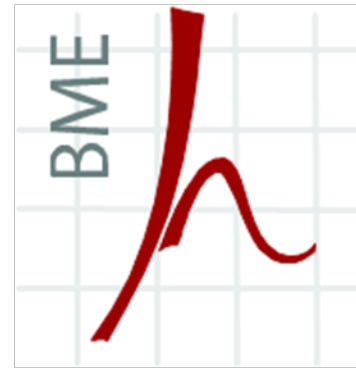




LOKÁLIS HÁLÓZATOK 1.RÉSZ

Az Ethernet (IEEE 802.3)

Dr. Simon Vilmos
docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu

2016. szeptember 29.

A kommunikációs hálózatok klasszikus osztályozása területi lefedés szerint

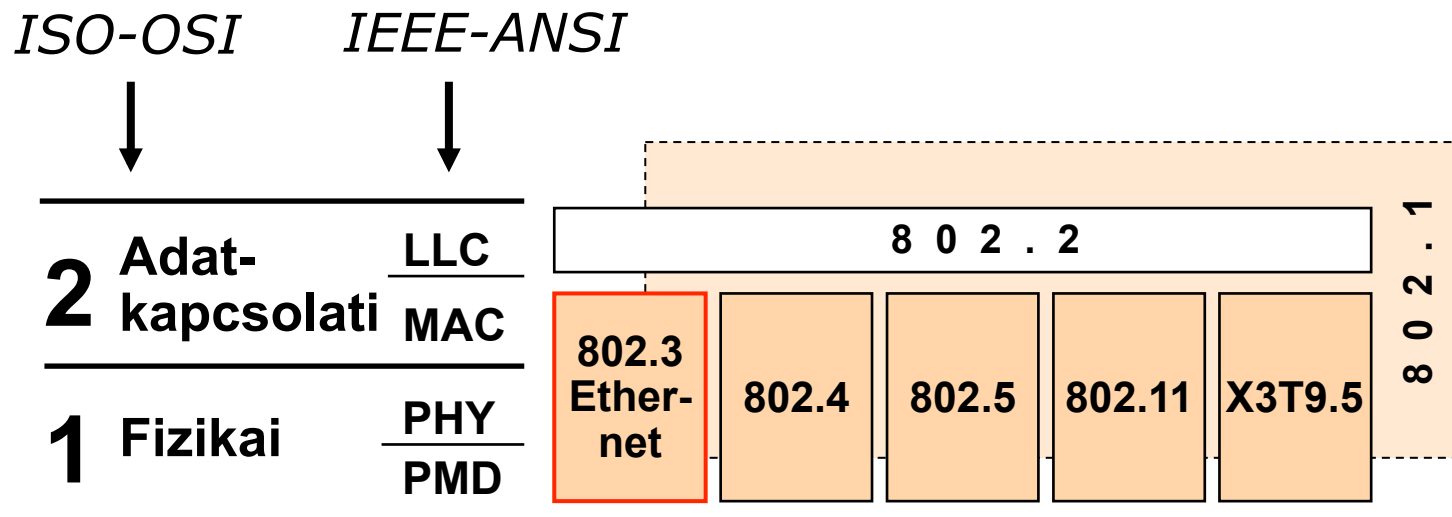
- WAN – *Wide Area Network* – nagy kiterjedésű hálózat
 - távolsági megkötés nélküli, **tetszőleges kiterjedésű** hálózat
 - akár **globális méretű** is lehet
- MAN – *Metropolitan Area Network* – városi/nagyvárosi hálózat
 - eredetileg: egy tipikus USA-beli **metropolitan area**, de nem feltétlenül 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
- BAN – *Body Area Network* – „testközeli” 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. LAN-ok összekapcsolása

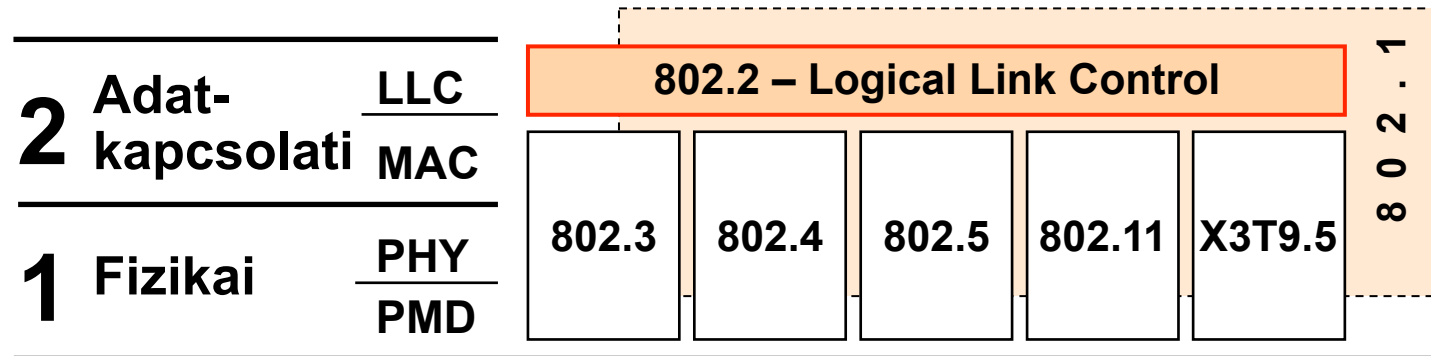
A lokális hálózatok architektúrája



- **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 (nem itt oldjuk meg!)
 - Hibaérzékelés, -javítás (nem itt oldjuk meg!)
- Szolgáltatások:
 - Nyugtázatlan, összeköttetésmentes (datagram)
 - Nyugtázott, összeköttetésmentes (datagram)
 - Nyugtázott, összeköttetés-alapú

}

Máshogyan oldjuk meg: IP+TCP/UDP
- **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
 - ALOHAnet ihlette meg
- A Digital Equipment (DEC), 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 vs. 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
 - Metcalfe-törvény és jóslatok

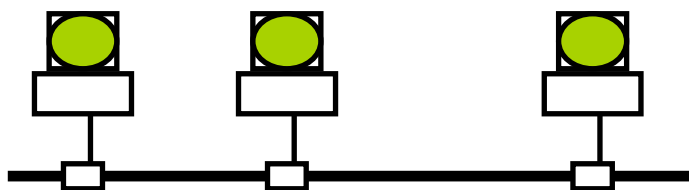
Ethernet – jelölésrendszer

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
 - T4 = 4 pair twisted pair
 - T2 = 2 pair twisted pair
 - SX/LX/ZX = fibre optics
 - Szegmenshossz:
 - 2=185 m
 - 5=500 m

