



Hálózati Technológiák és Alkalmazások

Vida Rolland, BME TMIT

2022. szeptember 13.



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

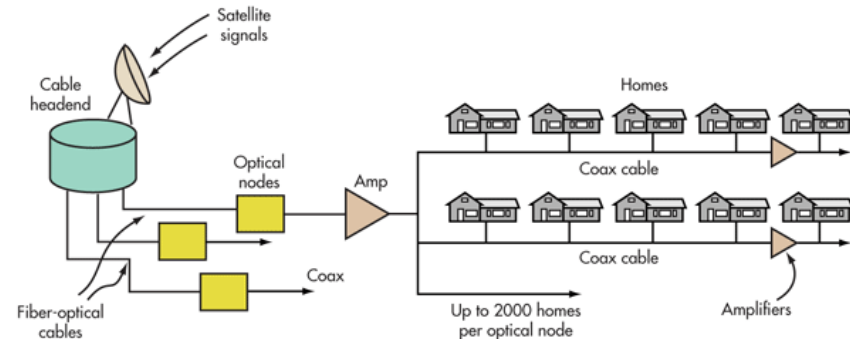
A kábeltévé fejlődése



- 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 csatlakozásnál
 - Egy fényvezető szál több koax kábelt is táplálhat
 - Sokkal nagyobb sávszélesség



2022. 09. 13.

Internet a kábeltévén



2022. 09. 13.

Hálózati technológiák és alkalmazások

Internet a kábeltévén

- A kábelhálózat üzemeltetők elkezdtek bővíteni a szolgáltatásaikat
 - Internetelés, telefonszolgáltatás
- Át kell alakítani a hálózatot
 - Az egyirányú erősítőket kétirányú erősítőre kell cserélni mindenhol
 - A fejállomást fel kell fejleszteni
 - Egy buta erősítóből 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

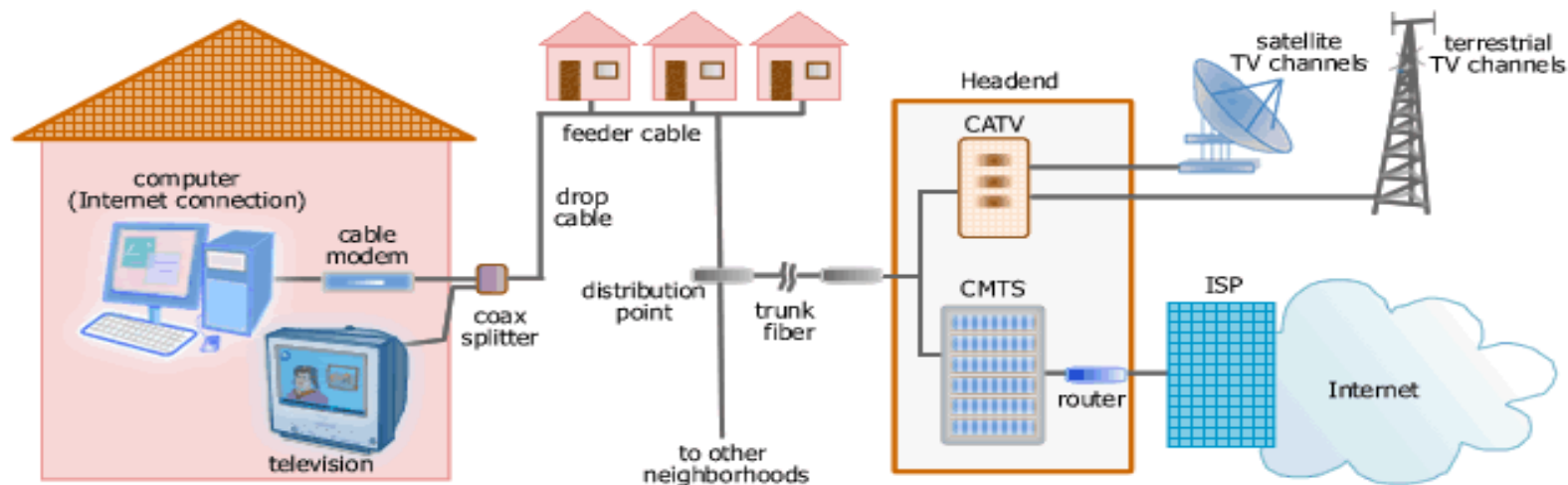
2022. 09. 13.

