

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Távközlő rendszerek áttekintése



*Németh Krisztián
BME TMIT
2014. szept. 9.*



Bevezetés

- Bemutatókozás
- A tárgy felépítése
- Játékszabályok
- Oktatási segédanyagok
- Tanulni!!!
- Egy kis technikatörténeti áttekintés



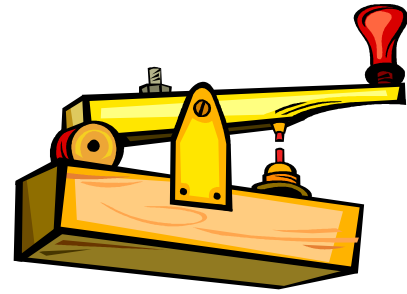
Korai távközlő hálózatok



- Sípok, dobok – már az ősemberek is (beszéd előtt!)
- Futárok – „emberemlékezet óta”. Pl.:
 - Kr.e. 1700, Babilónia: „Futár futár elé fut, és hírmondó a hírmondó elé, hogy megjelentse a babiloni királynak, hogy bevétellett az ő városa mindenfelülről.” Jer. 51.31 (Károli G. ford.)
 - Kr.e. 490: Athéniak legyőzték a perzsákat (Marathón), de perzsák Athén ellen ellentámadásra készültek
 - 1860-61: USA, Pony Express: Váltott lovak, 3200 km/10 nap
- Fény / füst / tárcsa, stb.
 - Aiszkülosz (ókori görög drámaíró): „Agamemnon” (Kr.e. 1184)
Trója eleste: Argosz városába Agamemnon feleségének: 600 km fáklyasor, egy éjszaka alatt átért a hír!
 - Arab kalifátus: Kordova (Sp.o.) – Észak-Afrika – Bagdad („fáklyatávíró”)
 - Franciaország: „távíró” őrházak, szemaforok.
1852: 556 őrház, 4800 km hálózat, 29 nagyváros + Párizs között.
Kódolt átvitel!



Későbbi távközlési rendszerek



□ A távíró

- Samuel Finley Breeze Morse (festő):
1837-ben szabadalom: távíró + ABC
- kb. 5-10 bit/s
 - szó per perc a szokásos mértékegység (words per minute, WPM)
 - egy „szabványos szó” a „PARIS”: * — — * * — * — * * * *
 - 20 – 30 WPM szokásos volt
- párhuzamos légvezeték
- csomópontonként (távíróállomás) újraadás

Későbbi távközlési rendszerek



□ Távgépíró

- billentyűzet, betűnyomtatás
- Davis Edwin Hughes (zenetanár): 1854.
 - Magyarországon: 2003 decemberéig volt nyilvános hálózat (telex)
 - magánhálózat talán még ma is...
- kb. 50 b/s
- sodrott érpár
- először újraadás
 - fejlettebb esetben: tárolás lyukszalagon
- majd: kézi v. gépi áramkörkapcsolás
 - gépi kapcsolás: hívószám, hívás. Először: 1932

Későbbi távközlési rendszerek



□ Telefon

- Alexander Graham Bell (süketnémákat tanít): **1876. távbeszélő**
- 1878. (kézi) távbeszélőközpont. (Edison laborjában, Puskás Tivadar ötlete, közreműködése)
- 1889. Almon B. Strowger: automata telefonközpont
- Telefonhírmondó: 1893-tól (évtizedekkel a rádió előtt) kb. 40 évig, több mint 10 000 előfizető. Csak Magyarországon!

□ Forrás:

- Dr. Bartolits István (Stephanus): „A távközlés regénye – egy találmány, amely megrengette a világot”, cikksorozat, Élet és Irodalom, XLIV évf. (2000), 19-28. szám – ld. a weblapon!

A távközlés története Magyarországon

□ Első időszak: 1939-ig



■ Szolgáltatások:

- Újdonságok néhány évvel a világon első bevezetés után (USA...) nálunk is:

- Távíró: szabadalom: 1837, USA 1844, Mo: 1846
- Telefon+központ: szabadalom: 1876-78, USA 1877-1878, Mo: 1881 (Bécsben. a Monarchia fővárosában később)
hála Puskás Tivadarnak, és öccsének, Ferencnek

- Telefonhírmondó

- Pl. 1938: 10%-os telefonellátottság: megfelelt a hazai gazdasági fejlettségnek

■ Dinamikusan fejlődő ipar, pl.:

- Tungsram
- Standard (International Telegraph and Telephone leányvállalata)
- Siemens hazai leányvállalata

■ Kutatás-fejlesztés:

- Nemzetközi cégek anyavállalatainál

A távközlés története Magyarországon

□ Második időszak: 1945-1990

- Szolgáltatások: nagyon lassú fejlődés
 - Pl. 1990: még mindig 10%-os telefon-ellátottság, gyenge minőség
 - Okok: Nyugat: embargó,
Kelet: „Vas és acél országa”
- Ipar: fokozatos lemaradás
 - 1990-re kb. 15 év hátrány
 - de: 150 000 ember dolgozik az iparban, pl. Orion, Videoton, BHG
 - főleg exportra: KGST és 3. világ, polgári és hadi
- Kutatás-fejlesztés
 - Szakmai élcsapat követi a fejlődést, de a gyártás ezt nem
 - Távközlési Kutató Intézetet, TKI
 - Posta Kísérleti Intézet, PKI
 - Számítástechnikai és Automatizálási és Kutató Intézet, SZTAKI
 - pl. Bay Zoltán, Kozma László



A távközlés története Magyarországon

□ Harmadik időszak: 1990-től 2000-ig

■ Szolgáltatások:

- Rohamos fejlődés
- Pl. 2000: 40%-os telefonellátottság, jó minőség
- Ok: privatizáció, tőkebevonás
- Mobil, VoIP, ... : gyors elterjedés

■ Ipar és kutatás-fejlesztés egybefolyik

- A szoftverkészítésen van a hangsúly, nem a hardveren
- Mo-i ipar újra fejlődésnek indul: Ericsson, Hewlett-Packard, Lucent, Motorola, Nokia, Siemens, ...



A távközlés története Magyarországon

- ❑ Negyedik időszak: 2000-től
- ❑ Először: világméretű visszaesés
- ❑ Okai:
 - Általános visszaesés (recesszió). Egyszer fenn, egyszer lenn. Távközlés picit jobban lenn.
 - Mobiltelefon iparág: kb. 10 év alatt utolérte a vezetékes távközlés szintjét, de túlbecsülték a folytatást, amikor a fejlődés lelassult
 - .com cégek (informatika)
 - 2001.szept.11. (USA főleg)
 - UMTS (EU főleg) (= Universal Mobile Telecommunication System, Egyetemes Mobil Távközlő Rendszer) koncessziók, ld. később



A távközlés története Magyarországon

- Negyedik időszak: 2000-től
- A recesszió következményei:
 - Jelentős leépítések a készülégyártóknál, kb. 50%-os elbocsátások
 - Európa előnye a mobil szektorban USA-val szemben lecsökken
 - Magyarországot szerencsére nem érintette ilyen drasztikusan
- Ez a visszaesés 2005. körül véget ért
 - A foglalkoztatottak száma a 2000. körüli stabil szintre áll be
 - Hosszú távon is perspektivikus iparág
 - ma már infokommunikáció nélkül nemcsak a jövő, a jelen is elképzelhetetlen!
 - Ehhez pedig jól képzett szakemberek kellenek -- **TI!!!**



Egy kis technikatörténeti áttekintés

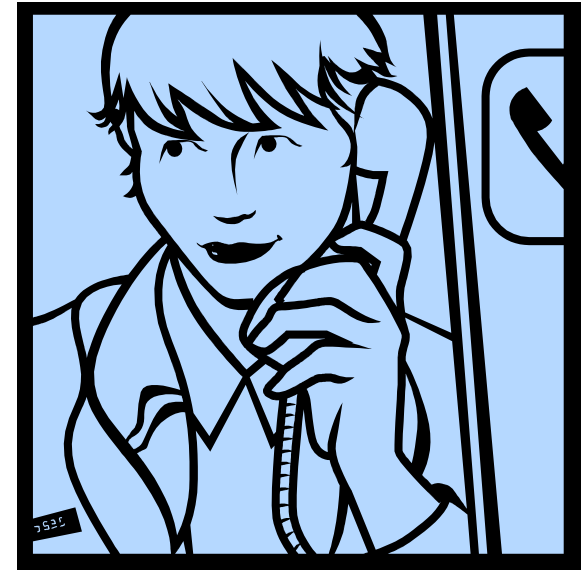
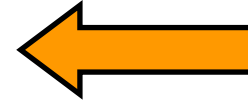


A tárgy felépítése



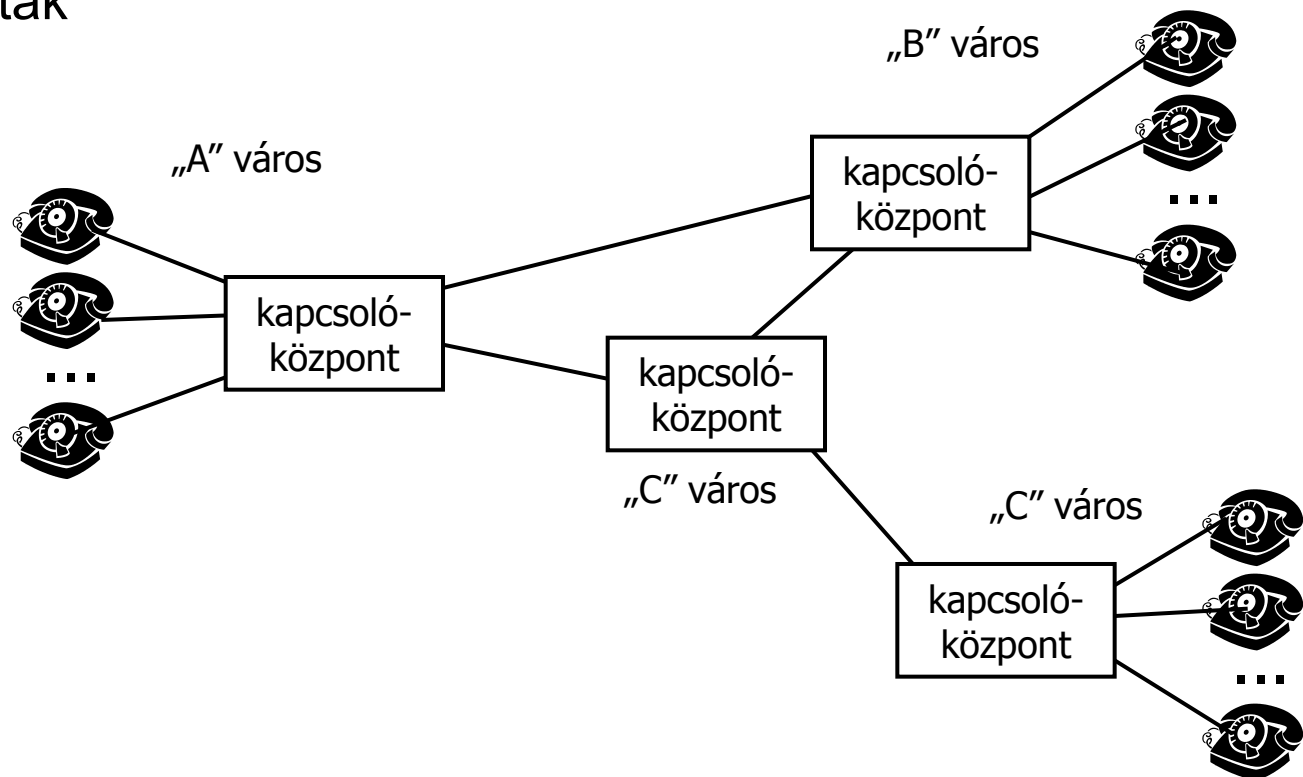
- 1. Bevezetés
 - Bemutakozás, játékszabályok, stb.
 - Történelmi áttekintés
 - **Mai távközlő rendszerek architektúrája** ←
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP, beszékkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

- Távközlő hálózati alapok
 - **Távbeszélő hálózatok áttekintése**
 - Analóg és digitális beszédátvitel
 - Számozás
 - ISDN
 - Újgenerációs hálózatok



Egy klasszikus vezetékes telefonhálózat

- Végberendezések
- Kapcsolóközpontok
- Átviteli utak

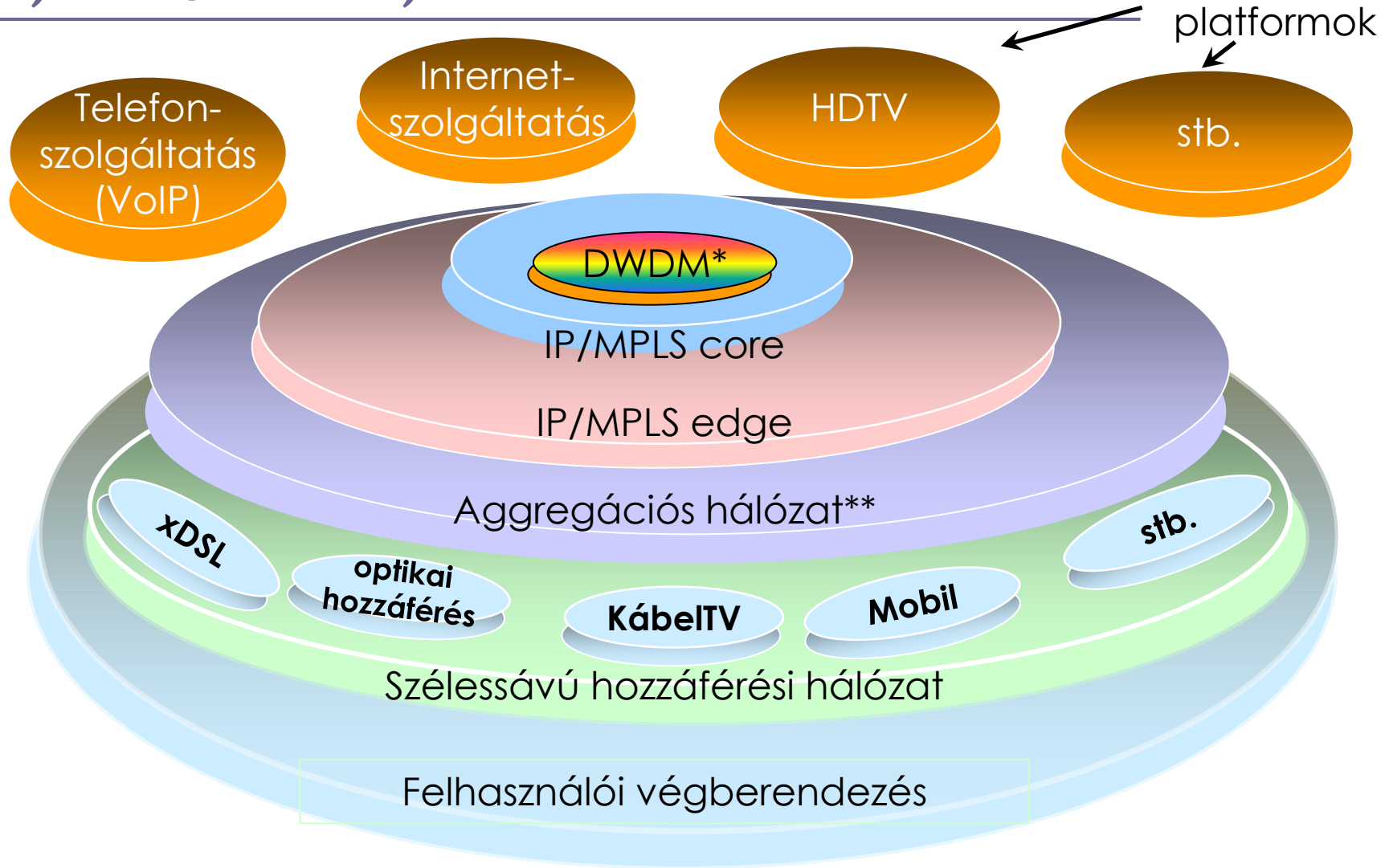


- Valaha valóban így nézett ki egy telefonhálózat
- Ma már messze nem, de első közelítésnek megteszi

Néhány szó az építőelemekről

- Végberendezések
 - pl. telefonkészülék, fax, modem
- Kapcsolóközpontok
 - egymással hierarchikusan összekötve
 - külön fejezet szól majd róluk e tárgyban
- Átviteli utak
 - előfizetőtől az első központig: előfizetői hurok (= helyi hurok, local loop)
 - tipikusan egy réz érpár
 - központok között: trönk
 - angolul: trunk
 - egy vagy néhány átviteli csatornára (pl. koax, mikrohullámú rádiós átvitel, fényszál) sok beszédcsatorna összenyalábolva
- Mindez lehet analóg, ill. digitális

A jelen/közeljövő távközlő hálózata



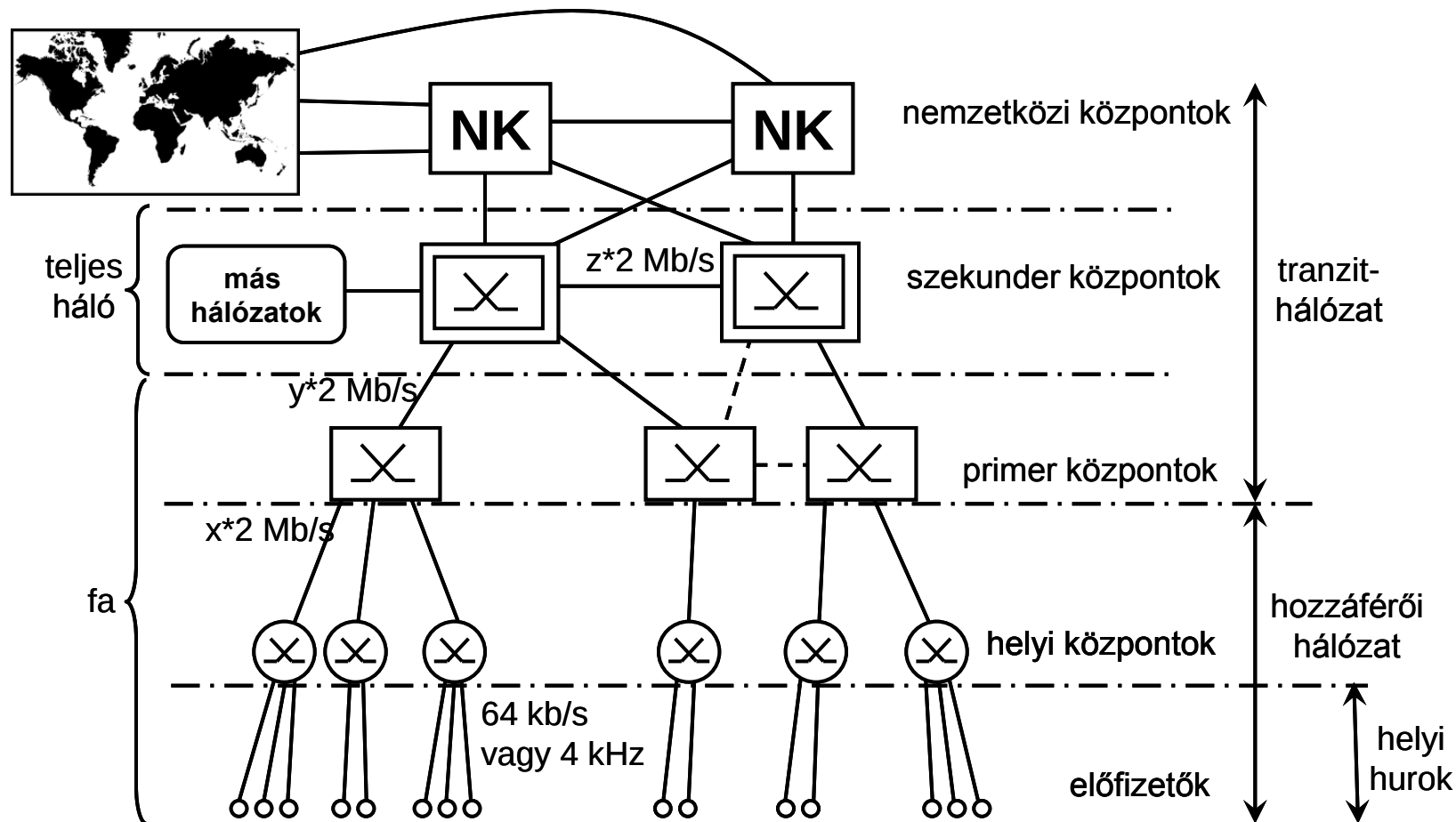
*DWDM = Dense Wavelength Division Multiplexing, sűrű hullámhosszosztású nyalábolás. (Ez egyfajta nagy kapacitású optikai hálózat, ld. majd: Gerinchálzati technikák fejezet)

** (OSI) Layer 2, azaz még nem IP. Újabban pl. gyakran Ethernet.

Mai távközlő hálózati helyzet hazánkban

- A távbeszélő kapcsolóközpontok javarészt még megvannak
- Összeköttetések a központok között:
 - digitális TDM nyálábolt jelek, gyors optikai hálózat felett
 - (ez tipikusan SDH, erről bővebben majd a Gerinchálózati technikák fejezetnél)
 - jellemzően ugyanazon az optikai hálózaton -- de külön csatornában -- IP forgalom átvitele is történik

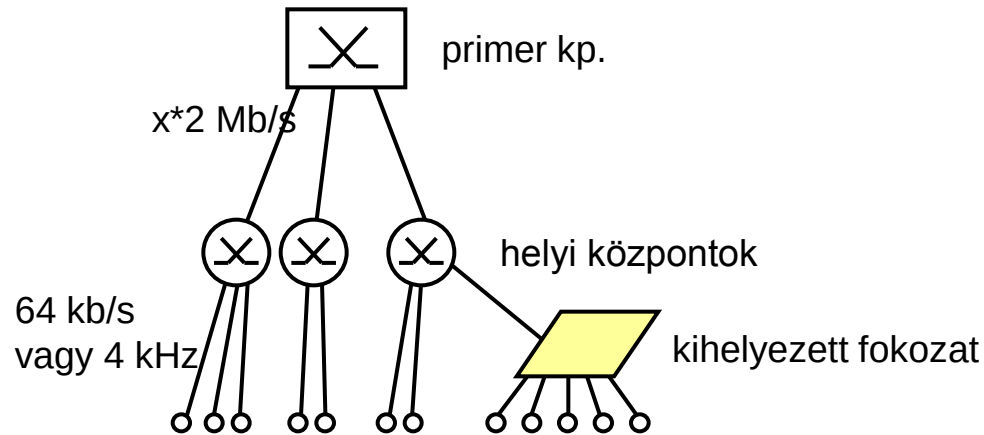
Tipikus homogén, nyilvános kapcsolt (vezetékes) távbeszélő hálózati hierarchia – régebben (bő 5 éve)



■ Megjegyzések:

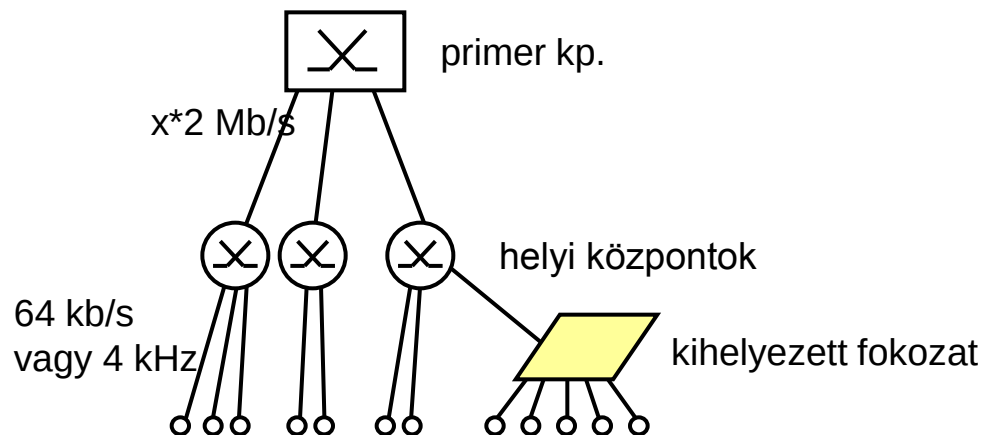
- szaggatott vonal: alternatív v. haránt összeköttetés: cél: hálózat megbízhatóbbá tétele; forgalmi túlcsoordulás kezelése
- Tipikus sebességértékek (nagyságrendileg): $x=10-20$, $y=30-50$, $z=100$
- Ez egy homogén, azaz egyszolgáltatós hálózat. Több szolgáltató esetén a helyzet némileg bonyolultabb.
- „más hálózatok”: pl. mobiltelefon-hálózatok
- az analóg világban: Magyarországon 4 hierarchiaszint, USA-ban 10 hierarchiaszint,
- a digitális világban: Magyarországon 3 hierarchiaszint (10 szekunder központ), USA-ban 3 hierarchiaszint (135 szekunder központ)

Kihelyezett fokozatok



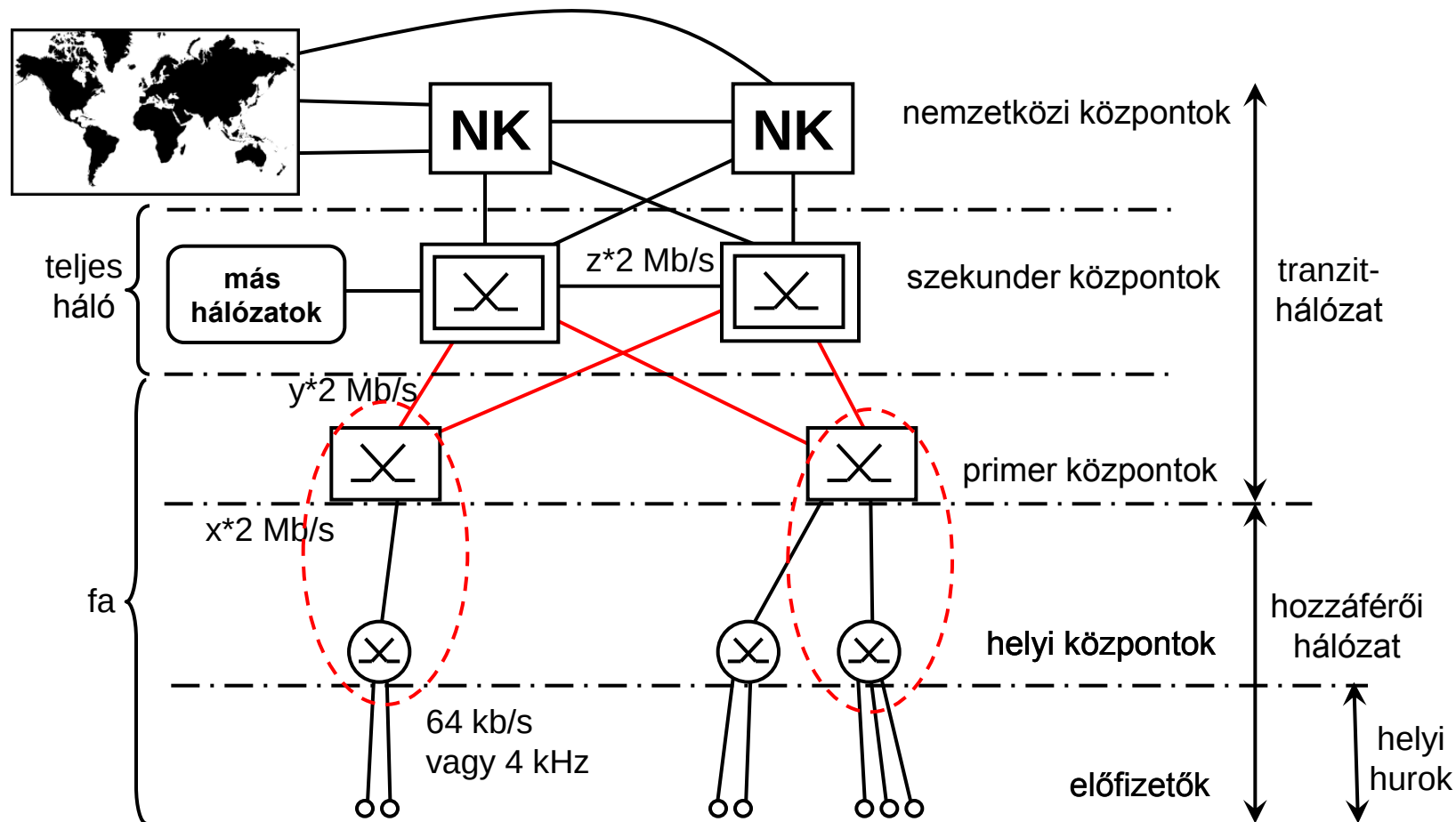
- Kihelyezett fokozattól a helyi központig nyalábolt átvitel:
 - egy, vagy néhány érpáron egyszerre (nyalábolva, multiplexálva) sok beszélgetés
 - de összesen kevesebb, mint ahány előfizető csatlakozik a kihelyezett fokozathoz
 - hiszen úgysem beszél mindenki egyszerre
 - tipikus sebességérték: egynéhányszor 2 Mb/s
 - jelentős költségmegtakarítás!
- Egy példa: 5000 előfizető 2 km-re a központtól
- Kihelyezett fokozat nélkül:
 - (5000 érpár = 10 000 rézdrót) x 2 km = 20 000 km rézdrót!
 - a Föld kerületének a fele!
- Kihelyezett fokozattal lényegesen olcsóbb

Kihelyezett fokozatok



- Képes lehet kapcsolásra a hozzá tartozó előfizetők között
 - Ugyanakkor nem önálló központ, a vezérlést távolról, a helyi központból kapja
 - A helyi kapcsolás nem olyan lényeges: kicsi a helyben maradó forgalom
 - A számlázás miatt jobb is felküldeni a központnak
 - A központról leszakadás esetén vész üzemben helyi kapcsolás lehetséges

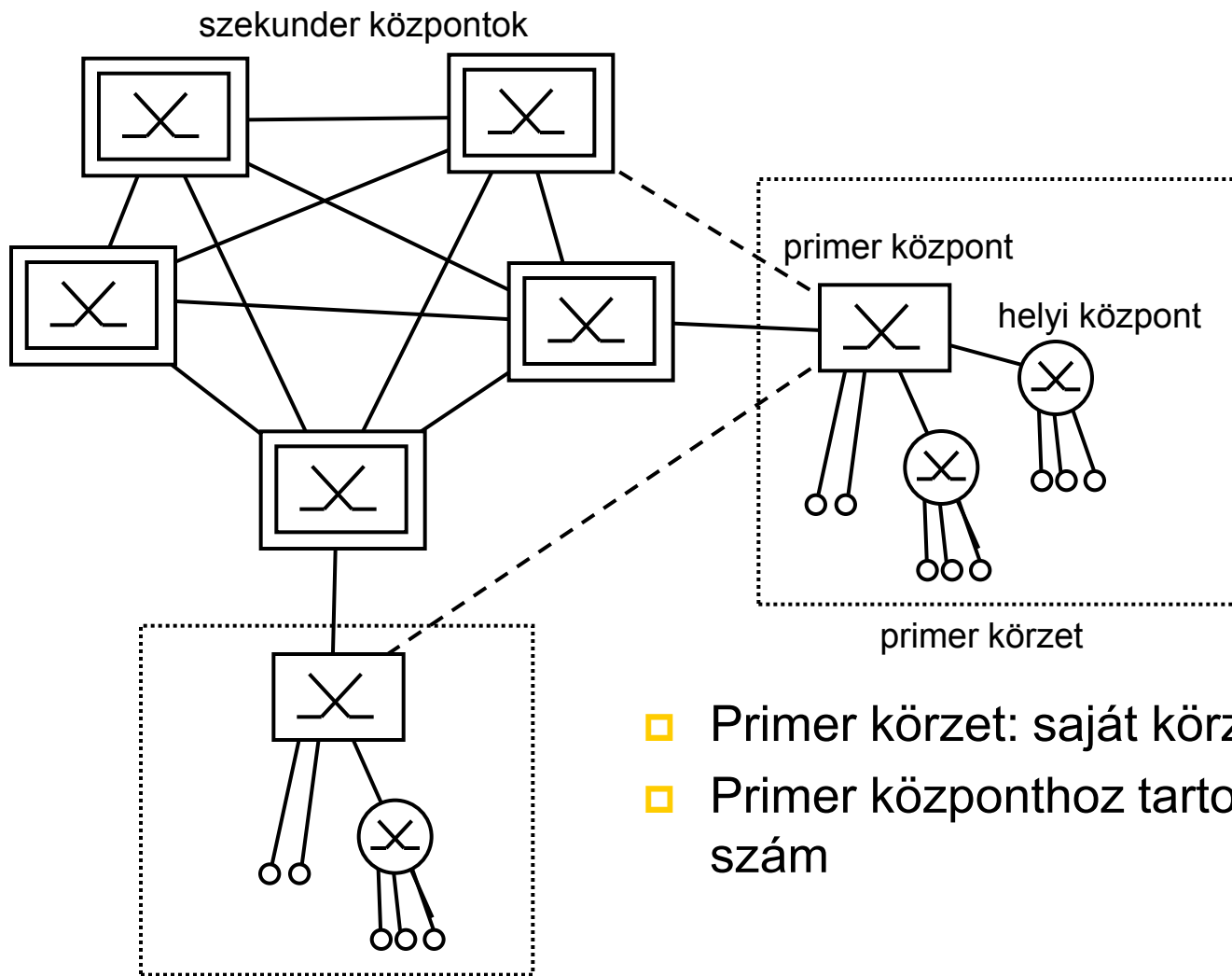
Tipikus homogén, nyilvános kapcsolt (vezetékes) távbeszélő hálózati hierarchia – 2 éve...



■ Megjegyzések:

- Egy primer két szekunderhez kötve: redundancia
- Primer és helyi kp-ok egybeépültek: egy kp-ban mindkét funkcionális
- Kevés helyi kp
- Sok-sok kihelyezett fokozat

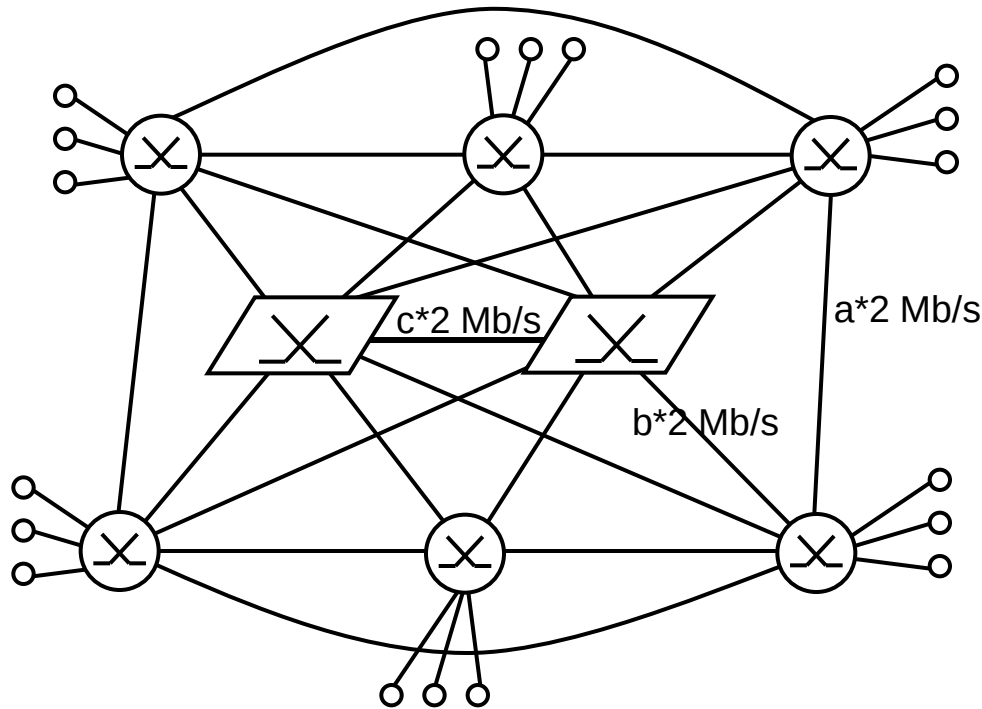
Példa földrajzi topológia (pont-pont kapcsolatokkal)



- Primer körzet: saját körzetszám
- Primer központhoz tartozik ez a szám

----- : alternatív v. haránt összeköttetés

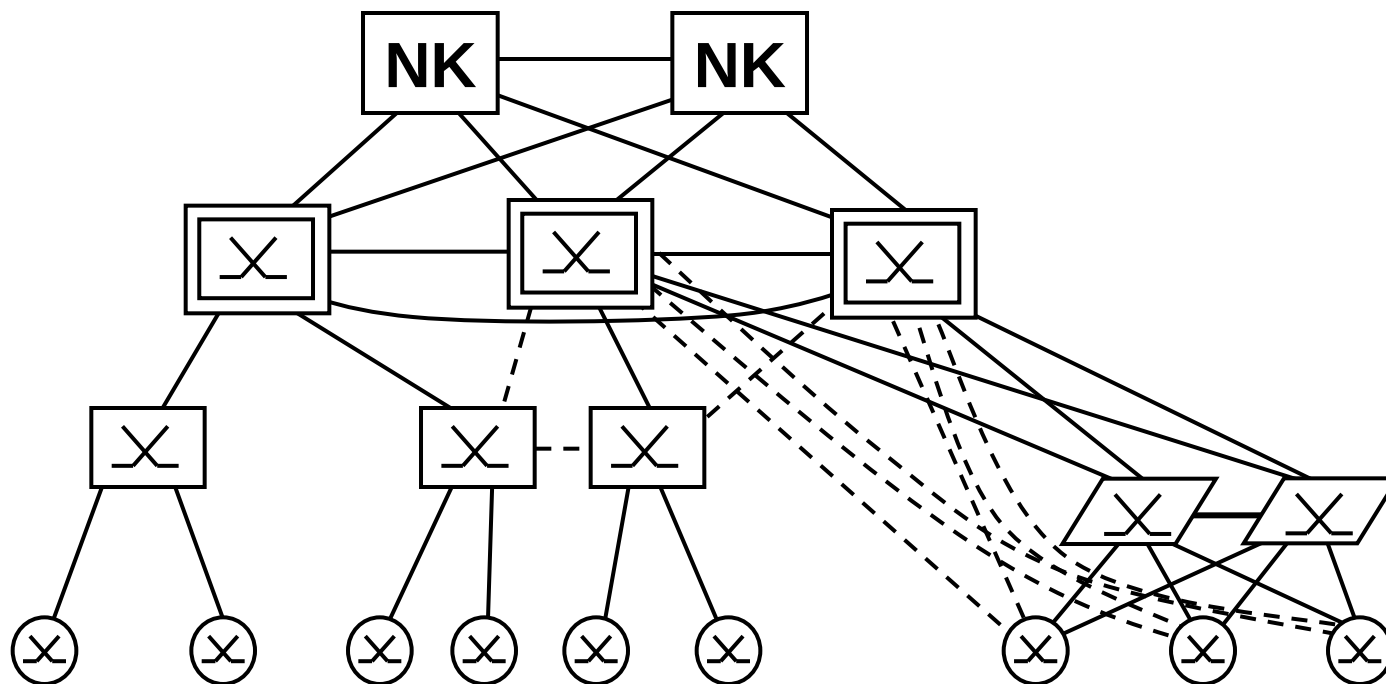
Nagyvárosi architektúra (pont-pont kapcs.)



- PI. Budapesti topológia:
 - kb. 20-30 helyi központ
 - 2 *tandem központ*
 - kettős csillag
+ szövevényes közvetlen összeköttetés
- A tandem központok:
 - logikailag a helyi központok hierarchiaszintjén vannak
 - Bp.: Városmajor, Angyalföld (ezekben van: helyi központ, tandem központ)
- Speciális helyzet:
 - a helyi központok és a két tandem központ: egy primer körzet (külön primer központ nélkül)
- Sebességértékek nagyságrendileg:
 - a: kb. 5-10,
 - b: kb. 20,
 - c: kb. 50-100

Országos és nagyvárosi topológia együtt

- a két budapesti szekunder központ mellett van egy-egy nemzetközi központ is
 - Kelenföld, Józsefváros (ezekben van: helyi központ, szekunder központ, nemzetközi központ)
- a közös hierarchia (kicsit leegyszerűsítve):

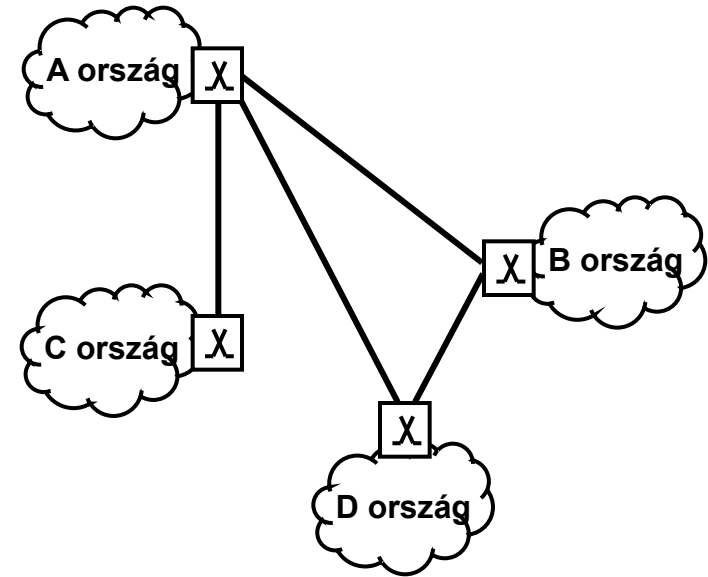


Közcélú távbeszélő központok Magyarországon

- 2 nemzetközi központ
 - Kelenföld, Józsefváros
- 2 tandem központ
 - Városmajor, Angyalföld
- 10 szekunder (5+5 a Duna két oldalán) központ
 - Kelenföld, Józsefváros
 - Győr, Zalaegerszeg, Pécs, Székesfehérvár
 - Szeged, Szolnok, Debrecen, Miskolc
- 54 primer központ
- kb. 60 helyi központ
 - max. néhány tízezer előfizető/központ
 - Ericsson AXE és Siemens EWSD központok
- kb. 1300 kihelyezett fokozat

Nemzetközi telefonhálózat

- Nagyobb országos szolgáltatók rendelkeznek nemzetközi „kapuközponttal”
- Több, egymással konkuráló nemzetközi szolgáltató biztosítja ezek összekötését
- Nem kell minden ország között közvetlen kapcsolat...
- ... de egy nemzetközi összeköttetés max. 6 trónköt (7 nemzetközi központot) tartalmazhat



Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Távközlő rendszerek áttekintése



*dr. Csopaki Gyula,
Németh Krisztián
BME TMIT
2014. szept. 15.*



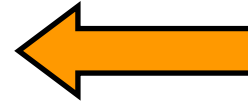
A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
 - Bemutakozás, játékszabályok, stb.
 - Történelmi áttekintés
 - **Mai távközlő rendszerek architektúrája** ←
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP, beszékkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

Áttekintés

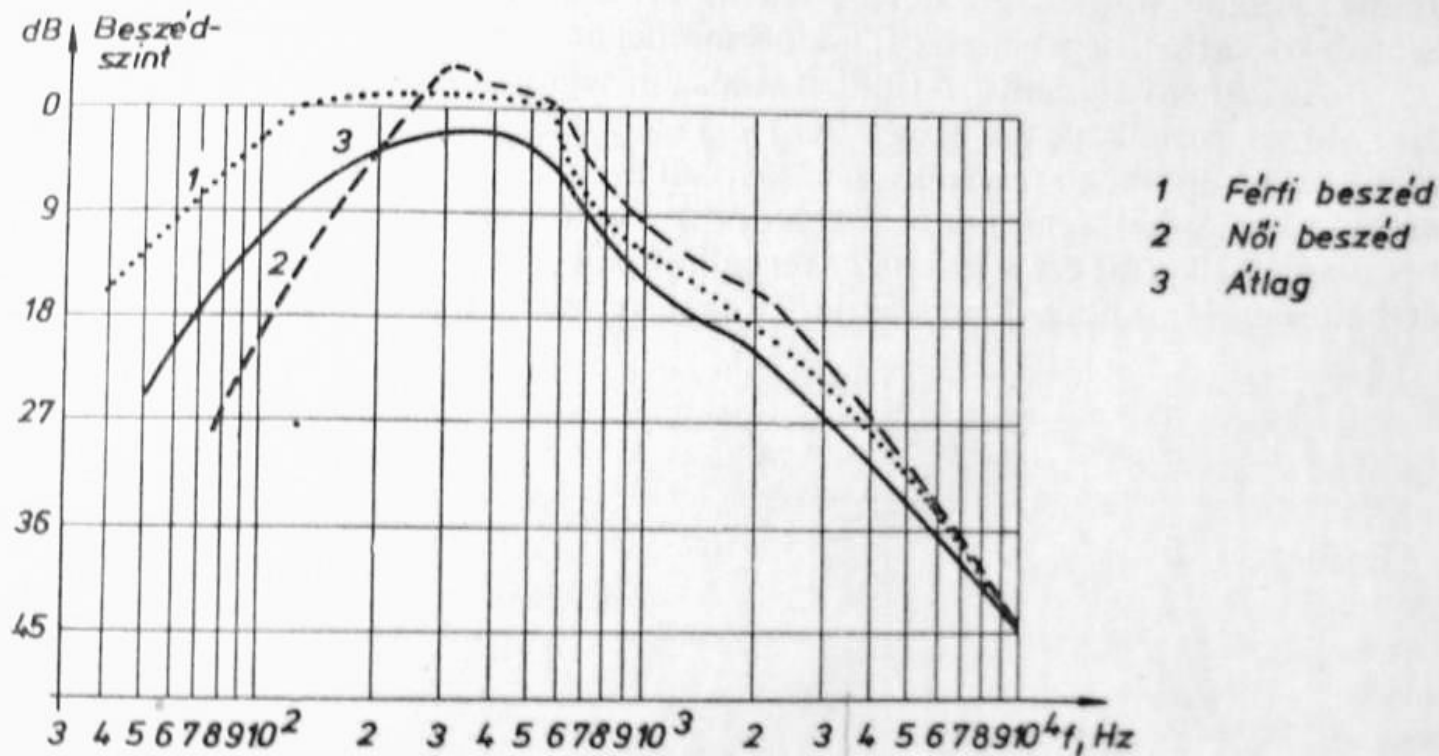
- Távközlő hálózati alapok
 - Távbeszélő hálózatok áttekintése
 - **Analóg és digitális beszédátvitel**
 - Számozás
 - ISDN
 - Újgenerációs hálózatok



Analóg beszédátvitel



- Végberendezés: hanghullám $\leftrightarrow$ analóg elektromos jel
- Mit tudunk e jelről?
 - Emberi fül kb. 20 Hz – 20 kHz-t hall meg
 - Ebből a beszédjel felső határa 6-7 kHz

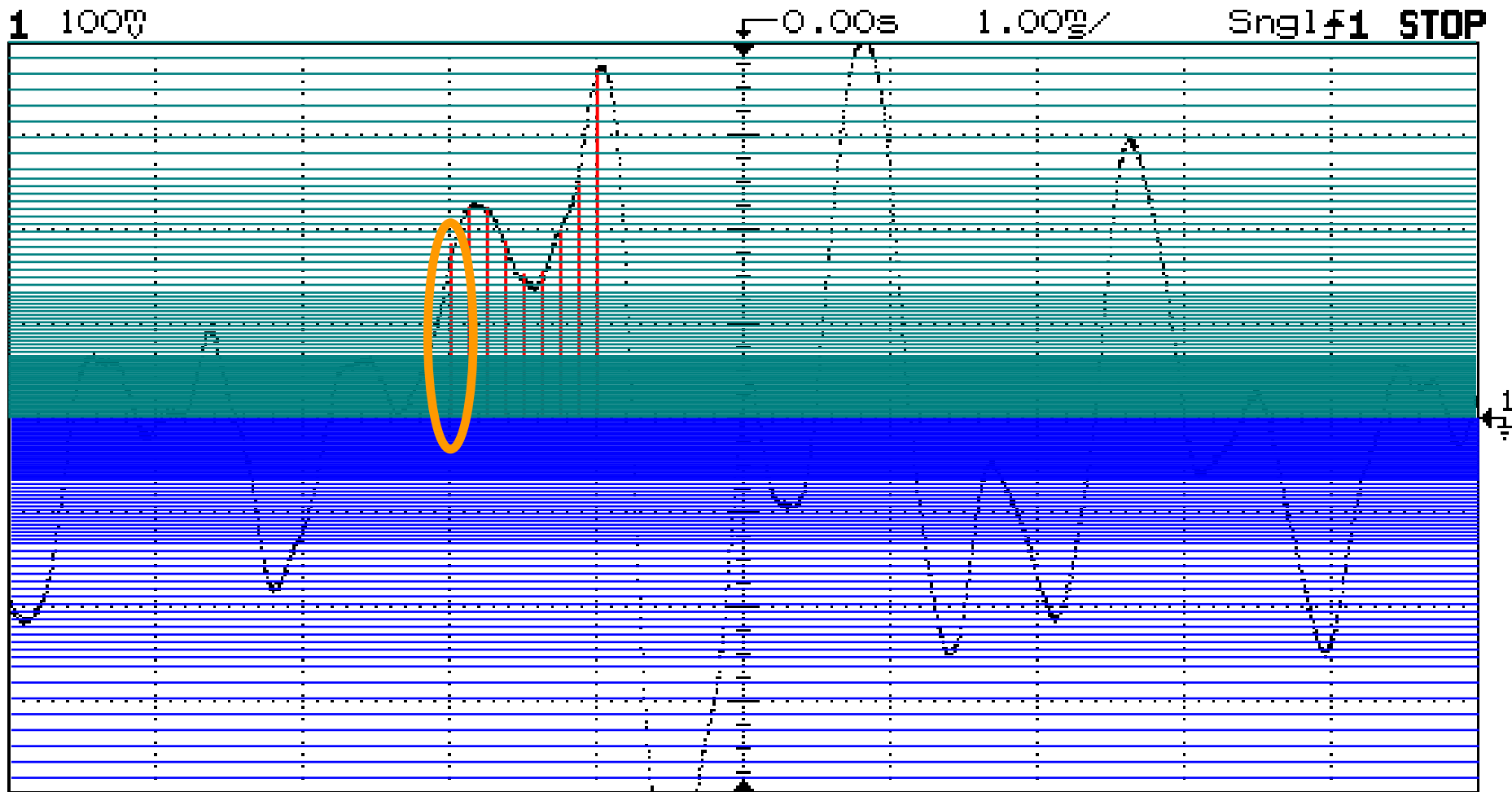


1.2-2. ábra.
Átlagos beszéd frekvenciaspektruma



- Hány Hz széles legyen egy beszédcsatorna?
 - cél pusztán az érthető beszéd átvitele
 - + gazdaságosság!
- Korai nyalábolt trónkók FDM-et használtak
 - minél keskenyebb egy beszédcsáv, annál több fér rá egy trónkvonalra
- Manapság: digitális átvitel: TDM, IP
 - de a bitsebesség itt is számít...
 - ...és arányos az átvitt sáv szélességgel (ld. majd: PCM)
- Érthetőség és beszédminőség az átvitt frekvencia függvényében:
 - 500...1000 Hz: rossz
 - 500...1500 Hz: tűrhető
 - 400...2000 Hz: kielégítő
 - 300...2500 Hz: megfelelő
 - 300...3400 Hz: jó
 - 200...3500 Hz: igen jó
- Döntés: **0,3 – 3,4 kHz-es sáv**
 - 3,1 kHz + védősávok = **4 kHz széles lesz egy beszédcsatorna**

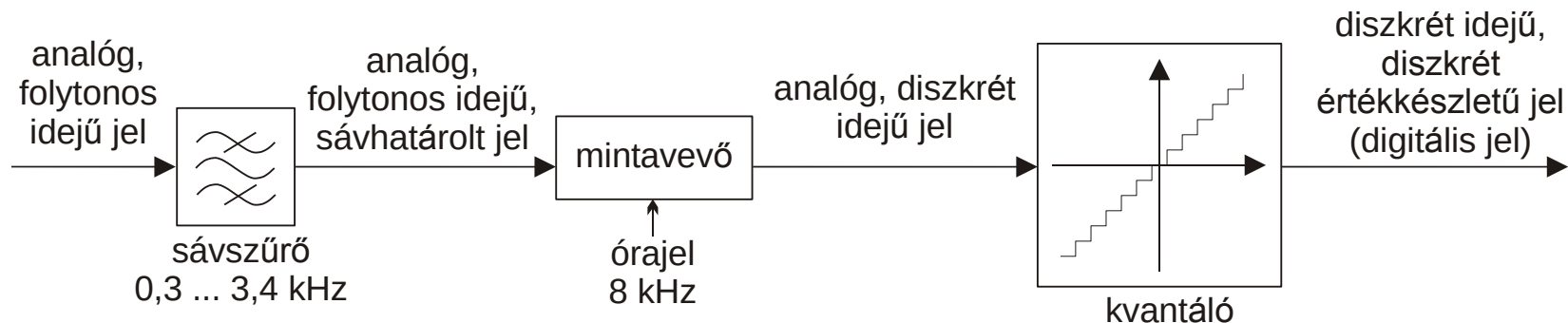
PCM kodek egy valódi(bb) példán



Beszédhang

Vonatkozó bitsorozat (kb. 180 mV-hoz): 10100110 (első bit az előjel)

□ A/D átalakítás (kódolás):



□ sávszűrés:

- A sávnál magasabb frekvenciák a mintavételezés után sávon belüli zajként látszanának

□ kvantálás: logaritmikus karakterisztikával (az emberi fül is ilyen)

- USA: μ törvényű kvantáló (μ -law)
- Európa: A törvényű kvantáló (A-law)
- hasonló, de nem kompatibilis, átkódolás kell

□ 8 kHz mintavétel

- a max. frekvencia duplája (Nyquist tétele)

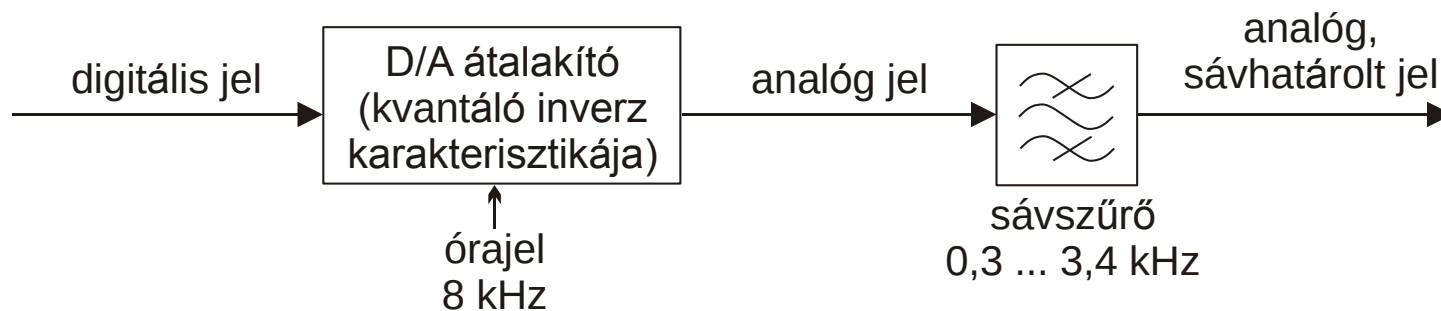
□ 8 bitre kvantálás: $8 \text{ kHz} \cdot 8 \text{ bit} = 64 \text{ kb/s}$

□ vannak újabb, sok szempontból jobb kodekek

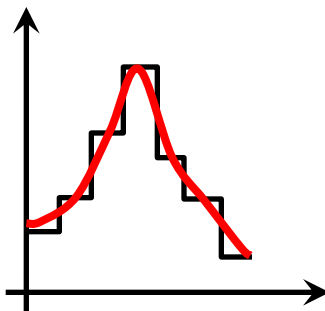
- Id. majd a „beszédkódolók” részénél

Kitérő: PCM

□ PCM dekódolás:



- sávszűrő szerepe:
kimenet simítása:



Analóg vs. digitális telefónia



- Analóg átvitel: egy csatorna 4 kHz
- Digitális átvitel (PCM): egy csatorna 64 kb/s
- Mekkora (analóg) sávszélességet igényel ennek az átvitele?
 - sok mindentől függ (pl. alkalmazott moduláció, jel/zaj viszony (S/N) a közegen), de *határozottan szélesebb sáv kell, mint analóg esetben*
- Ugyanakkor:
 - analóg S/N igény: kb. 60 dB
 - digitális S/N igény: kb. 20 dB (10^{-6} bithibaaarányhoz)
- Ráadásul digitális esetben regenerátorokat alkalmazva a zaj nem adódik össze
 - (de: a bithibák igen)

Analóg vs. digitális telefonía



- A digitális technika további előnyei
 - megvalósítása egyszerűbb és megbízhatóbb
 - napjainkban már olcsóbb
 - a jel/zaj viszony független a hálózat méretétől (igaz, a bithibaarány függ)
 - a digitális berendezések gyártása nem igényel egyenkénti beállítást
 - kisebb helyigény
 - alacsonyabb tápigény
 - magasabb fokú hálózati intelligencia valósítható meg
 - sokkal kifinomultabb jelzésátvitel lehetséges
 - adat és beszédjelek egységesen kezelhetők
 - egyszerűbb a karbantartás
 - kapcsolás megvalósítható mozgó alkatrészek nélkül
 - ráadásul: újabb kodekek: kisebb sáv szélesség
- Ezek elsőprő előnyök



□ Analóg nyalábolás: FDM

- a nyalábolás hierarchikusan történik
 - közeg: koax kábel, mikrohullámú rádiós összeköttetés
- egyetlen koax kábelben 1920, ill. 2700 beszélgetés
- ez kb. 10 MHz lenne, de a hierarchia miatt további védősávok szükségesek
- külföldön létezett 10.000 beszédcsatornás, kb. 60 MHz-es rendszer is
- már nem használják. Hazánkban kb. 1990-ig voltak FDM trónkók üzemenben

□ Analóg kapcsolás

- mechanikus, elektromechanikus rendszerek
- hosszú út a Strowger központoktól a keresztrudas (crossbar) kapcsolókig
- Ezt sem nem használják. Magyarországon 1990 és 2000 cserélték le a központokat digitálisra

Digitális távbeszélő hálózatok

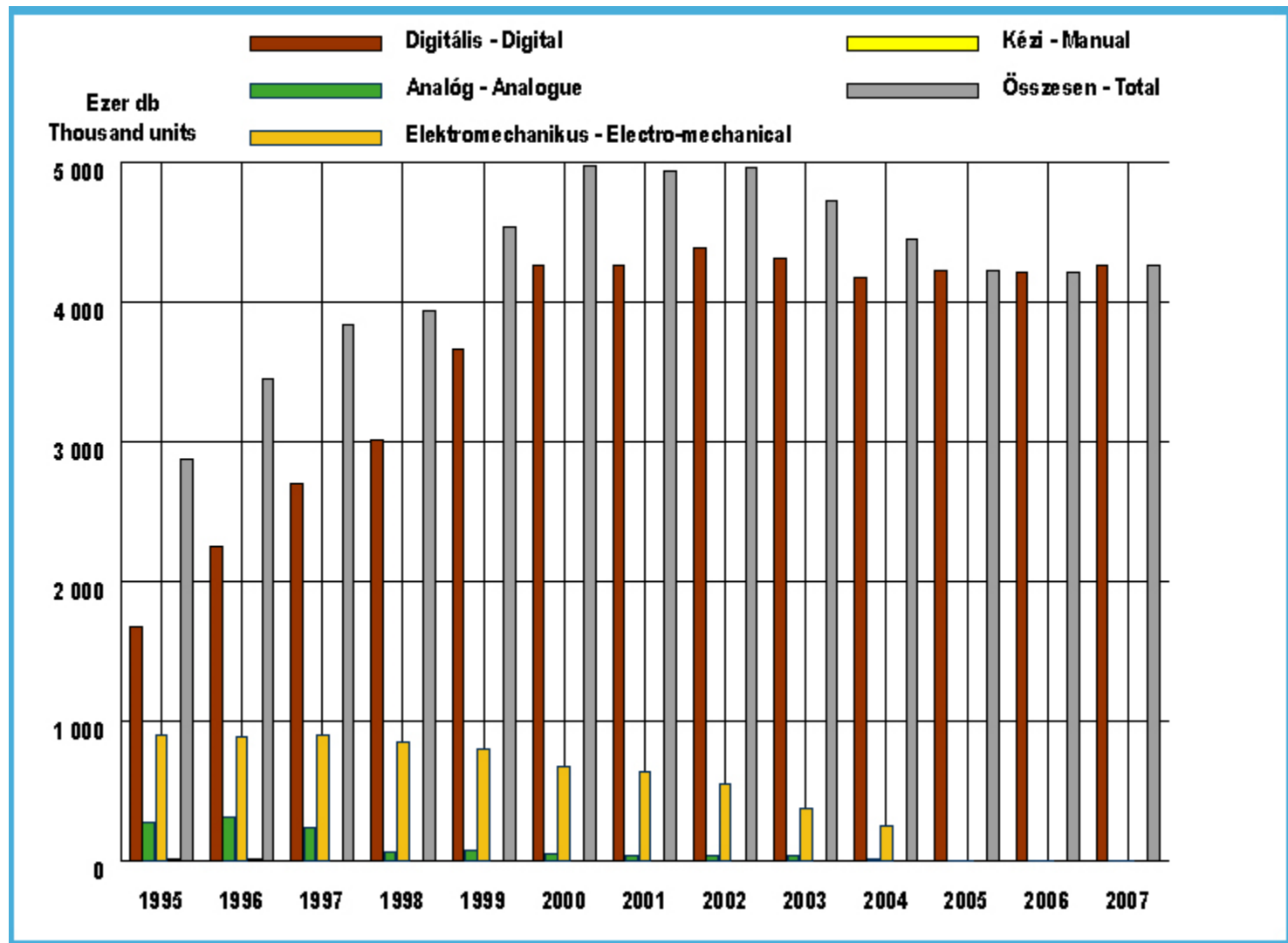


- először az átviteli utakat digitalizálták (USA: 1960-as, '70-es évek)
 - klasszikusan TDM (Time Division Multiplexing, időosztásos nyalábolás) rendszerek
 - általános célú digitális átviteli hálózatok, nem csak telefonhálózatok jeleire
 - pl. PDH, SDH (lásd majd a Gerinchálózati technikák fejezetet)
 - ma már sokszor IP is
- utána hamarosan a központokat is
 - TDM központok (lásd majd a Kapcsolástechnika fejezetet)
- a (vezetékes hálózati) végberendezések nagy része ma is analóg!
 - ami nem, az ISDN, ld. nemsokára
 - helyi kapcsolóközpontban történik meg az A/D – D/A átalakítás



- a vezetékes végberendezések javarészt analógok
 - a minőség megfelelő
 - kevesen fizetnek a plusz funkciókért
 - ezek nagy része ráadásul már elérhető analóg végberendezéssel:
 - intelligencia a központban, nem a készülékben!
 - digitális kiegészítések: hívószámkielzés, SMS
 - Id. hamarosan az ISDN-nél!

A távbeszélő központok kapacitása és digitalizáltsága Magyarországon (1995-2007)



Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Távközlő rendszerek áttekintése



*dr. Csopaki Gyula,
Németh Krisztián
BME TMIT
2014. szept. 16.*



A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
 - Bemutatkozás, játékszabályok, stb.
 - Történelmi áttekintés
 - **Mai távközlő rendszerek architektúrája** ←
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP, beszékkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

Áttekintés

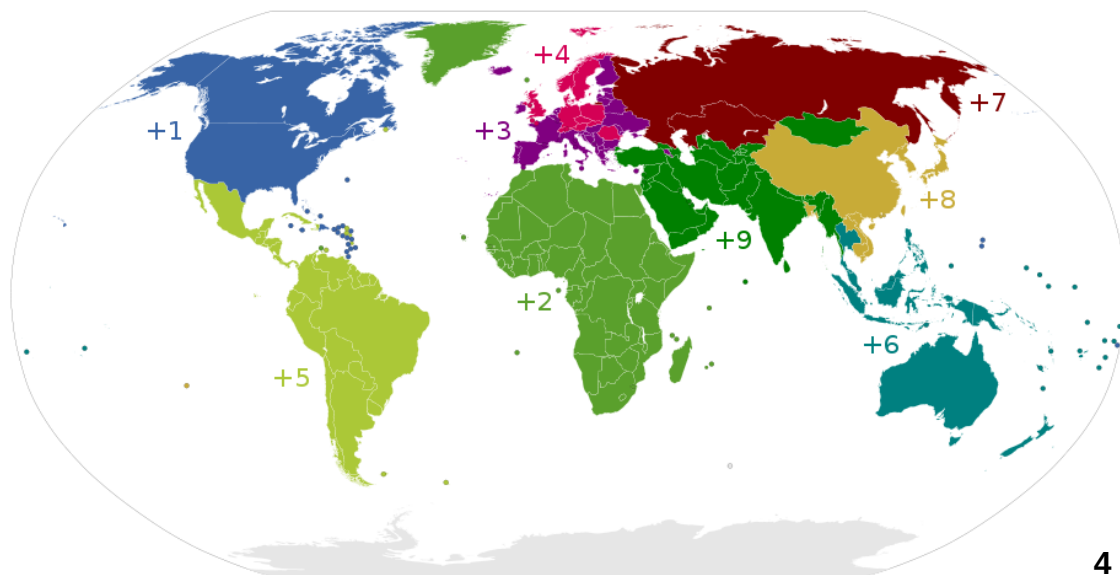
- Távközlő hálózati alapok
 - Távbeszélő hálózatok áttekintése
 - Analóg és digitális beszédátvitel
 - Számozás ←
 - ISDN



Számozás

- (Számozás: SzigH-oknál címzésnek hívják)
- Hívószám: eredetileg az előfizető helyét (címét) azonosította
- Mostani tendencia: az előfizetőt magát (nevét)
 - mobiloknál triviálisan
 - vezetékes esetben is egyre inkább:
 - számhordozhatóság
 - emelt díjas, vagy épp ingyenes számok
- E.164 ajánlás (ITU-T, <http://www.itu.int/rec/T-REC-E.164/en>)
- Egy nemzetközi telefonszám max. 15 számjegy, ebből 1-3 jegy az országhívószám:

1	Észak-Amerika
2	Afrika (+Grönland)
3,4	Európa
5	Közép- és Dél-Amerika
6	Ausztrália és Óceánia
7	Oroszország, Kazahsztán
8	Távol-Kelet (+Inmarsat, Nemzetk. zöld szám: 800)
9	Közel- és Közép-Kelet



Számozás

- ❑ Országon belül: belföldi rendeltetési szám + előfizetői szám
- ❑ Belföldi rendeltetési szám:
 - Körzetszám, pl.: 33: Esztergom és környéke (földrajzi számok)
 - Hálózatkijelölő szám, pl: 20: Telenor
 - Szolgáltatáskijelölő szám, pl: 90: emeldíjas
- ❑ Vegyük észre: a számozási és a hálózati hierarchia összefügg
- ❑ Fontos: a telefonszámok mindig prefix kódok, azaz nem lehet egyik szám egy másik folytatása
 - technológiailag így egyszerűen megoldható
 - így logikus

Rövid és előtétszámok Magyaro.-n

□ Rövid számok:

104, 105, 107, 112	segélyhívó számok
116c(d)	harmonizált európai szolgáltatások számai
118de	országosan elérhető telefon tudakozó számok
12cd	elektronikus hírközlési szolgáltatók ügyfélszolgálati számai
140d-144d, 145de-149de	telefonszolgáltatókhoz rendelt számok
17c(d(e))	telefonszolgáltatók hálózatához rendelt számok
18c(d)	közérdekű tájékoztató és támogató szolgáltatások
190-194, 197-199	telefonos kezelői szolgáltatások

□ Előtétszámok:

00	nemzetközi előtét
06	belföldi előtét
130	hívószám kijelzés hívásonkénti engedélyezése előtét
131	hívószám kijelzés hívásonkénti tiltása előtét
15cd	közvetítő választó előtétek

Belföldi rendeltetési számok Magyaro.-n

□ Körzetszámok



AIB	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Székesfehérvár	Biatorbágy	Szigetszentmiklós	Dunaújváros	Szentendre	Vác	Gödöllő	Monor
3	Salgótarján	Esztergom	Tatabánya	Balassagyarmat	Eger	Gyöngyös	-	-
4	Nyíregyháza	-	Mátészalka	Kisvárd	Miskolc	Szerencs	Ózd	Mezőkövesd
5	Debrecen	Cegléd	Berettyóújfalú	<i>Teszt célra</i>	Szolnok	Jászberény	-	Karcag
6	Szeged	Szentes	-	-	Békéscsaba	-	Orosháza	Mohács
7	Pécs	Szigetvár	Szekszárd	Paks	Kecskemét	Kiskunhalas	Kiskőrös	Baja
8	Kaposvár	Keszthely	Siófok	Marcali	-	Tapolca	Veszprém	Pápa
9	Zalaegerszeg	Nagykanizsa	Szombathely	Sárvár	Győr	-	-	Sopron

Belföldi rendeltetési számok Magyar.-n

□ Szolgáltatás-, és hálózatkijelölő számok:

A/B	0	1
2	Mobil rádiótelefon-hálózat (Telenor)	Helytől független elektronikus hírközlési szolgáltatás
3	Mobil rádiótelefon-hálózat (T-Mobile)	-
4	Osztott díjas szolgáltatás („kék” szám)	-
5	(Mobil rádiótelefon-hálózat számára kijelölve)	Internet-hozzáférési szolgáltatás
6	-	-
7	Mobil rádiótelefon-hálózat (Vodafone)	Üzleti hálózat
8	Díjmentes szolgáltatás („zöld” szám)	-
9	Emelt díjas szolgáltatás	Emelt díjas megkülönböztetett szolgáltatás

↓
„felnőtt”

↓
nem „felnőtt”

□ A konkrét számokat természetesen nem kérdezzük vizsgán...

Számozás

□ Nyílt számozási rendszer:

- Nem kell mindig a belföldi rendeltetési számot tárcsázni, pl. Budapesten csak 7 jegy elég
- Sok esetben rövidebb a hívott szám
- De nem egyértelmű, máshonnan másképp kell (06 kell elé pl.)
- Ilyen a magyar hálózat

□ Zárt számozási rendszer:

- Mindig kell a belföldi rendeltetési szám
- Nem kell viszont a belföldi előtét (0, vagy Magyarországon 06)
- Egyszerű, egyértelmű
- Viszont nem lehet „rövidíteni” körzeten belül sem
 - De: tel. memóriájából tárcsázva nem gond
- Sok európai ország tért át erre (Norvégia, Franciaország, Olaszország, stb.)
 - Főleg az 1990-es évek közepétől, végétől

Változások a magyar számozásban

- 2010. jan. 15.: a mobilszámmező „lezárása”
 - Mobil számok csak a hálózatkijelölő számmal együtt hívhatók
 - Pl.: 0620-555-1234 vagy +3620-555-1234
 - azaz 555-1234 formában még Telenoros telefonról sem
 - Fő ok: a számhordozás után nem volt egyértelmű, hogy pusztán az előfizetői szám hívása melyik hálózatra vonatkozik: sok téves hívás volt
 - igazából az új hálózatra
 - pl.: 0670-555-6789 elmegy a Vodafone-tól a T-Mobile-hoz
 - a telefonjában elmentett bejegyzés: „Béla: 555-3333”
 - Béla száma 0670-555-3333
 - a számhordozás után véletlenül Béla helyett a 0630-555-3333-at hívta
 - Pozitív hozadék: kiadhatók a 0-val, 1-gyel kezdődő számok, 25%-os növekedés a számtartományban
 - pl: +3630-012-3456, 0670-123-4567
 - Ajánlott a +36205551234 formátumban tárolni a számokat
 - így külföldről is használhatóak

Terv a további átalakításra

- Egységes, 9 hosszú hívószámok
 - Mobilok esetén nincs változás (2+7 számjegy)
 - Földrajzi számok (körzetszámok) elé 4-es kerül
 - Pl. 1 → 41, 33 → 433
 - Szolgáltatáskijelölő számok:
 - 80 → 800
 - 81 → 810
 - 40 → 840
 - 90 → 900
 - 91 → 910
 - 51 → 510
- A teljes számmező lezárása
 - innentől kezdve a belföldi előtét (06) szükségtelen, megszűnik
- Mindez egy lépésben

Mire lesz ez jó?

- Több belföldi rendeltetési szám használható
 - hiszen sok esetben 2-ről 3-ra nőtt a hossza
 - hasonlóan több rövid szám használható
- Több előfizetői szám használható
 - a zárás miatt a 0-val, 1-gyel kezdődőek is kiadhatók
- Egységes tárcsázás mindenhol
- Összességében átlagosan rövidebb számok
 - nagyon sokszor tárcsáztuk a 06-ot
- Megteremti az alapját a körzetek közötti számhordozásnak és a fix-mobil számhordozásnak
 - ez műszakilag még nem realitás, de hamarosan az lesz
 - az NGN-ben (lásd nemsokára) a körzetszám már nem releváns, de fontos az egységes kezelés
- A 06, mint előválasztó, kilógott a sorból...
 - EU-ban -- ahol még van -- ez mindenhol 0 (ITU ajánlás, de nem kötelező)
- 3x3 bontásban a számok szépen leírhatóak lesznek:
 - pl. 555-123-456

A számozás módosításáról

- A telefonokban továbbra is célszerű lesz +36-555-123-456 formában tárolni a számokat
- Jelenleg mindez csak terv
 - Nincs még meg a kormányhatározat

Áttekintés

- Távközlő hálózati alapok
 - Távbeszélő hálózatok áttekintése
 - Analóg és digitális beszédátvitel
 - Számozás
 - ISDN ←





- ISDN = Integrated Services Digital Network, integrált szolgáltatású digitális hálózat
- PSTN továbbfejlesztése
 - Public Switched Telephone Network, nyilvános, kapcsolt tel. h.
 - avagy POTS: Post Office Telephone Service -> Plain Old Telephone Service, „az egyszerű régi telefon szolgáltatás”
- 1987-től: 26 éves!
- /S-: integrált szolg.: több szolg. egy hálózaton, pl.:
 - beszédátvitel (POTS), videokonferencia, adatátvitel
- -DN: végig digitális: beszédkodek a távbeszélő készülékben
- A központok, átviteli utak már digitálisak
 - ISDN alatt a hozzáférői digitális telefonhálózat-részt értjük (UNI)
 - (UNI: user-network interface, felhasználó és hálózat közötti interfész, NNI: network-network interface, hálózaton belüli, kapcsolók között interfész)

ISDN – motiváció

- Egy kis történelem: 1982-ben a C64 az év számítógépe!



- Ekkoriban a telefon high-tech még mindig ilyesmi:



ISDN – motiváció

- Igény a magasabb szintű távközlési szolgáltatásokra
 - PSTN-nél jobb beszédminőség
 - beszédátviteli többletszolgáltatások, pl:
 - hívószámkijelzés
 - konferenciahívás
 - hívásátirányítás
 - hívásvárakoztatás
 - hívásátadás
 - videotelefonálás (!)
 - gyorsabb adatátvitel
- Megoldás: digitalizálás – azaz az ISDN

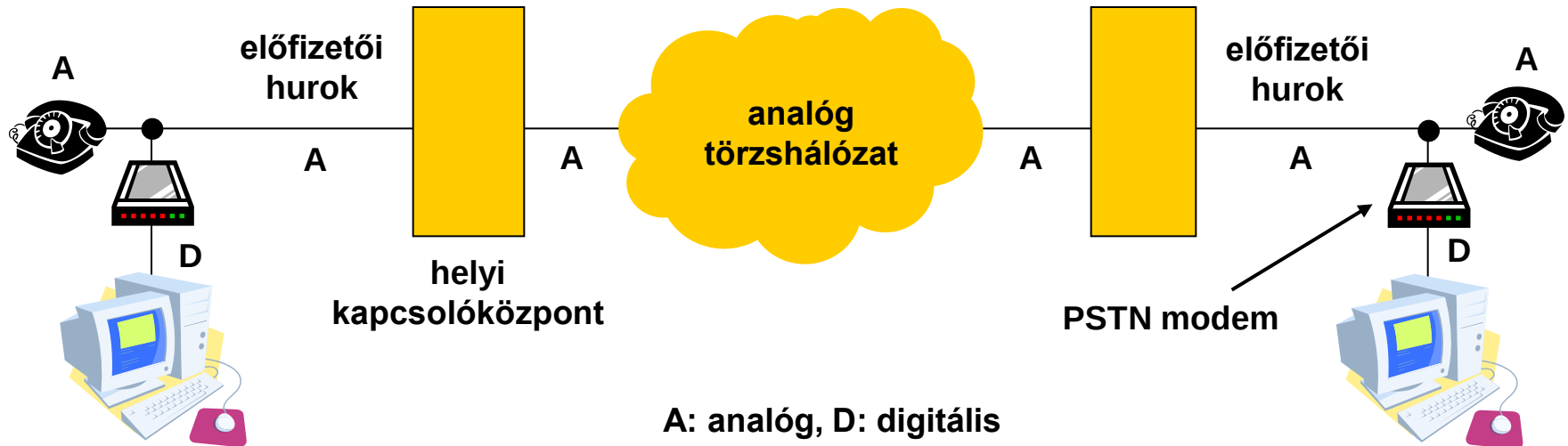


ISDN – motiváció

- Gyártói oldal: digitális átviteli utak (PCM), digitális központok
 - de mindezt könnyebb eladni, ha tartoznak hozzájuk plusz szolgáltatások → ISDN
- Mindez a plusz szolgáltatás önmagában nem biztos, hogy elég lett volna:
 - egyszerű ötlet: 2 „telefonvonal” egy érpáron
 - ez már kézzel fogható előny

PSTN adatátvitel

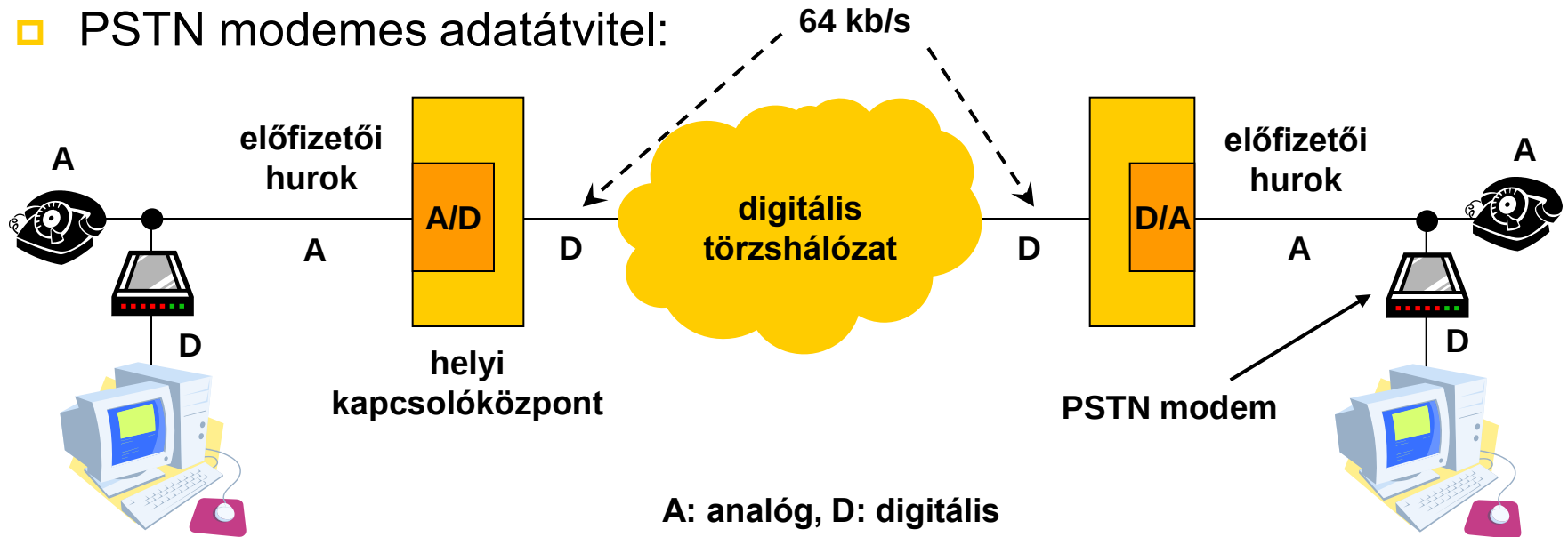
- ❑ PSTN modem adatátvitel *analóg törzshálózat* esetében: (ilyet már nem használnak)



- ❑ Itt a modem A/D, D/A átalakító funkciója elkerülhetetlen

PSTN adatátvitel, dig. törzshálózat

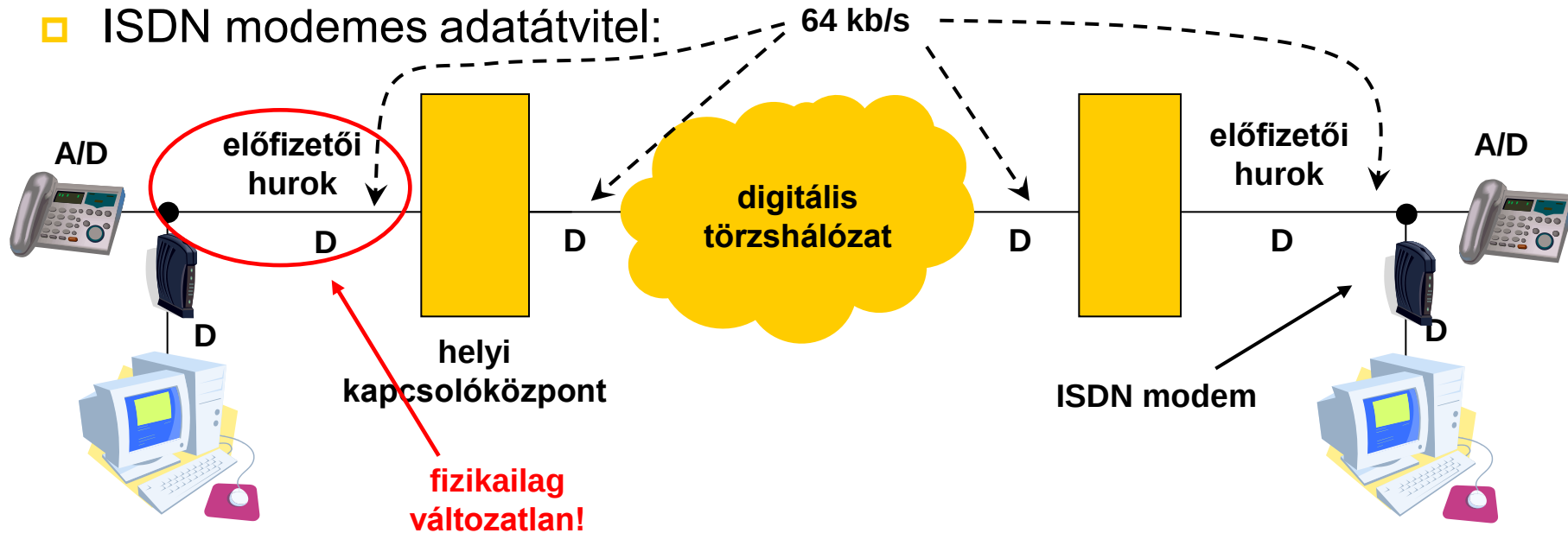
□ PSTN modem adatátvitel:



- Amíg a törzshálózat analóg volt, a modem A/D, D/A átalakító funkciója elkerülhetetlen volt
- Most viszont ez a D/A/D/A/D átvitel nem hangzik túl jól
 - Nem is az: 64 kb/s helyett csak kb. 33 kb/s vihető át
- Megoldás: ISDN

ISDN adatátvitel

□ ISDN modemes adatátvitel:

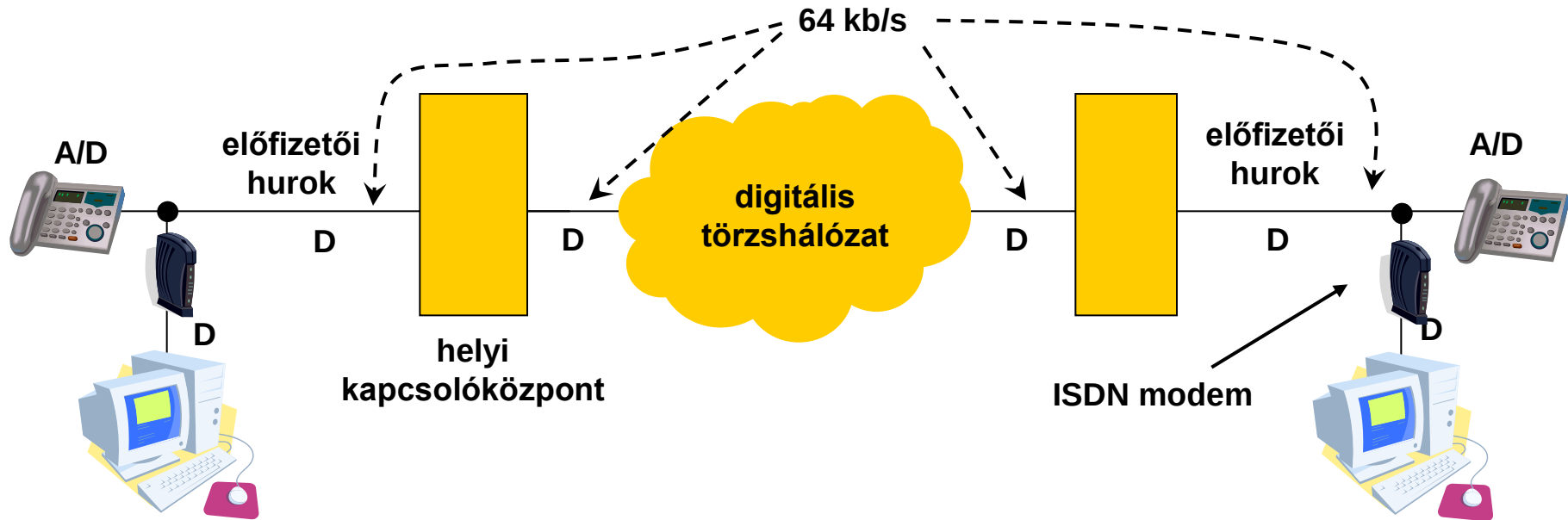


- Az adatút végig digitális!
- Beszédkódoló a végberendezésben
- No, de minek akkor modem?
 - ISDN jelzések: kapcsolatfelépítés (adott hívószámmal), bontás
 - Adatátvitel illesztése
 - PC: pl. RS-232
 - ISDN: D csatorna/csatornák (ld. köv. dia)

ISDN megvalósítása

- A meglévő előfizetői húrkat (réz érpárt) használják újra
 - Bár „csak” pár km rézről van szó, ennek lefektetése mégis roppant költséges
 - Egy egész telefonhálózat értékének több mint fele az előfizetői húrok összessége!
 - Ha már megvan, használjuk, amíg lehet!
- Ezen digitális átvitel
- Ennek a sebessége attól függ, hány csatornát használhat az előfizető
- **B csatorna**: 64 kb/s, ezen megy a beszédátvitel VAGY az adatok átvitele VAGY a kódolt videó, stb.
- **D csatorna**: 16 vagy 64 kb/s: jelzések átvitele (pl. hívás, kapcsolat bontás, stb.) Több B csatornához egyetlen D csatorna elég
 - jelzésátvitel SzigH-ból ismerős lehet
 - jelzésátvitelről később majd részletesebben

ISDN adatátvitel



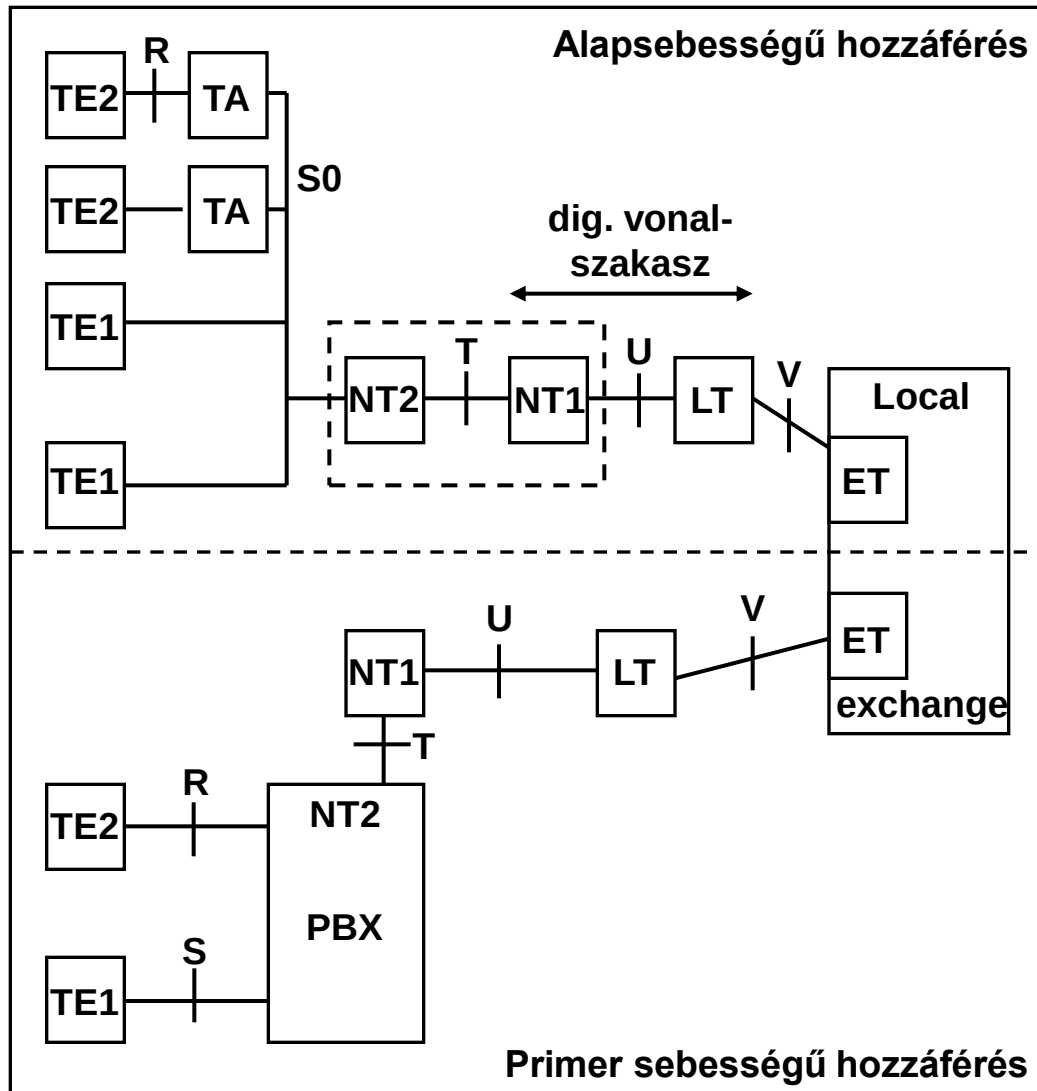
□ Később a következő lépés:

- szűk keresztmetszet immár a törzshálózat
- hagyjuk ki azt is: ADSL

ISDN megvalósítása

- A megengedett kombinációk:
- **2B+D16**: BRA/BRI: Basic Rate Access/Interface, Alap sebességű hozzáférés/interfész
 - 144 kb/s (jelzésekkel együtt, de keretezés nélkül)
 - az egész egy érpáron – bőven elfér rajta
 - tipikusan magán/kisvállalati előfizetőknek
 - lehetséges kombinációk:
 - 2 független beszédátvitel
 - 1 beszéd + 1 fax
 - 1 beszéd + 64 kb/s adatátvitel (pl. Internet elérés)
 - 128 kb/s adatátvitel
 - persze ez dinamikusan változtatható
- **30B+D64** (az Eu-ban; USA, Japán: 23B+D64): PRA/PRI Primary Rate Access/Interface, Primer sebességű hozzáférés/interfész
 - 1984 kb/s (jelzésekkel együtt, de keretezés nélkül), ~2 Mb/s (keretezéssel együtt)
 - tipikusan 1, 2 vagy 3 érpáron: függ az érpár minőségétől, a hosszától, az alkalmazott kódolástól
 - nagyvállalati előfizetőknek, 30 független csatorna
 - jellemzően egy vállalati alközpontba fut be

ISDN rendszervázlat



- R, S, T, U, V: referenciapontok
- T-től „balra”: előfizető hálózata
- T-től „jobbra”: szolgáltató hálózata
- Local exchange: helyi kapcsolóközpont
- ET: Exchange Terminal, központi végződés
- LT: Line Terminal, vonali végződés
- NT1/2: Network Terminator, hálózatvégződés
- LT–U interf.–NT1: digitális vonalszakasz:
 - szolgáltató/gyártóspecifikus
 - egyben lecserélhető egy másik vonalszakaszra, ami ugyanezt a szolgáltatást nyújtja, de másképp (pl. más kódolással) működik

U interfész

□ Példa ISDN U interfészekre:

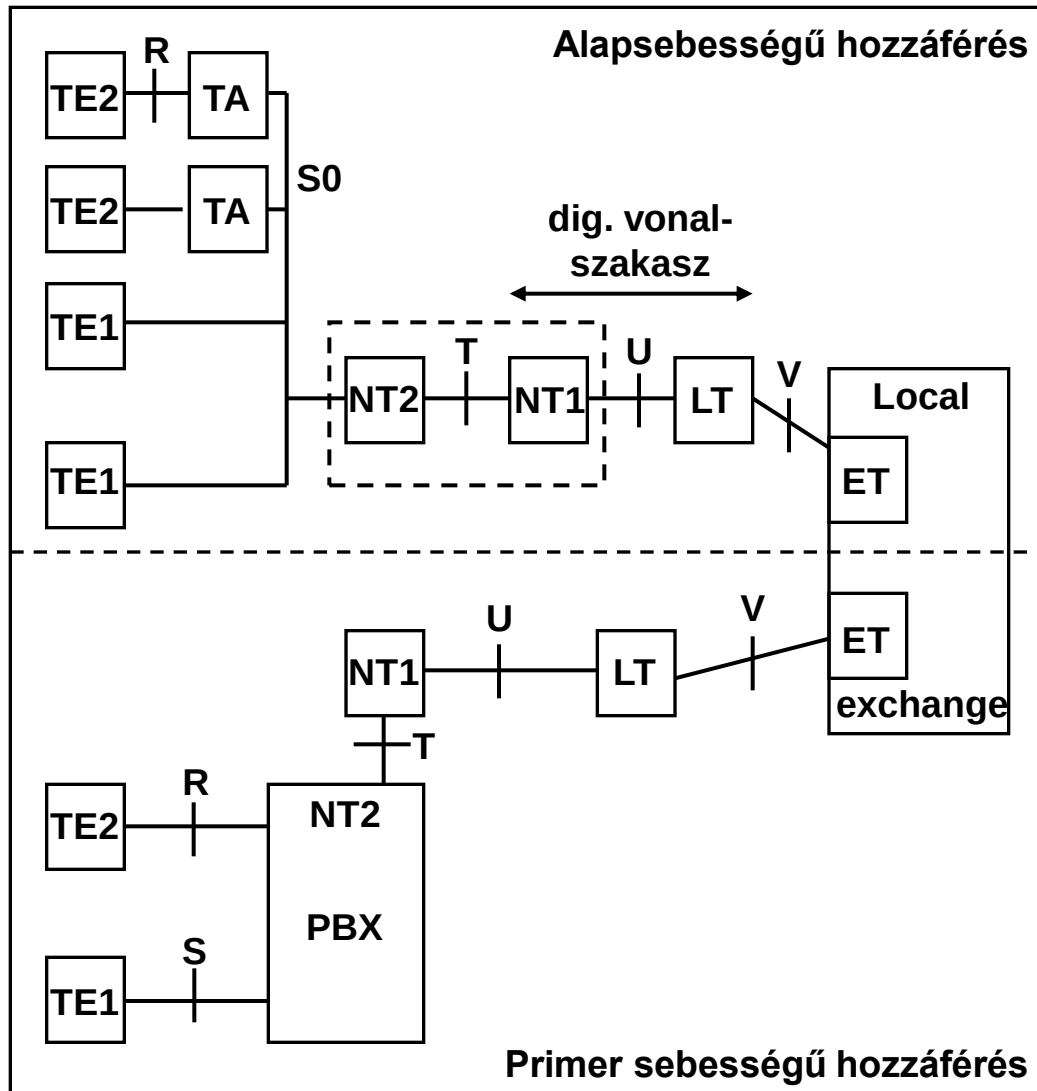
Paraméter	nyilvános (T-COM-U)	BCM 50	Definity
interfész	U	U	U
bitsebesség	160 kbit/s	512 kbit/s	160 kbit/s
jelzési sebesség	80 kBaud	512 kbaud	160 kbaud
duplex átviteli mód	kéthuzalos echotörlés*	kéthuzalos ping-pong**	négyszálal
vonali kódolás	2B1Q	AMI	AMI
jelzés	LAPD+DSS1	Stimulus	DSS1

□ Megjegyzések:

- látszik, hogy az U interfész különböző lehet
- *ugyanabban az időben és frekvenciában ad a két fél, hibriddel és ún. echotörlővel választják szét (ld. később)
- **ping-pong: időtartománybeli szétválasztása a két félnek

□ *Nem kell ezt a diát tudni vizsgára, csak magyarázatként szolgál*

ISDN rendszervázlat



- TE: Terminal Equipment, végberendezés
 - TE1: ISDN végber.
 - TE2 PSTN végber.
- TA: Terminal Adapter, végber.-illesztő
- S busz: végberendezések felfűzésére
- P(A)BX: Private (Automatic) Branch eXchange, alközpont
- NT1+NT2: alapseb. esetén egyben: NT
- PRA esetén NT2 a PBX-ben
- T interfész: a szolgáltató / előfizető hálózatának a határa

ISDN BRANT

- BRA NT=NT1+NT2
- De ennél a gyakorlatban sokszor több:
 - Elvben egy db. S0 busz csatlakozó
 - de sokszor több S interfész az ISDN végberendezések közvetlen csatlakoztatására
 - lehet benne 1-2 TA (végber. illesztő), analóg végber.-hez (telefon, fax)
 - lehet rajta PC csatlakozó (RS-232, esetleg USB), így modem is egyben



ISDN múlt, jelen, jövő

- Hatalmas technológiai előrelépés volt a maga idejében
- Az ezredfordulón az ISDN volt a „nagy sebességű” otthoni/kisvállalati Internet-elérés
- De: elterjedtsége a világon mindössze 10%-a a PSTN telefonvonalaknak
 - egy B csatornát egy „vonálnak” számolva
 - Nyugat-Európában 25%
- Okok:
 - a többletszolgáltatások nagy része ma analóg végberendezésről is elérhetőek
 - a többletfunkcionalitás a központokban
 - az analóg végberendezésekben is megjelennek a digitális elemek (hívószámkielzés, SMS, memória)
 - Főleg az elején: jóval magasabb készülékárak
 - Internet-elérés terén ADSL és társai mára túlszárnyalták
 - A mobilok miatt a „két vonalra” sincs akkora igény



□ ISDN = zsákutca?

- Részben igen: mindössze 10% körüli elterjedtség a vezetékes telefonok piacán
- Ugyanakkor:
 - > 100 millió B csatorna világszerte
 - a hálózati szolgáltatásokat analóg hozzáféréssel is használják
 - a hozzá kapcsolódó SS7 központközi jelzésrendszer azóta is az univerzális távbeszélő hálózati jelzésrendszer (ld. Jelzésrendszerek fejezet)
 - megteremtette az alapokat a GSM hálózatokhoz
- *Mindenesetre a közelmúlt és a jelen technológiája, de nem a jövőé*

ISDN múlt, jelen, jövő

□ Egy sikertelen próbálkozás: B-ISDN

- Broadband (széles sávú) ISDN: ISDN jellegű koncepció, de nagyobb sáv szélességen
- 2 Mb/s, vagy akár ennek többszöröse a felhasználókig
- (innenről N-ISDN (Narrowband, keskeny sávú) a „hagyományos” ISDN)
- TV műsorok közvetítése, videók letöltése, gyors és garantált minőségű Internet-elérés, jó minőségű videotelefon, stb.
- Mindez az 1980-as évek végén!
 - ekkor az Internet még gyerekcipőben járt: pl. WWW: 1994!
- Az ötlet zseniális, ma is ez a cél
- Technológiának az ATM-et szánták
- Azonban ebben a formában nem terjedt el
- Az IP viszont lassan, döcögősen, de ebbe az irányba halad

□ A sikertelenség okai

- A '80-'90-es évek fordulóján sok hasonló technológia
 - „csak egy maradhat”
- Győz az olcsóbb, gyorsabb IP
 - igaz, ma sincs igazán QoS

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon

Németh Krisztián
BME TMIT
2014. szept. 22.



A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
 - 1.1 Bemutakozás, játékszabályok, stb.
 - 1.2 Történelmi áttekintés
 - **1.3 Távközlő hálózati alapok** ←
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP, beszékkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)



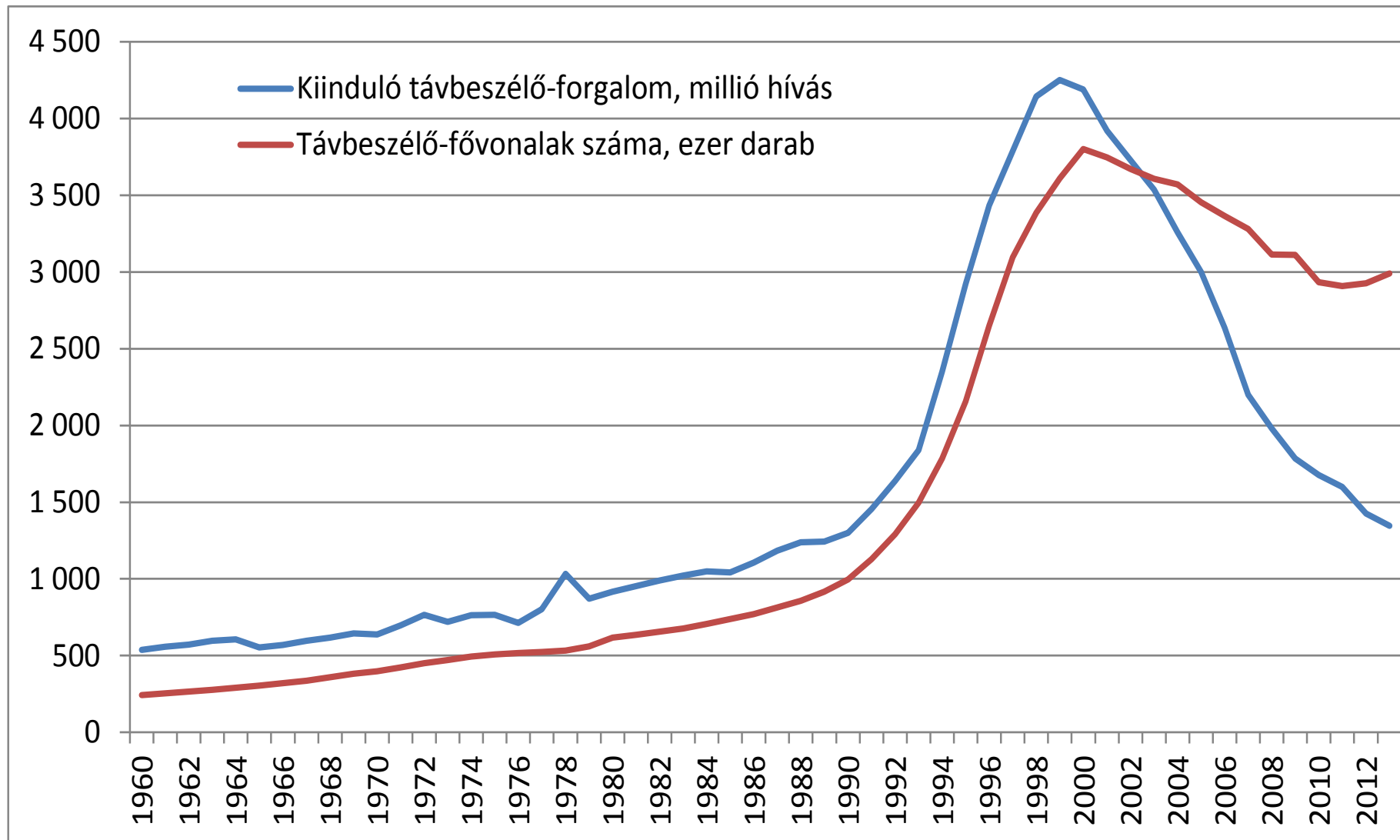
- 1.3 Távközlő hálózati alapok
 - 1.3.1 Távbeszélő hálózatok áttekintése
 - 1.3.2 Analóg és digitális beszédátvitel
 - 1.3.3 Számozás
 - 1.3.4 ISDN
 - 1.3.5 Egy kis statisztika



Forrás:

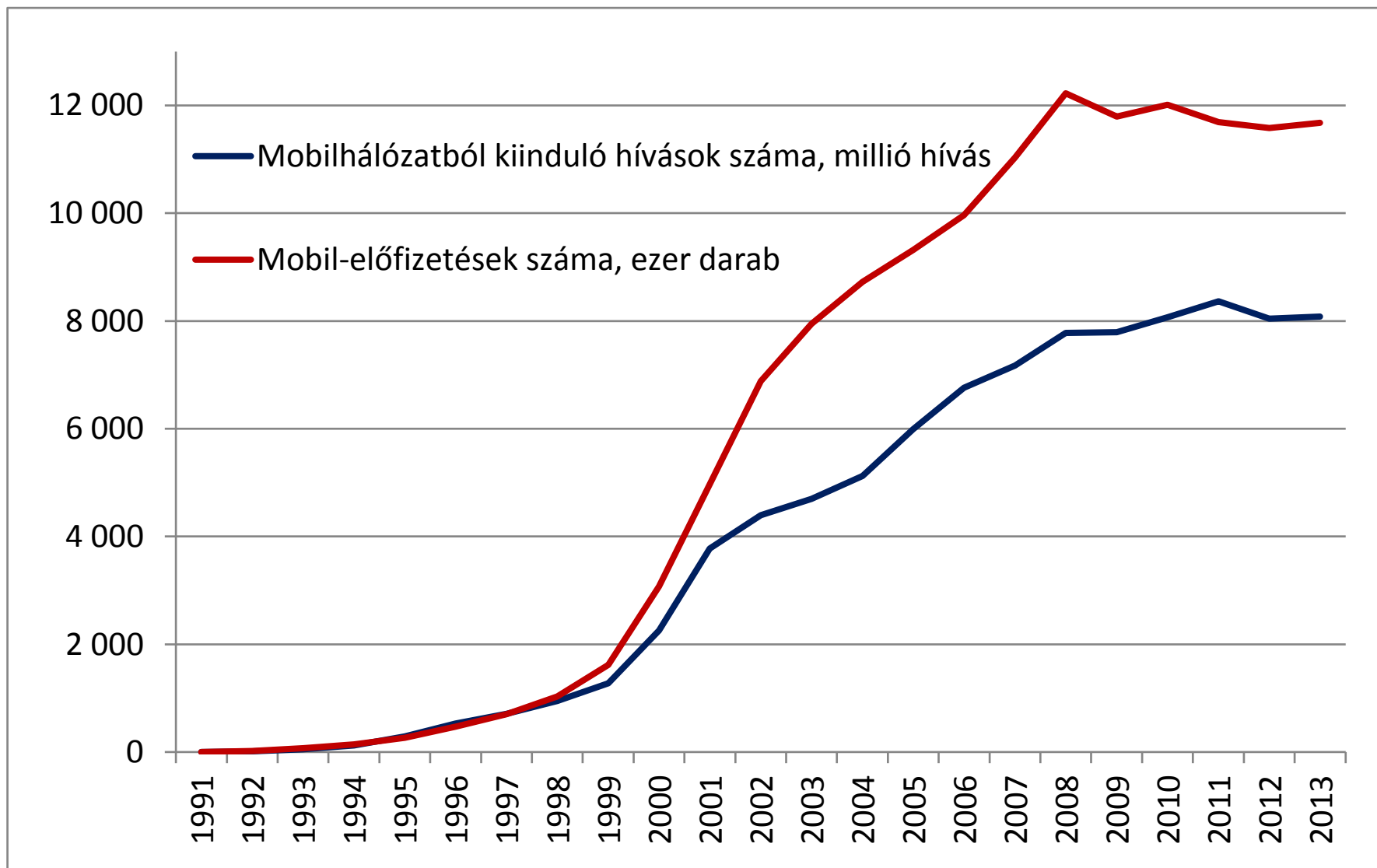
<http://szamvarazs.blogspot.hu/2013/02/telefon-tortenelem.html>

Vezetékes telefonvonalak elterjedtsége és kihasználtsága



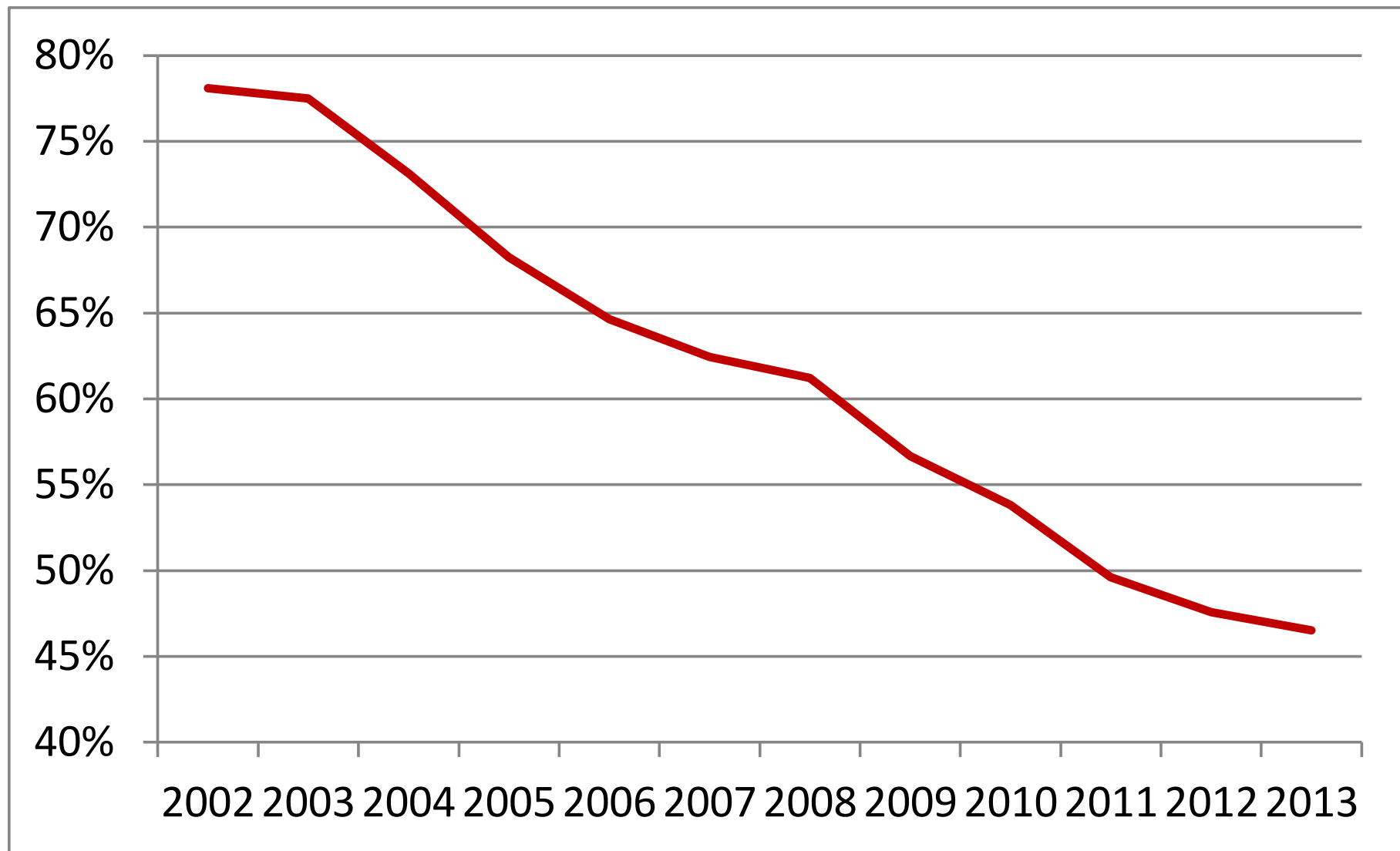
Grafikon forrása: szamvarazs.blogspot.hu (adatainak forrása: KSH)

Mobil telefonok elterjedtsége és kihasználtsága



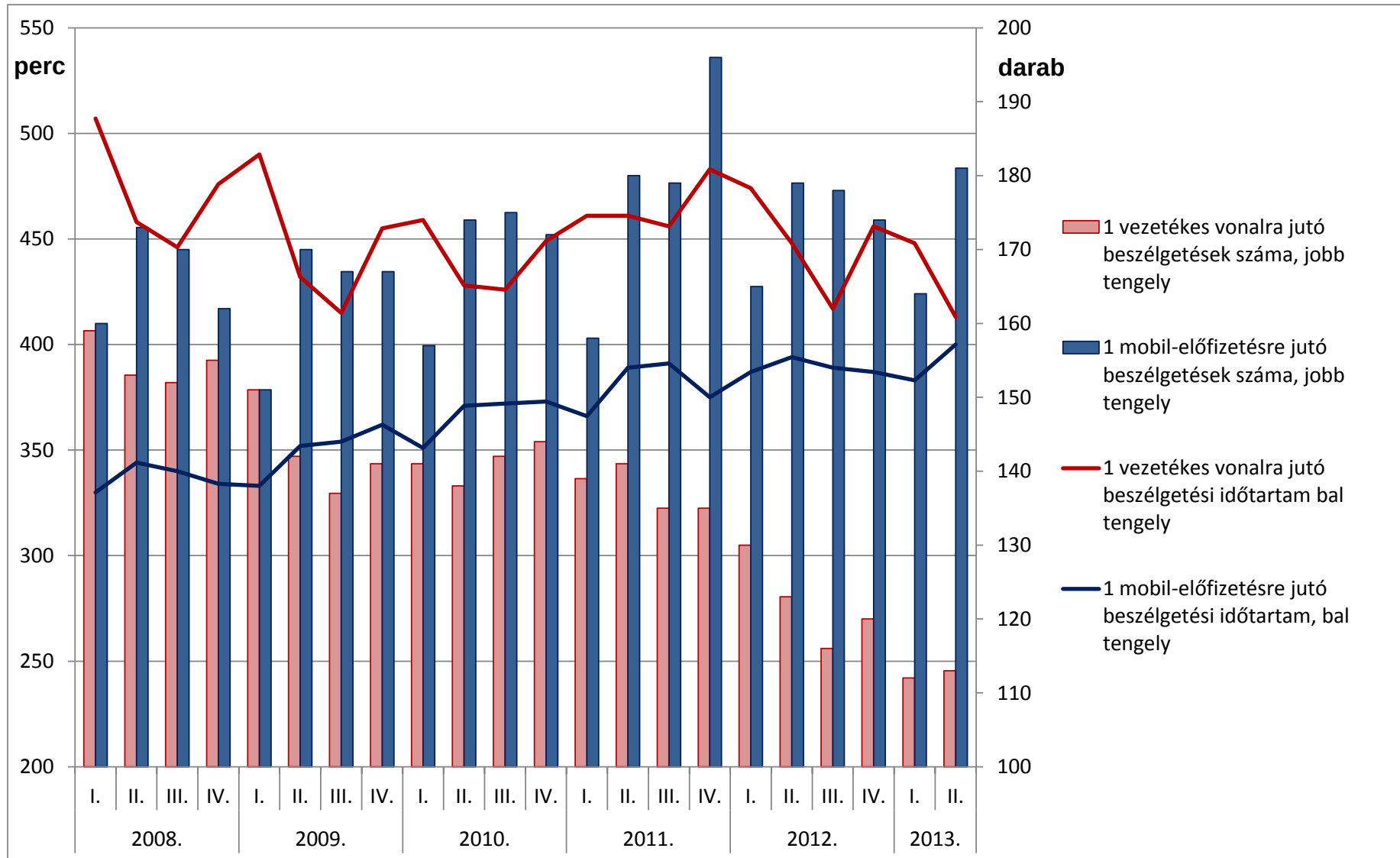
Grafikon forrása: szamvarazs.blogspot.hu (adatainak forrása: KSH)

Kártyás előfizetések aránya az összes mobiltelefon előfizetésen belül



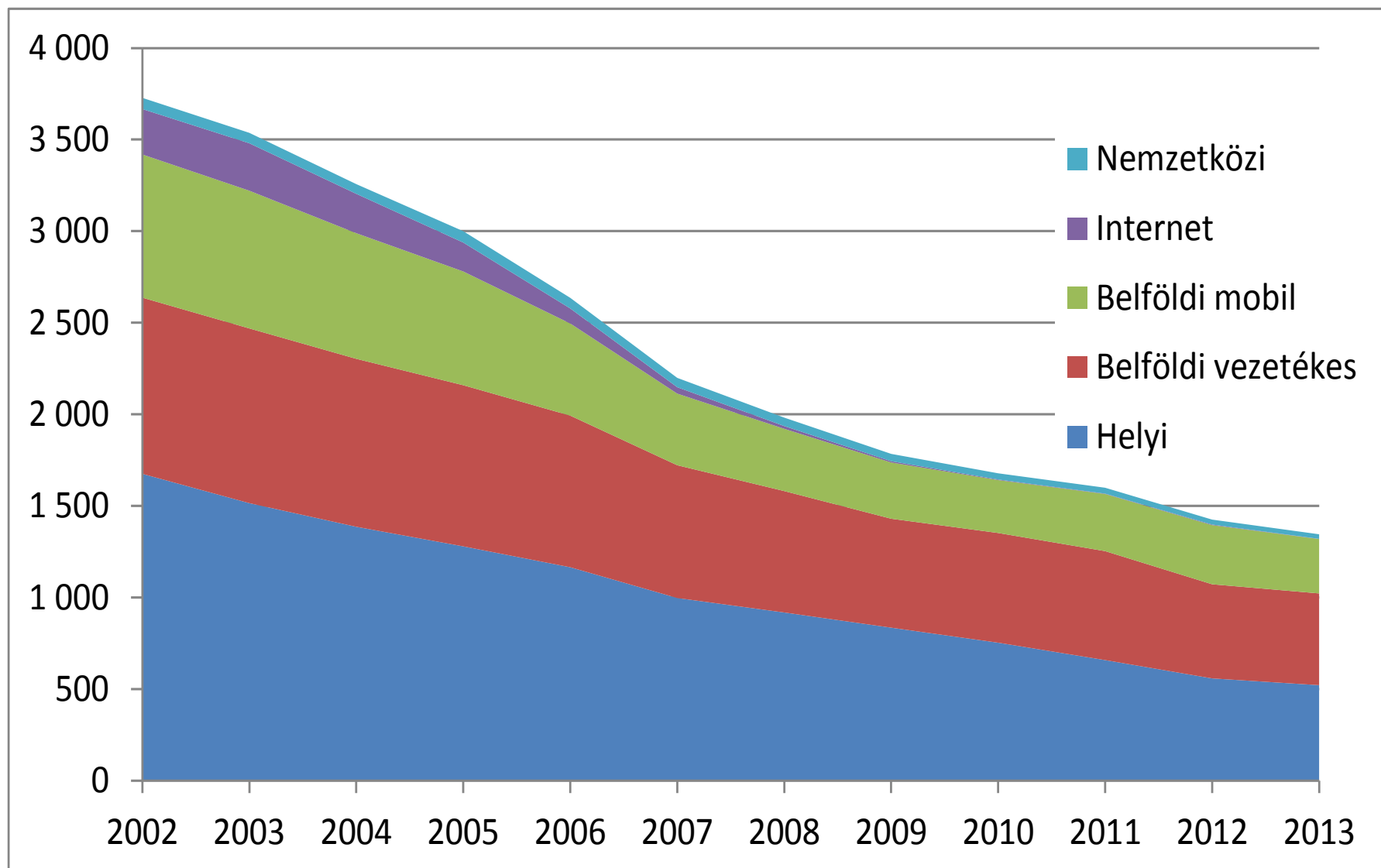
Grafikon forrása: szamvarazs.blogspot.hu (adatainak forrása: KSH)

Egy vonalra jutó beszélgetések száma és időtartama vezetékes és mobil előfizetések esetén



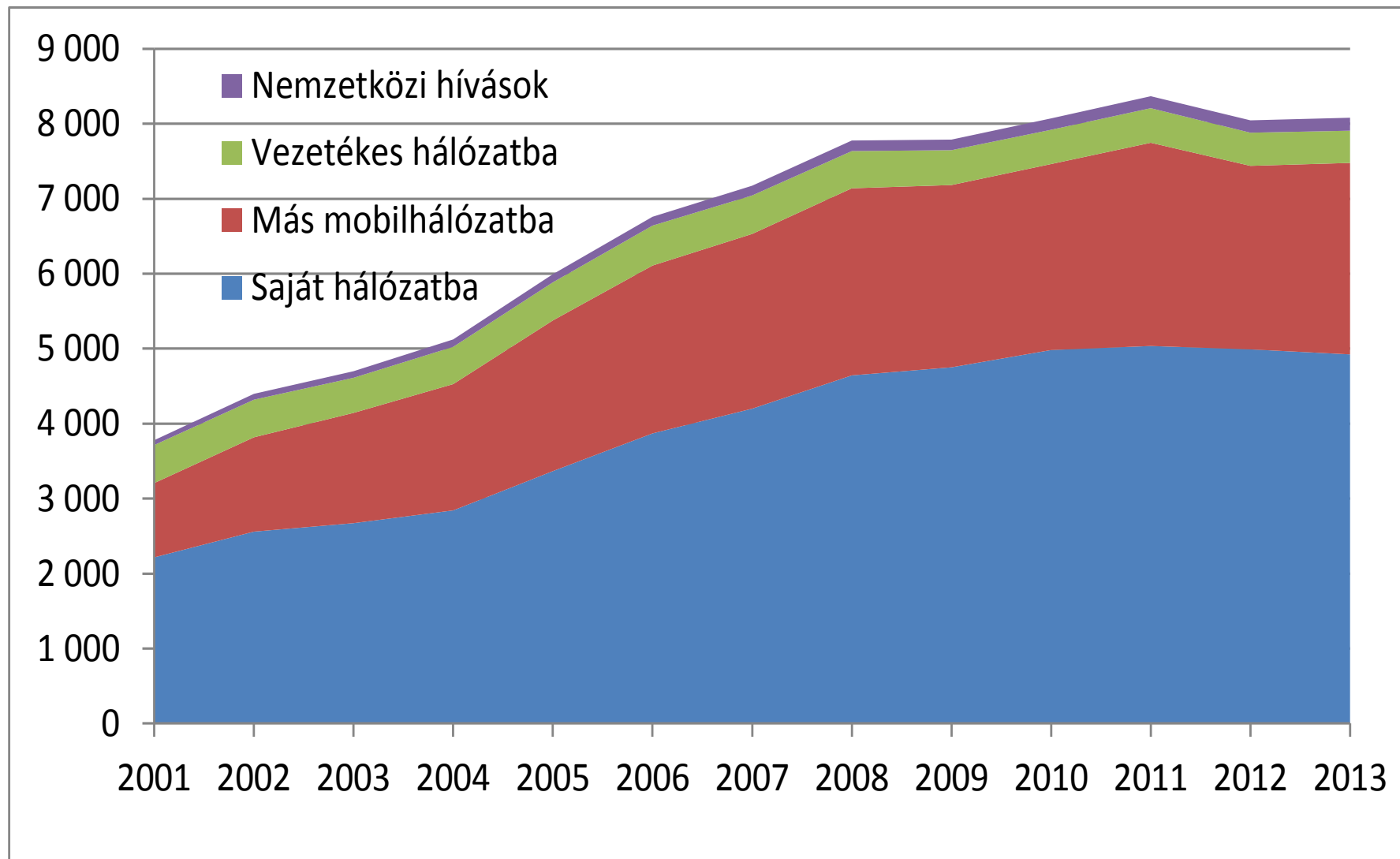
Grafikon forrása: szamvarazs.blogspot.hu (adatainak forrása: KSH)

Vezetékes hálózatról kiinduló hívások száma



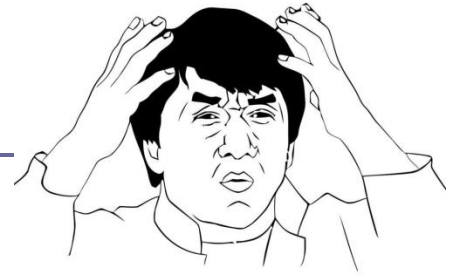
Grafikon forrása: szamvarazs.blogspot.hu (adatainak forrása: KSH)

Mobilhálózatról kiinduló hívások száma



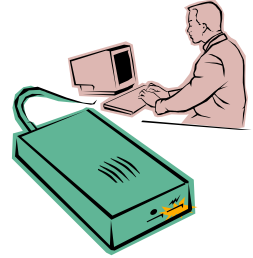
Grafikon forrása: szamvarazs.blogspot.hu (adatainak forrása: KSH)

Ezt megtanuljam?



- Mit kell ebből a részből tudni a vizsgára? :)
- A főbb összefüggéseket és az előfizetők/vonalak számának nagyságrendjét

A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- **2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon**
- 3. VoIP, beszékkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)



□ 2.1 Telefonvonalali modemek ←

- Akusztikus modemek
- PSTN modemek
- ISDN modemek

□ 2.2 ADSL, xDSL

□ 2.3 Kábeltévés Internet-elérés

□ 2.4 Optikai hozzáférési hálózatok



Akusztikus modemek :)

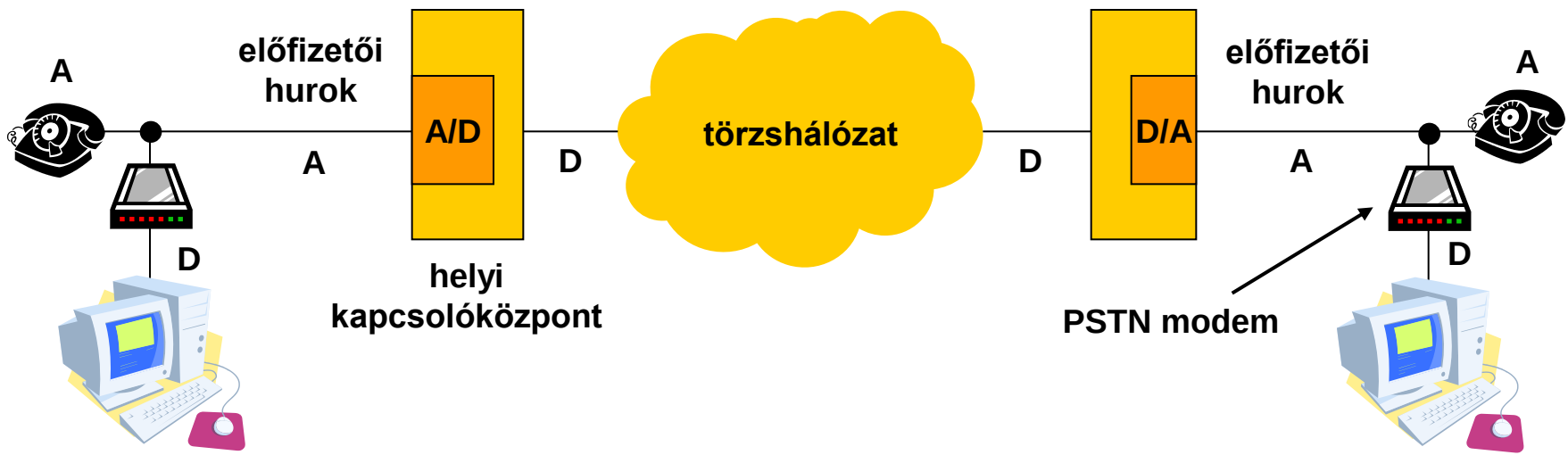


Akusztikus modemek :)



- ❑ A kapcsolat felépítése, bontása kézzel történik (tárcsázás, kézibeszélő letevése)
- ❑ 300 vagy 1200 b/s (ITU-T V.21, V.22)
 - Érdekes: a későbbi telefonmodemek egy részével együtt tudnak működni
- ❑ 1970-es évek, '80-as évek eleje
- ❑ Fő ok, hogy nincs direkt csatlakozás a hálózathoz:
 - tilos volt, csak a Posta készülékeit volt szabad csatlakoztatni
 - nem csak nálunk: sok helyen Nyugat-Európában, USA-ban is így volt akkoriban
- ❑ Ma már csak kuriózum, elfeledett történelem

Telefonvonalali modemek



- „Betárcsázós internet” (dial-up)
 - de két előfizető között is felépíthető modemes kapcsolat
- modem: *modulator-demodulator*
- kezdetben az egyetlen lehetőség
- ma: kézenfekvő, de szuboptimális megoldás (D/A/D/A/D)

PC-s modemek

- Belső (ISA, PCI busz)



- Külső soros csatlakozással (RS232)



- Külső USB csatlakozással



- Compact Flash csatlakozással



- Külső PCMCIA csatlakozással

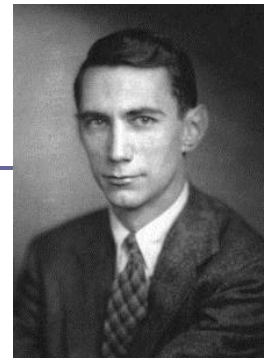
- laptopok csatlakoztatására



Modem történelem *(ez a dia nem vizsgaanyag)*

- Az első modem az 50-es években
 - Az Amerikai Légvédelem használta katonai adatok küldésére a telefonhálózaton keresztül
 - Az első kereskedelmi forgalomban kapható modem – Bell 103 (1962)
 - 300 bps full duplex átvitel
 - ITU-T V.21 (FSK – ld. SzgH!)
- További szabványok
 - ITU-T V.22 – 600 v. 1200 bps (PSK, QPSK – ld. SzgH!) (1980)
 - ITU-T V.22bis – 1200 v. 2400 bps (QPSK, QAM-16) (1984)
 - ITU-T V.32 – 9600 bps (QAM) (1984)
 - ITU-T V.32bis – 14.4 Kbps (1991)
 - ITU-T V.34 – 33.6 Kbps (1998)
 - ITU-T V.90 – 56.6 Kbps lefele, 33.6 Kbps felfele (1998)
 - ITU-T V.92 – 56.6 Kbps lefele, 48 Kbps felfele (2000)
- A szabványok 2007. jan. 1-től ingyen letölthetőek:
 - egy meg nem határozott próbaideig
 - <http://www.itu.int/ITU-T/publications/recs.html>

Meddig fejlődhet?