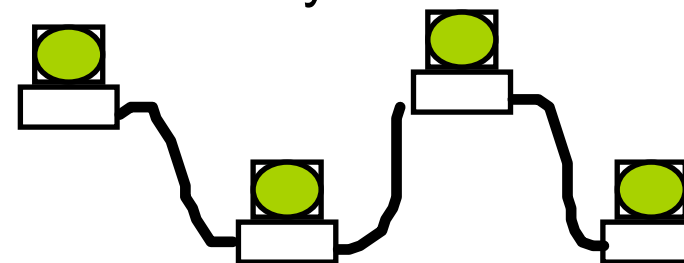
Kábelezési megoldások

„Eredeti” vastag (yellow) kábeles



10 BASE5

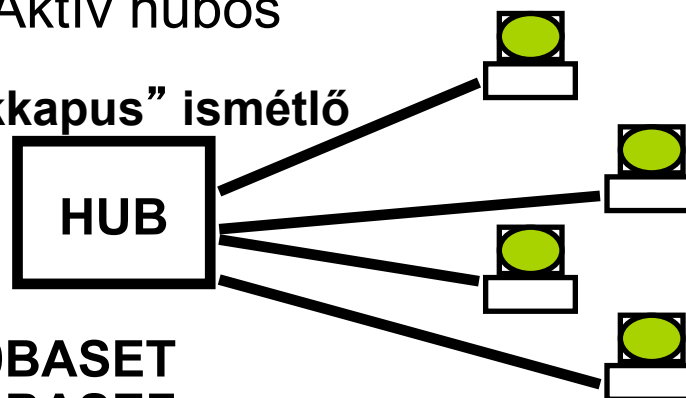
Vékony kábeles



10BASE2

Aktív hubos

hub = „sokkapus” ismétlő



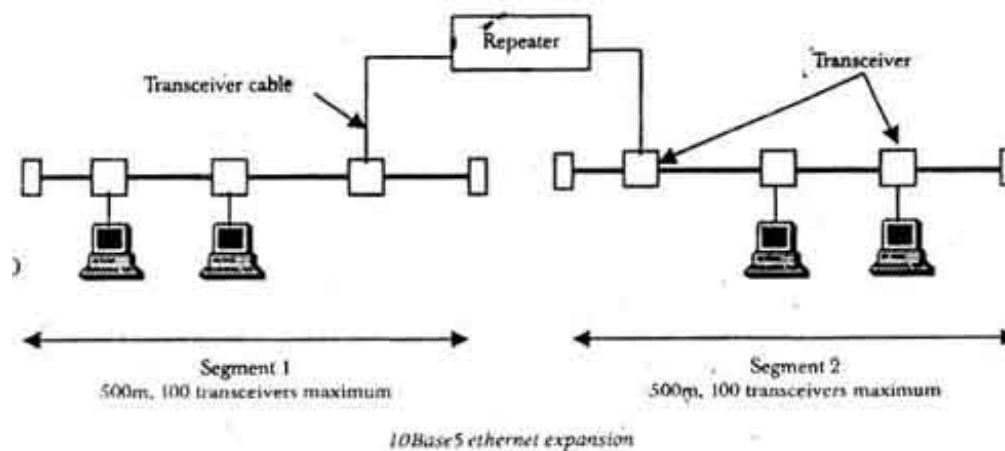
10BASET
10BASEF

Ethernet jelismétlő (repeater)

- Több szegmens összekötése

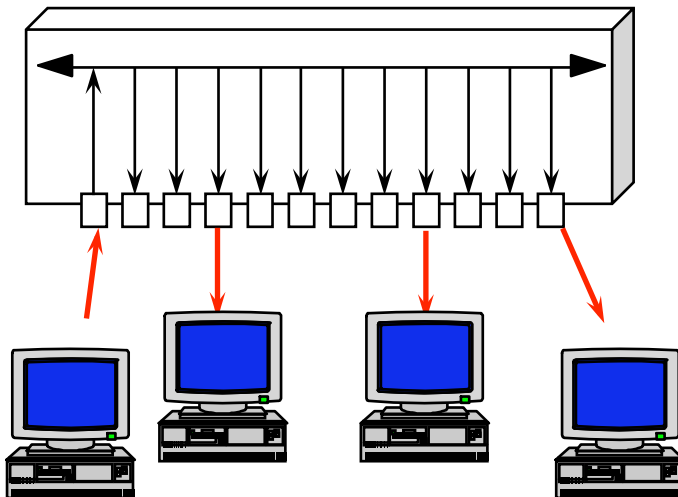
- **5-4-3 szabály** (10Mb/s)

- 5 szegmens
- 4 ismétlő
- 3 szegmensben terminálok
- csak osztott közegnél



- Ütközés: minden porton jam jelzés
 - ütközési tartomány
- Kábel meghibásodás: csak az adott szegmensben

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!
(Jam jel minden portra)

Fél-duplex:

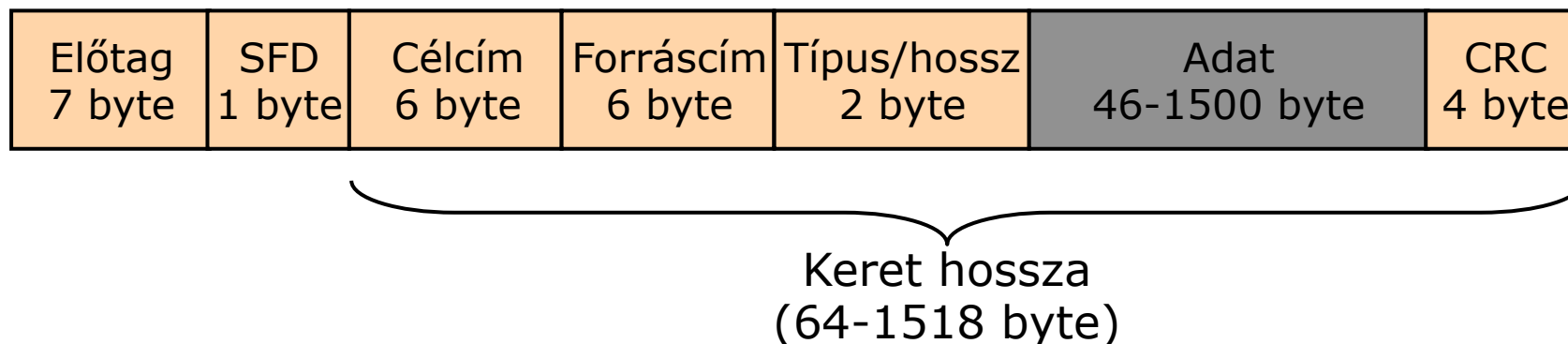
+:

- Tudja kezelni az ütközéseket
 - jam jelet sugároz ki
 - letilt portokat (pl. 32 ütközés után)

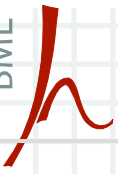
-:

- Minden keret minden portra
 - Korlátozott terminálszám
- Korlátozott hubszám (5-4-3)
- Nem figyeli a forgalmat (mint pl. a switch)
- Minden összekötött szegmens **egy sebességen és ugyanazon keretezéssel** működhet csak
 - Kivéve dual-speed hub (átmenet hub és switch között)
- Megoldás: **bridge** (híd) és **switch** (kapcsoló) az adatkapcsolati rétegben

Az Ethernet-keretek felépítése



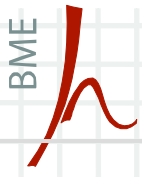
- Előtag, preamble (7 byte): 10101010...
- SFD (Start Frame Delimiter) – keret kezdete (1 byte): 10101011
- Célcím (6 byte), pl. 00:DA:07:9B:43:1B
- Forráscím (6 byte)
- Típus/hossz (2 byte): az adatmező hossza vagy típusa (1500 alatt vagy 1536 felett)
- Adat: min. 46 byte, max. 1500 byte
- CRC - ellenőrző összeg (4 byte)



