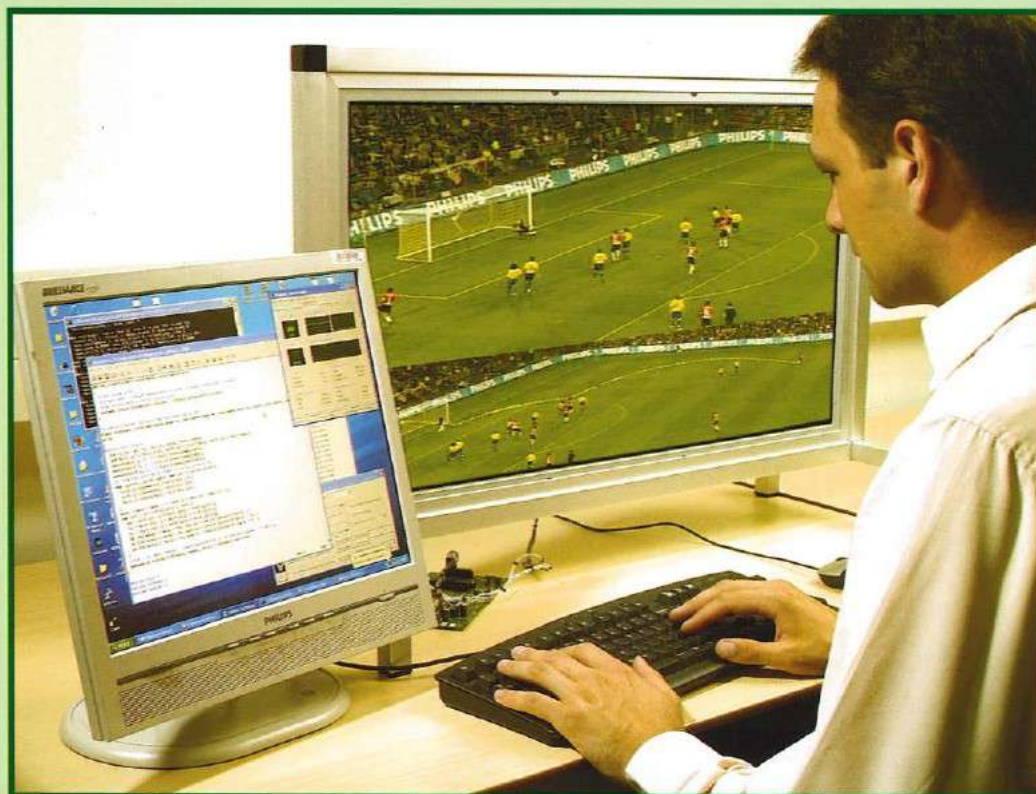


híradástechnika

1945 VOLUME LX. 2005

hírközlés ■ informatika



Digitális műsorterjesztés hagyományos és új szolgáltatásokkal

A közeljövő digitális televíziója és rádiója

A DVB, DAB, DRM rendszerek jelene és jövője

Hazai kutatások és eredmények

2005/9

**A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata
a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács együttműködésével**

Tartalom

DIGITÁLIS MŰSORTERJESZTÉS HAGYOMÁNYOS ÉS ÚJ SZOLGÁLTATÁSOKKAL

1

Stefler Sándor

A digitális TV vételi módozatainak konvergenciája

2

Putz József

A jövő kihívásai a kábeltelevíziózásban

9

Dr. Egri Tamás

A digitális műholdas műsorátvitel helyzete és időszerű hazai vonatkozásai
a műholdas szolgáltató szempontjából

15

Balla Éva

A földfelszíni digitális rádiózás helyzete itthon és külföldön

19

Sebestyén Ákos

Az európai digitális földfelszíni televíziós rendszerek bemutatása és szimulációja

27

Kovács Imre

A nagyfelbontású televízió múltja, jelene, jövője

33

Dr. Lois László, Daróczy Bálint, Lustyik Tamás, Agócs Tibor, Balogh Tibor

Többnézetű videó megjelenítés és kódolás

41

Enyedi Balázs, Konyha Lajos, Szombathy Csaba, Dr. Tran Minh Son, Dr. Fazekas Kálmán

Új lehetőségek a digitális televíziózásban

52

Megalakult a Mobil Innovációs Központ

58

Címlapfotó: Philips

Védnökök

SALLAI GYULA a HTE elnöke és DETREKŐI ÁKOS az NHIT elnöke

Főszerkesztő

SZABÓ CSABA ATTILA

Szerkesztőbizottság

Elnök: ZOMBORY LÁSZLÓ

BARTOLITS ISTVÁN
BÁRSONY ISTVÁN
BUTTYÁN LEVENTE
GYŐRI ERZSÉBET

IMRE SÁNDOR
KÁNTOR CSABA
LOIS LÁSZLÓ
NÉMETH GÉZA
PAKSY GÉZA

PRAZSÁK GERGŐ
TÉTÉNYI ISTVÁN
VESZELY GYULA
VONDERVISZT LAJOS

Útban a digitális műsorszórás felé

lois@hit.bme.hu
szabo@hit.bme.hu

Hasonlóan az előző számhoz, most is egy újabb tematikus kiadványt tarthat kezében az Olvasó, ezúttal a televíziós, rádiós, műsorkészítő és stúdiótechnikai szakterület aktuális hazai és nemzetközi helyzetét próbáljuk meg néhány cikken keresztül bemutatni. A kiadvány apropóját elsősorban a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület által június 1-2-án szervezett 11. Televízió- és hangtechnikai konferencia és kiállítás adta, a szerzők többsége is a konferencia résztvevői közül került ki.

A téma aktualitását azonban nemcsak ez a konferencia, hanem az utóbbi hónapokban az analóg műsorszórásról, műsorelosztásról és műsorszétoztásról a digitálisra való áttérés egyre közeledő időpontja is adja, utalva különösképpen ennek a folyamatnak a nem műszaki jellegű problémáira.

A 11. Televízió- és hangtechnikai konferencián elsősorban műszaki jellegű előadásokat hallhattunk vezető fejlesztő, kutató, műsorkészítő-műsorterjesztő távközlési szakemberek részéről, de ezeket kiegészítendő, hallhattunk érdekes és hasznos előadásokat a kormányzati és egyes szabályozó szervek, valamint a média-orientált távközlési piaccal foglalkozó szakemberek részéről is. Ebben a számban terjedelmi okok miatt sajnos nem nyílt lehetőségünk a kérdéskör minden aspektusának bemutatására, csupán a technológiai jellegű publikációkból próbáltunk egy csokrot összeállítani az Olvasók számára oly módon, hogy a konferencia résztvevői közül meghívtunk minden szakterületről egy-egy előadót, és az elhangzott előadása, valamint a szekcióbeli megbeszélések tapasztalatai alapján kértük fel egy cikk megírására az általa kiválóan művelt szakterületről.

Ennek megfelelően a cikkek mind tartalmilag, mind pedig a címük alapján is jelentős hasonlóságot mutatnak a konferencián elhangzott előadásokhoz, a változtatások pedig inkább arra irányultak, hogy egy-egy rokon területről szóló cikkek hasonló terjedelemben és szempontok szerint mutassák be a téma jelenlegi helyzetét és a jövőre vonatkozó elképzeléseket. Külön köszönet illet meg minden szerzőt, hiszen a konferencia és jelen kiadvány lapzártá közötti rövid, nyári szabadságokkal is színesített időszakában jelentős munkát végeztek azért, hogy ez a szám teljes lehessen.

Jelen szám első harmadában a jelenlegi három műsorterjesztő közege, a kábel, a műholdon és a földfelszínen való televíziós műsorterjesztés három kiváló hazai képviselőjének cikkét olvashatjuk el a digitális rendszerre való áttérés kérdéseiről és a közeli jövőre vonatkozó prognózisokról. Ennek folytatásaként a két következő cikk a digitális rádiózás egymást valószínűleg kiegészítő, mintsem kizáró két irányzatával, a régi DAB és az új DRM rendszerrel, valamint a televíziózás egyik lehetséges új irányzatának, a nagyfelbontású televíziózásnak a kérdéseivel ismerteti meg az olvasót.

Számunk második részében a szakterületen folyó hazai kutatásokkal ismerkedhetünk meg, főleg az akadémiai szférából jövő szerzők tollából. Ebben a részben az első cikk bemutatja az európai digitális földfelszíni televíziós rendszerek csatornakódolási és modulációs eljárásait, valamint ennek a számítógépes szimulációját és az így kapott eredményt. A két további, folyó fejlesztésről és kutatásról szóló cikk közül az egyik az MPEG-4 alapú interaktív televízióval, a másik pedig a többnézetű televízióval foglalkozik. Ezek a cikkek kitérnek a lehetséges megvalósításokra, a megvalósítások kérdéseire és problémáira, ezen felül pedig a jelenlegi hazai kutatásokon elért eredményeket is bemutatják.

Helyszűke miatt az októberi számunkba kerül be egy további, a DVB-T mérés technikához kapcsolódó cikk, amelyben valóságos környezetben elvégzett mérések eredményeit mutatja be a szerző a jelenleg működő magyarországi két digitális földfelszíni televíziós állomás, a budapesti és kabhegyi DVB-T adó adásának mérési eredményeivel.

Lois László,
vendégszerkesztő
BME Híradástechnikai Tanszék

Szabó Csaba Attila,
főszerkesztő

A digitális TV vételi módozatainak konvergenciája

STEFLEK SÁNDOR

Antenna Hungária Rt.
stefler.s@t-online.hu

Kulcsszavak: digitális TV, DVB-T, DVB-H, mobil TV

Az adatkommunikáció tradicionális módszerei az unicast, a multicast és a broadcast, mind más-más területek és szolgáltatások számára optimálisak. Ma ugyanakkor bizonyos mértékű konvergencia tapasztalható köztük. Az elmúlt években rohamosan bővült a mobil telefonok szolgáltatás választéka és ugyanakkor a digitális TV-technika is rohamos fejlődésének és elterjedésének lehettünk tanúi. Megindult a két tendencia konvergenciája, megszületett a kézben hordozható, mobil televíziózás technológiai háttere, ami alapjában véve két úton jár: a DVB-H, valamint a 3. generációs mobiltelefon (UMTS) alapjain. Ma már mindkettő képes a mobil TV-re, bár eltérő feltételek mellett. Ami közös bennük: a kisméretű képernyő és a telepes működtetés követelménye. Ezek nagy eszköz- és tartalomfejlesztést is igényelnek. Megkezdődtek az alkalmazástechnikai kísérletek mindkét rendszerrel, Amerikában, Európában, de legfőképpen a Távol-Keleten. A fenti kérdéseket elemzi röviden a cikk, vázolja a fontosabb jellemzőket, elvárásokat és megkísérel a jelenségekből némi következtetéseket is levonni.

1. Bevezetés

Az alábbiakban áttekintjük annak a fejlődésnek a lépéseit, amely az elmúlt évtized alatt az alapfunkciós mobiltelefonoktól a mobil televíziót is magába foglaló kézi készülékekig vezetett. Bemutatjuk azokat a legújabb technológiákat, amelyeknek a legnagyobb a jelentőségük a mobil készülékek szélessávú, multimédiás funkcióinak kiteljesedésében. Hangsúlyozzuk annak fontosságát, hogy az integrált funkcionalitást egyetlen, kisméretű, mobil terminálban kell megvalósítani. Mint-hogy a mobil készülékek már nemcsak a felhasználók egymás közötti üzeneteit közvetítik, azzal is foglalkozunk, hogy a szolgáltatóknak milyen technológiák állnak rendelkezésére multimédiás tartalmak tömeges átvitelére. Rámutatunk arra, hogy a mobil televízió és a mobil multimédia a műsorszóró és a mobil kommunikációs hálózatok együttműködésével üzemeltethető a leghatékonyabban, tehát itt a szakterületek konvergenciájának konkrét hasznosulásával találkozunk.

Az adatkommunikáció tradicionális módszere mind a mai napig tipikusan az egy állomástól egy másikig terjedő átvitel (*unicast*). A műsorszóró hálózatok viszont már virtuálisan mindenki számára biztosították a tartalomhoz való hozzáférést, egy egyirányú szélessávú csatorna révén (*broadcast*).

Ez a csatorna lehet műholdról, földfelszíni rendszerekről, vagy kábelén érkező. A broadcast-al szemben az unicast rendszerű átviteli mechanizmus dominál az Internetben, még az audio és videó típusú átviteleknél is. Következésképpen egy közösség kiszolgálásához sok egyidejű kapcsolatra van szükség, nagy sávszélességgel és elegendően nagy jelfeldolgozási sebességgel. Amint növekszik a szélessávot használó, összekapcsolt felhasználók száma, úgy növekszik az audio és videó tartalmak iránti igény is. Ezért manapság a

multimédia tartalom-szerverek irányában mutatkozó sávszélesség követelmény rohamosan növekszik, és ez tovább fog nőni a következő évek folyamán is. A problémára a jelenlegi megoldás a gerinchálózati rendszernek és a szervernek azonos mértékű sebesség-növelése, valamint a hozzáférő hálózat kapacitásának bővítése úgy, hogy a végfelhasználói terminálok nagyobb bitsebességet kaphassanak.

A fejlesztés ma főleg két irányban folyik. A tradicionális műsorszórás a szolgáltatások széles körét szeretné ajánlani, ideértve az interaktivitást, valamint az audio és videó alapú IP telefóniát. Az új szélessávú hálózatüzemeltetők az adatokon kívül tradicionális műsorszóró szolgáltatásokat szeretnének továbbítani, ügyfeleik, illetve szolgáltatóik igényei szerint. Szóba jött a TV jelek továbbítása is, a videó-szolgáltatások egy kombináltabb verziójával. A tradicionális műsorszórás és az unicast-típusú továbbítási mechanizmus a kapacitások pazarlásával jár és ezért költséges. Ez az a terület, ahol az IP *multicast* érdekes megoldási lehetőség lenne.

A következő gondolatsor célja felhívni a figyelmet a broadcast és multicast típusú modellek jelentőségére a vezetékes és a vezeték nélküli hozzáférő hálózatokban, és jelezni azt a kihívást, amellyel az ilyen szolgálatok szembenéznek. Sok fontos indíték támogatja a broadcast/multicast kommunikációs technikát, mind technológiai, mind pedig szolgáltatási és alkalmazási oldaláról. Ezen indítékok közül három különös figyelmet érdemel: a sávszélesség-takarékosság, a gazdaságosság és az e-alapú szolgáltatások beindításának a lehetősége.

Mindezekon kívül világszerte érzékelni lehet a műsorszórási és multicast területeket érintő projektek közötti aktív együttműködéseket. Sokkal több eredményre lehet jutni, ha a kutatási területek koordinálva vannak.

A közös tevékenységek elterjesztése jelentősen könnyebbé teszi a nagyobb hallgatóság jobb eredményekkel történő elérését. A résztvevő projektek eredményei várhatóan nagyobb hatással lesznek a nemzetközi szabványok kialakulására is, a projektek, ipari és kutató szervezetek masszív támogatása révén.

A broadcast és a multicast technológiák a hozzáférő hálózatokban a spektrum-hatékonyságot növelő képességei révén fontos szerepet töltenek be az információs tartalom továbbításában. Ezen túlmenően nagyobb rendelkezésreállást és az elektronikus szolgáltatások fokozott használhatóságát biztosítják a lakosság többsége számára.

Az e-Európa víziója arra irányul, hogy fokozza az emberek aktív részvételét a hatékonyságok javítását, új munkahelyek létesítését és a közsféra modernizálását célzó törekvésekben. A „soktól-soknak” irányú kommunikációs szolgáltatások manapság már szükségesszerűek. A következő vízióban a broadcast és a multicast sémákat látjuk olyannak, amelyek fontos szerepet tölthetnek be az említett feladatok megvalósításában.

A szélessávú hálózatoktól azt várjuk, hogy ők képviselik a legígéretesebb jövőbeli perspektívát. A szélessávú rendszerek teszik lehetővé tulajdonképpen az információs e-társadalom megvalósítását, ezért feltétlenül szükség van azokra nemcsak Európában, de az egész világon is. A multicast technológia tartalmazza az „egytől-soknak”, a „soktól-egynek” és a „soktól-soknak” kommunikációs modelleket, ami pontosan az, amit a modern, versenyképes társadalom elvár. A broadcast rendszer a leghatékonyabb módszer a szélessávú tartalmak mindenki számára történő letöltésére. Bár az interaktív digitális műsorszórás az első lépés, a valódi kihívást a valós idejű, teljes interaktivitás jelenti, amihez szükség van a vissz irányú használatára. Ezért a multicast és az interaktív broadcast együtt alkotják a szélessávú információs társadalom legfontosabb elemeit.

Az internetes forgalmi struktúrák manapság változnak, az aszimmetrikus Web-böngészésről a szélessávú tartalmak (zene és videó) peer-to-peer kölcsönös megosztásán alapuló alkalmazások irányába. Eredményképpen a vissz irányú csatorna sáv szélessége gyorsan növekszik, és hamarosan eléri a letöltő csatorna sáv szélesség-igényét.

A végberendezések sem olyanok, mint voltak. A számítógépek egyre kisebbek és kisebbek lesznek, manapság már kézben hordozható kis eszközök, hatalmas tárolókapacitással és hálózati képességekkel. Az emberek így módon nemcsak fix helyekről, de mobil módon is képesek lesznek csatlakozni a szélessávú hálózatokhoz.

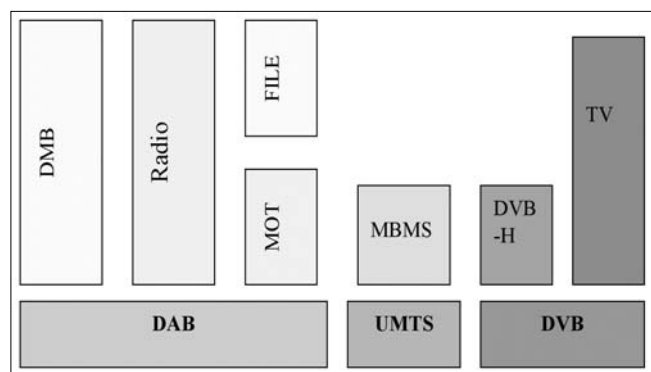
Sok olyan probléma van azonban, amely még további fejlesztést igényel, különösen a biztonság és a szolgáltatásminőség (QoS) területén. A szolgáltatásoknak ugyanis kellően megbízhatónak és elegendő sáv szélességgel rendelkezőnek kell lennie ahhoz, hogy garantálhassák a népszerűséget a valós idejű alkalmazások számára.

2. Műszaki megvalósítási trendek

Az elkövetkező 5-10 évre szóló szélessávú mobil hozzáférési technológiák voltaképpen már ma is rendelkezésre állnak, de elképzelhető, hogy még felbukkannak olyanok, amelyeknek jelentős szerepük lesz. A jelen helyzetet vizsgáljuk az alábbiakban, hangsúlyozottan európai kitekintéssel.

2.1. Megoldások a mobil hozzáférésre

A mobil multimédia számára alapvetően a broadcast jellegű, valós mobil televíziózás és a TV-szerű szolgáltatásokat nyújtó, multicast jellegű cellás hálózatok jönnek szóba. Ezek lényegében a DAB és a DVB műsorszóró technikákat, illetve a 3. generációs cellás mobil hálózatokat (UMTS) veszik alapul.



1. ábra

A mobil TV-hez eddig kidolgozott legfontosabb technológiák

Broadcast rendszerben:

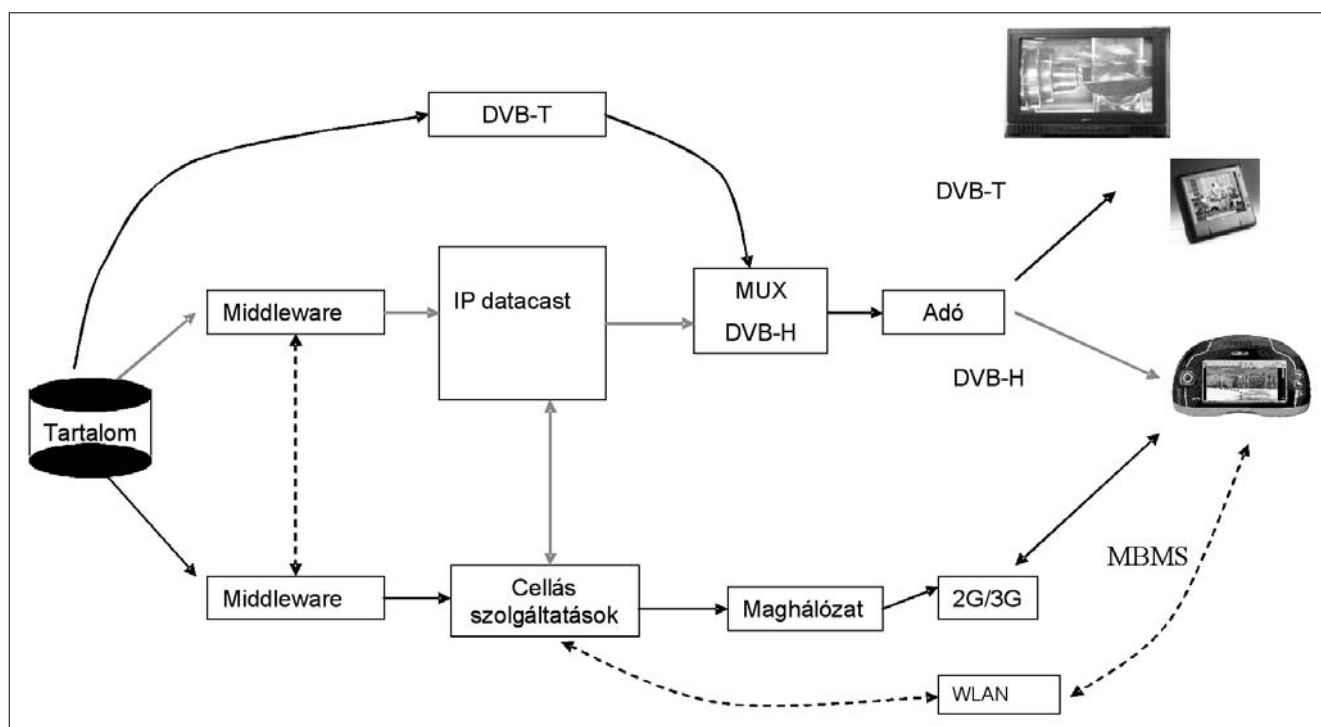
- **A DVB-T szabványon alapuló TV rendszer és az ennek mobilra optimalizált változata, a DVB-H / IP Datacasts**, melybe 330 kbit/s-os csatornákból akár 40 darab is beilleszthető (DVB-H alapú IP adatszórás)
- DMB (*Digital Multimedia Broadcast*). Távolkeleti/német fejlesztés, DAB-alapokon. Koreában műholdas vétellel próbálják ki. MPEG-4-et használ a videó/audió és a szinkronizációs rétegben, míg MPEG-2-t az átviteli rétegben (TS multiplexing) és DAB a modulációban.

TV-szerű szolgáltatások mobil telefon rendszerben:

- Streaming video GPRS/EDGE mobil telefon technológiával
- UMTS/MBMS (*Universal Mobile Transmission System / Multimedia Broadcast Multicast System*)
MBMS/ GSM: 32-128 Kb/s (4 TS, 8-32 Kbps/TS)

2.1.1. MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service)

Szakmai körökben egyetértés mutatkozik arra nézve, hogy a pont-sokpont közti tartalomtovábbítás a 3G hálózatok gazdaságosságának az egyik legkiemelkedőbb jelentőségű lehetősége, azaz gazdag tartalomválaszték gazdaságos eljuttatása a cellás hálózatok előfizetőihez, megfelelő szolgáltatásminőség biztosítással (QoS). Számos kezdeményezés célozta meg az



2. ábra IP Datacast

egy pontból-sokpontba irányuló tartalomelosztást a 3G hálózatok segítségével. Ezek közül a legfontosabbak az MBMS.

Az MBMS a Multimedia tartalmak egyirányú, pont-sokpont közti továbbítását célzó hordozószolgálat, melyet most szabványosít a 3GPP. Az MBMS datagramokat továbbít egy UMTS hálózaton keresztül egy forrásból több vevőpont felé.

Két üzemmódját definiálták:

- A *broadcast üzemmód* egyirányú, pont-sokpont közti multimédia-tartalom (például szöveg, kép, hang, video) átvitel, egy nagy ellátási területen élő valamennyi felhasználó számára. A broadcast ellátási területen továbbított adatokat a hálózat határozza meg (végponti struktúrák).

- A *multicast üzemmód* a multimédia-tartalmaknak egy pontból több pontba történő egyirányú továbbítását teszi lehetővé, az adott ellátási területen belül. A multicast üzemmód célja a rádiós, illetve hálózati erőforrások hatékony felhasználása, azaz ilyenkor az adatokat egy közös rádiócsatornán továbbítják. Multicast üzemmódban lehetőség van csak a hálózatban szelektíven kiválasztott (az ellátási területen belül fekvő, és egy úgynevezett „multicast csoportot” alkotó) cellák számára történő jeltovábbításra is.

Az MBMS két eltérő szolgáltatást nyújthat:

- Az *MBMS letöltő szolgáltatás (MBMS Download User Service)* fájlok hibamentes letöltését végzi az egyirányú MBMS hordozó szolgálaton keresztül. A letöltött tartalmat a rendeltetési helyen egy helyi (a felhasználó tulajdonában lévő) fájl-rendszerben eltárolják. A letöltést a hálózat kezdeményezi, amint egy, az adott szolgáltatásra regisztrált felhasználó csatlakozik a csoporthoz.

- Az *MBMS Streaming User Service* az adatokat folyamatosan kisugározza, és azok azonnali kijátszásra kerülnek a felhasználó megjelenítő eszközére (display, vagy hangszóró). A műveletet a felhasználó kezdeményezi.

Az MBMS kihasználja az UMTS rádiós erőforrásait. Igazán a Multimedia szolgáltatásoknak egy földrajzilag koncentrált helyen elhelyezkedő felhasználói csoport számára történő továbbítására alkalmas.

2.2. Földi műsorszóró infrastruktúra

2.2.1. T-DMB:

Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting

A T-DMB típusú földfelszíni multimédia műsorszórás az EUREKA 147 szabványon alapul, azt a World DAB Forum támogatja.

A TDMB rendszer mobil, kézben hordozható, valamint irányítatlan antennát használó fix végberendezések használatát célozza meg. A 30 MHz-3 GHz frekvenciasávban használható. A T-DMB általános célú digitális multiplex nyelvében biztosít, amely sokfajta szolgáltatáshoz tartozó adatokat képes hordozni, beleértve a videót, képeket, független adatokat és különböző audió programokat is.

A T-DMB teljes sávszélessége 1,536 MHz, amely körülbelül 1,5 Mb/s hasznos adatsebességet tud biztosítani egy komplett „együttesben” (ensemble). Mindegyik szolgáltatás a többitől függetlenül hibavédett olyan kód-fejléccel, amely 25%-tól 300%-ig (hang esetében 200%-ig) terjed.

A fejléc mérete a műsorszóró követelményeitől függ (ellátási terület, vételi minőség stb.) A T-DMB az OFDM nyelvéből alkalmazzuk.

Jelenleg még csak Koreában használják, egy idén nyáron beindult projektben. A DAB (Digital Audio Broadcasting) szabványon alapul, ezt viszont már 28 ország elfogadta.

2.2.2. DVB-T:

Terrestrial Digital Video Broadcast

A DVB-T sokvívű földi, digitális műsorszóró rendszer, körülbelül 2000-8000 segédvívvel, amelyek mindegyike QPSK, vagy QAM (16QAM, vagy 64QAM) modulációval van ellátva, és lakásokban, intézményekben, sőt autókban történő vételre is lehet optimalizálni. A műsorszóró ipar az utóbbi időben világszerte nagyon támogatja a bevezetését, videójeleknek álló, vagy legfeljebb 170 km/óra sebességgel mozgó terminálok segítségével történő vételére.

2.2.3. DVB-H:

Digital Video Broadcast for Handheld terminals

A szabványt a „DVB-H 159 r9.2 DVB-H implementation guidelines” írja le. A DVB-T szabványra épül, és olyan speciális képességekre van optimalizálva, mint a minimális energiafogyasztású végberendezések használata, rossz vételi körülmények között (kézben hordozott vevő, kisméretű, rossz hatásfokú antennával).

A hálózati infrastruktúra több, nagyteljesítményű, UHF sávú adóberendezésből áll, melyeket a nagyobb ellátási terület érdekében gyakran ismétlőállomásokkal (gap-filling transmitter) egészítenek ki. A rendszer fő célja a mobil, kézi TV vétel lehetőségének biztosítása dedikált vevőkészülékek, vagy cellás hálózatok végberendezései számára.

A DVB-H hálózatok Európában valószínűleg az UHF sávban (474-862 MHz) fognak működni, de ennek szabályozása még folyik. Műsorszóró kapacitása elvileg 5-20 Mb/s adatsebesség biztosítására képes (QPSK és 1/2-es kódarány, illetve 16QAM és 2/3-os kódarány).

Jelenlegi státusza: számos UHF-sávú pilot-projekt Finnországban, Németországban (bmco) és Franciaországban (TDF). Az USA-ban egy demonstrációs hálózat működik, 1,67 GHz-en.

2.3. A mobil telefon rendszerek, mint a jövő szélessávú mobil termináljai

A GSM-alapú mobiltelefon-rendszerek szolgáltatásainak választéka bevezetésük, az 1990-es évek eleje óta folyamatosan bővült. A mobiltelefonok megjelenésük után még csak beszédátvitelre voltak alkalmasak. Korai, de igen gyorsan népszerűvé vált kiegészítő szolgáltatás lett az SMS (Short Messaging Service), amelyet az eredetileg csak a hálózatüzemeltető belső információinak átvitelére szánt adatátviteli csatornákon közvetítenek az előfizetők között. A GSM-től független funkcionális egységként építették be egyes mobiltelefonokba az FM-rádióvevőt, amely lehetővé tette a rádióműsorok fejhallgatón keresztül hallgatását. Az óra, az ébresztés, a kalkulátor, a játékok gyakorlatilag kezdettől fogva jelen voltak a mobiltelefonok menüjében. Az egyéni in-

formáció-hozzáférés egy ideig csengőhangok, dallamok, háttérképek, logók, játékok GSM-hálózaton keresztüli letöltését jelentette. A WAP (Wireless Application Protocol) a webes alkalmazásokhoz hasonló, de mobiltelefonos környezethez igazodóan leegyszerűsített alkalmazások letöltéséhez adta meg a technikai alapot.

A GSM mobiltelefonok használatának rendkívül gyors terjedésével párhuzamosan a szórakoztató elektronika egy sor kisméretű, de igen nagy tudású, hordozható és mobil multimédiás készüléket produkált: a 90-es évek közepétől terjednek tömegesen az egyre jobb felbontású digitális fényképezőgépek, a videokamerák, az MP3-as (MPEG-1 audio layer 3) lejátszók, a hordozható számítógépek (laptopok), a PDA-k (Personal Digital Assistant). Ugyanekkor megjelentek a hordozható, LCD-képernyős, tévévevők is. A mostani évtized fejleményeként tanúi lehetünk annak, hogy ezen készülékek funkcióinak egy része is integrálódik a mobiltelefonba. A beépített digitális fényképezőgép – még ha a felbontása egyelőre nem is hasonlítható össze az önálló készülékekével – lehetővé tette az MMS (Mobile Multimedia Service) bevezetését.

A GSM szabványcsalád kiegészült az egyre növekvő sávszélességű adatkommunikációt biztosító, úgynevezett 2,5-ik generációs GPRS (Global Packet Switched Radio System), illetve EDGE (Enhanced Data for Global Evolution) technológiákkal, amelyek elősegítik az internetes alkalmazások bevezetését. Ugyancsak ezeknek köszönhető a videoletöltési alkalmazások elindítása, amelyek révén már a mozgókép költözött a mobiltelefonba. Számos európai ország ma már a 3. generációs, szélessávú mobiltelefon rendszer, az UMTS kiépítésén dolgozik, amely legalább 384 kbit/s-os sebességet fog biztosítani a különféle mobil kommunikációs alkalmazások számára. Az újabb digitális videó képtömörítési eljárások fejlődésével – különösen az MPEG-4 és a Windows Media 9 megjelenésével a mozgóképek sávszélesség-igénye már a mobil hálózatok átviteli kapacitásával is biztosítható.

Az eddig említett alkalmazások által szállított szöveges és képi információk kijelzésére a mobil készülékek immáron színes LCD megjelenítői szolgálnak. Ezek mérete a képes alkalmazások bevezetése ellenére sem növekedhet néhány hüvelykes képátló fölé, mivel a mobil készüléktől elvárják, hogy zsebben hordható legyen. Ez természetesen korlátot szab a megjeleníthető képpontok számának, a felbontásnak és a nézési távolságnak is. Az valószínűsíthető, hogy az előfizetők



kényelmi okokból ugyanazt azt eszközt szeretnék használni a megszokott mobiltelefonos alkalmazásokhoz és a bevezetendő mobil televíziós vételhez is – a mobil televízió technológiájától függetlenül.

3. Elvárások a mobil TV-től

Nézzük meg, milyen alapvető elvárásokat támasztunk egy mobil TV-vevővel szemben:

- egy telepfeltöltéssel legalább egy napos üzemet biztosítson;
- beépített (kis) antennával is biztosítsa a jó vételt;
- képes legyen venni a 8 MHz-es csatornában elhelyezett akár 15 Mbps sebességű adatokat, nagykiterjedésű egyfrekvenciás (SFN) hálózatokban;
- kompatibilitás:
 - a meglévő DVB-T hálózatokkal,
 - a mobil videózárra alkalmas más eszközökkel (például a 3G azaz az UMTS alapú, „okos” mobil telefonokkal).

3.1. Az igazi, kézben tartható mobil TV, a DVB-H kialakulása

Az alap, a digitális televízió, a DVB-T szabvány, elfogadottá vált a világ nagyobb részén, sok helyen üzemszerű adásokat is bevezettek, és a rendszer jól vizsgázott. Bizonyította sokoldalú képességeit a spektrumhatékony, jó képminőséget és számos járulékos szolgáltatást biztosító műsorszórás területén, sőt megfelelő körülmények (paraméterek) mellett mobil vételt is lehetővé tett.

Paradox dolog, hogy míg a DVB-T alkalmas kis- és nagy, egy- és többfrekvenciás (SFN és MFN) hálózatok megvalósítására, fix és mobil TV-vétel létrehozására, mindezt nem egyetlen átviteli móddal képes csak megoldani.

Így tehát az volt a kihívás a DVB Fórum számára, hogy a DVB-T elemeiből egy olyan „koktélt” hozzon létre, amely képes digitális mobil műsorszolgáltatásra kézi vevők számára anélkül, hogy ezáltal akadályozná a már nagyon elterjedt földfelszíni sugárzásokat.

Figyelembe véve a DVB-T nagyszámú alkalmazási lehetőségét, a DVB Fórum úgy találta, hogy az némi kiegészítéssel alkalmas kézi vevőkészülékek multimédiás műsorellátására is (ideértve a speciális TV-vevőkön kívül a kézi számítógépeket, az úgynevezett PDA-kat is).

Ezért a DVB Fórum vállalta és kidolgozta a DVB-Handheld (DVB-H) specifikációt, amely úgy tűnik, megfelel ezeknek a kritériumoknak. Létrejött tehát egy egységes műszaki specifikáció olyan kézben tartható, mobil vevőkészülékek számára, melyek segítségével a műsorr vétel (és így a műsorszolgáltatóknak az előfizetők elérése) bármikor, bárhol biztosítható.

DVB-H rendszerű kísérleti adások jelenleg Finnországban, Németországban, Spanyolországban, Ausztráliában és az USA-ban vannak.



3.2. Technológiai újdonságok a mobil TV-vevőknél

A mobil eszközök esetében alapvetően fontos, hogy az energia-felvétel megfelelően kisméretű és kis tömegű akkumulátorból megoldható legyen úgy, hogy az akkumulátort legfeljebb csak naponta egyszer kelljen tölteni. A funkciók bővülésével (a képernyő méretének növelésével) elvileg a mobil készülékek fogyasztása is nő.

A mobil vevőkészülék legnagyobb teljesítmény-igényű része a bemenő-fokozata, az úgynevezett „front-end”. Ezért koncentrálnak a fejlesztők ennek energiafogyasztás-csökkentésére. A most javasolt és alkalmazott megoldás ennek érdekében az idő-szeletelés (time-splitting), azaz a fokozatnak csak a számára dedikált adatstream beérkezésének idejére történő bekapcsolása. Ezzel akár 90%-ig terjedő energia-megtakarítást is sikerült elérni.

Az időszeletelt átviteli technikának köszönhető energiafogyasztás csökkenés kihasználása érdekében a szolgáltatási adatokat koncentrálni kell, hogy az periodikusan ugyan, de a teljes átviteli csatorna kapacitást használja, bár csak rövid ideig. Ez a módszer ellenkezik a nagymérvű idő-beszövés megvalósításával, ami viszont szükséges a mobil vételnél többnyire fellépő mély-fading leküzdéséhez. Azonban valamit tenni kell, hogy a vevőkészülék alkalmas legyen a mély-fadingek elviselésére.

Ezért a DVB-H egy járulékos védelmi mechanizmust definiált az adatkapcsolati rétegben használt Reed-Solomon előreható hibavédő kód révén, Noha ez a járulékos védelem hasznos biteket fogyaszt el a szolgáltatáshoz, fenntartja a szolgáltatás időszeleteinek megkövetelt „idő-a-továbbításhoz” pontosságát.

Külön kérdéscsoport a mobil vevőkészülékek kis és divatos méretéből következő, kisméretű és ezért igen rossz hatásfokú antenna okozta vételi nehézségek (alacsony C/N) leküzdése. Ehhez a DVB-T fejlett hiba-

védelmi eljárásait tovább kellett javítani. a mélységi jel-beszövéssel, amely a 2K és 4K m-ed rendű szimbólumait 4, vagy 2 OFDM szimbólumba szórja szét.

Az idő-beszövéssel jól ismert technika a mély fading elleni küzdelemben, amely a mobil vételnél nagyon gyakran előáll, vagy az ember által okozott zavarok (impulzus-zavar interferencia) ellen. De az idő-beszövéssel technika (amit a DAB, vagy a DVB-T is megvalósít) azt jelenti, hogy a hasznos adat-tartalom szét van „kenve” több tíz, vagy esetleg 100 OFDM szimbólumra.