□ Shannon törvénye:

- $C = B * \log_2 (1 + S/N)$

- C – bitsebesség (bps)

- B – csatorna sávszélesség (Hz)

- S/N – jel/zaj viszony (signal to noise)

- Elvben ebből is kiszámítható a maximális bitsebesség. Azonban:

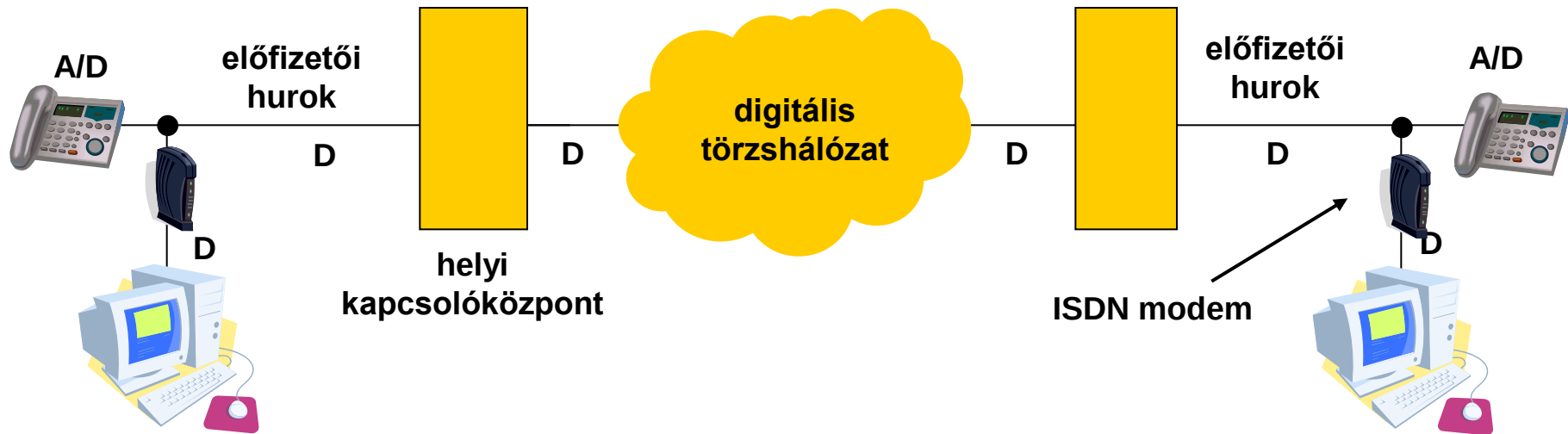
□ A törzshálózat már digitális

- A PCM kódolás után egy 64 kbps csatornán megy a jel, *ez a felső határ*

- Az A/D és D/A átalakítások okozta pontatlanság (kvantálási zaj) miatt gyakorlatilag kb. 33 kbps a határ

- Az 56 Kbps-os csatlakozásnál (V.90) csak a letöltési sebesség ekkora (a szolgáltató digitálisan csatlakozott a központhoz)

ISDN Internet elérés



- ❑ 2B+D: 128 kbps max.
- ❑ 2000. körül roppant népszerű volt
- ❑ ADSL megjelenése után gyorsan elavult
 - Lassú, drága (időarányos díjazás), telefonálás mellett csak 64 kbps
 - Viszont az ADSL-lel ellentétben a központtól távolabb is elérhető

Áttekintés

- 2.1 Telefonvonalali modemek
- **2.2 ADSL, xDSL** ←
- 2.3 Kábeltévés Internet-elérés
- 2.4 Optikai hozzáférési hálózatok

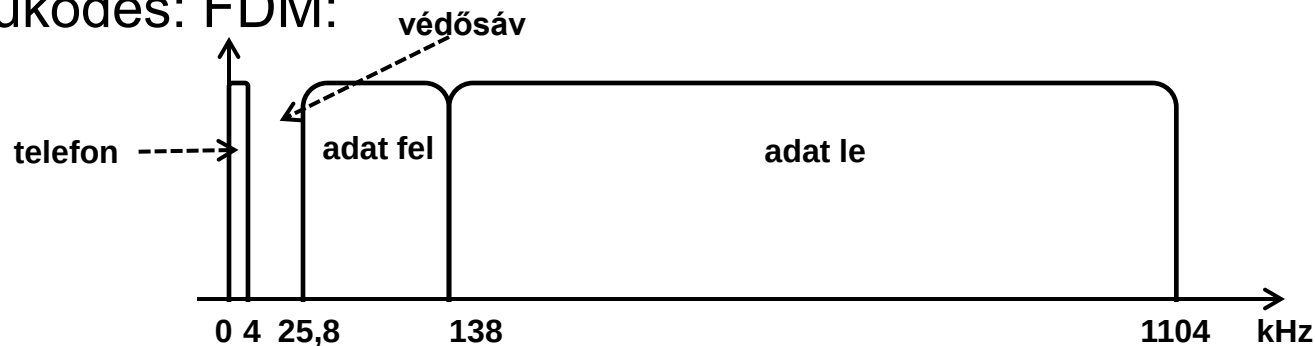


ADSL

- ADSL = Asymmetric Digital Subscriber Line, aszimmetrikus digitális előfizetői vonal
- Cél: az előfizetői hurok kihasználtságának maximalizálása
 - azaz a cél természetesen: \$\$\$\$:)
 - a legnagyobb érték egy távbeszélő-hálózatban!!
 - „last critical mile”
- Telefonbeszélgetés (analóg vagy ISDN) és adatátvitel egyidejűleg

ADSL működése

□ Működés: FDM:



□ Azaz:

- 0 - 4 kHz – beszéd
- 4 - 25,8 kHz – védősáv
- 25,8 - 138 kHz – feltöltési sáv
- 138 kHz - 1104 kHz – letöltési sáv

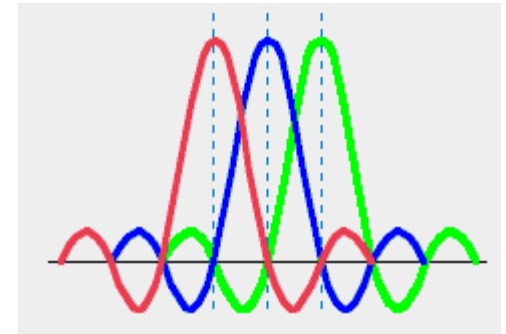
□ Ez változhat:

- Analóg/ISDN tel. előfizetés esetén más (a fenti analóg tel.-ra van)
 - *de mindkettő lehetséges!* Ld. Annex A/B a következő diáorban
- bizonyos megvalósításoknál az adat fel/le átlapolódik

ADSL moduláció

DMT – Discrete Multitone Modulation (ITU-T: G.992.1)

- 1,1 MHz-es frekvenciatartomány
- Ortogonális FDM (OFDM):
 - FDM ortogonális vivőkkel: nem kell védősáv
 - Gyakorlati megvalósítás: Inverz FFT (adó), FFT (vevő)
- 256 csatorna, egyenként 4,3125 kHz
 - 1. csatorna: beszéd
 - 2-6. csatorna: védősáv (üres)
 - A beszéd és adatátvitel közötti interferenciák elkerülésére
 - 7-31. csatorna: feltöltés
 - 32-256. csatorna: letöltés
- OFDM előnyei:
 - ha rossz az átvitel egy adott csatornán, akkor azt nem használják
 - nagyobb távolságra nagyobb frekvencián nagyobb a csillapítás: ilyenkor ott kisebb adatsebesség érhető el, de az valóban elérhető



ADSL sebesség



- Aszimmetrikus:
 - szándékosan, többet töltünk le, mint fel
 - de nem mindig (pl. peer-to-peer, videotelefon)
- fel: 16 kbps -- 1 Mb/s
- le: 0,1 -- 8 Mb/s
 - távolságtól függ (legjobb: 2,5 km alatt, legrosszabb: 5 km felett)
 - szolgáltató tovább korlátozhatja

ADSL átviteli példák

- ❑ Egy régebbi (sima) ADSL DSLAM menedzsment szoftveréből lesznek képek
- ❑ Különböző sebességértéket állítunk be, mint maximum a felhasználónak
- ❑ Különböző hosszúságú előfizetői hurkot szimulálunk
- ❑ Megnézzük, hogyan használja ki az egyes csatornákat a DSL rendszer
 - a modem és a DSLAM ezeket automatikusan határozzák meg a csatorna paramétereit megmérve
- ❑ A fő tanulság: *nagyobb frekvencián, nagyobb távolságra nő a csillapítás*

Hibátlan estét (20 m „előfizetői hurok”)

Element Manager hiX 5300 V1.2 - Client connected to POWER

File View Configuration Fault Measurement Security Utilities Options Window Help

Zoomed 100%

max megengedett sebességnek a felhasználónak (mi állítjuk be)

Modules

- STM1
- ADSL
- SDSL
- SHDSL

Status ADSL Local ADSL Remote NT ATM25 Ethernet Line Supervision

States

Operational state: enabled

Alarms: none

Admin state: unlocked Lock

Line Lock Unlock

Service type: Multimode

AIS on LOS: ☐

AIS on ACT: ☐

Bandwidth usage (%): 0

Link state: active

Init state: no init error

Trellis coding:

Overbooking (%):

Number of UNI video channels:

Alarm severity profile: 2

Get Modem Data...

Save as Profile...

ADSL line

	Downstream	Upstream
Max rate (kbps):	2 048	64
Min rate (kbps):	2 048	64
Fixed rate:	☐	☐
Desired margin (dB):	6	6
Retrain margin (dB):	auto	auto
Expert mode:	☐	☐
Latency:	interleaved high	interleaved high
Current values		
Rate (kbps):	2 048	64
Margin (dB):	31	31
Attenuation (dB):	1.0	1.0
Transceiver output power (dBm):	8	8
Service type:	ITU G.352.1A (full)	
Trellis coding:		
Max attain rate (kbps):	8 096	768

Loopback

Location ID ASCII:

Location ID HEX: FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF

Mode: forward

Loopback test

DSL line loop state:

Insert Release

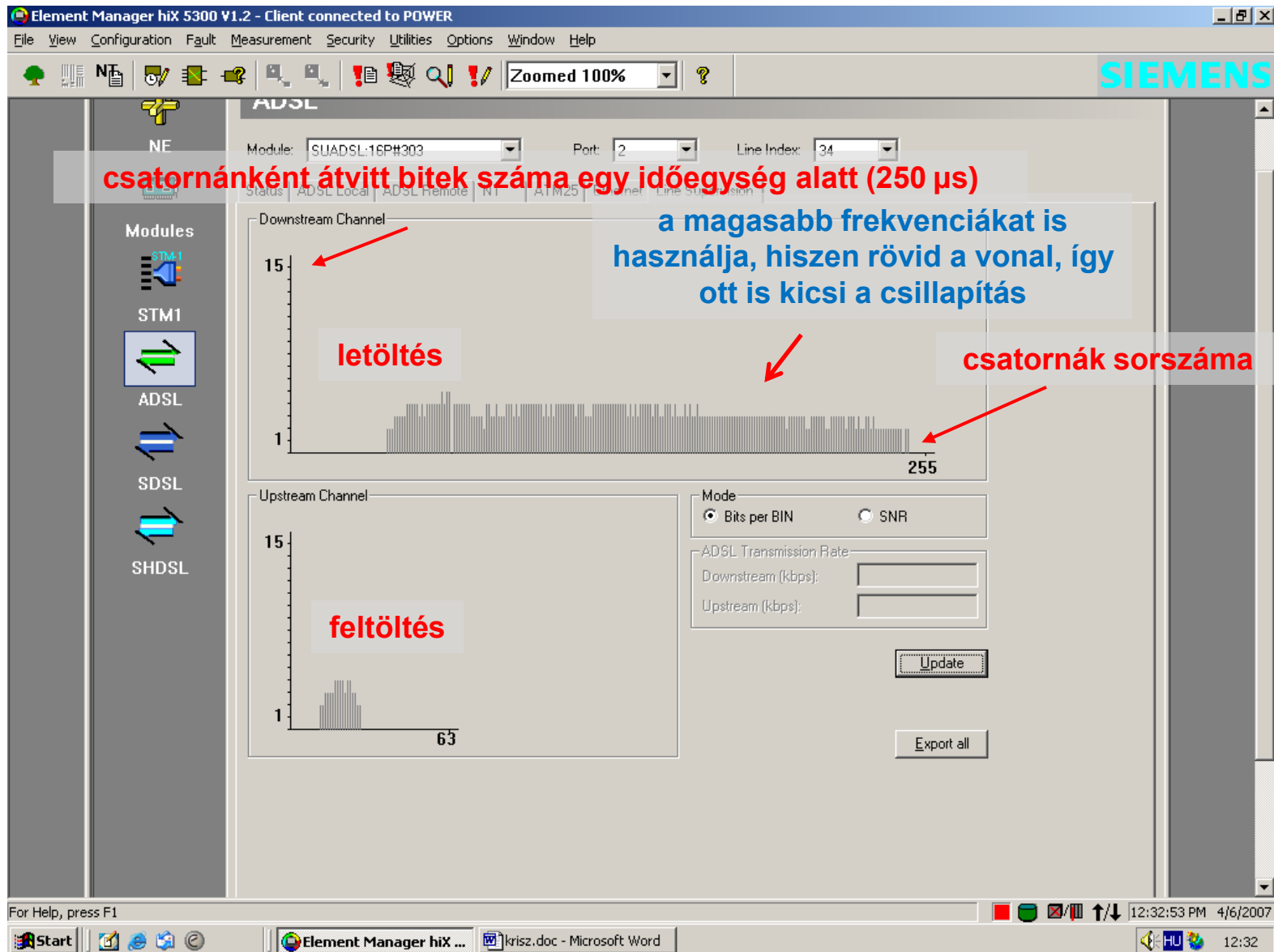
az aktuális érték, ezek minimuma

a vonal paraméterei ennyit engednek meg max.

nem tegnap volt :)

12:28:00 PM 4/6/2007

2 Mb/s



8 Mb/s, 20 m-es hurok

Element Manager hiX 5300 V1.2 - Client connected to POWER

File View Configuration Fault Measurement Security Utilities Options Window Help

Zoomed 100%

SIEMENS

Modules

- STM1
- ADSL
- SDSL
- SHDSL

Status ADSL Local ADSL Remote NT ATM25 Ethernet Line Supervision

States

Operational state: enabled

Alarms: none

Admin state: unlocked Lock

Line Lock Unlock

Service type: Multimode

AIS on LOS: ☐

AIS on ACT: ☐

Bandwidth usage (%): 0

Link state: active

Init state: no init error

Trellis coding:

Overbooking (%):

Number of UNI video channels:

Alarm severity profile: 2

Get Modem Data...

Save as Profile...

ADSL line

	Downstream	Upstream
Max rate (kbps):	8 000	512
Min rate (kbps):	7 008	320
Fixed rate:	☐	☐
Desired margin (dB):	0	0
Retrain margin (dB):	auto	auto
Expert mode:	☐	☐
Latency:	interleaved high	interleaved high

Current values

Rate (kbps):	8 000	512
Margin (dB):	21	19
Attenuation (dB):	3,5	1,5
Transceiver output power (dBm):	8	
Service type:	ITU G.992.1A (full)	
Trellis coding:		

Max attain rate (kbps): 8 096 768

Loopback

Location ID ASCII: y y y y y y y y y y

Location ID HEX: FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF 00 00 00 00

Mode: forward

Loopback test

DSL line loop state:

Insert Release

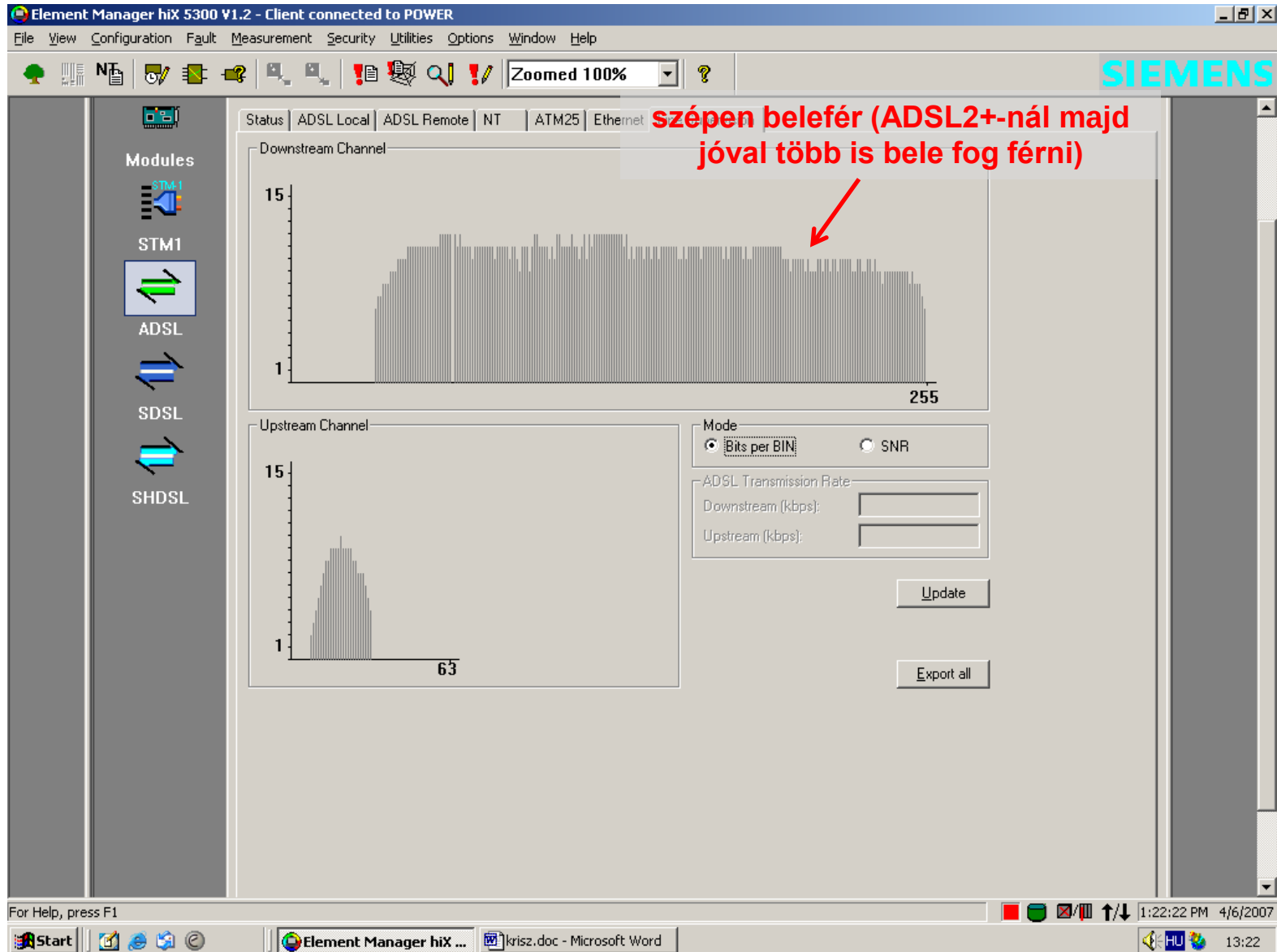
8 Mb/s a sima ADSL maximuma

For Help, press F1

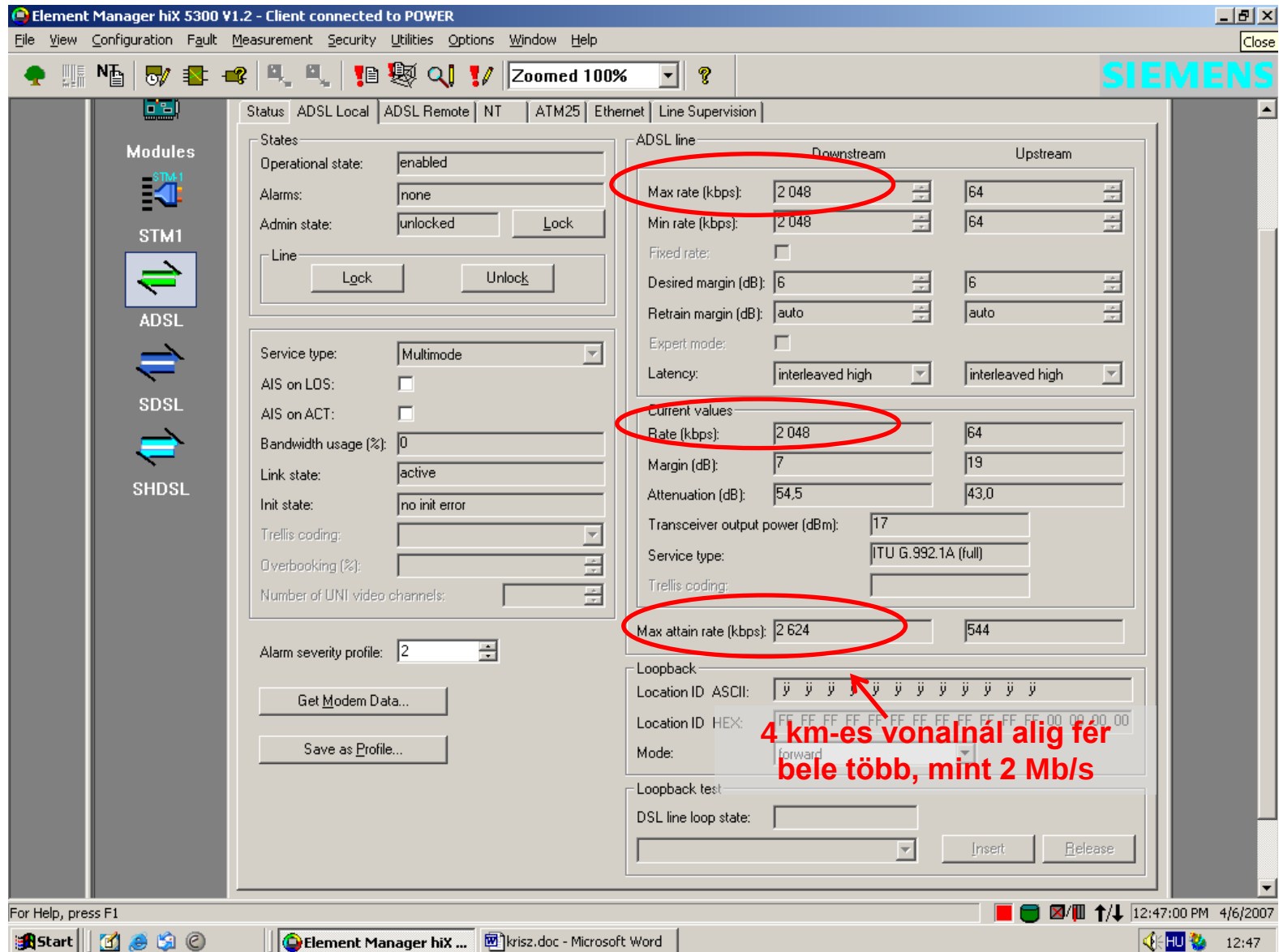
Start Element Manager hiX ... krisz.doc - Microsoft Word

1:22:07 PM 4/6/2007 13:22

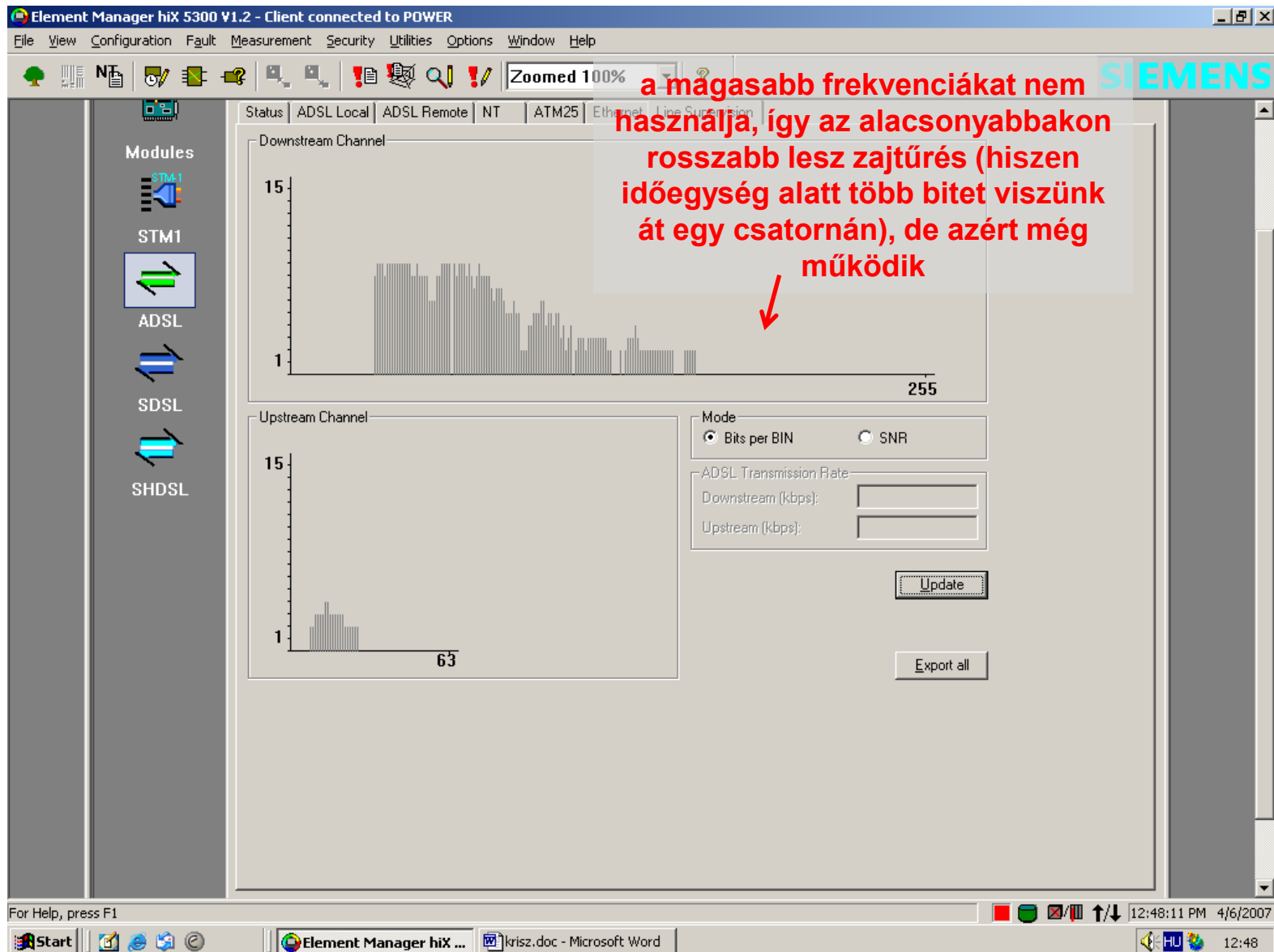
8 Mb/s, 20 m-es hurok



2 Mb/s, 4 km hosszú előfizetői hurok



Nagy frekvencián nagyobb a csillapítás



Távközlő hálózatok és szolgáltatások

IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon

Németh Krisztián

BME TMIT

2014. szept. 23.



A tárgy felépítése

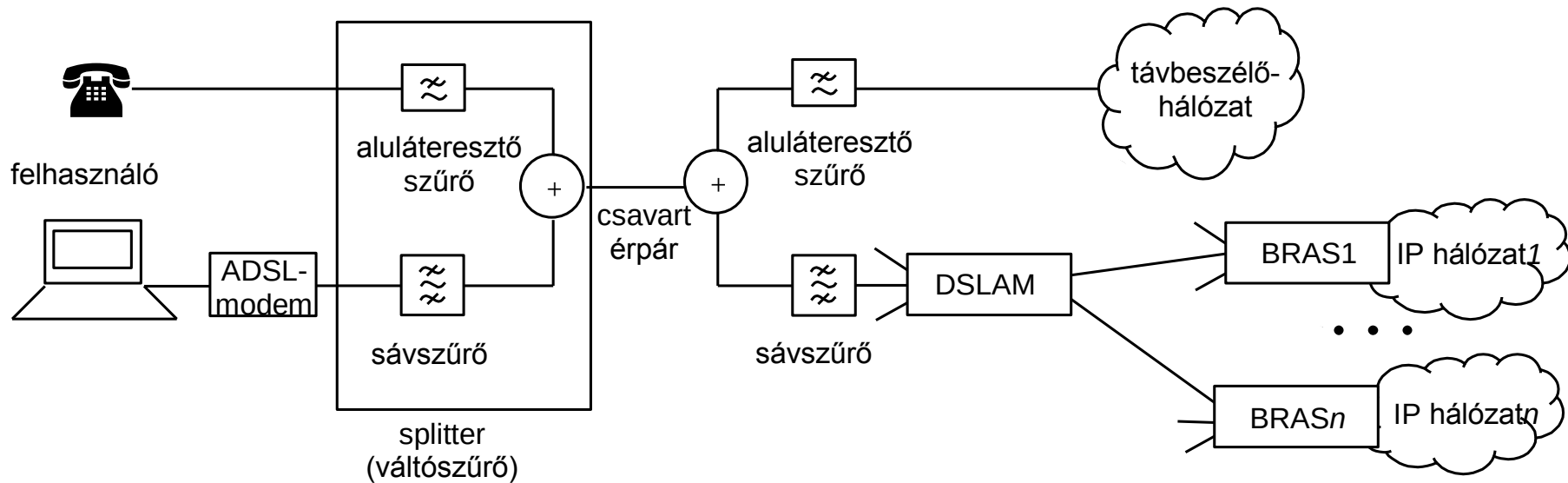


- 1. Bevezetés
- **2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon**
 - 2.1 Telefonvonalai modemek
 - **2.2 ADSL, xDSL** 
 - 2.3 Kábeltévés Internet-elérés
 - 2.4 Optikai hozzáférési hálózatok
- 3. VoIP, beszékkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

ADSL Annex A/B

- ITU G.992.1 az ADSL szabvány. Ennek mellékletei (Annex) részletezik a verziókat
- „Annex A – Specific requirements for an ADSL system operating in the frequency band above POTS”
 - POTS = Plain Old Telephone Service, klasszikus analóg telefon
 - Ezt néztük eddig. 0-4 kHz tel, 25,8-138 kHz fel, 138-1104 kHz le
- Annex B – Ugyanez ISDN felett
 - 0 – ~100 kHz ISDN (ISDN verziótól függ)
 - ~100 – 276 kHz feltöltés
 - 276 – 1104 kHz letöltés
- Más splitter kell a két verzióhoz, és persze más Modem/DSLAM kártya is

ADSL topológia



- DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer, digitális előfizetői vonal hozzáférési nyáláboló):
 - modem ellenpárja (A/D átalakítást végez a DMT szerint)
 - nyálábol is: sok modemmel tart egyszerre kapcsolatot, de csak egy (néhány) kimenete van (ez utóbbi ATM (ld. SzgH) vagy Ethernet)
- BRAS (B-RAS, Broadband Remote Access Server, szélessávú távoli hozzáférési kiszolgáló): bejelentkezések kezelése, IP címkiosztás. Ez az Internet szolgáltatónak egy speciális routere: az első router az úton
- Adatátviteli útból a beszédkodek kihagyva (analóg: tel. központ; ISDN: végberendezés)

ADSL modem, splitter, microfilter



ADSL modem

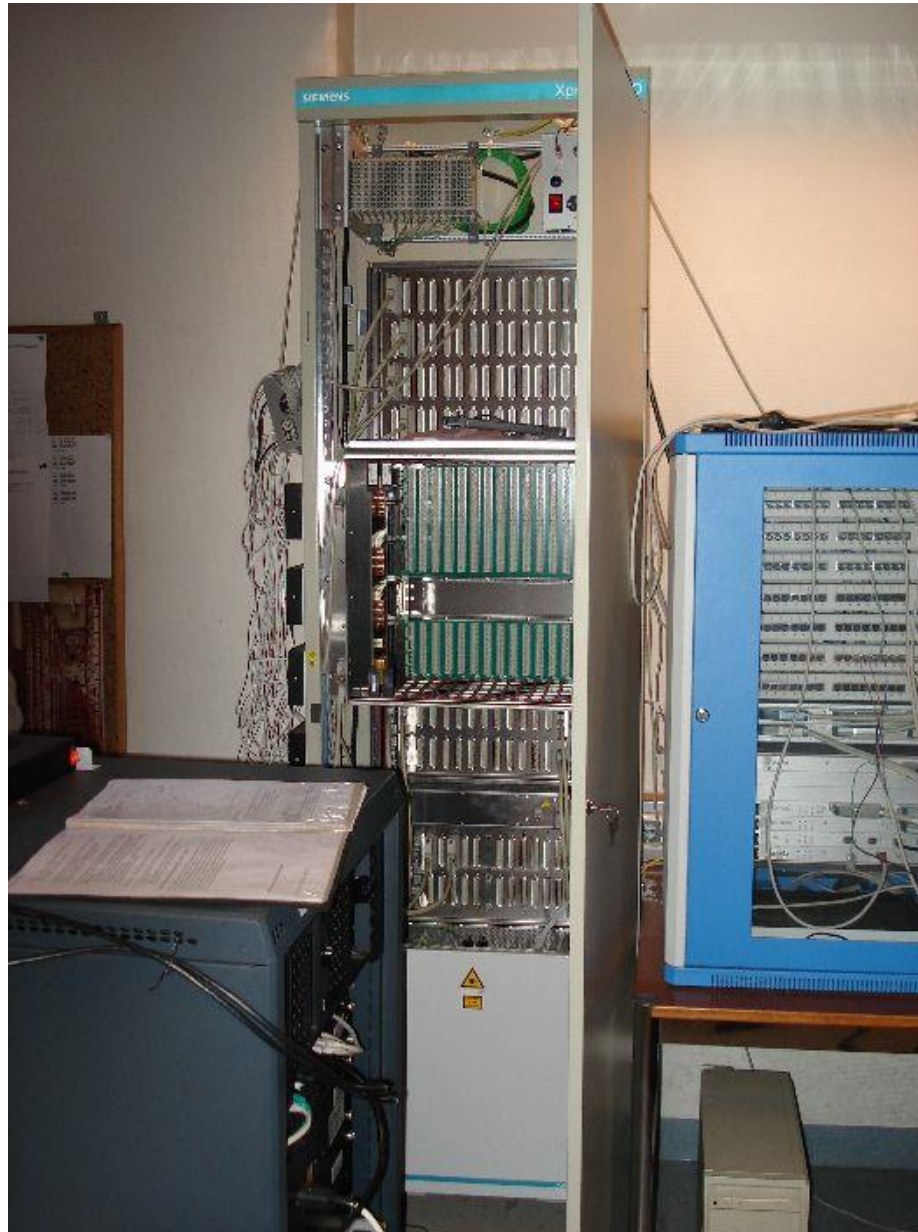


ADSL splitter
(váltószűrő)

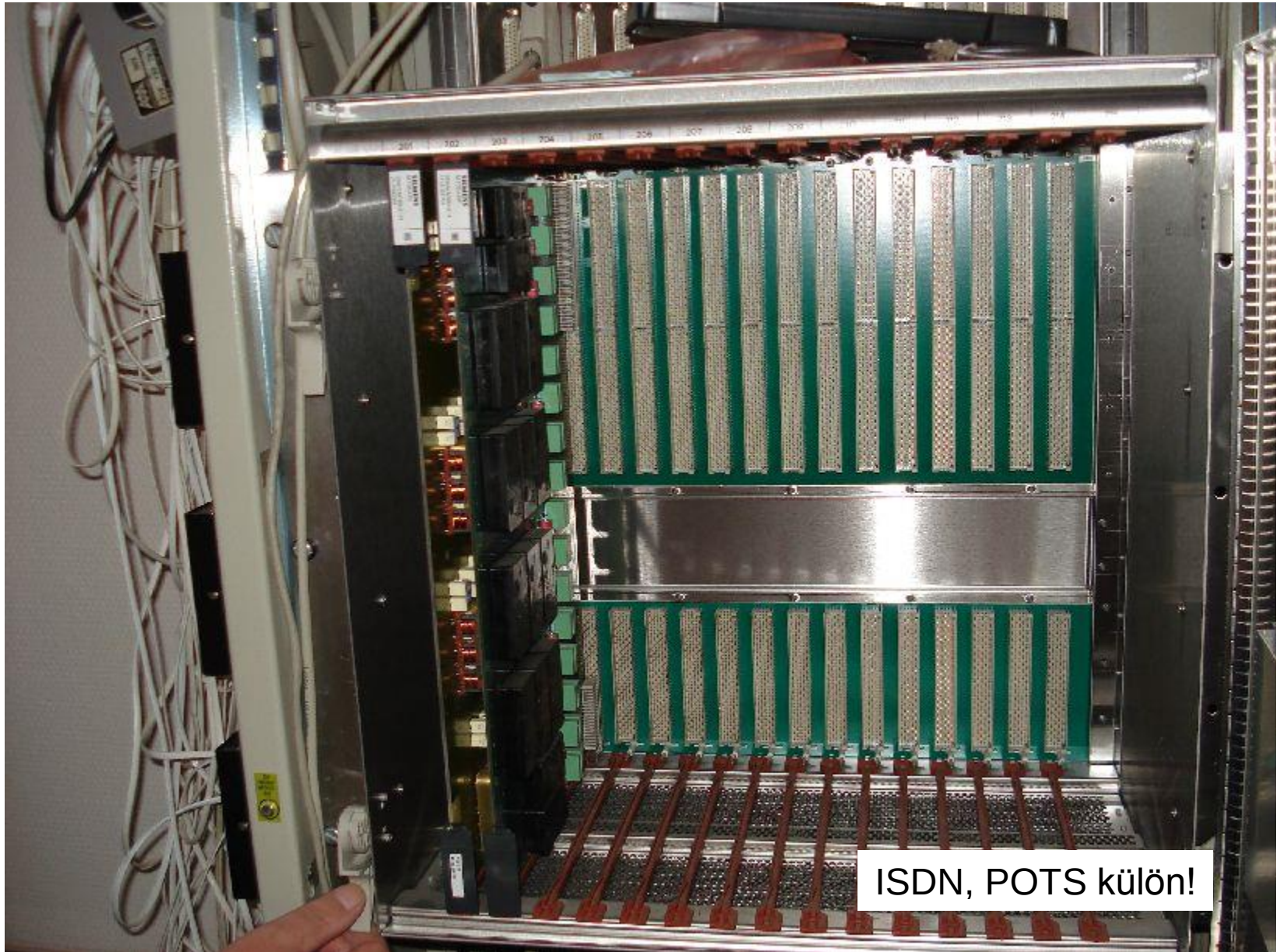


ADSL microfilter
(szűrő: csak telefonvonal
kimenete van, nincs modem
csatlakozója)

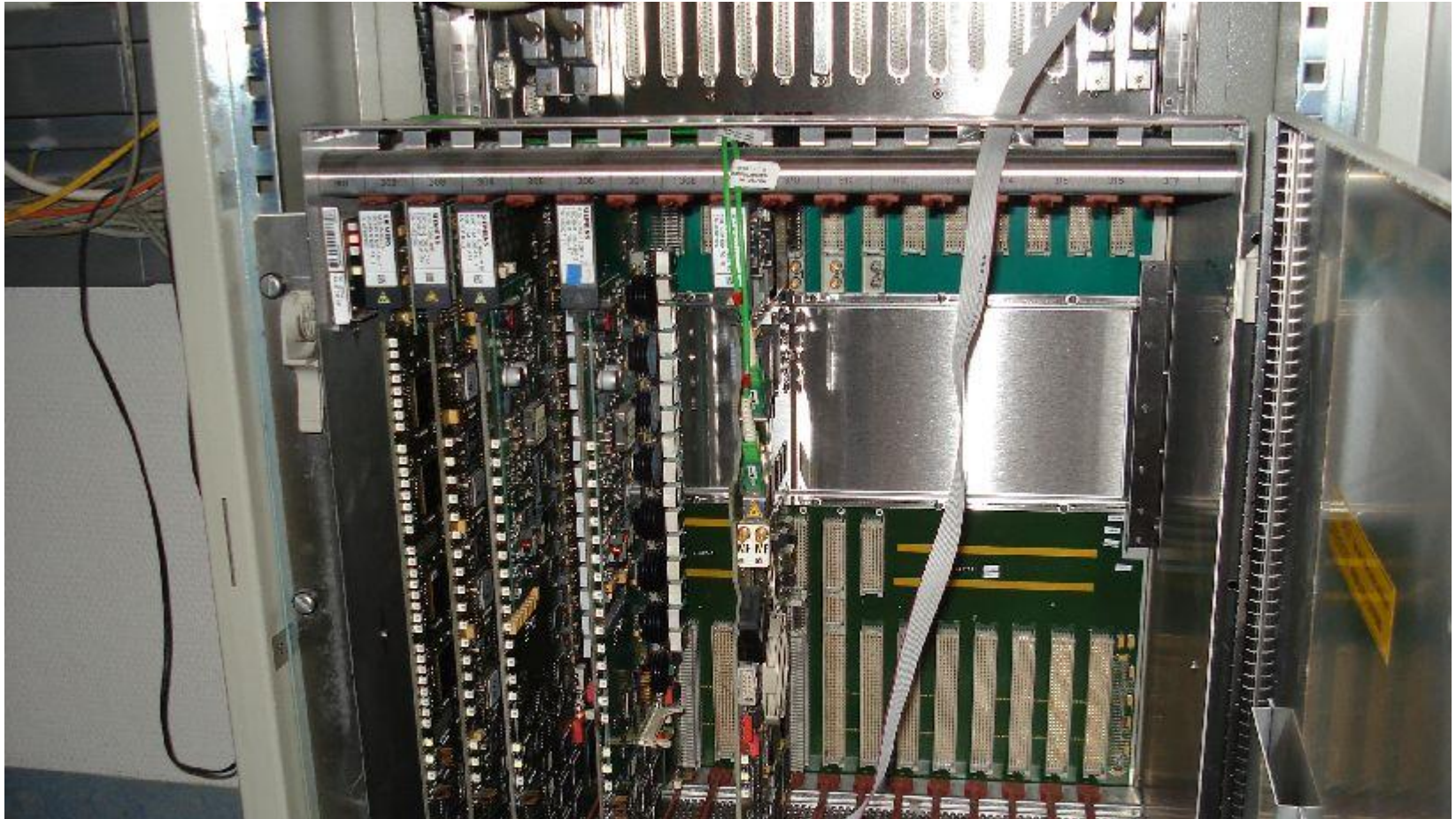
DSLAM



Splitterrek

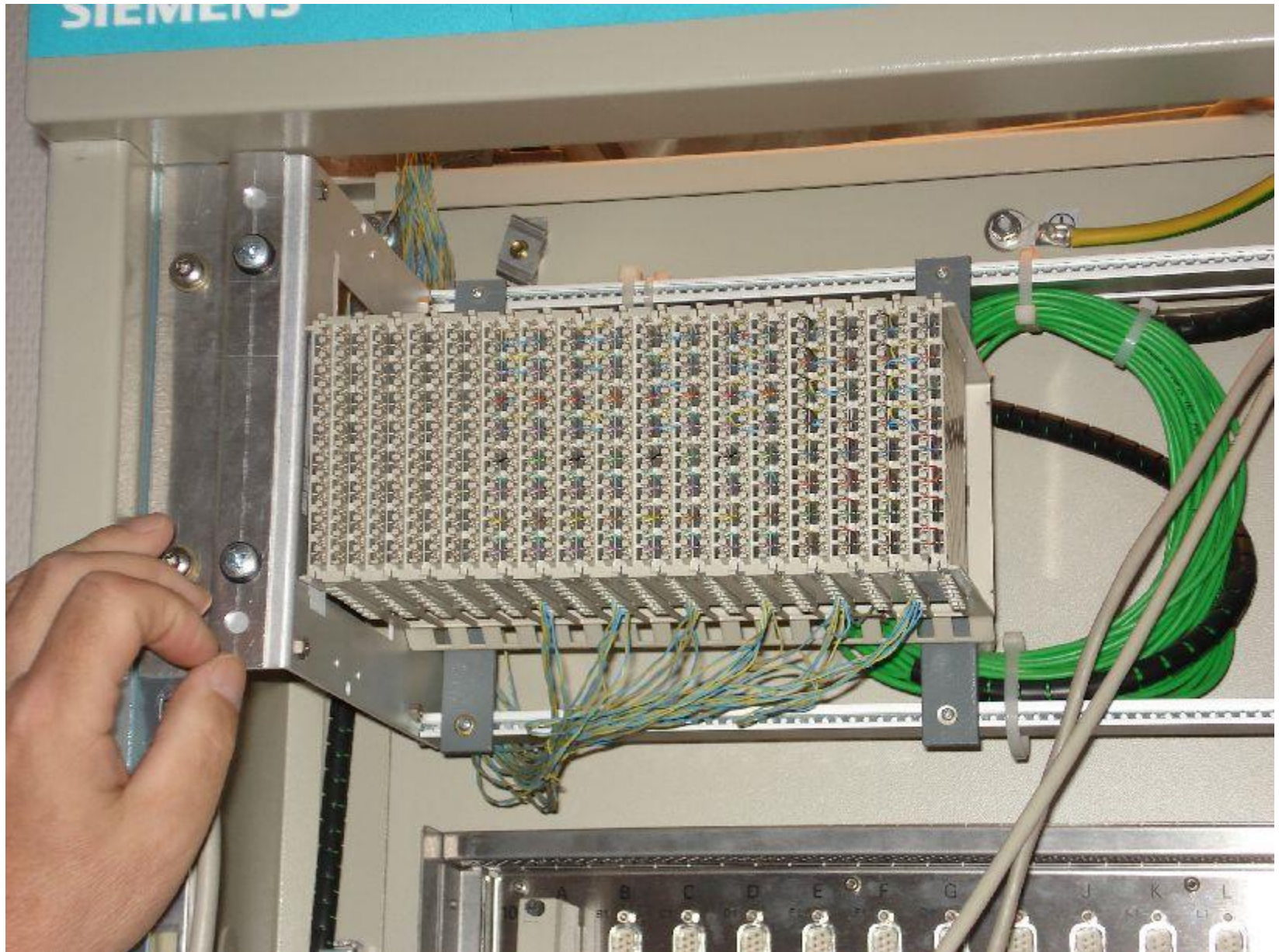


Modemkártyák



2. ISDN-es modemkártya (Annex B), 32 db modemmel
3. POTS-os modemkártya (Annex A), 16 db modemmel
4. SDSL-es modemkártya
6. SHDSL-es modemkártya
9. Szélssávú illesztőkártya -- az IP hálózat felé. Ez itt ATM.

Rendező



DSLAM-ek együtt



ADSL2 DSLAM

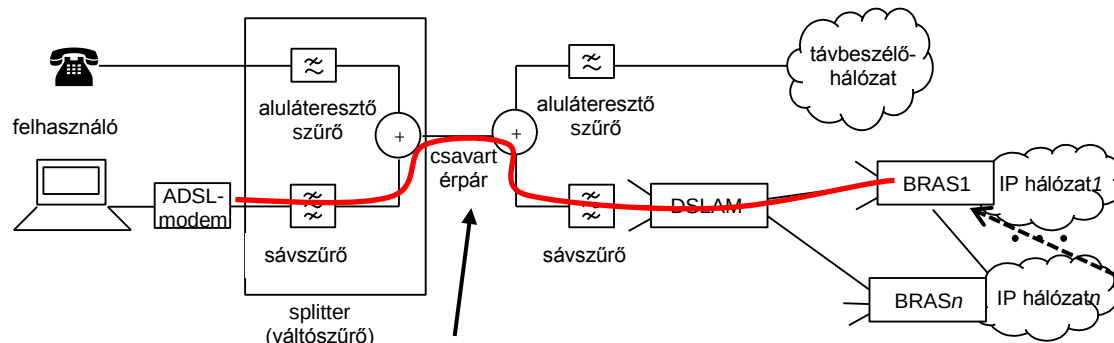


ATM helyett már Ethernet interfésszel

ADSL protokollépítmény

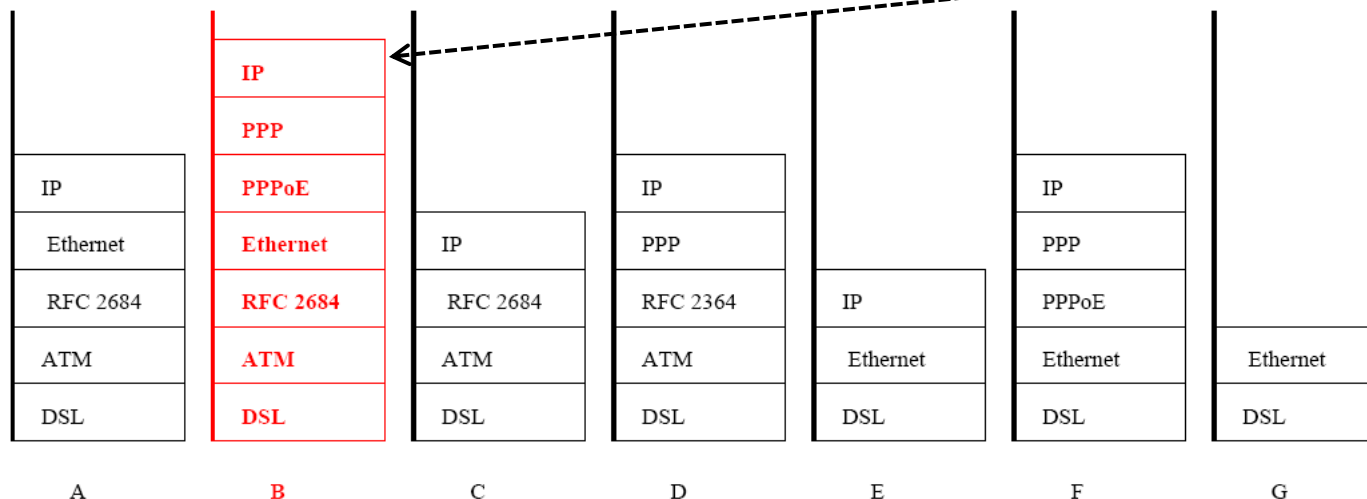


(Ez a dia nem vizsgaanyag. Ettől függetlenül fontos és érdekes...)



Különböző lehetőségek a protokollépítményre (protokol stack):

IP szintű feldolgozás először a BRAS-ban



- Magyarországon a B verzió az elterjedt
- RFC2684: Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2684.txt>
- PPP = Point-to-Point Protocol, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1661.txt>
- PPPoE = PPP over Ethernet, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2516.txt>

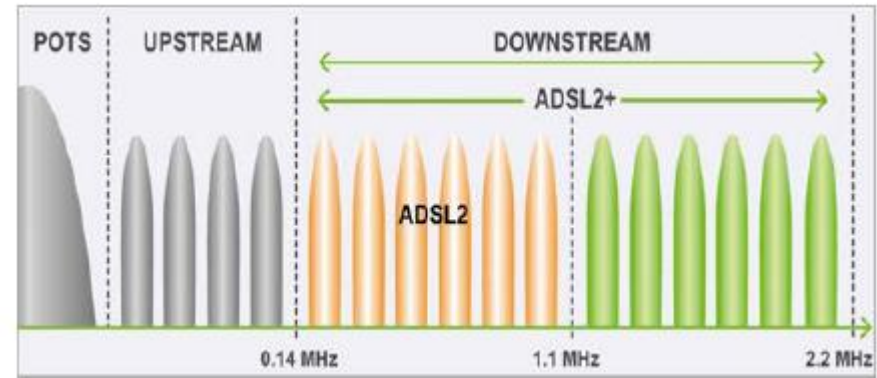
ADSL2/2+

□ ADSL2 (G.992.3)

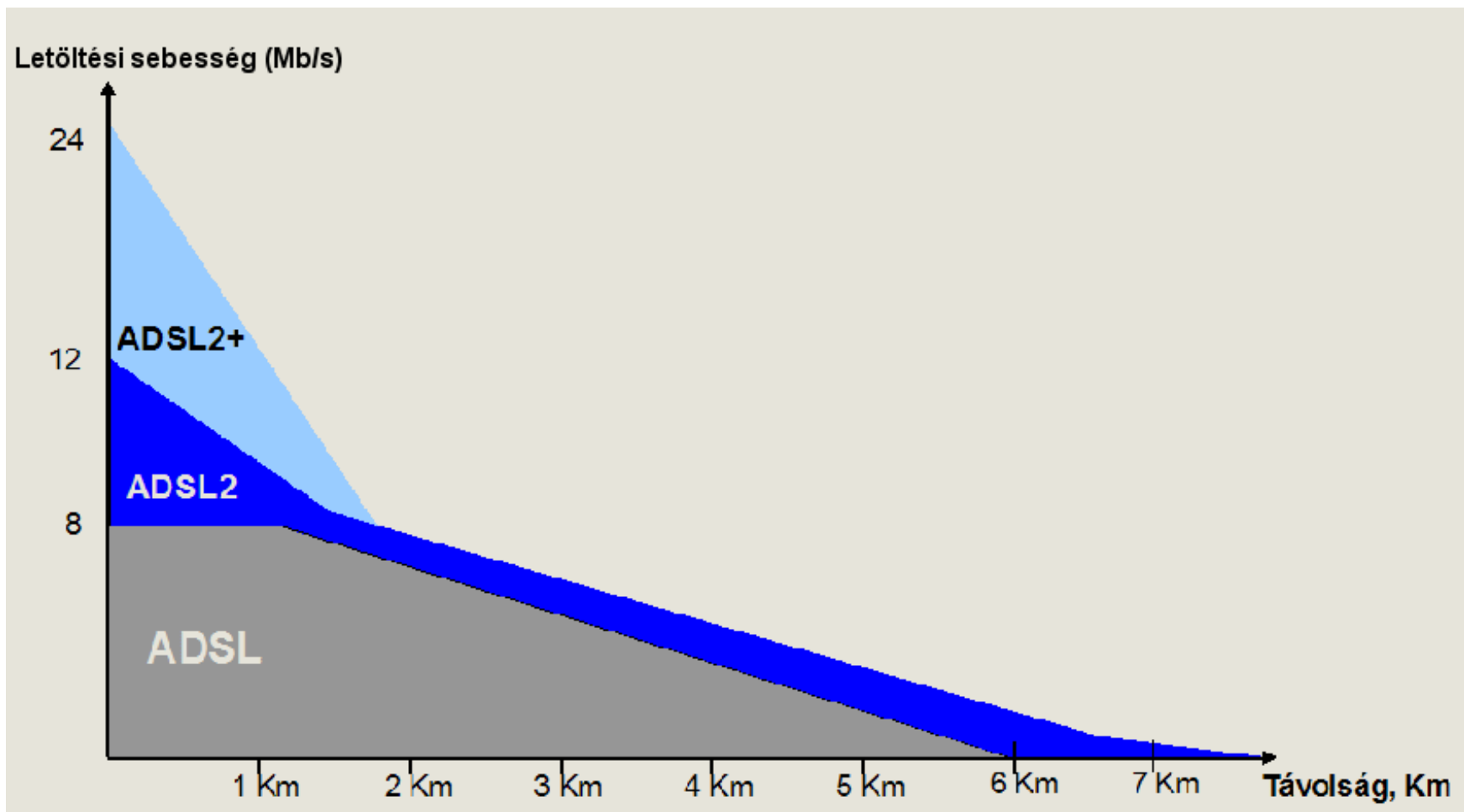
- jobb modulációs hatékonyság
 - letöltés max. 12 Mb/s
 - feltöltés max. 1,3 Mb/s (egyes változatokban magasabb)
- kb. 200 m-rel nagyobb hatótáv
- átmenetileg a beszédcsatornát is használhatja
- energiatakarékos üzem: figyelni, hogy van-e forgalom

□ ADSL2+ (G.992.5)

- a max. frekvencia 2,2 MHz-re bővül
- a hangátvitelre, illetve az adatfeltöltésre használt frekvenciák nem változnak
- a maximális letöltési sávszélesség 24 Mb/s-ra nő
- letöltés 1,4 Mb/s max. Kiv.: Annex M: 3,3 Mb/s (276 kHz-ig feltöltés)
- 1,5 km-es távolságon belül



ADSL technológiák összehasonlítása

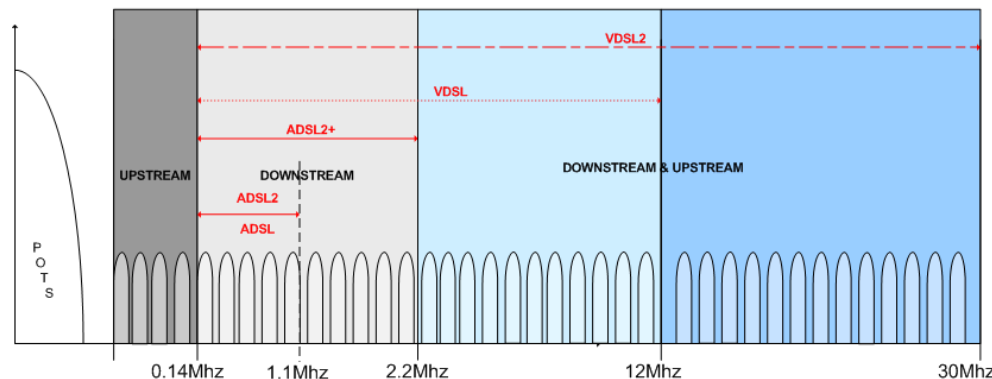


- Ötlet ugyanaz: előfizetői hurok jobb kihasználása
- SHDSL: Symmetric High-speed DSL (G.991.2):

- 2,3 Mbit/s max. mindkét irányban
- max 3 km-ig
- beszédátvitel nincs
- 2001-es szabvány
- elavult

- VDSL - Very high rate Digital Subscriber Line (G.993.1)

- 13 Mbps - 55 Mbps (le),
1-3 Mbps (fel)
- vagy 26-26 Mbps szimmetrikusan
- 300 - 1500 méter sodort rézpár,
onnan optikai átvitel

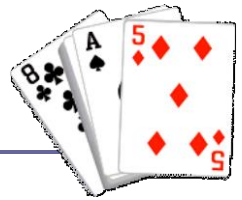


- VDSL2 (G.993.2)

- 100 Mbps mindkét irányba
- 30 MHz-es frekvenciatartomány
- DSLAM kompatibilis az ADSL modemekkel

- xDSL: ezek együtt

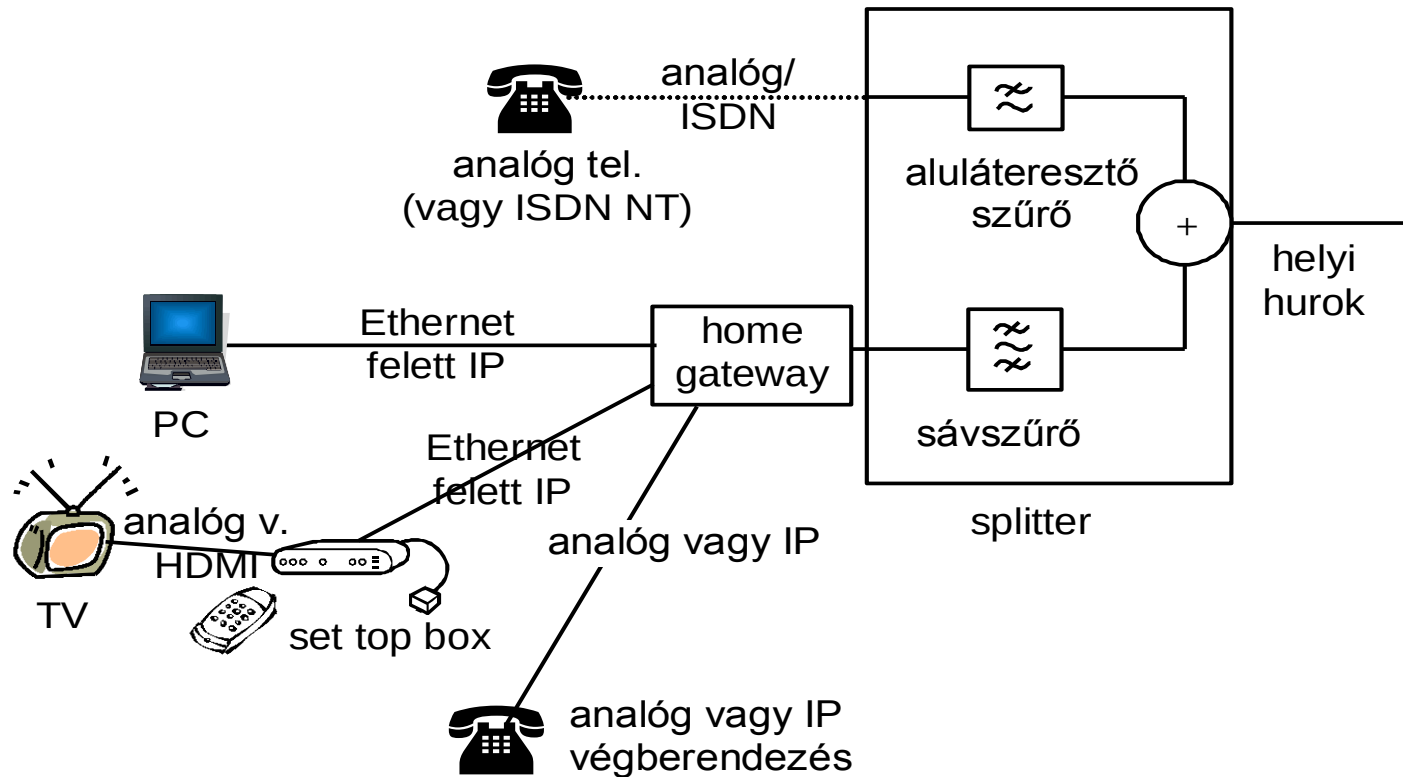
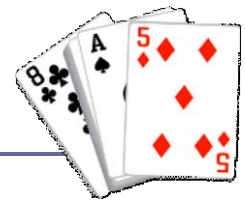
Triple play



□ Triple play

- marketing elnevezés egy IP szolgáltatásra mely magába foglalja a következő három szolgáltatást:
 - Internet
 - 5 Mb/s a cél legalább
 - Televízió
 - jellemzően legalább 3 TV csatorna egyidejű vétele háztartásonként
 - Telefónia
 - Voice over IP (VoIP, IP feletti beszédátvitel)
- Inkább egy üzleti modell, mintsem egy technológiai szabvány
- A hordozó közeg lehet pl.
 - sodrott érpár/ADSL (telefontársaságok)
 - coax kábel (kábel-TV társaságok)
 - UTP/Ethernet (Internetszolgáltatók)
 - üvegszál (a fentiek mind...)
 - jövőben: vezeték nélküli hozzáféréssel át is

Triple play ADSL-en



- ❑ A két telefonból csak egy van egyszerre, jellemzően a home gatewayen átmenő
- ❑ beszéd, videó prioritást élvez az adatforgalom felett
- ❑ pl. külön-külön ATM VC / Ethernet VLAN mindhárom
- ❑ home gateway: IP/PSTN átváltó is (ld. majd a VoIP-nál is)

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon

Németh Krisztián

BME TMIT

2014. szept. 30.



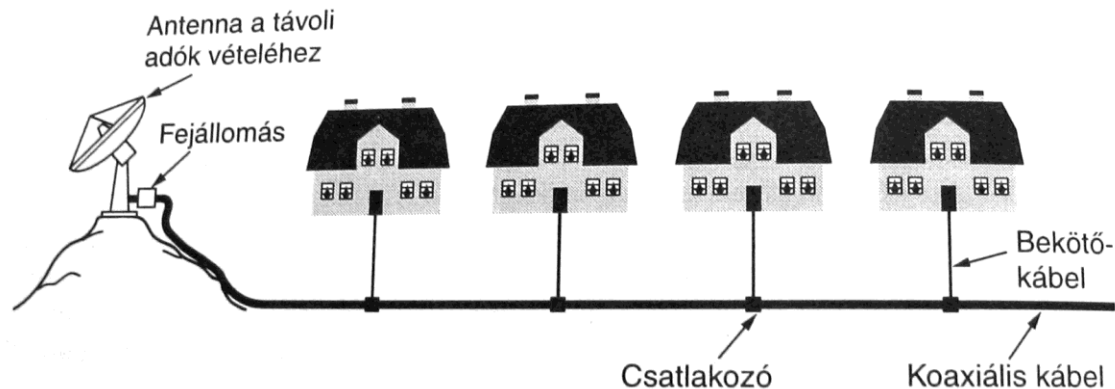
A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- **2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon**
 - 2.1 Telefonvonalali modemek
 - 2.2 ADSL, xDSL
 - **2.3 Kábeltévés Internet-elérés** ←
 - 2.4 Optikai hozzáférési hálózatok
- 3. VoIP, beszékkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

Korai kábeltelevíziós rendszerek

- Ötlet az 1940-es évek végén (USA)
 - Jobb vétel a külvárosokban és a hegyek között élőknek
- Községi antennás televízió
 - Community Antenna Television – CATV
 - Egy dombtetőn elhelyezett nagy antenna
 - Egy erősítő: fejállomás (head end)
 - Koaxiális kábel
- Családias üzletág, bárki telepíthetett ilyen szolgáltatást
 - Ha több előfizető csatlakozik: újabb kábelek és erősítők
- Egyirányú átvitel, a fejállomástól a felhasználók felé

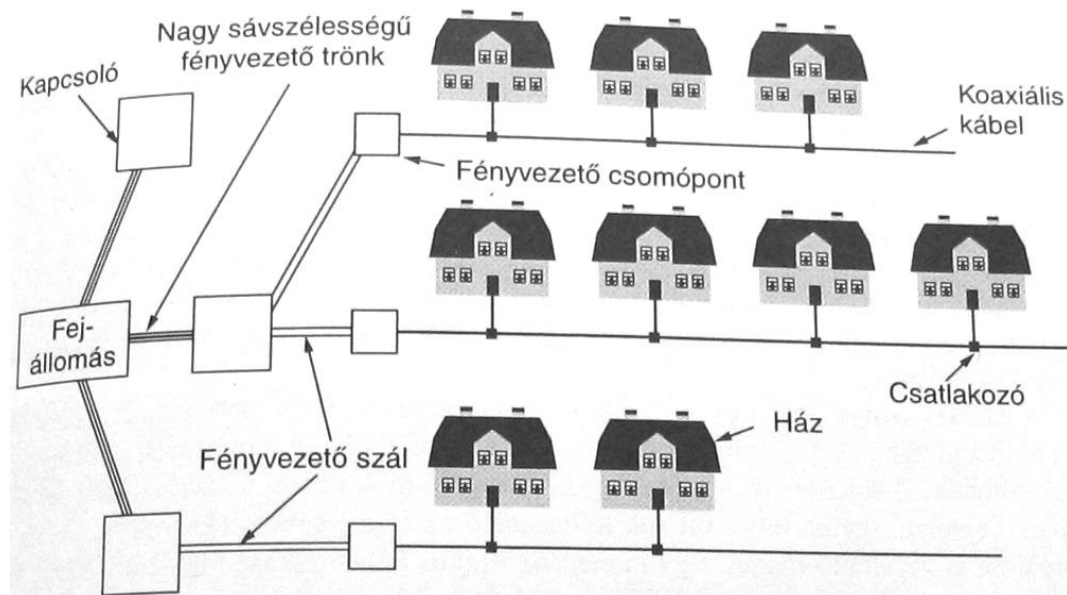


A kábeltévé fejlődése

- ❑ 1970-re több ezer független rendszer (USA)
- ❑ 1974-ben elindul az HBO, kizárólag kábelen
 - Több új kábeles csatorna – hírek, sport, főzés, stb.
- ❑ Nagyvállalatok elkezdik felvásárolni a létező kábelhálózatokat, új kábeleket fektetnek le
 - Kábelek a városok között a hálózatok egyesítésére
 - Hasonló ahhoz, ahogy a távközlő iparban a század elején összekötötték a helyi központokat a távolsági hívások végett
- ❑ Később a városok közötti kábeleket nagy sáv szélességű fényvezető szálakra cserélik

HFC rendszer

- HFC - Hybrid Fiber Coax (fényvezető-koax hibrid)
 - Fényvezető-koax hibrid rendszer
 - Fényvezető szálak a nagy távolságok áthidalására
 - Koaxiális kábel az előfizetőkhez
 - Fényvezető csomópont (Fiber Node: FN)
 - Elektro-optikai átalakító
 - a fényvezető és villamos rész közötti csatlakozásnál



Internet a kábeltévéen

- A kábelhálózat üzemeltetők elkezdtek bővíteni a szolgáltatásaikat
 - Internetelérés
 - Telefonszolgáltatás (VoIP)
- Át kell alakítani a hálózatot
 - Az egyirányú erősítőket kétirányú erősítőre kell cserélni mindenhol
 - A fejállomást fel kell fejleszteni
 - Egy buta erősítőből egy intelligens digitális számítógéprendszer
 - Nagysebességű optikai szálakat csatlakoztat egy ISP hálózatához
 - (Új név: Cable-Modem Termination System (CMTS) – nem kell tudni)

Internet a kábeltévéen

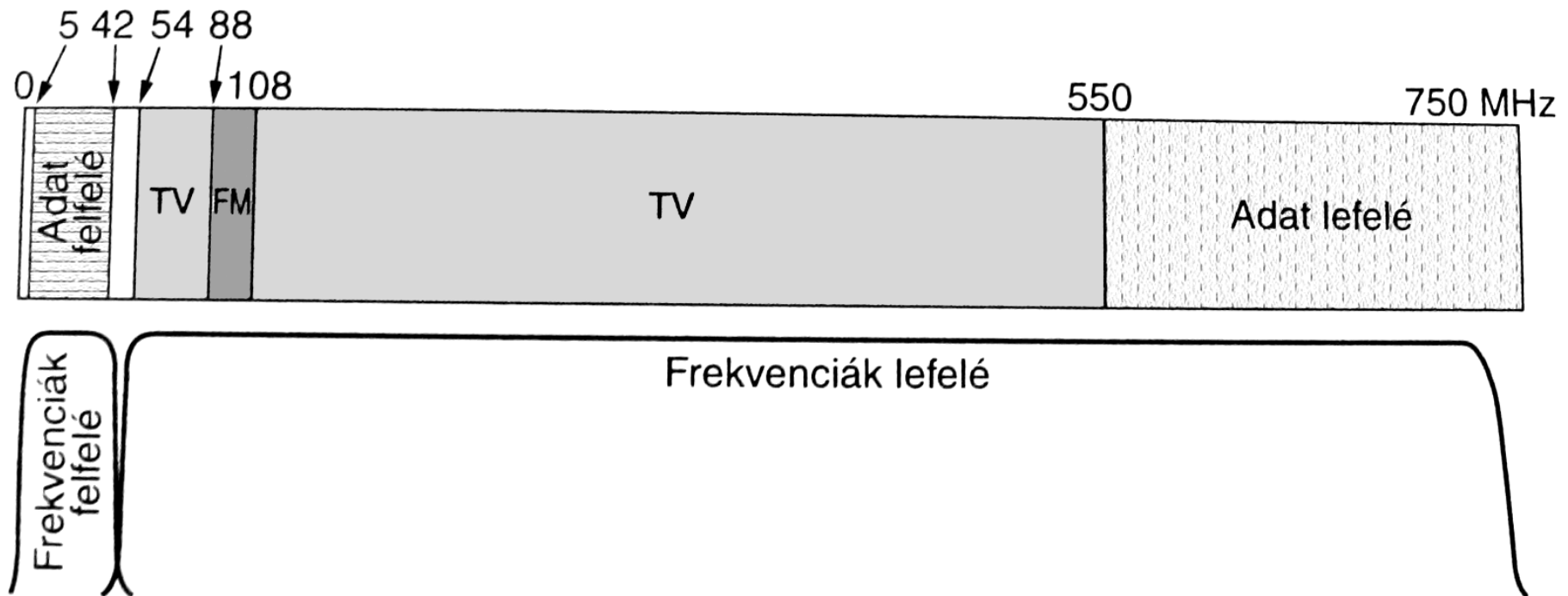
- A koax kábel osztott közeg, több előfizető egyszerre használja
 - A telefonhálózatban mindenki rendelkezik saját érpárral (előfizetői hurok)
 - A TV műsorok elosztásánál ez nem fontos
 - üzenetszórás van (broadcast)
 - Internetezésnél a felhasználók osztoznak a közegen
 - Verseny a felhasználók között
 - Másfelől a koax kábel sokkal nagyobb sávszélességet biztosít, mint a csavart érpár
- Megoldás: több darabra osztunk egy hosszú kábelt
 - Minden szakaszt közvetlenül egy fényvezető csomóponthoz kötünk
 - A fejállomás és a fényvezető csomópontok között a sávszélesség nagyon nagy
 - Ha nincs túl sok felhasználó egy szakaszon, a forgalom kezelhető marad
 - Ma tipikusan 500-2000 előfizető egy szakaszon
 - További felosztás várható ahogy nő az előfizetők száma és a forgalom

Spektrumkiosztás

- A kábelhálózatot nem lehet (egyelőre) kizárólag internetezésre használni
 - Sokkal több a tévénéző mint az internetező ügyfél
 - Hatóságok szabályozzák mi mehet a kábelben, a tévészolgáltatás kötelező
 - Fel kell osztani a frekvenciákat a TV és az internetelés között
- Európa
 - TV sávok alsó határa 65 MHz
 - 8 MHz széles csatornák
 - PAL és SECAM rendszerek nagyobb felbontása miatt
 - (PAL - Phase Alternating Line)
 - (SECAM - Séquentiel Couleur à Mémoire)
 - Felbontás: 768 x 576, 25 fps
- USA, Kanada
 - FM rádió: 88 – 108 MHz
 - kábeltévé-csatornák: 54 – 550 MHz
 - 6 MHz széles csatornák, védősávval együtt
 - NTSC - National Television System Committee
 - Felbontás: 720 x 480, 29.97 fps

Spektrumkiosztás

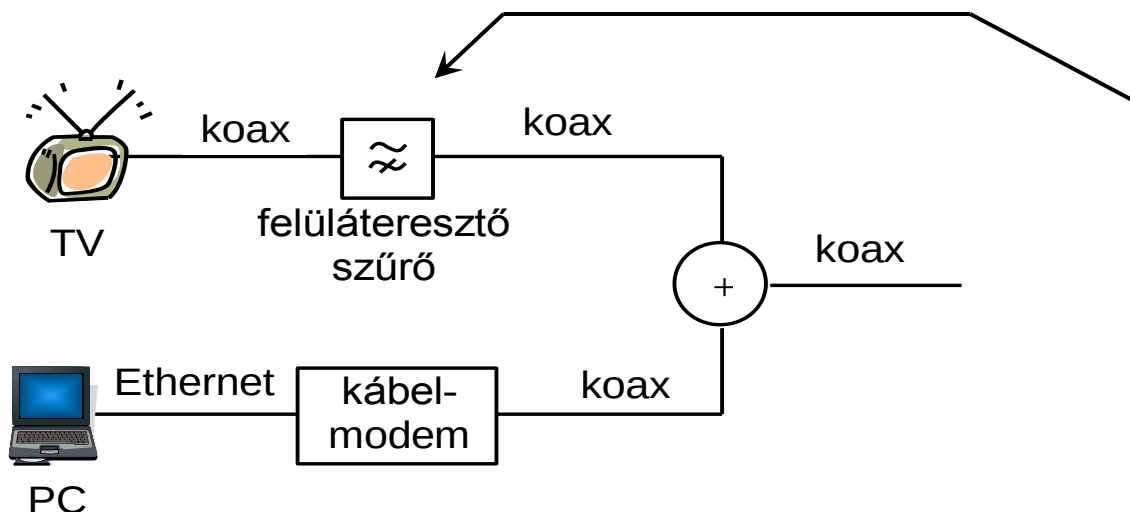
- Modern kábelek 550 MHz felett is működnek, gyakran 750 Mhz felett is
 - Megoldás: feltöltés 5 - 65 MHz (ez Európában, USA: 5 – 42 MHz között)
 - A magasabb frekvenciák a letöltéshez



Frekvenciakiosztás (USA)

Aszimmetrikus átvitel, házon belüli topológia

- A TV és rádió mind lefele halad
 - A fejjállomástól a felhasználó felé
 - Felfele olyan erősítők melyek az 5-42 MHz-es tartományban működnek
 - Lefele az 54 MHz feletti tartományban működő erősítők
 - Aszimmetrikus rendszer, nagyobb letöltés sebessége mint a feltöltésé
 - Ezt itt műszaki okok befolyásolják, nem úgy mint az ADSL-nél!
- Topológia lakáson belül:
 - a TV-készülék zavaró alacsonyfrekvenciás jeleket bocsát ki



Splitter, felüáteresztő szűrő

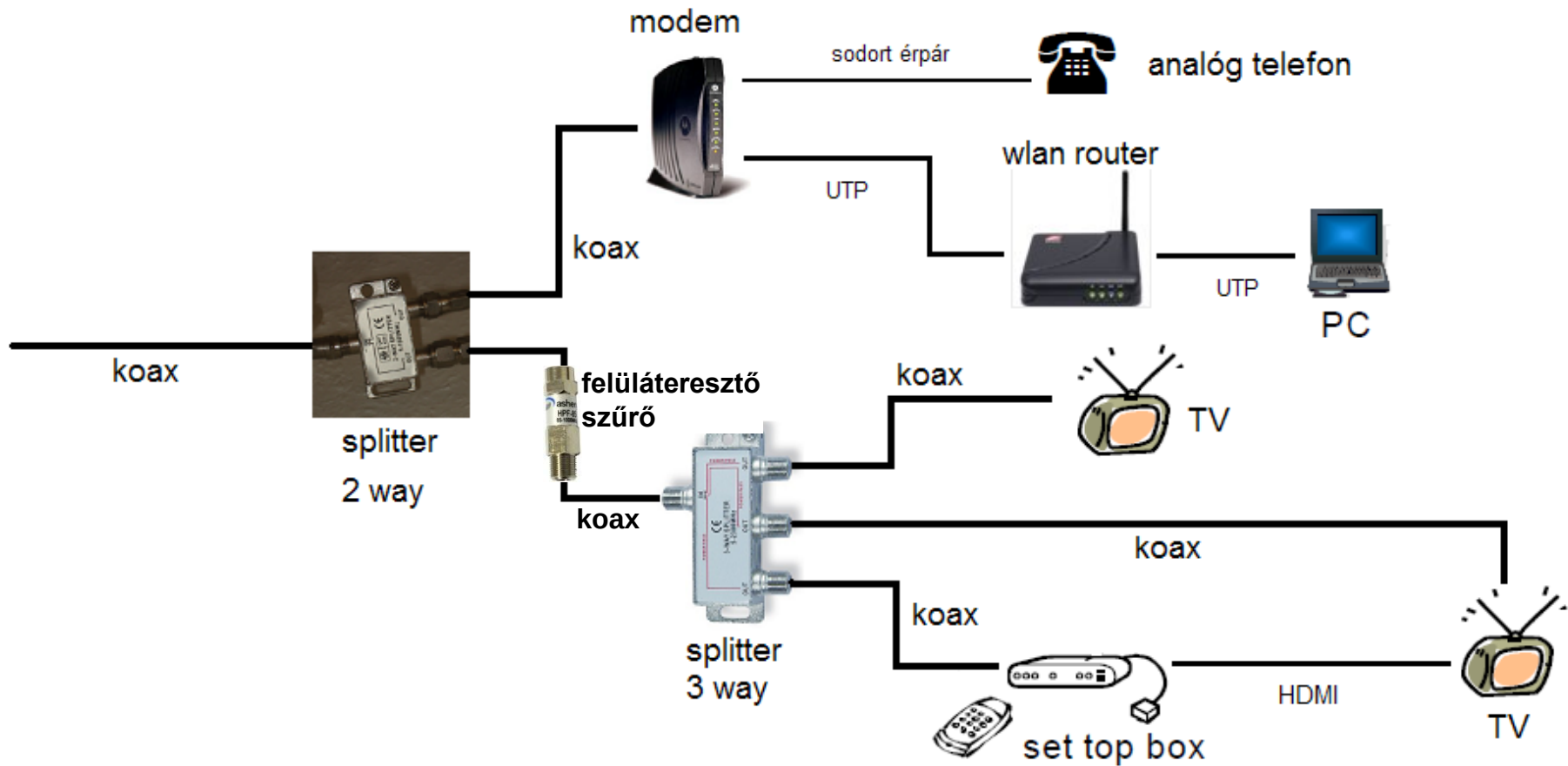
- A spiltter itt a teljes bemeneti jelet továbbítja a kimeneteire
 - Némileg kisebb teljesítménnyel (-6 dB)



Splitter, felüláteresztő szűrő



3play kábeltévén (példa)



- A fenti elrendezés csak egy példa, nyilván nem muszáj pont 3 részes osztó az analóg TV ágba
- A fenti megoldásban a digitális TV jeleit egyes analóg csatornák helyén szállítják (digitális, de nem IP feletti az átvitel)
- A példában az alsó TV készüléken analóg és digitális TV csatornákat is lehet nézni
- Más megoldások is léteznek, pl. digitális TV jel átvitele IP felett

Moduláció

- ❑ Koax kábel, szükség van modulációra
- ❑ Minden 6-8 MHz-es csatornát QAM-64-el modulálnak
 - Quadrature Amplitude Modulation
 - Ha kivételesen jó minőségű kábel, akkor QAM-256
- ❑ 6 MHz-es csatornán QAM-64-el: kb. 36 Mbps
 - A fejlécek nélküli sávszélesség 27 Mbps
 - QAM-256-al nettó kb. 39 Mbps
- ❑ 8 MHz-es európai csatornán arányosan több
- ❑ A feltöltési csatorna a QAM-64-hez nem elég jó
 - Túl sok zaj a felszíni mikrohullámú rendszerek, CB-rádiók, stb. miatt
 - ❑ CB = Citizen Band, „magyarul” walky-talky
 - QPSK moduláció
 - ❑ Quadrature Phase Shift Keying
 - ❑ Csak két bit szimbólumonként (a QAM-64-nél 6, a QAM-256-nál 8)
 - Sokkal nagyobb a feltöltés és letöltés közötti különbség

Kábelmodem, DOCSIS

- Két interfész – egy a PC és egy a kábelhálózat felé
 - A modem és a PC között Ethernet kábel, néha USB
- A kezdetekben minden hálózatüzemeltetőnek saját modemje, melyet egy technikus telepített
 - Nyílt szabvány kellett
 - Versenyhelyezethez vezet a modemek piacán
 - Csökkennek az árak
 - Ösztönzi a szolgáltatás terjedését
 - Ha a felhasználó telepíti a modemet, nem kell kiszállási költség
- CableLabs (a legnagyobb kábelszolgáltatók szövetsége) DOCSIS szabvány
 - Data Over Cable Service Interface Specification
 - EuroDOCSIS – európai változat
 - Aktuális verziók:
 - DOCSIS 3.0 (2006 aug.) magasabb adatsebességek a korábbiaknál, IPv6 támogatás
 - DOCSIS 3.1 (2013 okt.)
 - még magasabb sebességek 4096 QAM használatával
 - 6/8 MHz csatornák helyett 20-50 kHz-es csatornák feletti OFDM, max 200 MHz-es blokkokban



Kábelmodem



Kábelmodem



Biztonságos kommunikáció

- A kábel egy osztott közeg
 - Bárki megnézheti a mellette elhaladó forgalmat
- Hogy a szomszédod ne hallgatasson le, a forgalom kódolva mindkét irányban
 - Meg kell egyezni a modem és a fejállomás között egy közös titkosítási kulcsban
 - Két „idegen” között, egy osztott, lehallgatható közegen

Kábel vs. DSL

	ADSL(2+)	kábel-TVs Internet
közeg	sodrott érpár	koax
elérés (csak az első routerig...)	dedikált sávszélesség	osztott közeg
tipikus sávszélesség	néhány Mb/s	néhányszor tíz Mb/s
sávszélesség növelése	fizikai akadályok	kisebb szakaszok: nagyobb sávszélesség: még van tartalék a rendszerben
lefedettség	tel. kp. közelében	kábel-TV területen bárhol
biztonság	fizikai elválasztás	titkosítás
több ISP	gyakori, törvény is	ritkább, de Magyaro-n így sincs igazán árverseny

Kábel vs. DSL

□ Összességében:

- nagyon különböző technológiával hasonló szolgáltatások
- ADSL volt kicsit előbb
- Kábel-TVs (ma már) hazánkban olcsóbb
- Kábel-TVs (ma már) gyorsabb

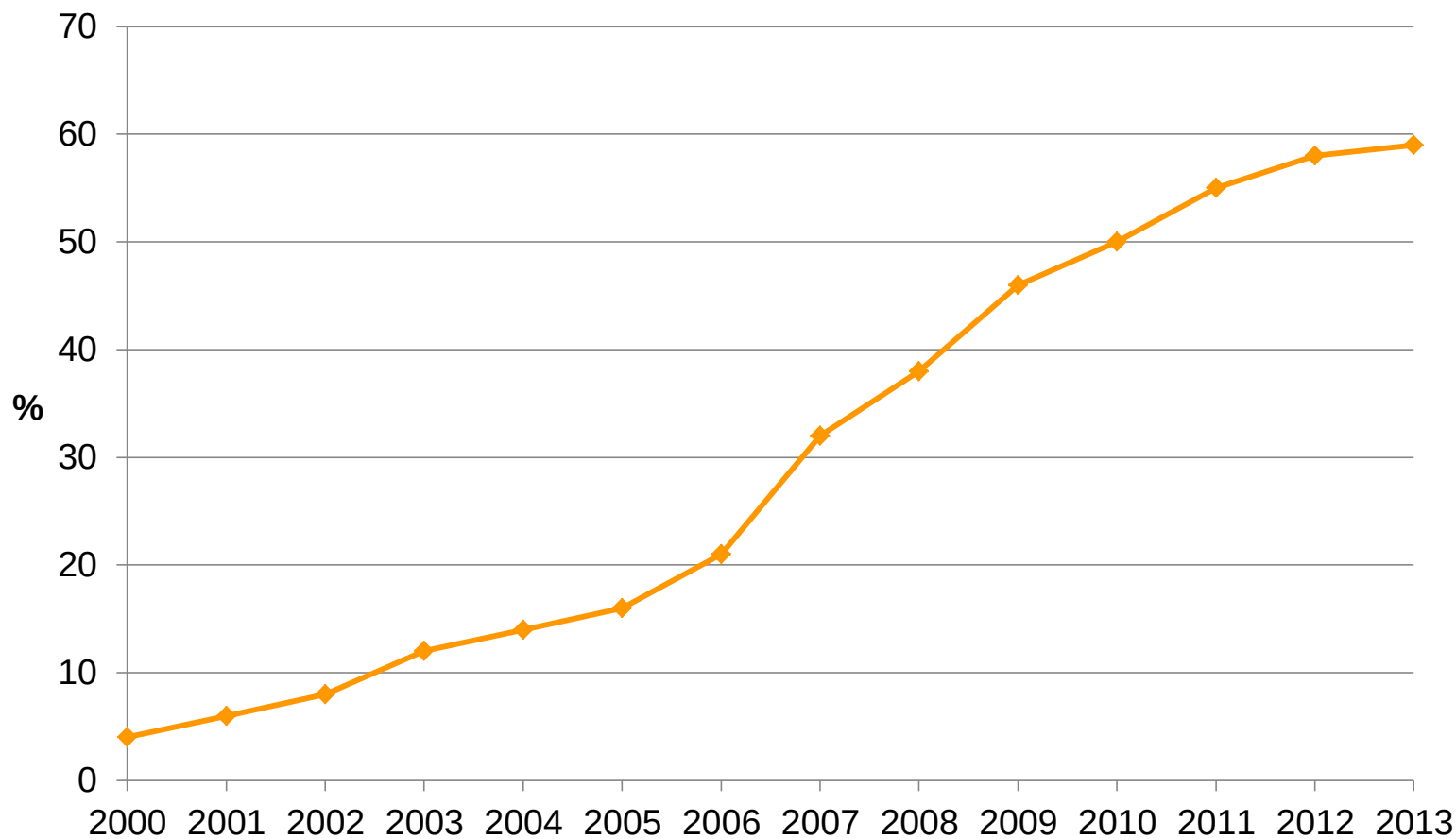
□ Jelenlegi trendek:

- optikai szálak mind nagyobb térhódítása, pl:
 - FTTC/FTTCab
 - = Fiber to the Curb/Cabinetoptikai szál az aknáig, elosztódobozig, azaz max. kb. 300 m-re a végberendezéstől, pl. VDSL2
 - FTTH
 - = Fiber to the Home (optikai szál a háztartásig), pl. GPON: Gigabit Passive Optical Network (gigabites passzív optikai hálózat)
- mobiltelefonos Internet térhódítása
 - várhatóan nem a vezetékes hozzáférés helyett, hanem mellette

Internetelérési statisztikák (Magyarország)

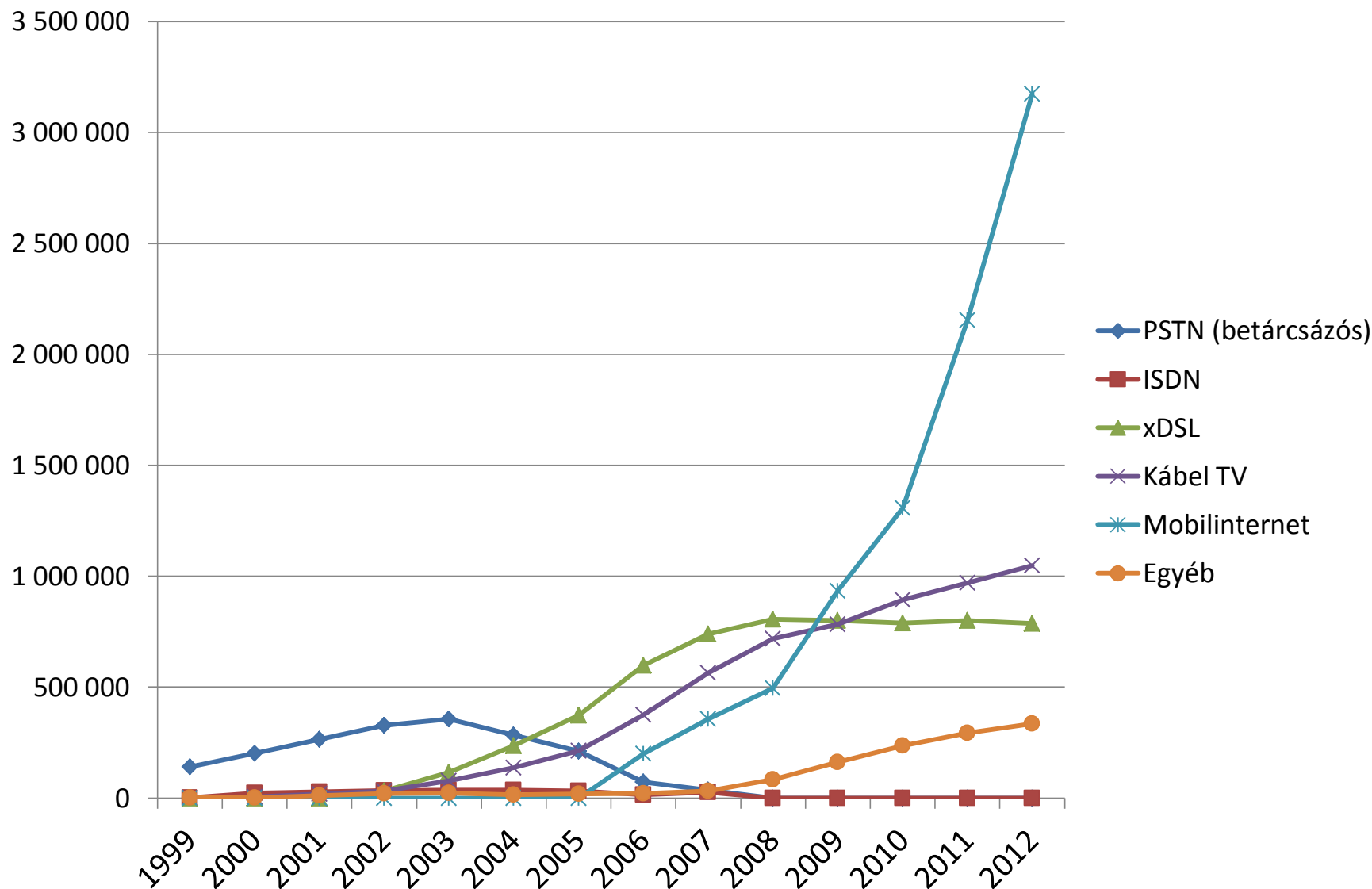
□ Forrás: NMHH (ez a dia nem vizsgaanyag)

**Internet-hozzáféréssel rendelkező háztartások aránya
(becsült adatok)**



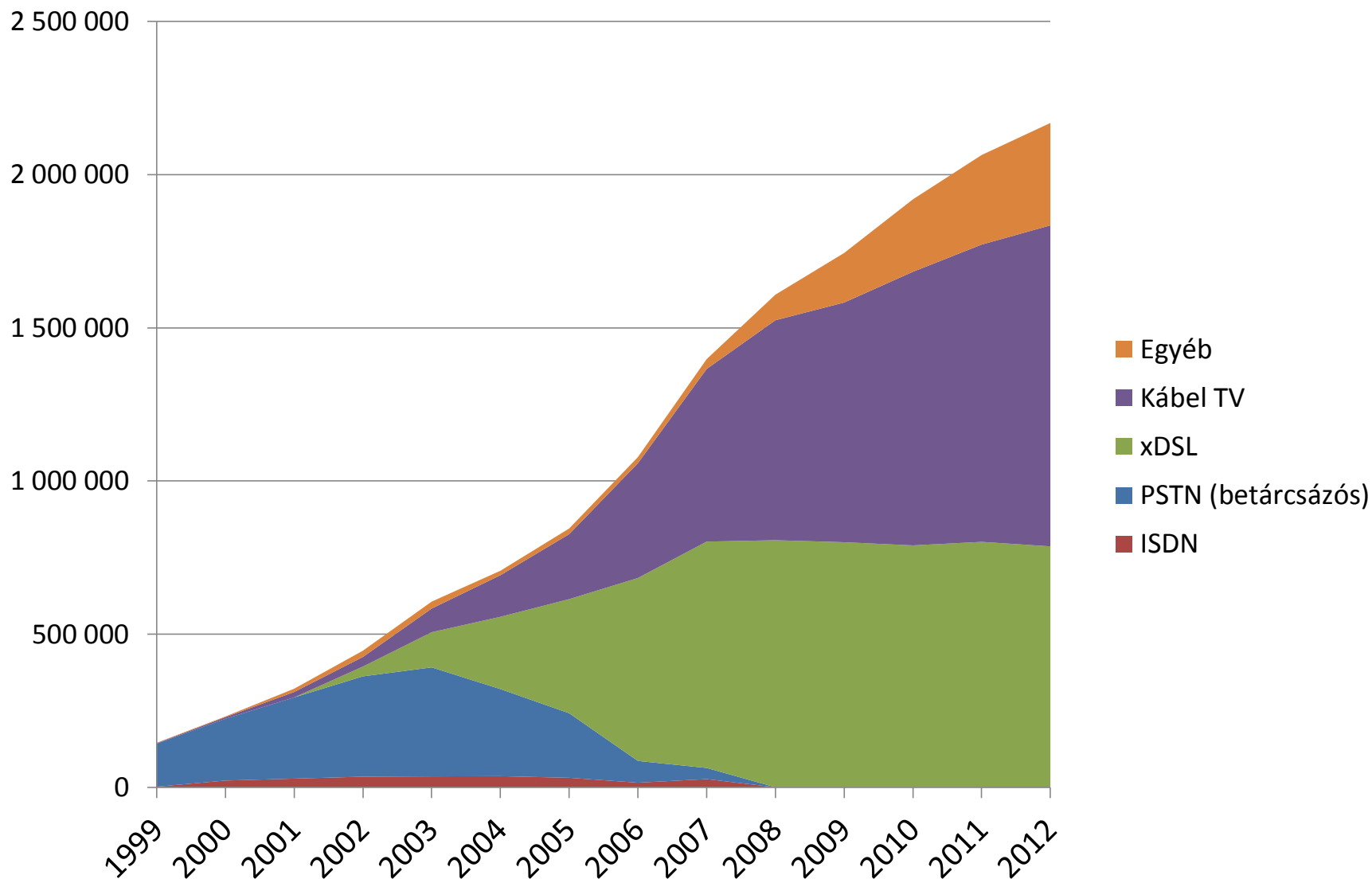
Internetelési statisztikák (Magyarország)

□ Forrás: NMHH (ez a dia nem vizsgaanyag)



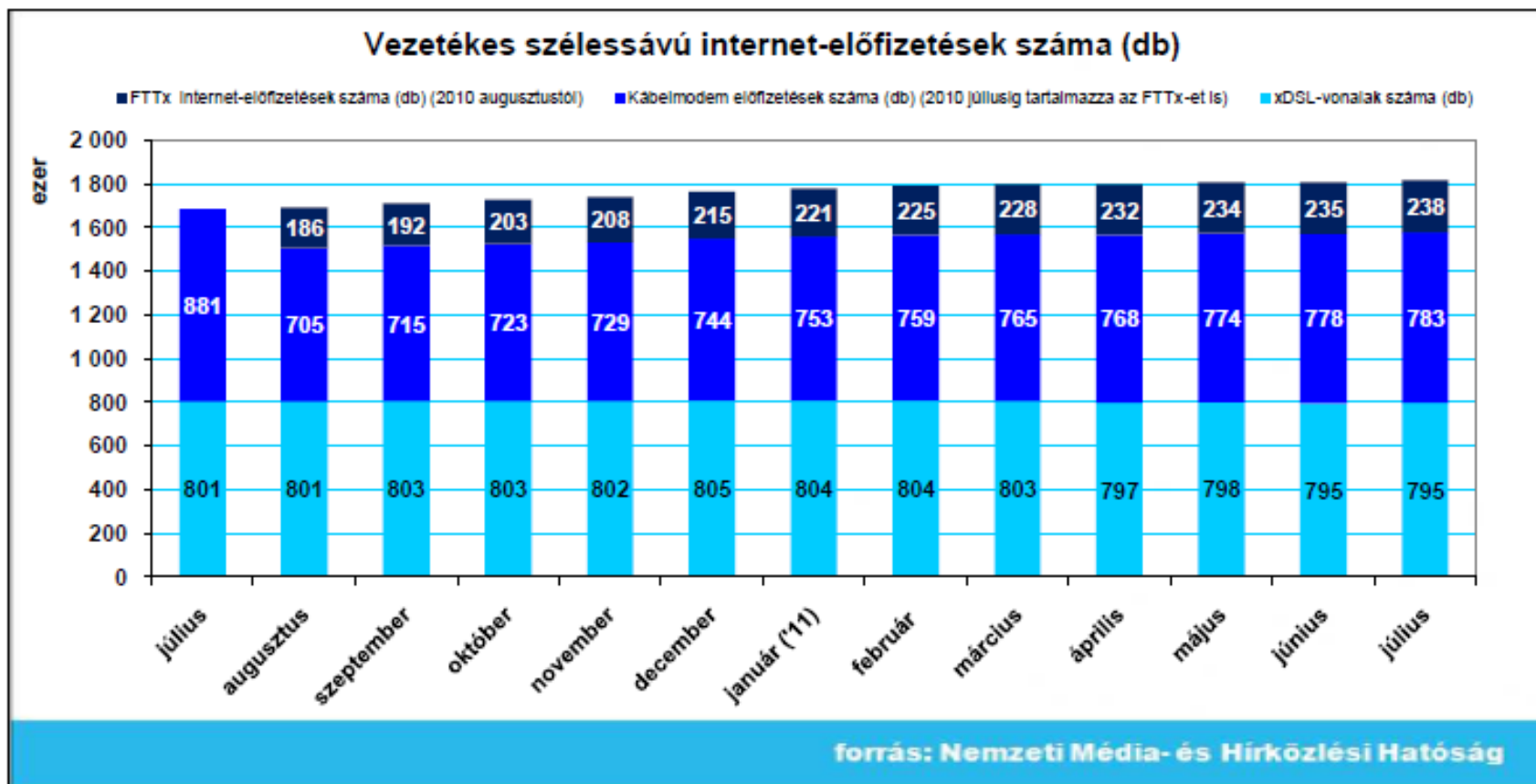
Ugyanez mobil nélkül

□ Forrás: NMHH (ez a dia nem vizsgaanyag)



Kábel vs. DSL

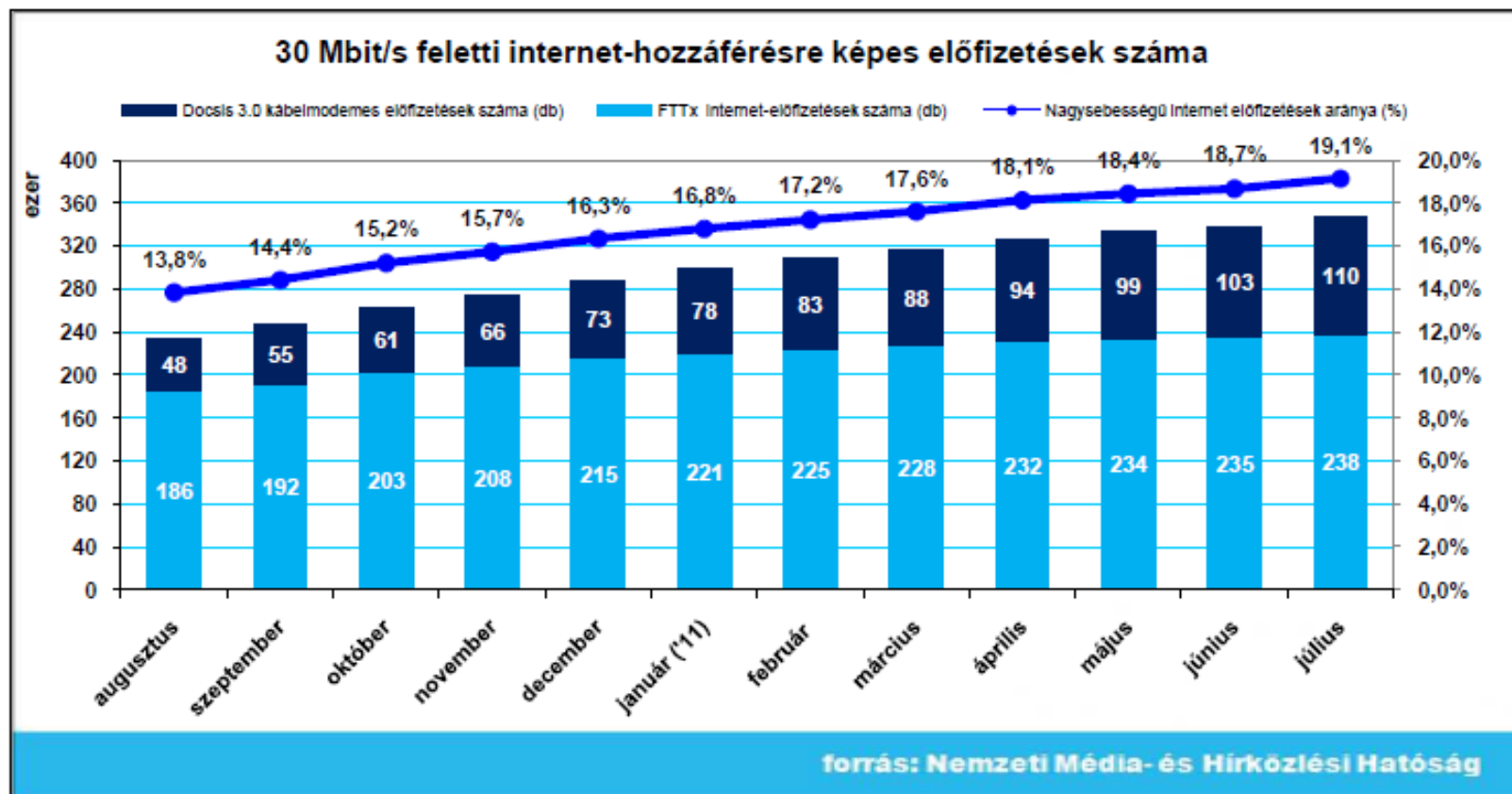
2011 július: *(nem vizsgaanyag)*



Megjegyzés: A fent nevezett adatszolgáltatók adatai alapján, amelyek lefedik a vezetékes szélessávú internet-piac 92%-át. Az egyéb pl. vezeték nélküli szélessávú technológiák nélkül.

Kábel vs. DSL

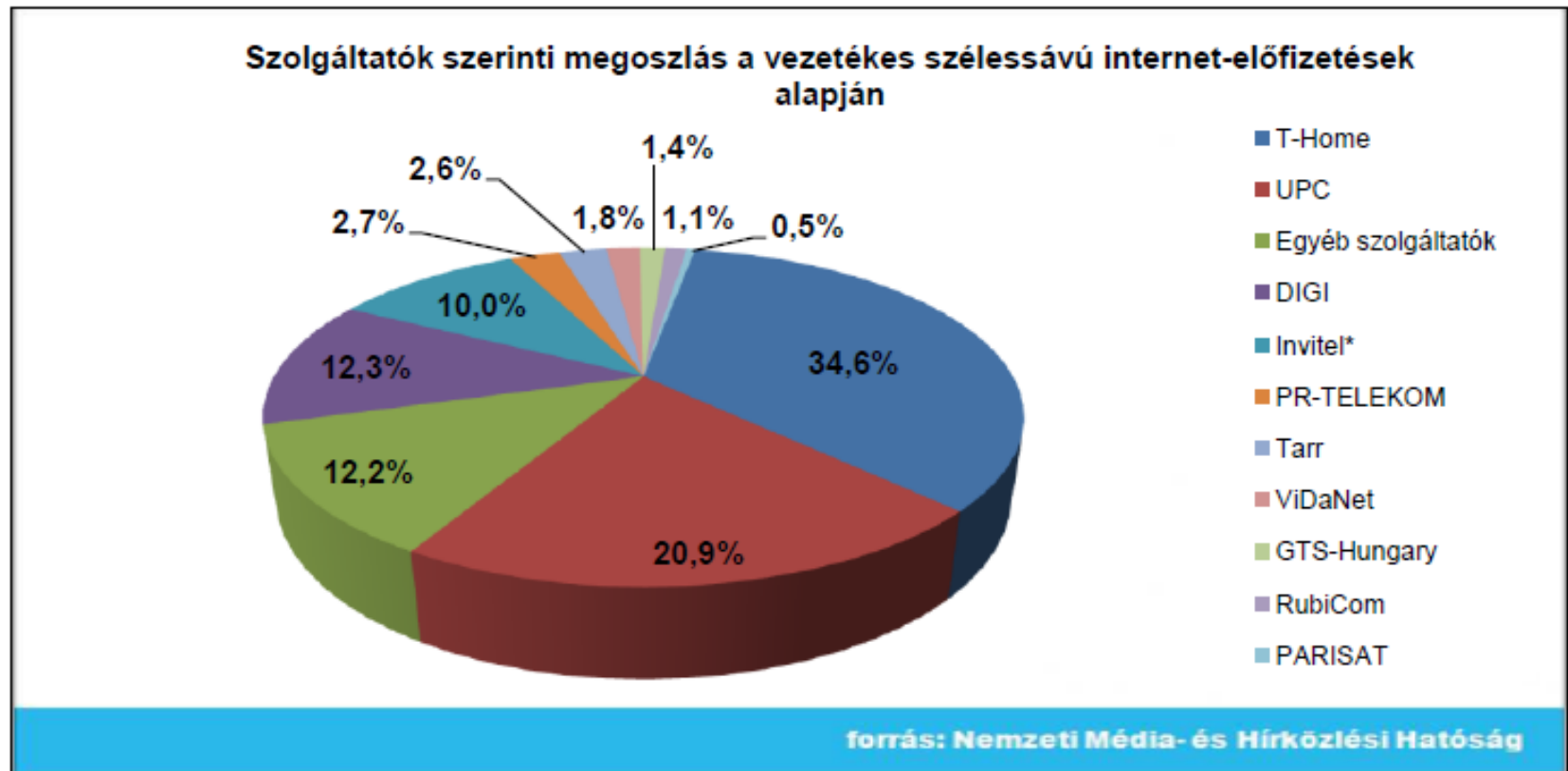
2011 július: *(nem vizsgaanyag)*



Megjegyzés: A fent nevezett adatszolgáltatók adatai alapján, amelyek lefedik a vezetékes szélessávú internet piac 92%-át. Azon előfizetések száma, ahol a hálózat és a végberendezés képes a 30 Mbit/s feletti hozzáférésre, a tényleges nagysebességű előfizetések száma ennél jóval kevesebb. A DOCIS 3.0 hálózaton további kb. 400 ezer előfizetés van, ahol a végberendezés (modem) cseréje esetén elérhetővé válna a 30 Mbit/s feletti hozzáférés.

Kábel vs. DSL

□ 2011 július: *(nem vizsgaanyag)*



Megjegyzés: A piaci részesedések a teljes piacra vonatkozó becsült érték alapján, technológia semlegesen lettek meghatározva. (* - a FiberNet előfizetőivel együtt)

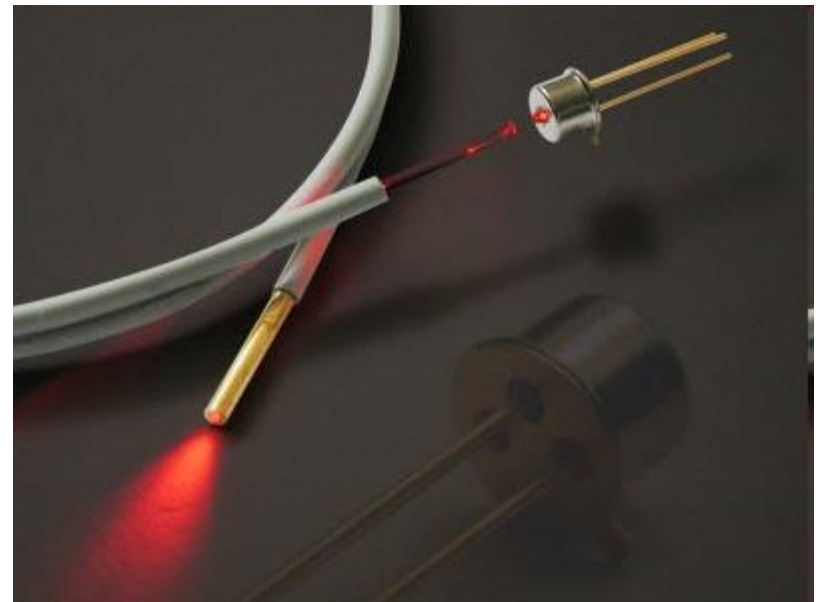
Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Optikai hozzáférési hálózatok

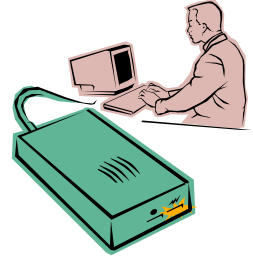
Németh Krisztián

BME TMIT

2014. okt. 6.



A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- **2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon**
- 3. VoIP, beszédkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)



Áttekintés

- 2.1 Telefonvonalai modemek
- 2.2 ADSL, xDSL
- 2.3 Kábeltévés Internet-elérés
- **2.4 Optikai hozzáférési hálózatok** ←



Optikai hozzáférési hálózatok

□ Előnyei

- nagy sávszélesség
 - célkitűzés előfiz. hálózatban: 1Gb/s, de lesz ez 10 is...
- kis csillapítás: kis teljesítmény elég
 - kb. 0,2...0,5 dB/km
- kis csillapítás: nagy távolság áthidalható
 - kb. 100 km

□ Hátránya

- Új infrastruktúra, ezért magas beruházási költségek
 - Főleg a telepítés a drága, nem maga az optikai szál

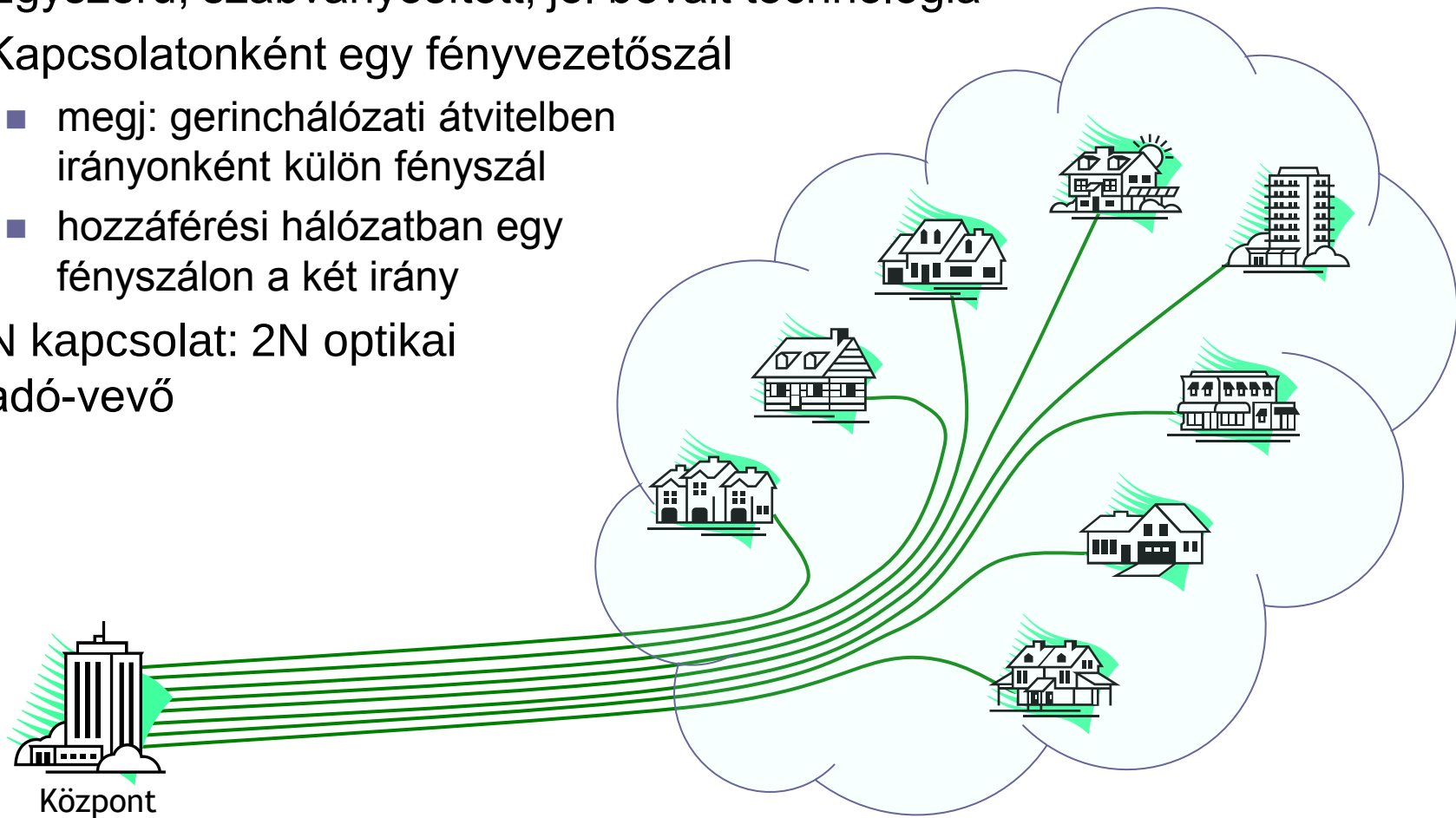
□ Korábban láttuk: VDSL

- nem teljesen a felhasználóig optikai

Hálózati architektúrák

Pont – pont összeköttetések

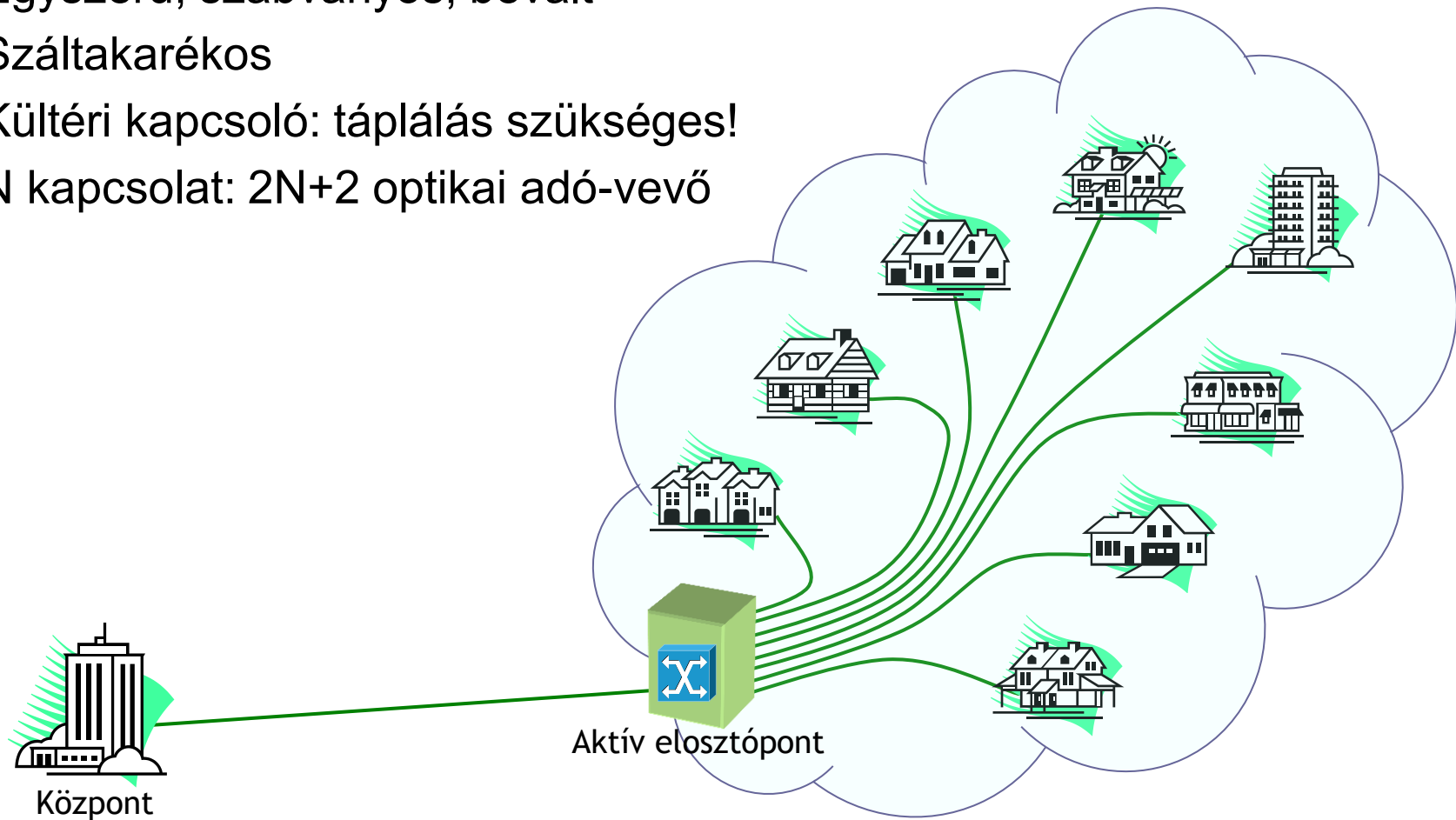
- Egyszerű, szabványosított, jól bevált technológia
- Kapcsolatonként egy fényvezetősál
 - megj: gerinchálózati átvitelben irányonként külön fényszál
 - hozzáférési hálózatban egy fényszálon a két irány
- N kapcsolat: $2N$ optikai adó-vevő



Hálózati architektúrák

Aktív optikai hálózat

- Egyszerű, szabványos, bevált
- Száltakarékos
- Kültéri kapcsoló: táplálás szükséges!
- N kapcsolat: $2N+2$ optikai adó-vevő



Hálózati architektúrák

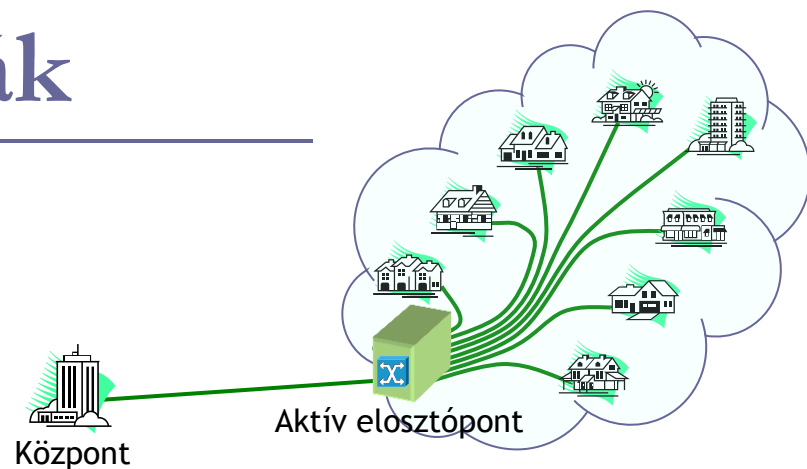
Aktív optikai hálózat

□ Megvalósítás: Ethernet

- felhasználók felé tipikusan 100 Mb/s Ethernet
- központ felé gigabit Ethernet
- elosztópont: Ethernet switch

□ Gyakori megoldás: FTTB (Fiber to the Building)

- Azaz az épületen belül csavart érpár (cat5/cat6e)
 - Ok: az optikai szálakat túl kis sugarú ívben meghajlítva túl nagy lesz a vesztesége (bending loss)
 - Bár már vannak ezt kiküszöbölő spec. optikai szálak
 - Kis távolságokra a rézvezeték is tökéletesen megfelel
 - Olcsó eszközökbe közvetlen beköthető



Hálózati architektúrák

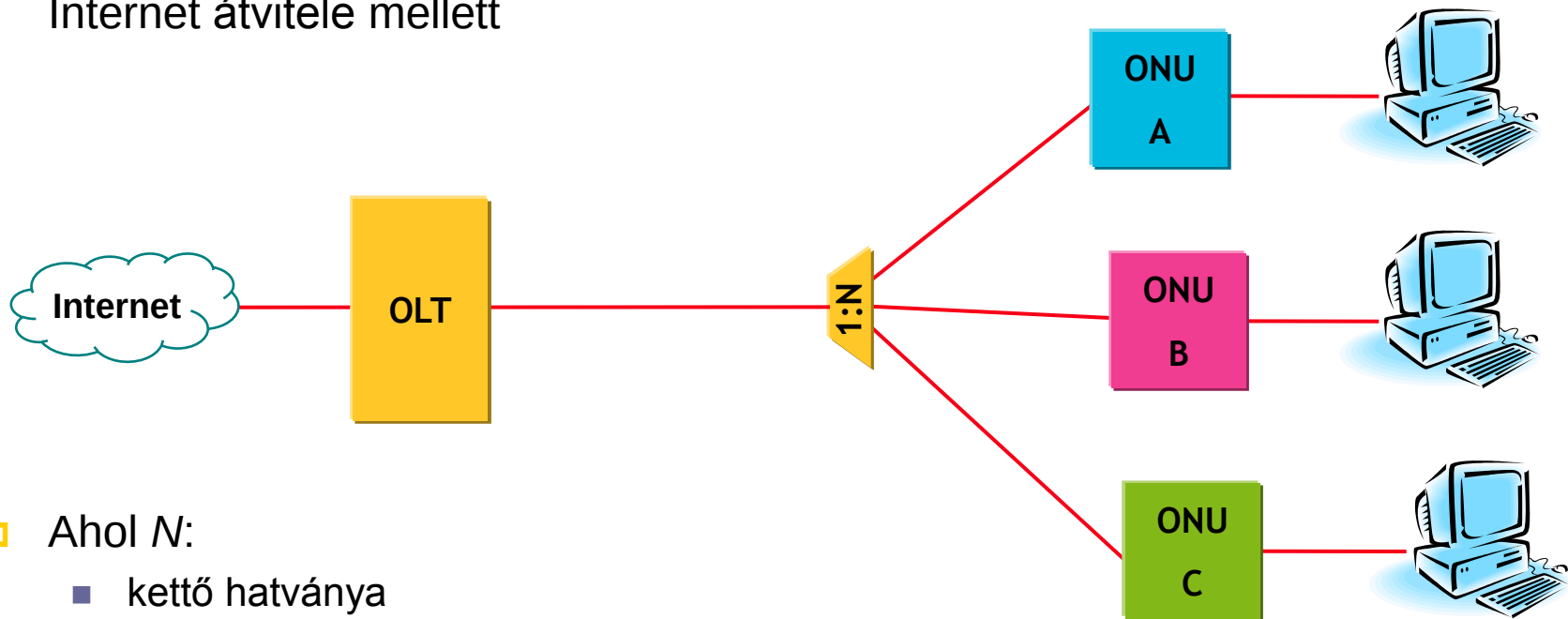
Passzív optikai hálózat (Passive Optical Network, PON)

- Egyszerű, szabványosított, túl az első telepítéseken
- Száltakarékos
- Kültéren csak passzív elemek vannak
- N kapcsolat: N+1 optikai adó-vevő
- *Továbbiakban erről lesz szó!*



PON architektúra (egyszerűsített)

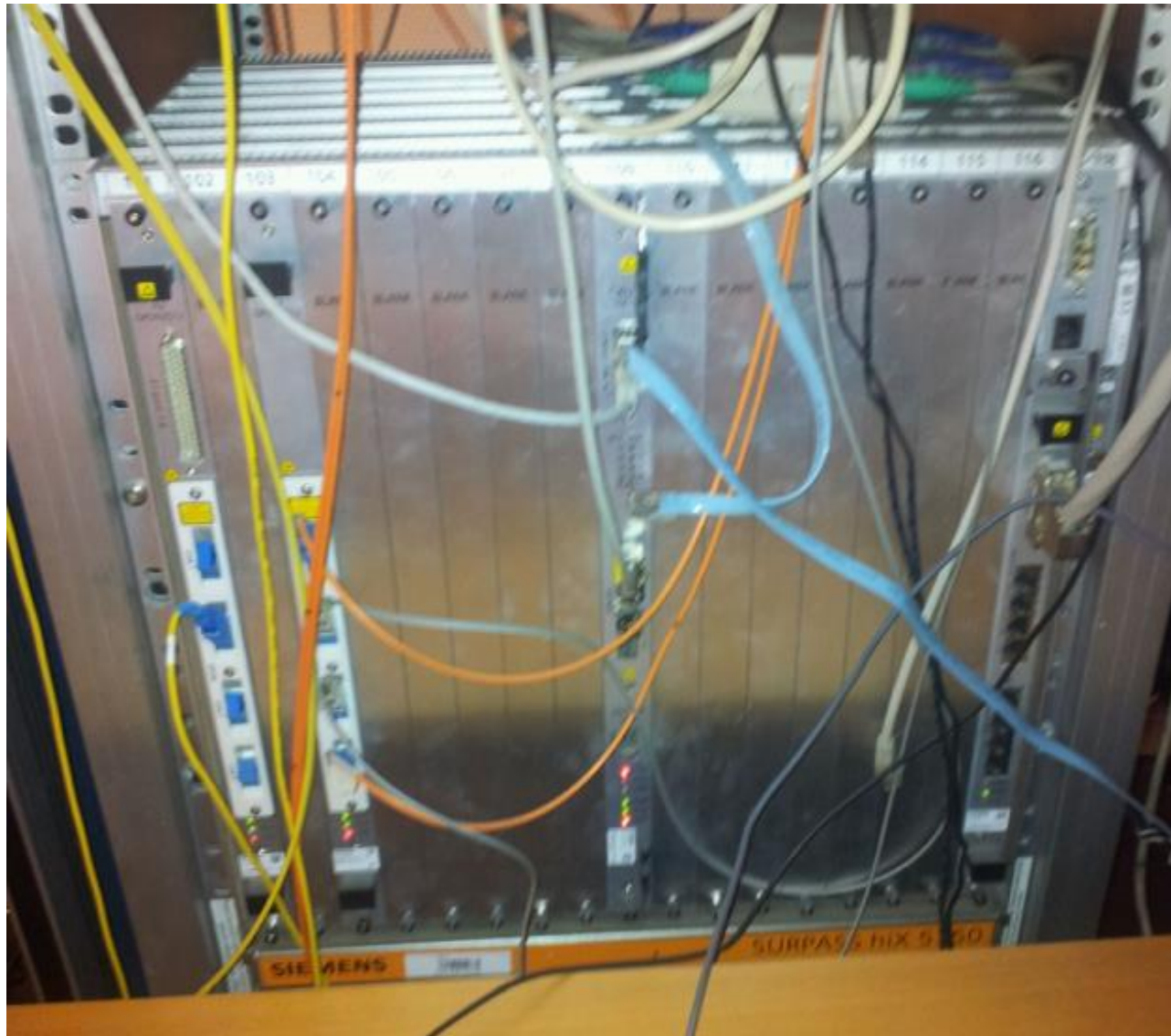
- ❑ OLT: Optical Line Termination (optikai vonalvégződés)
- ❑ ONT: Optical Network Termination, avagy más néven:
ONU: Optical Network Unit (optikai hálózathívő/hálózati elem)
- ❑ Lehetnek bonyolultabb konfigurációk is: pl. videó, telefon (VoIP) átvitele az Internet átvitele mellett



- ❑ Ahol N :
 - kettő hatványa
 - elvi max.: 256
 - gyakorlatban: 32, 64 tipikusan
 - ❑ egy vagy több szintből összerakva, pl. 4x8

TDM alapú PON

□ OLT



TDM alapú PON

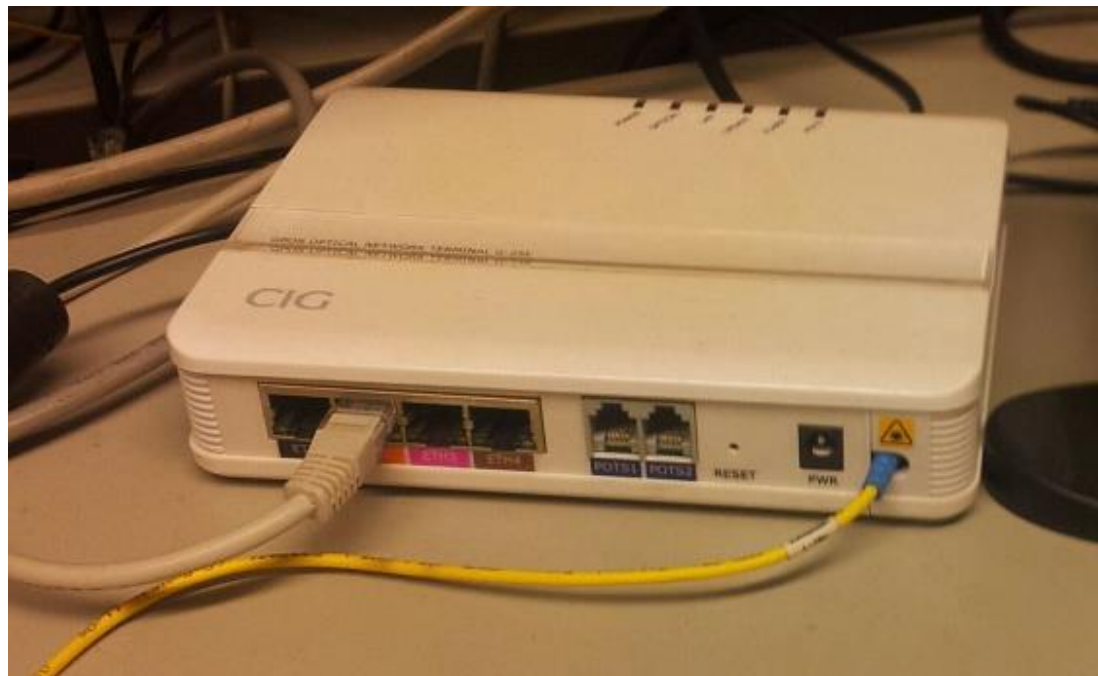
- 1:N passzív osztó



TDM alapú PON

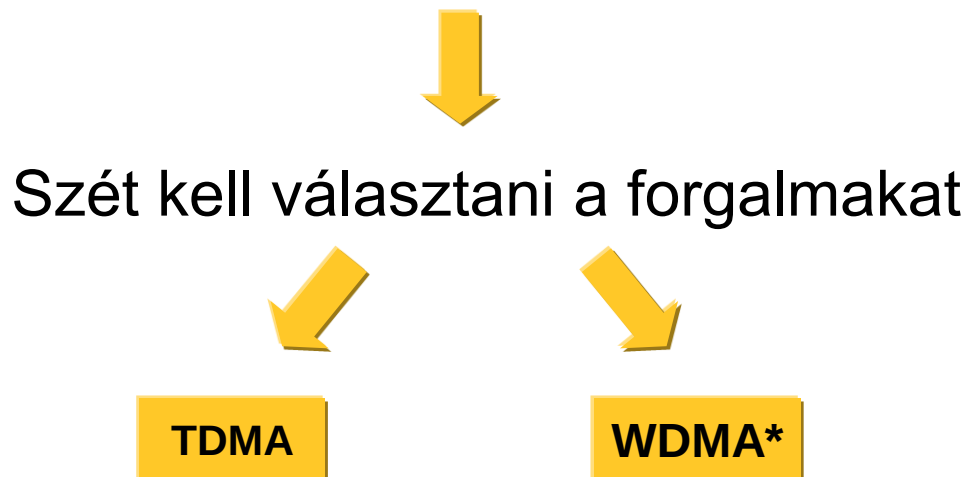


□ ONU/ONT



Többszörös hozzáférés

- Lefelé irány: pont – multipont hálózat
 - Nincs gond, az OLT kezeli a teljes sávszélességet
- Felfelé irány: multipont – pont hálózat
 - Az ONT-k csak az OLT irányában kommunikálnak
 - Az ONT-k nem érzékelik egymás forgalmát
 - Az ONT-k adatforgalma ütközhet



*WDMA = Wavelength Division Multiple Access $\approx$ FDMA (Frequency D.M.A.)

