 - TRT = a gyűrű teljes késleltetése + adási idők
- Ez felső korlátot ad a késleltetésre
- Némelyik állomás adási “kvótával” rendelkezik
 - A hozzá érkező tokent a kvóta idejéig megtarthatja, ezalatt adhat
 - Ez a „szinkron” forgalom
- A kvótán felül csak akkor adhat egy állomás, ha „belefér” TRT-be
 - Ez az „aszinkron” adás

Hol tartunk, és mi következik?

- I. Az „Ethernet”
 - IEEE 802.3 Ethernet (a „klasszikus” E.)
 - IEEE 802.3u Fast Ethernet
 - IEEE 802.3z Gbit/s Ethernet
 - IEEE 802.3ae 10 Gbit/s Ethernet
- II. Röviden két további IEEE 802-es szabványú LAN-ról és egy ANSI-szabványúról, amely átmenet volt a MAN felé
 - „Token ring” – 802.5
 - FDDI (ANSI)
- III. Az IEEE 802.2 LLC (Logical Link Control)
- IV. LAN-ok összekapcsolása

Lokális hálózatok III. rész

LAN-ok összekapcsolása

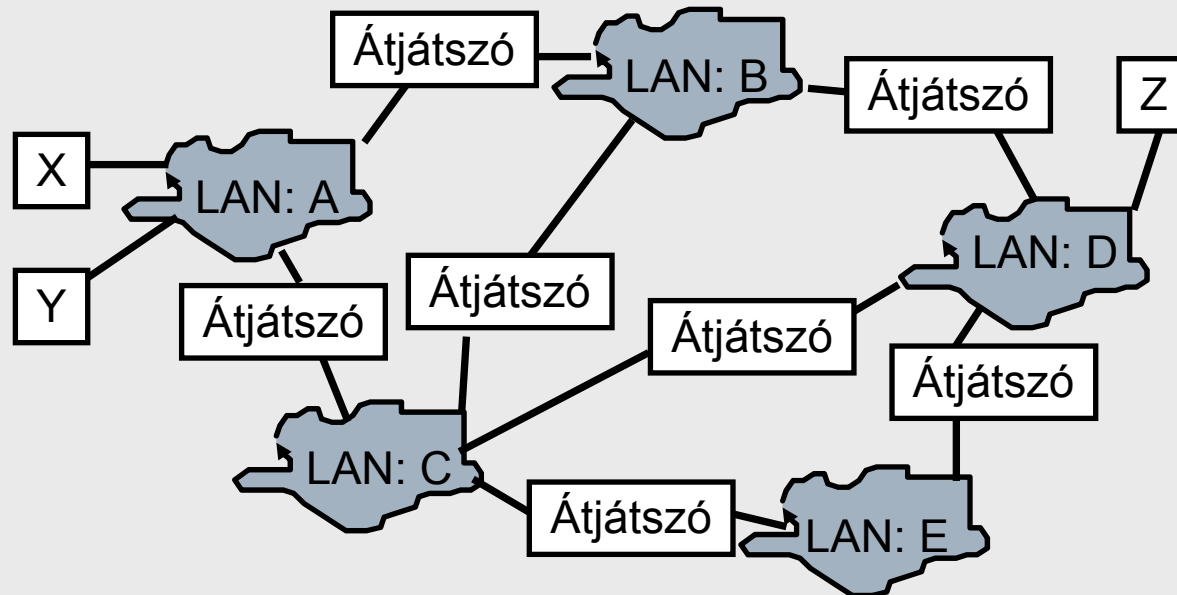
A LAN-ok korlátainak átlépése

□ Korlátok:

