



Hálózati Technológiák és Alkalmazások

Vida Rolland, BME TMIT

2022. szeptember 12.



PSTN



Beszédcsatorna



- 4kHz sávszélességű beszédcsatorna
 - A beszédjel átviteli tartománya 0.3 – 3.4 kHz között
 - Védősávokkal kiegészítve
- Az emberi fül által érzékelhető frekvenciatartomány: 20Hz – 15-20 kHz
 - A beszédhangok átvitele volt a cél
 - Nem kell minden hallható hangot átvinni
 - Gazdasági megfontolások

PCM



- Pulse Code Modulation
 - Az analóg jelek digitalizálására
- Nyquist tétel alapján 4kHz-es jelhez 8kHz-es mintavételezés
 - 256 jelszintre kvantálva
 - 8 biten kódolva



- Átviteli sebesség: $8\text{bit} \times 8\text{kHz} = 64\text{ kbit/s}$

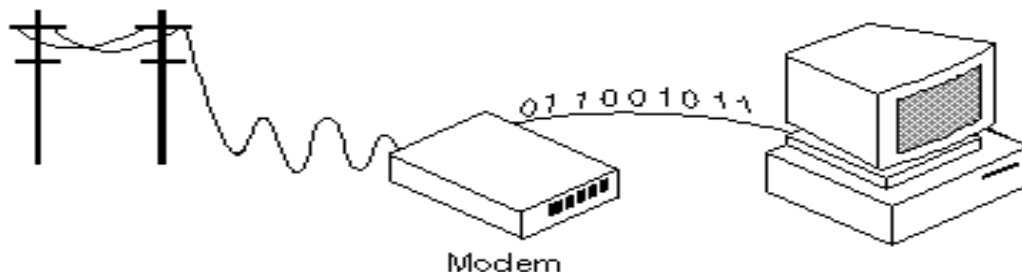
Digitális hangátvitel



