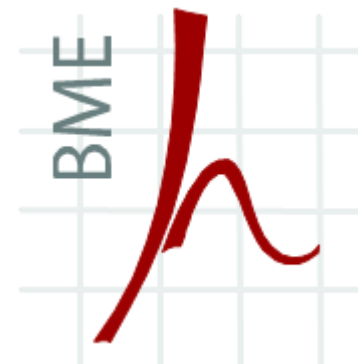




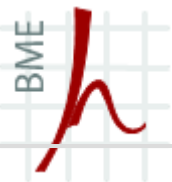
SZÁMÍTÓGÉP-HÁLÓZATOK BEVEZETŐ ELŐADÁS 1.

*Mérnök-informatikus szak, BSc, 4. félév
2013/14 2.félév*

Dr. Simon Vilmos
docens

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

2013.február 11.
Budapest



A tárgy mottója

„Mondd el és elfelejtem. Mutasd meg és megjegyzem. Vonj be és megértem.”

Konfuciusz

SZÁMÍTÓGÉP-HÁLÓZATOK?

Új tudomány/technika... egy régi
egyetemen...

Milyen régi a Műegyetem?

- 1777: Mária Terézia „**Ratio Educationis**”-a a mérnökképzés fontosságáról
- 1782: *II. József megalapítja a BME-t : „Institutum Geometricum Hydrotechnicum”*
- 1871: „Királyi József Nádor Műegyetem” – **a világ első műszaki oktatási intézménye „egyetemi” rangban**

És a Villamoskar?

- **Csak 65!**



Milyen régi a számítógép-hálózat?

45 éves!

1969 – 2014

1969: az ARPANET, az első
számítógép-hálózat születése



Milyen régi az Internet?

Attól függ, mit értünk „Internet”-en!



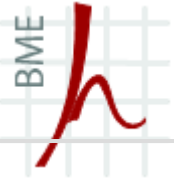
Mi az Internet?

Vinton Cerf, one of the „Fathers of Internet“:



- **The largest network of networks in the world.**
- **Uses TCP/IP protocols and packet switching .**
- **Runs on any communications substrate.**





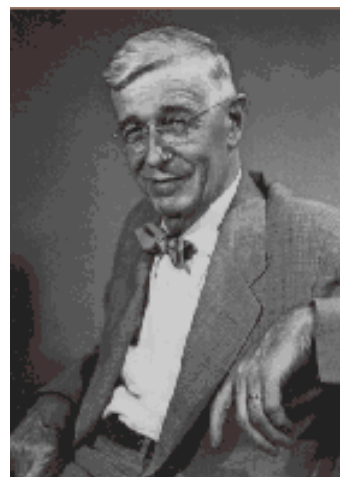
Mi az Internet?

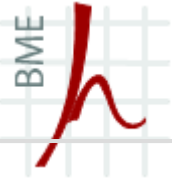
- Számítógép-hálózat
 - 45 éves: az ARPANET-től számítva
 - 31 éves: 1983-ben lett a TCP/IP protokoll a működésének alapja, ekkor nevezték el Internet-nek

- WWW (World Wide Web), világháló
 - 25 éves: 1989-ben találta fel *Tim Berners-Lee* a WWW-t



Nagy emberek, akiknek a számítógéphálózat és az Internet köszönhető





J. C. R. Licklider



ARPA (DARPA) – (Defense) Advanced Research
Projects Agency
(of the Department of Defense, USA)

„Man-Computer Symbiosis”, 1960

„The Computer as a Communication Device”, 1968

- Az összekapcsolt számítógépek elve
- A szerves ember-gép kapcsolat víziója

Paul Baran (ARPA) és a decentralizált hálózat alapelve

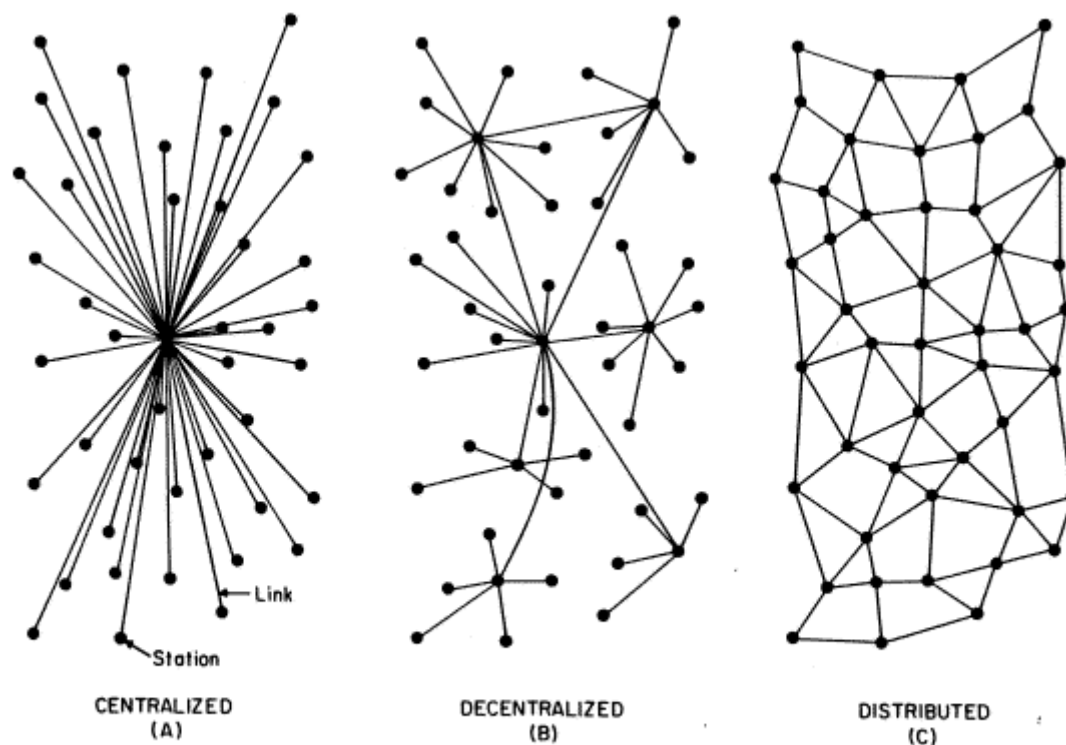


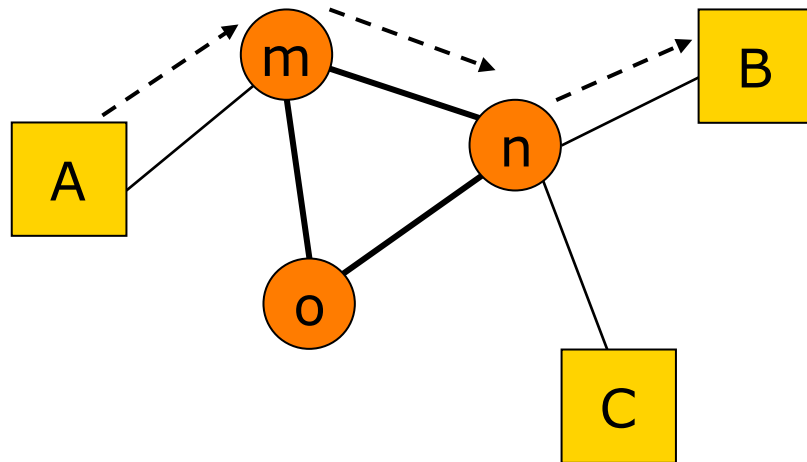
FIG. 1 – Centralized, Decentralized and Distributed Networks

Leonard Kleinrock



- A **csomagkapcsolás** elvét ő fogalmazta meg először (1961): MIT doktori
- A 60-as évek elején három kutatói csoport egyidejűleg és egymástól függetlenül vetette fel a csomagkapcsolás elvét
 - Kleinrock, Baran, Donald Davies
- Kleinrock meggyőzte az ARPA-t: a létrehozandó ARPANET hálózat csomagkapcsolt elven alapuljon
- Hierarchikus routing kidolgozója

Csomagkapcsolás???



- Az addig természetes **vonalkapcsolás** helyett
= összeköttetés kiépítése és fenntartása A és B között, az adatkommunikáció idejére

A telefonhálózat alapelve!

- **Csomagkapcsolás:**
 - adatok továbbítása kis „adagokban”
 - egymástól függetlenül
 - csomópontból csomópontba („store-and-forward” elv)

Analógia: posta

Számítógépek közötti kommunikáció burst-ös jellegű!

ARPANET csomópont, eredeti rajz

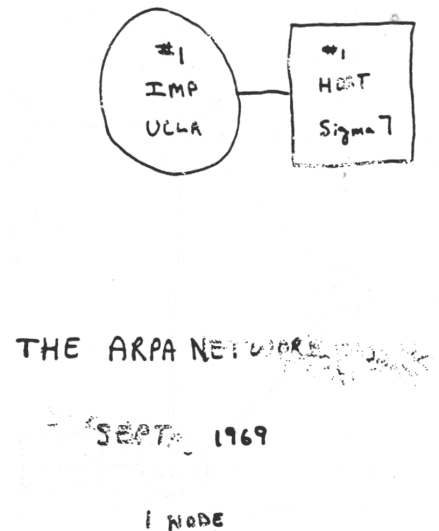
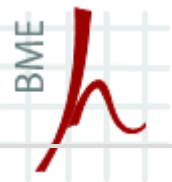


FIGURE 6.1 Drawing of September 1969
(Courtesy of Alex McKenzie)

Az első ARPANET csomópont tesztelése 1969-ben (Leonard Kleinrock)



1969-70-ben az első négy végpont összekapcsolása:
UCLA, Stanford, UC Santa Barbara, Univ. of Utah

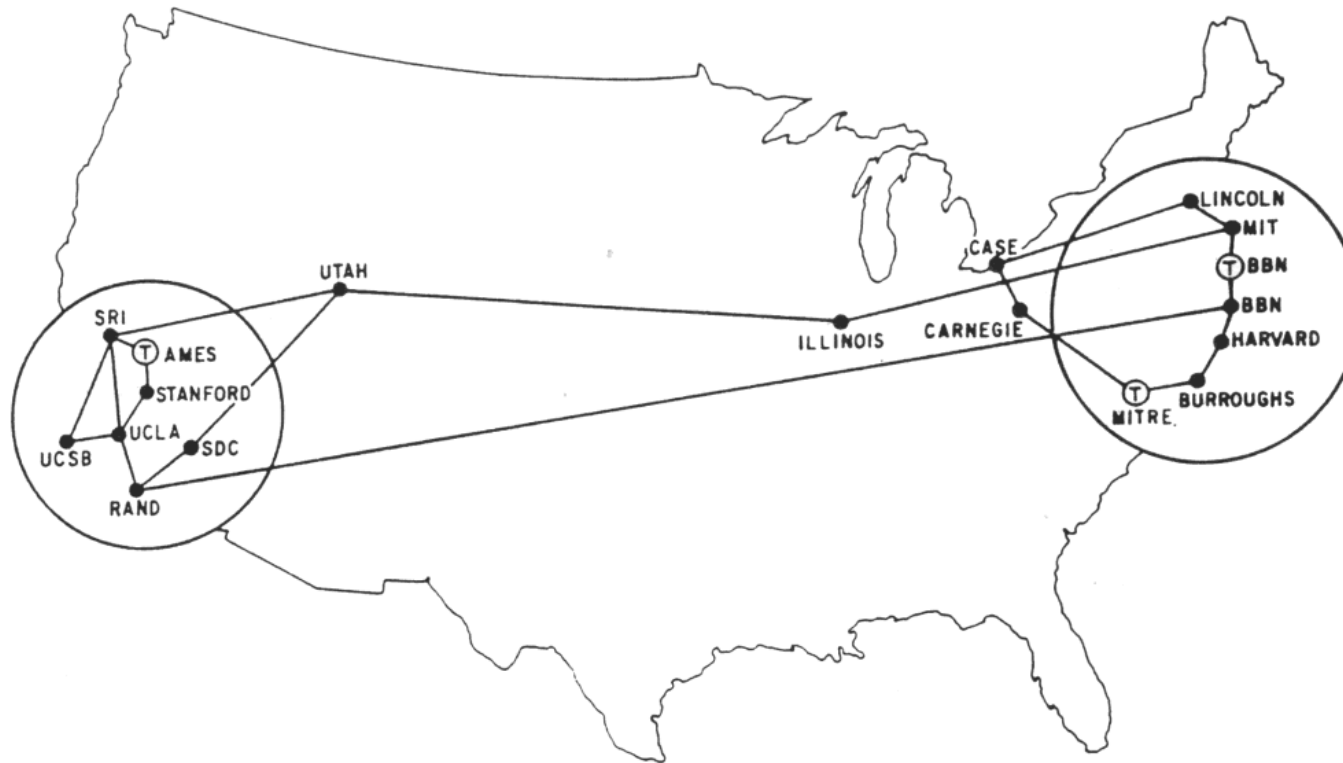


Az első távoli számítógép-kapcsolat...

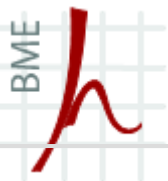
(Részlet egy Leonard Kleinrock-kal készített interjúból.)

- "We set up a telephone connection between us and the guys at **SRI**...,
„ (*UCLA – Stanford Research Institute, mindkettő Kaliforniában*)
- "We typed the **L** and we asked on the phone, "Do you see the **L**?,"
▪ "Yes, we see the **L**," came the response.
- "We typed the **O**, and we asked, "Do you see the **O**.,,"
▪ "Yes, we see the **O**.,,"
▪ "Then we typed the **G**, and the **system crashed**"...
- Yet a **revolution had begun**"...

ARPANET, 1971 szeptember



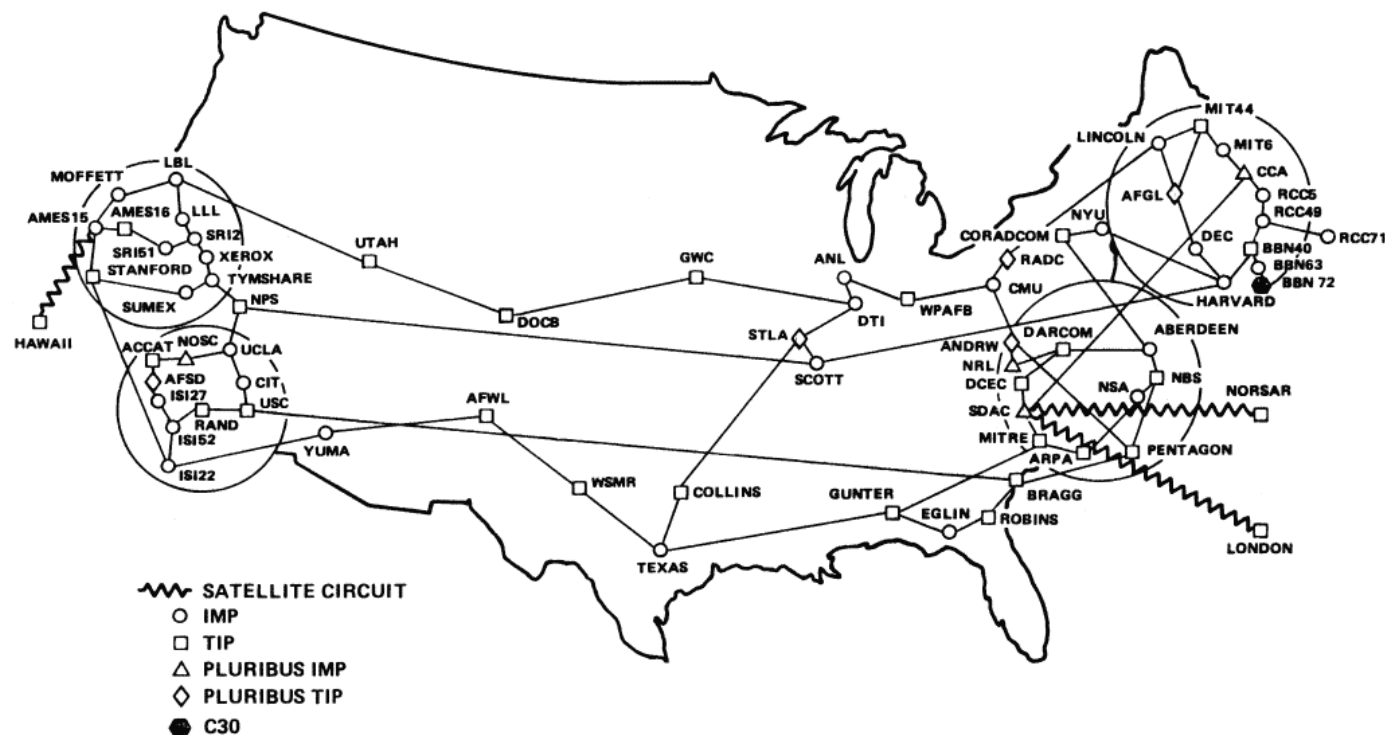
MAP 4 September 1971



ARPANET, 1980 október

ARPANET GEOGRAPHIC MAP, OCTOBER 1980

erről még
lesz szó
később

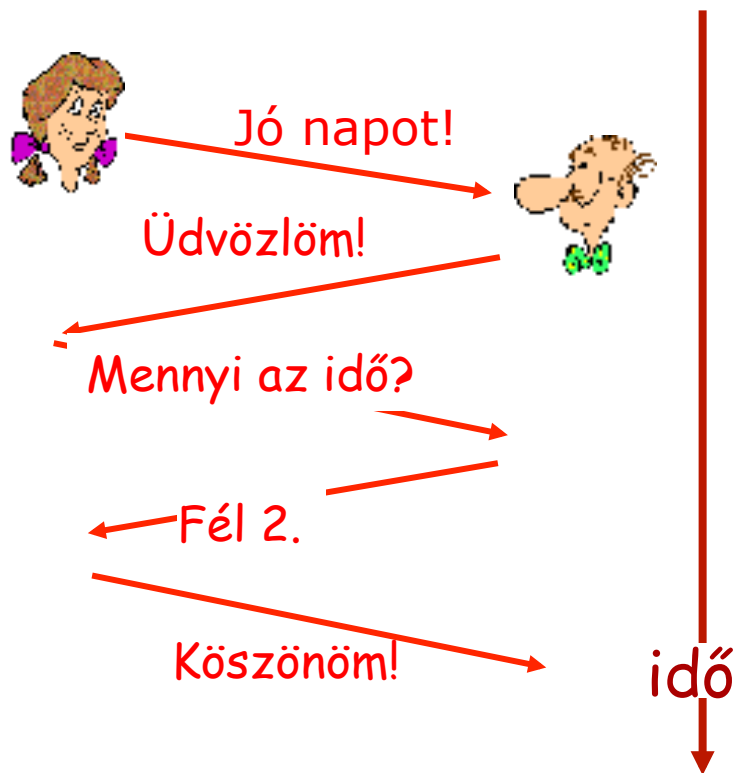


(NOTE: THIS MAP DOES NOT SHOW ARPA'S EXPERIMENTAL SATELLITE CONNECTIONS)
NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES

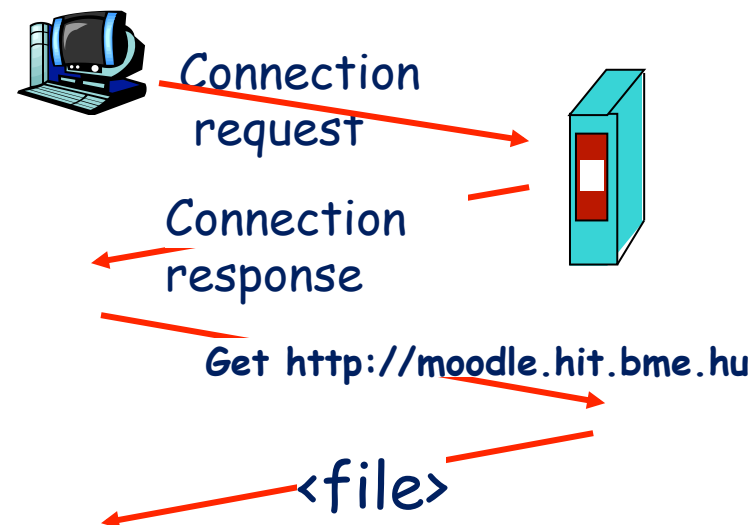
A működésről

- Hogyan végezzék a hálózati csomópontok (az IMP-ek) a csomagok továbbítását?
- Hogyan hozzunk létre kapcsolatokat a végpontok (a számítógépek) között?
- **Ehhez megfelelő protokollok kellettek**
- Eredetileg: NCP (Network Control Program)
 - **Kétirányú, megbízható** kommunikáció **alkalmazások** között
- Később lecserélve (1983, **flag day**):
 - az Interneten ma is használt IP (Internet Protocol) és TCP (Transmission Control Protocol)
 - Együttesen: **TCP/IP**

Protokollok az emberi és a gépek közötti kommunikációban



Viselkedési szabályok,
előírt viselkedési minták



- üzenetformátumok
- azok cseréjének módja
- az egyes üzenetekre adott válaszok



Robert Kahn és Vinton Cerf, a TCP/IP protokoll kitalálói (1974)



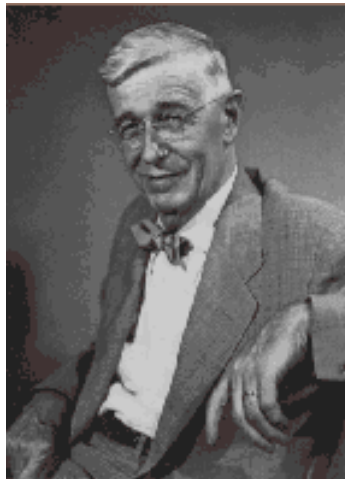
- Több független csomagkapcsolt hálózat jött létre
 - ARPANET
 - ALOHANET (Hawai-i egyetemek, mikrohullámú kapcsolat)
 - IBM
- **Internetting!**
- IP – Internet Protocol
 - a hálózat csomópontjainak viselkedését szabályozza
 - Ún. **best effort** szolgáltatást nyújt a csomagok továbbítását illetően
- TCP – Transmission Control Protocol
 - a hálózat végpontjai közötti kommunikáció
 - **megbízható** adatátvitelt nyújt
 - később UDP
- Alapelv: **intelligencia a hálózat szélére, a végpontokba**
- **Router** koncepciója

Internet: a hálózati kommunikáción túl...

Hipertext, hipermédia, web-szerver, WWW, a
WWW újabb generációi (Web2.0, Web3.0)

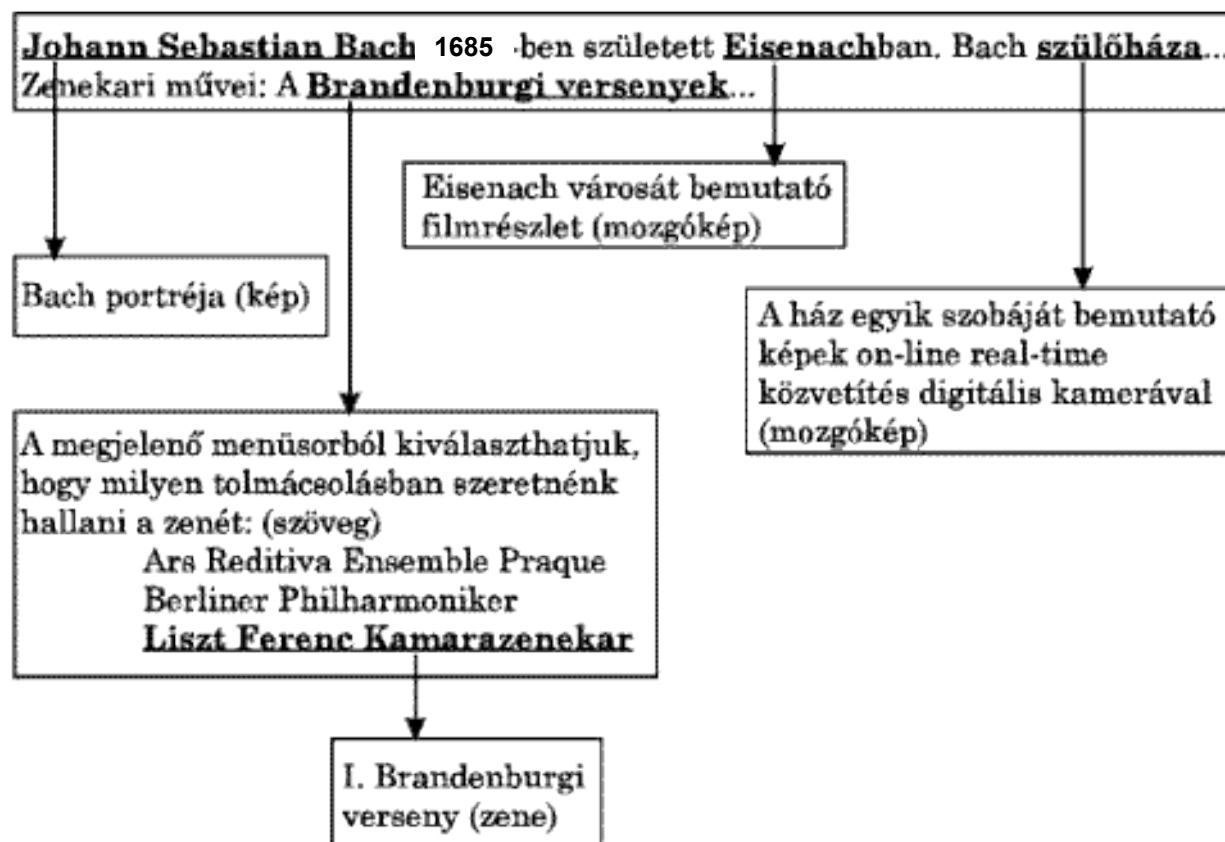
Vannevar Bush

- A II. világháború alatt és után: National Defense Research Committee
- *As We May Think*; Atlantic Monthly; July 1945



- Első elképzelések az **asszociatív keresésről**.
- **Memex** jövőbeli gép:
 - képes megjeleníteni bármit egy könyvtári archívumból
 - képes bennük szavakra keresni, mint hiperhivatkozás
- Nem a hagyományos könyvtári keresőrendszer szerint: az emberi agyhoz hasonlóan
 - **asszociációk létesítése** alapján

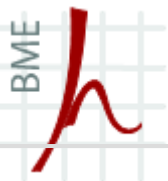
Hipertext, hipermédia: példa



(Sir) Tim Berners-Lee, a WWW feltalálója



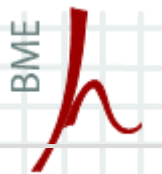
- Először a CERN belső hálózatán valósult meg (1990):
 - Böngésző (WWW néven)
 - Webszerver
 - Könyvtárszerkezet az Interneten
 - HTML oldalak
 - közöttük linkekkel lehetett navigálni.
 - HTML (HyperText Markup Language)
 - HTTP (HyperText Transfer Protocol)
- Kiterjesztése az Internetre: WWW
- Új projektje: Semantic Web



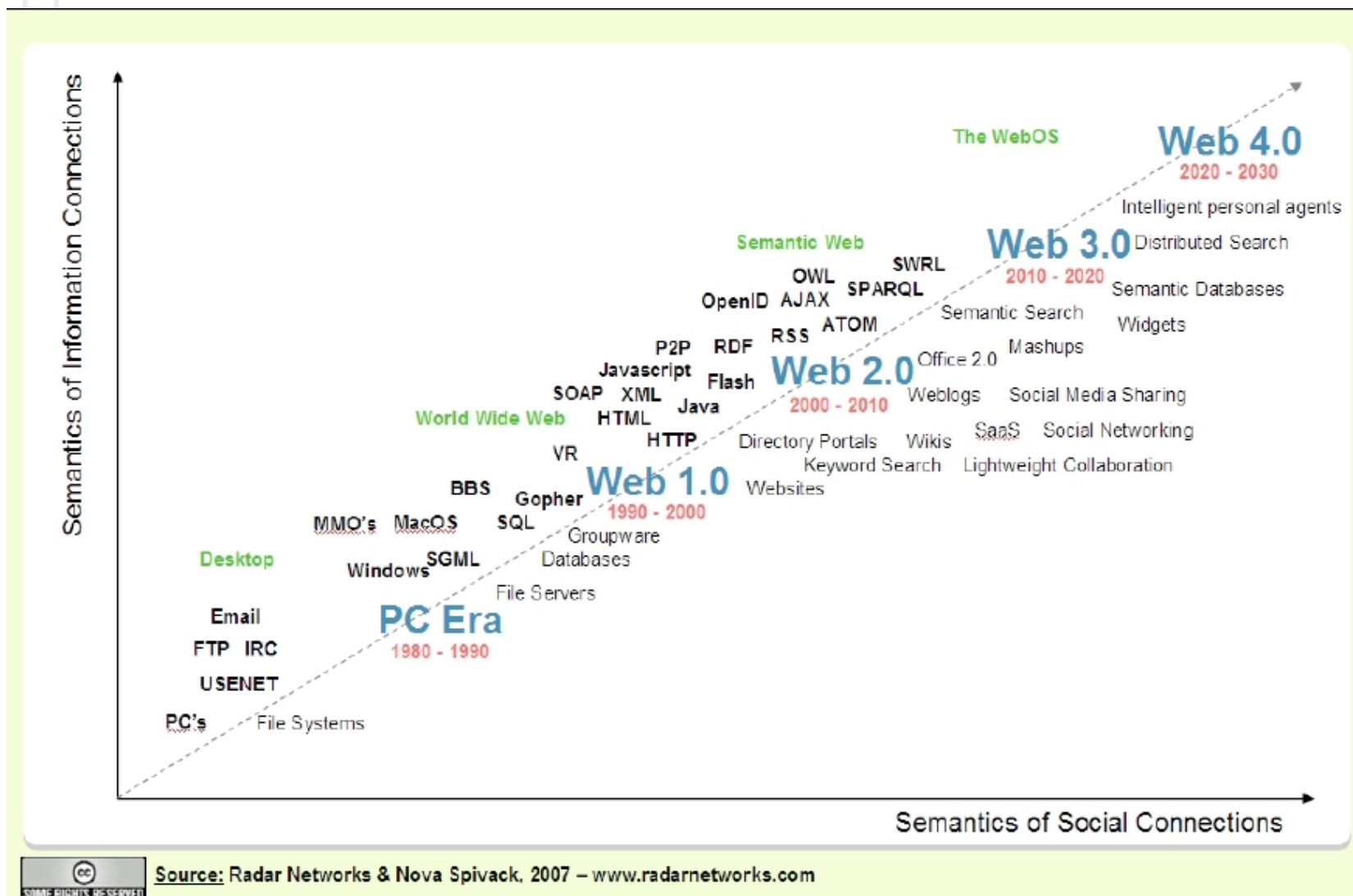
Első kép a WWW-n : info.cern.ch

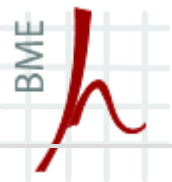
Les Horribles Cernettes





Web-”generációk”



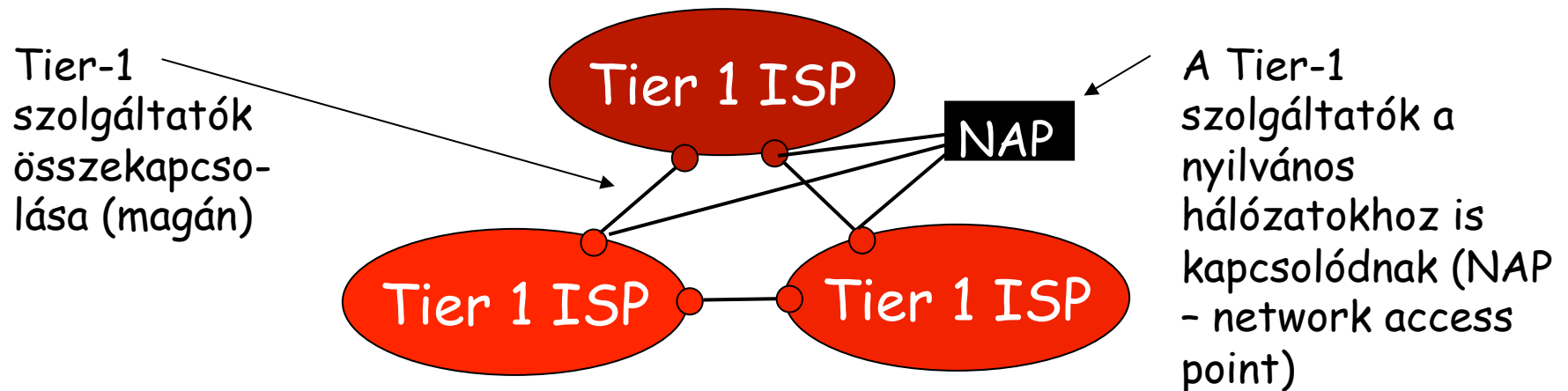


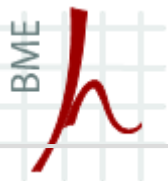
Példák számítógép-hálózatokra

- A mai Internet
- Az európai kutatói gerinchálózat (GEANT)
- Magyarországi kutatói gerinchálózat, H-Bone
- A PlanetLab
- Helyi hálózat
- Vezetéknélküli hot-spot

Az Internet: hálózatok hálózata

- Kezdetben egyszintű, elosztott, ma alapvetően hierarchikus
- **A középpontban: “tier-1” ISP-k** (pl. Sprint, AT&T, Tata Communications, NTT), nemzeti/nemzetközi lefedés, egyenrangúak

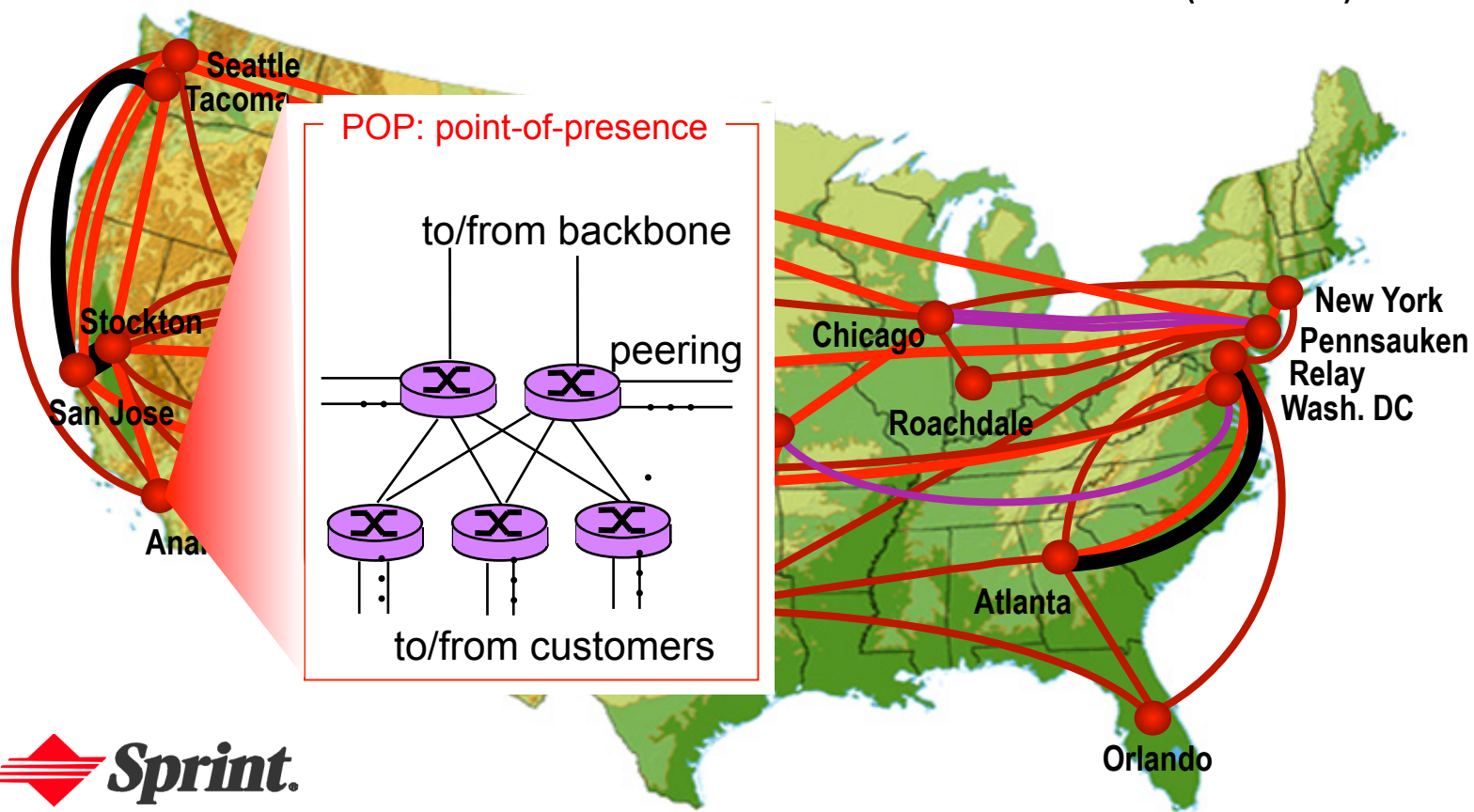




USA példa Tier-1 ISP-re: Sprint

A Sprint gerinchálózata

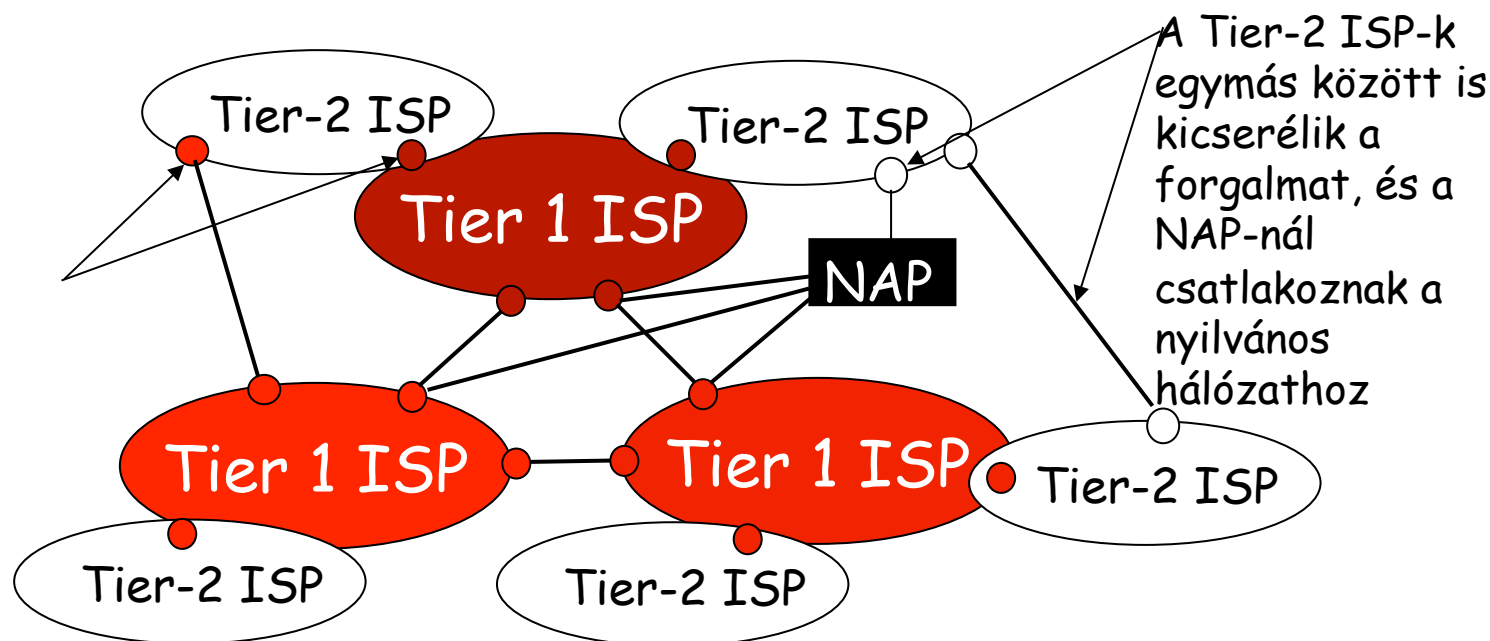
- DS3 (45 Mbit/s)
- OC3 (155 Mbit/s)
- OC12 (622 Mbit/s)
- OC48 (2.4 Gbit/s)



Az Internet: hálózatok hálózata

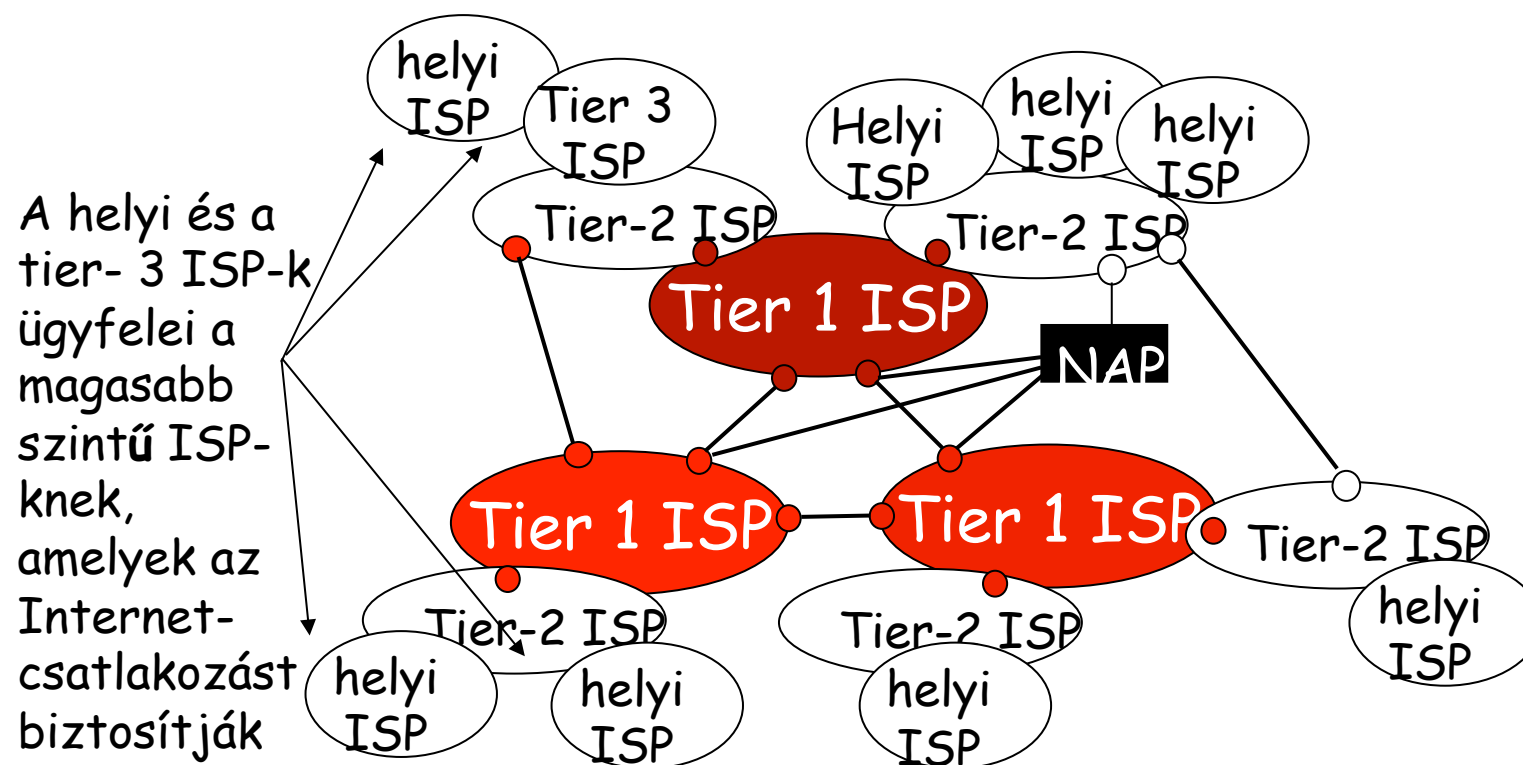
- A “Tier-2” ISP-k: kisebb (gyakran regionális) ISP-k
 - Egy, vagy több Tier-1 ISP-hez csatlakoznak, és esetleg más tier-2 ISP-khez

A Tier-2 ISP fizet a tier-1 ISP-nek az Internet-hez való csatlakozásért



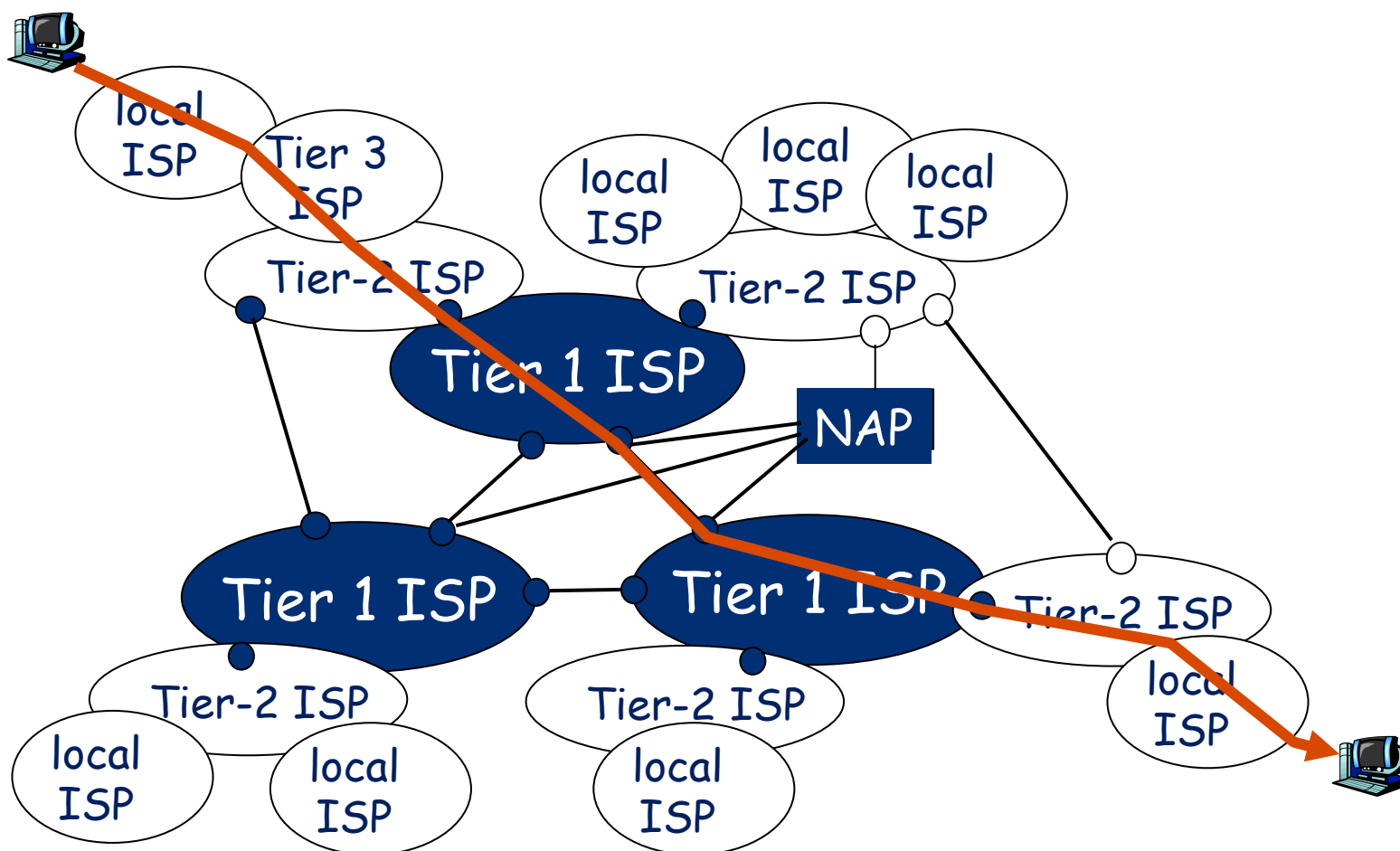
Az Internet: hálózatok hálózata

- “Tier-3” ISP-k és helyi ISPs-k
 - Az utolsó szakasz (“hozzáférési” hálózat), legközelebb a végponti rendszerekhez

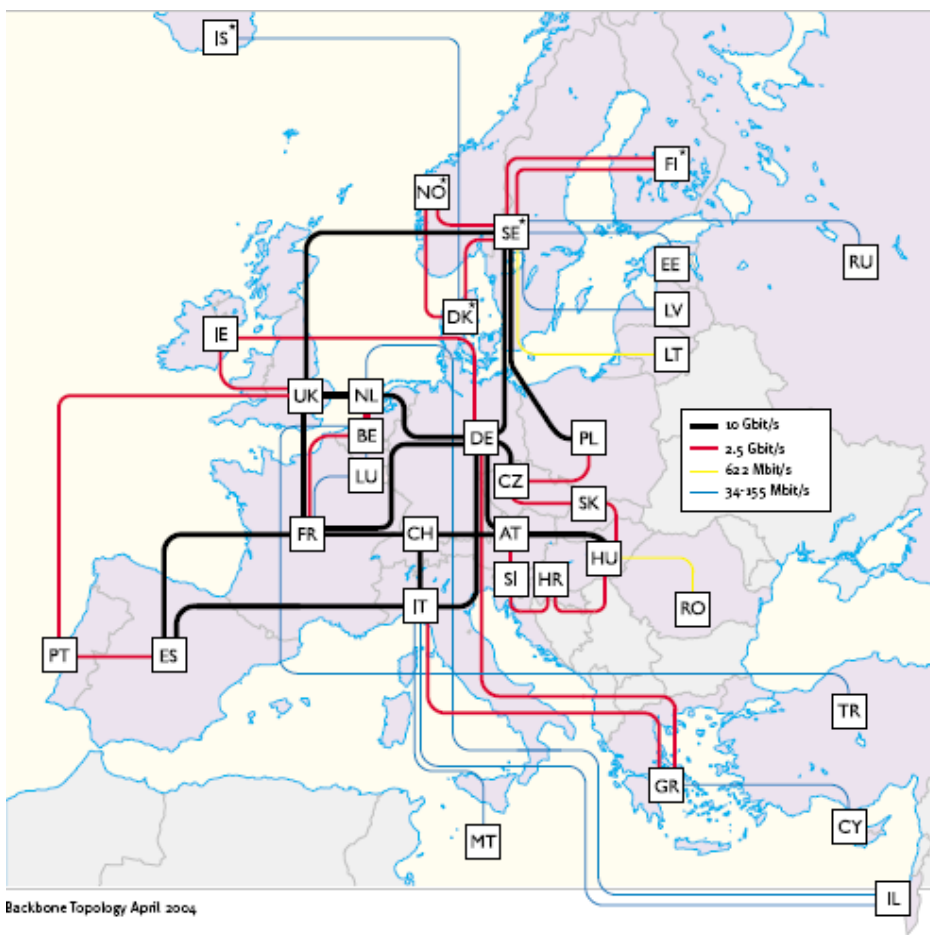


Az Internet: hálózatok hálózata

- Egy adatcsomag sok hálózaton halad át!



Az európai kutatói gerinchálózat (GEANT)



fekete vonal: 10 Gbit/s

piros vonal: 2,5 Gbit/s

sárga vonal: 622 Mbit/s

Magyarország a legizmosabb kapcsolattal rendelkezők közé tartozik

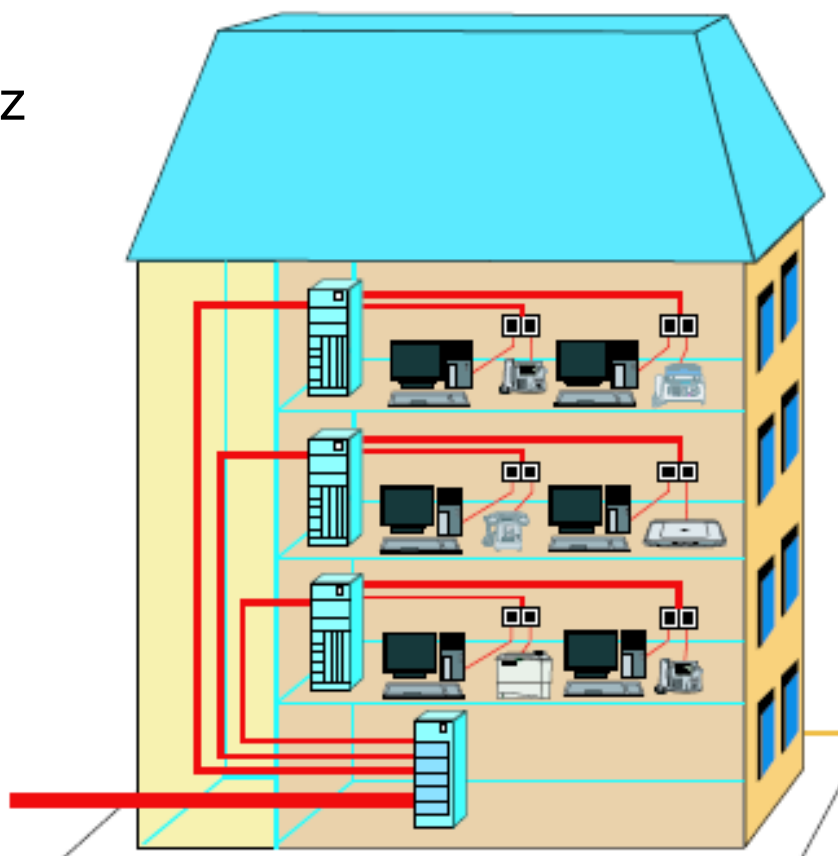
Helyi hálózat (local area network)

Többszintes irodaház

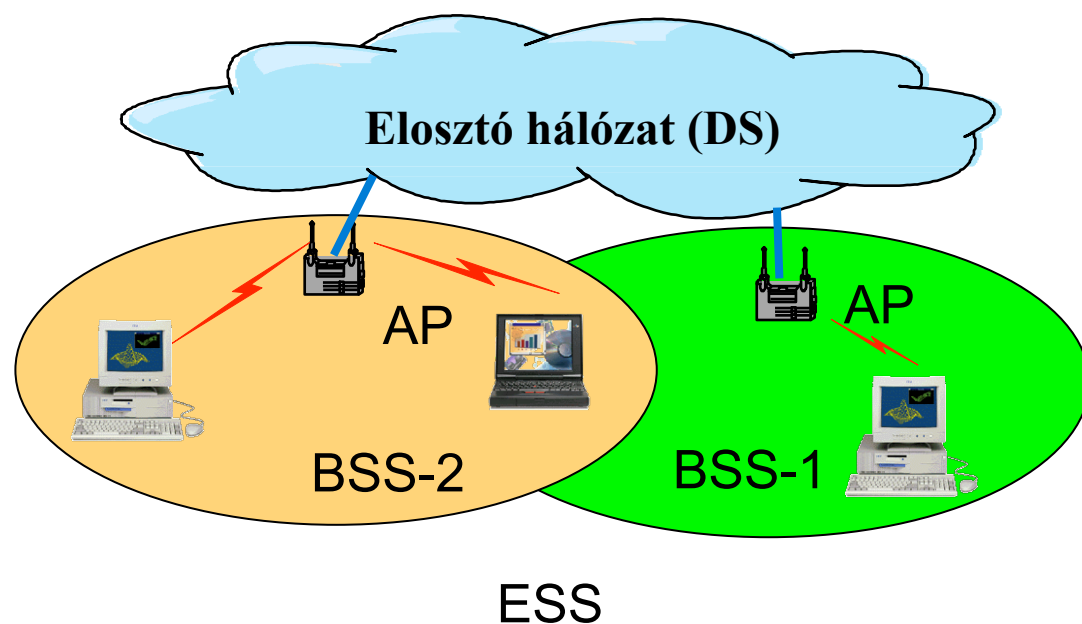
Szétesztó szekrény

Gerinchálózat az emeletek között

LAN-szegmensek az egyes szinteken



A vezeték nélküli hot-spot-ok technikája, a WLAN (wireless LAN, vezeték nélküli LAN)



Rendszertechnika
(meg fogjuk ismerni részletesen)



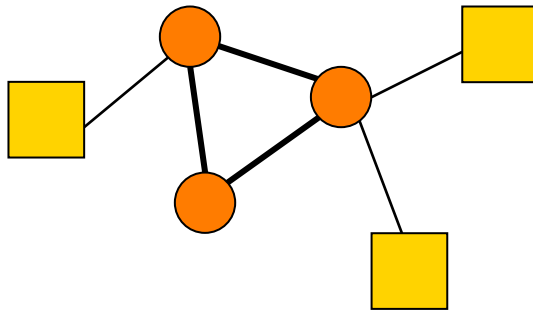
AP – access points



WLAN-kártya

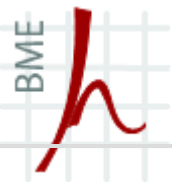
Mi tehát a számítógép-hálózat?

- Eredetileg: számítógépek összekapcsolása
- Ma: sokkal tágabb értelemben használt („kommunikációs hálózat”)
- Elméletben: topológia, gráf...
- Gyakran „infrastruktúra” értelemben, hálózati infrastruktúra, mint pl. az úthálózat, vasúthálózat, közművek



- Végkészülékek (end system)
- Csomópontok (node)
- Összeköttetések (link)

***A cél: összeköttetések (connectivity) biztosítása
végkészülékek között***



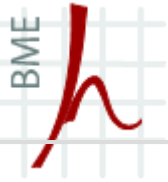
Infrastruktúra és alkalmazások!

- A számítógép-hálózat azért van, hogy azon alkalmazások, szolgáltatások működjenek

- Ezért fontos:
 - megismernünk a számítógép-hálózati és Internet-alkalmazásokat
 - megvizsgálnunk, hogy azok milyen követelményeket támasztanak a hálózattal szemben

És mi ez a Számítógép-hálózatok tárgya?

- „Computer Networks”, standard BSc tárgy minden rendes egyetem informatika (computer science) szakán, **plusz:**
- Határozott hangsúly a
 - korszerű vezeték nélküli és mobiltechnológiákon
 - multimédia és Internet-alkalmazásokhoz szükséges feltételek biztosításán, **plusz:**
- Bizonyos alapok nyújtása az erre épülő „Távközlő hálózatok és szolgáltatások” tárgyhoz
- A tárgy címe a fentieket nem fejezi ki elég jól, de ez vált általánossá történetileg és mi is így hívjuk.



Összefoglalás: miről volt szó ezen a bevezető előadáson?

- Mi a számítógép-hálózat, mi az Internet?
- Kis történeti visszatekintés:
 - kiknek köszönhető az, ahol tartunk?
 - milyen új elveket fedeztek fel és technikákat hoztak létre
- Példák számítógép-hálózatokra
 - az ARPANET-től a Wi-Fi-ig
- Legközelebb:
 - *Jellegzetes alkalmazások és igényeik a hálózattal szemben. Mivel foglalkozunk a tárgyban, hogyan épül fel?*
 - *Szabványosítás, szabványosítási szervezetek*
 - *IETF és társai*

Adminisztráció...

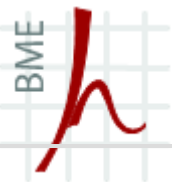




Fontos tudnivalók

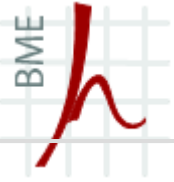
- Félévközi követelmény: ZH
 - ZH: április 7, 8-10h
 - pótzH: május 21, 8-10h
 - Nem számít bele az eredménye a végső jegybe
- Változás!!
 - Nem lesz beugró többé ☺
 - Egy részből áll a ZH és vizsga is, új feladatkészlet, mérnöki problémamegoldás szükségeltetik





Segédanyag

- Segédanyag:
 - *Az előadások slide-sorozatai,*
 - *James F. Kurose - Keith W. Ross: Számítógép-hálózatok működése, Panem, 2008*
 - *Lencse G.: Számítógép-hálózatok, Széchenyi István Egyetem, az anyag jelentős részéhez segédanyagként használható,*
 - *Tanenbaum: Számítógéphálózatok, Panem, 2004, kijelölt fejezetek segédanyagként használhatók*
 - *További közzétett segédanyagok*



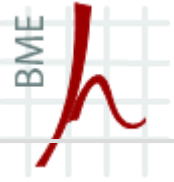
Technikai tudnivalók

- ZH, vizsgázás, előadás anyagainak elérése, hirdetések kizárólag az általunk működtetett **Moodle*** site-on keresztül:

<http://moodle.hit.bme.hu/>

- Ezt mindenki eléri, aki felvette a tárgyat

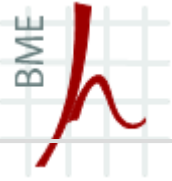
* **Moodle**: a világban és Magyarországon is széleskörűen használt e-learning keretrendszer



A Moodle site-unk használata

Bejelentkezés:

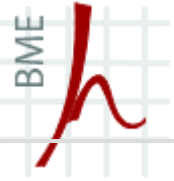
- Felhasználónév = Neptun kód (kis betűvel)
- Jelszó generálása= a Neptunban megadott e-mail címre lehet kérni (mindenkinél ez az e-mail cím lesz a default), a felhasználónevet kell beírni a megfelelő oldalon



Leonard Kleinrock idézet

„Don't be constrained by today's technology. Reach out and imagine what could be and then make it happen!”





Házi feladat

Mottó: indulj harcba a pluszpontokért, hogy a nyári szünet előbb kezdődhessen 😊



Kérdések?

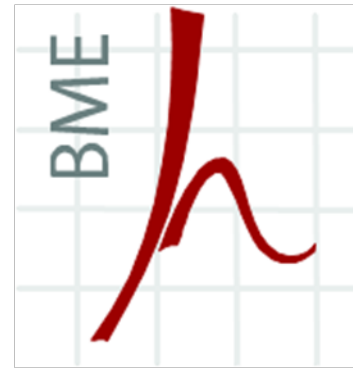
KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu



SZÁMÍTÓGÉP-HÁLÓZATOK BEVEZETŐ ELŐADÁS 2.

Mérnök-informatikus szak, BSc, 4. félév
2013/14 2.félév

Dr. Simon Vilmos
docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu

2014.február 13.

Miről volt szó az előző előadáson és mi lesz ma?

- Ez volt:
 - Mi a számítógép-hálózat, mi az internet?
 - Kis történeti visszatekintés:
 - kiknek köszönhető az, ahol tartunk?
 - milyen új elveket fedeztek fel és technikákat hoztak létre
 - Példák számítógép-hálózatokra
 - az ARPANET-től a Wi-Fi-ig
- Ez lesz ma:
 - Szabványosítás, szabványosítási szervezetek
 - IETF és társai
 - Jellegzetes alkalmazások és igényeik a hálózattal szemben
 - Mivel foglalkozunk a tárgyban, hogyan épül fel a tárgy anyaga?

„Copyright”-megjegyzés:
slide-ok és ábrák időnként ebből a könyvből:

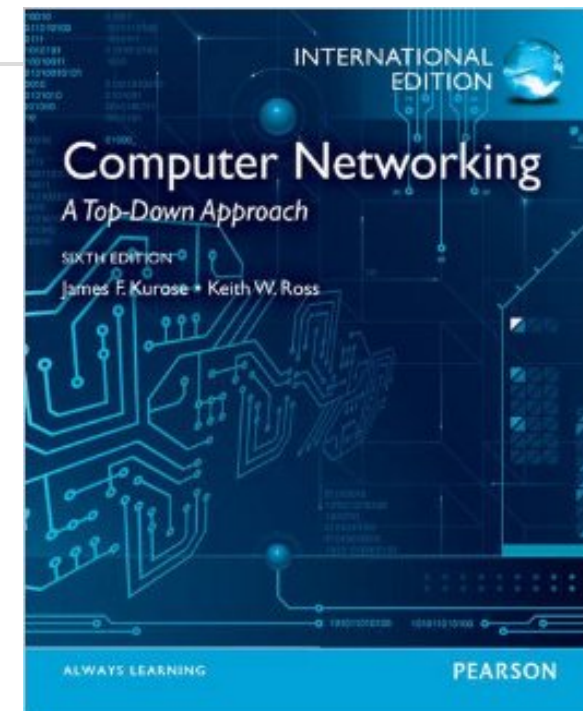
A note on the use of these ppt slides:

We're making these slides freely available to all (faculty, students, readers). They're in PowerPoint form so you can add, modify, and delete slides (including this one) and slide content to suit your needs. They obviously represent a *lot* of work on our part. In return for use, we only ask the following:

- ☐ If you use these slides (e.g., in a class) in substantially unaltered form, that you mention their source (after all, we'd like people to use our book!)
- ☐ If you post any slides in substantially unaltered form on a www site, that you note that they are adapted from (or perhaps identical to) our slides, and note our copyright of this material.

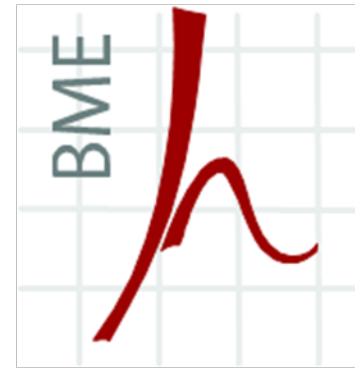
Thanks and enjoy! JFK/KWR

All material copyright 1996-2006
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved



*Computer Networking: A
Top Down Approach
Featuring the Internet,
6th edition.*

Jim Kurose, Keith Ross



Hálózati és Internet- szabványok...

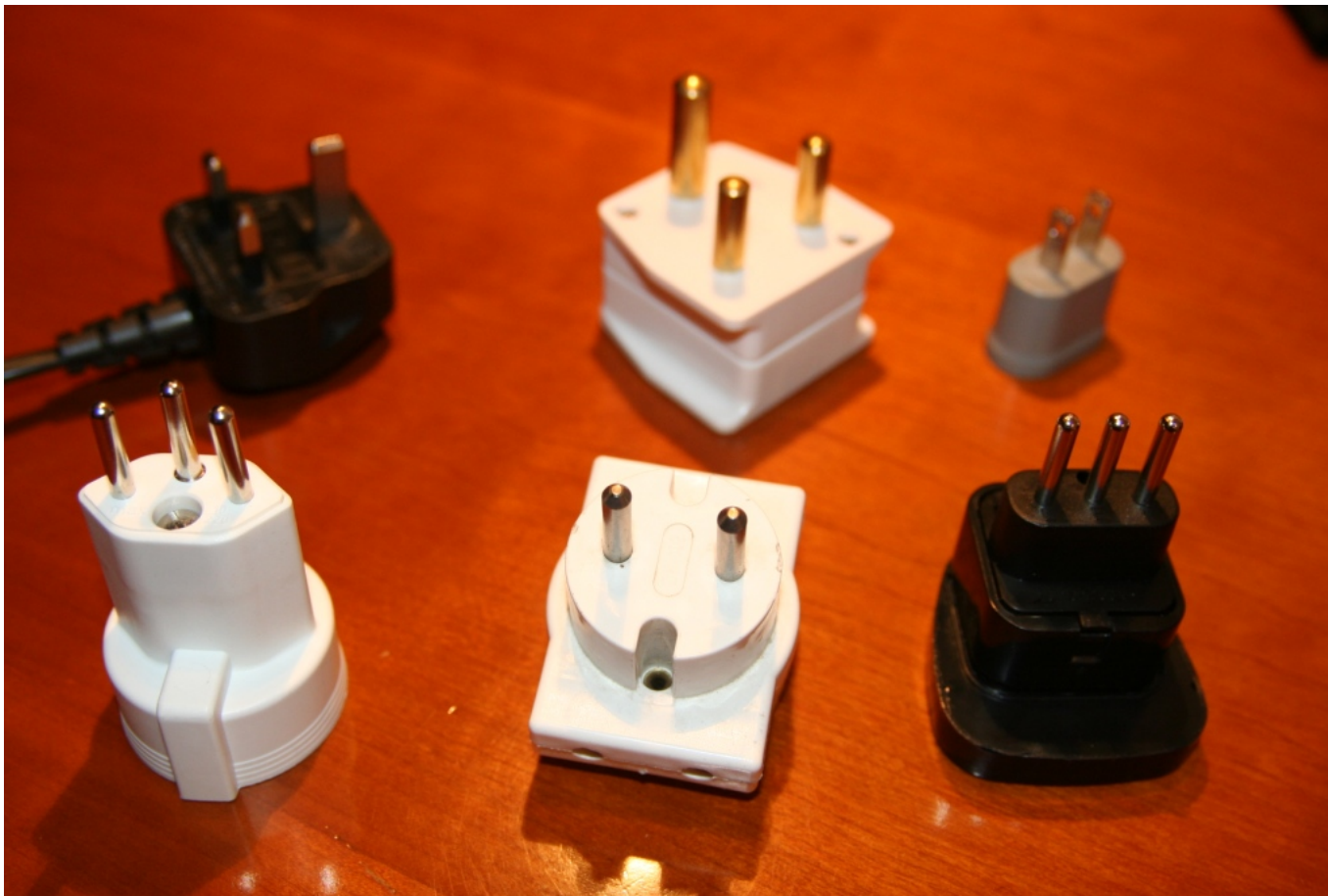
...és szabványosítási szervezetek

2014.február 13

Szabvány, szabványosítás, a szabványosítás fontossága

- Az adott eszköz, rendszer vagy – rész legfontosabb **fizikai, elektromos és procedurális jellemzőinek lerögzítése**
- Mikor történjék meg a szabványosítás?
- A szabványnak megfelelés – **a konformancia**
 - biztosíték arra, hogy az eszköz „tudja”, amit szeretnénk
 - de önmagában nem biztosíték arra, hogy két különböző gyártó eszköze együttműködjön!
- A szabvány sok mindent specifikál, a termék ennek **részhalmazát** tudja
 - alaposan meg kell vizsgálni, amikor azt mondják, a termék „szabványos”
 - ha a specifikáció **azonos részhalmazát tudják, akkor együttműködnek**
- Gyári és nyilvános szabványok
- **De facto** és **de jure** szabványok

Nemzetközi szabványok kellenek!



A számunkra fontos szabványosítási szervezetek

- **IEEE** - Institute of Electrical and Electronics Engineers
- **IETF** – Internet Engineering Task Force
- **ISO** – International Standardization Organization
- **ANSI** – American National Standards Institute
- **ITU** – International Telecommunication Union
 - ITU-T (Telecommunications) – távközlés
 - ITU-R (Radio Communications) – rádióhírközlés
- **ETSI** – European Telecommunication Standard Institute

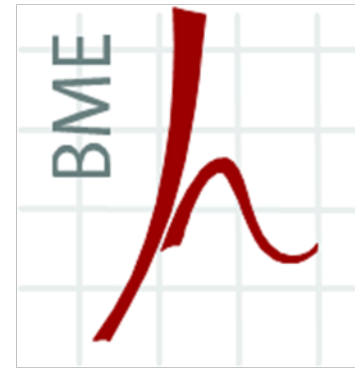
IETF: Internet Engineering Task Force

Nagy, nyitott szervezet:

- gyártók, szolgáltatók, kutatók, ...
- Munkacsoportokban (**Working Group**), levelezőlisták segítségével
- Dokumentumai az **RFC**-k (Request for comments)
- Hagyományhűen textformátumúak az RFC-k
- **Lassú fázis** (önkéntesek, viták, konszenzus), pl. SMTP
- De gyakorlatiasabb, mint pl. ISO
 - Internet Draft $\Rightarrow$ Proposed Standard $\Rightarrow$ **Internet Standard**
- Április elsejei vicces RFC-k: evil bit, IPv6 over Facebook

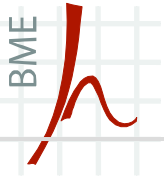
IEEE: néhány aktív munkacsoport

- A világ legnagyobb, USA-központú villamosmérnök-egyesülete
 - Communication Society: több mint 100 ezer taggal
 - [802.3](#) Ethernet Working Group
 - [802.11](#) Wireless LAN Working Group
 - [802.15](#) Wireless Personal Area Network (WPAN) Working Group
 - [802.16](#) Broadband Wireless Access Working Group
- *de facto szabványból de jure szabványt csinálnak*



Jellegzetes internet- alkalmazások és igényeik a hálózattal szemben

2014.február 13



Minden alkalmazás alapvető igénye: hálózati összeköthetőség - *connectivity*

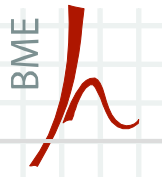
Az úthálózat analógiája:

- el lehessen jutni A városból B városba
 - útszakaszok és csomópontok (kereszteződések, elágazások) sorozatán keresztül
 - megfelelő útjelző táblák segítségével
- jó utak legyenek (széles, aszfaltos, síkosságmentesített, jelzett stb.)
- ha valamely szakaszon v. csomópontban forgalmi dugó támad, ezt kezelni kell (információ, elterelés stb.)

- A számítógép-hálózatban:
 - A és B végpont összeköthető legyen
 - **linkek** és hálózati **csomópontok** sorozatán keresztül
 - megfelelő **útvonalválasztó és –irányító** módszerek és **protokollok** segítségével
 - “jó” linkjeink legyenek
 - kellő sebességűek
 - megfelelő fizikai paraméterekkel
 - pl. hibaarány, késleltetés
 - ha valamely linken v. csomópontban forgalomtorlódás támad, kezelni kell
 - a forgalom elterelése
 - a forrás szabályozása
 - megelőző módszerek

Elegendő-e az összeköthetőség biztosítása?

- Az úthálózat analógiája: elegendő-e mindez, hogy egy A városból induló kamion biztosan eljusson B városba (adott időn belül?)
 - Nyilván nem: pl. eltévedés, baleset, műszaki hiba estén.
 - Folyamatos kommunikáció kell a kamionos cég központjával
 - megszervezni a javítást, mentést, csereautó küldését.
- A számítógép-hálózatban sem!
 - Csomagok **eltérülnek, elvesznek, eldobásra kerülnek** a csomópontok minden igyekezete („best effort”) ellenére.
 - Kell tehát **kommunikációs eljárás és protokoll** amely a végpontok közötti adatcserét támogatja.



Ez már elég sok internetes alkalmazás működtetéséhez elegendő!

Ilyen alkalmazások:

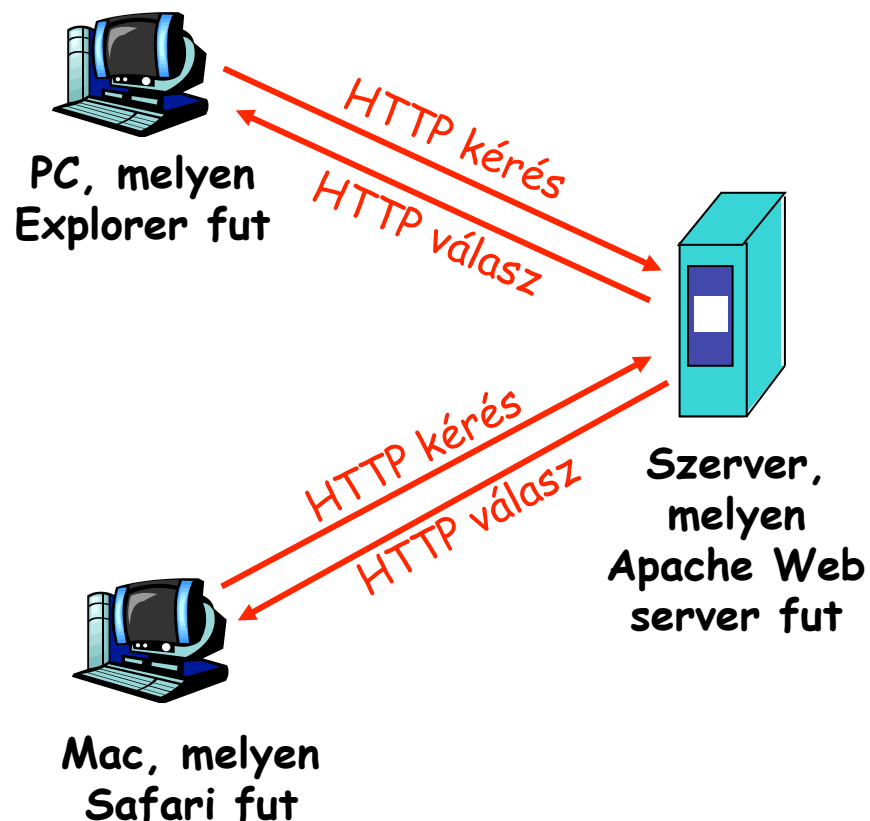
- webservert elérése
- fájlátvitel
- elektronikus levelezés
- peer-to-peer fájlcsere

- A **weblap objektumokat** tartalmaz
 - Pl. HTML (*HyperText Markup Language*) file, JPEG kép, Java alkalmazás, hangfile,...
- A weblap tartalmaz egy HTML file-t, amely magában foglal számos objektumot
- Minden objektum címezhető a saját **URL**-ével
- Példa URL-re:
<http://moodle.hit.bme.hu/mod/resource/view.php?id=1666>

HTTP: bevezető áttekintés

HTTP: HyperText Transfer Protocol

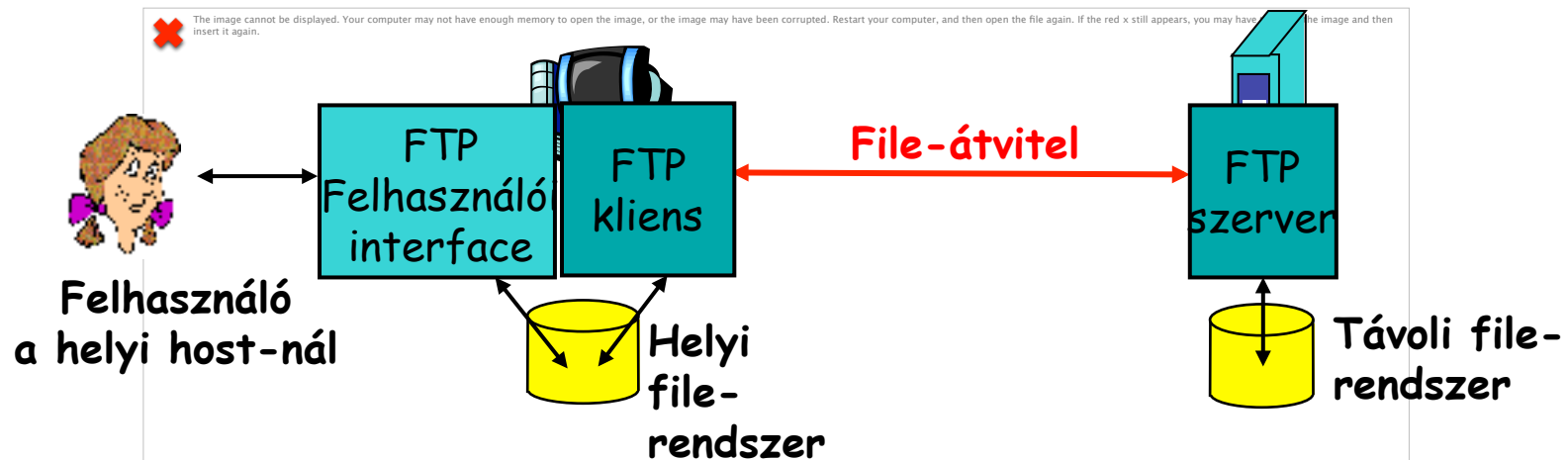
- Kliens-szerver modell
 - *kliens*: a böngészője kéréseket küld, válaszokat fogad, és megjeleníti a webes objektumokat
 - *szerver*: kérésre a web-szerver válaszként objektumokat küld vissza
- HTTP 1.0: RFC 1945
- HTTP 1.1: RFC 2068



- Megalkotása az előző előadásban megismert Tim-Bernes Lee és az IETF nevéhez fűződik
- **Független az átviteli rétegtől**, de általában TCP/IP réteg felett van
- HTTP 1.1 újdonságok:
 - **Perzisztens kapcsolat**: felette már stream is továbbítható
 - **Pipelining**: kliens elküldhet több kérést is egymás után anélkül, hogy megvárná a választ
 - **Byte serving**: a kért erőforrásnak csak a kliens által kijelölt darabját küldi el a szerver.

- Következő verzió: HTTP 2.0, IETF fejlesztésben
- A Google SPDY protokolljának lényeges elemeit használja
 - De facto szabvány?
- Csökkenti a web oldalak betöltési idejét:
 - multiplexált stream-ek egy TCP kapcsolaton belül
 - kérések priorizálása
 - kérés és válasz fejrészek tömörítése, a statikusok nincsenek újraküldve
 - szerver push és hint funkció

FTP: a file-átviteli protokoll



- File-átvitel a távoli hostra/hostról
- Kliens/szerver modell
 - *kliens*: az átvitelt indító oldal (akár felmásol, akár leszed adatot a távoli hostra/hostról)
 - *server*: távoli host
- ftp: RFC 959

- Két párhuzamos kapcsolat: egy vezérlési illetve egy adatátviteli csatorna (más porton)
 - **out-of-band** vs. in-band protokoll (HTTP)
- Aktív/passzív adatátvitel



Három fő alkotóelem:

▪ User Agent

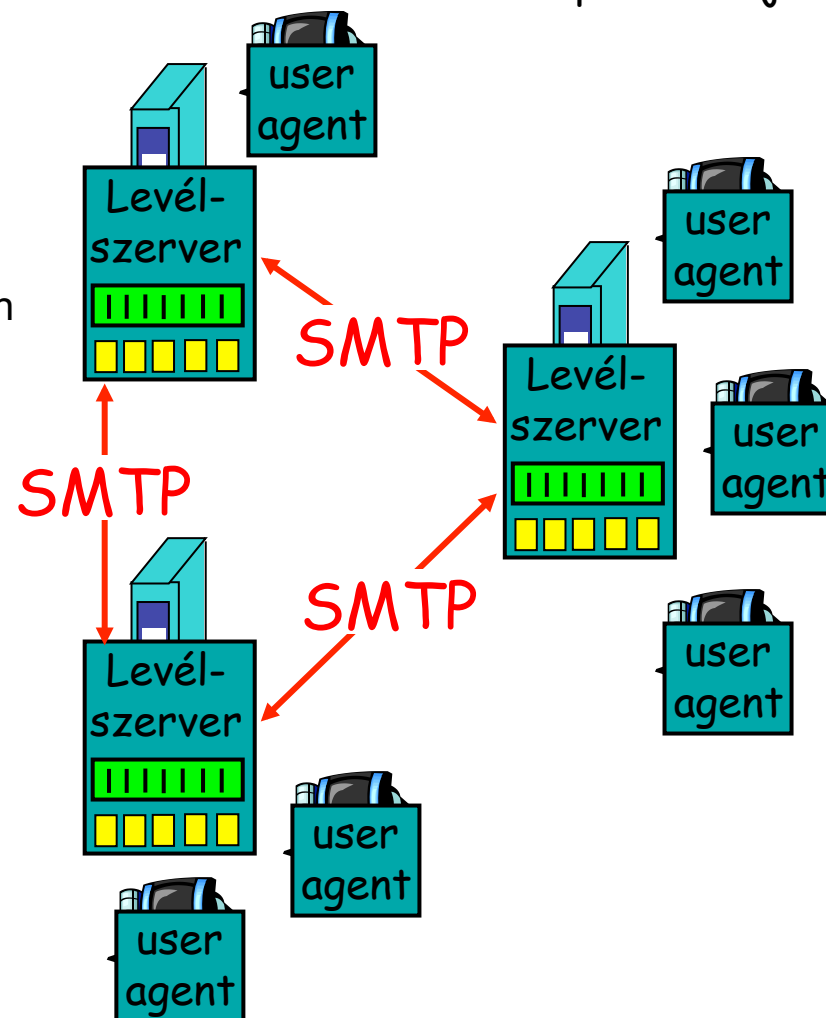
- Levelek írása, szerkesztése, olvasása
- PI: Mozilla Thunderbird, Outlook
- A kimenő és bejövő levelek a szerveren vannak tárolva

▪ Levélszerverek

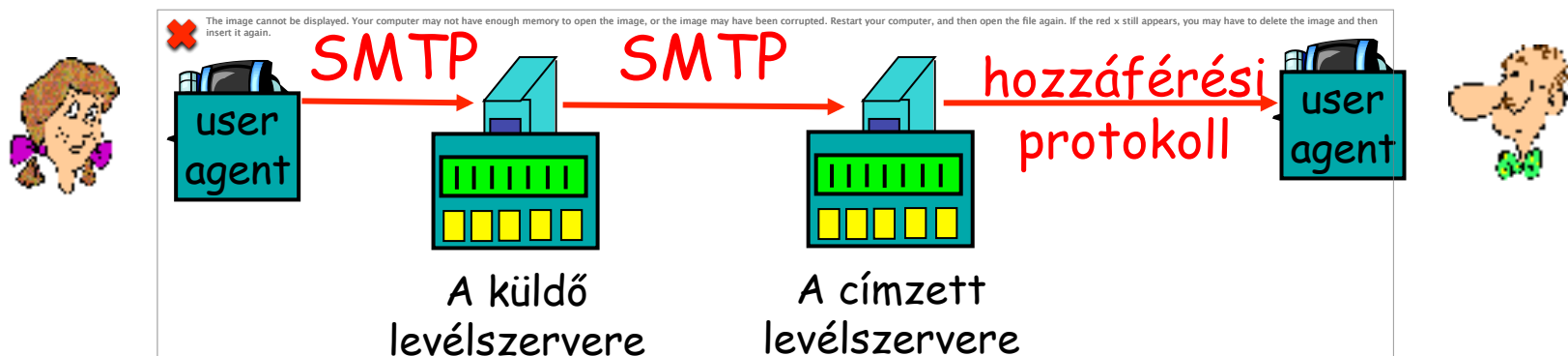
- A **postaláda** tartalmazza a felhasználó bejövő leveleit
- Kimenő **levelek várólistája** a szerveren

▪ Levelező protokoll (SMTP) a levelező szerverek között az e-mailek továbbítására

- Kliens: küldő
- Szerver: fogadó levélszerver



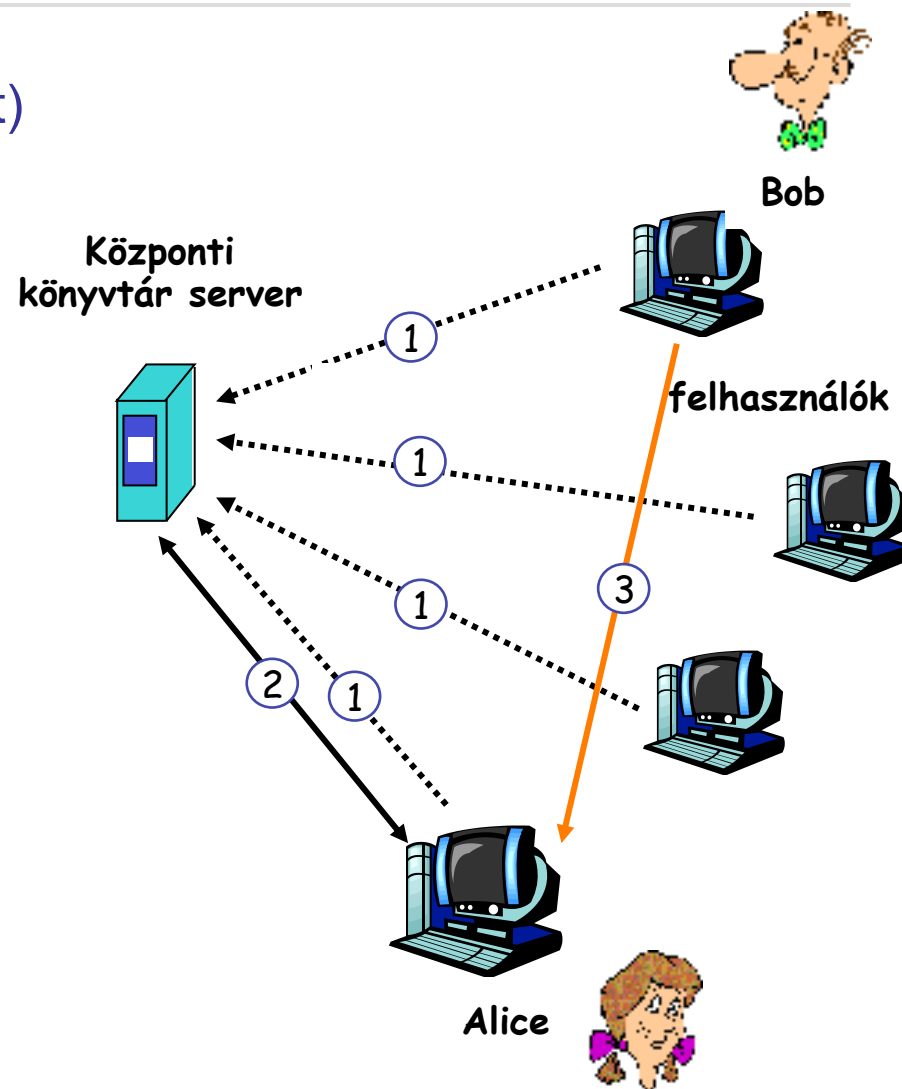
Protokollok a levelekhez való hozzáférésre



- SMTP: tárolja és továbbítja a leveleket a címzett szerverének
- Levelek lekérése a szerverről
 - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
 - **Azonosítás (levelezőprogram <--> szerver) és letöltés**
 - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 1730]
 - **Több beállítási lehetőség (összetettebb)**
 - **Egyszerre több kliens is hozzáférhet, észleli mások módosításait (flag-ek)**
 - HTTP: Gmail, Hotmail, Yahoo! Mail, stb.

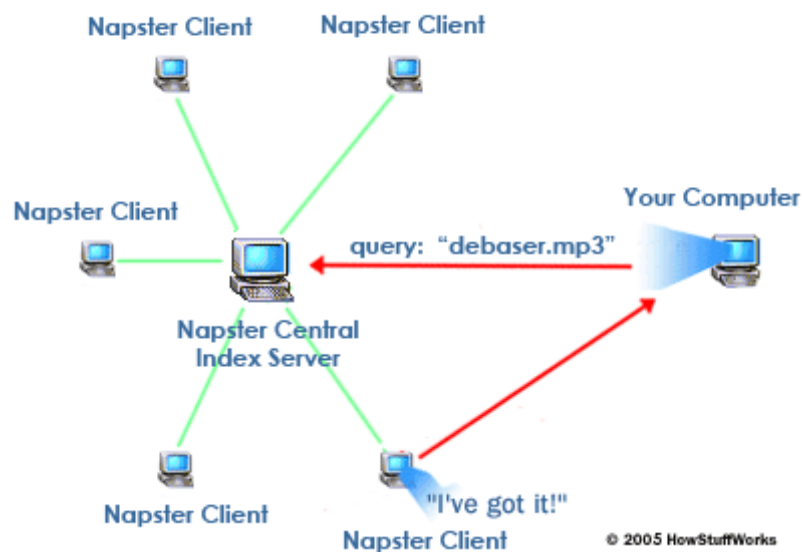
Eredeti „Napster” típusú (centralizált)

- 1) Ha egy felhasználó csatlakozik, akkor tudatja a szerverrel:
 - Az IP címét
 - Megosztani kívánt tartalmát
- 2) Alice megnézi, kinek van meg a letölteni kívánt zeneszám
- 3) Majd „elkéri” a file-t Bobtól

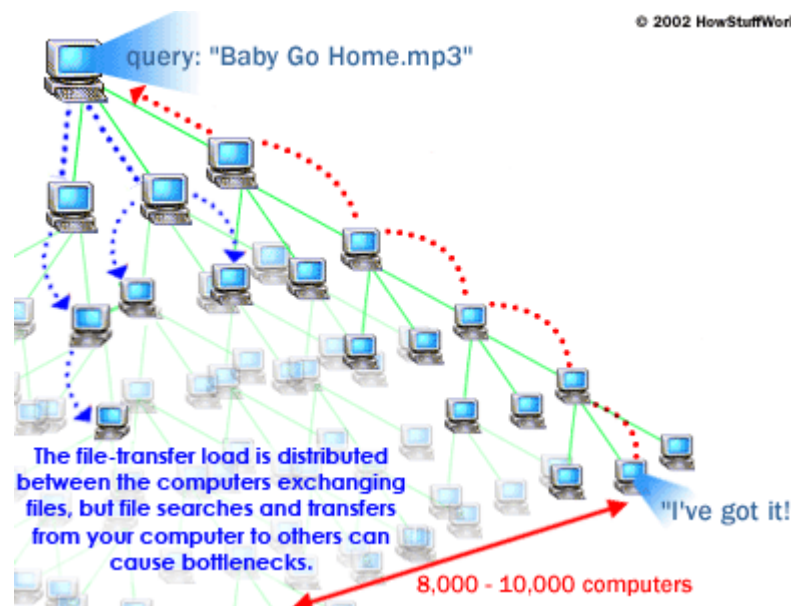


P2P topológiák

Napster Protocol



Centralizált (Napster)



**Teljesen elosztott
(Gnutella, v.04 előtti)**

P2P generációk

1.generáció: hibrid, **központi szerverrel** (pl.Napster)

2. generáció: **teljesen elosztott**, nincs központi szerver
(pl.Gnutella)

előny: robusztusabb mint az 1.generáció

hátrány: exponenciális forgalom növekedés elárasztás miatt

3.generáció: **párhuzamos kommunikáció** egyszerre több
csomóponttal (pl. BitTorrent)

- seed, tracker, leech csomópontok

P2P: előnyök, hátrányok

- FTP-vel ellentétben nem szerver-kliens, mindenki lehet szerver és kliens is
- Előnye: robusztusabb, jobban skálázódik
- Hátránya: nagy sávszélesség igény
 - Megoldás: P2P caching
 - P2P forgalom blokkolása, rosszindulatú szeletek injektálása, válasz: BitTorrent titkosítás
- Internet forgalmának komoly hányadát már a fájlcserélő (főképp a BitTorrent) hálózatok adják
 - csökkenőben
- Jövőben: a masszív többszereplős online játékok is használhatják

Web-elérés, ftp, e-mail, p2p fájlcsere:

Az eddigi alkalmazások igényei a hálózattal szemben:

- alapvetően „csak” **megbízható kapcsolat** végpontok között
- valamekkora **átbocsátóképesség** („sávszélesség”)
- az Internet IP és TCP protokollja elég,
- **de kell is a TCP, amely a végpontok közötti megbízható kommunikációt biztosítja (ha kell, ismétlések stb. árán).**

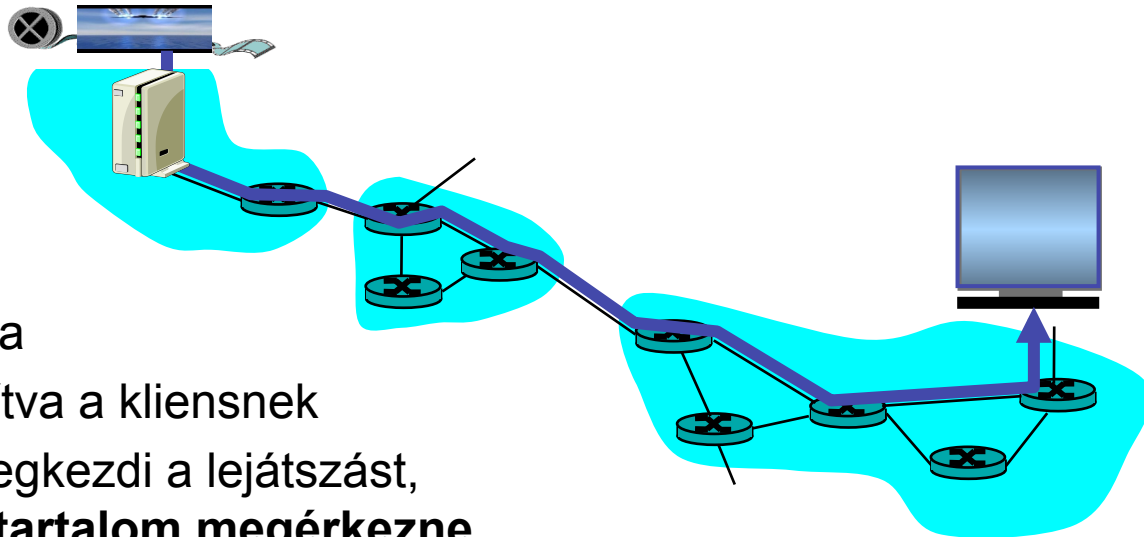
További, már nem ennyire „igénytelen” (sőt!) alkalmazások

- Audió-videó- (multimédia) streaming
 - tárolt (on-demand)
 - élő (live / real-time)
 - interaktivitás
- Élő beszéd (Internet-telefonía, Voice over IP)
- Élő videókonferencia (audió-videókonferencia természetesen)

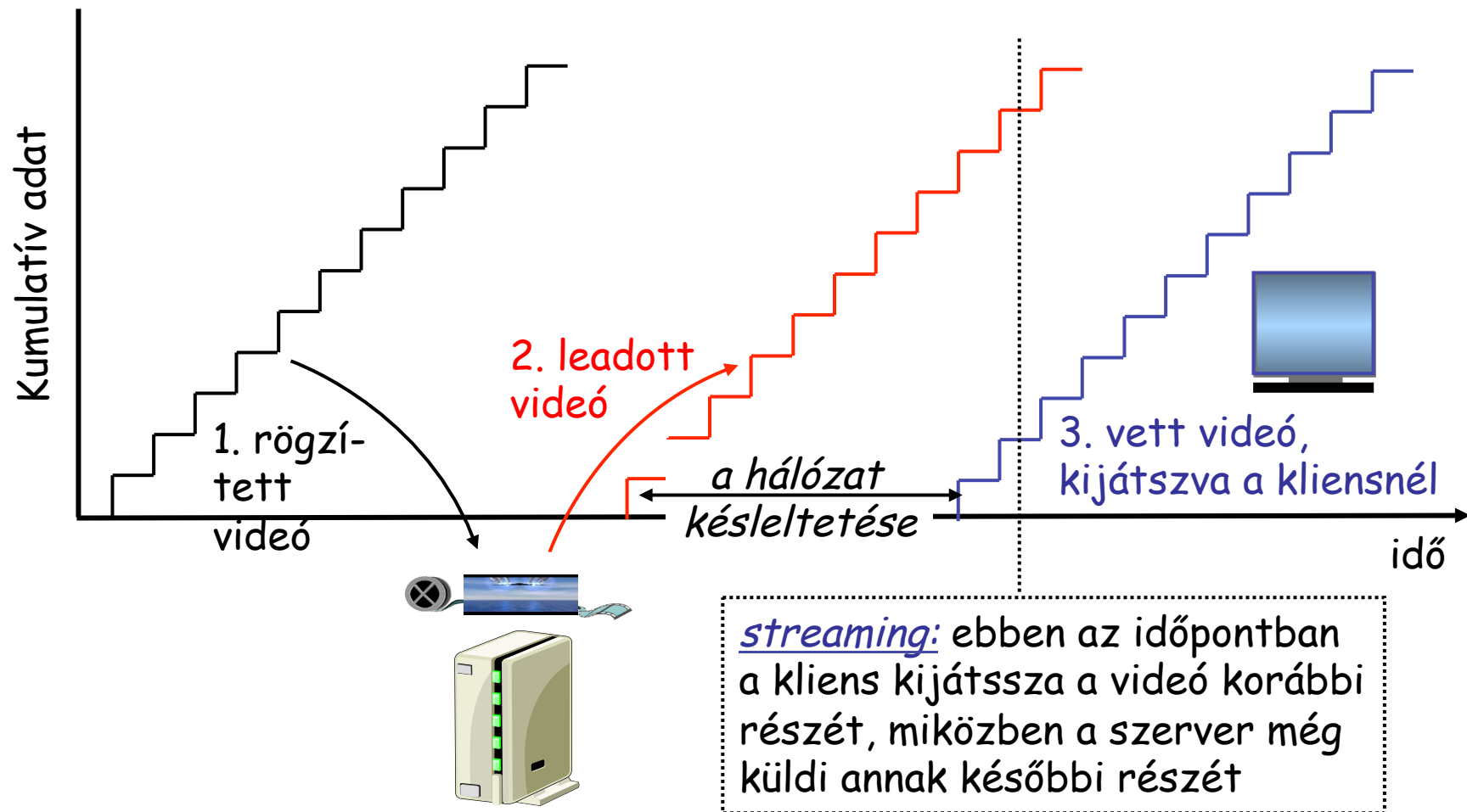
NÉZZÜK MEG, MIK ITT A KÖVETELMÉNYEK A HÁLÓZATTAL SZEMBEN?