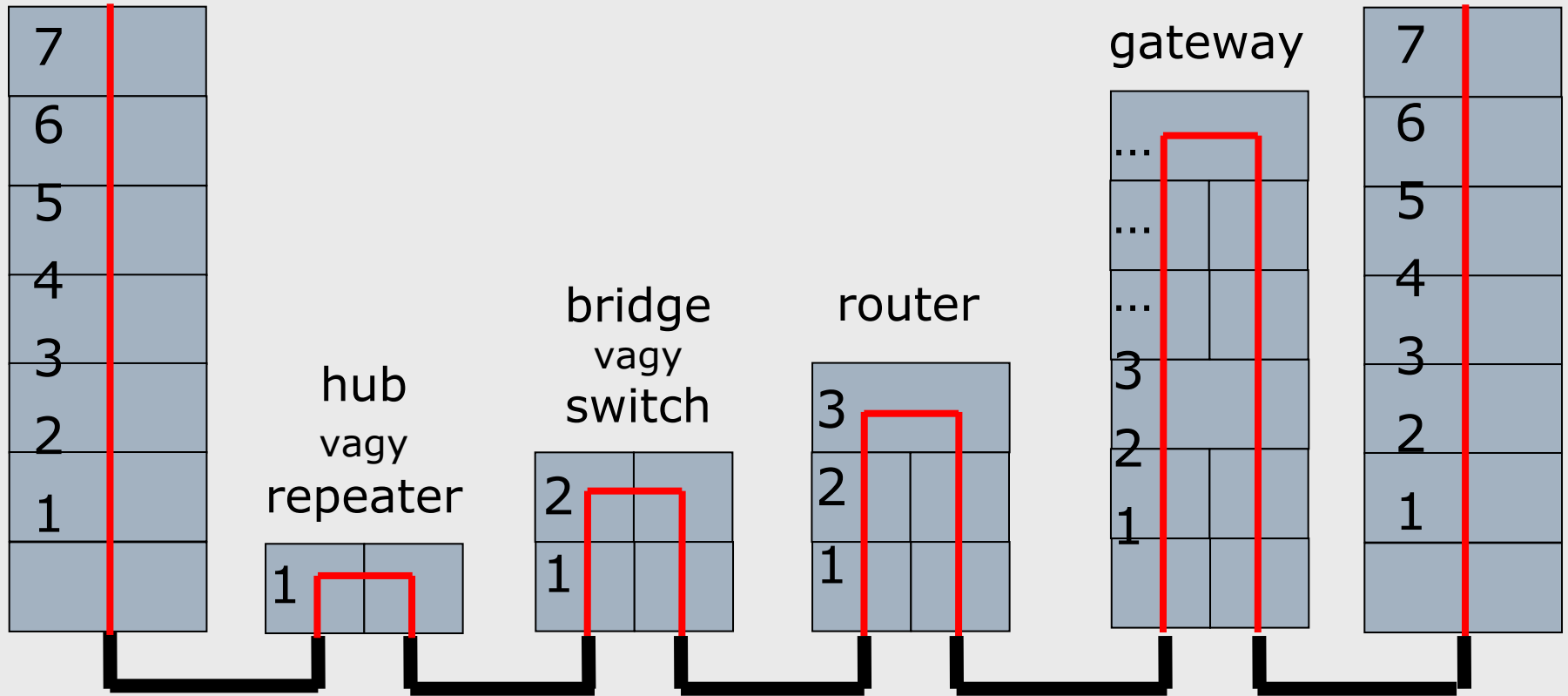
- távolság
- állomások száma
- állomások típusa

□ LAN-ok kiterjesztése:

- A LAN-korlátokat egy **átjátszó** segítségével átléphetjük



Különböző képességű átjátszók



Átjátszó eszközök megnevezése

Angol név	Magyar név	OSI réteg	A portok száma tipikusan	Funkcionalitás
repeater	jelismétlő	L1	2	jelerősítés, -továbbítás
hub	hub (többportos jelismétlő)	L1	4-16	jelerősítés, -továbbítás minden porton; több eszköz összekapcsolása
bridge	híd	L2	2-8	nem ütköző szegmensek összeköttetése; továbbítás csak a szükséges porton; átviteli közegek közötti konverzió újrakeretézéssel
switch	switch (kapcsoló)	L2	4-48	nem ütköző szegmensek összeköttetése; továbbítás csak a szükséges porton, azonos közegen, újrakeretetés nélkül
router	útválasztó	L3	2-10	útválasztás L3 címek alapján
gateway	átjáró	>L3	2-4	protokollkonverzió, -együttműködés

Bridge-ek és switchek (Hidak és kapcsolók)