A vevőben realizált „de-interlacing” biztosítja a vett zajok szétkenését nagyszámú OFDM szimbólumra – lehetővé téve így a hatékonyabb hibajavítást. Ekkor a deinterlace funkció arra kényszeríti a vevőt, hogy folyamatosan demodulálja a csatornát, ami viszont nehezíti az energiafogyasztási stratégia megvalósítását, amit a szolgáltatási adatok burst-ös átvitele végez. Tehát az idő-deinterlace áramkör nagyméretű memóriák használatát igényli, ami viszont újra szemben áll az energia-takarékossággal.

Ezen okok következtében a vevőkben lévő memóriák nagyságának a korlátozása céljából a DVB-H a 8K módhoz beépített memóriák helyét használja fel, hogy mélységi beszövést tegyen lehetővé a 2K és a 4K átviteli módoknál.

4. A kézi terminál kapcsán felmerülő kérdések

A kézben hordozható TV-nél kulcskérdés a képernyő mérete. Ez a funkciójából és a technológiai lehetőségek miatt (energiaellátás) adódóan nem lehet 5-10 cm-nél nagyobb, de kisebb sem. Ez a méret manapság a mobil telefonok, illetve a tenyer-számítógépek (PDA-k) körében általánosan elfogadottá vált. De ezek nem TV-k!

A mobil vevő alapvető tulajdonságait a hozzáférési technológia határozza meg, ez viszont a felhasználóbarátságot, így közvetve a szolgáltatás sikerét.

Elvárható az alkalmasság a következőkre:

- játékok, zenehallgatás, képkezelés, videó megjelenítés, üzenetkezelés, hálózati böngészés, levelezés,
- beépített kamera (fotó és/vagy videó),
- személyre szabható GUI felületek.

Mindezt pedig gazdaságosan kell megvalósítani.

4.1. Tartalmi kérdések

A mobil TV egy alapvető kérdése/problémája a kis-méretű megjelenítő, amely nem teszi lehetővé a távolból történő nézést, a kis készüléket kézben tartva, közvetlen közelből, szinte arasznyi távolságból lehet csak nézni. Ez a pozíció tartós tévézésre természetesen nem alkalmas. Ráadásul a kis méret nem teszi lehetővé a feliratok olvashatóságát.

Mindezek következtében a mobil TV sikere érdekében a tartalmat illeszteni kell a mobilitás következtében kialakuló új nézési szokásokhoz.

Megállapítható, hogy a mobil TV tartalmát illetően a következőket kell figyelembe venni:

- hosszú műsorok (például filmek) helyett csak rövid klipek érvényesülnek;
- kerülendők az apró képi részletek, a totálok mutatnak csak jól;
- szemben a ma divatos villódzó flashekkel, a nyugodt, statikus képek élvezhetőbbek;
- a néző rendszerint csak rövid időre (percekre) kapcsolja be a mobil TV-jét, ennyi idő alatt kell az érdemi információt eljuttatni számára.

Mindez azt jelenti, hogy a mobil célra készülő alkotásokat más szempontok alapján kell elkészíteni, tehát a meglévő anyagok csak gondos válogatás után mehetnek a DVB-H-n, vagy a MBMS-en adásban. A tartalmat illetően a következő témák jöhetnek számításba:

- SMS, sport klipek, hírek, tőzsdei információk, zeneszámok, játékok, reklámok.

5. A jelenlegi helyzet értékelése

A mobil portálok népszerűsége alacsony, bár lassan növekvő. Ennek oka lehet, hogy nem olcsó a használatuk és működésük sem tökéletes még. Ezen kívül

- nincs elegendő szolgáltatás- és készülékválaszték,
- nincs még igazi piaci igény,
- a tartalom-elosztás nem felhasználó-barát,
- a letöltések nem eléggé megbízhatók.

5.1. Piaci előrejelzések

A legfrissebb előrejelzések is még hosszú ideig a beszédforgalom túlsúlyát (70%) jelzik a 3. generációs vezeték nélküli hálózatokban (UMTS, MBMS). Az adatfor-



galom pedig megoszlik az üzenetkezelés (58%), a szó-rakoztatás (24%), információ (5%), e-kereskedelem (2%) és a különböző céges kommunikációk (11%) között.

5.2. Mit hozhat a 3G?

Az alkalmazott modulációs mód, a WCDMA nagyobb spektrum-hatékonysága és a beépített minőségbiztosítási rendszer (QoS) lehetővé teszi a nagyobb kapacitást, a jobb szolgáltatás-minőséget, a költségek csökkentését, ezáltal az

- olcsó adatátvitelt,
- multimédia alkalmasságot,
- garantált minőséget: üzleti szektor megcélzását.

Mindezek ellenére az eddigi pilot-alkalmazások mér-sékelt sikere a következőknek tudható be:

- kevés videó tartalom,
- komplex és nehézkes kezelés (konfigurálás),
- a szolgáltatások viszonylag magas költsége,
- az átlagos felhasználó érdektelensége.



5.3. A későbbi generációs mobil telefonok

Noha a 3. generációs mobilok elterjedtsége még mi-nimális, csak szigetszerűen hallunk egy-egy újabb terü-leten történő alkalmazásáról, a későbbi generációk fej-lesztése már folyik (elsősorban Japánban)

- **3Gv2:** az NTT DoCoMo és a Vodafone közös fejlesztése 10x sebességű 3G rendszerre (első fázis 2007-re lesz kész, kereskedelmi bevezetés ideje kétséges)
- **Super 3G:** Siemens, Alcatel, Cingular
- Cél a nagyfelbontású képek (videó és játékok) megjelenítése

Megvalósításuk célszerűen nem a meglévő 3G há-lózatok lecserélésével, hanem azok korszerűsítésével fog történni..

Nem lehet eleget hangsúlyozni, hogy az új mobil szolgáltatások (különösen a TV) az új generációk szá-mára készülnek, ők alkotják a célcsoportokat. Annak el-lenére, hogy az elmúlt évtized a mobil telefonok min-

den várakozást felülmúló sikerét hozta, ugyanez nem feltétlenül igaz a mobil TV-re, éspedig azért nem, mert a mobil telefon új és nagyon széles lakossági igényt (a folyamatos, helytől független kapcsolattartást a hozzá-tartozókkal, munkatársakkal) elégített ki, a mobil TV pe-dig csak kiegészíti a megszokott, kényelmes körülmé-nyek között, jó minőségben látható otthoni televíziózást.

6. Összefoglalás

A szélessávú hálózatokban a broadcast és a multicast technológiák megnövelik a spektrum-hatékonyságot, és lehetővé teszik az információs társadalom alapköve-telményeinek megvalósítását. Mivel a nagyobb sáv szé-lesség mindig többre is kerül (különösen a hozzáférési hálózatban) a szélessávú broadcast és multicast tény-leges megvalósítása közvetlen kihatással van a min-den lakos számára biztosítható szélessávú hálózat-elérés költségére. Egy kommunikáció-érdekelte közös-ség minden bizonnyal használni fogja a peer-to-peer szélessávú távközlési technológiát, ami a jövőben kü-lönösen gyorsan fog fejlődni, amint az igénybevevők arányszáma eléri a kritikus tömeget (ami kb. 60%).

A műsorszórási hálózatok egyre inkább törekszenek a magasabb fokú interaktivitás biztosítására, elegendően nagy kapacitással a visszirányú csatornában. De még számos kihívással kell a fejlesztőknek megbir-kózniuk: így a megfelelő szolgáltatásminőség (QoS). és a hálózat-biztonság biztosításával. Az igény szerinti fizetős szolgáltatásokra helyeződik a hangsúly, ár-nyos költségmegosztásokkal. A spektrum-hatékonyság további növelése és a helyi tárolás szükségessége a végberendezésekben mind fontos kutatási kérdések. Az analógról a digitális TV műsorszórási átál-lás is sok kérdést vet fel, mint például a lakosság egy részének esetleges kulturális leszakadását. A szolgál-tatóknál a „triple-play” lesz a tipikus, de valószínű a „qu-adroplay” is, azaz a mobil multimédia szolgáltatási elvá-rás. Integrált forgalmi szempontból ezek a hálózatok ugyan alapvetően szimmetrikusak lesznek, de időn-ként valószínűleg jelentős aszimmetria is fellép.

A fenti folyamatok időtávja több mint 10 évre tehe-tő. A Gigabit Ethernet hálózatok valószínűleg egyedu-ralkodók lesznek, és a megbízható, védett kommuniká-ció minden ügyfél számára biztosítható lesz, függetle-nül attól, hogy az fix, vagy mobil.

Irodalom

- [1] Sogrik György–Stefler Sándor:
A mobil telefontól a mobil TV-ig,
TV Konferencia 2005, Budapest
- [2] L.Henden at al.:
Broadcast and multicast – a vision on their role
in future broadband access networks, MMC 2005
- [3] Ulrich Reimers, Prof. Dr.-Ing.:
Broadband Infrastructures for Mobile Media Networks,
MMC 2005

A jövő kihívásai a kábeltelevíziózásban

PUTZ JÓZSEF

T-Kábel Magyarország Kft.
putz.jozsef@t-kabel.hu

Kulcsszavak: HFC hálózat, szegmentálás, frekvencia allokáció, set-top-box, DVB

A jövőben a kábeltelevízió hálózatok nagy sávszélessége, jó szegmentálhatósága komoly lehetőséget nyújt a felmerülő előfizetői igények kielégítésére. A jelenlegi szolgáltatások a broadcast-tól el fognak tolni az előfizetők igény szerinti elvárásai (VoD) felé. A jelenlegi analóg TV kínálat várhatóan erősen visszaszorul és a digitális multimédia fogja átvenni a szerepét. A háztartásokban meg fog jelenni a nagy felbontású televízió (HDTV), az ezt megjelenítő plazma-, illetve egyéb technológiájú vevőkészülékekkel. Az internet-szolgáltatás sávszélessége jelentősen megnő, jelenleg is kísérletek folynak külföldön a 100 Mbit/s előfizetői adatsebesség megvalósítására. A teljes rendszer megbízhatóságával szemben lényegesen magasabb elvárásokat fognak megfogalmazni a fogyasztók. Jelen cikk ezekre a közeli és távolabbi jövőben megjelenő új kihívásokra próbál iránymutatást adni a kábeltelevízióval foglalkozó, illetve a szakma iránt érdeklődő szakembereknek.

1. Bevezetés

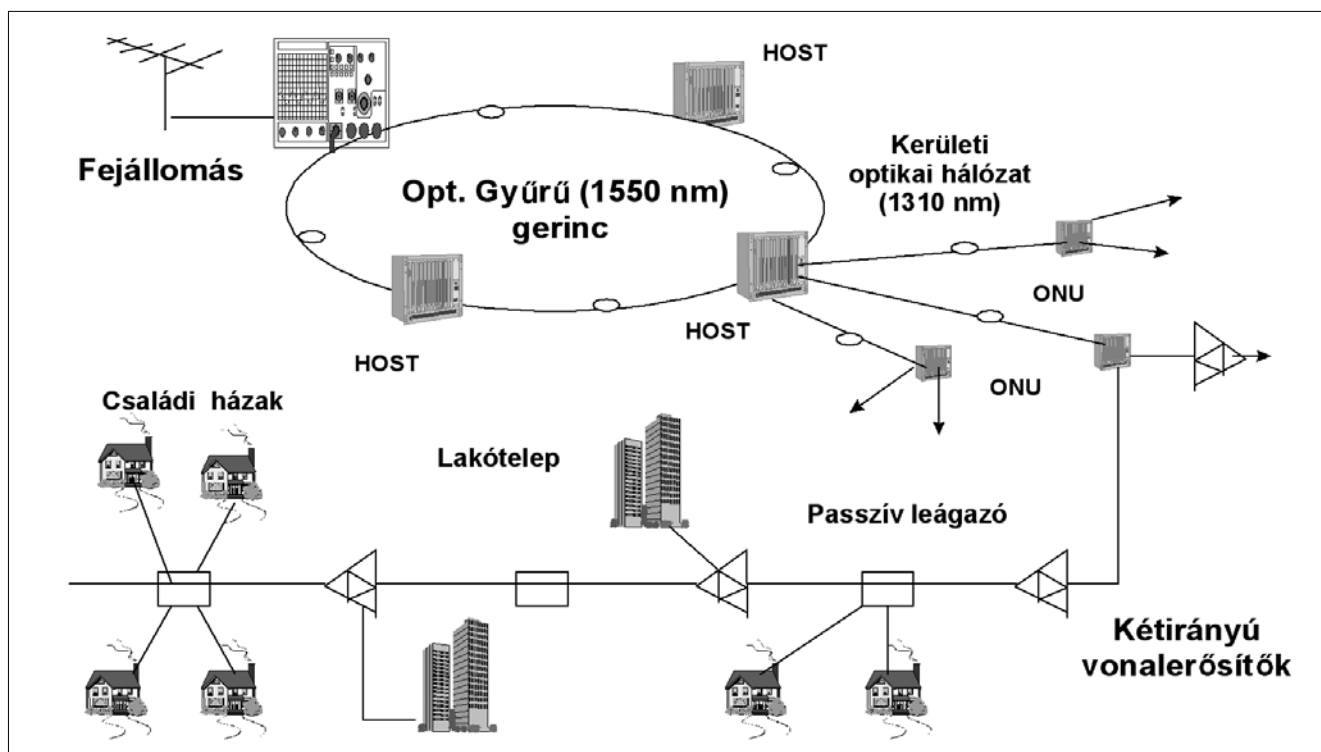
Ma Magyarországon 2,2 millió háztartásban élvezhetik az előfizetők a kábeltelevízió hálózat nyújtotta szolgáltatásokat előnyeit. Ezek a hálózatok jelentős része már korszerű optikai és koax hálózati síkot is alkalmazó HFC (Hybrid Fiber Coax) rendszerben került kialakításra. A hálózatokon jelenleg döntően analóg broadcast jeltovábbítás folyik, valamint a már kétirányúsított rendszereken megjelent az internet-szolgáltatás. Több kábeltelevíziós társaság elindította telefon és digitális TV szol-

galtatását is. A szakma jelentős fejlődési lépcső előtt áll, várhatóan a digitalizálás itt is nagy léptekkel fog előre törni, az analóg jeltovábbítás pedig háttérbe szorul.

2. Korszerű HFC hálózatok felépítése

A 90-es évek második felében érett meg a technológia arra, hogy az optikai átvitel alkalmazásra kerüljön a kábeltevé hálózatokban. Lehetővé vált olyan hibrid rendszerek megvalósítása is, ahol az előfizető felé vezető

1. ábra HFC rendszerű kábeltelevízió hálózat



akár 50-100 km-es szakaszon, az optikai hálózat után csak az utolsó kilométerben jelenik meg a hagyományos koaxiális kábel. Új technológiákkal, kifejezésekkel kellett, hogy a kábeltelevíziós társadalom megismerkedjen.

Az optikai és koax elemeket is alkalmazó hálózatot Hybrid Fiber Coax, rövidítve HFC hálózatnak nevezzük. Az optikai rész általában a fejállomástól addig az optikai Node-ig (ONU) tart, amelyre körülbelül 200-800 előfizető kapcsolódik. Ezek az előfizetők osztoznak a kábelhálózaton és ennek megfelelően a rendelkezésre álló sávszélességen.

A fejállomásra kerül egy optikai modulátor, ami a 862 MHz sávszélességű RF jelet *amplitúdó modulált* optikai jellé alakítja. Azt, hogy TV a technikában is alkalmazásra kerüljön az optikai átvitel, az tette lehetővé, hogy a lézer adók olyan nagy linearitású változatban is gazdaságosan legyárthatóvá váltak, amelyek már az itt megfogalmazott igen szigorú intermodulációs és zajkövetelményeknek is eleget tudtak tenni.

A jó minőségű közvetlen visszacsatolt (DFB) lézerek ma már hétköznapi eszköznek számítanak. Az optikai modulátor kimeneti jelszintjét optikai erősítő (EDFA) emeli az optikai szálba maximálisan becsatolható 40 mW (16 dBm) szintre. Ez az 1550 nm-en működő trónkhálózat juttatja el az optikai jelet a következő szétosztási pontra (HOST), ami akár 50-100 km távolságban is lehet a fejállomástól. Itt RF jellé történő átalakítás történik. Ezután egy újabb optikai modulációval már 1310 nm-es kimeneti jellel kerülnek a 2-10 km távolságban lévő optikai vevők (ONU) megtáplálásra. Innen már koax kábeles átvitel történik, ez a hagyományos, úgynevezett réz sík.

Ebben a hálózati síkban a HFC rendszereknél már csak legfeljebb 2-3 RF erősítő van sorba kapcsolva, ami sokkal kevesebb, mint a tradicionális KTV hálózatokban, ezért nagymértékben javítja az átviteli paramétereket. Egy ilyen ONU tipikusan 350-500 előfizetőt szolgál ki műsorokkal és adatokkal. Mivel a koax kábel hossza az 1 km-t általában nem haladja meg, így nem szükséges a hőmérséklet- és frekvencia-egyenetlenség kompenzáció sem, egyszerűbb eszközöket lehet alkalmazni. Az optikai átvitel nem érzékeny a hőmérsékletváltozásra, valamint jól kézbe tartható a frekvencia átvitele is.

Az optikai Node-tól 1310 nm-en egyszerűbb esetben Fabry-Perot lézer, kritikusabb alkalmazások esetén

DFB lézer, mint elektromos-optikai átalakító segítségével kerül vissza a visszirányú jel a szétosztási pontig.

Itt is megjelenik a nagyobb sávszélességű visszirányú átvitel (20-65 MHz) alkalmazásának lehetősége, valamint megvalósíthatóvá válik a fizikai szegmentálás is, így ugyanazt a frekvenciasávot többszörösen ki lehet használni.

A visszirányú optikai hálózat másik előnye az, hogy nem vesz fel a környezetéből rádiófrekvenciás zajt, jól védett. A technikai haladás a koax síkon is hozott újdonságot, a galliumarzenid (GaAs) alapanyagú félvezetők tömeges felhasználását. Ez azt eredményezte, hogy a hagyományos szilícium alapú eszközöknél kétszer nagyobb kimeneti jelet fele akkora teljesítményfelvétellű erősítő képes volt produkálni. Megnövekedett az alkalmazható jelszint, csatornaszám és az áthidalható hossz is.

3. A kábeltelevízió hálózatok lehetőségei

3.1. A kábeltelevíziós hálózat frekvenciasávja

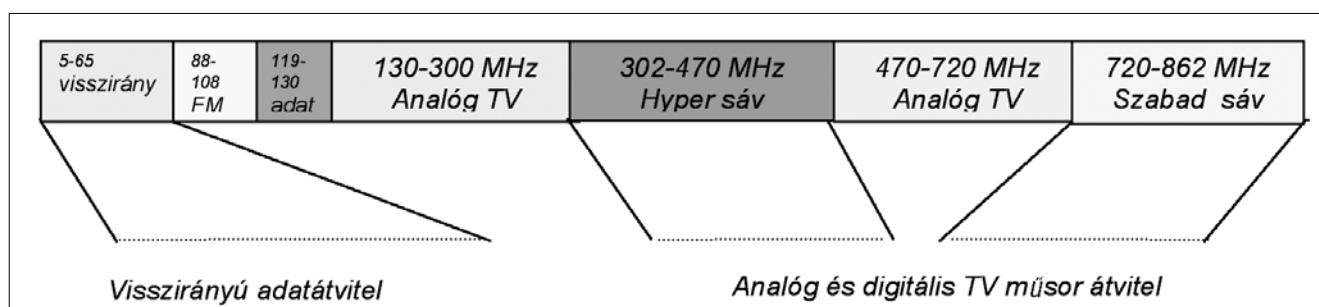
A kábeltelevíziós hálózat kapacitását a felhasználható frekvenciasáv és az itt elérhető jel-zaj viszony határozza meg. Vizsgáljunk meg egy megvalósított hálózatot! Az előfizetői irányban 125-862 MHz sávszélességben, összesen 70 hagyományos TV csatorna áll rendelkezésre.

Ez a jelenlegi technikai szinten csatornánként 50 Mbps adatátviteli lehetőséget jelen. Visszirányban a 20-65 MHz-es sávban 6 db 6,4 MHz-es szabad csatorna kerülhet felhasználásra. Itt az új szabványú (DOCSIS 2.0) átviteli rendszer csatornánként 30 Mbit/s adatátviteli sebességet tesz lehetővé. Mit jelent ez a gyakorlatban? Az előfizető felé akár 3,5 Gbit/s sebességgel is száguldhathat az információ, míg az előfizetőtől akár 180 Mbit/s sebességgel lehet adatot továbbítani. A HFC hálózatban egy optikai adóhoz átlagosan 8 optikai vevő tartozik, így előfizetői irányban a sávszélesség megszűnik az egyes Node területek előfizetői között.

3.2. Internet szolgáltatás megvalósítása

Milyen szolgáltatásokat lehet ezen a nagysebességű rendszeren megvalósítani? A szélessávú Internet, mint lehetőség már manapság is elérhető, jelenleg 512

2. ábra A frekvenciasáv felosztása



kbit/s-5 Mbit/s letöltési sávszélességgel. Látszik, hogy nem technikai korlátok, hanem a fizetőképes kereslet az, ami hosszútávon befolyásolja a fejlődést. Vizsgáljuk meg egy külföldi szolgáltató internet-sávszélességének növekedését az idő függvényében (3. ábra). A szolgáltató nagy sávszélességet ad az előfizetőknek, ami igen átgondolt frekvencia-allokációs stratégiára utal. Az internet alkalmazásával lehetőség nyílik VoIP (példánkban ToIP) telefon szolgáltatás nyújtására is.

	sebesség	Kumulált bitsebesség Mb/s	Csatornaszám Docsis 1.0 64QAM	Csatornaszám EuroDocsis 64QAM	Csat.szám EuroDocsis 256	Vegyesen (2*D64+x*E256)
I	384	30,7	2	1	1	2
II	512	41,0	2	2	1	2
III	768	61,4	3	2	2	3
IV	1000	80,0	3	3	2	3
V	1500	120,0	5	4	3	4
VI	2000	160,0	6	5	4	5
VII	3000	240,0	9	7	5	6
VIII	4000	320,0	12	9	7	8
IX	5000	400,0	15	11	9	10
X	10000	800,0	30	22	17	18
XI	20000	1600,0	59	44	33	34

5. ábra
Internet-szolgáltatás
csatorna allokációja

	1996 - 1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005 +++
	Experimentatio	AOL par	NUMERICABLE	NC INTERNET		TV over IP	ToIP, VoD...
SUBSCRIBERS	200	13 000	20 000	35 000	75 000	110 000	200 000
OFFERS	512 kbps	512 kbps 768 kbps	512 kbps 1 Mbps	512 kbps 1 Mbps	512 kbps 1 Mbps	512 kbps 2 Mbps 20 Mbps	X Mbps 20 Mbps 100 M 7
INTERNET CAPACITY	2 Mbps	10 Mbps	20 Mbps	50 Mbps	600 Mbps	3 Gbps	> 10 Gbps
TECHNOLOGY	CDLP	(motorola proprietary)	EuroDocsis 1.0	EuroDocsis 1.1	EuroDocsis 2	WB ? EuroD 3.0 ?	

3. ábra
A Numericable (Franciaország) internet-szolgáltatása

Vizsgáljuk meg az internet sávszélesség allokáció hosszú távú stratégiát. Ehhez határozzuk meg a rendszer előfizető irányú (Downstream) és visszirányú (Upstream) szegmentálását, a várható penetrációt és a statisztikusan meghatározható többszörös értékesítés (Overbooking) mértékét. Egy ma működő, valós hálózat 2 db Docsis 1.1 csatornát alkalmaz. Az előfizető szám növekedésével már feltételezzük az Eurodocsis 2.0 szabványú eszközöket.

4. ábra Internet szolgáltatás alapparaméterei

	(DS)	(US)
Node-onkénti előfizetőszám:	400	
Internet penetráció	30%	
Overbooking (többszörös értékesítés)	12	2
Node/optikai adó arány	8	1
Csatorna kapacitás Docsis 1.0 / 64QAM (Mbit/s)	27,4	2,5
Csatorna kapacitás EuroDocsis 1.0 / 64QAM (Mbit/s)	36,5	10
Csatorna kapacitás EuroDocsis 2.0 / 256QAM (Mbit/s)	48,7	30

Ezek az igen jövőbemutató alapparaméterek alapján könnyen kiszámítható, hogy a sávszélesség változása milyen allokált csatornaszámot igényel (5. ábra). A táblázatból jól látszik, hogy már 5 Mbit/s sávszélességű szolgáltatáshoz is a fenti paraméterek alapján további 10 csatorna szükséges.



6. ábra DVB-C vételére alkalmas set-top-box

3.3. Digitális TV jelszolgáltatás

A másik olyan szolgáltatás, amit megvalósíthatunk a szélessávú HFC hálózaton, az a digitális televíziójelek továbbítása. Itt egy hagyományos csatorna helyén akár 8-12 digitális műsor átvitele is lehetséges. Ha ez egyszerű broadcast szolgáltatásként indul, akkor a sávszélesség-allokációnál egyszerű a dolgunk, mivel 8-12 műsoronként kell egy TV csatornát lefoglalni. Az előfizetőnél a vételt egy set-top-box biztosítja, ami a digitális TV jelet illeszti a hagyományos vevőkészülékhez (6. ábra).

3.4. Igény szerinti videó szolgáltatás (VoD – Video on Demand)

Az igény szerinti videó szolgáltatás fő célja annak biztosítása, hogy a végfelhasználó, mint egy „videotékából” választhassa ki az általa

megnézni kívánt filmet és a saját igényeinek megfelelő időpontban azt megnézhesse. A felhasználó számára biztosítani kell azt területet, ahol a VoD kínálatából egyszerűen kereshet és választhat. Ezen túlmenően biztosítandók az olyan videómagnó-szerű felhasználói funkciók, mint a pillanat-állj, gyors-előre, gyors-hátra. A szolgáltatás visszirányú csatornát és személyre szabott letöltési adatcsatornát igényel, ezért az Internet hozzáférés után ez tekinthető a legnagyobb beruházás igényű szolgáltatásnak.

A VoD igen nagy sávszélességet igényel a kábeltelevíziós hálózattól, amely csak a szélessávú hálózatok esetében lesz gazdaságosan kiépíthető. Az igény szerinti videózás nagy tömegben akkor fog megindulni, mikor az új kódolási rendszerrel (MPEG-4.10, vagy fejlettebb rendszer) működő set-top-boxok ára már nem lesz lényegesen magasabb a mai MPEG-2 kódolással működőknél. A kábeltelevízió üzemeltetők jövőbeli bevételeinek egyre nagyobb hányadát fogja ez a szolgáltatás adni, ezért érdemes egy rövid vizsgálatot tenni, milyen módon kell a frekvencia allokációs stratégiáját kialakítani.

Nézzünk meg elméletben egy hálózatot, ahol a szolgáltató 8 db 8 MHz sávszélességű csatornát allokált erre a célra. Tegyük fel, hogy 100%-os biztonságú elérést akarunk megvalósítani, tehát mindenki egyszerre nézhet rajta műsort, aki előfizetett rá. Ha igen fejlett kódolási algoritmust alkalmazunk, akkor tegyük fel, hogy egy 8 MHz-es csatornán egyszerre 40 db különböző műsort tudunk továbbítani, ami 8 csatornával számolva 320 előfizetőt jelent. Ha ennél nagyobb előfizetőszámot akarunk elérni, akkor két úton tudunk járni, vagy több csatornát szabadítunk fel, vagy fizikailag kezdjük szegmentálni a hálózatot.

3.4.1. Több csatorna VoD-ra allokálása

Ha már a digitális szolgáltatás penetrációja kellően magas, akkor átmigrálhatóak lesznek az előfizetők az analóg szolgáltatásból, így itt jelentős számú csatornát nyerhetünk. Tegyük fel, hogy 32 csatornát tudunk VoD-ra alkalmazni, ekkor 1280 előfizetőt tudunk egyidejűleg ellátni. Ekkor a VoD médiaszervere a headendre iktatja be a jelet, központi műsorelosztás történik, az analóg jel szétesztáshoz hasonlóan.

3.4.2. Fizikai szegmentálás

Ha nincs módunk több csatornát allokálni a feladatra, akkor a HFC rendszer optikai szétesztási pontjaira (HUB) kell telepíteni egy olyan eszközt (IP to QAM converter), ami itt végzi a beiktatást. Ezt az eszközt a központi szerverrel Gigabit Ethernet hálózat segítségével kell összekötni. Ekkor a szétesztási pontok számának arányában növekszik az egyidejűleg műsorról ellátható előfizetők száma.

Tegyük fel, hogy 10 ilyen szétesztási pontunk van, ekkor 8 db csatorna esetén 3.200 az ellátható előfizetők száma. Ha szétesztási pontonként 4 optikai adót üzemeltetünk, akkor ez tovább szegmentálható, így már az előfizetőszám 12.800-ra nő. Egy átlagos hazai ká-

beltelevíziós hálózatban, ebben az esetben a broadcast analóg előfizetők száma $350 \text{ efi} * 8 \text{ Node} * 4 \text{ optikai adó} * 10 \text{ HUB} = 112.000$ előfizető. Ez azt jelenti, hogy a frekvencia allokációs stratégiát úgy kell kialakítani, hogy ha egy ekkora rendszerben a fizikai szegmentálás lehetősége elfogy, addigra már a felszabadított csatornáknak rendelkezésre kell állniuk.

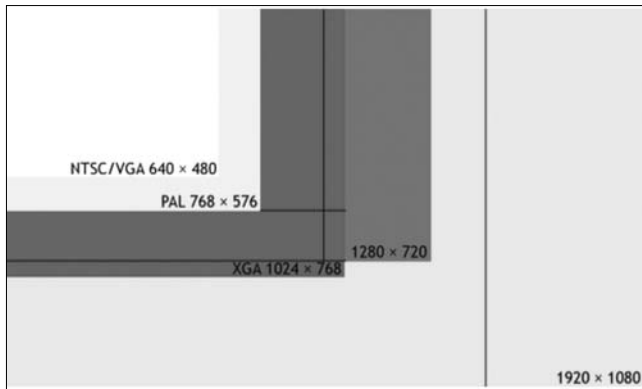
A valóságban azért valamivel könnyebb a helyzet, mivel statisztikailag a gyakorlatban bebizonyosodott, hogy a VoD előfizetők maximum 10%-a fog egyszerre műsort nézni, tehát elég erre tervezni a rendszert.

3.5. Csak azért fizetünk, amit nézünk (PPV, IPPV)

A műsorszámokhoz kötődő szolgáltatás típusa a PPV (Pay Per View). Ez a szolgáltatás lehetővé teszi, hogy a néző a saját igényeinek megfelelően megvásárolja azokat a jogokat, amelyek az általa kiválasztott, például sportesemény, film stb. megnézésére feljogosítják. Lehetséges havi, szezonális, évi előfizetése egy rendszeresen visszatérő sporteseménynek, melynek során, például az egyik résztvevő (csapat) meghatározása lesz a „visszatérés” alapja.

A PPV egy speciális esete az IPPV (Impulzusos PPV), amikor is a vevőkészülék a CA rendszer kártya-olvasójába illesztendő kártyán lévő „zsetonokból” vonja le a megtekintett műsorszámok megfelelő egységet (az impulzus a telefonos számlázásra utal) és engedélyezi a tartalom megtekintését, de természetesen csak akkor, ha van elég zseton a kártyán. A megnézni kívánt műsor zsetonban kifejezett árát az EPG mutatja meg. Ilyen elven természetesen műsorszám is nézhető, de akár játék is játszható (pay-per-play). Amennyiben nincs elegendő zseton, akkor ugyanazon módon lehet eljárni, mint a PPV esetben (ügyfélszolgálatra betelefonálni). Az újabb CA rendszerek már képesek a fogyasztás alapú számlázásra olyan módon, hogy a smartcard rögzíti, hogy adott csatornánál mennyi impulzust, illetve zsetont használt el a felhasználó. Ekkor az azonnali visszajelzés helyett a vevőkészülék időnként (például havonta) visszajelzi az elhasznált zsetonok számát. A PPV és IPPV szolgáltatásokat CA rendszer keretében kell megvalósítani. A PPV esetén csak kényelmi szempontból szükséges a visszirány (ne a nézőnek kelljen telefonon rendelni, hanem egy alkalmazáson keresztül tehesse ezt meg), míg IPPV esetén kötelező, hiszen ezen keresztül jelenti be a vevőkészülék az elhasznált impulzusok számát.

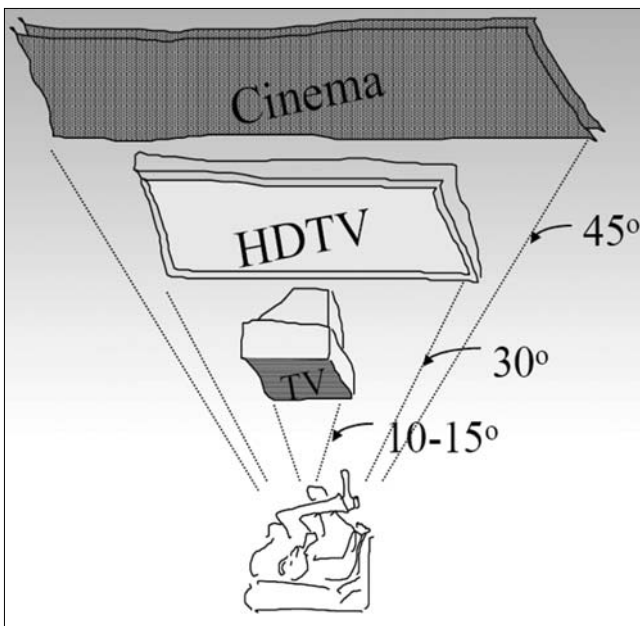
Mivel PPV esetén az igények általában csak műsorszámok előtt keletkeznek, ezért a szolgáltatónak arra kell felkészülni, hogy a műsorszámok előtt sok felhasználó fog igényt támasztani, a műsorszám közben pedig kevesen. Az IPPV lényegesen kevesebb egyidejűleg lekezelendő visszirányt igényel, mert itt csak bizonyos idő elteltével kell jelentenie a STB-nak, hogy mennyi impulzust kell kiszámlázni a nézőnek. Az alkalmazott CA rendszerrel lehetőség van előfizetőket bizonyos csatornákról és szolgáltatásokról, vagy végső esetben az egész rendszerről letiltani, illetve engedélyezni.



7. ábra A SDTV és HDTV felbontása

3.6. Nagyfelbontású televízió szolgáltatás (HDTV)

A hagyományos standard felbontású televízió szabvány (SDTV) $720 \times 576 = 420.720$ pixelnyi méretet definiál, szemben a nagyfelbontású televízió $1920 \times 1080 = 2.073.600$ pixelével (7. ábra). A másik lényeges különbség a képarány; míg a hagyományos televízió készülék megjelenítője 4:3, addig a HDTV készüléké 16:9 képarányú. A néző látószöge HDTV esetén lényegesen nagyobb, közelebb áll a moziéhoz (8. ábra).

8. ábra
A különböző megjelenítési rendszerek látószöge

Létezik olyan verzió is, ahol az 1920×1080 pixeles, váltottsoros letapogatású 25 teljes kép helyett 1280×720 pixeles felbontásban, de 50 teljes kép kerül továbbításra. Európában 2003-ban kezdődött a HDTV kísérleti sugárzás. Az ekkor megalakult csoport neve: Euro 1080 (www.euro1080.tv). Az új adó 2004. január 1-től a HD-1 műsort kezdte sugározni kódolatlanul az Astra mű-

holdról. Több HDTV műsorsugárzás fog várhatóan a közeljövőben elindulni, de a piacon még nincs jelen nagy számban az ennek megjelenítésére képes kijelzőeszköz.

A HDTV műsor sávszélesség igénye MPEG 4.10 kódolás esetén 4-10 Mbit/s, míg MPEG-2 kódolásnál ez 15-24 Mbit/s.

4. A kábeltelevíziós szakma válaszai a kihívásokra

4.1. Frekvencia-allokáció

Az ismertetett szolgáltatások sávszélességigénye jelentős, ezért nagyon lényeges, hogy a rendelkezésre álló erőforrásokat átgondoltan, jövőállóan használjuk fel. Egy lehetséges verziót mutat erre a 9. ábra. Itt a meglévő analóg szolgáltatás mellett indul el a digitális jeltovábbítás, a kezdeti állapotban még nincs szó analóg digitális migrációról.

A kábeltelevízió hálózat üzemeltetőknek a kidolgozandó frekvencia-allokációs stratégiában választ kell adniuk a következő kérdésekre:

4.1.1. Szegmentálhatóság

A jelenlegi szegmentálhatóság növelése az egy optikai adóra jutó vevők számának a csökkentését jelenti. Ez az adók egyszerű duplázásával megvalósítható, amennyiben az optikai hálózat csillagpontos, minden Node közvetlenül, saját szálon kapcsolódik az optikai adóhoz. Létezik azonban az optikai hálózatok esetében is soros felfűzésű, úgynevezett vonali osztású hálózat, ahol a szegmentálásnak komoly optikai hálózat-építési vonzatai vannak.

4.1.2. Az internet szabványok megválasztása

Az Internet átvitelre használható csatornák a szolgáltatás indításakor még a sáv alján kerültek kijelölésre és a 6 MHz-es sávszélességű Docsis-szabványú eszközök működtek itt. 302 MHz-től viszont az európai kábeltelevíziós rendszerek már 8 MHz-es csatorna sávszélességet használnak, amihez jól alkalmazkodik az Eurodocsis-szabvány.

Az Eurodocsis nagyobb sávszélességet tesz lehetővé, mint a Docsis (lásd 4. ábra), ezért egyértelműen ez a perspektivikus döntés

4.1.3. Digitális TV szolgáltatás

Itt is célszerű a jövőben az új tömörítési eljárások irányába való elmozdulás (MPEG-4, MPEG-7, MPEG-21), ami hatékonyabb spektrumkihasználást tesz lehetővé.

9. ábra Frekvencia-allokáció

Frekvencia sáv 862 MHz	Digitális TV szolg.	Meglévő analóg digitalizálása	VoD, NVoD	HDTV	Internet	Max. analóg	összesen	7 MHz+8 MHz összesen rendelkezésre áll
csatornaszám	8	6	5	2	10	45	76	84

4.2. Az eszközpark fejlesztése

Már a közeljövőben várható, hogy megjelennek a háztartásokban a mindentudó set-top-boxok, amik képesek Internet, VoIP telefon szolgáltatásra, HDD-n való TV műsor rögzítésére, DVD-re való kiírásra, ezek WLAN technológiával való lakáson belüli továbbítására. Az ilyen szuperintelligens eszköznek nagy ütemben való, erőszakos terjesztésére mégsem buzdítanék senkit, mivel az a szabványok fejlődésével hamar értékét veszítheti.