Streaming:

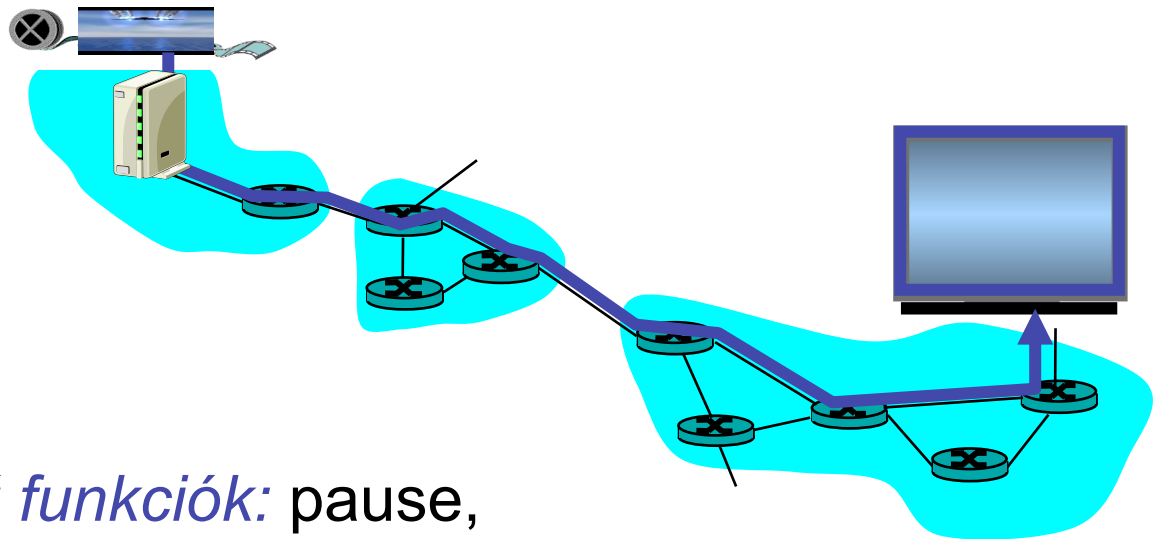
- a forrásnál tárolt média
 - a hálózat által továbbítva a kliensnek
 - streaming: a kliens megkezdi a lejátszást, **még mielőtt a teljes tartalom megérkezne**
-
- **időbeli követelmény a még továbbítandó adatokra: időben érkezzen meg a kijátszáshoz (playout)**



Multimédia streaming: a késleltetés kérdése



Multimédia streaming: interaktivitás



- *Videómagnó-szerű funkciók:* pause, rewind, fast forward, etc.
 - komolyabb késleltetés-követelmények

Élő multimédia streaming

Példa:

- Internetes rádió, tv
- Élő sportközvetítések

Streaming:

- lejátszási puffer (playback buffer)
- néhány mp késleltetés elviselhető

Korlátozott interaktivitás:

- gyors vissza, pillanat állj lehetséges
- gyors előre nyilván lehetetlen

Élő beszéd (Internet-telefonía, Voice over IP)

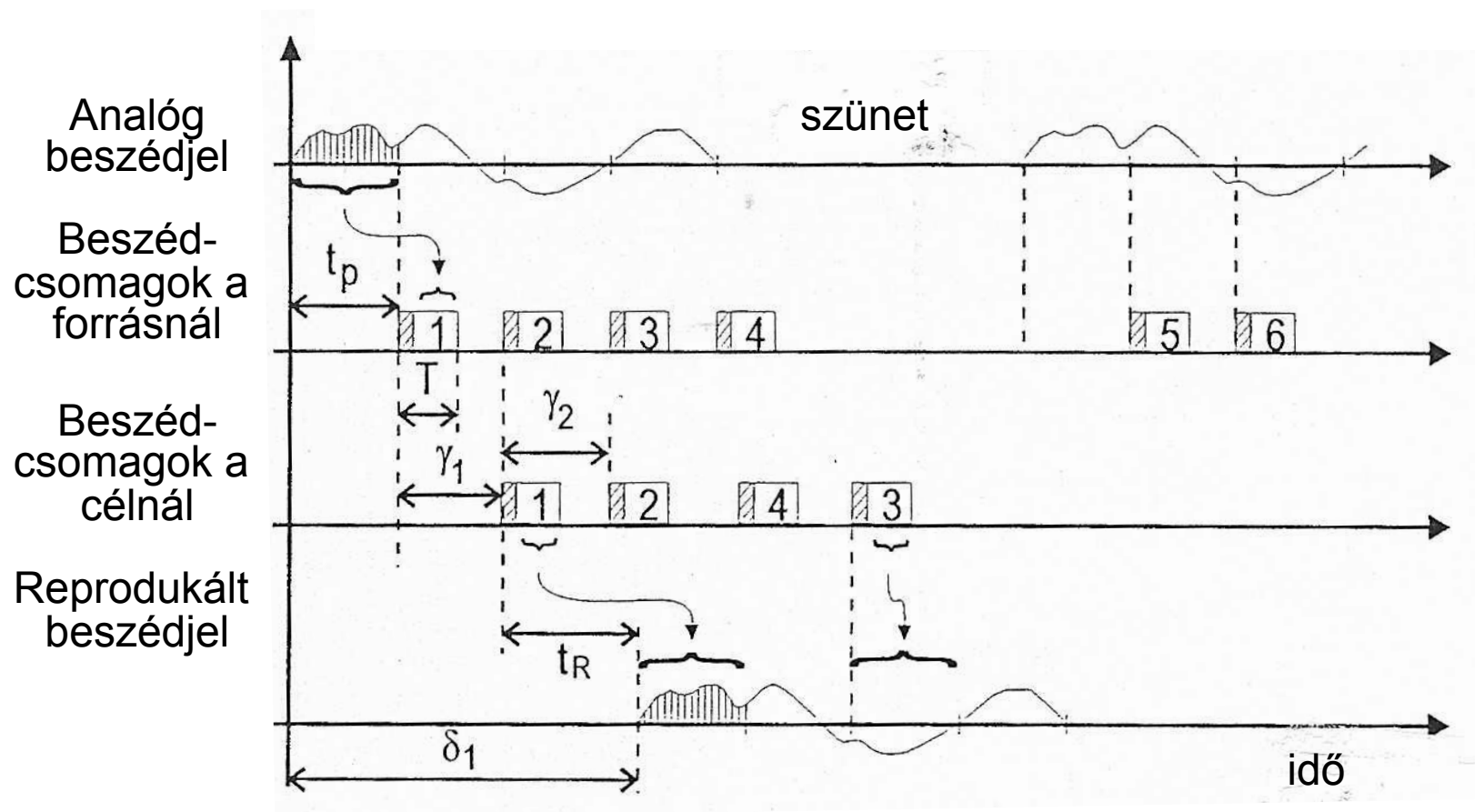
- Miért IP-n?
- Ma már ez triviális, mit mondtunk néhány éve?
- „Everything over IP”, nézzük meg, mi mindent lehet IP felett továbbítani?
 - *RFC3251 “Electricity over IP”, April 1, 2002*
 - *“Scents over IP”: France Telecom R&D
Multimédia bortúra Burgundiában*
 - *ScentMail: illatos mail*

Ma már nem kell magyarázni...

Két meggyőző példa az IP feletti beszéd- és általánosan: IP feletti multimédia-forgalom elterjedtségére:

- Skype
 - 70 millió felhasználó volt egyszerre on-line!
- A 3. generációs mobil hálózatokban (UMTS) Release5-től kezdve a beszédforgalom IP felett megy!

Beszédcsomagolás és -visszaállítás



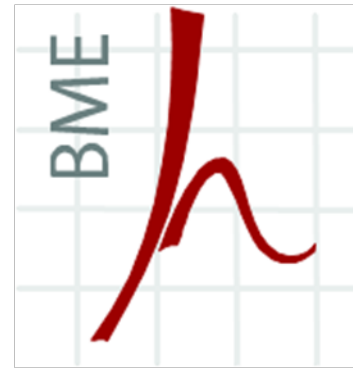
A beszédminőséget befolyásoló tényezők csomagkapcsolt hálózatokban

- Késleltetés (delay)
 - Megengedett maximum: **150 ms** körül
- Késleltetés-ingadozás (packet delay variance)
 - Megengedett maximum: **néhány tíz ms**
- Csomagvesztés
 - Megengedett maximum: néhány %, feltéve ha:
 - A kiesett beszédsegmensek rövidek
 - 10 ms nagyságrendben
 - **Véletlenszerűen** oszlanak meg az időben

Video over IP: még szigorúbb követelmények!

A megbeszített multimédia alkalmazások igényei: összefoglalás

- A multimédia alkalmazások igényei:
 - *érzékenyek a késleltetésre (delay sensitivity)*
 - a késleltetés nagyságára
 - a késleltetés ingadozására
 - *de tűrik az adatvesztést (loss tolerance)*
- Szemben az első csoport „egyszerű” internetes alkalmazásaival (adatátvitellel), amelyek
 - *nem tűrik az adatvesztést*
 - *de tolerálják a késleltetést*
- *Tehát a multimédia alkalmazásoknál*
 - *nem kell feltétlenül megbízható kommunikáció a végpontok között (TCP protokoll)*
 - *sőt az okozott késleltetés miatt általában nem is szabad használni!*



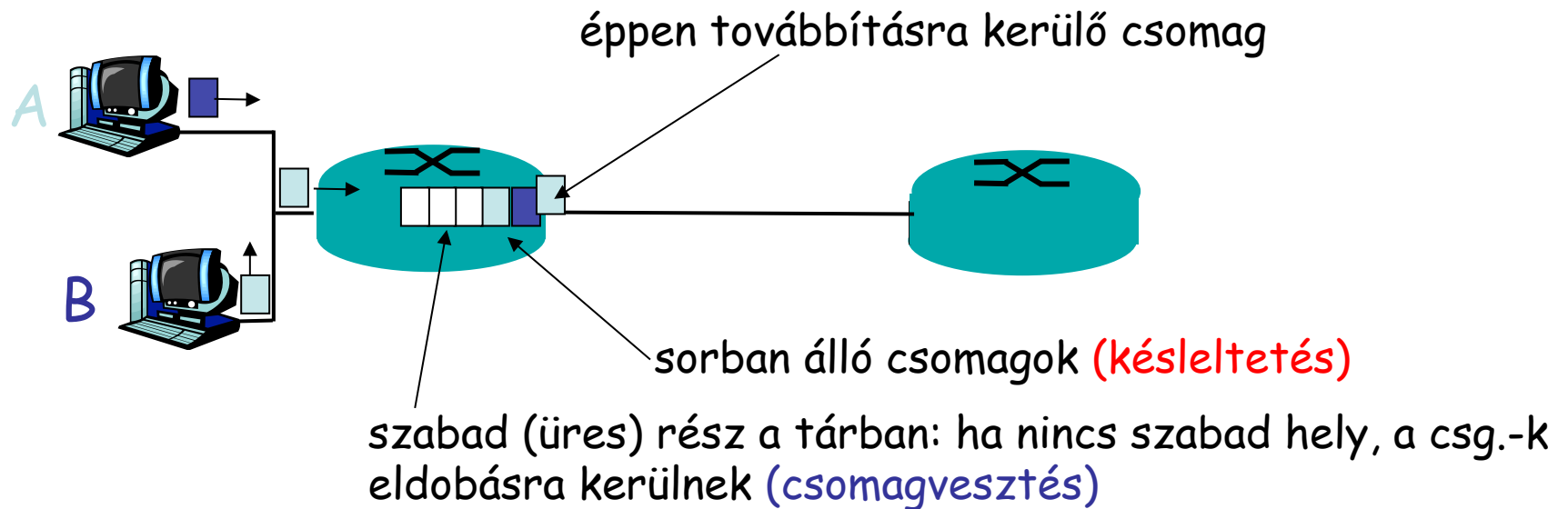
Ezek tehát az igények,

és mi a helyzet az Interneten (és általában a csomagkapcsolt számítógép-hálózatokban)?

Mik a csomagvesztés és késleltetés okai?

a csomagok sorban állnak a csomóponti gépek (routerek) tárolóiban

- a csomagok beérkezési sebessége meghaladja a kimenő link átbecsátóképességét
- a csomagok beállnak a sorba (sorokba?) és várnak a sorukra



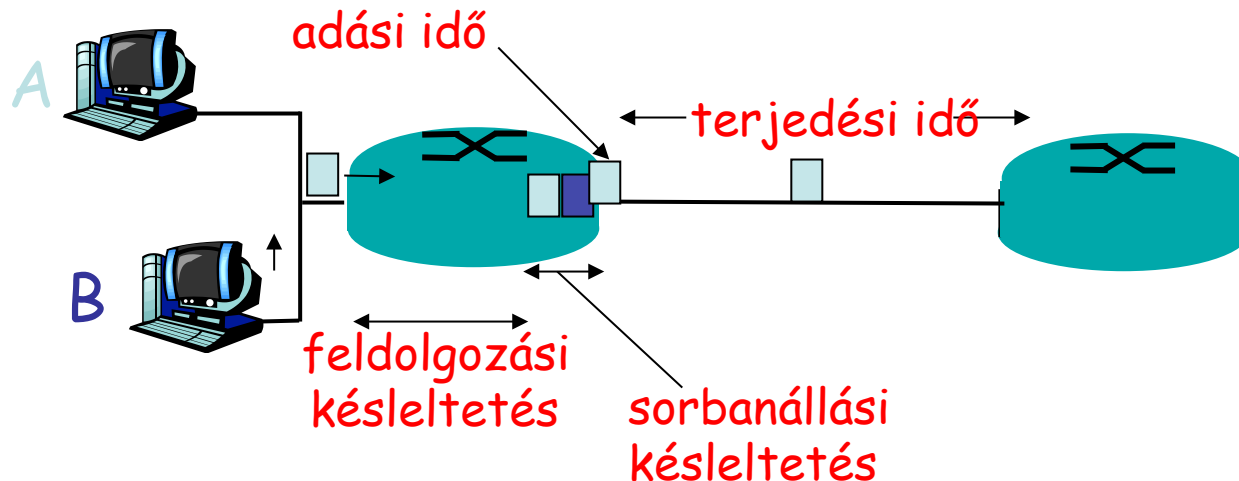
A csomagok késésének négy fő oka (1)

1. Feldolgozás a csomópontban:

- hibaellenőrzés
- a kimenő link meghatározása

2. Sorbanállás

- várakozás továbbításra az adott kimenő linken
- a router terheltségétől függ



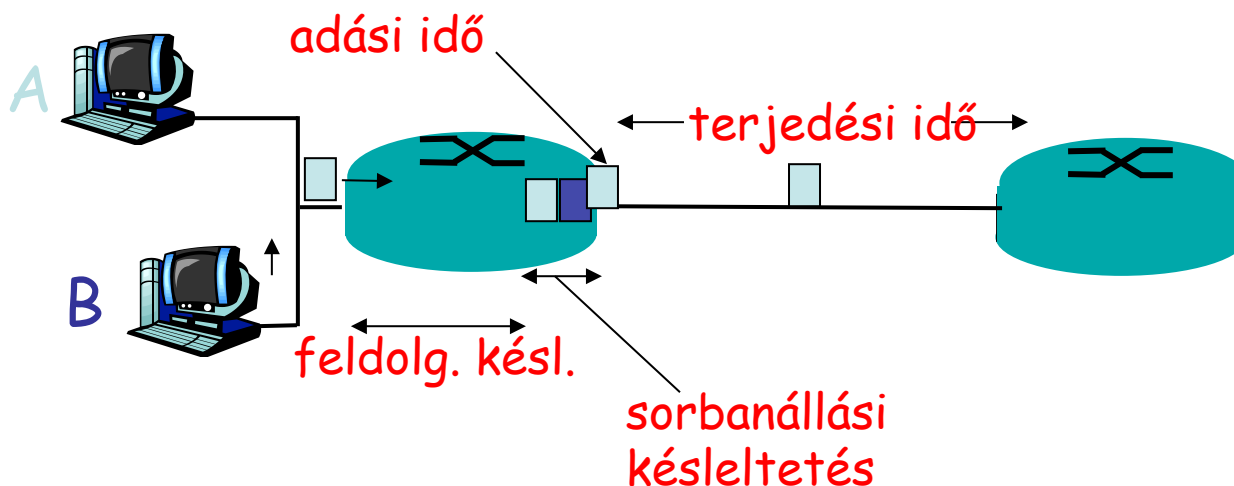
A csomagok késésének négy fő oka (2)

3. Adási idő:

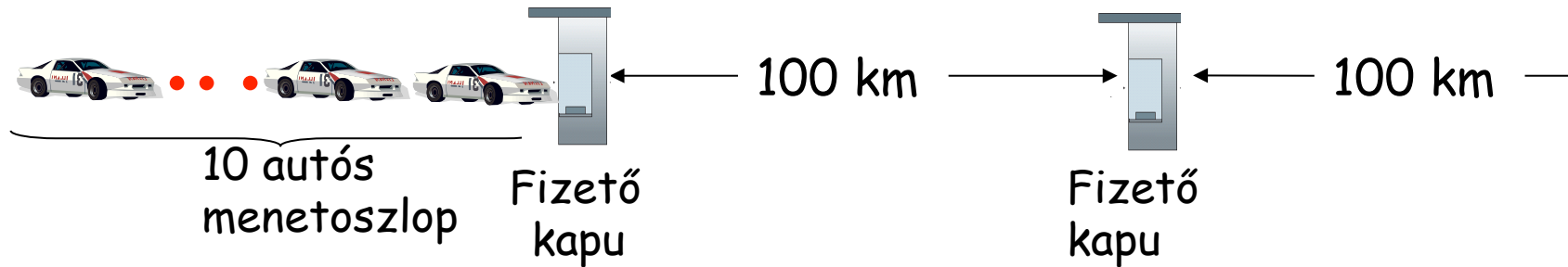
- R = a link adatátviteli sebessége (bit/s)
- L = csomaghossz (bit)
- az adási idő = L/R

4. Terjedési idő:

- d = a link fizikai hossza
- s = terjedési sebesség az átviteli közegben ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- terjedési idő = d/s



Menetoszlop analógia



- autók sebessége: 100km/óra
- 12 mp a fizetőkapu egy autóra (**adási idő**)

autó~bit; menetoszlop ~ csomag

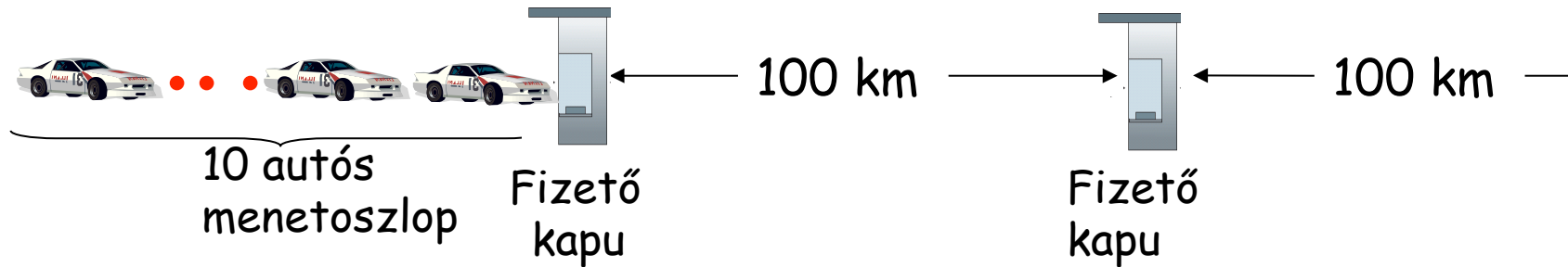
Kérdés: Mennyi idő múlva ér a menetoszlop a 2.fizetőkapuhoz?

- A teljes menetoszlop átengedési ideje a kapun = $12 \cdot 10 = 120$ mp (adási idő analógia)

- Utolsó autó megérkezése a 2.kapuhoz: $100\text{km} / (100\text{km/óra}) = 1$ óra (terjedési idő analógia)

Válasz: 62 perc

Menetoszlop analógia (2)



- Autók most 1000km/órával haladnak
- 1 perc a kapunál autónként

Kérdés: Érkezhet-e autó a 2.kapuhoz mielőtt kiszolgnák mindegyiket az 1.kapunál?

Igen! 7 perc után az 1.autó a 2.kapunál, míg 3 autó még az 1.kapunál

Csomag első bitje megérkezik a 2.routerhez, mielőtt a teljes csomag áthaladt volna az 1.routeren!

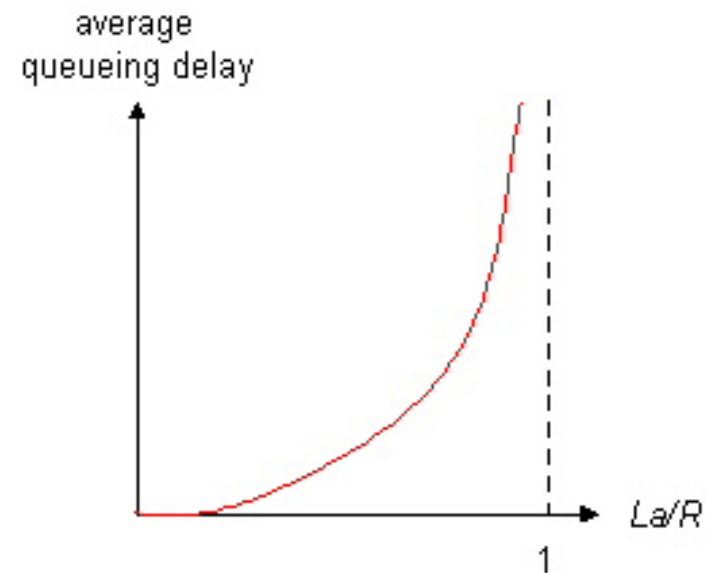
Csomóponti késleltetés, összefoglalva:

$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- d_{proc} = feldolgozási (processzálási) idő
 - tipikusan pár mikroszekundum
- d_{queue} = sorbanállási idő/késleltetés
 - a forgalomtól függ
- d_{trans} = adási idő
 - = L/R , kis sebességű linkeken jelentős lehet
- d_{prop} = terjedési idő
 - = d/s , pár mikroszekundumtól mp-ig

Sorbanállási késleltetés

- R = link sávszélesség (b/s)
- L = csomaghossz (bit)
- a = átlagos csomag érkezési ráta



Forgalom intenzitása = La/R

$La/R \sim 0$: nincs sorbanállás, kis késleltetés

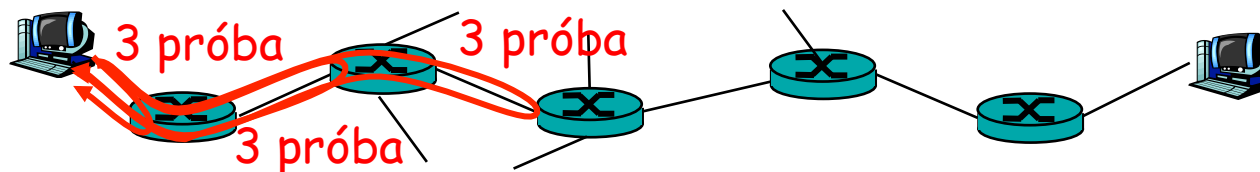
$La/R \rightarrow 1$: nagy késleltetés

$La/R > 1$: több igény érkezik mint amit ki lehet szolgálni, átlagos késleltetés végtelen lesz!

- Traceroute: otthon kipróbálni! Pl. **obiwan.scrye.net**

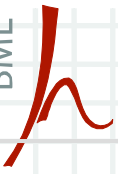
1	cs-gw (128.119.240.254)	1 ms	1 ms	2 ms
2	border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145)	1 ms	1 ms	2 ms
3	cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130)	6 ms	5 ms	5 ms
4	jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129)	16 ms	11 ms	13 ms
5	jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136)	21 ms	18 ms	18 ms
6	abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9)	22 ms	18 ms	22 ms
7	nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46)	22 ms	22 ms	22 ms
8	62.40.103.253 (62.40.103.253)	104 ms	109 ms	106 ms
9	de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129)	109 ms	102 ms	104 ms
10	de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50)	113 ms	121 ms	114 ms
11	renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54)	112 ms	114 ms	112 ms

Transz-
atlanti link



Csomagvesztés

- A sor (tár, puffer) **kapacitása véges**
- Ha a csomag olyankor érkezik, amikor a puffer tele van, eldobásra kerül: **csomagvesztés**
- Az elveszett csomagok vagy újraküldésre kerülhetnek, vagy nem
 - mikor igen, mikor nem?
- Csomagvesztés akkor is ha: a hibaellenőrzés a csomagot **hibásnak** találja
 - bithibák az átvitel során a nem ideális linkek miatt, zajok, zavarok, torzítások stb.



Hogyan egyeztessük az alkalmazások igényeit és a hálózat problémáit?

- Az alapvető csomagkommunikációs és végpontok közötti kapcsolatokat kezelő protokollok mellett kellenek ún.
 - **szolgáltatásminőséget (QoS – quality of service)** biztosító módszerek és protokollok
- Egy ötlet, foglaljunk erőforrásokat:
 - **csomóponti képességeket**
 - **link-kapacitásokat**egy adott kommunikációs viszonylat (session) számára a hálózatban
- Egy másik ötlet: **jelöljük meg a csomagokat** a különböző igények szerint és a csomópontok ennek megfelelően kezeljék azokat
 - pl. prioritást biztosítva a beszédcsomagok számára

Hogyan épül fel a tárgy anyaga?

A házépítés analógiája:

- Alapozás
 - talajmechanika
- Szerkezetépítés
 - szilárdságtan, statika
- Épületgépészet
 - pl. hőtan



Hogyan tanuljunk házépítést?

- Először talajmechanikát, szilárdságtant, hőtant stb., utána alapozást, szerkezetépítést stb.
- Az alapvető tudományokból egyszerre mindig csak annyit, amennyi a következő gyakorlati részhez kell, tehát: talajmechanika, alapozás, szilárdságtan, szerk. ép.

Hogyan épül fel a tárgy anyaga?

- A második módszerrel:
 - elv(ek) és utána technikák, protokollok, rendszerek
 - aztán ismét bizonyos elvek, alpmódszerek, és utána...
- Előadások és gyakorlatok
 - az előadások egy része gyakorlati jellegű anyagot fog tartalmazni
 - de lesznek dedikált gyakorlati órák is, minden 3-4 „elméleti” előadást követően
 - az ezeken bemutatott számítási példák szerepelnek majd a ZH-n, vizsgán is!

Az anyag beosztása (1)

- Bevezető áttekintés, hálózatok és rendszerek példái.
- Alkalmazások és szolgáltatások. Követelmények a hálózattal szemben.
- Protokollarchitektúrák, referenciamodellek.
- A fizikai szintű kommunikáció alapjai.
- Gyakorlat (Fizikai réteg).
- Többszörös hozzáférés.
- LAN-ok, LAN-ok összekapcsolása.
- BWA (WPAN, WLAN, WMAN).
- Áramkörkapcsolás, csomagkapcsolás, hívásvezérlés, címzés.
- Routing.
- Gyakorlat (LAN, routing).
- IP (IPv4, IPv6, mobil IP).
- Gyakorlat (IP).
- Gyakorlat (IPv6 Transition).

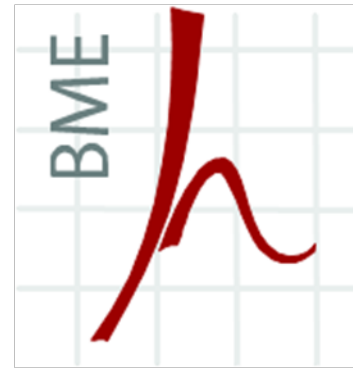
Az anyag beosztása (2)

- Forgalomszabályozás. Hibakezelés.
- Szállítási réteg, TCP, UDP.
- Médiakezelés (RTP, RTCP, RTSP).
- Szolgáltatásminőség (QoS).
- Szolgáltatásminőség biztosítása (IntServ, DiffServ).
- Gyakorlat (TCP/IP Socket programozás).
- Alkalmazások.
- Gyakorlat (Alkalmazások).
- Hálózatbiztonság
- Jövőbeli kitekintő

Számítási példa

Mikor kapunk nyugtát a központban, ha az ADSL linken (rézkábelen) a sorbanállási idő a felhasználónál 3 ms, a feldolgozási idő 1 ms (feltételezve hogy a másik oldalon elhanyagolhatóak ezek a késleltetések), miközben:

- Letöltés: 4 Mbit/s
- Feltöltés: 512 kbit/s
- Távolság: 4 km
- Csomagunk 1000 bájt
- Nyugta 64 bájt
- Terjedési sebesség $2 \cdot 10^8$ m/s



Ennyi volt mára...
Legközelebb:
protokollarchitektúrák,
referenciamodellek.

Kérdések?

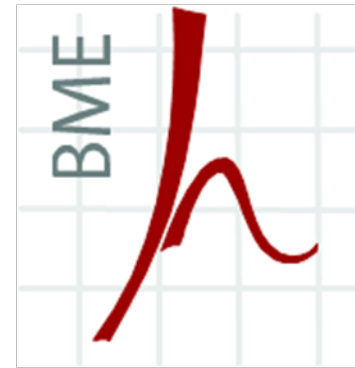
KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások

svilmos@hit.bme.hu



PROTOKOLLARCHITEKTÚRÁK

Mérnök-informatikus szak, BSc, 4. félév
2013/14 2.félév

Dr. Simon Vilmos
docens

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

2014.február 18.

Az anyag beosztása (1)

- Bevezető áttekintés, hálózatok és rendszerek példái.
- Alkalmazások és szolgáltatások. Követelmények a hálózattal szemben.
- Protokollarchitektúrák, referenciamodellek.
- A fizikai szintű kommunikáció alapjai.

Gyakorlat (Fizikai réteg).

- Többszörös hozzáférés.
- LAN-ok, LAN-ok összekapcsolása.
- BWA (WPAN, WLAN, WMAN).
- Áramkörkapcs., csomagkapcs., hívásvezérlés, címzés.
- Routing.

Gyakorlat (LAN, routing).

- IP (IPv4, IPv6, mobil IP).

Gyakorlat (IP).

Gyakorlat (IPv6 Transition).

Bevezetés 1.

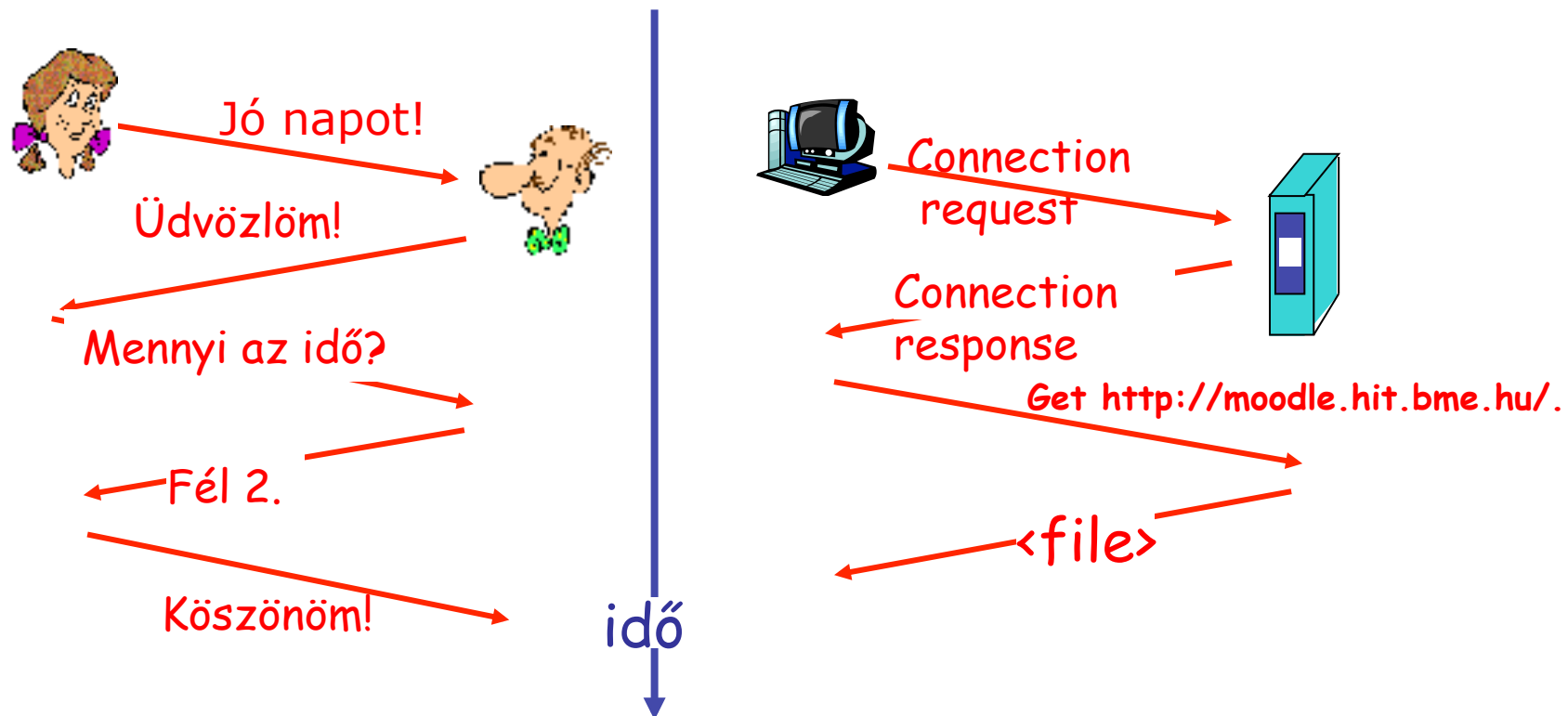
- „Protokoll”?
 - Más területeken: **orvosi protokollok, diplomáciai protokollok**
- A számítógép-hálózatoknál is szükség van **viselkedési szabályok**, azaz **protokollok**
 - lerögzítésére
 - betartására
- Definíció:

A protokoll két vagy több kommunikáló egység közötti üzenetcsere **formátumait** és az **üzenetek sorrendjét** határozza meg, valamint az üzenetek vételéhez kapcsolódó és egyéb események által kiváltott **tevékenységeket**.

Bevezetés 2.

- Röviden:
 - Szintaxis (*syntax*) (formátum): adategységek formai leírása
 - Szemantika (*semantics*) (jelentés): az adatelemek értelmezése
 - Viselkedés (*behavior*): mit kell tenni valamely üzenet vételekor, küldésekor
- Helyesírás: protokoll és *protocol*
- **Módszer -> algoritmus -> protokoll** (l. pl. majd a routingnál: *linkállapot-módszer – Dijkstra-alg. – OSPF protokoll*)

Protokollok az emberi és a gépek közötti kommunikációban



Ábrázolás forma: **Message Sequence Chart**

A protokoll két fő része

Két elkülöníthető rész:

- A továbbított információ alakja, formája
 - A protokoll **statikus** része
 - **Protocol Data Unit** (protokoll-adategység)
- Mi történik a továbbításakor?
 - A protokoll **dinamikus** része
 - Mit kell tenni az adott protokollüzenet vételekor
 - **Rendellenes** esetek kezelése is

Miért „protokollok”?

- Miért nem elég egyetlen protokoll?
 - Történelmi okai
 - **Részfeladatokra tördelés**
 - tevékenységek részekre bontása
 - az egyes részekre önálló szabályok
- Miért részekben, miért nem egyben?
 - egyszerűbb a tennivalók elvégzése
 - részenként lehet továbbfejleszteni
- Hogyan bontsuk részekre?
 - hány rész legyen?
 - hogyan viszonyuljanak egymáshoz?
 - vannak-e „természetes” határok?

Részekre bontás ...

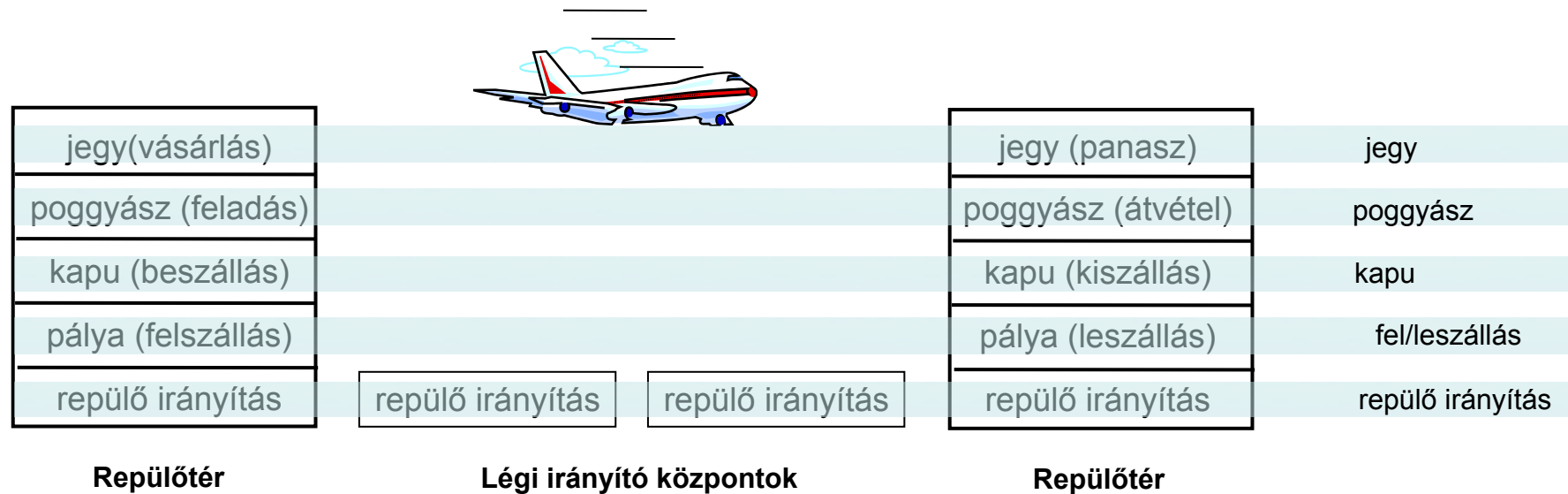
- Önálló, jellegzetes, gyakori feladatok (pl):
 - illeszkedés a jelátvivő közeghez
 - hardware-közei feladatok megoldása, problémák kezelése
 - összeköttetéseken megbízható adattovábbítás
 - végpontok közötti információtovábbítás
 - kívánt végpontok azonosítása
 - kedvezőtlen forgalmi állapot kezelése
- Mindezekkel kapcsolatban az előforduló hibák kezelése is
- Részek – funkcionalitások – „rétegek”

Analógia: légi közlekedés szervezése



- Lépések sorozata

Analógia: légi közlekedés rétegezve



Rétegek: minden réteg egy szolgáltatást valósít meg

- a saját rétegen belüli tevékenységével
- támaszkodva az alatta lévő réteg által nyújtott szolgáltatásra

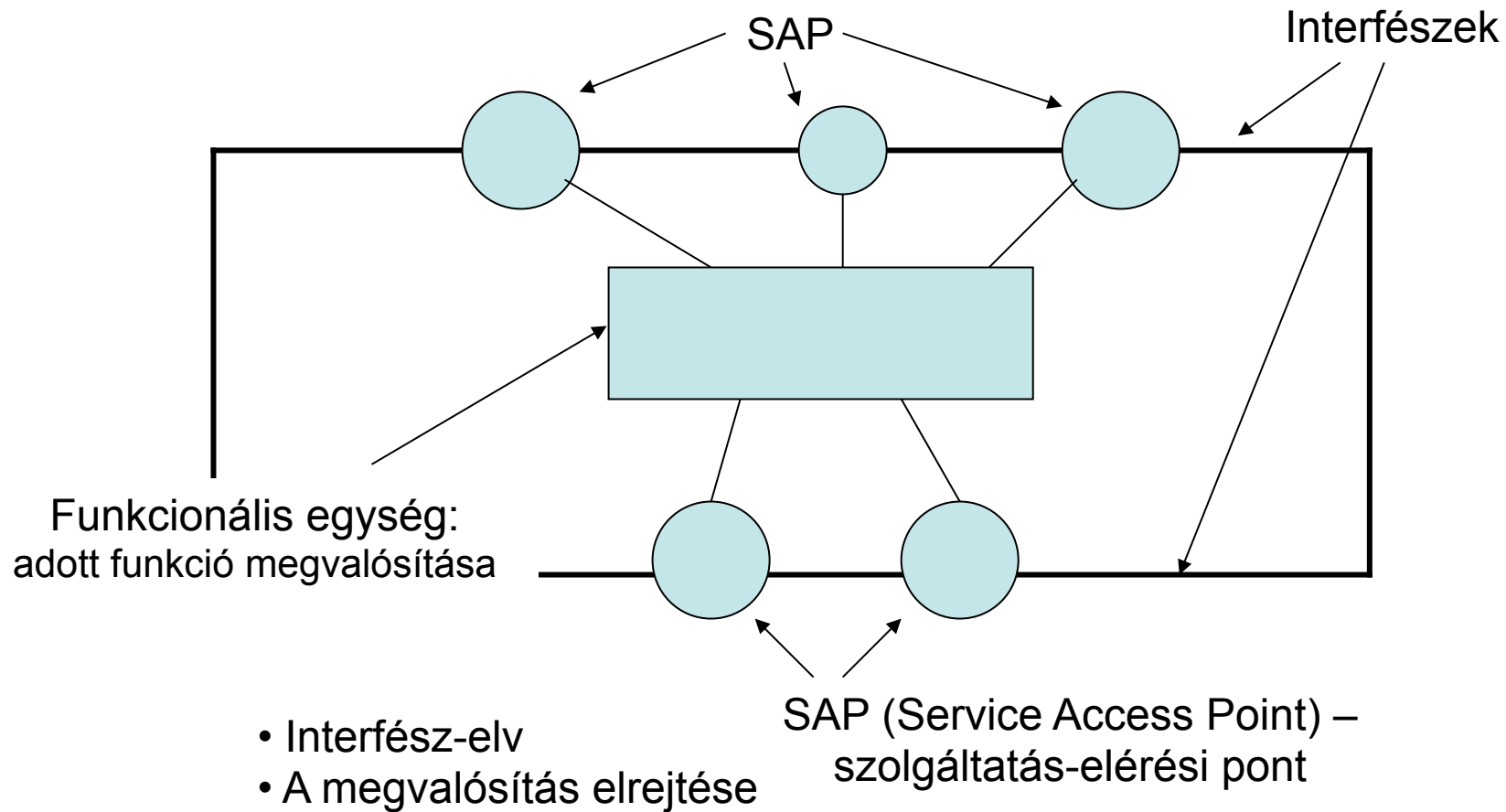
Hálózati architektúra és referenciamodell

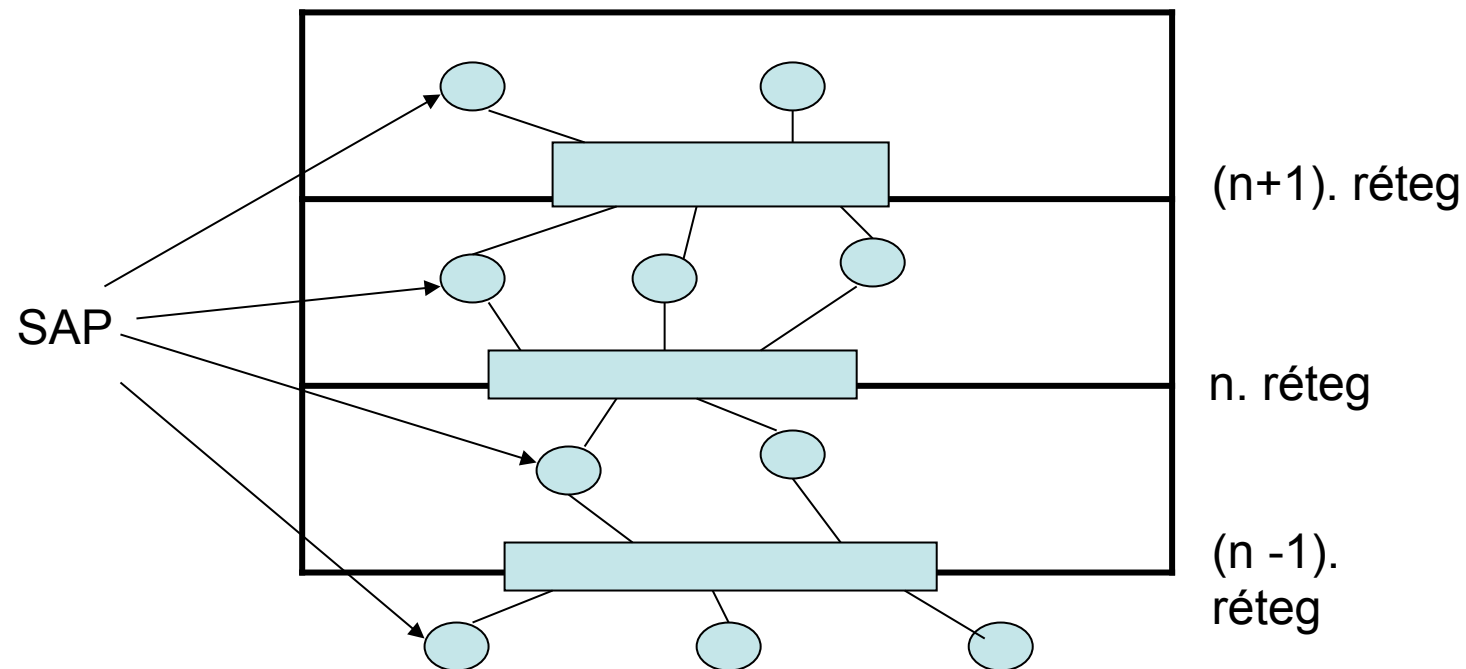
- Hálózati architektúra: **protokollrétegek egymásra épülése**
 - számítógép-architektúra, szoftverarchitektúra
- Referenciamodell
 - csak a rétegek és azok feladatai, **maguk a protokollok nem**
- Szabványosításig jutott el az ún. **OSI-referenciamodell**
 - OSI: az ISO-ban kidolgozott referenciamodell (1983)
 - ISO – International Standardization Organization
 - OSI – Open System Interconnection – nyílt rendszerek összekapcsolása
 - 7 feladatcsoport, 7 réteg
 - a protokollok nem részei az OSI-nak, de kidolgoztak és szabványosítottak protokollokat is az egyes rétegekhez

A rétegezett protokollarchitektúrák előnyei és hátrányai

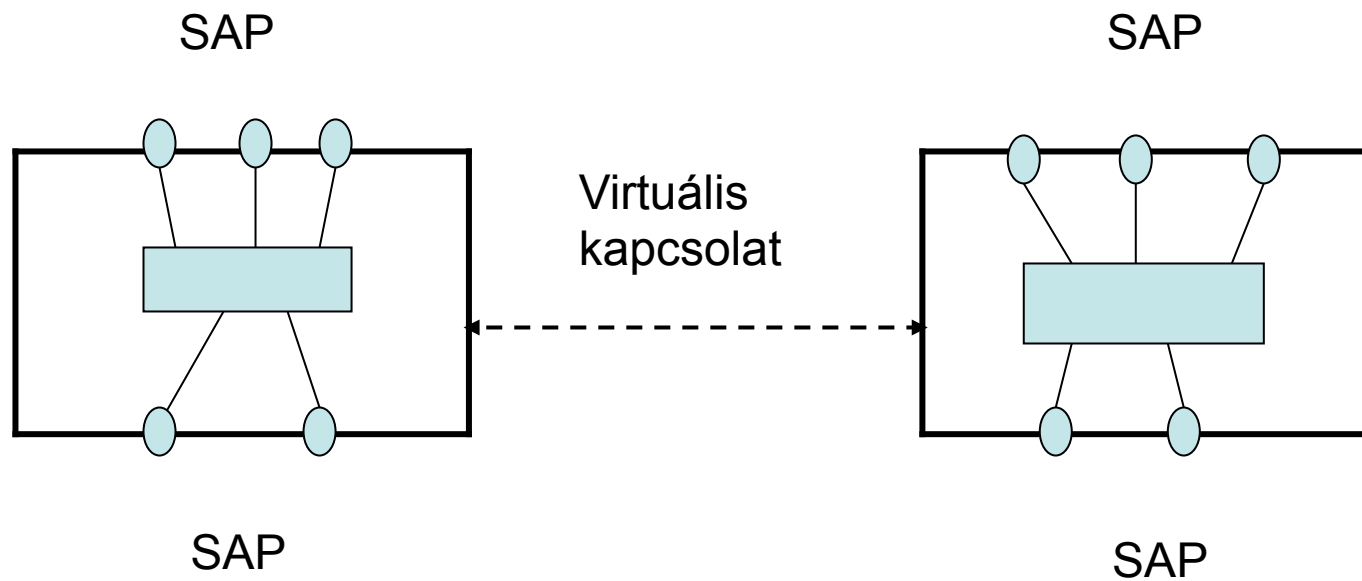
- Előnyök:
 - Nagyon összetett feladat **kezelhető részekre** bontható
 - Az egyes részek megvalósítása **független más részekről**, így könnyen módosítható
 - Feljebb lévő feladatoknak **közös kiszolgálást** nyújthat egy lejjebb lévő rész
- Hátrány:
 - Adott réteg működéséhez szükséges információk egy másik rétegben → megsérül a rétegstruktúra
 - **Feladatok duplikálása** elkerülhetetlen
 - hatékonyság rovására megy (pl. hibavédelem több rétegben is)

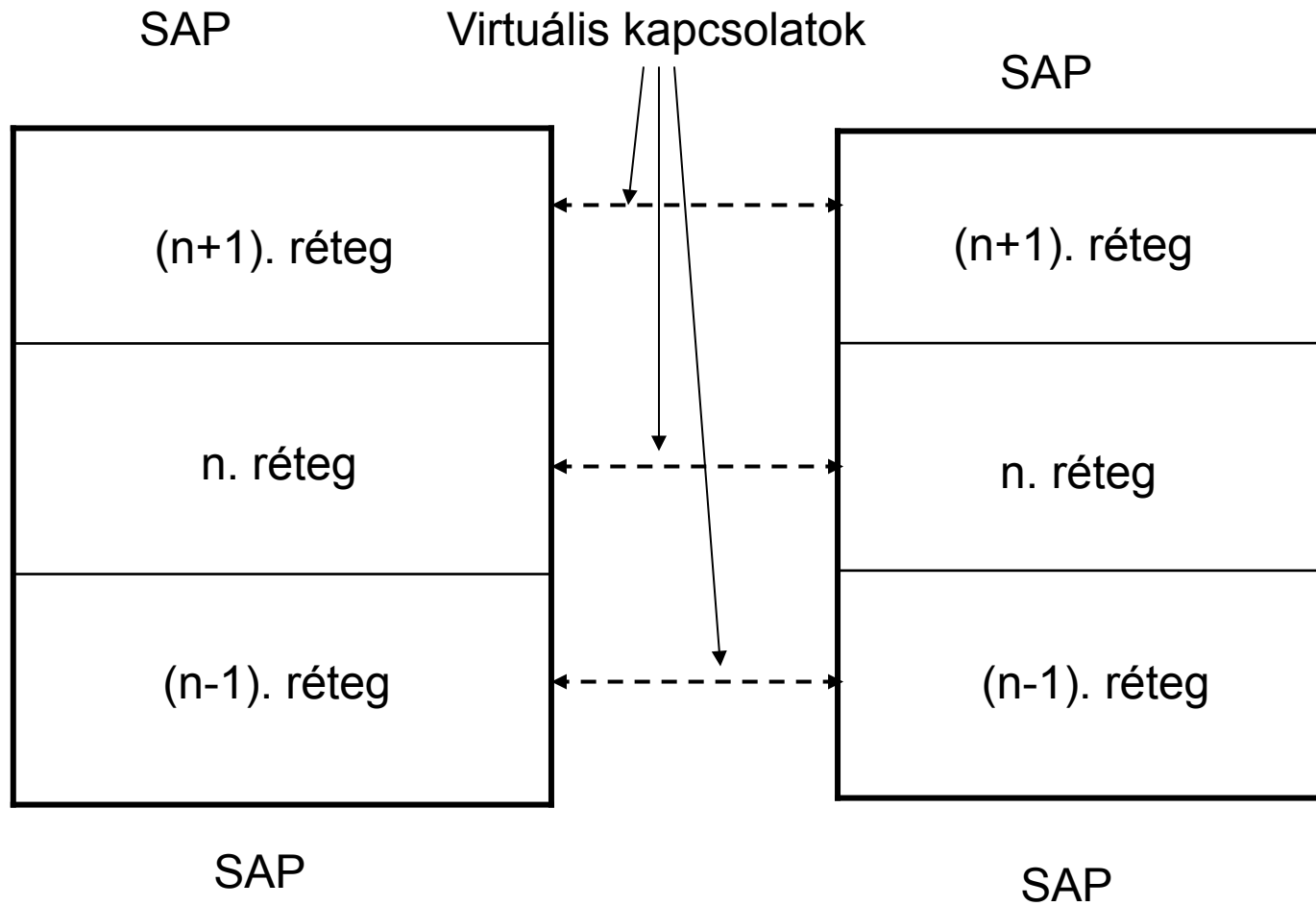
A réteg elve



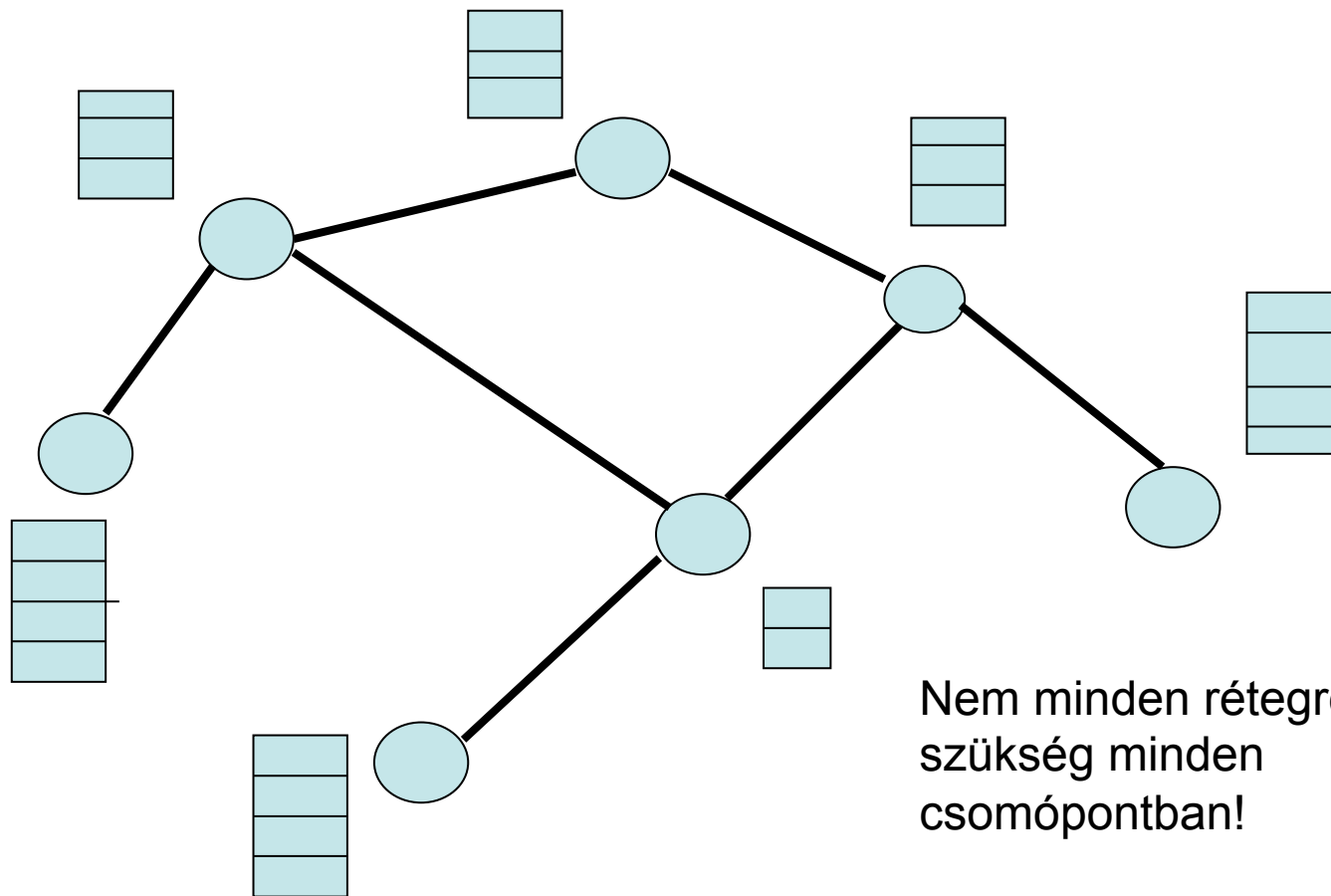


Kommunikáció azonos rétegek között



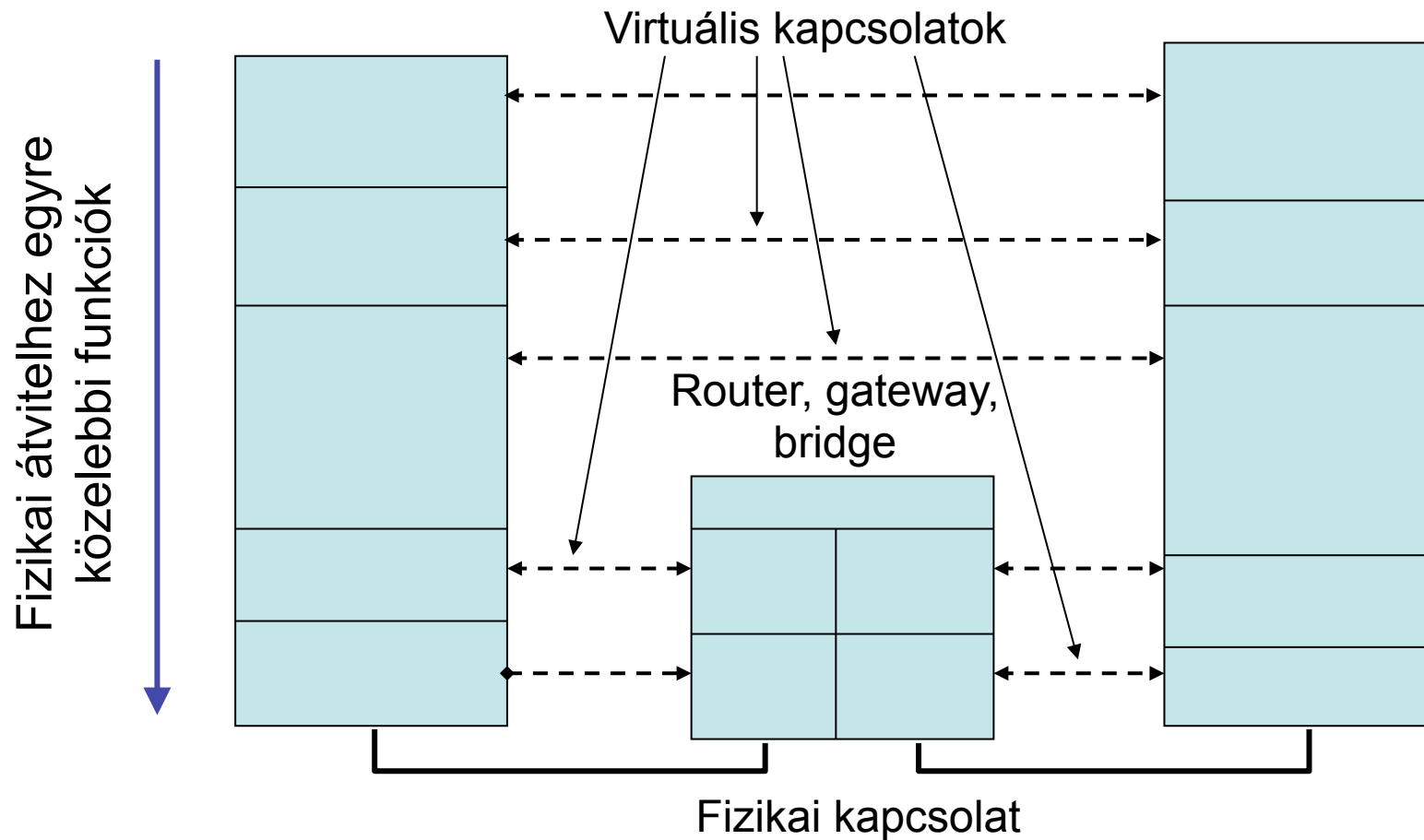


Protokollrétegek a hálózati csomópontokban

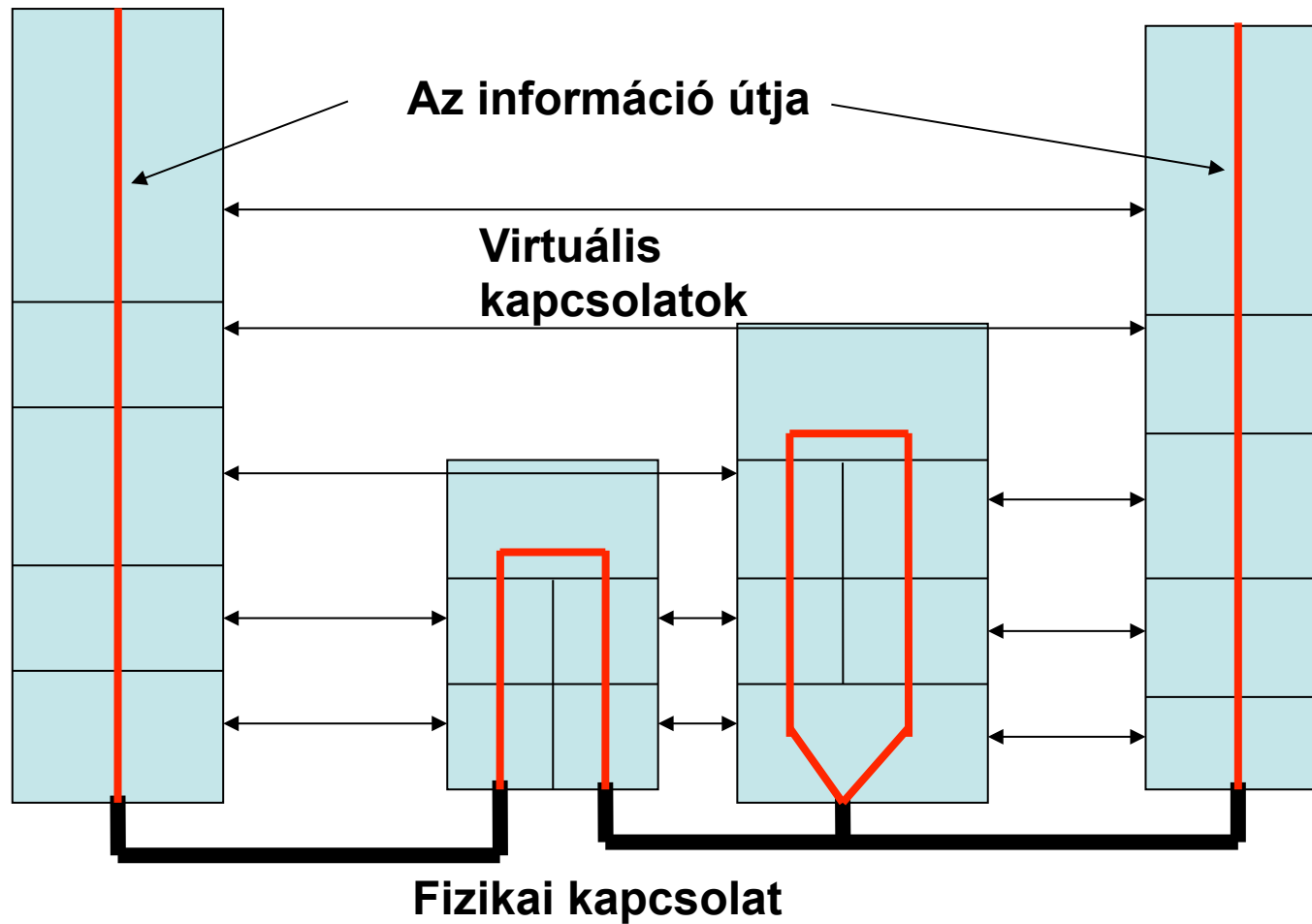


Nem minden rétegre van
szükség minden
csomópontban!

Protokollrétegek (1)

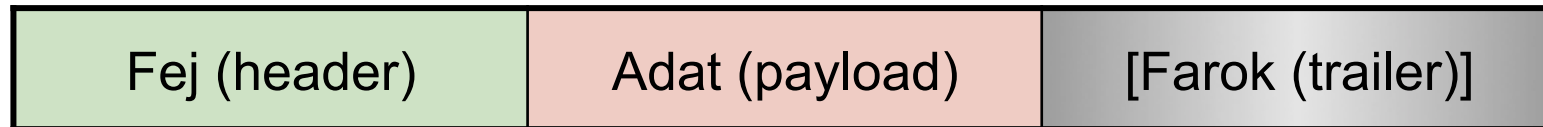


Protokollrétegek (2)



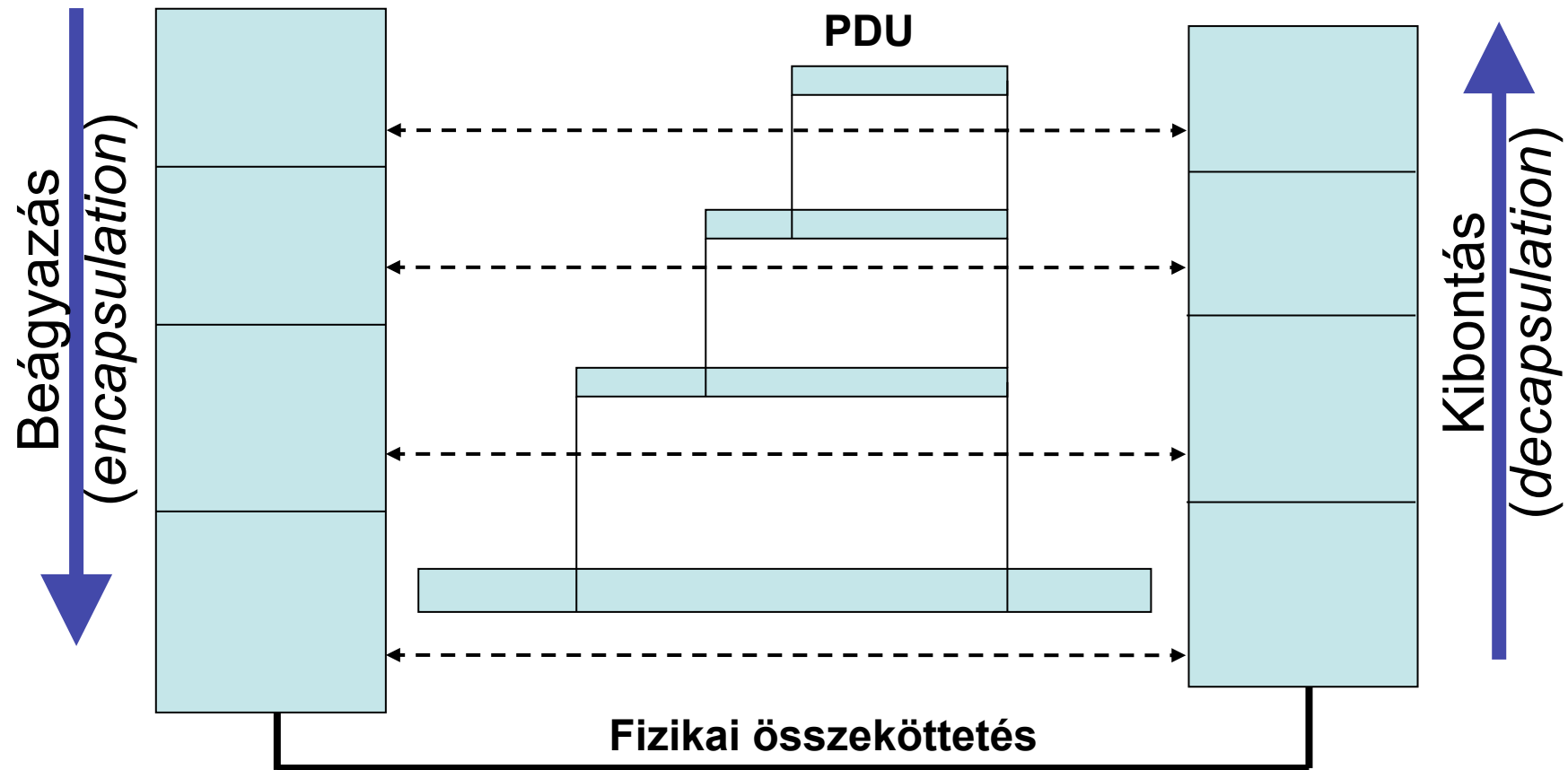
Protokoll-adategységek (PDU – protocol data unit)

- Ezek kerülnek továbbításra a szomszédos rétegek között
- A PDU-k általános felépítése, tartalma



- A fejrészben és farokrészben található kiegészítő információk:
 - Címek, sorszámok, hibavédelem, egyéb opcionális paraméterek

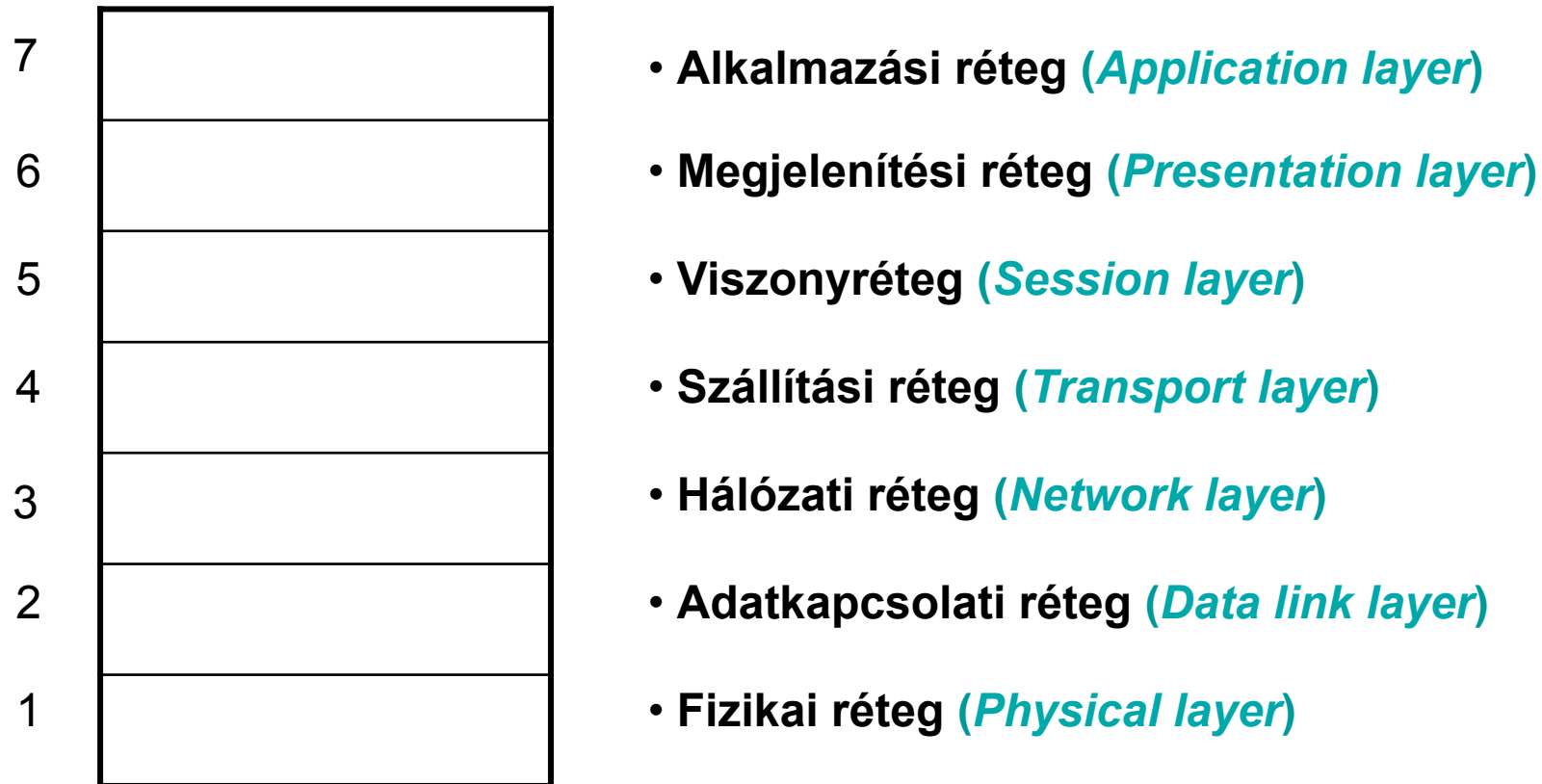
„Borítékolás” - beágyazás (encapsulation)



ISO OSI referenciamodell

ISO - International Organization for Standardization

OSI - Open Systems Interconnection



PDU elnevezések az OSI-modelben

- Szigorúan véve:
 - az adott réteg protokoll-adategysége
 - vannak/voltak „szabványos” elnevezések
 - 2. réteg: keret (*frame*)
 - 3. réteg: csomag (*packet*)
 - 4. réteg: szegmens (*segment*)
 - Feljebb (főként alk. réteg): üzenet (*message*)

- Az egyszerűség kedvéért gyakran: mindent „csomag”-nak nevezünk

- A fizikai közeg specifikációja
 - pl. érintkezők kiosztása, használatos feszültség szintek, kábel specifikációk stb.
- Bitek, bitcsoportok továbbítása a fizikai csatornán
 - **vonali kódolás**: szimbólumreprezentáció
 - **moduláció**: vivő viszi át az információt
- Bitszinkronizáció végzése
- Csatlakozók típusának, méretének rögzítése

- Bitsorozatok „keretezése”
 - Csomagok összeállítása
- Hibaellenőrzéshez szükséges adatok előállítása, vétel esetén ellenőrzése, esetleg javítása
- **Fizikai címek** kezelése (MAC címek)
- **Közeghozzáférés vezérlése** (Media Access Control)
- Forgalomszabályozás itt is lehet (manapság ritkán)
- Tipikusan itt működik: **bridge, switch**

Fizikai-Adatkapcsolati összehasonlítás

- Fő különbség:
 - fizikai: **egy készülék interakciója a fizikai médiummal**
 - Adatkapcsolati: **több készülék interakciója egy osztott médiummal**

- Fizikai megmondja:
 - a készülék **hogyan adjon** a médium felett és egy másik készülék ezt **hogyan fogadja**
 - De nem mondja meg hogyan férjen a médiumhoz!

- Egyedi linkek logikai összefűzése **végpontok közötti csatornává**
 - Akár több hálózaton át
 - Meghatározott QoS-t biztosítva a felsőbb rétegnek
- **Logikai címezés:** hálózati eszközök közötti kapcsolásokhoz
- **Útvonalkeresés** a hálózaton belül
- Forgalomirányítás, csomagjavítás
- Tipikusan itt működnek: **útvonalválasztók (router-ek)**

- Adatkapcsolati: **fizikai címzés**
 - MAC címek: gyártó fixen
- Hálózati: **logikai címzés**
 - hálózattervező határozza meg az értékeket
- Adatkapcsolati réteg egy hálózaton belül teremt kapcsolatot, hálózati réteg több hálózaton át!

- **Végpontok közötti megbízható kommunikáció**
- A hálózati réteg „nyers” csomagtovábbítása felett:
 - **Hibamentes összeköttetés létrehozása:**
 - Hibás csomagok ismételése
 - Duplikált csomagok eldobása
 - Csomagsorrend helyreállítása
 - **Forgalomszabályozás**

Szállítási réteg analógia

- **Posta:** kiküldi és rendszerezi a leveleket, csomagokat
- Megbízható szolgáltatást nyújt: nem veszhetnek el levelek következmények nélkül
- Viszont: **csak a borítékát** látja a levélnek, a tartalmát nem

- **Kapcsolat** irányának kezelése
 - Duplexitás kezelése
- Összeköttetés kezelése
 - **Kapcsolat** felépítése, lebontása
- Adatfolyam-szinkronizáció
 - az összefüggő adatfolyamok összehangolása
- Manapság: általában **a szállítási rétegben** implementálják

- Míg az előző rétegek a fejben lévő meta-adatokat kezelik, ez a réteg a **felhasználói adatokat**
- Adatábrázolás
 - az átvitt felhasználói információ szintaktikai ellenőrzése
 - „Syntax réteg”
 - szükség szerinti konvertálása
 - adatábrázolás
 - operációs rendszer miatti különbségek
- Adattömörítés
- Adattitkosítás
- Általában **az alkalmazási rétegben van megvalósítva**

- A végpontokon futó **alkalmazási programok**
- Felhasználják az alsóbb rétegek szolgáltatásait, ők maguk csak a felhasználót szolgálják ki
- Fő feladatai:
 - kommunikációs partnerek azonosítása
 - hálózati erőforrások elérhetősége
 - szinkronizáció a felhasználók között
 - formátum, biztonsági egyeztetés
- Implementációi: HTTP, FTP, SMTP

Az OSI referenciamodell szerepe, jelentősége

- Architektúraként **nem valósult meg** teljesen soha
- Ma már a legtöbb OSI-protokoll sincs használatban

- **Referenciamodellként** továbbra is **hasznos**
 - a különböző létező architektúrák megértéséhez, bemutatásához
 - mintegy „mérőléc”-ként használva

Nem OSI-szerinti protokollarchitektúrák

- OSI: túl sok réteg a felső szinteken
 - ***TCP-IP architektúra***
 - *Transmission Control Protocol – Internet Protocol*

- OSI: túl kevés réteg az alsó szinteken
 - ***IEEE (PAN) – LAN – (MAN) architektúra***
 - *(Personal – Local – Metropolitan Area Networks)*

1.példa: a TCP/IP protokoll-architektúra

- Rétegek és viszonyítás az OSI modellhez



- Interfész réteg: kommunikáció **egy hálózati szegmensen belül**
- Internet réteg: **független hálózatokat** köt össze
 - Címzés és routing
- Transzport réteg: **processz-processz** kommunikáció
 - Hibaellenőrzés, forgalomszabályozás, portkezelés
- Alkalmazási réteg: **interfész a felhasználóhoz**

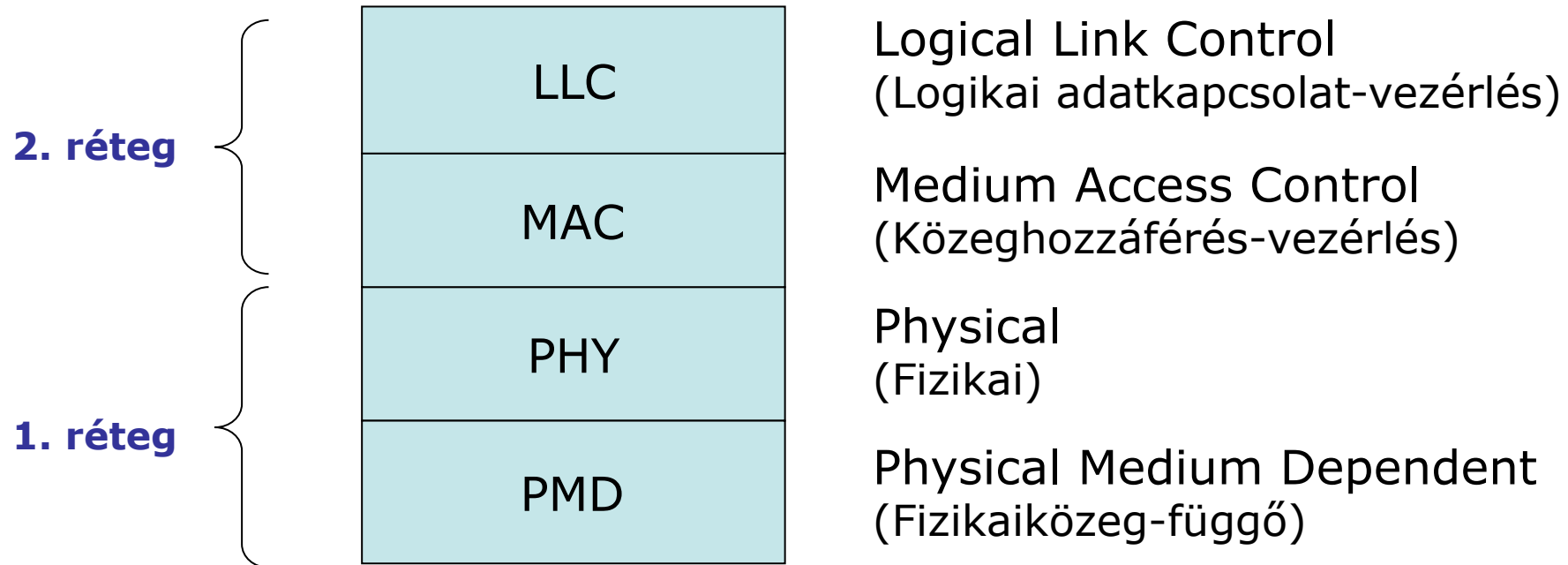
TCP/IP protokoll-architektúra

- RFC 3439 kimondja: „A rétegezés károsnak tekinthető!”
- Az IETF által koordinált protokoll-architektúra
 - „We reject: kings, presidents and voting. We believe in: rough consensus and running code.”
- Már az OSI modell előtt használták, Internet világát tükrözi
 - Összeköttetésmentes csomagkommunikáció
- A protokolloknak nem kell megfelelni szigorúan rétegeknek, hogy el legyenek fogadva szabványként
- Az **operációs rendszerek többsége** mind TCP/IP-t használ

2. példa: az IEEE szerinti LAN-architektúra

*IEEE – Institution of Electrical and Electronic Engineers
802-es szabványosítási bizottság*

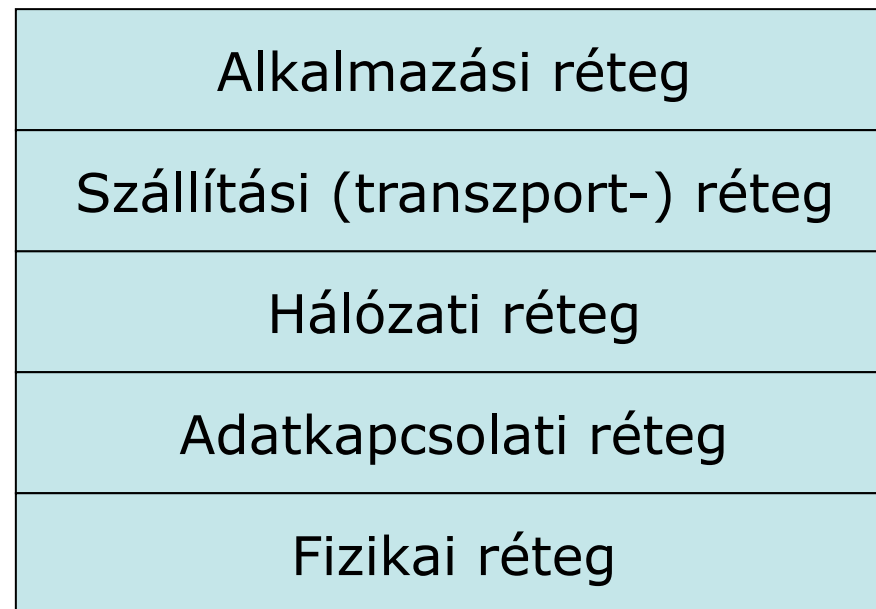
OSI

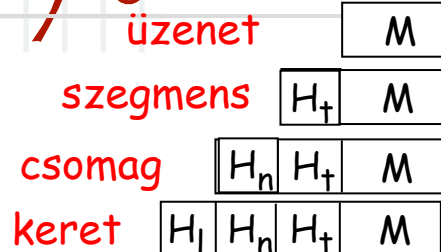
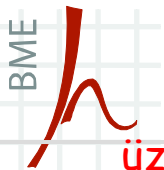


A gyakorlatban jól használható kombinált referenciamodell

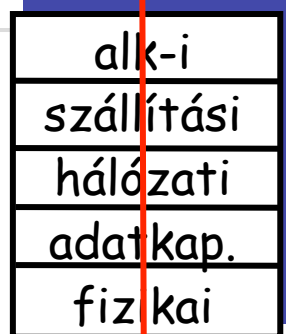
[Tanenbaum: Számítógép-hálózatok],
[Kurose-Ross: Computer Networking]

5 réteg, a felső három a TCP/IP-nek, az alsó 2 az OSI-nak felel meg





forrás

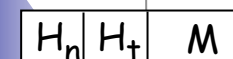
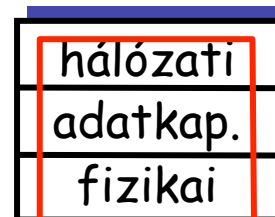
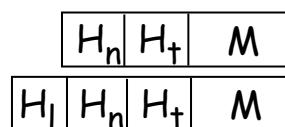
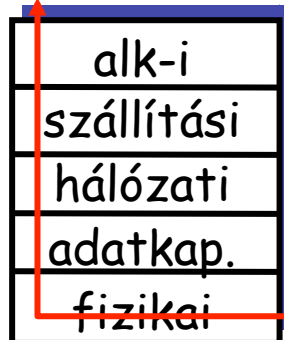
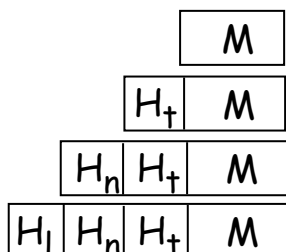


Beágyazás



switch

rendeltetési hely



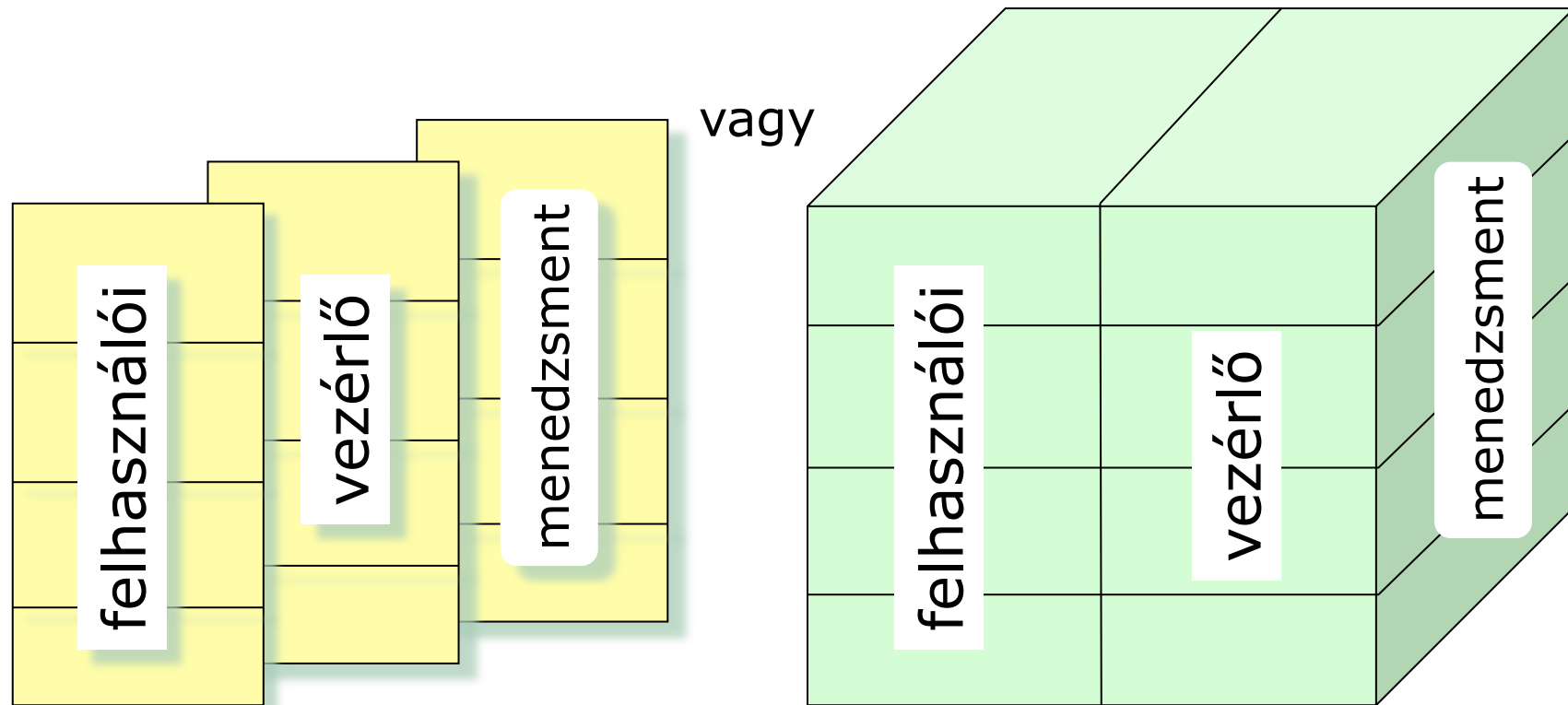
router

„Többsíkú” architektúrák

- Bizonyos feladatok egymásra épülnek, de vannak eltérő jellegűek
 - pl. az adatforgalom és a forgalomszabályozás
- Feladatcsoportok:
 - *felhasználói információ továbbítása*
 - *a felhasználói információ továbbításához szükséges ismeretek cseréje*
 - *a felhasználói információ továbbítására való képesség fenntartása, ellenőrzése*
- Felhasználói-, vezérlő- és menedzsment feladatcsoportok → „síkok”

A háromsíkú protokollarchitektúra

- Mint egy épület ...



