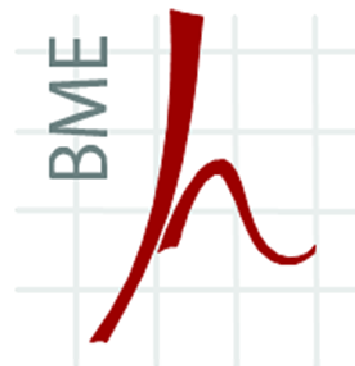




LOKÁLIS HÁLÓZATOK 1.RÉSZ

Az Ethernet (IEEE 802.3)

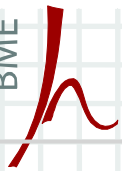
Dr. Simon Vilmos
adjunktus

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu

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* – városi/nagyvárosi hálózat
 - eredetileg: egy tipikus USA-beli **metropolitan area**, de nem feltétlenül város
 - **néhány tíz km**
- LAN – *Local Area Network* – helyi v. lokális hálózat
 - tipikusan **vállalaton, intézményen belüli** hálózat
 - max. **néhány km-es** távolságok
- PAN – *Personal Area Network* – személyi hálózat



I. Az „Ethernet”

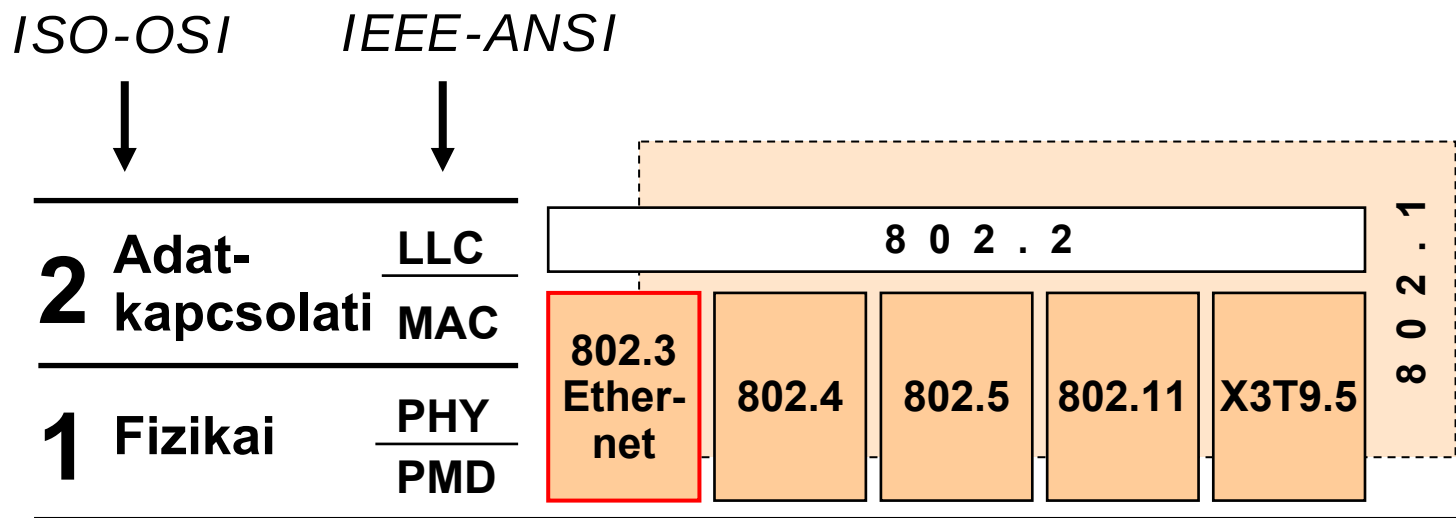
- IEEE 802.3 Ethernet (a „klasszikus” E.)
- *IEEE 802.3u Fast Ethernet*
- *IEEE 802.3z Gbit/s Ethernet*
- *IEEE 802.3ae 10 Gbit/s Ethernet*

II. További LAN-ok

- „Token ring” – 802.5
- FDDI (ANSI)

III. LAN-ok összekapcsolása

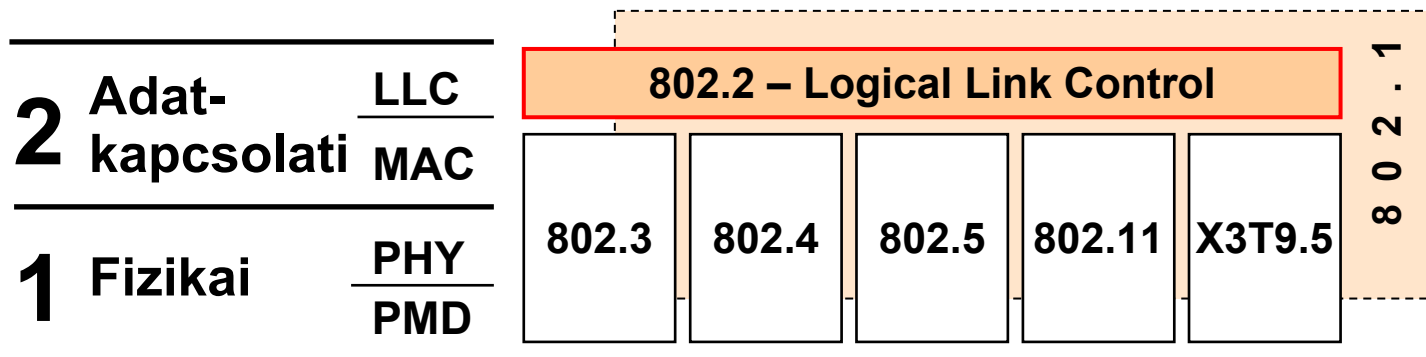
A lokális hálózatok architektúrája



- **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



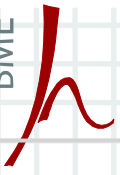
- Feladatai:
 - **A 3. rétegbeli protokoll számára megbízható átvitel biztosítása**
 - Forgalomszabályozás
 - Hibaérzékelés, -javítás
- Szolgáltatások:
 - Nyugtázatlan, összeköttetésmentes (datagram)
 - Nyugtázott, összeköttetésmentes (datagram)
 - Nyugtázott, összeköttetés-alapú
- **Nem biztos, hogy 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: Robert Metcalfe
- A Digital Equipment, Intel, és Xerox mint DIX 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 vs. Token bus-Token ring

- Komoly verseny volt a három között (80-as évek)
- Ethernet sikere: CSMA/CD
 - Előny: mindenki hallott mindenkit a csatornán
 - Hátrány: minimum csomagméret és útvonalhossz összerendelve
- Metcalfe sikertörténete: 3Com

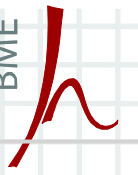


Ethernet – jelölésrendszer

A	B	C
10	Base	5
1000	Base	T

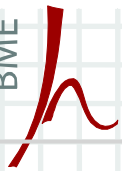
- „A” rész: Adatsebesség
 - **1 = 1 Mbit/s**
 - **10 = 10 Mbit/s, ...**
- „B” rész:
 - **Base = alapsávi (baseband) átvitel**
 - **Broad = „szélessávú” (broadband) átvitel**

- „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



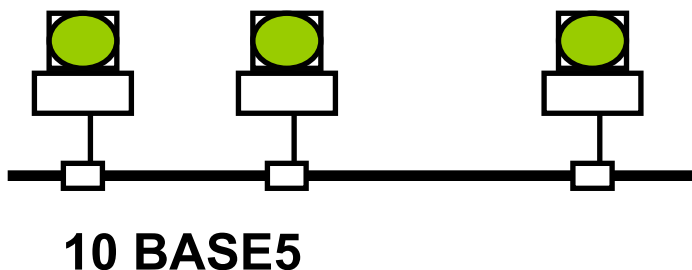
A fizikai réteg feladatai

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

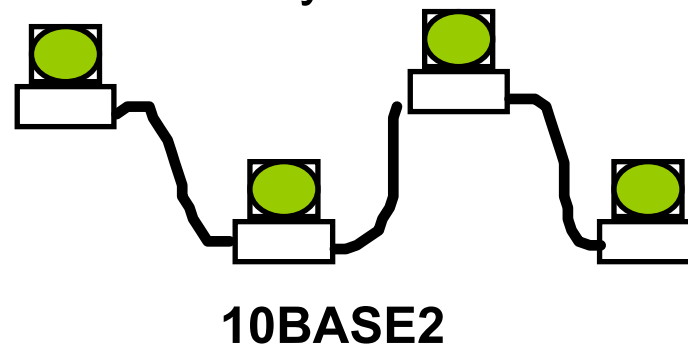


Kábelezési megoldások

„Eredeti” vastag (yellow) kábeles

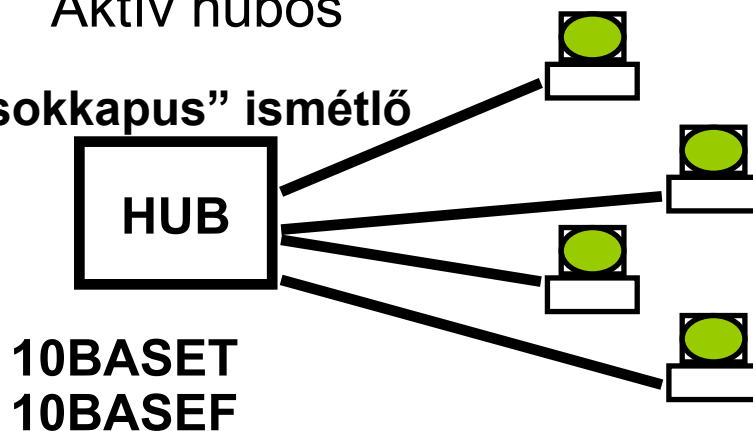


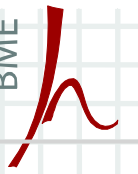
Vékony kábeles



Aktív hubos

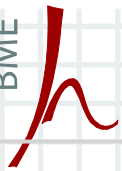
hub = „sokkapus” ismétlő



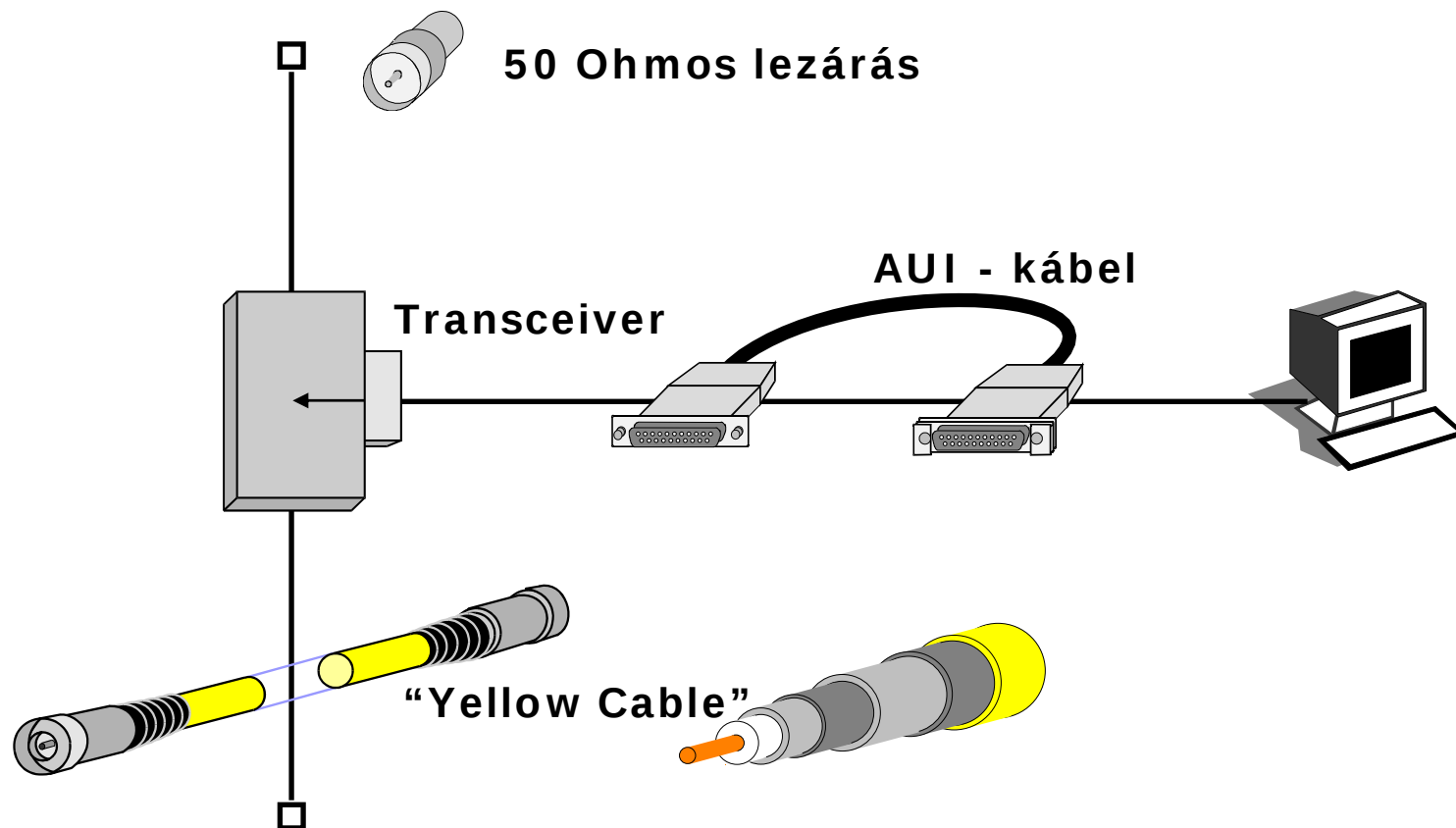


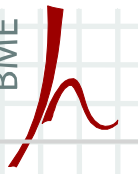
10 Base 5 (Vastag Ethernet)

- Első kábelezési megoldás: koaxiálisra tervezve
 - „Kerti locsolócső”: tűzvédelem
- Állomás csatlakoztatása: vámpír csatlakozóval
- Alapsávú, de létezett szélessávú változat is
 - 10Board36, eltűnt
- CSMA/CD
- Rövid maximális szegmens: időzítés és jelcsillapítás miatt
 - Max 100 adó; 2.5 méterenként



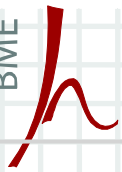
Ethernet kábelezés: 10 Base 5



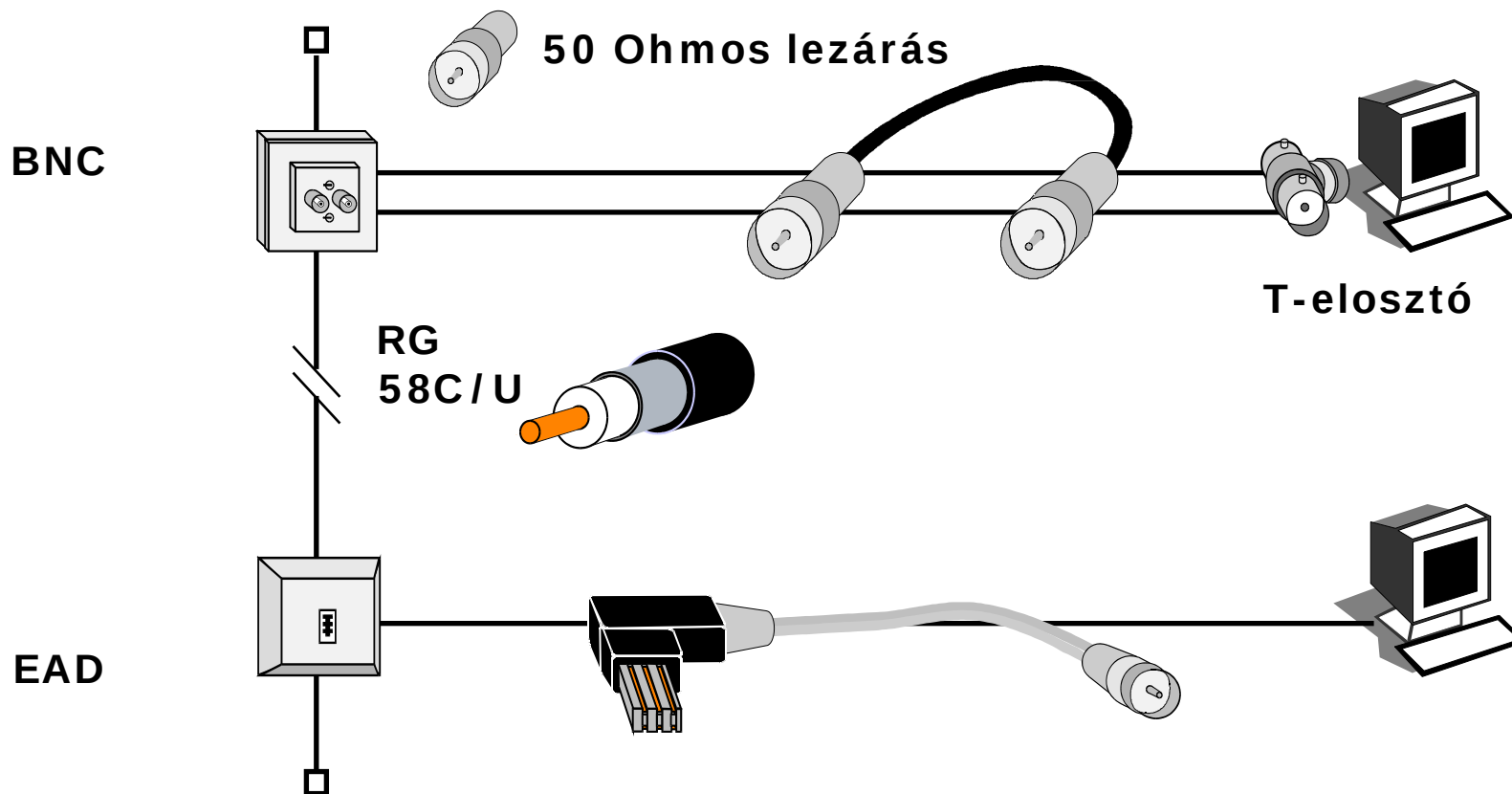


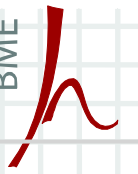
10 Base 2 (Vékony Ethernet)

- BNC csatlakozók, T elosztók, vékony koaxiális kábel
- Max. 30 adó per szegmens
- Sok csatlakozó: sérülékeny, ilyenkor teljes kommunikáció leáll!
 - Kiváltotta a 10BaseT (hubos megoldás)
 - Előnye: olcsóbb mint a hubos megoldás
 - Hátránya: nehéz lenyomozni a hibát
- Kis otthoni hálózatokra jó lenne, de már teljesen eltűnt, ahogy a 10Base5 is



Ethernet kábelezés: 10 Base 2

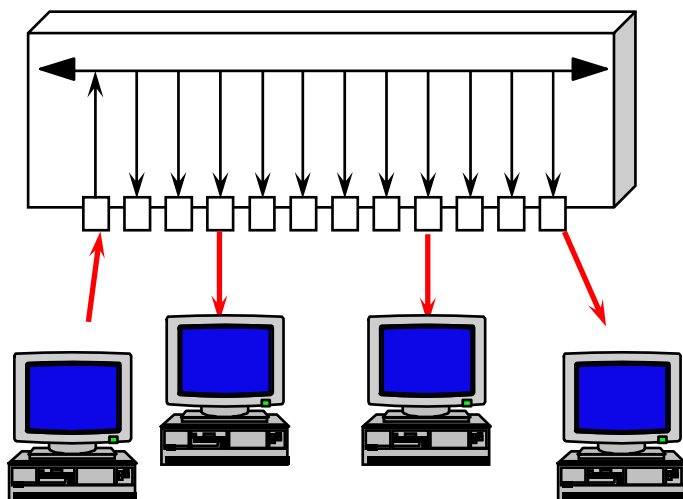




Ethernet jelismétlő (repeater)

- Több szegmens összekötése
- **5-4-3 szabály** (10Mb/s)
 - 5 szegmens
 - 4 ismétlő
 - 3 szegmensben terminálok
- Ütközés: minden porton jam jelzés (ütközési tartomány)
- Kábel meghibásodás: csak az adott szegmensben
 - Rosszul csatlakozott terminál blokkolása
- Nem ismétlik a preamble-t, újat generálnak

10BaseT



- Sokkapus ismétlő (multiport repeater) / hub
- Valamely porton észlelt jel a hátlapra jut, onnan minden egyes porton adásra kerül
- Csavart érpárok (2 pár), RJ45 csatlakozó

Az esetleges ütközés a hubban jön létre !

Half-duplex: CSMA/CD

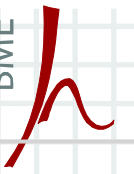
+:

- Tudja kezelni az ütközéseket
 - jam jelet sugároz ki
 - letilt portokat

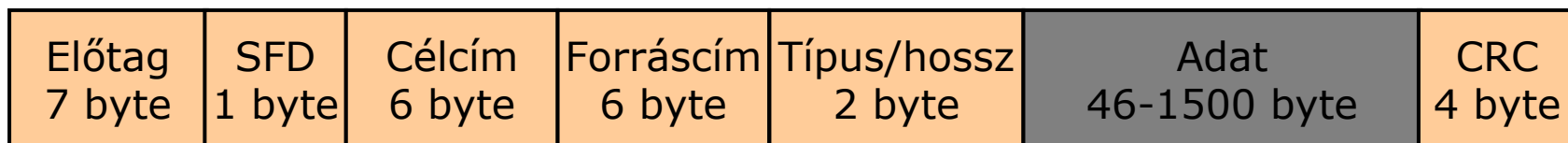
-:

- Minden keret minden portra
 - Korlátozott terminálszám
- Korlátozott hubszám
- Minden összekötött szegmens **egy sebességen és ugyanazon keretezéssel** működhet csak
- Megoldás: **bridge** (híd) és **switch** (kapcsoló) az adatkapcsolati rétegben

- A switchek olcsóbbá válásával elvesztették jelentőségüket
- Pár helyen alkalmazzák még őket:
 - Régi 10Base2 és 10Base5 szegmensek illesztése a mai hálózathoz
 - Protokoll analizátor illesztése a hálózathoz
 - Olyan switch-nél hol nincs STP (Spanning Tree Protocol), 2 port összekötése megbénítja a hálózatot, hubnál csak ez a rész esik ki



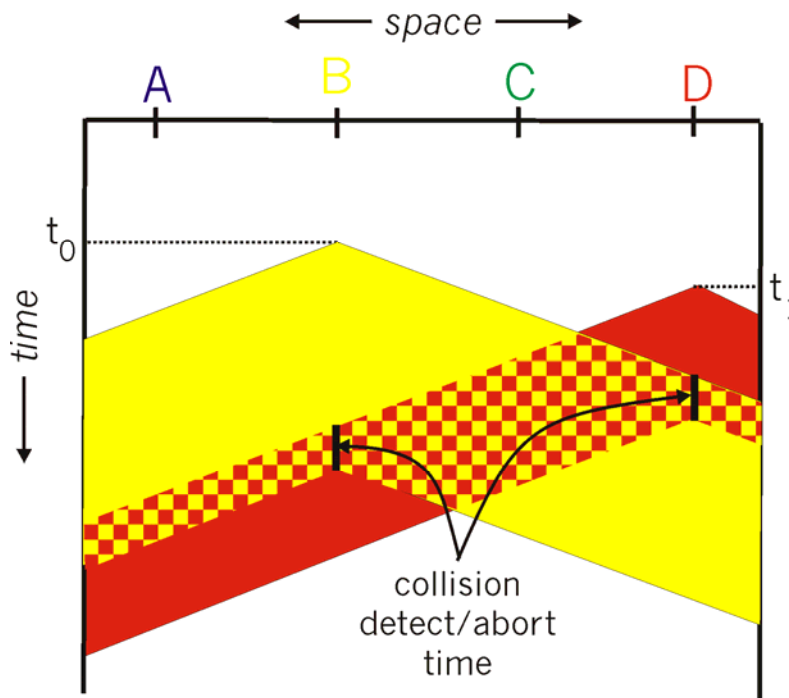
Medium Access Control – az Ethernet-keretek felépítése



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 hossza vagy típusa (1500 alatt vagy 1536 felett)
- Adat: min. 46 byte, max. 1500 byte
- CRC - ellenőrző összeg (4 byte)

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

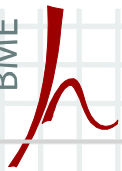


- Grafikus ábrázolás: az ütközési területnek folytonosnak kell lennie a busz mentén

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

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

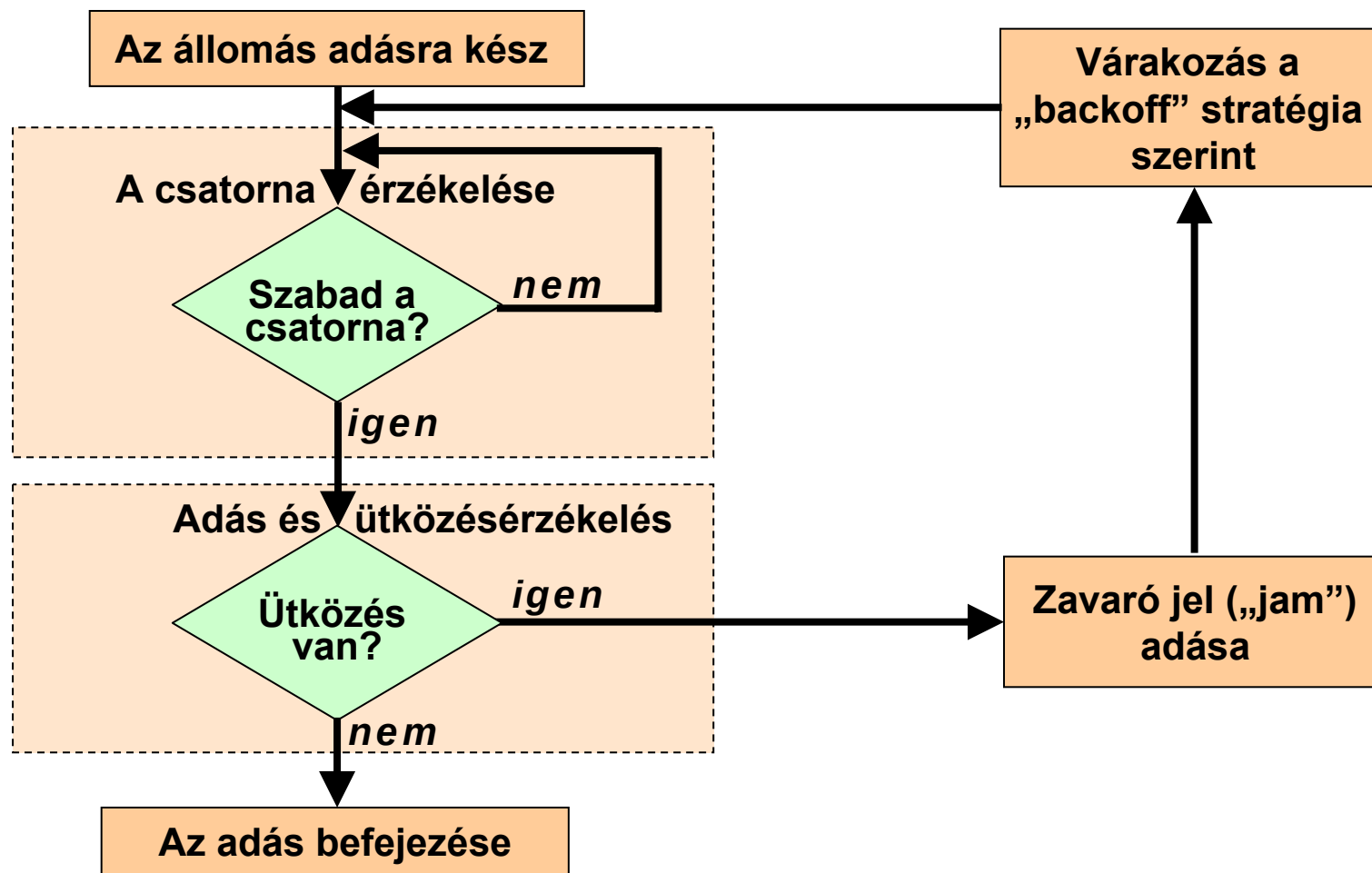
- L: szegmens (busz) hossza
 - C: jelterjedési sebesség
 - T: „résidő”
-
- Résidő = 51.2 μ s (2 * (2.5 km + 4 ismétlő késleltetése), 512 bit átvitelének ideje 10 Mb/s Ethernet esetén
 - Ezért minimális kerethossz 64 byte



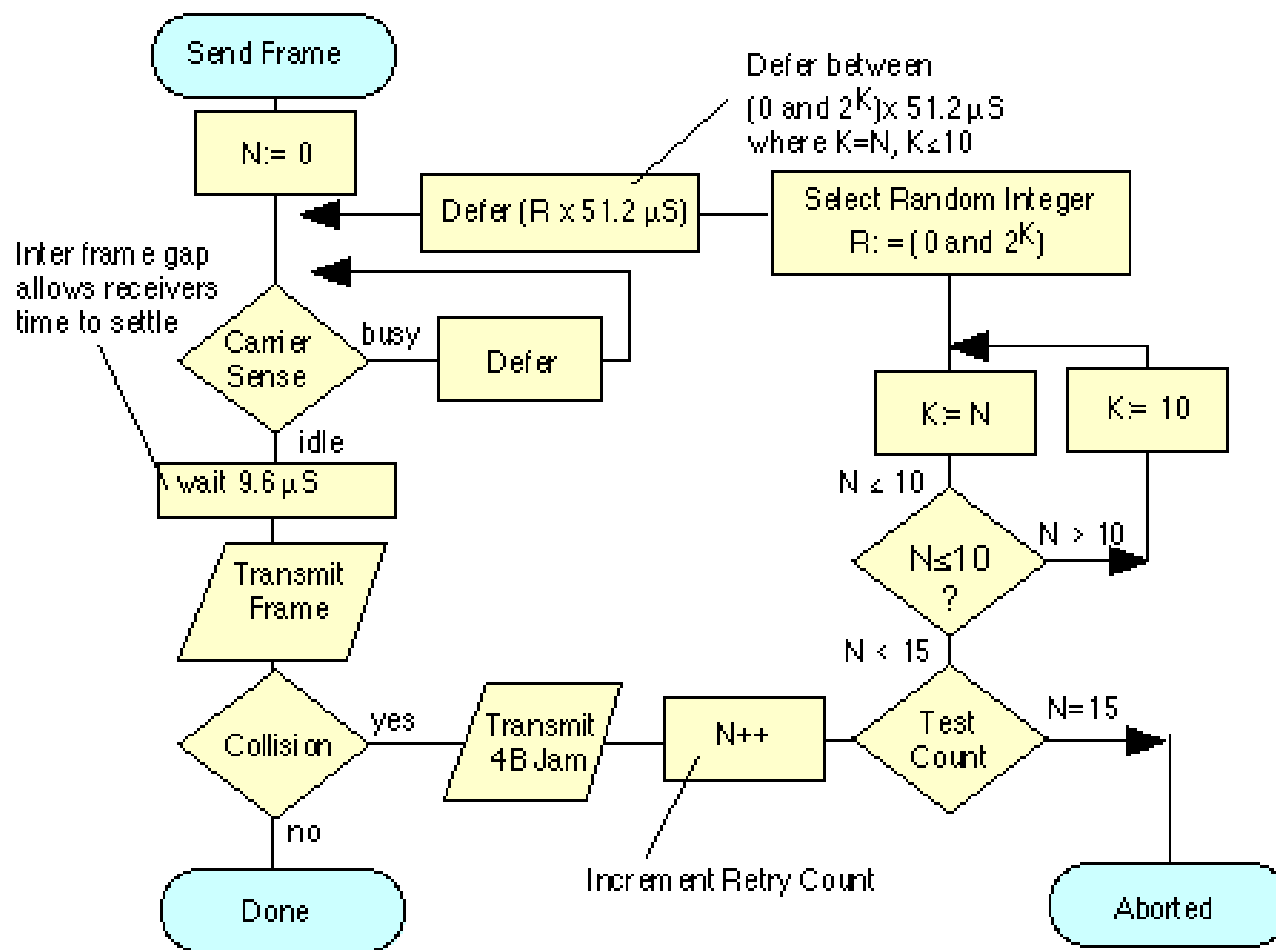
Medium Access Control – CSMA/CD

- 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)

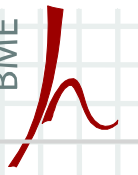
Medium Access Control – a CSMA/CD elvi folyamatábrája



Az Ethernet MAC-protokollja



- 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.)
- Jam (zavarás): 32-48 bitnyi ideig, hogy minden állomás biztosan érzékelje az ütközést (CRC hiba)



LAN-ok - tartalom

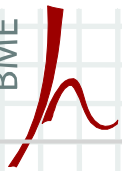
■ I. Az „Ethernet”

- *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. További LAN-ok

- „Token ring” – 802.5
- FDDI (ANSI)

III. LAN-ok összekapcsolása



Kapcsolt Ethernet

- Nagyobb forgalom kezelése a buszsebesség növelése nélkül
- Bridge (híd), kapcsoló (switch) bevezetése: nagyobb sebességű Ethernet
- MAC címek alapján szűrik/irányítják a szegmenseken belüli/közötti forgalmat
- Több szegmens összekapcsolása, eltérő szegmensebességek
- 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 802.3ae)

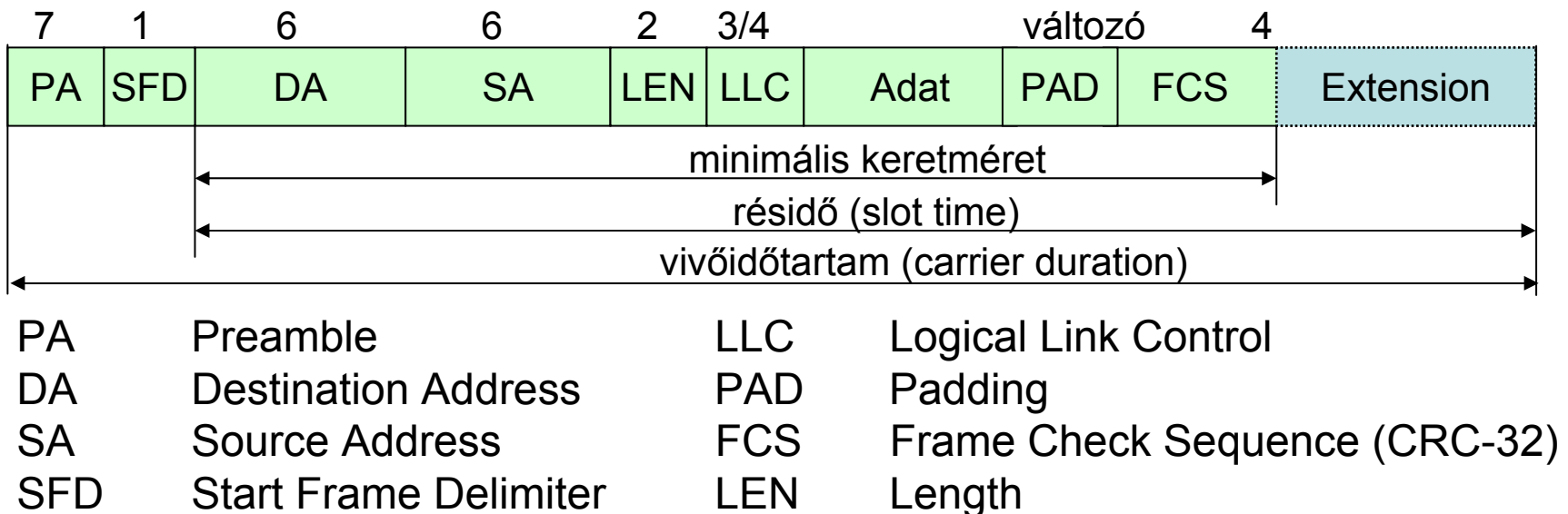
Jellemzők	10/100 Mbit/s	1 Gbit/s	10 Gbit/s
Fizikai közeg	▪ UTP ▪ üvegsz.	▪ koax ▪ UTP ▪ üveg	▪ üveg ▪ (rézv.)
Résidő (slot time) [byte]	64	512	NINCS CSMA/CD MAC PROT.
Küldési próbálkozás	16		
Visszalépési algoritmus korlátja	10		
Minimális keretméret [byte]	64		
Maximális keretméret [byte]	1518		

100 Base-X

- Különböző médiumokra (X) tervezték:
 - Category 5 árnyékolatlan (UTP) kábel
 - Category 5 árnyékolt (STP) kábel
 - Optikai szál
- Mindegyik más fizikai médiumfüggő alréteggel rendelkezik
- Az FDDI hálózatra kifejlesztett **4B5B** (4B/5B) **bit kódolást** adaptálták rá
- Különböző sebességű linkek: bridge-k megjelenése

IEEE 802.3z Gigabit Ethernet – Megnyújtott keretformátum

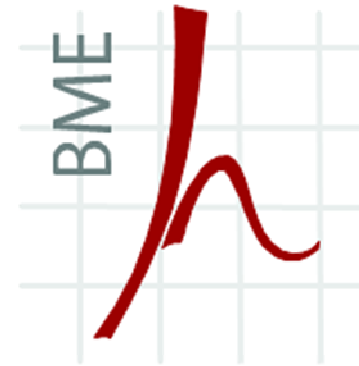
- „Félduplex” üzemmód:
 - Mint a klasszikus Ethernet, de sokkal rövidebb keretidők
 - Két megoldási lehetőség:
 - **Megnövelt kerethossz**
 - **Vivő kiterjesztés** (Carrier-extension) bitek hozzáadása a keretekhez
 - Ezt választották, mert ezzel nem változott a szabvány
- Ma tipikusan full duplex switchekkel



- 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 **full duplex switchekkel, nincs többé CSMA/CD**
- Főként üvegszál, de van rézvezetékes változata is
 - 7 különböző PHY-réteg

- 10 Gb Ethernet elterjedőben, pl. adatközpontok összekötésére
- 40 Gb és 100 Gb Ethernet: megszületett a szabvány 2010-ben, 802.3ba
- Metcalfe próféta: 2015-ig Terabit Ethernet, viszont ehhez teljesen új féle Ethernet szabványok

- Az Ethernet nagy fejlődésen ment át
 - Sebességben 3 nagyságrend!
 - Lefedési/alkalmazási területet illetően: LAN-tól 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



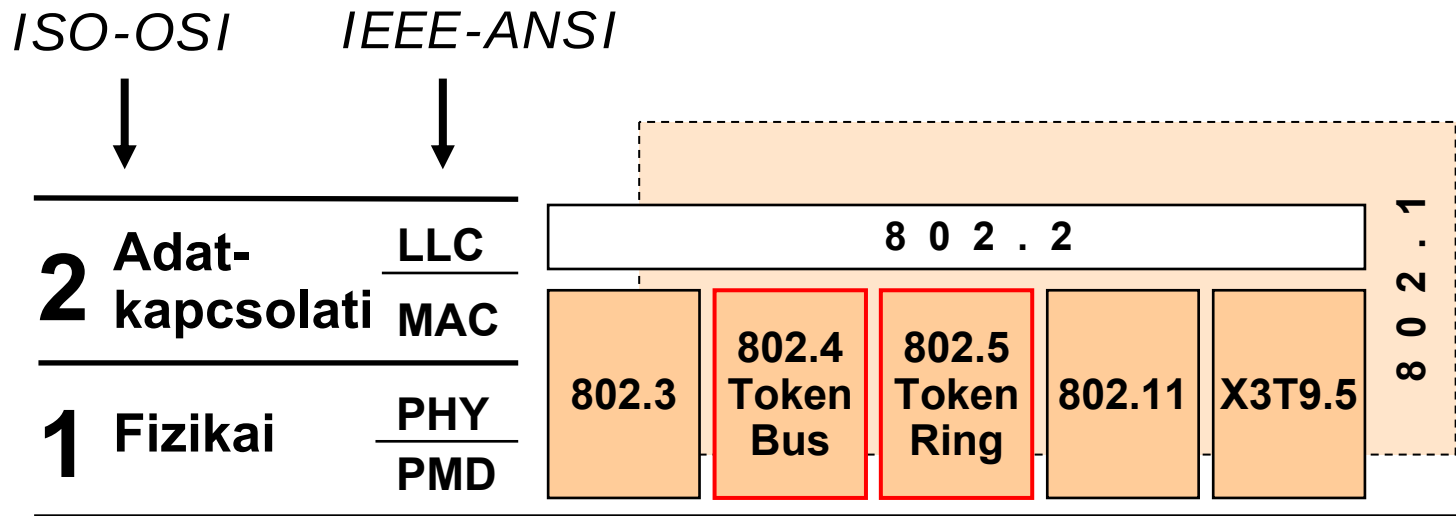
Lokális hálózatok II. rész

További lokális hálózatok:

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

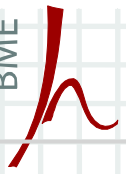
* nem tárgyaljuk

A lokális hálózatok architektúrája

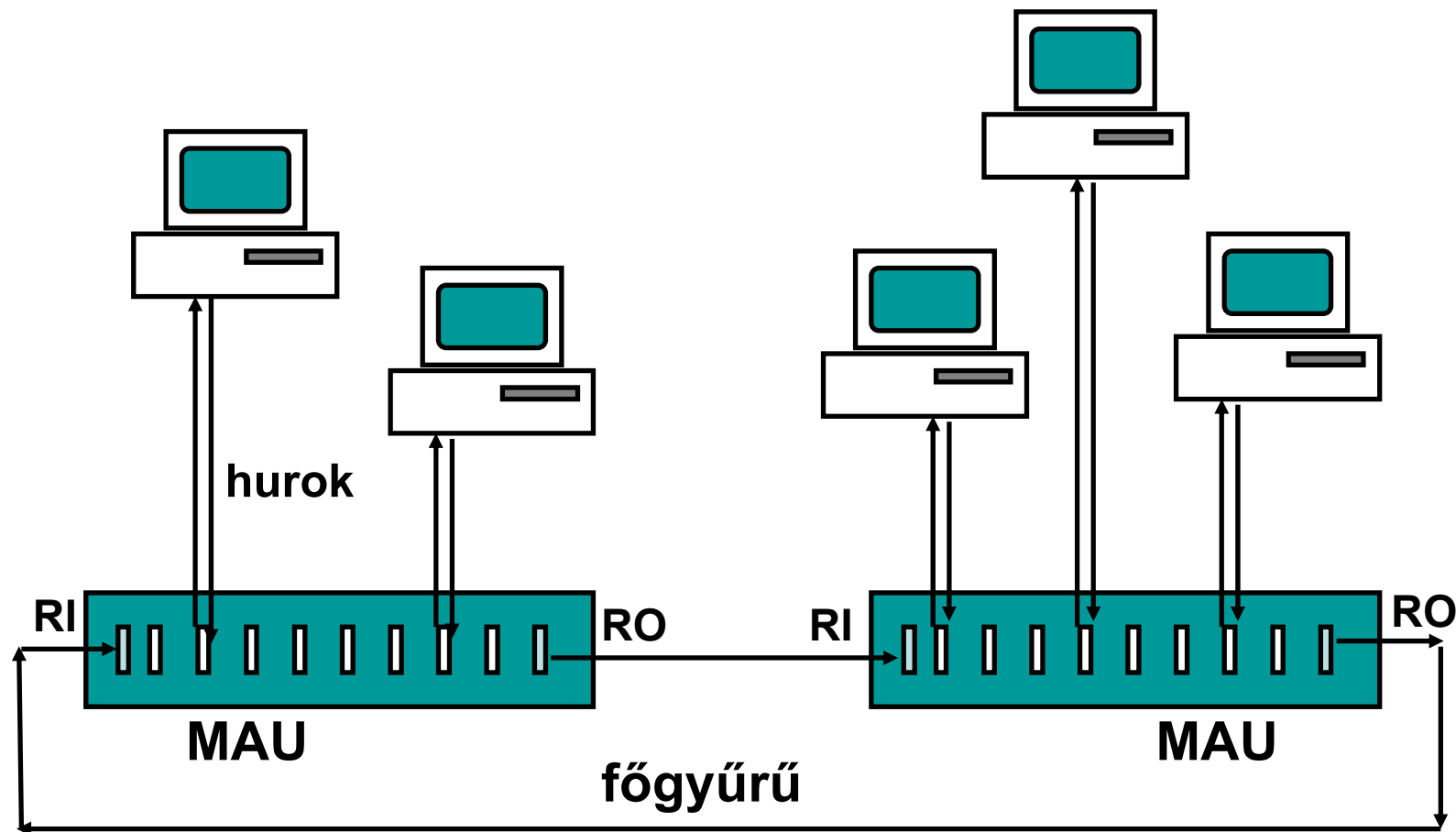


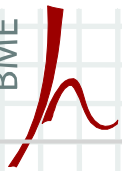
- LLC : Logical Link Control
- MAC: Medium Access Control
- PHY: Physical
- PMD: Physical Medium Dependent
- *802.1: közös funkciók valamennyi LAN-ra és MAN-ra*
- *pl. együttműködés, biztonság (interworking, security)*

- 802.4: Token bus (vezérjeles busz)
 - Talán a legjobb MAC protokoll, de bonyolult
 - A kezdeti ipari alkalmazások után kihalt (General Motors)
- 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*



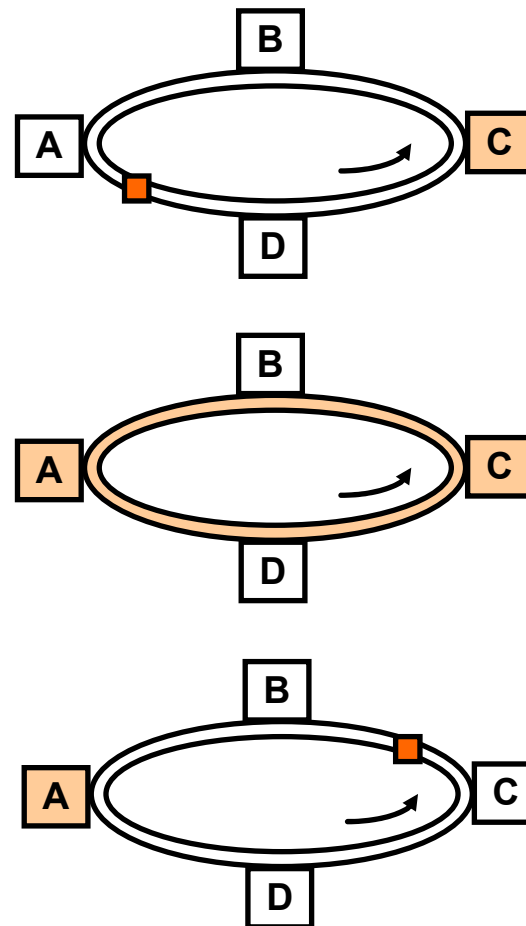
Token ring az IBM kábelezési rendszerén



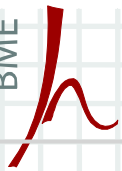


Az IEEE 802.5 szerinti tokenes protokoll működése

- Az adni kívánó állomás kivárja, míg megérkezik hozzá a token
 - a token egy speciális rövid keret, 3 Byte
 - megsérti a differenciális Manchester kódolást
- A tokent átírja üzenetkeretre, és kiegészíti az adatokkal
- Az állomások kimenetükre másolják a bemeneten jött adatokat
- A címzett feldolgozza a neki szóló keretet, továbbítja, mint a többi állomás
 - azzal a különbséggel, hogy a címzett a válasz biteket is beállítja a keret végén.
- A küldő kivonja a csomagot a gyűrűről
- A küldő új tokent indít útra



- Egy monitor állomás, többi standby állomás
- Monitor felügyeli:
 - egy token a gyűrűn
 - órajel biztosítása
 - levenni sokáig keringő kereteket
- Új monitor kijelölése versennyel ha:
 - nincs token vagy
 - nincs monitor



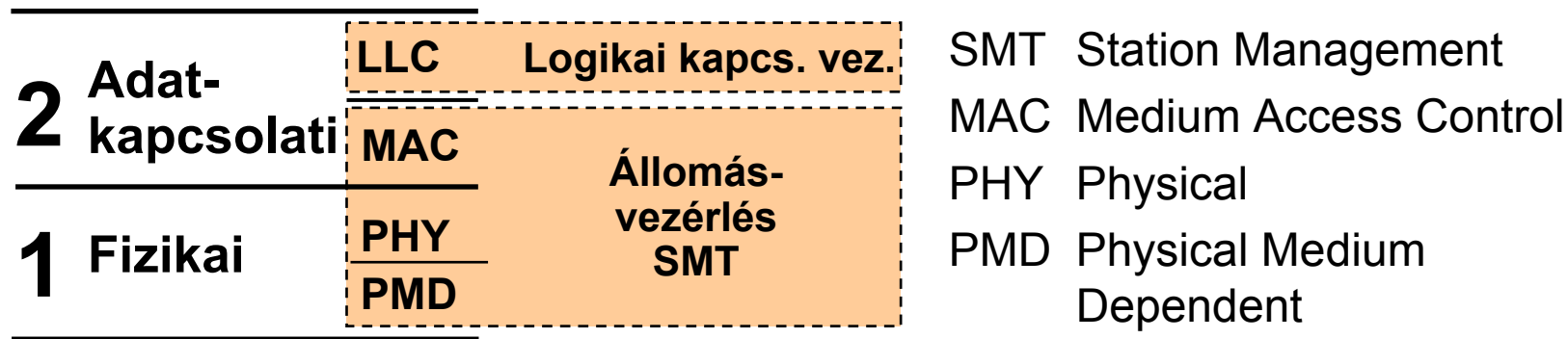
A vezérjel továbbadása

- **Lassú gyűrű: (4 Mbps)**
 - Egyszerre csak 1 keret van a gyűrűn
 - A vezérjelet a feladó állomás csak a keret visszaérkezése után továbbítja

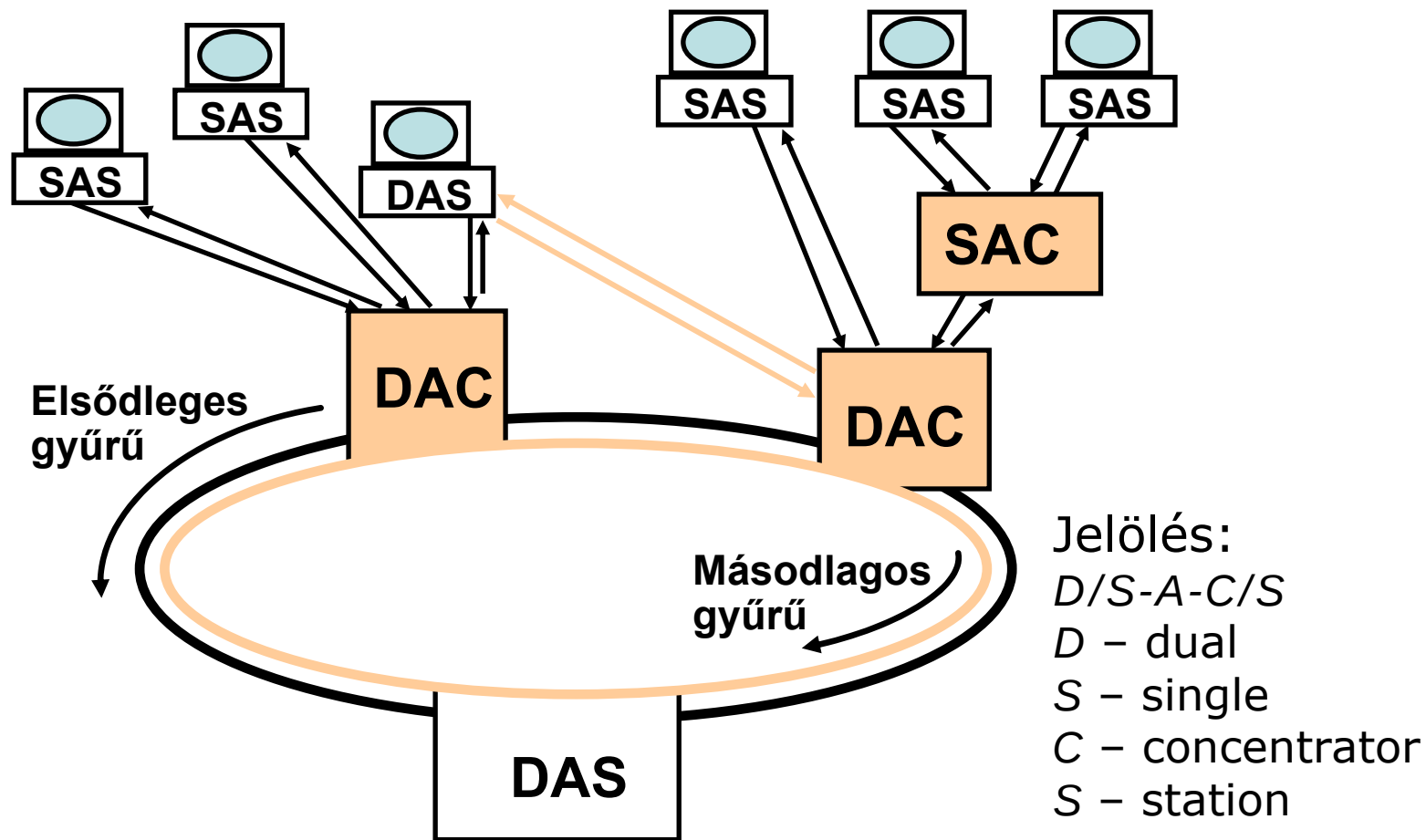
- **Gyorsabb gyűrű: (16 Mbps)**
 - Egyszerre több keret van a gyűrűben
 - A vezérjelet a feladó állomás a keret elküldése után azonnal továbbítja (early token release)

FDDI - Fiber Distributed Data Interface

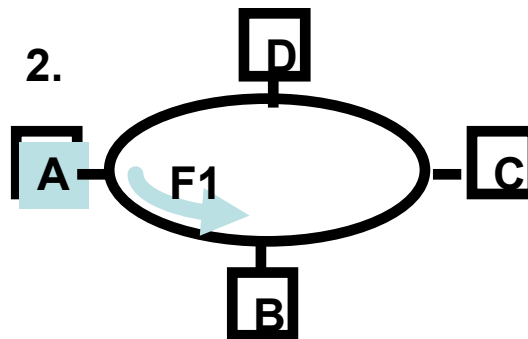
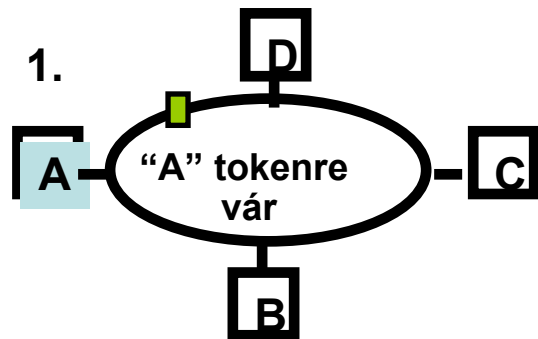
- Két optikai szál as gyűrű, melyekben az adatforgalom ellentétes irányú (tartalék meghibásodás esetén)
- Több-módusú üvegszálak, 4B/5B kódolás
- A LAN-okhoz képest nagyobb sebességgel és területi lefedéssel (100 Mbit/s, 100-200 km), MAN-ra is jó
- Tokenes közeghozzáférési protokoll
- Logikai gyűrű, fizikai gyűrű- és fa-topológia



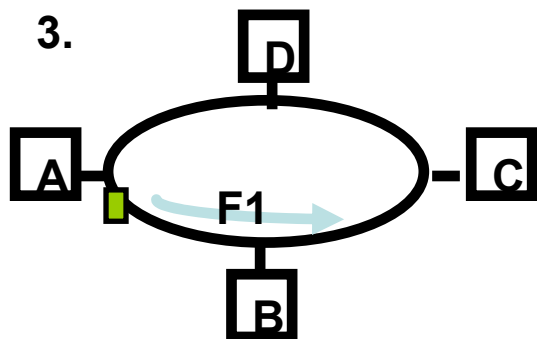
Az FDDI topológiája



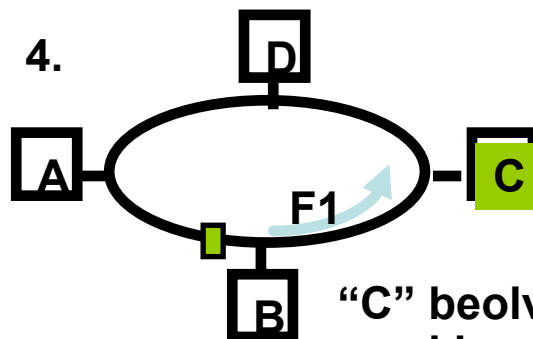
Az FDDI tokenes protokolljának működése



"A" a token helyett F1-et küldi C-nek

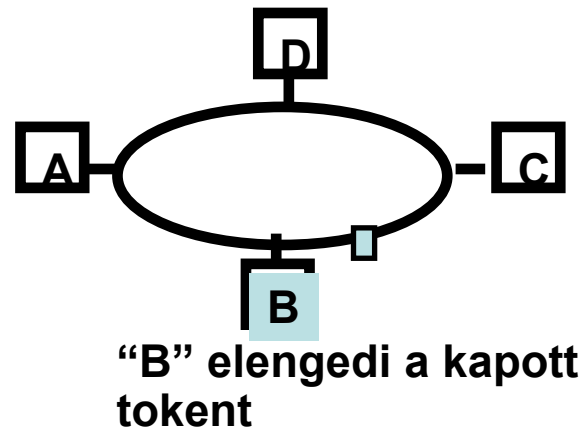
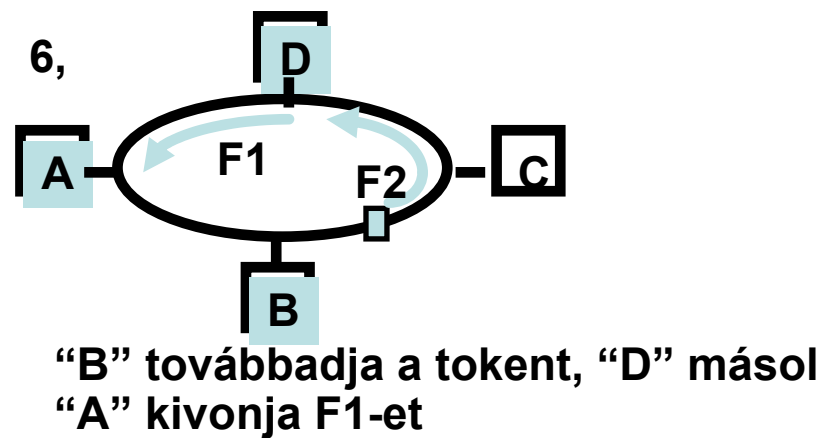
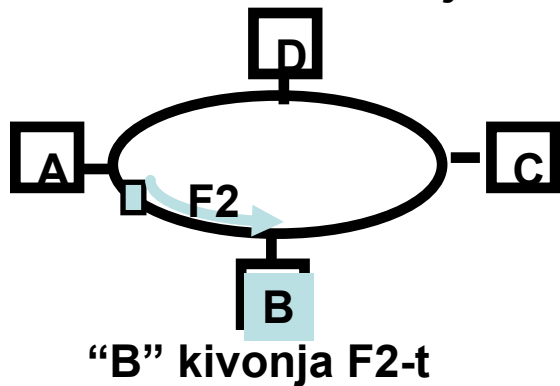
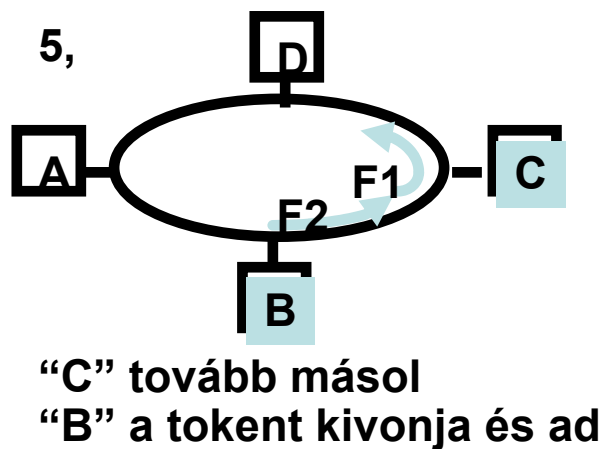


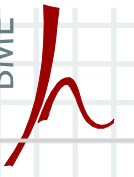
F1 után azonnal továbbadja a token



"C" beolvassa a neki szóló F1-et és másol

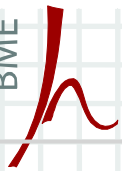
Az FDDI tokenes protokolljának működése





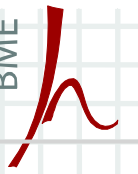
FDDI vs. token ring

- Token ring: egy állomás addig nem állít elő új vezérjelet, amíg kerete a gyűrű körbejárása után vissza nem ért (lassú gyűrű)
- FDDI: a keret elküldésének pillanata után már új vezérjelet bocsáthat ki a gyűrűre
 - Pl. 1000 állomás, 200 km optikai szál: jelentős késleltetés lenne enélkül
 - egy nagy gyűrűben akár több keret is keringhet egyszerre



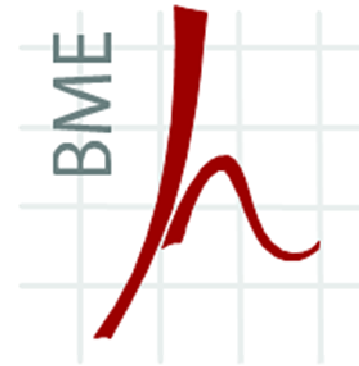
Az FDDI MAC protokollja a „timed token ring” protokoll

- Az állomások megállapodnak egy megcélzott TRT-ben (Token Rotation Time)
 - $TRT = \text{a gyűrű teljes késleltetése} + \text{adási idők}$
- 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



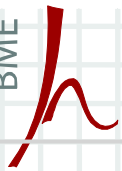
FDDI alkalmazása

- 90-es évek elején népszerű volt
 - Ethernet akkor csak 10Mb/s, token ring 4Mb/s vagy 16Mb/s
- Fast Ethernet már jóval olcsóbb volt, Gigabit Ethernet pedig gyorsabb és olcsóbb



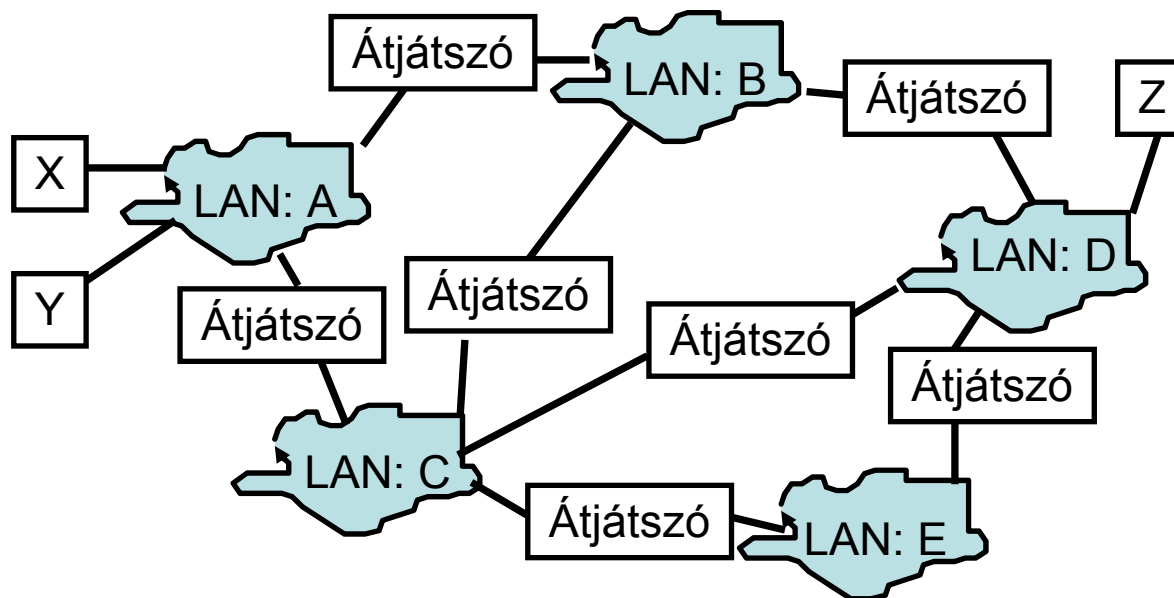
Lokális hálózatok III. rész

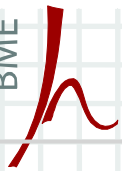
LAN-ok összekapcsolása



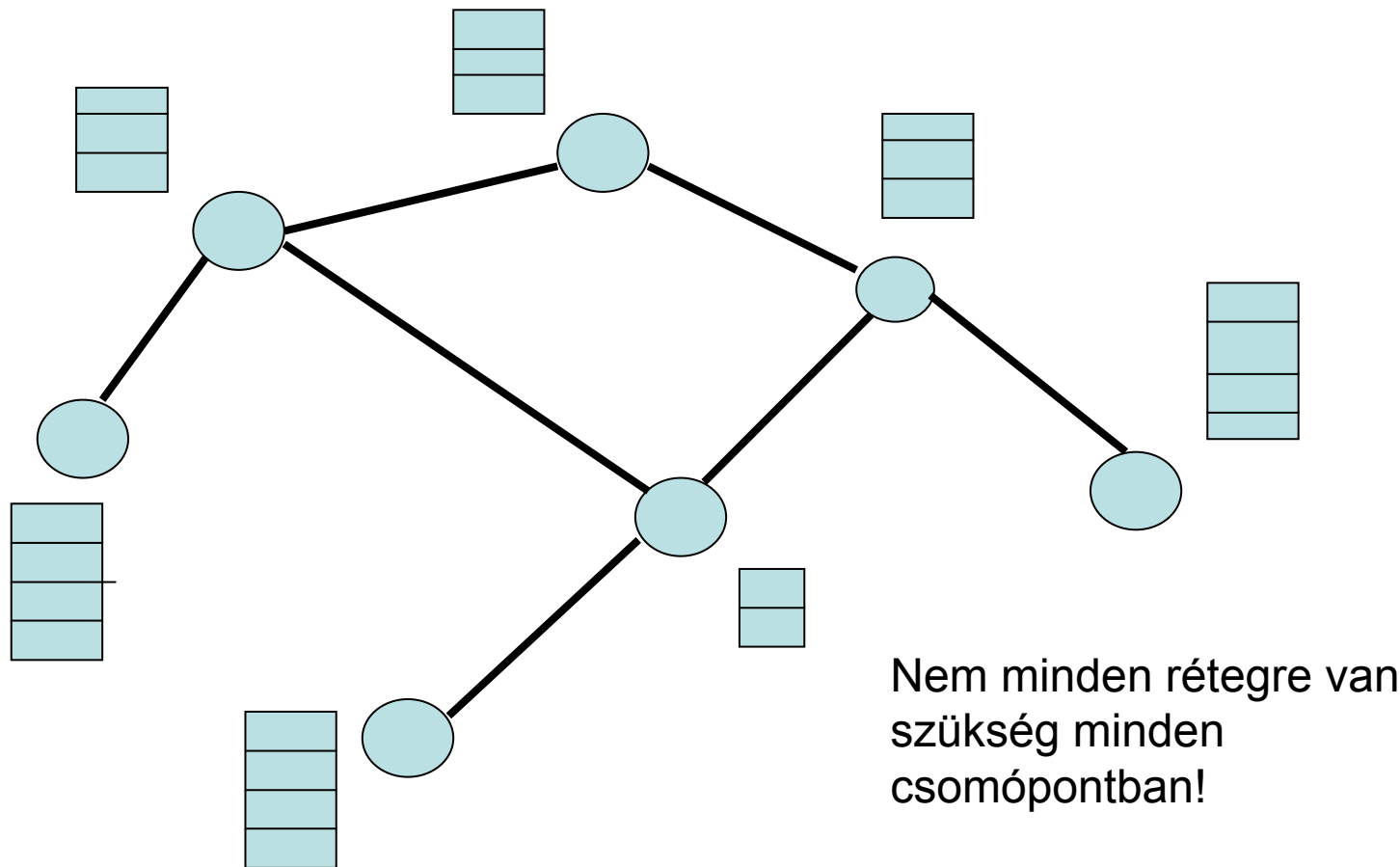
A LAN-ok korlátainak átlépése

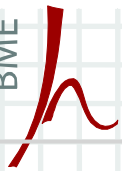
- Korlátok:
 - távolság
 - állomások száma
 - állomások típusa
- LAN-ok kiterjesztése:
 - A LAN-korlátokat egy **átjátszó** segítségével átléphetjük



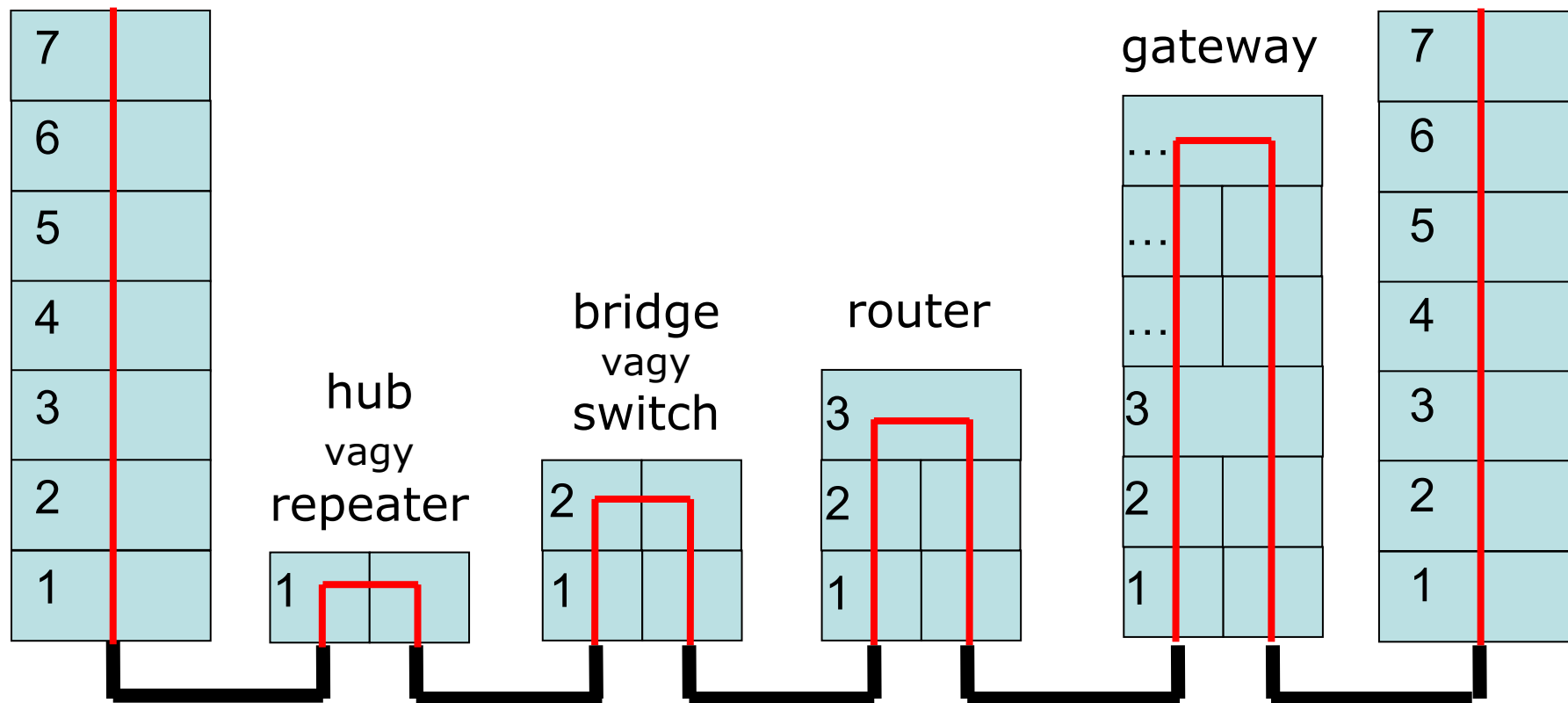


Protokollrétegek a hálózati csomópontokban



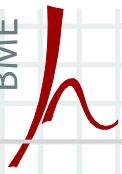


Különböző képességű átjátszók



Átjátszó eszközök megnevezése

Angol név	Magyar név	OSI max. réteg	Tipikus port-szám	Funkcionalitás
repeater	jelismétlő	L1	2	jelerősítés, -továbbítás
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 újraakerevezéssel
switch	kapcsoló	L2	4-32	nem ütköző szegmensek összeköttetése; továbbítás csak a szükséges porton, azonos közegen, újraakerevezés nélkül
router	útválasztó	L3	2-10	útválasztás L3 címek alapján
gateway	átjáró	>L3	2-4	protokollkonverzió, -együttműködés

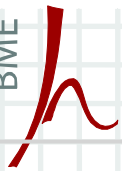


Bridge-ek és switchek

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

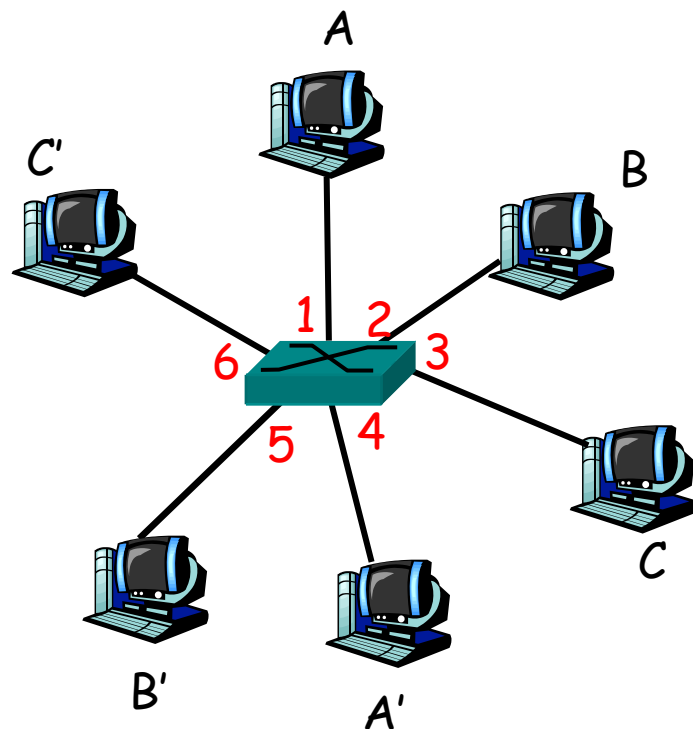
Switch - kapcsoló

- 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 (ha nem full duplex)
- Transzparens
 - a végpontok nem tudnak a kapcsolók jelenlétéről
- Plug-and-play, self-learning
 - a kapcsolókat nem kell konfigurálni

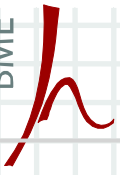


Switch: több kapcsolat egy időben

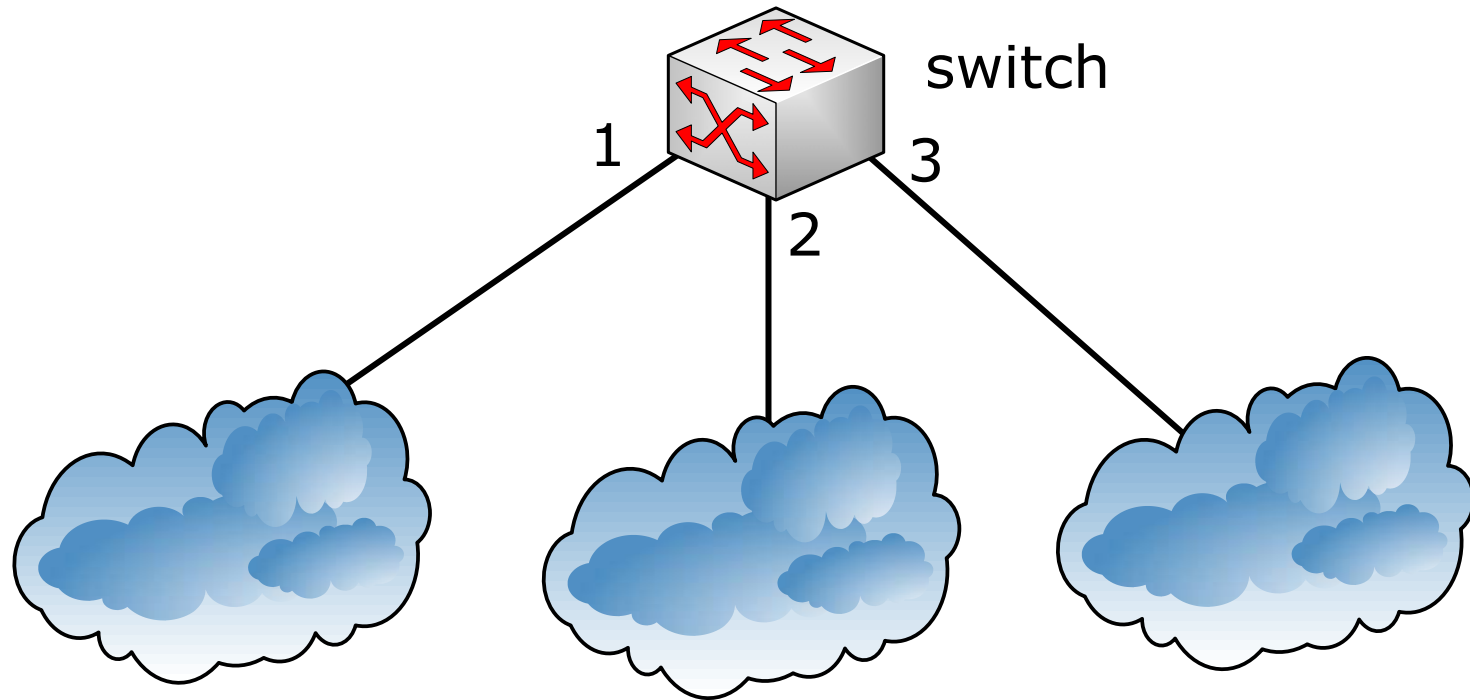
- Hosztok számára dedikált, közvetlen kapcsolat a switch-hez
- Switch pufferelem a csomagokat
- Ethernet protokoll van alkalmazva minden bejövő linken, de nincs ütközés, full duplex
 - Minden link egy saját ütközési tartomány
- **switching:** A-A' és B-B' között kapcsolat egyidőben, ütközés nélkül
 - Hub-al nem lehetséges



*switch 6 interfésszel
(1,2,3,4,5,6)*

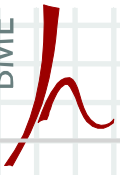


Kerettovábbítás szegmensek között



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

- Van **kapcsolótáblája** (switching table)
- Bejegyzés a táblában:
 - (MAC Address, Interface, Time Stamp)
 - régi bejegyzéseket eldobja
- **Megtanulja, hogy melyik végpontokat melyik interfészen keresztül tudja elérni**
- Amikor vesz egy keretet, megtanulja azt, hogy hol, melyik szegmensben van a küldő
 - bejegyzi a küldő/szegmens párokat a táblába



Szűrés/továbbítás

Amikor a kapcsoló 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 frame

then eldobja a keretet

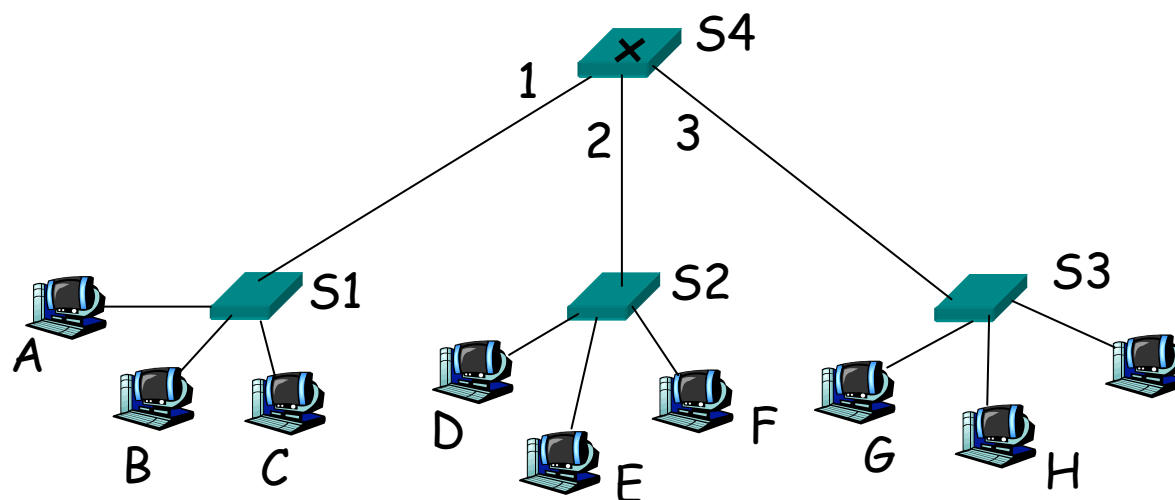
else továbbítja a megadott interfészre

}

else elárasztás



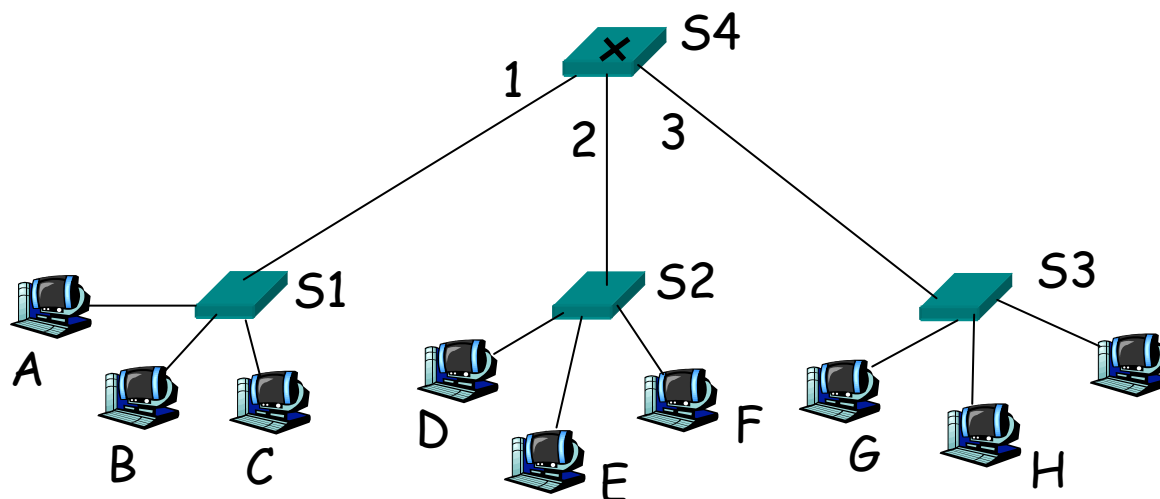
*továbbítás minden interfészre,
kivéve azt, amelyről érkezett*



address	interface
A	1
B	1
E	2
G	3
I	

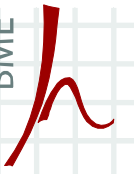
- A kapcsoló vesz egy C-től D-nek menő keretet
 - bejegyzi a táblába, hogy C az 1-es interfészen érhető el
 - mivel D nincs benne a táblában, továbbítja a keretet a 2 és 3 interfészre
- D veszi a keretet

Példa (folyt.)



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

- A kapcsoló 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



Kérdések?

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos
adjunktus

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
svilmos@hit.bme.hu