



Hálózati Technológiák és Alkalmazások

Vida Rolland, BME TMIT

2018. szeptember 10.



Kábelmodem



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

CN
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



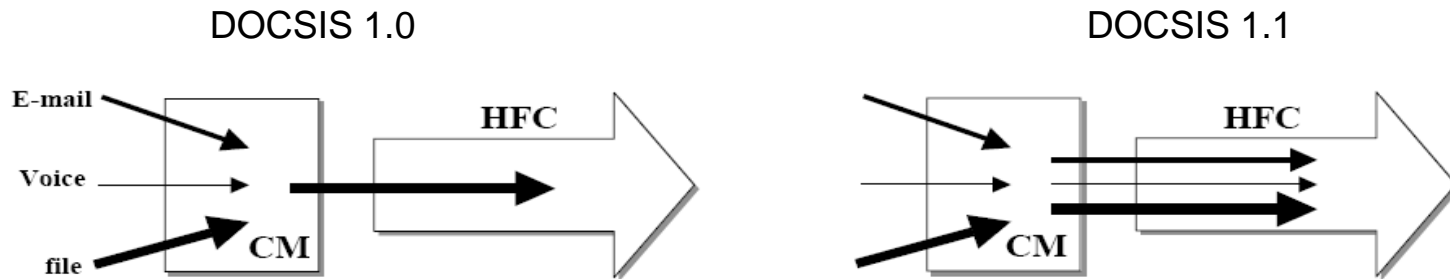


- **DOCSIS 1.0** (1997)
 - RF Return
 - Kétirányú kommunikáció biztosítása
 - Telco Return
 - Dial-up kapcsolat az upstream forgalomra
 - Nem kell módosítani az infrastruktúrát, egyirányú kommunikáció a kábelen
 - A modemárak 300\$-ról (1998) <30\$-ra estek
- **DOCSIS 1.1** (1999)
 - VoIP, gaming, streaming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

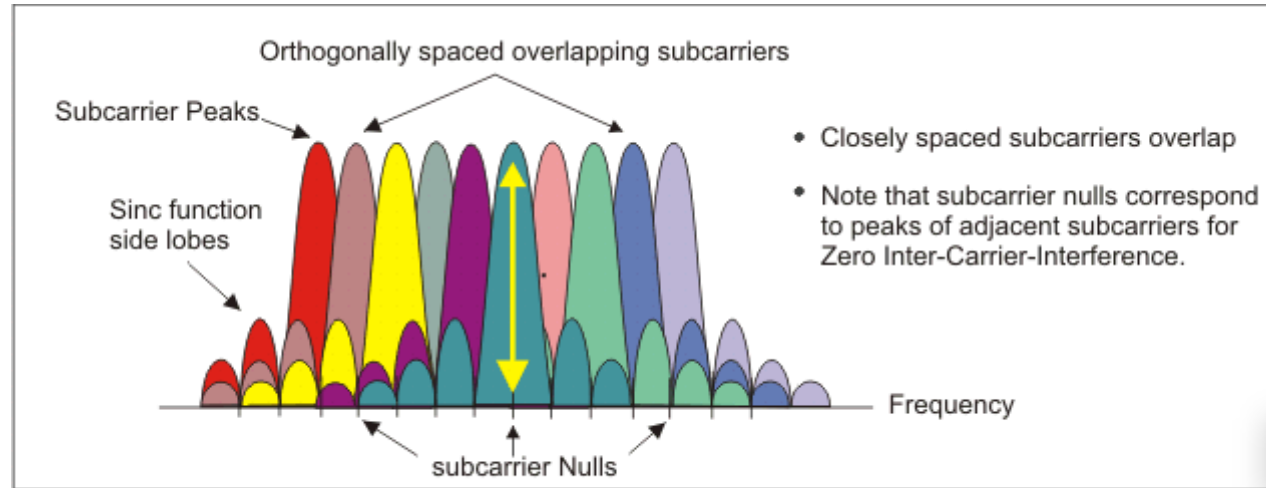
■ DOCSIS 3.0 (2006)