Network Protocols Map

TCP/IP MODEL

TCP/IP

UNIX/HP/Nov

Novell

Microsoft

SAN

IBM

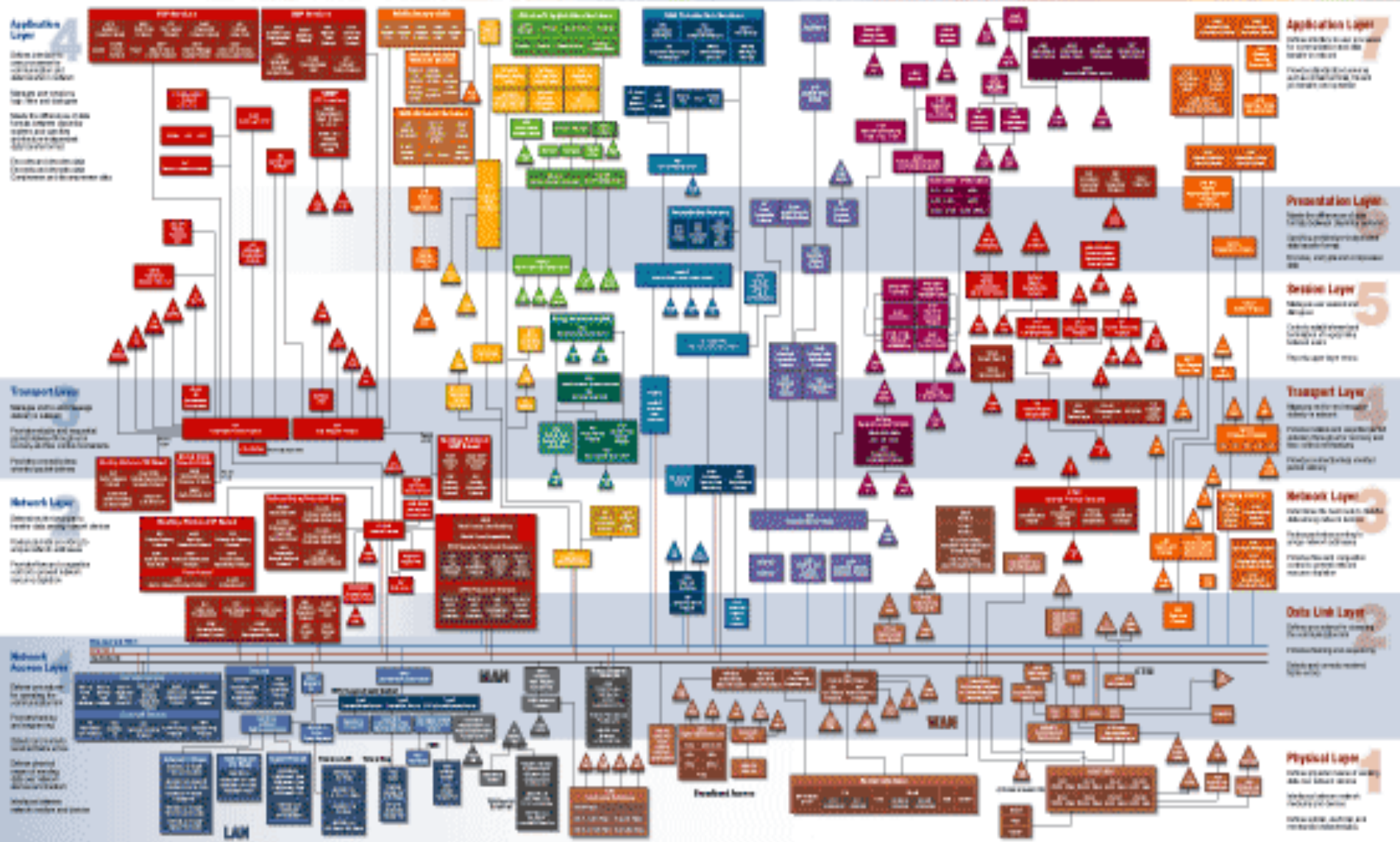
Apple

VoIP

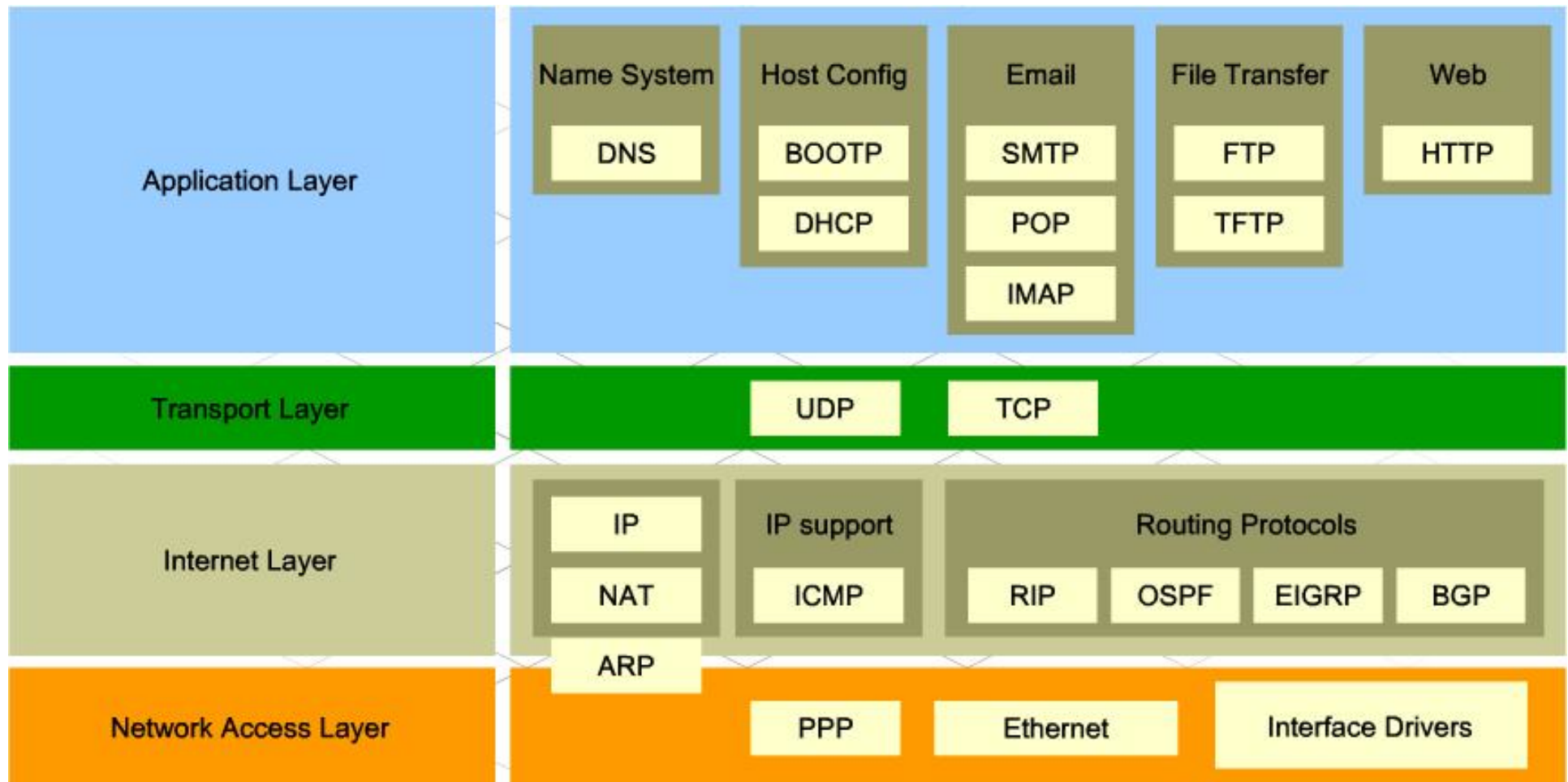
VPN/Security

ISO

OSI MODEL

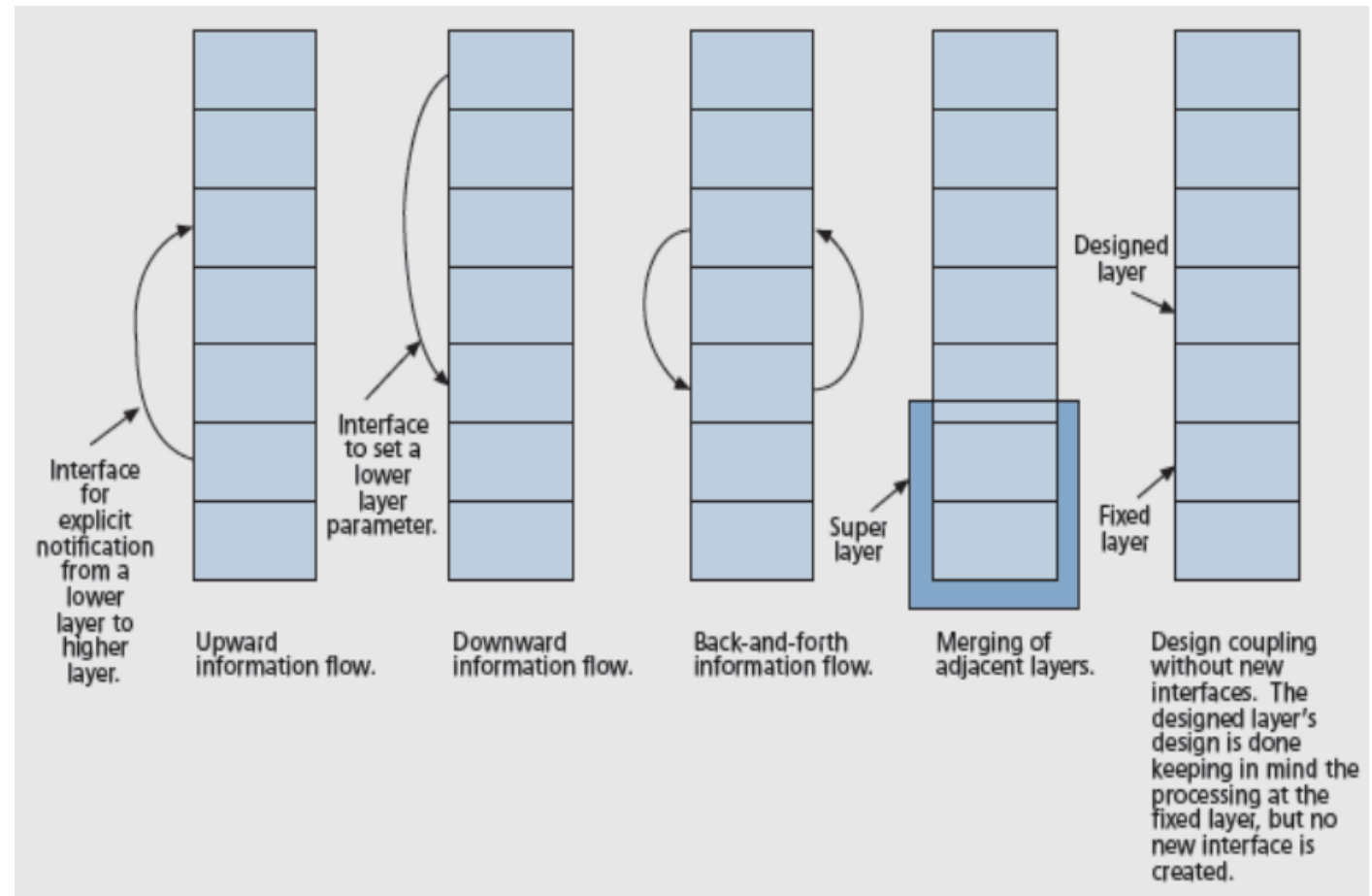


A félév során tárgyalt protokollok



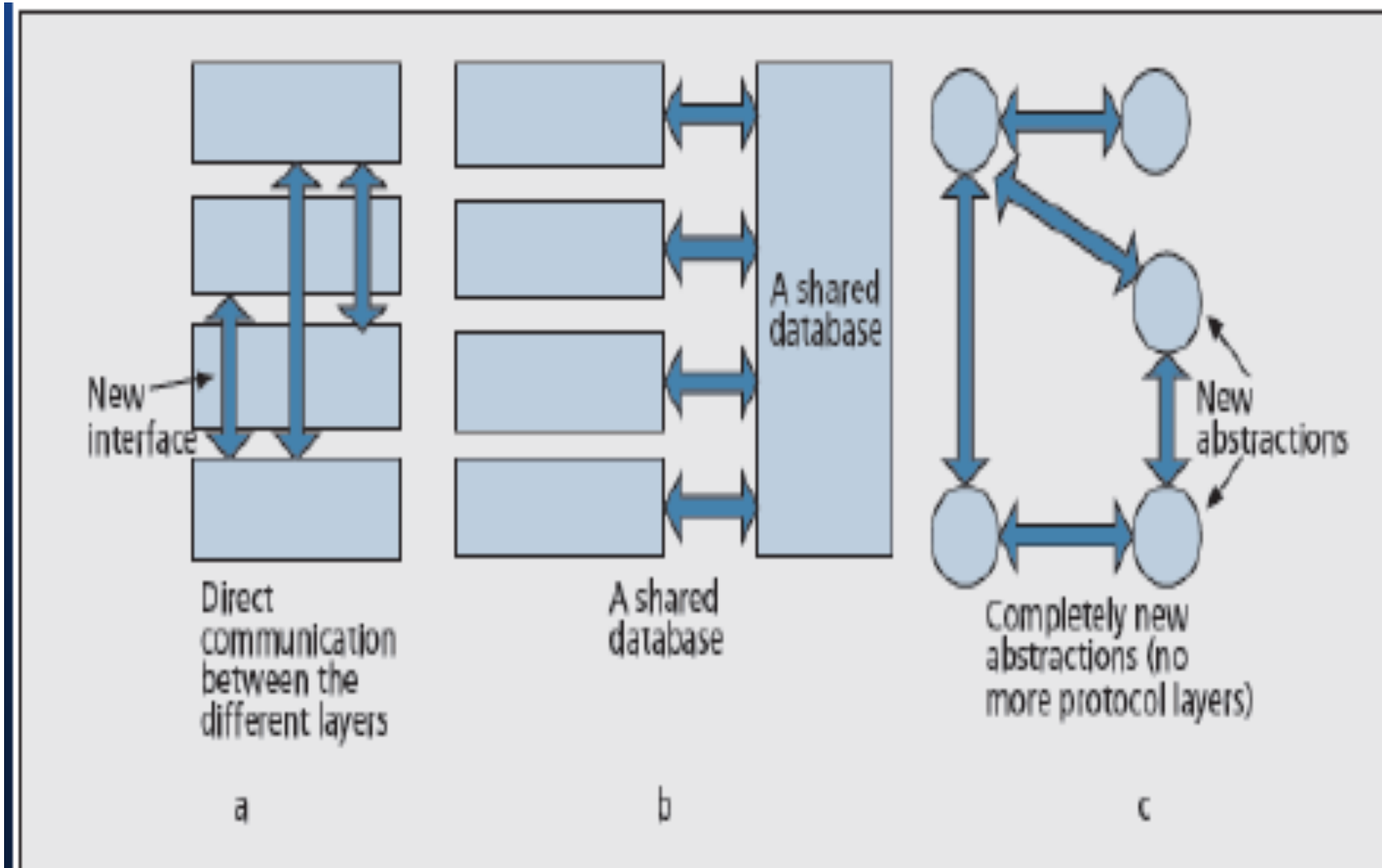
Cross-layer megközelítés

- Rétegezés: **nincs közvetlen kommunikáció a nem-szomszédos rétegek között**
- Cross-layer ezt az elvet sérti meg!

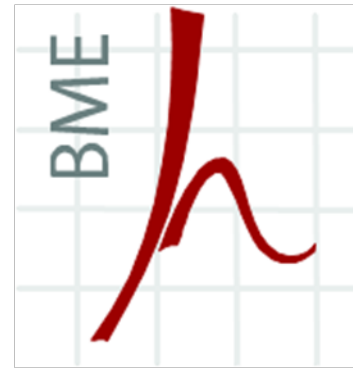


Cross-layer példák

- Infó felfelé:
 - TCP nem tudja megkülönböztetni, hogy hibás csomagok vagy torlódás miatt van-e a csomagvesztés
 - Mondja meg ezt a szállítási rétegnek az alsóbb réteg
 - Fizikai réteg megmondja a MAC-nek, mikor a legkisebb a zavar, akkor férjen hozzá a csatornához (PLC-nél)
- Infó lefelé:
 - Alkalmazási réteg megmondja a fizikai rétegnek, hogy milyen késleltetést vár el



- Protokollarchitektúra
 - rétegek, rétegek közötti kommunikáció, adataegységek, beágyazás
- Az OSI referenciamodell
- Protokollarchitektúrák
 - TCP/IP
 - IEEE
- Többsíkú modellek



A következő anyagrész:

*Fizikai szintű kommunikáció
(most már mondhatjuk így is: **fizikai rétegbeli**
kommunikáció)*

Kérdések?

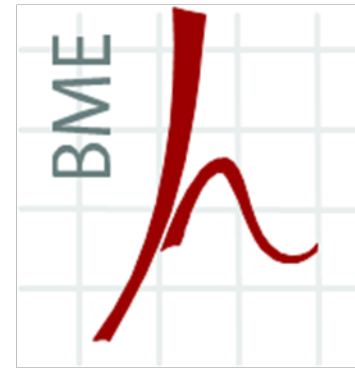
KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu



„FIZIKAI SZINTŰ” KOMMUNIKÁCIÓ 1.

Bitfolyamok továbbítása hírközlő
csatornákon

Dr. Simon Vilmos
docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu

2014.február 20.

Az anyag beosztása (1)

- Bevezető áttekintés, hálózatok és rendszerek példái.
- Alkalmazások és szolgáltatások. Követelmények a hálózattal szemben.
- Protokollarchitektúrák, referenciamodellek.
- A fizikai szintű kommunikáció alapjai.

Gyakorlat (Fizikai réteg).

- Többszörös hozzáférés.
- LAN-ok, LAN-ok összekapcsolása.
- BWA (WPAN, WLAN, WMAN).
- Áramkörkapcs., csomagkapcs., hívásvezérlés, címzés.
- Routing.

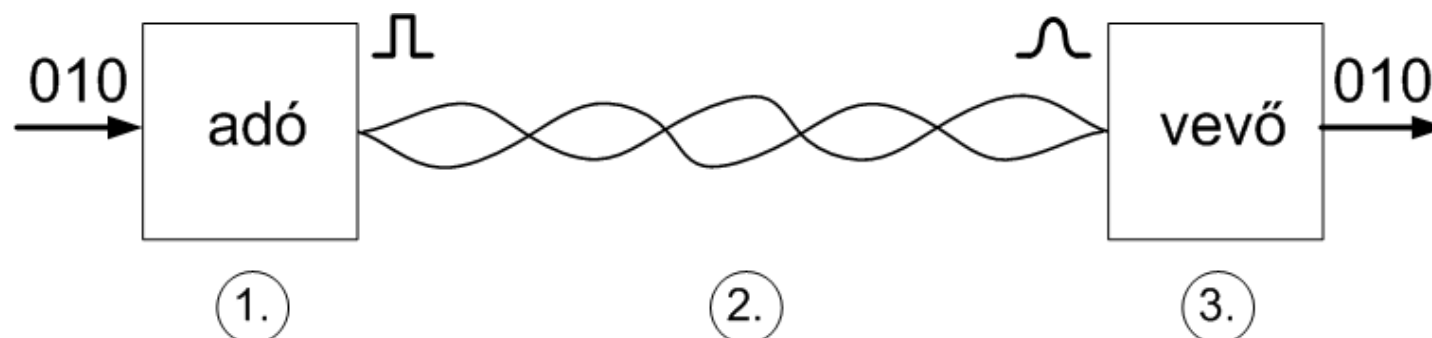
Gyakorlat (LAN, routing).

- IP (IPv4, IPv6, mobil IP).

Gyakorlat (IP).

Gyakorlat (IPv6 Transition).

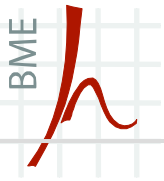
Mi az, hogy „fizikai szintű” átvitel?



- A hálózatnak az a funkcionalitása, amely két csomópont között szimbólumok (bitek) továbbításával foglalkozik.
- Az *adó* a **szimbólumokat jelalakokkal** reprezentálja.
- Ezek kerülnek továbbításra a kommunikációs csatornán.
- A továbbítás során **torzulnak** és **zajok, zavarok** adódnak hozzájuk.
- A vevő feladata: a vett jelet kiértékelve, a kapott szimbólumsorozat **a lehető legjobban megfeleljen az adó által küldött sorozatnak.**

Miről lesz szó ebben a részben?

- **Bitfolyamok továbbítása hírközlő csatornákon**
 - *Alapfogalmak*
- **Digitális modulációs eljárások**
 - *ASK, FSK, PSK*
- **Többcsatornás átvitel multiplexeléssel**
 - *FDM, TDM*
- **Hírközlő csatornák a gyakorlatban**
 - *(Réz)vezetékes csatornák*
 - *Sodrott érpáras kábelek, strukturált kábelezés*
 - *Koaxiális kábelek*
 - *Fényvezetős (üvegszálas) csatornák*
 - *Vezeték nélküli csatornák*



Szimbólumok átvitele hírközlő csatornán: alapfogalmak

- **bit, bitsebesség** (információátviteli sebesség) – bit/s
 - **szimbólum, szimbólum-sebesség, jelzési sebesség** – baud, Bd
 - **összefüggés a bitsebesség és a szimbólum-sebesség között:** hány bitnyi információt hordoz egy szimbólum?
 - *Bináris jelátvitel esetén: a két sebesség megegyezik.*
 - *Többszintű jelátvitel esetén: a bitsebesség többszöröse lehet a jelzési sebességnek.*
 - *Pl. 4-szintű impulzusoknak bitpárokat lehet egyértelműen megfeleltetni:*
 - *1. szint: 00*
 - *2. szint: 01*
 - *3. szint: 10*
 - *4. szint: 11*
- tehát kétszerese a jelzési sebességnek a bitsebesség.*

Példa: telefonos modem, 2400bit/s, 600 baud



Növelhetjük-e tetszőlegesen a szintek számát?

- Elvileg igen, de

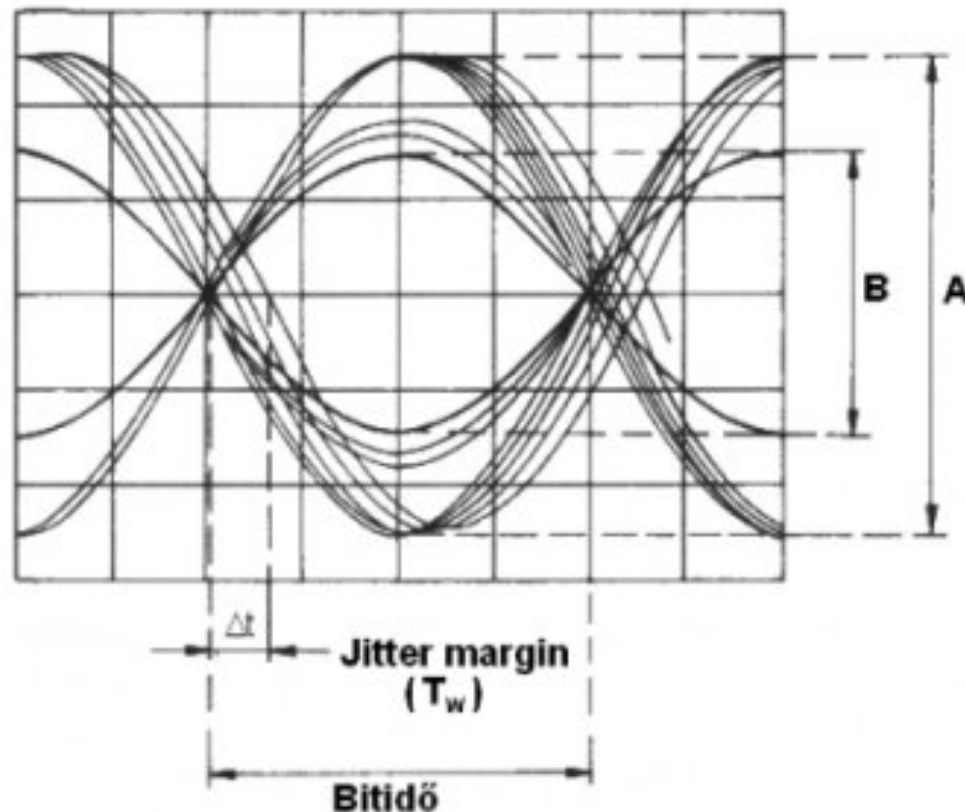
a gyakorlatban a csatornák

- **sávkorlátozottak**, ezért torzítják, elkenik a jeleket
- **zajok és zavarok forrásai**: döntéskor hibákat okoznak

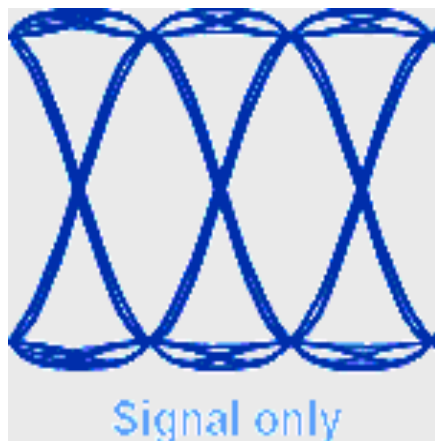
- Minél több szint: annál kisebb a „távolság” a szomszédos szintek között, és annál nagyobb az esély a tévesztésre

A szemábra (eye diagram)

- Oszcilloszkópos megfigyelés: egymás utáni jelalakok egymásra rajzolódnak
- Ha egy szimbólumidőre húzzuk szét a vízszintes tengelyt: szemre emlékeztet
- A szem tisztasága, nyitottsága a mintavételi időpontban jelzi, hogy mekkora esélyünk van a helyes döntésre



„Szemábrák”

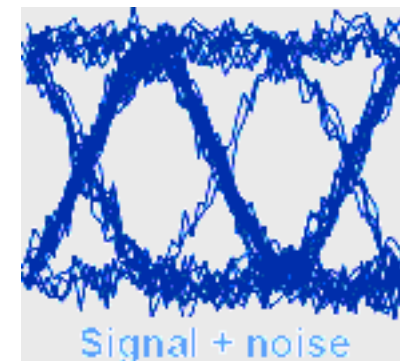


csak hasznos jel

**jel és
időzítési hiba**

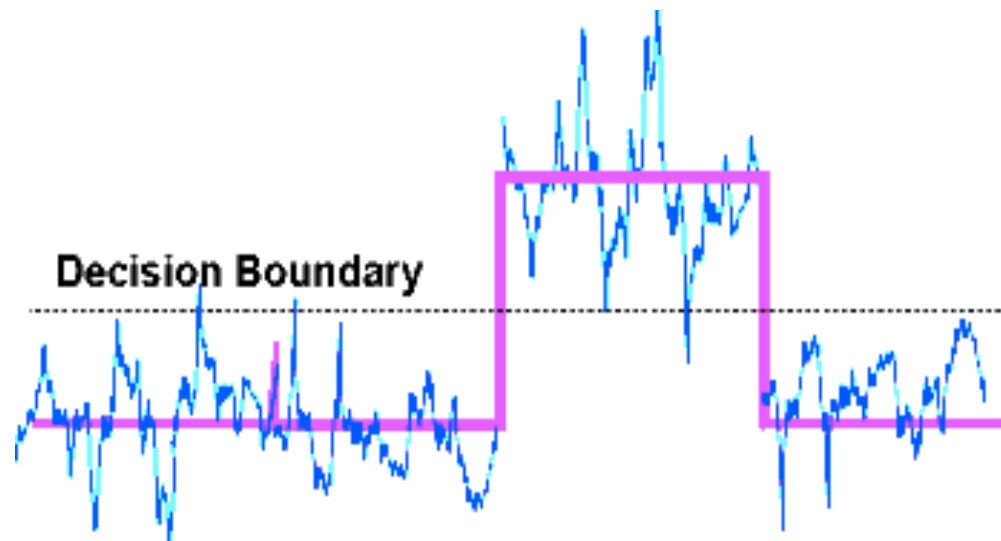


jel és zaj



Átvitel zajos csatornán

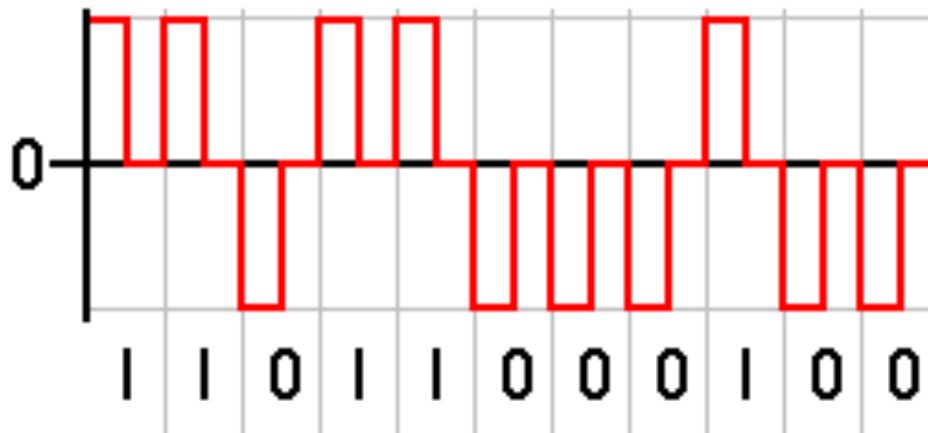
- Az ábra bináris: szimmetrikus jel és „ráülő” 0-átlagú additív zaj
- Ésszerű: döntési küszöb a fél jelmagasságon, ezzel összehasonlítva a mintákat döntünk
- Az additív zaj miatt tévesztések, minél nagyobb a zaj, annál többször



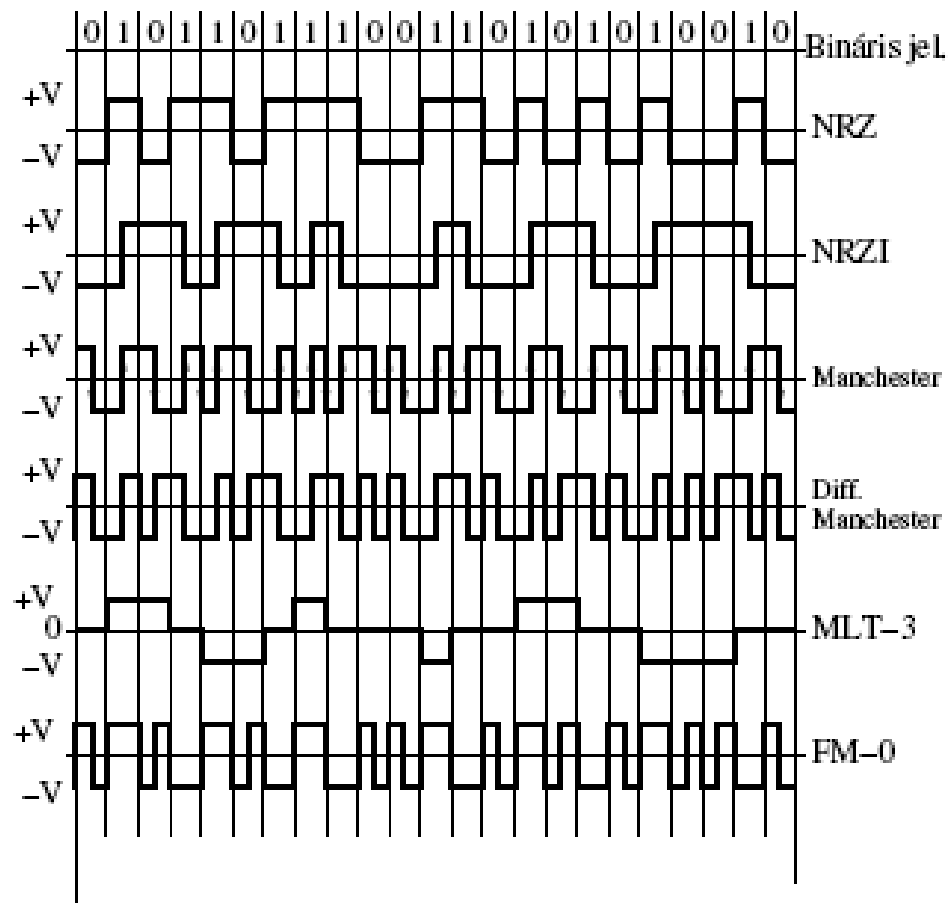
- Nullafrekvenciás komponens
 - Ne legyen DC tartalma a jelnek
 - Ezért kell bipoláris kódolás: AMI (Alternate Mark Inversion), értékkészlet: -1, 0, +1.
- Bitszinkron biztosításához órajel kinyerése
 - Ezért ne legyenek hosszú egyforma bitsorozatok
- Vonali kódolás: **digitális alapsávi moduláció!**
 - **a forrás szimbólumsorozathoz olyan jelsorozatot** mely az átviteli úton a legkisebb torzítással halad át.

Return-to-zero (RZ)

- Két impulzus között mindig visszatér a nulla jelszintre
 - Még ha több 1 vagy 0 is jön egymás után
- Szinkron biztosított, de kétszer akkora sávszélesség kell ugyanakkora adatátviteli sebességhez, mint pl. a NRZ-nek
- Van DC komponens hosszú 0 vagy 1 sorozatok esetén



„Vonali” kódolások (1)



non-return-to-zero (NRZ)

NRZ inverted (NRZI)

Manchester

Diff. Manchester

más kód 1.

más kód 2.

„Vonali” kódolások (2)

- **RZ**
 - + : megoldott a szinkron
 - : kétszeres sávszélesség kell mint NRZ-nek
- **NRZ**
 - + : fele annyi sávszélességre van szüksége mint pl. a Manchesternek vagy RZ-nek
 - : hosszú 1-es, v. 0-ás sorozat esetén a váltások hiánya miatt szinkronvesztés
- **NRZI**
 - + : ugyanaz
 - : Az 1-eseknél mindig van váltás a bitidő közepén, hosszú 0-ás sorozat itt is problémát okoz
 - Megoldás: bit stuffing
- **Manchester**
 - 1-esnél felfelé, 0-ásnál lefelé váltás a bitidő közepén, egymás utáni azonos biteknél a bithatáron mindig váltás
 - Pl. Ethernetnél, RFID-nél használják
 - + : jól szinkronizálható, nincs DC komponens
 - : kétszeres bitsebességet igényel mint NRZ
- **Differenciális Manchester**
 - + : polaritás nem fontos, csak tranzíció: hibavédettebb
 - 0-nál a bitidő elején is és közepén is van váltás
 - Optikai tárolásra, token ring

„Vonali” kódolások (3)

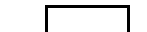
- MLT (Multi-Level Transmit)-3
 - 3 feszültségszint: ciklusban mozog ha 1, 0-nál marad ugyanazon a szinten
 - + : kevesebb EM interferencia, kisebb sávszélesség

- FM-0
 - minden bit határon váltás, 0-nál középen is
 - + : szinkron, nincs DC komponens
 - : több sávszélesség

4B/5B kódolás

- Hatékonyabb kódolás: összeegyeztetni a jó szinkronizálhatóság és a kis sávszélesség-növekedés feltételeit
- 4B/5B kódolás
 - a bemeneti bitfolyam minden bit-négyesét 5 bites kóddal helyettesítjük
 - a 16 helyett 32 kombinációnk van, ezért megtehetjük, hogy:
 - csak azokat használjuk, amelyek jó tulajdonságú sorozatot eredményeznek
 - legalább 2 váltás a blokkban
 - a többiből 8-at használunk speciális jelzésekre, a fennmaradó 8-at nem használjuk fel (köv. ábra)

A 4B/5B kódolás illusztrációja (+NRZI)

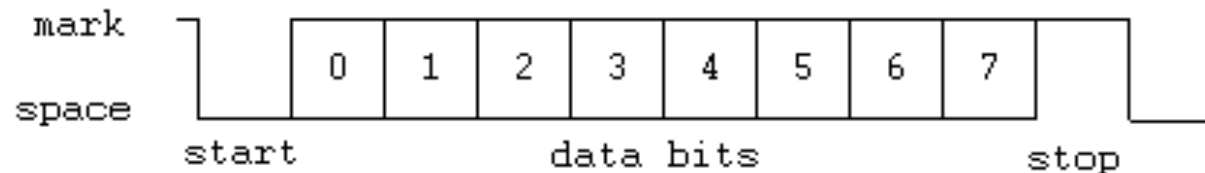
Vonal állapot jelző				Adat szimbólumok			
	00000	Q	Quiet		11110	0	0000
	11111	I	Idle		01001	1	0001
	00100	H	Halt		10100	2	0010
Keret kezdet jelző					10101	3	0011
	11000	J			01010	4	0100
	10001	K			01011	5	0101
Keret vég jelző					01110	6	0110
Vezérlési állapot jelzők (Logikai 0/1 megfelelői)					01111	7	0111
	01101	T	Terminator		10010	8	1000
	00111	R	Reset		10011	9	1001
	11001	S	Set		10110	A	1010
					10111	B	1011
					11010	C	1100
					11011	D	1101
					11100	E	1110
					11101	F	1111

Bitfolyamok strukturálása

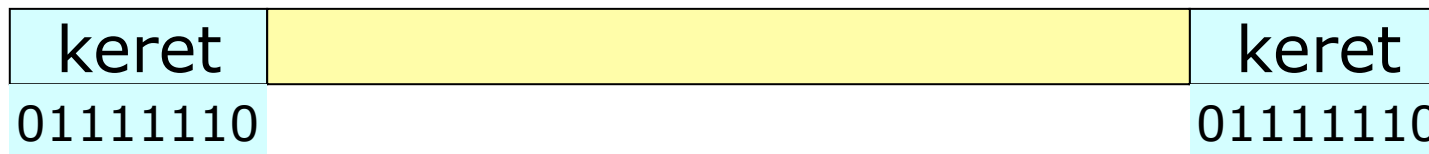
- Keretezés **hibavédelmi** és **szinkronizálási** célokra
- Szinkronizálás
 - bitszinkron
 - byte-szinkron
 - keretszinkron
- Hibajelzés, hibajelző kódok
 - Paritásellenőrzés
 - Ciklikus redundancia-ellenőrzés (CRC)

Aszinkron és szinkron átvitel

- A „start-stop” átvitel: aszinkron mód, órajel nem kerül továbbításra

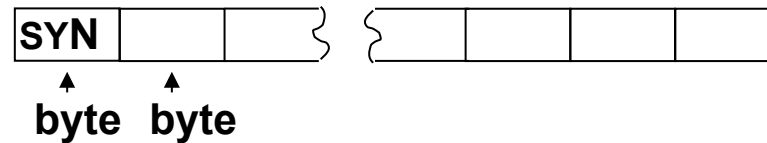


- jól használható például text továbbításhoz (pl. telex gép), csak kis sebességre
- Szinkron átvitel



- bitbeszúrás

Szinkronizálás, hibajelzés



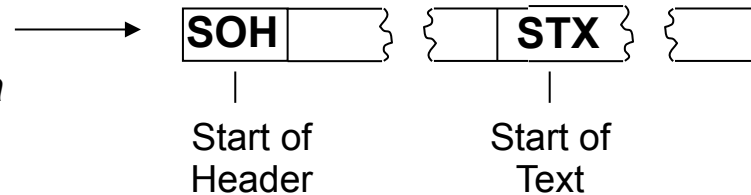
**Byte-
szinkronizálás**



HEADER – fejrész
TRAILER – pl. ellenőrző kód
PAYLOAD – „hasznos teher”

**Vezérlő és
ellenőrző
információ átvitele**

**Fejrész
azonosítása**

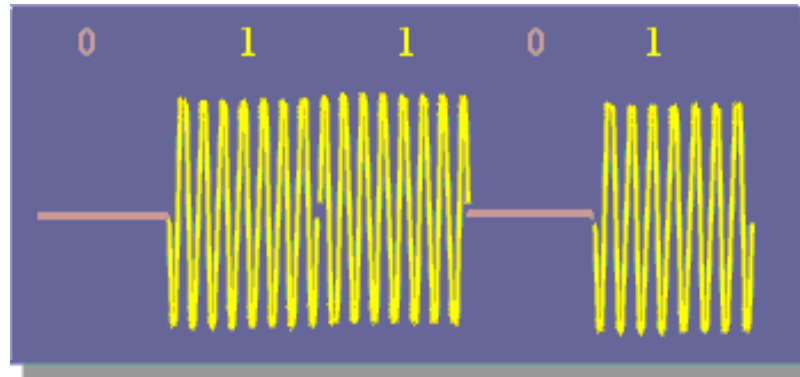


Hibajelző kódok: -paritás
- ciklikus kód
(CRC – cyclic redundant code)

Modulációs eljárások, digitális moduláció

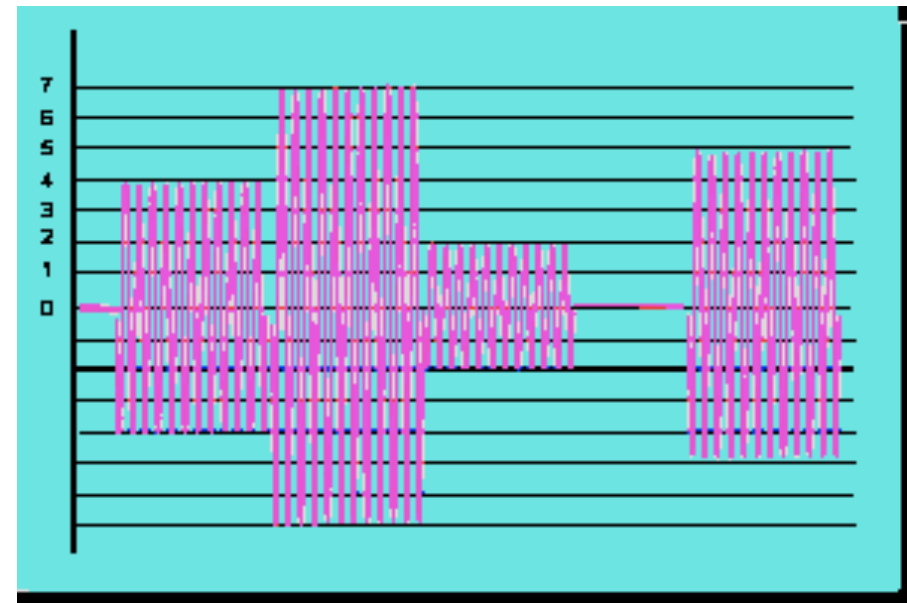
- „Moduláció”: a szimbólumsorozat továbbítására egy – a jelzési sebességnél általában nagyobb frekvenciájú - **szinuszos vivőt** használunk.
- A vivő valamely jellemzőjét változtatjuk a szimbólumoknak megfelelően, így
 - amplitúdóját: **ASK** (amplitude-shift-keying)
 - frekvenciáját: **FSK** (frequency-shift-keying),
 - fázisát: **PSK** (phase-shift-keying).
- A jel spektruma áthelyeződik **az „alapsávból” a vivő környezetébe.**

ASK (Amplitude Shift Keying) - amplitúdó moduláció

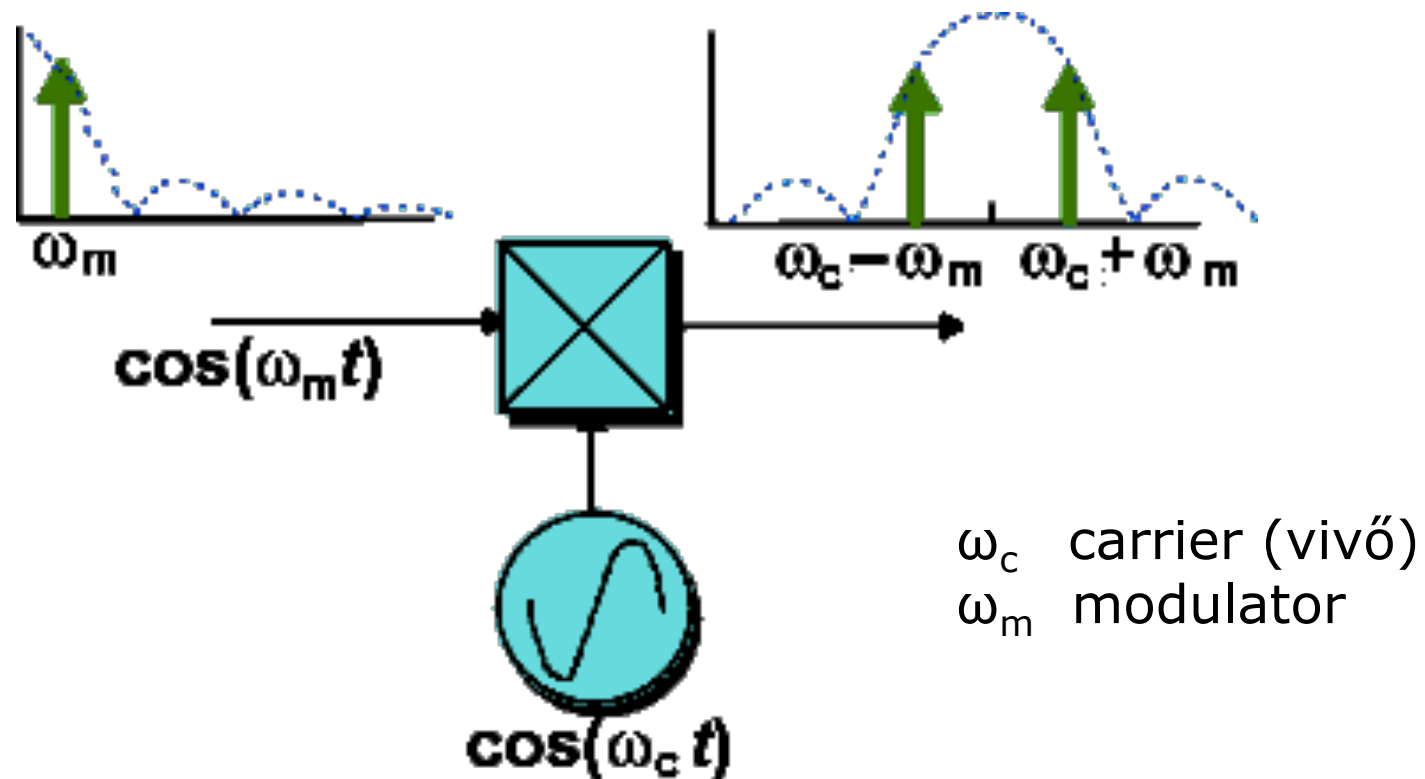


← „0”: nincs vivő, „1”: van
(on-off-keying,
ki-bekapcsolásos moduláció)

Többszintű
ASK
-magas jel-zaj
viszony kell hozzá!

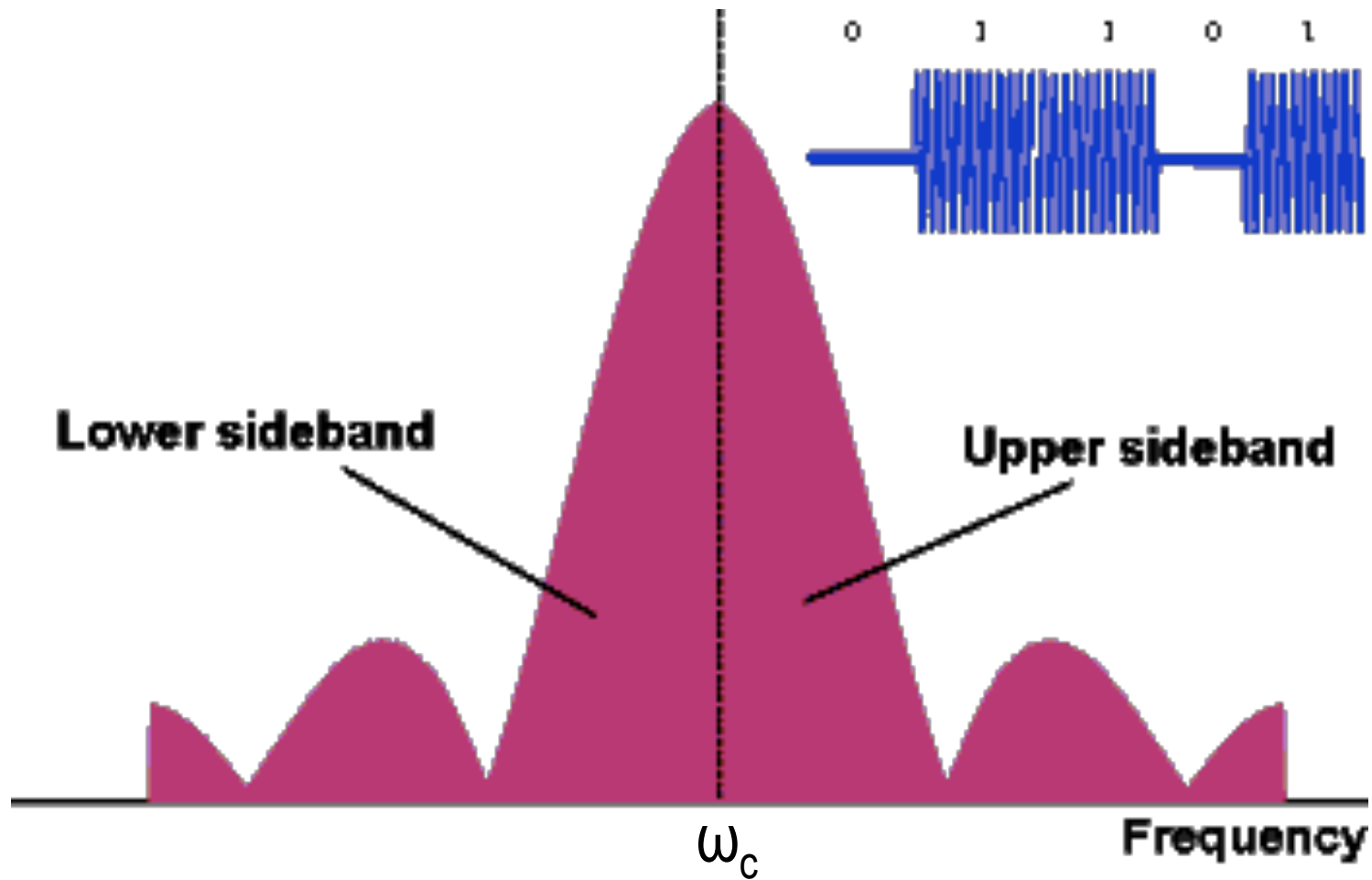


ASK jel spektruma: illusztráció szinuszos jelkomponenssel



$$\cos \omega_m t \times \cos \omega_c t = 0,5 \cos (\omega_c - \omega_m) t + 0,5 \cos (\omega_c + \omega_m) t$$

ASK jel spektruma



ASK előnyei-hátrányai

+:

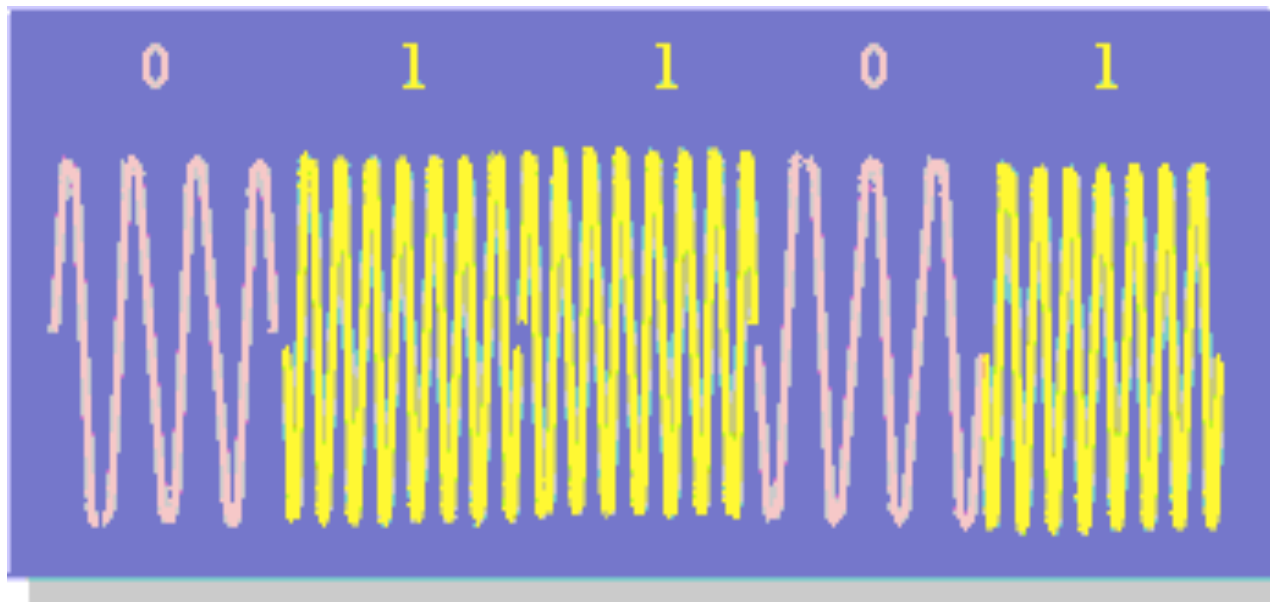
- ASK moduláció és demoduláció is egyszerű, olcsó

-:

- Érzékeny a zajokra, a különböző terjedési utak körülményeire
- Felhasználás:
 - Digitális adat átvitele optikai kábelben
 - LED adónál 1: rövid fényimpulzus, 0: nincs fény
 - Lézernél 1: magas amplitúdójú fényhullám, 0: alacsony

„0” szimbólumnak f_1 frekvenciájú vivő
„1”-es szimbólumnak f_2 frekvenciájú felel meg

digitális frekvenciamoduláció: a vivő frekvenciáját
változtatjuk a moduláló jel szerint



FSK előnyei-hátrányai

+ :

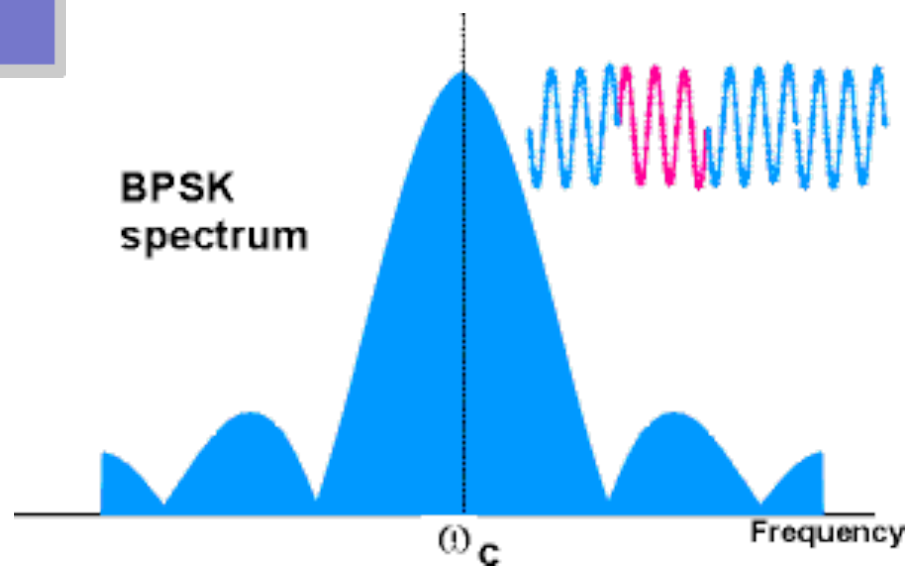
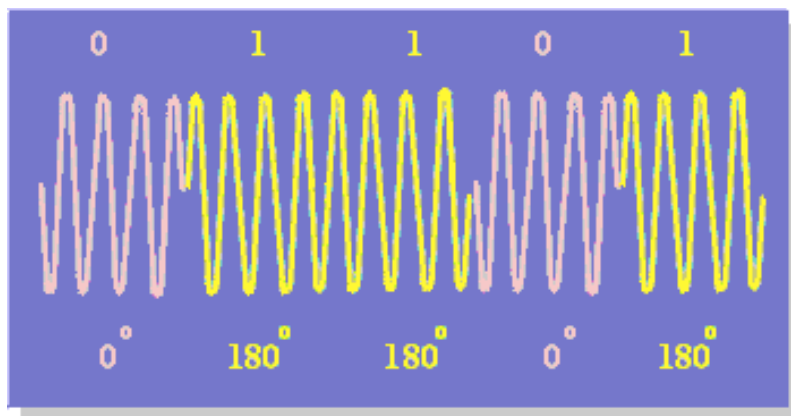
- Egyszerű előállítás és demodulálás
- Érzéketlenség a nem-lineáris erősítők torzítására
 - jó hatásfokú erősítők alkalmazásának lehetősége
 - gazdaságos akkumulátorhasználat a mobil készülékekben

- : Sávzélesség kihasználása nem olyan jó mint PSK-nak

- Népszerűek változatai:
 - AFSK (Audio FSK): telefonmodemek, alapsávban
 - GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying): GSM!

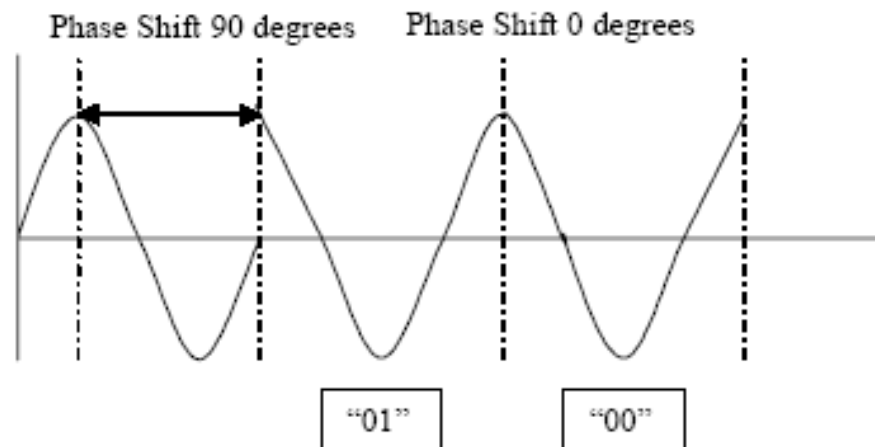
Használat: pl. távoli mérőóra leolvasás

(Bináris) PSK jel az időtartományban és a spektruma



Többszintű PSK: QPSK (Quadrature PSK)

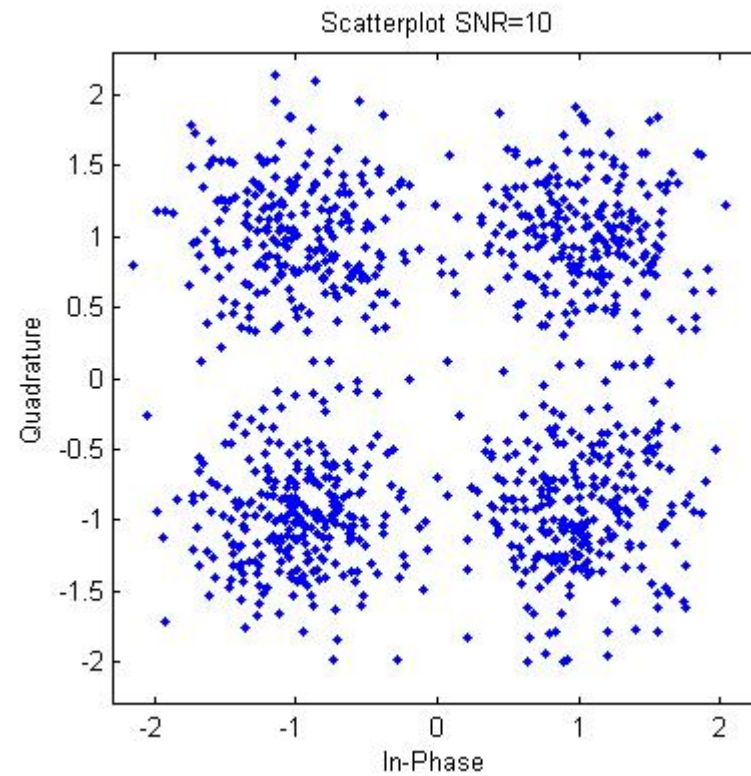
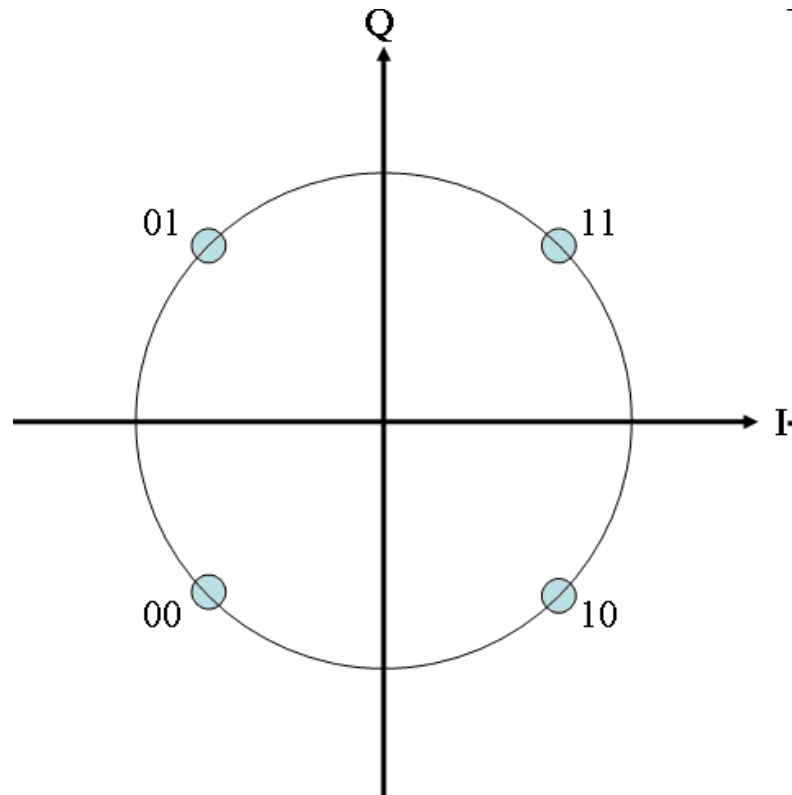
Symbol	Phase Shift
00	0 degrees
01	90 degrees
11	180 degrees
10	270 degrees

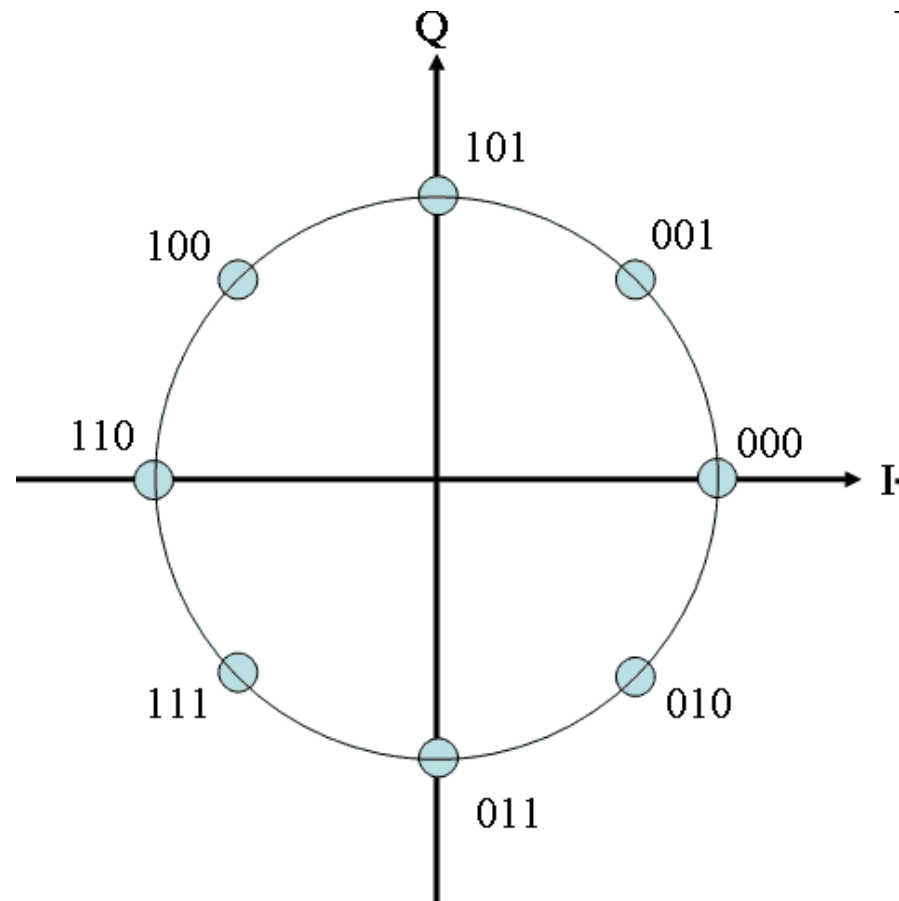


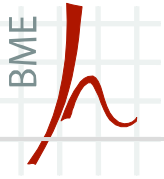
Konstellációs diagram

- Konstellációs diagramon komplex számmal ábrázoljuk az átvendő szimbólumot
- Kvadratúra vivők: modulálva a valós és képzetes résszel a sin illetve cos vivőt, mindkettőt átvisszük ugyanazon a frekvencián
 - kvadratúra moduláció
- Vevő: arra a szimbólumra választ, amelyhez a vett szimbólumnak a **legkisebb az euklidészi távolsága**
 - Hibás döntés: zaj másik konstellációs ponthoz viszi közelebb
- Olyan mint a szemábra

QPSK konstellációs diagram





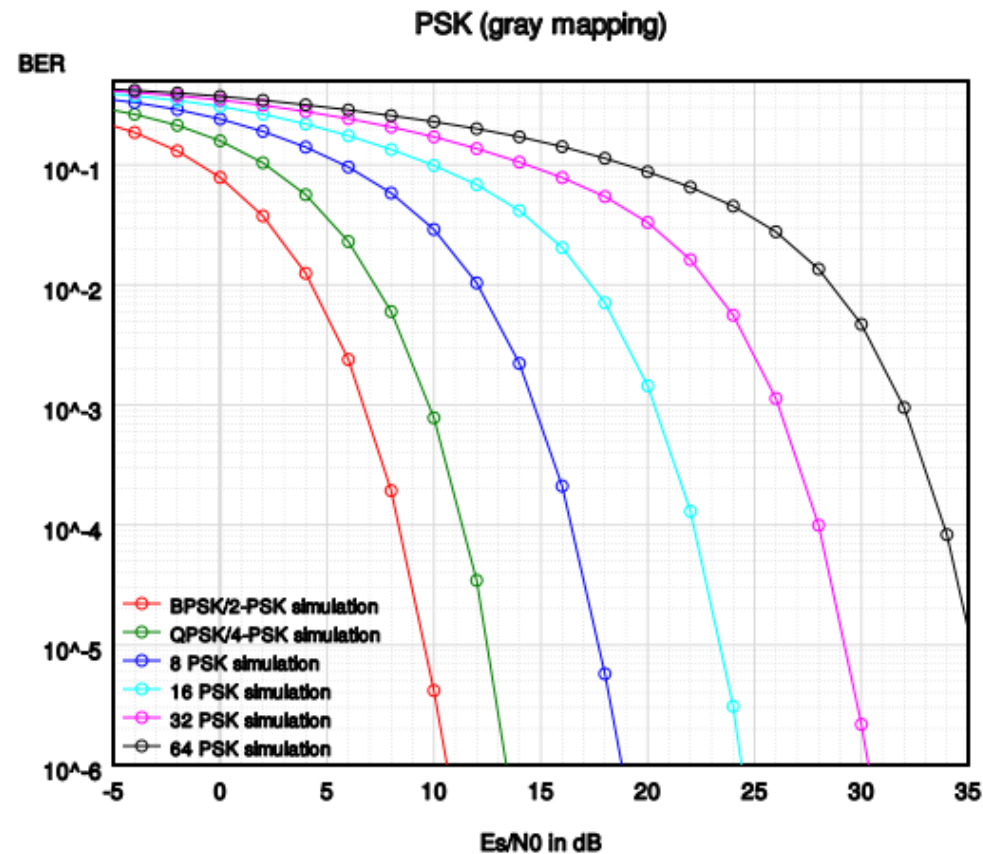


BPSK-QPSK-8PSK

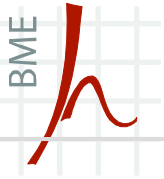
- **QPSK** megduplázza a BPSK adatsebességét
 - Viszont nagyobb adóteljesítményre van szüksége ugyanahhoz a jel-zaj viszonyhoz!
- **BPSK**: hibatűrő, de alacsony adatsebesség
- **8PSK**: legmagasabb szintű PSK
 - 8 szint felett már magas a hibaarány, erre jobb a QAM

PSK hibaarányok

- 8 PSK felett már túl nagy a hibaarány!



- **BPSK:** RFID (biometrikus útlevelek, American Express)
- **QPSK:** Bluetooth 2 (DQPSK)
- **8PSK:** Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE), 2.5G

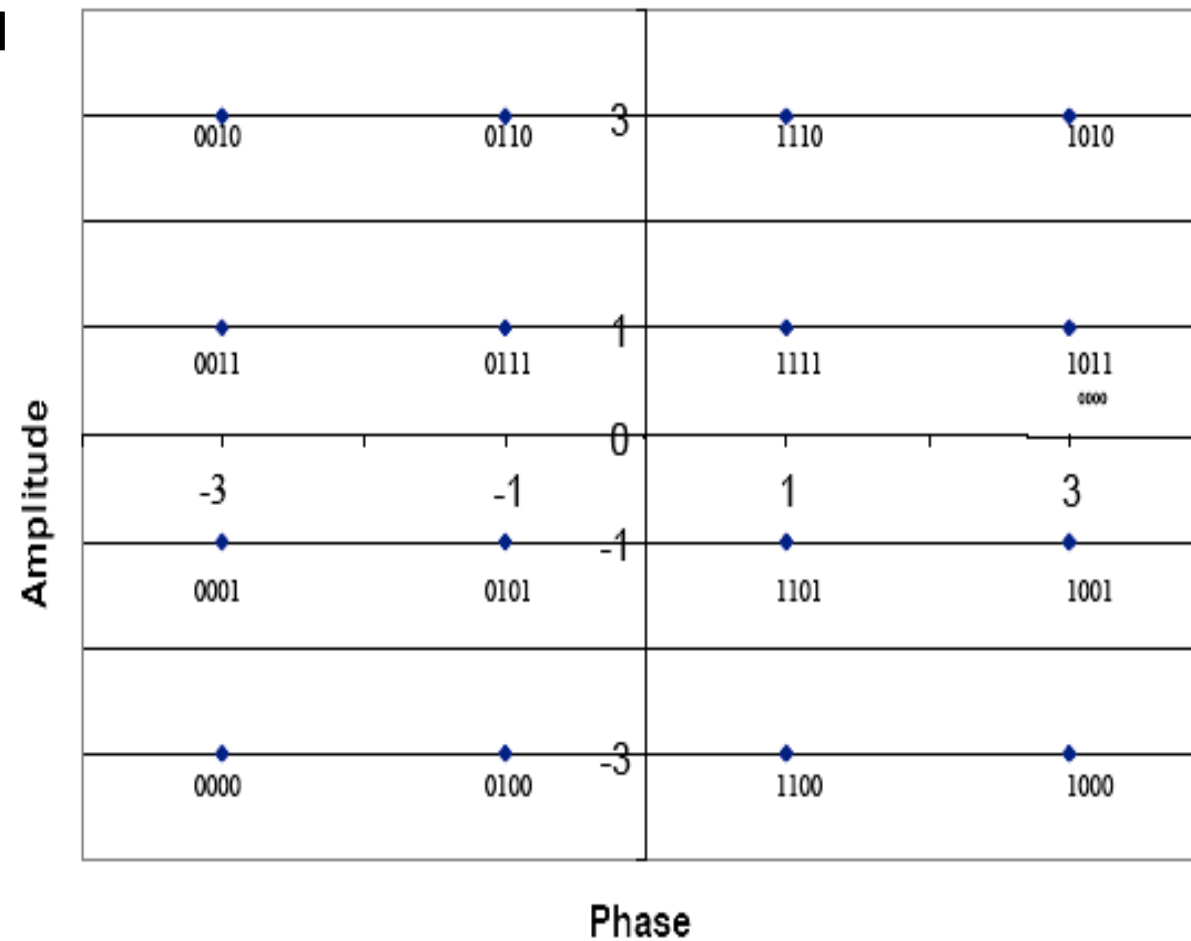


QAM (Kvadratúra amplitúdó moduláció)

- Két, 90 fokkal eltolt vivőnek egyszerre moduláljuk az amplitúdóját, majd összeadva átküldjük a csatornán
- Olyan, mintha egy vivőnek egyszerre modulálnánk az amplitúdóját és fázisát is
- Leggyakoribb 16-QAM, 64-QAM, 128-QAM és 256-QAM
 - egyre nagyobb adatsebesség, de rosszabb hibaarány!

QAM konstellációs diagramm

Példa: 16QAM



- 8PSK felett már érdemes áttérni a 16QAM-re
 - 8PSK csak 0.5dB-el ad jobb hibaarányt, de adatsebessége csak $\frac{3}{4}$ -e
 - Így néha QPSK után már 16QAM jön
- 64-QAM és 256-QAM: digitális kábel és földfelszíni tv

- A rádiós link állapotától függően vált modulációt
 - más adók interferenciája, vevő érzékenysége, adóteljesítmény
 - Ehhez szükség van az adónak csatornainformációra

- Pl. 3G mobil rendszereknél HSPA (High Speed Packet Access)
 - Zajos csatornánál QPSK
 - „Tisztább” csatornánál 16QAM

Multiplexelés (nyalábolás)

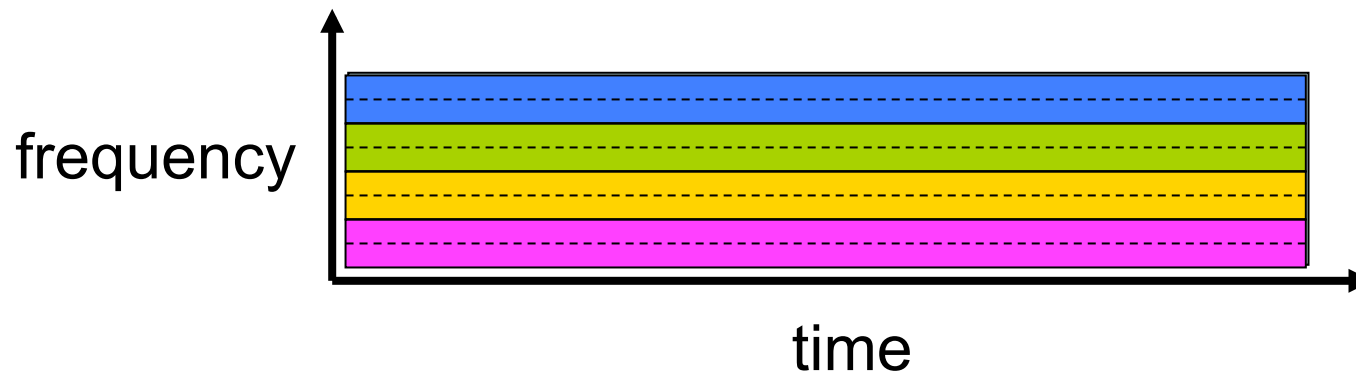
- Több csatorna jelét egyetlen jellé alakítani egy osztott csatornán
- Egy kommunikációs csatornát több magasabb szintű logikai csatornává
 - Minden jelfolyamhoz egy logikai csatorna
- Demultiplexelés: vevő oldalon elő tudják állítani az eredeti csatornákat

Multiplexelés: FDM és TDM

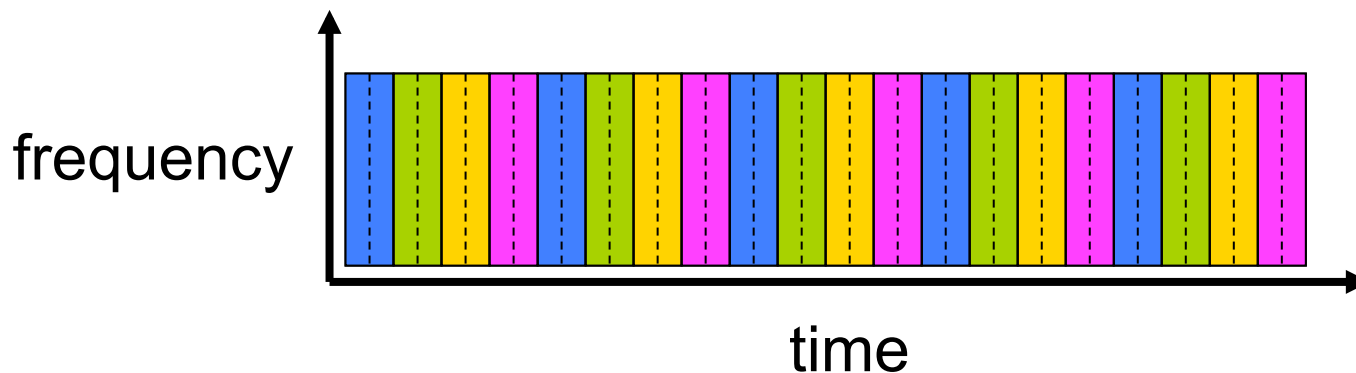
FDM

Példa:

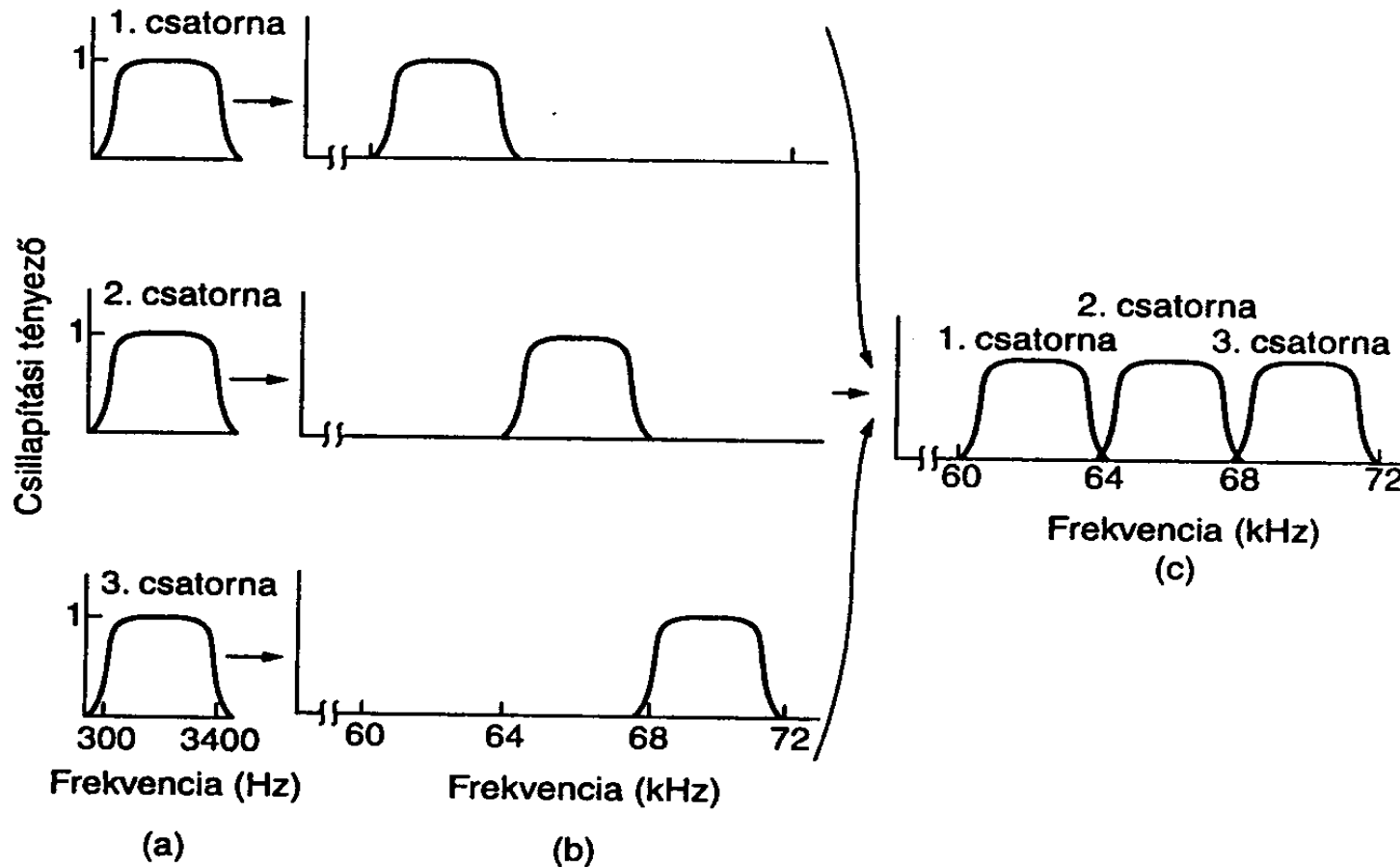
4 felhasználó



TDM

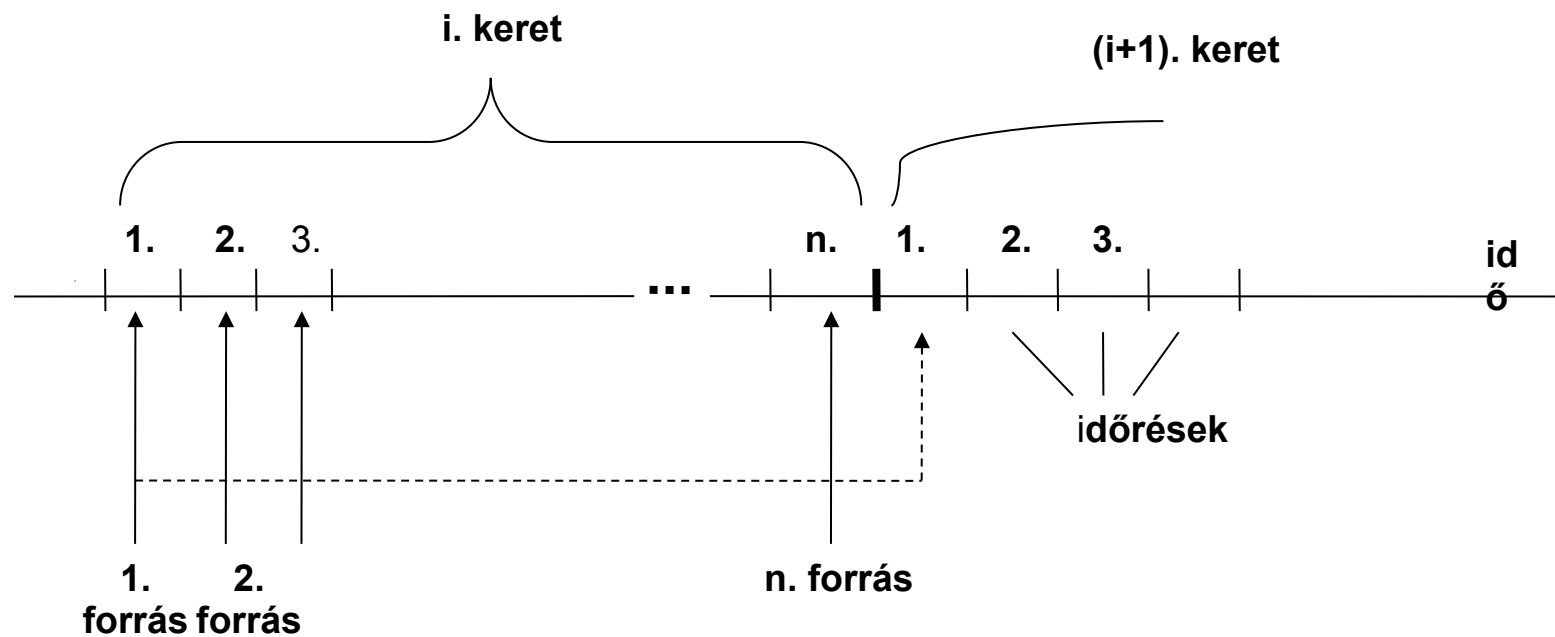


A frekvenciaosztású nyalábolás elve – - FDM – frequency division multiplexing

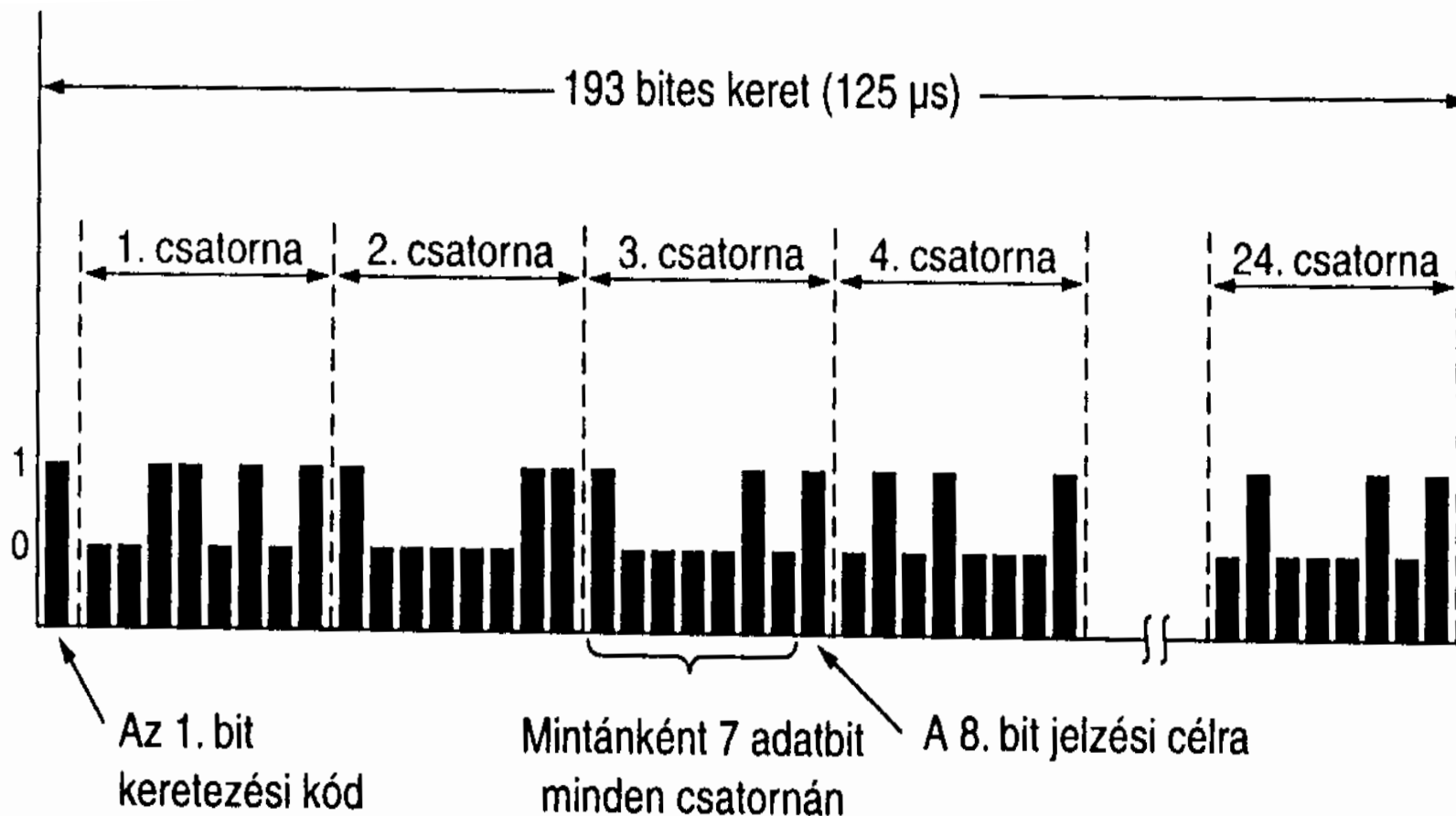


Időosztású multiplexelés –

- TDM – time division multiplexing



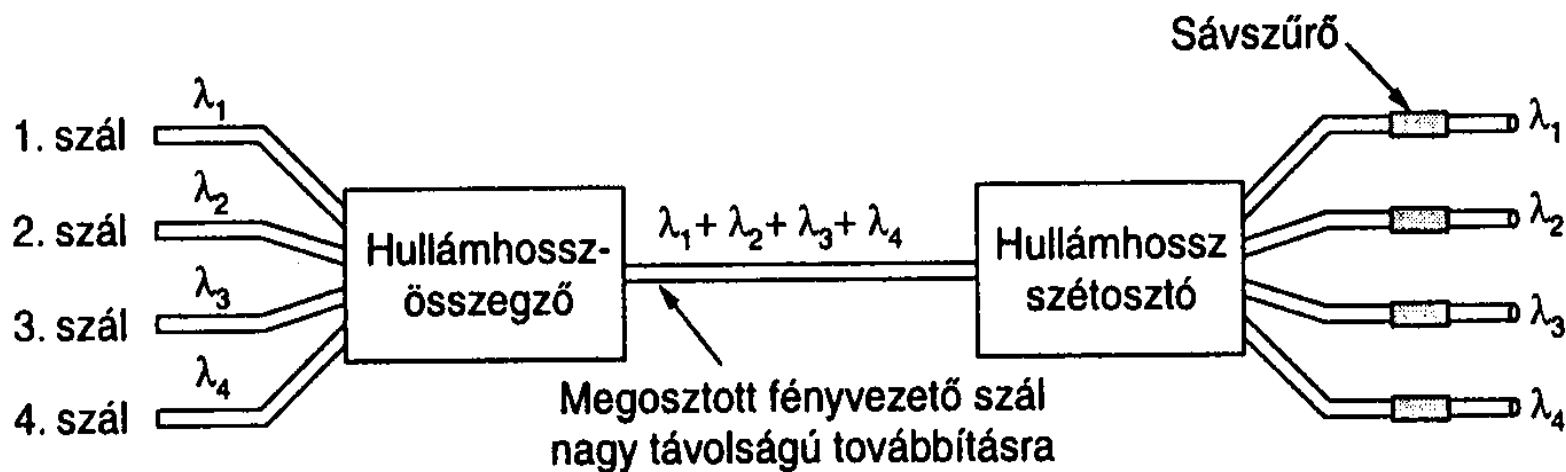
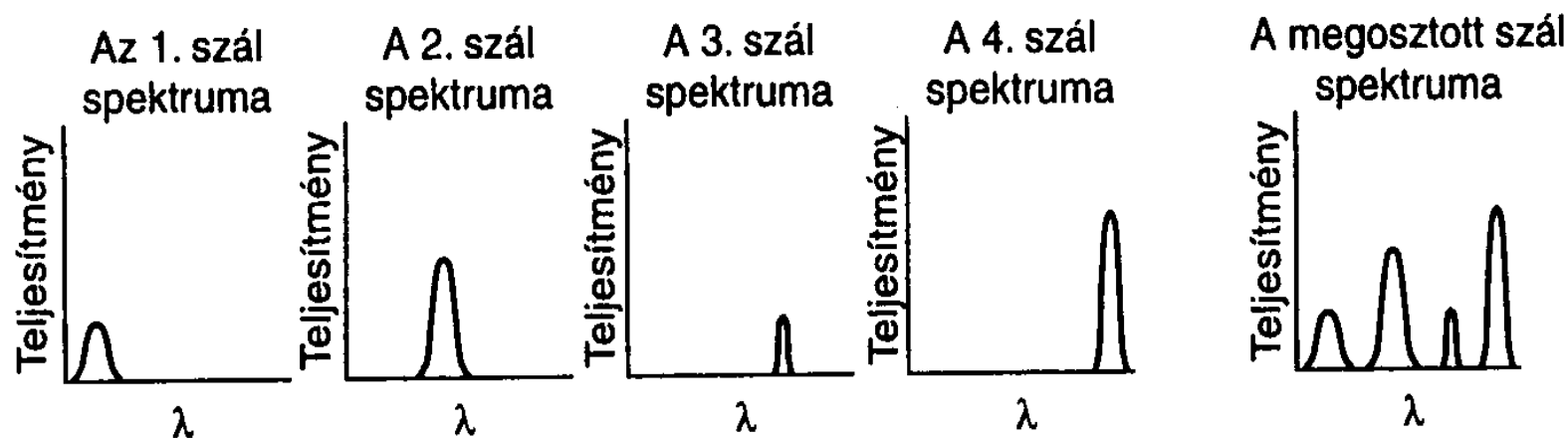
Példa időosztású nyálábolásra beszédátviteli rendszerben (24 csatorna egyenként 8 bitjének multiplexelése)



Hullámhossz-osztású multiplexelés

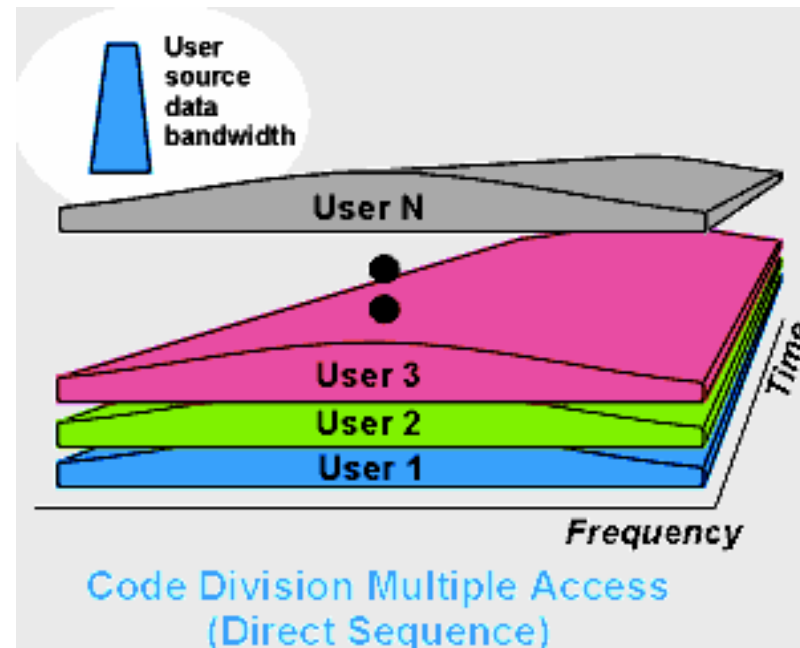
- Üvegszálon több eltérő hullámhosszú fényt viszünk át: több csatorna alakítható ki egy üvegszálon
- Végülis egy FDM technika, de üvegszálon WDM-nek nevezzük
 - rádiós csatornán FDM
- Népszerű a szolgáltatóknál: újabb optikai kábelek lefektetése nélkül kapacitásnövekedés
 - Pl. mai rendszereknél 160 jel összefogásával 10Gbit/s helyett 1.6Tbit/s

Hullámhossz-osztású nyalábolás (multiplexelés)



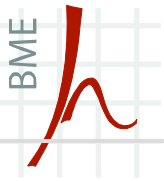
Kódosztású nyalábolás (CDM – code division multiplexing)

- A egyes csatornák jele sem frekvenciában, sem az időben nem különül el
- Hogy lehet ez?
- Akkor hogyan különböztetjük meg azokat?
- És mi az értelme ennek a furcsa „osztás”-nak?
- Nézzük az egyik módját, az ún. direct sequence CDM-et!

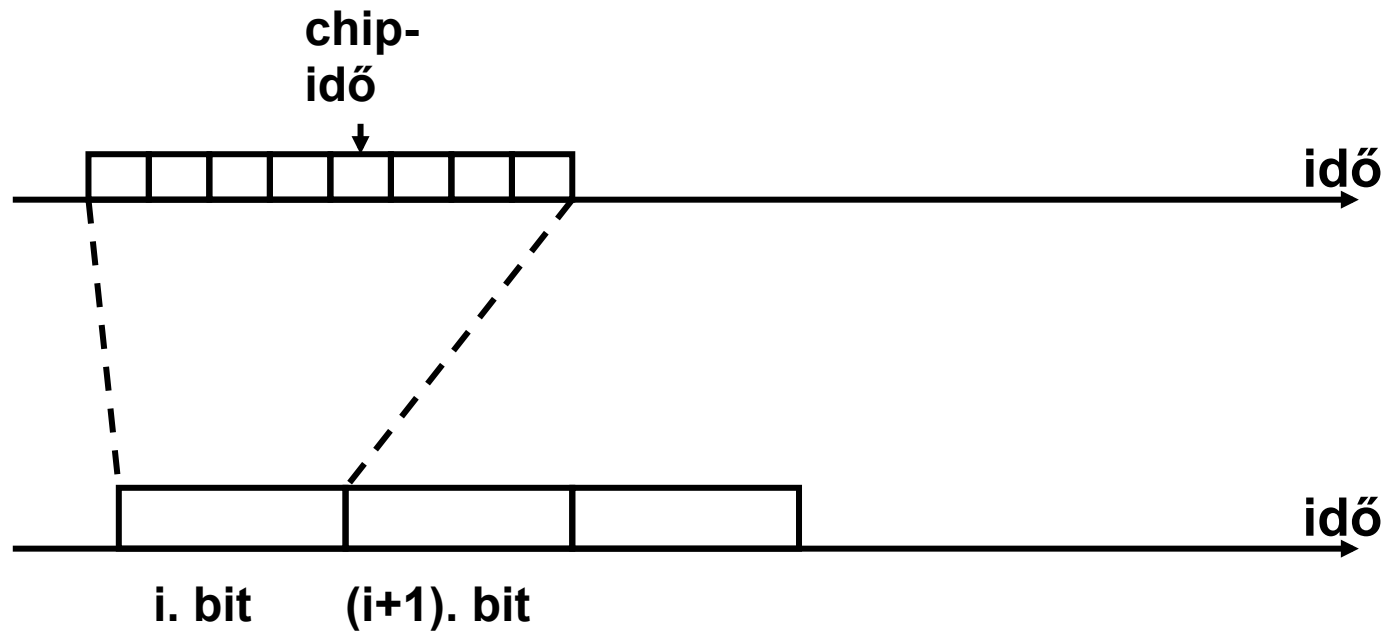


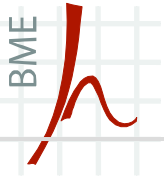
Kódosztású nyalábolás elve

- Analógia: beszélgető emberek egy helységben
 - TDM: egymást felváltva beszélnek
 - CDM: más nyelven beszélnek
- Alapelv: adatokhoz csatornánként speciális kódokat rendel (chip kód)
- Ezzel a szórt, széles sávú jellel (pszeudozaj) kerül többszörözve átvitelre a jel, vevő oldalon visszaszorozzák vele (XOR művelet)
- Minden felhasználónak saját chip kódja, legyen ortogonális a többitől



A CDM elve és a „spektrumszórás” (spread spectrum)





Szórt spektrum előnyei-hátrányai

- +:
 - Nehezen lehallgatható, zajnak tűnik a chip kód miatt
 - Nehezen blokkolható
 - Nem érzékeny a keskenysávú interferenciára illetve többutas terjedésre
 - Frekvencia újrafelhasználás pl. cellás rendszerekben
- -:
 - Nagyon pontos teljesítményszabályozás kell (közel-távolság probléma)
 - Interferencia: ha nem pontos a szinkronizáció a chip határoknál
 - Bonyolultabb adó-vevő: ma már nem gond

Hol tartunk?

