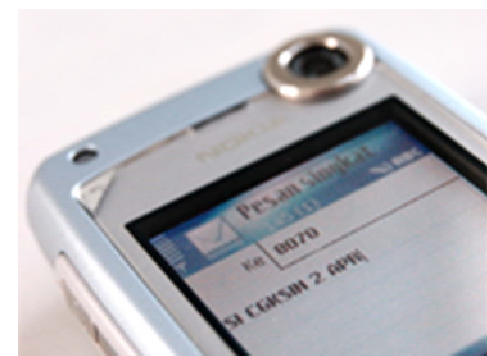
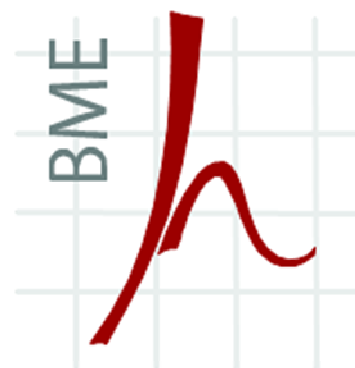
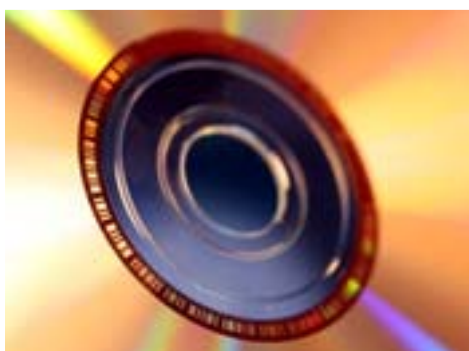




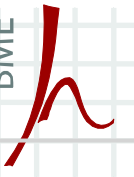
SZÁMÍTÓGÉP-HÁLÓZATOK BEVEZETŐ ELŐADÁS 2.

Mérnök-informatikus szak, BSc, 4. félév
2012/13 2.félév

Dr. Simon Vilmos
adjunktus

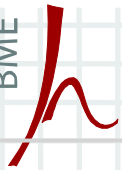
BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu



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:

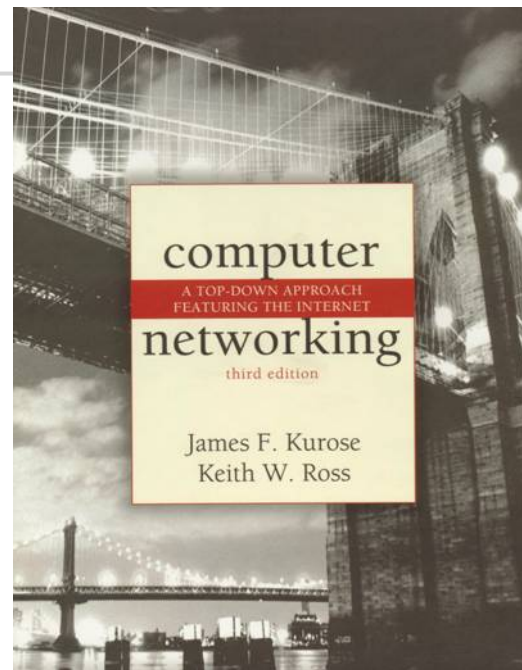
A note on the use of these ppt slides:

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.

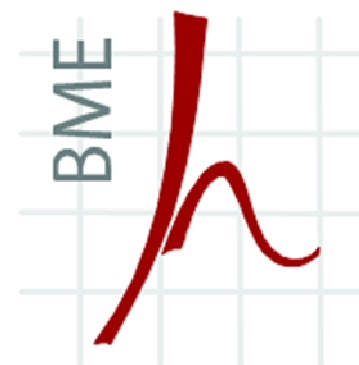
Thanks and enjoy! JFK/KWR

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



*Computer Networking: A
Top Down Approach
Featuring the Internet,
3rd edition.*

Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, July
2004.

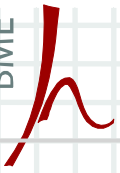


Hálózati és Internet- szabványok...

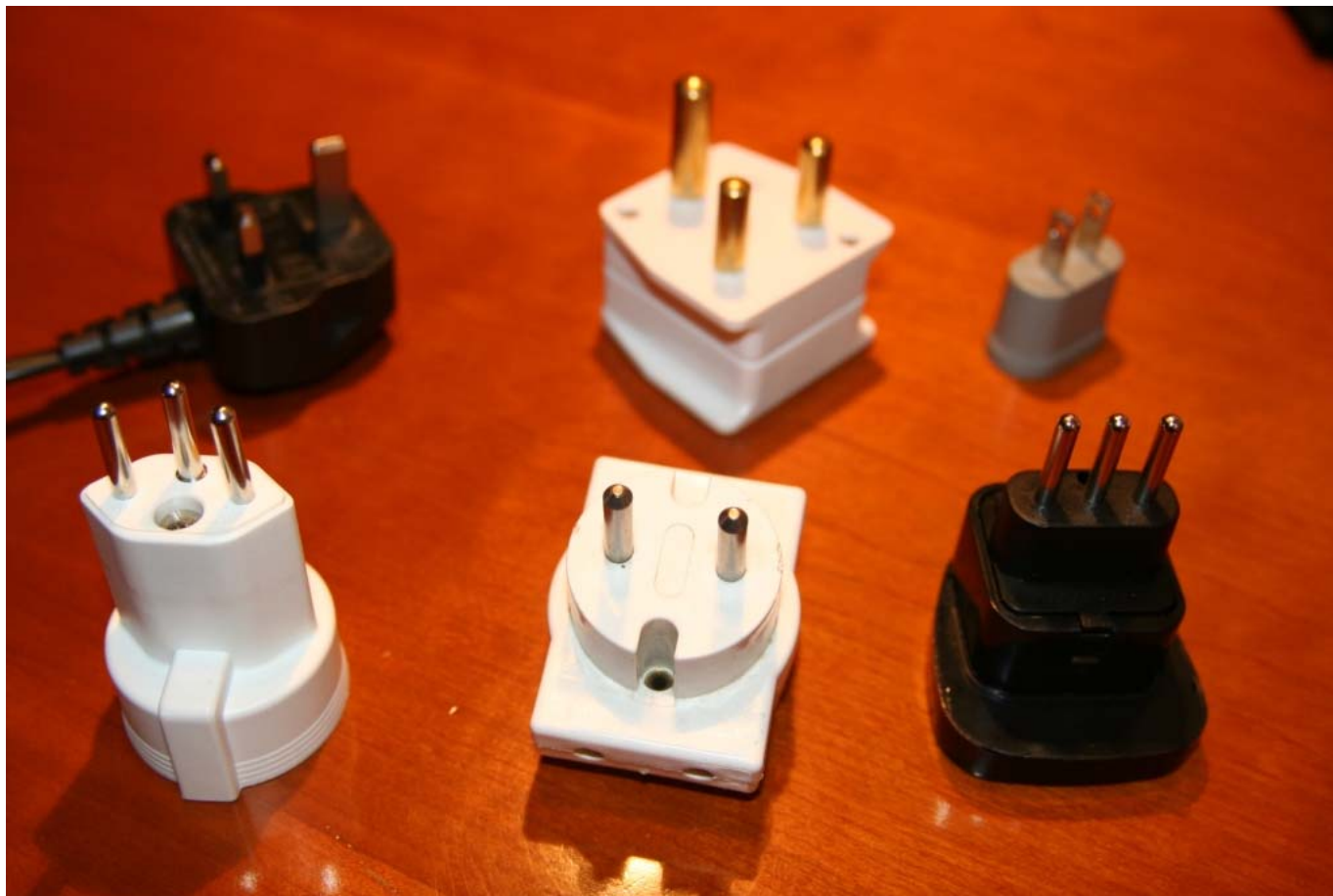
...és szabványosítási szervezetek

Szabvány, szabványosítás, a szabványosítás fontossága

- Az adott eszköz, rendszer vagy – rész legfontosabb **fizikai, elektromos és procedurális jellemzőinek lerögzítése**
- Mikor történjek 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