- 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



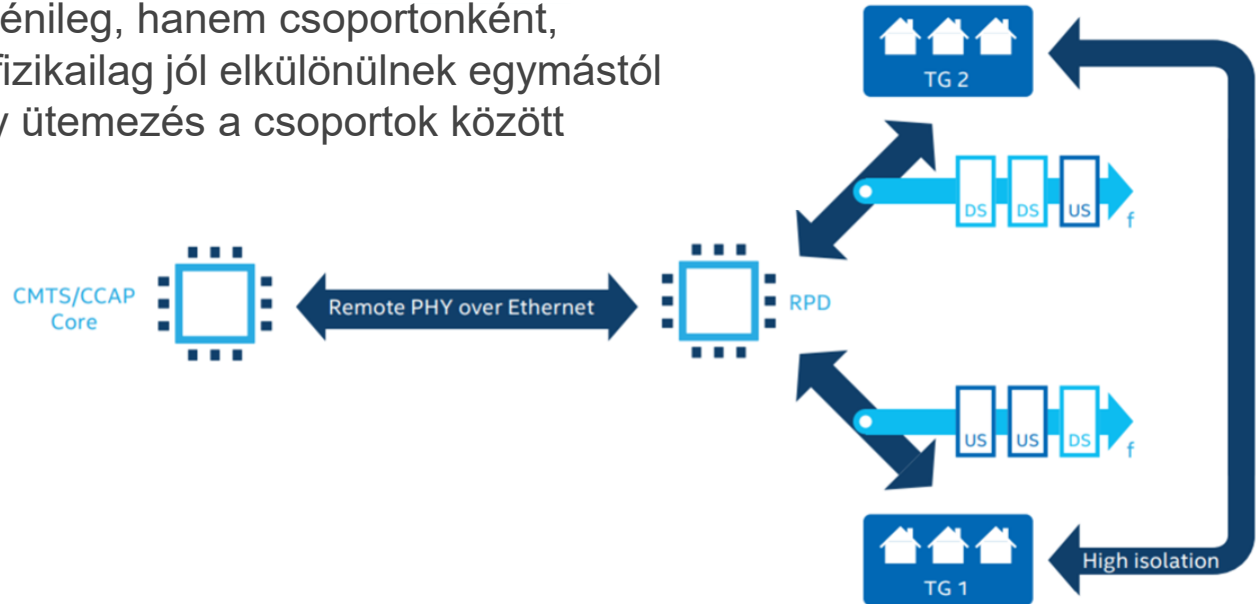
OFDM Signal Frequency Spectra

2018. 09. 10.

DOCSIS 3.1 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



2018. 09. 10.



- 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

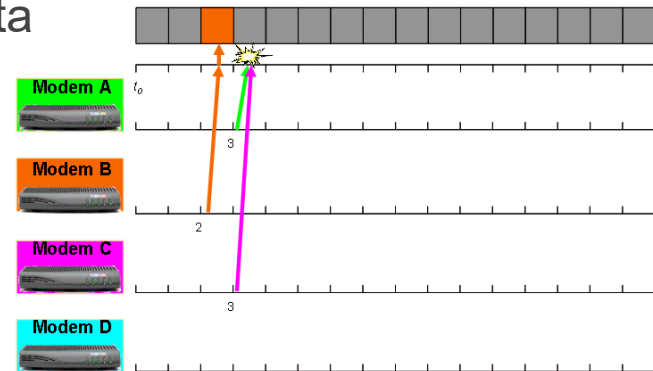


- A feltöltési csatornát mini időszemekre osztják (minislot) – **FDD/TDMA**
 - Minden felfele haladó csomag egy vagy több minislot-ban
 - A minislot-ok hossza hálózatonként más és más
 - Tipikusan 8 byte felhasználói adat egy minislot-ban
- A CMTS rendszeresen bejelenti mikor új minislot-csoport kezdődik
 - A 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 sávszélességet igényelhet
 - Több modem lehet ugyanazon a minislot-on

Versenyhelyzetes feltöltés



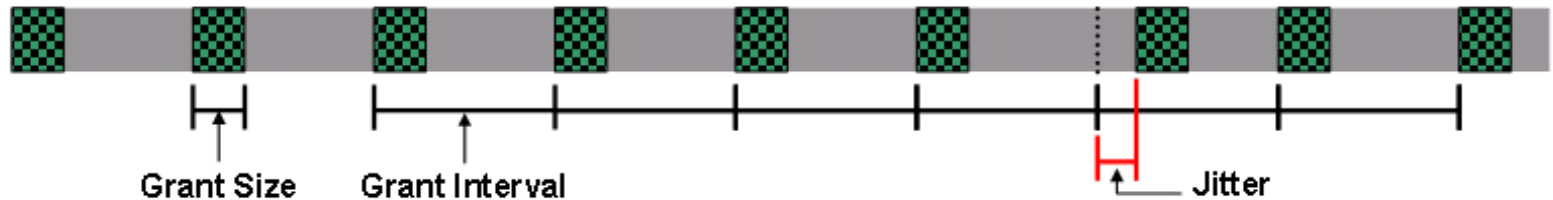
- Ha a modem csomagot akar küldeni, szükséges számú minislot-ot igényel
 - Ha a fejállomás elfogadja, a nyugtában megmondja mely minislot-okat jelölte ki
 - Ha további csomagokat akar küldeni, a fejlécben új minislot-okat kérhet (piggybacking)
 - Ha az igényléskor ütközés, nincs nyugta
 - Vár egy véletlen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



Szolgáltatásminőség biztosítása



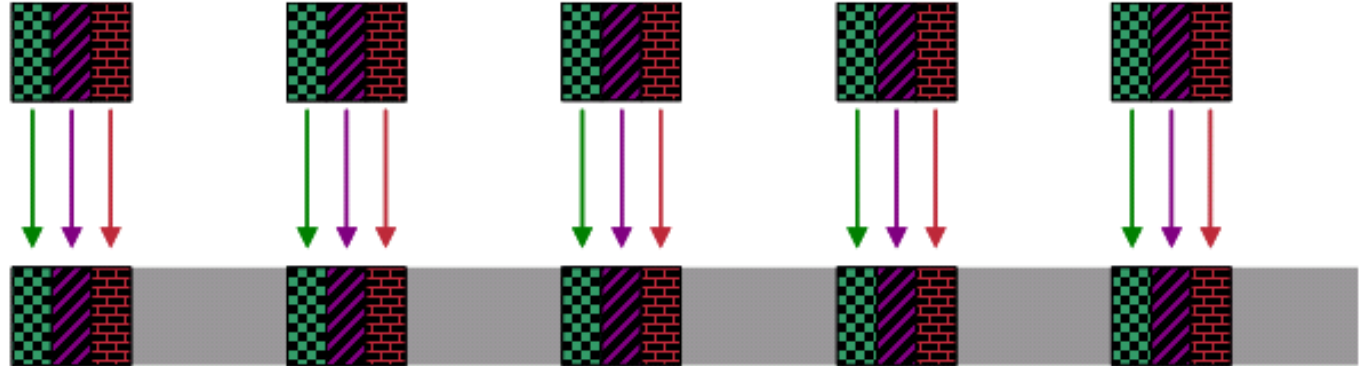
- Különböző alkalmazásoknál különböző QoS követelmények
- CBR – Constant Bit Rate (pl. VoIP)
 - **Unsololicited Grant Services (UGS)**
 - Nem kell folyamatosan igényelni időkeretet
 - Meddig tart (G, Grant Size), milyen időközönként ismétlődik (I, Grant Interval), és mennyit késhet (J, Tolerated Jitter)



Admission Control



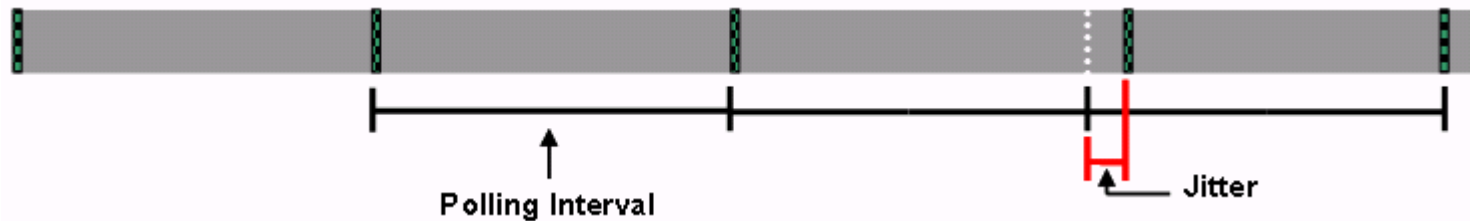
- UGS kéréseket csak a lehetőségek függvényében fogad el
 - Kellenek szabad időkeretek maradjanak másfajta forgalomnak



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



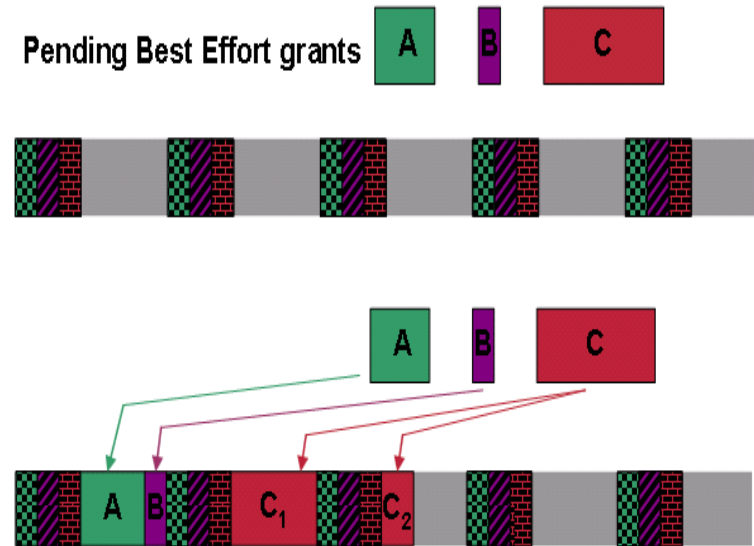


- **Unsollicited Grant Service with Activity Detection (UGS-AD)**
 - Akkor működik UGS módban, ha van küldője
 - Ha átmenetileg nincs, átvált RTPS módba
 - Ha újból szükség van rá, vissza tud váltani ismét UGS-be
 - Pl. VoIP with Voice Activity Detection (VAD)
- **Non-Real Time Polling Service (nRTPS)**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

Aloha Hawaii



Alohanet



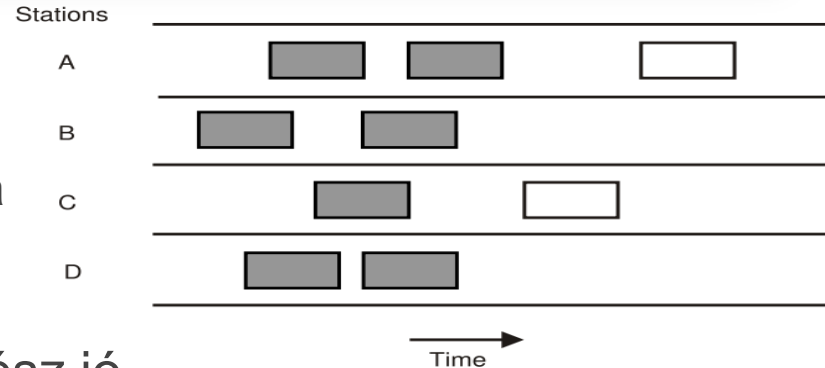
- Hawaii – 70-es évek elején nem volt telefonhálózat
 - A távoli szigeteken lévő felhasználókat a Honoluluban lévő központi számítógépekhez kellett csatolni
- Megoldás: **ALOHANET**
 - Norman Abramson, Hawaii Egyetem
 - Minden felhasználó terminálon egy rádió
 - Két frekvencián üzemelt, egy a lefele, egy a adatoknak
 - Lefele csak a központ küldött, nem volt gond
 - Felfele versenyhelyzet, többen használták ugyanazt a csatornát
 - Ha sikerült elküldeni valamit, a központ visszaküldte a csomagot a másik csatornán
 - Ha nem jött vissza, a csomag valószínűleg elveszett, ezért újra próbálkozott





▪ Előnyök

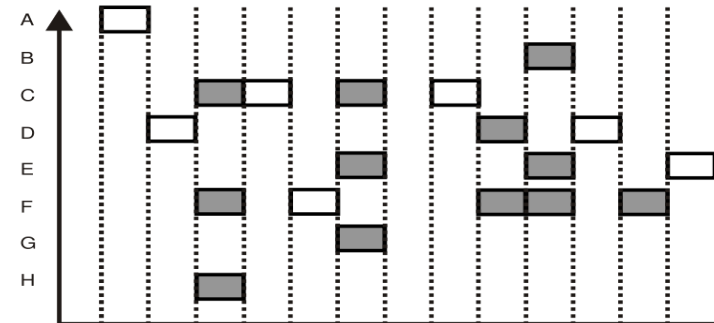
- Változó méretű csomagok
 - Nincs szükség szinkronizálásra
 - Egyszerű működés
- Alacsony terhelés mellett egész jó,
de **nagy upstream terhelés
mellett szinte használhatatlan**



Slotted Aloha



- Az időt szeletekre (**slots**) osztjuk
 - Fix hosszúságú szeletek, egy **fix hosszúságú csomag** küldéséhez
- Ha egy csomópont küldeni akar, megvárja amíg a következő slot kezdődik
 - **Szinkronizálás** szükséges
- Ha senki más nem küld abban a slot-ban, akkor sikeres küldés
 - Különben ütközés és újraküldés egy véletlen hosszúságú várakozási idő után



Slotted ALOHA protocol (shaded slots indicate collision)

Ethernet