- Megismertük szimbólumok jelekkel történő továbbításának alapvető problémáit
 - A forrás által küldött szimbólumok nem mindig azonosak a nyelőbe jutó szimbólumokkal
- Megismertük a jeleknek a csatorna rendelkezésre álló frekvenciasávjához történő illesztését:
 - Vonali kódolás
 - Moduláció
 - Nyalábolás (multiplexálás / multiplexelés)

Kérdések?

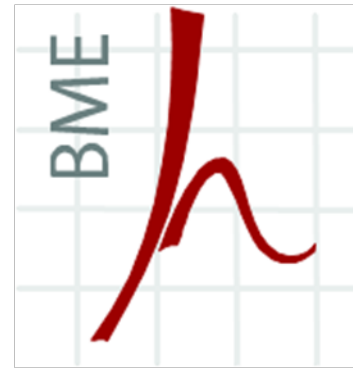
KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu



„FIZIKAI SZINTŰ” KOMMUNIKÁCIÓ

Hírközlő csatornák a gyakorlatban

Dr. Simon Vilmos
docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu

2014.február 25.

Az előző előadáson

- Megismertük szimbólumok jelekkel történő továbbításának alapvető problémáit:
 - Véges sáv szélességű csatorna → diszperzió
 - Elektromos jelek feldolgozása → additív zaj
 - A forrás által küldött szimbólumok nem mindig azonosak a nyelőbe jutó szimbólumokkal
- Megismertük a jeleknek a csatorna rendelkezésre álló frekvenciasávjához történő illesztését:
 - Vonali kódolás
 - Moduláció
 - Nyalábolás (multiplexálás / multiplexelés)

Hírközlő csatornák a gyakorlatban

- (Réz)vezetékes csatornák
- Fényvezetős (üvegszál) csatornák
- Vezetéknélküli csatornák
 - szabadtéri fényátvitel
 - infravörös átvitel
 - rádiós átvitel
 - földfelszíni
 - műholdas
 - ezen belül mobil

Jeltovábbítás fémvezetőkkel

- Két fémvezető és köztük dielektromos szigetelés
 - levegő is lehet: légvezeték
- Szakszerű elnevezés: **TEM-hullámvezető**
(transzverzális elektromos-mágneses)
- Fő típusai:
 - Szimmetrikus érpár
 - sodrott érpár
 - Koaxiális kábel

Sodrott érpár (Twisted pair)

- Két szigetelt, egymásra spirálisan felcsavart rézvezeték
 - UTP: árnyékolatlan (unshielded)
- A csavarás a két ér egymásra hatását küszöböli ki, illetve más külső EMI zavarokat
 - belső: crosstalk EMI
 - külső: pl. másik UTP pár
- Minél sűrűbb a csavarás, annál nagyobb az adatátviteli sebesség (és a méterenkénti ár is)

Sodrott érpárok

3-as kategóriájú sodrott érpár, árnyékolatlan
Cat3 UTP (unshielded twisted pair) – kb. 16 MHz-ig



*4 érpár
egy kábelben*

5-ös kategóriájú árnyékolatlan sodrott érpár
- kb. 100 MHz-ig (Fast Ethernet)



*sűrűbb sodrás,
jobb átviteli
jellemzők*

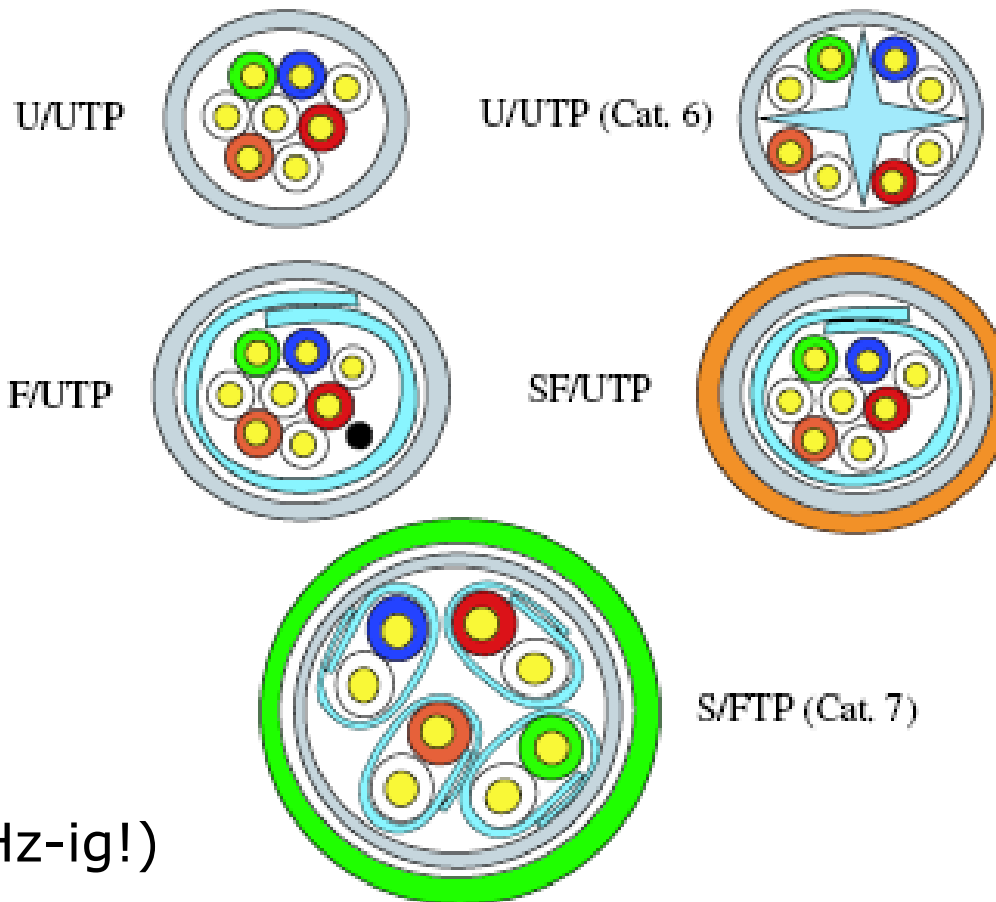
Sodrott érpáras kábelek

Jelölések:

S – shielded
(fémhálóval)

F – foiled
(árnyékolás
fémlemezzel)

Cat6, Cat7:
újabb, még
nagyobb sávsz.
nem terjedtek el
(250 illetve 600 MHz-ig!)



UTP előnye-hátránya

- +:
 - Vékony, rugalmas kábel: könnyű szerelés
 - Mérete miatt sok fér el belőle egy burkoló csatornában
 - A legolcsóbb LAN kábel
- -:
 - Komoly előírások a szereléskor az EMI miatt
 - Video átvitelnél a különböző hosszak miatt késleltetés
 - Átvitel párhuzamosan több éren: színtorzulás, szellemkép
 - Túloldalon kompenzálni kell a változó hosszakat, bonyolult

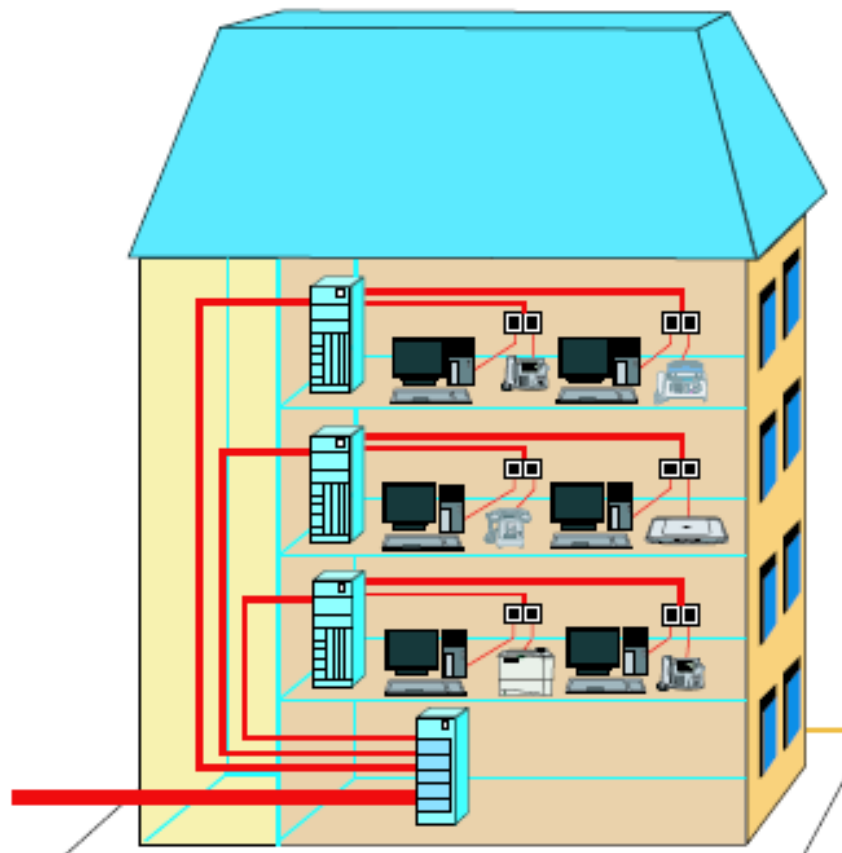
Strukturált kábelezés

- Döntően UTP-kábelezést használ
- Strukturált: **központi elosztókból** (ún. rendezőkből) **minden végponthoz külön kábel** megy
 - szemben pl. a végpontok felfűzésével egy kábelre
- Általános célú, telefon- és számítógép-hálózat kialakítására egyaránt alkalmas
- A végpontról nem kell előre eldönteni, hogy mit fogunk arra csatlakoztatni
- Könnyű átkonfigurálhatóság

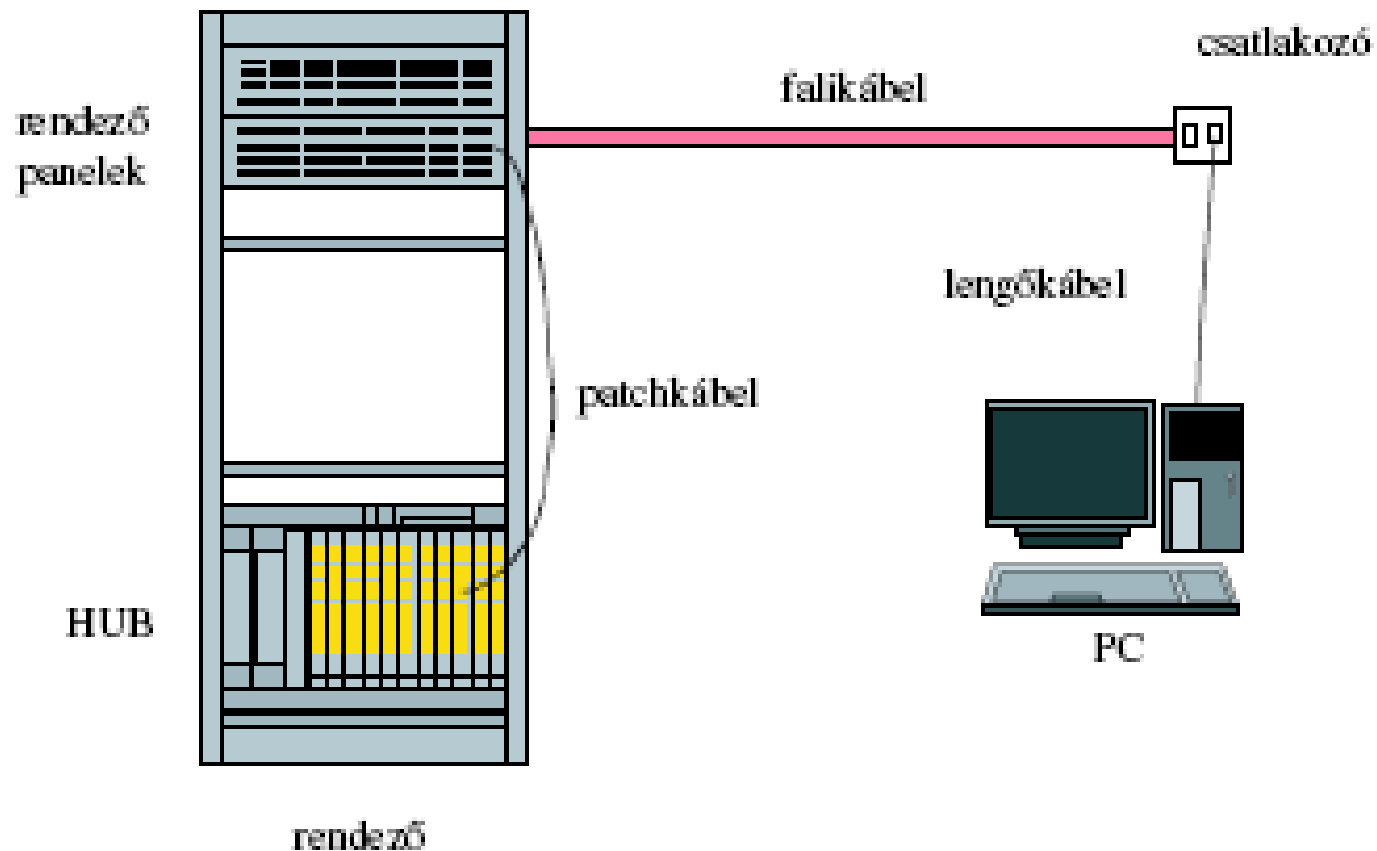
A strukturált kábelezés fő elemei

- **Főrendező**
 - az épület központi rendezője, itt csatlakozik pl. a telefon-alközpont
- **Gerinckábelezés** (újabban gyakran fényvezetős)
- **Alrendezők** (függőleges kábelezés)
 - a szintenkénti kábelezés elosztói
- **Vízszintes kábelezés**
 - többnyire sodrott érpáras
 - de helyettesíthető vezetéknélküli megoldással is (lásd később a vezetéknélküli lokális hálózati technikákat)
- **Csatlakozók**

Illusztráció: Strukturált kábelezés többszintű épületben

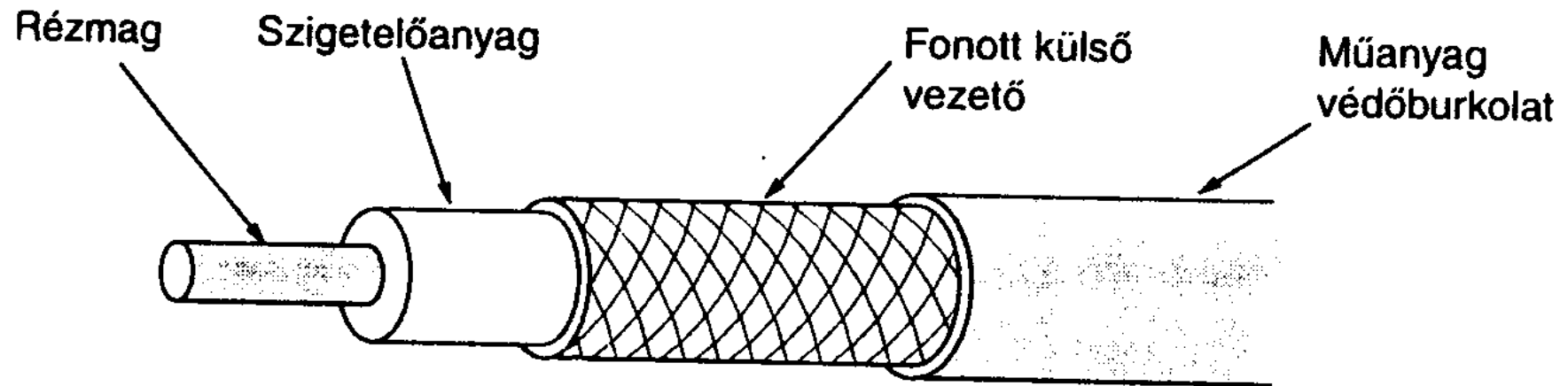


Illusztráció: a strukturált kábelezési rendszer elemei



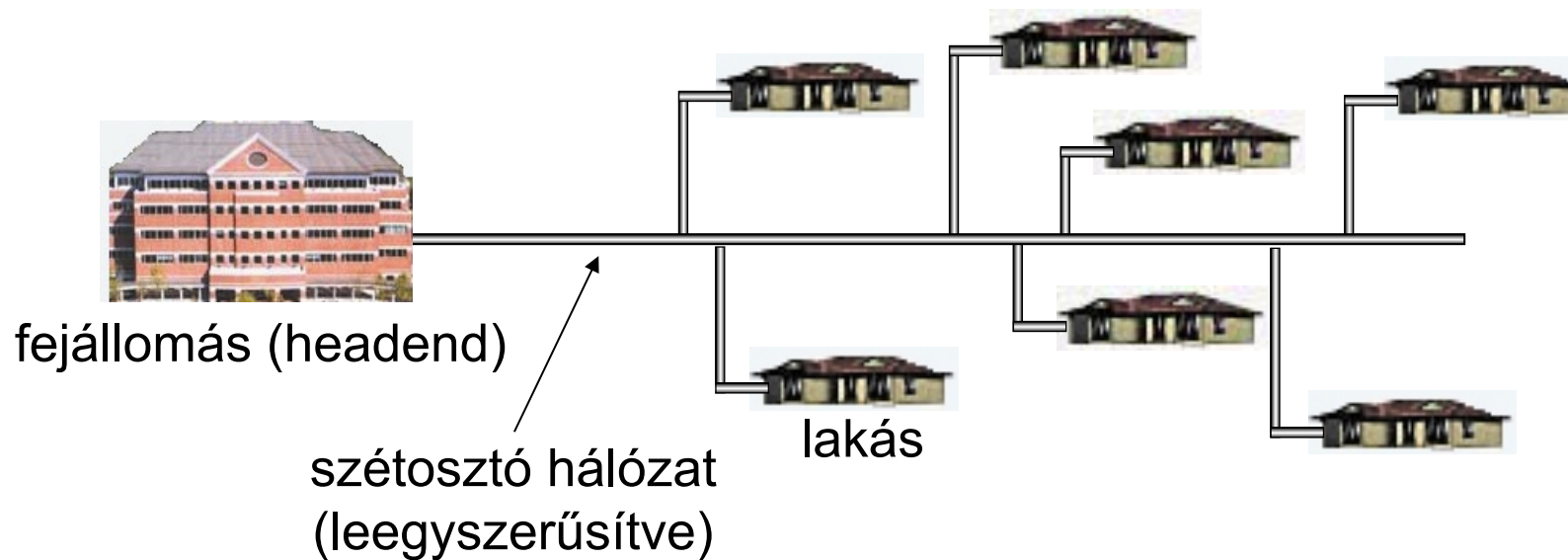
- Amennyiben egy vezeték magas frekvenciájú áramot visz át: antenna viselkedés
- Koaxiális kábel: egyik vezető körüleli a másikat, nincs kimenő rádió hullám a belsőből
 - Külső pedig le van földelve
- Ha változik a külső és belső közötti távolság: állóhullám alakulhat ki
 - Ezért közöttük félmerev műanyag dielektrikum

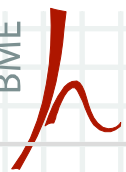
Koaxiális kábelek



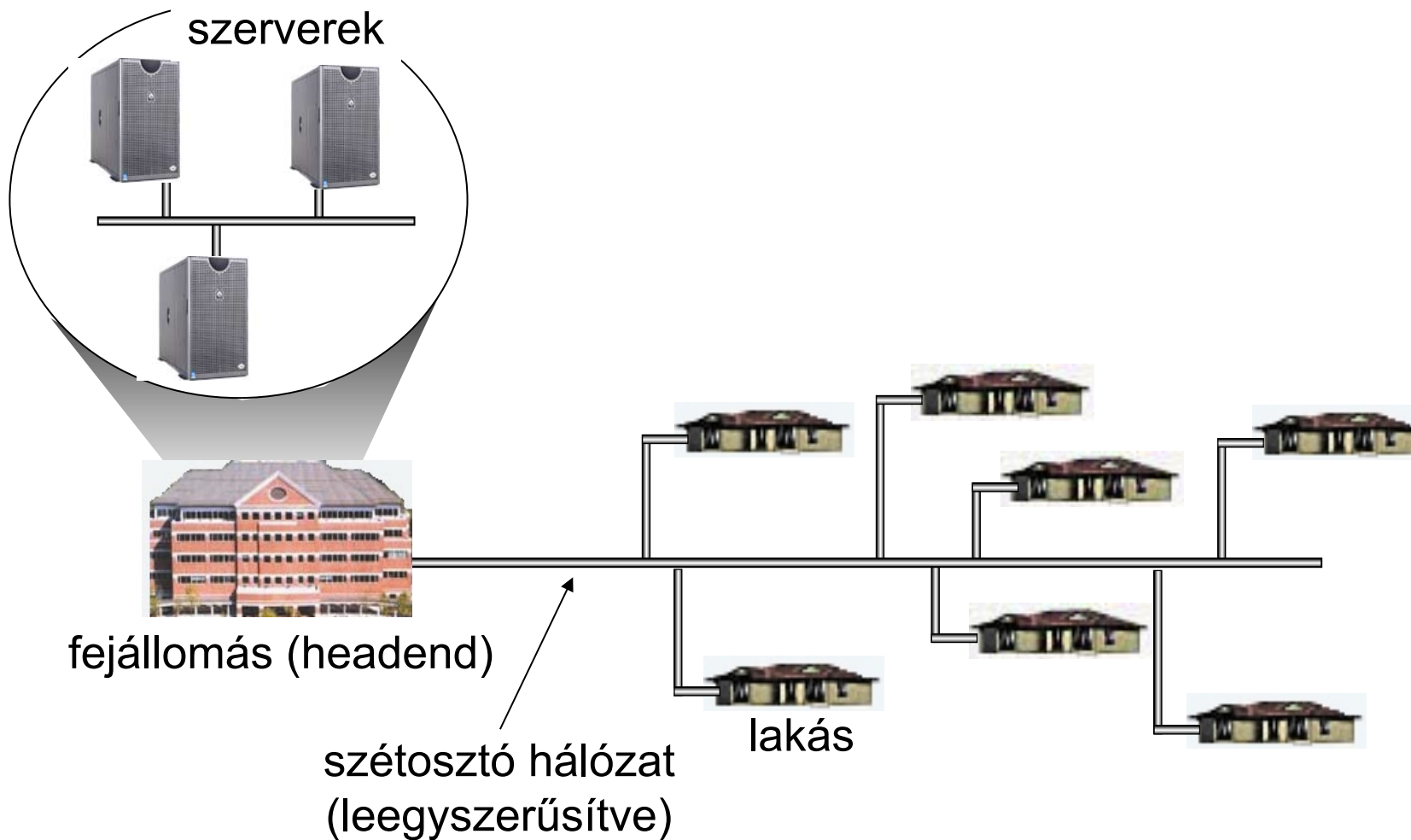
- Két végén lezárás a hullámimpedanciával (50 Ohm Ethernet, 75 Ohm kábel tv)
- Jó zavarvédelem és nagy sávszélesség
- Számítógép-hálózatokban ma már kevésbé használják
 - kábeltelevíziós rendszerekben fordul elő
 - vagy az optikai (fényvezető) átvitel szorítja ki, vagy kis távolságok esetén a sodrott érpár

Tipikusan 500...5000 lakás

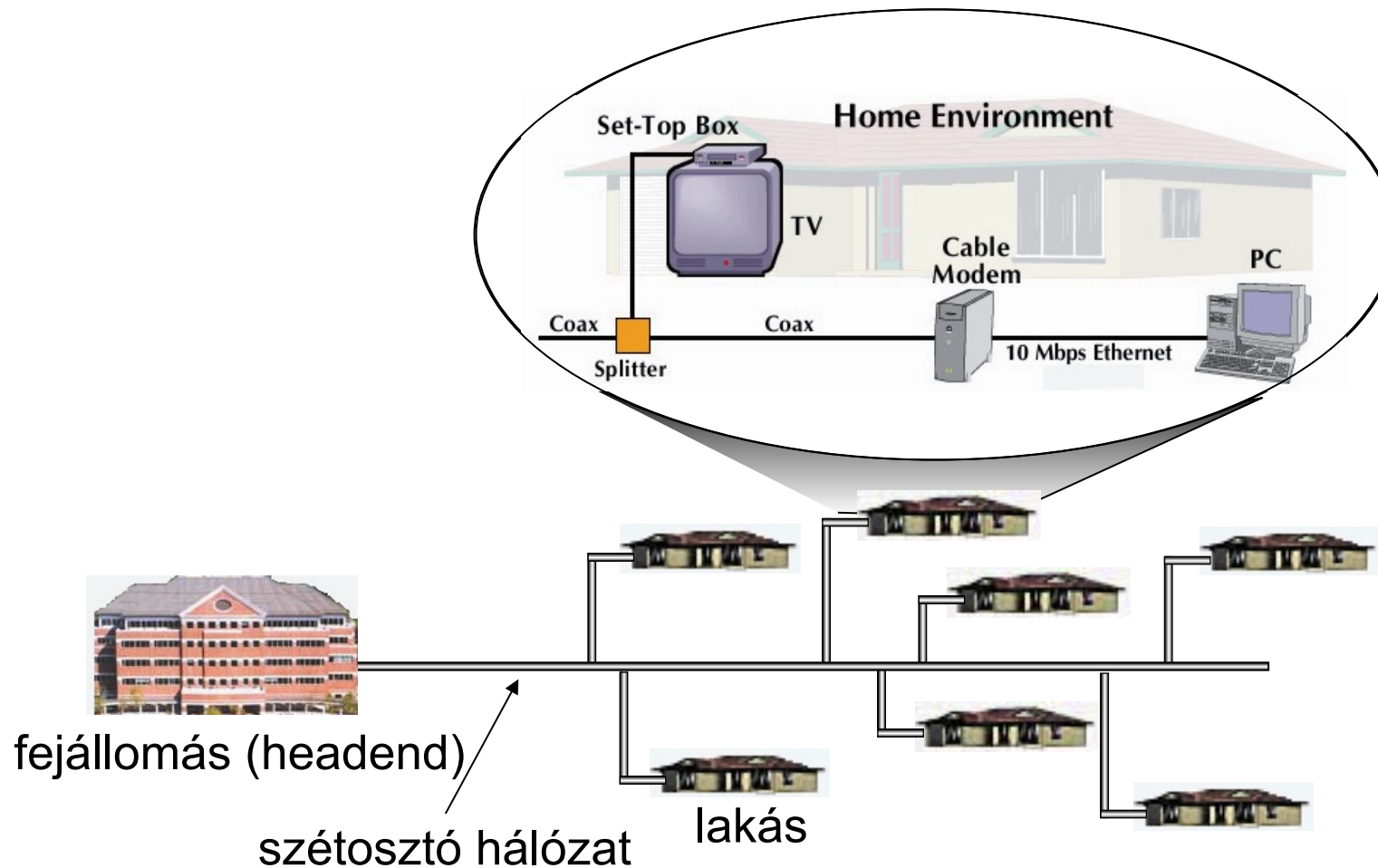


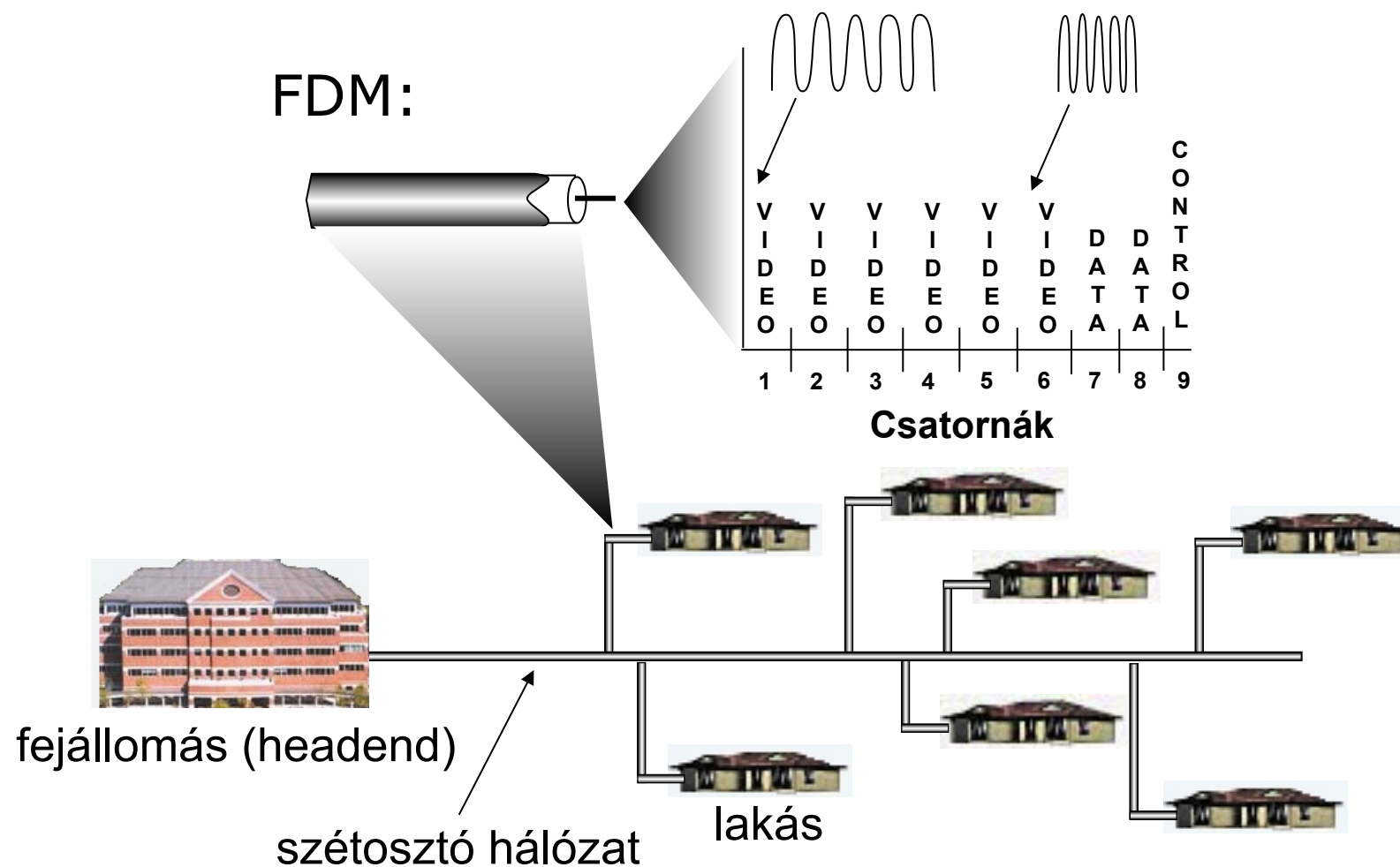


Kábeltévé-hálózat

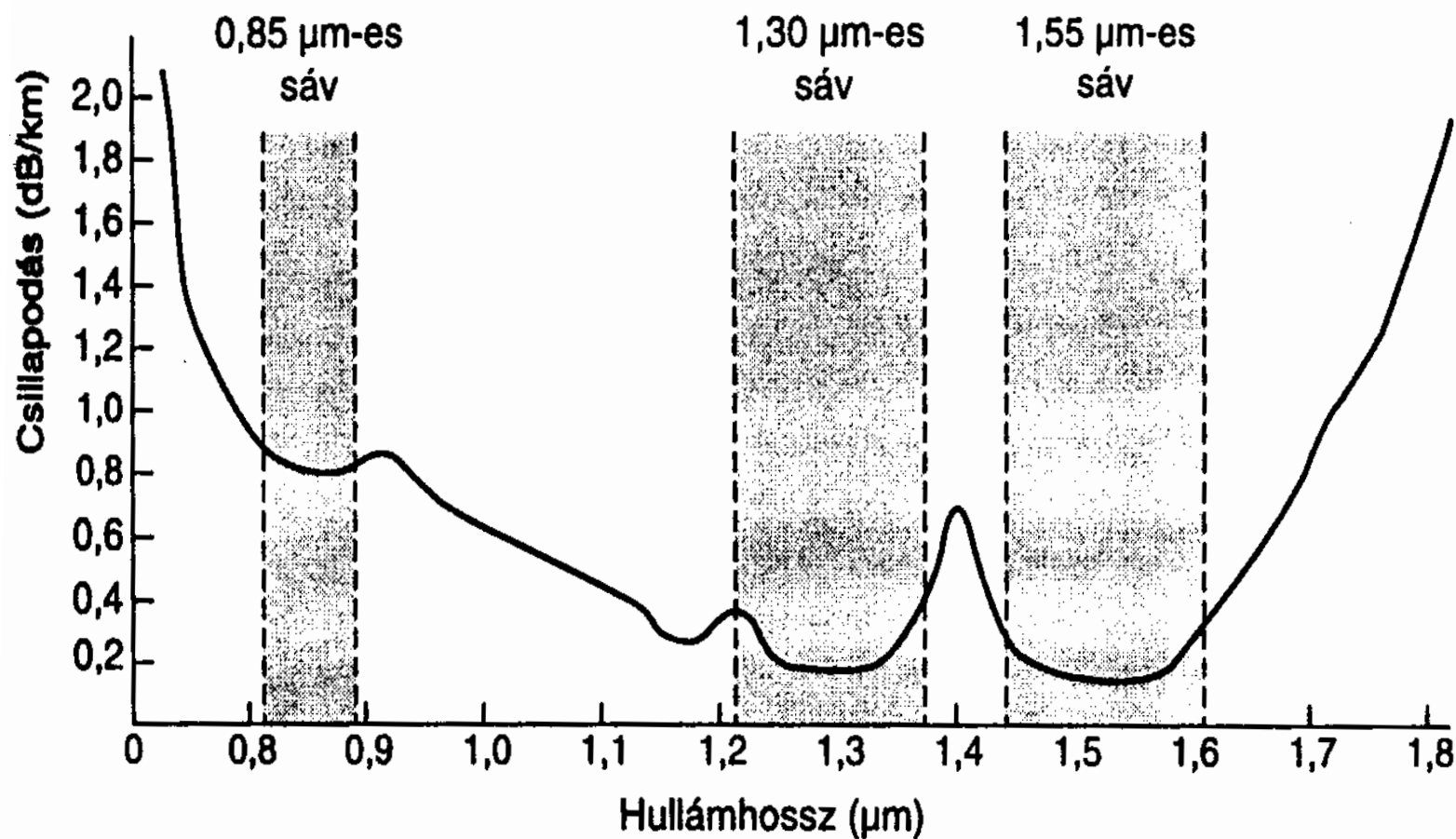


Kábeltévé-hálózat





Átvitel a látható fény tartományában: optikai „ablakok”



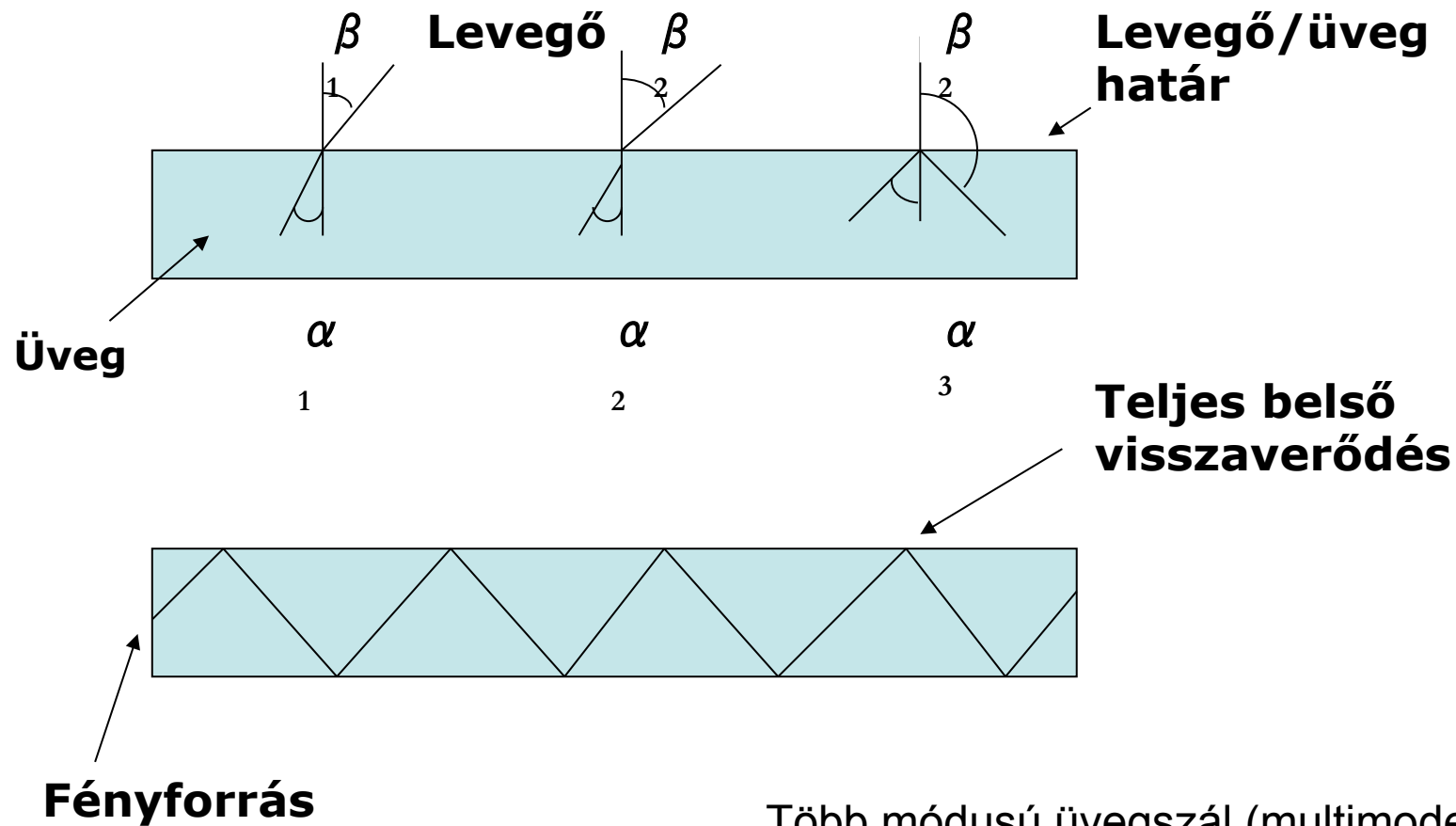
Optikai „ablakok”

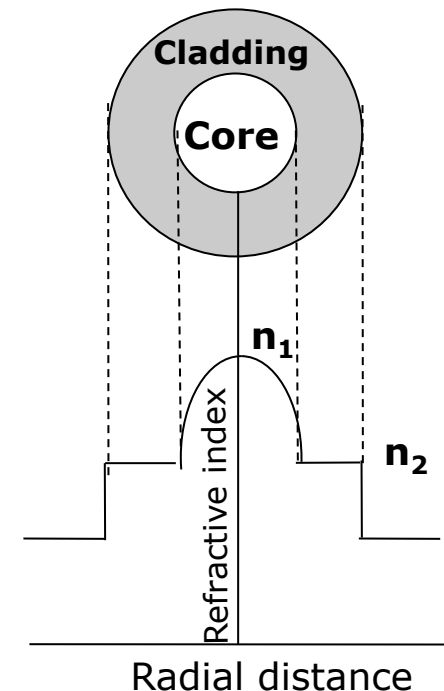
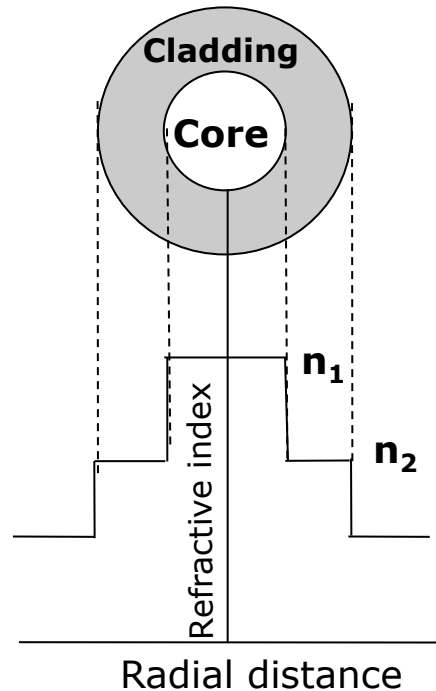
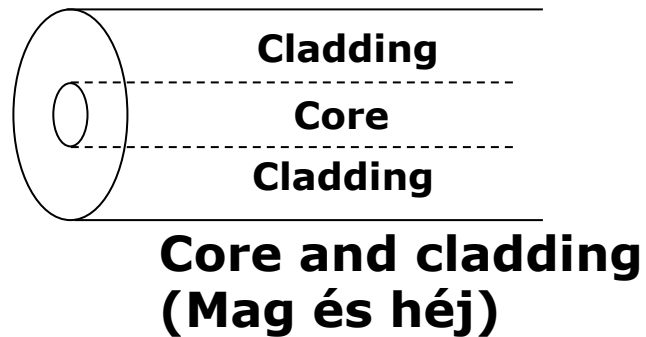
- **850 nm**
 - optikai távközlő rendszerek első generációja a 70-es évek végén.
 - 2-3 dB/km-es szálcsillapítás jellemzi
 - elérhető modulációs sebesség 100Mbit/s nagyságrendű
- **1310 nm**
 - a 80-as évek közepére második generációs rendszerek
 - 0.5 dB/km-es szálcsillapítás
 - átviteli sebesség Gbit/s-os nagyságrendbe nőtt
 - optikai szálnak itt van diszperziós minimuma
- **1550 nm**
 - ideális abszorpció szempontjából
 - 0.2 dB/km-es szálcsillapítás
 - néhányszor 10 Gbit/s-os nagyságrendű sebesség
 - hullámhosszosztásos (WDM – Wavelength Division Multiplex) rendszerek
 - sáv szélesség 120 nm, ami 15 THz frekvenciasávnak felel meg!

A fényvesztés három részből áll:

- Két közeg határán bekövetkező **visszaverődés** (reflexió)
 - határfelületek gondos összeillesztésével minimálisra csökkenhető
- Közegben létrejövő **csillapítás**
 - megfelelő anyagválasztással minimalizálható
- Közegek **határfelületén átlépő** fénysugarak
 - fénytörés (refrakció)
 - teljes visszaverődés jelensége!

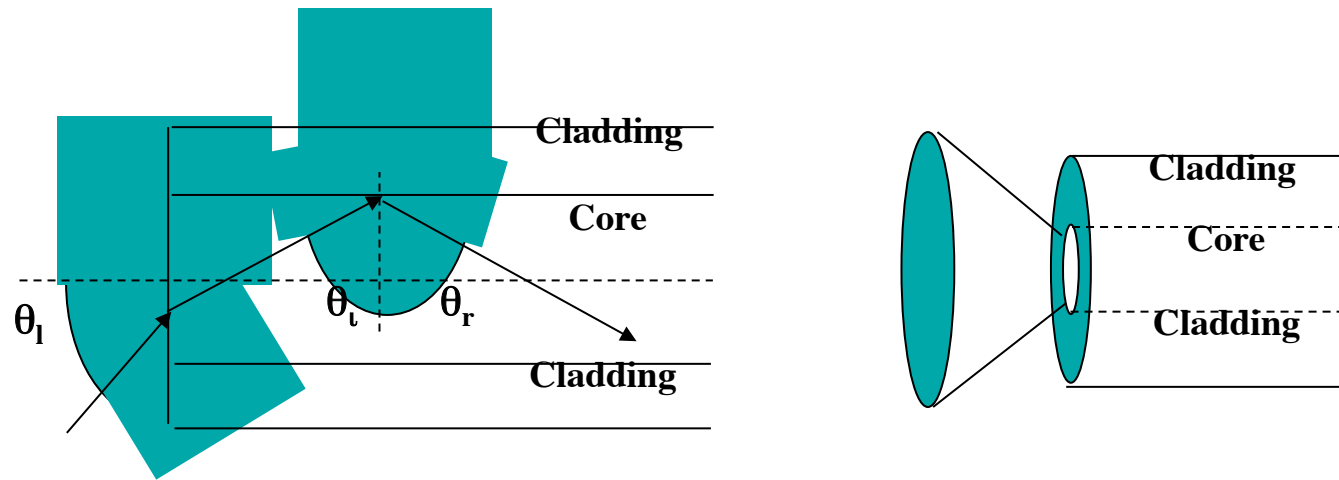
Terjedés üvegszálban



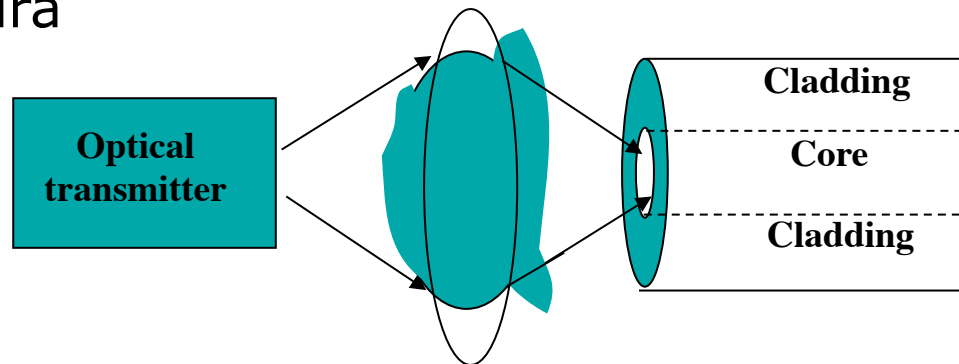


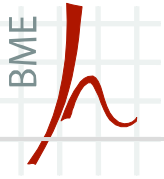
- a) step-index fiber (ugrásszerű törésmutató változás)
- b) graded-index fiber (fokozatos törésmutató változás)

A fénysugár betáplálása a szálba



Numerikus apertúra



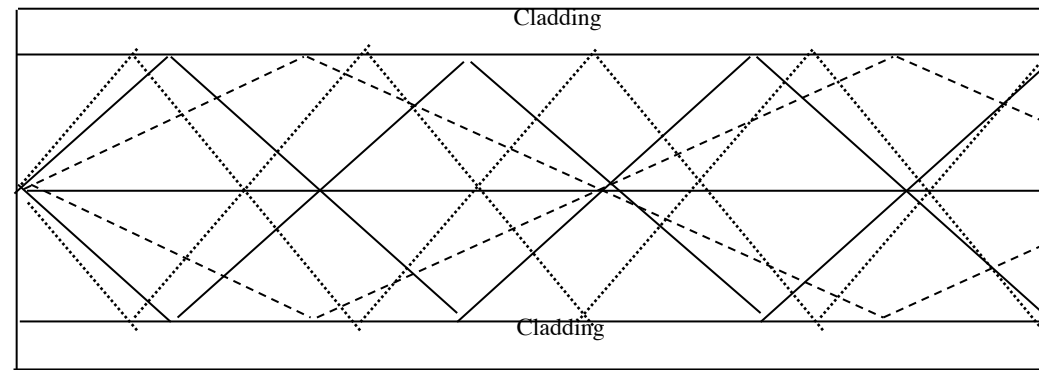


Multimódusú és monomódusú szálak

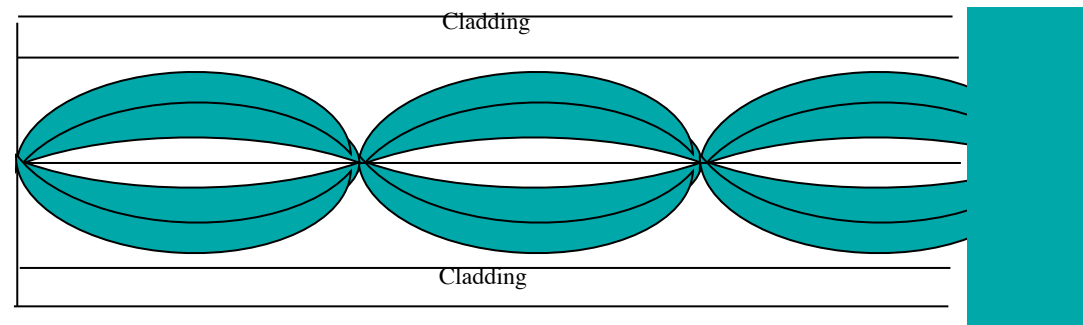
- A mag/héj (core/cladding) értékek a multimódusú szálban:
 - 50/125 μm ,
 - 62,5/125 μm ,
 - 100/140 μm

- Monomódusú szál esetén:
 - 9 vagy 10 / 125 μm

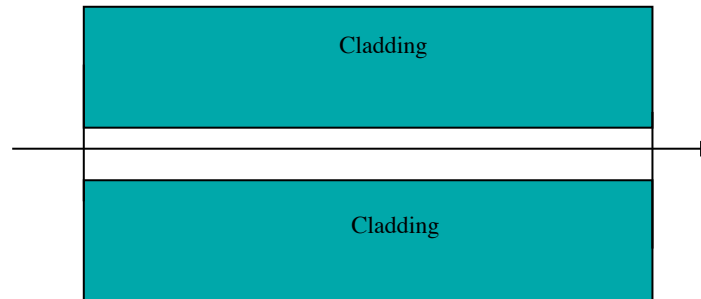
A módusok kialakulása



a) step-index fiber

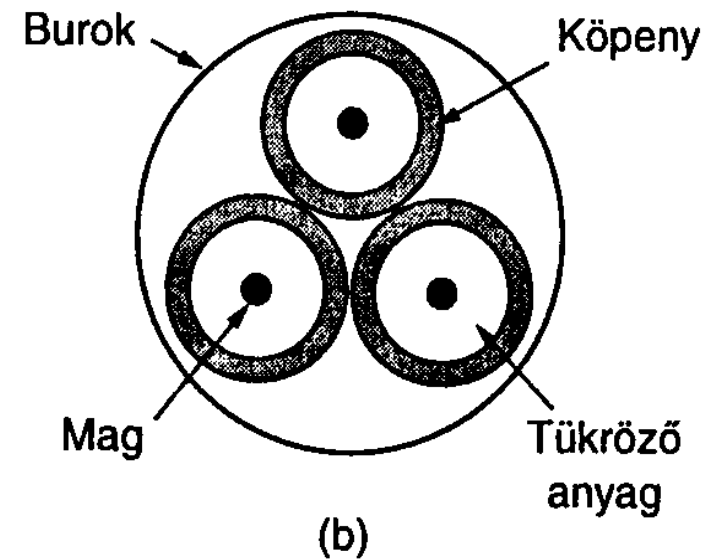
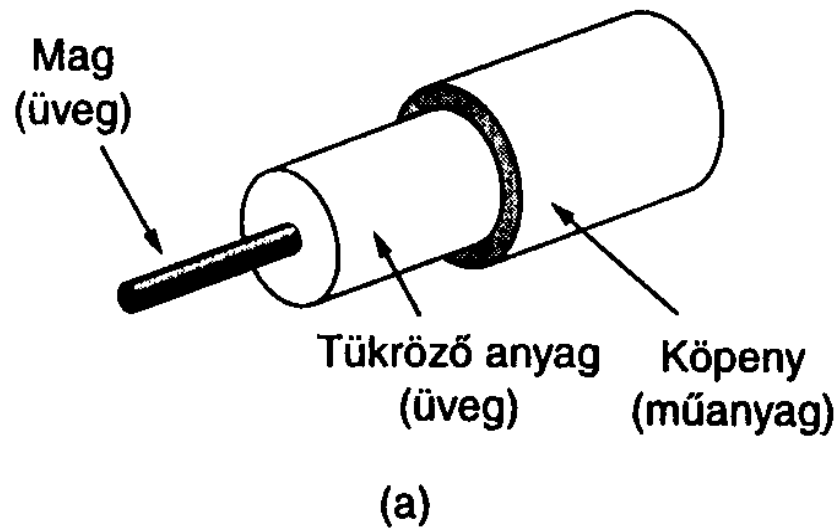


b) graded-index fiber



Ha a **mag átmérőjét a fény hullámhosszára** csökkentjük, akkor a fénysugár már verődés nélkül terjed: csak alapl módus terjed!

Üvegszálas kábelek konstrukciója



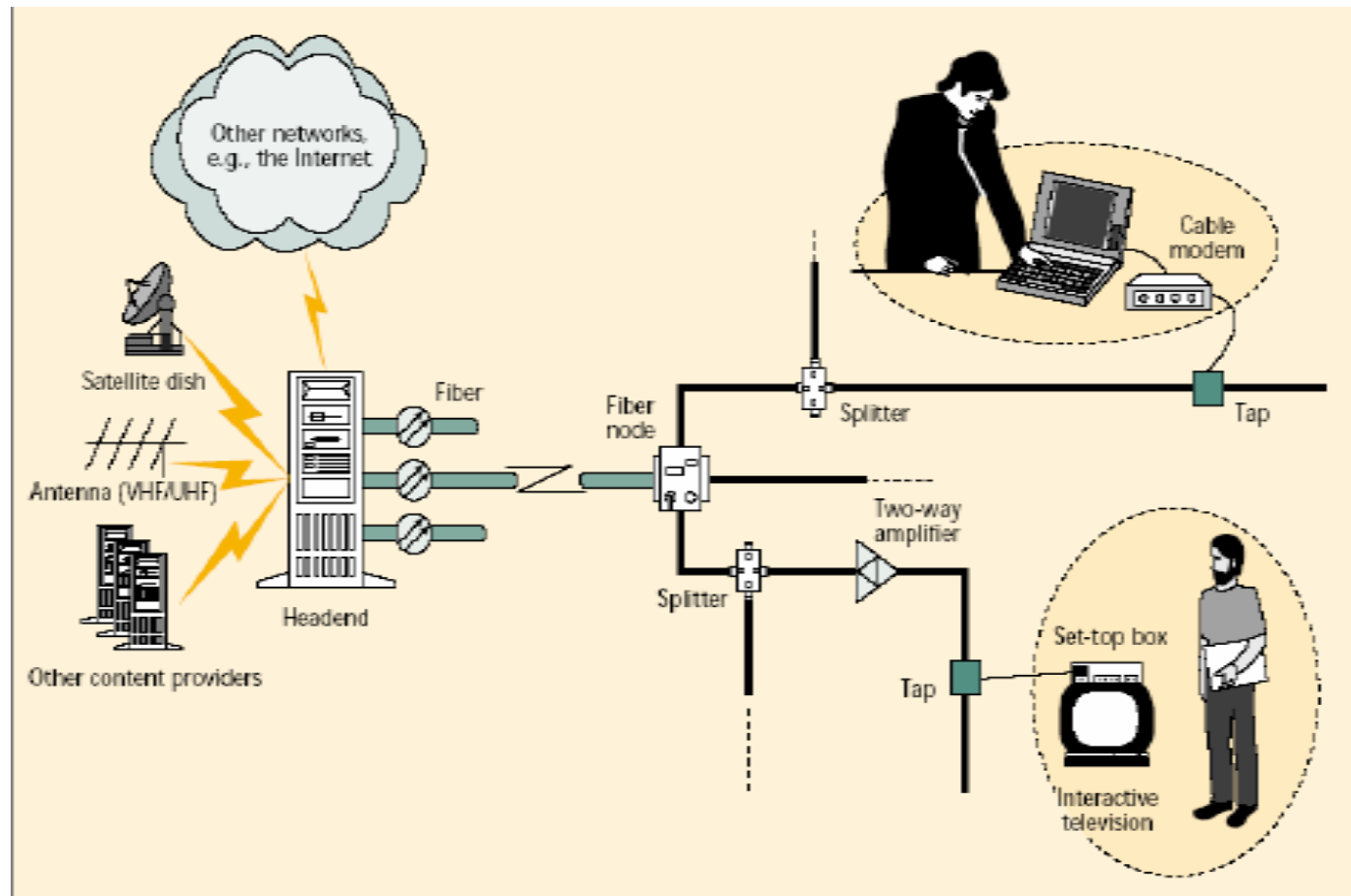
- Adók
 - LED
 - lézer

- Vevők
 - fotodióda

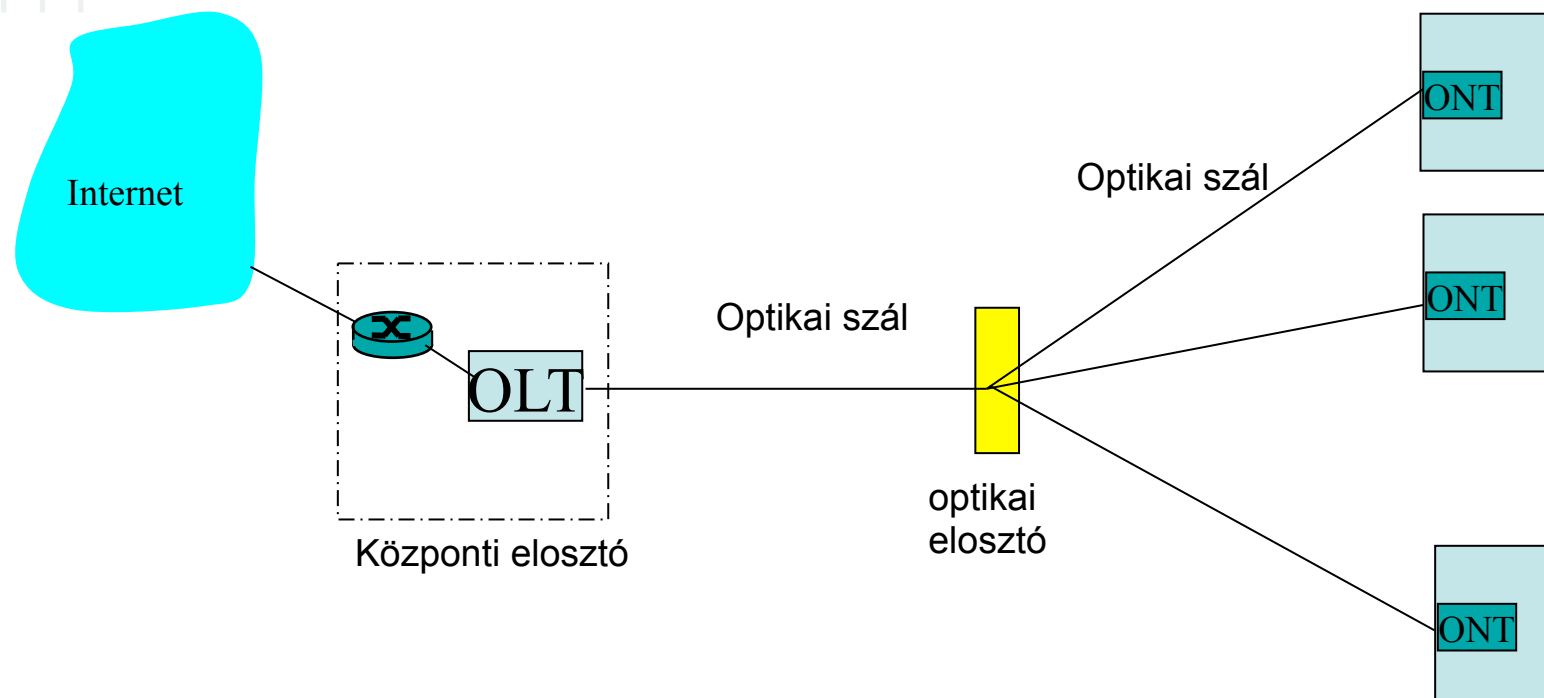
- Erősítő
- Szűrő
- Szétosztó-összegző

Példa üvegkábeles hálózatra: HFC

Hybrid fiber coax



Fiber to the Home (FTTH)



- Optikai szál a központi elosztótól az otthonig
- ONT: Optical network terminator
- OLT: Optical line terminator
- Magas adatátviteli sebességek: TV szolgáltatás, telefon, Internet

Mono vs. multimódusú

Monomódusú

+

- : nincs módusdiszperzió
 - de van kromatikus és polarizációs!

-:

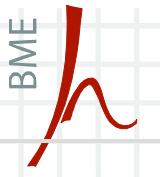
- kábel olcsóbb, de adó-vevővel drágább
- nagy optikai teljesítmény esetén szálégés

- Általában: kis távolságokra multimódusú (<500m),
nagyobbakra mono (gerinchálózatra)

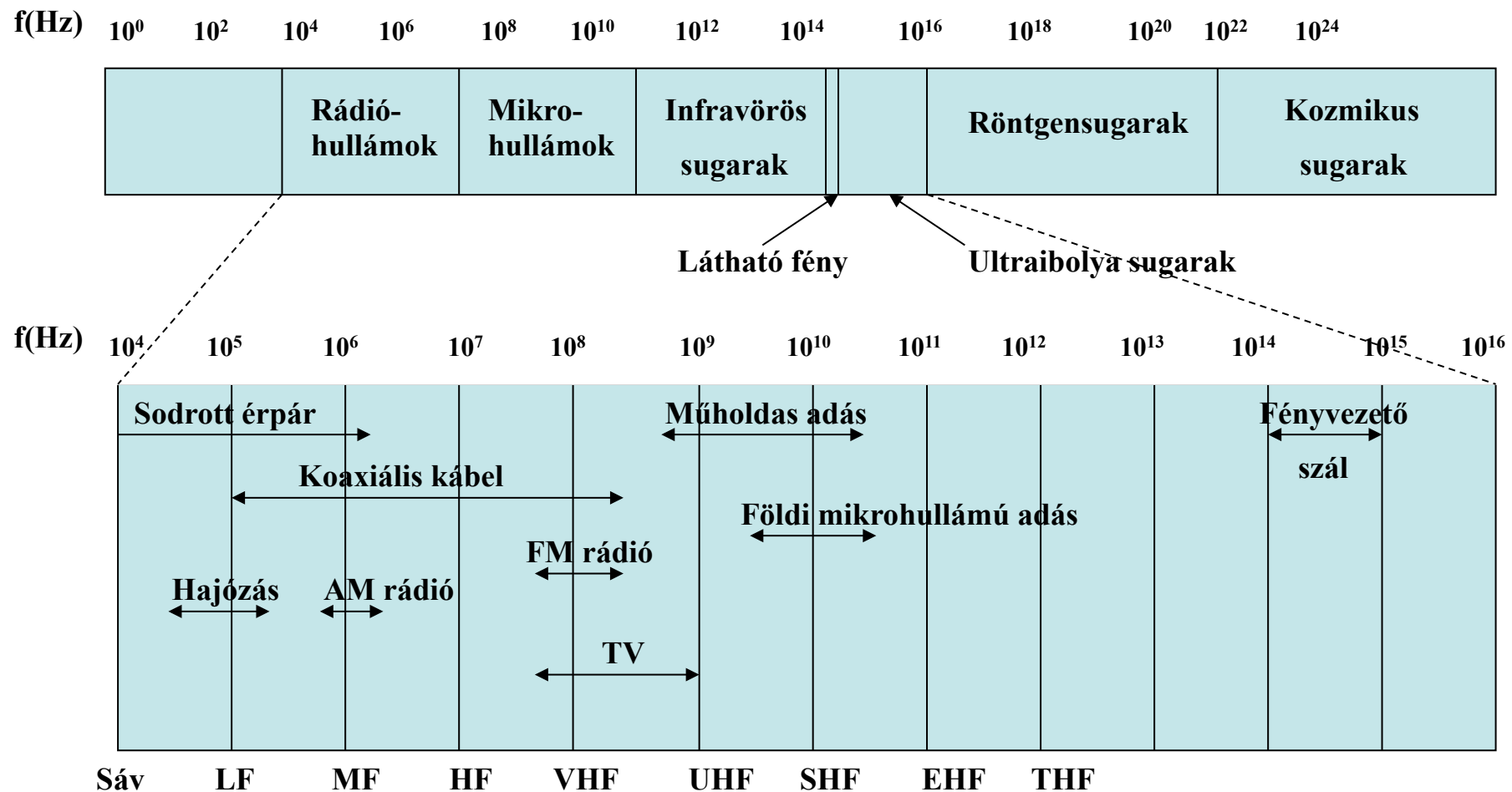
Optikai átvitel előnyei

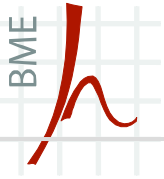
- +:
 - Nagy távolságokra nagy sávszélesség
 - Nincs EMI, kisebb csillapítás mint fémvezetéknel: kevesebb ismétlőállomás
 - Megbízhatóbb, mint a fémvezeték, lehallgatása költséges, könnyen felfedezhető
- -:
 - Diszperzió
 - Kromatikus
 - különböző hullámhosszú nyalábok különböző sebességgel terjednek
 - Módus
 - eltérő utak
 - Felső korlátot jelent az átvihető sávszélességre és maximális távolságra!
 - Mhz km (MM: 15GHz km max, SM: 100 Ghz km max)
 - Rekord: Bell Labs (Fr): 155 multiplexelt csatorna, egyenként 100 Gb/s, 7000 km-en (100 Petabit/s/km, 400 DVD másodpercenként Párizs és Chicago között☺)

- Az elektromágneses hullámtartomány: az ultrahang- és a látható fény tartományai közötti rész
- Igen széles, és nem teljesen kihasznált sáv: ~10 kHz-től ~1 THz-ig (terahertz: 10^{12} Hz)
- Hullámterjedés a szabadban
- Az elektromos jel átalakítása elektromágneses hullámmá és viszont: adó- és vevő-antennák
- A hullámhossz nagyságrendjébe eső méretű antennák kellenek
- Az antennák fő jellemzője: **antennanyereség**
 - az antenna a fő sugárzási irányában hányszoros teljesítménysűrűséggel (térerővel) sugároz egy ugyanakkora teljesítménnyel táplált izotrop antennához képest (dB-ben)



Az elektromágneses hullámtartomány

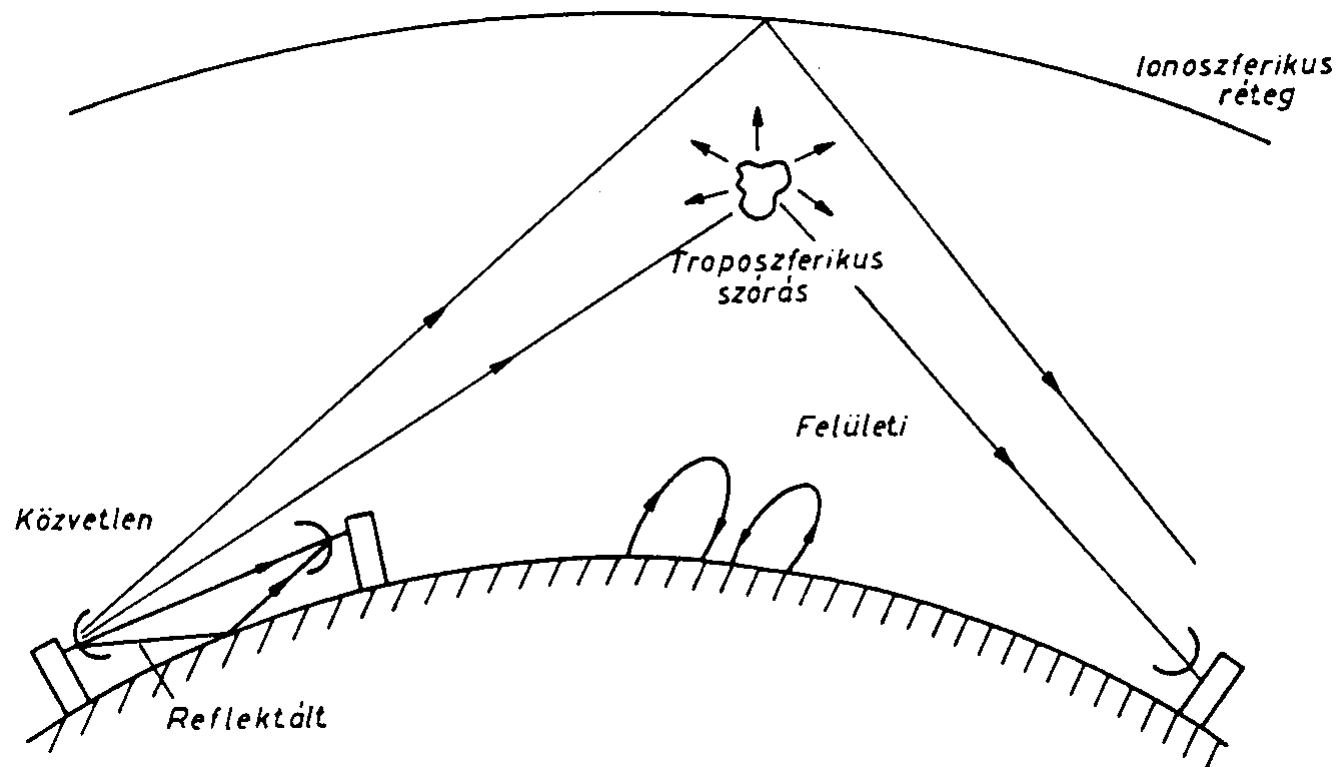




A hullámterjedést befolyásoló jelenségek

- **szabadtéri csillapítás**
 - a távolság négyzetével fordítottan arányos
- **visszaverődés (reflexió)**
 - bármilyen közegről, amely az adott frekvenciasávban visszaverő felületként szerepel
- **törés (refrakció)**
- **elhajlás (diffrakció)**
- **szóródás (scattering)**
 - az adott hullámhossznak megfelelő méretű részecskéket tartalmazó közegben, pl. troposféra

Fő hullámterjedési módok



Zajok és zavarok a rádiócsatornában

- A rádiócsatorna „nyitottsága”
- **Zajok**
 - termikus zaj a vevő bemenetén
 - atmoszférikus zajok
 - kozmikus zaj, galaktikus zaj
- **Zavarok**
 - ipari zajok, zavarok
 - más rádiórendszerekből származó zavarok
- Sokszor ezek együttes hatásával kell számolni

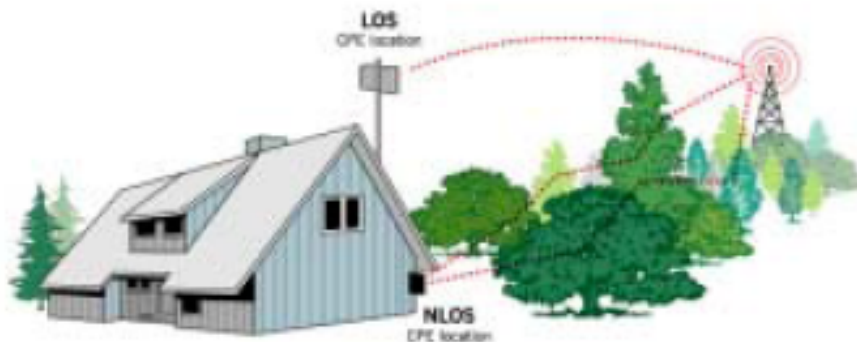
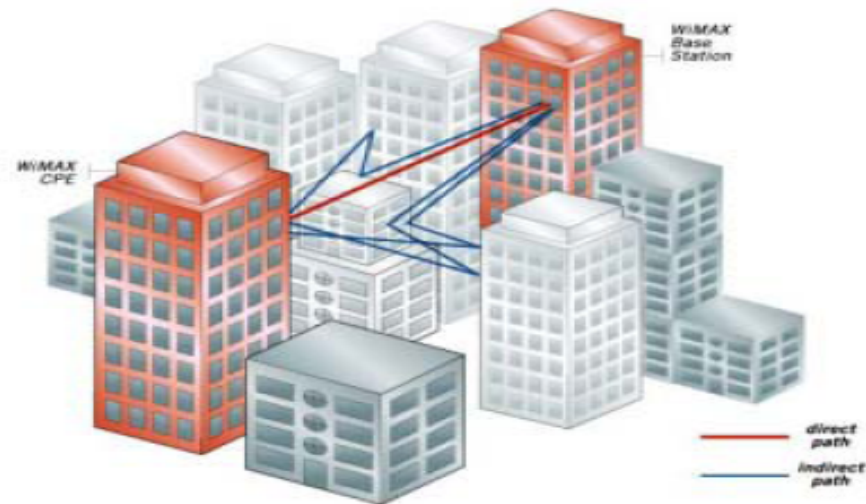
- A vett jel nagyságát **alapvetően a szabadtéri csillapítás** befolyásolja
- Az adó- és a vevőantennák nyereségével lehet javítani
 - az antennák „irányítottak”
 - antennanyereség: a fő sugárzási irányba eső telj. sűrűség per az izotróp sugárzó telj. sűrűsége
- A zaj döntően a vevőkészülék bemenetén jelentkező termikus zaj
 - kismértékben a vett jelhez a csatornában adódott zajok és zavarok (kozmosz zaj, ipari zajok és zavarok)

Frekvenciagazdálkodás

- A rádiócsatorna nyitottsága miatt kritikus a frekvenciasávok felosztása a felhasználók között
- Engedélyköteles és engedélyhez nem kötött sávok
 - Általában: engedély kell, kivétel:
 - **ISM-sáv** (industrial, scientific, medical)
 - ~2,4 GHz, ~5,6 GHz
- A szabályozás többszintű:
 - globális, Nemzetközi Rádiószabályzat
 - regionális, pl. EU irányelvek
 - nemzeti, Mo-n az NMHH (Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság)

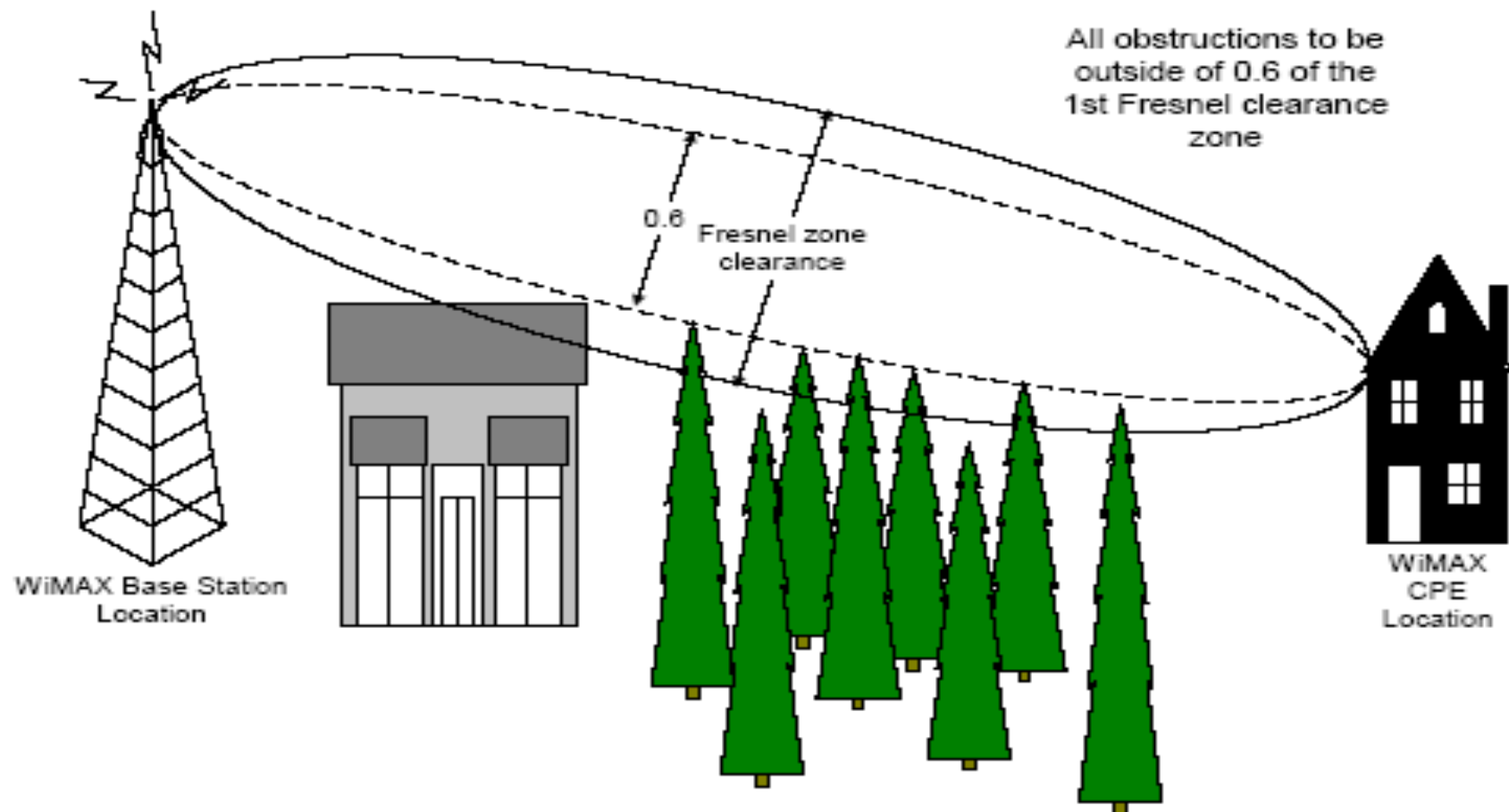
Közvetlen rálátásos és rálátás nélküli összeköttetések

Nagyvárosi környezet:
visszaverődések az
épületekről, az épületek
árnyékoló hatása



Rurális környezet:
csillapítás a növényzet
miatt

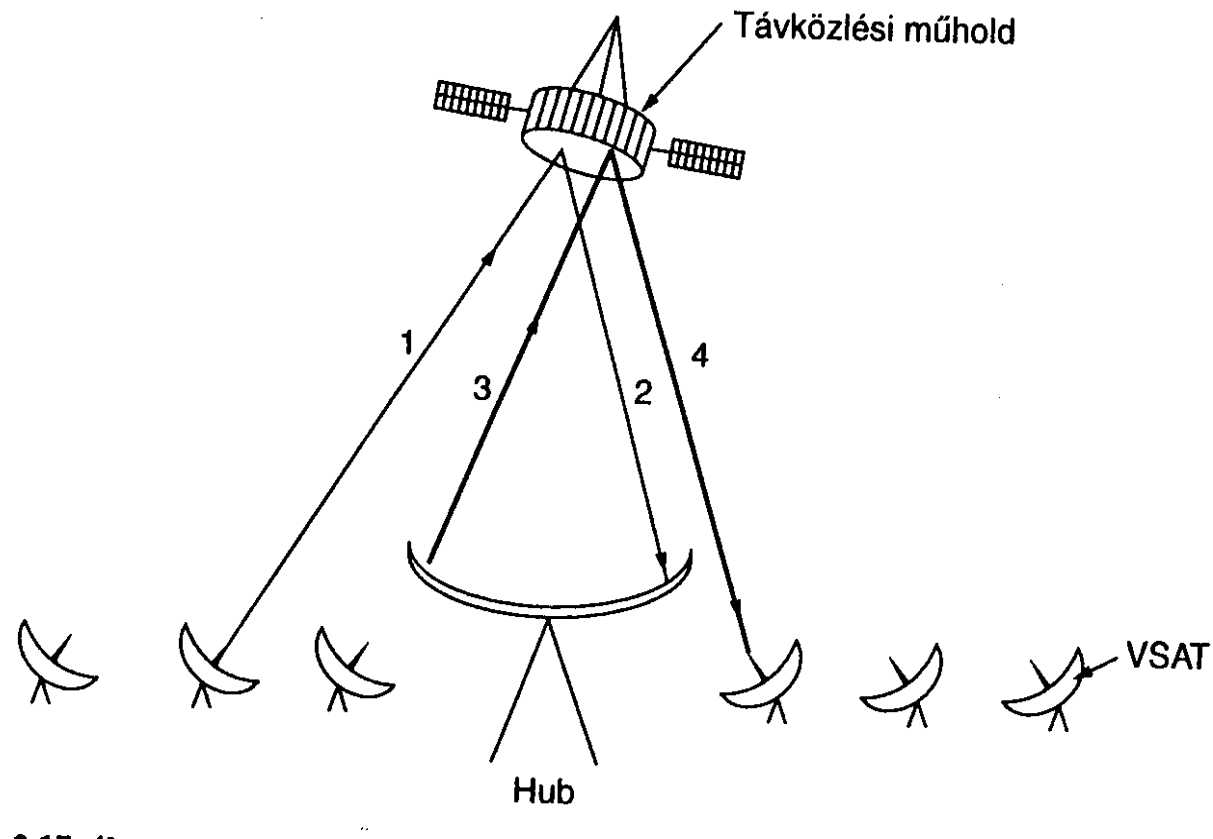
A közvetlen rálátás definíciója a Fresnel-zónák alapján

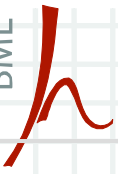


A többutas terjedés és következményei

- A különböző utakon terjedő jelek időben eltolva érkeznek a vevőbe, gyengítik egymást
 - a jelenség régi ismerős: **fading** (elhalkulás) a rövidhullámú rádiózásnál
- A többutas terjedés hatásának csökkentése: többszörös vétel
 - **diversity** az eljárás neve
 - több antenna és vevő egyidejűleg, és optimális kombinálás: **tér-diversity**
 - adás és vétel párhuzamosan több frekvencián: **frekvencia-diversity**

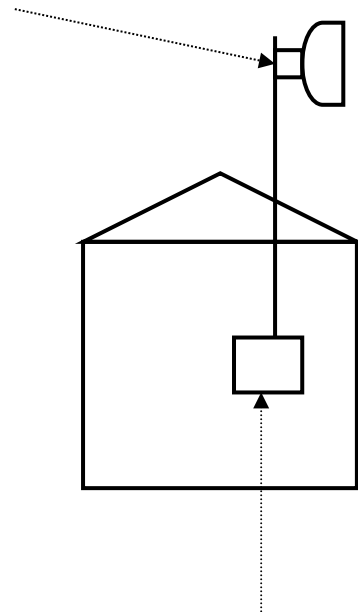
Példa: műholdas terminálhálózat, „hub” alkalmazásával



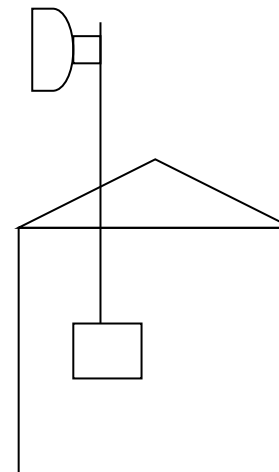
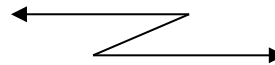


Példa: földfelszíni pont-pont mikrohullámú összeköttetés

**Kültéri
egység**



**Beltéri
egység**



Példa: földfelszíni pont-pont mikrohullámú összeköttetés

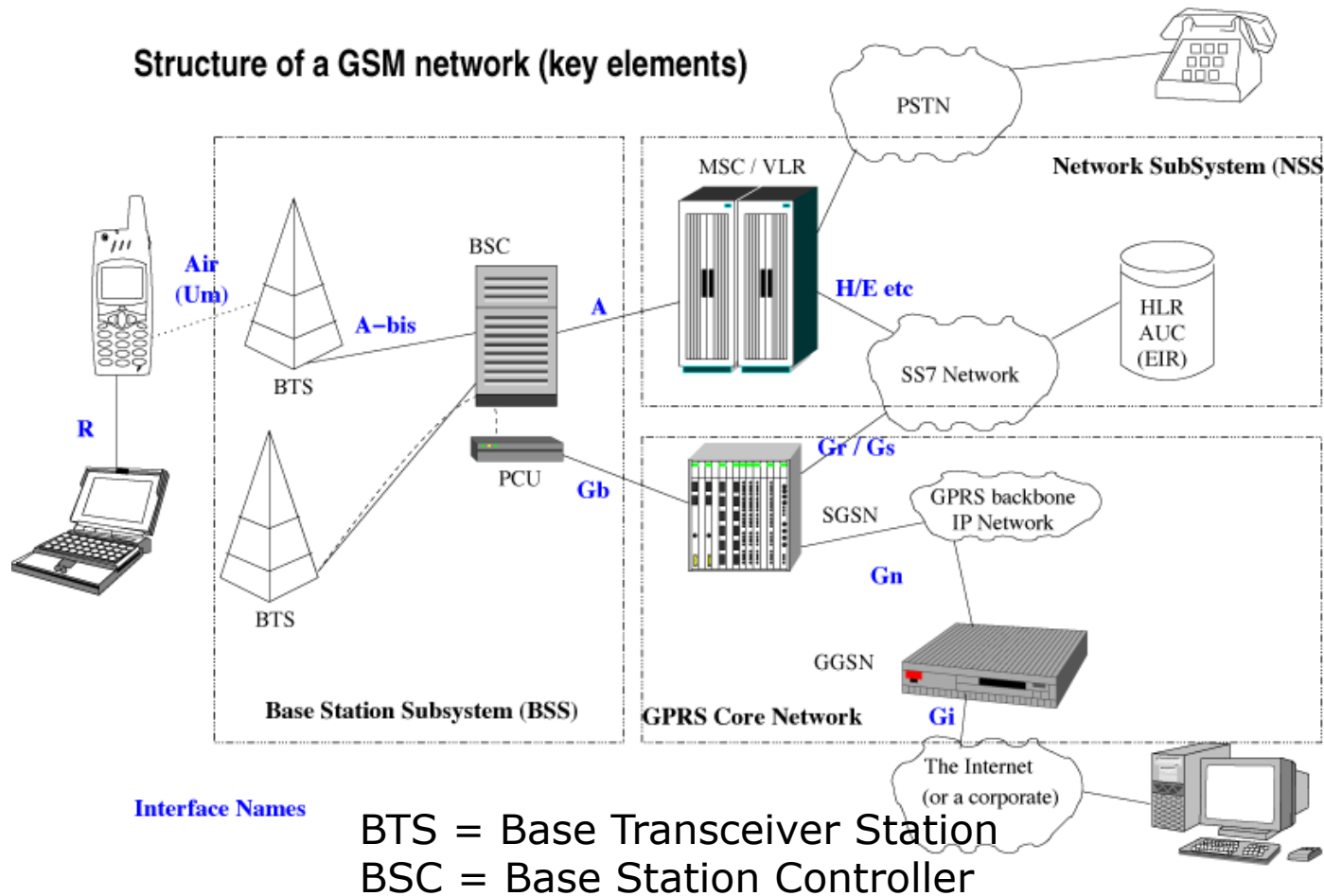
Kültéri egység



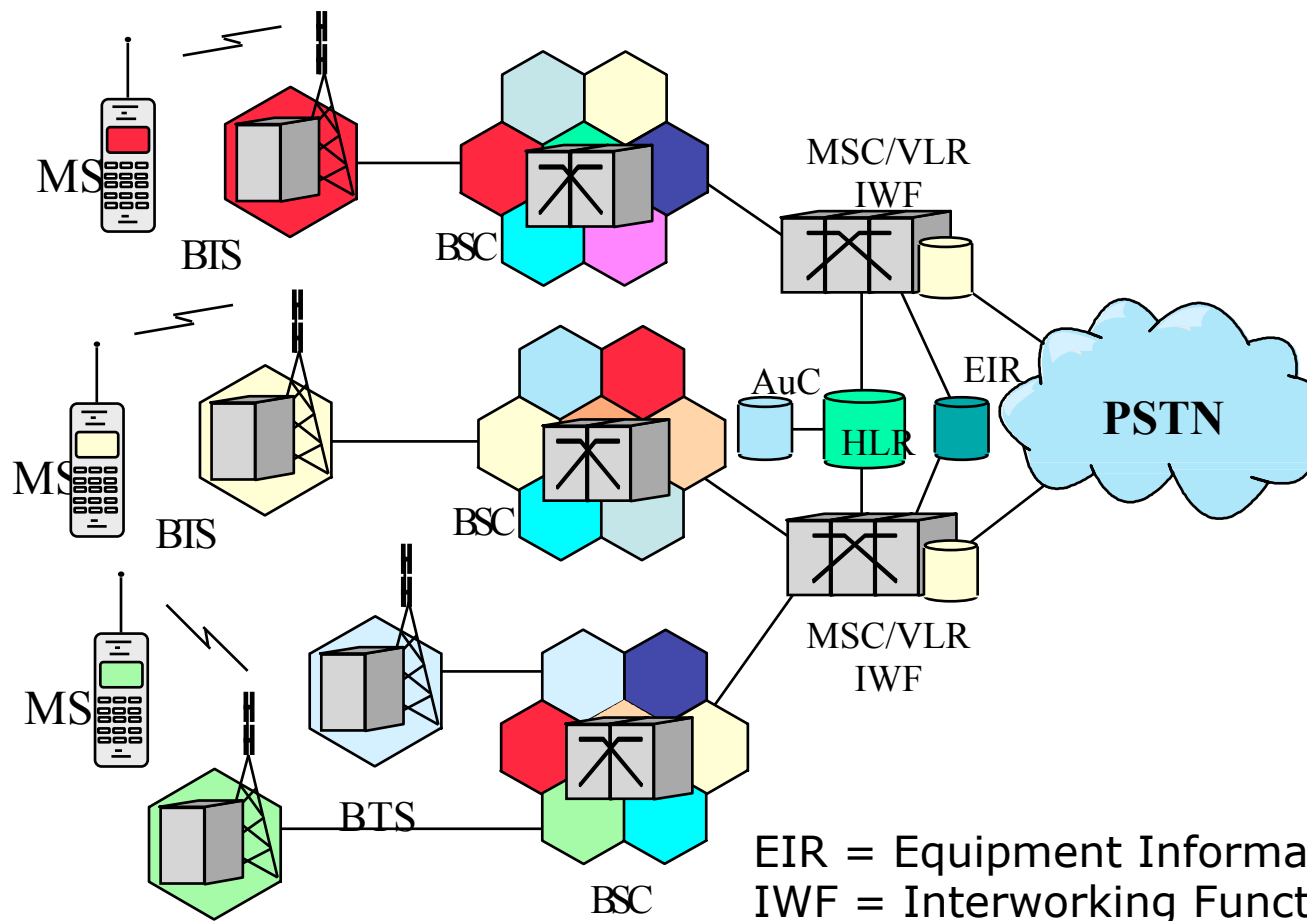
Beltéri egység

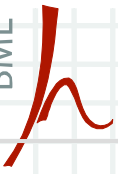


Példa: cellás mobil rádióhálózat



Példa: cellás mobil rádióhálózat





Összefoglalás: milyen fogalmakkal és tudnivalókkal ismerkedtünk meg?

- Bitfolyamok továbbítása hírközlő csatornákon
 - Alapfogalmak – *bit/s, Baud, jelalakok tulajdonságai*
 - Átvitel sávhatárolt csatornán – *mekkora sáv szélességre van szükség adott szimbólumsebességhez?*
 - Átvitel zajos csatornán – *hogyan kell jól dönteni, hogyan jelentkezik a zaj hatása*
- Digitális modulációs eljárások
 - ASK, FSK, PSK – *alapeljárások, többszintű moduláció*
- Többcsatornás átvitel multiplexeléssel
 - FDM, TDM – *több jelforrás egyetlen csatornán való átvitelének módszerei*
- Hírközlő csatornák a gyakorlatban
 - (Réz)vezetékes csatornák - *felépítés, jellemzők*
 - Sodrott érpáras kábelek, strukturált kábelezés
 - Koaxiális kábelek
 - Fényvezető (üvegszálas) csatornák
 - Vezetéknélküli csatornák – *frekvenciatartomány, terjedés, földfelszíni és műholdas rádiócsatornák*

Összefoglalás: hol használjuk fel ezeket az ismereteket?

- A tárgyban a későbbiekben megismerendő számítógép-hálózati technológiák mindegyike valamilyen fizikai közegen történő adatátvitelt használ
- Az adott technológia tárgyalásának ismertetnek tételezzük fel az itt elmondottakat és hivatkozunk ezekre
- Ezen túlmenően több olyan alapfogalommal ismerkedtünk meg, amelyek későbbi tárgyakhoz, pl. a „*Távközlő hálózatok és szolgáltatások*” közös tárgyhoz és a *szakirány-tárgyakhoz* szükségesek

Kérdések?

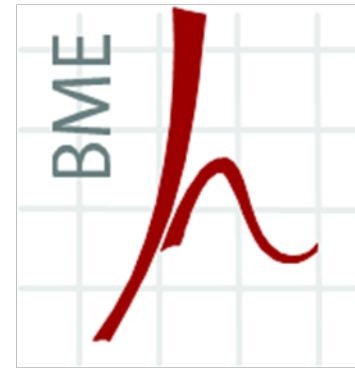
KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu



TÖBBSZÖRÖS HOZZÁFÉRÉS

Mérnök-informatikus szak, BSc, 4. félév
2013/14 2.félév

Dr. Simon Vilmos
docens

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

2014. Március 4.

Az anyag beosztása (1)

- Bevezető áttekintés, hálózatok és rendszerek példái.
- Alkalmazások és szolgáltatások. Követelmények a hálózattal szemben.
- Protokollarchitektúrák, referenciamodellek.
- A fizikai szintű kommunikáció alapjai.

Gyakorlat.

- Többszörös hozzáférés.
- LAN-ok, LAN-ok összekapcsolása.
- BWA (WPAN, WLAN, WMAN).
- Áramkörkapcsolás, csomagkapcsolás, hívásvezérlés, címzés.
- Routing.

Gyakorlat.

- IP (IPv4, IPv6, mobil IP).

Gyakorlat.