4.3. Hálózat megbízhatóságának növelése

A kábeltelevízió hálózatok kevés kivételtől eltekintve nem szünetmentesek. Ha a szolgáltatások megbízhatóságának magasabb szintűnek kell lennie, akkor elgondolkodtató néhány prominens terület áram-betáplálásának szünetmentesítése. Itt gazdasági kérdés az áthidalandó üzemidő meghatározása.

A ma alkalmazott erősítő elemek állítása nem folyamatos, a karbantartó az egyes csillapító és korrekter pluginokat cseréli ki, így a mögötte lévő szolgáltatások erre az időre megszakadnak. Célszerű a jövőben az elektronikusan, megszakadásmentesen állítható eszközök alkalmazását megfontolni. Bár lényegesen drágább, de a jövőben a földalatti hálózatok építése lesz az általánosabb.

4.4. Munkaszervezési lehetőségek

Nagyon lényeges kérdés a személyzet magas szintű kiképzése, felszerelése. Szakértő kollégák és érzékeny célműszerek alkalmazása esetén sok kezdődő hálózati hibát fel lehet fedezni, még mielőtt az előfizető érzékelne azt.

Az elektronizált adminisztráció sokat segíthet abban, hogy a magasan képzett kollégák a speciális szakmunkával többet foglalkozzanak, mint az adminisztrációval.

4.5. Hálózat menedzselés

Nagy kábeltelevízió hálózatokon hosszú távon meg kell valósítani a hatékony menedzselés lehetőségét. A hálózatnak figyelnie kell az elemek állapotát, és ha az eltérés egy túrt hányadot meghalad, akkor lehetőségeikhez mérten fel kell deríteni a hiba helyét, és értesíteni kell a beavatkozó személyzetet. A hatékony üzemeltetéshez szükség lesz egy Network Operational Centre (NOC), ahonnan a rendszer felügyelete ellátható.

5. Összefoglalás

Hosszú távon várhatóan már nem lesznek jól elkülöníthetőek a különböző szolgáltatások. Az előfizető nem fogja azt érzékelni, hogy mi a távközlési, mi az informa-

tikai eszköz a lakásában, hiszen minden információ digitálisan fog megjelenni, legyen az hang, kép, vagy adat. A lakásban lévő információs terminál fogadja a digitális jeleket és a felhasználó igényeinek megfelelően állít elő belőle audiovizuális tartalmat.

A HDTV megjelenítők nagy áttörést fognak okozni, hiszen a felbontásuk (1920*1080) lényegesen meg fogja haladni a mai számítástechnikai eszközökét, így a számítástechnika be fog kerülni a nappalikba. Az előfizetők a jövőben kevésbé fogják preferálni a broadcast szolgáltatást, mivel az idejük lesz a legdrágább, ezért inkább az igény szerinti elérés lesz, ami nagyobb népszerűségnek fog örvendeni. A lakáson belül az IP alapú kommunikáció lesz az egyeduralkodó és a kábeles belső hálózatok jelentős része át fog térni a WLAN technológiára.

A kábeltelevízió hálózat a rendelkezésre álló nagy sáv szélessége miatt perspektivikus a jövő szélessávú elérési hálózatának szerepére. A nagy előfizetőszám és a koncentrálnódó hálózatok gazdaságos megoldást kínálnak az előfizetői igények magas szintű kielégítésére. Át kell gondolnunk a technológia adta lehetőségeket, a várható piaci igényeket, nincs vesztegetni való időnk, mert a jövő már elkezdődött.

Irodalom

- [1] Putz József:
DVB-C technológia alkalmazása
kábeltelevízió-hálózatokban,
Tanulmány, NHH, 2005. március
- [2] Putz József:
Mivé lesz a kábeltévé?
Cikk, 2004, BMF konferencia
- [3] Cableworld hírlevél,
www.cableworld.hu
- [4] Etienne Casal:
Challenges and answers to competition,
Numericable 2005,
Cisco Cable Summit konferencia, München
- [5] A digitális kábeltelevíziózás jövője,
Média Kábel Műhold kiadványa,
2004.május 19. konferencia
- [6] HDTV Euro1080,
www.euro1080.tv
- [7] Babosa Antal, Danyi Vilmos, Gróf Róbert, Költő Gábor,
Sinka Sándor, Turányi Gábor, Zigó József:
Kábeltelevíziós hálózatok, 2004.

A digitális műholdas műsorátvitel helyzete és időszakos hazai vonatkozásai a műholdas szolgáltató szempontjából

DR. EGRI TAMÁS

Hunsat Magyar Űrtávközlési Rt.
egri@hunsat.hu

Kulcsszavak: műholdas televízió, HDTV, műholdas szolgáltató

A cikk a műholdas szolgáltató és a műholdfelhasználás szempontjából igyekszik áttekinteni a digitális műholdas műsorátvitel pillanatnyi helyzetét és várható tendenciáit, kiemelten érintve a HDTV bevezetésével várható hatásokat. A hazai helyzet ismertetése mellett bemutat egy lehetőséget az egyik analóg közszolgálati csatorna digitális áttérésére.

1. Bevezetés

A digitalizálás általános tendenciája természetesen elérte a műholdas műsorátvitelt is és jelentősen megváltoztatta azt. A műsorátvitel a teljes műholdfelhasználás döntő hányadát teszi ki, így különösen fontos a műholdas szolgáltató szempontjából is.

A címben említett műholdas szolgáltató a Hunsat Magyar Űrtávközlési Rt. a Matáv Rt. és az Antenna Hungária Rt. közös leányvállalata, melyen a két anyacég fele-fele arányban osztozik. A Hunsat Rt. elődjét, a Hunsat Magyar Űrtávközlési Egyesületet egy kormányhatározat hozta létre abban az időben (1992), amikor Magyarország csatlakozott az Intelsat és az Eutelsat nemzetközi műholdas távközlési szervezetekhez.

Ezek a szervezetek akkor kormányközi nemzetközi egyezmény alapján működő nemzetközi szervezetek voltak, melyekben az egyes országok két szinten képviselték magukat. A legalapvetőbb kérdésekben az alapító egyezményeket aláíró „Felek” (Party) – azaz a kormányok – testülete döntött, míg a gyakorlati tulajdonosi, kereskedelmi, műszaki és egyéb feladatok végzése és a szervezetek szakmai irányításban történő részvétel a szervezetek működési egyezményeiket aláíró „Aláírókra” (Signatory) maradt. Ezt a feladatot látta el magyar részről a Hunsat az Intelsat, az Eutelsat és később az Inmarsat esetében is. A nemzetközi műholdas távközlési szervezetek magánkézbe adásával (Inmarsat:

1999; Eutelsat: 2001; Intelsat: 2001) a korábbi „Signatory” szerepkör megszűnt. A Hunsat ekkortól egyrészt a műhold üzemeltető társaságok részvényesévé, másrészt pedig képviselőjévé és viszonteladójává vált. Az Eutelsattal és az Intelsattal fenntartott szoros kapcsolat az oka annak, hogy jelen cikk jórészt a fenti cégek adataira támaszkodik.

2. Kitekintés

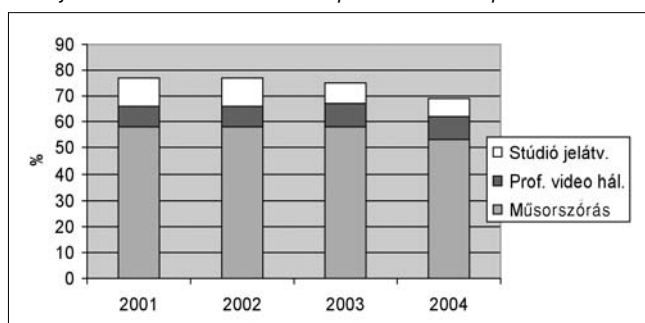
2.1. Videó alkalmazások alakulása

A videó alkalmazások főbb tendenciái jól nyomon követhetők néhány – az Eutelsat adatain alapuló – grafikon segítségével. Az első ábra a videó alkalmazások arányát szemlélteti a teljes felhasznált műholdkapacitáshoz képest (1. ábra).

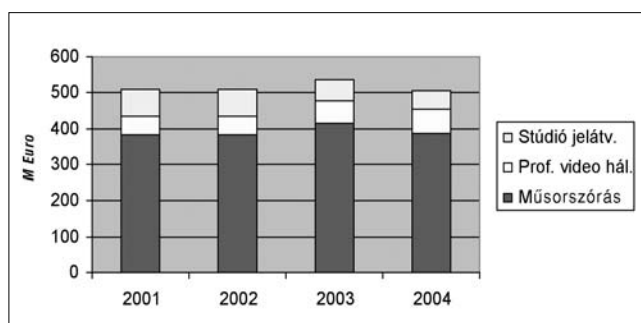
Mint megfigyelhető, a videó alkalmazások aránya enyhén csökkenő tendenciát mutat. Az arány csökkenése elsősorban a teljes rendelkezésre álló műholdkapacitás növekedésére vezethető vissza. Ezt támasztja alá a következő ábra is (2. ábra), melyen a videó forgalomból származó bevétel alakulása figyelhető meg.

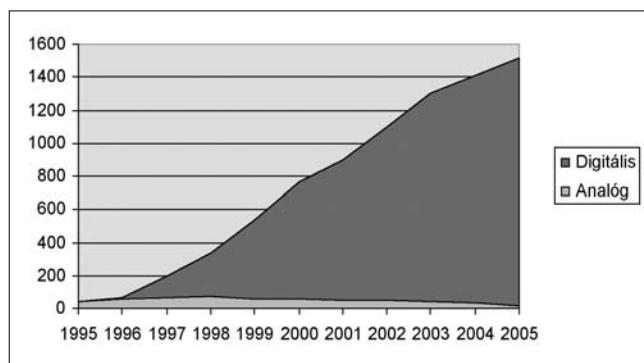
Jól látszik, hogy a bevétel – és ezzel együtt a forgalom is – az utóbbi években gyakorlatilag változatlan. Érdekes megfigyelni a műholdon keresztül sugárzott TV csatornák számának alakulását is a következő oldali ábrán (3. ábra).

1. ábra
A videó alkalmazások aránya
a teljes felhasznált műholdkapacitáshoz képest



2. ábra
A videó forgalomból származó bevételek alakulása





3. ábra Műholdon keresztül sugárzott TV csatornák számának alakulása

Szembeszökő a digitális programok számának meredek emelkedése, miközben az analóg modulációval átvitt programokból már csak mutatóba maradt néhány. A két utóbbi ábra közt látszólag ellentmondás feszül. A TV csatornák száma erőteljesen nő, miközben az összes videó forgalom stagnál. Az ellentmondás azonban csupán látszólagos. A forgalmat közvetlenül bevételben, azaz pénzben, közvetve pedig a felhasznált műholdkapacitásban, sávszélességben illetve teljesítményben mérik. Az adások digitalizálásával a képtömörítési eljárások, a hatékonyabb modulációs és kódolási módszerek révén az egy csatorna számára szükséges sávszélesség jóval kisebb, mint analóg átvitel esetén.

2.2. A digitális sugárzás alapvető módszerei

A TV műsorok digitális átvitelére többféle lehetőség kínálkozik. A legkézenfekvőbb az adott programot egy külön digitális vivőn kisugározni (Single Channel Pro Carrier, SCPC). Ilyenkor – a mivel egy ilyen vivő sávszélessége jóval kisebb a műhold fedélzetén található átjátszó (transzponder) sávszélességénél – egy transzponder több külön vivőt kell, hogy kisugározzon egyidejűleg. A műhold – rendszerint haladóhullámú csöves – végerősítő fokozatán a különböző vivőkből annak nemlinearitása miatt intermodulációs termékek jönnek létre. Ahhoz, hogy ezek nagyságát elfogadható mértékűre csökkentsék, csökkenteni kell a végerősítő kivezérlését, azaz a transzponder által kisugárzott teljesítményt néhány dB-lel vissza kell venni a végerősítő telítésével elérhető teljesítményhez képest.

Látszik tehát, hogy a külön vivők használata nem biztosítja a transzponder teljesítményének teljes kihasználását. Ez akkor érhető el, ha egy transzponderen egyetlen vivőt továbbítunk, melyet több TV csatorna egyetlen jelfolyamba nyalábolt (multiplex) jelével modulálunk (Multi Channel Pro Carrier, MCPC). Lévé, hogy a transzponderen csak egyetlen vivő van, intermodulációs hatásokkal nem kell számolni és a végerősítő fokozat telítésig kivezérelhető.

A multiplex jelfolyamok használatával az átvitel egy további módon is hatékonyabbá tehető. Az, hogy egy TV program adott minőségi igényeket kielégítő átvitele mekkora pillanatnyi adatátviteli sebességet igényel, függ

a program pillanatnyi tartalmától. Egy program átvitele esetén az adatátviteli sebességet úgy kell megválasztani, hogy az a legkritikusabb pillanatokban is biztosítsa a megkívánt minőségű átvitelt. Ez természetesen azzal is jár, hogy a kevésbé kritikus időszakokban az adatátviteli kapacitás egy része kihasználatlanul marad. Az átviteli kapacitás eredményesebben hasznosítható, ha egyetlen program helyett egy olyan multiplex jelet sugárzunk ki, melyet statisztikus multiplexálással állítottunk elő. A statisztikus multiplexálás során a teljes rendelkezésre álló adatátviteli sebességet pillanatról pillanatra változó arányban osztják fel az egyes programok között, azok pillanatnyi igényeinek megfelelően. Az átvitt programok számának növelésével a statisztika törvényei szerint az összes program által együttesen igényelt pillanatnyi adatátviteli sebesség ingadozása egyre csökken, így a rendelkezésre álló sávszélesség jobban kihasználható.

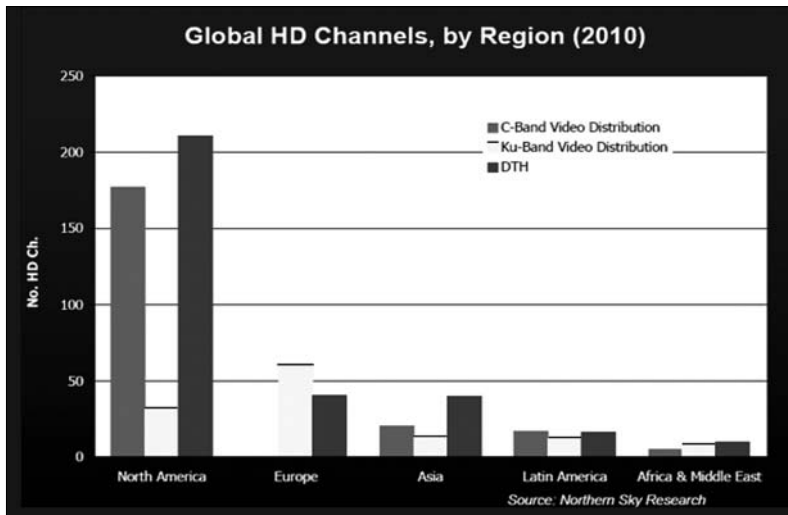
A multiplex jel előállításának többféle módja használatos. Azok a felhasználók, akik nagy számú programot sugároznak, saját maguk állítják elő és „lövik fel” a műholdra a multiplex jelet. A kisebb felhasználók jeleinek összefogására a műholdas társaságok úgynevezett digitális platformokat üzemeltetnek. Ezek multiplexálják a hozzájuk különféle utakon eljuttatott jeleket és együttesen sugározzák fel a műholdra. Ilyen például az Antenna Hungária által működtetett Eutelsat Digitális Platform. Lehetőség van végül az egyes jelfolyamoknak a műhold fedélzetén történő multiplexálására is. Ez történik például az Eutelsat Skyplex szolgáltatása keretében.

2.3. Következtetések és várható tendenciák

- A látott adatok alapján megállapíthatjuk, hogy Európában a műholdas televíziózásban a digitális átállítás lényegében befejeződött.
- A műholdkapacitás iránti igényt növelő (növekvő csatornaszám) és csökkentő (hatékonyabb tömörítési, kódolási és modulációs eljárások) tényezők pillanatnyilag közel egyensúlyban vannak.
- A video átvitel egy része nem önállóan, hanem Internet forgalomként jelenik meg. (Példa lehet erre az Eutelsat Open Sky műholdas Internet szolgáltatása, melyben egyebek mellett számos TV csatorna jelét is sugározzák MPEG-4 formátumban)
- A műholdkapacitás iránti igény lényeges növekedése a nagy felbontású televíziózás (HDTV) elterjedésétől várható, ezért érdemes röviden áttekinteni a HDTV sávszélesség igényét, jelenlegi és várható elterjedtségét.

2.4. A HDTV sávszélességigénye, jelenlegi és várható elterjedtsége

Nem részletezve a különféle HDTV szabványokat, általánosságban azt mondhatjuk, hogy a nagy felbontású televíziózásban a képpontok száma 4-5-szörös lehet a normál felbontású (SD: Standard Definition) TV-



4. ábra

Műholdas HDTV csatornák 2010-ben várható számára vonatkozó előrejelzés

hez képest. Ez ugyanilyen arányú kapacitásnövekedést jelentene, ha a fejlettebb modulációs és tömörítési eljárások nem csökkentenék ezt a hatást.

A ma általánosan elterjedt MPEG-2 tömörítés helyébe lépő MPEG-4 eljárás alkalmazásával egy adott műsor adatátviteli sebesség iránti igénye 30-40%-kal csökken. A DVB-S szabvány szerinti moduláció helyett a DVB-S2 modulációt használva az adott sávszélességen belül 30-40%-kal nagyobb adatátviteli sebesség érhető el. A HDTV sávszélességigénye összességében tehát 2-3-szorosa a normál felbontású televízióé. Gyakorlati példaként azt lehet felhozni, hogy míg egy 36 MHz sávszélességű műholdas transzponderen 8-12 körüli számú normál felbontású műsort szokás továbbítani, addig ugyanezen a transzponderen jelenleg 4 HDTV csatornát vihető át.

A HDTV szolgáltatás a világon jelenleg széles körben csupán az USA-ban, Kanadában, Ausztráliában és Dél-Koreában érhető el. A HDTV-vel felszerelt háztartások száma a világon 10 millió körül van és ezek 45%-a műholdon keresztül kapja a jelet.

Európában a HDTV egyelőre nem terjedt el. Jelenleg mindössze három csatorna sugároz nagy felbontásban (HD1, HD2, Pro7) és további hat csatorna indulását tervezik erre az évre (Canal Plus, TPS Star – francia, C:MORE – skandináv, Premiere – német, Sky Italia – olasz, BSkyB – angol).

A 4. ábrán egy a műholdas HDTV csatornák 2010-ben várható számára vonatkozó előrejelzés látható a világ régiói szerint bontva. Minden egyes régiónál külön oszlop mutatja a C- és Ku frekvenciasávú műsorszélesztésre és a közvetlenül a felhasználóknak szánt műsorszórásra (DTH) vonatkozó előrejelzést.

Kiragadva a HDTV területén vezető szerepet betöltő USA-t, vessünk egy pillantást

az ilyen készülékkel ellátott ottani háztartások számát mutató előrejelzésre (5. ábra). Az ábra és a táblázat feltünteti azt is, hogy a becslés szerint a háztartások milyen arányban veszik igénybe a HDTV jelhez történő hozzáférés különféle módjait (műhold, kábel stb.).

3. Hazai helyzet

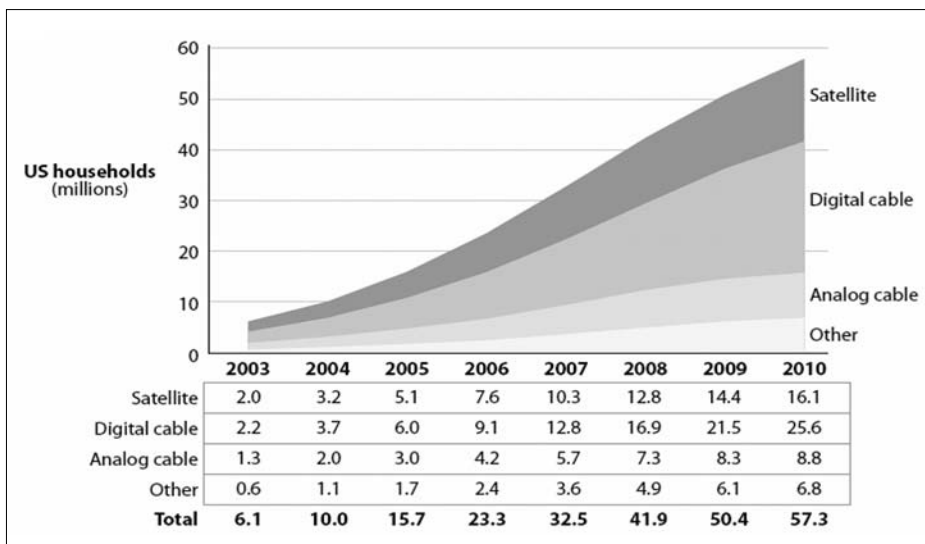
Hazánk a műholdas televíziózás digitalizálása területén hátrább tart az európai átlagnál. Jóllehet nagy nemzetközi társaságok folytatnak műholdas digitális műsorszélesztést és sugárzást, két közszolgálati műsor sugárzása folyik analóg rendszerben, egy-egy teljes transzpondert véve igénybe.

A Duna TV analóg adásáé az Eutelsat Hot Bird 6-os műhold 115-ös transzponderén valamint az M2-é az Eutelsat Hot Bird 3 műhold 71-es transzponderén. A Duna TV adását az analóg mellett digitális alakban is sugározzák, éspedig kétféle módon. Egyrészt üzemszerűen az Antenna Hungária digitális platformján keresztül az Eutelsat Hot Bird 3 műhold 72-es transzponderén, másrészt pedig az Eutelsat Open Sky szolgáltatásába ágyazva, MPEG-4 formátumban.

Amennyiben felmerül a két említett közszolgálati program digitális műholdas sugárzásának gondolata, úgy az átmenet folyamatosságának biztosítása érdekében egy ideig szükség lesz az analóg és a digitális jel párhuzamos továbbítására is.

5. ábra

Az USA-ban HDTV készülékkel rendelkező háztartások számának előrejelzése



Ez vagy egy külön csatornán történhet, mint ahogyan azt a Duna TV esetében láttuk, vagy az analóg adás transzponderén lehet egy külön digitális vivőt elhelyezni. Ezt a megoldást nevezik „simulcast”-nak. Ahhoz, hogy a digitális vivőt az analóg mellé el lehessen helyezni, természetesen meg kell változtatni annak paramétereit, csökkenteni kell teljesítményét és frekvenciatartományát, ami az ellátott terület csökkenésével jár.

A részletes vizsgálat az M2 transzponderére készült el és a következő eredményeket hozta: Az analóg vivőt a transzponder sávközépi frekvenciájáról 2 MHz-cel félretolva, mellé elhelyezhető egy 4,6 Mbit/s-os digitális vivő, miközben az analóg vivő teljesítményét 1,3 dB-lel kell csökkenteni. Ahhoz, hogy ennek az ellátott terület nagyságára gyakorolt hatását felmérhessük, vessünk egy pillantást a 6. ábrára, ami a transzponder besugárzási térképét mutatja.

A térképre rajzolt szintvonalak az azonos műhold EIRP-hez tartozó pontokat kötik össze. A legbelső vastag szintvonal a 49 dBW EIRP-hez tartozó kontúr, ezen belül az egymást követő vonalak közt 0,5 dB a különbség. Jól látható, hogy az 1,3 dB-es teljesítménycsökkenés hatására a lényeges régiókban az ellátott terület alig csökkenne.

A párhuzamos sugárzás után – ami például a Duna TV 1998-as műholdváltásakor megfelelő előkészítés után két hónapot tett ki – az analóg adást le lehetne kapcsolni. Mivel a teljes transzponder 2009 végéig hosszú távú szerződéssel le van kötve, a felszabadult kapacitást nem lehet egyszerűen lemondani és ezzel a költségeket közvetlenül csökkenteni.

A célszerű megoldás a szabadabbá váló kapacitás további hasznosítása lenne újabb digitális TV programok indításával, melyekből 7-8 darabot lehetne elhelyezni az analóg adás helyén maradó frekvenciasávban a műholdas költség növekedése nélkül.

4. Összefoglalás

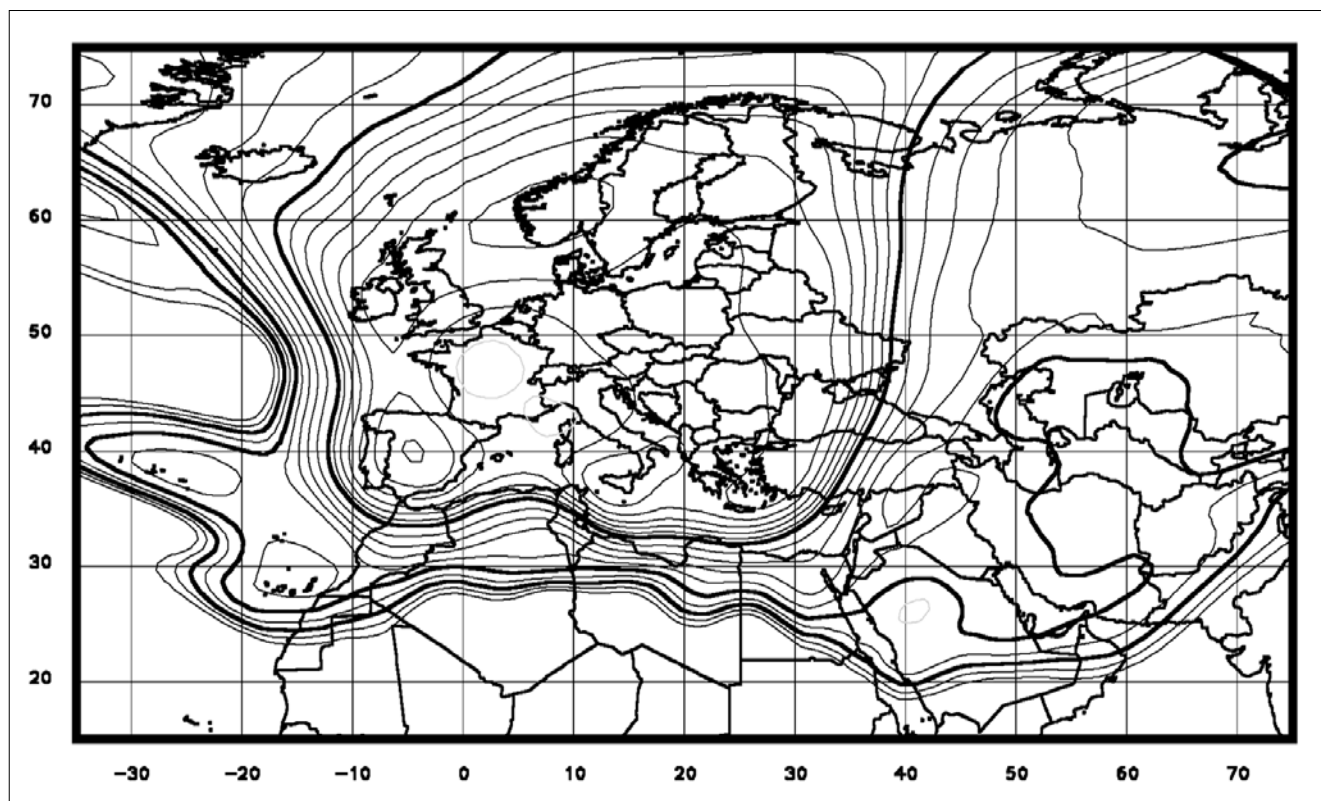
A műholdas TV átvitel napjainkban szinte kizárólag digitális alakban történik. A felhasznált műholdkapacitás mennyisége időben alig változik, mert a csatornák számának növekedése és az átviteli eljárások fejlődése miatt csökkenő sávszélességigény egyensúlyba kerültek. Lényeges elmozdulás a HDTV elterjedésétől várható, ez azonban Európában még alig kezdődött el.

Hazánkban az analóg adások aránya az átlagnál még magasabb. Amennyiben napirendre kerülne valamelyik műholdas közszolgálati csatorna digitális rendszerre történő átállítása, azt néhány hónap alatt végre lehetne hajtani és a felszabadult sávszélességen további 7-8 digitális adást lehetne indítani a műholdas költség növekedése nélkül.

Irodalom

- [1] Eutelsat annual reports
- [2] Satmagazine, April 2005.
- [3] Northern Sky Research: HDTV over Satellite
- [4] www.satnews.com

6. ábra Az M2 transzponderének besugárzási térképe



A földfelszíni digitális rádiózás helyzete itthon és külföldön

BALLA ÉVA

Antenna Hungária Rt.
ballae@ahrt.hu

Kulcsszavak: DAB, DRM, digitális rádiózás, műsorszórás

Ez a cikk feleleveníti a 90-es évek közepén elindult Digital Audio Broadcasting (DAB), valamint a két évvel ezelőtt bevezetett Digital Radio Mondiale (DRM) rendszer fő jellemzőit a forráskódolástól a sugárzásig, majd kitekintést nyújt az európai és Európán kívüli helyzetre. A magyarországi bevezetés körülményeinek ismertetése remélhetőleg felkelti az érintettek figyelmét is arra, hogy nemcsak a televízió, a rádió is digitalizálódik.

1. Bevezetés

2005-ben a magyarországi rádiózás 80., az első hazai DAB (Digital Audio Broadcasting) sugárzás 10. évfordulóját ünnepelhetjük, és június 16-án volt két éve annak, hogy a WRC'03 keretében számos nemzetközi műsorszóró vezetésével megkezdődött hivatalosan is a DRM (Digital Radio Mondiale) rendszerű sugárzás.

Rádiós évfordulóiban tehát nem szenvedünk hiányt, a hírek mégis döntően a televízió digitalizálásáról szólnak. Azonban az ismét felgyorsult külföldi DAB és DRM események, valamint a hazai rádiós problémák újra és újra eszünkbe juttatják, hogy foglalkozni kell a rádiózás digitalizálásának gondolatával is.

Írásunk a DAB és a DRM rövid rendszerismertetője után a földfelszíni digitális rádiózás hazai és nemzetközi helyzetéről kíván átfogó képet nyújtani.

2. A DAB legfontosabb jellemzői

Az egyes rádióállomások, stúdiók műsorait MPEG-1 vagy MPEG-2 audio layer II szerint kódolják, tömörítik. Az audio jelfolyamokat és a járulékos adatokat egyetlen digitális jelsorozattá alakítják, amely valamennyi műsort tartalmazza. Ezt nevezik multiplexnek. A DAB csatorna digitális jelfolyama két részből áll: a fő szolgálati csatornából (Main Service Channel, MSC), és a gyorsinformációs csatornából (Fast Information Channel, FIC). Az MSC körülbelül 2,3 Mbit/s bruttó (kb. 1,5 Mbit/s nettó) kapacitással tartalmazza a műsorokat és adatokat, míg a FIC a műsorok vételéhez és dekódolásához szükséges információkat hordozza egy 96 kbit/s-os csatornából (adóinformáció, programok nevei stb.)

A hanginformáció mellett adatok átvitele is lehetséges. A járulékos információk két alaptípusa az alábbi:

- Programkísérő adat (Programme Associated Data, PAD), amely lehet
 - szöveges (Digital Label Segment, DLS), amely hasonló az FM RDS rádiótextjéhez, illetve
 - képi (Multimedia Object Transfer, MOT).

- Programfüggetlen, nem-programkísérő adat (N-PAD). Az N-PAD információ sokrétű felhasználást tesz lehetővé: időjárési és közlekedési információk, menetrend vagy hírek HTML formátumban jeleníthetők meg a vevők kijelzőjén vagy a számítógépen (PC kártyás DAB vevők).

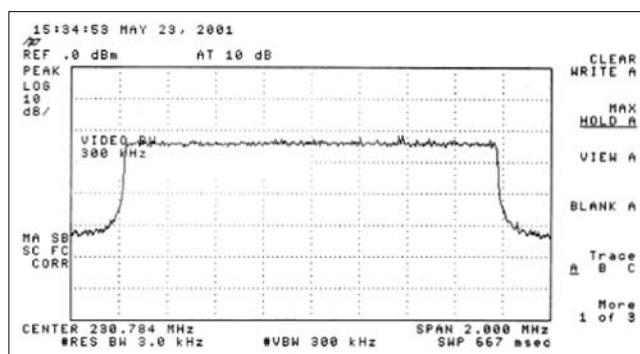
A multiplex szabadon konfigurálható, vagyis az audio- és adatszolgáltatok aránya tetszés szerint választható, csakúgy, mint a hangműsorok száma, illetve minősége.

A DAB multiplex jelét COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) eljárással kisugározzák. Ez a sokvívös moduláció fehérzaj jellegű spektrumot állít elő (1. ábra), a sávszélesség 1536 kHz.

A különböző frekvenciasávokra és terjedési feltételekre más-más OFDM paraméterek felelnek meg, ezen paraméterek együttese adja az adásmódokat. Négy adásmód létezik, melyeknek jellemzői a következő oldalon, az 1. táblázatban láthatók.

Az egyes vívók közti távolság megválasztása lehetőséget ad a reflexióból származó minőségromlások kiküszöbölésére. A vívók közti frekvenciatávolság reciproka adja ki a szimbólumidőt. Ennek 25%-a a védelmi intervallum, amely két szimbólum kisugárzása között telik el. Ha az adó jele bármilyen tereptárgyról visszaverődve, két vagy több eltérő úton jut el a vevőkészülékbe, de az útkülönbségből adódó időbeli eltérés a vé-

1. ábra
DAB spektrum a Széchenyi-hegyi adó kimenetén



delmi intervallumon belül marad, akkor nem befolyásolja a beérkezett jelsorozat kiértékelését. A közvetett úton a vevő antennájára érkezett jel származhat akár egy távolabbi adóból is, amely ugyanazon frekvencián ugyanazt a jelfolyamot sugározza. Ezáltal lehetőség nyílik szinkron egyfrekvenciás hálózatok (Single Frequency Network, SFN) létrehozására, amely takarékos frekvencia-felhasználást tesz lehetővé.

A már említett adásmódok különböző paraméter-beállítás mellett optimalizálják a sugárzást földfelszíni, műholdas vagy kábeles terjesztésre. Sugárzás két frekvenciasávban történhet: a VHF-III. sávban (174-240 MHz), illetve az L-sávban (1452-1492 MHz). Az L-sávot két részre osztották, alsó részét 1479,5 MHz-ig földfelszíni, felső részét műholdas sugárzásra használhatjuk.

Ugyanazon terület lefedéséhez DAB esetén kisebb teljesítmény elegendő, mint az FM sugárzásnál. Az utóbbi években a hordozható vevők megjelenésével együtt felmerült a beltéri vétel problémája, ugyanis az eredetileg mobil vételre (1,5 m magasan elhelyezett kültéri antenna) tervezett adóhálózatok által biztosított térerősség kevésnek bizonyult épületen belül, különösen a földszinten.

Ezért a beltéri vételre a mobil vételtől eltérő tervezési paramétereket kell definiálni, amelyek elfogadása az RRC'06 (Regional Radio Conference) keretében történik meg.

3. A DRM ismertetése

Az eredetileg az AM adások kiváltására tervezett digitális rendszer a DAB-hoz hasonlóan digitális forráskódolást és sokvívű sugárzást (COFDM) alkalmaz, de az AM sávok meglévő frekvenciasávjainak megfelelően lényegesen kisebb csatorna-sávszélesség (9,10,18, illetve 20 kHz) áll rendelkezésre, ezért ehhez illeszkedik a rendszer kialakítása [2].

A forráskódolás MPEG-4 formátumban történik. A műsor jellegétől függően alkalmazhatnak:

- Zene jellegű programokhoz AAC kódolást (Advanced Audio Coding; 34 kbit/s egy 9 vagy 10 kHz-es AM csatornában, illetve körülbelül 74 kbit/s egy dupla sávszélességű AM csatornában),
- Beszéd jellegű műsorokhoz CELP kódolást (Code Excited Linear Prediction; 4...20 kbit/s közötti értékek valószínűsíthetők meg vele, jellemzően 8...0 kbit/s-ra használják),
- Robusztus átvitelhez, kis sebességű beszédre HVXC-t (Harmonic Vector eXcitation Coding), amellyel 2...4 kbit/s-os csatornasebesség érhető el.

Mindhárom kódolás esetén alkalmazható az SBR (Spectral Band Replication) technika, amely az audio sávszélesség felső (jellemzően 6 kHz feletti) részét levágja, és az alsó sáv spektrális tartalmából szimulálja a hiányzó felső sávot. A hiányzó információt egy 2 kbit/s-os úgynevezett SBR segédjellel viszik át.

A monó, duál monó és sztereó audió módokon kívül lehetőség van a parametrikus sztereó átvitelre. A parametrikus sztereó a körülbelül 20 kbit/s-os monó jel mellett egy 1,2 kbit/s-os csatornában viszi át a különbségi jelből képzett információt.

A DRM jelfolyam is multiplexált jel, de a DAB-tól eltérően nem „kötelező” a többcsatornás sugárzás: egy adóval egyetlen program sugárzása is egyszerűen megvalósítható. Ugyanakkor a lehetőség megvan egyidejűleg akár 4 beszéd jellegű csatorna sugárzására is.

A vétel során a vevőkészüléknek szüksége van a sugárzás paramétereire vonatkozó információkra, valamint a műsorjel dekódolásához szükséges adatokra, ezért a DRM jelet három részre osztották, úgymint gyors hozzáférésű csatorna (Fast Access Channel, FAC), szolgáltatleíró csatorna (SDC) és a műsorjelet tartalmazó fő szolgálati csatorna (Main Service Channel, MSC).

Elsőként a gyors hozzáférésű csatorna dekódolása szükséges ahhoz, hogy a vevő a multiplex másik két összetevőjét dekódolni tudja. Mivel ez az összetevő tartalmazza a leglényegesebb információkat, emiatt a legrobosztusabb módot, a 4QAM modulációt használja. Az egyszerű moduláció érdekében az FAC-t nem ve-

1. táblázat DAB adásmódok és paraméterek

(* A IV. adásmód a szabvány 2. kiadásába került be. Az adásmódok számozási sorrendjén nem kívántak változtatni [1].)