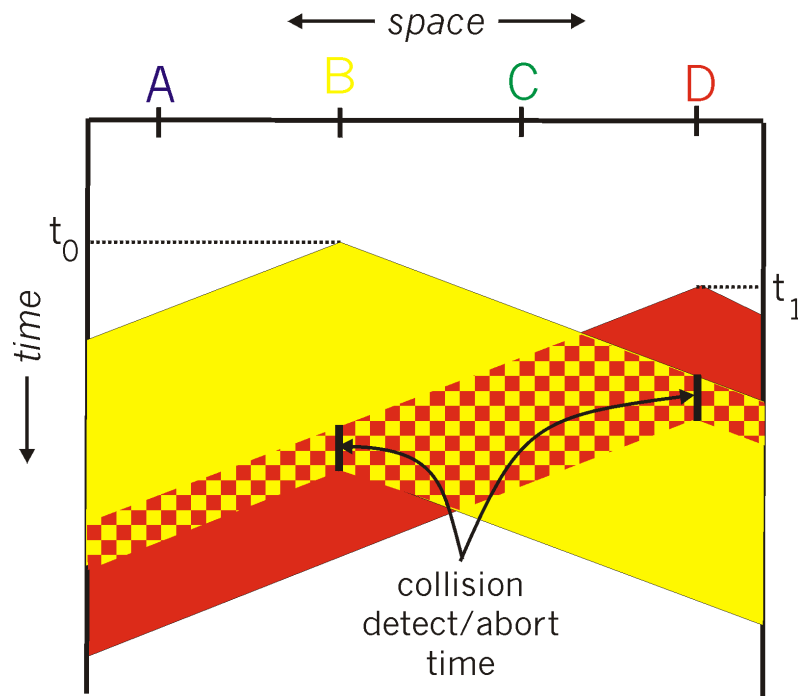
Megbízhatatlan, összeköttetésmentes szolgáltatás

- **Összeköttetésmentes:** nincs kapcsolatfelépítés a küldő és fogadó terminál (hálózati adapter) között

- **Megbízhatatlan:** fogadó terminál nem küld nyugtát a küldőnek
 - Csomagok veszhetnek el a hálózati réteg felé
 - TCP megoldhatja, ha az alkalmazás azt használja
 - E nélkül az alkalmazás nem kapja meg az elveszett csomagokat



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 érzékelje az ütközést:

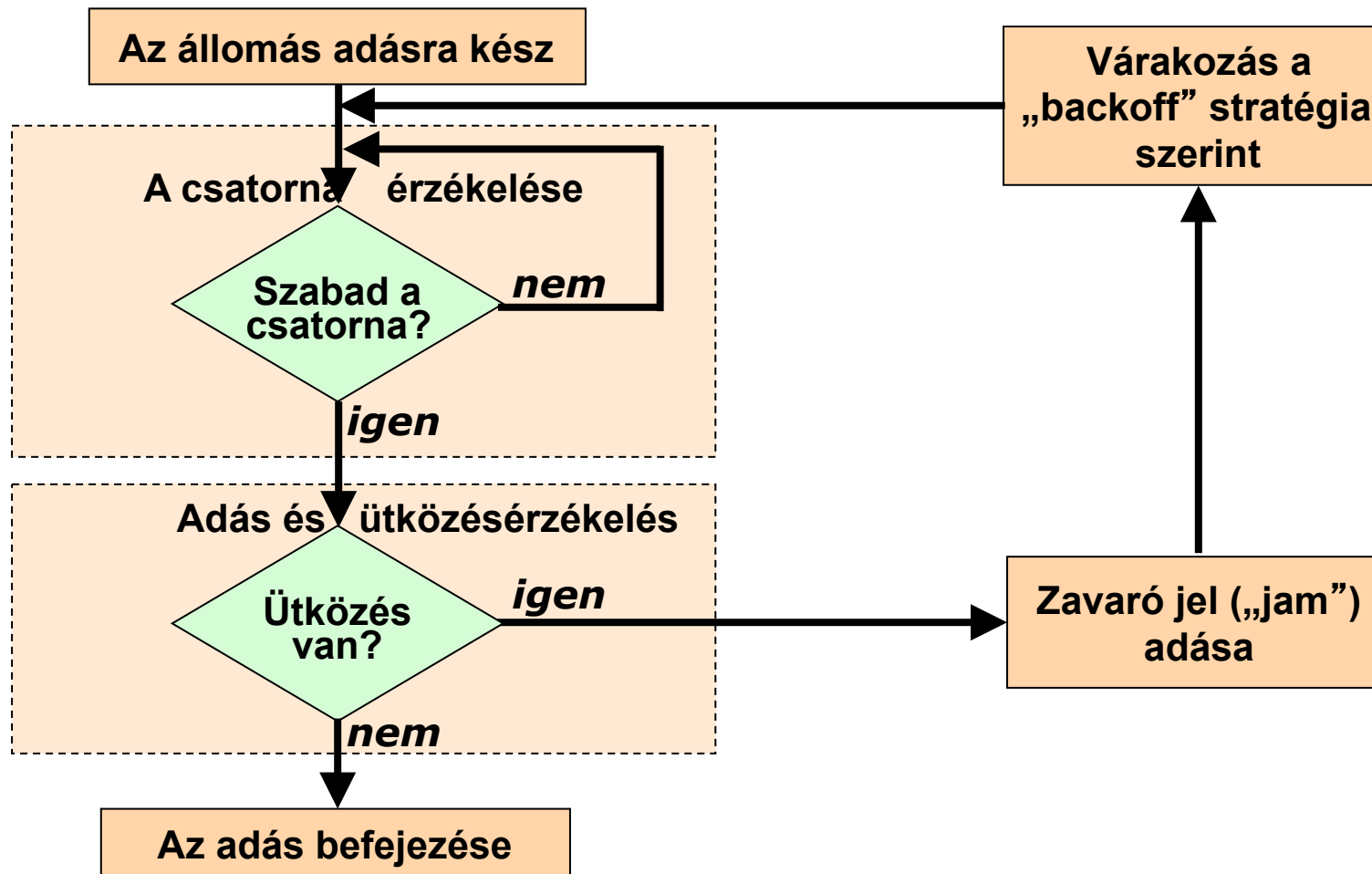
$$T = \frac{2L}{C}$$

- 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**

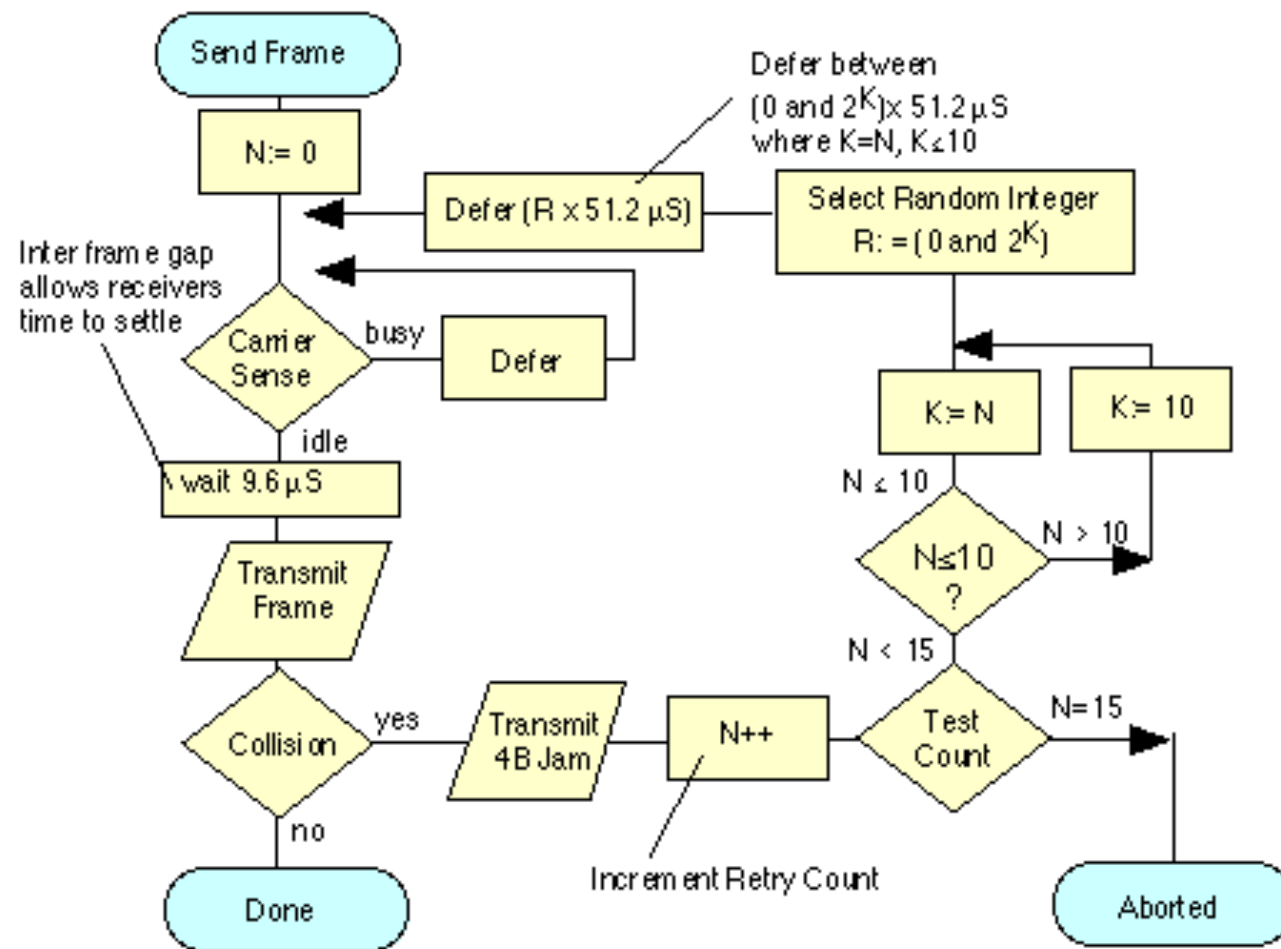
Medium Access Control – CSMA/CD

- 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



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

■ 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. 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)

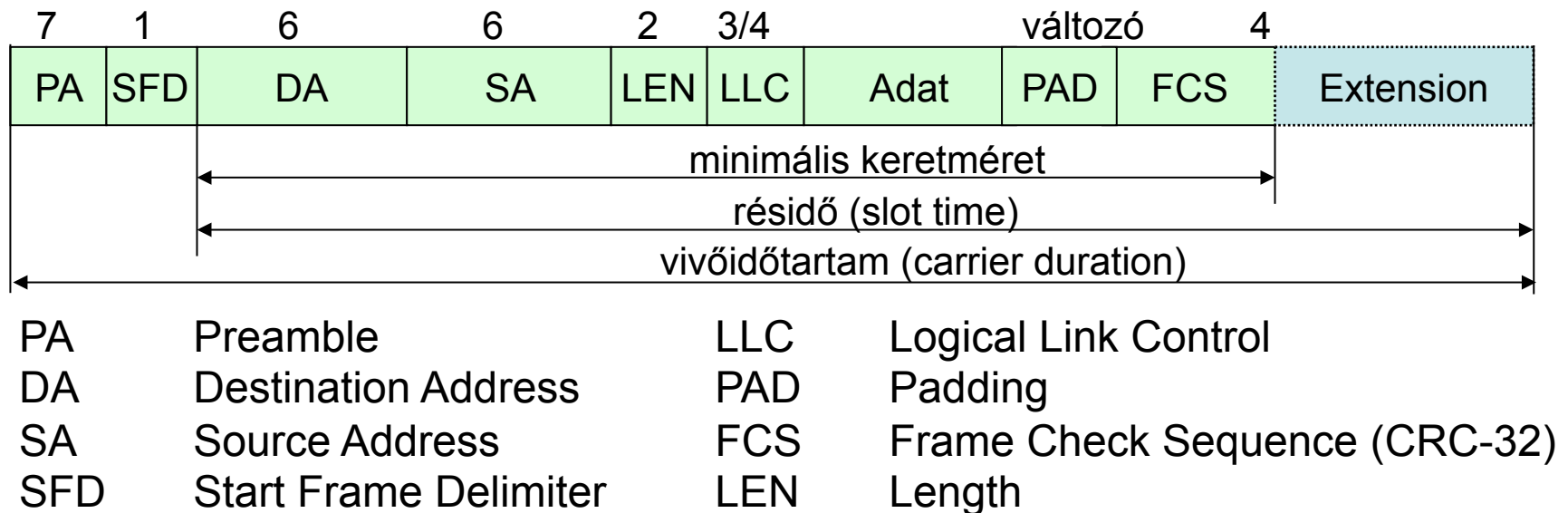
Jellemzők	10/100 Mbit/s	1 Gbit/s	10 Gbit/s
Fizikai közeg	▪ UTP ▪ üvegsz.	▪ koax ▪ UTP ▪ üveg	▪ üveg ▪ (rézv.)
Résidő (slot time) [byte]	64	512	NINCS CSMA/CD MAC PROT.
Küldési próbálkozás	16		
Visszalépési algoritmus korlátja	10		
Minimális keretméret [byte]	64		
Maximális keretméret [byte]	1518		

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
- 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:
 - Keretfűzés (frame bursting)
 - Vivő kiterjesztés (carrier-extension) bitek hozzáadása a keretekhez
- Ma tipikusan **full duplex switchekkel**

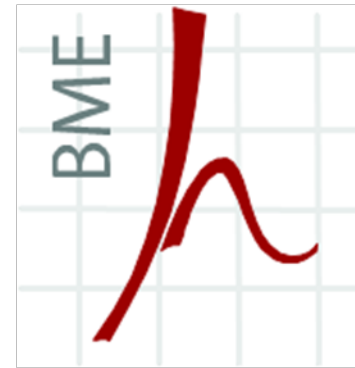


- 2002 közepén hagyták jóvá
- 10 Gigabit-Ethernet Alliance (ma Ethernet Alliance, ethernetalliance.org)
- IEEE 802.3ae:
 - további 10-szeres sebességnövelés a GbE-hez képest
 - az Ethernet alkalmazási területének **kiterjesztése a WAN-okra**
- Kizárólag **teljes-duplex switchekkel, nincs többé CSMA/CD**
- Főként üvegszál, de van rézvezetékes változata is (min. Cat 6 vagy 7 szükséges hozzá)
 - 7 különböző PHY-réteg