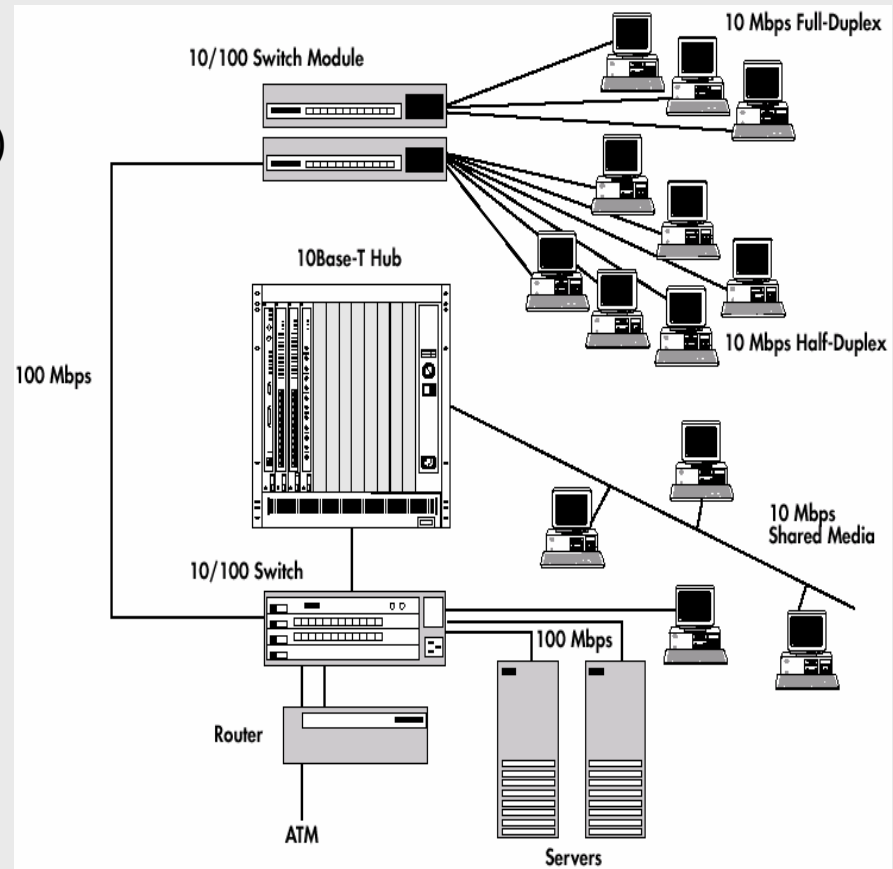
- Nagyon hasonló a kettő:
 - Adatkapcsolati rétegbeli összeköttetésekre használjuk LAN-okban
- Történetileg:
 - Először: híd
 - Később: kapcsoló a LAN-okban (kapcsolt Ethernetben)
- Az összeköttetés
 - Híd: tipikusan LAN-szegmenseket köt össze
 - Kapcsoló: LAN-szegmenseket és egyedi munkaállomások is összeköthetők
- A híd képes lehet különböző LAN-okat összekötni (pl. Ethernetet token ringgel), de
 - különböző keretformátumok kezelése, darabolás, összerakás stb.
- Az eszközök megvalósítása tipikusan „tárolj és továbbíts” (store and forward) (közös memória, kapcsolómátrix nélkül)

Switch (kapcsoló)

