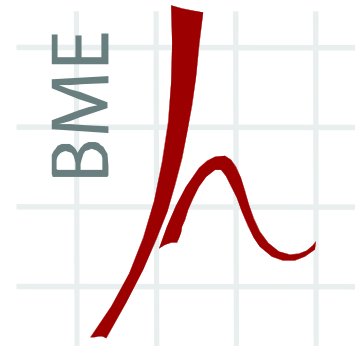


Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Mérnök informatikus szak, mesterképzés – Hírközlő rendszerek biztonsága szakirány  
Villamosmérnöki szak, mesterképzés - Újgenerációs hálózatok szakirány



# BMEVIHIM134 Hálózati architektúrák

## 3. Az újgenerációs hálózati (NGN) koncepció:

### Követelmények – hozzáférési technológiák I. DSL

*Jakab Tivadar BME Híradástechnikai tanszék*

2015

# Meghatározó tématerületek

---

- Végberendezések (TE, CPE, Home Gateway)
- Hozzáférési hálózatok, követelmények, (vezetékes) megoldások (DSL, DOCSIS, PON)
- Aggregációs hálózatok (ng SDH, szolgáltatói Ethernet)
- Gerinchálózat (IP/MPLS, WDM)
- Menedzsment (hálózat, szolgáltatás, felhasználó, TMN, ng OSS, eTOM, számlázás)
- Üzemeltetés: mérések és monitorozás, TE
- Szolgáltatásminőség: QoS, QoP
- Mobilitás (3G, mobil WiMax, LTE)
- Helyalapú szolgáltatások, helymeghatározás (kültéri, beltéri)
- Biztonság, DRM
- Vezérlés: VoIP megvalósítás, PSTN együttműködés
- 2-play, 3-play szolgáltatások (beszéd, adat, video), IP-TV
- Szolgáltatási platformok (SDP: IMS)
- Alkalmazás-fejlesztés: API-k, komplex szoftvereszközök

# Végberendezések

---

- **Előfizetői készülékek:**
  - intelligencia, kezelhetőség (MMI), grafikus képességek, hordozhatóság, használhatóság
- **Hálózati végződés**
  - különböző szolgáltatások/alkalmazások szétválasztása (végkészülék szerint)
- **Home Gateway**
  - új komplex funkció

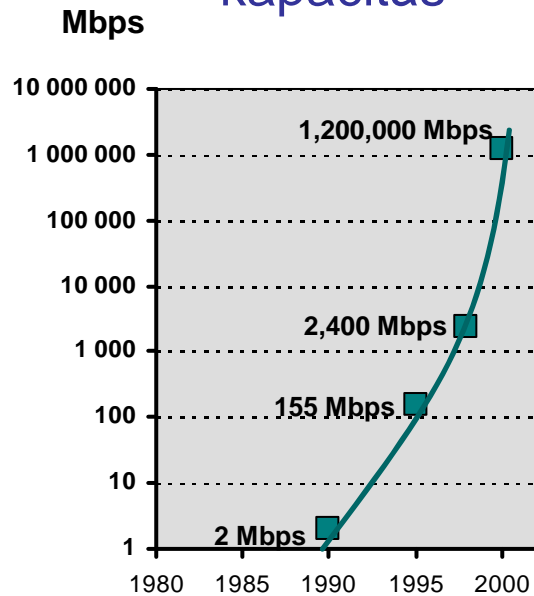
# Előfizetői hálózatok

---

- Az NGN alapú szolgáltatások célba juttatásának alapfeltétele a nagysebességű/szélessávú hozzáférés
- Skálázhatósági vonatkozások
  - Távolság – biztosítható sávszélesség
  - Növekvő felhasználószám (bővíthetőség mind a végpontok, mind a kapacitások szempontjából)
  - Rugalmas platform (különböző paraméterű – US/DS sávszélesség - szolgáltatások azonos technológiai platformon), pl. lakás- és KKV előfizetők kiszolgálása azonos technológiai platformon

# Szélessávú hozzáférés mindenkinek

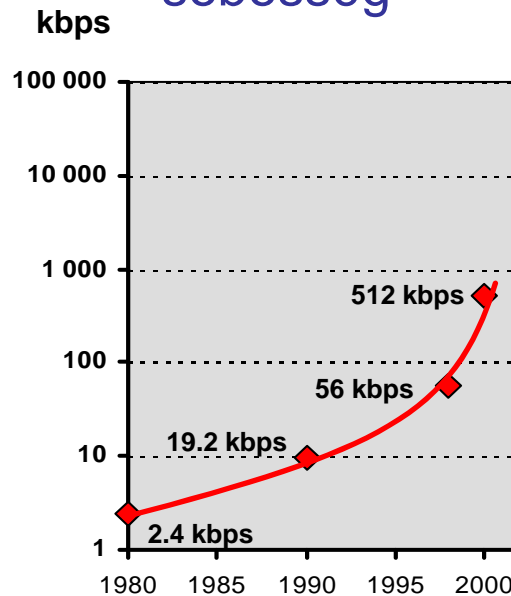
## Hálózati kapacitás



**Optikai kapacitás  
9 havonta megduplázódik**

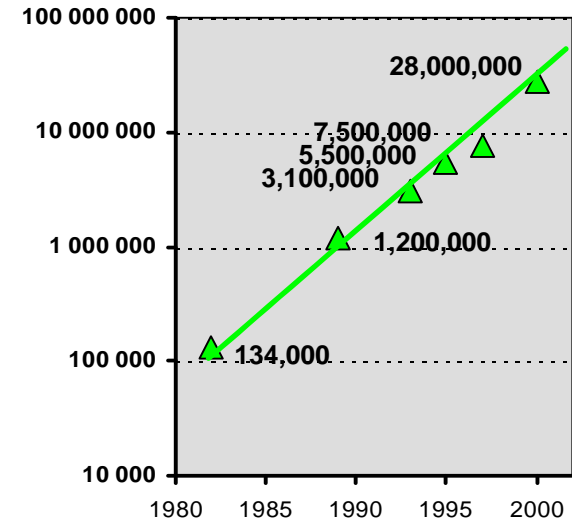
**Hatalmas  
sebesség-növekedés  
az átvitelben**

## Hozzáférési sebesség



## Number of Transistors in Intel's Latest Computer Chip

## Processzor teljesítmény



**"Moore's Law"  
18 havonta megduplázódik**

**A  
szűk  
Kereszt-  
metszet**

**Hatalmas növekedés  
az információ-előállítási és  
Feldolgozási sebességben**

# Trendek

---

- Dinamikusan növekvő igény az Internet alapú szolgáltatások iránt
- PC mellett TV alapú végberendezések
- QoS problémák megoldása új szolgáltatások megjelenését, dinamikus felfutását eredményezi, (VoIP, VOD)
- Sokféle hozzáférési technológia együttélése
- Mobilitás felértékelődése (tipikus: beszéd-mobil, nagysebességű – fix, új mobil szélessáv)
- Mobil multimédia
- Biztonsági kérdések előtérbe kerülése

# Általános elvárások

---

- **Végfelhasználó**
  - QoS – szolgáltatás és hálózati teljesítmény összhangja – a hozzáférési (és aggregációs) hálózati megoldások fejlesztésének meghatározó követelménye
  - rendelkezésre állás (a meglévő szolgáltatásokkal – PSTN beszéd, földfelszíni/műholdas/kábeles műsorszétoztás folyó verseny szempontjából meghatározó, az üzleti szolgáltatásokhoz elengedhetetlen – business continuity)
  - egyszerű használhatóság (karbantartás, skálázhatóság, migráció)
  - mobilitás – szolgáltatások igénybevétele különböző helyekről és mozgás közben, a hálózat legyen képes felismerni és behatárolni a végberendezést, ne kelljen a végberendezést átkonfigurálni vagy újraindítani (reboot) a helyváltoztatás miatt
  - transzparencia – hálózati technológiától független szolgáltatások (a hálózati működés részleteinek elrejtése a kliensek és a felhasználó előtt)
  - költség, gazdaságosság, tarifák

# Általános elvárások

---

- **Szolgáltató**
  - gazdaságos költségszerkezet
  - skálázhatóság (szolgáltatások fokozatos bevezetése és kiterjesztése)
  - menedzselhetőség
  - szolgáltatások megbízhatósága és rendelkezésre állása
  - meglévő hálózati infrastruktúra hatékony hasznosítása
  - megfelelő topológiák (pont-pont <> broadcast)
  - szabványos megoldások



# Problémák és lehetőségek I.

---

- jelentős beruházásigény,
- időben elnyúló evolúciós jellegű fejlesztési folyamat
- növekvő igény az Internet-alapú szolgáltatások iránt, nagyobb sávszélesség-igény
- DSL és kábelmodem alapú fejlesztések
- PC mellett (olcsóbb, egyszerűbb) TV végberendezés, redukált szolgáltatások (web browsing, e-mail, e-commerce)

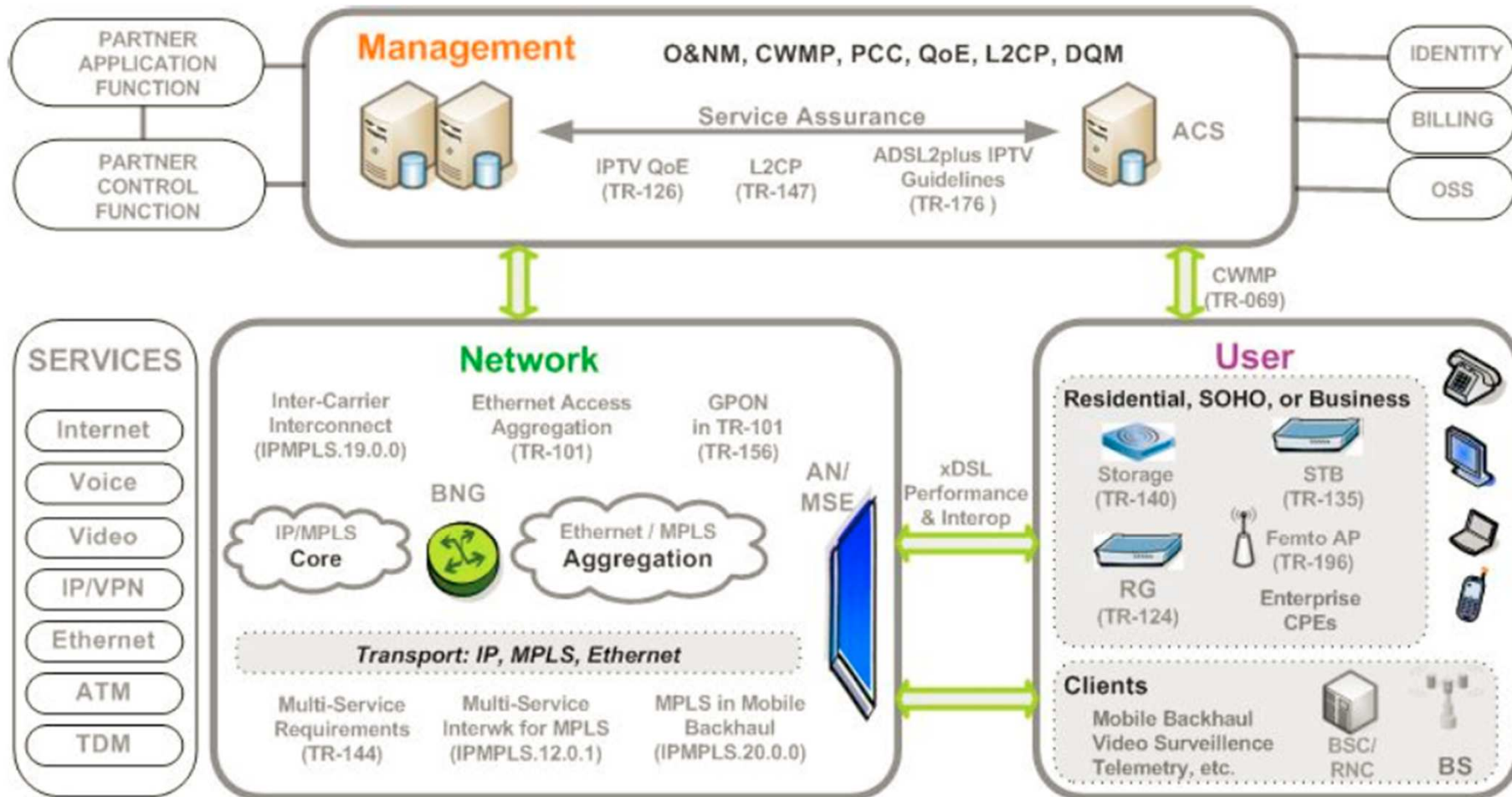
# Problémák és lehetőségek II.

---

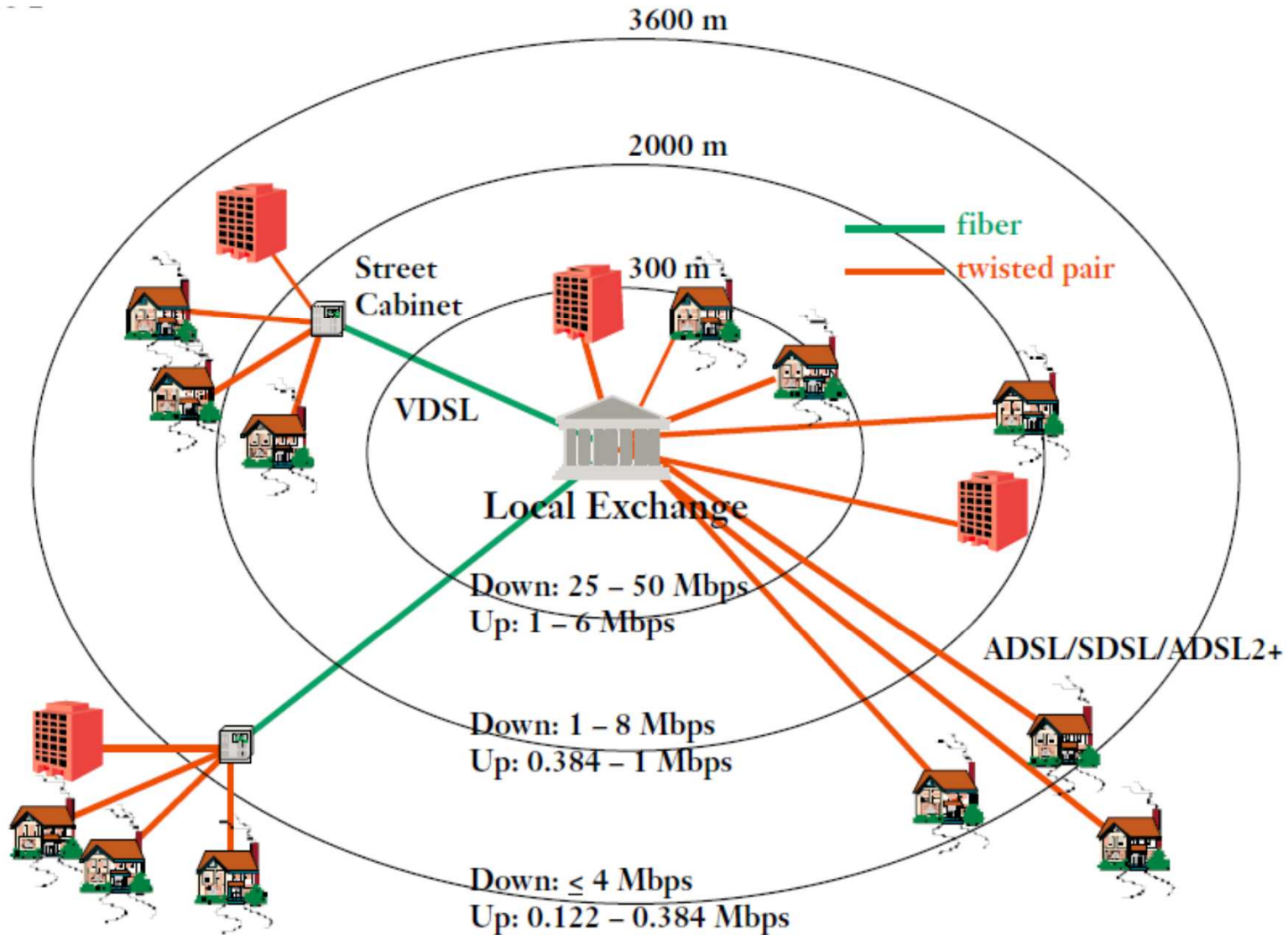
- hosszú távú technológiai sokszínűség (illesztések, együttműködések)
- a fejlett mobil és vezeték nélküli technológiák egyre hatékonyabbak az adatforgalom kiszolgálásában, de a véges frekvencia-spektrumból következően a vezetékes megoldások jelentősen nagyobb sávszélességeket ígérnek (a nagyobb sávszélesség + a mobilitás extra)
- a vezeték nélküli megoldások kiegészítő szerepet tölthetnek be, és az újonnan piacra lépő szereplők számára lehetnek vonzóak (új előfizetők gyors csatlakoztatása)
- új szabályozási vonatkozások (pl. unbundling in local loop)

# Szélessávú hálózat

(Broadband Forum, 2009)

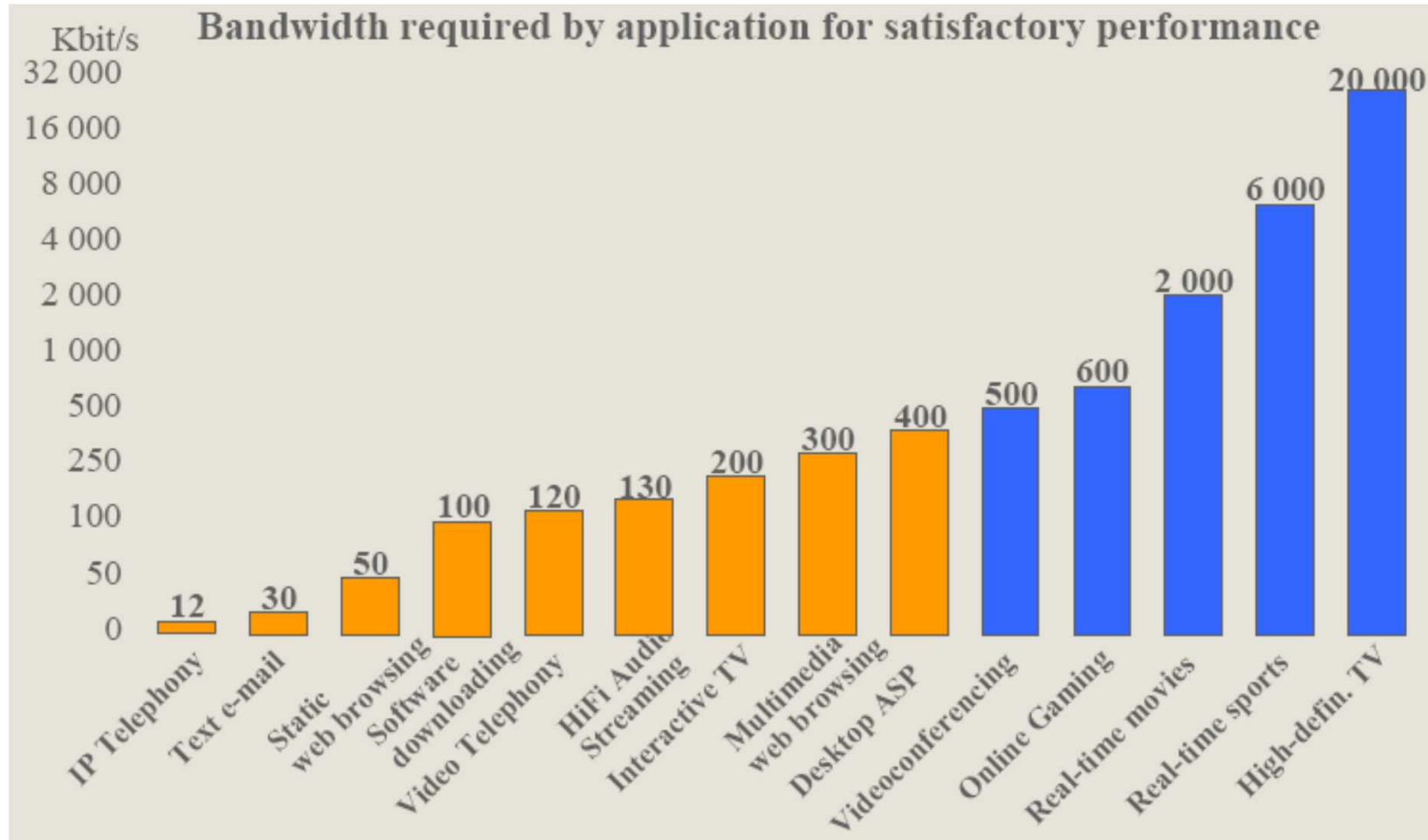


# DSL hozzáférések áttekintése



- **Többfajta architekturális megoldás**
  - rézalapú
    - érpár (telefonhálózat)
    - koax (kábeltévé)
  - vezeték nélküli
    - mobil (3G, 4G, ...)
    - BWA
  - optika
  - hibrid
    - optika és réz
    - optika és BWA

