



Hálózati Technológiák és Alkalmazások

Vida Rolland, BME TMIT

2018. szeptember 3.



Előadók



Vida Rolland

egyetemi docens, tárgyfelelős

IE 348, vida@tmit.bme.hu



Moldován István

IB 229, moldovan@tmit.bme.hu



Adminisztratív részletek



Tárgy honlapja:

<http://www.tmit.bme.hu/vitmac05>

Jegyzet nincs, de (viszonylag) részletes fóliák

Elvileg 21 alkalom (előadás + gyakorlat)

- 1 alkalom elmarad (október 22)

Előadásra járni nem kötelező **(de ajánlott)**



A gyakorlatok legalább 70%-ra kötelező bejárni

- Gyakorlatok nem feltétlenül órarend szerint, hanem az anyaghoz kötődően
- Időben jelezzük majd, mikor lesz gyakorlat

Számonkérés



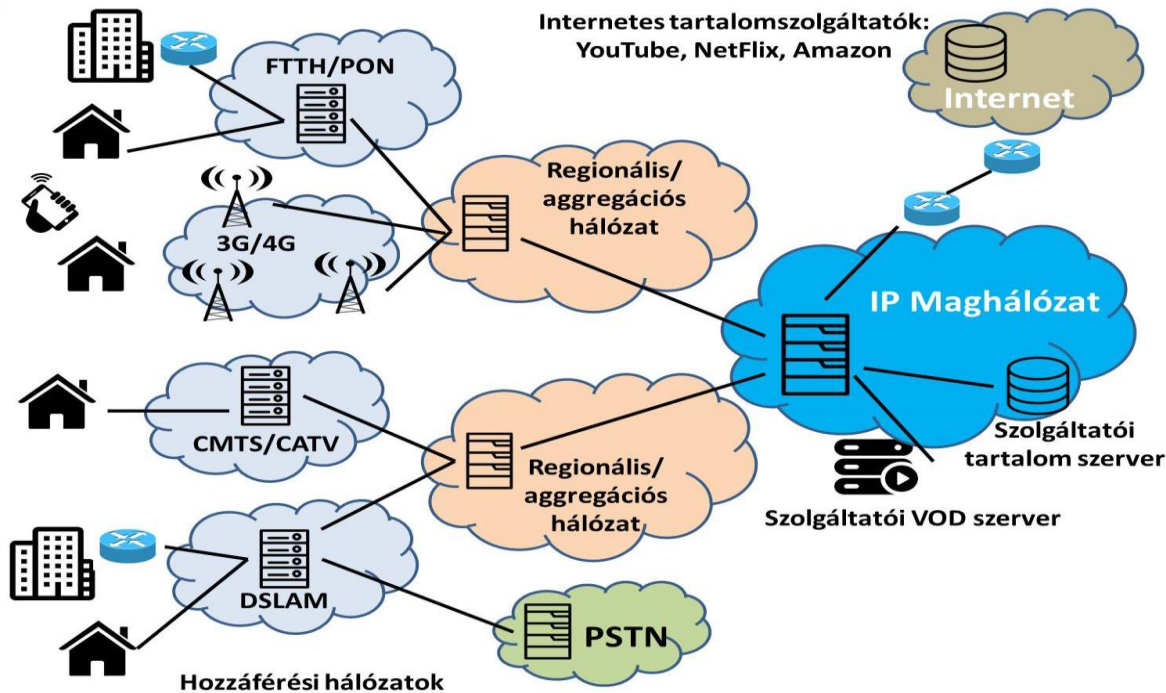
- 1 db nagy ZH
- 1 pót ZH
- 1 PPZH a pótlási héten
 - a ZH nem számít be a jegybe, aláíráshoz kell
 - Ugyanabból az anyagból a ZH, PZH, PPZH
- Írásbeli vizsga



The

Milyen hálózatokról beszélünk?

Szolgáltatói hálózat



Hozzáférési hálózatok - alapfogalmak



- A telekommunikációs hálózat azon része, mely közvetlenül összeköti a felhasználót a szolgáltatóval
 - Ethernet, WLAN, FTTx, xDSL, kábelnet, ...
- Gyakran **osztott átviteli közeg** (*shared transmission medium*)
 - Többen hallanak engem, és én is több mindenkit hallok
 - Nem lehetséges fizikailag, vagy nem éri meg anyagilag minden felhasználónak dedikált átviteli csatornát biztosítani
- A megoldandó feladat az átviteli közeghez (csatornához) való **hozzáférés szabályozása**
 - A felhasználók nem tudják egymásról, hogy ki mikor szeretne adni
 - A küldéseket koordinálni kell

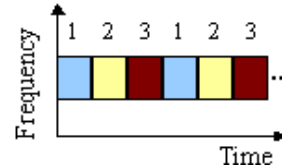
Többszörös hozzáférés (*Multiple Access*)



Fix kiosztásra alapuló megoldások

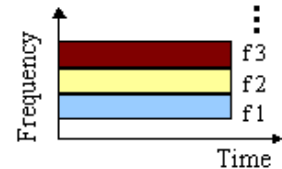
□ TDMA – Time Division Multiple Access

- Minden felhasználónak saját időszelete amikor küldhet
- A teljes frekvenciatartományt használhatja



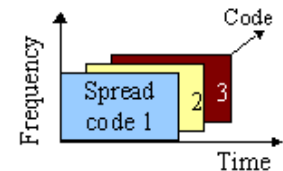
□ FDMA – Frequency Division Multiple Access

- A spektrumot frekvenciacsatornákra vágjuk
- Minden felhasználó a saját frekvenciáján kommunikál



□ CDMA – Code Division Multiple Access

- Minden felhasználó a teljes csatornán, egyfolytában kommunikál
- Kódelmélet segítségével különítjük el a forgalmakat
- Mint egy vacsorázó társaság az asztal körül...

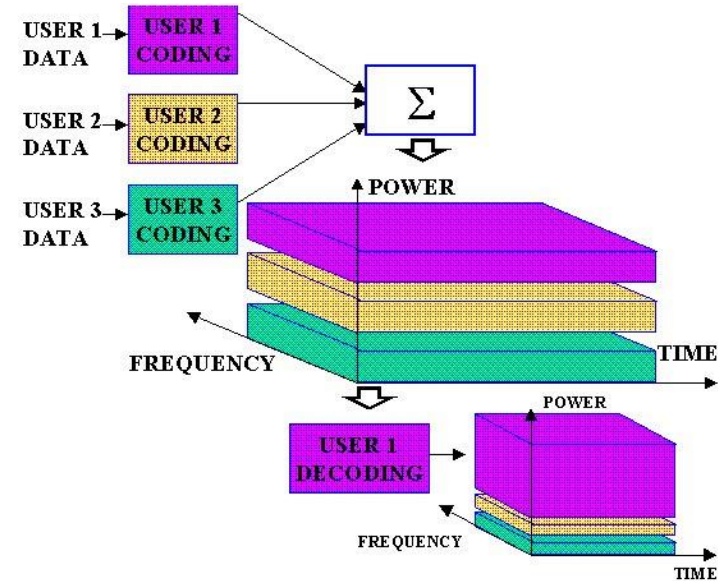


Többszörös hozzáférés (*Multiple Access*)



CDMA

- Az adó megszorozza a jelet egy kóddal (spreading code), és az eredményt küldi el
- A vevő a vett jelet újra megszorozza ugyanazzal a kóddal, reprodukálva az eredeti jelet
- Minden felhasznált kód ortogonális
 - Két különböző kód összeszorozása 'nullák' sorozata lesz



Multiple Access vs. Multiplexing

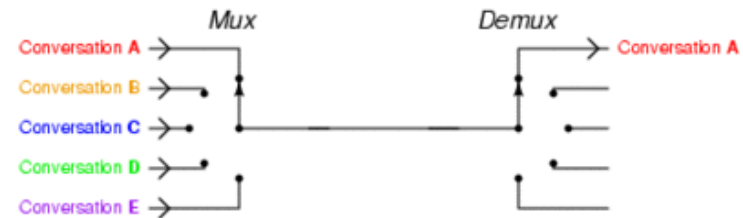
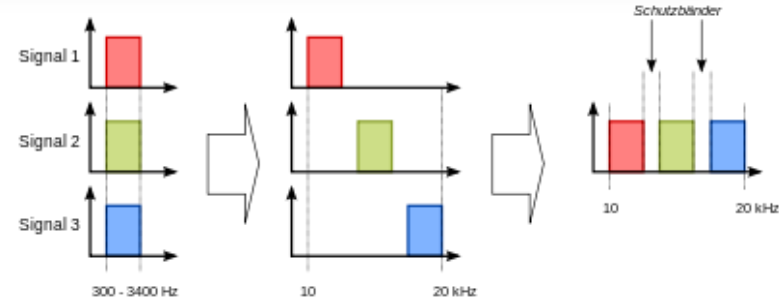


■ Multiple Access

- Adatkapcsolati (MAC) réteg, dedikált erőforrások

■ Multiplexing (TDM, FDM, CDM)

- Több jel párhuzamos átvitele ugyanazon a fizikai csatornán
- Multiplexer – a küldő oldalon
- Demultiplexer – a vevő oldalon, szétválasztja a jeleket
- Fizikai réteg, nincsenek dedikált erőforrások

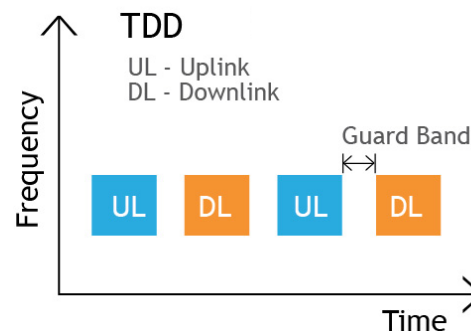
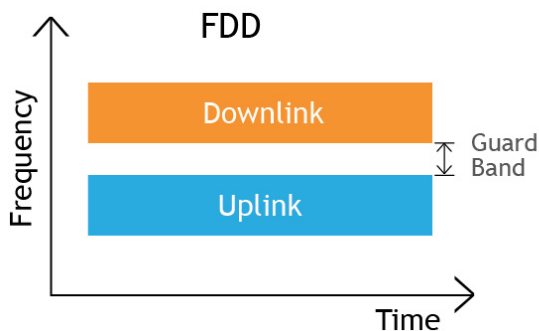


Multiple Access vs. Duplexing



■ Duplexing (TDD, FDD)

- A downlink és uplink forgalom közötti megosztás
- **FDD – Frequency Division Duplexing**
 - „Párba állított” frekvenciák, elkülönített uplink és downlink csatornák
- **TDD – Time Division Duplexing**
 - Pár nélküli frekvenciák, rugalmasan megosztott uplink és downlink csatornák



Többszörös hozzáférés (*Multiple Access*)



- A fix kiosztás nem hatékony ha kevés és bősztös a forgalom
- **Versengésre alapuló csatorna-hozzáférés**
 - **Lekérdezés** (*polling*), majd az **erőforrások lefoglalása és ütemezése** aktuális igények alapján
 - **Véletlen hozzáférés** (*random access*)
 - Egy csomópont akkor küld amikor akar, előzetes egyeztetés nélkül
 - Ha két vagy több csomópont egyszerre beszél, ütközés, majd később újraküldés
 - ALOHA, Slotted ALOHA, CSMA/CD



The

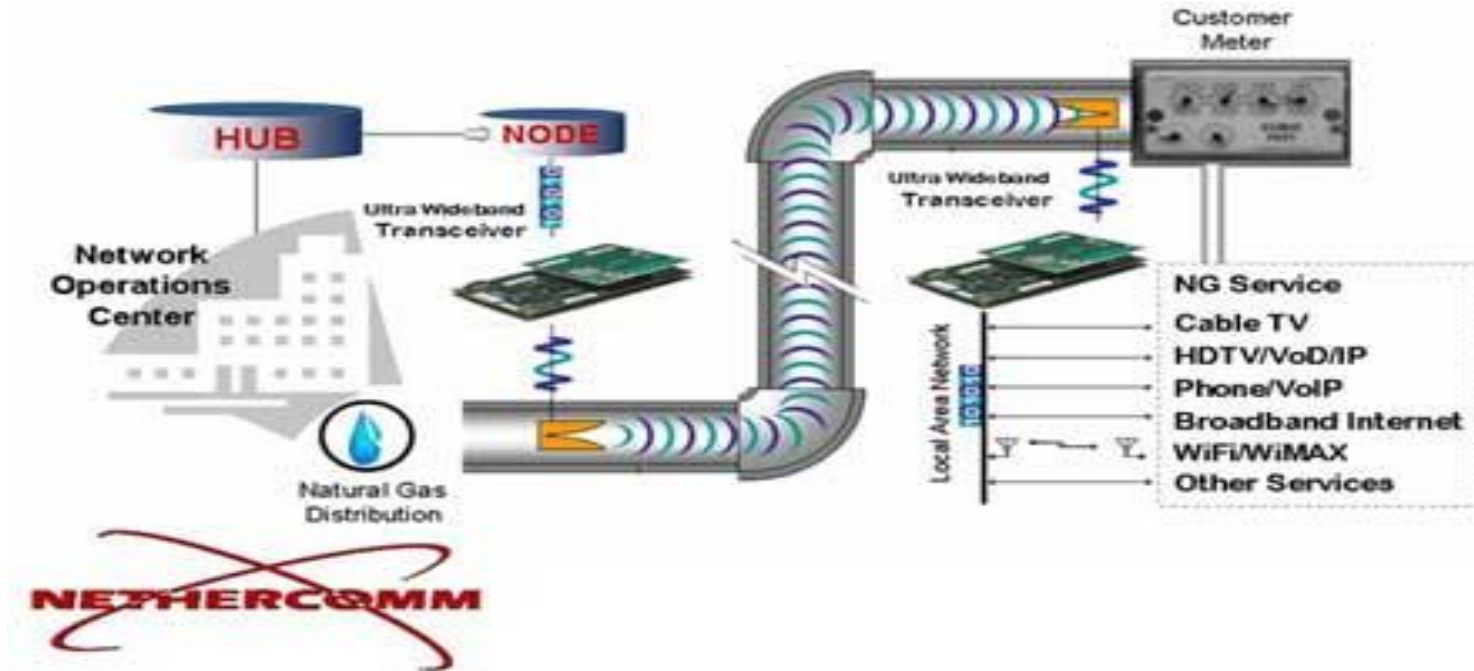
Hozáférési hálózatok

Hozzáférési hálózatok



- (Vezetékes) hálózatok kiépítése nagyon drága lehet
 - Nem a vezeték a drága, hanem a munkálatok
 - Ásás, épületeken belüli munkák
- Megoldás: **igénybe kell venni a már meglévő hálózatokat**
 - Nyilvános kapcsolt telefonhálózat
 - Public Switched Telephone Network (PSTN)
 - Kábel TV hálózatok
 - Elektromos hálózat
 - Gázvezeték hálózat (?)
 - Ultra Wideband rádiós kommunikáció
 - Szennyvízcsatorna hálózat (?)
 - Optikai kábelek
- De bizonyos esetekben lehet azért újat is építeni...

Internet a gázvezetéken?



2018. 09. 03.

Hálózati technológiák és alkalmazások

Internet a gázvezetéken?



- NetherComm ötlete 2005-ben
- **Ultra Wideband**
 - Nagy frekvenciasáv (>500 Mhz), nagy átviteli sebességek (100 Mbps)
 - Nagy teljesítményű adók esetén túl nagy interferencia más vezeték nélküli technológiákkal, ezért csak kis hatótávolságra engedélyezve
 - A föld alatti gázvezetékben ez nem gond, lehet nagyobb teljesítménnyel adni
- Az UWB technológia ígéretesnek tűnt, de ...
 - Szigorú szabályozás, lassú szabványosítás, az ígértnél lassabb sebességek
 - 2008-2009-ben az ipar nagy része kihátrált mellőle
 - A NetherComm is eltűnt...



A PSTN hálózat

PSTN hálózat elemei



- **Előfizetői hurok**
 - Csavart réz érpár
 - A háztól vagy az irodától a helyi kapcsolóközpontig („local exchange”)
 - „Local loop”, „last mile”
- **Kapcsolóközpontok**
- **Trönkök**
 - a kapcsolóközpontokat összekötő szálak
 - gerinchálózat (törzshálózat)
- A kezdeti hálózat teljesen analóg
 - Fokozatos áttérés a digitális átvitelre, főleg a kapcsolóközpontok között (gerinchálózat)

PSTN



Beszédcsatorna



- 4kHz sáv szélességű 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



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



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

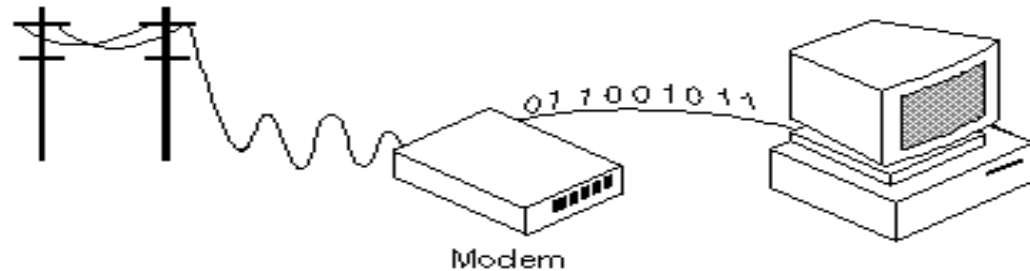
Digitális hangátvitel



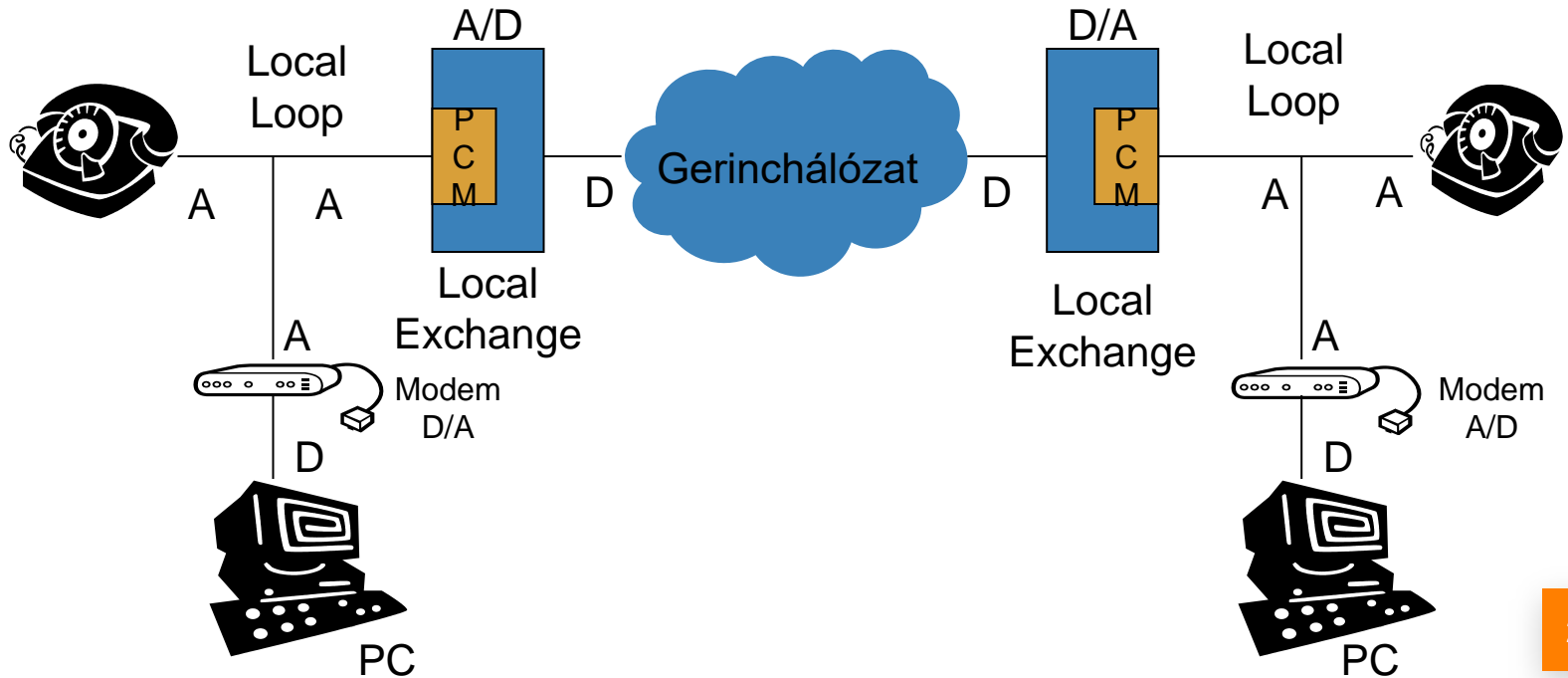
Dial-up Access



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



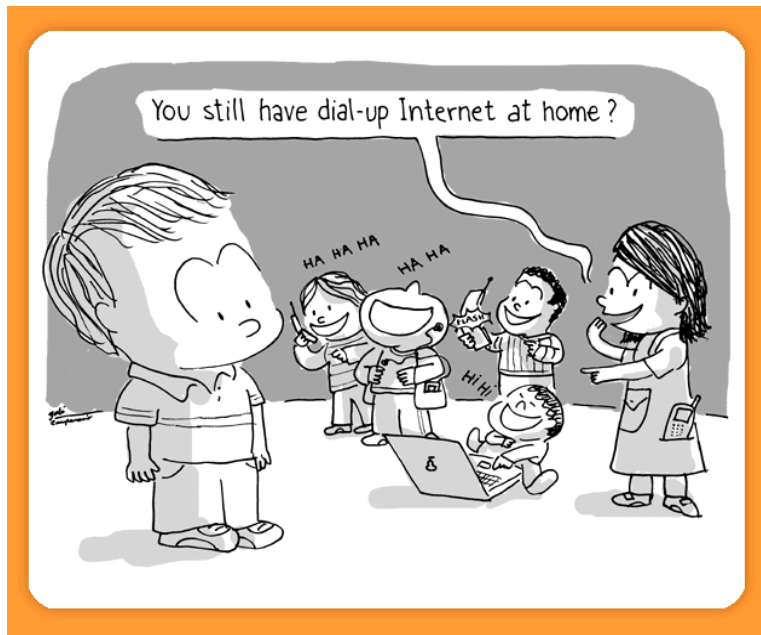
Dial-up modem



2018. 09. 03.

Hálózati technológiák és alkalmazások

Kihalófélben a dial-up



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 kábelköteg 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

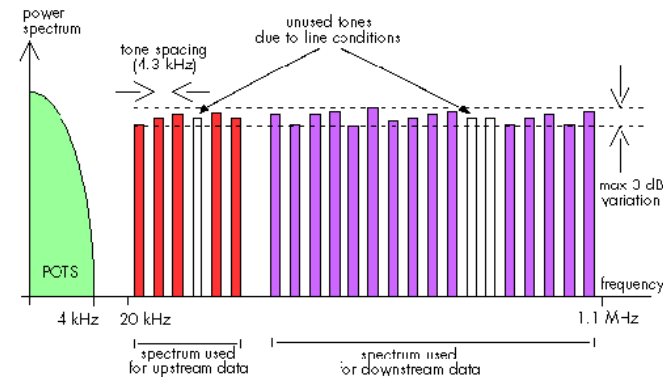
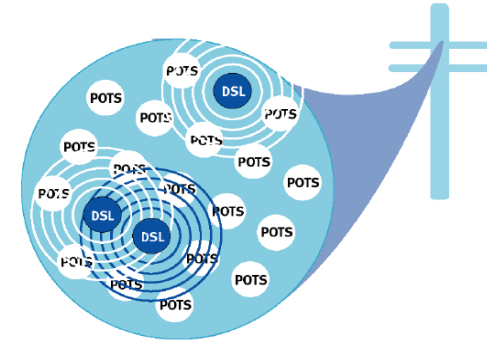


- **DMT - Discrete Multitone Modulation**
 - 1.1 MHz-es frekvenciatartomány
 - 256 csatorna, egyenként 4.3125kHz
 - 0 csatorna – POTS (hang)
 - 1-5 csatorna – biztonsági sáv (üres)
 - A hang és adatátvitel közötti interferenciák elkerülésére
 - a maradék 250 csatornából 1 az upstream, 1 a downstream 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 DMT



- 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

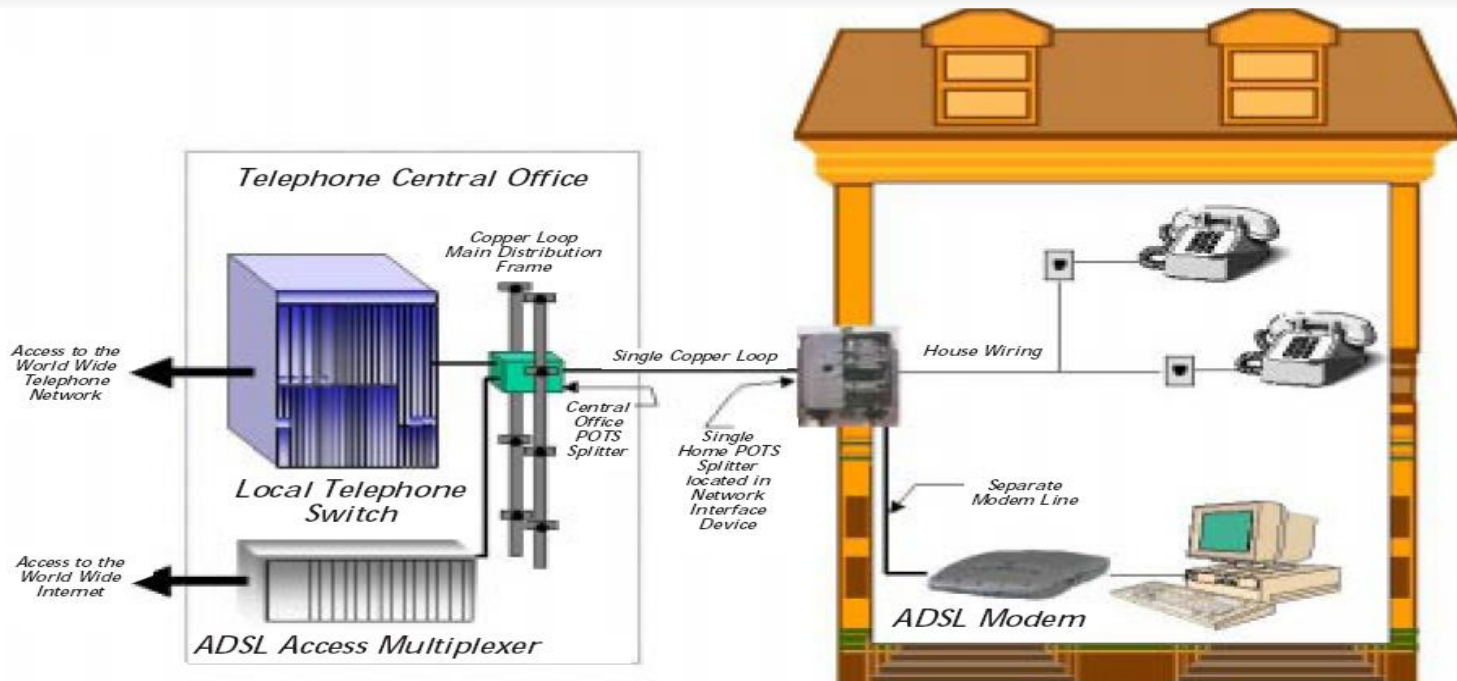
■ BRAS – Broadband Remote Access Server

- Csatlakoztatja a DSLAM-okat egy internetszolgáltató hálózatához

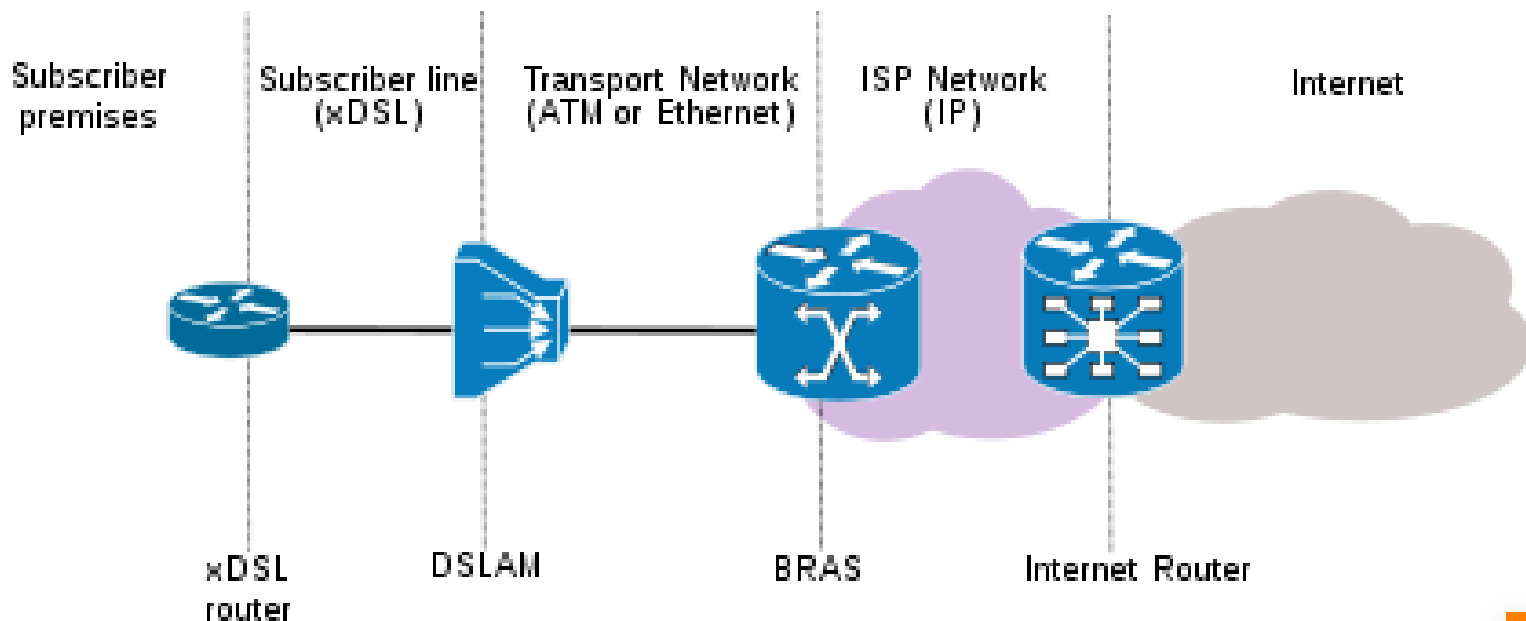
Az előfizetőnél

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

ADSL architektúra



ADSL architektúra



ADSL G.dmt



- ITU-T G.992.1 szabvány (1999)
- Lényegesen nagyobb a letöltésre elkülönített sáv szélesség
 - 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
- Ideális technológia lakossági felhasználásra
 - a hagyományos hangátvitellel közösen osztozik a már meglévő csavart érpáras vezetéken
 - a felhasználók egy időben telefonálhatnak és internetezhetnek ugyanazon a vezetéken keresztül

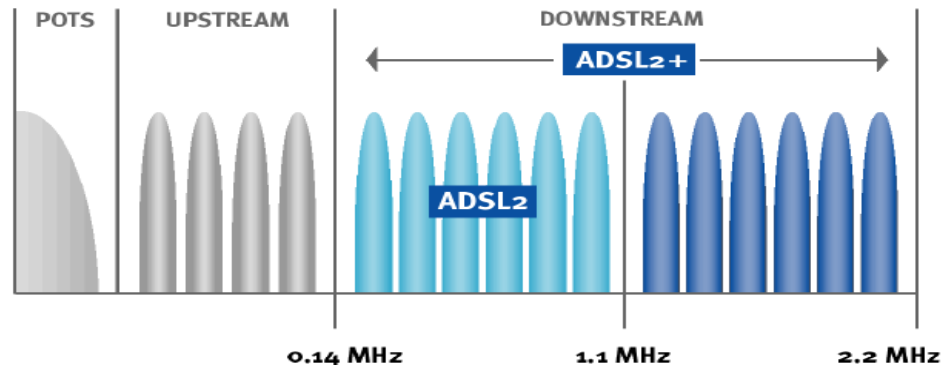


- ITU-T G.992.3 szabvány (2002)
- A hagyományos ADSL technológiát bővíti ki
 - A maximális adatátviteli sebesség 12 Mbit/s-ra nő
 - Az elérhetőségi távolság kb. 500 méterrel bővül
 - A hosszú vezetéseken tapasztalható interferenciák kiszűrésével
- Az ADSL2 átmenetileg átválthat „teljes digitális” módba
 - 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.



2018. 09. 03.



- **Symmetric High-speed DSL**
 - ITU-T G.991.2 (2001)

- 2.3 Mbit/s maximális átviteli sebesség mindkét irányban
 - egy második sodrott érpár hozzáadásával a kétirányú sebesség 4.6 Mbit/s-ra növelhető
 - A sebesség 3 km-es körzetben biztosítható
 - e távolságon felül az átviteli paraméterek fokozatosan gyengülnek

Üzleti SHDSL 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 (SHDSL) jobban megfelel
- **VPN (Virtual Private Network) szolgáltatások**
 - Magánhálózat a publikus telekommunikációs infrastruktúra felett
 - Az adatforgalom biztonsága (privacy) alagutazással és kódolással garantálva
 - VPN kapcsolatok SHDSL 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 SHDSL 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
 - 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 sáv szélesség
 - Max. 1 km hatótávolság
 - Inkább 300 méter

- Leginkább optikai hálózatok épületeken belüli kiterjesztésére javasolják, mintsem vidéki szétszórt felhasználó csoportok szélessávú bekötésére
 - Az optikai kábelek épületeken belüli telepítése a számos hajlítás szükségessége miatt nem ajánlott
 - A sodrott érpárt használó VDSL vonalak jó kiegészítést jelentenek

VDSL2



VDSL2 = VDSL sebesség ADSL/2+ hatótávolsággal

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 sáv szélesség 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

G.fast

- A legújabb DSL szabvány (2014)
 - 106 MHz-es frekvenciatartomány (később 212 MHz)
 - 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

Kábel TV

- Ötlet a 40-es évek végén
 - Jobb vétel ott, ahol a hagyományos antennák nem nyújtottak megfelelő minőséget
- Közösségi antennás televízió
 - **Community Antenna Television – CATV**
 - Egy dombtetőn elhelyezett nagy antenna
 - Erősítő fejállomás (head end)
 - Koaxiális kábel
- Családias üzletág, bárki telepíthetett ilyen szolgáltatást
 - Ha több előfizető, újabb kábelek és erősítők
- Egyirányú átvitel, a fejállomástól a felhasználók felé

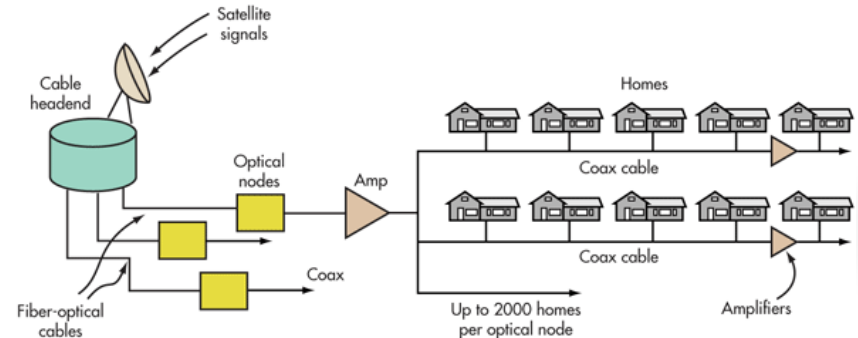
A kábeltévé fejlődése

- 1970-re több ezer független rendszer
- 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 miatt
- Később a városok közötti kábeleket nagy sáv szélességű fényvezető szálakra cserélik



HFC rendszer

- HFC - Hybrid Fiber Coax
 - Fényvezető-koax hibrid rendszer
 - Fényvezető szálak a nagy távolságok áthidalására
 - Koaxiális kábel a házakhoz
 - Fényvezető csomópont (fiber node)
 - Elektrooptikai átalakító, a fényvezető és villamos rész közötti csatolásnál
 - Egy fényvezető szál több koax kábelt is táplálhat
 - Sokkal nagyobb sávszélesség



2018. 09. 03.

Internet a kábeltévén



2018. 09. 03.

Hálózati technológiák és alkalmazások

Internet a kábeltévén

- A kábelhálózat üzemeltetők elkezdtek bővíteni a szolgáltatásaikat
 - Internetelérés, telefonszolgáltatás
- Át kell alakítani a hálózatot
 - Az egyirányú erősítőket kétirányú erősítőre kell cserélni mindenhol
 - A fejállomást fel kell fejleszteni
 - Egy buta erősítőtől egy intelligens digitális számítógéprendszer, mely nagysebességű optikai szálakat csatlakoztat egy internet szolgáltató (ISP) hálózatához
 - **Cable-Modem Termination System (CMTS)**
 - A koax kábel osztott közeg, több ház egyszerre használja
 - A telefonhálózatban mindenki rendelkezik saját érpárral (előfizetői hurok)
 - A TV műsorok szórásánál ez nem fontos, minden műsort ugyanazon a kábelen szórnak, mindegy hogy 10 vagy 10.000 ember nézi azt egyszerre
 - Internetezésnél óriási különbség ha 10 vagy 10.000 felhasználó, mert ha valaki letölt egy nagy fájlt, a többieknek nem marad sávszél
 - Másfelől a koax kábel sokkal nagyobb sávszélt biztosít mint a sodrott érpár

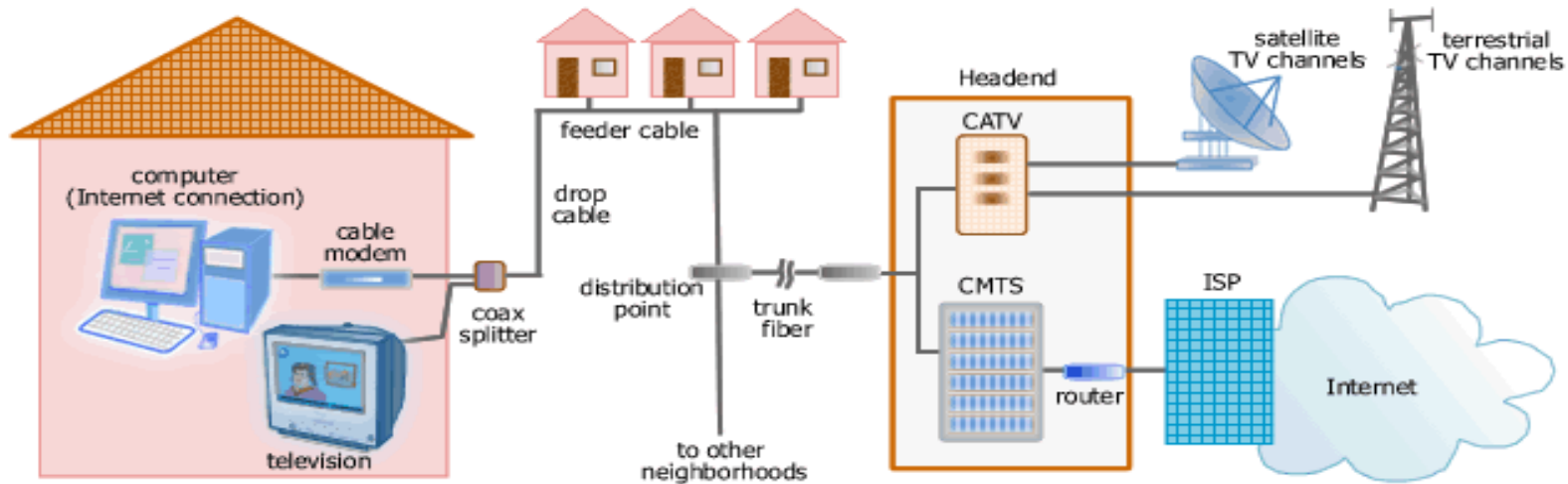
2018. 09. 03.

Hálózati technológiák és alkalmazások

Internet a kábeltévén

- Megoldás: több darabra osztunk egy hosszú kábelt
 - Minden szakaszt közvetlenül egy fiber node-hoz kötünk
 - A fejállomás és a fiber node-ok között a sávszélesség lényegében végtelen
 - Ha nincs túl sok felhasználó egy szakaszon, a forgalom kezelhető marad
 - Tipikusan 500-2000 ház egy szakaszon
 - További felosztás várható ahogy nő az előfizetők száma és a forgalom

Internet a kábeltévén

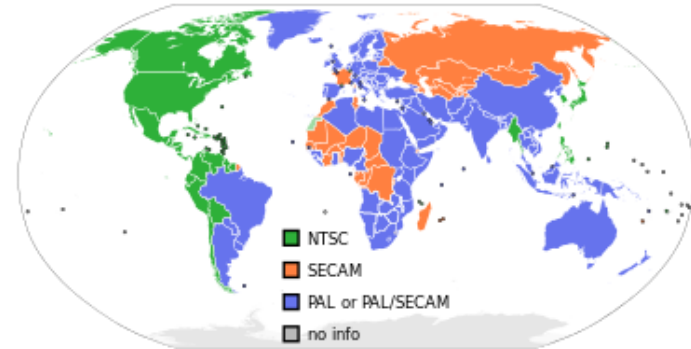


Spektrumkiosztás

- A kábelhálózatot nem lehet (egyelőre) kizárólag internetezésre használni
 - 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 internet elérés között
- 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

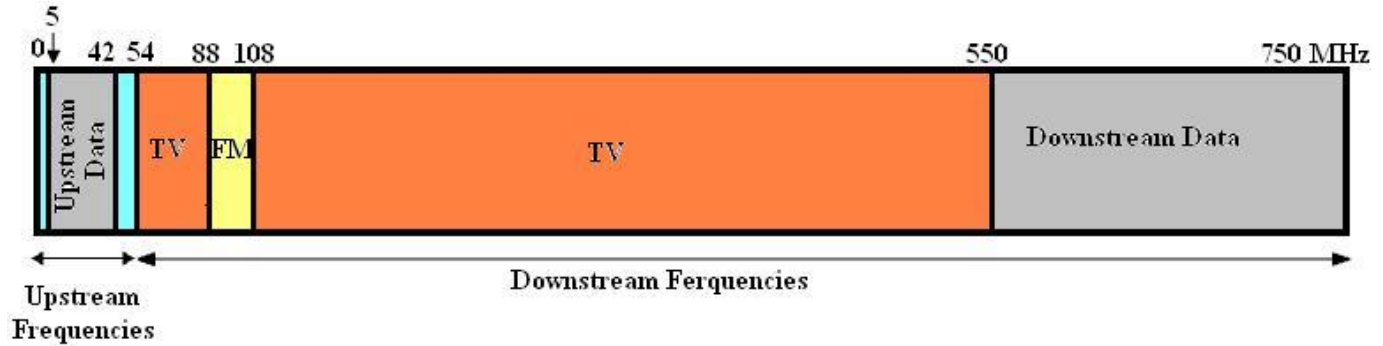
Spektrumkiosztás

- Európa
 - TV sávok alsó határa 65 MHz
 - 6-8 MHz széles csatornák
 - **PAL és SECAM** rendszerek nagyobb felbontási képessége miatt
 - PAL - Phase Alternating Line
 - SECAM - Système Electronique Couleur Avec Mémoire
 - Felbontás: 768 x 576, 25 fps
 - A sáv alsó részét nem használják



Spektrumkiosztás

- Modern kábeleken 550 MHz felett is lehetséges az adatátvitel, gyakran 750-800 Mhz felett is
 - Megoldás: feltöltés 5 – 42 MHz között (Európában 5 - 65 MHz)
 - A spektrum felső végén lévő frekvenciák a letöltéshez



Aszimmetrikus átvitel

- 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 downstream mint upstream
 - Ezt itt műszaki okok befolyásolják, nem úgy mint az ADSL-nél

Moduláció

- Minden 6-8 MHz-es csatornát **64-QAM**-el modulálnak
 - Quadrature Amplitude Modulation
 - Ha kivételesen jó minőségű kábel, akkor 256-QAM
- 6 MHz-es csatornán 64-QAM-el → kb. 36 Mbps
 - A fejlécek nélküli sávszél 27 Mbps, 256-QAM-el kb. 39 Mbps
 - Európában magasabb sávszél, a 8 MHz-es csatorna miatt
- A feltöltési csatornán a 64-QAM nem ilyen jó
 - Túl sok zaj a felszíni mikrohullámú rendszerek, CB-rádiók, stb. miatt
 - Citizen Band – walky-talky
 - QPSK moduláció
 - Quadrature Phase Shift Keying
 - Csak két bit szimbólumonként (a 64-QAM-nél 6, a 256-QAM-nál 8)
 - Sokkal nagyobb az upstream és a downstream közötti különbség