- 10 Gb Ethernet elterjedőben, pl. adatközpontok összekötésére
- 40 Gb és 100 Gb Ethernet: megszületett a szabvány 2010-ben (802.3ba), folyamatosan új szabványok születnek
- Metcalfe próféta: 2015-ig Terabit Ethernet, viszont ehhez teljesen új féle Ethernet szabványok
 - Nem valósult meg, 400Gb Ethernet kidolgozás alatt
 - Flexible Ethernet?
- Legfrissebb: 2.5GBASE-T and 5GBASE-T
 - a régi csavart érpáras infrastruktúrán, pl. nagy WLAN forgalomhoz

IEEE 802.3 Ethernet – összefoglalás

- Az Ethernet nagy fejlődésen ment át
 - Sebességben 4 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

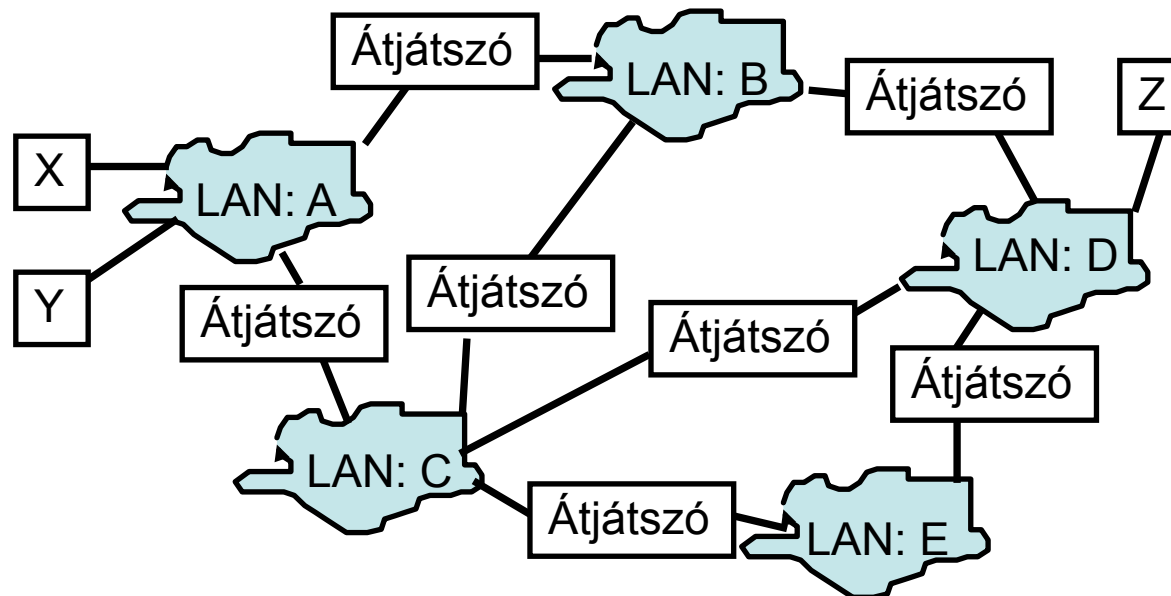


Lokális hálózatok II. rész

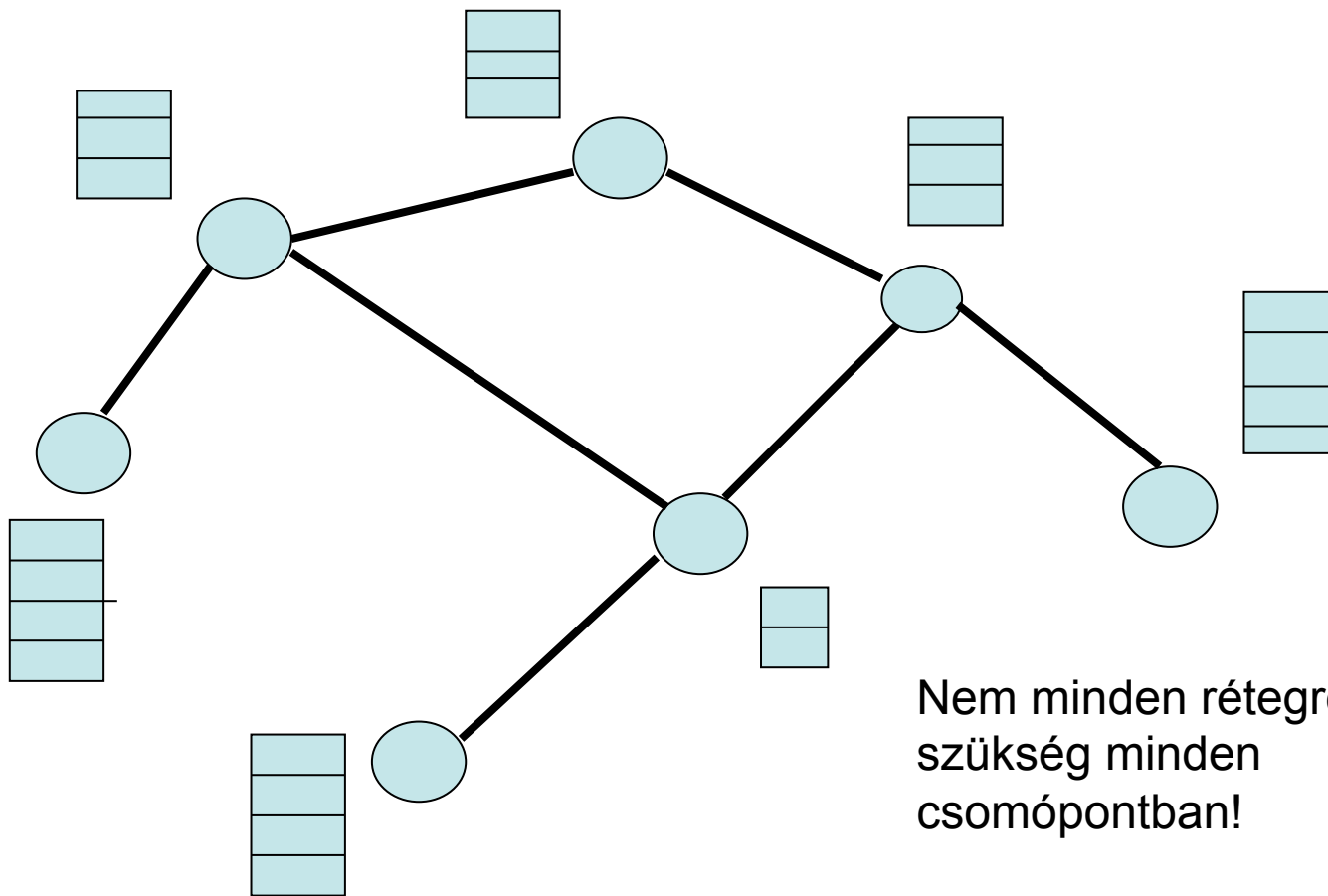
LAN-ok összekapcsolása

A LAN-ok korlátainak átlépése

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

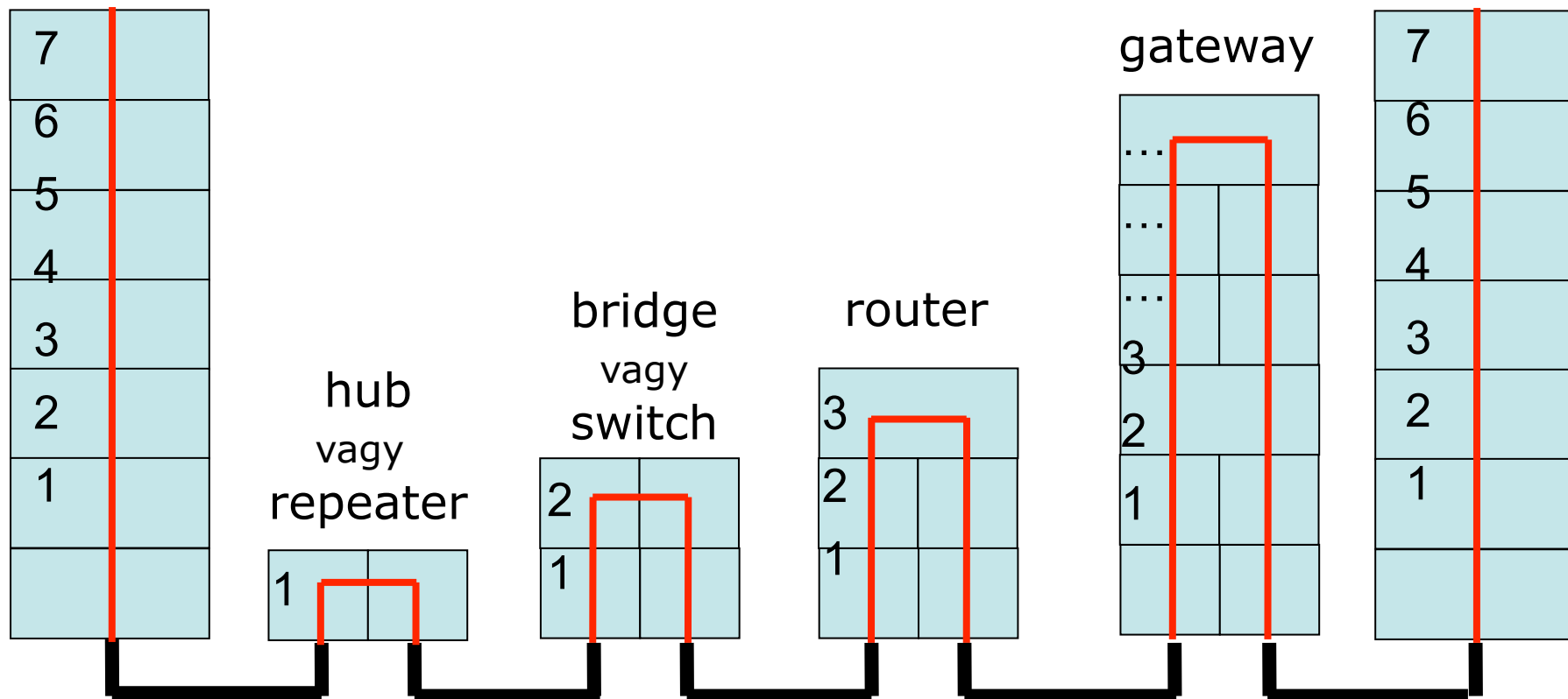


