

KOMMUNIKÁCIÓS HÁLÓZATOK 2

Beszédátvitel IP felett: VoIP Hozzáférési hálózatok

Németh Krisztián
BME TMIT
2020. ápr. 21.



Beszédátviteli hálózatok

- Beszédátvitel időrendben:
 - PSTN (Public Switched Telephony Network)
 - 1876-tól
 - ISDN (digitális vezetékes telefonhálózat)
 - 1980-as évek végétől, de csak mérsékelt siker
 - Mobil rendszerek
 - 1980-as évek elejétől
 - VoIP: Voice over IP, beszédátvitel IP felett
 - „Voice” magyarul „beszédhang”, nem pusztán „hang”
 - Kb. 2010-től terjedt igazán el
 - Mind vezetékes, mind mobil hálózatokon

Miért jó a VoIP?

- Alapötlet: felesleges két hálózatot fenntartani
 - vezetékes telefonhálózat és vezetékes IP hálózat
- A beszédforgalom IP szemmel nézve nagyon kis sávszélességű
 - 6...64 kb/s egy beszédcsatorna
 - kb. 200 Mb/s volt az országos távbeszélő-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

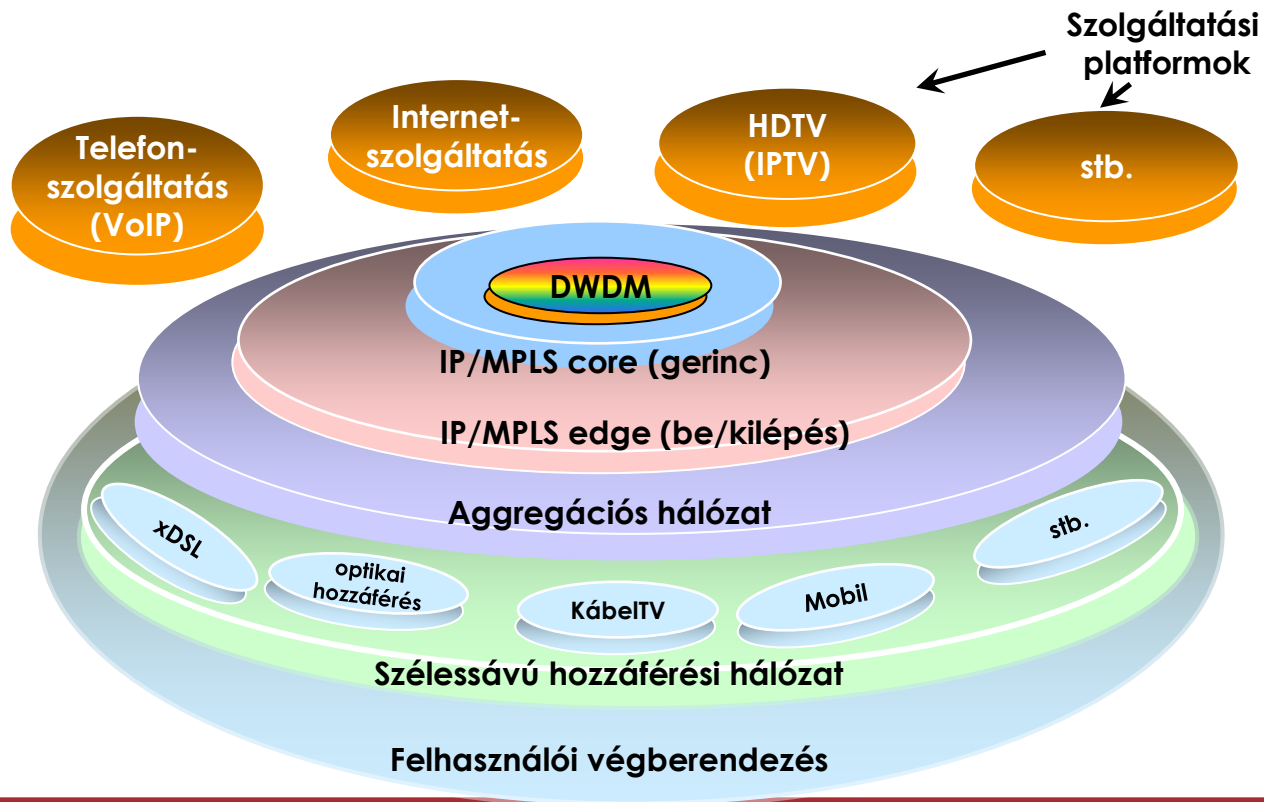


VoIP architektúrák

- 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?
 - Kezdeti megoldás: trónkok IP-re cserélése, a kapcsolóközpontok megmaradnak TDM-ek
 - Mostanra: a kapcsolóközpontokat is IP hálózatra cserélik. Emlékeztetőül: Next Generation Networks (NGN):



VoIP architektúrák

- ... és a végberendezések? (=telefonkészülékek)
 - otthoni előfizetőknél ez sokszor megmarad vezetékes, analóg
 - IP eszközökhöz csatlakoznak, de ezt a felhasználó nem kell tudja
 - pl. IP telefonközpont, kábelmodem, ADSL Home Gateway (ld. nemsokára)
 - változatlan a telefonszám
 - az analóg telefon is lehet nyomógombos, kijelzős, stb.
 - de analóg a beszéd a belőle kijövő érpáron
 - vállalati környezetben ez is sokszor IP alapú: VoIP végberendezés
 - kinézetre hasonlít egy „hagyományos” telefonhoz (ld. pl. VoIP mérés)
 - IP címmel, Ethernet csatlakozóval
 - akár plusz szolgáltatásokkal (pl. web alapú telefonkönyv)
 - Softphone = VoIP szoftver
 - pl. Skype, Viber, Facebook Messenger, WhatsApp, Google Hangouts, Discord, TeamSpeak, Ekiga, Linphone, stb.
 - futtat PC-n, laptopon, táblagépen, mobiltelefonon, ...

VoIP architektúrák

- Ahol van „hagyományos” telefonhálózat is...
 - (= PSTN, Public Switched Telephone Network)
 - ... ott kell egy átjáró (gateway) a VoIP/PSTN hálózatok határára
 - ha csak a végberendezés analóg, akkor is

VoIP funkciók

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

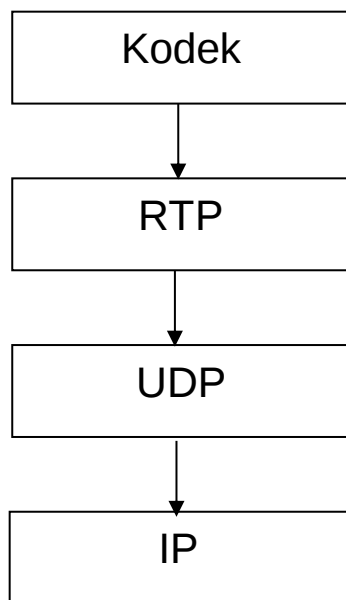
1. Beszédkódolás és dekódolás

- Azaz kodekek
- Ld. a „kh2-02_beszedatvitel.pdf” diasort!
- A lényeg most: ezek kimenete egy kb. 5-64 kb/s sebességű bitfolyam

VoIP funkciók

2. Beszédcsomagok szállítása

- Tipikusan UDP csomagba ágyazott RTP csomagban (ld. IPTV előadás)



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

Késletetés és minőség

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

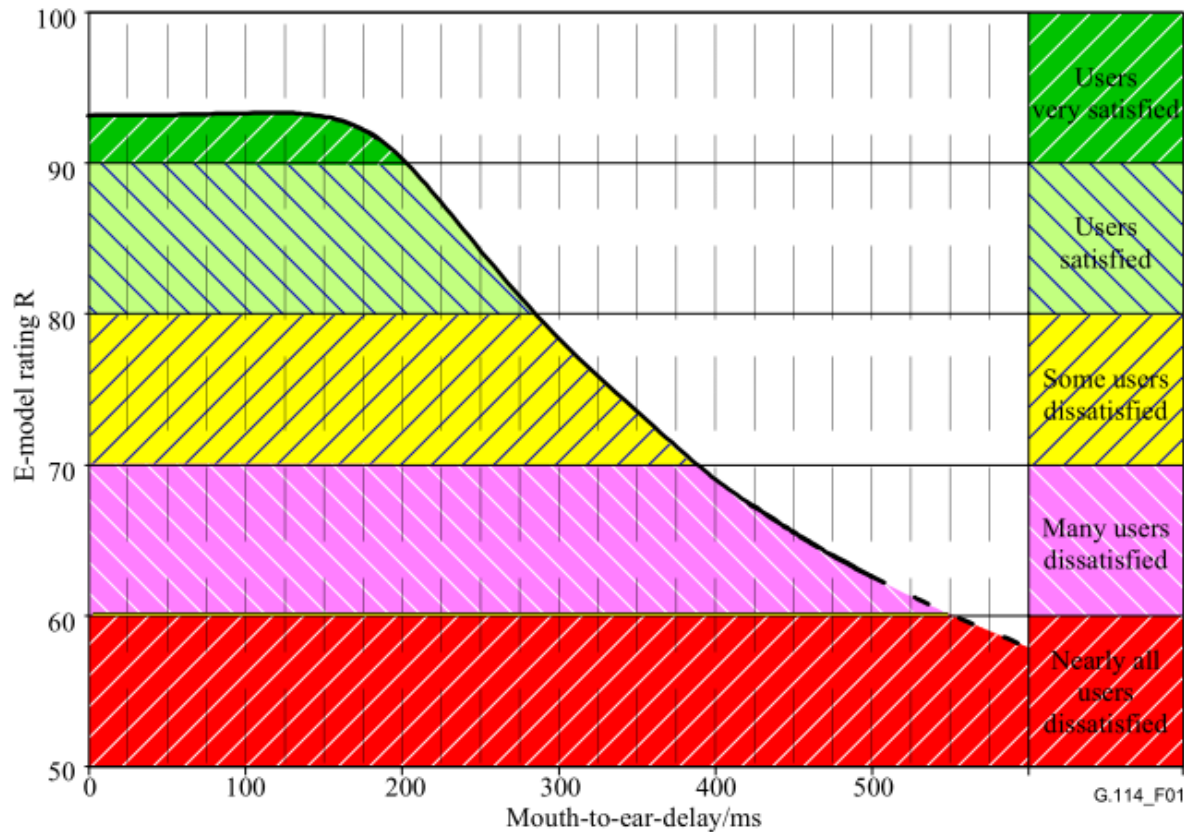


Figure 1/G.114 – Determination of the effects of absolute delay by the E-model

VoIP funkciók

3. Jelzési feladatok

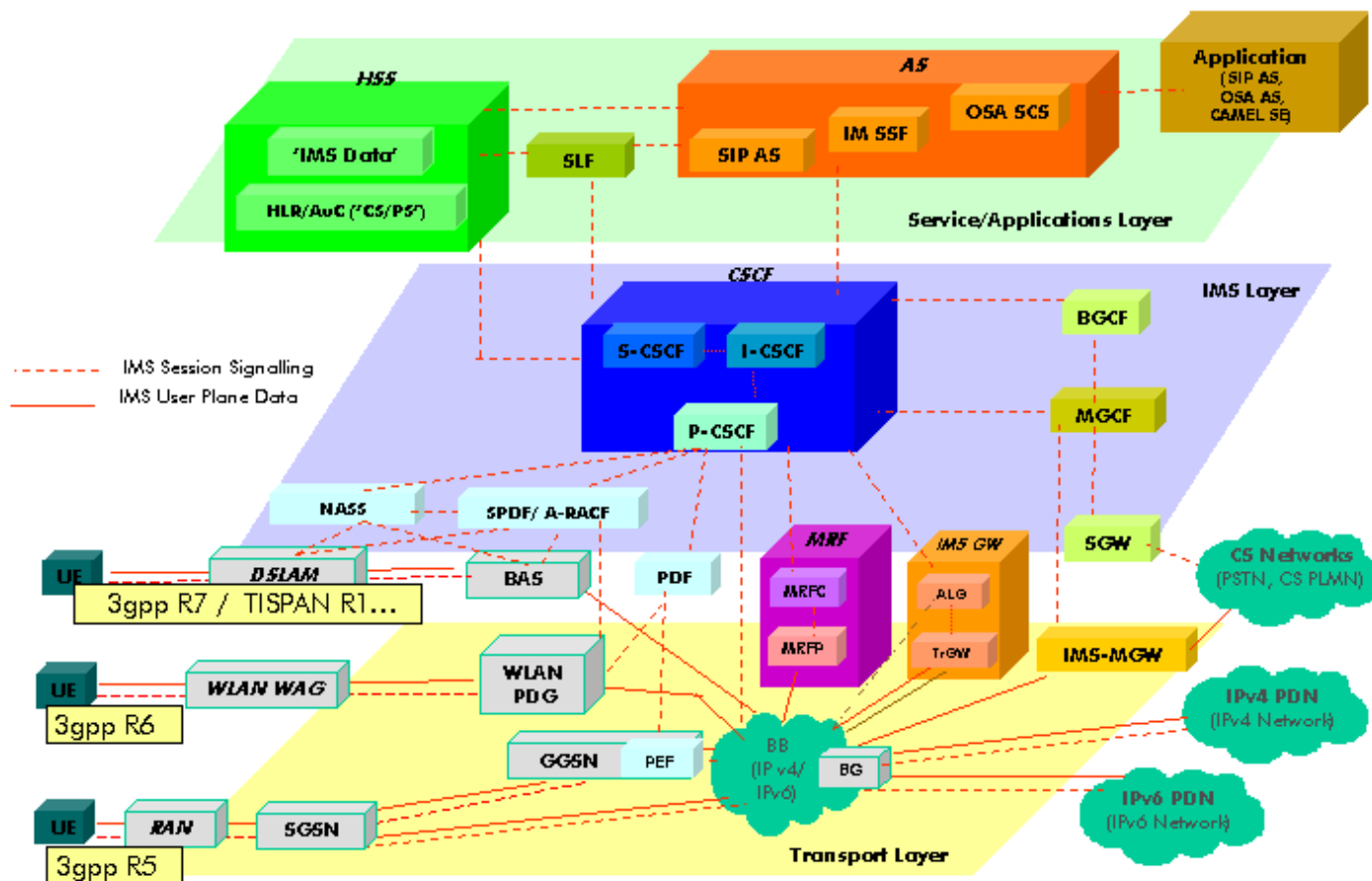
- Legfontosabb: kapcsolat felépítése, bontása
- Sok jelzésrendszer-ajánlás. A két legelterjedtebb:
 - H.323 (ITU -- International Telecommunication Union)
 - SIP (IETF -- Internet Engineering Task Force)

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 (ami egy TDM átvitel rendszer) ↔ IP/UDP/RTP
 - PSTN jelzések (pl. SS7) ↔ H.323 (VoIP jelzésrendszer)

IMS

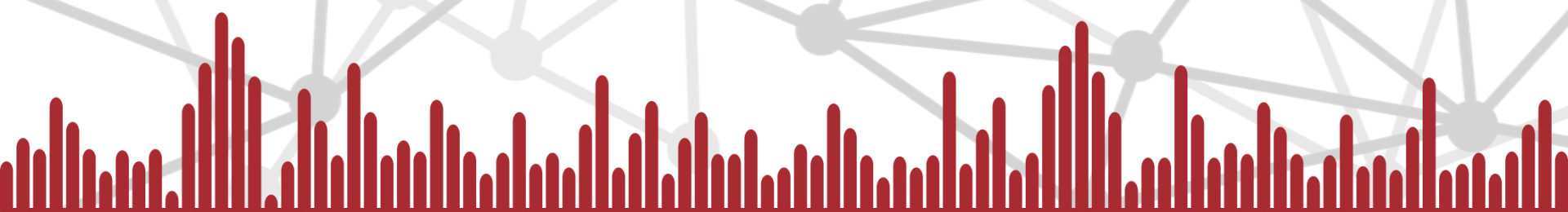
- IMS = IP Multimedia Subsystem, IP multimédia alrendszer
 - VoLTE kapcsán már szerepelt
 - Fix (=vezetékes) és mobil hálózatok IP alapú gerinchálózatának a megvalósítására való architektúra
 - Az adatok IP csomagokban, routereken át
 - Más hálózatok felé konvertálni kell az adatok formátumát és a jelzéseket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



A VoIP kihívásai

- A PSTN/ISDN/mobil (pl. GSM/UMTS) hálózatok „bombabiztosra” voltak 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 mindezt meg kellett teremteni

Hozzáférési hálózatok: ADSL



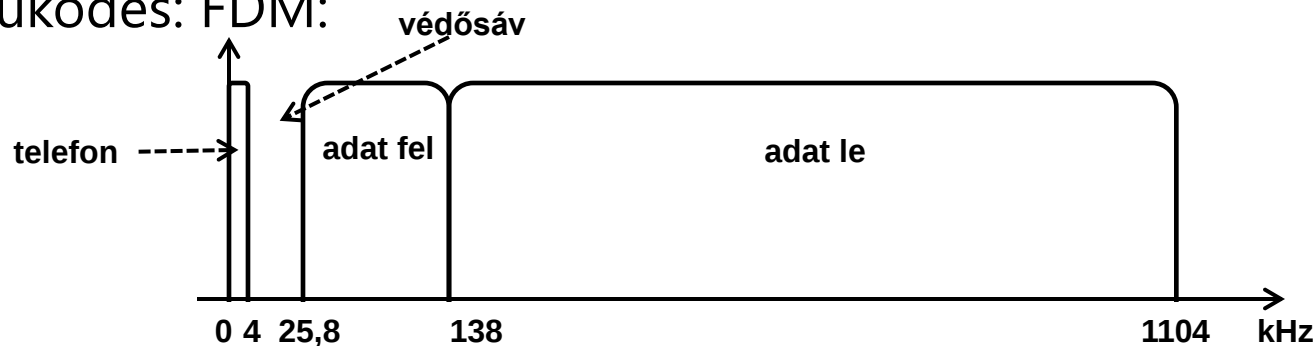
ADSL

- ADSL = Asymmetric Digital Subscriber Line, aszimmetrikus digitális előfizetői vonal
- Cél: a vezetékes telefonos előfizetői hurok kihasználtságának maximalizálása
 - azaz a cél természetesen: \$\$\$\$:)
 - a legnagyobb érték egy távbeszélő-hálózatban!!
 - lecserélni nagyon sokba kerül
 - „last critical mile”
 - magát a telefonközpontok közötti tranzithálózatot viszont kihagyjuk az adatátviteli útból
 - ezáltal megoldva a telefonmodemes átvitel problémáinak többségét
- Telefonbeszélgetés (analóg vagy digitális (ISDN)) és adatátvitel egyidejűleg lehetséges

ADSL működése

Kell tudni a számokat is, de csak kb. (Mondjuk így: kb. 140 kHz)

- 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)

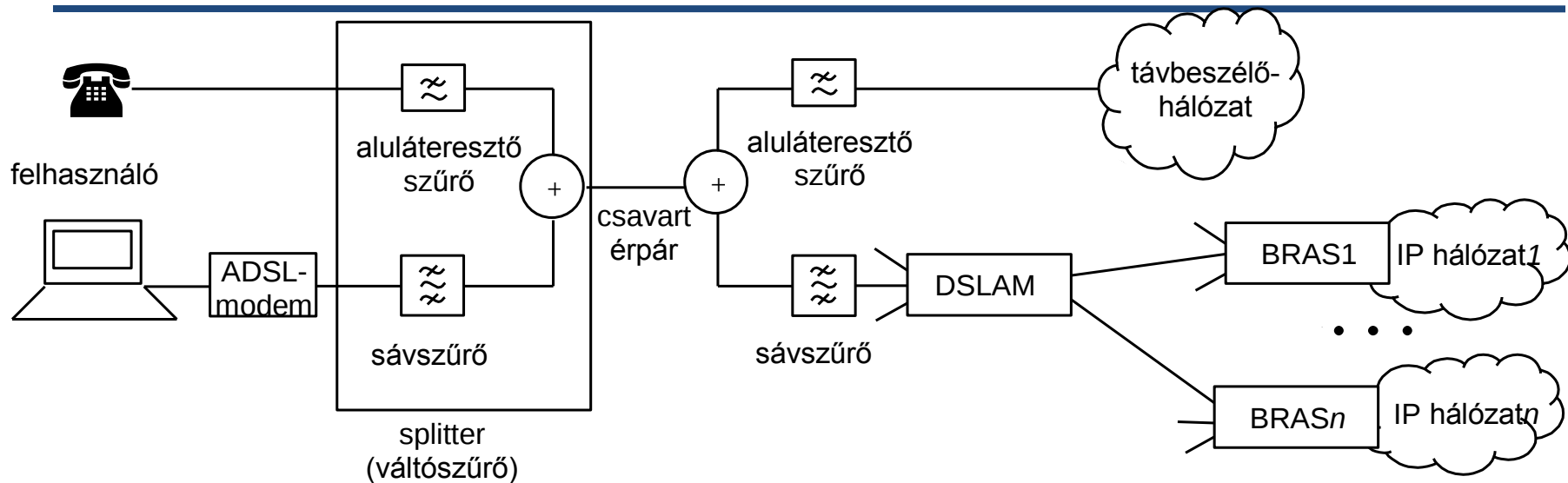
ADSL sebesség



- 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 topológia

Ez a dia nem vizsgaanyag, mert nem mondtam el előadáson részletesen. Ezzel együtt bennhagytam a diasorban, mert szerintem érdekes és talán eléggé érthető önmagában is. ZH-n, vizsgán azonban nem fogom kérdezni.



- DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer, digitális előfizetői vonal hozzáférési nyálábóló):
 - modem ellenpárja (moduláció a DMT szerint)
 - nyálából is: sok modemmle 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



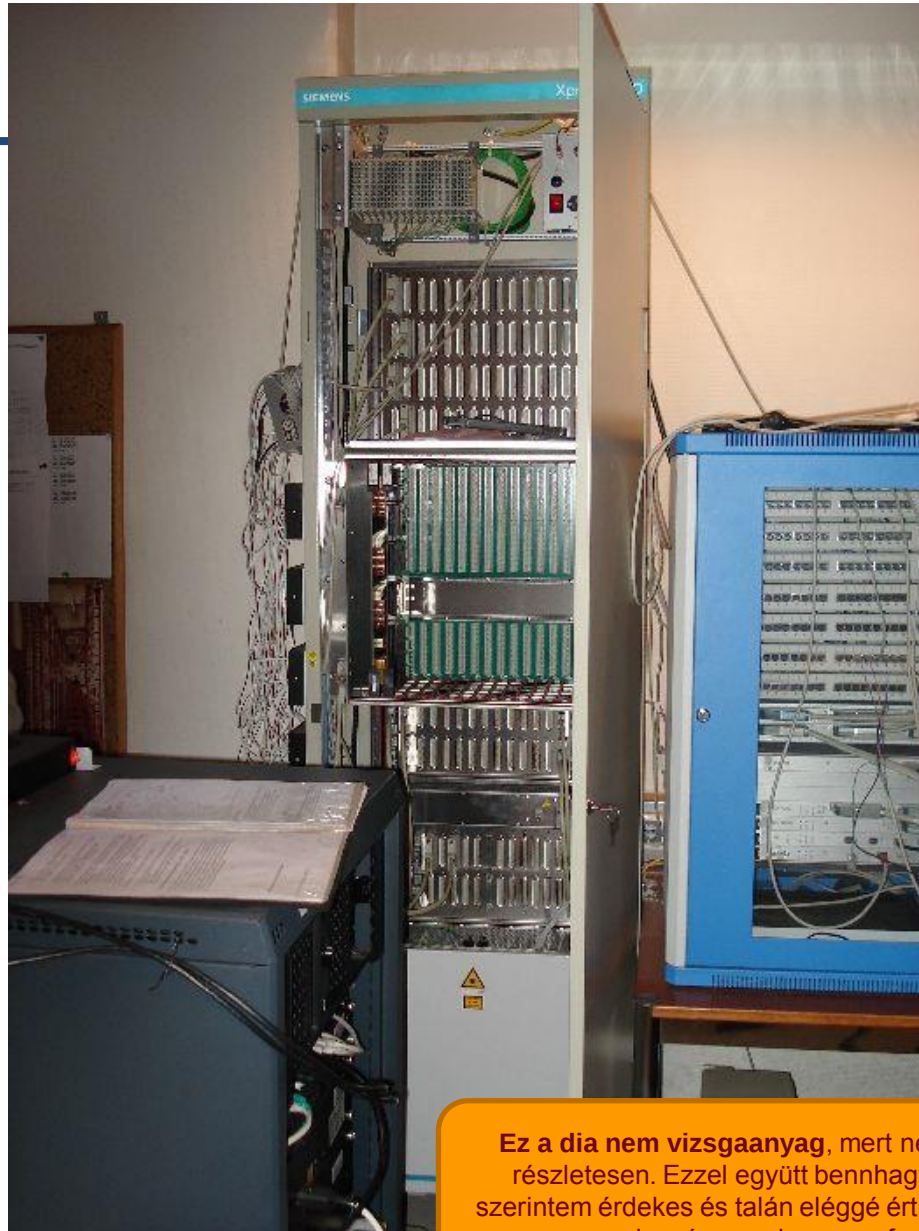
ADSL modem



ADSL splitter
(váltósűrő)

Ez a dia nem vizsgaanyag, mert nem mondtam előadáson részletesen. Ezzel együtt bennhagytam a diasorban, mert szerintem érdekes és talán eléggé érthető önmagában is. ZH-n, vizsgán azonban nem fogom kérdezni.

DSLAM



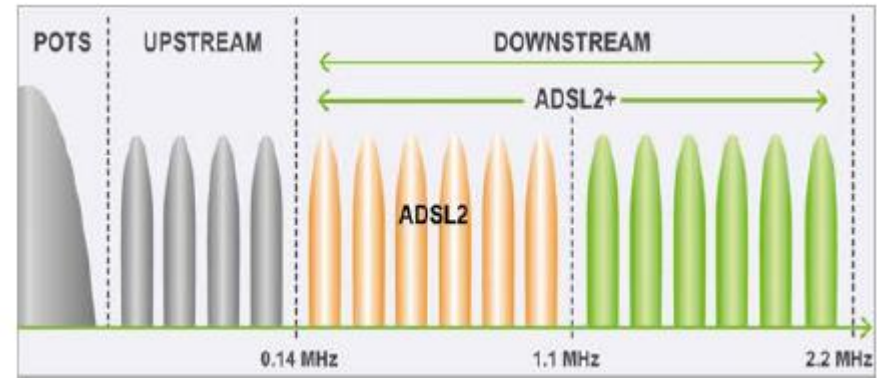
Ez a dia nem vizsgaanyag, mert nem mondtam előadáson részletesen. Ezzel együtt bennhagytam a diasorban, mert szerintem érdekes és talán eléggé érthető önmagában is. ZH-n, vizsgán azonban nem fogom kérdezni.

ADSL áthidalható távolság

- A telefonközponttól csak kb. 5 km távolságra használható
- A távolsággal gyorsan csökken az elérhető sebesség
- Ennek oka: *nagyobb frekvencián, nagyobb távolságra nő a csillapítás*

ADSL2/2+

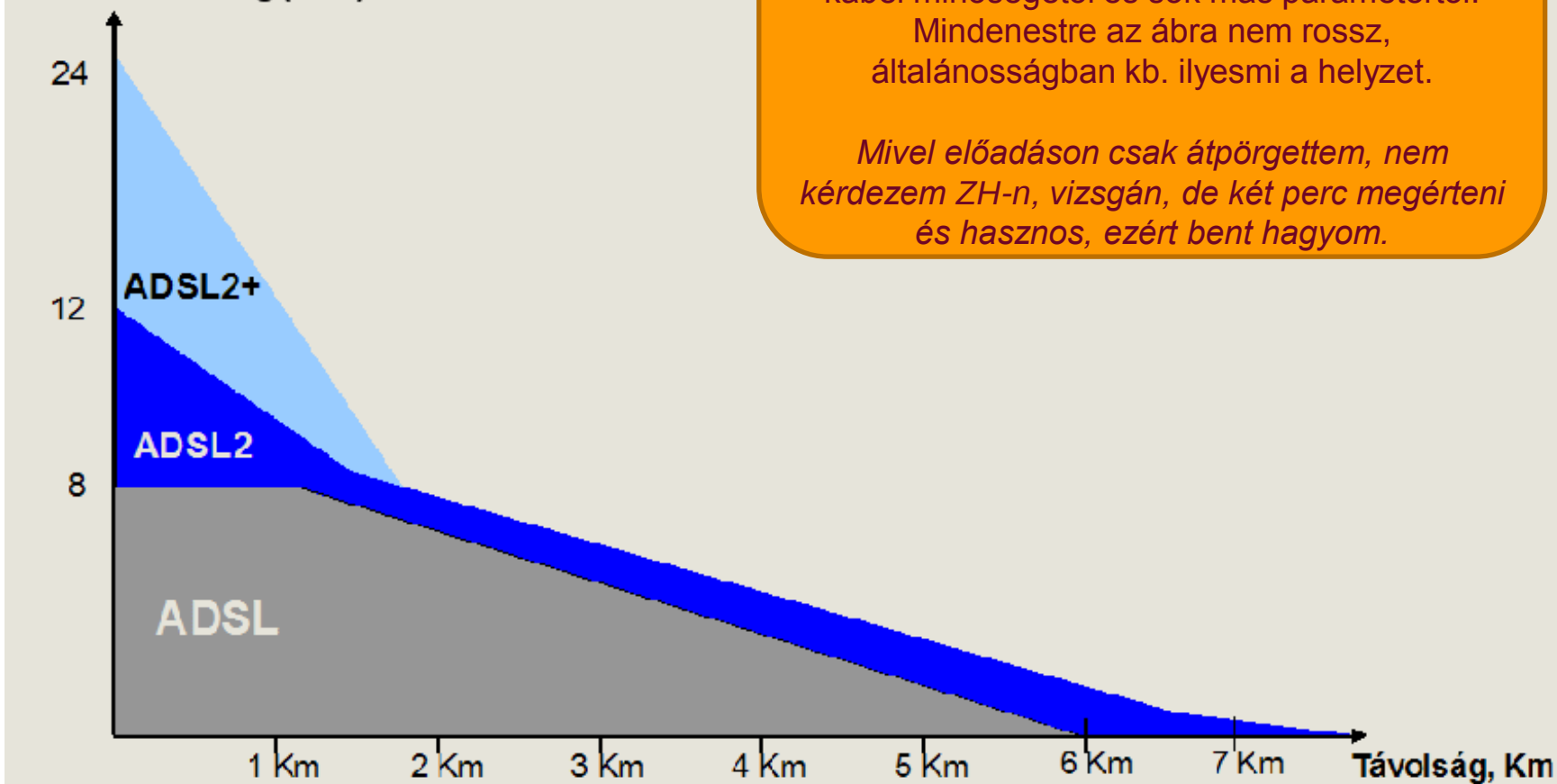
- ADSL2 (G.992.3)
 - jobb modulációs hatékonyság
 - letöltés max. 12 Mb/s
 - feltöltés max. 1,3 Mb/s (egyes változatokban magasabb)
 - kb. 200 m-rel nagyobb hatótáv
 - átmenetileg a beszédcsatornát is használhatja
 - energiatakarékos üzem: figyeli, hogy van-e forgalom
- ADSL2+ (G.992.5)
 - a max. frekvencia 2,2 MHz-re bővül
 - a hangátvitelre, illetve az adatfeltöltésre használt frekvenciák nem változnak
 - a maximális letöltési sávszélesség 24 Mb/s-ra nő
 - feltöltés 1,4 Mb/s max. Kiv.: Annex M: 3,3 Mb/s (276 kHz-ig feltöltés)
 - 1,5 km-es távolságon belül



Ebből a ZH-ra, vizsgára annyit kell tudni, hogy az ADSL továbbfejlesztései az ADSL2 és az ADSL2+. Ez utóbbi esetén nagyobb a maximálisan használt frekvencia (kb. 2 MHz), így nagyobb bitsebesség is érhető el (akár 24 Mb/s lefele), de csak pár kilométer távolságra.

ADSL technológiák összehasonlítása

Letöltési sebesség (Mb/s)



Ez az ábra inkább illusztráció, mint mérési eredmény, nem szabad túl „szó szerint venni”.

A konkrét átviteli sebességek függenek pl. a kábel minőségétől és sok más paramétertől.

Mindenestre az ábra nem rossz, általánosságban kb. ilyesmi a helyzet.

Mivel előadáson csak átpörgettem, nem kérdezem ZH-n, vizsgán, de két perc megérteni és hasznos, ezért bent hagyom.

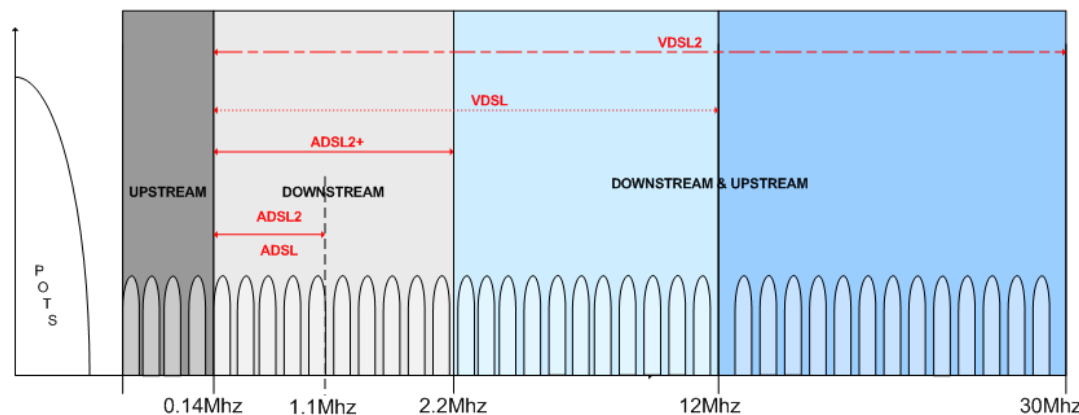
xDSL



- Ötlet ugyanaz: előfizetői hurok jobb kihasználása

- 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

Ami a számokat illeti, elég tudni a VDSL2 max. analóg frekvenciáját (30 MHz) és az elérhető bitsebességet (100 Mb/s mindkét irányba). Fontos azonban *érteni*, mindezt hogy érik el. (Ld. dia, ill. előadás.)

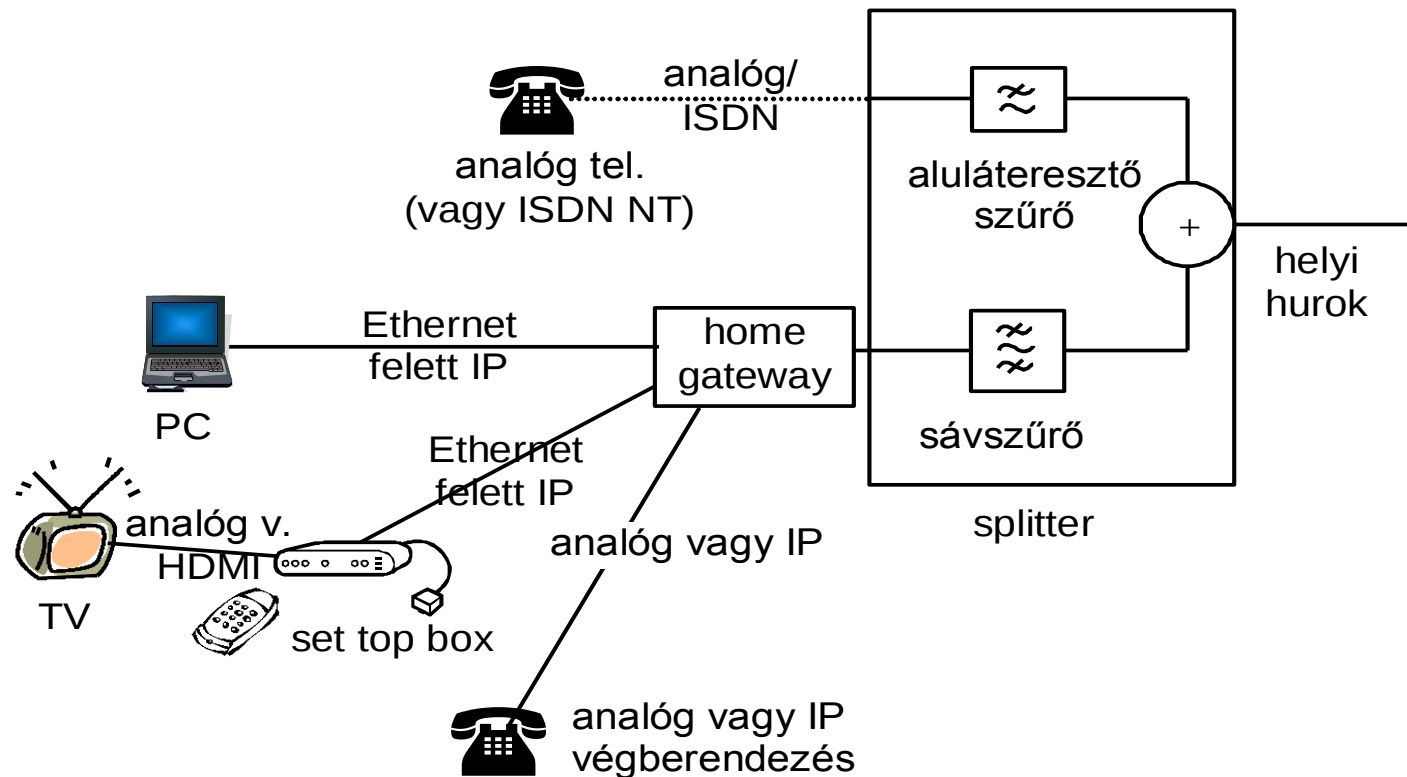
Triple play



- Triple play
 - marketing elnevezés egy IP szolgáltatásra mely magába foglalja a következő három szolgáltatást:
 - Internet
 - 5 Mb/s 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)
 - koax kábel (kábel-TV társaságok)
 - UTP/Ethernet (Internetszolgáltatók)
 - üvegszál (a fentiek mind...)
 - jövőben: vezeték nélküli hozzáféréssel át is

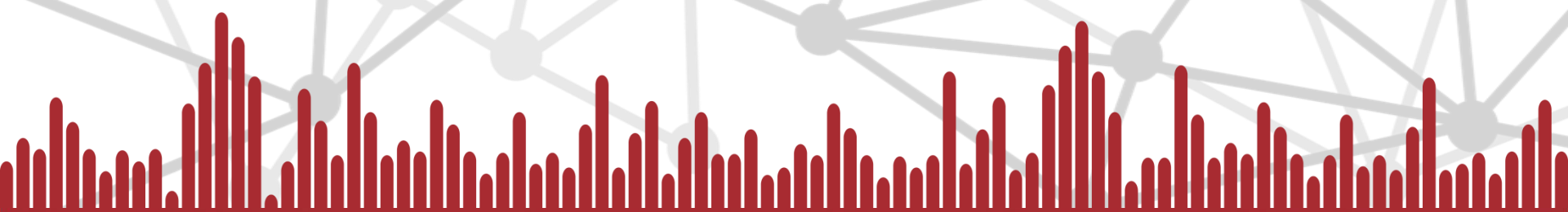
Triple play ADSL-en

Ez a dia nem vizsgaanyag, mert nem mondtam el előadáson részletesen. Ezzel együtt bennhagytam a diasorban, mert szerintem érdekes és talán eléggé érthető önmagában is. ZH-n, vizsgán azonban nem fogom kérdezni.



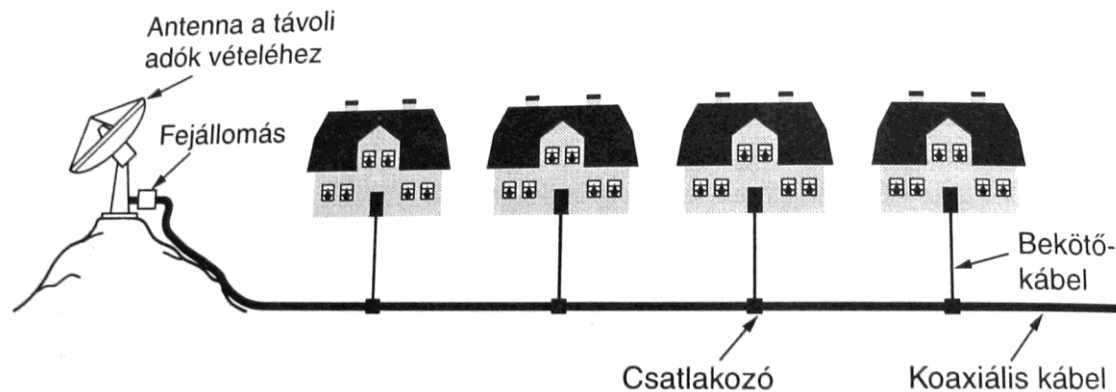
- A két telefonból csak egy van egyszerre, jellemzően a home gatewayen átmenő
- A beszéd, videó prioritást élvez az adatforgalom felett
 - pl. külön-külön ATM Virtual Circuit / Ethernet VLAN mindhárom
- home gateway: IP/PSTN átjáró is (ld. majd a VoIP-nál is)

Hozzáférési hálózatok: kábelTV



Korai kábeltelevíziós rendszerek

- Ötlet az 1940-es évek végén (USA)
 - Jobb vétel a külvárosokban és a hegyek között élőknek
- Közösségi 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

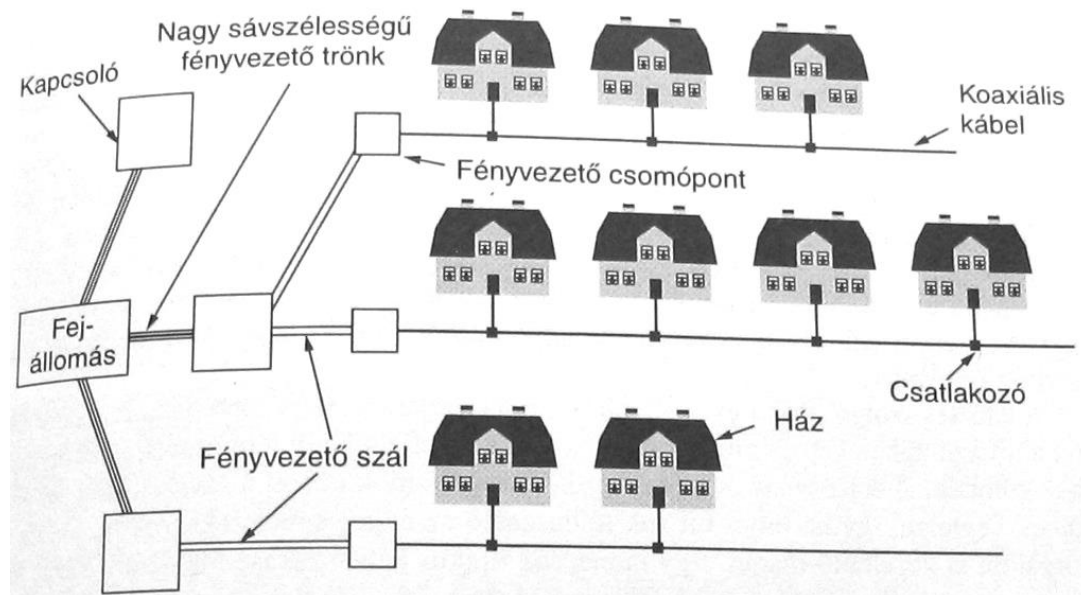


A kábeltévé fejlődése

- 1970-re több ezer független rendszer (USA)
- 1974-ben elindul az HBO, kizárólag kábelén
 - 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 csatolásnál



Internet a kábeltévén

- 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 erősítóből egy intelligens digitális számítógéprendszer
 - Nagysebességű optikai szálakat csatlakoztat egy ISP hálózatához
 - (Új név: Cable-Modem Termination System (CMTS) – nem kell tudni)

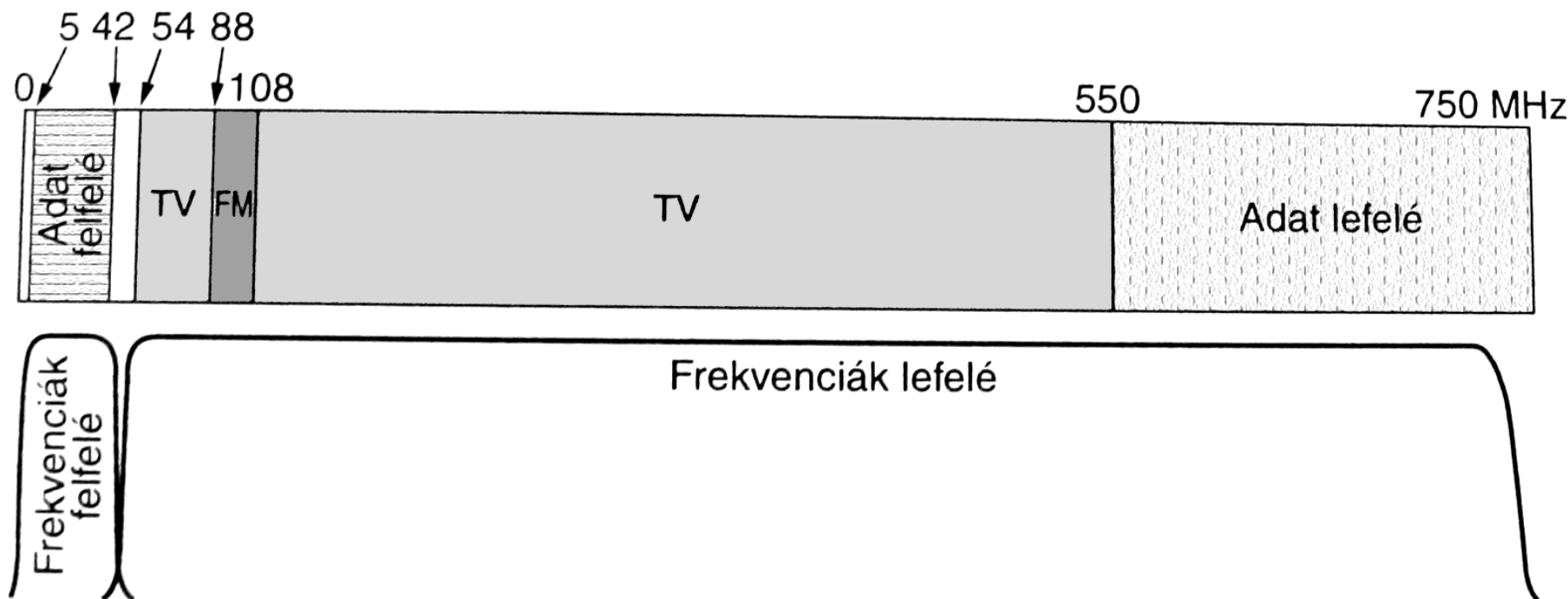
Internet a kábeltévéen

- 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 párszáz előfizető egy szakaszon

Spektrumkiosztás

Ez a dia nem vizsgaanyag, mert nem mondtam el előadáson részletesen. Ezzel együtt bennhagytam a diasorban, mert szerintem érdekes és talán eléggé érthető önmagában is. ZH-n, vizsgán azonban nem fogom kérdezni.

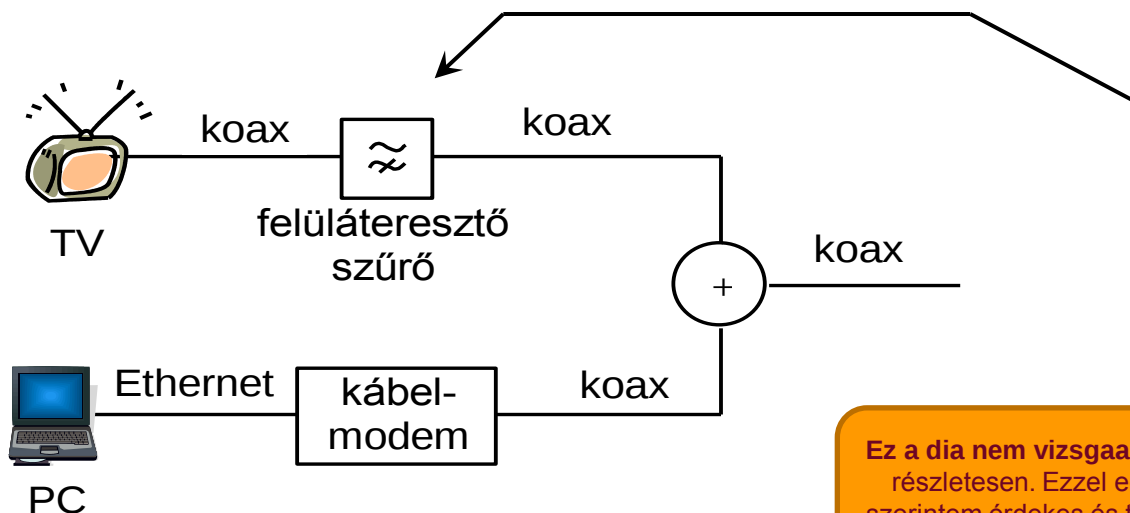
- Modern kábelek 550 MHz felett is működnek, gyakran 750 Mhz felett is
 - Megoldás: feltöltés 5 - 65 MHz (ez Európában, USA: 5 – 42 MHz között)
 - A magasabb frekvenciák a letöltéshez



Frekvenciakiosztás (USA)

Aszimmetrikus átvitel, házon belüli topológia

- A TV és rádió mind lefele halad
 - A fejállomástól 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 régi TV-készülékek zavaró alacsonyfrekvenciás jeleket bocsátanak ki



Ez a dia nem vizsgaanyag, mert nem mondtam el előadáson részletesen. Ezzel együtt bennhagytam a diasorban, mert szerintem érdekes és talán eléggé érthető önmagában is. ZH-n, vizsgán azonban nem fogom kérdezni.

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

The background features a complex network diagram with grey nodes and lines. At the bottom, there is a red bar chart with varying heights. The title text is centered in the upper half of the slide.

Hozzáférési hálózatok: optikai hálózatok

Optikai hozzáférési hálózatok

- Előnyei

- nagy sávszélesség
 - célkitűzés előfiz. hálózatban: több Gb/s
- kis csillapítás: kis teljesítmény elég
 - kb. 0,2...0,5 dB/km
- kis csillapítás: nagy távolság áthidalható
 - kb. 100 km
- alacsony bithibaarány (Bit Error Rate, BER)
 - pl. 10^{-9}
- kis késletetés

Jó az Internetezésnek

Jó a VoIP-nek

Jó az IPTV-nek

- Hátránya

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

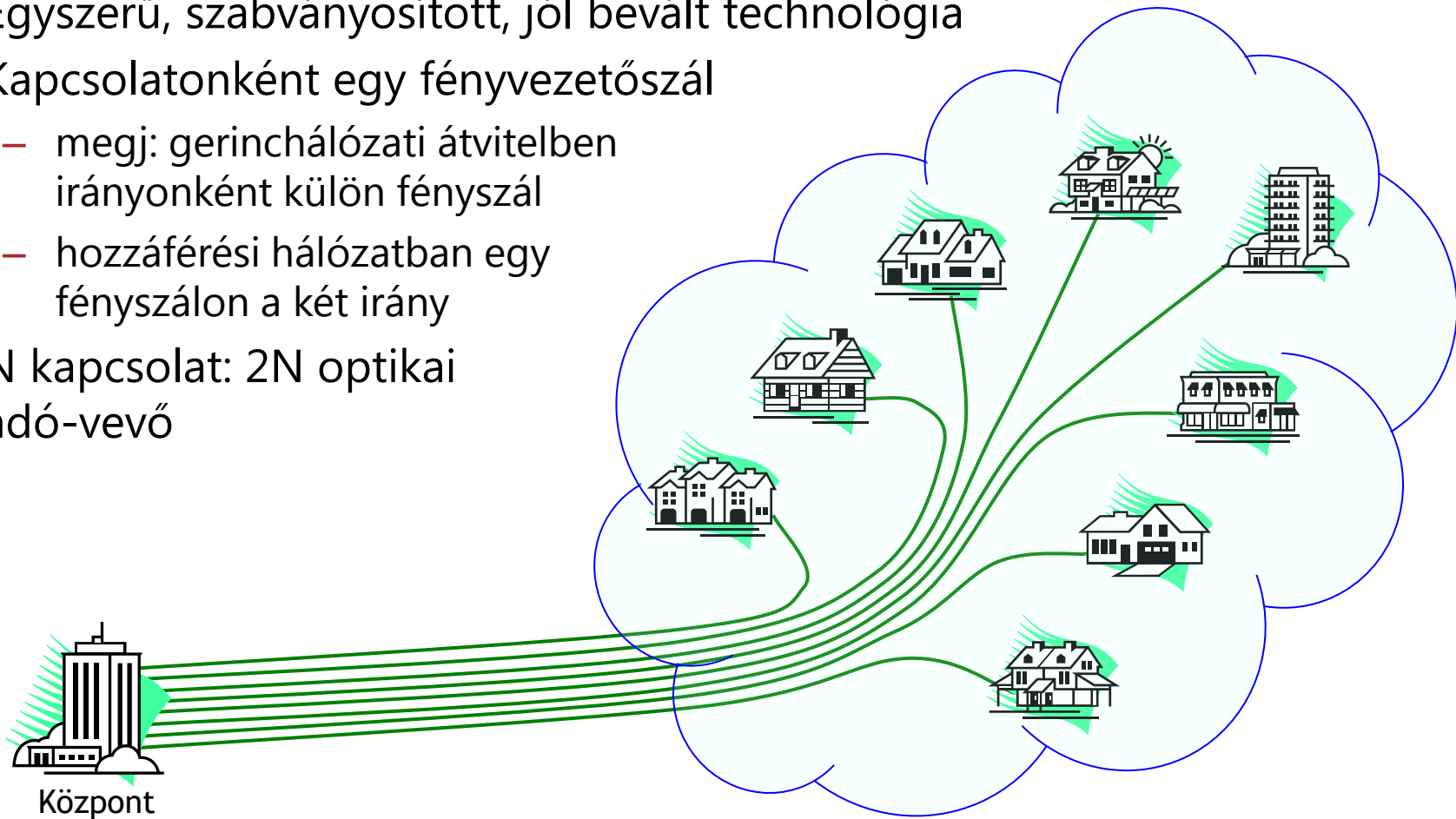
- Korábban láttuk: VDSL, HFC kábeltelevízió

- nem teljesen a felhasználóig optikai

Hálózati architektúrák

Pont – pont összeköttetések

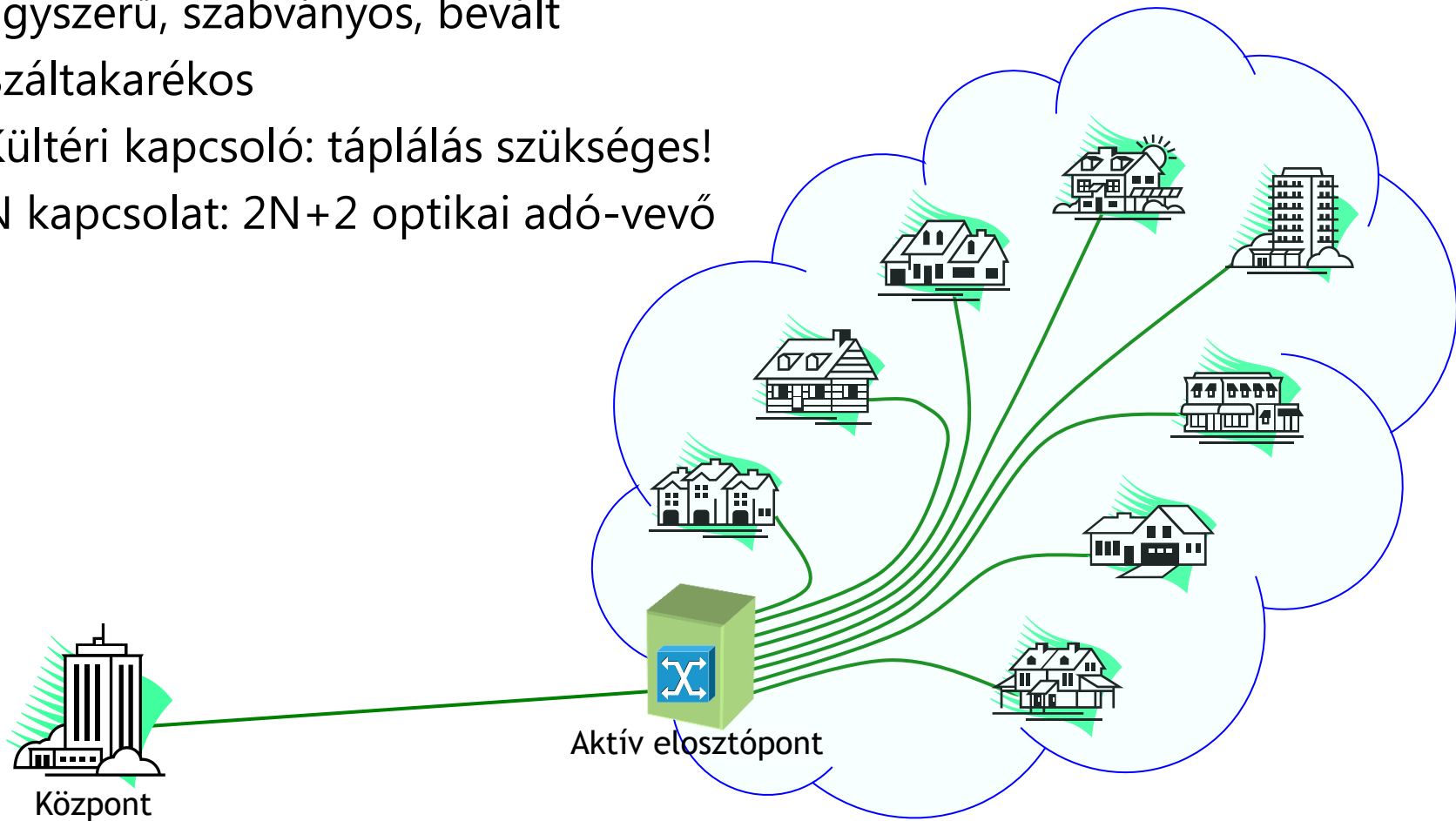
- Egyszerű, szabványosított, jól bevált technológia
- Kapcsolatonként egy fényvezetősál
 - megj: gerinchálózati átvitelben irányonként külön fényszál
 - hozzáférési hálózatban egy fényszálon a két irány
- N kapcsolat: $2N$ optikai adó-vevő