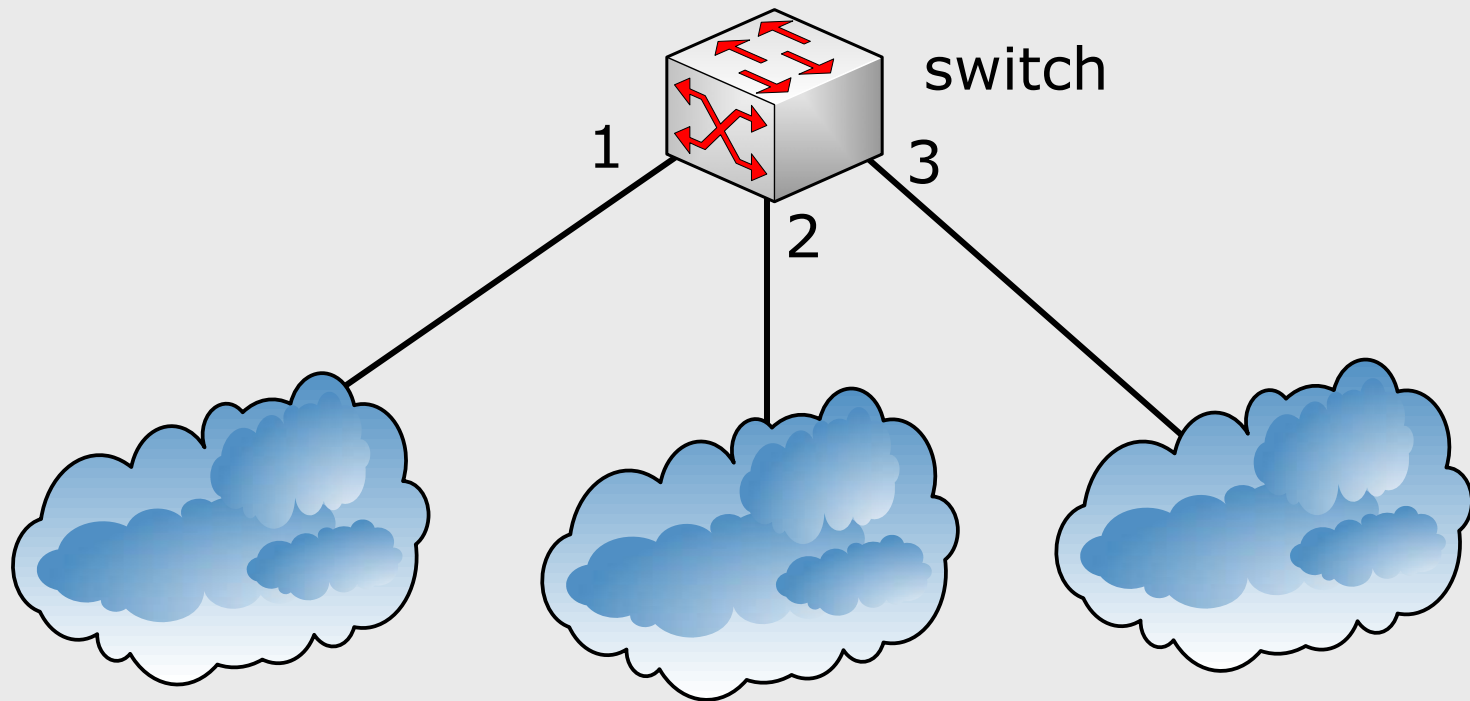
- Adatkapcsolati rétegbeli eszköz
 - tárolja és továbbítja az Ethernet-kereteket
 - megvizsgálja a keretfejrészt és szelektíven továbbítja a keretet a MAC célcím alapján
 - a keretek továbbításakor CSMA/CD-t használ
- Transzparens
 - a végpontok nem tudnak a kapcsolók jelenlétéről
- Plug-and-play, self-learning
 - a kapcsolókat nem kell konfigurálni

A switchek technológiája

- A switchek felépítése:
 - Kapcsolómátrix
 - Nagysebességű hátlap (1 Gbit/s)
 - Vonali kártyák (4-32 db)
 - Kártyánként 1-8 port
- Működés:
 - A kártya portjai belső LAN-okat alkotnak, minden port egy ütközési tartomány (CSMA/CD).
 - A kapcsoló belsejében nincs ütközés.
 - Portok pufferelek, képesek a duplex működésre.
- Manapság:
 - Gyorsabbak – több Gbps átvitel
 - Integráltabbak – nincsenek külön kártyák



Kerettovábbítás szegmensek között



Hogyan határozza meg a switch, hogy melyik szegmensre kell továbbítania?

Kapcsolótábla és öntanulás (self-learning)

- **Kapcsolótábla (switching table)** bejegyzésekkel
 - A bejegyzések tartalma:
 - MAC cím (MAC Address)
 - Port (Interface)
 - Időbélyeg (Time Stamp)
 - Jelentése: Milyen című állomás a switch mely portján érhető el, és egy a bejegyzés milyen régi.
- **Öntanulás (self-learning)**
 - **Megtanulja, hogy melyik végpontokat melyik interfészeken keresztül tudja elérni:**
 - **Amikor a switch vesz egy keretet:**
 - megnézi a switching table-t a **küldő MAC címe** alapján
 - if** van bejegyzés a küldő MAC címre
 - then** a hozzá tartozó időbélyeg frissítése
 - else** bejegyzés készítése
 - (a küldő MAC címének felvétele a kapcsolótáblába annak a portnak az azonosítójával, amelyről a keret érkezett)
 - **Öregítés (aging):** régi bejegyzéseket törli az időbélyeg alapján