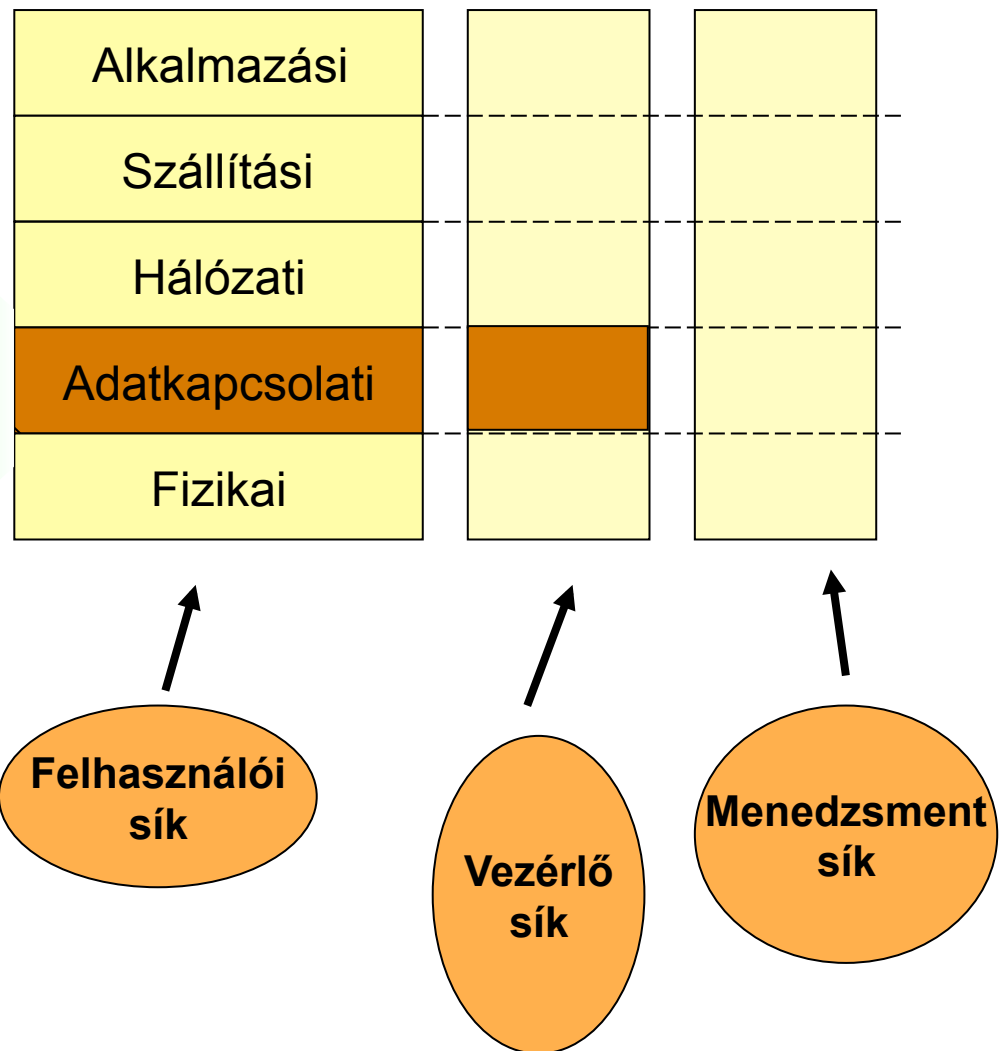


Elv:

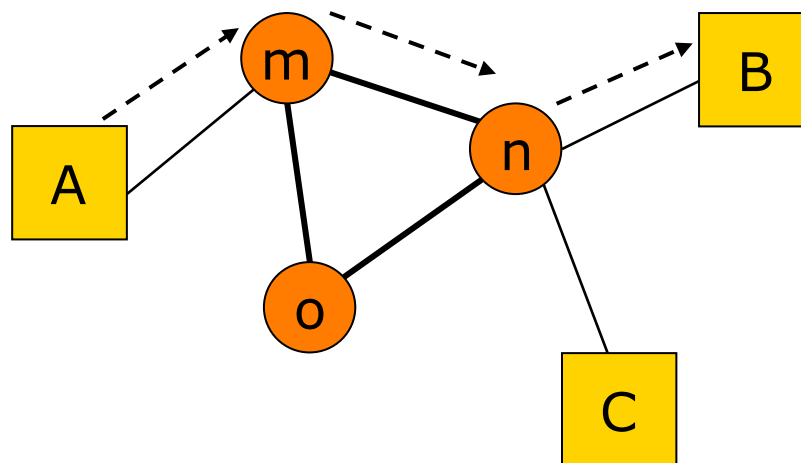
Többszörös hozzáférés

Módszer:

Aloha, CSMA/
CD, CSMA/CA....



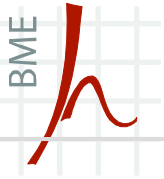
Mi az, hogy többszörös hozzáférés (multiple access)?



- Nemcsak ilyen hálózat van, hanem:

egy **közös átviteli közeg**, amelyhez minden végpont hozzáfér.

- Ez lehet vezetékes vagy rádiócsatorna.



Multiplexelés ↔ többszörös hozzáférés

- Multiplexelés:
 - közös csatorna
 - több forrás
 - mindegyik egy helyen, a csatorna bemenetén
 - fizikai rétegben

- Többszörös hozzáférés:
 - közös csatorna
 - több forrás
 - szétszórtan, akár nagy területen is
 - adatkapcsolati rétegben
 - Nevezik MAC-nek is (Medium Access Control)

A többszörös hozzáférés szerepe, jelentősége

- A többszörös hozzáférés szerepe:
 - **Takarékoskodás** az átviteli közeggel,
 - különösen rádiócsatorna esetén.
 - **Rugalmas hálózati elérés** biztosítása.
- Mibe kerül ez nekünk?
 - szervezési („hozzáférési”) módszerek alkalmazása,
 - valamekkora erőforrás-felhasználás a szervezésre
 - sebességben
 - időben
 - frekvenciában

A közös csatorna fix megosztásának fő lehetőségei

- A megismert multiplexálási (nyalábolási) módszerek ...hozzáférési (...access) megfelelői:
 - FDMA TDMA CDMA
- FDMA
 - Ortogonális, de technikailag bonyolult
 - Hatékonyságát rontja a védősávok szükségessége
 - Alkalmazása elsősorban valós idejű átvitel esetben
- TDMA
 - Ortogonális
 - Rugalmas megosztásra kiváló
 - könnyű különböző nagyságú rész-csatornákat kialakítani
- CDMA
 - Nem ortogonális, de bebizonyítható, hogy információelméleti értelemben a legjobb
- SDMA (*Space ...*): térben választjuk el a felhasználókat
 - Irányított antenna nyalábok (fázisvezérelt antennarács, smart antenna: pl. MIMO)

Példa: FDD-FDM-FDMA

- FDD (.....Duplex)
 - Pl. csatorna megosztása uplink-downlink irányba

- FDM (.....Multiplexing)
 - Fizikai rétegben több, kisebb sávszélességű csatorna átvitele egy közös nagyobb sávszélességű csatornán

- FDMA (.....Multiple Access)
 - Adatkapcsolati rétegben a felhasználók hozzáférése a csatornához, **különböző földrajzi helyekről**

FDMA előnyök-hátrányok

+:

- Nincsenek időzítési problémák mint TDMA-nál
 - megfelelő pl. stream alapú átvitelre
- Nincs közel-távol probléma, mint CDMA-nál
- Fix mellett igény szerinti frekvenciasáv kiosztás is

-:

- Magas teljesítményű szűrők a hw-ben
- Frekvenciák közötti interferencia
 - védősávok használata

TDMA előnyök-hátrányok

+:

- Egy frekvenciacsatornát oszt meg több felhasználó között
- Itt nincs közel-távol probléma
- Dinamikus TDMA: igény szerinti időrés kiosztás
 - Pl. Bluetooth, WiMAX

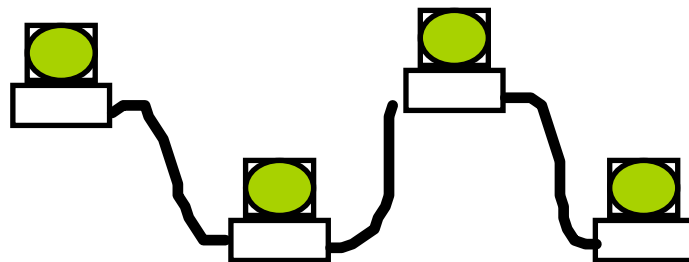
-:

- Interferencia a használt frekvencián
- Szinkronizációs problémák
 - terminál mozgása esetén különösen nehéz, megkötés a cellaméretre
 - szinkronizációs időrések: rosszabb kihasználtság

- Az előadás további részében **TDMA típusú megosztással** foglalkozunk
 - mivel csomagkapcsolású számítógép-hálózatokban ez terjedt el

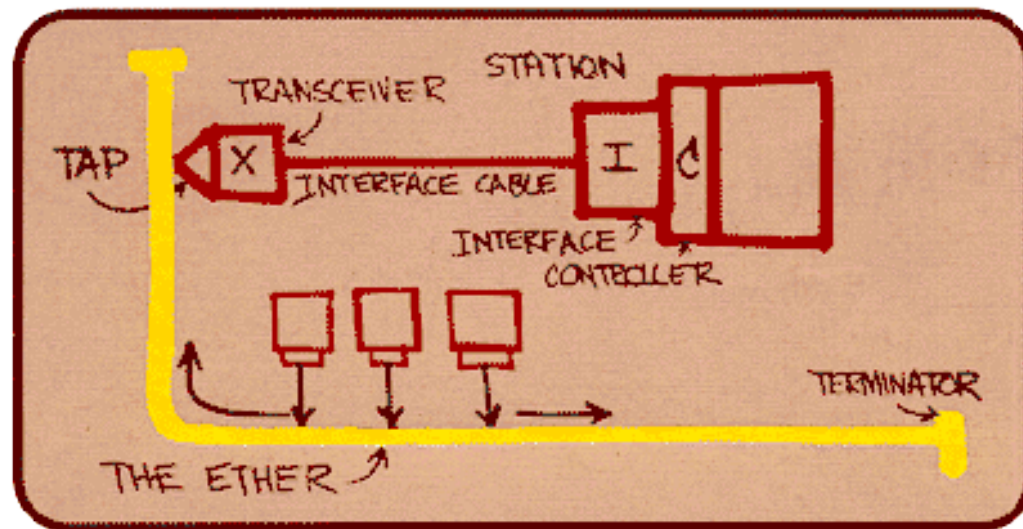
- De sok más rendszerben ezek keverékét használják:
 - TDMA+FDMA+FDD: GSM mobil rendszerek (2G)
 - CDMA+FDD: UMTS mobil rendszerek (3G)

Példák közös csatornára: vezeték (koaxiális kábel)

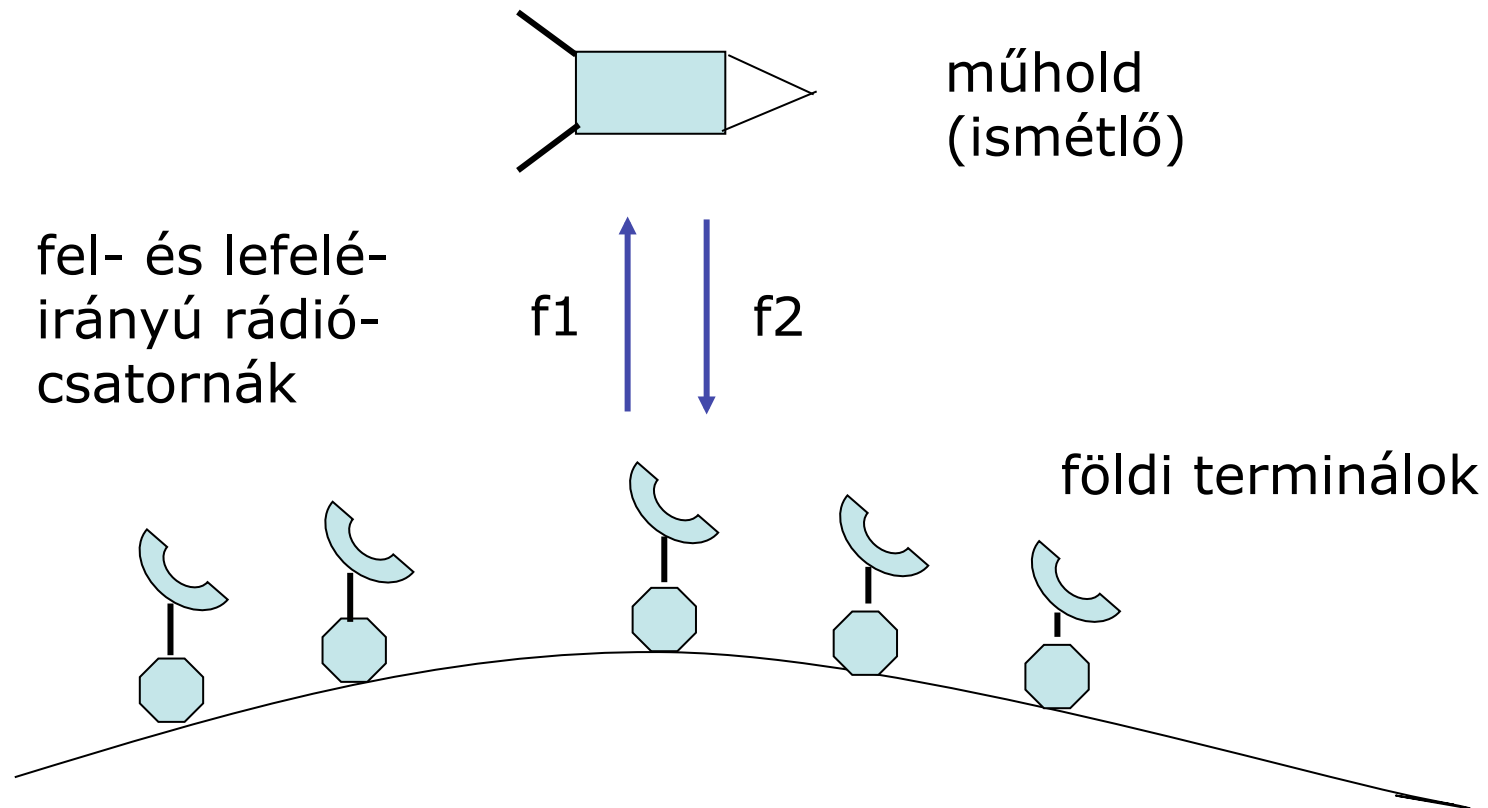


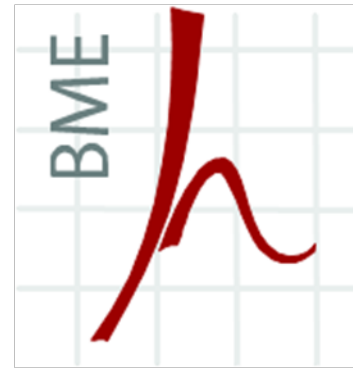
- „Vékony Ethernet”-kábelezés

- „Vastag” Ethernet,
Az Ethernet elve
Robert M. Metcalfe
(1976)



Példák közös csatornára: műholdas ismétlőállomás



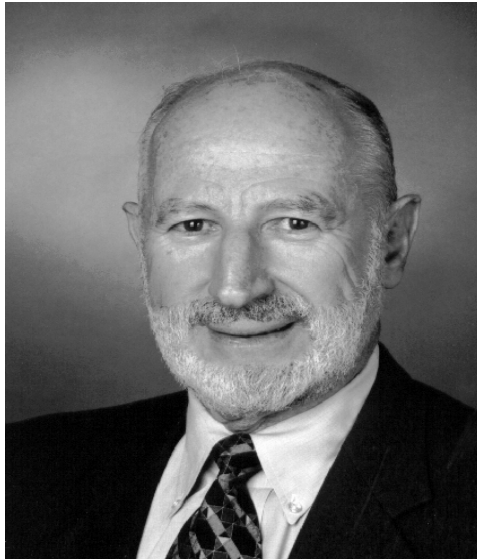


**Eddig fix kiosztású hozzáférési
technikák, következnek a véletlenszerű
hozzáférési módszerek!**

ALOHA? Hawaii köszöntés!



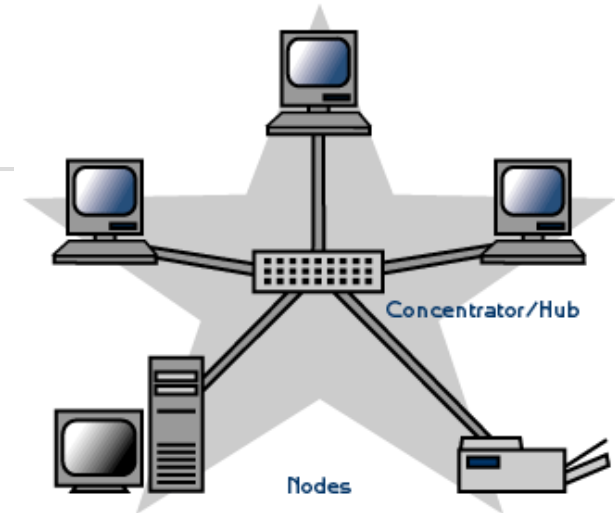
- ALOHA from Hawai: Elvis Presley koncertje (1973)
- Minden idők legnézetebb műholdas adása ami egy előadóhoz köthető



- Norman Abramson, Univ. of Hawaii, HI, USA
- Aloha-eljárás és rendszer
- Az első rádiós csomagkapcsolt számítógép-hálózat, 1970!

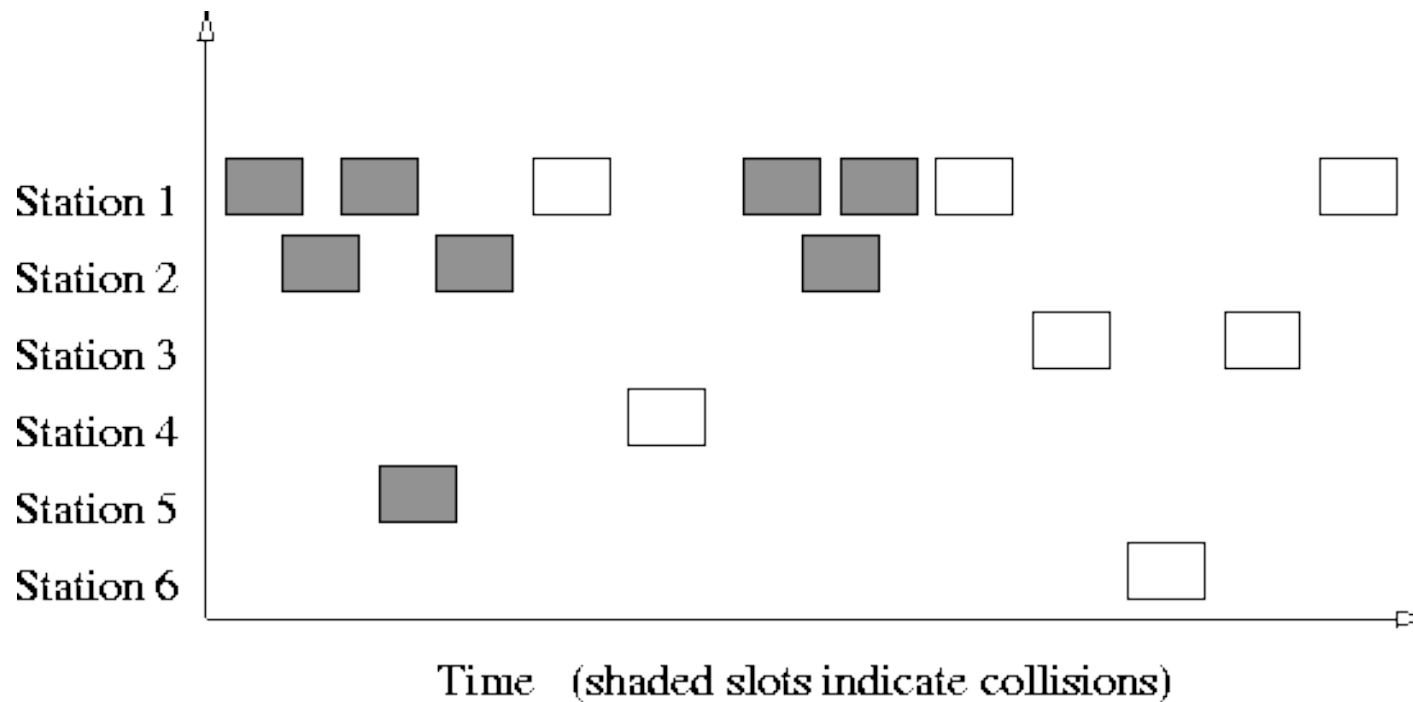
- Világ első **csomagkapcsolt vezetéknélküli hálózata!**
- Már nem használják ezt a hálózatot, de az itt használt eljárás volt az **Ethernet egyik ötletadója** (Metcalfe)
 - Sőt az ALOHA módszert továbbra is használják!
- Ötlet: összekötni amatőr rádiós linkekkel az egyetem távoli részét (szigetcsoport)
- Rávilágított, hogy meg kell oldani a közös csatorna hatékony megosztását
- 1973-ban elsőként kötötték össze az ARPANET-el

ALOHAnet



- 2 URH frekvencián (uplink-downlink)
 - elosztó (hub)/csillag (star) topológia
- **Kimenő csatorna:** hub->kliensek, szórt adás (broadcast),
 - Csomagokban **címekkel**: csak a címzett kliens fogadta a csomagot
- **Bejövő csatorna:** kliens->hub, véletlenszerű
 - **nyugtázva** a sikeres vétel a **hub által**
 - nem érkezik nyugta: **véletlenszerű idő után újraadás->** ütközések felderítése
- Minden kliens egy frekvencián kommunikált a hubbal!
- Börsztös forgalomra előnyös!

- Egyszerű (pure) Aloha-eljárás: teljesen kötetlen hozzáférés



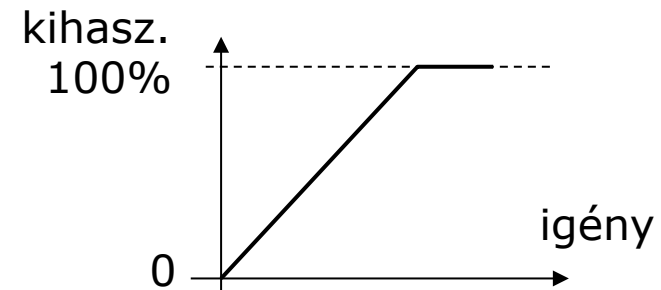
Az egyszerű Aloha-eljárás tulajdonságai (1)

- A szabály tehát:
 - mindenki akkor ad, amikor akar
 - óhatatlanul lesznek ütközések, ekkor egyik adása sem sikeres
 - az ütközésben résztvettek ismét próbálkoznak
 - Véletlen késleltetés múlva!
 - adás előtt **nem ellenőrzik** a csatorna foglaltságát
- Egyszerű, semmi szervezést nem igényel
- Ütközés detektálás: nyugta elmaradása (uplink-downlink frekvencia)

Nézzük meg ehhez, hogy általában mik a hozzáférési módszerek legfontosabb jellemzői!

A hozzáférési módszerek teljesítőképességének jellemzése

- **Kihasználtság (throughput):**
kiszolgált információ –
a fellépő igény függvényében



- **Kiszolgálási késleltetés:**
 - az igény jelentkezése és kiszolgálása közötti idő
- **Igazságosság (fairness):**
 - egyformán részesülnek-e az átbecsátóképességből, illetve
 - teljesül-e a jogosultság szerinti kiszolgálás?
- **Stabilitás:** reakció a túlterhelésre, a forgalom dinamikus változására

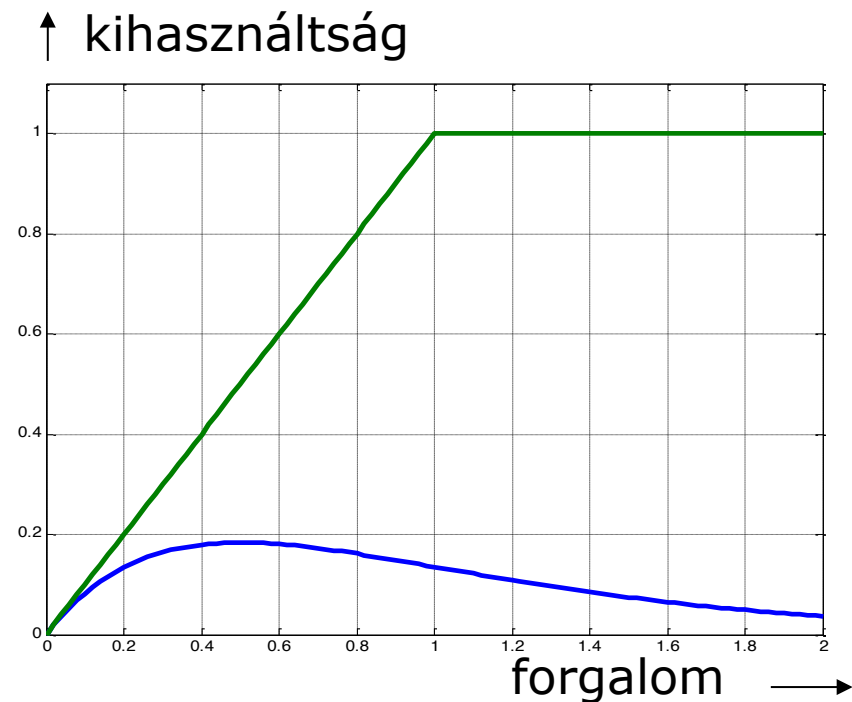
Gondok az egyszerű Alohával

- **Egyik terminál sem figyeli**, hogy foglalt-e a csatorna adás előtt: ütközés!
- Véletlenszerű várakozás miatt egyetlen állomás sem kezdeményez adást: rossz kihasználtság!
- Ütközés után ismét próbálkoznak, a **visszatartó mechanizmus (backoff)** nagyban befolyásolja a
 - protokoll hatékonyságát
 - a csatorna kapacitását
- Tanenbaum: legjobb esetben az idő 18,4%-van hasznos átvitel:

$$\Pr[k] = \frac{G^k e^{-G}}{k!} \quad \longrightarrow \quad S_{pure} = G \cdot e^{-2 \cdot G}$$

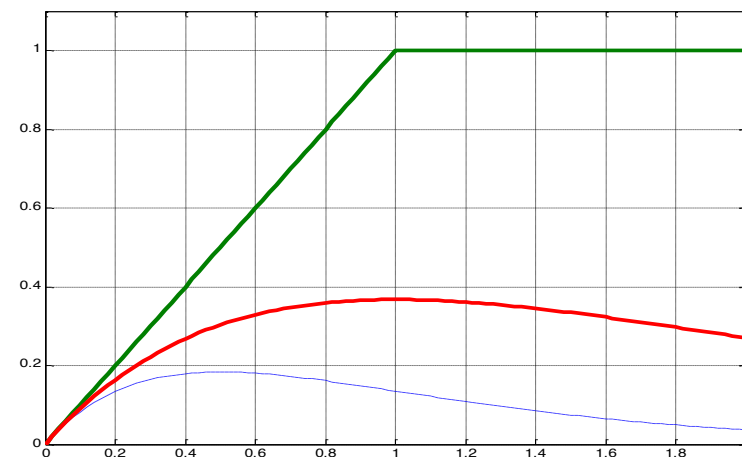
Az egyszerű Aloha-eljárás tulajdonságai

- A kihasználtsága rossz
- Alapvetően instabil
- Késleltetése nem korlátos
- Fairness: egyenlősi hosszútávon



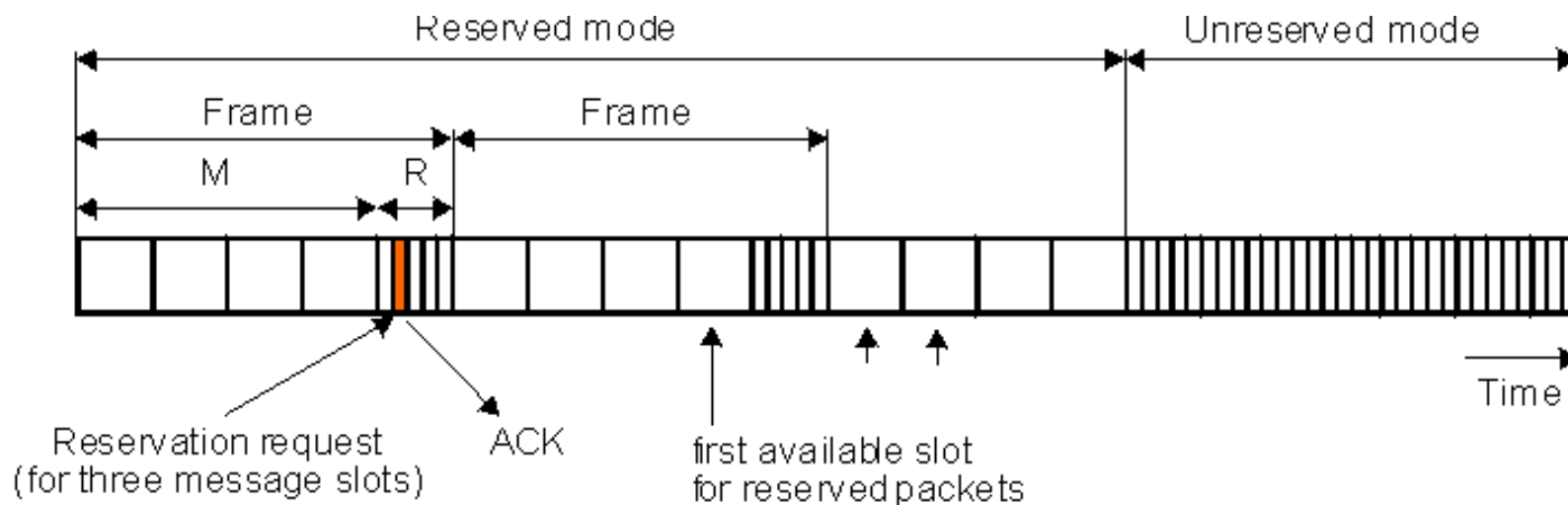
Réselt (slotted) Aloha

- Azonos hosszúságú csomagok időréshatárokon (szinkronjel):
- Csak időrés elején adhatnak
- Ennek köszönhetően csak egy időrésen belül lehet ütközés, nem nyúlnak át a következőbe
- A kihasználtság javul (36.8%)
- Késleltetés alig változik
- A stabilitási probléma változatlanul fennáll
- Fairness: mint előbb

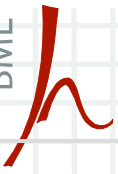


Helyfoglaló Aloha (Reservation Aloha)

- A jellemzők javítására használjuk „helyfoglalást” (reservation)
- A csatorna egy részén **igénybejelentés**
- A felhasználók „visszahallják” az igényeket
- Mindegyikük egységes döntésre jut a hallottakból az átviteli csatorna használati jogosultságát tekintve
- Késleltetés szempontjából sokkal jobb mint a réselt Aloha

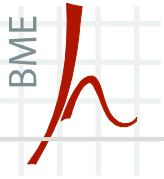


- Ahogy növekszik a felhasználók száma és a forgalom: **rohamosan romlik a kihasználtsága**
- De bősztös forgalom esetén jobb mint fix kiosztású
 - 10%-os csatornaterhelés alatt
- Felhasználás (Réselt Aloha):
 - Műholdas rendszerekben (katonai)
 - RFID
 - Más eljárásokkal együtt: réselt-helyfoglaló Aloha (pl. GSM-GPRS)



Vivőérzékeléses többszörös hozzáférés - Carrier Sense Multiple Access

- A többszörös hozzáférés „vezérlése” a **csatorna foglaltságának ellenőrzésére** korlátozódik
- Szabad csatorna esetén:
 - a csatorna igénybevétele
- Foglalt csatorna esetén:
 - *majd később megpróbáljuk, nem figyeli folyamatosan* (**nemperzisztens**)
 - várakozás a csatorna felszabadulására:
 - felszabaduláskor rögtön igénybe vesszük (**1-perzisztens**)
 - Ütközés: várakozás véletlenszerű ideig
 - **p valószínűséggel** adja a keretet ha szabadnak érzékeli a csatornát, **időrés elején** (**p-perzisztens**)



A vivőérzékelés jellemzői

- Egyszerű megvalósítás: csak a foglaltságot kell érzékelni
- Nagy kihasználtság: az átvitel egészen közel juthat a 100%-hoz
- Nagy érzékenység a terjedési késleltetésre: ameddig nem ér hozzánk a jel, nem észlelhetjük
- Túlterheltség esetén instabil lehet
- Az igazságos kiszolgálás megvalósítható

CSMA/CD (CSMA with Collision Detection)

- Újabb visszacsatolás a csatornából **adás közben**: ütközés – Collision Detection - CD
- Vivőérzékelés ütközésdetekcióval: **észlelt ütközés esetén leállítás**
- Az ütközésdetekció **vezetékes csatornán lehetséges**
- Rádiócsatornán nem tudja az éppen használó detektálni az ütközést

CSMA/CD működése

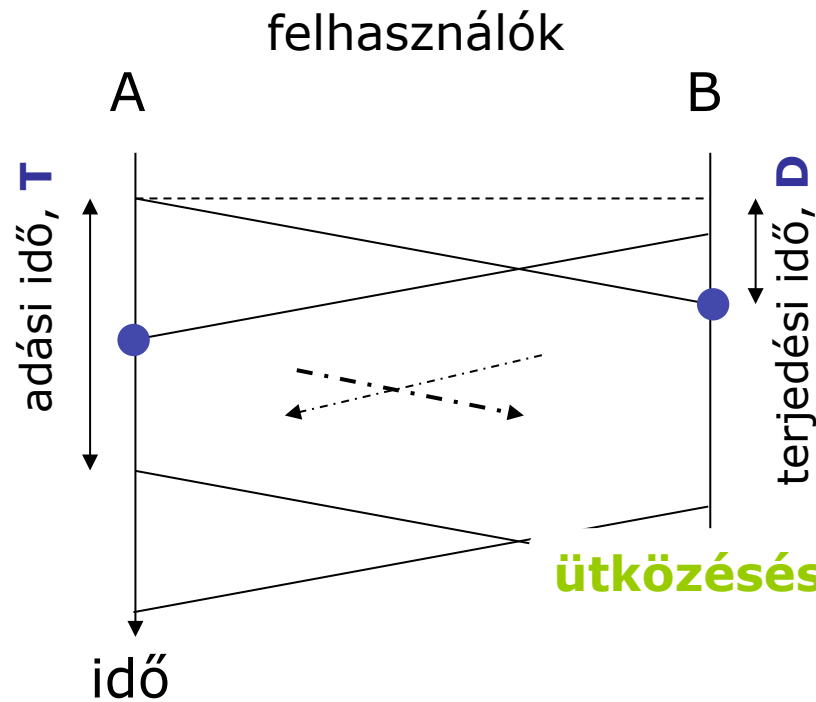
- Vivőérzékelés: terminál csak akkor ad ha szabadnak érzékeli a csatornát
- Ha időközben ütközést detektál: küld egy **foglaltsági jelzést**, hogy ne legyen több ütközés
- Majd vár **exponenciális backoff** ideig (részletek Ethernetnél) és csak utána ad

CSMA/CD hatékonysága

- CSMA hatékonyságának javítása:
 - Az ütközésdetektálás után rögtön leáll az adás
 - **Jam signal**: minden adó leáll
 - Újraadás csak **exponenciális backoff** után: csökkenti az újabb ütközés lehetőségét
 - Csak fél-duplex esetén van értelme
 - full-duplexnél nem használják

Az $a=D/T$ paraméter értékének hatása

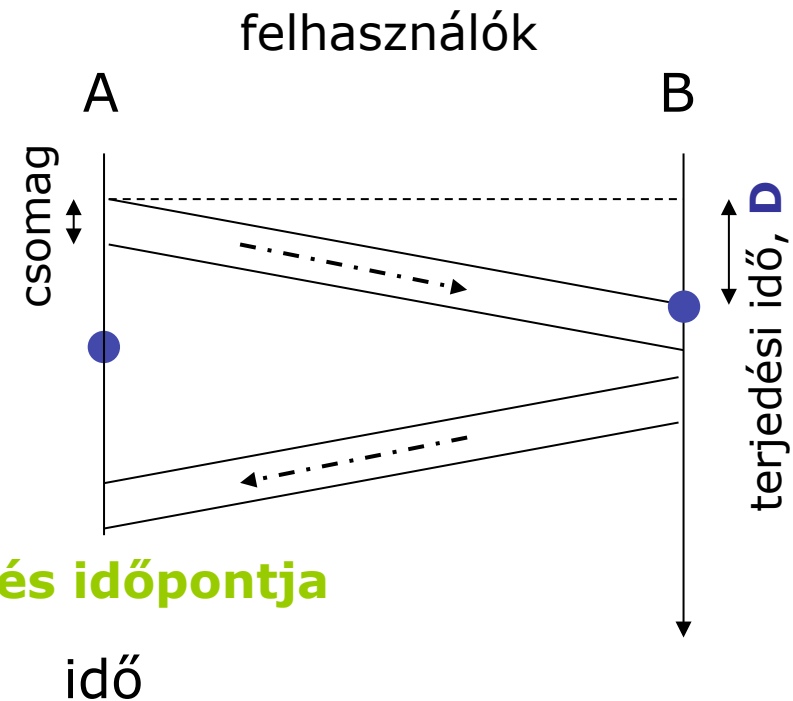
Kis a érték



T : adási idő

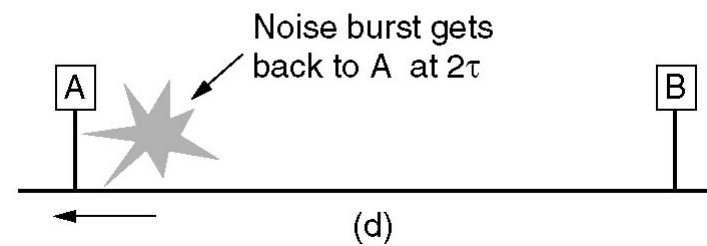
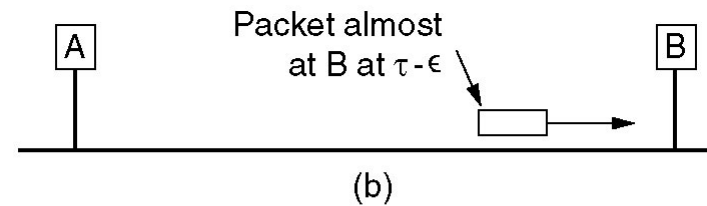
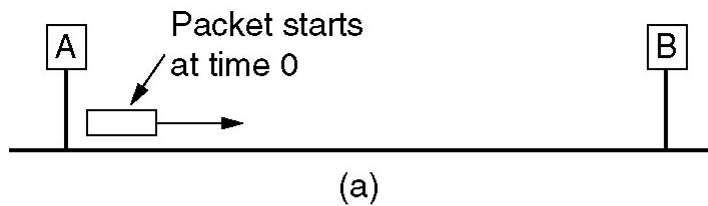
D : terjedési idő

Nagy a érték



$2D \sim$ Round Trip Time, RTT

Legrosszabb eset



Akár 2τ ideig is eltarthat az ütközés detekció!

CSMA/CA (Collision Avoidance)

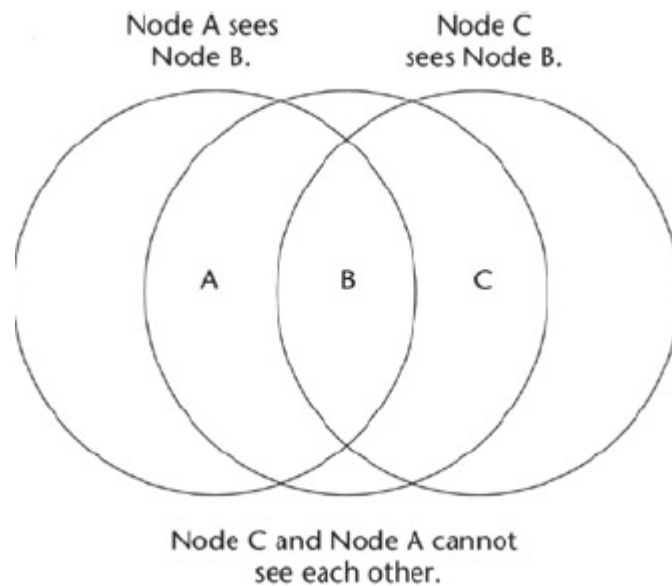
- Vivőérzékelés ütközésselkerülés (**Collision Avoidance, CA**): készülünk az ütközésveszélyes helyzetekre
- Ha szabad a csatorna:
 - küld egy jelzést a többi állomásnak, hogy adni készül vagy
 - vár egy további ideig és ha az idő lejártá után is még szabad a csatorna, akkor ad csak
- Ha foglalt a csatorna:
 - exponenciális backoff ideig elhalasztja az adást

CSMA/CA használata

- Kevésbé „mohó” adók
- Ott használják, ahol a csatorna nem alkalmas CSMA/CD-re
 - pl. WLAN-ok
- rádiós átvitel esetén az adó nem tudja adás közben „hallgatni” a csatornát: nem lehetséges az ütközés detekció
- Vagy rejtett terminál probléma!

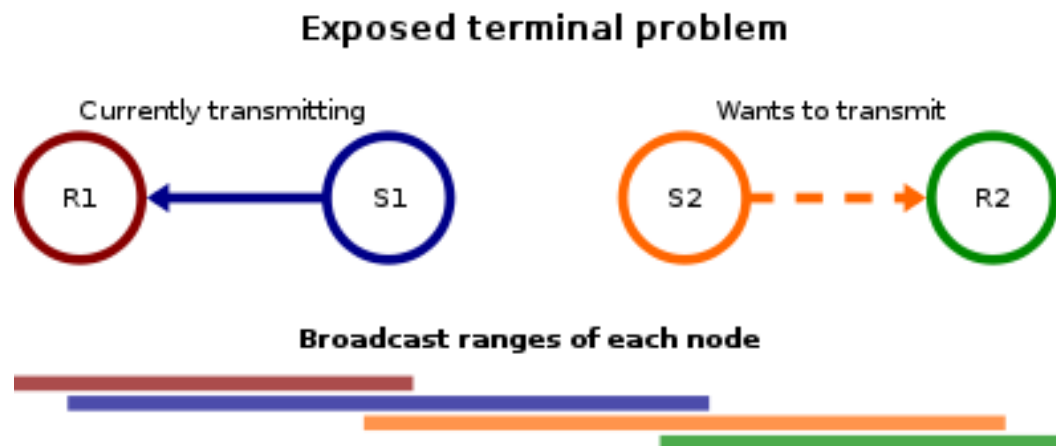
A „rejtett” terminál probléma

- Az „árnyékolt” felhasználó problémája: nem mindenki hall mindenkit
- Ha egy adást nem észlelünk, azt akaratlanul megzavarhatjuk



„Exponált” terminál probléma

- Túl „jó helyzetű” felhasználó:
 - szomszédos (idegen) rendszerekből is észlelhet adást
 - nem meri használni a csatornát, mert úgy véli ütközést okoz



RTS-CTS

- Egy igénybejelentés (RTS) és egy nyugta (CTS) párbeszéd után történik adatátvitel
- Az átvitel hosszát tartalmazza a két üzenet (lásd majd a vezetékek nélküli LAN-oknál)

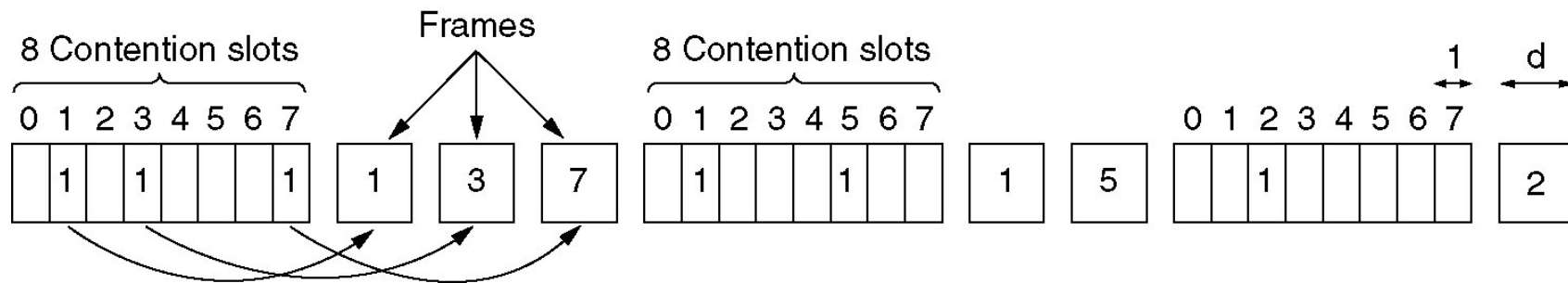
Versenymentes MAC protokollok

- CSMA/CD esetén nincs ütközés amikor az egyik állomás már lefoglalta a csatornát
- Viszont lehet ütközés a verseny helyzet idején
- Ezen ütközések kihatnak az átvitel hatékonyságára
- Ezért fejlesztettek ki verseny-mentes protokollokat (contention free):
 - Bit-térkép módszer
 - Bináris visszaszámlálás

Bit-térkép módszer

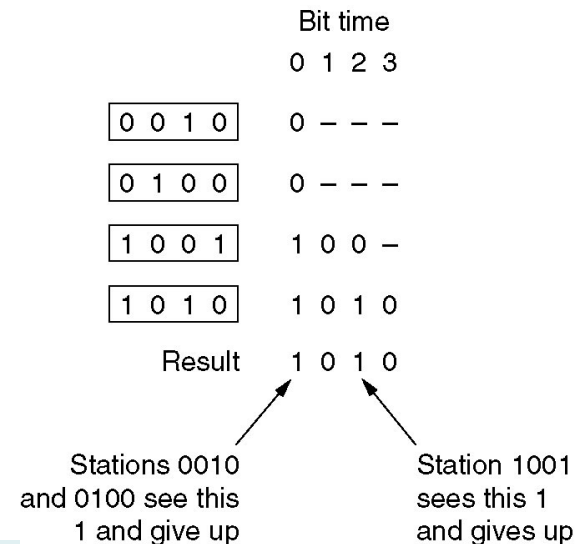
- N időrés: j. terminál a j. időrésben egy 1-es bittel jelzi, ha szeretne keretet adni
- Miután minden terminál nyilatkozott, minden egyes terminál tudja ki akar majd adni
- Így numerikus sorrendben adnak, **nem lehet ütközés**
- Hátránya: **alacsony forgalom** esetén **nem hatékony**
 - Pl. csak egy terminál szeretne adni, senki más, de ki kell várnia a bit-térkép végét
 - Sáv szélesség pocsékolás kevés adó terminál esetén

Bit-térkép módszer



Bináris visszaszámlálás

- Azon terminál amelyik keretet szeretne forgalmazni: bináris számként beírja a címét a fejlécbe
- Ha látja egy másik terminál, hogy a magasabb helyértéken az ő 0-ja helyén másnál 1 van, lemondja az adást
- Végén megmarad ki adhat, ez a folyamat ismétlődik
- Hátrány: nagyobb értékű címmel rendelkező adóknak előnye van
 - Sérül a fairness elv



Verseny vs. versenymentesség

- **Alacsony forgalom esetén a verseny javasolt:** alacsony késleltetés
- Ahogy növekszik a forgalom egyre kevésbé jó a verseny: sok erőforrást emészt fel
- Ötvözni kell a verseny-mentes és verseny-alapú protokollokat!
 - Alacsony forgalom esetén verseny, magasabbnál nincs: protokollok korlátozott versennyel!
- Cél:
 - kis késleltetés alacsony terhelés esetén
 - nagy átvitel (throughput) nagy terhelés esetén

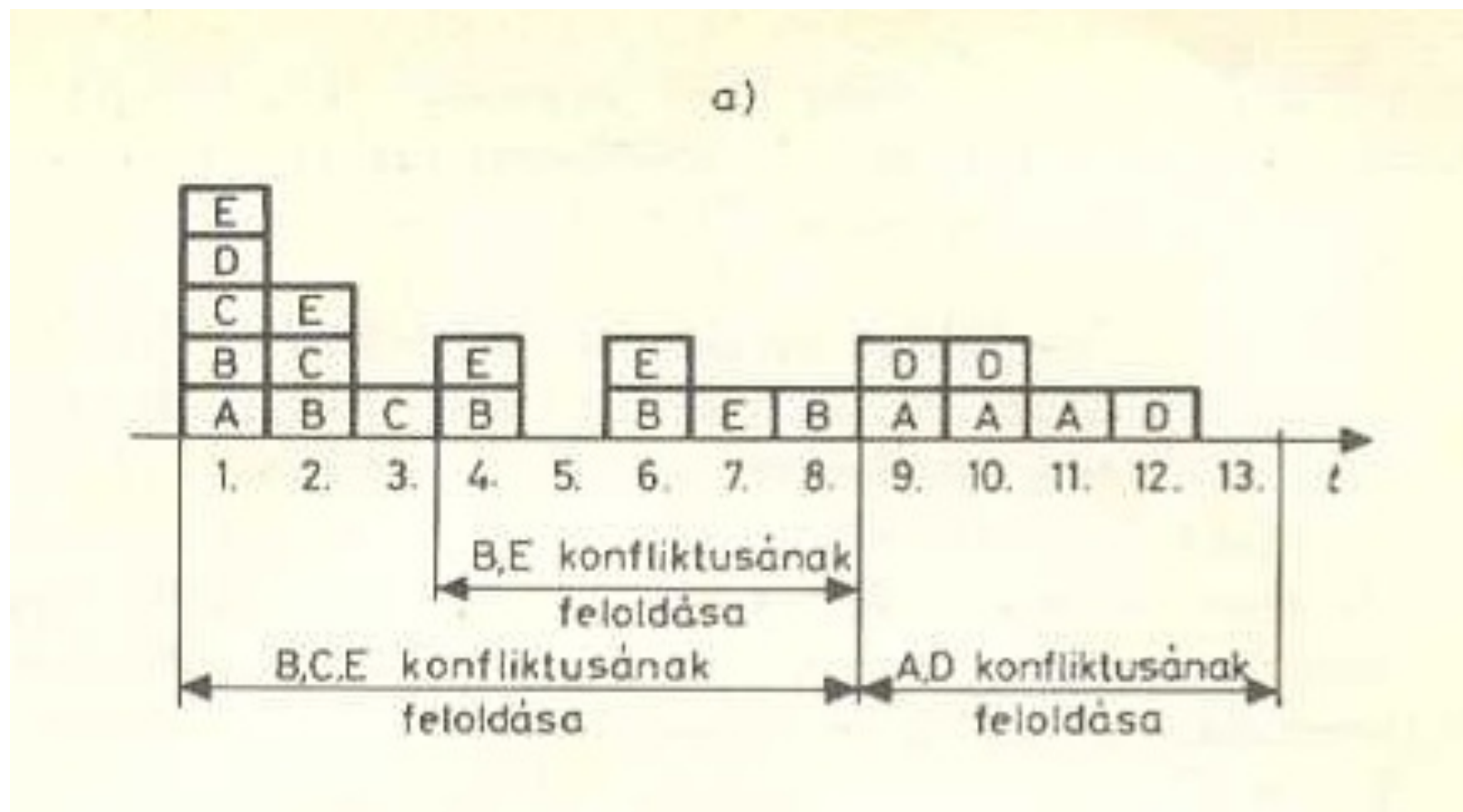
Protokollok korlátozott versennyel

- A terminálok esélyét a csatornaszerzéshez úgy lehet növelni, hogy csökkentjük a versenyt
- Terminálok csoportokba (nem feltétlenül diszjunkt) sorolódnak
- Csak a j .csoport tagjai versenyezhetnek a j .időrésért
- Ha ütközés történt vagy senki sem akar küldeni a j .csoportból, akkor jön a $j+1$.csoport a $j+1$.időrésért

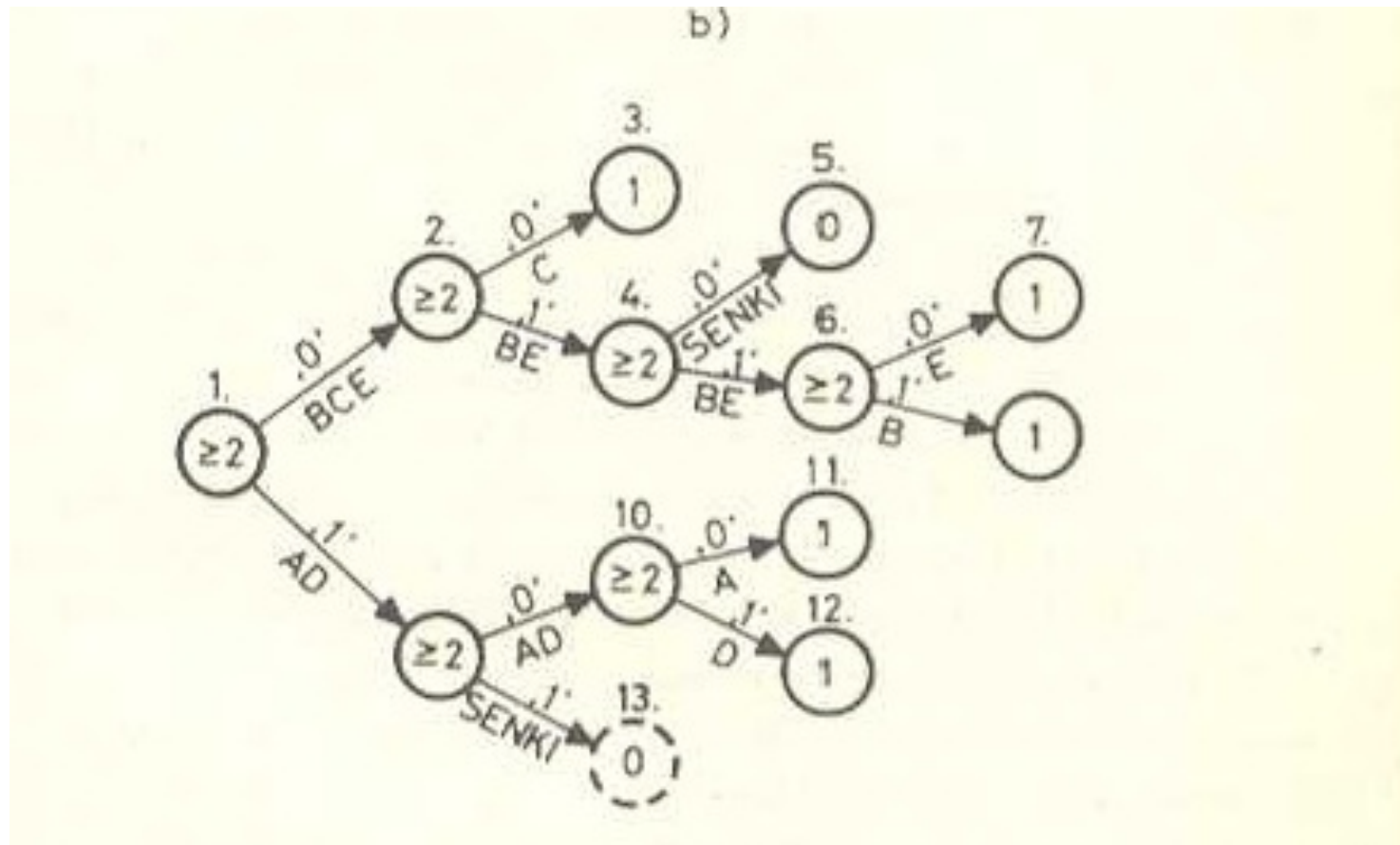
Adaptív fa protokoll

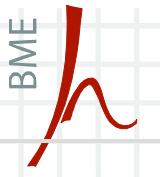
- Minden terminál versenyezhet a csatornáért
- Ha ütközés, két egyforma csoportra osztódnak a terminálok
 - Csak az egyik versenyez a következő időrésért
- Ha valaki megszerzi közülük, következő időrésért a következő csoport versenyez
- Ha újra ütközés: újabb csoportfelezés

A Capetanakis-algoritmus működése - illusztráció



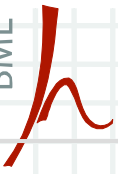
A Capetanakis-algoritmus működése – illusztráció





Milyen többszörös hozzáférési módszerekről volt szó eddig?

- Teljesen (vagy majdnem teljesen) szabad (véletlen) hozzáférés:
 - Egyszerű Aloha
 - Réselt Aloha
 - Ezeknél: egyszerű visszacsatolás a csatornából (sikeres/nem sikeres)
- Vivőérzékelési módszerek
 - visszacsatolás itt is + „a priori” információ („vivő” érzékelés)
- Közös jellemző: **nincs központi vezérlés**, koordináció

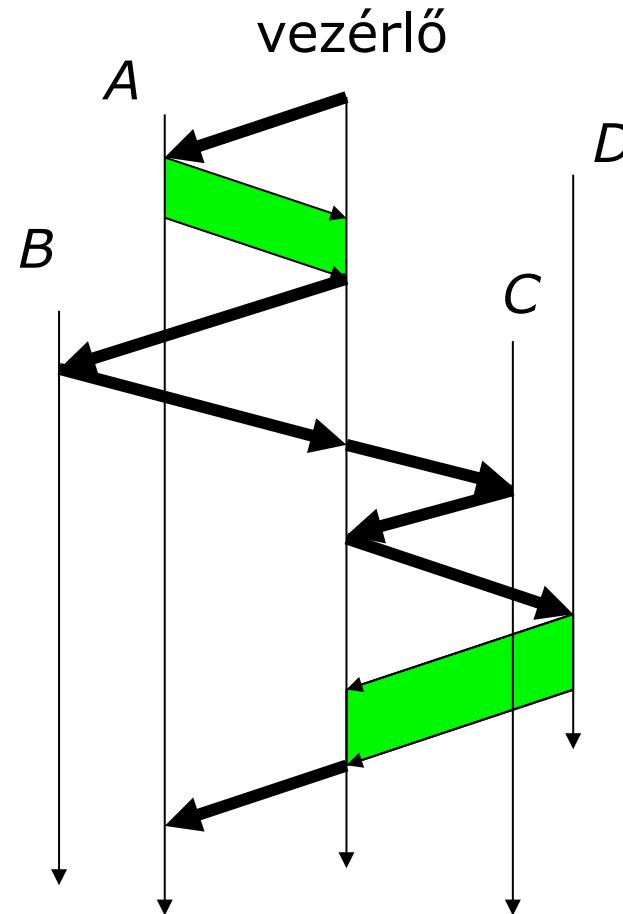


Központilag vezérelt többszörös hozzáférési módszerek

- Lekérdezés (polling): a vezérlő kérdése jelenti a csatornahasználati jogot
- Csoportos lekérdezés (probing): felhasználók nagyobb csoportját kérdezi a vezérlő
 - több igény esetén kezelni kell az ütközést
- Foglalás (reservation): a vezérlő az érkező igények alapján csatornahasználati jogosultságot jelöl ki.
 - Az igények gyűjtése:
 - egyedi „csatornákon”
 - „versenyben”

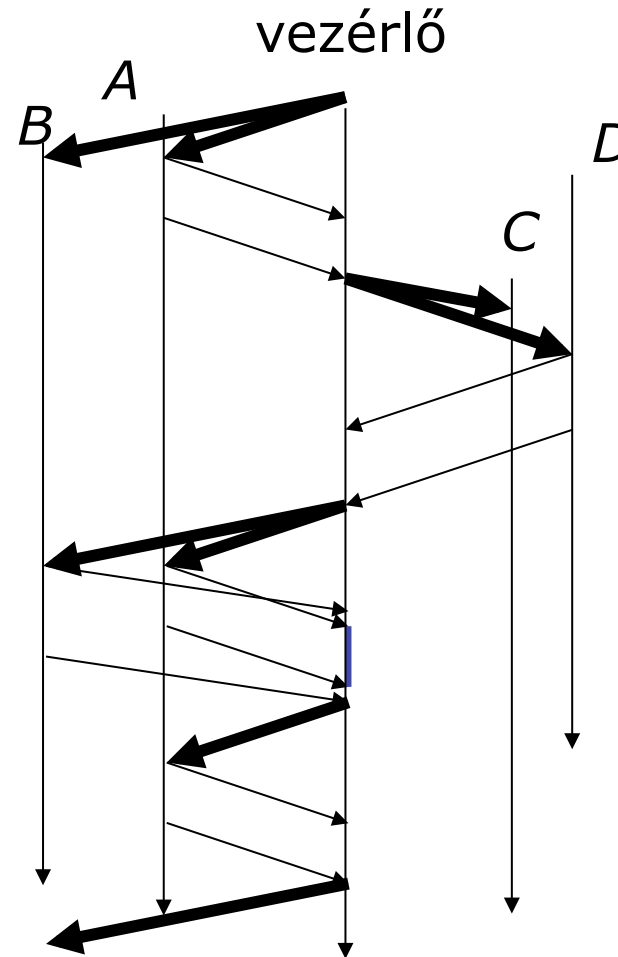
Lekérdezés (Roll-call polling)

- „körbekérdezés”: akinek van csomagja, az elküldi
- A csatorna információ-átvitelre használt a csomagtovábbítás alatt
- Egyébként a hozzáférés szervezése folyik
- Kihasználtság: a két időszak aránya
- Kiszolgálási késleltetés: a körbejárási idő fele
- A módszer stabil és fair



Csoportos lekérdezés (*Probing*)

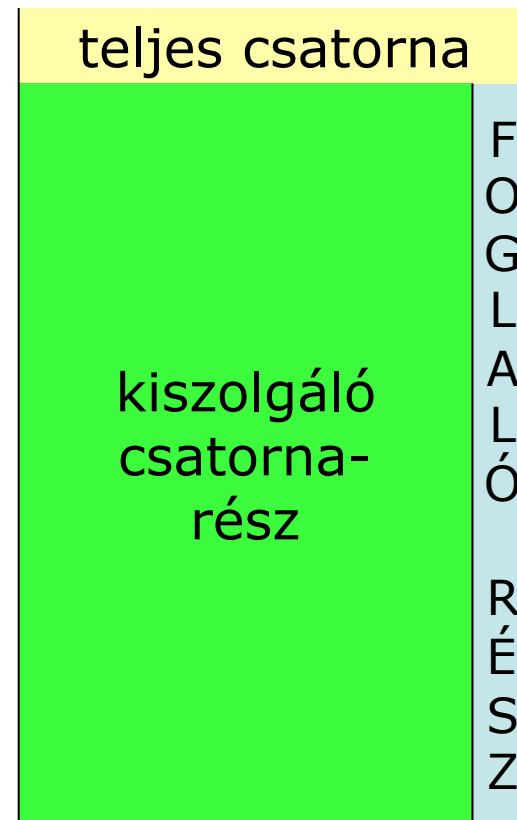
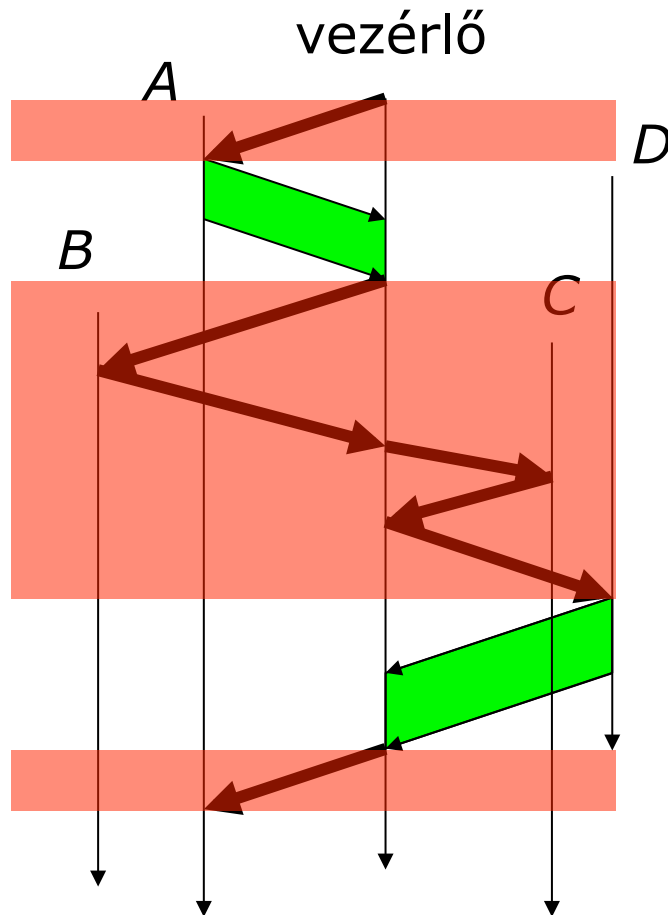
- Csoportos lekérdezés:
 - Ütközés esetén:
 - részekre bontás
- Kihasználtság javul
- Kiszolgálási késleltetés csökken
- Stabilitás megmarad
- Igazságosság biztosítható



Helyfoglalás (Reservation)

- Ha nagy a körbefordulási idő, akkor a lekérdezés hatékonysága rossz
- Célszerű az átviteli csatornát megosztani:
 - foglalási és
 - átviteli részre
- A (hely)foglalási részben (kis hányad):
 - dedikált csatornarészek:
 - zavartalan igénybejelentés
 - verseny alapú elérés
- A vezérlő a beérkező igények alapján engedélyeket küld a felhasználóknak

Foglalás: a csatorna megosztása



Polling elosztott vezérléssel: token passing (vezérjelátadás)

- A csatorna használatára való jogosultságot egy speciális üzenet (token) birtoklása jelenti
- Megfelelő szabályok alkalmazásával nagyon rugalmas kiszolgálást biztosít
- Kifinomult együttműködést igényel az állomások között
- Jó kihasználtságot ér el, korlátozott késleltetéssel, hasonlóan a lekérdezéshez
- Az igazságos csatornamegosztás biztosítható

A többszörös hozzáférés előnyei, hátrányai

- Előnyök: (nagyon függ a használt közegtől)
 - Gazdasági: pl. kevesebb vezeték
 - Technikai: jobb teljesítőképesség
 - Rádiócsatorna esetén szinte nélkülözhetetlen

- Hátrányok:
 - Bonyolultabb algoritmusok (nem jelentős)
 - Illetéktelen hozzáférés az információhoz (kezelendő)

- Megismertük a multiplexeléstől (xDM) eltérő feladatot, a többszörös hozzáférést (xDMA)
- Megtanultuk, hogy vannak:
 - elosztott vezérléssel működő módszerei, és
 - centralizált módszerek
- Rádiócsatorna használata esetén meghatározó szerepük van
- Vezetékes csatorna esetén is lehet fontos szerepük, ahol a felhasználók busz, vagy gyűrű topológián helyezkednek el

Kérdések?

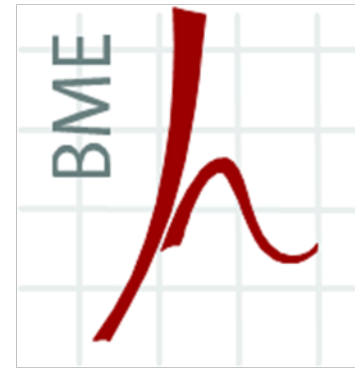
KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu



LOKÁLIS HÁLÓZATOK 1.RÉSZ

Az Ethernet (IEEE 802.3)

Dr. Simon Vilmos
docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu

2014. Március 6.

A számítógép-hálózatok klasszikus osztályozása területi lefedés szerint

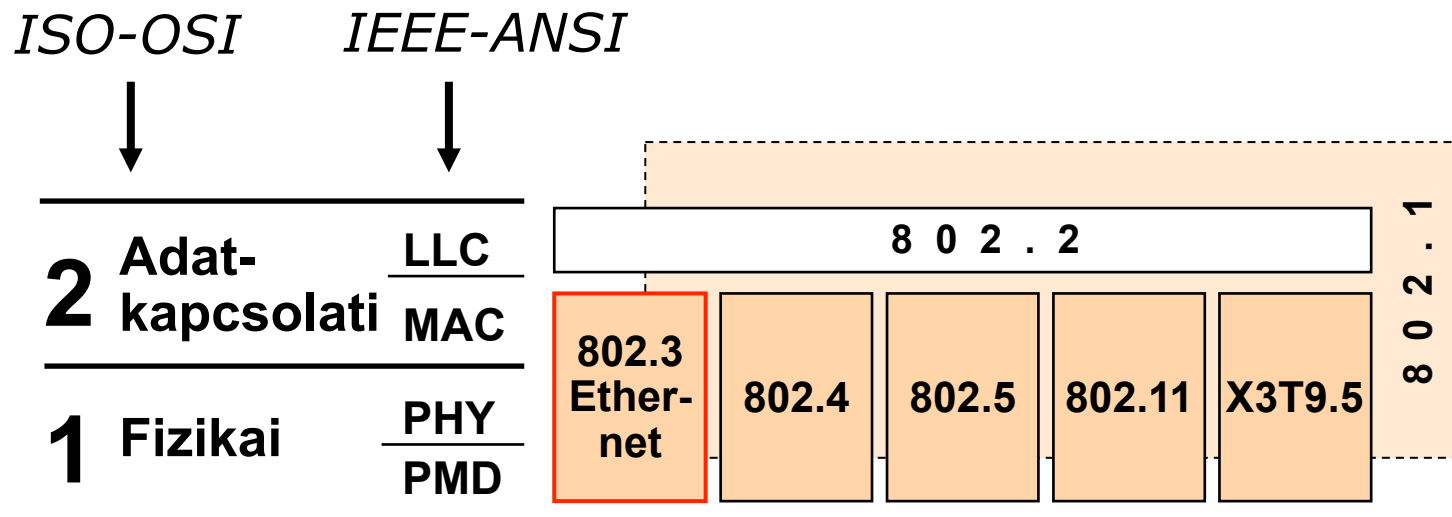
- WAN – *Wide Area Network* – nagy kiterjedésű hálózat
 - távolsági megkötés nélküli, **tetszőleges kiterjedésű** hálózat
 - akár **globális méretű** is lehet
- MAN – *Metropolitan Area Network* – városi/nagyvárosi hálózat
 - eredetileg: egy tipikus USA-beli **metropolitan area**, de nem feltétlenül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

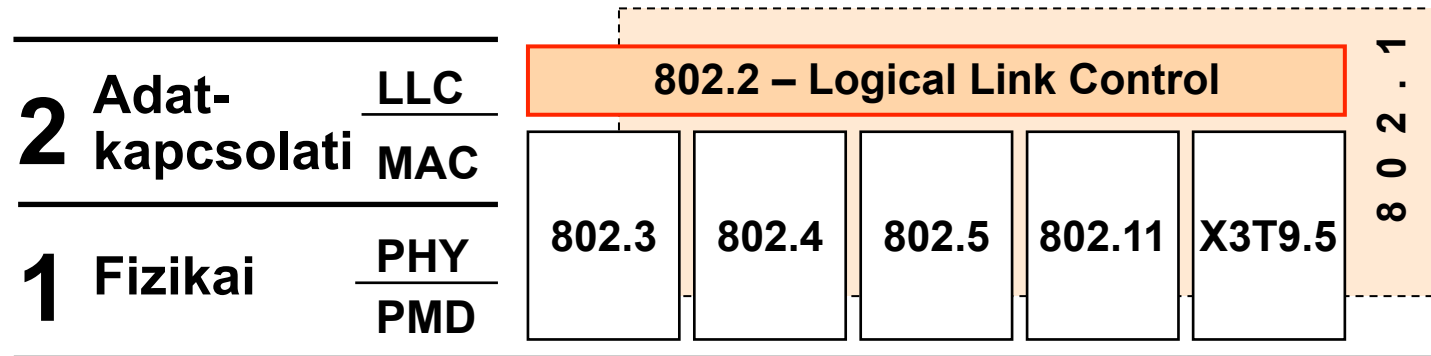
A lokális hálózatok architektúrája



- **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
 - 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
 - ALOHAnet ihlette meg
- 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 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

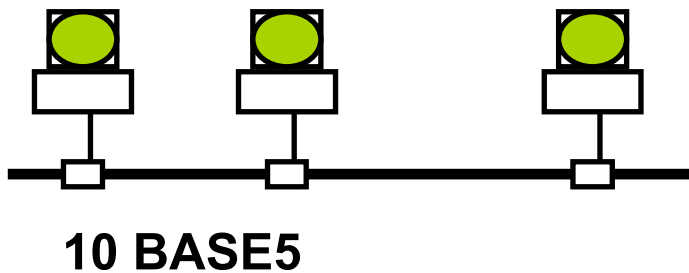
Ethernet – jelölésrendszer

A		B		C
10		Base		5
1000		Base		T

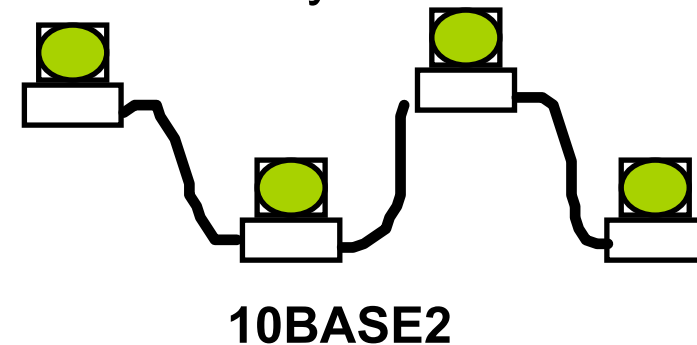
- „A” rész: Adatsebesség
 - 1 = 1 Mbit/s
 - 10 = 10 Mbit/s, ...
- „B” rész:
 - Base = alapsávi (baseband) átvitel (Manchester kódolás)
 - Broad = „szélessávú” (broadband) átvitel
- „C” rész:
 - Átviteli közeg:
 - T = twisted pair
 - FX/LX/SX = fibre optics
 - CX = shielded balanced copper
 - T4 = 4 pair twisted pair
 - T2 = 2 pair twisted pair
 - Szegmenshossz:
 - 2=185 m
 - 5=500 m

Kábelezési megoldások

„Eredeti” vastag (yellow) kábeles

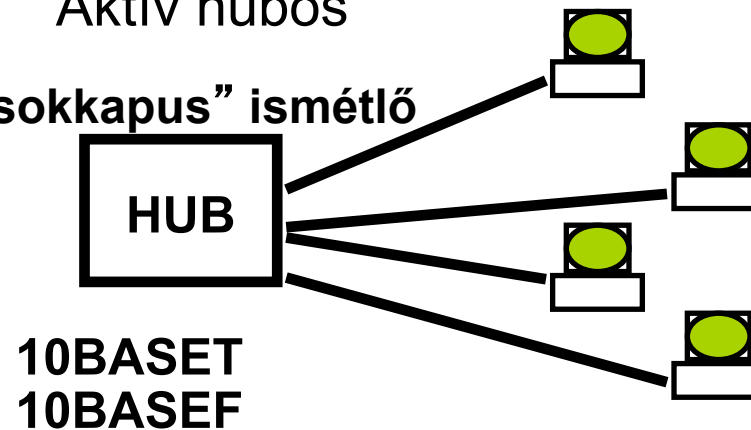


Vékony kábeles



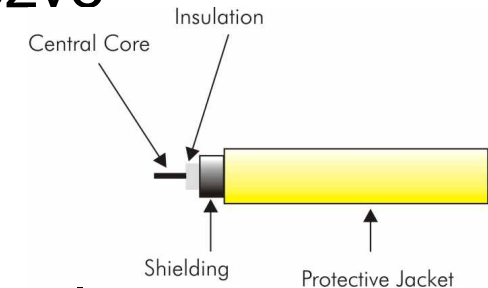
Aktív hubos

hub = „sokkapus” ismétlő



10 Base 5 (Vastag Ethernet)

- Első kábelezési megoldás: koaxiálisra tervezve
 - „Kerti locsolócső”: tűzvédelem



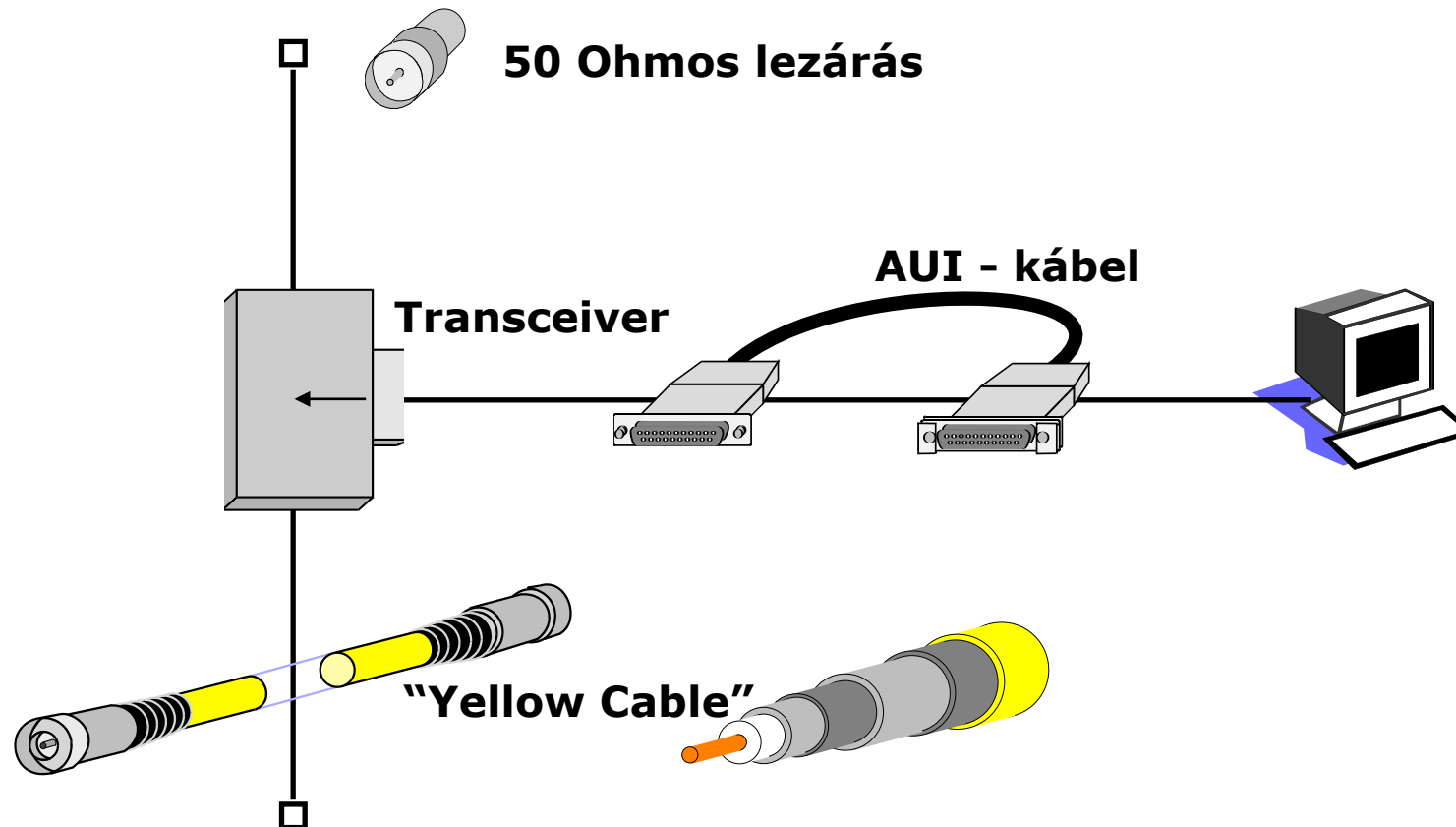
- Állomás csatlakoztatása: vámpír csatlakozóval



- CSMA/CD

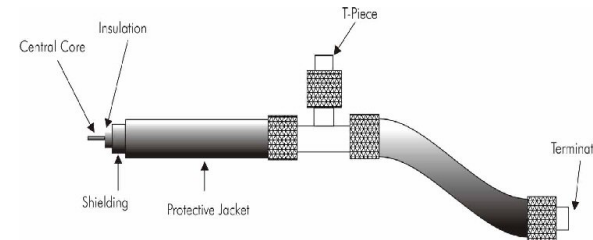
- Rövid maximális szegmens: időzítés és jelcsillapítás miatt
 - Max 100 adó; 2.5 méterenként

Ethernet kábelezés: 10 Base 5

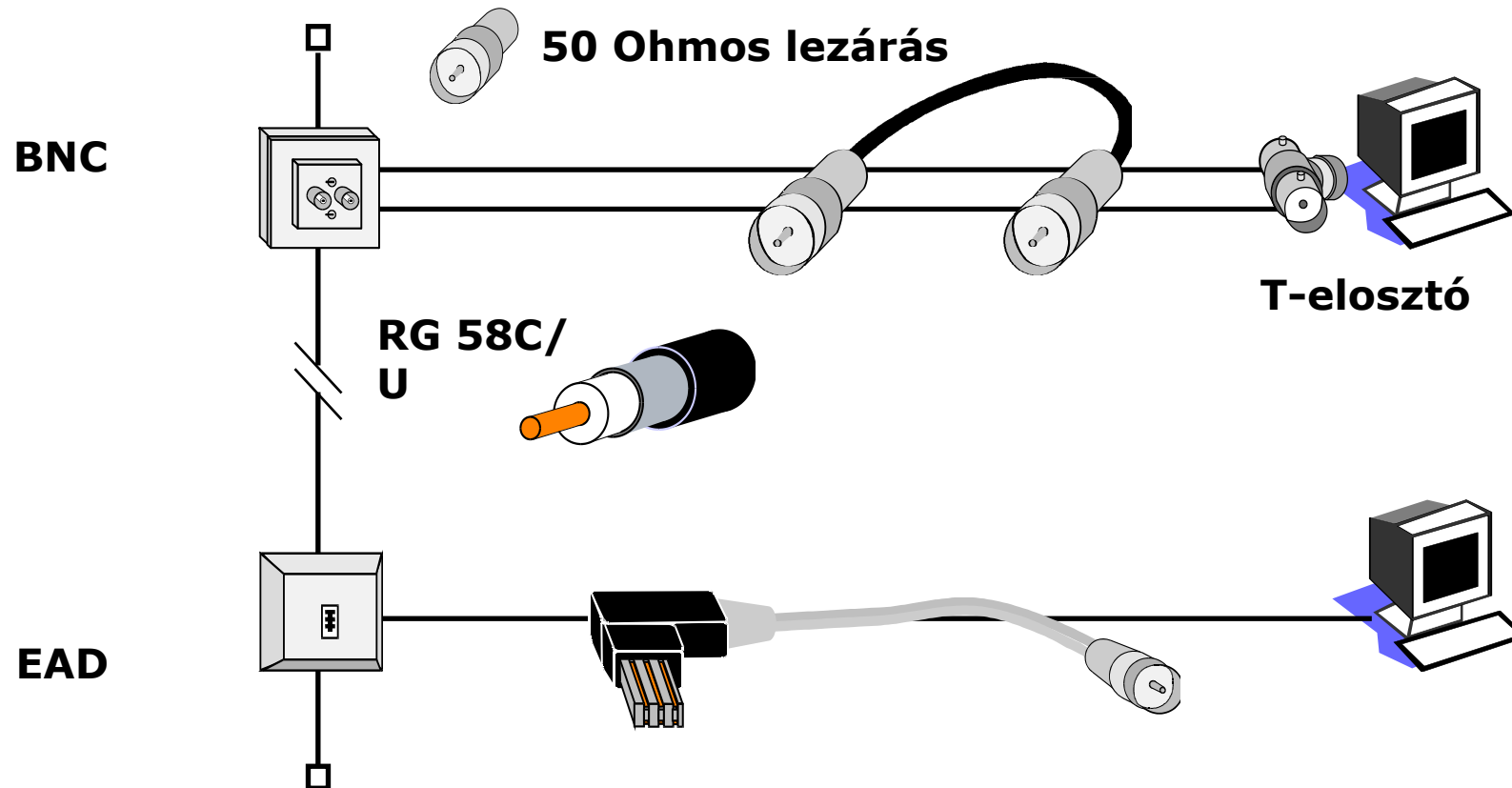


10 Base 2 (Vékony Ethernet)

- 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

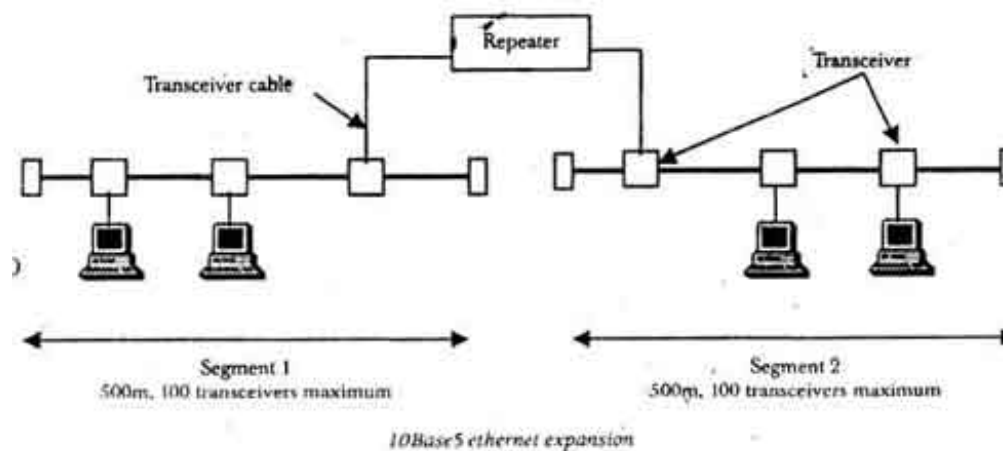


Ethernet jelismétlő (repeater)

- Több szegmens összekötése

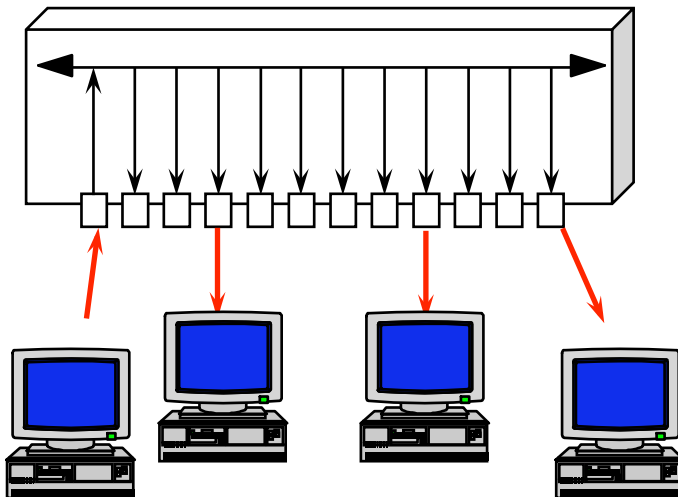
- **5-4-3 szabály** (10Mb/s)

- 5 szegmens
- 4 ismétlő
- 3 szegmensen terminálok



- Ütközés: minden porton jam jelzés
 - ütközési tartomány
- Kábel meghibásodás: csak az adott szegmensen
 - Rosszul csatlakozott terminál blokkolása

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)

Half-duplex: CSMA/CD

+:

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

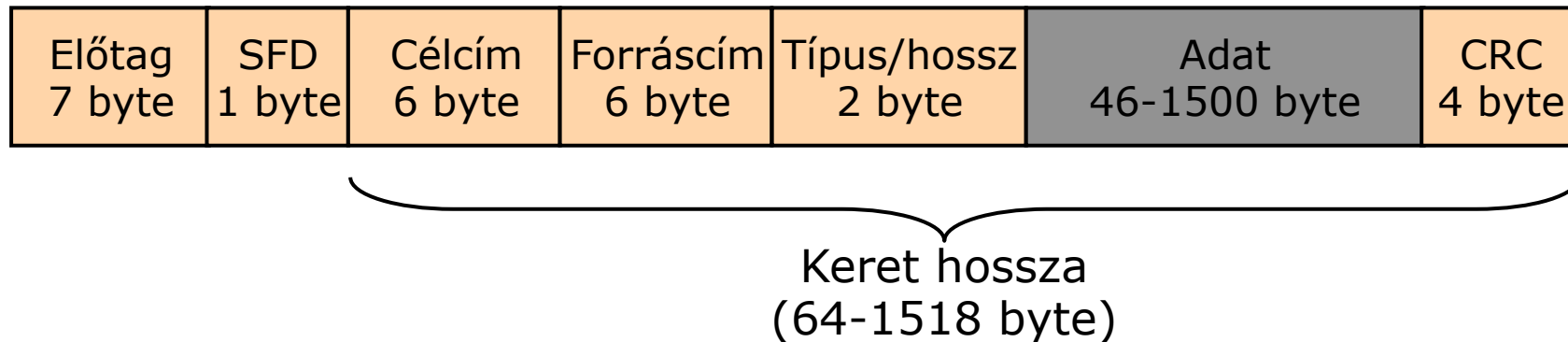
-:

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

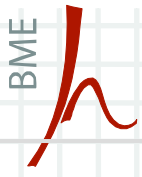
Hubok alkalmazása

- 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

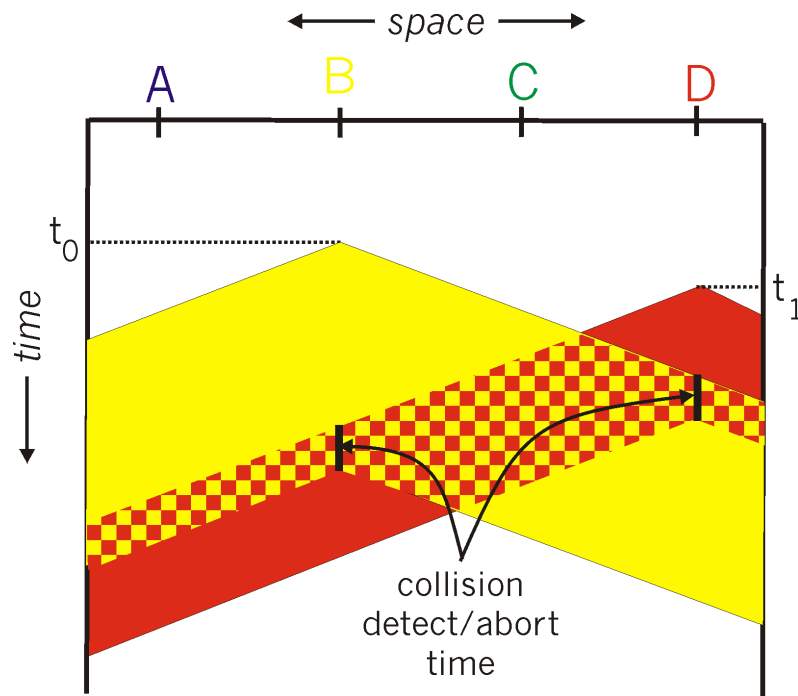
Medium Access Control – az Ethernet-keretek felépítése



- 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 érzékelje az ütközést:

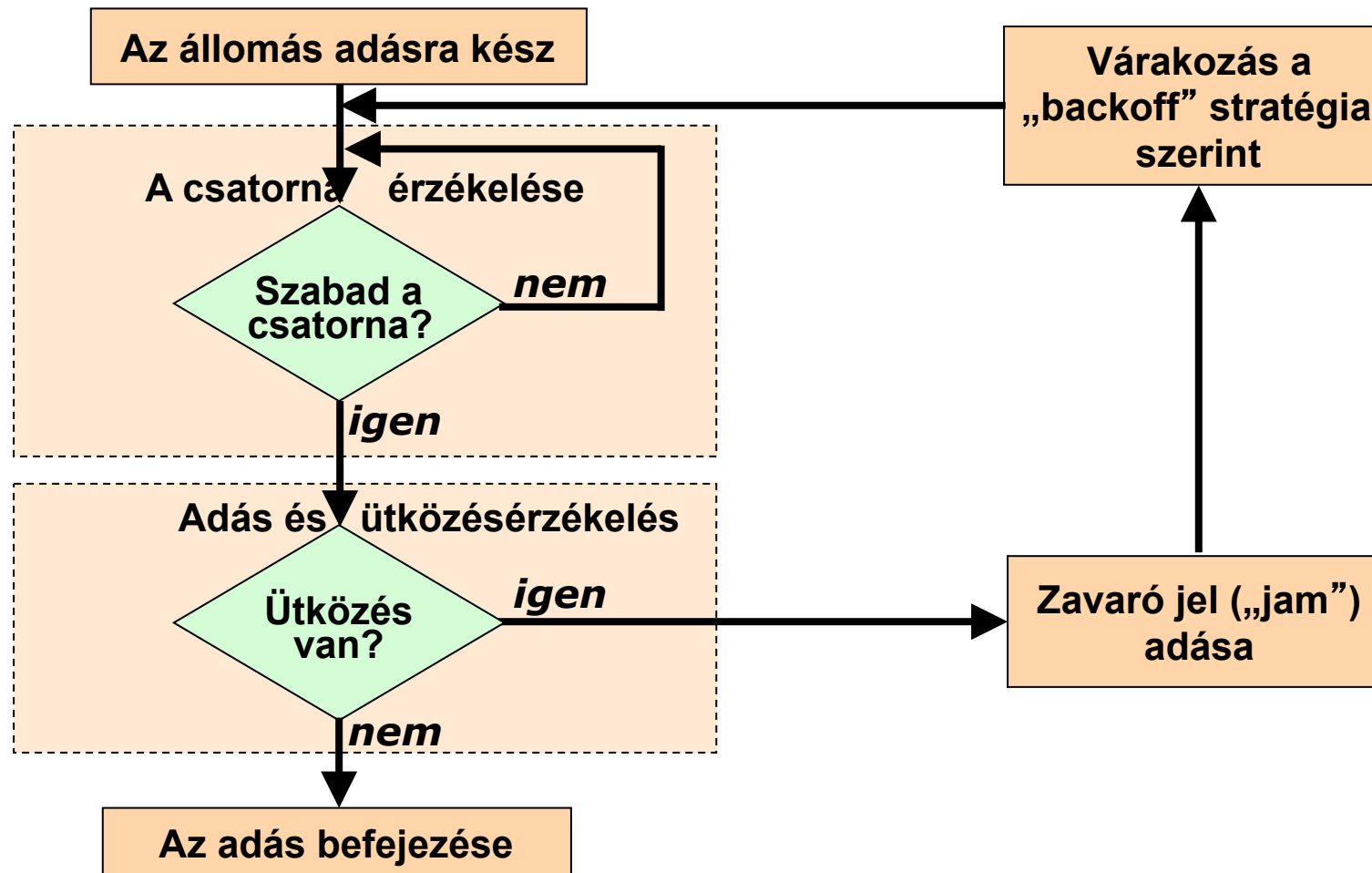
$$T = \frac{2L}{C}$$

- 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**

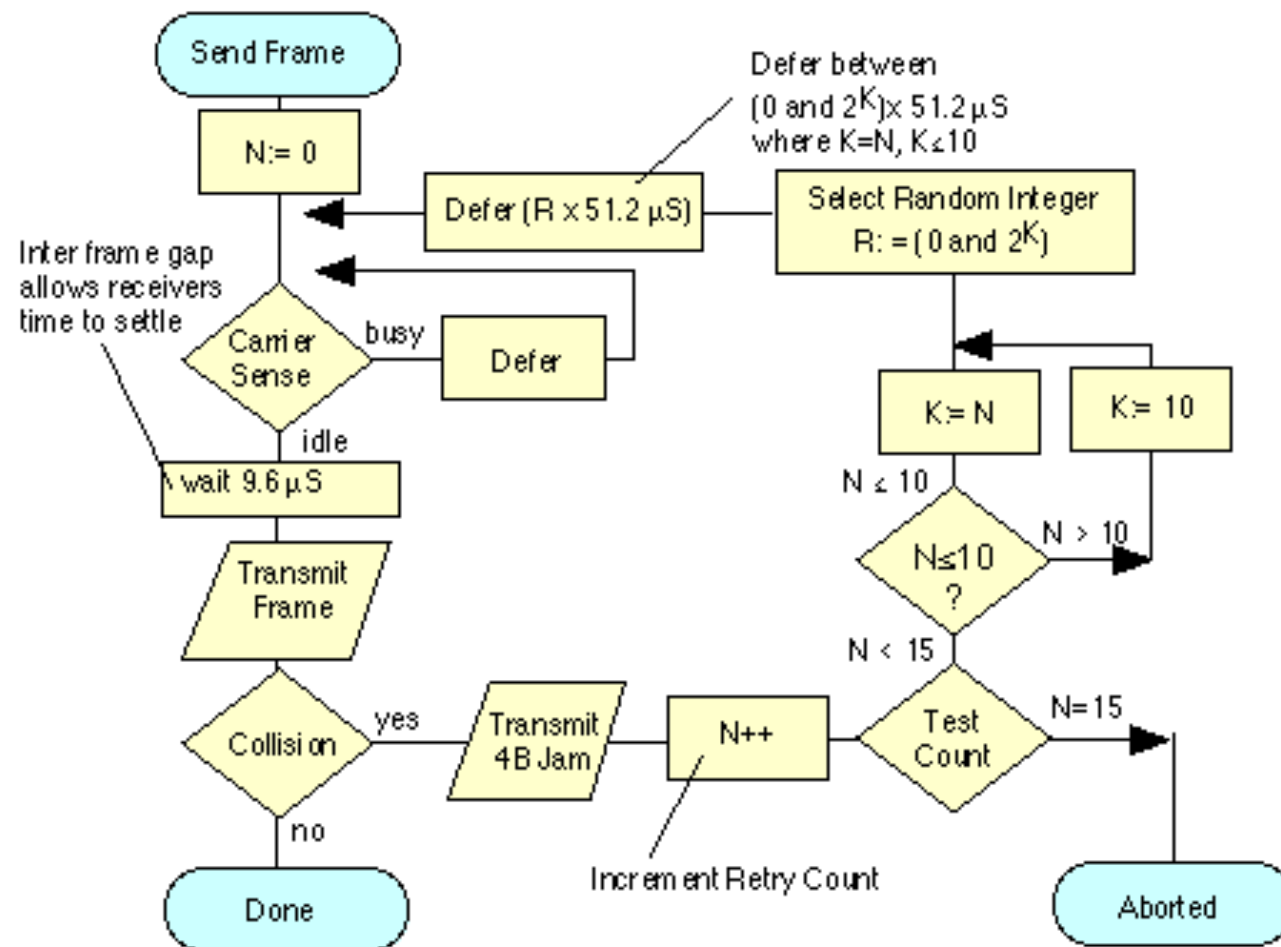
Medium Access Control – CSMA/CD

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)
 - Az állomás figyeli a csatornát, a „vívőt” (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** vívőt 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)

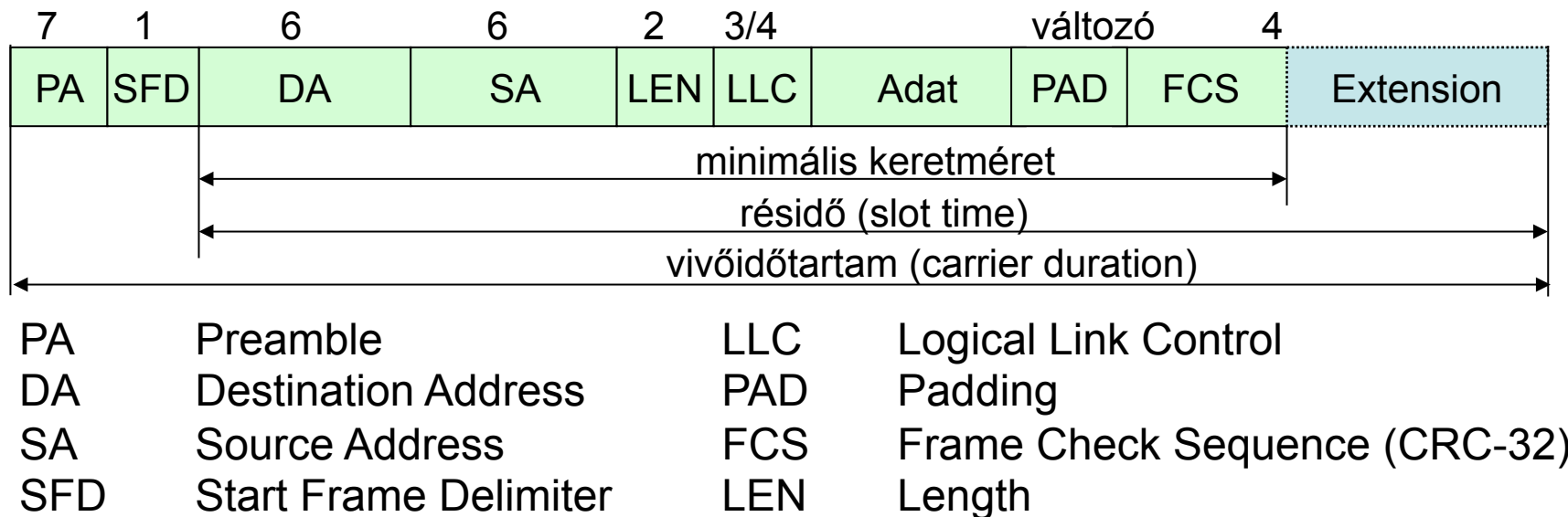
Jellemzők	10/100 Mbit/s	1 Gbit/s	10 Gbit/s
Fizikai közeg	▪ UTP ▪ üvegsz.	▪ koax ▪ UTP ▪ üveg	▪ üveg ▪ (rézv.)
Résidő (slot time) [byte]	64	512	NINCS CSMA/CD MAC PROT.
Küldési próbálkozás	16		
Visszalépési algoritmus korlátja	10		
Minimális keretméret [byte]	64		
Maximális keretméret [byte]	1518		

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
- 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:
 - Keretfűzés (frame bursting)
 - Vivő kiterjesztés (Carrier-extension) bitek hozzáadása a keretekhez
 - Ezt választották, mert ezzel nem változott a szabvány
- Ma tipikusan **full duplex switchekkel**



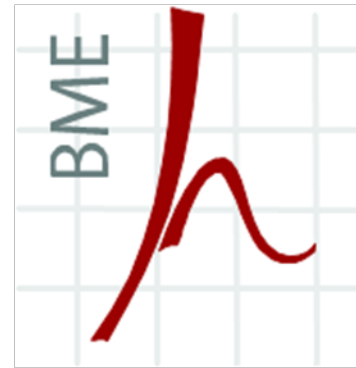
IEEE 802.3ae - 10 Gbit/s Ethernet (XGE) - Áttekintés

- 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 **full 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
- Metcalfe próféta: 2015-ig Terabit Ethernet, viszont ehhez teljesen új féle Ethernet szabványok
 - már látható, nem fog megvalósulni addig

IEEE 802.3 Ethernet – összefoglalás

- 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



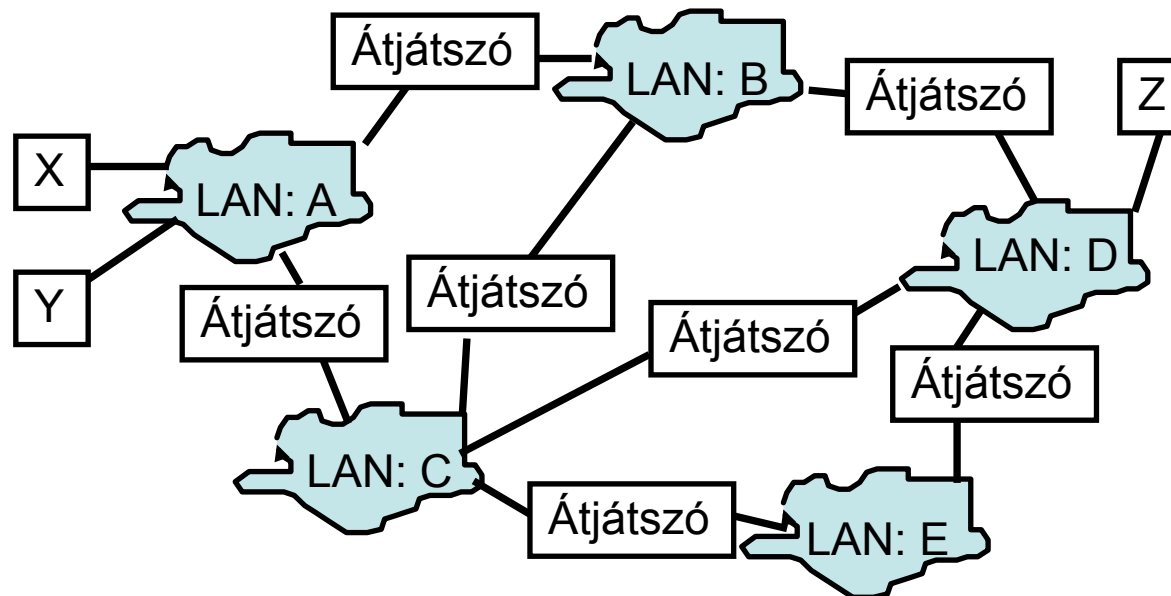
Lokális hálózatok II. rész

LAN-ok összekapcsolása

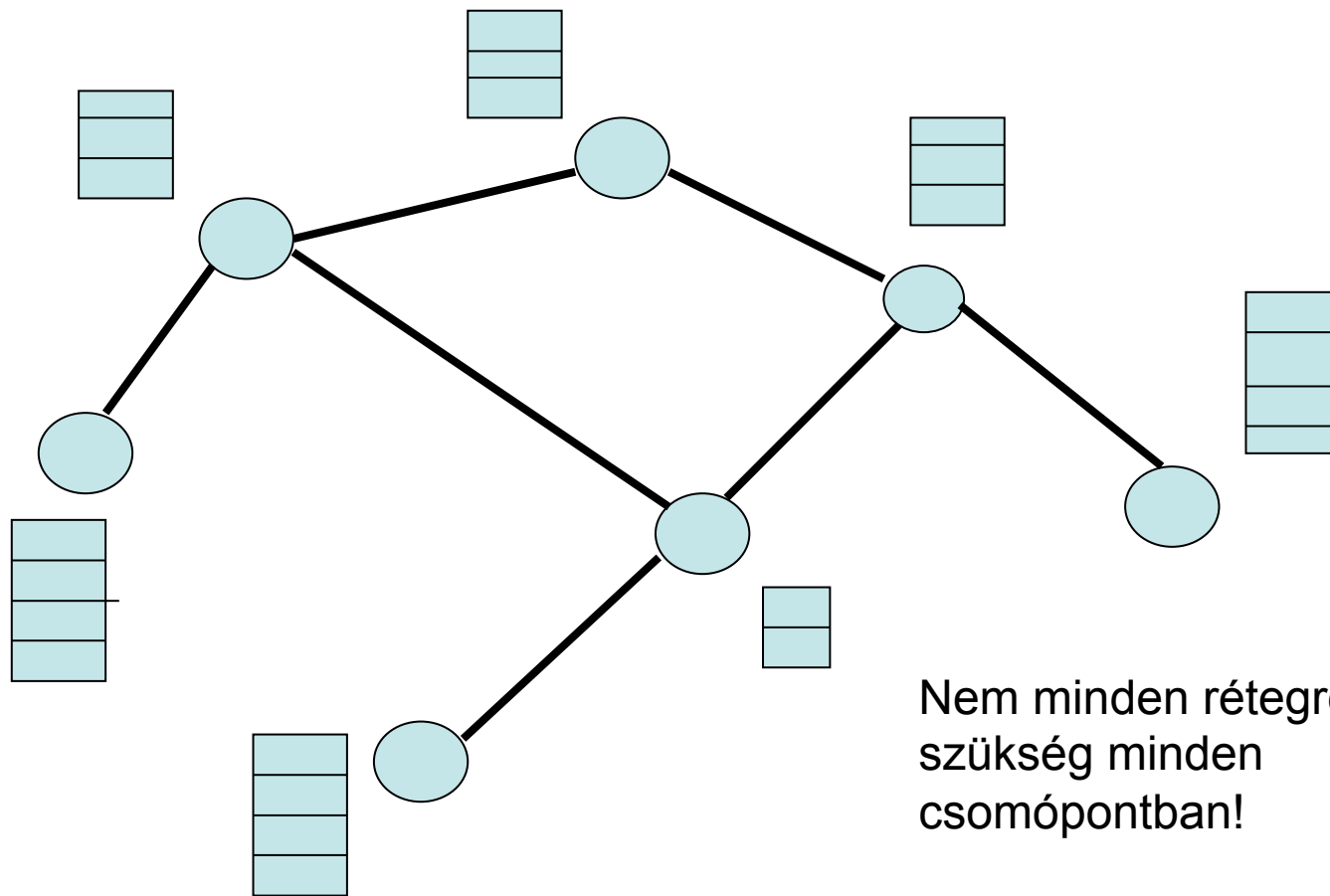
2013. március 7.