Hálózati architektúrák

Aktív optikai hálózat

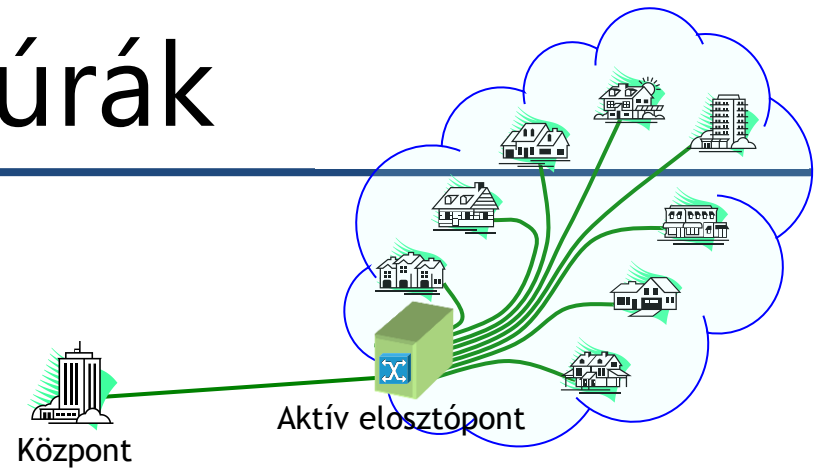
- Egyszerű, szabványos, bevált
- Száltakarékos
- Kültéri kapcsoló: táplálás szükséges!
- N kapcsolat: $2N+2$ optikai adó-vevő



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 (cat5e/cat6)
 - 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

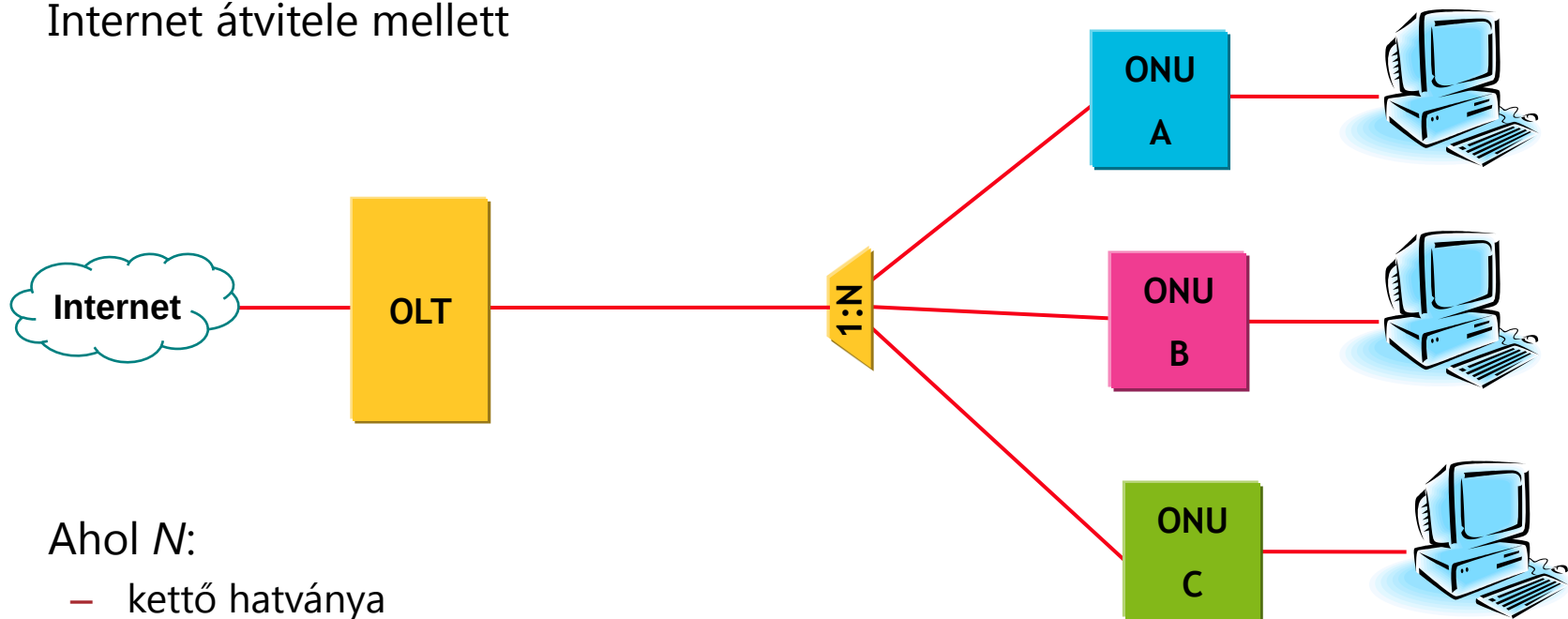
Passzív optikai hálózat (Passive Optical Network, PON)

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



PON architektúra (egyszerűsített)

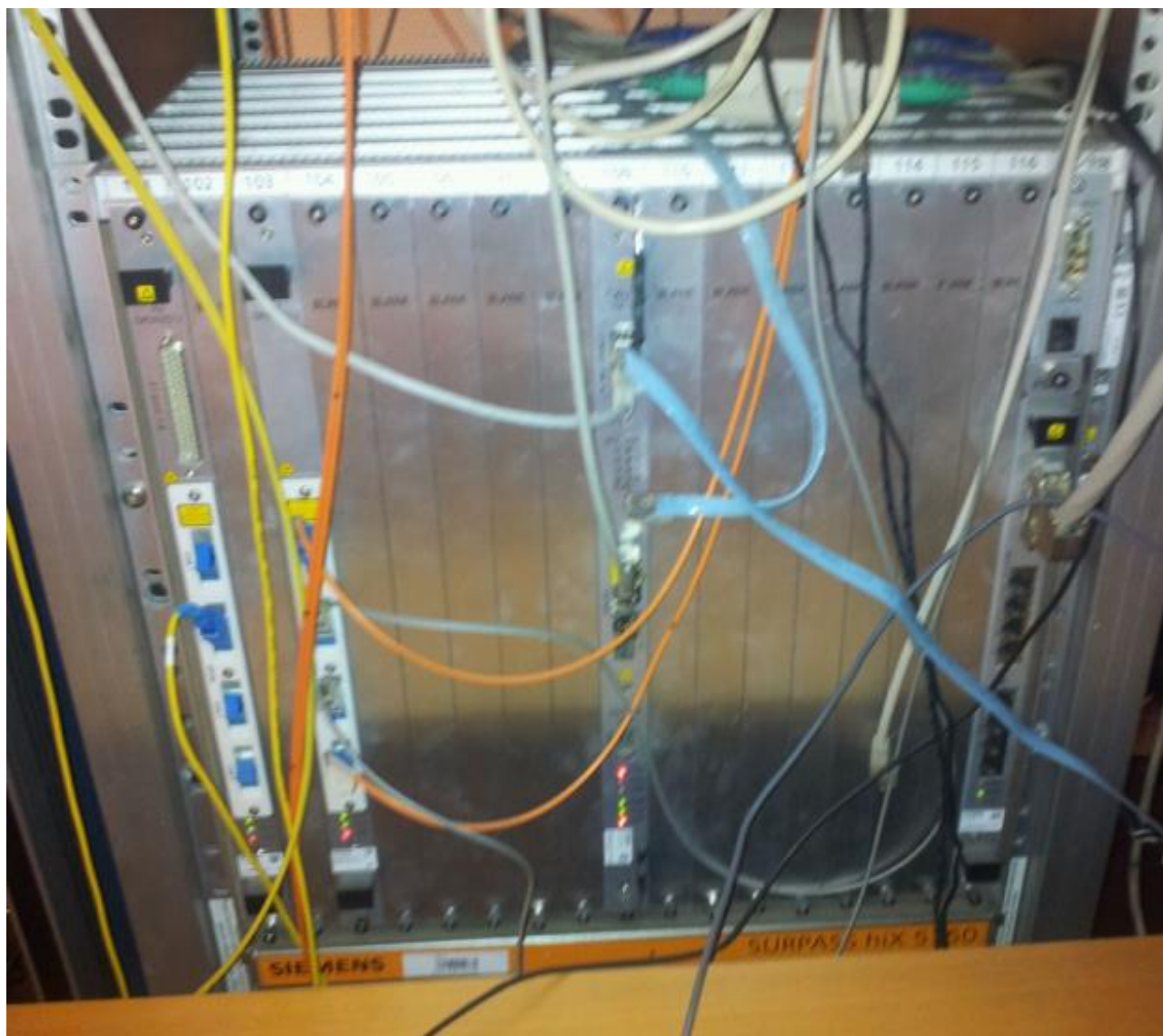
- OLT: Optical Line Termination (optikai vonalvégződés)
- ONT: Optical Network Termination, avagy más néven:
ONU: Optical Network Unit (optikai hálózathívő/hálózati elem)
- Lehetnek bonyolultabb konfigurációk is: pl. videó, telefon (VoIP) átvitele az Internet átvitele mellett



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

OLT

Ez és a következő két dia, csak illusztráció, hogy el tudják képzelni a PON építőelemeit. Nyilván nincs mit tanulni rajta a ZH-ra, vizsgára.



1:N passzív osztó



ONU/ONT