Szűrés/továbbítás

Amikor a switch vesz egy keretet:

megnézi a switching table-t a MAC cél-cím alapján

if van bejegyzés az adott MAC cél-címre

then {

if a cél azon a szegmensen van, ahonnan jött a keret

then eldobja a keretet

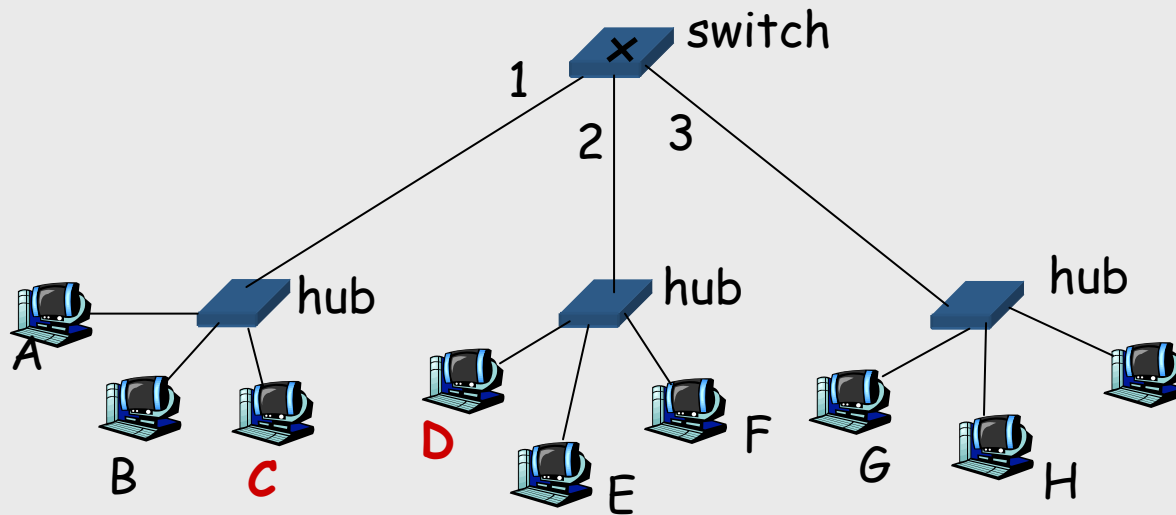
else továbbítja a megadott interfészre

}

else elárasztás

*továbbítás minden interfészre,
kivéve azt, amelyről érkezett*

