

Hálózati Technológiák és Alkalmazások

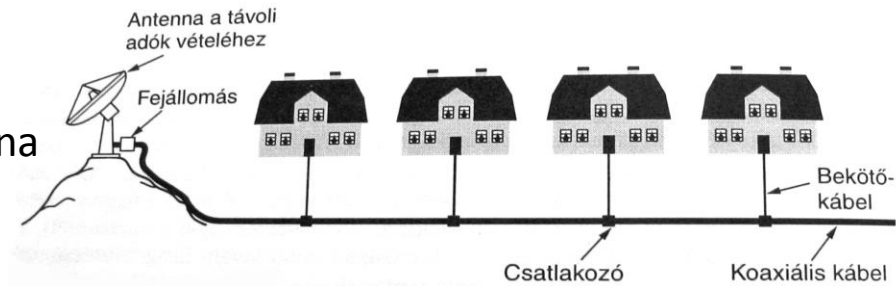
Vida Rolland
BME TMIT

2016. szeptember 16.



Kábel TV

- Ötlet a 40-es évek végén
 - Jobb vétel ott, ahol a hagyományos antennák nem nyújtottak megfelelő minőséget
- Községi 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



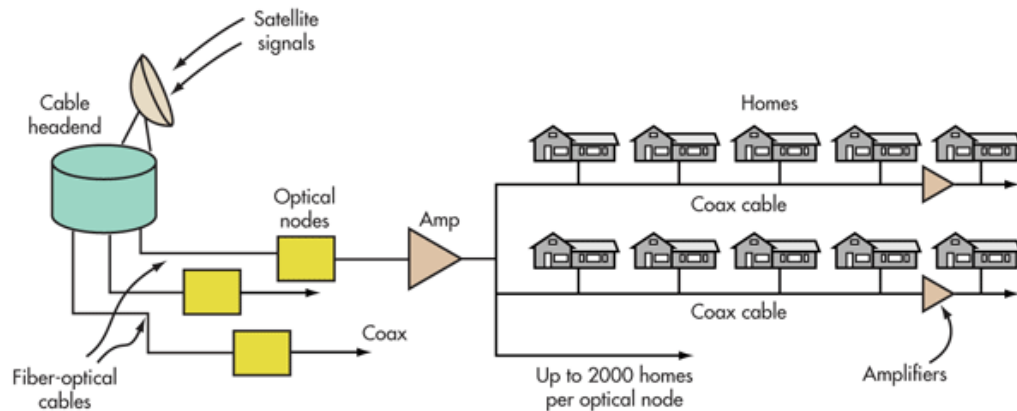
A kábeltévé fejlődése

- 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 sáv szélesség



Internet a kábeltévéen



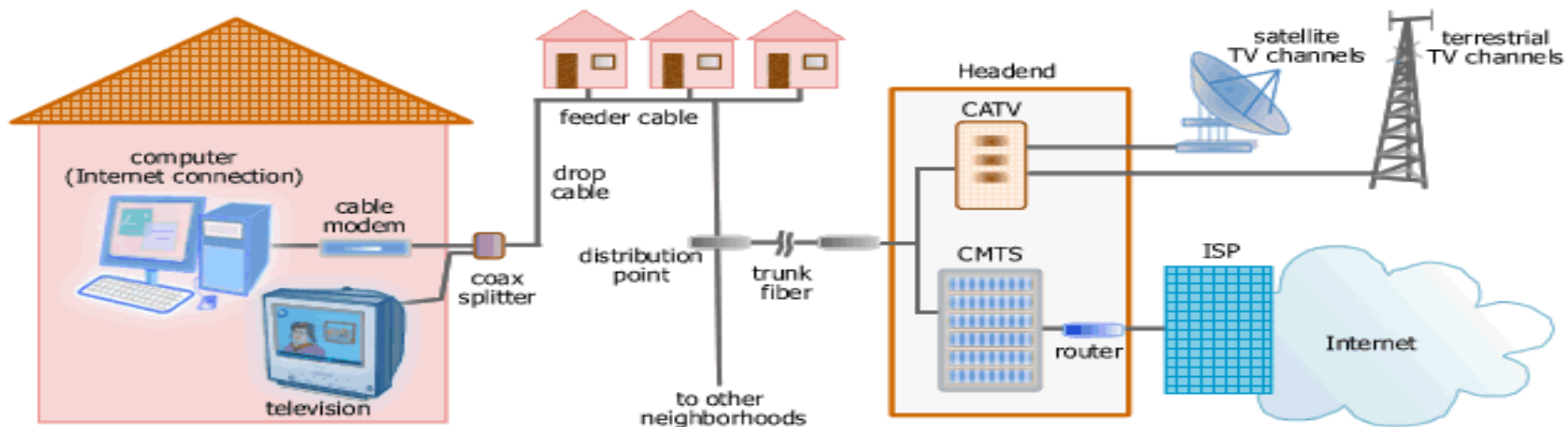
Internet a kábeltévéen

- 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 erősítőből egy intelligens digitális számítógéprendszer
 - 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
 - Ha valaki letölt egy nagy fájlt, a többieknek nem marad sávszél
 - Másfelől a koax kábel sokkal nagyobb sávszélt biztosít mint a sodrott érpár