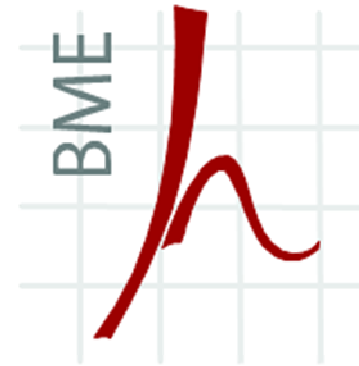
- **IEEE** - Institute of Electrical and Electronics Engineers
- **IETF** – Internet Engineering Task Force
- **ISO** – International Standardization Organization
- **ANSI** – American National Standards Institute
- **ITU** – International Telecommunication Union
 - ITU-T (Telecommunications) – távközlés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

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
- [802.1](#) Higher Layer LAN Protocols Working Group
- [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
- [802.17](#) Resilient Packet Ring Working Group
- [802.20](#) Mobile Broadband Wireless Access (MBWA) Working Group
- [802.22](#) Wireless Regional Area Networks
- *de facto szabványból de jure szabványt csinálnak*



Jellegzetes internet- alkalmazások és igényeik a hálózattal szemben

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

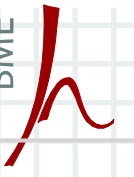
Elegendő-e az összeköthetőség biztosítása?

- 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 esetén.
 - 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 igyekezeete („best effort”) ellenére.
 - Kell tehát **kommunikációs eljárás és protokoll** amely a végpontok közötti adatcserét támogatja.

Ez már elég sok internetes alkalmazás működtetéséhez elegendő!

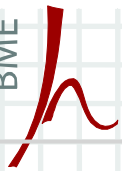
Ilyen alkalmazások:

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



Web és HTTP

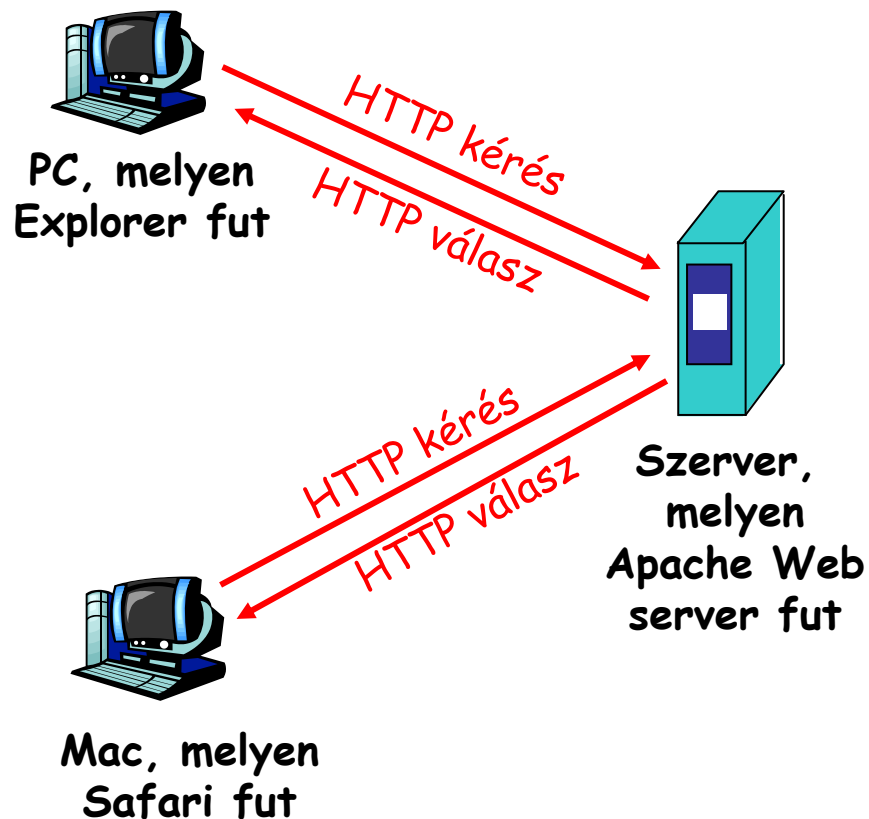
- A **weblap objektumokat** tartalmaz
 - Pl. HTML (*HyperText Markup Language*) file, JPEG kép, Java alkalmazás, hangfile,...
- A weblap tartalmaz egy HTML file-t, amely magában foglal számos objektumot
- Minden objektum címezhető a saját **URL**-ével
- Példa URL-re:
<http://moodle.hit.bme.hu/mod/resource/view.php?id=1666>



HTTP: bevezető áttekintés

HTTP: HyperText Transfer Protocol

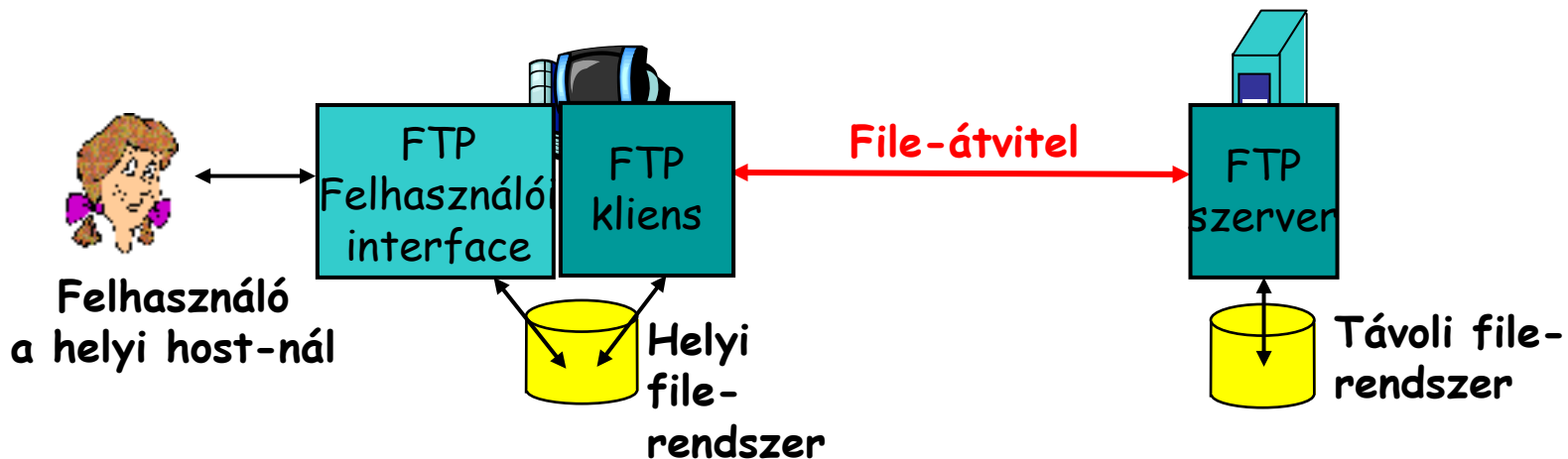
- Kliens-szerver modell
 - *kliens*: a böngészője kéréseket küld, válaszokat fogad, és megjeleníti a webes objektumokat
 - *szerver*: kérésre a web-szerver válaszként objektumokat küld vissza
- HTTP 1.0: RFC 1945
- HTTP 1.1: RFC 2068



- 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
 - Chunked Transfer-Encoding
 - **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.

