

# **Szakdolgozat**

Boda József

Debrecen  
2010

Debreceni Egyetem  
Informatikai Kar

**SZÉLESSÁVÚ ADATÁTVITEL  
KTV HÁLÓZATOKON.  
DOCSIS 3.0 AJÁNLÁS**

**Belső konzulens:**  
**dr. Almási Béla**  
**Egyetemi docens**

**Külső konzulens:**  
**Erhardt Zoltán**  
**Porion Digital Kft**

**Készítette:**  
**Boda József**  
**Mérnök Informatikus**

Debrecen  
2010

# 1.Tartalomjegyzék

1.Tartalomjegyzék .....	3
2. Bevezetés .....	5
3. Kábeltelevízió hálózat mint fizikai átviteli közeg .....	7
3.1. KTV hálózat fejlődése .....	7
3.2. KTV hálózattal szembeni elvárások .....	8
4. Docsis rendszerek kialakulása .....	13
4.2. Átviteli paraméterek .....	15
5. Fizikai réteg jellemzői .....	18
5.2. Átvitelre használható frekvenciák .....	20
5.3. Letöltési irány jellemzőinek meghatározása .....	21
5.3.1. Kábelmodem vételi képesség .....	22
5.4. Feltöltési irány jellemzőinek meghatározása.....	23
5.4.1. TDMA üzemmód.....	25
5.4.2. SCDMA üzemmód .....	25
5.4.3. Kábelmodem modulátor .....	27
5.4.4. Modulációs eljárások.....	27
5.4.5. Spreader, Kód ugratás.....	29
5.4.6. Szkremlerezés .....	30
5.4.7. Adási előkiegyenlítés.....	31
5.5. EuroDocusis specifikációs sajátosságok .....	31
5.6. Koaxiális hálózat kivezélhetősége, QAM csatornák beillesztése.....	34
6. Adatkapcsolati réteg jellemzői .....	36
6.1. A Docsis 3.0 erőforrásainak bemutatása .....	36
6.1.1. Csatorna kötegelés .....	36
6.1.2. Automatikus terhelés elosztás .....	37
6.1.3. Multicast képességek.....	38
6.1.4. QoS megvalósítása .....	39
6.2. Rétegprotokollok, a hálózati és felsőbb rétegekből.....	39
6.3. Kábelmodem és menedzsment felügyelet .....	40
6.3.1. CM és CPE kezdeti konfigurálás és menedzsment .....	40
6.4. A fizikai réteg és a második réteg kapcsolata, a HFC topológiájának függvényében.....	42
6.4.1. Frekvencia kiosztás és a szolgáltatási csoportok.....	43
6.4.2. Letöltés irányú szolgáltatási csoportok.....	44
6.4.3. Feltöltés irányú szolgáltatási csoportok.....	44
6.4.4. Kábelmodem szolgáltatási csoportok .....	44
6.4.5. MAC tartományok hozzárendelése RF átviteli csatornákhöz, illetve optikai csomópontokhoz.....	44
6.5. MAC specifikáció.....	46
6.5.1. MAC keretformátumok, keretek továbbítása .....	47
6.5.2. MAC fejléc felépítése.....	48
6.5.3. MAC specifikus fejlécek, fejléckiegészítések .....	49
6.6. Szegmens fejléc .....	51
6.7. MAC protokoll működése .....	52

7. Hálózatmenedzsment rendszerek Nemesis.....	55
7.1. Nemesis szoftver bemutatása.....	55
7.2. A rendszer felépítése .....	55
7.3. A felhasználói felület felépítése használata.....	56
7.3.1. Hálózatok menüpont.....	56
7.3.2. Szolgáltatások menüpont.....	62
8. Összefoglalás .....	68
9. Szójegyzék.....	69
10. Irodalom .....	72

## 2. Bevezetés

A kábeltelevíziós hálózat, mint átviteli médium hatalmas fejlődésen esett át az elmúlt évtizedekben. Mára már nem csupán televízió és rádióműsorok átvitelére használják hanem, hang és adatátviteli platformként is komoly alternatívát képez a távközlési médiumok palettáján. Jelen pillanatban csupán az FTTx optikai hálózatok szárnyalják túl sáv szélesség kapacitását, viszont a kábeltelevíziós hálózatok elterjedtségük miatt komoly piaci szegmenst szolgálnak ki napjainkban. A koaxiális hálózatok nem csupán magas adatátviteli és sáv szélesség kapacitásuk miatt tudják még mindig megtartani piaci helyzetüket, hanem a rajtuk alkalmazott átviteli technológiák folyamatos fejlesztésének köszönhetően is. Ezen technológiák jelentős része a DOCSIS szabványok folyamatos fejlesztésén alapszik. Dolgozatom fő témája a Docsis technológiával foglalkozik, ezen belül is jelenleg használt legújabb 3.0-ás verzióval, ami csak néhány éve jelent meg a piacon, Magyarországon pedig körülbelül másfél éve kezdett elterjedni.

Régebben TV videó műszerészként kerültem közel a távközlési szakmához. Több mint 15 éve foglalkozok kábeltelevíziós hálózatok méretezésével, tervezésével, valamint építéssel üzemeltetéssel. Saját hálózataim mellett, multinacionális cégek megbízásából is végeztem hálózat építést, üzemeltetést, bővítést a kelet magyarországi régióban. Ennek köszönhetően sikerült ismereteket szereznem a korszerű interaktív HFC hálózatokról.

A kábeltelevíziós hálózatok és szolgáltatások iránt érzett elkötelezettségem arra inspirált, hogy ezt a témát válasszam a szakdolgozatom megírásához.

A dolgozatom célja a hálózatra, mint fizikai közegre épülő adatszolgáltatások működtetéséhez szükséges eszközök, technológiák és protokollok bemutatása. A terület rendkívül sokrétű és összetett, ezért mindenre kiterjedő ismertetése a dolgozat méretéből adódóan nem lehetséges.

A dolgozat első fejezete a KTV hálózatok evolúcióját mutatja be, valamint a korszerű hálózattal kapcsolatos követelményeket taglalja. A következő fejezet a DOCSIS rendszer kialakulását és fejlődésének fontosabb mérföldköveit tárgyalja, valamint az egyes verziók átviteli paramétereit rendszerezi.

A következő nagy fejezet a fizikai réteg vizsgálatával foglalkozik. Az RF átviteli csatornával, a le- és feltöltési irányok fontosabb jellemzőivel, a modulációs eljárásokkal, feltöltési irányú üzemmódokkal. Vizsgálja a koaxiális hálózat fizikai működési sajátosságait valamint az ebből adódó hiányosságokat, tökéletlenségeket. Ismerteti azokat a technológiákat, szabályzási eszközöket, amelyekkel korrigálhatók az átviteli útban keletkező torzulások, hibák.

A következő fejezet első része a Docsis 3.0–ás verzójának előnyeit, újdonságait vizsgálja.

Második része pedig a kábelmodem és az ügyfél készülékének a kezdeti beállításait és későbbi menedzsmentjét mutatja be. Foglalkozik továbbá az első és második réteg kapcsolatával, ami szervesen kihat a HFC hálózat topológiájára, a MAC specifikációval. Végül pedig egy hálózatmenedzsment rendszer ismertetése következik.

## **3. Kábeltelevízió hálózat mint fizikai átviteli közeg**

### **3.1. KTV hálózat fejlődése**

A kábeltelevízió őshazája az Egyesült Államok, tömeges elterjedése az 1960-as évek második felére tehető. Az alapötlet a központi antennarendszerek gondolatából ered, melynek lényege, egyetlen antennáról kiszolgálni több akár sok száz vagy ezer ügyfelet zavarmentes jó minőségű antennajellel, amelyek jelentős része nem rendelkezett megfelelő rálátással az adótornyokra. Ezek továbbfejlesztéseként és egyre több műsor csatorna alkalmazásával jelentek meg az első soros architektúrájú kábeltelevíziós hálózatok. A kábeltelevíziózás egyik jelentős alakja Ted Turner a Turner Broadcasting megalapításával, később pedig a TIME-WARNER médiabirodalomba való beolvadással. Európában csak az 1970-80-as években terjedt el tömegesen. A kábeltelevízió hőskorában csak 300 MHz-es soros hálózatok épültek lakótelepeken és családi házas övezetekben. Ezek felépítésükből adódóan rendkívül gyenge üzembiztonsággal rendelkeztek.

Utána következtek a kvázi csillagpontos hálózatok, amelyek annyiban különböztek a sorostól, hogy a lakások függetlenül lettek egymástól valamilyen alépítményben, vagy oszlopsoron, ezáltal az előfizetőhöz csak a saját szolgáltatását biztosító kábel volt bevezetve. Ezek már lényegesen nagyobb üzembiztonsággal rendelkeztek, de még nem voltak igazi csillagpontok. Ezeket követték a kétsíkú csillagpontos és a háromsíkú hibrid optikai és koax (HFC) hálózatok. Ezek optikai csomópontok NODE-k segítségével juttatják el a teljes üzemi sáv szélességet az előfizetőig. Ezek a hálózatok teljesen csillagpontosak, az első TRUNK koax egy gerinc sík és csak a második vonali sík betáplálására szolgál. A vonali hálózaton vannak elhelyezve a csillagponti vagy lakáskicsatolók.

A koax hálózat alapesetben zárt zavarmentes környezet, az optikai hálózatok megjelenése előtt nem volt a koaxon kívül még egy olyan végponttól végpontig terjedő technológia, ami hasonló sáv szélességet tudna biztosítani. Konkrétan előfizetői irányban 777MHz a fejállomás irányában 60MHz sáv szélesség áll rendelkezésre.

Ha megvizsgáljuk a HFC hálózatok kapacitását, láthatjuk, hogy a koaxiális hálózat adatátviteli kapacitása több mint 5Gbit/s. Az előre irányok hatékony szegmentációjával ez a kapacitás többszörösen duplikálható. Ez lényegesen kevesebb, mint a passzív optikai hálózatok kapacitása,

viszont bőven kielégíti a közeljövőben jelentkező igényeket. Nem kell tehát aggódnunk a konkurens szolgáltatók miatt, mert HFC hálózatok jelentős tartalékokkal rendelkeznek. Az optikai rész hatékony bővítésével az előfizetőhöz egyre közelebb juthatunk, és ezáltal, még több kisebb ám azonos kapacitású szeletre bonthatjuk az egy szegmens által kiszolgált területeket, aminek következtében többszörözni tudjuk az adatátvitelre használt RF csatornákat.

### **3.2. KTV hálózattal szembeni elvárások**

A koaxiális hálózat legtöbb előnye és hátránya is abból a tényből fakad, hogy ideális esetben a hálózat zárt árnyékolt és zavarvédett. Amíg ez az állapot fennáll addig a jelek továbbítása gyors, többnyire zavarmentes és kis torzítási értékekkel történik.

Ám ha ez az árnyékolási fedettség a hálózat bármely pontján sérül, akkor jelentős mértékben leromlik az átviteli tulajdonsága.

A HFC hálózatokkal kapcsolatos legfőbb elvárás a hálózat koaxiális részében keletkező visszirányú zajok minimális szinten tartása. A kábelhálózatok eredetileg funkcionálisan nem kétirányú interaktív szolgáltatásokra születtek. Ezek örökletes problémákat szültek működtetésükkel kapcsolatban. Az interaktív működéssel együtt jelentek meg a visszirányú zajok, melyek egy jelentős része a szolgáltatók hatáskörén kívül esik és emiatt nem is tudják tökéletesen kiküszöbölni. A visszirányú jelút kezdeti szakasza az ügyfél ingatlanán helyezkedik el, és ennek szolgáltató általi ellenőrzése nem biztosított. Az előfizetőktől eredő külső zajok forrásai jellemzően a következő tényezőkből tevődnek össze. Szabványtalan elektromos háztartási készülékek üzemeltetése, fényerő szabályzók, amatőr rádiókommunikációs eszközök, rágcsálók okozta kábel fedettség gyengülés, szabálytalan illetéktelen beavatkozás, kábelek megbontása toldása, szabványtalan csatlakozók, multimédiás aljzat kihagyása. Természetesen a visszirányú zajok más tényezőkből is állnak. Ezek a következők.

- A hálózatban üzemelő aktív eszközök erősítőjének zaja. (Termikus zaj.)
- behatoló zajok (ingress noise)
- közös utas torzítás (Common Path Distortion)

A zajtermelés arányait tekintve nagyrészt az előfizetői háztartásokban keletkezik kb:50-70 %-ban, a gerinc és vonali hálózatok pedig dűrván 20-30 % ot adnak hozzá.

A kábelmodemek RF modulátorai által termelt zaj a penetráció növekedésével egyre nagyobb mértékben járulnak hozzá a zajok megjelenéséhez. A termikus zaj a gerinc és vonalhálózati erősítők félvezetőiből származik, ami kalkulálható, tervezhető. Érdekes a szilícium félvezetők helyett gallium-arszenid hibriddel szerelt erősítőket alkalmazni, ezek lényegesen kisebb zajtényezővel rendelkeznek. A termikus zaj tovább csökkenthető a rendszerszintek helyes megválasztásával. A közös utas torzítást általában a rossz minőségű és öregedő F csatlakozók és dropkábelek okozzák, ami szintén nagymértékben csökkenthető kompressziós csatlakozók alkalmazásával és körültekintő kivitelezéssel. A teljes visszirányú sávban a zajok megnyilvánulása és eloszlása nem egyenletes. A 20 MHz alatti sávban tranziens módon jelennek meg keskeny és magas viszonylag nagy amplitúdójú tüskék formájában. Ezeket a főleg a dropkábelek és lakásbekötő kábelek gyűjtik össze. A környezeti kisugárzás háztartási gépek villanymotorok TV készülékek okozzák nagyrészt. Hatása korszerű háromszoros vagy négyszeres árnyékolású nagy szövési sűrűségű dropkábelek használatával csökkenthető. A 20-65 MHz közötti tartományra a termikus zaj a jellemző. Egy hálózati szegmensben az összegzett alapzaj értéke 20-30 dB között van, néhol nagyobb körzetekben ettől nagyobb is lehet maximum 40 dB. Egy visszirányú főág kimenetén mérhető zajfenék a napszakok függvényében is változik. A hajnali órákban sokkal alacsonyabb, mint a késő esti időszakokban. Érdekes tehát egy rendszertartalékot hagyni a hálózatban, ami ezt az ingadozást ellensúlyozza, valamint a kábelmodemek adási szintjét minél feljebb tolni a visszirányú jel zaj viszony minél magasabb értéken tartása érdekében.

A visszirányú zaj csökkentés eszközei a következők:

- Koaxos főág, vagy optikai NODE által kiszolgált területek csökkentése
- Felüláteresztő és sávszűrők alkalmazása
- Multimédiás csatlakozók alkalmazása
- Folyamatos hálózatfelügyelet fenntartása

Érdekes már a tervezésnél odafigyelni az egyes körzetek későbbi oszthatóságára pl: a NODE körzetek optikai szálszám tartalékainak tervezésével illetve olyan NODE-ok elhelyezésével melyekben később két, három visszirányú adó is elhelyezhető. Ezáltal a visszirányú zaj tovább szelelhető, velük együtt az összegzett zaj is.

A lakáskicsatolókon elhelyezett felüláteresztő szűrők (Home Pass Filterek) elhelyezésével kizárható a visszirányú zaj (0-65 MHz-ig) azokból a lakásokból ahol nem működtet a szolgáltató kétirányú jelátvitelt. A visszirányú jelutakban alkalmazhatunk sávszűrőket, amik a felosztott átviteli sávokra alkalmazhatók. Ingatlanok átadási pontjain is alkalmazhatjuk, így csupán azok az átviteli sávok kerülnek átadásra, amiket az előfizető igénybe kíván venni, ezáltal az összes zajösszetevőt csökkenteni tudjuk. Az ingress zaj csökkentésének elterjedt módszere még a multimédiás csatlakozók alkalmazása a hagyományos belső osztók helyett. Ezek nagy előnye, hogy a visszirányú jelutat csak az interfész ág felől nyitja meg a TV és Rádió csatlakoztatási pontjain nem. Downstream irányban 8-10 dB-t csillapít, míg Upstream irányban csupán 1-1,5 dB-t, így nem terheli meg felesleges csillapítással a visszirányú jelutat. (Erősítőktől távolabbi pontokon ahol kisebb a lakáskicsatolók érteke, alkalmaznak nagyobb visszirányú csillapítással rendelkező csatlakozókat is.) A TRUNK síkban hatékonyan működtethetők belső távfelügyeleti rendszerek, amik pilotfrekvenciák használatával érzékelik az esetleges zajbetöréseket. Itt az üzemeltetőnek lehetősége van távolról lekapcsolni hálózati részeket a hiba kijavításáig megakadályozva ezzel a jól működő részek leállítását.

A 3.2.1. táblázat egy multimédiás csatlakozó előre és visszirányú csillapítási értékeit mutatja be.

Csillapítási adatok		
	5-65 MHz	85-862 MHz
IN → TV	>50 dB	5 dB ± 1 dB
IN → DATA	1,2 dB ± 0,5 dB	10 dB ± 1 dB
DATA → TV	>50 dB	>25 dB
TV → TV	-	>25 dB

### 3.2.1 táblázat. Multimédiás csatlakozó, különböző irányú csillapítási értékei.

Az alábbi ábrákon a visszirányú zajok kiszűrésére használt eszközöket láthatunk.



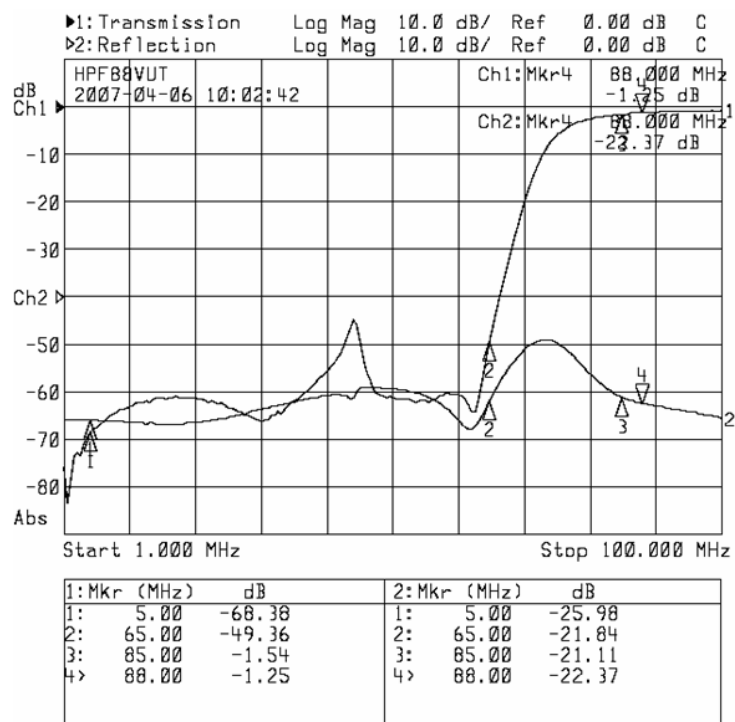
**3.2.1. ábra. Galvanikusan leválasztott multimédiás háztadási pont.**



**3.2.2. ábra. Visszirányú kizáró szűrő (HPF), lezárt vissziránnnyal.**

A szűrő a visszirányú frekvencia sávot kizárja azon lakásokból, akik nem vesznek igénybe interaktív szolgáltatásokat.

Az alábbi ábra egy HPF szűrő átviteli karakterisztikáját mutatja be.



3.2.3. ábra. Visszirányú felüláteresztő szűrő, átviteli karakterisztikája.

## **4. Docsis rendszerek kialakulása**

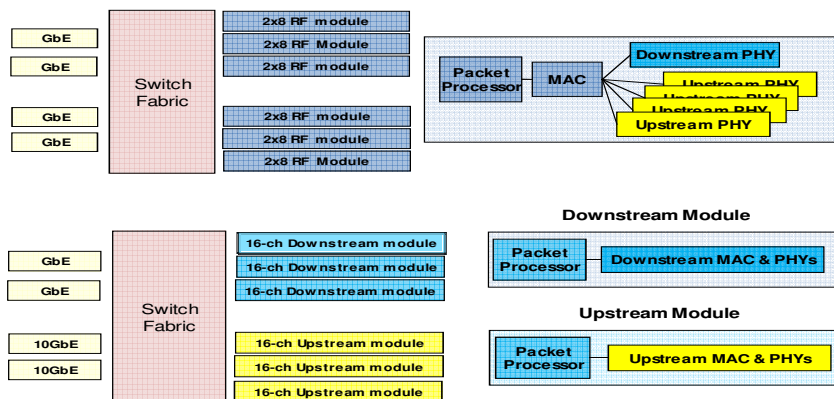
### **4.1. Fontosabb fejlődési szakaszok áttekintése**

A kábeloperátorok a televízió jelszolgáltatás mellett komoly üzleti sikerekre számítottak a nagysebességű adatátviteli szolgáltatások kábelhálózaton való megjelenésével kapcsolatban. Ezek bevezetéséhez mindenképp szükség volt az átviteli technológiák szabványosítására, hiszen másképp nem lehetett volna relatívan alacsony költséggel előállított eszközöket gyártani. Létrejött tehát az igény az ezzel kapcsolatos ajánlások megfogalmazására. Eredetileg a kábelhálózatokon történő adatkommunikáció meghatározására az IEEE 802.14 nemzetközi szabvány lett volna hivatott. Ennek kidolgozására létre is hoztak egy munkacsoportot 1994-ben Cable TV Media Access Control (MAC) and Physical (PHY) Protocol Working Group néven. Ez a munkacsoport egy korszerű időtálló és aprólékosan kidolgozott szabványt akart kiadni, ami ezen okok miatt nem készült el időben. A nagy kábelhálózat üzemeltetők üzleti érdekei viszont azt diktálták, hogy minél hamarabb használható szabvánnyal rendelkezzenek. Beleunva a további várakozásba 1996 májusában megalakították a Multimedia Cable Network System Ltd. (MCNS) nevű társaságot. Felkértek egy projekt menedzser céget hogy fejlesszen ki részükre egy specifikációt a nagysebességű kábeltelevíziós adatkommunikációra. Az MCNS-hez csatlakozott még időközben néhány nagy cég, a Rogers Cablesystem, MediaOne és a CableLabs. Létrehozták a DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specifications) ajánlást, aminek megalkotásában részt vett még néhány nagy cég. (Arris, BigBand Networks, Broadcom, Cisco, Conexant, Intel, Motorola, Netgear, Terayon, Texas Instruments).

A Docsis megalkotásánál a szolgáltatók társasága a minimális költségre és a minél gyorsabb piacra kerülési időre törekedett. A Docsis 1.0 specifikációk 1997 márciusában jelentek meg, míg ennek továbbfejlesztett verziója a Docsis 1.1 1999 áprilisában. A szabvány rendkívül sikeres volt, ezért elkészítették annak európai változatát EuroDocsis néven. Ez az európai kábeltelevíziós normákhoz igazodik. A legalapvetőbb különbség az európai frekvencia allokációs specifikációkból adódik, miszerint nem 6MHz-es hanem 8MHz-es csatorna sáv szélességet alkalmaz. Emiatt a Docsis európai verziója nagyobb adatátviteli sebességre képes, mint tengeren túli változata. Az 1.1-es verzió a QoS technológiával egészítette ki elődjét. A váltás a legtöbb

eszköznél csupán egy szoftver frissítést jelentett. A 2001-ben piacra kerülő (Euro)Docsis 2.0-val viszont már nem volt ilyen egyszerű az átállítás. Ennek a verziónak a fizikai rétegben történt változások miatt teljesen új chip készlete volt. A 2.0-ás verzióban a legnagyobb előrelépést a visszirány átviteli sebességének növelése, illetve annak zavartűrőbbé tétele jelentette. Így már lehetőség nyílt szimmetrikus adatátviteli szolgáltatások nyújtására.

Az egyre növekvő sávszélesség igények kiszolgálása miatt, 2006 augusztusában megjelent a Docsis 3.0-ás tervezet, ami megoldást kínált az IP címek elfogyására is mivel IPv6 kompatibilitást tartalmaz. Jelentős adatátviteli sebesség növekedés történt le és feltöltési irányban egyaránt. Az átvitel módja alapjaiban nem változott meg. A kapacitásnövekedést elsősorban a csatornakötegelés (Channel Bonding) lehetősége hozta. A csatorna összefogás függetlenül megvalósítható le és feltöltési irányban. A Docsis 3.0-ás verziójára is érvényes hogy európai változata a B = 8MHz-es csatornák kötegelésével nagyobb adatátviteli sebességre képes. A Docsis berendezések megfelelőség ellenőrzését a CableLab végzi. Érdekességképpen megemlíthetjük, hogy a legtöbb Docsis 3.0-ás CMTS nem mentes a történelmi örökségektől, a 2.0-ás architektúrából lett továbbfejlesztve. Ebből adódóan megjelenésükkor nem is rendelkeztek teljes Docsis 3.0-ás minősítéssel.



**4.1.1. ábra. Hagyományos és örökségektől mentes Docsis 3.0-ás CMTS architektúra különbségei.**

A kábeltelefonálás lehetősége az EuroDocsis 1.1 szabvány megjelenése óta megoldott. A garantált szolgáltatási szintek megjelenésével a stabil és jó minőségű hangátvitel biztosítottá vált. A PocketCable szabvány a CableLabs irányításával született meg. Célja hogy megvalósítson egy olyan szabványt, amely biztosítja a valós idejű multimédiaszolgáltatásokat, csomag alapú hang és videó átvitelt kábeltelevízió hálózatok keresztül. Először a csomagkapcsolt hangátvitelre vonatkozó ajánlás jelent meg.

#### **4.2. Átviteli paraméterek**

A Docsis ajánlások az OSI (Open System Interconnection) rétegstruktúráját használják, annak alsó két rétegét definiálják. A layer 1 a fizikai réteget, a layer 2 pedig a az adatkapcsolati (MAC) réteget határozza meg. A csatorna sávszélessége Docsis 1.0 és 1.1 estében 200 KHz-től 3.2 MHz –ig változtatható, míg a 2.0-ás verzió esetén 6.4 MHz-s értékig mozoghat. (Zajbetörések esetén, érdemes a csatorna sávszélességet és modulációs módot csökkenteni, aminek következtében az átviteli kapacitás ugyan gyengül, viszont hiba feltárásáig legtöbbször elkerülhető a szolgáltatás összeomlása). Letöltési irányban a modulációs mód Docsis 1.0 illetve 1.1 esetében 64 QAM, vagy 256 QAM lehet, bár a közelmúltban inkább már csak az utóbbi a jellemző. Feltöltési irányban a QPSK, vagy a 16QAM a használatos. A Docsis 2.0 a visszirányú átvitelben hozott lényeges változást elődeihez képest. Lehetőség van magasabb állapotszámú modulációkra, 32 QAM, 64 QAM, 128 QAM is lehetséges, melyekkel magasabb feltöltési sebesség is lehetséges. (Pl: 64 QAM, moduláció, A-TDMA módban és 6,4 MHz-es csatorna sávszélességgel 30Mbit/s-os visszirányú sávszélességet jelent). Az alábbi táblázat az egyes Docsis szabványokban rögzített elérhető átviteli sebességeket mutatja be.

<b>DOCSIS verzió</b>	<b>Down-stream</b>	<b>Up-stream</b>
1.0/1.1	42.88 (38) Mbit/s	10.24 (9) Mbit/s
Euro (1.1)	57.20 (51) Mbit/s	10.24 (9) Mbit/s
2.0	42.88 (38) Mbit/s	30.72 (27) Mbit/s
3.0	+480 Mbit/s	+120 Mbit/s

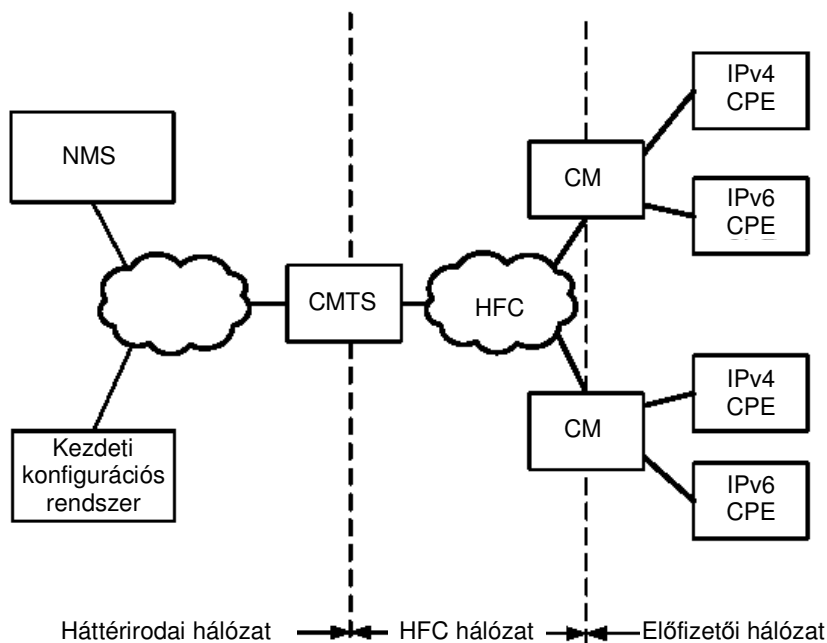
#### **4.2.1 táblázat. Elérhető sebességek Docsis verzióként**

A Docsis hálózat alapvetően két fő összetevőből áll.

- Kábelmodemekből ( CM- Cable Modem),
- Kábelmodem végződtető rendszerből (CMTS- Cable Modem Termination System)

A CMTS a kábeltelevízió fejállomáson helyezkedik el, míg a kábelmodem az előfizető ingatlanán. Az adatátvitel minden esetben e két eszköz között folyik. A kábelmodem önmagában semmire nem képes, minden vezérlést, irányítást a CMTS-től kap meg. A CMTS-CM irányt letöltési iránynak vagy down-stream-nak , a feltöltési irányt up-stream-nak nevezzük. Egy hálózaton belül minimum egy CMTS és sok CM található. A letöltési irányt ütközési szempontból nem kell kezelnünk, hiszen broadcast jellegű, tehát egy összetett jelfolyamról van szó, ami minden azonos hálózati szegmensben üzemelő modemhez eljut. A feltöltési irány viszont egy versenyztetéses csatorna, ahol a modemek versengenek az átviteli közeg használatáért. Az upstream használata időosztásos módszerrel történik, a modemek leadják az igényüket a CMTS felé, ami időrések kiosztásával megszervezi az adatfolyamot. Ezeket az időkereteket mini-slotok-nak nevezzük. Egy mini-slot hossza 6,25  $\mu$ s, ami 16-48 bájt hasznos információ továbbítására nyújt lehetőséget. Egy kábelmodem kérhet több mini-slot-ot is limitáltan, így nagyobb mennyiségű adat feltöltésére is lehetősége nyílik.

A CMTS a beérkezett mini-slot kéréseket meghatározott időközönként továbbítja az előreirányú jelfolyamban. Így minden modem pontosan tudja, hogy mikor nyílik lehetősége adattovábbításra. A mini-slot kiosztás leírását (Mini Slot Allocation Packet) MAP-nak hívjuk.



**4.2.1 ábra. Docsis hálózat felépítése**

Lényeges szempont a HFC hálózattal szemben támasztott követelmények betartása Docsis rendszerű adatátvitel esetén. A hálózatnak kétirányú átvitelre alkalmasnak kell lennie. A maximálisan megengedett optikai-elektromos távolságnak kevesebbnek kell lennie, mint 160 km a CMTS és a CM között. A terjedési sebesség az optikai szálban mindkét irányban  $1,5 \text{ ns}/0,3048 \text{ m}$ , így tartható 1,6 ms-os futási idő késleltetés. Általában 15-30 km optikai szakaszok még problémamentesen kialakíthatók 1310 nm-es hullámhosszú Farby Perot planár lézer adókkal. E fölött már hullámhosszváltás szükséges illetve más problémákra is figyelni kell.

## 5. Fizikai réteg jellemzői

A kompatibilitási kérdések kiemelt fontosságúak voltak a Docsis 3.0-ás szabvány megalkotásakor. Az eszközökbe be kellett építeni az alacsonyabb verziójú kábelmodemekkel való együttműködés képességet. Ebből adódóan az összeköttetés a gyengébb képességű eszközökhöz igazodik. (Jelen pillanatban a kábeloperátorok egy része még nem használja ki a Docsis 3.0-ban rejlő erőforrásokat csupán a 2.0-ás CMTS-ek kiváltását végzik el az új eszközökkel. Így a hálózat struktúrája leegyszerűsödik, illetve kihasználják néhány előnyös funkciót, mint pl. a dinamikus terheléelosztás).

### 5.1. Átviteli RF csatornával szemben támasztott követelmények

Ez az alfejezet a fizikai környezettel szemben támasztott követelményeket tekinti át ahol a Docsis 3.0-ás eszközök működése elvárt. (A Docsis 3.0 európai verziójára vonatkozó követelményeket, RF csatornajellemzőket egy későbbi fejezet tárgyalja.)

Paraméter	Érték
Frekvencia tartomány:	50 MHz – 1002 MHz (Pre-3.0 DOCSIS esetén 108 MHz frekvenciától indul a sáv)
RF csatorna sávzélesség:	6 MHz
Átviteli késleltetés: (fejállomás és a legtávolabbi előfizető között)	$\leq 0,8$ ms
Vivő – zaj viszony (CNR)	Legalább 35 dB
Vivő – harmadik torzítási komponens viszony (CTB)	Legalább 41 dB
Vivő – második torzítási komponens viszony (CSO)	Legalább 41 dB
Vivő – intermodulációs viszony (XMOD)	Legalább 41 dB

Vivő – bármilyen sávon belüli diszkrét interferencia viszonya:	Legalább 41 dB
Amplitúdó ingadozás maximális mértéke a felhasznált sávszélességen belül maximálisan:	3 dB
Csoportfutási idő sávon belüli maximális ingadozása:	75 ns
Mikro reflexiós határ a domináns visszhangra vonatkoztatottan:	-10 dBc ( $\leq 0,5\mu\text{s}$ késleltetés esetén) -15 dBc ( $\leq 1,0\mu\text{s}$ késleltetés esetén) -20 dBc ( $\leq 1,5\mu\text{s}$ késleltetés esetén) -30 dBc ( $> 1,5\mu\text{s}$ késleltetés esetén)
Vivő-hálózati brumm moduláció nem lehet nagyobb mint:	-26 dBc (5%)
Burst zaj nem lehet hosszabb mint:	25 $\mu\text{s}$ , 10 Hz várható gyakoriságnál
A CM bemeneten előforduló legmagasabb analóg videó vivő szint:	17 dBmV
Maximális analóg vivők száma:	121 db

**5.1.1 táblázat. RF átviteli közegre vonatkozó paraméterek a letöltési irányban**

Paraméter	Érték
Átviteli késleltetés: (fejállomás és a legtávolabbi előfizető között)	$\leq 0,8$ ms
Vivő – interferencia+összes zaj+összes torzítási termék aránya	Legalább 25 dB
Amplitúdó ingadozás mértéke a felhasznált frekvenciasávban maximum:	0,5 dB/MHz
Csoportfutási idő mértéke a felhasznált frekvenciasávban maximum:	200 ns/MHz
Mikro reflexiók határ az egyszeres visszhangra vonatkoztatottan:	-10 dBc ( $\leq 0,5\mu\text{s}$ késleltetés esetén) -20 dBc ( $\leq 1,0\mu\text{s}$ késleltetés esetén) -30 dBc ( $> 1,0\mu\text{s}$ késleltetés esetén)
Vivő-hálózati brumm moduláció nem lehet nagyobb mint:	-23 dBc (7%)
Burst zaj nem lehet hosszabb mint:	10 $\mu\text{s}$ , 1 kHz várható gyakoriságnál

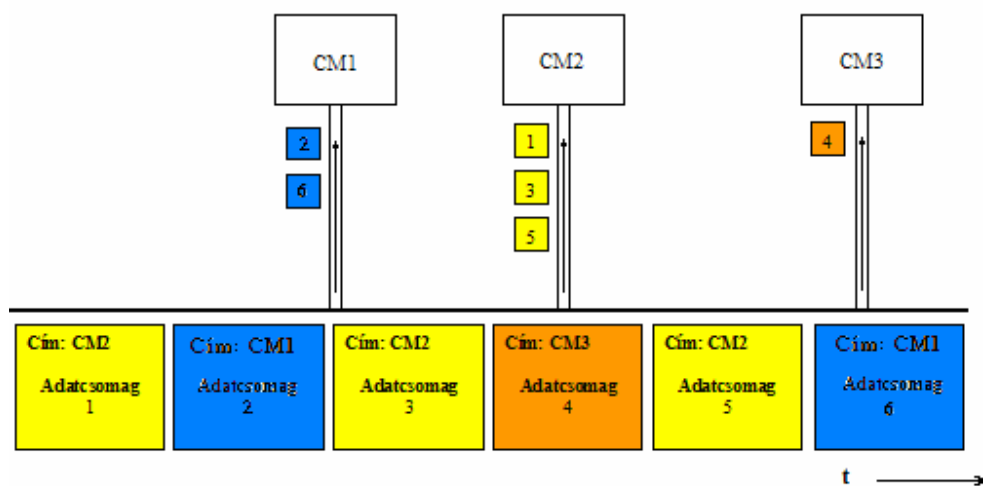
### 5.1.2 táblázat. RF átviteli közegre vonatkozó paraméterek a feltöltési irányban

#### 5.2. Átvitelre használható frekvenciák

Bár az adatsatornák szabványosan elhelyezhetők visszirányú sáv kivételével bárhol a teljes analóg TV átviteli spektrumban (50-1000 MHz) a szolgáltatók gyakorlati megfontolásokból legtöbbször a felső hiper Sonder tartományból (300-450 MHz) különítenek el egybefüggő spektrum szeleteket (4-12 csatorna) erre a célra. Mivel ezt a sávot nem minden TV készülék tudja hibátlanul lekezelni, ezért itt célszerű az előreirányú adatsatornákat elhelyezni. Az egyéni frekvencia allokációs stratégiák nagyban különböznek.

### 5.3. Letöltési irány jellemzőinek meghatározása

A CMTS előreirányú jelfolyama az analóg és digitális műsorjelekkel együtt jut el az előfizetői végpontra a kábelmodemhez. Ez egy broadcast jellegű csatorna, tehát minden CM adatcsomagját tartalmazza az adott kábelszegmensre vonatkozóan. Minden modem csak a neki szóló adatcsomagot dolgozza fel a teljes adatfolyamból. Kétfajta modulációt alkalmaznak, a 64 QAM és a 256 QAM-et. Az utóbbi moduláció esetében a rendszersebesség 33%-al nagyobb értéket ér el. A digitális előreirányú csatornák minőségének vizsgálatára a MER (modulációs hibaarány) mutató a használható a legjobban. A modulációs hibaarányban folyamatosan látszanak a QAM modulált jelben végbemenő változások, esetleges torzulások. a MER az egyes szimbólumok amplitúdó és fázishelyzetében mutatkozó eltérésekről ad tájékoztatást. Az eltérések minél nagyobbak annál valószínűbb, hogy a vevő hibásan dolgozza fel az adott szimbólumot. A 256 QAM modulációt abban az esetben használhatjuk a hálózaton, ha minden modem bemenetén legalább 32 dB-es MER értéket tudunk elérni. A 32 dB-es MER érték, körülbelül 44 dB-es analóg jel-zaj viszonyának feleltethető meg egy 8 MHz sávszélességű EuroDocsis csatornánál. A rendszerbővítést újabb előreirányú csatornák beiktatásával tehetjük meg vagy ugyanazon csatornák használatával az előreirány szegmentálásával. A következő árba a Down-stream csomagtovábbítást mutatja be.



5.3.1 ábra. Adatátvitel a letöltési jelfolyamban

A kábelmodem bemenetén a jelszint értéknek -15 dBmV és +15dBmV között kell lennie. A szimbólumsebesség 64 QAM esetén 5,056940 Megaszimbólum/s, 256 QAM esetén pedig 50360537 Megaszimbólum/s. A kábelmodem bemenetén más analóg vagy digitális vivők jelszintje nem haladhatja meg a 20 dBmV-t.

A következő táblázat a Docsis és EuroDocusis szabványok előre irányú szimbólum és adatsebességeit mutatja be.

	<b>Moduláció</b>	<b>Szimbólum sebesség [Mszimbólum/s]</b>	<b>Adatsebesség [Mbit/s]</b>
<b>DOCSIS3.0</b>	64QAM	5,056940	30,341646
	256QAM	5,360537	42,884296
<b>EuroDOCSIS3.0</b>	64QAM	6,952	41,712
	256QAM	6,952	55,616
<b>DOCSIS1.1</b>	64QAM	2,56	15,36
	256QAM	2,56	20,48
<b>DOCSIS2.0</b>	64QAM	5,056940	30,341646
	256QAM	5,360537	42,884296

### **5.3.1 táblázat. Down-stream szimbólum és adatsebességek**

#### **5.3.1. Kábelmodem vételi képesség**

A CMTS-nek ismernie kell a modemek vételi képességeit mielőtt megváltoztatná saját adási paramétereit. A kábelmodem a vételi képességeiről RPC (Receive Profile Channel) üzenetben számol be a CMTS-nek.

A CMTS pedig egy másik üzenettel válaszol RCC (Receive Channel Configuration).

Az RM (Receive Module) paraméterek tartalmazzák például a modem tunerének sáv szélesség és frekvencia tartományát. A demodulátorra vonatkozó információk pedig a szomszédos csatornák pozícióját, frekvencia tartományát és a moduláció módját.

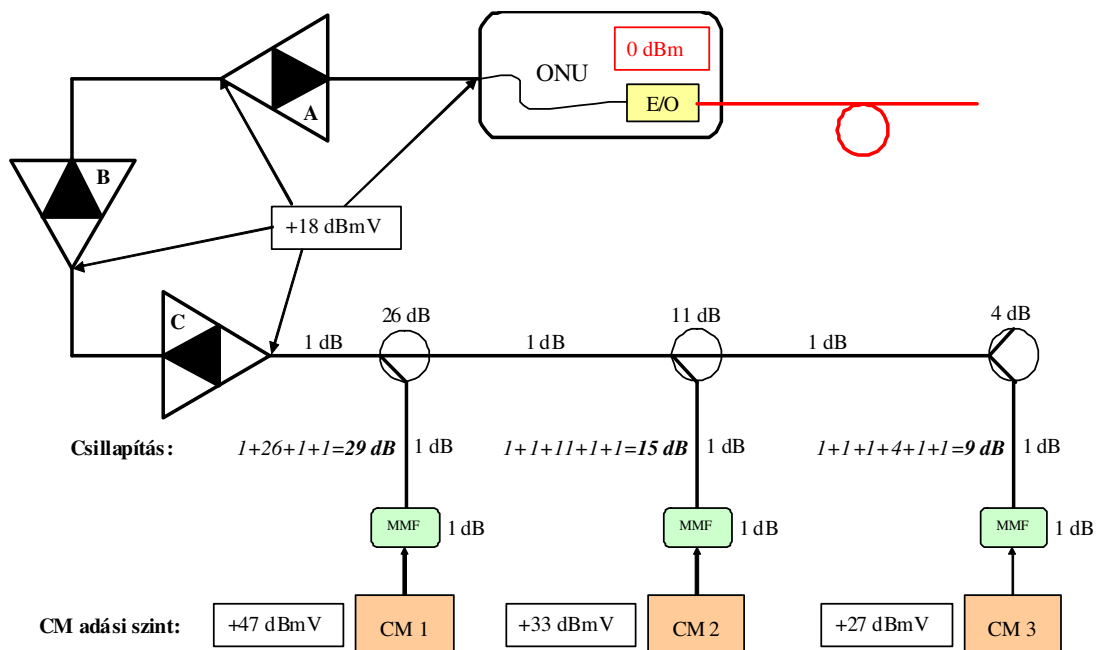
#### **5.4. Feltöltési irány jellemzőinek meghatározása**

Az egész kábelmodem rendszer legérzékenyebb része a visszirány. A szükséges jel-zaj paraméterek betartásán kívül még fontos a hálózat beállítását is helyesen elvégezni. (Nem elhanyagolható körülmény a hálózati építőelemek kicsatolók, osztók, kábelcsatlakozók körültekintő precíz szerelése sem, mivel ezek a későbbi üzemeltetés szempontjából meghatározóak az esetleges zajbetörések elkerülése érdekében.)

A visszirányú hálózatot anyagközpontú megközelítésben egy szennyvízhálózathoz hasonlíthatjuk, mely sok kis leágazásból adódik össze egy egyre nagyobb gerinc felé. A hasznos jelekkel együtt összegyűjti az előfizetői végpontokból érkező káros zajokat is. Egyetlen hálózati végpont irányából érkező zaj is megbéníthat egy teljes HFC szegmenst. Az akkumulálódott zajteljesítmény csökkentésében nagyon fontos szerepet játszik a precíz kivitelezés, multimédiás osztók, és HPF szűrők alkalmazása mellett a jó minőségű kompressziós F csatlakozók használata. Az egyik legfontosabb tényező a zajmentes, környezet mellett a visszirány helyes beállítása. A kábelmodemek adási szintjük tekintetében eléggé flexibilisek, dinamika tartományuk az 50 dB-t is eléri. Minden modem adási szintjét a CMTS vezérli, úgy hogy az up-stream bemenetekre mindegyik egyforma szinttel érkezzen. Ha ebből indulunk ki, valamint a hálózat egységes szintezéséből, akkor már az első visszirányú erősítő bemenetére is egyforma szinttel kell érkezniük az azonos körzetben üzemelő modemeknek. Mivel a visszirányú átviteli sávban a kábelhálózat csillapítása rendkívül kicsi az előre irányhoz képest, ezért a lakáskicsatolók (TAP) eltérő értékéből adódóan a modemek adási szintje jelentősen eltér. Akár 30-35 dB is lehet a különbség. Az adási szintek különbségeinek csökkentésében jelentős szerepet játszanak különböző csillapítási értékű multimédiás csatlakozók használata. Az optikai adók és koax hálózati erősítők egyaránt 17-19 dBmV bemeneti jelszint esetén produkálják a legjobb jel/zaj viszonyt. Ennél kisebb bemenő jelszint esetén nem használjuk ki a legjobb C/N (Carrier/Noise) viszonyt, nagyobb bemenő jel esetén viszont már nő az alapzaj értéke, valamint intermodulációs termékek is megjelennek.

A modemek RF modulátorai 40-45 dBmV-os adási szintnél produkálják a legjobb jel-zaj viszonyt, ezért nem érdemes a rendszerszinteket lefelé mozdítani, mert ez komoly romlást idézhet elő az up-stream SNR-ben. Az USSNR értéke a visszirányú csatorna jel-zaj viszonyáról ad tájékoztatást az üzemeltető számára. A kábelmodem adásának jel-zaj viszonyát spektrum

analizátor segítségével mérhetjük meg nulla átfogással úgynevezett (Zero-Span) üzemmóddal. Itt egy frekvenciát vizsgálunk az idő függvényében úgy, mint a egy oszcilloszkóppal mérnénk. A modemek nem adnak folyamatosan, ezért az időfüggvényében történő vizsgálatnál a modemek adása közben a vivő szintjét mérjük, a modemek váltása közti szünetekben pedig az alappajt. A kettő különbsége adja az SNR értékét. A visszirányú csatorna USSNR értéke szabványosan 22-25 dB ennél természetesen lehet jobb értékeket elérni.



5.4.1. ábra. Visszirány szintezése HFC hálózatban

A feltöltési irányban alkalmazott modulációs üzemmódok a Docsis 3.0 szempontjából a következők.

- TDMA (Time Division Multiply Access) időosztásos közegehozzáférés. Az adatok továbbítása szakaszosan történik időrések kiosztásával. Az időrések kiosztását és a modemek szinkronizálását a modemvezérlő végzi.
- FDMA (Frekvency Division Multiply Access) frekvenciaosztásos közegehozzáférés. A kábelmodem több csatornát használ feltöltési irányban.

- S-CDMA (Synchronous Code Division Acces) a Docsis 3.0 esetében azt jelenti, hogy a modem képes egyidejű adásra ugyanabban a csatornában és ugyanabban az időrésben ortogonális kód használatával.

#### **5.4.1. TDMA üzemmód**

A feldolgozási folyamatba csomag egységenként érkeznek az adatok, és egy feldolgozási eljárásen esnek át. Először információs blokkokra bontódnak, majd (Reed-Solomon) R-S kódoláson mennek át. Eztán következik a bájttba illesztés, szkremblerezés, félvezető kód hozzáfűzés. Utána szimbólumhoz rendelés, adáskiegyenlítés következik, amit végül a szűrés és modulálás követ. Az adatfeldolgozás kimenete egy modulált RF jelfolyam.

#### **5.4.2. SCDMA üzemmód**

Az S-CDMA üzemmódban az adatok küldése kettős módon történik. Az idő és a kódolás függvényében. A fizikai rétegben az adatok továbbítása egy maximum 128 mezőből álló kóddal történik. A CMTS-ben keretszámláló és mini-slot számláló is van. A kábelmodemek nyilvántartják az időbélyeg számlálót, a keretszámlálót és a mini-slot számlálót is. A kábelmodem veszi a CMTS időbélyegét (time-stamp) egy UCD üzenetből (Upstream Channel Descriptor) és még néhány üzenetet, amiből kiszámolja az SCDMA keretként az időszámláló számot. Ezt a kábelmodem maradékképzéses (modulo) aritmetikával valósítja meg. A modem és a CMTS is 32 bites időbélyeg számlálót, 32 bites mini-slot számlálót, és 8 bites keretszámlálót használ. Az UCD-ben a mini-slot elrendezést a következő paraméterek határozzák meg:

- Szórás intervallum keretként,
- kódszám mini-slotként,
- és az aktív kódok száma.

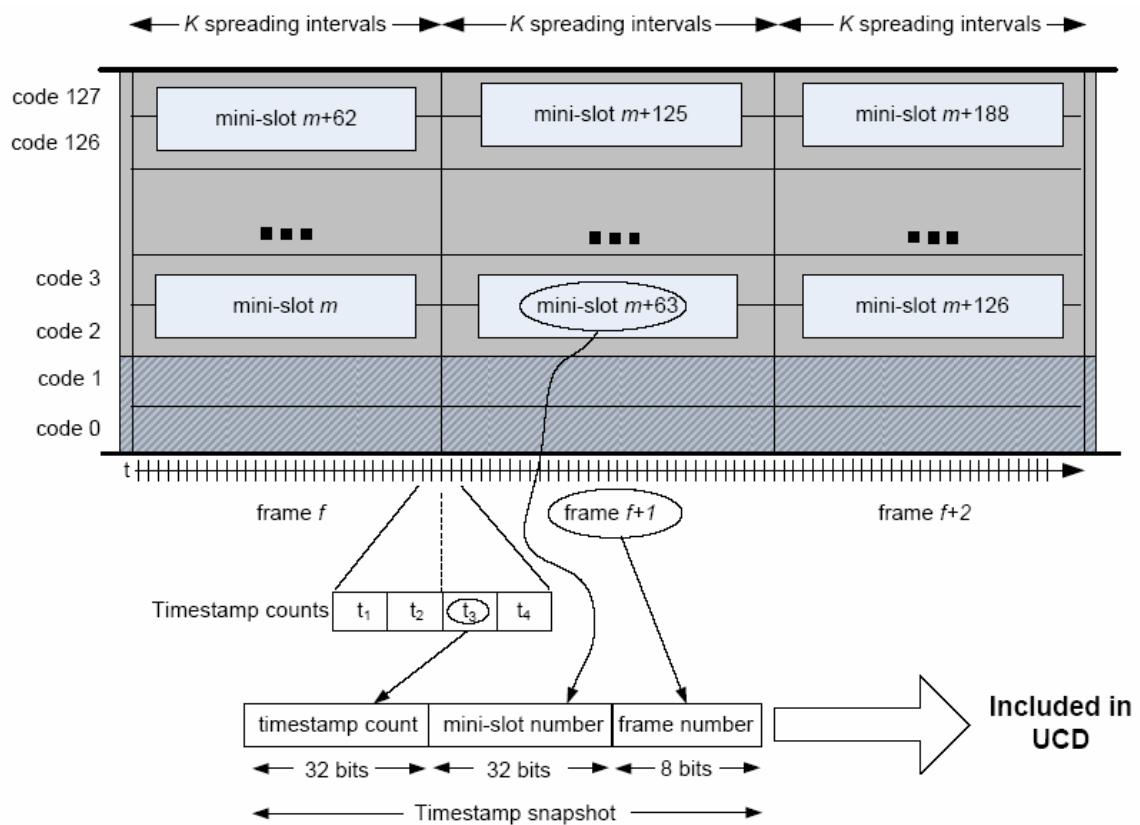
A kód hossza mindig 128 hosszúságú. A keretkénti szórás intervallum 1 és 32 között van. A mini-slot kapacitást ( $S_{ms}$ ) a mini-slotkénti kódok száma ( $C_{ms}$ ) adja meg, vagyis definiálja az összes lehetséges szimbólumszámot, ami előfordulhat a mini-slotban.

$$S_{ms} = K \cdot C_{ms}$$

A mini-slot kapacitás alsó határa minimum 16 szimbólum. A felső határt a mini-slotban előforduló kódszám, és a szórás intervallum keretként szám maximum értékének szorzata adja

meg. Ez 1024 szimbólumot jelent. Ebből következik, hogy a mini-slotban előforduló kódok száma 2 és 32 közé esik.

A következő ábra a kétdimenziós kódolást mutatja be:

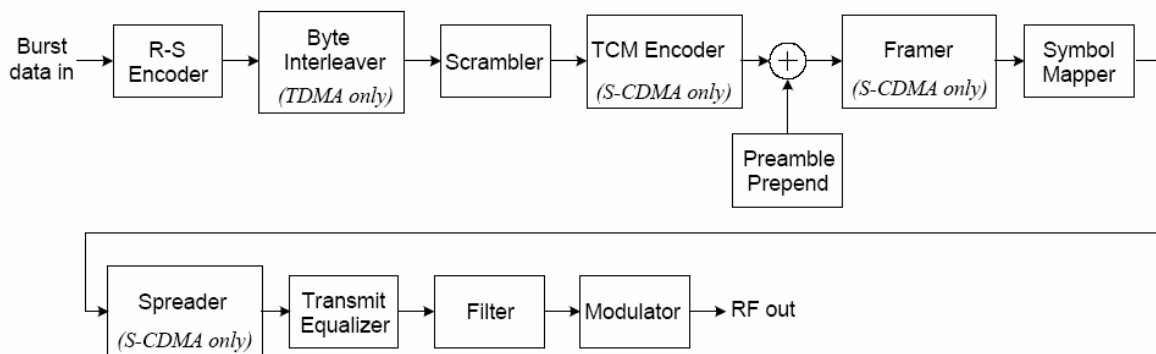


5.4.2.1. ábra. Kétdimenziós kódolás

Az aktív kódok száma ( $N_a$ ) 128, vagy ennél kisebb lehet. Az aktív kódok redukálásának több előnye is lehet, amelyek közül talán a legfontosabb az elérhető jel-zaj viszony javulás. Zajos visszirányú csatornában az aktív kódok csökkentése 128-ról 64-re 3 dB-es USSNR növekedés érhető el. (Hasonló eredmény a csatorna sávszélességének csökkentésével is elérhető).

### 5.4.3. Kábelmodem modulátor

Feltöltési irányban a CM modulátorát és a CMTS demodulátorának funkcióit kell megvizsgálnunk. A visszirány szimbólum sebessége 160-5120 ksym/s, és 1280-5120 KHz-es frekvencia tartományba esik. A kábelmodem demodulátora tartalmazza az elektromos jelszint modulációs funkciót (RF) modulátort és a digitális jelfeldolgozás funkciókat (DSP). A DSP folyamatábráját a következő ábra mutatja be:



5.4.3.1. ábra. A DSP funkció folyamata

A kábelmodem végződött berendezés demodulátora ugyanezt a két feladatot látja el, mint a modem modulátora. A feladatokat inverz módon végzi, először a demodulátor fogadja a különböző beállított szintű jeleket, elvégzi a szimbólumidőzítést, vivő helyreállítását és követését, burst-ök begyűjtését és a demodulálást. Ezután elvégzi dekódolást, jelzi az esetleges kódolási hibákat és megadja a Reed-Solomon szimbólum számot minden kódszóhoz.

### 5.4.4. Modulációs eljárások

A Docsis eszközök feltöltési irányban az alábbi modulációs eljárásokat ismerik:

- QPSK
- QAM-8
- QAM-16
- QAM-32
- QAM-64

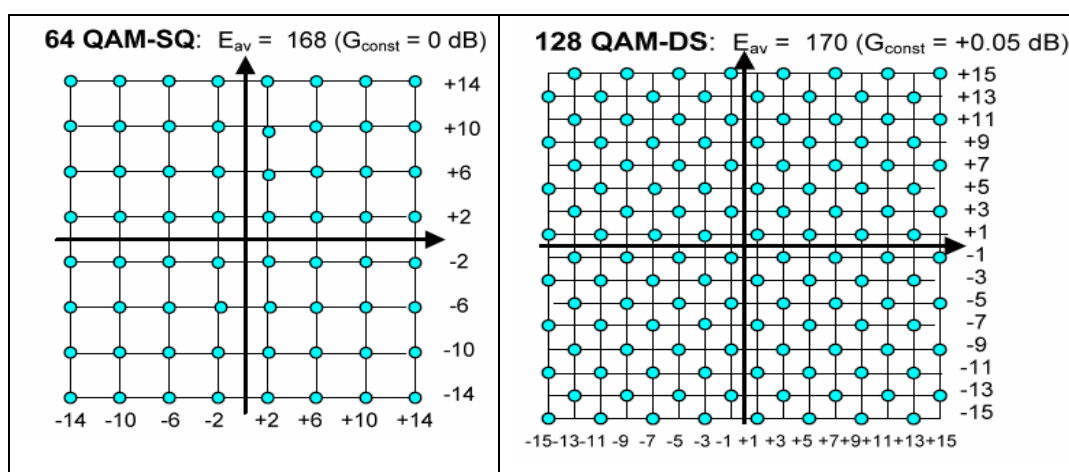
Létezik még QAM-128 is, de az kizárólag TCM-nél használatos. A kábelmodem modulációs módja második rétegbeli üzenettel menedzselhető. A differenciális kódolású QPSK és a QAM-16, TDMA módban használatos.

A QPSK, 8 QAM, 16 QAM, 32 QAM, 64 QAM, és 128 QAM a TDMA és S-CDMA csatornáknban használatos.

A TCM kódolt QPSK, 8 QAM, 16 QAM, 32 QAM, 64 QAM, 128 QAM csak S-CDMA csatorna esetén használatos. Az alábbi táblázat a bitek elrendezésére vonatkozik az I (In-phase) és Q (Quadrature-phase) konstellációban.

QAM mód:	Bemeneti bitek definíciója: ( $x^1$ jelenti a legkisebb helyértékű bitet, LSB-t)
QPSK	$x^2 x^1$
8 QAM	$x^3 x^2 x^1$
16 QAM	$x^4 x^3 x^2 x^1$
32 QAM	$x^5 x^4 x^3 x^2 x^1$
64 QAM	$x^6 x^5 x^4 x^3 x^2 x^1$
128 QAM	$x^7 x^6 x^5 x^4 x^3 x^2 x^1$

5.4.4.1. táblázat. Bitek elrendezése különböző QAM módokban



5.4.4.1. ábra. 64 QAM és 128 QAM szimbólumai

### 5.4.5. Spreader, Kód ugratás

Spreader

Az S-CDMA alapja egy úgynevezett direkt szekvenciájú szórt spektrumú moduláció.

(Direct-sequence spread-spectrum) Az átvitelre digitális ortogonális kódszavakat alkalmaz, ami képes egyidejűleg akár 128 modulációs szimbólum küldésére.

Minden szórás intervallum egy vektorral ábrázolható: ( $P_k$ ).

$$P_k = S_k * C$$

A fenti képletben  $S_k$  egy vektor,  $C$  pedig egy mátrix. A mátrix sorai 128 kódot definiálnak. A  $C$  mátrixot a Docsis szabványok egy egyszerűsített formában adják meg. A ( $code_n$ ) a mátrix  $n$ -edik sorát jelenti, ami 128 elemből áll. A  $C$  mátrixot szórásmátrixnak is nevezik.

$$C = \begin{bmatrix} code127 \\ \cdot \\ code1 \\ code0 \end{bmatrix}$$

Kód ugratás (Code Hopping): A kód ugratás valójában a  $C$  mátrix sorainak felcserélését jelenti valamilyen szisztéma szerint. A felcserélési sorrendet álvéletlen generátor által vezérelt ciklikus eltolás (shift) vezérli.

A Docsis 3.0 szabvány kétféle módszert definiál erre. (MODE 1; MODE 2).

MODE1 esetben a  $C_k$  alakulása:

$$C_k = \begin{bmatrix} C_{f(k,127),127} & C_{f(k,127),126} & \dots & C_{f(k,127),0} \\ C_{f(k,126),127} & C_{f(k,126),126} & \dots & C_{f(k,126),0} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{f(k,0),127} & C_{f(k,0),126} & \dots & C_{f(k,0),0} \end{bmatrix}$$

Ahol:

$$f(k,i) = \begin{cases} \text{modulo}(128 - lfsr\_out(k) + i), 128), N_a = 128, 0 \leq i \leq 127 \\ \text{modulo}(126 - lfsr\_out(k) + i), 127) + 1, N_a < 128, 1 \leq i \leq 127 \end{cases}$$

MODE2 esetben:

$$C_k = \begin{bmatrix} C_{f(k,127),127} & C_{f(k,127),126} & \dots & C_{f(k,127),0} \\ C_{f(k,126),127} & C_{f(k,126),126} & \dots & C_{f(k,126),0} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{f(k,128-N_a),127} & C_{f(k,128-N_a),126} & \dots & C_{f(k,128-N_a),0} \\ \hline C_{u(128-N_a-1),127} & C_{u(128-N_a-1),126} & \dots & C_{u(128-N_a-1),0} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{u(0),127} & C_{u(0),126} & \dots & C_{u(0),0} \end{bmatrix}$$

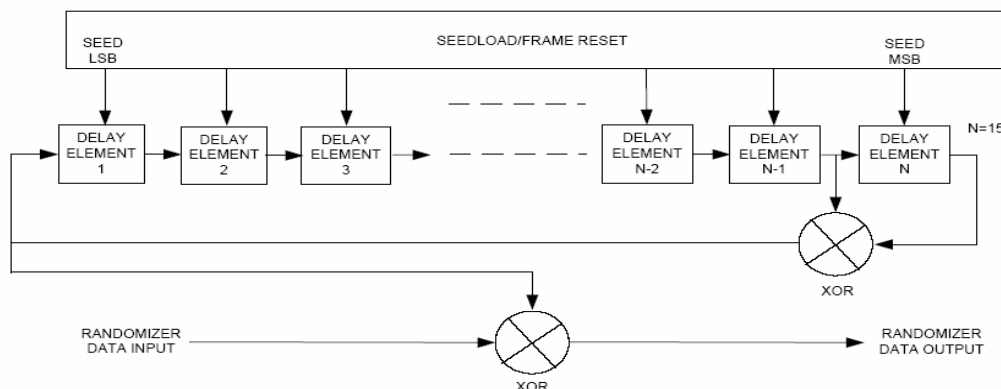
Ahol:

$$f(k,i) = \text{active\_code\_list} [ \text{modulo}(2*N_a - 128 - \text{hop\_number}(k) + i, N_a) ]$$

$$128 - N_a \leq i \leq 127$$

### 5.4.6. Szkremblerezés

A szkrembler alapvetően az adatjel átvitelre való előkészítését végzi. A jel tulajdonságait a véletlen jel tulajdonságaihoz hasonlóra alakítja, ezért „randomiser”-nek is hívhatjuk. A szkrembler egy 15 bites shift regiszterből kalakított álvéletlen generátor, amely kimenete és a továbbítandó jel bitjei között ütemenként kizáró vagy (xor) műveletet végez. A szkremblerezett jel a (xor) kapu kimenetén áll elő.

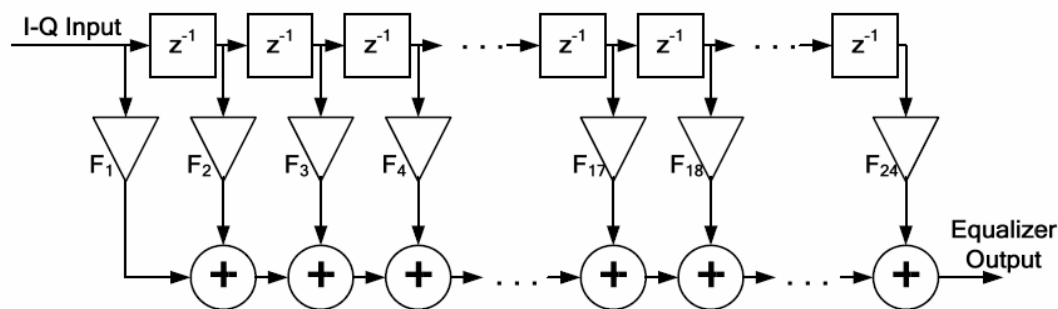


5.4.6.1. ábra. Szkrembler elvi felépítése

### 5.4.7. Adási előkiegyenlítés

Az adási elő- kiegyenlítő fokozat struktúrája a Docsis 3.0 esetében ugyanaz, mint a 2.0-ás szabvány esetén. Az adási elő-kiegyenlítő 24-ed fokú FIR struktúrát ír elő.

FIR (Finite Impulse Response) véges impulzusválaszú szűrő. A késleltető számával történő késleltetés után a szűrő bemenetére adott impulzus már nem hat az áramkörre mivel az impulzus ekkorra már az utolsó élvezérelt tárolót is elhagyja. A FIR struktúra valamilyen órajel által vezérelt késleltető elemekből, erősítőkből és összegzőkből áll, ami a bemeneteire érkező jeleket előjelesen összegzi. A FIR struktúra előnye hogy fázisa lineáris, stabilan megbízhatóan működik, és nem tartalmaz visszacsatolást, mint például az IIR végtelen impulzusválaszú struktúra. Az alábbi ábrán az adási elő-kiegyenlítő elvi felépítése látható.



5.4.7.1. ábra. Adási elő-kiegyenlítő elvi felépítése

Az adási elő-kiegyenlítő bemenetére érkező érkező jelet ciklikusan léptetve egy  $z^{-1}$  időtartományban késleltetik. Az (F1-.....F24-ig) konstansok a szűrő impulzusválaszának mintái. A szűrő frekvenciatartománybeli átviteli függvényét a súlyfüggvény minták Fourier transzformáltja adja. A sorba kapcsolt elemek egy léptetett tároló láncot alkotnak, ahol a  $z^{-1}$  időtartomány a mintavételi frekvencia reciproka. A FIR szűrő a beérkezett jelminták és a súlyfüggvény minták konvolúcióját végzi.

### 5.5. EuroDcois specifikációs sajátosságok

Az európai CATV rendszerek jelentősen eltérnek az amerikai vagy a japán televízió rendszerektől. A legnagyobb eltérés az RF frekvenciasávok kiosztásában mutatkozik. Emiatt a

Docsis szabványok európai verzióit célszerű volt ehhez igazítani. Az EuroDocsis rendszer SI mértékegységet használ. Az EuroDocsis sajátosságokat a (Data Over Cable Service Interface Specification DOCSIS 3.0 Physical Layer Specification, CableLab; CM-SP-PHYv3.0-103-070223) dokumentum B melléklete tartalmazza. Továbbá összefoglalást ad, a CM és a CMTS vonatkozásában a (Document for the certification of EuroDocsis CMs and CMTS; Final version 3.3).

Az EuroDocsis 3.0 ajánlás biztosítja korábbi verziók irányába történő kompatibilitást. Az EuroDocsis 3.0-nak megfelelő eszközöknek együtt kell működniük az 1.0, 1.1, és 2.0-nak megfelelő eszközökkel. Az EuroDocsis letöltés irányú frekvencia sávja 87.5 MHz-től 862 MHz-ig tart. A feltöltési irányú frekvenciasáv 5-65 MHz-ig tart. A csatorna sávszélesség 7 vagy 8 MHz. Általában a 8 MHz a gyakoribb. A következő táblázatok a le és feltöltési irányú RF paramétereinek összefoglalását tartalmazzák. Irodalomjegyzék [7].

<b>Paraméter</b>	<b>Paraméter értéke (tartománya)</b>
Frekvencia tartomány	47 – 862 MHz Európai nemzeti normák értelmében a 108-136 MHz tartomány felhasználása tiltott, mivel ezen frekvenciák a repülés irányításra fenntartottak.
RF csatorna sávszélesség (távolság)	8 MHz
Adás késleltetési idő a fejállomás és a legtávolabbi előfizető között:	Kisebb mint 800 ms
Vivő-zaj viszony	Legalább 44 dB
Vivő-interferencia viszony	Tervezett sávon belül legalább 52 dB
Harmadik harmonikus torzítás az analóg modulált vivőhöz viszonyítottan	Kisebb mint -57 dBc a tervezett sávon belül
Második harmonikus torzítás az analóg modulált vivőhöz viszonyítottan	Kisebb mint -57 dBc a tervezett sávon belül
Amplitúdó egyenetlenség a 8MHz sávban	Maximum 2,5 dB

Csoportfutási idő egyenetlenség abban a spektrumban, amit a CMTS elfoglal	Maximum 100 ns (0,5-4,43MHz frekvenciatartományon túl)
Domináns visszhang	-10 dBc a $\leq 0,5 \mu\text{s}$ tartományban; -15 dBc a $\leq 1,0 \mu\text{s}$ tartományban; -20 dBc a $\leq 1,5 \mu\text{s}$ tartományban; -31,5 dBc a nagyobb mint $1,5 \mu\text{s}$ tartományban.
Vivő zaj moduláció nem lehet több mint:	-46 dBc (0,5 %)
Burst zaj időtartama nem lehet nagyobb mint (10 Hz várható mértéknél):	25 $\mu\text{s}$
Jelszint változás (szezonális és napszak függvényében)	Maximum 8 dB
Jelszint esés a 85 – 862 MHz sávban (akár pozitív, akár negatív irányban)	Maximum 12 dB
Maximális analóg videó vivő szint:	17 dBmV (SECAM rendszerű színekódolás esetén nem lehet nagyobb, mint 14 dBmV)
Legalacsonyabb analóg videó vivő szint:	0 dBmV (SECAM rendszerű színekódolás esetén ez az érték -3 dBmV)

### 5.5.1. táblázat. Letöltési irányú RF csatorna paraméterei

Paraméter	Paraméter értéke (tartománya)
Frekvencia tartomány	5 – 65 MHz
Átvitel késleltetési idő a fejállomás és a legtávolabbi előfizető között:	Kisebb mint 800 ms
Vivő-zaj viszony (aktív csatornában)	Legalább 22 dB
Vivő – bemenő jel viszony az aktív csatornában	Legalább 22 dB
Vivő – interferencia (zaj összeg + torzítási	Legalább 22 dB

termékek + keresztmodulációk)	
Vivő zaj moduláció nem lehet több mint:	Nem lehet nagyobb mint -23dBc (7,0%)
Burst zaj időtartama nem lehet nagyobb mint (1 kHz várható mértéknél):	10 $\mu$ s
Amplitúdó egyenetlenség a feltöltési sávban	Maximum 2,5 dB (2 MHz sávban belül)
Csoportfutási idő egyenetlenség	Maximum 300 ns (2 MHz frekvenciatartományban)
Domináns visszhang	-10 dBc a $\leq 0,5 \mu$ s tartományban; -20 dBc a $\leq 1,0 \mu$ s tartományban; -31,5 dBc a nagyobb mint $1,0 \mu$ s tartományban.
Jelszint változás (szezonális és napszak függvényében)	Maximum 8 dB

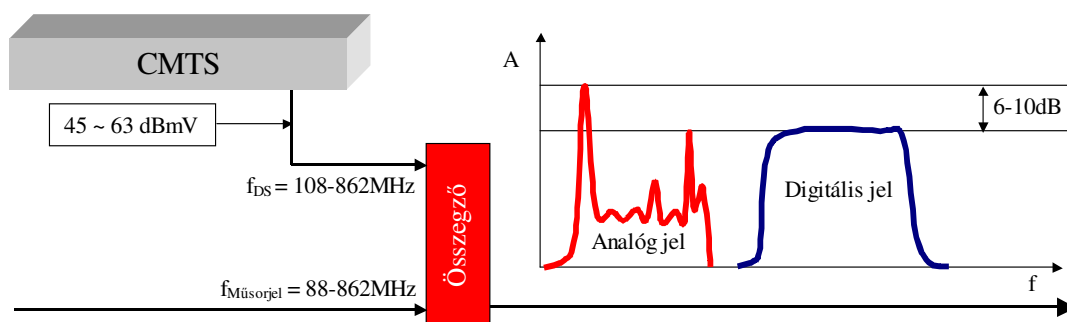
### 5.5.2. táblázat. Feltöltési irányú RF csatorna paraméterei

A kábelmodem adási teljesítménye 64 QAM konstellációhoz viszonyított, és a (Management Information Base)-ben tárolt adat. Ettől eltérő konstelláció esetén, a csatornánkénti adási teljesítmény eltérhet. Ezt egyaránt definiálja a Docsis 3.0 és az EuroDocusis 3.0 ajánlás is.

### 5.6. Koaxiális hálózat kivezérelhetősége, QAM csatornák beillesztése

Az analóg televízió jel és digitális QAM adatjel továbbítása teljesen más spektrumterhelést idéz elő a koaxiális hálózatban. Míg az analóg TV jel szintje a videó csúcsban emelkedik ki jelentősen, egy viszonylag keskeny sávban, addig a digitális csatorna egy szénaboglya alakú jelet képez. Az álvéletlenné alakított adatjel spektrum terhelése szinte alig függ a modulációtól, ami időben folyamatossá teszi a spektrum kihasználását. (Az analóg jel szintje lényegesen modulációfüggőbb). Az intermodulációs termékek, zavarok esetleges keletkezésének csökkentése érdekében, a digitálisan modulált jelet az analóg vivők szintje alá szokás beállítani. 64 QAM esetén ez 6-10 dB, 256 QAM esetén pedig 4-6 dB. Ez a csökkentett szintű inzertálás nem rontja a

QAM jel minőségét, hiszen jel-zaj paramétere nem olyan érzékeny a jelszint nagyságára, mint az analóg jeleké. A multimédiás csatlakozók egyébként is levesznek még további 8-10 dB-t az előreirányú sávból, de a CM vételi toleranciájába ez általában bőven belefér. (Különösen nagy jelentősége van a digitális csatorák alacsonyabb kivezérlésének nagy RF csatorna kihasználás esetén. 50-60 db analóg TV csatorna fölött már intenzíven érzetik hatásukat a másod és harmadrendű torzítások).



**5.6.1. ábra. Analóg TV jel és digitális jel szintezési különbsége 64QAM esetén**

Az előreirányú csatornák működésével kapcsolatosan lényegesen kevesebb probléma jelentkezik, mint a visszirányal. A jel közel állandó szinttel folyamatosan jelen van. Ez leegyszerűsíti a hibakeresést. Egy MER méréssel ellenőrizni tudjuk a digitális moduláció minőségét. Az EuroDocusis csatornának 8 MHz-es sáv szélességre van szüksége, ami az előreirányú sávban bárhol elhelyezhető. Valójában csak a helyi frekvencia allokációs stratégiától függ. Amennyiben valamilyen okból a VHF sávban szeretnénk elhelyezni (108-300 MHz), figyelniünk kell arra, hogy a 7MHz csatorna sáv szélesség miatt itt csak két analóg csatorna helyén fér el. Itt érdemes a két lefoglalt csatorna által képezett sáv közepén elhelyezni. Az előreirányú vivőket érdemes szabványos csatornán elhelyezni, mivel azokra lényegesen hamarabb rátalálnak a modemek. Az EuroDocusis digitális vivő szabványos középfrekvenciája könnyen kiszámolható. A PAL B/G csatornatáblázatban lévő frekvenciákhoz hozzá kell adnunk 2,75 MHz-t. (VHF sáv esetén 5,75 MHz-et, plusz itt ki kell hagynunk a fölötte levő csatornát is).

## 6. Adatkapcsolati réteg jellemzői

### 6.1. A Docsis 3.0 erőforrásainak bemutatása

A Docsis szabványokban elsőként a 3.0-ás verzióban megjelent a csatorna összefogás (Channel Bonding) lehetősége. Ez a le- és feltöltési irányra egyaránt alkalmazható. Ezáltal lehetővé vált szinkronizáltan, egyszerre több átviteli csatornán olyan csomagok küldése melyek MAC szinten egy folyamathoz tartoznak. Ezáltal jelentősen megnőtt az egy kábelmodem által nyújtott adatátviteli sebesség. Kábelmodem oldalon a feltöltési csatornák összefogásánál megjelent (request –grant process), mely az upstream link kihasználtságát képes növelni.

A Docsis 3.0-nak megfelelő eszközök támogatják az IPv6-os verzióját, ezáltal jelentősen kibővültek az IP réteg lehetőségei is. A kábelmodemek IPV4, vagy IPV6 menedzsment címekkel is felügyelhetők, de lehetőség van ezek párhuzamos használatára is. A kábelmodem mögött lévő CPE eszközök is kaphatnak IPV6 szolgáltatást. Az előző verziókhoz képest itt megszűnt a modemekben megvalósított IP multicast rendszer, melyet a CM-be beépített képességek biztosítottak. Ez átkerült a CMTS-be így minden IP multicast folyam kezeléséé központosítottan a modemvezérlő feladatává vált. A multicast folyamatok vezérlését Docsis specifikus layer 2 multicast protokoll valósítja meg. Ezzel biztosítottá válik az együttműködés a letöltési irányú csatornákötegelés megvalósításával, valamint biztosítja a jövőben megjelenő multicast alkalmazásokkal való együttműködést is. A Docsis 3.0 a multicast forgalom számára szolgáltatási csoportokat hoz létre, amikhez QoS paraméterek rendelhetőek.

#### 6.1.1. Csatorna kötegelés

A csatorna összefogás módszere, a le és a feltöltési irányban nem azonos ezért érdemes külön vizsgálni őket.

Letöltés irányú csatorna összefogás: ACMTS (Cable Modem Termination System) EuroDocsis beállításokkal, képes több 8 MHz sáv szélességű csatorna összefogására.

(Négy vagy nyolc darab csatorna kötegelésére.) A többcsatornás továbbításnál a csomagok egy kiegészítő fejléccet kapnak (Segment Header), amelynek segítségével a kábelmodemben a helyes csomagsorrend visszaállítható, amennyiben az összefogott csatornák késleltetése eltérő. Az így összefogott csatornákat Downstream Bonding Groupoknak (DBG) hívjuk. A CMTS-ben az egy

csoportha összefogott csatornákat Downstream Channel Set-nek (DCS) hívjuk, míg modemhez definiált feltöltési csatornák csoportját Receive Channel Set-nek nevezzük.

Feltöltési irányú csatorna összefogás: A feltöltési irány adatátviteli kapacitásának növelése bonyolultabb feladat a letöltési irányhoz viszonyítottan. Eddig a sebesség növelésére az alapvetően szűk feltöltési irányú csatornában eléggé nehézkes volt. A csatorna sávszélességének duplázásával, vagy nagyon magas modulációs mód alkalmazásával lehetett csak növelni a visszirány kapacitását. A Docsis 3.0 ajánlás viszont itt is megadta a párhuzamos csatornákon való forgalmazás lehetőségét. A letöltési irányhoz hasonlóan az összefogott csatornákat, Upstream Bonding Group-nak (UBG) hívjuk. A különböző hozzáférési módok és modulációk miatt a feltöltési irányú csatornák sebessége eléggé eltérő. A korábbi Docsis verziókban a modem csak csomagokra, illetve csomag csoportokra vonatkozóan tudott kéréseket továbbítani, itt már viszont a Request-Grant processznek köszönhetően a visszirányú igények kérése adatfolyam alapon működik. Egy kábelmodemnek egy időben több párhuzamos igénye is lehet.

### **6.1.2. Automatikus terhelés elosztás**

A terheléselosztást (Load Balance) már Docsis 2.0 verziói is alkalmazták. Ha egy modem elérése több előreirányú csatorna által is biztosított volt, akkor lehetőség nyílt az átterhelésre. A CMTS-nek meg kellett adni azokat a topológiai információkat, előreirányú szolgáltatási körzeteket, ami alapján, az egyes előreirányú csatornák terhelési szintjét anélkül lehetett változtatni, hogy a modemek érvénytelen frekvenciára állnának. A Docsis 3.0-ban a CMTS beállításakor ezek az információk tárolásra kerülnek. Így mikor a hálózatban egy új modem jelenik meg, akkor a hálózatban azonnal lokalizálódik. Ezután azonnal rendelkezésre állnak azok az adatok, amelyből kiderül, hogy az adott modem mely csatornákat veheti igénybe. Az 1.1 illetve a 2.0-ás kábelmodemek az adott szegmensben üzemelő összes előreirányú csatornát tudták használni, ezekre tetszőlegesen ráhangolhatók voltak. A 3.0-ás rendszerben az összes csatorna az, amit a CMTS-ben csatorna összefogásra beállítunk. Az előreirányú szekcionálás is ez alapján jön létre. A topológiai információk pontos ismeretében kell kialakítani az egyes fizikai átviteli utakban a kötegelhető frekvenciákat. A Docsis 3.0-ban a csatorna összefogásra is figyelni kell, míg a korábbi verziókban csak a terheléselosztásra. Persze az adott kábelszegmensben jelen lehet több

csatorna vagy csatorna köteg is úgy, hogy egy adott modem ezek nem mindegyikén van definiálva, hiszen az előreirányú hálózatrészek további darabolása nem csak a fizikai közeg szétválasztásával oldható meg, hanem további előreirányú adatcsatornák beiktatásával, amikhez külön modemcsoportokat rendelünk. A CMTS konfigurációjában viszont rögzített, hogy egy adott modem elérése mely csatornán vagy kötegelte csatornacsoporton keresztül lehetséges. Az egyes Docsis verziók ugyanabban az átviteli közegben egymással párhuzamosan is működhetnek.

### **6.1.3. Multicast képességek**

A Docsis 3.0 ajánlás támogatja az IP multicastot néhány szolgáltatással kibővítve. Ezek a következők:

- Forrás specifikus multicast
- QoS képességű multicast
- IPv6 multicast
- csatorna összefogást támogató multicast.

Ezekkel a bővített szolgáltatásokkal megvalósíthatók a minőségbiztosítástól függő IP multicast szolgáltatások. A Docsis 3.0 itt is biztosítja a lefelé kompatibilitást és támogatja a 2.0-ás verzióban használt megoldásokat, mint például a forrás specifikus multicast forgalom továbbítása IGMPv3 és MLDv2 felhasználói eszközök számára.

Az előző változatokhoz képest a multicast funkciók vezérlése teljesen átkerült a CMTS hatáskörébe, ezért a modemek szerepe ebből a szempontból egyszerűbbé vált. A CM feladata arra korlátozódik, hogy továbbítsa a CPE felől érkező IGMP/MLD üzeneteket a CMTS felé. A CMTS egy új második rétegbeli vezérlő mechanizmust valósít meg. Minden összetartozó multicast csomag számára egy azonosítót hoz létre DSID (Downstream Service Identifier). A CMTS azonosítani tudja az azonos multicast csoportokba tartozó modemeket és meg tudja mondani nekik, hogy melyik DSID-jű csomag melyik interfészére fog érkezni. A DSID-vel ellátott csomagok automatikusan a megfelelő multicast csoportba tartozó modemek felé kerülnek továbbításra. A Docsis 3.0 lehetőséget biztosít a QoS képes multicasta valamint az ilyen jellegű forgalom titkosítására is.

#### **6.1.4. QoS megvalósítása**

A QoS megvalósításához az alábbi feltételeknek kell teljesülniük:

- A fel és letöltési irányban a CMTS módosíthatja a DiffServ mező értékét.
- A kábelmodem felhasználói interfészen egyes letöltés irányú csomagok prioritást élvezhetnek a modemben érvényben levő QoS szabályok alapján.

A kábelmodemben újracsoportosíthatók a letöltési irányból érkező csomagok az előfizetői hálózat oldalán a QoS biztosítása céljából. A le és a feltöltési irányban egyaránt rendelkeznie kell a következő képességekkel. Ezek a csomagosztályozás és folyamazonosítás, statikus és dinamikus QoS eljárások, kétfázisú aktivitási modell a dinamikus QoS megvalósításához. Biztosítani kell az adatfolyamok időzítését a prioritás alapján, a garantált sebesség alapján, késleltetés és jitter alapján, valamint a token bucket adási sebesség simítás és határolás alapján.

A Docsis 3.0 QoS szolgáltatásai a következőket nyújtják:

- Konfigurációs lehetőség modemenként egyesével.
- MAC szintű időzítések fel-és letöltési irányban.
- A felsőbb rétegekből érkező csomagok csoportosítása, osztályozása.
- A CMTS által beállított forgalmi paraméterek szabályozása (shaping), QoS szabályok használata és prioritások kezelése.
- A Service flow-ok Service Class-okba tartoznak, aminek segítségével a felsőbb rétegbeli alkalmazások QoS szolgáltatásokat igényelhetnek.

#### **6.2. Rétegprotokollok, a hálózati és felsőbb rétegekből**

A CMTS és a kábelmodem között a konfigurációs kommunikációhoz IPv4 vagy IPv6 szükséges a hálózati rétegben. A CM és a CMTS is képes hídkapcsolat kialakítására, de e fölött a hálózati rétegbeli útvonalválasztásra csak a CMTS. Ettől függetlenül a CMTS-ben és a modemben is megvalósításra kerültek a hálózati réteg fölött elhelyezkedő magasabb rétegek protokolljai is, mert ezek használata elengedhetetlen a QoS szolgáltatások nyújtásakor. Az üzemeltetés során a CMTS és a CM is képes kezelni a következő protokollokat:

- SNMP (Simple Network Management Protocol)
- TFTP (Trivial File Transfer Protocol)

- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) 4-es és 6-os verzióinak kezelése egyaránt. Konfigurációs beállítások, valamint TCP/IP hálózaton való állomások beállítása céljából.

### **6.3. Kábelmodem és menedzsment felügyelet**

#### **6.3.1. CM és CPE kezdeti konfigurálás és menedzsment**

A kábelmodemek inicializálása alapvetően négy fő lépésből tevődik össze:

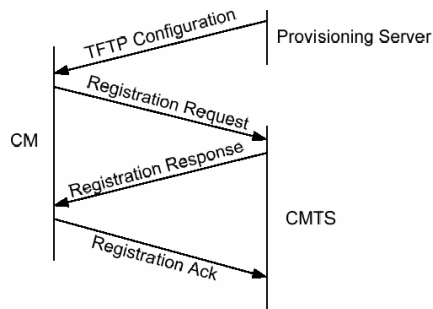
1. Fizikai réteg inicializálása (Ranging), modem topológiai besorolása
2. Hitelesítés és titkosítás beállítása
3. IP beállítások inicializálása
4. Regisztráció (MAC réteg inicializálása)

Fizikai réteg inicializálása: A fizikai réteg inicializálása során a modem bejelentkezik a CMTS-be, felépíti vele a fizikai kapcsolatot és beállítja saját adási szintjét. A modem csatlakoztatást és bekapcsolást követően elkezd a letöltés irányú csatornák keresését a csatornakiosztás alapján. (A szabványos frekvenciahelyen lévő csatornákat lényegesen hamarabb megtalálja.) A CMTS üzenetszórásos információi alapján tudomást szerez az adott modemvezérlő által használt le- és feltöltési csatornák adatairól. A CMTS üzenetszórásos módszerrel folyamatosan sugározza az előreirányú csatornáin a szinkronizációs (Sync), a visszirányú csatornákat leíró (UCD) információkat. Továbbítja még a visszirányú csatorna időrés kiosztását leíró (MAP) csomagokat is. A modem ezután, a feltöltési irányú csatorna fizikai rétegét állítja be úgy, hogy forgalmat generál és közben a CMTS méréseket végez több fázisban. A modem (RNG-REQ) Ranging Request-et kér a CMTS pedig (RNG-RSP) Ranging Response választ küld, ami tartalmazza az adási szint növelésére vagy csökkentésére vonatkozó információt. A beállítási folyamat végén a CMTS elküld egy ideiglenes SID azonosítót a modemnek. A CMTS az előre megadott hálózati topológiában rögzíti a modem helyét, és eltárolja, hogy a modem a későbbiekben milyen le- és feltöltési csatornákon érhető el. Végül a CMTS létrehoz egy egyszeres csatornát a modem felé, ami mindkét irányban működik. Ugyanekkor megkezdődik a MAC regisztrálás is.

Hitelesítés és titkosítás beállítása: A fizikai réteg beállítása után a modem elküldi az X.509 digitális tanúsítványát a nyilvános RSA kulcsával együtt a CMTS felé. A tanúsítvány ellenőrzése után elkezdődik az AES vagy DES titkosítási kulcsok cseréje. Ezután a CMTS és a CM közötti adatforgalom mindkét irányban titkosított lesz. Ez a titkosítási procedúra opcionálisan kikapcsolható. Ekkor a modem a regisztrációt követően kísérli meg újra a titkosítási beállítások végrehajtását.

IP beállítások inicializálása: A kábelmodem DHCP kérést küld a CMTS-en keresztül a hálózati menedzsment szervernek (NMS) amiben kéri saját IP címét, a rendszeridő szerver (TOD) és a TFTP szerver IP címét, valamint a letöltendő konfigurációs fájl nevét. A kérés mellé a CM elküldi saját MAC azonosítóját. A hálózat menedzsment szerver a MAC azonosító alapján ellenőrzi, hogy a hozzá tartozó felhasználó jogosult-e a szolgáltatás igénybevételére. Ha igen akkor megküldi a kért információkat. A kábelmodem privát IP címet kap az operátor által beállított tartományból. Ez alatt, megtörténik az óra szinkronizálása és a modem lekéri a (ToD) illetve a (TFTP) szerver IP címét. A modem beállítja a rendszeridőt, majd a TFTP szerverről lekéri a modemhez rendelt konfigurációs fájl nevét. A Docsis 3.0 lehetőséget nyújt arra, hogy IPv4 és IPv6 felett is el lehet végezni a kezdeti beállításokat, valamint a későbbi menedzsmentet. Az operátor megadhatja, hogy a későbbiekben melyik verziót akarja használni. Az IPv4 választásakor a DHCPv4 lesz az alkalmazott protokoll, az IPv6 esetén pedig a DHCPv6. A Docsis 3.0-ás változata támogatja még az Alternative Provisioning módot is, ekkor a modem próbálkozhat mindkét IP verzióval. Ha az első sikertelen, automatikusan próbálkozik a másikkal.

Regisztráció MAC réteg inicializálása: Létrejön egy három utas handshake kommunikáció a modem és a CMTS között. A modem kezdeményezi a TFTP szerver felé a modemhez rendelt konfigurációs fájl letöltését. A konfigurációs fájl letöltése után a modem elvégzi a szükséges beállításokat, majd küld egy visszaigazolást a CMTS felé, amivel kéri saját regisztrációját. A CMTS a modem regisztrációja után küld egy végleges SID azonosítót, amit a modem fogad. Ezzel lezárul a bejelentkezési folyamat.



**6.3.1.1. ábra. CM regisztráció**

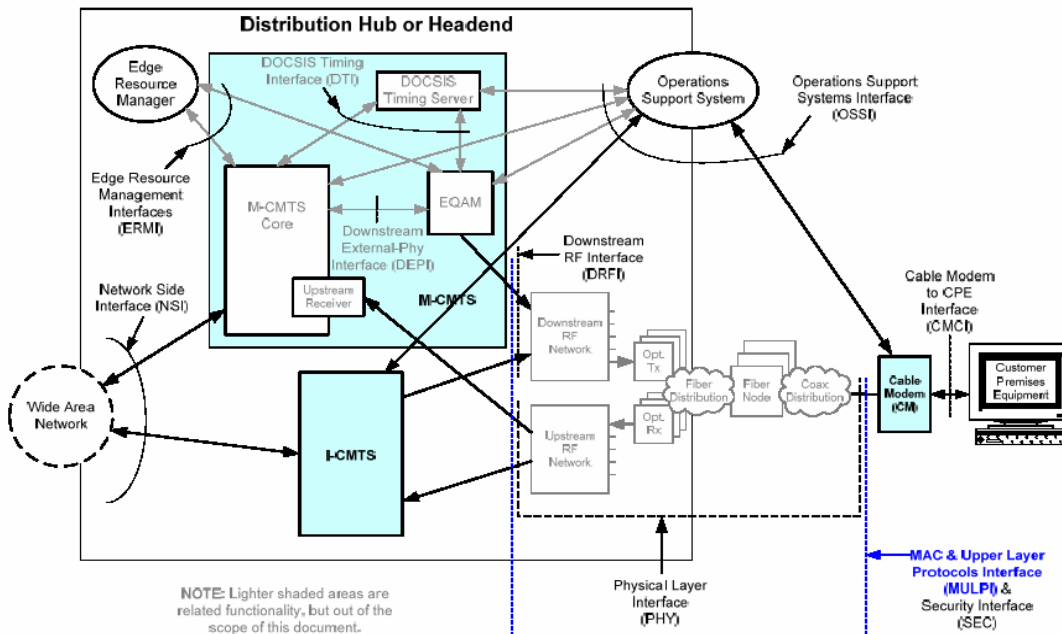
A négy lépésből álló kezdeti beállítás után a modem menedzselhetővé válik. A Docsis 3.0-ás verzió dual-stack rétegrendszerének köszönhetően a modemek elérhetőek kettős címezéssel, egyszerre IPv4 és IPv6 címek használatával. Ez is az IPv6 hálózati migrációját segíti.

A CPE eszköz inicializálása egy publikus IP cím kiosztásával történik meg, amit a Docsis rendszerek DHCP segítségével valósítanak meg. A CPE IP címe a modem MAC címéhez kerül regisztrálásra. Ekkor is egyaránt használhatók IPv4 és IPv6-os IP címek.

#### **6.4. A fizikai réteg és a második réteg kapcsolata, a HFC topológiájának függvényében**

Ez az alfejezet a fizikai réteghez szervesen kapcsolódó HFC topológia, és a második rétegben működő CM Service Group-ok kapcsolatát mutatja be.

A HFC hálózat fejállomás felőli határán helyezkedik el a CMTS, előfizetői oldalán pedig a kábelmodemek. Az ezek közti kapcsolatot a vegyes optikai-koax hálózat biztosítja. Az optikai és koaxos hálózatrészek határán pedig optikai csomópontokat találhatunk. A kábelmodem előfizető felőli részén pedig a felhasználó magánhálózata található. Ez egyaránt lehet IPv4 vagy IPv6 címezésű. A hálózat a koaxiális részekben végződik, melyek az optikai csomópontoktól indulnak ki. Egy optikai csomópont általában 2-4 koaxiális ágat szolgál ki. A csomóponttól a fejállomás optikai vevőjéig tisztán optikai kapcsolatról beszélhetünk, ami magában foglalja a teljes analóg szélessávú átvitelt. Az optikai hálózatrész nagy előnye hogy relatívan nagy távolságok áthidalhatók vele a jel-viszony, jelentős növekedése nélkül. Az optikai hálózatrész felépítése lehet sugaras, gyűrű, vagy csillagpontos. A következő ábra a HFC hálózat Docsis architektúrába való illeszkedését szemlélteti.



**6.4.1. ábra. HFC hálózat elhelyezkedése a Docsis referenci architektúrában**

#### 6.4.1. Frekvencia kiosztás és a szolgáltatási csoportok

A CMTS-ben meg kell határozni az egyes optikai csomópontokat elérő frekvenciákat. Docsis 3.0 esetén mivel a csatornaösszefogást ki szeretnénk használni 4 vagy 8 frekvenciát optikai csomópontonként. Két fajta módon valósíthatjuk meg a frekvenciák kiosztását. Az első módszer szerint minden előre irányú frekvenciát elhelyezünk különböző helyeken az előre irányú sávban és a CMTS konfigurációjában határozzuk meg, hogy melyik optikai csomópont melyik frekvenciát fogja használni. A másik módszer a fizikai közeg elválasztásán alapszik. Ebben az esetben az előreirányú csatornákat duplikálhatjuk, tehát többszörösen felhasználhatjuk. A HFC hálózatok megadják a lehetőséget az előreirány hatékony szegmentációjára az optikai szplitterek csökkentésével esetleges kiváltásával. A szálszámok előrelátó tervezésével és az előfizetőhöz való minél közelebb jutással csökkenthető az egy csomópont által ellátott terület. Ezáltal az előreirányú frekvenciák többszörözésével komoly sáv szélesség mennyiséget takaríthatunk meg. EuroDocusis csatornák esetén érdemes a felső sávban, vagy az UHF sávban elhelyezni a frekvenciákat a 8MHz sáv szélesség miatt. A kialakított frekvencia kiosztásra építve ezek után létrehozhatók a szolgáltatási csoportok.

#### **6.4.2. Letöltés irányú szolgáltatási csoportok**

A downstream Service Group (DS SG) azokat a letöltési irányú csatornákat foglalja magába, amik egy kábelmodemhez tartoznak. Ezen csatornák mindegyike más középfrekvencián működik. A CMTS-be bevitt topológia egyértelműen meghatározza ezeket a frekvencia csoportokat.

#### **6.4.3. Feltöltés irányú szolgáltatási csoportok**

Az Upstream Service Group (US-SG) a kábelmodemtől a CMTS-ig vezető feltöltés irányú csatornák csoportját adja meg. Általában ez meghatározza az egy optikai csomópontoz tartozó feltöltési irányú csatornák csoportját is egyben.

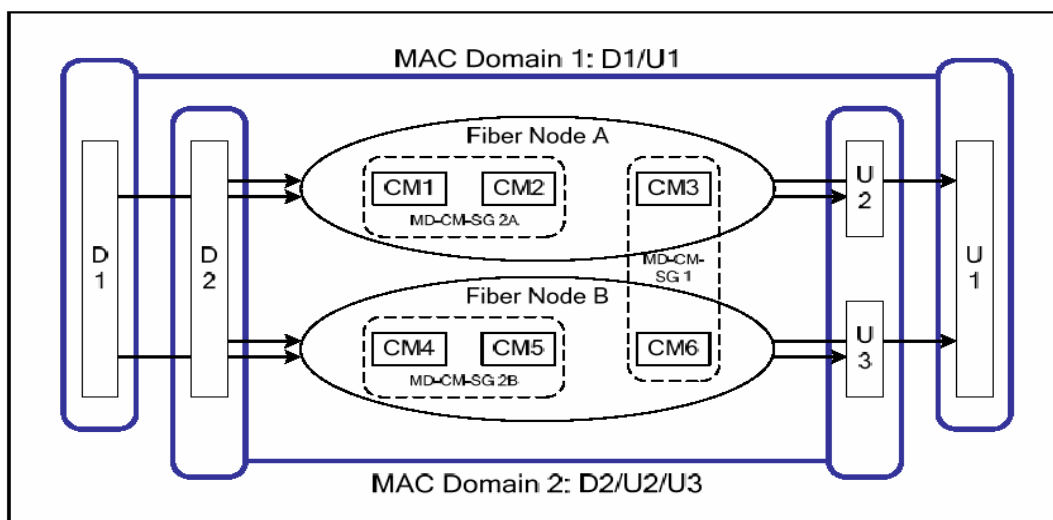
#### **6.4.4. Kábelmodem szolgáltatási csoportok**

A Cable Modem Service Group (CM-SG) komplexen definiálja azokat a le és feltöltési csatornákat, amik egy modemet elérnek. HFC hálózati kialakításnál az egy optikai csomópontoz tartozó modemek egy CM-SG szolgáltatási csoportba tartoznak, tehát ugyanazok a le- és feltöltési csatornák tartoznak hozzá. Ilyen módon egy CM-SG egy optikai csomópontot is azonosít.

#### **6.4.5. MAC tartományok hozzárendelése RF átviteli csatornákhöz, illetve optikai csomópontokhoz**

Míg a DS-SG az US-SG és a CM-SG tartalmát abszolút mértékben meghatározza a CMTS topológiai beállítása, addig a MAC tartományokhoz rendelt csatornák ettől teljesen függetlenek. A fel és letöltési csatornáknak feltétlenül tartozniuk kell valamilyen MAC tartományba. Egy MAC tartományhoz hozzá lehet rendelni eltérő számú le és feltöltési csatornát, viszont egy optikai csomópontoz tartozó le és feltöltési csatornák mindig egy MAC tartományba tartoznak. Egy MAC tartományhoz több optikai csomópont csatornái is tartozhatnak. A (MAC Domain-Cable Modem-Service Group) MD-CM-SG olyan le és feltöltési csatornák csoportját azonosítja, amik egy kábelmodemet elérnek. Ezek közt a csatornák közt lehet a modemek forgalmát

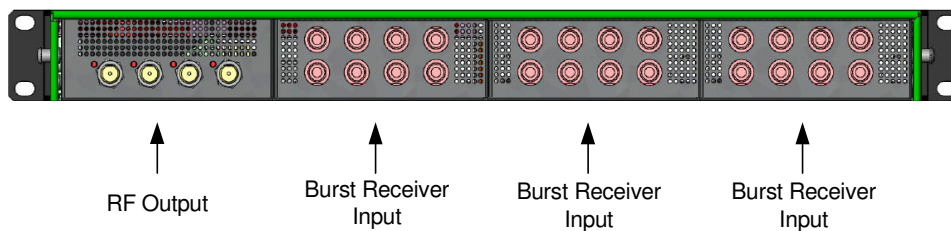
elosztani, kiegyensúlyozni úgy, hogy azok azonos MAC tartományban maradhassanak. A Docsis 3.0-ás CMTS-ek a modem regisztrációjakor meg tudják határozni az implementált topológia alapján a modem helyét és MD-CM-SG-jét is. Ha a MAC Domain-Cable Modem-Service Group-hoz csak egy optikai csomópont tartozik, akkor a CMTS az optikai csomópontot is meghatározza. Nem csak több optikai csomópont tartozhat egy MAC tartományba, hanem egy optikai csomóponton is kialakíthatunk több MAC tartományt. A könnyen kezelhető és átlátható rendszerfelépítés kialakításánál célszerű az egy optikai csomópont-hoz tartozó csatornákat egy MAC tartományban elhelyezni. Előállhat viszont olyan helyzet, amikor érdemes több MAC tartományt kialakítani egy optikai csomópontonként. Ezek lefedhetnek több csomópontot is. Ezeket a többszörös MAC tartományokat akkor célszerű kialakítani, ha egy szegmensen belül többféle szolgáltatást szeretnénk nyújtani. Például ha az átlagos adat és hangszolgáltatások mellett üzleti ügyfelek részére nagysebességű esetleg szimmetrikus internet szolgáltatást szeretnénk nyújtani, vagy IP TV set-top boxokat szeretnénk működtetni. Az ezekhez tartozó le és feltöltési csatornákhöz célszerű külön MAC tartományokat létrehozni. Az alábbi ábra a többszörös MAC tartomány egy optikai csomópont-hoz való hozzárendelését szemlélteti.



6.4.5.1. ábra. Többszörös MAC tartomány hozzárendelés egy optikai csomópont-hoz

A konfigurációt a későbbi problémák elkerülése érdekében érdemes úgy kialakítani, hogy minden letöltés irányú csatorna, ami egy optikai csomóponthoz tartozik egy MAC tartományba kerüljön. Ezáltal egy MD-DS-SG egyenlő lesz a topológiai kialakításban rögzített egy DS-SG-al. Ez a feltöltési irányra is igaz.

A Provisioned Bonding Group olyan előre meghatározott le- és feltöltési csatornák csoportja, amik előre definiáltak és minimum egy optikai csomóponthoz vagy szegmentált koaxiális hálózatrészhez tartoznak. Ezeket DBG és UBG nevekkkel azonosítjuk az irányoktól függően. Ezekben a csatornacsoportokban definiált csatornák mindegyikének közösen el kell érniük legalább egy optikai csomópont modemeit. Típustól függően előfordulhat, hogy a gyártók az összefogott előreirányú RF csatornákat egy Downstream kártyán helyezik el, illetve meghatározott számú egymás mellett elhelyezkedő RF csatornát azonos RF porton tesznek elérhetővé. Az alábbi ábra egy alternatívát mutat be RF vonali kártyák összeállítására.



**6.4.5.2. ábra. RF vonali kártyák kialakítása**

A fenti konfigurációban 16 előre és 24 vissz irányú csatorna fogadására van lehetőség. Az előreirányú kártyák csatornaszáma szoftveresen bővíthető.

( A vonali kártya fogadóhelyek számától függően meghatározott keretek között a le és feltöltés irányú csatornák száma változtatható típustól és a lehetséges kártyahelyek számától függően).

## **6.5. MAC specifikáció**

A Docsis 3.0 a MAC protokollal az alábbi feladatokat tudja elvégezni:

- Sáv szélesség foglalás a CMTS segítségével
- Mimi-slot folyamatok kezelése feltöltési irányban.

- A foglalás alapú és a versenyeztetési alapon működő feltöltési irányú átvitel vegyítése
- A sávszélesség kihasználás hatékonyságának növelése a változtatható csomagméretek használatával.
- Jövőbeni kiegészítési lehetőségek biztosítása.
- QoS megvalósítása, amibe beletartozik a sávszélesség és késleltetés garanciák, a csomagosztályozás és a dinamikus szolgáltatás megvalósítás is.
- Kiegészítési lehetőségek az adatkapcsolati szintű biztonsági szolgáltatások bevezetésére
- Csatorna összefogás lehetősége a sávszélesség növelés érdekében

### **6.5.1. MAC keretformátumok, keretek továbbítása**

Az alábbi MAC keretformátumok használatosak:

- Általános MAC keret
- Csomagalapú MAC keret
- MAC keret ATM cellákhoz

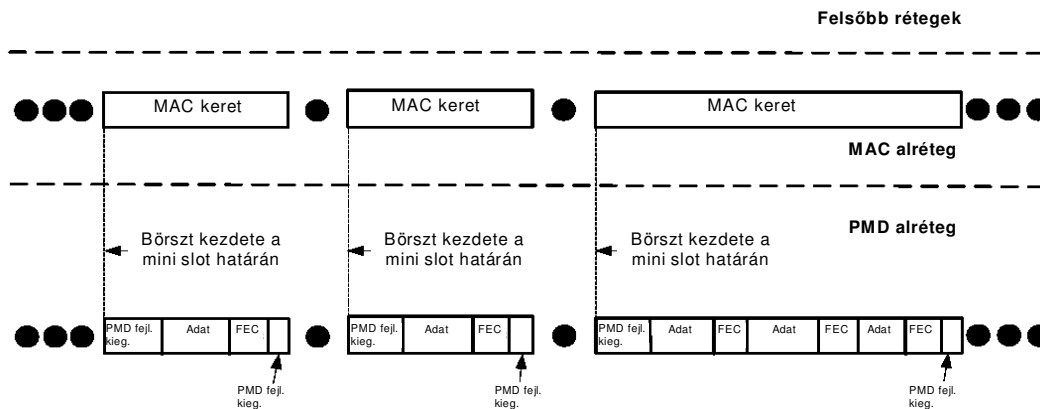
A MAC keretek az alábbi fejlécekkel láthatók el:

- MAC specifikus fejléc
- MAC fejléc kiegészítés

A MAC keret formátuma a le- és feltöltési irányban azonos, hosszuk viszont változó lehet. Alapvetően három részből állnak.

- Physical Media Dependent (PMD) alréteg fejléc kiegészítés feltöltési irányban, illetve MPEG transmission convergence header letöltési irányban.
- Mac fejléc, keretazonosításra
- Opcionális adatrész (PDU Protocol Data Unit)

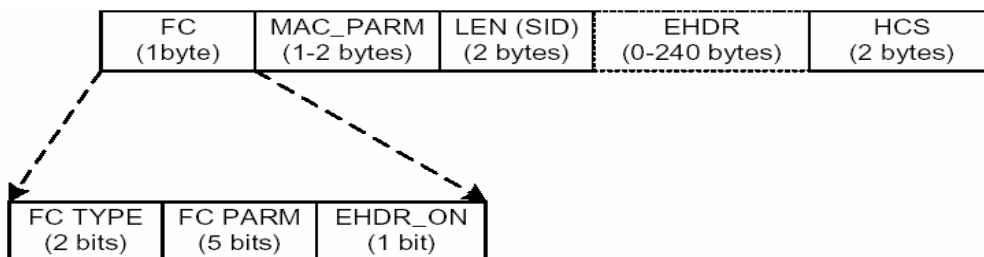
A keretek továbbításáért a PMD alréteg felelős a feltöltési irányban. Az alábbi ábra a keretek szervezését mutatja be a különböző alrétegek szintjén.



6.5.1.1. ábra. Feltöltés irányú keretszervezés

## 6.5.2. MAC fejléc felépítése

A MAC fejléc felépítését a 6.5.2.1. ábra mutatja be.



6.5.2.1. ábra. MAC fejléc

Az egyes mezők a következő funkciókat látják el:

- FC (Frame Control) Ez a keret első bájta. Egyértelműen azonosítja a keret típusát felépítését és tartalmát.
- MAC vezérlő bájtok, a MAC-PARM és a LEN (SID). A MAC-PARM paraméterek továbbítására használatos, fragmentált MAC keret esetében a keretek sorszámozására, EHDR esetén pedig annak hosszát jelöli. Adattovábbítási igény (REQ header) esetén az igényelt mini-slotok számát

tartalmazza. LEN (SID) a MAC keret hossza, adattovábbítási igény esetén a Service ID-t tartalmazza.

- EHDR (Extended MAC Header) opcionálisan meglévő fejléc kiegészítés
- HCS (Header Check Sequence) ellenőrző összeget számít külön a keret fejlécére a fejléc integritásának megőrzése céljából

Az FC (Frame Control) mező felépítése:

- Az FC TYPE a MAC keret fejléc típusát adja meg. Ez lehet csomag PDU, izolált csomag PDU, ATM PDU, vagy MAC Specific.
- FC PARM paraméter bitek, az FC TYPE mezőtől függően használatosak
- AZ EHDR ON egy jelzőbit, az extended header mező használatát jelzi.

A MAC alrétegnek támogatnia kell a csomag PDU és az izolált csomag PDU keretformátumot egyaránt. Ezek a keretek használhatók változó hosszúságú keretek továbbítására. A két típus között az alapvető különbség az, hogy az izolált csomag PDU keretformátumot abban az esetben kell használni, ha a hálózatban nem csak Docsis 3.0-ás modemek vannak, hanem régebbi verziójúak is és alkalmazva van a csatornakötegelés. Mivel a régebbi verziójú kábelmodemek nem támogatják a csatorna összefogást, az izolált keretek használatával elkerülhető hogy a verziók különbségéből adódóan a többször is elküldött csomagok problémát okozzanak az adattovábbításkor. Az FC mező FC TYPE bitjei adják meg hogy a keret típusa csomag PDU vagy izolált csomag PDU.

### **6.5.3. MAC specifikus fejlécek, fejléckiegészítések**

Több olyan MAC fejléc van, amelyek speciális funkcióval rendelkeznek. Az alábbi ábra szerinti keretfelépítésben az FC TYPE adja meg a keret MAC specifikus típusát, az FC-PARM mező pedig a pontos típust határozza meg.

Az alábbi típusok definiáltak:

Időzítő fejléc: Feladata az óraszinkronizálás. Segítségével a CMTS az összes kábelmodem óráját a sajátjához igazítja. Feltöltési irányban a kábelmodemek ezt használják a távolságméréshez. Ez alapján a modem az időzítési és teljesítmény beállításait tudja végrehajtani.

MAC menedzsmet fejléc: A MAC menedzsmet üzenetek továbbítására hivatott.

Sávszélesség igénylésre szolgáló keret (Request Frame): A sávszélesség igénylést mindig a kábelmodem kezdeményezi, ezért ez a típusú keret csak a feltöltési irányban értelmezhető. A sávszélesség igényt a modem mini-slot számban adja meg.

Kerettördelés: A MAC fejléc lehetőséget biztosít arra, hogy a nagyobb MAC PDU-kat kisebb egységekre lehessen tördelni. A kisebb részeket egyénileg lehet továbbítani, és a fogadó oldalon ismét össze lehet rakni. A kerettördelés is a feltöltési irányban fordul elő. A kerettördelés a régebbi Docsis verziók támogatása miatt került megvalósításra. Több csatornás átvitel esetén nem alkalmazható.

Sorhossz alapú sávszélesség igénylés kerete (Queue-dept Based Request Frame):

Ez a keret is sávszélesség igénylésre használható, viszont az előzőekben említettől eltérően ez nem mini-slot számban, hanem bájt alapon továbbítja a sávszélesség igényét. Ennek a típusnak a használatával többcsatornás átvitel esetén is lehet sávszélességet igényelni.

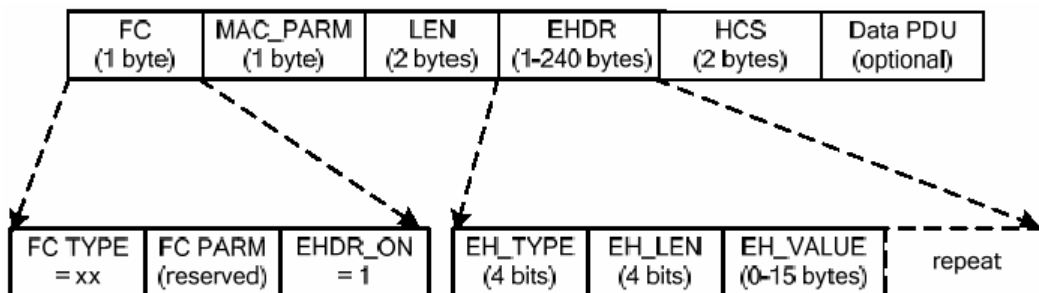
Kerettördelés visszaállítására szolgáló keret (Concatenation): A több keretben érkező PDU-k összerakására szolgál. Erre is a régebbi Docsis verziókkal való kompatibilitás biztosítása miatt van szükség.

Fejlékiegészítések (Extended MAC Header)

Az időzítési, a kerettördelési és a két sávszélesség igénylő keret kivételével mindegyik MAC fejléc rendelkezhet kiegészítő fejléc mezővel. A kiegészítő fejléc meglétét az FC mező EHDR\_ON bitjével kell jelezni. A kiegészítő fejléc hosszának minimum egy bájtának kell lenni.

Az EHDR mező a következő részekből épül fel, amint azt a 6.5.3.1. ábra is szemlélteti:

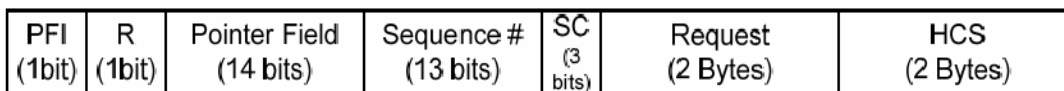
- EH\_TYPE típus megadásra szolgál
- EH\_LENGTH az adott mező hossza
- EH\_VALUE az adott típushoz tartozó érték



**6.5.3.1. ábra. Extended MAC Header**

## 6.6. Szegmens fejléc

A Docsis 3.0-ban ha alkalmazzuk a többszornás adatátvitelt, akkor a modemnek mindenképpen alkalmazni kell a szegmensfejlécet az adattovábbításhoz, hiszen ez tartalmazza a különböző feltöltési csatornákon továbbított adatszegmensek későbbi összeillesztéséhez szükséges információkat. A fejléc felépítése az alábbi ábrán látható.



**6.6.1. ábra. A szegmens fejléc szerkezete**

A szegmens fejlécben lévő mezők funkciója a következő:

- PFI (Pointer Field Indicator) mező: Értéke 1, ha a Pointer mező meghatározó
- R (Reserved) mező: Nem használt mező
- Pointer Field mező: Értéke azt mutatja meg, hogy az adott keretben hány bájtal később van az adott szállított keret vége. A vevőnek ennyi bájtal kell előre ugrani, ha MAC címet keres. (Ha a PFI jelzőbit értéke 0, akkor a fejlécet követően rögtön egy MAC cím található az adatmezőben.)
- Sequence# mező: Egy adott Service Flow esetén minden újabb adatszegmens továbbítása esetén értéke egyel nő.
- SC (SID Cluster) mező: A fejléc Request mezőjével együtt értelmezhető. Értéke az adott Service Flow-hoz tartozó SID-Cluster értéke.

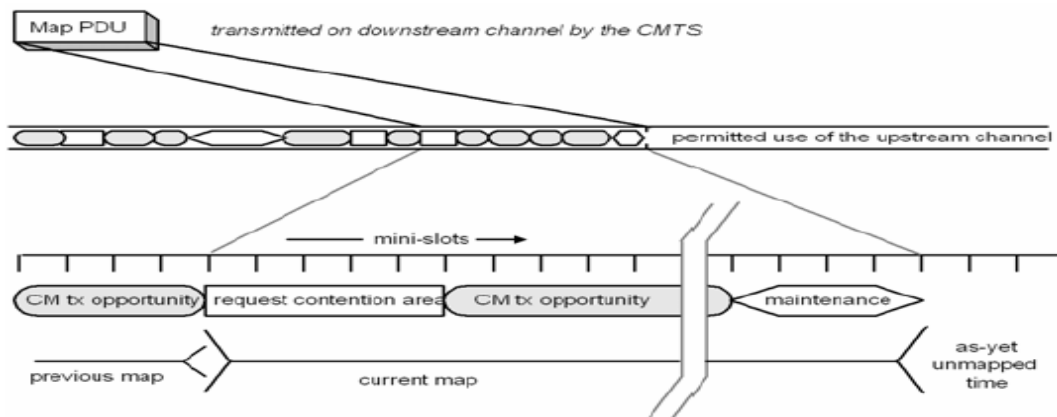
- Request mező: Service Flow-ra vonatkozó paraméter. Az érintett bájtok számát határozza meg.
- HCS (Header Check Sequence) mező: A fejlécre vonatkozó ellenőrző összeg értékét adja meg. Amennyiben a szegmens fejléc releváns, a sáv szélesség igényeit a kábelmodem nem közölheti az egyes szegmensekben, hanem erre a célra a szegmens fejléc megfelelő mezőit kell használnia.

## 6.7. MAC protokoll működése

Időzítés és szinkronizáció: A szinkronizáció a kábelhálózat késleltetéseinek kompenzációjára szolgál. A kompenzálásra azért van szükség, mert a hálózat késleltetése egy nagyságrenddel is nagyobbak lehetnek az átviteli egységek idejénél.

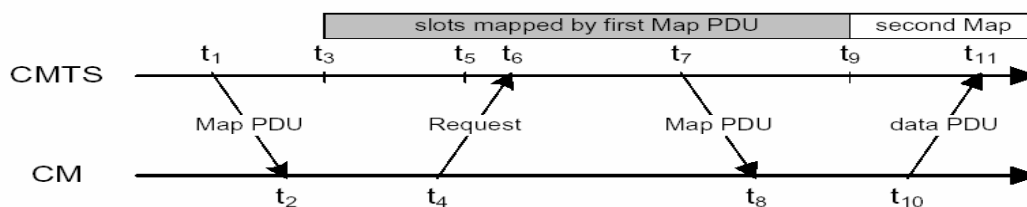
Ennek kompenzálása feltétlenül szükséges, hogy a modemek pontosan tudják időzíteni az átvitelt a visszirányú csatornában, ezáltal biztosítva hogy a CMTS-be a megfelelő mini-slot időkben érkezzenek meg a küldött adatok. Ennek biztosításához két információra van szüksége a kábelmodemnek. Az egyik a rendszeridő, amit a CMTS szinkronizál minden modem irányába. A másik pedig az időzítési offszet amelyet a CMTS számol ki külön minden modem részére távolságmérési eljárással, a modem kezdeti beállításakor.

Feltöltés irányú adatátvitel: A CMTS a modemektől érkező igények alapján sáv szélesség allokációs tervet készít. Ebben jelöl ki megfelelő sáv szélességet egy vagy több feltöltés irányú csatornában az egyes modemek számára. A feltöltés irányú csatorna mini-slotok sorozatával modellezhető, amelyekhez a CMTS-nek referenciaidőt is meg kell adni. Az időrésekhez való hozzáférést a CMTS vezérli, a modem pedig az időzítési szabályok betartásával végzi az adatforgalmat a CMTS felé. A sáv szélesség foglalási tervet a CMTS, MAC menedzsment üzenetek formájában továbbítja a modemek felé az előreirányú csatornában. Az alábbi ábra a sáv szélesség foglalási tervet reprezentálja.



**6.7.1. ábra. Sáv szélesség foglalási terv**

Az allokációs terv egy változó hosszúságú MAC menedzsment üzenet. A fix hosszúságú fejléccel változó hosszúságú információs elem (IE) követ. Egy információs elem adja meg egy mini-slot használatának a jogát. Egy időrés leíró MAP üzenetben minimum két információs elem található. Legalább egynek kell lennie, ami egy mini-slot kiosztását írja le, és egy Null információs elem, ami lezárja a sort. Egy MAP-ban maximum 240 IE lehet. A következő ábra a MAP adatküldést szemlélteti.



**6.7.2. ábra. Adatküldés időzítése**

A CMTS a  $t_1$  időpontban küldött MAP PDU-ban írja le a szürke sávval jelzett időszakra vonatkozó mini-slotok kiosztását.

A kábelmodemek a nekik szóló mini-slotok használatával tudják továbbítani a jövőre vonatkozó adattovábbítási kérelmüket a CMTS felé. Ezek a következő MAP által definiált időintervallumban jelennek meg. A  $t_7$  időpillanatban továbbításra kerülő MAP PDU a  $t_9$

időponttól kezdődő következő MAP mini-slot kiosztását adja meg. Minden mini-slot relatív sorszámmal rendelkezik.

Quality of Service: A Docsis a QoS szolgáltatások nyújtását MAC szinten támogatja. Ezt szolgáltatási adatfolyamok (Service Flow) segítségével valósítja meg, melyek MAC szinten megvalósított adattovábbítást biztosítanak QoS paraméterek segítségével. Egy szolgáltatási adatfolyam esetén a következő jellemzőkről beszélhetünk:

- ServiceFlow ID: A folyamat azonosítója.
- SID Cluster Group: Több SID Cluster-t definiál, amelyek egy adott SF-hoz tartoznak.
- ProvisionedQoSParamSet: Kezdeti QoS paraméter beállítások. A kezdeti regisztrációkor használatosak.
- AuthorizedQoSParamSet: Azokat a paramétereket definiálja, amelyek megadják a maximálisan engedélyezett erőforrások számát egy szolgáltatási folyamathoz. Egy Service Flow ID rendelhető hozzá.
- AdmittedQoSParamSet: Azon QoS paramétereket definiálja, amik alapján a CMTS kábelmodem erőforrásokat foglal le.
- ActiveQoSParamSet: Az éppen kiszolgálás alatt álló szolgáltatási adatfolyamhoz rendelt QoS paramétereket definiálja. Az SFID és az adott aktív SID rendelhető hozzá.

## **7. Hálózatmenedzsment rendszerek Nemesis**

### **7.1. Nemesis szoftver bemutatása**

Az elmúlt években a távközlési ágazatban egy felgyorsult és kiélezett versenynek lehetünk tanúi. Ennek eredményeképpen, azt tapasztaljuk, hogy a legtöbb kábeltelevízió hálózaton üzemel adatátviteli szolgáltatás. A társaságok belátták, hogy amennyiben meg szeretnék őrizni piaci pozíciójukat komplex szolgáltatásokkal, kell megjeleníteniük. Egy korszerű üzleti alapokon működő adatszolgáltatás hosszútávú üzemeltetéséhez elengedhetetlen feltétel egy hatékonyan működő hálózatmenedzsment rendszer működtetése. Ehhez nyújt alternatívát a Porion Digital Kft által megalkotott és üzemeltetett Nemesis NMS hálózatmenedzsment rendszer. A Nemesis könnyen kezelhető WEB-es felületével átláthatóvá teszi és leegyszerűsíti az ügymenettel töltött időt és egységes formában lehetőséget biztosít az adminisztratív feladatok ellátására információgyűjtésre, hibakeresésre. A rendszer, jelentős segítséget nyújt a hálózati eszközökről nyújtott műszaki paraméterlistákkal és topológiai ismeretekkel a HFC hálózat hibáinak felderítésére. A rendszer támogatja az 1.0, 1.1 , 2.0-ás Docsis verziókat, sőt a Nemesis legújabb v8.0.0-ás változata a Docsis 3.0-ás változatát is.

### **7.2. A rendszer felépítése**

A rendszer alapvetően három fő részből épül fel, amelyek tovább tagolhatók.

- Adatbázis
- Felhasználói felület
- Kiszolgáló szerverek

Az adatbázis tárolása három részre osztható. A „Nemesis” adatbázisban tárolódik minden adat a logolt állományok kivételével.

A „log” adatbázis a logolt adatok tárolására hivatott. Ezek komoly méreteket ölthetnek, ezért könnyebb kezelhetőség érdekében külön adatbázisban kapnak helyet.

A harmadik a „backup” adatbázis, ami biztonsági mentésekre hivatott. Meghatározott időközönként ide mentődnek a fő adatbázis adatai, és itt őrződnek meg a log adatbázis bizonyos kritikus adatai is.

A felhasználói felület WEB alapú, vagyis böngészővel egy megadott URL-en érhető el.

Kiszolgáló szerverek: A kiszolgáló szerverek három alszerver típusból állnak.

- Nemesis provider alszerver: Lényegében ez a szerver teszi működőképpé a hálózatot. Ez a fő kiszolgáló. Hatáskörébe tartozik a DHCP, TFTP, TFTP, CM konfigurációs fájl kiszolgálás és felügyelet.
- Nemesis Obszerver alszerver: Megfigyelő logozó alszerver. Feladata az információk gyűjtése, értékelése, feldolgozása és adatbázishoz való eljuttatása.
- Nemesis Executor alszerver: Ennek a szervernek a feladata, hogy a rendszer működése közben előálló feladatokat elvégezze, aktívan beavatkozzon a hálózat működésébe.

### **7.3. A felhasználói felület felépítése használata**

Ez az alfejezet egy rövid tömör áttekintést ad felhasználói felületről kiemelve néhány nagyon praktikus használható és a kábeloperátor számára nagy segítséget nyújtó részt. A felhasználói felület teljes és részletes bemutatása nem célja a dolgozatnak. Az ismertetés nem az ügyfelekkel és végpontokkal kapcsolatos adatrögzítési és statisztikus részekre fókuszál, hanem a hálózatmenedzsmenttel szorosan összefüggő műszaki diagnosztikai pontokra. A hálózatok és az üzemeltetés menüpontok fontosabb részeit ismerteti.

#### **7.3.1. Hálózatok menüpont**

##### **Aktív hálózatok szűrése**

Ez a menüpont foglalja össze rendszerben található hálózatok adminisztrációját. Aktív hálózati listák készítésével pontos információkat kaphatunk egy-egy hálózati szegmensben üzemelő kábelmodemek működési állapotáról, az aktív hálózati elemek műszaki paramétereiről. Ezekből az információkból pontos képet kaphatunk az adott hálózatrész működési körülményeiről, ami nagy segítséget jelent egy esetleges hibabehatárolásnál, javításnál. Ezeknek a listáknak az elkészítését egy szűrőoldalon keresztül tudjuk megtenni. Különböző szűrőfeltételek beállításával a lekérdezésben szereplő információk bővíthetők.

Az alábbiakban ezek közül ismertetek néhány fontosabbat:

- Lekérdezés módja: Ha az online lekérdezést választjuk akkor minden adatot közvetlenül és az adott időpillanatban kérdezzük le. (Ez időben pontos képet szolgáltat a megjelenített

eszközökről). Ha az „Observer cache” módot választjuk akkor a logozó automatika által eltárolt utolsó lekérdezésből származó eredményeket kapjuk. Ez lényegesen gyorsabb lekérdezést biztosít.

- Modem mérési adatok: Ezt bekapcsolva a modem hálózati adatait is lekérdezzük a rendszerből. A megjelenő táblázat plusz információt szolgáltat a modem adási és vételi jelszintjéről, és az előreirányú jelfolyam modulációs hibaarányáról a modem vételi pontján. De információt kapunk még a CMTS vételi jelszintjéről és a modem visszirányú jel-zaj viszonyáról, ami talán a legfontosabb információ az átviteli út minőségét illetően.
- Ping: Ennek a funkciónak a bekapcsolásával a lekérdezés előtt meghatározott számú ICMP Echo csomag kerül elküldésre a modem felé, és a válaszok alapján a rendszer statisztikát készít. Ezt bekapcsolva a következő adatok jelennek meg a táblázatban. Packet loss/Round Trip Time (Csomagvesztés / Válaszidők).
- Aktív MTA: Ezt bekapcsolva a listában csak az aktív MTA-val rendelkező modemek jelennek meg. (MTA-val rendelkező modem, amely segítségével VoIP szolgáltatást nyújtunk).
- CPE-MTA IP: Ezt alkalmazva a rendszer lekérdezi az aktívan működő CPE egységek IP címét, és hálózati kártyájuk ethernet címét.

Az alábbi ábrákon egy hálózati lista készítéséhez használatos szűrőfeltételek kiválasztását bemutató ablakot láthatunk, utána pedig egy lekérdezett aktív hálózathoz tartozó eszközök listájának részletét kibővített feltételekkel.

Aktív eszköz lista szűrése

Keresés

Lekérdezés módja : Online-  / Observer cache-

Reguláris / Case sensitive :  /

Modem mérési adatok / Ping :  /

MTA / CPE-MTA IP / Flap :  /  /

Tűrészhatáron kívülieket :

< Cm-TX <  -  < Cmts-RX <  -  < US-SNR <

< Cm-RX <  -  < DS-MER <  -  < AVG-RTT <

CMTS:

Downstream :

Upstream :

Modem állapota:

Modem típus :

7.3.1.1. ábra. Nemesis Aktív hálózati eszköz lista szűrése

<< Vissza Aktív eszközök listája CSV-formátumban Reset online Clear offline Frissít

105-Online modem 36-Offline modem 0-Egyéb modem

Reset	Clear	CAB/US	Info	CPE	MAC cím	IP cím	CPE/MTA MAC cím-IP cím	Ping	Állapot	G	CmTX	CmtsRX	USSNR	CmRX	DSMER	Zóna
1		DS:0/0 US: 0/3/1	M C P		0018.c02b.e4bc	0.0.0.0			P DP offline	G T	-	-	-	-	-	-
2		DS:0/0 US: 0/3/1	M C P		0018.c018.2c00	10.13.0.98			P DP online	G T	110.3	69.8	31.5	56.4	40.7	-
3		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		0018.c02f.d6ba	0.0.0.0			P DP offline	G T	-	-	-	-	-	-
4		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		001a.ad7b.809e	10.13.0.90	[Ping] .109.199.39.218 - 88ae.1d0b.e855		P DP online	G T	104.7	70	31	66.5	41.9	-
5		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		0018.c020.2050	0.0.0.0			P DP offline	G T	-	-	-	-	-	-
6		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		0018.c018.2d14	10.13.0.88			P DP online	G T	105.7	70	30.8	63.2	40.8	-
7		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		001a.ad7b.7cce	0.0.0.0			P DP offline	G T	-	-	-	-	-	-
8		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		0014.e8ad.780c	10.13.0.9	[Ping] .109.199.39.237 - 88ae.1d0b.e855		P DP online	G T	106.5	70	29.2	53.1	39.5	-
9		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P	MTA	0023.ee0c.b046	10.13.0.56	[Ping] .10.238.24.7 - b407.f99b.9b1f [Ping] .109.199.39.22 - b407.f99b.9b1f		P DP online	G T	99.5	69.9	30.6	62.9	42.8	-
10		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		001a.ad7b.7fb8	10.13.0.92			P DP online	G T	106.7	70	31.3	60.3	41.5	-
11		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		0018.c02f.d6b2	0.0.0.0			P DP offline	G T	-	-	-	-	-	-
12		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P	MTA	001a.ad8f.8822	10.13.0.127	[Ping] .10.238.24.2 - 88ae.1d0b.e855		P DP online	G T	100.5	69.8	30.6	59.8	38.2	-
13		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		0024.d1a2.44b9	10.13.0.72	[Ping] .109.199.39.247 - b407.f99b.9b1f [Ping] .10.238.24.8 - b407.f99b.9b1f		P DP online	G T	104.7	70.1	31.1	60.4	39.1	-
14		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		0018.c020.2b12	10.13.0.104			P DP online	G T	103.4	69.7	26.2	50.1	36.5	-
15		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		0018.c030.016a	10.13.0.81	[Ping] .109.199.39.162 - b407.f99b.9b1f		P DP online	G T	97.7	70	29.9	57.6	42.1	-
16		DS:0/0 US: 0/3/0	M C P		0018.c02b.e55a	10.13.0.116	[Ping] .109.199.39.30 - 88ae.1d0b.e855		P DP online	G T	101.9	70	31.3	64.6	42.1	-

7.3.1.2. ábra. Nemesis Aktív hálózati eszköz lista részlet

## **Aktív eszközök listája**

Az előző részben tárgyaltak szerint a szűrőfeltételek megadásával egy igényeinkhez szabott aktív eszközlíst tudunk lekérdezni. Az alábbiakban a létrehozott alaplista néhány fontosabb oszlopa által nyújtott információkat ismertetem.

- Modem információk: Az M linkre kattintva a modemekről kérhetünk le közvetlen információkat. Ezek általános információk a modemről uptime, szoftver verzió fel és letöltési csatornára vonatkozó technikai adatok. De információt kaphatunk még a QoS paramétereiről, sávszélesség beállításokról, a modemben beállított IP szűrőkről, valamint a modem saját log adatbázisáról táblázatos formában.
- Modem MAC címe: Itt a modem MAC címét láthatjuk amire ha rákattintunk, közvetlenül a modem karbantartó oldalára jutunk.
- A modem IP címe: Itt a modem privát IP címét láthatjuk.
- Ping: A pingelésnél kétfajta lehetőség közül is választhatunk. Ha a „P” linket választjuk akkor a hagyományos ICMP alapú pingelést tudjuk elvégezni, hagyományos ping parancssori kimenettel. A „D” linkre kattintva egy úgynevezett Docsis pingelést hajtunk végre, ami utasítja a CMTS-t hogy saját maga végezzen csomagvesztés és válaszdő vizsgálatot. (Mivel ez a művelet IP protokoll szint alatt működik, így segítségével akár a ranging állapotú modemekről is tudunk információt beszerezni).
- Modem állapot: Ebben az oszlopban láthatjuk, hogy az adott modem milyen állapotban van. A modem állapota online, offline, vagy ranging állapotú lehet. ( Az utóbbi állapottal általában csak valamilyen hálózati átviteli hiba fennállása esetén találkozhatunk.) A modem állapokra kattintva egy kördiagrammhoz jutunk, ami modem rendelkezésre állásáról nyújt információt százalékos arányban.
- Összesített grafikon: Ebben két oszlop található. A „G” betűre kattintva a modem összesített technikai grafikonja érhető el, amelyben láthatjuk a modem öt legfontosabb technikai paraméterének változását az idő függvényében.

Az alábbi ábrákon az aktív hálózati eszközök néhány fontosabb paramétereit bemutató információs ablakokat láthatjuk:

Online info	Online QoS	Szűrők	Események
<b>Online info :</b>			
Modem Ethernet (IP):	001a.ad72.098e (10.12.0.78)		
Uptime:	20-Óra, 8-Perc, 43-Másodperc		
Version:	HW_REV= 1; VENDOR= Motorola Corporation; BOOTR= 2164; SW_REV= SB5101E-2.5.2.0-SCM01-NOSH; MODEL= SB5101E		
<b>Előreirány (downstream) :</b>			
Downstream vételi jelszint:	73.2 dBμV		
Jel/zaj hányados az előreirányon:	41.9 dB		
Downstream csatorna frekvencia:	426000000 Hz		
Downstream csatornaszélesség:	8000000 Hz		
Downstream moduláció:	QAM256		
Fogadott hibátlan codeword szám:	2471403500 (100.0000 %)		
Fogadott hibás, de javított codeword:	21 (0.0000 %)		
Fogadott hibás, nem javítható codeword:	0 (0.0000 %)		
<b>Visszirány (upstream) :</b>			
Visszirány jelerősség:	96.7 dBμV		
Upstream csatorna frekvencia:	390000000 Hz		
Upstream csatornaszélesség:	3200000 Hz		
<b>Modem állapot :</b>			
Modem reset-ek száma:	0		
Előreirány szinkronvesztések:	0		
Érvénytelen MAP üzenetek:	0		
Érvénytelen UCD üzenetek:	0		
Érvénytelen Ranging Response :	0		
Érvénytelen Registration Response:	0		
T1 időtúllépés (UCD várakozás):	0		
T2 időtúllépés (Broadcast ranging):	0		
T3 időtúllépés (RNG-RSP várakozás):	3		
T4 időtúllépés (Unicast ranging):	0		

7.3.1.3. ábra. Nemesis modem információk

```

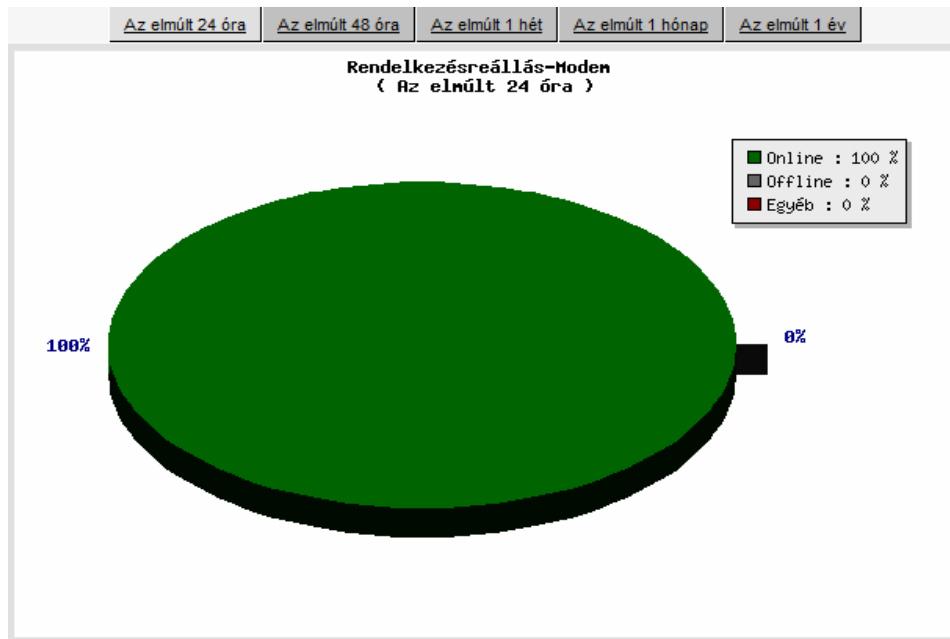
PING 10.12.0.120 (10.12.0.120) 56(84) bytes of data:
64 bđž"jt fogadva: 10.12.0.120: sorsdž"m=1 ttl=62 idđž"=10.7 ms
64 bđž"jt fogadva: 10.12.0.120: sorsdž"m=2 ttl=62 idđž"=10.9 ms
64 bđž"jt fogadva: 10.12.0.120: sorsdž"m=3 ttl=62 idđž"=11.2 ms
64 bđž"jt fogadva: 10.12.0.120: sorsdž"m=4 ttl=62 idđž"=11.3 ms
64 bđž"jt fogadva: 10.12.0.120: sorsdž"m=5 ttl=62 idđž"=11.7 ms
64 bđž"jt fogadva: 10.12.0.120: sorsdž"m=6 ttl=62 idđž"=12.4 ms
64 bđž"jt fogadva: 10.12.0.120: sorsdž"m=7 ttl=62 idđž"=12.4 ms
64 bđž"jt fogadva: 10.12.0.120: sorsdž"m=8 ttl=62 idđž"=8.53 ms
64 bđž"jt fogadva: 10.12.0.120: sorsdž"m=9 ttl=62 idđž"=8.84 ms
64 bđž"jt fogadva: 10.12.0.120: sorsdž"m=10 ttl=62 idđž"=9.14 ms

--- 10.12.0.120 Ping statisztikđž"k ---
10 csomag elkđž"ldve
10 csomag fogadva
0% csomag elveszett
, time 1835 ms
rtt (minimum/dž"tlag/maximum/mdev) = 8.535/10.744/12.480/1.365 ms, ipg/ewma 203.928/10.519 ms

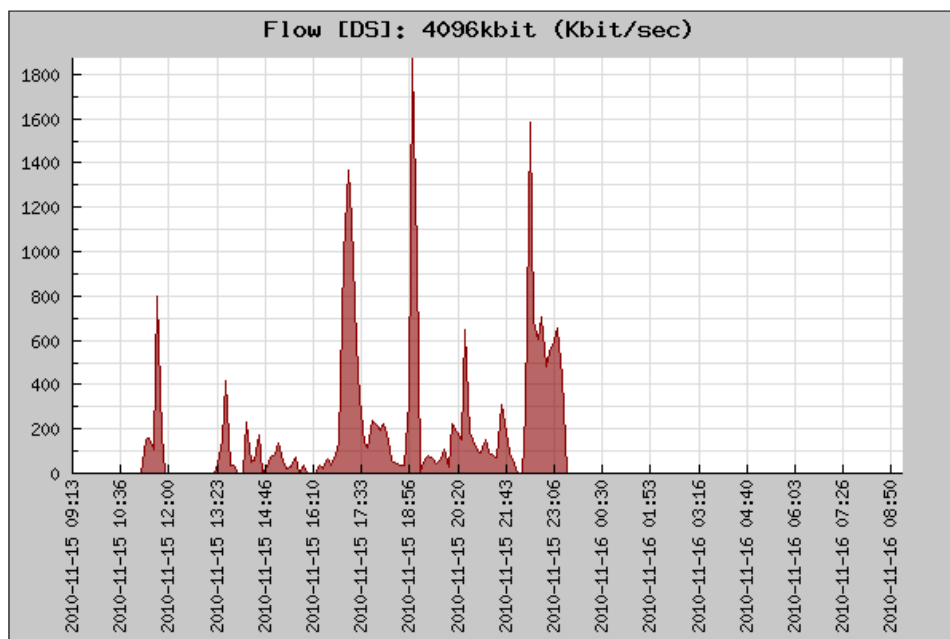
```

**Bezár**

7.3.1.4. ábra. Nemesis hagyományos ICMP alapú ping



7.3.1.5. ábra. Modem állapot, rendelkezésre állás



7.3.1.6. ábra. Modem fogyasztási statisztika grafikon

## **Visszutcák adminisztrálása**

A visszutcák karbantartása kiemelt fontosságú a rendszerben. Ezek nyilvántartásával kialakítható a CMTS-es visszirányaihoz tartozó hálózati topológia. Az egyes végpontok rögzítésekor azonnal látszik, hogy visszirányúsított területre esnek-e. (A visszirányú utcák beállításainál az utca házszám intervallumok rögzíthetők.) A hálózati végpontok rendszerben való rögzítésükkor azonnal besorolásra kerülnek a hálózati topológiába, aminek következtében rögzül, hogy például milyen beállított IP tartományokból osztható számukra fix IP cím. A visszutca adatok módosításakor a rendszer automatikusan elvégzi a szükséges tranzakciókat (pl: végpont állapotainak beállítása).

### **7.3.2. Szolgáltatások menüpont**

Az üzemeltetés menüpont alatt található karbantartó oldalak, listák grafikonok diagnosztikák nagymértékben segítik a napi munka során felmerülő problémák megoldását.

#### **Diagnosztikák**

Ez menüpont segít a rendszeren belüli esetleges problémák felderítésében. A begyűjtött információkat rendszerezi és táblázatba foglalja, ami nagy segítséget jelent a felhasználónak a hiba helyének és jellegének behatárolására.

Az adatbázis diagnosztika feladata az adatbázison belüli problémák feltárása. A rendszer az alábbi probléma csoportokra összpontosít:

- Eszköz kiadások: A rendszer szisztematikusan végignézi, hogy milyen végpontoknak milyen eszközök vannak kiadva. Ha úgy látja, hogy az adott eszköznek nem szabadna a végponthoz tartoznia, akkor a végpont bekerül ebbe a listába. Általában ebbe a listába olyan végpontok kerülnek, amelyek állapota normál esetben nem tenné lehetővé, hogy hozzájuk valamilyen eszköz tartozzon.
- IP kiadások: A rendszer az eszközök mintájára, IP címekre is vizsgál. Ezzel meg tudjuk előzni a felesleges IP cím hozzárendeléseket a végpontokhoz.
- Állapot problémák: Ebbe a listába tipikusan olyan végpontok kerülnek be, amelyek állapota hiányos. Például nincs még eszköz hozzájuk rendelve.

- Csomag problémák: Ebbe a listába azok a végpontok kerülnek be, amelyek csomagparaméterei eltérnek az alapértelmezett csomagbeállításoktól. Pl: túl sok IP cím van hozzárendelve a végponthoz.

A következő diagnosztikai lekérdezés a modem diagnosztika. Feladata a modem tulajdonságainak az adatbázisban tárolt értékeivel való vizsgálata. Végignézi a modemek sávszélesség előírásait az adatbázisban és a modemekben és jelzi az eltéréseket. Az eredményeket listába foglalva jeleníti meg, amelyből láthatjuk, hogy mely ügyfelek modemei nem az előírásoknak megfelelően működnek.

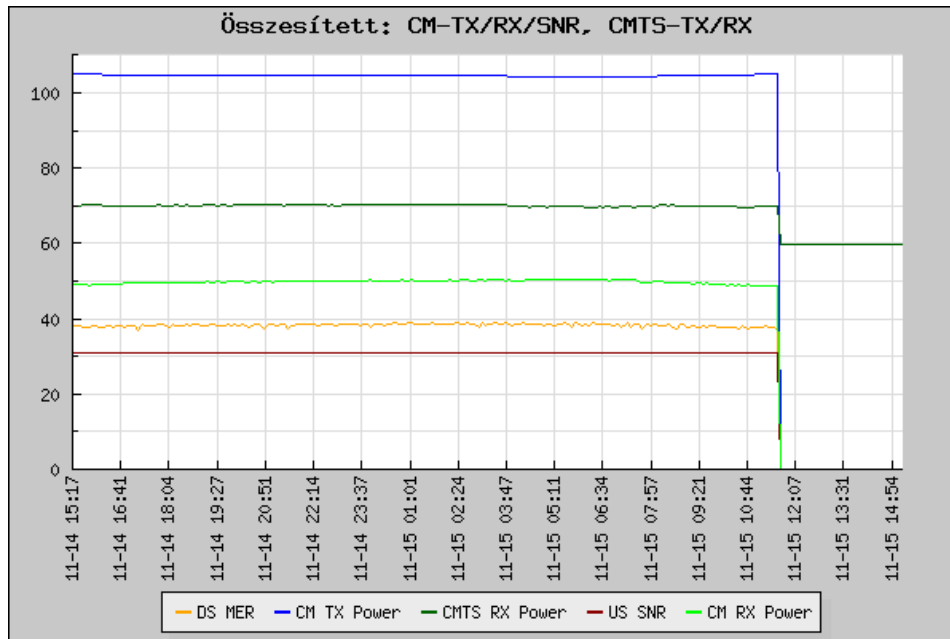
A CMTS diagnosztika feladata ugyanaz, mint a modem diagnosztikáé. Ellenőrzi, hogy a CMTS aktív beállításai megegyeznek e, az adatbázisban tárolt értékekkel.

## **Grafikonok**

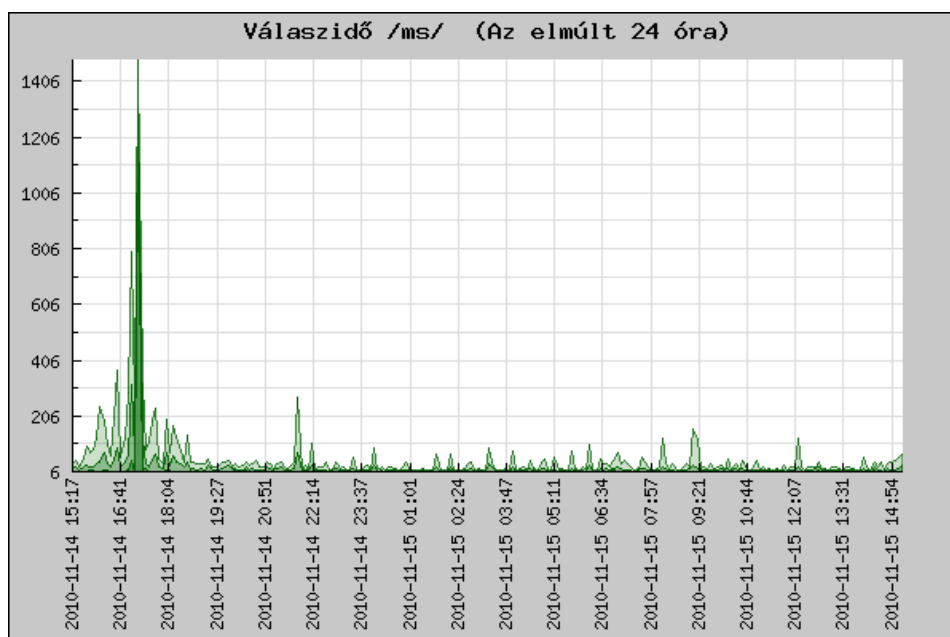
A grafikonok menüpont alatt találjuk a modemek összesített grafikon táblázatát, illetve a CMTS-ek technikai és forgalmi grafikonjait.

A modemgrafikonok menüpontban egy nagy táblázatot találunk a kiválasztott CMTS eszköz mindem modemjére vonatkozóan. A táblázat első oszlopa tartalmazza a végpont címét, a kapcsolattartó nevét és az erősítő körzetet. Ezután három grafikon következik, amely egy összesített táblázat a legfontosabb műszaki paraméterekkel 24 órás bontásban, egy a válaszidőkre vonatkozóan, egy pedig a csomagvesztéseket rögzíti. Ez egy átfogó képet nyújt a felhasználó számára a hálózat állapotáról és az adott CMTS mögött üzemelő modemek működéséről. Ha bármelyik grafikonra rákattintunk, kibővíthetjük a paraméterek vizsgálatának időbeli kereteit. Ezáltal analizálni tudunk egy esetlegesen korábban kialakult hibát. Időben be tudjuk határolni annak keletkezését és az azóta végbement változásokat. Ha ezek mellé felhasználjuk a szűrt hálózati listákat és a hálózati topológiai terveket, lokalizálni tudjuk a hibák kialakulásának helyét és általa érintett terület nagyságát, ami nagymértékben leegyszerűsíti annak kijavítását.

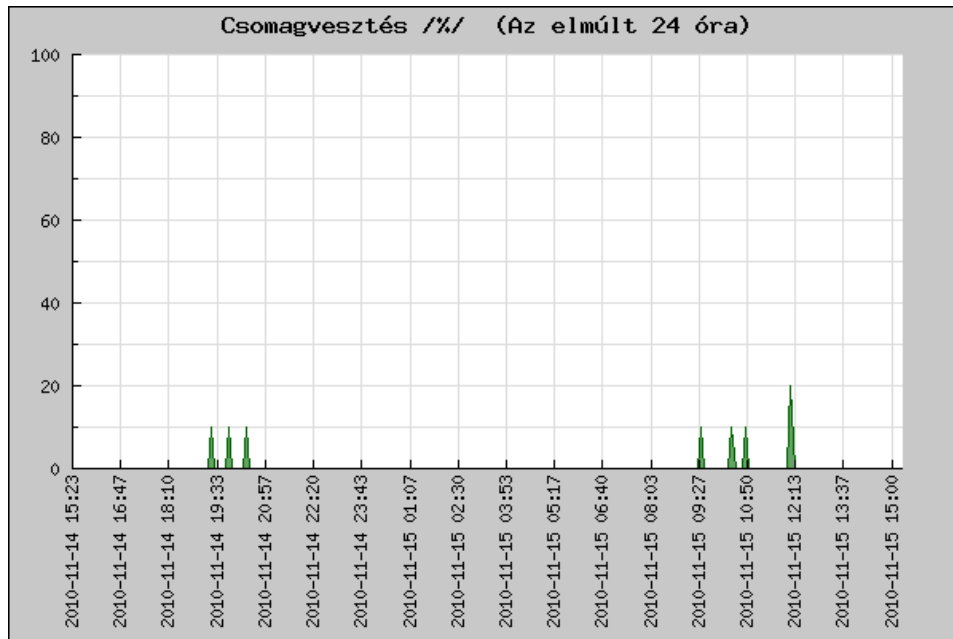
Az alábbi ábrákon három modemgrafikont láthatunk. Az első az összesített paraméterekre vonatkozik, a második egy modem válaszidő statisztikáját mutatja be, a harmadik pedig a csomagvesztésekre vonatkozik.



7.3.2.1. ábra. Nemesis modem összesített paraméterek grafikon



7.3.2.2. ábra. Nemesis modem válaszidő grafikon



**7.3.2.3. ábra. Nemesis csomagvesztés modemgrafikon**

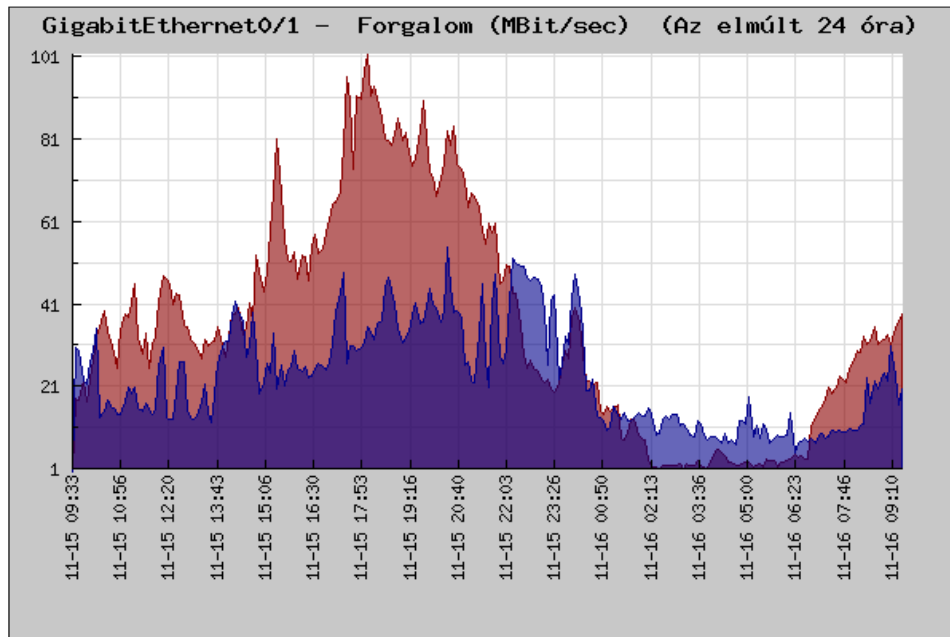
A CMTS technikai grafikonok menüpont minden CMTS-hez ad egy táblázatot, amelyben minden visszirányú jelfolyamra vonatkozóan található egy link. Ezeket használva információhoz juthatunk az adott visszirány összesített csomagvesztési grafikonjáról, az US-SNR grafikonról, és a vizsgált visszirányhoz tartozó modemszámot tartalmazó grafikonról.

A CMTS forgalmi grafikon minden CMTS regisztrált interfészére szolgáltat egy grafikont.

(Ethernet, Downstream, Upstream) Ezekből leolvasható hogy az adott interfészen mekkora adatforgalom volt, mennyi az unicast és nem unicast csomagok száma. Ezen kívül információhoz juthatunk még az inrerfészhez tartozó visszautasított (discard) és hibás (error) csomagok számáról. Az alábbi ábrákon egy CMTS forgalmi lekérdezést illetve, az ethernet interfészre vonatkozó grafikon tartalmát láthatunk:

Modem diagrammok	CMTS technikai diagrammok	CMTS adatforgalmi diagrammok	US-Modem stat.	US-Traff stat.	
CMTS: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Hosszupalyi UBR7225</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Keresés</span>					
CMTS : <b>Hosszupalyi UBR7225</b> ( 10.250.0.6 )					
Interfész	Forgalom	Unicast csomagok	Nem Unicast csomagok	Discard	Error
GigabitEthernet0/1	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 1/0:0	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 1/0:1	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 1/0:2	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 1/0:3	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 1/1:0	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 1/1:1	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 1/1:2	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 1/1:3	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 2/0:0	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 2/0:1	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 2/0:2	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 2/0:3	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 2/1:0	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 2/1:1	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 2/1:2	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Downstream 2/1:3	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>	<a href="#">Grafikon</a>
Upstream 1/0	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 1/1	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 1/2	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 1/3	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 1/4	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 1/5	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 1/6	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 1/7	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 2/0	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 2/1	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 2/2	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 2/3	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 2/4	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 2/5	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 2/6	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>
Upstream 2/7	<a href="#">Grafikon - 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>	<a href="#">Grafikon 0 / 1 / 2 / 3</a>

7.3.2.4. ábra. Nemesis forgalmi grafikon lekérdezés



7.3.2.5. ábra. Nemesis összesített ethernet interfész grafikon 24 órás távlatban

## 8. Összefoglalás

A dolgozat és egyben az ehhez kapcsolódó irodalomkutatás célja az volt, hogy áttekintést adjon napjaink egyik leggyakrabban alkalmazott adatátviteli technológiájáról a Docsis rendszerekről. A kábeltelevíziós hálózat, mint átviteli közeg fennmaradásának és jelenleg is erős piaci pozíciójának talán legnagyobb támogatója a ráépülő adatátviteli szolgáltatások működtetése és ezen belül is a fejlett Docsis rendszerek üzemeltetése. A Docsis szabványok mindenképpen figyelemreméltók nem csak azért, mert létüket a szolgáltatók által alkotott közösségeknek köszönhetik, hanem azért is, mert nélküle a koaxiális hálózat, mint fizikai átviteli közeg valószínűleg már jelentősen háttérbe szorult volna.

A dolgozat elején egy rövid áttekintést kapunk a kábeltelevíziós hálózatok fejlődéstörténetéről, valamint a korszerű HFC hálózatokkal szemben támasztott követelményekről. Ezután a Docsis ajánlások kialakulását és fejlődésének fontosabb mérföldköveit ismerttettem. A Docsis szabványok az OSI (Open System Interconnection) rétegstruktúráját veszik alapul és abból az alsó két réteget definiálják. A layer 1 a fizikai (PHY) átvitelt határozza meg, a layer 2 pedig az adatkapcsolati (MAC Media Access Control) működését írja le. A következő két fejezet ezeknek a rétegeknek a kialakítására és működésére fókuszál. A fizikai réteg jellemzésénél az RF átviteli csatornával szembeni elvárásokat ismerttettem, valamint a fontosabb modulációs és kódolási eljárásokat. Az adatkapcsolati réteg fejezet bemutatta a legújabb Docsis 3.0-ás szabvány nyújtotta előnyöket, újdonságokat úgy, mint a csatorna összefogás, az automatikus terhelés elosztás, multicast és QoS képességek. Szó volt továbbá a MAC specifikációról és protokollokról. Végül egy hálózatmenedzsment rendszert mutattam be célirányosan a hálózatfelügyeleti és diagnosztikai részekre koncentrálva.

Az itt leírt ismereteken kívül még nagyon sok informatikai és hálózatüzemeltetési tudás és gyakorlati tapasztalat szükséges egy Docsis rendszer üzembe helyezéséhez és működtetéséhez. Napjaink forrongó távközlési piacán egyre újabb technológiákra és eszközökre van szükség ahhoz, hogy kielégítsük a jelen és a jövő adatátviteli sávszélesség igényeit. Ehhez nyújt kitűnő alternatívát a Docsis 3.0 ajánlás és a ráépülő eszközök technológiák.

## 9. Szójegyzék

- **BER:** (Bit Error Ratio) A digitális csatorna jellemzésére használatos. A hibásan átvitt és az összes átvitt bit számának arányát fejezi ki.
- **Broadcast:** üzenetszórásos adattovábbítás
- **CDMA:** (Code Division Multiply Acces) Kódosztásos közeghozzáférés. Egyidőben több eszköz hozzáférését teszi lehetővé ugyanabban a kommunikációs csatornában.
- **Channel Bonding:** Csatorna összefogás. Egy felhasználói végpont két vagy több adatátviteli csatornát képes egyszerre igénybe venni, az adatátviteli sebesség növelése érdekében.
- **CM:** A kábelmodem szó angol nyelvű rövidítése. A kábelmodem egy internet szolgáltatás előfizetői oldalán levő DCE eszköz.
- **CMTS:** Cable Modem Termination System kábelmodem végződtető rendszer eszköz. A szolgáltató fejállomásán helyezkedik el, és a kábelmodemek összehangolt működését vezérli.
- **CPE:** Az előfizetői végpontokon elhelyezkedő általában az előfizető tulajdonában lévő végponti eszközök. (Személyi számítógép, Router)
- **DHCP:** Dynamic Host Configuration Protocol. Lehetővé teszi egy IP címtartomány dinamikus kiosztását. A kliensek a címeket csak meghatározott időre kapják bérbe.
- **Docsis:** Data Over Cable Service Interface Specification. Kábeltelevíziós hálózaton keresztül megvalósított adatátviteli szabvány. Az OSI referencia modell alsó két rétegét definálja.
- **Downstream:** A hálózati kommunikációban az előre irányú, vagy letöltési irányú csatorna angol nyelvű megnevezése.
- **Dual stack:** A Docsis 3.0 réteg rendszeréhez köthető. Lényege az, hogy a modemek kettős módon IPv4 és IPv6 címezéssel egyaránt elérhetők.
- **HFC hálózat:** Hibrid Fibre-Coaxial Network. Vegyes optikai és koaxiális részekből felépített hálózat. Az optikai rész alkotja a gerinchálózati részt. Ennek aránya tetszőlegesen változtatható.
- **Host:** Állomás. Az előfizető végponti eszköze.
- **IPTV:** Olyan szolgáltatási forma, ahol a digitális televíziós jelfolyam IP protokollon keresztül jut el az előfizetőhöz.
- **Load Balance:** Terheléselosztás. Több adatátviteli csatorna esetén a terhelési szintek egyenletes elosztására használják. A D 3.0 esetében az összefogott csatornákon belül végez kiegyenlítést.

- **MAP:** Bandwidth Allocation Map. Sáv szélesség hozzáférési térkép. A kábelhálózat visszirányú csatornáinak időres kiosztását leíró üzenet, amit a CMTS az előreirányú broadcast csatornában folyamatosan továbbít a modemek felé.

- **MER:** Modulation Error Ratio. Modulációs hibaarány, mely a digitális jel minőségének mérésére szolgál. A MER, az egyes szimbólumok eltérését mutatja az ideális helyzetüktől. Minél nagyobb az eltérés annál nagyobb az esélye a szimbólum téves azonosításának. Folyamatosan változó paraméter, nagyon jól reprezentálja a digitális jelben végbemenő változásokat. Kiszámítását a következő képlettel végezhetjük:

$$MER = 20 \cdot \log \frac{\text{Hiba amplitúdó}}{\text{Átlagos szimbólum amplitúdó}} [dB]$$

- **Minislot:** Az S-CDMA közeghozzáférés legkisebb átviteli egysége. Egy minislot időtartama egy SCDMA keret. (Bővebben 5.4.2. alfejezet)

- **PAL:** A világ legerjedtebb televíziós szabványa. Csatorna sáv szélessége 8 MHz. Magyarországon az 1990-es évek elején vezették be a Secam rendszer leváltásaként.

- **PDU:** Protocol Data Unit. Egy adott protokoll által képzett fejlécből és az általa bekeretezett adategységből áll.

- **Provisioning:** Kezdeti konfiguráció, beállítás.

- **QAM:** Quadrature Amplitude Modulation. Hibrid amplitúdó és fázis moduláció. A vivőfrekvencia amplitúdója és fázisa is változik. Az összetevők megengedett értékétől függően többfajta lehet.

- **QoS:** Quality of Service. Erőforrás kapacitások lefoglalását vezérlő mechanizmus. Segítségével adatfolyamokhoz, alkalmazásokhoz, felhasználókhöz különböző prioritásokat rendelhetünk.

- **QPSK:** Quadrature Phase Shift Keying. Négyállapotú fázis moduláció. A jel amplitúdója nem, csak a fázisa változik négy különböző állapot között.

- **Ranging:** A kábelmodem fizikai rétegének inicializálására szolgáló folyamat. A CMTS a modem távolságmérését és adási szintjének beállítását végzi el.

- **S-CDMA:** Synchronous Code Division Multiple Access. A CDM, a CDMA és a TDMA ötvözete. Kétdimenziós adatküldést valósít meg. A két dimenziót a kódolás és az idő jelenti.

- **SID:** Service Identifier. Segítségével azonosítani lehet az azonos multicast csoportokba tartozó eszközöket.

**SNMP:** Simple Network Management Protocol. Hálózati eszközök menedzselésére használt protokoll.

- **SNR:** A jel és az alapzaj teljesítményének a hányadosa. A Docsis rendszereknél a visszirányú RF csatorna minőségének mérésére használják.

- **Splitter:** RF iránycsatoló és osztó. A koaxiális hálózatokban a kábelek több ágra osztására használják. (A HFC hálózat optikai részében használnak optikai szplittereket is. Ezek ugyanazt a célt szolgálják, de más elven valósulnak meg.)

- **TDMA:** (Time Division Multiple Access) Időosztásos közeghozzáférés. Időosztásos módszerrel lehetővé teszi ugyanannak a kommunikációs csatornának a használatát több hálózati eszköz számára.

- **TFTP:** Trivial File Transfer Protocol. Adatok küldéséhez és fogadásához használatos protokoll. Az átvitelhez UDP protokollt használ. Nem támogat semmilyen hitelesítési vagy titkosítási mechanizmust. (Bővebb információ RFC 1350-ben).

- **Time-slot:** A TDM és a TDMA módokhoz köthető. Ezek az eljárások az adatátviteli csatorna átviteli idejét szeletekre osztják, majd ezeket az időrészeket kiosztják az ezeket igénylő hálózati eszközöknek.

- **ToD:** Time of Day Rendszeridő szerver. A Docsis rendszerekben a CMTS ennek segítségével hozza szinkronba az általa vezérelt modemeket.

- **Upstream Channel Descriptor:** Visszirányú csatornaleíró üzenet. A visszirány paramétereit közli benne a CMTS, úgymint frekvencia, moduláció, csatorna sávszélesség. S-CDMA használatakor ebben specifikált a szórás intervallum keretként, a kódszám mini-slotként és az aktív kódok száma.

- **Upstream:** A hálózati kommunikáció feltöltési irányára utaló kifejezés.

- **USSNR:** Upstream Signal To Noise Ratio. A visszirányú csatorna jel-zaj viszonyának angol nyelvű rövidítése. Értékét a hasznos jel és az alapzaj teljesítményének különbsége adja.

## 10. Irodalom

- [1] **Gróf Róbert:** Adatátviteli szolgáltatások kábeltelevízió hálózaton; Kábelkon Kft. 2005.  
<http://ww.kabelkon.hu/download/kabelkon%20rendszer.pdf>  
Felhasználás időpontja: 2010-09-02.
- [2] **Babosa Antal, Danyi Vilmos, Gróf Róbert, Költő Gábor, Sinka Sándor, Turányi Gábor, Zigó József:** Kábeltelevíziós hálózatok 2004.  
Felhasználás időpontja: 2010-09-10.
- [3] **CableLabs:** Data Over Cable Service Interface Specification DOCSIS 3.0, Physical Layer Specification, CableLab; CM-SP-PHYv3.0-I09-101008  
<http://www.cablelabs.com/specifications/CM-SP-PHYv3.0-I09-101008.pdf>  
Felhasználás időpontja: 2010-10-01.
- [4] **CableLabs:** Downstream RF Interface Specification; CM-SP-DRFI-106-080215  
<http://www.cablelabs.com/specifications/CM-SP-DRFI-I06-080215.pdf>  
Felhasználás időpontja: 2010-10-01
- [5] **CableLabs:** Data-Over-Cable Service Interface Specifications DOCSIS 3.0, MAC and Upper Layer Protocols Interface Specification; CM-SP-MULPIv3.0-I14-101008  
<http://www.cablelabs.com/specifications/CM-SP-MULPIv3.0-I14-101008.pdf>  
Felhasználás időpontja: 2010-11-01.
- [6] **CableLabs:** Data-Over-Cable Service Interface Specifications DOCSIS 3.0, Operations Support System Interface Specification; CM-SP-OSSIV3.0-103-101008  
<http://www.cablelabs.com/specifications/CM-SP-OSSIV3.0-I13-101008.pdf>  
Felhasználás időpontja: 2010-11-02.
- [7] **Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület:** EuroDocsis 3.0 bevezethetőség a Vidanet hálózatában. 2008.  
Felhasználás időpontja: 2010-09-05.
- [8] **Ereltronik Kft:** Gyártmánykatalógus 2009  
Felhasználás időpontja: 2010-10-10.
- [9] **Nagypál Mihály:** CASA Docsis 3.0 CMTS prezentáció  
Felhasználás időpontja: 2010-10-01.