Többszörös hozzáférés

□ TDM alapú PON-ok

- Jól szabványosítottak
- Több hullámhosszt használnak (tipikusan 2...3)
- Olcsó és jó minőségű optikai elemek (osztók, lézerek, stb.)
- Limitált áthidalható távolság és osztásarány (kb. 20 km, 1:64)
- Lefelé irányban broadcast (üzenetszórás) jelleg
- Felfelé irány TDMA

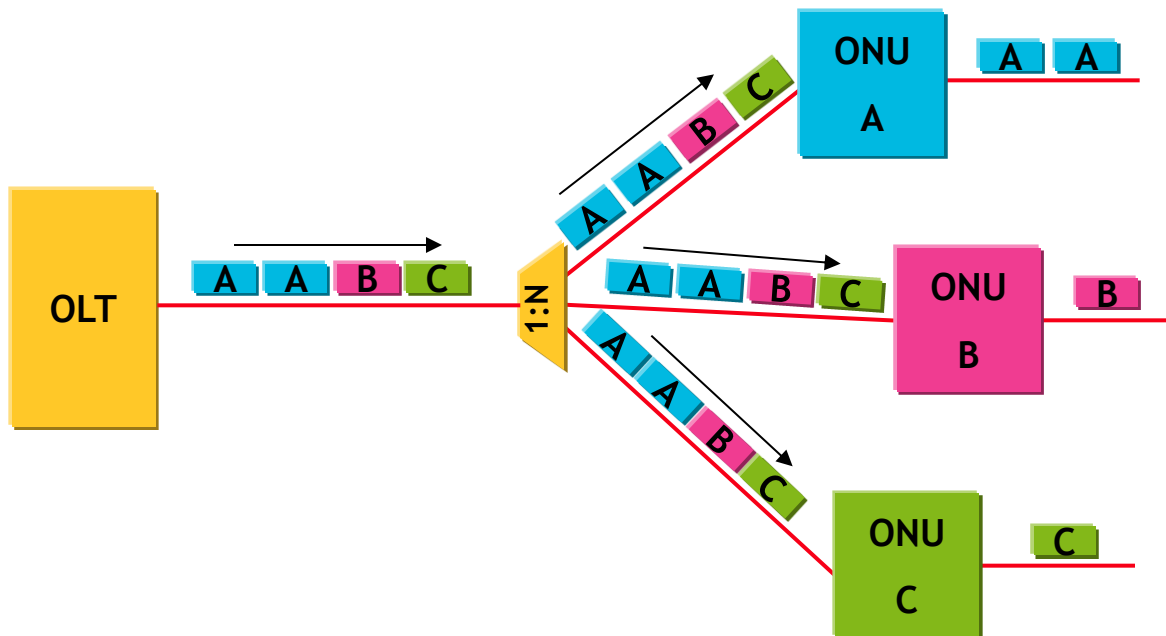
□ WDM PON-ok

- Egyelőre nincsenek szabványok
- WDM eszközök egyre olcsóbbá válnak
- Több „irányzat”, megvalósított hálózatok vannak
- Nagy sáv szélesség, nagy áthidalható távolság

TDM alapú PON

Lefele irány:

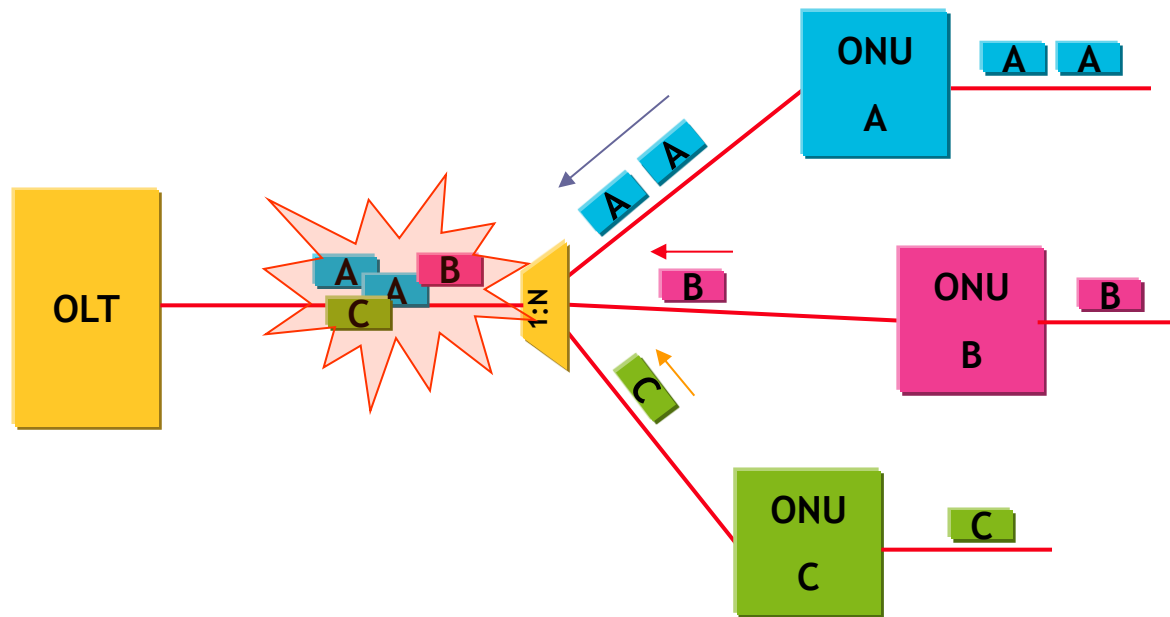
- ❑ Üzenetszórás jelleg: önmagában nem biztonságos, titkosítás kell
- ❑ Időosztásos multiplexálás
- ❑ Az ONU-k csak a nekik szóló forgalmat dolgozzák fel
- ❑ A „címkéket” a keretszervezésben elhelyezett fejrészek hordozzák



TDM alapú PON

Felfele irány, a probléma:

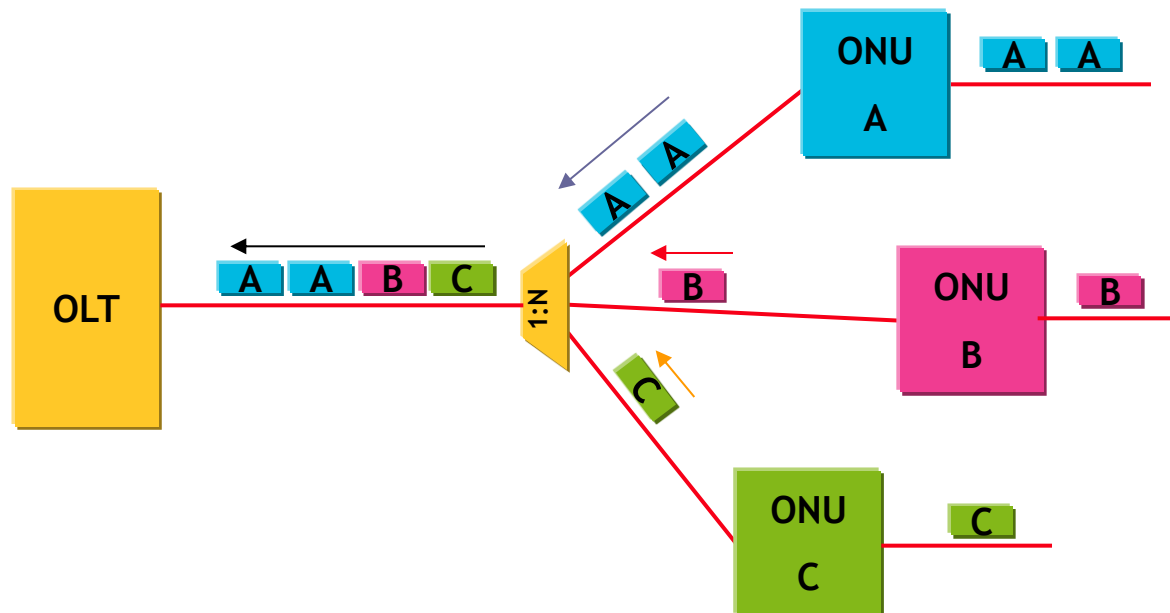
- ❑ Az összes ONT egy felfelé irányuló csatornán osztozik
- ❑ Az ONU-k közötti adatforgalom közvetlenül nem megoldható
- ❑ A splitter és az OLT közötti szakaszon ütközés léphet fel
- ❑ Az ONT-k nem érzékelik az ütközést



TDM alapú PON

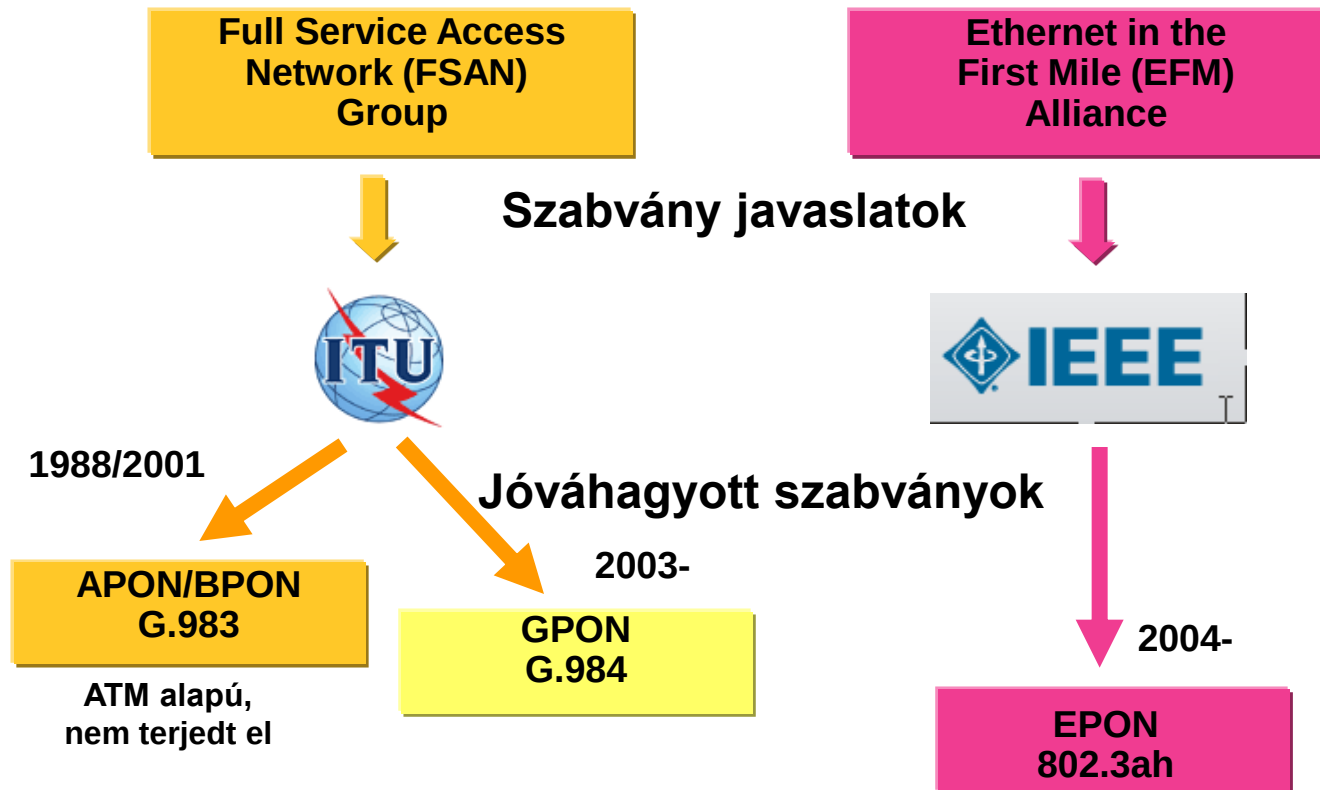
Felfele irány, a megoldás:

- ❑ A forgalom meghatározott időszelletekre osztása
- ❑ Ranging (távolságmérés) mechanizmus alkalmazása, megfelelő adási időzítéssel
- ❑ Az egészet az OLT vezérli



PON szabványok

(Vizsgára nem kell tudni.)



PON rendszerek összehasonlítása

	Gigabit Passive Optical Network: GPON	Ethernet Passive Optical Network: EPON
Szabványosító szervezet	ITU-T	IEEE
Közeghozzáférés	TDM	Ethernet
Elterjedtség	Európa, USA	Ázsia
Beszédátvitel	Beszédinformációnak fenntartott hely a keretekben	Beszéd az adatok között, QoS-t kell biztosítani
TV jel átvitele	USA-ban analóg módon külön sávon (1550 nm), amúgy IP	IP

GPON sebességek

- ❑ Ma használt felfele irányú aggregált sebesség: 1,2 Gb/s
- ❑ Ma használt lefele irányú aggr. sebesség: 2,5 Gb/s
- ❑ Ez pl. 32 részre osztva felhasználónként:
 - Fel: 37 Mb/s
 - Le: 78 Mb/s
- ❑ Már vannak 10 Gb/s rendszerek is...

PON továbbfejlesztések

- XG-PON: 10 Gb/s le, 2,5 fel
 - XG-PON1 (G.987) (közeljövő)
 - új hullámhossz a 10 Gb/s átvitelre
 - GPON kompatibilis, nem kell az optikai hálózatot cserélni
 - sőt, első körben az ONU-t sem, akkor az ott marad GPON
 - sőt, a régi OLT is megmarad, csak beraknak mellé egy újat, az új hullámhosszakra
 - a régi ONU a régi OLT-hez csatlakozik, az új az újhoz (kompatibilitás)
 - XG-PON2 (fejlesztés alatt)
 - új rendszer, nem kompatibilis a GPON hálózattal
 - WDM
- 10G EPON is van: 802.3av

PON továbbfejlesztések

- Reach extension: hatósugár kiterjesztés
 - 20 km fölé
 - vidéken vagy pl. távoli bázisállomásokhoz
 - alapprobléma: optikai jelszint növelése
 - megoldás: aktív splitter, optikai erősítővel
 - kell hozzá elektromos táplálás (PON, de mégsem passzív!)

PON továbbfejlesztések

□ WDM PON

- Wavelength Division Multiplexing, hullámhosszosztásos nyalábolás
- (FDM, de optikában inkább hullámhosszokról beszélnek)
- jelenleg is fejlesztés alatt
- nem időben, hanem hullámhosszban különülnek el az egyes ONU-k
- Pár probléma:
 - az ONU-knak nem lehet dedikált hullámhosszuk, mert akkor pl. 64 féle ONU-t kéne raktározni
 - nagyon stabil lézer kellene az ONU-kba, ami az adott hullámhosszon működik, és ez túl drága
 - vannak ügyes, trükkös megoldások, de még nincs szabvány, nincsenek gyártásban

Összefoglalás

- Az optika alkalmazása az előfizetői hálózatokban elkezdődött
- Egymással versengő technológiák: pont-pont, pont-multipont, aktív, passzív
- Különféle szabványos megoldások vannak
- Európában beválni látszik: GPON
- Tovább fejlesztési lehetőségek: 10 Gbit/s, WDM PON



Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Beszédátvitel IP felett: VoIP

Beszédkódolók

Németh Krisztián

BME TMIT

2014. okt. 6-14.



A tárgy felépítése



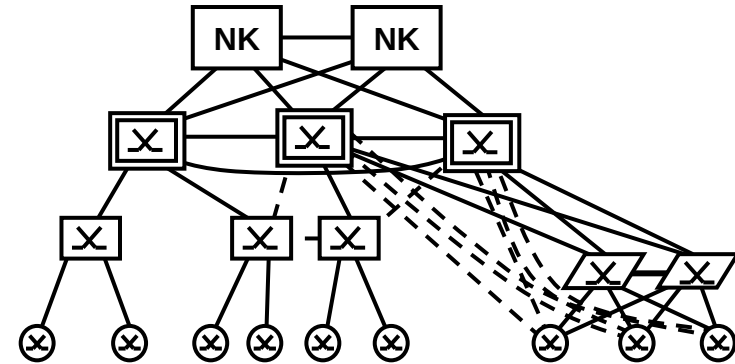
- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- **3. VoIP, beszédkódolók** ←
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

Beszédátviteli hálózatok

- VoIP = Voice over IP, beszédátvitel IP felett
 - („Voice” magyarul „beszédhang”, nem pusztán „hang”)
 - Egyértelmű tendencia!
- Beszédátvitel:
 - PSTN
 - ISDN
 - (ATM $\Rightarrow$ nem jött be)
 - Mobil rendszerek
 - IP (=VoIP)

Miért jó a VoIP?

- Alapötlet: felesleges két hálózatot fenntartani
- A beszédforgalom IP szemmel nézve nagyon kis sávszélességű
 - 6...64 kb/s egy beszédcsatorna
 - kb. 200 Mb/s gerinchálózat
- A lakásban/irodában is kevesebb lesz a vezeték
- Csökkenthetőek a költségek
- Nem csak hangátvitel, hanem integrált adat-, képátvitel is
 - pl. URL küldése beszélgetés közben,
 - annak megtekintése
 - web alapú telefonkönyv



VoIP architektúrák

- Első ránézésre IP alkalmazási rétegbeli probléma
 - Valamilyen szinten igaz. Azonban léteznek:
 - célprotokollok
 - különböző feladatokra: adatátvitel, kapcsolatfelépítés
 - célhardverek
 - végberendezések, hálózati csomópontok

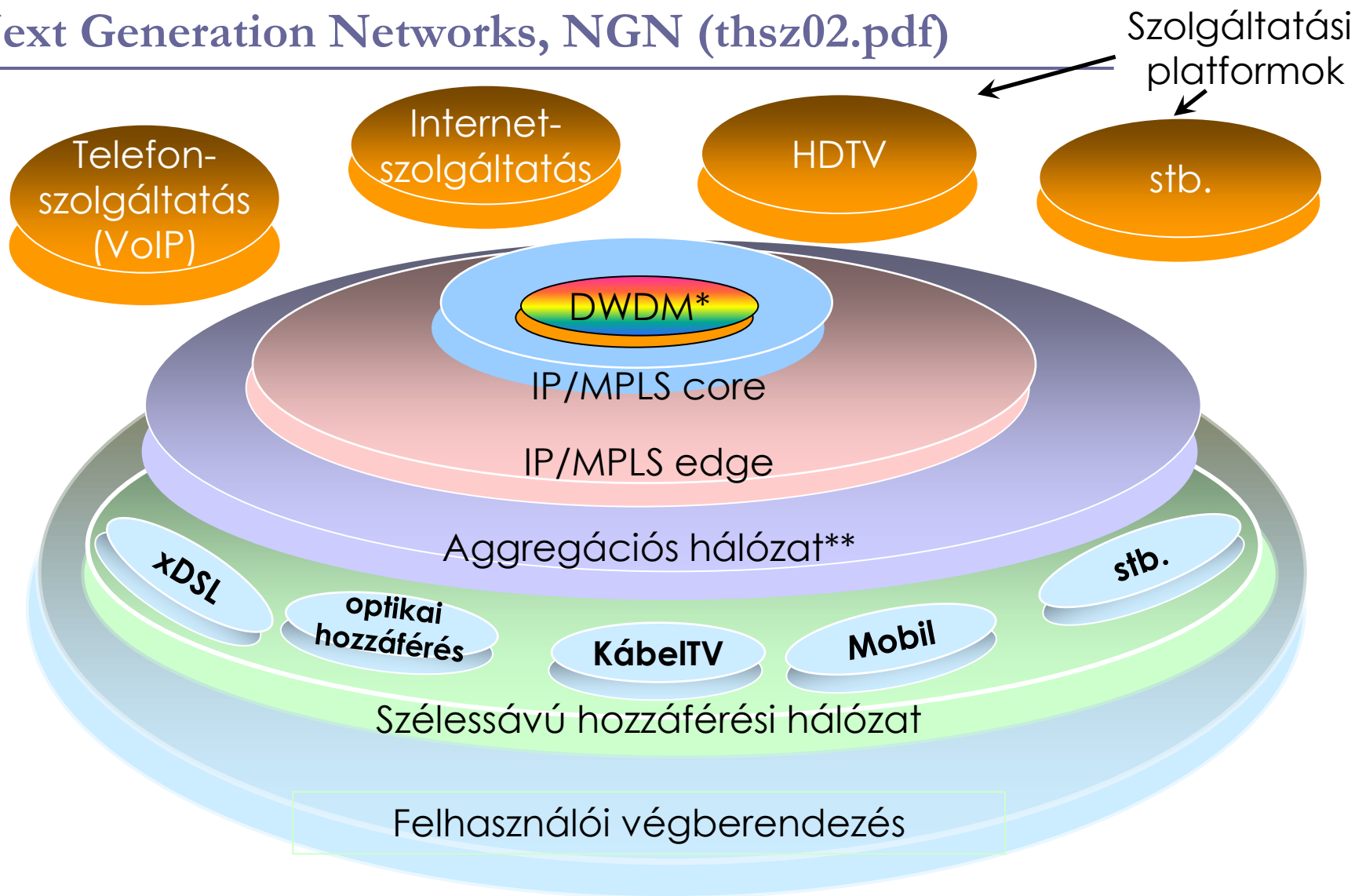
VoIP architektúrák

- VoIP általános fogalom. Kérdés: a hálózat melyik része IP?
- Gerinchálózatban
 - A trónkók IP-re cserélése, a kapcsolóközpontok megmaradnak TDM-ek ($\Rightarrow$ ld. 4-es fejezet) (átmeneti megoldás)
 - A „kapcsolás” is IP alapú (=útválasztás), azaz a teljes gerinchálózat IP
- Hozzáférői hálózatban, PSTN végberendezések
 - IP eszközökhöz csatlakoznak
 - ma leggyakoribb: kábelmodem, ADSL Home Gateway
 - de lehet más is:
 - PC kártya
 - IP router PSTN interfésszel
 - IP alapú tel. kp. (ld. 1. mérés!)
 - ezek az eszközök végzik a PSTN/VoIP átjárást
 - pl. tárcsahang generálás, jelzés fordítás, stb.

VoIP architektúrák

- Hozzáférői hálózatban, IP alapú végberendezések
 - VoIP végberendezés
 - kinézetre hasonlít egy „hagyományos” telefonhoz (ld. 1. mérés!)
 - IP címmel
 - Ethernet csatlakozóval
 - plusz szolgáltatásokkal (pl. webböngésző)
 - Softphone = VoIP szoftver
 - pl. Skype, MSN, ICQ, stb.
 - futhat PC-n, laptopon, PDA-n, mobiltelefonon is
 - Kell egy VoIP/PSTN átjáró a VoIP hálózat határán

A jelen/közeljövő távközlő hálózata: Új generációs hálózatok, Next Generation Networks, NGN (ths02.pdf)



*DWDM = Dense Wavelength Division Multiplexing, sűrű hullámhosszosztású nyalábolás. (Ez egyfajta nagy kapacitású optikai hálózat, ld. majd: Gerinchálzati technikák fejezet)

** (OSI) Layer 2, azaz még nem IP. Újabban pl. gyakran Ethernet.

VoIP funkciók

□ Négy funkcióhalmaz

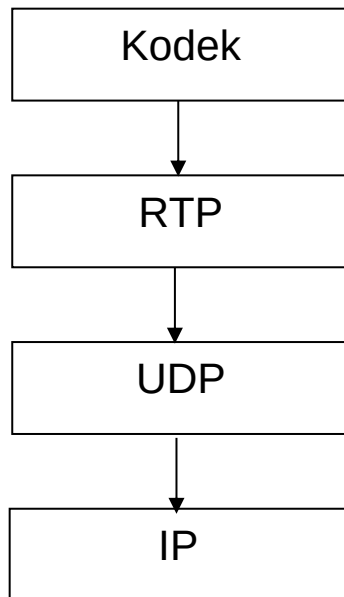
1. beszédkódolás és dekódolás
2. beszédcsomagok szállítása
3. jelzési feladatok
4. együttműködés más VoIP/PSTN hálózatokkal (gateway funkciók)

1. Beszédkódolás és dekódolás

- Azaz kodekek
- Egy ilyen már ismerünk: PCM
- Lesz még sok, ld. hamarosan
- A lényeg most: ezek kimenete egy kb. 5-64 kb/s sebességű bitfolyam

2. Beszédcsomagok szállítása

- Tipikusan UDP csomagba ágyazott RTP csomagban (ld. Szg-hálózatok tárgy)



IP fejrész (20 byte)	UDP fejrész (8 byte)	RTP fejrész (12 byte)	Beszéd-információ (4-100 byte)
----------------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------------

□ Nagyobb IP csomag:

- kisebb overhead
- nagyobb késleltetés
 - ajánlott a teljes egyirányú késleltetést („szájtól fülig”) 150 ms alatt tartani, de 400 ms felett semmiképp se

VoIP funkciók

3. Jelzési feladatok

- Legfontosabb: kapcsolat felépítése, bontása
- Sok jelzésrendszer-ajánlás. A két legelterjedtebb:
 - H.323 (ITU -- International Telecommunication Union)
 - SIP (IETF -- Internet Engineering Task Force)
 - Id. Számítógép-hálózatok tárgy

4. Együttműködés más VoIP/PSTN hálózatokkal (gateway funkciók)

- Kell egy átjáró, amelyik beszéli a PSTN és VoIP hálózatok nyelvét is
 - mindhárom fenti szempont szerint, *például*:
 - PCM ↔ G.729 (ez egy VoIP kodek)
 - SDH (TDM átvitel rendszer) ↔ IP/UDP/RTP
 - PSTN jelzések (pl. SS7, ld. később) ↔ H.323

- IMS = IP Multimedia Subsystem, IP multimédia alrendszer
- Fix (=vezetékes) és mobil hálózatok IP alapú gerinchálózatának a megvalósítására való architektúra
- Az adatok IP csomagokban, routereken át
- Más hálózatok felé konvertálni kell az adatok formátumát és a jelzéseket is
 - ezekre külön szerverek vannak
- Külön szerverek a jelzések kezelésére
- Alkalmazásszerverek, amelyek az egyes funkciókat valósítják meg
 - pl. konferenciabeszélgetés felépítése

(ez a dia nem vizsgaanyag!)



VoIP és a QoS

- QoS = Quality of Service, szolgáltatminőség
 - e nélkül: Best Effort, „legjobb szándék”, ez van most az IP-ben
- RTP nem nyújt ilyen szolgáltatást
- Ez az alacsonyabb rétegek dolga
 - hiszen egy csomag elvesztése a felsőbb rétegekben csak jelentős késleltetéssel javítható (újraküldés)
 - egy csomag késleltetése a felsőbb rétegekben már nem javítható (időgép kéne...)
- Tehát a VoIP erre támaszkodik
 - Nehogy egy nagy fájl letöltése tönkretégye egy beszélgetés minőségét
- Ilyen (=IP QoS) mégis csak korlátozottan van
 - Id. következő dia

IP QoS paraméterek:

- csomagvesztés aránya
- csomagtöbbszörözés aránya
- téves csomagkézbesítés aránya
- csomagkésleltetés
- a késleltetés ingadozása
- sávszélesség (szigorúan véve mennyiségi, nem pedig minőségi paraméter...)

VoIP és a QoS

Létező QoS megoldások:

- Integrated Services, Differentiated Services
 - IETF ajánlások, de nem terjedtek el a gyakorlatban
- Csomag prioritások, hálózat túlméretezés
 - Minőségi garancia itt sincs, csak prioritásos kezelés
 - Csak zárt, korlátozott belépéssel rendelkező hálózatokban működik
 - „Az” Interneten általában nem
- Ezért jó lehet a hangminőség a vállalati VoIP rendszerekben, a VoIP alapú szolgáltatóknál
- Ezért csak néha jó a Skype, MSN, ICQ, ... hangminősége
- Van még: hívásbeengedés (Call Admission Control, CAC)
 - csak adott számú VoIP hívás léphet be a rendszerbe
 - csak akkor ér valamit, ha megoldottuk, hogy pl. egy letöltés nem szorítja ki az összeset

A VoIP kihívásai

- A PSTN/ISDN/mobil (pl. GSM/UMTS) hálózatok „bombabiztosra” vannak tervezve
 - Magas rendelkezésre állás
 - Nagy megbízhatóságú eszközök
 - Tartalékolás
 - Alaposan tesztelt protokollok
 - Zárt hálózat (betörésvédelem)
 - Sok-sok-sok év tapasztalata
- Garantált szolgáltatásminőség
 - hála az áramkörkapcsolásnak
- Többlatszolgáltatások
 - Pl. a segélyhívásnak egy száma van, de mindig a helyi központba fut be a hívás
- *VoIP alapú hálózatoknál mindez természetesen szintén szükséges!*

Kitérő: Távbeszélő hálózatok megbízhatósága

(Kitérő, de vizsgaanyag!)

- 0,99999 rendelkezésre állás
 - 20 évente 1 óra leállás!! (az egész központra, kisebb részekre nagyobb hibaarány engedélyezett)
- A megvalósítás eszközei:
 - működő hardver
 - melegtartalékolás
 - csak egy hiba kivédésére jó → részegységenkénti tartalékolás
 - szinkron üzemmódú tartalékolás, vagy
 - terhelésmegosztásos tartalékolás
 - hiba esetén kisebb teljesítménnyel, de működik
 - + logika, ami (jól) detektálja a hibát, és átkapcsol
 - hidegtartalékolás
 - kevésbé kritikus elemeknél
 - tápellátás folyamatossága
 - betáplálás több úton
 - akkumulátorok (~3-4 óra)
 - generátorok (teherautóra szerelt is) -- csak a dízelolaj mennyisége korlátozza az üzemidőt
 - végberendezés: távtáplálás (mobil nem...)

Kitérő: Távbeszélő hálózatok megbízhatósága

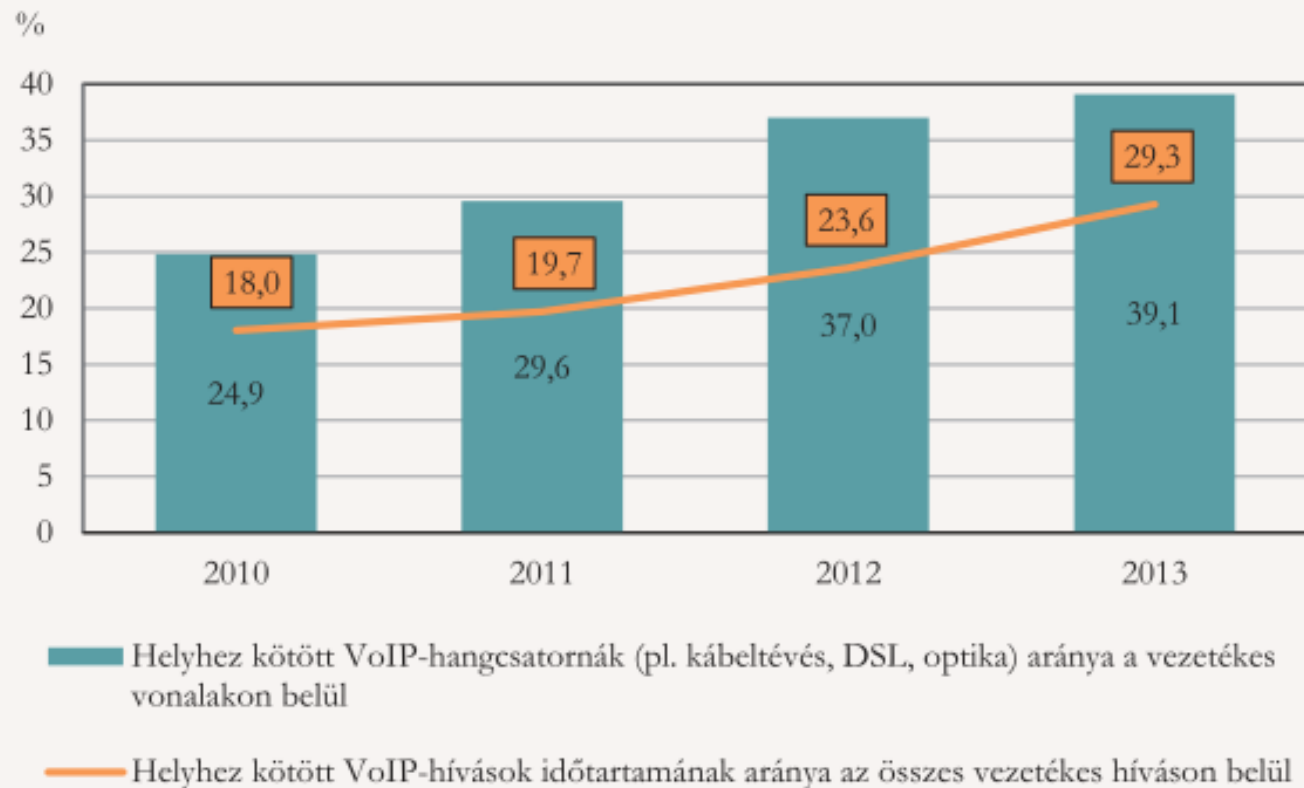
- 0,99999 rendelkezésre állás
- A megvalósítás eszközei:
 - működő hardver
 - tápellátás folyamatossága
 - működő szoftver
 - hibamentes
 - együttműködő különböző gyártók esetén
 - *igenis lehet komplex rendszerek esetén is (majdnem) hibamentes kódot írni!!*
 - megbízható architektúra
 - e célra tervezték
 - alaposan tesztelt, évek során finomított
 - külső támadás lehetősége minimális
- *VoIP-nál is szükséges ez!*

Kitérő: Távbeszélő hálózatok megbízhatósága

- Valóban működő rendszer!
- Ritka kivételek azért akadnak, pl:
 - Magyarország, 1998. december. „Hirtelen havazás”, GSM hálózatok rövid időre összeomlanak. (Szilveszterkor nem omlanak össze a rendszerek, csak átmenetileg túlterhelődnek)
 - AT&T 1990. jan. 15. SS7 szoftver downgrade segített -- egy fél nap után

VoIP jelen

A helyhez kötött VoIP-telefonálás fejlődése



VoIP jövő

- Egyértelmű minden téren a VoIP térhódítása
 - már az új mobilhálózatok is IP alapúak
 - a PSTN/ISDN gerinchálózatok szintúgy gyakran IP alapúak
 - sőt a hozzáférést is gyorsan cserélik VoIP-re: IP alapú eszközökkel váltják ki a helyi központokat
 - sok vállalati rendszert lecseréltek teljesen VoIP-ra
- Akkor igazi siker, ha sikerül mindkét világból a pozitívumokat átmenteni:
 - Internet: olcsó (ingyenes?), sok szolgáltatás, dinamikusan változó alkalmazások
 - Telefónia: garantált minőség, nagy rendelkezésre állás

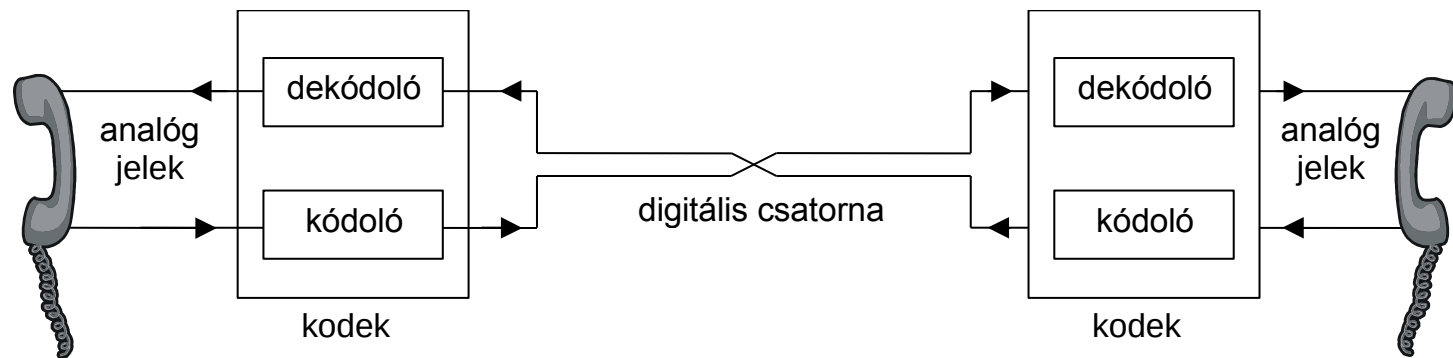
A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- **3. VoIP, beszédkódolók** ←
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

Beszédkódolók

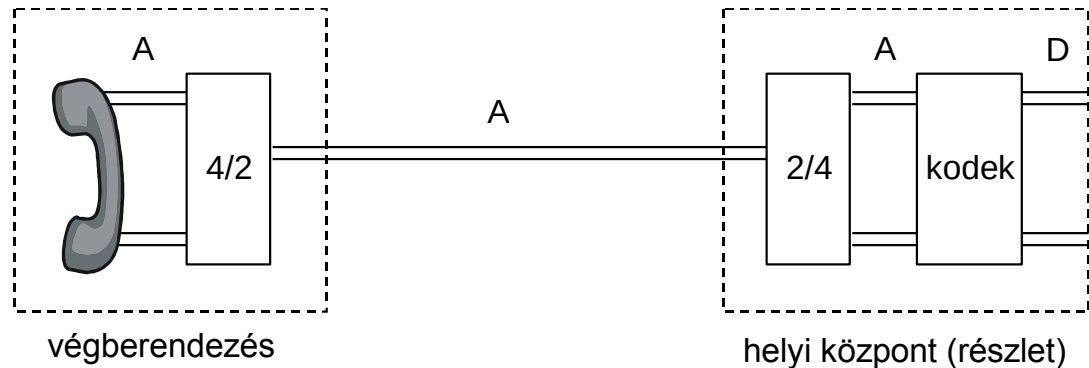
- Beszéd digitalizálása: kodek (KÓdoló, DEKódoló), codec (COder, DECoder)



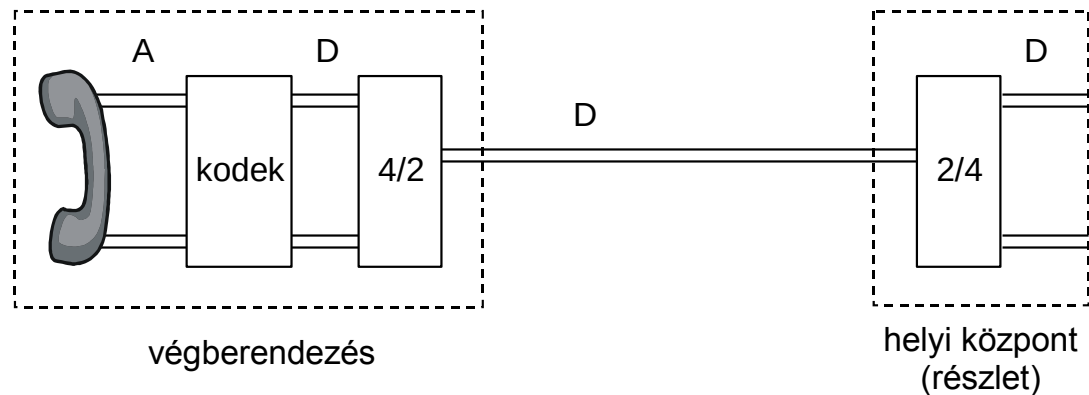
- Megj.: általában a kodek A/D -D/A átalakító, lehet pl. filmhez is
- Mi most csak beszédkódolókkal foglalkozunk
- Ugyanaz a kódoló mindkét oldalon, vagy hálózaton belüli konverzió
- Kodek: főleg fekete doboz (black box) szemlélet most

2/4 huzalos rendszerek

- Négyhuzalos rendszer:
 - két érpár
 - egy érpáron egyirányú jeláramlás
- Kéthuzalos rendszer
 - ugyanazon az érpáron kétirányú jeláramlás
- Kodek mindig négyhuzalos (felépítése miatt)
- Kézibeszélő négyhuzalos (értelemszerű)
- Előfizetői hurok kéthuzalos (így olcsóbb)
- Központon belüli feldolgozás manapság négyhuzalos (így egyszerűbb)



(a) analóg végberendezés

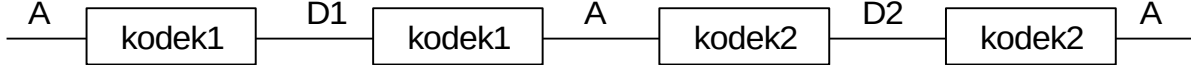


(b) digitális végberendezés

Kodek jellemzők

- bitsebesség
 - 2,4 -- 64 kb/s
- beszédhangminőség
 - nehéz objektíven mérni
 - MOS (Mean Opinion Score, átlagolt véleménypontok):
 - 15-40 ember pontoz több mintát, az egészet átlagolják
 - 1: elfogadhatatlan, 2: gyenge, 3: közepes, 4: jó, 5: tökéletes
 - 4 felett: nagyon jónak számít
- kódolási késleltetés
 - minél nagyobb időszületet dolgozunk fel egyszerre, annál jobban tömöríthetünk -- nagyobb késleltetés árán
 - 0,125 – 80 ms
- komplexitás
 - főleg régebbi mobil eszközök esetében volt fontos
 - mértékegység: MIPS (Million Instructions Per Second, millió utasítás másodpercenként)

Kodek jellemzők

- robosztusság
 - hiba esetén nincs idő újraadásra
 - rádiós átvitel hibaaránya kb. 10^{-3}
 - hibajavító kódolás, FEC (Forward Error Correction, előremenő hibajavítás)
- tandemizálhatóság és átkódolhatóság
 - önmagával vagy más kodekkel egymás után csatolása:


```
graph LR; A1[A] --> K1[kodek1]; K1 -- D1 --> K2[kodek2]; K2 -- D2 --> A2[A];
```
 - hogyan tűri?
- átlátszóság
 - DTMF (Dual Tone MultiFrequency, kéthangú többfrekvenciás jelzésátviteli rendszer), adatátvitel lehetséges?
- adaptivitás
 - terhelés esetén kisebb jelsebesség
 - de: hálózat nehezebben tervezhető

Kódoló típusok

□ Hullámforma kódoló

- analóg jel alakjának a megőrzése
- jó minőség
- nagy sebesség
- átlátszóság

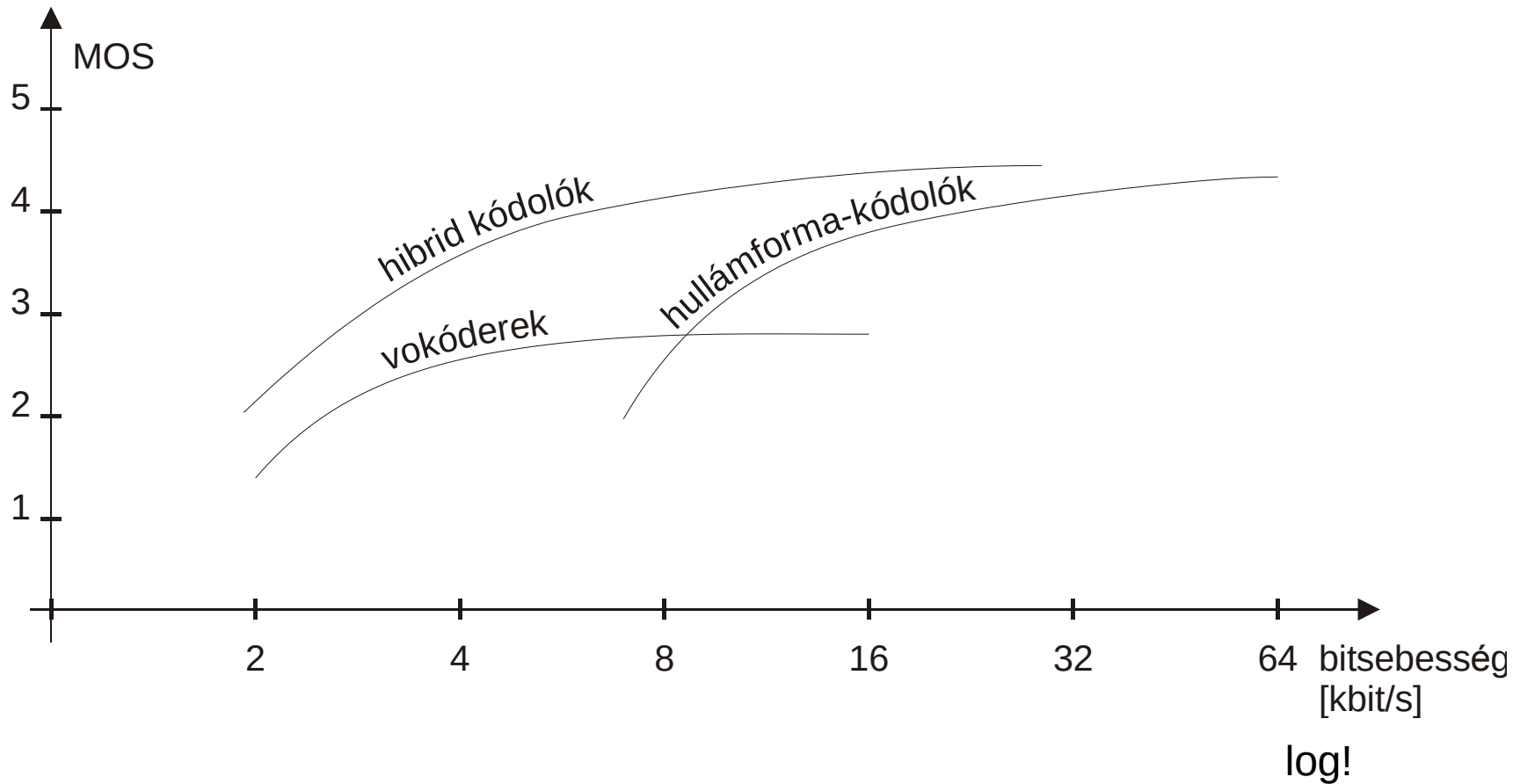
□ Vokóder

- adó oldalon: beszédből jellemző paraméterek kiszűrése
- vevő oldalon: ezek alapján beszéd szintetizálás
- kis sebesség
- eredetire nem nagyon hasonlító hang

□ Hibrid kódoló

- előbbiek keveréke

Kódoló típusok



Kódoló típusok

A bekeretezett rész a vizsgaanyag

Kódoló neve	Szabvány	Fő alkalmazás	Szabvány/bevezetés éve	Adatsebesség (kb/s)	Beszédhangminőség (MOS)	Kódolási késleltetés (ms)	Számítási komplexitás (MIPS)
PCM	G.711	vezetékes távb. h.	1972	64	4,5	0,125	0,52
ADPCM	G.721/ G.726	vezetékes távb. h.	1984* / 1990	16/24/32*/ 40	4,1*	0,125	7,2
(GSM) FR	GSM 06.10	GSM	1989	13	3,7	20	4,5
(GSM) HR	GSM 06.20	GSM	1994	5,6	3,5	24,4	17,5
(GSM) EFR	GSM 06.60	GSM	1995	13	4,0	20	14,4
AMR	GSM 06.90	3G mobil távb. h.	1998	4,75-12,2	3,5-4,0	20	15-25
AMR-WB**	G722.2	3G mobil t.h.	2004	6,6-23,85	3,6-4,2	25	20-30
G.723.1	G.723.1	VoIP	1996	6,3 5,3	3,9 3,6	30 30	15 20
G.729	G.729	VoIP	1996	8	4,0	15	11
LPC-10	LPC-10	katonai	1976	2,4	2,3	≥ 22,5	7
*: G.721	**Id. következő dia						

FR: Full Rate, teljes sebességű

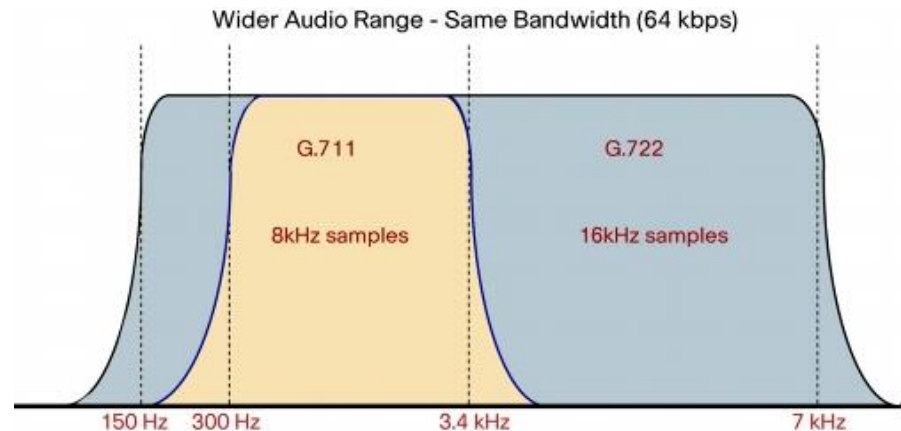
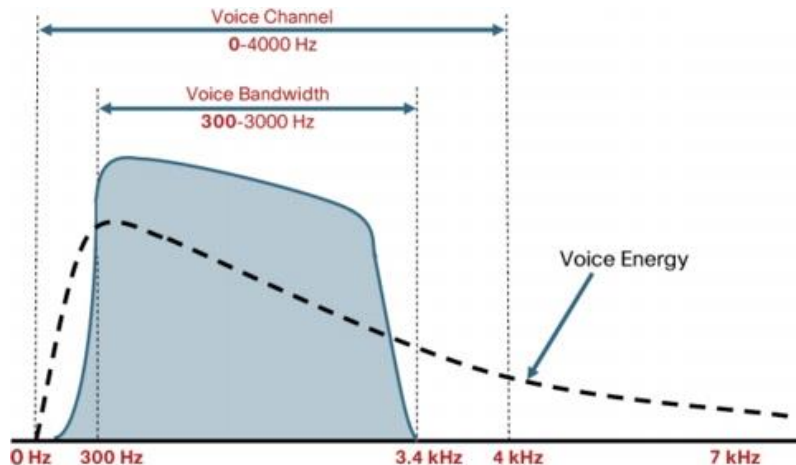
HR: Half Rate, félsebességű

EFR: Enhanced Full Rate, javított teljes sebességű

AMR(-WB): Adaptive Multirate (-Wideband), adaptív többsebességű, szélessávú

AMR-WB (G.722.2)

- Marketing név: „**HD Hang**”
- 10 éves szabvány, most kezdik bevezetni
 - mindhárom mobilszolgáltatónál
 - hálózaton belül csak
 - kizárólag 3G hálózaton
- Szélesebb spektrum, 16 kHz mintavételezés + más javítások a kódolón: nagyobb adatsebesség, jobb minőség



Picit kitérő: késletetés és minőség

- Egyirányú, szájtól fülig késleltetés
- Forrás: ITU G.114

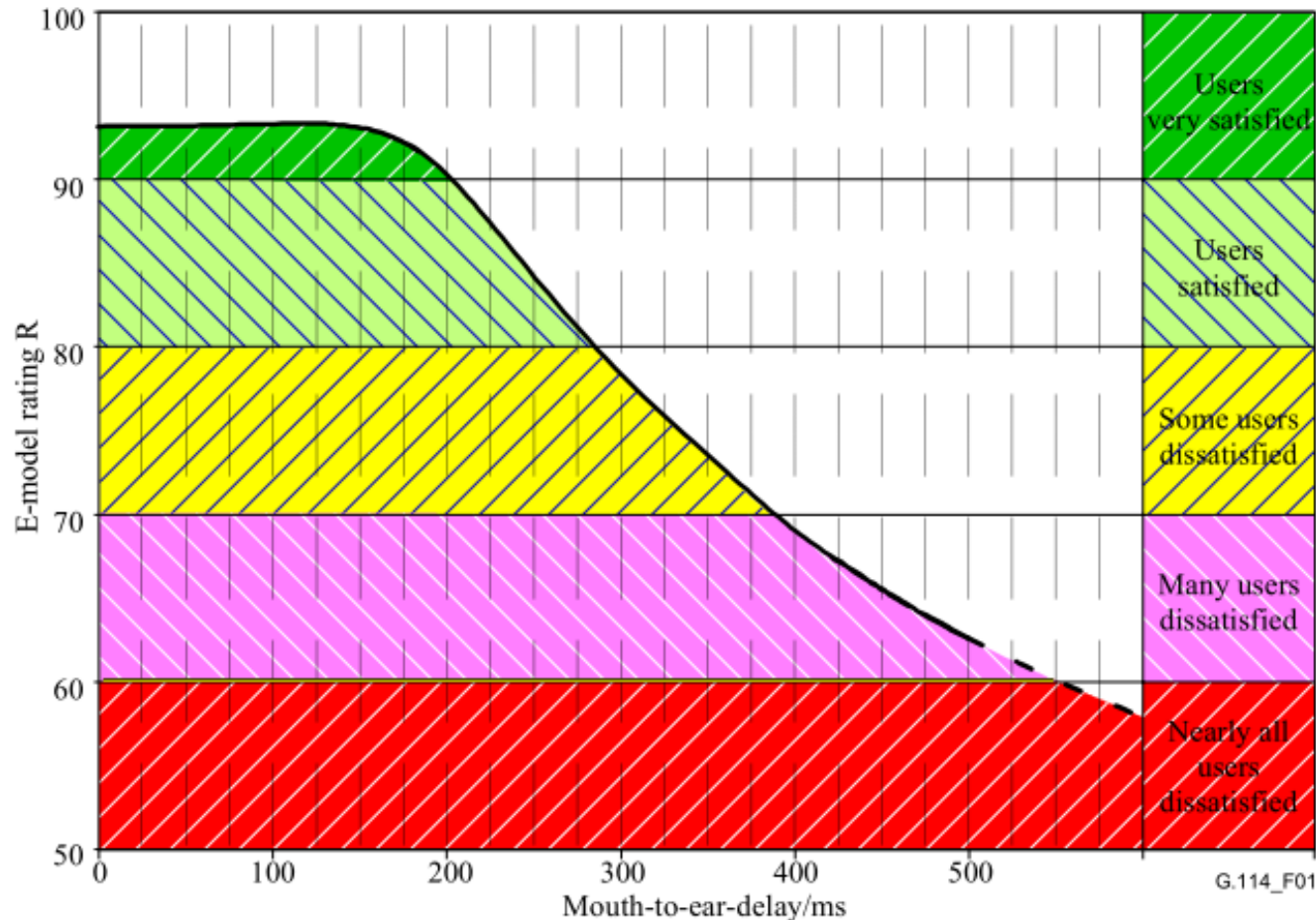


Figure 1/G.114 – Determination of the effects of absolute delay by the E-model

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Kapcsolástechnika

Németh Krisztián

BME TMIT

2014. okt. 14-21.



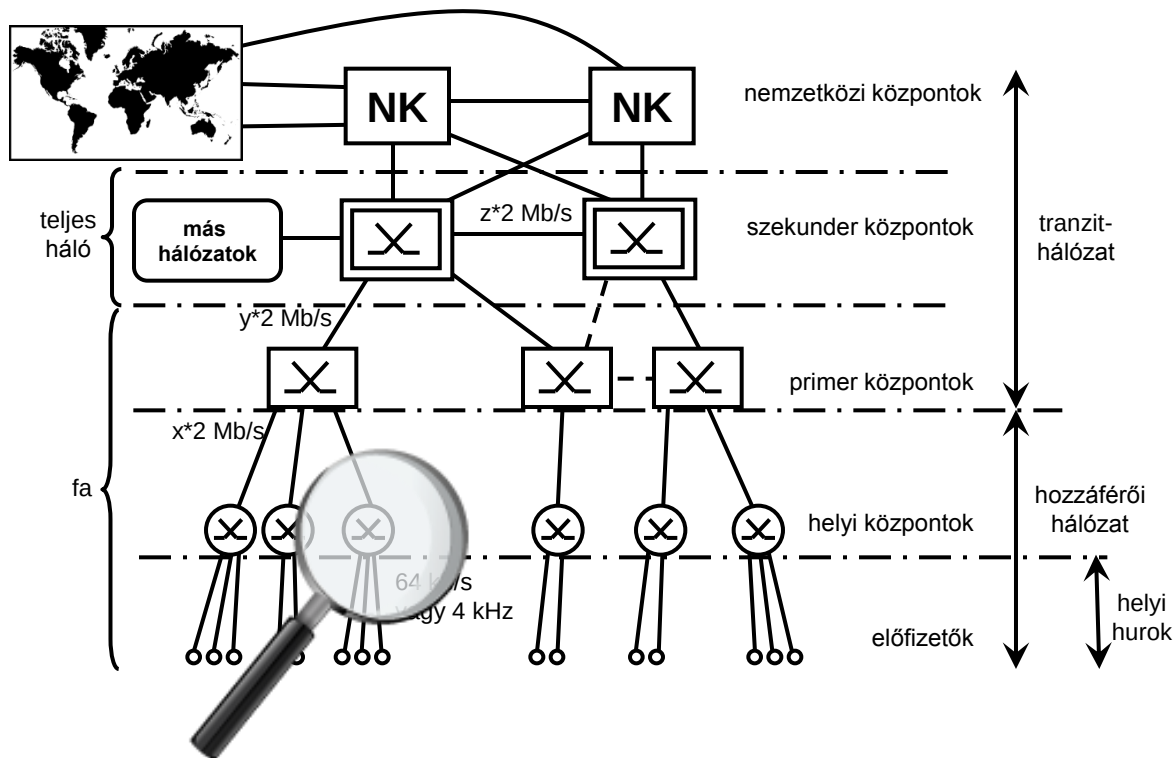
A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP, beszédkódolók
- **4. Kapcsolástechnika** ←
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

Távbeszélő hálózati topológia (ism.)

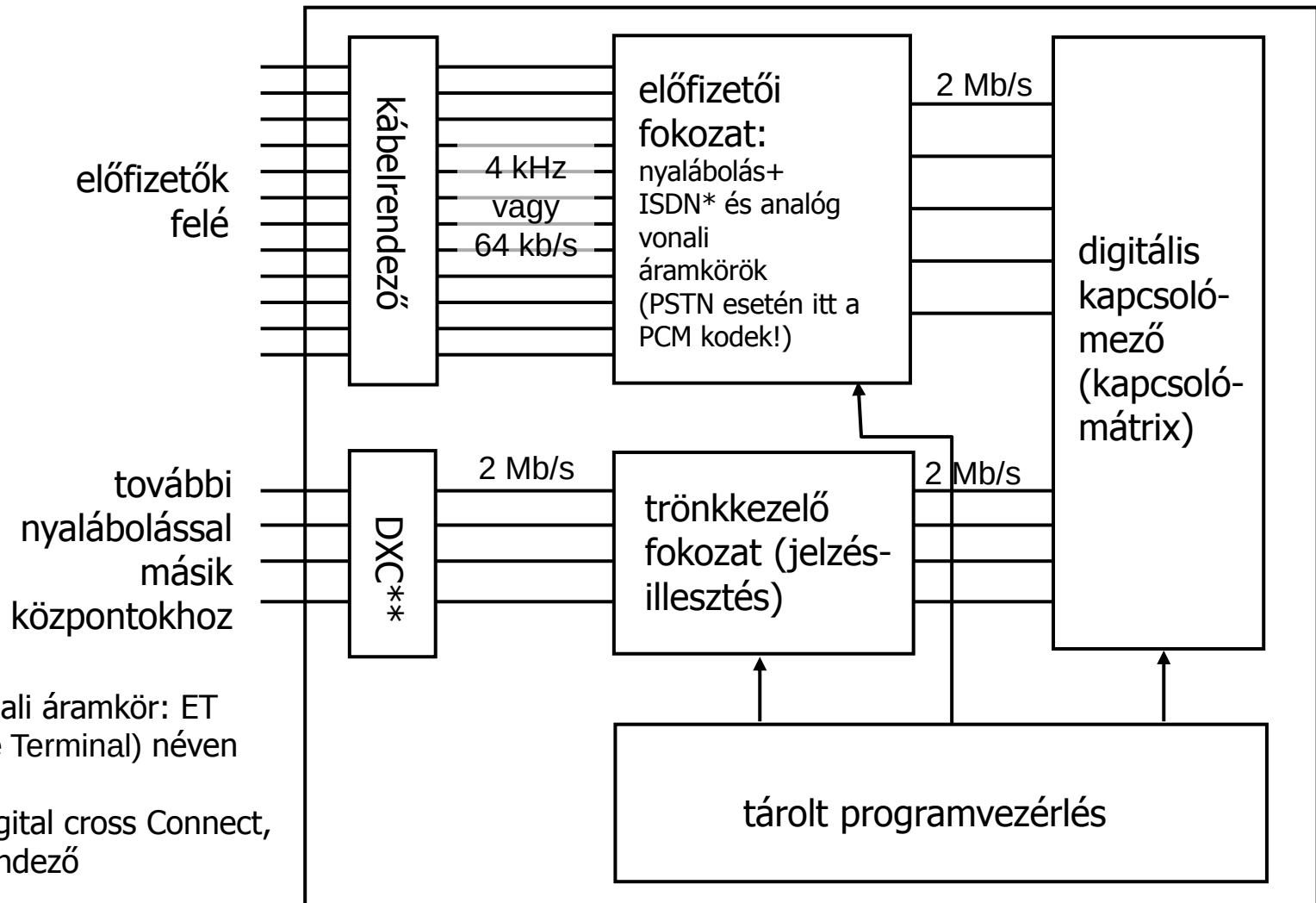
□ PSTN architektúra



Kérdés: hogy néz ki egy (pl. helyi) kapcsolóközpont közelebbről?

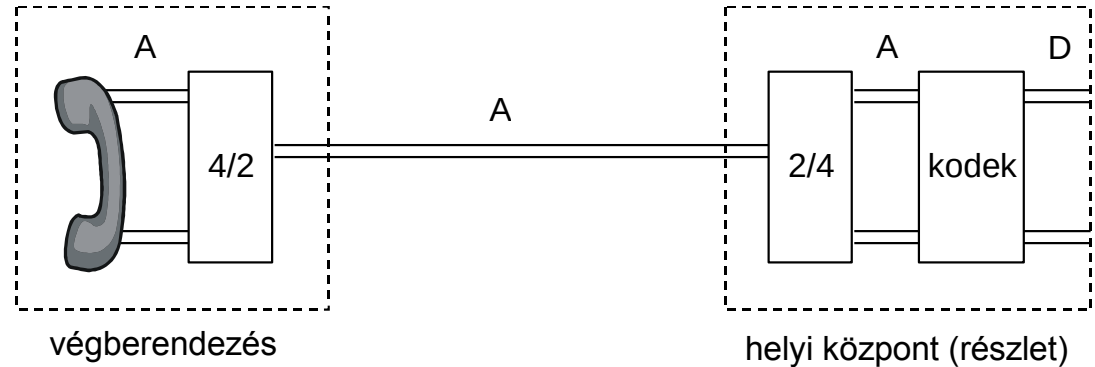
Digitális TPV központ felépítése (vázlat)

□ TPV = tárolt programvezérlés

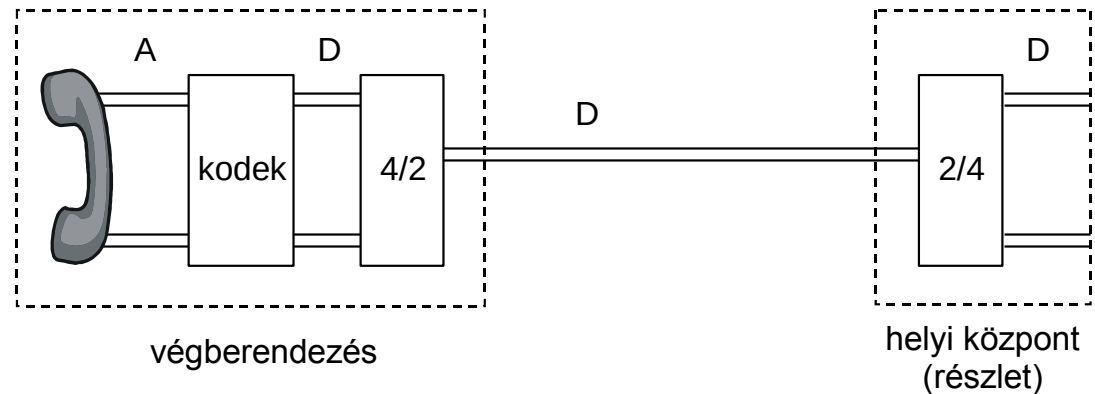


Kicsit kitérő: 2/4 huzalos rendszerek

- Négyhuzalos rendszer:
 - két érpár
 - egy érpáron egyirányú jeláramlás
- Kéthuzalos rendszer
 - ugyanazon az érpáron kétirányú jeláramlás
- Kodek mindig négyhuzalos (felépítése miatt)
- Kézibeszélő négyhuzalos (értelemszerű)
- Előfizetői hurok kéthuzalos (így olcsóbb)
- Központon belüli feldolgozás, központok közötti átvitel négyhuzalos (így egyszerűbb)



(a) analóg végberendezés



(b) digitális végberendezés

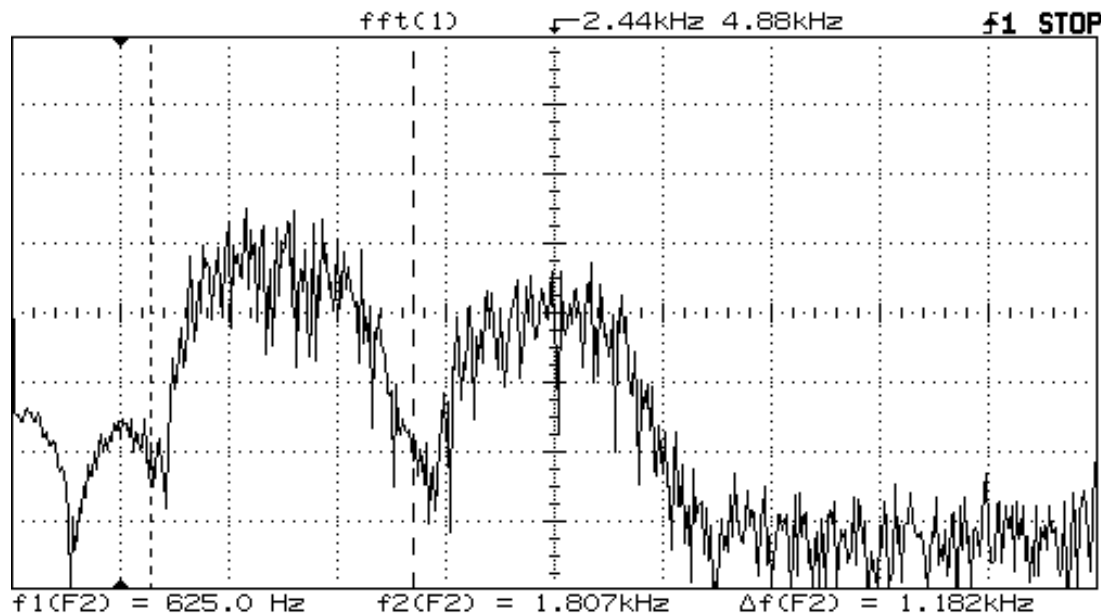
A 2/4 huzalos átalakítás megvalósítása



- Cél: duplex kommunikáció egyetlen érpáron
- Konkrét kérdések:
 - PSTN esetben: 2 x 4 kHz egy érpáron
 - BRA ISDN esetében: 2 x 144 kb/s egy érpáron
- Elvi lehetőségek:
 - szétválasztás frekvenciatartományban
 - szétválasztás időtartományban
 - a két különböző irányú jel szuperponálása, majd szétválasztása
 - Ezeket vesszük sorra a következő fóliákon!

Duplex kommunikáció

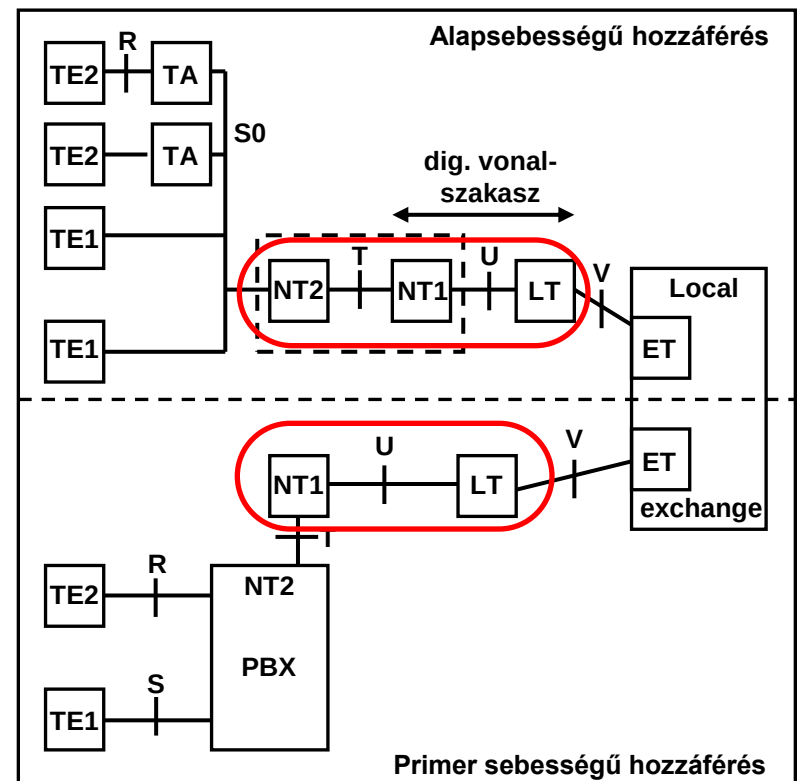
- Elvi lehetőség: szétválasztás frekvenciatartományban
 - (FDD: Frequency Division Duplexing)
 - szétválasztás alul/felüláteresztő szűrőpárokkal (váltószűrő, splitter)
 - pl. V.22 modem szabvány használja (adatátvitelre)



- használják pl. ADSL-ben is
- előfizetői hurkon PSTN/ISDN esetén azonban nem

A 2/4 huzalos átalakítás megvalósítása

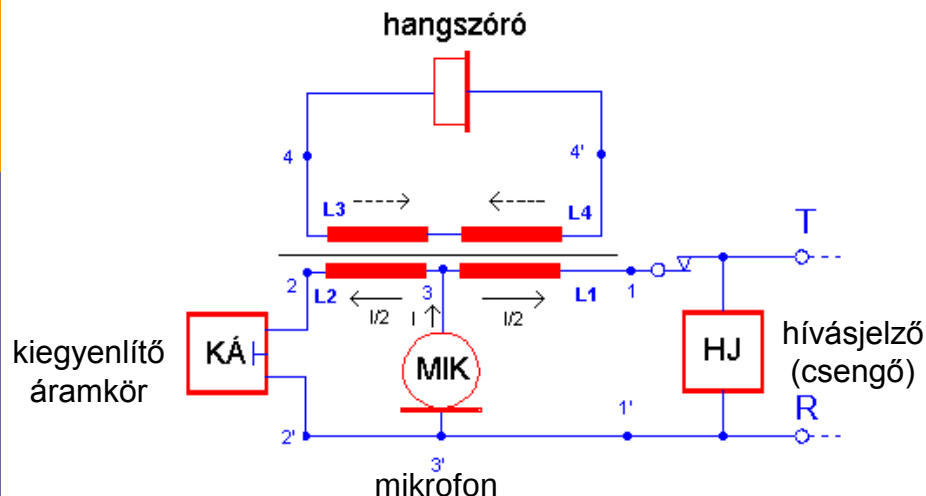
- Elvi lehetőség: szétválasztás időtartományban
 - (TDD: Time Division Duplexing)
 - időkompressziós módszer avagy ping-pong módszer
 - egyszer egyik ad, egyszer a másik
 - pro: egyszerű
 - kontra: magasabb vonali jel-sebesség, számít a vonal késleltetése
 - pl. ISDN esetén használják egyes esetekben az U interfészen
 - nyilvános ISDN hálózatokban ma már nem
 - az egyik tanszéki ISDN rendszer azonban ezt használja



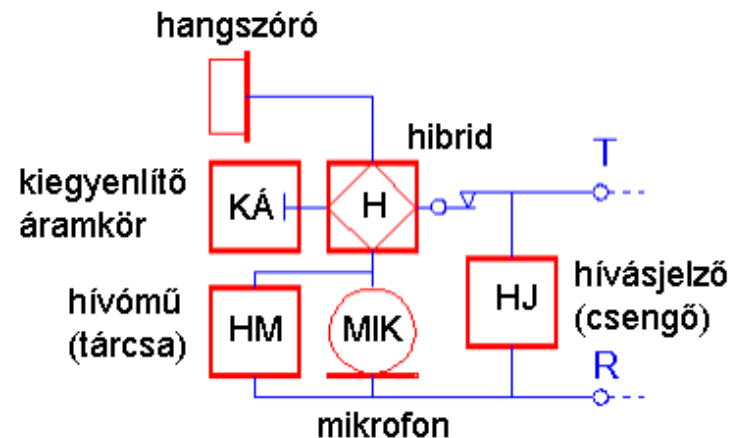
A 2/4 huzalos átalakítás megvalósítása

- Elvi lehetőség: a két különböző irányú jel szuperponálása, majd szétválasztása
 - más néven: villaáramkör, alias hibrid
 - **analóg (PSTN) előfizetői hurokban ez használatos**
 - egyszerű
 - többféleképpen megvalósítható, alább egy transzformátoros megvalósítás látható
 - a mikrofon árama nem jut be a hangszóróba
 - a mikrofon áramának fele jut csak az előfiz. hurokra
 - ha a vonalutánszat (=KÁ, kiegyenlítő áramkör) nem pontos: visszhang keletkezik

analóg távbeszélő készülék:



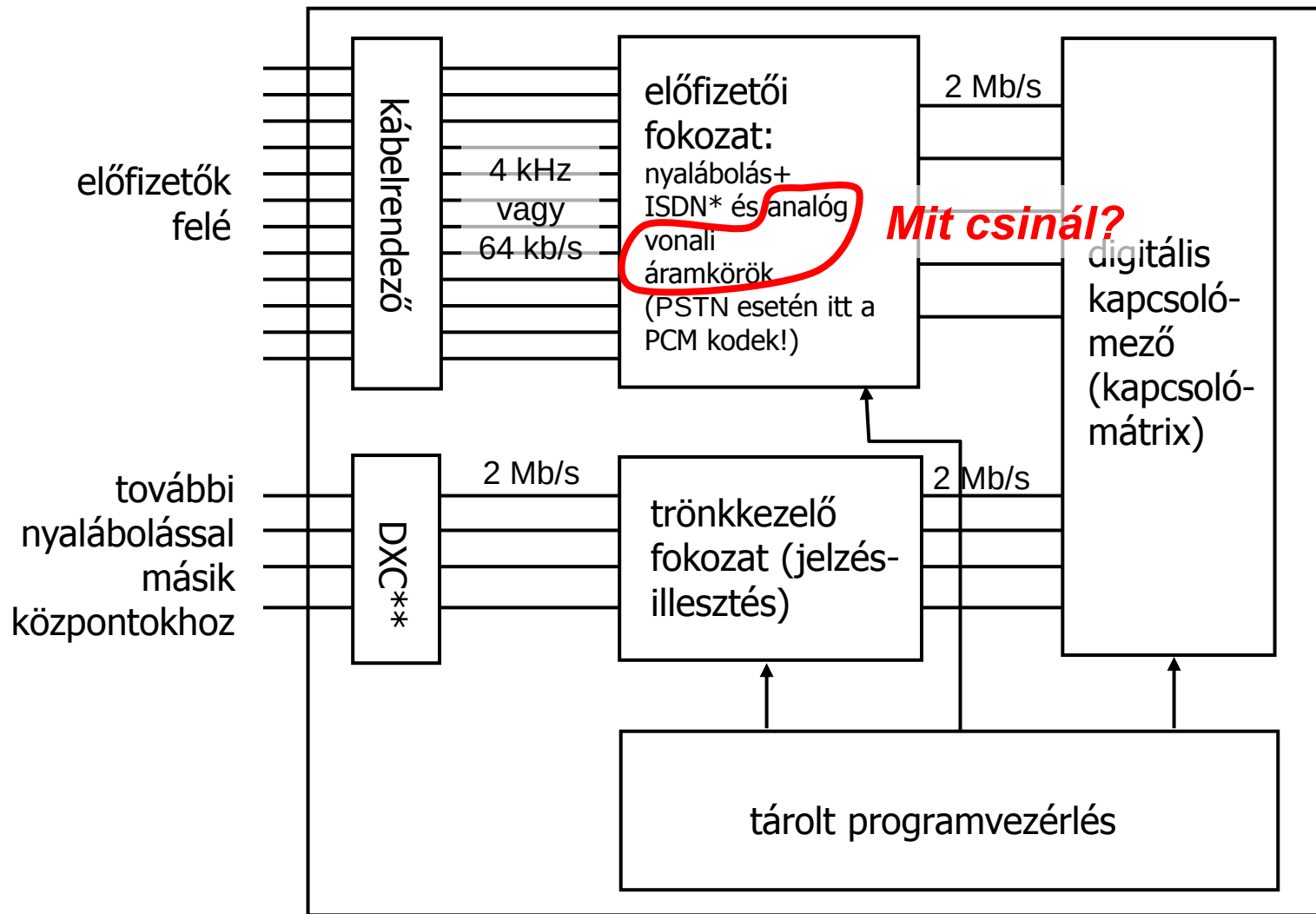
ugyanaz vázlatosabban:



A 2/4 huzalos átalakítás megvalósítása

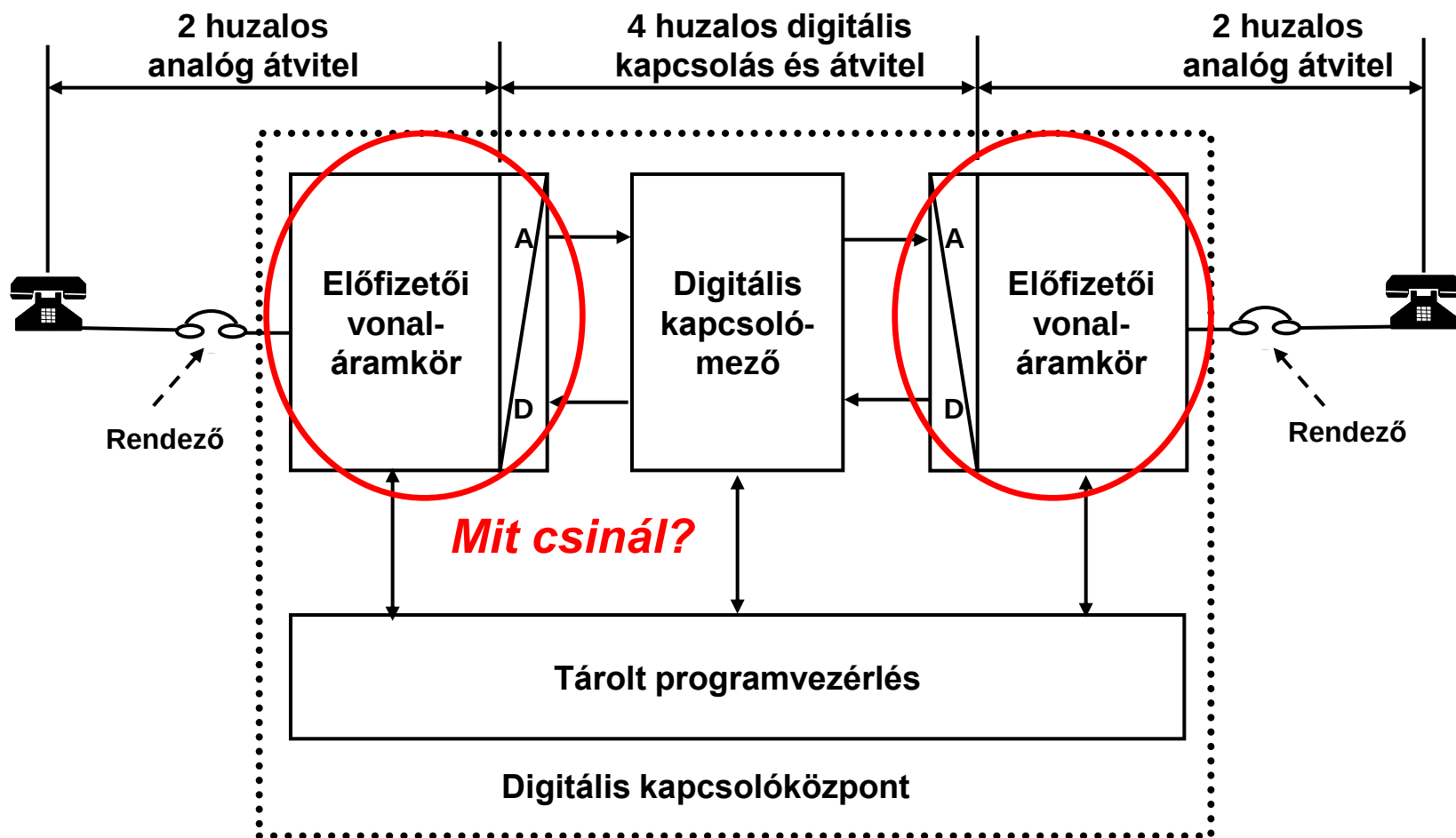
- Elvi lehetőség: a két különböző irányú jel szuperponálása, majd szétválasztása
 - analóg (PSTN) előfizetői hurokban ez használatos
 - ISDN esetében is leggyakrabban ezt használják az U interfészen (előfiz. hurok), kiegészítve az echotörléssel
 - a keletkezett visszhangot kiszűrik, hogy ne zavarja a digitális kommunikációt

PSTN előfizetői vonaláramkör



Az előfizetői vonaláramkör

- Ugyanez egy másik ábrán:



(az ábra feltételezi, hogy a két előfizető ugyanahhoz a központhoz kapcsolódik)

BORSCHT

- **B**attery feeding: távtáplálás
- **O**vervoltage protection: túlfesz. védelem
- **R**inging: a hívott vonal csengetése
- **S**upervision/**s**ignaling: a hurok zárásának figyelése
(kézibeszélő felemelése)
- **C**oding, decoding: A/D, D/A átalakítás (PCM)
- **H**ybridringing: 2/4 huzalos átalakítás
- **T**esting: az előfizetői hurok igény szerinti ellenőrzése



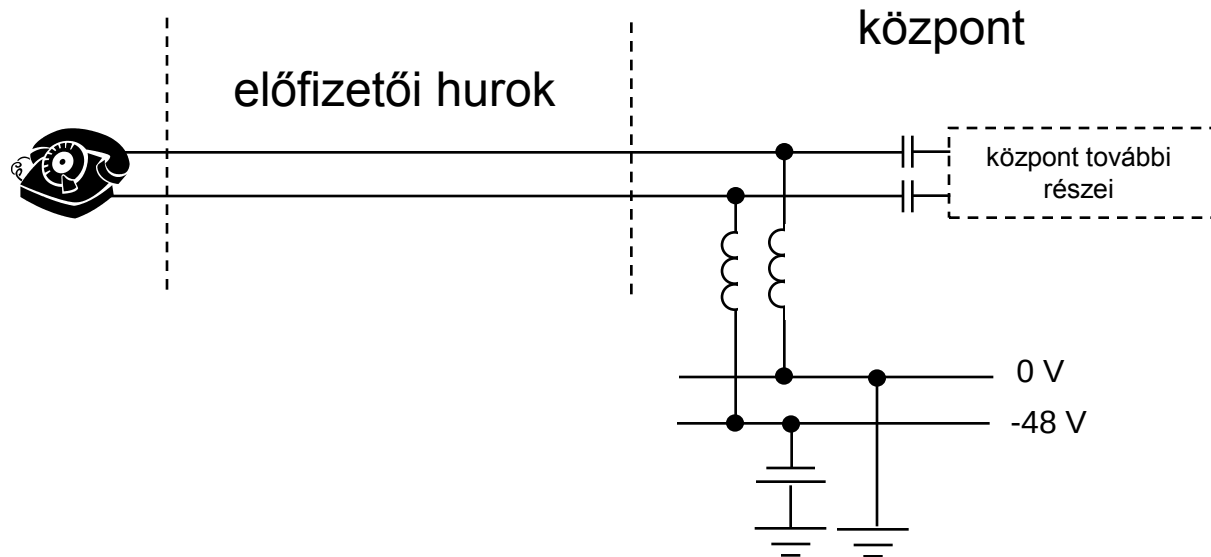
Borscs

Battery feeding: távtáplálás

- A hőskorban LB (local battery, helyi telep) távbeszélő készülékek
- Manapság kizárólag CB (central battery, központi telep)
 - egyszerűbb így a felhasználónak
 - a távbeszélő szolgáltatás *alapszolgáltatás*, nem támaszkodik más szolgáltatásokra
 - de: pl. vezeték nélküli (cordless) készülékeknek ez kevés
- 20-100 mA
 - A régi szénmikrofonokhoz kellett ekkora áram és ehhez...
- 48 V DC (egyenáram)
 - minél nagyobb feszültség, annál nagyobb lehet a fenti áramhoz az előfiz. hurok ellenállása (ún. hurokellenállás)
 - azaz annál vékonyabb, olcsóbb rézdrót használható
 - de: túl nagy feszültség veszélyes az emberre
 - a 48 V jó kompromisszum
 - Földhöz képest: -48 V (és 0 V): a negatív fesz. megakadályozza a korróziót, ami a réz vizes oldatok ionjaitól szenvedne, ha megsérülne a vezeték
 - Én -52,2-t mértem...

Battery feeding: távtáplálás

□ Táphíd:



Overvoltage protection: túlfesz. védelem

□ Cél: védeni:

- embert
- gépet

□ Tipikus veszélyek:

- villám
- zárlat
- kívülről indukált áram

□ Védekezési mód

- villám ellen: a rendezőben légréses védelem, kb. 750 V-nál átüt
- zárlat ellen: elektronikus megoldások
- külső indukció ellen: szimmetria (sodort érpár/érnégyes)

Ringging: a hívott vonal csengetése

- 75-100 V (!!), 200 mA (!), 16,6...25 Hz, országonként változik
 - más forrás: 15-68 Hz, USA 20 Hz, Eu. 25 Hz a tipikus, 40-150V
- ma már túlzás, anno a fizikai csengetéshez kellett
- tipikusan 2 sec csöngetés, 4 sec szünet
- ettől a nagy feszültségtől a kodeket és más érzékeny áramkört meg kell védeni

Supervision/signaling: a hurok zárásának figyelése

- A hurok zárása/nyitása volt régen minden előfizetőtől érkező jelzés:
 - Hívó félnél:
 - Hurok zárása (kézibeszélő fel („pick up the phone”), off-hook): hívás kezdeményezés jelzése
 - Periódikus zárás-nyitás: hívószám tárcsázása
 - Hurok nyitása (kézibeszélő le („hang up the phone”), on-hook): beszélgetés vége
 - Hívott félnél:
 - Nyitott hurok: előfizető szabad, hívható
 - Zárt hurok: előfizető foglalt
 - Hurok zárás: válasz a hívásra
 - Hurok nyitás: beszélgetés vége (de analóg esetben ő nem szakíthatja meg a felépült kapcsolatot!)
 - Kapcsolat (v. kapcsolatfelépítés) közben: flash (hook-flash):
 - rövid ideig nyitjuk, majd újra zárjuk az áramkört
 - „valamit szeretnék a központtól”
 - pl. konferenciahívás, visszahívás, stb.
- Alapesetben kb. 100 ms-onként „néz rá” a rendszer
- Pulzusmódú tárcsázás közben (66 ms impulzus, 33 ms szünet) és csengetéskor gyakrabban: 10-30 ms

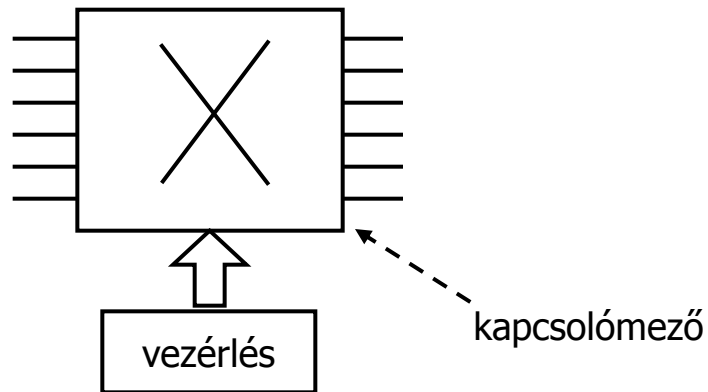
C, H

- Coding, decoding: A/D, D/A átalakítás
 - PCM kodek, már beszéltünk róla
- Hybridizing: 2/4 huzalos átalakítás
 - Erről is volt már szó

Testing: előfizetői hurok ellenőrzése

- Egy tesztelő berendezést kapcsolunk a vonalra
 - vonal állapotának felmérése, esetleges hibák megállapítása
 - külön az előfizetői hurok, illetve a vonaláramkör központ felőli része (két tesztbusz van)
 - időben lehet:
 - periodikusan, tipikusan éjjel
 - igény szerint azonnal

Kapcsolás vs. digitális rendezés



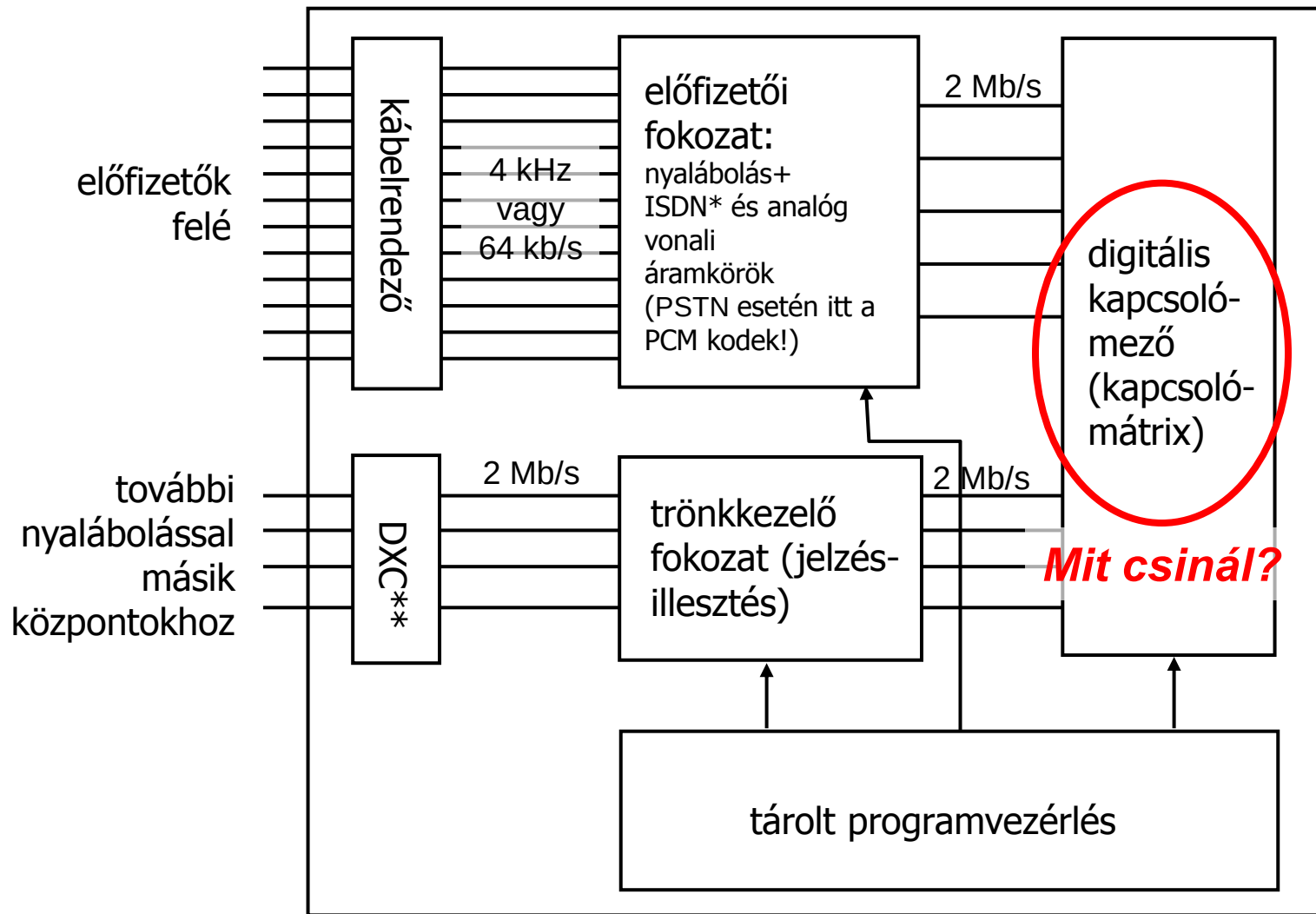
- Közös bennük: bemenetek és kimenetek összekapcsolása
- Különbségek:

	kapcsoló	rendező
vezérlés	előfizető (jelzéssel)	hálózatmanager (operátor)
gyakoriság	gyakran (pl. másodperc)	ritkán (pl. hetente, havonta)
sebesség	gyors (μs , ms)	lassabb (sec)
kapcsolt áramkörök száma	1	sok (pl. több tízezer)

Kapcsolóközpontok fejlődése

- kézi kapcsolás: zsinóráramkör
- elektromechanikus
 - Strowger
 - közvetlen vezérli a hívó a központot
 - Rotary
 - közvetett, regiszter a központban
 - Crossbar
 - keresztrudas
- digitális
 - tárolt programvezérlésű (TPV): szoftver vezérli
 - itt történik pl. az útválasztás
 - elvileg TPV-vel lehet a kapcsolómező analóg (ma már nincs ilyen)

PSTN előfizetői vonaláramkör

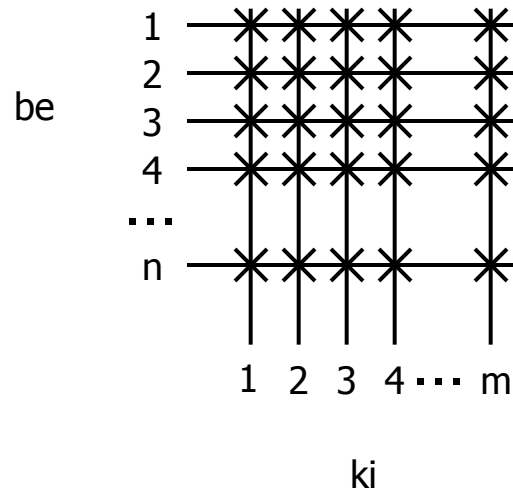


KAPOC SOLID MATRIX

Kapcsolómezők típusai

- Elv: egyidejű összeköttetések elkülönítése:
 - térosztásos térben
 - időosztásos időben
 - frekvenciaosztásos frekvenciában (gyakorlatban nem használják)
 - kódosztásos kóddal (gyakorlatban nem használják)
- Röviden:
 - térkapcsolás, időkapcsolás
- Mindegyik esetben valós áramkörkapcsolás, összeköttetés alapú

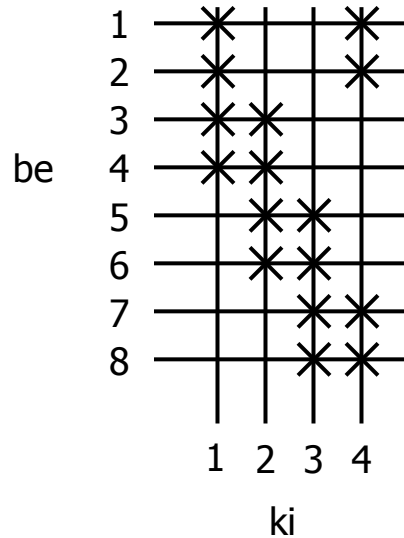
Térkapcsolás (Space Division Switching, „S”)



- itt $be \neq ki$ (pl. előfizető $\rightarrow$ trönk)
- hátrány: $n \cdot m$ kapcsolópont: túl sok, túl drága
- előny: nincs blokkolás
 - azaz ha szabad a kimenet, akkor kapcsolható

Térkapcsolás (Space Division Switching, „S”)

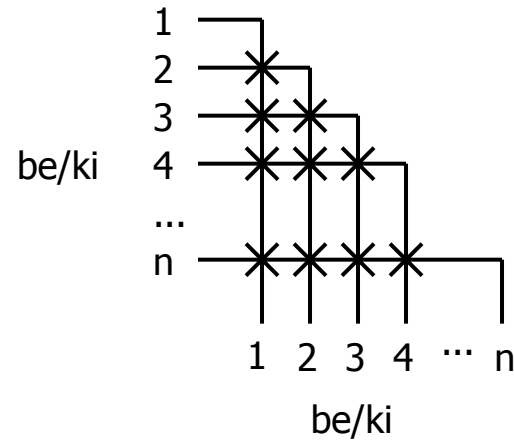
- Ha nem kell teljes összekötöttség:



- kevesebb kapcsolópont kell

Térkapcsolás (Space Division Switching, „S”)

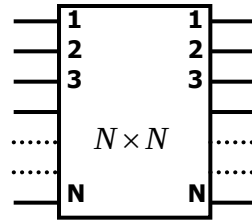
□ Ha $be = ki$:



□ $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$ kapcsolópont

Többfokozatú kapcsolás

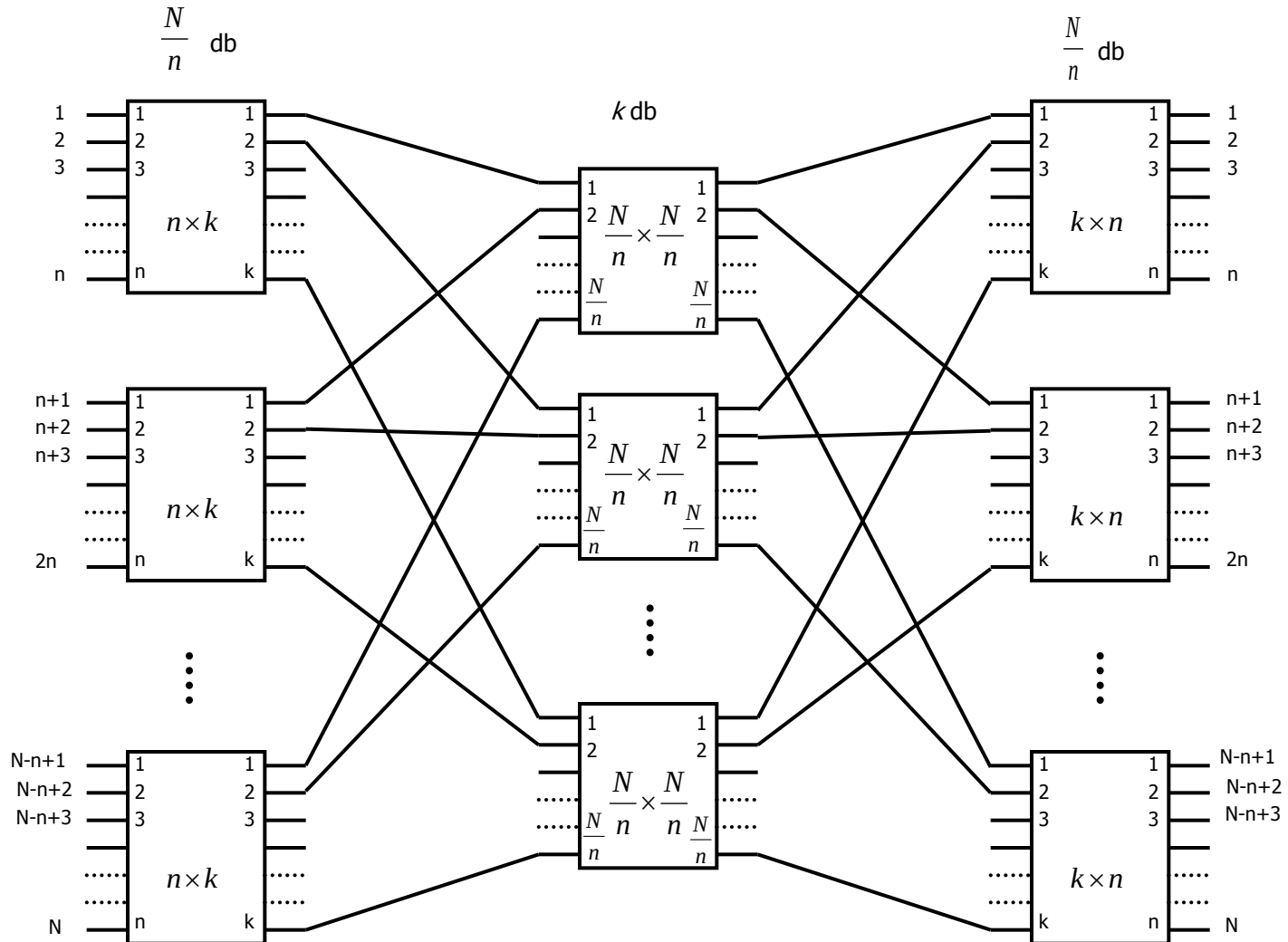
- Eddig egyfokozatú kapcsolásról volt szó:



- egyszerű és jól működik
 - de: túl sok a kapcsolópont
 - ezek kihasználtsága kicsi
- Megoldás: többfokozatú kapcsolás

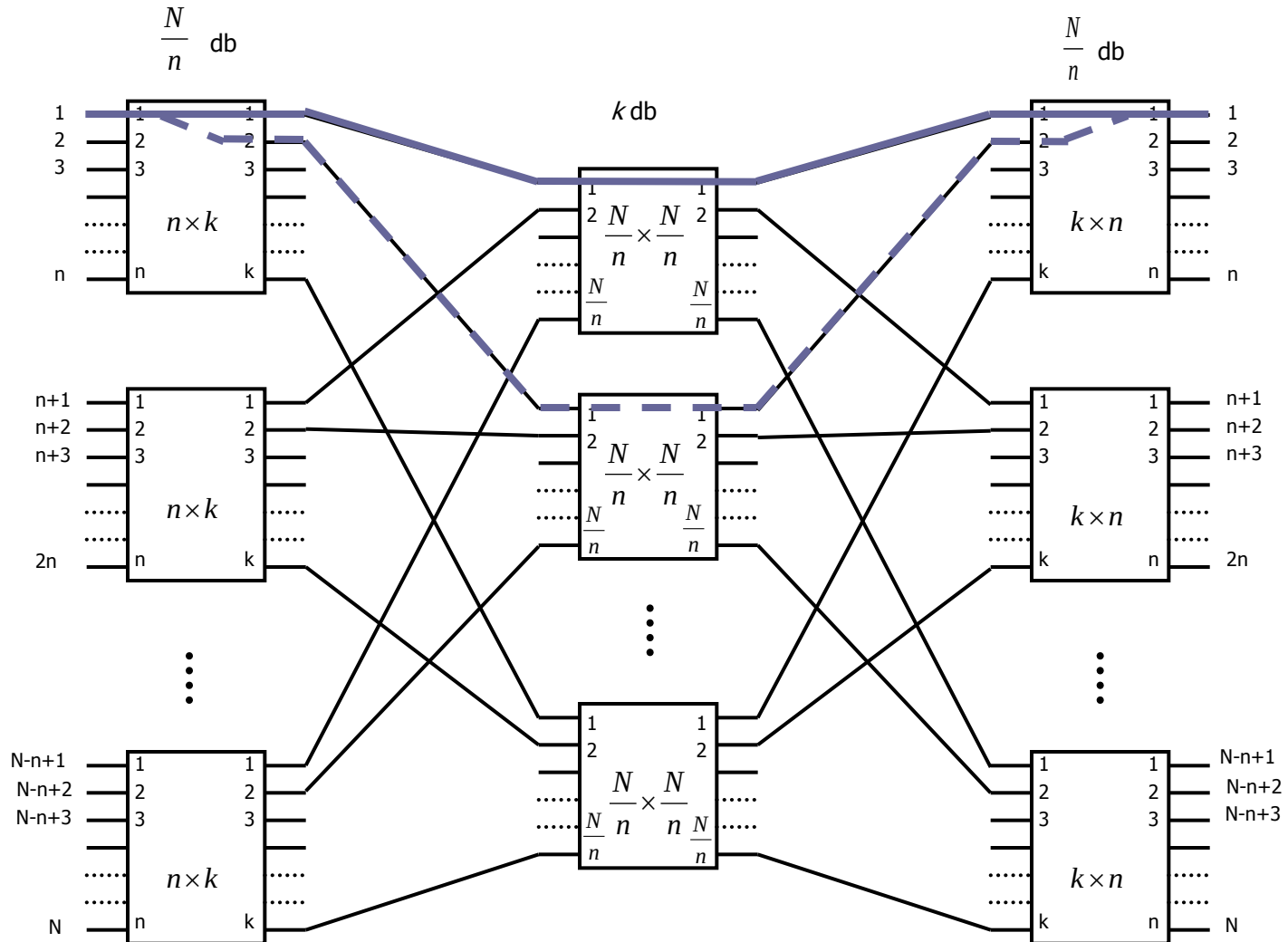
Többszintű kapcsolás

□ Példa: 3 fokozat:



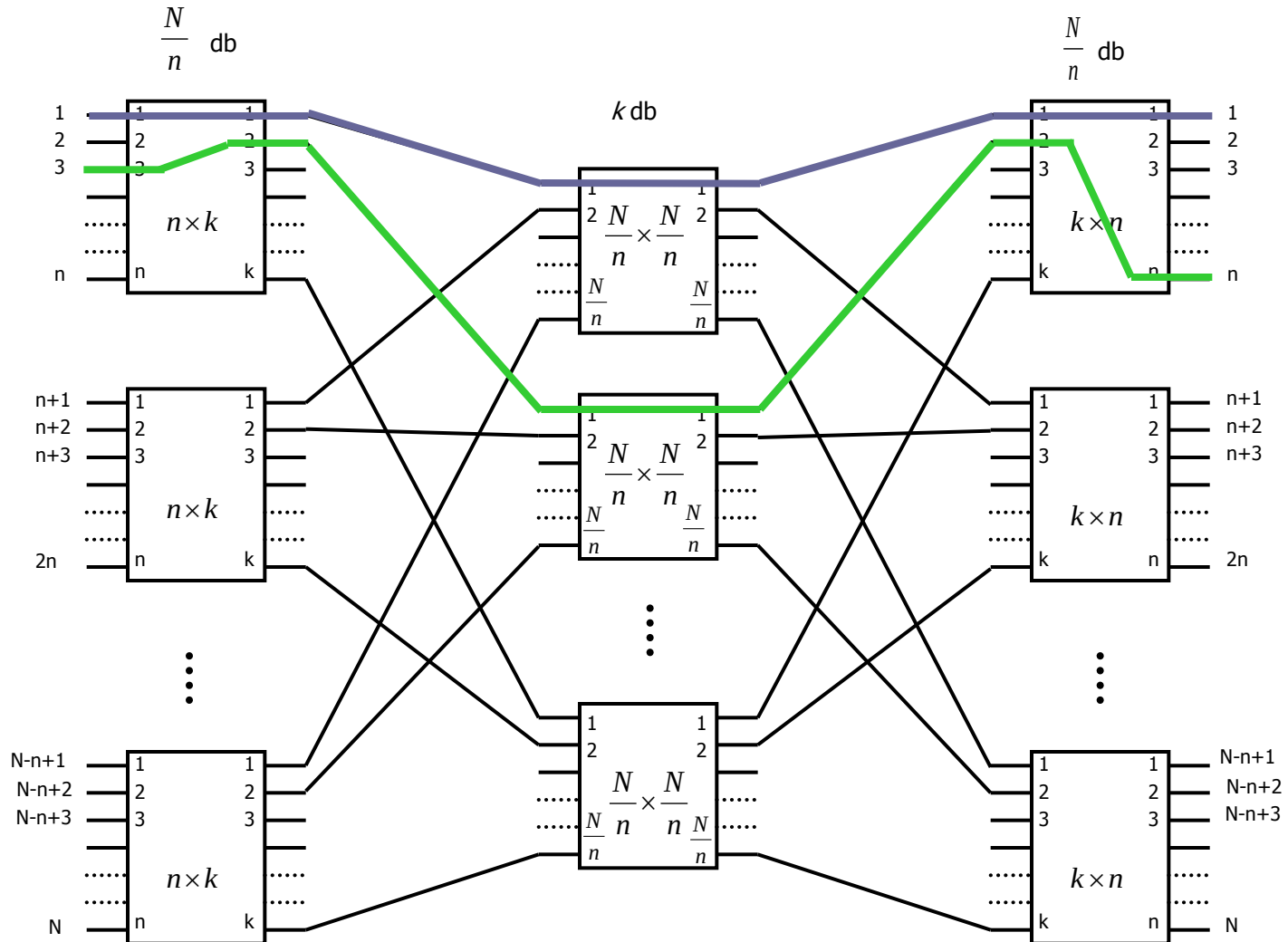
Többszintű kapcsolás

- Egy kapcsolat felépítésére több lehetőség:



Többszörös kapcsolás

- Egy új kapcsolat felépítésére egy középső fokozatot kell találni, amelynek szabad a megfelelő ki és bemenete is:

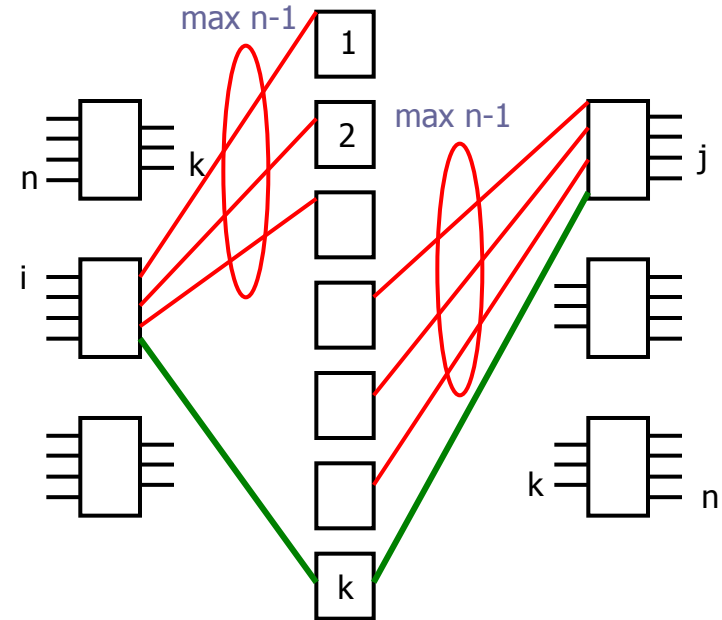


Többfokozatú kapcsolás

- Egy kapcsolat felépítése nem triviális többé:
 - útkeresési algoritmus: több lehetőség közül az optimális kiválasztása
- Megjelenhet a blokkolás:
 - szabad a kimenet, de a kapcsolat mégsem épülhet fel, mert nincs elegendő belső erőforrás (itt: megfelelően szabad középső fokozat)
- Cserébe: kevesebb kapcsolópont szükséges
 - Egyfokozatú kapcsolás: $N \cdot N = N^2$
 - Háromfokozatú kapcsolás: $\frac{N}{n} \cdot n \cdot k + k \cdot \frac{N}{n} \cdot \frac{N}{n} + \frac{N}{n} \cdot k \cdot n = 2Nk + \frac{N^2 k}{n^2}$
- Melyik a nagyobb?
 - n és k függvénye
- Kérdés: melyik az a legkisebb k , amire biztos nem lehet a rendszerben blokkolás?

Többsokozatú kapcsolás

- Kérdés: *Melyik az a legkisebb k , amire biztos nem lehet a rendszerben blokkolás?*
- Válasz: $k=2n-1$
- Hiszen egy tetszőleges i bemenet és egy tetszőleges j kimenet közötti kapcsolat felépítéséhez kell egy középső fokozat, amelynek:
 - szabad az összeköttetése az i -hez tartozó első fokozattal
 - szabad az összeköttetése az j -hez tartozó harmadik fokozattal
 - a legrosszabb esetben is $2*(n-1)$ középső fokozat lesz így foglalt, ennél eggyel több már elég. QED



Többfokozatú kapcsolás

- Példa blokkolásmentes esetre:

N	kapcsolópontok 1 fokozat esetén	kapcsolópontok 3 fokozat esetén	n	N/n	$k=2n-1$
128	16 384	7680	8	16	15
8192	67 millió	4,2 millió	64	128	127
131072	17 milliárd	268 millió	256	512	511

- Jelentős megtakarítás, de még mindig túl sok a kapcsolópont
- Megoldás lehet:
 - több fokozat (pl. 5 vagy 8)
 - blokkolás megengedése (kis eséllyel)

Optimális n választás

- Tudjuk: a kapcsolópontok száma: $x = 2Nk + \frac{N^2k}{n^2}$
- blokkolásmentes esetben: $k = 2n - 1$
- innen: $x = \frac{4Nn^3 - 2Nn^2 + 2N^2n - N^2}{n^2}$
- ennek keressük a minimumát.
- Deriválva, nullhelyet megkeresve kapjuk, hogy nagy N -re a minimum (ez nem triviális lépés): $n \approx \sqrt{\frac{N}{2}}$
- innen: $x_{\min} \approx 4N(\sqrt{2N} - 1)$
- ... és ez szerepel a táblázatban

(A levezetést nem kell tudni, de a logikai lépéseket érteni, tudni kell.)

Többszintű kapcsolat

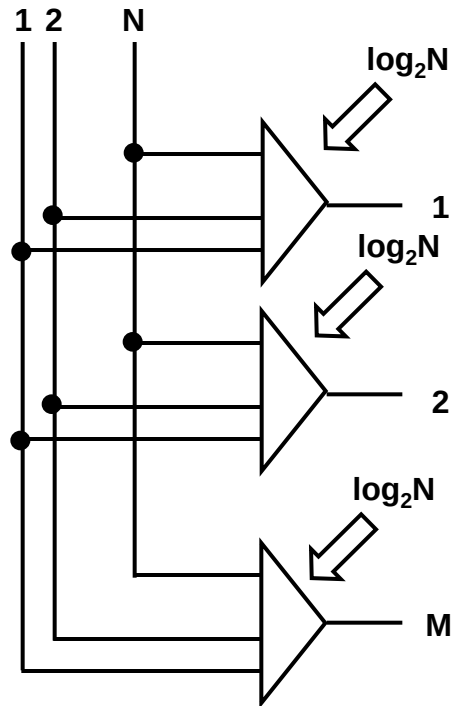
■ Példa blokkolási esetre:

- blokkolási valószínűség: 0,002 (=0,2%)

N	1 fokozat (blokkolási- mentes)	3 fokozat, blokkolási- mentes	3 fokozat, bemenet kihasználtság: 0,7		3 fokozat, bemenet kihasználtság: 0,1	
	kapcsoló- pontok	kapcsoló- pontok	kapcsoló- pontok	k/n	kapcsoló- pontok	k/n
128	16 384	7680	7168	1,75	2560	0,625
8192	67 millió	4,2 millió	2,1 millió	1,0	491520	0,234
131072	17 milliárd	268 millió	113 millió	0,84	21,5 millió	0,160

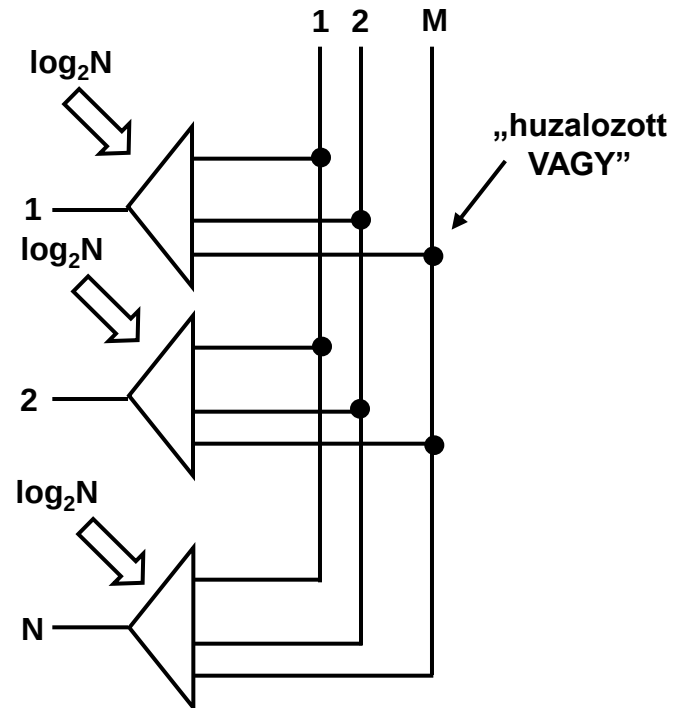
Térkapcsolás digitális megvalósításai

□ Pl.:



: multiplexer (a Digitális Technika tárgyból tanult értelemben: egy bemenet kirakása a kimenetre)

vagy másképp:

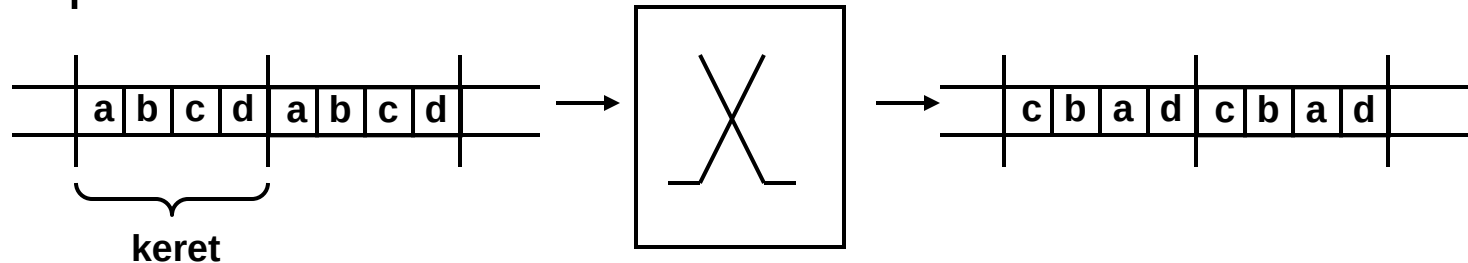


: demultiplexer (a Digitális Technika tárgyból tanult értelemben: a bemenet kirakása egy kimenetre)

□ Az integrált áramkörök ára kb. a lábszámmal arányos

Időosztásos kapcsolás

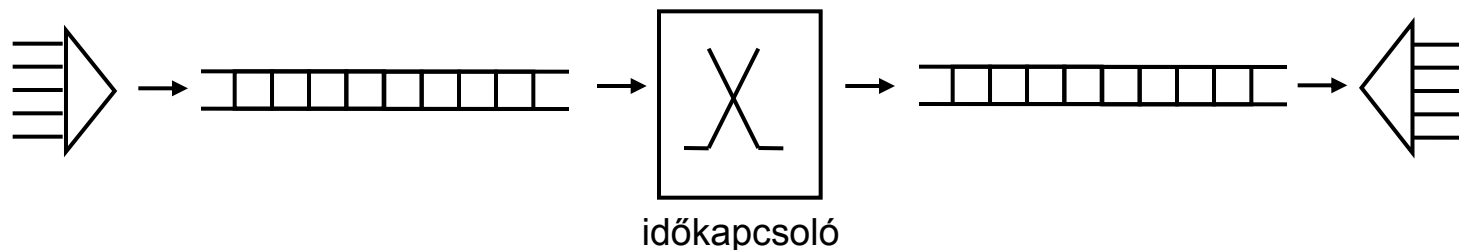
- Időkapcsolás (Time Switching, „T”)
- Alapötlet:



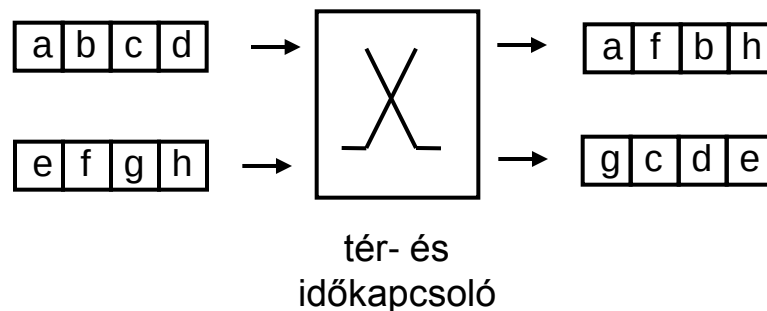
- Megvalósítás: memória (olcsó)
 - soros beírás, nem soros („random”) kiolvasás
 - nem soros beírás, soros kiolvasás
- 1 keretnyi késleltetés
- Ráadásul a memória sebessége véges: néhány száz, max. néhány ezer időrés lehet egy 125 μ s hosszú keretben
- Gyakorlatban: 30 időrés/keret ($30 * 64 \text{ kb/s} \approx 2 \text{ Mb/s}$)

Időkapcsolás

- Mire jó?
- Példa: térkapcsolás időkapcsolóval



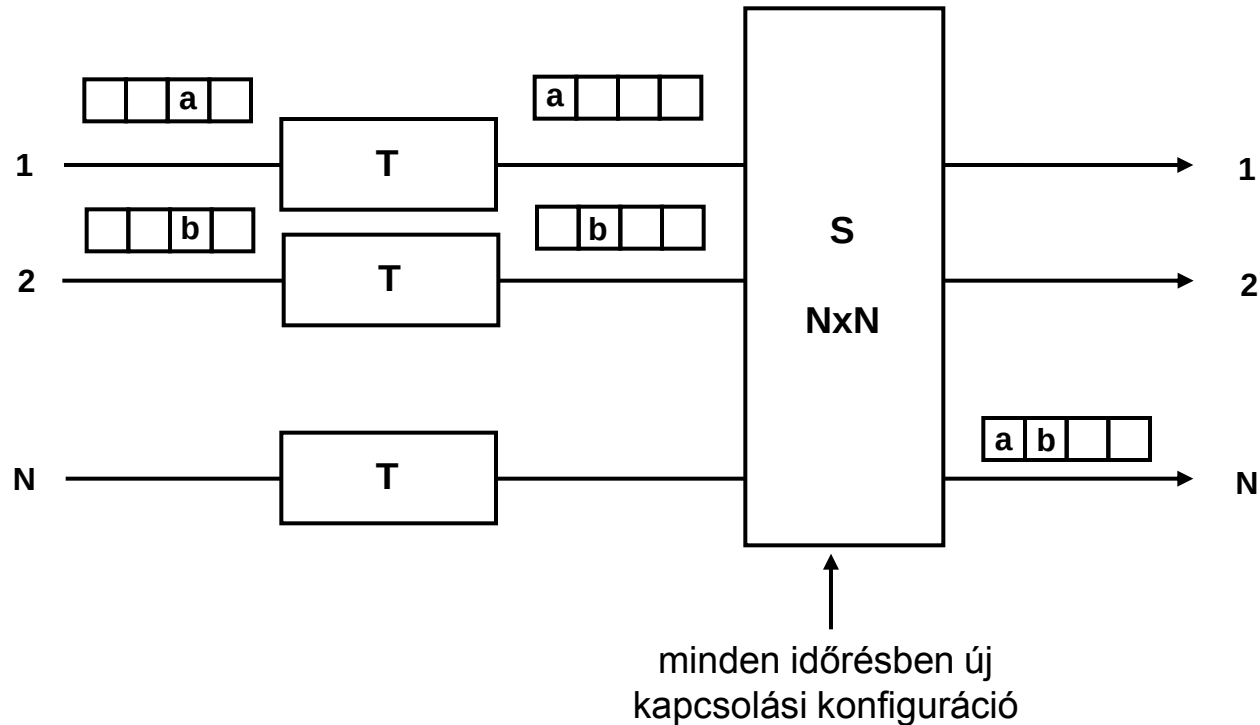
- jobb alkalmazás: tér- és időkapcsolás együtt



- hiszen a bemeneti jelek amúgy is TDM jelek!