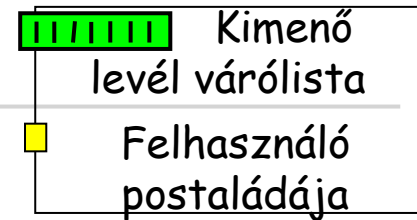
- Következő verzió: HTTP 2.0, IETF fejlesztésben
- A Google SPDY protokolljának lényeges elemeit használja
 - De facto szabvány?
- Csökkenti a web oldalak betöltési idejét:
 - multiplexált stream-ek egy TCP kapcsolaton belül
 - kérések priorizálása
 - kérés és válasz fejtészek tömörítése, a statikusok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

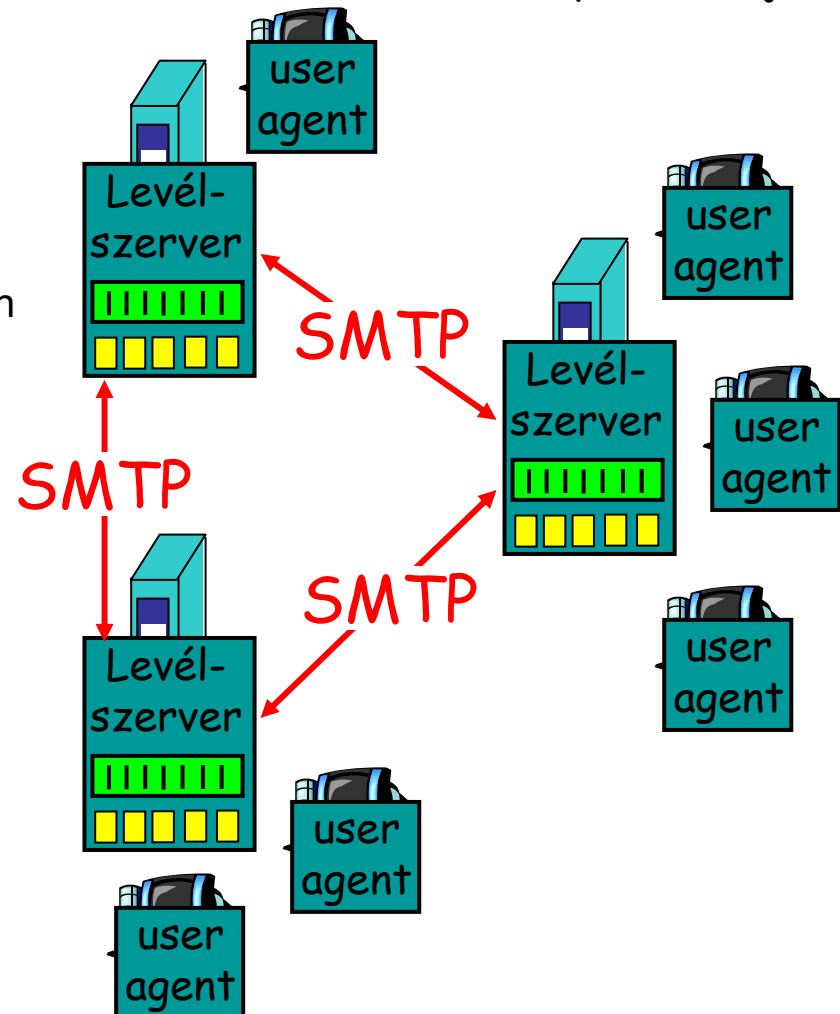
- Levelek írása, szerkesztése, olvasása
- PI: Mozilla Thunderbird, Outlook
- A kimenő és bejövő levelek a szerveren vannak tárolva

▪ Levélszerverek

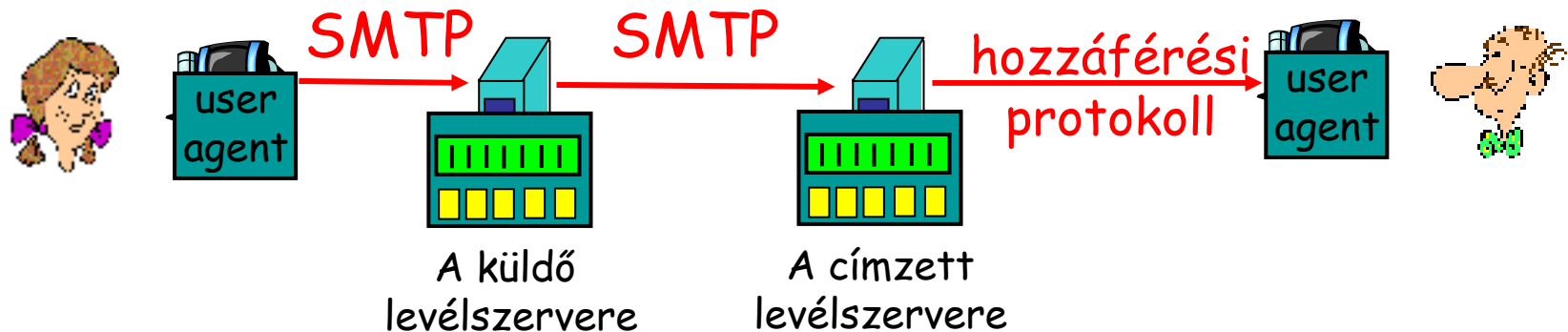
- A **postaláda** tartalmazza a felhasználó bejövő leveleit
- Kimenő **levelek várólistája** a szerveren

▪ 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.