Protokollrétegek a hálózati csomópontokban



Nem minden rétegre van
szükség minden
csomópontban!

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 újrakeretezéssel
switch	kapcsoló	L2	4-32	nem ütköző szegmensek összeköttetése; továbbítás csak a szükséges porton, azonos közegen, újrakeretezés nélkül
router	útválasztó	L3	2-10	útválasztás L3 címek alapján
gateway	átjáró	>L3	2-4	protokollkonverzió, -együtműködés

Bridge-ek és switchek

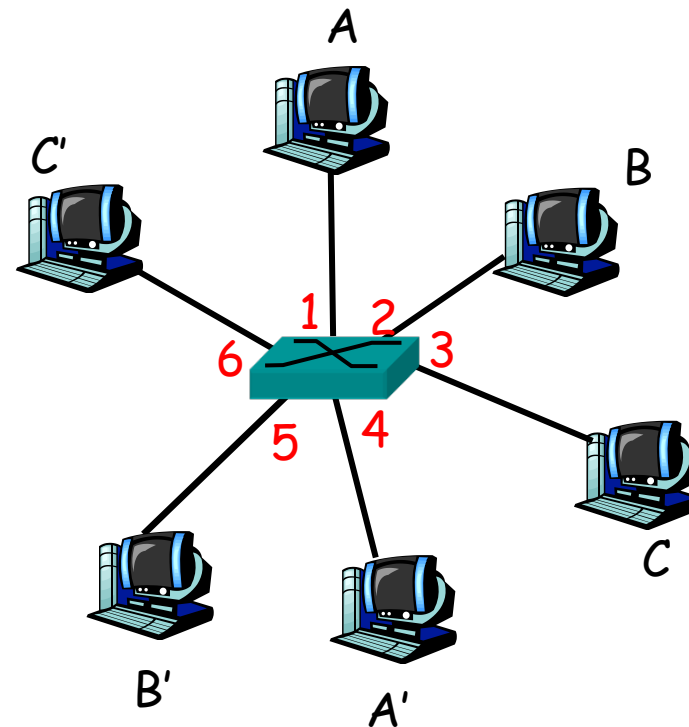
- Nagyon hasonló a kettő:
 - Adatkapcsolati rétegbeli összeköttetés
 - **Többféle sebességet** is képesek kezelni
- Történetileg:
 - Először: híd
 - Később: kapcsoló a LAN-okban (kapcsolt Ethernetben)
- Az összeköttetés
 - Híd: tipikusan LAN-szegmenseket köt össze
 - Kapcsoló: LAN-szegmensek és egyedi 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)