Tér- és időkapcsolás

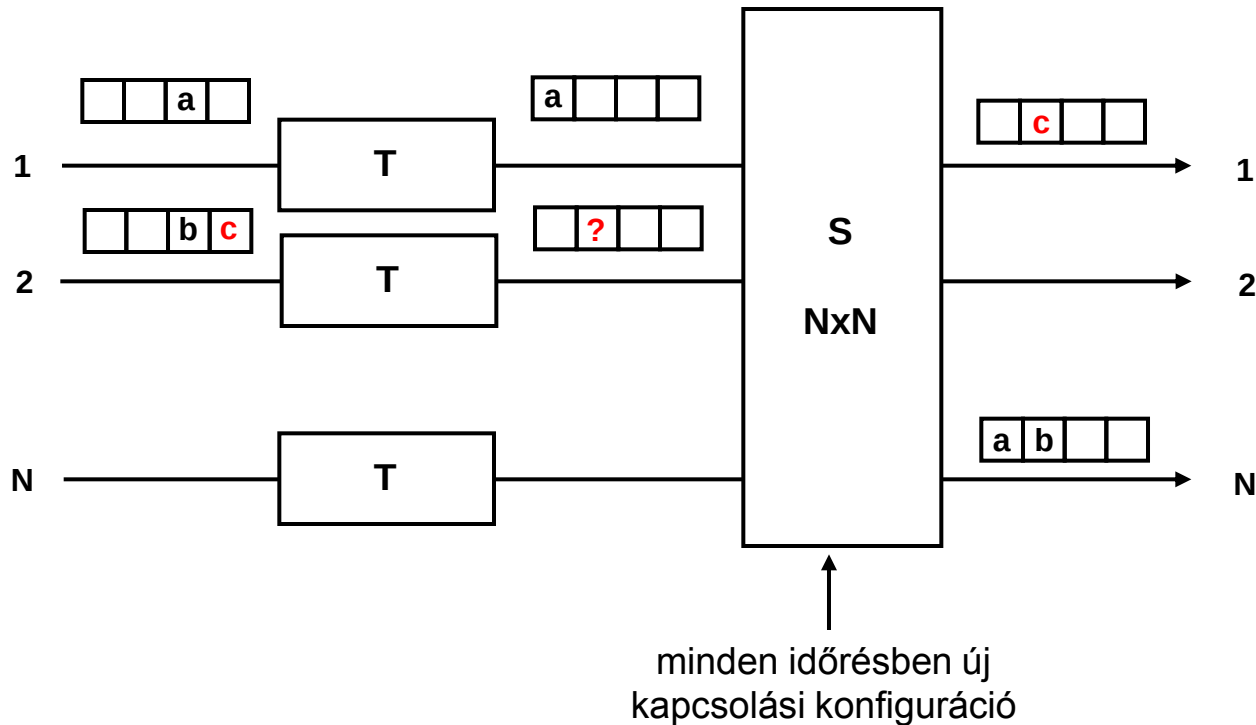
■ Megvalósítás pl.: TS kapcsoló



- a gyakori kapcsolás segítségével jobban kihasználjuk a térkapcsolópontokat
- az egészhez egy központi vezérlés tartozik, amely megmondja az elemeknek (T, S), hogy mit csináljanak (TPV)
- egy meglévő kapcsolatot annak a lebontásáig már nem helyezünk át

Tér- és időkapcsolás

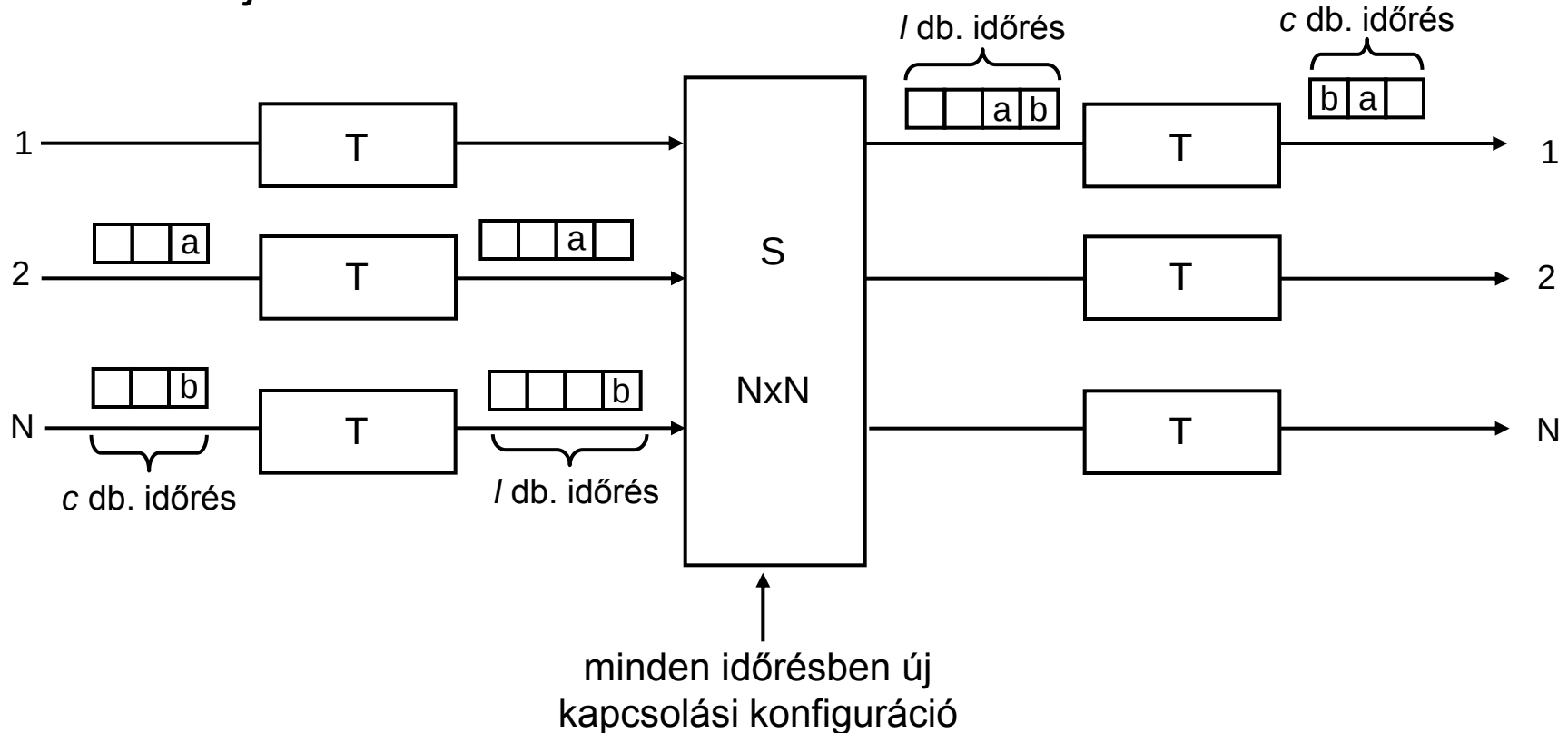
- TS kapcsoló nem kellően jó:



- ilyen egyszerű helyzetben is blokkolás lép fel

Tér- és időkapcsolás

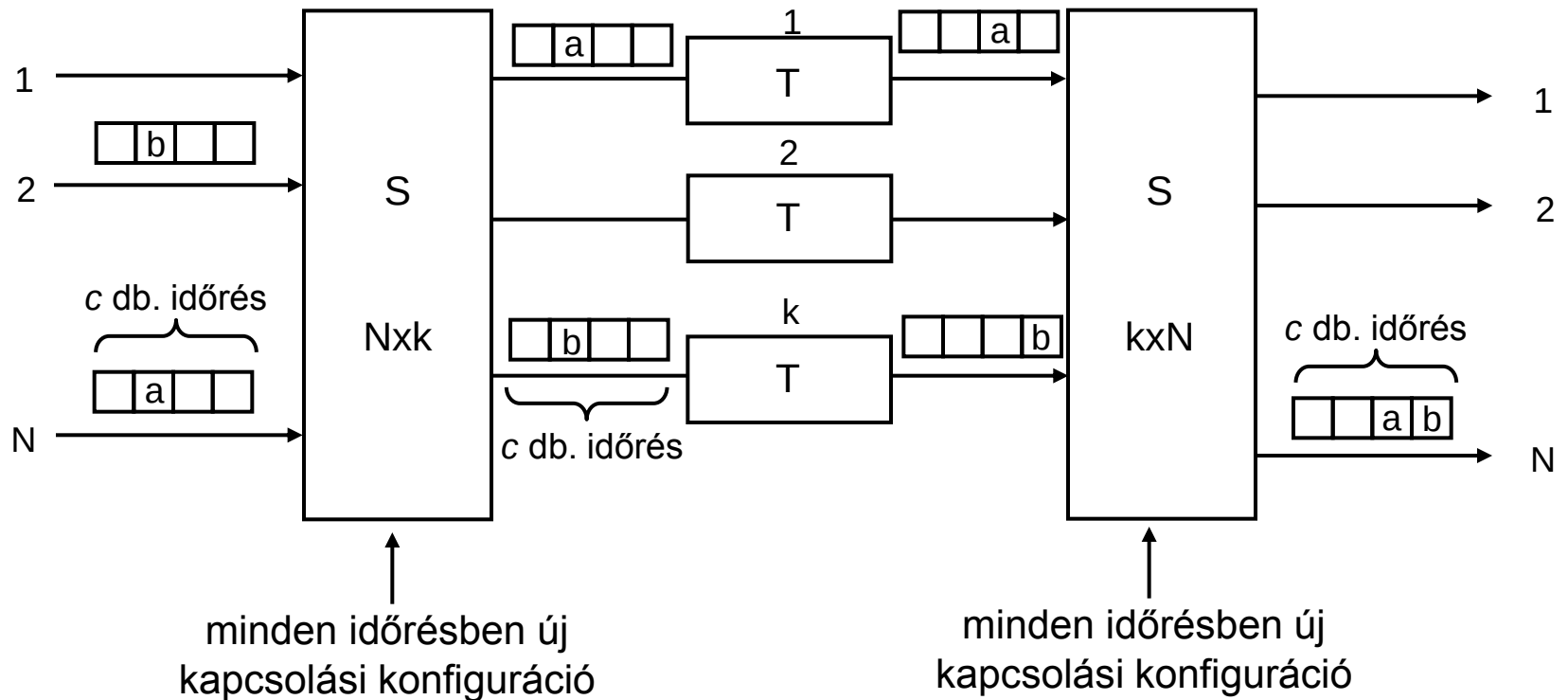
□ TS-nél jobb: TST



- az előző blokkolási helyzetet jól kezeli
- egyáltalán nincs blokkolás, ha $l=2c-1$
 - a három fokozatú térkapcsolónál látott módszerrel bizonyítható

Tér- és időkapcsolás

□ Másik lehetőség: STS



□ nincs blokkolás, ha $k=2N-1$ (független c -től)

- a bizonyítás hasonló az előzőekhez

□ van még pl. TSSST: TST, de három fokozatú térkapcsolóval

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Mobiltelefon-hálózatok

Németh Krisztián

BME TMIT

2014. nov. 3.



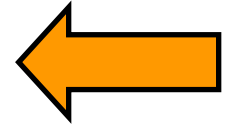
A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP, beszédkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- **5. Mobiltelefon-hálózatok** ←
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

Mobil távközlő hálózatok

□ Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



□ Első generációs mobiltelefon-hálózatok



□ GSM (2G)



□ UMTS (3G)



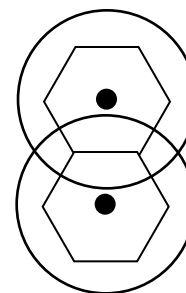
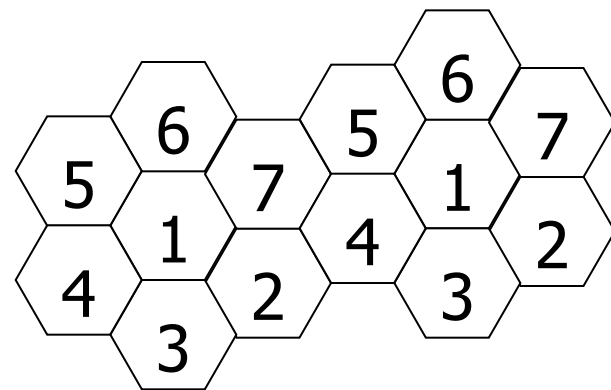
□ LTE (4G)



Földfelszíni mobil TH-k



- Cellás elv:
 - frekvenciatartomány felosztva pl. hét részre
 - cellás lefedés az ábra szerint
 - azonos frekv.: két cella távolság, így nincs interferencia
 - ez csak az elv, a gyakorlatban a cellák nem pont ilyenek! (pl. bázisállomás sokszor a cella „sarkában” van)
- Cellaméret?
- Kisebb cellák előnye:
 - kis adóteljesítmény elég
 - kisebb élettani kockázat
 - kisebb fogyasztás
 - nagyobb forgalom bonyolítható adott területen (nagyobb forgalomsűrűség)
- Kisebb cellák hátrányai:
 - sok bázisállomás kell
 - költséges
 - csúnya



● : bázisállomás

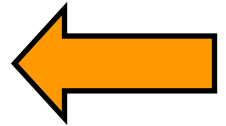
← lefedett terület

Mobil távközlő hálózatok

- Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



- Első generációs mobiltelefon-hálózatok



- GSM (2G)



- UMTS (3G)



- LTE (4G)



1G rendszerek

- 1G: első generációs mobil távbeszélő rendszerek
 - 1970-es évek vége, 1980-as évek eleje
 - Analóg rendszerek
 - Sok, egymással nem kompatibilis hálózat
 - Pl.: NMT (Nordic Mobile Telephone System, északi mobil távbeszélő rendszer)
 - Skandináviában 1981-től
 - Hazánkban 1990-től 2003. június 30-ig (Westel 0660)
 - Jellemzően 450 Mhz körüli frekvenciasáv
 - Viszonylag nagy, 30-50 km átmérőjű cellák
 - Gyenge beszédátviteli minőség, kevés szolgáltatásfajta
 - További példák 1G rendszerekre:
 - USA: Advanced Mobile Phone Service (AMPS),
 - GB: Total Access Communication System (TACS)
 - Németo: B-Network (C450)



Mobil távközlő hálózatok

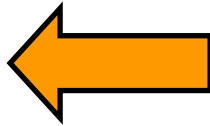
- Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



- Első generációs mobiltelefon-hálózatok



- GSM (2G)



- UMTS (3G)



- LTE (4G)



2G rendszerek



- 2G: második generációs mobil távbeszélő rendszerek
 - 1990-es évek elejétől
 - Digitális rendszerek
 - Legelterjedtebb az európai tervezésű GSM
 - Persze vannak más 2G rendszerek is (pl.: USA D-AMPS: Digital AMPS)
- GSM (eredetileg: Groupe Spéciale Mobile, később: Global System for Mobile Telecommunication, világméretű mobil távközlő rendszer)
 - 214 országban/területen van GSM szolgáltatás, 920 GSM hálózattal (2008. jan.)
 - (kb. 190-200 ország van a Földön)
 - A Földön kb. 4 milliárd mobil előfizető, ebből kb. 80% GSM előfizető (!) (2009)
 - Első milliárd: 2004, kb 12 év alatt
 - Második milliárd: 2006, 2 év alatt
 - Negyedik milliárd: 2009, 3 év alatt

GSM lefedettség a Földön, 2009



- barna: GSM
- sárga: 3G GSM (UMTS)
- http://www.gsmworld.com/roaming/GSM_WorldPoster2009A.pdf

□ Elterjedt, mert:

- a kutatás-fejlesztés kellő időben, gyorsan (4 év) történt
- nyílt, továbbfejleszthető szabvány (ETSI)
 - kezdettől közös rendszer Európában (az USA-beli 2G rendszerekre ez nem volt jellemző)
- egységes, átjárható rendszer (roaming)
- A SIM kártya koncepció vonzó (előfizető adatai készülékfüggetlenek)
- hívó fél fizet csak (USA-ban ez nem így volt)
- előre fizetés (pre-paid) lehetősége nagyon népszerűvé tette
- 900 MHz: országos lefedést is lehetővé tesz



□ Inkrementális fejlesztés:

■ első fázis (1991)

- beszédátvitel, SIM koncepció, SMS, nemzetközi barangolás (roaming), beszéd titkosítása, 9,6 kbps adatátvitel

■ második fázis (1995)

- visszafelé kompatibilitás elve, hívószámkijelzés, hívástartás, hívásvárakoztatás, konferenciabeszélgetés, félsebességű kodek, stb.

■ 2+ fázis (1998)

- főleg az adatátvitel továbbfejlesztése (HSCSD, EDGE, GPRS), push-to-talk, virtuális magánhálózatok, SIM továbbfejlesztése, javított teljes sebességű kodek, stb.

■ UMTS felé biztosított az átjárás

□ Mindez lehetővé tette a mindig korszerű szolgáltatásokat

■ ráadásul visszafele kompatibilis módon:

- régi szolgáltatások a régi végberendezésekkel is elérhetőek az új hálózatokon



- Digitális átvitel:
 - beszédkodek a végberendezésben
 - integrált szolgáltatású hálózat: adatátvitel, beszédátvitel egyaránt lehetséges
- Sugárzási teljesítmény: max 2 W, adaptív: a minimális szükségessel ad a végberendezés
 - telep kímélése
 - élettani kockázat minimalizálása
 - ne zavarjon más cellákat
- Cella átmérője: 0,5 – 35 km
 - tervezői döntés az adott tartományon belül
 - függ a frekvenciától, forgalomsűrűségtől, terjedési viszonyoktól



- Rádiós közeghozzáférés: FDMA+TDMA (Frequency/Time Division Multiple Access, frekvencia-/időosztásos többszörös hozzáférés)
- GSM 900 (Primary-GSM, P-GSM)
 - mobil adó: 890-915 MHz, bázisállomás 935-960 MHz
 - e tartományban kisebb frekvencia kisebb csillapítást szenved, így kisebb teljesítményt igényel, ezért a mobil adóé az alsó sáv
 - 25 MHz-es sáv, egy vivő 200 kHz: 124 vivő (FDMA)
 - ezen az összes helyi szolgáltató osztozik
 - hazánkban kb. 40 vivő (frekvenciasáv)/szolgáltató e sávban
 - vivőnként 8 db időrés (TDMA)
 - $40 \cdot 8 / 10 \approx 32$ csatorna / cella
 - 10: ennyi féle frekvenciakiosztású cella van (a bevezető főlán (méhkaptár...) mutatott 7-nél reálisabb) -- sőt több is...

GSM900 közeghozzáférés



	Időrés 1	Időrés 2	Időrés 3	Időrés 4	Időrés 5	Időrés 6	Időrés 7	Időrés 8
Vivő 1								
Vivő 2								
...								
Vivő 124								

- Egy beszéd- vagy adatátviteli csatorna.
- A konkrét csatorna kiosztását a hálózat (BSC, ld. nemsokára) végzi.
 - Beérkező hívás esetén egy közös jelzés csatornán értesíti erről a végberendezést
 - Kimenő hívás esetén egy másik közös jelzéscsatornán kezdeményez a mobil

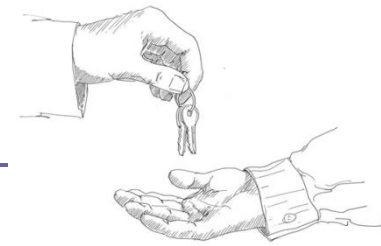


□ GSM900

- Kb. 32 egyidejű beszélgetés/cella: elég kevés!
 - annyira nem is kevés: sok-sok emberből beszélgetnek egyszerre ennyien (ld. később, forgalomelmélet)
 - van 3 szolgáltató, egy helyen mindháromnak van cellája
 - a cellák egymással átfednek, így egy nagy, de kis helyen lévő forgalom több cella közt oszolhat meg
 - Half Rate kódolás: kétszer annyi csatorna (de rosszabb minőség, így ezt nem minden esetben használják)
 - ez így együtt már jobban hangzik, de még mindig kevés. Ld. nemsokára: GSM1800
- max. 35 km cellaátmérő: a 900 MHz körüli hullámok valamelyest követik a földfelszínt
- emiatt országos lefedésre alkalmas a technológia



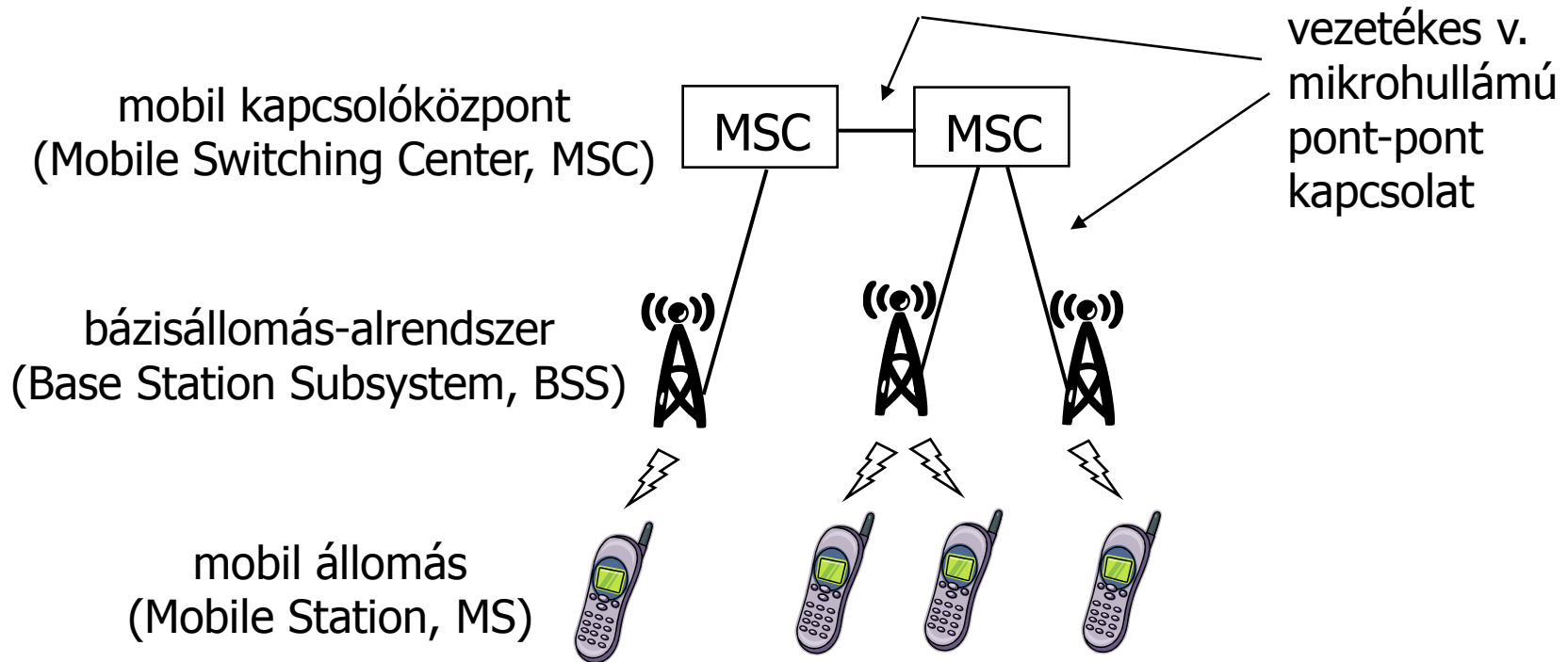
- GSM 1800
 - mobil adó: 1710-1785 MHz, bázisállomás: 1805-1880 MHz
 - 75 MHz-es sáv (plusz háromszoros kapacitás!)
 - de: rosszabb a hullámterjedése
 - egyenesen terjed
 - gyorsan csillapodik
 - emiatt országos lefedésre nem, csak nagy forgalmú kis területek ellátására alkalmas
- van még: (nem kell tudni ZH-ra/vizsgára, de érdekes)
 - Extended-GSM 900, E-GSM: +10 MHz irányonként: +50 vivő
 - R-GSM: Railways GSM: 876-880/921-925 MHz
 - GSM 1900: 1850-1910/1930-1990 MHz (USA)
 - GSM 850: 824-849/869-894 MHz (USA)
- kétnormás készülékek, automatikusan váltanak frekvenciatartományt
 - újabban elterjedtek a háromnormás (900/1800/1900) és négynormás (850/900/1800/1900) készülékek is



- GSM: valós áramkörkapcsolás
- Ha a mobil végberendezés átmegy egy másik cellába: átadás (handover v. handoff) történik
 - közben nem szakad meg a kapcsolat
 - ez elvileg történhet:
 - a mobil végberendezés irányításával: méri, mikor erősebb egy másik cella jele
 - a hálózat irányításával: az dönt a jelerősség és esetleg más információk (pl. cella terheltsége) alapján
 - a hálózat irányításával, a mobil készülék segítségével: a hálózat megkéri a végberendezést, hogy küldjön jelerősségi információt, de a döntést a hálózat hozza – ez van a GSM-ben
 - így pl. egy leterhelt cellába csak később lépteti be a hálózat az oda közeledő végberendezést

GSM hálózatok felépítése

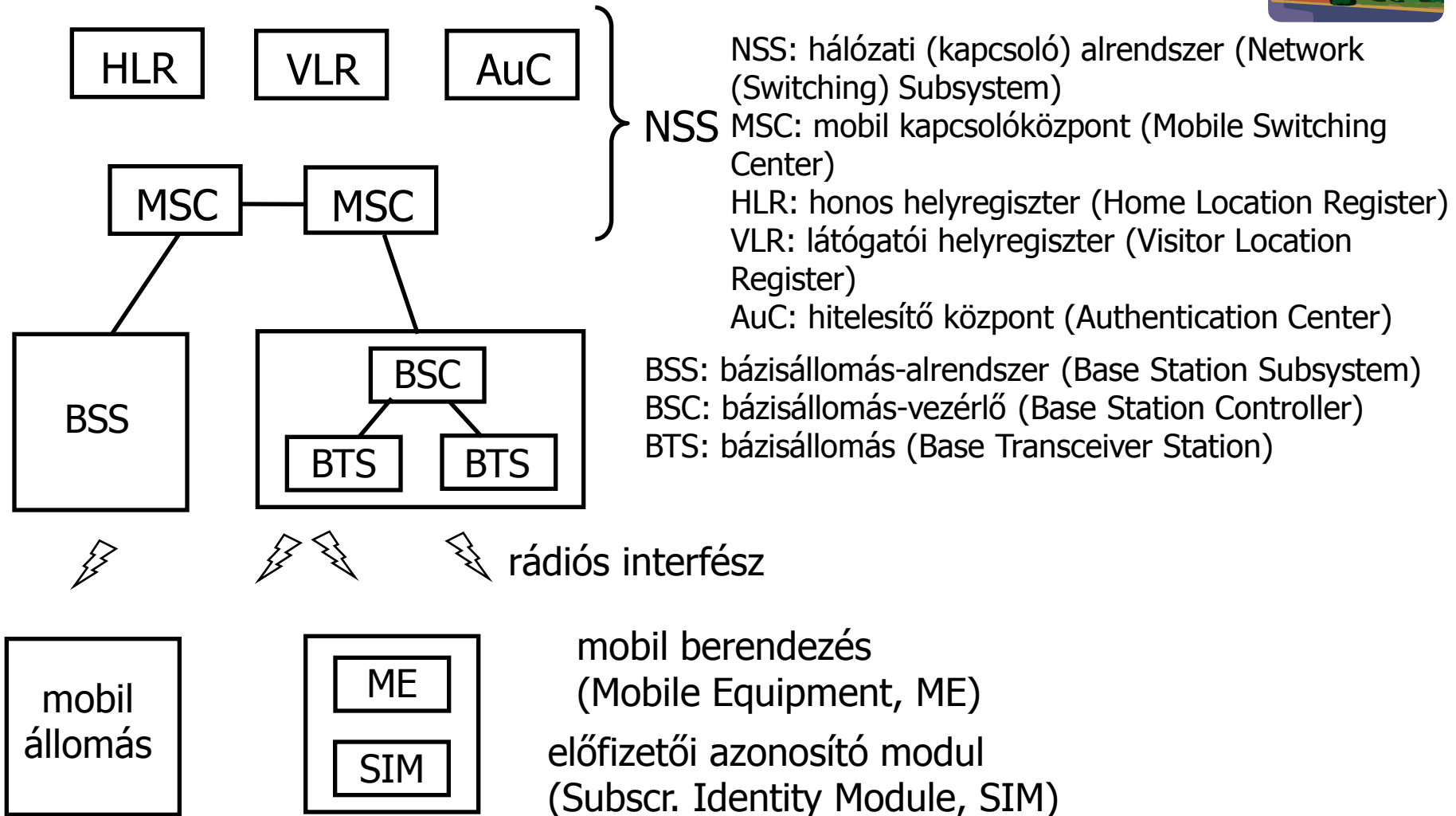
□ (Túl)egyszerűsített ábra:



GSM hálózatok felépítése



□ Részletesebben:



Bázisállomás-alrendszer



□ Bázisállomás (BTS)

- egy vagy több elemi adó/vevő (elementary transmitter/receiver)
- Átkódoló és sebességillesztő egység (Transcode/Rate adapter Unit, TRAU)
 - 13 (5,6) kb/s FR, HR, EFR kodek $\Leftrightarrow$ 64 kb/s PCM
 - Full Rate (teljes sebességű), Half Rate (fél seb.), Enhanced Full Rate (javított teljes seb.)
 - Adatátvitelnél is sebességillesztés: kisebb sebességek (pl. 14.4 kb/s) $\Leftrightarrow$ 64 kb/s (a felesleges bitek beékelése/kiiktatása)

□ Bázisállomás-vezérlő (BSC)

- egy vagy több bázisállomást vezérel
- kapcsolás
- rádiócsatorna-hozzárendelés
- hívásátadás-vezérlés

Hálózati alrendszer

- Mobil kapcsolóközpont (MSC)
 - egy „hagyományos” kapcsolóközpont
 - mobil-specifikus bővítésekkel
 - autentikáció
 - helyzetnyilvántartás
 - hívásátadás BSC-k között
 - barangolás
 - stb.
- Honos helyregiszter (HLR)
 - előfizetőre vonatkozó adatok, szolgáltatási jogosultságok, aktuális tartózkodási hely
 - egy HLR hálózatonként
- Látogatói helyregiszter (VLR)
 - Elvileg földrajzi területenként (location area) egy-egy
 - Gyakorlatilag az MSC-vel egybeépítve: egy MSC körzete egy földrajzi terület
 - A HLR információinak egy részét tárolja ideiglenesen (ami a hívásfelépítéshez szükséges) az ott tartózkodó mobil állomásokról
- AuC: hitelesítő központ (Authentication Center)

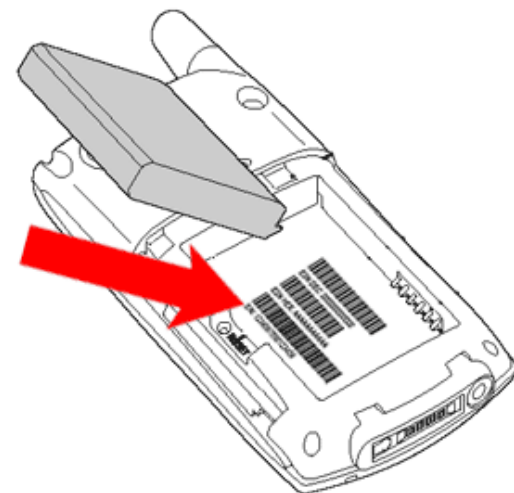




- **MSISDN**: Mobile Station ISDN Number, mobil állomás ISDN szám
 - a jól ismert mobil telefonszám
 - egyedi a világon
 - MSISDN = országkód (Mo.: 36) + hálózatkijelölő szám (Mo:20/30/70) + előfizetői szám
- **IMSI**: International Mobile Subscriber Identity, nemzetközi mobil előfizető azonosító
 - a GSM hálózatokban elsősorban ez azonosítja az előfizetőt: az adatbázisok ezzel vannak indexelve
 - a SIM kártyához van rendelve
 - egyedi a világon
 - IMSI = mobil országkód (Mo: 216) + mobil hálózati kód (Mo.:01/30/70) + 10 jegyű mobil előfizető azonosító szám
 - szolgáltatóváltásnál az MSISDN maradhat, de a SIM kártyát és ezzel együtt az IMSI-t cserélni kell

Azonosítók GSM-ben

- **IMEI**: International Mobile Equipment Identity, nemzetközi mobilkészülék-azonosító
 - a végberendezést azonosítja
 - egyedi a világon
 - IMEI = <készülékazonosító> (8 jegyű) + <gyári szám> (6 jegyű) + <ellenőrző számjegy> (1 jegyű) (+<szoftver verzió>)
 - Lekérdezése: *#06#
 - minden GSM telefonon működik ez
 - rá van nyomtatva az akkumulátor alá is
 - ha a kettő nem azonos (vagy az utóbbi ki van vakarva): a telefon valószínű lopott!
 - kivétel: a *#06# az IMEI végére néha odatesz egy plusz verziószámot, ez nem gond



Azonosítók GSM-ben

□ **MSRN**: Mobile Station Roaming Number, barangoló szám

- egy VLR-hez tartozó helyi címtartományba tartozó telefonszám, amit az arra járó GSM készülék ideiglenesen használ
- a felhasználó számára transzparens, nem látszik
- ez teszi lehetővé, hogy a szám utaljon a földrajzi helyre: ebből a számból már tudni, hogy merre kell keresni az adott készüléket, ha felhívja valaki



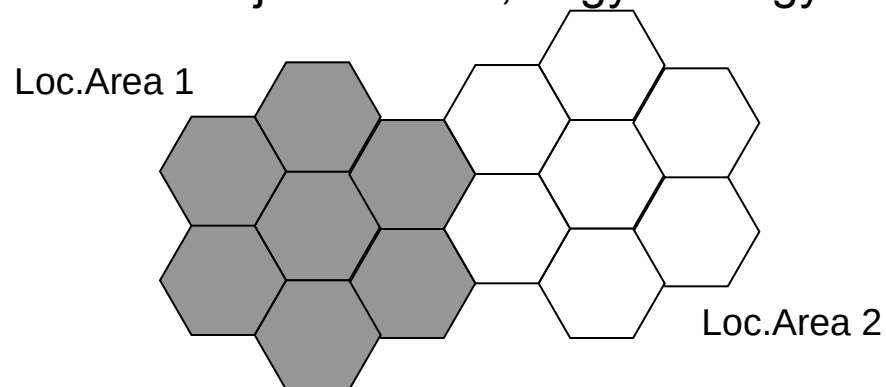
Azonosítók GSM-ben

- **EIR**: Equipment Identity Register, készülékazonosító regiszter
- Adatbázis az IMEI-kből
 - fehér lista: a készülék használható, nem lopott
 - fekete lista: a készülék letiltva, nem használható
 - szürke lista: a készülék használható, de valamilyen okból megfigyelés alatt áll



Végberendezés helyének nyilvántartása

- Cella szinten?
 - túl gyakori adatbázis frissítés, nagy hálózati forgalom!
- Országos szinten?
 - túl nagy területen kéne keresni pl.beérkező híváskor
 - szintén nagy hálózati forgalom
- Kompromisszum: „Location Area”
 - néhány (tipikusan 20-30) cella együttese
 - közöttük való cellaváltáskor nincs helyzetfrissítés (Location update)
 - Location Area váltáskor helyzetfrissítés
 - bejövő híváskor/SMS-kor broadcast keresési üzenet (paging) a Location Area-ban
 - Alapból ennél pontosabban nem tárolja a hálózat, hogy hol vagyunk!



GSM szolgáltatások – 1



- Beszédátvitel
 - kodek sebessége 13 kb/s (később: 5,6 kb/s)
 - kompromisszum: viszonylag gyenge hangminőség, jobb frekvenciakihasználtság
- SMS (Short Message Service, rövid szöveges üzenet szolgáltatás)
 - 160 karakter max.
- Adatátvitel
 - alapesetben 9,6 kb/s, később 14,4 kb/s
- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data, nagy sebességű áramkörkapcsolt adatátvitel)
 - adatátvitel továbbfejlesztése: több 14,4 kb/s csatorna összefogása
 - elvileg max 8
 - gyakorlatilag max 4, hogy beférjen egy 64 kb/s csatornába (PDH)
 - 43,2, 57,6 kb/s a tipikus sebességértékek
 - áramkörkapcsolt, 4 csatorna egyszerre: drága!

GSM szolgáltatások – 2



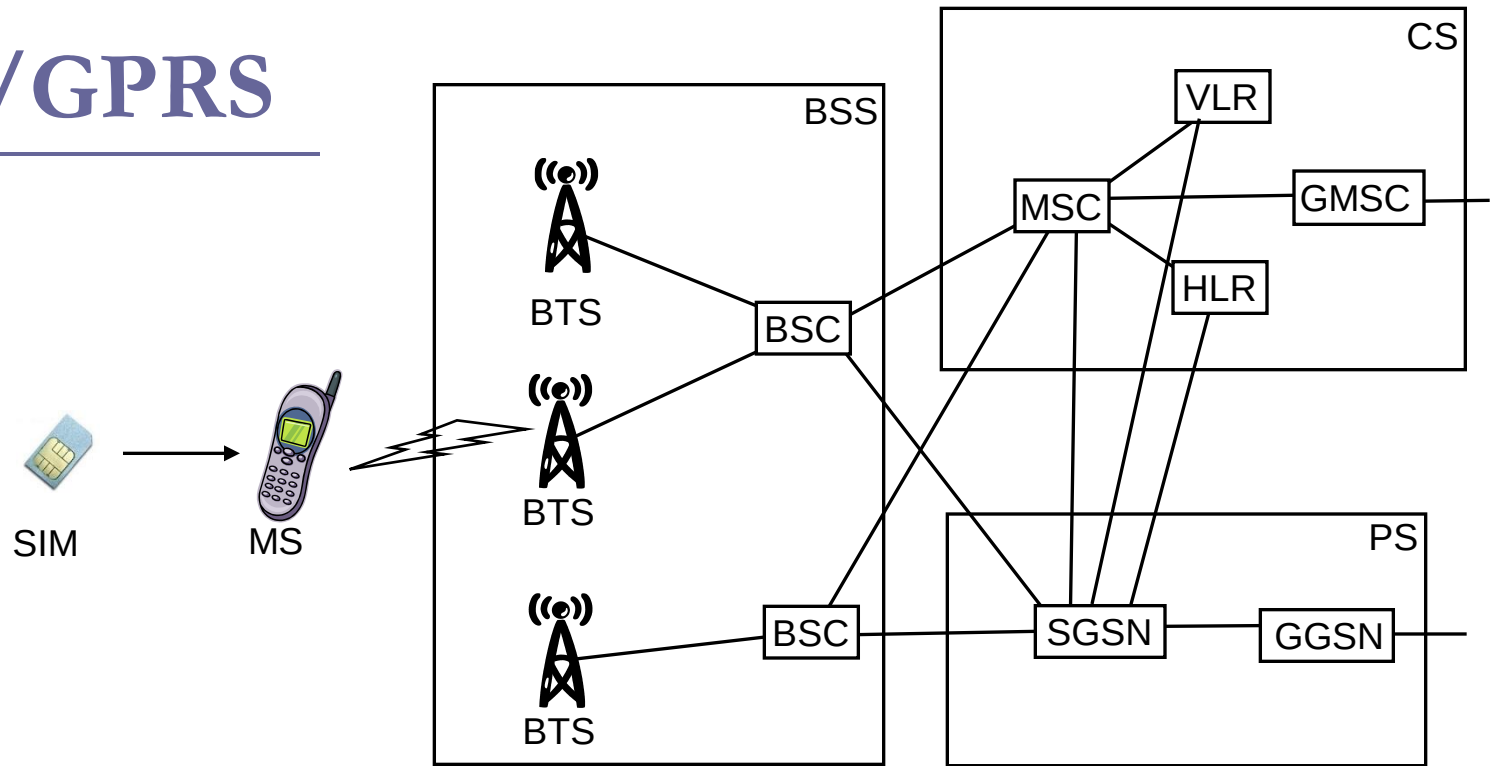
- EMS (Enhanced Messaging Service, kibővített üzenetküldő szolgáltatás)
 - egyszerűbb képzüzenetek is, hamar kihalt
- MMS (Multimedia Messaging Service, multimédia üzenetküldő szolgáltatás)
 - multimédia üzenet: kép, írott szöveg, hang együtt
 - 2002-től elérhető szolgáltatás, mai napig használatos
- WAP (Wireless Application Protocol, vezeték nélküli alkalmazás protokoll)
 - leegyszerűsített Web-szerű alkalmazás, mára nagyjából kihalt
- (Helymeghatározás)
 - viszonylag pontatlan
 - nem nagyon nyújtanak ilyen szolgáltatást a szolgáltatók

GSM/GPRS



- GPRS (General Packet Radio Service, általános csomag alapú rádiós szolgáltatás)
 - 2001. óta elérhető szolgáltatás
 - csomagkapcsolt adatátvitel, a GSM kiegészítése
 - előny:
 - jobb kihasználtság
 - fizetés kilobájt alapon, nem perc szerint
 - sebesség
 - kezdetben max. 56 kb/s
 - elvi max: $8 \times 20 = 160$ kb/s
 - tipikusan 60-80 kb/s lefele, 20-40 kb/s felfele
 - felfele kevesebb csatornát használnak
 - felhasználási lehetőség ma:
 - (WAP elérés)
 - Internet elérés
 - komoly hálózatfejlesztést igényelt (ld. következő dia)

GSM/GPRS



SIM: Subscriber Identity Module, előfizetői azonosító modul

MS: Mobile Station, mobil állomás

BTS: Base Transceiver Station, bázisállomás

BSC: Base Station Controller, bázisállomás-vezérlő

BSS: Base Station Subsystem, bázisállomás-alrendszer

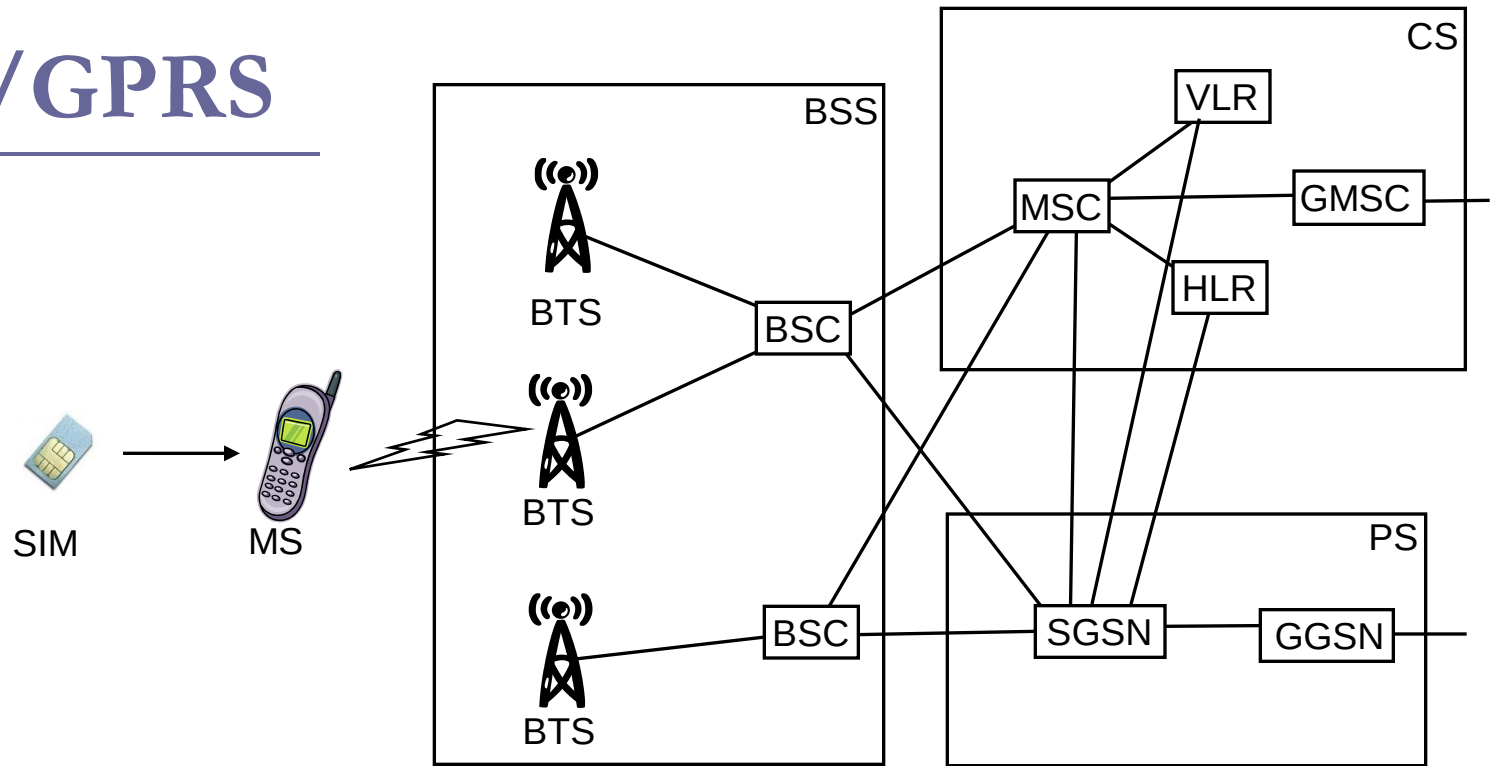
MSC: Mobile Switching Center, mobil kapcsolóközpont

HLR: Home Location Register, honos helyregiszter

VLR: Visitor Location Register, látogatói helyregiszter

GMSC: Gateway MSC: MSC és egyben átjáró más hálózatok felé (pl. ISDN)

GSM/GPRS



CS: Circuit Switched, áramkörkapcsolt alrendszer

SGSN: Serving GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez (útválasztó)

GGSN: Gateway GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez és egyben átjáró más csomagkapcsolt hálózatok felé (pl. Internet)

PS: Packet Switched, csomagkapcsolt alrendszer

GSM/EDGE

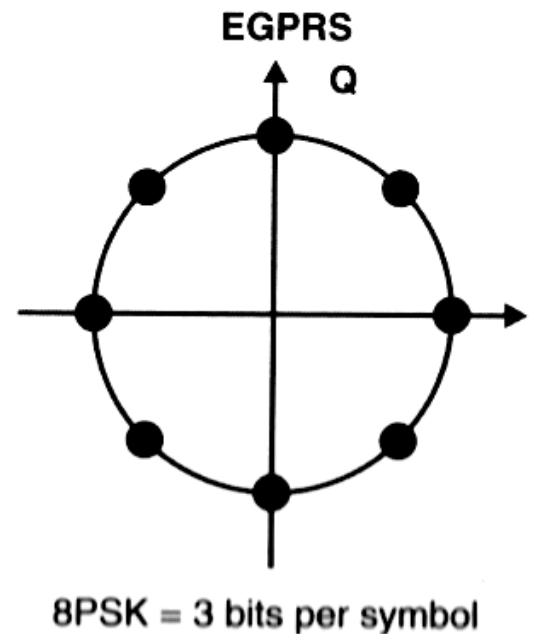
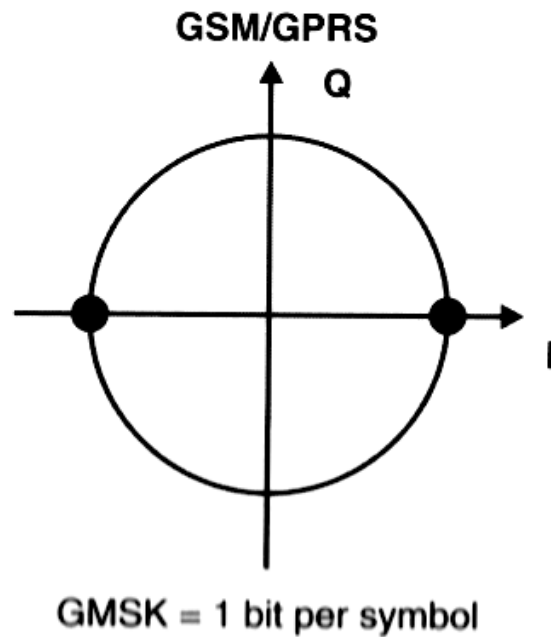


- *EDGE* (Enhanced Data Rate for Global/GSM Evolution, kb. továbbfejlesztett adatsebesség a globális/GSM fejlődésért – no comment...)
 - 2003-tól
 - használható:
 - az áramkörkapcsolt adatátvitel gyorsítására: Enhanced Circuit Switched Data (ECSD)
 - illetve a csomagkapcsolt adatátvitel gyorsítására: Enhanced GPRS (EGPRS)
 - javított modulációs eljárás
 - eredetileg 1 bit/szimbólum volt (Gaussian minimum shift keying, GMSK)
 - EDGE: 8PSK, 3 bit/szimbólum
 - háromszoros adatátviteli sebesség
 - de ez csak jobb jel/zaj viszony esetén működik (kevésbé zavartűrő)
 - csak a bázisállomás közelében használható, nem a teljes cellában
 - kisebb mértékű hálózatfejlesztést igényel: EDGE-képes kártya a bázisállomásra + BSC szoftverfrissítés
 - értelemszerűen csak akkor használható, ha a végberendezés is EDGE-kompatibilis

GSM/EDGE



- Az EDGE moduláció szemléletesen:



EDGE modulációk

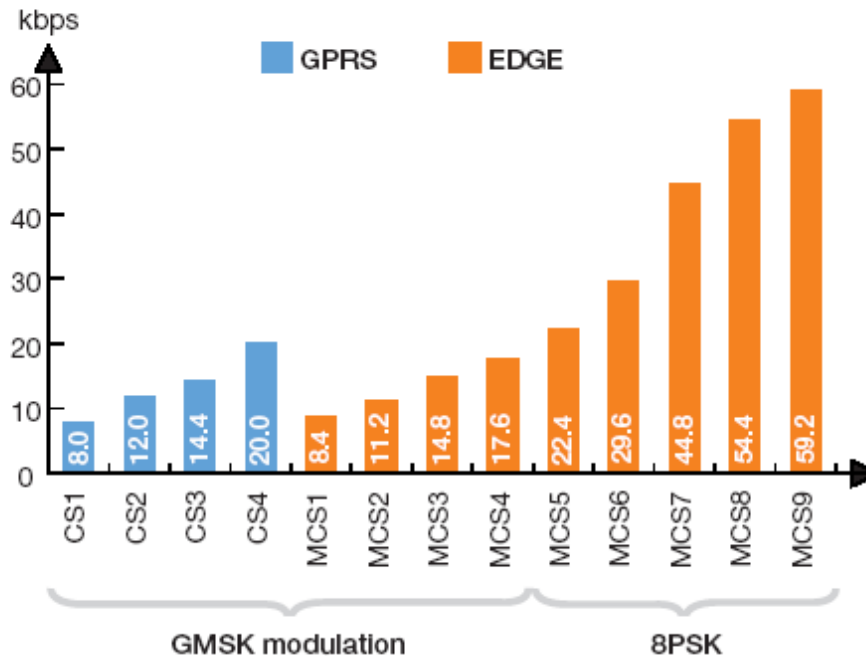


Figure 4. Coding schemes for GPRS and EGPRS (user data rate). (Key: 8PSK, 8-phase shift keying; CS, Coding scheme; EGPRS, Enhanced GPRS; GMSK, Gaussian minimum shift keying; MCS, Modulation coding scheme)

- (Az ábra lényegét kell megérteni, az ábrán bevezetett rövidítéseket nem kell tudni)
- Az ábra egyetlen időrésre vonatkozik
- Elvileg max. 8 időrés fogható össze
- Egy mai mobil végberendezés felfele irányban 1-4, lefele 1-5 időrést tud összefogni (egy adott eszköz lefele tipikusan többet, mint felfele)

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

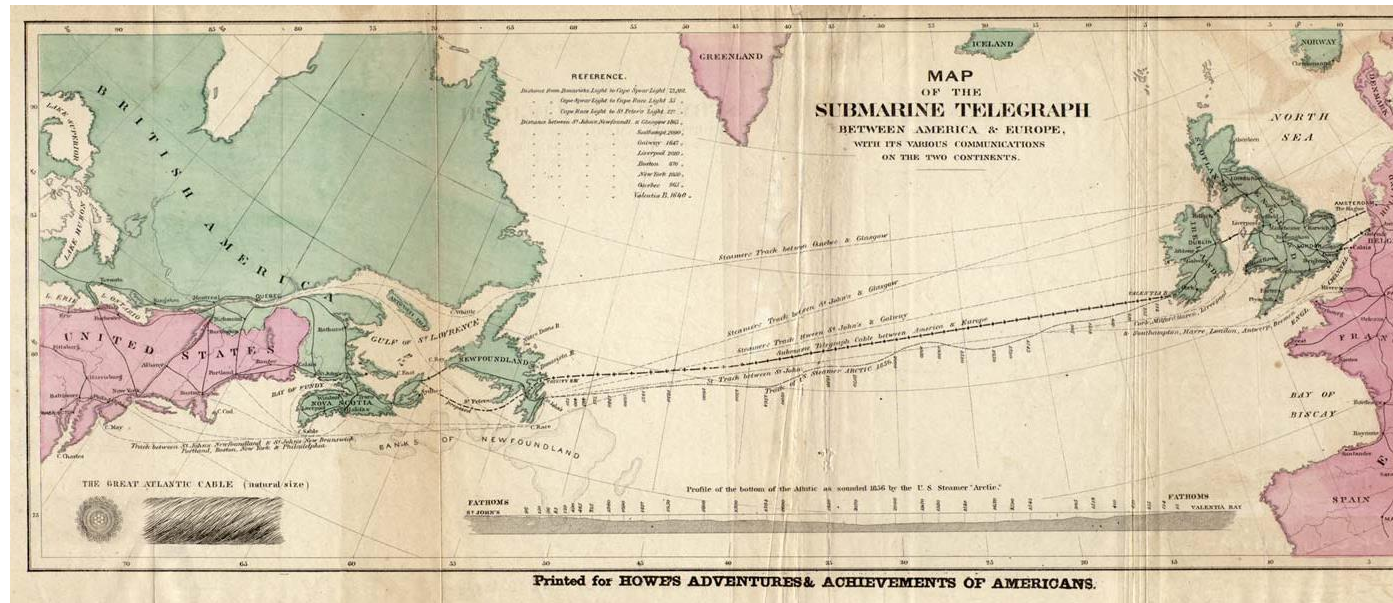
Gerinchálózati (transzport) technikák

Cinkler Tibor
BME TMIT

2014. november 18.

Kedd 14:15-16:00

Q.-I.



SS Great Eastern, 1866

A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
 - ➔ ■ **8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)**
 - 8.2 SDH (Szinkron Digitális Hierarchia)
 - 8.3 ngSDH (next generation SDH)
 - 8.4 OTN (Optical Transport Network)
 - 8.5 Kapcsolt optikai hálózatok (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS)
- 9. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



GYAKORLAT

Gerinchálózati technikák: Bevezető

□ Hálózatok felépítése

- hozzáférés (access)
- „metro” (metro)
- gerinc / transzport / szállító (backbone / transport / core / long-haul)

□ Nyalábolási technikák (tér, frekvencia, idő) (2. előadás)

□ Adat- és beszéd-forgalom szállítása

Egy kis történelem

□ Az átviteltechnika fejlődése

- 1865 első sikeres Trans-Atlanti távíró kábel
(http://en.wikipedia.org/wiki/Transatlantic_telegraph_cable)
 - 5 próbálkozás: 1857, 2x1858, 1865, 1866
 - K: Wildman Whitehouse (orvos), Ny: Lord Kelvin
- 1915 New York - San Francisco távbeszélő ök réz/analóg
- 1936 koaxiális kábel PSTN NY - Philadelphia
- 1947 mikrohullámú szakaszok
- 1962 távközlő műholdak
- 1980 üvegszál
- 1988 SONET (ANSI) és SDH (CCITT ma ITU) szabvány

Analóg -> Digitális áttérés

PDH -> SDH

□ Ma

- PCM / PDH, ISDN
- SDH / ngSDH
- ATM / MPLS
- IP / Ethernet
- OTN / DWDM / CWDM
- ASON / ASTN, GMPLS / MPLS-TP



Ajánlott olvasmány: Dr. Bartolits István: **A HTE 60 éve**, 2009, 1949-2009

1949 december 31: „A budapesti hálózat állomáskapacitása 93470 automata és 1200 manuális állomás volt.

Ebből 56930 fővonal, míg 36540 ikervonal. A bekapcsolt állomások száma 55854 automata és 478 manuális előfizető”.

8.1.: PCM/PDH

- http://www.hte.hu/online_konyv : 2.1.1.1, 2.1.1.2
- PCM: Pulse Coded Modulation
 - Impulzus-kódolt moduláció
 - <http://en.wikipedia.org/wiki/PCM>
- PDH: Plesyochronous Digital Hierarchy
 - Pleziokron digitális hierarchia
 - Görög: *plesio* - közel, *chronos* - idő
- Analóg beszédjel digitális átvitele
- Időosztás
- Több különböző rendszer
 - Észak-Amerika
 - Európa
 - Japán



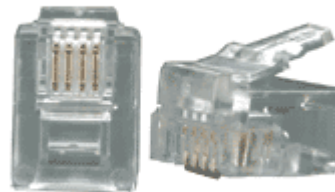
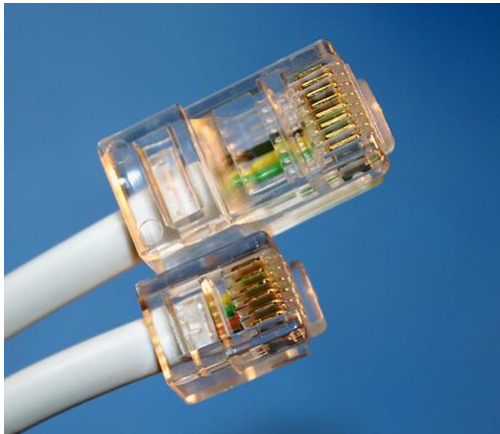
IP phone



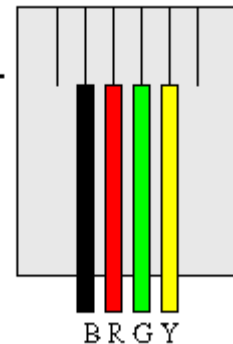
PCM: beszéd $\rightarrow$ 8000 minta/s



- Ez csak ismételés, 2. előadáson volt!
- 300–3400 Hz analóg beszédjel lényege
- Nyquist-Shannon tétel: 8 kHz mintavétel
- kompanderes kvantálás (nem lineáris!)
 - Európában az *A-törvényt* (*A-law*) használják
 - <http://en.wikipedia.org/wiki/A-law>
 - 8 bit mintánként (ITU-T [G.711.](#))
 - 64 kbit/s beszédcsatornánként



Hook
Is
Under-
neath

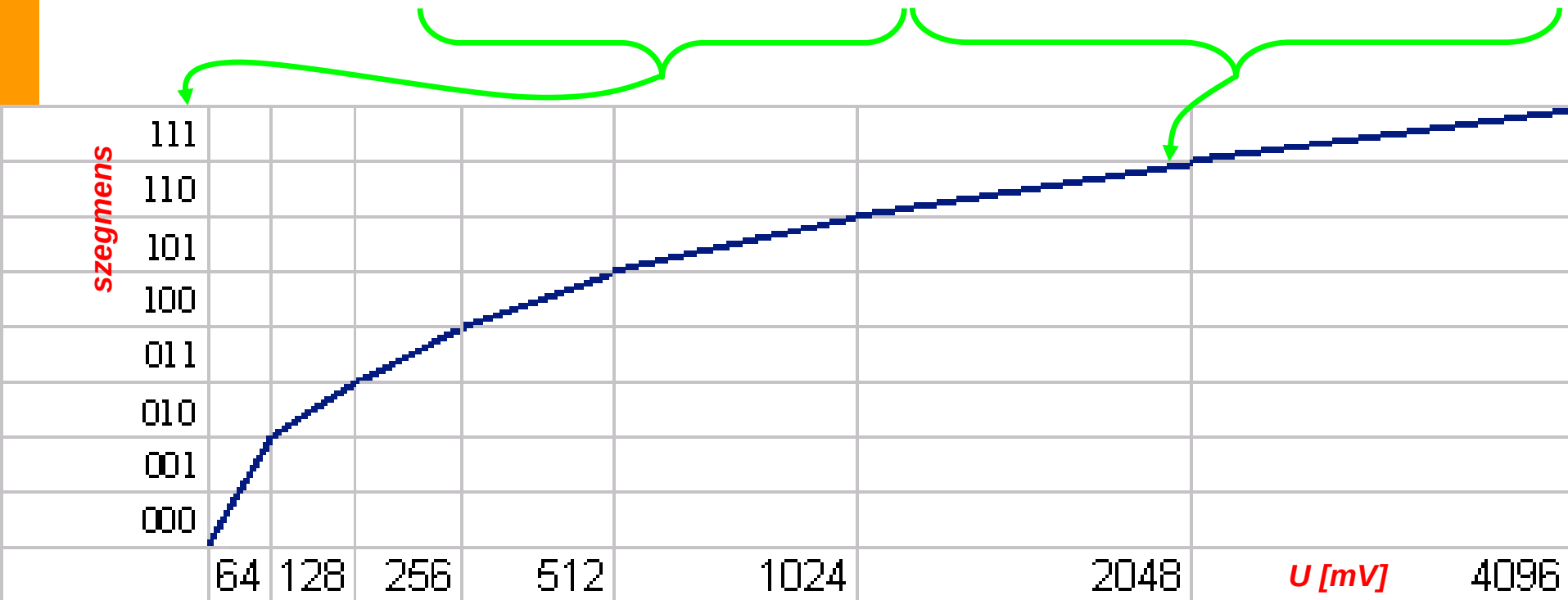


A-karakterisztika szakaszos közelítése → 8 bit/minta

(CCITT/ITU-T G.711)

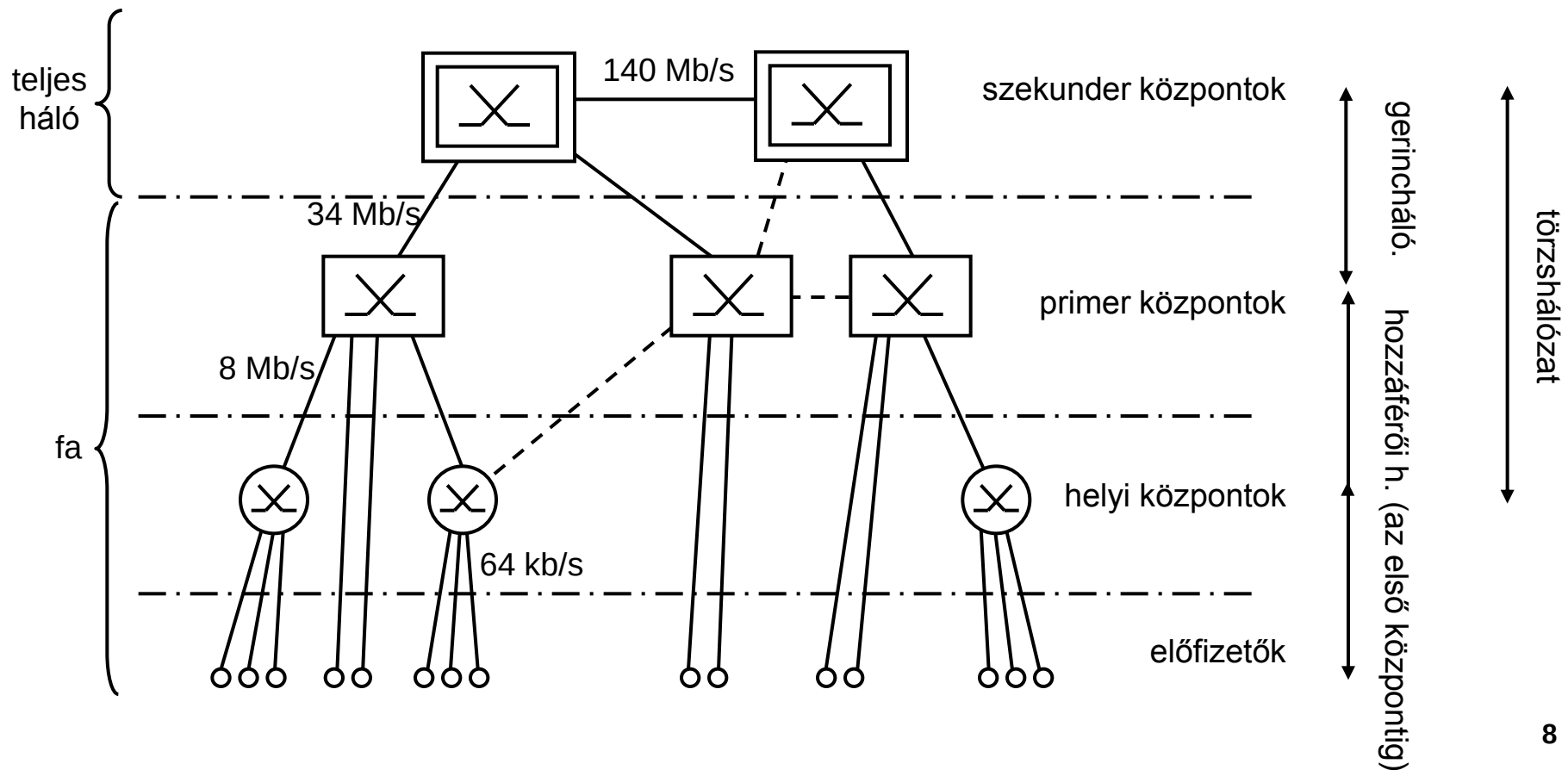
Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies - 1988 november)

	Polaritás	Szegmens			Lineáris kódolás a szegmensen belül			
1970 mV	+:1 / -:0	1	1	0	1	1	1	0

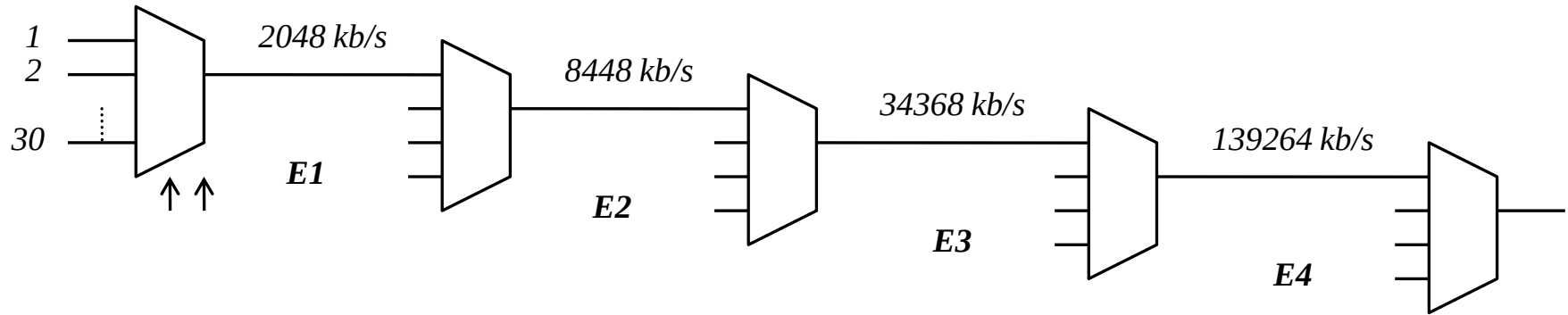


A PDH Hierarchia

- Ez csak ismételtes: 2. előadás, 17. oldal
- Nyilvános kapcsolt távbeszélő hálózat topológiája
- PSTN (Public Switched Telephone Network)



PDH: A hierarchia



	Névleges bitsebesség [kb/s]	Tűrés [ppm ^[1]]	Vonali kódolás	félcsúcs feszültség (V)	a (dB/km)	keretméret [bit]	be bit / kimenő keret / csatorna
E1	2 048	± 50	HDB3 ^[2]	2,37 vagy ^[3] 3	6	32×8=256	8
E2	8 448	± 30	HDB3	2,37	6	848	205(+1)
E3	34 368	± 20	HDB3	1	12	1536	377(+1)
E4	139 264	± 15	CMI ^[4]	1	12	2928	722(+1)

^[1] ppm: parts per million. 1 ppm az alap egy milliomod részét jelenti (ahogyan 1% egy század részét)

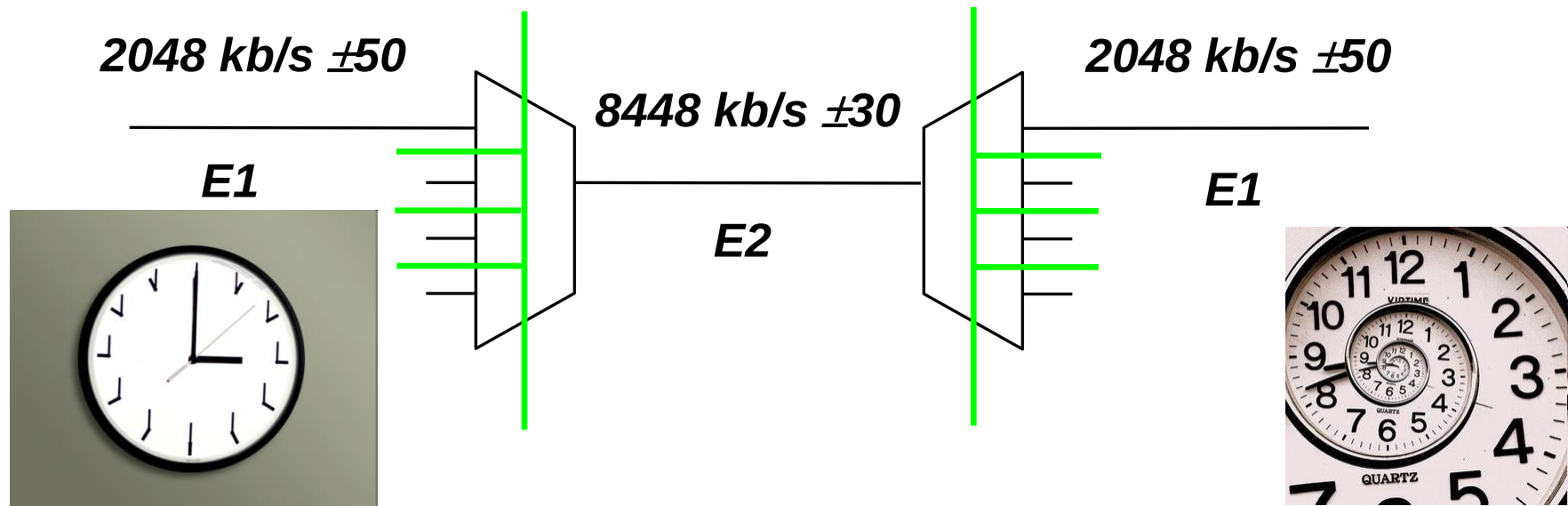
^[2] HDB3: High Density Bipolar Coding, 3 nullára korlátozva

^[3] 2,37 V asszimétrikus (pl. koaxiális kábel), és 3 V szimmetrikus (pl. érpár) vezetéken

^[4] CMI: Coded Mark Inversion. Kódolt előjelváltás

A táblázat középső 4 oszlopa vizsgán nem kell!!!

Sok különböző órajel egy rendszerben



□ Sebességkiegyenlítés

- Bemenet
- Kimenet

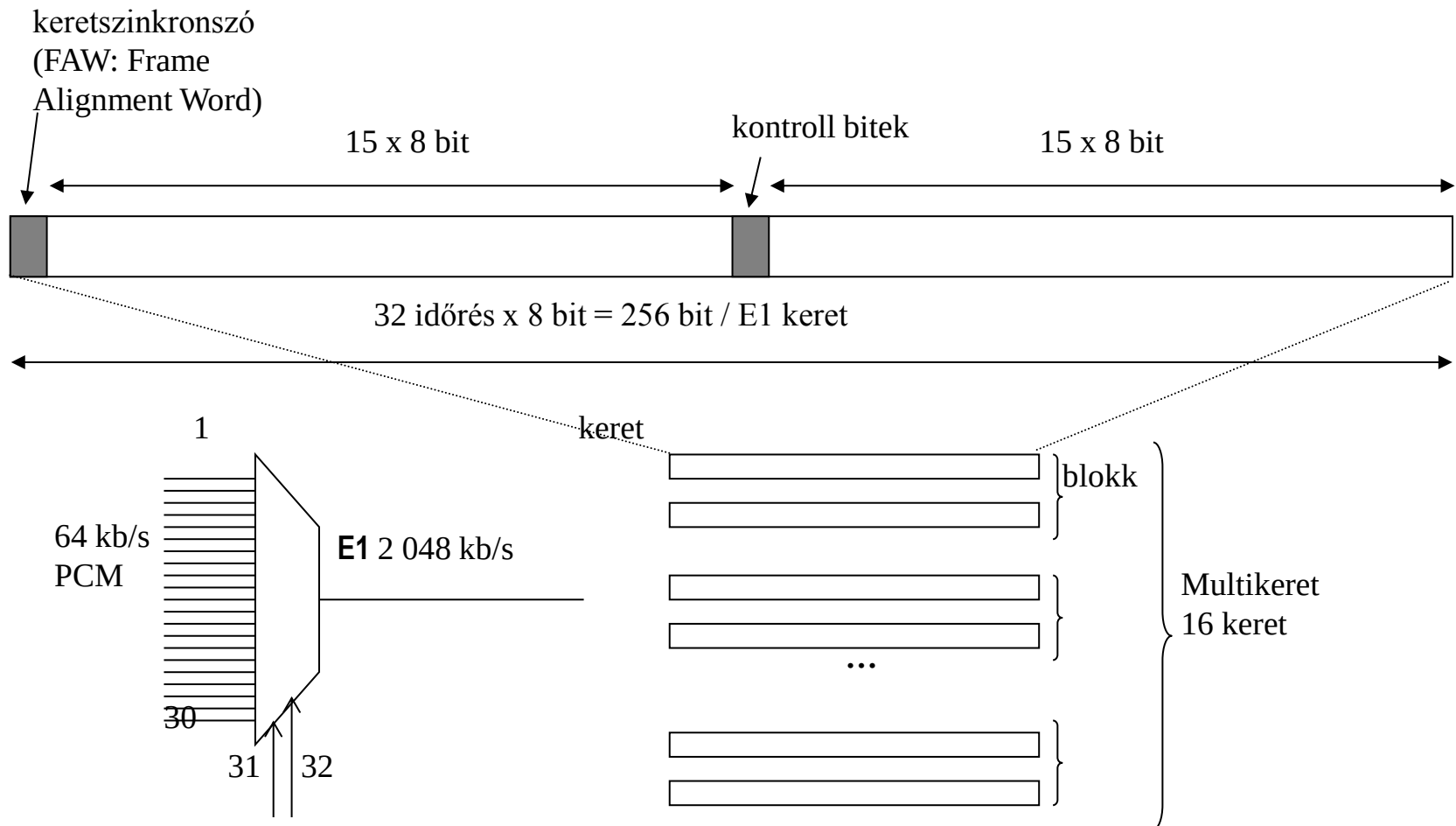
□ Rugalmas tár

□ Itt 5 sebesség

- 4 $E1$
 - Kimenet = Bemenet
- 1 $E2$

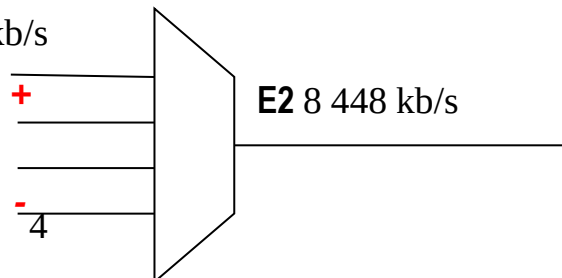
E1: $(30 + 2) * 64 \text{ kbit/s} = 2048 \text{ kbit/s}$

0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
x	0	0	1	1	0	1	1



E2

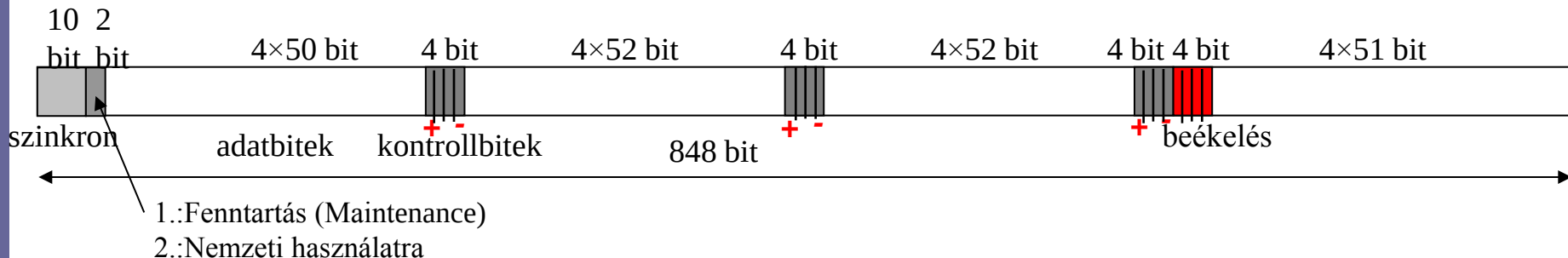
E1 2 048 kb/s



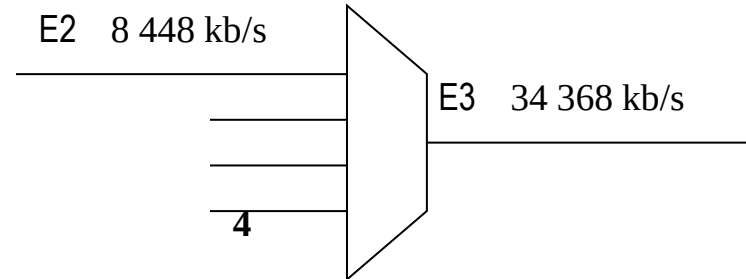
- beékelési tényező $\eta=0,58$
- névleges E1 és E2 mellett
- átlag 205,5762 bit/keret

$$f_{\min}^{E1} = 205 \text{ bit} \cdot f_k^{E2} = 205 \text{ bit} \cdot \frac{8448 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{848 \text{ bit}} = 2042,26 \text{ kb/s}$$

$$f_{\max}^{E1} = 206 \text{ bit} \cdot f_k^{E2} = 206 \text{ bit} \cdot \frac{8448 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{848 \text{ bit}} = 2052,22 \text{ kb/s}$$

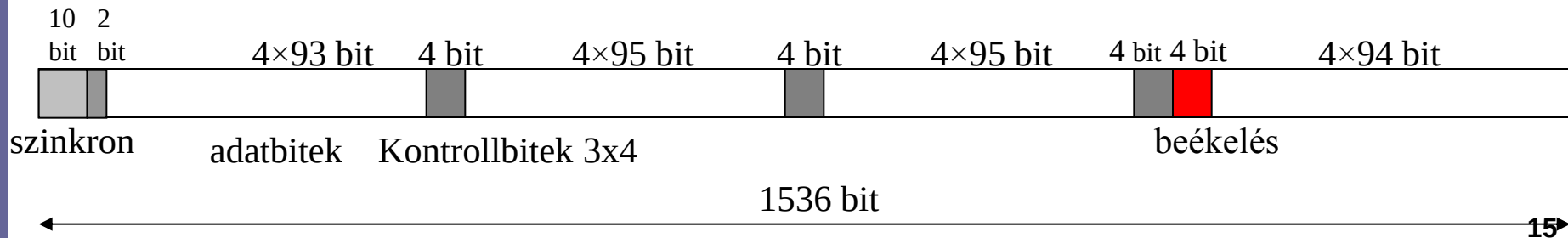


E3



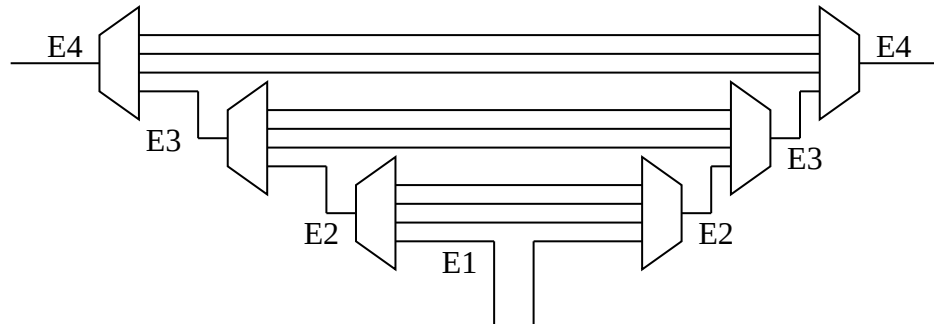
$$f_{\min}^{E2} = 377 \text{ bit} \cdot f_k^{E3} = 377 \text{ bit} \cdot \frac{34368 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{1536 \text{ bit}} = 8435,375 \text{ kb/s}$$

$$f_{\max}^{E2} = 378 \text{ bit} \cdot f_k^{E3} = 378 \text{ bit} \cdot \frac{34368 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{1536 \text{ bit}} = 8457,75 \text{ kb/s}$$



PDH előnyei, hátrányai

- A nyalábolás bitenként történik.
- Különböznek az európai a japán és az amerikai változat.
- + Az egyes eszközök bitsebességei eltérhetnek a névlegestől a rendszer mégis zavartalanul működik.
- + Nem kell terjesztetni a szinkronjelet a hálózatban (erre nem is volt lehetőség az eljárás megalkotásakor).
- Szintenként újra kell keretezni. Vegyünk egy példát:



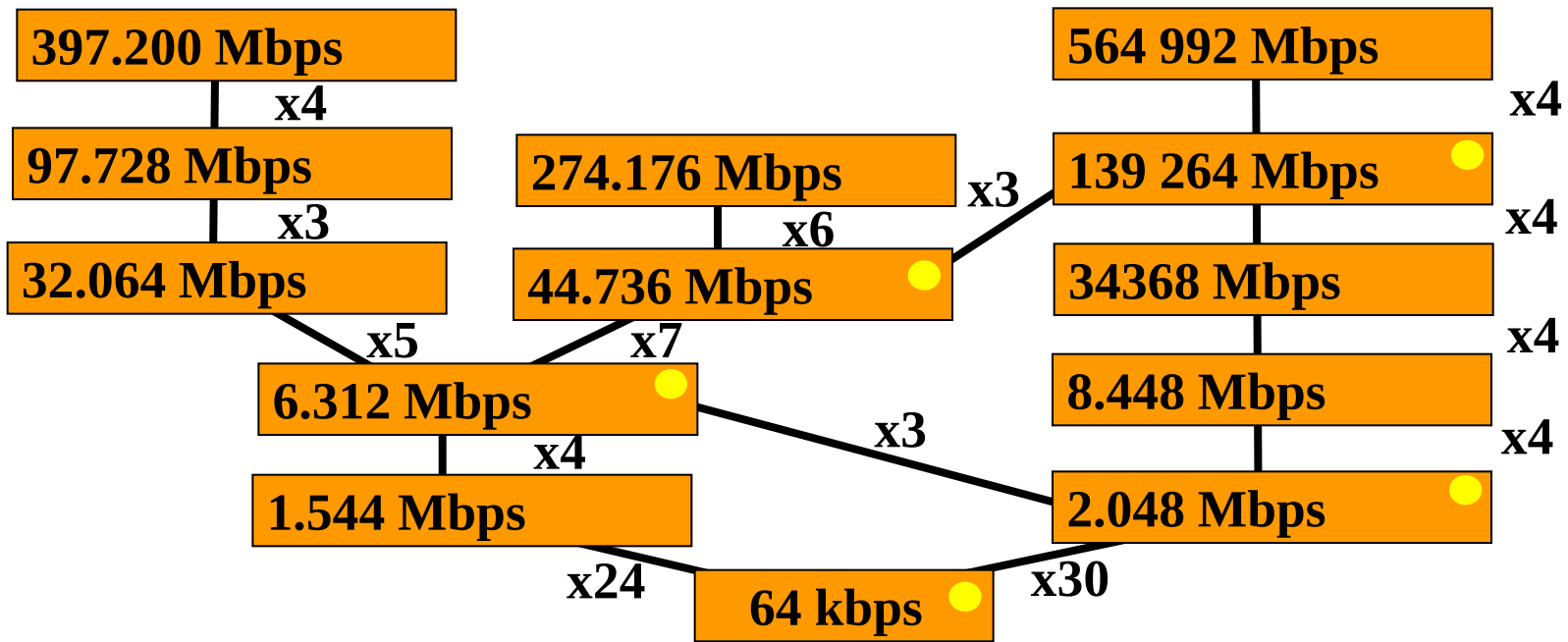
- Nincs elég hely az üzemeltetési/fenntartási és esetleg egyéb információk átvitelére.
- A védelem nehézkesen oldható meg.
- Beszédsávi modemes átvitelrel a 64 kbit/s nem érhető el (max 56 kbit/s)

EÁ, Európa, Japán

Japán

Egyesült Államok

Európa



● Trans-Atlantic

A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
 - 8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
 - **8.2 SDH (Szinkron Digitális Hierarchia)**
 - 8.3 ngSDH (next generation SDH)
 - 8.4 OTN (Optical Transport Network)
 - 8.5 Kapcsolt optikai hálózatok (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS)
- 9. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)

GYAKORLAT



8.2. SDH/SONET

- (http://www.hte.hu/online_konyv : 2.1.1.3)
- http://www.jdsu.com/productliterature/sdh_pg_opt_tm_ae.pdf
- Hozzáférő - gerinc hálózat
- Magán - nyilvános hálózat
- szabványok
 - SONET (ANSI) 1988-ban
 - SDH (ETSI)
 - SDH (CCITT ma ITU-T)

SONET: Synchronous Optical NETwork

SDH: Synchronous Digital Hierarchy

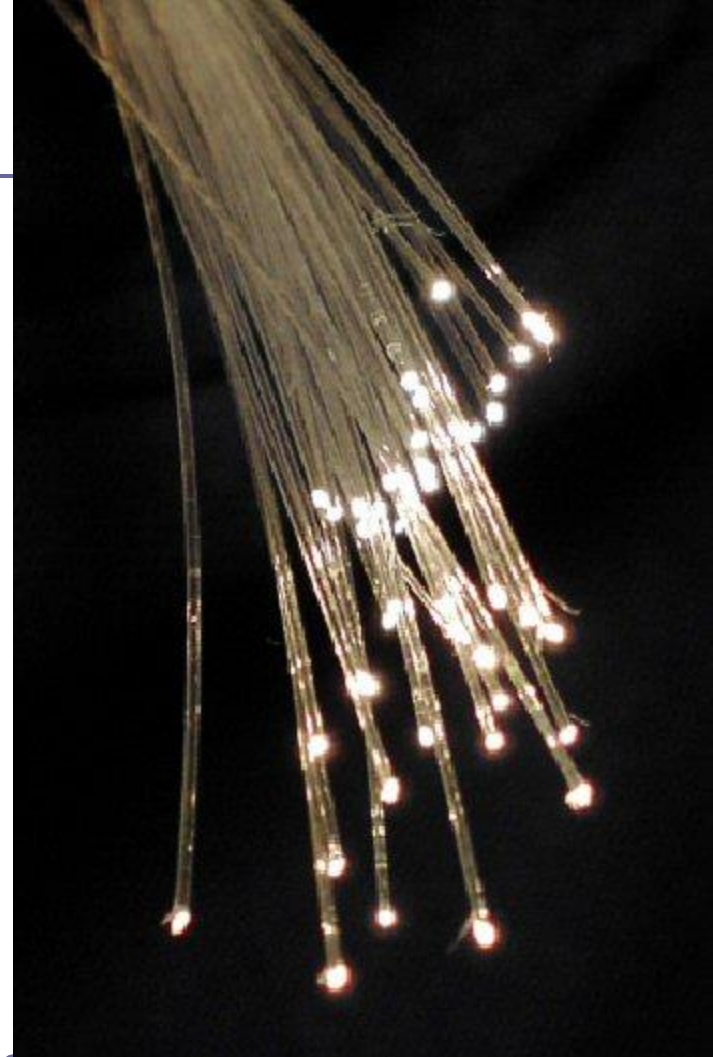
http://en.wikipedia.org/wiki/Synchronous_optical_networking

ANSI: American National Standards Institute

ETSI: European Telecommunications Standards Institute

ITU: International Telecommunication Union

CCITT: International Telephone and Telegraph Consultative Committee (1992-ig)
("Comité consultatif international téléphonique et télégraphique")



Mire jó az SDH?

- ❑ Beszéd- és adatátvitelre
- ❑ Kis késleltetés - nagy sáv szélesség
- ❑ PDH
- ❑ ISDN
- ❑ ATM
- ❑ FR
- ❑ IP
- ❑ Ethernet
- ❑ bérelt vonal
- ❑ Stb.



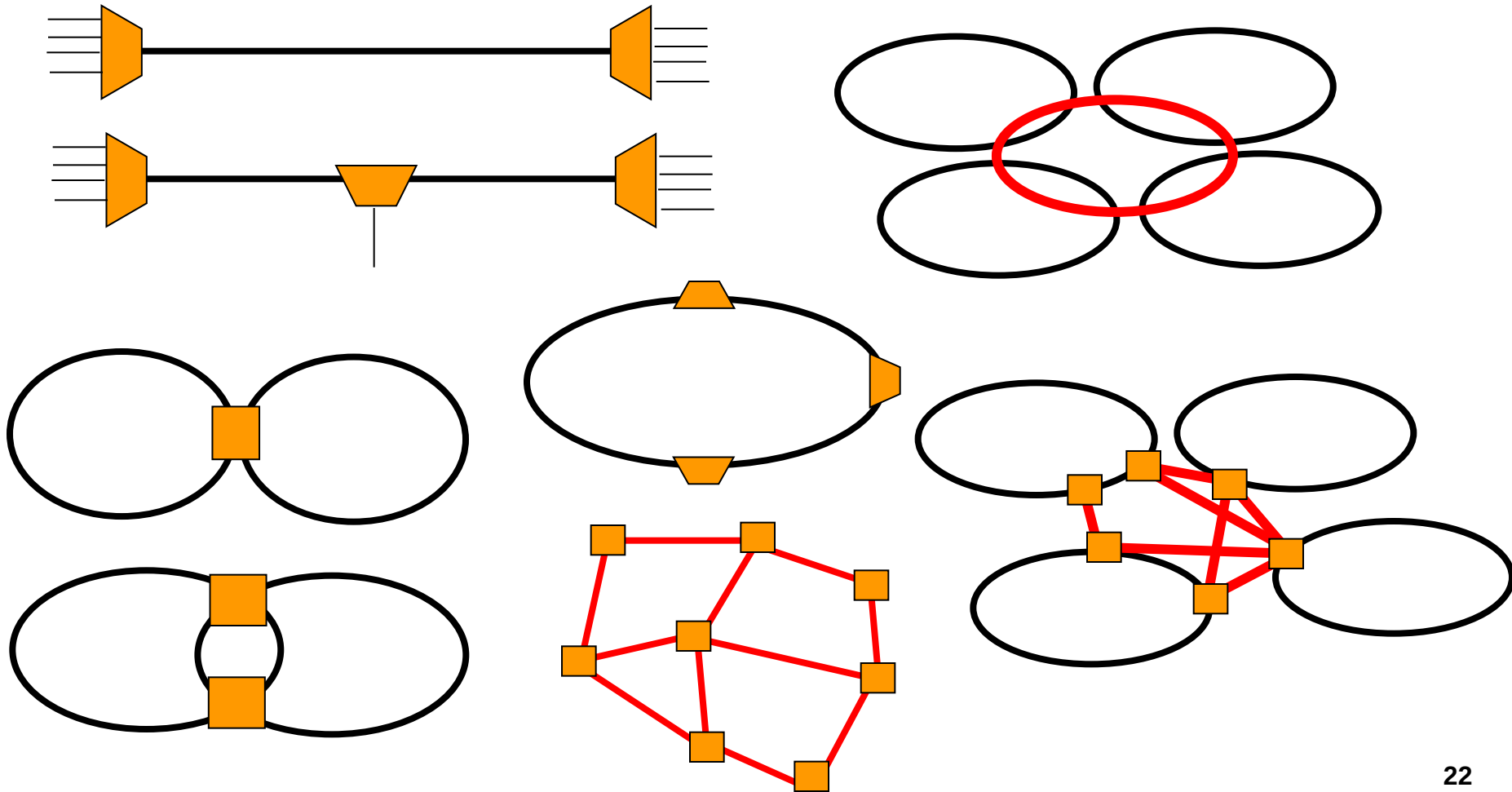
Mitől szinkron az SDH?

- Szinkron - Pleziokron - Aszinkron
- SDH szinkron mert:
 - berendezések órajele összehangolva
 - a hierarchia rétegei egymással szinkronban vannak
 - Szinkron átviteli mód, mert az adott keretszervezéshez képest az egységek helye egyértelműen adott.
- A „leg-szinkronabb” hálózat!



Hálózati topológiák

ADM és DXC

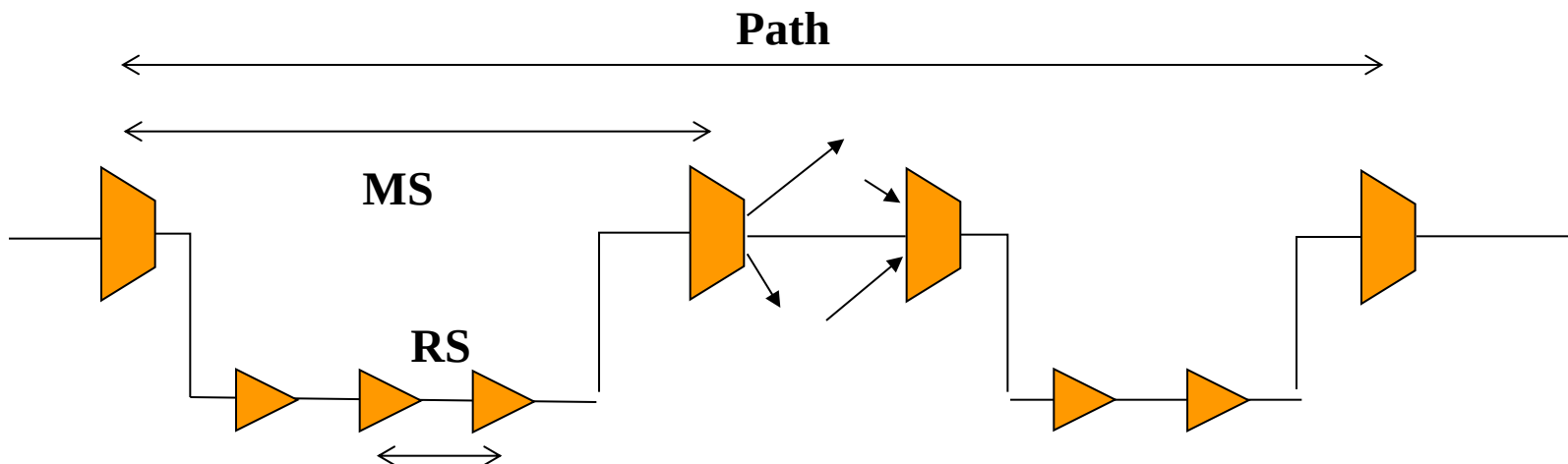


SDH hálózatok alapelemei

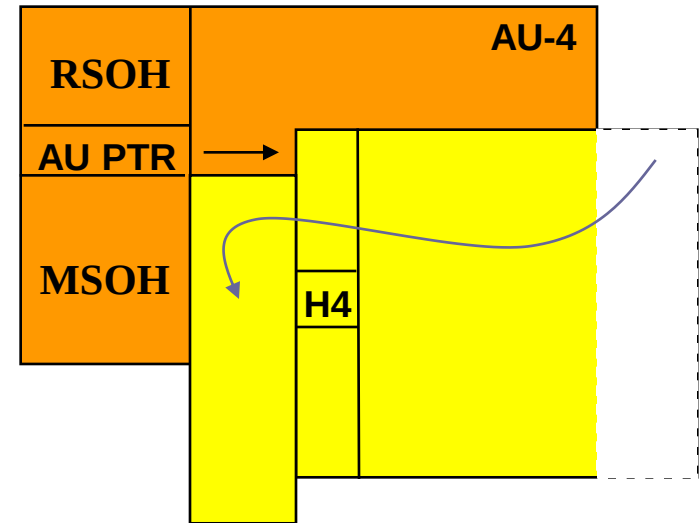
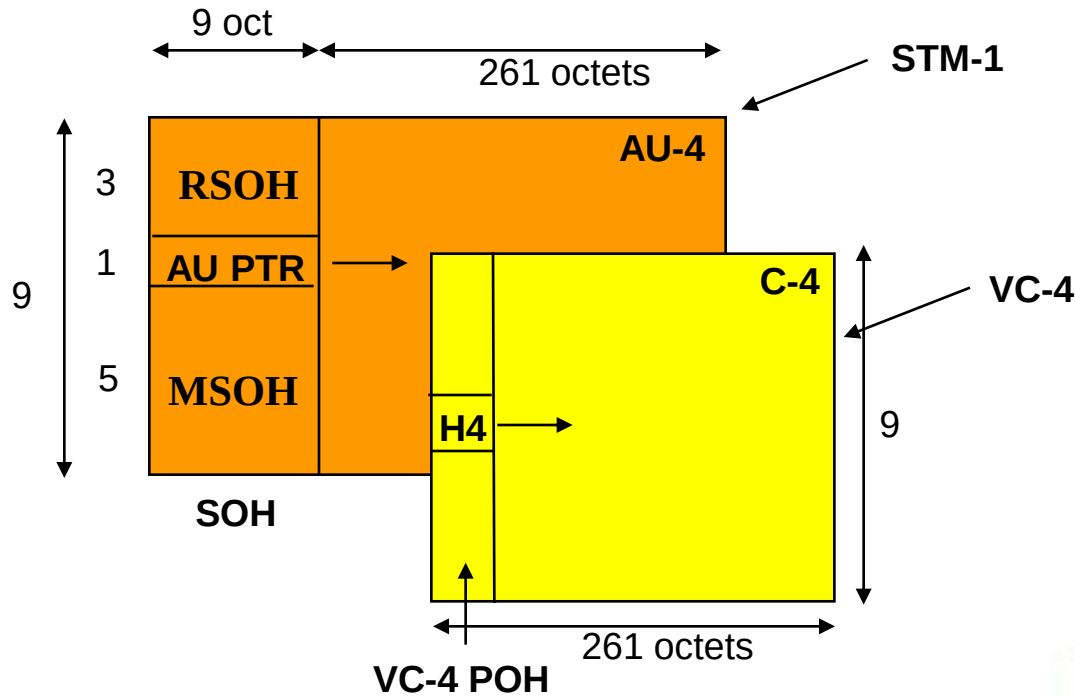
- Átviteli szakaszok
(koaxiális kábel, üvegszál, μ hullámú szakasz, ...)
- Jelfrissítők (regenerátorok) (O/E/O)
- Nyaláboló (Multiplexer)
 - leágasztató (ADM: Add/Drop Multiplexer)
 - vonali végeztető
- Rendező (DXC vagy DCC: Digital Cross-Connect)
- Multi-Service Switching

Rétegek

- **RS:** jelfrissítő (regenerátor) szakasz (section)
- **MS:** nyaláboló szakasz (line)
- **Path:** átviteli út (path)
- RSOH, MSOH, POH



SDH keretszervezés (G.707)



C-4-et töltjük felhasználói
információval, vagy kisebb C-vel

$C-4 + POH = VC-4$

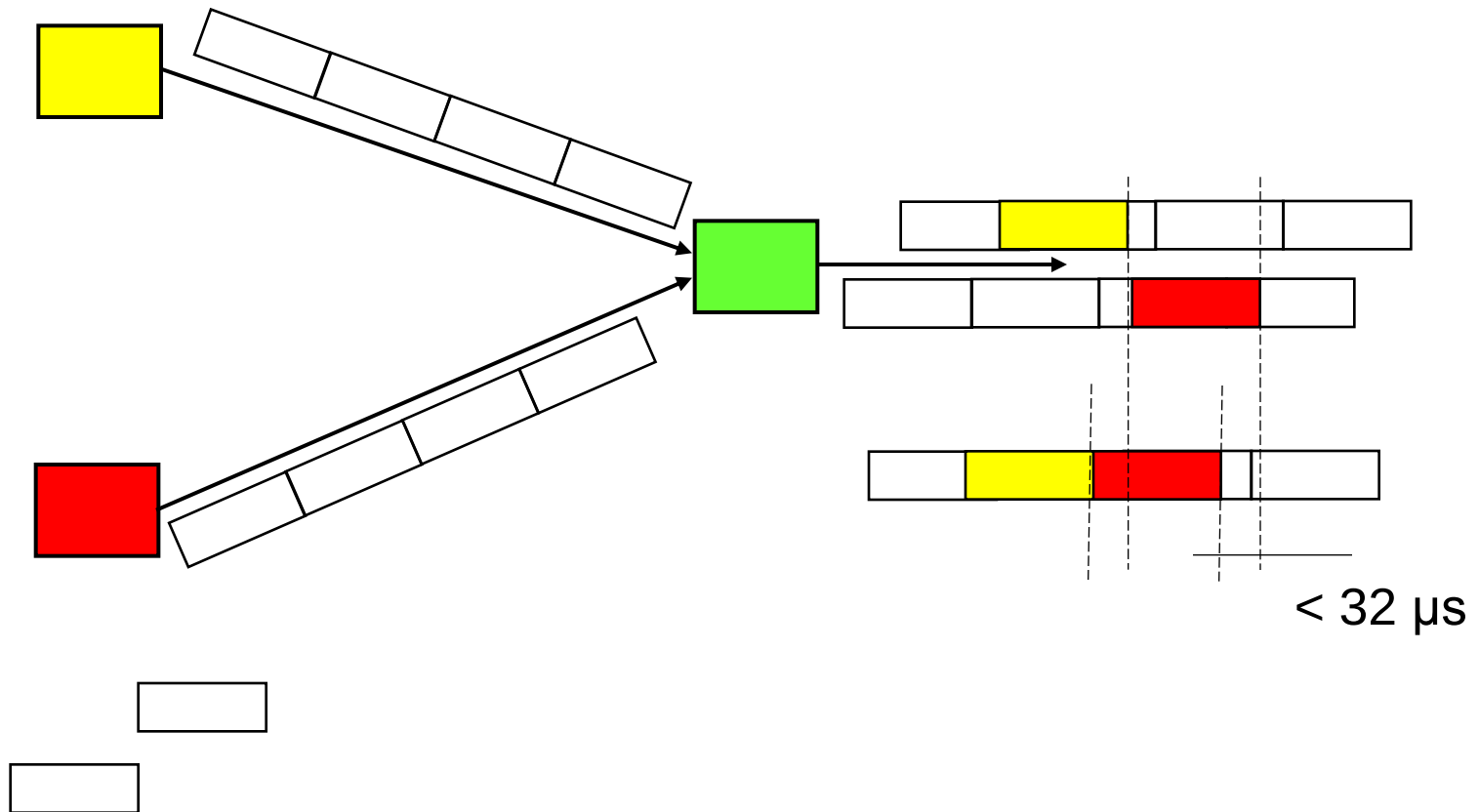
$AU-4 + SOH \rightarrow STM$

Csúszás: Max 32 microsecundum (μs)!

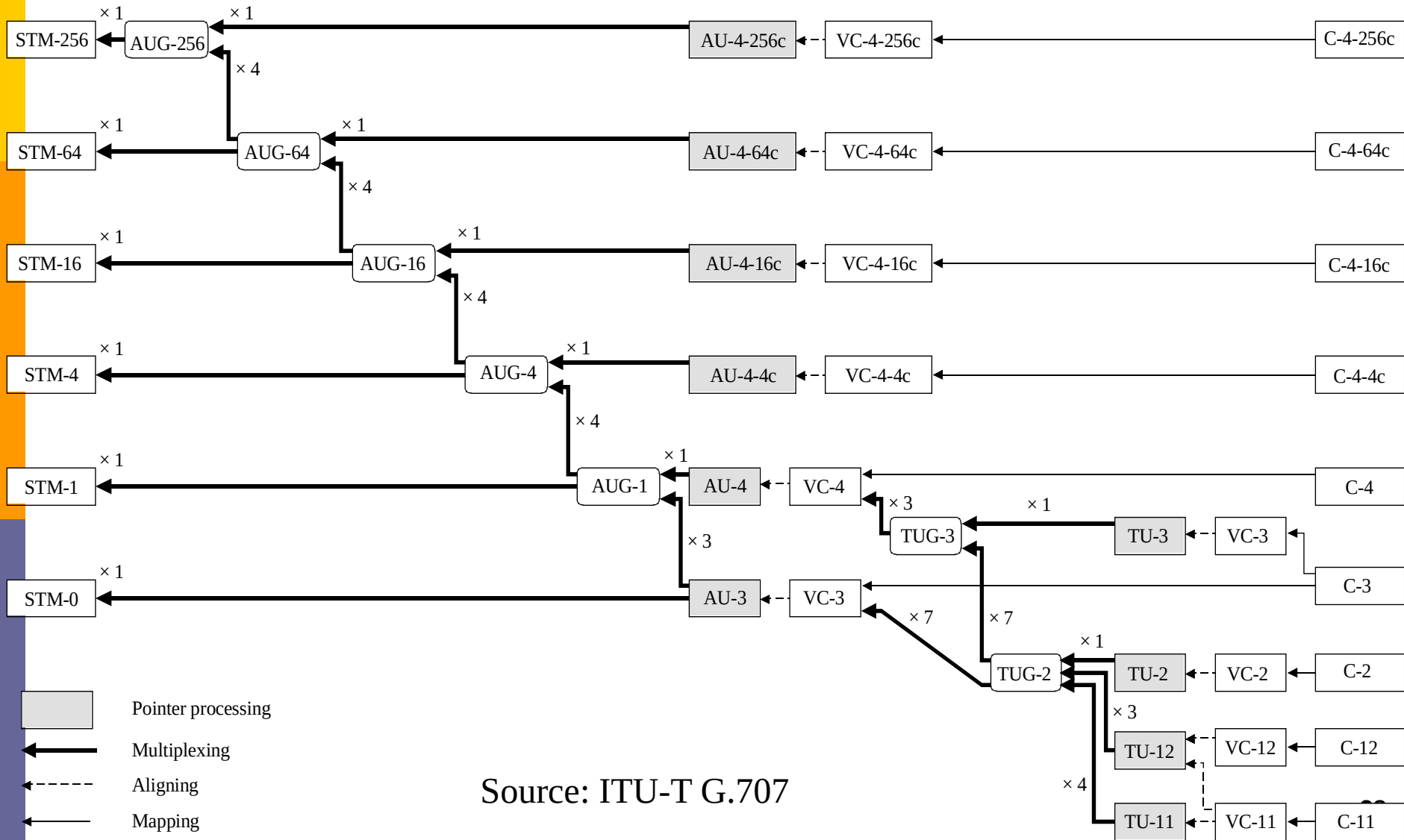


STM-1 és VC-4 fáziskülönbségek

- ❑ Keretidő: 125 microsecondum (μs)
- ❑ Max csúszás: max 32 microsecondum (μs)!



ITU-T G.707 – Multiplexing structure



ITU-T SDH Hierarchia

Pontos négyszereződés!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

STM-256	39 813,12 Mbps				OC-768	STS-768
STM-64	9 953.28 Mbps				OC-192	STS-192
STM-16	2 488.32 Mbps				OC-48	STS-48
STM-4	622.08 Mbps				OC-12	STS-12
STM ^[1] -1	155.52 Mbps				OC-3	STS-3
	E4	139.264 Mbps	44.736 Mbps	T3	OC ^[2] -1	STS ^[3] -1
	E3	34.368 Mbps	6.312 Mbps	T2		
	E1	2.048 Mbps	1.544 Mbps	T1		
	64 kbps			DS ^[4] 0		

^[1] STM: Synchronous Transport Module

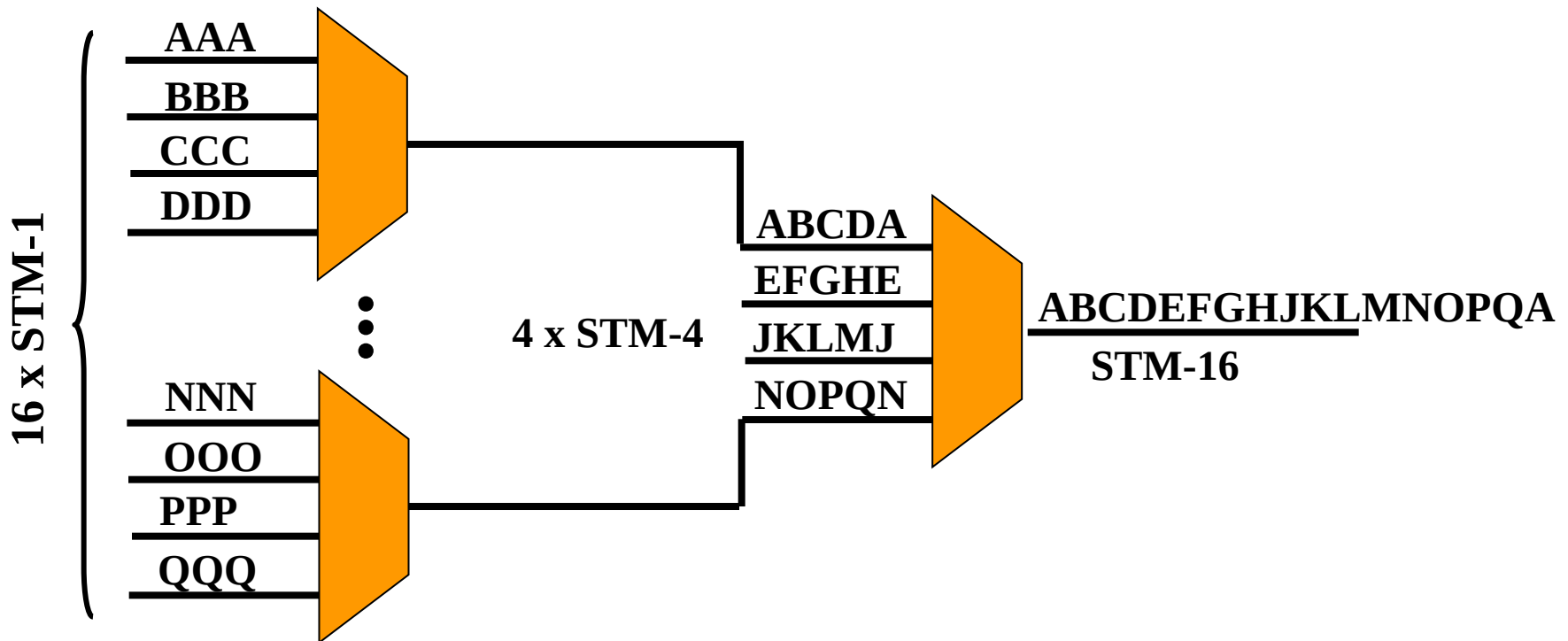
^[2] OC: Optical Carrier

^[3] STS: Synchronous Transport Signal

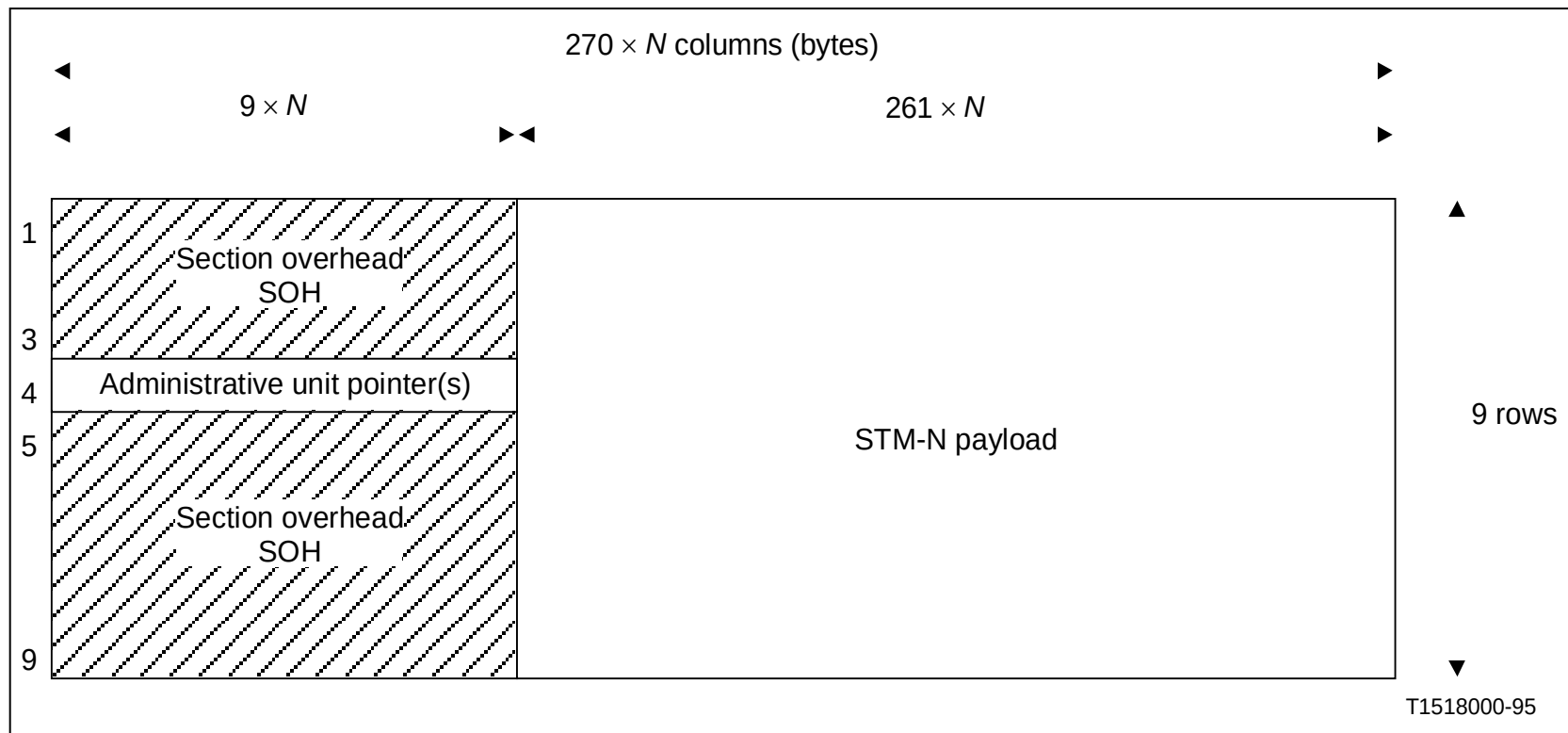
^[4] DS: Digital Signal

STM-N

- Minden keret 125 μ s ideig tart!!! (Minden hierarchiaszinten!!!)



STM-N

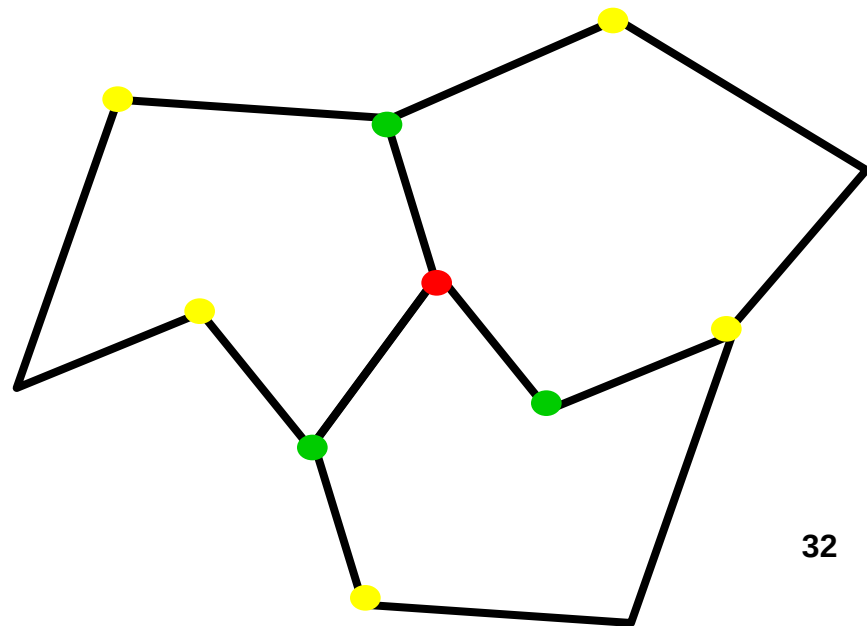


Forrás: ITU-T G.707

Minden keret $125 \mu\text{s}$
 $N=1, 4, 16, 64$

Berendezések szinkronizálása

- ❑ Egy vagy több nagyon pontos (atom, pl. cézium) óra alapján
- ❑ Vagy GPS (Global Positioning System)
- ❑ Bitek alapján
- ❑ Szélességi bejárás alapján
- Primary Reference Clock (Mesteróra)
- PLL: Phase Locked Loop-al (fáziszárt hurokkal) követi a többi óra (slave)



SDH hálózatok csatlakoztatása

(gyors → lassú)

□ Más hálózat - Különböző referenciaóra

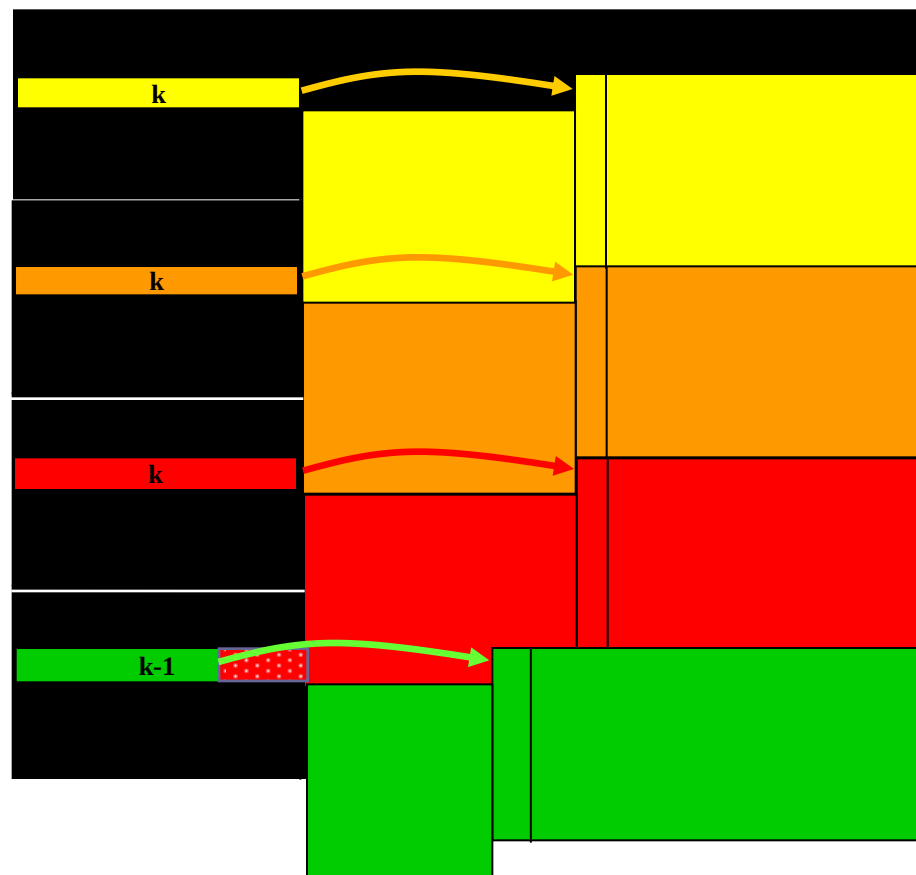
- sebessékiegyenlítés
- max 4 keretenként
- pont 3 oktett

- 1. Pointer
- 2. Pointer
- 3. Invertál
- 4. Új pointer

■ Ha gyorsabb órájú
rendszerből lassúbbba megyünk

- Időben rövidül a C-4
- Belenyúl a fejrészbe
- „D” bitek invertálva
- Ptr érték 1-el csökken

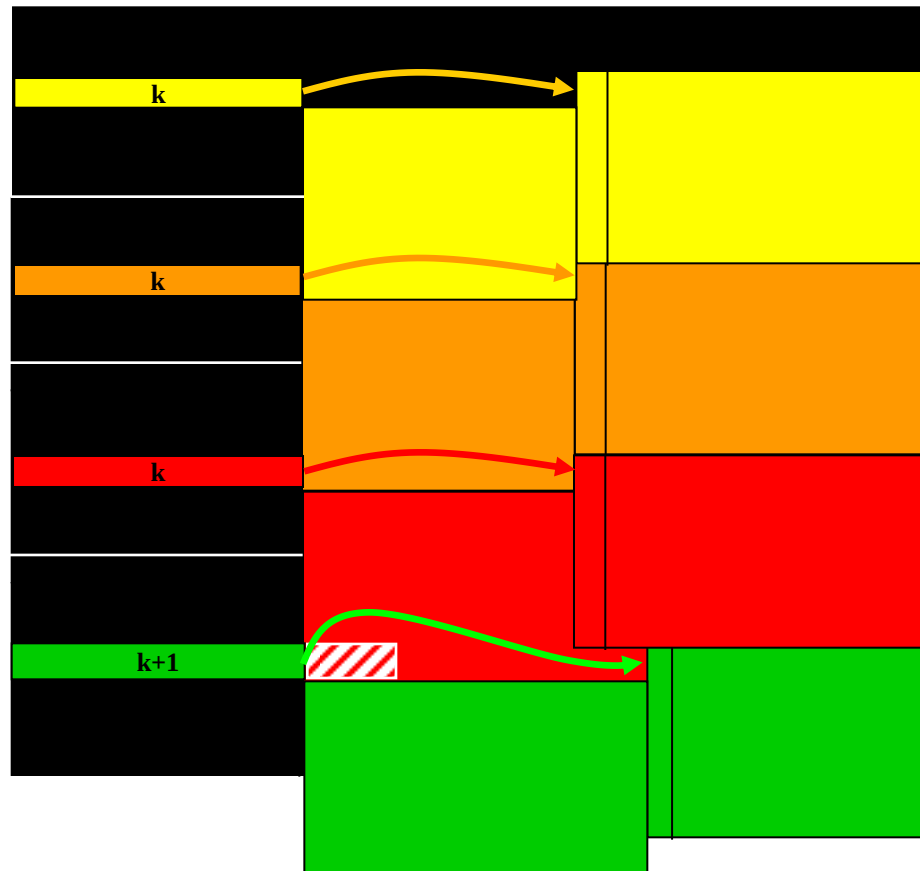
($k \rightarrow k-1$)



SDH hálózatok csatlakoztatása

(lassú → gyors)

- Ha lassúbb órájú rendszerből gyorsabba megyünk:
 - Időben hosszabb lesz a C-4
 - H3 után 3 oktett üres marad
 - „I” bitek invertálva
 - Ptr értéke 1-el nő ($k \rightarrow k+1$)
- Ptr értékállítás ritkán
 - Mert nem is kell, mert pontosak az órák
 - Hogy redundáns legyen, nehogy bithiba miatt tévedjünk



Hogyan jelezzük a sebességkiigazítást? *

Fejrész 4. sorának byte-jai: H1 □ □ H2 □ □ H3 H3 H3

H1+H2 bits: NDF NDF NDF NDF S S | D | D | D | D | D

- NDF: (New Data Flag)

- 1001 esetén aktív a pointer kiigazítás

- 0110 esetén inaktív - tiltott

- S - mit hordoz a keret?

- | – increment (ptr-érték növelését jelzi)

- D – decrement (ptr-érték csökkentés)

e 10 bit maga a pointer értéke!

Összefoglalás

□ SDH/SONET előnyei:

- kis késleltetés
- nagy sáv szélesség (WDM-mel tovább bővíthető)
- egyszerű
- szinkron
- adategységek könnyű elérése
- rögzített keretméret
- szabványos (világszerte)
- zavarérzékeny, kis hibaaarányú optikai átvitel
- elegendő OAM&P hely a fejrészben
- nagyon megbízható pont-pont bps „csövek”
 - 50 ms védelmi kapcsolás v. „öngyógyulás”
- elterjedt (gerinchálózatok zöme – kb. 75% 2007 végén)
- általános gerinchálózati megoldás

□ SDH/SONET hátrányai:

- nincs dinamikus útvonalválasztás
- nincs kapcsolás (nincs vezérlősík)
- sáv szélesség-választása merev az időosztásos nyálábolás elektronikus korlátai $\sim \leq 40$ Gbps (3R)



*



* Rövidítésjegyzék



- PCM: Pulse Coded Modulation
- PDH: Plesyochronous Digital Hierarchy
- ISDN: Integrated Services Digital Network
- SDH: Synchronous Digital Hierarchy
- SONET: Synchronous Optical NETwork (északamerikai terminológia)
- ANSI: American National Standards Institute www.ansi.org
- CCITT: Consultative Committee on International Telegraphy and Telephony (Franciául: Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique)
- ITU-T (International Telecommunications Union - Telecommunication Standardization Sector www.itu.int)
- PSTN: public switched telephone network
- ETSI: European Telecommunications Standards Institute www.etsi.org
- ATM: Asynchronous Transfer Mode
- IP: Internet Protocoll
- DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing
- FR: Frame Relay
- O&M: Operation and Maintenance
- OAM: Operation, Administration and Maintenance
- OAMP: Operation, Administration, Maintenance and Provisioning
- 3R: Regeneration: Re-Amplification, Re-Shaping, Re-Timing
- APS: Automatic Protection Switching
- STM: Synchronous Trasport Module
- C, VC: Container, Virtual Container
- RSOH, MSOH, POH: Regenerator Section, Multiplex Section, Path OverHead
- O/E/O: Optical/Electronic/Optical
- ADM: Add and Drop Multiplexer
- DXC, DCC: Digital Cross-Connect
- DS: Digital Signal (északamerikai terminológia)
- OC: Optical Carrier (északamerikai terminológia)
- STS: Synchronous Transport Signal (északamerikai terminológia)
- GPS: Global Positioning System
- NDF: New Data Flag
- I: Increment
- D: Decrement
- PPP: Point-to-Point Protocol, RFC
- PoS, MAPOS: Packet over SDH/SONET , Multiple Access Protocol over SDH/SONET, www.mapos.org
- HDLC: High-level data link control, ISO 3309
- RFC: Request for Comments, www.ietf.org
- QoS: Quality of Service
- kbps, Mbps, Gbps, Tbps: kilo, Mega, Giga, Tera bit per secundum (10^3 , 10^6 , 10^9 , 10^{12})
- ppm: parts per million, (parts per billion (ppb), and parts per trillion (ppt))
- PRC: Primary Reference Clock
- PLL: Phase Locked Loop

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

8. Gerinchálózati (Transzport) Technikák (második rész)

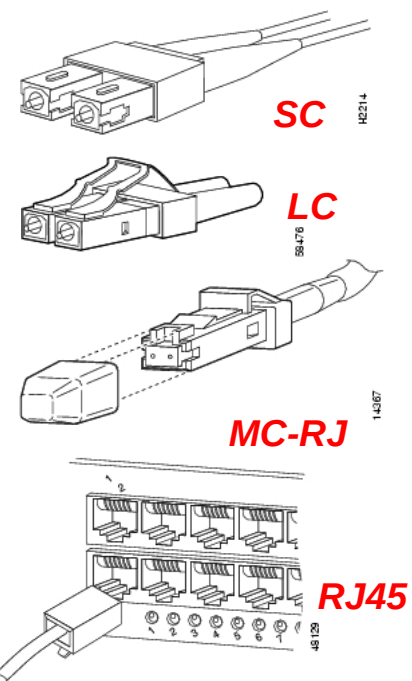
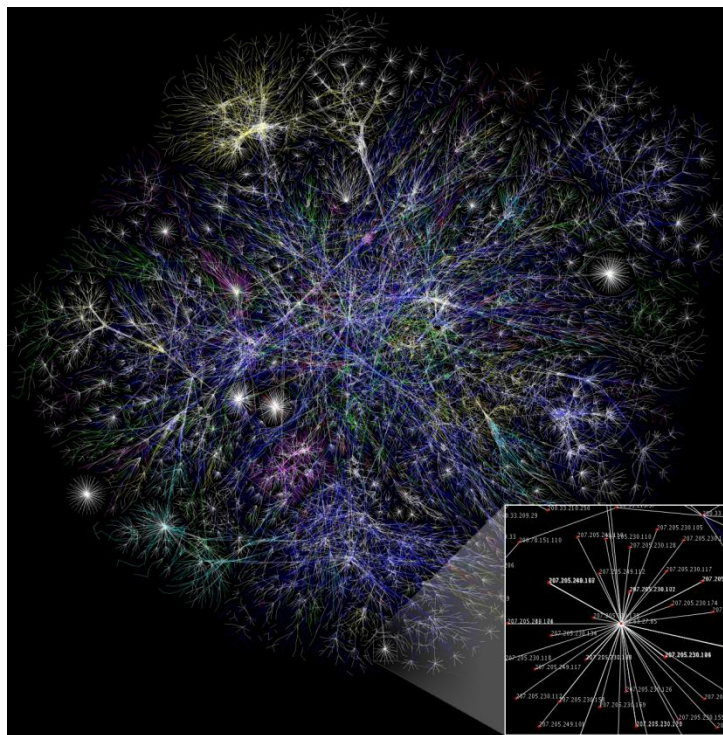
Cinkler Tibor

BME TMIT

2014. november 24.

hétfő 8:15-10:00

I.B.028



A tárgy felépítése



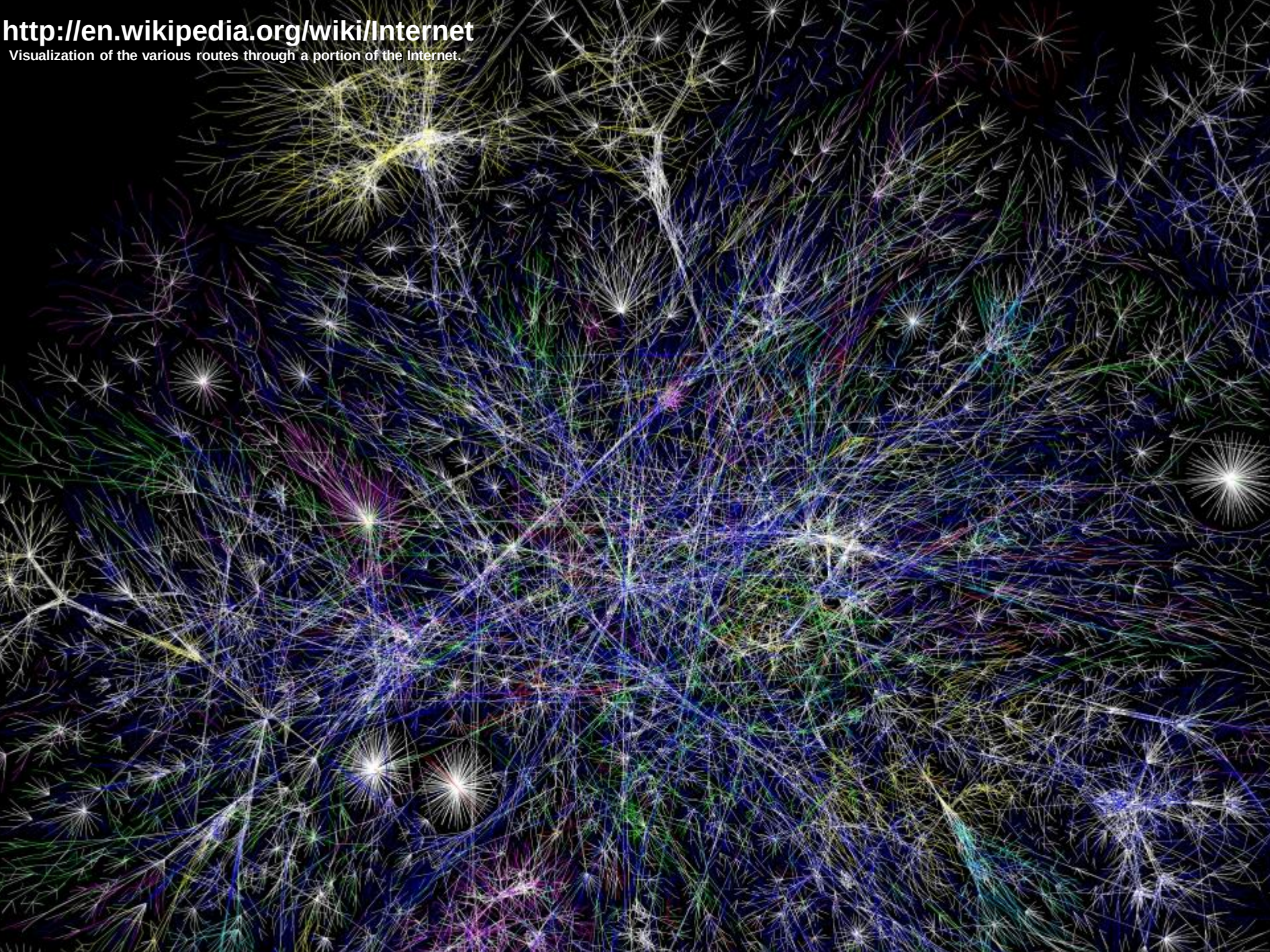
- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
 - 8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
 - 8.2 SDH (Szinkron Digitális Hierarchia)
 - **8.3 ngSDH (next generation SDH)**
 - 8.4 OTN (Optical Transport Network)
 - 8.5 Kapcsolt optikai hálózatok (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS)
- 9. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



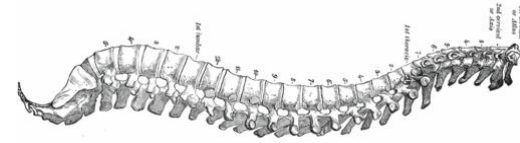
GYAKORLAT

<http://en.wikipedia.org/wiki/Internet>

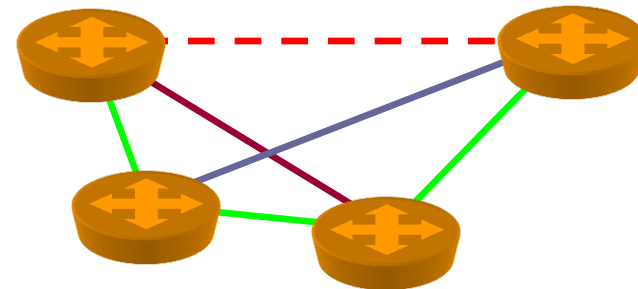
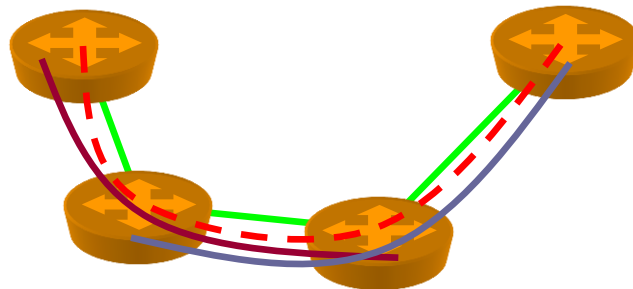
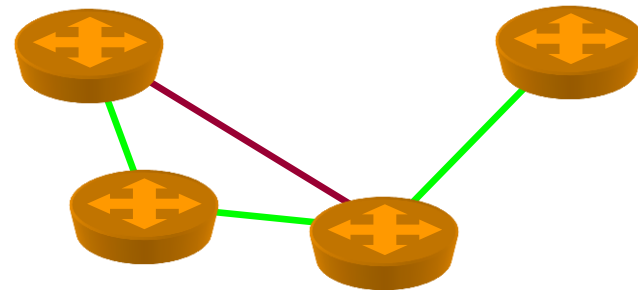
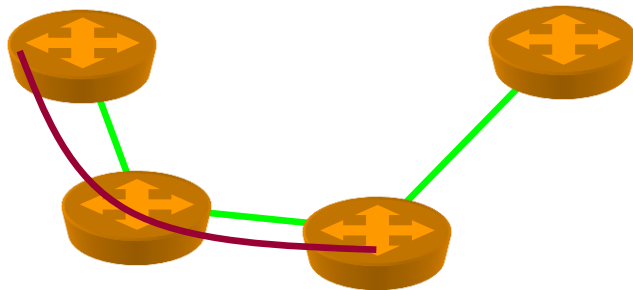
Visualization of the various routes through a portion of the Internet.



IP hálózathoz távközlő gerinc



- Nagyobb távra „elviszi” a jelet (ISP-n belül és köztük)
- Sűrűbb topológia → kevesebb ugrás
- Megbízhatóbb, és ha meghibásodik van védelem
- Bevált management rendszer



De miért nem elég az SDH ???



- ❑ Mert beszédre jó, de adatra nem elégé...
- ❑ Mert adatátvitelre olyan bonyolult megoldások, hogy:
 - IP/ATM/SDH
 - IP/Ethernet/ATM/SDH
 - IP/MPLS/SDH
 - IP/PoS/SDH
 - IP/MAPOS/SDH
 - stb....



- ❑ **Túl sok keretezés, ismételt funkciók, bonyolult...**

POS: Packet over SONET/SDH → PPP over SONET/SDH ([RFC2615](#))

PPP: Point-to-Point Protocol ([RFC1661](#))

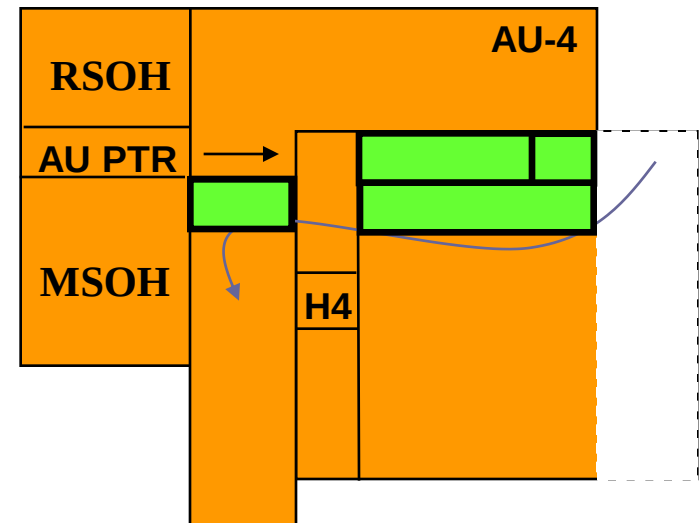
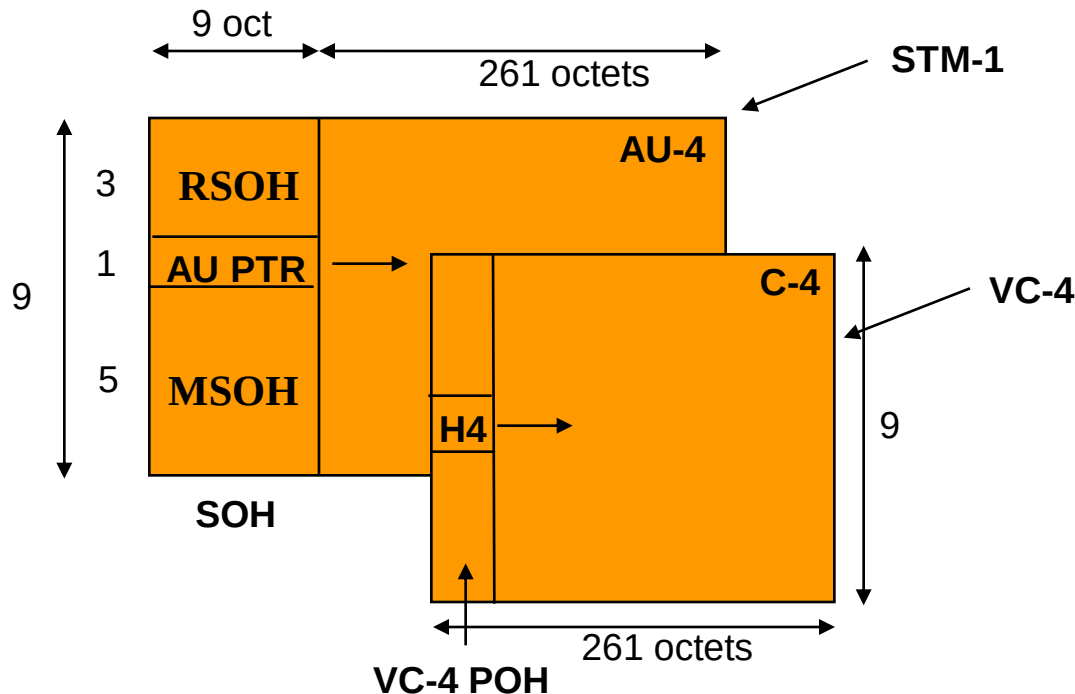
MAPOS: Multiaccess Protocol over SONET/SDH ([RFC2171](#), [RFC2176](#))

SDH keretszervezés (ITU-T G.707)

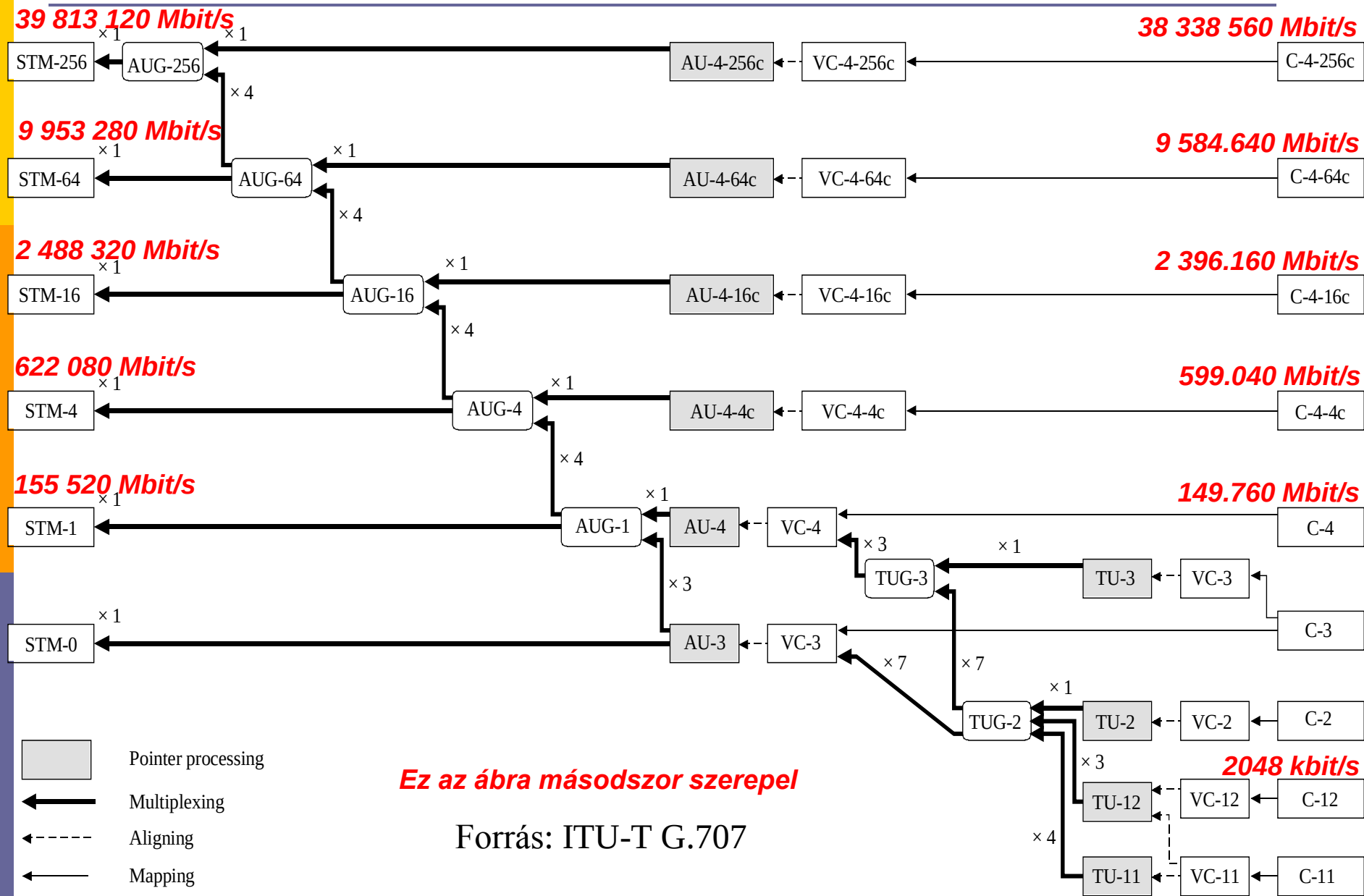
□ Csomagokkal, keretekkel töltjük a konténereket:

- VC-4: 149.760 Mbit/s = 260 oszlop x 9 sor x 8 bit x 8000 keret/s
- VC-4-4c: 599.040 Mbit/s
- VC-4-16c: 2 396.160 Mbit/s
- VC-4-64c: 9 584.640 Mbit/s

□ Túl merev sáv szélesség lépcsők



ITU-T G.707 – Multiplexelési struktúra



SDH/SONET hátrányok

- Nincs dinamikus útvonalválasztás
 - Konfigurált (provisioned), nem kapcsolt (nincs is vezérlősík)
- Rossz granularitás
 - Eleve csak állandó sebességű forgalmakra
- Statisztikus nyálábolás (multiplexelés) hiánya



Egy fényszálszerelő szerszámkészlet:
<http://images.cableorganizer.com/Fiberoptic%20Power%20Point.pdf>

8.3. ngSDH/SONET



- Következő (új) generációs SDH/SONET
- (Next generation SDH/SONET)

- SDH/SONET
 - + GFP
 - + VCat
 - + LCAS

Egy Patch-kábel és néhány csatlakozó:

<http://images.cableorganizer.com/Fiberoptic%20Power%20Point.pdf>



ng SDH/SONET: GFP, VCat, LCAS

“next generation SDH/SONET”

- Különböző felső rétegekhez egységes keretezés
- Egységes áramkörkapcsolt réteg
- Statisztikus nyalábolás (multiplexelés) a GFP révén
- Jó granularitás VCat révén

SDH/SONET kompatibilis

- Nem kell az összes eszköz támogatassa az új képességeket
- A fokozatos átmenet olcsóbb mint a teljes technológia csere

GFP: Generic Framing Procedure (Általános keretezési eljárás)

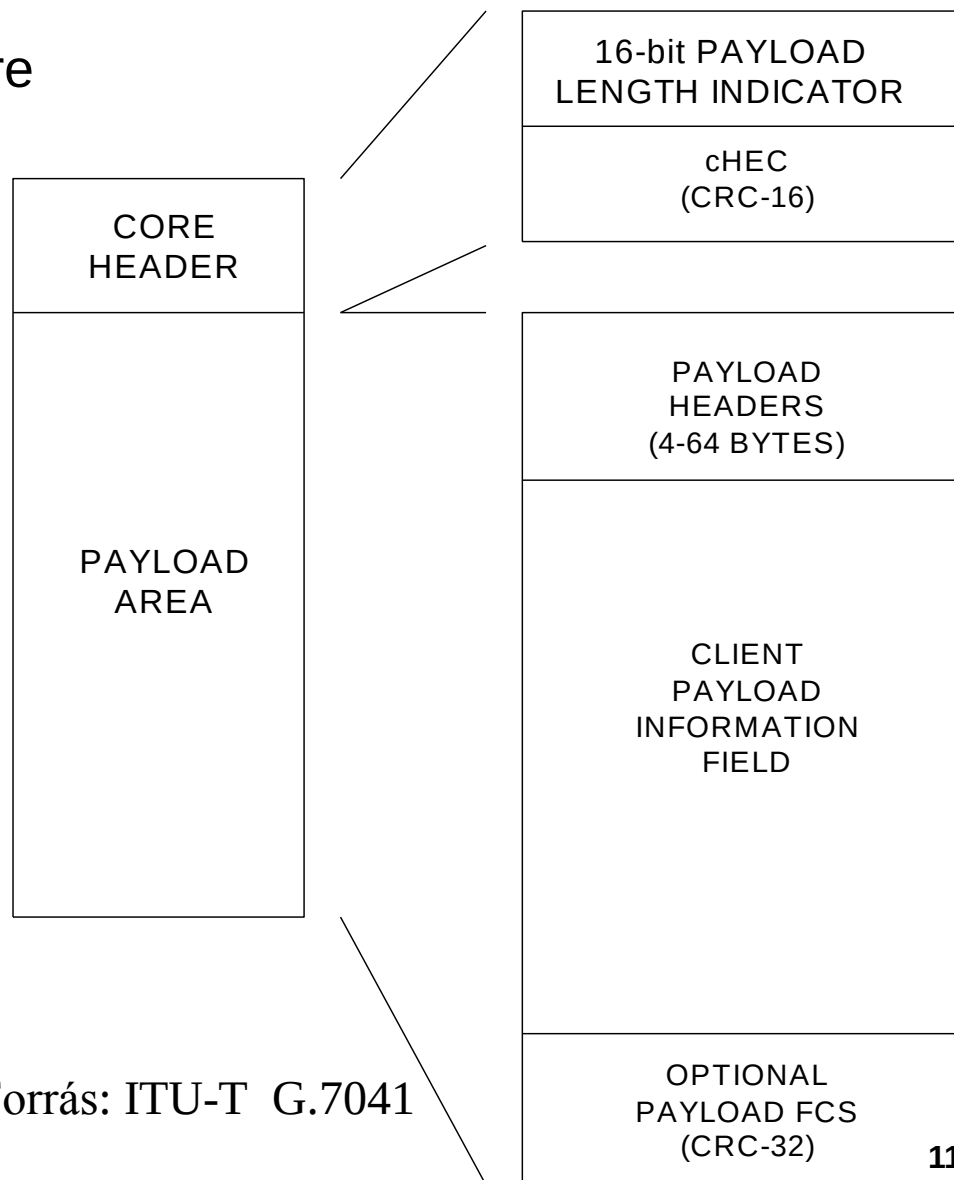
- Core Header (scrambled)
- Payload („rakomány”)
- CRC
- Oktett szinkron

Két üzemmód

- GFP-T: Transparent (átlátszó)
- GFP-F: Frame mapped (keret alapú)

ctrl & felhasználói keretek

Ethernet	IP/PPP	8B/10B	MAPOS
GFP			
VC-n		ODU-k	



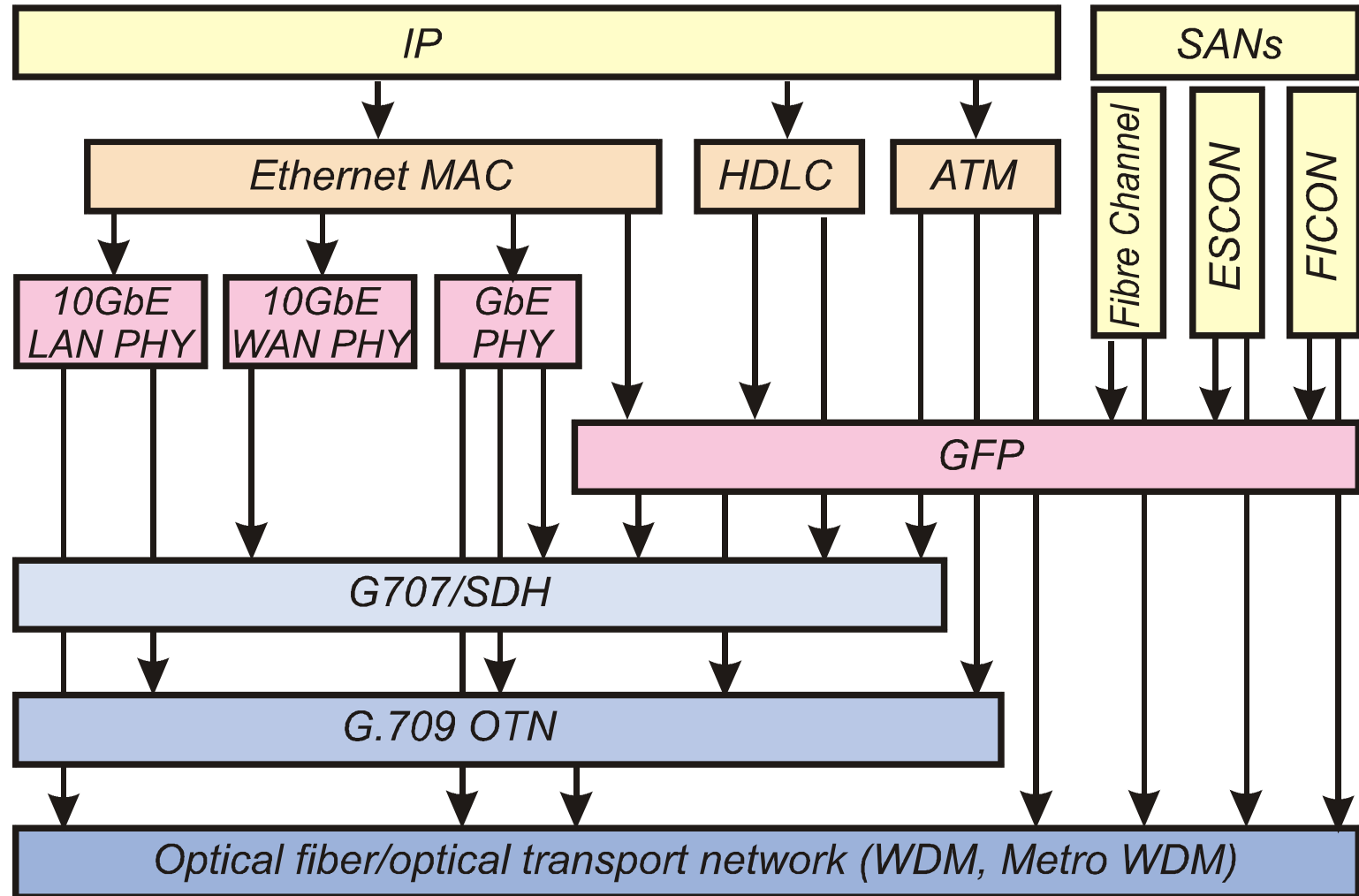
Forrás: ITU-T G.7041

GFP: Generic: Általános?

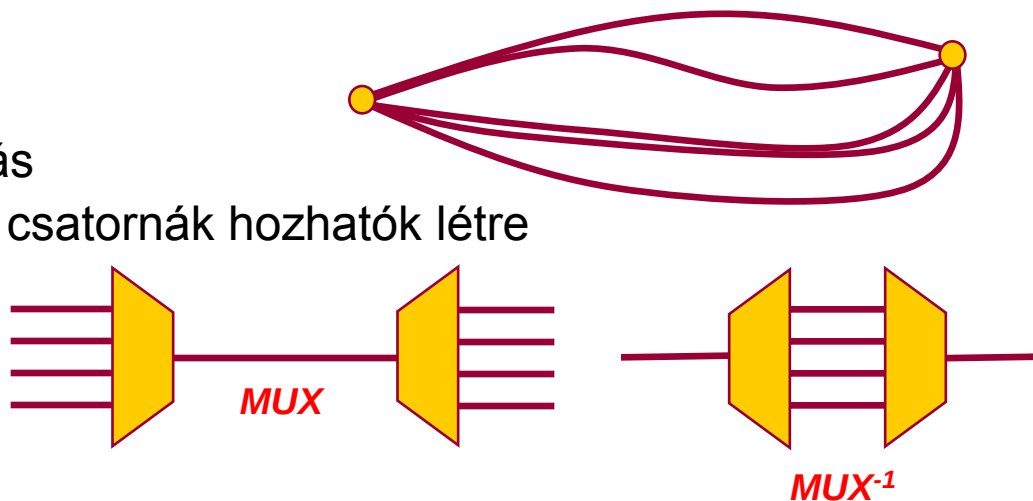
Generic?

- **Frame-Mapped Ethernet**
- **Frame-Mapped PPP**
- **Transparent Fiber Channel**
- **Transparent FICON**
- **Transparent ESCON**
- **Transparent Gb Ethernet**
- **Frame-Mapped Multiple Access Protocol over SDH (MAPOS)**

GFP: Általános



- Vcat: Virtual Concatenation
- Folytonos helyett virtuális összefűzés (concatenation)
- Virtuális (K4:b2)
 - Jobb granularitás
 - Jobb erőforráskihasználás
 - Nagyobb sávszélességű csatornák hozhatók létre
 - Inverz MUX!
 - jobb stat. mux.
 - Multi-Path Protection



Folytonos (Contiguous)

Virtuális (Virtual)

VC-4-4c: 599.04 Mbps

VC-12-nv (n=1-63), 2.176 Mbps – 137.088 Mbps

VC-4-16c: 2396.16 Mbps

VC-3-nv (n=1-64), 49 Mbps- 3.1 Gbps

VC-4-64c: 9584.64 Mbps

VC-4-nv (n=1-64), 149 Mbps -9.6 Gbps

x4

Pl.: Gbit Ethernet VC-4-7v

Ethernet over SDH w/wo VirCat

Több réteg (már megint!)
Hatékonyabb átvitel

Data signal	SONET/SDH payload mapping and bandwidth efficiency	SONET/SDH with virtual concatenation payload mapping and bandwidth efficiency
Ethernet (10 Mb/s)	STS-1/VC-3 — 21%	VT1.5-7v/VC-11-7v — 89%
Fast Ethernet (100 Mb/s)	STS-3c/VC-4 — 67%	VT1.5-64v/VC-11-64v — 98%
Gigabit Ethernet (1000 Mb/s)	STS-48c/VC-4-16c — 42%	STS-3c-7v/VC-4-7v — 95% STS-1-21v/VC-3-21v — 98%

Forrás: P. Bonenfant, A Rodriguez-Moral: GFP: The Catalyst for Efficient Data over Transport, IEEE Communications Magazine May 2002

LCAS: Link Capacity Adjustment Scheme (szakasz-kapacitás állító módszer)

- Átállítja VCat-ot használó SDH és OTN rendszerek út-kapacitásait megszakítás nélkül
- Az alkalmazások igényeinek megfelelően
- Meghibásodott összefűzött út (VC) leválasztásával javítja a hibatúrést
- **“...a control mechanism to hitless increase or decrease the capacity of a VCG link to meet the bandwidth needs of the application.”**

ngSDH összefoglalás

- Jelentős előrelépés SDH-hoz képest
- Sok ngSDH eszköz épült be a hálózatokba
- GFP, VCat, LCAS több mint ngSDH!
- OTN-ben is használják!

A tárgy felépítése



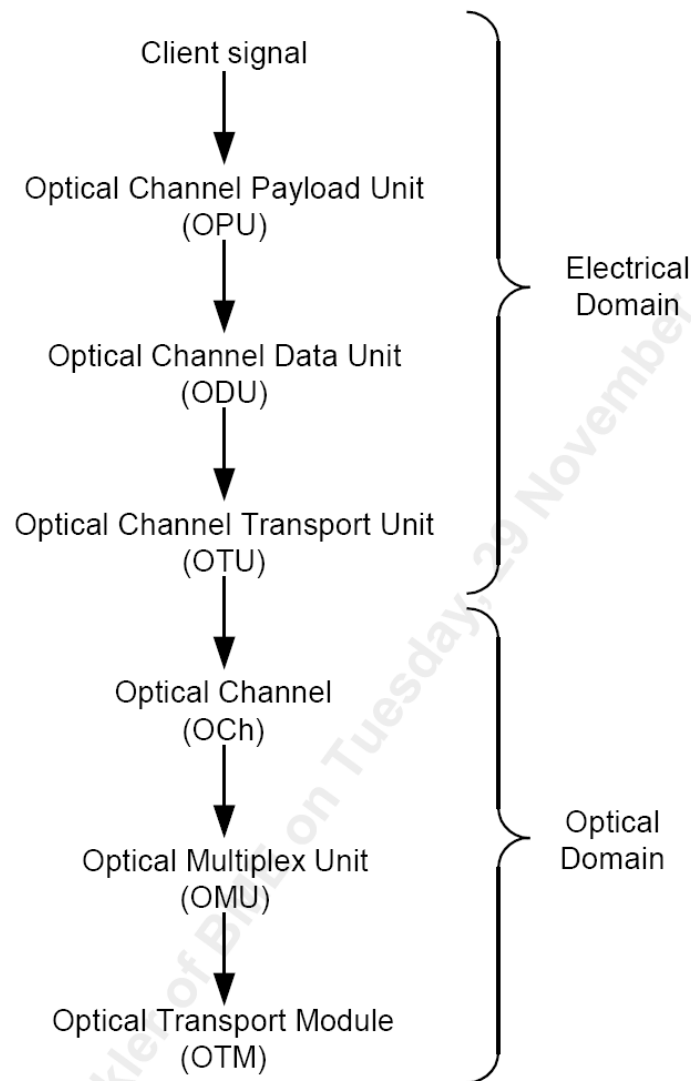
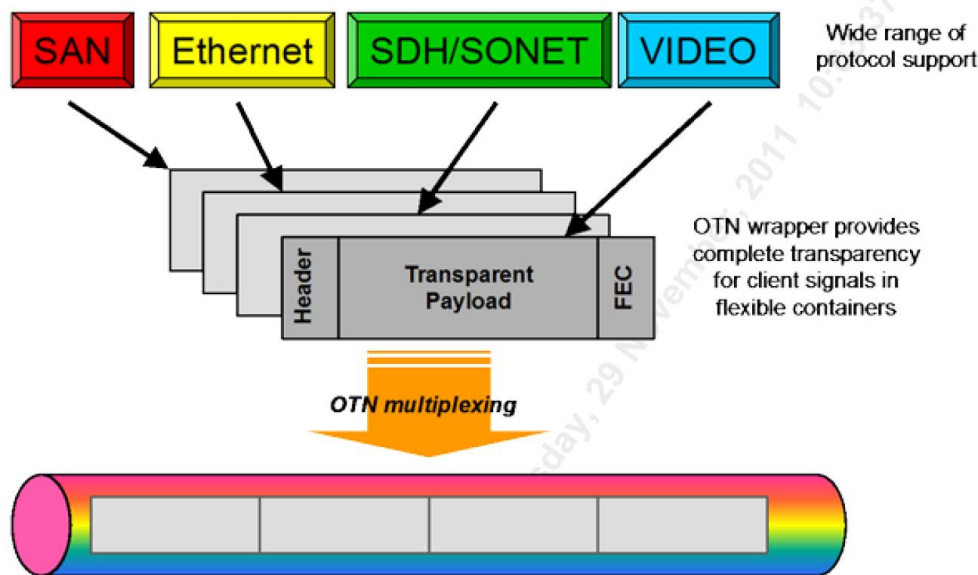
- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
 - 8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
 - 8.2 SDH (Szinkron Digitális Hierarchia)
 - 8.3 ngSDH (next generation SDH)
 - ➡ ■ **8.4 OTN (Optical Transport Network)**
 - 8.5 Kapcsolt optikai hálózatok (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS)
- 9. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



GYAKORLAT

8.4. OTN: G.872 + G. 709 + stb.

- Optical Transport Network - Digital Wrapper
- Optikai Szállítóhálózat
 - Együttes hullámhossz **ÉS** időosztásos nyalábolás!



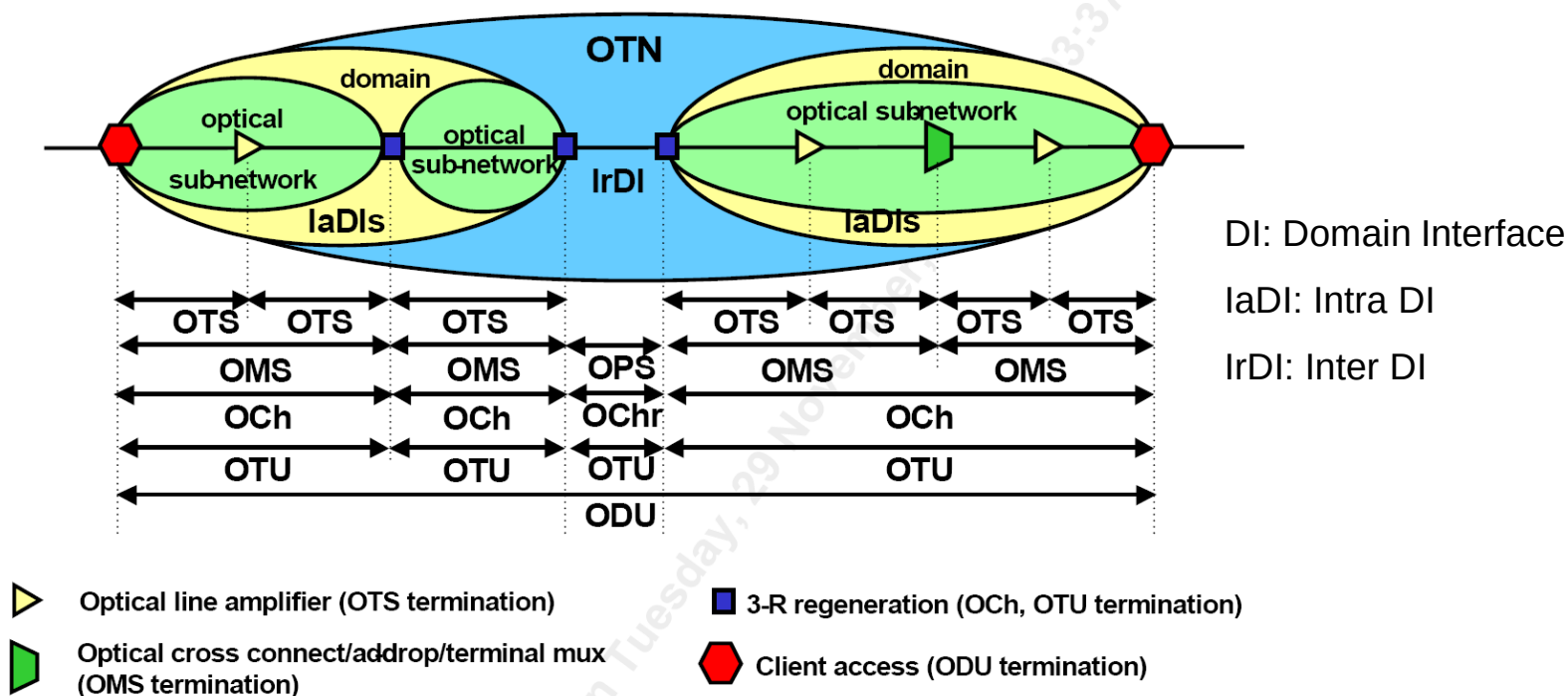
<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/otn/OTNtutorial.pdf>

https://www.pmc-sierra.com/myPMC/download.html?res_id=101211&filename=2081250_otn_tutorial_101211.pdf

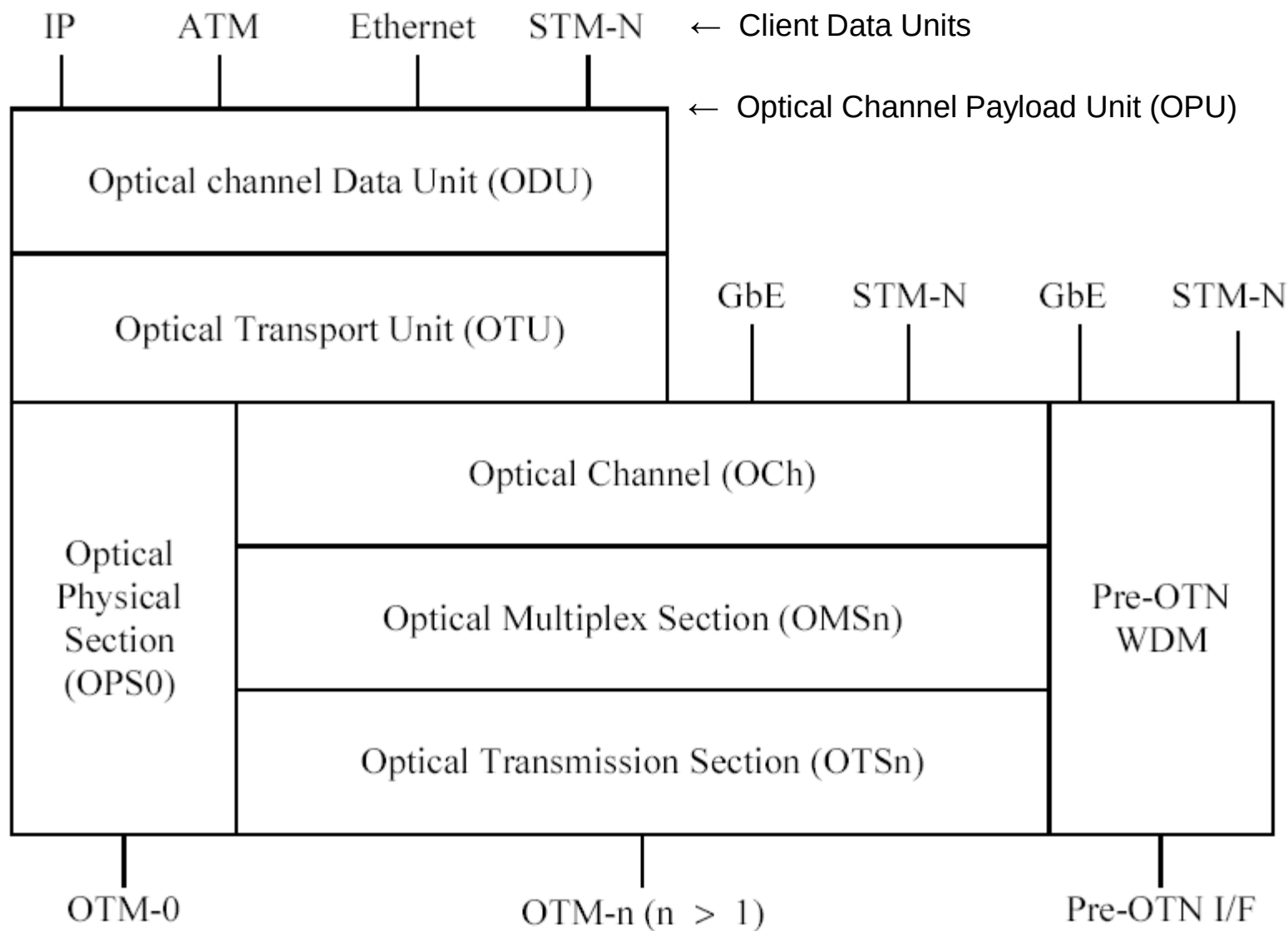
G.709 OTN

Optical Transport Network (Optikai szállító hálózat):

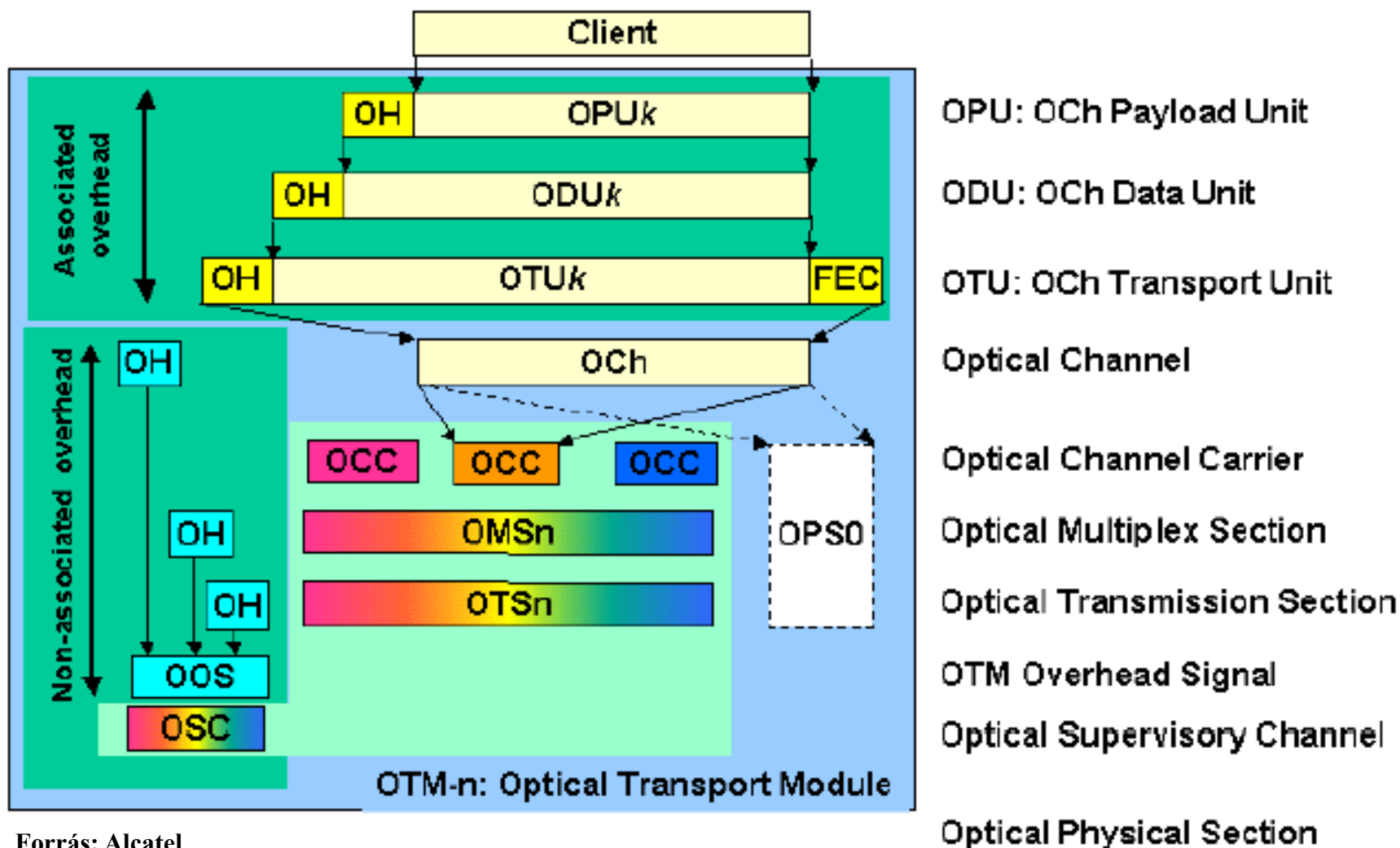
- OTS: Optical Transmission Section (Átviteli szakasz)
- OMS: Optical Multiplex Section (Nyaláboló szakasz)
- OCh: Optical (Lambda) Channel (Optikai (hullámhossz) csatorna)



Az OTN és WDM viszonya

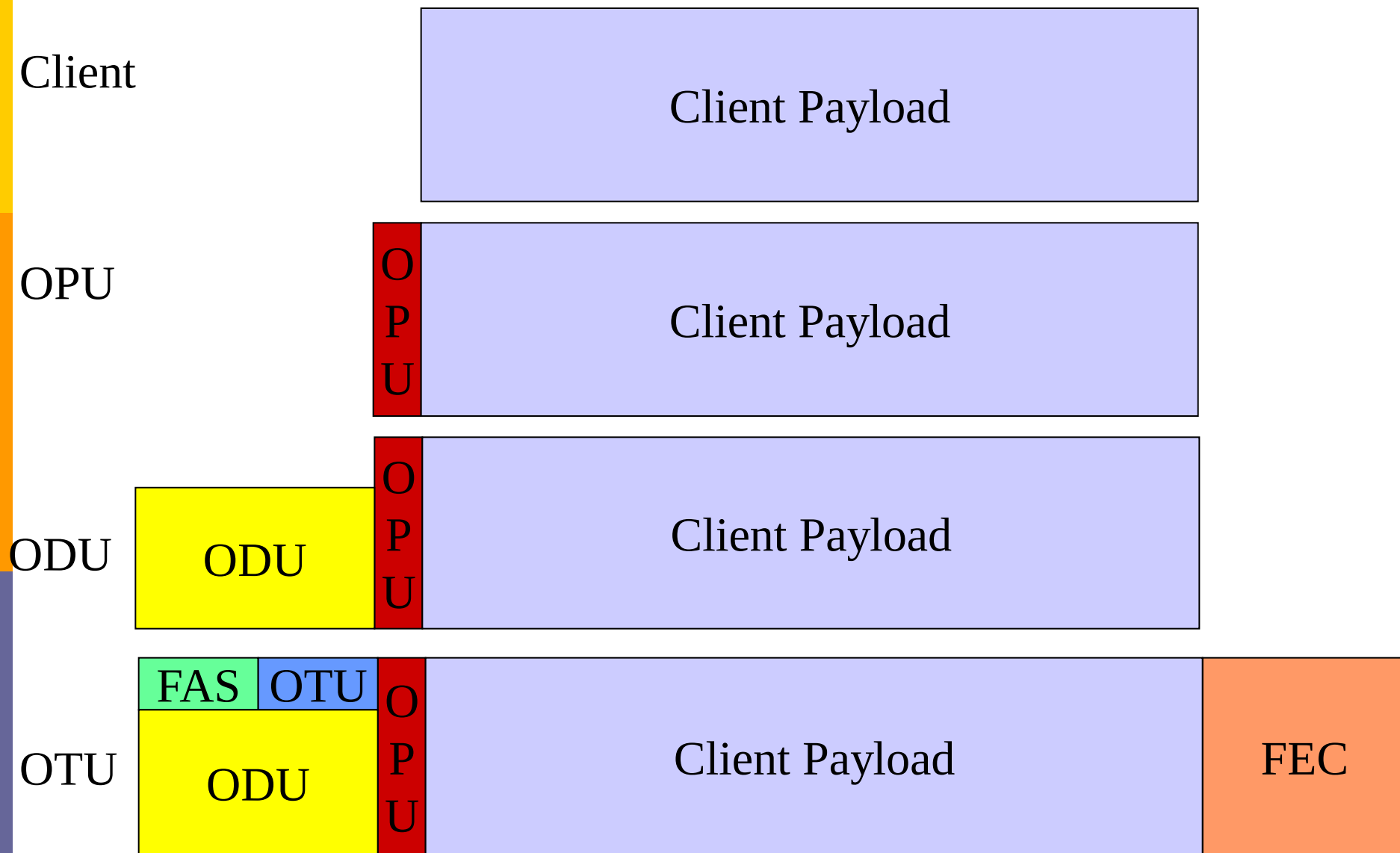


Az ITU-T G.709 keretkezési struktúrája



Forrás: Alcatel

Fej- és farok-részek



Az OCh keret

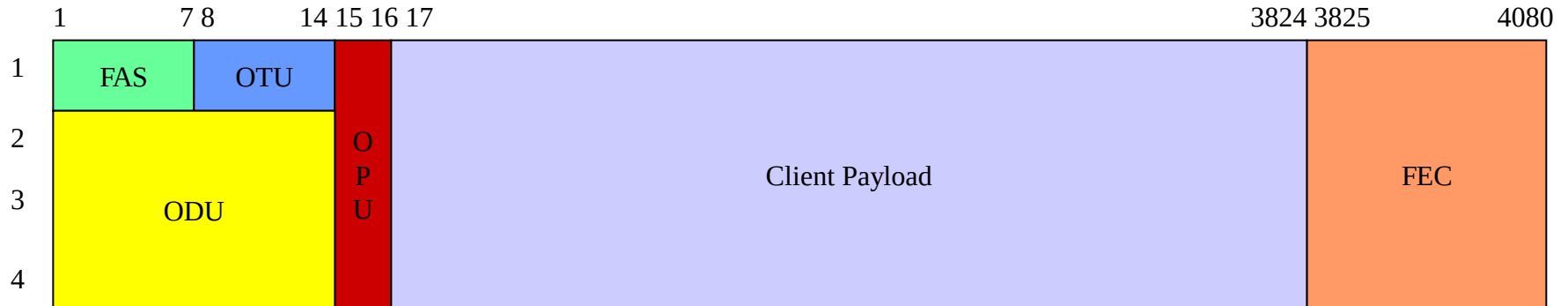
OTU: Optical Channel Transport Unit (Optikai csatorna szállító egysége)

FAS: Frame Alignment Signal (keretszinkronszó)

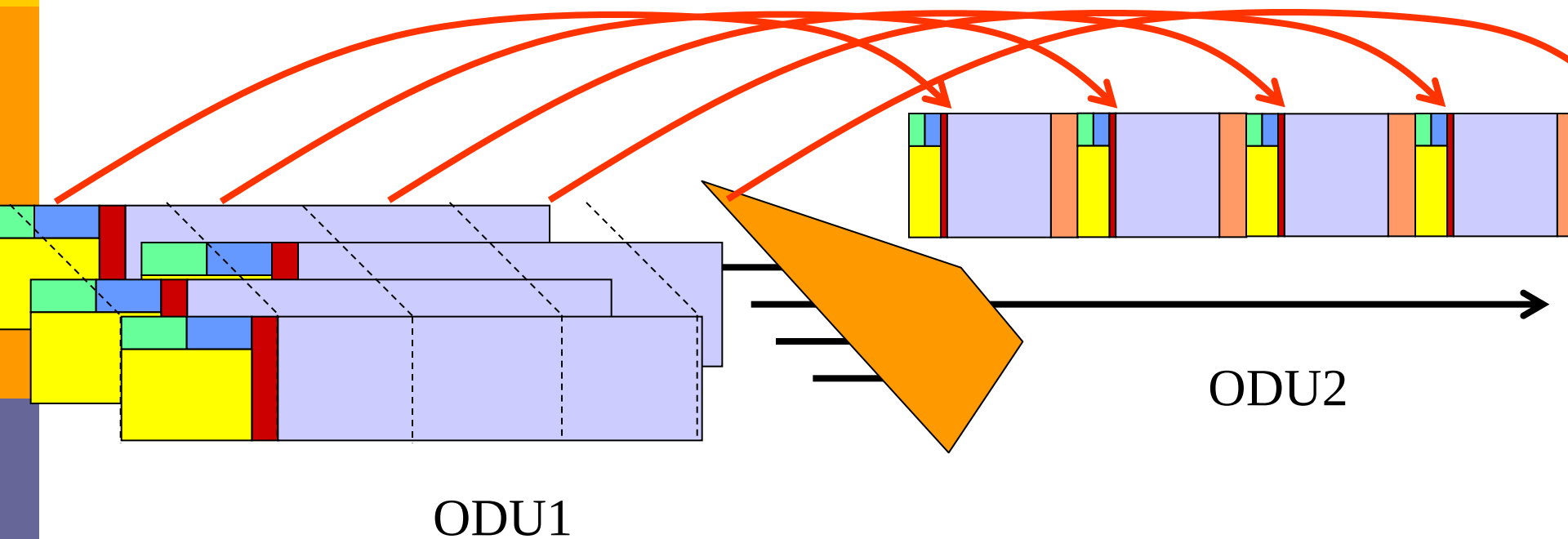
FEC: Forward Error Correction (OTU FEC)

ODU: Optical Channel Data Unit OH (Optikai csatorna adat egysége)

OPU: Optical Channel Payload Unit OH (Optikai csatorna hasznos rakománya)



4 ODU1 jel nyalábolása egy ODU2-be



***Hierarchiaszinttől függetlenül minden OTU keret 4x4080 oktettből áll!
A hierarchiában felfelé → időben rövidülnek!***

Bitsebességek és a keretidők

Keretezés Szint	OTU [Gbit/s]	Time [μs]
1	2.666 057	48.971
2	10.709 225	12.191
3	43.018 414	3.035
4	111.809973	1.1677

↑
Több mint 4x

Valamennyi esetben

±20ppm a tűrés!

(kivéve flex ahol 100)

Nem szinkron!!!

De a keretméret (bit darabszám)

ugyanannyi

valamennyi hierarchiaszinten!!!!

100 Gb Ethernet

<http://www.jdsu.com/ProductLiterature/otn-po-lab-tm-ae.pdf>

Hierarchy	Technique	Adjustment increment
PDH	Positive justification (stuff)	Single bit
SONET / SDH	Positive/negative/zero (pnz) justification (via pointers)	Single byte for SONET VTs and STS-1 (SDH VC-1/2/3). <i>N</i> bytes for SONET STS- <i>N</i> c, 3 bytes for SDH VC-4, and 3 <i>N</i> bytes for SDH VC-4- <i>N</i> c.
OTN	Positive/negative/zero justification	Single byte

Nyalábolási struktúra

OTH: Optical Transport Hierarchy (optikai szállító hierarchia)

OTM: Optical Transport Module (optikai szállító egység (modul))

OTM-n.m:

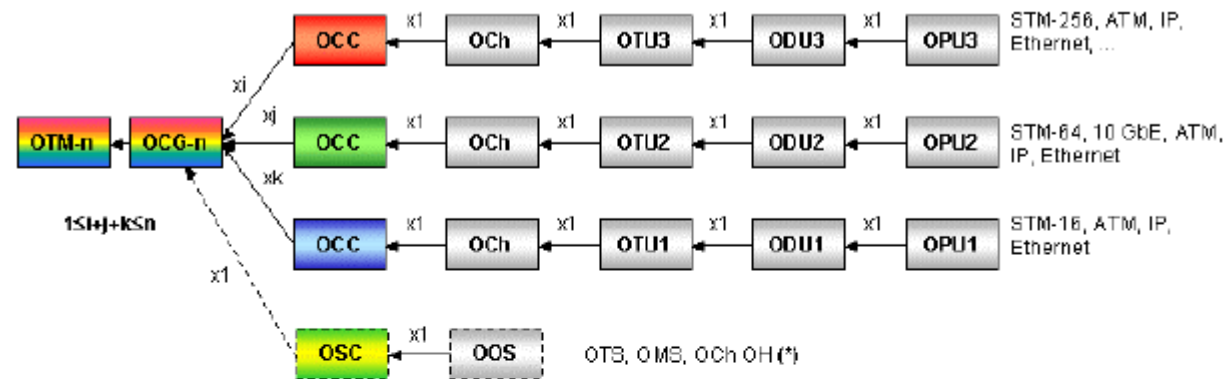
n: λ -k száma

m: csatornák bitsebessége: (1) 2.5 Gbit/s; (2) 10 Gbit/s; (3) 40 Gbit/s; vagy a fentiek kombinációi

+ **OH** (non-associated)

OTM-5.12:

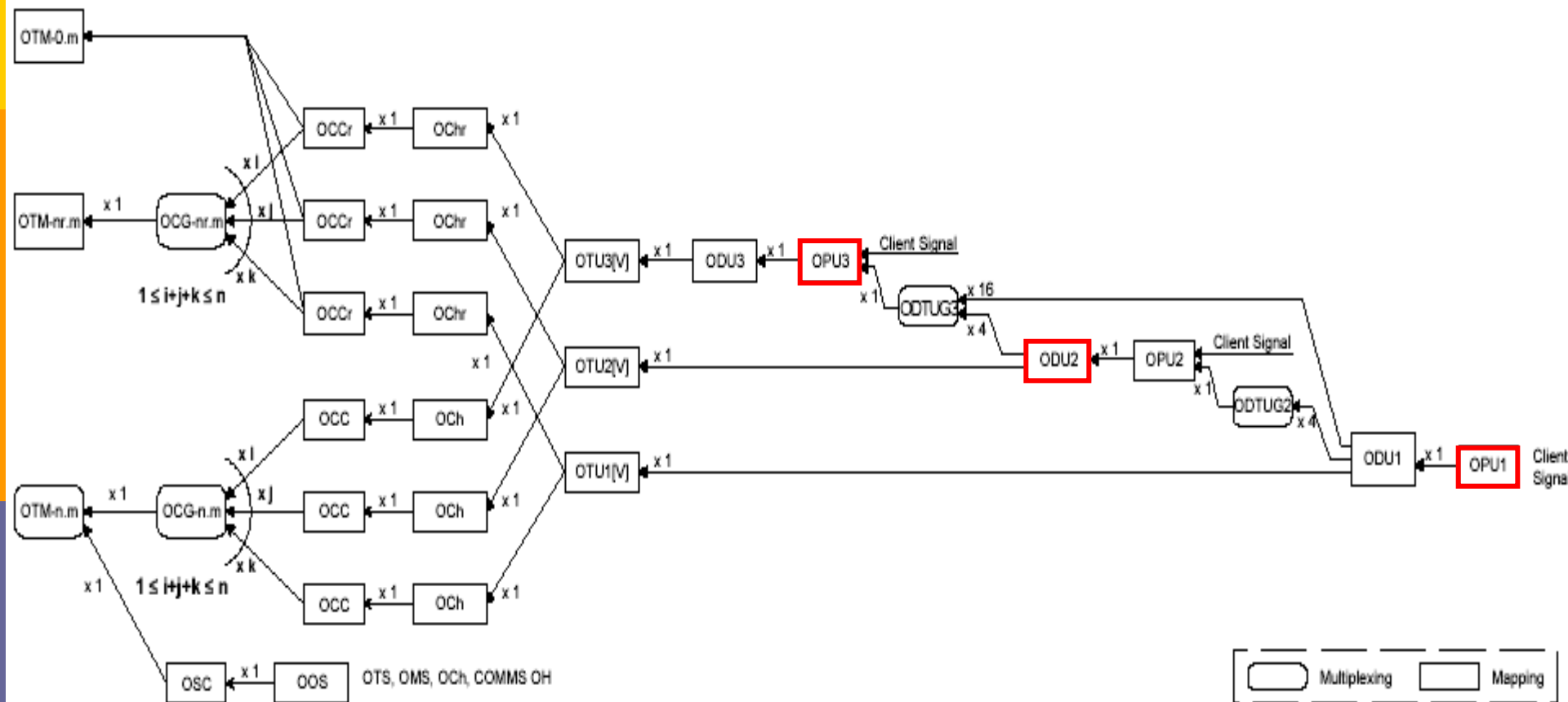
5λ , 2.5 vagy 10 Gbit/s



(*) OSC is supported only by OTM-n with full functionality

OSC: Optical Supervisory Channel
OOS: OTM Overhead Signal

OTM-0.m, OTM-nr.m, OTM-n.m



Forrás: ITU-T G.709/Y.1331 - OTM multiplexing and mapping structures

Példák

- ❑ SDH, GFP közvetlenül OTN keretbe
- ❑ 1 STM-16 keret → 2.55 OTU-1 keret
 $16 \times 270 \times 9 \text{ byte bruttó} / 3808 \times 4 \text{ byte nettó} = 2.55$
- ❑ 1 STM-64 keret → 10.2 OTU-2 keret
 $64 \times 270 \times 9 \text{ byte bruttó} / 3808 \times 4 \text{ byte nettó} = 10.2$

(Virtual Concatenation: pl: egy ODU2-4v szállíthat egy STM-256-ot)

G.709 Interface	Line Rate	Corresponding SONET/SDH Rate	Line Rate	
OTU-1	2.666 Gbps	OC-48/STM-16	2.488 Gbps	+7.15% Redundancia: FEC
OTU-2	10.709 Gbps	OC-192/STM-64	9.953 Gbps	+7.6% Redundancia
OTU-3	43.018 Gbps	OC-768/STM-256	39.813 Gbps	+8.05% Redundancia

OTN több mint 4x

SDH pont 4x

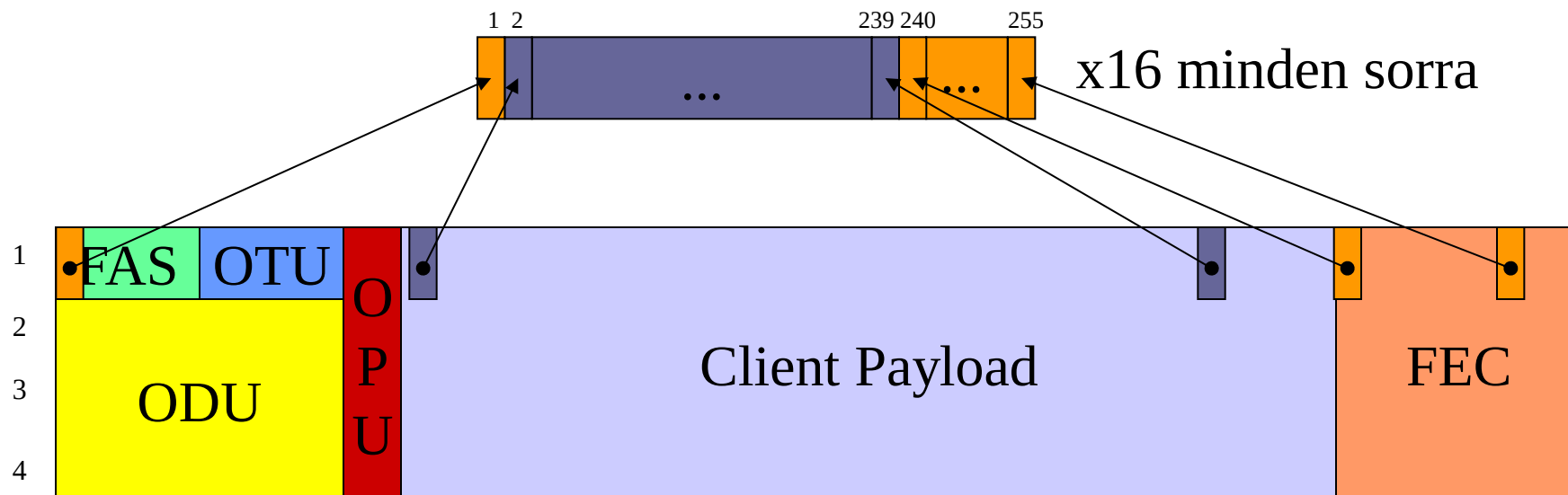


RS (255,239) Reed Solomon kód, mert

- Egyszerű
- Jelentős hibajavító képesség
- Blokkhibára is jó (max 8 byte)

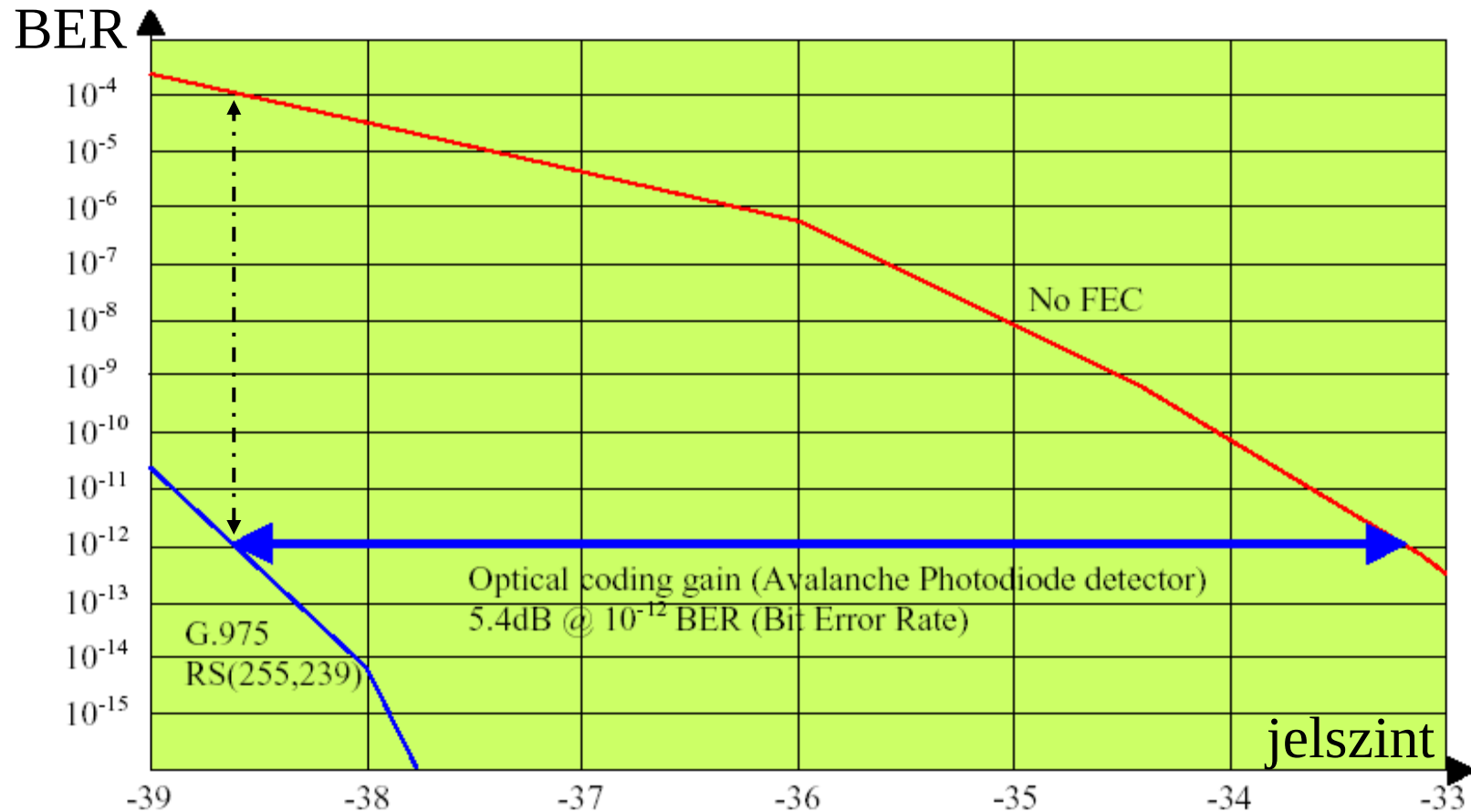
16 blokk fésűszerűen

- Blokkonként kisebb a kódolási sebesség mint a vonali bitsebesség
- Kevésbé érzékeny blokkhibára (16x8=128 folytonos byte-hibára is véd)



A FEC nyeresége (1)

A BER függése a jelszinttől FEC-el és nélküle



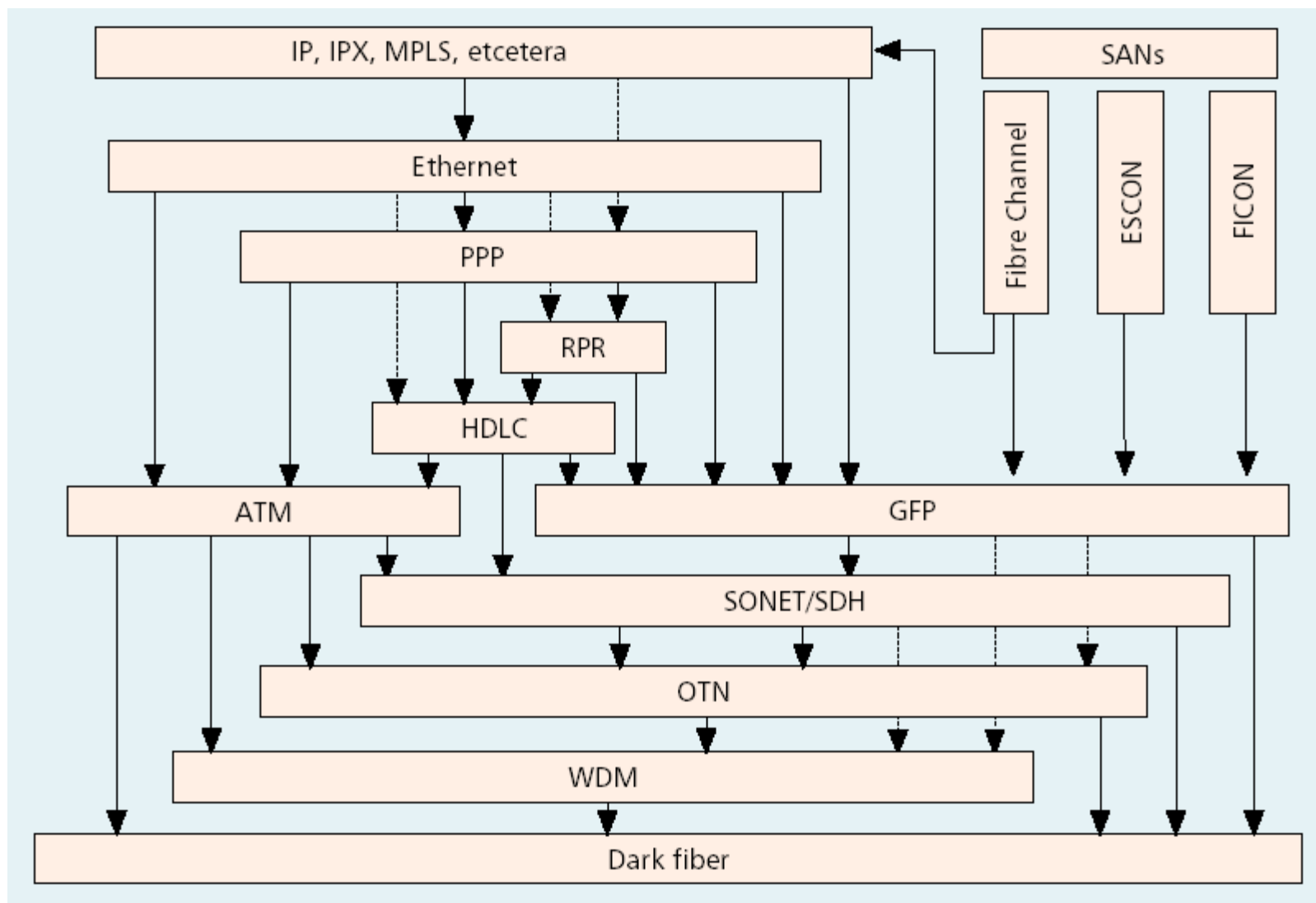
Forrás: Guylain Barlow, Innocor Ltd.: [A G.709 Optical Transport Network Tutorial](#)

Miért használjunk FEC-et?

(DW, OTN, G.709)

- Teljesítmény (jelszint) nyereség: 7% FEC: 5dB vagyis
- 20 km-rel hosszabb szakaszok
 - Minden negyedik regenerátor (jelfrissítő) kihagyható
- 10^{-4} BER helyett 10^{-12} BER
- 2.5 Gbit/s-os szakasz használható 10 Gbit/s-on
- Jelminőség romlás korai észlelése
- Jobb SNR „ellenállás”
- FEC „kikapcsolható” → csupa ‘0’

Több „réteg” → Több hálózati technika



Forrás: M. Scholten, Z. Zhu, E.H. Valencia, J. Hawkins: GFP, IEEE Communications Magazine, May 2002

Összefoglalás

- SDH nem elég

SDH +GFP+VirCat+LCAS → ngSDH

- **(TDM+FEC) + (WDM+Mngmnt) → OTN**

OTN + GFP+VirCat+LCAS + Ctrl → 

Rövidítésjegyzék (OTN témakör)

□ 3R	Reamplification, Reshaping and Retiming	□ OMU	Optical Multiplex Unit
□ AIS	Alarm Indication Signal	□ ONNI	Optical Network Node Interface
□ APS	Automatic Protection Switching	□ OOS	OTM Overhead Signal
□ BIP	Bit Interleaved Parity	□ OPS	Optical Physical Section
□ CBR	Constant Bit Rate	□ OPU	Optical Channel Payload Unit
□ CRC	Cyclic Redundancy Check	□ OPUk	Optical Channel Payload Unit-k
□ FAS	Frame Alignment Signal	□ OPUk-Xv	X virtually concatenated OPUk's
□ FEC	Forward Error Correction	□ OSC	Optical Supervisory Channel
□ GCC	General Communication Channel	□ OTH	Optical Transport Hierarchy
□ IaDI	Intra-Domain Interface	□ OTM	Optical Transport Module
□ IrDI	Inter-Domain Interface	□ OTN	Optical Transport Network
□ LCAS	Link Capacity Adjustment Scheme	□ OTS	Optical Transmission Section
□ MFAS	MultiFrame Alignment Signal	□ OTS-OH	Optical Transmission Section Overhead
□ MFI	Multiframe Indicator	□ OTU	Optical Channel Transport Unit
□ MSI	Multiplex Structure Identifier	□ OTUk	completely standardized Optical Channel Transport Unit-k
□ naOH	non-associated overhead	□ OTUkV	functionally standardized Optical Channel Transport Unit-k
□ NNI	Network Node Interface	□ PCC	Protection Communication Channel
□ OCC	Optical Channel Carrier	□ PLD	Payload
□ OCCo	Optical Channel Carrier – overhead	□ PM	Path Monitoring
□ OCCp	Optical Channel Carrier – payload	□ PMI	Payload Missing Indication
□ OCCr	Optical Channel Carrier with reduced functionality	□ PMOH	Path Monitoring OverHead
□ OCG	Optical Carrier Group	□ ppm	parts per million
□ OCGr	Optical Carrier Group with reduced functionality	□ PT	Payload Type
□ OCh	Optical channel with full functionality	□ RS	Reed-Solomon
□ OChr	Optical channel with reduced functionality	□ SM	Section Monitoring
□ ODU	Optical Channel Data Unit	□ SMOH	Section Monitoring OverHead
□ ODUk	Optical Channel Data Unit-k	□ TC	Tandem Connection
□ ODTUjk	Optical channel Data Tributary Unit j into k	□ TCM	Tandem Connection Monitoring
□ ODTUG	Optical channel Data Tributary Unit Group	□ TCMOH	Tandem Connection Monitoring OverHead
□ ODUk-Xv	X virtually concatenated ODUk's	□ UNI	User-to-Network Interface
□ OH	Overhead	□ VCG	Virtual Concatenation Group
□ OMS	Optical Multiplex Section	□ VCOH	Virtual Concatenation Overhead
□ OMS-OH	Optical Multiplex Section Overhead	□ vcPT	virtual concatenated Payload Type

Ráadás (egy kis ingyencség...)

- **MPLS-TP** (ITU-T és IETF összefogás)
 - „**M**ulti**P**rotocol **L**abel **S**witching – **T**ransport **P**rofile” vagy
 - „Transport-Profile for MPLS”
- Valami az SDH/OTN és IP/MPLS között
 - SDH/OTN jellegű: áramkörök, OAM, QoS, menedzsment, védelem
 - IP/MPLS jellegű: vezérlősík, csomagok, útvonalválasztás
- Ethernet keretek szállítására
 - CGE: Carrier-Grade Ethernet
 - CCE: Carrier-Class Ethernet
 - PTT: Packet Transport Technologies
- Konkurencia: IEEE **PBB-TE** Provider Backbone Bridging – Traffic Engineering



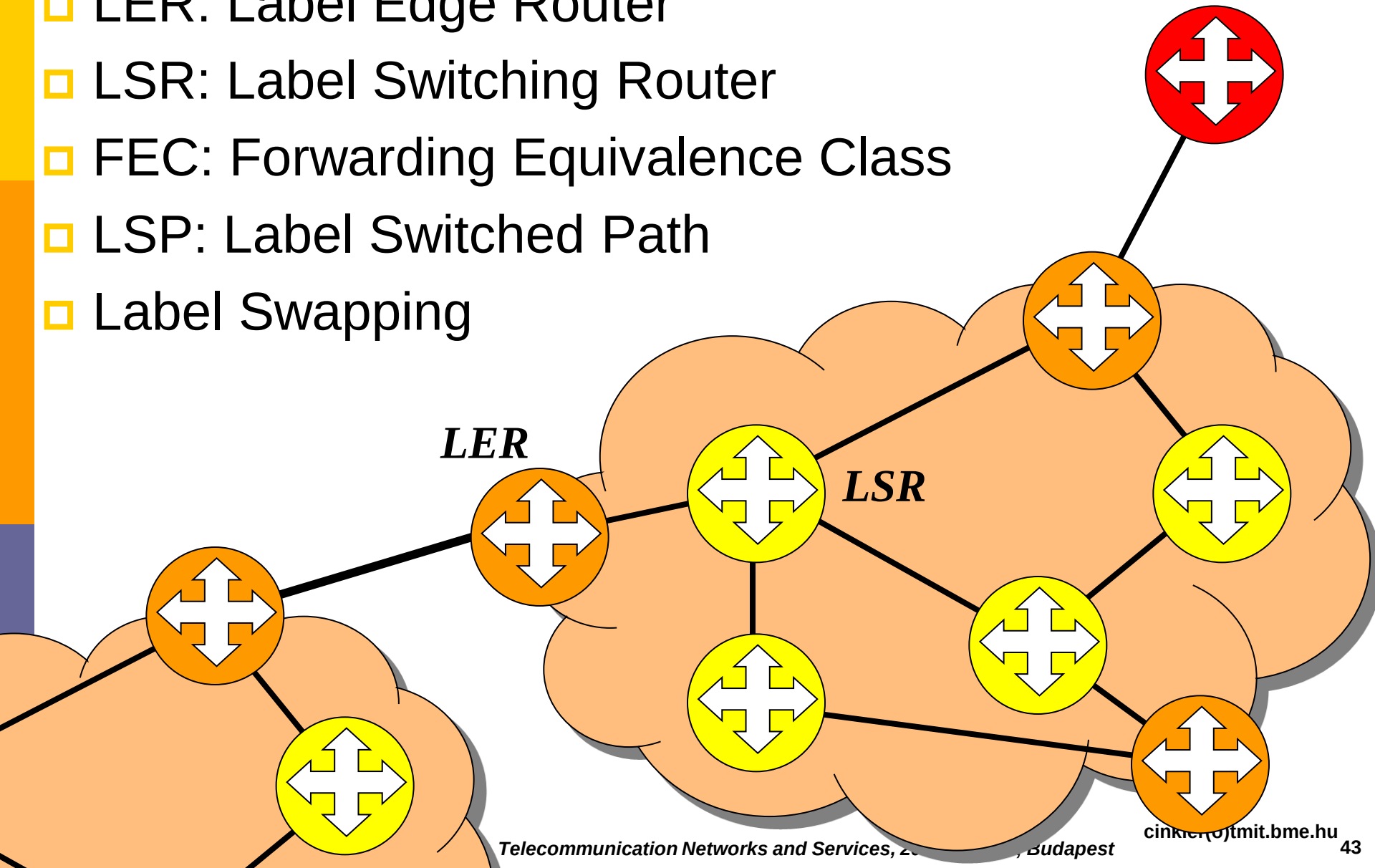
MultiProtocol Label Switching:

- Unified IP/MPLS control
- Simpler than ATM
- Reduced label space requirement via FEC (Forwarding Equivalence Class)
- Label Swapping and Stacking
- Not much new compared to ATM ☺
- Topology or Traffic driven
- Some QoS issues still open
- TE and VPN support (Traffic Engineering and Virtual Private Networks)
- IPoMPLS: Peer Model !
 - RSVP-TE
 - CR-LDP

MPLS

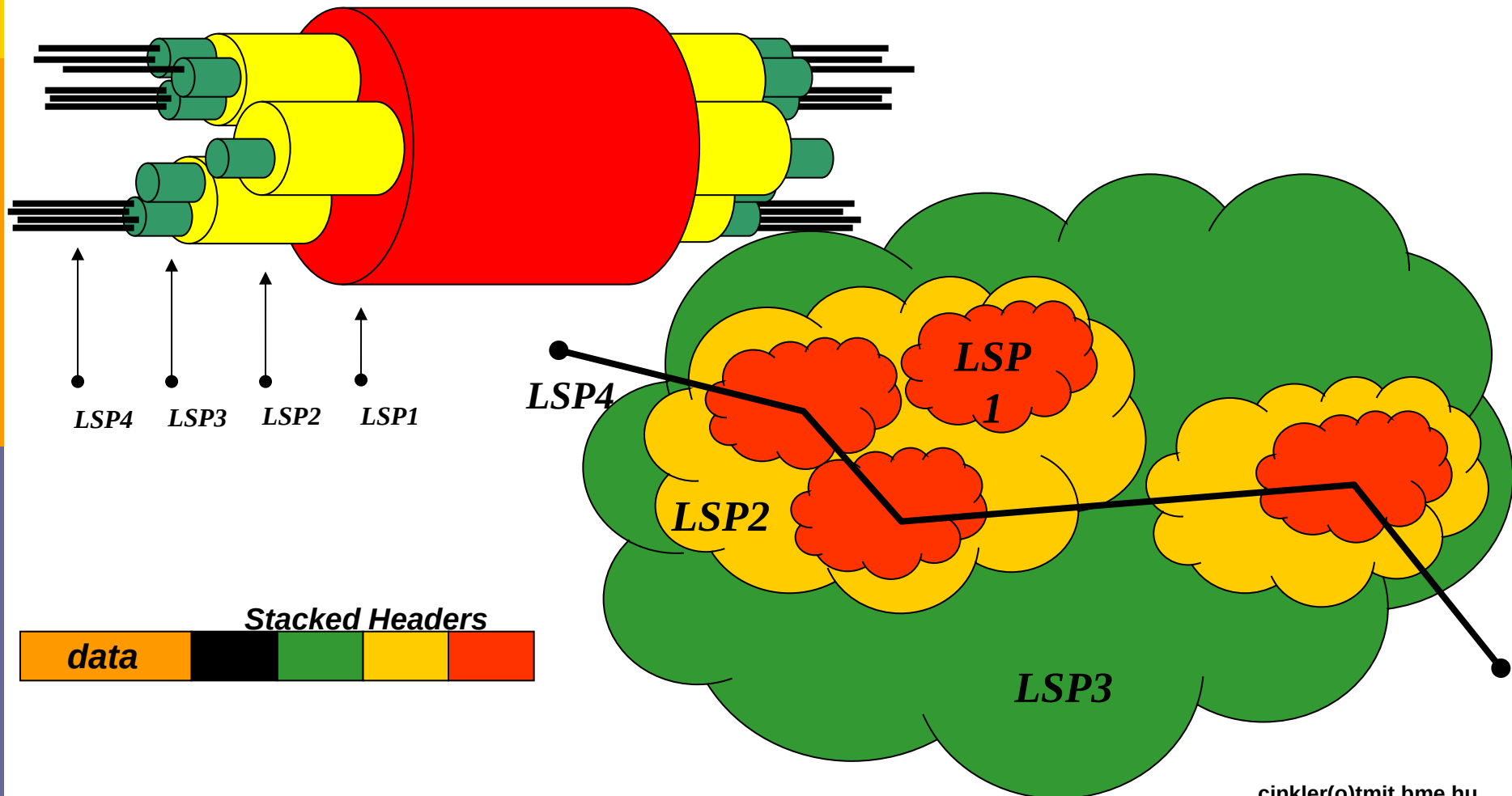
IP Router

- ❑ LER: Label Edge Router
- ❑ LSR: Label Switching Router
- ❑ FEC: Forwarding Equivalence Class
- ❑ LSP: Label Switched Path
- ❑ Label Swapping



Label “Stacking” or “Swapping”?

- Many layers via stacking!
- Hierarchical LSP encapsulation (embedding, nesting)



MPLS header

- Header: 32 bit = 4 byte
- Label: 20 bits

```

  0  1  2  3  4  5  6  7
+-+--+--+--+--+--+--+
|      Label      | Entry Label:
+-+--+--+--+--+--+--+ Label Value, 20 bits
|      Label      | Exp: Experimental Use
+-+--+--+--+--+--+--+ 3 bits (CoS)
| Label | Exp | S | S: Bottom of Stack
+-+--+--+--+--+--+--+ 1 bit
|      TTL      | TTL: Time to Live
+-+--+--+--+--+--+--+ 8 bits
```

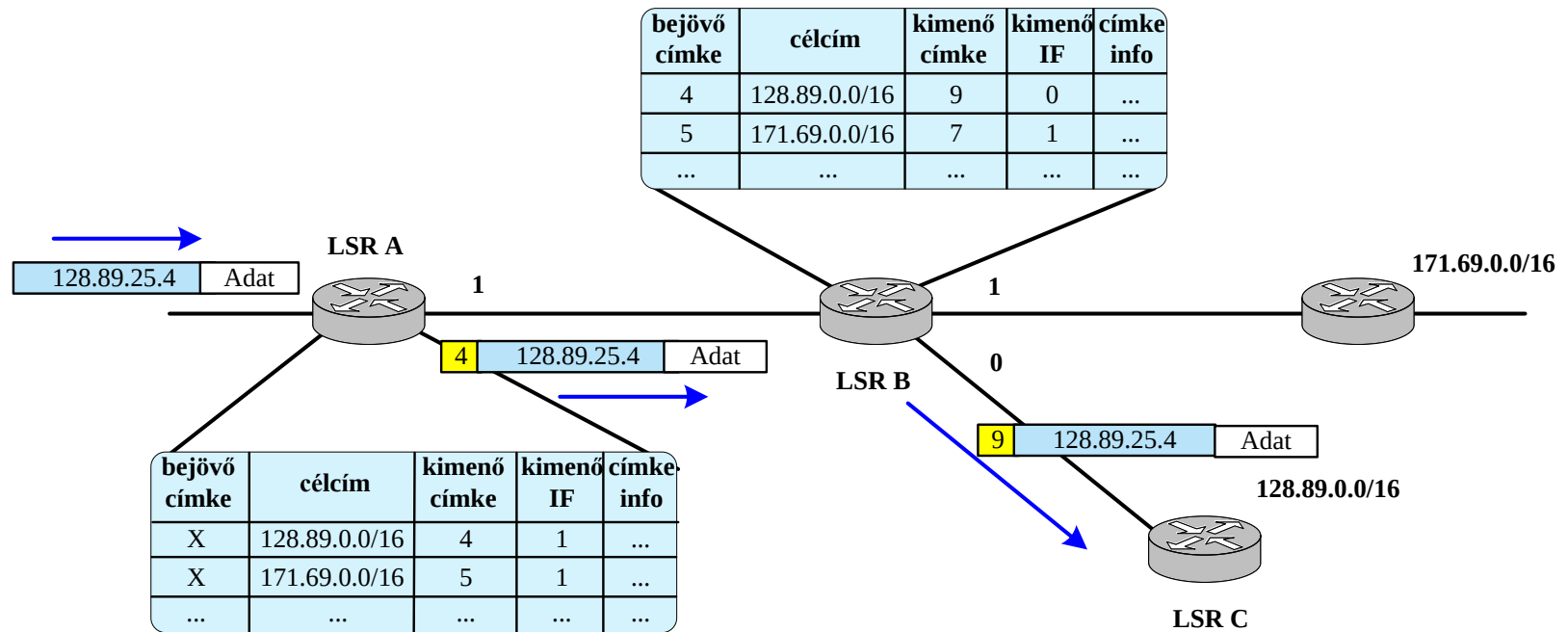

IP and MPLS Headers

□ Routing and Forwarding

0	8	16	31
VERS	HLEN	Service Type	Total Length
Identification		Flags	Fragment Offset
TTL	Protocol	Header Checksum	
Source IP Address			
Destination IP Address			
Options			Padding
D a t a			
D a t a			
...			
D a t a			

0	7
Label	
Label	
Label	CoS
TTL	

MPLS forwarding



Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Mobiltelefon-hálózatok: UMTS

*dr. Csopaki Gyula
Németh Krisztián
BME TMIT
2014. nov. 25.*



A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP, beszédkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- **5. Mobiltelefon-hálózatok** 
- 6. Jelzésátvitel
- 7. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

Mobil távközlő hálózatok

- Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



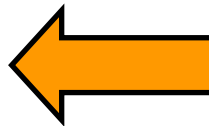
- Első generációs mobiltelefon-hálózatok



- GSM (2G)



- UMTS (3G)





- UMTS: Universal Mobile Telecommunications System, Egyetemes mobil távközlési rendszer
- Cél egy valóban univerzális 3G rendszer volt
 - 1G rendszerek: azonos típusú hálózatok között nincs barangolás
 - 2G: még mindig több, egymással inkompatibilis rendszer
 - 3G: ez sem sikerült maradéktalanul...
- ITU: IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) szabvány
 - UMTS (Eu)
 - FOMA: Freedom of Mobile Multimedia Access (Japán)
 - UMTS kompatibilis
 - CDMA2000: Code Division Multiple Access (US)
- UMTS-nek is vannak alverziói: 3GPP szabványosítja
 - 3GPP: 3rd Generation Partnership Project, 3G partnerségi projekt
 - www.3gpp.org



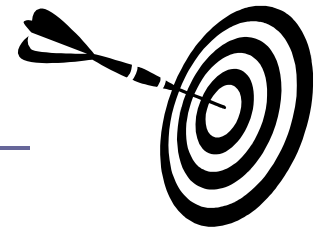
□ UMTS: 2000 körül a koncessziókat árverésre bocsátották

- Koncesszió: piacra lépési engedély:
 - az állami jogok, kötelezettségek → vállalkozás(ok)
 - meghatározott piaci pozíció: monopol vagy oligopol.
 - cserébe: kötelezettségek, járadék

Németország	49,7 milliárd euró***	2.5% éves GDP
Nagy-Britannia	38,2 milliárd euró	2.5% éves GDP
Olaszország	12,5 milliárd euró	1.1% éves GDP

***kb. Magyarország 2001-es GDP-jének 80%-a!

- Ezt a távközlési szektorból vonták el
- Emiatt sok országban elhalasztották az UMTS tendert
- Pl. Magyarországon is éveket késett
 - Végül: T-Mobile 17 milliárd Ft, Pannon 19 mrd. Ft, Vodafone 16,5 mrd Ft. Koncesszió 15 évre, ez alatt kell a díjat befizetni
 - szolgáltatás 2005 vége óta



- UMTS célok:
 - jobb beszédhangminőség (PSTN-t elérő)
 - jobb spektrumkihasználtság (földi és elvben műholdas is)
 - nagyobb adatátviteli sebesség
 - GSM kompatibilitás

UMTS szolgáltatások



- Beszédátvitel:
 - Adaptive MultiRate (AMR) kodek: ld. később
 - 4,7 – 12,2 kb/s
- Adatátvitel, Internet elérés
 - városban tipikus max. 384 kb/s
 - vidéken tipikus max. 144 kb/s
 - helyi rendszerben max. 2 Mb/s
 - (emlékezzünk:
 - GSM: kb. 14 kb/s
 - GSM/GPRS, HSCSD: kb. 50-80 kb/s
 - EDGE+GSM/GPRS (E-GPRS): kb. 150-180 kb/s)
- Multimédia szolgáltatások
 - TV adások közvetítése
 - Rádió hallgatás
 - MMS

UMTS szolgáltatások



- UMTS szolgáltatások ma Magyarországon:
 - beszédátvitel
 - adatátvitel
 - videotelefon (60-160 Ft/perc)
 - TV nézés
 - T-Mobile: kb. 400 Ft/nap (5 óra), 2000 Ft/hó (40 óra), díjmenetes próba!
 - ATV, Duna Tv, Eurosport, Eurosport 2, Hír TV, Life Network, Magyar Televízió 1-2 , Ozone Network, RTL Klub, Stroytv, TV6, VIVA
 - Vodafone: előre rögzített tartalmak csak (0,400,1000 Ft/24 h)
 - Telenor: már nem nyújt ilyen szolgáltatást
 - Több korábbi szolgáltatás már megszűnt
 - Rádió hallgatás
 - Forgalomfigyelő kamerák
 - Hungarorama (kamerák több városban)
 - Videók, zenék letöltése (részben van még)
- Kell egy „killer application”!!
 - Mára kiderült: ez az Internet-elérés



Duplexitás kezelés UMTS-ben



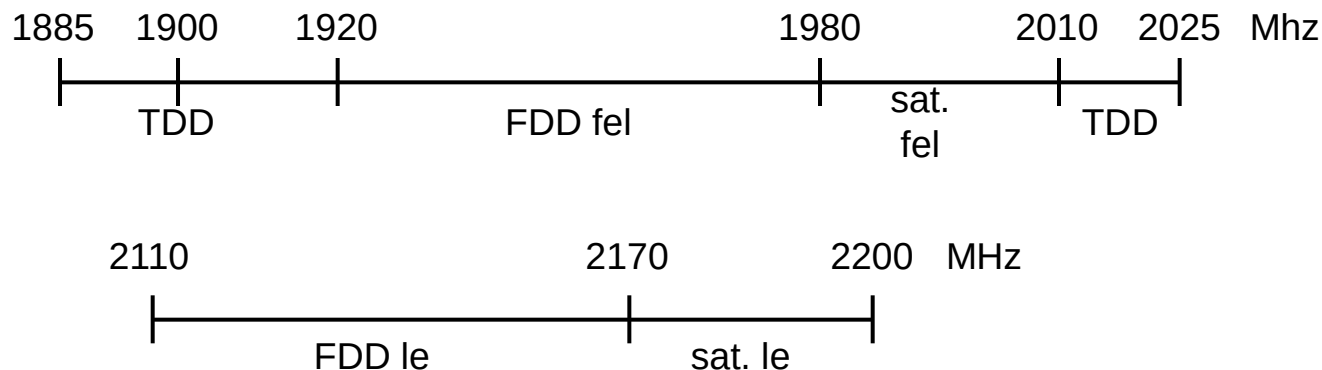
- Feladat: fel- és lefele irányú adatok elkülönítése
- Alkalmazott lehetséges megoldások:
 - időben
 - frekvenciában
- Mindkettőt használják UMTS-ben (de nem egyszerre)
 - FDD: Frequency Division Duplexing
 - nagyobb frekvencia a lefele irányban (nagyobb csillapítás → nagyobb teljesítmény kell)
 - TDD: Time Division Duplexing
 - előnye: a fel/letöltés aránya dinamikusan változtatható az aktuális igények függvényében
 - (ping-pong módszer, ld. korábban)

Rádiós közeg



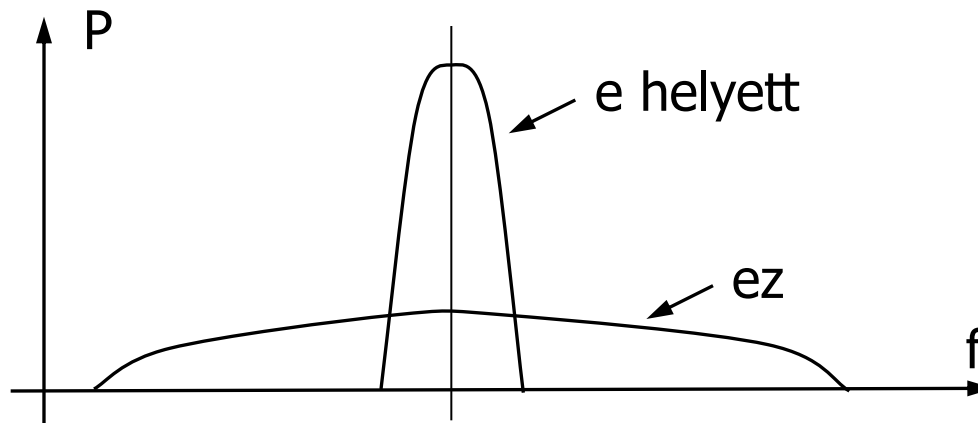
□ Frekvenciák:

- 1885-2025 és 2110-2200 MHz:
 - TDD: 1885-(1900-)1920 Mhz (1900 alatt: DECT) és 2010-2025 MHz
 - FDD: 1920-1980 (fel) és 2110-2170 (le)
 - műholdas (tervezett): 1980-2010 MHz (fel) és 2170-2200 MHz (le)
- Nagy frekvencia: csupán pár (3-5) km átmérőjű cellák
- A frekvenciákat 5 MHz-es csatornákra osztják, melyekben CDMA-t használnak
 - egy szolgáltató néhány csatornát, különböző szolgáltatók különböző csatornákat



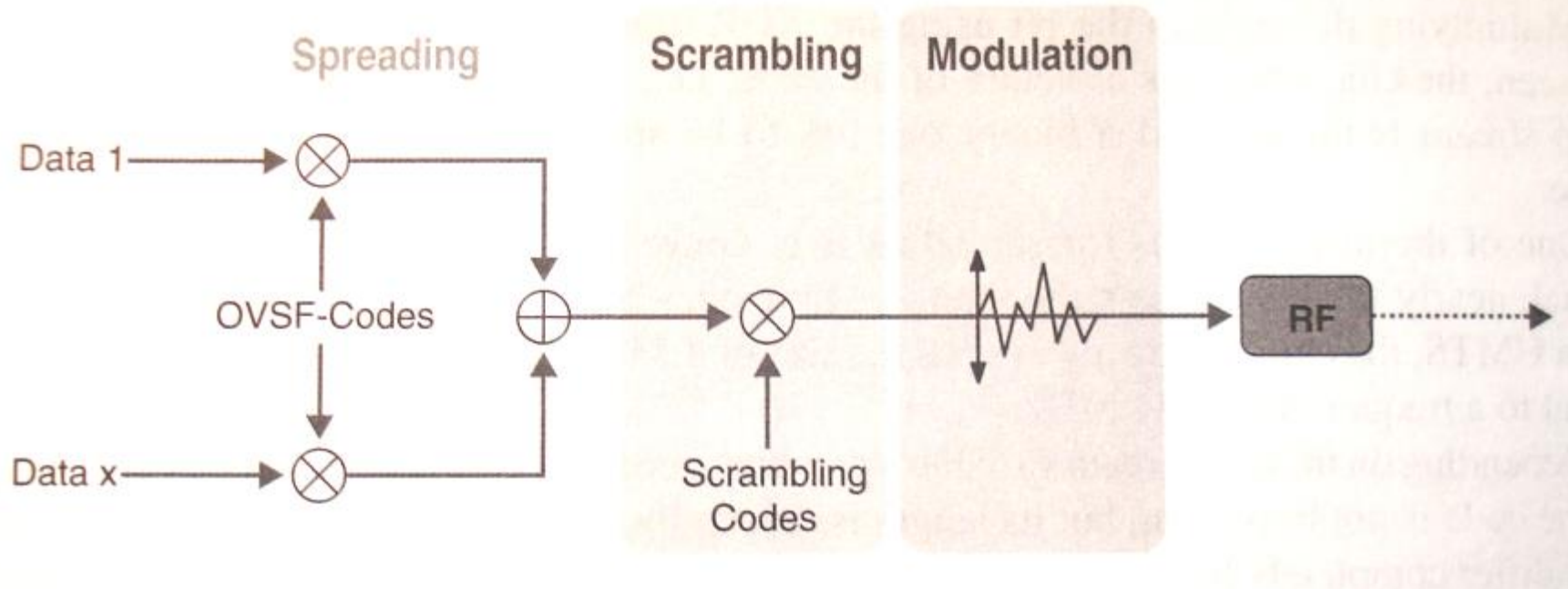


- Közeghozzáférés:
 - **CDMA**, Code Division Multiple Access, kódosztásos többszörös hozzáférés (SzgH. tárgy már érintette)
 - pontosabban: DS-CDMA (ld. hamarosan)
 - Ugyanaz a frekvencia, ugyanaz az idő, más kód
 - példa: soknyelvű reptéri váró
 - Minden jel „szétkenve” a teljes spektrumra, de kis teljesítménnyel
 - Cél: jobb spektrumkihasználtság



UMTS kódosztás

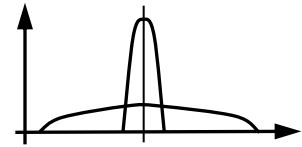
- A kódolás két menetben történik
 - csatornázási kód (channelisation code)
 - keverő kódolás (scrambling)
 - utána jön a modulálás, kisugárzás



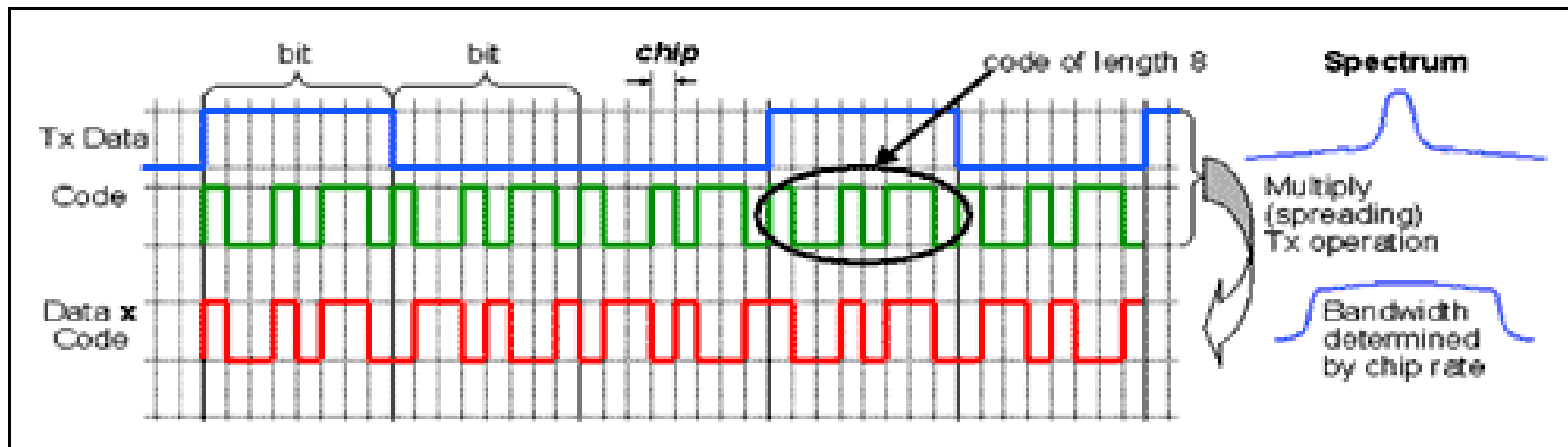
UMTS kódosztás

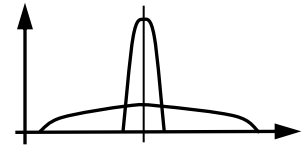
- A kódolás két menetben történik
 - csatornázási kód (channelisation code)
 - keverő kódolás (scrambling)
- Sőt, a nulladik lépés a csatornakódolás (channel coding)
 - ez nem ugyanaz, mint a csatornázási kódolás
 - ez hibajavító kódolás (avagy előremenő hibajavítás, forward error correction, FEC)
 - továbbiakban erről nem lesz szó

Csatornázási kód



- Működés: DS-CDMA (Direct Sequence CDMA, közvetlen sorozatú CDMA)
 - a digitális jelet összeszorozzuk egy ún. szóró kóddal (spreading code), és ezt sugározzuk ki
 - a szorzás pontosabban: $\text{NOT}(\text{XOR}(\text{bit1}, \text{bit2}))$
 - a kisugárzott jel hozzáadódik a többi adó által kisugárzottéhoz
- A szóró kód bitsebessége (chiprate) sokkal nagyobb (kb. 100x)
- A szóró kódok ortogonálisak, azaz egy bitidőre átlagolva két szórókód szorzatát nullát kapunk





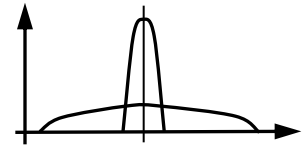
□ Kicsit részletesebben:

□ Kódolás

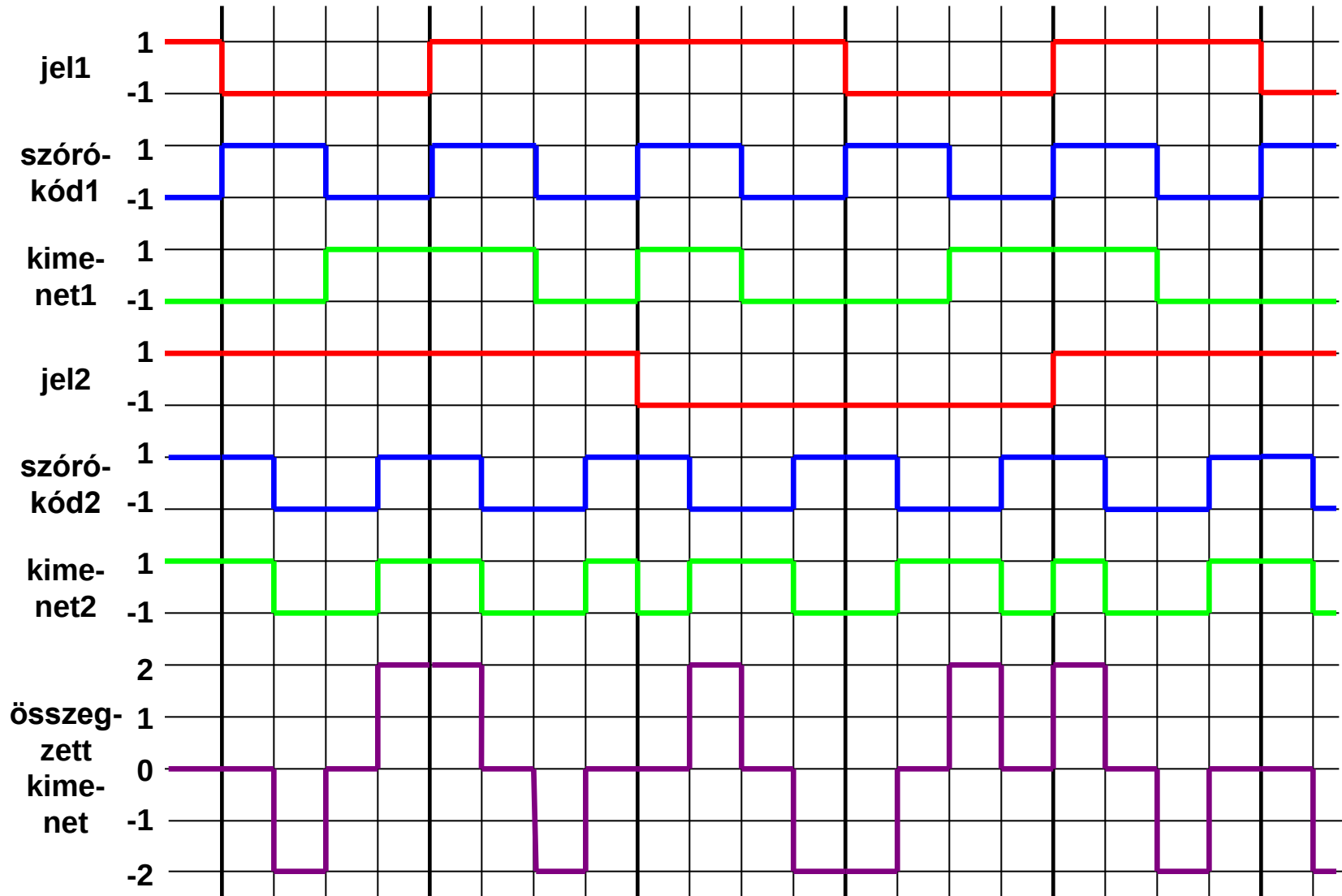
- STEP 1. A szóró kódot és az elkódolni kívánt adatot is reprezentáljuk a következőképp:
 - $1 \rightarrow 1$
 - $0 \rightarrow -1$
 - Vegyünk észre: ekkor $\text{NOT}(\text{XOR}(a,b))$ valójában $a*b$, azaz szorzás
 - $1*1=1, 1*-1=-1, -1*1=-1, -1*-1=1$
- STEP 2. Végezzük el a szóró kód összeszorozását a küldendő adattal
 - a szóró kód összes bitjét szorozzuk az adat egy adott bitjével, így jelentősen megnő a jelsebesség
- STEP 3. Sugározzuk ki az így kapott jelet a közös frekvencián
 - Modellünkben egyszerűen összeadjuk az összes így kapott jelet

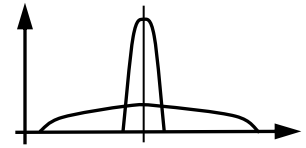
□ Dekódolás

- STEP 1. A vett jelet (a kódolás STEP 3 összege) szorozzuk meg az adó szóró kódjának a bitjeivel sorban. Ahány bitet kívánunk venni, annyiszor ismételjük ezt meg
- STEP 2. Az így kapott értékeket átlagoljuk bitidőkre
- STEP 3. Ha az átlag 1: a küldött bit 1. Ha az átlag -1: a küldött bit 0
- STEP 4. Ismételjük meg mindezt az összes vevőre

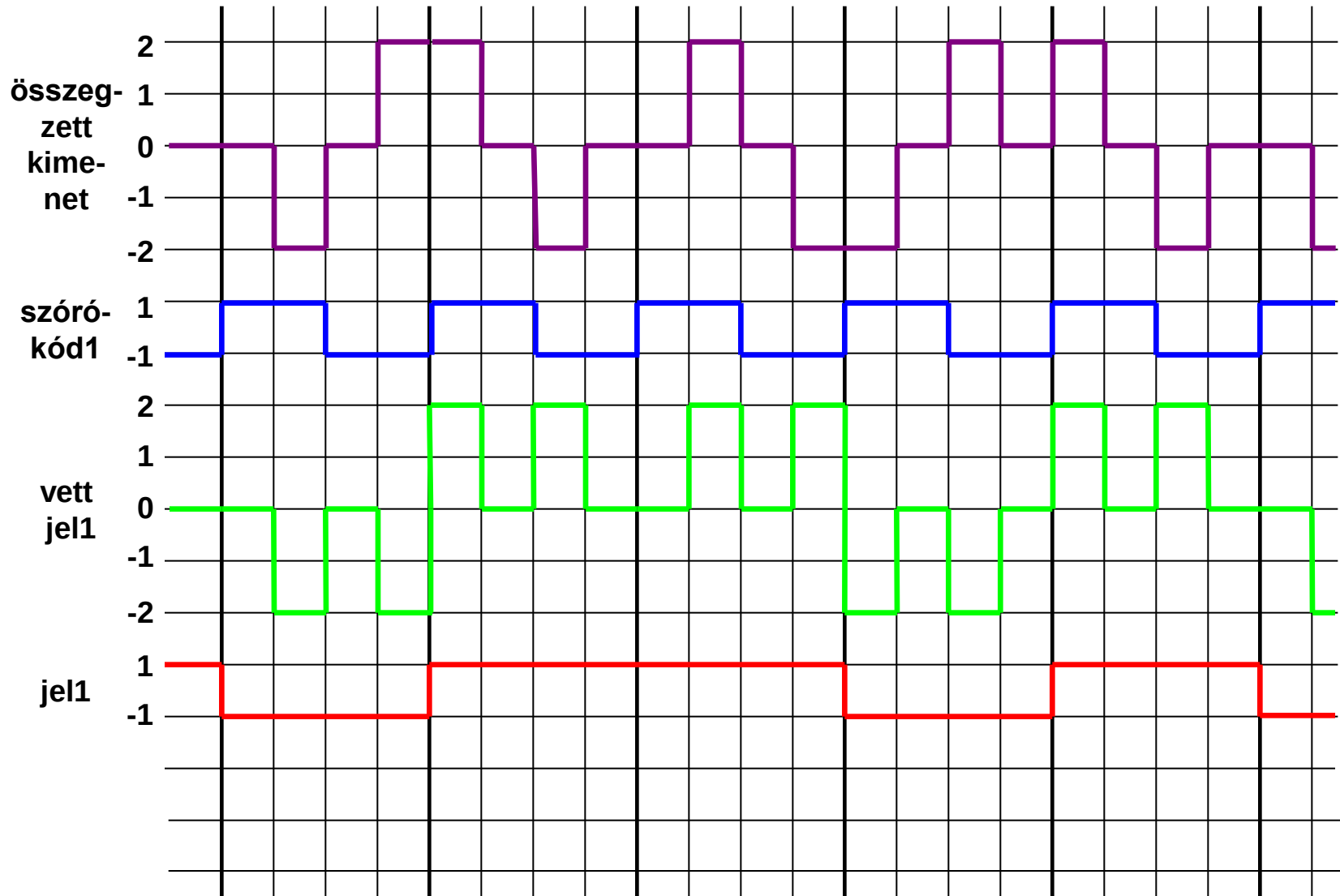


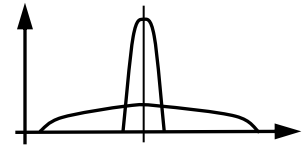
□ A kódolás szemléltetése:





□ A dekódolás szemléltetése:





□ Nézzünk egy számpéldát!

- Vigyük át az $(1, 0)$ és az $(1, 1)$ jeleket az $(1, 1, 0, 0)$, ill. $(1, 0, 0, 1)$ szóró kódokat használva

□ Kódolás:

- STEP 1. Az átvíendő jel legyen
 - A: $(1, -1)$
 - B: $(1, 1)$
- STEP 1. A két szóró kód legyen
 - A: $(1, 1, -1, -1)$
 - B: $(1, -1, -1, 1)$
- STEP 2. Az elküldendő jelek:
 - A: $1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1$
 - B: $1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1$
- STEP 3. Ezek összege:
 - $2, 0, -2, 0, 0, -2, 0, 2$

□ Megj: mindez azért sikerülhetett, mert a szóró kódok valóban ortogonálisak, azaz a kettő szorzatának az átlaga nulla:

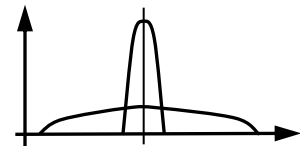
- A szorzat: $1, -1, 1, -1$
- Az átlag: 0

□ Dekódolás

- STEP 1. A szorzat:
 - A: $2, 0, 2, 0, 0, -2, 0, -2$
 - B: $2, 0, 2, 0, 0, 2, 0, 2$
- STEP 2. Az átlagok:
 - A: $1, -1$
 - B: $1, 1$
- STEP 3. A vett jel:
 - A: $1, 0$
 - B: $1, 1$

Csatornázási kód

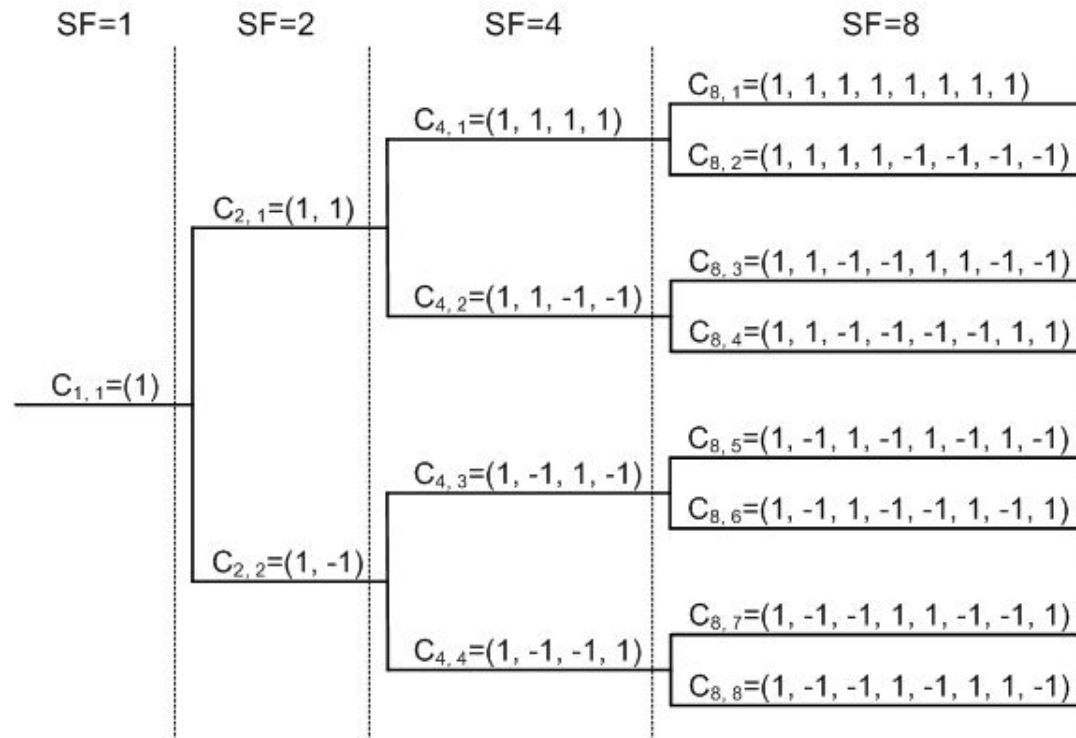
- Miért működik mindez ortogonális kódok esetén?
- Legyenek:
 - n : a kiterjesztési faktor
 - a szóró kódok $\underline{C}_1, \underline{C}_2, \dots, \underline{C}_n$
 - ezek mindegyike egy n hosszú vektor (n db n hosszú szóró kód van, ld. nemsokára)
 - az egy adott bitidőben elküldendő bitek az egyes csatornákról $B_1, B_2, \dots, B_n$
 - 1-gyel vagy -1-gyel kódolva
 - $\underline{a} \cdot \underline{b}$: a vektorok skaláris szorzata ($\underline{a} \cdot \underline{b} = a_1b_1 + a_2b_2 + \dots + a_nb_n$)
 - $x\underline{y}$: vektor skalárral beszorozva ($x\underline{y} = xy_1, xy_2, \dots, xy_n$)
- Ekkor a kiküldött jel egy bitidőben:
 - $\underline{J} = B_1\underline{C}_1 + B_2\underline{C}_2 + \dots + B_n\underline{C}_n$
- A dekódolt jel az adott bitidőben pl. az első vevőnél:
 - $D_1 = (\underline{J} \cdot \underline{C}_1) / n = (B_1\underline{C}_1 + B_2\underline{C}_2 + \dots + B_n\underline{C}_n) \cdot \underline{C}_1 / n = (B_1\underline{C}_1\underline{C}_1 + B_2\underline{C}_2\underline{C}_1 + \dots + B_n\underline{C}_n\underline{C}_1) / n = nB_1 / n = B_1$
 - kihasználtuk az ortogonalitást ($\underline{C}_i \cdot \underline{C}_j = 0$, ha $i \neq j$) ill., hogy az n hosszú 1 és -1-ekből álló $\underline{C}_1$ vektor önmagával való skalár szorzata n



- ❑ Tökéletesen ortogonális kódszavak
- ❑ Nevük: Ortogonális, változtatható kiterjesztési faktorú (Orthogonal Variable Spreading Factor, OVSF) kódok, avagy Walsh kódok
- ❑ Azonban az ortogonalitás csak akkor teljesül, ha pontosan egy fázisban vannak a kódok
 - nem azonos kezdőfázis esetén sem magával, sem másik kóddal nem nulla a korrelációja
 - azaz közös órajel kell
- ❑ Gyakorlatban: azonos adó különböző csatornáinak elválasztására használják
- ❑ Node B-ben: különböző végberendezéseknek szóló jelek elkülönítésére
- ❑ Végberendezésben: jelzés és adatjelek elkülönítésére

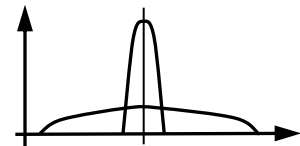
Csatornázási kód

□ OVFSF kód generálása



□ Vagyis:

- $C_{2x,2y-1}=(C_{x,y}, C_{x,y})$ és $C_{2x,2y}=(C_{x,y}, -C_{x,y})$
- Látszik, hogy 2^n hosszú kódból 2^n darab van
- Könnyen bizonyítható az ortogonalitás is (teljes indukció)
 - Bizonyítandó: $\underline{C}_{i,a} \cdot \underline{C}_{i,b} = 0$, ha $a \neq b$
 - $i=2$ -re igaz: $1 \cdot 1 + 1 \cdot (-1) = 0$
 - $\underline{C}_{i,a} \cdot \underline{C}_{i,b} = (\underline{C}_{i-1,x}, \pm \underline{C}_{i-1,x}) \cdot (\underline{C}_{i-1,y}, \pm \underline{C}_{i-1,y}) = \underline{C}_{i-1,x} \cdot \underline{C}_{i-1,y} \pm \underline{C}_{i-1,x} \cdot \underline{C}_{i-1,y} = 0 \pm 0 = 0$



- E kód a keskenysávú bemenő jelet szélessávúvá alakítja
- A kiterjesztési faktor változik 4 és 512 között
 - azt adja meg, hogy hányszorosa lesz a chipsebesség a bitsebességnek
 - másképpen: hány chip hosszú egy szóró kód
 - ismét másképp: hány db. szóró kód van
- A chipsebesség viszont mindig fix: 3 840 000 chip/sec
 - azaz 3,84 MChip/s, 3,84 Mcps
- Tehát kisebb adatsebességhez nagyobb kiterjesztési faktor tartozik, nagyobb adatsebességhez kisebb
 - több hosszabb kód van, kevesebb rövidebb
 - azaz kisebb adatsebességből többet tudunk küldeni egyszerre, nagyobb sebességből kevesebbet, a szorzat állandó
 - logikus, nem? :)

Csatornázási kód

- Példa: beszédátvitel esetén 128-szoros a kiterjesztési faktor (spreading factor, SF)

Data rate (After channel coding)	SF	Chip rate
9 60 kbit/s	4	3.84 Mcps
4 80 kbit/s	8	3.84 Mcps
2 40 kbit/s	16	3.84 Mcps
1 20 kbit/s	32	3.84 Mcps
60 kbit/s	64	3.84 Mcps
30 kbit/s	128	3.84 Mcps
15 kbit/s	256	3.84 Mcps
7 .5 kbit/s	512	3.84 Mcps

FDD Example:

A Call requires a 12.2 kbit/s voice channel. With special channel coding it will increase up to 30 kbit/s.

Looking into the table will indicate to use SF=128 (C_{128}).

Keverő kódolás

- Csak kvázi ortogonálisak egymásra, ugyanakkor önmaguk időbeli eltolására is kvázi ortogonálisak
- Fajtuk ún. pseudo-noise, „ál-zaj” kódok, nevük Gold kód
- Célja az adóberendezések megkülönböztetése. Adónként van egy ilyen kód
 - lefele irány: cellák (azaz Node B-k) elkülönítése
 - felfele irány: végberendezések elkülönítése
- Nem igényelnek szinkronizációt a források között
- „Cserébe” nem teljes az ortogonalitás: a vevő az egyik forrás jelének dekódolásakor a többi forrás jelét enyhe zajnak érzékeli
- A cella kapacitását itt az szabja meg, hogy meddig nem zavaró még ez a zaj a dekódolásban
 - Ez nem egy fix korlát!
 - A GSM FDMA/TDMA rendszerében a vivők/időrések száma fix korlátot adott

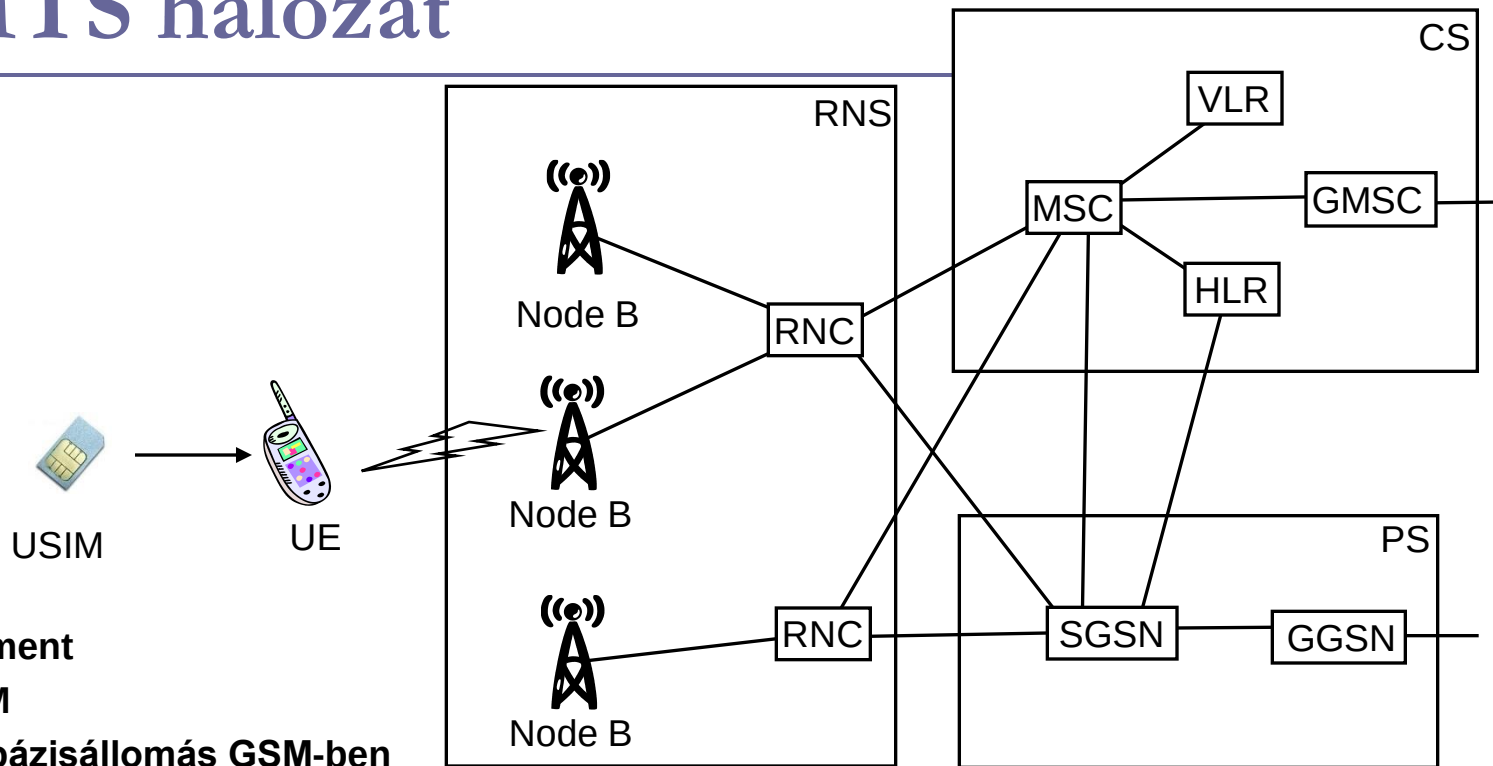
Keverő kódolás

- Az NOT(XOR(a,b)) szorzás itt bitenként történik: egy bit a kódolandó jelfolyamból, egy bit a kódból
 - azaz nem történik sávkiterjesztés, a bemenet és a kimenet ugyanannyi bitből (amit itt már chipnek nevezünk) áll
- A kódszavak hossza:
- Lefele: 38 400 bit (10 msec-enként ismétlődik)
- Felfele: 38 400 bit, vagy 256 bit. Ez utóbbi, ha a Node B speciális vevővel rendelkezik (ún. rake vevő)

Összefoglalás

	csatornázási kód	keverőkód
cél	forráson belüli adatfolyamok elkülönítése	források elkülönítése
kódhossz	4..256 chip (felfele), 4..512 chip (lefele)	38400 vagy 256 chip (fel), 38400 chip (le)
kiterjesztés	van, növeli az adási sáv szélességet	nincs
ortogonalitás	tökéletes	nem tökéletes
szinkronizáció	szükséges	nem szükséges

Az UMTS hálózat



UE: User Equipment

USIM: UMTS SIM

Node B: mint a bázisállomás GSM-ben

RNC: Radio Network Controller, Rádiós hálózati vezérlő (mint a bázisállomás-vezérlő GSM-ben)

RNS: Radio Network Subsystem, Rádiós hálózati alrendszer

MSC, HLR, VLR: mint GSM-ben

GMSC: Gateway MSC: MSC és egyben átjáró más hálózatok felé (pl. ISDN)

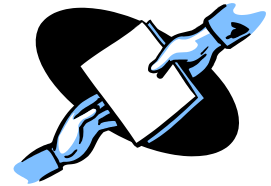
CS: Circuit Switched, áramkörkapcsolt alrendszer

SGSN: Serving GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez

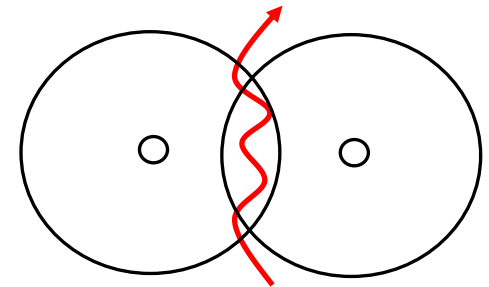
GGSN: Gateway GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez és egyben átjáró más hálózatok felé (pl. Internet)

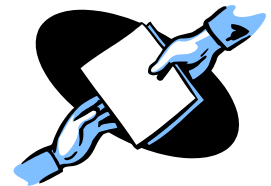
PS: Packet Switched, csomagkapcsolt alrendszer

Hívásátadás áramkörkapcsolt esetben



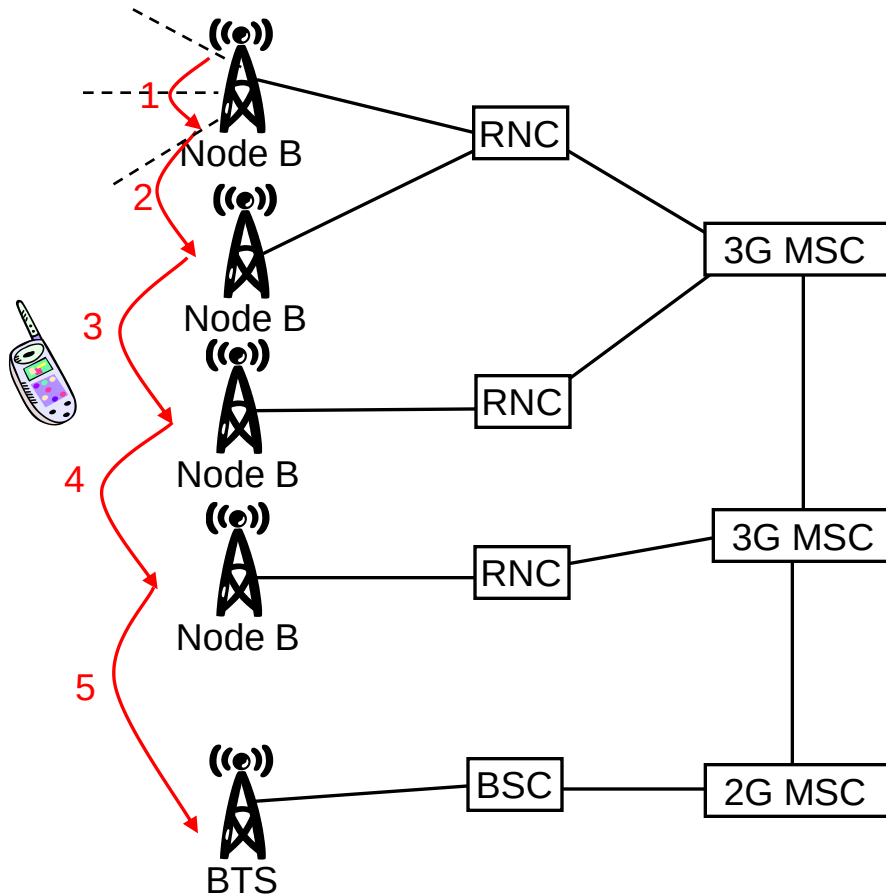
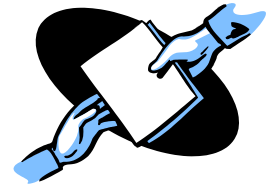
- GSM: „kemény hívásátadás” (hard handover)
 - egyik pillanatban egyik bázisállomással kommunikál a mobil állomás, kisvártatva a másikkal
 - az átadás olyan gyors, amilyen gyors csak lehet
 - cellaváltás hiszterézissel: egy cellahatáron kószáló mobil esetében se legyen sok felesleges átadás
 - lehet persze az is, hogy a végberendezés egyenesen halad, de a cellák határa girbegurba





- UMTS: puha átadás (soft handover)
 - egyszerre több bázisállomással tart fenn kapcsolatot
 - max. 3-mal egy időben
 - a le irányú adatot minden bázisállomás sugározza (ugyanazt), a mobil így többször is megkapja
 - az egyik adótól érkezett és esetlegesen elveszett információ így más forrásból pótolható
 - a fel irányú adatot minden bázisállomás veszi (ugyanazt)
 - a hálózat összerakja a különböző bázisok által vett adatot, így egy esetleges adatvesztés az egyik cellában könnyen korrigálható a többiben vett adatokkal
 - ez az állapot viszonylag sokáig is tarthat
- Azért is fontos a redundancia, mert épp a cella legszélén vagyunk, ilyenkor a legrosszabb a vétel
 - igaz, ez némi sáv szélesség-pazarlással jár (redundáns adás lefele irányba)
- Mindezt a kódosztás teszi lehetővé:
 - azonos a frekvencia a szomszédos cellákban

UMTS átadási típusok



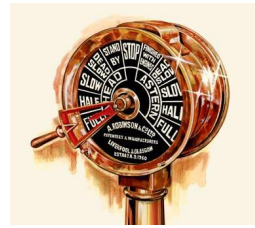
- 1. Node B-n belül, szektorok (cellák) között (intra-Node B)
 - 2. Inter-Node B, Intra-RNC
 - 3. Inter-RNC, Intra-MSC
 - 4. Inter-MSC
 - 5. 3G→2G
- (2G→3G nem olyan kritikus)
- puha vagy kemény
- csak kemény

UMTS teljesítményszabályozás



- ❑ Nem tökéletes az alkalmazott keverő kód ortogonalitása
- ❑ Emiatt más egy adott mobil eszköz jelét figyelve a bázisállomáson a többi mobil jele zajként jelentkezik
- ❑ Ezért az kell, hogy minden mobil jele kb. egyforma teljesítménnyel érkezzon a Node B-hez
 - különben az erősebb jel elnyomja az összes gyengébbet
- ❑ Megoldás: Node B felszólítja a mobil eszközt a teljesítmény növelésére/csökkentésére
- ❑ 1500/sec gyakorisággal(!)
 - Különben pl. egy épület mögöl előbukkanó, eddig erősen adó eszköz tönkretenné az egész cella kommunikációját
- ❑ GSM-ben is van ilyen:
 - telep kímélésére, élettani kockázat csökkentésére
 - más, távoli de azonos frekin üzemelő cellákkal való interferencia elkerülésére
 - 2/sec gyakorisággal (!)

Teljesítményszabályozás puha átadásnál



- A mobil eszköz a puha átadásban lévő Node B-ktől különböző parancsokat kaphat: teljesítmény csökkentése / szinten tartása / növelése
- Mit tegyünk??
- Az alkalmazott szabály:
 - Ha bárki csökkentésre utasítja, csökkent
 - Amúgy, ha bárki szinten tartásra utasítja, szinten tart
 - Amúgy növel
- Az ötlet: minimális teljesítménnyel adni, hogy ne tegyük egy cellában sem tönkre a kommunikációt.
 - Viszont a fenti algoritmusból következik, hogy legalább egy cellában a teljesítmény elégséges lesz.



- Több felhasználó egy cellában
- → nagyobb „háttérzaj”
 - hisz nem tökéletesen ortogonálisak a keverő kódok
- → kisebb cella használható csak effektíven
 - a távol lévő állomások kirekesztődnek
- ⇒ a cella mérete változik a forgalomtól függően
 - a cella „lélegzik”
- megnehezíti a cellatervezést

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Jelzésátvitel

Csopaki Gyula
Németh Krisztián

BME TMIT

2014. dec. 1.

International Code of Signals				U.S. Navy			
A		R		1		1	
B		S		2		2	
C		T		3		3	
D		U		4		4	
E		V		5		5	
F		W		6		6	
G		X		7		7	
H		Y		8		8	
I		Z		9		9	
J				0		0	
K		1R		CA		PR	
L		2R				IN	
M		3R				NE	
N		4R				EM	
O						PO	
P						SB	
Q							

A tárgy felépítése

- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények
- 7. Jelzésátvitel 
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

Jelzésátvitel

□ 7. Jelzésátvitel

■ 7.1 Jelzésátvitel áttekintése ←

- 7.2 Az előfizetői jelzésrendszerekről röviden
- 7.3 Központok közötti jelzésátvitel (SS7)
- 7.4 GSM jelzésátvitel (nem vizsgaanyag)

- Ajánlott irodalom: Adamis Gusztáv:
Kapcsolás- és jelzéstechnika,
8., 9., 10. fejezet



Jelzésrendszerekről általában



- Miért van szükség jelzésrendszerekre?
 - Végberendezések és hálózati csomópontok kommunikációja
- Jelzésrendszerek a hálózatbeli helyük szerint lehetnek
 - előfizetői jelzésrsz.: végberendezés-központ között (User-network interface, UNI)
 - hálózati jelzésrsz.: központok között (Network-to-Network Interface, NNI)
- Jelek kódolása lehet
 - analóg (pl. hangfrekvenciás jel)
 - digitális üzenet (hasonlóan a Szg.H. protokolljaihoz)
- Jelzés helye szerint lehet
 - beszédúthoz kötött, csatornához rendelt (Channel Associated Signalling)
 - beszédúttól független, közös csatornás jelzésátvitel (Common Channel Signalling, CCS)

Jelzésátvitel

□ 7. Jelzésátvitel

- 7.1 Jelzésátvitel áttekintése
- **7.2 Az előfizetői jelzésrendszerekről röviden**
- 7.3 Központok közötti jelzésátvitel (SS7)
- 7.4 GSM jelzésátvitel (nem vizsgaanyag)



Analóg végberendezés



□ Frekvencia szerint:

- DC: távtápláló hurok zárása: tárcsahang kérés
- közel DC: távtápláló hurok periodikus megszakítása: hívószám jelzés, 8-10 impulzus/sec. Elavult.
- beszédsáv alatti: csengetés 25 Hz (15-68 Hz, USA 20 Hz, Eu. 25 Hz a tipikus, 40-150V (!) AC)
- beszédsávban: *sávon belüli jelzések (in-band signaling)*
 - előfiz. → központ: DTMF (Dual Tone Multi Frequency, kéthangú többfrekvenciás jelzésátviteli rendszer)
 - két szinuszos jel összege

F (Hz)	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

- központ → előfiz.: tárcsahang, csengetési visszhang, foglalt jel, hibajel, stb. (ezek elsősorban embereknek, és nem gépeknek szólnak)

Analóg végberendezés

- Frekvencia szerint (folyt.):
 - beszédsávban még:
 - csengetéskor hívószámjelzés
 - első csengetés rövidebb, az után következő szünetben FSK modulációval a számjegyek elküldése
 - (1200 bps, „1” → 1300 Hz, „0” → 2100 Hz)
 - vezetékes SMS
 - szintén FSK, gyakorlatilag a végberendezés egy egyszerű modemként működik: analóg végberendezés esetén is ez az adatcsere digitális
 - beszédsáv feletti: tarifa impulzus (12-16 kHz)
 - főleg nyilvános állomásoknál

Digitális végberendezés (ISDN)



- DSS1: Digital Subscriber Signaling System No. 1. (1-es számú digitális előfizetői jelzésrendszer)
 - az ISDN végberendezések és a ISDN központ közötti kommunikációra
 - az ISDN D csatornában zajlik mindez (emlékezz: 2B+D, 30B+D)

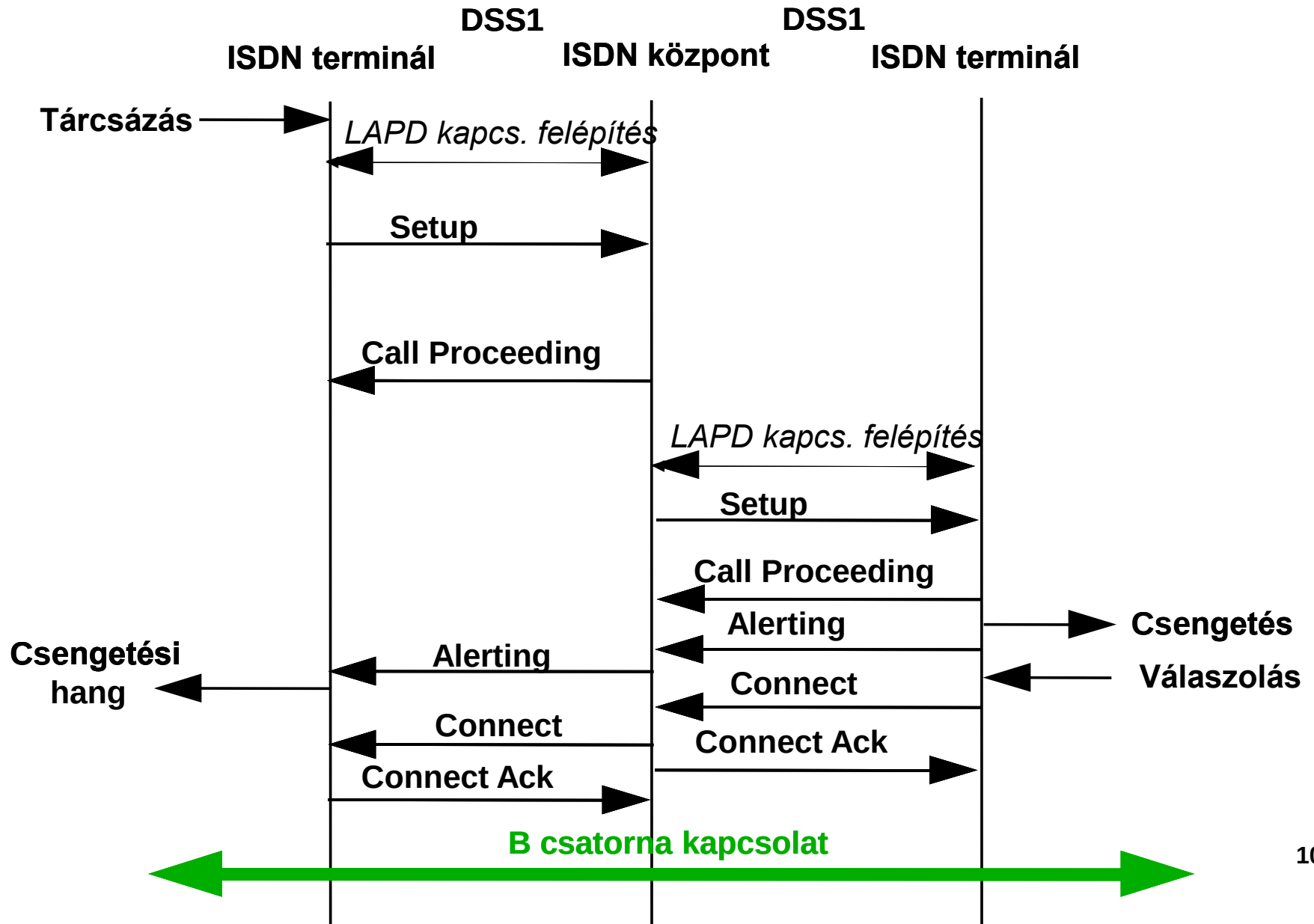
3. réteg
LAPD
fizikai réteg

- 1. fizikai réteg: ISDN D csatorna (emlékezzünk: 16 vagy 64 kb/s)
- 2. LAPD: Link Access Procedure on D channel (kapcsolatelérési eljárás a D csatornán)
 - keretszervezés
 - hibamentes átvitel a központ és a végberendezés között: kapcsolatorientált
 - címzés: az egy előfizetőnél lévő több végberendezés elkülönítésére

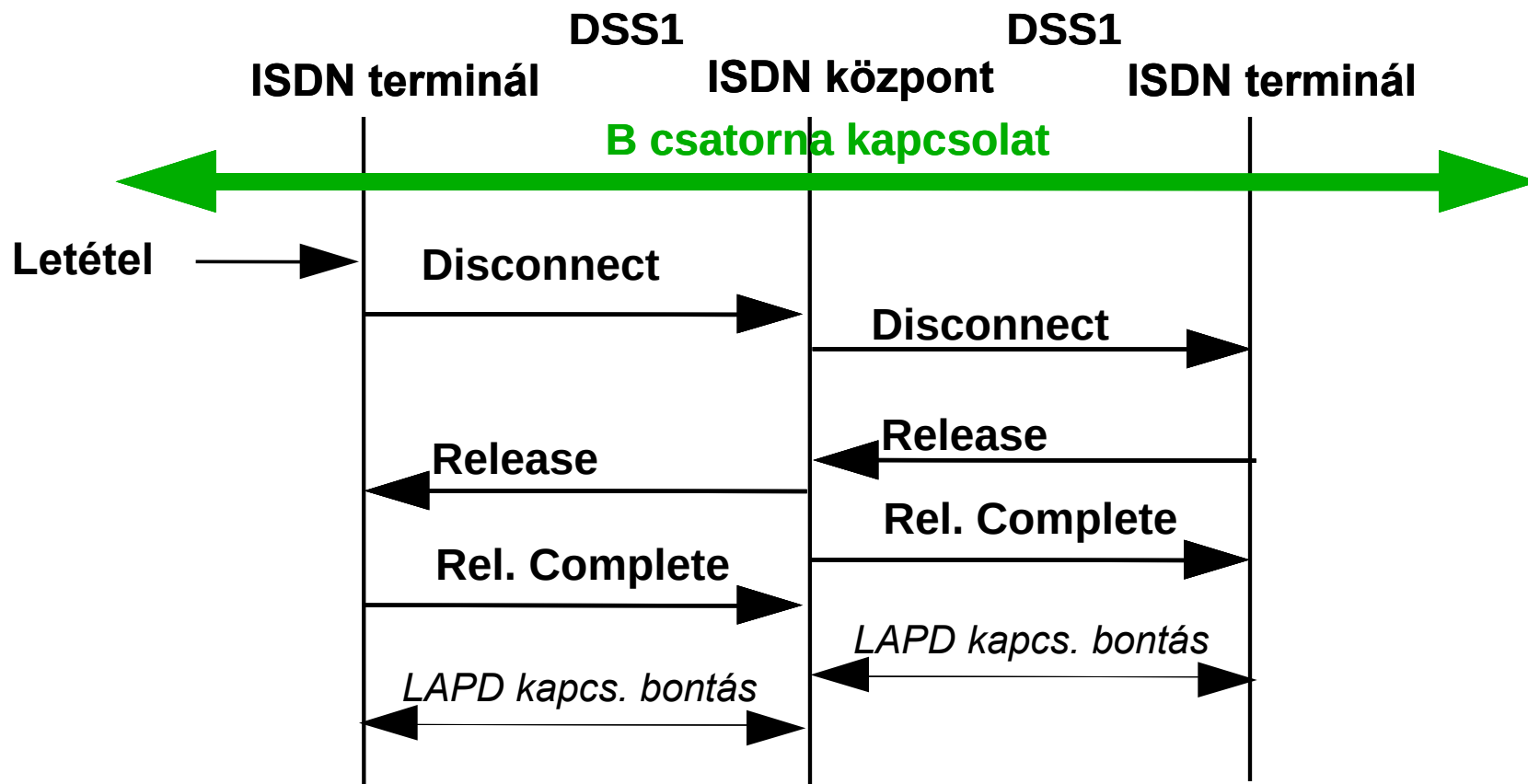
DSS1 3. réteg

- 3 réteg: szokás ezt DSS1-ként említeni röviden
 - hívás felépítés/bontás jelzésüzenetekkel
 - egy példa a következő lapon

DSS1 példa: hívás (egyszerűsített)



DSS1 példa: kapcsolat bontása (egyszerűsített)



- megjegyzés: ISDN esetén (PSTN-nel ellentétben) bármelyik fél kezdeményezheti a kapcsolat bontását

Jelzésátvitel

□ 7. Jelzésátvitel

- 7.1 Jelzésátvitel áttekintése
- 7.2 Az előfizetői jelzésrendszerekről röviden
- **7.3 Központok közötti jelzésátvitel (SS7)** ←
- 7.4 GSM jelzésátvitel (nem vizsgaanyag)



Csatornához rendelt jelzésrendszerek

- A központi jelzésrendszerek fejlődése
- Kezdetben: analóg jelzések
 - vagy magában a beszédcsatornában – sávon belüli jelzés, in-band signaling
 - vagy a beszédcsatornához rendelt jelzőcsatornában – sávon kívüli jelzés, out-of-band signaling
- Később: digitális
 - Jelzőbitek a csatornához rendelt jelzőcsatornában – sávon kívüli jelzés, out-of-band signaling



Csatornához rendelt jelzésrendszerek (*)

- *(Ez a dia nem vizsgaanyag!)*
- Példa: az R2 jelzésrendszer egy részlete (1960-as, '70-es évek)
 - beszédsávon belüli, analóg jelzések
 - leegyszerűsített táblázat:

előre (Hz):	1380	1500	1620	1740	1860	1980	jelentés	
hátra (Hz):	1140	1020	900	780	660	540		
Jel sorszáma:							előre	hátra
1	x	x					1 (hívó-szám jegye)	küldd a következő (n+1) számjegyet
2	x		x				2	küldd az előző (n-1) számjegyet
3		x	x				3	hívószám kész
4	x			x			4	hálózati torlódás
5		x		x			5	
6			x	x			6	
7	x				x		7	
8		x			x		8	
9			x		x		9	
10				x	x		0	
11	x					x		
12		x				x		
13			x			x		
14				x		x		
15					x	x		

Csatornához rendelt jelzésrendszerek

- Előnye:
 - egyszerű
- Hátránya:
 - limitált jelzésátviteli képesség
 - csatorna foglalása a hívásfelépítés idejére is
 - pl. amíg kicsöng a telefon, de nem veszik még fel
 - a jelzésátvitel „csak” annyira védett, mint az adatátvitel
 - **Nincs lehetőség beszédől független jelzésre!**
- Még használnak ilyen rendszereket, de egyre kevesebb helyen

Közös csatornás jelzésrendszerek

- ❑ Digitális jelzésüzenetek egy dedikált, a beszédcsatornáktól független jelzéscsatornán
- ❑ Ötlet: néhány, viszonylag rövid (~100 byte) jelzésüzenetért ne foglaljunk le egy egész beszédcsatornát
- ❑ Előny:
 - jobb beszédáramkör-kihasználtság
 - összetettebb üzenetek: sokféle szolgáltatás válik lehetővé ezáltal
 - jelzésátvitel külön kezelhető, így jobban védhető, mint az adatátvitel
 - ❑ egy meghibásodás itt nagyobb bajt okoz, jobban is kell védeni
 - belső (pl. menedzsment, teljesítménymérés) üzenetek cseréje lehetséges
 - nem csak beszédátvitellel kapcsolatos jelzések lehetnek, hanem pl:
 - ❑ SMS
 - ❑ GSM adatbázisok elérése (pl. szolgáltatási jogosultságok lekérdezése)
 - ❑ ingyenes/emelt díjas szám valós hívószámmá fordítása

Közös csatornás jelzésrendszerek

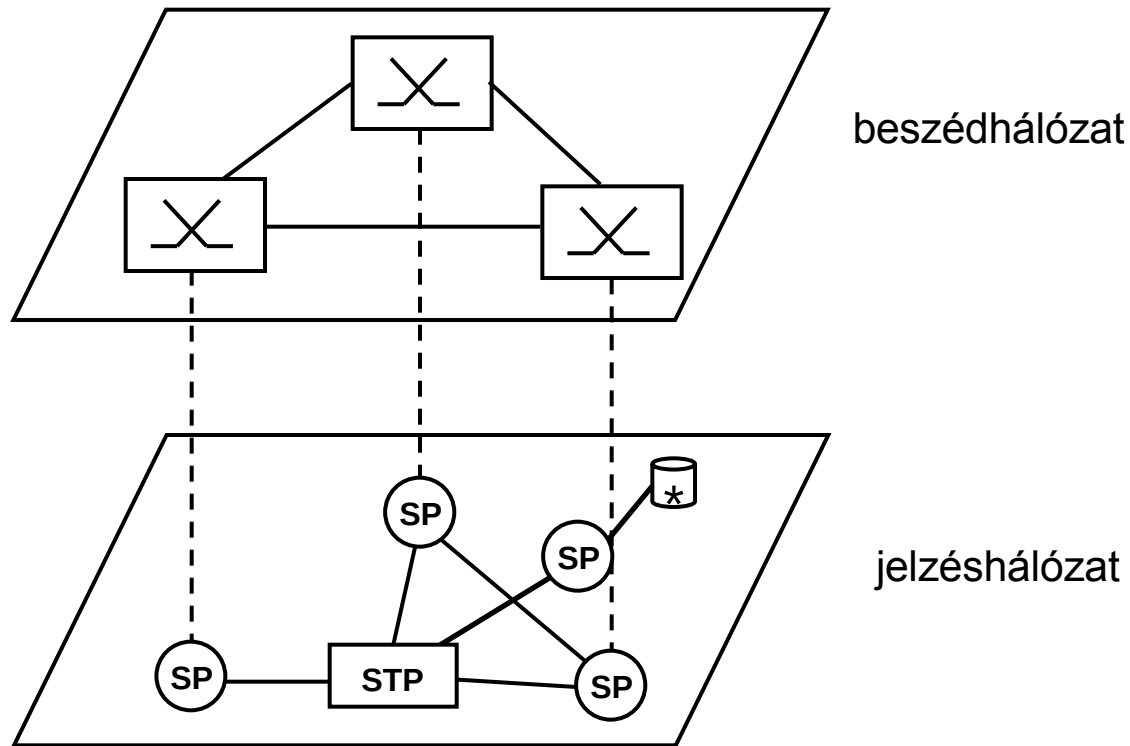
□ Hátrány:

- külön jelzeshálózat → plusz költség
- bonyolultabb működés
- külön fel kell építeni a beszédutat, ennek sikerességét esetleg ellenőrizni kell

□ Összességében jóval több az előny!

Közös csatornás jelzésrendszerek

- Külön jelzeshálózat pl.:



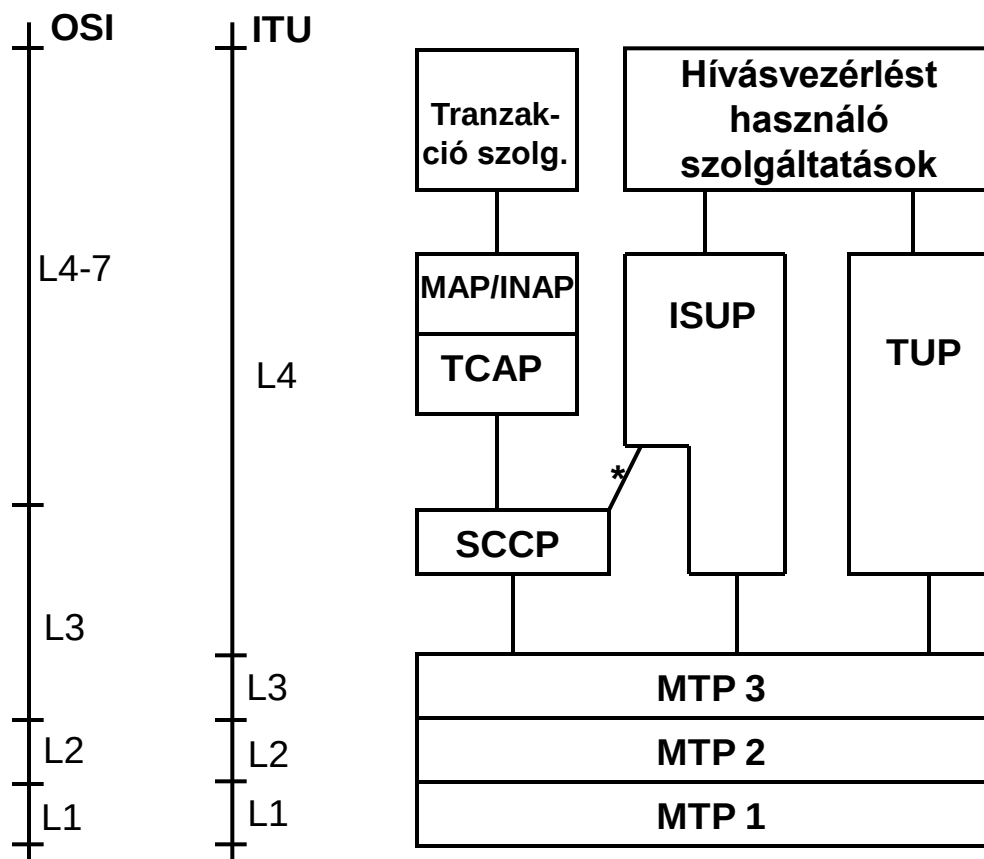
SP: Signaling Point, jelzőpont

STP: Signaling Transfer Point, jelzéstovábbító pont

*: HLR és más adatbázisok

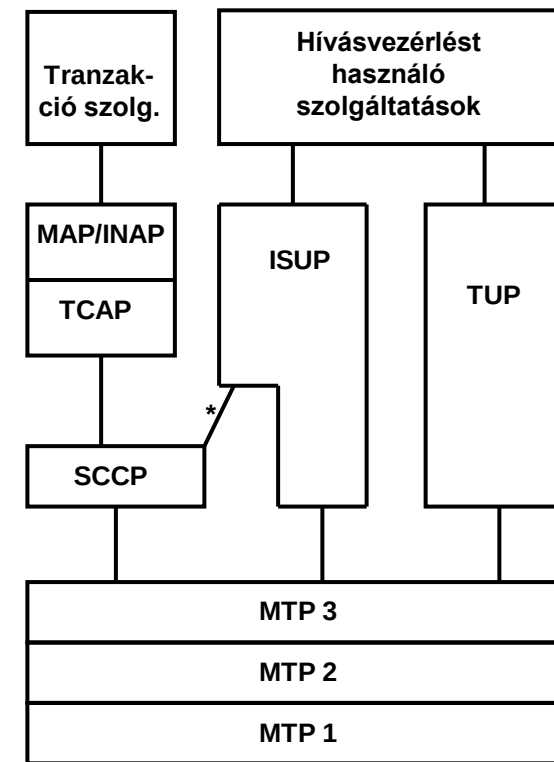
SS7

- „A” közös csatornás jelzésrendszer: SS7
- SS7 = (Common Channel) Signaling System No. 7, 7-es számú (közös csatornás) jelzésrendszer
- 1980-tól! (ITU-T Q.700-as sorozatú ajánlások)
- OSI-szerű felépítés:

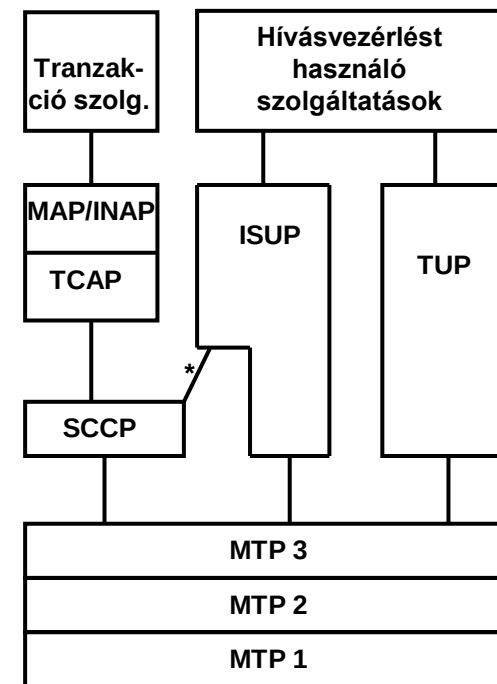


*: a gyakorlatban
nem használják

- MTP: Message Transfer Part, üzenettovábbító egység
- MTP 1. szint
 - fizikai réteg -- 64 kbit/s
- MTP 2. szint
 - keretezés, szomszédos pontok közötti hibamentes átvitel (nyugtázás), forgalomszabályozás
- MTP 3. szint
 - egy jelzeshálózaton belül (nem globálisan) az üzenetek célba juttatása
 - jelzeshálózat menedzselése: forgalomirányítás, hibavédelem, torlódásvédelem (!!)

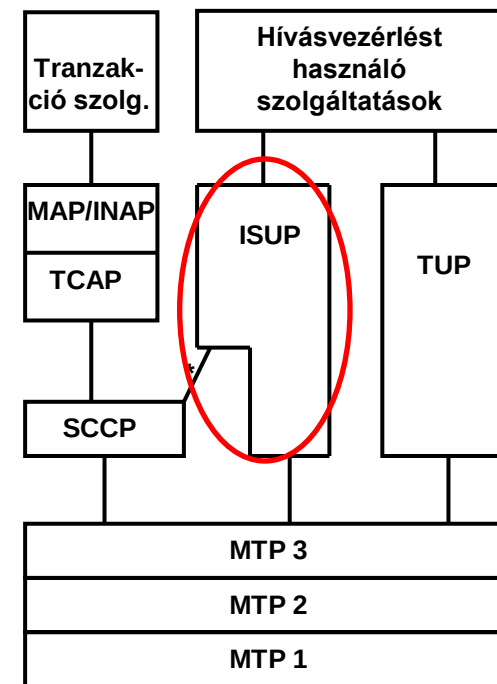


- TUP: Telephony User Part, telefon felhasználói egység
 - ma már nem használják, az ISUP leváltotta
- ISUP: ISDN User Part, ISDN felhasználói egység
 - hívásfelépítő/bontó üzenetek (sok-sok paraméterrel)
- SCCP: Signalling Connection Control Part, jelzéskapcsolat vezérlő egység
 - jelzeshálózatok közötti jelzésátvitelre
 - mobiltelefon-hálózatok használják
 - cím nem az SS7 azonosító -- leggyakrabban a hívószám
- TCAP: Transaction Capabilities -- Application Part, tranzakciós képességek -- alkalmazási egység
 - GSM-re fejlesztve: adatbázis-tranzakció jellegű műveletek
- MAP: Mobile Application Part, mobil alkalmazási egység
- INAP: Intelligent Network Application Part, intelligens hálózat alkalmazási egység
- (Ebből a főlíából elég a piros (ISUP) részt tudni a vizsgára.)

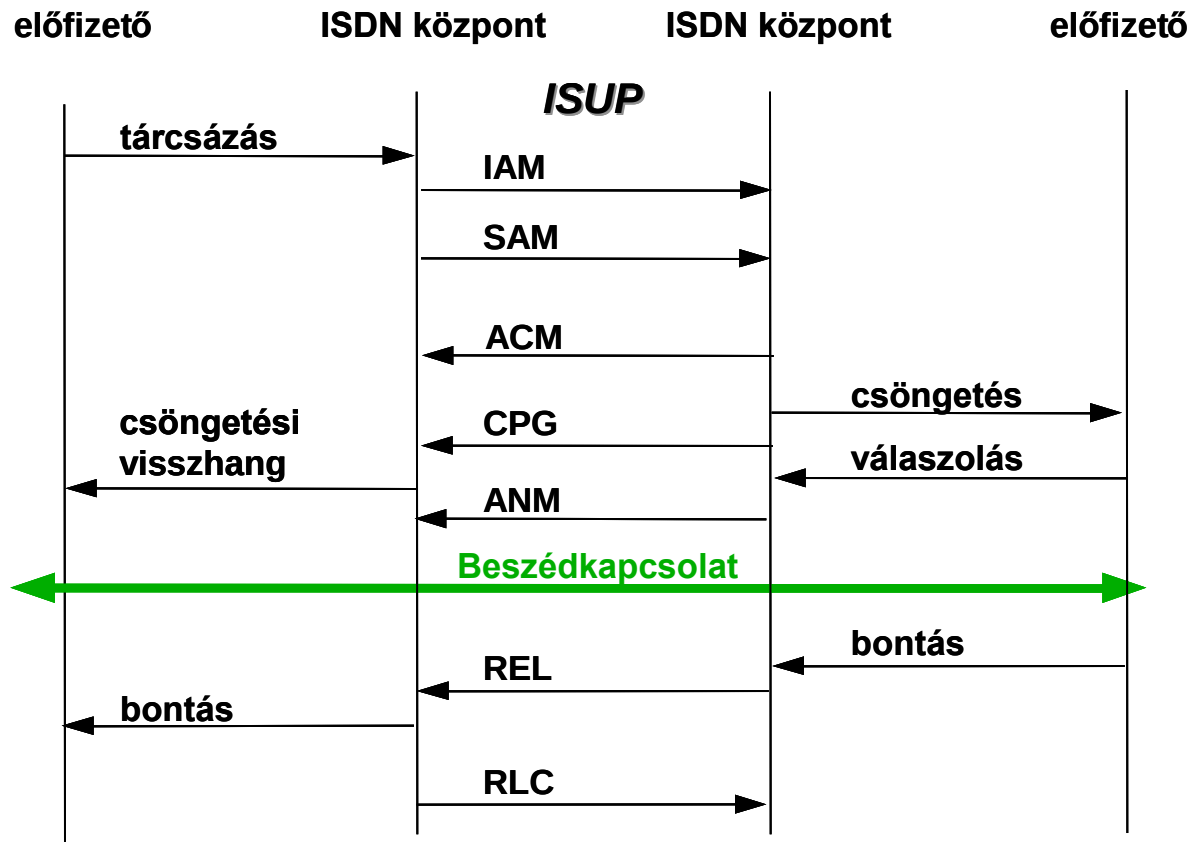


ISUP

- ❑ ISUP: ISDN User Part, ISDN felhasználói egység
- ❑ Feladata: hívásfelépítő/bontó üzenetek küldése, fogadása



ISUP hívásfelépítés



IAM: Initial Address Message,
első címüzenet

SAM: Subsequent Address Message,
következő címüzenet

ACM: Address Complete, cím teljes

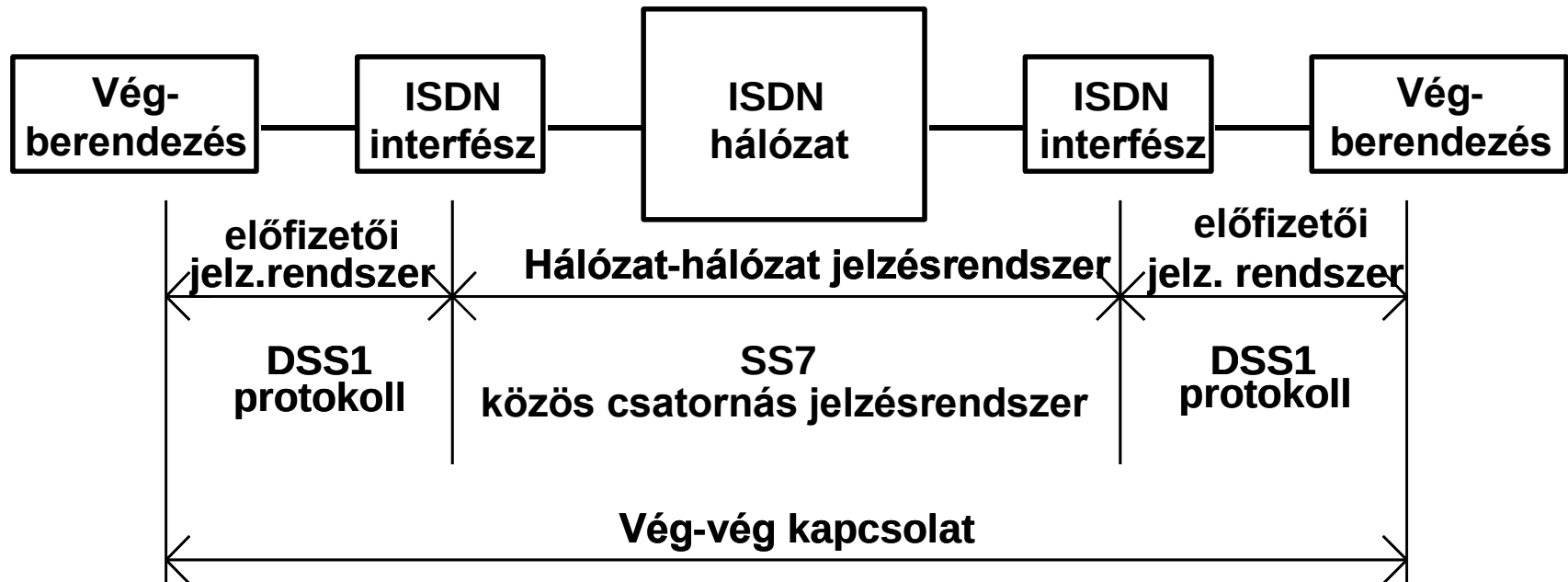
CPG: Call Progress, hívás folyamatban

ANM: Answer Message, hívott válaszol

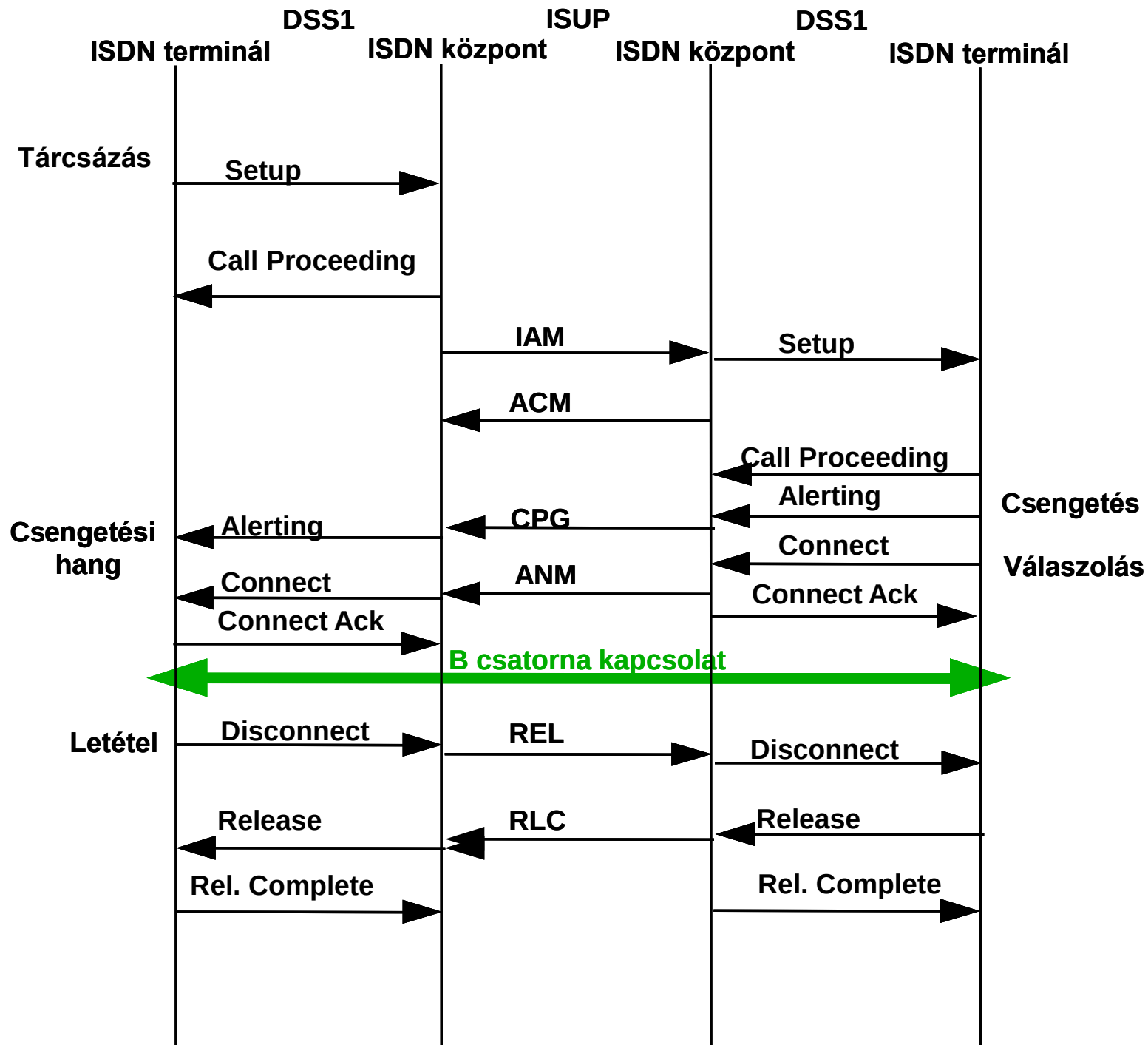
REL: Release, bontás

RLC: Release Complete, bontási nyugta

DSS1+ISUP együtt



**DSS1
+
ISUP
együtt
(egysze-
rűsített)**



□ 7. Jelzésátvitel

- 7.1 Jelzésátvitel áttekintése
- 7.2 Az előfizetői jelzésrendszerekről röviden
- 7.3 Központok közötti jelzésátvitel (SS7)
- **7.4 GSM jelzésátvitel** ←

- Ajánlott irodalom: Adamis Gusztáv:
Kapcsolás- és jelzéstechnika, 11., 12., 13. fejezet

Mottó:

„A HLR tartja nyilván, hogy az adott mobil állomást melyik MSC szolgálja ki, ettől az MSC-től MSRN-t kér, de most már az IMSI-t használva. Ennek az üzenetnek az SCCP szintű irányítása az MSC ISDN számával, mint globális címmel történik. Az MSC elküldi az MSRN-t a HLR-nek, az pedig továbbítja azt a GMSC-nek. Innentől a hívás felépítése az ISUP segítségével történik, az MSRN-t használva.”

(Adamis G.: Kapcsolás- és jelzéstechnika, 13.5.2)

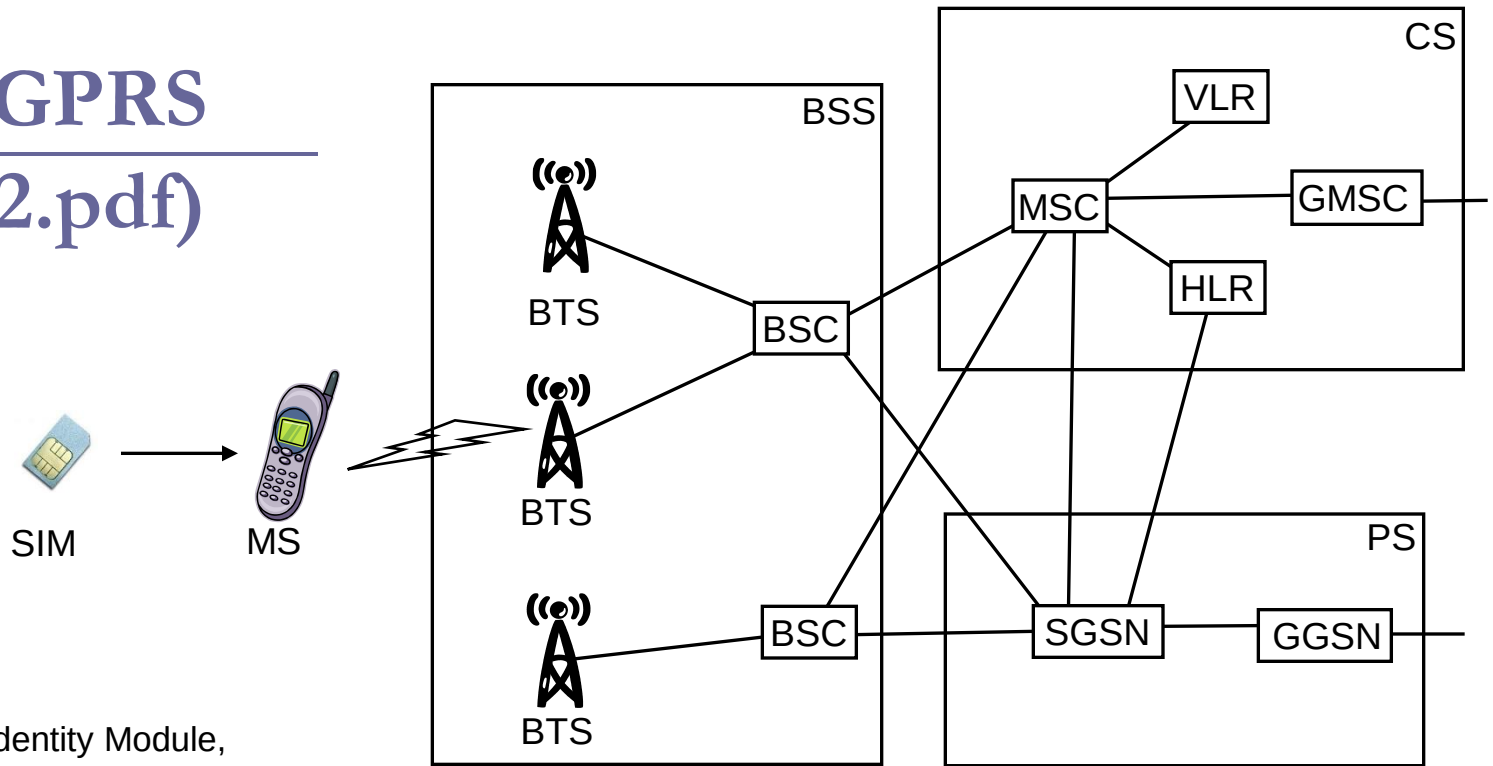




- A GSM jelzésrendszere a jól bevált ISDN jelzésrendszerre épül
 - azaz az SS7/DSS1-re
- A mobilitás, barangolás, rádiós interfész miatt azonban sok új problémát kell megoldani, pl.:
 - Előfizető azonosítása, jelzésátvitel tikosítása
 - a rádiós közeg osztott volta miatt
 - Kérdés-válasz tranzakciók lebonyolítása
 - pl. a mobil kapcsolóközpont (MSC) és a honos helyregiszter (HLR) között folytatott adatbázis-lekérdezés jellegű kommunikáció
 - Jelzéskapcsolat felépítése különböző jelzeshálózatok között
 - barangolás esetén szükséges
- A részletekhez idézzük fel először a GSM-ről tanultakat!

GSM/GPRS

(ths12.pdf)



SIM: Subscriber Identity Module,
előfizetői azonosító modul

MS: Mobile Station, mobil állomás

BTS: Base Transceiver Station, bázisállomás

BSC: Base Station Controller, bázisállomás-vezérlő

BSS: Base Station Subsystem, bázisállomás-alrendszer

MSC: Mobile Switching Center, mobil kapcsolóközpont

HLR: Home Location Register, honos helyregiszter

VLR: Visitor Location Register, látogatói helyregiszter

GMSC: Gateway MSC: MSC és egyben átjáró más hálózatok felé (pl. ISDN)

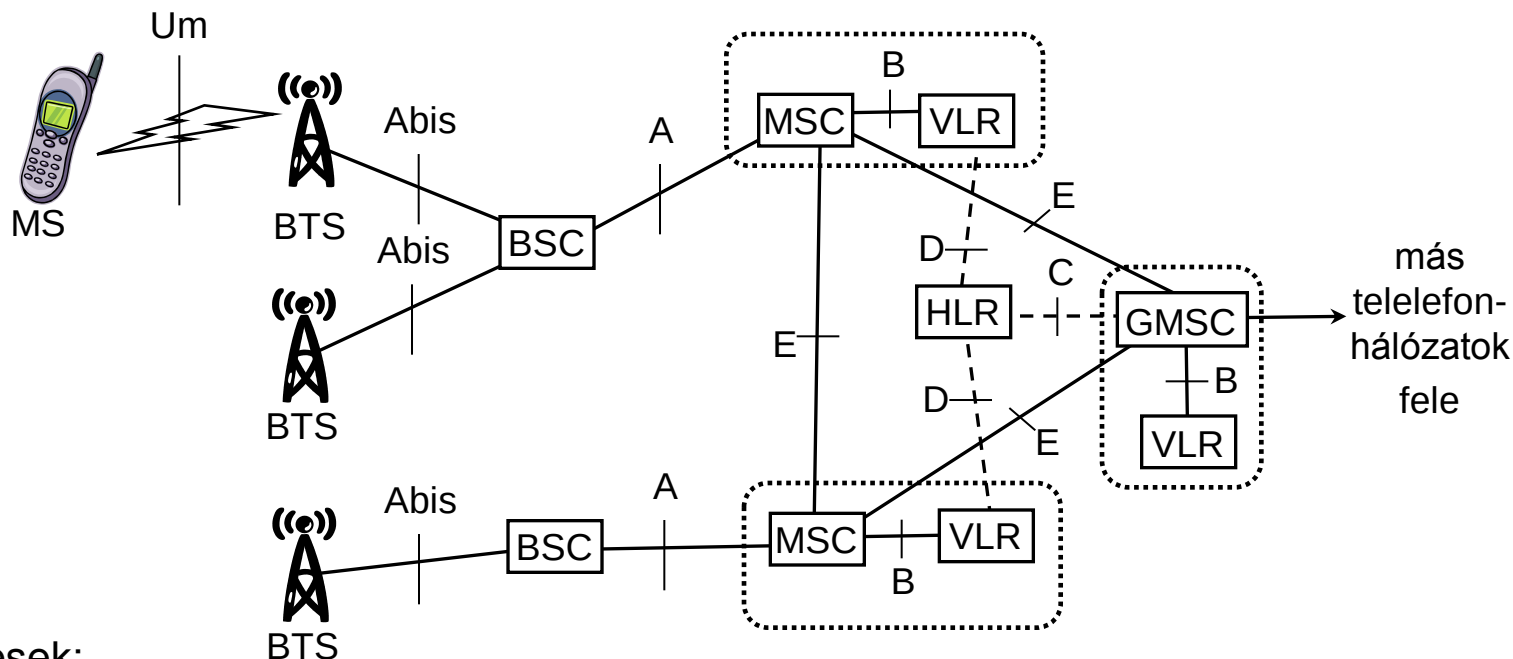
CS: Circuit Switched, áramkörkapcsolt alrendszer

SGSN: Serving GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez

GGSN: Gateway GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez és egyben átjáró más hálózatok felé (pl. Internet)

PS: Packet Switched, csomagkapcsolt alrendszer

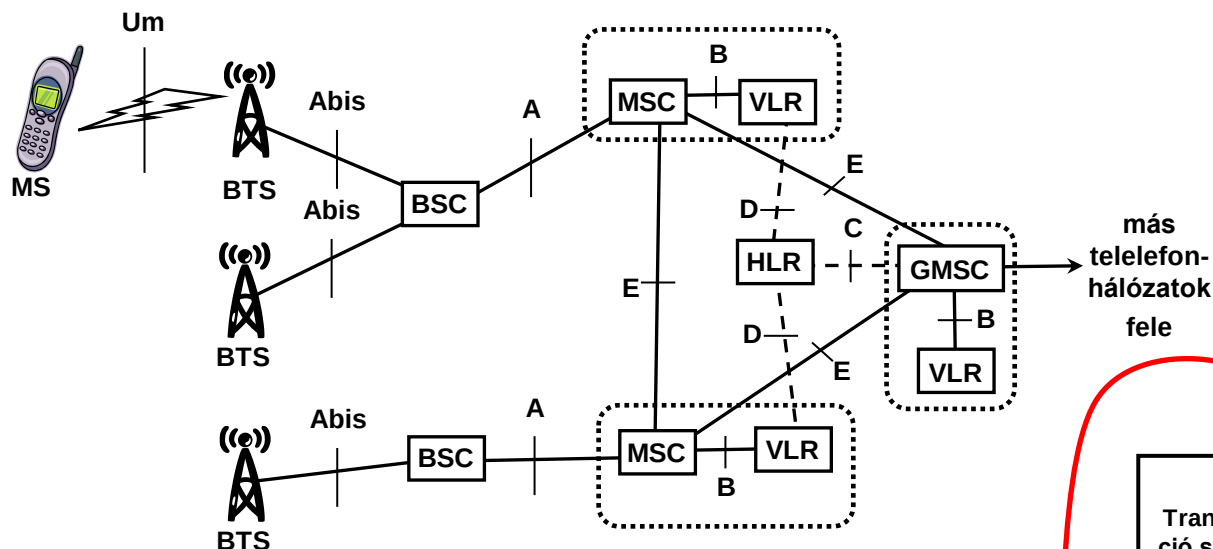
GSM interfészek (csak az áramkörkapcsolt rész)



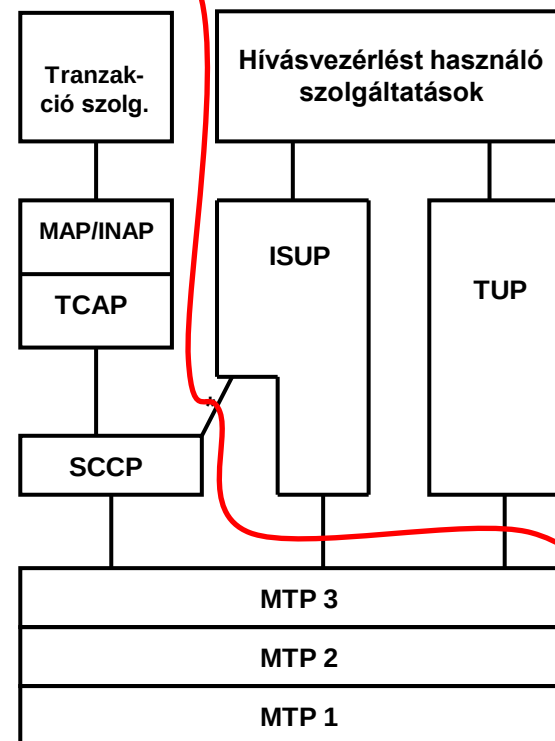
Megjegyzések:

- Teli vonal: adat+jelzésút
- Szaggatott vonal: csak jelzésút
- „B” interfész:
 - korábban virtuális: az MSC és a VLR a gyakorlatban egy egység volt
 - újabb szabványverziókban: nincs B interf., az MSC és VLR deklaráltak egy egység
- Van még:
 - F interfész: MSC és EIR között (lásd később)
 - G interfész: VLR-ek között (az ábrát nem komplikáltam vele)
 - H interfész: MSC és az SMS Gateway között (az ábrát nem komplikáltam vele)

GSM interfészek (csak az áramkörkapcsolt rész)

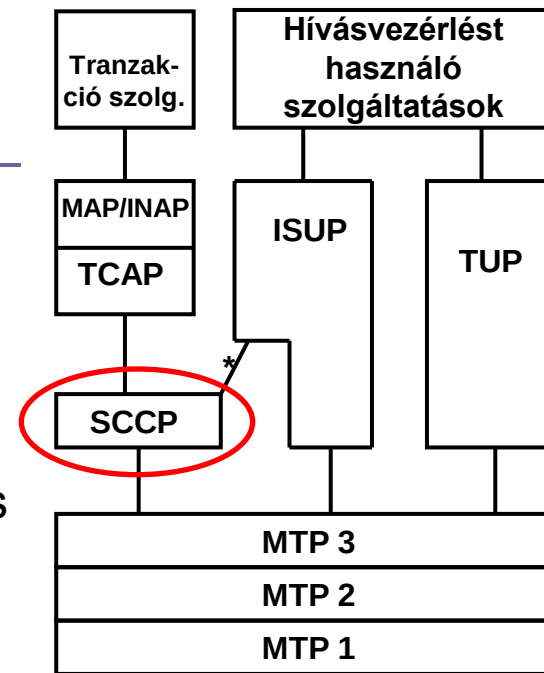


- a C, D, E, F, G és H interfészek az SCCP/TCAP/MAP protokollokat használják
- e protokollokat nézzük most részletesebben



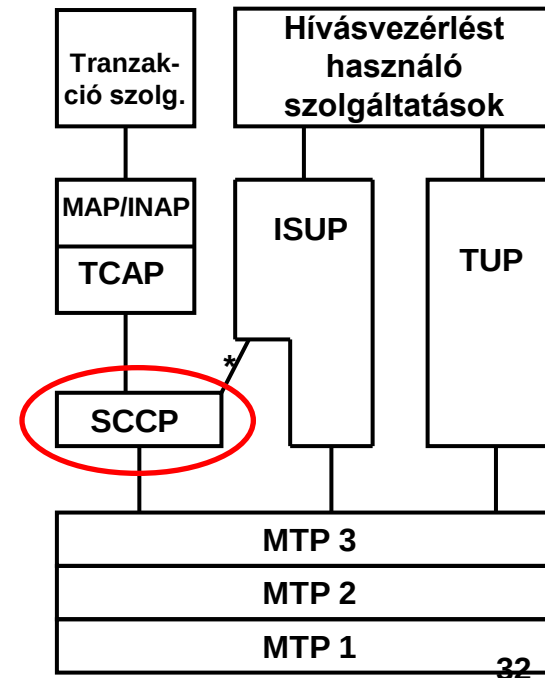
SCCP

- ❑ SCCP: Signalling Connection Control Part, jelzéskapcsolat-vezérlő egység
- ❑ Alapprobléma: az MTP-3 14 bites címmezeje nem tesz lehetővé globális címezést
 - ez nem is gond, mert pl. egy nemzetközi vezetékes hívás több jelzéskapcsolat segítségével épül fel,
 - ahol is egy jelzéskapcsolat lehet:
 - ❑ nemzetközi
 - ❑ országon belüli, szolgáltatók közötti
 - ❑ szolgáltatón belüli
 - Azonban GSM barangolás esetén pl. a HLR-nek a távoli VLR-rel közvetlenül kell kommunikálnia (jelzésüzeneteket cserélnie)
- ❑ Megoldás: címtér globálissá kiterjesztése
 - Elvileg többféle címezés lehetséges, de leggyakoribb az E.164 formátumú ISDN hívószám („telefonszám”)
 - Ekkor pl. a HLR-hez, VLR-hez is rendelnek egy ilyen „telefonszámot”
- ❑ Az SCCP végzi a fordítást a globális és a lokális (MTP-3) címezés között



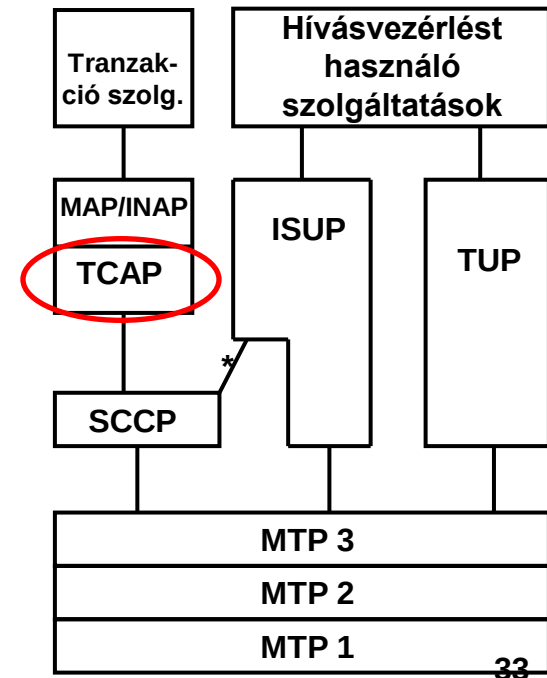
SCCP

- 3 féle szolgáltatás a magasabb réteg felé:
 - kapcsolat nélküli, minden üzenet független úton
 - kapcsolat nélküli, minden üzenet azonos úton: sorrendhelyes átvitel garantált
 - kapcsolatorientált, azaz jelzéskapcsolat felépítése, használata, bontása fázisok vannak



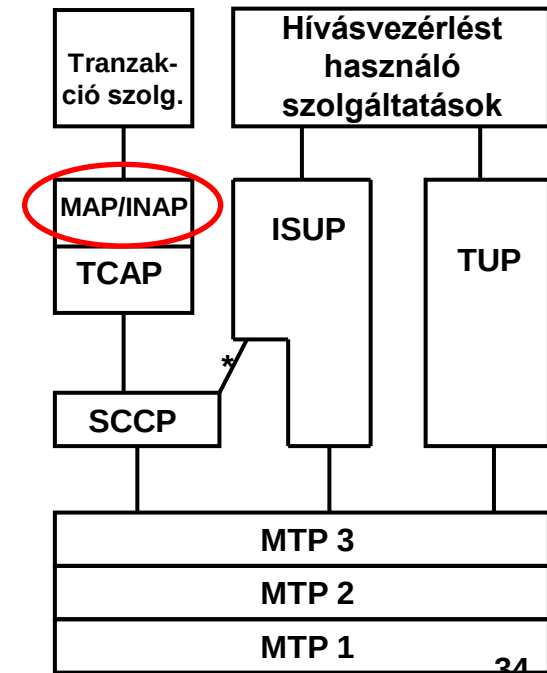
TCAP

- TCAP: Transaction Capabilities -- Application Part, tranzakciós képességek -- alkalmazási egység
- az SCCP csak a globális átvitelt biztosítja
- a TCAP adatbázis-lekérdezés jellegű tranzakciókhoz ad támogatást:
 - pl. kérdés-válasz összerendelése
 - egy tranzakció több műveletből állhat, ezek nyilvántartása



MAP/INAP

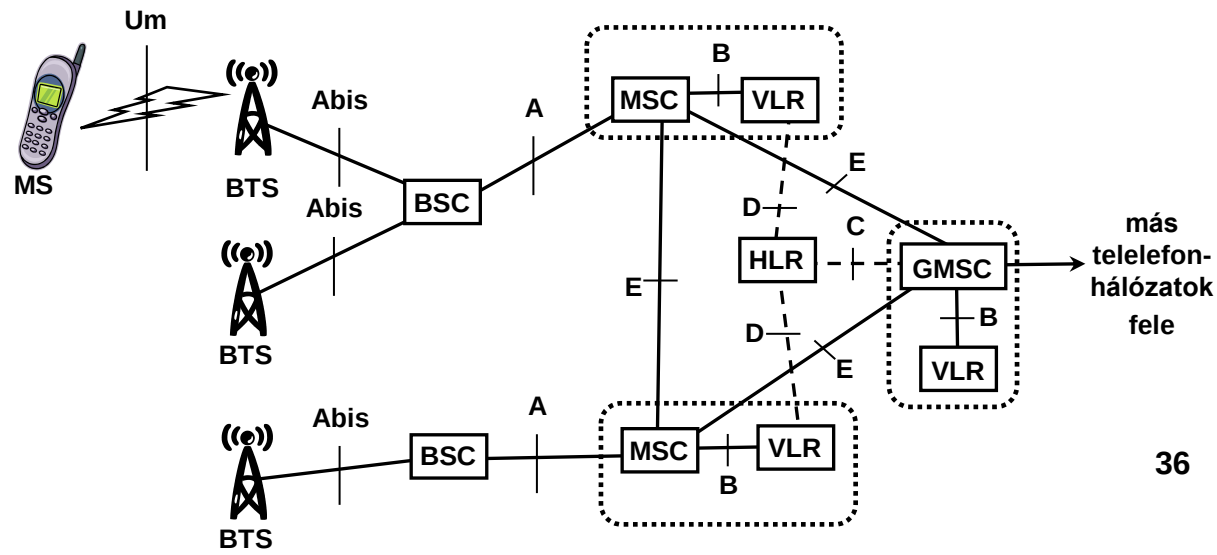
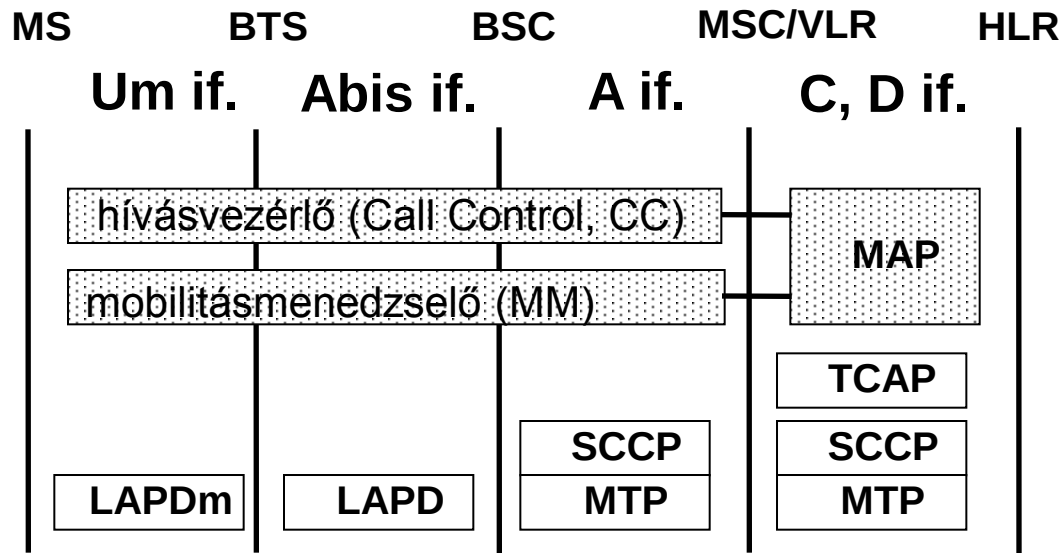
- MAP: Mobile Application Part, mobil alkalmazási egység
 - a GSM C, D, E, F, G interfészein zajló kommunikáció lebonyolítására
 - közvetlen kapcsolat az alkalmazásokkal
 - pl. MAP/E az E interfészen: MSC-közötti hívásátadáshoz
 - pl. MAP/H a H interfészen: SMS küldéshez
- INAP: Intelligent Network Application Part, intelligens hálózat alkalmazási egység
 - pl. zöld szám szolgáltatás
- A részletek előtt egy kis kiegészítés a GSM hálózatokról a következő diákon



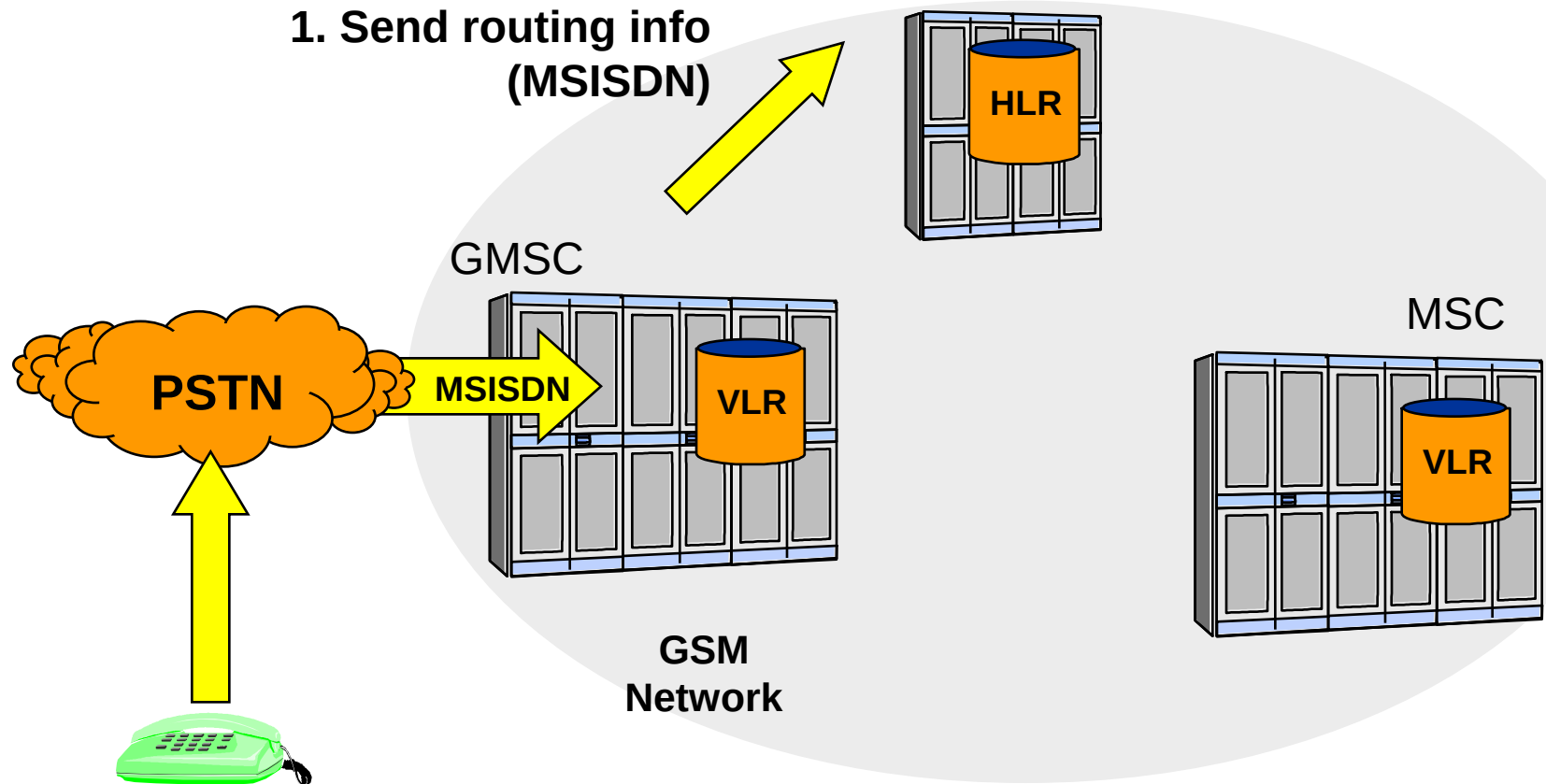
GSM protokollok

- Megbeszéltük: Protokollok az MSC, VLR, HLR, EIR között (C, D, E, F, G, H interfészeken): SCCP/TCAP/MAP
- Nézzük az MSC és a végberendezés közötti részt (A, Abis, Um (avagy rádiós) interfészeken) -- némileg leegyszerűsítve
 - Alsó szintek:
 - A interfész: MAP, SCCP
 - Abis interfész: LAPD (régi ismerős...)
 - Um if.: LAPDm: LAPD rádiós csatornára optimalizált változata
 - Ezek felett 2 protokoll:
 - mobilitásmenedzselő
 - hívásvezérlő

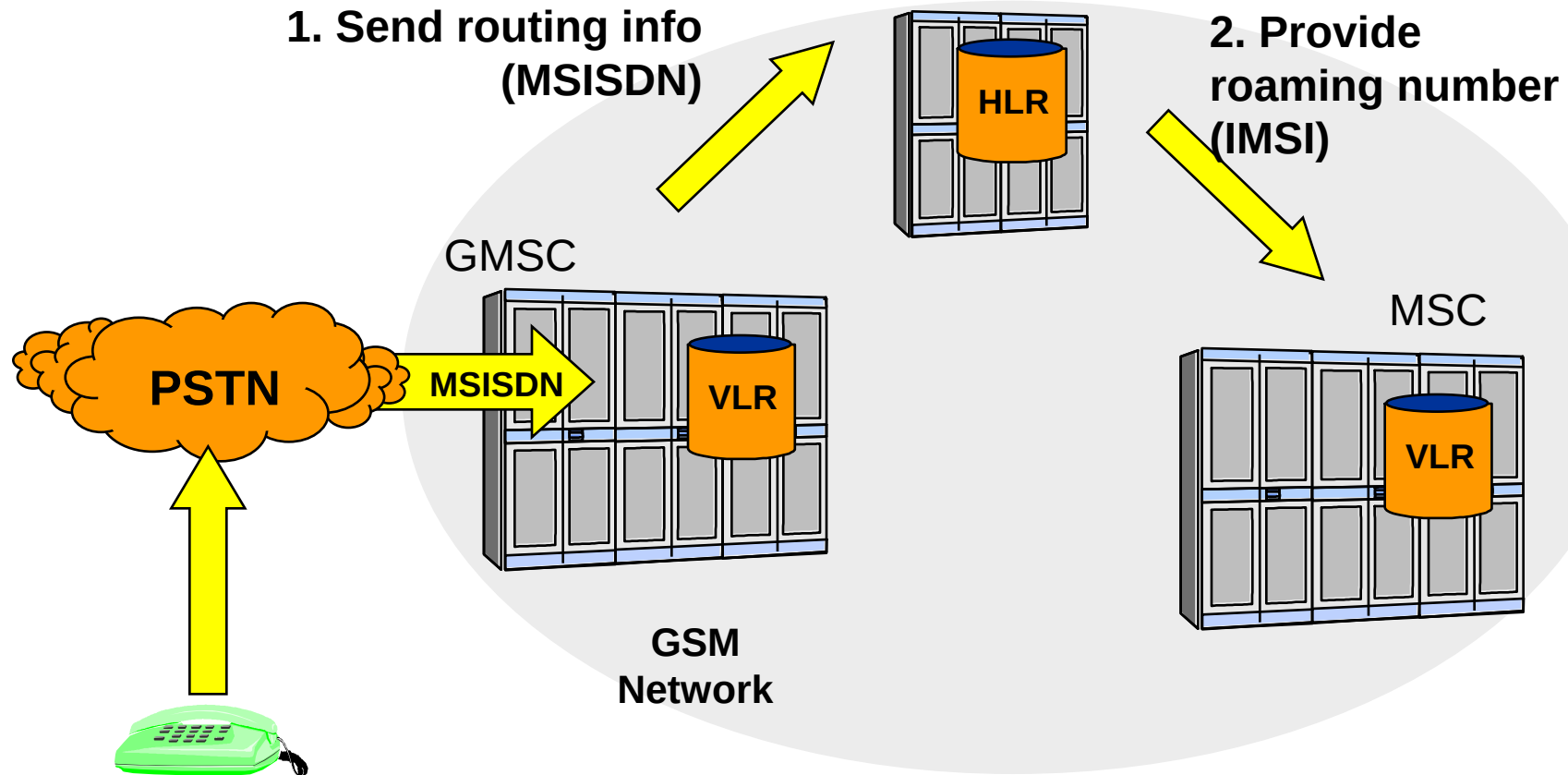
GSM protokollok



Hívásirányítás a GSM hálózaton belül

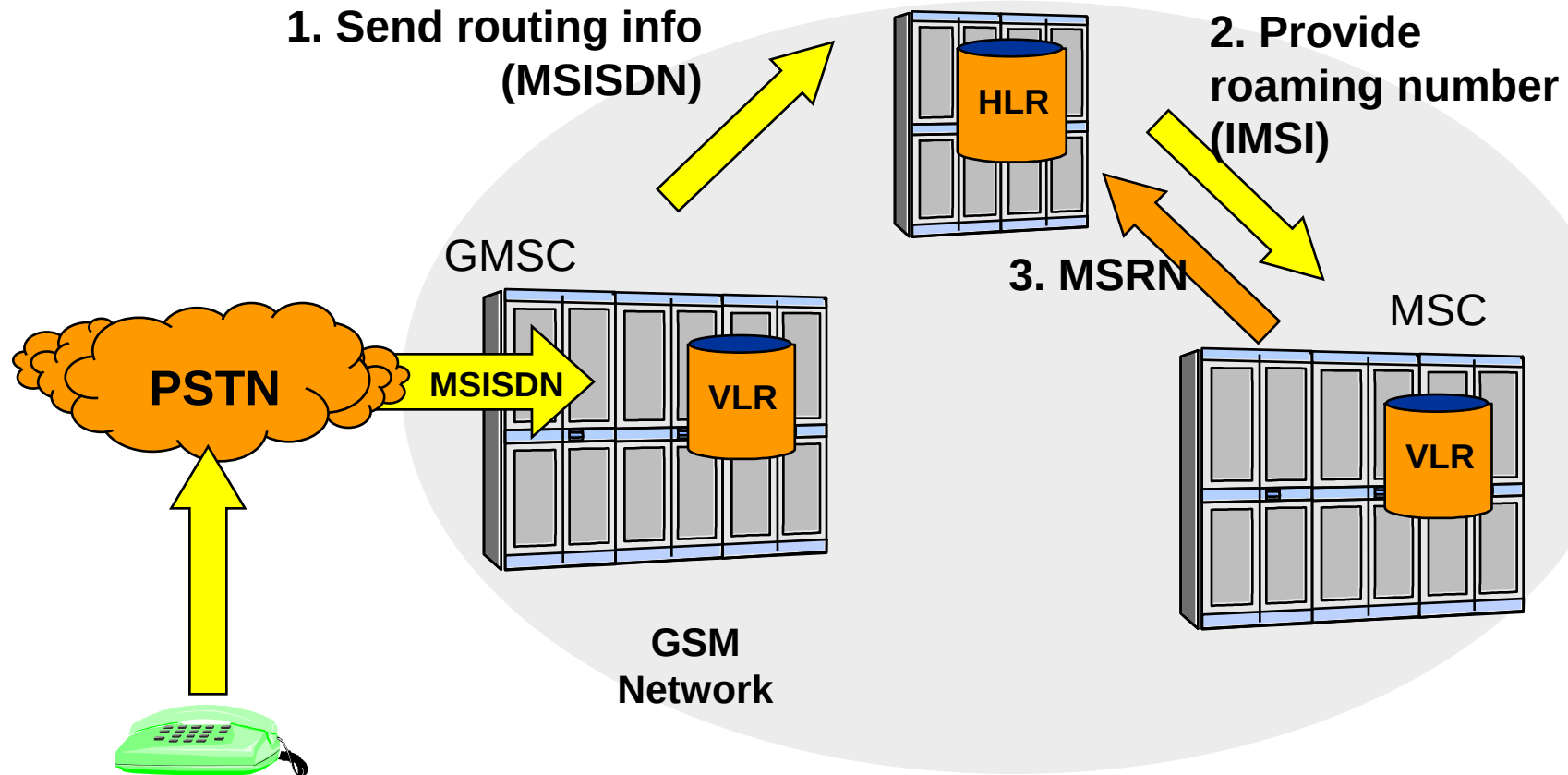


Hívásirányítás a GSM hálózaton belül

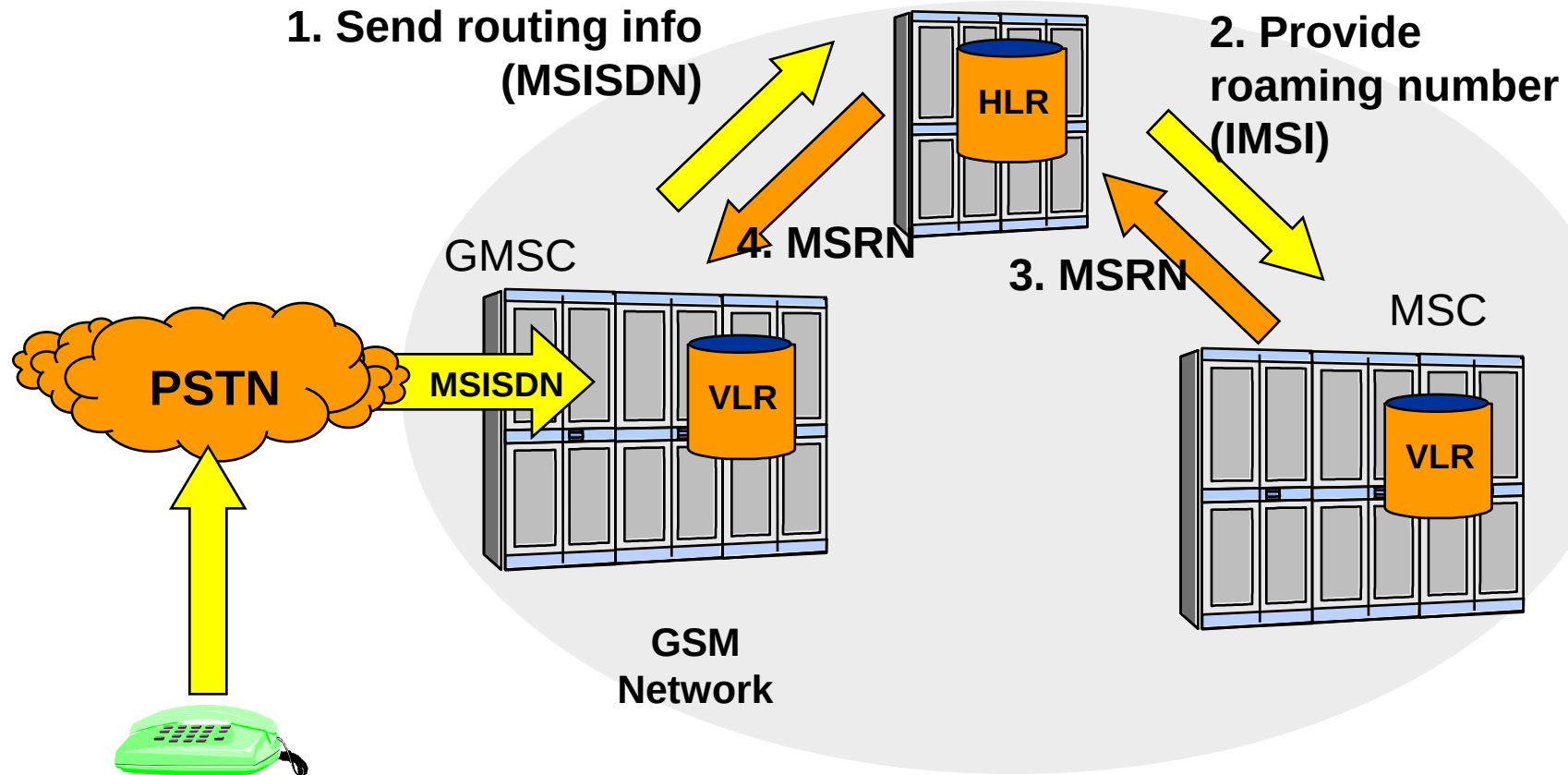


A HLR és a kiszolgáló MSC (VMSC – Visited MSC) lehet két különböző hálózatban – SCCP globális cím

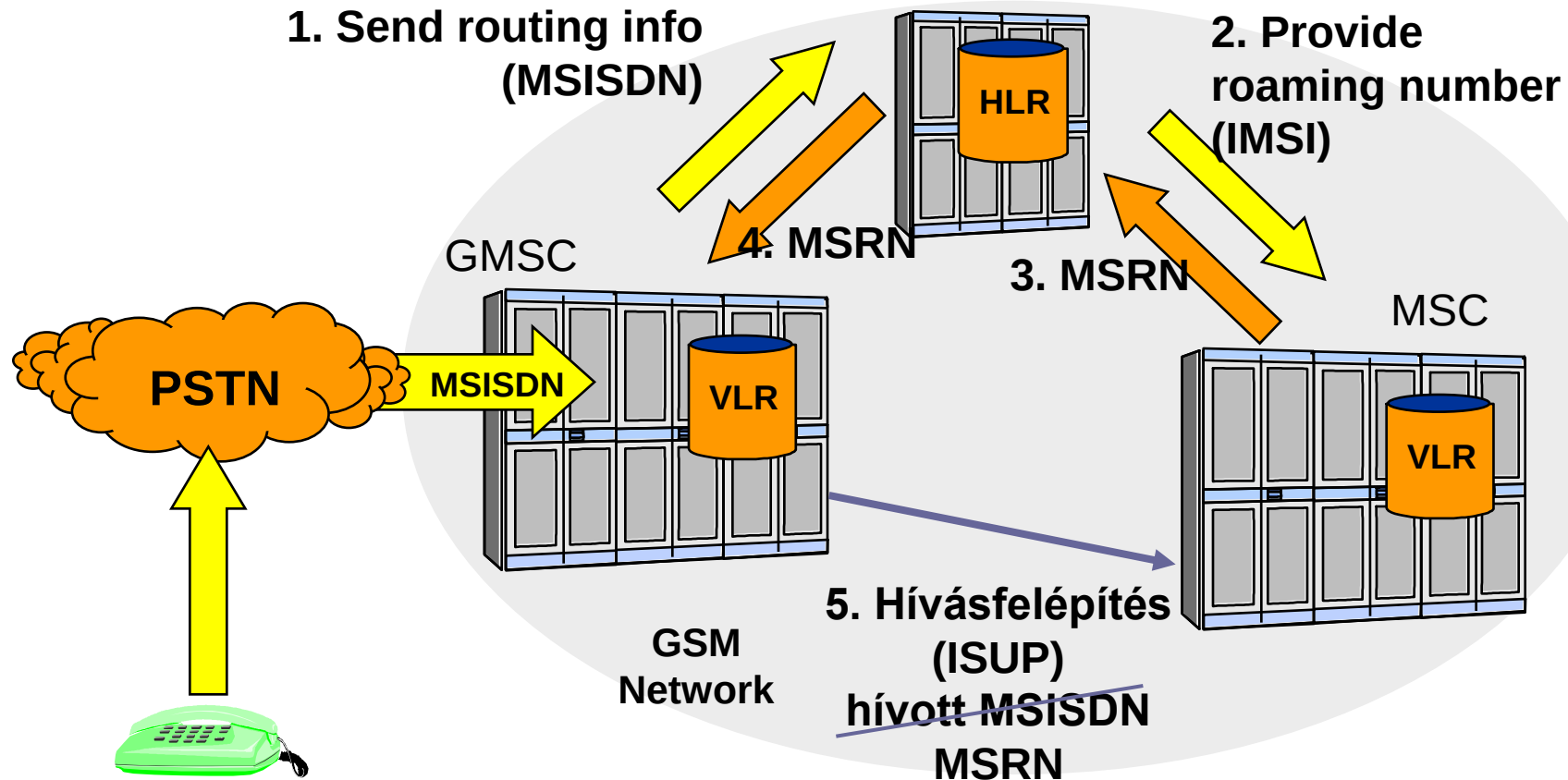
Hívásirányítás a GSM hálózaton belül



Hívásirányítás a GSM hálózaton belül

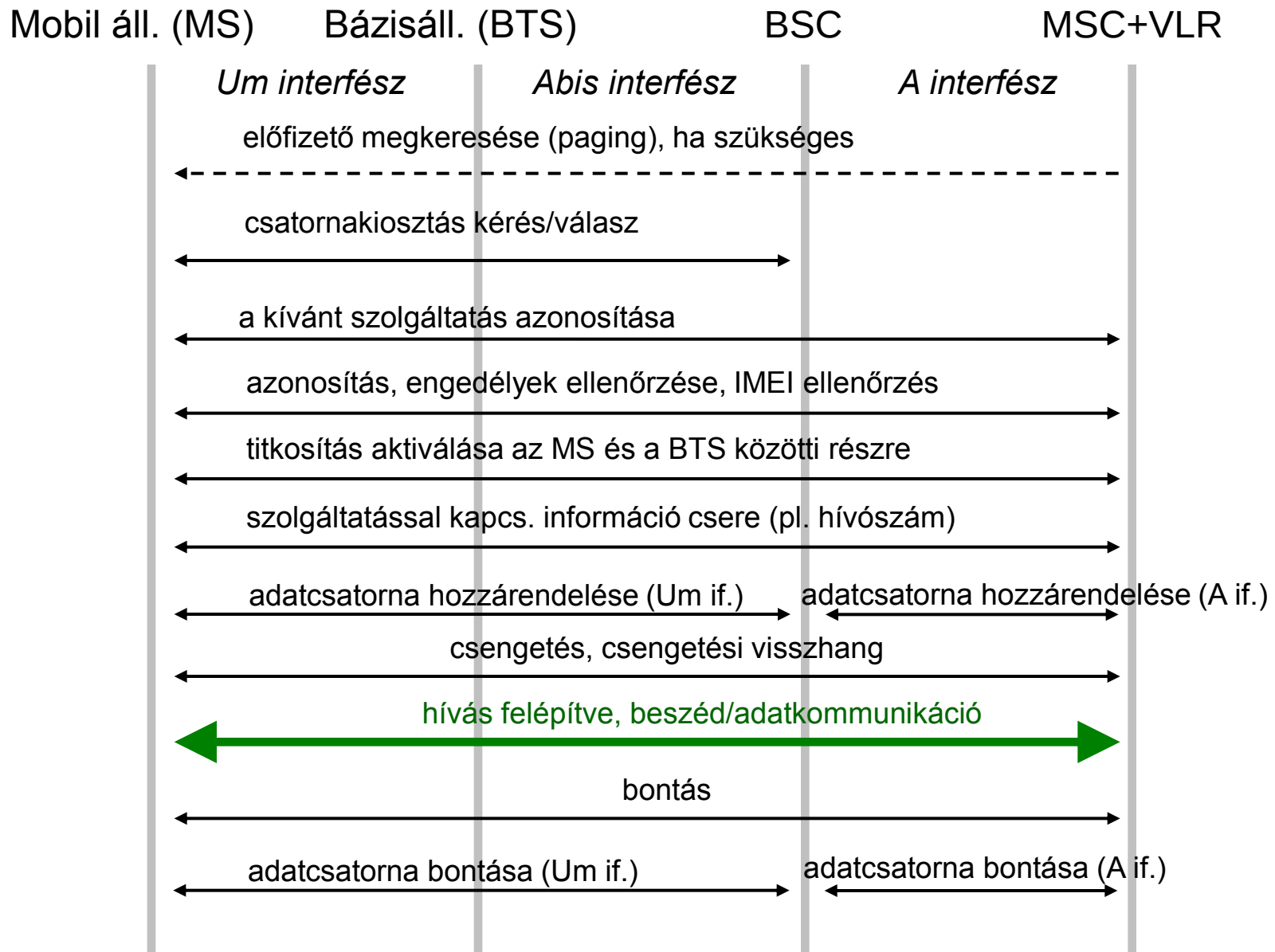


Hívásirányítás a GSM hálózaton belül

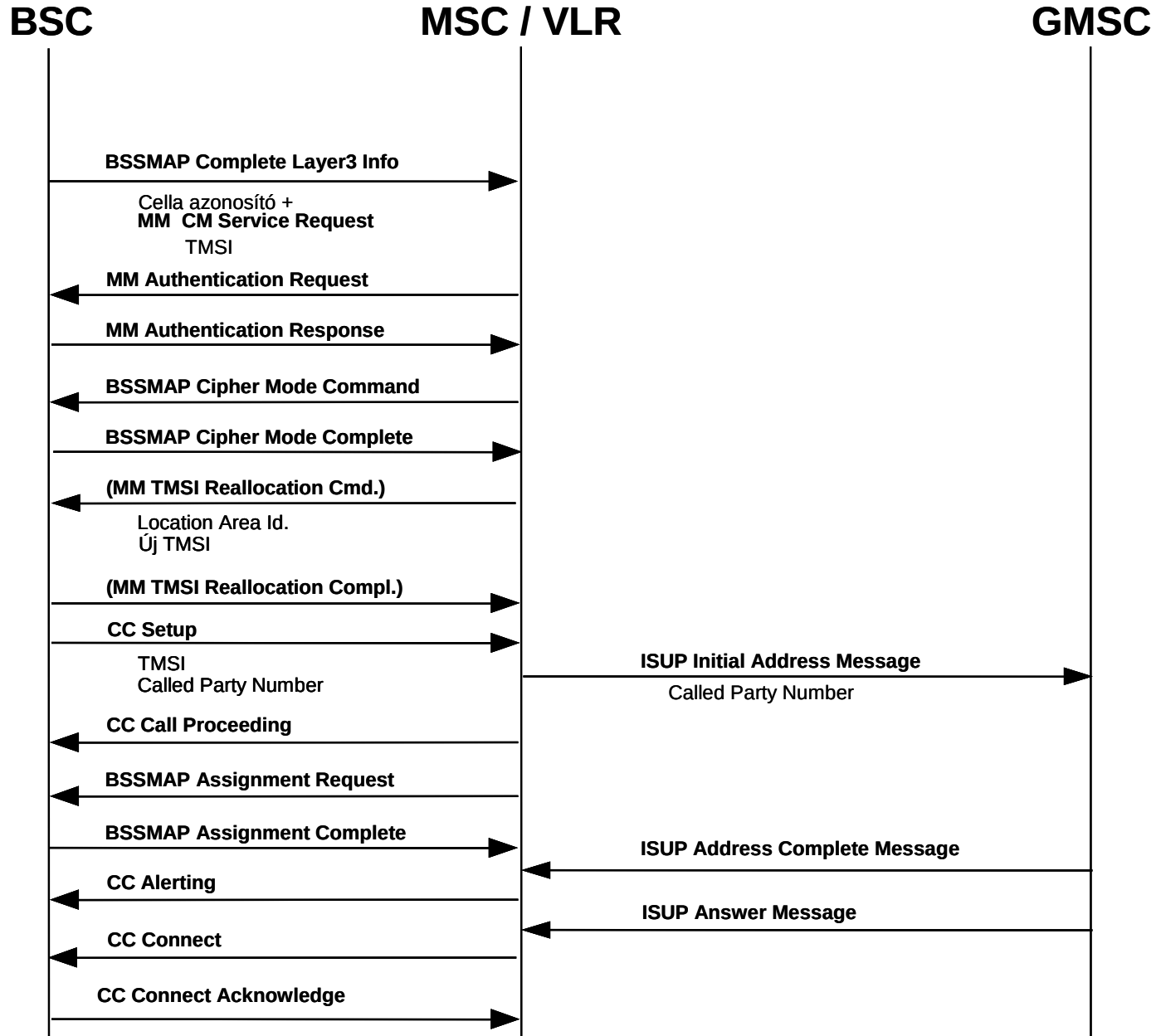


A GMSC és a kiszolgáló MSC (VMSC – Visited MSC) lehet két különböző hálózatban – tranzitközpontok használata

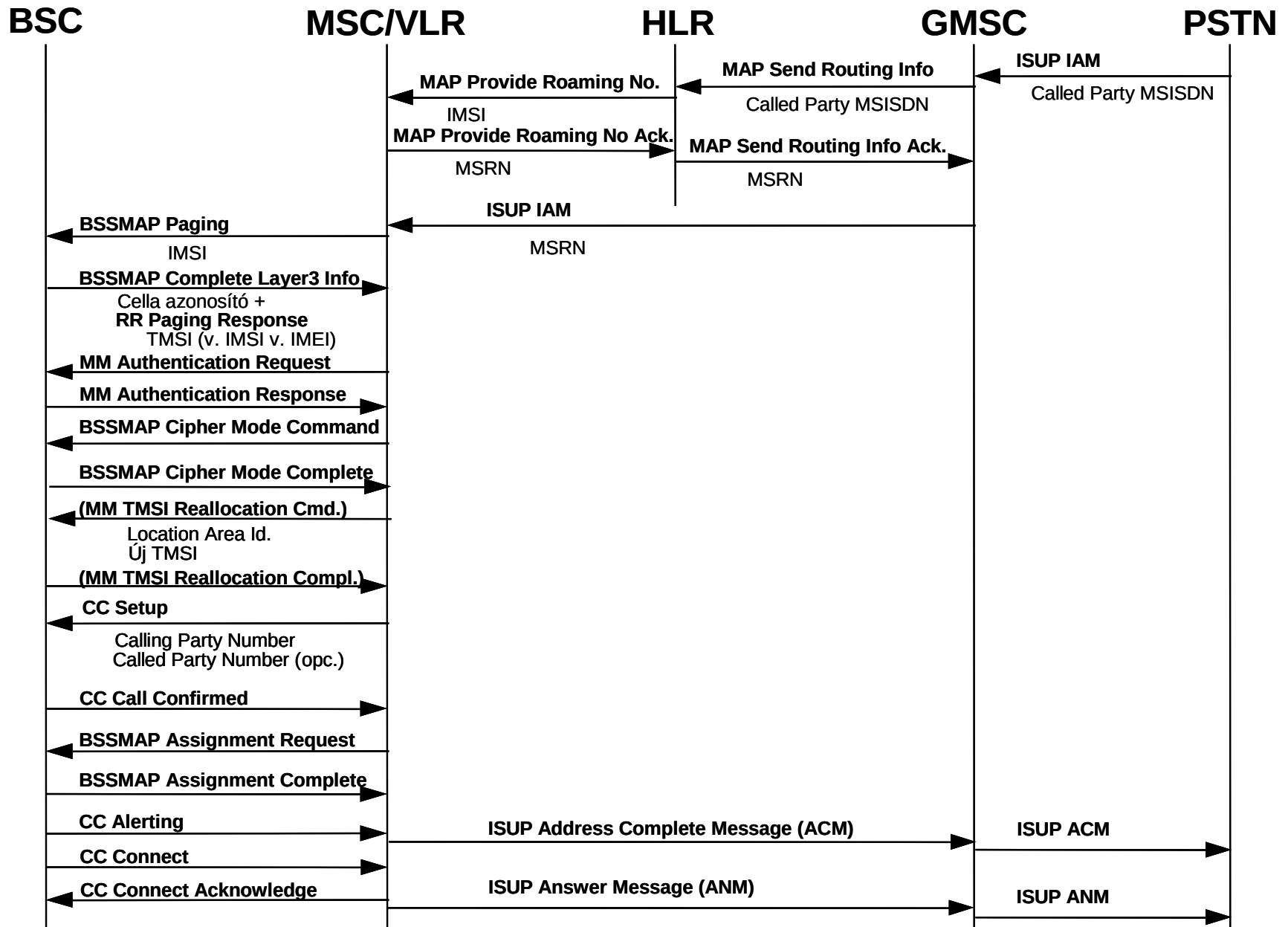
GSM hívásfelépítés (jelentősen leegyszerűsítve)



Híváskezdeményezés részletesebben



Hívásfogadás részletesebben



Jelzésrendszerek vége



Távközlő hálózatok és szolgáltatások

8. Gerinchálózati (Transzport) Technikák (harmadik rész)

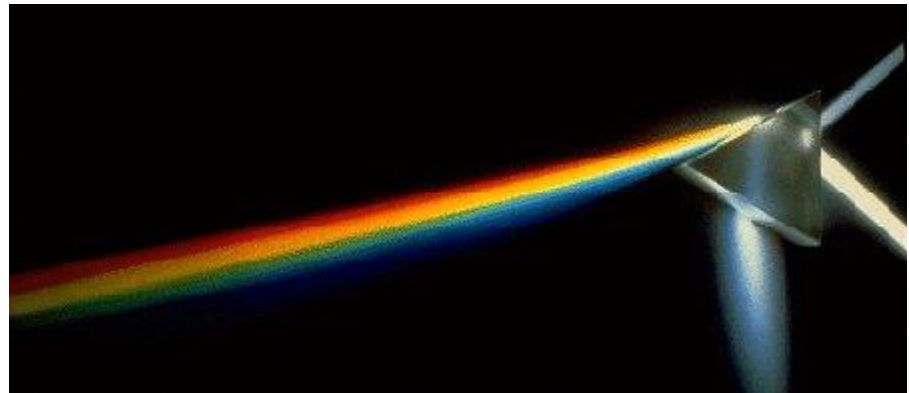
Cinkler Tibor

BME TMIT

2014. december 2.

Kedd 14:15-16:00

I.B.028



A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
 - 8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
 - 8.2 SDH (Szinkron Digitális Hierarchia)
 - 8.3 ngSDH (next generation SDH)
 - 8.4 OTN (Optical Transport Network)
 - **8.5 Kapcsolt optikai hálózatok (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS)**
- 9. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



GYAKORLAT

Sávszélességéhes alkalmazások

- ❑ Cluster / Cloud / Utility Computing
- ❑ Peer-to-Peer (BitTorrent, és tömérdek más...)
- ❑ GRIDs
- ❑ SAN, oSAN (adattár)
- ❑ Audio and Video Broadcast (műsorszéosztás/szórás)
- ❑ VoD (video) (youtube.com), HDTV, 3DTV, 4k, 8k
- ❑ VoIP (beszéd) (skype, stb.)
- ❑ Telemedicine (Távorvoslás)
- ❑ Distant Learning (Távoktatás)
- ❑ Video Conferencing (Videokonferencia)



The-Tiger.com

3 Generáció

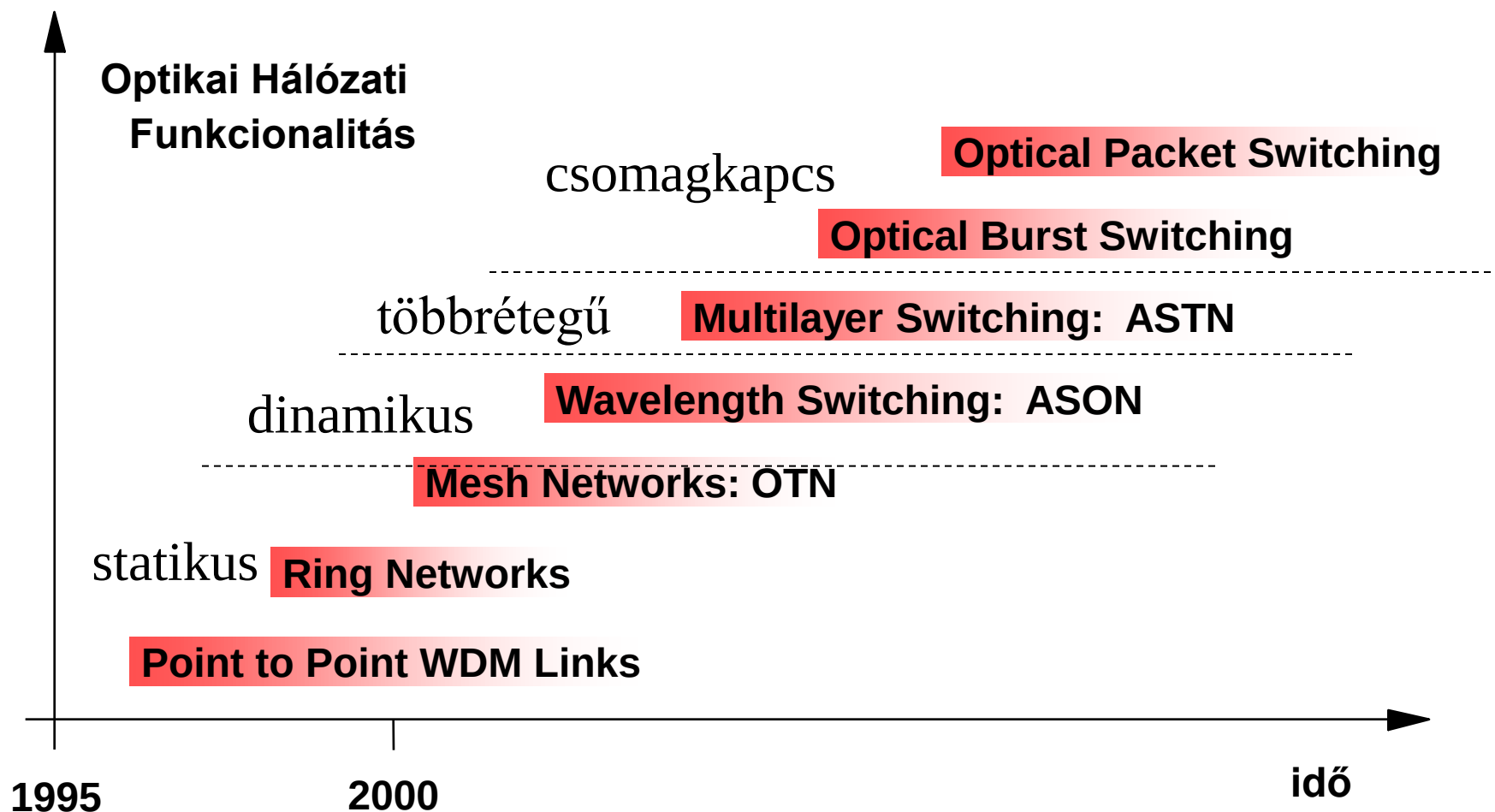
- 1. G: Csak az átviteli szakaszok optikaiak
 - PDH, SDH, ATM, MPLS, ngSDH
- 2. G: Teljes átviteli utak optikaiak
 - OTN, ASON (GMPLS, ASTN)
- 3. G: Már a vezérlés is optikai
 - OBS, OPS

Optikai nyalábolási technikák

- Térosztásos (OSDM)
 - Független fényszál
- Hullámhosszosztásos (WDM (CWDM és DWDM))
 - Különböző hullámhosszon működő adó és vevő párok
- Időosztásos (OTDM)
 - Nagyobb szinkron időrések, esetleg aszinkron csomagok
- Kódosztásos (OCDM)
 - Osztott közeg többszörös hozzáférése
 - Pl. Passzív optikai csillag
- Frekvenciaosztás (OOFDM)
 - Optical Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
 - is a multi-carrier modulation technology (több-vivős)
 - multiple spectrally overlapped lower-speed subcarriers (al-vivő)
 - novel elastic optical network architecture (rugalmas)
 - flexibility and scalability in spectrum allocation and data rate accommodation (spektrum és adatsebesség)

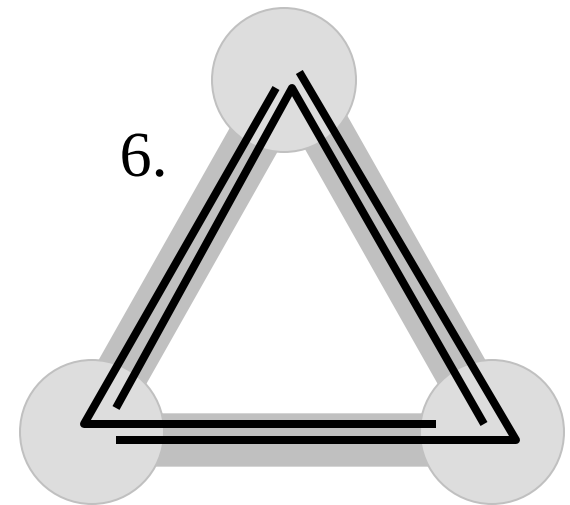
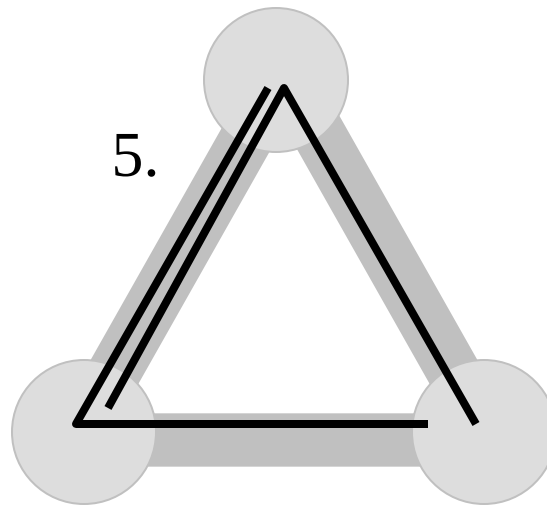
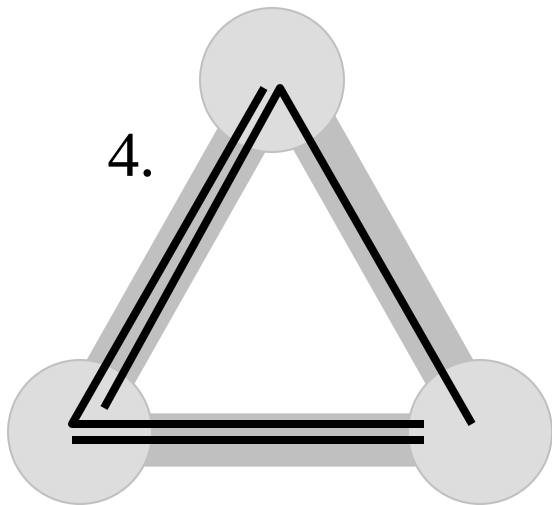
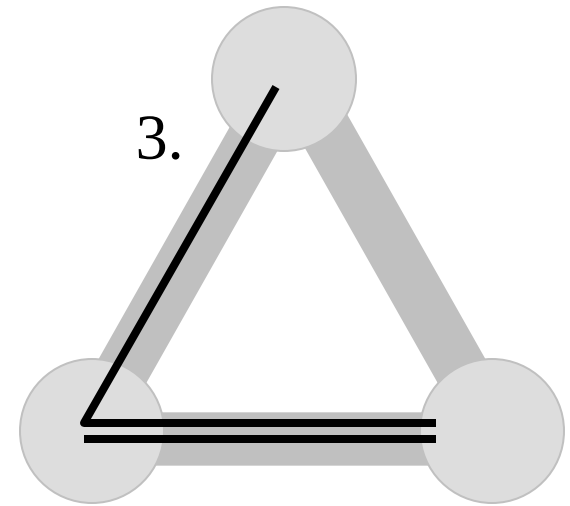
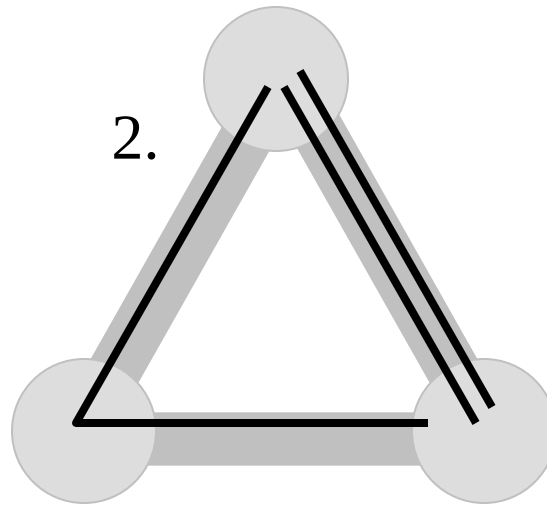
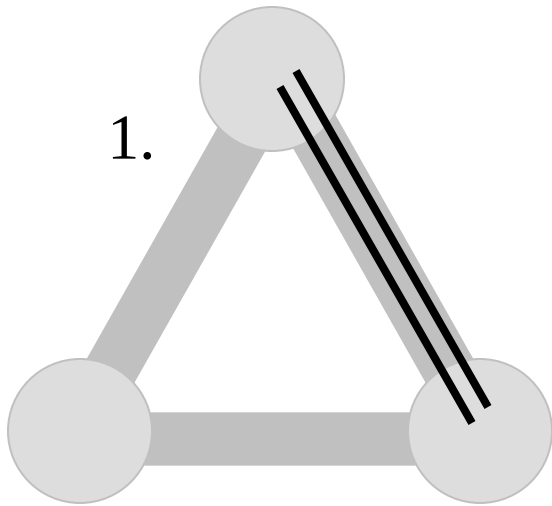
Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei

Statikus szolgáltatott (Provisioned) vagy dinamikusan kapcsolt (Switched)?



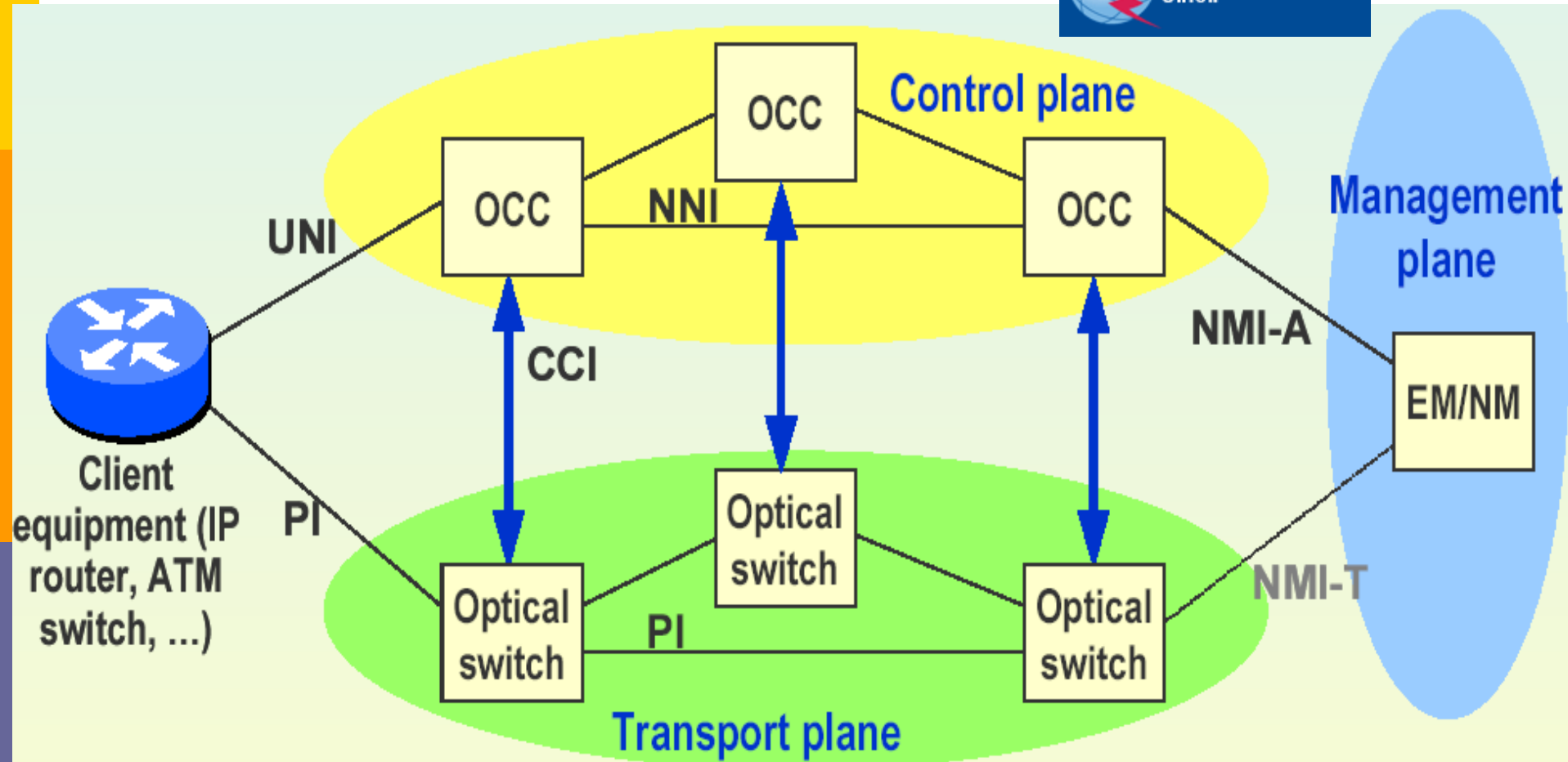
Miért legyen dinamikus?

Ellenpélda: Amikor nem jó, hogy dinamikus...



ITU-T ASON: Automatically Switched Optical Network

Önműködően kapcsolt optikai hálózat



CCI: Connection Control Interface

NMI-A: Network Management Interface for the ASON Control Plane

NMI-T: Network Management Interface for the Transport Network

NNI: Network to Network Interface

OCC: Optical Connection Controller

PI: Physical Interface

UNI: User to Network Interface

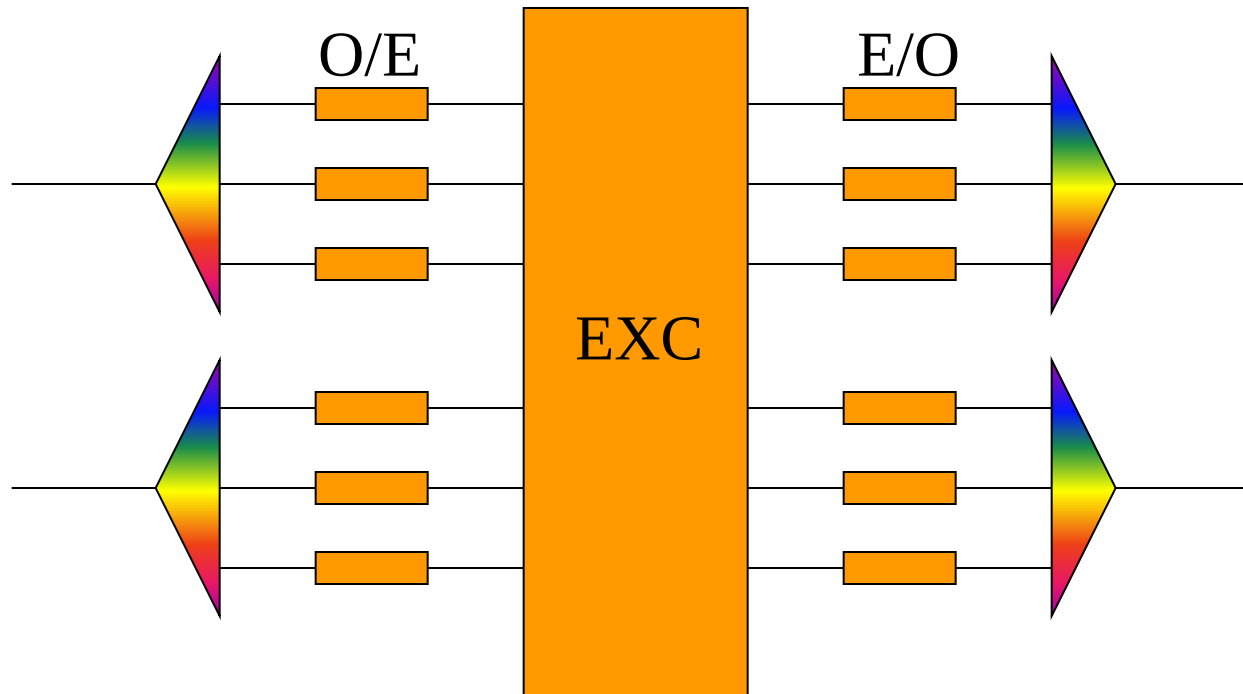
Kapcsolás vagy rendezés?

Switching vs. Cross-Connecting

- **Menedzsment sík: Management Plane (MP)**
 - Jellemzően központi
 - Lassú, de optimális
- **Vezérlő sík: Control Plane (CP)**
 - A felhasználó jelzéssel kezdeményezi az összeköttetést
 - Jellemzően elosztott (distributed source routing)
 - Gyorsabb, bonyolultabb, gyengébb útvonalak
- **Összeköttetés Típusok:**
 - **Állandó**: Permanent
 - **„Lágy-állandó”**: Soft – Permanent
 - **Kapcsolt**: Switched

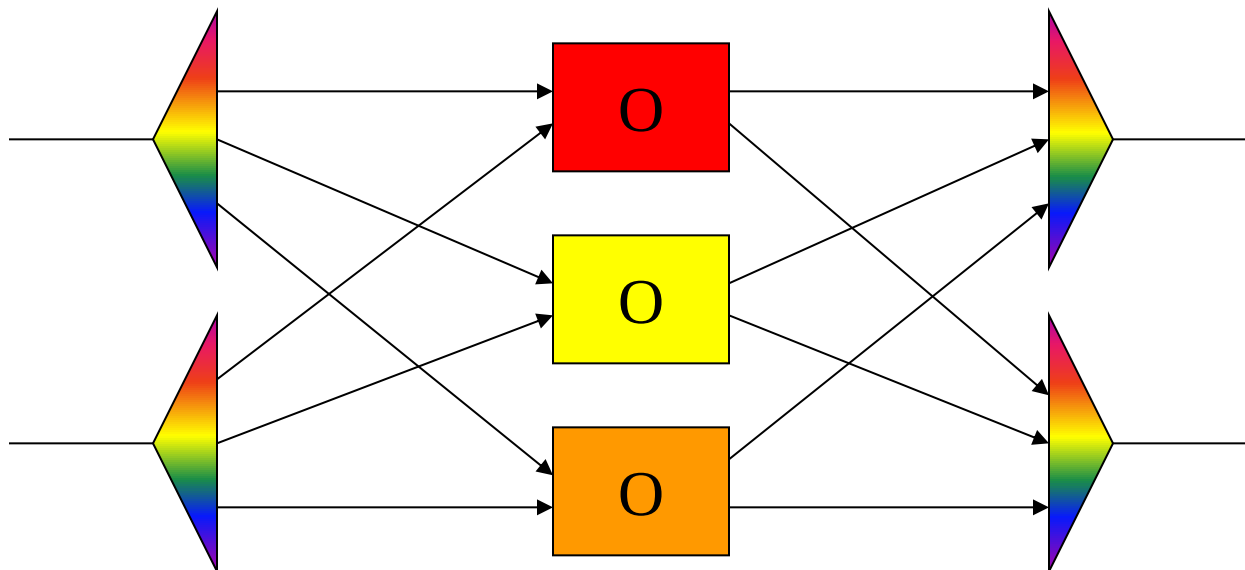
Elektro-optikai rendező:

Electro - Optical Cross Connect (EOXC)



- ❑ Olcsó, elektronikus térkapcsoló mag
- ❑ Nem transzparens!
- ❑ Teljes hullámhosszkonverziós képesség
- ❑ A transponderek a drágák

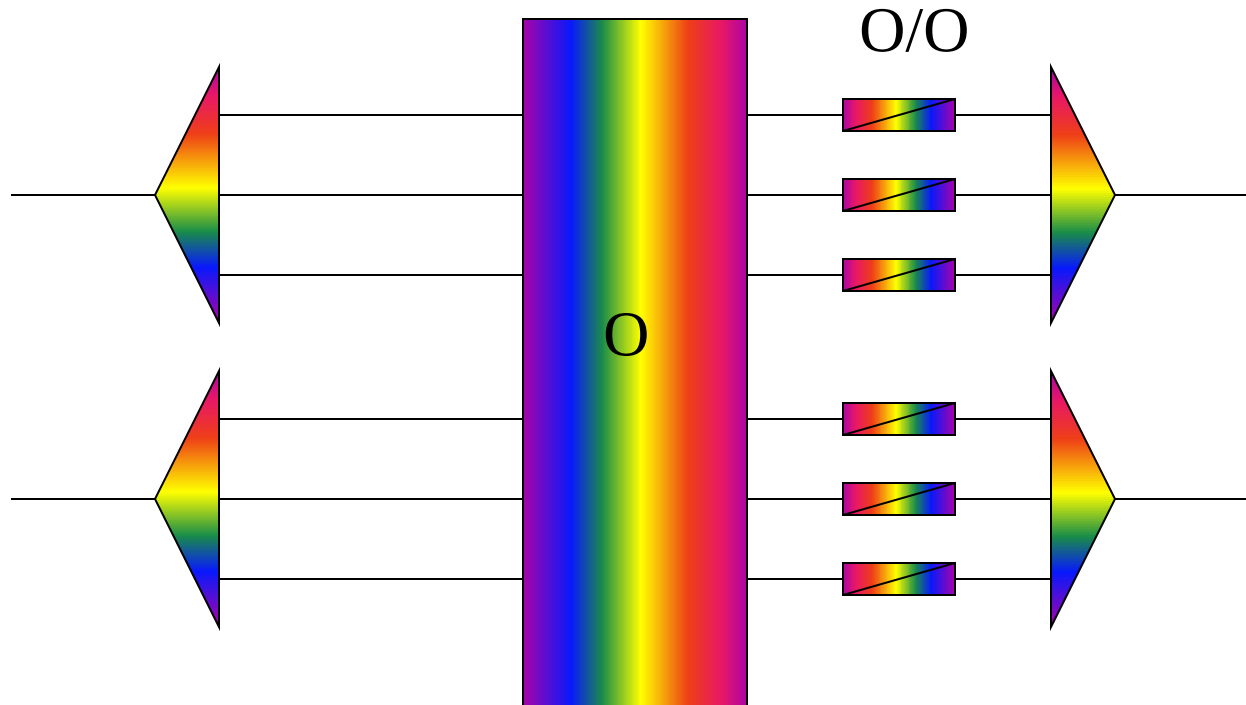
Optikai rendező: Optical Cross Connect (OXC)



- ❑ Tisztán optikai (optikai mag: $3 \times 2 \times 2 = 12$)
- ❑ Átlátszó
- ❑ Nincs λ -konverziós képesség
- ❑ Bonyolult útvonalválasztás

Optikai rendező (OXC)

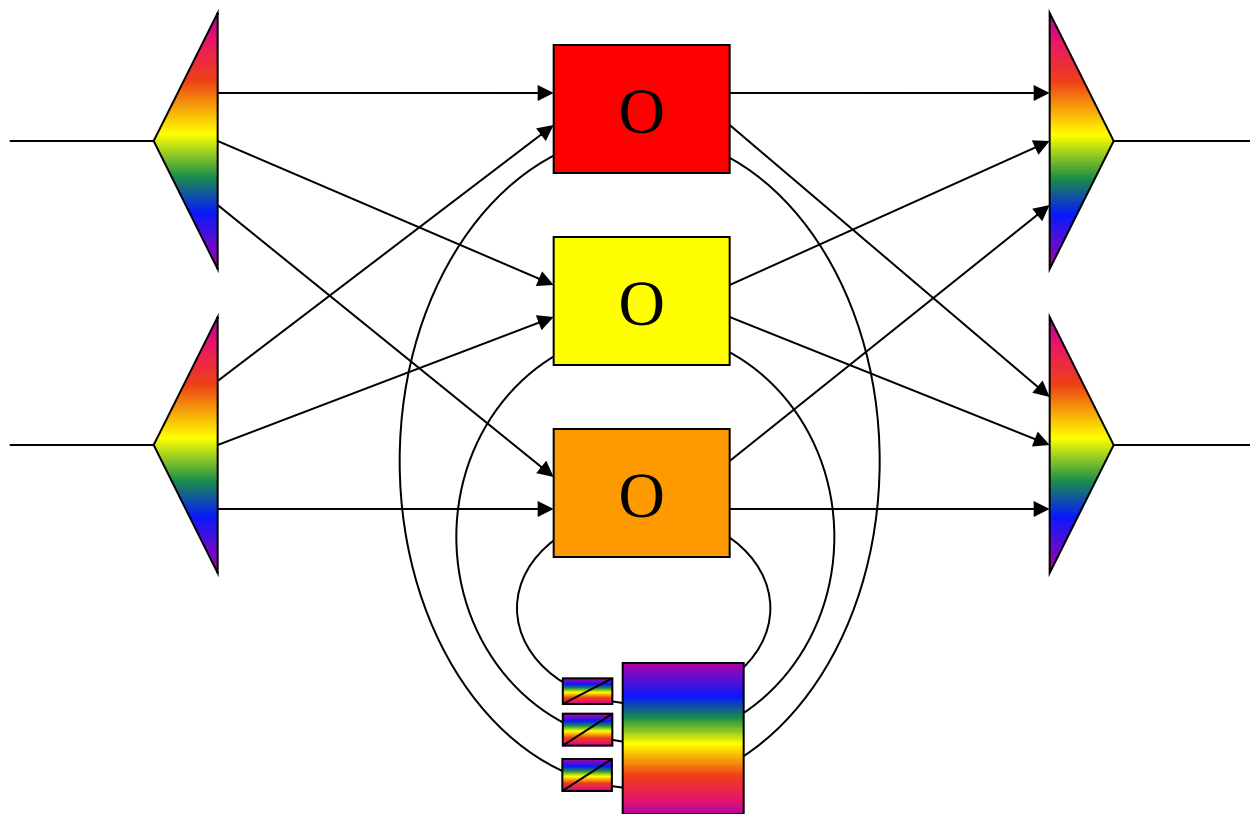
Teljes λ -konverziós képességgel

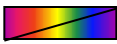


- Tisztán optikai (optikai mag: $6 \times 6 = 36 > 3 \times 2 \times 2 = 12$)
- Teljes λ -átalakítási képesség
- Költséges optikai λ -átalakítók
- “Opaque” (áttetsző, de nem átlátszó!)

Optikai rendező (OXC)

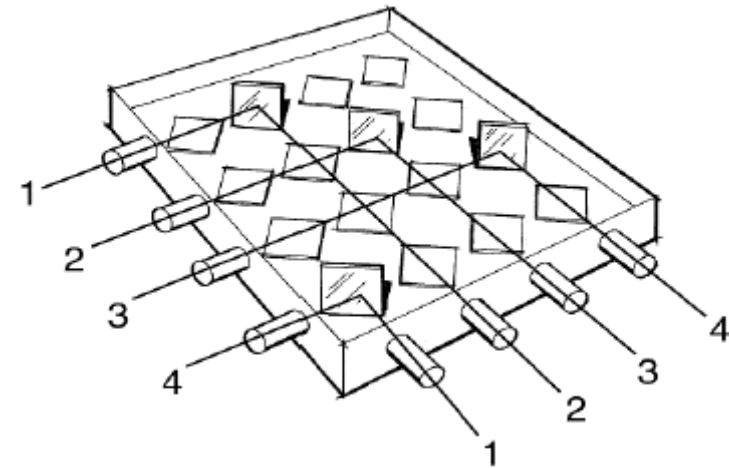
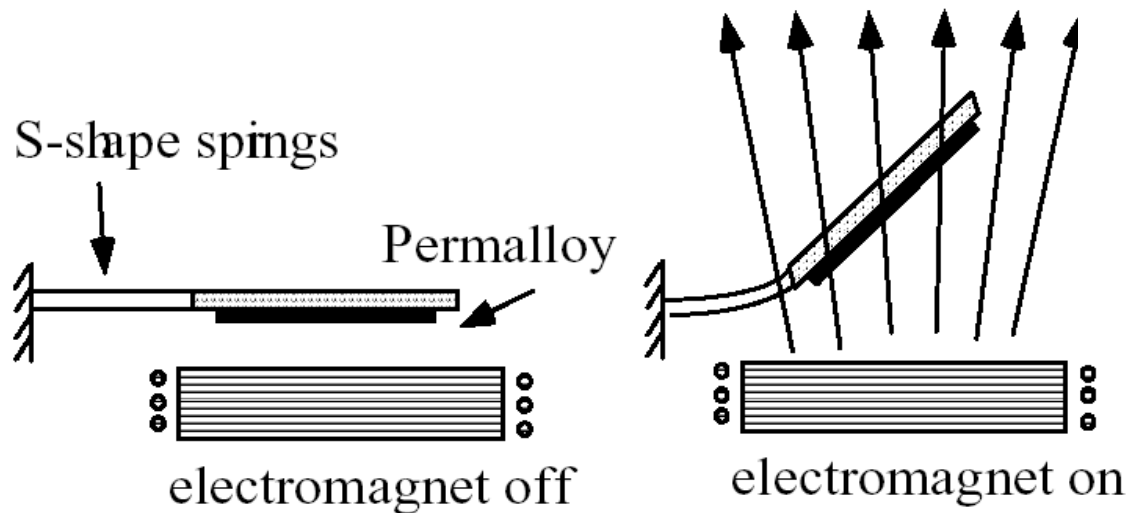
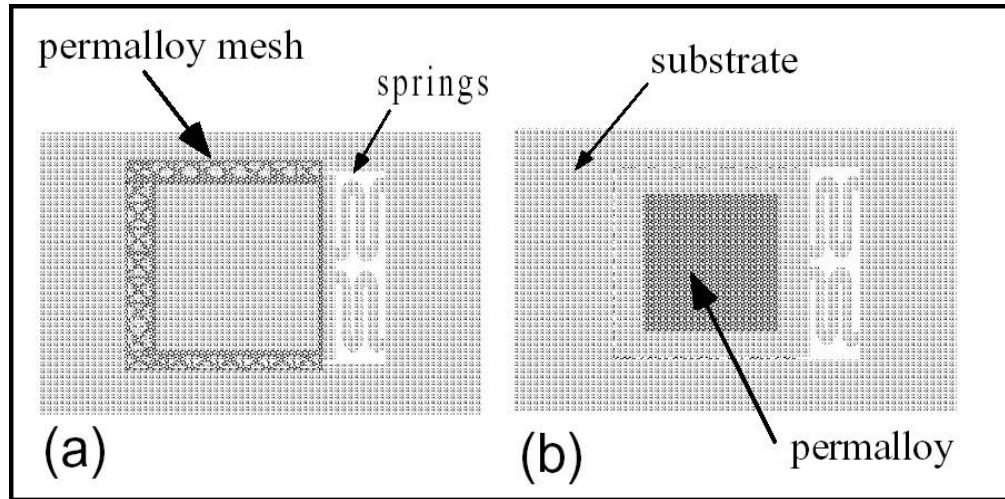
Korlátozott λ -átalakító képességgel



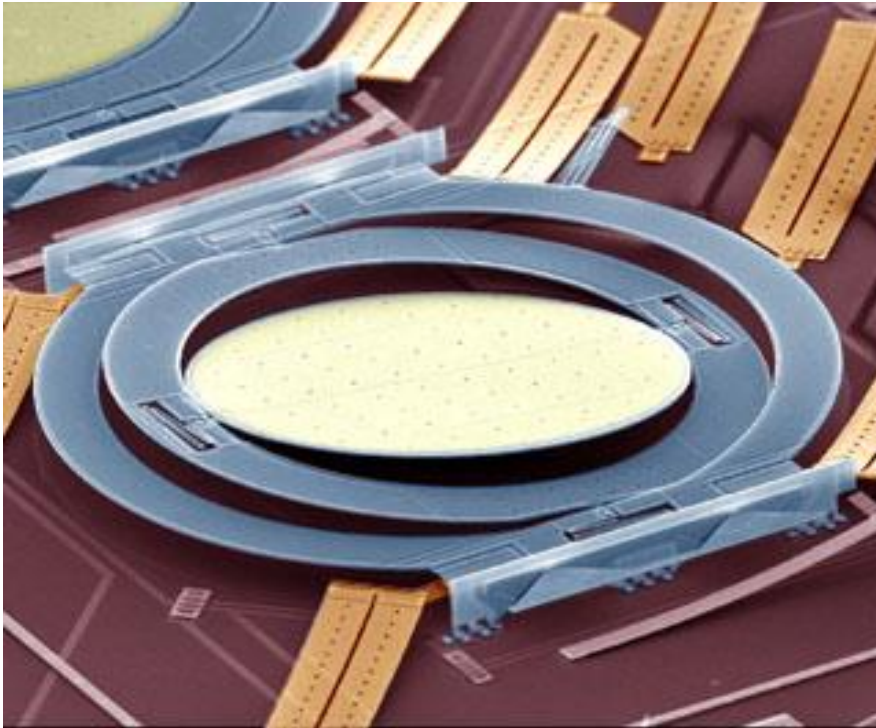
- Korlátozott számú λ átalakító (Limited Conversion Capacity)
- Lehet sávban is korlátozott  vagy elektronikus
- $4 \times 3 \times 3 = 36$, de csak 3 λ átalakító 6 helyett

2D MEMS: Micro Electro-Mechanical Systems

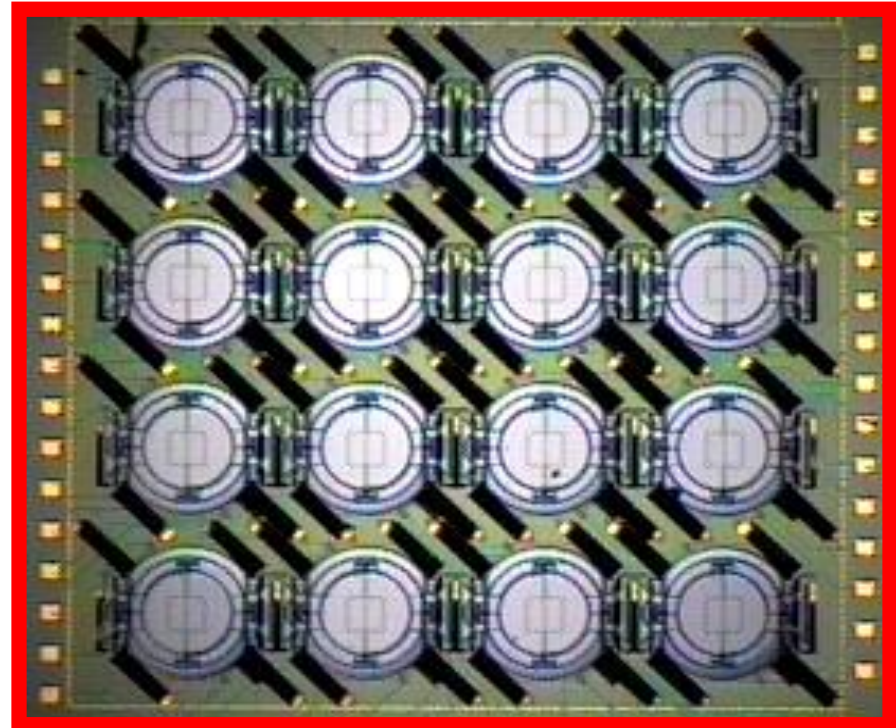
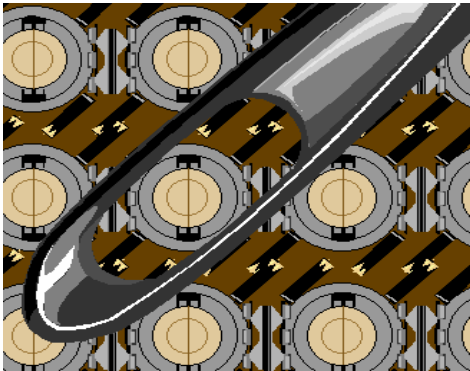
Mikro elektro-mechanikai rendszerek



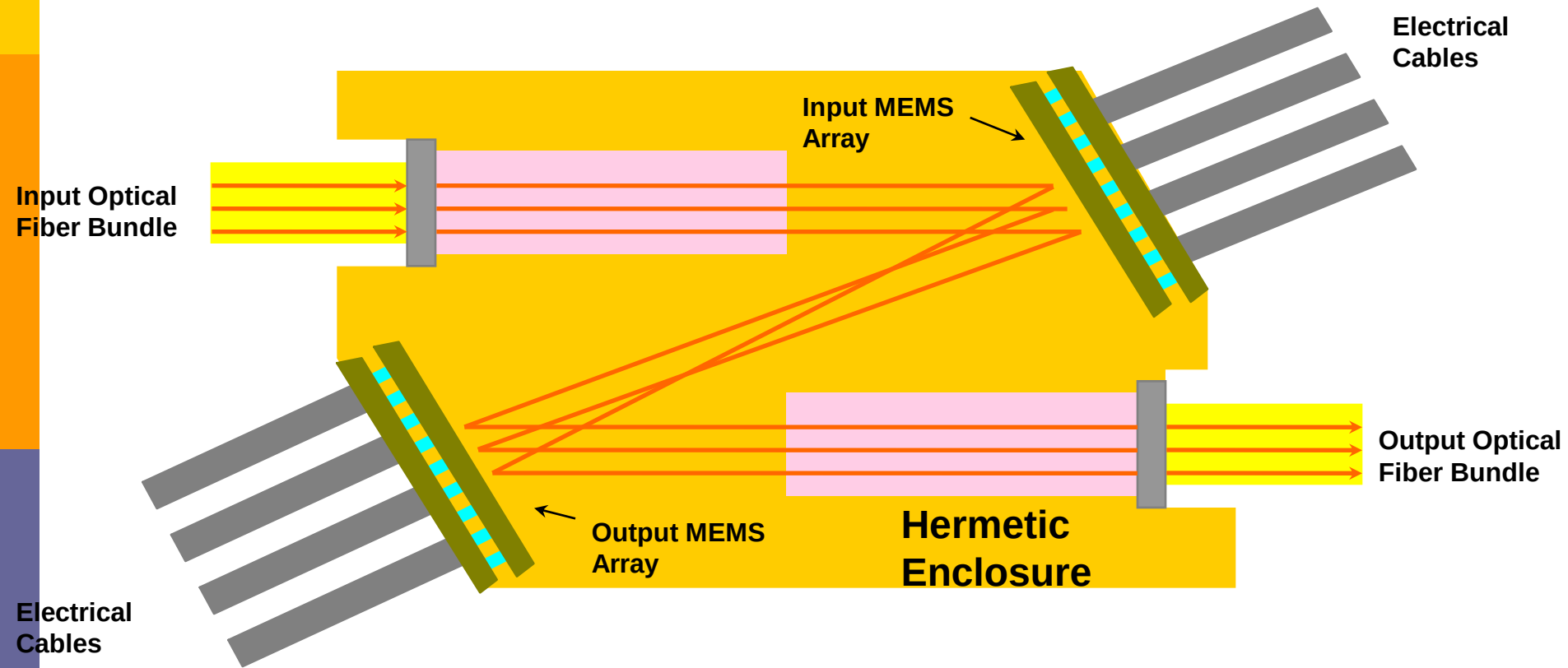
3D MEMS – a tükröcskék



Forrás: Lucent

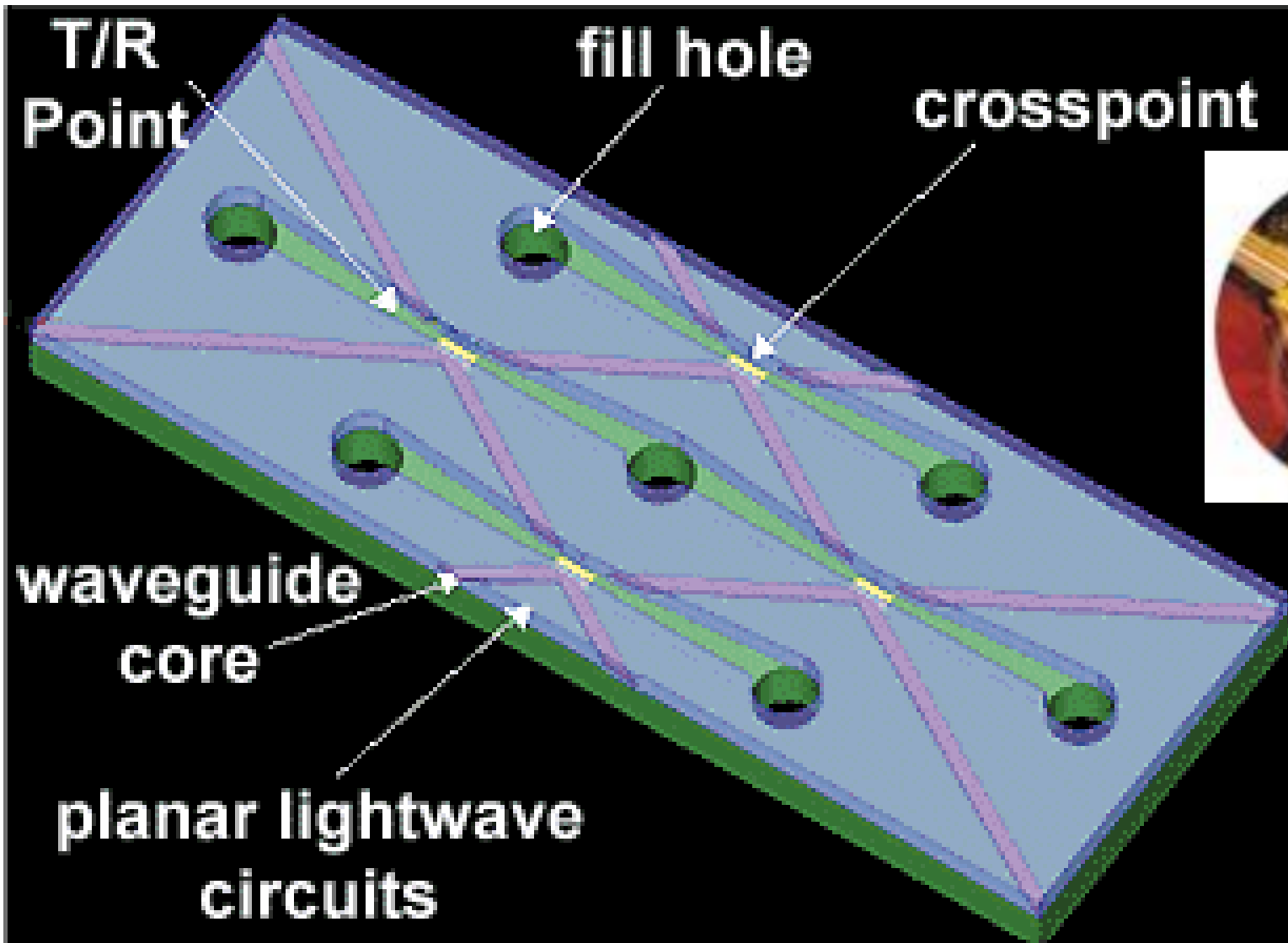


3D MEMS – Működési elv



Forrás: Lucent

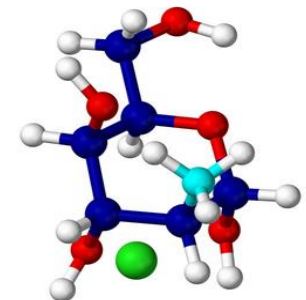
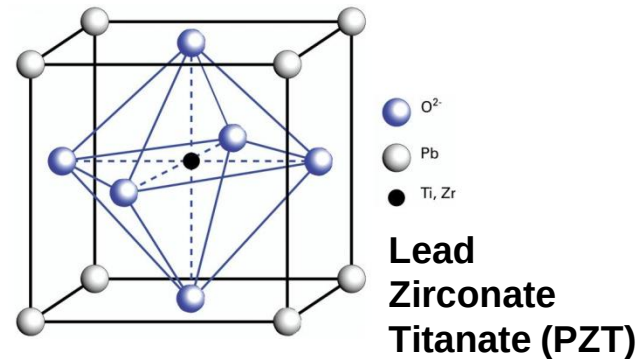
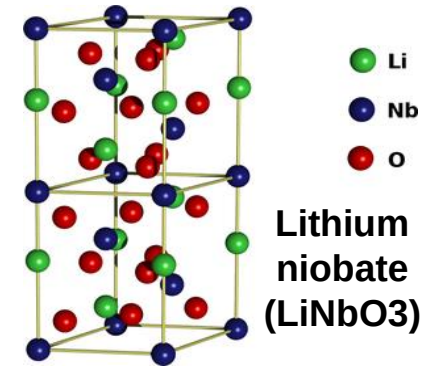
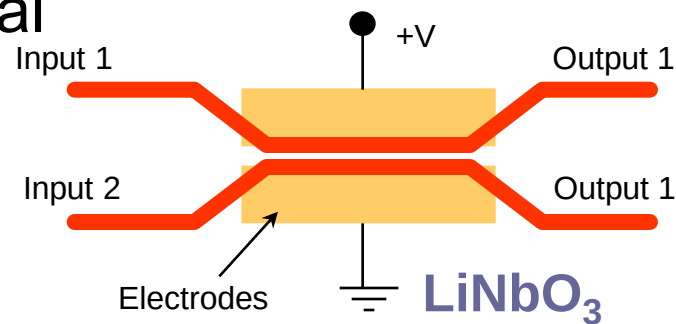
Buble-switch: Buborék kapcsoló



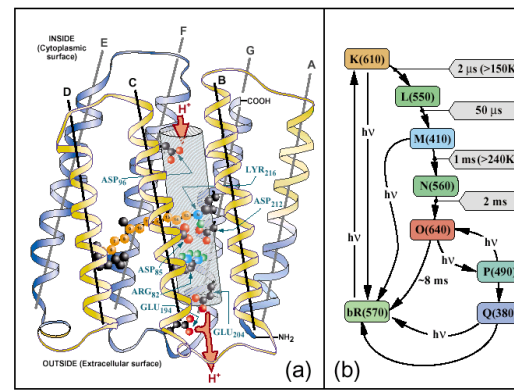
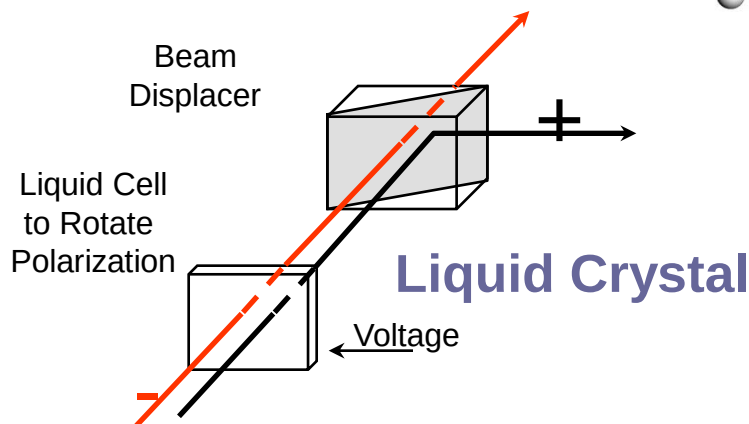
Forrás:
Agilent

Egyéb kapcsoló és rendező megoldások

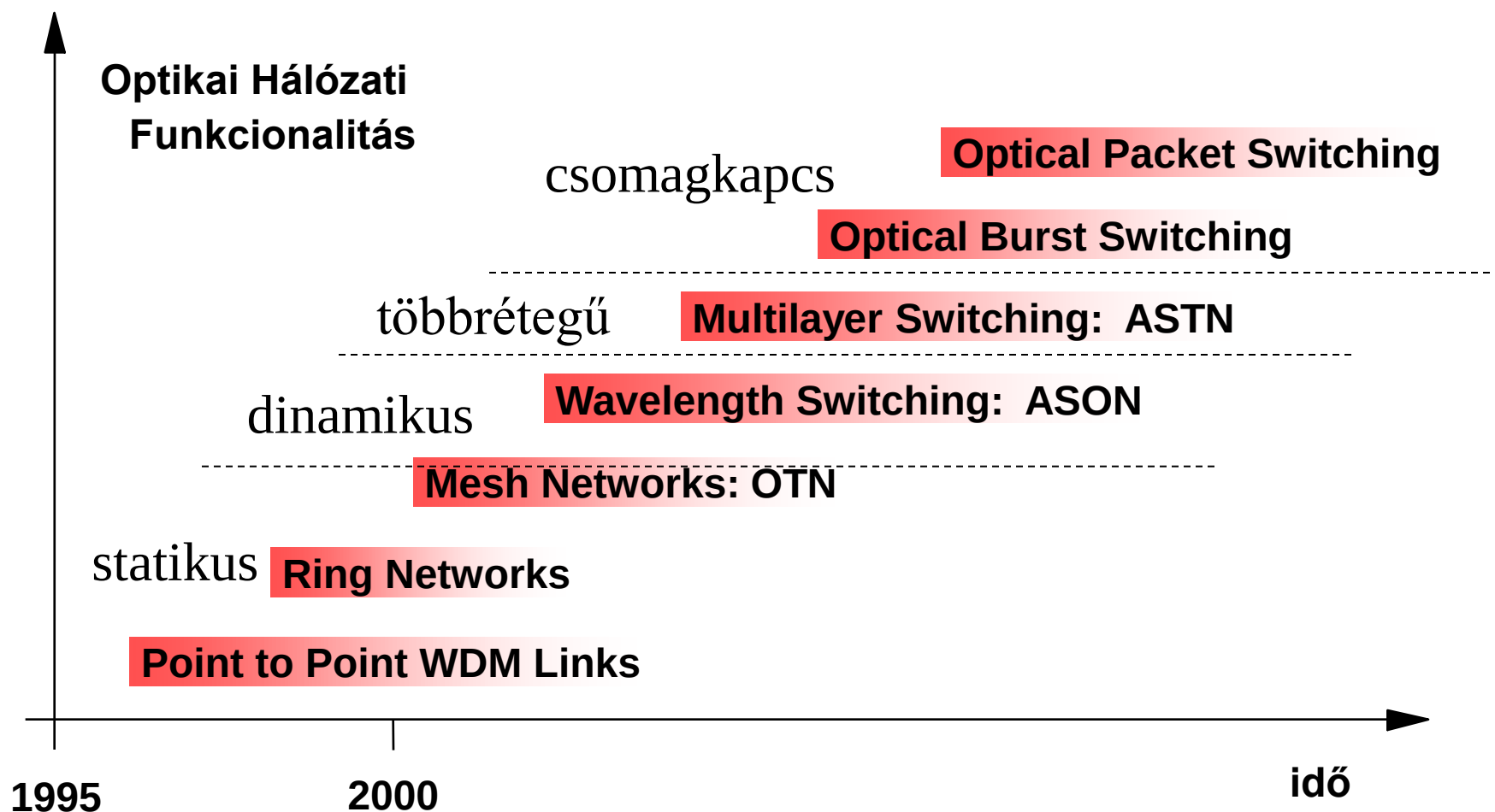
- ❑ Iránycsatoló (Directional Coupler)
- ❑ Prisma Switch
- ❑ Thermo-optical
- ❑ Liquid Chrystal
- ❑ Accusto-optical
- ❑ Piezo-electric
- ❑ ...



Polymer



Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei



Többrétegű optikai hálózatok

Egy rétegű hálózat:

□ Gyenge granularitás:

- 1 fényszál: 1-10 Tbit/s (DWDM: 100-200 λ)
- 1 λ csatorna: 2.5 vagy 10 Gbit/s
- 1 STM-64: 64 x STM-1
- További rétegek a finomabb granularitáshoz

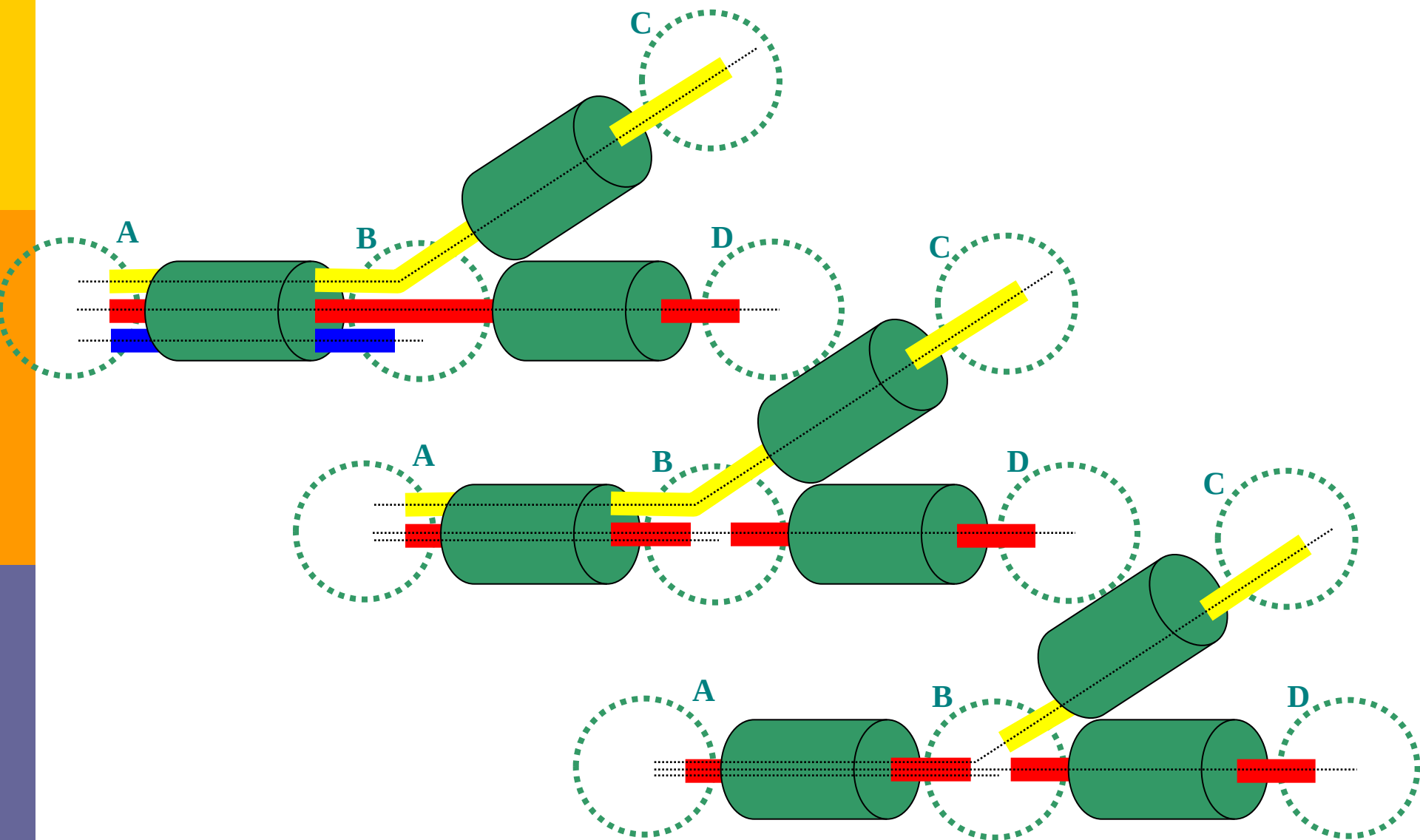
Több rétegű hálózat:

□ Bonyolult vezérlés és Menedzsment (Control & Management)

- Útvonalválasztás (Routing)
- Forgalomterelés (TE: Traffic Engineering)
- Hibatűrőképesség (Resilience)

□ Kétszerezett vagy többszörözött funkciók

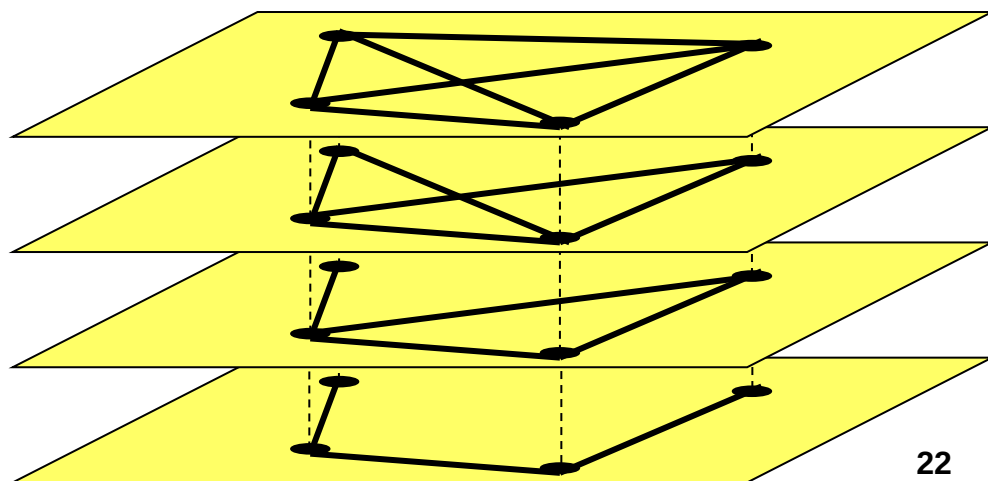
Mi a forgalom-kötegelés (Traffic Grooming)?



Dinamikus (Kapcsolt) és Többrétegű Dynamic (switched) & Multilayer

IETF GMPLS: Generalised Multiprotocol Label Switching
ITU-T ASTN: Automatic Switched Transport Network

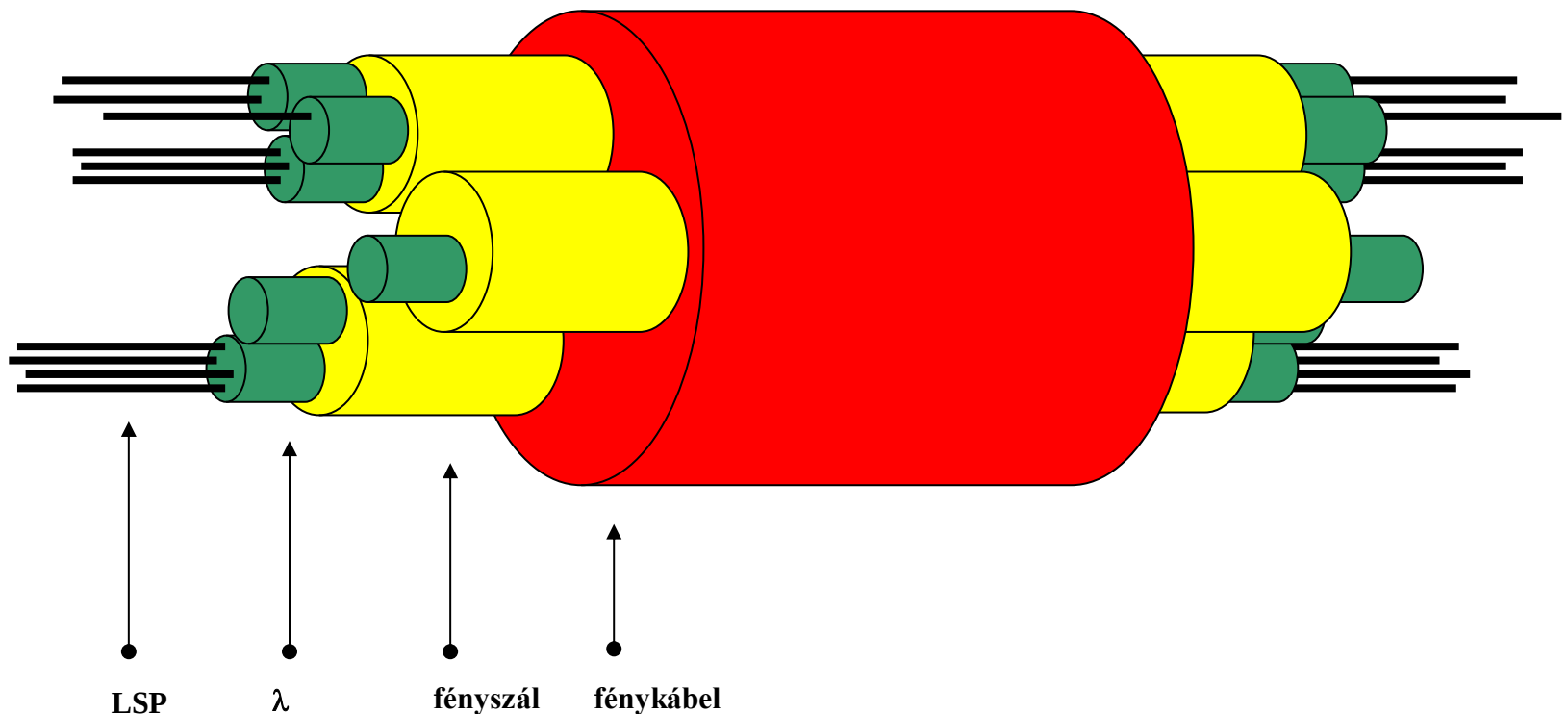
PSC	(Packet Switching Capable, e.g., IP)
L2	(Layer 2 SC, e.g., GbEth)
TSC	(TDM SC, e.g., SDH VC-4-4c)
λSC	(Wavelength SC)
WBSC	(WaveBand SC)
FSC	(Fiber SC)



Általánosított „felülcimkézés”

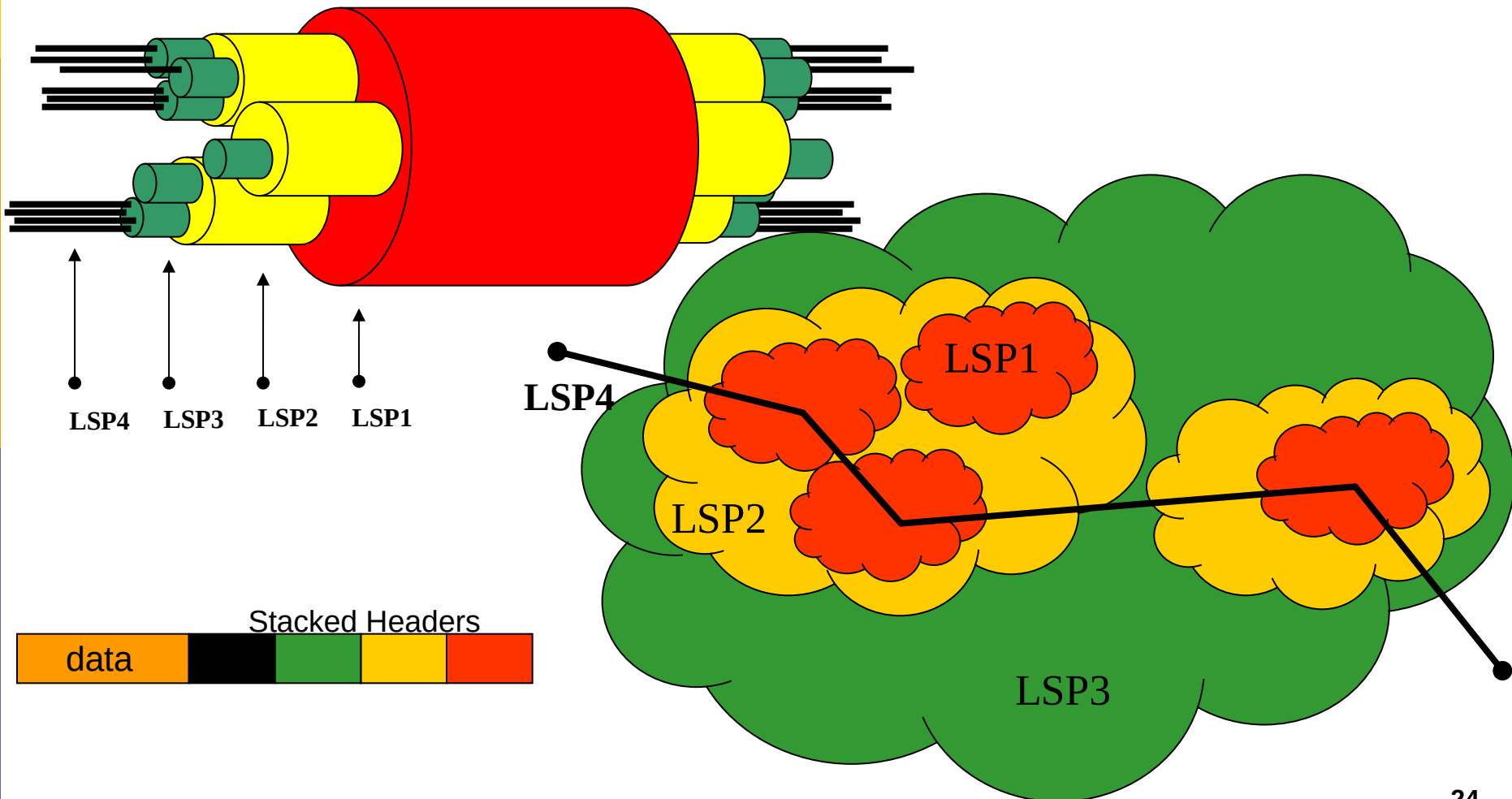
Generalised Label Stacking

Többrétegű architektúra → Általánosított LSP-k
Multilayer Architecture → Generalised LSPs



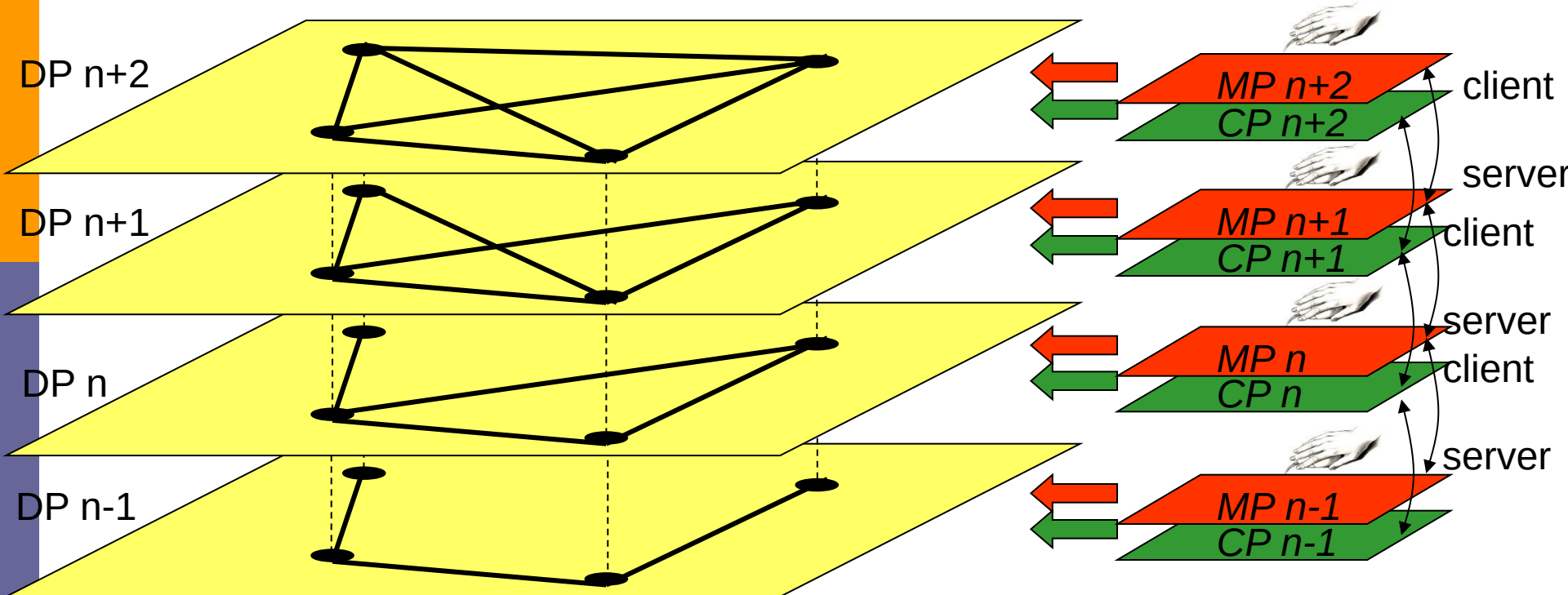
Label “Stacking” or “Swapping”?

- Cimkecsere, vagy felülcímkézés?



Routing, TE & Resilience → manapság:

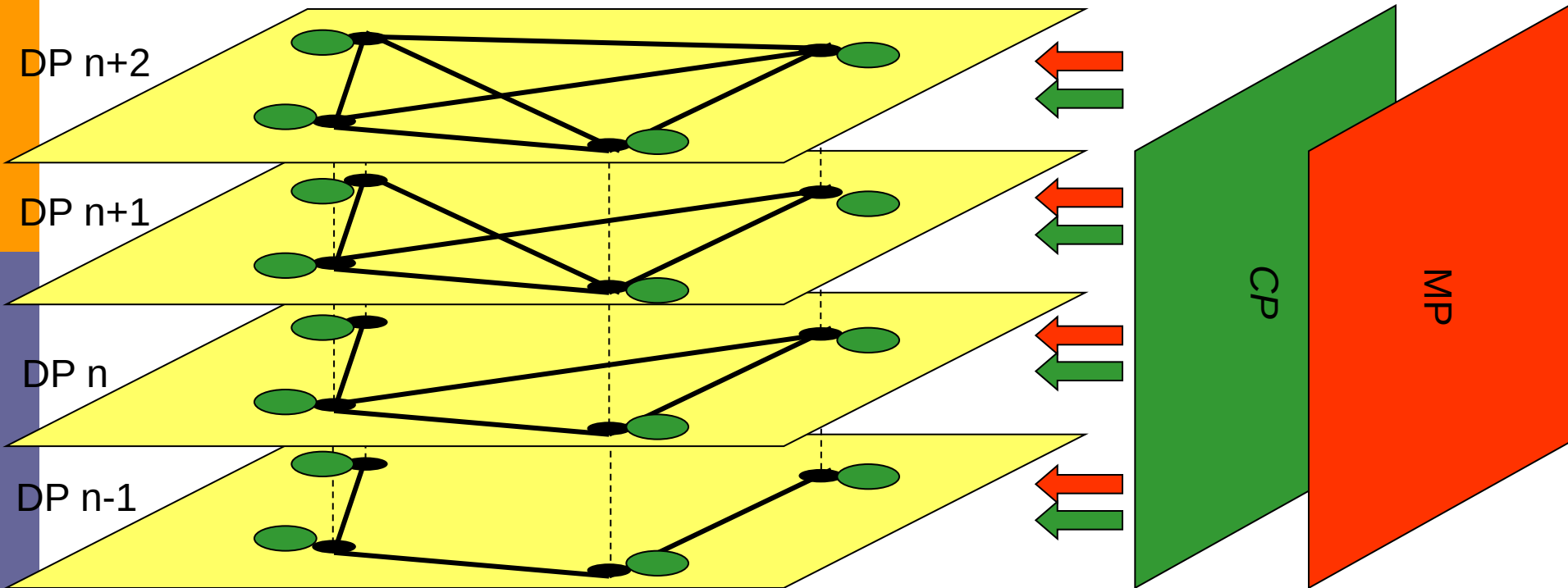
Kliens-szerver megoldás Részben kézzel



Routing, TE & Resilience → vágy:

Integrált, automatikus, elosztott!

Függőleges együttműködés vagy integrálás?



* Többtartományos Hálózatok: Tartományközi Útvonalválasztás (Inter-Domain Routing)

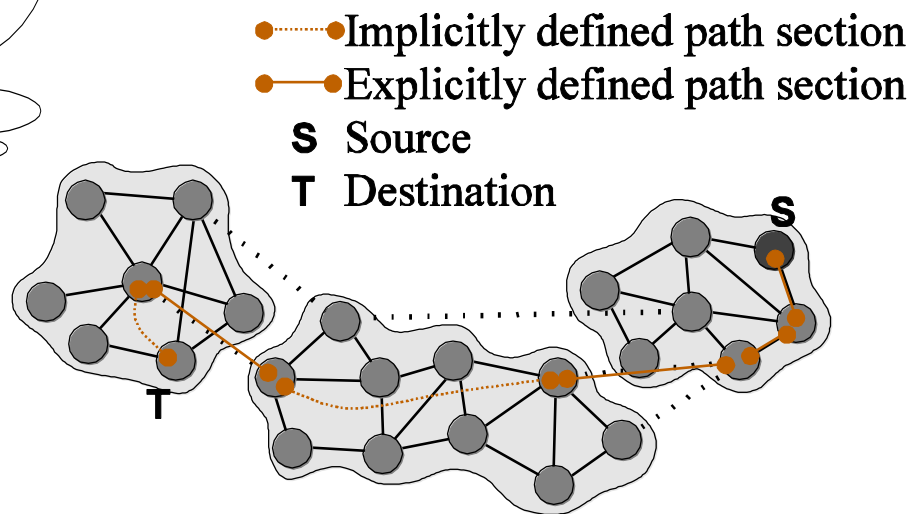
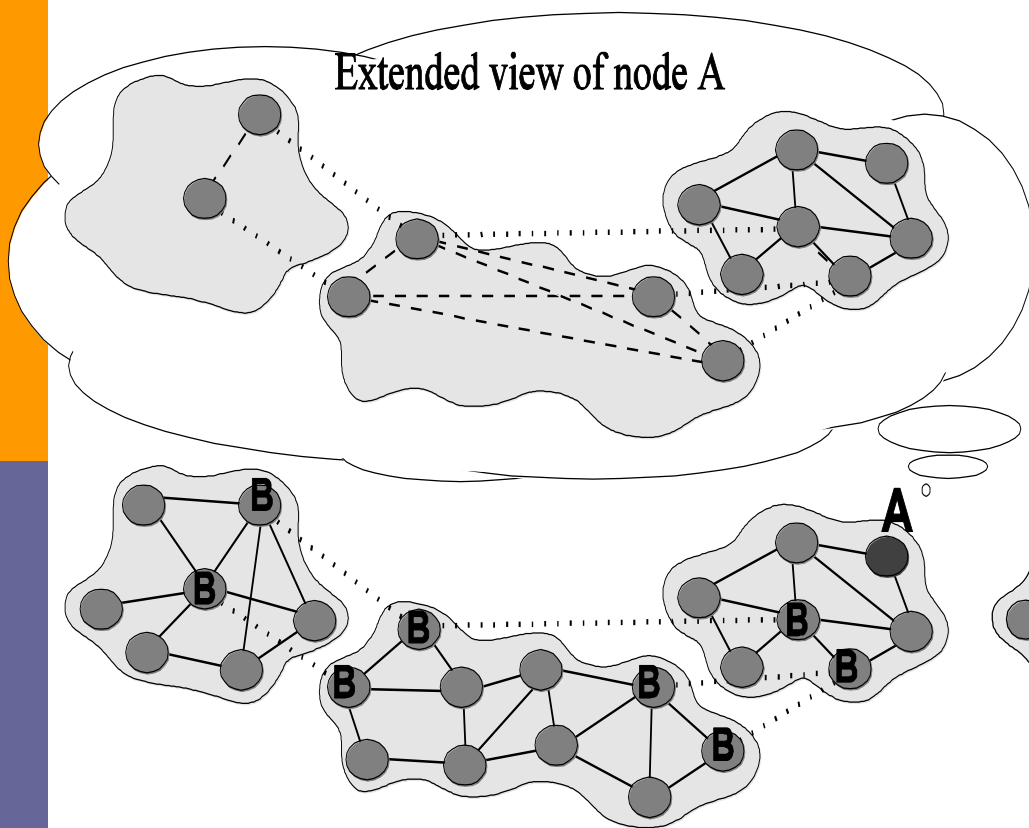
□ Több tartomány

- Access (Aggregation) – Metro – Core (Backbone, Transport)
- Vagy Több szolgáltató

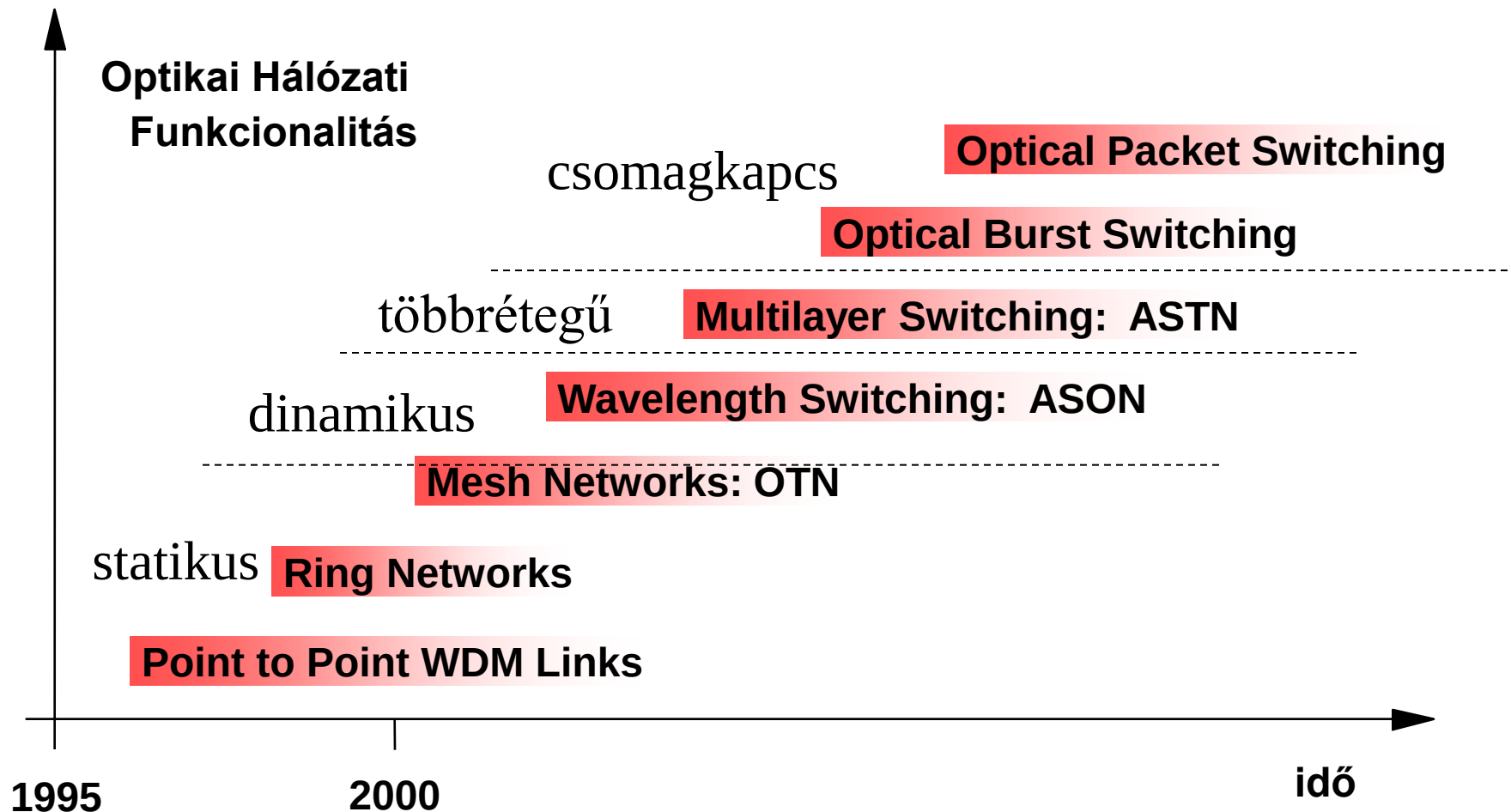
□ OSPF+BGP-4, oBGP

□ PNNI, oPNNI

□ PCE: Path
Computation Element



* Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei

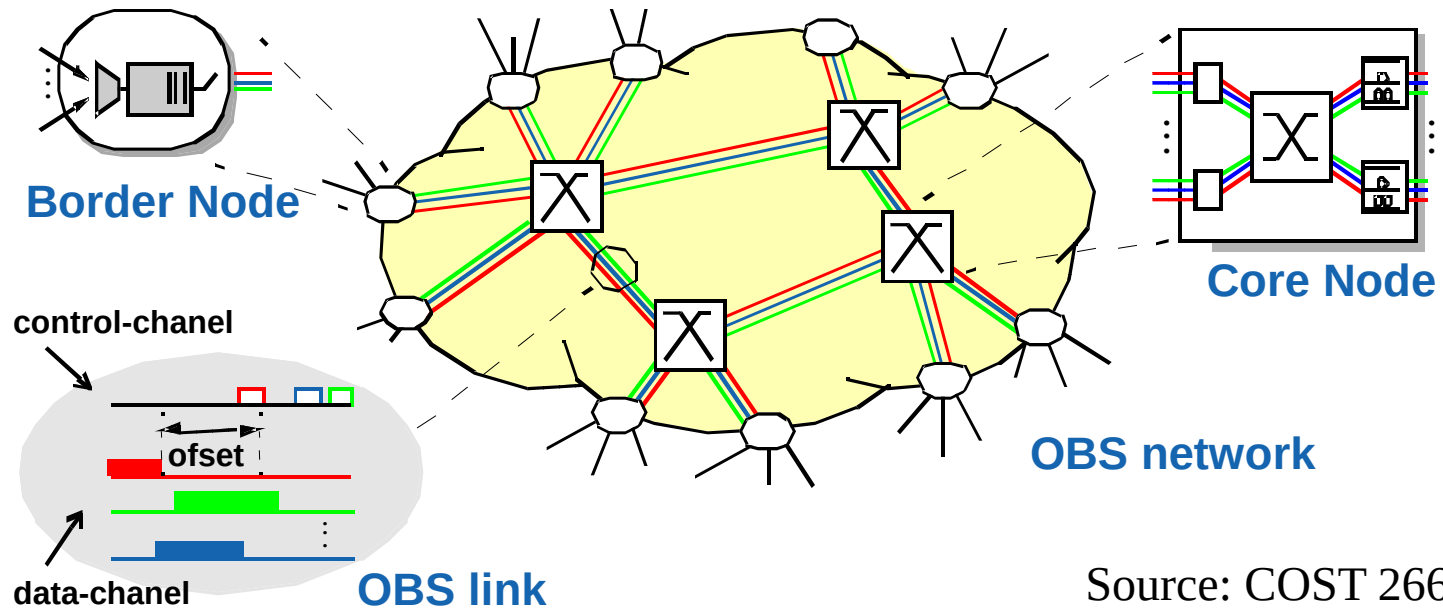


- ❑ **Photonic Time Slot Switching (időrés kapcsolás)**
- ❑ **Optical Flow / Burst / Packet Switching
(OFS / OBS / OPS) (Folyam / Börszt / Csomag kapcsolás)**

Börsztös forgalomra (rövid ideig nagy sáv szélesség)

- nincs idő összeköttetés-felépítésre**
- nem érdemes lefoglalva tartani az erőforrásokat**

* Egy OBS hálózati példa



Source: COST 266

- WDM alapú átvitel
- Pufferek a peremen
- Börsztképezés a peremen
- Külön vezérlőcsatorna

Torlódáskor

- Újraküldés
- Más hullámhossz
- Deflection (eltérítés)
- Puffereelés

* Erőforrásfoglalás OBS hálózatokban

JIT (Just in Time) („Épp időben”)

- Foglalás: A vezérlő csomag érkezésekor
- Felszabadítás: A børszt végével

JET (Just Enough Time) („Épp elég időre”)

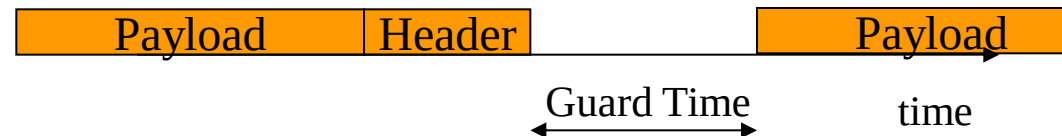
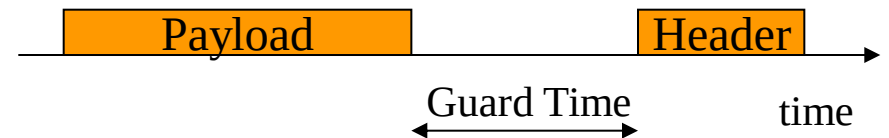
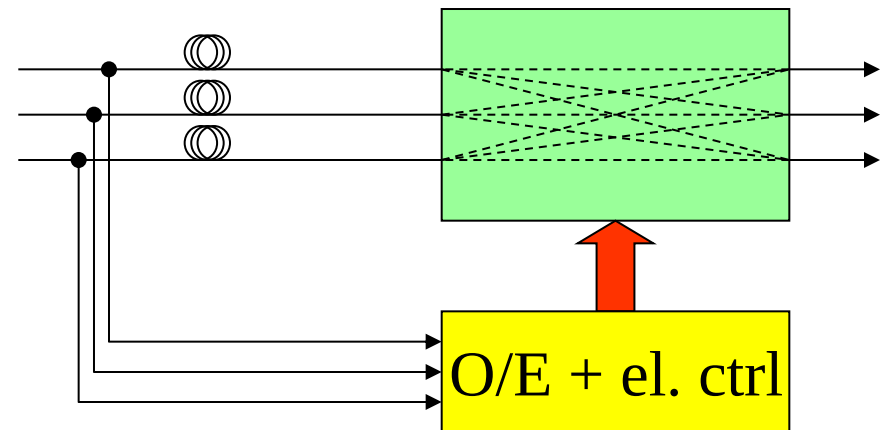
- Foglalás: a børszt becsült érkezése előtt egy pillanattal
- Felszabadítás: A børszt végével
- Bonyolultabb
- Jobb erőforráskihasználás

Optikai időréskapcsolás

- Vezérlés fejrész alapján
- Optikai jelfeldolgozás még alig van

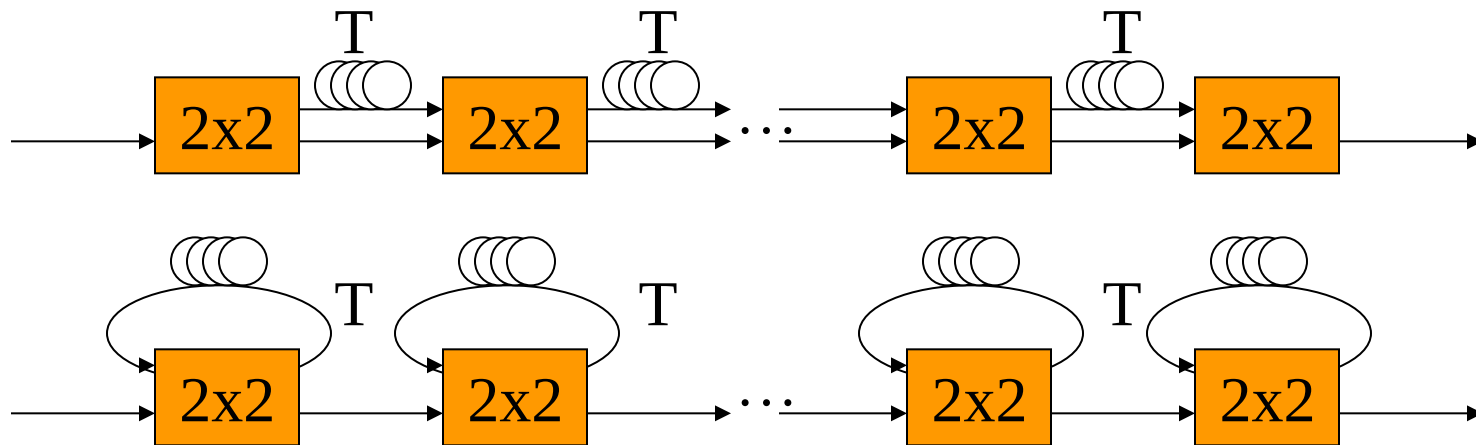


- **O** átvitel
- **E** vezérlés
- Guard Time (védőidő)
 - Csomagok közt
 - Fejrész és rakomány közt



* Switched Delay Lines (SDL)

- Kapcsolt késleltető vonal
- Optikai puffer helyett
- Csillapítás → Erősítés
- Legfeljebb néhány időrésre
- „Slow Light” ?



* Optikai memóriák (Forrás: Ken-ichi Kitayama, APOC 2008)

Optical memory devices

	All-optical RAM				FIFO (First-in-first-out)			
	Bit-by-bit memory via bistability				Contl. of prop. length		Contl. of GV	
	Passive (non-radiative)		Active (radiative)		Fiber loop		Material dispersion	Waveguide dispersion
	Micro-cavity		Surface-emission	Waveguide	Fiber	Semicon.	Fiber Semicon.	Semicon.
	Photonic crystal	Micro ring	Pol. bistability	MMI-BDL flip-flop	Opt.sw + fiber	Quantum wire	EIT, CPO, FWM	Photonic Crystal
Cell size	10 μm^2	100 μm^2	1000 μm^2 *	50000 μm^2	Large	Compact	Compact	Compact
Power consumption	~10 μW	~100 μW	~10mW	~100mW	1W/pkt**	2W/pkt**	-	-
Access speed	~10ps	~10ps	7ps	<100ps	A few ns***	A few ns***	A few ns***	A few ns***
Access	Parallel/serial	Parallel/serial	2-D parallel	Parallel	Parallel	Parallel	Parallel	Parallel
Notes	•λ-sensitive •PDL		•PDL •All-optical shift register •Large-scale s/p conv.		•FIFO •Discrete time •Small capacity		•Narrow bandwidth**** •Short time storage •Small capacity	

* <10x10 μm^2 + I/O=>30x30 μm^2

** Depending on optical amplifier count

Oct.26, 2008 北山

*** Speed of optical switch

**** < 20GHz

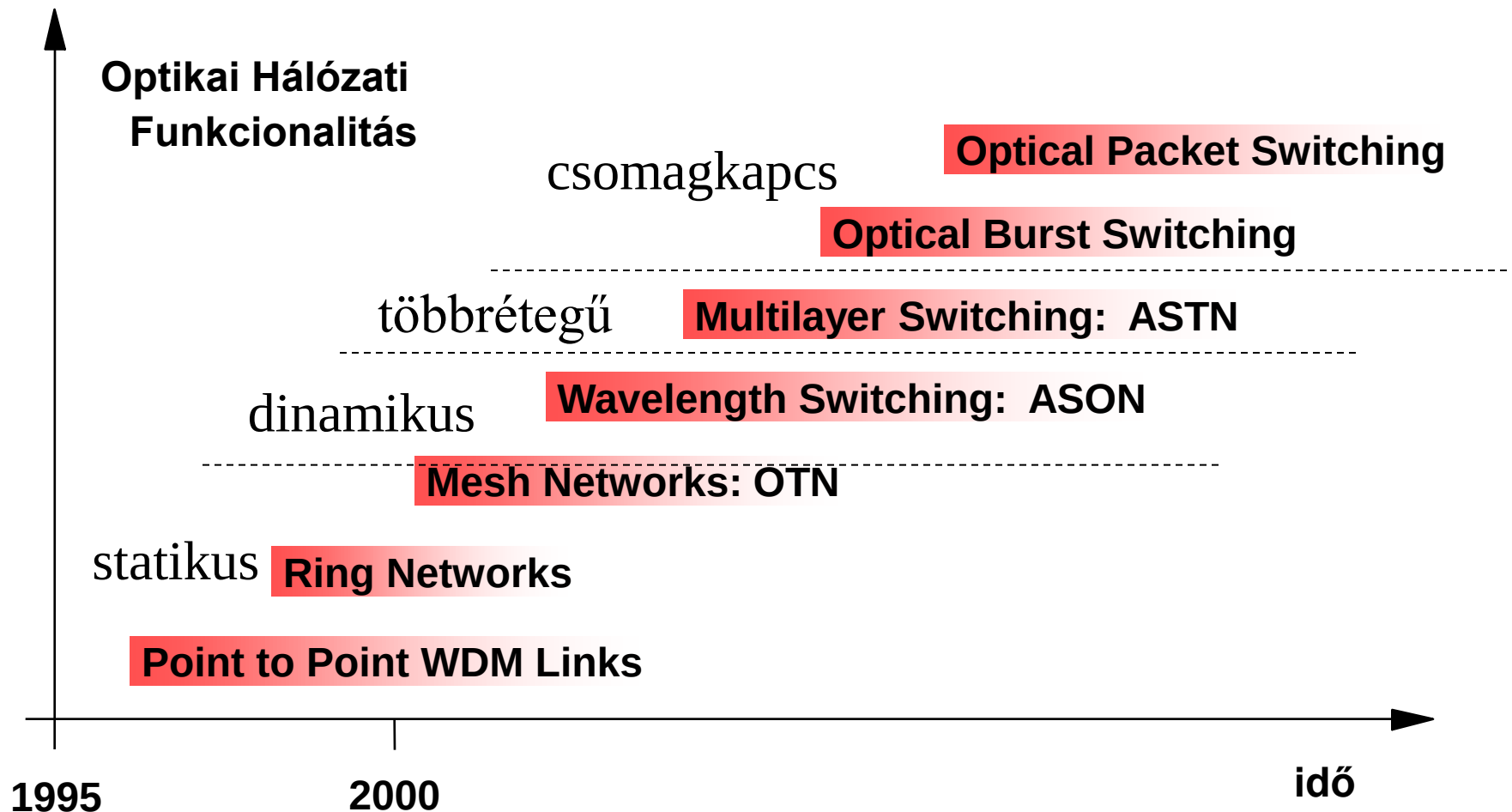
Note: SRAM: <0.6 μm^2 , <1 μW , <2ns w/o O-E-O

APOC2008 Workshop

1

Osaka Univ.

Optikai hálózatok fejlődési mérföldkövei



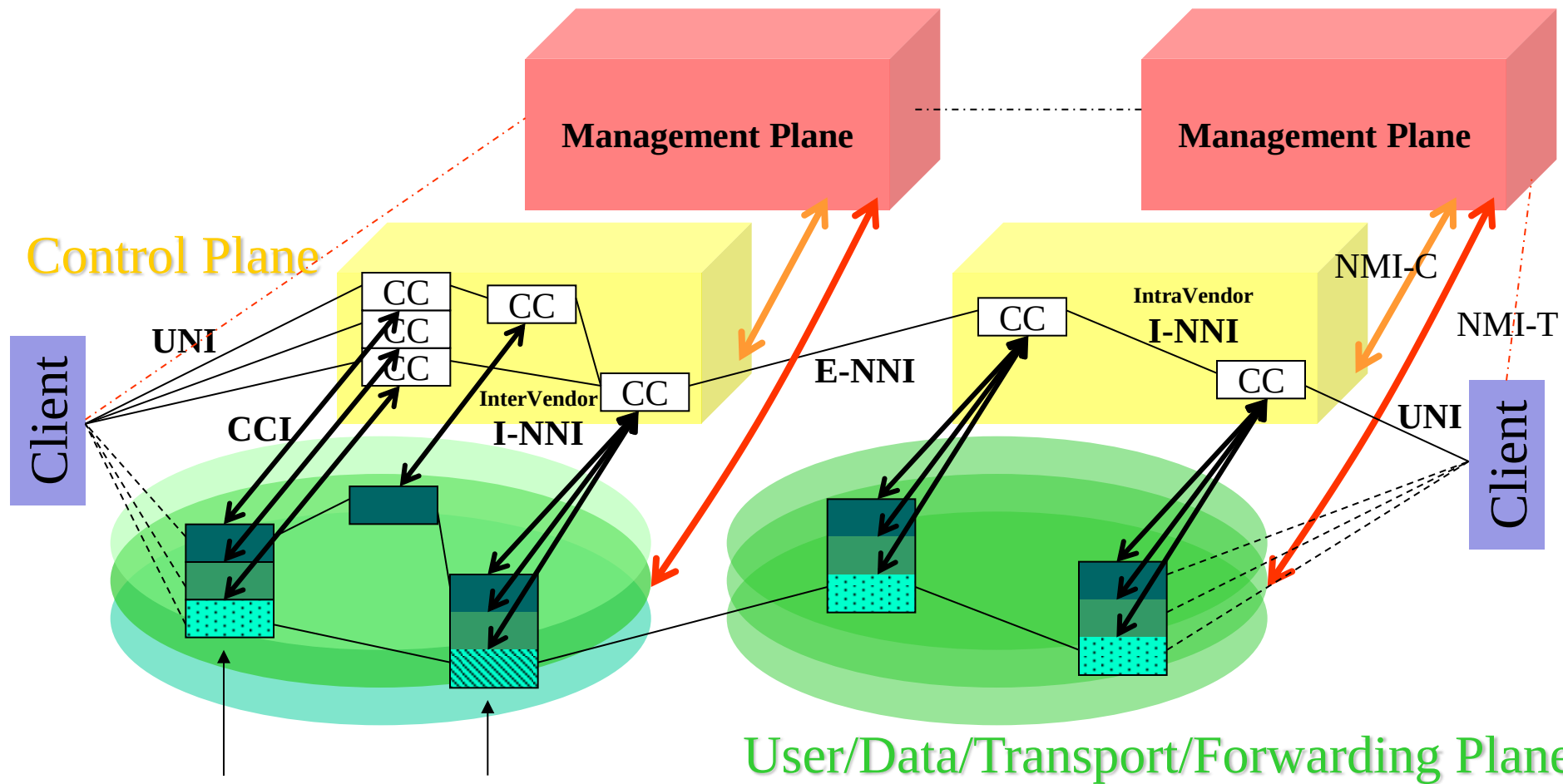
Heterogén Hálózatok

- ❑ Multi-Domain (Multi-Provider) (tartomány és szolgáltató)
- ❑ Multi-Vendor (gyártó)
- ❑ Multi-Service (Multi-Rate, Multi-Quality, Multi-Routing)
(szolgáltatás: sávszélesség, minőség, útvonalválasztás)
- ❑ Multi-Region (Multi-Technology) (hálózati technika)
- ❑ Multi-Layer (réteg)
 - Overlay (átfedő)
 - Augmented (javított)
 - Peer (társ)
 - Integrated (függgőlegesen integrált)

Nagyon heterogén!

Mégis egy egységes vezérlő és menedzsment sík

A Heterogén Hálózat



Vertical interconnection / integration

Two different vendors

UNI: User to Network Interface

NNI: Network to Network or Network Node Interface

I-NNI: Interior NNI (Intra and Inter Vendor I-NNI)

E-NNI: Exterior NNI

CC: Connection Controller

CCI: Connection Controller Interface

NMI: Network Management Interface

NMI-C: NMI for the CP

NMI-T: NMI for the Transport Plane

Összefoglalás

- Optikai áramkörkapcsolás (alul és belül)
- Elektronikus csomagkapcsolás (felülés peremen)
- Technológia fejlődése a meghatározó
 - Izgalmas terület!
 - Kvantumkommunikáció
- Jövő óra gyakorlat

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

9. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése

GYAKORLAT

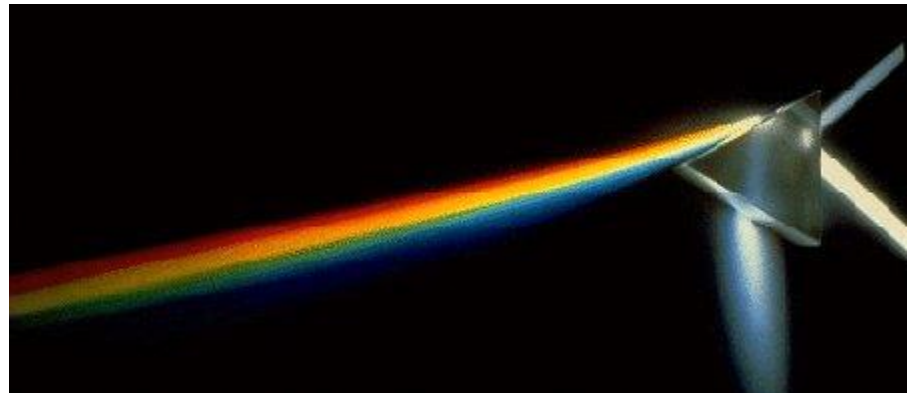
Cinkler Tibor

BME TMIT

2014. december 8.

hétfő 8:15-10:00

I.B.028



A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
 - 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
 - 3. VoIP
 - 4. Kapcsolástechnika
 - 5. Mobiltelefon-hálózatok
 - 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
 - 7. Jelzésátvitel
 - 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
 - 8.1 PDH (Pleziokron Digitális Hierarchia)
 - 8.2 SDH (Szinkron Digitális Hierarchia)
 - 8.3 ngSDH (next generation SDH)
 - 8.4 OTN (Optical Transport Network)
 - 8.5 Kapcsolt optikai hálózatok (ASON, ASTN, GMPLS, OBS/OPS)
 - **9. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)**
- GYAKORLAT**



*Gyakorlat

- **Ez az óra egészen más mint a többi!**
 - Összesen 4-5 ilyen gyakorlatiasabb órát terveztünk
 - Ez az utolsó
- **“There is nothing more practical than a good theory ”**
James C. Maxwell
- **“Nothing is more practical than a good theory”**
Albert Einstein
(vagy L. Boltzmann vagy J.H. Poincare?)
- **Nincs gyakorlatiasabb egy jó elméletnél!**



James Clerk Maxwell , 1831-1879

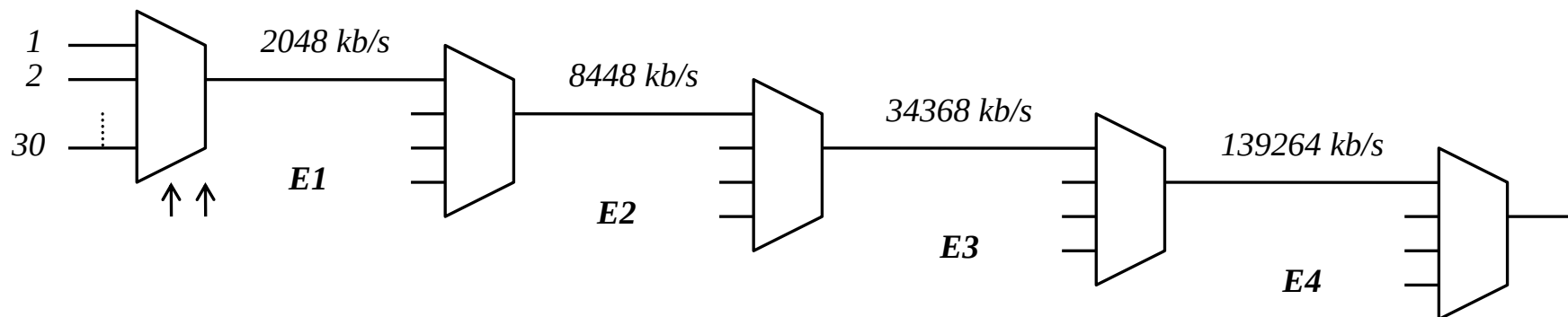


Albert Einstein 1879-1955

9.1. Számoljunk: PDH

- ❑ PDH rendszerben egy E2 szakaszon továbbítjuk négy E1 szakasz jelét.
- ❑ Sem az E1 sem az E2 nyáláboló nem a névleges sebességen működik.
- ❑ A vizsgált E1 jel sebessége 2 052,22 kbit/s, míg az E2 szakasz jele 32 kbit/s-al nagyobb a névlegestől.
- ❑ Milyen gyakran kerül sor beékelésre? (13 pont)

PDH: A hierarchia Ez csak ismétlés



	Névleges bitsebesség [kb/s]	Tűrés [ppm ^[1]]	Vonali kódolás	félcsúcs feszültség (V)	a (dB/km)	keretméret [bit]	be bit / kimenő keret / csatorna
E1	2 048	± 50	HDB3 ^[2]	2,37 vagy ^[3] 3	6	$32 \times 8 = 256$	8
E2	8 448	± 30	HDB3	2,37	6	848	205(+1)
E3	34 368	± 20	HDB3	1	12	1536	377(+1)
E4	139 264	± 15	CMI ^[4]	1	12	2928	722(+1)

^[1] ppm: parts per million. 1 ppm az alap egy milliomod részét jelenti (ahogyan 1% egy század részét)

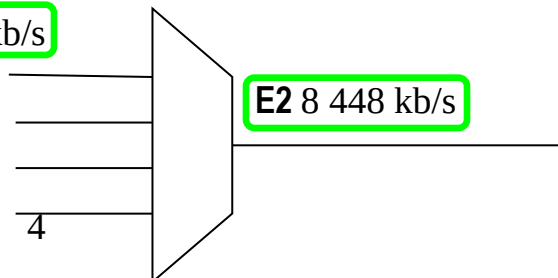
^[2] HDB3: High Density Bipolar Coding, 3 nullára korlátozva

^[3] 2,37 V asszimétrikus (pl. koaxiális kábel), és 3 V szimmetrikus (pl. érpár) vezetéken

^[4] CMI: Coded Mark Inversion. Kódolt előjelváltás

A táblázat középső 4 oszlopa vizsgán nem kell!!!

E1 2 048 kb/s

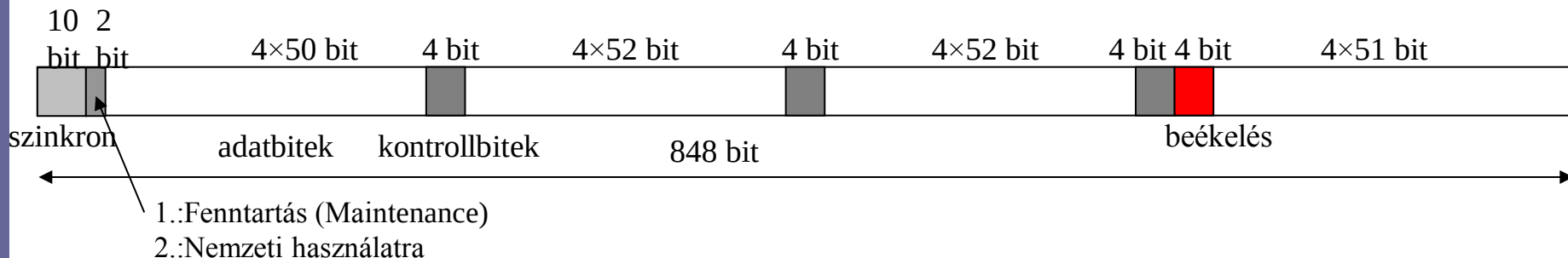


E2 8 448 kb/s

- beékelési tényező $\eta=0,58$
- névleges E1 és E2 mellett
- átlag 205,5762 bit/keret

$$f_{\min}^{E1} = 205 \text{ bit} \cdot f_k^{E2} = 205 \text{ bit} \cdot \frac{8448 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{848 \text{ bit}} = 2042,26 \text{ kb/s}$$

$$f_{\max}^{E1} = 206 \text{ bit} \cdot f_k^{E2} = 206 \text{ bit} \cdot \frac{8448 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{848 \text{ bit}} = 2052,22 \text{ kb/s}$$



PDH: Számoljunk!

- PDH rendszerben egy E2 szakaszon továbbítjuk négy E1 szakasz jelét. Sem az E1 sem az E2 nyálábólók nem a névleges sebességen működik. A vizsgált E1 jel sebessége 2 052,22 kbit/s, míg az E2 szakasz jele 32 kbit/s-al nagyobb a névlegestől. Milyen gyakran kerül sor beékelésre? (13 pont)

Megoldás:

$$f_{\min}^{E1} = 205 \text{ bit} \cdot f_k^{E2} = 205 \text{ bit} \cdot \frac{8448 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{848 \text{ bit}} = 2042,26 \text{ kb/s}$$

$$f_{\max}^{E1} = 206 \text{ bit} \cdot f_k^{E2} = 206 \text{ bit} \cdot \frac{8448 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{848 \text{ bit}} = 2052,22 \text{ kb/s}$$

$$f_{\min}^{E1} = 205, ??? \text{ bit} \cdot f_k^{E2} = 205,222 \text{ bit} \cdot \frac{8480 \cdot 10^3 \text{ bit/s}}{848 \text{ bit}} = 2052,22 \text{ kb/s}$$

- Azaz átlagban 1000-ből 222 keretben van egy beékel bit. (Átlagban a keretek 22.22%-ában, avagy minden keretben 0.2222 valószínűséggel). (Beékelés gyakorisága: 22.22%). Előző oldalon van bővebb magyarázat.

9.2. Számoljunk: SDH

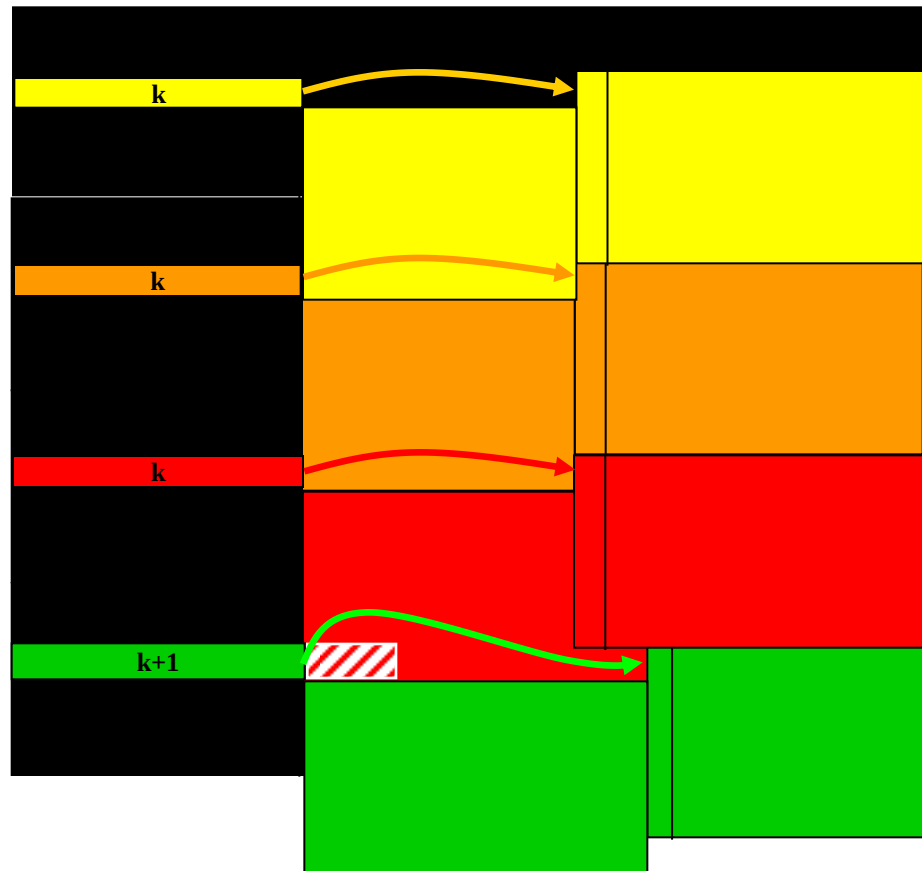
- Két szolgáltató (A és B) külön órára szinkronizált SDH hálózatát szeretnék együttműködtetni. Az egyik (A szolgáltató) órája pont a névleges sebességen működik, míg a másiké (B szolgáltató) nem. Az A szolgáltató hálózatában azt tapasztaljuk, hogy a B hálózatból érkező keretek szállítására minden nyolcvanadik STM-1 keretnél eggyel növekszik a pointer értéke.
 1. A B szolgáltató órája lassúbb vagy gyorsabb a névlegesnél?
 2. Pontosan mennyivel?
 3. Legfeljebb milyen eltérést tud a rendszer elviselni? Miért? (Mi korlátozza?)
- Segítség: Egy STM-1 keret 270 oszlopból (oszloponként 8 bit) és 9 sorból áll, az STM-1 névleges sebessége 155 520 000 bit/s.

SDH hálózatok csatlakoztatása

(lassú $\rightarrow$ gyors)

Ez csak ismétlés!

- Ha lassúbb órájú rendszerből gyorsabbra megyünk:
 - Időben hosszabb lesz a C-4
 - H3 után 3 oktett üres marad
 - „I” bitek invertálva
 - Ptr értéke 1-el nő ($k \rightarrow k+1$)
- Ptr értékállítás ritkán
 - Mert nem is kell, mert pontosak az órák
 - Hogy redundáns legyen, nehogy bithiba miatt tévedjünk



Számoljunk: SDH

- Két szolgáltató (A és B) külön órára szinkronizált SDH hálózatát szeretnék együttműködtetni. Az egyik (A szolgáltató) órája pont a névleges sebességen működik, míg a másiké (B szolgáltató) nem. Az A szolgáltató hálózatában azt tapasztaljuk, hogy a B hálózatból érkező keretek szállítására minden nyolcvanadik STM-1 keretnél eggyel növekszik a pointer értéke.
 1. A B szolgáltató órája lassúbb vagy gyorsabb a névlegesnél?
 2. Pontosán mennyivel?
 3. Legfeljebb milyen eltérést tud a rendszer elviselni? Miért? (Mi korlátozza?)
- Segítség: Egy STM-1 keret 270 oszlopból (oszloponként 8 bit) és 9 sorból áll. Az STM-1 névleges sebessége 155 520 000 bit/s.

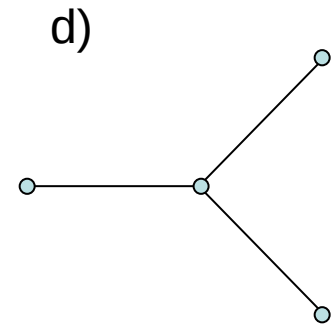
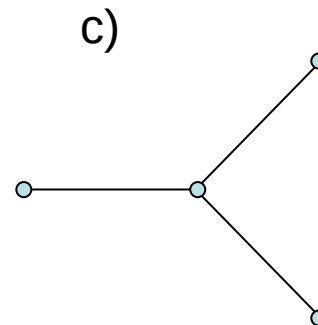
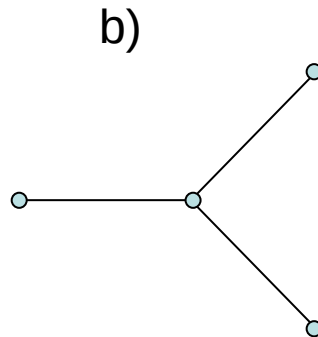
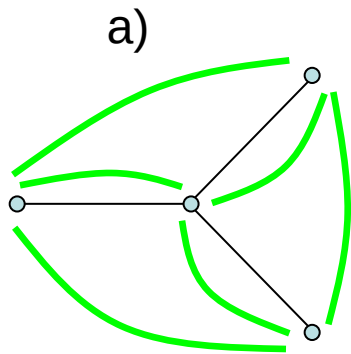
Megoldás:

1. B lassúbb, mert lassú érkezésük miatt, egyre később tudjuk A rendszerben vinni kereteinket.
2. Ha minden 80-adik keretben, és másodpercenként 8000 keret van, akkor ez másodpercenként 100-szor 24 bitet jelent, azaz 2400 bit/s.
3. Legfeljebb minden negyedik keretben, azaz 20-szor gyakrabban változtathatjuk a pointer értékét, tehát 48 000 bit/s.

9.3. Számoljunk: Hullámhosszosztás és forgalomkötegelés

- Egy 4-csomópontos csillag topológiájú hálózatban (ábra) szeretnénk minden pontpár közt (középsőt is beleértve!) egy egységnyi sáv szélességigényű összeköttetést kialakítani. Csak a középső csomópont támogatja a *forgalomkötegelést* (traffic grooming). Minden szakaszon az ellenkező irányokra 1-1 külön fényszál áll rendelkezésre, melyek ugyanazt a hullámhossz készletet használják, így egyszerűség kedvéért egy hullámhosszútról feltételezzük, hogy mindkét irányban támogatja a kommunikációt. Az alábbi ábrákon szemléltesse a kialakítandó hullámhosszutakat a következő négy esetre és tüntesse fel, hogy melyik esetben hány különböző hullámhosszra van szükség szakaszonként (e szám egy-egy hálózat valamennyi élére azonos lesz a szimmetria miatt)?:

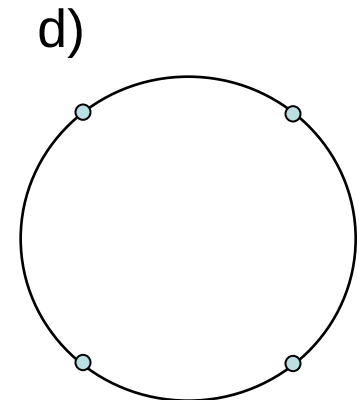
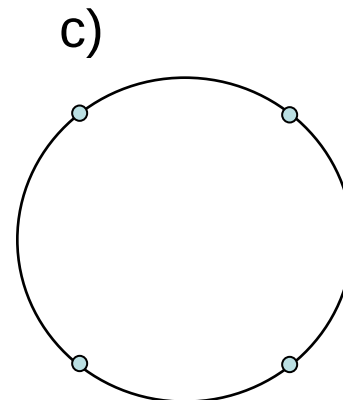
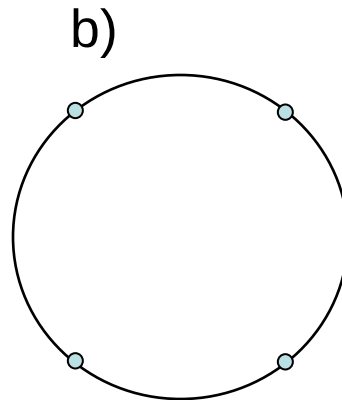
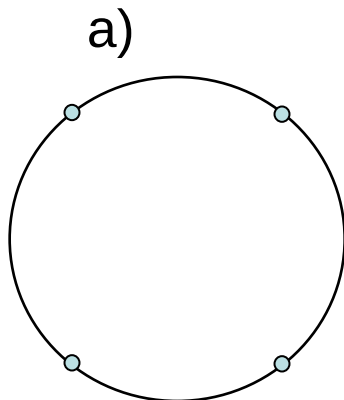
1. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 0,5 egységnyi
2. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 1 egységnyi
3. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 2 egységnyi
4. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 3 egységnyi



9.3b. Számoljunk: Hullámhosszosztás és forgalomkötegelés

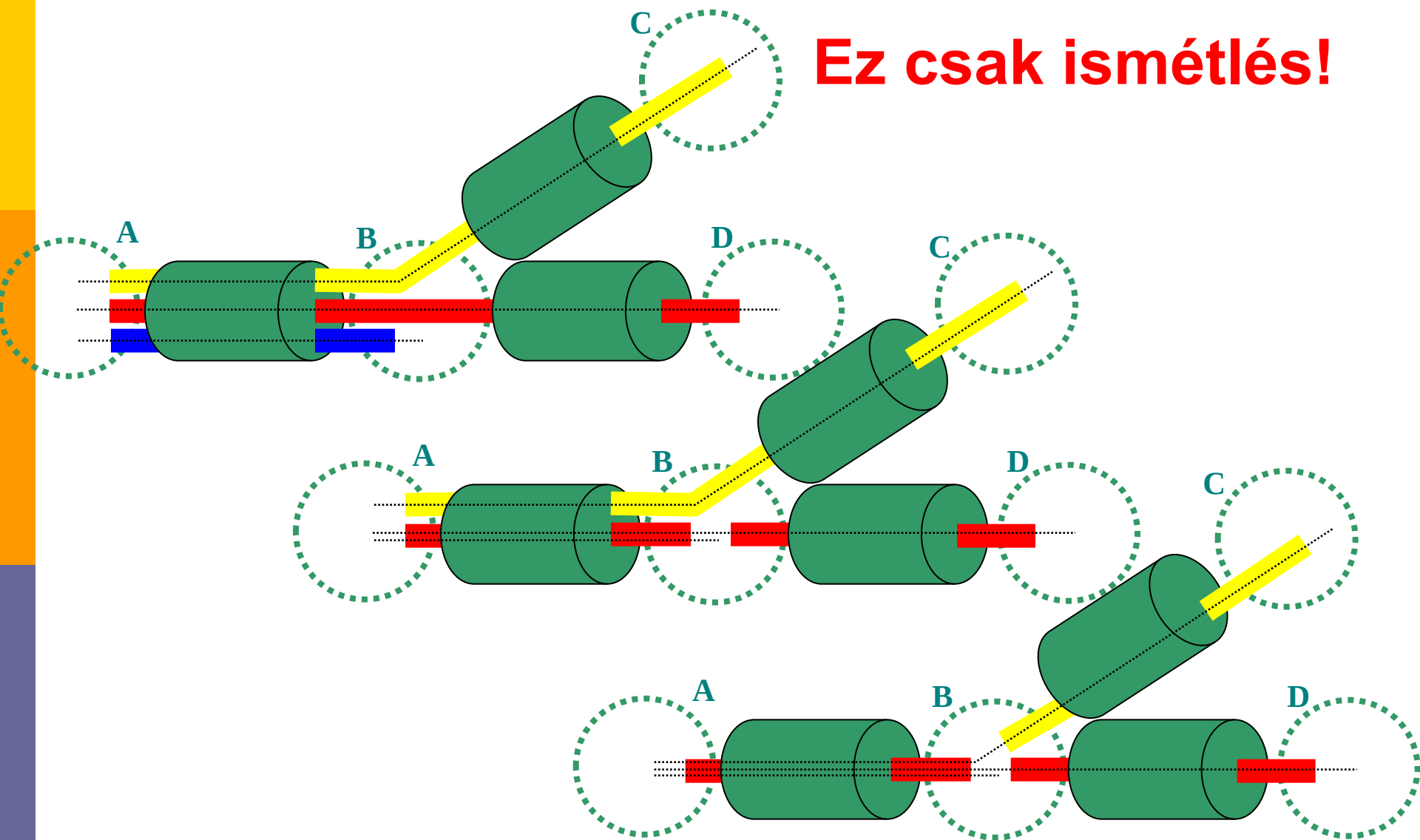
- Egy 4-csomópontos gyűrű topológiájú hálózatban (ábra) szeretnénk minden pontpár közt egy egységnyi sávszélességigényű összeköttetést kialakítani. Minden csomópont támogatja a *forgalomkötegelést* (traffic grooming). Minden szakaszon az ellenkező irányokra 1-1 külön fényszál áll rendelkezésre, melyek ugyanazt a hullámhossz készletet használják, így egyszerűség kedvéért egy hullámhosszútról feltételezzük, hogy mindkét irányban támogatja a kommunikációt. Az alábbi ábrákon szemléltesse a kialakítandó hullámhosszutakat a következő négy esetre és tüntesse fel, hogy melyik esetben hány különböző hullámhosszra van szükség szakaszonként (e szám egy-egy hálózat különböző éleire különböző lesz)?:

1. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 0,5 egységnyi
2. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 1 egységnyi
3. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 2 egységnyi
4. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 3 egységnyi



Mi a forgalom-kötegelés (Traffic Grooming)?

Ez csak ismétlés!



Számoljunk!

- Egy 4-csomópontos csillag topológiájú hálózatban (ábra) szeretnénk minden pontpár közt (középsőt is beleértve!) egy egységnyi sávszélességigényű összeköttetést kialakítani. Csak a középső csomópont támogatja a *forgalomkötegelést* (traffic grooming). Minden szakaszon az ellenkező irányokra 1-1 külön fényszál áll rendelkezésre, melyek ugyanazt a hullámhossz készletet használják, így egyszerűség kedvéért egy hullámhosszútról feltételezzük, hogy mindkét irányban támogatja a kommunikációt. Az alábbi ábrákon szemléltesse a kialakítandó hullámhosszutakat a következő négy esetre és tüntesse fel, hogy melyik esetben hány különböző hullámhosszra van szükség szakaszonként (e szám egy-egy hálózat valamennyi élére azonos lesz a szimmetria miatt)?:

1. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 0,5 egységnyi
2. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 1 egységnyi
3. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 2 egységnyi
4. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 3 egységnyi

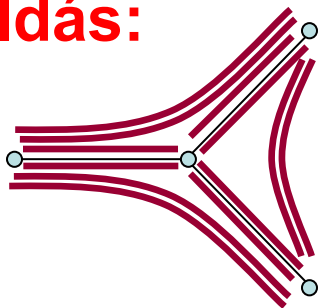
a)

b)

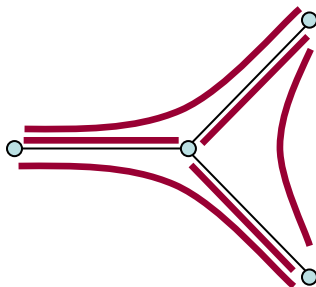
c)

d)

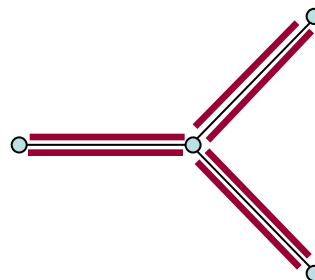
Megoldás:



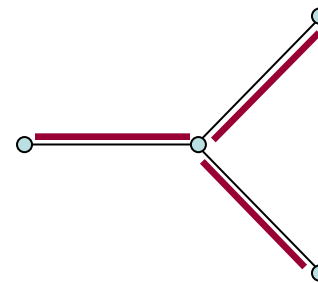
6



3



2

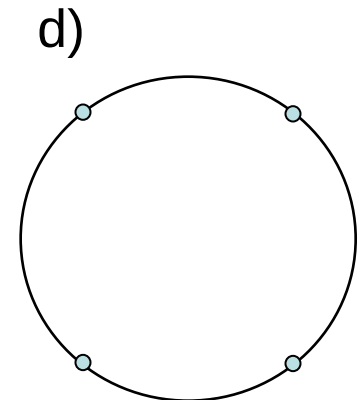
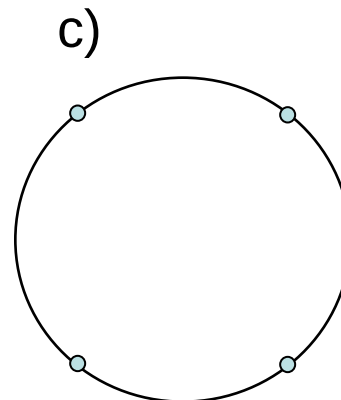
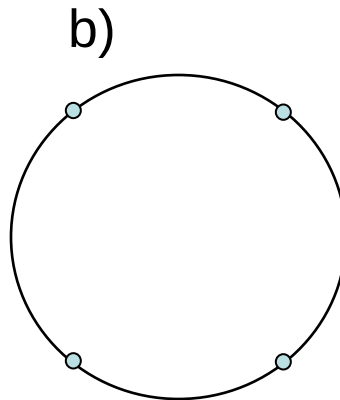
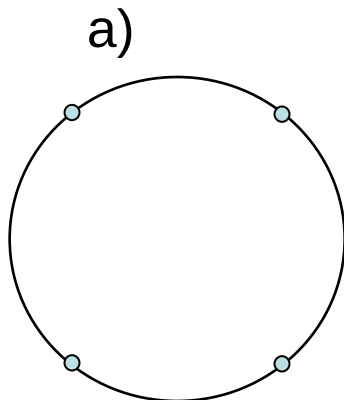


1

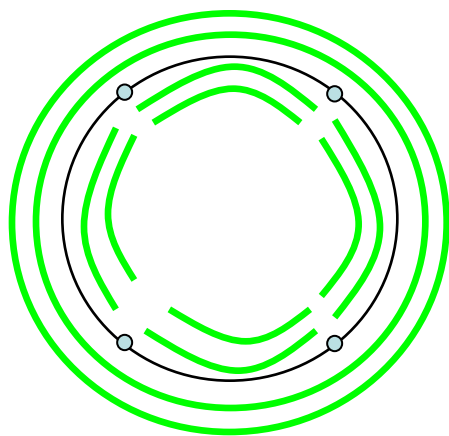
9.3b. Számoljunk: Hullámhosszosztás és forgalomkötegelés

- Egy 4-csomópontos gyűrű topológiájú hálózatban (ábra) szeretnénk minden pontpár közt egy egységnyi sávszélességigényű összeköttetést kialakítani. Minden csomópont támogatja a *forgalomkötegelést* (traffic grooming). Minden szakaszon az ellenkező irányokra 1-1 külön fényszál áll rendelkezésre, melyek ugyanazt a hullámhossz készletet használják, így egyszerűség kedvéért egy hullámhosszútról feltételezzük, hogy mindkét irányban támogatja a kommunikációt. Az alábbi ábrákon szemléltesse a kialakítandó hullámhosszutakat a következő négy esetre és tüntesse fel, hogy melyik esetben hány különböző hullámhosszra van szükség szakaszonként (e szám egy-egy hálózat különböző éleire különböző lesz)?:

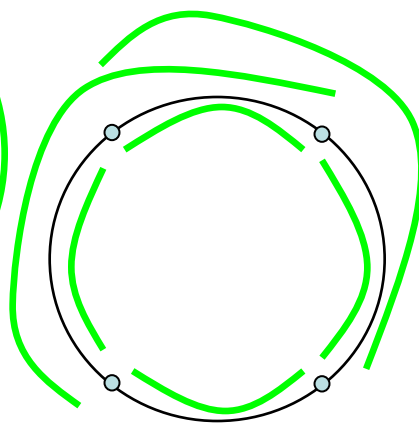
1. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 0,5 egységnyi
2. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 1 egységnyi
3. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 2 egységnyi
4. minden hullámhossz-út (csatorna) kapacitása 3 egységnyi



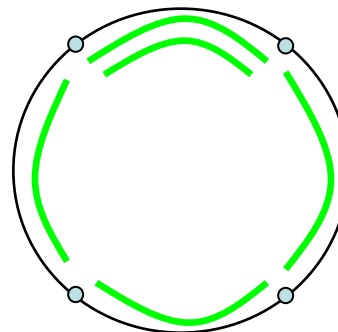
a)



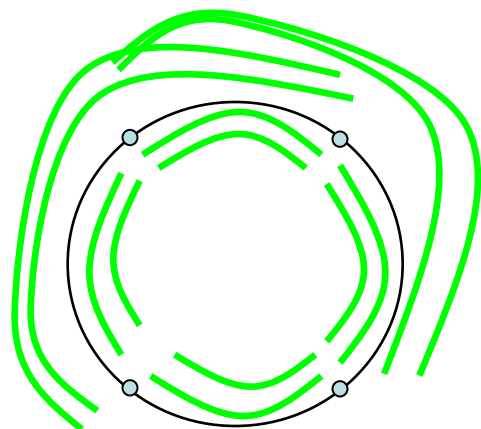
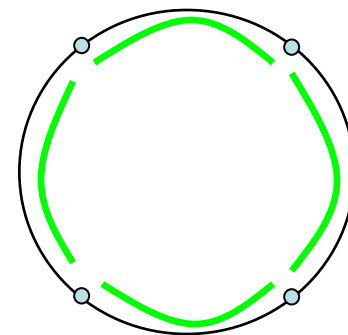
b)



c)



d)



Milyen gyors is a fény?

□ **$c=299,792,457.9 \text{ m/s}$** (1,079,252,848.8 km/h)

■ csak vákumban! ($c \cong 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

$$\epsilon_0 = 10^7 / 4\pi c^2 \quad (\text{in } \text{A}^2 \text{s}^4 \text{kg}^{-1} \text{m}^{-3}, \text{ or } \text{F m}^{-1})$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \quad (\text{in } \text{kg m s}^{-2} \text{A}^{-2}, \text{ or } \text{N A}^{-2})$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

□ Különben lassabb!

■ Pl. Levegőben alig lassúbb mint vákumban

■ Pl. Üvegben $v \cong 3/4 \cdot c$

□ törésmutató: $n \cong 1.3\text{--}1.4$

■ Pl. Fényszálban csak **$v \cong 2/3 \cdot c = 200,000,000 \text{ m/s}$** (720,000,000 km/h)

□ törésmutató: $n \cong 1.4\text{--}1.5$

■ Pl. Gyémántban csak **$v=124,000,000 \text{ m/s}$** (447,000,000 km/h)

□ törésmutató: $n = 2.4175\text{--}2.4178$

■ Pl. „Slow light”: nagyon-nagyon lassú!

□ Csoport sebesség (group velocity)

□ Nem tényleges sebesség

□ Optikai Puffer reménye !!!

$$\text{Törésmutató: } n = \frac{c}{v}$$

c : celeritas (sebesség latinul)



„Slow Light” (lassú fény)

- 1999-ben $v=17$ m/s
- 2001-ben pillanatra „megállították”
- 2003-ban „megállították”
- Rb (Rubidium) gáz atomjai (<http://physics.nist.gov/Pubs/Bec/j4cornel.pdf>)
 - 170 nanokelvin (nK)-re hűtve ($0\text{ K} = -273.15\text{ °C}$) ($1\text{ nK} = 10^{-9}\text{ K}$)
 - 2001 fizikai Nobel-díj
- 2005 fotonikus kristályok szobahőmérsékleten



nobelprize.org



Carl Wieman Eric Cornell



Wolfgang Ketterle



Alfred Nobel
1833-1896

Kis ismétlés fizikából:

10^{-1} **d** deci

10^{-2} **c** centi

10^{-3} **m** milli

10^{-6} **μ** micro

10^{-9} **n** nano

10^{-12} **p** pico

10^{-15} **f** femto

10^{-18} **a** atto

10^{-21} **z** zepto

10^{-24} **y** yocto

10^1 **da** deca

10^2 **h** hecto

10^3 **k** kilo

10^6 **M** mega

10^9 **G** giga

10^{12} **T** tera

10^{15} **P** peta

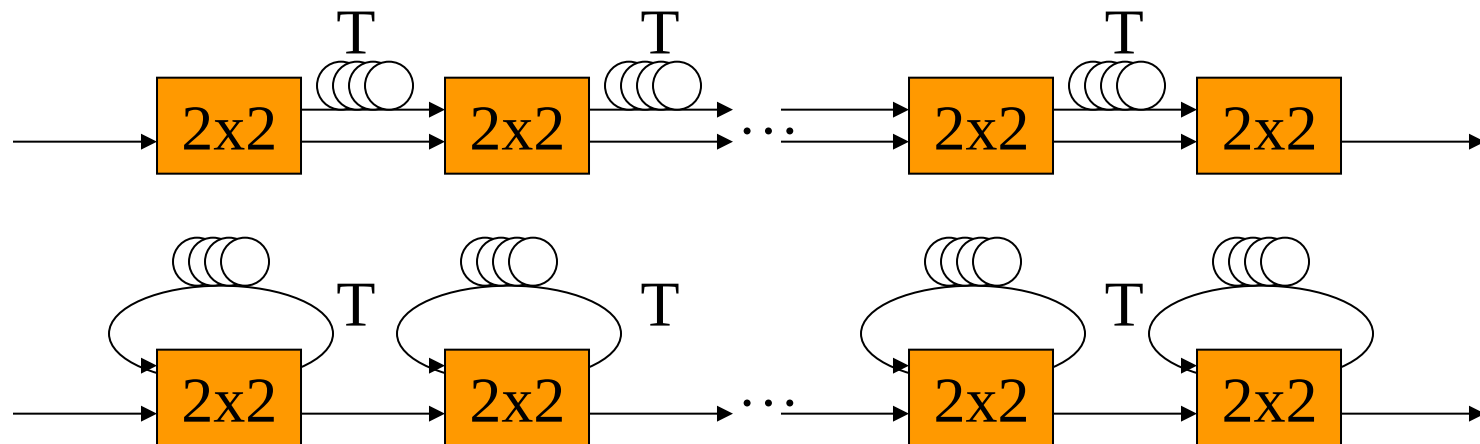
10^{18} **E** exa

10^{21} **Z** zetta

10^{24} **Y** yotta

9.4. Számoljunk!

- Mekkora késleltető szakaszok kellene, ha a pufferelendő időréseink $t_1 = 1 \mu\text{s}$ -osak és mennyi ha $t_2 = 1 \text{ ns}$ -osak? Tfh. $v = 2/3 \cdot c$. (vagy ehelyett tfh. törésmutató $n=1.5$).
- $v = s_1/t_1 \rightarrow s_1 = v \cdot t_1 = 2/3 \cdot 299\,792\,457.9 \text{ m/s} \cdot 10^{-6} \text{ s} = 199.861 \text{ m}$
- $v = s_2/t_2 \rightarrow s_2 = v \cdot t_2 = 2/3 \cdot 299\,792\,457.9 \text{ m/s} \cdot 10^{-9} \text{ s} = 19.986 \text{ cm}$



Optikai technológia

- Fényszálak és hullámhossz-sávok
- AWG: Arrayed Waveguide Grating
- Optikai erősítők, sávok

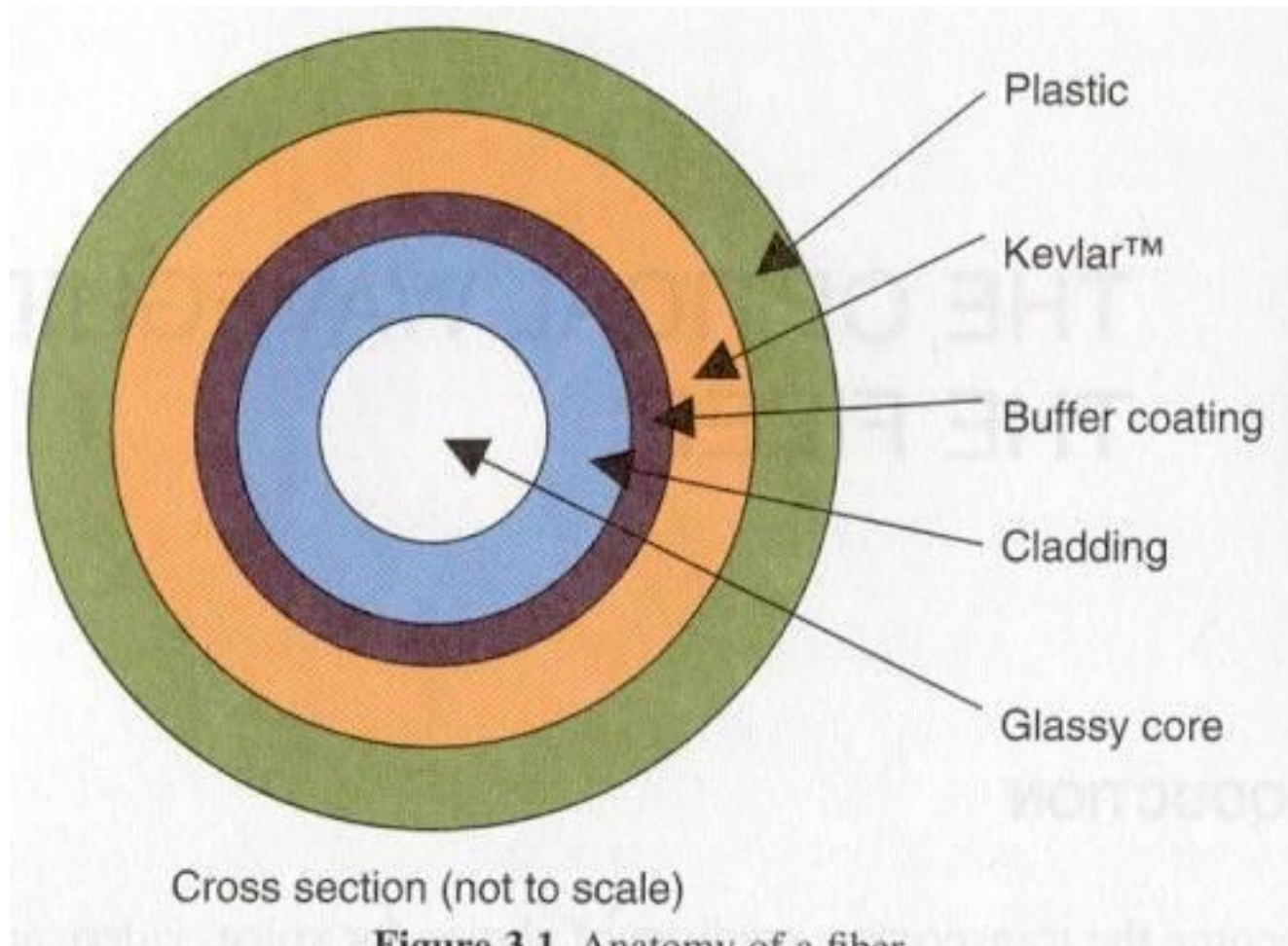


* Fizikai Nobel-Díj 2009 október 6

- <http://www.origo.hu/tudomany/20091006-fizikai-nobeldij-2009.html>
- **Charles K. Kao** 1966-ban tett olyan felfedezést, amely áttörést jelentett a száloptikával kapcsolatos kutatásokban. Kiszámította, hogy különösen tiszta üvegből készülő szálakon sok száz kilométerre is küldhetők fényimpulzusok, az akkori rekordot jelentő 20 méter helyett. A gyakorlati megvalósításra mindössze 4 évet kellett várni. Ma életünk már elképzelhetetlen optikai kábelek nélkül: a telefon- és az internetes adatforgalom zöme ezeken zajlik szerte a világban. Az összes kábel hossza körülbelül egymilliárd kilométer lehet, azaz mintegy 25 ezerszer érnék körül az Egyenlítőt.
- Kao és Hockham kijelentették, hogy az optikai szálak kommunikációban való alkalmazásának a csillapítás 20 dB/km alá csökkentése a feltétele. A 20 dB/km azt jelenti, hogy a szál egy kilométerén a jel energiájának 99 százaléka nyelődik el. A mai szálak vesztesége egy kilométeren 0,2 - 0,3 decibel, ez 5-7 százalékos energiaveszteséget jelent. Ennek köszönhetően egy kábelszakasz erősítés nélküli 100 km hosszú is lehet.



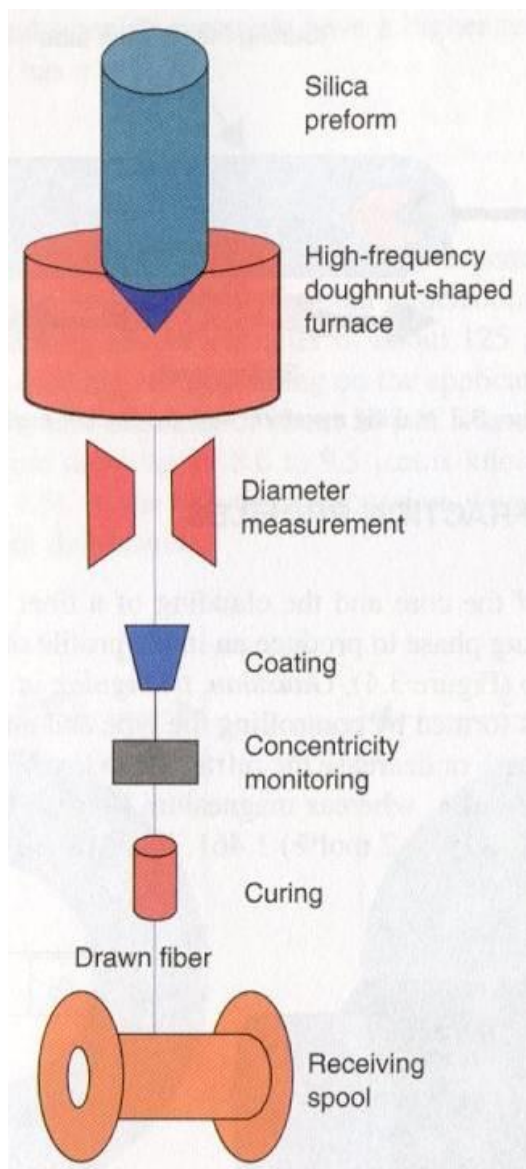
Fényszál keresztmetszet



Forrás: Shivkumar Kalyanaraman

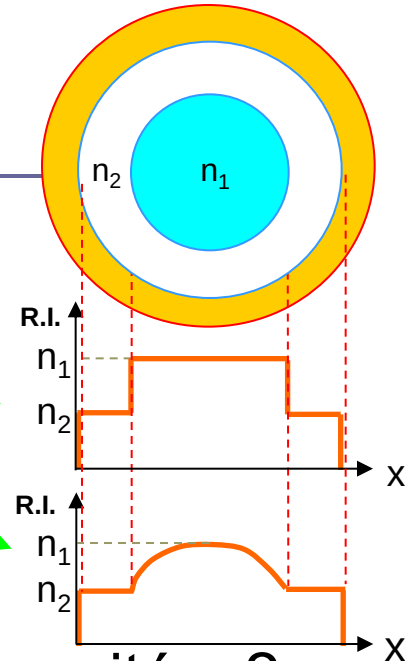
Fényszál gyártása

9.5. Mekkora egy kábel kapacitása?



Adalékolják

- (Step Index)
- Graded Index



5. Mekkora egy kábel kapacitása?

- Kábelvezetékben lehet több kábel
- Kábelenként 1000 fényszálig
- Fényszálanként 160λ
- λ -ánként 2.5 Gbps vagy 10 Gbps

Megoldás:

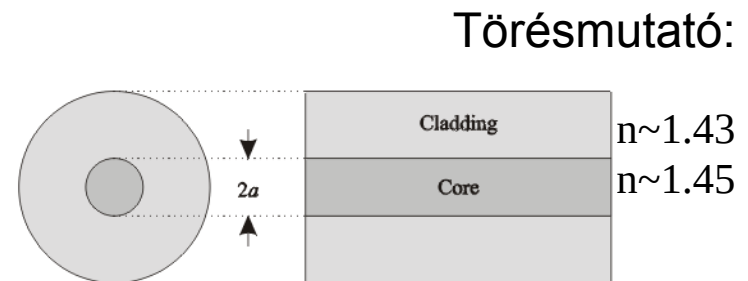
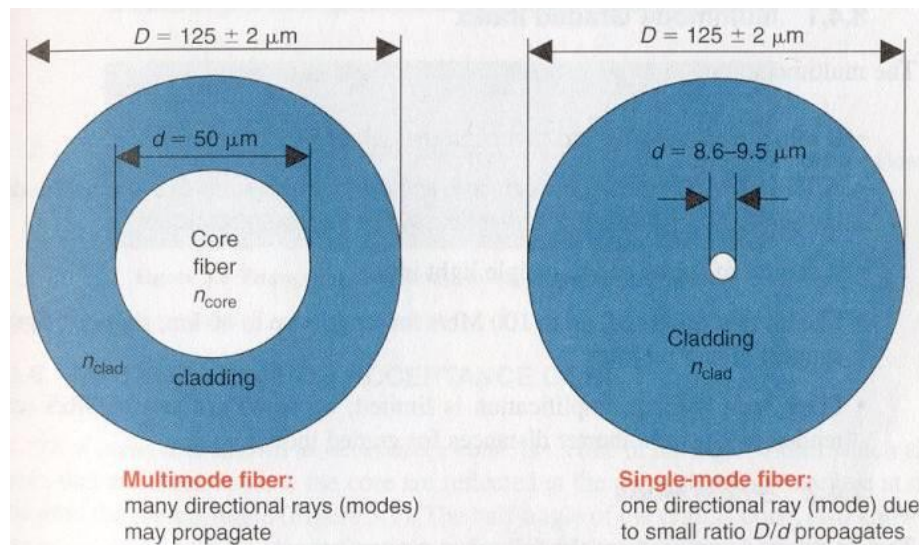
- Ekkor a kábelkapacitás:

$$1000 \cdot 160 \cdot 10 \text{ Gbit/s} = 1.6 \cdot 10^{15} \text{ bit/s} = 1.6 \text{ Pbit/s}$$

Ami pl. 42 553 DVD másodpercenként!