Internet a kábeltévéen

- 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

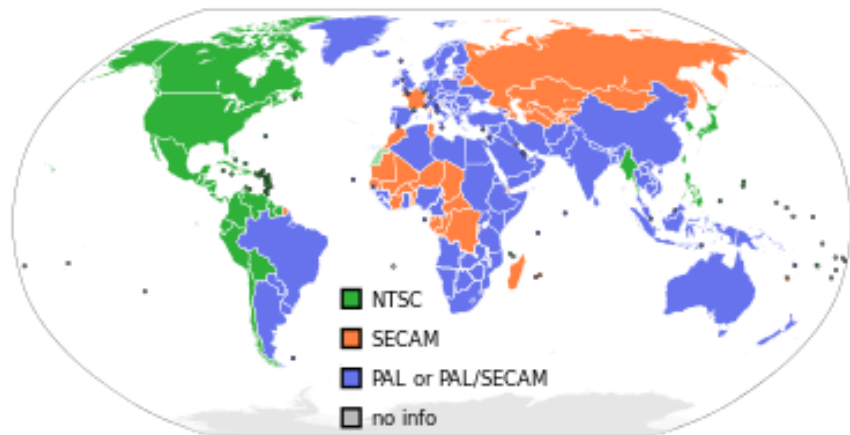


Spektrumkiosztás

- A kábelhálózatot nem lehet (egyelőre) kizárólag internetezésre használni
 - Több a tévénéző mint az internetező ügyfél
 - A városok szabályozzák mi mehet a kábelen, a tévészoigáztatás 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

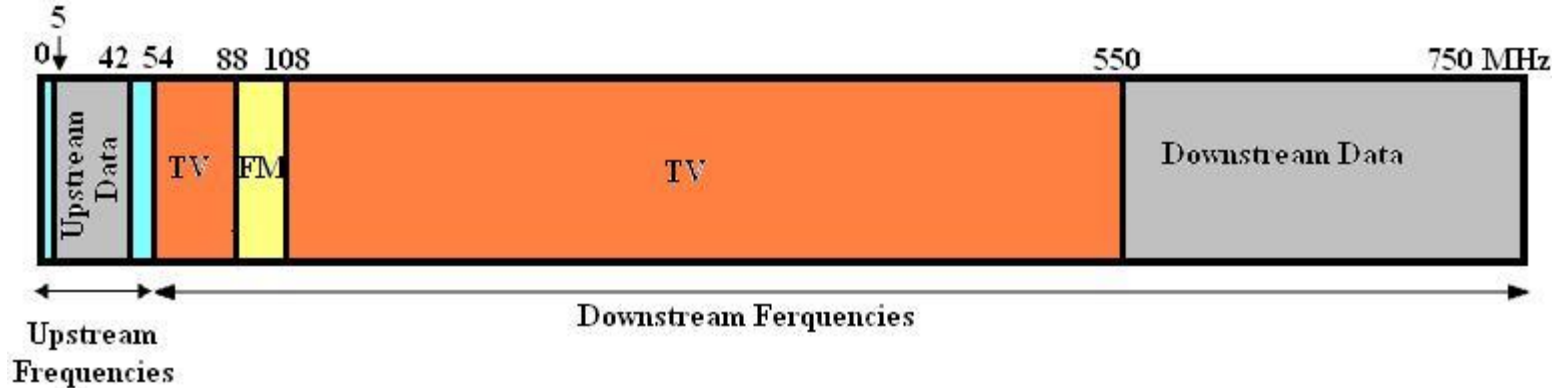
Spektrumkiosztás

- 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

Kábelmodem

- A kábelen jövő analóg jelet digitálissá alakítja és fordítva
 - **MO**dulál és **DE**Modulál
- Két interfész – egy a PC és egy a kábelhálózat felé
 - A modem és a PC között lehet Ethernet/USB/WLAN



" I'VE MET SOMEONE WITH A FASTER MODEM."

GN
COLLECTION

Kábelmodem

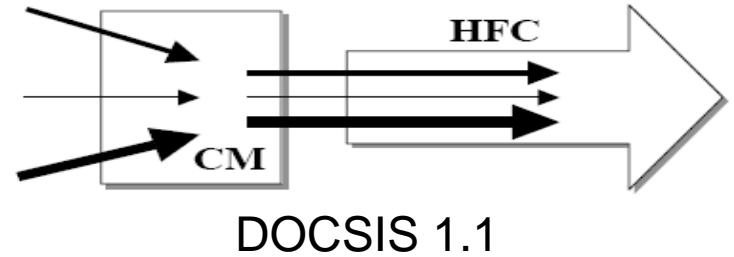
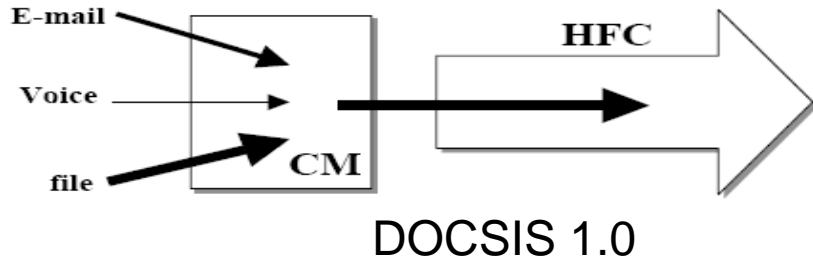
- A kezdetekben minden hálózatüzemeltetőnek saját modem-je, melyet egy technikus telepített
 - Nyílt szabvány kellett
 - Versenyhelyzethez vezet a modemek piacán
 - Csökkennek az árak
 - Ösztönzi a szolgáltatás terjedését
 - Ha a felhasználó telepíti a modemet, nem kell kiszállási költség
- CableLabs
 - 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



DOCSIS

- DOCSIS 1.0 (1997)
 - RF Return
 - Kétirányú kommunikáció biztosítása
 - Telco Return
 - Dial-up kapcsolat az upstream forgalomra
 - Nem kell módosítani az infrastruktúrát, egyirányú kommunikáció a kábelben
 - A modemárak 300\$-ról (1998) <30\$-ra estek
- DOCSIS 1.1 (1999)
 - VoIP, gaming, streaming
 - Kompatibilis a DOCSIS 1.0-val
 - Szolgáltatásminőségi osztályok (QoS) támogatása

DOCSIS

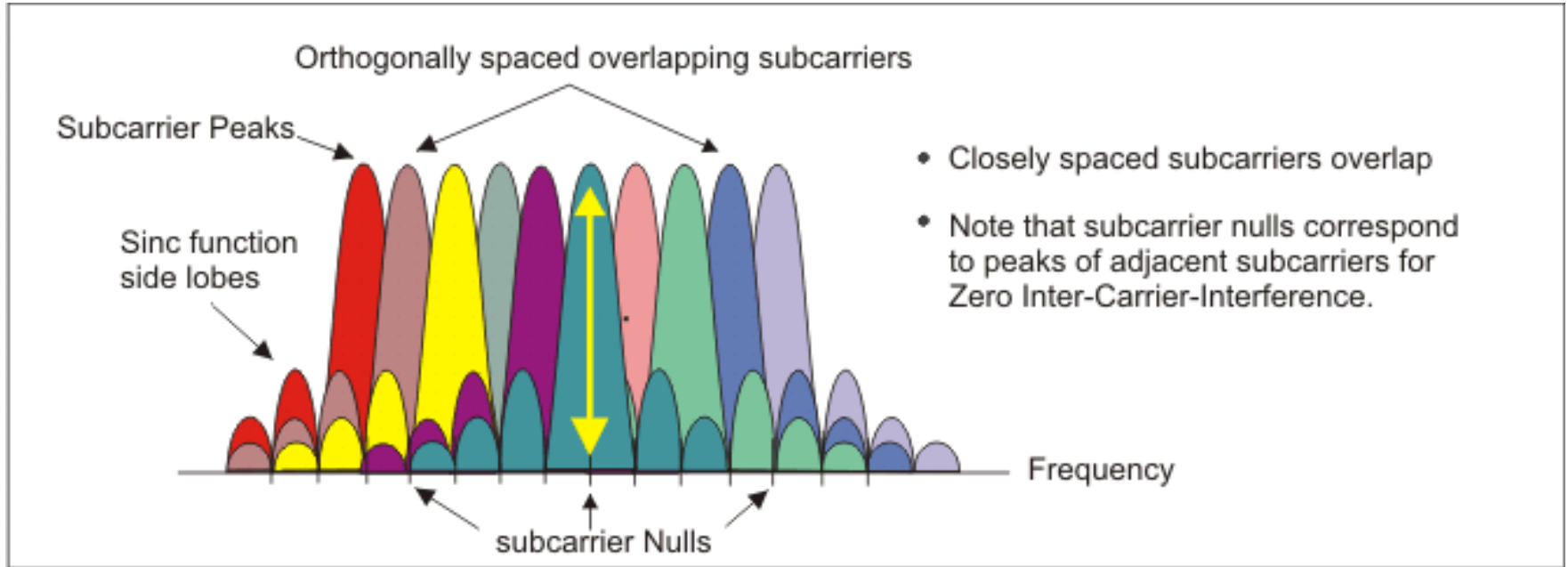


- A DOCSIS 1.0-ban minden szolgáltatás „best effort” alapon versenyez a feltöltési sávszélért
- A DOCSIS 1.1-ben minden szolgáltatáshoz QoS garanciákat lehet rendelni

DOCSIS

- DOCSIS 2.0 (2002)
 - Kapacitás szimmetrikus szolgáltatásokhoz
 - Nagyobb upstream kapacitás mint a DOCSIS 1.0-ban (x6) és a DOCSIS 1.1-ben (x3)
 - QPSK helyett 32-QAM, 64-QAM vagy 128-QAM az upstream részen is
 - TDMA helyett TDMA és S-CDMA a MAC rétegben
- DOCSIS 3.0 (2006)
 - 160 Mbps downstream, 120 Mbps upstream
 - Channel bonding
 - Több csatornát párhuzamosan használhat egy felhasználó
- DOCSIS 3.1 (2013)
 - 10 Gbps downstream, 1 Gbps upstream, 4096 QAM moduláció
 - 6-8 MHz széles csatornák helyett 20-50 KHz-s keskeny csatornák, OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
 - Channel bonding – akár 200 MHz széles spektrum

OFDM



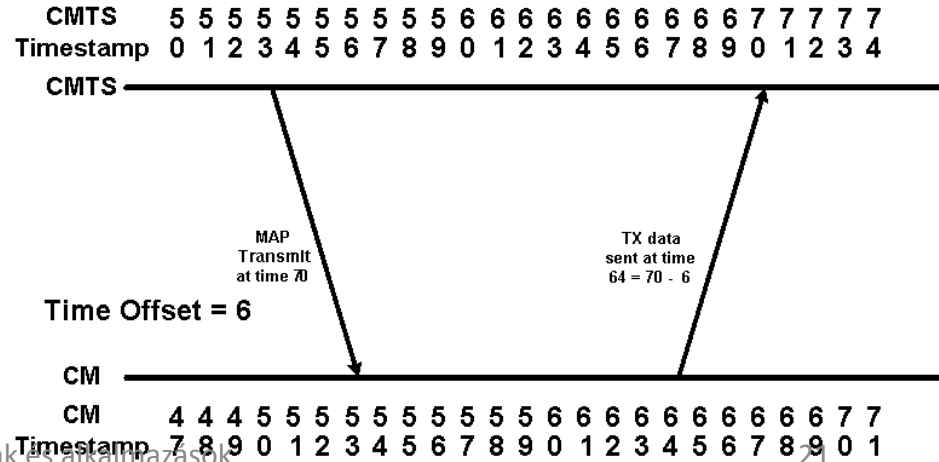
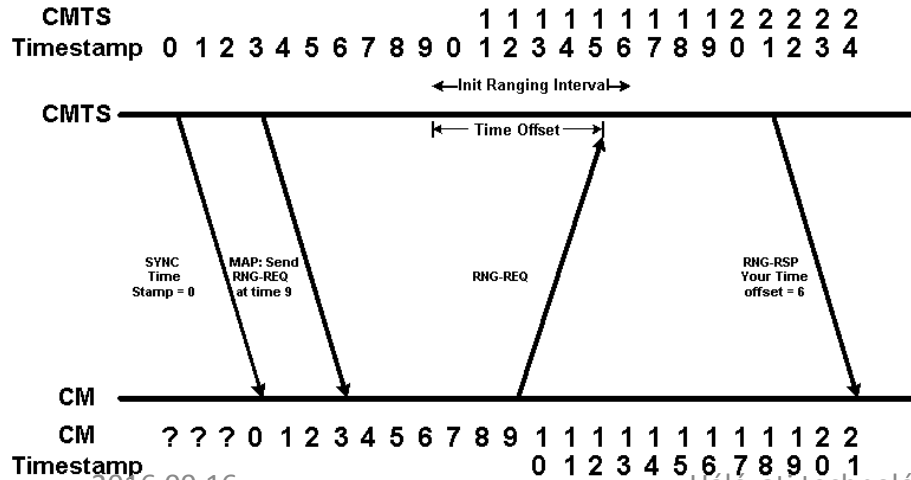
OFDM Signal Frequency Spectra

Csatlakozás

- Csatlakozásnál a modem pásztázni kezdi a letöltési csatornákat
 - A CMTS egy speciális csomagban időnként elküldi a rendszer paramétereit az újonnan kapcsolódó modemek részére
 - A modem bejelentkezik a CMTS-nél
 - A CMTS kijelöli az új modem feltöltési és letöltési csatornáit
 - Ezt később lehet változtatni, például a terhelés kiegyenlítése miatt
 - Több modem ugyanazon a feltöltési csatornán
 - Az első csomag a modemtől az ISP-hez megy
 - IP címet kér, DHCP protokollon keresztül
 - Dynamic Host Configuration Protocol
 - A pillanatnyi pontos időt is megkapja a CMTS-től

Versenyhelyzetes feltöltés

- A modem megméri milyen távol van a fejállomás
 - Távolságbecslés (ranging) – mint a ping
 - Szükség van rá az időzítések miatt



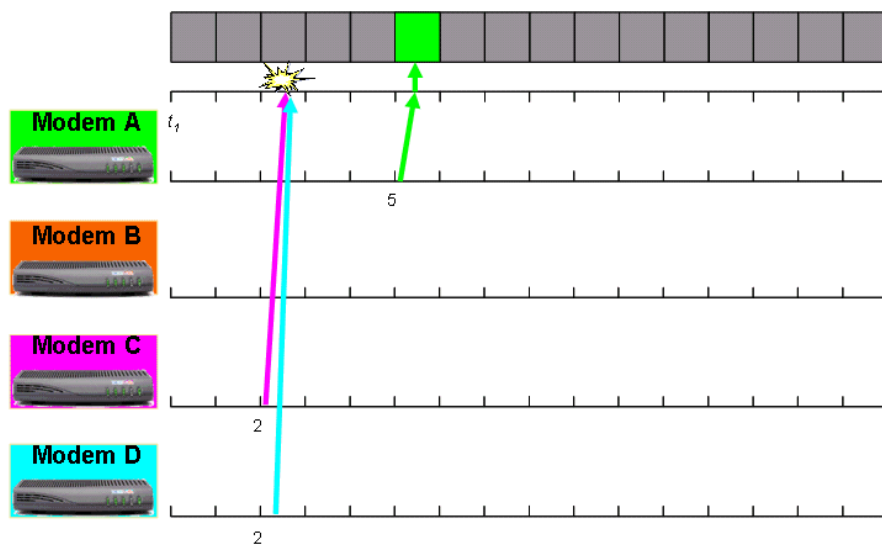
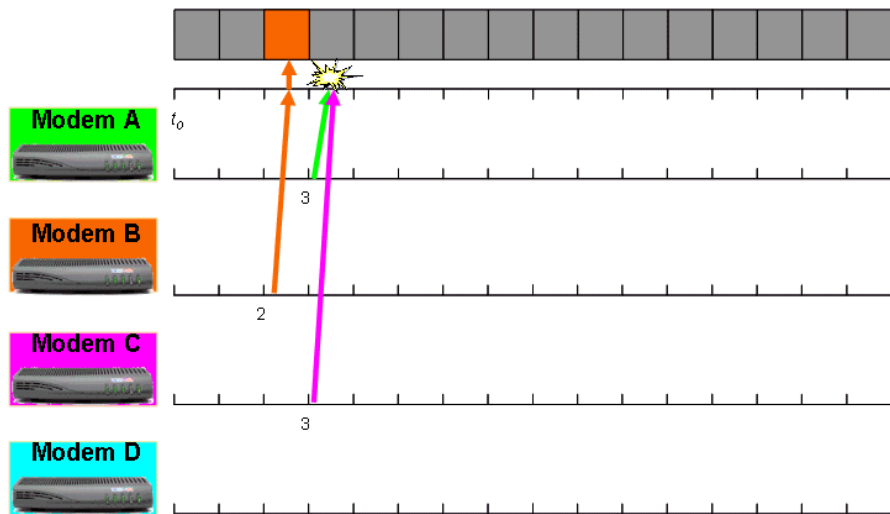
Versenyhelyzetes feltöltés

- A feltöltési csatornát mini időszelletekre osztják (minislot) – **FDD/TDMA**
 - Minden felfele haladó csomag egy vagy több minislot-ban
 - A minislot-ok hossza hálózatonként más és más
 - Tipikusan 8 byte felhasználói adat egy minislot-ban
- A fejállomás rendszeresen bejelenti mikor új minislot-csoport kezdődik
 - A kábelen való terjedés miatt nem egyszerre hallják meg a modemek
 - Mindenki ki tudja számítani mikor volt az első minislot kezdete
 - Minden modemhez hozzárendelve egy speciális minislot (**Bandwidth Request Slot**) melyben feltöltési sáv szélességet igényelhet
 - Több modem lehet ugyanazon a minislot-on

Versenyhelyzetes feltöltés

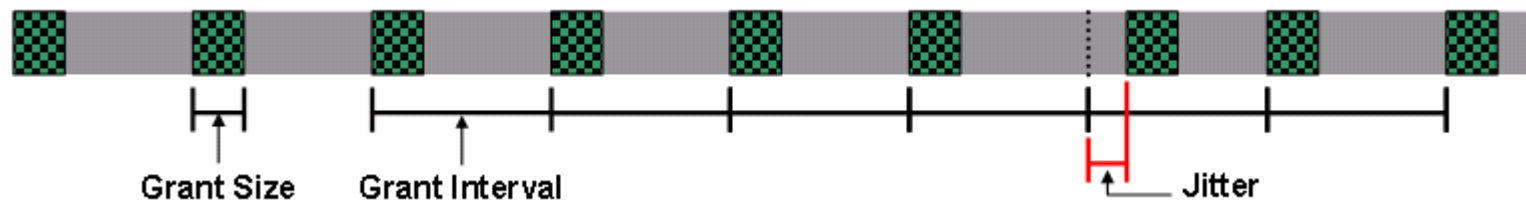
- Ha a modem csomagot akar küldeni, szükséges számú minislot-ot igényel
 - Ha a fejállomás elfogadja, a nyugtában megmondja mely minislot-okat jelölte ki
 - Ha további csomagokat akar küldeni, a fejlécben új minislot-okat kérhet
 - Ha az igényléskor ütközés, nincs nyugta
 - Vár egy véletlen ideig és újra próbálkozik
 - Minden egymás utáni kudarc után a max. idő duplázódik

Versenyhelyzetes feltöltés



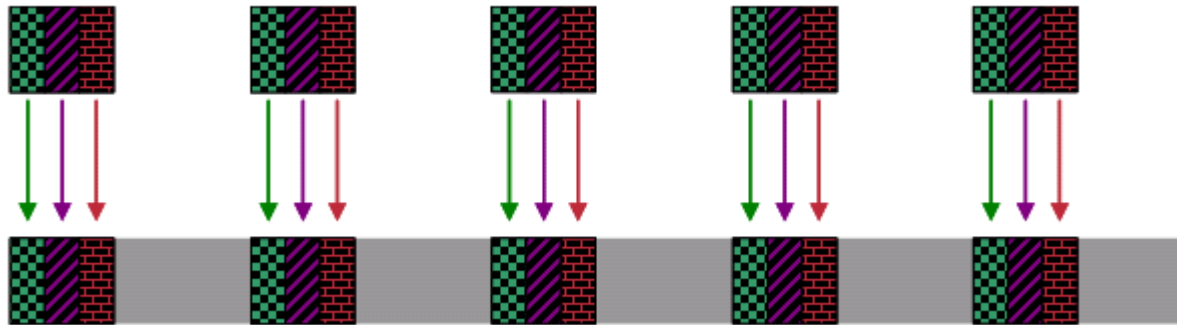
Szolgáltatásminőség biztosítása

- Különböző alkalmazásoknak különböző QoS követelmények
- CBR – Constant Bit Rate (pl. VoIP)
 - **Unsololicited Grant Services (UGS)**
 - Nem kell folyamatosan igényelni időkeretet



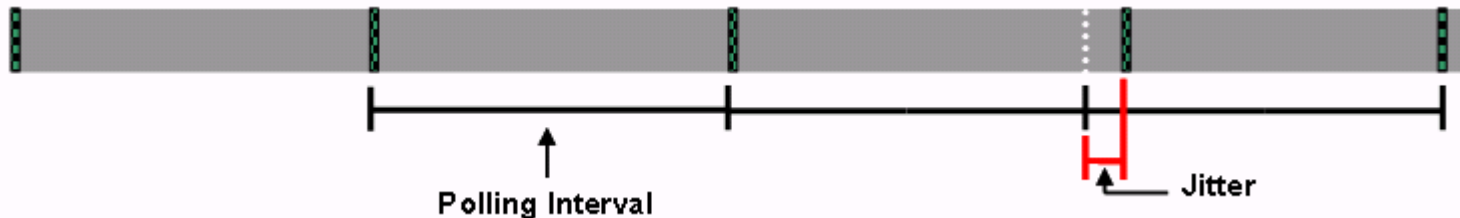
Admission Control

- UGS kéréseket csak a lehetőségek függvényében fogad el
 - Kellenek szabad időkeretek maradjanak másfajta forgalomnak



Szolgáltatásminőség biztosítása

- rt-VBR (Real Time Variable Bit Rate)
 - pl. live video stream
 - **Real Time Polling Service (RTPS)**
 - Csak az az alkalmazás/modem használhatja azt a Bandwidth Request Slot-ot
 - Biztosan tud igényelni, nincs ütközés



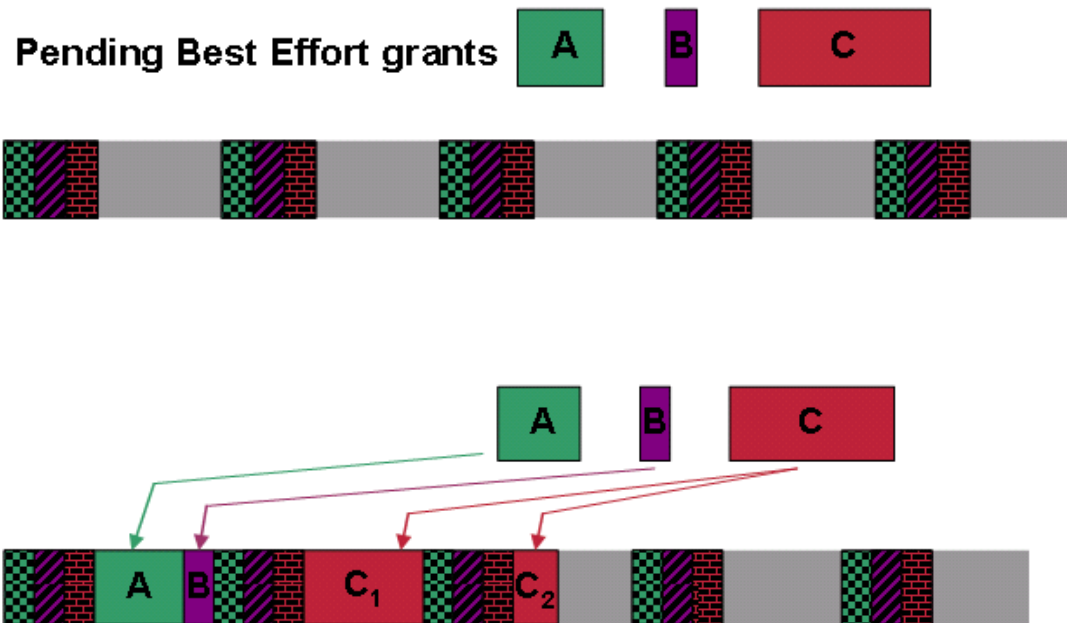
Szolgáltatásminőség biztosítása

- **Unsollicited Grant Service with Activity Detection (UGS-AD)**
 - Akkor működik UGS módban, ha van küldője
 - Ha átmenetileg nincs, átvált RTPS módba
 - Ha újból szükség van rá, vissza tud váltani ismét UGS-be
 - Pl. VoIP with Voice Activity Detection (VAD)
- **Non-Real Time Polling Service (nRTPS)**
 - nrt-VBR forgalomhoz
 - A lekérdezési intervallumok nem folyamatosak

Szolgáltatásminőség biztosítása

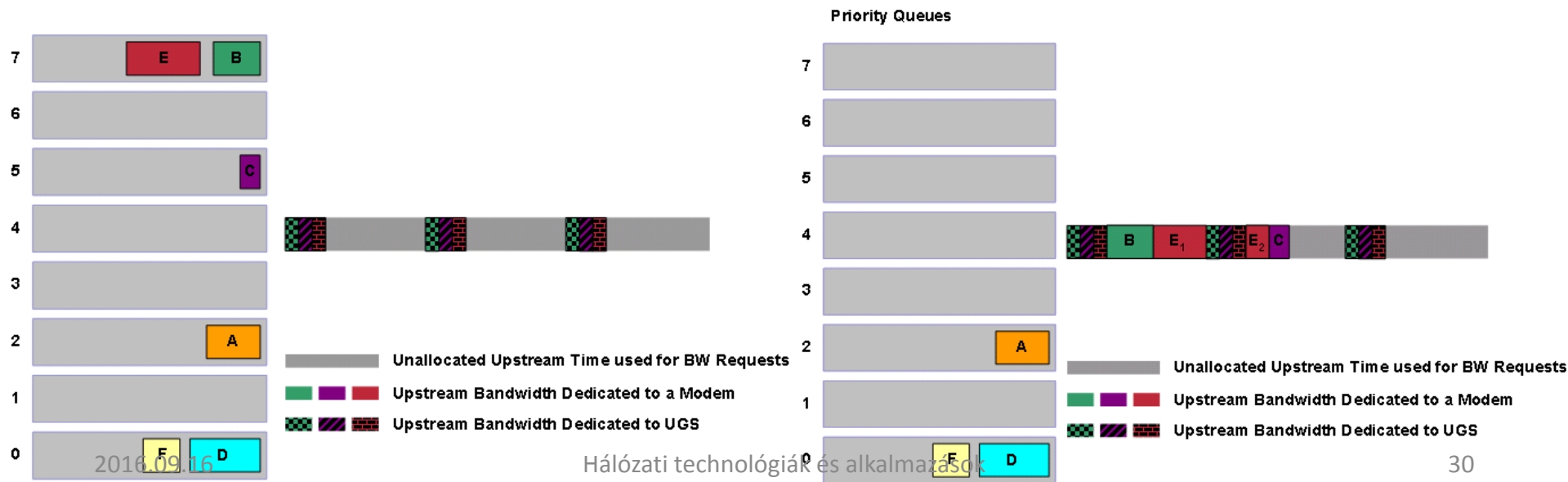
Best Effort Grants (BEG)

- Nincsenek szoros követelmények a késleltetésre és a késleltetés ingadozásra
- Fragmentation – ha szükséges, az igényelt időkereteket lehet darabolni
 - Több fejléc, de (néha) megéri



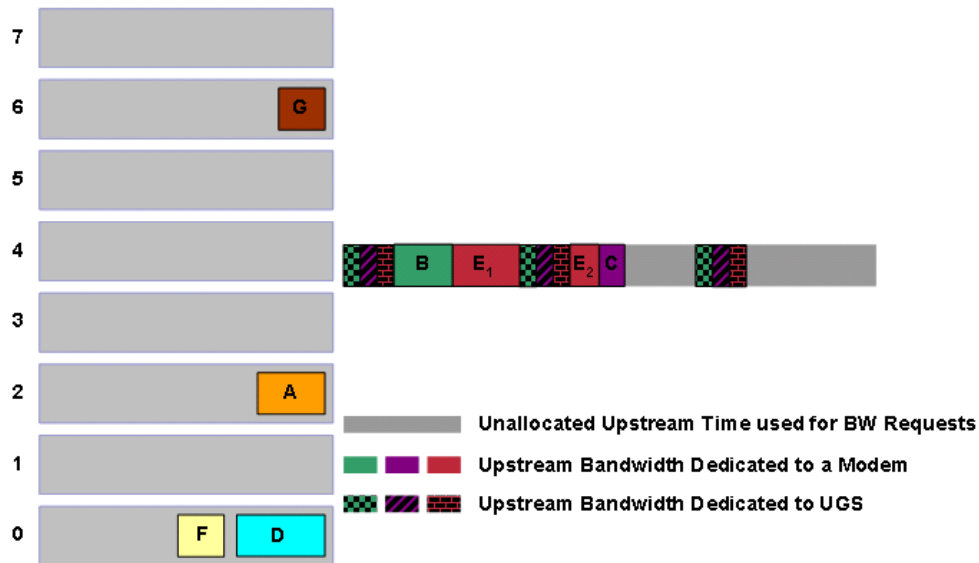
Scheduling (ütemezés)

- Prioritási sorok – alapból 8 (0-tól 7-ig)
 - A magasabb prioritási sorokat hamarabb szolgálja ki

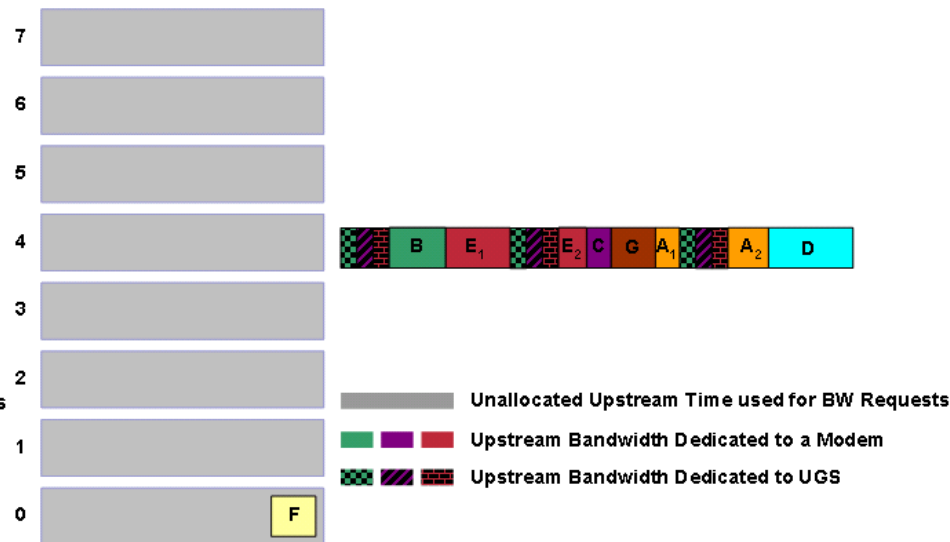


Scheduling (ütemezés)

Priority Queues



Priority Queues



Versenymentes letöltés

- Letöltésnél csak egy küldő, a fejállomás
 - Nincs versenyhelyzet, nincs szükség minislot-okra
 - Nagyméretű forgalom lefelé
 - Nagyobb, 204 byte-os rögzített csomagméret
 - Ebben Reed-Solomon hibajavító kód
 - 184 byte a felhasználói adatoknak

Le- és feltöltés a kábelen