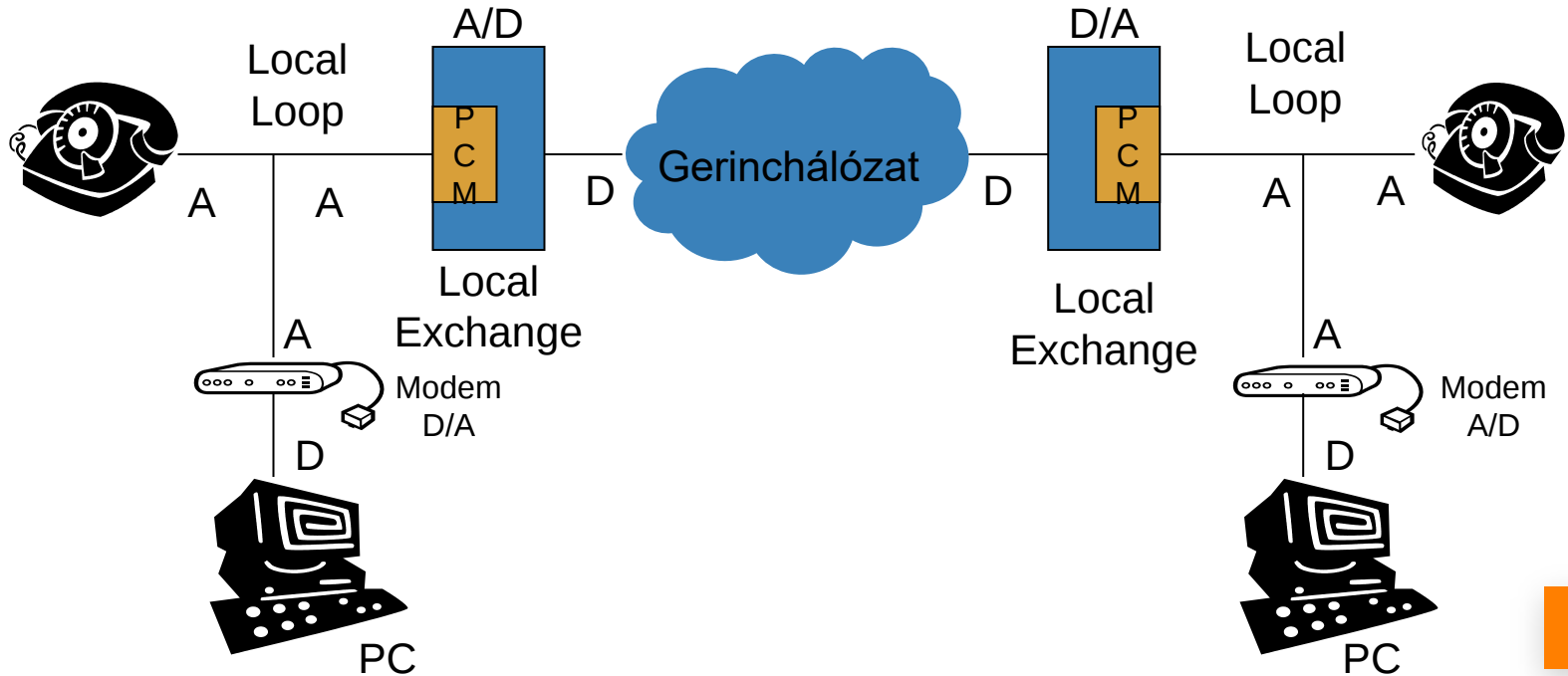
Dial-up Access



- „Betárcsázós internet”
- A számíterek digitális információi analóg jellé alakíthatóak, és átvihetőek a hagyományos telefonhálózaton
 - „Modem” – modulator-demodulator



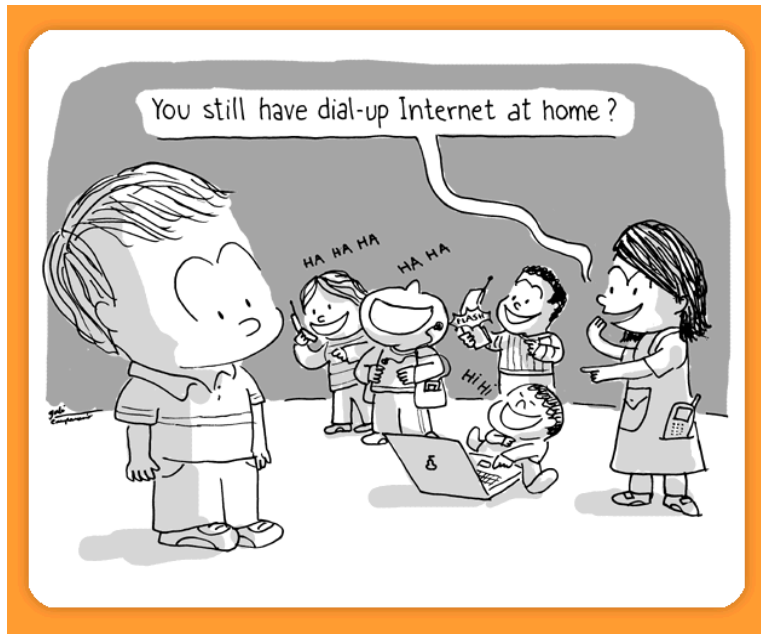
Dial-up modem



2022. 09. 12.

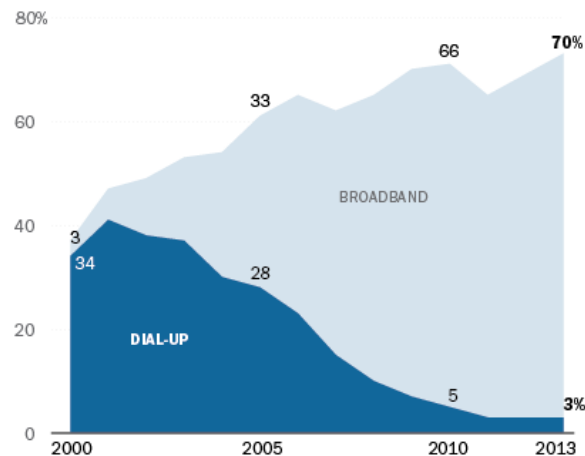
Hálózati technológiák és alkalmazások

Kihalófélben a dial-up



Home Broadband vs. Dial Up, 2000-2013

Percentage of American adults 18 years and older who access the internet via ...



Source: Pew Internet & American Life Project Surveys, March 2000-May 2013. Question wording has changed slightly over time. Our method for measuring home internet use changed in 2011, which would contribute to the seeming decline in adoption.

PEW RESEARCH CENTER

Kihalófélben a dial-up



2022. 09. 12.

Hálózati technológiák és alkalmazások

Miért DSL?



- Telefon ipar (dial up) – 56 Kbps
 - Más technológiák, más szolgáltatók – jóval nagyobb sebességek
 - Lépni kellett az internetezők megtartása érdekében
- Megjelenik a „szélessávú” (broadband) hozzáférés
 - Inkább reklám mint technológiai tartalom
 - Nem egyértelmű mit értünk szélessávon
- xDSL – különféle DSL változatok
 - Digital Subscriber Line

Mitől gyors a DSL?



- **Miért lassú a dial-up?**
 - A telefonhálózatot beszédátvitelre optimalizálták
 - A helyi központban egy sávszűrő
 - Csak a 4 KHz-es beszédsáv marad
 - Az adatok is ezt a sávot használhatják csak
- Az **xDSL** előfizető vonalát egy olyan kapcsolóra kötik át, amelyen **nincs szűrő**
 - Kihasználhatóvá válik az előfizetői hurok teljes kapacitása
 - Függ a hurok hosszától, a kábeltöteg vastagságától, és a minőségétől
 - Optimális viszonyok: új vezetékek, vékony kötegek, rövid hurok
- Ha nagy sebességet akarunk, sok helyi központot kell telepíteni
 - Ha valaki túl messze lakik, költözzön közelebb?
 - Minél alacsonyabb a sebesség, annál nagyobb a hatótávolság – több lehetséges előfizető
 - Minél alacsonyabb a sebesség, annál kevesebb érdeklődő, olcsón tudom csak eladni

ADSL



- ITU-T G.992.1 szabvány (1999)
- Asymmetric DSL – több downstream mint upstream csatorna
 - a webes böngészés igényeire szabott technológia
 - maximális letöltési sebesség 8 Mbit/s
 - általában 512 Kbit/s – 1 Mbit/s
 - maximális feltöltési sebesség 1 Mbit/s
 - általában 64 Kbit/s – 256 Kbit/s
- A helyi központtól max. 3 km-es távolságig

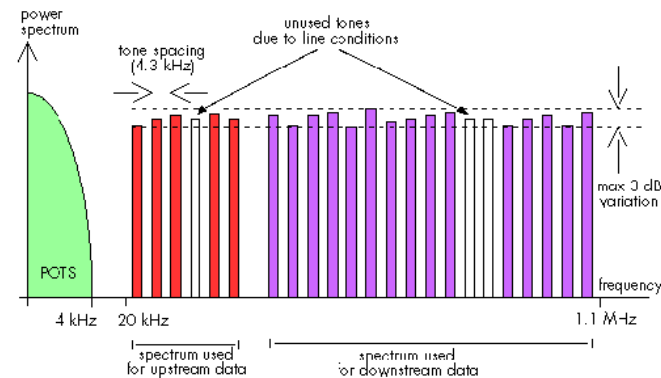
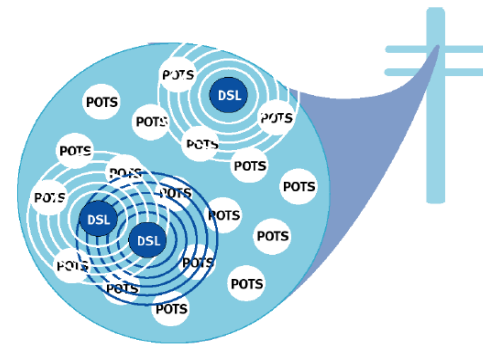


- 1.1 MHz-es frekvenciatartomány
- 256 csatorna, egyenként 4.3125kHz
 - 0 csatorna – POTS (hang)
 - 1-5 csatorna – biztonsági sáv (üres)
 - A hang és adatátvitel közötti interferenciák elkerülésére
 - a maradék 250 csatornából 1 az upstream, 1 a downstream jelzése
 - a többi a felhasználói forgalomé
- Frekvenciák felosztása ADSL-nél
 - 0-4 kHz – hang
 - 4-25 kHz – biztonsági sáv
 - 25-160 kHz – upstream sáv
 - 200 kHz - 1.1 MHz – downstream sáv

ADSL



- Átvitel minden csatornán, párhuzamosan, az átviteli paraméterek függvényében
 - Csillapítás a magasabb frekvenciákon
 - Interferenciák
 - Áthallás (crosstalk) a kábelkötegben
- **A kapcsolat felépítésénél tesztel minden csatornát**
 - A jel/zaj viszony alapján több/kevesebb bit/csatorna
 - Esetleg más moduláció (x-QAM)
 - Ha túl zajos a csatorna, nem küldünk rajta



ADSL architektúra



A szolgáltatónál

■ POTS Splitter

- Frekvenciaosztó a beszédjel és az adatok szétválasztására
 - A beszéd a hagyományos POTS switch-hez irányítva
 - A 25 KHz feletti rész a DSLAM-hoz

■ DSLAM – DSL Access Multiplexer

- AD / DA átalakító
- Több előfizető adatforgalmát multiplexeli egy közös nagysebességű digitális kommunikációs csatornára

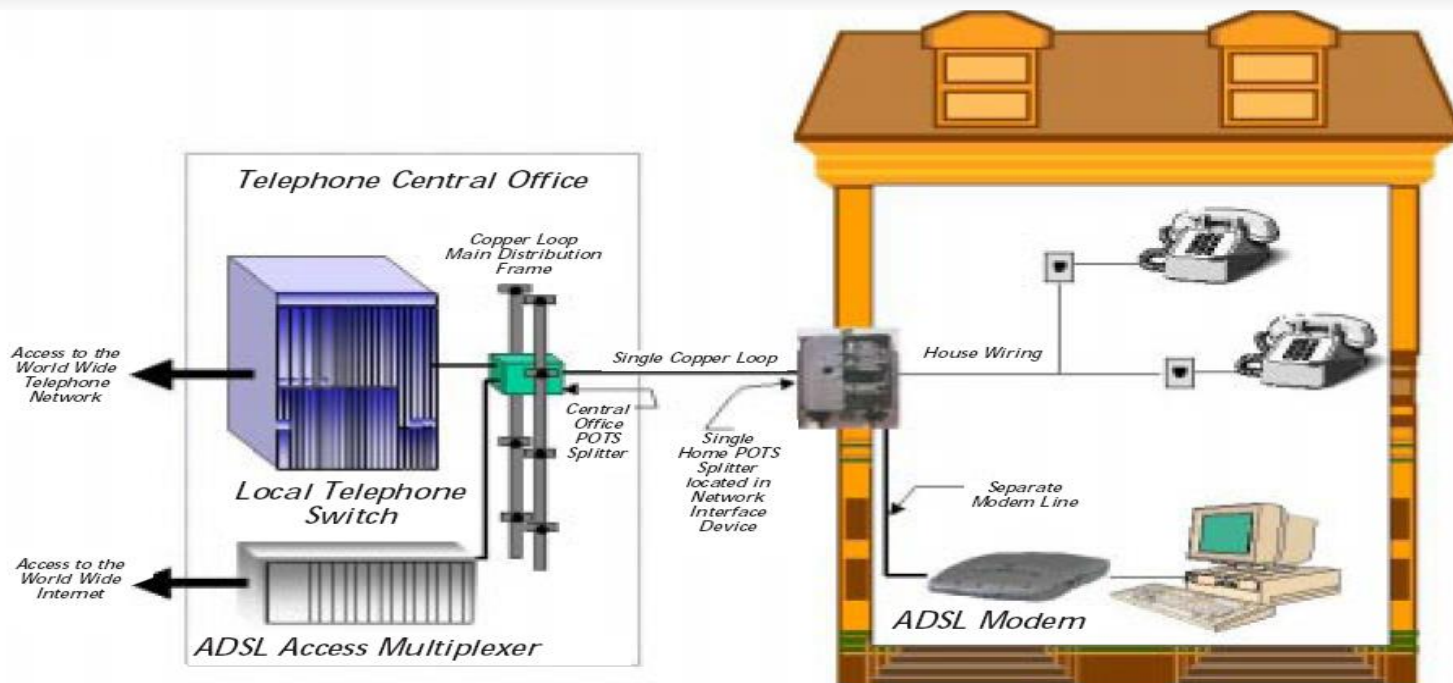
■ BRAS – Broadband Remote Access Server

- Csatlakoztatja a DSLAM-okat egy internetszolgáltató hálózatához

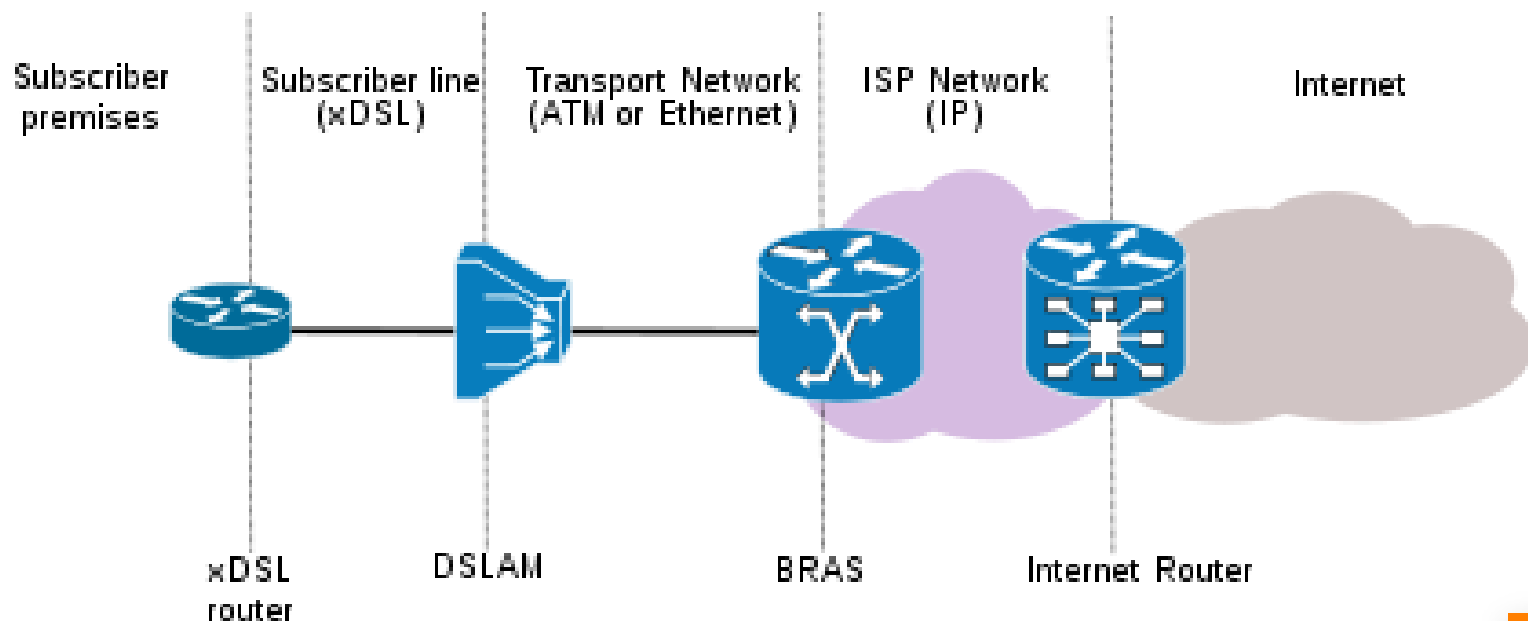
Az előfizetőnél

- POTS Splitter
- **ADSL modem**
 - Digitális jelfeldolgozó (DSP)
- Nagysebességű (Ethernet) összeköttetés a PC-vel

ADSL architektúra



ADSL architektúra



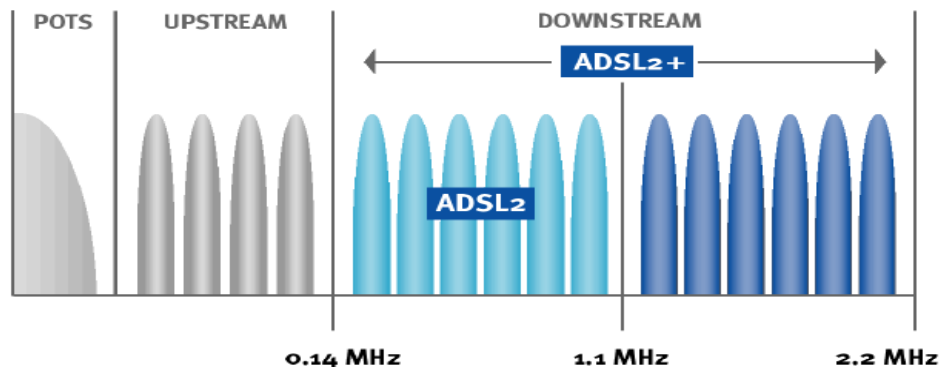


- ITU-T G.992.3 szabvány (2002)
- A hagyományos ADSL technológiát bővíti ki
 - A maximális adatátviteli sebesség 12 Mbit/s-ra nő
 - Az elérhetőségi távolság kb. 500 méterrel bővül
 - A hosszú vezetékeken tapasztalható interferenciák kiszűrésével
- Az ADSL2 átmenetileg átválthat „teljes digitális” módba
 - átadja a hangátvitelre elkülönített csatornákat is az adatátvitel számára
- Automatikus átviteli sebesség adaptáció
 - **Seamless Rate Adaptation (SRA)**
 - Menet közben tud változtatni a csatornákon, kiiktatja a zajosakat
 - Az ADSL-nél ez csak a kapcsolat megszakításával működött

ADSL 2+



- ITU-T G.992.5 szabvány (2003)
- Növeli a sávszélességet a használható frekvenciatartomány bővítésével
 - a hangátvitelre, illetve az adatfeltöltésre használt frekvenciák nem változnak
 - a letöltési csatorna maximális frekvenciája 1.1 MHz-ről 2.2 MHz-re bővül.
 - A maximális letöltési sávszélesség 8Mbit/s-ról 16 Mbit/s-ra nő
 - 1.5 km-es távolságon belül.





- **Symmetric High-speed DSL**
 - ITU-T G.991.2 (2001)
- 2.3 Mbit/s maximális átviteli sebesség mindkét irányban
 - A sebesség 3 km-es körzetben biztosítható
 - e távolságon felül az átviteli paraméterek fokozatosan gyengülnek

Üzleti SDSL alkalmazások



■ Web hosting

- Olyan alkalmazások ahol a felhasználó egy web server-t üzemeltet egy DSL kapcsolaton keresztül
- Nagy upstream sávszélességet igényel

■ Videokonferencia

- Egy videokonferencia szolgáltatás adat, text, hang és videó csomagok átvitelére épül
- Mivel egy kétirányú szolgáltatás, egy szimmetrikus DSL kapcsolat (SDSL) jobban megfelel

■ VPN (Virtual Private Network) szolgáltatások

- Magánhálózat a publikus telekommunikációs infrastruktúra felett
- Az adatforgalom biztonsága (privacy) alagutazással és kódolással garantálva
- VPN kapcsolatok SDSL felett egy cégcsoport irodáinak összekötésére, ott ahol egy optikai kábeles megoldás nem elérhető, vagy túl drága

■ Remote LAN Access

- Távmunka (teleworking) vagy SOHO (Small Office Home Office) esetén a vállalati hálózat elérésére

Otthoni SDSL alkalmazások



■ Internet Gaming

- Egy otthoni felhasználó egy game szerver vagy más otthoni felhasználók ellen játszik
- Nagyon fontos a jó minőségű (upstream) kapcsolat

■ Residential Gateway Access

- Egy olyan CPE (Customer Premises Equipment) melyen keresztül több otthoni szolgáltatás is elérhető (Internet hozzáférés, otthoni videofelügyelet, intelligens otthon)

■ Peer-to-peer alkalmazások

- Fájlcseré, alkalmazás rétegbeli multicast
- Szimmetrikus kapcsolat előnyt jelent a letöltési sebességnél
 - BitTorrent - Ha te is tudsz feltölteni másoknak, hasznos peer leszel, jobb lesz a letöltésed

VDSL

- **HDSL (*High bit-rate DSL*)** – ITU-T G.991.1 (1998)
- **VDSL (*Very-high-data-rate DSL*)** - ITU-T G.993.1 (2004)
- Lényegesen nagyobb sebességű adatátvitel kis távolságokon
 - 52 Mbit/s downstream, 16 Mbit/s upstream
 - Lehet szimmetrikus is (26-26 Mbit/s)
 - 12 MHz sávszélesség
 - Max. 1 km hatótávolság
 - Inkább 300 méter
- Leginkább optikai hálózatok épületeken belüli kiterjesztésére javasolják, mintsem vidéki szétszórt felhasználócsoportok szélessávú bekötésére
 - Az optikai kábelek épületeken belüli telepítése a számos hajlítás szükségessége miatt nehezebb
 - A sodrott érpárt használó VDSL vonalak jó kiegészítést jelentenek

VDSL2



VDSL2 = VDSL sebesség ADSL/2+ hatótávolsággal

Triple Play

- Marketing kifejezés 3 párhuzamos IP alapú szolgáltatásra
 - internet
 - TV - Video on Demand (VoD) vagy Live Streaming
 - Telefon - Voice over IP (VoIP)
- Inkább egy üzleti modell, mint egy technológiai szabvány

VDSL2

- ITU-T G.993.2 (2006)
 - 100 Mbit/s downstream és upstream
 - 30 MHz-es frekvenciatartomány
 - 3 km-es hatótávolság
 - A nagy sebesség és a nagy hatótávolság egyszerre nem teljesíthető
- 8 meghatározott profil, különböző szolgáltatási szinteknek
 - Más és más sávszélesség igény régióként
- ADSL kompatibilis (a VDSL nem az)
 - Könnyen telepíthető, vonzó technológia a szolgáltatók részére

ADSL kompatibilitás



1. fázis:
Nagy, létező
ADSL/2+ bázis



2. fázis:
DSLAM upgrade
CPE-k változatlanok
(Customer Premises Equipment)



3. fázis:
Szelektív upgrade
a CPE-k oldalán a
választott szolgáltatástól
függően

VDSL2 QoS

Alkalmazás	Érzékenység a késleltetésre	Érzékenység a csomagvesztésre
Adat	/	Igen
Videó	Nem	Igen
Hang	Igen	Nem
Gaming	Igen	Igen

- A VDSL-ben nincs QoS (Quality of Service) támogatás
 - A VDSL2-ben van
 - Szükséges a triple-play szolgáltatásokhoz
- Az alkalmazásoknak különböző igényeik vannak
 - Voice
 - Késleltetés – max. 150ms end-to-end
 - BER (bit error rate) – 10^{-5} és 10^{-2} között, a kodektól függően
 - Video
 - Késleltetés – másodpercek! VoD vagy live streaming esetén
 - Csatornaváltás, pufferelés
 - BER – 10^{-7} -től (videotelefon) 10^{-13} –ig (HDTV)
 - High Definition Television

VDSL2 QoS

- Különböző forgalom típusok
 - Voice
 - Kis csomagok (100-400 byte/csomag)
 - Konstans sebességgel generálva
 - Video
 - Nagy csomagok
 - Változó sebességgel generálva (börsztös forgalom)
- „dual path - dual latency” támogatás a VDSL2-ben
 - Forgalom típusonként dedikált sáv szélesség
 - A börsztös videó nem zavarja a voice forgalmat

G.fast

- A legújabb DSL szabvány (2014)
 - Előbb 106 MHz-es, majd 212 MHz-es frekvenciatartomány
 - 150 Mbit/s-től 1 Gbit/s-ig
 - Néhány száz méter, FTTB kiegészítésre
- A korábbi xDSL szabványoktól eltérően nem FDD-t hanem **TDD**-t használ az upstream és downstream szétválasztásra
 - 90/10 és 50/50-es profilok kötelezőek
 - Mivel a TDD nem egy folyamatos üzemmód, akár hosszabb időre is kikapcsolhatunk egy adót és egy vevőt
 - Ha nincs küldendő adat, lehet energiát spórolni
- Fast Rate Adaptation – 1 ms alatt képes újrakonfigurálni a csatornákat

XG-fast/NG-fast

- Bell Labs javaslat
- 10 Gbps átviteli sebesség 130 méteren
- 424 és 848 MHz-es frekvenciatartomány
- 2019-ben jelent meg az első modem
- 2020-2030 között várható a bevezetés

Más DSL megoldások

- HDSL (*High bit-rate DSL*)
 - IDSL (*ISDN DSL*)
 - MSDSL (*Multirate Symmetric DSL*)
 - RADSL (*Rate-Adaptive DSL*)
-
- Nem terjedtek el igazán