Egymódusú és többmódusú Üvegszál (Fényszál)

- ❑ Single-Mode Fiber (SMF) (8 to 10 μm mag)
 - Drágább de jobb
 - Egy terjedési módus
 - Nagyobb teljesítménysűrűség!
- ❑ Multimode Fiber (MMF) (50 to 85 μm mag) **(Maxwell egyenletek!)**
- ❑ SiO_2 alapú (vagy műanyag)
- ❑ 3 alacsony csillapítású sáv („ablak”): 0.8, 1.3 , 1.55 μm



Forrás:
Shivkumar Kalyanaraman

Csillapítási spektrum

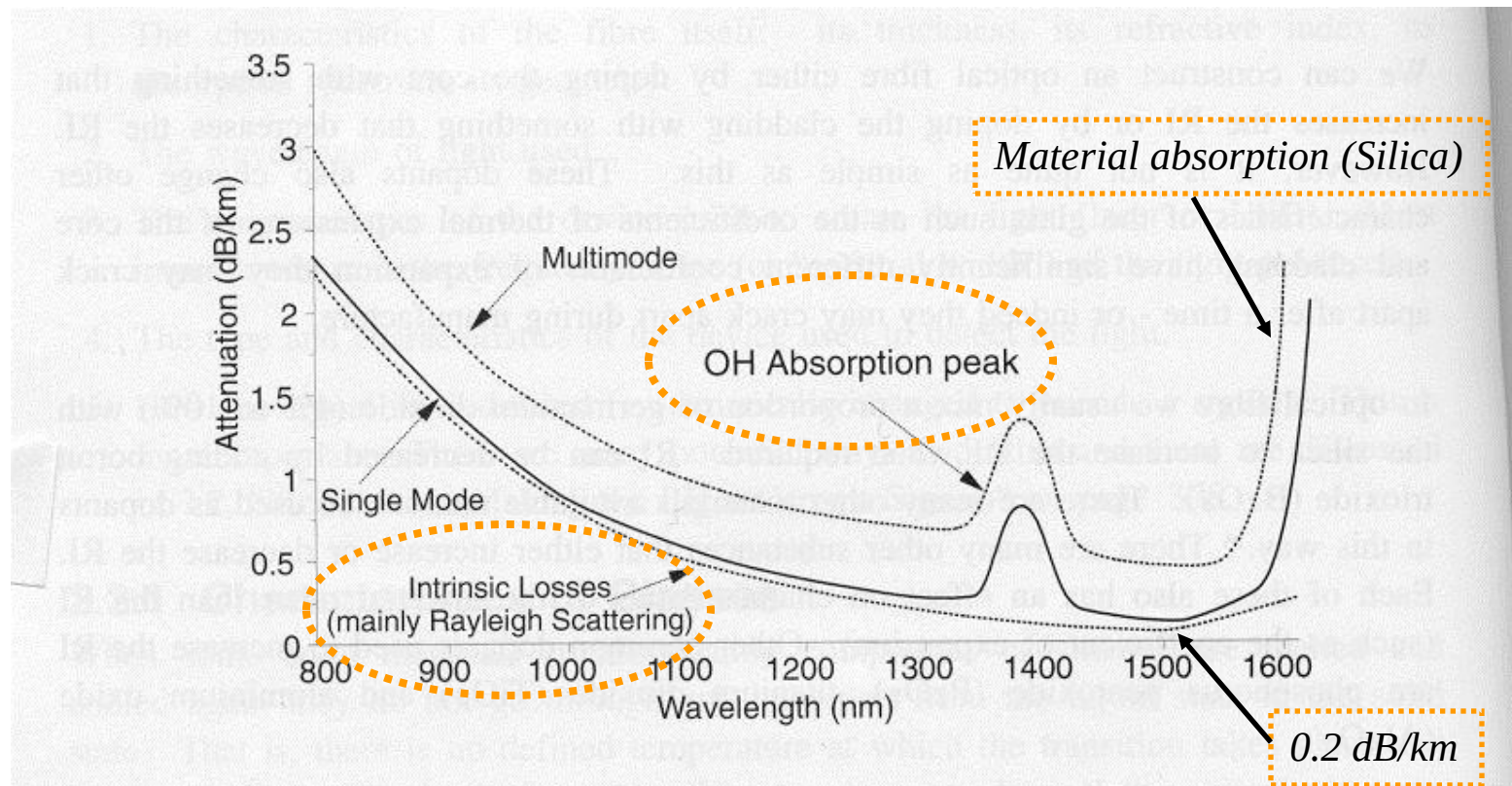
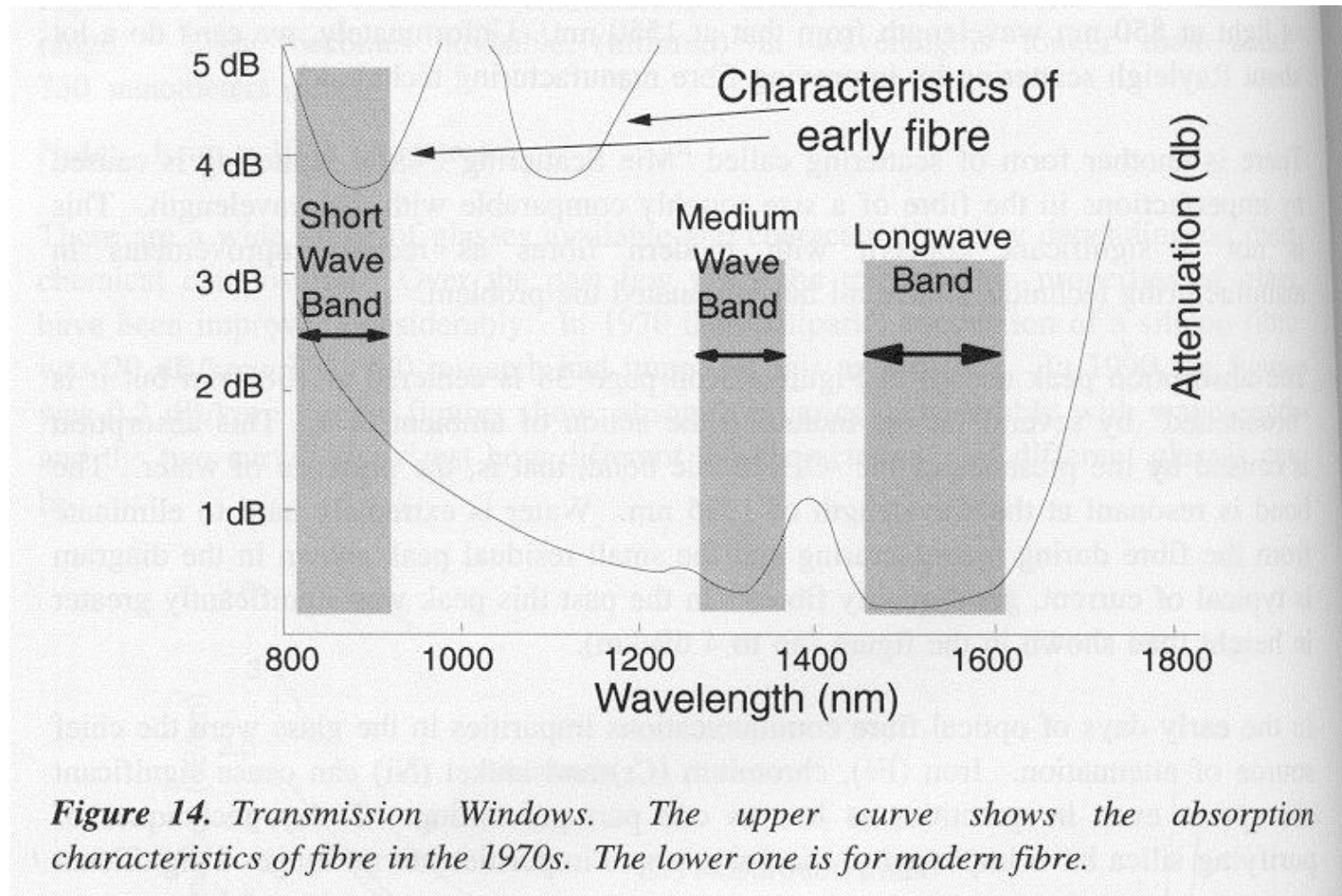


Figure 13. Typical Fibre Infrared Absorption Spectrum. The lower curve shows the characteristics of a single-mode fibre made from a glass containing about 4% of germanium dioxide (GeO_2) dopant in the core. The upper curve is for modern graded index multimode fibre. Attenuation in multimode fibre is higher than in single-mode because higher levels of dopant are used. The peak at around 1400 nm is due to the effects of traces of water in the glass.

Forrás: Shivkumar Kalyanaraman

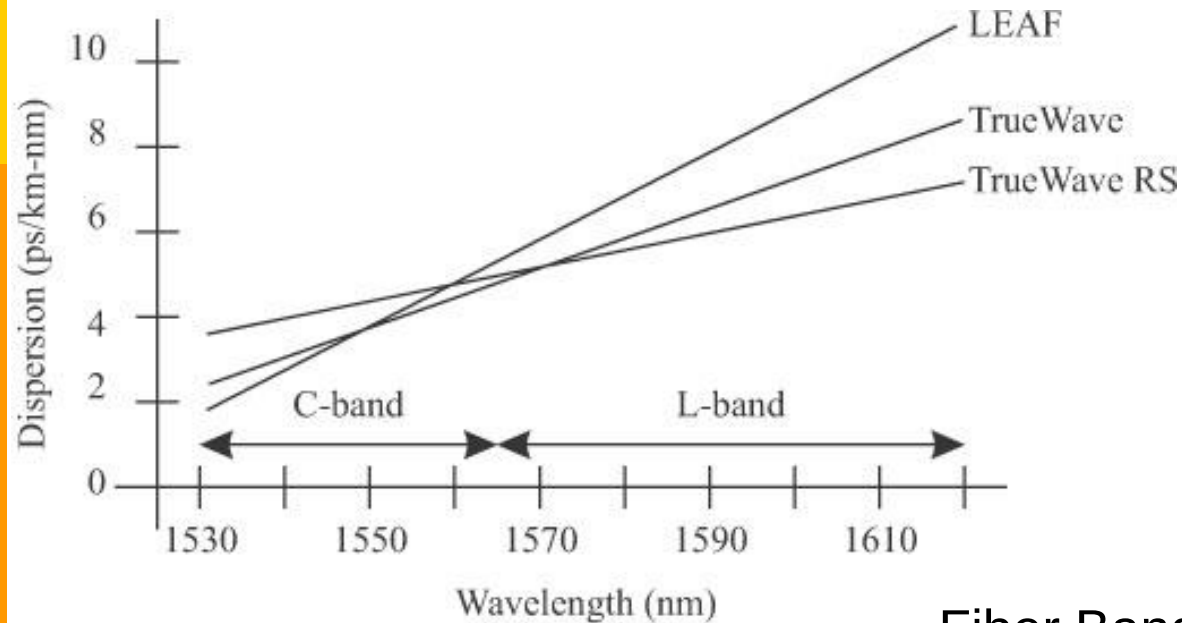
Fényszál: Csillapítási „ablakok”



Some fibers eliminate absorption peaks due to watervapor in the 1400nm area!

Forrás: Shivkumar Kalyanaraman

* λ -sávok



Fiber Bands:

O-band: (Original) 1260-1360nm

E-band: (Extended) 1360-1460nm

S-band: (Short) 1460-1530nm

C-band: (Conventional): 1530-1565nm

L-band: (Long) 1565-1625nm

U-band: (Ultra-long): 1625-1675nm

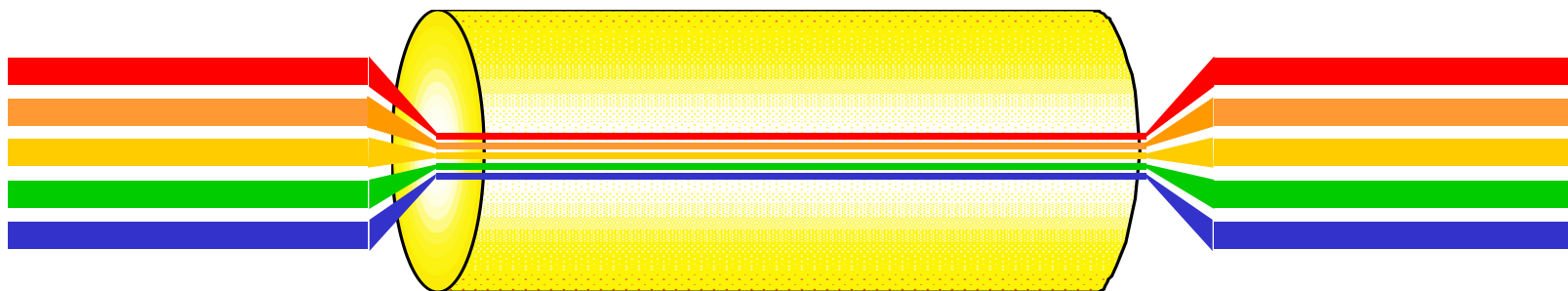
Forrás: Shivkumar Kalyanaraman

*ITU-T hullámsávok

- 1260 — 1360 nm: O-band (original)
 - 1360 — 1460 nm: E-band (extended)
 - 1460 — 1530 nm: S-band (short wavelength)
 - 1530 — 1565 nm: C-band (conventional)
 - 1565 — 1625 nm: L-band (long wavelength)
 - 1625 — 1675 nm: U-band (ultra-long wavelength)
-
- WWDM (Wide WDM) > 50 nm
 - $1000 \text{ GHz} < \text{CWDM (Coarse WDM)} < 50 \text{ nm}$
 - DWDM (Dense WDM) $< 1000 \text{ GHz}$

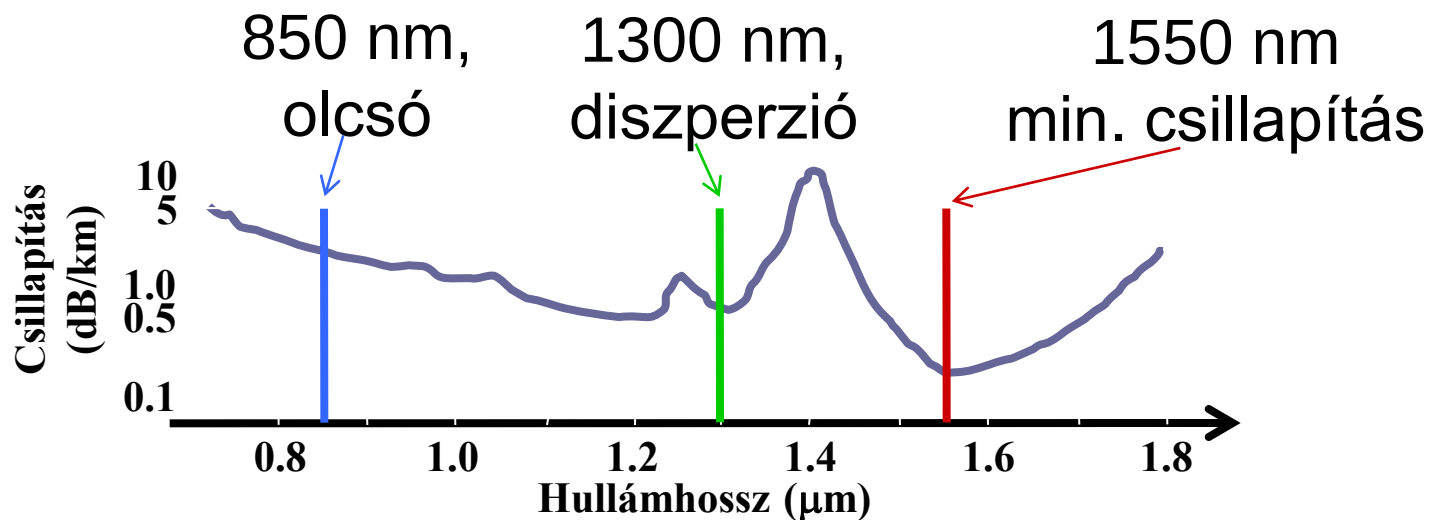
WDM alapelvek

Egy fényszál → több λ (hullámhossz)



Forrás: VPI Virtual Photonics

Milyen hullámhosszakon?



ITU-T, frekvencia rács 2002 május

G.694.1 “Spectral grids for WDM applications: DWDM **frequency** grid” (frekvenciában egyenletes a rács)

G.694.2 “Spectral grids for WDM applications: CWDM **wavelength** grid” (hullámhosszban egyenletes a rács)

□ DWDM:

$$\text{mert } \lambda_2 - \lambda_1 = c \cdot (\nu_1 - \nu_2) / \nu_1 \nu_2$$

- 193.10 THz (1552.52 nm) körül
 - 191.7 THz — 196.1 THz (1563.86 nm — 1528.77 nm)
 - 186 THz — 201 THz (1611,78 — 1491,50 nm)
 - ~150 csatorna, 100 GHz-enként
- 100 GHz-enként
 - (200, 100) 50, 25 (12.5) GHz-enként is lehet
 - ~ 40, 80, 160 csatorna

□ CWDM

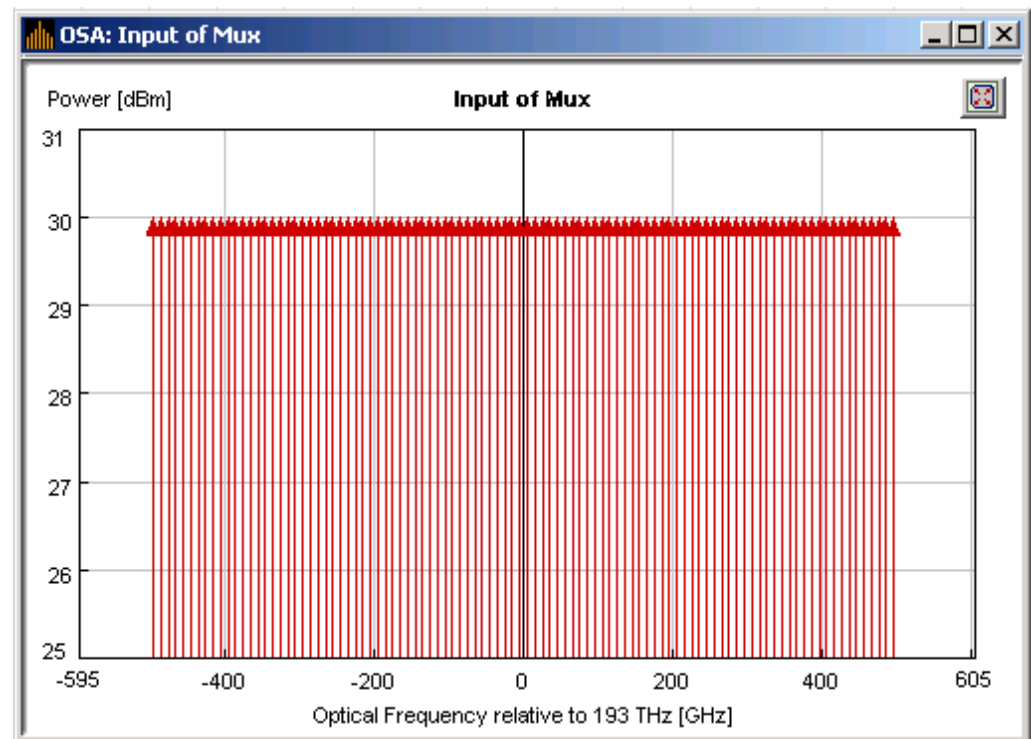
- Nagyobb a sáv a csatornák között (~20 nm)
- Ezért kevésbé pontos, szélesebb spektrumú
- Ezáltal olcsóbb eszközök
- Nagyobb bitsebességeken



Heinrich R. Hertz 31

Frekvencia tartomány

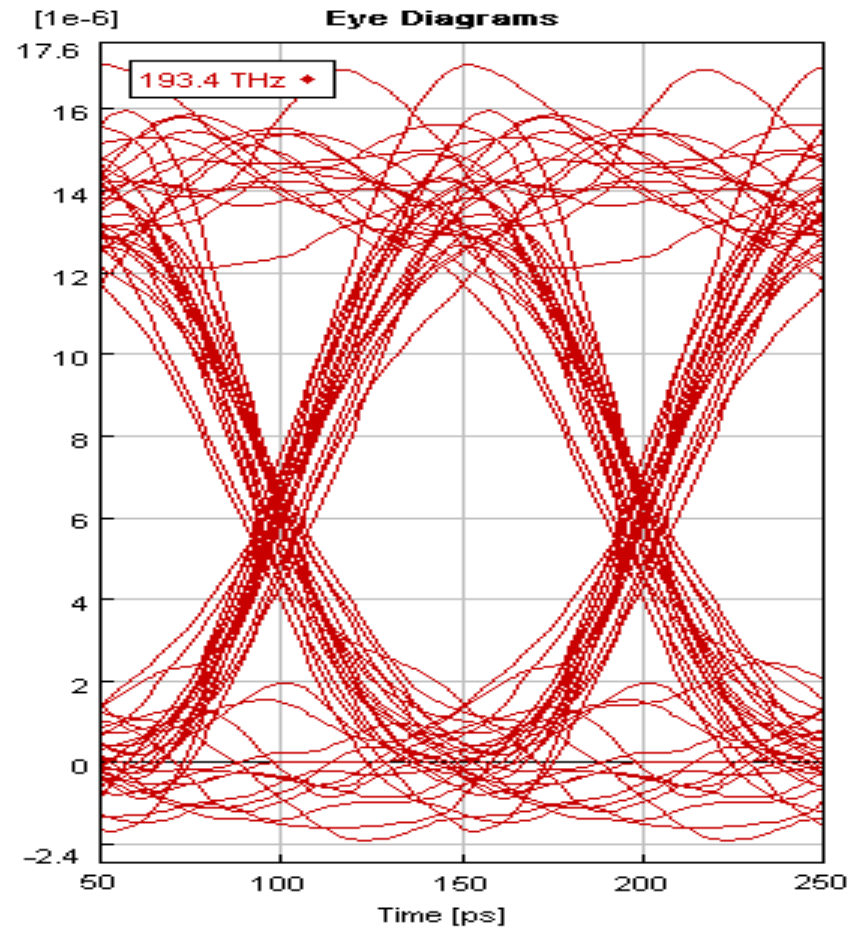
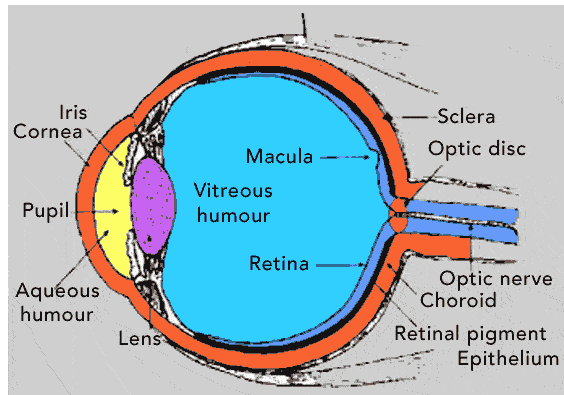
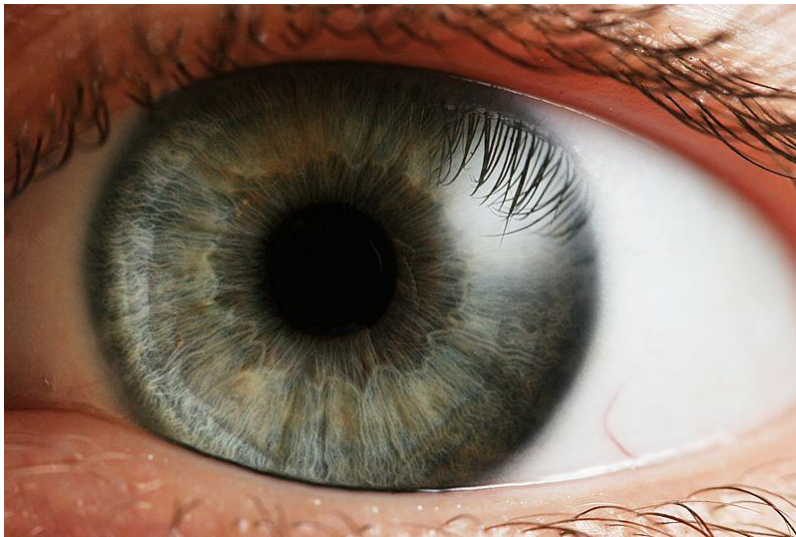
- 100 csatornás DWDM rendszer „fésűje”
- 10^9 Hz (10 GHz) csatorna-„réselessel”
- 193 THz frekvencia körül ($c=\lambda \cdot \nu$) $\rightarrow \lambda=1.553 \mu\text{m}$



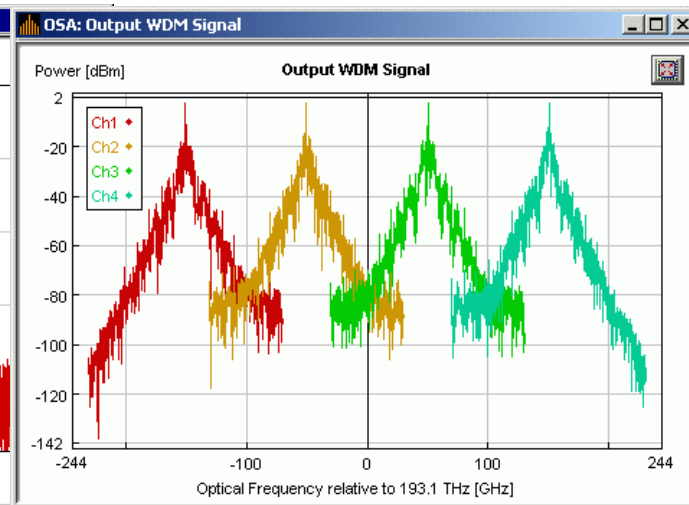
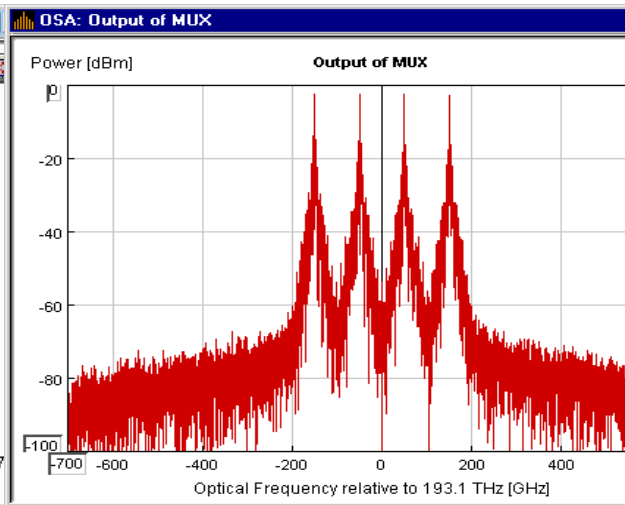
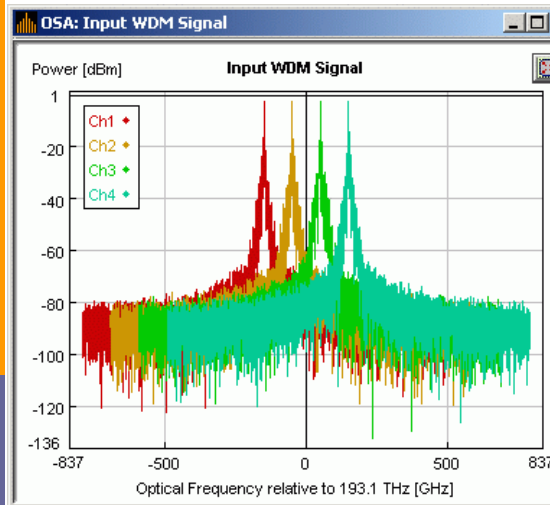
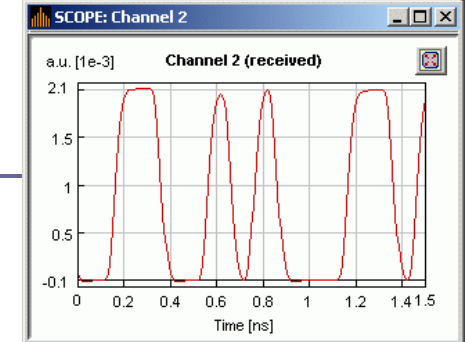
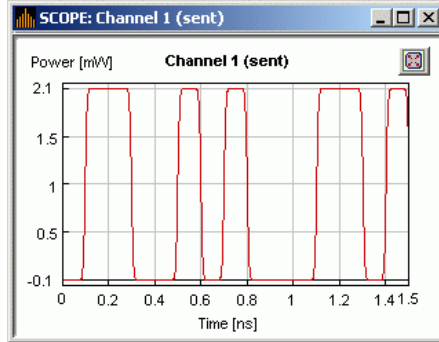
Forrás: VPI Virtual Photonics Teaching Material

Időtartomány

□ Szemábra (Eye Diagram)



MUX/DEMUX



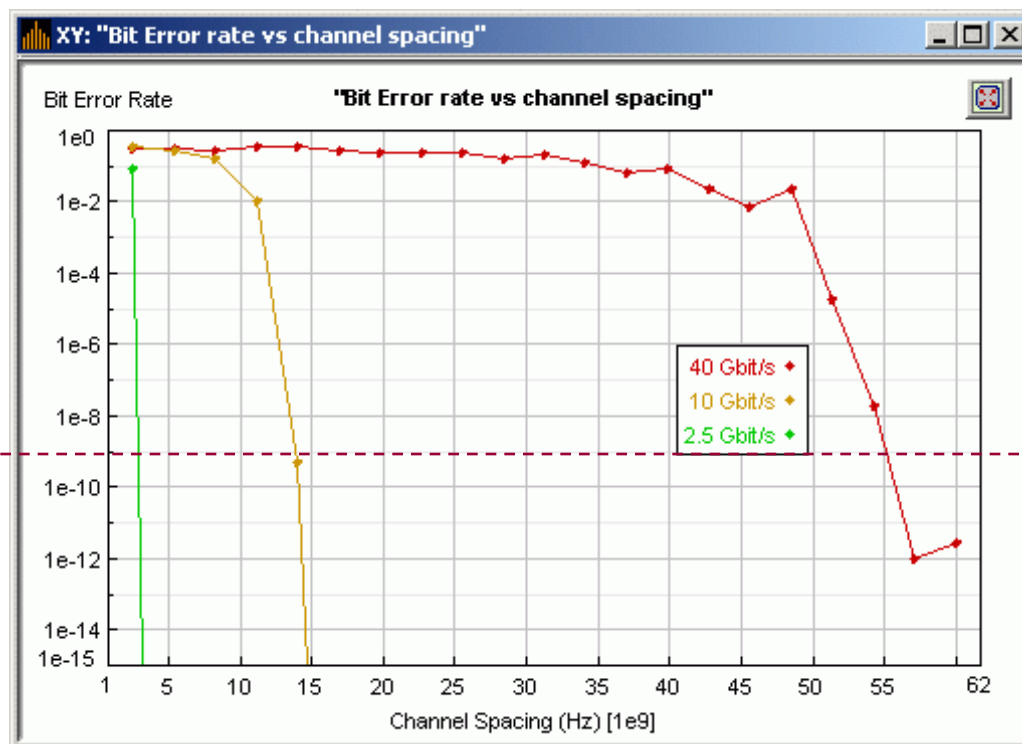
Forrás: VPI Virtual Photonics Teaching Material

- 4λ CWDM vagy DWDM rendszer
- Nyalábolás-Bontás (Multiplexing-Demultiplexing)
- Frekvencia és időtartományban

9.6. BER $\leftrightarrow$ Gbit/s $\leftrightarrow$ λ -rés összefüggése

- Ha 10^{-9} BER (bithibaarány) alatt szeretnénk maradni
 - Milyen bitsebességre?
 - Mekkora frekvenciakülönbség (csatorna-rés) legyen szomszédos csatornák között?

Áthidalandó távolság és a fényszálban használt sáv szélesség is kihat!

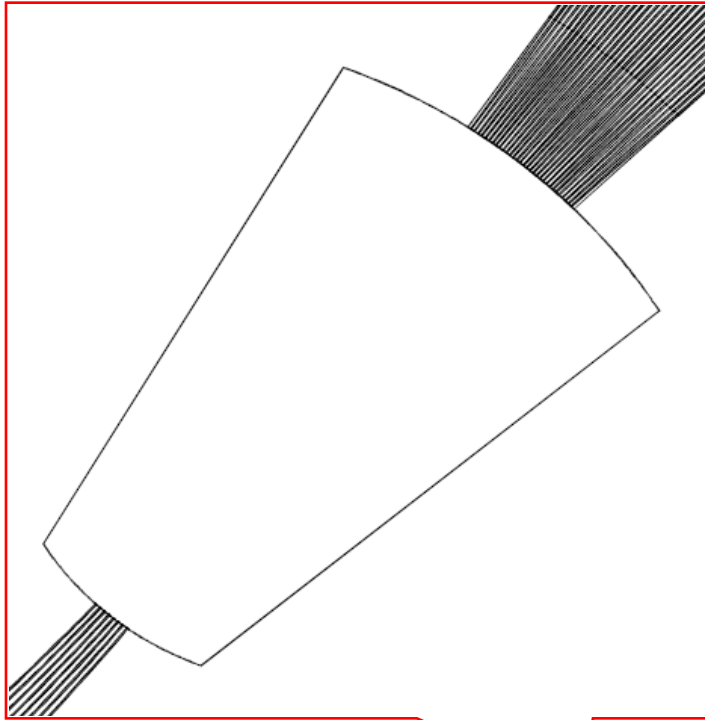


Optikai technológia

- Fényszálak és hullámhossz-sávok
- AWG: Arrayed Waveguide Grating
- Optikai erősítők, sávok

AWG: Arrayed Waveguide Grating

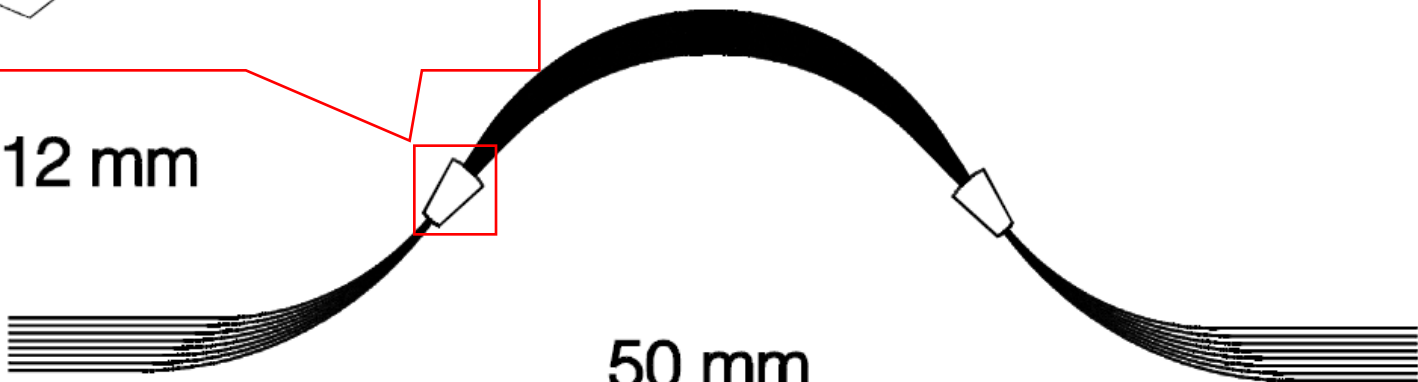
- Tömbös hullámvezető rács



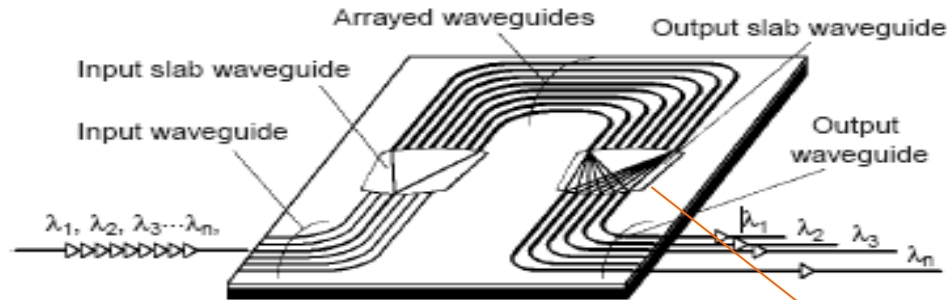
- Működési elv magyarázata:
www.c2v.nl/products/software/support/files/A1998003B.pdf

12 mm

50 mm

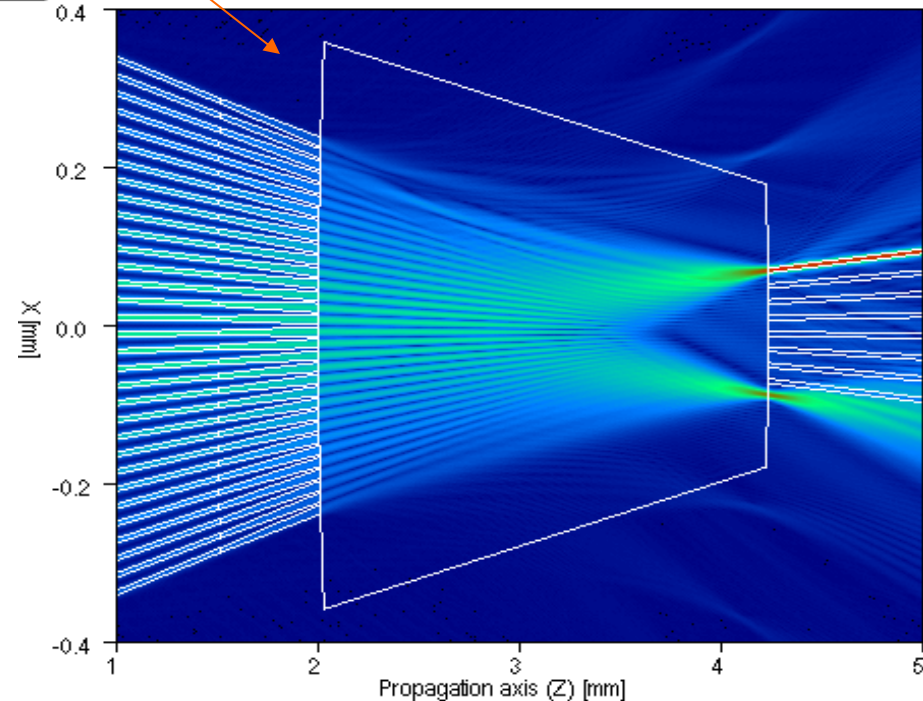


Arrayed waveguide grating



□ AWG

- Great scalability
- Low losses
- Non reconfigurable
 - It requires wavelength conversion

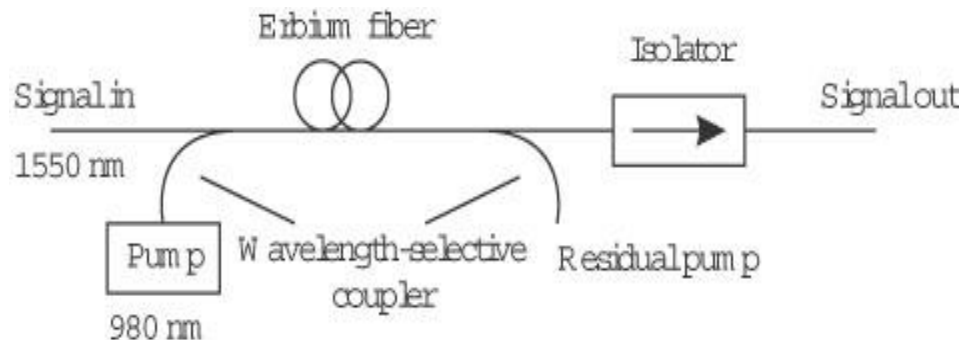


Source: Robotiker, Andrea Bianco Redondo
Networks 2008, Budapest

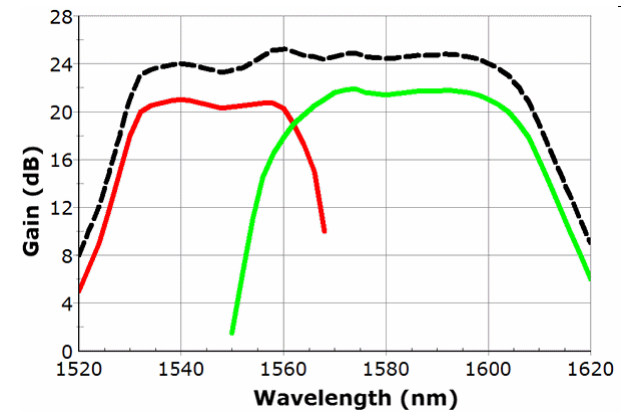
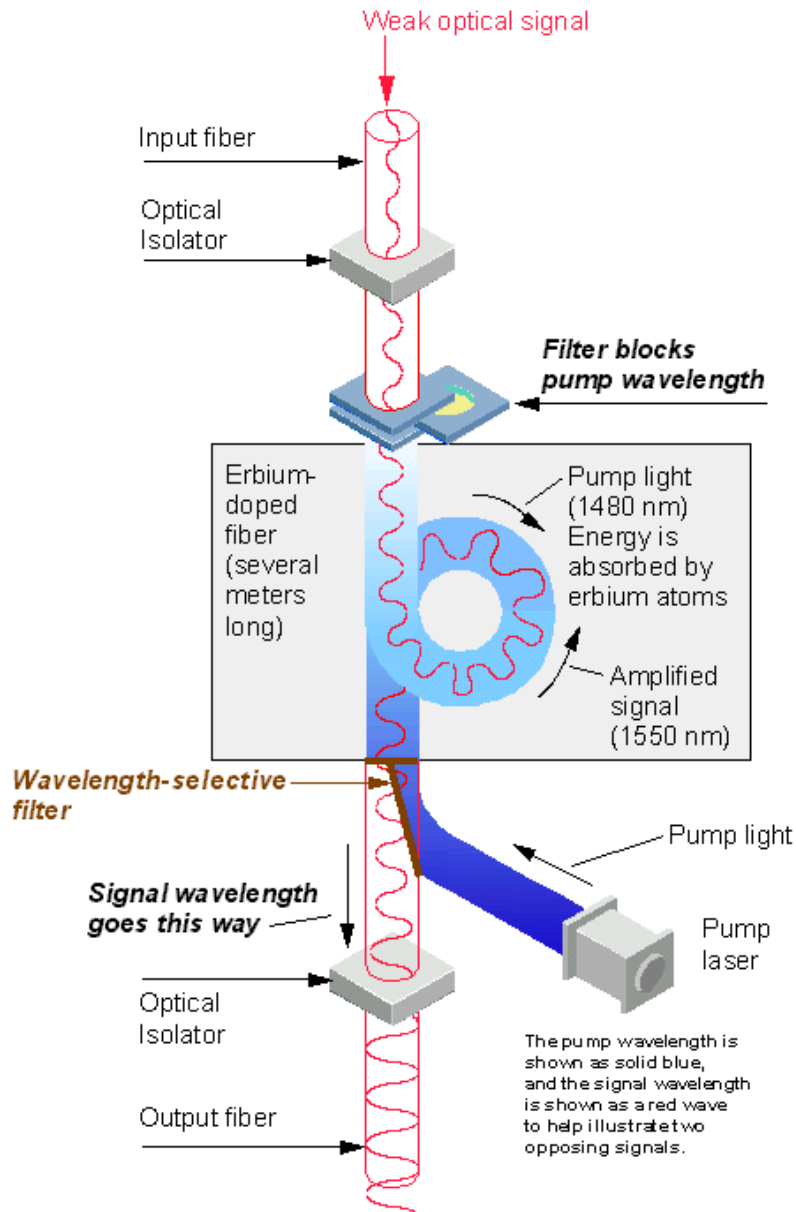
C2V animation

Optikai erősítés és jelfrissítés

- 3R: Re-Amplification, Re-Shaping, Re-Timing
 - tisztán optikai úton?
- SOA: Semiconductor Optical Amplifier
- EDFA: Erbium Doped Fiber Amplifier (Er^{3+} és egyéb ritkaföld elemek)
- Raman Amplifier
- Erbium-Doped Waveguide Amplifier



EDFA és tsai



http://www.mrfiber.com/images/Wideband_EDFA-big.gif

<http://www.fibotec.com/fileadmin/layouts/Bilder/edfa.jpg>



http://img.zdnet.com/techDirectory/_EDFA.GIF

<http://www.egfiberoptics.dk/UserUploadImages/EDFA.jpg>

Kik/Mik a kábelek legnagyobb ellenségei?



Meghibásodás-gyakoriságok okok szerint

30359 km hosszú optikai kábelhálózat meghibásodási statisztikái a 2000-es évre:

**Szolgáltatás
kiesést
okozó
meghibásodások**

OK	Meghibásodások s	Percentage of failures
Harmadik fél	19	61%
Rágcsáló	6	29%
Rongálás	3	10%
anyag öregedése	1	3%
Természeti csapás	1	3%
létesítési hiba	1	3%
Teljes	31	Source: Sirti

IP router meghibásodás:

útvonalválasztó processzor, vonali kártya:

70.000 - 150.000 óra MTBF

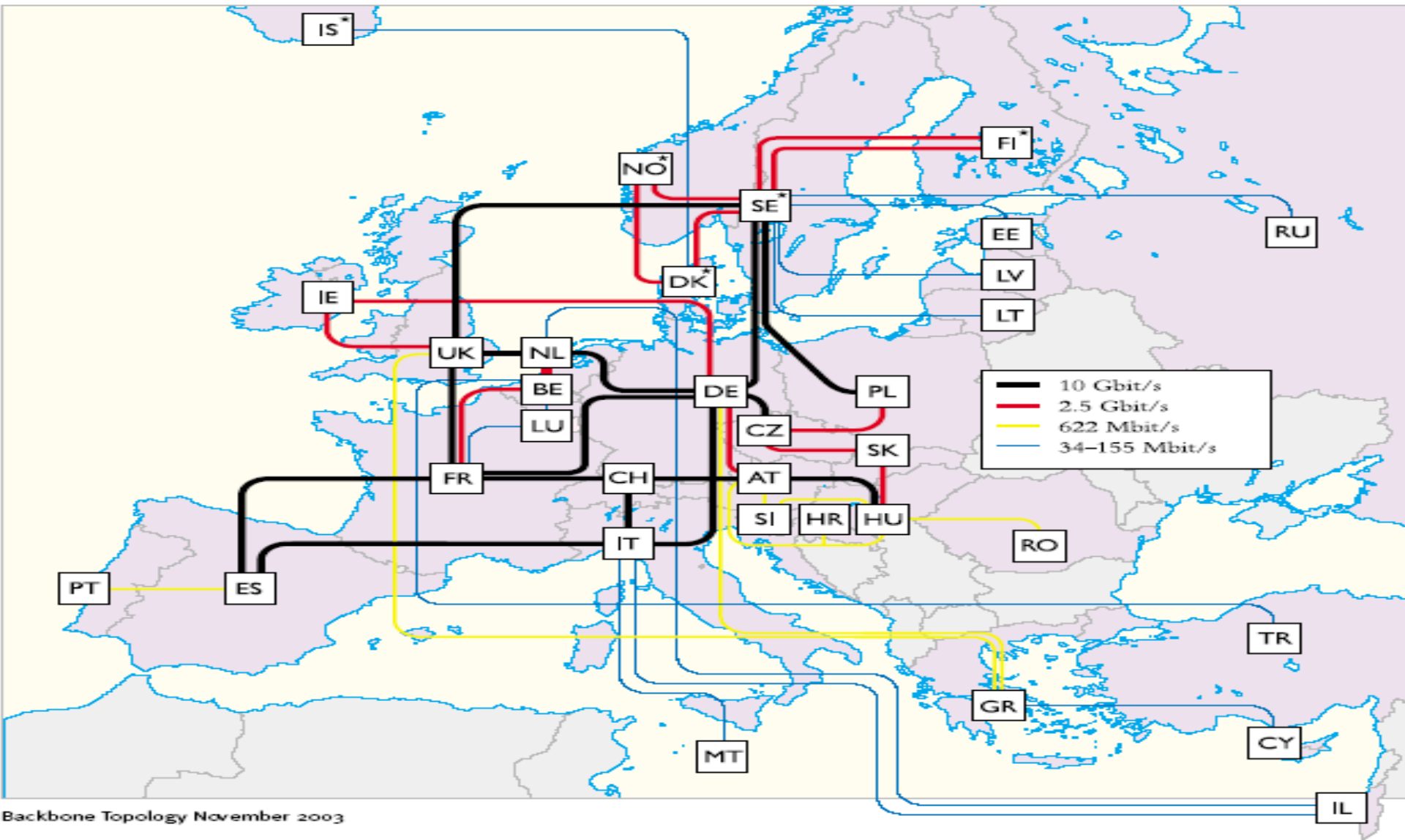
szoftver : 10.000 – 100.000 óra MTBF (~1-10 év)

1 év kb 10.000 óra

[C.Johnson et.al., IEEE Communications Magazine, July 2004]

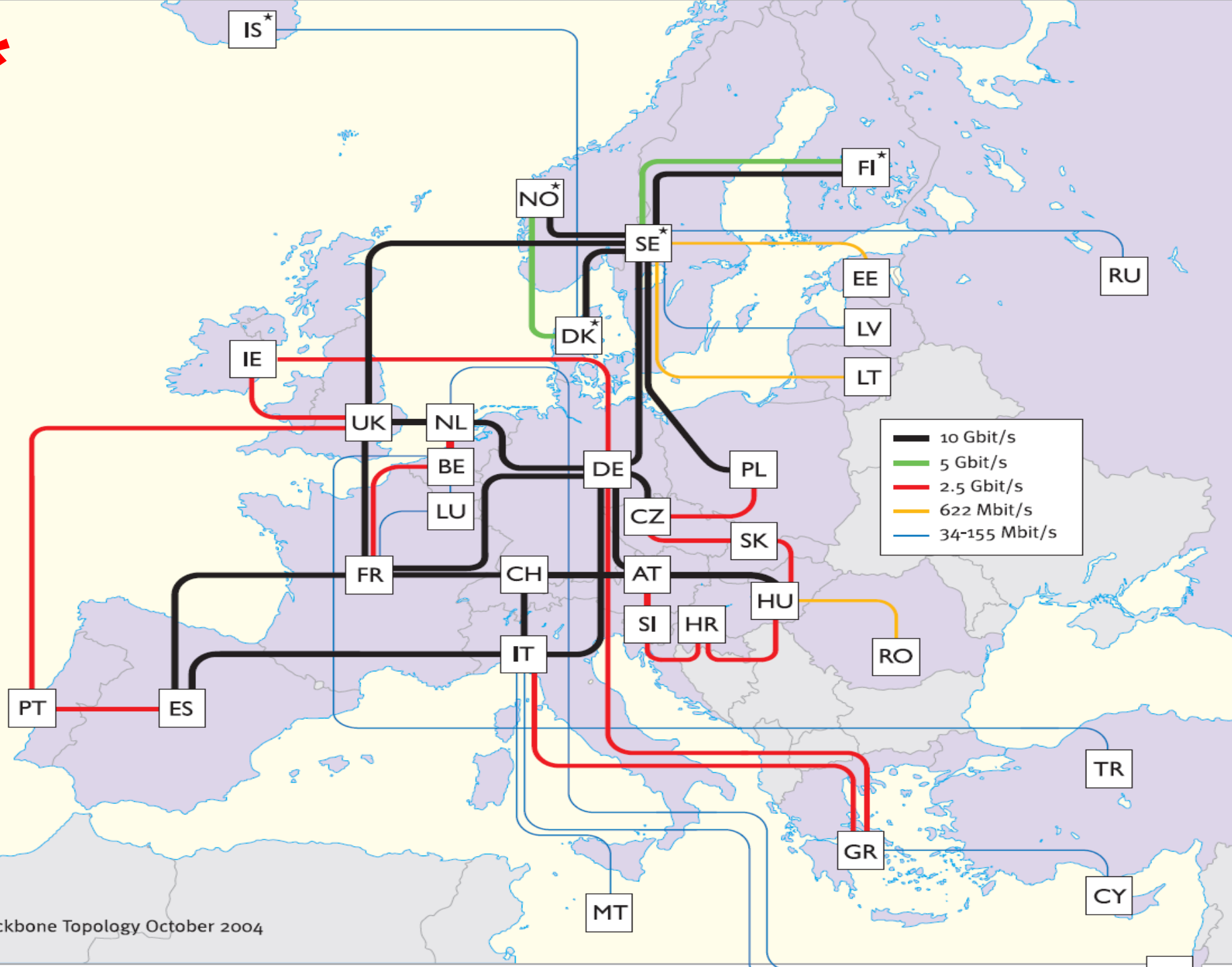
MTBF: Mean Time Between Failures: Meghibásodások közt eltelt átlag idő

* Geant European network



AT	Austria	CZ	Czech Republic	ES	Spain	HR	Croatia	IS	Iceland*	LV	Latvia	PL	Poland	SE	Sweden*
BE	Belgium	DE	Germany	FI	Finland*	HU	Hungary	IT	Italy	MT	Malta	PT	Portugal	SI	Slovenia
CH	Switzerland	DK	Denmark*	FR	France	IE	Ireland	LT	Lithuania	NL	Netherlands	RO	Romania	SK	Slovakia
CY	Cyprus	EE	Estonia	GR	Greece	IL	Israel	LU	Luxembourg	NO	Norway*	RU	Russia	TR	Turkey
														UK	United Kingdom

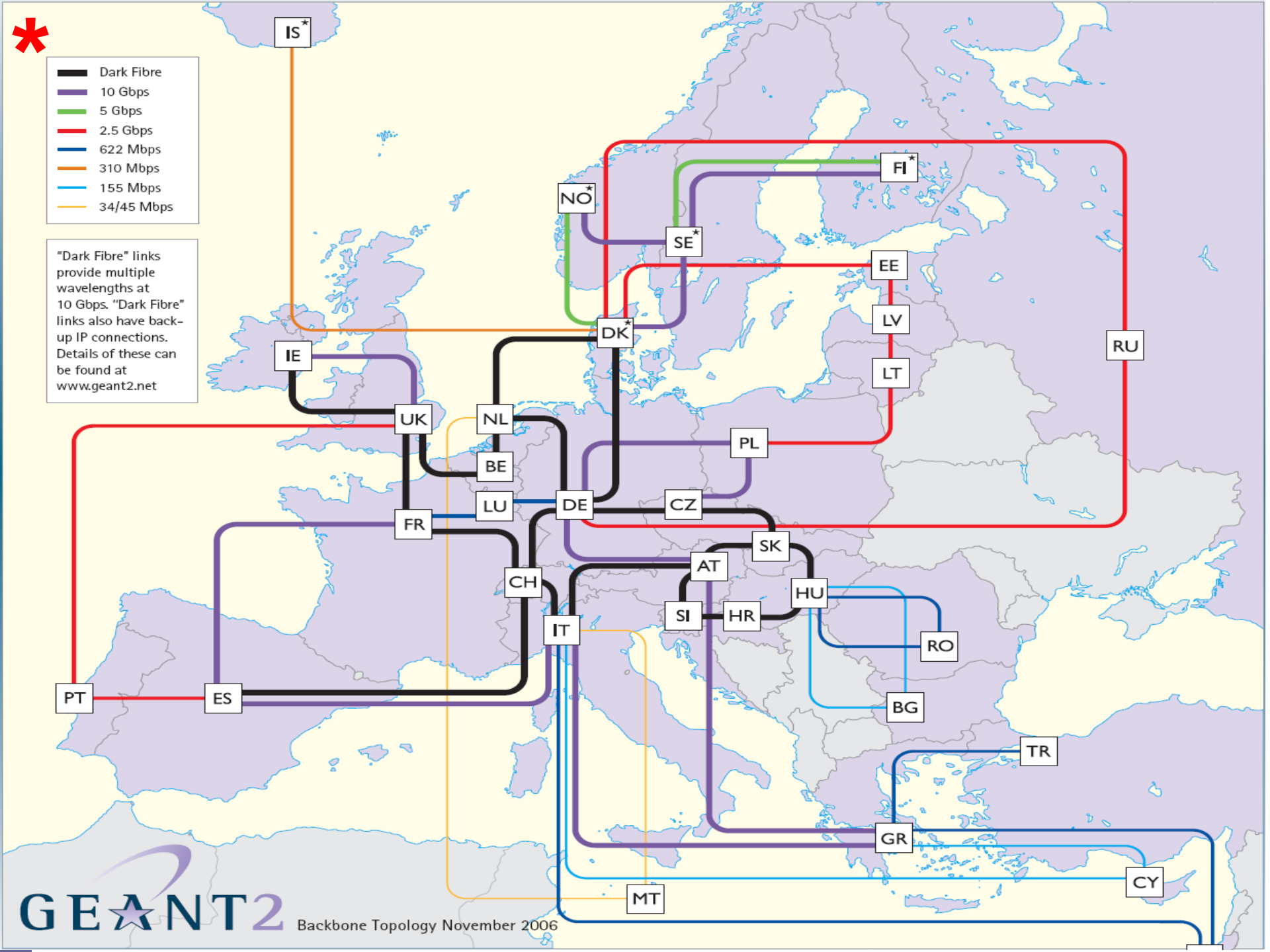
*Connections between these countries are part of NORDUnet (the Nordic regional network)





- Dark Fibre
- 10 Gbps
- 5 Gbps
- 2.5 Gbps
- 622 Mbps
- 310 Mbps
- 155 Mbps
- 34/45 Mbps

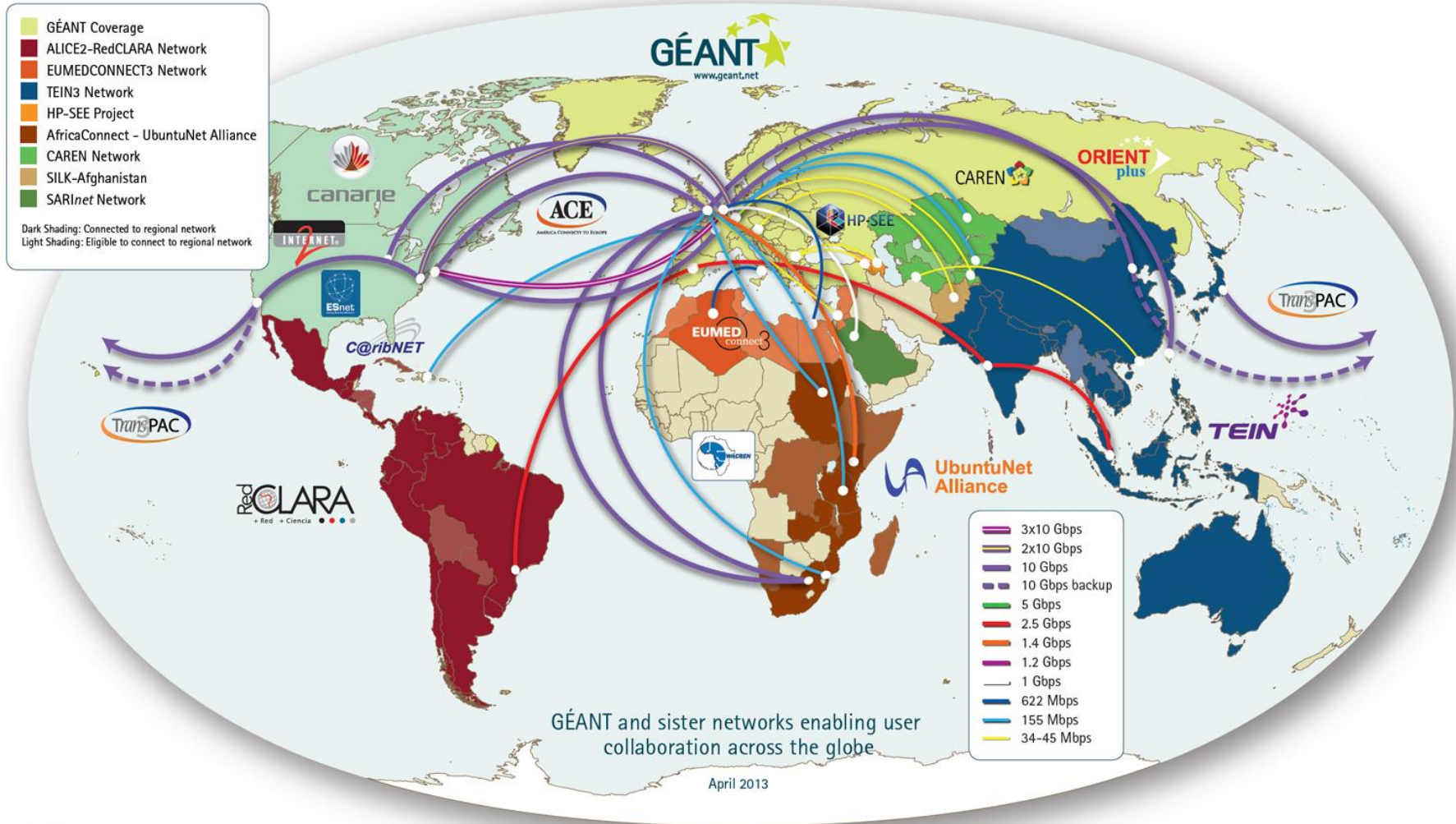
"Dark Fibre" links provide multiple wavelengths at 10 Gbps. "Dark Fibre" links also have back-up IP connections. Details of these can be found at www.geant2.net



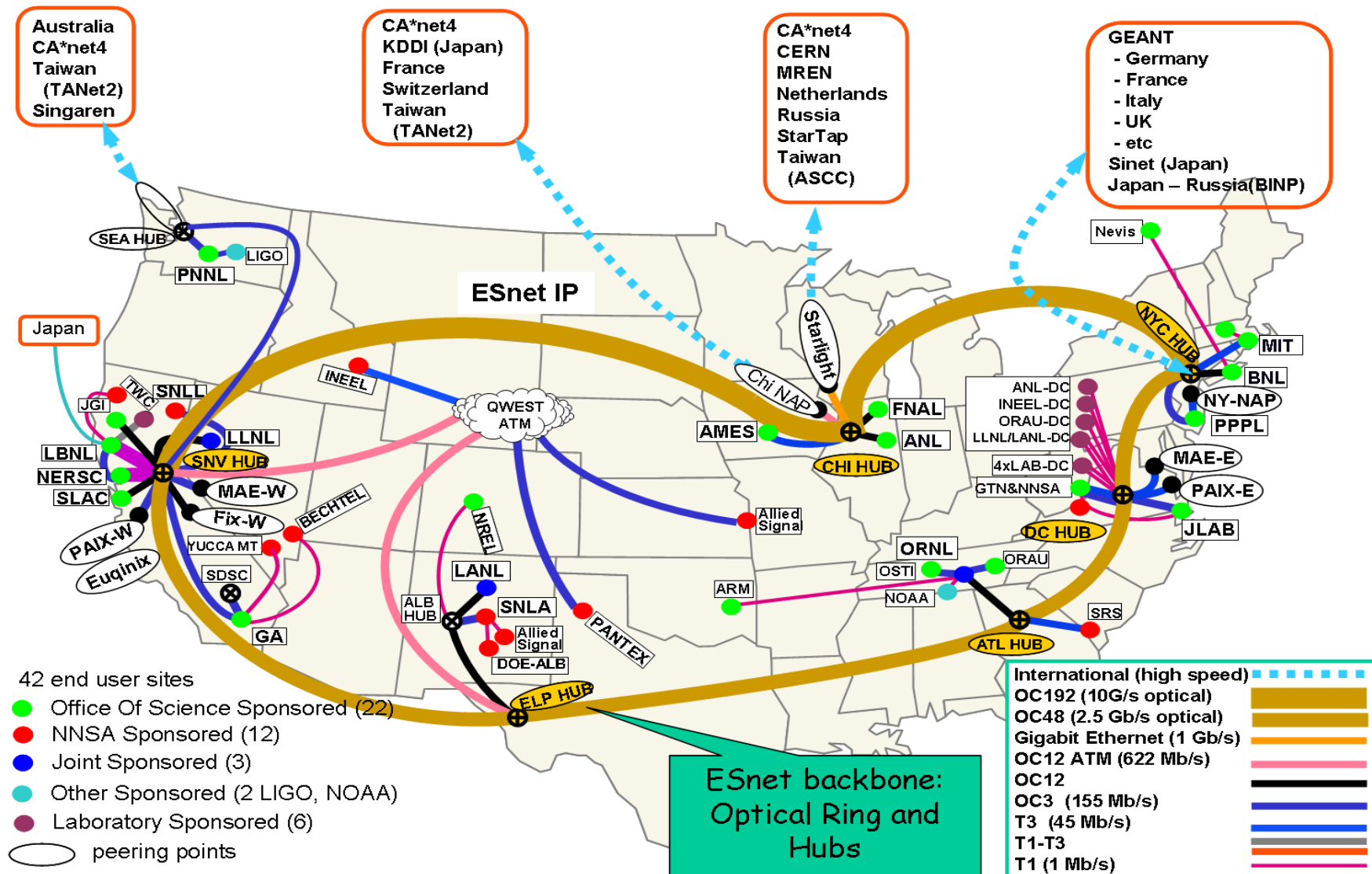
me.hu 47



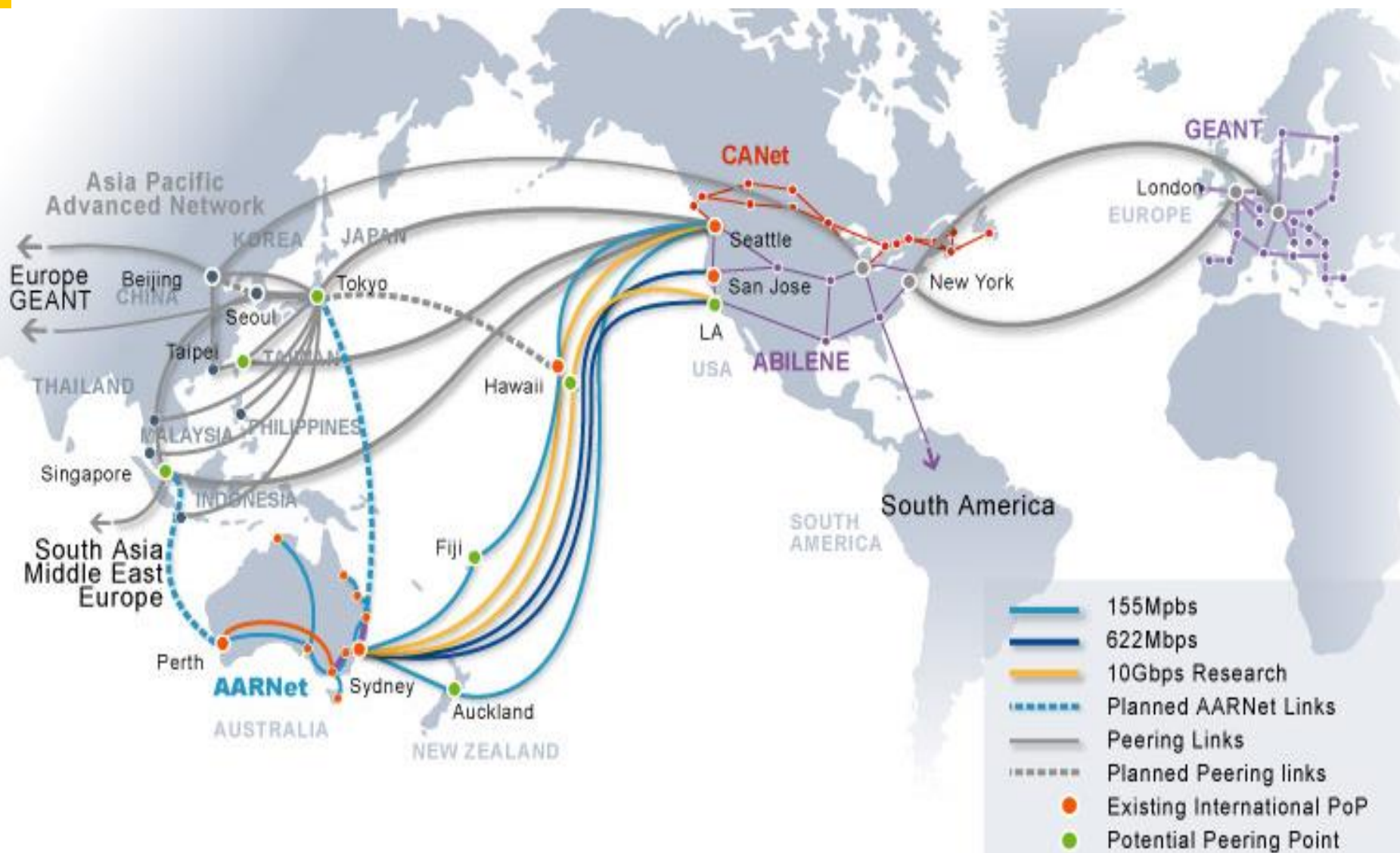
GÉANT At the Heart of Global Research Networking



* ESnet (2003)

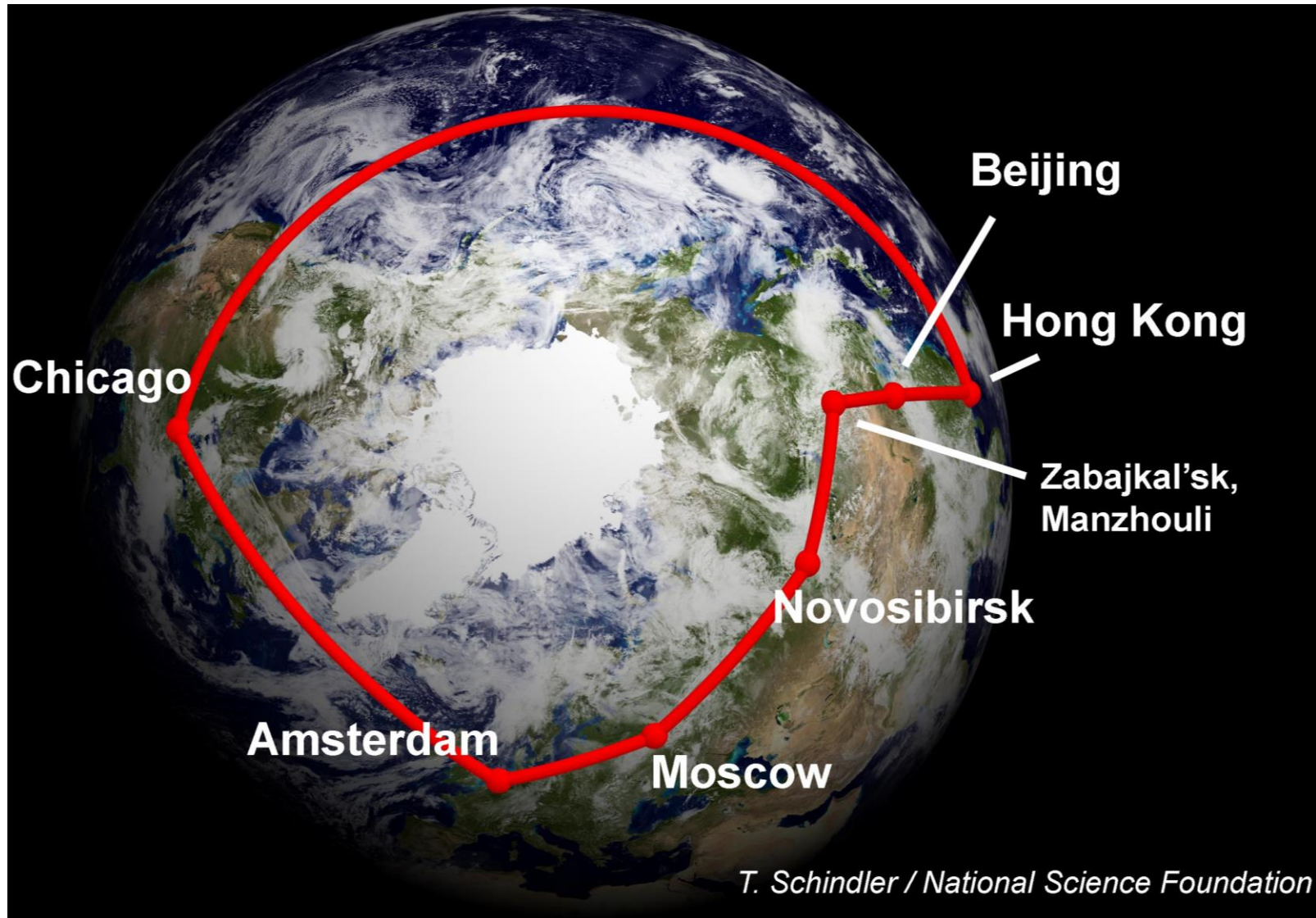


*** AArnet (Australia 2004) összeköttetései +
SXTransPORT (Trans Pacific Optical Research Testbed)**



* GLORIAD: Global Optical Ring

(USA-Európa-Oroszország-Kína, 10 Gb/s)



* Amerikák tengeri fénykábel rendszerei

- Americas 1
- Americas II
- South American Crossing
- Columbus II
- Columbus III
- Emergia (Telefonica)
- ARCOS
- Maya-1
- 360 Americas

Forrás:

H.B.Newman, GNEW2004

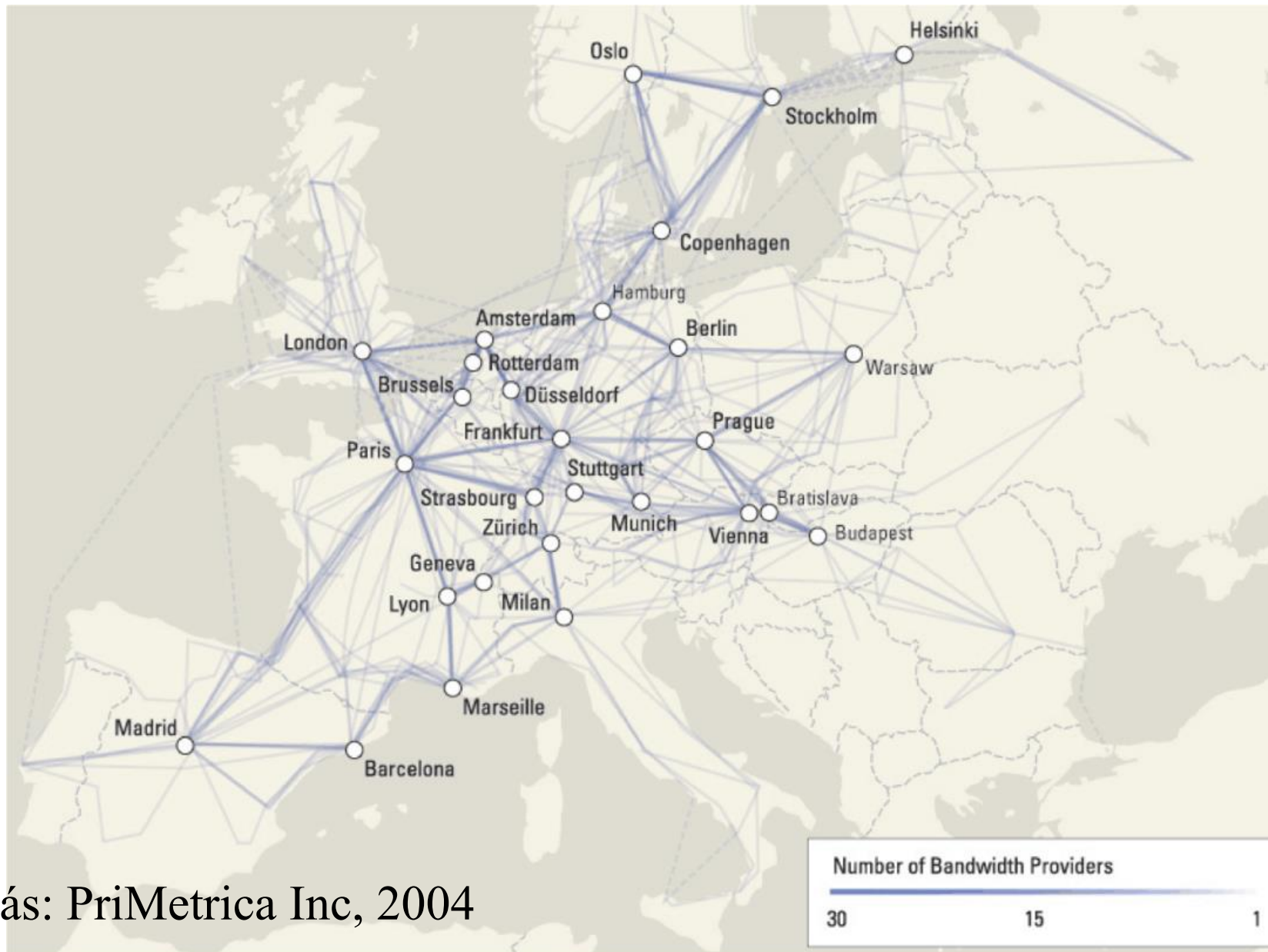


* tengeralatti kábelek térképe

<http://submarine-cable-map-2013.telegeography.com/>

<http://submarine-cable-map-2014.telegeography.com/>

* Pan-European Networks



Forrás: PriMetrica Inc, 2004

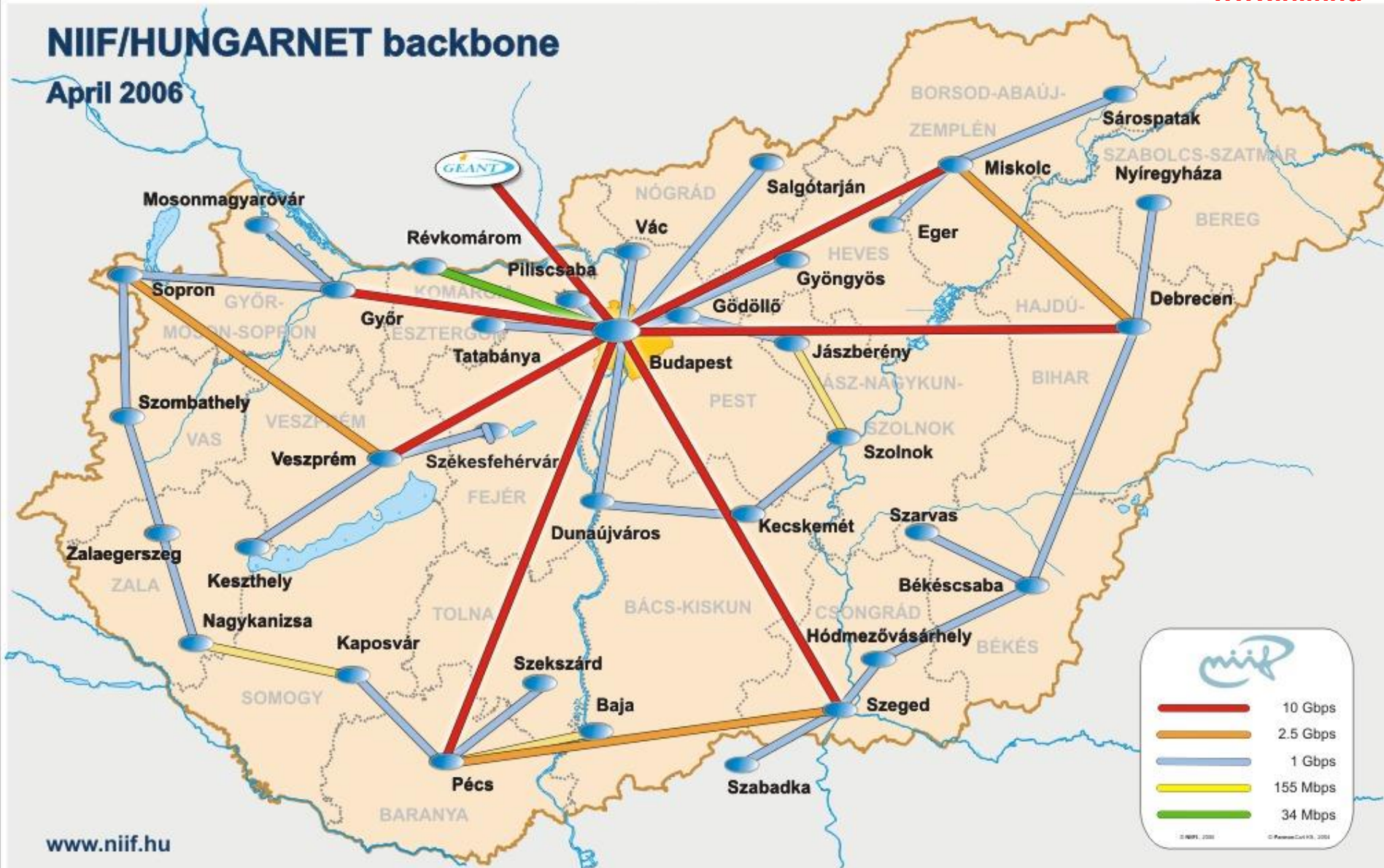
* HBONE (www.niif.hu/en/hbone)



www.niif.hu

NIIF/HUNGARNET backbone

April 2006



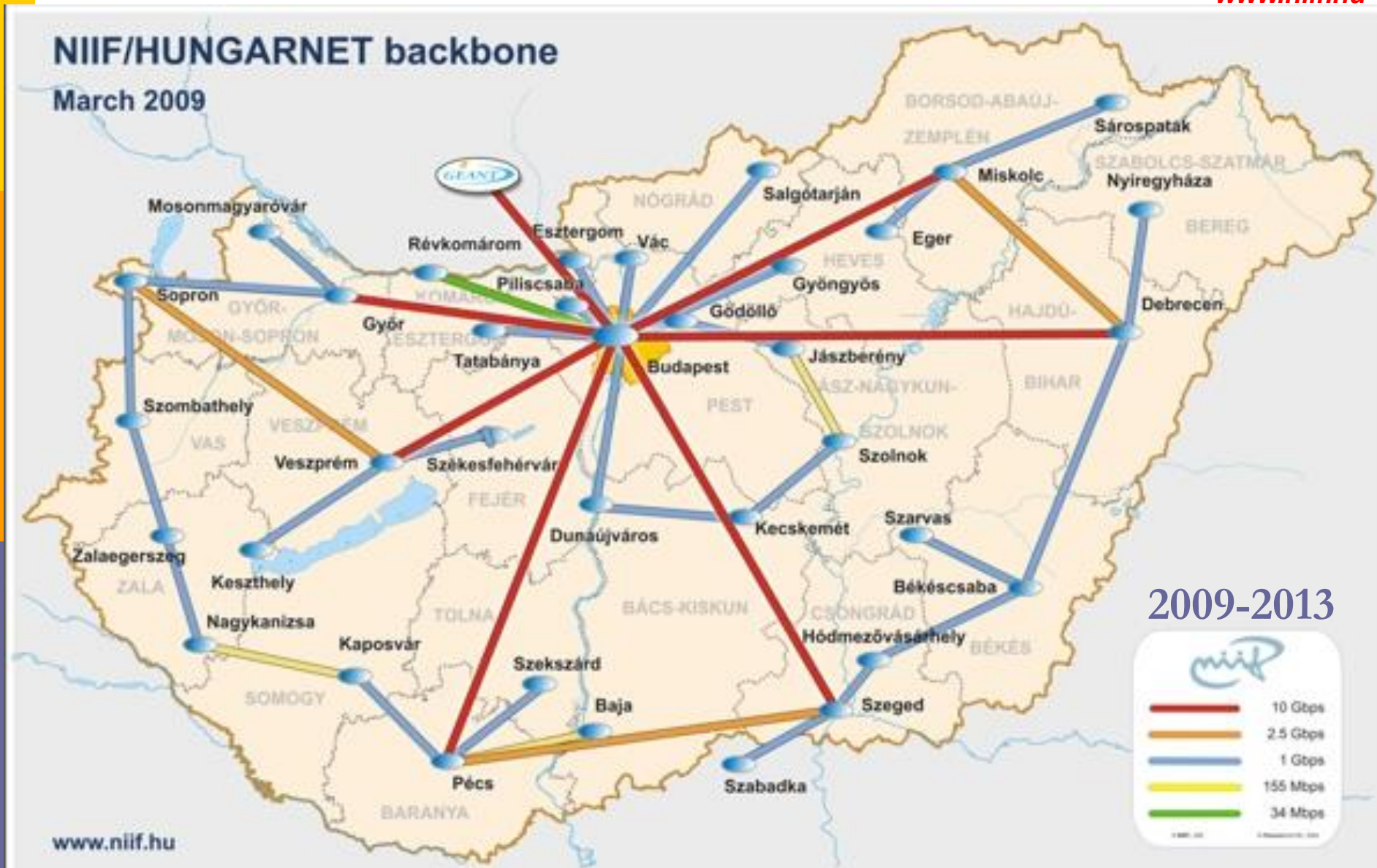
*HBONE (www.niif.hu/en/hbone)



www.niif.hu

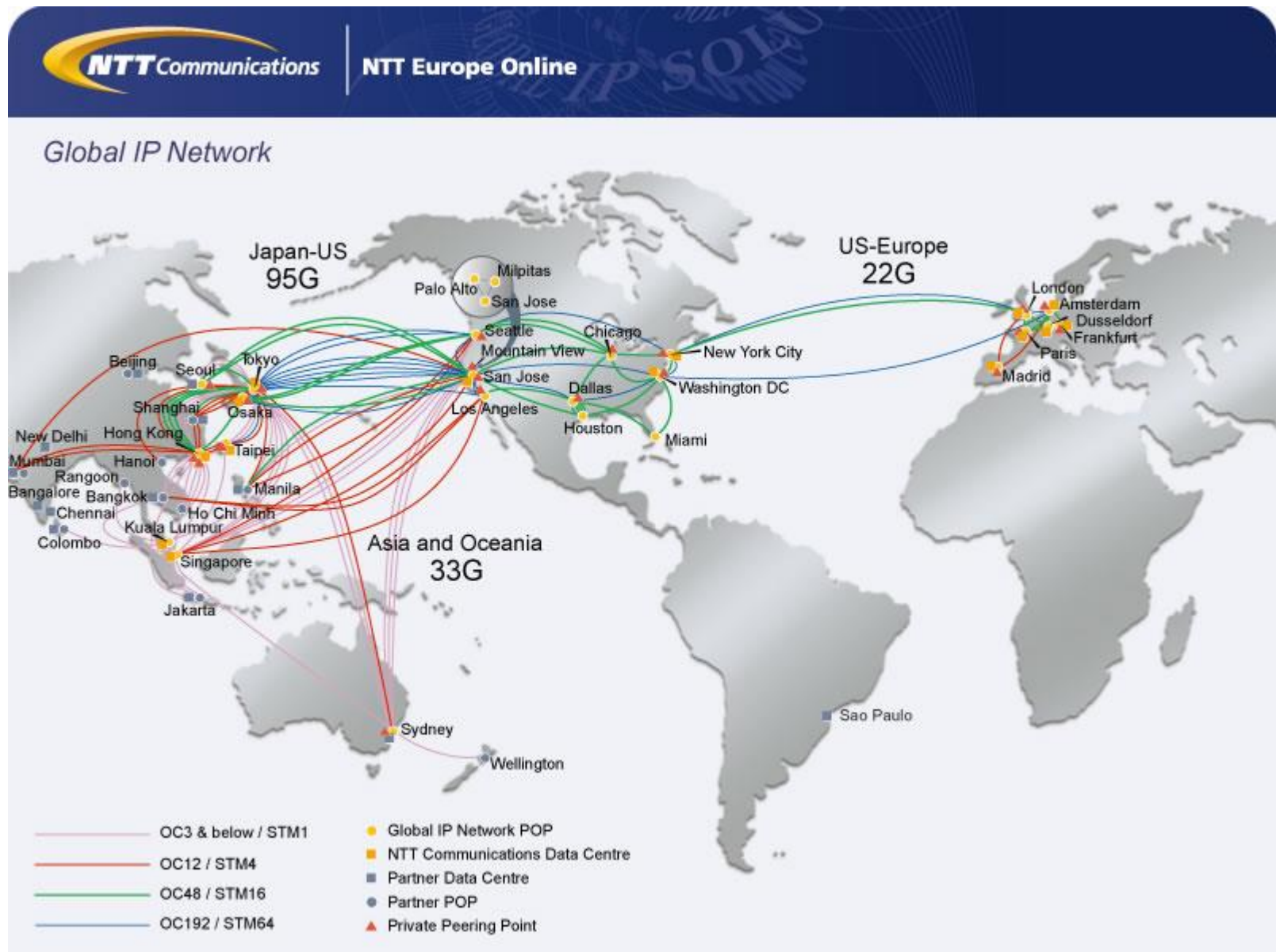
NIIF/HUNGARNET backbone

March 2009



2009-2013





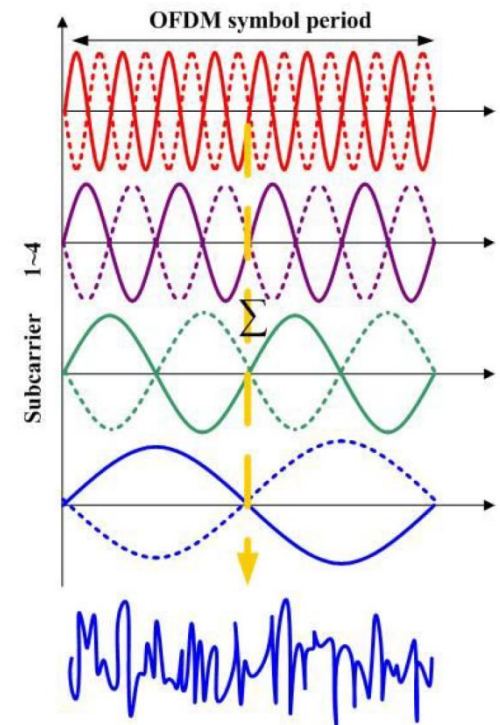
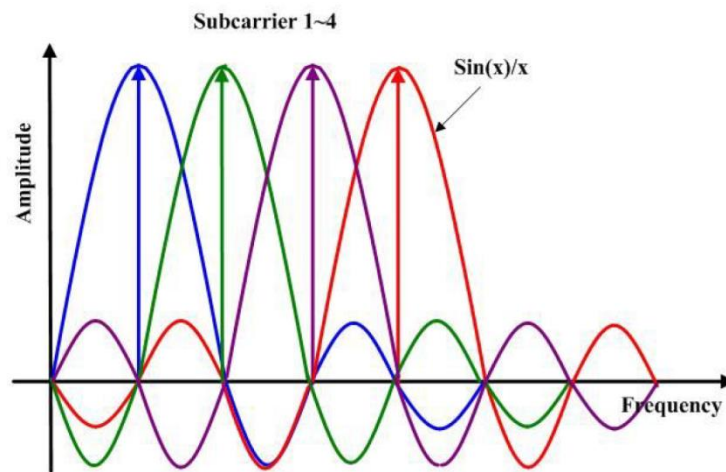
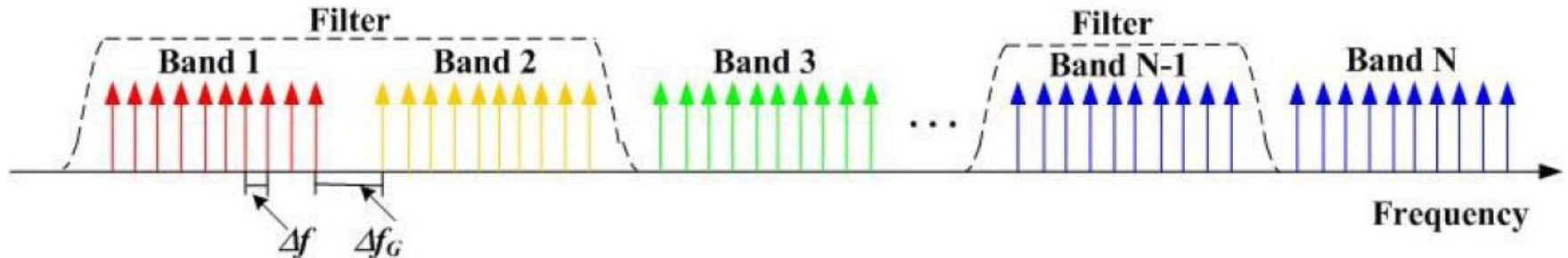
Internet2 Network Optical Infrastructure



* Hírek

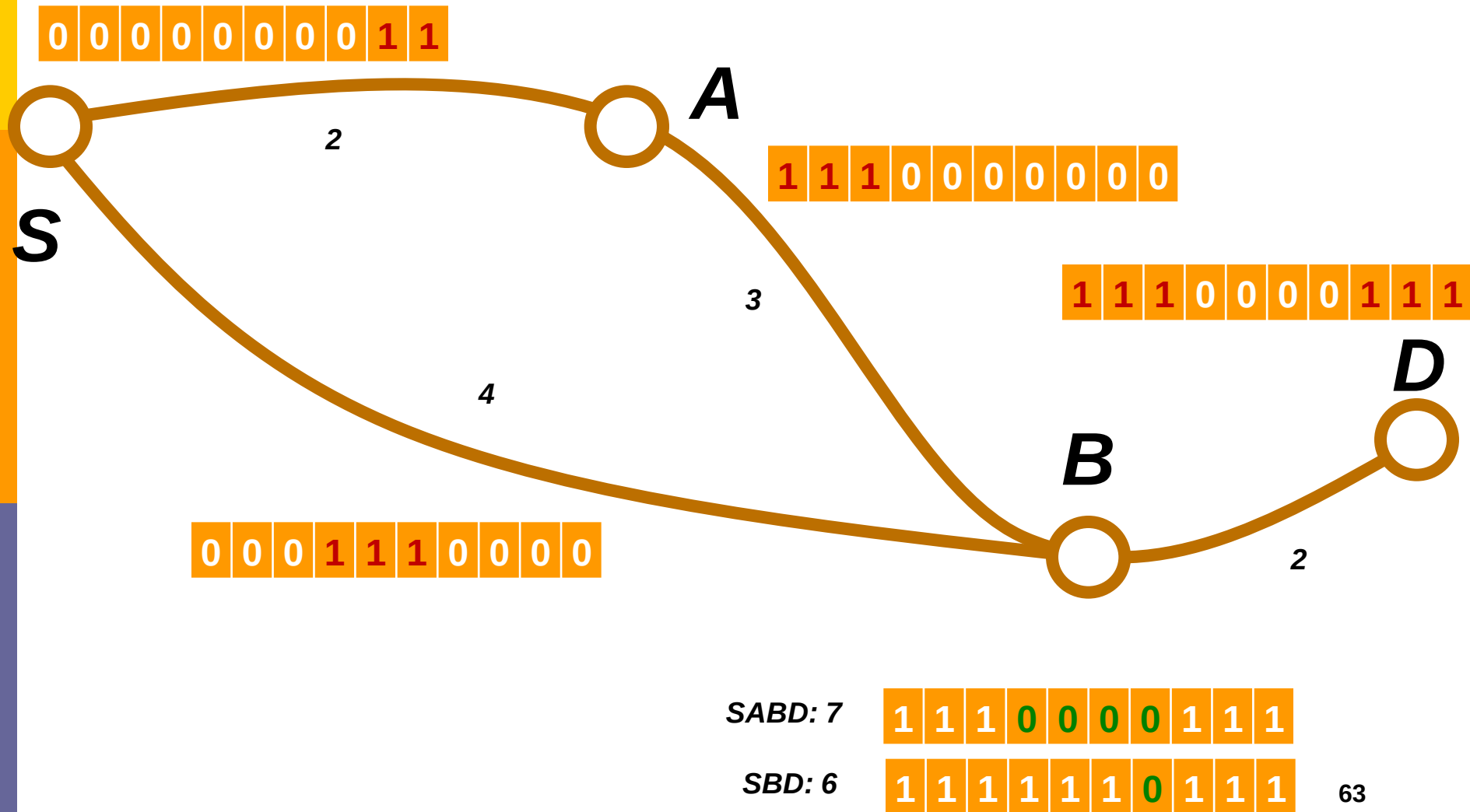
- Cern – Budapest: 100 Gb/s szakasz (Feb 2013)
 - http://geant3.archive.geant.net/Media_Centre/Pages/CERN_gets_first_GEANT_100Gbps_link.aspx
- Átadták a CERN budapesti Wigner adatközpontját 2013.07.13.
 - http://videotar.mtv.hu/Videok/2013/06/13/21/Atadtak_a_CERN_budapesti_adatkozpontjat.aspx
 - <http://press.web.cern.ch/press-releases/2013/06/cern-and-wigner-research-centre-physics-inaugurate-cern-data-centres>
 - <http://www.datacenterdynamics.com/focus/archive/2012/05/budapest-process-data-cern>

O-OFDM



Source: G. Zhang, M. De Leenheer, A. Morea, B. Mukherjee: A Survey on OFDM-Based Elastic Core Optical Networking, IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, 2012

Illustration



Energy-Availability-QoS Trade-off for FMC

WiFi?



micro
pico
femto cell ?
ato

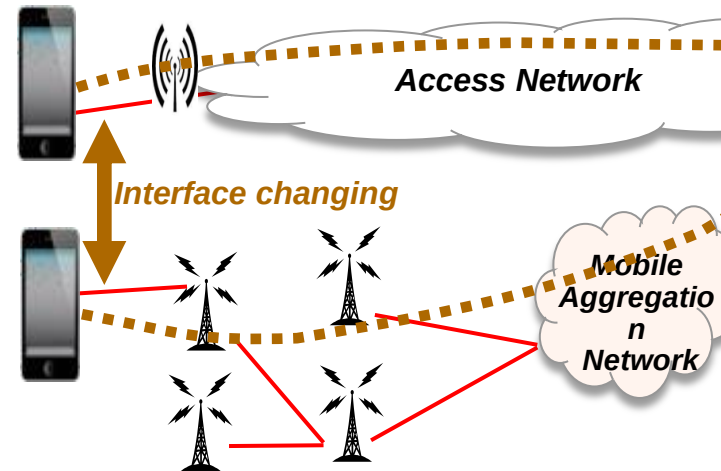


makro
2G
3G ?
4G

3D
Access selection
(Interface changing/steering)
(Handover, load balancing)
(Traffic steering, dynamic selection)



- **Horizontal ?** (Homogeneous, geographical)
- **Vertical ?** (Heterogeneous, multi-RAT)
 - **Transversal?** (Inter-Operator)?



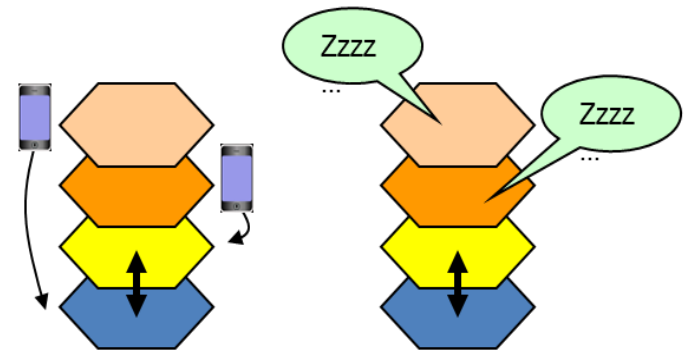
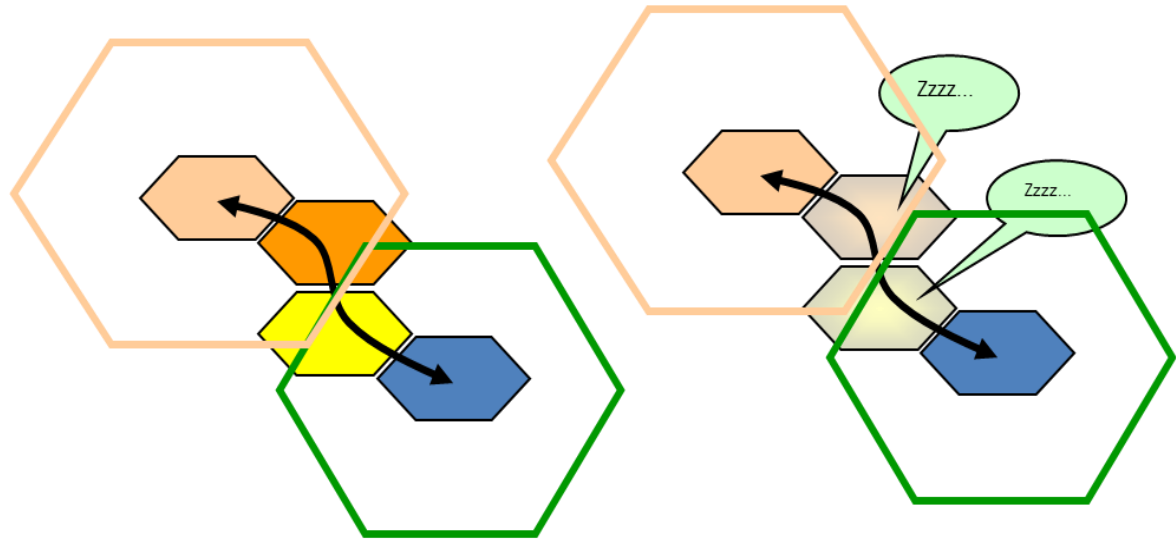
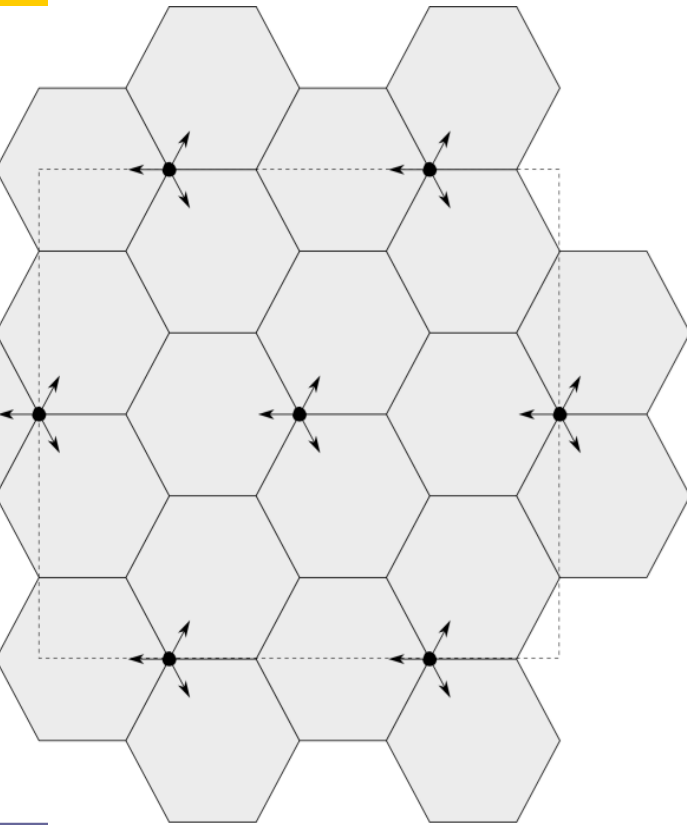
Selective switch-off & Consolidation
Optimisation
Simulations



Message:

- **Energy: reduced!!!**
- **Availability: can be improved**
- **QoS: OK**

How does it work ?



	energy [kVAh]	reach [km]	cell / GSMcell	total cells	total [kVAh]
2G: GSM	1	3	1	78	78
3G: UMTS	2	1.3	7	220	440
4G: LTE	3	0.6	24	2176	6528

Fényszál gyártása

Keresés: „ optical cable production video”

<https://www.youtube.com/watch?v=uSnjo5tOGQA>

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Forgalmi követelmények, hálózاتمéretezés

Németh Krisztián

BME TMIT

2013. dec. 9.



A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP, beszédkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
- 7. Jelzésátvitel (Csopaki Gyula)
- **8. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés** ←

Forgalmi követelmények, hálózاتمéretezés

- Távbeszélő-hálózatok forgalmi jellemzése ←
- Csomagkapcsolt hálózatok forgalmi jellemzése
- Egy gondolat a teljesítőképességről



Távbeszélő-hálózatok forgalmi jellemzése

- ❑ Cél: hálózat méretezése
- ❑ Pl. 10 000 előfizető $\neq$ 10 000 áramkörre méretezett kapcsolóközpont és átviteli utak
- ❑ Cél pontosabban: *legkevesebb hány áramkör kell, hogy a blokkolás adott érték alatt maradjon?*
 - Blokkolás = {túlterhelés miatt sikertelen hívások száma} / {összes hívás száma}
- ❑ Ehhez kell: forgalmi statisztikák
 - pl. az előfizetők mikor, milyen gyakran, milyen hosszan beszélnek

Távbeszélő-hálózatok forgalmi jellemzése

□ Ehhez két leíró:

- $X(t)$ – $[0, t]$ intervallumban beérkezett hívások száma
- $Y(t, \tau)$ – a hívások tartásideje:
 - két dimenziós eloszlás sűrűségfüggvénye, ahol egy hívás t időben kezdődik és $t + \tau$ -kor végződik
- $Y(t, \tau)$ -ről feltételezzük, hogy:
 - független az előző kimenetelektől (OK),
 - és a felhasználótól (!),
 - de az időtől (t) függhet

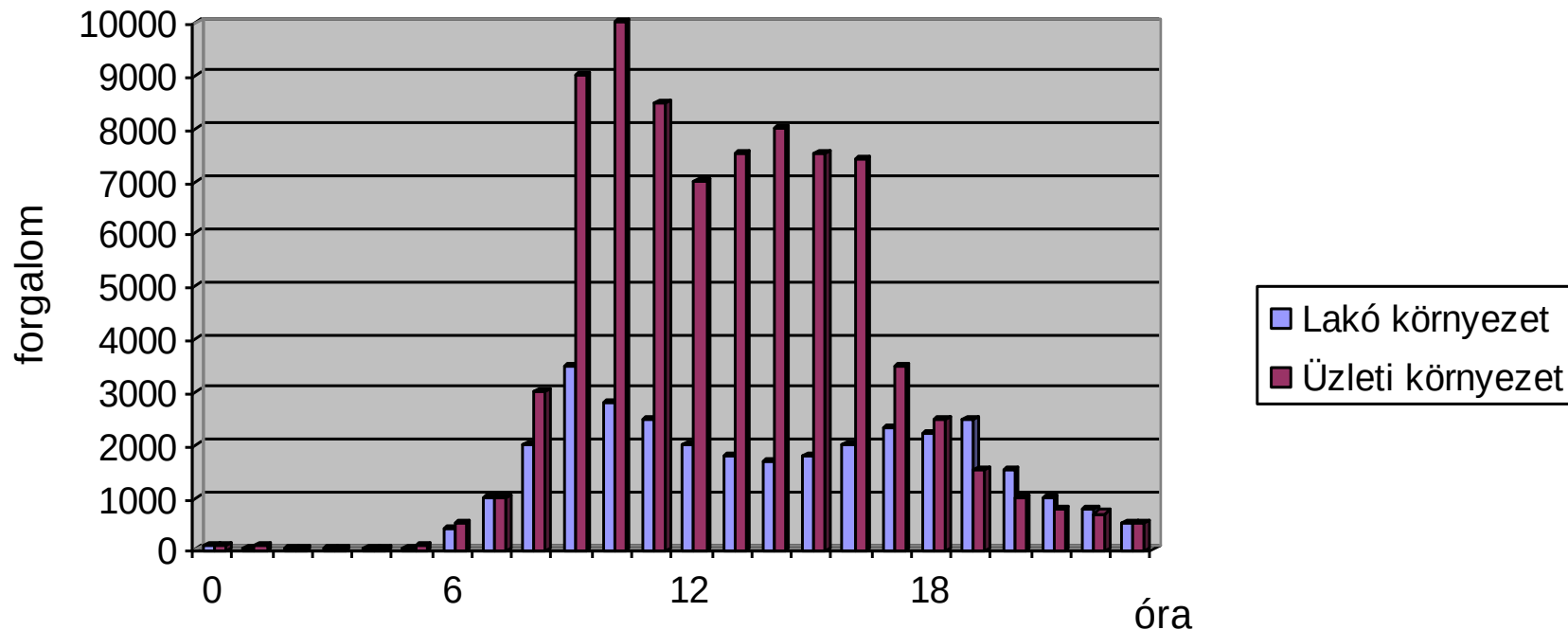
□ Adott a maximálisan elfogadható blokkolás

□ Hány áramkör kell?

□ Ez így túl nehéz, de nekünk elég egy egyszerűbbet megválaszolni

Távbeszélő-hálózatok forgalmi jellemzése

- Ugyanis a tapasztalat a *forgalomról* (=egyszerre hány hívás van egy központban) ilyen jellegű:

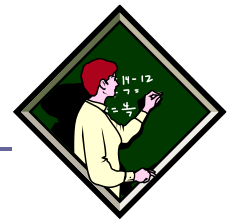


- „Worst case” méretezés: a „csúcsforgalomra” tervezünk
- Ekkor jó közelítéssel $X(t)$ növekménye stacionárius: a forgalom kb. állandó
- Erre az időszakra mondhatjuk, hogy a tartásidő eloszlása is független az időtől (azonos)

Távbeszélő-hálózatok forgalmi jellemzése

- Ekkor jelentősen egyszerűsödik a modell.
 - A megfigyelések alapján jó közelítés:
 - $X(t)$ -- Poisson folyamat. Várható érték=param.= λ
 - λ -- hívásgyakoriság [1/óra]
 - $Y(t, \tau) = Y(\tau) \leftarrow$ exponenciális eloszlás. Várható érték=1/param.= h
 - h -- átlagos tartásidő [perc] (!)
 - A – forgalomintenzitás
 - $A = \lambda \cdot h$
 - A [1], de szokás Erl-lel (Erlang) jelölni
 - Pl.: egy üzleti előfizető
 - $\lambda = 3$ [1/óra]
 - $h = 3$ [perc]
 - $A = 3$ [1/óra] $\cdot$ 0.05 [óra] = 0,15 [Erl]
 - Pl.: központ 10 000 előfizetővel
 - $\lambda = 4000$ [1/óra]
 - $h = 3$ [perc]
 - $A = 4000$ [1/óra] $\cdot$ 0.05 [óra] = 200 [Erl]
- A t idő alatt beérkezett hívások száma λt paraméterű Poisson eloszlással adható meg.
 - A beérkezések (hívások kezdete) között eltelt időt λ paraméterű exponenciális eloszlás írja le.

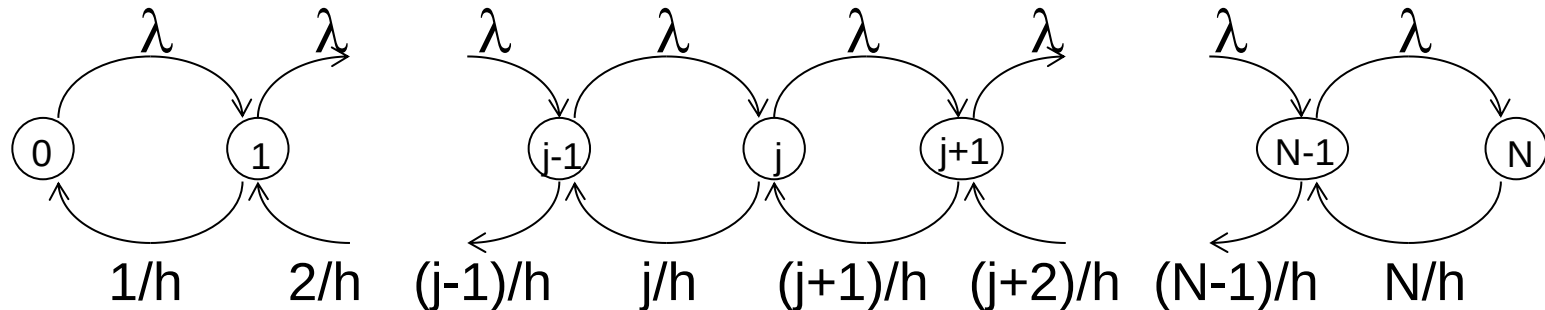
A matematikai modellekről



- A következő fóliákon lévő levezetések viszonylag egyszerűek
- Ugyanakkor feltételezik a folytonos idejű Markov láncok ismeretét
- Ezzel együtt bent hagytam az előadásban, mert érdekes és nem bonyolult
- Ugyanakkor ***a címsorban (*)-gal megjelölt fóliákat nem kell tudni a vizsgára!***

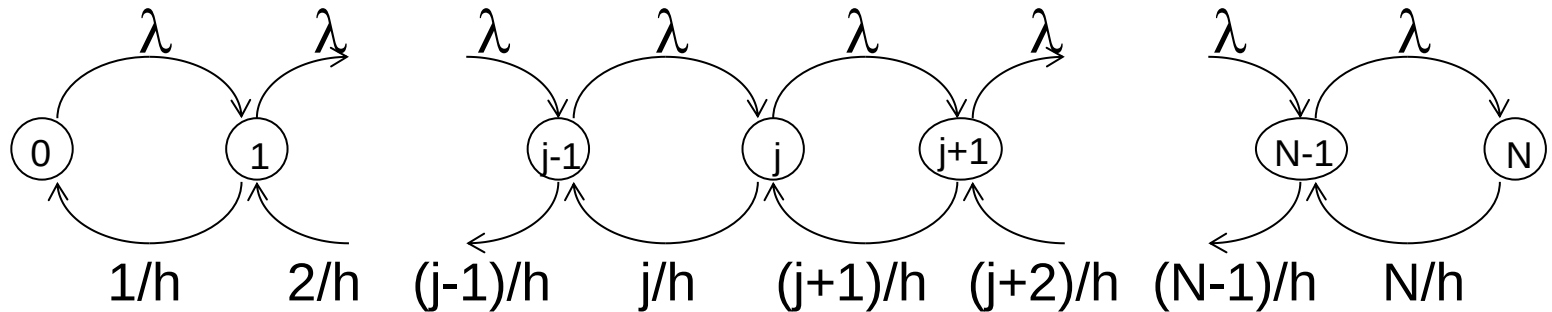
Az Erlang modell (*)

- E rendszer modellezésére használjunk ún. folytonos idejű Markov láncot!



- Az állapotok jelentése: ennyi vonal foglalt éppen
- Pl. j . állapotban maradunk amíg:
 - be nem fejeződik egy hívás: j/h paraméterű exp. eloszlás adja meg, hogy ez mikor következik be, $j-1$. állapot a következő
 - új hívás érkezik: λ paraméterű exp. eloszlás adja meg, hogy ez mikor következik be, $j+1$. állapot a következő
 - abba az irányba megyünk, amelyik esemény előbb történik meg
- Markovi tulajdonság: a jövő csak a jelentől függ, a múlttól nem
 - Ha most k db. vonal foglalt, akkor mindegy, hogy korábban $k+1$ vagy $k-1$ volt foglalt
 - Az exponenciális eloszlás örökifjú tulajdonsága miatt az is mindegy, mennyi ideje vagyunk az adott állapotban

Az Erlang modell (*)



- **Fontos!** Feltesszük, hogy elég sok felhasználó van, ezért egy új igény beérkezése után is λ marad az előrelépési intenzitás
 - reálisan csökkennie kéne, hiszen már kevesebb felhasználó van, aki hívást kezdeményezhet
 - ez az Erlang modellnek a lényege, egyben a gyengéje
 - de ettől lesz egyszerű
 - többszáz felhasználó esetén jól használható közelítés

Az Erlang modell (*)

- Próbáljuk ennek segítségével megoldani az eredeti problémát!
- Legyen $P_i(t)$ annak a valószínűsége, hogy a rendszer az i . állapotban van a t időpontban
- Nézzük meg a rendszer állapotát egy kis Δt idővel később!
 - feltesszük, hogy addig max. egy új hívás érkezik <kizáró vagy> egy hívás ér véget
 - annak a valószínűsége, hogy egy hívás véget ér $\approx \frac{1}{h} \Delta t$
 - annak a valószínűsége, hogy új hívás érkezik $\approx \lambda \Delta t$
 - Δt idő múlva 0 áramkörünk foglalt ha:
 - most 1 áramkör használt és a vizsgált Δt idő alatt egy hívás befejeződik:

$$P_1(t) \cdot \left(\frac{1}{h} \Delta t \right)$$

- vagy most is 0 áramkör foglalt és nem érkezik hívás Δt idő alatt:

$$P_0(t) \cdot (1 - \lambda \Delta t)$$

Az Erlang modell (*)

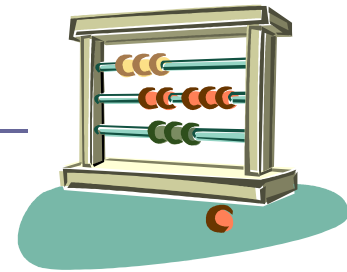
- Nézzük meg a rendszer állapotát egy kis Δt idővel később!
 - Δt idő múlva j áramkörünk foglalt ha:
 - most $j-1$ van használatban és egy új hívás érkezik
 - vagy ha most $j+1$ használt és egy hívás befejeződik
 - vagy ha most is j áramkört használunk és Δt idő alatt nem keletkezik, és nem fejeződik be hívás
 - Δt idő múlva N áramkörünk akkor lesz foglalt ha
 - most $N-1$ használt és Δt idő alatt keletkezik egy hívás
 - vagy ha most is N használt és Δt idő alatt nem fejeződik be hívás
- Ezek alapján:

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t) \cdot (1 - \lambda \Delta t) + P_1(t) \cdot \left(\frac{1}{h} \Delta t \right)$$

$$P_j(t + \Delta t) = P_{j-1}(t) \cdot \lambda \Delta t + P_j(t) \cdot \left(1 - \lambda \Delta t - \frac{j}{h} \Delta t \right) + P_{j+1}(t) \cdot \left(\frac{j+1}{h} \Delta t \right)$$

$$P_N(t + \Delta t) = P_{N-1}(t) \cdot \lambda \Delta t + P_N(t) \cdot \left(1 - \frac{N}{h} \Delta t \right)$$

Az Erlang modell (*)



□ Nézzük most az első egyenletet, rendezzük át:

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t) \cdot (1 - \lambda \Delta t) + P_1(t) \cdot \left(\frac{1}{h} \Delta t \right)$$

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t) - P_0(t) \lambda \Delta t + P_1(t) \cdot \left(\frac{1}{h} \Delta t \right)$$

$$P_0(t + \Delta t) - P_0(t) = -P_0(t) \lambda \Delta t + P_1(t) \cdot \left(\frac{1}{h} \Delta t \right)$$

$$\frac{P_0(t + \Delta t) - P_0(t)}{\Delta t} = -P_0(t) \lambda + P_1(t) \cdot \left(\frac{1}{h} \right)$$

$$\frac{P_0(t + \Delta t) - P_0(t)}{\Delta t} = P_1(t) \cdot \left(\frac{1}{h} \right) - P_0(t) \lambda$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_0(t + \Delta t) - P_0(t)}{\Delta t} = \frac{dP_0(t)}{dt}$$

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = P_1(t) \cdot \left(\frac{1}{h} \right) - P_0(t) \lambda$$

Az Erlang modell (*)

- Itt tartunk: $\frac{dP_0(t)}{dt} = P_1(t) \cdot \left(\frac{1}{h}\right) - P_0(t)\lambda$
- Tudjuk azonban, hogy a legforgalmasabb órákra tervezünk, amikor:
 - a foglaltsági valószínűségek nem függenek a vizsgált időponttól (stacionárius rendszer): $P_j(t) = P_j$ (konstans)
 - így a valószínűség megváltozása: $\frac{dP_j(t)}{dt} = 0$
- Így:
$$0 = P_1 \cdot \left(\frac{1}{h}\right) - P_0\lambda \quad \text{és} \quad \lambda \cdot h = A$$
$$0 = P_1 - A \cdot P_0$$
$$P_1 = A \cdot P_0$$

Az Erlang modell (*)

- Itt tartunk: $P_1 = A \cdot P_0$
- Hasonlóan a többi egyenletre ugyanezt végrehajtva kapjuk:

$$P_j = \frac{A^j}{j!} \cdot P_0$$

- Tudjuk továbbá: $\sum_{j=0}^N P_j = 1$

- Innen: $P_0 \cdot \sum_{j=0}^N \frac{A^j}{j!} = 1$ és így $P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$

- Összerakva: $P_j = \frac{\frac{A^j}{j!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$

Az Erlang modell (*)

□ Itt tartunk:
$$P_j = \frac{\frac{A^j}{j!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$$

□ Blokkolás akkor van, ha mind az N vonal foglalt:
$$P_N = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$$

- Azt a legkisebb N -et keressük, amire P_N kisebb lesz a megengedett maximális blokkolásnál
- azonban N ebből zárt alakban nem fejezhető ki
- ennek ellenére konkrét számokra iteratív módszerrel viszonylag hamar meghatározható a képletből

Az Erlang modell (*)

- ❑ Tudjuk tehát, hogy az idő hányad részében foglalt minden vonal („időtorlódás”)
- ❑ Feltettük, hogy a hívások érkezési intenzitása független a fennálló hívások számától és az időtől is
- ❑ Így az összes vonal foglaltságakor is ugyanolyan valószínűséggel érkezik hívás, mint egyébként
- ❑ Emiatt a kiszámolt időtorlódás megegyezik a keresett blokkolással

A névadóról (*)



Agner Krarup Erlang
1878 - 1929
dán matematikus, a
forgalomelmélet megalapozója
(A képlet egy 1917-es
publikációjában jelent meg.)

Összefoglalva

- *Ez a dia és a következő néhány már vizsgaanyag*
- 1. kérdés: Mekkora lesz a blokkolás valószínűsége, ha adott a fogalom és a vonalak száma?

- Erlang B képlete megadja a választ:

$$P_N = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}}$$

- P_N annak a valószínűsége, hogy mind az N vonal foglalt lesz:
- Ez veszteséges rendszerre jó. Sorbanállásosra Erlang C (bonyolultabb, nem részletezzük most itt).
- 2. kérdés: legkevesebb hány áramkör kell, hogy a blokkolás adott érték alatt maradjon?
 - a fenti képletből zárt alakban N nem fejezhető ki
 - ugyanakkor bináris kereséssel gyorsan meghatározható a minimális N , amelyre a blokkolás az adott P_N alatt marad

Távbeszélő-hálózatok forgalmi jellemzése

- Pl. 1000 üzleti előfizető n vonalon:

$$\lambda = 1000 \cdot 3 \text{ [1/óra]}$$

$$h = 3 \text{ [perc]}$$

$$A = 1000 \cdot 3 \text{ [1/óra]} \cdot 0.05 \text{ [óra]} = 150 \text{ [Erl]}$$

Ekkor:

n	100	150	155	160	200
$P(n)$	34%	6,2%	4,3%	2,8%	0,0015%

Nagy előfizetőszámra az elfogadható n A -hoz konvergál

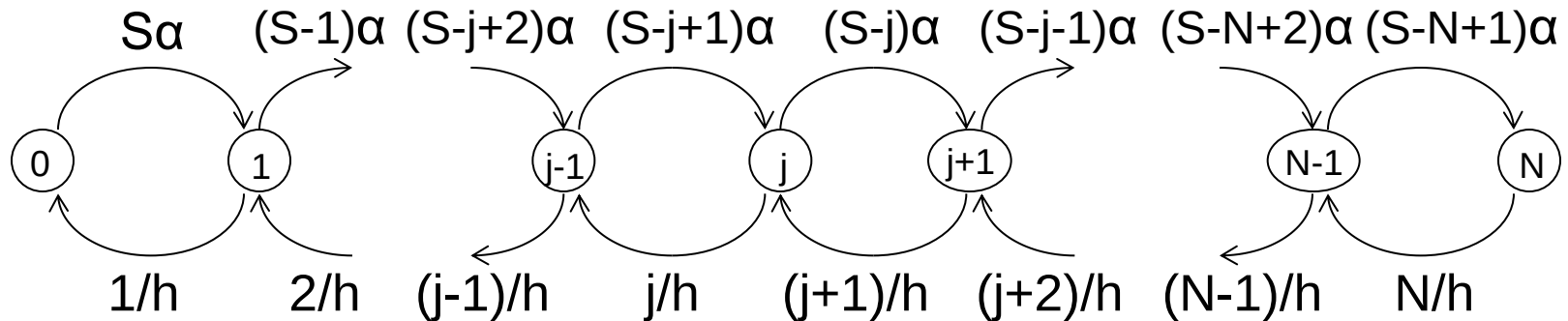
- A képletet használták pl. modem pool-ok méretezésére is

Az Engset modell

- Ha lényegesen kevesebb az előfizető (pl. kisvállalati központot kell méretezni), akkor az Erlang modell nem használható
 - Pl. az Erlang B képlet szerint 3 előfizető, 3 vonal esetén sem lesz nulla a blokkolás
- Ekkor a precízebb, de bonyolultabb Engset modell alkalmazandó

Az Engset modell (*)

□ Az Engset modell:



- Ahol α : egy felhasználó által generált hívások gyakorisága is exponenciális eloszlású, ennek a paramétere
- S : a felhasználók száma

Az Engset modell (*)

- A levezetést mellőzve a blokkolás:

$$B_{N,S} = \frac{\binom{S-1}{N} \cdot A^N}{\sum_{j=0}^N \binom{S-1}{j} \cdot A^j} \quad \text{ahol } A = \alpha \cdot h$$

- Itt sem tudjuk N -et kifejezni
- Sőt, a numerikus számítás is elég bonyolult

Forgalmi követelmények, hálózاتمéretezés

- Távbeszélő-hálózatok forgalmi jellemzése
- Csomagkapcsolt hálózatok forgalmi jellemzése ←
- Egy gondolat a teljesítőképességről

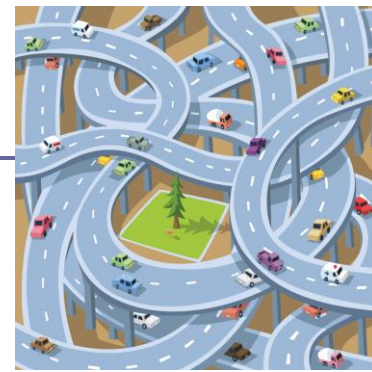


Követelmények IP hálózatokban



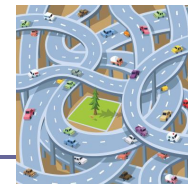
- Sokféle alkalmazás, sokféle követelmény
- Alkalmazások, pl.:
 - e-mail
 - telefonálás
 - videotelefonálás
 - film megnézése valós időben

IP hálózatok forgalmi modellezése



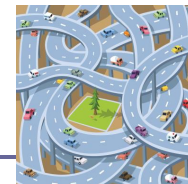
- Cél: hálózatméretezés tudományos megalapozása
- Távbeszélő-hálózatokénál lényegesen nehezebb, mert:
 - alkalmazások:
 - sokféle, különféle hálózati igényekkel
 - időben, térben változó összetételű alkalmazás-mix
 - évről évre jelentős változások lehetnek a tipikusan használt alkalmazásokban (nehéz középtávra tervezni)
 - alkalmazások erőforrásigénye is nehezen meghatározható (pl. e-mail hossza bájtban)
 - elasztikus folyamatok
 - adott mennyiségű adatot kell átküldeni, de nem nagyon számít, hogy mennyi idő alatt
 - pl. FTP, HTTP, e-mail továbbítás
 - a rendelkezésre álló teljes sávszélességet elfoglalják
 - nehezen definiálható a sávszélességigény

IP hálózatok forgalmi modellezése



- Távbeszélő-hálózatokénál lényegesen nehezebb, mert: (folyt.)
 - nem független források:
 - elasztikus folyamatok és a TCP garantálja a közel teljes sávszélesség kihasználást
 - emiatt blokkolás, különböző források csomagjai versengenek a továbbításért
 - követk.: nem független források
 - az egyes források leírása is bonyolultabb
- Az eddigiek következményei:
 - Hosszú távú összefüggés (időben távoli értékek is korreláltak)
 - Önhasonlóság: különböző időskálákon nézve is hasonló forgalmi jelleg (forgalom: bit/s, csomag/s) – fraktálszerű képet mutat
 - Nagy börsztösség, csomósodás
 - PSTN: n-szeres felhasználó, forgalom átlaga is n-szeres, de szórása $\sqrt{n}$ -szeres: a forgalom „kisimul”
 - TCP/IP: a forgalom sokkal lassabban „simul ki”

IP hálózatok forgalmi modellezése



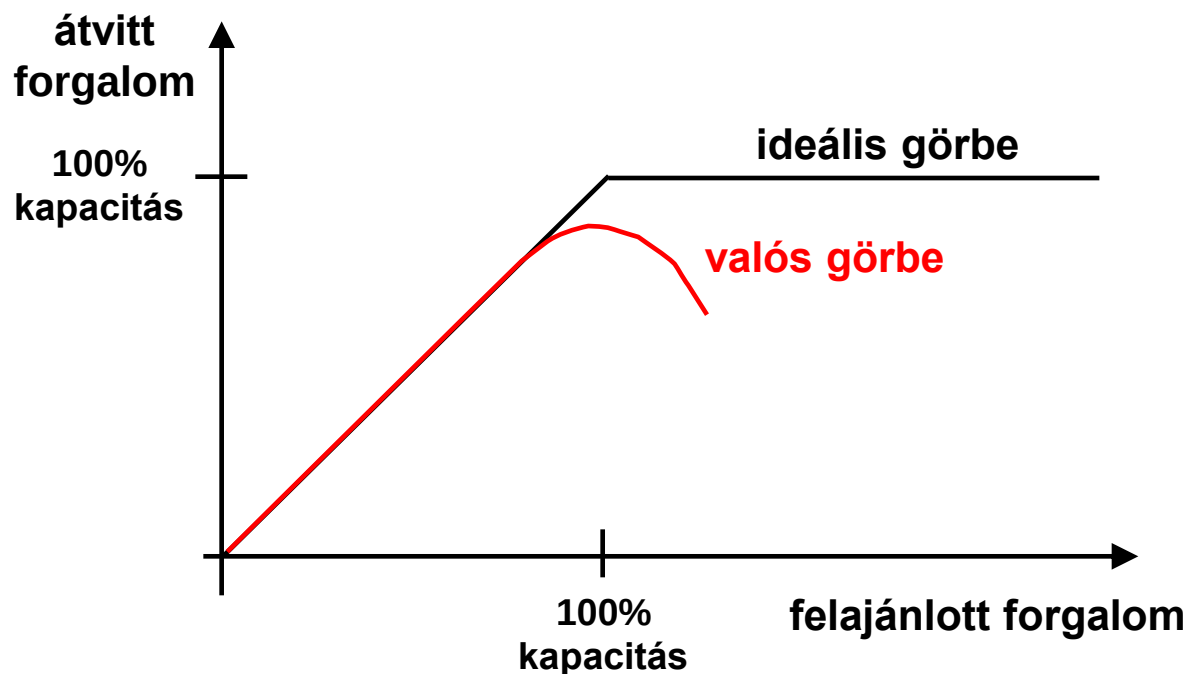
- Ezek miatt a TCP/IP forgalommodellezés még gyerekcipőben jár
 - bár vannak biztató eredmények
- Akkor hogyan lehet TCP/IP hálózatot méretezni?
 - tapasztalatok alapján
 - mérések alapján
 - túlméretezés (overprovisioning)
 - másik ok a túlméretezés mellett: olcsó a kapacitás, de jelentős a bevétel: nem szabad egy vevőt sem elszalasztani kapacitáshiány miatt

Forgalmi követelmények, hálózاتمéretezés

- Távbeszélő-hálózatok forgalmi jellemzése
- Csomagkapcsolt hálózatok forgalmi jellemzése
- Egy gondolat a teljesítőképességről 

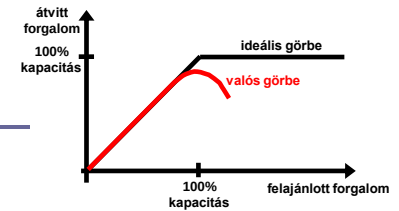
Hálózatok teljesítőképesége

- Egy meglepő megfigyelés:



- Ok: hálózat túlterhelődik
- Ennek elkerülésére célszerű a hálózatot a maximális átvitel munkapontjában megtartani

Hálózatok teljesítőképesége



Lehetséges megoldások:

□ Torlódásmenedzsment

- A kialakult torlódást kezelni, hogy ne legyen nagyobb
 - Pl. a források vegyenek vissza az adási sebességből (TCP)

□ Torlódáselkerülés

- Még a torlódás kialakulása előtt beavatkozni
- Pl. hívásengedélyezés (Call Admission Control, CAC): csak akkor engedünk be egy hívást a hálózatba, ha az nem fogja túlterhelni azt
 - Pl. egy közértben csak adott számú kosár van, belépés csak kosárral
 - H.323 hálózatban is van erre lehetőség
 - Pl. a Rapidshare is tud ilyet
 - Pl. a Neptun is tud ilyet