Paraméter	Adásmód			
	I.	IV.*	II.	III.
Vívők száma	1536	768	384	192
Vívők távolsága, kHz	1	2	4	8
Szimbólumidő, μ s	1246	623	312	156
Védőintervallum, μ s	246	123	62	31
Bruttó MSC adatsebesség, Mbit/s	2,304	2,304	2,304	2,304
Bruttó FIC adatsebesség, kbit/s	96	96	96	96
Maximális adótávolság	kb. 100 km	kb. 50 km	kb. 25 km	kb. 12,5 km
Alkalmazás	SFN-ek létrehozására a VHF- I-II-III. sávban	Helyi szolgáltatásra mindegyik sávban	3 GHz alatti frekvenciák és kábeles átvitel	Helyi szolgáltatás minden sávban, SFN az L-sávban

	A	B	C	D
Alkalmazás	Felületi hullám HH, KH	Térhullám KH, RH	Térhullám RH	Térhullám RH
Moduláció	64 QAM	64/16 QAM	16 QAM	64/16 QAM
Interleaving	rövid	hosszú	hosszú	a leghosszabb
Robusztusság	közepes	magas	magas/ igen magas	igen magas
OFDM szimbólumidő (teljes) [ms] $T_s = T_u + T_g$	26,66	26,66	20	16,66
OFDM szimbólumidő (hasznos) [ms] T_u	24	21,33	14,66	9,33
Védőintervallum [ms] T_g	2,66	5,33	5,33	16,66
Szimbólumok száma keretenként	15	15	20	24
Vivótávolság [Hz]	41 2/3	46 7/8	68 2/11	107 1/7

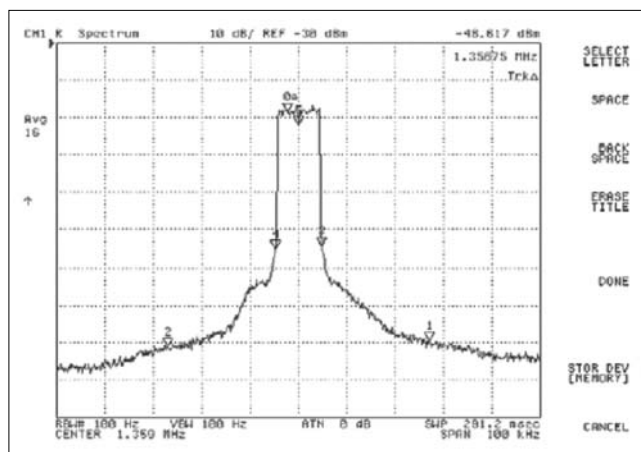
2. táblázat DRM robusztussági módok

tik alá interleaving-nek, ellentétben az SDC-vel és az MSC-vel. Ezzel biztosítható, hogy a vevő a legrövidebb idő alatt megkapja a dekódoláshoz szükséges információkat, és ezt kis jel-zaj viszony mellett is meg tudja tenni. Az FAC adatokat mindig 4,5 kHz-es vivőcsoport tartalmazza, a teljes kisugárzott DRM jel sáv szélességétől függetlenül. Az FAC-ben átvitt információk: a DRM jel sáv szélessége, az SDC és az MSC modulációja, az interleaving mélysége, hány szolgáltatás van az MSC-n belül, valamint ezek nevei.

Az FAC információk kibontása után megkezdődhet az SDC dekódolása. Az SDC tartalmazza a műsorjel dekódolására vonatkozó részletes információt, az alternatív frekvenciákat, illetve hogy mely régiókban és mikor sugározzák ugyanazt a programot. Az SDC esetén interleaving-et alkalmaznak, hogy ellenálló legyen a gyors fading-gel szemben.

Az MSC tartalmazza tehát a műsor és adatjelek összességét. Legfeljebb négy különböző szolgálatot tartalmazhat, bármelyik lehet audio vagy adat jellegű. A gyors fading hatásának csökkentésére szintén interleaving-et alkalmaznak.

A DAB-hoz hasonlóan a DRM jel kisugárzása szintén COFDM moduláció segítségével történik. A rádiócsatorna sáv szélessége hosszú- és középhullámon 9, illetve 18 kHz, rövidhullámon 10, illetve 20 kHz lehet. A sugárzáshoz igen jó linearitású végerősítőre van szükség a torzítások elkerülése érdekében [2].



2. ábra DRM spektrumkép

A különböző terjedési viszonyoknak megfelelően négy robusztussági módot definiáltak (2. táblázat).

A DRM adásmódhoz tartozó paraméter az elfoglalt sáv szélesség is. A sáv szélességet számmal jelölik a 3. táblázat alapján.

Az adásmód a robusztussági mód és a sáv szélesség-foglalás együttes megjelölésével áll össze, például A2, B3 stb. Mivel rövidhullámon a raszter 10 kHz, C és D robusztusság esetén csak 10 vagy 20 kHz lehet a sáv szélesség.

A 2. ábrán egy 10 kHz-es DRM spektrum látható [2].

3. táblázat Sáv szélesség-foglalások a DRM rendszerben

Jelölés	0	1	2	3	4	5
B [kHz]	4,5	5	9	10	18	20

4. táblázat DRM 120 paraméterek

Mód	Védőintervallum	Vivók száma	RF sáv szélesség	Tipikus kapacitás
„F”	FM 1	kb. 100	45 kHz?	64-90 kbit/s?
„G”	FM 2	kb. 200	90 kHz?	128-180 kbit/s?

A DRM tehát a 30 MHz alatti frekvenciatartományok digitális rádiója. 2005. tavaszán azonban elfogadta a DRM konzorcium, hogy a rendszert kiterjesszék 120 MHz-ig, vagyis a jelenlegi FM sáv felső határán túl (108 MHz). A tervezett paramétereket az előző oldali 4. táblázat tartalmazza [3].

Az elképzelések szerint egy FM csatorna helyén 4 DRM csatorna kaphat majd helyet. A 120 MHz-es rendszer kifejlesztését és a vevőkészülékek megjelenését 2009-re ütemezték.

A megfelelő vételt a QoSAM rendszer biztosítja. Ennek lényege, hogy a célterületen monitorozó vevőket helyeznek el, amelyek internetes kapcsolat segítségével visszirányú információt küldenek az adóhoz, ahol szükség szerint adásmódot, hibavédelmet, frekvenciát lehet változtatni. A vevőkészülék a FAC információk alapján automatikusan követi a változásokat, így a hallgatónak nem kell a vevő utánhangolásával foglalkoznia. A QoSAM rendszer felépítését a 3. ábra szemlélteti [4].

4. A DAB külföldön

Ma a világ 28 országában folytatnak rendszeres vagy kísérleti DAB sugárzást, és további 8 ország foglalkozik a bevezetés gondolatával. A potenciális DAB-hallgatóság világszerte eléri a 300 millió főt, a digitálisan kisugárzott programok száma közel 600 [5]. A multiplex rendszerű műsorszórás szabályozásához szükséges jogi háttér országonként eltérő, emellett a VHF-III. sáv használata sem egységes, ez az oka annak, hogy a DAB helyzete még Európán belül is igen változatos.

Nagy-Britannia

A legkedvezőbb helyzet Nagy-Britanniában tapasztalható, a programok számát, a lefedettséget és a vevőkészülék-választékot illetően egyaránt.

1995 óta két országos lefedettségű hálózat épült ki, az egyiket a közszolgálati BBC, a másikat a kereskedelmi Digital One társaság látja el tartalommal. A brit multiplexekben sugárzott programok száma magas – jellemzően tíz –, így a legnagyobb csatornasebesség általában 160, időnként 192 kbit/s. Ezt a vajtűlű hallgatóság nehezményezi ugyan, viszont nem kérdés, hogy a DAB nagy-britanniai sikeréhez az új programok járultak hozzá a legnagyobb mértékben. A siker másik fontos tényezője a megfelelő időben rendelkezésre álló jogi háttér. A brit médiára vonatkozó Broadcasting Act már 1996-ban tartalmazta a digitális műsorszórásra vonatkozó szabályokat, rádióra és televízióra egyaránt.

Az országos multiplexek mellett regionális multiplexek is üzemelnek, így összességében körülbelül 300 állomás vehető DAB-on, ennek több mint a fele csak DAB-on! A szakemberek egymillió eladott vevőt reméltek 2004. végére, a valóság azonban felülmúlta a várakozást: ez a szám 1,2 milliónak adódott. 2005. végére szeretnék elérni a kétmilliót.

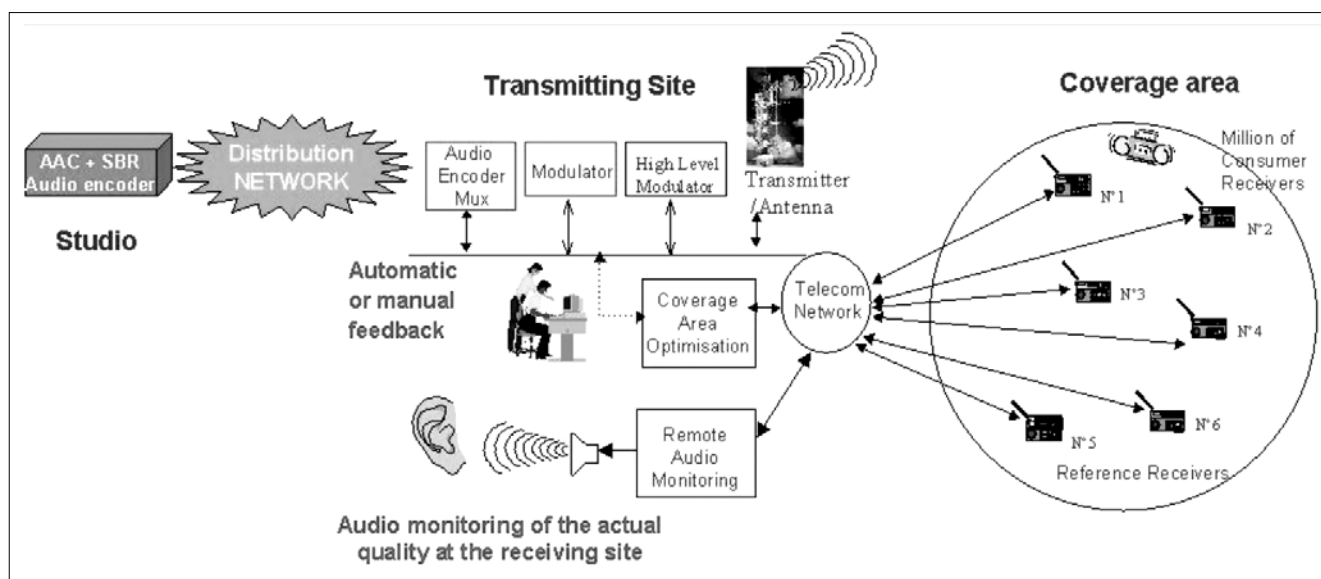
Dánia

Dániában 2002 óta folytatnak rendszeres (tehát nem kísérleti jellegű) DAB-sugárzást. Mára 99%-os lakossági ellátottsággal, közel 20 programmal rendelkeznek, a DAB-vevő árusító helyek száma egyre növekszik.

A Dán Rádió hatékony marketing kampányának köszönhetően 2004 végére 40.000-re nőtt az eladott vevők száma. Jelenleg ez a szám a 70 ezret is eléri, ez körülbelül 135 ezer hallgatót jelent.

A két országos FM kereskedelmi rádióknak kötelező 2005. szeptember 1-jétől a DAB multiplexben megjeleni. A dán kereskedelmi rádióknak nem ellenérdeke a digitális rádió, mint ahogyan ez egyébként számos más országban tapasztalható. Előnyként élik meg, hogy minden rádiós platformon jelen lehetnek a műsorukkal.

3. ábra QoSAM rendszer



Svájc

Svájcban a rendszeres DAB-sugárzás 1999 őszén indult el. Néhány év alatt 58%-os lakossági ellátottságot biztosító hálózatot építettek ki. Nemcsak a nagyvárosokat fedték le szigetszerűen, hanem az őket összekötő autópályákat is.

A bevezetés első fázisában a DAB elfogadása nem járt sikerrel, elsősorban a vevőkészülékek magas ára és a szűkös választék miatt (csak autórádiók és hi-fi tunerek voltak forgalomban).

2003-ban a svájci rádió- és tévétársaság, az SRG-SSR idée Suisse elhatározta, hogy összefoglalót készít a DAB továbbfejlesztéséről. Számos ok készítette az SRG-SSR-t egy új stratégia kialakítására, a legfontosabbak ezek közül:

- Az FM hálózat véges, és kimerülőben van.
- A DAB-vevők már elérhetőek.
- A nem-ionizáló sugárzások szabályozása.

Ugyanis egy 2000-ben hozott szabályozás értelmében jelentősen csökkenteni kell az RF sugárzások szintjét Svájcban (tízszer olyan szigorú mértékben, mint az EU előírás). Emiatt az ország legnagyobb középhullámú állomásának teljesítményét 600 kW-ról 250 kW-ra kellett leszállítani.

A lényegesen kisebb adóteljesítmények miatt a DAB igen kedvező alternatívának bizonyul.

A DAB bővítését, illetve népszerűsítését új programokkal kívánják elérni, 2010-ig pedig szeretnék teljes országos lefedettséget elérni.

Norvégia

Hasonlóan bizakodó a Norvég Rádió. A közszolgálati műsorszóró tervei szerint 2014-ig leállítják az FM hálózatot, és DAB-ra helyezik át a műsoraikat. Az NRK négy csatornája 2007-ben fog átkerülni DAB-ra. Fejlesztenek csak DAB-on vehető műsorokat is, remélik, 2006. őszén megkezdődhet az új tartalmak sugárzása.

A jelenlegi 70%-os lakossági ellátottságot 2006. nyaráig 80%-ra szeretnék kiterjeszteni.

Németország

Németország összességében 80%-os területi lefedettséget és ugyanekkora lakossági ellátottságot mondhat magáénak. Közel 150 állomás hallgatható DAB-on.

Az egyes tartományok nem egyszerre kezdték meg a kísérleteket, így a DAB fejlődése ennek megfelelően területenként eltérő fázisban van. Az eltérés jelentős, hiszen például Hessenben már a kereskedelmi rádiók számára is adnak lehetőséget DAB sugárzásra, és szervezeten készülnek egy DAB-on elérhető közlekedés-információs rendszer kiépítésére, addig Berlin-Brandenburg egy 2004-ben tett nyilatkozata alapján a DAB leállítása mellett döntött. Erre a nyilatkozatra a World DAB Forum gyorsan reagált, miszerint nem lehet Berlin-Brandenburg „fehér folt Európa DAB térképén”.

A DAB mellett folyik más technológiák vizsgálata: Regensburg multimédia város lesz 2005. második felé-

ben a Bajor Médiahivatal DMB pilot projektjében. A DMB a Digital Multimedia Broadcasting rövidítése, mely egy DAB-szabványon alapuló, Koreában már kipróbált technológia, és rádió-, televízió-, letölthető videó- és adatszolgáltatások átvitelére alkalmas. Berlinben pedig már 2004. nyarán megkezdődtek a DVB-H (Digital Video Broadcasting to Handheld) kísérletek.

A helyzet tehát Németországon belül sem egységes, de az erős közszolgálati rádióval rendelkező tartományok a DAB és a DRM bevezetése mellett érvelnek.

Az eladott vevők száma körülbelül százezerre tehető.

Svédország

Svédország Nagy-Britanniával egyidőben indította el a DAB-ot 1995 őszén. A kezdeti 80%-os lakossági ellátottság igen jó eredménynek bizonyult. Azonban 2002-ben megszűnt a kormányzati támogatás a tartalmat szolgáltató közszolgálati Svéd Rádió digitális kísérleteire, és a Rádió megállapodott a hálózatüzemeltető Teracom céggel, hogy adóhálózatuk egy részét – Svédország 4 nagy városának kivételével – lekapcsolják. A lekapcsolás a kormánybizottság jelentésére való várakozási periódus alatt tart. A lakossági ellátottság 35%-ra csökkent.

2004. februárjában a digitális rádió jövőjével foglalkozó kormányzati bizottság bemutatta a digitalizálás terveit Svédországban. Eszerint 2005-ben lehetővé válik kereskedelmi rádiók bekerülése a DAB multiplexbe, valamint a közszolgálati rádió is indít csak DAB-on hallgatható műsort. Egyidejűleg a gyártók és forgalmazók megpróbálják elérhetővé tenni a vevőket a svéd piacon. Az új digitális tartalommal izgalmas időszak következik a svéd rádióhallgatók számára.

Finnország

A finn műsorszóró vállalat, a YLE 2005 végén leállítja DAB sugárzását, mert a kereskedelmi műsorszórók nem mutatnak érdeklődést ezen technika iránt. A YLE a digitális rádió műsorszórását digitális TV-n keresztül kívánja folytatni. Nyomon követi a technológiai fejlődést és meghatározza, melyik multimédiás technológia tudja helyettesíteni a DAB-ot (DMB, DVB-H). Abban az esetben, ha a DAB pán-európai rendszerré nővi ki magát, a YLE is megmarad a DAB-nál.

A digitális rádióvevők száma néhány 10 körüli lehet, a lakossági ellátottság 40%.

Románia

Végül, de nem utolsó sorban érdemes megemlíteni Romániát. A román műsorszóró társaság július 4-én ünnepelte, hogy 65 éve folytat sugárzást a Román Rádió és a Román Televízió részére, saját adó- és elosztóhálózatával. Ezen évforduló alkalmából elindították a DAB adást, amely a három közszolgálati csatorna mellett két kereskedelmi rádió műsorát is tartalmazza. Az ország két évvel ezelőtt az egész műsorszóró hálózatra vonatkozó rekonstrukciós folyamatot indított el, ennek része a kísérleti DAB adás is, egyelőre Bukarestben és környékén.

Annak ellenére, hogy a DAB európai eredetű rendszer, az *Európán kívüli* területeken is megtalálható.

Kanada

Kanada digitális rádiósugárzásra az L-sávot használja. A négy legnagyobb városában összesen több mint 70 állomás vehető DAB-on. 2004. óta csak DAB-on vehető programok is megtalálhatók. Egyéb multimédiás alkalmazások indítását is tervezik, de az ütemezésről eddig nem esett szó. Közel 250 helyen lehet vevőkészüléket vásárolni.

Szingapúr

Szingapúrban a rendszeres szolgáltatás 1999. novemberében kezdődött meg. A multiplex kezdetben hat FM-en is vehető csatornát tartalmazott. Jelenleg hat kizárólag DAB-on vehető és csak egy FM-simulcast csatornát hallgathatnak digitálisan. Minden program tartalmaz szöveges és grafikus kiegészítő információkat. 2001-ben előfizetéses rádió is indult. Az FM-en is vehető állomásai mellett angol, kínai és tájnyelvi programokat kínál.

A DAB-ban érdekelt rádiók szoros együttműködésben dolgoznak a helyi DAB autórádió forgalmazókkal és autókereskedőkkel. Hyundai és Mitsubishi típusok kaphatóak beépített DAB autórádióval.

Tajvan

A tajvani DAB hálózat 90%-os lakossági ellátottságot nyújt, négy multiplex műsorválasztékával. A négy multiplexből három kormányzati finanszírozású, a negyedik egy egyetemi rádió, amely e-learningre alkalmazza a digitális rádiót.

A vevőgyártásban érdekelt cégek száma 20, Tajvan Európa legnagyobb vevőmodul beszállítója.

Ausztrália

Ausztráliában a rendszeres sugárzást a közszolgálati és a kereskedelmi rádió is 2003. decemberében indította el Sydneyben. A kísérleteket az európai gyakorlattól eltérően néhány kereskedelmi rádió kezdte meg. Sydneyben nagyteljesítményű VHF-III. sávú tévéadók környezetében kell sugározni, az adóteljesítmények ennek megfelelően igen nagyok.

A szabályozási kérdések még nem tisztáztak [5].

A DAB nemzetközi fejlődésében nagy szerepe lesz a 2006-ban megrendezendő regionális rádiókonferenciának, az *RRC'06*-nak. Magyarország képviselőtében a Nemzetközi Hírközlési Hatóság két további VHF-III. sávi lefedettség igényét jelentette be előzetesen. Továbbá az Európai Bizottság is elvárja, hogy az EU-n belül a rádió és a televízió 2010-ig szinte mindenhol digitálissá váljon. Az Európai Bizottság sürgősen felkérte a tagországokat, hogy gyorsítsák meg az analóg-digitális átállási folyamatot. A legtöbb EU-tagország 2010-et választotta az analóg műsorszórás lekapcsolására, hat további tag – köztük Magyarország – pedig 2012-re ütemezte az analóg sugárzás megszüntetését [6].

5. A DAB-vevőkészülékek helyzete

Mint általában a szórakoztató-elektronikai berendezések terén, úgy a DAB vevőkészülékek fejlődéstörténetében is meghatározó esemény a kétévente Berlinben megrendezésre kerülő nemzetközi szakkiallítás, az Internationale Funkausstellung (IFA).

Az 1997-es IFA kiállításon mindössze 13 fajta DAB-vevőt lehetett fellelni három kategóriában, úgymint: asztali hi-fi tuner, autórádió, illetve számítógépbe illeszthető kártya. Hiányoztak a hordozható és a zsebrádiók; az árak pedig elérték akár a félmillió forintot is (autórádió). 1999-ben már 30 féle vevő volt elérhető, és megjelentek az első hordozható és zsebrádiók prototípusai is, azaz felismerték, hogy a rádió egyik legnagyobb előnye, a mobilitás nemcsak autózás közben fontos.



4. ábra DAB zsebrádió

Két évvel később több mint 50-re nőtt a vevőtípusok száma, majd 2003-ra túllépte a 120-at, és megjelent az első DAB-DRM kombinált vevő. Jelenleg 115 gyártó közel 340 féle típust kínál a nemzetközi piacon. A készülékek többnyire a hordozható vagy a kis méretű asztali (mini hifi, ébresztőórás rádió) típusba tartoznak, az árak pedig lecsökkent az angliai 100 fontos „lélektani határ” alá.



6. ábra ELAD DRM vevő

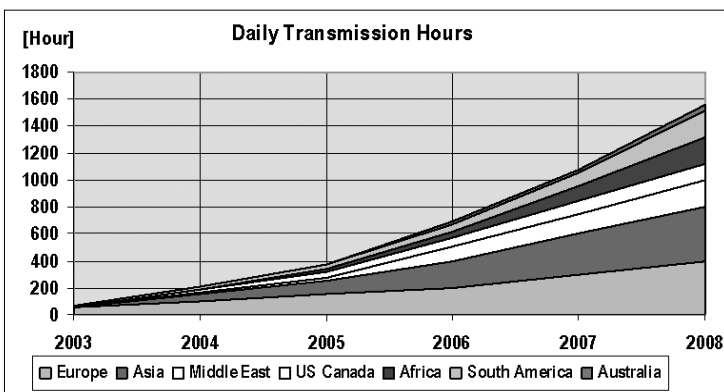
6. A DRM a nagyvilágban

A DRM története nem tekint vissza 10 éves múltra, hiszen hivatalosan 2003. nyara óta folyik rendszeres sugárzás, elsősorban közép- és rövidhullámon. Hosszúhullámon csak kísérleti jelleggel végeztek sugárzást 2003-ban Németországban, 177 kHz-en.

A DRM honlapról [7] is letölthető aktuális adásrend szerint 24 órás adás folyik:

- Neumarktban, 26 MHz-en (Campus radio)
- Erlangenben, 16 MHz-en (biteXpress)
- Kaiserslauternben 1485 kHz-en (SWR Das Ding)
- Rennes-ben 26 MHz (TDF)
- Nürnbergben 26 MHz-en (Campus radio)
- Luxemburgban 5990, illetve 6095 MHz-en európai célterületre (RTL DRM 2, RTL Radio)
- Putbusból 729 kHz-en a Deutschlandfunk műsorával
- a németországi Oranienburg állomásról 693 kHz-en (Voice of Russia simulcast adása)
- West Sussexben (GBR) 1386 kHz-en, kisteljesítményű tesztek formájában
- Kínában, 1008 kHz-en (gazdasági csatorna).

5. ábra DRM adásidő prognózis



Egyéb rendszeres (nem egész napos) adással rendelkeznek (a teljesség igénye nélkül) az alábbi rádióállomások:

Bayerische Rundfunk, RTL Radio, Vatikán Rádió, Deutsche Welle, a Radio Netherlands, a Svéd Rádió, a brit TalkSport, a Voice of Russia, a Radio Kuwait, a BBC World Service. A nagy-britanniai Rampisham állomásról ad a Radio Korea és a Radio Australia, a kanadai Sackville-ből pedig a TDP radio és az RCI /Radio Canada International/.

A rövidhullámú sugárzások célterületei elsősorban Európa, de megtaláljuk a Közel-Keletet, Észak-Afrikát, az Egyesült Államokat, Kanadát és Oroszországot is, tehát világméretű érdeklődés tapasztalható.

A napi sugárzási órák száma jelenleg meghaladja a 450-et, a prognózis a következő évekre pedig az 5. ábrán látható [3].

7. A DRM-vevőkészülékek helyzete

A DRM vevőkészülék típusok száma is gyarapodik, elsősorban a számítógép alapú vevőké. A DRM kísérletektől fogva ismeretes volt a Fraunhofer Institut szoftvervevője, amely teljes verziójában mérési-analízis funkciókra alkalmas, egyszerűsített változata pedig 60 EUR-ért volt letölthető, elsősorban rádióamatőrök számára. Emellett létezik a DRaM szoftver, amely a Darmstadti Műszaki Egyetem fejlesztése. Szintén szoftveres megoldást kínált a Winradio is.

A számítógép segítségével működő DRM vevők viszonylag új tagja az úgynevezett DRM világotávozó (DRM World Traveller), amely USB porton keresztül csatlakozik a számítógéphez/laptophoz. Újdonságnak számít az ELAD radio (6. ábra) és a CIAO radio (7. ábra).

Interfaces

- USB
- Antenna 1 and Antenna 2
- Aux. Audio analog IF Out (0-24 KHz)
- DDS OUT (200 mVpp)
- REF IN - external reference clock input (optional, 30MHz/1Vpp)
- Aux. 8V-12V DC input

Specifications

- Dimensions: 12 x 12 x 3.5 cm
- Weight: 200 g
- Operating temperature: 10-40°C
- Requires a PC with Windows
- Operating system: XP/2000/98

Compatibility with other software

- DRM, DREAM, WinPSK, Digipan, MMTTY, MMSSTV, SPECTRUM LAB
- Essentially works with all software application designed to be used with an Audio Card
- DRM decoding requires DRM or DREAM software



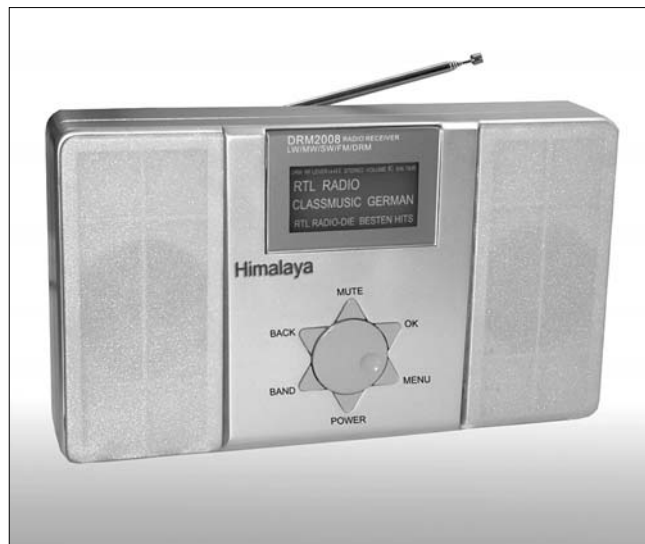
7. ábra CIAO radio

A hordozható készülékek közül továbbra is a Coding Technologies dekóderét tartalmazó MAYAH 2010 típus található meg. A MAYAH 2010 már egy kombinált vevő, AM, FM és DRM vételre alkalmas. Az új generációs hordozható vevőt (Himalaya) a szeptemberi IFA-n mutatják be (8. ábra).

Kombinált vevőt asztali változatban is találunk: a DAB vevőknél már említett Starwaves rádiót, amely AM/FM/DAB/DRM vételt tesz lehetővé. Ugyanerre alkalmas a RadioScape új DRM modulja [7]. Az RS5000(TM) minden járulékos szolgáltatást is meg tud jeleníteni (RDS, PAD, DRM adatok). A modul megjelenésével várhatóan megnő a kombinált digitális rádiók száma. Az RTL Radio becslései szerint 2005. karácsonyára az integrált vevőnek köszönhetően tízezer körüli hallgatóságot érhetnek el.

Hamarosan elérhető lesz a DRM autórádió is, a Blaupunkt már megkezdte Woodstock DAB 52 készülékének fejlesztését DRM vételre.

8. ábra A legújabb hordozható DRM vevő



8. A DAB Magyarországon

A magyarországi rádiózás 70. évfordulóján, 1995. december 1-jén kezdődött meg a digitális rádiózás Budapesten, a Magyar Rádió négy műsorát tartalmazó multiplexszel. Az egyetlen 250 W teljesítményű adóberendezés a fővárosban és körülbelül 30 km-es környezetében biztosított lefedettséget. A „kísérleti” célra kiadott rádióengedély kizárólag a MR közszolgálati műsorai számára teszi lehetővé a sugárzást. 1995. végén ezek a műsorok a Kossuth, Petőfi, Bartók és Danubius Rádió műsorai voltak.

A rákövetkező évben végzett mérések alapján kiderült, hogy a lefedettség városon belül, valamint a környék rádiós árnyékbán fekvő részein nem felel meg az elvárásoknak. A DAB bevezetésének koordinálására létrehozott szakmai fórum, a DAB-kör (mai nevén HTE Digitális Rádió Kör), a rendszer bővítését szorgalmazta. 1997. folyamán megkezdte működését a második adóberendezés a város déli részén található távközlési toronyban, szintén 250 W teljesítménnyel. A két adó szinkron egyfrekvenciás hálózatot alkotva üzemel.

Ma a kétadós hálózat felépítése a régi, változás a jelfeldolgozó egységekben és a programválasztékban történt. A Danubius Rádió önálló kereskedelmi csatornává válása után a rádióengedély szerint nem szerepelhetett tovább a multiplexben, ezért helyét ideiglenesen a KAF (Külföldi Adások Főszerkesztősége) műsor vette át, majd 2004. júliusában a Magyar Rádió „Classic +” néven új, csak DAB-on fogható – egyelőre előre rögzített – adást indított. A Classic+ műsorában komolyzene, jazz és világzene hallgatható.

A digitális rádió az első kísérlet óta eltelt tíz év alatt nem érte el, hogy rendszeres szolgáltatássá váljon. A lassú bevezetési időnek sajátos okai vannak. Egyrészt hiányzik a szabályozási háttér, hiszen a Média törvény (1996. évi I. tv.) egyáltalán nem tartalmaz utalást a digitális műsorszórásra. Másrészt a hazai rádiórendszerek fejlődéstörténete nem teljesen lineáris: a DAB, melyet eredetileg a 100 MHz-es FM-sáv kiváltására terveztek (megjegyzés: Nyugat-Európában már a '80-as évek végére telítődött ez a frekvenciartomány) 1995-ben indult el hazánkban. Ebben az időben az FM műsorszórás még a 70 MHz-es OIRT sávban zajlott! Csak két évvel később, a Média törvény által nyújtott szabályozási keretek között épültek ki a 100 MHz-es országos hálózatok. Vagyis később jelent meg a kiváltandó rendszer, mint a kiváltó...

A bevezetésben érintett szereplők (tartalomszolgáltató, hálózatüzemeltető, vevőkészülék-forgalmazó) mindegyike a másik kettőre vár, a nemzetközi irodalomban ezt nevezik „tyúk-tojás problémának”. Nem kétséges, hogy adásoldalon kell megtenni az első lépéseket az

ördögi kör megszakításához. Az új tartalom (lásd Classic+) megjelenése után érezhetően megnőtt a digitális rádió iránt érdeklődők száma.

Számos internetes vagy közösségi rádió is hozzájárulna műsorával a DAB műsorválaszték színesítéséhez, ha meglenne hozzá a műsorszolgáltatói jogosultsága. Ez tovább növelné az érdeklődést, amely a vevőkészülék-forgalmazókat arra ösztönözné, hogy elérhetővé tegyék a DAB-vevőket a magyarországi műszi kereskedésekben is.

9. A DRM előkészületei Magyarországon

Magyarországon a rádiózásban érintett szervezetek közül az NHH és az Antenna Hungária Rt. tagja a DRM konzorciumnak. Médiajogi szabályozás ezidáig nem született a DRM-re. Tekintettel arra, hogy a meglévő frekvenciasávokat és csatornákat használja a rendszer, különösebb szabályozásra nem is lesz szükség. A frekvencia-felhasználás terén érvényes nemzetközi szabály szerint a Genf'75 szerint koordinált hosszú- és középhullámú frekvenciák nemzetközi egyeztetés nélkül használhatók DRM módban, a meglévő analóg adások védelme érdekében az eredeti teljesítményhez képest 7 dB-lel kisebb szinttel.

Az első hazai DRM sugárzás előkészületei jelenleg is folynak, remélhetőleg hamarosan beszámolhatunk erről a Híradástechnika lapjain is. A végleges döntés a telephelyről és a teljesítményről még nem született meg, ezért most csak annyit közölhetünk, hogy a középhullámú sávban fognak megkezdődni a magyarországi vizsgálatok.

A rövidhullámú telephelyek jelenleg is tartó összevonása miatt az RH sávban nagy valószínűséggel csak később indulhat DRM sugárzás.

A budapesti kísérleti DAB adás paraméterei

Frekvencia: 13A blokk (230,784 MHz)

Adók:

- Széchenyi-hegy, 250 W
- Száva utca, 250 W

Multiplex neve: DAB Budapest

Műsorok:

- Kossuth: 128 kbit/s
- Petőfi: 224 kbit/s
- Bartók: 224 kbit/s
- Classic+: 224 kbit/s

(A Classic+ egy igényes zenei válogatás. 2x25 óra időtartamú klasszikus, illetve jazz- és világzenei összeállítás ismétli egymást felváltva.)

Magyarországi adások híján a külföldi adások vétel-figyelését a Budapesti Műszaki Egyetem, valamint a győri Széchenyi István Egyetem tanárai és diákjai végzik.

10. Összefoglalás

A hazai digitális rádiózás az elmúlt 10 évben csendesen zajlott, részben azért, mert az első öt év általános nemzetközi stagnálásának köszönhetően Magyarország is várakozó álláspontra helyezkedett.

Tapasztalatként könyvelhetjük el, hogy a folyamatok lényegesen lassabban mennek végbe, mint kezdetben a szakemberek elvárják (ld. a DAB esetében jó-solt 2-3 év alatt kiépülő országos hálózatok vagy a DRM-nél a 2002. végére kereskedelmi forgalomban kapható olcsó vevők).

Az is tanulságos, hogy a törvényi kereteket biztosítani kell a multiplex rendszerű sugárzáshoz annak érdekében, hogy beinduljon a teljes analóg-digitális átállás folyamata, ahogyan ez a színes tv esetében történt. Az adásoldal kis mértékű bővítése (tartalom vagy hálózat részről) maga után vonja a vevőkészülékek számának növekedését, és ez tovább motiválja az adásoldali fejlesztéseket, amely szintén hat a vevőkészülék-forgalomra.

Fontos megjegyezni, hogy a DAB és a DRM két eltérő célra kitalált digitális rádiórendszer, amelyek kiegészítői, nem konkurenciái egymásnak. Ezt támasztja alá a WorldDAB Forum és a DRM konzorcium 2003-ban aláírt együttműködési nyilatkozata, amelyben támogatják a közös vevőkészülék-gyártást és chipfejlesztést. A hallgató szempontjából egy digitális rádió lesz, és mivel a műsor kiválasztása menüből történik, nem is lesz meghatározó, milyen platformon jutott el hozzá a hallgatni kívánt műsor. A lényeg csak az, hogy széles választék álljon a hallgatók rendelkezésre és megteremtődjön a digitális korszak rádióhallgatási kultúrája is.

Irodalom

- [1] Vajda Zoltán:
A digitális rádió (DAB) – Műszaki ismeretek,
Magyar Rádió kiadvány, 1998.
- [2] DRM Broadcast User Manual,
DRM konzorcium, 2004.
- [3] Narancsik Mihály:
A legújabb fejlemények a DRM rendszer
fejlesztésében 2002-2005 – előadás,
HTE 11. TV-technikai és Akusztikai Konferencia, 2005.
- [4] www.ist-qosam.com
- [5] www.worlddab.org
- [6] www.europa.eu.int
- [7] www.drm.org

Az európai digitális földfelszíni televíziós rendszerek bemutatása és szimulációja

SEBESTYÉN ÁKOS

Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék
sebestyen@hit.bme.hu

Kulcsszavak: digitális földfelszíni műsorszórás, DVB-T, DVB-H, szimulációs rendszer

A cikk célja az európai digitális földfelszíni televíziós rendszerek, a DVB-T és a DVB-H bemutatása, illetve az erre készített szimulációs rendszer ismertetése. Az első rész áttekinti az európai digitális televíziós szabványok létrejöttének mozgatórugóit. A második részben bemutatjuk a két rendszer csatornakódolási és modulációs megoldásának különbségeit. A cikk záró, harmadik szakaszában pedig bemutatjuk azt a szimulációs rendszert, amely lehetővé teszi a DVB-T és a DVB-H vizsgálatát.

1. Bevezetés

A DVB-rendszer közös, európai kezdeményezésű fejlesztési program eredménye. A fejlesztés kezdete az 1990-es évek elejére nyúlik vissza. Ez időpontra tehető ugyanis az olyan lapkák és egyéb nyomtatott áramköri elemek megjelenése, melyek lehetővé tették az analóg módon rendelkezésre álló források valós idejű digitalizálást, illetve a valós idejű csatornakódolást. A megalkotó bizottság a továbbító csatorna és a csatornakódolás tekintetében ötféle, többé-kevésbé különböző csapásvonalat jelölt ki. Ezen öt terjesztési mód (műholdas, kábeles, kisközösségi vételre szánt, mikrohullámú, valamint földfelszíni továbbítási mód) közös jellemzője, hogy a kép- és a hangkódolás MPEG-2 alapú, a különböző csatornákhöz való adaptációt az MPEG-2 átviteli adatfolyamon hajtják végre.

Az előbb említett rendszerek közül a csatornakódolás és moduláció tekintetében a legbonyolultabb minden bizonnyal a földfelszíni digitális televíziós rendszer, azaz a DVB-T [1]. A rendszer tervezésének legfontosabb szempontja az volt, hogy a digitális jel beleférjen az UHF csatorna rendelkezésre álló, 8 MHz-es csatorna-sávszélességébe, valamint az, hogy jobb frekvenciahatékonyságot lehessen elérni. A frekvenciahatékonyságot egyrészt az igen összetett modulációs móddal, másrészt pedig a tabufrekvenciák kiküszöbölését lehetővé tevő egyfrekvenciás hálózatok használatával sikerült megvalósítani. (Egyfrekvenciás hálózatban a szomszédos adók ugyanazon multiplex továbbítására ugyanazt a frekvenciát használják.)