A LAN-ok korlátainak átlépése

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

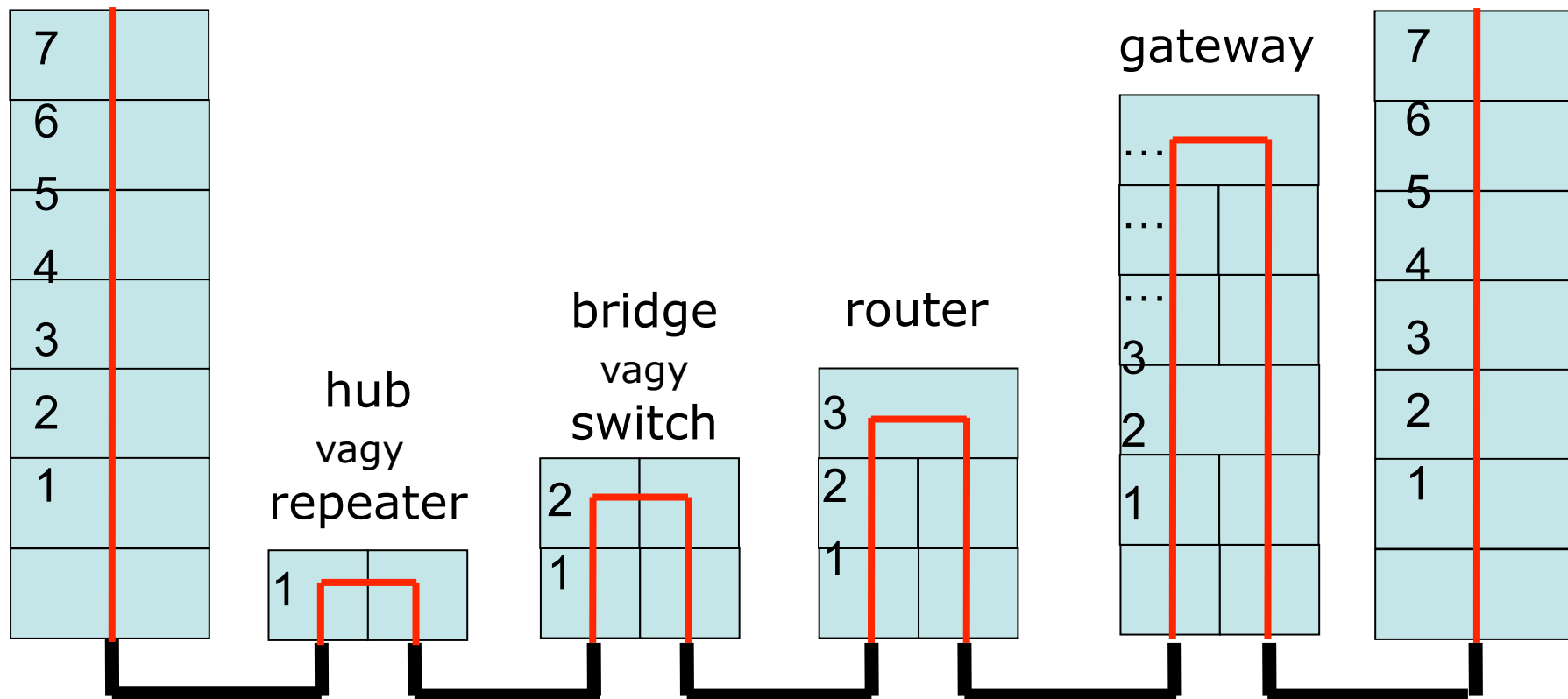


Protokollrétegek a hálózati csomópontokban



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

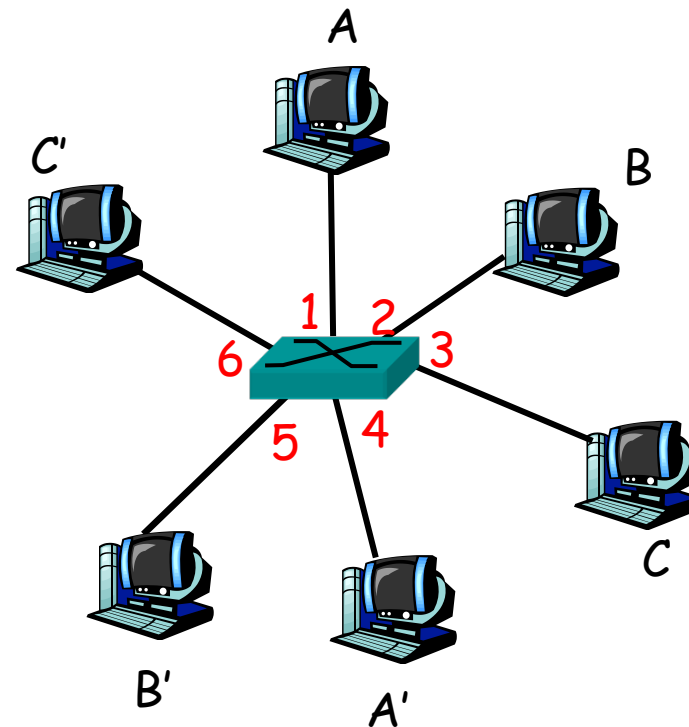
- Nagyon hasonló a kettő:
 - Adatkapcsolati rétegbeli összeköttetés
 - **Többféle sebességet** is képesek kezelni
- Történetileg:
 - Először: híd
 - Később: kapcsoló a LAN-okban (kapcsolt Ethernetben)
- Az összeköttetés
 - Híd: tipikusan LAN-szegmenseket köt össze
 - Kapcsoló: LAN-szegmensek és egyedi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

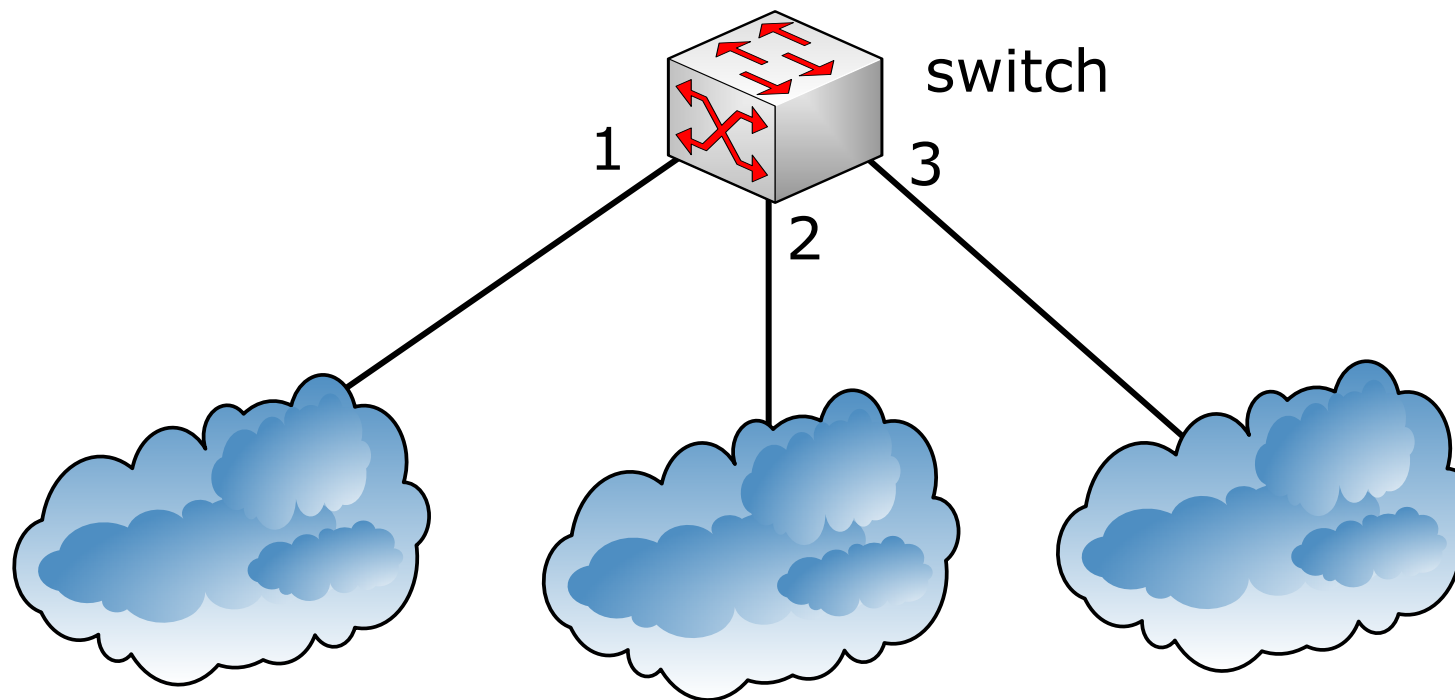
Switch: több kapcsolat egy időben

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

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 keret

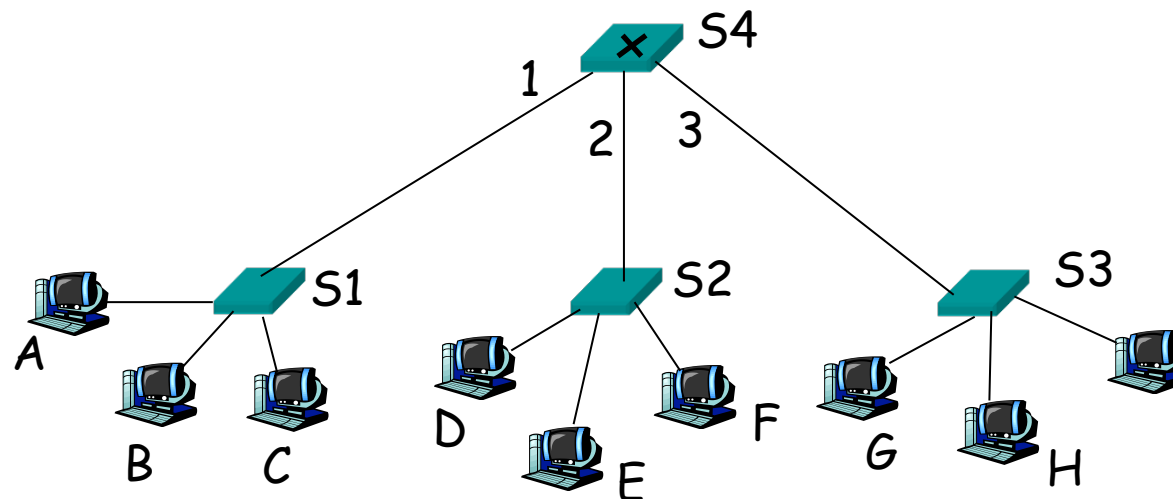
then eldobja a keretet

else továbbítja a megadott interfészre

}

else elárasztás

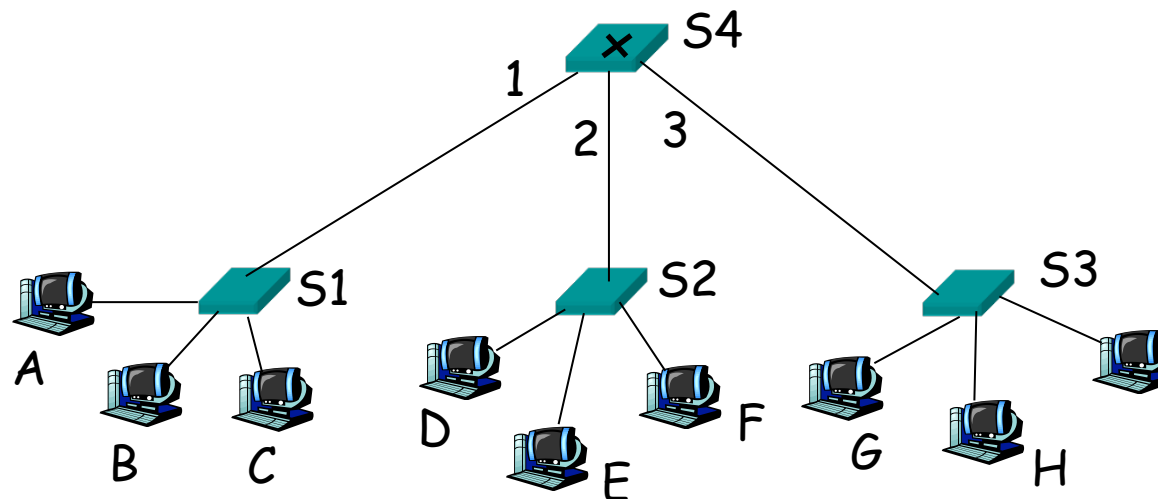
*továbbítás minden interfészre,
kivéve azt, amelyről érkezett*



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

Kérdések?

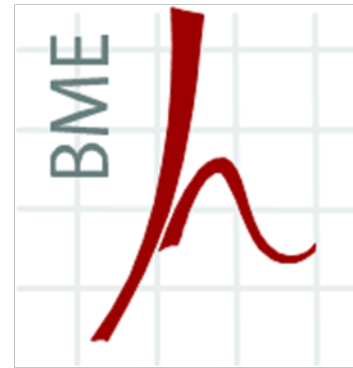
KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu



Vezeték nélküli LAN-ok IEEE 802.11

WLAN – Wireless Local Area Network
Wi-Fi – Wireless Fidelity

Dr. Simon Vilmos
docens

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

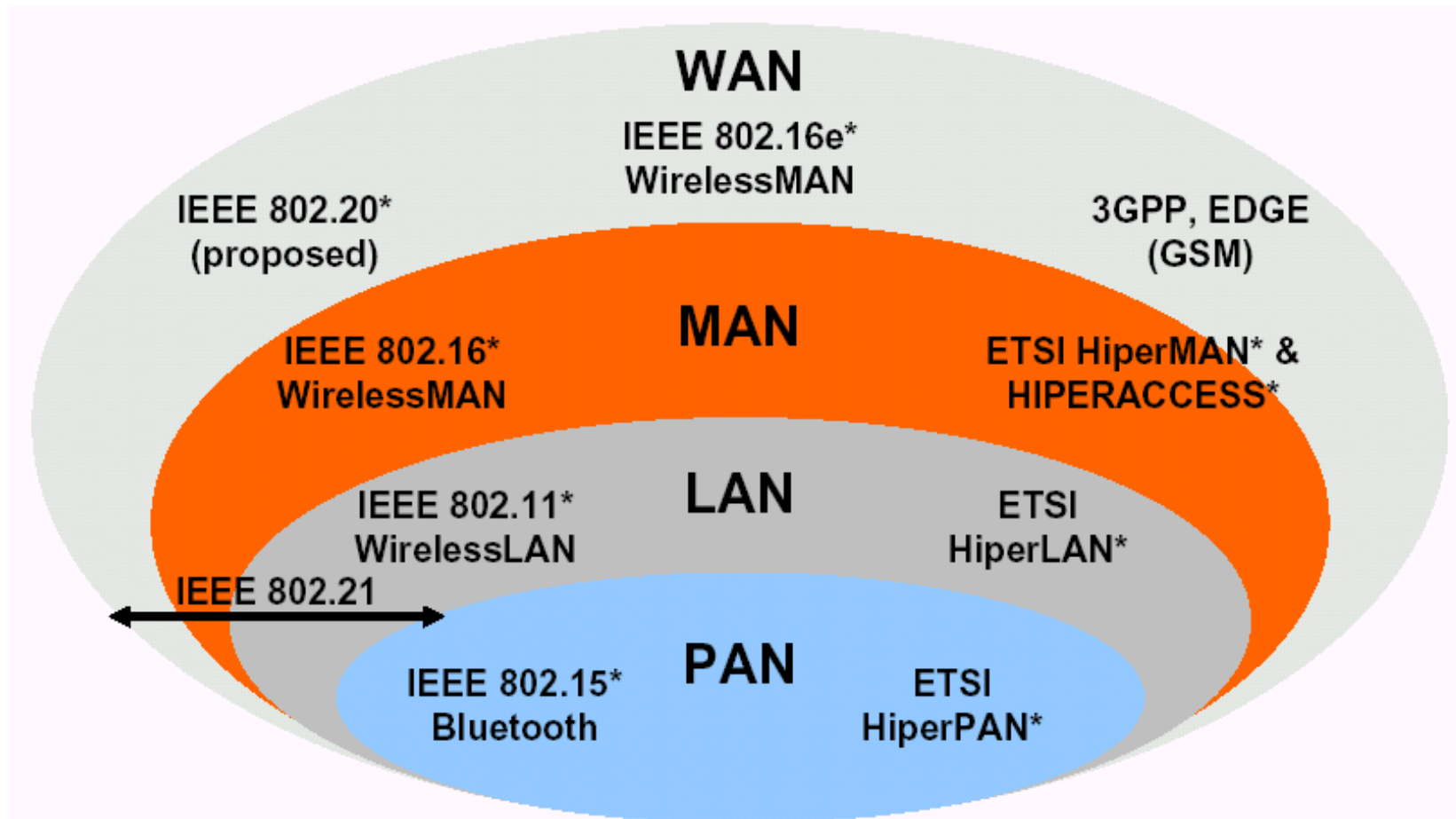


2014.március 11.

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

Vezetéknélküli hálózatok osztályozása kiterjedésük szerint



A wireless LAN-ok jellemzői

WLAN jellemzők:

- pár száz méter
- 1-2 Mbit/s-től a 100 Mbit/s-ig
- ISM sávban (engedélymentes):
 - 2,4 GHz
 - 5,8 GHz

Jellegzetes alkalmazások:

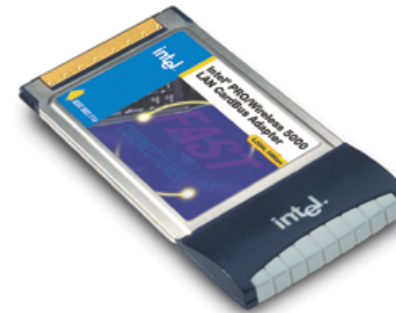
- Épületen belüli LAN-ok részeként
 - kórházak, áruházak, hotelek, egyetemi campus, műemlék-épületek
- Közeli épületek közötti kapcsolat, pl. utca felett
- Otthoni iroda, kisvállalati iroda (SOHO – small office – home office)
- Nyilvános Internet-elérési pont

WLAN-kártya



asztali számítógépekbe

AccessPoint (AP)

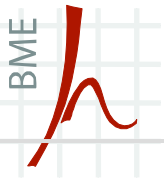


hordozható eszközökbe



802.11-es szabványok

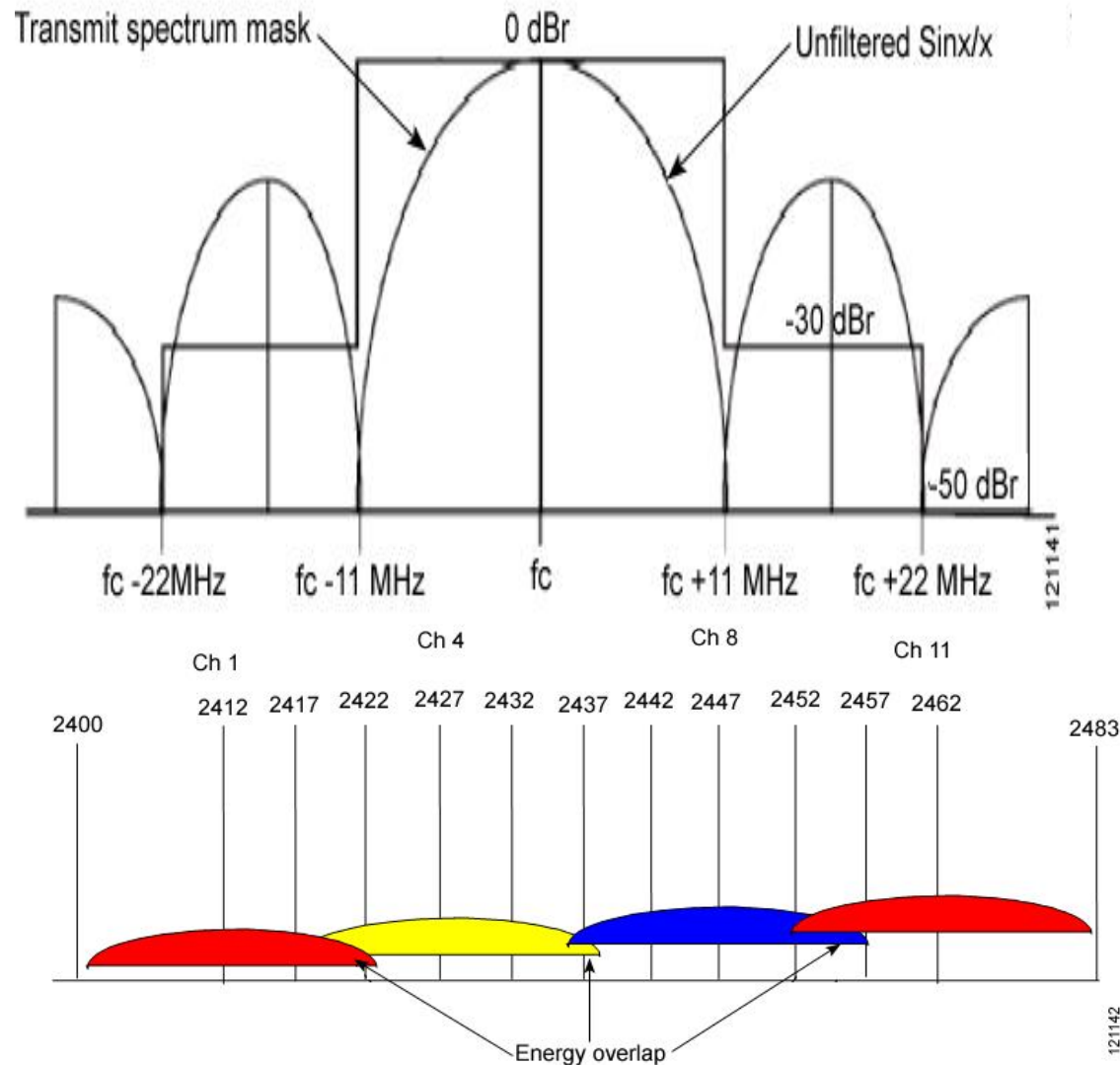
- **Különböző alszabványok**
 - 802.11 – 1-2 Mbit/s, 2,4 GHz, FHSS/(DSSS/infra)
 - 802.11a – 54 Mbit/s, 5 GHz, OFDM
 - 802.11b – 11 Mbit/s, 2,4 GHz, DSSS, 11-13 csatorna
 - 802.11g – 54 Mbps, 2,4 GHz, OFDM / DSSS, 13 csatorna
 - 802.11n – akár 600 Mbit/s, 2,4/5 GHz, OFDM MIMO (4 stream), több csatornás üzemmód
 - 802.11ac – több mint 1Gb/s, 5GHz, szélesebb frekvenciasávok (80-160Mhz), multi-user MIMO (8 stream), 256QAM: **elfogadva 2014 január!**
- **További alszabványok fontos kiegészítő funkciókra**
 - 802.11e – QoS-támogatás
 - 802.11h – automatikus teljesítményszabályozás (ATPC) és dinamikus csatornaválasztás (DFS)
 - 802.11i – adatbiztonság, titkosítás (pl: AES titkosítás)
 - 802.11j – 802.11a - HiperLAN2 együttélés
 - 802.11s – mesh-üzemmódú működés



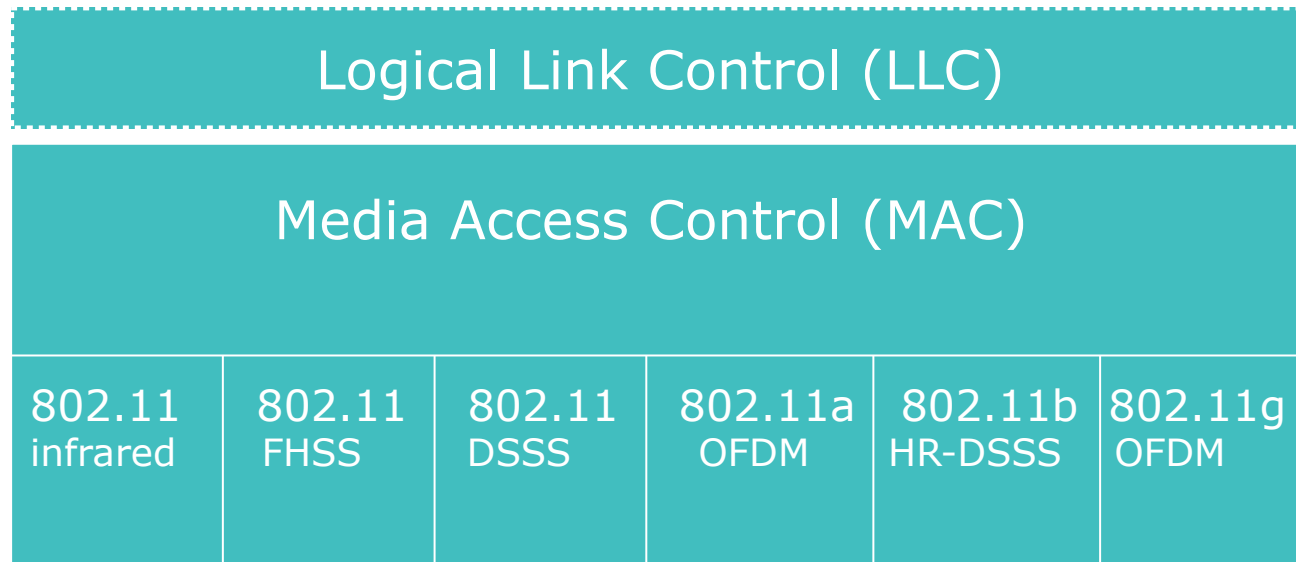
Csatornák (2,4Ghz)

- Pl. egy felosztás: 2.4000–2.4835 GHz sávban:
 - 13 db 22 MHz-es csatorna, egymástól 5 MHz-re a középfrekvencia
- **Spektrális maszk** minden csatornára (átlapolódás miatt)
 - Frekvencia közepétől 30dB-es csillapítás +/-11Mhz-re
- Egyszerre lehet használni pl. **1.,6.,11.**csatornát átlapolódás nélkül
 - Közel-távol probléma akkor is gond lehet!
- Így is interferencia: mikrosütő, cordless telefon, Bluetooth, NFC
- 5Ghz-es sávban 23 nem átlapolódó csatorna

Spektrális maszk, 802.11b

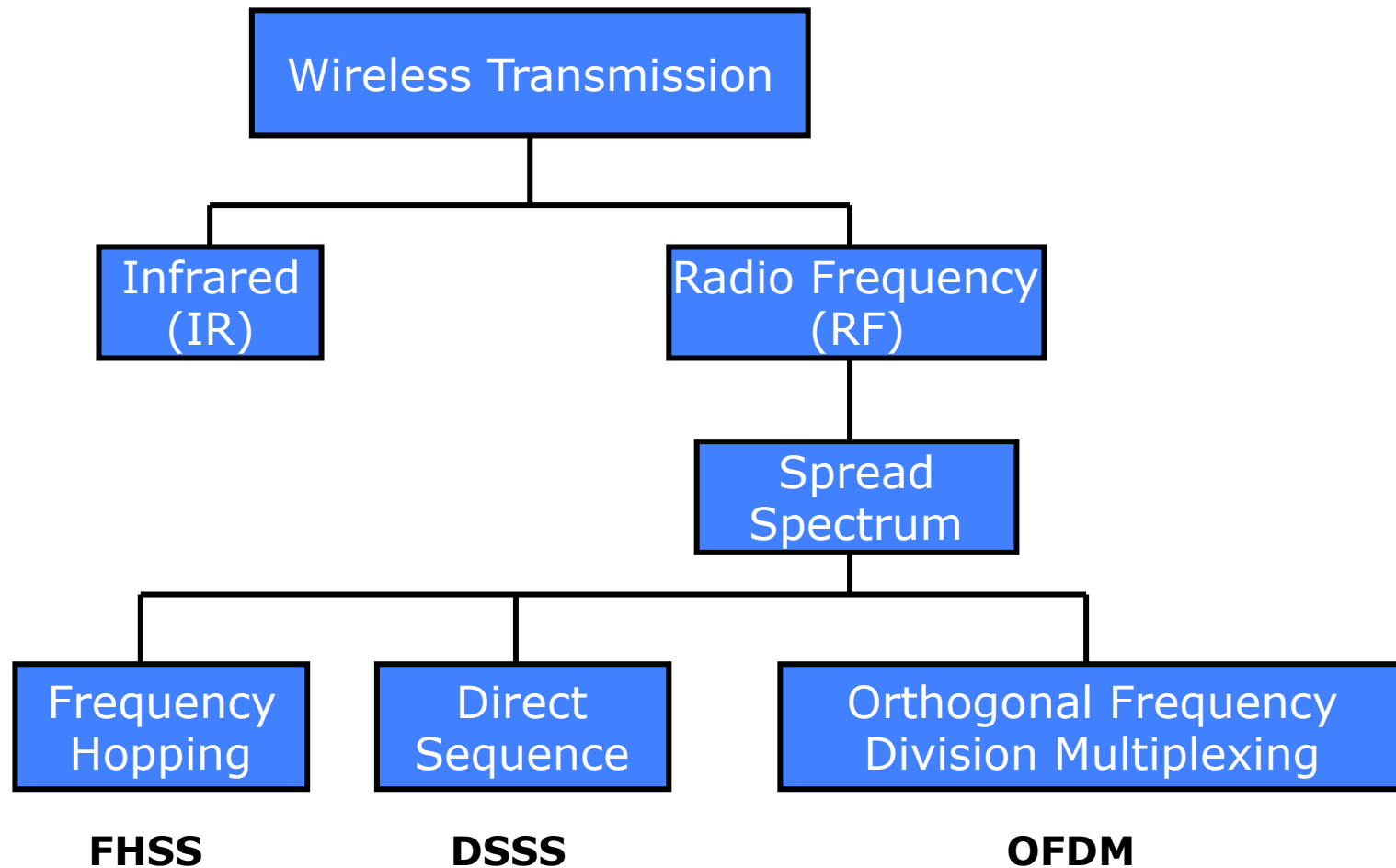


802.11 szabványok



Szabványváltozatok a különböző rétegeknek megfelelően

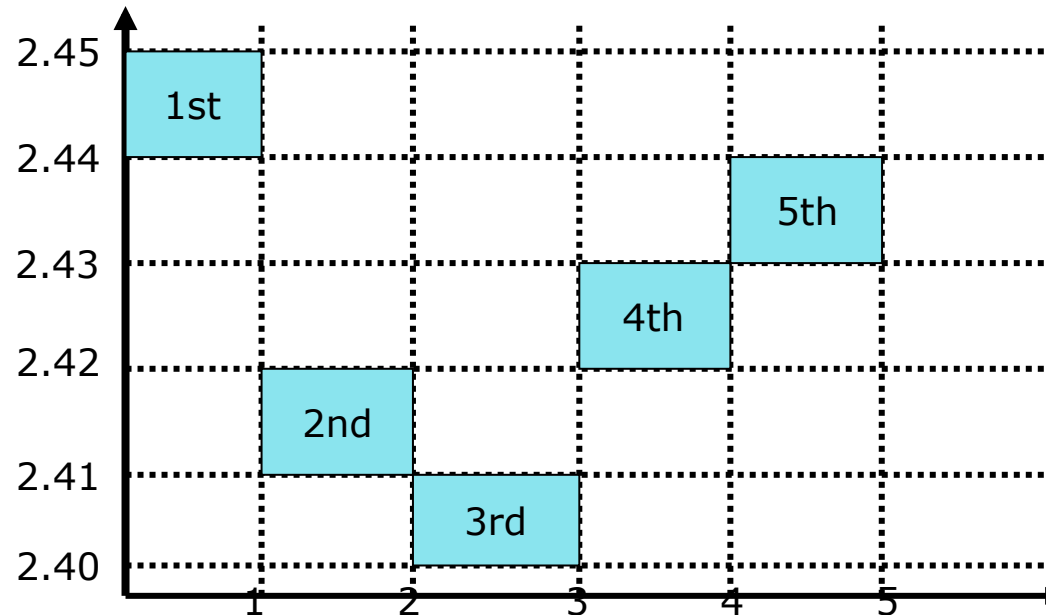
A vezeték nélküli kommunikáció fizikai formái



DSSS: detekció, zavarvédetség

- Detekció: **korrelációs vevő**, a kódolásnál alkalmazott álvéletlen jelsorozattal, szinkronban
 - A korrelációs detektor maximumot ad az adott chip-időn belül és alacsony értékeket más helyeken
 - A zajjal, zavarokkal nincs korreláció
- A **chip-frekvencia („processing gain”)** megválasztása
 - Hosszú kód: jó zavarvédetség
 - Rövid kód: kisebb sáv szélesség igény
- IEEE 802.11 : 11 bites szórás
 - FCC: min. 10 az ISM sávban
 - 11-es érték nem túl nagy: **mérsékelt zavarvédetség, de jó sáv szélesség-gazdálkodás**

Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

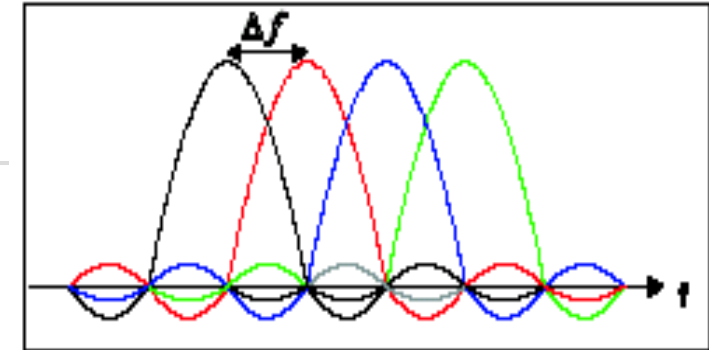


- Több frekvenciát használ
- Példa:
 - 10 MHz helyett 50 MHz-et használ
 - Az első bit (vagy bitek egy csoportja) 2,44 GHz-en, a második bit 2,41 GHz-en, míg a harmadik bit 2,40 GHz-en kerül kiküldésre

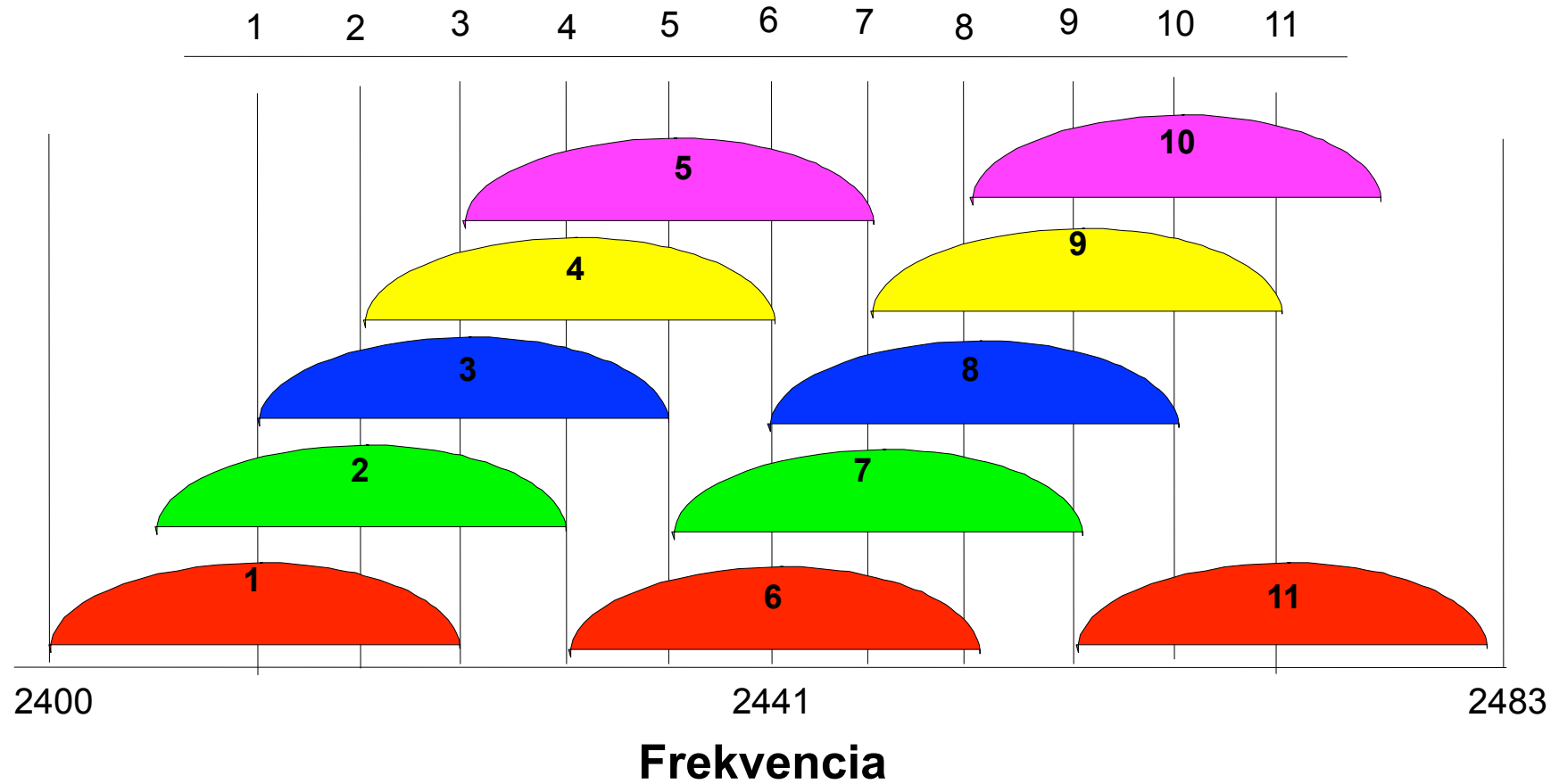
FHSS: fő paraméterek

- Lassú és gyors frekvenciaugratás
 - Bitsebesség $>$ vagy $<$ a hopping-sebességnél
- A 2.4 GHz ISM sávban:
 - Min. 75 frekvencia használata
 - Max. 400 ms egy frekvencián: 2,5 ugrás/s;
 - Lehet adaptív is: csak „jó” frekvenciákat használja

Orthogonal Frequency Division Multiplexing



- A frekvenciasáv felosztása **sok részsávra**
 - ezekben továbbítjuk a **párhuzamosított** jelfolyamot
 - részsávon belül QAM (16 v. 64) vagy PSK (B v. Q)
- A spektrum hatékony kihasználása: **„ortogonális” vivőkkel**
 - a sávok nem diszjunktak, a spektrumok „össze vannak tolva”, egymásba átlógnak
 - viszont szétválaszthatók, mert eleget tesznek a **Nyquist-elv**nek



OFDM előnyei-hátrányai

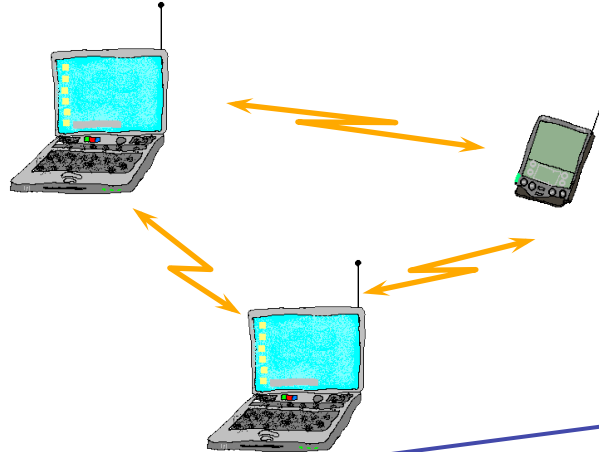
+:

- Jó védetség a keskenysávú interferencia és frekvencia szelektív fading ellen
- Magas spektrális hatékonyság

-:

- Érzékeny a Doppler-effektusra és frekvencia szinkronizációra

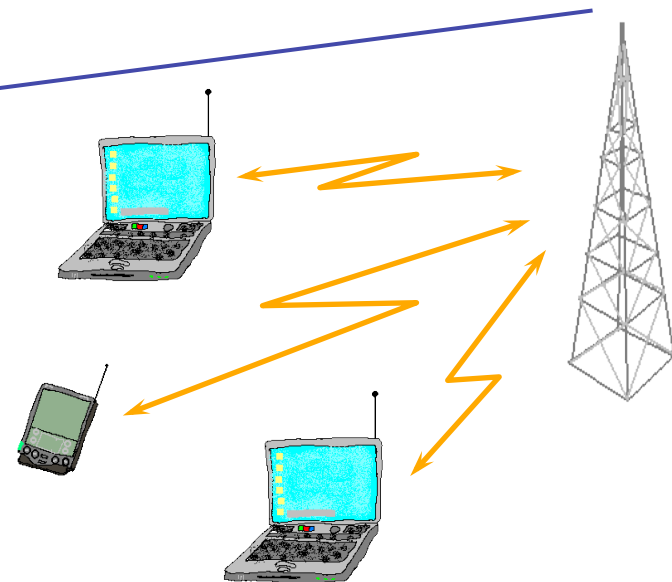
- Ad-hoc mód



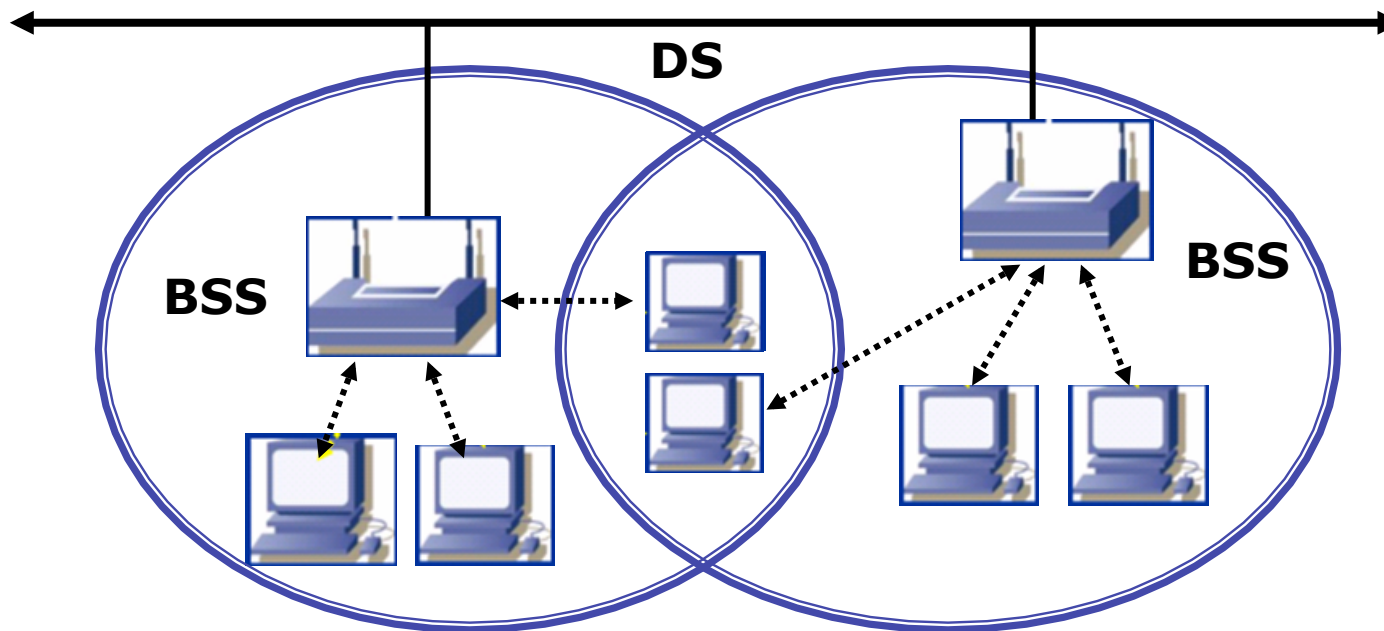
- Részei: csak kliensek
- Kommunikáció: **peer-to-peer**
- Eseti hálózatok esetén

- Infrastruktúra mód

- Részei: Access Point (AP) + kliensek
- Kommunikáció: csak **AP-kliens**
- AP: kapcsolat a vezetékes és a vezeték nélküli hálózat között



WLAN-ok topológiája (BSS és ESS)

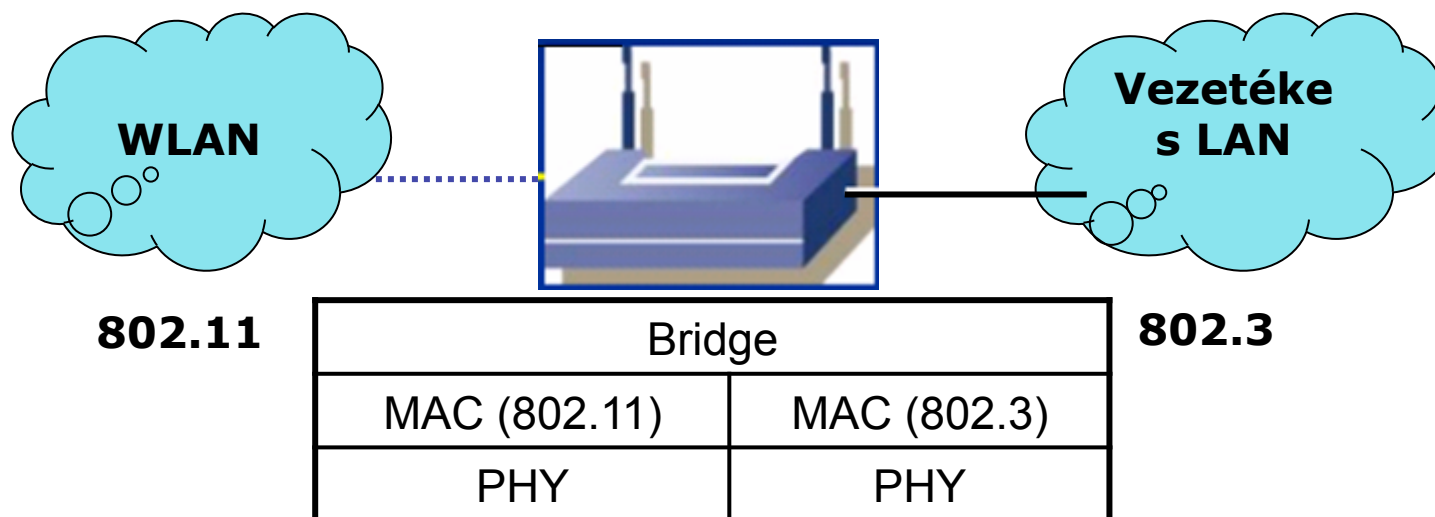


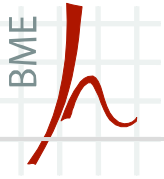
Basic Service Set (BSS) – egy cella

Extended Service Set (ESS) – több cella

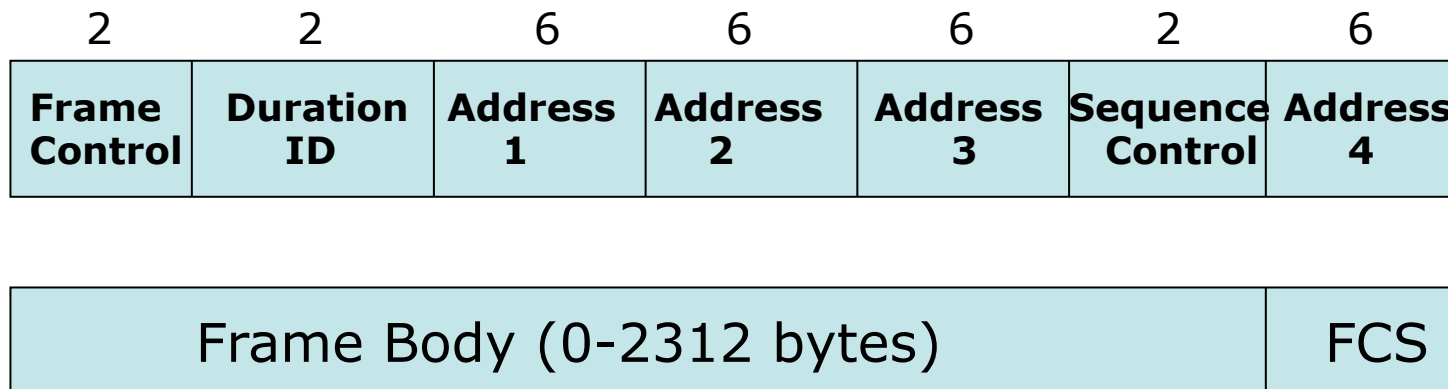
Distribution System (DS) – elosztóhálózat (gerinc)

Wireless Access Point (WAP) – Bridge





802.11 keretformátum



Vezérlési keretmező (Frame control)

- Protokoll verzió (2bit)
- Típus (2 bit): vezérlési, adat vagy menedzsment keret
 - Vezérlési: ACK, RTS, CTS
 - Menedzsment: Beacon (időbélyeg, SSID, FHSS/DSSS paraméterek)
- ToDS-FromDS (1-1 bit): elosztóhálózatba/ból
 - BSS-en belüli kommunikáció esetén 00

802.11 címek

To DS	From DS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
0	0	DA	SA	BSSID	N/A
0	1	DA	Sending AP	SA	N/A
1	0	Receiving AP	SA	DA	N/A
1	1	Receiving AP	Sending AP	DA	SA

DS: Distribution System

BSSID: Basic Service Set ID

DA: Destination Address (Célcím)

SA: Source Address (Forráscím)



11-22-33-01-01-01



11-22-33-02-02-02

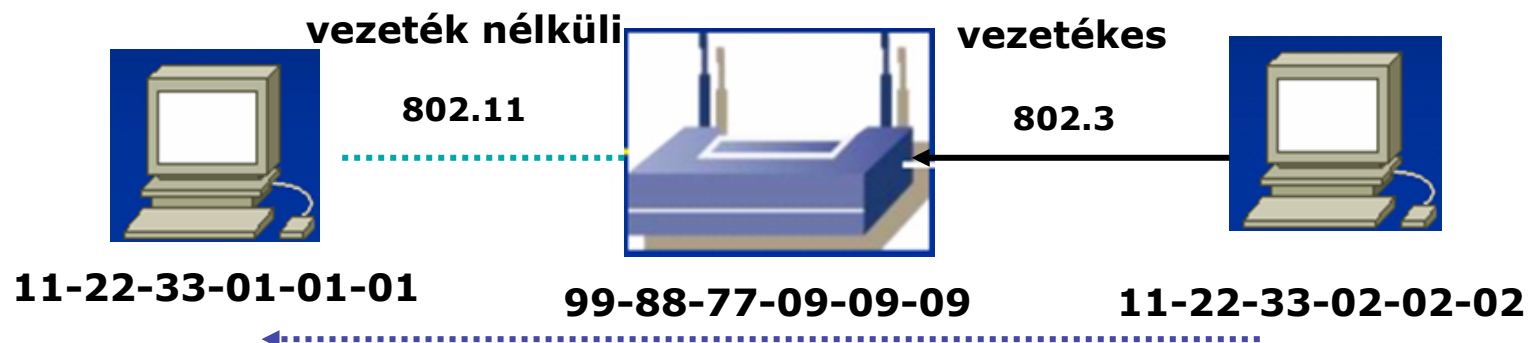


A1: 11-22-33-01-01-01
A2: 11-22-33-02-02-02
A3: BSS ID
A4: nem használt

DA

SA

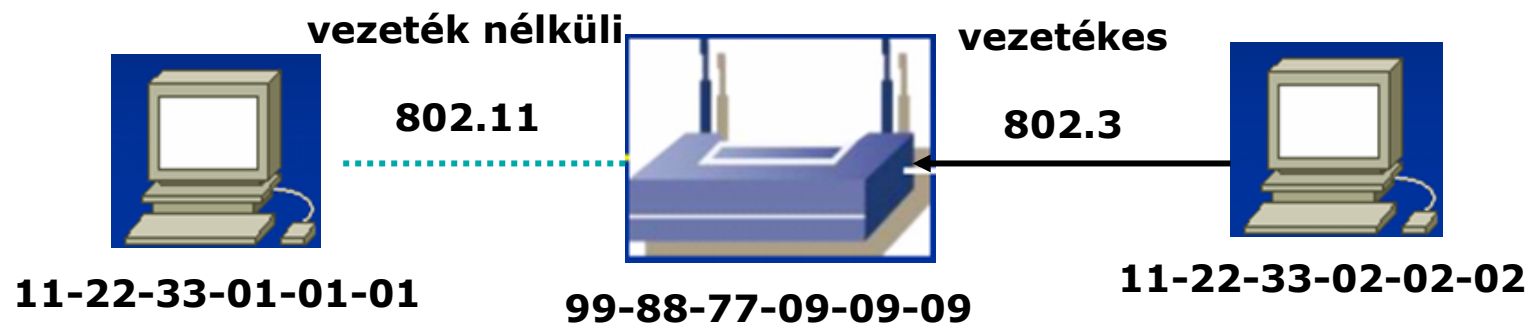
„01”-eset (vezetékesből vezeték nélkülibe)



A1: 11-22-33-01-01-01
A2: 99-88-77-09-09-09
A3: 11-22-33-02-02-02
A4: nem használt

DA: 11-22-33-01-01-01
SA: 11-22-33-02-02-02

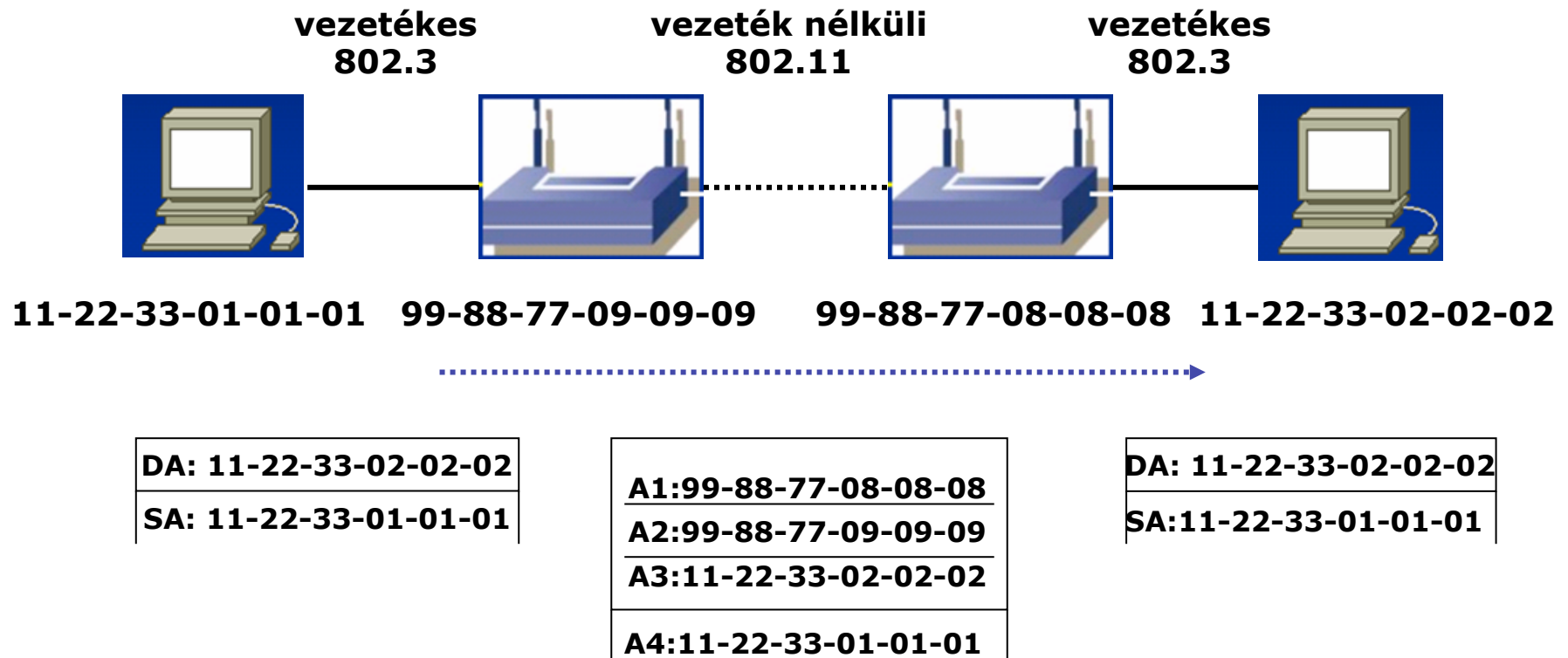
„10”-eset (vezeték nélküliből vezetékesbe)



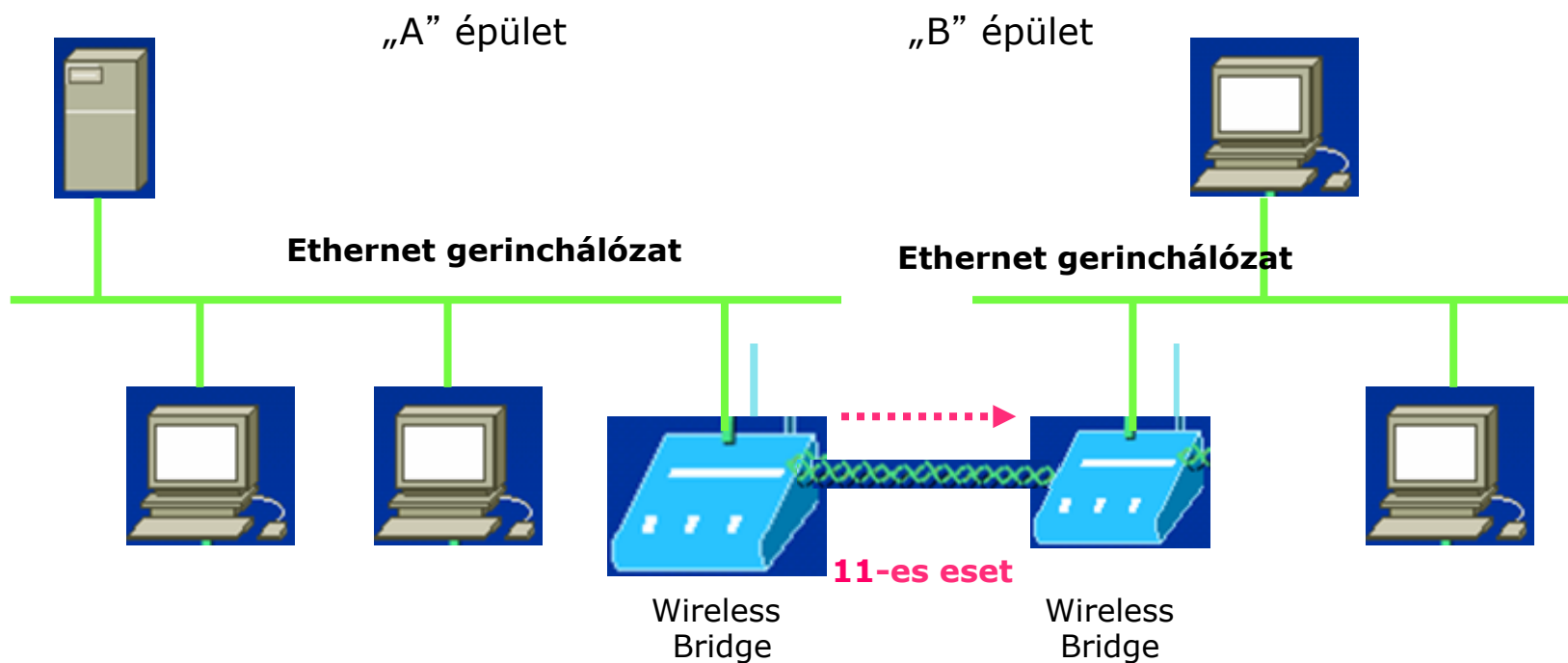
A1: 99-88-77-09-09-09
A2: 11-22-33-01-01-01
A3: 11-22-33-02-02-02
A4: nem használt

DA: 11-22-33-02-02-02
SA: 11-22-33-01-01-01

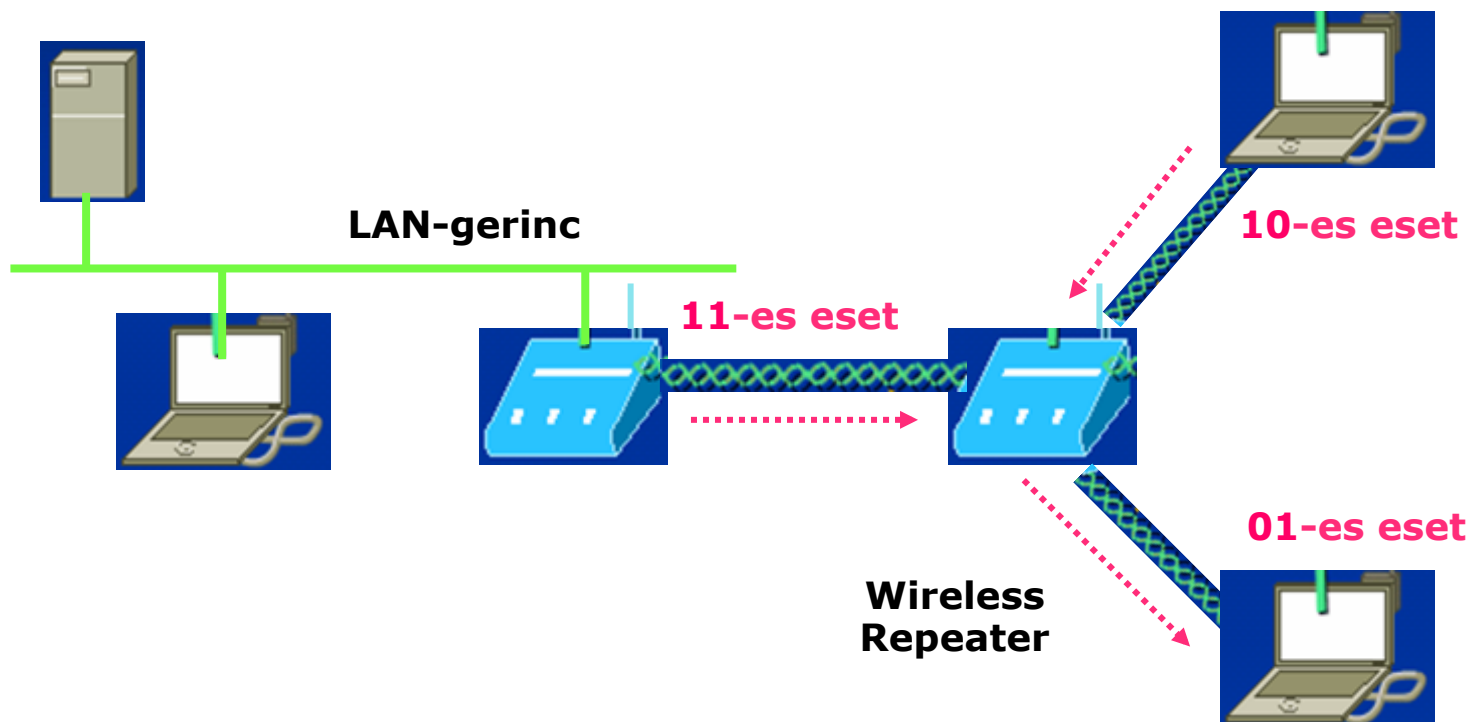
„11”-eset (vezeték nélküli összekapcsolás)



Vezeték nélküli híd (bridge)



Vezeték nélküli ismétlő (repeater)



802.11 MAC-réteg- Hozzáférési módszerek

- Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance – CSMA/CA
 - Nem CSMA/CD (802.3), **CS, de nem CD**
 - Vezeték nélküli LAN-okban nem lehet ütközést detektálni

- Két hozzáférési módszer:
 - **Distributed Coordination Function (DCF)**
 - **Point Coordination Function (PCF)**

Distributed Coordination Function (DCF)

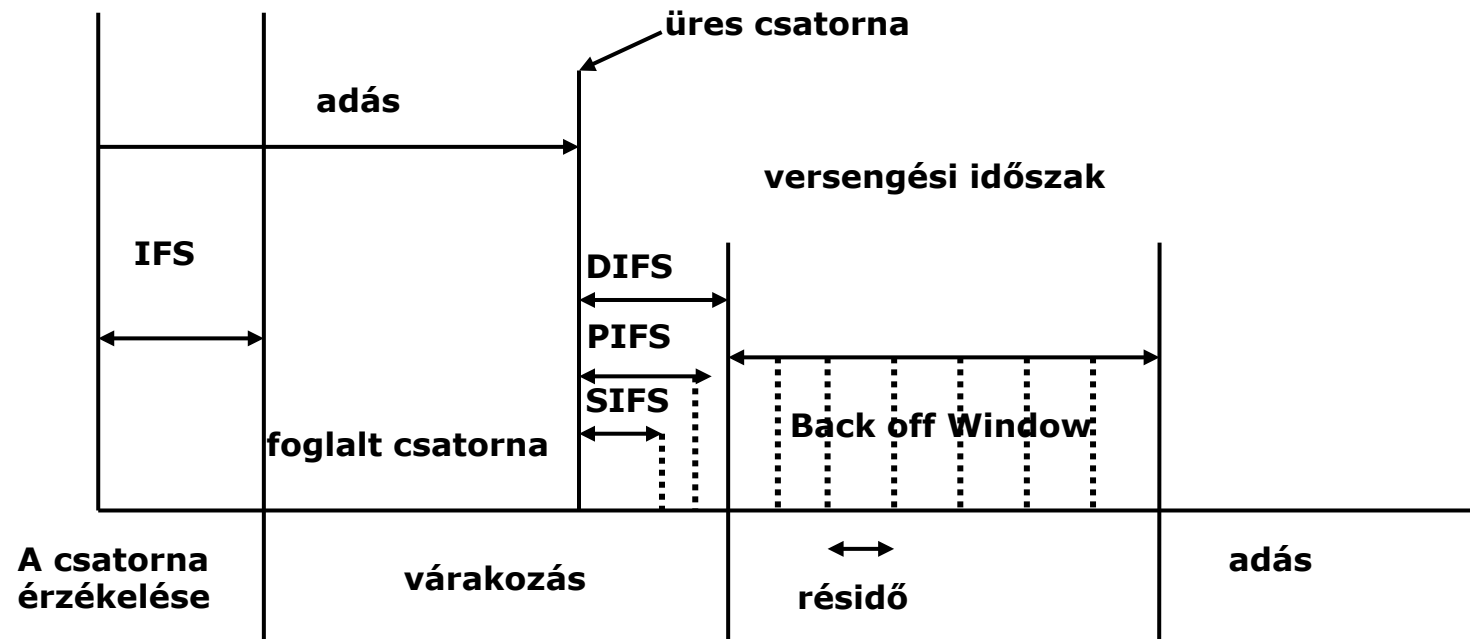
- A MAC alsó alrétege
- CSMA/CA
 - Collision Avoidance – Ütközés-elkerülés
- Különböző értékű **IFS-ek (Inter Frame Space)**
 - Short IFS (SIFS) – rövid IFS vezérlőüzenetek számára
 - PCF IFS (PIFS)
 - DCF IFS (DIFS) – adatkeretek számára

- **SIFS:**
 - Magas prioritású adások esetén: ők férnek legelőbb a csatornához
 - Pl. SIFS után: ACK, CTS
 - Konstans értékű (10 v. 16 μ s)
 - Reduced IFS (RIFS): 802.11n szabványban, még rövidebb
- **PIFS:** PCF képes AP várakozási ideje
 - $\text{PIFS} = \text{SIFS} + \text{Részidő}$
- **DIFS:** adatkereteknek
 - $\text{DIFS} = \text{SIFS} + (2 * \text{Részidő})$

DCF algoritmus

- Ha a csatorna **szabad**, az állomás **vár**, hogy **szabad maradjon (D)IFS ideig**. Ha igen, ad.
- Ha a csatorna foglalt (vagy már az elején, vagy azzá válik az IFS alatt), az állomás tovább figyel.
- Amikor a csatorna szabaddá válik, az állomás vár (D)IFS ideig, majd **egy véletlen késleltetést választ**. Amikor az letelik, megkezdí az adását.
- Sikeres adás esetén ACK-ot vár a vevőtől.

CSMA/CA (DCF)



DIFS: DCF IFS

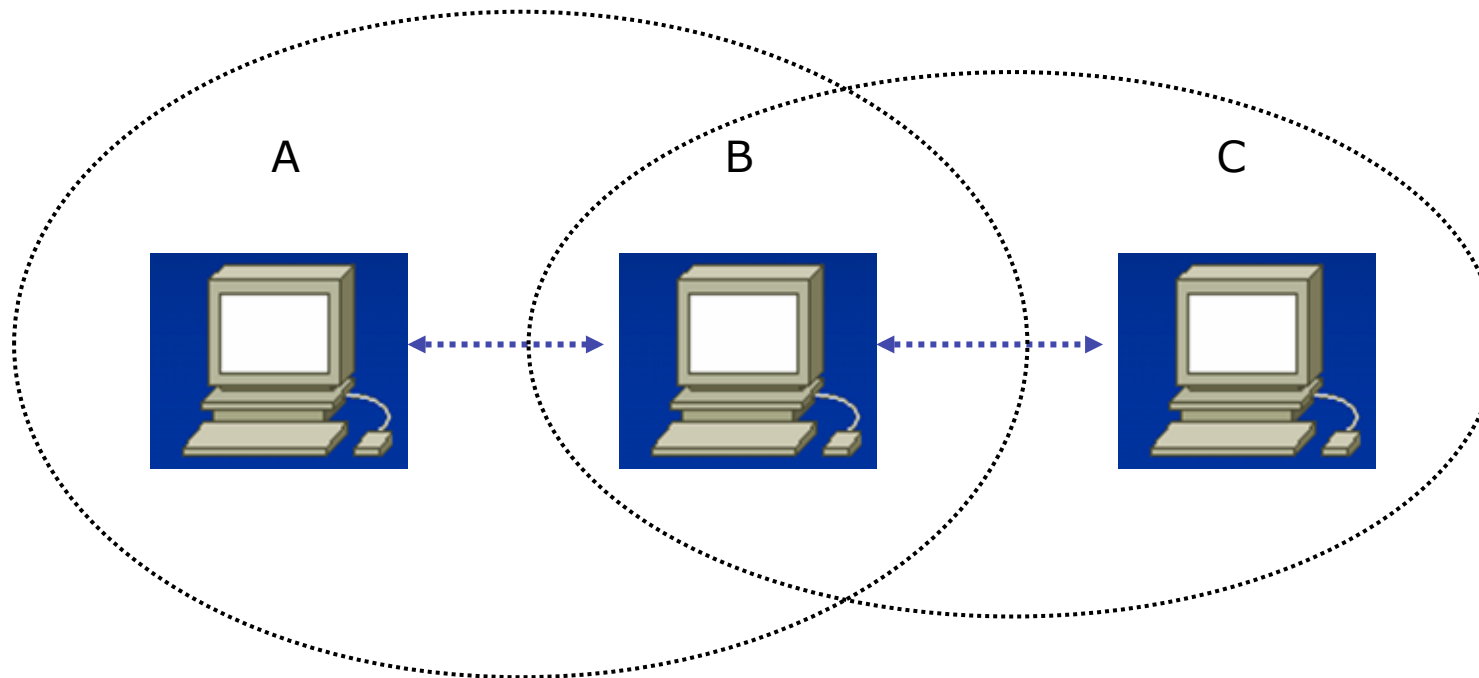
PIFS: PCF IFS

SIFS: Short IFS

Az exponenciális backoff algoritmus

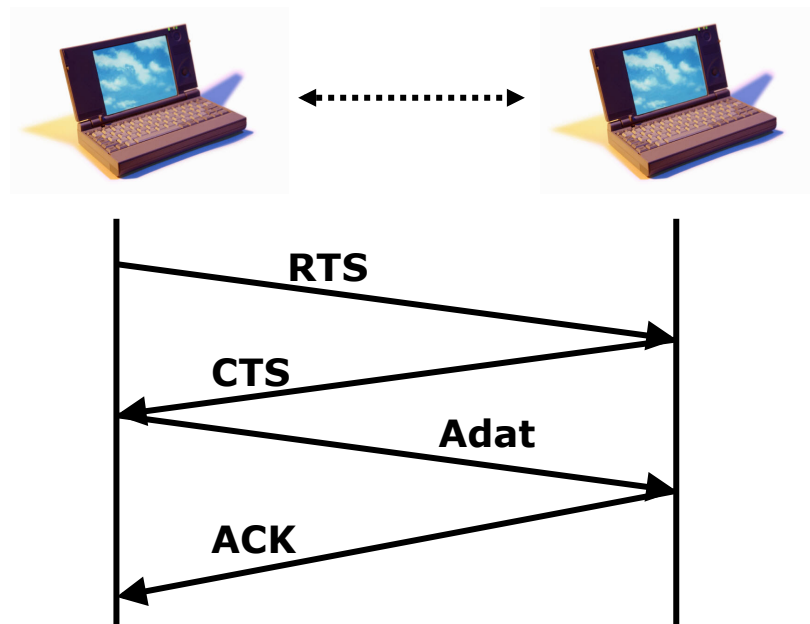
- $\text{Backoff_Time} = \text{INT}(\text{CW} * \text{RND}()) * \text{Slot_Time}$
 - A késleltetést itt **résidőben** (Slot_Time) mérjük
 - Úgy kerül megválasztásra, hogy azalatt az állomás biztosan érzékelhesse a csatorna foglaltságát
 - 20 μs (DSSS), 50 μs (FHSS)
 - **CW – Contention Window**
 - Kezdetben 31 (első foglaltság), majd 63 (második), 127 (harmadik) stb.
 - **RND()**
 - Véletlen számot generáló függvény 0 és 1 között

A rejtett állomás problémája



A kommunikál B-vel. C nem tud erről, ezért ő is elkezd B-nek üzeneteket továbbítani. Ez B-nél ütközéshez vezet.