P2P fájlcsere

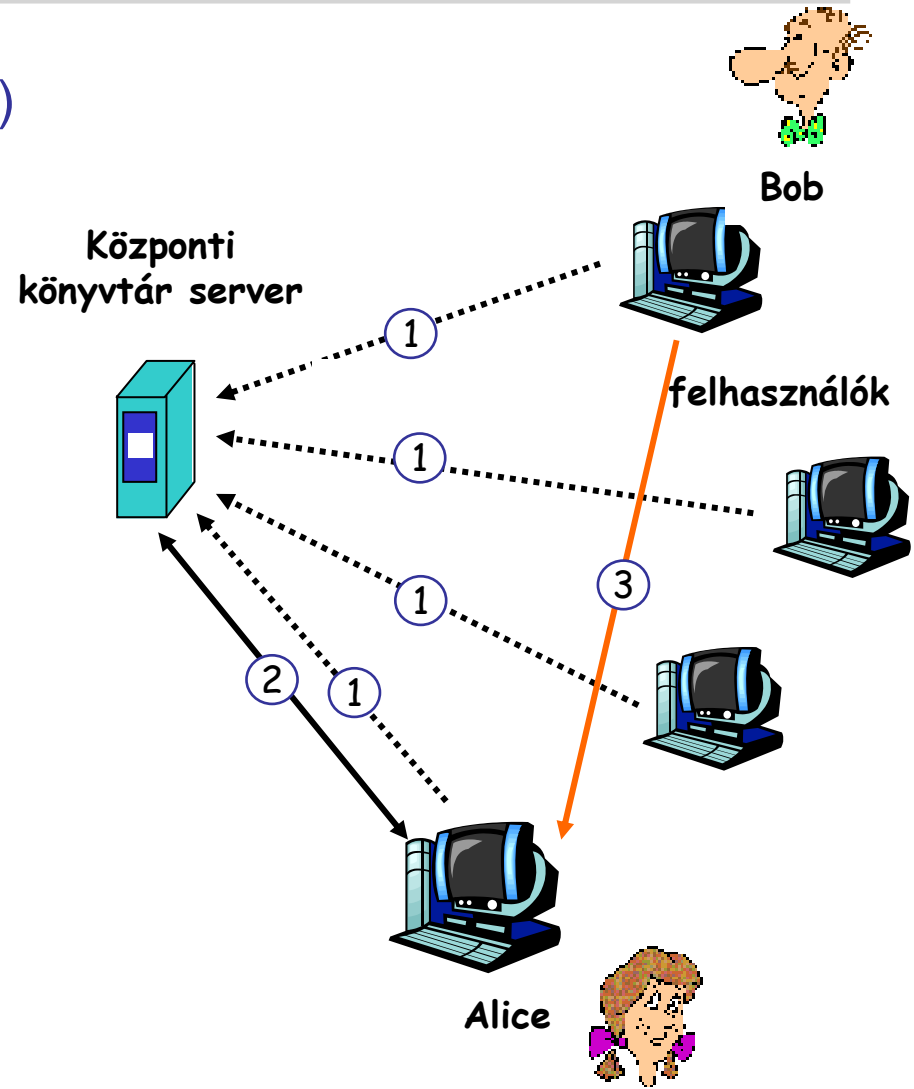
Eredeti „Napster” típusú (centralizált)

1) Ha egy felhasználó csatlakozik, akkor tudatja a szerverrel:

- Az IP címét
- Megosztani kívánt tartalmát

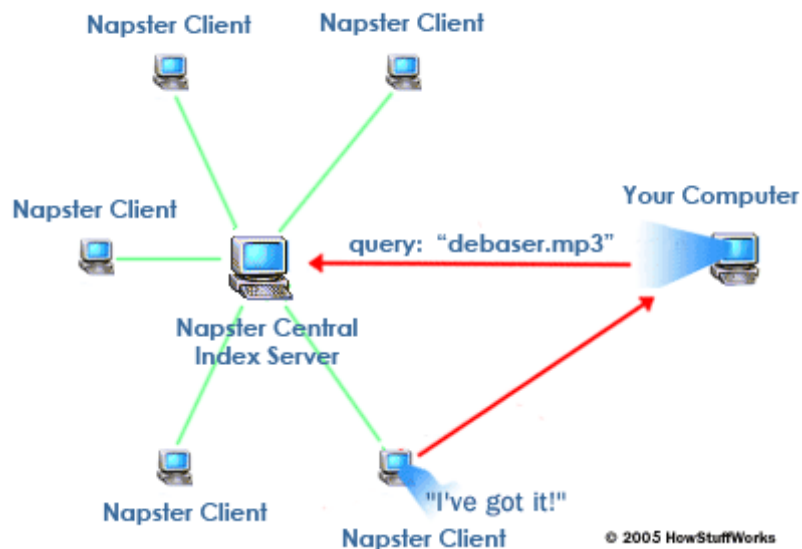
2) Alice megnézi, kinek van meg a letölteni kívánt zeneszám

3) Majd „elkéri” a file-t Bobtól

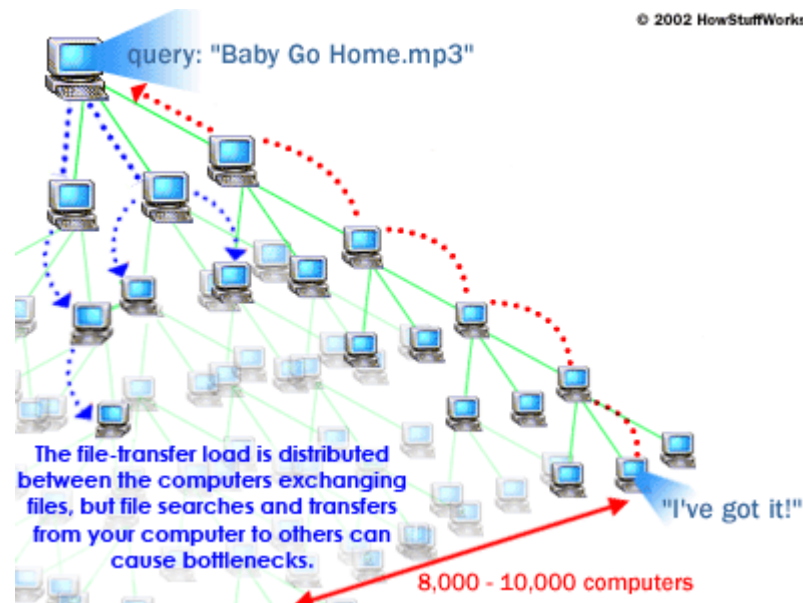


P2P topológiák

Napster Protocol



Centralizált (Napster)

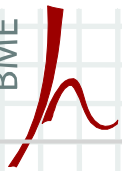


**Teljesen elosztott
(Gnutella, v.04 előtti)**

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, erre BitTorrent titkosítás
- Internet forgalmának komoly hányadát már a fájlcsereelő (főképp a BitTorrent) hálózatok adják
- Jövőben: a többszereplős online játékok is használhatják



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

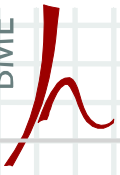
Az eddigi alkalmazások igényei a hálózattal szemben:

- 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)

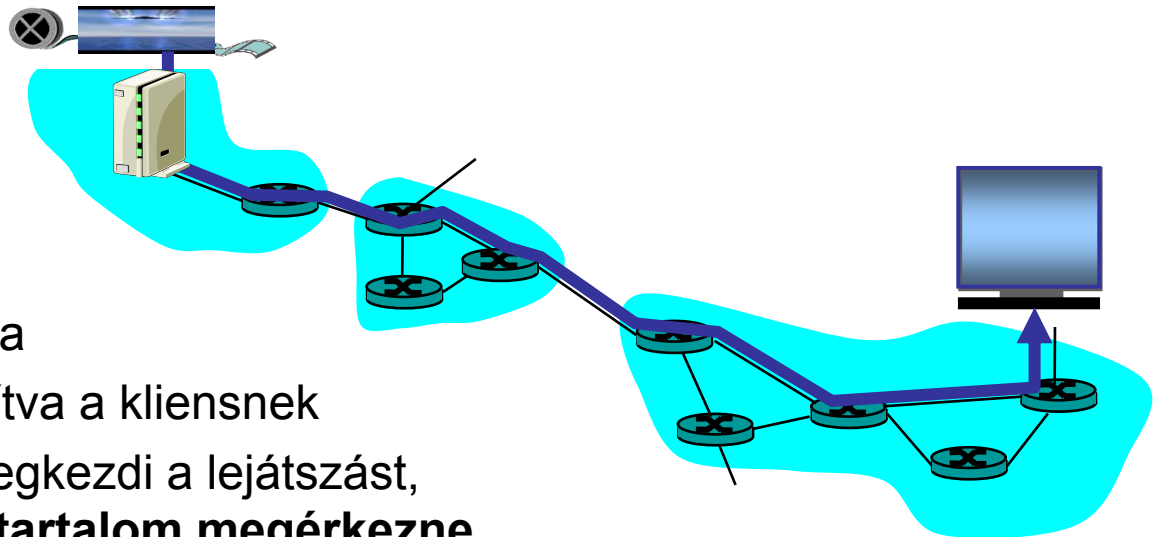
NÉZZÜK MEG, MIK ITT A KÖVETELMÉNYEK A HÁLÓZATTAL SZEMBEN?



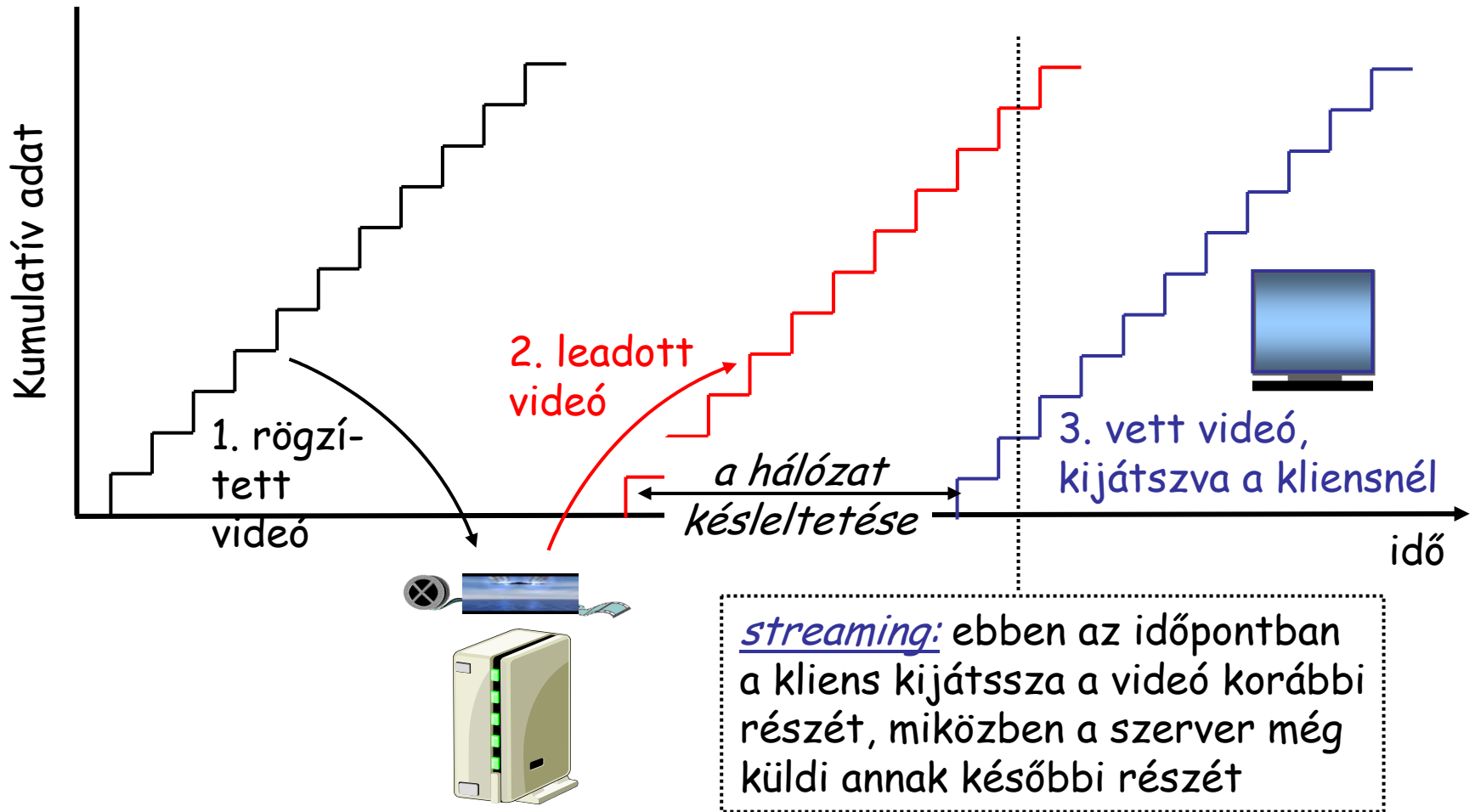
Multimédia streaming

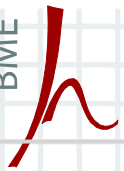
Streaming:

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

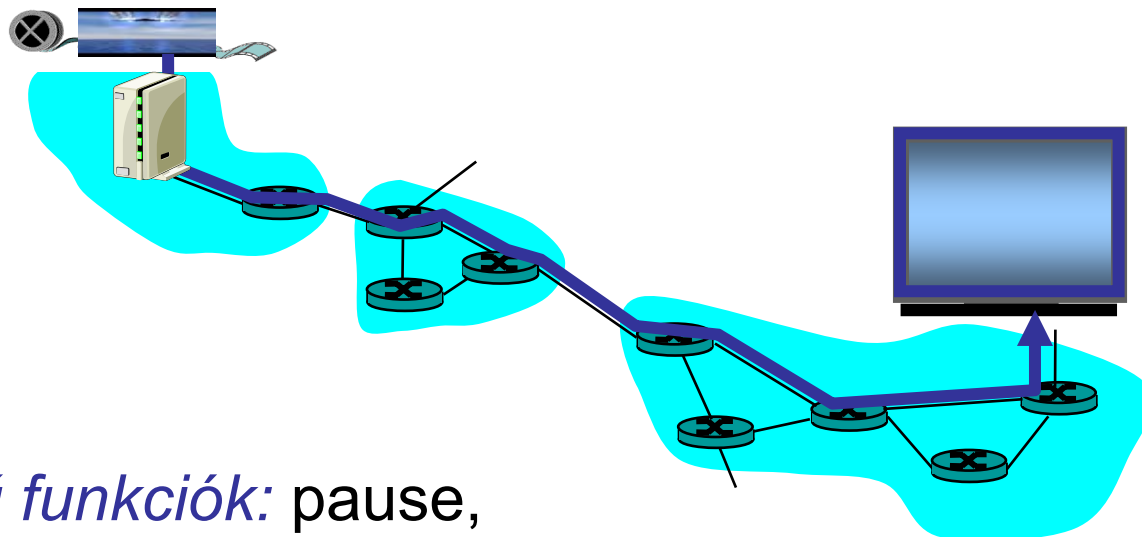


Multimédia streaming: a késleltetés kérdése





Multimédia streaming: interaktivitás



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

Példa:

- Internetes rádió, tv
- Élő sportközvetítések

Streaming:

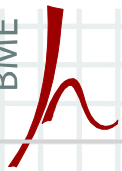
- lejátszási puffer (playback buffer)
- néhány mp késleltetés elviselhető

Korlátozott interaktivitás:

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

Élő beszéd (Internet-telefonía, Voice over IP)

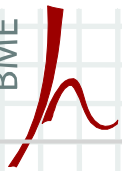
- Miért IP-n?
- Ma már ez triviális, mit mondtunk néhány éve?
- „Everything over IP”, nézzük meg, mi mindent lehet IP felett továbbítani?
 - *RFC3251 “Electricity over IP”, April 1, 2002*
 - *“Scents over IP”: France Telecom R&D
Multimédia bortúra Burgundiában*
 - *ScentMail: illatos mail*



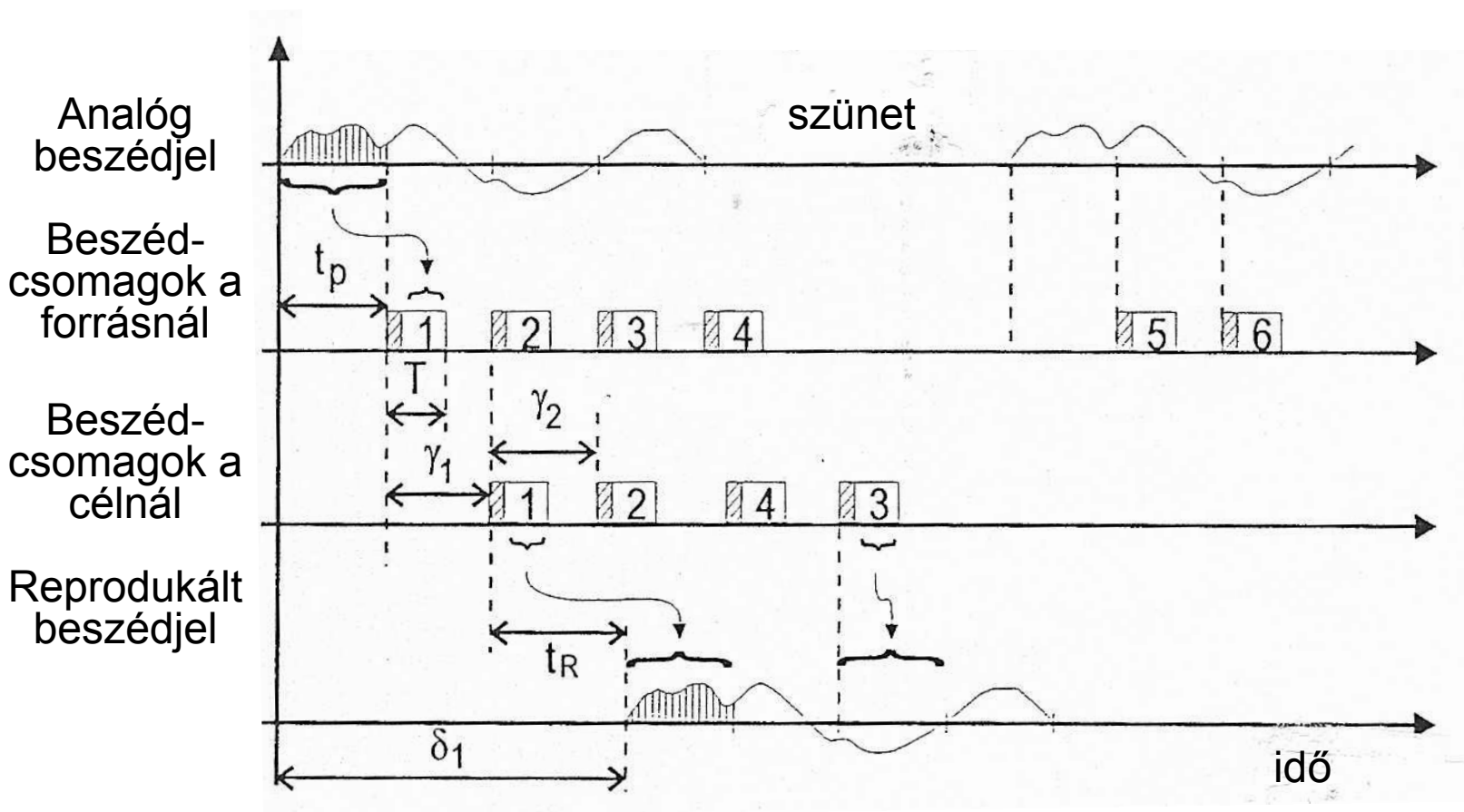
Ma már nem kell magyarázni...

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

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



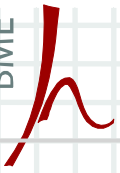
Beszédcsomagolás és -visszaállítás



A beszédminőséget befolyásoló tényezők csomagkapcsolt hálózatokban

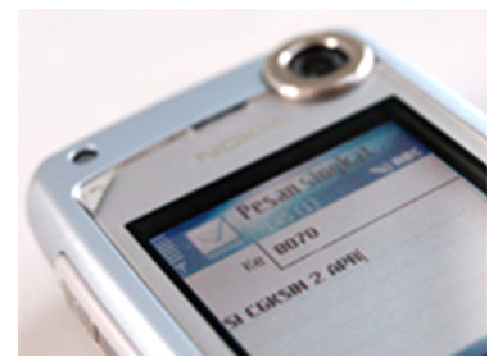
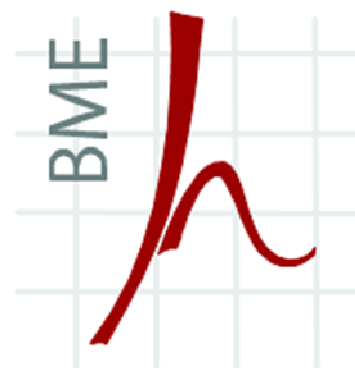
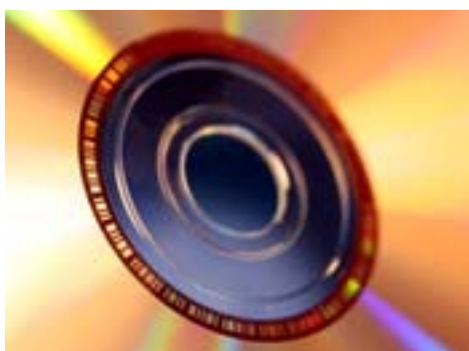
- Késleltetés (delay)
 - Megengedett maximum: **150 ms** körül
- Késleltetés-ingadozás (packet delay variance)
 - Megengedett maximum: **néhány tíz ms**
- Csomagvesztés
 - Megengedett maximum: néhány %, feltéve ha:
 - A kiesett beszédsegmentumok rövidek
 - 10 ms nagyságrendben
 - **Véletlenszerűen**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

Video over IP: még szigorúbb követelmények!



A megbeszért 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!*



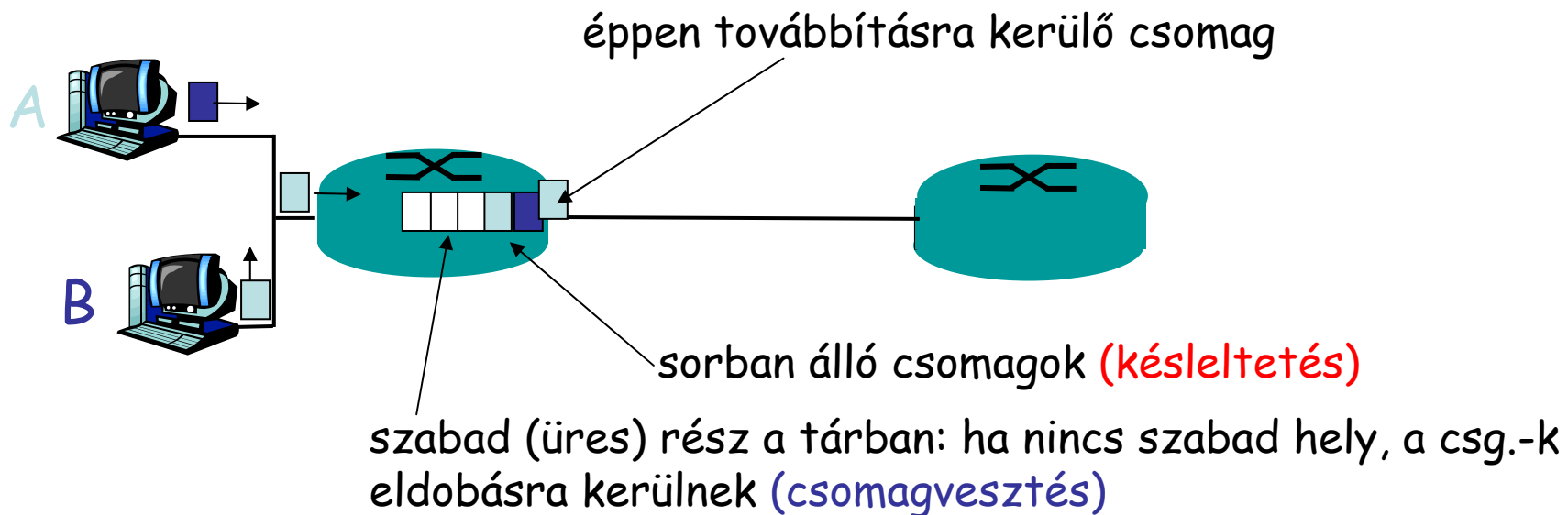
Ezek tehát az igények,

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 átbitcsátóképességét
- a csomagok beállnak a sorba (sorokba?) és várnak a sorukra



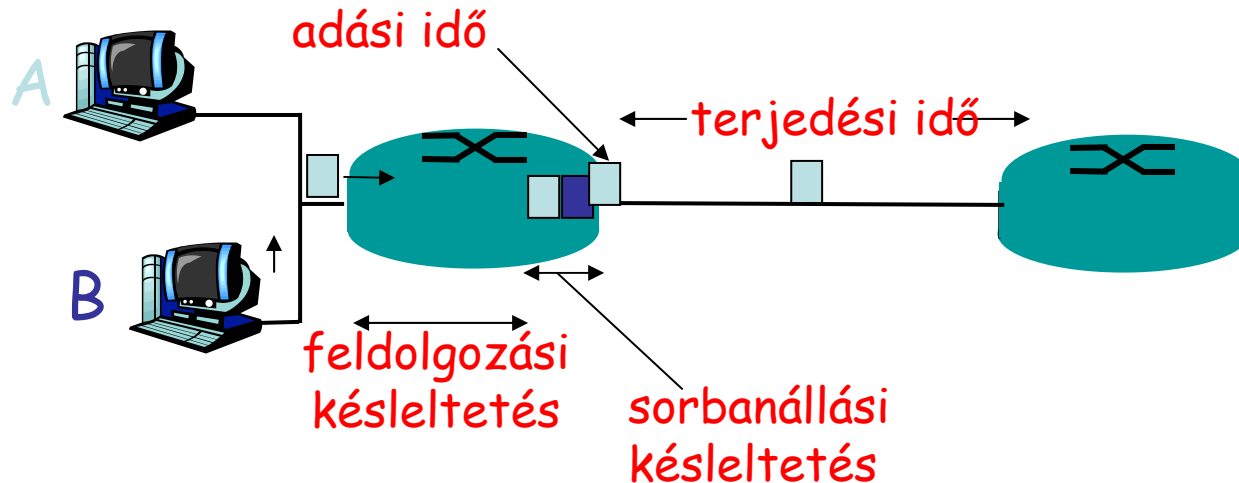
A csomagok késésének négy fő oka (1)

1. Feldolgozás a csomópontban:

- hibellenőrzés
- a kimenő link meghatározása

2. Sorbanállás

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



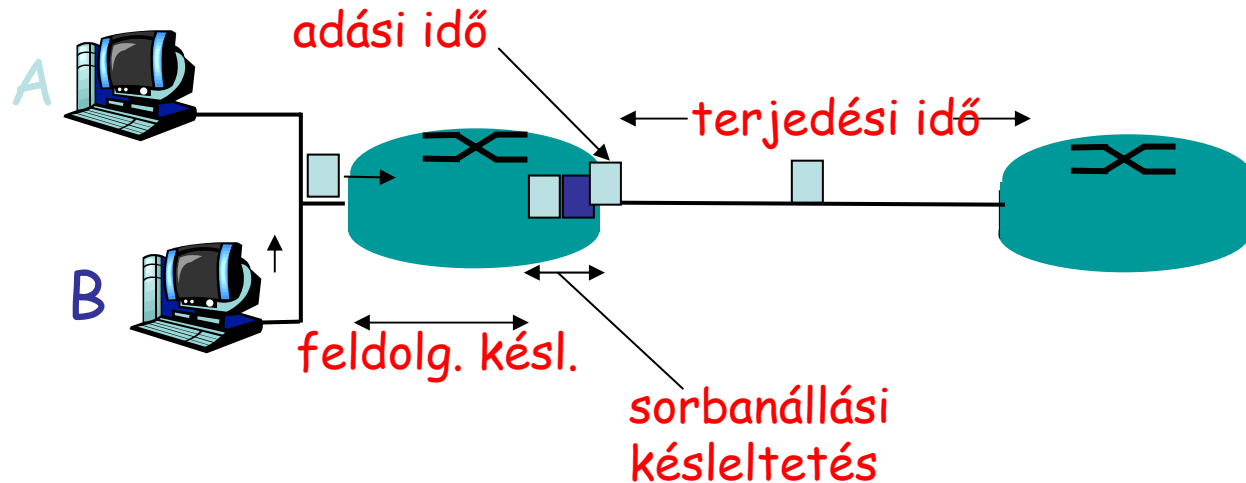
A csomagok késésének négy fő oka (2)

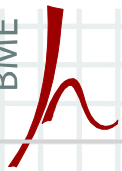
3. Adási idő:

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

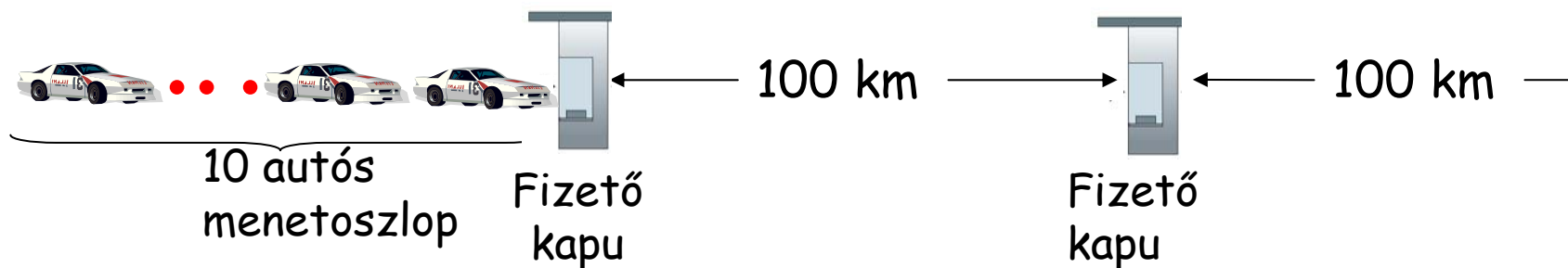
4. Terjedési idő:

- 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)

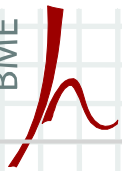
autó~bit; menetoszlop ~ csomag

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

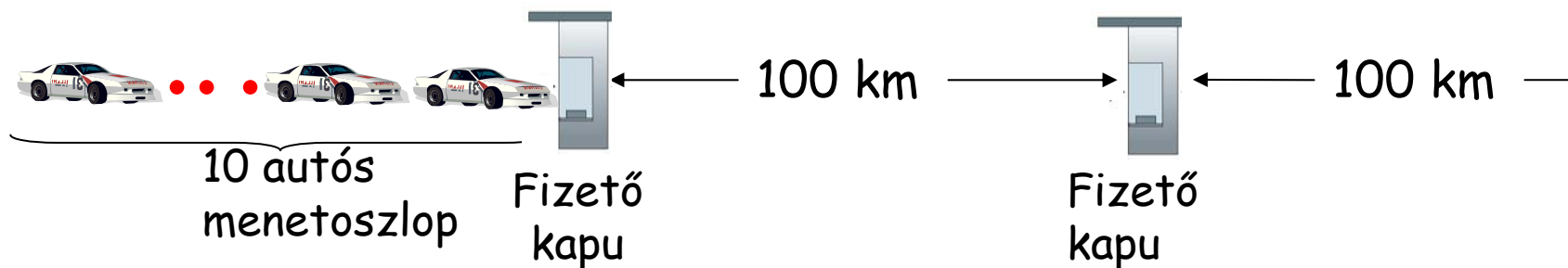
- A teljes menetoszlop átengedési ideje a kapun = $12 \cdot 10 = 120$ mp (adási idő analógia)

- Utolsó autó megérkezése a 2.kaphoz:
 $100\text{km} / (100\text{km/óra}) = 1$ 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?

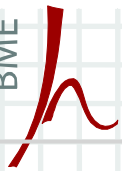
Igen! 7 perc után az 1.autó a 2.kapunál, míg 3 autó még az 1.kapunál

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

Csomóponti késleltetés, összefoglalva:

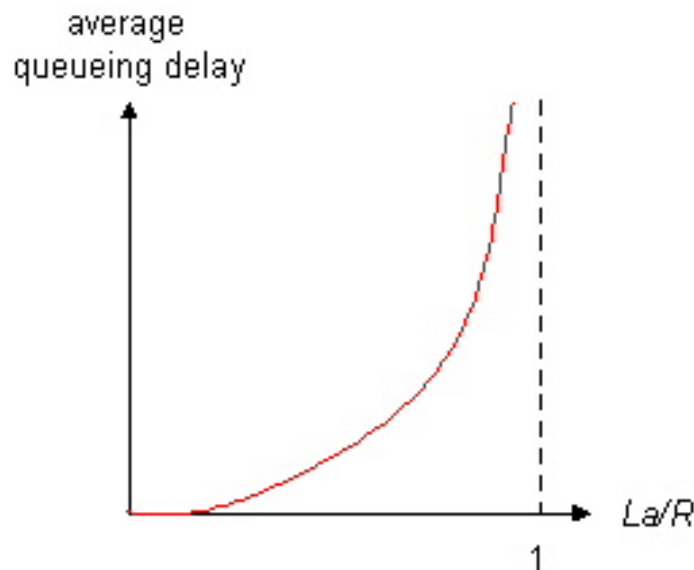
$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- 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

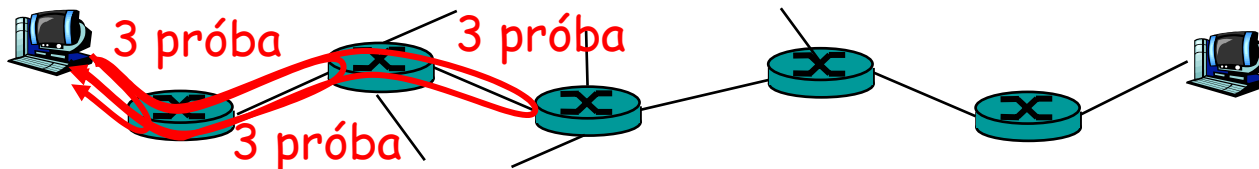
$La/R > 1$: több igény érkezik mint amit ki lehet szolgálni, átlagos késleltetés végtelen lesz!

Valós késleltetések és utak az Interneten

■ Traceroute: otthon kipróbálni!

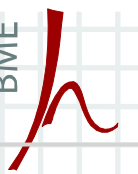
1	cs-gw (128.119.240.254)	1 ms	1 ms	2 ms
2	border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145)	1 ms	1 ms	2 ms
3	cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130)	6 ms	5 ms	5 ms
4	jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129)	16 ms	11 ms	13 ms
5	jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136)	21 ms	18 ms	18 ms
6	abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (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-kapacitásokategy 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?

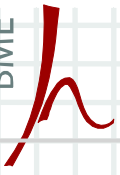
A házépítés analógiája:

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



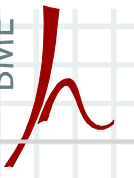
Hogyan tanuljunk házépítést?

- 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 lesznek 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.

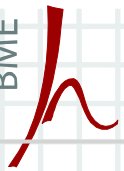
Gyakorlat.

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

Gyakorlat.

- Routing.
- Ütemezés.
- IP.

Gyakorlat.



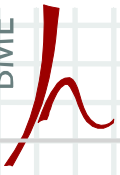
Az anyag beosztása (2)

- Forgalomszabályozás. Hibakezelés.
- Szállítási réteg, TCP, UDP.
- Multimédia 1.r. Médiakezelés (RTP, RTCP, RTSP).
- Multimédia 2.r. Hívásvezérlés (SIP).

Gyakorlat.

- Szolgáltatásminőség (QoS).
- Multimédia 3.r. Szolgáltatásminőség biztosítása (IntServ, DiffServ).
- MPLS.
- Alkalmazások.

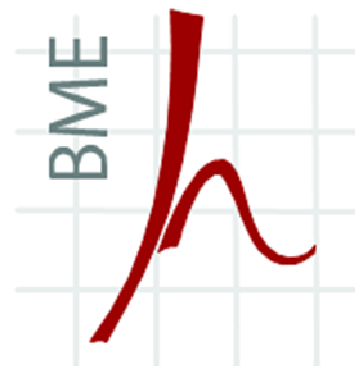
Gyakorlat.



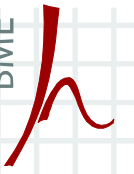
Számítási példa

Mikor kapunk nyugtát a központban, ha az ADSL linken (rézkábelén) 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
adjunktus

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