Hálózati technológiák és alkalmazások

Internet a kábeltévé

- Megoldás: több darabra osztunk egy hosszú kábelt
 - Minden szakaszt közvetlenül egy fiber node-hoz kötünk
 - A fejállomás és a fiber node-ok között nagyon nagy átviteli sebesség, optikai szálakon
 - A felhasználók hozzáférését a koaxiális kábel kapacitása korlátozza
 - Ha nincs túl sok felhasználó egy szakaszon, a forgalom kezelhető
 - Tipikusan 500-2000 ház egy szakaszon
 - További felosztás várható ahogy nő az előfizetők száma és a forgalom

Internet a kábeltévén

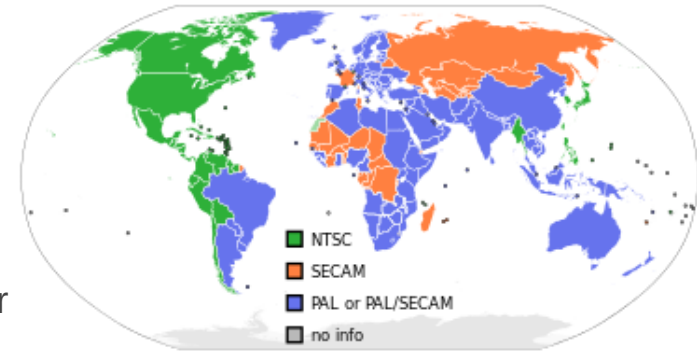


Spektrumkiosztás

- A kábelhálózatot nem csak internetezésre használják
 - 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
 - Analóg kábeltévé-csatornák: 54 – 550 MHz
 - 6 MHz széles csatornák, védősávval együtt
 - **NTSC - National Television System Committee**
 - Felbontás: 720 x 480, 29.97 fps

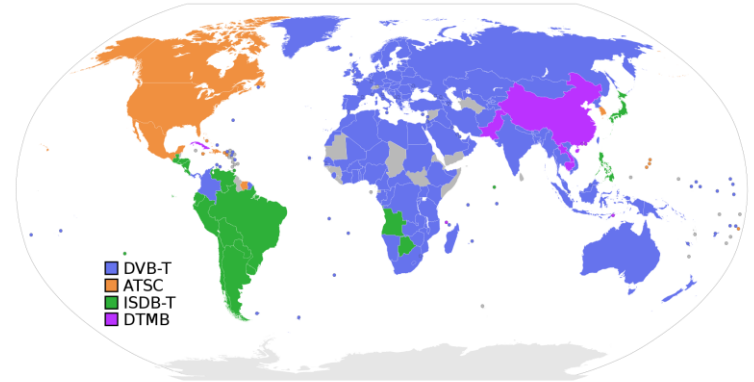
Spektrumkiosztás

- Európa
 - TV sávok alsó határa 65 MHz
 - 6-8 MHz széles analóg 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



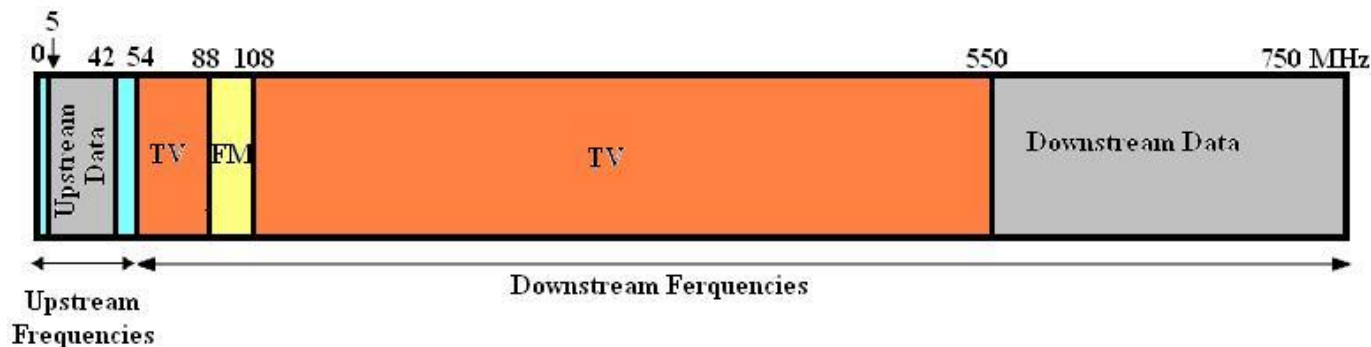
Digitális televíziózás

- Bevezetés a 2000-es években
- HDTV felbontás
- Szélesebb képarány (16:9)
- Hatékonyabb átvitel, akár 7 digitális csatorna is egy analóg csatorna frekvenciáján



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 is 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 átviteli sebesség 27 Mbps, 256-QAM-el kb. 39 Mbps
 - Európában magasabb sebesség, 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



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

CN
COLLECTION



- 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 előfizetőknek





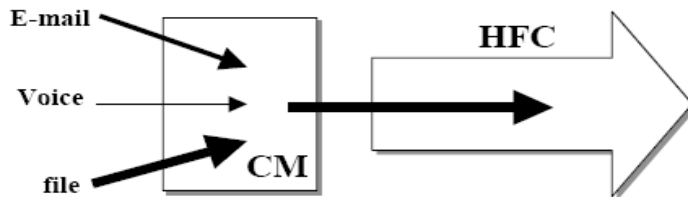
- **DOCSIS 1.0** (1997)
 - RF Return
 - Kétirányú kommunikáció biztosítása
 - Telco Return
 - Dial-up kapcsolat az upstream forgalomra
 - Nem kell módosítani az infrastruktúrát, egyirányú kommunikáció a kábelben
 - A modemárak 300\$-ról (1998) <30\$-ra estek
- **DOCSIS 1.1** (1999)
 - VoIP, gaming, streaming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

DOCSIS

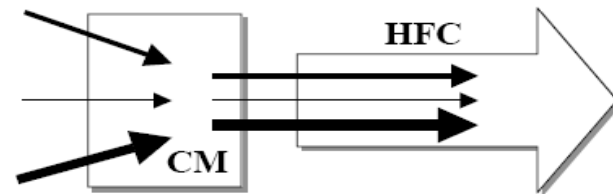


- A DOCSIS 1.0-ban minden szolgáltatás „best effort” alapon versenyez a feltöltési sávszélért
- A DOCSIS 1.1-ben minden szolgáltatáshoz QoS garanciákat lehet rendelni

DOCSIS 1.0



DOCSIS 1.1





■ 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 (Synchronous CDMA) a MAC rétegben
 - Ugyanabban az időszelvényben több modem több kódot használva
 - Kevésbé érzékeny az interferenciákra a CDMA miatt

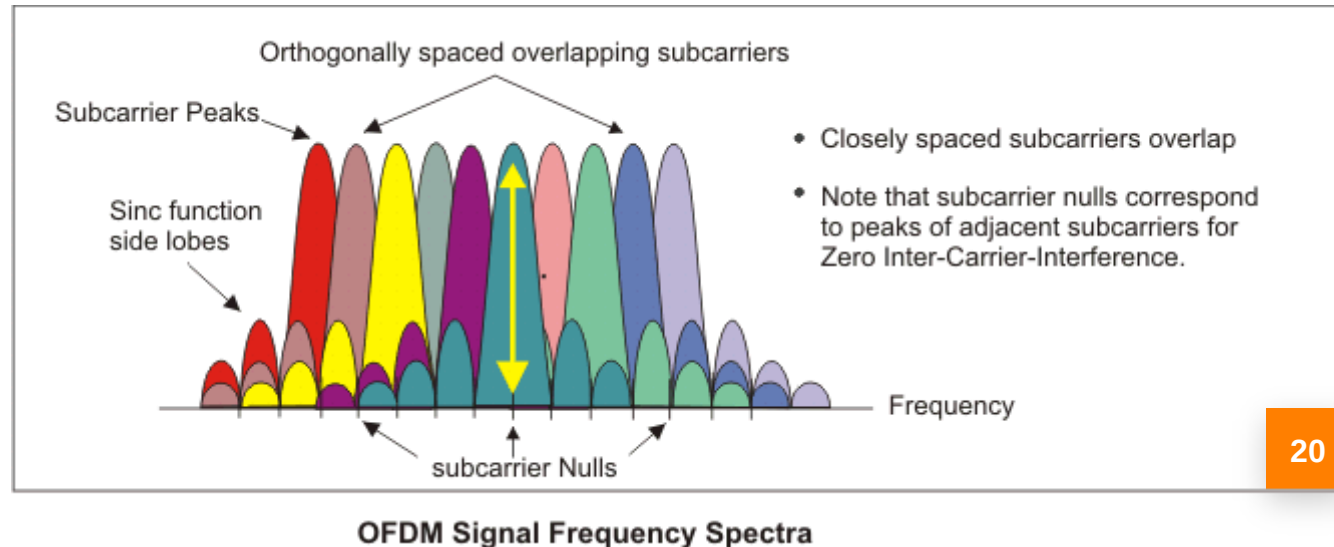
■ DOCSIS 3.0 (2006)

- 160 Mbps downstream, 120 Mbps upstream
- Channel bonding
 - Több csatornát párhuzamosan használhat egy felhasználó

DOCSIS 3.1 (2013)



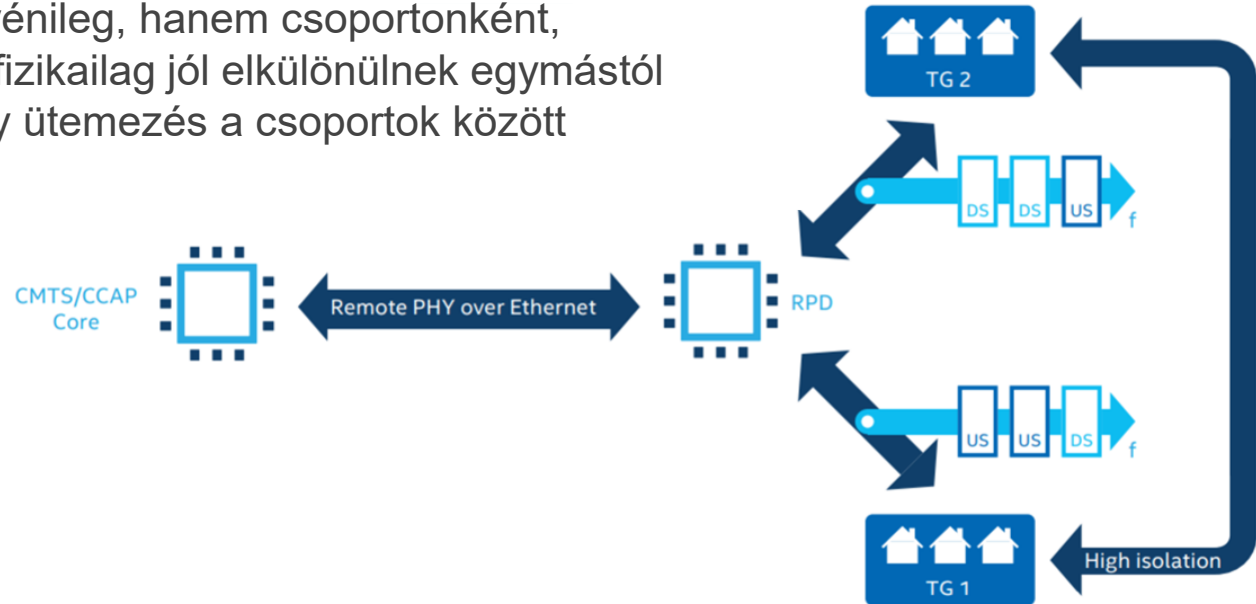
- 10 Gbps downstream, 1 Gbps upstream, 4096 QAM moduláció
- 6-8 MHz széles csatornák helyett 20-50 KHz-s keskeny csatornák, OFDM
- Channel bonding – akár 200 MHz széles spektrum



DOCSIS 4.0 Full Duplex (FDX, 2018)



- Szimmetrikus sebességek, 10 Gbps mindkét irányba
- Adás mindkét irányba, minden frekvencián, folyamatosan
 - Nem egyénileg, hanem csoportonként, ha azok fizikailag jól elkülönülnek egymástól
 - Hatékony ütemezés a csoportok között



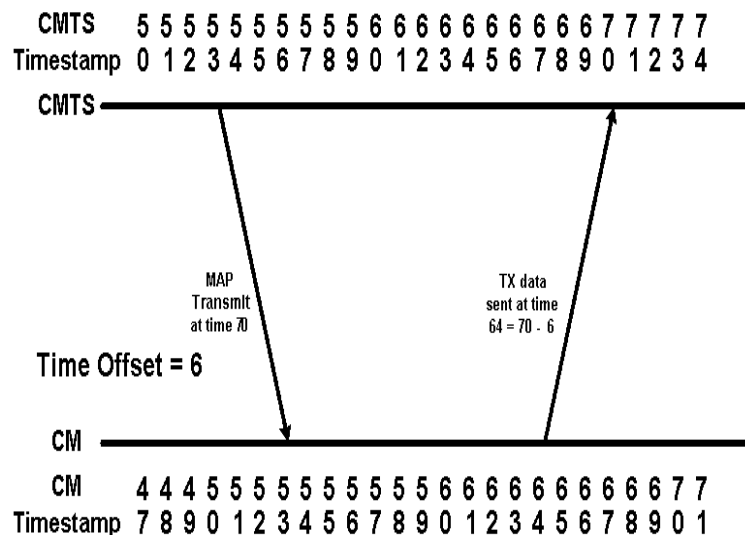
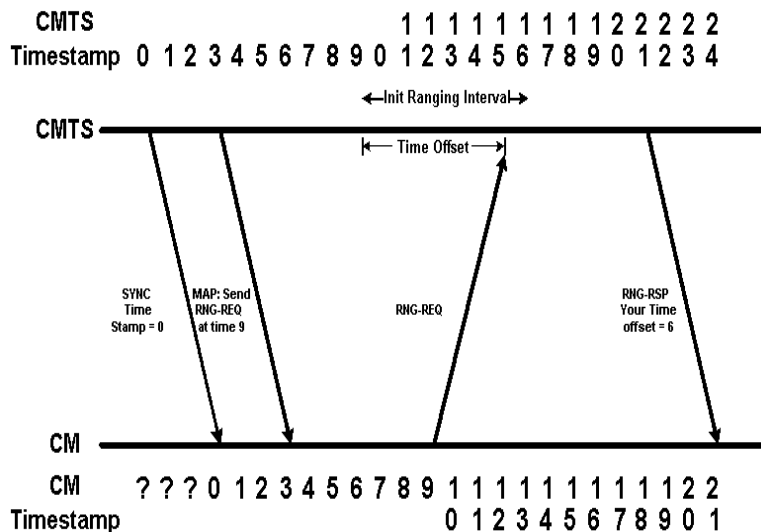


- Csatlakozásnál a modem pásztázni kezdi a letöltési csatornákat
 - A CMTS egy speciális csomagban időnként elküldi a rendszer paramétereit az újonnan kapcsolódó modemek részére
 - A modem bejelentkezik a CMTS-nél
 - A CMTS kijelöli az új modem feltöltési és letöltési csatornáit
 - Ezt később lehet változtatni,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

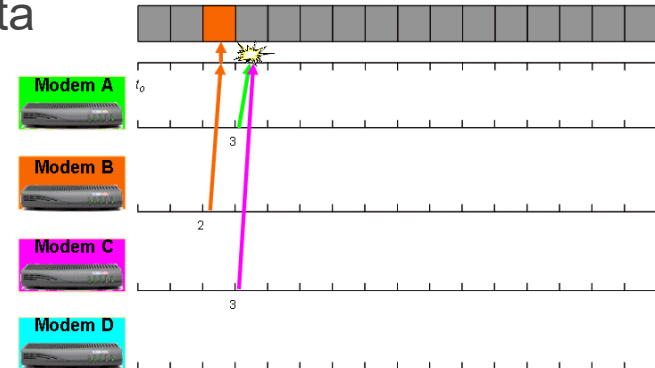


- A feltöltési csatornát mini időszeletekre osztják (minislot) – **FDD/TDMA**
 - Minden felfele haladó csomag egy vagy több minislot-ban
 - A minislot-ok hossza hálózatonként más és más
 - Tipikusan 8 byte felhasználói adat egy minislot-ban
- A CMTS rendszeresen bejelenti mikor új minislot-csoport kezdődik
 - A kábelén 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



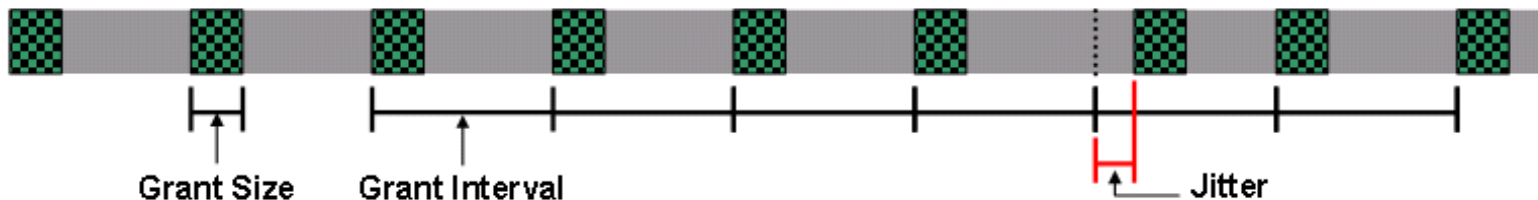
- Ha a modem csomagot akar küldeni, szükséges számú minislot-ot igényel
 - Ha a fejállomás elfogadja, a nyugtában megmondja mely minislot-okat jelölte ki
 - Ha további csomagokat akar küldeni, a fejlécben új minislot-okat kérhet (piggybacking)
 - Ha az igényléskor ütközés, nincs nyugta
 - Vár egy véletlen ideig (0 és x μ s között) és újra próbálkozik
 - Minden egymás utáni kudarc után a maximális idő (x) duplázódik



Szolgáltatásminőség biztosítása



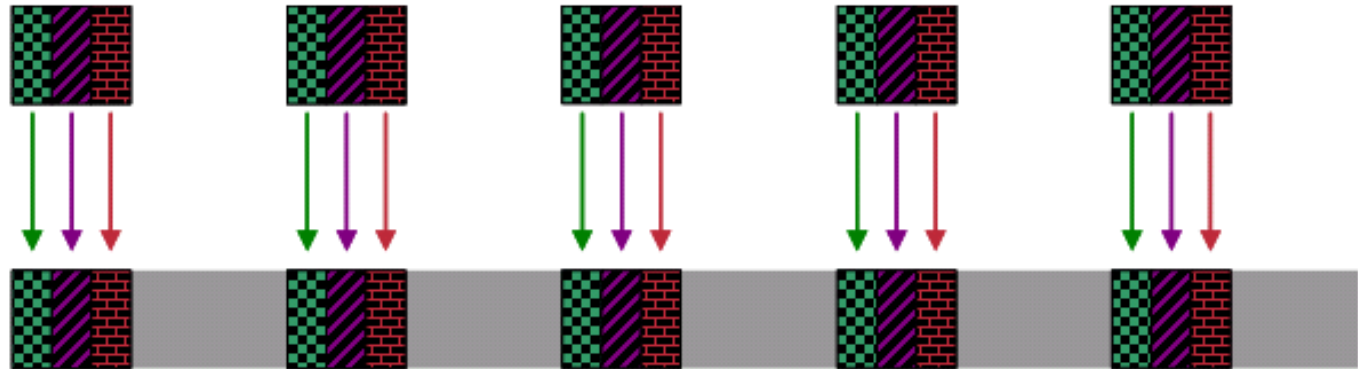
- Különböző alkalmazásoknál különböző QoS követelmények
- CBR – Constant Bit Rate (pl. VoIP)
 - **Unsolicited Grant Services (UGS)**
 - Nem kell folyamatosan igényelni időkeretet
 - Meddig tart (G, Grant Size), milyen időközönként ismétlődik (I, Grant Interval), és mennyit késhe (J, Tolerated Jitter)



Admission Control



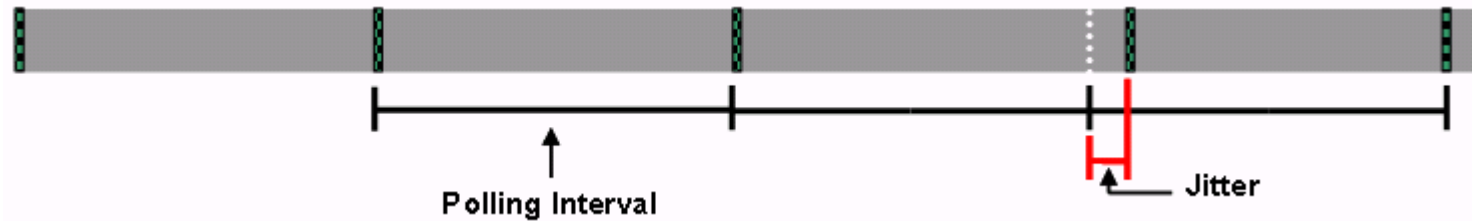
- UGS kéréseket csak a lehetőségek függvényében fogad el
 - Kellenek szabad időkeretek maradjanak másfajta forgalomnak



Szolgáltatásminőség biztosítása



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



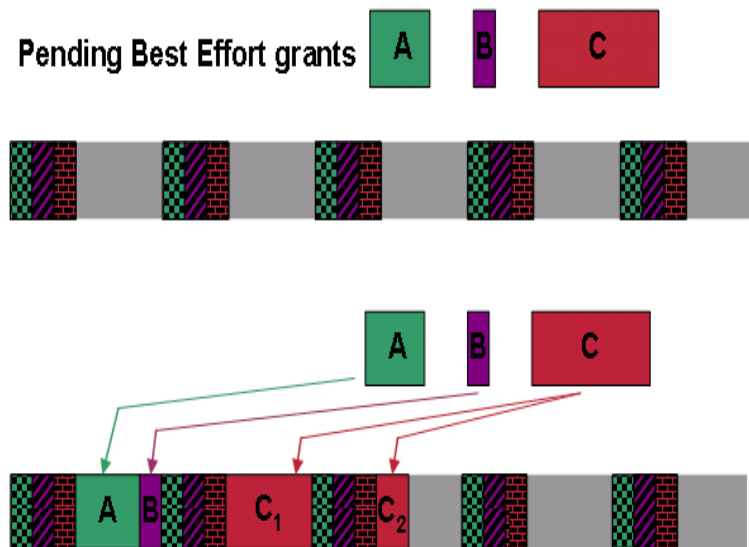


- **Unsolicited Grant Service with Activity Detection (UGS-AD)**
 - Akkor működik UGS módban, ha van küldénivalója
 - Ha átmenetileg nincs, átvált RTPS módba
 - Ha újból szükség van rá, vissza tud váltani ismét UGS-be
 - Pl. VoIP with Voice Activity Detection (VAD)
- **Non-Real Time Polling Service (nRTPS)**
 - nrt-VBR (non real time variable bit rate) forgalomhoz
 - Pl. video on demand (Youtube, Netflix)
 - A lekérdezési intervallumok nem folyamatosak



■ Best Effort Grants (BEG)

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



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