Megoldás: RTS/CTS Handshaking



RTS – Request To Send
(küldés kérése)

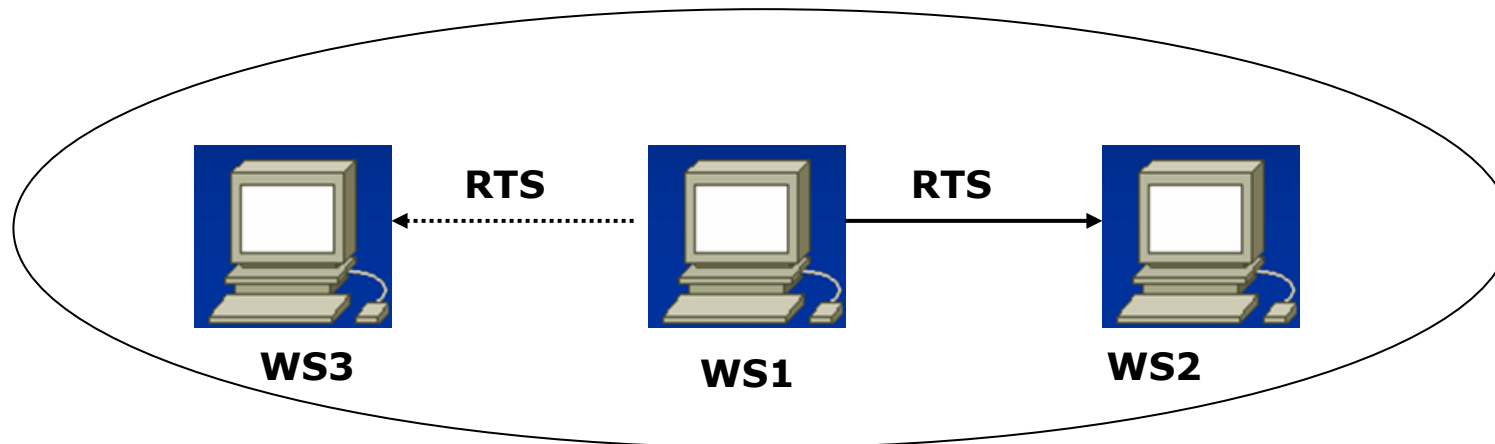
CTS – Clear To Send
(szabad küldeni)

ACK – ACKnowledgement
(nyugta)

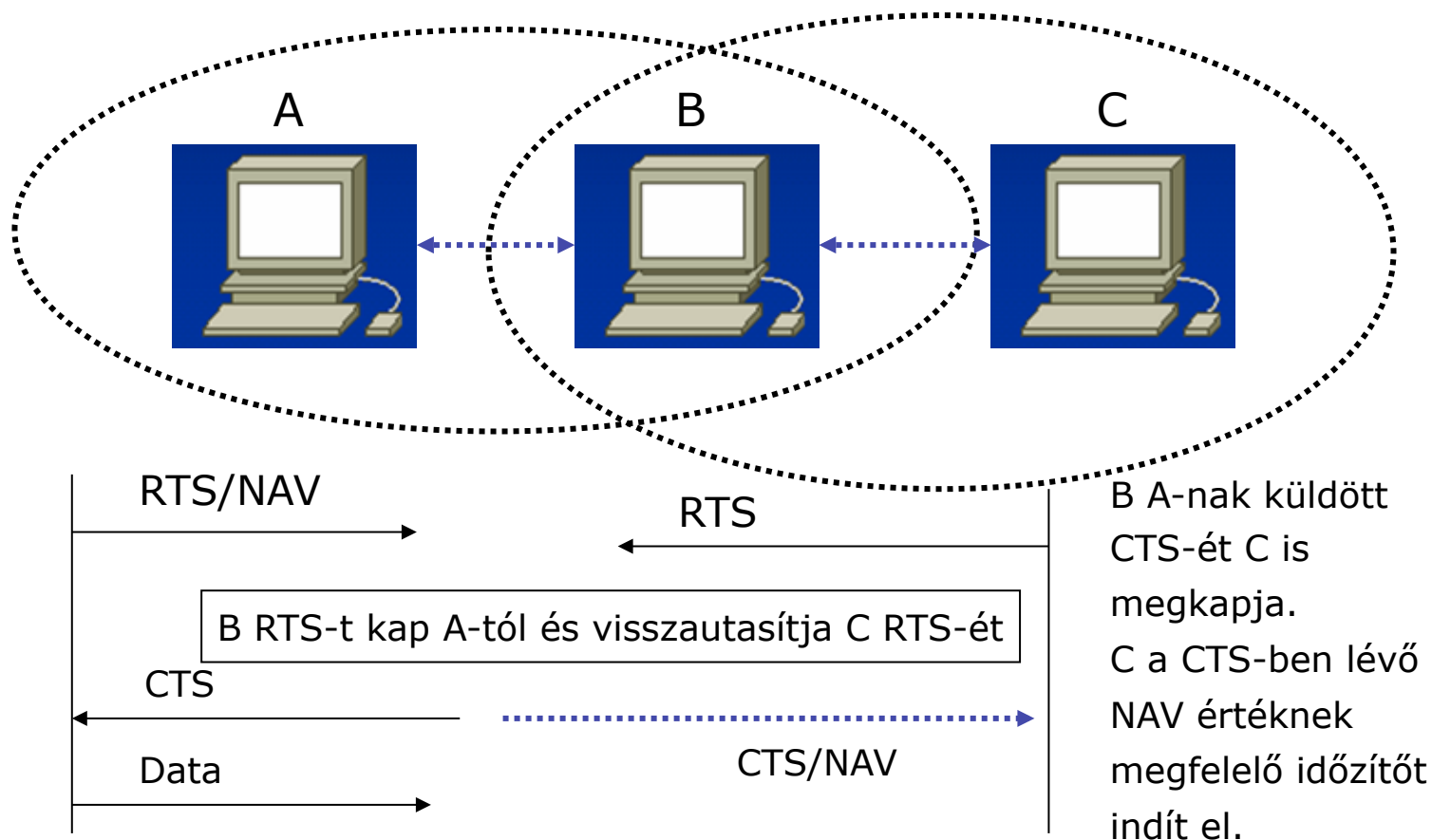
- A WLAN-oknál opcionális eljárás

Network Allocation Vector (NAV)

- Minden RTS keret **tartalmazza azt az időt**, ameddig az állomás el akarja foglalni a csatornát
- NAV: számláló a többi állomásnál, amelyeknek NAV ideig várniuk kell, mielőtt megnéznék, hogy a csatorna szabad-e
- Amikor az állomás (WS1) RTS-t (vagy CTS-t) küld, a többi (WS2 és WS3) **elindítják a NAV-ot**



RTS/CTS + NAV: Megoldás a rejtett állomás problémájára

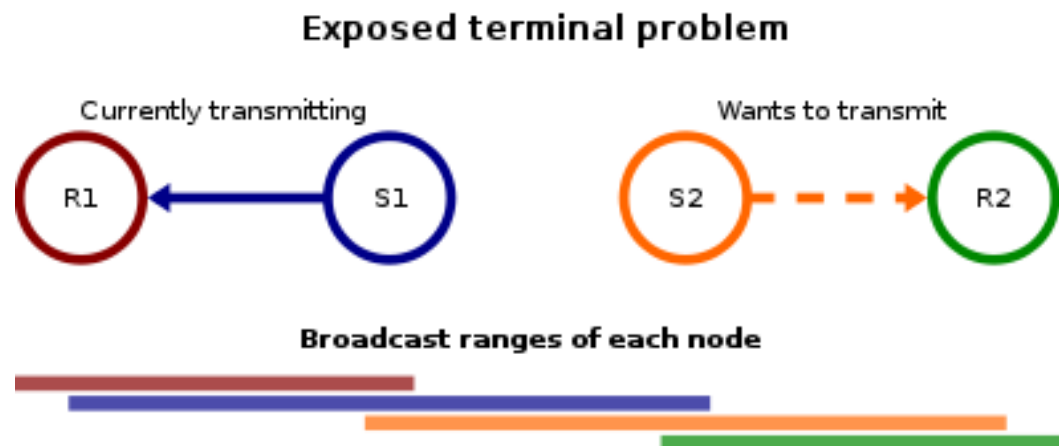


- Fizikailag foglalt
 - Az állomás foglaltnak érzékeli a rádiócsatornát

- „Virtuálisan” foglalt
 - Az állomás RTS-t vagy CTS-t vesz, amely jelzi hogy a csatorna foglalt lesz a NAV időtartamán

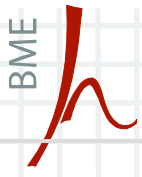
Exponált terminál probléma

- RTS/CTS csak akkor oldja meg, ha az állomások szinkronizáltak egyezik a csomagméretük éadatrátajuk
- Ha hall a szomszédos állomástól RTS-t, de CTS-t nem: exponált terminál lehet, így adhat
- Gyakorlatban nem oldja meg



RTS/CTS értékelése

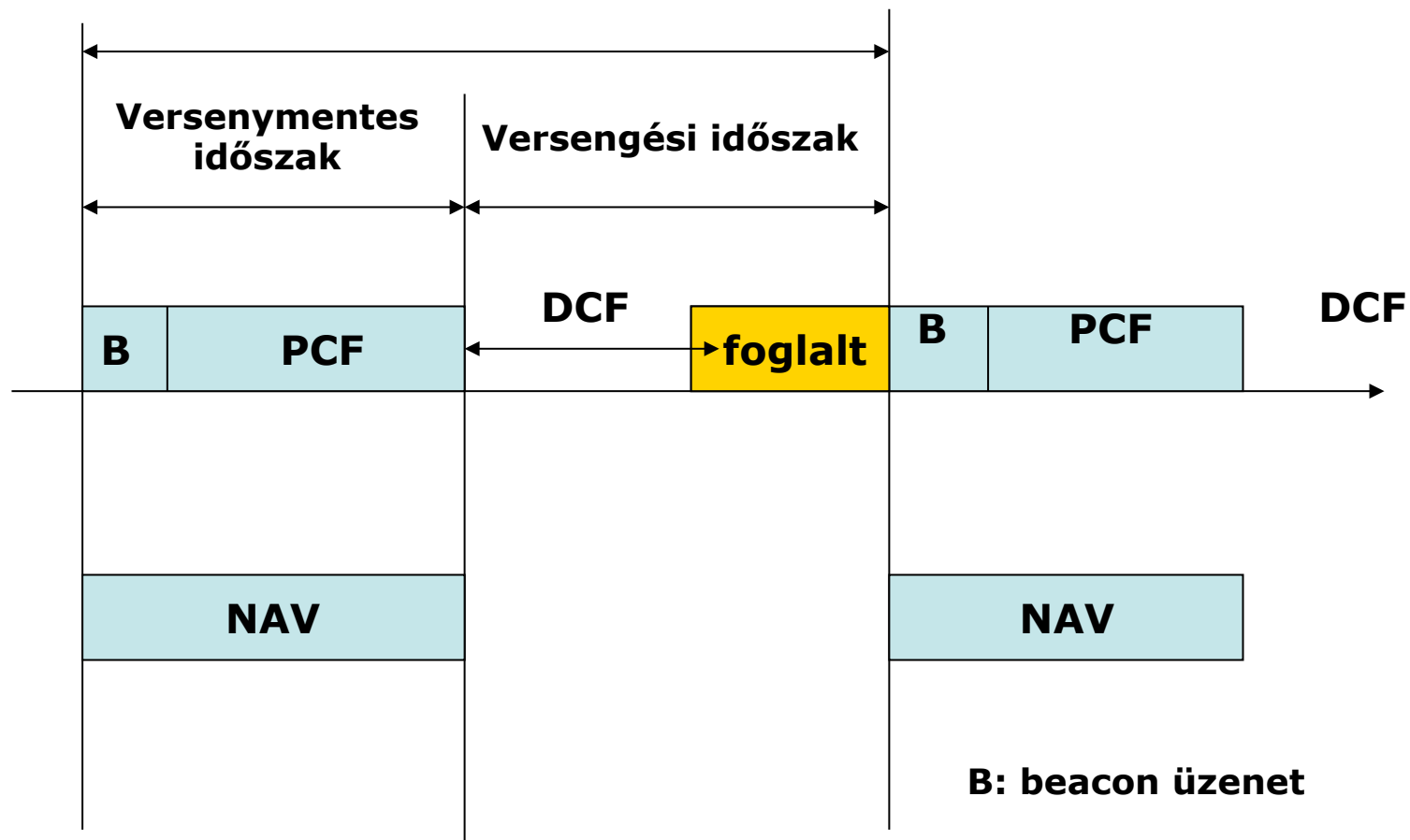
- WLAN-oknál opcionális eljárás
- Előnyös használni, ha
 - a rejtett állomás probléma fennállhat
 - nagy verseny van
 - sok nagy forgalmú állomás
 - a rövidebb keretek (RTS/CTS) ütköznek, nem a hosszabb adatkeretek
- Hátrány
 - Kisebb a felhasználható adatsebesség
 - RTS/CTS-re fordított idő kiesik
 - Jelentősen megnőhet a késleltetés



Point Coordination Function (PCF)

- 1) Opcionális és ha van, a DCF „felett”, azzal együttesen valósítják meg
- 2) **Egyetlen AP vezérli** a hozzáférést
- 3) Az AP által küldött **jelzőüzenet (beacon)** hatására az állomások beszüntetik a DCF működést
- 4) Az AP **lekérdezi sorban** az állomásokat
⇒ Garantált a maximális késleltetés
- 5) Egy állomás csak akkor adhat, ha kérdezik
- 6) **Prioritásokat** is lehet az állomásokhoz rendelni, így időérzékeny alkalmazások is támogathatók

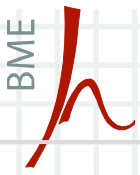
A PCF időbeli működése



DCF vs. PCF

- DCF hátrányai:
 - Sok kommunikáló terminál esetén sok ütközés
 - Nincsenek proritások, nincs QoS
 - Ha egyszer megszerzi egy terminál a csatornát, sokáig tarthatja

- PCF:
 - Van QoS, de nem elterjedt



Szolgáltatásminőség biztosítása (QoS) a WLAN-okban: a 802.11e szabvány

- **HCF – Hybrid Coordination Function**
- Kétféle MAC-módszer, DCF-PCF analógia
- **Forgalmi osztályok** (Traffic Category): pl. e-mail alacsony, Voice over WLAN magas prioritású
- **EDCA – Enhanced Distributed Channel Access**
 - Versenyzés: **prioritásos kevesebb ideig vár**
 - Kisebb CW és IFS
 - Van itt is versenymentes idő: hang és video számára
- **HCCA – HCF Controlled Channel Access**
 - Mint PCF: AP bármikor elrendelhet versenymentes periódust, egyébként EDCA verseny
 - Nem csak állomás, hanem **forgalomosztály ütemezés** is
 - Előre veszi a magasabb prioritású osztályt: **per-session service**
 - Legbonyolultabb CF, állomásokon DCF felett is működhet, AP-n új ütemező kell, ritkán valósítják meg

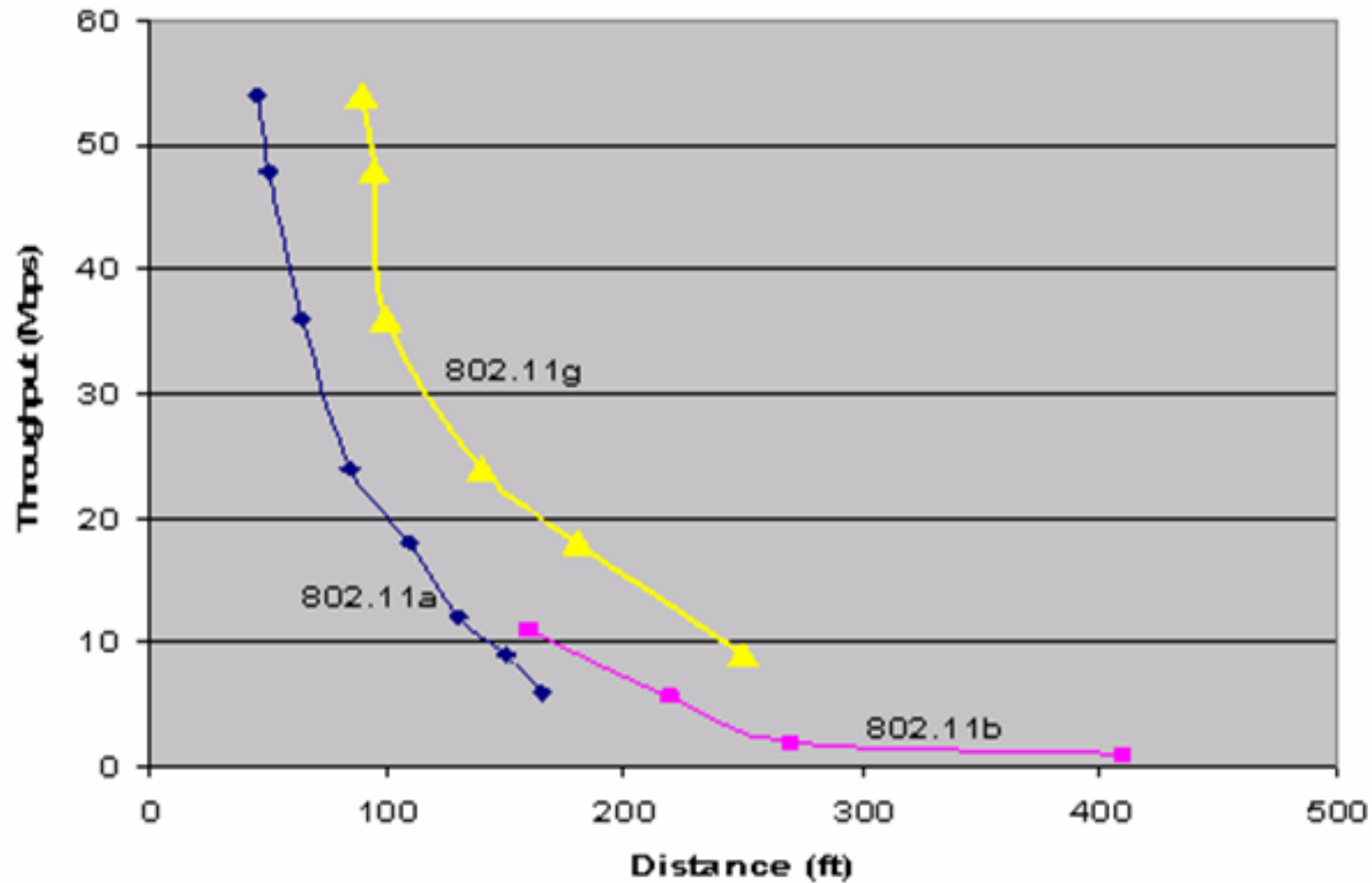
WLAN-ok teljesítőképessége

	802.11b	802.11a	802.11g
Elméleti maximális sebesség [Mbit/s]	11	54	54
UDP [Mbit/s]	7,1	30,5	30,5
TCP [Mbit/s]	5,9	24,4	24,4

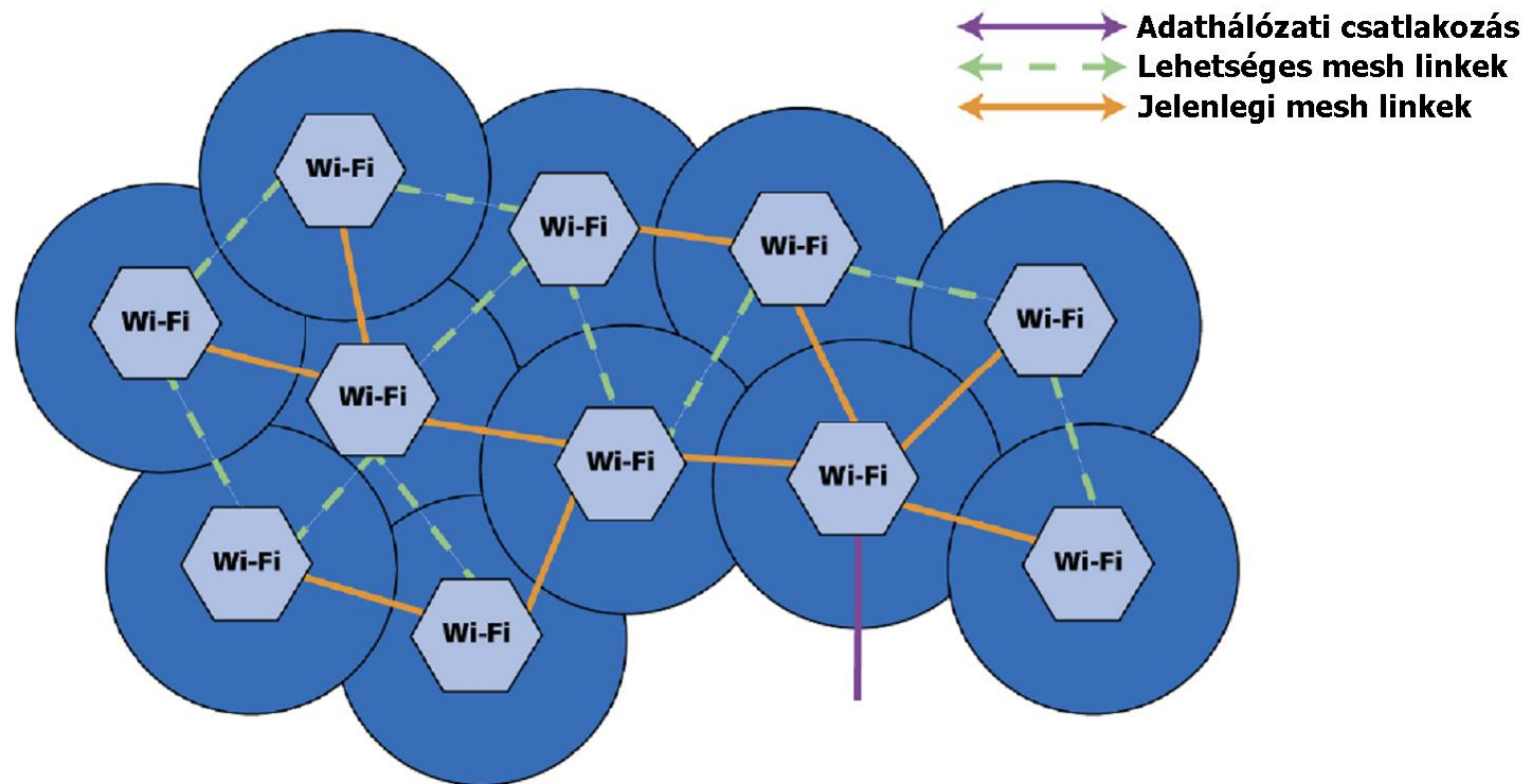
A teszt laboratóriumi körülmények között zajlott 10 m-nél kisebb távolságból.

"WLAN Testing with IXIA IxChariot", IXIA White Paper

A WLAN teljesítőképessége (átvitel)

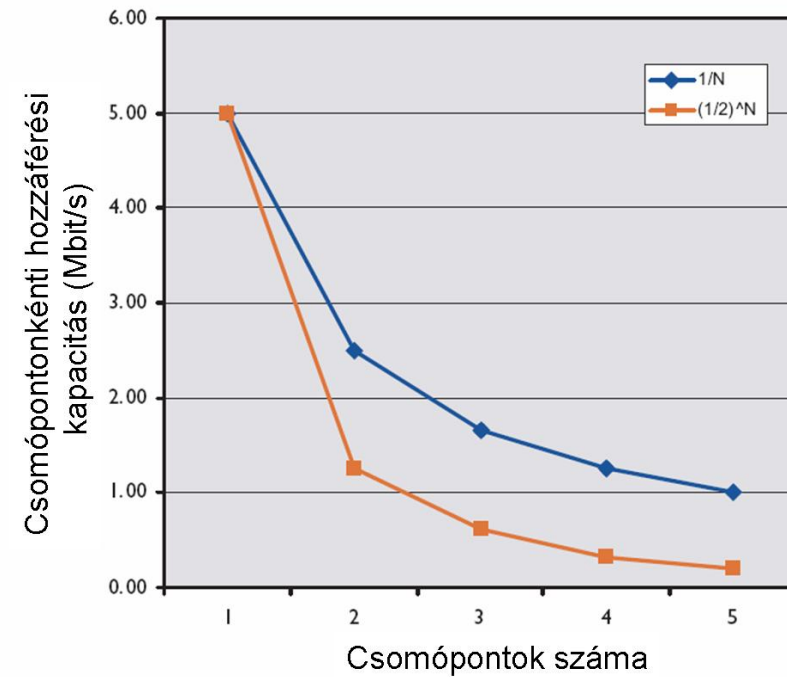
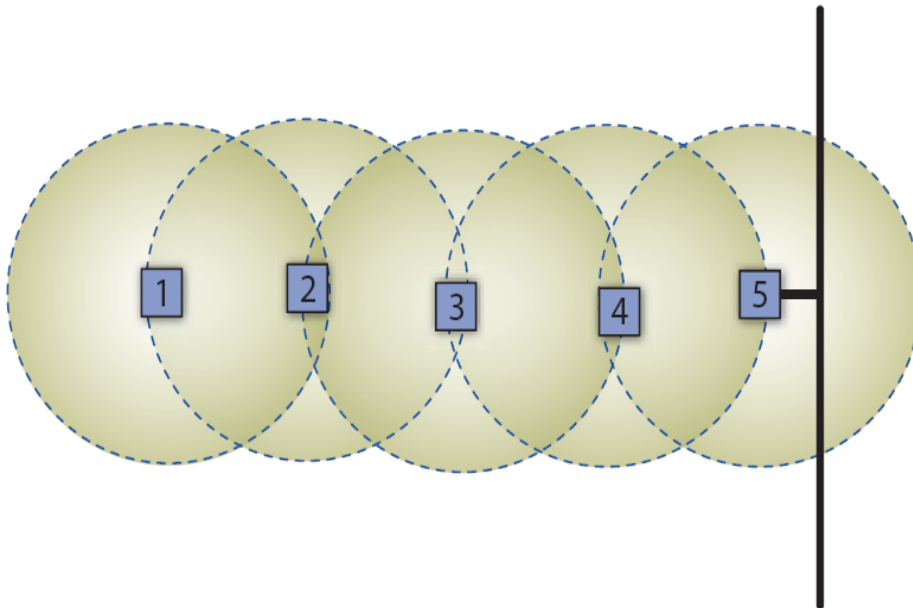


Mesh-hálózatok kialakítása WLAN- eszközökből: a 802.11s szabvány



Az ad-hoc mód továbbfejlesztésének tekinthető.

Láncba kapcsolt mesh csomópontok: a hozzáférési kapacitás csökkenése



Megoldás: duális ill. többszörös rádiók

Igen nagy sebességű WLAN: a 802.11n szabvány

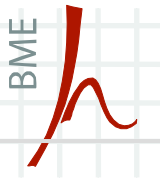
- Elméletileg akár 600 Mbit/s
 - 4 adatfolyam, 64QAM, 40Mhz csatorna esetén
- MIMO technikával
 - Több adó és több vevő antenna
 - 2X2:2, 3X3:2, 4X4:4 (adó/vevőantenna/adatfolyam száma)
- Keret aggregáció: overhead csökkenés
- Zajosabb csatornán illetve nem közvetlen rálátás (NLOS) esetén jobb vétel



Az eddigi szabványok és az 'n'

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Standard approved by IEEE	January 2000	December 1999	June 2003	Expected in 2007
Maximum data rate	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	600 Mbps
Different data rate configurations	8	4	12	576
Typical range	75 feet	100 feet	150 feet	150 feet
Modulation technologies (1)	OFDM	DSSS, CCK	DSSS, CCK, OFDM	DSSS, CCK, OFDM+
RF band	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz and 5 GHz
Number of spatial streams and antennas	1	1	1	Up to 4
Channel width	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz or 40 MHz
Number of channels	23	3	3	26





802.11 b, g, n együttélése

- Az 'n' szabványra az 5MHz-es sáv a javasolt (de nem írja elő kizárólagosan a szabvány)
- 'n' hálózathoz együtt kell élnie a 'b/g' meglévő hálózatokkal
- Praktikus megoldás: duál rádiós AP
 - 5MHz: 'n'
 - 2,4MHz: 'b/g'

802.11 ac: új szabvány

- A szabvány 2014 januárjában lett elfogadva
- 802.11n-re alapoz, de
 - 80 vagy 160 MHz csatorna (vs. 40 MHz)
 - 5 GHz-en
 - 8 adatfolyam (vs. 4)
 - Magasabb szintű moduláció: 256QAM (vs 64QAM)
 - Multiuser MIMO
- Pillanatnyilag 80MHz csatorna, 3 adatfolyam, 256QAM:
433.3Mb/s folyamanként, **összesen 1300 Mb/s**



- Evolúció
 - **WEP (Wired Equivalent Privacy)**: kezdeti könnyen feltörhető titkosítás
 - **WEP2, WPA (Wi-Fi Protected Access)** : WEP továbbfejlesztései, kicsit erősebbek annál, de nem kell a WEP-hez képest hardverválttatás
 - **WPA2**: erős titkosítás és hitelesítés új hardveren, 802.11i definiálja
- Jótanácsok
 - Használaton kívüli WLAN-eszközök kikapcsolása
 - SSID közzététel tiltása
 - MAC-cím alapú szűrés
 - WEP, WEP2, WPA, WPA2 engedélyezése

- 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
- III. Vezeték nélküli LAN-ok
 - az IEEE 802.11-es család

Kérdések?

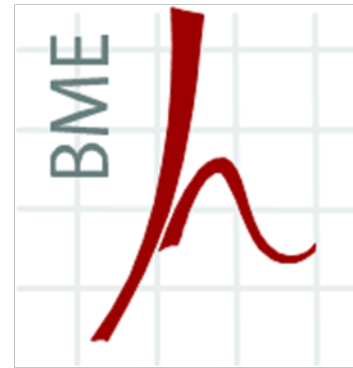
KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu



BWA- Broadband Wireless Access- szélessávú vezeték nélküli hozzáférés

WLAN – Wireless LAN

WPAN – Wireless PAN

WMAN – Wireless MAN

Dr. Simon Vilmos

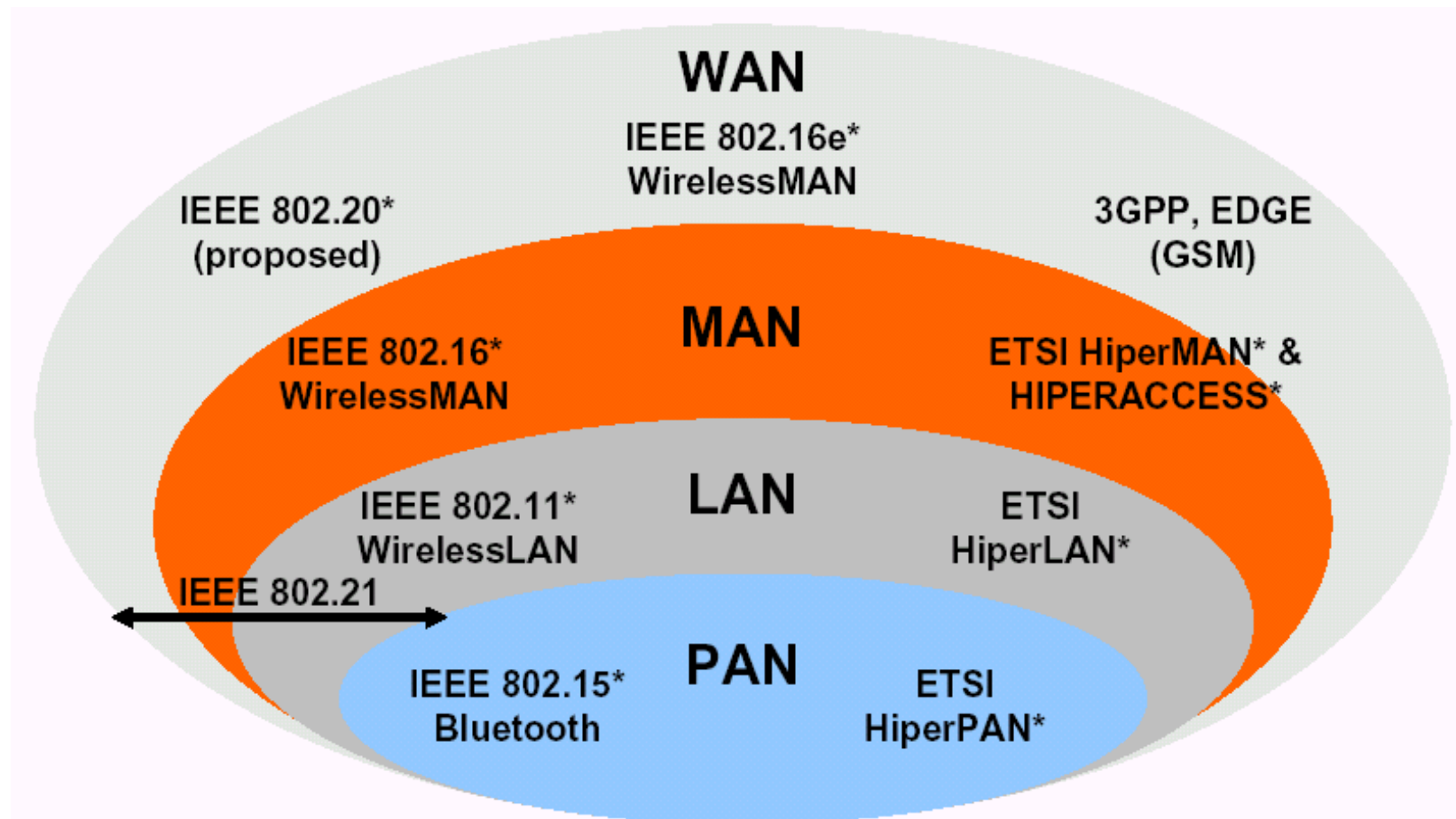
docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

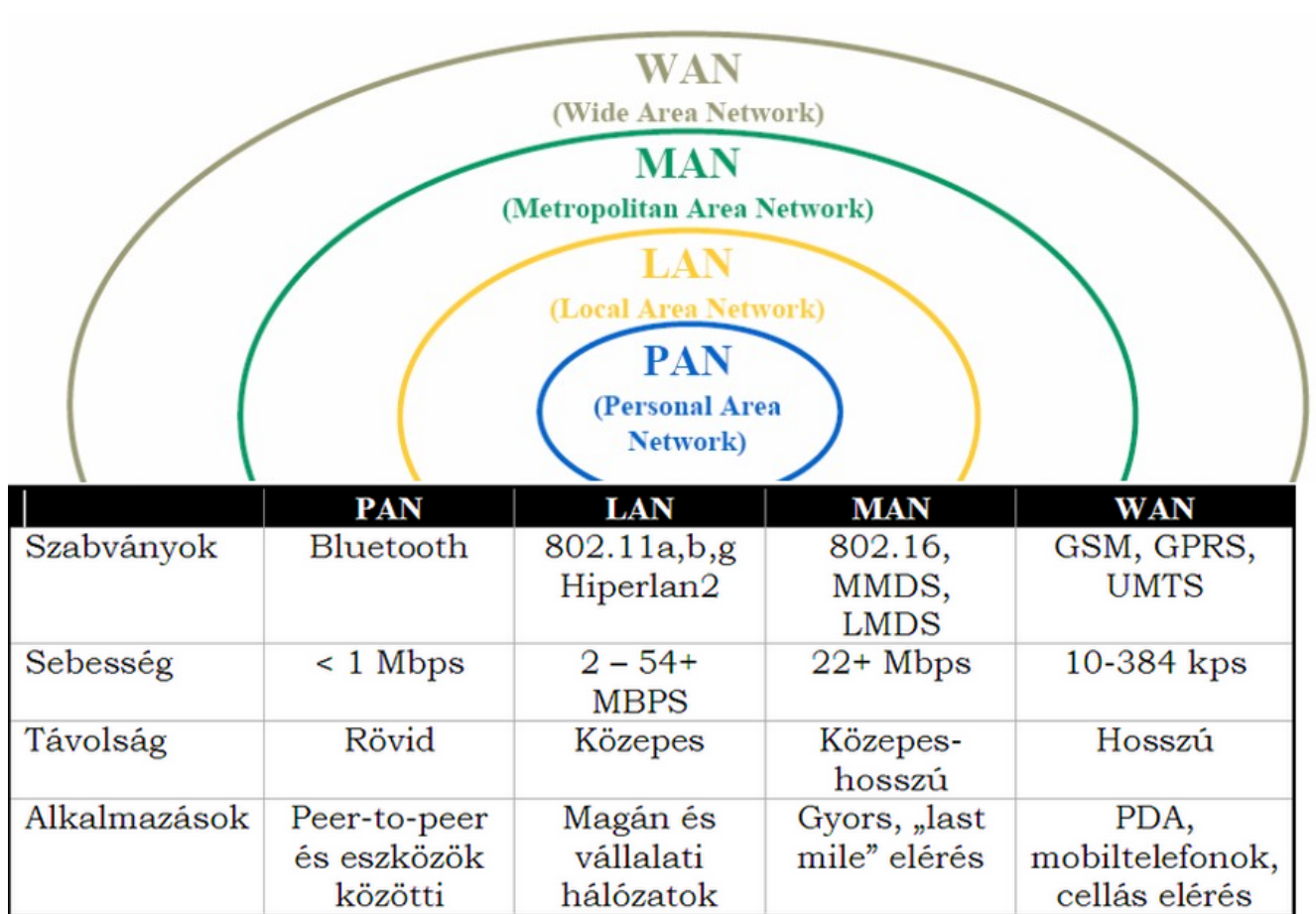
svilmos@hit.bme.hu

2014.március 13.

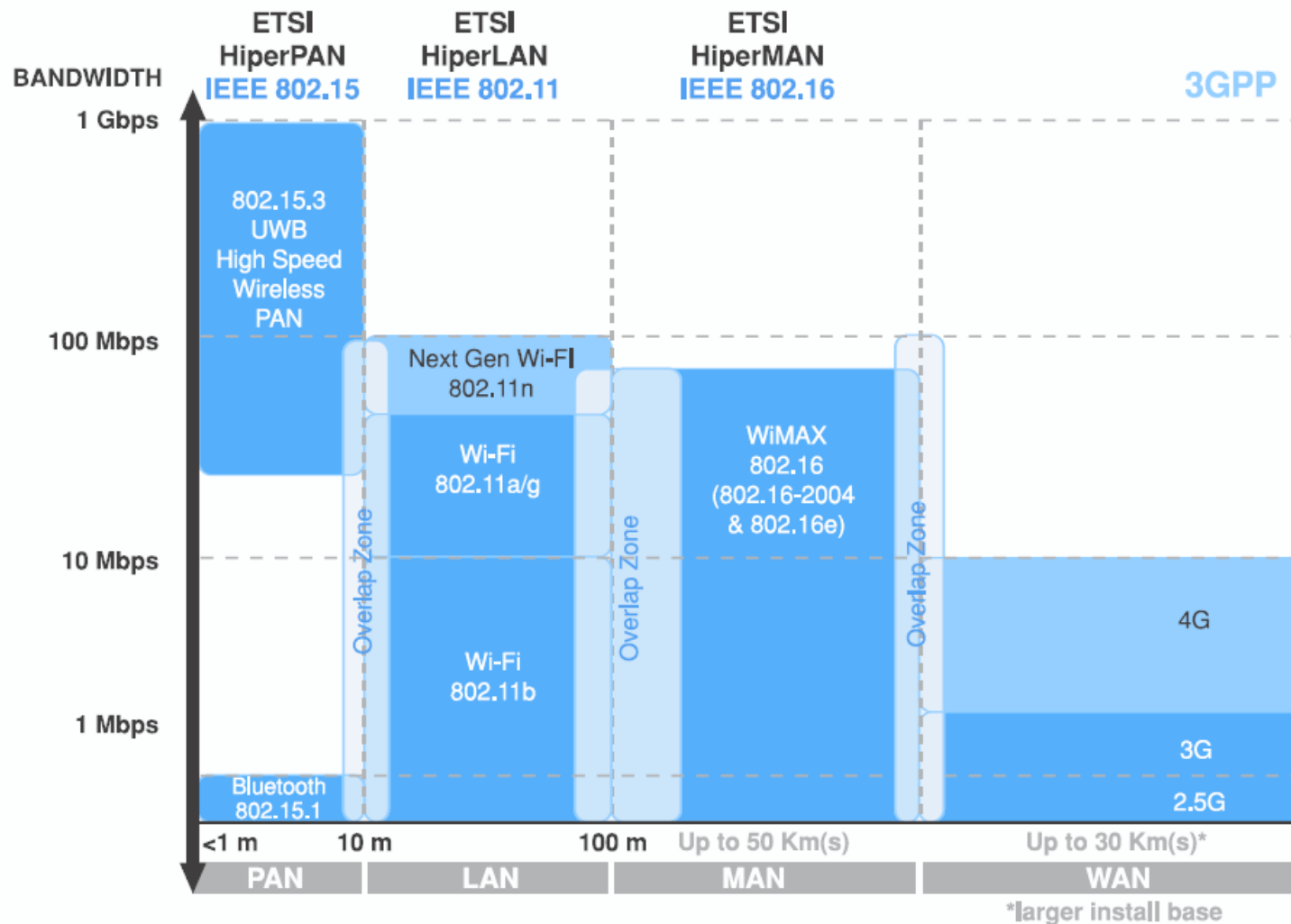
Vezeték nélküli hálózatok osztályozása kiterjedésük szerint



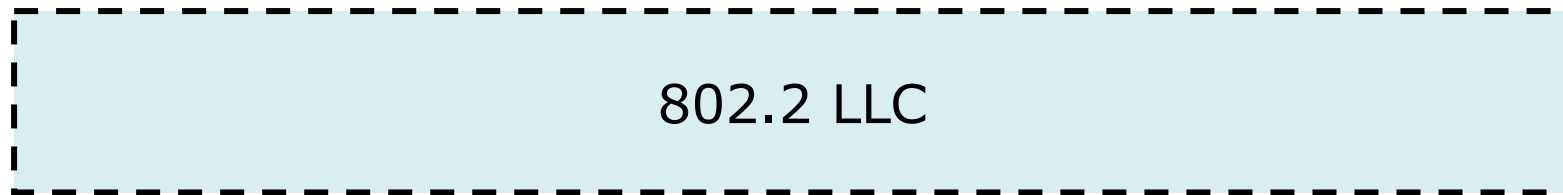
PAN, LAN, MAN, WAN



Szélessávú vezeték nélküli hozzáférési technikák összehasonlítása

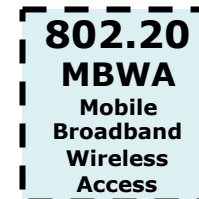
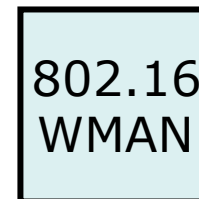
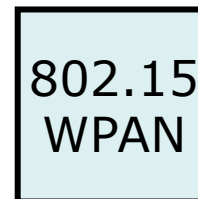
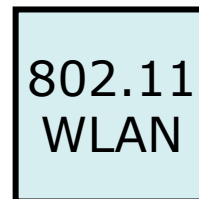


Az IEEE.802.xx BWA-k architektúrája



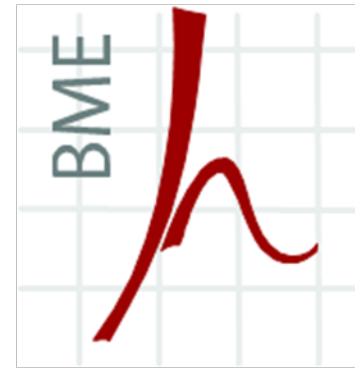
Ethernet

...



tárgyaltuk

Áttekintésük most
következik



Bluetooth – IEEE 802.15.1



2014.március 13.

- **Kékfogú ('bla-tand') Harald**
(Harald Blatand Gormsen) (940 - 981)
középkori viking király
(hasonló mint nálunk Szent István)



Wireless Personal Area Networks – WPAN – IEEE 802.15.1 (Bluetooth)

- Alapja a Bluetooth specifikáció
 - Bluetooth: az Ericsson kezdeményezése 1998-1999-ben, majd csatlakozott az IBM, Toshiba, Nokia, Intel,...
 - Bluetooth SIG (Special Interest Group)
 - Ma 18 ezer cég a tagja!
- Célkitűzések:
 - olcsó eszközök (1-2 cm-es modul, pár \$)
 - rövidtávú kommunikáció (10 m)
 - max. 1 Mbit/s

- Internet-elérés mobilról és PDA-ról
 - Bluetooth-csatlakozás a notebookhoz, vagy desktop-hoz, ami LAN-ra vagy WLAN-ra csatlakozik, vagy ADSL-lel a nyilvános hálózaton keresztül
- Vezetéknélküli csatlakozások széles köre
 - fejhallgató
 - mobil kihangosító az autóban
 - fényképezőgép és notebook
 - PDA és notebook szinkronizálása
- Iparban:
 - gyógyászati műszerek
 - bar kód olvasók
 - vezérlésben: infravörös kapcsolat kiváltása
 - lokalizációs rendszerek (RTLS)
 - szenzorhálózatok

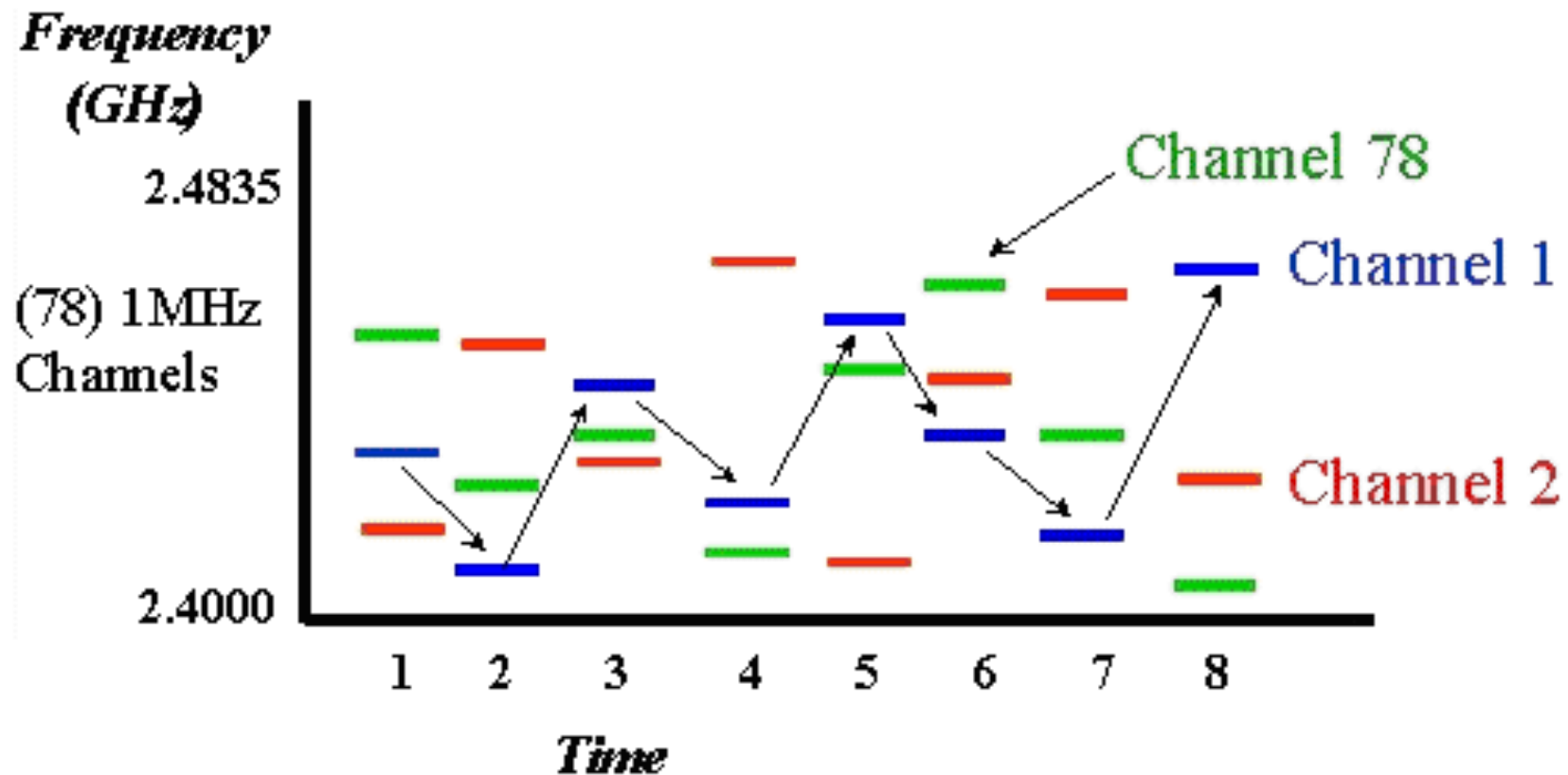
A rádiós interfész jellemzői

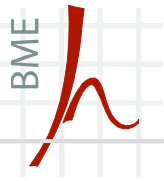
- Teljesítmény és távolság

Megnevezés	Teljesítmény [mW]	Teljesítmény [dBm]	Távolság [m]
Class 1	100	20	100
Class 2	2,5	4	10
Class 3	1	0	1

- **A 2,4 GHz-es ISM-sávban**
- **Frekvencia-ugratás**
 - 1600-szor mp-nként
 - álvéletlen jelsorozattal a kb. 2,4 GHz-nél kezdődő 79 MHz-es sávon belül: 79 x 1 MHz
- **TDD**, 625 μ s-os időrések, adás-vétel időben egymás után
 - master-slave, felváltva
 - Master órája alapján: páros időrésben master, páratlanban slave ad

Frekvenciaugratás a Bluetoothban



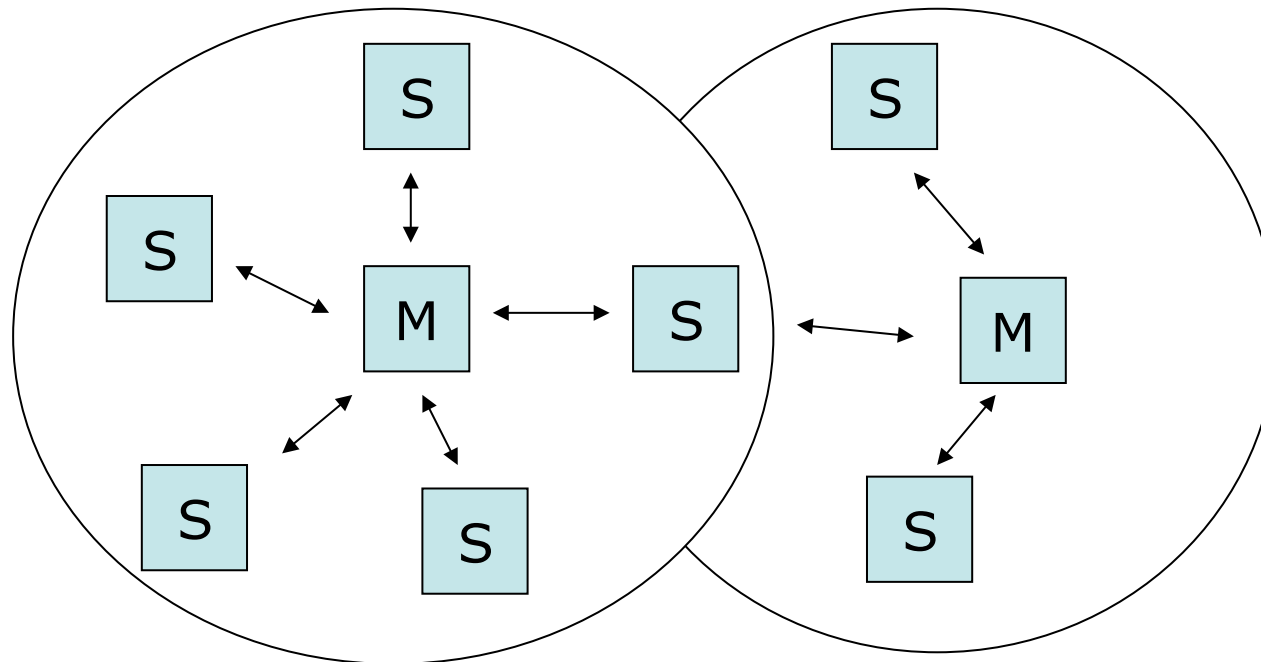


Használt modulációk

- Alapráta (Base Data Rate):
 - GFSK (FSK Gauss szűrővel): 1Mbit/s
- Megnövelt adatrata (Enhanced Data Rate)
 - Bluetooth 2.0
 - $\pi/4$ -DQPSK: 2Mbit/s
 - 8DPSK: 3Mbit/s
- A kettő kombinációja BR/EDR radio

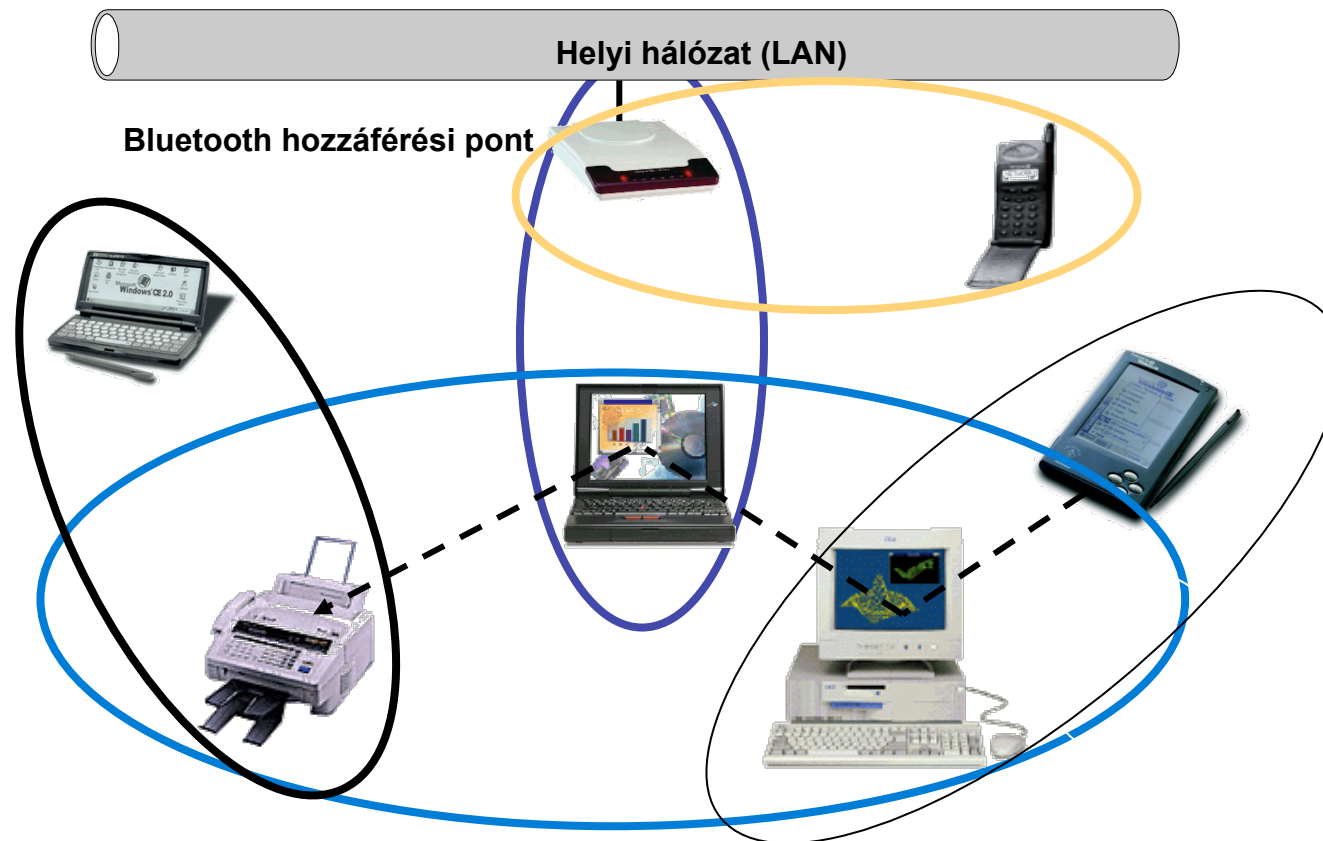
1. piconet

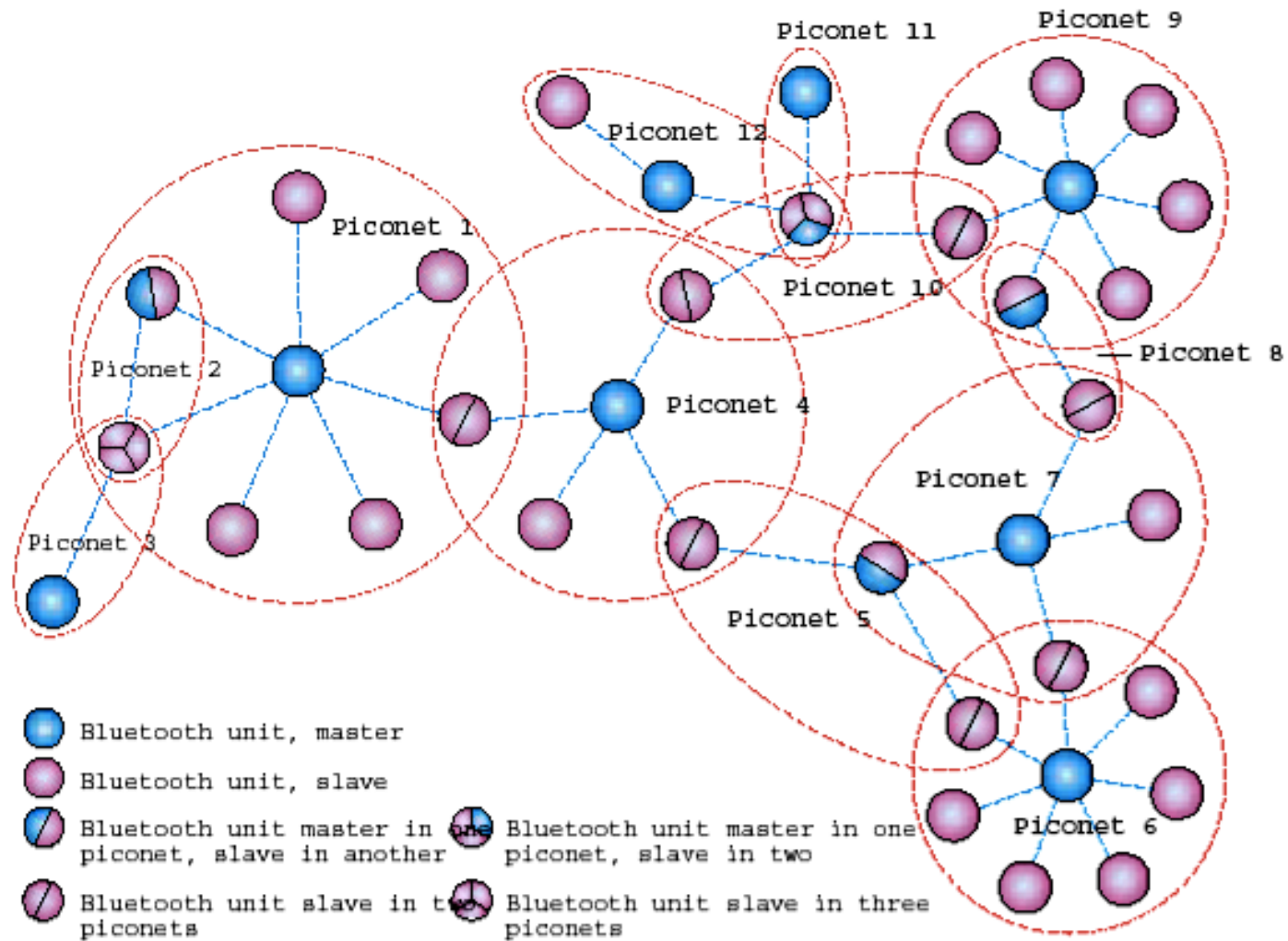
2. piconet



Max. 8 aktív állomás (255 „parkolt”)

M - master
S - slave





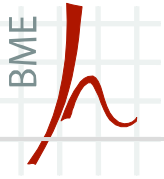
- Piconet: legfeljebb 8 aktív állomás egyszerre
- 1 master, a többi slave
- Scatternet: piconetek hálózata, dinamikus, ad-hoc alapon
- Van olyan node, amely >1 piconethez tartozik
- A Bluetooth nem rendelkezik a scatternetek kiépítésének módjáról

- Szinkronizációs eljárás az elején
 - a slave-ek megtudják a master azonosítóját
 - **órájukat összevetik**: képessé válnak a közös frekvencia-ugratásos sorozat előállítására
- Master megmondja: **melyik slave melyik időrésben**
- Hívásfelépítés:
 - *Inquiry*: további Bluetooth- eszközök felderítése a hatótávolságon belül
 - *Page*: felépíteni a kapcsolatot
 - pairing
- Kétféle összeköttetés:
 - SCO (*Synchronous Connection Oriented*) – hangátvitel, előre lefoglalt időrések
 - ACL (*Asynchronous Connectionless*) - adat

- Bluetooth 1.0
 - Interoperabilitási problémák
- 1.2
 - adaptív frekvencia ugratás
- 2.0
 - Enhanced Data Rate: 3Mbit/s!
 - kisebb energiafogyasztás
- 3.0
 - 24Mbit/s-ig, HS: vezérlési infók Bluetooth linken, adat WLAN-on
- 4.0
 - alacsony fogyasztású, orvosi és sportfelügyelet
 - Bluetooth Smart
- Jövő
 - Internet of Things Bluetooth átvitelével (gyógyászat, mezőgazdaság)

Nagysebességű PAN-ok → IEEE 802.15.3

- Célkitűzés: médiakommunikáció
 - digitális kamera – tv, MP3 ide-oda, videójátékok
- Új PHY specifikáció 55 Mbit/s-ig (11,22,33,44,55 Mbit/s), kb. 10 m-ig
- Másik munkacsoport: még nagyobb sebességek (110, 200, 480 Mbit/s) – házimozi, játékok
- A rádiós rétegre több lehetőség, egyik lehetőség az UWB

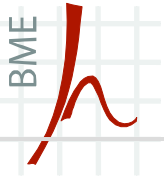


Nagy sávszélesség vs. SNR

- Shannon csatorna-kapacitással összefüggő egyenlete

$$C = B \cdot \log(1 + \text{SNR})$$

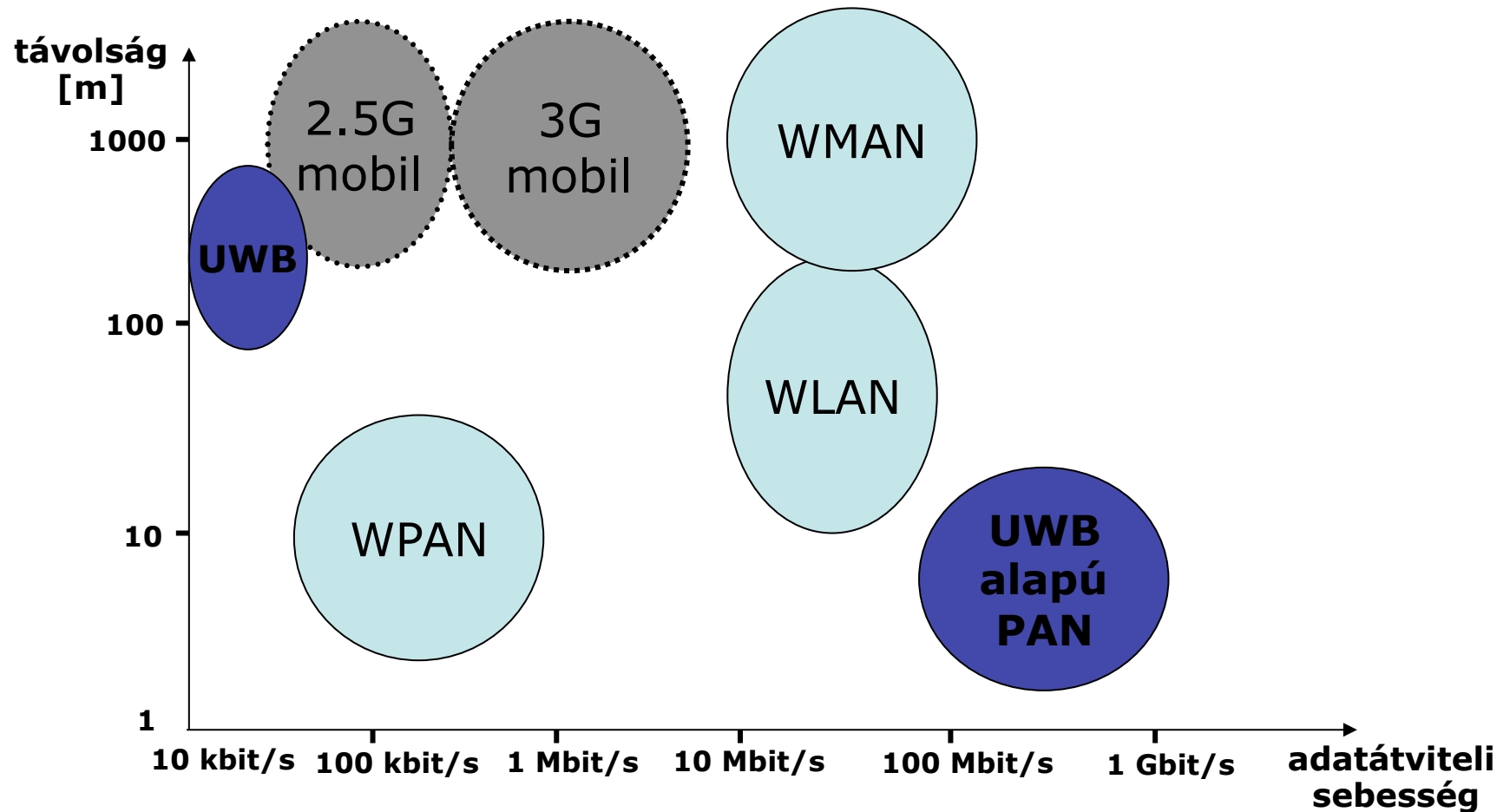
- Sávszélesség növelésével az adatátviteli sebesség lineárisan, míg a jel-zaj viszony növelésével csak logaritmikusan növekszik
- Konklúzió: „jobban megéri” a sávszélességet növelni, mint az SNR-t



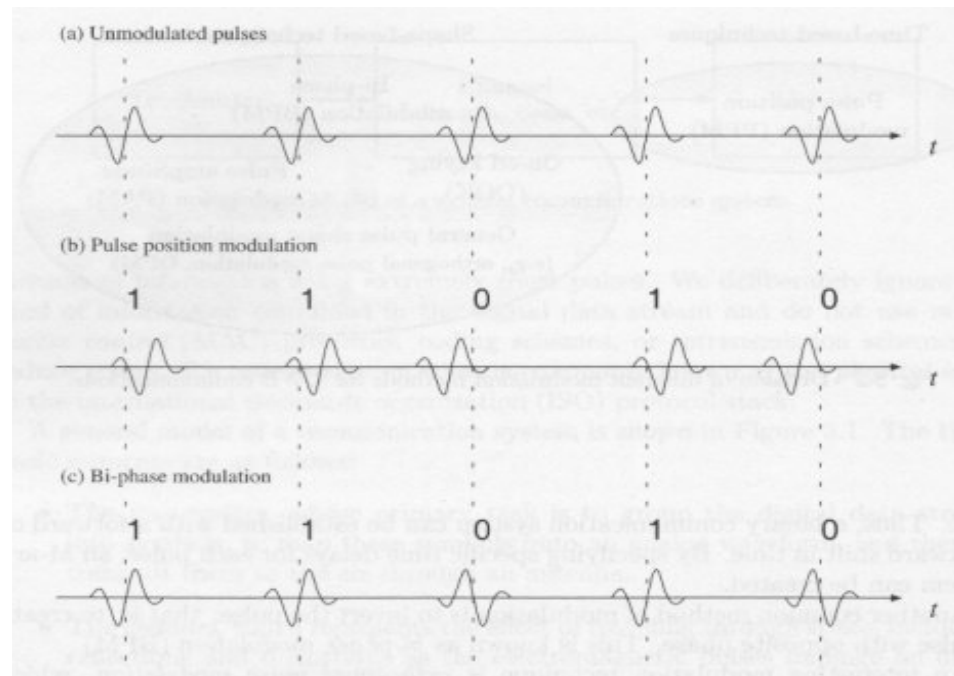
UWB (Ultra-Wideband)

- Nagy sávszélesség: min (>500 Mhz, sávközép+20%)
- Nincs vivő, igen rövid (pár ns), széles spektrumú impulzusok, kis teljesítmény
- Jelentős mértékben ellenáll a többutas terjedésnek
- FCC (USA) a 3,1...10,6 GHz-es sávban engedélyezi
- ETSI (Európa) hasonlóan
- Széleskörű elterjedésétől még évekre vagyunk

Az UWB helye – a kétféle UWB



- Time-based (idő-alapú)
 - UWB impulzusokat adott egyenlőközű időintervallumokhoz képest korábban, vagy késleltetve küldjük
 - egyszerű, de az impulzusok nanoszekundum pontosságú előállítása szükséges
- Shape-based (jelforma-alapú)
 - ellenfázisú impulzusokkal

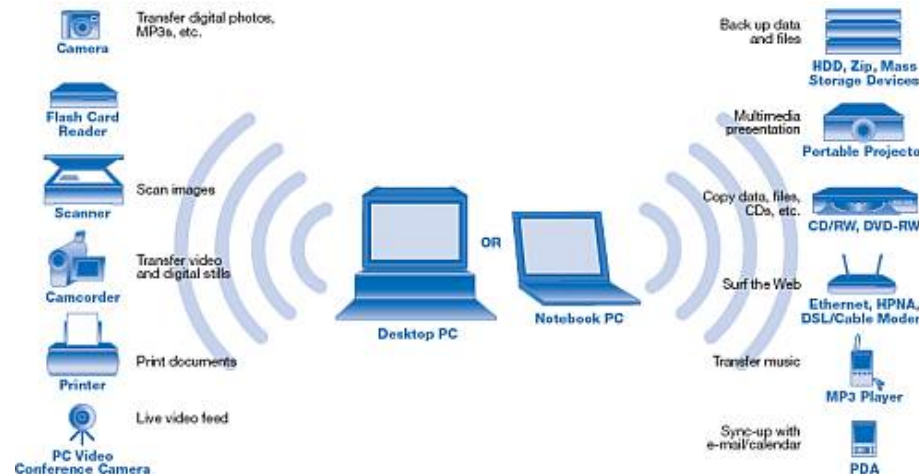


Adatátviteli sebesség

- Tipikus adatátviteli sebesség: 100 - 500 Mbps (~vezetékes Ethernet vagy az USB sebessége)
- Három szabványos adatátviteli sebesség létezik:
 - 110 Mbps 10 m-es minimális távolság esetén
 - 200 Mbps 4 m-es
 - 480 Mbps, ha kisebb
- Alacsony spektrális hatékonyság [b/s/Hz], de magas területi hatékonyság [b/s/m²]

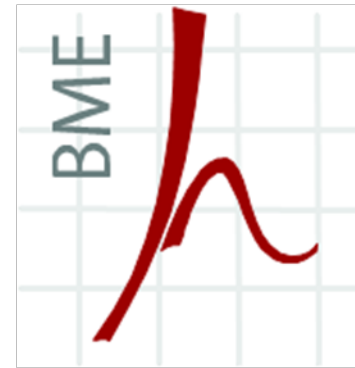
UWB alkalmazások

- Digitális Otthon
 - Wireless USB



- "Road Side Markers" (útszéli adóvevők)
 - információk az autósoknak pl. az időjárásról, az útviszonyokról vagy az aktuális útépitési munkálatokról
- "Through-the-wall Intrusion Sensor"
 - 1 W-os impulzusok segítségével képes érzékelni embereket akár több falon keresztül
- Eddig főleg katonai célokra használták

- Legnagyobb nehézség: az impulzusok sávközép-frekvenciájának és sávszélességének pontos kézben tartása
- WLAN sávval átlapolódnak
- Ha a távolság $> 50\text{cm}$ $\Rightarrow$ nem tapasztalható szignifikáns csökkenés az IEEE 802.11b csatorna jel-zaj viszonyában.
- Ha a távolság $< 50\text{cm}$ $\Rightarrow$ az IEEE 802.11b csatorna jel-zaj viszonya 10-15 dB-el csökken



WiMAX – IEEE 802.16

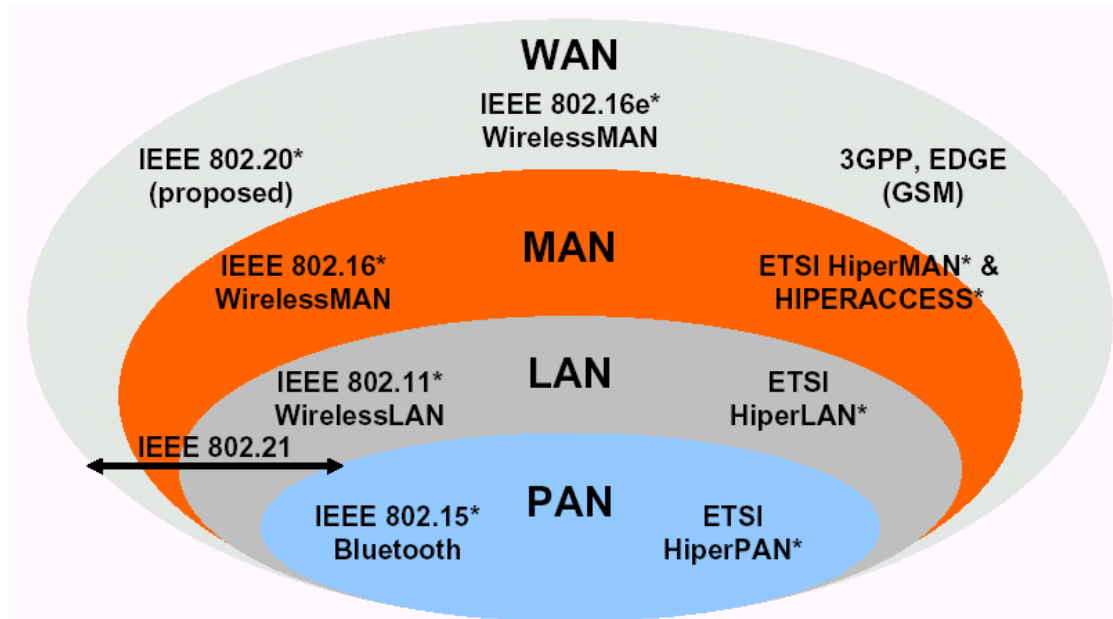
Egy WMAN technológia



2014.március 13.

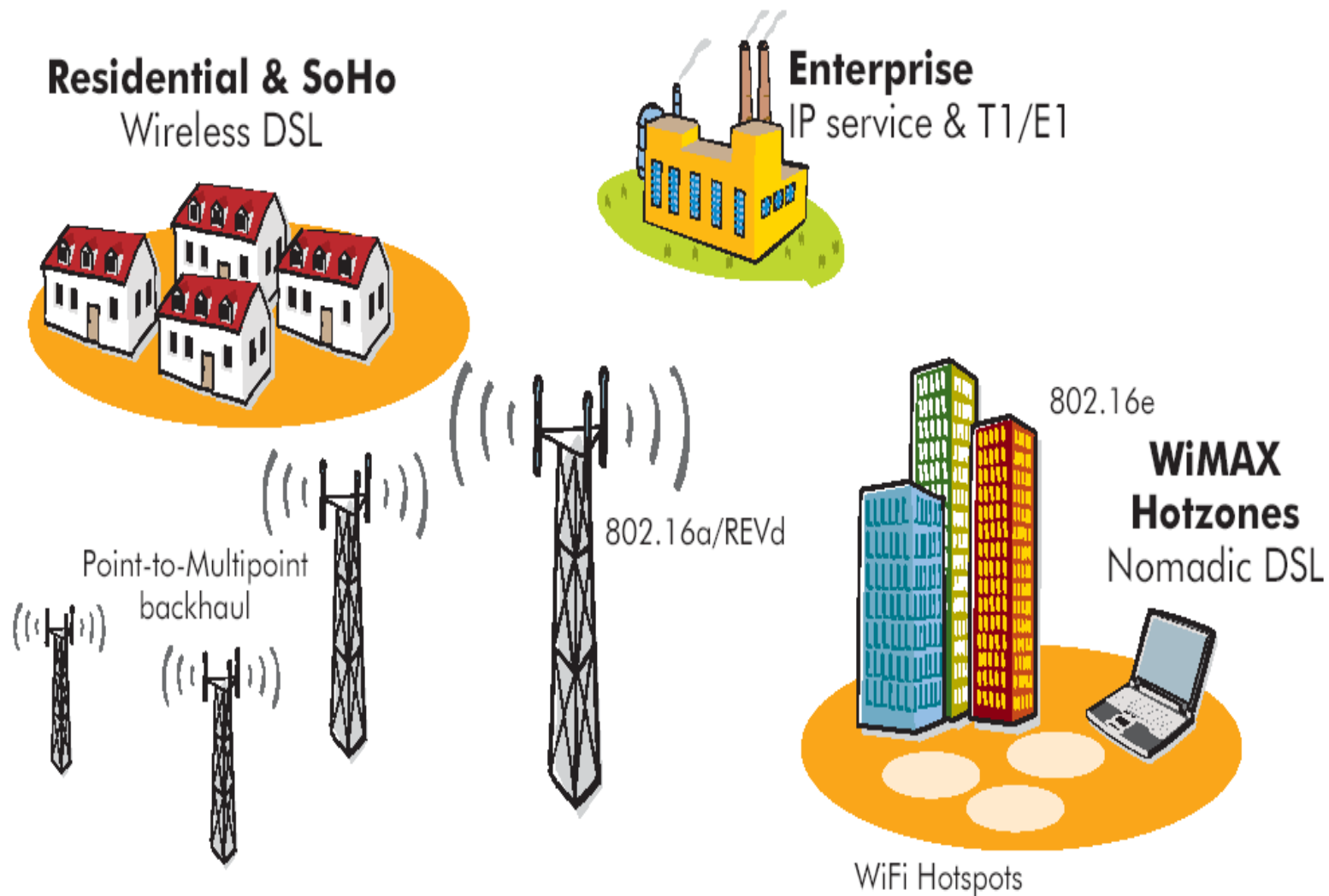
Nagyvárosi vezeték nélküli hálózat – WMAN és WiMAX

- WMAN – Wireless Metropolitan Area Network – IEEE 802.16
- **WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access**

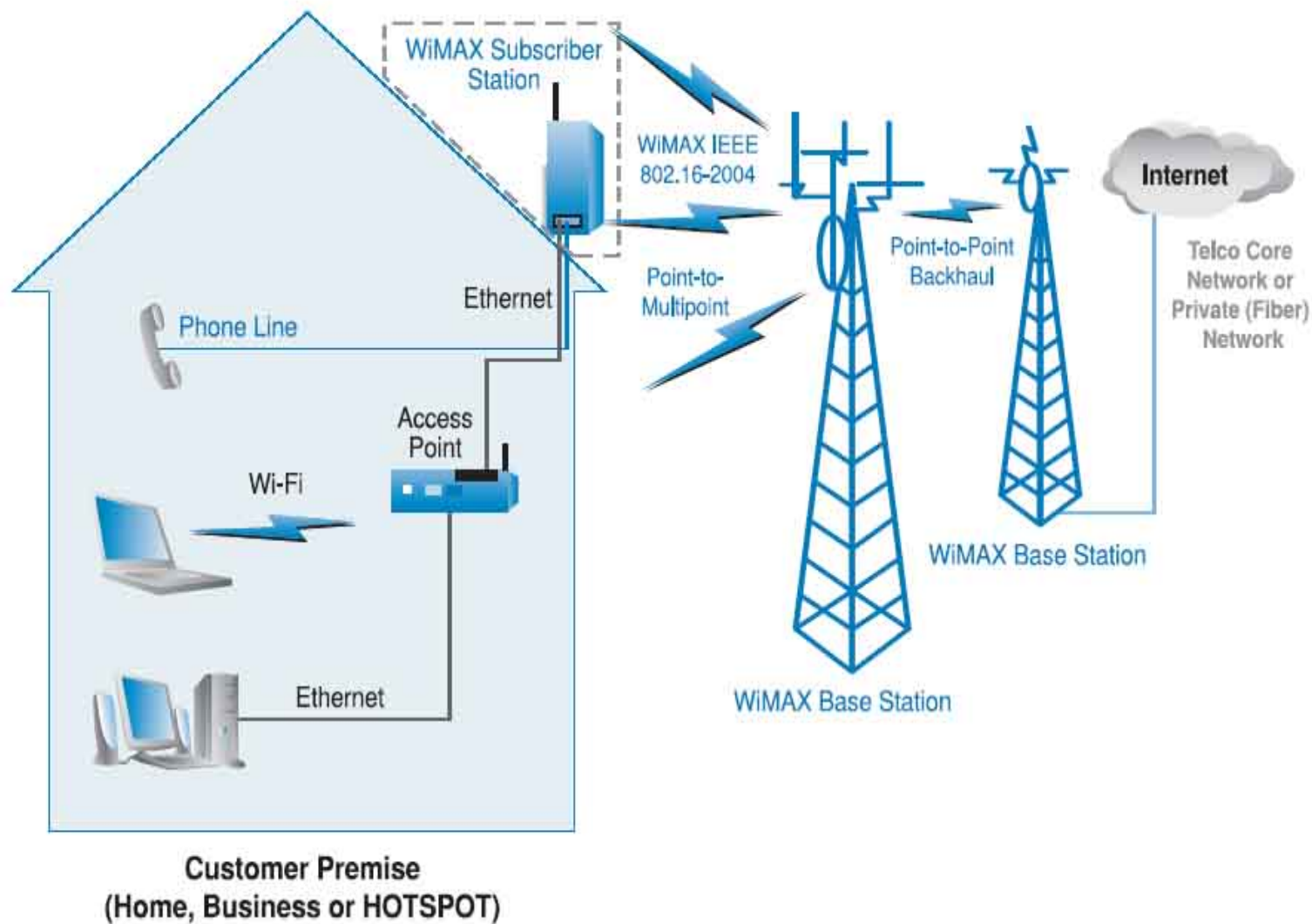


- WLAN: IEEE 802.11x
 - Wi-Fi – WiFi Alliance (Wi-Fi – „wireless fidelity” a Hi-Fi mintájára)
- WMAN: IEEE 802.16x
 - WiMAX – WiMAX Forum – „Worldwide Interoperability of Microwave Access”
- *Wi-Fi Alliance és WiMAX Forum: együttműködés a gyártók és a piac más szereplői között*
 - a technikák bevezetésére,
 - a szabványokkal való kompatibilitás tanúsítására
 - a különböző gyártók közötti együttműködés tanúsítására

A WIMAX alkalmazási területei



WIMAX alkalmazási területei: „hot zone”

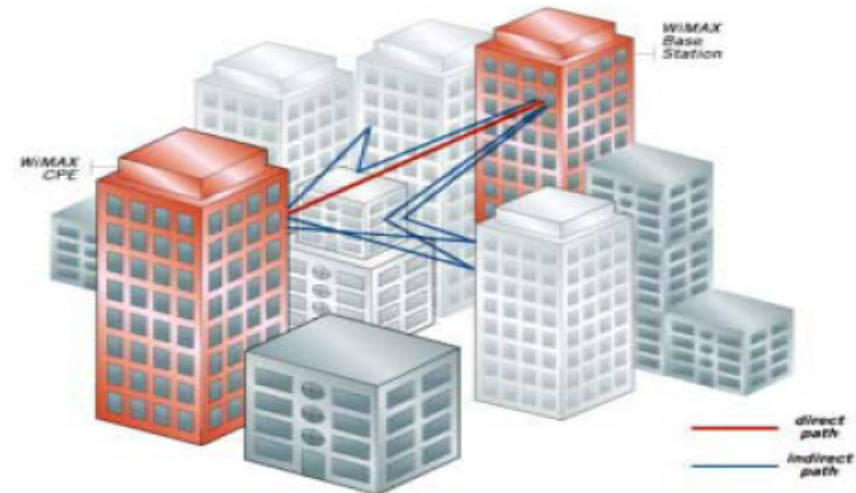


LOS – NLOS környezet

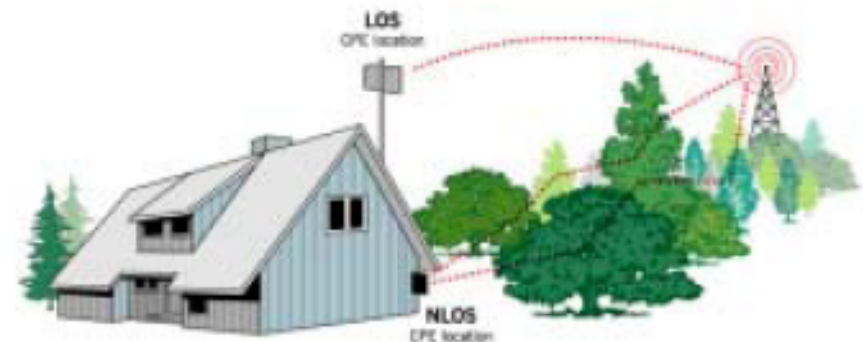
- LOS (line-of-sight)
 - Közvetlen rálátás
 - Nincs takarás a Fresnel-zónában

- NLOS (non-line-of-sight)
 - Nincs közvetlen rálátás (direkt jelút) csak reflektált hullámok
 - Így több jelút: többutas terjedés

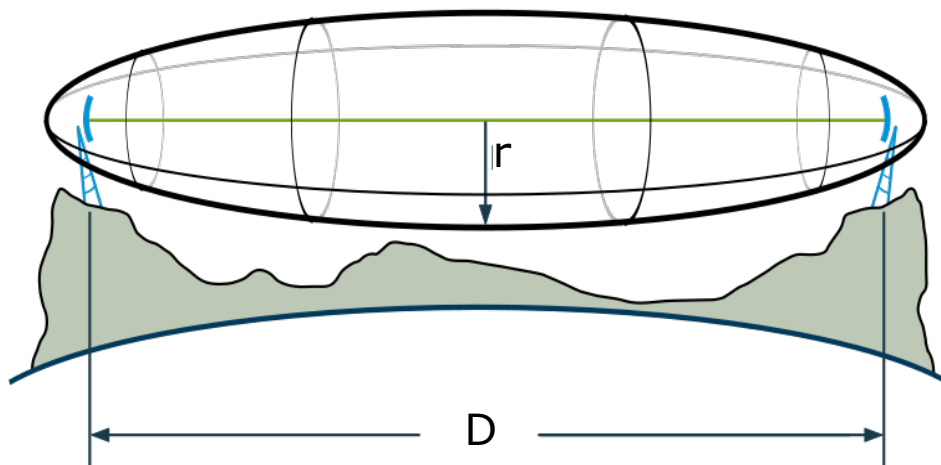
- WiMAX-ban
 - speciális technikával a reflektált hullámok felhasználásával történik a vétel, ha nincs is direkt út (NLOS)



Közvetlen és többutas terjedés városi és rurális környezetben



Fresnel zóna *

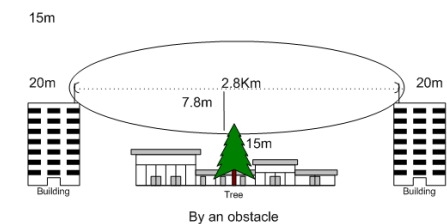
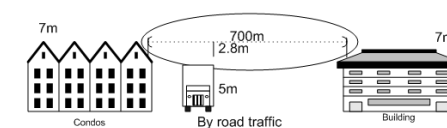
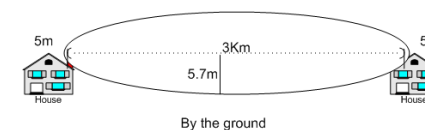
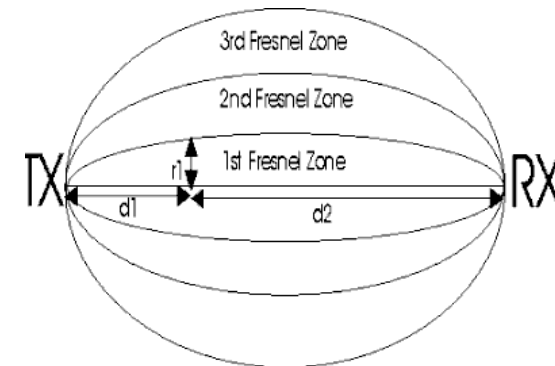


$$r = 17.32 \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

r: Fresnel zóna sugara [m]

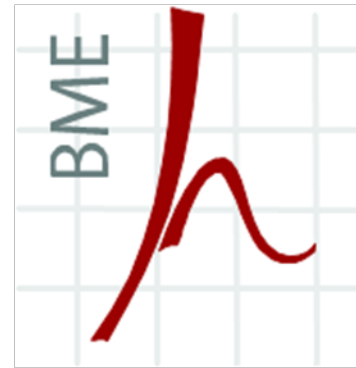
D: távolság [km]

f: frekvencia [GHz]



- „Fix” WiMAX
 - 802.16d, vagy IEEE 802.16-2004
 - OFDM

- „Mobil” WiMAX
 - 802.16e
 - +MIMO



A WIMAX működése

Fizikai és közeghozzáférési réteg

2014.március 13.

Fizikai réteg: OFDM

- Többvivős modulációs/multiplexálási technika
- A rendelkezésre álló sáv szélességet **alvivőkre** osztják
- A felhasználói adat soros-párhuzamos átalakítás és szimbólumformálás után
 - Külön alvivőkön kerül továbbításra
 - Ezeken alacsonyabb szimbólumsebességű moduláció
- **Adaptív moduláció:**
 - BPSK-QPSK-16QAM-64QAM

- A WLAN-al ellentétben: **ütemező algoritmus**
- Csak egyszer kell versenyezni, utána minden állomásnak a bázisállomás fog időrést biztosítani
- Időrés csökkenhet-nőhet, de csak az adott felhasználó használhatja
- Így lehet QoS-t is biztosítani
 - pl. VoIP-ot előnyben részesíteni a web böngészéssel szemben
- **Beengedés-szabályozás**: biztosítja, hogy az új adatfolyam ne rontsa a meglévők minőségét

- Engedélyköteles:

- 2,500-2,690 GHz (MMDS) – csak USA
- 3,410-3,600 GHz (ETSI) – csak EU

Szolgáltatás
minősége
garantálható

- Engedélymentes:

- 5,725-5,850 GHz (U-NII)
 - Egyelőre katonai célokra használt

QoS nem
garantált

- Automatikus teljesítményszabályozás (TPC)
ajánlott

Wi-Fi - WiMAX összevetés

Table 4- Comparison of WiMax and Wi-Fi Technologies			
	WiMax (802.16a)	Wi-Fi (802.11b)	Wi-Fi (802.11a/g)
Primary Application	Broadband Wireless Access	Wireless LAN	Wireless LAN
Frequency Band	Licensed/Unlicensed 2 G to 11 GHz	2.4 GHz ISM	2.4 GHz ISM (g) 5 GHz U-NII (a)
Channel Bandwidth	Adjustable 1.25 M to 20 MHz	25 MHz	20 MHz
Half/Full Duplex	Full	Half	Half
Radio Technology	OFDM (256-channels)	Direct Sequence Spread Spectrum	OFDM (64-channels)
Bandwidth Efficiency	≤5 bps/Hz	≤0.44 bps/Hz	≤2.7 bps/Hz
Modulation	BPSK, QPSK, 16-, 64-, 256-QAM	QPSK	BPSK, QPSK, 16-, 64-QAM
FEC	Convolutional Code Reed-Solomon	None	Convolutional Code
Encryption	Mandatory- 3DES Optional- AES	Optional- RC4 (AES in 802.11i)	Optional- RC4 (AES in 802.11i)
Access Protocol - Best Effort - Data Priority - Consistent Delay	Request/Grant	CSMA/CA	CSMA/CA
	Yes	Yes	Yes
	Yes	802.11e WME	802.11e WME
	Yes	802.11e WSM	802.11e WSM
Mobility	Mobile WiMax (802.16e)	In development	In development
Mesh	Yes	Vendor Proprietary	Vendor Proprietary

A WiMAX összefoglalása

- „Wi-Fi nagyban”
 - Eddiginél nagyobb adatsebesség (~70 Mbit/s)
 - Nagy távolságok (~50 km) áthidalása

- Minőségi különbségek
 - Közvetlen rálátás nélkül is jól működik
 - QoS-támogatás

Kérdések?

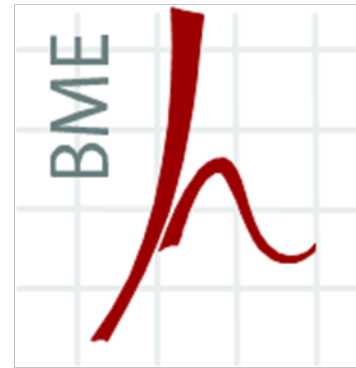
KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu



KAPCSOLÁS, JELZÉS, CÍMZÉS

(„Elmélet”, alapelvek és módszerek)

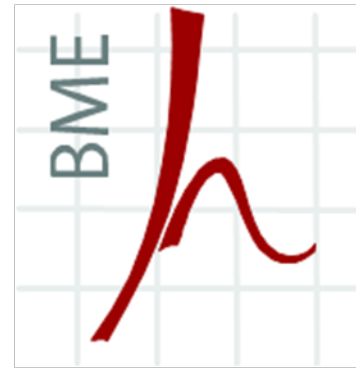
Dr. Simon Vilmos
docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu

2014.Március 18



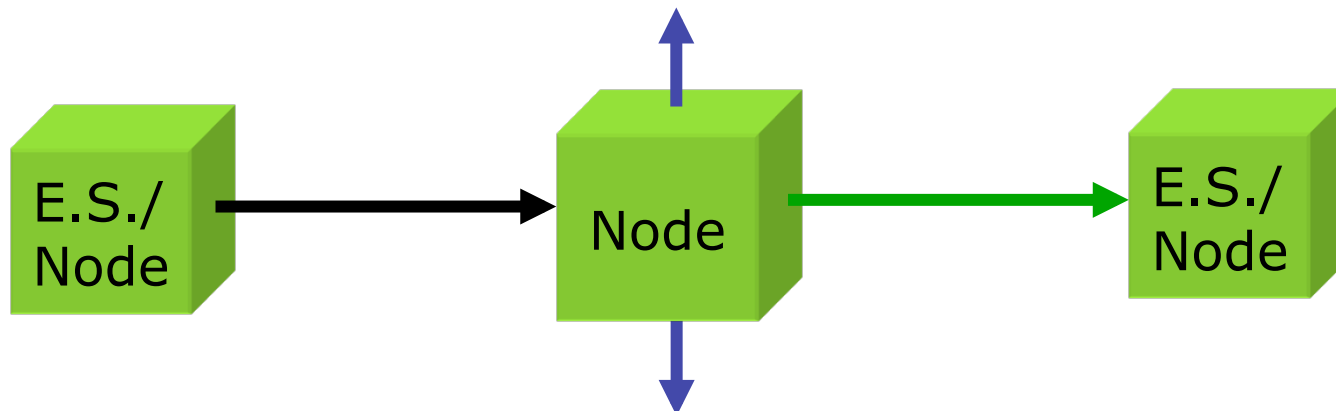


Kapcsolás

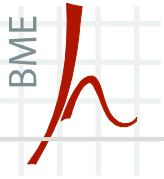
*Áramkörkapcsolás,
hullámhossz-kapcsolás,
üzenetkapcsolás,
csomagkapcsolás,
virtuális áramkörkapcsolás.*

2014.Március 18.

- **Kapcsolás**: azon eljárások, technikák összessége, amelyek kapcsolt számítógép-ill. távközlési hálózatokban két, nem szomszédos csomópont között „kapcsolatot” hoznak létre

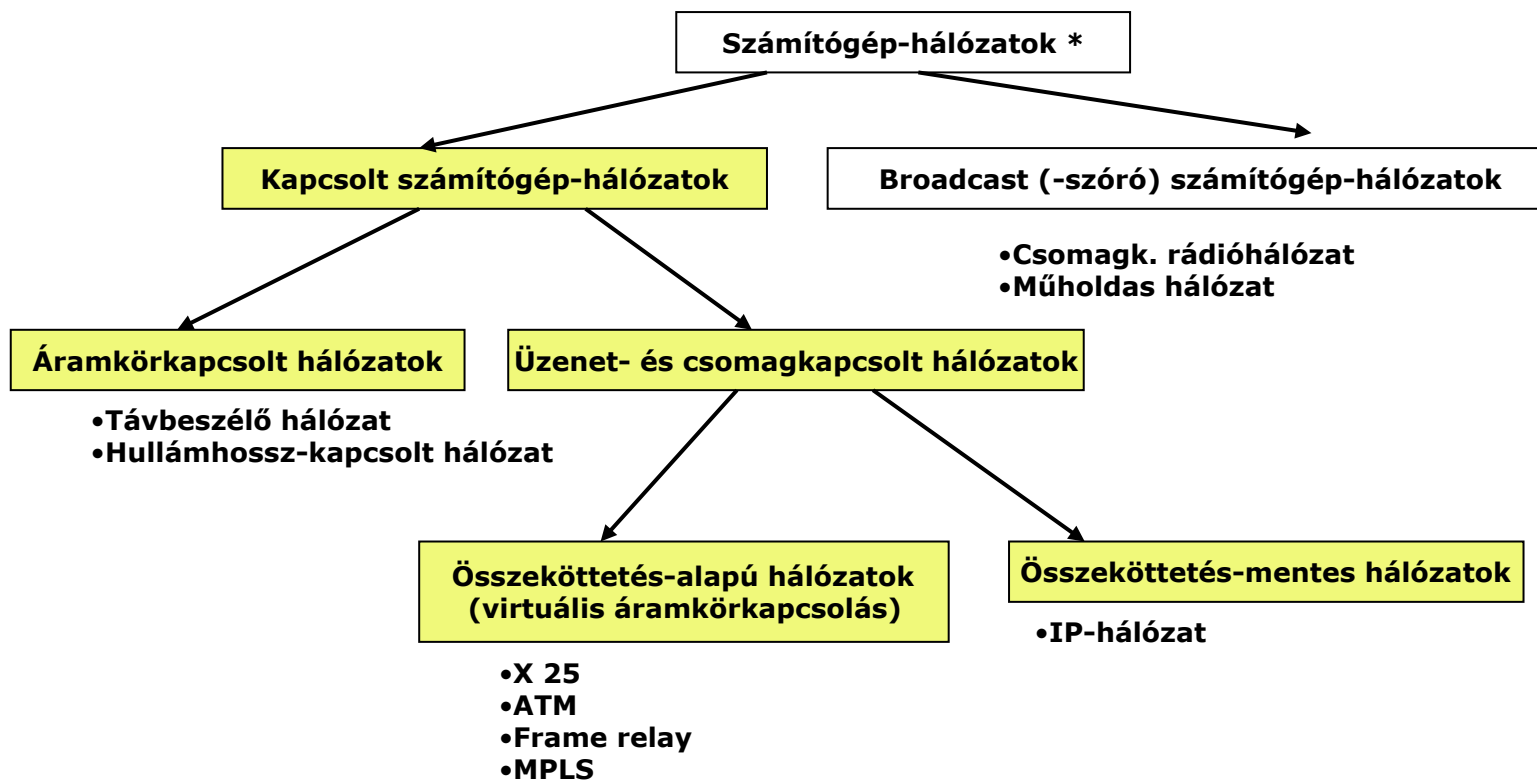


* E.S. =End System, végpont, felhasználói végpont



Milyen fajta kapcsolások léteznek?

