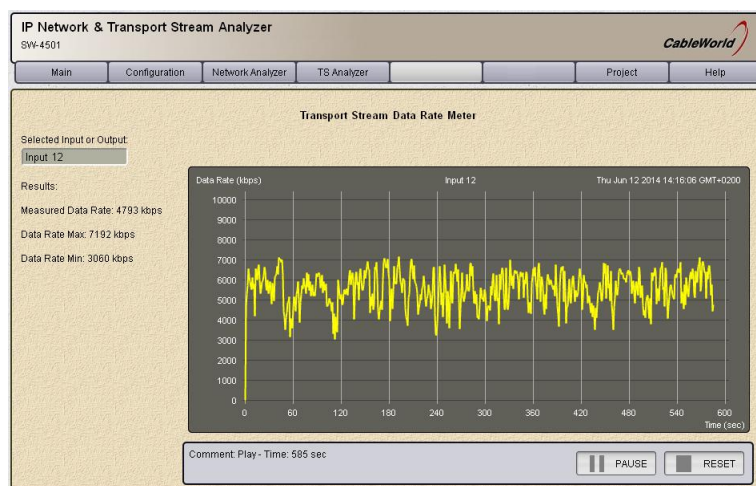


A CableWorld a mérés-technika  
irányába szélesíti profilját



A tartalomból:

- OTT, ahol akarsz  
*Tévézz online!*
- Az IP hálózatok mérései  
*Az üzemeltetők munkáját kívánjuk támogatni*
- SAT>IP™  
*Új protokoll a kis rendszerek építéséhez*
- DVB-T-T2-C Receiver  
*Egy jellemző fejlesztési folyamat bemutatása*
- CW-4516 Stream Splitter  
*Négyes fizikailag és logikailag független szétosztó*
- Ötletek a Bridge TS Remultiplexer alkalmazásához  
*A CW-4450 a professzionális rendszerek igényeinek kielégítésére is alkalmas*
- Az UTP Kábelek világa  
*Tapasztalataink és mérési eredményeink*

# CableWorld

## hírek

A CableWorld Kft. technikai magazinja  
2014. június

Számunk fő témája:

### Mérések IP környezetben



# 56.

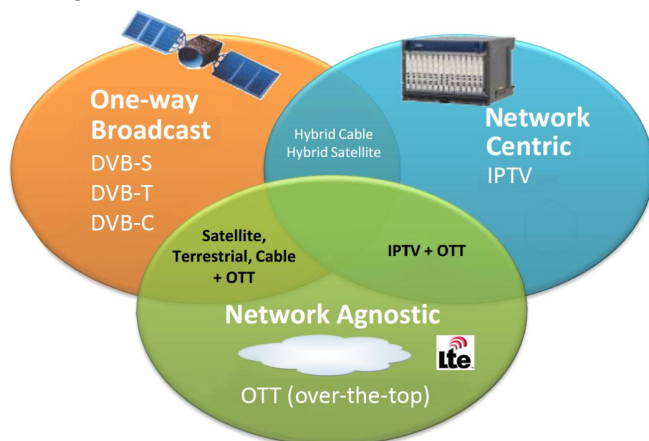
## OTT, ahol akarod

Fejlesztő és gyártó cégeként műszaki folyóiratunkat azért indítottuk, hogy időről időre beszámoljunk a televíziótechnika aktuális újdonságairól. Az elmúlt tizen-nyolc évben olyan fogalmakkal ismerkedhettünk meg együtt, mint a transport stream, az MPEG, a DVB és a HbbTV. A fejlődés természetesen nem áll meg. Sőt, ha lehet, egyre jobban felgyorsul. Ismét egy új mozaikszót kell megtanulnunk, amely az utóbbi időben bizony alaposan „felkavarta az állóvizet” kábeltévés berkekben.

Talán nem tévedek nagyot, ha arra számítok, hogy az OTT, vagyis az Over The Top számos szócikk alapja lesz kis hazánkban. Nekem például egy '87-es Stallone film jut róla eszembe, amelynek történetesen ugyanez volt a címe. Túl a csúcson...

Over-the-top alatt olyan multimédiás tartalmat értünk, amely nem menedzselt hálózaton, hanem a nyilvános interneten keresztül jut el a tartalom előállítójától az előfizetőig. Magyarul ebben az esetben nem kell, hogy az információs hálózat üzemeltetője és a műsorszórtást végző szolgáltató ugyanaz legyen.

Működési elvük szerint a műsorszóró hálózatokat három fő csoportba sorolhatjuk (1. ábra). A klasszikus DVB (Digital Video Broadcasting) egyirányú adatátvitelt biztosít műholdas, földi és kábeles megoldásaival. Az IPTV interaktív szolgáltatást kínál egy központosított, menedzselt hálózaton, ahol a jelfolyamok többszörözését aktív hálózati eszközök, jellemzően switch-ek végzik.



1. ábra  
Hálózati áttekintés

Az OTT ezzel szemben teljesen hálózatszemleges, csupán megfelelő adatsebességű internetkapcsolat kell hozzá. További előnye, hogy előfizetői oldalon sem igényel speciális vevőkészüléket, hanem okostévé, okostelefonon és táblagépen – a megfelelő alkalmazás feltételezése után – egyaránt elérhető.

A nyilvános internet hálózaton való lineáris televízió szolgáltatás ezzel együtt számos technikai problémát is felvet. Először is az internet hozzáférés sebessége időben erősen változó lehet.

Gondoljunk csak arra, hogy miközben a nappaliban tévézünk, a gyerek elkezd letölteni egy nagyobb méretű fájlt a netről. Ilyenkor az eredetileg mondjuk 20 Mbit/s letöltési sebességünk egy pillanat alatt fél megabitre csökkenhet. Vagy képzeljük el, hogy az autópályán száguldunk és közben valamilyen mobil eszközön szeretnénk élvezni az aktuális labdarúgó-világbajnokság mérkőzéseit. Ilyen körülmények között is biztosítani kell a zavartalan, kockásodás mentes szolgáltatást.

Hogyan lehet ezt megvalósítani? Különböző bitsebességű adatfolyamokat előállító multiscreen, multi-bitrate, vagy ha úgy tetszik, adaptív MPEG kódolással.

Az adaptív encoder a bemeneti videójelet adott hosszúságú, kb. 10 másodperces szeletekre bontja, majd ezeket különböző bitsebességgel, eltérő méretű fájlokba kódolja. Az encoder ezen kívül előállít egy lejátszási listát is, ami alapján a vevőkészülékek le tudják tölteni a következő 10 másodpercet tartalmazó, az aktuális letöltési sebességüknek megfelelő méretű fájlt. A letöltési sebesség ingadozásából ilyen módon az előfizető legfeljebb annyit fog észrevenni, hogy időről időre kicsit gyengébb minőségű lesz a kép.

További problémák forrása lehet, hogy az internet szolgáltatók ugyanazt a letöltési sebességet rendszerint tíz különböző ügyfélnek is eladják. Tehetik ezt azért, mert egy átlagos előfizető messze nem használja ki a rendelkezésére álló hozzáférést és naponta mindössze 100 MByte adatot tölt le. Online tévézve ez az adatmennyiség napi szinten könnyen a százszorosára nőhet!

A kábeltévések nem véletlenül aggódnak. Nem elég, hogy az OTT miatt a jövőben tévé előfizetőket veszíthetnek, a megnövekedett adatforgalom komoly hálózatfejlesztésre kényszerítheti őket.

Kétségtelenül sok jogi kérdés van az OTT-val kapcsolatban, amit még tisztázni kell. Korlátozhatja-e a hálózat tulajdonosa az OTT adatforgalmat? Esetleg kérhet-e pénzt a hálózat használatáért? Vajon az OTT szolgáltatók milyen műsordíjakkal számolhatnak?

Ugyan az országos szolgáltatók kísérleti jelleggel már elindították saját OTT szolgáltatásukat, ismerte a magyar piacot kétlem, hogy a lineáris televíziózást ilyen módon népszerűvé lehet tenni. Meggyőződésem, hogy aki eddig nem tévézett, az a telefonján sem fog.

Baranyai Zoltán

## Az IP hálózatok mérései

Lassan az idősebb generáció számára is természetessé válik az internet használata, de mint tapasztalható még az informatikusok körében is igen kevesen vannak azok, akik látják azt, hogy mi történik az UTP kábelben vagy a WiFi hálózat nagyfrekvenciás hullámain.

A televíziótechnikával foglalkozók az elmúlt évtizedben csatlakoztak az IP rendszerekhez, s mint kívülről állók időnként kiszolgáltatott helyzetben vannak. Kiemelten érezhetők a problémák akkor, ha nagy távkezleési hálózathoz kívánunk csatlakozni, a televízió- és rádió műsorokat tartalmazó jeleinket mások hálózatán kívánjuk átvinni.

Cikkünkben egyszerűbb, de sokak számára érdekes kérdésekkel foglalkozunk és tervezzük, hogy a későbbiekben bonyolultabb kérdéseket is boncolgatni fogunk.

### 1. Alapismeretek a folyamatok megértéséhez

A műsorokat tartalmazó adatfolyamok (pl. MPEG-4 videó) bájtok sorozatából állnak. A továbbítandó bájtok mennyisége lehet időben állandó (CBR) és változó (VBR). A videó streamet dekódoló egység egy-két bájjal nem tud mit kezdeni, abból komolyabb információ nem olvasható ki, ezért a dekóder mindig egy bufferrel kezdődik, amelybe a hardver a dekódolás megkezdése előtt egy nagyobb mennyiséget gyűjt össze. A megjelenítendő kép szerkesztése csak az után kezdhető el, ha a tárolt adathalmazban megtaláljuk a dekódoláshoz szükséges kezdőpontok egyikét.

A nagyfrekvenciás berendezések (pl. DVB-C modulátor) nem foglalkoznak az adatok elemzésével, nem gyűjtik az adatokat, bemenetükön folyamatos és egyenletes adatfolyamot igényelnek. Abban az esetben, ha az adatfolyam akár rövidebb időre is, de megszakad, működésükben zavar keletkezik.

Az IP hálózaton keresztül továbbított adatfolyam (transport stream) jellemzően  $7 \times 188 = 1316$  bájtos csomagokban ( $1316 \times 8 = 10528$  bit) kerül az IP hálózatra. Elsőként számítsuk ki egy 40 Mbps sebességű adatfolyam jellemzőit, ha gigabites hálózathoz csatlakozunk. A küldendő UDP vagy RTP csomagok száma:

$$n = 40 \times 10^6 / 10528 = 3799,4 \text{ db/sec}$$

Másodpercenként 3800 packet egyenletes továbbítása esetén a küldő oldal  $1 \times 10^6 / 3799,4 = 263 \mu\text{s}$ -onként tesz egy-egy UDP csomagot a kábelre. A csomag szélessége kb.  $10,6 \mu\text{s}$ , ha a fejlécek részletezésétől most eltekintünk. Az idődiagram az 1. ábrán látható. A problémák elsőként a switch-ben keletkeznek, ahol más adatfolyamok is továbbításra várnak.



1. ábra

A 40 Mbps-os TS adatcsomagjai az IP hálózaton

### 2. Az adatsebesség mérése

Az adatsebesség mérése nagyon egyszerű feladatnak látszik, mégis számtalan esetben kell magyaráznunk a mérési eredményeket. Mint tudjuk, a frekvenciamérők egy olyan számlálót tartalmaznak, amelyik megszámlálja a beállított kapuidő alatt beérkező impulzusok számát. Az IP hálózaton továbbított adatfolyam adatsebességét hasonlóan lehet mérni, de itt csak az UDP csomagokat tudjuk számlálni, mivel a bitek külön-külön nem értelmezhetők. A digitális mérési eljárásból adódó hiba így  $\pm \text{UDP csomag}$ . A mérés végén az adatsebességet a darabszám és az adatcsomagban lévő bitek számának szorzata adja. Magyarázatra azért van szükség, mert az UDP csomagban (7 TS packet/UDP) rendszerint  $7 \times 188 \times 8 = 10528$  bit van, így a felhasználó a  $\pm 1$  digit, azaz kb.  $\pm 10$  kbps hibát szokatlanul nagyra látja. Az általánosan használt 40...50 Mbps sebességű streameknél a  $\pm 10$  kbps nagyságú hiba már  $1 \times 10^{-3} \dots 1 \times 10^{-4}$  értékre csökkenti a mérés pontosságát. Kisebb adatsebességek esetében pedig ez a hiba a bemutatott értékek sokszorosára nő. Megjegyzendő, hogy amit itt hibának nevezünk, az csak az analóg technikához képest látszik hibának, ez valójában az IP technológia és a digitális technika sajátossága.

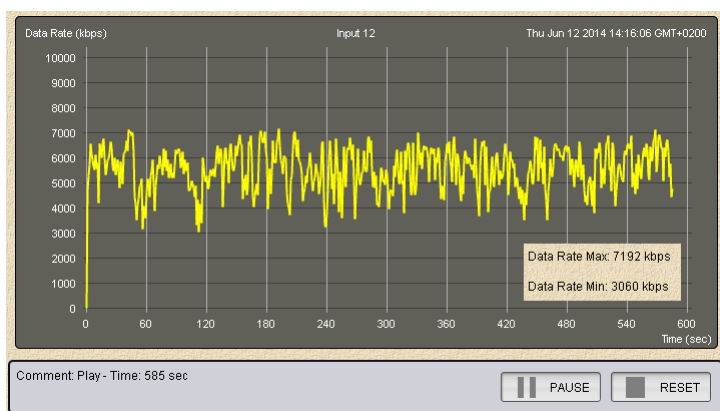
### 3. Egy rövid, de fontos kitérő

A digitális televíziótechnika fejlesztése az elmúlt években befejeződött, a jelenlegi fejlesztések sokkal inkább utómunkálatoknak vagy finomításoknak nevezhetők. A széleskörű alkalmazás megkezdése világszerte új piaci helyzetet teremtett, a fejlesztéssel és kísérleti rendszerek építésével foglalkozó cégeknek, így a CableWorld Kft.-nek is új piacok után kell nézni, mert a nagy darabszámú gyártásra a multinacionális cégek időben rátették a kezüket.

A CableWorld vezetése látja, hogy profitot is hozó, komoly üzletmenetet csak egyedi, különleges igényeket kielégítő termékekkel lehet. A fejlesztés javaslatára a cég az elmúlt évben a mérés technika felé fordult és megkezdte az üzemeltetői igények kielégítésére szolgáló termékek fejlesztését. E cikk nem titkolt célja, hogy az olvasót bevezesse erre a területre. A következőkben bemutatásra kerülő mérési eljárások, grafikonok stb. már az új fejlesztés részeredményei.

#### 4. Az adatsebesség megjelenítése

A mai kor embere nem képes nagy adathalmazok áttekintésére, ezért mérőműszereink tervezésénél fontos szempontnak tekintjük, hogy a kezelőfelület webes környezetben legyen megjeleníthető és csak a valóban fontos információkat tartalmazza. A 2. ábrán egy videó stream adatsebességének időbeni változásait mutatjuk be. A kezelőfelület a vizsgált időtartományban elért minimum és maximum értéket külön is feltünteti, így annak leolvasásával nem kell bajlódni. Az időkapu 1 másodperc, a grafikon 10 perc változásait szemlélteti. A koordináta rendszert a szoftver automatikusan állítja, a jobb szélre érve a görbe automatikusan 5 perccel balra tolódik.



2. ábra

Egy videó stream adatsebességének időbeni változásai

#### 5. Az IP Jitter mérése

Az IP hálózaton továbbított adatok jelenleg csak bonyolult és drága mérőműszerekkel vizsgálhatók. További hátrány, hogy ezek még nem támogatják kiemelten a televíziótechnikai jelek mérését. A fenti adatsebesség görbét szemlélve változó adatsebesség látható, de nem megállapítható, hogy ebből mennyi a VBR tulajdonsághoz tartozó és mennyi az IP hálózat átvitelének egyenletlenségéből adódó érték. A következő gondolatmenetben azt mutatjuk meg, hogyan jutottunk el egy olyan mérési módszerhez, amellyel az IP hálózat átviteléről tudunk képet kapni.

Elsőként készítsünk olyan áramkört, amelyik a két UDP csomag közötti időt méri. Az 1. ábrán 263  $\mu$ s nagyságúnak jelöltük ezt az időt. Mivel a másodpercenként adódó néhány ezer adat bonyolulttá teszi a kijelzést, továbbra is alkalmazzunk 1 másodperces időkaput és csak az ezen belül jelentkező legkisebb és legnagyobb értéket tartjuk meg.

Az UDP csomagok közötti idő még mindig nehezen értelmezhető a felhasználó számára, ezért a  $T_{\min}$  és  $T_{\max}$  idők felhasználásával számítsuk ki azt, hogy mekkora lenne az adatsebesség akkor, ha egymást követően

minden UDP packet a  $T_{\min}$ , illetve a  $T_{\max}$  idővel kerülne továbbításra. Eredményként másodpercenként lesz egy adatsebesség minimum ( $dr_{\min}$ ) és maximum ( $dr_{\max}$ ) értékünk.

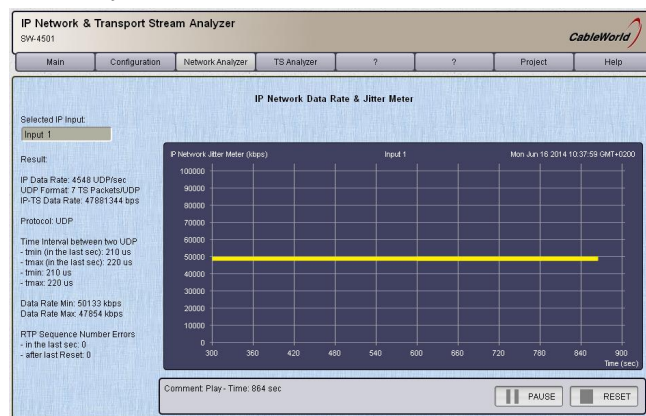
A gondolatmenet végéhez érve, még tegyük meg, hogy a másodpercenként kapott  $T_{\min}$  és  $T_{\max}$  értékek közül tároljuk a vizsgálatunk idejére vonatkozó  $T_{v_{\min}}$  és  $T_{v_{\max}}$  értéket.

A megvalósítás szempontjából az adatok és mérési tartományok vizsgálata azt mutatta, hogy az idő nagyságának mérése a hardver által kínált 16 bites számoló akkor megfelelő, ha a felbontás 10  $\mu$ s nagyságú. Mivel a 65535  $\mu$ s-nál kicsit nagyobb érték is előfordulhat az időkapun belül, az időmérő ezen érték felett 0xFFFF értéken került megállításra.

#### 6. Az IP Jitter ábrázolása

Az adatsebesség ábrázolása egyszerű volt, mivel másodpercenként egy adatunk volt és mindig az előző értéktől kellett egy egyenest rajzolni az új értékhez. A jitter ábrázolásánál két adatunk van, ezért most a  $dr_{\min}$  és  $dr_{\max}$  érték közé húzzuk az egyenest.

Új mérési módszer és új áramkör kidolgozása esetén nagyon fontos, hogy elemi szinten lépésről-lépésre igazoljuk a működés helyességét, ezért elsőként egy 48 Mbps sebességű, FPGA-val előállított streamet adtunk a mérőáramkör bemenetére. A vártnak megfelelő eredmény a 3. ábrán látható.



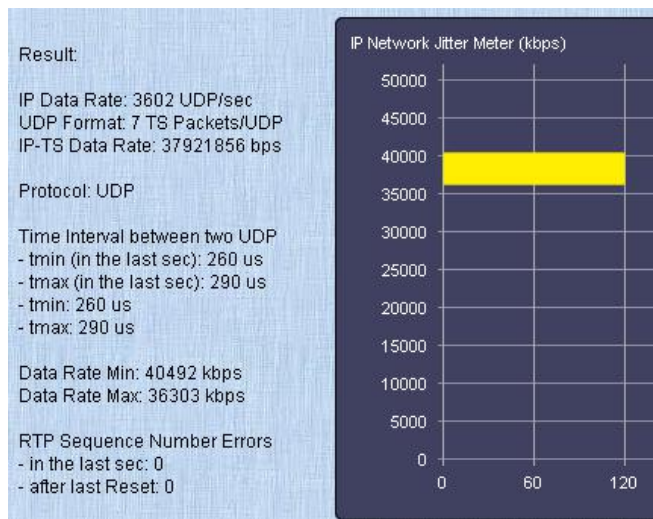
3. ábra

A jitter mentes mérő stream képe a kijelzőn

Mérőműszerünk 210  $\mu$ s és 220  $\mu$ s-nak jelezte az UDP csomagok között mért min és max időt, ami pontosan igazolta a megvalósítás helyességét.

Cégünk egyik büszkesége a 64 csatornás transport stream remultiplexer. Könnyen belátható, hogy több stream előállítása esetén ugyanazon a kimeneten nem megvalósítható az UDP csomagok egyenletes kiadása. Ennek ellenére azt várjuk, hogy a jitter csak kisebb mértékű, mivel az internet forgalom vagy hasonló nem zavarja az átvitelt. Az eredmény a 4. ábrán látható.

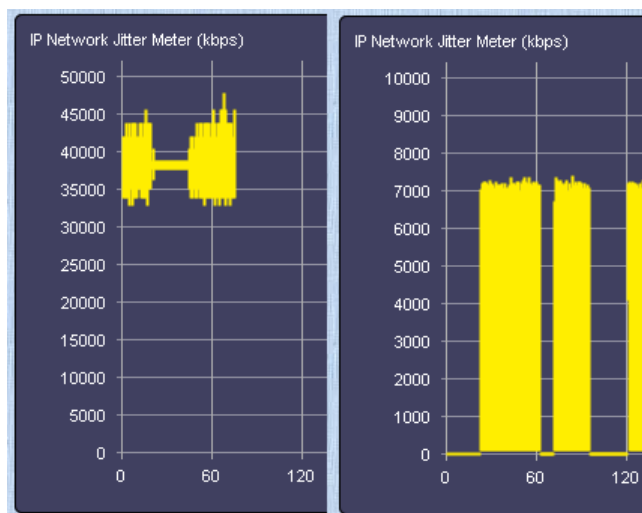




4. ábra

Kisebb, nem véletlenszerű jitter esetén látható grafikon

A 4. ábrán már az is látható, hogy néhány fontosabb jellemző különböző formában is kijelzésre kerül. Az IP hálózaton kialakuló jitter többféle lehet. Az 5. ábrán ezek közül mutatunk be kettőt.



5. ábra

Kétféle jitter az IP hálózaton

Az 5. ábra bal oldalán egy 38 Mbps sebességű QAM modulátort tápláló stream látható. A stream továbbítása másodpercekig egyenletes, majd valamilyen külső tényező megzavarja az átvitelt. A jobb oldali kép egy kisebb adatsebességű stream továbbítását szemlélteti. Itt a zavartatás olyan nagy mértékű, hogy másodpercekig nincs adattovábbítás.

*Jogosan kérdezi az olvasó: milyen tényezők zavarhatják a televíziós adatcsomagok továbbítását?*

Lassan mindenki tudja, hogy az interneten történő böngészés nem használja folyamatosan a hálózatot. Egy-egy honlap letöltése jellemzően akkor okoz a fentiekhez hasonló jelenséget, ha a switch olyan kapuján kell áthaladnia az adatoknak, ahol más adatfolyamok

is jelen vannak. Az egyre népszerűbb Skype csak akkor tud folyamatosan jó minőségű átvitelt biztosítani, ha a hang adatcsomagjai előnyben (prioritás) részesülnek a továbbítási folyamatban. Előnyben részesülni pedig csak valakinek a kárára lehet.

Tegyük fel, hogy az egyik stream vizsgálatánál a következőket látjuk a kijelzőn.

Time Interval between two UDP  
- tmin (in the last sec): 260 us  
- tmax (in the last sec): 290 us  
- tmin: 260 us  
- tmax: 404990 us

A pillanatnyi 260...290  $\mu$ s-os adat meglehetősen egyenletes továbbítást mutat, azonban az alsó sorban olvasható 404990  $\mu$ s arról árulkodik, hogy volt egy olyan időpont, amikor kb. 450 ms-ig egyetlen UDP csomag sem került továbbításra. Nagyfrekvenciás készsüléket, pl. QAM modulátort ilyen adatfolyammal csak akkor lehet táplálni, ha egy megfelelően nagy buffer beépítésével gondoskodunk az adathiányos intervallumok megszüntetéséről. A buffer beépítése egyszerű, azonban a bufferben lévő adatok kiolvasásának ütemezése nagyon komoly műszaki feladat.

## 7. Az RTP átvitel ellenőrzése

Az RTP átvitel az UDP átvitel egy változata. Annak érdekében, hogy némi információval rendelkezzenek az UDP felhasználói az adatcsomag feladásáról és esetleges elvesztéséről az RTP formátum tervezői egy fejléccet építettek az UDP hasznos adatai elé.

Annak ellenére, hogy e kiegészítő adatok használata egyszerűnek látszik, nagyon nehéz az RTP jellemzők vizsgálatához olcsó mérőkészüléket találni. A bemutatott fejlesztés során célul tűztük ki, hogy termékünk az RTP és az UDP csomagok feldolgozására egyaránt alkalmas legyen, ezért beépítettünk egy protokoll (RTP/UDP) és formátum (1...7 TS/UDP) figyelőt is az analízatorba. Az RTP packetek elvesztését figyelő áramkör a következő ábrán látható módon ad tájékoztatást a packetek elvesztéséről.

Protocol: UDP  
RTP Sequence Number Errors  
- in the last sec: 0  
- after last Reset: 0

Mivel packetvesztés az indítási folyamatokban gyakran keletkezik, az átvitel akkor jó, ha a mérési ciklusban nincs hiba, a hosszú idejű hibaszámláló állapota pedig nem változik.

Célunk, hogy a bemutatott fejlesztésből egy olcsó, hordozható készülék szülessen. A fejlesztési eredményekről folyamatosan tájékoztatjuk olvasóinkat.

Zigó József

## SAT &gt; IP™

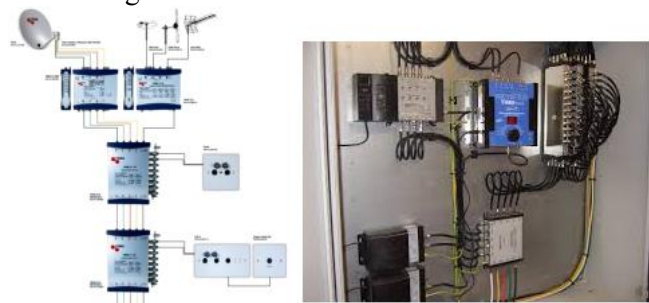
SES Protocol Specification – [www.ses.com/satip](http://www.ses.com/satip)

*Bizonyára elsőként az után érdeklődik a kedves olvasó, hogy valójában mit is rejt ez a sejtelmes cím. Az „IP” betűket látva jól gondoljuk, hogy az IP technológia megint betört, vagy betörni készül valahova. A „SAT” karakterek pedig egyértelműen a műholdas vételre utalnak.*

*Előzetesen elmondjuk, hogy az egyéni és a kisközségi, vagy társasházi műholdas vétel forradalmi változások előtt áll. E változások bizonyára érinteni fogják a televíziótechnika más területeit is, ezért ajánlott időben felfigyelni a készülő változásokra.*

Vélhető, hogy olvasóink többsége lakása, vagy nyaralója tetejére szerelt már parabola antennát. Egyéni vétel esetén a szerelés poros munkálatai után egy jobb minőségű koax kábelt kell kihúzni a fej és a tv-vevőkészülék mellé helyezett műholdvevő közé. A telepítés sikerét, a tv-kép megjelenését általában csak rövid ideig élvezhetjük, mivel a családtagok megjelenésével felvetődik az igény más, az általunk nézetnél „jobb” műsorok vételére. Ez a folyamat teszi szükségessé újabb műholdvevők, SAT szétosztók, további LNB-k, parabola antennák és kábelek megvásárlását és a lakás meglehetősen sok problémával járó átkábelezését.

A kisebb-nagyobb társasházak esetében ez a folyamat előre tervezhető. Mivel a GHz-es tartományba eső SAT KF jelek átkapcsolása és szétosztása nem egyszerű feladat, számos cég forgalmaz e feladatokat ellátó terméket. Az interneten böngészve az 1. ábrán látható rajzok és képek találhatók a mai, meglehetősen bonyolult és drága rendszerek kialakításáról.



1. ábra

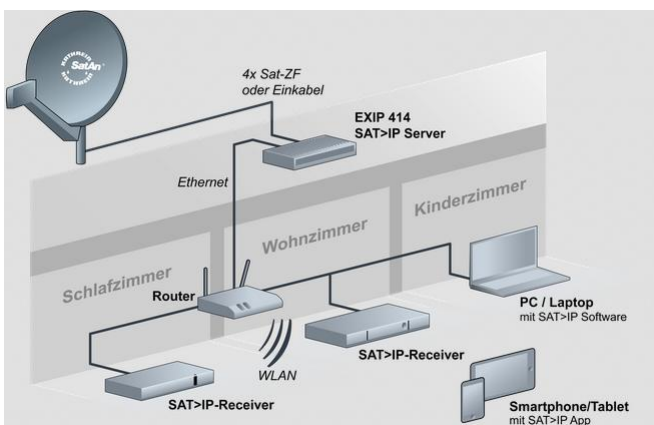
Multiswitch-ekkel épített SAT IF jel szétosztó rendszer

A technika fejlődésével lépést tartani kívánó cégek az elmúlt években összeálltak, és egy olyan rendszert dolgoztak ki, amelyik versenyképesen leváltja a mai megoldásokat. Az összefogásra azért volt szükség, hogy termékeik kompatibilisek legyenek egymással.

A technológia fejlődését elemezve látható, hogy a műholdvevő fejek az elmúlt évtizedben minden képzeletet felülmúló fejlődésen mentek keresztül. Hasonló mértékben fejlődtek a jelek vételére szolgáló tuner és demodulátor IC-k is. A tuner szó egyre inkább nem a hagyományos „pléh” dobozba épített bonyolult szerkezetet jelenti, hanem az ezt kiváltó, külső alkatrészt alig igénylő szilícium lapkát.

A méretek csökkenése és az 1...2 GHz-es SAT KF jel vezetésének nehézsége azt igényli, hogy a tuner modult vigyük minél közelebb a fejhez. Annak érdekében, hogy minél több különböző műsor legyen nézhető, a tunerek számát kell növelni, de ez egyre könnyebben megvalósítható, mivel a szilikon tunerek ára folyamatosan csökken. A tunerek transport streamet szolgáltatnak, így utolsó lépésként csak azt kell megoldani, hogy a TS, vagy annak egy része eljusson a vevőkészülékhez. Ezt a feladatot látja el az IP hálózat, amely lassan minden lakásban jelen van.

Akik közelebből is ismerik korunk technikai megoldásait, azok tudják, hogy a bemutatott hardver működtetéséhez egy meglehetősen bonyolult vezérlő rendszer, azaz szoftver szükséges. A SAT>IP rendszer kidolgozói e szoftver megírásához szükséges protokollt dolgozták ki. Egy egyszerűbb, de mégis teljes rendszer kialakítását szemlélteti a 2. ábra. A működés ismertetése közben többször is erre az ábrára fogunk hivatkozni.



2. ábra

Egy SAT > IP rendszer blokkvázlata

A 2. ábrán SAT > IP szolgáltatást megvalósító kis-méretű server fényképe a 3. ábrán látható.



3. ábra

A Kathrein gyártmányú EXIP 414 SAT > IP Server fényképe

A működési folyamat áttekintéséhez ülünk le az egyik műholdvevő elé és kérjük le kedvenc sportcsatornánk adatfolyamát. A műholdvevő jelzi igényünket a szerver felé, a szerver beprogramozza az első tunert, majd a transport streamből kiszűrve a kért videó és hang adatfolyamot az IP hálózaton keresztül leküldi azokat a vevőhöz. Amennyiben a másik vevőhöz is leül valaki, és ugyanezt a műsort kívánja nézni, a szerver oda is leküldi ezeket. Amikor ebből a csatornából egy másik műsort kérnek le, a szervernek más adatfolyamokat kell kiszűrnie és leküldenie ebből a TS-ből.

Tegyük fel, hogy közben a harmadikként bejelentkező családtag egy másik csatornán (frekvencián) vehető műsort kíván nézni. E kérés teljesítéséhez a szervernek egy másik tunert kell konfigurálnia az új TS vételéhez. Bonyolódik a helyzet, ha a szerver nem talál üres tunert, és nem tudja teljesíteni az új kérést. A protokoll szerint mindig annak van prioritása egy-egy tuner használatához, aki előbb jelentkezett az adott csatorna vételére. Mivel mi elsőként jelentkeztünk a sport műsor vételére, örömmel nyugtázzuk, hogy ezt anyósunk nem tudja elvenni tőlünk.

Érdekes helyzetet teremt, ha mi befejezzük a sport műsor nézését, de a családból valaki egy későbbi időpontban bekapcsolódott és foglalja a tunert, illetve ha ő akarja másik csatornára hangolni a tunert stb.

A telepítő vagy a rendszerépítő szemével elemezve a protokollt, meg kell állapítani, hogy meglehetősen bonyolult, ezért várható, hogy az első rendszerekben meglehetősen sok lesz a szoftver hiba. Csökkenne a hibák száma, ha a gyártók ugyanazt a szerver szoftvert használnák, de a versenyhelyzet jelenleg másra kényszeríti őket.

Mint tudjuk, az IP hálózaton mindenki hallgat, senki semmiről nem tud semmit. A felhasználó nem hajlandó vagy nem képes konfigurálni a készülékeket, így a rendszer nem tud elindulni. Ennek feloldására a szerver a 239.255.255.250:1900 IP címen hirdeti magát. A rendszer elemei ennek a multicast üzenetnek a vételével indítják csatlakozásukat. A protokoll értelmezéséhez olyan új jelöléseket kell megtanulnunk, mint az

**SSDP** Simple Service Discovery Protocol,  
**RTSP** Real Time Streaming Protocol vagy az  
**RTCP** Real Time Transport Control Protocol stb.

Az internet használatánál megismert módon a SAT>IP hálózathoz kapcsolódó készülékek is DHCP konfigurációs eljárás keretében kapnak IP címet. Új fejlesztésről lévén szó, ez a protokoll mindenféle helyzetre (például nincs DHCP szerver) igyekszik megoldást adni. Annak érdekében, hogy a telepítőnek ne



kelljen a rendszer konfigurálásával sokat foglalkoznia, a protokoll több, kisebb-nagyobb szerver,

vagy kiszolgáló egység automatikus összekapcsolására is kínál megoldást. A tervezők még az egyik vagy másik készülék kikapcsolása, majd visszakapcsolása esetén szükséges teendők ellátására is gondoltak.

A protokoll elemzéséből az látszik, hogy hibás működés esetén a szakembernek ehhez hasonló utasítás sorozatot kell majd kiadnia:

- Kapcsolj ki mindent
- Kapcsold be a szervert
- Várj 3 percet a konfiguráció lefutására
- Kapcsold be a második vevőegységet stb.

... és szerencsés esetben akár 10 percen belül automatikusan feláll a SAT>IP rendszer.

Talán már meg sem kell említeni, hogy a SAT>IP hálózatot a Wi-Fi routerrel összekötve otthonunkban eddig nem remélt lehetőségekhez jutunk. Megfelelő alkalmazásokon keresztül telefonunkról, számítógépünk-ről vagy tabletünk-ről is nézhetjük a műsorokat. A számos előny között ki kell emelni azt, hogy a SAT>IP rendszer sem az adatsebességen, sem a tömörítésen nem változtat, így vevőkészülékünkön a korunk versenytársait (IP, GSM) megelőzve a legjobb minőséget biztosíthatjuk magunknak.



Az interneten böngészve látható, hogy ma már számos cég kínál SAT>IP protokoll felhasználásával működő készüléket. Lehetséges, hogy a labdarúgó VB-t is már sokan ilyen rendszerhez csatlakozva nézik.

Az oldal tetején elhelyezett ikonok azt kívánják érzékeltetni, hogy a rendszer nem maradt meg a műholdas vétel területén, a kábeles és a földi műsorsugárzás jelei is bevihetők a rendszerbe, a protokoll e tunerok vezérléséhez is nyújt támogatást. Arról jelenleg nincs információnk, hogy mely tv-vevőkészülékek alkalmasak a SAT>IP rendszerbe történő bekapcsolódásra. A tv-vevőkészülékek esetében a jel bevitele akár megoldottnak is tekinthető, a nehézséget a protokoll megvalósítása, a kezelőfelület kialakítása jelenti. Mivel e rendszerek bonyolultságuk ellenére olcsóbbak lesznek a jelenlegiekénél, várható, hogy a kórházi, intézményi, iskolai stb. hálózatokban is helyet kérnek maguknak.

Tóth Miklós



## DVB-T-T2-C Receiver

Egy jellemző fejlesztési folyamat bemutatása

Újságunk 54. számában beszámoltunk arról, hogy milyen irányba fejlődtek a tunerek az elmúlt években, és elmondtuk, hogy sikerült egy olyan szilikon tuner beszerezniünk, amelyik a DVB-T, -T2 és C jelek vételére alkalmas.

Az elmúlt hónapokban készüléket építettünk a tunerből és elkészült a szilikon tuner vezérlő szoftvere. A következő hónapokban elkészül a webes kezelőfelület is, így időszerű a készülék bemutatásának megkezdése.

A cikket úgy állítottuk össze, hogy a készülék bemutatása mellett a diplomatervet készítő hallgatók, vagy a témakörrel most ismerkedő fiatal mérnökök a fejlesztési munka elvégzéséhez szükséges ismeretekről is képet kapjanak.

Külföldi partnereink az utóbbi két évben intenzíven érdeklődnek arról, hogy mikor lesz végre a DVB-T2 jelek vételére alkalmas vevőkészülékünk. A válaszokban kissé szégyenkezve kellett mondanunk, hogy egyelőre nem tudunk ilyet készíteni, mivel a készülék építéséhez szükséges tuner egyetlen cégtől sem tudjuk beszerezni. A helyzet az elmúlt év végén változott meg, amikor a képen látható tunerből sikerült 400 darabot vásárolni egy kínai cégtől.



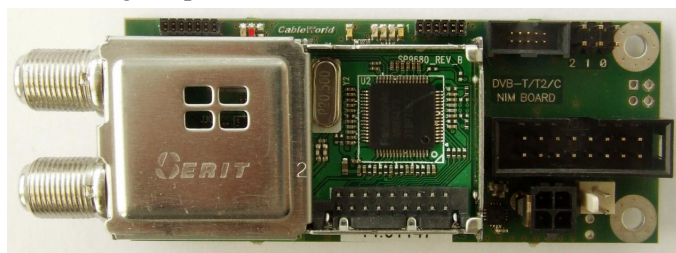
1. ábra

A részegységként vásárolt tuner fényképe

Jogosan vetődik fel a kérdés: miért kell induló tételként 400 darabot vásárolni akkor, amikor a fejlesztést még el sem kezdtük? A válasz egyszerű: a technika fejlődése következtében, lehet, hogy ez a tuner a 6-8 hónapos – egyébként rövidnek számító – fejlesztési idő után már nem is lesz beszerezhető. Gyakran előfordul, hogy a szállító cég időközben újabb változat gyártására áll át és ebből nem indít további sorozatot. A mi néhány száz darabos igényünk a nagy cégek számára nem tétel, ők 100.000 darab alatt külön senkivel sem foglalkoznak. Nálunk viszont a 400 darab ára sokkal kisebb, mint az alkalmazás fejlesztésének költsége.

A beszerzési folyamatban komoly gondot kell fordítani a fejlesztéshez szükséges dokumentációk begyűjtésére, ugyanis ezek nélkül kizárólag az alkatrészekből készüléket építeni nem lehet. A nagy multinacionális cégek ma azzal védik termékeiket, hogy az alkatrészekhez és részegységekhez tartozó dokumentációkat a kis cégek számára elérhetetlenné teszik.

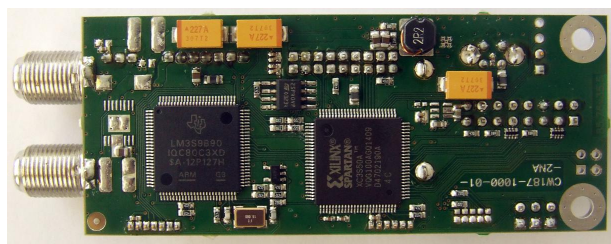
Az 1. ábrán látható tunerhez 6 kötetben kb. 300 oldalas leírás és egy CD melléklet tartozik. A korábban általunk alkalmazott tunerek és demodulátorok mindegyike úgy működött, hogy az egységnek volt egy regiszter sora (100 ...200 byte), ezt kellett feltölteni, a belső kontrollerrel ezen keresztül lehetett kommunikálni. Például a demodulálási folyamat újraindításához az egyik regiszter adott bitjét nullára kellett állítani. E szilikon tuner és háromféle demodulátort is tartalmazó egységnél a regiszteres vezérlés már túlzottan bonyolulttá tette volna a vezérlő szoftver megírását, ezért a tervezők új módszert választottak. Az I<sup>2</sup>C busz vezérlést megtartva C nyelvű kód darabokat írtak a tuner konfigurálásához. A CD melléklet e kódokat tartalmazza. Például a vételi frekvencia beállításához a Set-Frequency függvényt kell meghívni, amelyik az I<sup>2</sup>C buszon keresztül az összes szükséges műveletet elvégzi. A tervezési folyamat elején a team egyik tagja nyomtatott áramkört készített a tuner tápellátásához és vezérléséhez, a másik tagja a függvényeket írta át. A tuner fogadó panel a 2. ábrán látható.



2. ábra

A DVB-T-T2-C tuner fogadó panel felülnézetben

Mint láttuk, a tuner működtetése egy mikrokontrollert igényel, ezért a panel aljára ráépítettük a Texas cég LM sorozatú mikrokontrollerét.



3. ábra

A tuner fogadó és vezérlő panel alja a mikrokontrollerrel



A panel 3,3V-ról működik, a tekercs és a mellette lévő néhány alkatrész a tuner számára állít elő +1,2 V-ot. Az F csatlakozók között egy 5 V-os tápegységet is elhelyeztünk. Ennek feladata lesz az előerősítő táplálása, ha a felhasználó kívánja. Ez a ki- bekapcsolható zárlatvédett +5 V-os táp a fényképen látható panel változaton nincs beültetve.

A felülnézetben látható miniatűr 10 pólusú csatlakozó a készülékbe épített web szerver és a mikrokontroller között biztosítja a kapcsolatot.

A most már működőképes tuner modul birtokában lehet gondolkodni azon, hogy milyen készülékekkel jelenjünk meg a piacon. Rendszerépítőink javaslatára elsőként a 4. ábrán látható demodulátorral fogunk jelentkezni. Ebbe a műszervázba 6 db tuner és négy darab CI modul építhető maximálisan, de annak érdekében, hogy partnereink optimális rendszereket építhessenek, a készüléket csökkentett modulszámú változatokban is szállítjuk.



4. ábra  
A DVB-T-T2-C Receiver fényképe

Új demodulátorunk ASI és IP kimenőjelet egyaránt szolgáltat. Az IP kimeneten 4 kimeneti stream előállítása egy tuner jeléből és VLAN tagging funkciók egyaránt biztosítottak. A hátlap kialakítása az 5. ábrán látható.



5. ábra  
A DVB-T-T2-C Receiver hátlapjának kialakítása

A XXI. század készülékei, rendszerei és megoldásai már olyan mértékben bonyolultak, hogy alig található olyan szakember, aki azok kezelését, felépítését részletesebben is ismeri. Példaként a mindenki által ismert USB 2.0 és USB 3.0 interfészt véve elmondható, hogy használatát az óvodásoktól a nagymamáig mindenki ismeri, alkalmazását minden területen egyszerűnek és természetesnek vesszük, miközben a hozzá tartozó több mint ezer oldalas leírást olvasva felvetődik a kérdés: ki tudja ezt megvalósítani?

Ma már olyan bonyolultak a kommunikációs rendszerek, hogy szinte csak egyetlen team képes a megvalósításra – vélhetően az, amelyik a szabványt kidolgozta – és erősen kétséges, hogy ez másnak is sikerül. Az alap elkészítése (pl. az adatátvitel szoftverének megírása) még megvalósítható, de a hibák és kivételek fel-

ismerése és kezelése oly szerteágazó és bonyolult, hogy azt a további teameknek igen nehéz átlátniuk. Ebből következik az, hogy ma már e bonyolult eljárások ismételt megírására még a legnagyobb cégek sem vállalkoznak, ehelyett a kódokat megveszik és azt kész modulként illesztik termékükbe. Talán nem szükséges bizonyítani, hogy e kódok ára meglehetősen magas, így csak a tőkeerős, nagy darabszámban terméket értékesítő cégek tudják azt megfizetni. Fentebb az USB interfészt emeltük ki, de hasonló a helyzet a DDR 3 memória vezérléssel, a HDMI változatokkal, a beépített controllerekkel, az SNMP megvalósításával, a Common Scrambling algoritmussal stb.

Visszatérve a vevőkészülékeinkhez, tapasztaltuk, hogy már az igen egyszerű és átlátható QAM demodulátorok konfigurálása is egyeseknek fejtörést okozott. A DVB-T vevők első generációs – automaták nélküli – változatainak konfigurálásához az előzőnél is több támogatást kellett nyújtanunk. A T2 demodulátor labor tesztjei azt mutatják, nem várható, hogy lesz olyan felhasználó, aki az auto üzemmódok használata nélkül fel tud állítani egy saját demodulációs folyamatot, azaz úgy tudja párosítani a konfigurálandó jellemzőket, hogy azzal a demodulátor képes a bemenőjelet helyesen demodulálni.

A CableWorld ez ideig igyekezett termékeit úgy kialakítani, hogy azok a professzionális igényeknek is megfeleljenek, azokkal speciális mérések, fejlesztések is elvégezhetők legyenek. A DVB-T2 rendszer már olyan mértékben bonyolult, hogy például hazánkban egy-két mérnökön kívül senki sem tudja azt manuálisan konfigurálni. Lehetséges, hogy e területen is változunk kell, és mindent auto üzemmódra kell állítanunk. Véglegesen még nem döntöttünk, de igen valószínű, hogy a jellemzők manuális beállítására néhány kivételtől eltekintve most nem adunk lehetőséget.

A bemutatott DVB-T-T2-C Receiver mellett tervezzük, hogy a tuner egységet további készülékeinkben (analizátorok és teszterek) is felhasználjuk.

Ezúton is felhívjuk a diplomatervezők és szakmai gyakorlatot folytatók figyelmét arra, hogy ez az önállóan működő, kívülről programozható tuner egység többféle érdekes alkalmazás megtervezésére nyújt lehetőséget. A munka keretében többnyire csak szoftvert kell írni valamilyen érdekes feladat megoldására. Példaként az üzemeltetői feladatok támogatásához lehetne olyan mérőautomatát készíteni, amelyik a sokcsatornás fejállomás kimenőjelét ellenőrzi, esetleg minősíti. A tunert hordozható műszervázba építve olyan mérő- és ellenőrző műszerek kialakítására nyílik lehetőség, amelyek az okos telefonon vagy tablet felhasználásával teszik lehetővé a jelek ellenőrzését.

Veres Péter

## CW-4516 Stream Splitter

4/16-os fizikai/logikai transport stream elosztó

A digitális televízió rendszerek – köztük a kábeltelevízió fejállomások – egyre gyakrabban illesztenek rendszerükbe különböző IP hálózatokról érkező műsorokat. A helyi televízió stúdiók az általuk előállított MPEG-2 vagy MPEG-4 szerint kódolt műsort újabban nem egy, hanem több nagy szolgáltatóhoz is el kívánják juttatni. A műsorok begyűjtésénél és szétosztásánál is a legegyszerűbb megoldás a széleskörűen használt switch alkalmazása, azonban ez ellen a nagy cégek tiltakoznak, mert rendszerük nyitottá válik.

A cikkben azok számára kínálunk megoldást, akik ugyanazt a transport streamet a fenti problémák nélkül kívánják több helyre továbbítani.

A helyi stúdió jele az MPEG-2 vagy MPEG-4 Encoderén áthaladva kerül digitálisan továbbítható formára. Amikor néhány száz méternél távolabbi helyre kell átvinni a kimenőjelet, az IP kimenetet használjuk. Nincs probléma, ha a kimenőjelet csak egy szolgáltatónak (pl. kábeltelevízió fejállomásnak) kell átadni, mivel ilyenkor az Encoder kimeneti csatlakozójába a szolgáltató kábele közvetlenül bedugható. A probléma akkor jelentkezik, amikor egy második szolgáltatónak (pl. DVB-T állomás) is át kívánjuk adni a jelet, mert a jel szétosztásához az ábrán látható módon egy switchet is be kell iktatni.

1. ábra  
A IP kimenőjel szétosztása switch alkalmazásával



A switch beépítése után a két szolgáltató „látja” egymást, az egyik zavarni tudja a másikat, például az üzenetszórásos adatcsomagok akaratlanul is átmennek a másik hálózatába.

Megoldást jelent két Encoder alkalmazása, de ezt a stúdiósok a magas ár miatt elvetik. Szóba jöhet egy Gateway alkalmazása is, de ennek is magas az ára. Az egyéb szoftveres megoldásokban viszont a nagy szolgáltatók nem bíznak.

A fenti problémák megoldására a CableWorld korábban kifejlesztett és ma gyártásban levő részegységei közül 5 darab Gigabit Ethernet Controller panelt épített egy műszervázba. Az első feladata a streamek

vétele és párhuzamos adatfolyammá (transport stream) történő alakítása. A Gigabit Ethernet Controller panelünk 4 IP stream vételére alkalmas. A készüléken belül egy TS szétosztó egység 4 kimeneti egységhez juttatja el ezt a négy jelet. A négy kimeneti egység a külvilágtól függetlenül streameli a négy darab TS-t. A készülék fényképe a 2. ábrán látható.

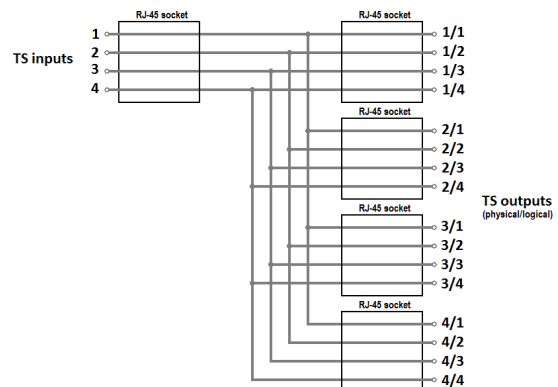


2. ábra  
A Stream Splitter fényképe

A négy kimenet egymástól függetlenül konfigurálható. A hátlap kialakítását a 3. ábra szemlélteti. A belső felépítést a 4. ábra mutatja.



3. ábra  
A Stream Splitter hátlapja



4. ábra  
A Stream Splitter belső kialakításának vázlatja

Az IP hálózatok építésénél használt switchek ma már számos változatra konfigurálhatók, azonban e konfiguráció bármikor megváltoztatható, vagy akár egy véletlen reset utasítással kiiktatható. Előfordul, hogy a switch valamilyen okból hibásan működik és ilyenkor a konfigurált szétválasztás megszűnik.

A készülékünkben a fizikai szétválasztás azt jelenti, hogy nem létezik olyan szoftver vagy hardver hiba, aminek következtében ez a szétválasztás megszűnne, a hiba következtében a kimenetekre kötött szolgáltatók kapcsolatba kerülnének egymással. A logikai szétválasztás szabad, a másik kimenettől teljesen független konfigurálási lehetőséget jelent. Például a négy kimenet mindegyikén előállítható ugyanaz az IP stream.

Baranyai Zoltán

### Ötletek a Bridge TS Remultiplexer használatához

A CW-4450 a professzionális rendszerek igényeinek kiszolgálására is képes

A CableWorld legújabb remultiplexere a Bridge TS Remultiplexer, amely kiemelkedően jó paraméterei mellett néhány különleges szolgáltatással is rendelkezik. Különlegesnek számít többek között az, hogy a 6 bemenet külön-külön ASI és IP bemenetnek is konfigurálható, az így adódó 12 bemenet mindegyikén changeover figyel a TS meglétét és tartalékra kapcsol, ha jelkimaradást észlel.

Többen is jelezték, hogy szívesen olvasnának arról, hogyan lehet ezeket a különleges szolgáltatásokat használni, a fejlesztés során milyen elképzelések motíváltak bennünket e lehetőségek kidolgozására.

A tartalékra kapcsoló alkalmazás készítésének vannak egyszerűbb és bonyolultabb változatai. A legegyszerűbb változat az, amikor pontosan ugyanaz a stream áll rendelkezésünkre IP és ASI változatban is. Ilyenkor az egyiket – például az IP-t – elnevezzük elsődleges forrásnak, a készülék ezt a jelet figyeli folyamatosan és ennek kimaradása esetén kapcsol át a tartalék-ként megjelölt ASI bemenet jelére.

Nehezíti a helyzetet, ha a tartalék jelben nem ugyanazon a PID értékeken jönnek a műsorok. A szoftver mindkét bemenet jeléből TS reportot készít, és mindkét reportból lehet szerkeszteni, azonban ilyen esetben manuálisan kell a PID remapolását elvégezni azért, hogy a szoftver ne készítsen két táblát ugyanahhoz a műsorhoz. Nem alkalmazható ez a szerkesztés, ha a fő streamben a tartalék jel PID értékei előfordulnak.

A két bemenet jeléből történő független szerkesztés kiválóan használható például a helyi stúdiók jelének időszakos bevitelére. Szerkesszük be a stúdió jelét fő streamként, majd a tartalék bemenetről szerkesszük be azt a műsort, amelyet a stúdió üzemszüneteiben kívánunk a streambe építeni. A szoftver mindkét streamhez készít táblákat, azok meg is jelennek az előfizető készülékén, azonban a kettő közül mindig csak az egyik fog tényleges műsor adatfolyamokat tartalmazni. A stúdió bekapcsolásakor a remultiplexer automatikusan átkapcsol a stúdió jeleinek továbbítására, annak üzemszünetében az általunk megadott műsort továbbítja.

Ugyanez a módszer használható éjszakai műsorok bevitelére stb., ha képesek vagyunk a jelforrást, vagy az átviteli utat időkapcsolóval befolyásolni. Legegyszerűbb esetben egy 1000 Ft-os programozható óra kapcsolja be az éjszakai műsort szolgáltató műholdvevő tápfeszültségét. Komolyabb rendszerekben órával



A CW-4450 Bridge TS Remultiplexer fényképe

ellátott changeover az ASI adatfolyam kapcsolgatásával látja el ugyanezt a feladatot.

A Bridge Remultiplexer egy másik újdonsága az, hogy a duplikált ASI kimenőjel mellett IP kimenőjelet is szolgáltat. A kimeneti multiplexer ugyanazt az adattartalmat négy eltérő kialakítású IP streambe tudja beépíteni, azaz az egyik lehet unicast, a másik multicast, egyesek lehetnek UTP, mások RTP formátumúak, eltérhetnek egymástól a TS packetek számában stb. Kiemelkedő újdonság, hogy a négy stream különböző irányokba VLAN tagging-gelhető is.

A kezelő szoftver készítésénél úgy láttuk, hogy e nagyszámú újdonság megnehezíti a szakmában kevésbé jártas felhasználók dolgát, ezért a szoftver Basic módjában a készülékkel csak egy IP kimeneti stream állítható elő, a további lehetőségek kihasználásához át kell térni az Advanced módra.

A fejlesztésünk számára minden esetben komoly fejtörést jelent az, hogy milyen mértékben képesek majd a felhasználók kezelni azt a sok-sok szolgáltatást, amelynek megvalósítását a hardver egyébként lehetővé teszi. A Bridge TS Remultiplexer az eddigi funkciók mellett a 6 ASI bemeneti adatfolyamból alakítás nélküli IP adatfolyam előállítására is képes. Másként fogalmazva a készülék 6 darab ASI to IP Converter modult is tartalmaz. A Converterek kezelőfelülete is csak Advanced módban érhető el és használatát csak azoknak javasoljuk, akik képesek átlátni e sokféle konfigurációs lehetőséget. Fontos tudni, hogy Basic módra visszalépve a szoftver automatikusan kikapcsolja a 3+6 kimeneti streamet és csak a fő IP streamet állítja elő.

Természetesen ezzel a különleges szolgáltatásoknak még nincs vége. Befejezésül még felhívjuk a figyelmet arra, hogy ez a remultiplexer az NCO és a PLL mellett a hat bemenet órajeléről, esetleg kívülről betáplált órajelről (ez most nincs a hátlapra kivezetve) is képes működni. Professzionális rendszerekben – például a DVB-T-ben, ahol az órajel és annak pontossága határozza meg a modulációs jellemzőket – nélkülözhetetlenek az ilyen, általános alkalmazásokban említésre sem méltó szolgáltatások. A részletesebb információk rendszerépítő mérnökeinktől kérhetők.

Zigó József



## Az UTP kábelek világa

A témával foglalkozó cikkünk második, befejező része

Az előző cikkben bemutattuk, hogy egyre szélesebb körben kezdik alkalmazni a csavart érpárt a nagyfrekvenciás jelek átvitelére is. Mint jeleztük, szándékunkban áll egy olyan mérőadapter elkészítése, amellyel az UTP kábelek nagyfrekvenciás jellemzői megmérhetők. Az adapter elkészült, a méréseket elvégeztük, a mérési eredményeket és tapasztalatainkat foglaljuk össze a cikkben.

Annak érdekében, hogy az eredmények kiértékeléséhez legyen miből kiindulni, CommScope nevű kábelgyártó cég honlapjáról letöltöttük az F59 HEC2 VV típusú, kifejezetten jónak mondható koax kábel adatlapját. Első ábránk az adatlapról mutat be néhány jellemző értéket.

Specifications	Electrical Performance
Frequency	Attenuation (dB/100 m)
5 MHz	2.82
250 MHz	13.45
500 MHz	18.70
1000 MHz	26.64

1. ábra

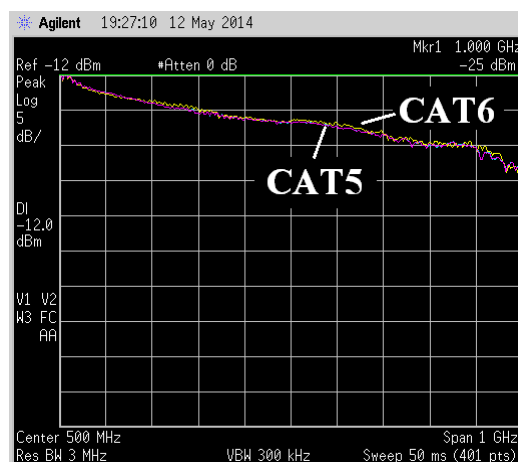
Egy jó minőségű koax kábel jellemzői

Fontos megjegyezni, hogy ez a kábel ötszörös árnyékolással fejátlomások kábelezéséhez készül. A reflexiós tényező 20 dB, vagy jobb 1000 MHz-ig.

A mérőműszerek jellemzően 50 vagy 75 ohmos, aszimmetrikus kialakításúak. Az adapterben egy SMD transzformátor átalakításával sikerült a 100 ohmos csavart érpár (szimmetrikus tápvonal) és a mérőműszerek közötti impedancia illesztést megoldani. A felső határfrekvenciát 1 GHz-re terveztük, így 0,1 mm-es pontossággal kellett a nyomtatást kialakítani. A szórt kapacitások jelentős mértékben befolyásolták a mért eredményeket.

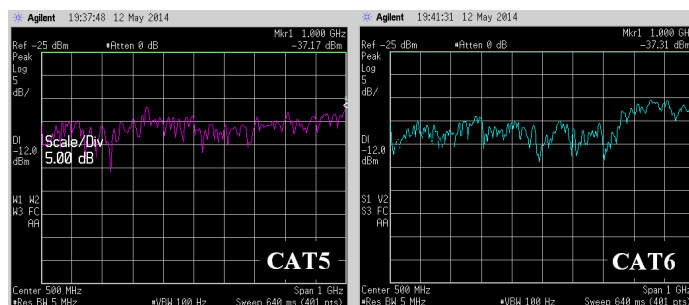
A tesztelés során különböző hosszúságú, általunk szerelt CAT5 és CAT6 kábeleket, valamint készülékekhez mellékelt, tehát nagy darabszámban gyártott összekötő kábeleket vizsgáltunk.

Elsőként azt állapítottuk meg, hogy a CAT5 és CAT6 kábelek között frekvenciamenet és reflexiós csillapítás szempontjából jelentős eltérés nem tapasztalható. Ennek ellenére feltűnő volt, hogy a sokféle – nem általunk szerelt – kábel között voltak kiemelkedően jó és egészen gyenge minőségű kábelek is. A 2. ábrán 10 m hosszú CAT5 és CAT6 kábel frekvenciamenetét, a 3. ábrán ezek reflexiós csillapítását mutatjuk be.



2. ábra

10 m hosszú CAT5 és CAT6 kábel frekvenciamenete



3. ábra

10 m hosszú CAT5 és CAT6 kábel reflexiós csillapítása

Tapasztaltuk, hogy a görbék jelentős mértékben változnak a kábelek hajlítgatásával. Figyelembe véve a hosszak eltéréséből (10 m/100 m) adódó 20 dB-t, megállapítható, hogy az érpár csillapítása hozzávetőlegesen duplája az 1. ábrán bemutatott koax kábel csillapításának.

Bársony Sándor