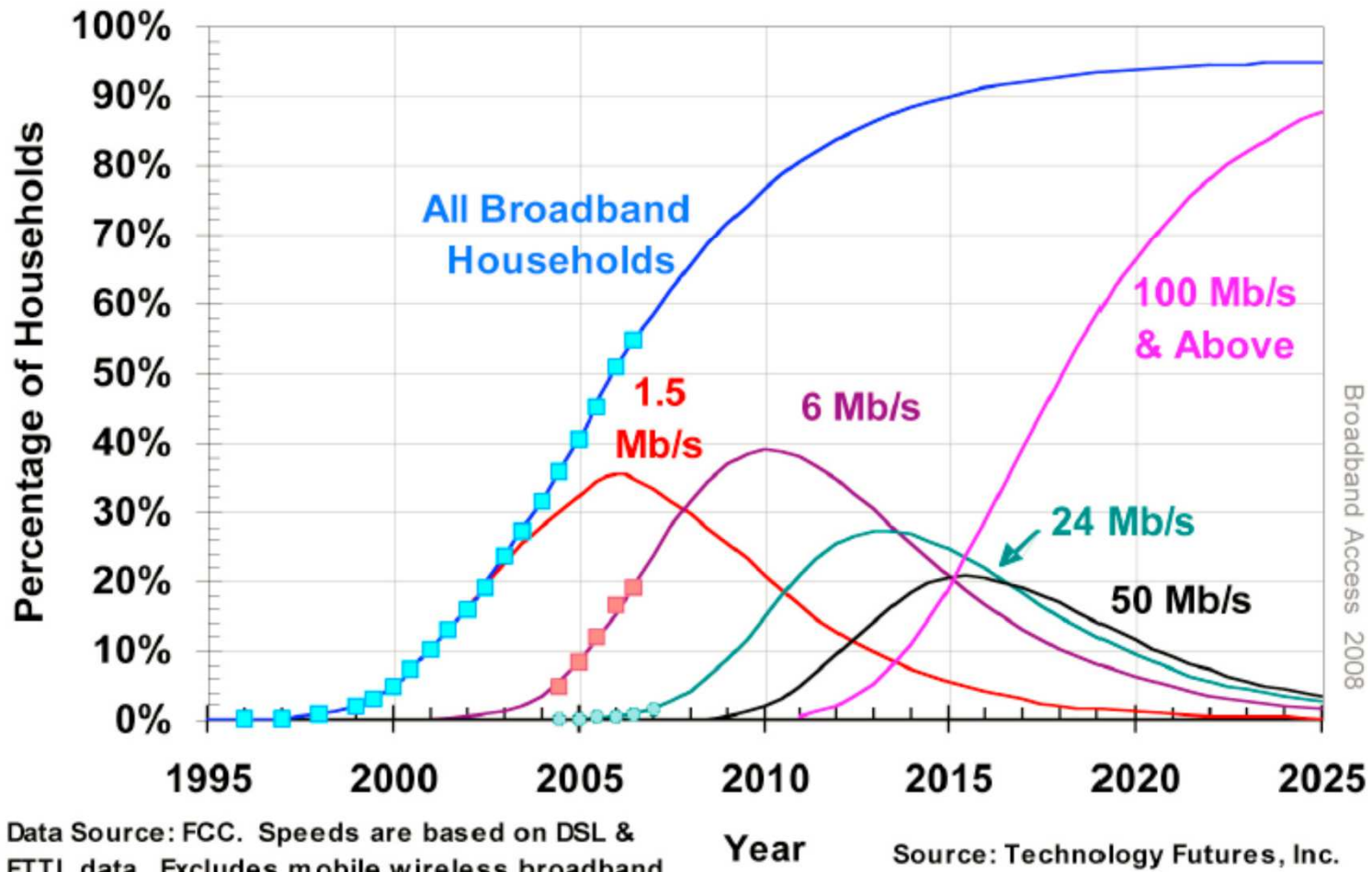
# Alkalmazások sávszélesség-igénye



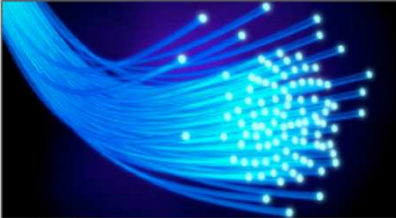



# USA háztartások sávszélesség-igénye

(2008-as előrejelzés)

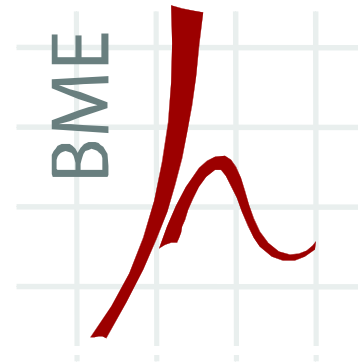
## U.S. Broadband Households by Nominal Data Rate



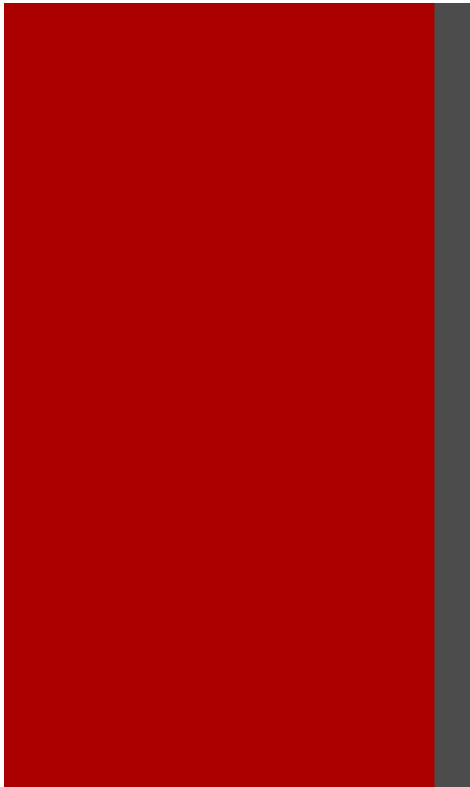
# Különböző hozzáférési technológiák potenciális spektrális tartományai

Physical Medium	Bands	Total spectrum
 <p><b>Fiber</b> High purity glass</p>	O-band: 1260 - 1360nm E-band: 1360 - 1460nm S-band: 1460 - 1530nm C-band: 1530 - 1565nm L-band: 1565 - 1625nm	<p><b>45,000GHz</b> not all bands are used on the same fiber - today</p>
 <p><b>HFC</b> Coaxial cable</p>	Upstream: 5 - 42MHz TV (analog): 54 - 552MHz TV (digital): 552 - 678MHz Data: 678 - 690MHz TV (digital): 690 - 750MHz Future upgrade: up to 1700MHz	<p><b>1.7GHz</b></p>
 <p><b>Wireless</b> Radio Frequency</p>	Licensed (mobile operator): 700, 800, 1700, 1900, 2100, 2300, 2500MHz  Unlicensed (WiFi): 2400MHz, 5000MHz	<p><b>0.5GHz</b> licensed spectrum</p>
 <p><b>xDSL</b> Copper wire</p>	Voice: 0 - 4kHz DSL: 26 - 138kHz ADSL: 26kHz - 1.1MHz ADSL2: 26kHz - 2.2MHz VDSL: 26kHz - 8.8MHz VDSL2: 26kHz - 30MHz	<p><b>0.03GHz</b></p>





# Nagysebességű adatszolgáltatás réz érpáron xDSL



# Egy meghatározó technológia - xDSL

- a meglévő réz infrastruktúrán vagy optikai (szétesztással kombinálva) különböző változatai alkalmazhatók: ADSL, RADSL, VHDSL, HDSL, SDSL

Tech.	Üzem-mód	Sávszélesség	Max. távolság	Alkalmazás
ADSL/RA-DSL	asszimmetrikus	D: 1.5-9Mbps U: 16-640kbps	1800m (1200m: D>1.5Mbps)	Internet, intranet, LAN hozzáférés, interaktív MM, hagyományos távbesz.
HDSL	duplex	T1: 1.544Mbps-ig E1: 2.048Mbps-ig	1500m	T1/E1 trónk helyett PBX csatlakozás
SDSL	duplex	T1: 1.544Mbps-ig E1: 2.048Mbps-ig	1000m	u.a. mint HDSL + szimmetrikus szolg. pl. videokonferencia
VDSL	asszimmetrikus	D: 13-52Mbps U: 1.5-2.3Mbps	450-1000m	u.a. mint ADSL + HDTV

# Egy meghatározó technológia - xDSL

- **Előnyök**
  - új jelfeldolgozási technikák az előfizetői hurok minél hatékonyabb kihasználására
  - sodrott érpáron adat és beszéd
  - távtáplálás
- **Hátrányok**
  - együttműködési problémák a különböző gyártók eszközei között
  - a rézhálózat minősége jelentősen befolyásolja a szolgáltatást (pl. áthallás)
- **Költségviszonyok**
  - a modem és DSLAM árak fokozatosan csökkenek
  - KKV és lakossági előfizetők számára, flat tarifa

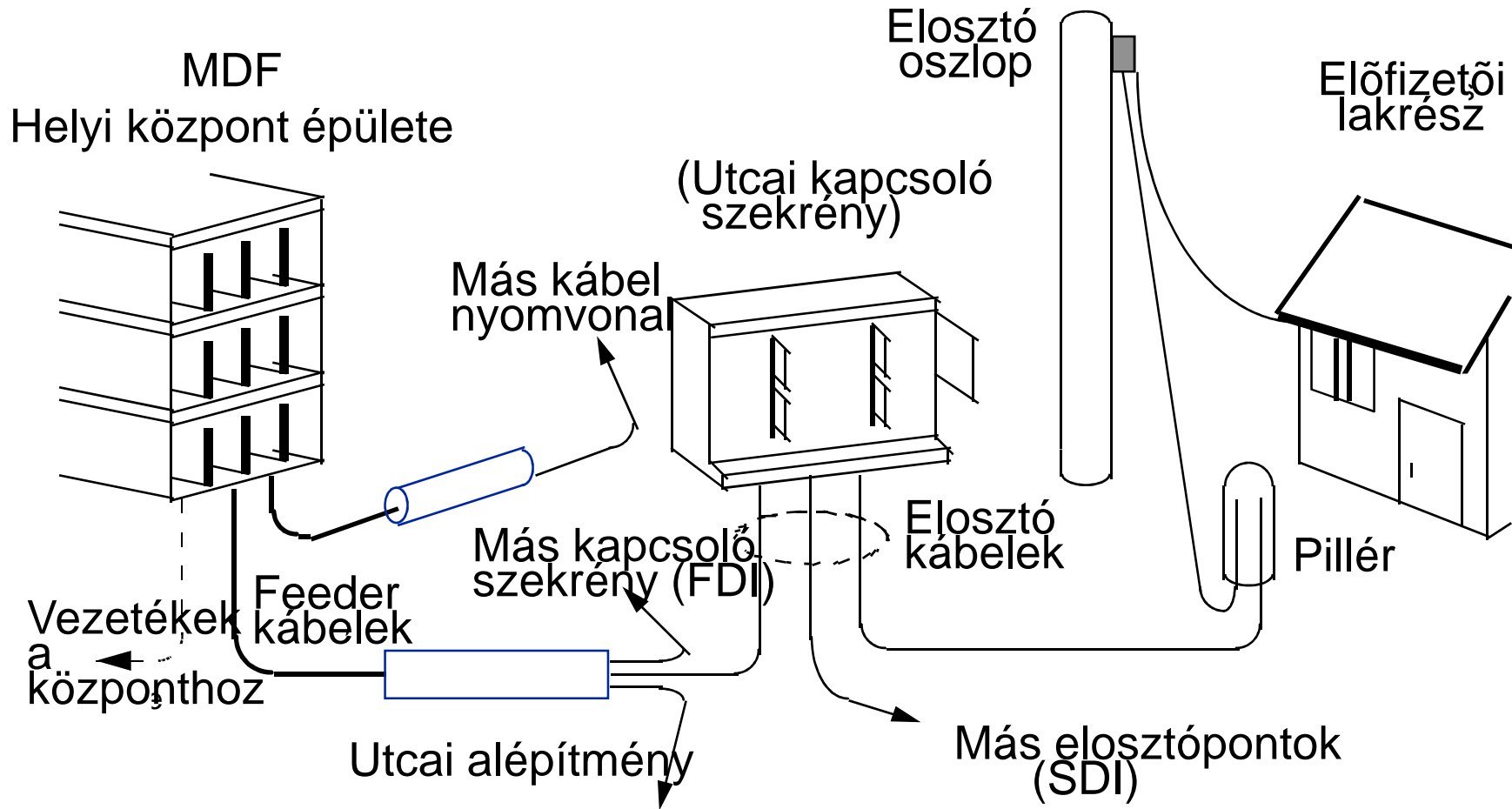
# ADSL alapú nagysebességű Internet hozzáférés

# ADSL alapú üzleti modellek

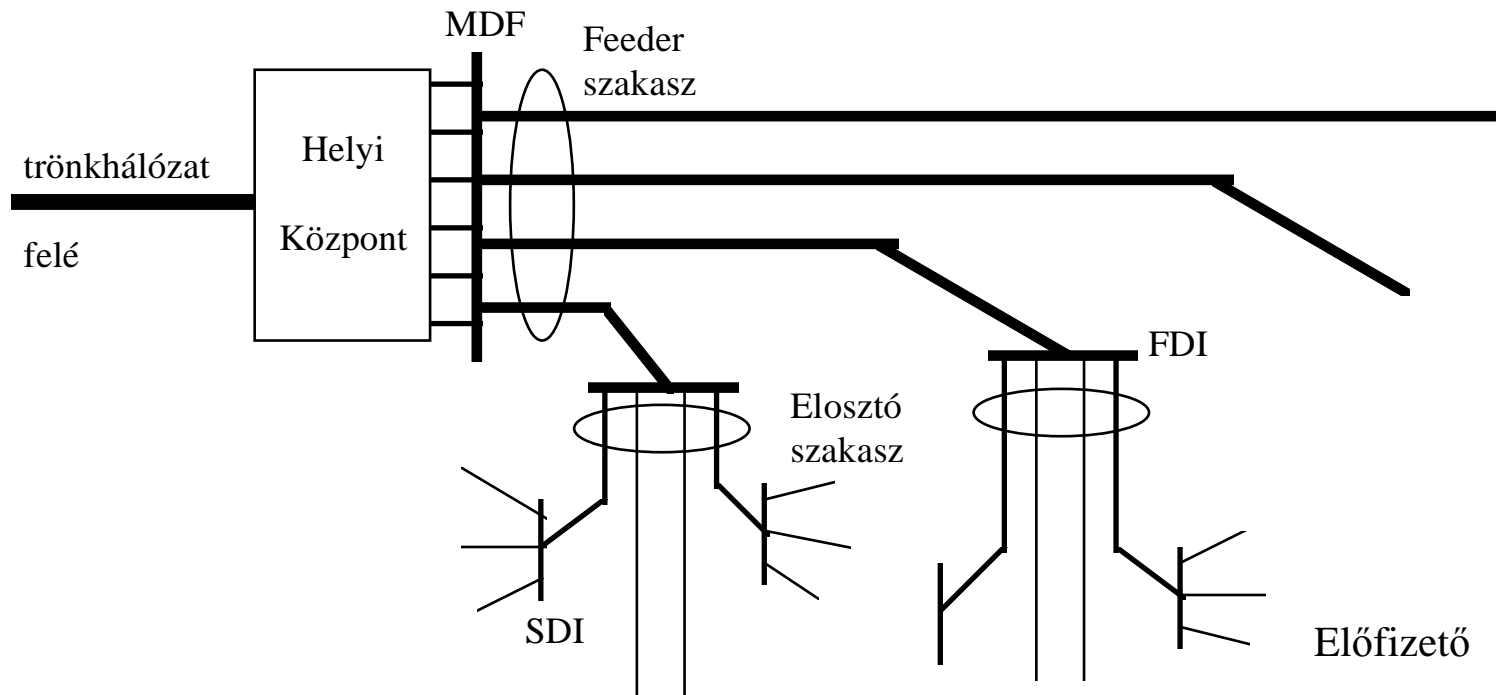
---

- **szolgáltatási jellemzők**
  - US/DS asszimmetrikus
  - azonos technológiai platformon számos szolgáltatás különböző US/DS változat
- **szolgáltatók szerepe**
  - Ki birtokolja a PSTN előfizetői hurkot? (NAP)
  - Ki az ISP? (NSP)

# Hagyományos csillag topológiájú hozzáférési hálózat kialakítása

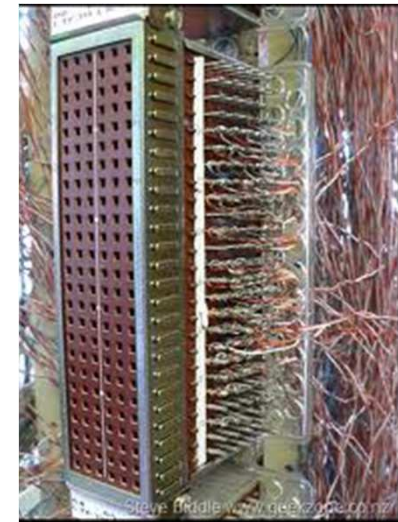


# Hagyományos csillag topológiájú hozzáférési hálózat szerkezete



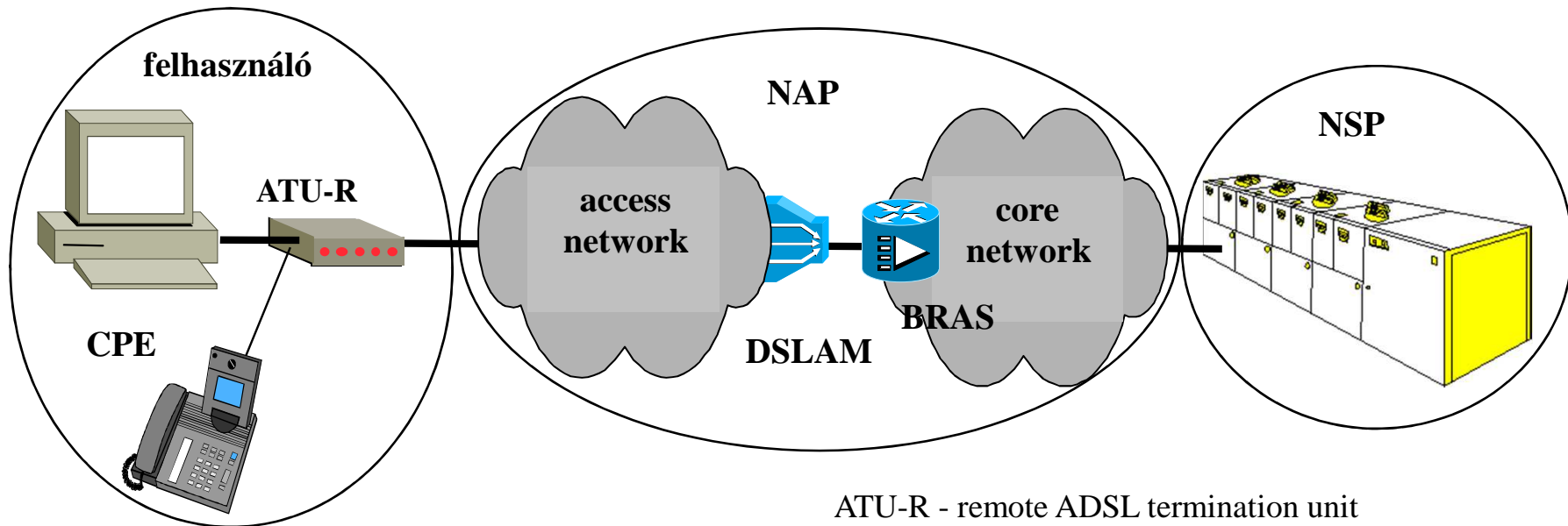
MDF: Main Distribution Frame, fő rendező  
 FDI: Feeder Distribution Interface, 1. elosztó pont  
 SDI: Subscriber Distribution Interface, 2. elosztó pont

# Hálózatelemek



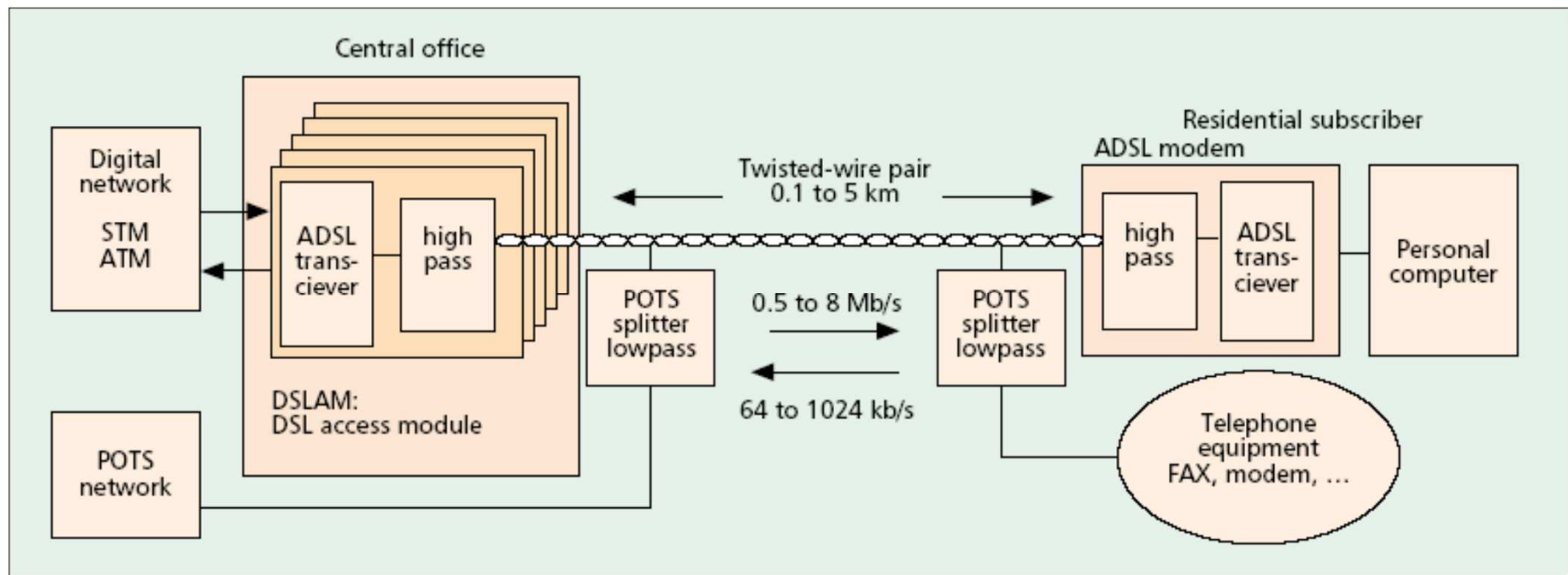


# ADSL alapú nagysebességű elérési szolgáltatás általános sémája

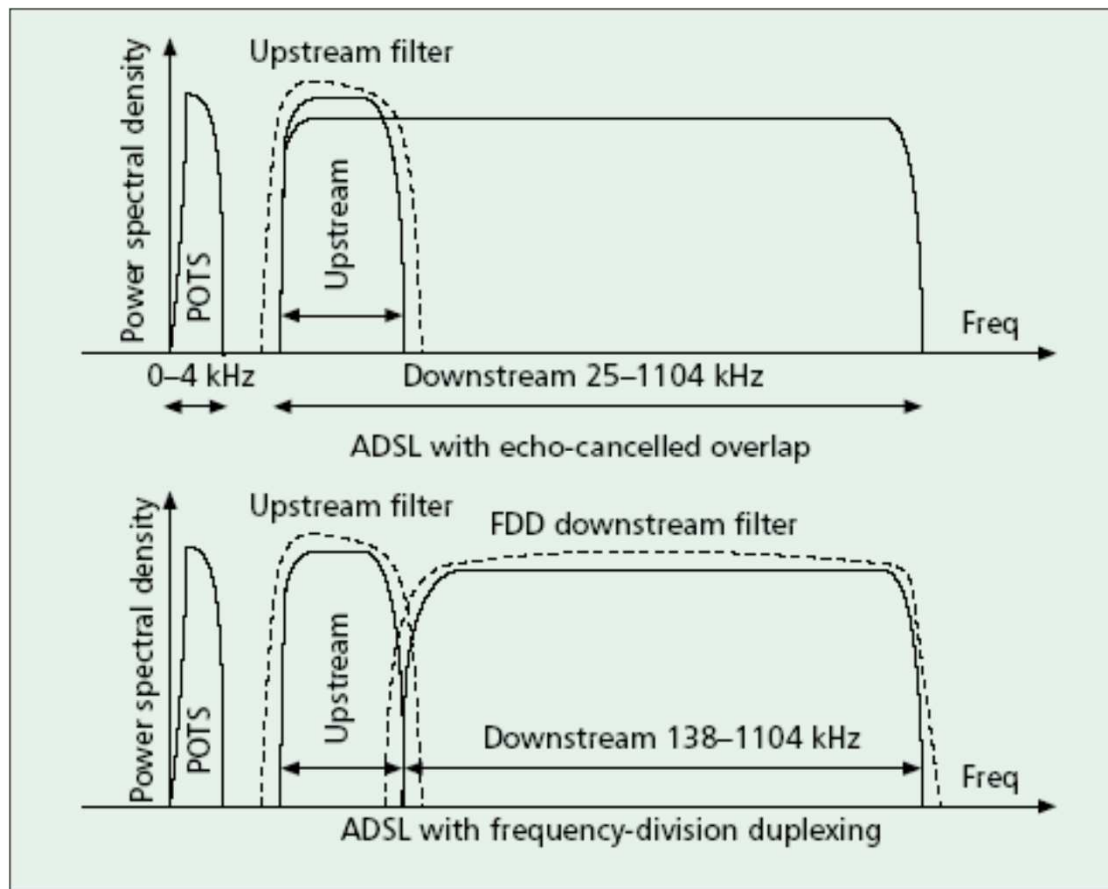


ATU-R - remote ADSL termination unit  
 CPE - customer premises equipment  
 DSLAM - digital subscriber line multiplex  
 BRAS – broadband remote access server  
 NAP - network access provider  
 NSP - network service provider

# ADSL hozzáférés logikai szerkezete (ATM uplink)



# ADSL spektrum



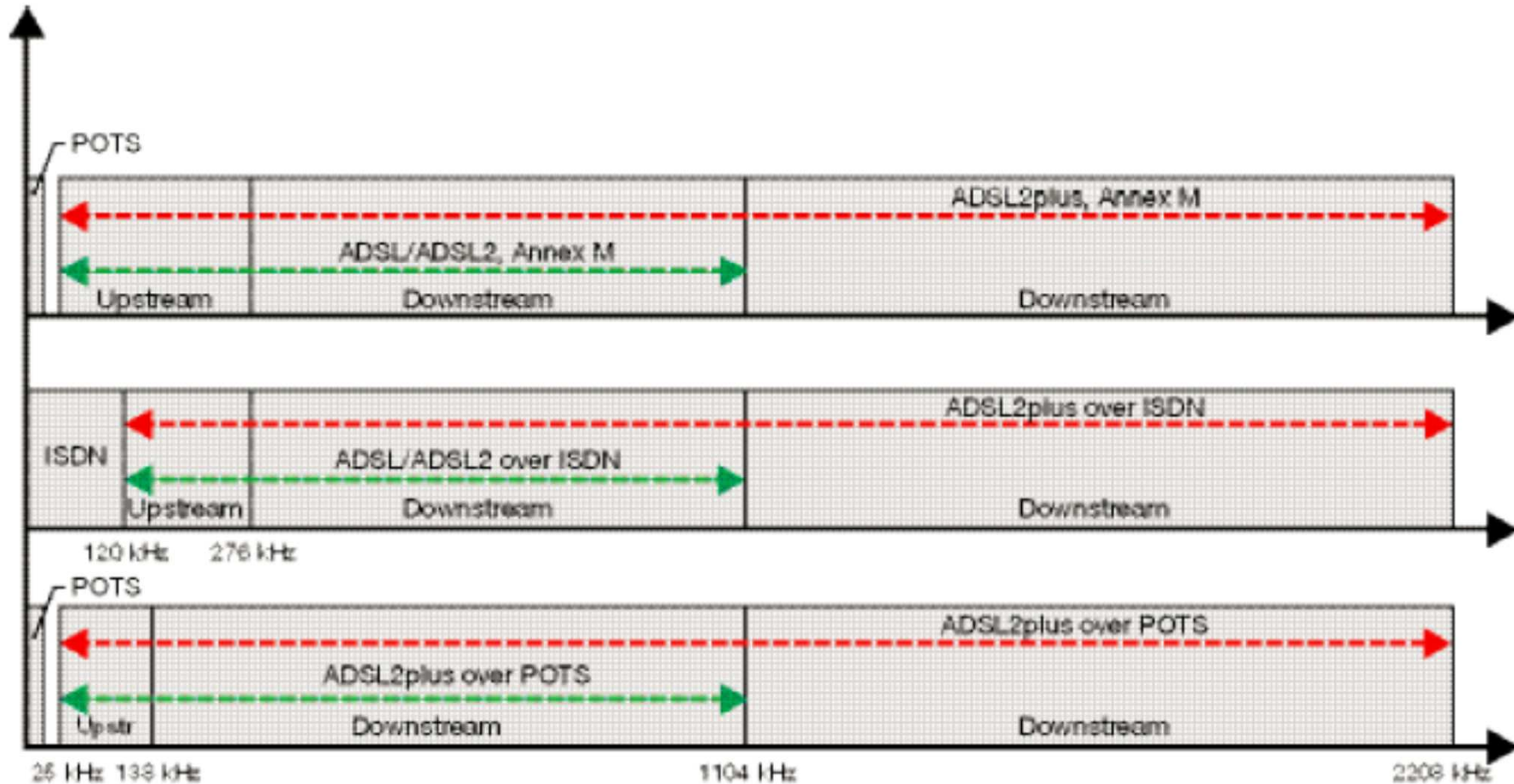
## EC-ADSL

- az upstream és a downstream spektrum átfedésben van,
- visszhang-elnyomás (EC - Echo Cancellation) szükséges a szétválasztáshoz

## FDD-ADSL

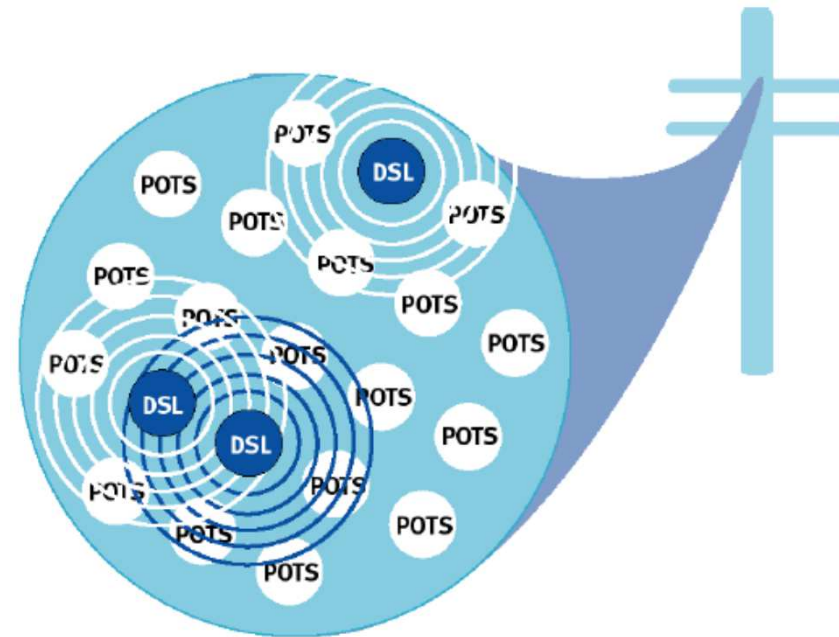
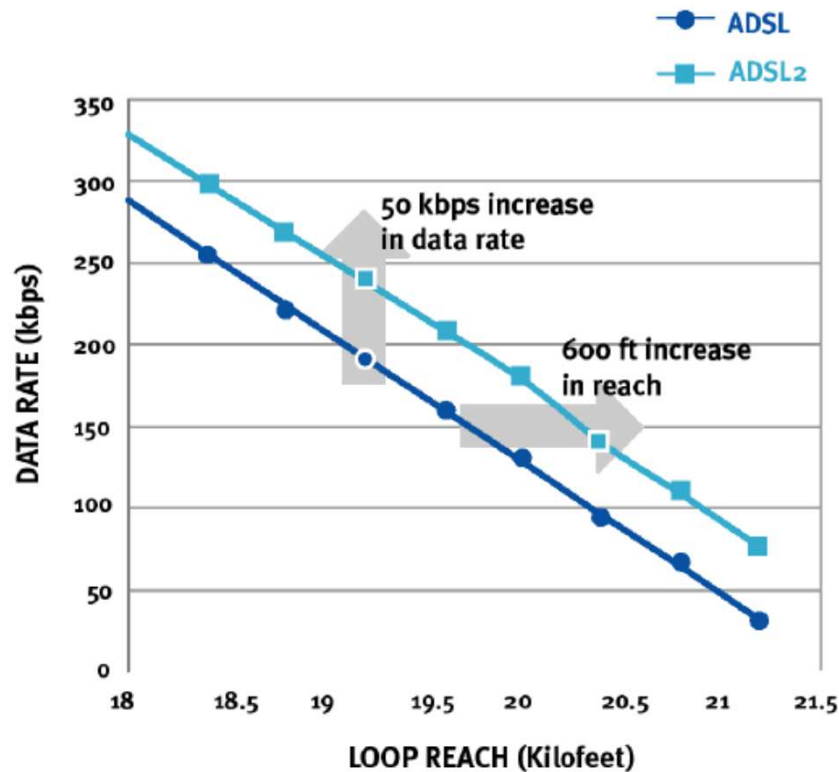
- az upstream és a downstream spektrum szeparált

# ADSL/ADSL2/ADSL2+ spektrum



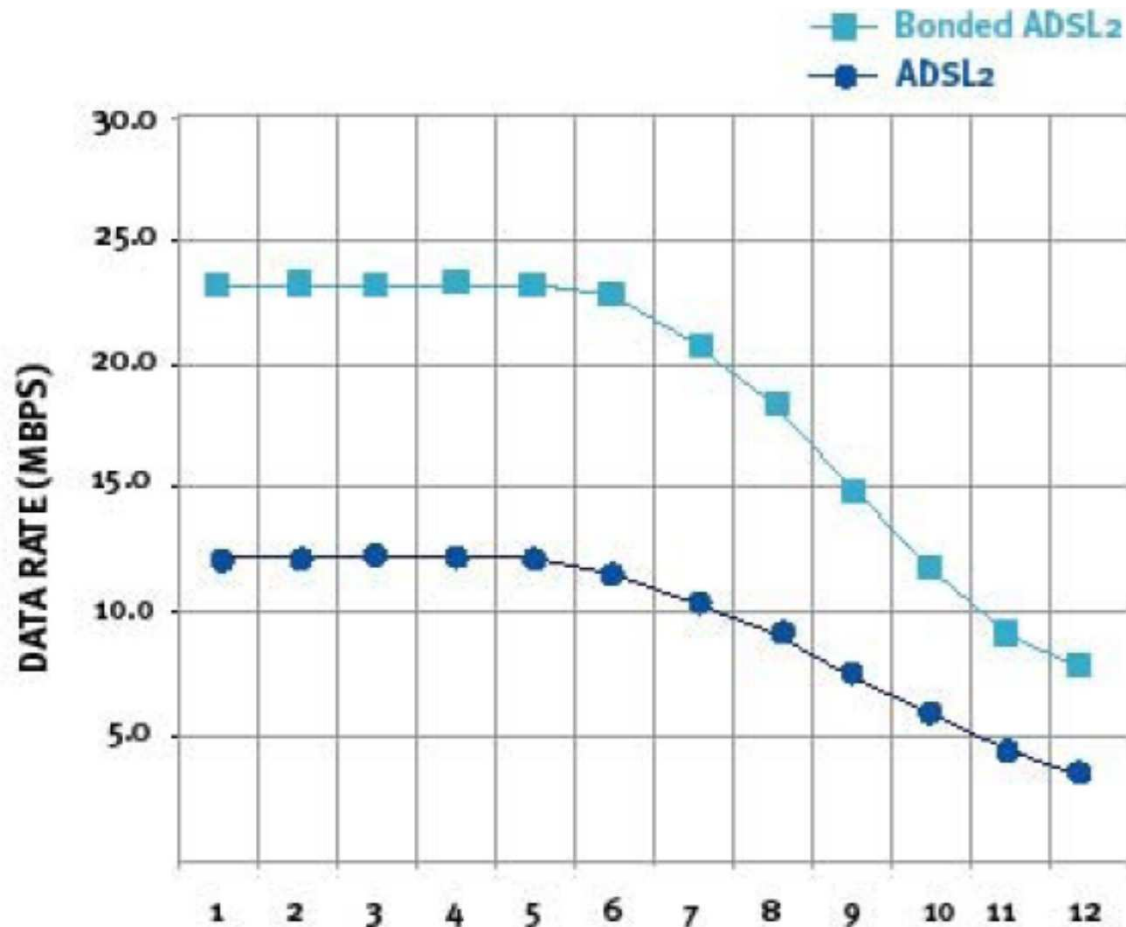
- **CAP (Cellular Array Processor)**
  - egy csatorna
  - sávszélesség szabályozása magasabb szinten, pl. ATM (üzleti modell szerinti szolgáltatási csomagok)
- **DMT (Discrete Multitone)**
  - 64 kbps csatornák (4kHz sávok)
  - fizikai szinten lehet az up/down sávszélességeket szabályozni, pl. 384 kbps = 6x64kbps (áthallási okokból nem a szomszédos csatornákat használják)

# ADSL2

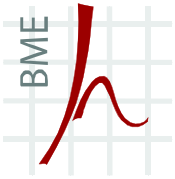


- jobb teljesítőképesség: bitsebesség x távolság
- alacsonyabb jelszintek
- adaptív jelsebesség (SRA – Seamless Rate Adaptation) a modulációs és keretkezési réteg (funkció) szétválasztására alapozottan

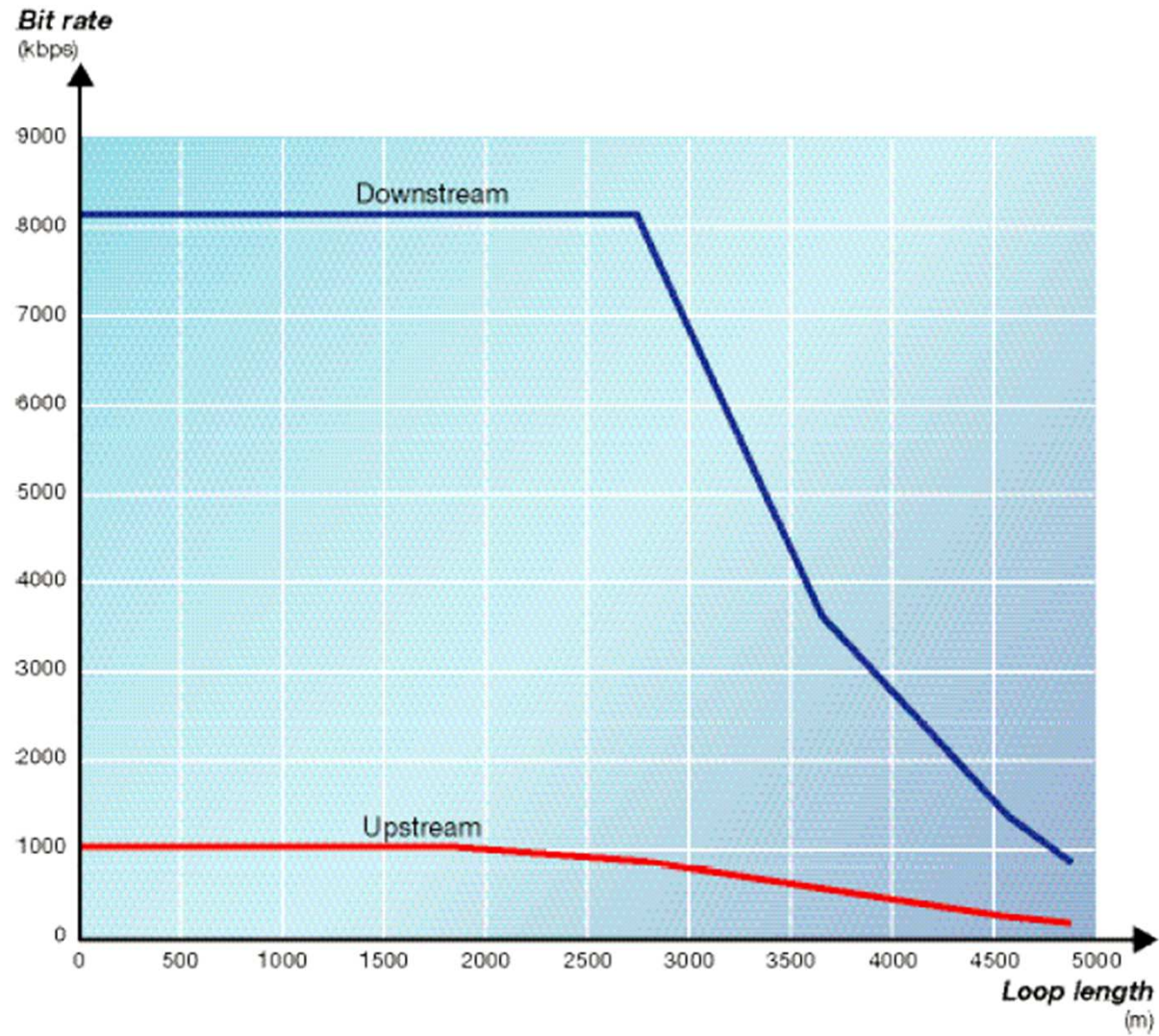
# ADSL2



- összekapcsolt (egyesített) jelsebesség
- több érpár felhasználása
- ATM inverz multiplexing-elv
- azonos technológia, jobban skálázható üzleti modellek
- jobb együttműködőképesség
- tisztán digitális üzemmód

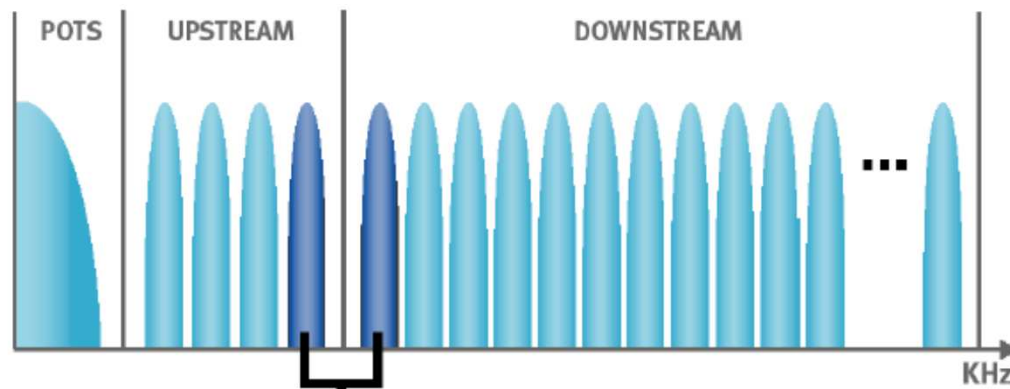


# ADSL2 (POTS, 0.4 mm, 24 DSL lines)



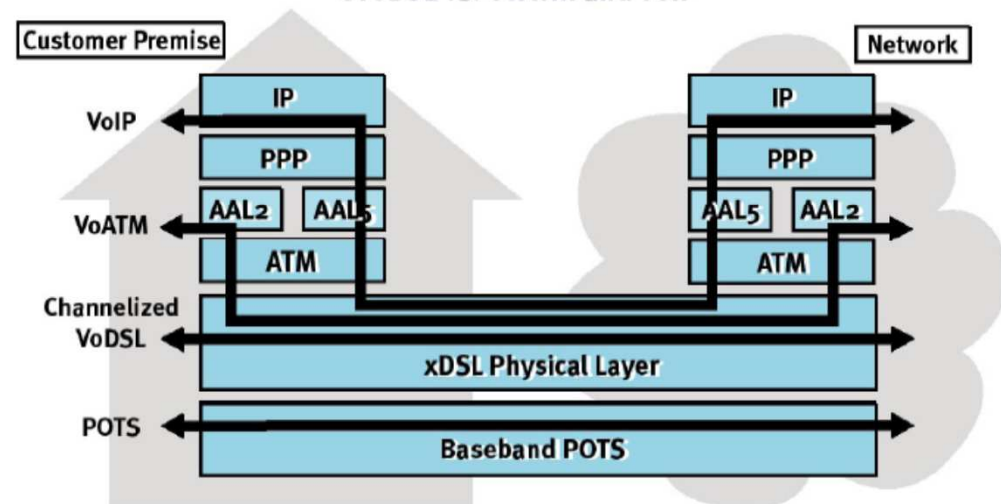


# ADSL2

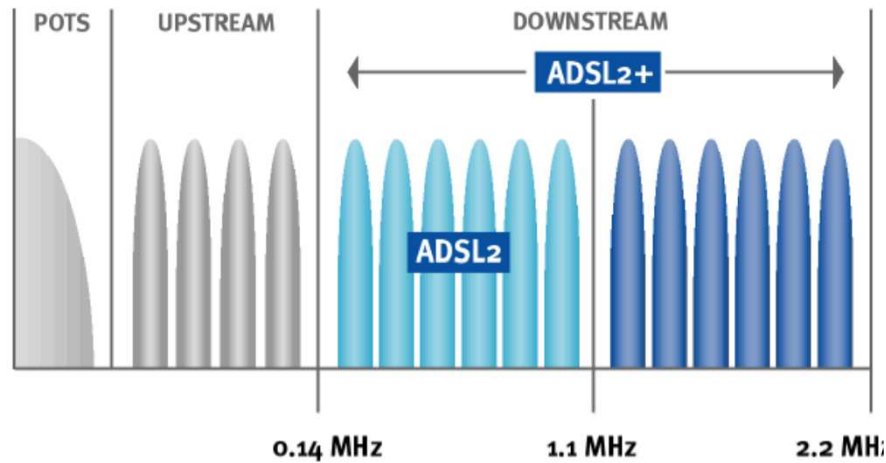


Dedicated 64 Kbps PCM DSo

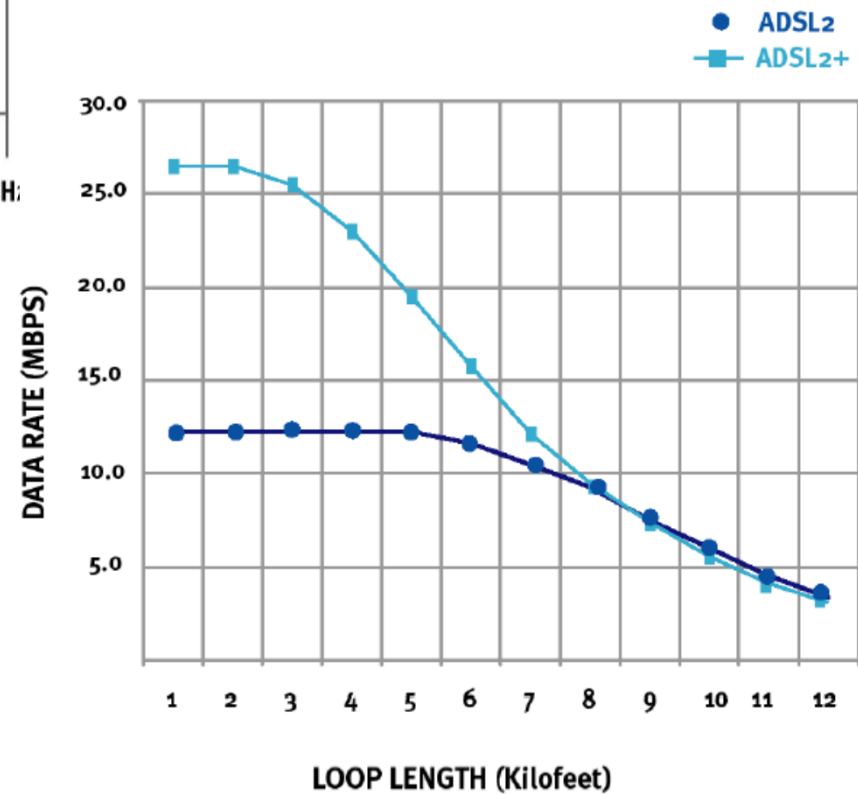
CVoDSL vs. VoATM and VoIP



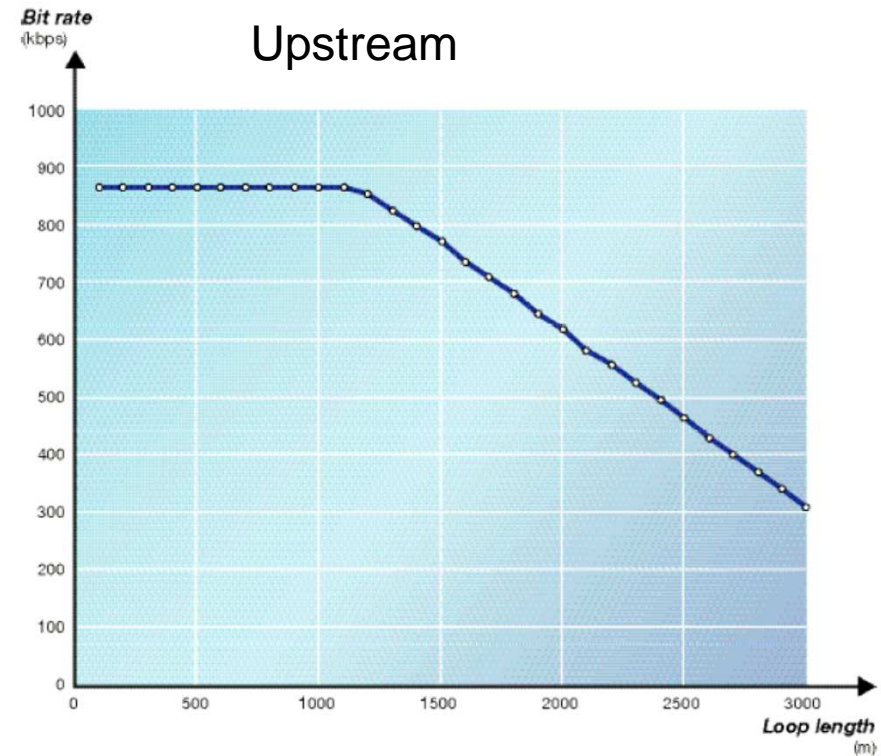
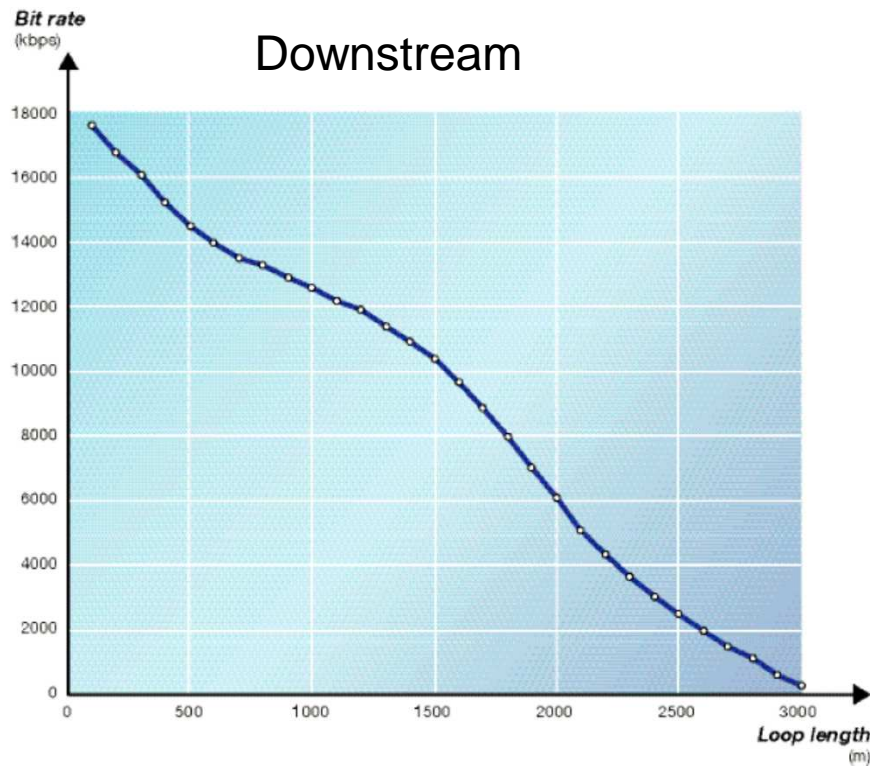
# ADSL2+



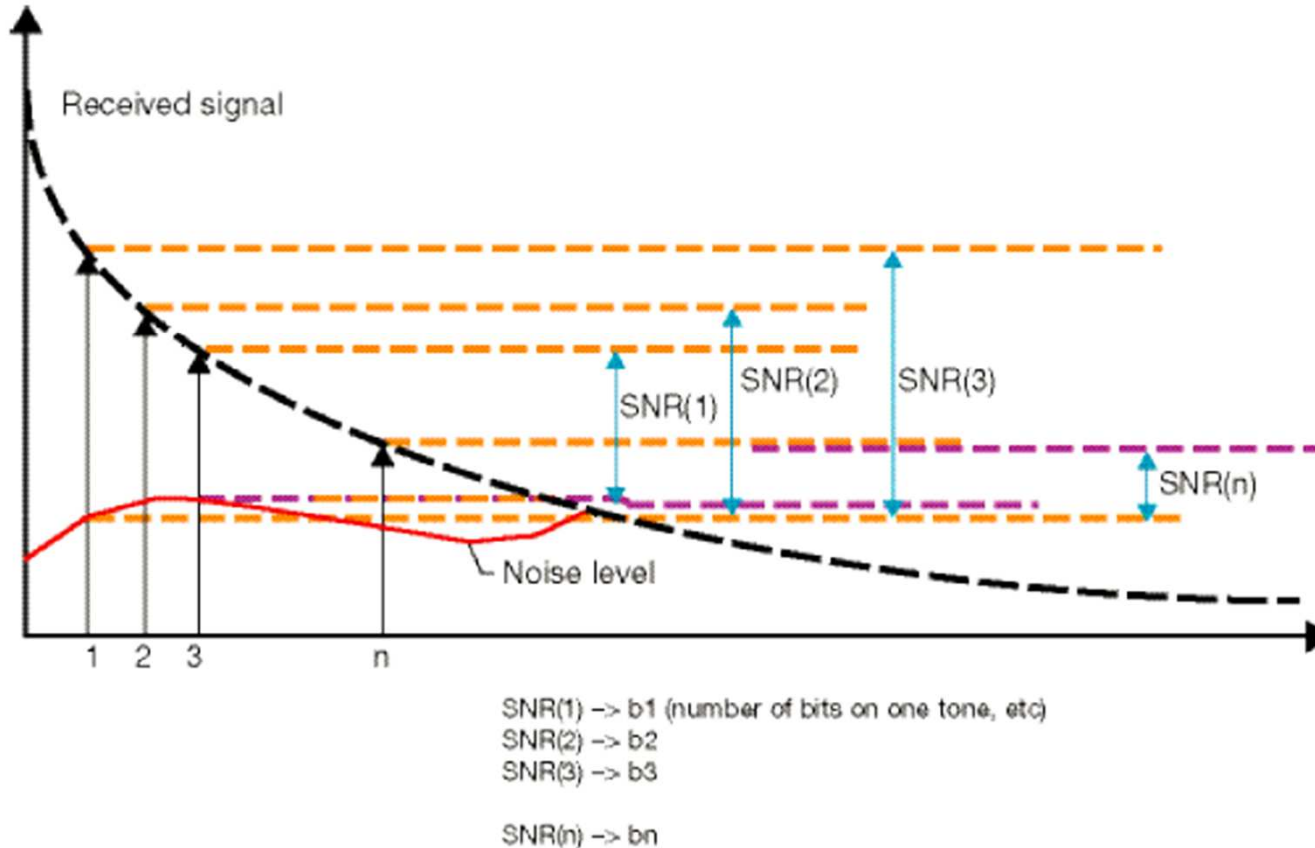
- kétszeres sáv szélesség a downstreamnek
- megduplázott downstream sebesség (kisebb távolságokon)



# ADSL2+ (POTS, 0.4 mm, ETSI előírás szerinti zajjal)



# DMT

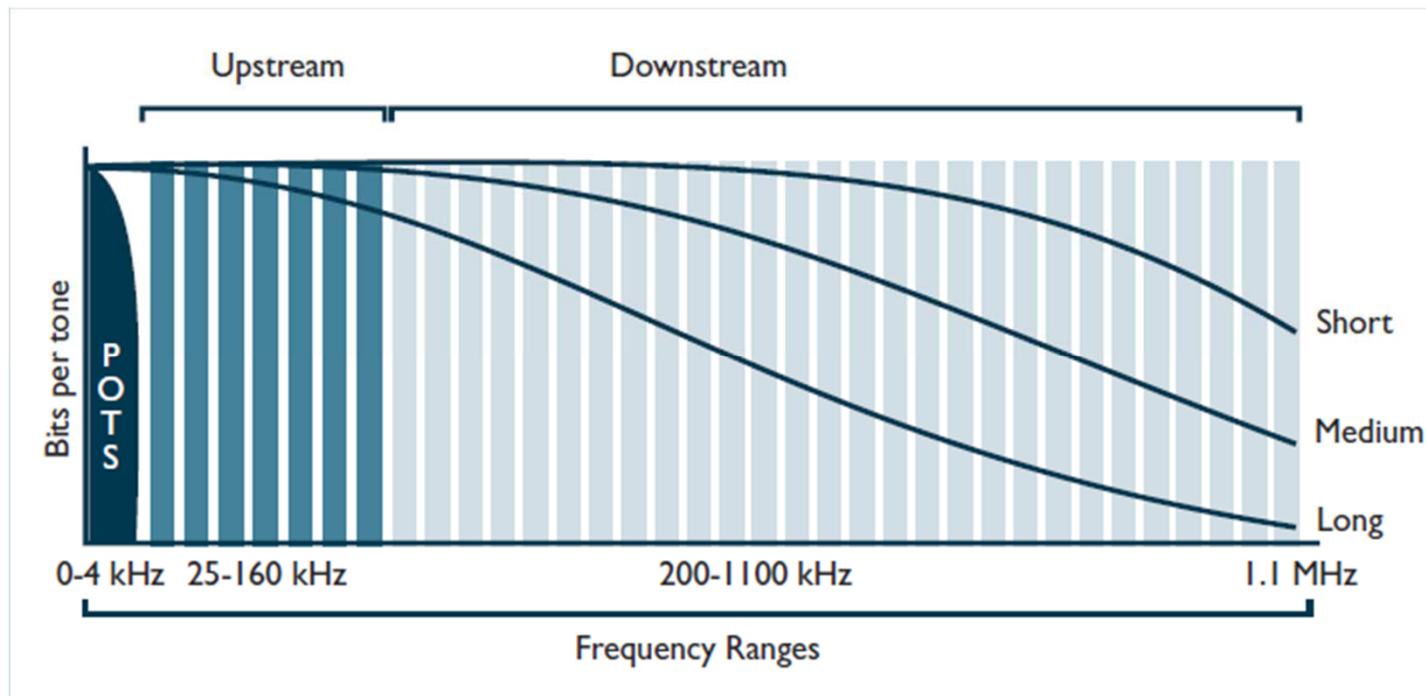


## DMT modulation

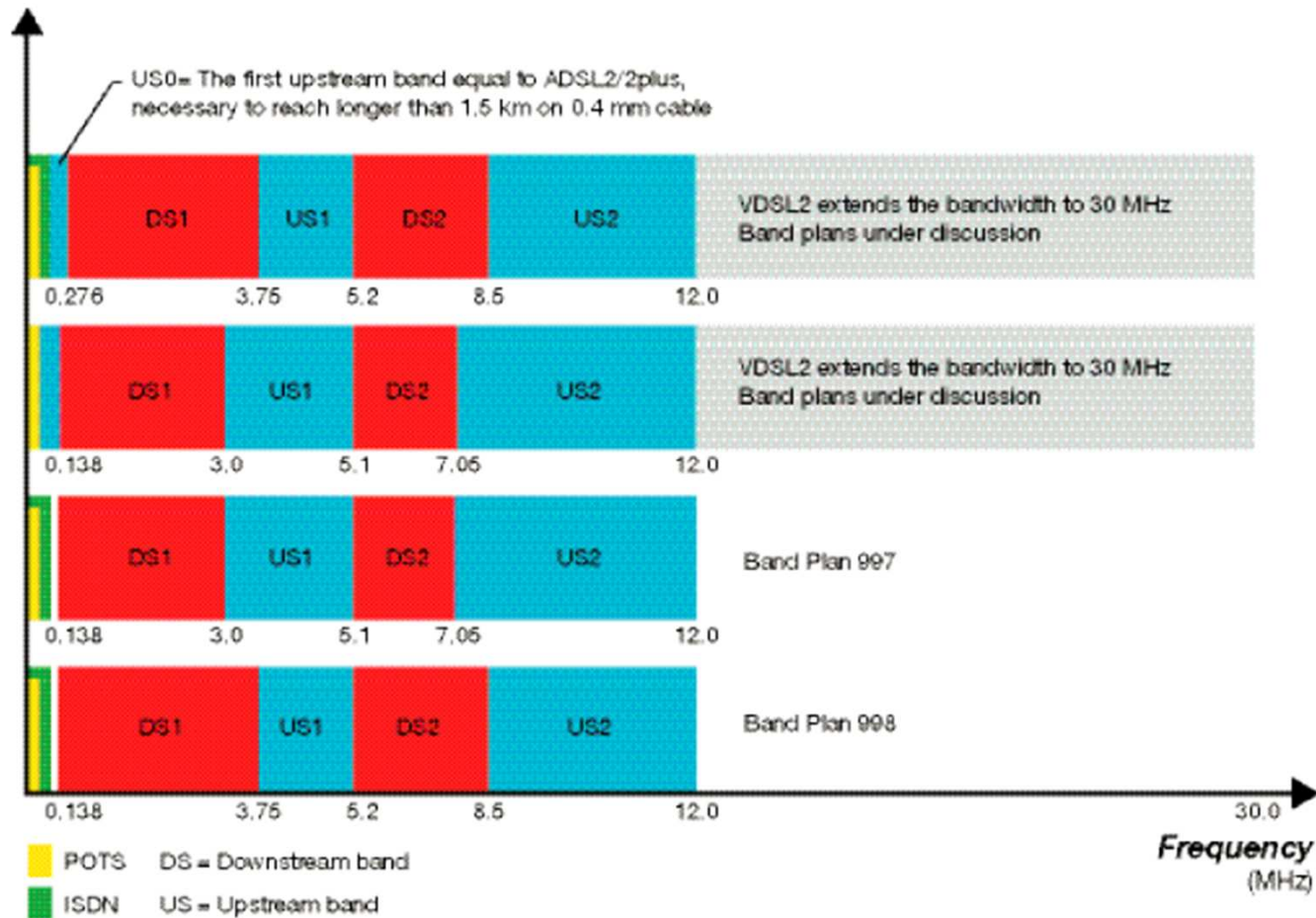
DMT modulation uses the same principle as orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM).<sup>6</sup> That is, it divides the useful frequency spectra into parallel channels, where the center of each channel is represented by a modulated (QAM) subcarrier (Figure 4). One difference from OFDM is that each carrier in DMT can be loaded with a different number of bits, depending on the signal to noise ratio (SNR). In OFDM, the constellation size of each carrier is the same. Because each subcarrier is orthogonal to the other subcarriers, there is no interference between subcarriers. The number of bits can be varied between 1 and 15. The distance between subcarriers is 4.3125kHz. In VDSL2 a distance of 8.6125kHz may also be used. Inverse fast Fourier transform (IFFT) is used to generate the subcarriers.

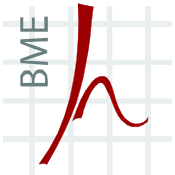
**Discrete multitone (DMT):** By employing DMT technique one can divide the useful spectra into parallel channels where each channel is represented by a quadrature-amplitude-modulated tone. The signal-to-noise ratio (SNR) value indicates the number of bits with which each tone (1, 2, 3 ... n) can be loaded.

# Csillapítás a DTMM spektrumban

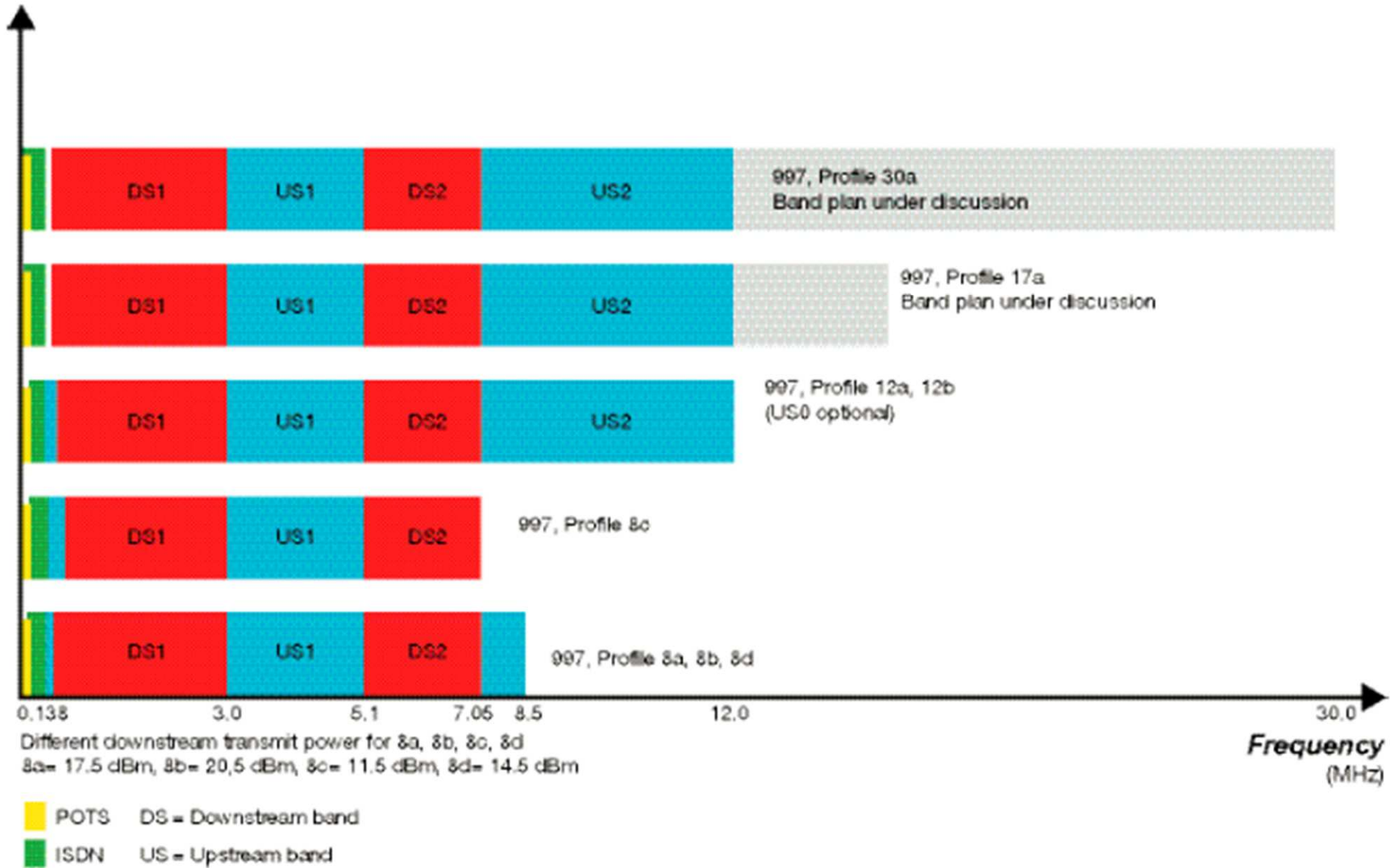


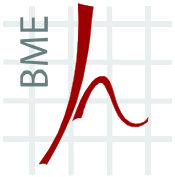
# VDSL1 és VDSL2 spektrum



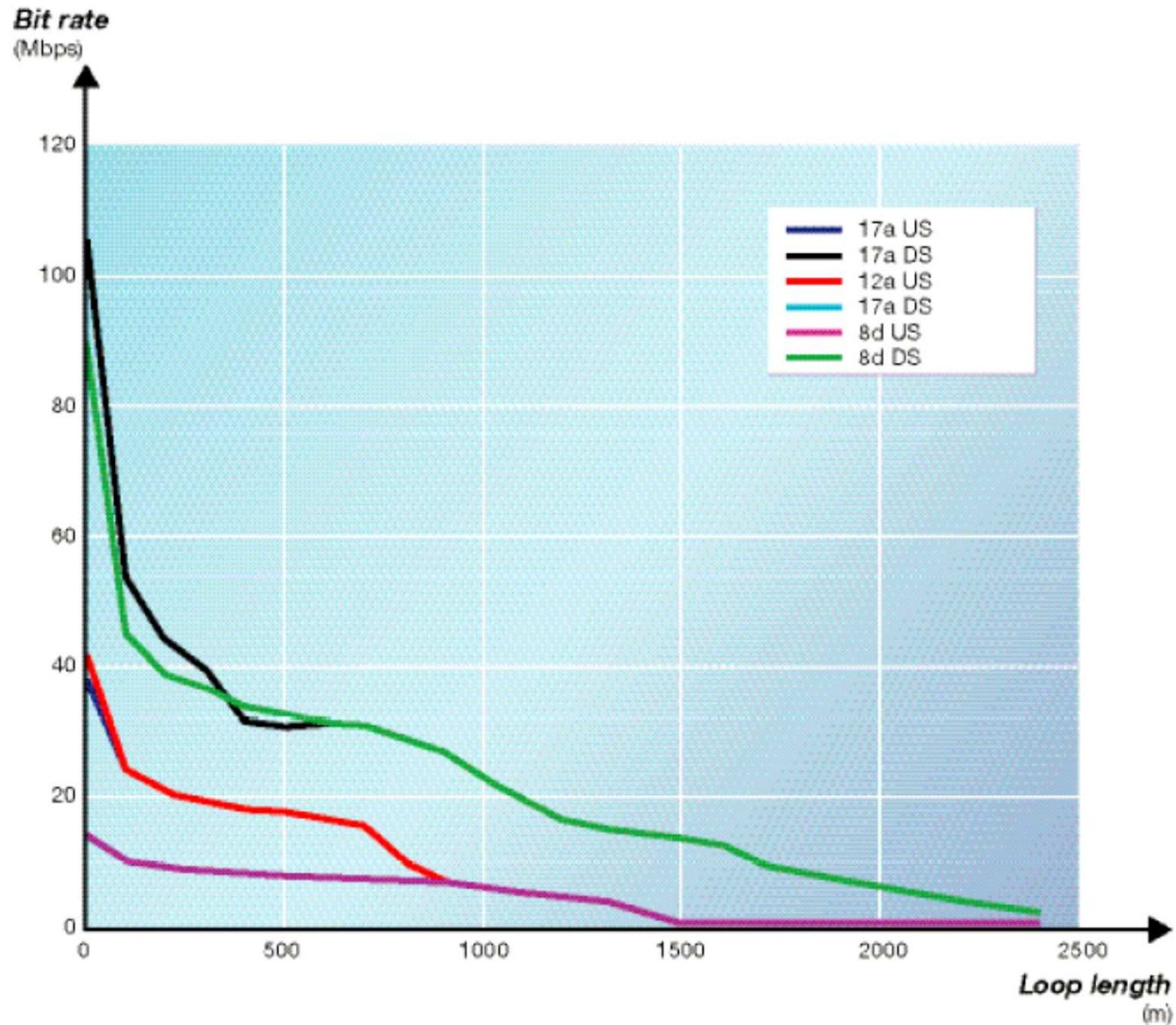


# VDSL2 Band Plan 997



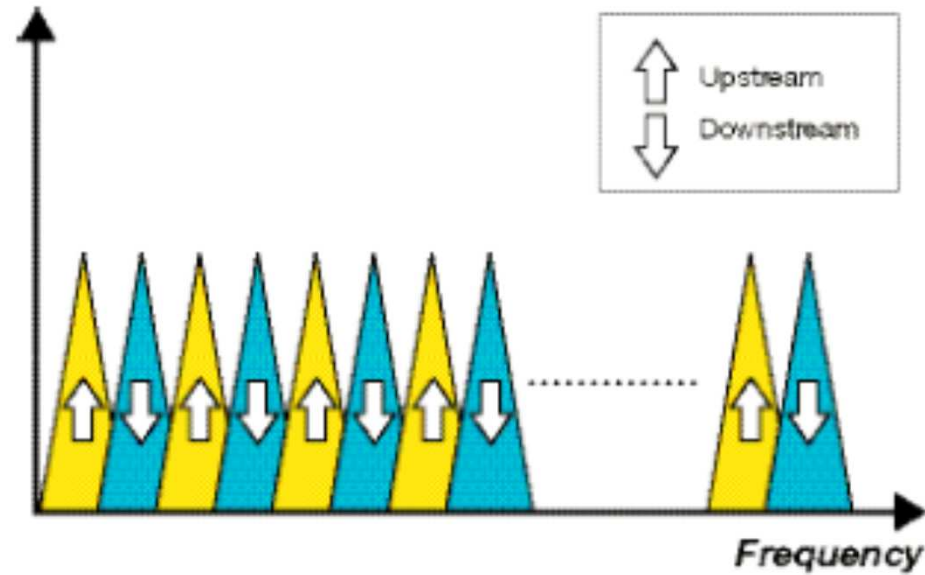


# VDSL2 bitsebességek (20 VDSL2)





# VDSL digitális duplex

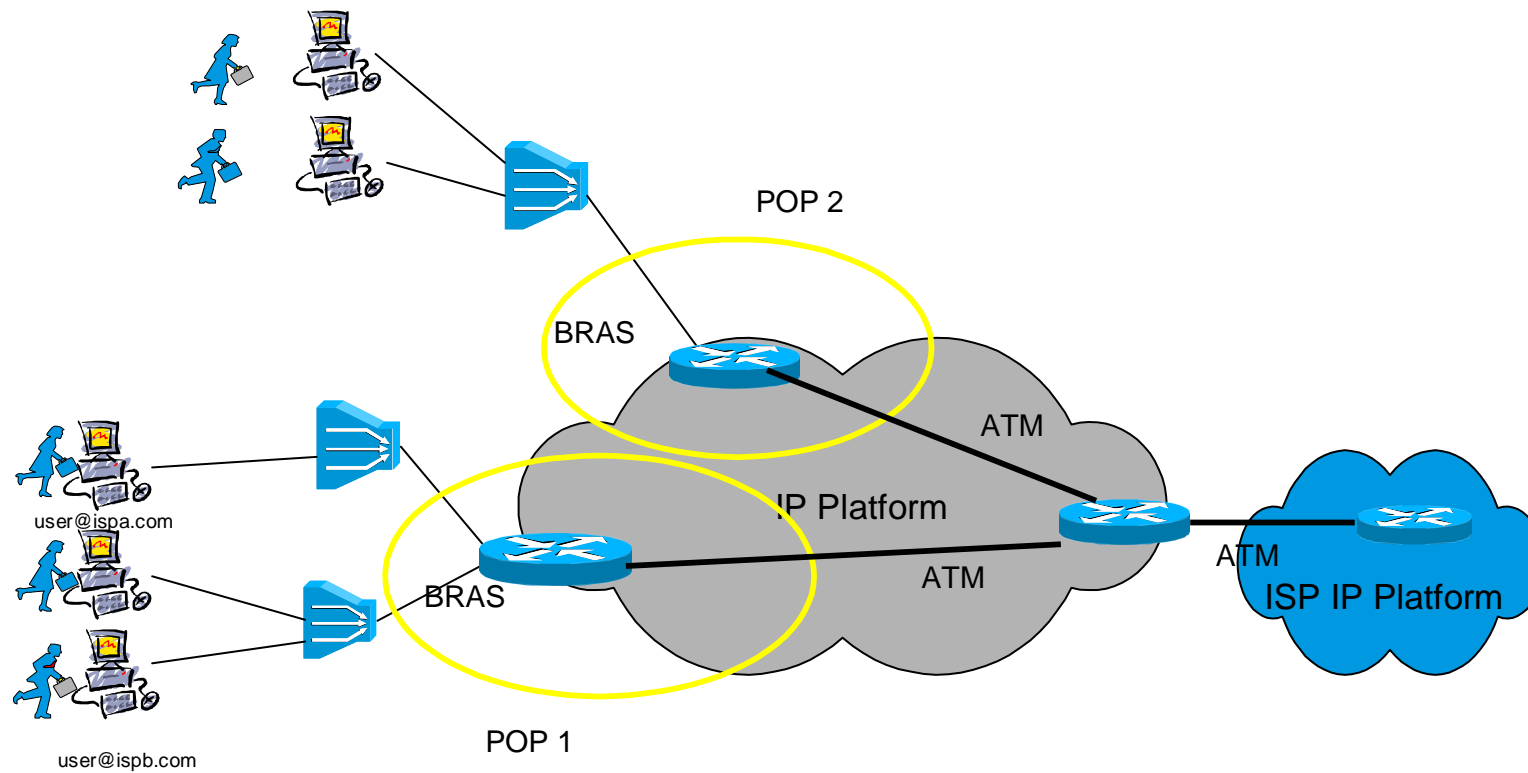


# DSLAM

---

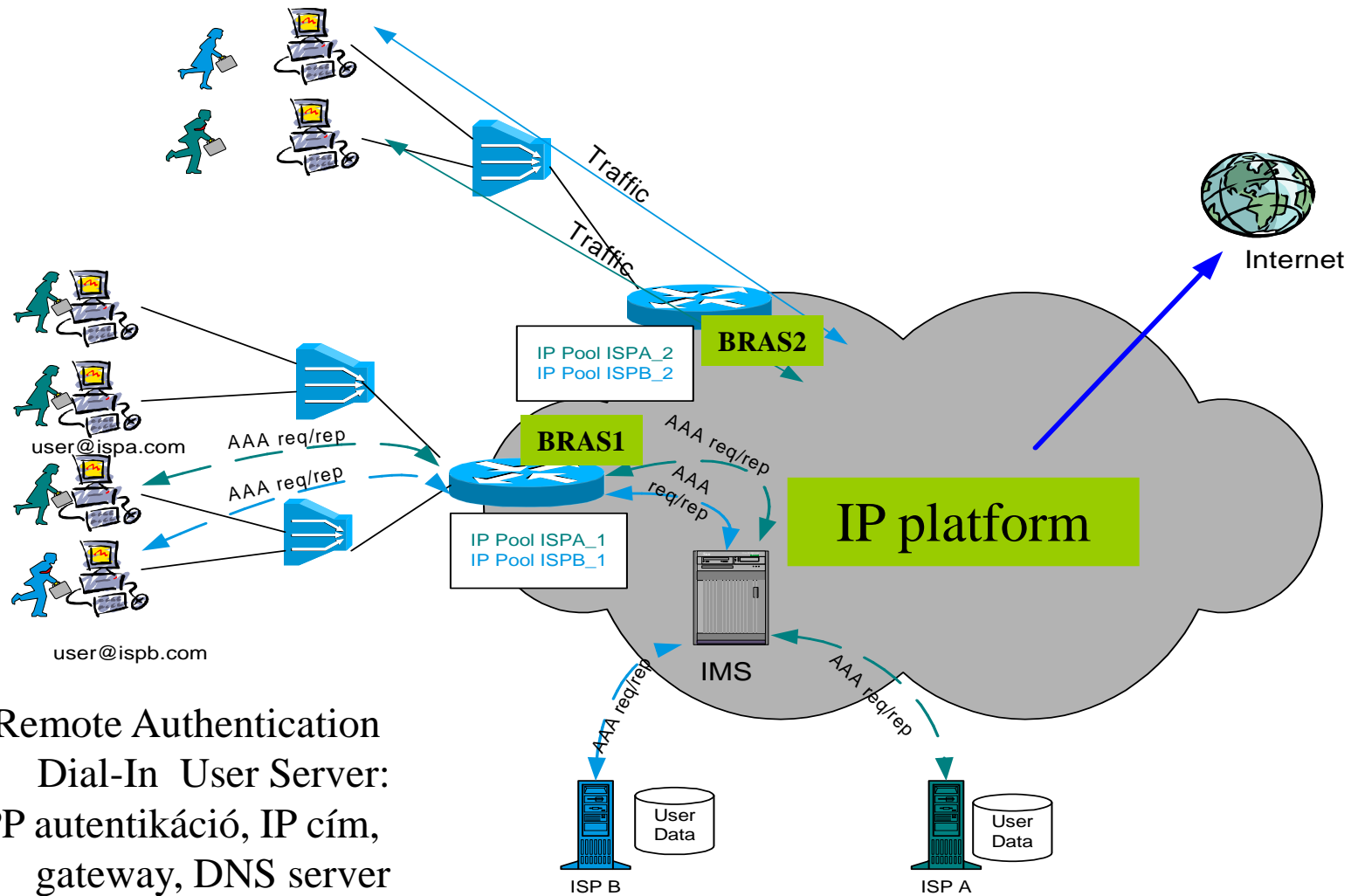
- Digital Subscriber Line Access Multiplexer
- tipikus kapacitások: néhányszor tíztől néhányszor száz előfizető
- korábban ATM aggregáció alapú megoldások
- aktuálisan GbE alapú megoldások

# Aggregálás - BRAS



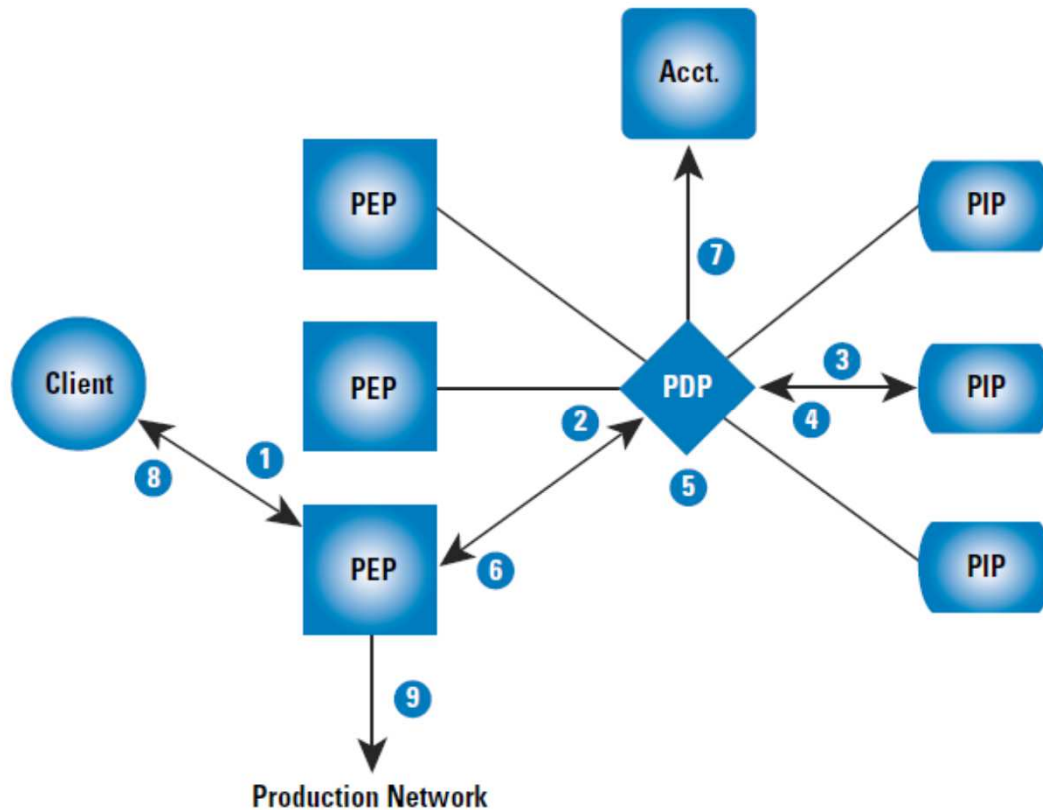
# AAA funkciók

(Administration, Authorization, Authentication)



RADIUS – Remote Authentication  
Dial-In User Server:  
PPP autentikáció, IP cím,  
gateway, DNS server

# AAA architektúra



PEP: Policy Enforcement Point (Authenticator)

PDP: Policy Decision Point (AAA Server)

PIP: Policy Information Point

Acct.: Accounting System

1. Client attempts to connect to the network

2. The PEP sends the collected identity information to the PDP

3. The PDP queries any configured PIPs for information about the client and validates that the credential provided by the client is valid

4. The PIP returns a success or failure message from the credential validation step and sends additional information about the client to the PDP for evaluation.

5. The PDP evaluates information learned about the client through the client, PEP, and PIP. Based on this information, the PDP makes an authorization decision.

6. The PDP sends the PEP the authentication result and any authorizations specific to the client.

7. The PDP also sends the result of this transaction to the accounting system.

8. The PEP applies the authorization profile learned from the PDP and sends the "authentication successful" message to the client.

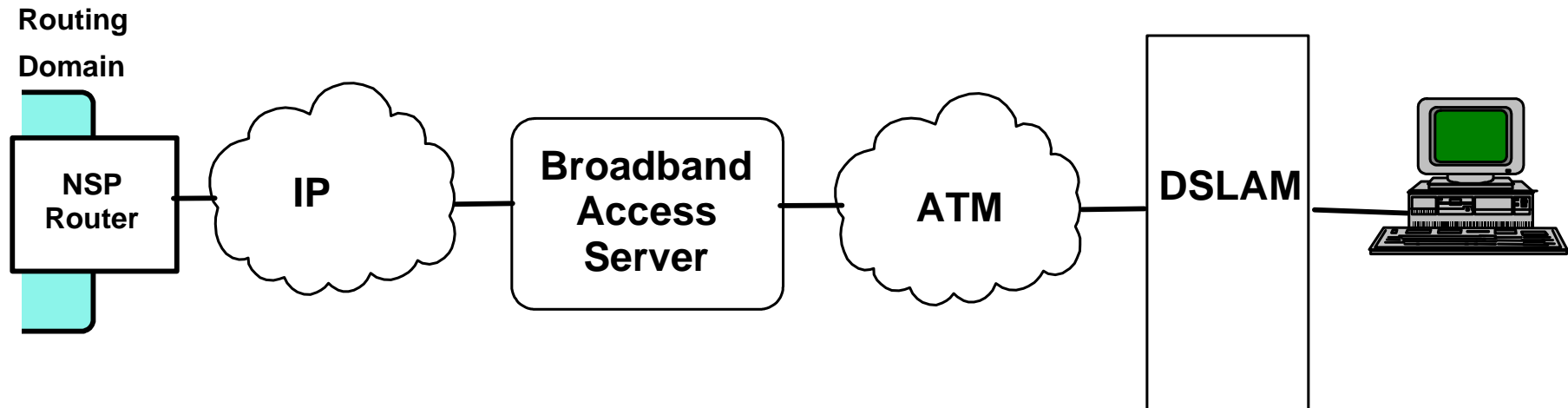
9. The client accesses the production network through the PEP.

# Aggregálás - BRAS

---

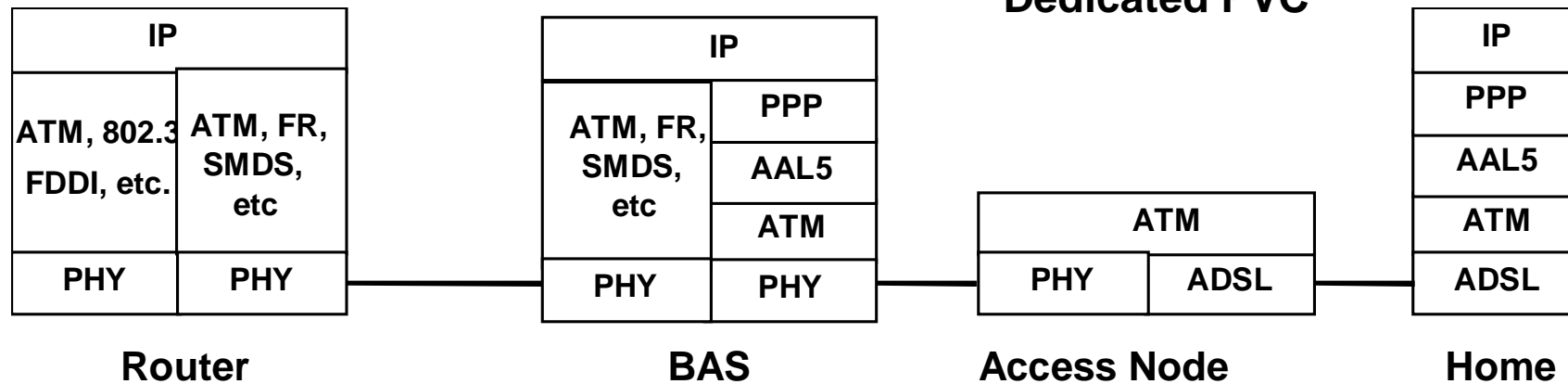
- **Koncentrált**
  - a NAP a saját hálózatán ATM hálózatán belül menedzseli a dedikált PVC-eket
- **Elosztott**
  - BRAS DSLAM-okkal együtt
  - PI. CISCO DSLAM IP switch

# PPP végződtetéses aggregálás

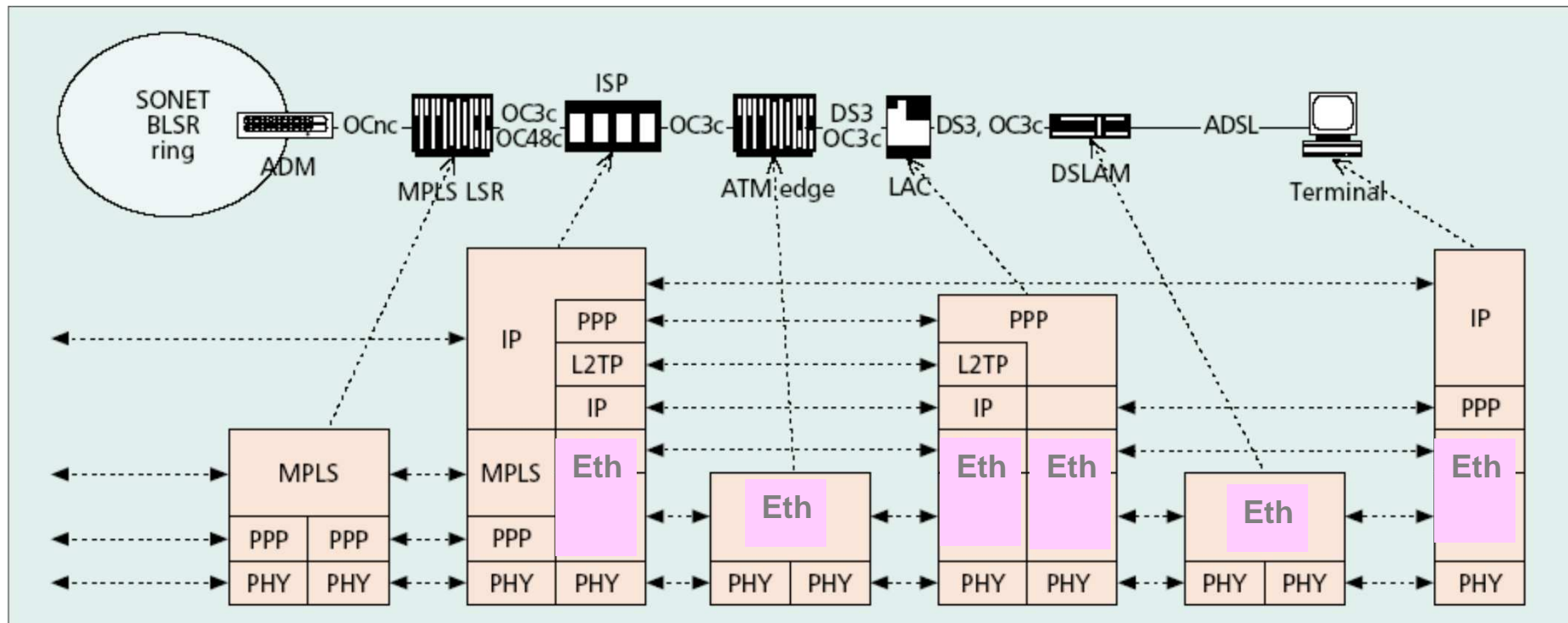


← IP →

← PPP over ATM Dedicated PVC →

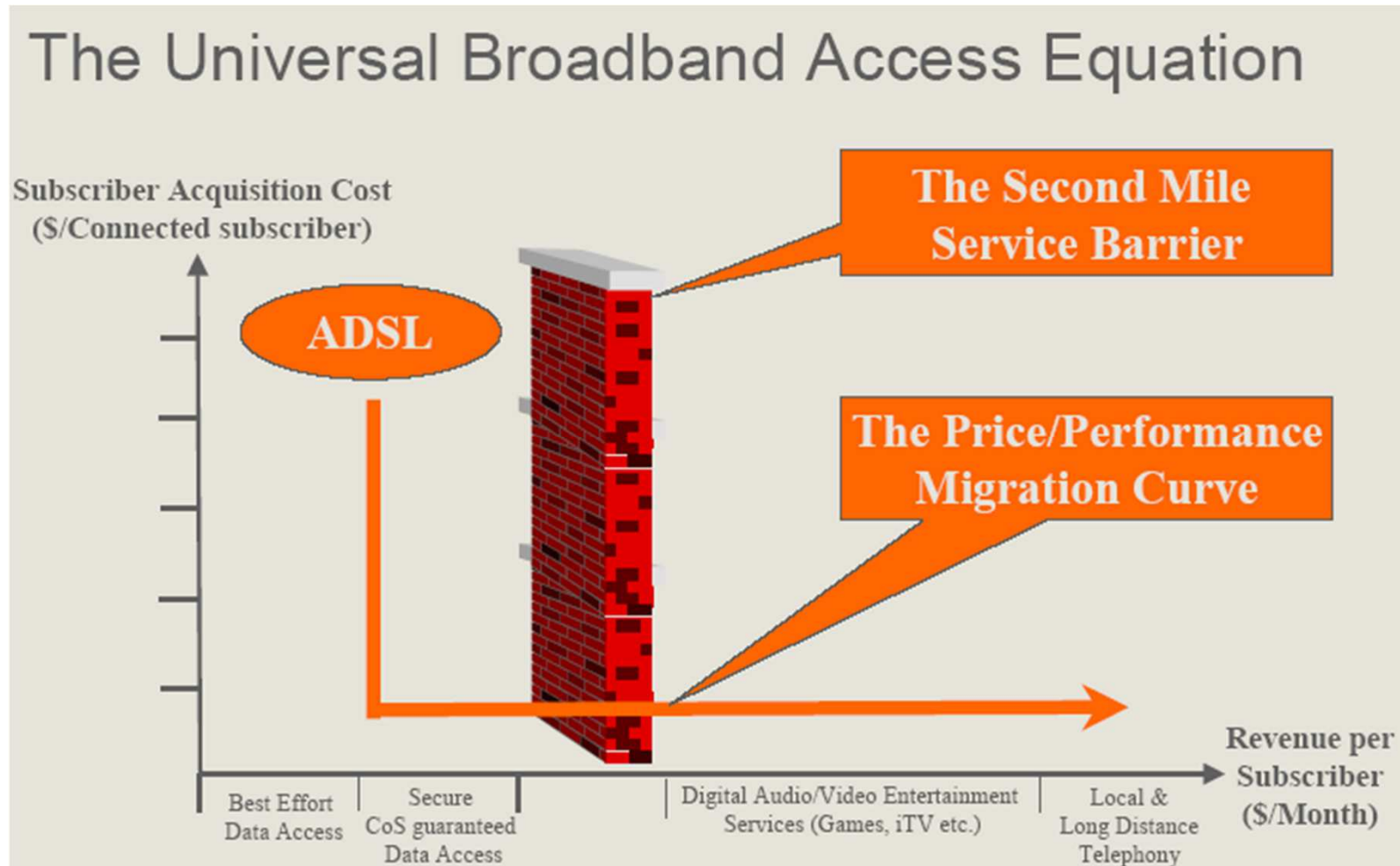


# ADSL – IP/MPLS együttműködés

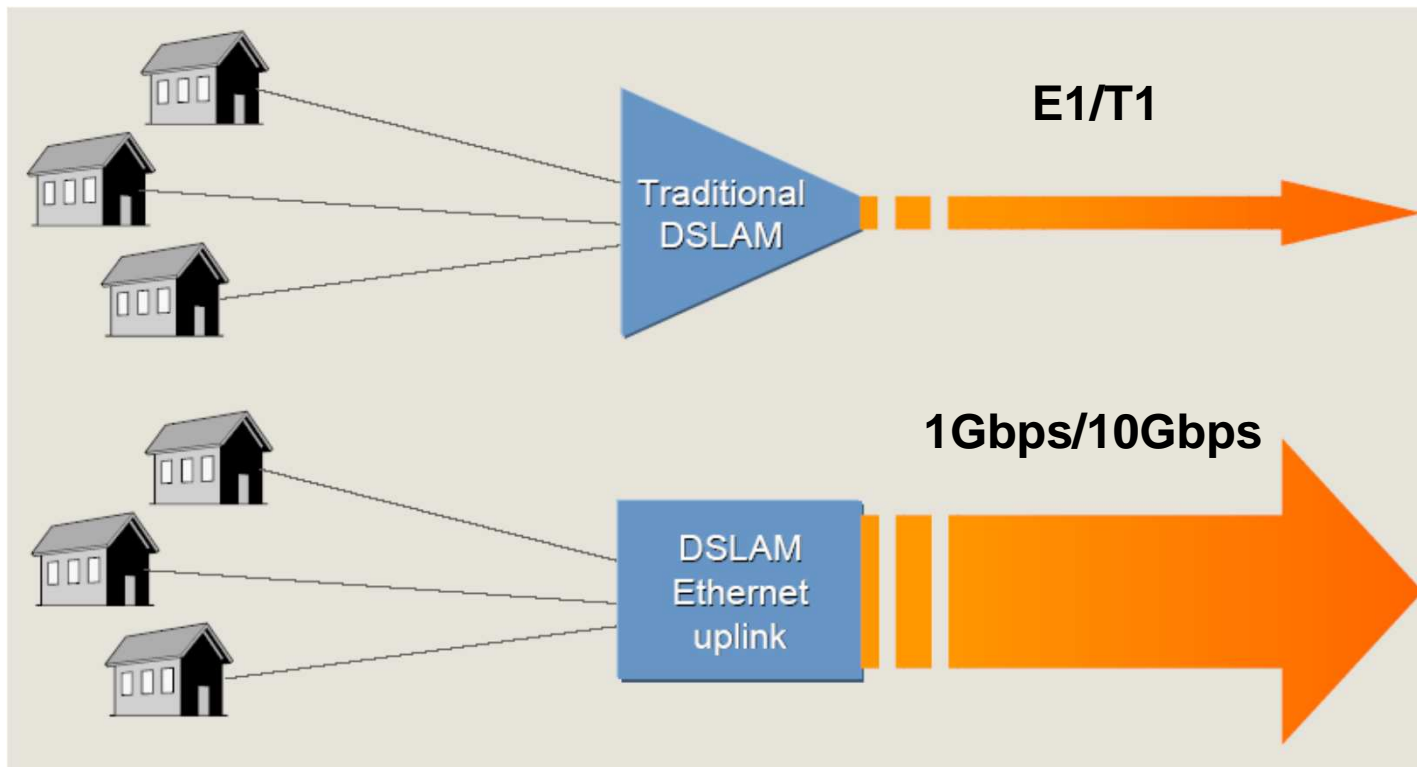




# ADSL perspektívák



# DSLAM uplink szűk keresztmetszet



# DSL migráció

---

Kiinduló tények (Ericsson):

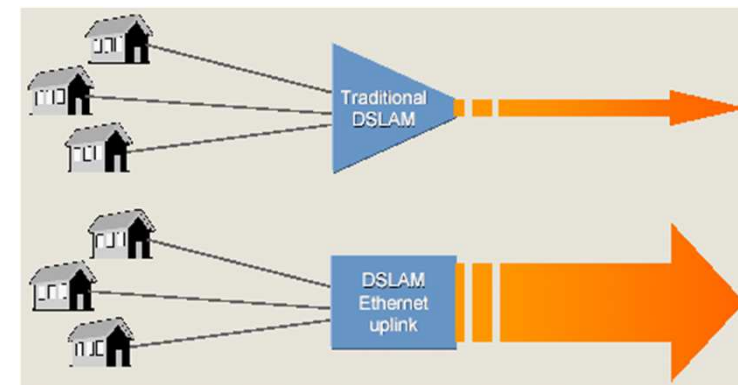
- a szélessávú forgalom 90%-a Ethernet-keretű
- nagysebességű Internet-hozzáférés: nem elegendő az univerzális szélessávú hozzáférés, új szolgáltatások kellenek
- az ADSL beruházások költségigénye központi kérdés
- hatékony költségfelhasználású migráció az ADSL-től az optikai alapú hozzáférés (FTTx C/B/U) felé meghatározó fontosságú a beruházási kockázatok csökkentése szempontjából
- erőteljes törekvések a 100Mbps hozzáférésre
- Ethernet - kulcstechnológia a jobb költség/teljesítmény arány megteremtésére a nyilvános hálózatokban

# xDSL migráció lépései

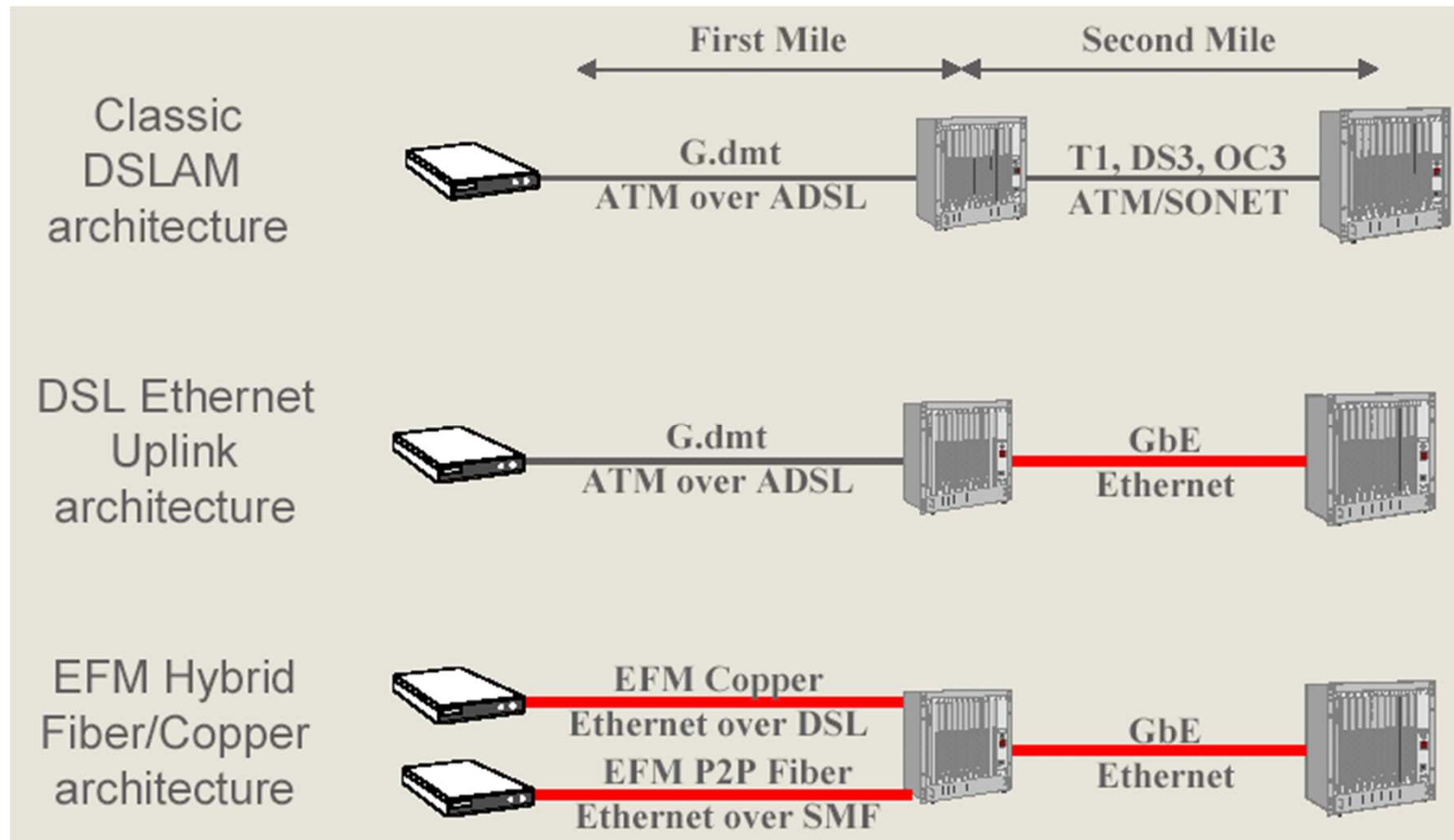
- Hagyományos DSLAM architektúra
- Ethernet uplink architektúra
- EFM (Ethernet in the First Mile)

Célok:

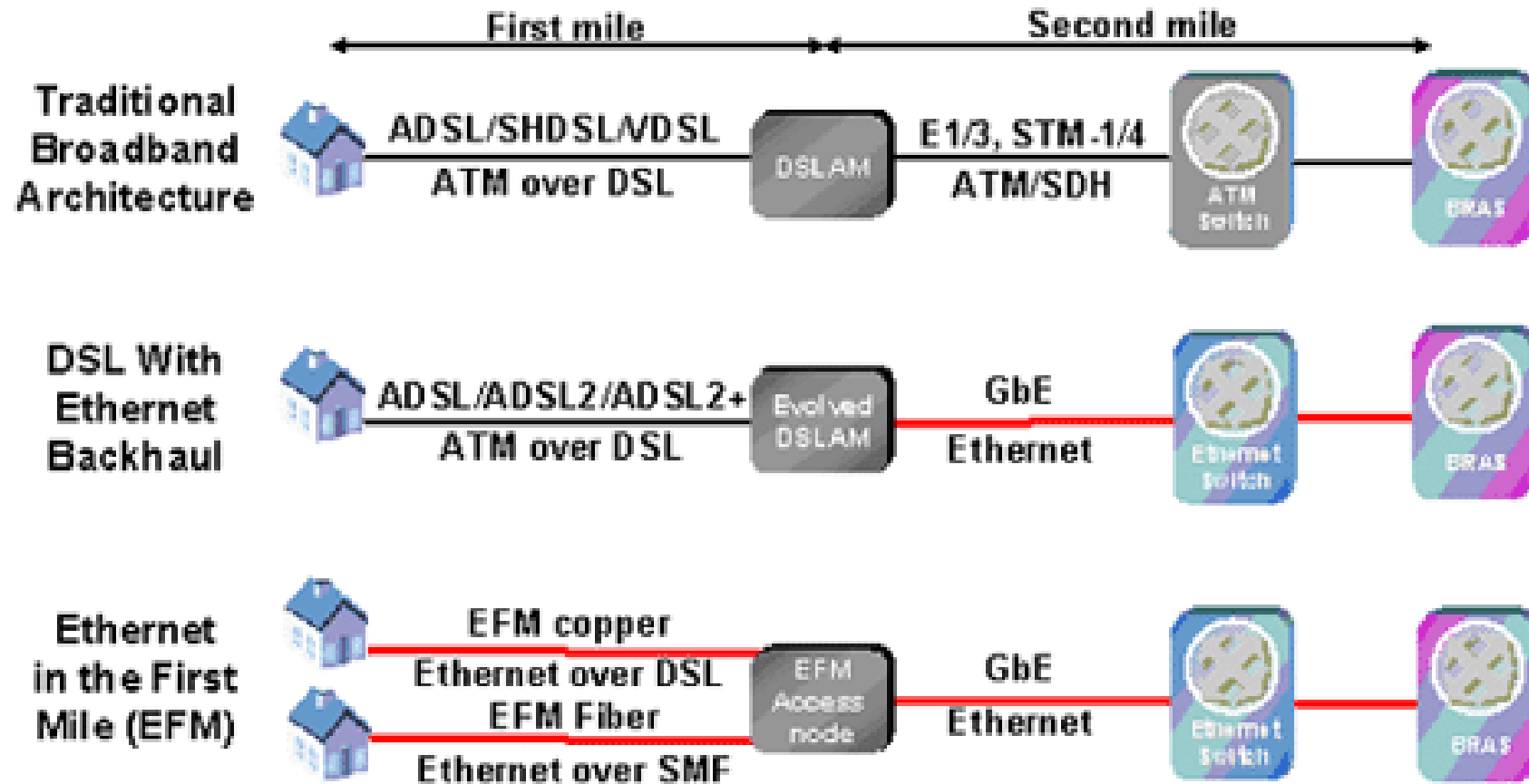
- DSLAM korlátjainak feloldása
- Költségek csökkentése
- Egyszerűsített működtetés



# Migráció 3 lépésben



# Migráció 3 lépésben



# ADSL Ethernet uplinkkel

(Ericsson)

---

- megtartja a réz alapú csatlakozást a felhasználói oldalon (standard CPE)
- nagy teljesítményű alacsony költségű GbE-alapú DSLAM hálózati csatlakoztatás
- blokkolásmentes DSLAM architektúra az időtálló fejlesztéshez
- az Ethernet-alapú forgalomkoncentráció csökkenti a beruházási költséget
- VLAN <-> PVC mapping a DSLAM-ban
- ADSL Annex J alapon azonos vonalak a lakás-előfizetőknek és a KKV-knak
- az ADSL+ összes előnyét kihasználja

# Réz érpár alapú EFM

---

- végponttól-végpontig Ethernet-kapcsolat réz csatlakoztatásra alapozottan
- két távolsági opció
  - távoli csatlakoztatás: 2Mbps szimmetrikus kapcsolat  $\geq$  2700 m
  - közeli csatlakoztatás: 10Mbps szimmetrikus kapcsolat  $\geq$  750 m
- távoli csatlakoztatás linkaggregálással (T1/E1 helyett - upgrade)
- közeli csatlakoztatás "drop" szakasz a soklakásos épületekben
- vezetékes beszéd szolgáltatás csomagalapon



# Optika alapú EFM

---

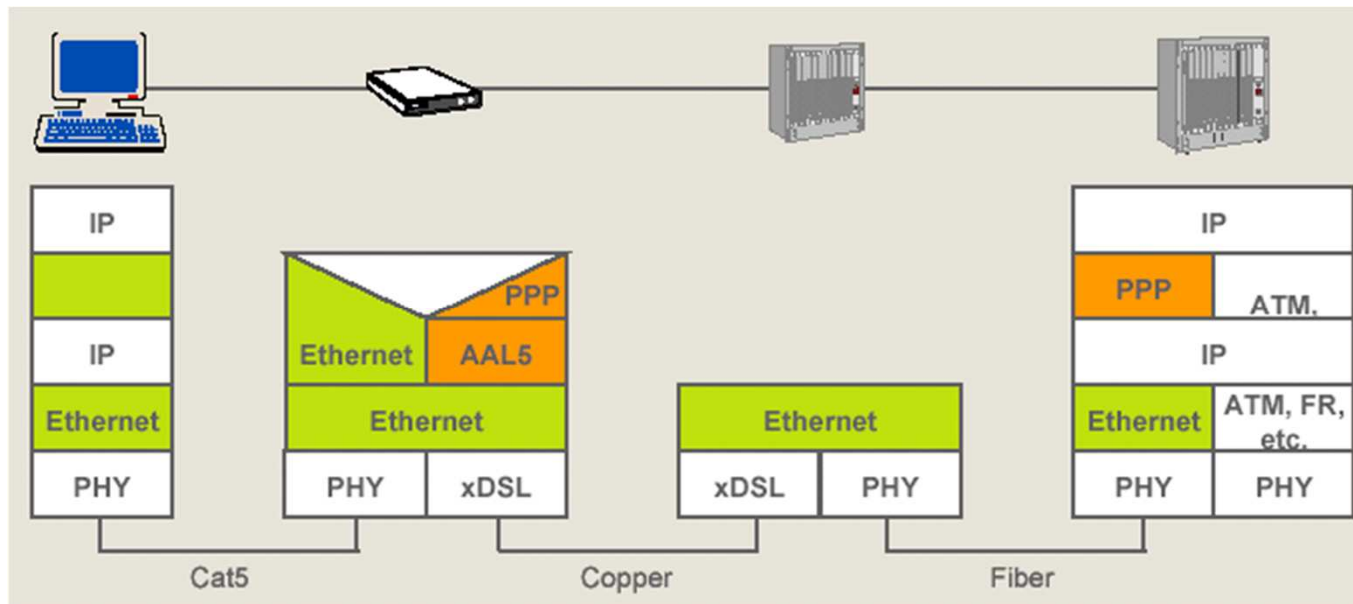
- monomódusú optikai szál
- két sávzélességi opció
  - 100 Mbps lakáselőfizetőknek
  - 1Gbps üzleti előfizetőknek
- hibrid 100Mbps/1Gbps architektúra költségoptimalizálásra
- a 10 km-es hatótávolság lehetővé teszi a FTTB/U alkalmazásokat

# Ethernet alapú xDSL

---

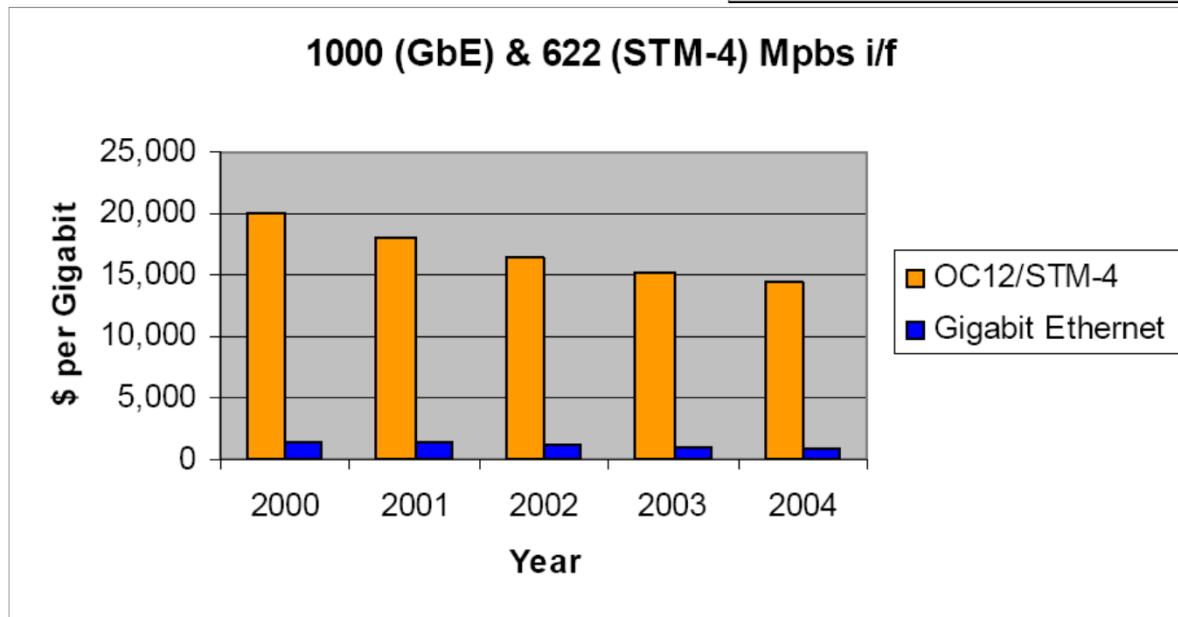
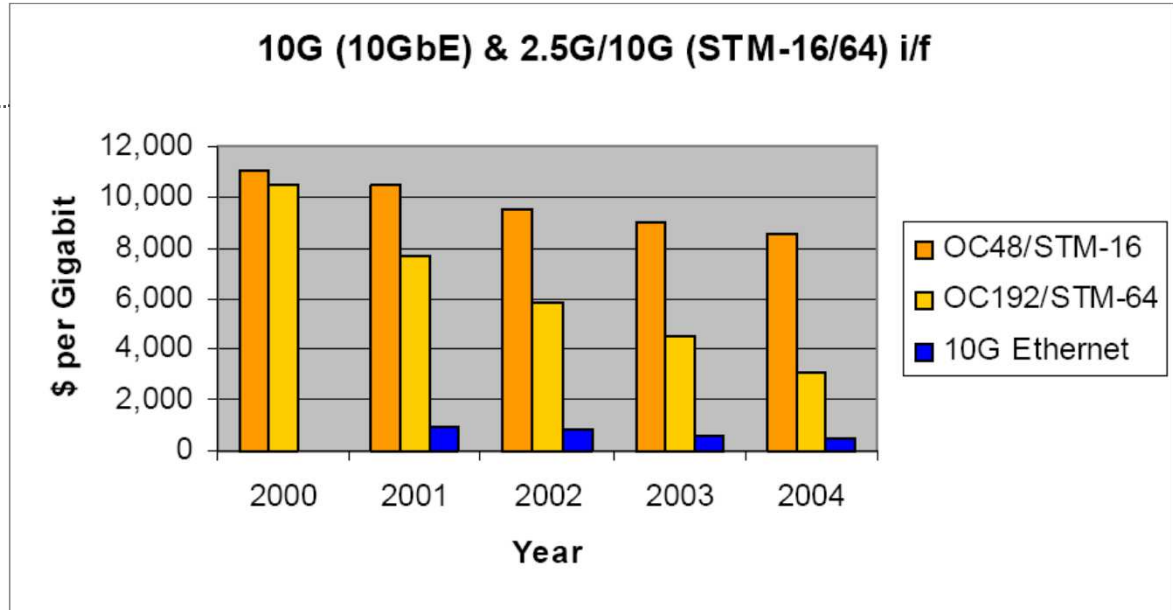
- PPP over Ethernet
- Sok előfizető – nagy broadcast forgalom
- Az Ethernet kapcsoló forwarding táblájának mérete szűk keresztmetszet lehet (előfizetőnkénti bejegyzések)
- DSLAM - Ethernet kapcsoló direkt bekötéssel
- A tendencia az Ethernet alapú hozzáférés (UTP-VDLS-Ethernet) vagy EPON (optikai alapon)

# Ethernet over DSL



# Költség- viszonyok

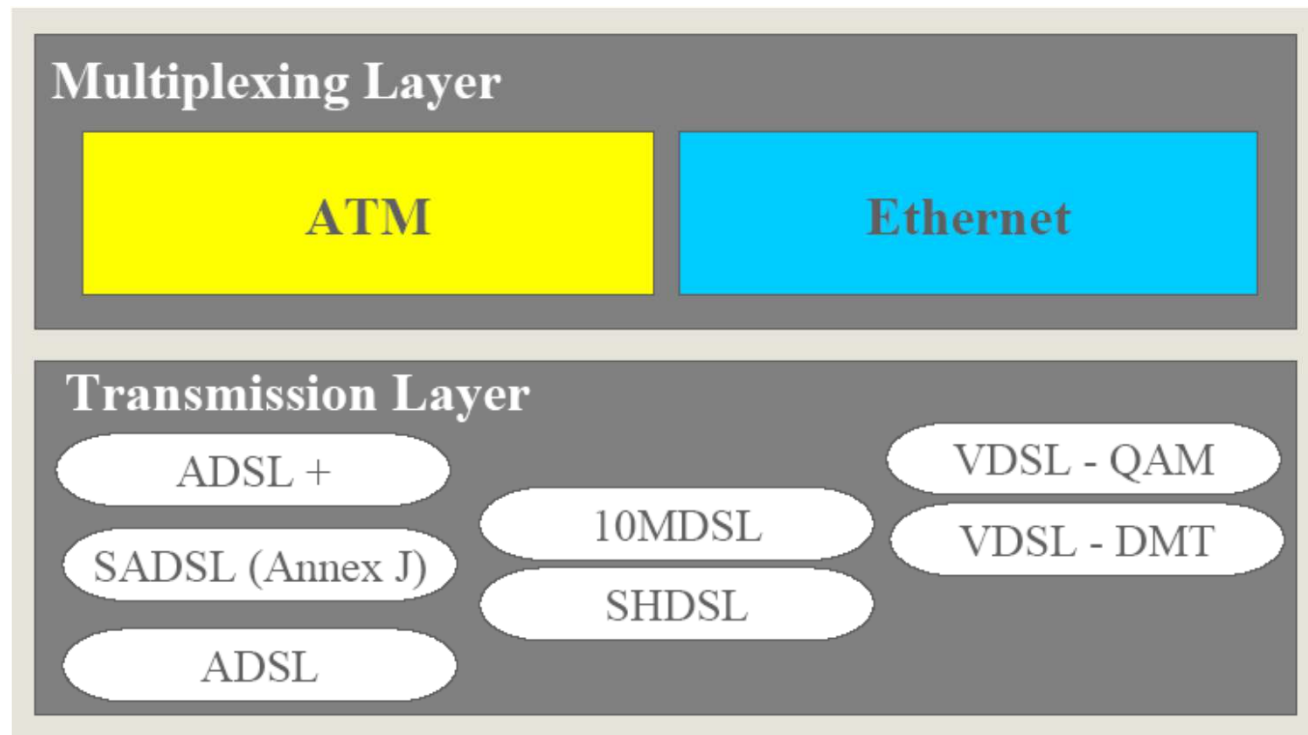
## Interfészek Költségárányainak változása



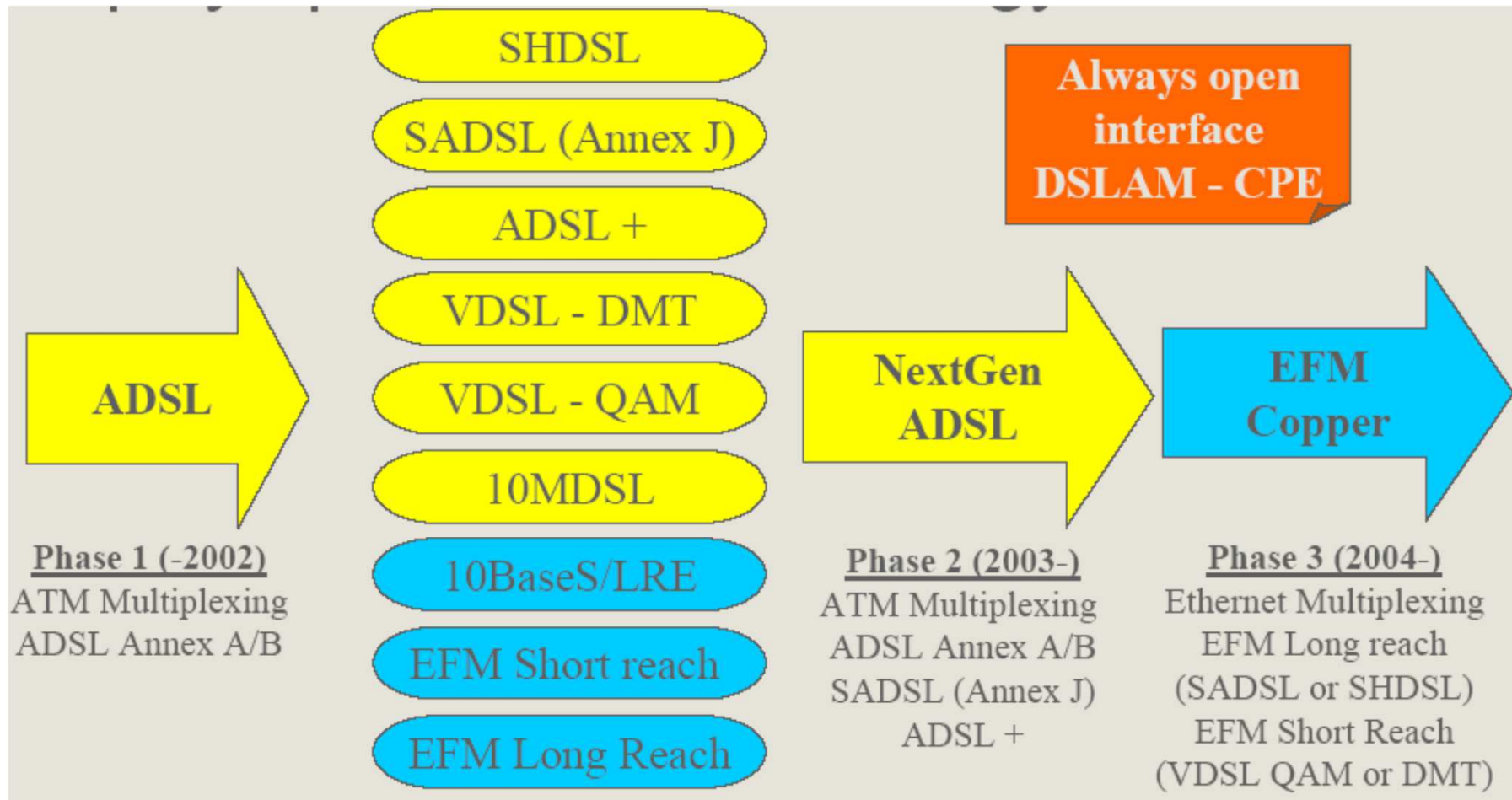
## Havi üzemeltetési költség előfizetőnként

	0,5 Mb/s	4 Mb/s	Ratio
ATM	51 €	143 €	14
GbE	4 €	11 €	1

# DSL fejlesztési stratégiák támogatása: aggregálás



# DSL fejlesztési stratégiák támogatása



# DSL

Family	ITU	Name	Ratified	Maximum Speed capabilities
ADSL	G.992.1	G.dmt	1999	7 Mbps down 800 kbps up
ADSL2	G.992.3	G.dmt.bis	2002	8 Mb/s down 1 Mbps up
ADSL2plus	G.992.5	ADSL2plus	2003	24 Mbps down 1 Mbps up
ADSL2-RE	G.992.3	Reach Extended	2003	8 Mbps down 1 Mbps up
SHDSL (updated 2003)	G.991.2	G.SHDSL	2003	5.6 Mbps up/down
VDSL	G.993.1	Very-high-data-rate DSL	2004	55 Mbps down 15 Mbps up
VDSL2 -12 MHz long reach	G.993.2	Very-high-data-rate DSL 2	2005	55 Mbps down 30 Mbps up
VDSL2 - 30 MHz Short reach	G.993.2	Very-high-data-rate DSL 2	2005	100 Mbps up/down

# ADSL2Plus Configuration

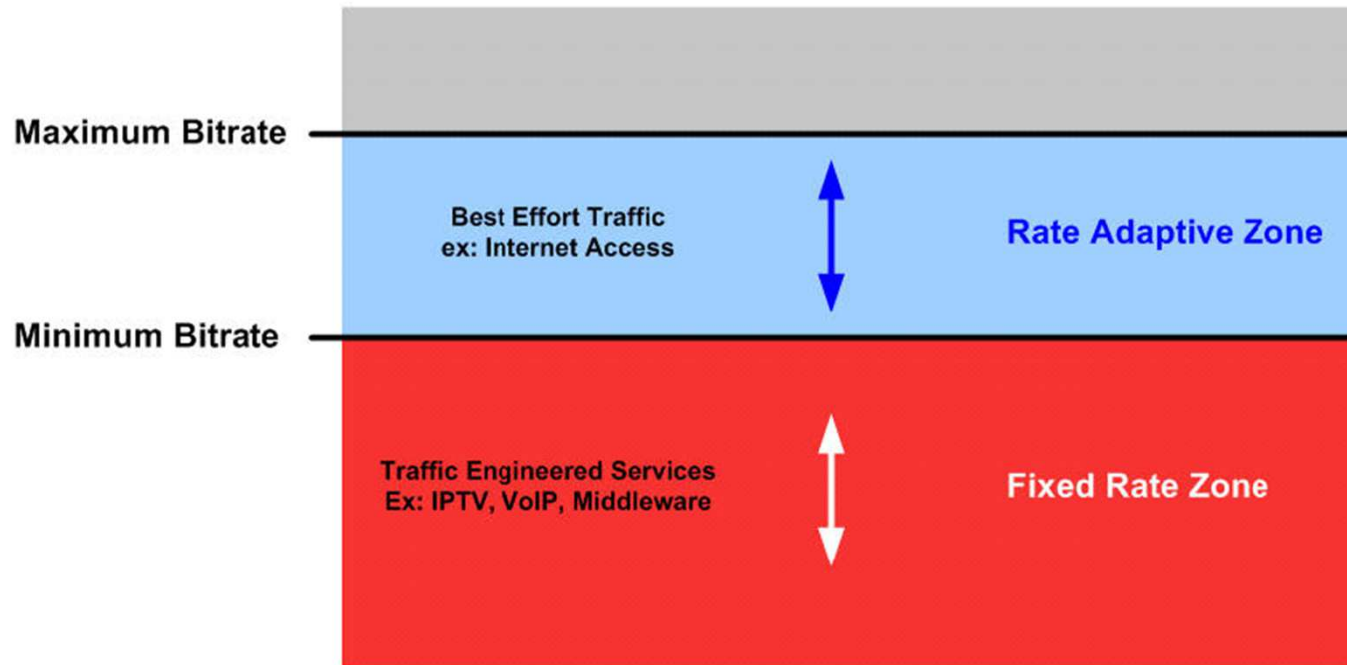
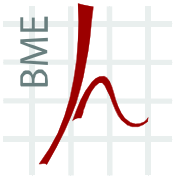


Figure 1 - Concept of Rate-Adaptive DSL Comprising Two Components





# ADSL2Plus Configuration

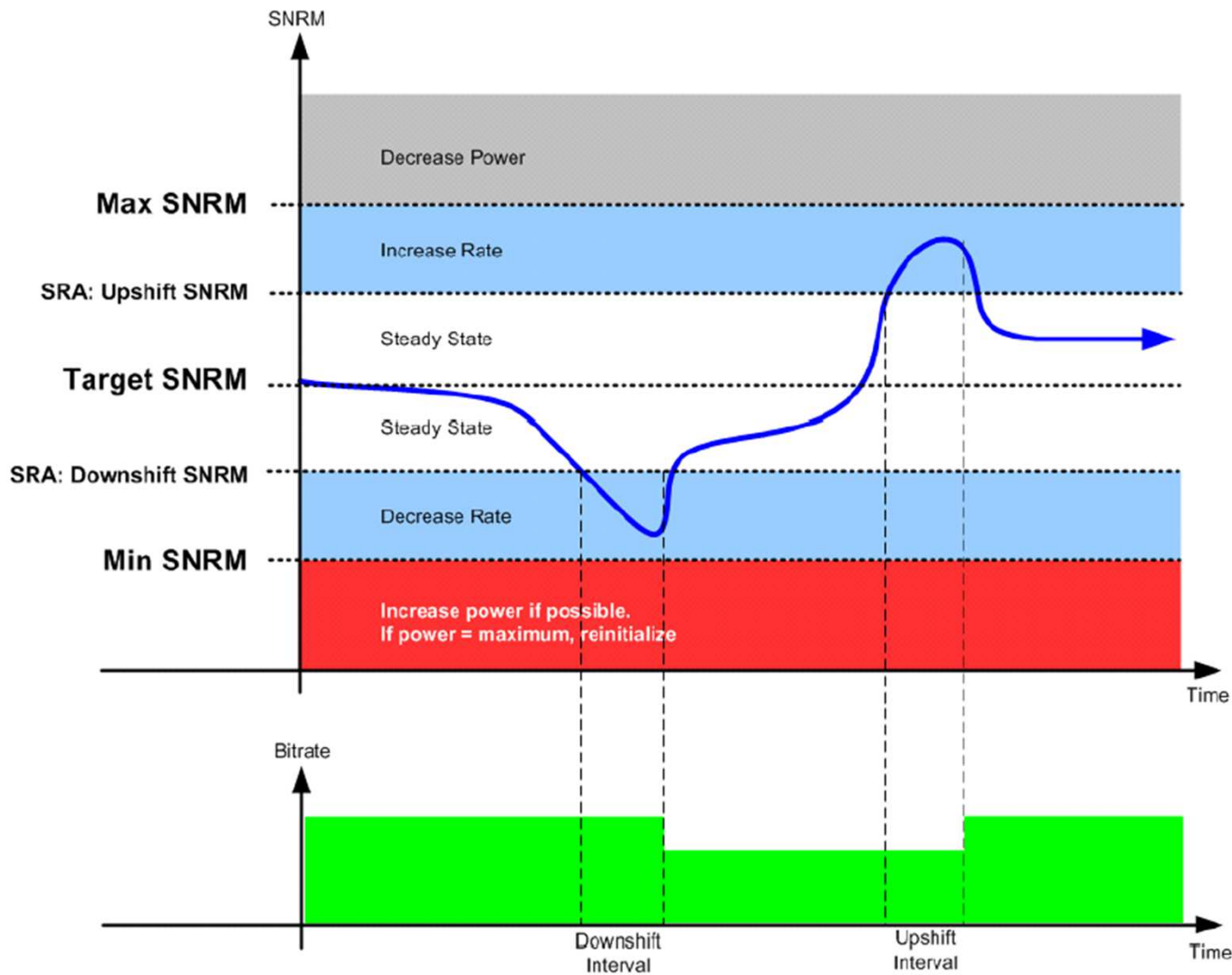
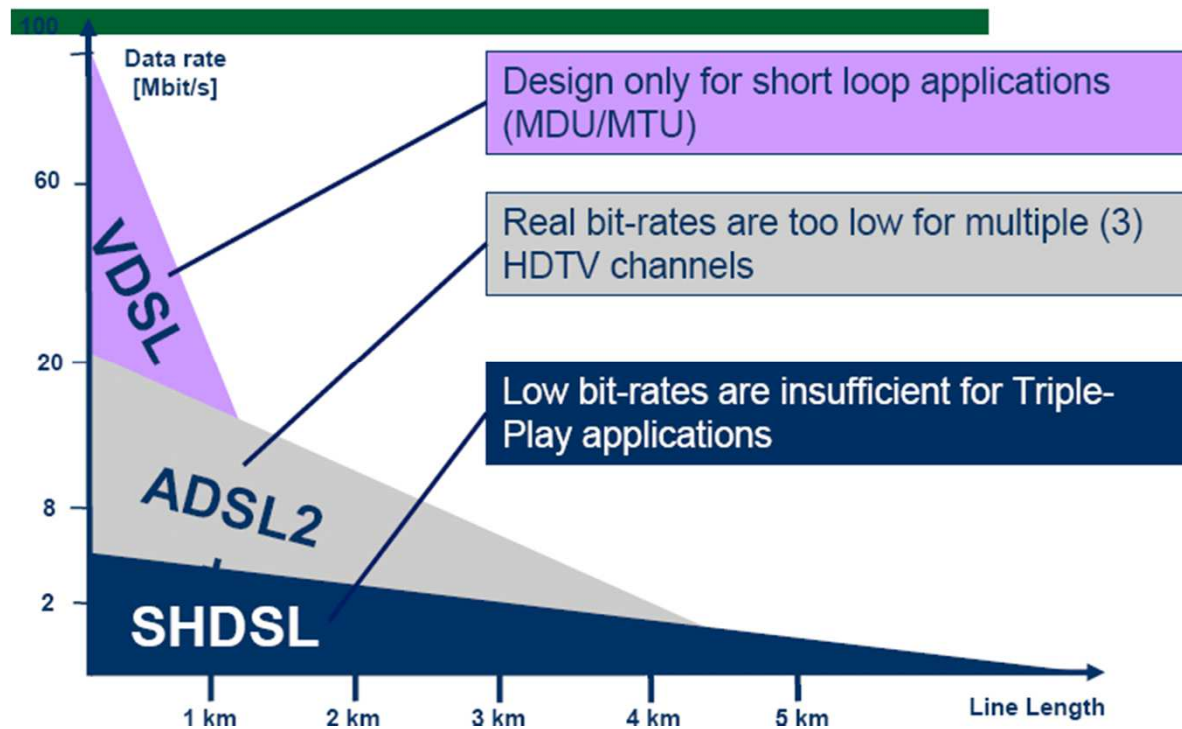


Figure 2 - Signal To Noise Ratio Margin (SNRM) Parameters and Seamless Rate Adaptation Interaction





# ADLS áttekintés

DSL Type	Maximum Downstream Data Rate	Maximum Upstream Data Rate	Maximum Wire Length (Approx.)	Customer Applications
<b>Asymmetric</b>				
ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line	Up to 10Mbps	Up to 1Mbps	5.5km (18,000ft.)	Home and small office users who require faster download rates for video on demand, home shopping, Internet access, remote LAN access, multimedia access and other specialised PC services.
ADSL lite Asymmetric Digital Subscriber Line Lite	Up to 1.5Mbps	Up to 384kbps	5.5km (18,000ft.)	Residential and small office users wanting a simple plug-and-play setup.
ADSL 2 Asymmetric Digital Subscriber Line Two	12Mbps	1Mbps	5.5km (18,000ft.)	ADSL2 addresses the growing demand for more bandwidth to support services such as video.
ADSL 2+ Asymmetric Digital Subscriber Line Two Plus	20Mbps downstream on short distances	1Mbps	5.5km (18,000ft.)	ADSL2+ enables even greater downstream data rates for subscribers who are relatively near the telephone exchange.
ADSL 2++ Asymmetric Digital Subscriber Line Two Plus Plus (or ADSL4)	52Mbps downstream on short distances			ADSL2++ proposes to further increase downstream data rates for customers who are relatively near the telephone exchange.

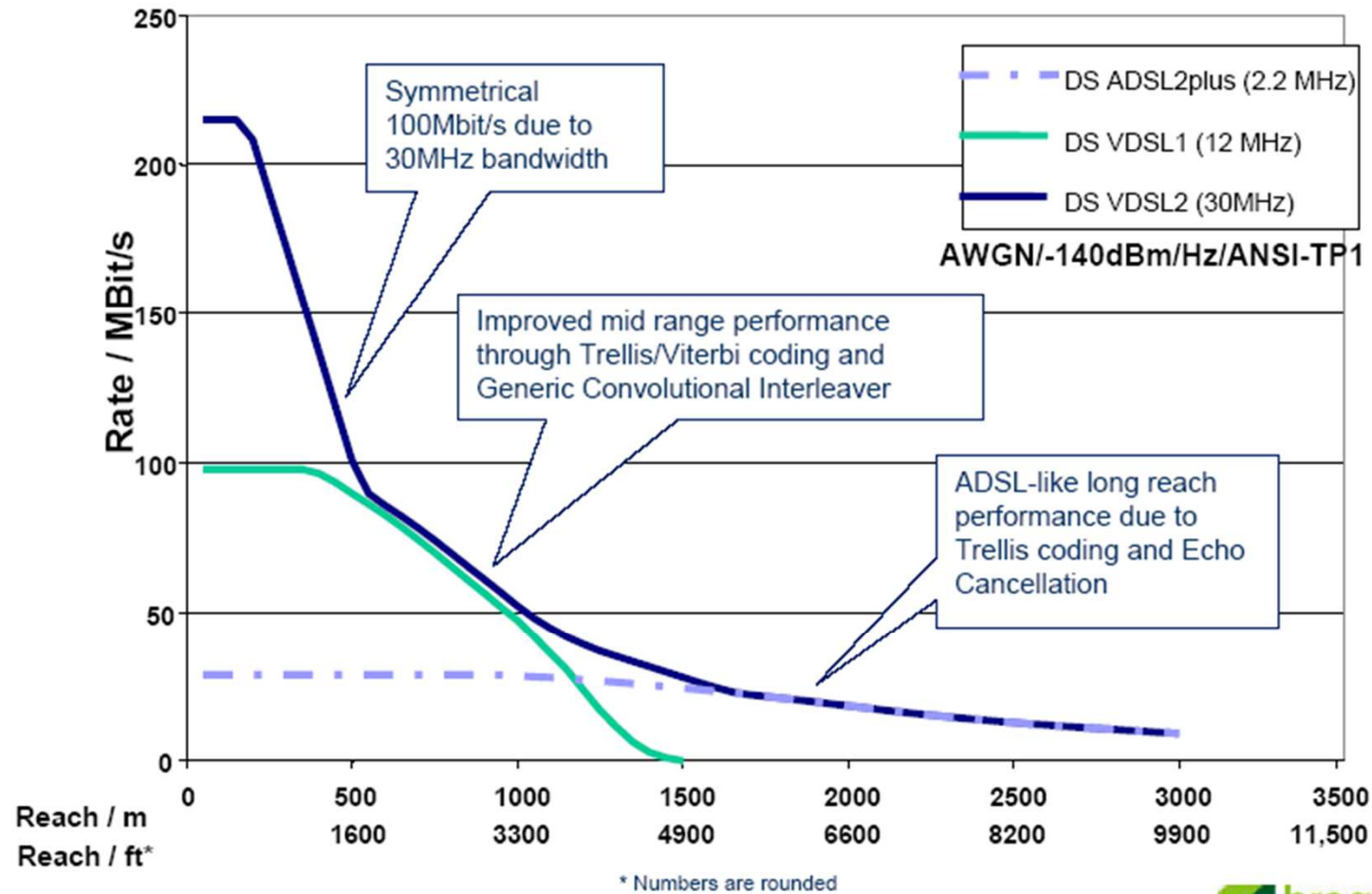
# VDSL miért?



# VDSL2

Criteria		VDSL2 Benefits
Bandwidth	VDSL1  12MHz VDSL2  30MHz	Much higher performance for short loops
Trellis, SRA, GCI	VDSL1 None VDSL2 Mandatory	Improved performance
Long Reach	VDSL1  1km VDSL2  3km ...	90% customer reach + single technology
ADSL Compatibility	VDSL1 None ADSL, ADSL2, ADSL2plus	Reuse existing ADSL infrastructure
Quality Of Service (QoS)	VDSL1 None VDSL2 Dual Latency, Dual Bearer, Pre-Emption	Enable Triple – Play applications

# VDSL2 teljesítőképesség



# DSL Phantom Mode

300 Mb/s over 2 pairs at 400 m –  
 Bell Labs “Phantom Mode” innovative demo  
 300 Mb/s in 5 steps

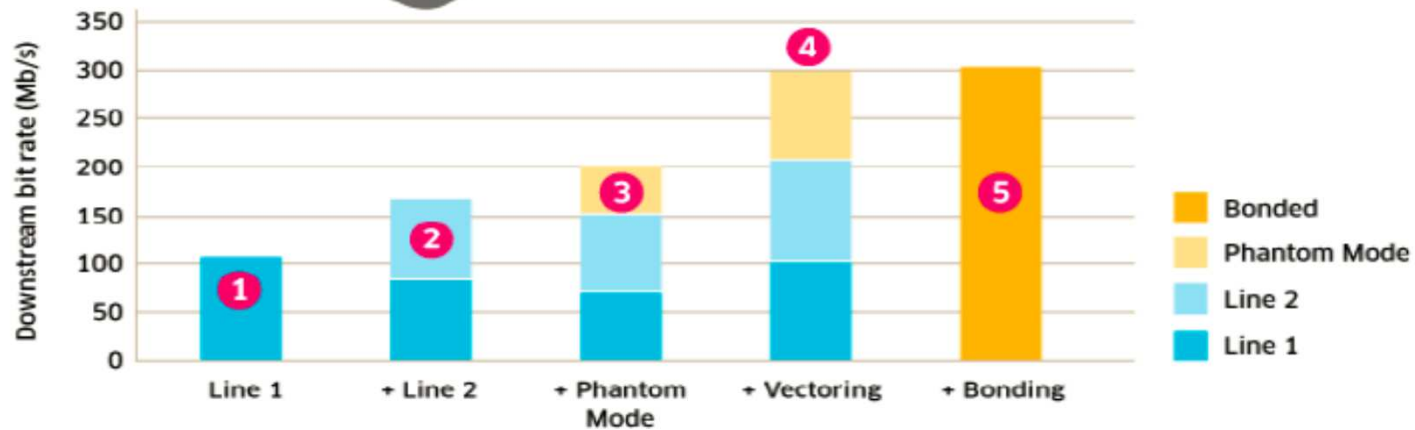
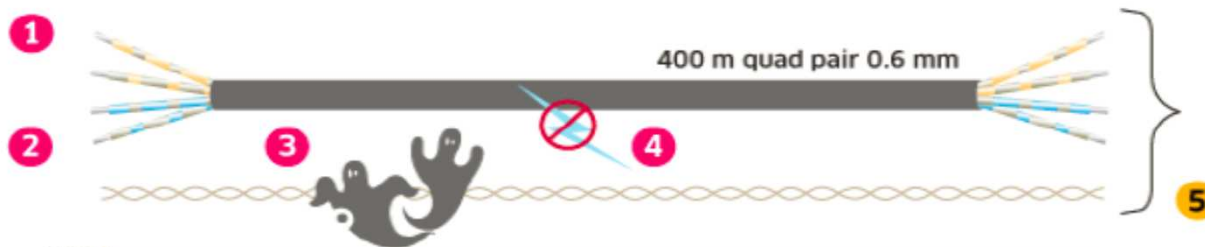
Start with a 1st twisted pair – good for about 100 Mb/s.

Add a 2nd twisted pair – good for another 80 Mb/s. Bit rate on pair 1 drops due to Xtalk from pair 2.

Create a 3rd virtual pair or ‘Phantom Mode’ pair – another 50 Mb/s. BUT: bit rates on pairs 1 and 2 drop due to Xtalk from phantom pair.

Apply vectoring (crosstalk cancelation) to boost bit rate by approximately 50 percent.

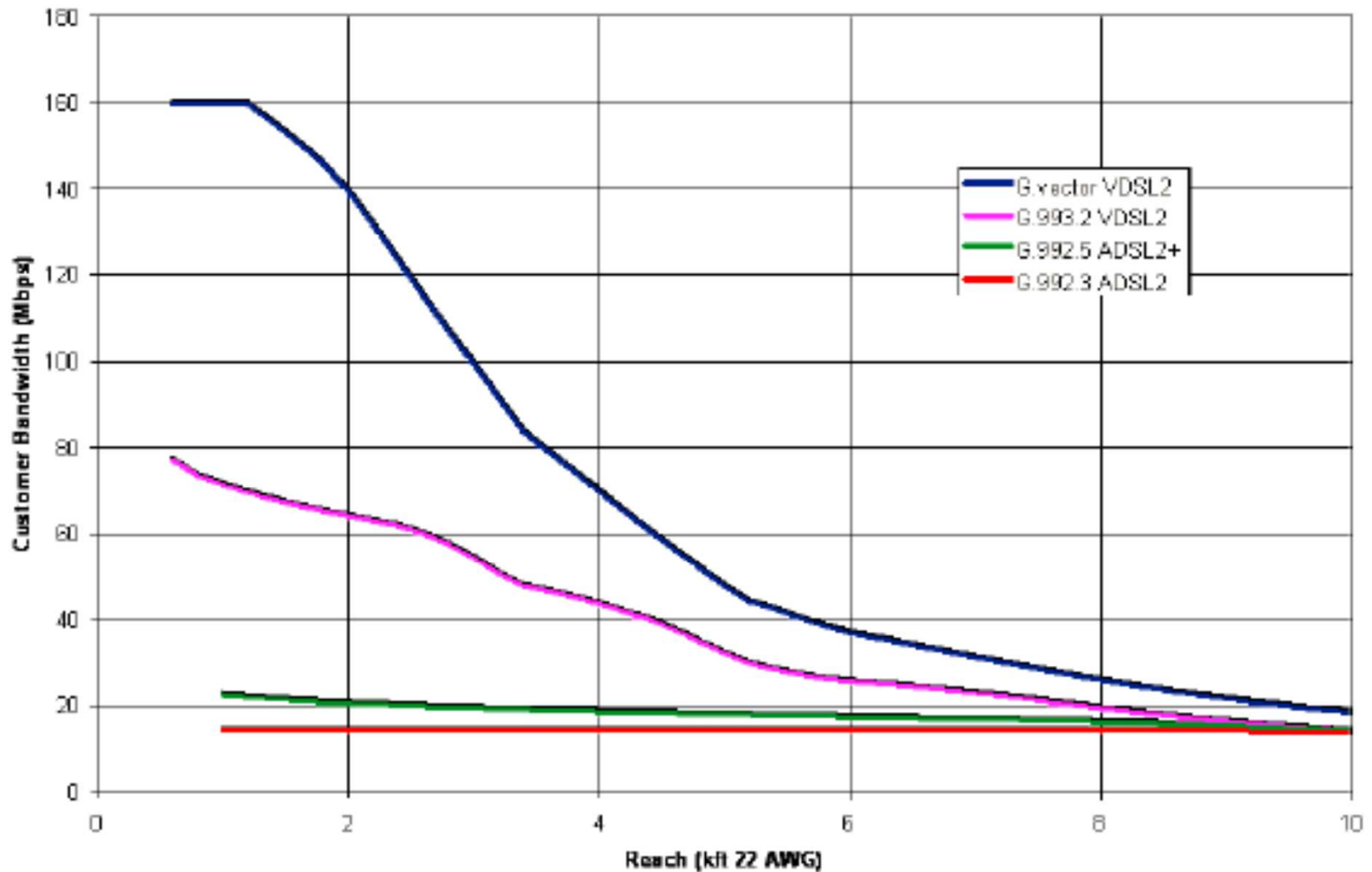
Bond the 3 links (2 physical pairs + Phantom Mode) creating one big 300 Mb/s pipe.



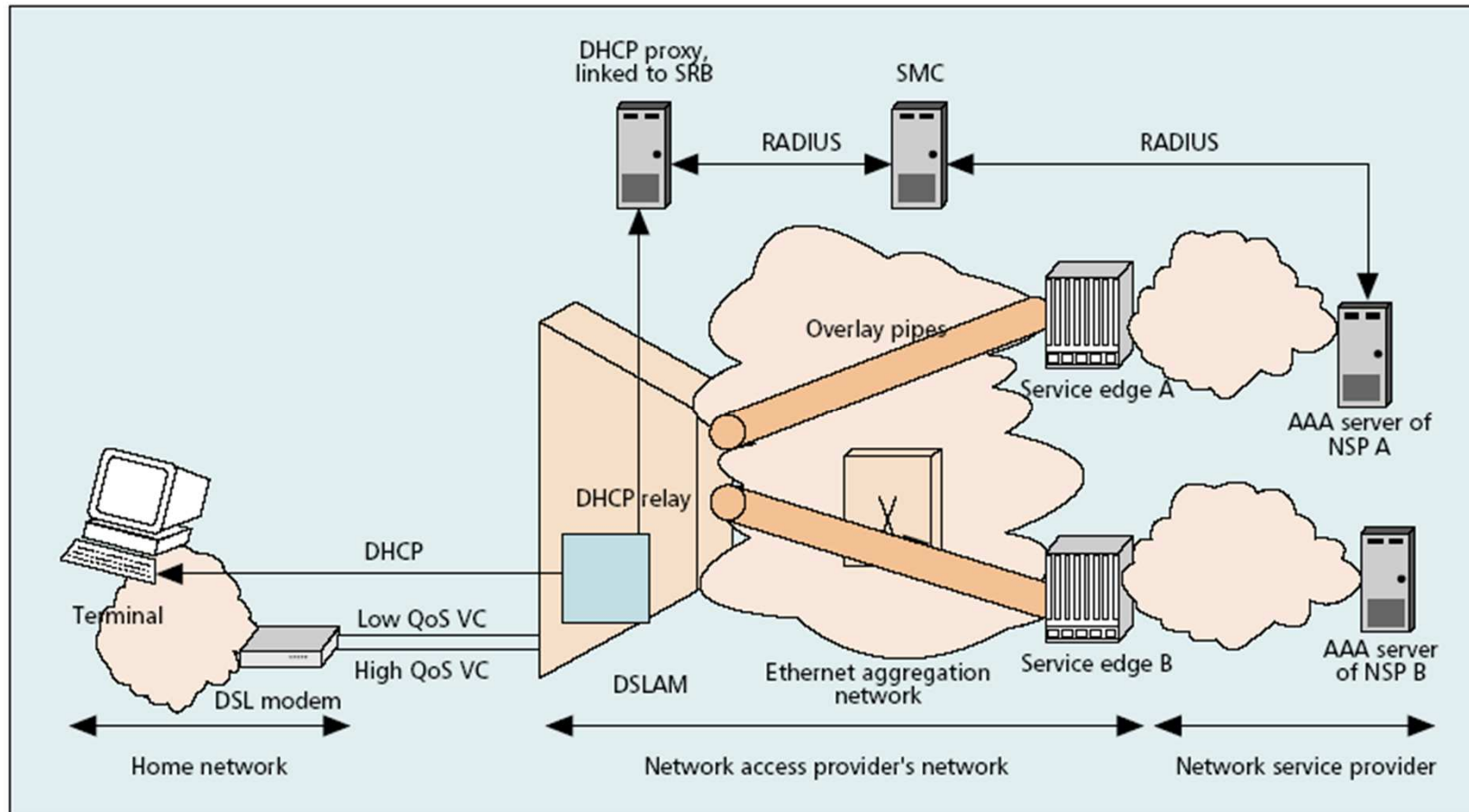
Legend:  
 Bonded (Orange)  
 Phantom Mode (Light Blue)  
 Line 2 (Medium Blue)  
 Line 1 (Dark Blue)

# xDSL teljesítőképességek

xDSL Performance Comparison

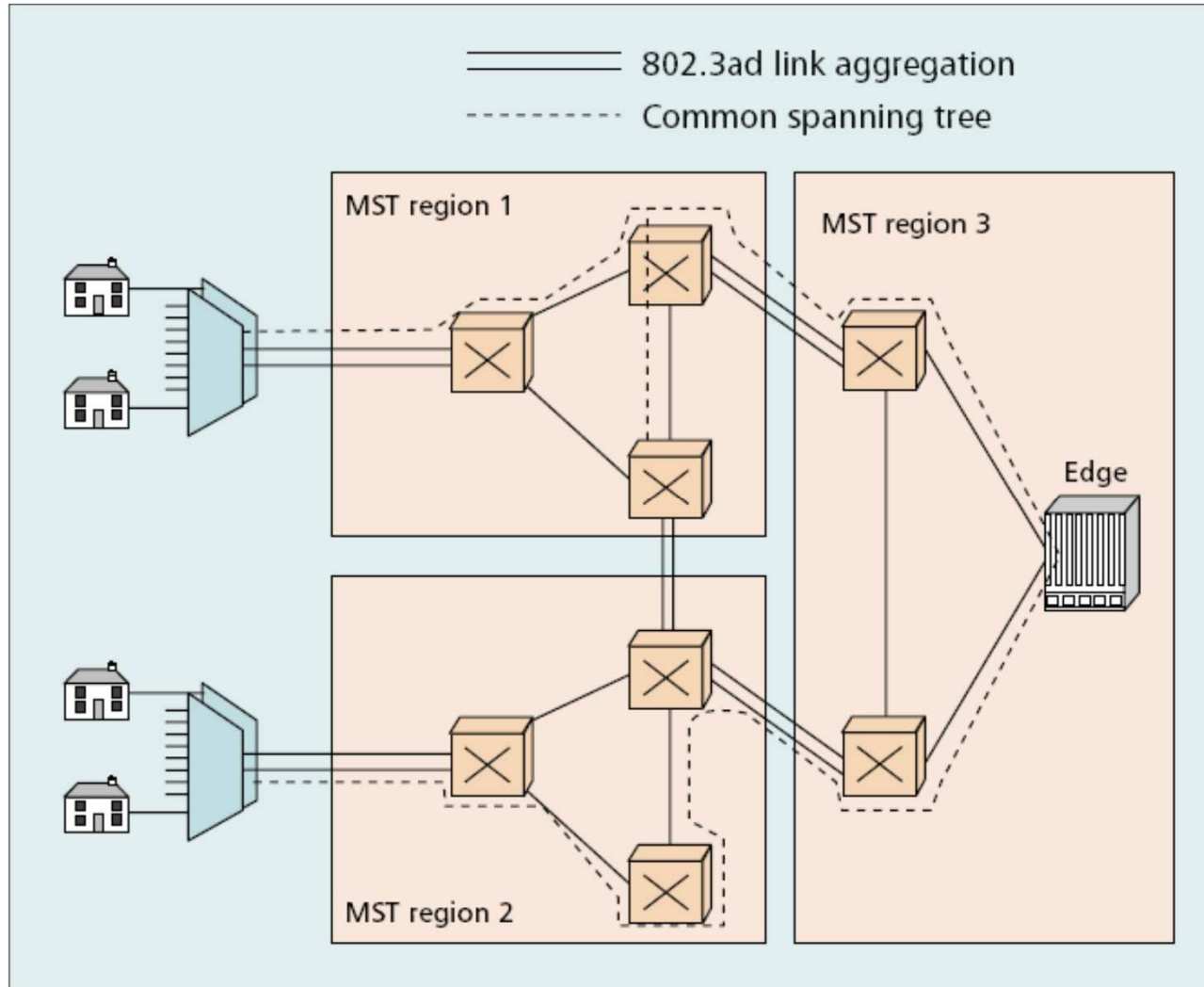


# Ethernet-alapú aggregálás



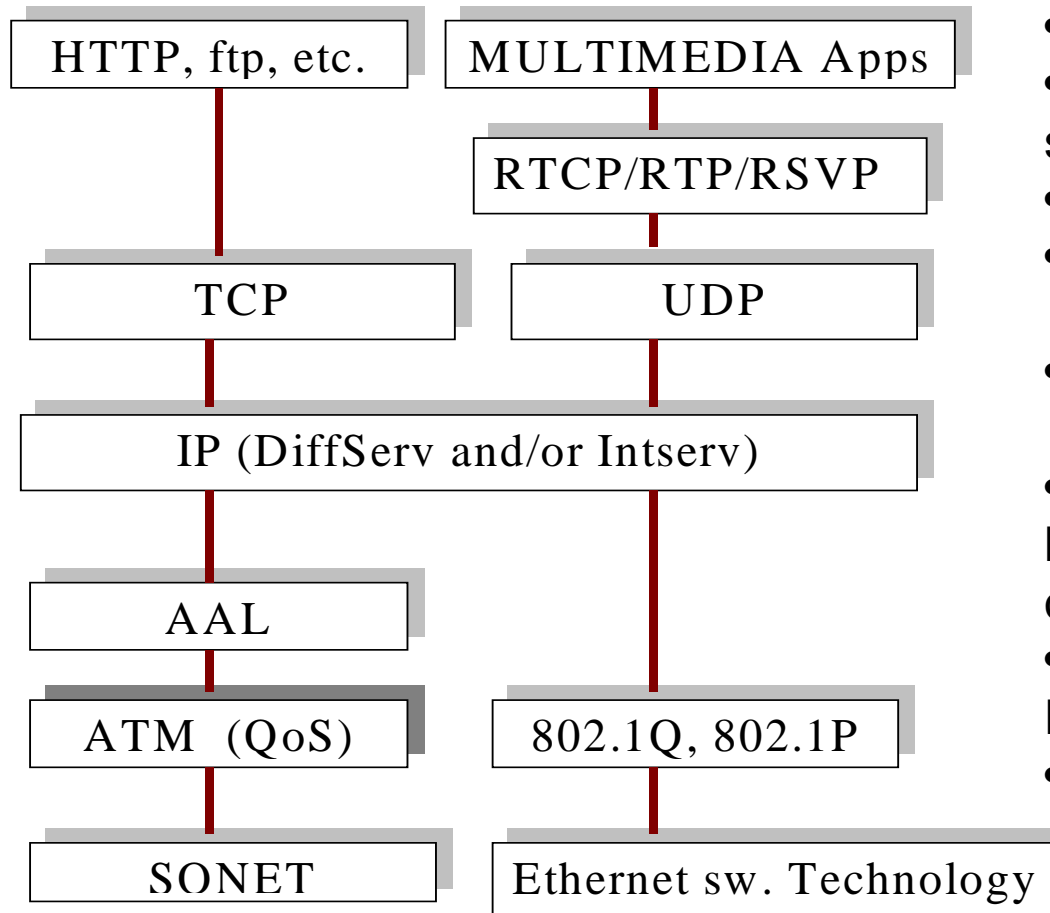


# Ethernet-alapú aggregálás védelme



- RSTP a régiókban
- Link Aggregation az összekötő linkeken
- csak a csatlakozási pontok hibái maradnak a lassabb CST-re
- a régiók mérete és száma határozza meg a helyreállítás átlagos idejét (RSTP tartomány mérete <> csatlakozópontok száma)

# QoS



- \_CPE: IntServ
- az előfizetői hurok sávszélessége limitált
- ADSL: asszimetria – TCP
- DSLAM uplink ATM:
  - PVC-k
- DSLAM uplink GbE
  - VLAN és 802.1p/q
- transzport-architektúra képességei és hatása (pl. overhead-ek, késleltetések)
- transzport IP-MPLS/TE
- DiffServ
- PPP<>DHCP
  - QoS
  - multicast