Switch - kapcsoló

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

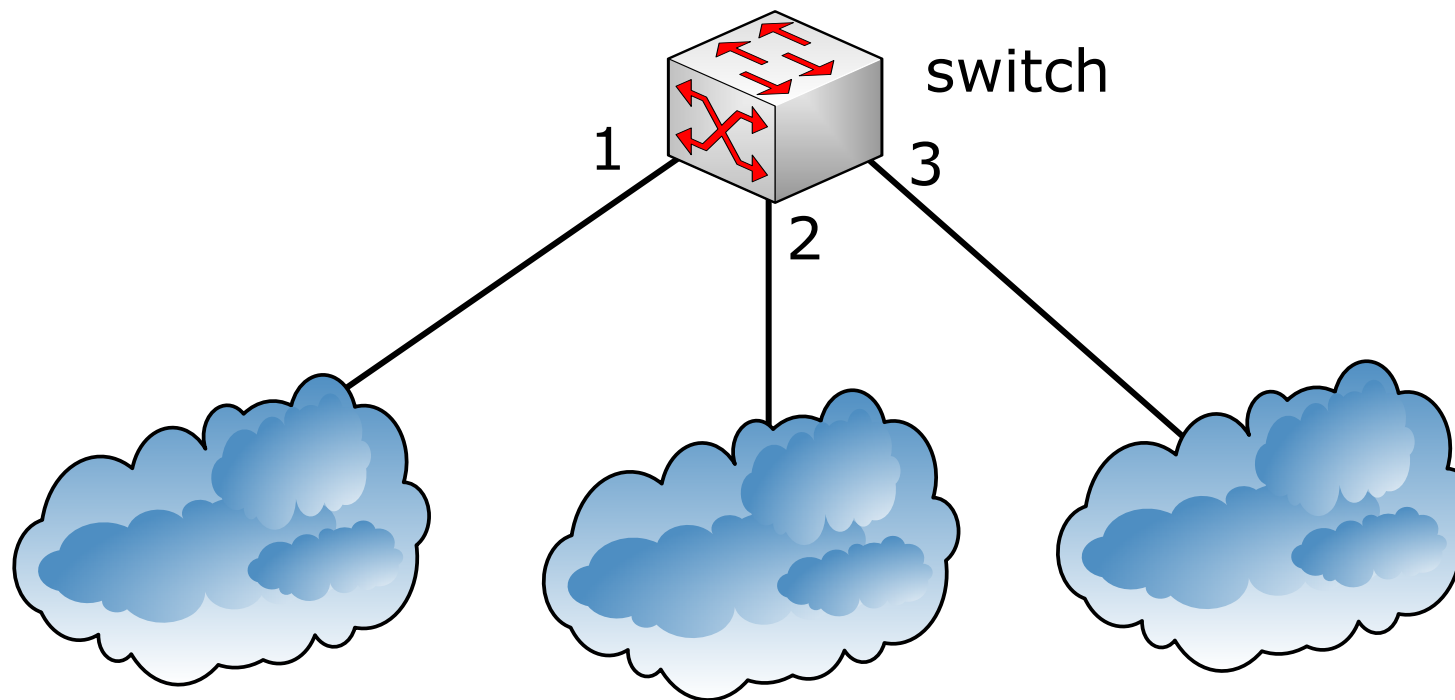
Switch: több kapcsolat egy időben

- Hozztok számára dedikált
 - közvetlen kapcsolat a switch-hez
- Switch pufferelem a csomagokat
- Nincs ütközés, teljes-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 szegmensen van a küldő
 - bejegyzi a küldő/szegmens párokat a táblába

Amikor a kapcsoló vesz egy keretet:

megnézi a kapcsolótáblát a MAC célcím alapján

if van bejegyzés az adott MAC célcímre

then{

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

then eldobja a keretet

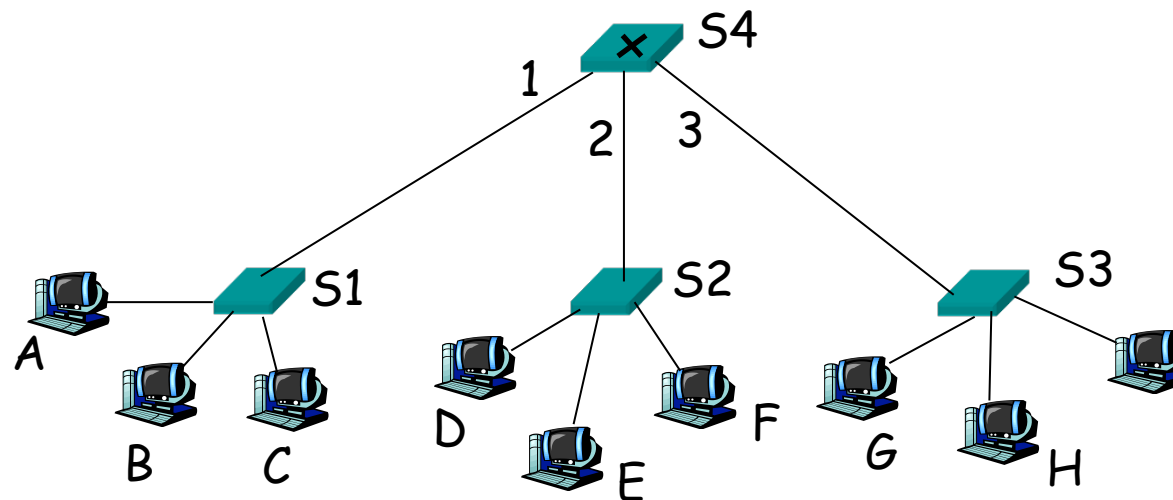
else továbbítja a megadott interfészre

}

else elárasztás



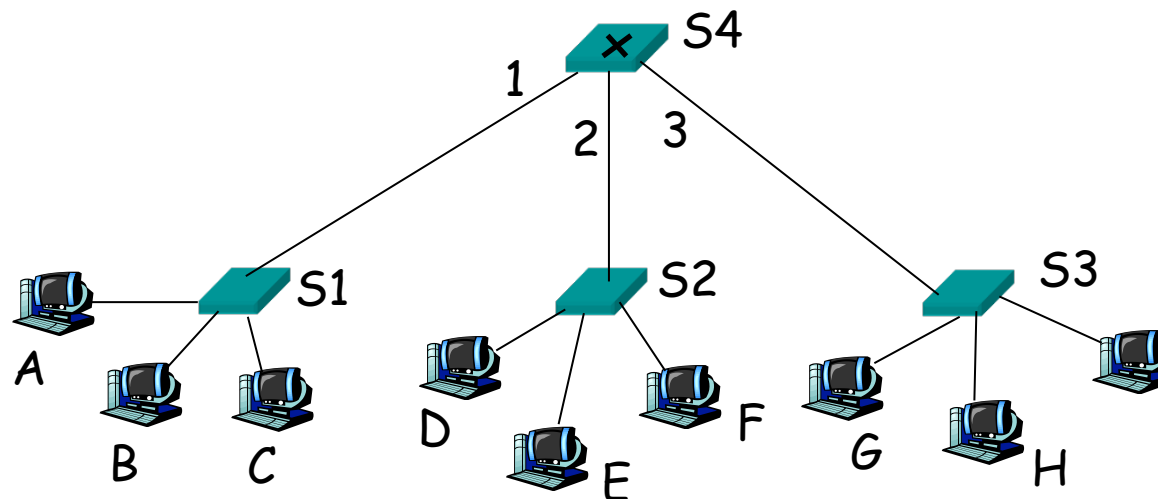
*továbbítás minden interfészre,
kivéve azt, amelyről érkezett*



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.)