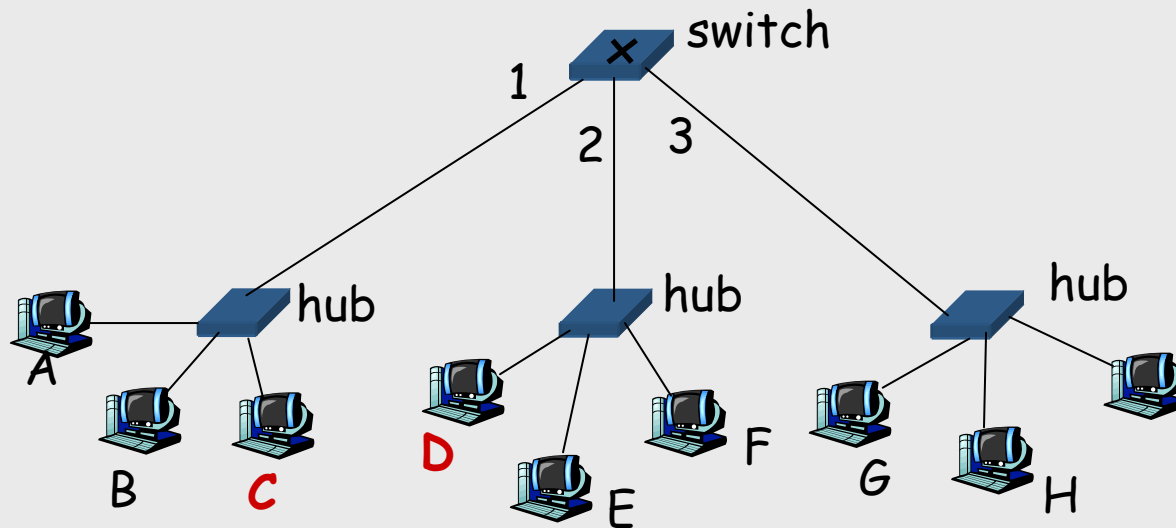
Példa



address	interface
A	1
B	1
E	2
G	3
I	

- A switch vesz egy C-től D-nek menő keretet
 - bejegyzi a táblába, hogy C az 1-es interfészen érhető el
 - mivel D nincs benne a táblában, továbbítja a keretet a 2 és 3 interfészre
- D veszi a keretet

Példa (folytatás)

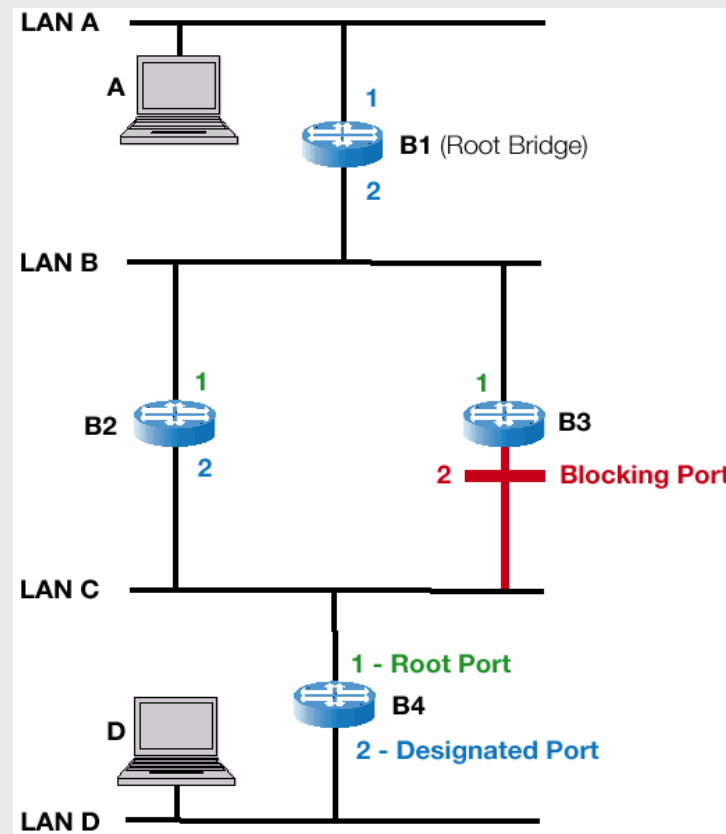
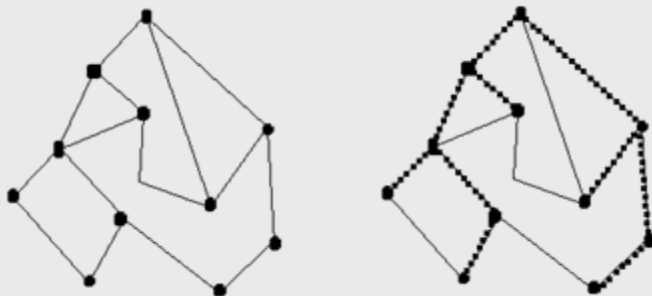


address	interface
A	1
B	1
C	1
E	2
G	3

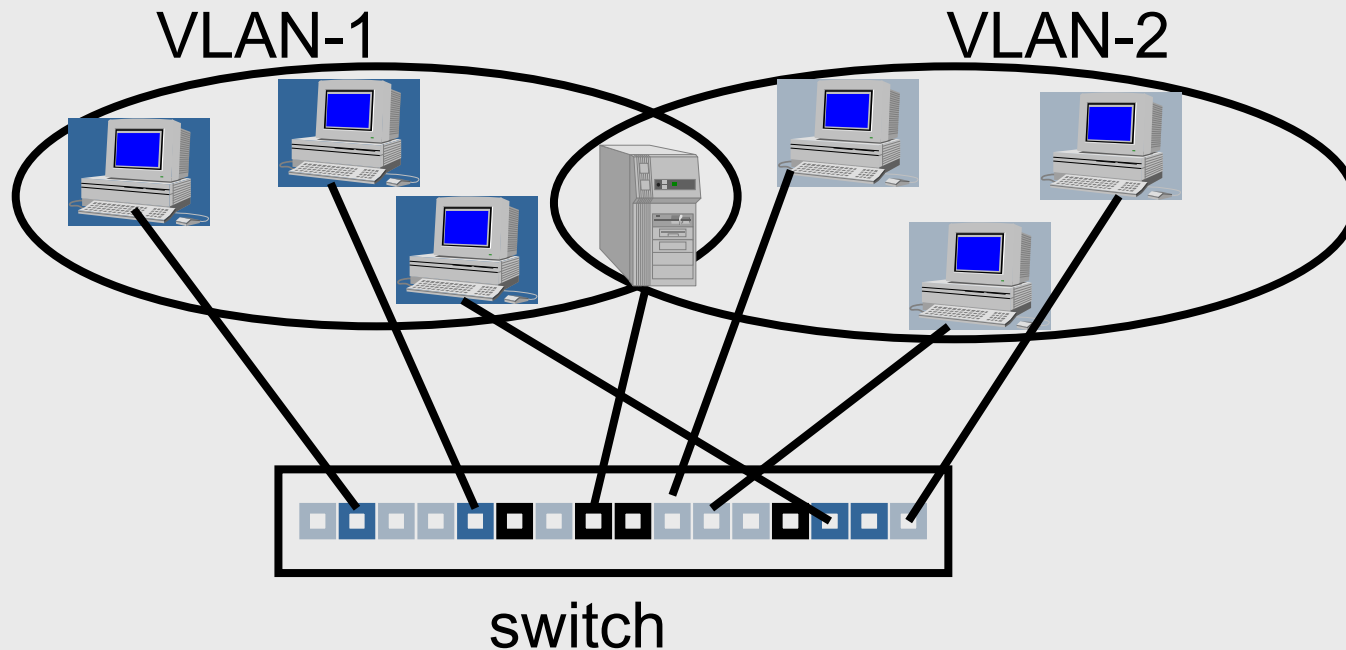
- A switch veszi a keretet D-től
 - bejegyzi a táblába, hogy D a 2-es interfészen érhető el
 - mivel C benne van a táblában, továbbítja a keretet az 1-es interfészre (csak oda)
- C veszi a keretet

Hidak/kapcsolók: a feszítőfás algoritmus (spanning tree bridge)

- Megbízhatóság növelése: párhuzamos hidak
- Feszítőfa kell a kerettovábbításhoz
- Root port meghatározása
- Feszítőfa meghatározása
- Ha nem minden eszköz ismeri a feszítőfa-protokollt, úgy a hurok a hálózat működésképtelenségét okozzák



Virtuális LAN-ok, VLAN-ok, „egyszerű” VLAN



A két VLAN olyan, mintha két külön hálózat lenne!
(az állomások nem „látják” egymást MAC szinten)

Medium Access Control – az Ethernet-keretek felépítése

Előtag 7 byte	SFD 1 byte	Célcím 6 byte	Forráscím 6 byte	Típus/hossz 2 byte	Adat 46-1500 byte	CRC 4 byte
------------------	---------------	------------------	---------------------	-----------------------	----------------------	---------------

Keret hossza
(64-1518 byte)

- ❑ Előtag (preamble) (7 byte): 10101010...
- ❑ SFD (Start Frame Delimiter) – keret kezdete (1 byte)
- ❑ Célcím (6 byte), pl. 00:DA:07:9B:43:1B
- ❑ Forráscím (6 byte)
- ❑ Típus/hossz (2 byte): az adatmező típusa és hossza
- ❑ Adat: min. 46 byte, max. 1500 byte
- ❑ CRC - ellenőrző összeg (4 byte)

Az IEEE 802.1Q VLAN – Virtuális LAN

Byte	Bit	1	2	3	4	5	6	7	8
1-6		Destination MAC address							
7-12		Source MAC address							
13-14		"Tag Protocol ID" 802.1Q							
15		User Priority		CFI		VLAN identifier			
16									
17-18		Type/Length							

Prioritások kezelése: 802.1p