

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	1
1.0. Bevezetés	2
1.1 A Transport Stream felépítése	3
1.1.1. PES	3
1.1.2. TS.....	4
1.1.3. Táblák: PSI, SI.....	5
1.2. IP (Internet Protokoll).....	8
1.2.1. IP datagramm fejléce	8
1.2.2. IP küldési módok	10
1.2.3. ARP: (Address Resolution Protocol).....	11
1.2.4. UDP: (User Datagram Protocol)	12
1.2.5. IGMP: (Internet Group Management Protocol)	13
1.2.6. ICMP: (Internet Control Message Protocol)	14
1.3. Ethernet	15
1.3.1. 10BaseT	15
1.3.2. 100BaseTX	17
1.4. Kísérleti IP TV rendszer konfigurálása.....	19
1.5. PCR hiba mérése.....	28
1.6. Kísérleti IP TV rendszer különböző hálózati környezetekben történő vizsgálata	31
1.6.1 Unicast mérés	31
1.6.2. Multicast mérés.....	37
2.1. A T-Kábelről	43
2.2. DOCSIS rendszerek áttekintése	44
2.2.1. DOCSIS 1.0	45
2.2.2 DOCSIS 2.0	49
2.3. GoBackTV - RetroVue.....	51
2.3.2. Értéknövelt szolgáltatások.....	56
2.3.3. Forgalmi tervezéshez.....	57
2.3.4. Forgalmi tervezés 1	58
2.4.1. DOCSIS 3.0	61
2.4.2. Forgalmi tervezés 2	65
Összefoglalás.....	67
Irodalomjegyzék.....	68
Használt szoftverek.....	69
Rövidítések jegyzéke.....	70

1.0. Bevezetés

Diplomamunkám célja megvizsgálni, milyen lehetőségek állnak a korszerű kábeltelevíziós hálózatok rendelkezésére IP TV szolgáltatás bevezetésére, és egy kísérleti laboratóriumi IP TV rendszer létrehozása. Ezért diplomamunkámat két fő részre lehet osztani. Az első részben ismertetem az IP TV-vel kapcsolatos alapvető szakmai ismereteket, technikákat, eljárásokat, fogalmakat, majd rátérek egy laborkörülmények között működő kísérleti IP TV rendszer konfigurálására és különböző hálózati környezetben történő működésének vizsgálatára.

A második részben ismertetem azokat a rendszereket, konkrét forgalmi tervezési feladattal, amelyekkel IP TV szolgáltatást lehet nyújtani KTV hálózaton, de előtte áttekintem az ehhez szükséges alapismereteket, technológiákat, és az interaktív kábeltelevíziós rendszerek felépítését.

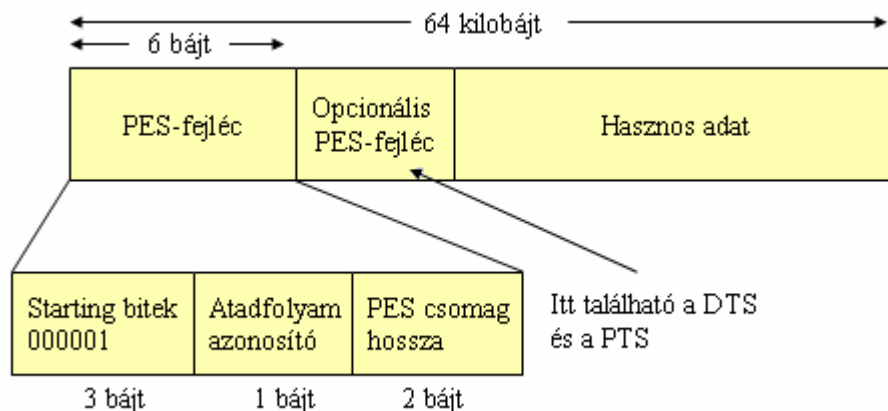
Diplomatervezési gyakorlatomat a T-Kábel Magyarország Kft-nél töltöttem, és a diplomamunkám megírásához szükséges felszereléseket, és eszközöket is a T-Kábel biztosította számomra.

1.1 A Transport Stream felépítése

Az MPEG kódolás lehetővé tette, hogy az SDTV stúdiókamerák 270Mbit/s-os jelét összetömörítsék 2-6Mbit/s-ra, ezzel biztosítva a gazdaságos szállíthatóságot. Tömörítés után az egyes műsorokat Transport Streamekbe multiplexálják, így például a kábeltelevíziós rendszerekben lehetőség nyílik egy fizikai csatornában egy analóg műsor helyett akár 8-10 digitális csatorna átvitelére is. Ezért lassan az összes kábeltelevízió szolgáltató átáll majd az analóg műsor szétesztásáról a digitálisra. Lássuk, hogyan épül föl a Transport Stream.

1.1.1. PES

Miután a különböző adatokon végrehajtották az MPEG kódolást, az ún. Elemi Adatfolyamot (Elementary Stream, ES) kapjuk. Ezt az adatfolyamot változó hosszúságú csomagokra osztjuk, ezek összessége a Csomagolt Elemi Adatfolyam (Packetized Elementary Stream, PES), általános felépítése az 1. ábrán látható.



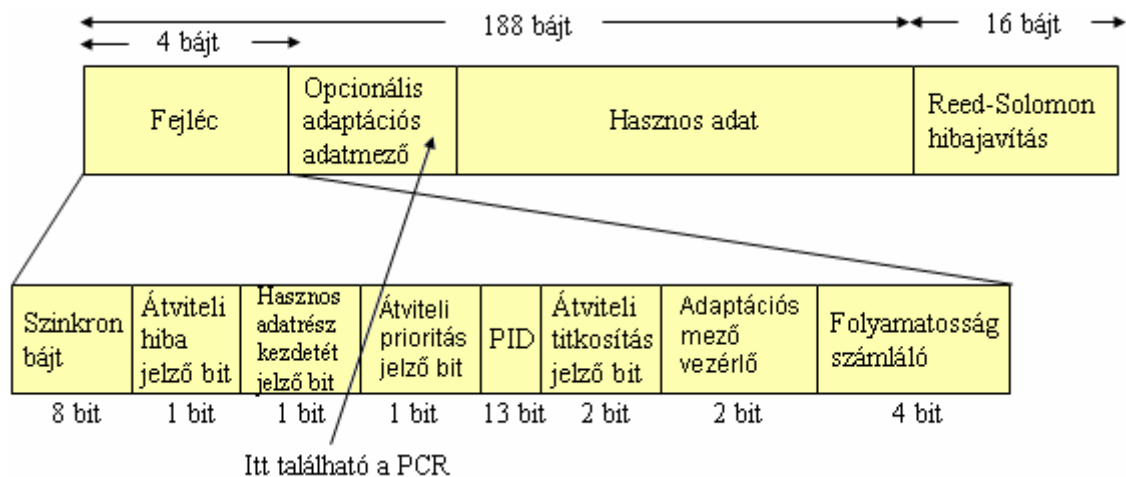
1. ábra

Egy ilyen csomag maximum 64 kilobájt hosszú lehet. Fejléce 6 bájt. Ebből 3 bájt a Starting kód, amely a 000001 négyszeres ismétlése, ezt követi az 1 bájtot foglaló Adatfolyam azonosító, amely megmutatja, hogy adatot, képet vagy hangot tartalmaz az adott PES csomag. Majd két bájt megadja az adott PES csomag hosszát. Abban az esetben, ha a PES csomag meghaladja a 64 kilobájtot mindkét csomaghossz jelző bájt nulla értékű. A PES csomagok opcionális fejlécet is tartalmazhatnak, mely magába foglal két a megjelenítéshez fontos dolgot: a Dekódolási Időbélyeget (Decoding Time Stamp, DTS) és a Megjelenítési Időbélyeget (Presentation Time Stamp, PTS). A DTS a képek eredeti sorrendjének (amit fel kellett rúgnunk a GOP struktúra miatt) visszaállításához szükséges,

a PTS pedig a kép és a hang közötti ajakszinkront hivatott biztosítani. A PTS és DTS is egy 33 bites szám.

1.1.2. TS

Ezeket a PES csomagokat ezután tovább bontják Elemi Adatfolyam csomagokra. Egy ilyen csomag 188 bájt hosszú, felépítése, pedig a 2. ábrán látható.



2. ábra

Négy fő része a Fejléc, az Opcionális adaptációs mező, a hasznos adatot hordozó rész és a Reed-Solomon hibajavítás. Ha van adaptációs mező, az belelóg a hasznos adatrészbe. A Fejléc az Opcionális adaptációs mező és a hasznos adat bájtjainak összege mindig 188 kell, hogy legyen.

Fejléce 4 bájtos és a következő részekből áll:

Szinkronbájt: A fejléc egy 8 bites 47_{hex} értékű szinkronbájttal kezdődik, erre fog rá a dekóder. Ez a bitsorozat előfordulhat a hasznos adatrészt tartalmazó szakaszban is, ezért a szinkronizáció folyamán a vevő azt is ellenőrzi, hogy a 47_{hex} értékű szinkronbájtok egyforma 188 bájtos távolságra is vannak-e egymástól. A szinkronizáció öt helyesen vett csomag után jön létre és három elvesztése után szakad meg.

Átviteli hiba-jelző bit: Egy 188 bájtos packetet 16 bájtos Reed-Solomon hibajavító kódolás véd, mely 8 bájtnyi hibát képes javítani, ha ennél több a hiba csak jelezni képes azt. Ekkor az átviteli hiba-jelző bitet egyre állítják, és ezt a csomagot nem használják fel a kép megjelenítésben, hanem valamilyen módon elfedik a hiányából adódó hibát.

Hasznos adatrész kezdetét jelző bit: Ha ennek a bitnek az értéke egy, az adott packet hasznos része egy PES fejléccel, vagy egy tábla fejlécével kezdődik.

Átviteli prioritás-jelző bit: Ha ezt a bitet egyesre állítják, az azt jelenti, hogy az adott csomag fontosabb, mint az azonos PID-del rendelkező csomagok.

PID: Csomagazonosító (Packet Identifier). Ez egy 13 bites hexadecimális szám, amely az egyes elemi adatfolyamhoz tartozó 188 bájtos packeteket azonosítja.

Átviteli titkosítás-jelző bit: MPEG rendszerekben csak a hasznos adatrészben található információt szabad titkosítani. Ha mindkét bit nulla értékű, az adott packet hasznos adatot hordozó része nem titkosított. Ha valamelyik egyes akkor igen.

Adaptációs mező-vezérlő: Ha mindkét bit nulla nincs adaptációs mező. Ha legalább az egyik bit egyes akkor van.

Folytonosság számláló: Ez egy számláló, amely 0-15-ig számol. Minden alkalommal, ha beérkezik egy az adott PID-del rendelkező packet, eggyel nő a számláló értéke. Így a számlálás folytonosságának megszakadásával lehetőség nyílik a hibák észlelésére és jelzésére.

Az Opcionális adaptációs mezőben helyezkedik el a PCR, melyet 42 biten írnak le. Ha a kép- és hangdekódolóhoz érkeztek az egyes TS csomagokból demultiplexálás után összeállított PES csomagok ezek dekódolásához további szinkronizációra van szükség. A szinkronizáció megteremtéséhez az un. rendszer órajelet (System Time Clock, STC) használják. Ezt egy 27MHz-es oszcillátorral vezérelt 42 bites számláló szolgáltatja, amely 26,5 óránként fordul körbe. A vevő oldalon is van egy ilyen számláló és oszcillátor. A kettőnek pontosan együtt kell futnia, ennek megvalósításában segít a jelfolyamba illesztett, a számláló aktuális állapotát tartalmazó 42 bites PCR. Különbség esetén, a vevőoldalon egy PLL áramkör segítségével a hiba korrigálható. A PCR értékeket minimum 40ms-onként be kell ültetni, pontos távolságtól való eltérés, azaz a jitter maximum 500nsec lehet. [1]

1.1.3. Táblák: PSI, SI

Mivel egy Transport Streambe tetszőleges számú Elementary Streamet lehet tenni, valahogy jelezni kell a vételi oldal felé, az adatfolyam pillanatnyi szerkezetét, azaz, például, hogy hány program van a TS-ben, hogy az egyes programokat hány elemi adatfolyam alkotja, hogy ezek milyen PID-del rendelkeznek. Erre a feladatra szolgálnak a Program Specifikus Információk (Program Specific Information, PSI). Ezek tulajdonképpen táblák formájában kerülnek továbbításra TS csomagok hasznos adatrészében. A program specifikus információknak három fő fajtája van:

- Program hozzárendelési tábla (Program Association Table, PAT)
- Program leképzési tábla (Program Map Table, PMT)
- Feltételes hozzáférési tábla (Conditional Access Table, CAT)

Minden TS-ben egy PAT tábla található, melyet 0,5s-onként be kell ültetni a jelfolyamba, PID-je és táblaazonosítója mindig nulla értékű. A PAT tábla különleges PID azonosítókat tartalmaz, melyek az egyes programokat részletebben leíró PMT táblákra mutatnak (ily módon a PAT megmutatja nekünk azt is, hány program van az adott Streamben). A PMT tulajdonképpen az adott program vételéhez, dekódolásához szükséges elemi adatfolyamok PID-jeit tartalmazza. Például egy televízió csatorna esetén: a Video Stream PID-jét, minden kísérőhang PID-jét, külön-külön. Teletext PID-jét. A PCR PID-jét. Utóbbi csomagazonosítója, ha a videofolyamba ültetve érkezik, megegyezik annak csomagazonosítójával. Ha a program titkosított, CAT táblákat is továbbítanak benne, ami az EMM csomagazonosítóit tartalmazza. Az EMM a jogosulási információkat hordozza. A TS titkosítását tulajdonképpen a TS csomagok hasznos adatrészében található bitjeinek scramblerezésével érik el. Azért, hogy a vételi oldalon helyreállítható legyen az átvitt információ, az adóoldalon a titkosításhoz használt kódszavakat át kell vinni a vevőoldalra. Erre a feladatra szolgál az ECM, melyre a PMT mutat rá.

Ezekén kívül még számos más, a felhasználó dolgát, megkönnyítő táblát definiáltak a DVB szabvány megalkotásakor, ezeket összefoglaló néven szolgáltatási információnak nevezzük (Service Information, SI):

Hálózati információs tábla: (Network Information Table, NIT) Ez a tábla az átviteli csatorna, különböző fizikai paramétereit adja meg. Például a vételi frekvenciát, moduláció típusát, hibavédelmet, az átvitel fajtáját (DVB C-T-S).

Szolgáltatás leíró tábla: (Service Description Table, SDT) Egy fizikai csatornában található műsorok neveit és egyéb járulékos információkat továbbít.

Program csokor hozzárendelési tábla: (Bouquet Association Table, BAT) Hasonló, mint az SDT csak több fizikai csatornára értve.

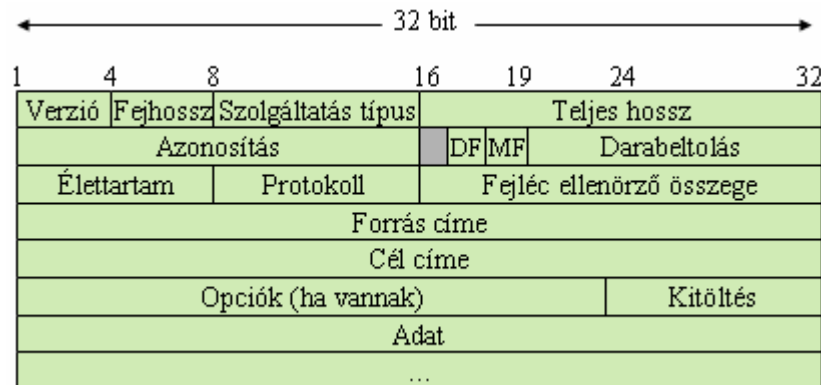
Esemény információs tábla: (Event Information Table, EIT) Más néven EPG (Electronic Program Guide). Az egyes műsorok kezdési és végződési időpontját tartalmazó tábla, azaz elektronikus műsorújság.

Idő és dátum tábla: (Time and Date Table, TDT) Ez a pontos, greenwichi időt és dátumot továbbítja a vevő felé.

Idő eltolódási tábla: (Time Offset Table, TOT) A készüléknek meg kell adni a vétel helyét és kiszámítja, hogy mennyi az időeltolódás greenwichihez képest. Erre szolgál a TOT. [1]

1.2. IP (Internet Protokoll)

Az Internet Protokoll (IP) a hálózati réteg egy protokollja. Az OSI modell szerint a hálózati réteg feladata, hogy: optimális szállítást biztosítson a datagrammok (információt hordozó csomag) forrásgéptől a célgépig történő eljuttatásához. Az IP ezt hajtja végre, úgy, hogy a datagrammokat IP fejléccel látja el, annak érdekében, hogy azok mind oda kerüljenek, ahova kell. Egy IP datagramm fejlécének felépítése a 3. ábrán látható.



3. ábra

1.2.1. IP datagramm fejléce

Verzió: (Version) A verziószám azt adja meg, hogy IPv4-es vagy IPv6-os datagrammal van dolgunk.

Fejléc hossza: (Header Length) A fejléc hosszát adja meg 4 biten.

Szolgáltatás típus: (Service Type) Értéke 8 bit, ebből azonban csak 3-at használnak:

- Késleltetés bit (Delay – D bit) Ha ezt a bitet egyre állítják, azt jelenti, hogy a késleltetés minél kisebb értéke fontos nekünk. Így például különböző késleltetésű útvonalak közül egy útvonalválasztó a rövidebbet választhatja.
- Átbocsátás (Throughput – T bit) Ha a bitet egyesre állítják az időegység alatti minél több datagramm átvitele fontos számunkra
- Megbízhatóság (Reliability – R bit) Ha a bitet egyesre állítják a datagrammok minél kevesebb hibával való célba érése a fontos nekünk.

Teljes hossz: (Total Length) A teljes IP datagramm hosszát adja meg a fejléct is beleszámolva.

Azonosítás: (Identification) Szétdarabolt datagrammok azonosítása ennek a mezőnek segítségével lehetséges. Minden, egy datagrammhoz tartozó datagrammdarab ugyanazt a 16 bites azonosítót kapja, hogy a vételi oldalon tudják, hogy ők összetartoznak.

DF: (Do not Fragment – Ne darabold), ha ez 1-es, azt jelenti, hogy a datagrammot egy darabban kell továbbítani.

MF: (More Fragments – Több darab), ha ez 1-es, azt jelenti, hogy a datagramm darabokban érkezik, ha az utolsó darab érkezik az MF bit értéke 0.

Darabeltolás: (Fragment Offset) Ennek a mezőnek a segítségével, rendezik sorrendbe a vételi oldalon a datagrammot, ha az több darabból állt.

Élettartam: (Time To Live - TTL) Maximális értéke 255, ennek értékét minden forgalomirányító egység csökkenti egyel, ha rajta áthalad a datagramm, vagy várakozásnál másodpercenként egyel. Ha a TTL eléri a nullát a csomagot kidobják.

Protokoll: (Protocol) A protokoll mező megadja, hogy milyen protokoll utazik az IP fölött (pl. TCP vagy UDP)

Fejléc ellenőrző összeg: (Header Checksum) A fejlécet fontos védeni mivel, ha ez megsérül az egész datagramm használhatatlan.

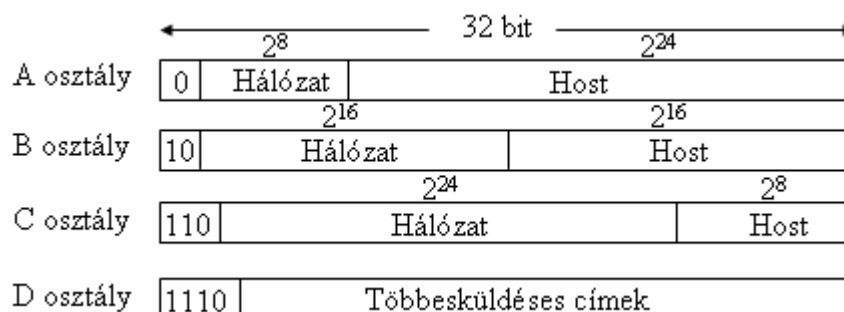
Forrás cím: (Source Address) A forrás gép IP címét adja meg.

Célcím: (Destination Address) A cél gép IP címét adja meg.

Opciók: (Options) Ez a mező egyéb járulékos információkat tartalmazhat.

Kitöltés: (Padding) A fejléc méretének alapegysége 32 bit és, ha az opcionális fejléc, nem ennyi ki kell egészíteni.

Az Interneten minden gép saját IP címmel rendelkezik. Ez a cím 32 bites és általában 4 decimális számmal adják meg pontokkal elválasztva azokat egymástól (8 bit ad meg egy decimális számot). A címeket a következő osztályokba sorolhatjuk: A, B, C, D. Egy adott címet két fő részre oszthatunk: a hálózatrészre, mely a hálózatot azonosítja és a host részre, mely az előfizetőt azonosítja (4. ábra).



4. ábra

Összesen 2^8 db A osztályú hálózat lehet és ezek mindegyikhez 2^{24} felhasználó csatlakozhat. B osztályban 2^{16} hálózat és felhasználó lehet. C osztályban 2^{24} a hálózatok

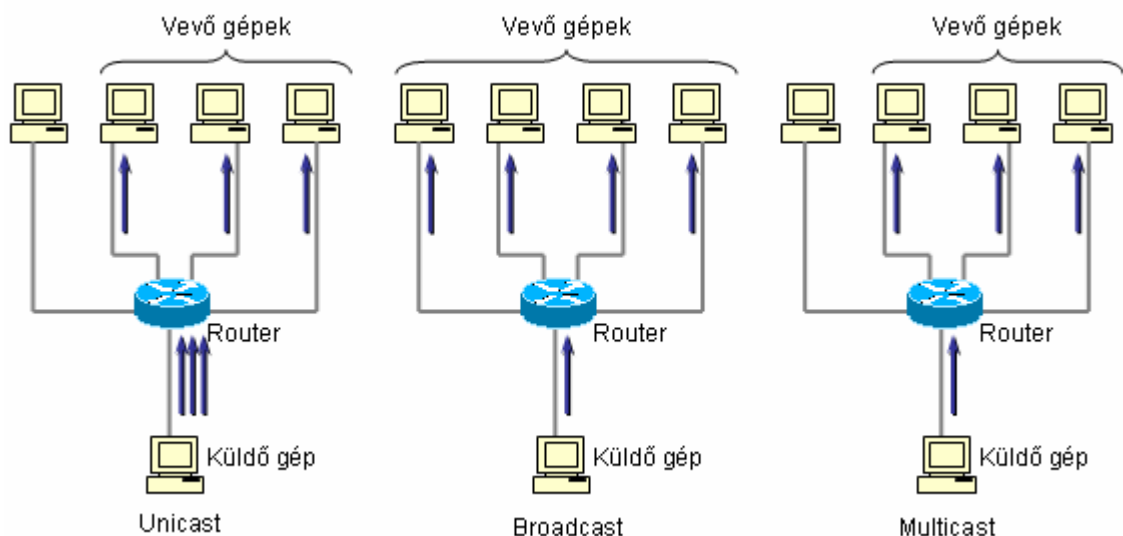
lehetséges száma és 2^8 a hostoké. A D osztály, pedig a multicast címeknek van fenntartva. Ha egy bármilyen hálózaton lévő gép kommunikálni szeretne egy másik bármilyen hálózaton lévő géppel IP datagrammot küld neki úgy, hogy a fejlécbe a célgép IP címét írja be a célcímhez. Az alapján, hogy egy gép hány gépnek küld információ különböző IP küldési módokat határoztak meg. [2] [3]

1.2.2. IP küldési módok

Unicast címzés: (egyesküldés) Ebben a címzési módban egy küldő és egy vevő alkot kapcsolatot. Ez azt jelenti például, ha egy gép valamilyen információt szeretne küldeni három különböző gépnek, akkor három különböző IP címre (amelyek az adott gépeket azonosítják) küldi a csomagokat, és három kapcsolat épül fel. Azaz az üzenetet mindenkinek külön-külön egyesével kell elküldeni. (5,a. ábra)

Broadcast címzés: (adatszórás) Egy küldő gép mindenkihez szól. Az üzenet csak egyszer kerül postázásra, de mindenki megkapja az adott szegmensben. (5,b. ábra)

Multicast címzés: (többesküldés) Ez a címzés a broadcast és az unicast közötti középút. Egy adó gép több vevőnek küld üzenetet, melyek egy közös IP címmel ellátott csoportot alkotnak, így csak egyszer kell az üzenetet elküldeni, de azt megkapja az összes gép, akik a címzett csoporthoz tartoznak. A multicast címzés megvalósításához a gépeknek, és az útvonalválasztóknak ismerniük kell az IGMP protokollt. A multicast IP címek kivétel nélkül a D osztályba tartoznak, azaz a 224.0.0.0 – 239.255.255.255-ig terjedő IP cím tartományba. (5,c. ábra)



5,a. ábra

5,b. ábra

5,c. ábra

Látható a fenti ábrából, ha a vevők csak egy csoportjának szeretnénk adatot küldeni (pl. video műsort), akkor a multicast címzés mód a legmegfelelőbb számunkra (nem csoda, mivel ez erre lett kitalálva). Broadcast esetében ahhoz is eljut a csomag, aki nem címzett (az ő hálózati kártyája kapcsolatba hozza az Ethernet keretben lévő célcímnél a saját MAC címét, és mivel nem tapasztal egyezést, eldobja a csomagot), unicast címzés esetén, pedig főlegesen terhelünk bizonyos hálózati elemeket, pl. az 5.a. ábrán a routert. Tehát tényleg a multicast címzés a legmegfelelőbb erre a célra. [2] [5] [9]

A hálózati rétegben ilyen módon kommunikálhatnak a gépek egymással, a fizikai rétegben működő eszközök azonban másképpen oldják meg ezt.

A következőkben áttekintem azokat a protokollokat, amelyek a későbbiekben fontosak lesznek számunkra. Ezekből mindegyik az IP rétegben dolgozik kivéve az ARP-ot.

1.2.3. ARP: (Address Resolution Protocol)

Ha két számítógép kommunikálni szeretne egymással (pl. elküldeni egy levelet), nem elég, ha az egyik tudja a másik Internet címét (IP cím), mert az adatkapcsolati rétegben elhelyezkedő hardverek nem ismerik az IP cím fogalmát, nem tudják azokat kezelni, ők ugyanis Ethernet címekkel (MAC cím) dolgoznak. Tehát, ha kommunikálni akarunk egy géppel (vevő), aminek csak az IP címét ismerjük, ki kell derítenünk az adó gépünk számára a vevő MAC címét. Erre szolgál az ARP. Egyszerűen megfogalmazva azt is mondhatjuk: az ARP leképztést biztosít az IP cím 4 bájtja és a MAC cím 6 bájtja között.

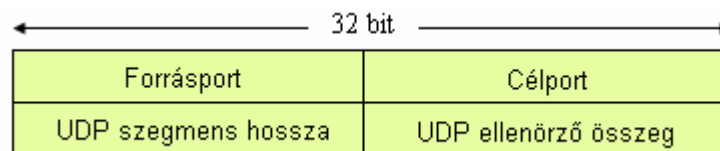
Tegyük fel, hogy egy adó gép (1.) üzenetet akar küldeni egy vevő gépnek (2.), melynek csak az IP címét ismeri. Ekkor a következő történik:

1. Az 1. gép egy broadcast keretet küld, amit mindenki megkap az adott hálózaton, melynek tartalma: „Milyen MAC cím tartozik, ehhez az IP címhez?” (pl. 10.123.13.102). De a keretbe még beleteszi a saját IP cím - MAC cím párosát, hogy az összes többi gép eltárolhassa, amelyek veszik a broadcast adást.
2. Az összes gép megnézi a kapott keretet és, hogy ő rendelkezik-e a benne keresett IP címmel. Ha nem ők rendelkeznek vele, akkor is eltárolják a feladó 1. gép IP cím - MAC cím párosát, hátha kell még nekik a későbbiekben. Jó esetben, azonban egy gép a 2. azt tapasztalja, hogy igen övé a keresett IP cím.
3. Ekkor üzenetet küld az 1. gépnek, hogy mi az ő MAC címe, amelyet aztán az 1. gép eltárol.

Eztán létrejöhet a két gép közötti kommunikáció. A gépek a hozzájuk érkező IP cím - MAC cím párosokat egy gyorsítótárban tárolják, melyből bizonyos időközönként törlik a nem használt bejegyzéseket (általában kettő percenként). Az ARP működését gyorsítandó, minden gép a bekapcsolásakor köteles „elkiáltani” magát, hogy mi az ő MAC címe és IP címe. Mielőtt az előbbi, három pontban leírt folyamat elindítását kezdeményezné egy gép, megnézi, hogy a saját gyorsítótárjában nincs-e már benne a célgép MAC címe. [2] [8]

1.2.4. UDP: (User Datagramm Protocol)

Az UDP egy összeköttetés nélküli szállítási protokoll, ami azt jelenti, hogy a kapcsolat felépítéséhez az adónak és a vevőnek nem kell üzeneteket váltania egymással, mint például a TCP esetén (3 utas kézfogás). Az UDP csomagok megérkezésére nincs semmilyen garancia, ez azt jelenti, hogy nincsenek nyugtázó keretek, ha a vevő nem kap meg egy csomagot, nem kéri még egyszer az adótól, hanem például, valamilyen módon elfedi a datagramm hiányából adódó hibát. A csomagok sorrendje sem garantált, előfordulhat, hogy a csomagok út közben fölcserélődnek egymással. 64 bites fejlécének felépítése a 6. ábrán látható.



6. ábra

Először 16 biten megadják a forrásportot, aztán a célportot is. Miért kellenek ezek a portok? A számítógépünket általában egy IP címmel és egy fizikai címmel (MAC cím) rendelkezik. A MAC cím a számítógépünk hálózati kártyáját azonosítja. Ha egyszerre több programot használunk, amelyek igénybe veszik a hálózati kártyánkat, például Internetes rádiót hallgatunk, közben egy FTP szerverről letöltünk valamit, és még böngészünk is, akkor a különböző alkalmazások csomagjait vegyesen veszi a hálózati kártyánk. A számítógépünk a port számok segítségével azonosítja, hogy melyik csomagot melyik programnak kell átadnia. A portokat az IANA osztja ki. Az FTP, például a 21-es porton működik a HTTP a 80-ason. Egy portot 16 bittel írnak le, azaz $\text{maximum } 2^{16} = 65536$ darab port létezhet. Az UDP fejlécben megadják még a teljes UDP szegmens hosszát (a fejléc és a hasznos adat összegeként). A fejléc ellenőrző összeget is tartalmazhat. [2] [7]

1.2.5. IGMP: (Internet Group Management Protocol)

Az IGMP protokollt a többesküldés, azaz a multicasting igénye hívta életre. Ennek a protokollnak a segítségével a felhasználók csoportokat alkotnak. A számítógépek bármikor csatlakozhatnak egy csoporthoz és bármikor el is hagyhatják azt. A csoportok tagjainak száma nincs korlátozva, de a belépés korlátozva lehet csak azok számára, akik privát belépési kulccsal rendelkeznek (titkosítás). Egy felhasználó több csoport tagja is lehet. Egy csoportnak az is küldhet üzenetet, aki nem tagja annak a csoportnak. Egy csoportot egy D osztályú IP cím azonosít, azonban a gépek nem kapnak új IP címet, hanem az IP cím magáé a multicast folyamé. Ez azt jelenti, hogy a többesküldéses IP datagrammok fejléceiben a Cél cím mezőbe kerül az adott D osztályú IP cím, és a multicast címezést ismerő útvonalválasztók továbbítják a csoport tagjaihoz, melyek megtartják eredeti, nem D osztályú IP címüket.

Az IGMP üzenetek fontosabb fajtái:

- **IGMP Membership Query:** Ezt az üzenetfajtát, például egy multicast router küldheti a 224.0.0.1-es IP címre (ezt megkapja az összes hozzá tartozó multicast csoport minden tagja). A router ebben érdeklődik a felhasználóktól, hogy milyen multicast adatokat vesznek, és milyeneket akarnak venni.
- **IGMP Membership Report:** A Membership Query-re ezzel az üzenetfajtával válaszolnak a számítógépek. Megmondják, hogy milyen csoportoknak a tagjai és, hogy milyen csoportoknak akarnak a tagjai lenni, ha éppen csoportot akarnak váltani. Azonban, ha az összes csoport összes tagja egyszerre válaszolna a Query üzenetre, a csomagjaik ütköznének. Ennek elkerülése érdekében a felhasználók véletlen késleltetéssel különböző időpontokban adnak, így széthúzva a terhelést.
- **IGMP Leave Group:** Ezt az üzenetet a felhasználók akkor küldik, ha kilépnek egy multicast csoportból.

[2] [4] [5] [6]

1.2.6. ICMP: (Internet Control Message Protocol)

Ez a protokoll az IP réteg „szolgálati közleményit” szállítja. Az ICMP üzeneteket általában tesztelésre használják (pl. ping), vagy hibák jelzésére. Az általunk leggyakrabban látott ICMP üzenet az „Célcím elérhetetlen - Cél Port elérhetetlen” (Destination unreachable - Port Unreachable) lesz. Ezt akkor küldi egy csomaggal megcélzott gép, ha az átviteli protokoll (pl. UDP) valamilyen okból képtelen demultiplexálni a küldött csomagot a vételi oldalon. [2] [3] [10]

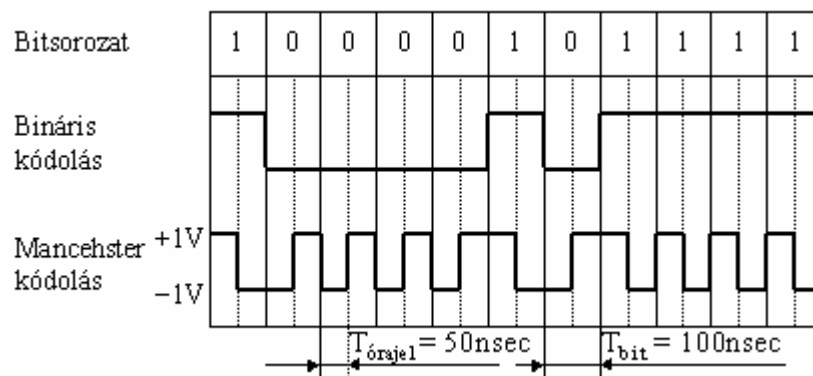
1.3. Ethernet

A LAN-ok (Local Area Network – Lokális Hálózat) számítógépei az adatkapcsolati és fizikai rétegben az Ethernet szabvány által leírt Ethernet rendszer segítségével kapcsolódnak egymáshoz. Az idők folyamán sok verziója született az Ethernetnek, mi most csak a legelterjedtebbek, és számunkra legfontosabbak működéséről ejtünk szót.

1.3.1. 10BaseT

Ez a fajta Ethernet 10Mbit/s-os átviteli sebességet tesz lehetővé (erre utal a Base előtti 10-es szám). A rendszer alapsávi jelet továbbít, nincs semmilyen moduláció (erre utal a Base szócska). Az eszközök csavart érpárral kapcsolódnak egymáshoz (erre utal a T betű, mint Twisted). Az ezt megelőző Ethernet verziókban a számítógépek egy (pl. 10Base200 esetén 200m) hosszú koax kábel segítségével csatlakoztak egymáshoz, busz topológiát alkotva. Ebben a verzióban a felhasználók csillag topológia szerint kapcsolódnak egymáshoz és egy HUB, vagy más útvonalválasztó eszköz teremt közöttük kapcsolatot.

Az alacsony sebességű Ethernet eszközök általában Manchester-kódolást használnak, ez alól a 10BaseT sem kivétel. Ez a kódolási eljárás a hagyományos bináris kódolástól, abban különbözik, hogy minden bitidőt két részre osztanak a 7. ábrán ez szaggatott vonallal látszik.

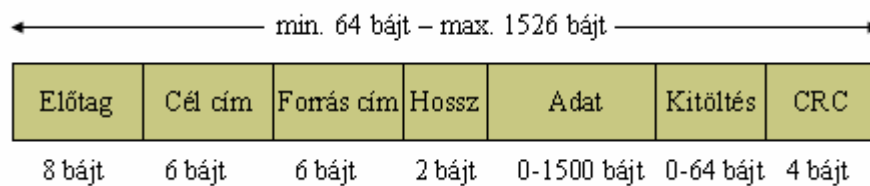


7. ábra

Ha a kódolandó bit egyes, a bitidő első felében magas feszültség szinten ad az adó, a bitidő második felében, pedig alacsony szinten. Nullánál éppen fordított a helyzet. Ha a kódolandó bit nulla, a bitidő első felében alacsony szinten ad az adó, a bitidő második felében, pedig magas szinten. A magas szint +1V-nak felel meg az alacsony szint, pedig

–1V-nak. A Manchester-kódolás előnye a bináris szemben, hogy a bináris kódolásnál, ha sok 0 érkezik az adó és vevő órajel nélkül, kiesik a szinkronból. Viszont Manchester-kódolásnál ez nem történhet meg, mivel minden bitidő felénél váltás van. Sajnos hátrányként jelentkezik, hogy a jel alapharmonikusának frekvenciája, a duplájára nő, így nagyobb sávszélességet kíván a kábeltől.

Most nézzük meg, hogy a számítógépünk Ethernet kártyái milyen keretek segítségével kommunikálnak egymással. A 8. ábrán látható Ethernet keretek segítségével. Ilyen Ethernet keretből kétféle is létezik.



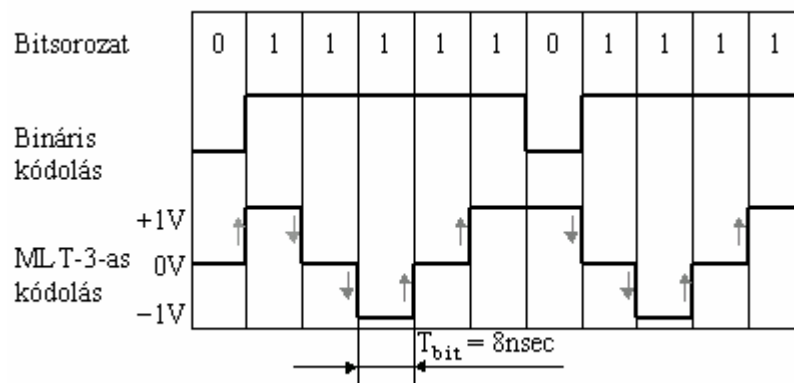
8. ábra

Az egyik fajtában (DIX, amelyik az ábrán látható) az Előtag 8 bájtnyi 10101010 mintát tartalmaz, a másik fajtában (IEEE 802.3) csak 7 bájtnyi 10101010 kezdő minták száma - melyek egyébként az adó és vevő közötti szinkronizációt hivatottak biztosítani - és az Előtag maradék egy bájtjában egy a keret kezdetét jelző bitsorozat kap helyet (10101011). A Célcím a vevő eszköz Ethernet címét (MAC cím) adja meg 6 bájton. Broadcast esetén a célcím csupa egyesből áll, multicast címezésnél, pedig az első bit mindenképpen 1-es. Unicast címezésnél az első bit 0. A Forráscím mező a küldő MAC címét adja meg. A Típus mező azt határozza meg, hogy a vevőkártyánk melyik hálózati réteg - protokollnak kell, hogy átadja a csomagot (átadhatja pl. az IP-nek). Az IEEE 802.3-as verzióban Típus mező helyett Hossz mező van, mely megadja az Ethernet keret hosszát. Az Adat mező a 0-1500 bájtnyi hasznos adatot tartalmazza. A Kitöltés mezőre azért van szükség, mert az Ethernet kereteknek minimálisan 64 bájt hosszúaknak kell lennie és az is előfordulhat pl. csak 1 bájt hasznos adatot viszünk. A keretet 4 bájtos CRC ellenőrző összeg zárja mely nem képes hibát javítani, de jelzi azt számunkra.

Az Ethernet hálózatokon előfordulhat, hogy több adó egyszerre kezd adni ezt, ütközésnek hívjuk. Ha egy adó észreveszi, hogy kerete ütközött valakijével 2T ideig vár, ha ekkor újra ad és megint ütközést tapasztal 4T ideig vár. Ha az i -edik próbálkozásnál is ütközik kerete $(2^i - 1)$ -szer T ideig várakozik. A szabvány úgy határozott, hogy az i értéke maximum 10-ig nőhet és $T = 51,2 \mu\text{sec}$. Ezt az eljárást kettes exponenciális visszalépéses algoritmusnak nevezzük.

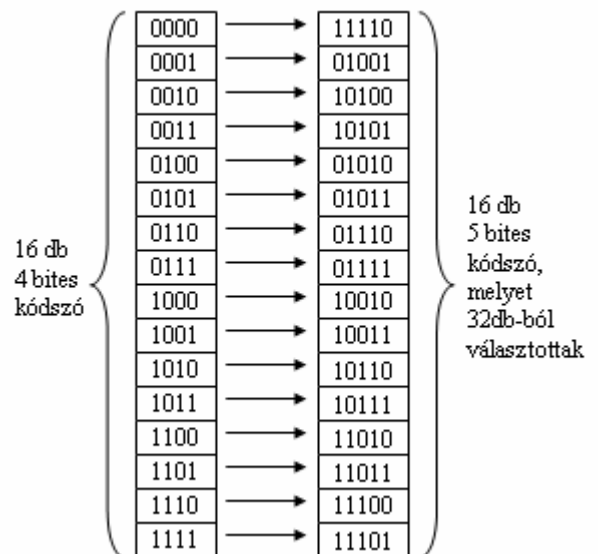
1.3.2. 100BaseTX

A 100BaseTX rendszerek is csavart érpárral működnek, csak míg a 10BaseT-nél az adatsebesség 10Mbit/s, addig 100BaseTX-nél 100Mbit/s. Ez a nagyobb sebesség új kódolási eljárás bevezetésére kényszerítette a szabvány megalkotóit mivel, ha továbbra is Manchester-kódolásnál maradtak volna 200MHz-es órajelet kellett volna alkalmazni a 100Mbit/s eléréséhez. Ők inkább 125MHz-es órajelet választottak (8nsec-os bitidő) és MLT-3 vonali kódolást, melyet 4B/5B leképzéssel kombináltak. Az MLT-3-as kódolás három feszültségszintet használ +1V-ot, 0V-ot, és -1V-ot, lényege, hogy ha 1-es bit érkezik az adó feszültségszintet vált a bitidő elején. Egyes bitek érkezése estén a szintváltás ciklikusan történik $0V \rightarrow 1V \rightarrow 0V \rightarrow -1V \rightarrow 0V$. Ha 0 érkezik az adó nem vált feszültségszintet. A működés megértését a 9. ábra segíti.



9. ábra

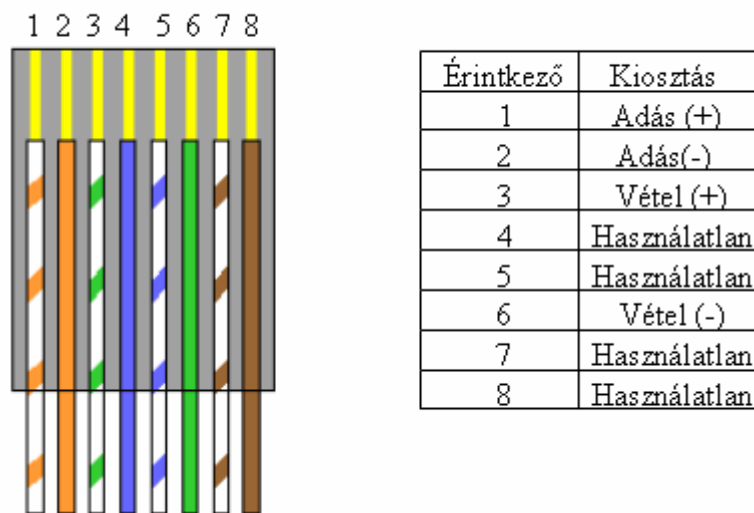
Ha sok 0 értékű bit érkezik, a vevő könnyen kieshet a szinkronból, ezért minden négy bitet öt bittel írnak le. 4 bites kódszavakból összesen $2^4=16$ darab van 5 bites kódszavakból, pedig $2^5=32$ darab. Ebből a 32 darab 5 bites kódszóból választva 16-ot, úgy hogy bármelyik kettőt egymás után írva ne álljon egymás mellett, több mint 3 db 0 értékű bit, biztosíthatjuk a pontos szinkronizációt. (10. ábra) Ezt hívják 4B/5B leképzésnek, mert 4 bitet 5 bittel írunk le. Tegyük fel, hogy egy kódolásra váró Ethernet



10. ábra

keret Adat mezéjében a 2*4 bites 00000000 bitsorozat áll. Ehelyett, kódolás után a 2*5 bites 1111011110 bitsorozatot kapjuk. Ezért nem esik ki a vevő a szinkronból. Ezen kívül választottak még a maradék 16 db 5 bites kódszóból 8-at vonal állapotok jelzésre.

Mindkét eddig tárgyalt Ethernet rendszer FullDuplex működésű. Ez azt jelenti, hogy egy eszköz egyszerre adhat és vehet is 100Mbit/s-os (100BaseTX) vagy 10Mbit/s-os (10BaseT) sebességgel. Mind az adásra illetve a vételre egy-egy független csavart érpárt használnak. Az eszközök közötti kapcsolatot általában Cat5-ös vagy ennél jobb minőségű kábellel biztosítják, mely mindkét végén RJ-45-ös csatlakozókban végződik. Egy RJ-45-ös csatlakozó 8 érintkezővel rendelkezik, ezek kiosztását a 11. ábra szemlélteti egy egyenes kábel esetében.



11. ábra

Keresztbe kötött (crossover) kábel esetében, annyiban módosul az érintkezők kiosztása, hogy az 1. érintkezőbe befutó szál fel kell cserélni a 3. érintkezőbe befutóval. A 2.-ba futót, pedig a 6.-ba futóval. Azaz más kábel színsorrendet kell alkalmazni.

[2] [3]

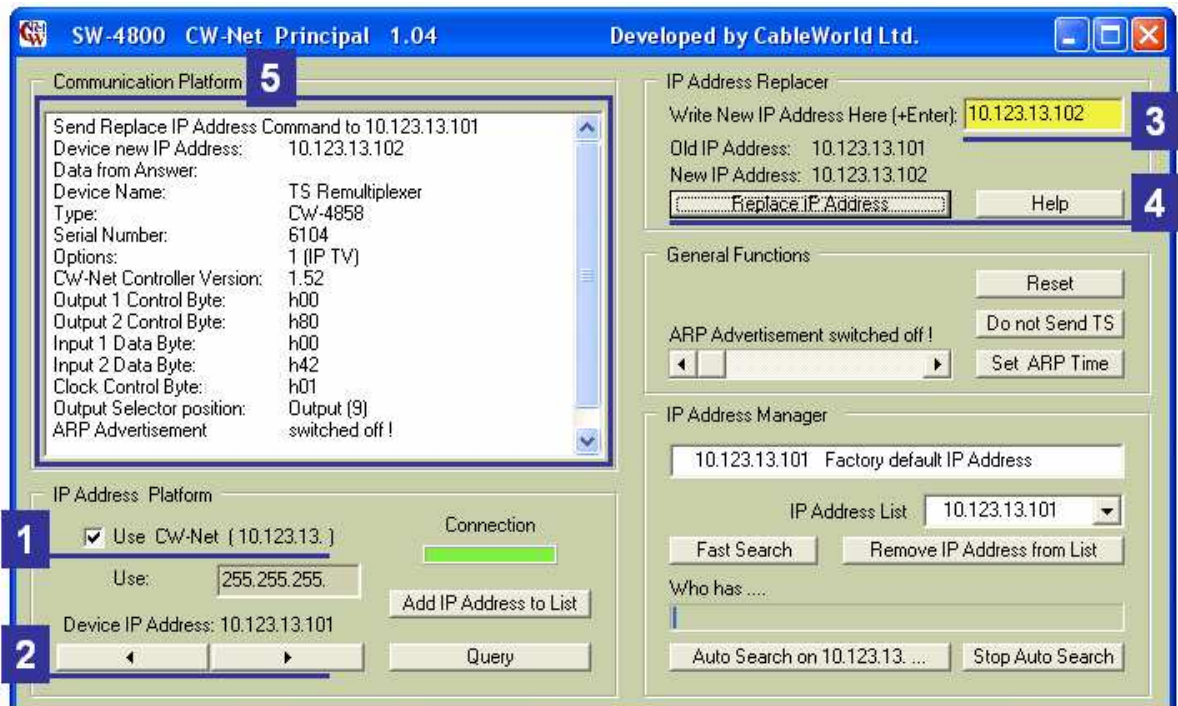
1.4. Kísérleti IP TV rendszer konfigurálása



12. ábra

A CW-4858-as remultiplexert a LinkPro 24R Office Switchen át a CW-4891-es számítógép segítségével konfiguráltam fel (12. ábra). Ehhez először összekötöttem a számítógépet és a switchet egy egyenes kábellel, majd a switchet és remultiplexert egy másik egyenes kábellel. A konfiguráció első lépéseként IP címet adtam a remultiplexernek, egy a számítógépen futó, erre a célra írt szoftverrel, melynek neve: CW-Net Principal [*1] (13. ábra). A Cableworld eszközök általában 10.123.13.101-es IP címmel kerülnek kiszállításra, de ezt érdemes rögtön megváltoztatni, mert, ha ezt nem tesszük meg akárhányszor, egy új készüléket csatlakoztatunk a rendszerhez két készüléknek ugyanaz lesz az IP címe, azaz IP cím ütközés lesz a hálózaton. A

CW-Net Principal szoftver indítása után 5 lépést kell végre hajtani:



13. ábra

1. Be kell pipálni a „Use CW-Net” jelölőnégyzetet. Ezzel azt jelezzük, hogy a Cableworld által ajánlott 10.123.13.0 – 10.123.13.255 IP tartományban akarunk dolgozni.
2. A nyilakkal a „Device IP Address”-nél beállítjuk a 10.123.13.101-es IP címet. Ez a remultiplexer jelenlegi IP címe.
3. A „Write New IP Address” mezőbe beírjuk az új, kívánt IP címet, a 10.123.13.102-t.
4. Rákattintunk a „Replace IP Address” gombra, majd a megjelenő kérdező ablakban megerősítjük, hogy szeretnénk a folyamat végrehajtását.
5. A „Communication Platform” ablakban láthatjuk az eredményt.

A szoftver kiírja az eszköz új és régi IP címét, a gyári számát, hogy rendelkezik-e IP TV funkcióval stb.

Ha mindeközben a rendszer forgalmát valamilyen hálózati-protokoll analízátor szoftverrel figyeljük, például az Ethereal [*2] nevűvel, a következő forgalmat foghatjuk el (14. ábra).

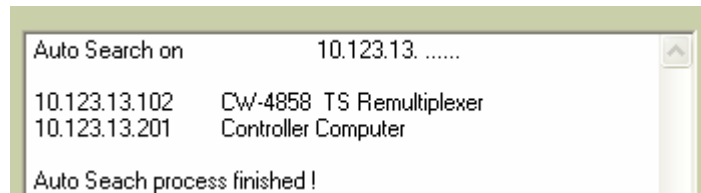
No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	10.123.13.201	10.123.13.101	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56789
2	0.066071	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56789

14. ábra

Látható, hogy az első UDP csomagot, melynek mérete 61 bájt, a számítógép (10.123.13.201) küldte a remultiplexernek a 10.123.13.101-es IP címre. A válasz azonban már a 10.123.13.102-es IP címről érkezett. Az eszközök az 56789-es porton kommunikálnak egymással.

A CW-Net Principal rendelkezik egy lekérdező funkcióval, melyet a „Query” gomb megnyomásával érhetünk el. Ekkor a számítógép UDP csomagot küld a „Device IP Address”-nél beállított IP címre, melyben lekérdezi az eszköz paramétereit. Ilyen módon meggyőződhetünk arról, hogy a FullDuplex 100Mbit/s-os kapcsolat megfelelően működik a vezérlőgép és egy eszköz között.

Egy másik hasznos funkció az „Auto Search”, melynek segítségével az összes éppen, a hálózaton lévő készülékről információt szerezhetünk. Erre a gombra kattintva a „Communication Platform” ablakban megjelennek a készülékek IP címei és nevei (15. ábra).



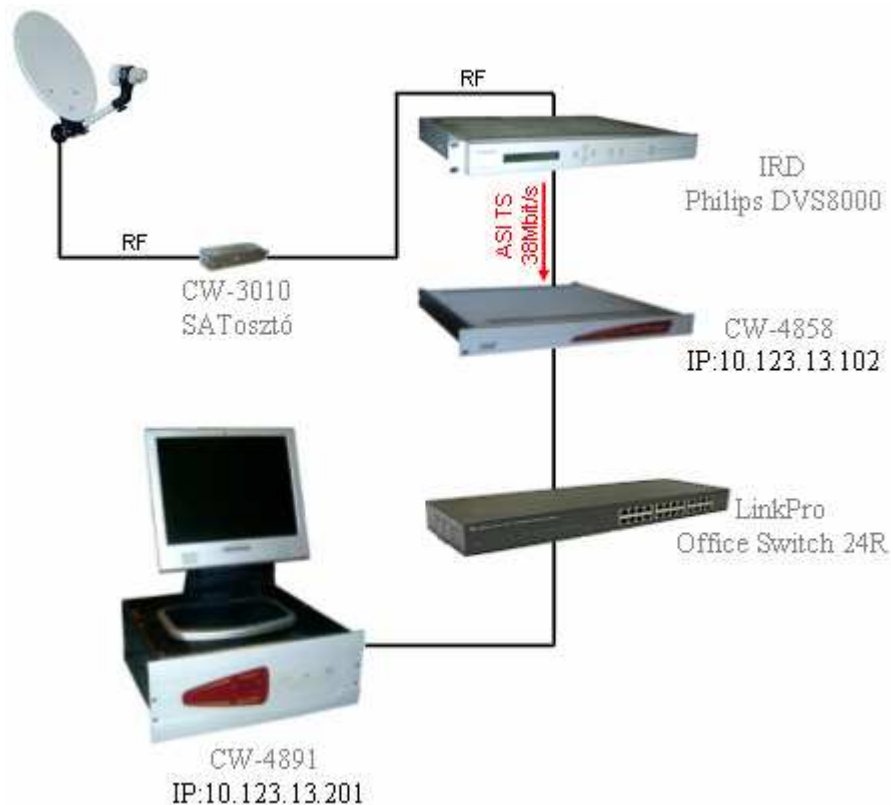
15. ábra

Ha eközben figyeljük a hálózat forgalmát, láthatjuk, hogy számítógépünk broadcast címmel ARP csomagokat küld a megadott tartományban (10.123.13.0 – 255) minden IP címmel, melyben megtudakolja, hogy az adott IP címhez milyen MAC cím tartozik. Ha az adott IP címmel rendelkező eszköz nincs a hálózaton, egyel növeli az IP címet és újabb ARP üzenetet küld. Addig teszi ezt, amíg egy válasz nem érkezik a megadott IP címről, az adott eszközt azonosító MAC címmel. Ezután a számítógép egy a „Query” gomb megnyomása esetén küldött csomaghoz hasonló lekérdező csomagot küld, majd miután megkapta a választ, folytatja az ARP üzenetek küldését. Ez a 16. ábrán látható.

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
96	1.484316	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.96? Tell 10.123.13.201
97	1.500365	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.97? Tell 10.123.13.201
98	1.515869	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.98? Tell 10.123.13.201
99	1.531068	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.99? Tell 10.123.13.201
100	1.546965	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.100? Tell 10.123.13.201
101	1.562285	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.101? Tell 10.123.13.201
102	1.577925	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.102? Tell 10.123.13.201
103	1.578263	10.123.13.102	10.123.13.201	ARP	10.123.13.102 is at 42:57:0a:7b:0d:66
104	1.578295	10.123.13.201	10.123.13.102	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56789
105	1.578711	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56789
106	1.593817	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.103? Tell 10.123.13.201
107	1.609230	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.104? Tell 10.123.13.201
108	1.624797	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.105? Tell 10.123.13.201
109	1.640359	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.106? Tell 10.123.13.201
110	1.656109	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.107? Tell 10.123.13.201
111	1.671697	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.108? Tell 10.123.13.201

16. ábra

Miután beállítottam a remultiplexer IP címét gondoskodni kellett róla, hogy a megfelelő jellel lássuk el, amely a SPTS előállításához szükséges (17. ábra). Ehhez a tetőn található 110cm átmérőjű parabola antennát a HOTBIRD (13E) műholdra forgattam. A számunkra fontos, az LNC-ből érkező 1,549GHz frekvenciájú jel a kábel 3dB-es vesztesége után ér az aktív SAT osztóhoz, mely négy részre osztja a jelet, veszteség nélkül. Így kerül az IRD bemenetére a 63,8dbµV-os jel. Az IRD-ben beállítottam a Duna TV vételéhez szükséges 12,149GHz-es vételi frekvenciát, $\frac{3}{4}$ -es FEC értéket és 27,5Msymbolum/sec-os szimbólumsebességet. Ennek ASI kimenetéről a 38Mbit/s sebességű TS-t a CW-4858-as remultiplexer egyik ASI bemenetére vezettem és előállítottam, az új kívánt TS-t, mely csak egyetlen műsort tartalmazott (Duna TV).

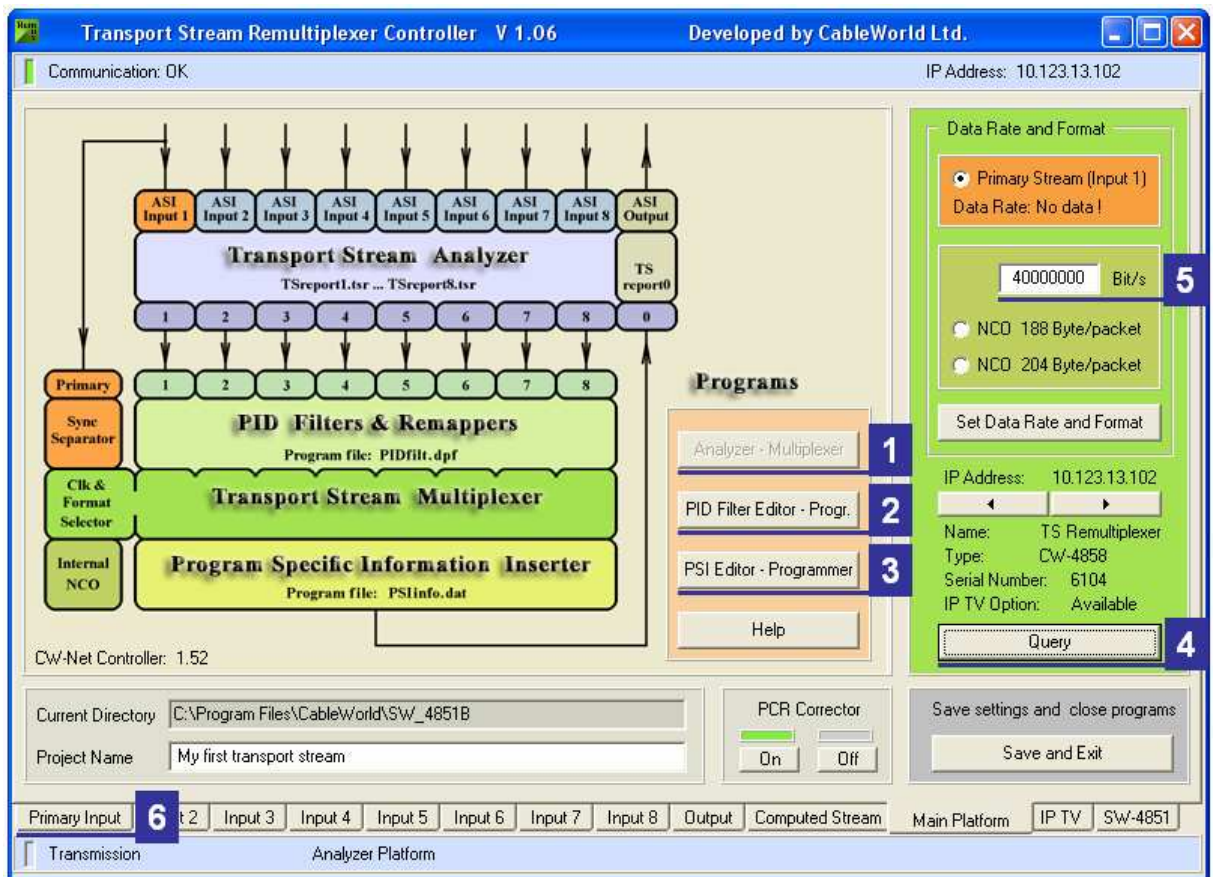


17. ábra

A remultiplexert a SPTS előállításához megfelelő viselkedésre egy SW-4851B [*3] nevű szoftverrel lehet felprogramozni.

Ennek elindítása után a „Main Platform”-ra kerülünk. A szoftver három fő részből áll, melyeket a „Main Platform”-ról érhetünk el (18. ábra):

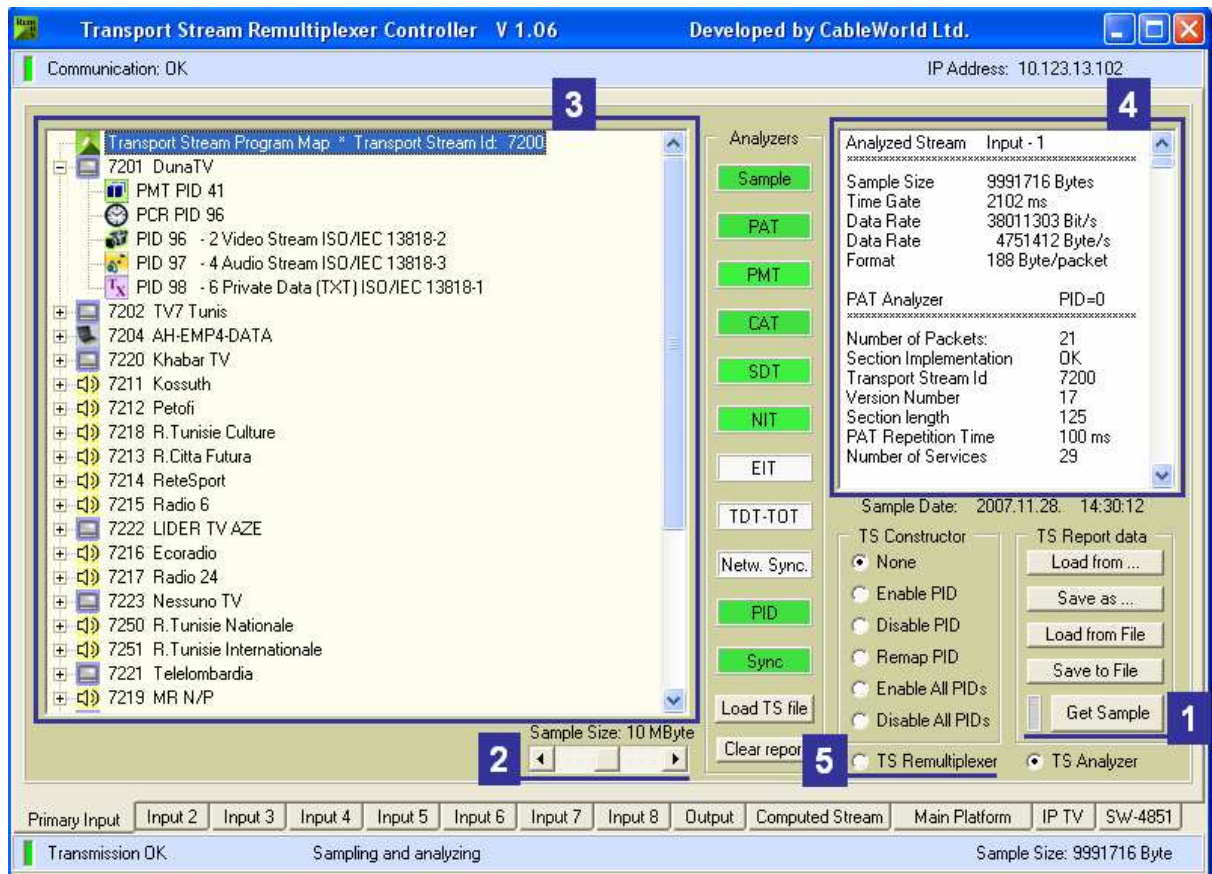
1. **Analyzer - Multiplexer:** Ennek a programrésznek a segítségével mintát vehetünk a bejövő ASI jelből és analizálhatjuk. A bejövő Transport Streamekből, pedig létrehozhatjuk az általunk óhajtottat.
2. **PID Filter Editor - Programmer:** Ennek a programrésznek a segítségével különböző PID-del rendelkező elemi adatfolyamokat szűrhetünk ki, engedhetünk át, vagy új PID-re rakhatjuk át őket.
3. **PSI Editor Programmer:** Ennek a modulnak a segítségével elkészíthetjük a különböző PSI táblákat (PMT, PAT, SDT, NIT) PID szintű megadással. Dönthetünk beinzertálásukról és annak gyakoriságáról.



18. ábra

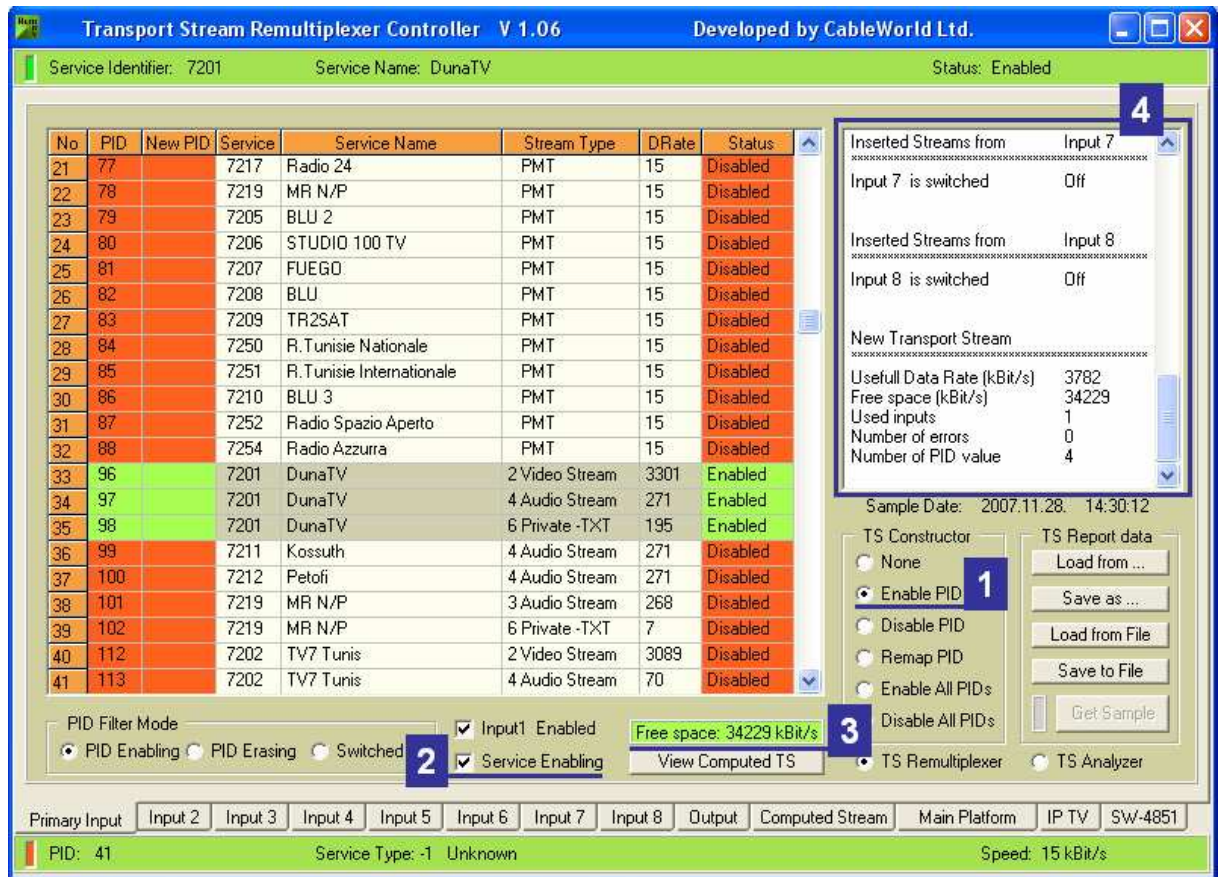
A „Query” gombra (4) kattintva, ha a számítógép és a CW-4858 között jó a kapcsolat, kiírásra kerül a készülék neve, gyári száma, típusa és, hogy rendelkezik-e IP TV funkcióval. A „Data Rate and Format” mezőben (5) megadhatjuk az általunk előállított kimeneti Stream adatsebességét bit/s-ban mérve. A multiplexer az itt megadott adatsebességgel null packeteket állít elő, és ebbe illeszti bele az átengedésre kerülő TS csomagokat. Valamint azt is megadhatjuk itt, hogy a kimeneti TS csomagokat ellássuk-e Reed-Solomon hibajavítással, vagy sem.

Miután a Philips DVS8000-es ASI jelét a multiplexer bemenetére vezettük a „Primary Input” gombra (6) kattintva a 19. ábrán látható „TS Analyzer” analízátor funkcióhoz jutunk. Itt a „Get Sample” gomb (1) megnyomásával mintát vehetünk a bejövő ASI jelből. A minta nagyságát „Sample Size” gördítővel (2) állíthatjuk be. A mintavétel után a baloldali ablakban (3) felsorolva látjuk az adott TS-ben található programokat. Ha bármelyikre rákattintunk, kijelzésre kerülnek az adott programot leíró Elemi Adatfolyamok PID-jei is. A jobboldali ablakban (4), pedig a TS-t leíró hasznos információk láthatóak, mint például a TS bitsebessége, a táblák PID-jei, ismétlődési idejük stb.



19. ábra

Most a „TS Remultiplexer” gombra (5) nyomva a 20. ábrán látható, remultiplexer üzemmódba váltunk. Egymás alatt felsorolva látszik a TS-ben előforduló összes Elemi Adatfolyam és tábla, PID-je, neve és adatsebessége, egyenlőre az összes piros színnel, azaz egyet sem engedünk a kimenetre. Ha a „TS Constructor” részben bejelöljük az „Enable PID” funkciót (1), bármelyik PID-re kattintva, az, zöld színűre vált, ezzel jelezve, hogy az áthaladását engedélyezzük. Ha a „Service Enabling” jelölőnégyzetet (2) bepipáljuk és így kattintunk egy PID-re, akkor a bejelölt PID-hez tartozó program összes PID-je átengedésre kerül. A „Free space” mezőben (3) kijelzésre kerül az általunk létrehozott kimeneti Streamből maradt szabad hely. (A kimeneti TS sebességét a Main Platformon kell beállítani.) Mivel, majd a remultiplexer új PSI táblákat generál nekünk, ezeket nem engedjük át. A jobb oldali ablakban (4) az átengedésre kerülő PID-ek és a bemenetből vett minta alapján a szoftver által számolt kimeneti TS jellemzői láthatóak.



20. ábra

Miután beállítottunk a kimeneti TS számunkra megfelelő tartalmát (jelen esetben Duna TV) a „Main Platform” földre kattintás után belépünk a „PID filter and Programmer” funkcióba és a „Device Programming” gombra kattintva felprogramozzuk a készüléket a megfelelő PID-ek átengedésére. Ezután a „PSI Editor Programmer” funkcióban is hasonlóképpen járunk el. A készülékben található flash memóriák felprogramozása pár percet vesz igénybe.

Ezután a „Main Platformon” át, átlépünk az IP TV funkcióba (21. ábra) . A multiplexer a „Main Platformon” megadott adatsebességnek megfelelő null packet sorozatot állít elő, és ebbe illeszti bele az általunk megszerkesztett TS-t. Ezért úgy érdemes megválasztani a kimeneti adatfolyam sebességét, hogy a bementi folyamból átengedett folyam adatsebességnél kb. 5-10%-al legyen nagyobb. Ha a készülékünk rendelkezik IP TV funkcióval ezeket a null packeteket eltávolítja a kimeneti folyamból, ily módon takarékoskodva az adatsebességgel.

The screenshot shows the IP TV Server configuration window. It includes fields for 'IP TV Server Identifier', 'Current Directory', and 'UDP/IP Packet Addressing Mode'. The addressing mode options are: 1. Send TS to Me, 2. Send TS to Broadcast, 3. Send TS to IP Address, and 4. Send TS to Multicast. A blue box labeled '5' highlights the 'Destination Address' section, which contains fields for 'Port Number' (56789), 'IP Address' (10, 123, 13, 201), and 'MAC Address' (0, 12, 118, 172, 203, 117). Below this, the 'IP Address Platform' section has radio buttons for 'CW-Net' and 'User Defined', with a text field for the IP address (224.225.226). The 'Server Working Mode' section has buttons for 'Send TS' (labeled 6), 'Always Send TS' (labeled 7), and 'Do Not Send TS'. The 'UDP/IP Packet Format' section has radio buttons for '7 x 188 = 1316 Byte IP TV format' (labeled 6) and '7 x 204 + 32 = 1460 Byte CW-Net format' (labeled 7). A 'Query' button is also present.

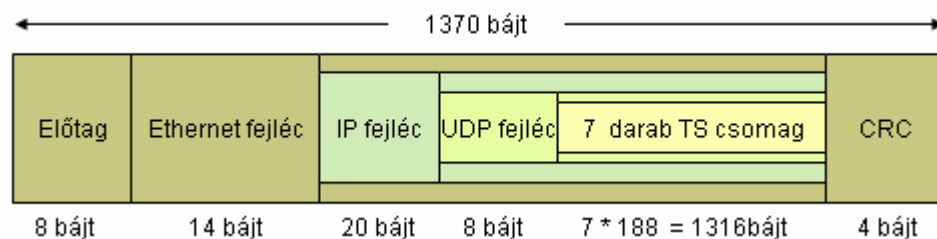
21. ábra

A küldési módot az „UDP/IP Packet Addressing Mode”-nál kell beállítani. Négy különböző lehetőség közül választhatunk:

1. **Send TS to Me:** Ebben az üzemmódban a vezérlő számítógépnek küldhetjük a TS-t. A hálózati kártya IP címét és MAC címét kell megadni. (Unicast küldési mód.)
2. **Send TS to Broadcast:** Ebben az üzemmódban mindenki címzett. A 255.255.255.255 IP címre küldjük a TS-t. (Broadcast küldési mód.)
3. **Send TS to IP Address:** Ebben az üzemmódban egy általunk megadott IP címre küldhetjük a TS-t. (Unicast küldési mód.)
4. **Send TS to Multicast:** Ebben az üzemmódban egy multicast címre küldhetjük a TS-t, amely 224.0.0.0 - 239.255.255.255-ig terjedő IP cím tartományban helyezkedik el. (Multicast küldési mód.)

A „Destination Address”-nél (5.) megadhatjuk a portszámot az IP cím és a MAC cím decimális alakban. Multicast MAC címnél különleges MAC címet kell megadnunk, melyet a következőképpen képzünk: **01:00:5E:(IP2 and h7F):IP3:IP4**. Ez azt jelenti, hogy az első három bájt multicast címezésnél mindig ugyanaz, a 4. bájtot úgy kapjuk, hogy a multicast IP cím 2. bájtját „és” kapcsolatba hozzuk a h7F-el. Az utolsó két bájtot, pedig az IP cím utolsó két bájtja adja.

Az „UDP/IP Packet Format”-nál (6.) megadhatjuk, hogy a kimeneti folyamat milyen formátumú legyen. Ha a „7 * 188 = 1316 Byte IP TV format”-ot választjuk a remultiplexer ASI to IP modulja a 22. ábrán látható módon csomagolja be a TS-t.



22. ábra

A TS-t Ethernet keretbe ágyazza. Az Ethernet keret adatmezejében helyezkedik el az IP keret tartalma. Az IP keret adatmezejében az UDP keret található, fejlécével és adatmezejével együtt. Az UDP keret adatmezeje már közvetlenül tartalmazza a TS-t. 7 darab 188 bájtos TS packet kerül az UDP csomag adatmezejébe, úgy, hogy mindegyik pontosan a 47_{hex} értékű szinkronbájttal kezdődjön. A TS csomagokat védő 16 bájtos Reed-Solomon hibajavítás is eltávolításra kerül. Így az UDP adatmezejében $7 * 188 = 1316$ bájt található. Tehát, minden, 1316 bájtnyi TS-nek az IP környezetben történő átviteléhez a különböző protokollok további 54 bájttal járulnak hozzá, növelve ezzel a szükséges adatsebességet.

A „7 * 204 = 1460 Byte CW-Net format” (7.) a Cableworld által kitalált formátum, melyben a TS csomagokról a Reed-Solomon hibajavítás nem kerül eltávolításra, és az egyes UDP kereteket még egy 32 bájtos hibajavítással is védik.

Mielőtt rátérnek a kísérleti IP TV rendszer különböző hálózati környezetekben történő vizsgálatára a digitális képtovábbítás egy fontos tényezőjéről szeretnék szót ejteni a PCR hibáról. A PCR hiba a PCR érték ideális beültetési helyétől való időbeni eltérés. A DVB szabvány szerint az eltérés maximális értéke 500nsec lehet. A PCR hibák általában

multiplexáláskor keletkeznek, mivel ekkor megváltozik az egyes TS packetek ismétlődési ideje.

1.5. PCR hiba mérése

Mérési jegyzőkönyv

Mérés ideje: 2007.12.03.

Mérés helye: T-Kábel, Budapest Orczy tér

Mérést végezte: Balázs Bence

A méréshez használt eszközök:

Eszköz neve	Típus	Azonosító szám
Vezérlő számítógép	CW-4891	5103
Switch	LinkPro Office Switch 24R	2570803087
IRD	Philips DVS8000	16948
TS remultiplexer és IP TV szerver	CW-4858	6104
SAT osztó	CW-3091	2938

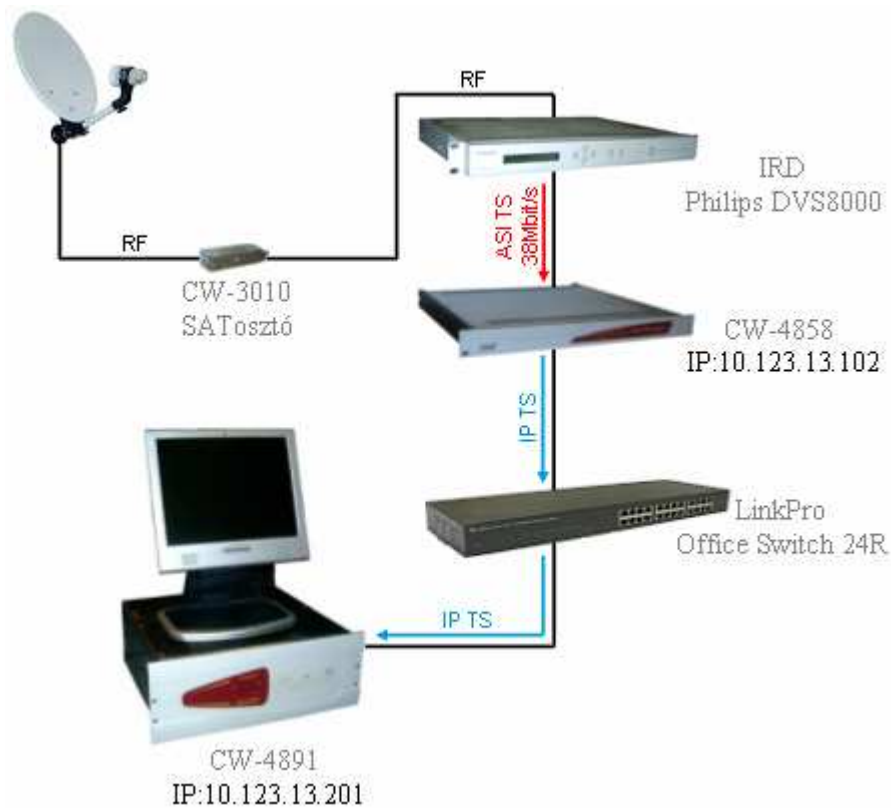
A méréshez használt szoftverek:

- SW-4811B Transport Stream Analyser V 1.42 [*4]
- SW-4851B Transport Stream Remultiplexer Controller V 1.06

Mérés célja: A CW-4858-as TS Remultiplexer és IP TV szerver egy programot tartalmazó kimeneti IP folyamának PCR hibáinak meghatározása.

Mérési összeállítás:

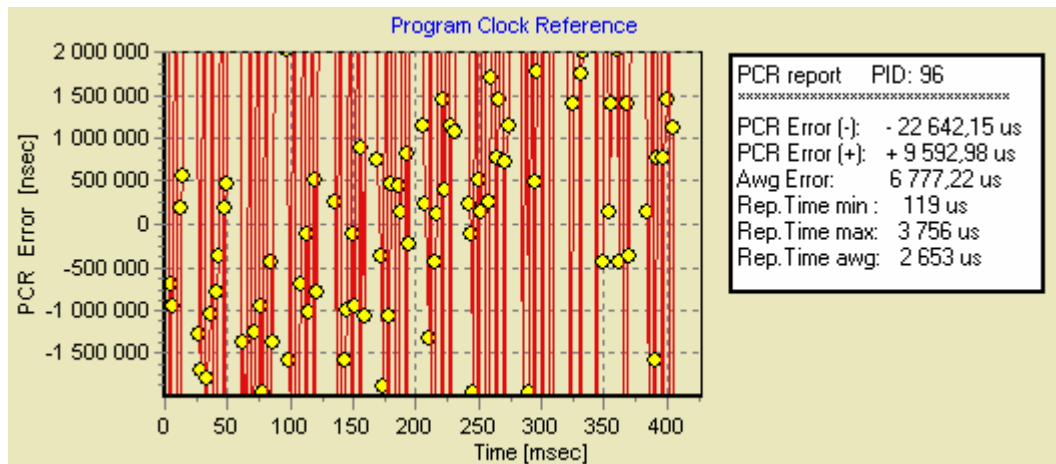
A mérési összeállítás a 23. ábrán látható.



23. ábra

Mérés menete:

Azért, hogy megnézzem milyen a remultiplexer működése PCR hibák szempontjából, magamnak küldtem az egyetlen programot tartalmazó Streamet (SPTS). Ehhez elindítottam a CW-4851B-t beállítottam az IP TV platformon a számítógép hálózati kártyájának IP címét, MAC címét és, hogy nekem küldje a $7 * 188$ bájt formátumú Streamet, majd a „Send TS” gombra kattintottam. Ezután egy a Cableworld által kifejlesztett Transport Stream analízátort indítottam el, melynek neve SW-4811. PCR hiba mérési funkcióba állítottam és a következőt láttam (24. ábra)

Mérési eredmény:

24. ábra

A függőleges tengelyen vannak feltüntetve az egyes PCR-ekhez tartozó PCR hiba értékek.

A vízszintes tengelyen, pedig a mintavétel hossza látható.

A IP TS tele van hatalmas PCR hibákkal, melyek bele sem férnek a PCR hiba tengely majdnem 4msec-os átfogásába. A legnagyobb PCR hiba 22msec.

Mérés kiértékelése: Ez a sok hiba a multiplexer működéséből adódik. A multiplexer csak egyetlen programot leíró TS packeteket enged át ugyanis, és eltávolítja a null packeteket is. Így az eredeti Streamhez képest megváltozik a TS csomagok ismétlődési ideje és a PCR-ek ismétlődési ideje is, mivel ezek a TS csomagok opcionális fejlécében találhatók. A PCR hiba nagyságát a készülék PCR korrektorainak bekapcsolásával sem lehet csökkenteni. A hibák csak akkor csökkentek 500nsec alá, ha az eredeti TS-t ültettem IP környezetbe, vagy ha (egy más készülék szoftverével, amely alkalmas a CW-4858 kezelésére is) transzparens módon - azaz a null packetek meghagyva - küldöm az eredeti TS-sel megegyező adatsebességű TS-t. (Utóbbihoz a „Main Platformon” kell beállítani a kívánt adatsebességet.) De egyiknek sincs értelme, mert éppen az adatsebesség csökkentése a célunk.

Azonban majd látni fogjuk az Amino Set Top Boxok tökéletesen működnek ilyen nagy PCR hiba esetén is.

1.6. Kísérleti IP TV rendszer különböző hálózati környezetekben történő vizsgálata

1.6.1 Unicast mérés

Mérési jegyzőkönyv

Mérés ideje: 2007.11.28.

Mérés helye: T-Kábel, Budapest Orczy tér

Mérést végezte: Balázs Bence

A méréshez használt eszközök:

Eszköz neve	Típus	Azonosító szám
Vezérlő számítógép	CW-4891	5103
Switch	LinkPro Office Switch 24R	2570803087
IRD	Philips DVS8000	16948
Notebook	Portocom LPS2055	340S8
TS remultiplexer és IP TV szerver	CW-4858	6104
SAT osztó	CW-3091	2938
IP TV STB	Amino AmiNET 110	702406804417
IP TV STB	Amino AmiNET 110	7024068044121
LCD Televízió	Sony Bravia	4011479

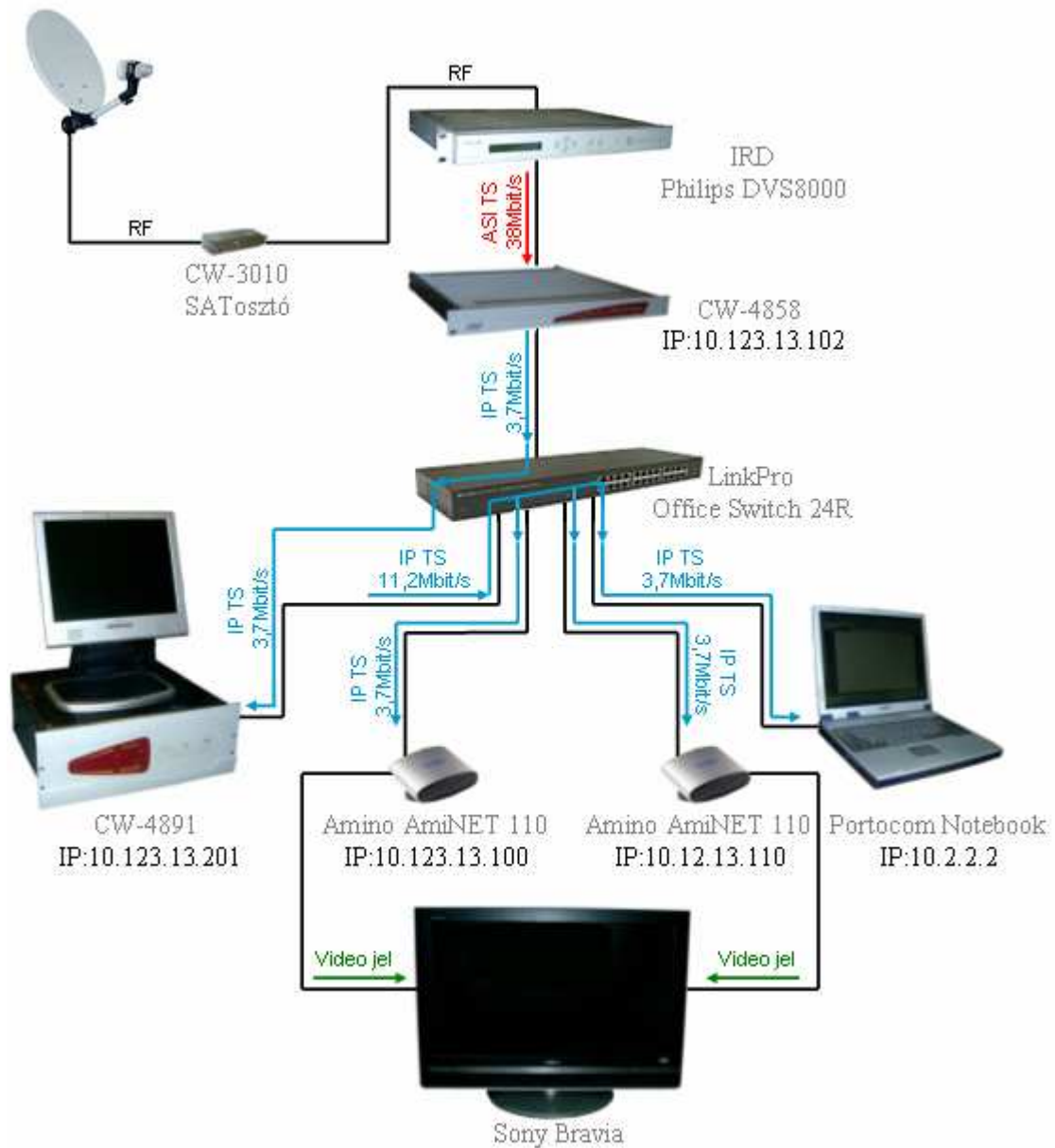
A méréshez használt szoftverek:

- SW-4893 IP TV Streamer V1.01 [*5]
- Ethereal Network Analyser V 0.10.12

Mérés célja: A hálózati folyamatok csomagjainak elkapása, és ebből a hálózat viselkedésére vonatkozó következtetések leszűrése.

Mérési összeállítás:

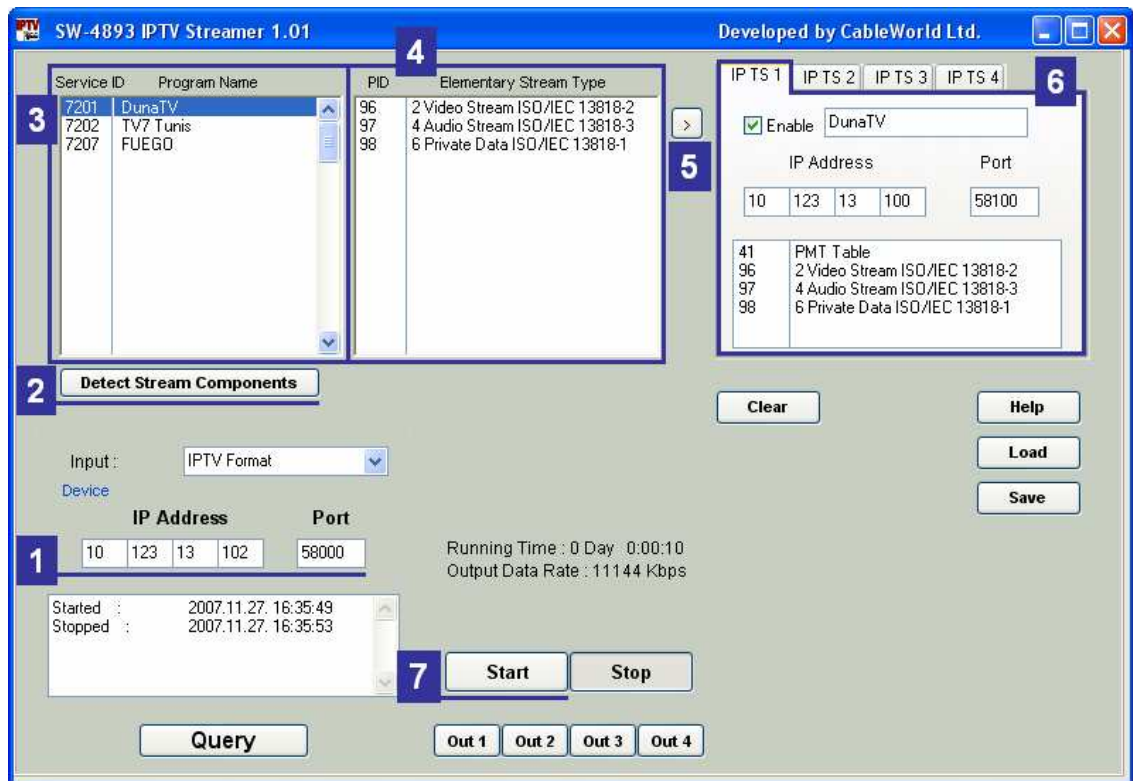
A mérési összeállítás a 25. ábrán látható.



25. ábra

A LinkPro switchhez mely eddig, csak a számítógép és a remultiplexer közötti kapcsolatot biztosította, csatlakoztattam két darab Amino AmiNET 110-es IP TV Set Top Boxot, és egy Portocom Notebookot. A két Amino Boxot a video jelük továbbításának céljából a hozzájuk járó scart kábellel a Sony Bravia televízióhoz csatlakoztattam. A Boxoknak a menürendszerükben IP címet adtam, valamint megmondtam nekik, hogy milyen csatornához, milyen IP cím és port tartozzon.

Mérés menete: Ezután már csak elő kellett állítanom az unicast folyamokat. Ezt a CW-4893-as szoftverrel tettem meg, mely a 26. ábrán látható.



26. ábra

Ez a szoftver négy különböző egymástól független IP Streamet képes létrehozni, a CW-4858-as remultiplexer segítségével. A remultiplexer a kimeneti IP folyamát a számítógép hálózati kártyájának küldi, a számítógép hálózati kártyája, pedig az IP Streamer szoftverben megadott IP címekre küldi az UDP csomagokat. A szoftvernek meg kell adni, hogy milyen IP címen és porton éri el a remultiplexert (1). Ezután a „Detect Stream Components” gombra (2) kattintva a szoftver lekérdezi a remultiplexer kimeneti Streamében szereplő programokat és kiírja a „Program Name” ablakba (3). Egy programra rákattintva az „Elementary Stream Type” ablakban (4) megjelennek a programot leíró Elemi Adatfolyamok és PID-jeik. Az ablak melletti kis nyíllal (5) bepakolhatjuk az egyes komponenseket az „IP TS 1” ablakba (6). Itt meg kell adni az IP címet és portot, amelyre küldeni szeretnénk a Streamet. Három unicast Streamet hoztam létre, melyek a következők:

- IP TS1: IP: 10.123.13.100 Port: 58100
- IP TS2: IP: 10.12.13.110 Port: 58110
- IP TS3: IP: 10.2.2.2 Port: 58200

Mindhárom Stream a Duna TV műsorát tartalmazta.

A Start gombra (7) kattintva elindítottam ezek küldését, a számítógép hálózati kártyájának csomagjait, pedig ismét Ethereallal kaptam el.

Mérési eredmény:

A teljes hálózati forgalom elindulása előtt 4 ARP üzenetváltás történik, melyeket a számítógép hálózati kártyája kezdeményez (27. ábra).

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.102? Tell 10.123.13.201
2	0.000111	10.123.13.102	10.123.13.201	ARP	10.123.13.102 is at 42:57:0a:7b:0d:66
3	0.000360	10.123.13.201	10.123.13.102	UDP	Source port: 56788 Destination port: 56788
4	0.001311	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56788 Destination port: 56788
5	0.002847	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6	0.006461	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
7	0.008821	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
8	0.016040	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
9	0.016190	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
10	0.017902	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
11	0.020840	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
12	0.023619	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
13	0.025879	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
14	0.028886	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
15	0.030310	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
16	0.030548	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.100? Tell 10.123.13.201
17	0.030773	10.123.13.100	10.123.13.201	ARP	10.123.13.100 is at 00:02:02:0e:4d:d5
18	0.030858	10.123.13.201	10.123.13.100	UDP	Source port: 1060 Destination port: 58100
19	0.031222	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.12.13.110? Tell 10.123.13.201
20	0.031369	10.12.13.110	10.123.13.201	ARP	10.12.13.110 is at 00:02:02:0e:4e:09
21	0.031456	10.123.13.201	10.12.13.110	UDP	Source port: 1061 Destination port: 58110
22	0.031643	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.2.2.2? Tell 10.123.13.201
23	0.031663	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
24	0.031839	10.2.2.2	10.123.13.201	ARP	10.2.2.2 is at 00:a0:cc:c7:75:43

27. ábra

Az utolsó ARP üzenetpáros közé egy ICMP üzenet ékelődött, amelyet a 10.123.13.100-as IP címmel rendelkező IP TV STB küldött a számítógépnek. Ezt az üzenetet azért küldte, mert nem volt arra a csatornára kapcsolva, amelyiken a folyamat várta. Azaz nem azt a portot figyelte, amelyikre a folyam érkezett. Erre úgy reagál, hogy gyors egymásutánban küld öt ICMP üzenetet, majd további egyet egy másodpercenként, amíg át nem kapcsoljuk a megfelelő csatornára. Ez, ahogy a 28. ábrán látszik a 14 másodpercben történt meg.

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
23	0.031663	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
29	0.033181	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
33	0.034926	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
39	0.037324	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
44	0.039440	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
49	0.041974	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
1470	1.025327	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
2912	2.025070	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
4353	3.024693	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
5799	4.023867	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
7248	5.024167	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
8691	6.025423	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
10135	7.024332	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
11580	8.023854	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
13026	9.025730	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
14482	10.024037	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
15928	11.026996	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
17371	12.028297	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
18815	13.024459	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
20260	14.025505	10.123.13.100	10.123.13.201	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)

28. ábra

Ezután a forgalom normásian halad, s ahogy a 29. ábrán is látszik a számítógép (10.123.13.201) minden egyes a remultiplexertől (10.123.13.102) kapott csomagot elküld a:

15. 10.123.13.100-as IP címmel rendelkező Amino AmiNET 110-es Set Top Boxnak, a
16. 10.12.13.110-es IP címmel rendelkező Amino AmiNET 110-es Set Top Boxnak, és a
17. 10.2.2.2-es IP címmel rendelkező Portocom Notebooknak az IP TV Streamerben megadott portszámokon.

Tehát a számítógép egyetlen beérkező csomagot háromszor küld ki.

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
18932	13.106853	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
18933	13.107104	10.123.13.201	10.123.13.100	UDP	Source port: 1060 Destination port: 58100
18934	13.107284	10.123.13.201	10.12.13.110	UDP	Source port: 1061 Destination port: 58110
18935	13.107452	10.123.13.201	10.2.2.2	UDP	Source port: 1062 Destination port: 58200
18936	13.109782	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
18937	13.110173	10.123.13.201	10.123.13.100	UDP	Source port: 1060 Destination port: 58100
18938	13.110385	10.123.13.201	10.12.13.110	UDP	Source port: 1061 Destination port: 58110
18939	13.110552	10.123.13.201	10.2.2.2	UDP	Source port: 1062 Destination port: 58200
18940	13.112712	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
18941	13.112998	10.123.13.201	10.123.13.100	UDP	Source port: 1060 Destination port: 58100
18942	13.113177	10.123.13.201	10.12.13.110	UDP	Source port: 1061 Destination port: 58110
18943	13.113345	10.123.13.201	10.2.2.2	UDP	Source port: 1062 Destination port: 58200
18944	13.114968	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
18945	13.115272	10.123.13.201	10.123.13.100	UDP	Source port: 1060 Destination port: 58100
18946	13.115453	10.123.13.201	10.12.13.110	UDP	Source port: 1061 Destination port: 58110
18947	13.115618	10.123.13.201	10.2.2.2	UDP	Source port: 1062 Destination port: 58200
18948	13.117497	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
18949	13.117768	10.123.13.201	10.123.13.100	UDP	Source port: 1060 Destination port: 58100
18950	13.117946	10.123.13.201	10.12.13.110	UDP	Source port: 1061 Destination port: 58110
18951	13.118108	10.123.13.201	10.2.2.2	UDP	Source port: 1062 Destination port: 58200
18952	13.120506	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
18953	13.120806	10.123.13.201	10.123.13.100	UDP	Source port: 1060 Destination port: 58100
18954	13.120999	10.123.13.201	10.12.13.110	UDP	Source port: 1061 Destination port: 58110
18955	13.121175	10.123.13.201	10.2.2.2	UDP	Source port: 1062 Destination port: 58200

29. ábra

Az analízátor statisztikáiból is ezt a következtetéseket vonhatjuk le (30. ábra).

IPv4 Endpoints						
Address	Packets	Bytes	Tx Packets	Tx Bytes	Rx Packets	Rx Bytes
10.123.13.201	48015	65164472	35966	48831458	12049	16333014
10.123.13.102	12032	16318758	12024	16318264	8	494
10.123.13.100	12006	16288788	20	11800	11986	16276988
10.12.13.110	11991	16279938	5	2950	11986	16276988
10.2.2.2	11986	16276988	0	0	11986	16276988
Traffic	Captured					
Between first and last packet		33,272 sec				

30. ábra

A pirossal aláhúzott számok (Rx Packets) az „Address”-nél felsorolt IP címmel rendelkező eszközök által vett csomagok. A zölddel aláhúzott szám a számítógép által küldött összes csomag, megközelítőleg megegyezik az egyes eszközök által vett csomagok összegével, (azért csak megközelítőleg, mert a számítógép a remultiplexernek is küld irányító utasításokat). Mivel tudjuk, hogy az első és az utolsó elkapott csomag között eltelt idő

33,272sec, az egy Set Top Box által vett csomagok száma másodpercenként: $11986\text{pakét}/33,272\text{sec} = 360,242\text{pakét/sec}$. Az ehhez tartozó adatsebesség, pedig, mivel egy csomag 1358bájtt: $360 * 1358 = 488880\text{bájtt/s}$. Ez, pedig 3911040bit/s , ami $3,73\text{Mbit/s}$. A számítógép kimeneti adatsebessége, ennek a háromszorosa, $11,19\text{Mbit/s}$. (Bruttó adatsebesség, de nem tartalmazza az Ethernet előtagot és CRC-t sem.)

Mérés kiértékelése:

A számítógép egyetlen beérkező csomagot háromszor küld ki, s ez nem adatsebesség takarékos.

1.6.2. Multicast mérés

Mérési jegyzőkönyv

Mérés ideje: 2007.11.28.

Mérés helye: T-Kábel, Budapest Orczy tér

Mérést végezte: Balázs Bence

A méréshez használt eszközök:

Eszköz neve	Típus	Azonosító szám
Vezérlő számítógép	CW-4891	5103
Switch	LinkPro Office Switch 24R	2570803087
IRD	Philips DVS8000	16948
Notebook	Potocom LPS2055	340S8
TS remultiplexer és IP TV szerver	CW-4858	6104
SAT osztó	CW-3091	2938
IP TV STB	Amino AmiNET 110	702406804417
IP TV STB	Amino AmiNET 110	7024068044121
LCD Televízió	Sony Bravia	4011479

A méréshez használt szoftverek:

- SW-4893 IP TV Streamer V1.01
- Ethereal Network Analyser V 0.10.12

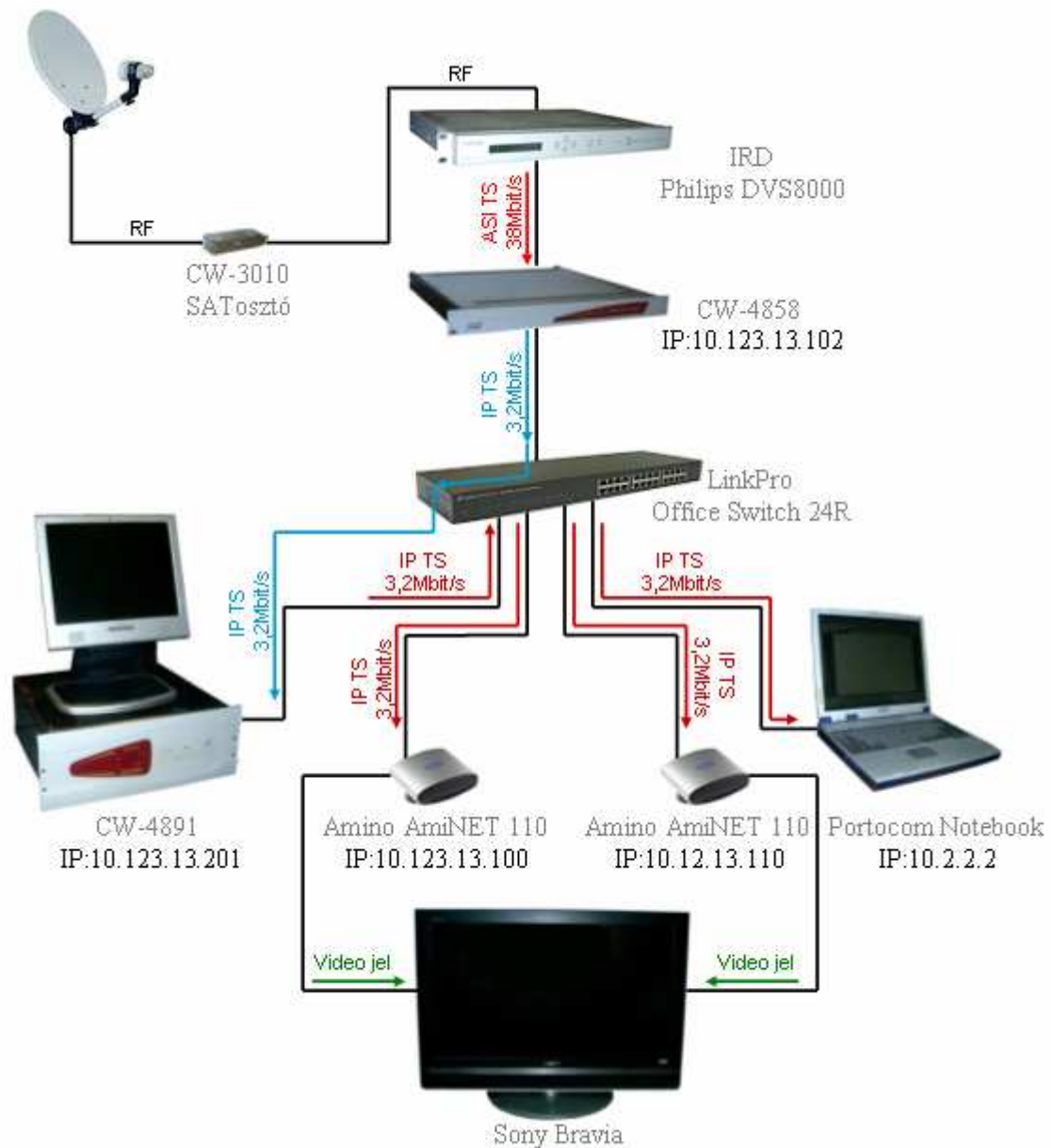
Mérés célja:

A hálózati folyamatok csomagjainak elkapása, és ebből a hálózat viselkedésére vonatkozó következtetések leszűrése.

Mérési összeállítás:

A hálózat felépítése maradt az előző, de most a műsort multicast módban került kiküldésre.

Mérési összeállítás a 31. ábrán látható.



31. ábra

Mérés menete:

A következő multicast folyamat hoztam létre az IP Streamer (26. ábra) programmal:

- IP TS 4: IP: 224.100.100.100 Port: 59999

A Start gombra kattintva elindítottam ennek küldését, és az Ethereallal kaptam el a csomagokat.

Mérési eredmény:

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	10.12.13.110	224.99.99.99	IGMP	V2 Membership Report
2	0.426125	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.102? Tell 10.123.13.201
3	0.426419	10.123.13.102	10.123.13.201	ARP	10.123.13.102 is at 42:57:0a:7b:0d:66
4	0.426465	10.123.13.201	10.123.13.102	UDP	Source port: 56788 Destination port: 56788
5	0.427541	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56788 Destination port: 56788
6	0.428634	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
7	0.428755	10.123.13.201	10.123.13.102	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
8	0.430933	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
9	0.431056	10.123.13.201	10.123.13.102	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
10	0.434554	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
11	0.434737	10.123.13.201	10.123.13.102	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
12	0.438509	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
13	0.438631	10.123.13.201	10.123.13.102	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
14	0.441713	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
15	0.441877	10.123.13.201	10.123.13.102	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
16	0.441925	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
17	0.442154	10.123.13.201	10.123.13.102	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
18	0.445295	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
19	0.445485	10.123.13.201	10.123.13.102	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
20	0.449115	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
21	0.449218	10.123.13.201	10.123.13.102	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
22	0.451183	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
23	0.451283	10.123.13.201	10.123.13.102	ICMP	Destination unreachable (Port unreachable)
24	0.455232	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
25	0.456663	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
26	0.458335	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999

32. ábra

Az első elkapott csomag egy IGMP Membership Report, melyet a 10.12.13.110-es Box küldött a 224.99.99.99-es csoportcímre, mert a távirányítóján megnyomtam egy olyan csatorna számát, mely ehhez a csoporthoz lett rendelve. A Start gomb lenyomása után a szokásos ARP üzenetváltás történik. Ezután a remultiplexer elkezd küldeni az UDP csomagokat a számítógépnek, amelyeket valamiért egy ideig az nem tud fogadni, ezért ICMP üzeneteket küld a remultiplexernek. Ezután, a számítógép, minden külső beavatkozás nélkül elkezd küldeni az UDP csomagokat, melyekben a célcím: 224.100.100.100 (33.ábra)

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
6659	9.632862	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6660	9.633079	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6661	9.635511	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6662	9.635705	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6663	9.638124	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6664	9.638392	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6665	9.640446	10.12.13.110	224.0.0.2	IGMP	V2 Leave Group
6666	9.641088	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6667	9.641287	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6668	9.643305	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6669	9.643500	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6670	9.646158	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6671	9.646450	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6672	9.648884	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6673	9.649104	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6674	9.652049	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6675	9.652248	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6676	9.654663	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6677	9.654941	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6678	9.657271	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6679	9.657471	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6680	9.659447	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6681	9.659642	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6682	9.662971	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6683	9.663228	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6684	9.665660	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6685	9.665877	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6686	9.668191	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6687	9.668407	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6688	9.670449	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6689	9.670726	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6690	9.673731	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6691	9.673934	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6692	9.676024	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6693	9.676219	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6694	9.678521	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6695	9.678803	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6696	9.680199	10.12.13.110	224.100.100.100	IGMP	V2 Membership Report
6697	9.681445	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780
6698	9.681663	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6699	9.684730	10.123.13.102	10.123.13.201	UDP	Source port: 56789 Destination port: 56780

33. ábra

A 6665. elkapott csomag, egy IGMP Leave Group, ezt az a STB küldte, amelyiket még a Start gomb megnyomása előtt átkapcsoltam a 224.99.99.99-es IP címhez rendelt csatornára. Most elhagyta ezt a csoportot, mert átkapcsoltam az általam generált 224.100.100.100-es IP címmel összerendelt csatornára. A 6696. elkapott csomagot is ő küldi, ebben jelzi, hogy a 224.100.100.100-as csoporthoz szeretne tartozni.

Fontos észrevétel, hogy **egy beérkező csomagot csak egyszer küld ki a számítógép**, és azt mindenki megkapja, aki tagja a csoportnak. Az analízátor által készített statisztikák is ezt igazolják (34. ábra).

IPv4 Endpoints						
Address	Packets	Bytes	Tx Packets	Tx Bytes	Rx Packets	Rx Bytes
10.123.13.102	7306	9888508	7285	9885284	21	3224
10.123.13.201	14561	19740798	7276	9855514	7285	9885284
10.12.13.110	6	360	6	360	0	0
224.99.99.99	2	120	0	0	2	120
224.100.100.100	7258	9852470	0	0	7258	9852470
224.0.0.2	1	60	0	0	1	60
Traffic	Captured					
Between first and last packet		23,680 sec				

34. ábra

A pirossal aláhúzott szám (Rx Packets), a 224.100.100.100-as cél IP címmel küldött csomagok száma. A zölddel aláhúzott szám a számítógép által küldött összes csomag, megközelítőleg megegyezik a multicast IP címre küldött csomagok számával, (azért csak megközelítőleg, mert a számítógép a remultiplexernek is küld irányító utasításokat).

Az első és az utolsó elkapott csomag között eltelt idő 23,680sec, a multicast címmel küldött csomagok száma másodpercenként: $7276\text{pakét}/23,680\text{sec} = 307,263\text{pakét/sec}$. Az ehhez tartozó adatsebesség, pedig, mivel egy csomag 1358bájt: $307 * 1358 = 416906\text{bájt/s}$. Ez, pedig 3335248bit/s, ami 3,2Mbit/s (Bruttó adatsebesség, nem tartalmazza az Ethernet előtagot és CRC-t sem). Ez tehát a számítógép kimeneti adatsebessége (is).

A 10.2.2.2-es IP címmel rendelkező Notebook-on futtatott analízátor program semmilyen üzenetet nem kellett volna, hogy kapjon, mivel ő nem jelezte, hogy csatlakozni szeretne a 224.100.100.100-as csoporthoz. Ez nem így történt a hálózat analízátor program az összes multicast tartományú cél IP címmel küldött csomagot elfogta (35. ábra). Ebből arra lehet következtetni, hogy a használt LinkPro Office Switch nem ismeri az IGMP üzeneteket, ezért az összes multicast cél IP címmel küldött csomagot broadcast üzenet formájában kiteszi minden portjára, hogy mindenképpen eljusson oda, ahova kell.

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	10.12.13.110	224.99.99.99	IGMP	V2 Membership Report
2	0.426183	10.123.13.201	Broadcast	ARP	who has 10.123.13.102? Tell 10.123.13.201
3	0.458549	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
4	0.459028	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
5	0.459257	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
6	0.462008	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
7	0.464319	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
8	0.467236	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
9	0.469476	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
10	0.472507	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
11	0.474881	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
12	0.477882	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
13	0.480173	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
14	0.483318	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
15	0.485976	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
16	0.489650	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
17	0.492089	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999
18	0.494671	10.123.13.201	224.100.100.100	UDP	Source port: 1091 Destination port: 59999

35.ábra

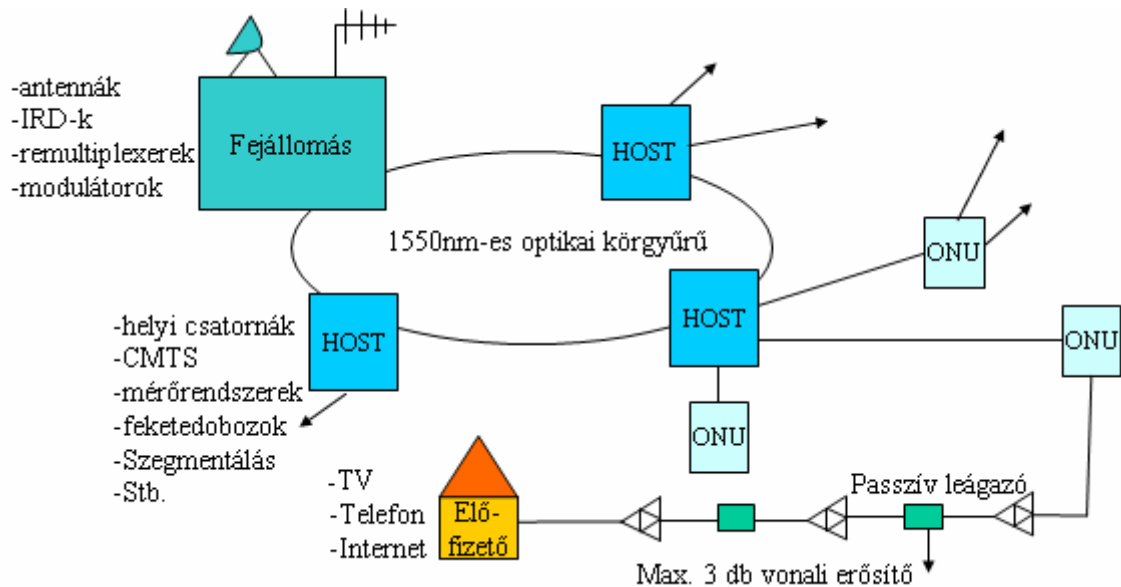
Mérés kiértékelése:

Ha a multicast hálózat normálisan működik a számítógép egy beérkezett csomagot csak egyszer küld ki mégis mindenki megkapja, de a switch általunk nem várt működése miatt broadcast hálózattá alakult a rendszerünk. Ez fölöslegesen terhelte a Notebook hálózati kártyáját.

Az eddig ismertetett rendszerrel nem lehet kábeltelevíziós hálózatokon IP TV-t szolgáltatni, egyrészt, mert a CW-4858-nak Ethernet kimenete van, Cat5-ös kábelben, pedig az Ethernet jelet nem továbbíthatjuk túl nagy távolságokra, másrészt a kábeltelevíziós hálózatok már meglévő kiépített koaxiális és optikai kábelhálózattal rendelkeznek. Ezért célszerű valamilyen modulációval rádiófrekvenciára ültetni az Ethernetbe ágyazott TS-t és úgy továbbítani, a már meglévő hálózaton. A következő fejezetben ennek módjával foglalkozom.

2.1. A T-Kábelről

A rendszer leegyszerűsített blokk-sémája az 36. ábrán látható. A rendszer fő célja, a fejállomáson vett jelek vegyes, optikai- és koaxiális hálózaton (HFC – Hybrid Fiber Coax) való eljuttatása az előfizetőkhez.



36. ábra

Fejállomás: A fejállomáson a parabola- yagi- és panelantennákkal veszik a műholdas- és földi műsorszórással érkező jeleket. A SAT osztó után, digitális műholdas műsorszórás esetén a jelet IRD-kre vezetik, majd az IRD-k kimenetéről vehető ASI jelet remultiplexálják, és végül QAM modulátorokkal beinzerálják (a frekvencia kiosztásnak megfelelően.) Itt kapott helyet a T-Kábel információs csatornáját biztosító személyi számítógép is. A fejállomáson található optikai adók látják el a tartalékolt 1550nm-es körgyűrűt, mely a különböző frekvenciájú csatornákat továbbítja a HOST-ok felé.

HOST: A HOST-okban veszik az 1550nm-es körgyűrűről származó jelet, RF jellé alakítják, majd ismét optikai jellé, hogy 1310nm-es optikai kábelben továbbítsák az ONU-k felé. Itt történik az előre- és vissz irányú jelek szegmentálása. Az ONU-k meghajtása a HOST-okban található optikai adókkal történik, egy optikai adó (a leirányú optikai szegmentálástól függően), általában 4 ONU-t hajt meg. A jelek kombinálását előre- és vissz irányban is fekete dobozokkal végzik. Valamint itt található még a felhasználók számára nyújtott Internetet és a VoCaTV (IP telefon) szolgáltatáshoz szükséges eszköz a

CMTS. A különböző mérő- és felügyeleti rendszerek is a HOST-okban kapnak helyet. Továbbá, helyi érdekeltségű csatornákat is beinzerálhatunk itt.

ONU: Veszi a HOST-ból az 1310nm-es optikán érkező jeleket, és RF jellé alakítja, hogy aztan koaxiális kábelon erősítők segítségével az előfizetőkhez juttassuk. Az ONU-t követő koaxiális hálózat kialakítása a földrajzi elhelyezkedéstől és az előfizetők számától függ. Egy előfizető és egy ONU közötti úton maximum három vonali erősítőt alkalmazhatunk a televízió képjel minőségi követelményei miatt. Egy ONU átlagosan 300 előfizetőt lát el.

A DVB-C szabvány szerinti interaktív kábeltelevízió hálózatnak alkalmasnak kell lennie a visszirányú jelek fogadására is.

2.2. DOCSIS rendszerek áttekintése

Napjainkban a kábeltelevíziós társaságok közötti erős verseny miatt a szolgáltatók újabb és újabb értéknövelt szolgáltatásokkal kénytelenek bővíteni szolgáltatási palettájukat. A társaságok már régen nem csak analóg és digitális televízió műsorokat szolgáltatnak, hanem Internetet és telefont is. A közeljövőben, pedig IP TV-t, HD minőségű műsorokat és szélessávú Internetet is a felhasználók rendelkezésére bocsáthatnak. Ezen értéknövelt szolgáltatások nyújtásához szükséges eszközök és azok működésének specifikációt a DOCSIS szabvány írja le. A szabványt több kábeltelevíziós nagyhatalom összefogva dolgozta ki és több verzió is napvilágot látott már, napjainkban éppen a 3. (DOCSIS 3.0) megalkotásánál járnak.

Eddigi DOCSIS szabványok:

- DOCSIS 1.0
- DOCSIS 1.1
- DOCSIS 2.0
- DOCSIS 3.0

Az egyes rendszerek felülről kompatibilisek egymással, és mindegyikből létezik „Euro” verzió is, ezekben a leglényegesebb különbség, hogy az RF csatornák sávszélessége nem 6MHz, hanem 8MHz.

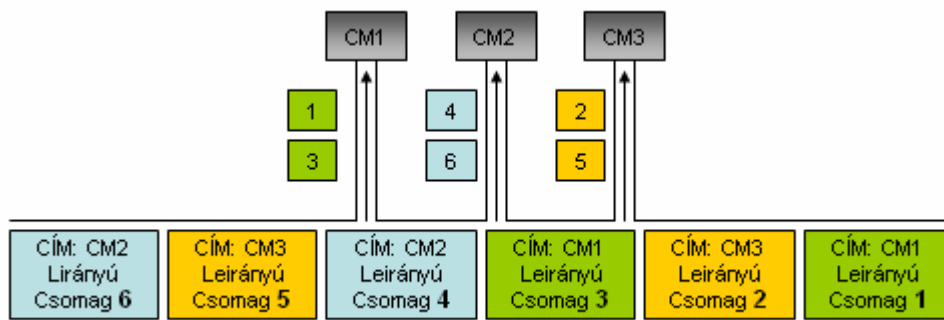
Az alábbiakban ezeket a rendszereket tekintem át.

A felhasználó az Internet böngészéshez vagy a telefonáláshoz szükséges információkat a kábelmodemén keresztül kapja rádiófrekvenciára ültetve a CMTS-től (Cable Modem Termination System – Kábelmodem Vezérlő Központ). A CMTS kapcsolatban áll az NMS szerverrel amely, az eszköz és ügyfélfelügyeletet látja el, egy pontos időt szolgáltató szerverrel, egy TFTP szerverrel és az Internettel. A CMTS tulajdonképpen tekinthető egy átjárónak a kábelmodemek és az Internet között. A CMTS-től a modem felé irányuló csatornákat leirányú (DS) csatornáknak nevezzük. A modemtől a CMTS felé irányuló csatornákat, pedig felirányú- vagy visszirányú csatornáknak (US).

2.2.1. DOCSIS 1.0

2.2.1.1. Leirány működése:

A CMTS-től az előfizetői modemek felé 6MHz-es (vagy Euro DOCSIS esetén 8MHz-es) rádiófrekvenciás csatornában, broadcast jelleggel történik az információtovábbítás. Ez azt jelenti, hogy az adott csatornához kapcsolt összes modem jelét tartalmazza a csatorna, de minden modem csak az ő részére szóló üzenetet veszi (37. ábra). A jeltovábbítás történhet 64QAM vagy 256QAM moduláció használatával. Utóbbi esetben (256QAM) nagyobb adatsebesség érhető el (lásd a 1. táblázatot). Leirányban a CMTS egy DS portjára (típustól függően) kb. 600 modem kerülhet. A DS csatornákat az analóg jel szintje alatt 4-6dB-el kell beinwertálni a digitális jel nagyobb spektrumterhelése miatt, 256QAM moduláció mellett. Ha 64QAM-et használunk a csökkentés mértéke 6-10dB kell, hogy legyen.



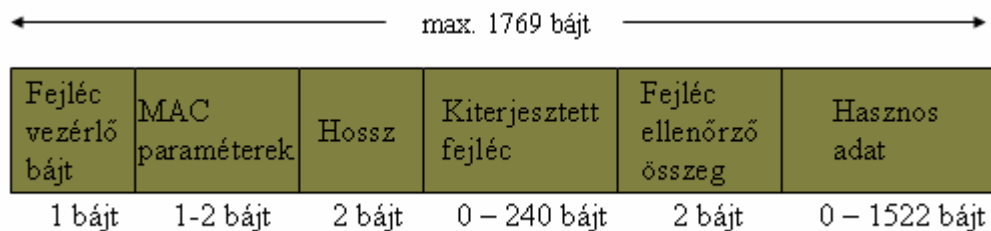
37. ábra

Az eddig leírtakat az 1. táblázat foglalja össze(a táblázatban a hasznos adatsebességek értékek találhatók):

	DOCSIS 1.0	Euro DOCSIS
Sávszélesség	6MHz	8MHz
Leirányú Frekvencia tartomány	88...860MHz	108...862MHz
Leirányú Adatsebesség (256QAM)	38,47Mbit/s	51,28Mbit/s
Leirányú Adatsebesség (64QAM)	28,84Mbit/s	38,46Mbit/s
Beinzertálási szint- csökkentés (analoghoz képest)	256QAM, 4-6dB 64QAM, 6-10dB	256QAM, 4-6dB 64QAM, 6-10dB
Szükséges MER (64QAM)	28dB	28dB
Szükséges MER (256QAM)	32dB	32dB

1. táblázat

DOCSIS MAC: A DOCSIS MAC (továbbiakban: MAC) rétegének feladata az, hogy biztosítsa az Ethernet kapcsolat létrejöttének lehetőségét a CMTS és a kábelmodemek között. Ehhez a feladathoz sokfajta MAC menedzsment üzenet definiáltak, amelyeket például a le- vagy feltöltési irány leírására, különböző regisztrációs kérélmekre, mérési adatok továbbítására használnak. Én most csak a letöltési irányban használatos, hasznos adatot hordozó keret formátumával foglalkozok. Ennek felépítése a 38. ábrán látható.



38. ábra

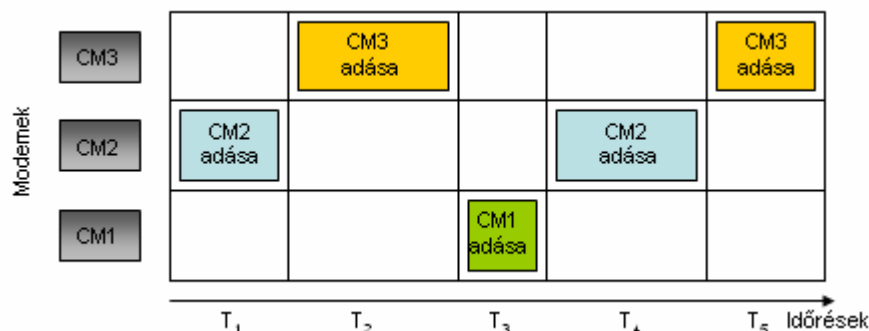
A Fejléc vezérlő bájtt pontosan megadja, hogy milyen típusú MAC kerettel van dolgunk, és hogy tartalmaz-e a keret Kiterjesztett fejlécet. A MAC paraméterek mező, megadja az

opcionális fejléc hosszát, ha van, és tördelt MAC keretek esetén a darabok sorszámát. A Hossz a MAC keret hosszát tartalmazza. A Kiterjesztett fejléct, amely a célmodem SID azonosítóját tartalmazhatja, a Fejrész ellenőrző összeg követi. A Hasznos adat általában egy Előtag nélküli Ethernet keretet tartalmaz az adott kábelmodemnek megfelelő célcímmel.

Ezeket a kereteket a hasznos adatrészükkel együtt tovább bontják 184 bájtos részekre, és 188+16 bájtos TS keretek hasznos adatrészébe ültetik. Ezeknek a TS kereteknek a fejlécben a PID mindig 0x1FFE értékűre van állítva. Ezt DOCSIS PID-nek is hívják.

2.2.1.2. Felirány működése:

Mivel a kábelmodem rendszer visszirányban összegző jellegű hálózat, felirányban a modemek TDMA rendszerben adnak, ami azt jelenti, hogy mindegyik modem egy a CMTS által neki rendelt időrésben (mini-slot) továbbíthat információt, de ekkor a csatornában csak ő ad, az egész sáv szélesség az övé (39. ábra).



39. ábra

Felirányú adattovábbításkor, tehát a modemek között versenyhelyzet alakul ki. A modemek, a CMTS által leirányba (általában 1-10msec-onként) küldött MAP keretekből tudják, hogy mikor adhatnak. Minden modem egy neki rendelt időrésben elküldheti a CMTS-nek az ő felirányú adatsebesség igényét, időrések számában kifejezve. A CMTS a következő felirányú időrés kiosztó keretben (MAP), már megmondja a modemnek mikor adhat. A modemeknek μ sec pontossággal a számukra kijelölt időrésben kell adni, ezért a CMTS leirányban SYNC kereteket küld (másodpercenként kb. 600-at), mely egy 32 bites számot tartalmaz. Ez egy olyan 32 bites számláló aktuális állapota, mely a CMTS-ben és CM-ben is megtalálható, ezek segítségével a modem és CMTS közötti pontos jeltovábbítás biztosítható a távolságokból adódó késleltetés figyelembevételével. A felirányú adás történhet QPSK vagy 16QAM modulációval különböző sáv szélességű csatornákon.

Általában a 3,2MHz-et részesítik előnyben az 1,6MHz-es 0,8MHz-es 0,4MHz-es és a 0,2MHz-es csatornákkal szemben. A QPSK moduláció zajvédettebb, ám lassabb, mint a 16QAM. A különböző sávszélességekkel és modulációkkal elérhető adatsebességeket a 2. táblázat tartalmazza. A CMTS egy US portjára (a CMTS típusától függően) 50-60 modem köthető. Mint már említettük a kábelmodem rendszer visszirányban összegző jellegű hálózat, így a CMTS US portjához érve az összes előfizető zaja összegződik. Mivel a zajok döntő többsége az előfizetői hálózatokból ered, a multimédiás fal ajzat kimentének előreirányban legalább 10dB-t kell csillapítani a zajok bejutása ellen. A visszirányú jelek frekvenciában minél feljebb vannak annál zajtalanabbak. A DOCSIS 1.0 visszirányú frekvenciatartománya 5 – 42MHz-ig tart, az EuroDOCSIS-é, pedig 5 - 65MHz-ig, így ez valamelyest zajtalanabb. A felirányban az egyes sávszélességű csatornák, és modulációk mellett elérhető hasznos adatsebességek a 2. táblázatban összefoglalva láthatók.

Sávszélesség	Adatsebesség QPSK(Mbit/s)	Adatsebesség 16QAM(Mbit/s)
200kHz	0,32	0,64
400kHz	0,64	1,28
800kHz	1,28	2,56
1,6MHz	2,56	5,12
3,2MHz	5,12	10,24

2. táblázat

Most nézzük meg, hogy a modem a bekapcsolása után hogyan lép működésbe, és hogyan zajlik a regisztráció folyamata:

2.2.1.3. Kapcsolatfelvétel:

1. A modem először veszi a CMTS által leirányba folyamatosan küldött UCD, MAP és szinkronizációs csomagokat. Az UCD csomagot a leirányú csatorna leírására használják (frekvencia, moduláció, sávszélesség) a MAP csomagokat, pedig a felirányú forgalom időréseinek kiosztására.
2. A modem kiolvassa az UCD-ből a leirányú jel frekvenciáját és sávszélességét, majd ráhangol arra.
3. A MAP-ben a számára megadott időrésben, pedig elküldi a CMTS-nek saját MAC címét és egy Ranging Requestet, melyben a fizikai kapcsolat kiépítését kéri.

4. Ekkor a CMTS regisztrálja a kérést és utasítja a CM-et adási szintjének 1dB-val való növelésére vagy csökkentésére.

5. A modem erre 1dB-el növeli vagy csökkenti adási szintjét, és ismét elküld egy Ranging Request üzenetet.

A 3-5 pontok addig ismétlődnek, míg a CMTS megfelelőnek nem találja CM adási szintjét.

6. Ezután a CMTS elküld a modemnek egy Ranging Complete üzenetet, valamint egy ideiglenes SID azonosítót.

7. Erre a CM egy nyugtázó üzenettel reagál.

2.2.1.4. Regisztráció:

1. Először a modem DHCP kérést küld a CMTS-en keresztül az NMS szervernek, melyben elküldi saját MAC címét és, kéri a saját IP címét, valamint a TFTP és ToF szerver IP címet.
2. Az NMS szerver ekkor ellenőrzi, hogy a kérést küldő modem milyen jogosultságokkal rendelkezik és elküldi a CM által kért információkat.
3. A modem veszi ezeket az információkat és kérést küld a ToF szervernek a pontos időért.
4. A szerver elküldi neki a pontos időt.
5. A CM beállítja a pontos időt és kapcsolatba lép a TFTP szerverrel és letölt egy a modemhez rendelt konfiguráció fájlt, és a benne foglaltak szerint utasításokat hajt végre magán.
6. Eztán a CMTS-től végleges SID azonosítót kér és kap.

[11] [12] [13] [14] [15]

2.2.2 DOCSIS 2.0

A DOCSIS 2.0 lényegében elődjeihez hasonlóképpen működik, csak nagyobb feirányú adatsebességet tesz lehetővé. Ehhez három változtatást eszközöltek:

- Felirányú csatornák sáv szélességének növelése (0,2MHz 0,4MHz 0,8MHz 1,6MHz 3,2MHz 6,4MHz).
- Nagyobb állapotszámú modulációk alkalmazása a felirányú csatornában (QPSK, 8PSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM).

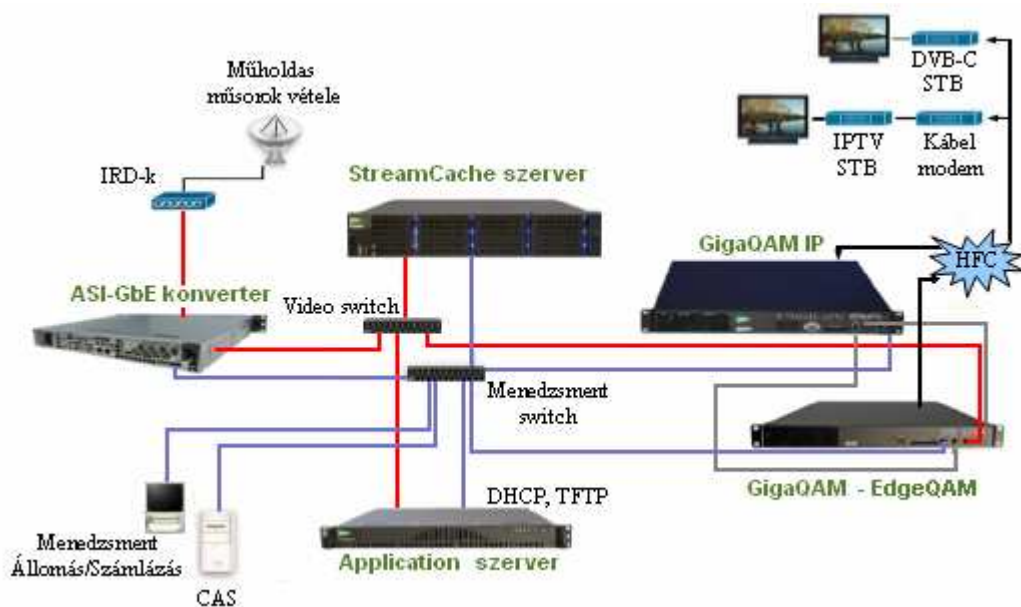
- Felirányban TDMA mellett A-TDMA és S-CDMA hozzáférési eljárásokat is használja, melyek jobb zajvédelmet biztosítanak.

Az elérhető legnagyobb adatsebesség 30,72Mbit/s felirányban 6,4MHz-es csatornában 128QAM modulációt alkalmazva.

Ahogy már említettük az IP TV rendszerek adatsebesség takarékosabbak, mint a kábeltelevíziós rendszerek, mert bennük csak a kért, vagy az éppen nézett műsor kerül továbbításra. Azonban, a kábeltelevíziós társaságok például, ha IP TV szolgáltatást szeretnének bevezetni, nem építhetik át az egész meglévő rendszerüket, pl. xDSL rendszerré (amely alkalmas Ethernet forgalom továbbítására), mert ez anyagilag nem érné meg nekik. A HFC architektúra megtartása mellett, DOCSIS (le- és felirányú) frekvenciasávokban érdemes IP TV-t szolgáltatniuk. Erre képes a most bemutatásra kerülő RetroVue rendszer.

2.3. GoBackTV - RetroVue

Kábeltelevíziós hálózatokon történő IP TV szolgáltatás bevezetésére egy lehetséges megoldást kínál a GoBackTV által kifejlesztett RetroVue rendszer, amelynek architektúrája a 40. ábrán látható. A rendszer megalkotói lényegében a következőképpen gondolkodtak: A CMTS adatátvitelre lett tervezve, nem képátvitelre, így meghagyták neki eredeti funkcióját és a képtovábbítást EdgeQAM-ek végzik a CMTS-t kikerülve (CMTS-bypass). A szórt műsorokat, pedig eltárolják, későbbi hozzáférésre.



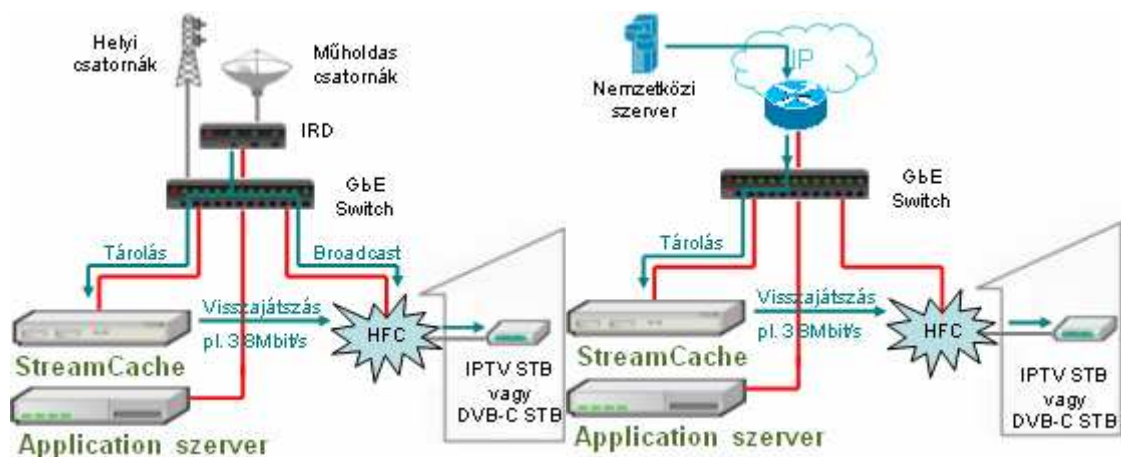
40. ábra

2.3.1. A rendszer bemutatása:

ASI-GbE IP konverter: A műholdvevőkről érkező remultiplexálás előtti vagy utáni ASI jelet vezethetünk az ASI-GbE IP konverter 4 ASI bemenetének valamelyikére, amely aztán a kimenetén a protokoll konverzió után rendelkezésünkre bocsátja a Gigabit Ethernet kimenetén a Transport Stream(ke)t. Elláthat remultiplexelési feladatokat, működhet MPTS (Multi-Program Transport Stream) vagy, SPTS (Single Program Transport Stream) funkcióban. MPTS funkcióban változtatás nélkül, vagy kis változtatással, átengedi a Transport Streamet, SPTS üzemmódban, pedig demultiplexálja azt egyéni programokká. Minden GoBackTV eszköz az Ethernet kimenetén kiadhat szokványos Ethernet vagy Ethernetbe ágyazott IP/UDP jelet. Az ASI-GbE IP konverter támogatja az unicast és a multicast címezést. Elláthatja a DVB-Sifter funkcióját is.

DVB-Sifter: (nem szerepel az ábrán) Ezt az eszközt arra használják, hogy a bejövő műsorokba ágyazott SI táblákat, amelyek az EPG készítéséhez szükségesek, kinyerje a bejövő jelből, és eltárolásra elküldje az Application szervernek, hogy az előfizető korábban játszott műsorokból is választhasson.

StreamCache: Ennek az eszköznek a feladata, ahogy az a 41,a ábrán is látható, hogy a broadcast (természetesen broadcast alatt nem a küldési módot értem hanem, azt, hogy valós időben történik a közvetítés nem nPVR-ről nézik vissza) műsorszórással továbbított, rajta áthaladó műsorokat felvegye, és eltárolja későbbi megnézésre. Ha például a néző megnyomja a stop-ot vagy a vissza gombot, egy új egyedi 3,8Mbit/s (MPEG-2) sebességű Stream jön létre, amit csak neki továbbítanak. A tároló szervert igazából nem érdekli, mi van GbE switch túloldalán és, hogy mit kell tárolnia, így akár filmeket is tölthetünk rá valahonnan, ahogy az a 41,b ábrán is látható. A szerver 1700 órányi 3,8Mbit/s adatsebességű video Streamet tud tárolni, és 480 egymástól független 3,8Mbit/s adatsebességű video Stream

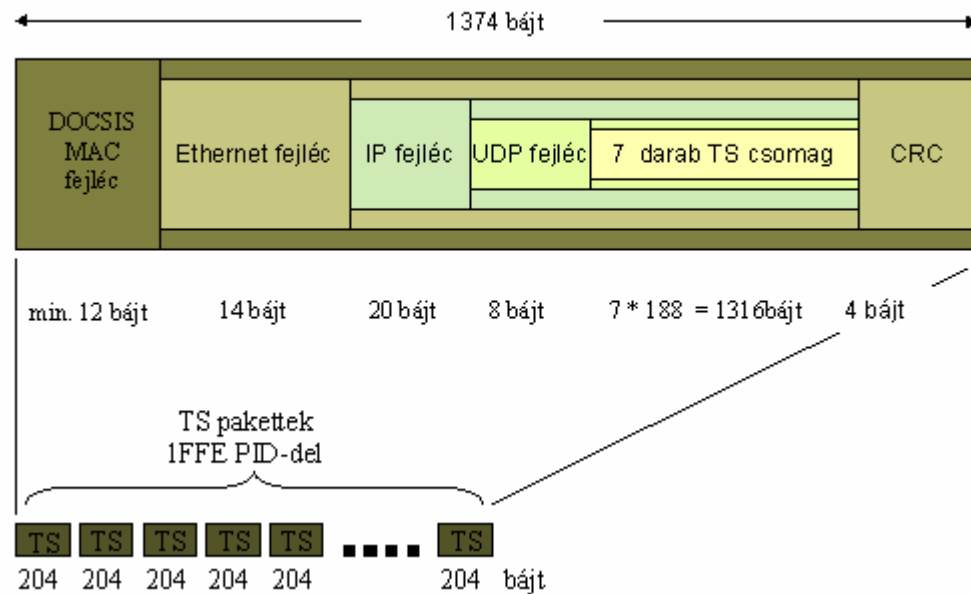


41,a ábra

41,b ábra

szolgáltatására képes, ez majdnem 2 Gigabit/s sebességgel egyenlő. Egyszerre 100 program érkező jeleit tudja tárolni. StreamCache eszközből léteznek olyan változatok is, amelyek 250, 500, 750, 1000 független programot tudnak lejátszani.

GigaQAM: Ez lényegében egy IP/QAM-RF konverter, ami a StreamCache szervertől a GbE switchen át kapott, Ethernetbe ágyazott IP/UDP (7 x 188 bájt) csomagokat rádiófrekvenciás jellé alakítja és a DOCSIS szabvány szerinti csomagokban küldi a megfelelő DOCSIS modem felé, hogy aztán egy IP TV STB segítségével nézhető műsort kapjunk. Hogy milyen módon ágyazza be az információt az a 42. ábrán látszik.



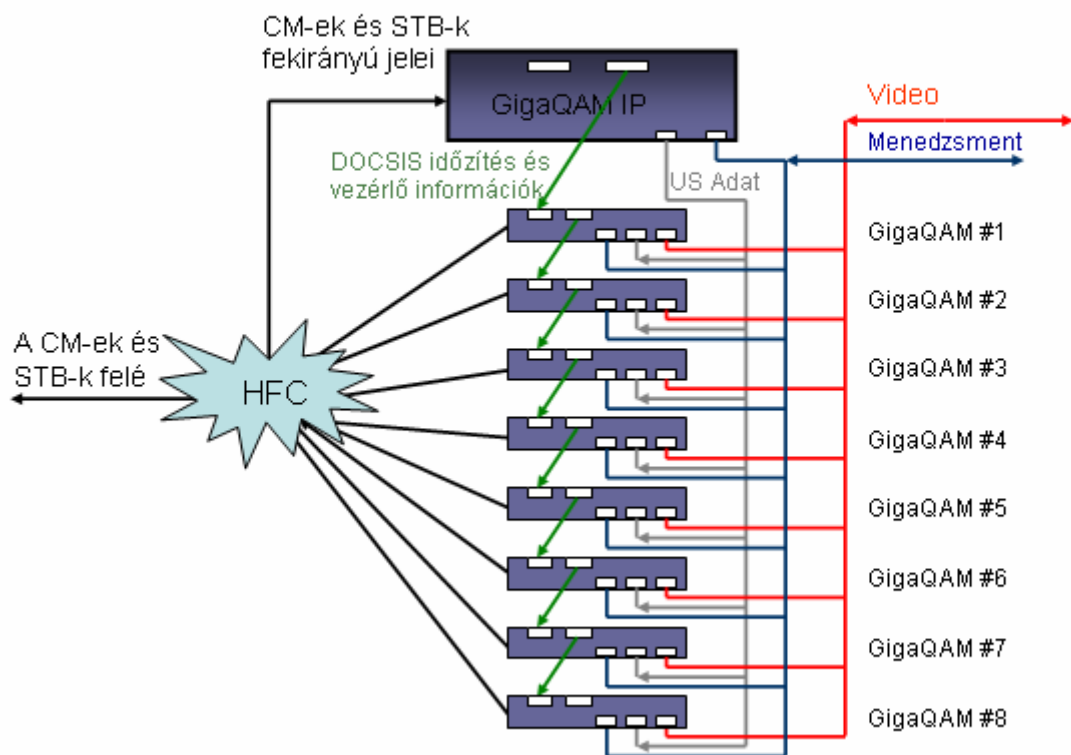
42. ábra

Abban a furcsa helyzetben, ha kábelhálózaton szolgáltatunk IP TV-t DOCSIS szabvány szerint, kétszer ágyazzuk TS-be az átviendő televízió műsort. Az előfizetői modemek veszik a TS kereteket. Eltávolítják róla a 4 bájtos TS fejléct, majd összeillesztik a sok 184 bájtos információt. Így előáll a DOCSIS MAC keret, mely tartalmazza a célmodem SID azonosítóját, ha a modem úgy találja, hogy neki a szól az adott keret a MAC fejléc eltávolítása után, elküldi a MAC keret hasznos adatmezejében található Ethernet keretet az Ethernet portján a hozzá csatlakoztatott IP TV Set Top Box-nak.

A GigaQAM hagyományos DVB-C STB által is vehető sima MPEG-2-ből nyert DVB-C jelet is küldhet kimenetén. Az eszköz 24 darab párosával (fizikailag csak 12 F-csatlakozós kimenet) összefogott rádiófrekvenciás QAM kimenettel rendelkezik. 64 és 256QAM jelet 6 és 8MHz-es csatornán adhat ki, 45-58dBmV-os amplitúdóval. A kimeneti frekvenciák természetesen állíthatók, 62,5kHz-es lépésekben, az 51-818MHz-es frekvenciatartományban. A rádiófrekvenciás csatornáiban egyszerre továbbíthat DOCSIS 1.1 / 2.0 és MPEG-2 jeleket is (természetesen QAM modulálva). Hasonlóan az ASI-GbE IP konverterhez, ő is elláthat remultiplexelési feladatokat, működhet MPTS vagy, SPTS funkcióban. Képes PID szűrésre, PID remappelésre VBR és CBR MPEG-2 jelet is tud fogadni, rendelkezik PCR korrektorral, képes PSI és SI táblák generálására. A bemenetén 1000ms-os puffer van, ami a jitterrel érkező IP jeleket „simítja ki” (input smoothing). Három darab Gigabit Ethernet bemente közül egyet a menedzselő rendszerhez csatlakozik,

egyiken a video folyamat fogadja, az utolsón, pedig a GigaQAM IP-től származó felirányú jeleket. Két darab Dsub25-ös csatlakozóján szintén a GigaQAM IP-től kap DOCSIS időzítő, és vezérlő információkat. A GigaQAM alapállapotban egy kimeneti kártyával rendelkezik, amely 2 darab F csatlakóval van ellátva (4 RF csatorna), de további 5 ugyanilyen kártyával bővíthető, így jön össze a 24 RF csatorna.

GigaQAM IP (CMTS-bypass): Ez az eszköz látja el a GigaQAM-eket (maximum 8 darabot) DOCSIS időzítéssel és vezérlő információval, valamint továbbítja az előfizetők felirányú forgalmát a megfelelő GigaQAM-hez, ahogy ez a 43. ábrán is látható.

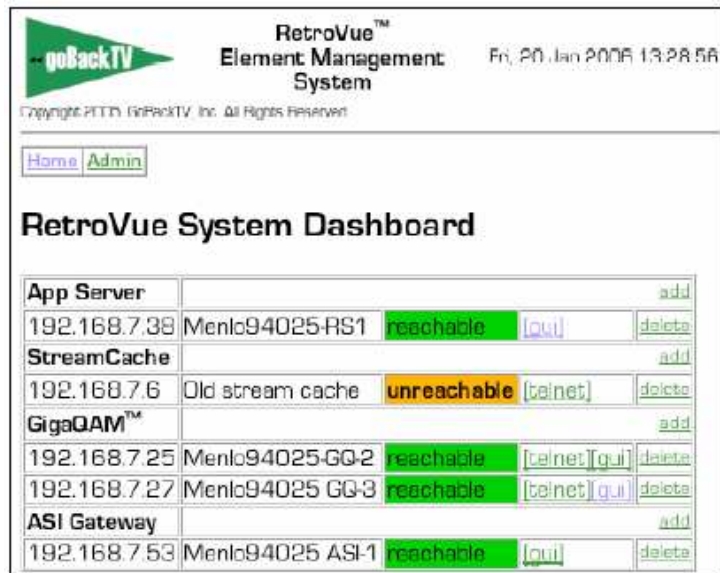


43. ábra

Mivel egy GigaQAM 24 RF csatornát biztosít ez, már összesen 192QAM RF csatorna. A GigaQAM IP 6 bemenetén fogadja az előfizetői Boxok jeleit, és 6000 darabot képes ellátni, ha ennél több modemet akarnánk ellátni, több GigaQAM IP készüléket kell vásárolnunk. GigaQAM IP 2, 4, 6 felirányú F csatlakozóval rendelkező verzióban is létezik.

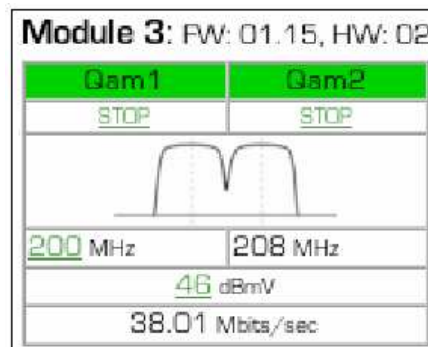
RetroVue Application szerver: A rendszert alkotók szavaival élve ez a rendszer szíve. Ő vezérli Ethernet portján a menedzsment switchen keresztül az egész rendszert. 2000 ügyfelet tud kiszolgálni egyidejűleg (a kikapcsolt Boxok nem számítanak bele ebbe az

értékbe), biztosítja számukra az értéknövelt szolgáltatásokat. Rajta keresztül vezérelhetőek a RetroVue rendszer elemei az EMS (Element Management System) nevű szoftver segítségével. Az EMS használatával például IP címeket oszthatunk eszközeinknek (44. ábra), vagy lekérdezhethetjük állapotukat, beállíthatjuk a GigaQAM-ek adási frekvenciáit stb. (45. ábra)



RetroVue™ Element Management System				
Copyright © 2005, goBackTV, Inc. All Rights Reserved				
Home Admin				
RetroVue System Dashboard				
App Server				add
192.168.7.38	Menlo94025-RS1	reachable	[gui]	delete
StreamCache				add
192.168.7.6	Old stream cache	unreachable	[telnet]	delete
GigaQAM™				add
192.168.7.25	Menlo94025-GQ-2	reachable	[telnet][gui]	delete
192.168.7.27	Menlo94025 GQ-3	reachable	[telnet][gui]	delete
ASI Gateway				add
192.168.7.53	Menlo94025 ASI-1	reachable	[gui]	delete

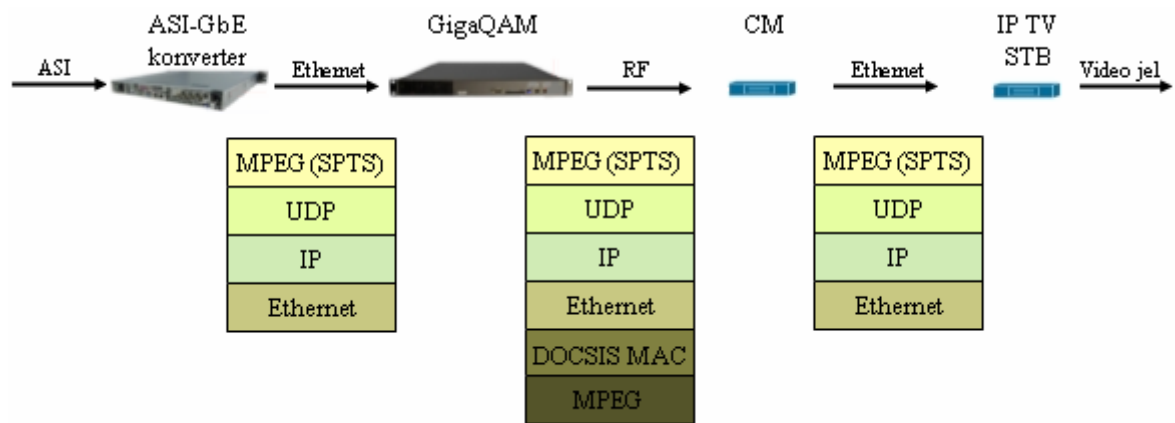
44. ábra



45. ábra

Sajnos azonban problémát jelent, hogy az ASI-GbE konverter célszerűen a fejállomáson helyezkedik el, a többi eszköz, pedig a HOST-okban, így nagy távolságú Ethernet összeköttetést kell biztosítani az ASI-GbE konverter és a Video Switch valamint a Menedzsment Switch között, pl. optikai úton.

A különböző eszközök közötti átviteli úton a protokollok egymásra rétegződését a 46. ábra ábrázolja.



46. ábra

Az ASI-GbE konverter Ethernet kimenetén kiadja az Ethernet / IP / UDP / MPEG rétegződésű jelet, mely a GigaQAM Ethernet bemenetére kerül. Ezután a GigaQAM IP hagyományos DOCSIS leirányú fejlécet tesz az Ethernet fejléc elé, majd 188+16 bájtos csomagokra osztja és kiadja RF kimenetén. A kábelmodem veszi ezt a jelet, eltávolítja a 4 bájtos TS fejlécet, majd a DOCSIS fejlécet és így küldi el az IP TV STB-nak. Ami video kimenetén a felhasználó rendelkezésére bocsátja a video jelet.

[16] [17] [18]

2.3.2. Értéknövelt szolgáltatások

Időfüggetlen tévézés: (time-shifting) Ez olyan lehetőségeket tár a felhasználók elé, mintha egy hagyományos video magnón néznék a broadcast adást:

- Program újraindítása
- Pause
- Visszaugrás (néhány másodperccel hátra ugorhatunk)
- Előreugrás (néhány másodperccel előre ugorhatunk)
- Visszatérhetünk a valós idejű broadcast adáshoz (pl. Program újraindítás után)

Hálózati video készülék: (network Personal Video Recorder, nPVR) Az előfizető a StreamCache szerverről kikéresheti a kívánt műsor(oka)t, ha elmulasztotta és megnézheti, akár utólag is (ez olyan mintha utólag venné fel). A forgalmazók szerint ez, azért is jó a szolgáltatónak, mert nem kell olyan STB-ot adnia az előfizetőknek, ami képes műsort rögzíteni, így olcsóbb STB-okat forgalmazhat, meg azért is, mert az nPVR-ért kérhet pénzt, például annyiszor ahányszor az előfizető igénybe veszi azt, míg ha STB-ban van a PVR ezt nem teheti meg.

Igény szerinti filmválasztás: (Movies on Demand) Itt szintén arról van szó, hogy a StreamCache szerverről a felhasználó letölt műsorokat, csak nem a broadcastolt adások felvételei közül, hanem pl. régebbi vagy frissebb mozifilmeket, amiket a szolgáltató a szerverre tölt.

Személyes programcsomagok: Az előfizetőnek lehetősége van arra is, hogy a broadcast csatornák közül kedvére válogathasson, például egy hétvégére betehet pár hétköznapijában nem nézett csatornát.

Új generációs reklámozás: Az nPVR segítségével a néző érdeklődésének megfelelően választat, a megszokottnál akár hosszabb, részletesebb reklámfilmek közül, amelyet aztán eljuttatnak hozzá.

MyRV Portal: Ez egy HTML alapú middleware szoftver, mely a STB-on fut, és ennek segítségével veszik ténylegesen igénybe az előfizetők az értéknövelt szolgáltatásokat. Menürendszerében választani lehet az „általunk” az nPVR-re rögzített filmek közül, megnézhetjük mennyi hely van még számunkra a StreamCache szerveren, olvasgathatjuk az EPG-t, vagy éppen játékokat futtathatunk, elolvashatjuk az időjárást, vagy a horoszkópunkat stb. [16]

2.3.3. Forgalmi tervezéshez:

Egy GigaQAM egy a 45. ábrán is látható 8MHz-es csatornájában a jól megszokott 55Mbit/s-os adatsebességet továbbíthat maximálisan (256QAM). Abban az esetben, ha egy programra 2Mbit/s-os (MPEG-4) átlagos adatsebességet feltételezünk ez 27 előfizető kiszolgálására elegendő, ha mindegyik olyan szolgáltatást néz éppen, amely csak unicast címmel küldhető neki. Ebből következik, hogy mivel egy GigaQAM 24 darab RF QAM csatornát tud biztosítani, egy eszközzel $27 * 24 = 648$ (példásképpen) nPVR-t néző ügyfelet szolgálhatunk ki. Egy GigaQAM IP, pedig maximálisan 8 darab GigaQAM-et tud vezérelni és időzítéssel ellátni, ezért összesen leirányban a 43. ábra szerinti elrendezésben, $648 * 8$, azaz 5184 ügyfelet szolgálhatunk ki. A GigaQAM IP 6 darab F csatlakozóján várja az előfizetői STB-ok és CM-ek jeleit és összesen 6000 darabot tud ellátni.

Egy ASI-GbE konverter csak 4 ASI bementtel rendelkezik (ez csak 4 Transport Stream, ami kb. 40 darab műsor), ezért érdemes, ha 40 műsorral megelégszik a szolgáltató, már az ASI-GbE konverter előtt összemultiplexálni a kívánt programokat, ha esetleg több

mint 4 műholdról vehetők, hogy ne kelljen még egy ASI-GbE konvertert venni (persze csak ha az ASI-GbE előtti multiplexerek olcsóbbak).

2.3.4. Forgalmi tervezés 1

Célok:

- 100 különböző MPEG-4 SD műsor közvetítése (broadcast)
- 5 különböző MPEG-4 HD műsor közvetítése (broadcast)
- 200 db 2 órás MPEG-4 SD film, VoD (unicast)
- nincs nPVR, nincs time shift, stb...

Kritérium:

- 6 frekvencia áll rendelkezésünkre

Hálózati feltételezések:

- 24 ONU a HOST-on
- 400 efi egy ONU-n
- 10%-os IPTV penetráció
- 60%-os IP TV aktivitás (ez azt jelenti, hogy a legforgalmasabb órában az IP TV előfizetők 60%-a kapcsolja be a Set Top Boxát)
- 5%-os VoD kihasználtság (ez azt jelenti, hogy az IPTV előfizetők maximum 5%-a veszi igénybe a VoD szolgáltatást egy időben)
- 1,7 IP TV folyam háztartásonként (a háztartások bizonyos hányada több televízióval, előfizetéssel is rendelkezhet)

Első lépésként kiszámoljuk az IP TV nézők számát az egész (24ONU-ból álló) HOST-on. Ez a szám, azt adja meg, hogy egyszerre hányan néznek IP TV-t az egész HOST-on, egy időben.

Ehhez össze kell szoroznunk az ONU-k számát, az ONU-nkénti előfizetők számát, az IP TV penetrációt, az IP TV aktivitást, és a háztartásonkénti video folyamok számát.

$$IP\ TV\ nézők = 24\ ONU/HOST * 400\ efi/ONU * 10\% * 60\% * 1,7 = 980\ efi/HOST$$

A hálózat multicast forgalmát a legrosszabb esetre méretezzük. Ekkor a nézők mind a 100 SD és mind az 5 HD csatornát igénybe veszik. Az ehhez szükséges adatsebesség:

*Multicast adatsebesség = 100 SD csatorna * 2Mbit/s + 5 HD csatorna * 10Mbit/s = 250 Mbit/s*

A maradék 50Mbit/s-hoz tartozó csatornában kiszolgálhatjuk a VoD nézőket. Egy műsorra 2Mbit/s-al számolva, adódik, hogy összesen 25 unicast folyam indul a nézők felé. Az 5%-os VoD kihasználtság összesen 500 VoD előfizető lehet a HOST-on.

Minden egyes unicast folyam mindenképpen csak egy előfizetőnek szól (és 2Mbit/s adatsebességet igényel), ezért az egy folyammal ellátott előfizetők számát illetően mindenképpen kevésbé takarékos, mint a multicast küldés. Emiatt érdemes, a VoD kihasználtságot megfelelő árazással a becsült érték (5%) alatt tartani.

Mivel a hálózatot a legrosszabb esetre terveztük, és minimális a valószínűsége, hogy az összes felkínált műsort nézni fogják a multicast forgalomra szánt csatornák egy része kihasználatlan lesz.

Most nézzük meg milyen eszközökre van szükségünk:

A vissz irányú jelek fogadásához, mivel a GigaQAM IP-nek 6 bemenete van, 4 darab kell, a 24 ONU ellátáshoz. Ha ONU összegzést hajtunk végre, jelentősen csökkenthető a szükséges GigaQAM IP-k száma. Vissz irányba csak a VoD-ot néző előfizetők kérései mennek. Az egész HOST-on 50 előfizető néz egyszerre VoD-ot, de ők sem egyszerre küldik a kéréseiket, ezért nagy pazarlás lenne, ha nem csinálnánk ONU összegzést. Ha 4 ONU-t 1 RF csatornára összegzünk elég 1 darab GigaQAM IP is. Egy StreamCache szerver képes tárolni a 200 filmet és biztosítani a 50 különböző 2Mbit/s-os folyamat egy időben. Egy Application szerver is elegendő, mivel ez max. 2000 előfizetőt láthat el.

Tehát a következő eszközökre van szükségünk a HOST-okban:

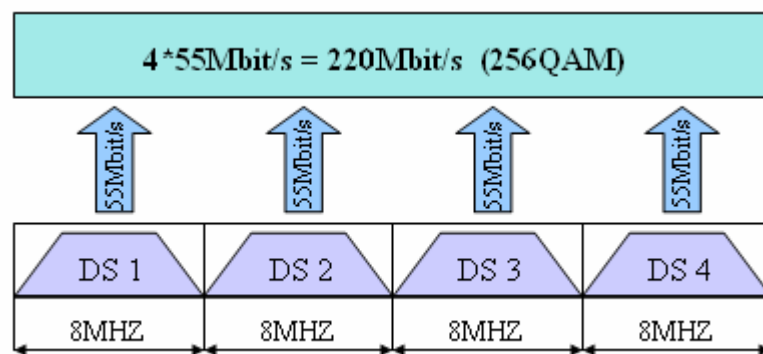
- 1 db GigaQAM 1 DS kártyával (mivel csak 4 fizikai csatorna szükséges)
- 1 db GigaQAM IP 6 bemenetel
- 1 db StreamCache szerver
- 1 db Application szerver
- 1 db Menedzsment switch
- 1 db Video switch

A fejállomáson, pedig szükség van 3 db ASI-GBE konverterre, az előfizetői oldalon, pedig kábelmodemekre és IP TV Set Top Boxokra.

Fontos megjegyezni, hogy ha egy előfizető az IP TV Set Top Boxán más programra kapcsol, és az újonnan bekért multicast folyam egy másik fizikai csatornában kerül továbbításra, mint amelyikre a modem éppen rá van hangolva, akkor a modemnek az új frekvenciára kell hangolnia. Előfordulhat, hogy bizonyos kábelmodemek esetén ez túl időigényes folyamat lehet, 10 másodperc körüli érték. Ekkora csatornaváltási idő minőségi műsorszolgáltatásban nem megengedhető.

2.4.1. DOCSIS 3.0

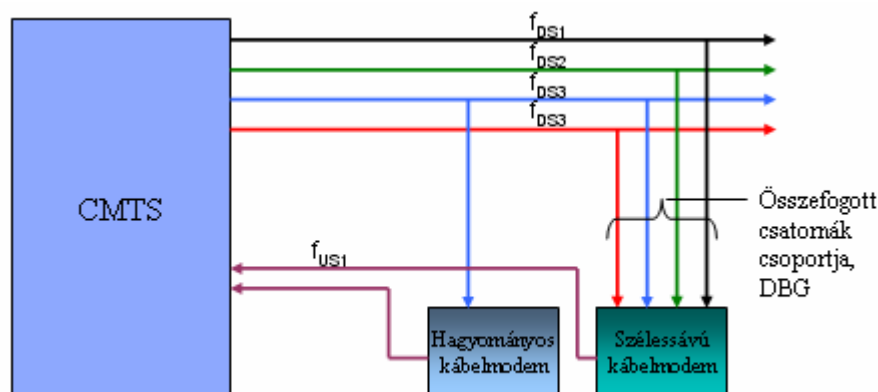
A DOCSIS 3.0 legnagyobb újítása, hogy képes több rádiófrekvencia összefogására le- (47. ábra) és felirányban is. Mivel egy 8MHz sávszélességű leirányú csatornában 256QAM modulációval elérhető adatsebesség 55Mbit/s, négy csatorna összefogásával négyszer ekkora sebesség érhető el, azaz 220Mbit/s. Nyolc csatorna összefogásával kétszer ekkora lehet a leirányú adatsebesség. Az összefogott csatornákat DBG-nek (Downstream Bonding Group) nevezzük.



47. ábra

A csatornák ilyen módon való összefogása felirányban is lehetséges, és mivel a DOCSIS 3.0 támogatja a QPSK, 8QAM, 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM modulációkat a legnagyobb felirányban elérhető adatsebesség 120Mbit/s.

Természetesen a DOCSIS 3.0-nak is meg kell tartania a korábbi rendszerekkel való kompatibilitást, így nem csak összefogott csatornákon lehetséges az adattovábbítás, hanem olyan, hagyományos kábelmodemek is használhatóak, amelyekben csak egy a leirányú csatornára hangolható QAM demodulátor található (48. ábra).



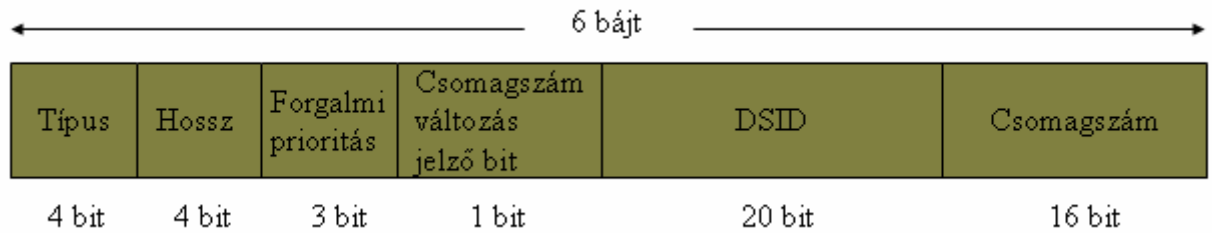
48. ábra

Leirányú csatorna összefogás esetén a leirányú adatcsomagok, több RF csatornában megosztva érkeznek a modem felé. Az egyes jel utak esetleges eltérő késleltetése miatt bevezettek egy új 16 bites azonosítót, amely a kábelmodemnek, vagy kábelmodem csoportoknak küldött, egy szolgáltatáshoz tartozó (pl. Internet, vagy IP TV) csomagokat azonosítja. A vételi oldalon aztán a kábelmodem ennek az azonosítónak a segítségével képes sorrendbe rakni az egy szolgáltatáshoz tartozó csomagokat, egy esetleges keveredés esetén. Ezt az azonosítót Csomagszámnak nevezem (Packet Sequence Number). A Csomagszámot minden egyes elküldött egy szolgáltatáshoz tartozó csomag után szekvenciálisan növelik (tehát minél később indul egy csomag, annál nagyobb benne a Csomagszám értéke). Minden alkalommal, amikor egy új szolgáltatás csomagjai elindulnak egy modem vagy modemek egy csoportja felé a Csomagszámozás 0-tól indul.

A leirányú csatorna összefogás jelentősége IP TV szolgáltatás szempontjából az, hogy egy DOCSIS 3.0-ás modem az összes csatorna jelét, amelyeken IP TV-t szolgáltatunk képes összefogni. Egy hat csatorna összefogására képes modem egyszerre fog át 48MHz-es sáv szélességet. Így ha az előfizető az IP TV Set Top Boxán csatornát vált nem kell arra várnia, hogy a modem egyetlen QAM demodulátora más frekvenciára hangoljon, hiszen az, minden csatornát vesz egyszerre. Az IP TV Set Top Boxnak, pedig csak azon csomagokat küldi el, amelyek a Box által kért műsort tartalmazzák.

A DOCSIS 3.0-ás CMTS-ek képesek multicast küldésű folyamatot is indítani, ez a képesség a hatékony IP TV szolgáltatás záloga. (Ez a képesség már az 1.1-es verziónál is megjelent, így, ahogy láttuk már ez a verzió is alkalmas IP TV szolgáltatás megvalósítására.) Az egy multicast csoportba tartozó kábelmodemek közös DSID azonosítót kapnak (Downstream Service Identifier).

A leirányú keretekben új típusú Kiterjesztett fejlécek (Extended Header) is vannak, melynek egyik fajtájának felépítése a 49. ábrán látható. Ezt a fajtát akkor alkalmazza a CMTS leirányú adat küldésére, ha multicast módban ad, és a csatorna összefogás is alkalmazva van.



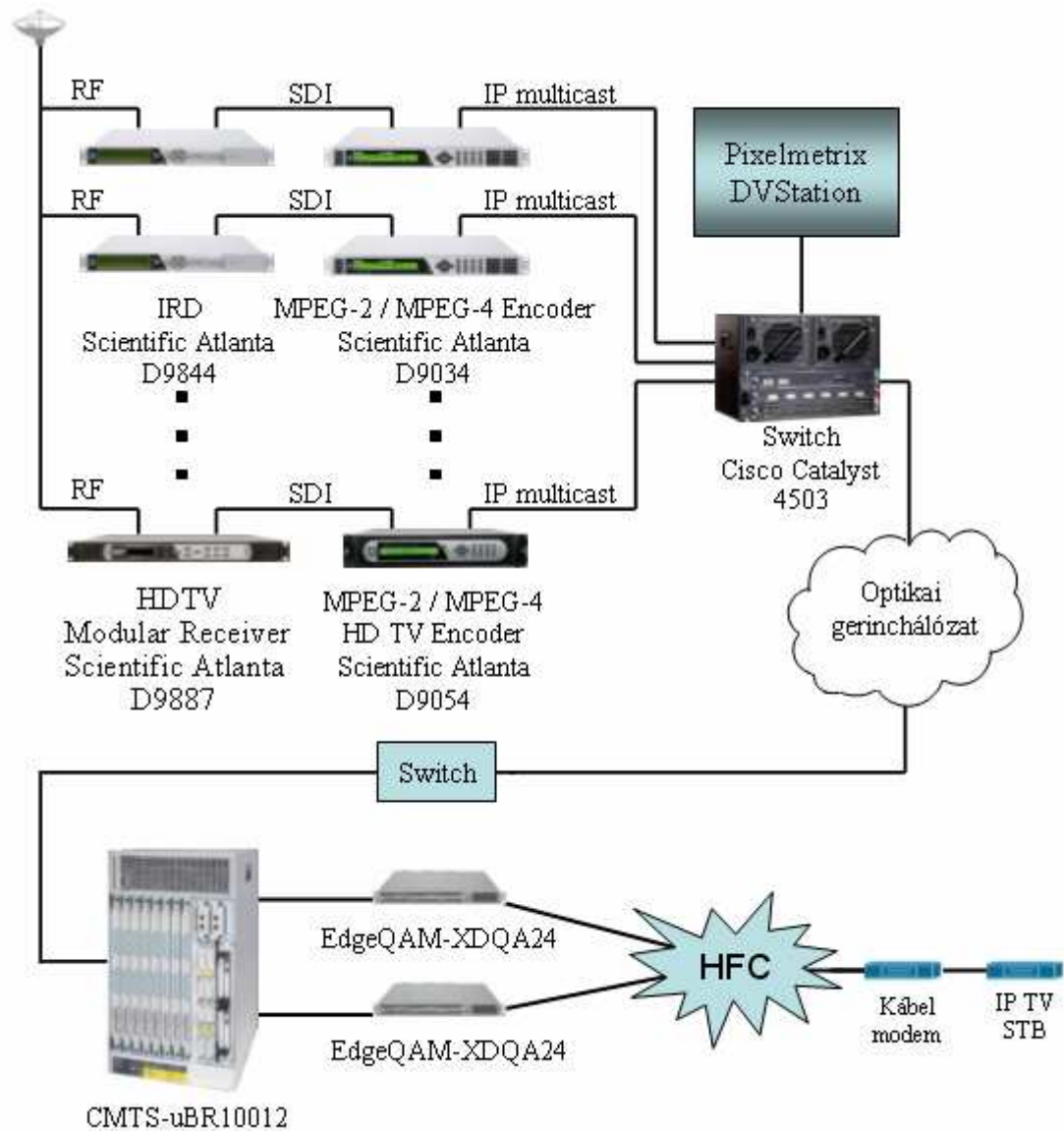
49. ábra

Az idők folyamán a Kiterjesztett fejléceknek sok fajtáját definiálták, ezért ezek azonosítására is bevezettek egy fejléct, mely egy 4 bites Típus, és egy 4 bites Hossz mezőből áll. A Kiterjesztett fejléc ezen fajtájában a Típus mezőt 8-ra állítják a Hossz mezőt, pedig 6-ra. A 3 bites Forgalmi prioritás mezőt olyan csomagokban alkalmazzák, melyek valami miatt prioritást élveznek a többivel szemben. A Csomagszám változás jelző bitet 1-re állítják, ha a Csomagszám értéke 0, azaz, ha új folyam indul a felhasználó vagy felhasználók egy csoportja felé. Ezt követi a 20 biten megadott DSID azonosító majd a Csomagszám.

Ha a csatorna összefogás nincs alkalmazva a Csomagszám mezőt nem helyezik a Kiterjesztett fejlécbe, így az, 2 bájtal rövidebb lesz, a csomagszám változás jelző bitet, pedig kihasználatlanul hagyják. Ez egy sima multicast keretnek felel meg. [12] [13] [21]

Most egy forgalmi tervezési példát mutatok be egy olyan hálózatban, melyben egy PreDOCSIS 3.0-ás CMTS-sel szolgáltatunk az előfizetőknek a T-Online IP TV fejállomásáról IP TV-t. Az IP TV fejállomáson a Scientific Atlanta D9844-es IRD-i állítják elő az MPEG-2 SPTS-eket, és SDI (Serial Digital Interface) kimenetükre adják a 270Mbit/s adatsebességű, alapsávi jelet, melyet a szintén Scientific Atlanta gyártmányú D9034-es enkóderre vezetnek. Ez már - Ethernet kimenetén - MPEG-4 formátumú SPTS-t bocsát rendelkezésünkre, IP-be ágyazva. A HD minőségű műsorokat biztosító D9054-es enkóderek és D9887-es IRD-k is találhatóak a fejállomáson. Az összes enkóder multicast címzésű kimeneti IP video folyamatát Cisco Catalyst 4503-as Switchekre vezetik. Ezek a switchek Gigabites optikai kimenetükön, a T-Online optikai gerinchálózatához csatlakoznak és továbbítják a fejállomás multicast folyamait. A switchekhez csatlakozik még egy Pixelmetrix által gyártott DVStation nevű mérőrendszer, mely tulajdonképpen egy Transport Stream analízátor. Ezzel a fejállomás összes IP jelét egyszerre vizsgálhatjuk meg, és információt nyerhetünk például az egyes programok adatsebességéről, PCR hibáiról stb. Az optikai gerinchálózat alkalmas a fejállomás jelének nagy távolságra való

eljuttatására. Miután a számunkra megfelelő CMTS-hez ért az optikai Ethernet jel, egy arra alkalmas switch ismét hagyományos Ethernet jellé alakítja az IP folyamatokat, melyeket a CMTS bemenetére kerülnek (50. ábra)



50. ábra

Az uBR10012-es CMTS 40 DS-t és 160 US-t képes szolgáltatni. Ezenkívül, Gigabit Etherneten keresztül a CMTS-hez csatlakozható még 2 EdgeQAM, melyek mindegyike további 24 leirányú RF csatorna szolgáltatására alkalmas. Ennek a két modulnak a csatornái leirányban összefoghatóak. A visszirányú jelek nem az EdgeQAM-en keresztül jutnak a CMTS-be, hanem a hagyományos, csatorna összefogásra nem képes 160db US-en keresztül.

2.4.2. Forgalmi tervezés 2

Célok:

- 100 különböző MPEG-4 SD műsor közvetítése (broadcast)
- 5 különböző MPEG-4 HD műsor közvetítése (broadcast)
- 200 db 2 órás MPEG-4 SD film, VoD (unicast)

Kritérium:

- 6 frekvencia áll rendelkezésre

Hálózati feltételezések:

- 24 ONU a HOST-on
- 400 efi egy ONU-n
- 10%-os IPTV penetráció
- 60%-os IP TV aktivitás (ez azt jelenti, hogy a legforgalmasabb órában az IP TV előfizetők 60%-a kapcsolja be a Set Top Boxát)
- 5%-os VoD kihasználtság (ez azt jelenti, hogy az IPTV előfizetők maximum 5%-a veszi igénybe a VoD szolgáltatást egy időben)
- 1,7 IP TV folyam háztartásonként (a háztartások bizonyos hányada több előfizetéssel is rendelkezhet, illetve lehetnek olyan előfizetők is, akik egy műsort felvesznek egyet, pedig néznek)

Az eredmények a 2.3.4. pontban levezetett forgalmi tervezési feladattal megegyezően alakulnak, mivel mindkét esetben 8MHz-es csatorna sávszélességet és 256QAM modulációt feltételezünk. Az eredmények még egyszer, röviden, magyarázat nélkül:

$$IP\ TV\ nézők = 24\ ONU/HOST * 400\ efi/ONU * 10\% * 60\% * 1,7 = 980\ efi/HOST$$

$$Multicast\ adatsebesség = 100\ SD\ csatorna * 2Mbit/s + 10\ HD\ csatorna * 10Mbit/s = 250\ Mbit/s$$

$$VoD\ folyamok = 50Mbit/s / 2Mbit/s = 25\ folyam$$

$$VoD\ előfizetők = 25\ folyam * (100\% / 5\%) = 500\ VoD\ efi$$

Fontos észrevétel, hogy a legrosszabb esetre való tervezés miatt valószínűleg sosem vagy csak nagyon ritkán fognak a nézők annyi multicast folyamatot kérni, hogy azok, az összes rendelkezésre álló sávszélességet lefoglalják, így a csatornák nagy részében nem lesz információtovábbítás. Tegyük fel, hogy, a nézők a legforgalmasabb órában, a felkínált 100 SD és 5 HD csatorna 30%-át veszik igénybe, mert az érdekesebb műsorok jobban vonzzák a figyelmüket. Ez azt jelenti, hogy 30 SD és 2 HD (fölfelé kerekítve) multicast folyam indul a nézők felé. Számoljuk ki, mekkora adatsebesség szükségeltetik ezek továbbításához. Ehhez össze kell szoroznunk az SD és a HD folyamatok számát a nekik megfelelő adatsebességgel majd összeadni őket.

$$\text{Multicast adatsebesség} = 30 \text{ SD csatorna} * 2\text{Mbit/s} + 2 \text{ HD csatorna} * 10\text{Mbit/s} = 80 \text{ Mbit/s}$$

Ez azt jelenti, hogy a maradék 170Mbit/s-hoz tartozó sávszélesség kihasználatlanul marad. Abban az esetben, ha a példabeli kábelhálózaton nem csak IP TV-t szolgáltatunk, hanem internetet is, megtehetjük, hogy ezt a sávszélességet az internetezők között osztjuk szét.

A következő eszközökre van szükségünk a HOST-okban:

- 1 db CMTS, ehhez hozzákapcsolhatunk egy EdgeQAM-et, melynek 6 frekvenciáját ráadjuk az összes a HOST-hoz csatlakozó ONU-kat meghajtó optikai adóra.

A fejállomáson, pedig szükség van VoD szerverre, az előfizetői oldalon, pedig DOCSIS 3.0-ás kábelmodemekre és IP TV Set Top Boxokra.

Összefoglalás

Az analóg kábeltelevíziós rendszerekben, egy csatornában, melynek sávszélessége 7-8MHz, egyetlen televízió műsort lehet továbbítani. Az MPEG kódolás megjelenése és elterjedése lehetővé tette, hogy egy Transport Streamben 8-10 programot továbbítsuk, egy 8MHz-es analóg csatorna helyén. Hazánk kábeltelevíziós rendszerire jelenleg az analóg és digitális műsorok szétosztása egyaránt jellemző. Azonban mindenki törekszik frekvencia allokációját úgy alakítani, hogy egyre kevesebb és kevesebb analóg műsort továbbítsanak, és ezek helyét digitális Streamekkel töltsék fel. A hagyományos digitális csatornák terjedésének azonban az IP technológia határt szabhat.

Az Internet Protokoll segítségével számunkra hasznos információt juttathatunk el az ezt fogadni képes felhasználókig. Ez a továbbított információ lehet televízió műsor is. A kábeltelevíziós rendszerekben legyen szó, akár digitális, akár analóg adásról a műsorjel mindenképpen, mindig ott van előfizetőnél a koax kábel végén, akár nézi a televízióját akár nem. Az IP TV rendszerekben ezzel szemben csak az éppen igényelt műsor kerül továbbításra (multicast címezéssel) az előfizető felé, így adatsebességet takarítva meg. Másképpen fogalmazva az IP TV rendszerekben SPTS-t, (Single Program Transport Stream) egyetlen műsort tartalmazó Transport Streamet továbbítanak, de csak annak, aki kéri ezt, azaz éppen nézi, vagy felveszi a műsort. Ezzel szemben kábeltelevíziós rendszerekben MPTS-t, (Multi-Program Transport Streamet) több programot tartalmazó TS-t továbbítanak, mindenkinek és mindig. Az IP TV rendszerek ezen okból kifolyólag jóval sávszélesség és adatsebesség takarékosabbak. Továbbá, mivel az előfizetők felé csak a kért folyamatok haladnak, a szolgáltató által felkínált csatornák számának lineáris növekedése nem vonja maga után az előfizetők ellátásához szükséges sávszélesség és adatsebesség lineáris növekedését. Az IP TV előnyeit látva valószínűleg a kábeltelevízió szolgáltatók is IP TV szolgáltatást indítanak majd, eleinte csak pár frekvencián, az általuk már jól ismert, és eddig is alkalmazott DOCSIS rendszerek segítségével.

Irodalomjegyzék

- [1] Walter Fischer – Digitális műsorszórás alapjai, Typotex kiadó 2005
- [2] Andrew S. Tanenbaum – Számítógép-hálózatok, Panem kiadó 2004
- [3] Dr. Lencse Gábor – Számítógép-hálózatok, Széchenyi István Egyetem jegyzete
- [4] <http://technet2.microsoft.com/WindowsServer/hu/Library/ffa6231a-bf9b-4691-a63d-81c9cf66a34e1038.msp?mfr=true>
- [5] www.cableworld.hu → Irodalom → CWH35
- [6] <http://www.networksorcery.com/enp/protocol/igmp.htm>
- [7] <http://technet2.microsoft.com/WindowsServer/hu/Library/ffa6231a-bf9b-4691-a63d-81c9cf66a34e1038.msp?mfr=true>
- [8] <http://technet2.microsoft.com/WindowsServer/hu/Library/ffa6231a-bf9b-4691-a63d-81c9cf66a34e1038.msp?mfr=true>
- [9] <https://www.netacademia.net/publikacio/cikk/doc/0204multicast.doc>
- [10] <http://www.networksorcery.com/enp/default0903.htm>
- [11] Babosa Antal, Danyi Vilmos, Gróf Róbert, Költő Gábor, Sinka Sándor, Turányi Gábor, Zigó József – Kábeltelevíziós hálózatok, FiberNet Kommunikációs Rt.
- [12] DOCSIS 3.0 Bevezethetősége a T-Kábel hálózaton T-Kábel – Budapesti Műszaki Főiskola Kandó Villamos Kar HTI 2007. évi kutatás – fejlesztés (K+F) együttműködés
- [13] DOCSIS3.0 MAC and Upper Layer Protocols Interface Specification, CM-SP-MULPIv3.0-l01-060804

[14] http://chapters.scte.org/cascade/DOCSIS_SCTE_detail_2.pdf

[15] http://www.tmintl.agilent.com/images_agilent/us/DOCSIS-Basics.pdf

[16] www.gobacktv.com

[17] <http://download.comfort.hu/GoBackTV>

[18] http://broadband.motorola.com/BCNewsletter/0507_docs/MOTOROLA%20DIBA%20SCTE%20ET%20Paper%202007-final.pdf

[19] Horváth Róbert, MT_Cisco_CMTS_Update_v3.ppt

[20] http://www.cisco.com/en/US/products/ps6267/products_white_paper0900aecd804c21cb.shtml

[21] <http://www.jcl.or.jp/files/USLabsSeminar/5%20%20IP%20Multicast%20in%20DOCSIS%203.0.pdf>

Használt szoftverek

[*1] SW-4800 CW-Net Principal

[*2] Ethereal Network Analyser V 0.10.12

[*3] SW-4851B Transport Stream Remultiplexer Controller V 1.06

[*4] SW-4811B Transport Stream Analyser V 1.42

[*5] SW-4893 IP TV Streamer V1.01

Rövidítések jegyzéke

Rövidítés	Angol megfelelő	Magyar megfelelő
AM-VSB	Amplitude Modulation – Vestigal Side Band	Elnyomott Oldalsáv Amplitudó Moduláció
ARP	Address Resolution Protocol	Cím Feloldási Protokoll
ASI	Asynchronous Serial Interface	Aszinkron Soros Interfész
BAT	Bouquet Association Table	Programcsokor Hozzárendelési Tábla
CAT	Conditional Access Table	Feltételes Hozzáférési Tábla
Cat5	Category 5	Kategória 5
CM	Cable Modem Cable Modem Termination	Kábelmodem Kábelmodem Vezérlő
CMTS	System	Központ
DF	Don't Fragment	Nem darabolt, Ne darabold
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	Dinamikus Host Konfigurációs Protokoll
DIX	DEC, Intel, Xerox Data Over Cable Service	Adatszolgáltatás Kábel
DOCSIS	Interface Specification	Interfész Specifikációja
DOCSIS MAC	DOCSIS Media Access Control	DOCSIS Média Hozzáférés Vezérlés
DS	DownStream	Leirány
DSID	Downstream Service Identifier	Leirányú Szolgáltatás Azonosító
DTS	Decoding Time Stamp	Dekódolási Időbélyeg
DVB	Digital Video Broadcasting Digital Video Broadcasting	Digitális Műsorszórás Digitális Video Közvetítés –
DVB-C	– Cable	Kábel
DVR	Digital Video Recorder	Digitális Video Felvevő
ECM	Entitlement Control	Jogosultságvezérlési Üzenet

	Message	
Efi	-	Előfizető
EIT	Event Information Table	Esemény Információs Tábla
	Entitlement Management	
EMM	Message	Jogosultságkezelési Üzenet
		Elektronikus Program
EPG	Electronic Program Guide	Kalauz
ES	Elementary Stream	Elemi adatfolyam
FEC	Forward Error Correction	Előremutató Hibajavítás
FTP	File Transfer Protocol	Fájlátviteli Protokoll
HD	High Definition	Nagy Felbontású
HFC	Hybrid Fiber Coax	Hibrid Optikai és Koaxiális
	HyperText Markup	
HTML	Language	Hiperszöveges Jelölőnyelv
		Hiperszöveges Átviteli
http	HyperText Transfer Protocol	Protokoll
	Internet Control Message	Internet Vezérlő Üzenet
ICMP	Protocol	Protokoll
	Internet Group Management	Internet Csoport Felügyeleti
IGMP	Protocol	Protokoll
IP	Internet Protocol	Internet Protokoll
IP TV	Internet Protocol Television	Internet Protokoll Televízió
IPv4	Internet Protocol version 4	Internet Protokoll verzió 4
IPv6	Internet Protocol version 6	Internet Protokoll verzió 6
	Integrated Reciever and	
IRD	Decoder	Integrált Vevő és Dekóder
KTV	-	Kábeltelevízió
LAN	Local Area Network	Lokális Hálózat
LNC	Low Noise Converter	Alacsony Zajú Konverter
		Médium Hozzáférés
MAC	Medium Access Control	Vezérlés
MAP	Bandwidth Allocation Map	Sávszélesség Allokációs
		Térkép

MF	More Fragment	Több Darab
	Moving Pictures Experts	Mozgóképek-szakértői Munka
MPEG	Group	Csoport
	Multi-Program Transport	Több Programos Transport
MPTS	Stream	Stream
NIT	Network Information Table	Hálózati Információs Tábla
	Network Management	Hálózat Menedzsment
NMS	System	Szerver
nPVR	network Personal Video	Hálózati Személyi Video
	Recorder	Felvevő
ONU	Optical Node Unit	Optikai – RF átalakító
	Open System	Nyílt Rendszerek
OSI	Interconnection	Összekapcsolása
		Program Hozzárendelési
PAT	Program Association Table	Tábla
PCR	Program Clock Reference	rendszer órajel
	Packetized Elementary	Csomagolt Elemi
PES	Stream	Adatfolyam
PID	Packet Identifier	Csomag Azonosító
PLL	Phase Locked Loop	Fáziszárt Hurok
PMT	Program Map Table	Program leképzési Tábla
	Program Specific	Program Specifikus
PSI	Information	Információk
PSK	Phase-Shift Keying	Fázis-billentyűzés
PTS	Presentation Time Stamp	Megjelenítési Időbélyeg
		Kvadratúra Amplitúdó
	Quadrature Amplitude	Moduláció
QAM	Modulation	
QPSK	Quadrature Phase Shift	Kvadratúra Fázis-
	Keying	billentyűzés
S-CDMA	Synchronous – Code	Szinkronizált – Kódosztásos
	Division Multiple Access	Többszörös Hozzáférés
SDT	Service Descripton Table	Szolgáltatás Leíró Tábla

SDTV	Standart Definition Television	Normál Felbontású Televízió
SI	Servise Information	Szolgáltatási információ
SID	Service Identifier	Szolgáltatás Azonosító
	Single Program Transport	Egy Programos Transport
SPTS	Stream	Stream
STB	Set Top Box	Előfizetői Betéri Egység
SYNC	Time Synchronization	Idő Szinkronizáció
TCP	Transmission Control Protocol	Átvitel Vezérlő Protokoll
TDMA	Time Division Multiple Access	Időosztásos Többszörös Hozzáférés
TDT	Time Date Table	Idő és Dátum Tábla
TOT	Time Offset Table	Idő Kiegyenlítési Tábla
TS	Transport Stream	-
TTL	Time To Live	Élettartam
	Upstream Channel	
UCD	Descriptor	Felirányú Csatornaleíró
UDP	User Datagramm Protocol	Felhasználói Datagramm Protokoll
US	UpStream	Felirány
VoD	Video on Demand	Igény Szerint Video