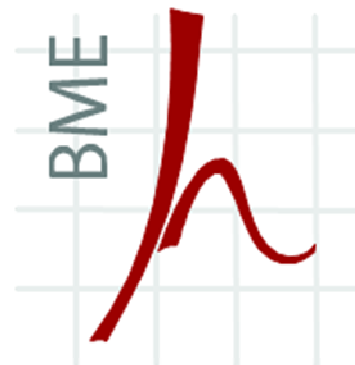




„FIZIKAI SZINTŰ” KOMMUNIKÁCIÓ

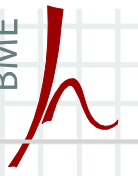
Hírközlő csatornák a gyakorlatban

Dr. Simon Vilmos
adjunktus

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

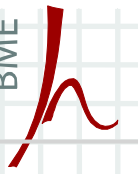
- Megismertük szimbólumok jelekkel történő továbbításának alapvető problémáit:
 - Véges sávszélességű csatorna → diszperzió
 - Elektromos jelek feldolgozása → additív zaj
 - A forrás által küldött szimbólumok nem mindig azonosak a nyelőbe jutó szimbólumokkal
- Megismertük a jeleknek a csatorna rendelkezésre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

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



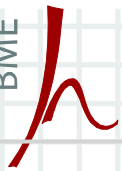
Jeltovábbítás fémvezetőkkel

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



Sodrott érpár (Twisted pair)

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



Sodrott érpárok

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

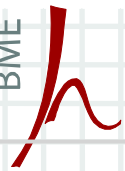


*4 érpár
egy kábelben*

5-ös kategóriájú árnyékolatlan sodrott érpár
- kb. 100 MHz-ig



*sűrűbb sodrás,
jobb átviteli
jellemzők*



Sodrott érpáras kábelek

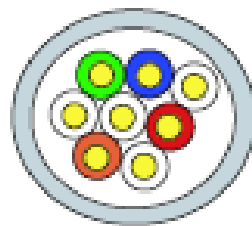
Jelölések:

S – shielded
(fémhálószerű)

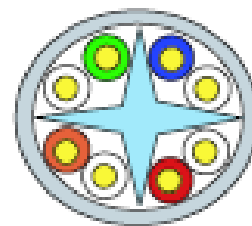
F – foiled
(árnyékolás
fémlemezzel)

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

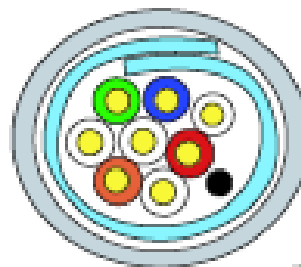
U/UTP



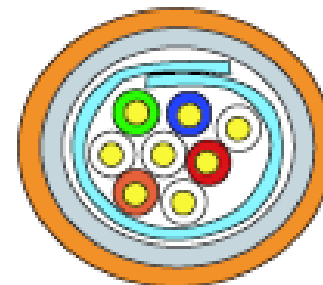
U/UTP (Cat. 6)



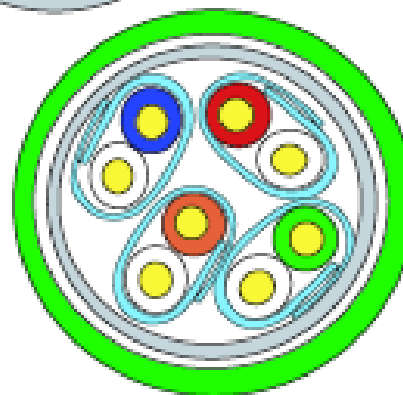
F/UTP

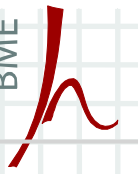


SF/UTP



S/FTP (Cat. 7)

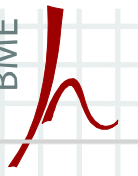




UTP előnye-hátránya

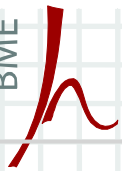
- +:
 - Vékony, rugalmas kábel: könnyű szerelés
 - Mérete miatt sok fér el belőle egy burkoló csatornában
 - A legolcsóbb LAN kábel

- -:
 - Komoly előírások a szereléskor az EMI miatt
 - Video átvitelnél a különböző hosszak miatt késleltetés
 - Átvitel párhuzamosan több éren: színtorzulás, szellemkép
 - Túloldalon kompenzálni kell a változó hosszakat, bonyolult



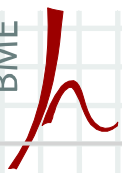
Strukturált kábelezés

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

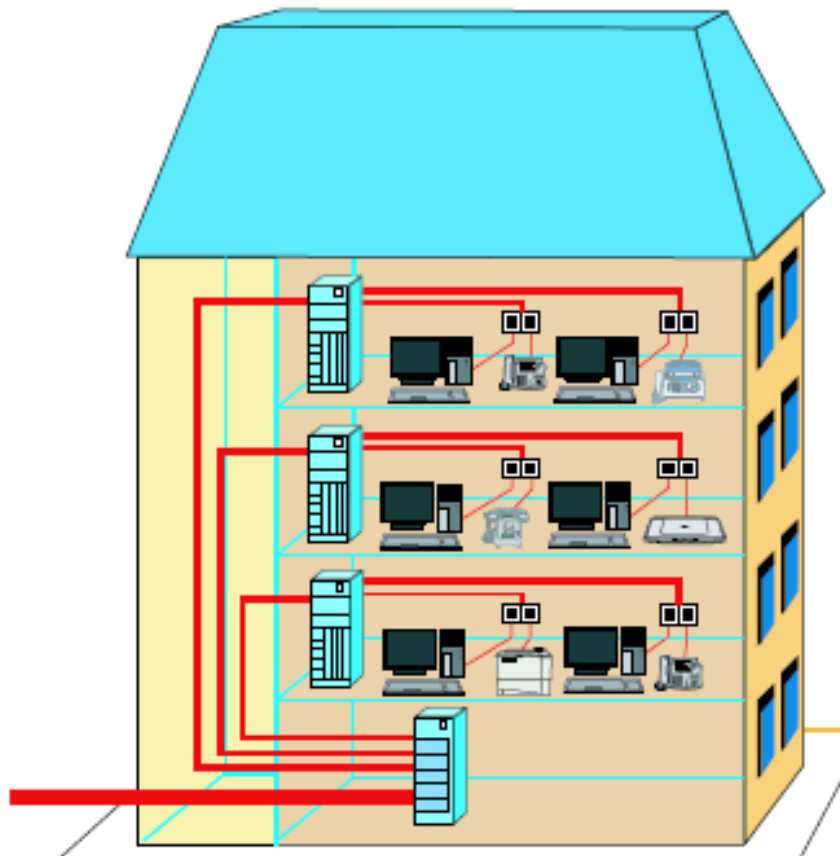


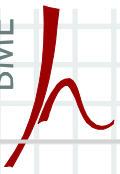
A strukturált kábelezés fő elemei

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

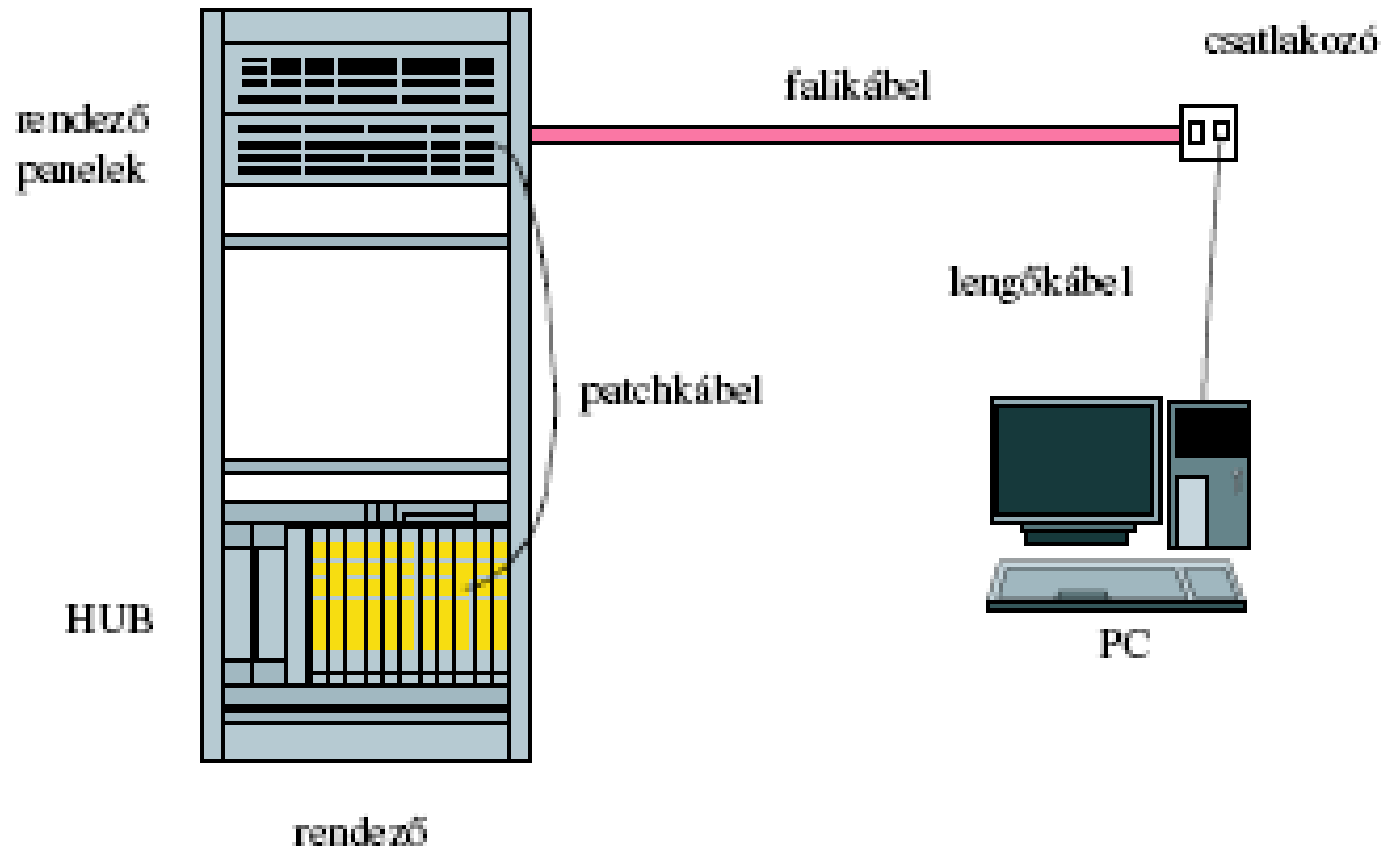


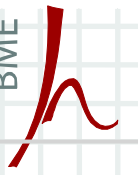
Illusztráció: Strukturált kábelezés többszintű épületben





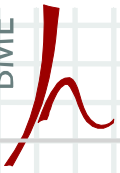
Illusztráció: a strukturált kábelezési rendszer elemei



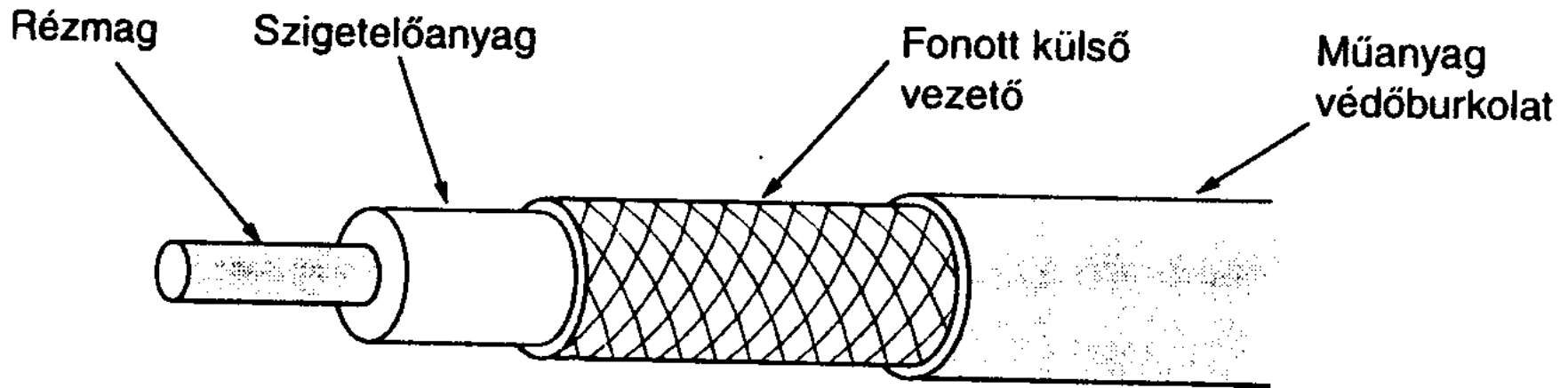


Koaxiális kábelek

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



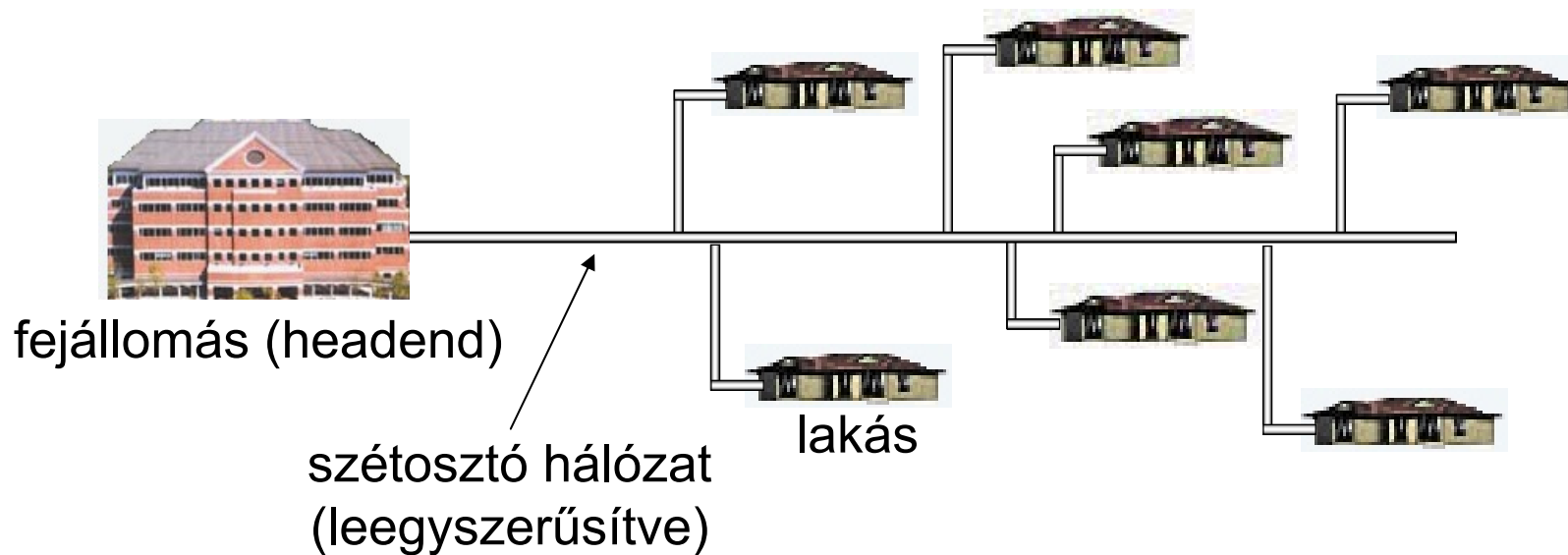
Koaxiális kábelek

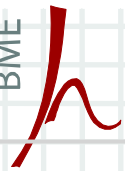


- Két végén lezárás a hullámimpedanciával (50 Ohm Ethernet, 75 Ohm kábel tv)
- Jó zavarvédelem és nagy sávszélesség
- Számítógép-hálózatokban ma már kevésbé használják
 - kábeltelevíziós rendszerekben fordul elő
 - vagy az optikai (fényvezetős) átvitel szorítja ki, vagy kis távolságok esetén a sodrott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

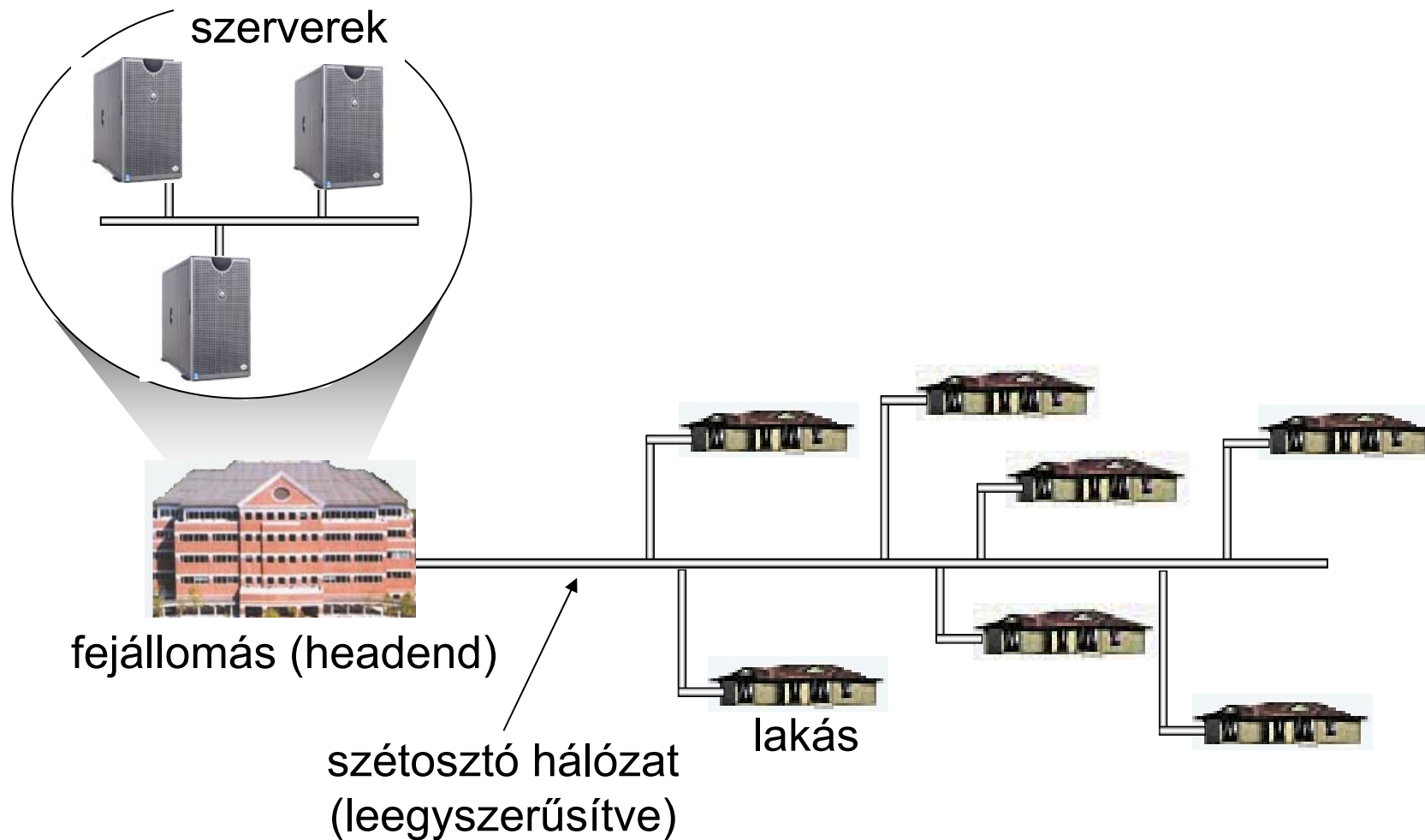
Kábeltévé-hálózat

Tipikusan 500...5000 lakás

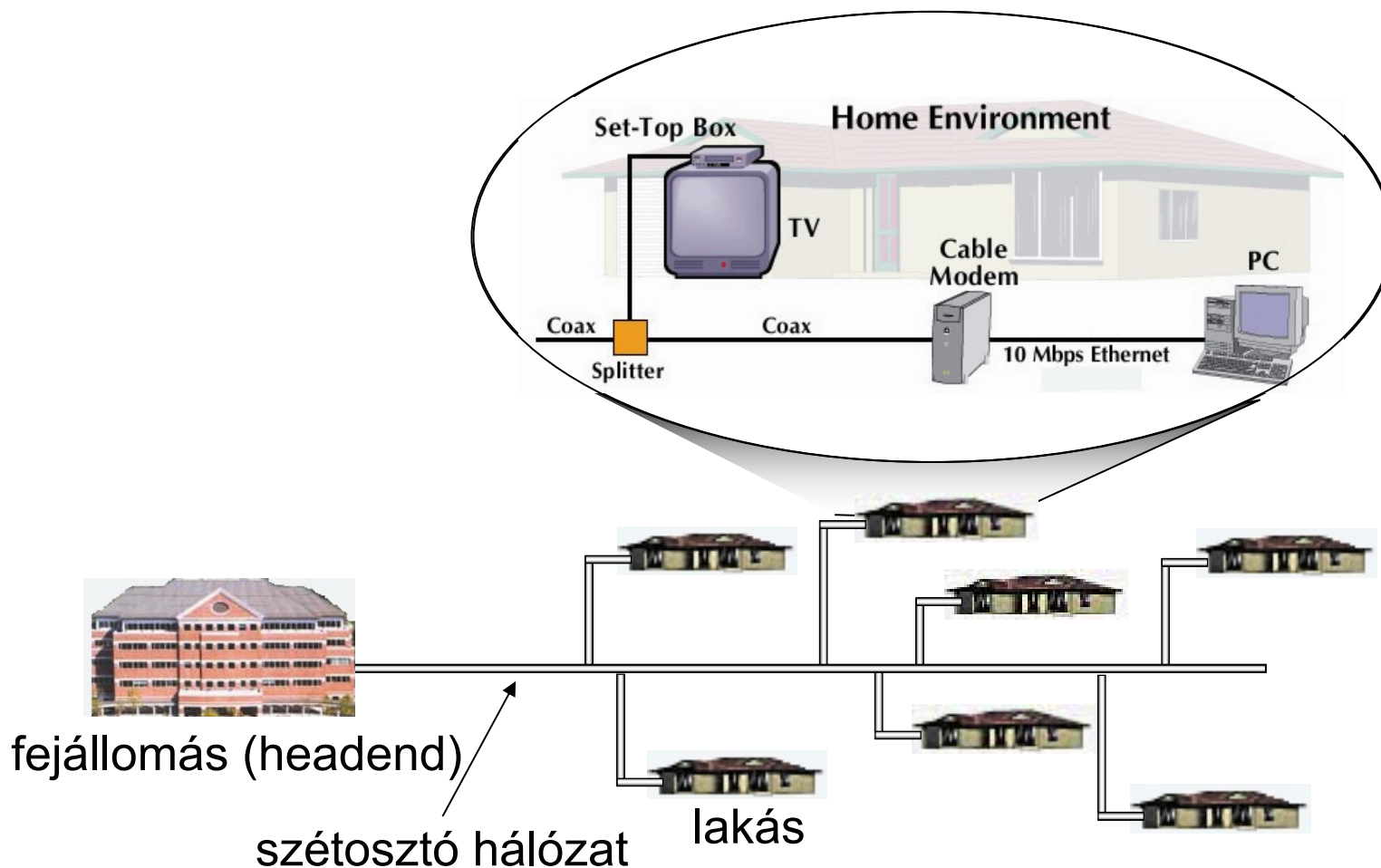


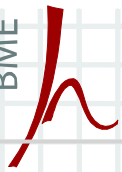


Kábeltévé-hálózat



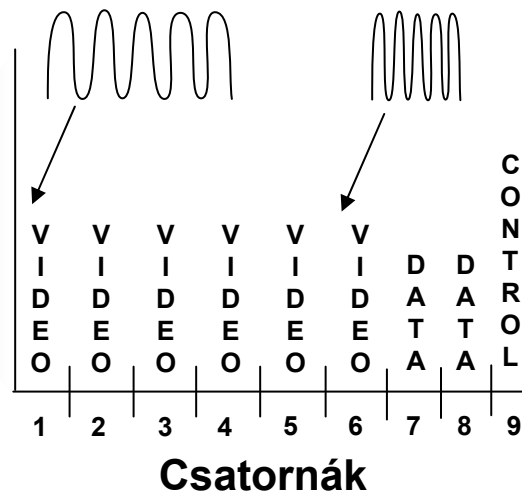
Kábeltévé-hálózat





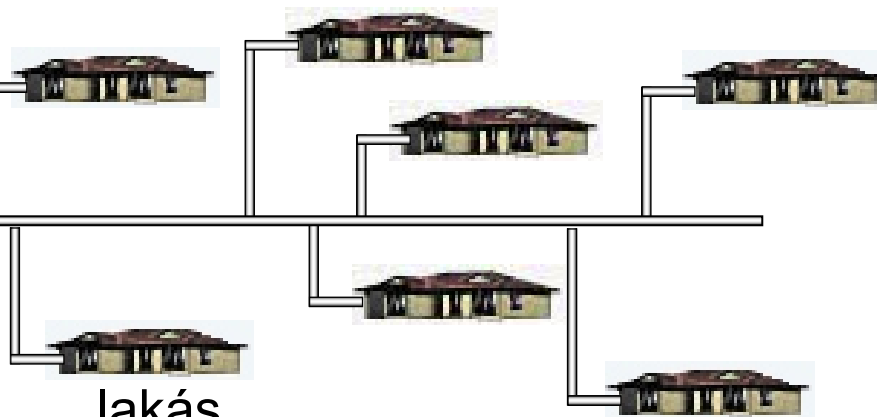
Kábeltévé-hálózat

FDM:

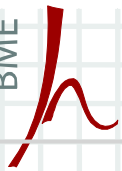


fejállomás (headend)

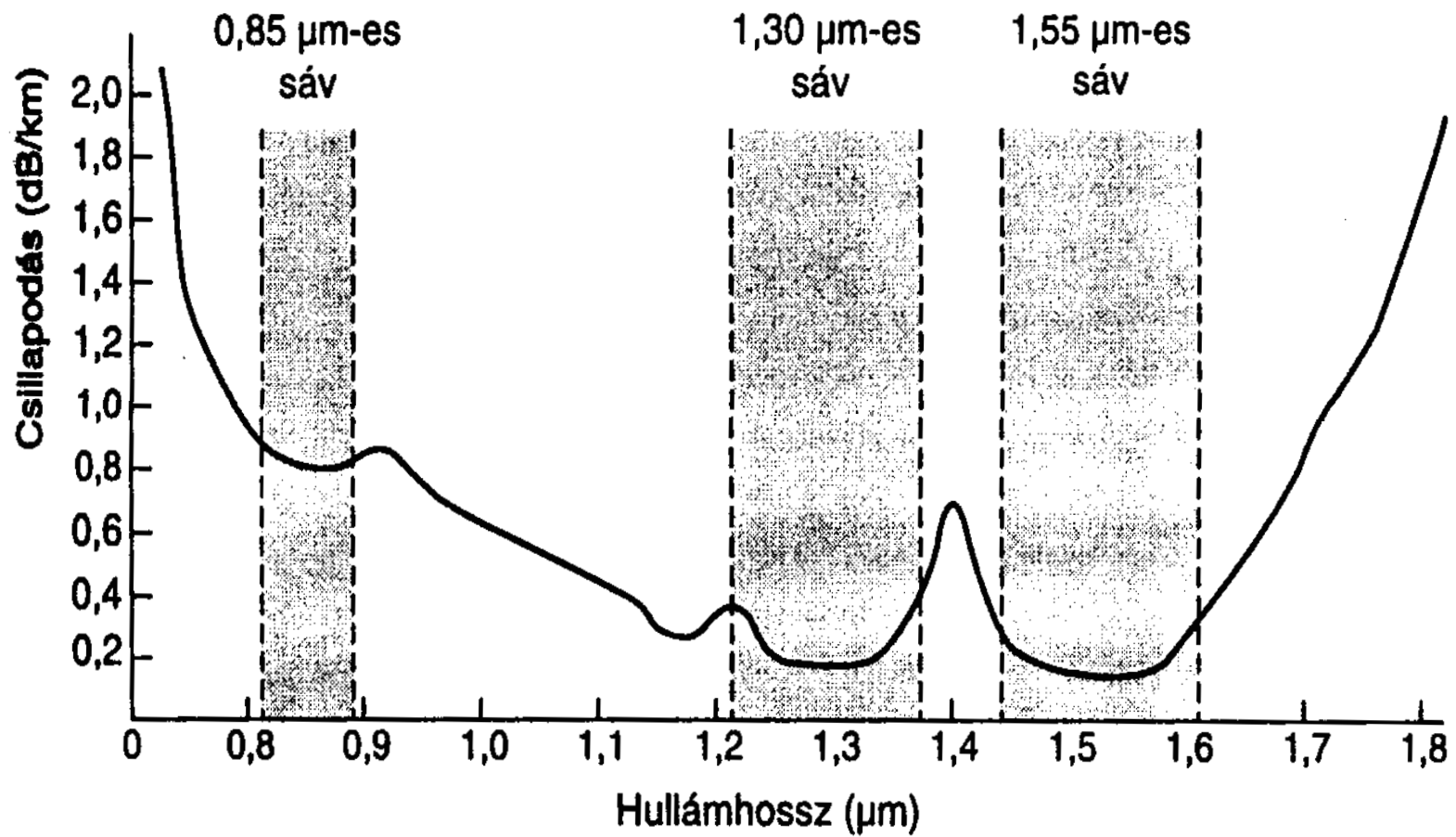
szétosztó hálózat

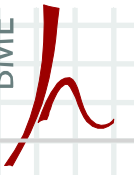


lakás



Átvitel a látható fény tartományában: optikai „ablakok”



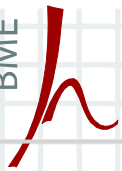


Optikai „ablakok”

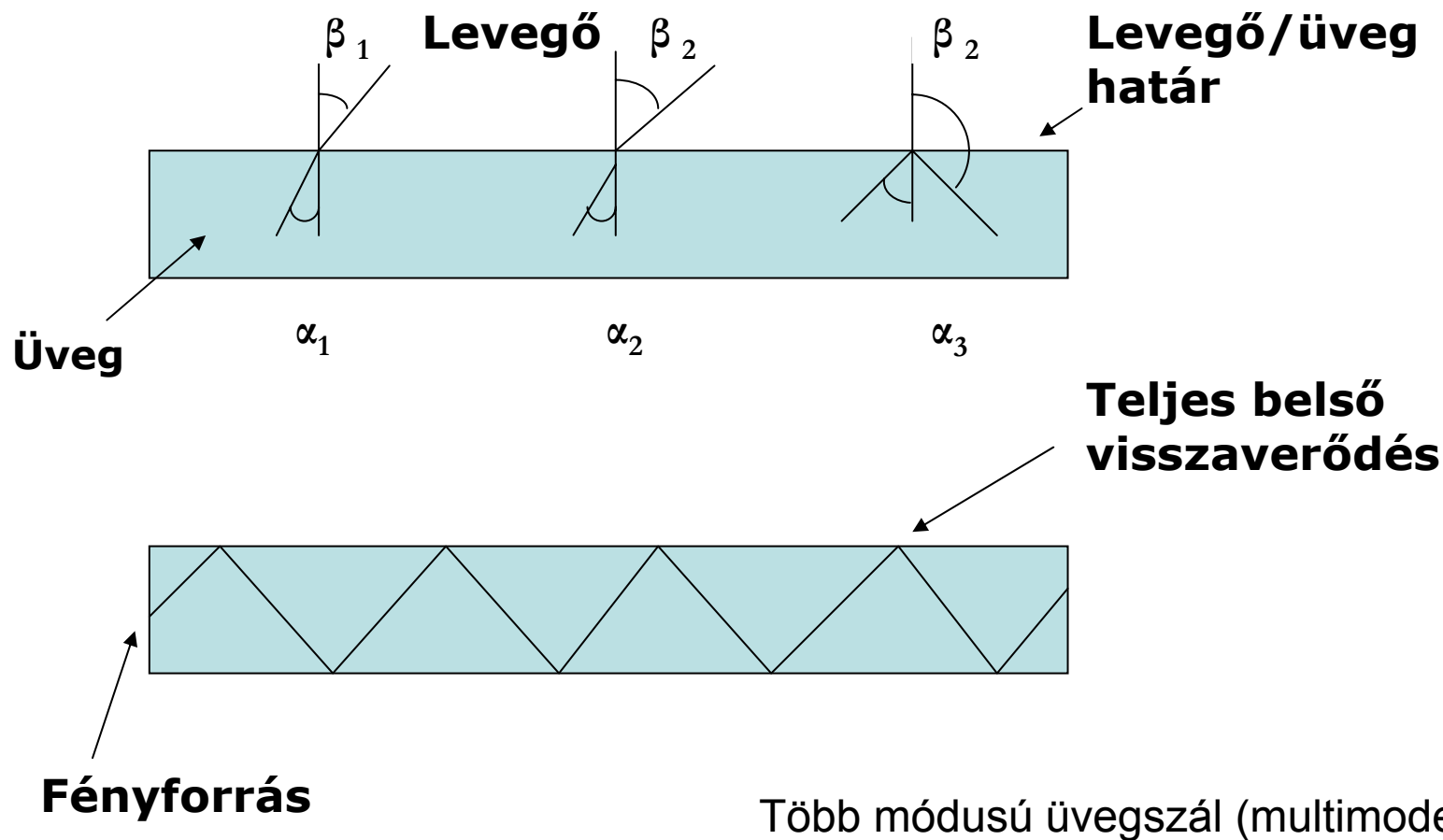
- **850 nm**
 - optikai távközlő rendszerek első generációja a 70-es évek végén.
 - 2-3 dB/km-es szálcsillapítás jellemzi
 - elérhető modulációs sebesség 100Mbit/s nagyságrendű
- **1310 nm**
 - a 80-as évek közepére második generációs rendszerek
 - 0.5 dB/km-es szálcsillapítás
 - átviteli sebesség Gbit/s-os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

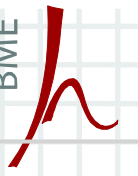
A fényvesztés három részből áll:

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

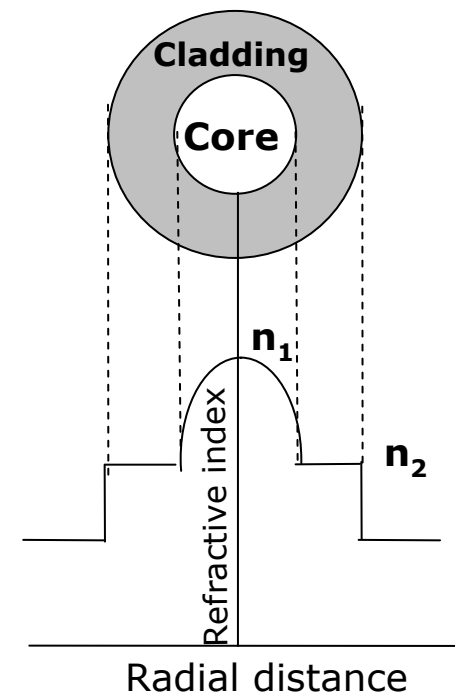
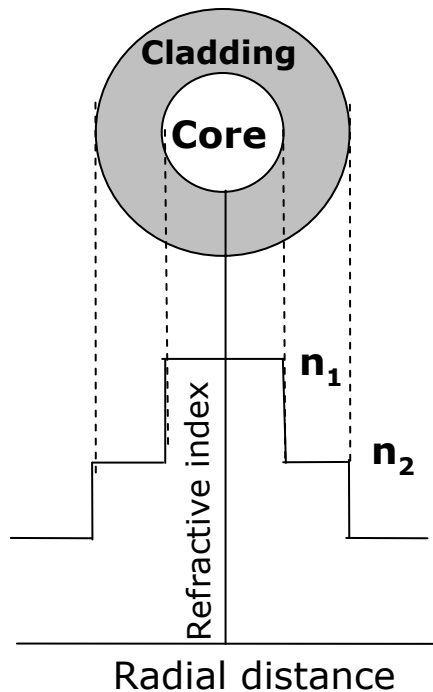
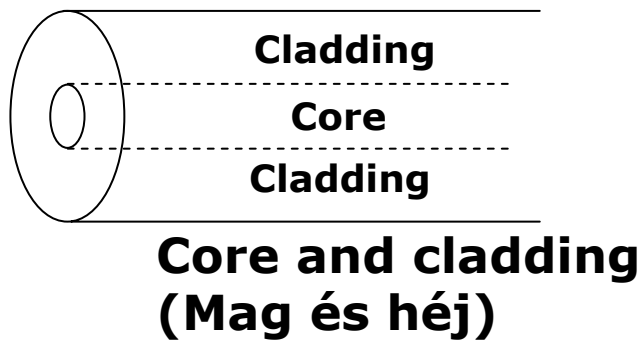


Terjedés üvegszálban

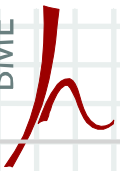




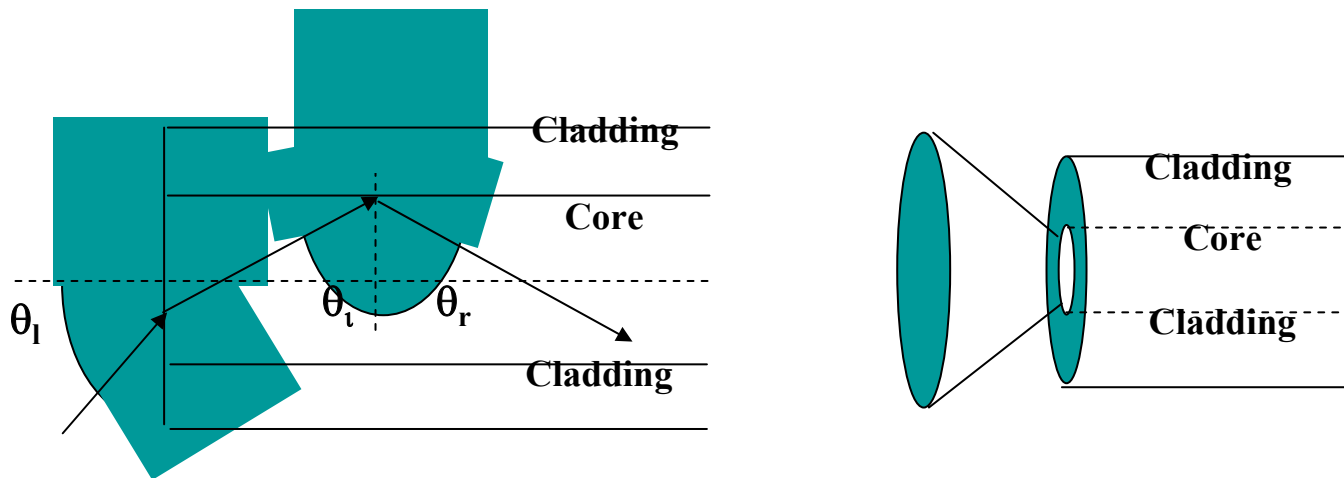
Optikai szál



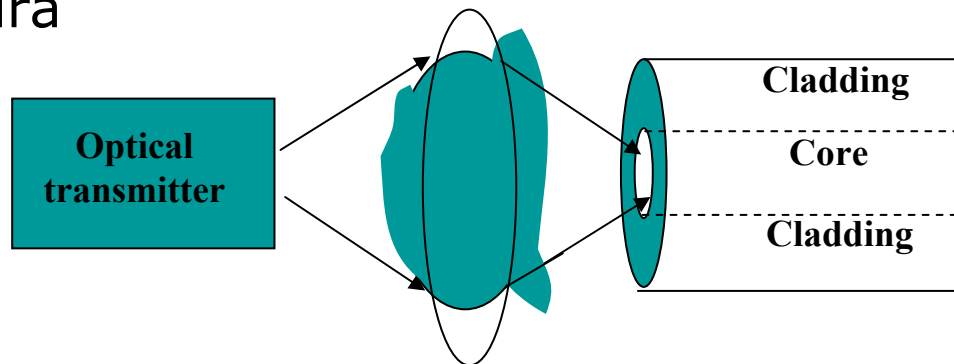
- a) step-index fiber (ugrásszerű törésmutató változás)
- b) graded-index fiber (fokozatos törésmutató változás)



A fénysugár betáplálása a szálba



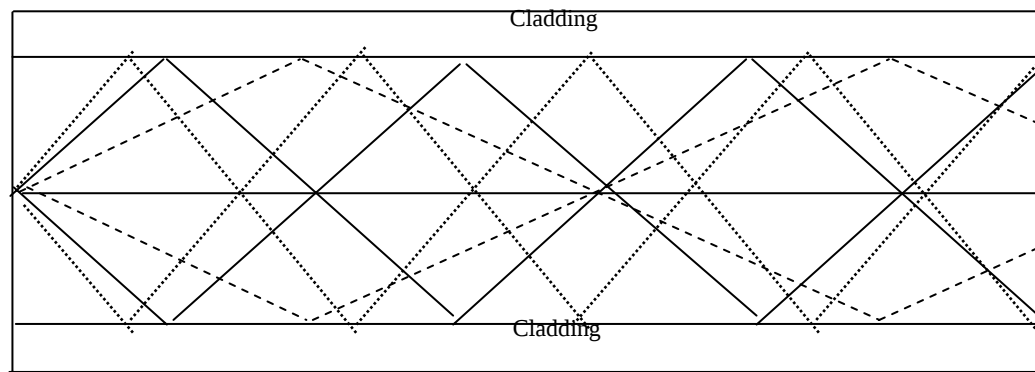
Numerikus apertúra



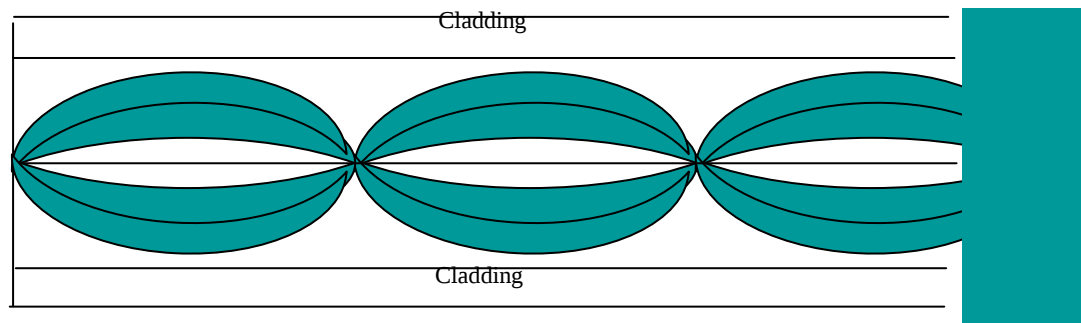
- A mag/héj (core/cladding) értékek a multimódusú szálban:
 - 50/125 μm ,
 - 62,5/125 μm ,
 - 100/140 μm

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

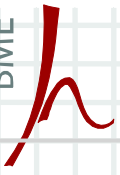
A módusok kialakulása



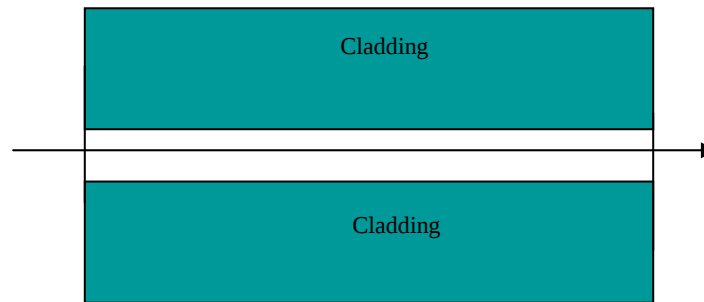
a) step-index fiber



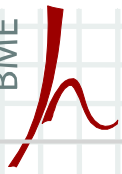
b) graded-index fiber



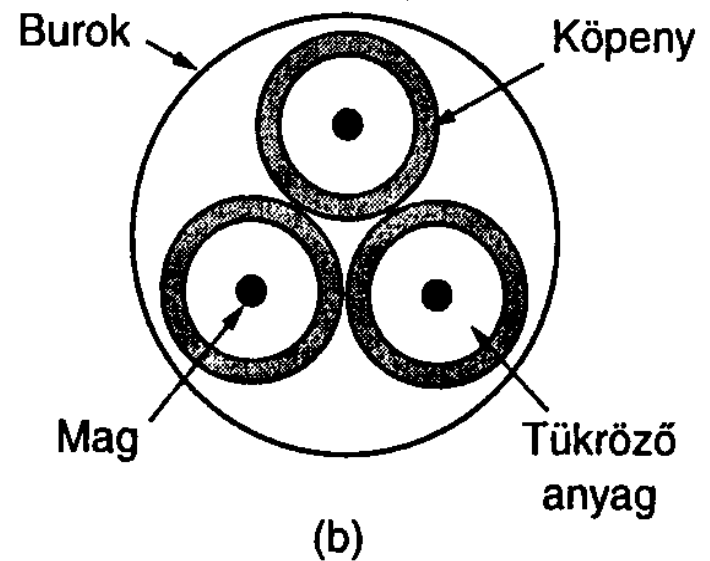
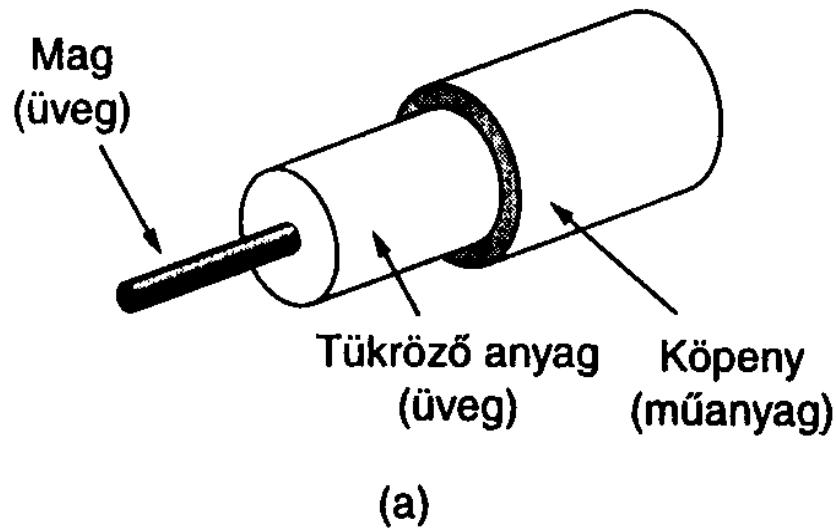
Monomódusú szál

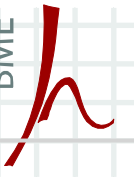


Ha a **mag átmérőjét a fény hullámhosszára** csökkentjük, akkor a fénysugár már verődés nélkül terjed: csak alapmódus terjed!



Üvegszálás kábelek konstrukciója





Optikai hálózati elemek

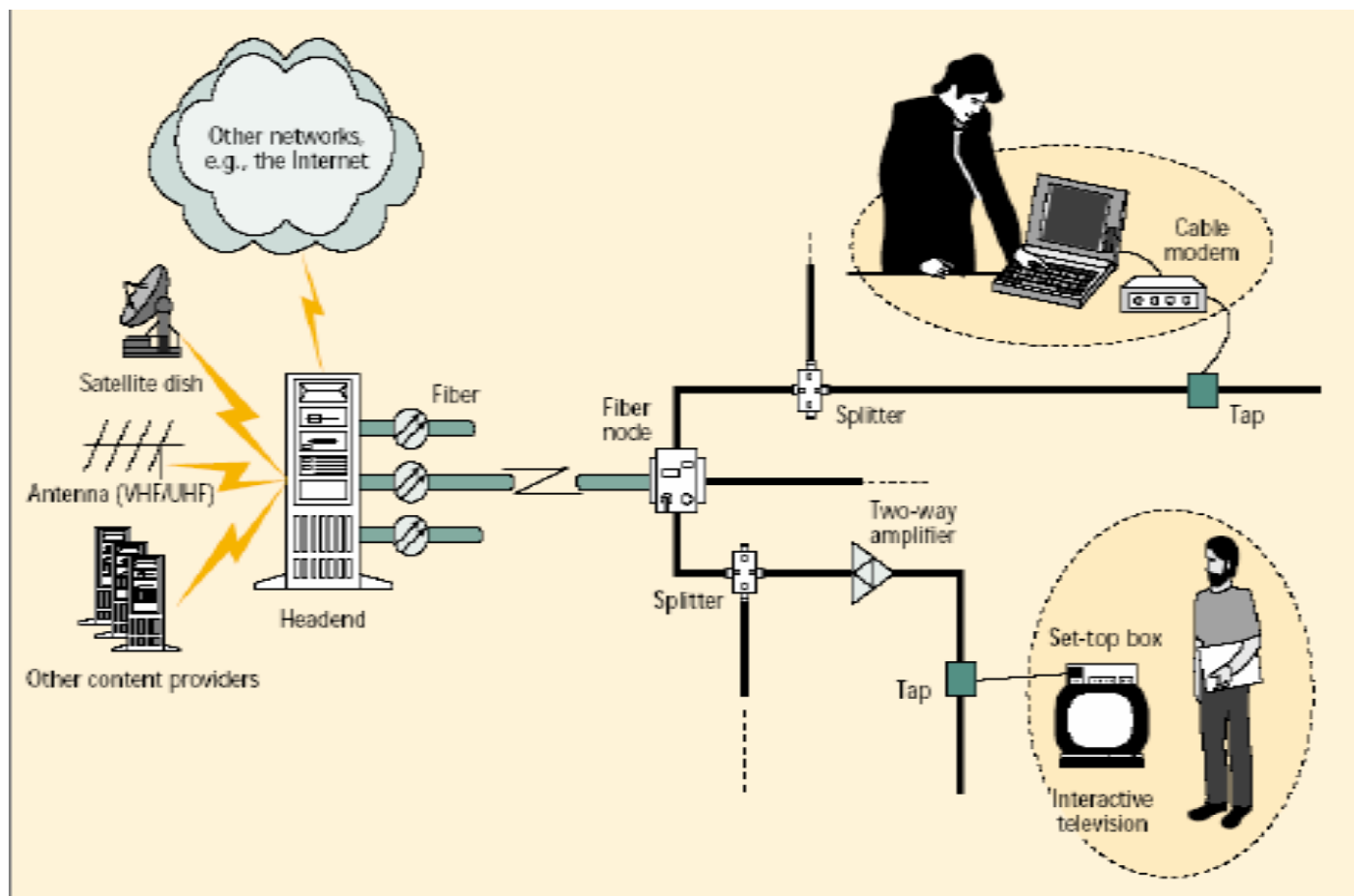
- Adók
 - LED
 - lézer

- Vevők
 - fotodióda

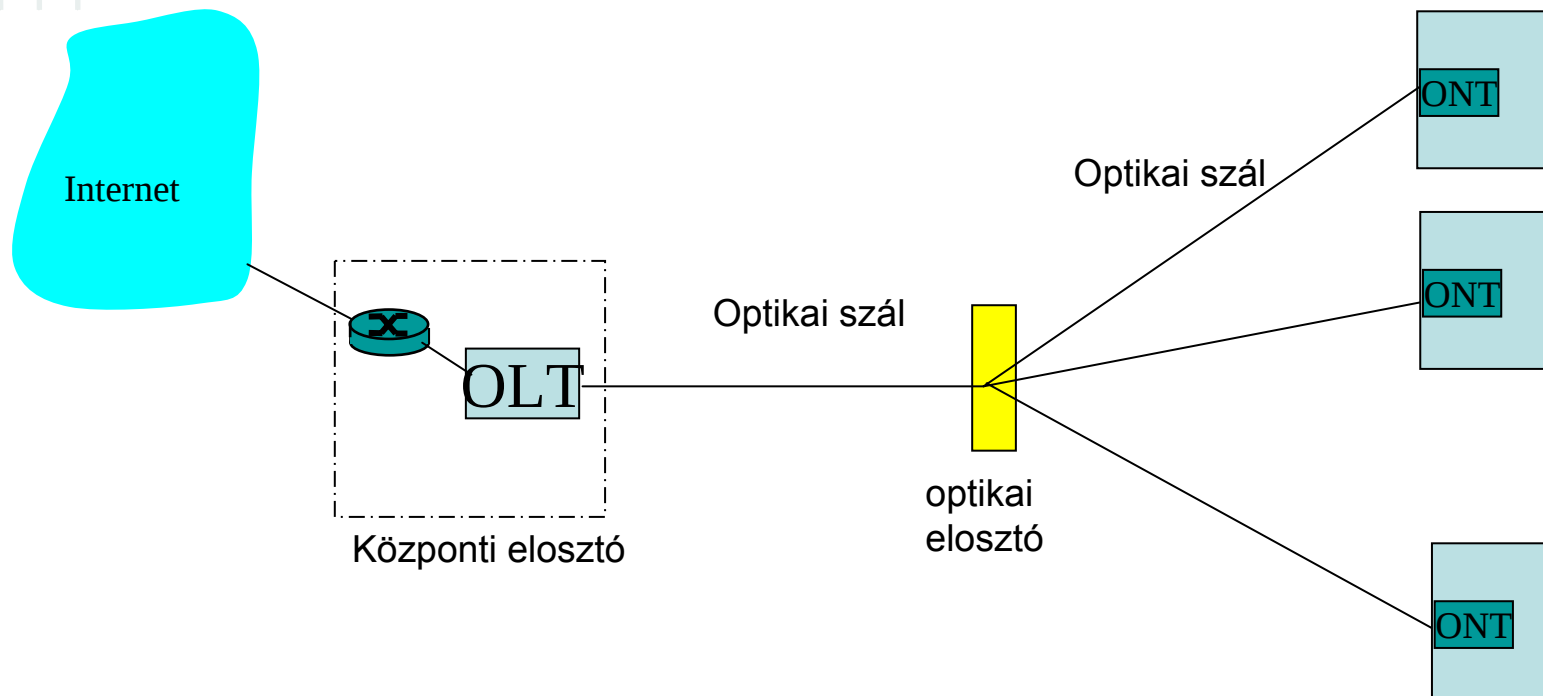
- Erősítő
- Szűrő
- Szétosztó-összegző

Példa üvegkábeles hálózatra: HFC

Hybrid fiber coax



Fiber to the Home (FTTH)



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

Mono vs. multimódusú

Monomódusú

+

- : nincs módusdiszperzió
 - de van kromatikus és polarizációs!

-:

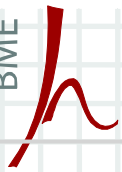
- kábel olcsóbb, de adó-vevővel drágább
- nagy optikai teljesítmény esetén szálégés

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

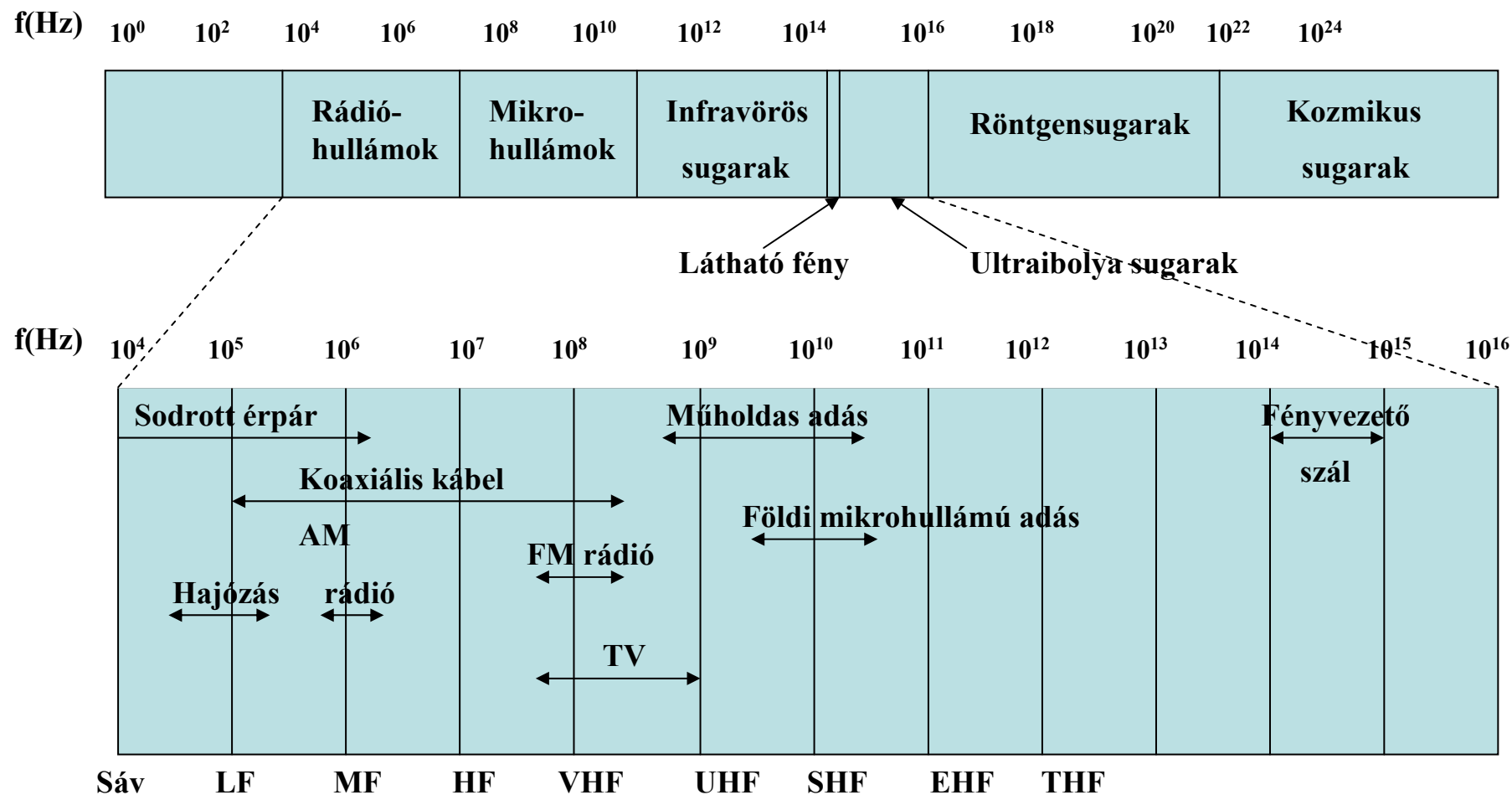
Optikai átvitel előnyei

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

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

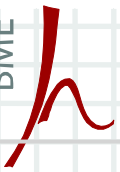


Az elektromágneses hullámtartomány

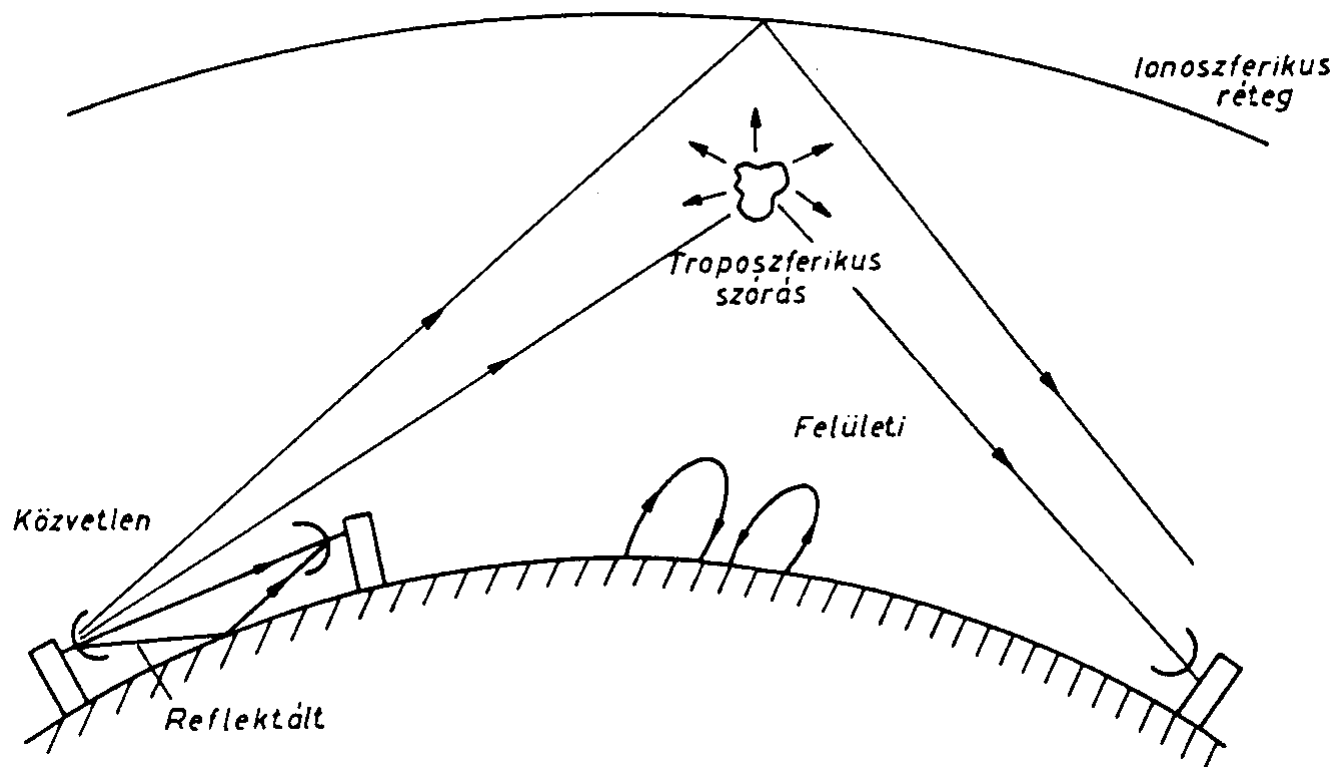


A hullámterjedést befolyásoló jelenségek

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



Fő hullámterjedési módok



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

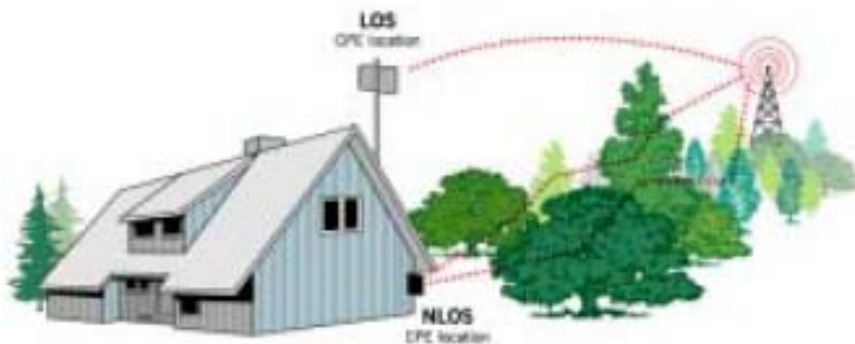
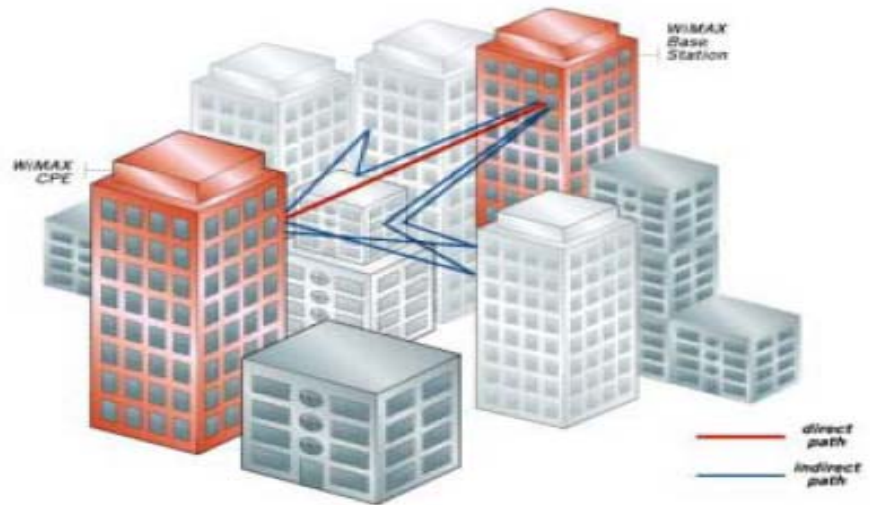
- A vett jel nagyságát alapvetően a szabadtéri csillapítás befolyásolja
- Az adó- és a vevőantennák nyereségével lehet javítani
 - az antennák „irányítottak”
 - antennanyereség: a fő sugárzási irányba eső telj. sűrűség per az izotróp sugárzó telj. sűrűsége
- A zaj döntően a vevőkészülék bemenetén jelentkező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

Frekvenciagazdálkodás

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

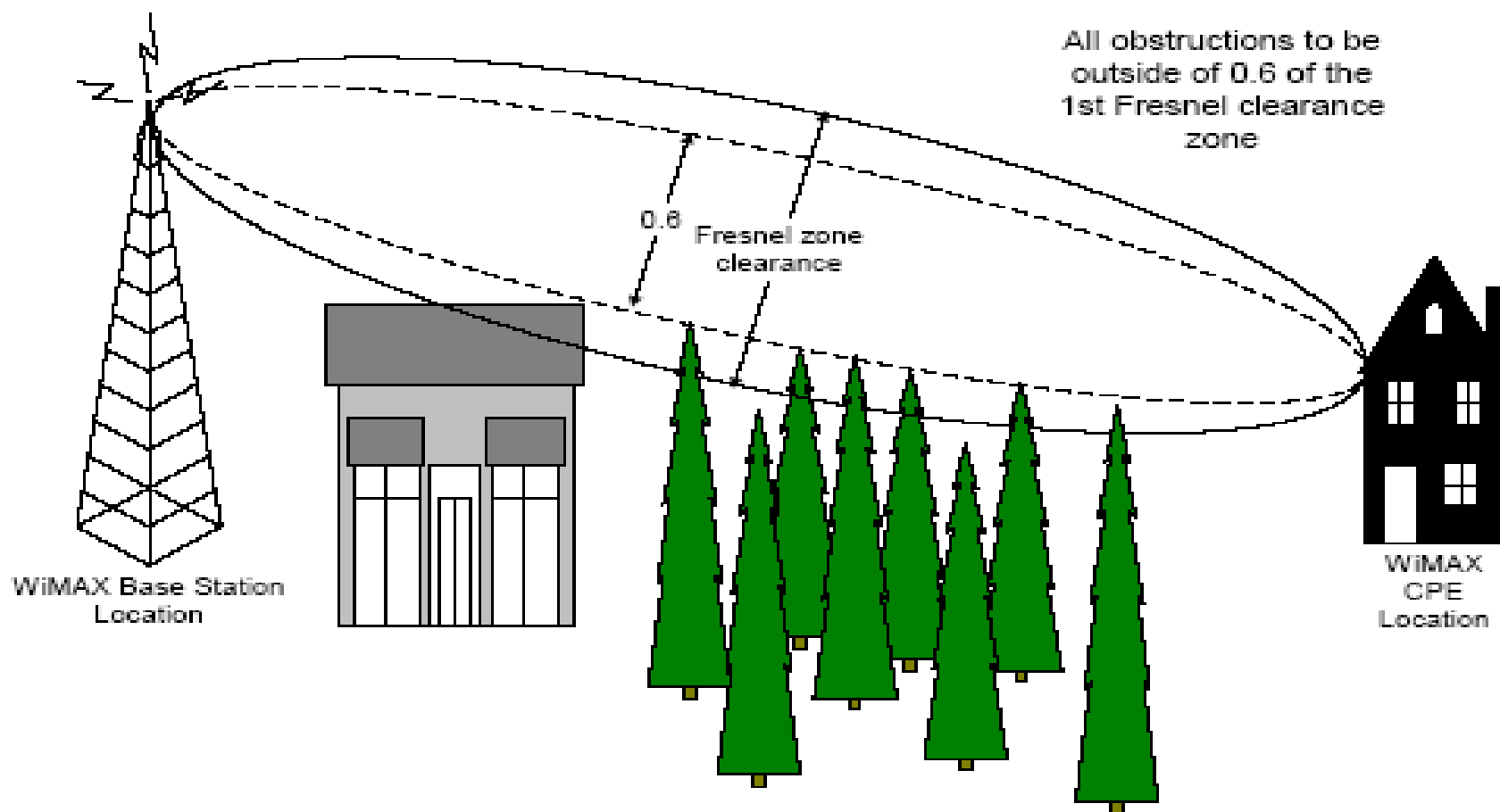
Közvetlen rálátásos és rálátás nélküli összeköttetések

Nagyvárosi környezet:
visszaverődések az
épületekről, az épületek
árnyékoló hatása



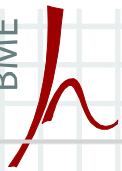
Rurális környezet:
csillapítás a növényzet
miatt

A közvetlen rálátás definíciója a Fresnel-zónának alapján

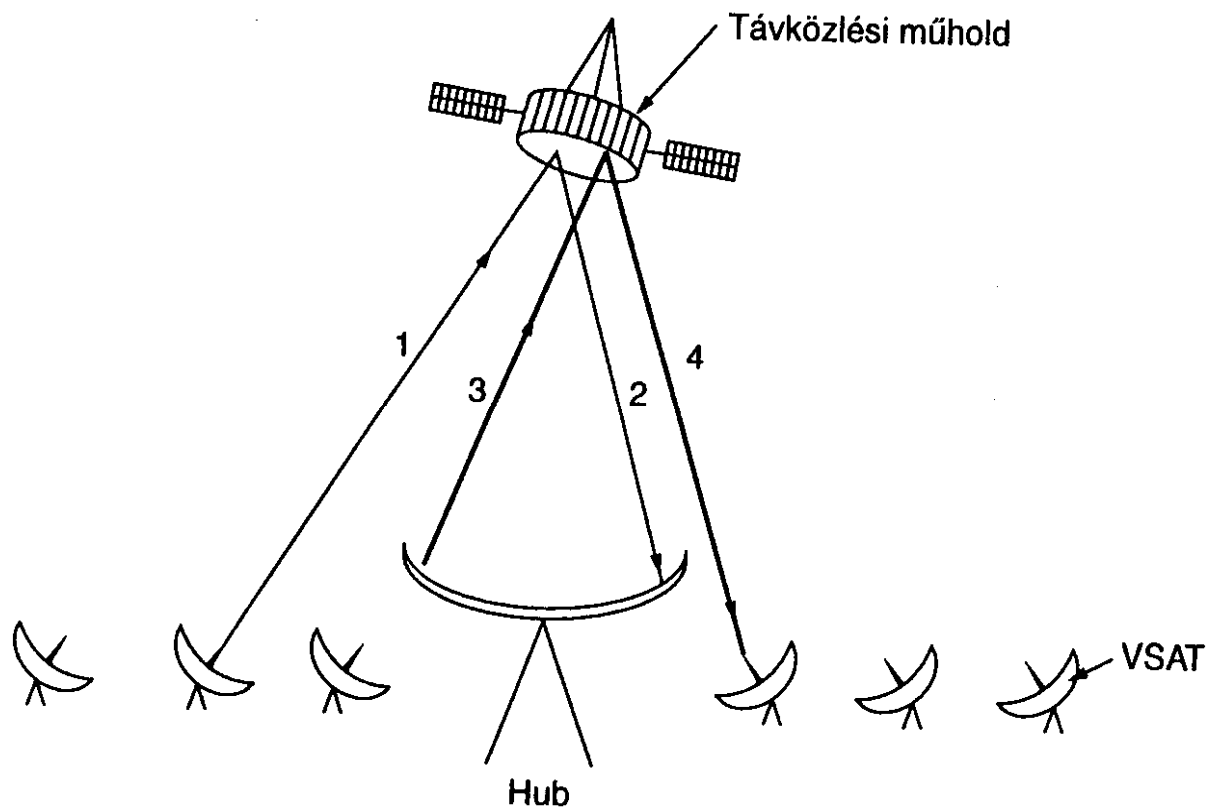


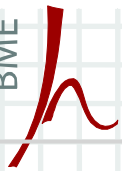
A többutas terjedés és következményei

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



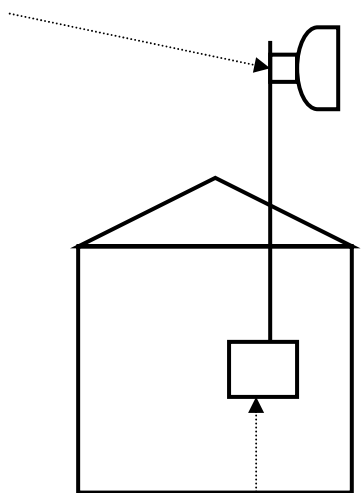
Példa: műholdas terminálhálózat, „hub” alkalmazásával



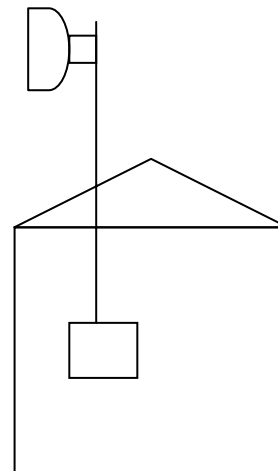
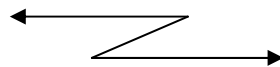


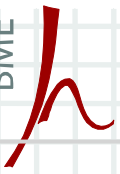
Példa: földfelszíni pont-pont mikrohullámú összeköttetés

**Kültéri
egység**



**Beltéri
egység**





Példa: földfelszíni pont-pont mikrohullámú összeköttetés

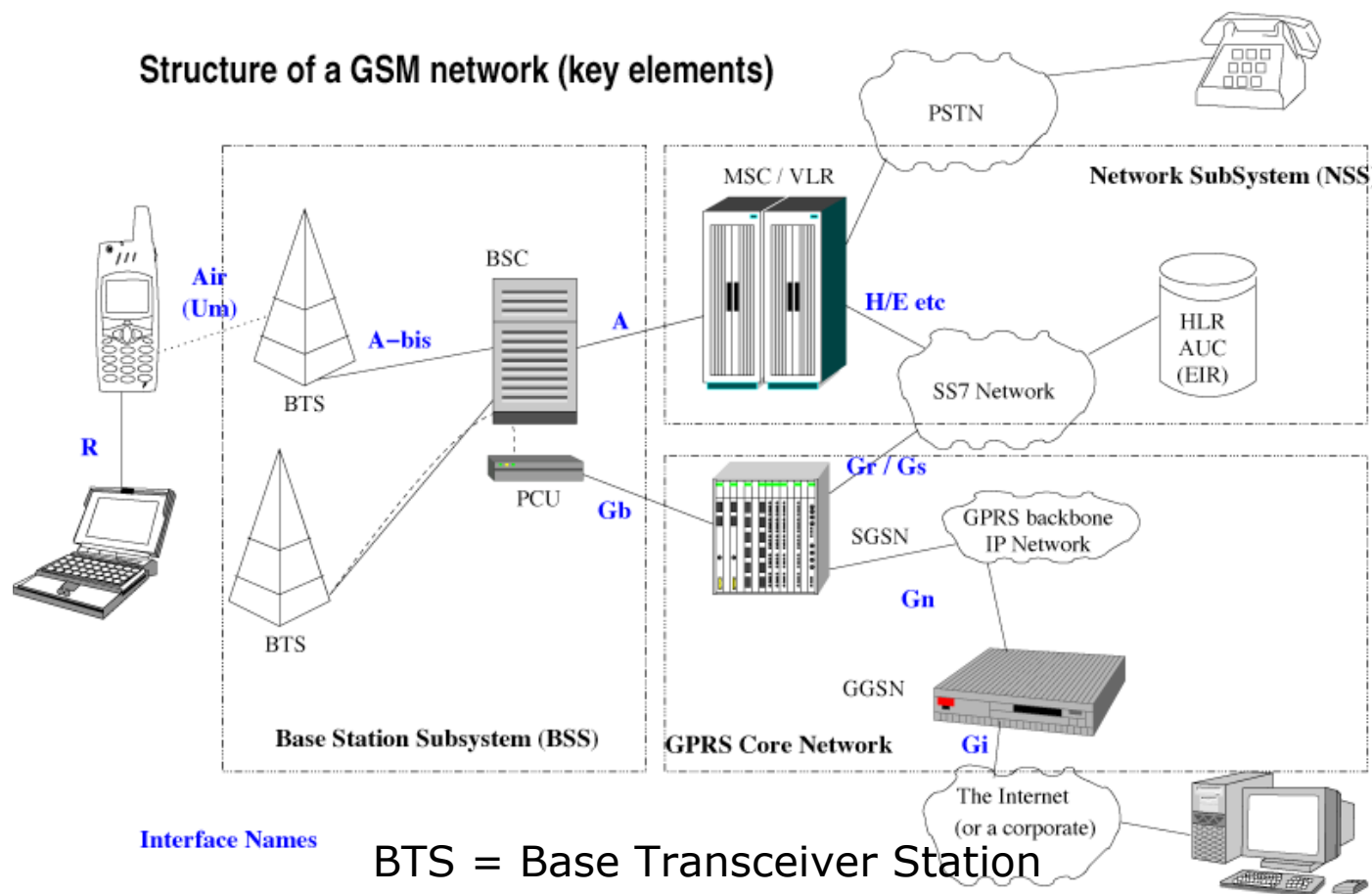
Kültéri egység



Beltéri egység



Példa: cellás mobil rádióhálózat

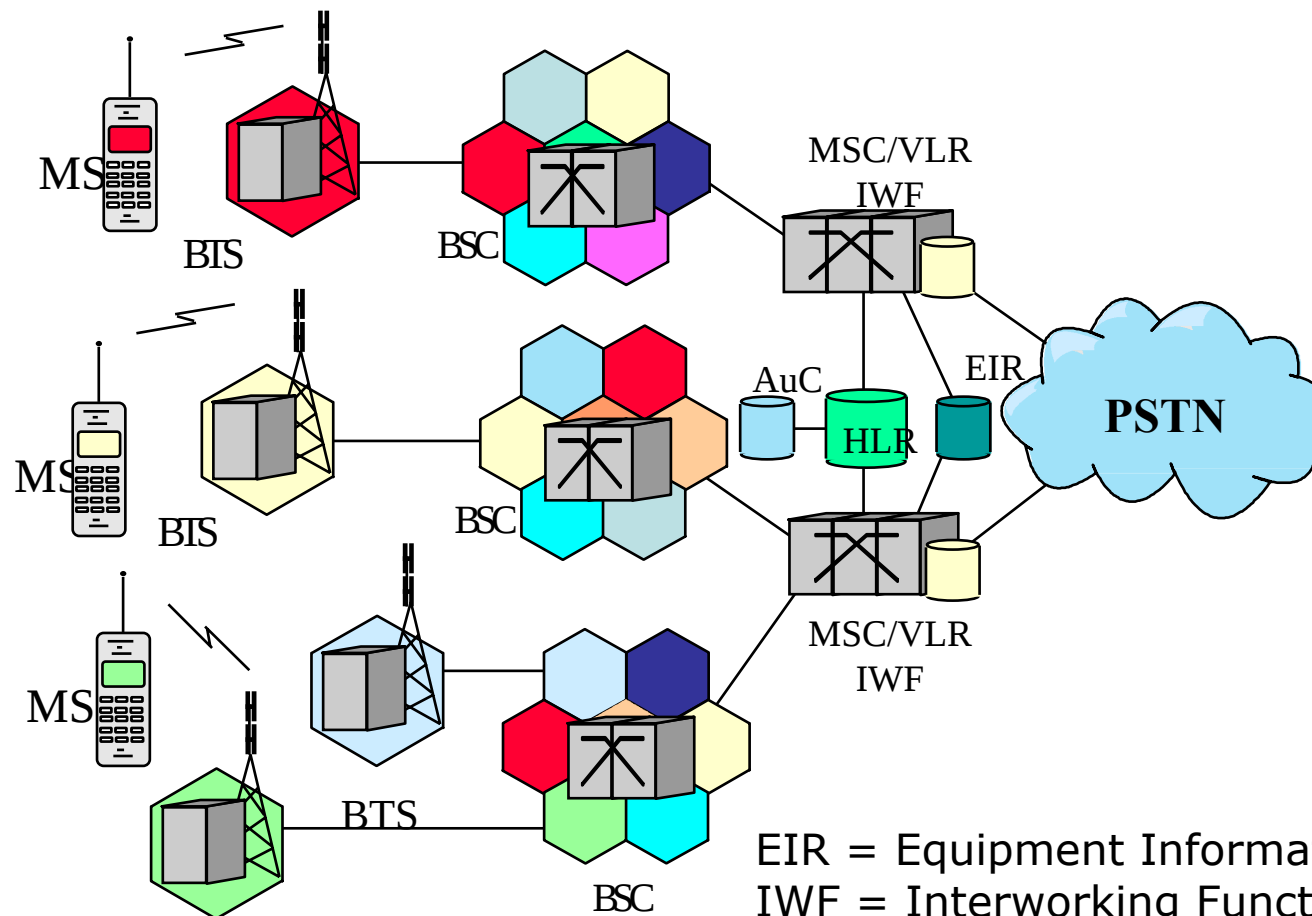


Interface Names

BTS = Base Transceiver Station

BSC = Base Station Controller

Példa: cellás mobil rádióhálózat

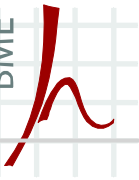


Összefoglalás: milyen fogalmakkal és tudnivalókkal ismerkedtünk meg?

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

Összefoglalás: hol használjuk fel ezeket az ismereteket?

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



Csütörtökön gyakorlat, izgalmas példákkal!

- Késleltetés számítások
- Modulációk
- Többutas terjedés

Kérdések?

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos
adjunktus

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