

**Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Mérnöki Intézet**



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

PID SZŰRÉS FPGA ALKALMAZÁSÁVAL

Szerző: **Megyeri Zoltán**
villamosmérnök BSc. szak, IV. évf.

Konzulens: **Nemeskéri Istvánné**
főiskolai docens

Székesfehérvár, 2014.

Tartalom

1. Bevezetés	3
2. A DVB-T Magyarországon.....	4
2.1. A DVB-T adás szerkezete.....	5
2.1.1. PES – Packetized Elementary Stream	6
2.1.2. TS – Az MPEG-Transport Stream.....	7
2.1.3. PSI táblák.....	8
2.1.4. SI táblák.....	10
2.1.5 A Transport Stream IP környezetben	11
2.2 Felhasznált eszközök bemutatása	12
2.2.1 CW-4875 OFDM Demodulator Quad	12
2.2.2 CW-4900 Ethernet Controller.....	13
3. Az alkalmazott összeállítás	15
3.1 Az összeállítás konfigurálása	15
3.1.1 SW-4800 - CW-Net Principal 1.03.....	16
3.1.2 SW-4875 – OFDM Demodulator Quad Controller	17
3.1.3 SW-4901 – Gigabit Ethernet Controller 1.01	17
3.1.4 SW-4841 – ASI to IP and IP to ASI Converter	18
3.1.5 VLC médialejátszó	19
3.1.6 Az FPGA felprogramozása.....	21
4. Összefoglalás.....	22
Irodalomjegyzék.....	23

1. Bevezetés

Az IPTV mozaikszó hallatán a legtöbb embernek, a telekommunikációs szolgáltatók által kínált úgynevezett "csomagok" egyike jut először eszébe, amely az ADSL hálózaton keresztül háztartásokba juttatott televízió csatornák vétele mellett, különböző extra lehetőségeket (megállítható-, felvehető-, később visszanézhető műsorok, stb.) nyújt az előfizetőknek,

Ha úgy döntünk, hogy egy ilyen ajánlattal szeretnénk élni, e kényelmi funkciókat élvezve csupán annyi változást észlelhetünk otthonunkban, hogy televíziónk mellett egy - a manapság sokszor hallott- set-top-box nevű készüléknek is helyet kell szorítanunk és már igénybe is vehetjük az általunk előfizetett szolgáltatást.

Ha viszont úgy döntünk, hogy inkább a magyarországi digitális átállást követően ma már igen jó lefedettséget biztosító földfelszíni sugárzás által kínált médiaszolgáltatásokat szeretnénk igénybe venni, viszont televíziónk még nem rendelkezik a direkt vételhez szükséges műszaki paraméterekkel, ugyan csak számítanunk kell arra, hogy ebben az esetben is helyet kell hagynunk polcunkon a set-top-box számára.

A CableWorld Kft. által intézményünk rendelkezésére bocsátott eszközei használatával, a fent említett két, műsor-vételi lehetőség ötvözését valósíthatjuk meg.

TDK dolgozatom első fejezetében, rövid bevezető után bemutatom, hogyan is épül fel egy digitálisan sugárzott adás szerkezete, hogyan is néz ki egy ilyen digitális adás IP hálózati környezetben.

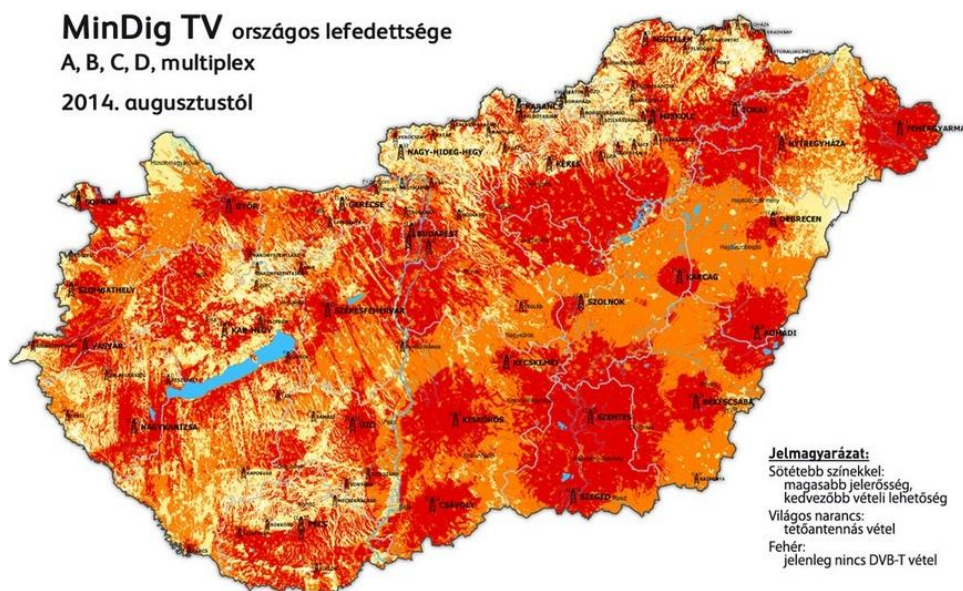
A rendszer összeállításának ismertetője után, egy szűrést valósítok meg VHDL nyelven, mellyel egy csatorna elérhetőségét teszem lehetővé egy helyi hálózaton, azt eredményezve ezzel, hogy a felhasználók a fentiekben már sokszor emlegetett set-top-box nélkül is élvezhessék a Magyarországon ingyenesen fogható televízióadások egyikét, felcsatlakozva az adott hálózatra.

2. A DVB-T Magyarországon

A digitális műsorszórás elterjedésének első mérföldköve a DVB (*Digital Video Broadcasting*) – projekt megalakulása volt 1993-ban, amely különböző szabványok kidolgozásával koordinálta az európai országok analóg rendszerről történő átállását. E szabványcsalád tartalmazza a digitális fölfelületi műsorszórásra vonatkozó DVB-T (*Digital Video Broadcasting – Terrestrial*) rendszer műszaki paramétereit is.

Magyarországon az átállást megelőző munkálatok két jelentősebb ütemben zajlottak le. Az első kísérleti adás sugárzását 1999-ben, az Antenna Hungária kezdte meg Budapesten, majd később a Kab-hegyi adó is becsatlakozott, elősegítve a vételi lehetőségek vizsgálatát.

A második szakasz 2008-ban kezdődött, mikor a Nemzeti Hírközlési Hatóság pályázatot írt ki a belföldi digitális televízió és –rádió-hálózat üzemeltetésére, melyeket az Antenna Hungária nyert el. Ekkor indult el a MinDigTV elnevezésű szolgáltatás, mely az ingyenesen fogható csatornák vételét biztosítja, valamint a MinDigTV Extra, amely előfizetés ellenében teszi lehetővé a további tartalmak elérését. E két szolgáltatás a hálózat folyamatos fejlesztésének, így az országos lefedettség növekedésének köszönhetően egyre több előfizetőt tudhat magáénak. Az analóg hálózat teljes üzemén kívül helyezése két ütemben zajlott és 2013. október 31-re valósult meg teljesen, miközben a DVB-T lefedettség elérte a 99%-ot, ez az alábbi ábrán látható. [1]



1. A DVB-T lefedettsége Magyarországon

2.1. A DVB-T adás szerkezete

A stúdiókban használt rögzítő eszközök közvetlen kimenetén keletkező, nagy adatsebességű videó jelek (SDTV esetén 270 Mbit/s) és audio jelek (CD minőségű, digitális stereo esetén 1,5 Mb/s) közvetlen továbbítása gazdasági szempontból nem lenne kifizetődő, ezért az adatsebességük csökkentését tömörítési eljárások alkalmazásával érik el, melyek MPEG (*Moving Pictures Experts Group*) szabvány alapján valósulnak meg. Hazánkban a videojelek esetén jelenleg az MPEG-4 -2003-ban megjelent- H.264 formátumú kódolását használják, amellyel a -HD tartalom esetén a minőség észrevehető romlása nélkül- fele akkora adatsebesség érhető el a kimeneten, lehetővé téve ezzel azt, hogy ne csak SD minőségű adások legyenek elérhetőek az adott szolgáltatásban.

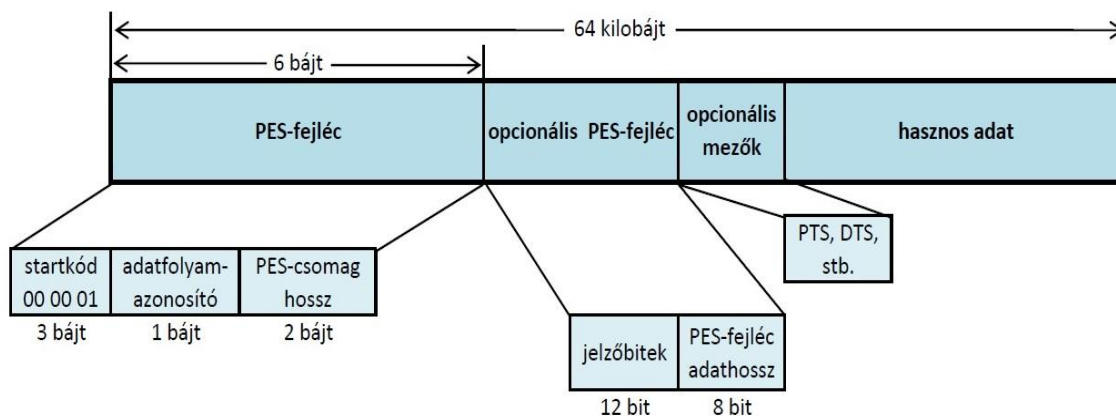
A digitális műsorszórásban a tömörített képek és hangjelek továbbítása mellett egyéb adatok továbbítására is sor kerül, melyek különböző kényelmi szolgáltatásokat nyújtanak a felhasználók számára - ilyen például a teletext -, ezek "egyszerű" adatként alkotnak egy adatfolyamot.

E jeleket külön-külön elemi adatfolyamoknak (*ES – Elementary Stream*) nevezzük, melyek tömörítés után közvetlenül adattartalmuk alapján változó méretű Csomagolt Elemi Adatfolyamokra (*PES - Packetized Elementary Stream*) kerülnek felosztásra. A létrejött PES-ek azonban továbbításra még nem alkalmasak, így ezek ismételten felosztásra kerülnek, most már egységes méretű TS csomagokra (*Transport Stream Packet*).

Az általunk továbbítani kívánt csatornák video és audio és egyéb TS csomagjai, az MPEG csoport egyik szabványában meghatározott úgynevezett 'MPEG – adatfolyamot', azaz Transport Stream-et alkotnak. A Transport Stream (*TS*) szerkezetét tekintve igen flexibilis, így előfordulhat olyan eset is, hogy az adatfolyam tartalma az adó és a vevő közötti csatornán változásokon megy keresztül. Ahhoz, hogy a vevő oldal pontos képet kapjon, hogy a TS éppen mely műsor csomagjait tartalmazza, úgynevezett táblákat is továbbítanunk kell majd, melyek nyilvántartják az adás összetevőit. [2]

2.1.1. PES – Packetized Elementary Stream

Az Elemi Adatfolyamok különböző méretű csomagokra bontása után a létrejött PES-csomagokat adattartalmuk alapján különböztetjük meg, melyek lehetnek: video-PES, hang-PES és adat-PES, ez látható a 2. ábrán.



2. PES csomag szerkezete

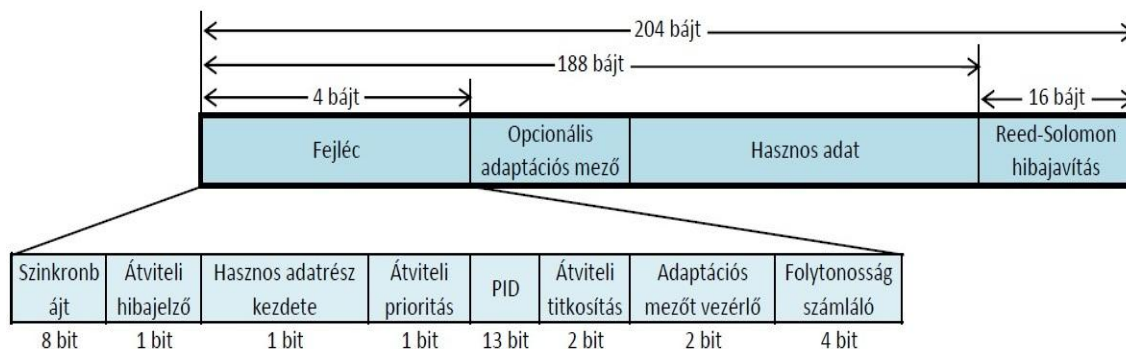
Egy csomag mérete maximum 64 kbyte lehet, de video-PES esetében előfordulhat olyan is, amikor ez az érték túllépésre kerül, ezt azonban a fejlécben jelezni kell, melynek mérete minimum 6 bájt.

Három részre oszthatjuk fel ezt az adatmezőt, melyek fix mérettel rendelkeznek. Az első 3 bájt a startkód található meg, a 00 00 01 bitsorozat négyszeres ismétlődése tölti a fejléc e részét. Ezt követi az adatfolyam-azonosító rész, ami 8 biten jelzi, hogy az elemi adatfolyam éppen video, hang vagy egyéb adatokat tartalmaz. A PES-fejléc utolsó két bájtján, az adott csomag hossza kerül jelzésre. A már említett csomagméret túllépése esetén, mindkét bájt a nulla értéket veszi fel.

A hasznos adatrész rovására, a csomag 'opcionális fejléce' is tartalmaz, melyben 12 bites szakasz jelöli, hogy az opcionális mezők közül melyek találhatóak meg ebben a szakaszban. Ezt követi egy 1 bájtos rész, amely a fejléc teljes adathosszát adja meg. Az opcionális mezők az elemi adatfolyamra és a PES-csomagra vonatkozó adatokat-, valamint a megjelenítéshez szükséges segédadatokat tartalmazhatja. Ilyen segédadat a PTS (*Presentation Time Stamp*), amely a megjelenítés során a kép és a hang közötti szinkront, más néven ajakszinkront biztosító időzítési értékeket adja meg, és a DTS (*Decoding Time Stamp*), amely a tömörítés után továbbított-, megváltozott sorrendű képek helyes megjelenítését biztosítja.

2.1.2. TS – Az MPEG-Transport Stream

A különböző PES-csomagokat a későbbi multiplexálhatóság és átvitel érdekében kisebb-, egységes méretű TS-csomagokra osztjuk fel, amint a 3. ábrán látható.



3. TS csomag szerkezete

A TS-csomagok mérete állandó, 188 bájt hosszú. Az első 4 bájtot a csomag fejléce alkotja, melynek első bájtja a 47_{hex} értékű szinkronbáj. Előfordulhat azonban, hogy a csomag hasznos adatrészében is megjelenik ez az érték, ezért a szinkronizálás a szinkronbájtok állandó távolságának (188 bájt) figyelésével kerülnek azonosításra.

Ezt követi az átviteli hiba-jelző bit, melyet a vevő oldali demodulátor állít be akkor, ha a Reed-Solomon kódolással (mellyel maximum 8 hiba javítható) védett adat már nem helyreállítható.

A hasznos adatrész kezdete 1 biten kerül jelzésre, melynek értéke akkor 1, ha új PES-csomag (a PES-fejléccel együtt)-, vagy egy új tábla továbbítása kezdődik.

Az adott csomag prioritását egy szintén egy 1 bites rész jelzi, amely az ugyanolyan azonosítóval (PID-del) rendelkező csomagok között tesz különbséget.

A TS-csomag hasznos adatrészben található tartalom azonosítására szolgál a PID (*Packet Identifier*) érték, ami egy 13 bites, hexadecimálisan megadott szám.

Ha az átviteli titkosításjelző 2 bit közül valamelyik nem nulla, akkor a csomag titkosítva van, melynek feloldásához egy erre szolgáló tábla szükséges.

A TS-fejléc kiterjesztésének jelenlétét az adaptációsmező-vezérlő 2 bit jelzi, ha ezek értéke nulla, akkor adaptációs mező nem foglal helyet a hasznos adatrészből.

A folytonosság számláló a TS-csomagok fejlécében egy 4 biten történő belső számlálást végez 0-tól 15-ig, majd újraindul. Ha a számlálás nem folytonos, az adatfolyamban hiba keletkezett.

Az opcionális adaptációs mező hosszát a fejléct követő első 8 biten adhatjuk meg. Itt helyezkedik el a PCR (*Program Clock Referece*), ami egy 42 bites számláló, adó oldalon beültetett értékét tartalmazza. A számláló értékét az MPEG-kódoló 27 MHz-es órajelet szolgáltató oszcillátora lépteti, ez az úgynevezett STC (*System Time Clock*), rendszer-órajel. Túlsordulás esetén a számláló lenullázódik, ami kb. 26,5 óránként következik be, majd újraindul.

A vevő oldalon is szükség van az STC előállítására, melyhez ugyanúgy egy 27 MHz-es 42 bites számlálót léptető oszcillátorra van szükség. Működés során az adó és a vevő STC és PCR értékeinek azonosnak kell lenniük. Dekódolás alatt az MPEG-dekódoló kiolvassa a TS-be beültetett PCR értéket és összehasonlítja a saját számlálójának aktuális értékével. Abban az esetben, ha a két érték kis mértékben eltér egymástól, a probléma egy PLL-hurok alkalmazásával még korrigálható. Az adatfolyamnak az MPEG-szabvány alapján 40 ms-onként tartalmaznia kell PCR értékeket, melyekre nézve maximum ± 500 ns időelcsúszás, más néven "jitter" megengedett. [2]

2.1.3. PSI táblák

A Transport Stream már korábban említett rugalmas szerkezete miatt és ez által az, hogy több program adatai kerülnek továbbításra, szükségessé válik a program specifikus információk (PSI – *Program Specific Information*) adatfolyamba való beültetése, melyek a következők:

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

A PAT táblák állandó 0000_{hex} PID értékkel, valami szintén 00_{hex} táblaazonosítóval rendelkeznek. Egy Transport Stream, egyetlen ilyen tartalmaz, melynek jelenlétét 500ms-onként biztosítani kell, ellenkező esetben a vevő oldal a beérkező adatokat nem képes azonosítani. A tábla Hasznos adat része, a különböző műsorok PMT tábláinak PID azonosítóit tartalmazza.

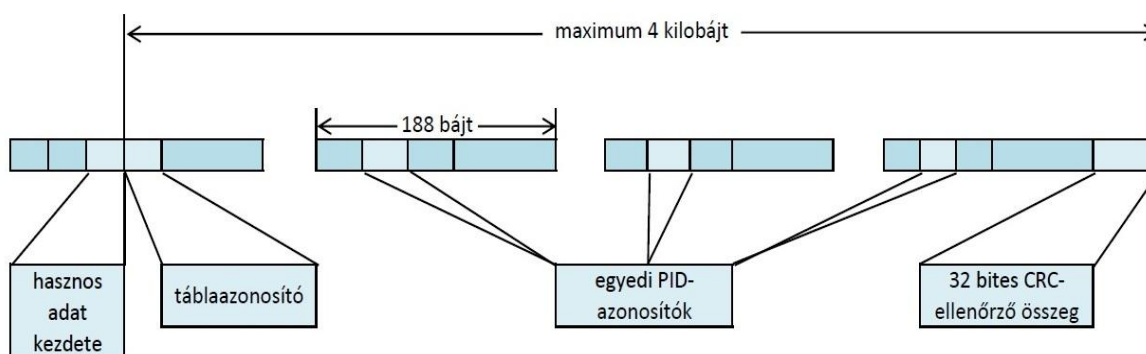
A PMT táblák egyedi PID azonosítókkal bírnak, melyek a DVB-szabvány szerint 0020_{hex} és $1FFE_{\text{hex}}$ közé kell, hogy essenek, táblaazonosítóik viszont 02_{hex} értékűek. Ismétlődésük az adatfolyamban szintén 500ms-onként szükséges. A Hasznos adat részben egyetlen program elemi adatfolyamainak PID értékeit tartalmazza, melyek lehetnek video, hang teletext és PCR. Előfordulhat olyan eset, amikor egy adás több nyelven kerül közvetítésre, ekkor az ehhez tartozó PMT tábla az összes ehhez tartozó hang-ES azonosítóját tartalmazza. A PCR PID esetében, ha az a video-ES-be ültetve kerül a Transport Stream-be, annak értékével fog megegyezni.

Ha egy vagy több program elérhetőségét korlátozni szeretnénk, például, hogy csak fizetős szolgáltatás keretében váljon elérhetővé (Magyarországon ilyen a MinDigTV Extra szolgáltatás), akkor az adatfolyamot valamilyen eljárással titkosítanunk kell. Ahhoz, hogy a vételi oldalon a megfelelő jogosultságok mellett a titkosítás feloldhatóvá váljon, az ehhez szükséges adatokat a CAT táblában kell tárolnunk, melynek PID értéke 0001_{hex} táblaazonosítója pedig 01_{hex} . Ebben található az ECM (*Entitlement Control Message*) és az EMM (*Entitlement Management Message*), melynek azonosítóit tartalmazza. Az ECM üzenet, a titkosítás során használt kódokat tartalmazza, az EMM üzenet a vevő oldalra vonatkozó jogosultságokra vonatkozik. E két üzenet és a felhasználó által birtokolt kód együttese oldja fel a titkosítást és teszi elérhetővé a programot.

2.1.4. SI táblák

Az MPEG-szabvány lehetővé teszi, hogy a TS-ben "privát táblákat" helyezünk el, melyek a 4. ábrán láthatók. Az ezekre vonatkozó betartandó szerkezeti szabályok a következők:

- a táblákat egyedi PID azonosítóval kell ellátni
- a táblákat táblaazonosítóval kell ellátni, mely a hasznos adatrész első bájtja
- a táblák tartalmát a hasznos adatrészben kell továbbítani
- a táblát legfeljebb 4 kilobájtos szakaszokra kell osztani
- a szakaszokat 32 bites CRC-ellenőrző összeggel kell zárni



4. Táblák szerkezeti felépítése

A "privát táblák" létrehozásának lehetőségét kihasználva a DVB-projekt további táblákat definiált a vevő oldali készülékek működésének megkönnyítése érdekében, melyek szolgáltatási információkat (SI – *Service Information*) tartalmaznak.

- Hálózati információs tábla (NIT – Network Information Table)

Tartalmazza az átviteli út fizikai paramétereit: a vételi frekvenciát, a hibavédelmet, a moduláció és az átvitel a típusát (DVB-S, DVB-C, DVB-T). A vevőkészülék ezen adatok eltárolásával, felgyorsítja a csatornaváltás folyamatát.

- Szolgáltatásleíró tábla (SDT – Service Description Table)

Az adatfolyamban meghatározott programokkal kapcsolatos információkat és azok neveit tartalmazza szöveges formában.

- Programcsokor-hozzárendelési tábla (BAT – Bouquet Association Table)

Ez a tábla az SDT-val megegyező PID értékkel rendelkezik, táblaazonosítójuk azonban más. Míg az SDT egy-, a BAT több fizikai csatorna programszerkezetét írja le együttesen.

- Eseményinformációs tábla (EIT – Event Information Table)

Az "elektronikus programkalauz" (EPG –Electronic Program Guide) szolgáltatás biztosítása esetén, ennek adatai az EIT-ban kerülnek továbbításra, amely a programok kezdési- és befejezési időpontját tartalmazza egy bizonyos időtartammal előre vetítve.

- Futási állapot tábla (RST – Running Status Table)

Ha egy műsort automatikusan, időzítéssel megoldva szeretnénk rögzíteni, de az adott program a tervezett kezdéshez képest csúszik, ebben a táblában érkezik az a vezérlőjel, amely hatására a felvétel elindul.

- Idő és dátum tábla (TDT – Time and Date Table)

Ebben a táblában a pontos greenwichi idő és dátum kerül továbbításra.

- Időeltolódási tábla (TOT – Time Offset Table)

Tartózkodási helytől függően, az aktuális időzónához tartozó időeltolást tartalmazza, melyet a TDT táblával együttesen kezel a vevőkészülék.

- Kitöltő tábla (ST – Stuffing Table)

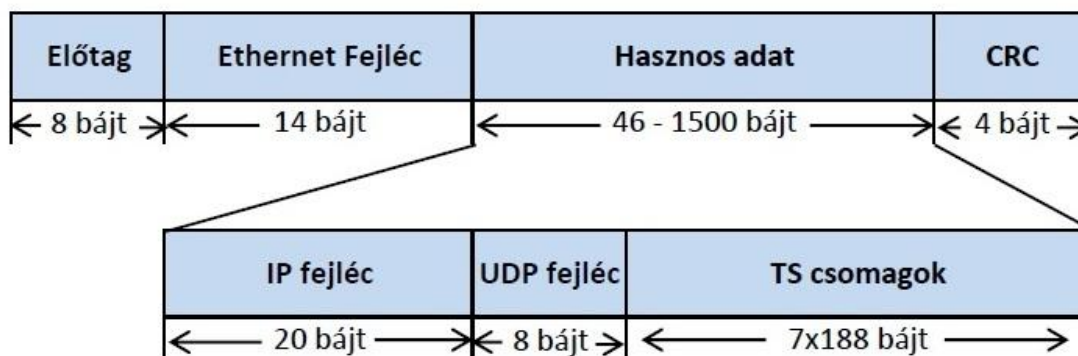
Az adatfolyam tábláinak tartalmát vonhatjuk vissza, írhatjuk felül a segítségével. [2]

2.1.5 A Transport Stream IP környezetben

A TS Packetek helyi hálózaton történő továbbítása Ethernet adatsomagokban történik, e csomagok küldése esetén két alapfeltételnek kell teljesülnie:

- méretük nem lehet kisebb 64 bájt nál
- a csomagok között 12 bájt os szünetnek kell lenni.

A csomag 14 bájt os fejlécében a csomagot fogadó és az azt küldő eszközök MAC címe helyezkedik el. Ezt követi a hasznos adatot tartalmazó rész, melynek méretét tekintve – a minimum megengedett 64 bájt ból levonva a 14 bájt os Ethernet fejlécet és a csomag végén található 4 bájt os CRC-t – 46 bájt nak kell lennie. Egy Ethernet csomag adattartalma maximum 1500 bájt lehet. Ezt tartalmazza az 5. ábra.



5. A Transport Stream Ethernet keretben

A Transport Stream küldésére, az audio- és a vizuális adatok valós időben történő megjelenítése miatt, az UDP protokoll használata a legelőnyösebb.

Az UDP/IP csomag fejléce az Ethernet csomag hasznos adattartalom részében helyezkedik el. Először a 20 bájtos IP fejléc, majd ezt követően a 8 bájtos UDP fejléc. A maximálisan 1500 bájtos UDP/IP csomag méretéből levonva e két fejléc hosszúságát, már csak 1472 bájtot van lehetőségünk továbbítani. Ezt az értéket elosztva a TS csomagok fix méretével (188 bájt), megkapjuk, hogy 7 teljes Transport Stream csomagot tudunk egyszerre küldeni (5. ábra). [3]

2.2 Felhasznált eszközök bemutatása

A DVB-T adás vételére, valamint annak IP hálózatban történő továbbítására a CableWorld Kft. által kifejlesztett készülékek kerültek alkalmazásra. A készülékek, a gyártó által egyedileg kifejlesztett CW-Net rendszerben működnek, amely:

- speciális CW-Net utasításokkal biztosítja a vezérlő számítógép és a készülékek közötti kommunikációt,
- lehetőséget biztosít a Transport Stream továbbítására,
- lehetővé teszi a TS analízisét.

2.2.1 CW-4875 OFDM Demodulator Quad

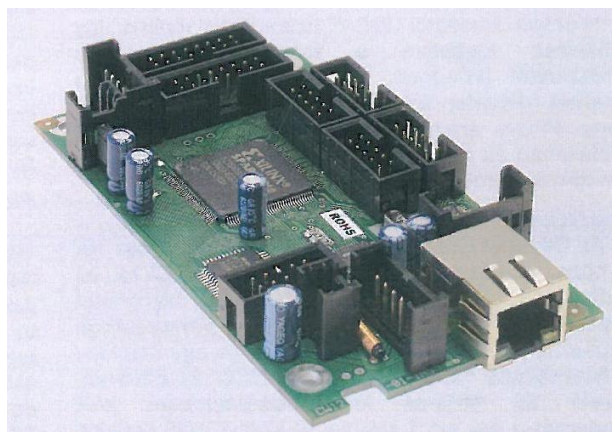
Az a 6. ábrán látható CW-4875 típusú készülék, négy OFDM demodulátort tartalmaz, mellyel egyidejűleg négy különböző frekvencia vételét teszi lehetővé. Az eszköz ASI bemenetei felfűzhetők, mellyel egyszerűbbé válik a bejövő jel szétosztása. A demodulátor paramétereinek beállításait egy erre a célra írt SW-4875 nevű szoftverrel lehet megadni.



6. OFDM Demodulator Quad

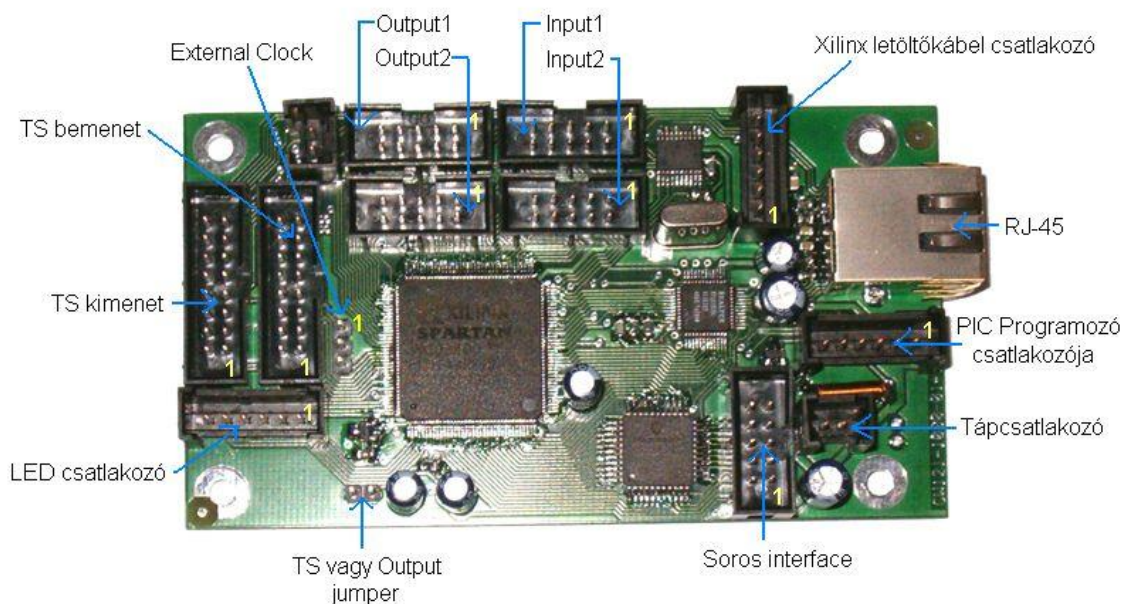
A készülék része még a 7. ábrán látható CW-4901 típusú Gigabit Ethernet Controller is, mellyel a vételezett ASI jelet számos beállítási lehetőség mellett IP hálózatba táplálhatjuk, valamint lehetőségünk van a hálózatról érkező jelek fogadására is. E funkciók számunkra megfelelő beállítását az SW-4901-es szoftveren keresztül lehet konfigurálni. [4]

2.2.2 CW-4900 Ethernet Controller



7. CW-4900 Ethernet Controller

A CW-4900 Ethernet Controller a CableWorld Kft. első olyan készüléke volt, mely képes a Transport Stream IP környezetbe helyezésére. Az eszköz interfésze 100Base-T környezetben működik. A TS csomagok küldésével kapcsolatos lehetőségek, a CW-4901-es készülékhez hasonlóan sokrétűek, annyi eltéréssel, hogy a CW-4900 csak unicast vételre képes.



8. CW-4900 panel felépítése

A 8. ábrán látható a CW-4900 Ethernet Controller részletesebb felépítése. A panelen található két-, egy TS küldésre- és egy TS fogadására használt csatlakozó, valamint két- CW-Net utasítással írható párhuzamos, 8 bites kimenet és bemenet. A TS kimenet és az Output1

csatlakozók funkciója egy jumper segítségével módosítható, ha az nyitott, mindkettő TS kimenet, ha zárt rendes Output.

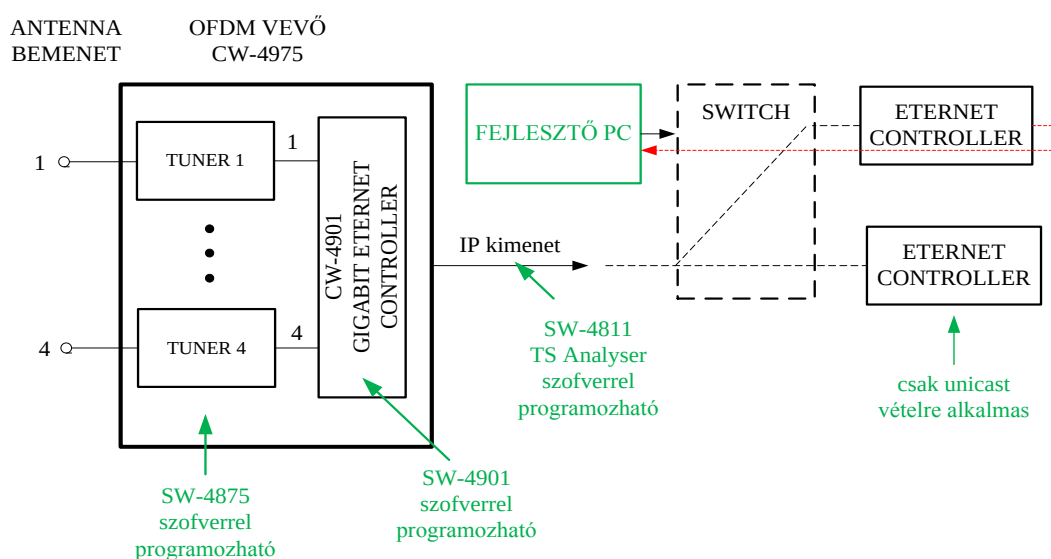
Az Ethernet Controller beállításai egy soros interfészen keresztül is írhatók vagy olvashatók ki, amely egy PIC18F452-es mikrokontroller lábaihoz csatlakozik, melynek EEPROM-jában az alkalmazott beállítások eltárolhatók, így azok ki- és bekapcsolás után is megmaradnak. A Transport Stream ASI kimenetre való küldéséhez szükséges órajelet egy NCO (*Numeric Controlled Oscillator*) szolgáltatja, melynek jele egy csatlakozóra is ki van vezetve. A készülék RJ-45 csatlakozóján keresztül, kereszt kábel használatával csatlakozik a hálózatra.

A panelen található 'Xilinx SPARTAN 3 XC3S400' FPGA feladatai:

- a bejövő ASI jel IP környezetbe ültetése
- a hálózatról érkező TS csomagok ASI kimenetre küldése
- ARP üzenetek kezelése
- CW-Net utasítások feldolgozása

3. Az alkalmazott összeállítás

A DVB-T antenna OFDM Demodulator ASI bemenetére kötését követően, az SW-4875 szoftvert használva, a vételi jellemzők konfigurálására van lehetőség. A megfelelő beállítások alkalmazását követően a Gigabit Ethernet Controller-t vezérlő SW-4901 szoftverben az unicast küldési módot választva, a CW-4900 Ethernet Controller IP címére küldjük a Multi Program Transport Streamet (MPTS). A kimeneti adatfolyamot egy arra kifejlesztett analízátor szoftverrel teszteljük, megjeleníteni pedig a VLC média lejátszó segítségével tudjuk. Az így tapasztalt eredmények alapján lehetőségünk van finomítani a TS vételi beállításait. A 9. ábrán az alkalmazott eszközök összeállítása látható.



9.

Az összeállítás blokkvázlata

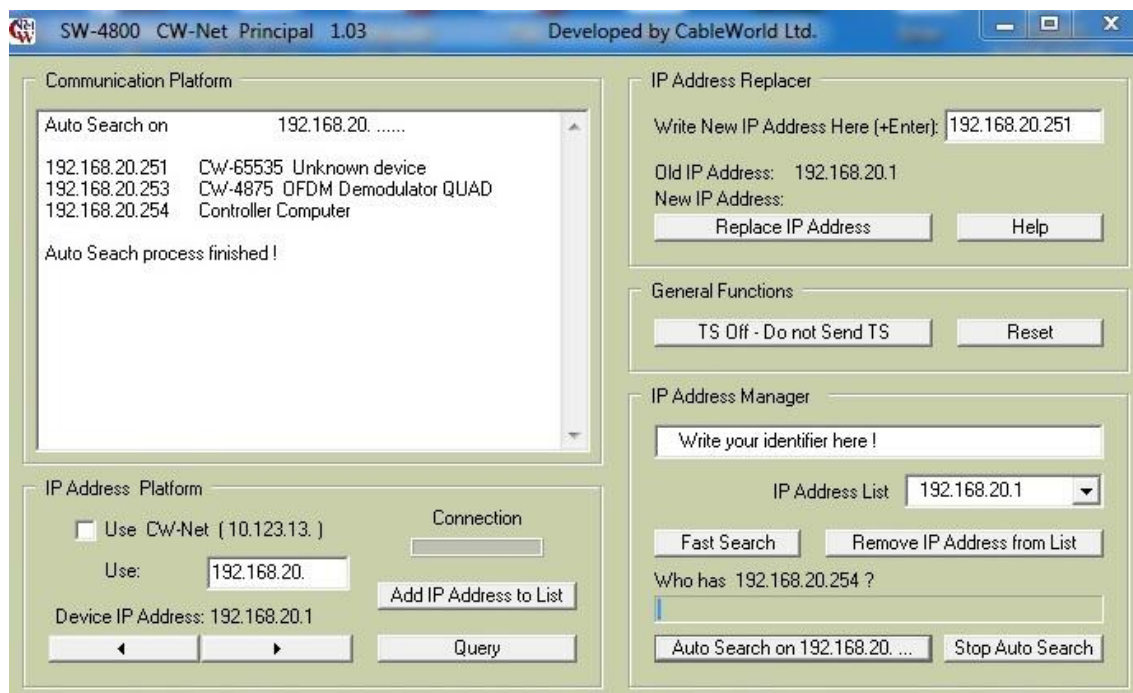
A CW-4900 panelre küldött IP adatfolyamot az FPGA a kimeneti TS csatlakozóra küldi, melyet - egy szalagkábel segítségével - a bemeneti TS csatlakozóval összekötve érhető el, hogy a Transport Stream újra a hálózatba kerüljön továbbításra. Az FPGA-t VHDL nyelven felprogramozva megvalósítható, hogy a több műsort tartalmazó adatfolyamból, csak az általunk nézni kívánt csatorna audio- és videó PID-jeivel rendelkező SPTS (Single Program Transport Stream) kerüljön továbbításra a felhasználók irányába. A szűrt, kimeneti TS már multicast küldési módban kerül a hálózatra.

3.1 Az összeállítás konfigurálása

A Cable World Kft. készülékei kezelőszervekkel nem rendelkeznek, beállításuk számítógépen keresztül végezhető. A gyártó a készülékeit egy speciális CW-Net IP címmel

látja el, melyek üzembe helyezéskor a 10.123.13.101 címen szólíthatók meg. Amennyiben saját hálózatunk nem ebben a tartományban van, a vezérlő számítógép hálózati azonosítóját, a készülék IP címének módosítása idejére 10.123.13.***-ra kell változtatni.

3.1.1 SW-4800 - CW-Net Principal 1.03



10. Az SW-4800 szoftver kezelőfelülete

A vezérlő számítógép IP címét, a készülék gyártáskor meghatározott IP tartományába állítva, a *Device IP Adress* alatt található nyilakkal állítható be a 10.123.13.101-es cím, mellyel kommunikálni szeretnénk. A *Query* gomb megnyomásával, sikeres kapcsolatfelvétel esetén a *Communication Platform*-on megjelennek a megszólított készülék adatai, ezt mutatja a 10. ábra.

Ezt követően az *IP Adress Replacer* egységben írhatjuk be azt a címet, mellyel a jövőben használni szeretnénk az eszközt. Az Enter billentyű leütésével, majd a *Replace IP Adress* gombra kattintva megtörténik a változtatás, melyet a saját számítógépünk helyes tartománybeli visszaállításával, *Device IP Adress* átállításával, végül a *Query* lenyomásával a *Communication Platformon* ellenőrizhetünk.

Lehetőségük van a programmal kerestetni, hogy mely készülékek csatlakoznak egyidejűleg a hálózatra. Ehhez a 'Use:' ablakba kell begépelnünk a saját hálózatunk azonosítójának első három bájtyát, majd az 'Auto Search on 192.168.20. ...' gombra kattintanunk. Ekkor a szoftver a cím negyedik bájtyának összes értékének lekérdezésével listázza számunkra a csatlakoztatott eszközöket.[5]

Az alkalmazott eszközök IP címei:

- Vezérlő számítógép: 192.168.20.254
- CW-4875 OFDM Demodulator Quad: 192.168.20.253
- CW-4900 Ethernet Controller: 192.168.20.251

3.1.2 SW-4875 – OFDM Demodulator Quad Controller

A 11. ábrán látható SW-4875 szoftver segítségével konfigurálhatjuk a 4 demodulátort, a



11. SW-4875 kezelőfelülete

DVB-T adó paramétereire.

Első lépésben az általunk használt eszköz és a szoftver közötti kommunikáció létrejöttéről kell meggyőződnünk. Ha a CW-4875 IP címét megadva, majd a Query gombra kattintva, megjelenik a készülék neve és típuszáma, a kapcsolat létrejött.

Lehetőségünk van a vételi adatok egyszeri-, vagy ismétlődő automatikus kiolvasására, vagy a jellemzők manuális konfigurálására is.

Magyarországon az Antenna Hungária által megadott műszaki paraméterek a következők [1]:

Vivők száma: IFFT 8k

Moduláció: 64QAM

Kódarány: $\frac{3}{4}$

Védelmi intervallum: GI 1/4

3.1.3 SW-4901 – Gigabit Ethernet Controller 1.01

Az OFDM Demodulator Quad részét képező CW-4901 Gigabit Ethernet Controller kezelőfelülete több lapon kínál fel beállítási lehetőségeket.

Az első ilyen fül a *General Device Controller*, mely kinézetében és funkcionalitásában alig tér el a CW-Net Principal szoftvertől.

Ezt követi a *Network Setup*, ahol a hálózati paramétereket kérdezhetjük le, valamint szabályozhatjuk a kommunikációra-, valamint a TS küldésére használt port tartományt.

Az *IP Receiver* opcióval az IP hálózaton érkező Transport Stream vételét állíthatjuk be, ez azonban esetünkben most nem használatos.



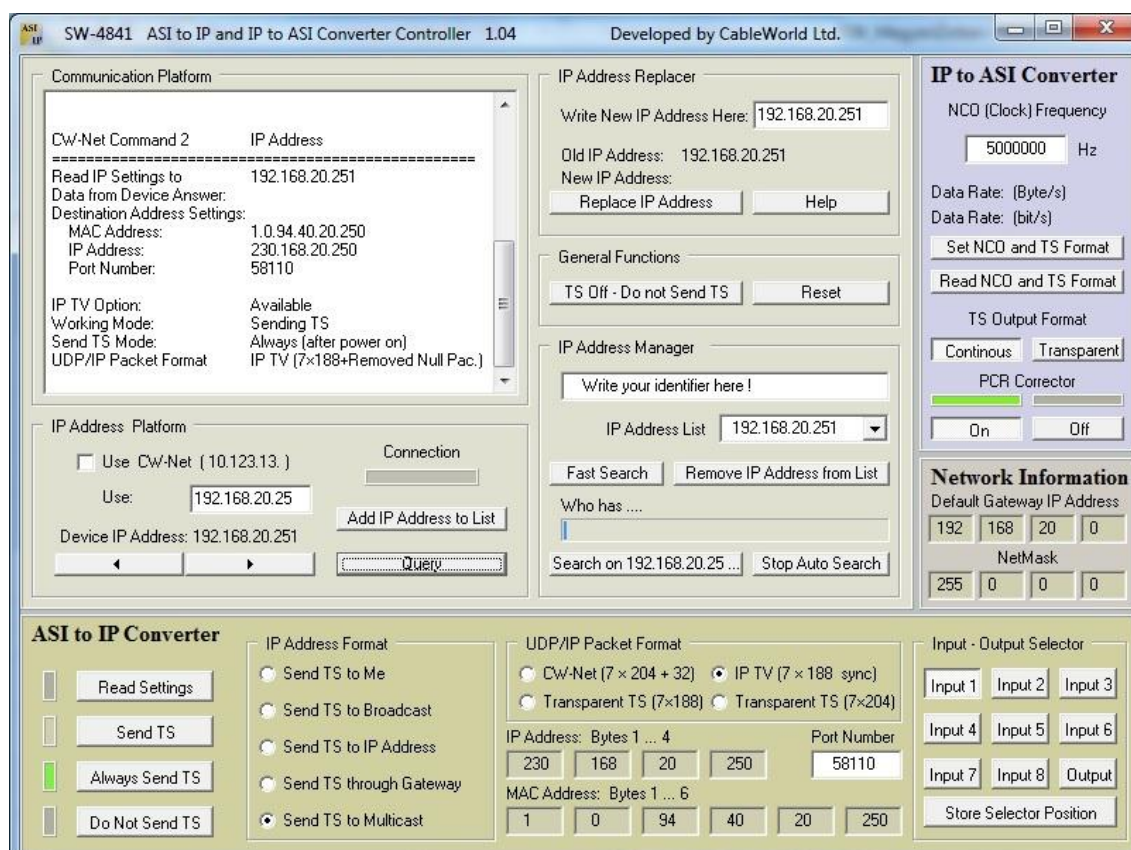
12. TS Sender platform

A 12. ábrán látható a *TS Sender Platform*, melynek segítségével van lehetőségünk a Demodulátor felől a CW-4900 felé küldeni az adatfolyamot. Mivel az eszköz csak unicast vételre képes, ezért a *Sending Mode* legördülő menüből a *Send TS to IP* módot kell választanunk, majd az *IP Address* mezőbe az Ethernet Controller 192.168.20.251-es címét megadnunk, valamint kiválasztanunk, melyik porton akarjuk továbbítani a Transport Streamet.

Ezt követően az *Always Send TS* gombra kattintva megkezdhetjük az adatok küldését, mindemellett a készülék eltárolja a megadott beállításainkat és ki-, bekapcsolás után is ezeket alkalmazza.

3.1.4 SW-4841 – ASI to IP and IP to ASI Converter

A CW-4900 Ethernet Controller TS kimeneti és bemeneti csatlakozóik összekötése miatt szükségünk van egyszerre a kimeneti ASI jel paramétereinek, valamint az IP környezetbe ültetett adatfolyam kimeneti beállításainak konfigurálására. Erre a célra a 13. ábrán látható SW-4841 szoftver használata a legmegfelelőbb.



13. Az SW-4841 –ASI ti IP and IP to ASI Converter Controller

A készülék IP címének megadása, majd a *Query* gomb lenyomása után, létre hozva az eszközzel a kapcsolatot, az *IP to ASI Converter* felület alatt van lehetőségünk a panelen található NCO kimeneti frekvenciáját, valamint a TS formátumát (NULL packetekkel együtt, vagy azok nélkül) állítani, majd a *Set NCO and TS Format* gombot lenyomva el is tárolhatjuk. A bemeneti TS-t a Gigabit Ethernet Controller-hez hasonló lehetőségekkel tudjuk beállítani, itt viszont már a hálózatba táplálás miatt a multicast küldési módot választva a 230.168.20.250-es IP címet és használni kívánt portot (jelen esetben: 58110) kell begépelnünk, valamint az ebből kiszámítandó MAC címet, melyet a következő összefüggéssel tehetünk meg.

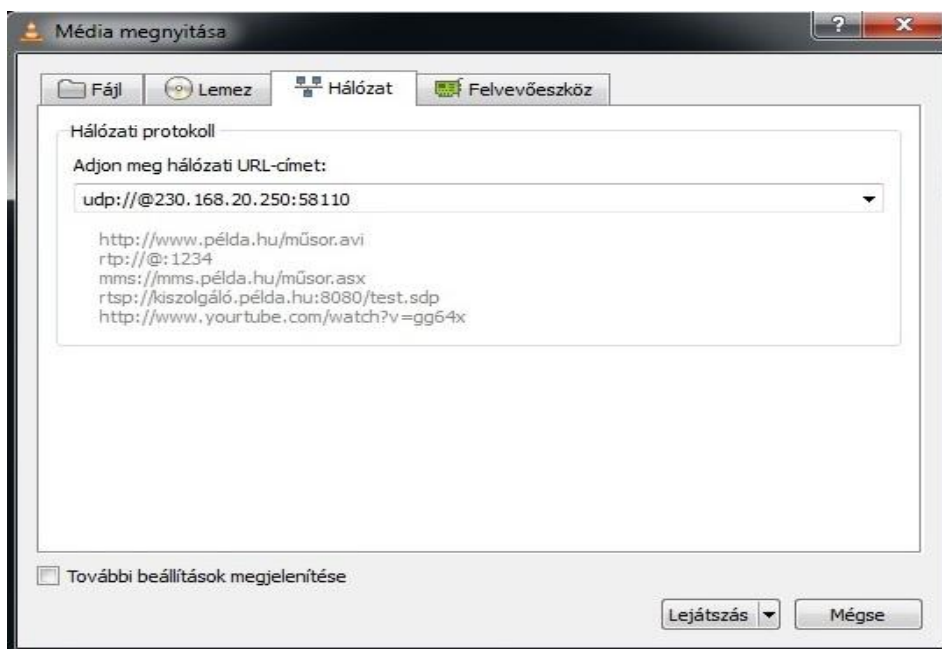
$$01:00:5E:(IP2 \text{ and } h7F):IP3:IP4$$

14. A multicast MAC cím számítási módszere

3.1.5 VLC médialejátszó

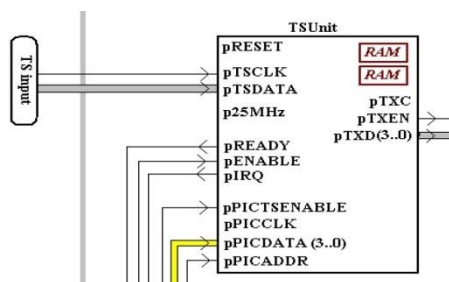
A hálózatra küldött Transport Streamet a beépített MPEG4 dekóderrel rendelkező VLC médialejátszóval célszerű megjeleníteni, melyet a Média menü legördítésével, majd a

Hálózati műsor megnyitása menüpont kiválasztásával állíthatunk be a 15. ábra alapján, miután begépeztük a következőt: **udp://@230.168.20.250:58110**.



15. Hálózati adatfolyam megnyitása a VLC médialejátszóban

3.1.6 Az FPGA felprogramozása



Az ASI bemenetre kötött FPGA lábai egy TSUnit egységbe csatlakoznak, mely több feladatot is ellát.

Belső modulja segítségével a TS csomagok szinkronizálását végzi a 47_h szinkronbájtok-, valamint azok távolságának figyelésének segítségével. A szinkronizáló egység a rendszerezett adatokat a TSUnit

egység számára továbbítja, amely a csomagokat egy FIFO szervezésű RAM-ba gyűjti majd, ha azok száma eléri a 7-et, a PIC mikrokontrollertől kapott célcímet tartalmazó kerettel látja és helyezi a kimenetre.

Ezen egység belső PID szerinti szűrésre való alkalmassá tétele egy újabb modul beillesztésével érhető el, amely a 16. ábrán is látható pTSCCLK és a pTSDATA bemeneti portok valamint szinkronizálást végző egység között helyezkedik el.

Funkcionalitását tekintve hasonló működésű, mint a szinkronizáló egység, mivel a PID értékek vizsgálatához, a TS csomagban történő elhelyezkedése miatt ismernünk kell a csomag kezdetét.

A bemeneti jel - külön jelvezetékekkel, a Transport Stream órajel ütemére - mintavételezésével állapítható meg a PID érték, melyet akkor olvasunk ki, ha a kimeneti jelvezeték a szinkronbájt értékét veszi fel.

```
sTSDATAOUT <= X"47";
if sTSDATA = X"47" then -- Synchron OK
  if sLockCounter /= "110" then sLockCounter <= sLockCounter+1; end if;
  if (sPIDH(4 downto 0) & sPIDL = "0000001100100") then
    sFILTERED <= '1';
  else
    sFILTERED <= '0';
  end if;
end if;
```

17. PID szűrés VHDL nyelven

Ha az összehasonlított PID értékek egyeznek vagy sem, az sFILTERED jel kerül a megfelelő érték beállítására. Ezen állapot és a TS bájtjait számláló jelvezeték hatására kerül megállapításra, hogy a kimeneti adatjelen, a kívánt program PID értéke, vagy a nem kívánt programok helyett a Null Packet PID értéke kerüljön továbbításra a számláló megfelelő állapotánál a TSUnit egység felé.

4. Összefoglalás



A TDK dolgozatban a DVB-T adás összetételének megismerését követően egy IPTV rendszert állítottam össze, majd a műsor vételét követően egy hálózati vezérlőn található FPGA felprogramozásával szűrést valósítottam meg a műsorok program-azonosítója alapján.

A médiatartalmak valós idejű megjelenítése elengedhetetlen a felhasználói elégedettség megtartása szempontjából. Az FPGA által nyújtott lehetőségek tökéletesen megfelelnek erre a célra. A gyors és párhuzamos működést biztosító eszköz e tulajdonságait kihasználva érhetjük el a már fent említett real-time adatküldést, mindemellett alacsony fogyasztása nem terheli plusz költséggel a felhasználót. Mivel az eszköz operációs rendszerrel nem rendelkezik, ezért a lefagyás veszélye sem áll fenn működés közben, valamint ezzel elkerülhető a rendszer illegális hozzáférési lehetősége is.

A jelenlegi megvalósítás hátránya, hogy a VHDL nyelven megvalósított szűrés, csak az adott kódban elhelyezett értékekkel képes megvalósítani a folyamatot. Előre mutatóként ahhoz, hogy a vezérlő számítógépről az általunk kívánt PID értékeket be tudjuk állítani, külön jelvezetékként kell őket a VHDL kódban megadnunk. Ez a megoldás lehetővé tenné, hogy a csatornákat egy erre a célra írt alkalmazás segítségével válthassuk a hálózaton.

Irodalomjegyzék

[1] <http://ahrt.hu/hu/tartalmak/digitalis-musorszoras?phpMyAdmin=dOBya%2C0qm0s97Vz-9CQk-Tizm68>

[2] WALTER Fischer: A digitális műsorszórás alapjai. Bp.: Typotex Kiadó, 2005
ISBN 963 216 857 7

[3] http://cableworld.hu/downloads/cwh_35.pdf

[4] http://www.cableworld.hu/downloads/data_sheets/4875p-m.pdf

[5] http://www.cableworld.hu/downloads/user_manuals/principal_help_2m.pdf