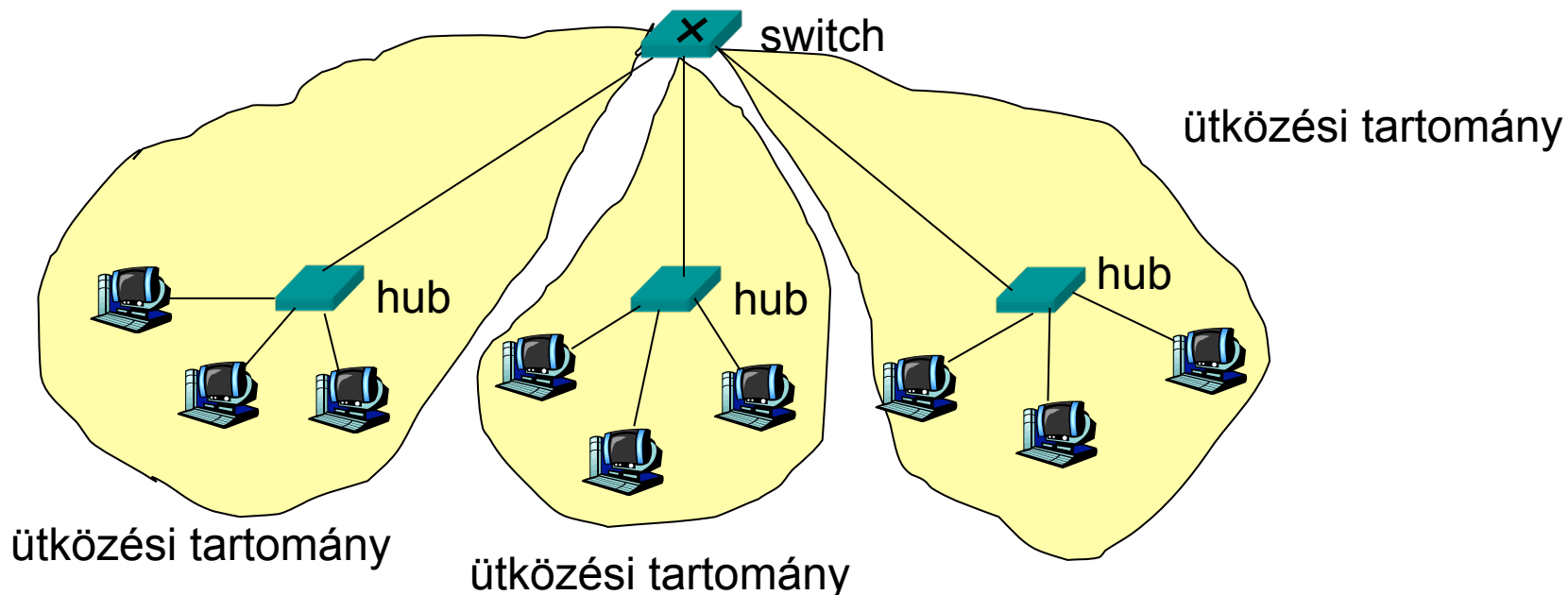


address	interface
A	1
B	1
C	1
E	2
G	3
I	

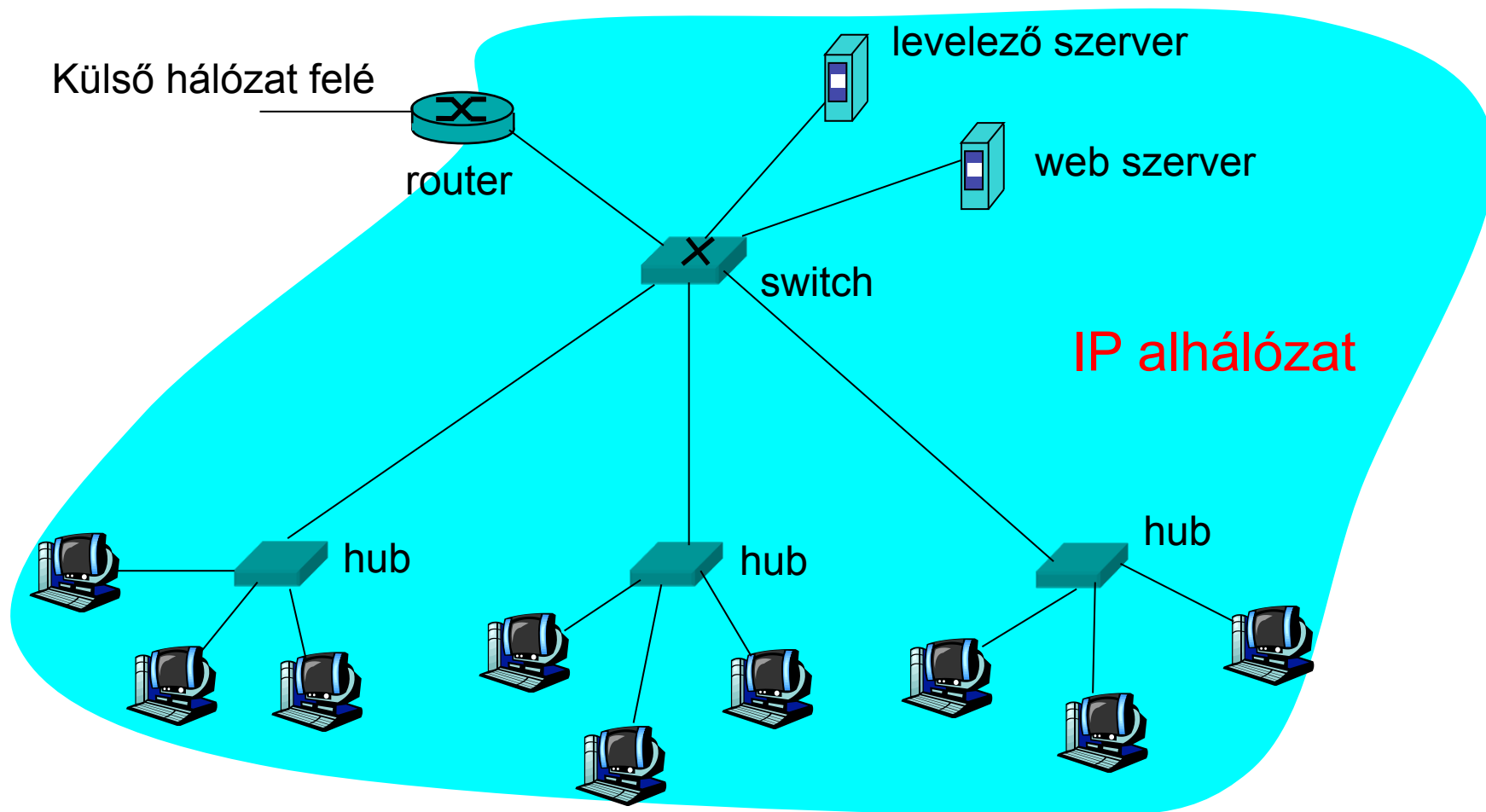
- A kapcsoló veszi a keretet D-től
 - **bejegyzí a táblába**, hogy D a 2-es interfészen érhető el
 - mivel C benne van a táblában, továbbítja a keretet az 1-es interfészre (csak oda)
- C veszi a keretet

Switch: forgalom izolálása

- A switch telepítése LAN szegmensekre darabolja fel az alhálózatot
- Minden szegmens külön **ütközési tartomány** (collision domain), ezen belül CSMA/CD



Példa céges alhálózatra



Kérdések?

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu