

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon

Németh Krisztián
BME TMIT
2009. szept. 30.



A tárgy felépítése

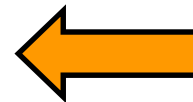


- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelátviteli követelmények, kodekek
- 8. Jelzésátvitel
- 9. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)
- 10. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
- 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



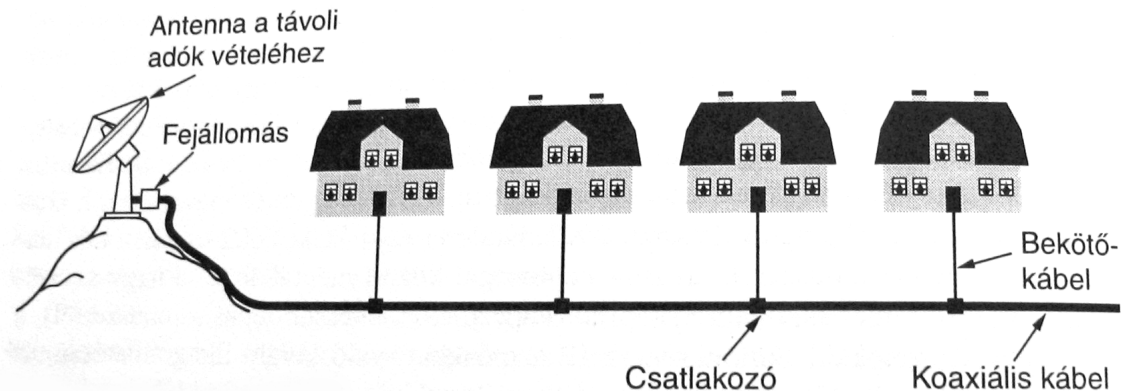
Áttekintés

- Telefonvonalali modemek
 - Akusztikus modemek
 - PSTN modemek
 - ISDN modemek
- ADSL, xDSL
- **Kábeltévés Internet-elérés**
- Optikai hozzáférési hálózatok



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

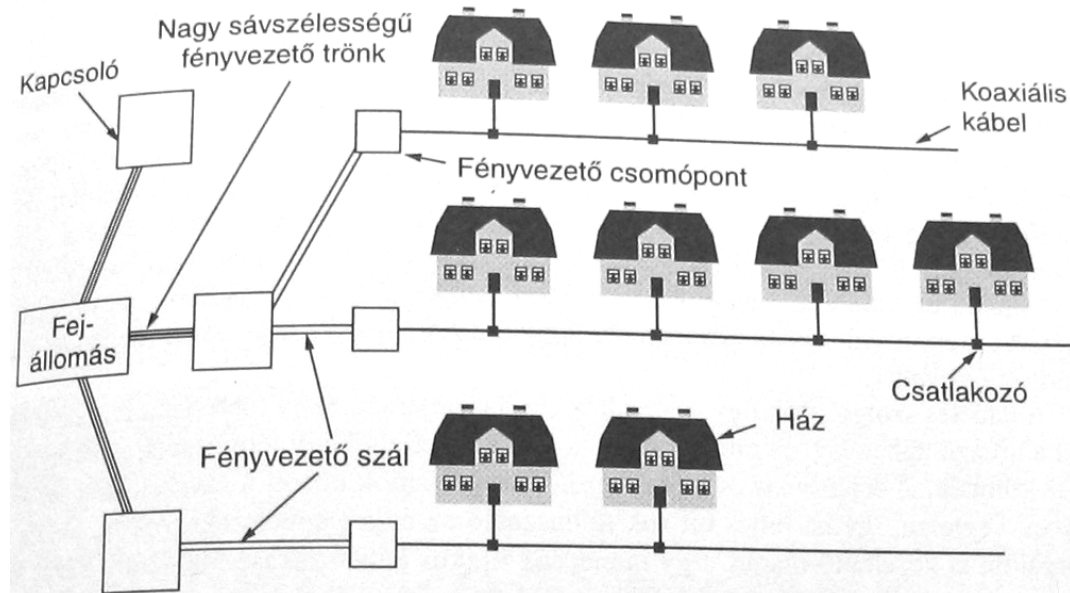


A kábeltévé fejlődése

- 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 sávzélességű 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 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

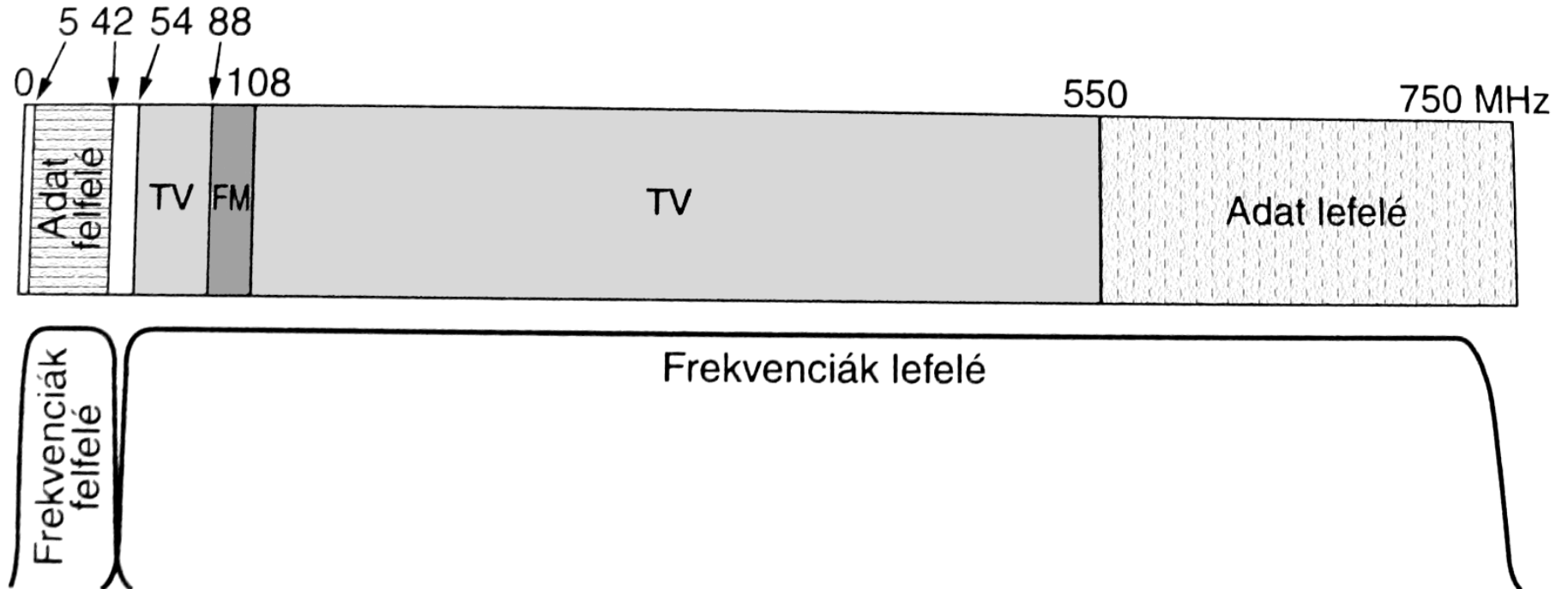
- A koax kábel osztott közeg, több előfizető egyszerre használja
 - A telefonhálózatban mindenki rendelkezik saját érpárral (előfizetői hurok)
 - A TV műsorok elosztásánál ez nem fontos
 - üzenetszórás van (broadcast)
 - Internetezésnél a felhasználók osztoznak a közegen
 - Verseny a felhasználók között
 - Másfelől a koax kábel sokkal nagyobb sáv szélességet 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 sáv szélesség 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
 - A városok 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 - Système Electronique Couleur Avec 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

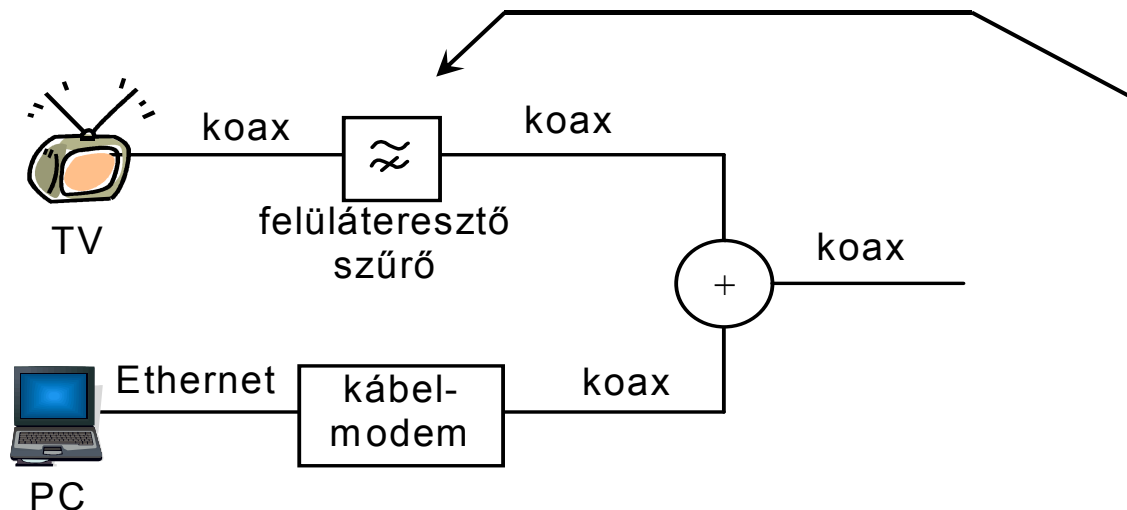
- Modern kábelek 550 MHz felett is működnek, gyakran 750 Mhz felett is
 - Megoldás: feltöltés 5 - 65 MHz (ez Európában, USA: 5 – 42 MHz között)
 - A magasabb frekvenciák a letöltéshez



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



Moduláció

- Koax kábel, szükség van analóg 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

- Két interfész – egy a PC és egy a kábelhálózat felé
 - A modem és a PC között 10 Mbps Ethernet kábel, néha USB
 - A jövőben valószínűleg belső modemek
- A kezdetekben minden hálózatüzemeltetőnek saját modemje, melyet egy technikus telepített
 - Nyílt szabvány kellett
 - Versenyhelyzethez 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
 - Sokan nem örültek neki
 - Nem tudták tovább drágán bérbe adni modemjeiket a kiszolgáltatók előfizetőinek



Kábelmodem



Biztonságos kommunikáció

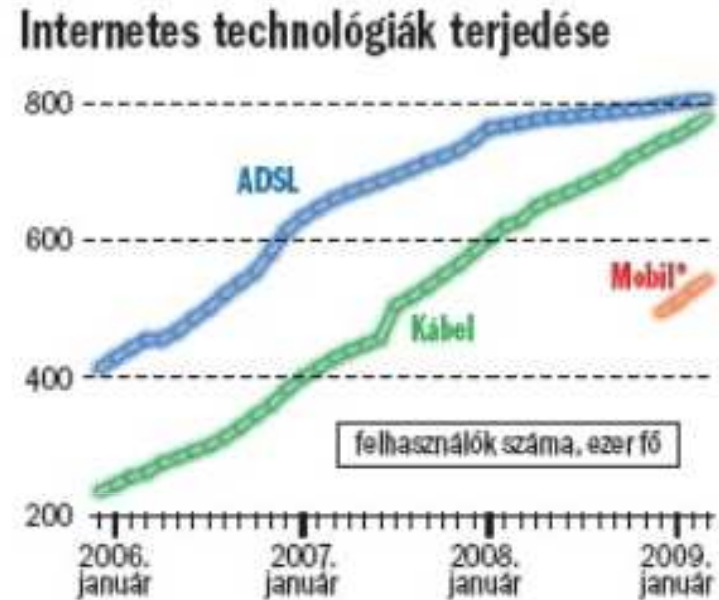
- A kábel egy osztott közeg
 - Bárki megnézheti a mellette elhaladó forgalmat
- Hogy a szomszédod ne hallgatasson le, a forgalom kódolva mindkét irányban
 - Meg kell egyezni a modem és a fejállomás között egy közös titkosítási kulcsban
 - Két „idegen” között, egy osztott, lehallgatható közegen

Kábel vs. DSL

	ADSL(2+)	kábel-TVs Internet
közeg	sodrott érpár	koax
elérés (csak az első routerig...)	dedikált sáv szélesség	osztott közeg
tipikus sáv szélesség	néhány Mb/s	néhányszor tíz Mb/s
sáv szélesség növelése	fizikai akadályok	kisebb szakaszok: nagyobb sáv szélesség: 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 nagyon hasonló szolgáltatások!
 - ADSL volt kicsit előbb
 - Kábel-TVs (ma már) hazánkban olcsóbb
 - Kábel-TVs (ma már) gyorsabb
 - Az eredményt ld. a grafikonon:



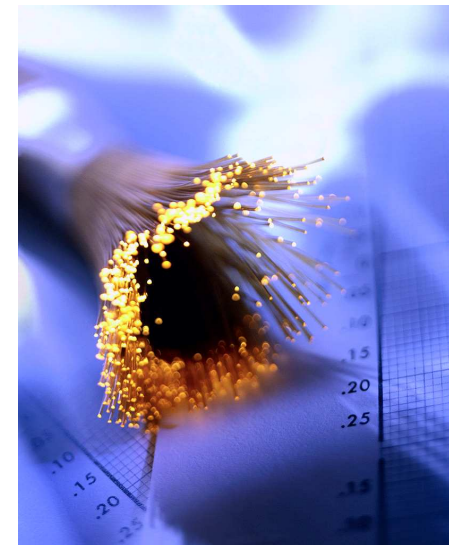
* A mobilinternetről csak 2008. decemberje óta készül gyorsjelentés.

Forrás: Nemzeti Hírközlési Hatóság, HVG

- Várható közeljövő:
 - optikai szálak mind nagyobb térhódítása, pl:
 - FTTC/FTTCab: Fiber to the Curb/Cabinet (optikai szál az aknáig, elosztódobizg, azaz max. 300 m-re a végberendezéstől), pl. VDSL(2)
 - FTTH: Fiber to the Home (optikai szál a háztartásig), PON: Passive Optical Network (passzív optikai hálózat), GPON (Gigabit PON)
 - mobiltelefonos Internet térhódítása

Áttekintés

- Telefonvonalai modemek
 - Akusztikus modemek
 - PSTN modemek
 - ISDN modemek
- ADSL, xDSL
- Kábeltévés Internet-elérés
- **Optikai hozzáférési hálózatok** ←



(Fóliáért köszönet: Jeszenői Péter, Magyar Telekom)

Optikai hozzáférési hálózatok

□ Előnyei

- nagy sávszélesség
- kis csillapítás: kis teljesítmény elég
- kis csillapítás: nagy távolság áthidalható

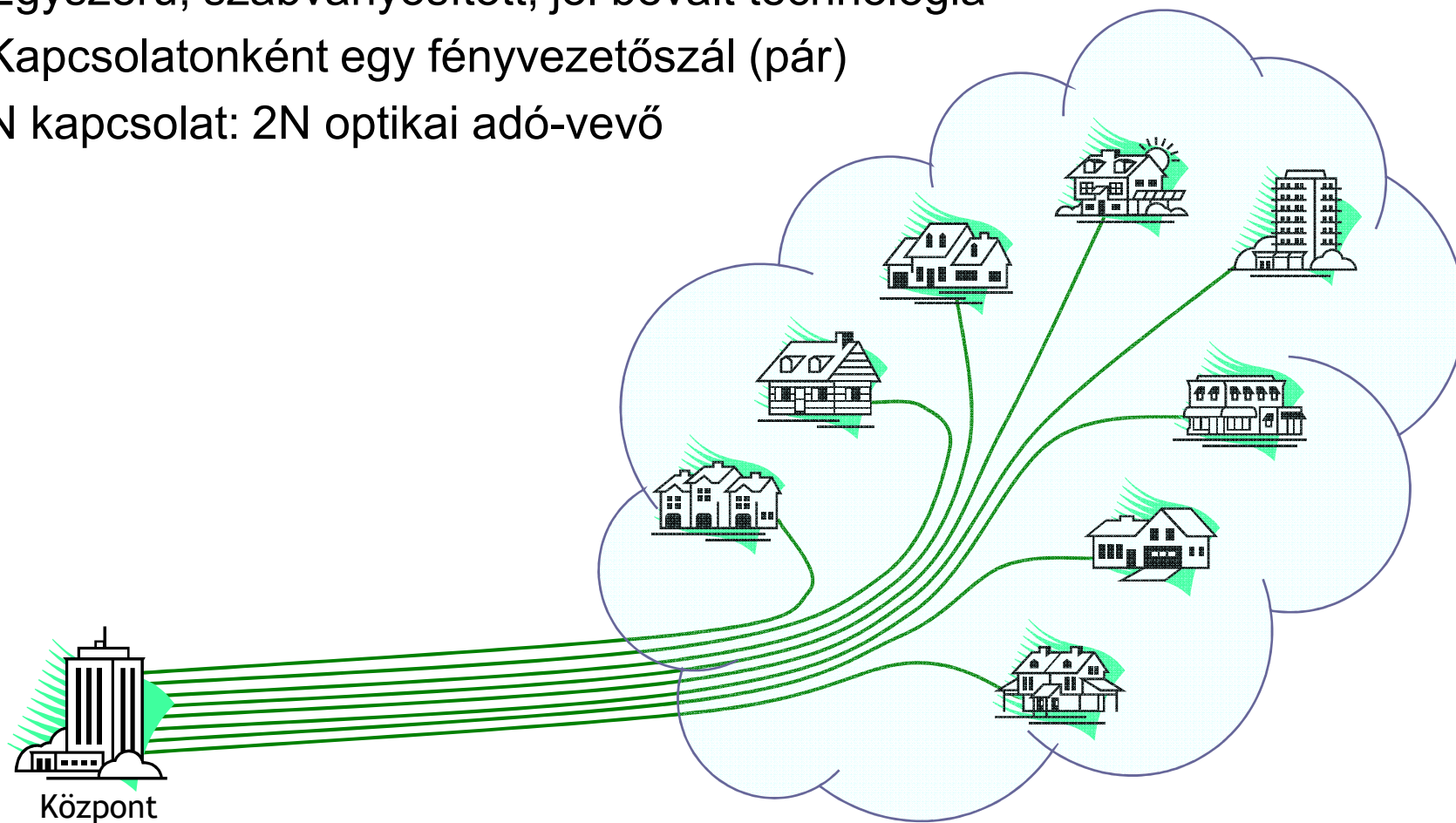
□ Hátránya

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

Hálózati architektúrák

Pont – pont összeköttetések

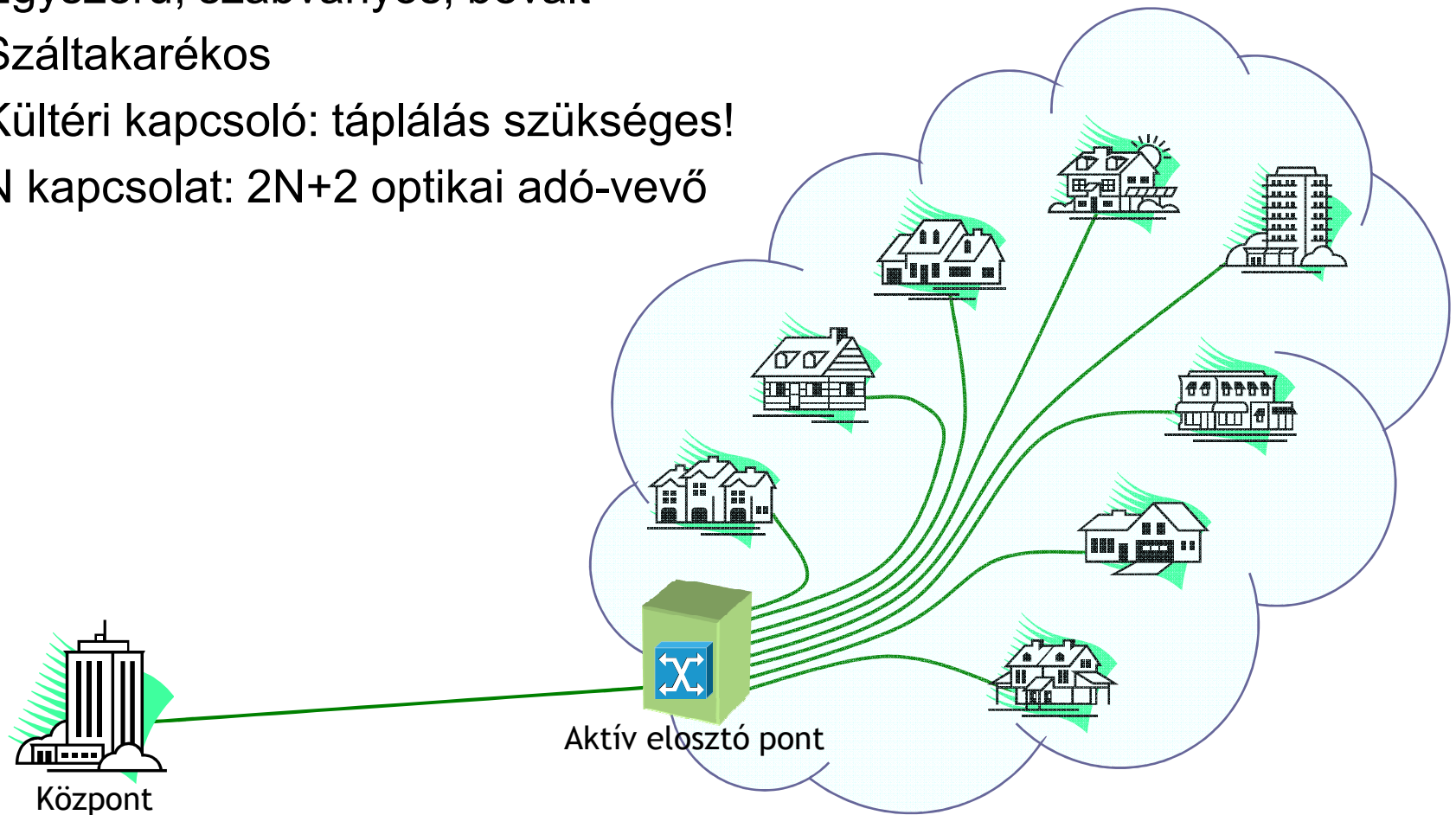
- Egyszerű, szabványosított, jól bevált technológia
- Kapcsolatonként egy fényvezetősál (pár)
- N kapcsolat: $2N$ optikai adó-vevő



Hálózati architektúrák

Aktív optikai hálózat

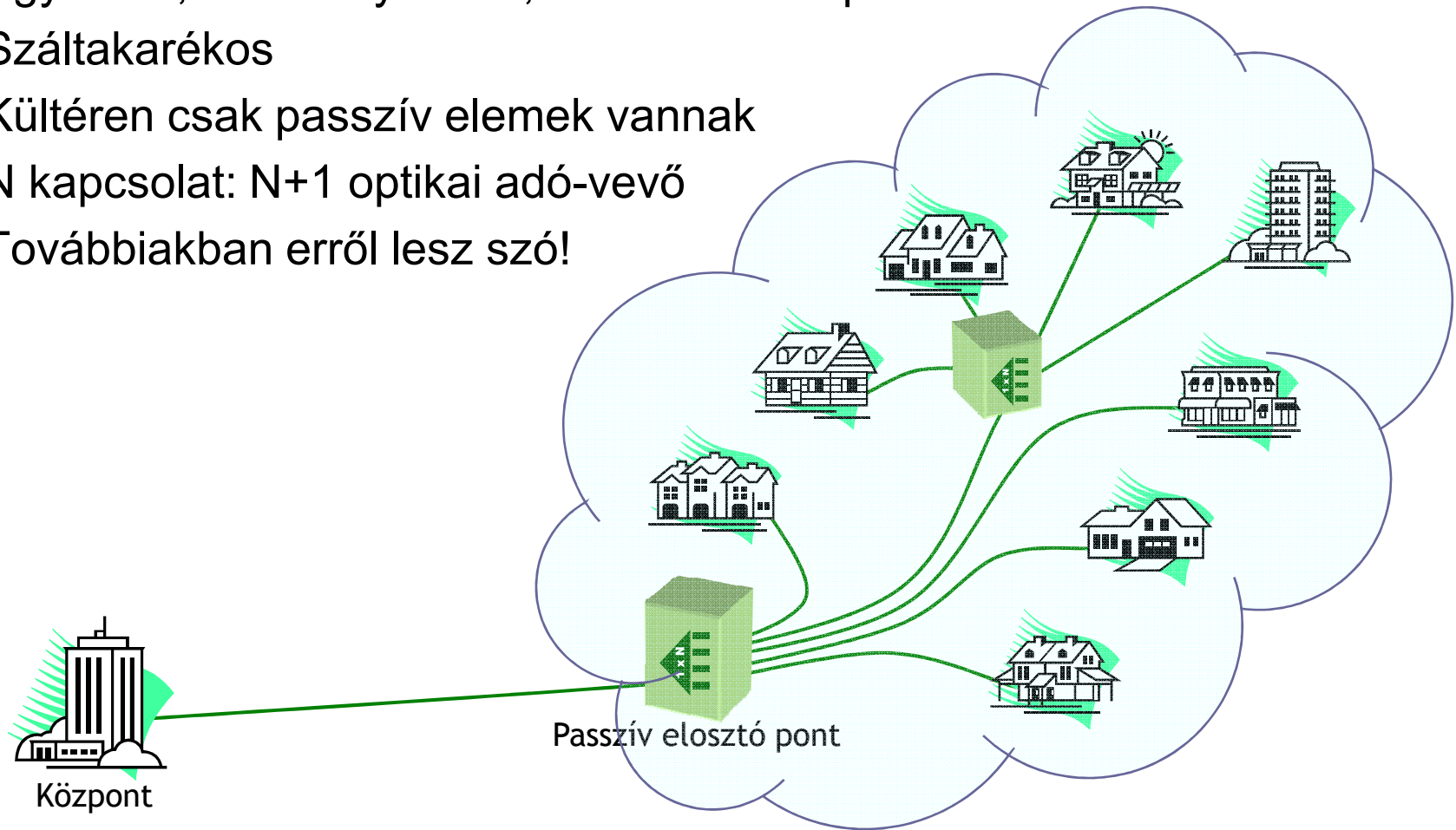
- Egyszerű, szabványos, bevált
- Száltakarékos
- Kültéri kapcsoló: táplálás szükséges!
- N kapcsolat: $2N+2$ optikai adó-vevő



Hálózati architektúrák

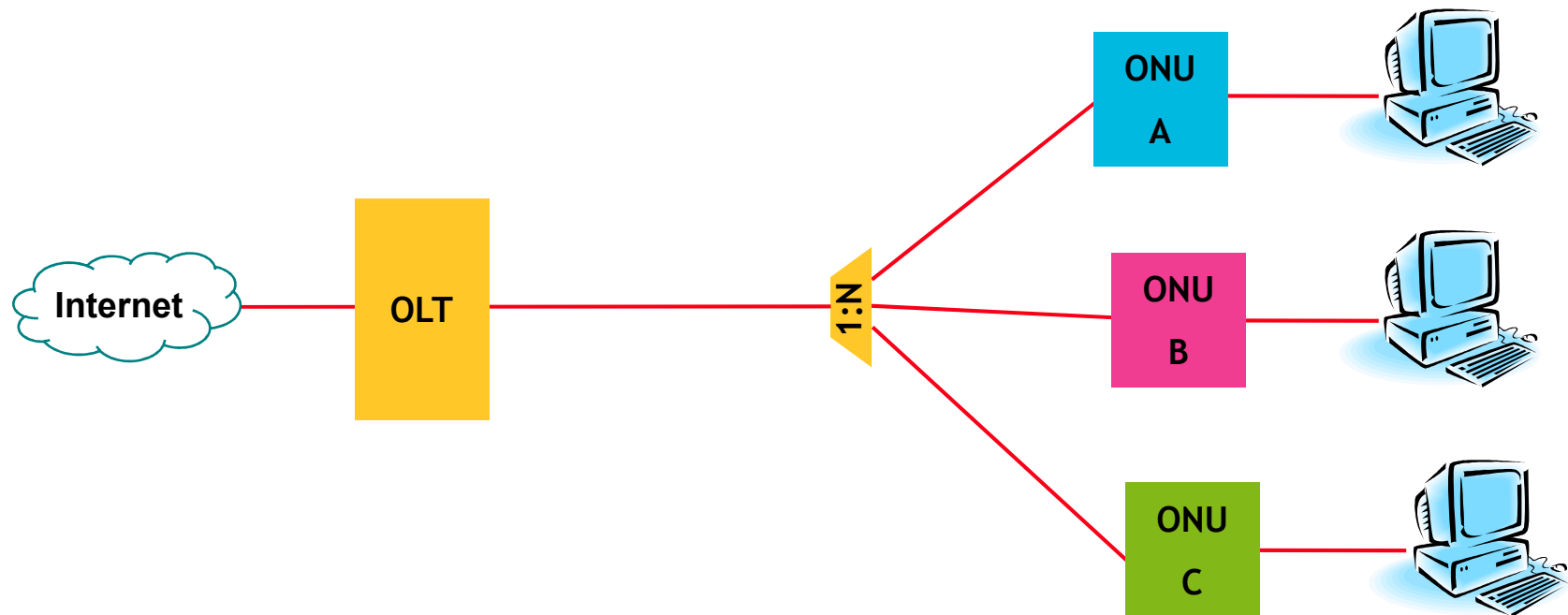
Passzív optikai hálózat (Passive Optical Network, PON)

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



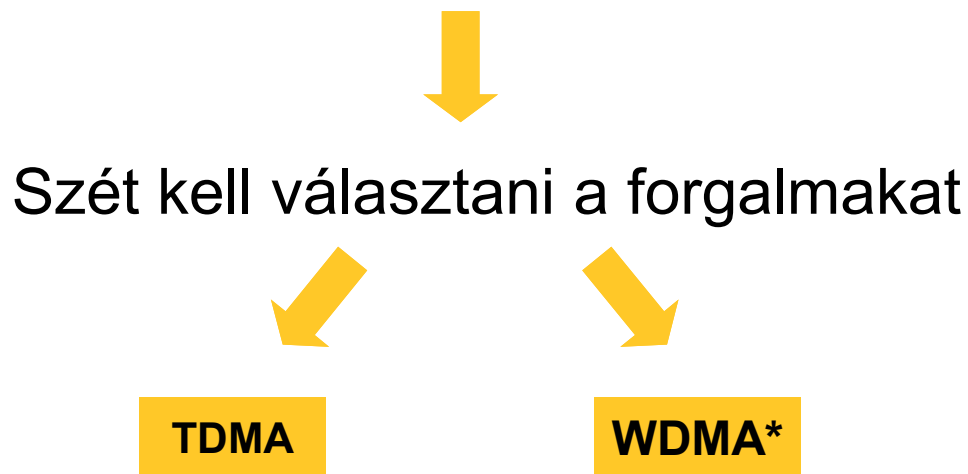
PON architektúra (egyszerűsített)

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



Többszörös hozzáférés

- Lefelé irány: pont – multipont hálózat
 - Nincs gond, az OLT kezeli a teljes sáv szélességet
- 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.)

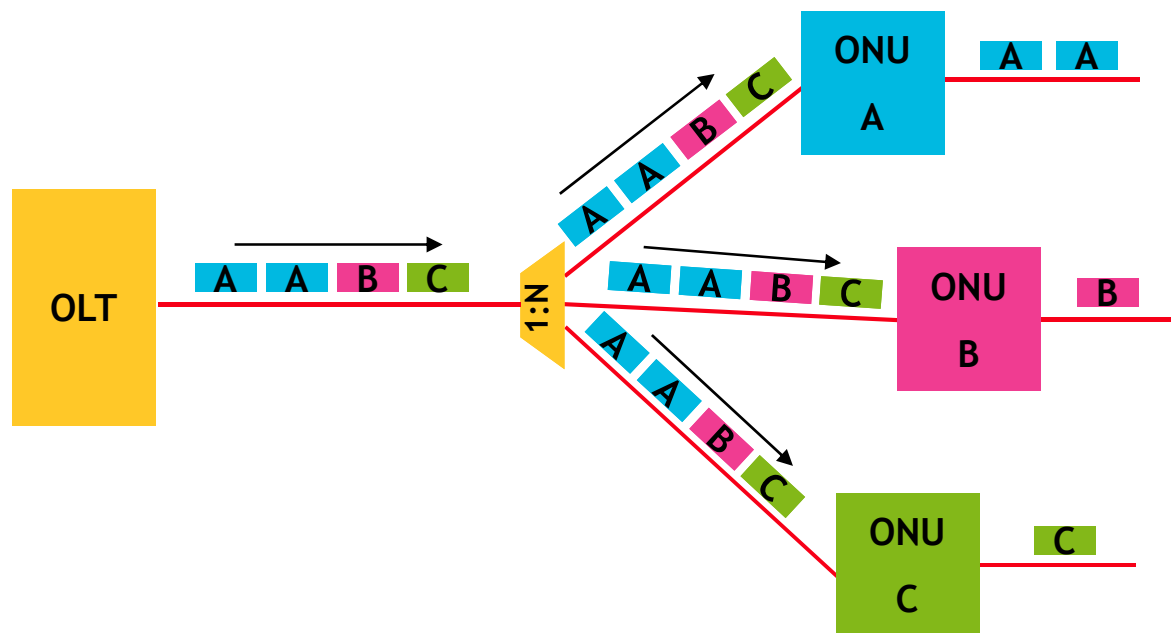
Többszörös hozzáférés

- TDM alapú PON-ok (APON/BPON, EPON, GPON)
 - Jól szabványosítottak
 - Több hullámhosszt használnak (tipikusan 2...3)
 - Olcsó és jó minőségű optikai elemek (osztók, lézerek, stb.)
 - Limitált áthidalható távolság és osztásarány (20 km, 1:64)
 - Lefelé irányban műsorszórás 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:

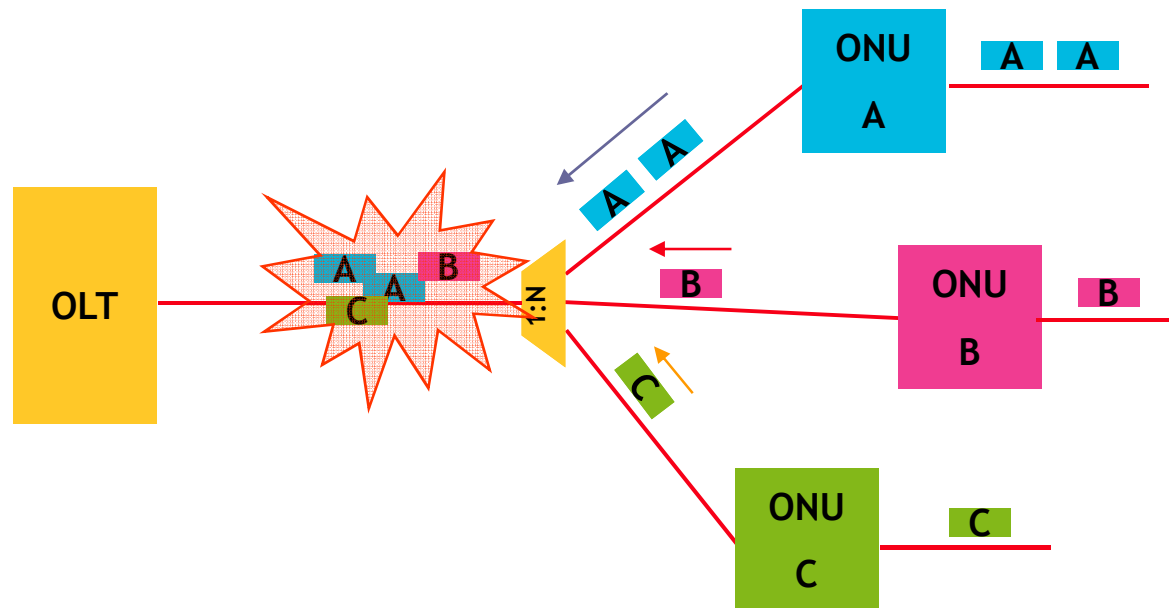
- ❑ Műsorszórás jelleg: önmagában nem biztonságos, titkosítás kell
- ❑ Időosztásos multiplexálás
- ❑ Az ONU-k csak a nekik szóló forgalmat dolgozzák fel
- ❑ A „címezéseket” a keretszervezésben elhelyezett fejrészek hordozzák



TDM alapú PON

Felfele irány, a probléma:

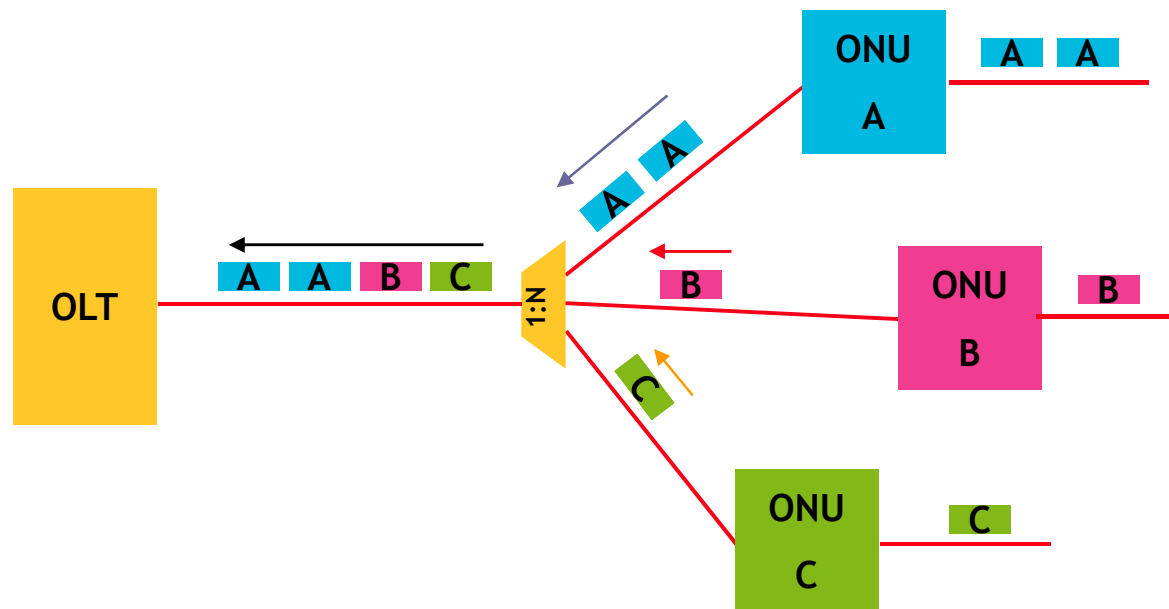
- Az összes ONT egy felfelé irányuló csatornán osztozik
- Az ONU-k közötti adatforgalom közvetlenül nem megoldható
- A splitter és az OLT közötti szakaszon ütközés léphet fel
- Az ONT-k nem érzékelik az ütközést



TDM alapú PON

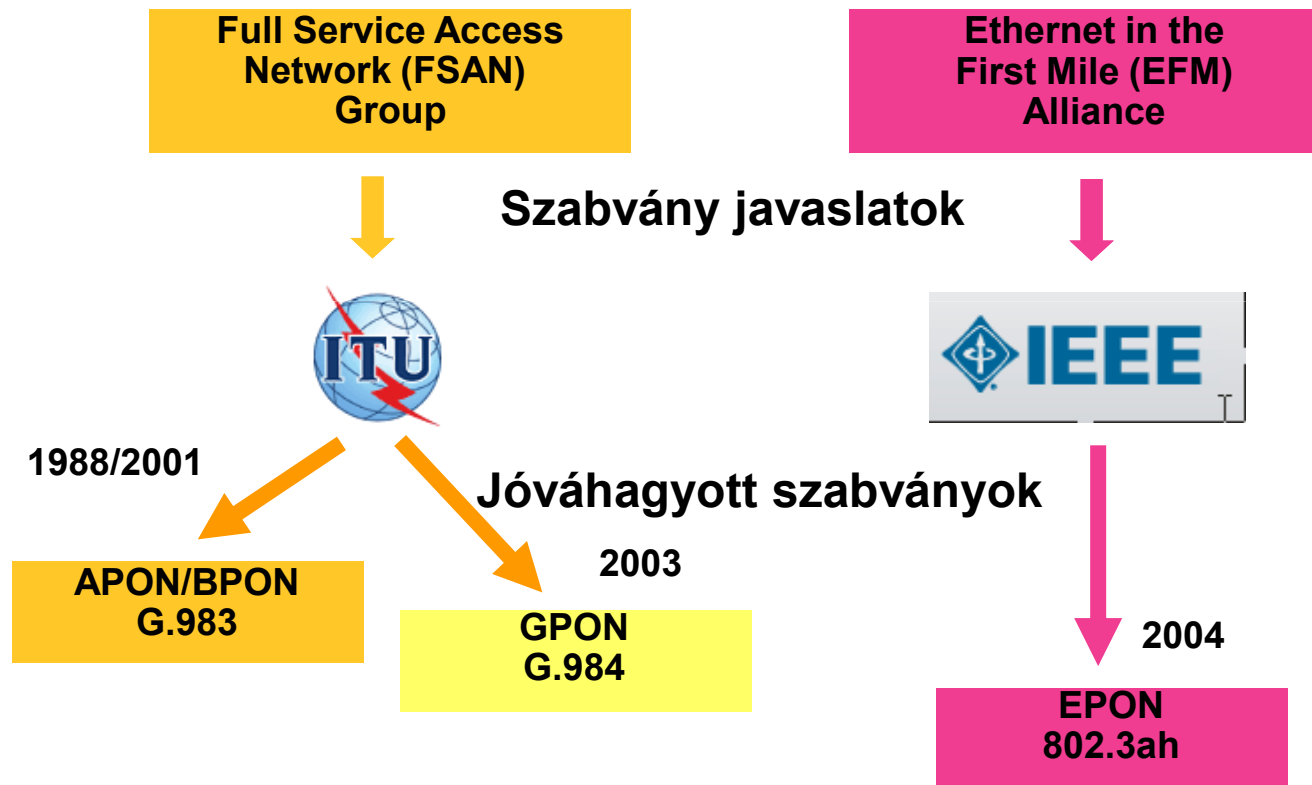
Felfele irány, a megoldás:

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



PON szabványok

(Vizsgára nem kell tudni)



PON rendszerek összehasonlítása

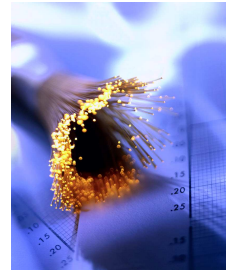
(Vizsgára nem kell tudni)

	BPON	GPON	EPON
Szabvány	ITU-T G.983	ITU-T G.984	IEEE802.3ah
Cella / csomag méret	53 bájt	53...1518 bájt	1518 bájt
Max. sebesség	Konfigurálható: D/S: 1,2 Gbit/s U/S: 622 Mbit/s	Konfigurálható: D/S: 2,48 Gbit/s U/S: 2,48 Mbit/s	Szimmetrikus: 1,25 Gbit/s
Átviteli mód	ATM	ATM, TDM, Ethernet	Ethernet
Hang átvitel	ATM	ATM, TDM, VoIP	VoIP
Videó átvitel	1550 nm overlay (RF)	RF vagy IP	RF vagy IP
Max. ODN csillapítás	20-30 dB	20-30 dB	21-26 dB
Max. osztásarány	32	64	16 (vagy több)
Max. távolság	10-20 km	20 km	10-20 km

GPON sebességek

- Tipikus feltöltési sebesség: 1,2 Gb/s
- Tipikus letöltési 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...

Optikai hozzáférési hálózatok



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