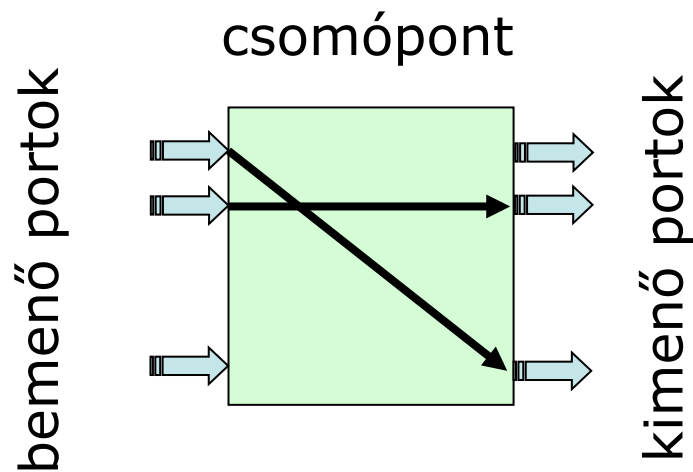
- Áramkörkapcsolás – **circuit switching**
- Hullámhossz-kapcsolás (*~áramkörkapcsolás*)
- Üzenetkapcsolás – **message switching**
- Csomagkapcsolás – **packet switching**
 - *az üzenet- és a csomagkapcsolás rokonok*
- Virtuális áramkörkapcsolás
(*üzenet- ill. csomagkapcsoláson belül*)



* általában: kommunikációs hálózatok – communication networks

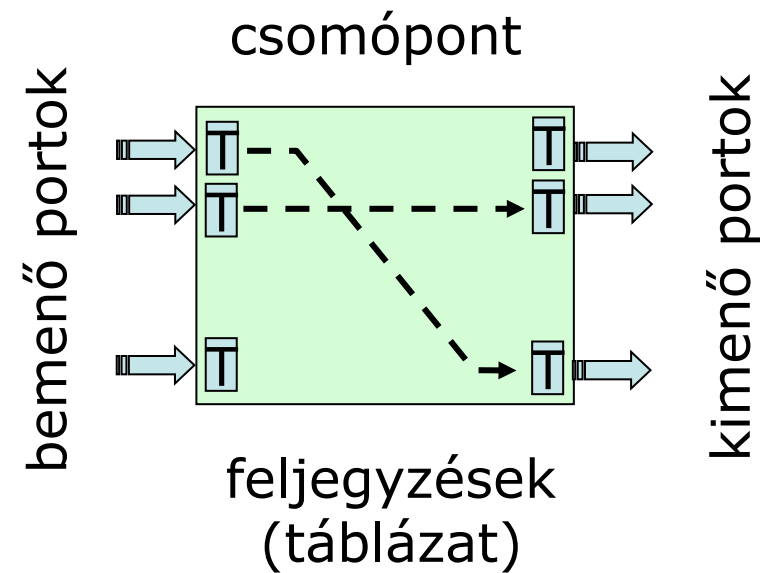
Az áramkör- és a csomagkapcsolás

- Áramkör-kapcsolás



- Fizikai kapcsolat

- Csomagkapcsolás



- Logikai kapcsolat

Összeköttetés alapú és összeköttetés-mentes hálózatok

- Összeköttetés alapú hálózat
 - a tényleges adatátvitel előtt
végpontok közötti összeköttetés
(end-to-end connection)
 - ehhez külön jelzések!
- Összeköttetés-mentes hálózat
 - végpontok közötti adatátvitel előzetes összeköttetés létrehozása nélkül történik

Áramkörkapcsolás/vonalkapcsolás

- **Fizikai kapcsolat** a küldő és a célállomás között
- A kapcsolat jellemzően nem állandó
 - **fel kell építeni** és az összeköttetés végén **le kell bontani**
- Minden felhasználói információ ugyanazon a **dedikált fizikai útvonalon** halad
- Valós idejű információátvitelre kiváló
- Továbbítás alatt a csomópontok **az adatokat nem tárolják**
- **Torlódás csak az összeköttetés felépítése során** léphet fel, az adatátvitel során nem

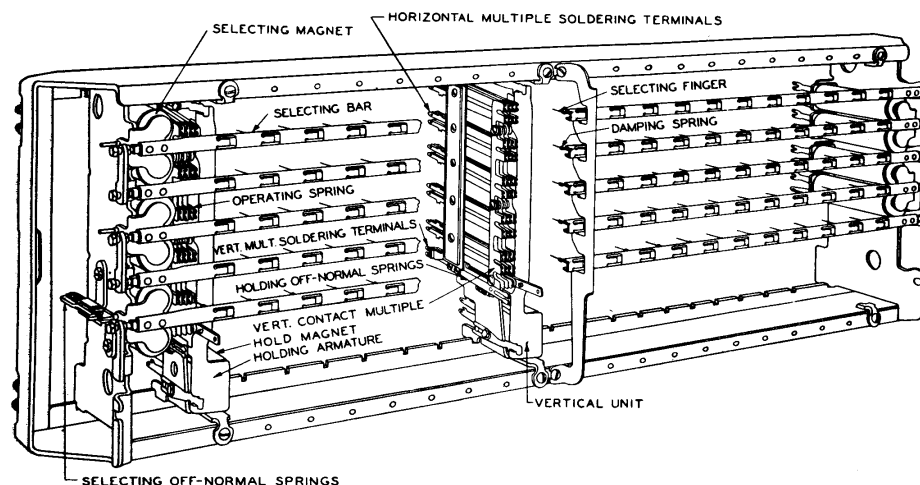
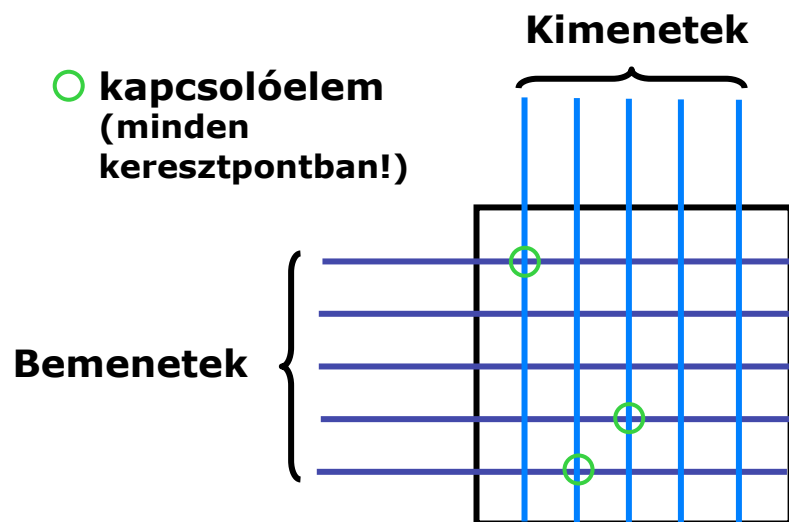
Áramkörkapcsoló csomópontok

- Fizikai szintű kapcsolatokat kell létesíteni
- Kapcsolók általános felépítése
 - **kapcsolóelem**
 - a tényleges kapcsolást végzi
 - változatos megvalósítási módok, ezek szerint osztályozzák is a kapcsolókat
 - **kapcsolóvezérlő**
 - kiválasztja az(oka)t a kapcsolóelem(eke)t, amely(ek) működésbe lép(nek) kapcsoláskor
- Blokkoló és blokkolásmentes kapcsológépek
 - belső és külső blokkolás
 - többfokozatú kapcsológépek

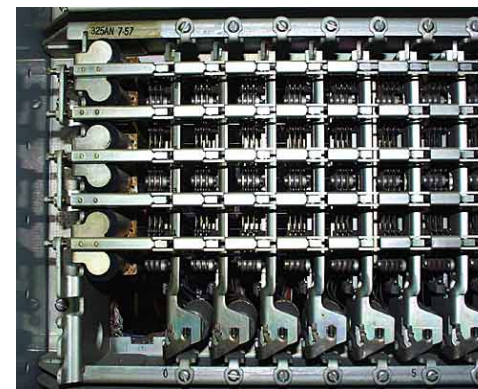
„Blokkolás” a kapcsolókban

- **belső blokkolás** (internal blocking): a kért kimenet szabad, de nincs útvonal a bemenettől a kimenetig
- **kimeneti blokkolás** (output blocking): két bemenet ugyanazt a kimenetet akarja használni, ilyenkor az egyik kimenet blokkolt lesz
- az egyszerű crossbar (keresztpontos) kapcsolóban nincs belső blokkolás
- ha megengedünk blokkolást, akkor hatékonyabb kapcsológépeket készíthetünk
 - több fokozat alkalmazásával és a ki-bemenetek közötti útvonalak létesítésével

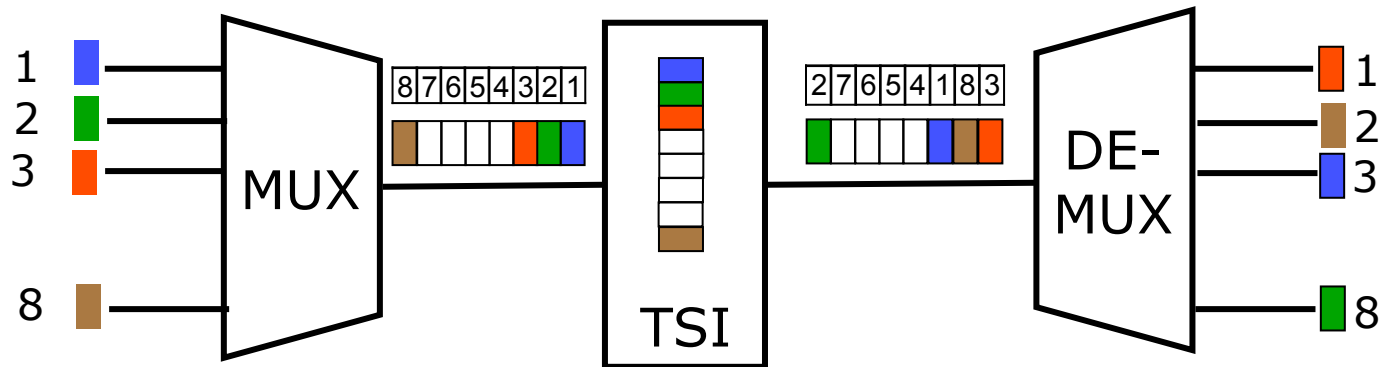
Egy régi kapcsológép: a keresztponthos (crossbar) kapcsoló



**5 x 5-ös kapcsoló elvi rajza,
korai elektromechanikus (jelfogós)
kapcsoló szerkezeti rajza és fényképe**



Időosztású kapcsológépek: kapcsolat időréscseréléssel



TSI – Time Slot Interchanger

- Az **időosztású multiplexálás** elvének felhasználása
- A TDM jel beírása memóriába adott sorrendben, **kiolvasás eltérő sorrendben = kapcsolat**
- Korlátos számú csatornát tud csak kapcsolni, ezért kombinálják a térosztású elvvel

- WDM emlékeztető:

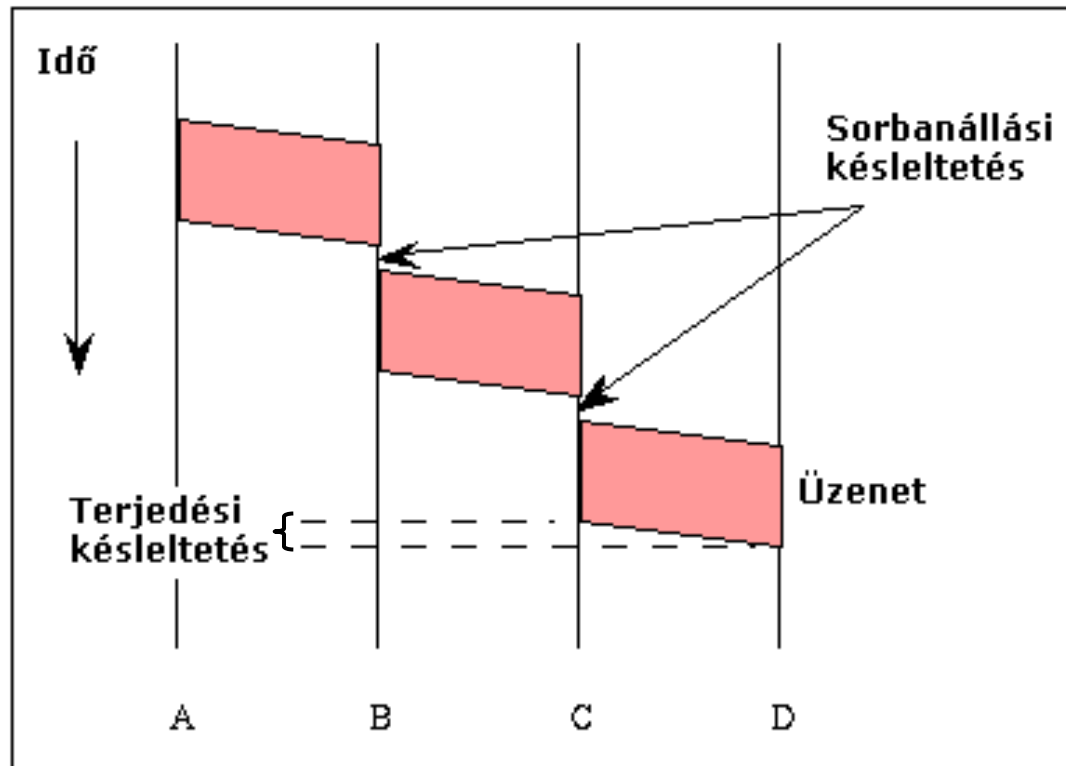


- A felső adó λ_1 , az alsó pedig λ_2 hullámhosszú fényt bocsát ki, ezeket a multiplexer egyetlen üvegcsálra multiplexálja, majd az átviteli út végén a demultiplexer a λ_1 hullámhosszúságú jelet a felső, a λ_2 -t pedig az alsó vevőhöz irányítja

- Az egész üzenet egyetlen egységként egyik csomóponttól a szomszédos másikig
- A csomópontok időlegesen tárolják, majd továbbítják az üzenetet: **store-and-forward**
- Megvalósításához
 - az üzenetben **címrész**
 - a csomópontokban **átmeneti tárolás** kell

Az átvitel folyamata üzenetkapcsolással

- Egy üzenet átvitele A és D csomópont között három lépésben: az AB, BC és CD szomszédos állomások közötti kapcsolatok sorozatán keresztül
- B és C csomópont esetleg nem azonnal továbbítja az üzenetet, várakozási sorba helyezi, majd a kimeneti csatorna felszabadulásakor továbbküldi



- Előnye:
 - az adatcsatornákat a kommunikáló eszközök megosztva használják, **javul a csatorna kihasználtsága**
 - késleltetés blokkolás helyett
 - az üzenetekhez elsőbbség (**prioritás**) rendelhető
 - támogatja az üzenetszórást (**broadcast**)
- Hátránya:
 - a fellépő **késleltetések** miatt gond a valós idejű átvitel (élő hang ☹, mozgóképek ☹)
 - adatátvitelre jó, amikor a késleltetésre kevésbé vagyunk érzékenyek
- Tulajdonképpen ez a fajta kapcsolat volt az ARPANET hálózatban

- Az üzenetet a küldő kisebb részekre, **csomagokra** tördeli
- A csomag tartalmazza:
 - a küldő csomópont azonosítóját/címét
 - a címzett csomópont azonosítóját/címét
 - a csomag „helyét” az üzenetben
- A csomagokat a küldő egymás után elküldi a hálózaton át a címzettnek
- A közbeeső csomópontok a bennük lévő cím alapján továbbítják a csomagokat, **akár egymástól különböző útvonalon**
- A csomagok az **eredetitől eltérő sorrendben is** érkezhetnek a címzethez
- A címzett a csomagokban található információ alapján visszaállítja a helyes csomagsorrendet

Csomagkapcsolás

- Csomagkapcsolt hálózatok csomóponti eszközei:
 - **kapcsoló** (switch): olyan csomópont, amely a csomagokat ugyanazon helyi hálózat más csomópontjaihoz továbbítja
 - **útválasztó** (router): két vagy több hálózat között továbbítja a csomagokat

- Csomagkapcsolás megvalósítható:
 - összeköttetés-mentes módon: **datagram** kapcsolás
 - összeköttetés alapú módon: **virtuális áramkörkapcsolás**

Datagram-kapcsolás

- Minden csomag önálló egység
- Minden csomag tartalmazza a rendeltetési hely teljes (**globálisan egyedi**) címét
- A két végpont közötti csomópontok
 - megvizsgálják a csomag **fejrészét**
 - kiválasztják az útvonal **következő szakaszát**
- A választás során két tényező:
 - melyik az a csomópont, amely a csomagot a lehető legrövidebb úton juttatja rendeltetési helyére
 - hol található szabad csomópont, amely képes a csomag fogadására

„Blokkolás” a csomagkapcsolókban

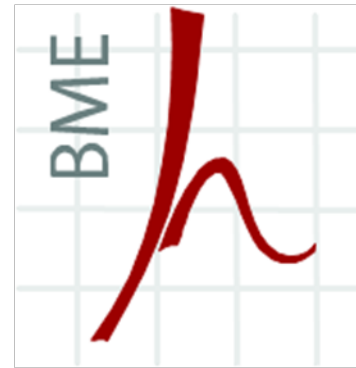
- **Belső és kimeneti torlódás** egyaránt lehetséges
- A torlódás átmeneti, fellépte előre nem látható
- Elkerülésének módjai:
 - **túlbiztosítás** (overprovisioning): a belső kapcsolatok gyorsabbra választása, mint a bemenetek sebessége
 - **pufferelés**: csomagok késleltetésére
 - **visszaduzzasztás** (backpressure): kapcsoló vezérlő arra kényszeríti a csomagok küldőjét, hogy ideiglenesen függessze fel a küldést
 - csak korlátozott ideig hatásos
 - **párhuzamos kapcsolás**: több párhuzamos útvonal kialakítása a bemenetek és a kimenetek között
 - a túltartalékolás térbeli megfelelője

Virtuális áramkörkapcsolás

- A küldő és a cél végpont között egy, a hálózat csomópontjai közötti **szakaszokból álló összeköttetés** létesül
- Analógia az áramkörkapcsolással:
 - két végpont között **minden csomag ezt az útvonalat** használja
 - viszont nem valódi fizikai kapcsolat, innen a virtuális áramkörkapcsolás (virtual circuit switching) elnevezés
- A virtuális áramkörkapcsolásnál is megtalálható a
 - **kapcsolat felépítés**
 - **adatátvitel**
 - **kapcsolat lebontás**
- A virtuális áramkörhöz egy helyi, az adott csomóponton érvényes azonosító
 - **virtuális áramkör azonosító** (Virtual Circuit Identifier, VCI)

Csomagkapcsolás vs. áramkörkapcsolás

- Áramkörkapcsolás
 - dedikált használat, más nem használhatja
 - ideális: ha adatokat sorrendhelyesen és állandó sebességgel kell továbbítani
 - például telefonátvitel
- Csomagkapcsolás
 - az átviteli csatornák és egyéb erőforrások használata nem dedikált, több összeköttetés is használhatja ugyanazt a csatornát
 - ideális: lökészerű átvittel járó és a késleltetéseket jól tűrő adatok
 - például elektronikus levelek, weboldalak továbbítására



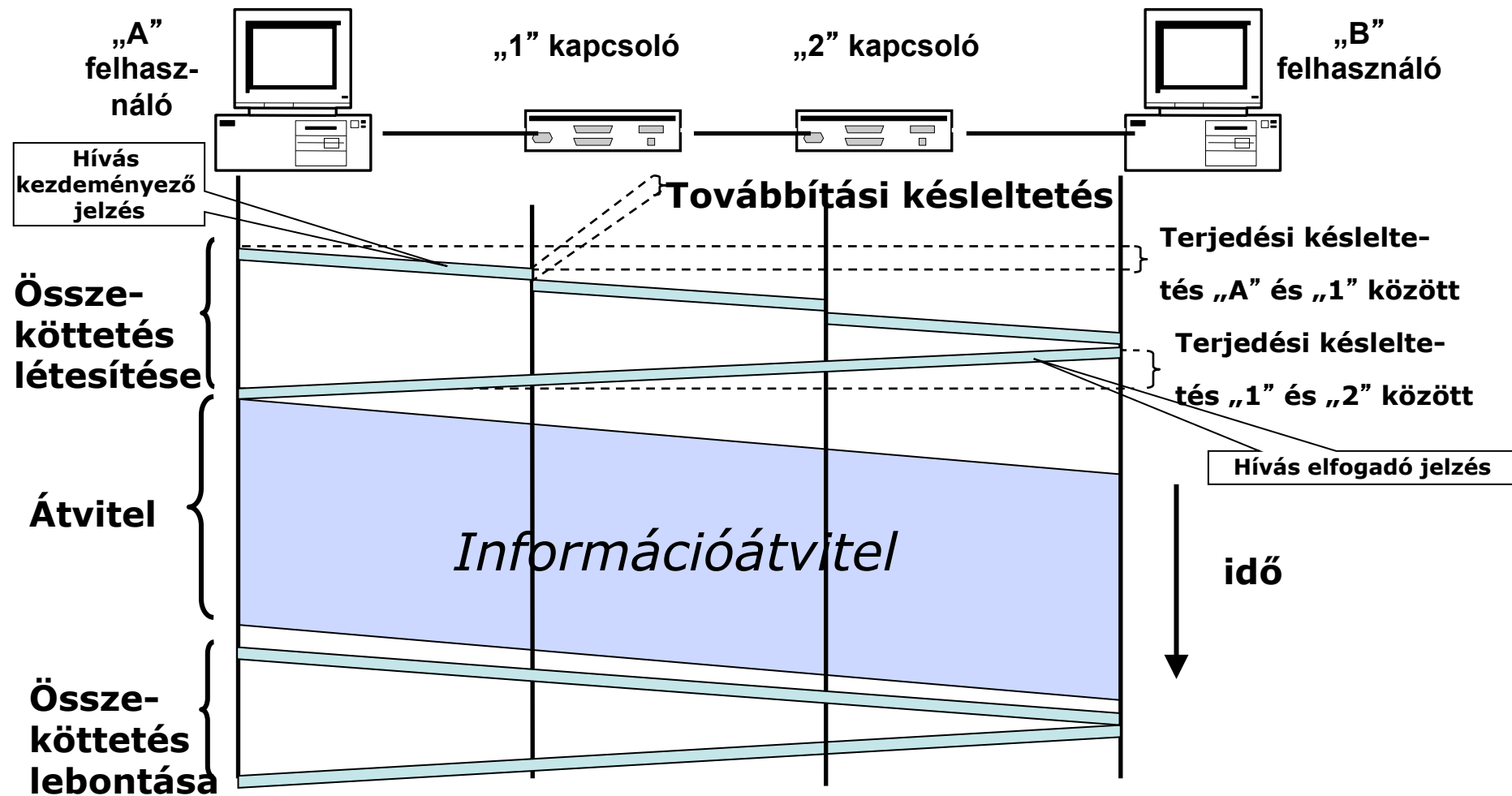
Jelzés

Signaling

*Áramkörkapcsolásnál és virtuális
áramkörkapcsolásnál*

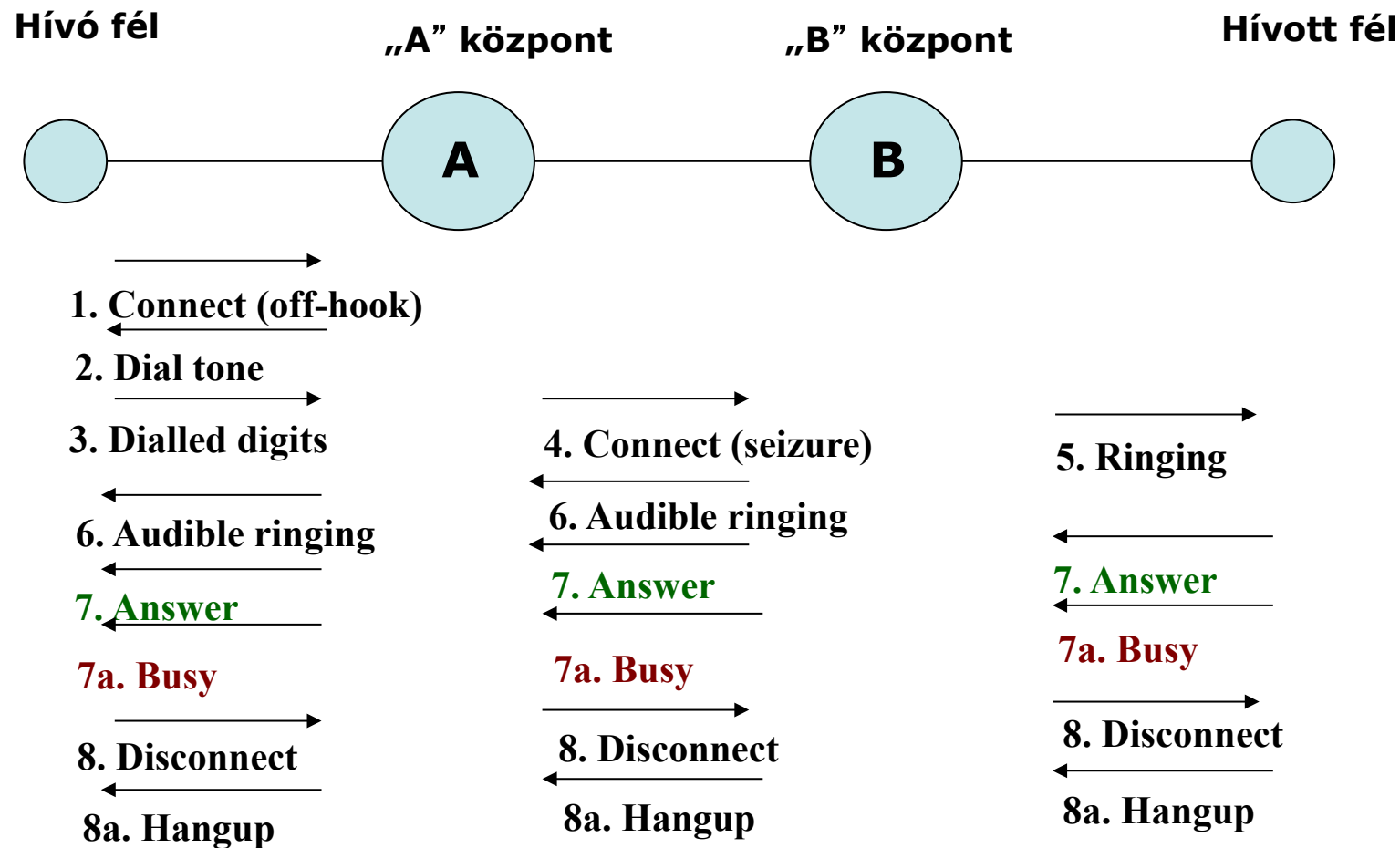
2014.Március 18.

A működés fázisai áramkörkapcsolásnál

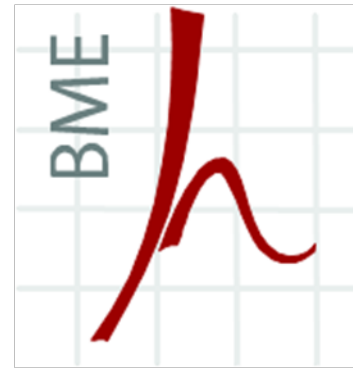


- „Hívások” (kapcsolatok, **összeköttetések**) létrehozása, fenntartása, lebontása
- Az ehhez szükséges jelzések rendszere
- Hívásvezérlő protokollok (valamely szabvány szerint)
- Angolul: call processing, call control systems/algorithms/protocols

Jelzésátvitel, közönséges telefonhívás



- 2 féle jelzésátvitel:
 - **Sávon belüli (in-band)**
 - hagyományosan a telefóniában, ma is megvan még az analóg előfizetői vonalon (előf. „hurokban”)
 - **Sávon kívüli (out-of-band)**
 - a jelzések továbbítása külön csatornákon/hálózaton
- sávon kívüli jelzésátvitel → „közös csatornás” jelzésátvitel - common channel signaling (CCS)
 - rugalmasság, jobb sáv szélesség-kihasználás
 - Észak-Amerikában különálló hálózatként valósult meg
 - az ISDN-ben: külön digitális csatornákon



Elnevezés és címzés

Naming and addressing

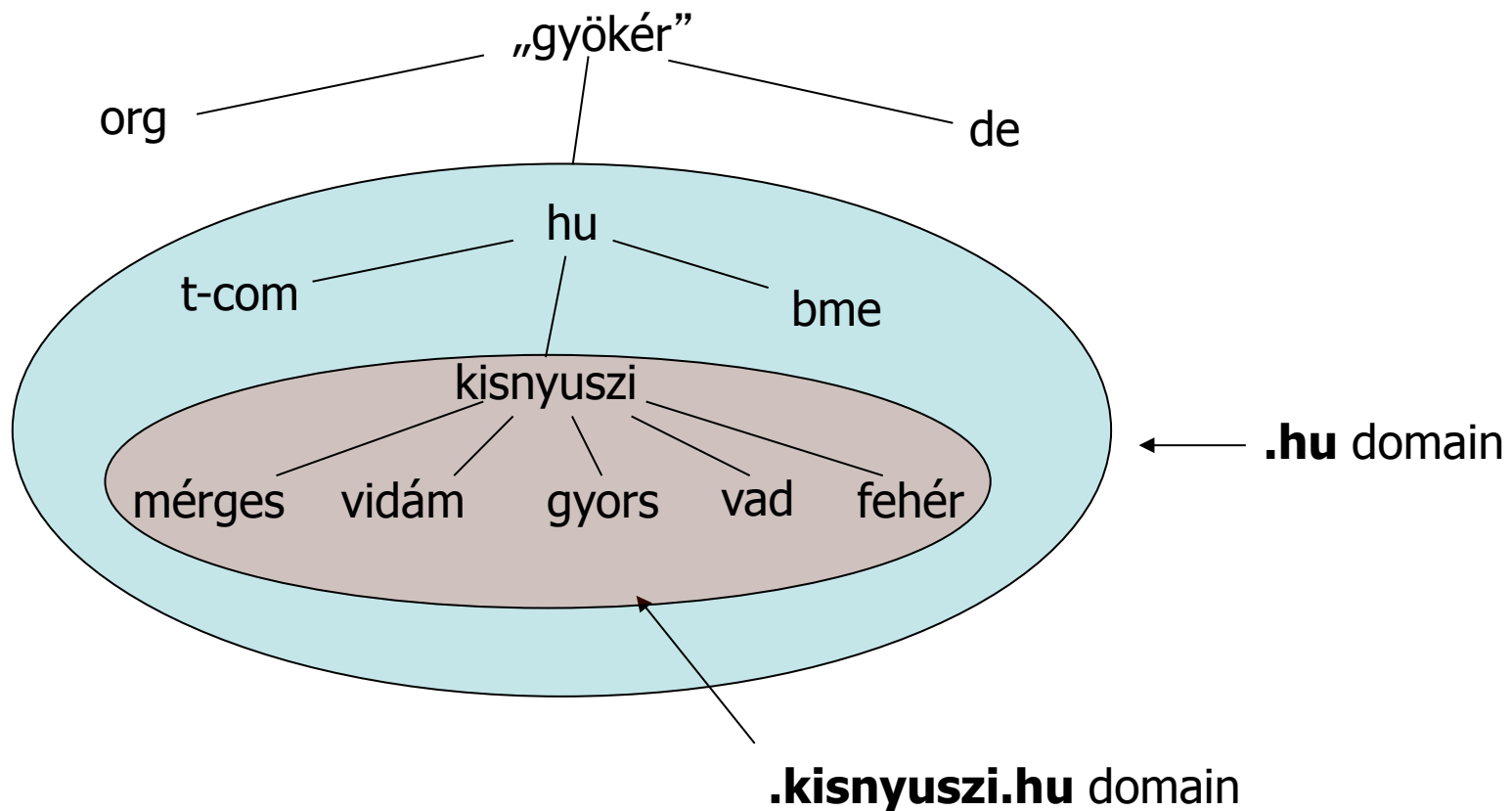
2014.Március 18.

Elnevezés és címzés – *naming and addressing*

- Elnevezés (naming): **egyedi név** hozzárendelése a hálózat végpontjaihoz
 - Pl.: *diana.create-net.it*
- Címzés: **egyedi cím** hozzárendelése
 - Pl.: *213.21.183.196*
- Név-cím átalakítás: **címfeloldás**
- Miért kell mindkettő?
 - emberi tényező
 - előnyös a nevek és címek „szétcsatolása”

Nevek hierarchikus használata

- Hogyan osszuk ki a neveket?
- Hierarchikus névadás
 - egy és több névadó
 - magasabb rendű névadó **prefixet** és **jogot ad** a további névadásra
 - pl. „a”, a.a, a.b, a.c (elválasztás pontokkal)
- Névtér (name space)
 - Tartományokra bontása: **domains**
- Globális hatóság a csúcsszintű tartományban (**top-level domain**)
- Névadó hatóságok az egyes tartományokra
- Ezt használja a telefonhálózat és az Internet is



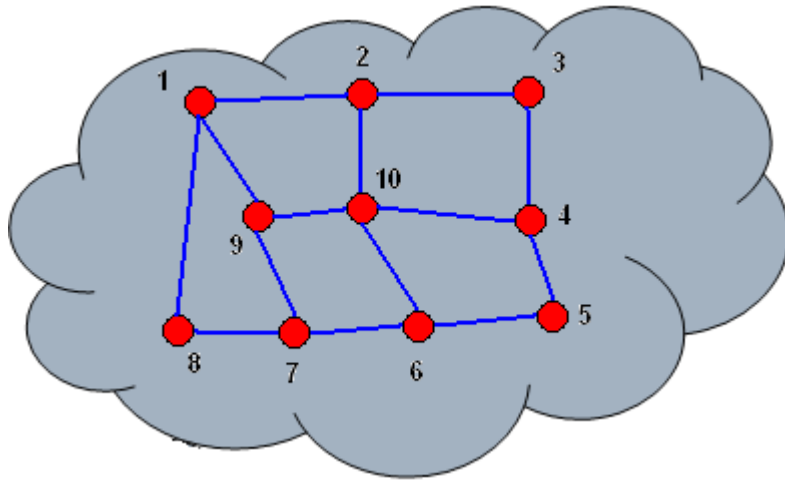
Névhasználat az Interneten

- Internet: DNS – Domain Name System
- Root domain: az üres string a záró pont után:
hit.bme.hu.
- Top level domains: a név utolsó része
 - Az [IANA](#) adminisztrálja (Internet Assigned Numbers Authority)
 - [country code top-level domains](#) (ccTLD), pl. .hu
 - [generic top-level domains](#) (gTLD): pl. .org, .edu, .net, .com, .gov, .mil
 - eredetileg: a szervezetek egy-egy csoportja az USA-ban, ma már világszerte csaknem szabadon felhasználható, a .gov és a .mil csak az USA-ban
 - [infrastructure top-level domains](#): egy van, az .arpa

- A névhez hasonlóan
 - a címek is globálisan egyediek
 - hasonló okból célszerű ezeket is hierarchikusan szervezni

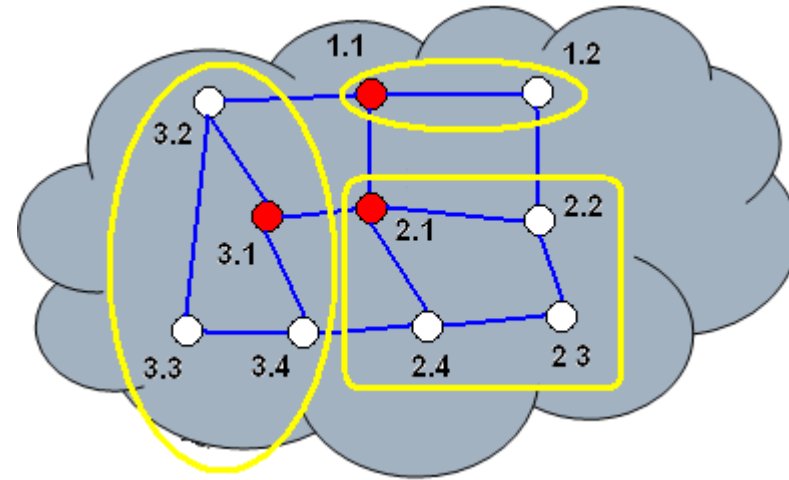
- A **hierarchikus** szervezésnek további oka az, hogy a hálózatokban egyszerűbbé teszik az **útvonalválasztást**
 - „lapos”, egyszintű címzésnél minden csomópontban nagy útvonalirányító tábla kell (routingtábla)
 - hierarchikus címzésnél nem mindenhol kell nagy
 - mivel alhálózatok alakíthatók ki,
 - csak a határokon kell nagy routingtábla

Címek aggregálása



Hierarchia nélküli (flat) címzés

- Minden csomópontban nagy irányító tábla
- Minden táblában 9 bejegyzés



Hierarchikus címzés

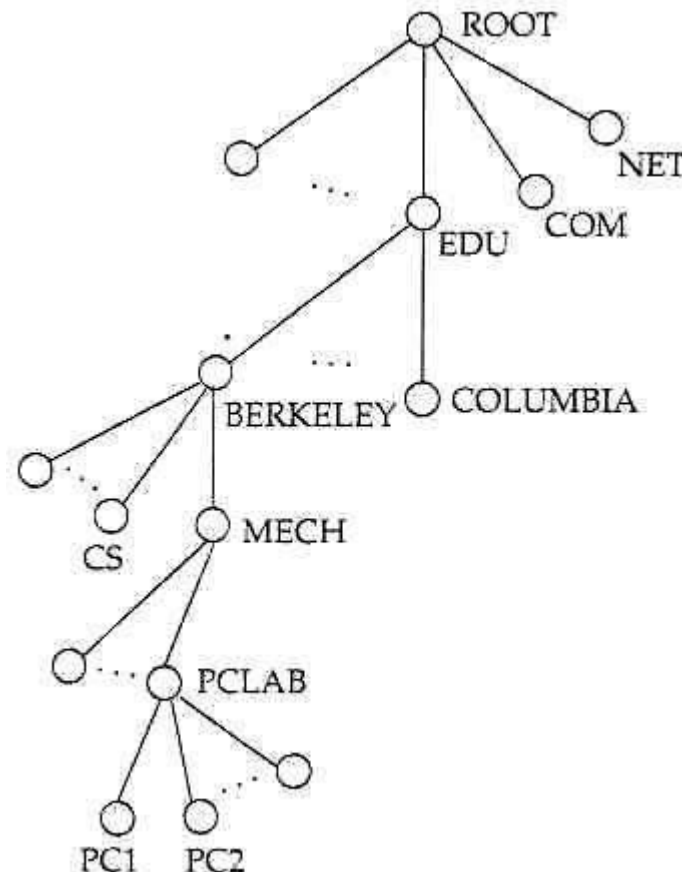
- Címek csoportosíthatók
- Néhány csomópontban kell csak nagy irányító tábla

Csoportosítás nélküli hierarchia

- Van olyan globális, hierarchikus címzés, amely nem prefix jellegű
- Ilyen az Ethernet lokális hálózatokban használt címzés
- Ethernet-cím: az Ethernet adapter(kártya) egyedi címe
- 6 byte, 48 bit
 - Első három byte a gyártó kódja, a másik három az adapteré

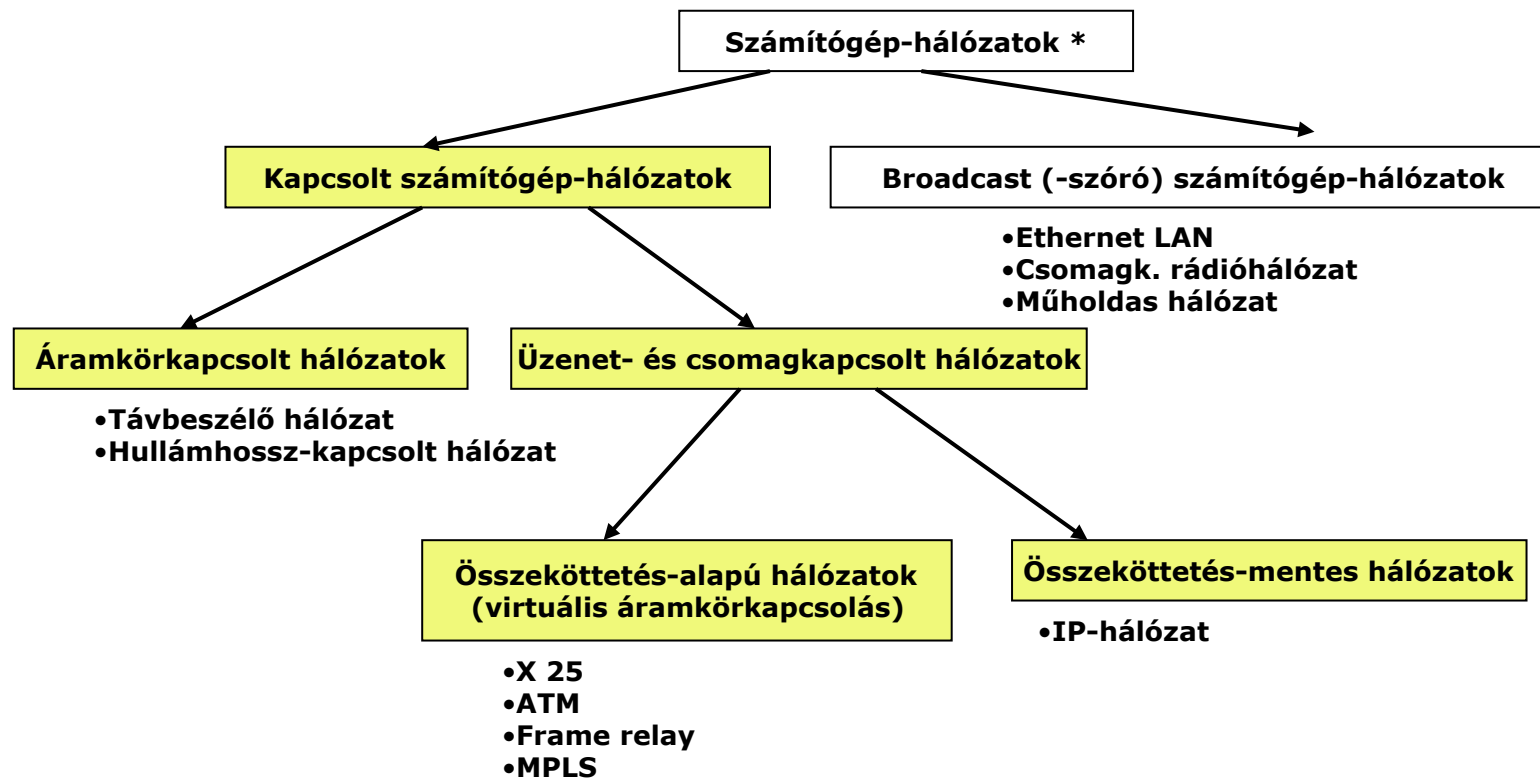
Névfeloldás – *name resolution*

- **Névszerverek – name servers**
- Az Interneten a hierarchikus név- és címrendszer felhasználásával a **DNS – Domain Name System** végzi.
- Elvileg először a rootnak megy a kérés, az továbbítja az aktuális tartományba, az azt kezelő névszervernek
- A terhelés csökkentése:
 - szerver-replikáció: a DNS-ben egyazon tartományban több névszerver kezeli a kéréseket
 - cache-elés: amikor a végpont vagy ügynöke felold egy nevet, tárolja az eredményt az ismételt kérések számára



Címzés több szinten

- Címzés lehetővé teszi a hálózatok közötti útvonalválasztást és csomagtovábbításhoz szükséges
- Az egyes hálózatokon belül gyakran egy másik szinten is van címzés
 - pl. az Ethernet LAN-ban a hálózati kártyáknak saját címzésük van
- *Tehát többszintű a címzés*
 - címeket kezelünk a *hálózati architektúra különböző rétegeiben*
- Az Ethernet LAN címzését az IEEE 802.3 szabványa határozza meg
 - hierarchikus, de nem prefix tulajdonságú címzés
- Átalakítás kell a hálózati és adatkapcsolati rétegbeli címek között: címfeloldás (l. később az IP-részben)



* általában: kommunikációs hálózatok – communication networks

Kérdések?

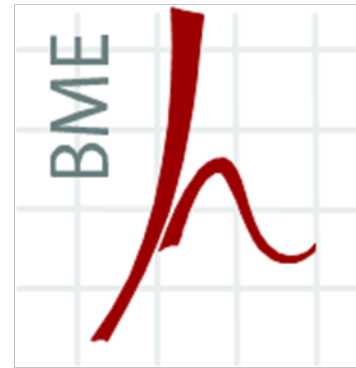
KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu



ROUTING

Útvonalválasztás

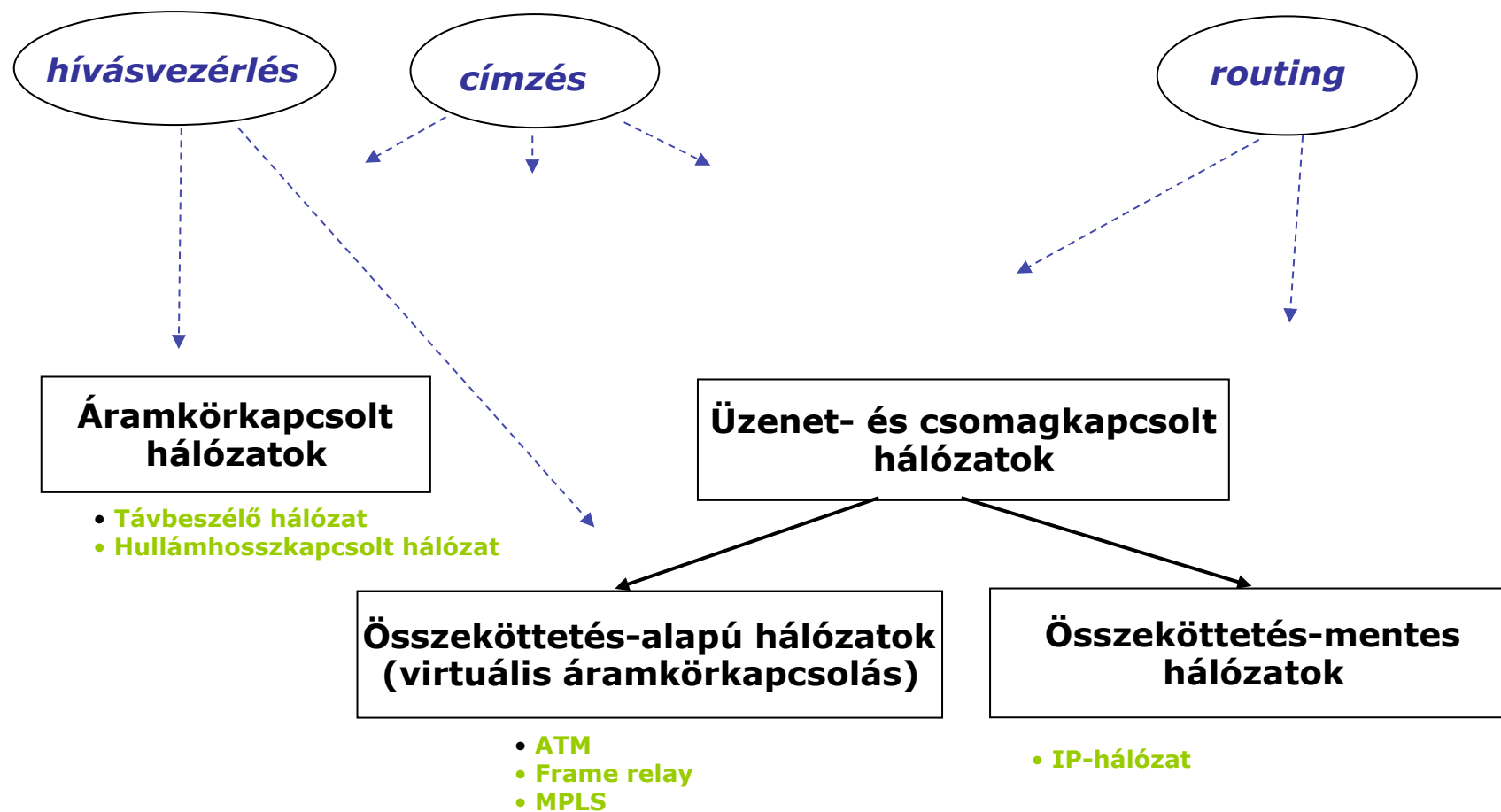
Dr. Simon Vilmos
docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

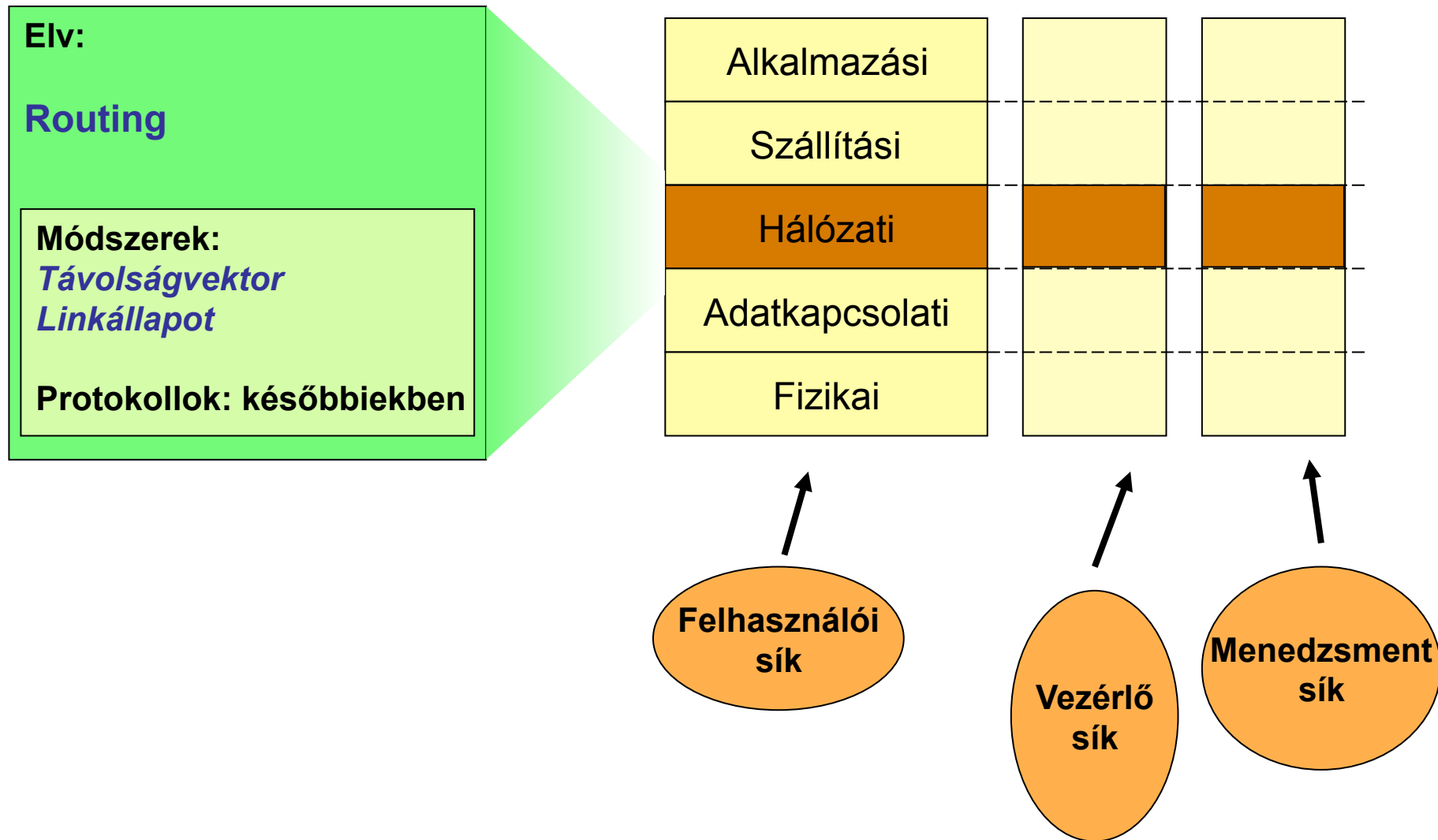
svilmos@hit.bme.hu

2014.Március 20.

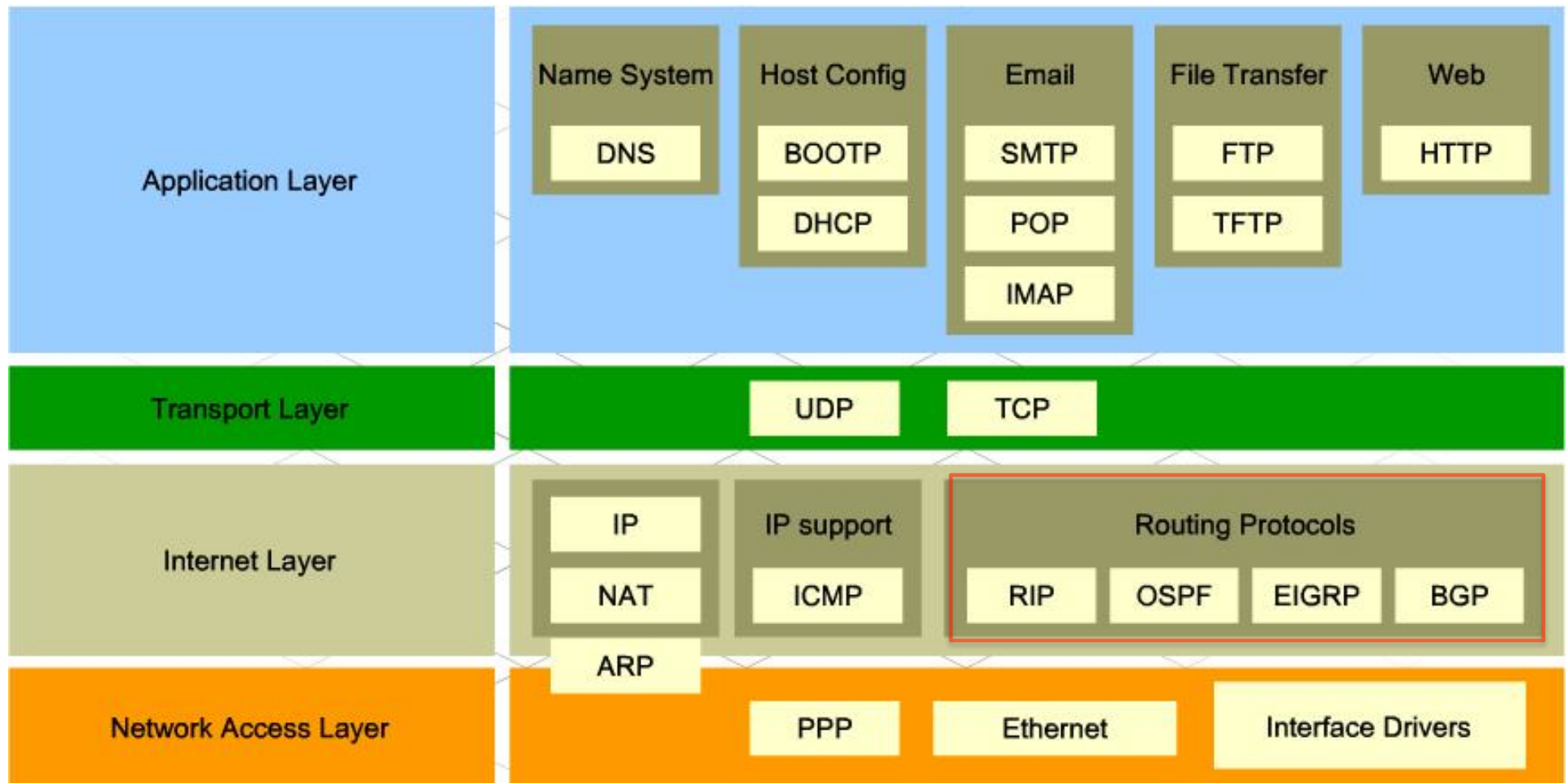
További nagyon fontos funkció a kapcsolt hálózatok működtetéséhez

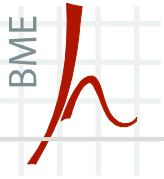


Elv, módszer, protokoll



Routing protokollok





Az elnevezésről...

.fr Routage

.de Routing

.ru Маршрутизация (marshrutizatsiya)

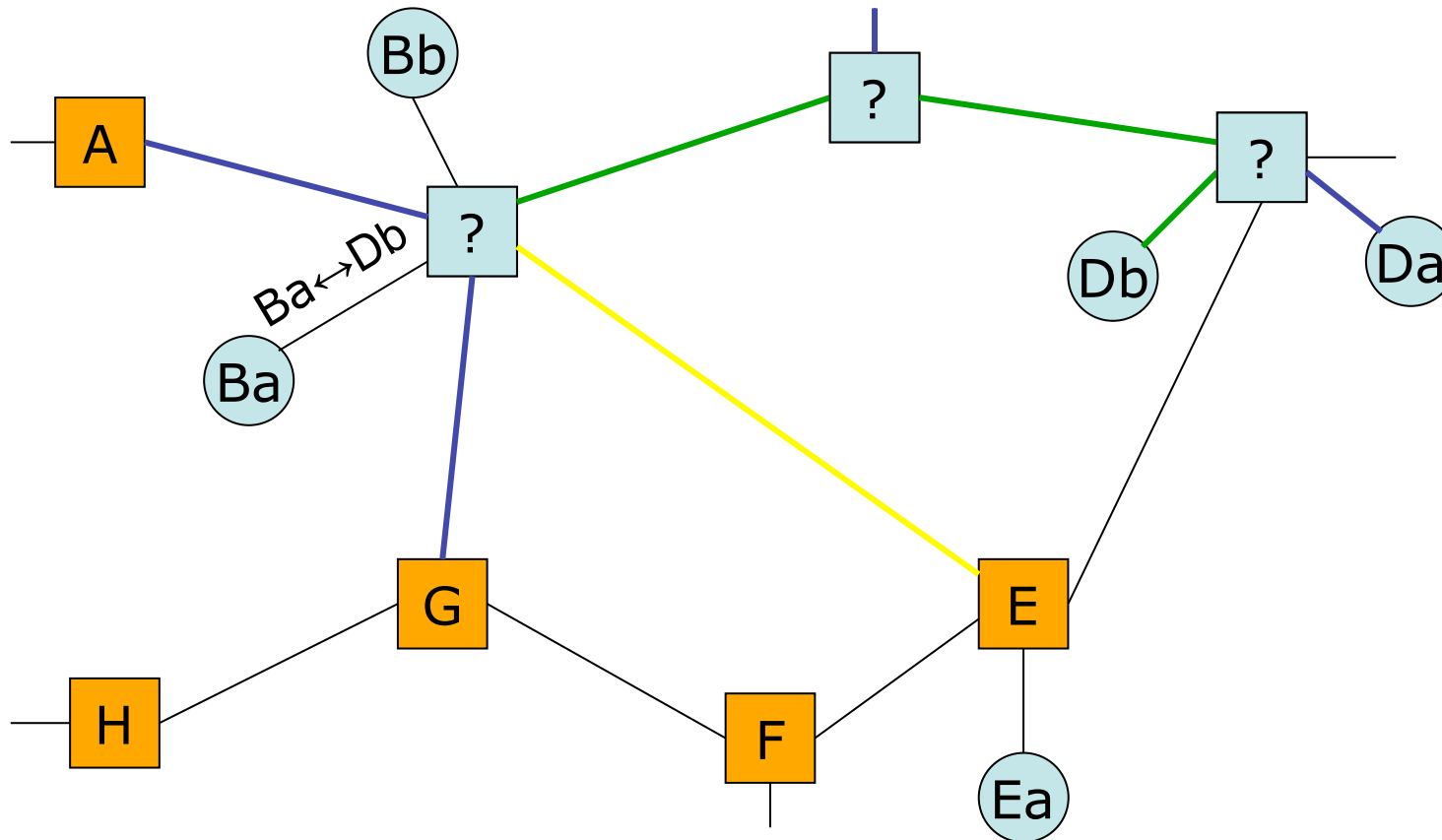
A Tanenbaum: Computer Networks könyv magyar fordításában: „forgalomirányítás”

Nálunk (általában): routing

Mi a routing?

- *Az a mechanizmus, mely segítségével a szállítandó információ a **megfelelő úton** kerül továbbításra a végpontok között*
 - *szűkebb értelemben: csak az útvonalválasztás, útvonalkijelölés*
 - *tágabb értelemben: ideértjük a csomópontokban a csomagok **továbbítását** is*
- A feladat érdekessége:
 - Általában **nem állandó** a hálózat felépítése: adaptív módon
 - Gyakran **„nagy” a hálózat mérete**: nincs pontos és aktuális információ a hálózat állapotáról.
- Ez a feladat egyaránt felmerül az összeköttetés-alapú és –mentes hálózatokban
 - ö. a.: útvonalkijelölés
 - ö. m.: útvonalválasztás
- Ide tartoznak az útvonalválasztó **módszerek, algoritmusok** és az azokat megvalósító **protokollok**

Bevezetés: a feladat értelmezése



Mi tehát a feladat?

- **Megismerni, nyilvántartani** a hálózat felépítését:
 - csomópontok
 - összekötések (link)
 - lehetséges útvonalak
- **Összeköttetés-alapú eset:**
 - Csomópontokban felhalmozott ismeretek alapján
 - az útvonal kiválasztása lépésről-lépésre
 - **feljegyzése** az érintett csomópontokban
 - **értesítés** a kommunikáló végekhez, hogy elkészült az útvonal, megkezdhető a kommunikáció.
- **Összeköttetés-mentes:**
 - nincs külön útvonalkialakítás előre
 - a csomópontok a megfelelő útvonalat a csomag továbbításával **egyidejűleg** választják meg



Különbség bridging és routing között

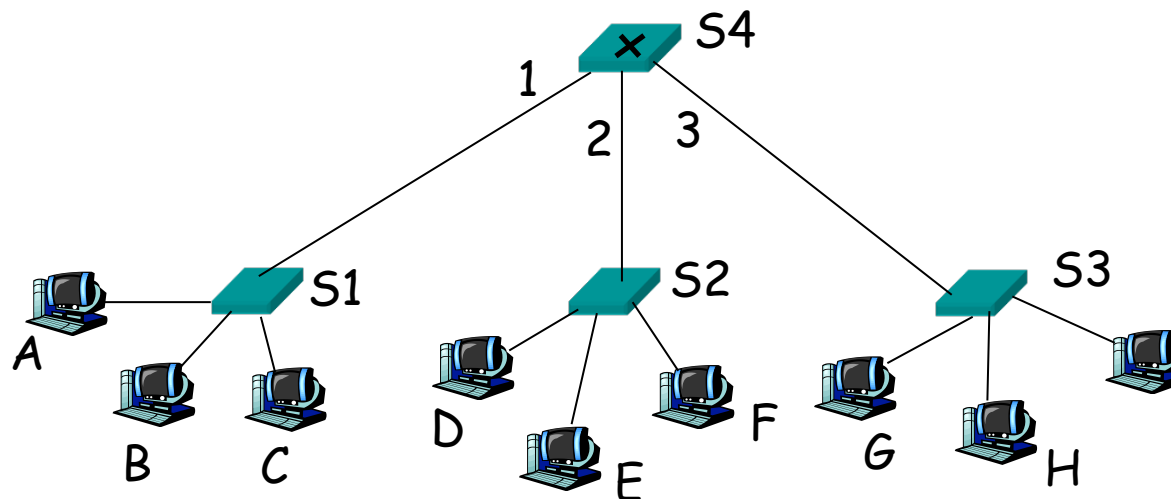
- Bridging (bridge vagy switch által végezve):
 - Nem tudja hol van pontosan az adott cím
 - A fogadott keretek forráscíme alapján bejegyzés a táblában:
 - MAC Address, Interface, Time Stamp
 - régi bejegyzéseket eldobja
 - Megtanulja, hogy melyik végpontokat melyik interfészen keresztül tudja elérni

Különbség bridging és routing között

- Bridging:
 - Adatkapcsolati rétegben **MAC címek alapján**
 - Nem tud különbséget tenni hálózatok között
 - Elárasztást használ: **csak helyi hálózatokban**

- Routing:
 - Hálózati rétegben, **IP címek alapján**
 - Skálázhatóbb megoldás
 - Erről lesz szó a továbbiakban!

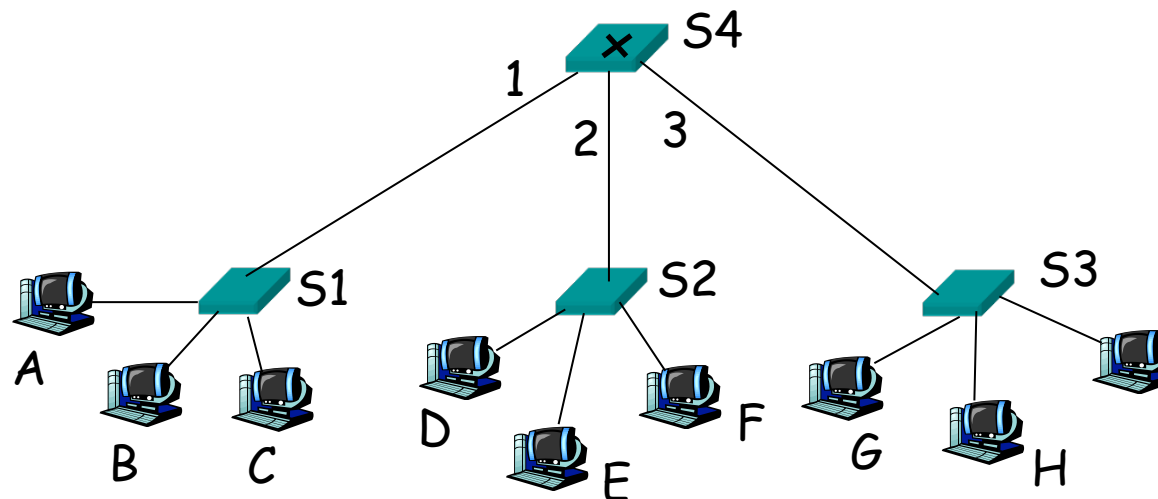
Példa bridging-re (LAN előadásról)



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 bridging-re (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

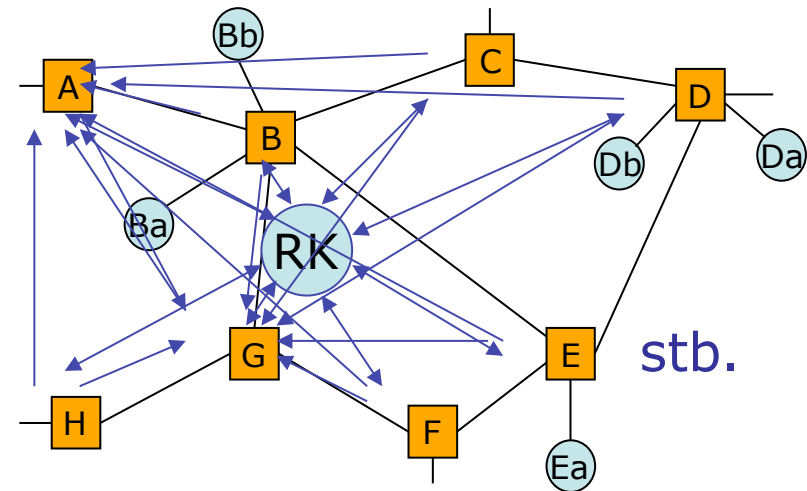
Mi tehát a feladat?

- **Áramkörkapcsolt eset:**
 - **állandó átviteli csatorna** létrehozása **az összeköttetés időtartamára**
- **Összeköttetés-alapú eset**
 - virtuális csatorna létrehozása a **csomópontokban történt feljegyzésekkel**
 - honnan hová kell tenni a csomagot
- **Összeköttetés-mentes eset:**
 - a csomópontok **minden egyes csomagra újból elvégzik az útválasztást**
 - **nincsenek állandó feljegyzéseik**
- *Utóbbi esettel foglalkozunk, a teljesség kedvéért megemlítve az előző kettőt*
- **Mi kell az útválasztáshoz?**
 - A hálózat felépítésének (csomópontjainak és linkjeinek) megismerése és nyilvántartása
 - Ezen ismeretek biztosítása a csomópontok számára

- Útvonalkijelölés ill. útvonalválasztás:
 - a csomópontok táblázatai alapján

Cél-végpont	következő csomópont
...	...

- A táblák kitöltése:
 - manuálisan
 - automatikusan:
 - centralizáltan
 - elosztottan



■ Centralizált:

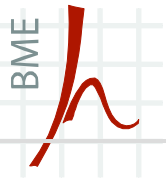
- egy ponton összegyűjtjük a hálózatról megszerezhető valamennyi ismeretet
- meghatározzuk az egyes csomópontok útvonaltábláinak bejegyzéseit
- továbbítjuk azokat a csomópontokhoz.

■ Elosztott esetben

- valamennyi csomópont egyénileg gyűjt információt a hálózatról
- saját útvonaltábláját készíti el

- egyetlen kép a hálózatról, minden útvonal-tábla „konzisztens” lesz
 - De nem valós helyzetre!

- nagy hálózathál közben megváltozhat az állapota
- sérülékenység („*single point of failure*”)
 - Megoldás lehet: tartalékolás



Elosztott előnyei-hátrányai

+

- Kevésbé sérülékeny

-

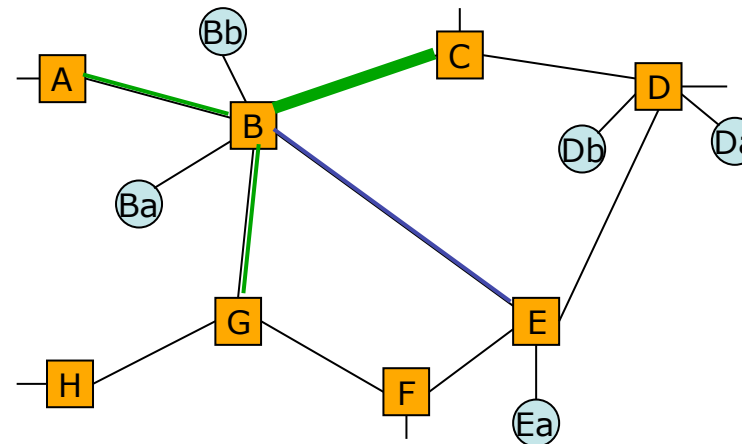
- Nincs egységes kép a hálózatról
- Eltérő „nézőpontok” a csomópontokban

Az útvonal-adatbázis kialakítása

- **Statikus routing**
 - **Előre becsült forgalmi viszonyok alapján** útvonaltáblák centralizált kialakítása és szétosztása
 - A hagyományos telefonhálózatokra alkalmazható
 - mivel itt a forgalom jól előrejelezhető
 - a hálózat amúgy is központilag menedzsel
- **Dinamikus, adaptív routing**
 - **Az aktuális forgalmi helyzet** állandó figyelése és az annak legjobban megfelelő útvonaltáblák kialakítása
 - Adathálózatokra jellemző
 - az Internet esetén elosztott változatban
 - a forgalom nem jósolható jól előre
 - nincs egységes hálózatfelügyelet

A gyűjthető információ

- Csomópontok közötti összeköttetések, linkek:
 - pl.: $B-A$, $B-C$, $B-E$, $B-G$
 - nem működik: pl.: $B-E$
 - $B \rightarrow Ba$, $\rightarrow Bb$
- Linkek jellemzői:
 - átv. seb., pl.
 - $B-A$: 2 Mbit/s
 - $B-C$: 10 Mbit/s
 - $B-E$: 2 Mbit/s
 - Forgalom (sorhossz):
 - $B-A$: 2
 - $B-C$: 0
 - Terhelés %-ban
 - Kiszolgálási díj



Információ -> routingtáblák

- Ha a hálózat valamennyi csomópontjáról megvan az információ: meghatározható, hogy **bármely két felhasználót milyen útvonalon célszerű összekötni**.
- Célszerű: pl. legrövidebb
- A célszerű utakból
 - **kiolvashatjuk az egyes csomópontok által kialakítandó útvonal darabot**
 - meghatározhatjuk az **útvonaltáblákat**, amelyek bejegyzései lényegében útvonaldarabokat képviselnek.

A routing módszerrel szembeni követelmények

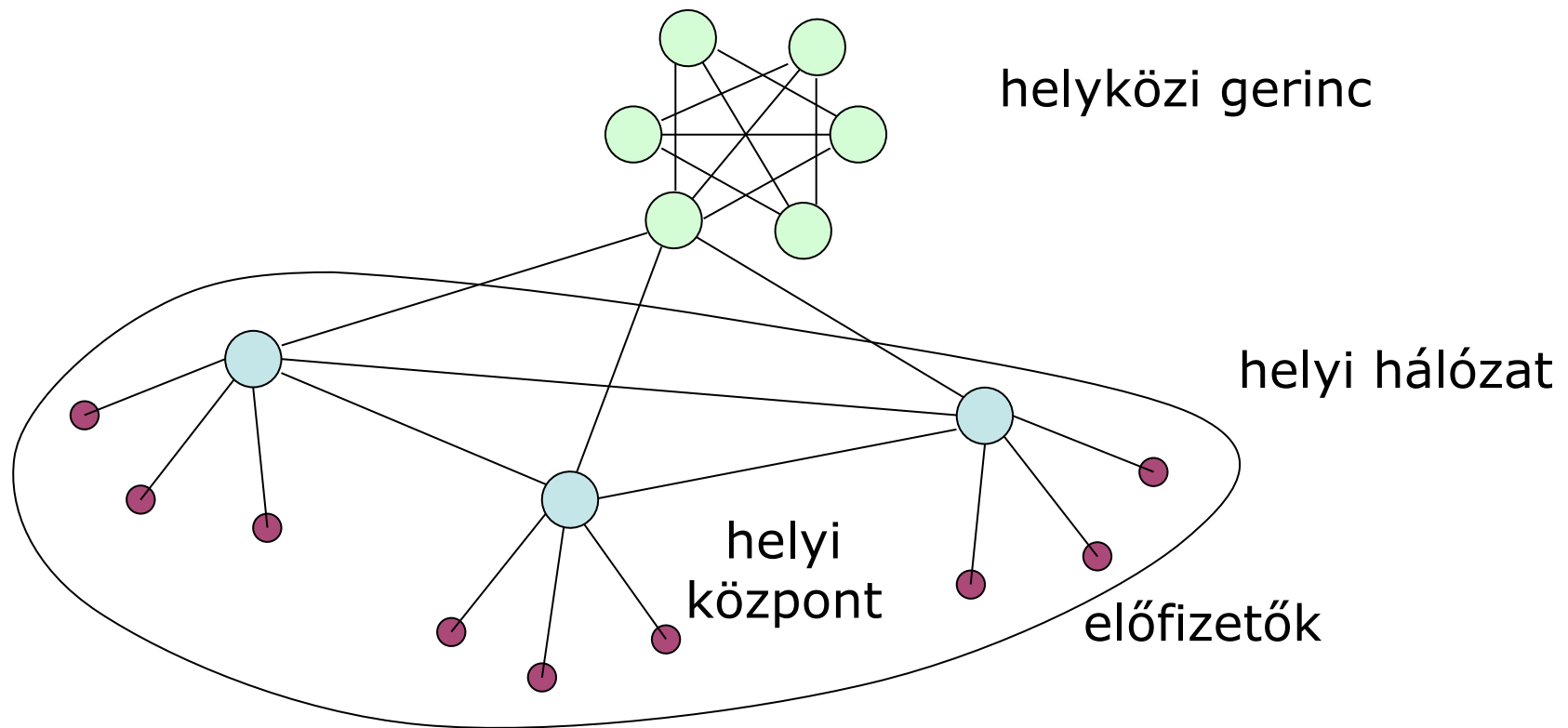
- **Minél kisebb méretű útvonaltábla:**
 - Kisebb tár, olcsóbb csomópont
 - Gyorsabb keresés a táblában, gyorsabban működő csomópont
 - Kisebb routingforgalom
- **Robosztusság:**
 - Hibás tábla esélyének minimalizálása, mert a hibás tábla okozhat:
 - „fekete lyukat”
 - hurkot
 - oszcillációt
- **Optimális útvonalak kijelölése:**
 - az út optimalitása az igénytől függő, lehet optimális a
 - legrövidebb (*miben mérjük?*)
 - legmegbízhatóbb
 - legolcsóbb

A megoldások csoportosítása

- Centralizált
- Tényleges forgalomtól függő
- Egyutas
- Lépésenkénti
- *Elosztott*
- *Forgalomfüggetlen*
- *Többutas*
- *Forrás általi*

Routing a telefonhálózatokban

- A telefonhálózat leegyszerűsített struktúrája



Routing a telefonhálózatokban: a blokkolás minimalizálása

▪ Útvonalkijelölés

- helyi hívások: nincs útvonal
- a helyi központok szintjén közvetlen útvonal, vagy kétlépéses egy helyközin keresztül
- távolsági hívás
 - mindkét helyi központ ugyanahhoz a távolságihoz van bekötve
 - másik távolsági központon keresztül

▪ Az alkalmazott routing:

- centralizált táblakitöltés, a becsült forgalom függvényében
- két útvonal a távolsági központ számára:
 - közvetlen a hívott távolsági központjával
 - közvetett utak
 - **tartaléknak, ha a közvetlen út trónkvonalai foglaltak**, ezért a hívást blokkolni kellene

Routing a számítógép-hálózatokban

- „Routing az összekötöttség – **connectivity** – maximalizálására”: katonai célok eleinte!
- Legyen a módszer **elosztott**!
 - Az útvonaltáblák kialakítását végezzék maguk a csomópontok
- Két alapvető **módszer**:
 - „distance-vector” – *Bellman-Ford algoritmus*
 - „link-state” – *Dijkstra algoritmus*
- A módszerek különböznek abban, hogy:
 - milyen információt gyűjtenek
 - hogyan gyűjtik az információt
 - hogyan terítik ezt később

A módszerek lényege

- Információgyűjtés, és -terítés történik
- „Kinek, mit mondunk?”:
 - „Távolságvektor” módszer (*distance-vector*):

A csomópontok elmondják a **hálózatról alkotott elképzeléseiket**
a **szomszédaiknak**

- „Linkállapot” módszer (*link-state*):

A csomópontok elmondják **mindenkinek** a **szomszédaikról nyert tapasztalataikat**

A „távolságvektor” módszer

- A gyűjtött információ és a gyűjtés módja:
A csomópontok elmondják a **hálózatról alkotott elképzeléseiket** a **szomszédaiknak**
- Az „elképzelések”:
 - melyik csomópont milyen távol van
 - egy lista (vektor) melynek elemei
 - csomópontazonosító – távolság párok
- A távolságvektorát közli mindegyik csomópont **valamennyi szomszédjával**
- A távolság mérése?

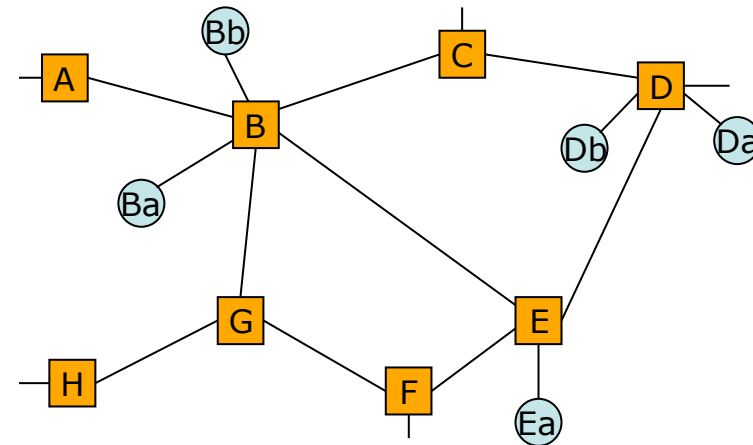
A „távolságvektor” módszer: a távolság mérése

- Legegyszerűbb esetben ez lehet a **lépések** (*ugrások, hop-ok*) száma
- Súlyozás:
 - *a link átviteli sebességével*
 - *a sorbanállási hosszal*
 - *a költséggel*
- Szóhasználat: *távolság = költség*
- Így a távolságvektor elemei **az adott csomópont által elképzelt költségek a hálózat többi (ismert) csomópontjához**

A Bellman – Ford algoritmus (1)

■ Példa:

A	B,1				
B	A,1	C,1	E,1	G,1	∞
C	B,1	D,1			
D	C,1	E,1			
E	B,1	D,1	F,1		



B-hez megérkezik
C üzenete:

B	A,1	C,1	D,2	E,1	G,1	∞
C	B,1	D,1				

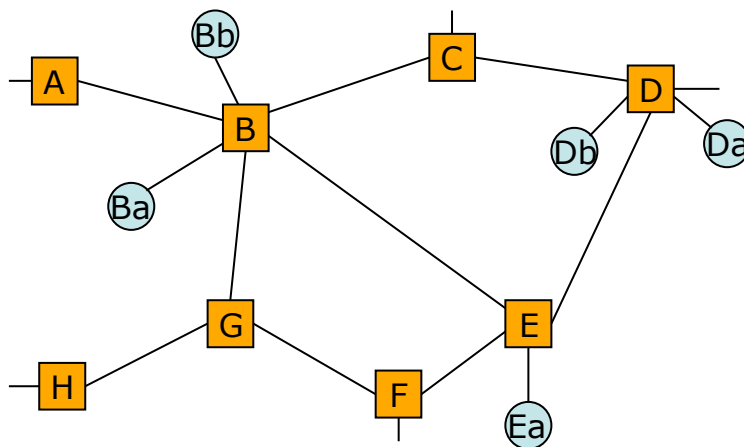
B-hez megérkezik
E üzenete:

B	A,1	C,1	D,2	E,1	F,2	G,1	∞
E	B,1	D,1	F,1				

(∞ - a hálózat még nem látott része)

A Bellman – Ford algoritmus (2)

- Ha a csomópont a beérkező üzenetből kideríti, hogy **rövidebb útra van lehetőség**, akkor **végrehajt egy cserét a vektorban**.
- Példa: *D* üzenete eljutott *E*-hez, majd *F*-hez, majd *G*-hez, és innen *B*-hez.
 - *F* táblázatába bekerült *D* két lépéssel,
 - *G* táblázatába így *D* már 3 lépéssel szerepel,
 - ezért *B* úgy látja, hogy *D* a *G*-n keresztül 4 lépéssel érhető el.
- Ha ezután érkezik hozzá *E* vagy *C* üzenete, amelyekben *D* egy lépéssel szerepel, akkor nyilván lecseréli a bejegyzést, mert $2 < 4$.
- Bebizonyítható, hogy a fenti algoritmus konvergens, de vannak tranziensei



Az útvonaltábla kialakítása a távolságvektor alapján

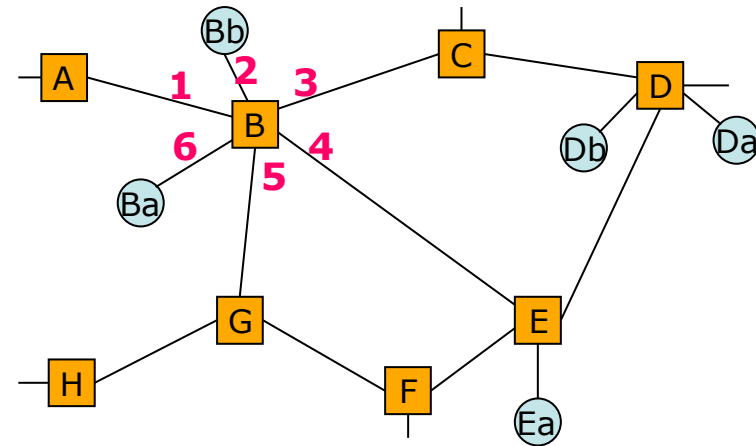
■ Például:

- B távolságvektora

B | A,1 | C,1 | D,2 | E,1 | F,2 | G,1 | ∞

- Sorszámoztuk B portjait
- Kitölthetjük B útvonaltábláját:

Ba	6	közvetlen
Bb	2	közvetlen
Da	3	
Db	3	
Ea	4	

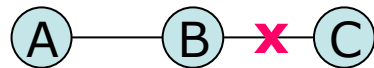


A távolságvektor módszer alapproblémája (1)

- **A végtelenig számolás**
 - meghibásodások léphetnek fel
 - a csomópontok tévesen korrigálhatják távolságvektorukat
 - nem tudják, hogy a kapott távolságvektorokat a szomszédaiik milyen módon, lépésekkel hozták létre
 - ‘routing by rumor’
 - egyre növelik egy adott csomóponthoz való távolságukat
 - elvileg végtelenig
 - konkrét megvalósításoknál véges számig
- Következmény: egymásnak irányítják az el nem érhető csomóponthoz tartó forgalmat, ezzel túlterhelnek linkeket

A távolságvektor módszer alapproblémája (2)

- Példa a *végtelenig számolásra*:



- A B - C link megszakad
- B kijavítja a bejegyzését
- B és A kicserélik elképzeléseiket és korrigálnak:
- Ha ismét cserélnek és korrigálnak:

	C táv	Köv. lépés
A	2	B
B	1	C
A	2	B
B	∞	-
A	∞	-
B	3	A
A	4	B
B	∞	-

A távolságvektor módszer javítási lehetőségei

- **Split horizon**: megtiltja a csomópont számára az útvonal hirdetését azon interfész felé, ahonnan tanulta
- **Route poisoning**: hirdeti a csomópont, hogy elérhetetlen az útvonal, törölni kell a táblákból
 - Pl. ha maximális hopszám 15, 16-ra állítja
- Kettőt együtt alkalmazzák
- **Holddown timer**: amikor értesül a csomópont, hogy elérhetetlen egy útvonal, indít egy időzítőt
 - amíg le nem jár, nem foglalkozik azon útvonal hirdetményeivel
 - vagy megjavul ez idő alatt az útvonal, vagy új útvonalat keres
- Növekszik a konvergencia idő, további komplexitás!

További problémák

- Nem jól skálázódik
 - Ezért tipikusan egy területen belül használják (később lesz róla szó)
 - Pl. egy ISP hálózatán belül

- A hálózati topológia változását nem elég gyorsan követi
 - Mivel a frissítések csomópontról csomópontra terjednek

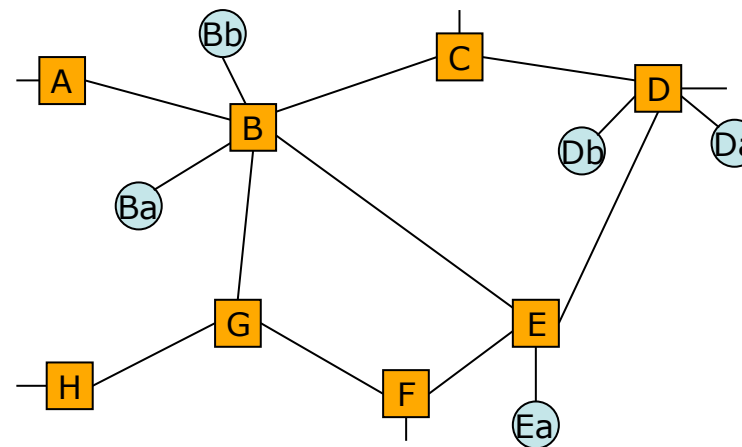
A „linkállapot” módszer

- A gyűjtött információ és a gyűjtés módja:
A csomópontok elmondják **mindenkinek a szomszédaikról nyert tapasztalataikat**
- A „tapasztalatok”:
 - a **szomszédokhoz vezető linkek aktuális állapota**: ez pontosan ismerhető!
 - a link költsége valamilyen mérték szerint
- Az **információ elküldése mindenkinek „elárasztással”**:
 - elküldik a szomszédokhoz, amelyek továbbadják (kivéve azon a linken, amelyen érkezett)
- *A linkállapot-információk alapján a legrövidebb utak kiválasztása*

A küldött információ és „védelme”

- Például: a *B* csomópont

B	A	1
B	C	1
B	E	2
B	G	1
B	Ba	0
B	Bb	0



- Védelem a téves információ ellen:
 - **sorszám és életkor**, növelés/csökkentés
 - régi bejegyzések elévülése
- Védelem a hibák és rosszakarat ellen:
 - hibavédő kódolás és autentikáció (hitelesítés), jelszavas azonosítással
- Hogyan történik a linkállapotok alapján az utak kiszámítása?
A Dijkstra-algoritmussal

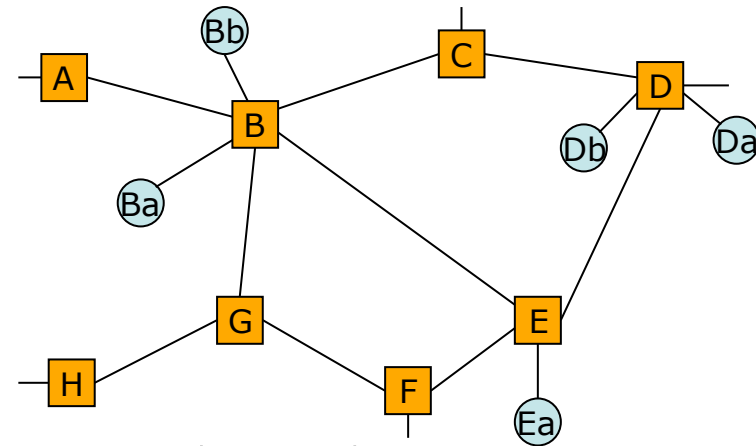
A Dijkstra algoritmus

- Példa: B csomópont

• P és T halmazok

B	C(B,1)
	E(B,2)
	D(C,2)
	E(E,3)

- Ha T halmaz üres, akkor vége van



C	B	2
C	D	1
D	C	2
D	E	1
E	B	2
E	D	1
E	F	1

Magyarázat a Dijkstra-algoritmus illusztrációjához

- P (permanent) és T (temporary) halmazok nyilvántartása az adott csomópontban.
- Induláskor csak **B** van a P -ben.
- T -be betesszük az ismert szomszédainkat.
- Akkor teszünk be egy szomszédot T -be
 - ha még nincs ott
 - vagy ott van, de kisebb költséggel is elérhető, ekkor lecseréljük.
- T -ből a legkisebb költségűt átvisszük P -be, ha még nincs ott.
- Ha T kiürül, készen vagyunk

Távolságvektor vs. Linkállapot

- Távolságvektor alapú protokollok:
 - Rosszabbul skálázódnak
 - Lassabb konvergencia
 - Hopszámban adják meg a költséget (általában), nem veszik figyelembe az egyéb paramétereket
 - pl. linkkapacitás
 - Kisebb hálózatokban használják őket
- Manapság a linkállapot alapú módszerek dominálnak tartományon belüli routing esetén

Routing tábla metrikák

- A metrika az adott routing algoritmustól függ
 - Linkkapacitás
 - Késleltetés
 - Hopszám
 - Megbízhatóság
 - Csomagvesztési ráta
 - MTU stb. kombinációja

A hierarchikus routing

- Kiterjeszthetők („skálázhatóak”) a routing-algoritmusok egyszintű (flat) hálózat esetén?
- N csomópontja és E linkje esetén kimutatható:
 - A legrövidebb út számítása: $O(E \log E)$
 - Az útvonaltábla mérete: $O(N)$
 - Nem lehet hierarchia nélkül egy Világháló:

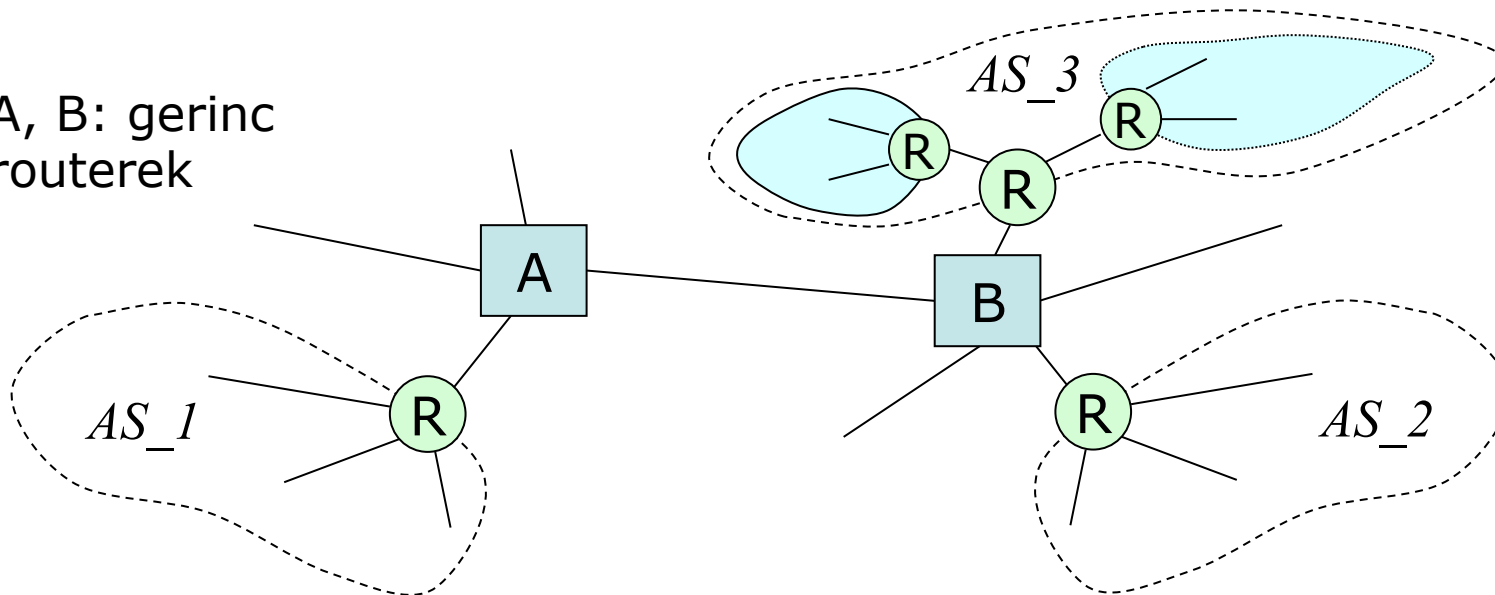
# csomópont	Táblahely	Számítási idő
1	1	$O(0)$
1.000	1.000	$O(3.000)$
1.000.000	1.000.000	$O(6.000.000)$
100.000.000	100.000.000	$O(800.000.000)$
10.000.000.000	10.000.000.000	$O(100 \text{ milliárd})$

Az autonóm rendszerek

- Megoldás: a hálózat szegmentálása
- **Autonóm rendszerek** kialakítása
 - önállóan oldanak meg routingfeladatokat
 - a külvilág felé egyetlen elérési pontként szerepelnek
- Az autonóm rendszer (AS)
 - olyan egység, amelyen belül **egységes routing policy** érvényesül
 - egyetlen hálózat, vagy hálózatok csoportja
 - közös hálózatadminisztrátor kezeli
 - egyetlen szervezeti egység (pl. egyetem, üzleti vállalkozás) megbízásából
- Gyakran **routing-domain**-nek is nevezzük
- Globálisan egyedi azonosító: **ASN (Autonomous System Number)**, a IANA-tól

- Egy autonóm rendszer a többi autonóm rendszer számára képviseli az általa képviselt csoporto(ka)t
 - az ún. **határ-router**eken keresztül érhető el
- Az egész csoport **egyetlen bejegyzés** lesz az útvonaltáblákban

A, B: gerinc routerek



- **Multihomed AS**
 - Több mint egy AS-el van összekötve
 - Meghibásodás esetén sem lesz elvágva
 - Viszont nem enged átmenő forgalmat más AS-ek között
- **Stub (csonk) AS**
 - Csak egy másik AS-el van összekötve
 - Gyakorlatban többel is van peering, csak nem nyilvános
- **Tranzit AS**
 - Csak átmenő forgalmat szolgálnak ki
 - Összes ISP ilyen

AS-k közötti útvonalválasztás

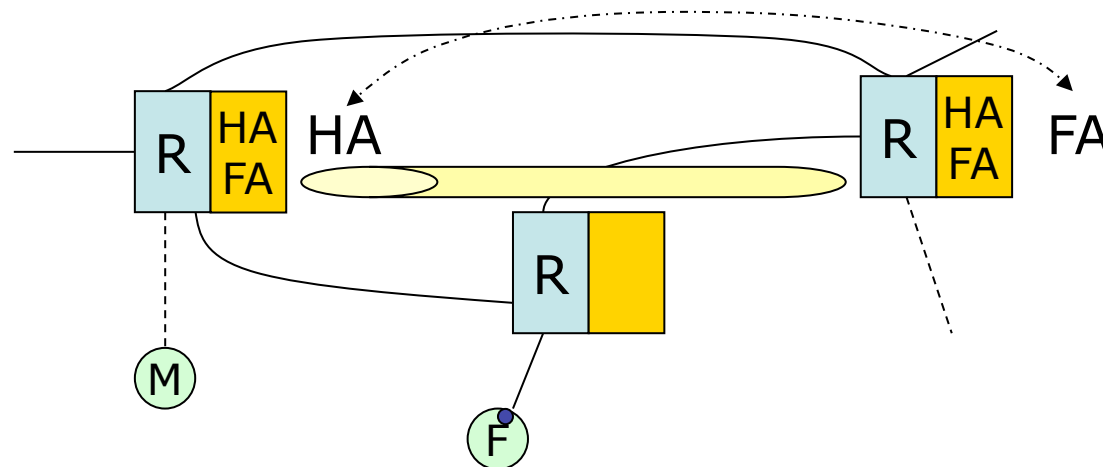
- Multihomed és tranzit AS esetén több útvonal közül választhat más AS-ek felé
- Sok esetben nem a linkkapacitás vagy késleltetés számít, hanem az üzleti kapcsolatok a szomszédos AS-el
- **Hot-potato** (forró krumpli) elv:
 - minél rövidebb legyen az út a saját AS-én belül
 - annak ellenére, hogy lehet összeségében így hosszabb lesz az út
- **Cold-potato**:
 - minél hosszabb ideig a saját hálózatán belül akarja tartani a forgalmat, szinte a felhasználóig
 - szolgáltatás minőségi garanciákat nyújthat

Mobil végpontok kezelése

- Eddig: egy végpontot a csomópontához való kapcsolata definiálja
 - pl. Ba, Bb: a B csomópontához kapcsolódó végpontok
- A végpontok átmozoghatnak más csomópont környezetébe, más autonóm rendszerbe
 - mozgás: vándorló (nomádikus) végpont, mobil végpont
- A többi végpont csak a mozgó csomópont eredeti (pl. Ba) címét ismeri
 - jó lenne, ha nem is kellene tudnia, hol van aktuálisan Ba
- Ezért a hálózatnak kell kezelnie Ba mozgását – ez a mobil routing feladata

Konkrét megvalósítás az IP protokollnál: mobil IP (lásd később)

- Elv: „kiegészítések” a csomópontokon:
 - Mobil ügynök:
 - Home agent = hazai ügynök
 - Foreign agent = idegen ügynök

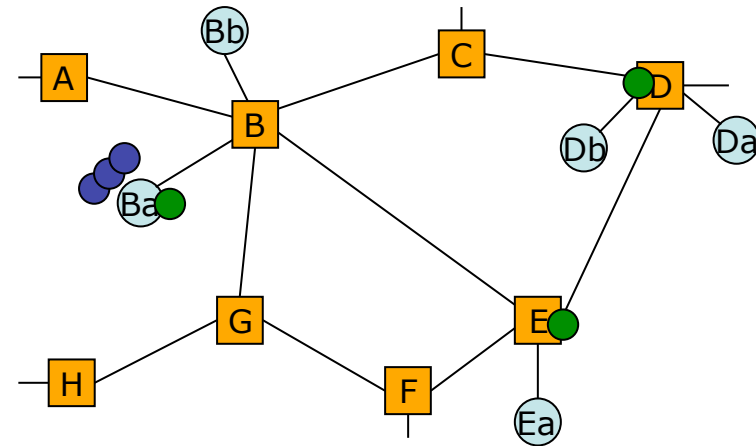


Multicast routing

- Egy másik érdekes járulékos feladat az alap routinghoz képest: ***multicast routing***
- Nem egyetlen végponthoz/címre kell eljuttatni a csomagokat, hanem egyidejűleg többre
 - a gyakorlatban: pl. adat-beszéd-videókonferencia
- *Elnevezés:*
 - ***broadcast*** - (műsor)szórás mintájára, mindenkinek a hálózaton
 - ***multicast***: egy csoportnak
 - ***anycast***: egy valakinek a csoportból (pl. aki a legközelebb van a forráshoz)
 - ***unicast***: egy adott végpontnak
- Magyarul: *többesadás*

A multicast routing: példa és megoldandó feladatok

- Példa:
 - $Ba \rightarrow Da, Db$ és Ea
 - Három unicast
 - Multicast
- Megoldandó feladatok:
 - Címzés
 - Csoportkezelés
 - Útválasztás segítése



A többescímzés, csoportazonosítás

- Azonosítsuk a csoportot!
- A hálózat végpontjait azonosítják a
 - Fizikai címeik
 - Logikai címeik
 - ezt tartják a csomópontok nyilván az útvonaltábláikban
- A csoport azonosítására használhatnánk a csoport tagjainak címlistáját is...
- Jobb: a csoportot **egy**, az egyedi logikai címhez hasonló **azonosító** különbözteti meg: **csoport-cím**!
- A csoport létezésének feltétele: legalább egy aktív információforrása legyen

Multicast routing, módszerek

- A csoport résztvevői a hálózatban:
 - Sűrű elhelyezkedés:
 - Elárasztás + lemondás (flood-and-prune)
 - Legrövidebb útvonalfa alkalmazása
 - Csoportlemondás
 - Forráslemondás
 - Ritka elhelyezkedés:
 - Explicit csatlakozás
 - Gerincalapú fa alkalmazása (Core Based Tree)
- Elhelyezkedés-független
 - A kettő ötvözete

- Routing:
 - Az a mechanizmus, mely segítségével a szállítandó információ a megfelelő úton kerül továbbításra a végpontok között
 - szűkebb értelemben: az a folyamat, amelynek eredményeként a csomópontokban létrejönnek az útvonaltáblák
- Két fő módszer és két algoritmus az útvonaltáblák létrehozására:
 - Távolságvektor (distance-vector) – Bellman-Ford
 - Linkállapot (link-state) - Dijkstra
- Kiegészítések szükségesek:
 - Mobilitás biztosítására
 - Pont-multipont, multipont-multipont kommunikáció esetén
- A routingot megvalósító *protokollokat* később tárgyaljuk

Kérdések?

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu