

MPEG-4 alapú átvitel megvalósítása a DVB-T technikában

ENYEDI BALÁZS, KONYHA LAJOS, SZOMBATHY CSABA, TRAN MIN SON,
DR. GSCHWINDT ANDRÁS, DR. SZOKOLAY MIHÁLY, DR. FAZEKAS KÁLMÁN

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
szombathy@mht.bme.hu, enyedi@mht.bme.hu

Reviewed

Kulcsszavak: képtömörítés, elérhető sávszélesség-nyereség, jelenetalapú tömörítés, illesztési eljárások

A '90-es években megalkotott, napjaink egyik legszélesebb körben használt képtömörítési eljárása, az MPEG-2 szabvány adja a DVB-technika alapsávi jelátvitelének hátterét. A jelenlegi multimédia alkalmazások által támasztott követelmények azonban meghaladják az MPEG-2 rendszerek által felkínált lehetőségeket. Világszerte ezen igények a mozgóképi az új MPEG-4 szabvány fejlesztésének. Célunk hozzájárulni az ehhez kapcsolódó tevékenységekhez, az MPEG-2 rendszerekben alkalmazott képtömörítési eljárásoknál hatékonyabb módszerek kidolgozásával és ezek DVB-rendszerekbe való integrálásával, ezért az elmúlt évben két projekten is dolgoztunk.

1. Bevezetés

A 2003-as évben végzett egyéves kutatás-fejlesztési projektjeink a következő nagyobb fejlesztési lépésekre tagolhatók:

- DVB-jelátviteli alrendszerek belső interfészeinek kidolgozása és megvalósítása,
- MPEG-4 kodek kialakításához szükséges kutatás-fejlesztési feladatok,
- DVB-T alapsávi csatorna illesztése az MPEG-4 jelfolyamok átviteléhez, rendszerintegráció és
- RF-hatásvizsgálatok.

Projektjeinkben kritikus jelentőségű volt a digitális alapsávi jelfolyamok kezelési módjának rögzítése, részben a problémamentes információátvitel biztosítása, részben a sikeres rendszerintegráció érdekében. Ez elsősorban az MPEG-4 alapú kodekünk és az MPEG-2 átvitelre épülő DVB-T rendszer közötti, lényegében szoftver-alapú illesztés megoldását jelenti (mind az adó-, mind a vevőoldalon).

Ebből következik, hogy első lépésben az MPEG-4 szabvány szerinti kodek fejlesztéséről és annak eredményeiről számolunk be, majd ismertetjük a BIFS eljárást. Ezek ismeretében tudjuk aztán megoldani eredeti célkitűzésünket, az illesztést. Ennek során elvégezzük a rádiófrekvenciás hatásvizsgálatokat is.

2. MPEG-4 alapú kutatás és kodek-fejlesztés

Az általunk kifejlesztett, egyes jellemzőiben egyedien optimalizált MPEG-4 alapú kodek az MPEG-2 rendszerekben alkalmazott blokkalapú tömörítés helyett képkocka alapú, wavelet transzformációt használ. A wavelet transzformáció jelenleg a leghatékonyabban alkalmazható eljárás a képfeldolgozásban. Előnye a korábbi algoritmusokhoz képest (pl. DCT), hogy a jelenlegi térbeli és a frekvenciatartománybeli viselkedését egy-

szerre írja le, ráadásul mind a térben, mind a frekvenciatartományban jól igazodik az emberi látórendszer (HVS) tulajdonságaihoz; ily módon kinyerhetjük a képből az emberi szem számára fontos információkat, a lényegteleneket pedig elhanyagolhatjuk. Ezek mellett a transzformáció számításigénye kisebb, mint ami a korábbi eljárások gyorsított algoritmusának végrehajtásához szükséges. E tény igen fontos a képfeldolgozásban, bonyolult algoritmussal ugyanis nem implementálható a valósidejű jelfeldolgozás.

A wavelet transzformáció eredményeként létrejött együtthatók tulajdonságait nagymértékben befolyásolja a transzformáció bázisfüggvénye. Az elmúlt évtizedekben sok kutatás irányult különböző alkalmazások szempontjából optimális bázisfüggvények kifejlesztésére (Daubechies, Haár, Coiflet, UCLA, stb). Az első (önmagában kódolt) kép transzformálásához a Daubechies 7/9 szűrőket használtuk, mert ezzel sikerült a legjobb minőséget biztosítani, és ezt a bázist alkalmazzák a JPEG 2000 szabványban is állóképek kódolására. A különbségi képek kódolásához a Daubechies 9/3 bázist használtuk. Ezt a wavelet bázist ajánlja az MPEG-4 szabvány is mozgóképek kódolására. A transzformáció során szimmetrikus kiterjesztést alkalmaztunk, ezáltal nem jelentkeznek a kép széleinél a periodikus kiterjesztés esetén megjelenő hamis élek. Színes képeknél a transzformációt külön-külön elvégezzük mind a 3 komponensre (Y, U, V). Természetesen az U és a V komponensek mérete mind vízszintes, mind függőleges irányban feleakkora, mint a világosságjel mérete.

A wavelet transzformáció eredményeként létrejött együtthatókat kvantáljuk majd összegyűjtjük. A három komponens ebben az esetben is egymástól függetlenül kezeljük. A kvantálásra az SPIHT algoritmust használtuk.

A mozgóképtartalom továbbításakor mozgáskompenzáció helyett háromdimenziós wavelet transzformációt és SPIHT algoritmust alkalmaztunk. Az eljárás során a hagyományos mozgáskompenzációt használó al-

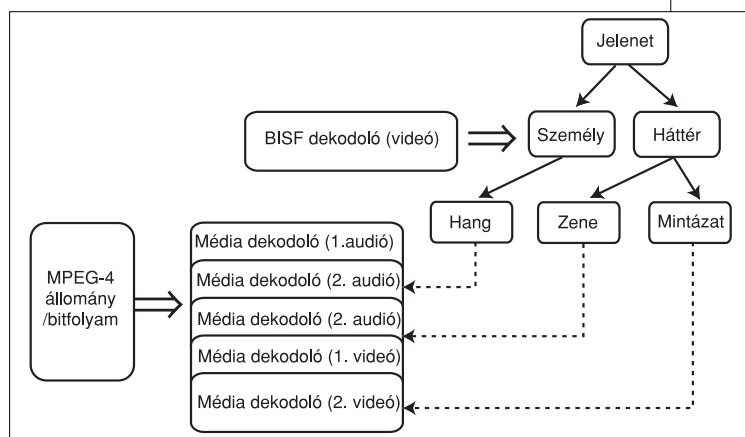
goritmusokkal ellentétben az időbeli redundancia kihasználására is a wavelet transzformációt alkalmazzuk. Az együtttható rendezésre az *általunk módosított* SPIHT algoritmus 3 dimenziós változatát használjuk. Ezek a megoldások az MPEG-4 videó tömörítési szabványhoz könnyen illeszthetők.

3. BIFS-szolgáltatás

Az MPEG-4 szabvány új dimenziókat nyit az MPEG átviteli kapacitás és az általános multimédia- tömörítési technikák terén. Az MPEG-4 a korábbi eljárásoknál magasabb szinten nyújt szolgáltatásokat, integrálja a tartalmat, az interaktív funkciókat és ezek megjelenítését. Másképpen fogalmazva, ha már a multimédia-jelenet számos összetevőt – hang, kép stb. – foglal magában, az adattömörítésen túlmenően feltétlenül szükséges olyan eszköz, amely elősegíti a bonyolult jelenetek megszerkesztését és a komponensek hatékony kezelését. Egy összetett multimédia-jelenet kialakításához a jelenetben lévő összetevők közötti, illetve a jelenet és a felhasználók közti interaktivitás is hangsúlyt kap. A nemzetközi MPEG-4 szabvány elsőként támogatja ezt az új megoldást, nevezetesen multimédia-jelenet összeállítását és interaktivitását, egy újfajta adat – jelenet bináris leírása (BIFS) – bevezetésén keresztül.

Sajnálatos módon meg kell állapítanunk, hogy az MPEG-4 BIFS által felkínált lehetőségek még alig jelennek meg a jelenlegi MPEG-4 alapú alkalmazásokban, amelyek kizárólag az MPEG-4 hatékony hang-kép tömörítési eljárásait használják ki.

1. ábra Multimédia-jelenet hierarchikus struktúrája



A BIFS struktúrája és funkciója

Az MPEG-4 szabvány többfajta hallható-látható objektum kódolásával foglalkozik, például: természetes kép, hang, mintázat, 2-D és 3-D grafikák, szintetikus zene, hang stb. Egy bonyolultabb multimédia-jelenet rekonstrukciójához egyedül a tömörített hangok, képek és más összetevők továbbítása nem elegendő, ezért a BIFS-adatokat, a multimédia egy újfajta komponensét vezetjük be: funkciójuk, hogy a multimédia-jelenetet egy gráfnak megfelelő, hierarchikus struktúrával írják le (1.ábra).

Rövidítések

BIFS	Binary Format Scene (bináris formátumú jelenet)
DCT	Discrete Cosine Transform (diszkrét koszinusz-transzformáció)
ECMA	European Computer Manufacturers Association (Európai Számítógépgyártók Egyesülete)
HVS	Human Visual System (emberi látórendszer)
MPEG	Motion Picture Expert Group (Mozgóképszakértői Csoport)
PAT	Program Association Table (programhozzárendelési tábla)
PES	Packetized Elementary Stream (jelcsomagba ültetett elemi adatfolyam)
PID	Packet Identifier (jelcsomag-azonosító)
PMT	Program Map Table (program-leképezési tábla)
SPIHT	Set Partition in Hierarchical Tree (hierarchikus fán történő halmaz-particionálás)
TS	Transport Stream (hordozó adat/jelfolyam)
U,V,Y	Chrominance (U,V) and Luminance (Y) (színkülönbségi- és világosságjel)
VLC	VideoLAN Client (VideoLAN kliens)

A gráf csomópontjai más-más objektumokat képviselnek, például hangot, mozgóképet, állóképet, grafikát, szöveget stb. Az MPEG-4 filozófia alapján, a BIFS minden lehetséges multimédia jelenetet egy hierarchikus struktúrával ír le, ahol jól látható, hogy egyszerre több hang- és kép-dekódoló működhet párhuzamosan egymás mellett. A gráf struktúrája nem feltétlenül statikus, a csomópontok változhatnak a megjelenítés és a néző beavatkozása következtében is. Ez lehetőséget ad MPEG-4 alapú multimédia jelenet kialakítására. Minden csomópont egy bizonyos attribútum-halmazt képvisel, ezek értékeinek módosításával az adott objektum számos tulajdonsága beállítható.

Az új csomópontok bevezetésekor a csomópontok három nagy csoportját kell figyelembe venni:

- **média-csomópontok**, amelyek tömörített adatfolyamokon (hang, videó, állókép stb.) alapulnak,
- **érzékelő csomópontok**, amelyek bizonyos tulajdonsága változik külső behatásra (például nyomásérzékelő segítségével figyelhetjük az egér megnyomási eseményeit),
- **Script csomópont** (ECMA alapú programok halmaza), felépítését illetve viselkedését teljes mértékben programozhatjuk. A Script-, az érzékelő csomópontok és ezek összekötési mechanizmusa az interaktivitás alapelemei.

A BIFS által felkínált lehetőségek kihasználása érdekében először egy BIFS-szerkesztő struktúráját dolgoztuk ki, majd az ez alapján általunk kifejlesztett BIFS-szerkesztő eszköz segítségével különböző bonyolultságú, interaktivitással rendelkező jeleneteket állítottunk elő. Ezek közül kiemelendő az 2. ábrán látható, kifinomult interaktív alkalmazás, amely teljes konvergenciát jelent a videó kódolási technika és a programozás között. Itt kiemelendő, hogy elsőként fejlesztettünk ki a BIFS lehetőségek kihasználásával MPEG-4 alapú játékot.

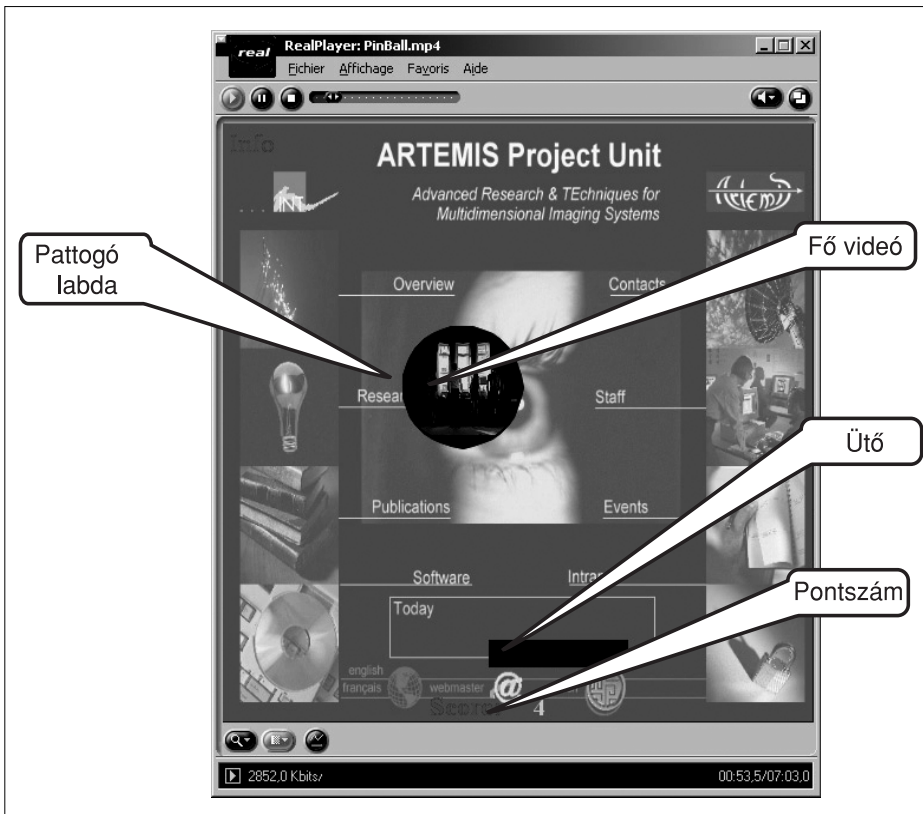
4. Illesztések

DVB-T alapsávi csatorna illesztése az MPEG-4 jelfolyamok átviteléhez

Annak ellenére, hogy az MPEG-4 tartalom beillesztése az MPEG-2 bitfolyamba már körvonalazott, az eljárás tényleges bevezetésére széles felhasználói körben még nem került sor. A magyarázat erre egyrészt az, hogy az MPEG-4 még újdonságnak tekinthető, az általa felkínált lehetőségek még nincsenek igazán kihasználva, másrészt, a szabvány hatékony tömörítő eljárásait inkább az alacsony bitsebességű csatornában, például interneten alkalmazzák először.

Az IP alapú MPEG-4 továbbítást néhány internetes alkalmazásban már megvalósították, például a Microsoft bitfolyam átvitelben vagy az OpenLAN videó műsorszórás VLC rendszerben. A szélessávú műsorszórás terén, azaz kábeltévé-, műholdas- vagy földi csatornán az MPEG-4 jelfolyamok beiktatása még a jövő feladata.

2. ábra Pattogó labda multimédiás játék az MPEG-4 BIFS alkalmazásával



A projektjeink egyik célja volt, hogy áthidalja az említett rést. Ennek megfelelően egy teljes konstrukciót dolgoztunk ki az MPEG-4 alapú multimédia-tartalom DVB-T rendszerben való továbbítására MPEG-2 bitfolyam (TS) segítségével. A szabványban leírt irányelvek alapján így konkrét (akár ipari szinten is azonnal hasznosítható) alkalmazást valósítottunk meg.

MPEG-4 tartalom beillesztése MPEG-2 bitfolyamba

Az MPEG-2 jelfolyam felépítésének kidolgozásakor biztosították a jövőbeli továbbfejlesztés lehetőségét is, ezt használtuk ki az MPEG-4 adatok beillesztésekor. Az MPEG-2 szabványcsomag második kiadása alapján két megoldás van az MPEG-4 adatok továbbítására:

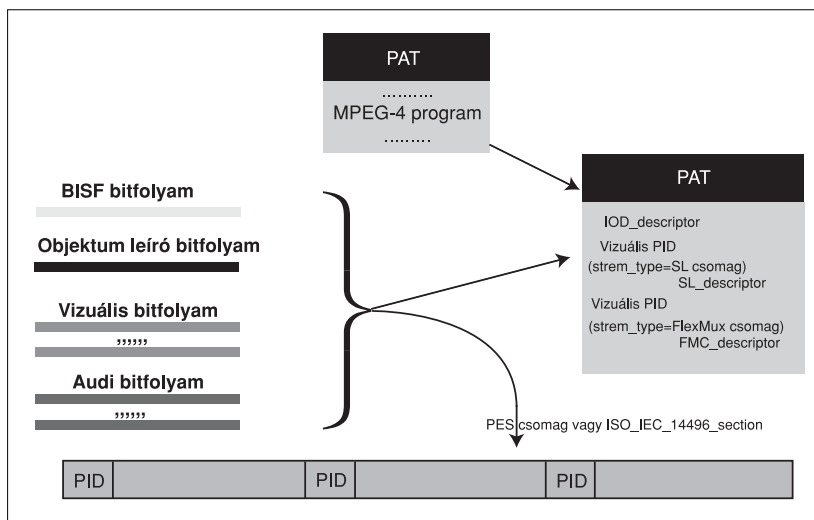
1. Bitfolyam alapú: az MPEG-4 hang- és kép-adatokat egyszerűen hozzáadjuk az MPEG-2 jelfolyamhoz, mint közönséges MPEG-2 média bitfolyamokat. A PMT táblán, a társított műsor bejegyzésén egy új jelfolyam-típus értéket vezetünk be (e paraméter a média bitfolyam jellegét határozza meg), ily módon jelezve az MPEG-4 adatok jelenlétét. Ezentúl az *MPEG-4_video_descriptor* és *MPEG-4_audio_descriptor* szintaxist is kidolgozták, amelyek jellemzőkként továbbítandók a kezelt média bitfolyammal együtt.

Ezen adatstruktúra segítségével a dekódoló megfelelően kezeli az MPEG-4 adatokat a szükséges információ (a kódolás profilja, szintje, pontos kódoló eszköze stb.) birtokában. Noha a bitfolyam alapú módszer lehetővé teszi olyan szolgáltatások megvalósítását, amelyekben MPEG-4 tömörítési eljárásokat alkalmaznak az MPEG-2 helyett, nem támogatja az MPEG-4 magas szintű tulajdonságait, például az interaktivitásokat.

Mindezek következtében a projektben a második megoldást (lásd lejjebb) választottuk, így a bitfolyam alapú megoldással a továbbiakban nem foglalkozunk.

2. Jelenet alapú: a videó jelenetben megszokott hang-, illetve kép-anyagon túlmenően ezzel a módszerrel más média-információt is továbbíthatunk, például mintázatokat, 2-D és 3-D grafikákat, szintetikus zenéket, hang effektusokat stb., ugyancsak a MPEG-2 TS jelfolyamon keresztül. A különböző médiák mellett ez a módszer még biztosítja a bináris jelenetleíró (BIFS) információ átvitelét is.

Az MPEG-2 TS jelfolyamba integrált, jelenet alapú továbbítás egy többszörös beillesztést takar. Az MPEG-4 jelenet különböző összetevői (hangok, képek, grafikák stb. illetve BIFS információ) az MPEG-2 prog-



3. ábra Jelenet alapú beillesztés

ram elemeinek feleltethetők meg. Az MPEG-2 esetén kétszintű beillesztést ismertünk meg: az elemi bitfolyamokat először PES csomagokra bontjuk illetve szekció adatstruktúrában tároljuk el, majd mindezt TS-csomagokra bontjuk.

Az MPEG-4 esetén – még a PES- illetve a szekcionálás előtt – egy sajátos összeillesztési technikát alkalmaznak (3. ábra), így a komponensekből több SL (*Synchron Layer*), illetve úgynevezett FlexMux bitfolyam alakul ki. A TS összeillesztése után az MPEG-4 összetevők ugyanolyan bejegyzésként szerepelnek a PMT táblában, mint az MPEG-2 esetén. A PMT-ben megtalálható leírók nem azonosítják a társított elemi bitfolyamok fajtáját, hanem jelezik a dekódolónak, hogy a kapcsolódó bitfolyamok legalacsonyabb „csomagolási” szintje miből (SL vagy FlexMux) áll. A dekódoló ezekből a csomagokból kiolvastva különíti el az MPEG-4 értelmezési mechanizmusával a média-adatokat a BIFS illetve más rendszerinformációtól.

A szétválasztásban fontos szerepet játszik az *IOD_descriptor* leíró, amely a PMT tábla része, és az MPEG-4 program jellemzője. Ez a leíró különíti el a BIFS adatokat a többi elemi információtól, ezáltal a jelenet rekonstruálhatóvá válik. Ha hivatkozás van a jelenet leírásában a többi média adatra, akkor a dekódoló csak ezután használja fel őket.

Projektjeink keretében egy teljes beillesztő konstrukciót dolgoztunk ki, amelynek segítségével az MPEG-4 multimédia tartalmat a szabványos DVB-T rendszerben továbbíthatjuk.

A 4. ábra az elemi egységeket és azok kapcsolatait szemlélteti.

A teljes rendszer integrálása sikerrel járt. Továbbítottunk és megjelenítettünk mind normál videó anyagot, mind a fentiekben leírt, BIFS szolgáltatáson alapuló MPEG-4 alapú interaktív alkalmazást. A 3. ábrán látható rendszerben

a DVB-T adót követően mindkét megoldás alkalmazható, ezek segítségével sikerült komplett valós idejű, MPEG-4 alapú, DVB-T átviteltechnikába ágyazott digitális műsorszóró rendszert megvalósítanunk.

Rádiófrekvenciás hatásvizsgálatok

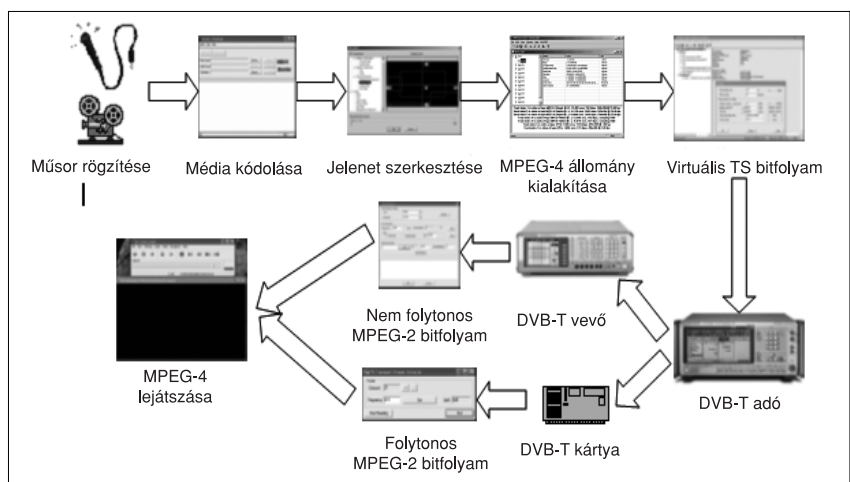
Az MPEG-2 és MPEG-4 alapú képtovábbítás közötti különbségek rendszer-szintű vizsgálatának egyik leghatékonyabb módja ugyanazon zavaró körülmények között mutatott viselkedésük összevetése. E célból tervezzük RF-hatásvizsgálatok végrehajtását, melyek célja a DVB-T átviteli közeg különféle zavarása (hozzáadott termikus zaj, erős lineáris és nemlineáris torzítások stb.) mellett a két MPEG-rendszer immunitásának összevetése. Az ilyen irányú méréseink e tanulmányunk írásakor még folyamatban voltak, érdemi eredményeket csak az összes vizsgálat elvégzése után lehet adni.

5. Összefoglalás

Noha napjaink földi digitális műsorszóró rendszerei elsősorban még az MPEG-2 kódolásra épülnek, a jövőben egyértelműen az MPEG-4 rendszerek előtérbe kerülése várható. Kutatócsoportunk tevékenységének célja az ide kapcsolódó tudományterületek művelése, mind képkódolási (algoritmikus), mind rendszertechnikai (RF-adattovábbítási) szinten.

Napi feladatainkon túlmenően a 2003. évben két párhuzamosan folyó projektünk is foglalkozott MPEG-4 alapú algoritmusfejlesztéssel és azok DVB-T rendszerbe való integrálásával, melyeket az Oktatási Minisztérium és az Informatikai és Hírközlési Minisztérium is támogatott. Gyors sikereinkhez többek között az említett támogatások is nagymértékben hozzájárultak, így külön köszönet illeti a két intézményt.

4. ábra MPEG-4 tartalom beillesztése DVB-T rendszerbe



Külön kiemelandó, hogy az MPEG-4 rendszerek DVB-T technikába való sikeres beintegrálása ipari szinten is nagy jelentőségű, hiszen amennyiben a szolgáltatók a jövőben úgy döntenek, hogy áttérnek a jelenlegi MPEG-2 rendszerekről MPEG-4-re, nem szükséges az igen drága adástechnikai eszközöket (jelfolyam-generátorokat, analízátorokat, modulátorokat stb.) kicserélni, így minimális beruházási költséggel és mérnöki munkával megoldható a váltás.

Irodalom

- [1] L. Konyha, B. Enyedi, K. Fazekas:
"Multimedia Distance Learning –
Orthogonal Transformations", EURASIP Conference
on Digital Signal Processing for Multimedia
Communications and Services, Budapest, Sept. 2001
- [2] B. Enyedi, L. Konyha, K. Fazekas:
"Using Wavelet Transform for Guiding Observation
Cameras and Efficient Data Storage",

- 3rd COST #276 Workshop on Information and
Knowledge Management for Integrated
Media Communication, Budapest, Oct. 2002
- [3] J. Turan:
"Fast Translation Invariant Transform and
their Applications",
elfa Publ. H., Slovakia, 1999.
- [4] S. M. Tran, L. Konyha, B. Enyedi, Cs. Szombathy,
and K. Fazekas:
"Experiments on Transmitting MPEG-4 Content over
MPEG-2 Transport Stream",
WIAMIS 5th International Workshop on Image Analysis
for Multimedia Interactive Services,
Lisboa, Portugal, 2004.
- [5] S. M. Tran, K. Lajos, E. Balazs, K. Fazekas
and Sz. Csaba:
"A Survey on the Interactivity Features of MPEG-4",
46th International Symposium ELMAR-2004
focused on Navigation, Multimedia and Marine,
Zadar, Croatia, 2004.

Hírek

Olaszország megerősíti a DTT set-top-box támogatást

Az olasz hírközlési miniszter megerősítette, hogy az eladások fellendítése érdekében 150 euróval támogatják a set-top-boxokat. Az állami támogatást azzal a feltétellel nyújtják, hogy a készülék Smart Card-olvasót, visszirányú modemes vagy GPRS vonalat tartalmazzon, és jelentős kikötés, hogy MHP-kompatibilisnek kell lennie. A vásárlók a személyazonosságuk és tv-előfizetésük igazolásával válnak jogosulttá a kedvezményre. A bejelentést az olasz RAI, Mediaset és La7 földi digitális műsorszórók és az Ugo Bordon Foundation részvételével alakult új szövetség, a DGTVi beindítása előtt tették meg.

Digitális lendület Kelet-Európában

Bár pillanatnyilag Oroszország az egyetlen, ahol kereskedelmi rendszer működik (a szentpétervári székhelyű TeleMedium 2002-ben debütált), egyre valószínűbbnek látszik, hogy ez év végéig a Cseh Köztársaság és Magyarország is megindítja szolgáltatását, Lengyelország pedig 2005 vége előtt, vagy talán hamarabb. A Cseh Távközlési Hivatal (CTO) és a Rádió- és Televízió Műsorszórási Tanács (RRTV) számára kiadott nyilatkozatban a cseh távközlési vállalat azt mondja, hogy miután részt vett a prágai kísérleti adásokban, az ország több városában is megteremtené a DTT alapjait. A Cesky Telecom a CTO engedélyét kérte ahhoz is, hogy kis teljesítményű adókból álló cellás hálózatot építsen ki és meghatározza az országban tervezett két multiplex műszaki paramétereit.

A balti köztársaságok is sokat léptek előre és az Észtországi Műsorszóró-Közvetítő Központtal (ERSK) mindkét ország várhatóan még az idén megkezdje a próbaüzemeket és elindítja a szolgáltatást. Szlovákia 2004-ben szintén megindítja a próbaüzemeket, így pillanatnyilag Románia az egyetlen nagy tv-piac, ahol nem célozták meg a földi digitális televíziózás bevezetését.

Az oroszországi helyzet időközben már kevésbé világos, mivel a hatóságok a DTT „hirdetőtáblájának” tekintik a TeleMedium-ot, és a szolgáltatások országos kiterjesztése melletti vagy elleni döntést valószínűleg az év későbbi szakaszában hozzák meg. Ha szabad jelzést kap, akkor a DTT országos elérhetősége 2015-re valósulhat meg.

Bár Közép- és Kelet-Európában minden ország egyértelmű, de eltérő sebességű lépéseket tesz a DTT felé, valószínűnek látszik, hogy öt éven belül legalább az országok fele teljes kereskedelmi szolgáltatást indít. Hogy miként boldogulnak majd az egyre nagyobb versenyt jelentő tv-piacokon, az még a jövő titka marad.