Mindezek mellett természetesen a tervezőknek nagy figyelmet kellett fordítaniuk a földfelszíni sugárzással együtt járó gondok megoldására, a földfelszíni csatornában történő rögzített, hordozható és mobil vettelt hátrányosan befolyásoló többutas terjedés, valamint Doppler-eltolódás és -szóródás okozta problémák megszüntetésére.

A digitális televíziózás az említett frekvenciahatékonyságon és kiváló minőségen túl egyéb előnyökkel is rendelkezik. A digitális tartalom nem korlátozódik

pusztán a képre és hangra, hanem ezek mellett további kiegészítő szolgáltatások is biztosíthatók. Ugyanilyen jellegű tartalmak az analóg televíziózásban is léteztek – gondoljunk csak a teletextre vagy a videokészülékek távprogramozási lehetőségére, esetleg a műsoridőn kívüli adattovábbításra –, ám a digitális televízió utat nyitott ennél vonzóbb és összetettebb, interaktív szolgáltatások megjelenésének is. Ezzel egyidejűleg megjelentek a különféle – nyilvános kapcsolt telefonhálózaton, GSM-hálózaton keresztül – interaktív visszirányú csatornák specifikációi. A sort 2002-ben a DVB-T rádiófrekvenciás vissziránya, az úgynevezett DVB-RCT [2] zárta, amely már nem igényelte külső szolgáltató jelenlétét, az interaktív szolgáltatást maga a műsorszolgáltató is biztosítani tudta.

A várakozásokkal ellentétben az interaktív szolgáltatások nem avattak nagy sikert. Éppen ezért a fejlesztők figyelme új irányba fordult: a cél a növekvő mobil piac meghódítása lett. Az ilyen irányú tapogatózások a DVB-T rendszer esetén már elvégzett számtalan mobil vizsgálat eredményeire építettek. A DVB-T rendszert eredetileg ugyan főleg rögzített vételre szánták, ám köszönhetően az igen robusztus csatornakódolásnak és a többvívós modulációnak, kompromisszumokkal ugyan, de hordozható, sőt mobil vételre is alkalmas volt. Természetesen az idők folyamán a vevőkészülékek jelentős fejlődésen mentek keresztül. Megjelentek a fejlett csatornabecslést alkalmazó csatornakiégnyelítő áramkörök, illetve a térbeli diversity vételre felkészített, kétantennás berendezések. Ezen megoldások segítségével a megfelelő vételhez adott mozgási sebesség esetén kisebb vivő-zaj viszony volt szükséges, illetve adott vivő-interferencia viszony esetén nagyobb lehetett a mozgási sebesség.

A mobilitás terén elért sikereken felbuzdulva a mobilszolgáltatók is érdeklődni kezdtek az új lehetőségek iránt. Úgy vélték, hogy a digitális képműsorszórás segítségével szolgáltatásaikat videotartalom biztosításával tovább bővíthetik. Ugyan a harmadik generációs mobil rendszerek biztosítani tudták a képanyag továbbításához szükséges nagy adatsebességet, ám ezek

a megoldások meglehetősen drágák voltak. Ezzel szemben a DVB-T rendszer által nagy földrajzi területet olcsón lehetett ellátni.

A DVB-T rendelkezik azonban néhány olyan jellemzővel, amely szinte kizárja, hogy mobil végberendezések (PDA-k, mobiltelefonok) a szolgáltatást igénybe tudják venni. A mobil készülékek táplálása akkumulátorról történik, a DVB-T szolgáltatások demodulálására alkalmas berendezés fogyasztása viszont ilyen jellegű táplálás esetén megengedhetetlenül magas. Az üzemidő kiterjesztéséhez tehát a fogyasztást mindenképpen csökkenteni kell.

További problémát jelent, hogy a DVB-T rendszer nem teszi lehetővé a cellahatárokon az egyszerű átadást, átvételt (angolul: handover). A zökkenőmentes és a felhasználó által nem észlelt átadáshoz ugyanis két vevőegységre lenne szükség. Mindezeket túl kellően nagy adatsebességű adás vételét a DVB-T rendszerben csak több antennával lehet megoldani.

Az úgynevezett üzleti igényeket kielégítő, mobilitást biztosító rendszer kialakítása céljából a DVB konzorcium műszaki testülete 2003. januárjában létrehozta a műsorszolgáltatókból, mobilszolgáltatókból és egyetemeiből álló DVB-H csoportot, melynek feladata a DVB-T rendszerrel lehető legnagyobb mértékben kompatibilis, ám a fenti problémákra és igényekre megoldást nyújtó új rendszer kialakítása volt. A csoport 2004-ben benyújtotta a szabványtervezetet az Európai Szabványosítási Intézethez, amely még ugyanebben az évben szabvánnyá nyilvánította azt. A DVB-H szabvány [3] mellett

azonban számos más szabványt is kiegészítettek, valamint elkészítették a DVB-H rendszer tervezésében segítséget nyújtó megvalósítási útmutatót [4] is.

2. Az alkalmazott műszaki megoldások

A DVB-T, illetve DVB-H szabványban ismertetett csatornakódolás és moduláció a számos beállítható paraméternek köszönhetően igen rugalmas átviteli megoldást biztosít. A paraméterek segítségével megteremthető az egyensúly a védelem és az adatsebesség, valamint a lefedett terület és a kisugárzott teljesítmény, illetve a megengedhető mozgási sebesség között.

A DVB-T rendszer esetén a fizikai rétegben megválasztható paramétereket (a kódarányt, a modulációs módot, az OFDM-szóhosszt) a DVB-H további lehetőségekkel egészíti ki, melyek némelyike a fizikai, némelyike pedig az e fölött található adatkapcsolati réteget érinti. A következő részben pusztán az újdonságnak számító elemeket tekintjük át.

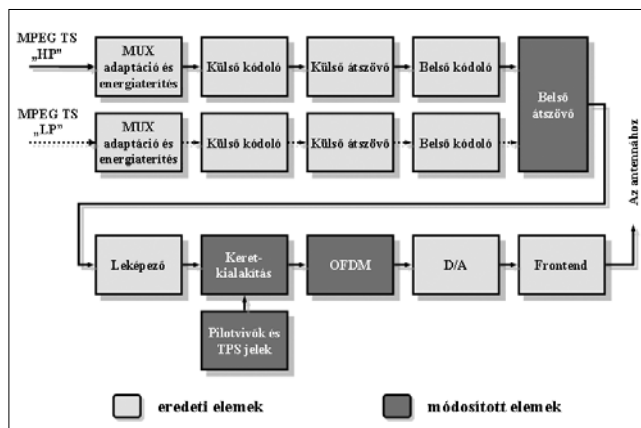
2.1. A fizikai réteg új elemei

A DVB-H fizikai rétegének kialakításánál a cél az volt, hogy a DVB-T fizikai rétegének lehető legkisebb módosítása mellett nőjön az adatfolyam védelemmel a földfelszíni csatorna zavaró hatásaival és az impulzuszerű zajokkal szemben, illetve hogy a hálózattervező mérnököknek a DVB-H rendszer kialakításakor nagyobb szabadsága legyen.

Mindehhez a már meglévő DVB-T rendszert négy ponton módosították: lehetőséget teremtettek a 4k szóhosszúságú OFDM-mód és a mélységi átszövés használatára, kiegészítették a TPS-információkat, hogy azokkal jelezni lehessen a 4k mód, a mélységi átszövés, az MPE-FEC használatát, valamint azonosítani lehessen, hogy a vevő melyik cellában tartózkodik. Ezekon kívül lehetőséget teremtettek 5 MHz-es csatorna-sáv szélesség használatára is.

A fizikai rétegen végrehajtott módosításokat az 1. ábra szemlélteti. (Az ábrán látható elemek szerepelnek a 6. ábra szimulációs modelljén is.)

1. ábra A DVB-T és DVB-H rendszer fizikai rétege



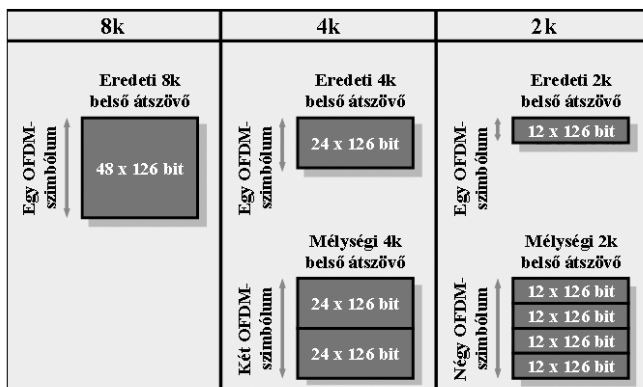
Rövidítések

AVC	Advanced Video Coding <i>fejlett videokódolás</i>
CRC	Cyclic Redundancy Check <i>ciklikus redundanciaellenőrzés</i>
DVB-H	Digital Video Broadcasting Handheld <i>digitális képműsorszórás kézi végberendezések számára</i>
DVB-RCT	Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial <i>digitális földfelszíni képműsorszórás – földfelszíni visszirányú csatorna</i>
FEC	Forward Error Correction <i>előre irányú hibajavítás</i>
MPE	Multi Protocol Encapsulation <i>többprotokollú beágyazás</i>
MPEG	Moving Picture Experts Group <i>Mozgóképek-szakértői Csoport</i>
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing <i>ortogonális frekvenciaosztásos nyálbólás</i>
SI	Service Information <i>szolgáltatási információ</i>
TPS	Transmission Parameter Signalling <i>átviteliparaméter-jelzés</i>
UHF	Ultra High Frequency <i>ultra magas frekvencia</i>

2.1.1. 4k mód és mélységi átszövés

A 4k mód célja a hálózattervezés rugalmasságának javítása a mobilitás és az egyfrekvenciás hálózat mérete közti egyensúly megteremtésével. 4k módban a frekvenciatarományból időtartományba történő áttérés 4096 pontos inverz Fourier-transzformációval történik, ennek következtében a szimbólumidő a 2k mód szimbólumidejének kétszerese, a vivőtávolság pedig a 2k módban használt vivőtávolság fele, így az egy adó által ellátott cella mérete is a duplájára növelhető. A 4k adásmód tehát mind egyadós elrendezésben, mind pedig kis és közepes méretű egyfrekvenciás hálózatban használható. Az új üzemmód olyan mértékű védetségét biztosít a Doppler-hatás ellen, mely nagyon nagy sebességű vételt tesz lehetővé.

Mivel a DVB-T rendszert eredetileg rögzített vételre szánták, a szabványban előírt belső átszövés mélysége nem volt túl nagy. A 2k és az új 4k módban lehetőség van az eredetileg csak 8k módban alkalmazott átszövési mélység használatára (2. ábra). Így tehát a belső átszövés mélysége függetleníthető a használt átviteli módtól, a 2k és 4k módú jelek kihasználhatják a 8k módú szimbólumátszövő memóriája által nyújtott előnyöket. Mindez azt jelenti, hogy az átszövési mélység négyszerezhető (2k mód) vagy megduplázható (4k mód esetén). Ez természetesen tovább növeli a védetségét a fading és az impulzus jellegű zajjal szemben.



2. ábra Mélységi átszövés a DVB-H rendszerben

A 4k mód és a mélységi átszövés használatához módosítani kell a DVB-T fizikai rétegét, ám ezen módosítások megvalósítása a DVB-T szabványnak megfelelő adókhöz és vevőkhöz képest nem jár az alkatrészek (logikai kapuk és a memória) számának jelentős növekedésével. A tipikus mobil végberendezések megfelelő mennyiségű memóriát és logikai áramkört tartalmaznak a 8k módú jelek kezeléséhez is, ami máris meghaladja a 4k módú működéshez szükséges mennyiséget.

A 4k módú jelek kisugárzás utáni spektruma hasonlít a 2k és 8k módú jelekéhez, így nincs szükség az adó szűrőinek lecserélésére sem.

2.1.2. Átviteliparaméter-jelzés

Az átviteli paraméterek továbbításának célja hibák ellen védett és könnyen hozzáférhető jelzésrendszer biztosítása, mely segítségével a DVB-vevőkészülékek

a szolgáltatás paramétereit (az OFDM szóhosszát, a konstelláció típusát, a kódarányt stb.) egyszerűen és gyorsan észlelhetik. Erre a célra a DVB-H rendszer – a DVB-T rendszerhez hasonlóan – az átviteliparaméter-jelzést használja. A TPS információit kijelölt vivők továbbítják.

A TPS meglehetősen védett jelzési csatorna, amely nagyon alacsony vivő-zaj viszony esetén is lehetővé teszi a demodulátor számára a TPS-jelek vételét. Ezen túlmenően a TPS segítségével a jelzésekhez gyorsabban hozzá lehet férni, mint a szolgáltatási információk (SI) vagy az MPE-szakaszfejléc demodulálása és dekódolása által.

A DVB-H rendszer két TPS-bitet használ az időszelvényelés és a választható MPE-FEC (Multi-protocol Encapsulation Forward Error Correction) jelenlétének jelzésére, illetve a további bitek szükségesek a 4k mód és a mélységi szimbólumátszövés használatának jelzésére.

2.2. Az adatkapcsolati réteg elemei

A korábbi rendszerektől eltérően, melyek forráskódolása MPEG-2 alapú volt, a DVB-H rendszer által továbbított hasznos adattartalom IP-adatgrammokból vagy a hálózati réteg egyéb adatgrammjaiból áll, ily módon közvetlenül nem alkalmas MPEG-2 adatfolyam továbbítására. MPEG-2 forráskódolás helyett azonban MPEG-4 megoldások (például H.264, AVC) szabadon használhatók. Az újfajta kódolási módszerek az MPEG-2 kódolással megegyező minőséget már jóval alacsonyabb bitsebességen biztosítani tudják, így tehát adott DVB-T csatornában még több program továbbítható. Ha mindehhez hozzávesszük még, hogy a végberendezések kijelzőjének méretéből kifolyólag kisebb felbontás is elegendő, akkor az egyetlen 8 MHz-es csatornában továbbítható programok száma akár a 100-at is elérheti.

Az adatkapcsolati réteg feladata a hálózati rétegből származó adatgrammok csomagokká szervezése, a csomagok hibajavító kóddal történő ellátása, illetve a végberendezés energiateljesítményének csökkentését lehetővé tevő időszelvényelés megvalósítása.

2.2.1. MPE-FEC

A hálózati réteg felől érkező IP-adatgrammokat első lépésben hibajavító kóddal kiegészített, többprotokollú beágyazott adatokat tartalmazó keretekké, úgynevezett MPE-FEC keretekké kell szervezni. Az MPE-FEC keret felépítését a 3. ábra mutatja. Az MPE-FEC keret két részből áll: az alkalmazási adattáblából és az RS-adattáblából. Az alkalmazási adattábla összesen 191 oszlopba kerülnek a beérkező IP-adatgrammok. Az, hogy a 191 oszlop mellett a keret hány sorból áll, szabadon megválasztható, ám a sorok száma nem haladhatja meg az 1024-et. Ebből következően a keret adattáblájának mérete majdnem 2 Mbit is lehet. Az alkalmazási adattábla a beérkező IP-adatgrammokon kívül kitöltő adatokat is tartalmazhat.

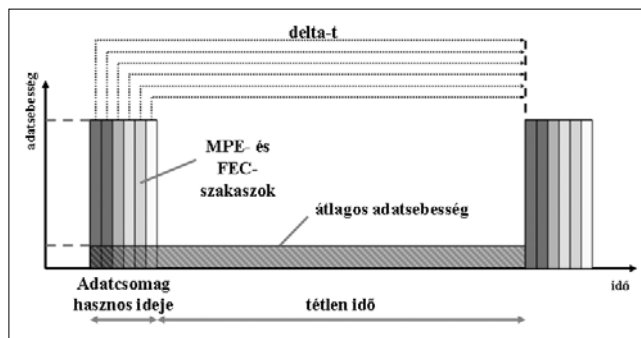
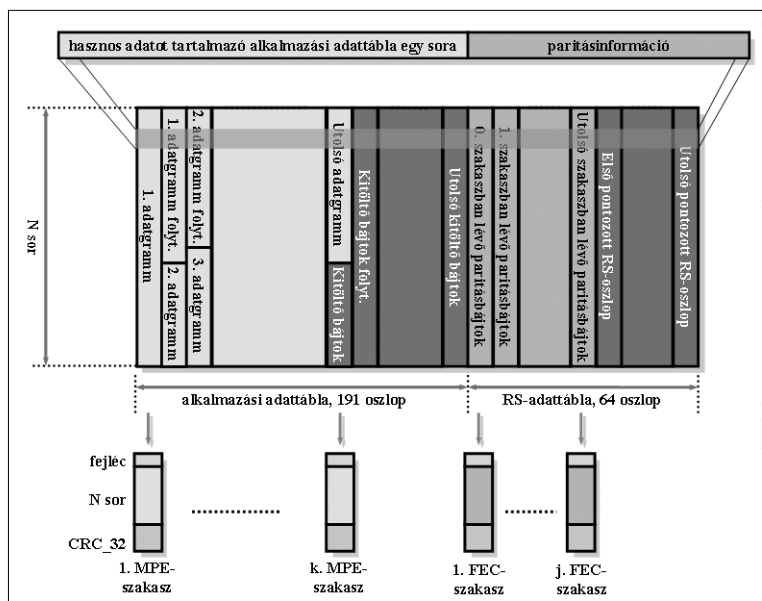
Az RS-adattábla legfeljebb 64 oszlopból és az alkalmazási adattáblával megegyező számú sorból áll. Az RS-adattábla egyes sorai az alkalmazási adattábla megfelelő sorai alapján meghatározott paritásinformációt hordoznak. A paritásinformáció meghatározása (255,191,64) paraméterű szisztematikus Reed-Solomon kódolással történik. A kódolásnak köszönhetően a földfelszíni mobil csatorna vivő-zaj teljesítménye és Doppler-teljesítménye egyaránt javul, az adatfolyam pedig ellenállóbb lesz az impulzusszerű zajjal szemben. Az MPE-FEC segítségével tehát igen rossz vételi körülmények ellenére is hibamentes adatgrammok állíthatók elő.

Az így kialakított MPE-FEC keretet ezek után MPE- és FEC-szakaszokra kell bontani (3. ábra). A felbontás függőlegesen történik; a keret oszlopai egy-egy MPE-, illetve FEC-szakaszt alkotnak. A függőleges irányú felbontásnak köszönhetően az adatok és az őket kiegészítő paritásinformációk távol kerülnek egymástól, létrejön az úgynevezett virtuális időátszövés, amely feltétlenül szükséges a hibajavítás megfelelő működéséhez. Az MPE- és FEC-szakaszok kialakításából adódóan az MPE-FEC hibajavítás értelmezésére nem képes végberendezések is venni tudják az adatfolyamot, hiszen a valódi adatok és a hibajavítást hordozó MPE-szakaszok jól elkülönülnek egymástól. Sőt, amennyiben az MPE-FEC keret alkalmazási adattáblájából kialakított összes szakasz vétele tökéletes, azaz minden szakasz CRC₃₂ ellenőrzőösszege hibátlan vételt jelez, úgy a FEC-szakaszok vételére nincs is szükség. (Ezáltal további energiamegtakarítás érhető el.)

Az MPE-keret kialakítása skálázásra is lehetőséget teremt. Minél több ugyanis az alkalmazási adattáblában a kitöltő információ, a kód annál erősebbé tehető. (A kizárólag kitöltő bájtokat tartalmazó MPE-szakaszokat a rendszer nem viszi át.) Ha elhagyjuk az RS-adattáblát, illetve annak egy részét, a védetség ugyan ala-

3. ábra

MPE-FEC keret felépítése és leképezése MPE-szakaszokra



4. ábra Az időszeteletelés elvi rajza

csnyabb lesz, ám a többletinformáció is csökken. Az MPE-FEC megválasztásával tehát a paritásinformáció az átviteli kapacitás változó hányadát teheti ki. 25 százaléknyi paritási többletinformációt biztosító átviteli paraméterek esetén a megfelelő vétel biztosításához az MPE-FEC számára körülbelül ugyanakkora vivő-zaj viszony szükséges, mint kétantennás vétel esetén.

Az MPE-FEC hibajavítás által okozott sebességcsökkenés teljes egészében kompenzálható kicsit gyengébb kódarány választásával, amivel ugyanakkora átviteli sebesség mellett az MPE-FEC nélküli DVB-T rendszernél jóval jobb teljesítmény biztosítható. Az ilyen MPE-FEC beállítás 8k módú, 16-QAM konstellációjú vagy akár 8k módú, 64-QAM konstellációjú moduláció esetén is lehetővé teszi a DVB-H jelek nagy sebességű, egyetlen antennás vételét. Ezekon túlmenően az MPE-FEC megfelelő védetséget biztosít az impulzusszerű interferenciával szemben is.

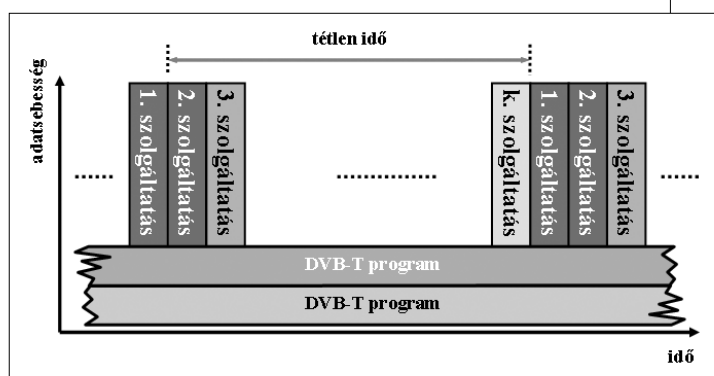
2.2.2. Időszeteletelés

Az időszeteletelés célja a kézi végberendezés átlagos fogyasztásának csökkentése, illetve a szolgáltatás átadásának és átvételének zökkenőmentessé tétele.

A kézi végberendezések kijelzőjén történő megjelenítésre szánt videoanyag adatsebessége lényegesen alacsonyabb, mint a DVB-T rendszer által biztosított adatsebesség. Ha tehát a DVB-T rendszer magas adatsebességét használva az adatfolyamot az előbbieken ismertetett MPE- és FEC-szakaszokból álló adatcsomagokban továbbítjuk, akkor két adatcsomag közti tétlen időben a végberendezés vevőegysége ki kapcsolható, ezáltal pedig energia takarítható meg. Ezt az elgondolást szemlélteti a 4. ábra. Az energiamegtakarítás mértéke akár a 95%-ot is elérheti.

Természetesen valamilyen módon jelezni kell a végberendezés számára, hogy mikor várhatja a következő adatfolyamot. Ezen információ jelzése a Δt módszer segítségével történik, azaz az éppen vett adatcsomag minden esetben tartalmazza a következő adatcsomag elejéig még hátralévő időt. A megadási mód további előnye, hogy nincs szükség az adó és a végberendezés óráinak szinkronizálására.

Az egymást követő adatcsomagok között a rendszer nem továbbít olyan adatokat, melyek az adott adatfolyamhoz tartoznak, így ilyenkor a kiosztott sáv-szélességet más elemi adatfolyamok (más DVB-H szolgáltatások) is használhatják (5. ábra). Az időszeleltetésnek köszönhetően a vevőnek csak az idő tört részében, a kívánt szolgáltatáshoz tartozó adatcsomagok vételekor kell aktívnak lennie. Az adó természetesen folyamatosan működik, azaz az átviteli adatfolyam továbbítása nem szakad meg.



5. ábra

DVB-T programok mellett időosztásos módon továbbított DVB-H szolgáltatások

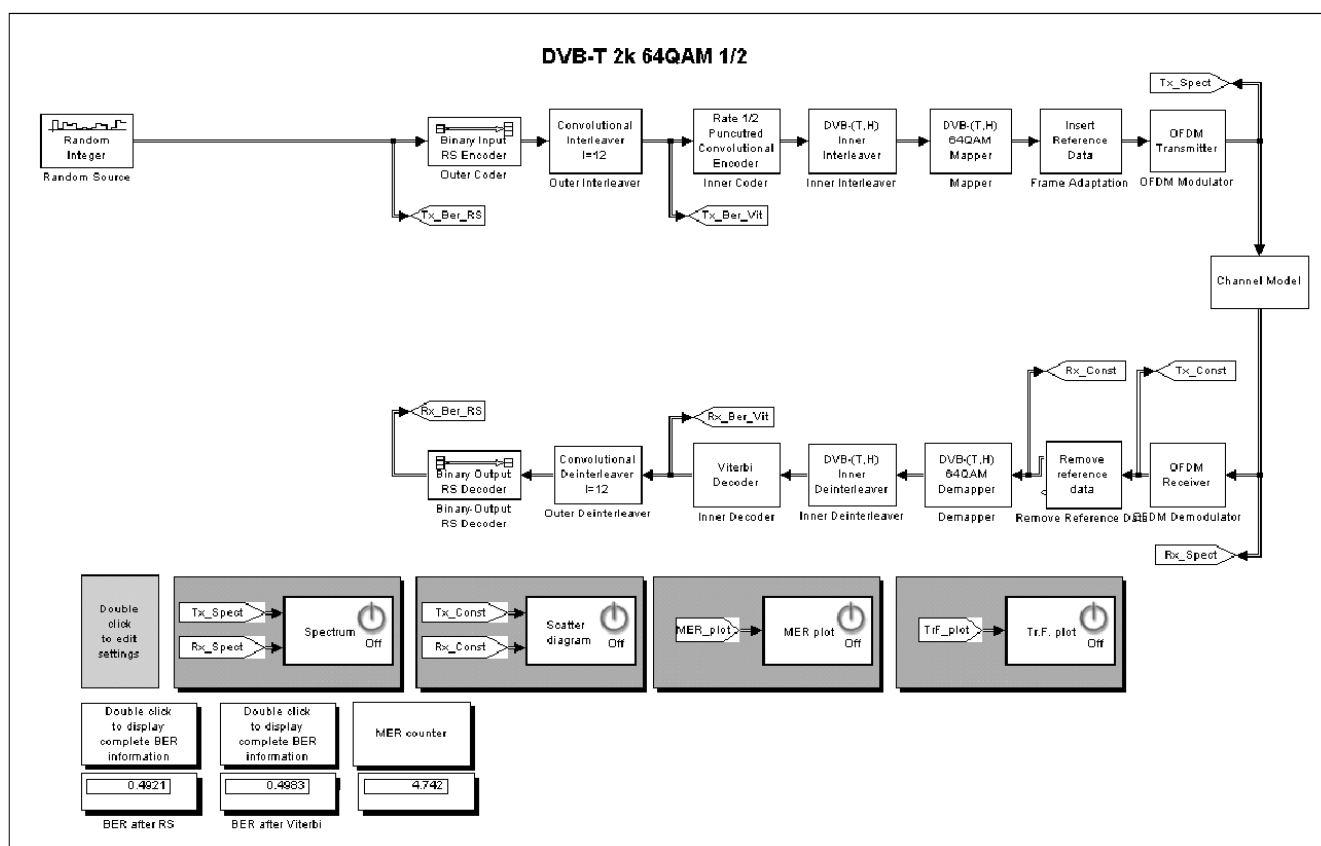
Rossz vételi körülmények között azonban előfordulhat, hogy az adatcsomag egyes részei elvesznek. Ha ezzel együtt a delta-t paraméter is elveszne, a vevő nem tudná, hogy milyen hosszú időre kapcsolhat ki, így

egyáltalán nem kapcsolhatja ki, és meg kéne várnia a következő adatcsomagot. Ennek elkerülése érdekében a delta-t paramétert (a szakaszok fejlécében továbbított többi valós idejű paraméterrel együtt) az adatcsomagon belüli összes szakasz fejlécében továbbítani kell. Még különösen rossz vételi körülmények között is, ha csak egyetlen szakasz vétele sikerült, a delta-t információ kinyerhető, és az energiatakarékosság máris megvalósult.

Az időszeleltetés lehetővé teszi a vevő számára, hogy egy adott szolgáltatás vételének megszakítása nélkül figyelemmel kísérjen más átviteli adatfolyamokat is. Az adatcsomagok közti idő alatt a vevő egyéb fogható jeleket kereshet, összehasonlítja a jelerősségeket, illetve a szolgáltatás vételének megszakítása nélkül átkapcsolhat egyik átviteli adatfolyamról egy másikra.

Az ilyen feladatok végrehajtása persze hatással van az elért energiamegtakarításra, mivel a művelet során a vevő nem kapcsolhat ki. A hatás azonban elfogadható szinten tartható. DVB-T vevő esetén például a vevő számára a jelerősség adott frekvencián történő ellenőrzéséhez szükséges idő általában 20 ms-nál kevesebb. A lehetséges jelforrások (szomszédos cellák) azonosításának intelligens meghatározásával a vevő jelentősen csökkentheti az ellenőrzendő frekvenciák számát. Azt feltételezve, hogy a vevő minden egyes ciklusban csak egyszer hajt végre ellenőrzést, az ehhez szükséges idő csak a tétlen idő elenyésző része.

6. ábra A szimulációs modell



3. A rendszerek szimulációja

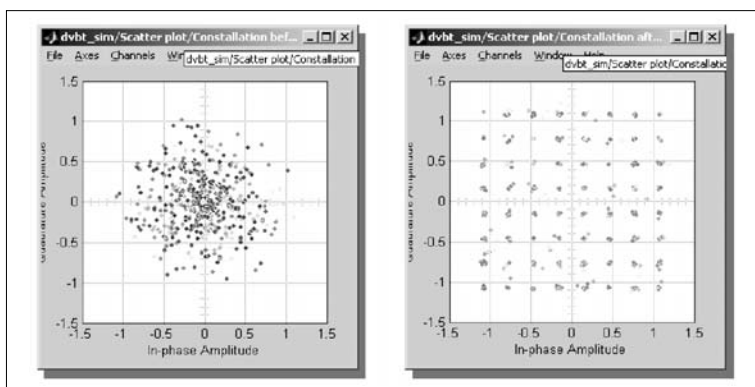
A hírközlő rendszerek vizsgálatának egyik legfontosabb és legolcsóbb módja a szimuláció. A szimuláció lehetőséget teremt arra, hogy a rendszert a megvalósítás előtt, a tervezési fázisban ki lehessen próbálni és módosítani lehessen.

Számos cég kínál különféle szimulációs alkalmazásokat. A leginkább elterjedtek tekinthető program, köszönhetően az alkalmazási területek széles spektrumának, a MathWorks cég *MATLAB* programja és az ezt kiegészítő grafikus felület, a *Simulink*, illetve könyvtárelem-gyűjtemény. Emellett megtalálható a piacon többek között az Elanix cég *SystemView* programja, a Visual Solutions *VisSim* programja, az Ansoft *Ansoft Designer* szoftvere is. A nagy felhasználói bázis, a rugalmasság, a megfelelő terméktámogatás, valamint a könyvtári elemek forráskódjának elérhetősége miatt mi is a *MATLAB-Simulink* szimulációs programot választottuk, ámbár ezt megelőzően kísérleteztünk az Elanix cég *SystemView* programjával is, nem túl nagy sikerrel.

3.1. A szimulációs rendszer elemei

Az elkészült szimulációs modellt a 6. ábra mutatja (a blokkok megfeleltethetők az 1. ábrán látható elemeknek). A modell kialakításakor szükség volt a *MATLAB* részét képező könyvtári elemek tesztre szabására, illetve kiegészítésére is. Az új elemek megírása részben a *MATLAB* parancsnyelven, részben pedig C és C++ nyelven történt. Maga a modell három fő részből áll. A legnagyobb területet a rendszermodell foglalja el. Ez alatt találhatók a beállítást és az eredmények megjelenítését lehetővé tevő elemek.

A szimulációs adatok a rendszer bármelyik pontján könnyen hozzáférhetők, ezért gyakorlatilag a mérés-technikai szabványban [5] ismertetett összes paraméter mérhető. Kiszámítható a digitális rendszer jellemzésére leginkább alkalmas bithibaarány, illetve modulációs hibaarány, megjeleníthető a spektrum, a konstellációs diagram, valamint az átviteli karakterisztika. Mivel a szimulációs rendszer vélhetőleg bekerül a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Híradástechnikai Tanszékének oktatási anyagai közé, ezért a megalkotáskor a szemléletesség mellett igen fontos szempont volt a könnyű kezelhetőség is.



4. Összefoglalás

Írásunkban bemutattuk a DVB-T és DVB-H rendszer kialakulását, illetve röviden vázoltuk a csatornakódolás és moduláció lépéseit. Bemutattuk a DVB-T és DVB-H rendszer szimulációjára alkalmas modellt. A modell jelen állapotában felhasználható DVB-T jelek additív, fehér Gauss-zajos csatornán keresztüli, alapsávi szimulációjára, illetve a DVB-H rendszer bizonyos elemeinek vizsgálatára.

Annak ellenére, hogy a modellen számos vizsgálat már elvégezhető, további fejlesztések végrehajtása is szükséges. A DVB-H teljes körű szimulációjához szükség van törléses Reed-Solomon dekódoló megalkotására, illetve bonyolultabb csatornabecslő algoritmusok megvalósítására. Az így kiegészített szimulációs modell alkalmas lesz majd újabb algoritmusok és módszerek kipróbálására is.

Irodalom

- [1] ETSI EN 300 744 Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, 1.4.1-es verzió, European Telecommunications Standards Institute, 2001. január
- [2] ETSI EN 301 958 Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Digital Terrestrial Television (RCT) incorporating Multiple Access OFDM, European Telecommunications Standards Institute, 2002. március
- [3] ETSI EN 302 304 Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals, European Telecommunications Standards Institute, 2004. november
- [4] ETSI TR 102 377 Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines, European Telecommunications Standards Institute, 2005. február
- [5] ETSI EN 300 744 Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems, European Telecommunications Standards Institute, 2001. május
- [6] Television on a handheld receiver – broadcasting with DVB-H, Digital Terrestrial Television Action Group, 2005.
- [7] Jukka Henriksson:
DVB-H standard, principles and services,
<http://www.tml.hut.fi/Studies/T-111.590/2005/lectures/henriksson.pdf>

7. ábra
Szimulációs eredmények:
konstellációs ábra
a csatornakiégényelés
előtt és után, Rayleigh-csatorna esetén

A nagyfelbontású televízió múltja, jelene, jövője

KOVÁCS IMRE

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék
kovacs@hit.bme.hu

Kulcsszavak: digitális televízió, HDTV, videó kódolás

Jelen cikkben áttekintjük a HDTV és, a HDTV célra is alkalmas bitsebesség csökkentési eljárások történetét, megadjuk a legfontosabb HDTV jellemzőket, paramétereket, formátumokat, és röviden összehasonlítjuk a legígéretesebb televíziós kijelző technológiákat. Áttekintést adunk a lehetséges és szándékolt HDTV átviteli módokról és a jelenlegi helyzetről, különös tekintettel az USA-ra, a Távol-Keletre és Európára.

1. Bevezetés

A 80-as évek elején a fejlett világ néhány helyén olyan kutató-fejlesztő munkák indultak, melyek célja a mai értelemben vett nagyfelbontású (HDTV) képátviteli rendszer kidolgozása. A film képminőségének megfelelő felbontású és formátumú mozgóképet akartak eljuttatni a nézőkhöz, alapvetően analóg technikával.

Annak ellenére, hogy a legtöbb technológiai problémát megoldották, kudarcot vallottak a világméretű stúdiótechnikai szabvány és az átviteli mód kidolgozása, valamint a vevőkészülék tekintetében is. Nem beszélve arról, hogy a fogyasztók nem voltak felkészítve a lényegesen jobb minőségű szolgáltatásra, így ennek következtében nem alakulhatott ki a fizetőképes kereslet sem.

A 90-es években a helyzet gyökeresen megváltozott. A technológia nagy sebességgel fejlődött, egyre hatékonyabb videó bitsebesség-csökkentési eljárásokat implementáltak, megjelentek a mozgó videót is tárolni képes fogyasztói termékek, melyek lényegesen jobb képminőséget képesek szolgáltatni, a televíziós kijelzők mérete pedig folyamatos növekedésnek indult. Térhódításba kezdtek a 16:9-es képméretarányú kijelzők, ezzel együtt új kijelzőtechnológiák jelentek meg a piacon, a vehető programok száma ugrásszerűen megnőtt és elindult az új tartalmak keresése.

Mára a világ számos területén gőzerővel folynak – a legtöbb helyen már nem csak kísérleti jelleggel – a HDTV programsugárzások. A HDTV terjedése szempontjából jelenleg a három legfontosabb kérdés a HDTV formátumválasztás, a vevőkészülék ára, valamint a HDTV tartalom mennyisége és minősége.

2. HDTV minőség értelmezése

Maga a HDTV (High Definition Television) fogalom szinte egyidős magával a televízióval, hiszen már a mechanikus felbontású televízió korában is HDTV-nek nevezték a jobb képminőségű szolgáltatást.

Ezért magát a HDTV-t számos módon lehet értelmezni: olyan televíziót jelent, amely a hagyományos televízióhoz képest jelentősen több képtartalom átvitelét teszi lehetővé, ahol a képméretarány közelít a szélesvásznú moziéhoz, a felbontás finomságában jelentősen jobb képet ad, mint a hagyományos TV, és a kép „villogása” is sokkal kevésbé zavaró.

Megadunk egy felsorolást, amelynek minden pontját teljesíteni kell, ahhoz, hogy azt mondhassuk, hogy a biztosított kép HDTV minőségű. Referenciaként a normál felbontású kép (Standard Definition Television, SDTV) szerepel. Tehát egy kép-műsorszórást, akkor tekintünk HDTV minőségűnek, ha:

- A vízszintes felbontás minimálisan kétszer akkora, mint a normál felbontású képé (pixelszám > 1200).
- A függőleges felbontás minimálisan kétszer akkora, mint a normál felbontású képé (sorszám > 1000).
- Teljesen független világosságjel- és színinformációkezelés és -átvitel.
- A képméretarány (Aspect Ratio) minimálisan 16:9.
- A megjelenítés képfrekvenciája nem lehet kevesebb, mint 50 Hz.
- * Növelt fényerejű és felületű kijelző.
- Minimálisan CD minőségű sokcsatornás hangátvitel.

A fenti felsorolás egyik legfontosabb paramétere a képen belüli sorszám. Sajnos mind a mai napig az egyes HDTV fejlesztési központok nem azonosan kezelik a fogalmat, hiszen például Japánban van olyan, úgynevezett Ultra-HDTV elképzelés is, melyben a képet 3000 sorra bontják.

A HDTV fejlesztések szempontjából három fő területet lehet kijelölni: Észak-Amerika, Japán és Európa.

3. A HDTV fejlődése

3.1. A HDTV fejlődése Japánban

Az első sikerrel kecsegtető HDTV projektet az NHK (Nippon Hoso Kyokai), a japán műsorszóró fejlesztési intézet indította a 60-as évek közepén, azzal a céllal,

hogy a 35 mm-es filmnek megfelelő felbontást a videó területen is elérjék. A projekt a televízió elnevezés helyett a High-Vision fantázianevet kapta.

Az első igazi műsorszóró kísérletek a 70-es évek közepén zajlottak le, a kép sorszáma 1125 volt. 1981-ben az NHK bemutatta a kialakított HDTV produkciós rendszert az USA-ban. Ezzel párhuzamosan kidolgozták és 1984-ben bemutatták az analóg, speciális alul-mintavételezéseken alapuló, műholdas átvitelre szánt rendszerüket a MUSE-t (Multiple sub-Nyquist Sampling and Encoding) is.

Japánban 1989 júniusa óta rendszeres MUSE adás zajlik, először csak kísérleti, majd állandó jelleggel, a hozzá szükséges vevőkészülék a kereskedelemben is kaphatók.

Japán 1994-ben elindítja saját digitális tv rendszerének fejlesztését. E késlekedés elsődleges oka a MUSE rendszer viszonylagos sikere. A japán távközlési minisztérium létrehozta a „Digitális Műsorszórás Fejlesztési Hivatalt” (Digital Broadcasting Development Office). Erre az időre azonban számos, műsorszórásban illetékes szervezet, gyártó már tagja volt a DVB projektnek is. Minden bizonnyal ez az oka annak, hogy Japán elfogadta az MPEG-2 alapú kép- és hangkódolást, valamint a teljes rendszer kialakításának elveit. Így az elfogadott japán digitális televíziós szabvány sokban hasonlít az európai DVB-re.

3.2. HDTV fejlődése Észak-Amerikában

Az USA-ban a javított képminőségű televíziós műsorszórás kialakítása területén a munka 1977-ben indult az SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) égisze alatt felállított HDTV munkacsoportban. Az első összefoglaló jelentés az *SMPTE Journal* 1980 februári és márciusi számában jelent meg.

Ezt követően 1982-ben az USA televízió iparága létrehozta az *Advanced Television Systems Committee* (ATSC) bizottságot azzal a céllal, hogy koordinálja az ATV rendszerek fejlesztését és a szabványok kidolgozását. Az ATSC alapítói abban a hitben hozták létre a bizottságot, hogy az gyors és hatékony módon fogja egyeztetni és kialakítani az egységes nemzeti szabványokat.

Kezdetben az ATSC munkája a HDTV rendszerű kép előállítás kérdéseire korlátozódott. Csak 1986-ban állítottak fel azt a munkacsoportot, amely a HDTV műsoroknak az előfizetőkhez való eljuttatásának szabályozásával foglalkozott. E munkacsoport 1987-től vizsgálja az UHF/VHF frekvencia sávokat abból a szempontból, hogy alkalmasak-e az úgynevezett kétcsatornás átvitelre. E megoldás lényege, hogy az eredeti NTSC jelet egy hagyományos TV csatornán, míg az úgynevezett HDTV kiegészítő jelet egy másik csatornán továbbítja.

Már 1987 évelején Washingtonban bemutatásra került az a műsorszóró HDTV rendszer, amely az UHF sáv 58 és 59 csatornáit használta egyetlen közös átviteli csatornaként.

1988 szeptemberében az FCC kiadja az ATV eljárásokkal kapcsolatos első elképzeléseit:

- az ATV a földi műsorszórásban a közösség érdekeit szolgálja;
- a közösség érdeke az, hogy az ATV bevezetése ne szenvedjen késlekedést;
- az ATV bevezetéséhez szükséges spektrumot a földi műsorszórás VHF/UHF frekvenciasávjából kell kihasítani;
- az NTSC vevőket az átmeneti időben el kell látni NTSC jellel akár úgy, hogy NTSC kompatibilis ATV jelet sugározzanak ki, akár úgy, hogy egyszerre sugározzák ki az NTSC és az ATV jelet (simulcasting);
- olyan ATV eljárás földi műsorszórásra nem használható, mely a meglévő NTSC sáv szélességénél nagyobb sávot igényel;

Az FCC négy alternatív módot jelölt ki az ATV földi műsorszórás területén történő bevezetésére:

- NTSC-kompatibilis ATV szolgáltatás a jelenlegi 6 MHz sávban;
- további 3 MHz frekvencia a kiegészítő jel számára;
- további 6 MHz frekvencia a kiegészítő jel számára;
- további 6 MHz frekvencia az egyidejűleg kisugárzott (simulcast), nem kompatibilis ATV jel számára;

Az FCC 1990 elejéig várta a fenti pontokkal kapcsolatos megjegyzéseket, észrevételeket és természetesen javaslatokat a földi műsorszórásra alkalmas ATV rendszerekről.

1988-ban a beérkező rendszerjavaslatok értékelésére megalakítják az ATTC-t (Advanced Television Test Center). Érkeztek is a javaslatok, számuk elérte a 21-et. Számos közülük nem volt kompatibilis az NTSC-vel, számos nem teljesítette a HDTV követelményt.

A HDTV rendszerek versenyében döntő változást hozott az FCC 1990. március 21-i bejelentése, amelyben közlik, hogy politikai döntéssel a *párhuzamos sugárzás* (simulcast) rendszere mellett foglalnak állást. Egyidejűségen azt kell érteni, hogy minden javított képminőségű szolgáltatás NTSC vételét is biztosítani kell. Ugyanebben az évben a javaslatok nagy részét visszavonták, és túlsúlyba kerültek a digitális megoldású javaslatok.

1992-re már csak négy javaslat maradt. Ezek közül az elsőt a General Instruments (GI) 1990 mutatta be. Az FCC azonban kijelentette, hogy csak egyetlen rendszer elfogadását tartja elképzelhetőnek. Ezért 1993. májusában a négy javaslat benyújtója a GI, az AT&T/Zenith, a DSRC/Philips/Thomson és az MIT létrehozta a „Nagy Szövetséget” (Grand Alliance, GA), azzal a céllal, hogy egyetlen földi HDTV rendszert alakítsanak ki.

Munkájuk eredményeképpen 1995. végén elfogadták az A/53 szabványszámmal azonosított ATSC digitális televíziós szabványt. Még ugyanebben az évben nem kis viták közepette fogadták el a hangátvitelt szabványosító A/52 szabványszámú hangtömörítési szabványát (AC-3) is. Ennek eredményeképpen az ATSC szabvány a videó bitsebesség csökkentését (forráskó-

dolást) illetően megegyezik az MPEG-2 videó szabvánnyal, miközben a hangkódolás a Dolby Lab. által kidolgozott AC-3 lett. Ezen túlmenően a GA specifikálta magát a kisugárzási szabványt, azaz a csatorna modulációt először csak a földfelszíni műsorszórás, később a kábeles műsorelosztás számára is.

Az ATSC rendszert az USA, Kanada, Mexikó, Dél-Korea és Taivan használja földi műsorszórásra. Az ATSC MPEG-2 rendszer és videó alapú, míg a hangtörítés Dolby Digital. Az európai DVB-től jelentősen különbözik a csatornakódolás, a hibavédelem, és a rendszer specifikus táblák (PSI/SI) kialakítása tekintetében.

3.3. A HDTV fejlődése Európában

1981-ben az EBU (European Broadcasting Union) elindította a HDTV-t tanulmányozó projektjét, a Cine-Vision-t, majd a CCIR-rel (Comité Consultatif International des Radiocommunications, az ITU-R elődje) közösen 1983-ban megalakítják az IWP ideiglenes munkabizottságot (Interim Working Party), azzal a céllal, hogy a produkciós és az átviteli területre közös világszabványt hozzanak létre. 1985-ben az IWP kibocsátotta a produkciós terület általa javasolt szabványtervezetét, amely az 1125 soros, 60 Hz félkép frekvenciájú, váltott soros letapogatású videó formátumot tartalmazta. Tehát az IWP elfogadta az NHK javaslatát.

Azonban az EBU jelentősen alábecsülte az európai televíziós ipar erejét, hiszen az nem tudta elfogadni, hogy nem 50 Hz alapú megoldást támogatott a CCIR és az EBU. Ezért 1985-ben az EC (European Commission) felkérte a tagállamokat, hogy ne értsen egyet az IWP javaslatával. Sőt ezzel párhuzamosan az EC elhatározta, hogy a HDTV-vel kapcsolatos szabvány megfontolásokat és a döntést két évvel elhalasztja. Ezt azután 1990-ig meg tovább halasztották.

Még az első halasztással egyidőben az európai fogyasztói elektronikai ipar megfogalmazta azt az egyetértési memorandumot, amelyben rögzítették, hogy közösen támogatják az európai HDTV szolgáltatások berendezéseinek kifejlesztését. A HDTV célok elérésének érdekében beindítottak az *Eureka* kutatás-fejlesztési programon belül egy olyan projektet – az *Eureka95*-t –, mely a következő két alapvető cél megvalósítását tűzte ki:

- 1990-es CCIR plenáris ülésre bemutatható állapotba hozni a HDTV produkciós rendszert. Az 50 Hz-es félképfrekvencia alapkövetelményként szerepelt.
- A HDTV képtovábbítás műholdon a nagyfelbontású MAC (Multiplex Analogue Components) rendszerre (HD-MAC) épüljön, miközben a HD-MAC vételét a hagyományos MAC vevővel is biztosítani kell (viszsafele kompatibilitás). Magát a MAC/packet rendszercsaládot (C-MAC, D-MAC és D2-MAC), mint a PAL-t és a SECAM-ot kiváltó átviteli szabványt az EBU még 1986 szabványosította.

A projektnek ki kellett fejlesztenie olyan berendezéseket, amelyek alkalmasak a produkciós terület minden feladatának megoldására, miközben biztosítani kellett

a HDTV kép tárolásához szükséges eszközöket, csakúgy, mint a továbbításához szükséges berendezéseket és a fogyasztói vevőkészülékeket is.

Az Eureka95 időtartamát 1986-1990 közé tervezték. A konzorciumot a Philips és a Thomson vezette, több mint 80 résztvevője volt. Szabványtervezeteket dolgoztak ki, bemutatókat tartottak, megvalósíthatósági tanulmányokat készítettek, miközben számos prototípust fejlesztettek ki. A projektet a kormányok is támogatták, a teljes költségvetés induláskor körülbelül 200 millió ECU volt.

1989-ben az Eureka95 projekt résztvevői két évvel (1992-ig) meghosszabbították a projektet, miközben a költségvetést jelentősen megnövelték (625 millió ECU). Ennek a két évnek a legfontosabb három célja, a teljes implementáció megvalósítása, a normál szélesvásznú (nem HDTV) műsorszórás 1991-re történő beindítása (ekkor már volt japán HDTV műsorszórás), valamint 1992-ben az olimpiai játékokra a HDTV műsorszórás biztosítása volt. A kitűzött célok majdnem maradéktalanul megvalósultak.

Az EC 1992-ben kiadta a HD-MAC Direktíváit, amellyel a HD-MAC alkalmazását igyekezett támogatni.

Azonban erre az időre a digitális műsorszórási projektek eljutottak arra a szintre, amikor már minden összehasonlításban a HD-MAC rendszernél jobb paramétereket mutattak. Ekkor az angol kormány beszüntette az Eureka95 projekt további finanszírozását. Ez megpecsételte a HD-MAC rendszer sorsát, bár azt azért még szabványszintre emelték.

Az amerikai HDTV fejlesztésekkel szinte egyidőben (1990) a skandináv országok által finanszírozott HD-DIVINE projekt kidolgozta a saját, földfelszíni HDTV rendszer javaslatát, miközben előállt a páneurópai földi szabvány elképzeléssel. Eközben Németországban is elindultak azok a projektek, amelyek elsődleges célként az akkori televíziós technológia lehetséges irányait kutatták. 1991 évvégén a német kormány felismerte a digitális televízió közös európai megközelítésének szükségességét. Ennek eredményeképpen meghívta a rádiókommunikációs területen dolgozó műsorszórókat, telekommunikációs szervezeteket, gyártókat, és szabályzásért felelős hatóságokat egy közös együttgondolkodásra.

Ebből alakult ki 1992 évvégére az „Európai Elindító Csoport” (European Launching Group, ELG). Egy évvel később, 1993. szeptember 10-én 84 európai műsorszóró, gyártó, szabályozásért felelős hatóság és telekommunikációs szervezet az egyetértési nyilatkozat (Memorandum of Understanding, MoU) aláírásával útjára indította az európai DVB (Digital Video Broadcasting) projektet.

Ezzel egyidőben az is kiderült, hogy az európai piac sokkal inkább „vevő” a több csatornára, mint a HDTV képminőségre. Részben ennek hatására a DVB projekt nem a HDTV kép továbbítását tűzte zászlajára, hanem minden médian a lehető legjobb és legtöbb digitális, szélesvásznú (16:9) hagyományos minőségű (SDTV) program biztosítását. A DVB projekt elfogadta

forráskódolásként az MPEG-2 alapú kép- és hangkódolást, a multiplexelési elveket és az MPEG rendszer információkat.

Maga az EC nemcsak támogatta a DVB projektet, de a „Televíziós szabványosítás direktívái” (Directive on Television Standard) kiadványában, megadta azokat az irányelveket, melyeket Európában a televíziótechnika szabványosítása során be kell tartani. 1994-ben a DVB projekt műholdas és kábeles ajánlása, majd 1997-ben a földfelszíni digitális műsorszórás DVB ajánlata is szabvány szintre emelkedett.

Mivel a DVB választott videóbitsebesség-csökkentési eljárása az MPEG-2, ezért a DVB projekt valamennyi közegre kidolgozott megoldása eleve alkalmas a HDTV műsorszórásra/elosztásra. Kritikus kérdés, hogy vajon a közben kidolgozott lényegesen hatékonyabb videó bitsebesség csökkentési eljárás, az AVC milyen hatással lesz a HDTV-re, hiszen alkalmazásával a továbbítható televíziós csatornák száma az MPEG-2-höz képest megduplázható.

3.4. A HDTV-hez szükséges bitsebesség-csökkentés rövid története

A videó és audio bitsebesség-csökkentési eljárások kutatása és implementálása a 80-as évek közepétől indult fejlődésnek. Ennek során az 1988-ban megalakult MPEG-1 munkacsoport a nem váltott-soros videó és a kapcsolódó sztereó hang olyan mértékű kompressziójának kidolgozását tűzte ki célul, hogy az az egyszeres sebességű CD-ről is visszajátszható legyen. Még szabvány szintre sem emelkedik az MPEG-1, amikor 1992-ben létrehozzák az MPEG-2-t, amely a következő évben beterjeszti szabványtervezetét, a váltott-soros, szinte tetszőleges felbontású videójel hatékony tömörítéséről. Közben kiderül, hogy a HDTV célokra kialakított MPEG-3 munkacsoport munkája értelmetlen, hiszen az MPEG-2 beépítette azokat az eszközöket, melyekkel a HDTV forráskódolása biztosítható. Ezért az MPEG-3 működését megszüntették, de még 1993-ban létrehozták az MPEG-4-et az objektum orientált interaktív multimédia kódolási eljárások kidolgozására.

Eközben a távközlési alkalmazások számára kidolgozott alacsony bitsebességű videó kódolási szabványok jelentősen fejlődtek. Számos szabványt (H.26x) és azok verzióit fogadták el, melyekben fő hangsúly a kódolási hatékonyság növelése, természetesen alapesetben ezeket a szabványokat nem a 601-es formátumú videó továbbítására szánták.

1998-ban az ITU-T Videó Coding Experts Group kiadja azt a projekt felhívását (H.26L), mellyel a távközlés területén a videó kódolási hatékonyság megduplázását szeretnék elérni. 2001. végén a VCEG és az MPEG létrehozta a közös munkabizottságát a JVT-t (Joint Video Team), mely a közös, minden célra alkalmazható, az MPEG-2 videóhoz képest legalább kétszeres kódolási hatékonyságot biztosító, úgynevezett AVC kódolást, mint az MPEG-4 10. részét terjeszti be szabványként.

Mára a célok teljesültek, hiszen a vizsgálatok szerint az SD/HDTV alkalmazásokban az AVC 4/9-2/5-ére csökken a MPEG-2-höz képesti adatsebességet azonos képminőség mellett. Az AVC-vel mára lehetővé vált, hogy a HDTV-t körülbelül 8-15 Mbit/s adatsebesség mellett lehessen továbbítani, ami pedig már befér a DVD sávszélességébe is.

3.5. Fogyasztói igények hatása a HDTV fejlődésére

Az előző négy fejezet alapvetően a technológia hatására bekövetkező fejlődés történet mérföldköveit tartalmazza. Több ponton azonban hatalmas hatással volt a fejlődésre a HDTV iránti fogyasztói igény megléte, vagy inkább meg nem léte.

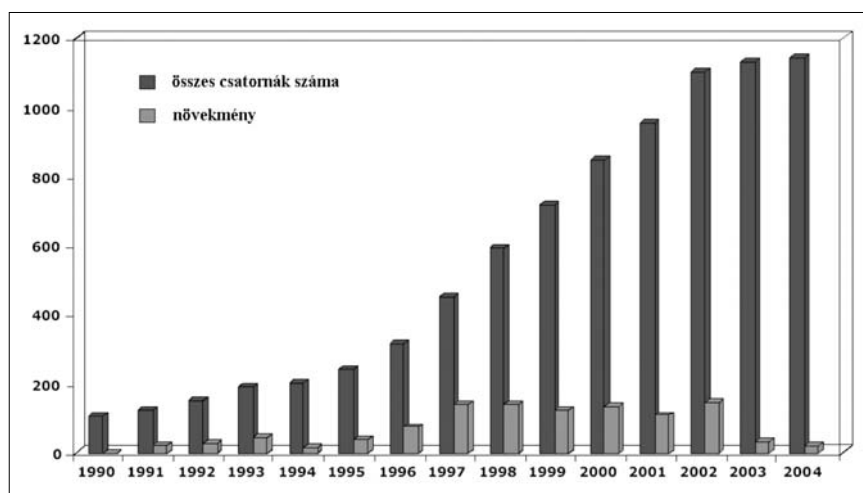
Az első ilyen kritikus időpont a 80-as évek végére tehető. Ekkor a világon egyetlen HDTV rendszerjavaslat létezik, a Japán MUSE műholdas megoldás. A rendszer minden eleme, a stúdiótechnikai és az átviteli berendezések, valamint a vevő is rendelkezésre állt. Azonban az utóbbi megfizethetetlenül drága volt, miközben a nézők nem igazán voltak tájékozottak a HDTV által nyújtott képminőségről. Ezért a MUSE rendszert még jóindulattal sem nevezhetjük sikeresnek. A vevő berendezések árában hatalmas részt tett ki a CRT kijelző, hiszen csak nagyon drágán volt előállítható a 16:9-es HDTV felbontást is tudó megoldás, miközben nem létezett sík változata. Ekkora kiderül, hogy addig, amíg a kijelző technológia nem hoz valami újat, nagyobb, jobb, és főleg olcsóbbat, a HDTV nem számíthat sikerre.

A második kritikus időszak a 90-es évek eleje az USA-ban, amikor a HDTV gyors bevezetését szerették volna elérni, ezt azonban megakadályozta a HDTV rendszerválasztás körüli huzavona, mely mai szemmel hasznosnak tekinthető, hiszen ennek eredményeképpen nem analóg rendszert választottak. Az 1995-ben elfogadott ATSC földfelszíni műsorszórásba történő bevezetése elsősorban a kezdeti minimális fogyasztói igény és a hatalmas vevőkészülék árak miatt alig haladt.

A digitális televízió amerikai és európai bevezetésekor kiderült, hogy a nézők a televíziózással kapcsolatos elvárásaikban első helyre nem a HD képminőséget, hanem a programszám bővítését teszik. Így az USA a digitális műholdas és kábeles, míg Európa a digitális műholdas, kábeles és földfelszíni műsorszórás bevezetésekor a programszám bővítést tekinti a legfontosabb szempontnak.

Öt évre ismét háttérbe szorult a HDTV. Ezzel szemben az USA a földfelszíni műsorszórás számára már eleve a lényegesen jobb és a HDTV-t is tartalmazó ATSC rendszerét kezdi alkalmazni 1997-től.

Az 1. ábrán éves bontásban látható az európai digitális televízió csatornaszám bővülése. 2002-től az addigi dinamikus növekedés megáll, ezzel kiderül, hogy a programszám bővülés vég nélkül nem folytatható. Más utat kell keresni.



1. ábra

A digitális TV-csatornák számának növekedése Európában

Az állandóan javuló digitális modulációs eljárások alkalmazásával folyamatosan bővülő adatsebesség kapacitás azonban tartalmat keres. A hiányzó tartalom egyik legjobb alkotó eleme a HDTV lehet, különösen ha figyelembe vesszük a kompressziós eljárások hatékonyságának duplázódását.

Közben azonban az MPEG-2 alapú digitális műholdas műsorszórás és a DVD sikere jelentősen segített a képminőség javulás iránti fogyasztói igények felkeltésében, a vevőkészülék és a kijelző implementálás terén. A digitális műholdas műsorszórás és a DVD bebizonyította, hogy a nagy kompressziójú digitális videó sokkal

jobb minőséget tud eredményezni, mind az analóg, frekvenciaosztás elvű NTSC vagy PAL, miközben vele születetten képes a szélesebb képméretarány biztosítására és alkalmas a nagyobb kijelző felületű vevők megfelelő felbontású mozgóképpel történő ellátására is.

3.6. HDTV kijelző

Jelenleg még a leggyakoribb televíziós kijelző a katódsugárcső (Cathode Ray Tube, CRT). Ez különösen igaz kisebb kijelző méretek esetében. Ugyanakkor a HDTV képminősége igényli a nagyobb kijelző méretet.

HDTV kijelzési célra ma többféle egymással állandó versenyben lévő technológiai megoldás létezik. Négy főirány a plazma, az LCD, a DLP és a CRT. Jelenleg mindegyiknek létezik továbbfejlesztett változata is. A technológiai részletekre nem kitérve az 1. táblázatban megadjuk a leggyakoribb típusok legfontosabb jellemzőit.

Természetesen a táblázat egyes kritikus paramétereinek maximális értékei folyamatosan növekszenek. Az itt közöltek 2005. februáriak. A táblázatból szándékosan kihagytuk a költség sort, hiszen az abban szereplő adatok meg a műszaki jellemzőknél is gyorsabban változnak. Azonban nyugodtan kijelenthetjük, hogy a vevő elterjedésének kulcskérdése a kijelzők ára.

1. táblázat A leggyakoribb kijelző-típusok legfontosabb jellemzői

	D-ILA	DLP	LCD	Plazma	LCOS	Vetítős LCD	Vetítős CRT	CRT
Kontraszt	1500:1	5000:1	1300:1	3000:1	2000:1	800:1	4000:1	4000:1
Maximális fényssűrűség	7000 lumen	750 cd/m ²	450 cd/m ²	1000 cd/m ²	750 cd/m ²	450 cd/m ²	800 cd/m ²	1000 cd/m ²
Élettartam	1K	10k	70k	30k	80k	10k	80k	80k
Beégés	Nincs	Nincs	Nincs	Igen	Nincs	Nincs	Igen	I/N
Nézőszög	180°	170°	160°	180°	180°	170°	180°	180°
Digitális	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen	Nem	Nem
Frissítés			10ms	8ms	10ms	10ms		
Maximális felbontás	2048x1536	1280x720	1280x1024	1366x768	1920x1080	1280x1024	720p1080i	720p1080i
Mélység		7-20"	2"	4-6"	24-30"	13-20"	24-30"	16-30"
Ernyőméret		43-65"	1-80"	30-80"	42-80"	42-70"	42-65"	20-40"
Fogyasztás	nagy	közepes	kicsi	közepes	közepes	kicsi	nagy	nagy

4. HDTV képformátumok

A HDTV képformátum értelmezéséhez először definiáljuk az emberi látás szögfelbontását és a nézőtávolságot.

4.1. Az emberi látás szögfelbontása és a nézőtávolság

Az emberi látás szögfelbontásnak nevezzük azt a legkisebb szöget, melynél kisebb szög alatt érkező fénysugarakat nem tudjuk megkülönböztetni. Ez a szögérték az átlagos emberi látás esetében 1 ívperc. Ha egy tiszta fehér képet reprodukáló kijelzőt figyelünk, akkor annak sor struktúrája észrevehető, és zavaró, ha a nézőtávolság olyan kicsi, hogy az egymás alatti sorokból a szemünkbe érkező fénysugarak közötti szög meghaladja az 1 ívpercet. Ezért a sortávolságból számítható minimális nézőtávolságnál közelebb nem szabad ülni.

A részletekre nem kitérve a minimális nézőtávolság a következő összefüggésből számítható:

$$\text{nézőtávolság} = 3400 \cdot \text{sortávolság}$$

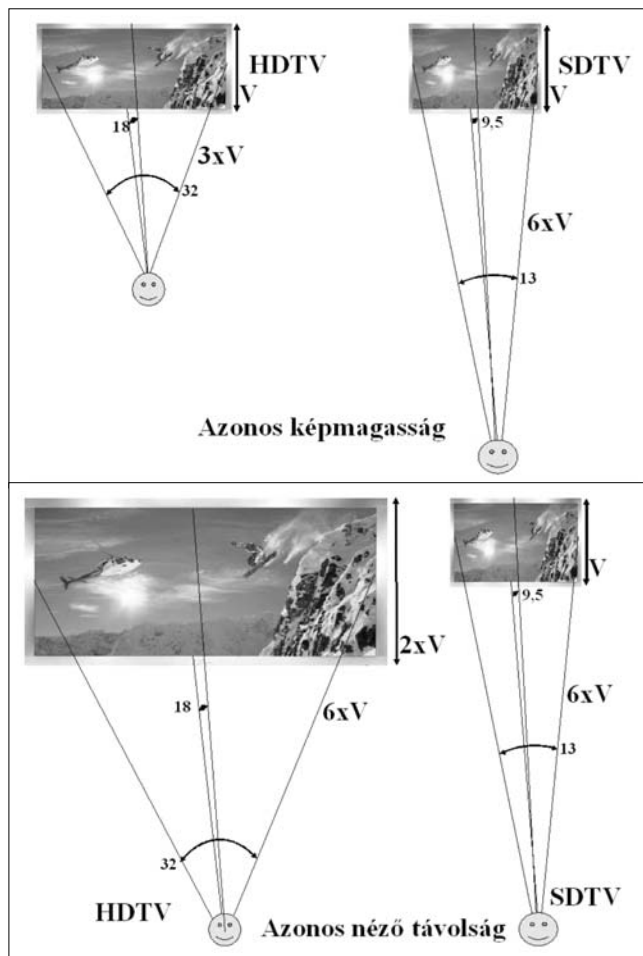
A nézőtávolságot a képmagasság többszörösében szoktuk megadni. Ehhez helyettesítsük be a képmagasságot:

$$\text{nézőtávolság} = \frac{3400}{\text{sorszám/képmagasság}} \cdot \text{képmagasság}$$

A 2. táblázat tartalmazza az amerikai és európai normál és a HDTV kijelző esetében alkalmazható minimális nézőtávolságot.

A nézőtávolság tekintetében nagy a különbség, hiszen a HDTV esetében a kijelzőhöz lényegesen közelebb ülhetünk, mint az SDTV kijelzőhöz. De talán még ennél is nagyobb a különbség a látószög tekintetében, hiszen a HDTV kép esetében, például a vízszintes látószög majdnem a háromszorosára növekszik. Ezzel el is jutottunk a HDTV egyik legvonzóbb paraméteréhez, hiszen a nézőszög növekedés azzal az előnnyel jár, hogy a lehetséges látószög terület sokkal nagyobb hányadát foglalhatja el a HDTV látvány és ezzel lényegesen jobb „mozi” élményt képes generálni.

A 2. és 3. ábra a HDTV/SDTV nézőtávolságokat mutatja, két speciális kiindulási feltétel mellett.



A felső ábrán a kiindulási feltétel: az SDTV és HDTV kijelző képmagassága azonos. Ekkor a vízszintesen 4/3-szor nagyobb kijelzőhöz fele akkora távolságra ülve sem lesz felbontás részletezettséggel kapcsolatban panaszunk. A képminőséget ebből a távolságból ugyan olyan jónak érzékeljük, mint az SDTV esetében, miközben a teljes látótérből a kijelzett kép körülbelül 5-ször akkora felületet fed le, mint az SDTV kijelző. Ha most vissza ülünk az SDTV kijelzőhöz szükséges nézőtávolságra, akkor ugyan a kijelzett kép mérete csak 4/3-szor nagyobb, de a felbontása sokkal jobb, mint az SDTV-é, olyan mintha a valóságot látnánk.

Ha az alsó ábra szerinti azonos nézőtávolságban gondolkodunk és a képet ugyanolyan minőségben sze-

	Amerikai SDTV	Európai SDTV	HDTV
Tv-sor/ képmagasság	480	576	1080
Nézési távolság	7 x képmagasság	6 x képmagasság	3 x képmagasság
Nézési távolság	4,25 x képátló	3,6 x képátló	1,5 x képátló
Vízszintes látószög	kb. 11 fok	kb. 13 fok	kb. 32 fok
Függőleges látószög	kb. 8 fok	kb. 9,5 fok	kb. 18 fok

2. táblázat
A minimális
nézőtávolság
az amerikai
és európai normál,
valamint a HDTV kijelző
esetében

	Formátum	Pixel/sor	Sorszám	Képméretarány	Letapogatás	Képfrekvencia
HDTV	1080p	1920	1080	16:9	Progresszív	24 Hz
	1080p	1920	1080	16:9	Progresszív	30 Hz
	1080i	1920	1080	16:9	Váltottsoros	30 Hz
	720p	1280	720	16:9	Progresszív	24 Hz
	720p	1280	720	16:9	Progresszív	30 Hz
	720p	1280	720	16:9	Progresszív	60 Hz

3. táblázat Az amerikai ATSC rendszer által definiált és alkalmazható HD képformátumok legfontosabb jellemzői

retnénk látni, mint az SDTV-t, akár ötször akkora kijelző felületű HDTV-t is vásárolhatunk, mint amekkora az SDTV volt (feltéve, ha anyagilag megengedhetjük és be is fér a lakásunkba). A legtöbbször alkalmazott fogyasztói megoldás minden bizonnyal a két véglet között lesz.

Általában a HDTV rendszereket a képen belüli vízszintes és függőleges aktív minták vagy pixelek számával azonosítjuk. A pixel minden esetben négyzetes. A mintavételi frekvencia az egyes rendszerekben eltérő. Némelyik progresszív, némelyik váltott soros képfelbontást használ. A progresszív az azonos képfrekvencia és sorszám esetében a váltott-sorozathoz képest kétszeres adatsebességet eredményez. De a progresszív megszünteti a váltott-soros hibáit. Szerencsére ugyanakkora érzékelt sorfelbontáshoz nem kell ugyanakkora sorszám progresszívban (kb. 70%), mint váltott-sorosban.

4.2. Az észak-amerikai HDTV formátumok

A fenti, 3. táblázat tartalmazza az amerikai ATSC rendszer által definiált és alkalmazható HD képformátumok legfontosabb jellemzőit.

4.3. Az európai HDTV formátum javaslatok

A 4. táblázat az EBU által javasolt HD formátumok fontosabb jellemzőit tartalmazza.

Az ajánlás a fentiekén kívül kötelezően tartalmaz előírásokat az R'G'B' színkódolásra, az R' G' B' analóg és digitális reprezentációra, az Y' P'B P'R színkódolásra, annak analóg reprezentációjára és az analóg interfészekre, végül az Y' C'B C'R színkódolásra és annak digitális reprezentációjára.

4. táblázat Az EBU által javasolt HD formátumok fontosabb jellemzői

EBU rendszer	Jelölés [aktív minták soroként x aktív sorok száma /letapogatás/ Y,R,G,B aktív minták soroként	Képenkénti aktív sorok száma	Kép frekvencia	Y,R,G,B mintavételi frekvencia fs (MHz)	Y minta periódus soroként	Összes sorok száma képenként	Hasznos kép adatsebesség (4:2:2, 10 bit) [Mbit/s]	SMPTE rendszer	
S1	1280x720/P/50 (720/P/50)	1280	720	50	74,25	1980	750	921,6	SMPTE 296 System 3
S2	1920x1080/I/25 (1080/I/25)	1920	1080	25	74,25	2640	1125	1036,8	SMPTE 274 System 6
S3	1920x1080/P/25 (1080/P/25)	1920	1080	25	74,25	2640	1125	1036,8	SMPTE 274 System 9
S4	1920x1080/P/50 (1080/P/50)	1920	1080	50	148,5	2640	1125	2073,6	SMPTE 274 System 3

Az EBU Műszaki Bizottsága (TC) azt ajánlja, hogy a HDTV kisugárzási szabványának a progresszív 720p/50-én kell alapulnia, véleményük szerint ez az optimális megoldás, de hosszabb távon a 1080p/50 is vonzó lehet.

Bár számos műszaki érv szól a progresszív képek kisugárzása mellett, az EBU TC véleménye szerint, számos műsorszóró számára vonzó lehet a 1080i tartalmak sugárzása. Mivel a vevők és kijelzők kezelni fogják a 720p és 1080i formátumokat a műsorszóróknak lehetőséget kell biztosítani a programról-programra történő választásra.

Figyelembevétel, hogy a produkciós és a kisugárzási szabványok nem feltétlen azonosak, további EBU vizsgálatokra lesz szükség az európai produkciós formátum szabványának megválasztásához.

Az EBU munkának nem célja egyetlen HDTV formátum kiválasztása. Az alábbiakban felsoroljuk azokat a szempontokat, melyeket az EBU a tagjainak a HDTV bevezetés kapcsán javasol figyelembe venni:

- Fel kell hívni a szervezetek vezetésének figyelmét a HDTV által kínált lehetőségekre.
- Figyelemmel kell kísérni, hogy a műszaki területen kívül és belül mi történik.
- Készítsenek olyan stratégiai analízist, melyben kialakítják, vagy kiválasztják a saját országuk számára legmegfelelőbb HDTV megoldást.
- Indítsák el azokat az eszmecseréket, melyekben a műsorszórók és a szabályozó hatóságok megvitatják a HDTV műsorszórás technológiai kérdéseit.
- Készüljenek fel a HDTV formátumban történő gyártásra, ezzel annak élettartamát jelentősen megnyújthatják.

- Európa első HD csatornája, az Euro1080 a második HDTV csatorna indítását tervezi HD-2 néven. Elsődleges szolgáltatás az esemény alapú fizetős szolgáltatás lesz, a kódolás AVC.
- BBC az évtized végén döntően HD-t fog előállítani és szolgáltatni, először műholdon.
- Az Ofcom kijelenti, hogy 2013. előtt nem lesz HDTV program a DTT platformon. A dátum a legkorábbi analóg lekapcsolás dátuma, az Ofcom szerint jelenleg nincs hely a HDTV programok számára. Így azok csak a műholdas és a kábeles platformon tudnak megjelenni 2013. előtt.
- A BSkyB bejelenti, hogy a 720p/50 és a 1080i/25 formátumokat is alkalmazni fogja a HDTV műsorszórásában. A két formátum támogatása a 2004-es európai HDTV vitának köszönhető, hiszen Európában az első HDTV szolgáltatást 1080i formátumban indították, miközben az EBU a 720 soros progresszív formátum alkalmazását helyezte előtérbe.



5. HDTV hírek – jelenidőben

A következőkben a legutóbbi idők HDTV-vel kapcsolatos néhány hírét soroljuk fel:

- Az összesítés szerint 2004-ben 5,7 millió HD vevőt vásároltak az USA-ban.
- Az előrejelzések szerint 2006-ban 15 millió vevőt fognak értékesíteni az USA-ban.
- Hetente 700 óra HDTV anyag érhető el a kábelhálózatokon, és 100-nél is több vevő típus található a piacon. A 27 colos készülék 900, a 36 colos készülék ára 1900 USD.
- Az USA-ban a DirecTV tovább bővíti HDTV programválasztékát azért, hogy két népszerű főműsoridős CBS sorozatát HDTV formátumban is továbbbírja. A DirecTV műsorajánlatában 7 HDTV csatorna szerepel.
- Az Echostar bejelenti 50 HD programot tartalmazó platform indítását.

- HD fórumot hoztak létre Franciaországban, a közszolgálati és a magánszektor legfontosabb résztvevőivel. Fő céljuk a HDTV továbbítás promóciója.
- A francia Free Internet szolgáltató elindítja ADSL-en HDTV pilot projektjét. Az alkalmazott technológia az ADSL 2+, mellyel körülbelül 15 Mbit/s adatsebesség biztosítható.
- A Premiere 3 HDTV program sugárzását fogja indítani AVC-ben, 2005 novemberében az ASTRA-án. A HDTV vevők 2005. karácsonyán jelennének meg a piacon.
- 2004. októberében a ProSiebenSat.1 elindította a HD minőségű sugárzását az Astrán.
- 2008-ban a HDTV vevővel rendelkező európai háztartások száma elérheti a 20 milliót.
- Ugyanerre az időre az USA HDTV-vel rendelkező háztartásainak számát 30 millióra becsülik.
- A HDTV vevők ára jelenleg 2000 euró körül van.

Többnézetű videó megjelenítés és kódolás

DR. LOIS LÁSZLÓ, DARÓCZY BÁLINT, LUSTYIK TAMÁS

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék
lois@hit.bme.hu

AGÓCS TIBOR, BALOGH TIBOR

Holografika Kft.
t.agocs@holografika.com

Kulcsszavak: többnézetű videó, MPEG-4, videó kódolás, 3D animáció és megjelenítés, háromdimenziós televízió

Ebben a cikkben először ismertetjük a többnézetű megjelenítést és kódolást, ami nemcsak a szintetikus képtartalmat hordozó háromdimenziós (3D) animációs és tervezési eszközök, hanem majdan a természetes (nem szintetikus) tartalmú 3D televíziózás alapja is lehet. Röviden bemutatjuk a jelenleg legjobban elterjedt többnézetű megjelenítő eszközöket, ezután pedig a többkamerás felvételek kódolásának két alapvető megközelítési módját, a nézetek közötti predikcióval kiegészített hagyományos képek közötti predikciós technikát alkalmazó hibrid videó kódolást, valamint a mélységi kép alapú reprezentációt alapuló többnézetű videó kódolást ismertetjük. A két módszer áttekintése után egy olyan tesztelési eredményről számolunk be, ahol egy természetes felvételhez hasonló többnézetű videót kódoltunk le a hagyományos irányvonalat képviselő MPEG-4 AVC-vel, és ezt hasonlítottuk össze egy olyan megoldással, ahol csak néhány referencianézetet kódoltunk az MPEG-4 AVC-vel, és a maradék nézetet a referencianézetekhez tartozó kódolt mélységi információkkal állítottuk elő. Emellett egy új veszteségmentes tömörítési módszert is mutatunk a mélységi képek kódolására, amely jelentősen javítja a tömörítési hatékonyságot az ismert módszerekhez képest.

1. Bevezetés

A többnézetű videó lehet az egyik továbbfejlődési iránya a jelenlegi házimozi vagy műsorszóró rendszereknek. Ez a terület jelenleg jelentős átfedést mutat a számítógépes grafikával és animációval, hiszen a nagyon kisszámú beviteli és megjelenítő rendszerek miatt még a természetes mozgókép területén való elterjedése a legoptimistább elképzelések szerint is csak középtávon várható, így a rendelkezésre álló képsorozatok főleg mesterséges 3D-s animációkból származnak.

A többnézetű videó felvétele több, rögzített topológiában elhelyezett kamerával lehetséges, ahol a kamerák száma megfelel a megjelenítő eszköz által produkálni képes nézetek számával. Mivel jelenleg már létezik akár 60 horizontális nézetet is szimultán megjelenítő eszköz, így ezzel a megvalósítással 60 kamera jelét kellene párhuzamosan kódolni, vagyis 1 többnézetű csatorna akár 60 egynézetű csatorna sáv szélességét is elfoglalhatja.

A többkamerás videófolyamok kódolása új távlatokat nyithat meg a videokódolás előtt, hiszen az egykamerás felvételek kódolása során csak a képen belüli és az időben közeli képek közötti redundanciát aknázzuk ki, miközben többkamerás videófolyamok esetén már a nézetek közötti redundancia is kihasználható.

A nézetek közötti redundancia kihasználására a hagyományos videó forráskódolási algoritmusok is felkészíthetők. Már az ISO MPEG csoportja is definiálta a többnézetű profil kiterjesztést az MPEG-2 szabvány keretében, miközben az MPEG-4 szabvány már eleve úgy lett kialakítva, hogy több eszközt is tartalmaz egy jelenet tetszőleges nézetből való megjelenítésére interaktív módon. Az MPEG-4 multimédiás szabvány egyetlen

jelenethez több objektumok kódol egymástól szeparáltan és tetszőleges (nem téglalap alakú) formában olyan módon, hogy azok más nézőpontokból is megjeleníthetők legyenek. Az MPEG-2 fő alkalmazási területe inkább csak a kétkamerás felvételek esetében jöhet szóba, addig az MPEG-4-ben több eszközkészlet közül is válogathatunk és a nézetszám tekintetében sincs jelentős kötöttség. Az MPEG-4-en belül a kötöttség a természetes videóra sem vonatkozik, mert a virtuális 3D-s világban való navigáció során természetes videóanyagok is beilleszthetők.

Eközben azonban egy másik irányzatot képviselő tudományterület, a számítógépes grafikai háttérrel induló mélységi kép alapú reprezentáció (Depth Image-based Representation, a továbbiakban DIBR) is nyújt már megoldást a többkamerás nézetek kódolására. Ez az eszközkészlet részben szintén szerepel az MPEG-4 eszközök között, de érdemes hangsúlyozni a különbséget is, mert ez a DIBR sajátosan egyszerű eszköz a feladat megoldására, miközben az MPEG-4 vizuális kódolási eszközei jelentős számú, a többnézetű videó kódolás szempontjából felesleges többletfunkciókat is tartalmaznak.

2. Többnézetű videó megjelenítő eszközök

Számos cég és egyetem foglalkozik 3D technológiák fejlesztésével világszerte, de természetesen az általuk létrehozott rendszerek alapelveik szerint elkülöníthetők egymástól. Ebben a fejezetben a 3D megjelenítő rendszereknek egy lehetséges csoportosítása kerül bemutatásra.

2.1. Volumetrikus megjelenítők

A „volumetrikus” megjelenítők esetében egy féligáteresztő vagy diffúz közegre (felületre) vetítik ki a fénysugarakat, amely felület vagy mozgásban van vagy áll, ennek megfelelően különböztetünk meg mozgó képernyős, illetve dupla vagy sokrétegű rendszereket. A féligáteresztő vagy diffúz felületeken aztán szóródnak a fénysugarak (transzmissziós rendszer), illetve visszaverődnek (reflexiós) róla.

A *mozgó képernyős rendszerek* a volumetrikus megjelenítőknek olyan típusa, amelyben az elnevezésnek megfelelően egy mozgó ernyőt tartalmaz, melyre LED-ek, illetve LCD-k segítségével a megjelenítendő 3D objektum megfelelő perspektivikus képét vetítik ki. Természetesen a folyamat nagy sebességgel zajlik annak érdekében, hogy a szem által összemossott képek az agyban 3D objektumokká álljanak össze. Megfelelő szinkronizálás mellett tehát 3D tárgyak váltak megjeleníthetővé – igaz csak az ernyő által behatárolt térfogatban.

A *többrétegű rendszerek* esetén kettő vagy több folyadékkristály rétegre történik a projekció, de ezek a felületek nem a megjelenítendő 3D objektum egyes nézeteit jelenítik meg, hanem olyan kétdimenziós vetületeit, melyek egymással párhuzamosak. A mélység érzetét tehát a ténylegesen mélységben eltolatott leképezések hozzák létre, a mélységi felbontás pedig a folyadékkristály rétegek számával egyenlő. A jelenlegi legfejlettebb architektúrával egy olyan volumetrikus megjelenítő rendelkezik, mely 20 XGA (1024x768) felbontású folyadékkristály-rétegeket tartalmaz. Ezek be-, illetve kikapcsolásra átlátszóvá, illetve átlátszatlaná válnak és ezáltal a 20 adott mélységben elhelyezve a projekciós ernyő szerepét is ellátják. A 20 réteg be- és kikapcsolása szinkronizálva van a különböző mélységű vetületeket tartalmazó képek kivetítésével és a fókuszálást végző adaptív optikával. A hátránya az elrendezésnek, hogy a megjelenített objektumok szellemszerű hatást keltenek, mivel a tér egyes pontjaiba érkező fénysugarak egyik rétegben sem nyelődnek el, valamint ebben az esetben is korlátozott a 3D-s megjelenítés rendelkezésre álló térfogat. Emiatt csak azok az alkalmazások jöhetnek szóba, melyeknél egy kisebb térfogatban van szükség a kívánt objektumok megjelenítésére, illetve könnyen megjeleníthető képszeletek segítségével.

2.2. Auto-sztereo megjelenítők

Az auto-sztereo megjelenítők speciális szemüveg (polarizációs, színszűrő, elsőtétülő stb.) nélkül képesek a 3D érzet kialakítására. Annak érdekében, hogy a jobb illetve bal szemek más és más képet lássanak, különböző optikai rétegeket helyeznek közvetlenül a nagyfelbontású képernyő fölé. Két alap technológiára bontható az autosztereo megjelenítők csoportja: sztereó és többnézetű megjelenítők.

Régóta léteznek két nézetet létrehozó autosztereo megjelenítők melyeknek alapját a „lenticular screen”

(hengerlencse-sor), „parallax barrier” (speciális rács) vagy „micro-polarizator” (speciális polarizációs eszköz) rendszerek adják

A képmegjelenítő eszköz tipikusan egy transzmissziós folyadékkristály réteg, melynek páratlan sorai vagy oszlopai a jobb szem számára hozzák létre a képet, míg a páros sorok vagy oszlopok a bal szem számára.

2.2.1 Sztereo megjelenítők

A *sztereo megjelenítők* két nézeti képet állítanak elő, ahol a két kép ezután a megjelenítő előtti tér egyes részeibe úgy van kivetítve, hogy az egyik képet a jobb szem lássa, a másikat pedig a bal. Ezen rendszerek leggyorsabb megvalósítása az úgynevezett passzív sztereó megjelenítő rendszerek.

A *passzív sztereó megjelenítő rendszerek* esetében a nézőnek egy adott ideális távolságban és megfelelő helyen kell állnia ahhoz, hogy sztereó képet lásson. Az elrendezés hátránya, hogy 50%-os valószínűséggel a néző a rossz pozícióban áll és ennek következtében hibás képet – úgynevezett pszeudo képet – lát. Ezen korlátozó tényezők miatt vált szükségessé a „tracking” vagy követő rendszerek bevezetése illetve olyan autosztereo megoldások kidolgozása, mint a többnézetű autosztereo megjelenítők.

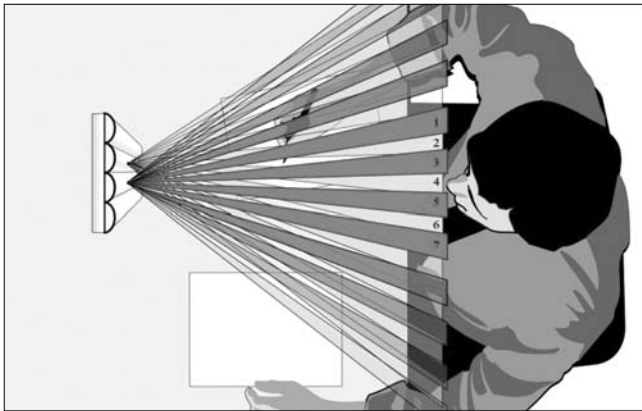
A *követő-rendszerek* képesek lekövetni a szem illetve a fej mozgását. Habár ez az elrendezés sem támogatja a több felhasználós – kollaboratív munkát lehetővé tevő – megoldást és lehetnek olyan effektusok, melyek zavarólag hatnak, mégis lehetővé teszi vízszintes parallaxisban a térbeliség megjelenítését és ennél fogva egyes alkalmazások számára kielégítő alternatíva lehet.

2.2.2 Többnézetű sztereó rendszerek

A *többnézetű sztereó rendszerek* alapelve, hogy a megjelenítő a tér különböző részeibe különböző képeket vetít ki. A képernyő előtti látótér fel van osztva véges számú, vízszintesen egymás mellett elhelyezkedő cellákra vagy ablakokra. Minden egyes ilyen cellában a háromdimenziós objektum egy perspektivikus (adott szögből látható) vetülete látható. A néző két szeme különböző képet lát, ugyanis más cellába esik a jobb, illetve bal szem, és ahogy a néző mozog a megjelenítő előtt, a szemei mindig más cellába esnek, ezzel létrehozva a 3D hatást. A rendszer hátránya, hogy miközben a felhasználó cellából cellába mozog a képek nem folyamatosan változnak, hanem az alacsony szögfelbontás miatt ugranak, ami zavaró lehet. Ezek a rendszerek is képesek a vízszintes parallaxis létrehozására, azaz a 3D objektumnak vízszintesen más-más szögből látható vetületeit képesek megjeleníteni. A többnézetű sztereó rendszerek három legjellegzetesebb fajtája a *lenticular screen*, a *parallax barrier* és az optikai szűrőkön alapuló megjelenítők.

A „*lenticular screen*” rendszer egy hengerlencse sor, mely egy nagyfelbontású LCD-re van helyezve oly módon, hogy az LCD képsíkja pontosan a lencsék fókusz-síkjában van. Az elrendezés eredménye, hogy a hen-

gerlencse alatt egymás mellett elhelyezkedő LCD pixelek más-más térszögből lesznek láthatóak, létrehozva ezzel a többnézetű rendszerekre jellemző cellás felosztást. A legújabb fejlesztésű hengerlencse sorokat tartalmazó megjelenítők 8-10 nézet létrehozására képesek.



1. ábra Hengerlencse alapú többnézetű megjelenítő

A „parallax barrier” megjelenítőkben egymáshoz nagyon közel (mikrométerekre) elhelyezett nagyon vékony apertúrák találhatók egymással párhuzamosan, melyek egy jól meghatározott távolságra találhatók a nagyfelbontású LCD-től. A többnézetű rendszerekre jellemző cella effektust az apertúra-rács hozza létre úgy, hogy mindig csak az adott nézetnek megfelelő pixelek láthatók, a többi pixel kitakarásban van. Ebben az esetben is – hasonlóan az előző kategóriához – a perspektivikus nézetbeli információk pixeloszlopok formájában vannak kódolva, így hozva létre a vízszintes parallaxis effektusát.

Az optikai szűrőkön alapuló megjelenítők optikai rétegeket tartalmaznak a nézetek térbeli felosztásához. A rendkívül kis méretű – az LCD pixeleivel nagyjából azonos nagyságú – RGB (piros, zöld és kék) szűrőket tartalmazó réteg a technológia kulcseleme. Egy létező megjelenítő megoldás nyolc perspektivikus nézet létrehozására alkalmas, amelyben az RGB szűrők egy ismétlődő struktúra szerint vannak elhelyezve. A speciális színszűrőkből álló réteg az LCD-n megjelenő „kombinált képről” érkező fényt úgy ereszti át, hogy az egyes irányokból más és más perspektivikus metszete látható a 3D-s objektumnak, mivel egy adott pozícióból nézve a fény bizonyos komponensei elnyelődnek, míg mások áteresztődnek. Ez a típus már nem egyszerűen pixel-oszlopokban (amelyekben az RGB is benne van) kódolja a nézeteket, hanem a pixel-oszlopokban az egyes nézetek RGB komponensei vannak összekeverve.

2.3. Holografikus megjelenítők

Hasonlóan a hagyományos hologramokhoz, ezeknek a megjelenítőknek is megvan az a képességük, hogy tárolják a fény amplitúdó és fázis információját. Nagyrészt akusztó-optikai fénymodulátorokkal és speciális tulajdonságú folyadékkristá-

lyokkal kísérleteztek mozgó hologramok létrehozása érdekében, de mindeddig nem sikerült megfelelő méretű, használható rendszert építeni. A tisztán holografikus alapú technológia valódi 3D képből származó információt használ a holografikus interferencia-minta kiszámításához, és a számítógép által vezérelt lézersugár egy tükrrendszer segítségével képes 3D képek megjelenítésére. A sztereoszkóp és többnézetű megoldásokkal összehasonlítva legfőbb előnyeként a képminőség említhető, hátránya a nagy számítási kapacitás, amely az interferencia-minták kiszámításához szükséges.

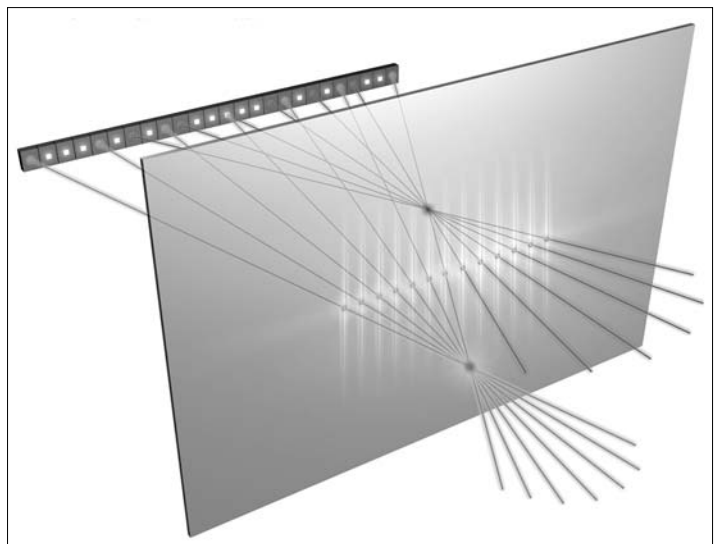
A Holografika kft. által kifejlesztett holografikus-technológia lényege, hogy a holografikus képernyőn minden egyes képpont képes különböző intenzitású és hullámhosszú fényt kibocsátani különböző irányokba. Ennek eredményeként megfelelő irányítás mellett bármilyen 3D-s nézet létrehozható. A fénysugarakat egy szabadalmaztatott speciálisan elhelyezett térbeli fénymodulációs rendszer hozza létre, és a holografikus képernyő végzi el a szükséges optikai transzformációt annak érdekében, hogy a fénysugarak tökéletes 3D-s nézetté álljanak össze.

Amikor egy pontot a képernyő előtt kell megjeleníteni, akkor a fénysugarak – melyek elhagyják a képernyőt – pontosan abban az adott pontban keresztezik egymást, és onnan terjednek tovább a néző felé. Mikor a képernyő mögött jelenik meg egy megjelenített pont, a képernyőről érkező fénysugarak úgy terjednek, mintha a képernyő mögötti pontból indultak volna ki, tehát a néző egy pontot lát a képernyő mögött (2. ábra).

A megjelenítő mindazon fénysugarakat előállítja, melyek jelen vannak egy valódi, természetes háromdimenziós objektum esetében, ez az oka annak, hogy ugyanaz látható, mint ami a valóságban. A legfontosabb előnye az elrendezésnek, hogy hasonlóan a tisztán holografikus megjelenítőkhöz, alkalmas a valódi mélységbeli információk megjelenítésére, valamint a korábban bemutatott típusokhoz képest nagy látószöggel rendelkezik.

2. ábra

A Holografika Kft. holografikus kijelzőjének működése



3. Háromdimenziós objektumok mélységi kép alapú reprezentációja

A mélységi kép alapú reprezentáció a számítógépes grafikai megjelenítő eszközökkel párhuzamosan fejlődött ki. A DIBR irányába való első lépést a 80-as években már elterjedt sprite-ok általánosítása jelentette. A sprite egy olyan síkbeli vetülete egy objektumnak vagy a 3D-s jelenet egy részének, amely affin transzformációval mozgatható a képsorozatok szintézise során a kamera mozgásának megfelelően. Nagyobb mértékű kamera mozgásnál vagy orientáció váltásnál azonban a sprite-ok ilyen formában történő felrajzolása már észrevehető torzítást eredményez. A sprite-ok képpontjai mellé letárolva azok mélységi értékeit is (sprite with depth [1]) már figyelembe lehetett venni a forma és a textúra finom mértékű nem affin torzulását is a kamera paraméterek változása függvényében. A mélység ebben a megfigyelőtől való távolságot jelenti.

A mélységgel rendelkező sprite-ok mintájára bevezették a mélységi információval kiegészített képet is (domborzati kép – relief image) [2], amelyben így egy képpont a színösszetevőkön túl tartalmazza már a mélységi értéket is.

Ma már léteznek olyan kamerák, amelyek a színösszetevőkön túl a képpont irányában a távolságot is érzékelni tudják, így ilyen jellegű domborzati kép felvehető már kamerával is. A domborzati kép felvételénél a kalibráción túl az egyetlen lényeges problémát csak a részben átlátszó felületek jelenthetik. Emellett azonban léteznek olyan algoritmusok is, amelyek többkamerás felvételeknél képesek meghatározni a különböző felvételek összetartozó képpontjait, és így háromszögeléssel meghatározható ezekre a képpontokra a távolság is.

A 3D-s jelenet bejárásánál a mélységi értékek segítségével megadható, hogy az új nézetben hová kerül a megfelelő képpont. Könnyen belátható, hogy a kamera elmozdulásával egyes képpont a képernyőn kívülre kerülnek, illetve átlapolódhatnak meglévő pontokkal, így a szintetizált kép hiányos lesz. A hiány betöltésére

többkamerás felvételeknél kedvező esetben használható egy másik kameraállásból felvett kép, illetve kisebb méretű lyukak esetén interpolációs szűrés.

Mivel az ilyen lyukakat az eredeti képen nem látható mintáknak kellene betömni, így ezen hiányzó minták közül azokat, amelyek nem a képen kívülről származnak, az eredeti kamerából látható képpontok fedik el. Ezen képpontok leírására szolgál a rétegzett mélységi kép (Layered Depth Image, LDI) [1], ahol egy képpont-hoz több színmélység értékpár (a szín maga is több, jellemzően háromdimenziós vektor 3x8 biten ábrázolva, míg a mélységi információt tipikusan 16 biten mintavételezik) is tartozik úgy, hogy a nem látható felületi pontok is szerepelnek a képernyő azon képpontjában, ahol a takarás hiányában látszanának. E leírási móddal a hiányzó képpontok egy része megadható, de ilyen jellegű leírást kamerával jelenleg nem lehet előállítani.

4. Többnézetű videó kódolás

Többnézetű videó kódolás esetén több kamerát helyezünk el egy adott jelenet felvételéhez, ahol a kamerák szinkronban vannak egymáshoz képest. Így azon képpontok, amelyek több kamerából is látszanak, azonos időpillanatban lesznek mintavételezve. A kamerák eltérő helyzetéből adódóan az azonos ponthoz tartozó képpontok a különböző csatornákon általában más-más koordinátára kerülnek, sőt az intenzitás és színtartalom sem feltétlenül egyezik meg egy valóságos felület esetén valóságos megvilágítási viszonyok mellett.

4.1. MPEG-2 többnézetű profil

Míg az MPEG-1 semmiféle ajánlást nem kínál sztereó képek, illetve más, egymás között redundáns tartalmú képsorozatok közös, hatékonyabb kódolására, addig az MPEG-2-ben már megjelent a sztereó-folyamok tömörítése. Az MPEG-2 multiview profilt 1996-ban definiálták MPEG-2 szabvány kiegészítéseként, fő tartalma ennek a profilnak az időbeli skálázás koncepciójának átértelmezése egy új profil keretében, valamint a kamera paraméterek tárolása az MPEG-2 szintaxisú bitfolyamban [3].

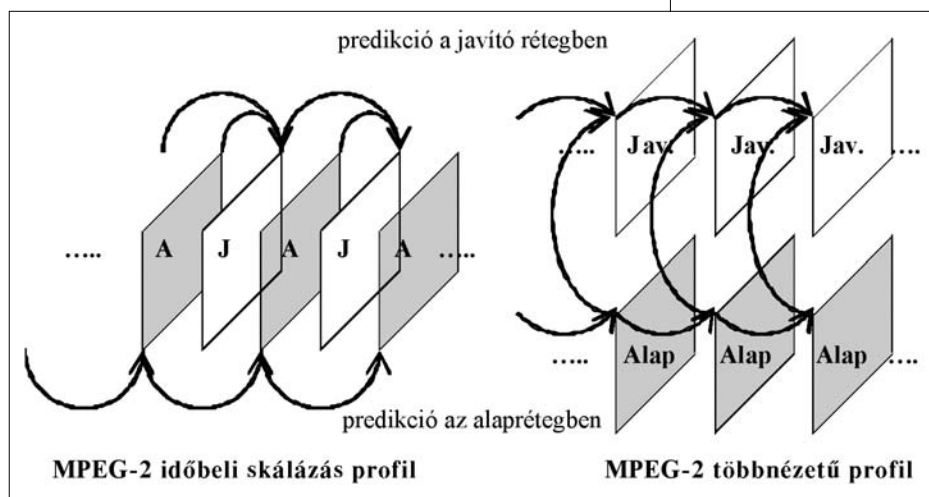
Ez a profil az MPEG-2 időbeli skálázást lehetővé tevő profilján alapul, ez utóbbi profil eredetileg az alaprétegben továbbított alacsonyabb képváltási frekvenciájú dekódolt képsorozatba illeszti be két szomszédos kép közé a javító rétegben küldött képet, így duplázva meg a képváltási frekvenciát. A javító rétegben minden makroblokkra megadható, hogy a mozgáskompensáció referenciáját az alap- vagy pedig a javító rétegből vegye-e.

Ugyanezt az elvet alkalmazták a többnézetű profilban is, itt azonban az a középű kameraállásnak megfelelő alaprétegből több javító réteg is becsülhető, ahol a javító rétegek természetesen egy-egy külön nézetet jelentenek, amelyekhez a megfelelő kamera paramétereket szintén a bitfo-



lyamban továbbítják. A rétegek közötti predikció így már nézetek közötti predikcióvá válik (3. ábra).

Az MPEG-2 többnézetű profilban csak abban az esetben beszélhetünk nyereségről a független kódolással kapott két teljes értékű szekvenciához képest, amennyiben a kiegészítő réteg(ek)et kisebb bitsebességgel lehet kódolni. A tapasztalatok alapján az oldal-só nézeteket javító rétegben minőségromlás nélkül kódolva nem kapunk szignifikáns tömörítési arány javulást, így a nézetek számának növelésével arányosan nő a szükséges sávszélesség is [3].



3. ábra
Predikció az MPEG-2 időbeli skálázás és
többnézetű profilokban

4.2. Más MPEG videókódoló kiegészítése nézetek közötti predikcióval

A fenti, MPEG-2-ben kimondott alapelv alkalmazható más kódolással is, amely képek közötti predikciót használ. Ilyenformában kézenfekvő a jelenleg ismert leghatékonyabb MPEG videótömörítés, az MPEG-4 AVC alkalmazása, hiszen itt már magának az AVC-nek a bevezetésével is jelentős kódolási hatékonyság növekedést lehet elérni.

Az MPEG-4 AVC [4] téglalap alapú objektumok kódolására alkalmas, így például természetes kamera képek kódolására is. A többkamerás rendszerek esetében az egyik legnagyobb problémát a kamerák helyes kalibrációja jelenti, hiszen több kamera esetében egyre komplexebb feladattá válik az azonos fényérzékenység beállítása.

Emiatt [5]-ben a képek közötti blokk alapú mozgáskompenzációt kiegészítik egy megvilágítási kompenzációval is, ahol a megvilágítás hatását az intenzitás jelen történő eltolással és skálázással modelleznek. Így egy blokkhoz nemcsak a mozgásszegmentációs információt és a mozgásvektort, hanem az előbb említett két megvilágítási paramétert is kódolják. A módszer a tesztelések során 0.5-1.0 dB-es nyereséget mutatott, sőt a szubjektív értékelés során azt tapasztalták, hogy a kritikus helyeken előforduló hibák jelentősen csökkentek.

4.3. MPEG-4 Part 16:

Animation Framework eXtension (AFX)

Az MPEG-4 AFX [6] jelentős mértékben tartalmazza a mélységi kép alapú reprezentáció eszközeit is. Az AFX statikus és animált 3D-s objektumait többnyire a VRML (Virtual Reality Modeling Language) alapján dolgozták ki, és természetesen az eszközök kompatibilitás a BIFS csomóponttal, a szintetikus bitfolyammal és az audióvizuális bitfolyammal is [7-9]. Az AFX fő adatstruktúrái között található két olyan is, amely a DIBR szempontjából döntő jelentőségű, ezek a *SimpleTexture* és a *PointTexture* adatstruktúrák.

A *SimpleTexture* adatstruktúra tartalmaz egy 2D képet, egy mélységi képet és a kamera paramétereit (pozíció, orientáció, projekció). A mélységi kép képpontjai továbbíthatóak képpontonként az intenzitás és a színjelek mellett mint egy negyedik koordináta, illetve továbbítható a mélységi kép egy külön szűrkeskálás bitfolyamként is. A mélységi képek kódolása jellemzően veszteségmentes, hiszen a mélységi

információ torzulása a kamera paraméterek változása mellett képpont pozíció hibázást eredményez.

Egyetlen *SimpleTexture* adatszerkezettel azonban nem írható le egy objektum, *SimpleTexture* inkább csak egy irányból való megtekintésre alkalmas, a középső kamera állásból való kismértékű elmozdulást és orientációváltást engedélyezve.

A bonyolultabb esetek kedvéért a *PointTexture* adatstruktúrát kell használni az objektumok leírására. A *PointTexture* adatstruktúrában az objektumnak különböző egyenesekkel való metszeteit tároljuk úgy, hogy minden metszéspontra letároljuk a metszéspont mélységi értékét és a képpont színét.

4.4. Mélységi kép alapú többnézetű állókép és videó kódolás

Az MPEG-4 eszközein túl több irodalmi eredményben is beszámolnak mélységi kép alapú kódolásról. Az egyik legátfogóbb eredményt [10]-ban jelent meg, ahol az MPEG-4 AFX *OctreeImage* reprezentációjának hatékony kódolására kidolgozott saját algoritmuson túl kimerítő és érdekes áttekintés található a DIBR témakörrel is.

LDI kódolására több eszközkészlet is alkalmas, nemcsak az MPEG-4 AFX. Erre egy több alternatívát tartalmazó megoldás található [11]-ben:

- Minden képpontban kódolják a rétegek számát, azaz a színmélység értékpárok számát. Ez a kép szűrkeárnyaltos képként kódolható, általában kevés gradációs szinttel. A JPEG-LS [12] algoritmus

jelentősen hatékonyabbnak bizonyult a Deflate (ZIP) algoritmusnál mind a tömörítési arány, mind pedig a futási idő szempontjából.

- A különböző színösszetevő és mélység rétegeket külön kódolják. Mivel az egyre nagyobb rétegeken egyre kevesebb a képpont, így az alábbi alternatívákat vizsgálták meg:
 - MPEG-4 forma-adaptív (Shape Adaptive) DCT,
 - téglalap alakúra kiegészített kép kódolása JPEG 2000-rel,
 - MPEG-4 arbitrary shape codec,
 - VOW (Video Object Wavelet) codec, amely az előzőhöz hasonlóan szintén tetszőleges alapú kép kódolására alkalmas eszköz.

A tapasztalatok szerint a VOW teljesített a legjobban a színrétegek és a távolságrétegek kódolásánál is.

A JPEG 2000 kódolást alkalmazták egyetlen kép többnézetű kódolására is [13]-ben. Itt a szerzők azt tapasztalták a mérések során, hogy a 16 bites mélységi képek kódolására JPEG-2000 állókép kódoló 0.3 bpp-es tömörítés mellett adott ki olyan rekonstruált képmínőséget, amely a mélységi képből való reprezentáció számára még elfogadható. A mélységi kép és a kép elemzése alapján állítják be a JPEG-2000-ben a fontos régiókat a ROI (Region Of Interest) kódoláshoz, valamint a mélységi információt kompandálják a kódolás előtt.

5. Kísérleti eredmények, tapasztalatok

Ebben a szakaszban egy általunk generált virtuális szekvencián vizsgáltuk meg a mélységi kép alapú többnézetű videó kódolás hatékonyságát. A szekvencia kialakításánál arra törekedtünk, hogy egy természetes képi tartalomhoz hasonló jelenetet állítsunk össze. A mérések során pedig egy olyan beállítást kerestünk, ahol 60 kamera többnézetű képsorozata átvihető egy 24...30 Mbit/s-os csatornán, például egy teljes DVB-T multiplexet lefoglalva.

A kamerák itt természetesen egy virtuális térben voltak, ahol 12 különböző személy- és teherautó mozgott két szembejövő kanyarodó sávban, a háttérben pedig tömbház és több különböző fa volt. A kép felbontását a Holografika előző generációs kijelzőjéhez választottuk, amely 512x320, ez 40%-a az SDTV felbontásnak.

Az autók modelljeit eredetileg a Need For Speed 3 Hot Pursuit számítógépes játékhoz készítették a játék rajongói, ezek könnyen beolvasható formátumú és jól animálható objektumok.

Az autók esetében törekedtünk a minél több takarás megvalósítására, ezért átlátszó vagy rácsos ablakú, vezetőt és esetleg utasokat tartalmazó modelleket alkalmaztunk, a kamera pedig egy olyan cél-autót követ, amelyben sok utas ül és három kerékpárt is szállít a tetőcsomagtartón.

Ilyen módon – alkalmazkodva a holografikus kijelző paramétereire – 61 kameraállást vettünk fel a cél-autóra fókuszálva a vízszintes síkon, a cél-autótól egyenlő távolságra, egymástól 1°-onként orientálva.

A kameraállások közül csak néhányat tömörítettünk, a többit pedig a meglévő csatornák kameraképei és mélységi képei alapján szintetizáltuk. A vizsgált nézetszámokat és a hozzájuk tartozó kamera szögeket az 1. táblázat tartalmazza. A szintetizálás során első lépésben a mélységi kép bitmélységét vizsgáltuk, és azt találtuk, hogy a 9 bites egyenletes skalár kvantálás már elégséges az elfogadható, 38 dB körüli PSNR értékű képminőség eléréséhez akkor, ha a szintézishez az eredeti kameraképeket használjuk.

5.1. Képszintézis MPEG-4 AVC-vel kódolt referenciaképekkel

A képszintézishez szükség volt a kamerapozíció leírására is. A többnézetű videót OpenGL-ben készítettük el, így a kamera paramétereit is az OpenGL nézeti transzformációjának megfelelően nyertük ki.

Az OpenGL esetében egy virtuális 3D-s térben lévő (x, y, z) pontot az alábbi lépésekben képezi le a rendszer a képernyő egy (u, v, d) koordinátájára:

1. Nézeti transzformáció:

$$[x', y', z', h'] = [x, y, z, 1] \cdot T_{view} \quad (5.1)$$

ahol T_{view} a nézeti transzformációt jelöli, és a homogén koordinátás ábrázolásnak megfelelően négydimenziós vektorral dolgozunk. Ez a 4x4-es mátrix a kamera beállítások után kérendő le az OpenGL-től.

2. Perspektív transzformáció:

$$[x'', y'', z'', h''] = [x', y', z', h'] \cdot T_{pers} \quad (5.2)$$

ahol T_{pers} a perspektív transzformációt jelöli. Ez a 4x4-es mátrix szintén lekérdezhető az OpenGL-től.

3. Képernyő transzformáció:

$$u = (x'' + 1) \cdot \frac{V_{sx}}{2} + V_x \quad v = (y'' + 1) \cdot \frac{V_{sy}}{2} + V_y$$

$$z_d = \frac{Z_{max} - Z_{min}}{2} \cdot z'' + \frac{Z_{max} + Z_{min}}{2} \quad (5.3)$$

ahol u és v jelölik a szintetizált képen a képpont pozícióját, z_d jelöli a mélységi információt, a minimális és maximális mélységet z_{min} és z_{max} jelöli, a képernyő szélessége és magassága pedig V_{sx} és V_{sy} , a bal-alsó

1. táblázat

A méréseben referenciaként használt nézetek kamerái

Referenciának használt nézetek száma	Kamera szögek
13	0°, ±5°, ±10°, ±15°, ±20°, ±25°, ±30°
11	0°, ±6°, ±12°, ±18°, ±24°, ±30°
7	0°, ±10°, ±20°, ±30°
5	0°, ±15°, ±30°

koordinátát pedig (v_{sx}, v_{sy}) jelöli. Ez a lépés szintén összefogható egy 4×4 -es mátrixba, amelyet most egyszerűen T_3 -mal jelölünk, így

$$[u, v, z_d, \tilde{h}] = [x'', y'', z'', h''] \cdot T_3 \quad (5.4)$$

Az előbbieken megadott egyenlőségeket felhasználva a DIBR alapú képszintézis a következő lépésekből áll:

- Jelölje a k -ik nézetben $R_k(\cdot)$ a referenciaképet, $Z_{buff,k}(\cdot)$ pedig a hozzá tartozó mélységi képet. Célunk a k -ik képből szintetizálni az n -ik képet a z -puffer algoritmusával. Tegyük fel, hogy a z -puffer már tartalmaz bizonyos pontokat, a hiányzó pontok mélységi értéke pedig ∞ .

- A kép minden (u_k, v_k) koordinátájára:

- Kiolvassuk a mélységi kép (u_k, v_k) pozíciójából a z_k mélységi információt:

$$z_k = Z_{buff,k}(u_k, v_k) \quad (5.5)$$

- Meghatározzuk az eredeti 3D-s koordinátát, azaz (x, y, z) -t:

$$[x, y, z, h] = [u_k, v_k, z_k, 1] \cdot (T_{view,k} \cdot T_{pers,k} \cdot T_{3,k})^{-1} \quad (5.6)$$

- Meghatározzuk az n -ik képen a koordinátát és a mélységet:

$$[u_n, v_n, z_n, h_n] = [x, y, z, h] \cdot T_{view,n} \cdot T_{pers,n} \cdot T_{3,n} \quad (5.7)$$

A homogén osztás után kapott pozícióra pedig bemásoljuk a képpontot akkor, ha a z -puffer szerint közelebb van, mint az eddigi pont.

A fenti algoritmussal tehát az összes referenciaképet alkalmazva felépíthető a szintetizált kép. Nyilvánvalóan a mátrix szorzások összevonhatóak, így az $(u_k, v_k) \rightarrow (u_n, v_n)$ konverzióhoz egyetlen mátrix szorzást kell csak elvégezni. Hasonlóan számítható az (5.6) és (5.7) alkalmazásával a k -ik kép egy képpontjának az n -ik képen a mélységi értéke is, nemcsak a képernyőn lévő pozíciója, tehát ilyen módon a mélységi képek közötti redundanciát ki lehetne használni.

A 4. ábra különböző részei a kép szintézisének lépéseit mutatja be. Az első lépésben a nézetszámban legközelebbi referenciaképről építjük fel a Z -puffer algoritmussal a szintetizált képet (4.1. ábra), ezután nézetszámban kifejezett távolság szerinti növekvő sorrendben következnek a referenciaképek. A következő referenciakép hatását a 4.3 ábra mutatja. Ezután a többi referenciaképet is felhasználjuk a hiányzó pontok kitöltésére (4.4. ábra), végül pedig a még mindig hiányzó pontokat interpolációs szűrővel állítjuk elő.

Annak érdekében, hogy a távolabbi referenciaképekről jövő bizonytalanabb becslés ne okozzon problémát, így a z -pufferben való vizsgálat során a mélységi érték különbséget megnöveljük a referenciaképtől való távolság függvényében, és csak akkor módosítjuk a képpontot, ha ezzel a büntető értékkel együtt is negatív lett a különbség. Ezzel a megoldással az azonos pontok nem fogják felülmúri egymást környezetét, mivel a mélységi értékek kvantálása miatt a fenti transzformáció távoli referenciaképre 1-2 képpontnyi tévedést okoz a pozícióban az (u, v) koordinátarendszeren belül.

A szintetizált képek és a dekódolt referenciaképek minőségének vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy a szubjektív képvizsgálatok szerint a képminőség csak a szintetizált képek bizonyos területein rosszabb a dekódolt referenciaképekhez képest (tipikusan az objektumok határpontjainál), azonban a PSNR-ben kifejezett képminőség drasztikus minőségromlást jelzett a szintetizált képek rovására.

Ezért a mérésekhez a hagyományos PSNR torzítás-kritérium mellett két másik kritériumot is megvizsgáltunk abból a célból, hogy a szintetizált képen levő durva hibák okait megtaláljuk. A továbbiakban $PSNR_{lefedett}$ jelölésű torzításkritérium a DIBR képszintézis során megkapott pontokban mért PSNR értéket adja meg, azaz ekkor eltekintünk az interpolációval megkapott pontoktól. A másik, a $PSNR_u$ jelű PSNR alapú hibakritérium a DIBR képszintézis raszterizációs lépésének hibájától próbál eltekinteni oly módon, hogy a kerekítés során az (5.7) lépésben kapott u vízszintes képernyő koordináta érték kerekítését úgy végzi el, hogy az a torzítás szempontjából kedvezőbb legyen. Ez utóbbi kritérium a dekóderben nem alkalmazható, mivel ehhez ismernie kellene a szintetizált kép eredetijét.

A 2. táblázat a három torzításkritérium által adott eredményt mutatja be 5, 7, 11 és 13 nézet esetén, 32-es AVC kvantálási paraméterrel. A PSNR és $PSNR_u$ kiértékelésekor egy aluláteresztő szűrést is végeztünk a szintetizált képen, ezt a lépést a $PSNR_{lefedett}$ esetén nem alkalmaztuk a lefedetlen pontokban lévő nem definiált értékek miatt.

A táblázatból megállapítható, hogy a legjobb eredményt akkor kapjuk, ha a raszterizációs lépést úgy hajtjuk végre, hogy a kerekítést mindig kedvező irányba végezzük el. Mivel nincs olyan információ a dekóderben, amely alapján ez a kerekítés megfelelően elvégezhető lenne, ezért ez egy elvi mérés csak marad és konkrét rendszerben nem alkalmazható. Megállapítható azonban, hogy a nem lefedett pontok kihagyása a mérésből gyakorlatilag nem okoz hibát, sőt azáltal, hogy ekkor nem végzünk utószűrést, még romlik is az objektíven mért képminőség.

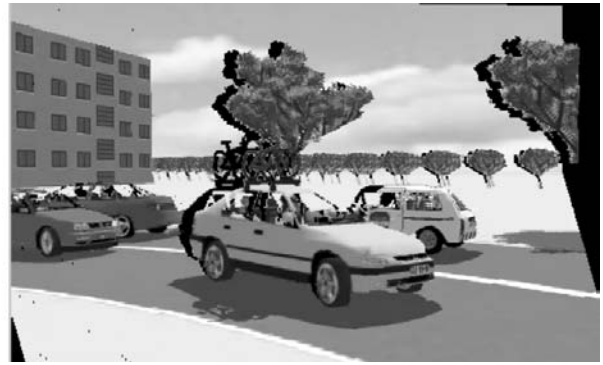
Nézetek száma	Csak a szintetizált képekre			Minden képre		
	PSNR	$PSNR_{lefedett}$	$PSNR_u$	PSNR	$PSNR_{lefedett}$	$PSNR_u$
5	24.988	24.625	28.029	25.726	25.394	28.518
7	25.589	25.282	28.831	26.555	26.283	29.425
11	25.783	25.527	29.082	27.269	27.059	29.973
13	25.776	25.535	29.073	27.535	27.345	30.129

2. táblázat

Adott nézetszám mellett az átlagos PSNR értékek a dekódolt referencia képekből szintetizált képekre, valamint az összes dekódolt képre



4.1. ábra
Becslés a balra lévő szomszédos referenciaképről
(PSNR=24.10 dB).



4.2. ábra
Becslés a jobbra lévő szomszédos referenciaképről
(PSNR=27.63 dB).



4.3. ábra
A két szomszédos referenciaképről való
eredő becslés (PSNR=33.45 dB).
A jobb oldali nagy fa felett és mellett, valamint
a fehér autó előtt képpontok hiányoznak.



4.4. ábra
A többi referenciakép felhasználása
a 2.3. ábra becsléséhez (PSNR=34.64 dB).
A hiányzó képpontok többsége meglett.



4.5. ábra
A 2.4 ábrán látható eredmény szűrése
a hiányzó pontok kitöltésével (PSNR=36.25 dB).



4.6. ábra
Az eredeti kép

Ezekből a mérésekből azt a tapasztalatot vonhatjuk le, hogy a raszterizáció pontosítása és valamilyen adaptív utószűrés lehet az a két eszköz, melyeket érdemes fejleszteni a képszintézis javítása érdekében.

Azt is megállapíthatjuk a szintetizált nézetek átlagos képminőségi értékeit vizsgálva, hogy esetében a referencia nézetek számát 7-re célszerű megválasztani, hiszen 11 és 13 nézetre már a szintetizált nézetek átlagos PSNR értékei nem javulnak lényegesen, miközben a mélységi képekből is és a referencia képekből is többet kell kódolni.

5.2. Mélységi térképekhez rendelt saját veszteségmentes tömörítés

A mélységi képek olyan kritikus információt tartalmaznak, amelyet vissza kell tudni állítani hibamentesen a hiányzó nézetek rekonstrukciójához. Emiatt itt nem alkalmazható a veszteséges tömörítés.

A kvázi-szabványos alkalmazások használata ezen a ponton ott válik nehézé, hogy nem 8, hanem 9 bites szimbólumaink vannak, így a módszereket adaptálni kell.

A teszteléshez az alábbi kvázi-szabványnak tekinthető veszteségmentes adat-, illetve képtömörítő algoritmusokat vizsgáltuk meg:

Deflate algoritmus (ZIP):

Ez a módszer az LZ-77 (Lempel-Ziv) módszer egy variációja, ahol 32 kilobájtos visszatekintő puffert alkalmaznak, és ebben keresik meg a most következő karakterek legfeljebb 258 hosszú múltbeli előfordulását. A kódszimbólum vagy az új karakternek megfelelő kódszimbólum (<új karakter>), vagy egy <hossz><múltbeli távolság> kódszimbólum-pár, ahol a <hossz> és az <új karakter> szimbólum-ABC közös. Így a dekóder először ebbe a kódszimbólum-ABC-be eső szimbólumot vár, és a vétel után tudja eldönteni, hogy kell-e még a <múltbeli távolság>-ot is beolvasni.

GIF87a (LZW):

Ez a formátum valójában az LZ-78 módszer Welch-féle kiterjesztésére épül. Eredetileg 1, 2, 4 vagy 8 bites szótárral indul, és a szótárfa 12 bitig bővül.

Burrows-Wheeler transzformáció

WFC és RLE-BIT algoritmussal:

Ez a módszer a Burrows-Wheeler transzformáción (BWT) és az erre épülő, Jürgen Abel által készített *abc* veszteségmentes tömörítőkön alapul [14]. A módszer ismert arról, hogy különösen szövegállományok esetében a Deflate algoritmust akár 50%-ban is képes túlszárnyalni a tömörítési arány tekintetében, azaz a kapott fájl méret a 2/3-a lesz a másik algoritmus által tömörítettéhez képest.

PNG (Portable Network Graphics):

Ez a módszer szomszédos soronként kódolja a képet úgy, hogy minden sorra kiválaszt egy prediktort az ötféle beépített prediktorból, és elküldi a prediktor kódját. Ezután csak a predikciós hibát kell tovább kódolni, amit az LZ-77 eljárással tömörítenek 32 kilobájtos visszatekintő puffer alkalmazásával. Ez a módszer képes 8-nál több bites forrásszimbólumokat is kódolni, azonban csak úgy, hogy mindig leválaszt a forrásszimbólumból 8 bitet, és a maradékot egy következő körben kódolja le. Így a 9 bites forrásszimbólum-sorozat kódolását egy 8 bites és egy 1 bites szimbólumsorozat kódolásként hajtja végre.

JPEG-LS kódolás:

Prediktív veszteségmentes kódolás, ahol a becslést a már meglévő három szomszédos képpontból végzik el, a becslési hibát pedig Huffman-kódolással tömörítik.

A 9 bites forrásszimbólumok kódolását a JPEG-LS kódolás teljes mértékben támogatja. A többi módszer közül egyedül az LZ-77 módszer tudja módosítás nélkül kezelni akkor, ha a 9 bites szimbólumok 2 bájtban vannak tárolva.

Ekkor a veszteség csupán annyit, hogy a <hossz> <múltbeli távolság> szimbólumpárban általában páros hosszok és távolságok fognak dominálni, vagyis 1 bit redundáns lesz, az <új karakter> pedig hol 8 értékes bitet, hol csak 1 értékes bitet fog tartalmazni.

A tesztelés során azonban kidolgoztuk a saját 9 bites forrásszimbólumokon működő LZ-77-es algoritmust is, így ezzel már ez az elvi veszteség sem lépett fel. A LZ-77 algoritmus 9 bites verziójánál érdekes még, hogy mekkorára válasszuk ki a legnagyobb múltbeli távolságot, ugyanis ezt az értéket kisebbre választva az algoritmus gyorsabb lesz, és ha nincs szükség a nagy értékekre, akkor ezzel nem is veszítünk. Hasonlóan lehet csökkenteni vagy növelni a legnagyobb hossz értékét is.

A tesztelések alatt azt tapasztaltuk, hogy az eredeti 258-as hossz mellett 8 kilobájt az optimális múltbeli puffer méret, mert e fölött már csökken a tömörítési arány, aminek az oka, hogy kevés esetben fordul elő nagy távolság. A kisebb pufferméret pedig szintén ront a tömörítési arányon, mert ekkor értékes múltbeli minták csúszhatnak ki a pufferből. Nagyobb, 2K méretű maximális távolság esetében azonban azt tapasztaltuk, hogy lehetséges a keresési puffer 2 kilobájtosra való csökkentése a tömörítési arány minimális romlásával (néhányszor tíz bájt másodpercenként). A teszt eredményeket tartalmazó táblázatban ezért ezt a két módszert tüntettük fel, mint az LZ-77 kódolás saját adaptációját.

A GIF-ben található LZW kódolás módosítása egyszerű, itt csak annyit kell tenni, hogy a 8 bites szótár helyett 9 bites szótárral indítjuk a kódolást, és ezért a 12 bit helyett 13 bitig növesztjük a szótárat. A tesztelés során használt algoritmusban az a frissítési stratégia vált be, hogy a szótár megtelésekor azonnal ürítjük annak tartalmát, vagyis visszatérünk a 9 bites szótárra.

3. táblázat
A különböző
veszteségmentes
tömörítő eszközök
hatékonyságának
összehasonlítása
a 9 bites mélységű
képen

Módszer	Összes fájl méret 610 képre [Bájt]	Átlagos bitsebesség egy nézetre [Mbit/s]
LZW: 9 bittől 13 bitig	19332712	6.34
WinZIP (LZ77, 8 bites)	12049986	3.95
Saját 9 bites LZ77 kódolás	10474861	3.43
Saját 9 bites PNG kódolás (PNG prediktor + LZ77)	11782353	3.86
Prediktor + RLC + Huffman	12261700	4.02
JPEG-LS	16188900	5.31
BWT + RLE-BIT + WFC	8321324	2.73

Hasonlóan egyszerű a Burrows-Wheeler transzformáció 9 bites módosítása is, ekkor a 8 bites szimbólumok helyett 9 bites szimbólumokat használunk. Ebben az esetben az Abel-féle módosításnál az aritmetikai kódolás bitfolyam szerkezeténél csak a nem-futamhossz szimbólumok kódolását kellett kibővíteni, ami a meglévő hét aritmetikai kódoló mellé egy nyolcadik felvételét jelentette a megfelelő forrás-ABC mérettel.

A PNG-nek megfelelő kódolást is teszteltük, itt csak a PNG prediktorait kellett megvalósítanunk, hiszen a 9 bites LZ-77 kódolást az előző tesztekhez már kidolgoztuk. Utolsó módszerként kipróbáltuk azt is, amikor a PNG prediktorának predikciós hibáját futamhossz kódolással (Run Length Coding, RLC) és Huffman entrópia kódolással tömörítettük.

A tesztek eredményét a 3. táblázat mutatja be. Eből megállapítható, hogy a Barrows-Wheeler transzformáció jelentősen jobb eredményt ér el, mint a többi módszer. A módszer hátránya a viszonylag nagy futási idő, ebből a szempontból a Prediktor + RLC + Huffman hibrid kódoló a legjobb, amely ráadásul nem szerepelt rosszul az összehasonlításban a BWT-t leszámítva.

5.3. A referenciaképek és mélységi képek becsült együttes sávszélesség igénye

A 4. táblázat azt mutatja be, hogy a generált tesztszekvenciára mekkora bitsebesség igény lép fel az adott számú referencia nézet mellett mélységi rekonstrukcióval. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a 61 kamerás felvételhez a körülbelül 27 dB-es PSNR értékű minőségi szinthez már 20.74 Mbit/s is elegendő. Körülbelül ugyanezen a bitsebességen 25.7 dB-es rekonstrukció lehetséges a hibrid módszerrel 5 nézet esetében, azonban ennél több nézetszámra a bitsebesség drasztikusan megemelkedik a mélységi képek kódolásához szükséges magas bitsebesség miatt.

Ezek a bitsebességek már alkalmasak arra, hogy a fejezet elején említett sávszélesség korlátot betartva továbbítani lehessen a 61 nézetű videót. A két módszer közül azonban az AVC egyértelműen előnyösebb a valmivel magasabb minőség, a szabványosság és a kidolgozottság miatt, a hibrid módszerben azonban még jelentős tartalékok vannak, például a raszterizáció pontosításától és a mélységi képek közötti redundancia kihasználásától további hatékonyság növekedést várunk.

Az eredmények értékelésekor ki kell emelni azt is, hogy míg a hibrid módszernél a referenciaképek jobb

minőségben kódoltak (QP=32), addig a szintetizált képek rossz minősége lerontja az átlagos PSNR értékét arra a szintre, amit az AVC kódolás QP=42 kvantálási paraméterrel képes elérni.

Ez a megfigyelés, valamint az előző szekcióban megfogalmazott tapasztalat azt mutatja, hogy célszerű minimálisra választani a referencia nézetek számát, főleg a mélységi képek veszteségmentes tömörítéséhez szükséges magas bitsebességek miatt. Ugyanitt egy lehetséges tömörítési arányt javító megoldás lehet a mélységi képek közötti redundancia kihasználása például az (5.6) és (5.7) alkalmazásával végrehajtott predikcióval és a predikciós hiba veszteségmentes kódolásával, sőt ugyanígy az azonos nézetben az időbeli redundancia is kihasználható, ezt azonban ezen méréseink során még nem vettük figyelembe.

Megjegyezzük továbbá, hogy a kijelző 2D felbontása csak 512x320, ami a standard televízió 720x576-os felbontásának csupán a 40%-a, valamint azt, hogy a 27 dB alatti PSNR érték nem elfogadható érték műsor-szórás célú felhasználásra.

Mindezen tapasztalatok alapján a Híradástechnikai Tanszék és a Holografika Kft. úgy döntött, hogy az első 60 nézetet tartalmazó videós átviteli méréseket 60 független videókódolóval indítja el, de a kutatást folytatjuk a hibrid megoldás további fejlesztésével és a közeli jövőben már ezt a megoldást is alkalmazni kívánjuk a többnézetű videó megjelenítő videó formátumaként.

6. Összefoglalás

Ebben a cikkben röviden bemutattuk a többkamerás felvételek kódolásának két alapvető megközelítési módját. A mérési eredményeinkben egy olyan tesztelési eredményről számoltunk be, ahol egy természetes felvételhez hasonló többnézetű videót kódoltunk le mind a hagyományos irányvonalat képviselő MPEG-4 AVC-vel, mind hibrid MPEG-4 AVC és DIBR módszerrel. Emellett egy új, veszteségmentes tömörítési módszert is mutatunk a mélységi képek kódolására, amely jelentősen javítja a tömörítési hatékonyságot az ismert módszerekhez képest.

További kutatási témát jelenthet a mélységi képek veszteségmentes tömörítésénél az, hogy sok képpont mélységértéke becsülhető lenne más nézetekből vagy más időpillanattól is, amit prediktív kódolással lehetne kihasználni.

Referencia nézetek száma	AVC QP	Referencia nézetek [Mbit/s]	Mélységi képek [Mbit/s]	Teljes bitsebesség [Mbit/s]	Átlagos PSNR [dB]
5	32	7.44	13.65	21.09	25.726
7	32	10.42	19.1	29.52	26.555
11	32	16.37	30.01	46.38	27.269
13	32	19.34	35.47	54.81	27.535
61	42	20.74	nincs	20.74	26.678

4. táblázat
Adott nézetszám és MPEG-4 AVC kvantálási paraméter (QP) mellett az átlagos bitsebesség értékek a dekódolt referencia képekre és a belőlük szintetizált képekre

Érdekes kérdés továbbá a mélységi képek veszteséges tömörítésének értékelése, itt szintén az MPEG-4 AVC tűnik a legjobb megoldásnak, mert magas minőségű kódolást is lehetővé tesz. Hasonlóan jelentős feladat lehet még a raszterizációs lépés pontosítása, például O-puffer (offset buffer) vagy több képpontos felületi elemek (foltok) használatával. Vizsgálható tovább még a nézetek közötti predikció alkalmazása és esetlegesen a szintetikus képek predikcióba való bevonása, de itt a mélységi információ jelentős tömörítése tűnik szükségesnek.

Irodalom

- [1] Jonathan Shade, Steven Gortler, Li-wei Hey, Richard Szeliski, „Layered Depth Images”, SIGGRAPH 98, Orlando Florida, July 19-24, 1998. Computer Graphics Proceedings, pp.231–242.
- [2] M. Oliveira, G. Bishop, D. McAllister, „Relief textures mapping,” in Proc. SIGGRAPH, July 2000, pp.359–368.
- [3] Jens-Rainer Ohm, „Stereo/Multiview Video Encoding Using the MPEG Family of Standards”
- [4] ISO/IEC 14496-10:2003, Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 10: Advanced Video Coding
- [5] Joaquin Lopez, Jae Hoon Kim, Antonio Ortega, George Chen, „Block-based Illumination Compensation and Search Techniques for Multiview Video Coding”, Picture Coding Symposium, San Francisco, CA, December 2004.
- [6] Information Technology – Coding of Audio-Visual Objects – Part 16: Animation Framework eXtension (AFX), ISO/IEC Standard JTC1/SC29/WG11 14 496-16:2003.
- [7] Information Technology – Coding of Audio-Visual Objects – Part 1: Systems, ISO/IEC Standard JTC1/SC29/WG11 14 496-1.
- [8] Information Technology – Coding of Audio-Visual Objects – Part 2: Visual, ISO/IEC Standard JTC1/SC29/WG11 14 496-2.
- [9] Information Technology – Coding of Audio-Visual Objects – Part 3: Audio, ISO/IEC Standard JTC1/SC29/WG11 14 496-3.
- [10] Leonid Levkovich-Maslyuk, Alexey Ignatenko, Alexander Zhirkov, Anton Konushin, In Kyu Park, Mahnjin Han, Yuri Bayakovski, „Depth Image-Based Representation and Compression for Static and Animated 3-D Objects”, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 14, No.7, July 2004, pp.1032–1045.
- [11] Jiangang Duan, Jin Li, „Compression of the Layered Depth Image”, IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 12, No.3, March 2003, pp.365–372.
- [12] M. Weinberger, G. Seroussi, G. Sapiro, „The LOCO-I lossless image compression algorithm: Principles and standardization into JPEG-LS,” IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, August 2000, pp.1309–1324.
- [13] Ravi Krishnamurthy, Bing-Bing Chai, Hai Tao, Sriram Sethuraman, „Compression and Transmission of Depth Maps for Image-Based Rendering”
- [14] www.data-compression.info/JuergenAbel/Preprints/Preprint_After_BWT_Stages.pdf



Új lehetőségek a digitális televíziózásban

ENYEDI BALÁZS, KONYHA LAJOS, SZOMBATHY CSABA, DR. TRAN MINH SON,
DR. FAZEKAS KÁLMÁN

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék, Médiatechnológia Laboratórium
{szombathy, enyedi}@mht.bme.hu*

Kulcsszavak: DVB, MPEG4, BIFS, interaktivitás, wavelet transzformáció, SPIHT

A kilencvenes években megalkotott, napjaink egyik legszélesebb körben használt képtömörítési eljárása, az MPEG2 szabvány adja a DVB-technika alapsávi jelátvitelének hátterét. A jelenlegi multimédia alkalmazások által támasztott követelmények azonban meghaladják az MPEG2 rendszerek által felkínált lehetőségeket. Világszerte ezen igények a mozgatóerői az új MPEG4 szabvány fejlesztésének. Az MPEG4 videótömörítési szabvány két legfontosabb előnye az interaktivitás lehetősége valamint az MPEG2-nél hatékonyabb tömörítési algoritmusok használata [5,6]. A digitális televíziózás az MPEG2 szabványra épült, mely nem volt felkészítve az új lehetőségek támogatására, viszont a széleskörű elterjedése miatt nem cserélhető le. Erre a problémára megoldást jelent, ha sikerül beültetni az MPEG4 tartalmat a DVB rendszerbe. Célunk az MPEG4 szabvány fent említett előnyeinek bemutatása, valamint az MPEG4 tartalomnak az MPEG2 alapú digitális műsorszórásba való beültetésének vizsgálata.

Az MPEG4 szabvány a képkocka alapú video tömörítés mellett az objektum alapú kezelésmódot is megengedi, így hang és képi anyagon kívül egyéb információkat is tárolhatunk az adatfolyamok között. Ilyen például a bináris jelenetleíró adatfolyam (BIFS), mely esemény definíciókat, vezérlő információkat is tartalmaz, így segítségével interaktivitás valósítható meg.

Az új szabvány másik nagy előnyét, a hatékony tömörítést az újabb, fejlettebb kódolási algoritmusok használatának lehetősége jelenti. Ezek közé tartozik egy alacsony bitsebességű video tömörítési eljárás, mely 3 dimenziós wavelet transzformációt és SPIHT algoritmust alkalmaz [7]. Ebben az eljárásban a DCT helyett wavelet transzformációt használunk, a hagyományos különbségi kódoláson alapuló algoritmusokkal ellentétben az időbeli redundancia kihasználására is a wavelet transzformációt alkalmazzuk. Az együttható összeszedésére az általunk módosított SPIHT algoritmus 3 dimenziós változatát használjuk fel.

1. Bevezetés

Az MPEG4 szabvány új dimenziókat nyit az MPEG átviteli kapacitás és az általános multimédia-tömörítési technikák terén. Az MPEG4 magasabb szinten nyújt szolgáltatásokat, integrálja a tartalmat, az interaktív funkciókat és ezek megjelenítését, mint elődei. Másikféleképpen fogalmazva, ha már a multimédia-jelenet számos összetevőt – például hang, kép stb. – foglal magában, az adattömörítésen túlmenően feltétlenül szükséges egy olyan eszköz, amely elősegíti a bonyolult jelenetek megszerkesztését és a komponensek hatékony kezelését. Összetett multimédia-jelenet kialakításához a jelenetben lévő összetevők közötti, illetve a jelenet és a felhasználók közti interaktivitás is hangsúlyt kap.

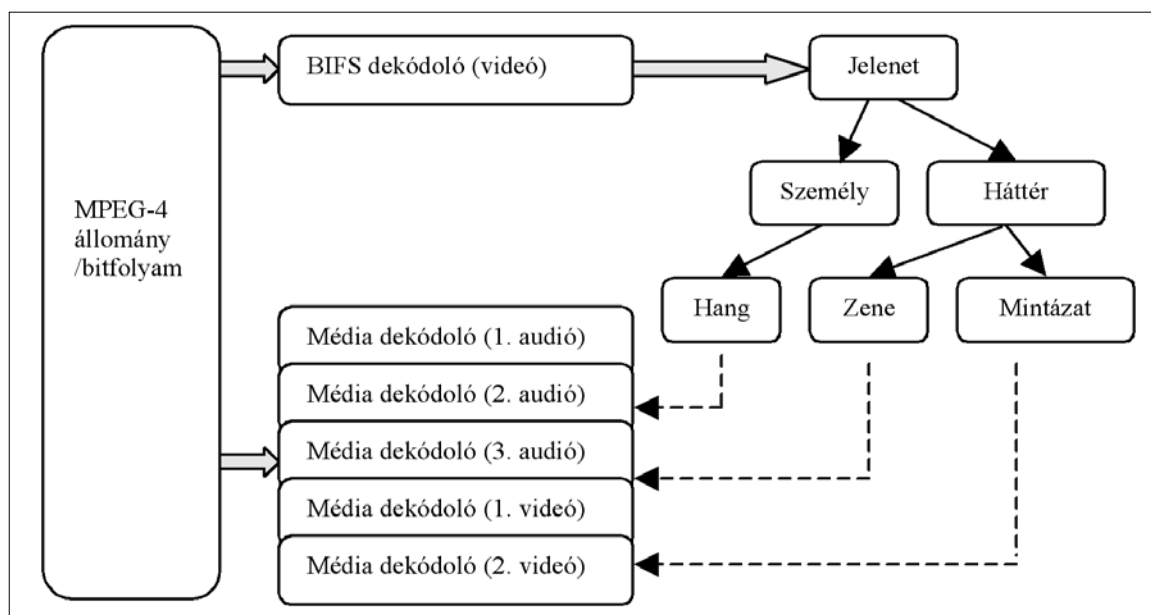
A nemzetközi MPEG4 szabvány elsőként támogatja ezt az új megoldást, nevezetesen multimédia-jelenet összeállítását és interaktivitását, egy újfajta adat – jelenet bináris leírása (BIFS) – bevezetésén keresztül. Sajnálatos módon az MPEG4 BIFS által felkínált lehetőségek még alig jelennek meg a pillanatnyi MPEG4 alapú alkalmazásokban, amelyek kizárólag az MPEG4 hatékony hang-kép tömörítési eljárásait használják ki.

1.1. Az MPEG4 BIFS struktúrája és funkciója

Az MPEG4 szabvány különböző hallható-látható objektumok kódolásával foglalkozik, például: természetes kép, hang, mintázat, 2D és 3D grafikák, szintetikus zene, hang stb. Egy bonyolultabb multimédia-jelenet rekonstruálásához nem elegendő kizárólag a tömörített hangok, képek és más összetevők továbbítása, ezért az úgynevezett BIFS-adatokat, a multimédia egy újfajta komponensét vezették be. Ezek funkciója, hogy a multimédia-jelenetet egy gráfnak megfelelő hierarchikus struktúrával írják le (1. ábra).

A gráf csomópontjai különböző objektumokat reprezentálnak, például hangot, mozgóképet, állóképet, grafikát, szöveget stb. Az MPEG4 filozófia alapján, a BIFS [4] minden lehetséges multimédia jelenetet egy hierarchikus struktúrával ír le, ahol jól látható, hogy egyszerre több hang- és képdekódoló működhet párhuzamosan. A gráf struktúrája nem feltétlenül statikus, a csomópontok változhatnak az idő múlásával és a néző beavatkozásának következtében is. Ez lehetőséget ad összetett MPEG4 alapú multimédia jelenet kialakítására is.

Minden csomópont bizonyos paraméterekkel rendelkezik, ezek értékeinek módosításával az adott objektum számos tulajdonsága beállítható. A csomópontok három nagy csoportba sorolhatók:



1. ábra
Multimédia-
jelenet
hierarchikus
struktúrája

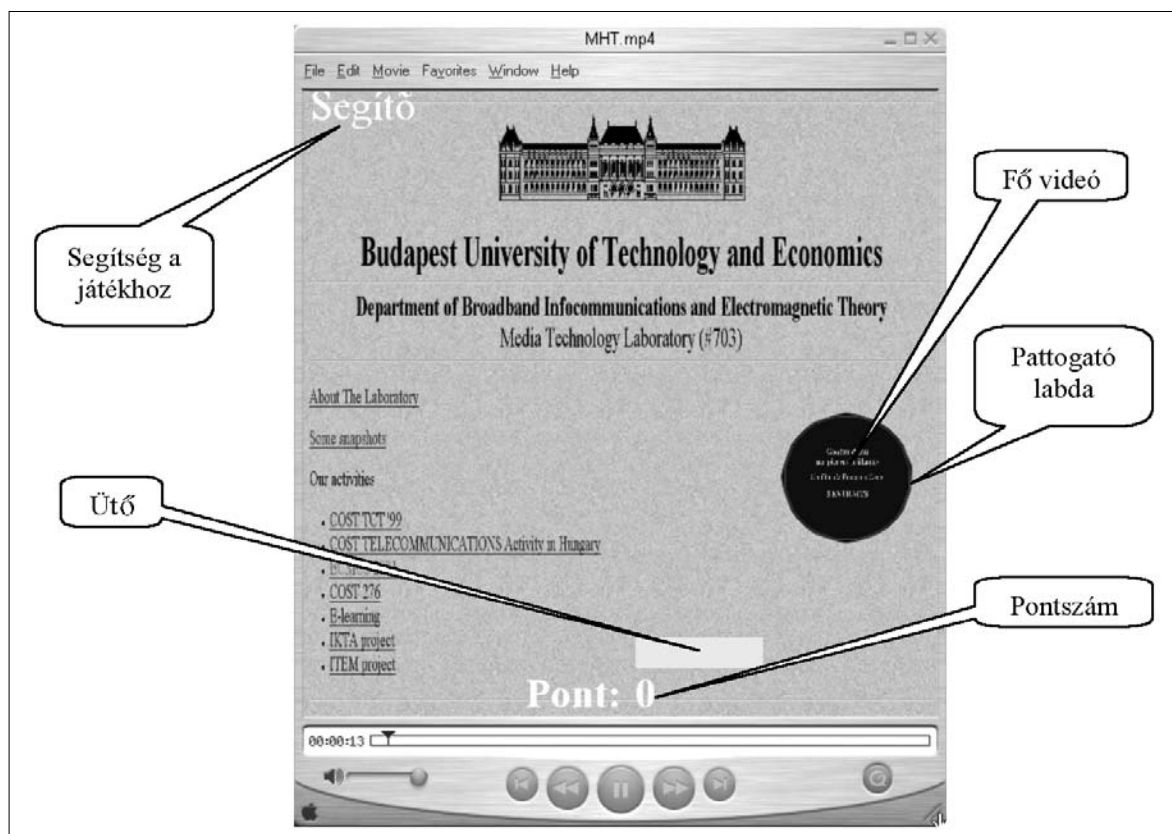
- média csomópontok, amelyek tömörített adatfolyamokon (hang, videó, állókép stb.) alapulnak;
- érzékelő csomópontok, amelyek bizonyos tulajdonsága változik külső behatásra (például nyomógomb, egérmozgás stb.);
- Script csomópont, melyek felépítését illetve viselkedését teljes mértékben programozhatjuk; a Script és az érzékelő csomópontok, valamint ezek összekötési mechanizmusa az interaktivitás alapja.

A BIFS által felkínált lehetőségek kihasználása érdekében először egy BIFS-szerkesztő struktúráját dol-

goztuk ki, majd ez alapján különböző bonyolultságú, interaktivitással rendelkező jeleneteket állítottunk össze. A 2. ábrán látható egy, az MPEG4 interaktivitásán alapuló játék (elsőként fejlesztettünk ki a BIFS lehetőségek kihasználásával MPEG4-es játékot).

2. MPEG4 alapú fejlesztési eredmények

Az általunk kifejlesztett, egyes jellemzőiben egyedien optimalizált MPEG4 alapú kodek az MPEG2 rendszerekben alkalmazott blokkalapú tömörítés helyett kép-



2. ábra
MPEG4
BIFS alapú
multimédia
játék

kocka alapú, úgynevezett wavelet transzformációt használ. A wavelet transzformáció [1,2,5,6] jelenleg a leg hatékonyabban alkalmazható eljárás a képfeldolgozásban.

Előnye a korábbi algoritmusokhoz képest (pl. DCT), hogy a jelnek a térbeli és a frekvenciatartománybeli viselkedését egyszerre 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 [8,9] eredményeként létrejött együtthatók tulajdonságait nagymértékben befolyásolja a transzformáció bázisfüggvénye. Az elmúlt évtizedekben sok kutatás irányult különböző alkalmazások szempontjából optimális bázisfüggvények kifejlesztésére.

A mozgókép-tartalom továbbításakor a különbségi kódolás helyett háromdimenziós wavelet transzformációt és SPIHT [8] algoritmust alkalmaztunk. Az eljárás során a hagyományos mozgáskompensációt használó algoritmusokkal ellentétben az időbeli redundancia kihasználására is a wavelet transzformációt alkalmazzuk. Az együttható rendezésre az általunk módosított SPIHT algoritmus háromdimenziós [9] változatát használjuk.

A háromdimenziós jelen úgy végezzük el a wavelet transzformációt, hogy először minden képkocka minden során végrehajtjuk az első transzformációs lépést (mint 1D függvény), majd ugyanezt meg tesszük minden képkocka minden oszlopával. Végül minden képkocka ugyanazon koordinátájában elhelyezkedő pontjain is elvégezzük a transzformáció első lépését (időtartománybeli). Ezek után hasonlóan folytatjuk a transzformációt a következő lépésekkel.

Az első két esetben a transzformációt a térbeli koordinátatengelyek mentén végezzük el, az utolsó esetben pedig az időtengely mentén. Ezekből következik, hogy a transzformáció elvégzéséhez meg kell várni, míg az összes képkocka megérkezik. Ehhez nagyon nagy memóriaterületre van szükség, élő közvetítésben pedig megvalósíthatatlan. Ennek kiküszöbölésére a képkockákból képcsoportokat (Group of Frames, GOF) formálunk, és a transzformációt egy-egy képcsoportra végezzük el, a képcsoportokat egymástól függetlenül kezelve. A képcsoportot alkotó képkockák száma határozza meg a rendszer késleltetését, túl nagy képcsoport esetén túl nagy lesz a késleltetés, míg túl kicsi képcsoport esetén nem lesz elég hatékony a tömörítés.

A tértartománybeli wavelet transzformációhoz a Daubechies 9/3 bázisokat, míg az időtartománybelihez a Haar bázisokat használtuk. A széleken szimmetrikus kiterjesztést alkalmaztunk. Színes képeknél a transzformációt külön-külön elvégezzük mind a három komponensre (Y, U, V). Természetesen az U és a V kompo-

nensek mérete mind vízszintes, mind függőleges irányban feleakkora, mint a világosságjel mérete.

A 3D wavelet transzformáció eredményeként létrejött együtthatókat kvantáljuk, majd összegyűjtjük. A kvantálásra az SPIHT algoritmust használtuk. A SPIHT algoritmus a következő megfigyeléseken alapszik:

- A képminőségre legjelentősebb hatással a legnagyobb helyértékű bitek vannak, ezért ezeket kell először összegyűjteni, majd sorban haladva az egyre kisebb helyértékű bitek következnek.
- Az alacsonyabb frekvenciájú részsávokban található együtthatók fontosabbak a HVS szempontjából, így ezeket kell először összeszedni.
- Az együtthatóknak az értékét és a pozícióját is tárolni kell.

Az SPIHT algoritmus akkor ér véget, ha minden bitet sikerült tárolni, vagy a keletkezett bitsorozat hossza elérte a beállított tömörítéstől függő maximális értéket, így könnyen megvalósítható mind a konstans, mind a változó bitsebességű kódolás. Az SPIHT progresszív tulajdonsága miatt a bitsebességre való skálázhatóság egyszerűen megoldható, a wavelet transzformáció kedvező tulajdonságainak köszönhetően a térbeli skálázhatóság sem okoz gondot.

3. Az MPEG4 tartalom beillesztése MPEG2 bitfolyamba

Az MPEG4 tartalom MPEG2 bitfolyamba való beillesztése már körvonalazott, az eljárás tényleges bevezetésére meg nem került sor széles felhasználói körben. A magyarázat erre egyrészt az, hogy az MPEG4 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 MPEG4 továbbítást néhány internetes alkalmazásban már megvalósították, például az OpenLAN videó műsorszórási VLC rendszerben. A szélessávú műsorszórás terén, azaz kábeltévé-, műholdas- illetve földi csatornán az MPEG4 jelfolyamok beiktatása még a jövő feladata.

A kutatásunk egyik célja volt, hogy áthidalja az említett rést. Ennek megfelelően egy teljes konstrukciót dolgoztunk ki az MPEG4 alapú multimédia-tartalom DVB-T rendszerben való továbbítására MPEG2 bitfolyam (TS) segítségével [3]. A szabványban leírt irányelvek alapján így konkrét (akár ipari szinten is azonnal hasznosítható) alkalmazást valósítottunk meg.

Az MPEG2 jelfolyam felépítésének kidolgozásakor biztosították a jövőbeli továbbfejlesztés lehetőségét is, ezt használtuk ki az MPEG4 adatok beillesztésekor. Az MPEG2 szabványcsomag második kiadása alapján két megoldás van az MPEG4 adatok továbbítására:

1. bitfolyam alapú:

Az MPEG4 hang-, illetve képadatokat egyszerűen hozzáadjuk az MPEG2 jelfolyamhoz, mint közönséges MPEG2 média bitfolyamokat. A PMT táblán, a társított

műsor bejegyzésén egy új jelfolyam-típus értéket vezetünk be (e paraméter a média bitfolyam jellegét határozza meg), ilymódon jelezve az MPEG4 adatok jelenlétét.

Ezentúl az *MPEG4_video_descriptor* és *MPEG4_audio_descriptor* szintaxist is kidolgozták, amelyek jellemzőkként továbbítandók a kezelt média bitfolyammal együtt. Ezen adatstruktúra segítségével a dekódoló megfelelően kezeli az MPEG4 adatokat a szükséges információ (a kódolás profilja, szintje, pontos kódoló eszköze stb.) birtokában. Noha a bitfolyam alapú módszer lehetővé teszi olyan szolgáltatások megvalósítását, amelyekben MPEG4 tömörítési eljárásokat alkalmaznak az MPEG2 helyett, nem támogatja az MPEG4 magasszintű tulajdonságait, például az interaktivitásokat. Mindezek következtében a második megoldást (lásd lejjebb) választottuk, így a bitfolyam alapú megoldással a továbbiakban nem foglalkozunk.

2. jelenet alapú:

A videó jelenetben megszokott hang-, illetve képanyagon túlmenően ezzel a módszerrel más média-információt továbbíthatunk, például mintázatok, 2D és 3D grafikákat, szintetikus zenéket, hang effektusokat stb., ugyancsak a MPEG2 TS jelfolyamon keresztül. A különböző médiák mellett ez a módszer még biztosítja a bináris jelenet leíró (BIFS) információnak az átvitelét is.

Az MPEG2 TS jelfolyamba integrált, jelenet alapú továbbítás egy többszörös beillesztést takar. Az MPEG4 jelenet különböző összetevői (hangok, képek, grafikák stb., illetve BIFS információ) az MPEG2 program elemeinek feleltethetők meg. Az MPEG2 esetén kétszintű beillesztést ismertünk meg: az elemi bitfolyamokat először PES csomagokra bontjuk illetve szekció adatstruktúrában tároljuk el, majd mindezt TS-csomagokra bontjuk. Az MPEG4 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 MPEG4

összetevők ugyanolyan bejegyzésként szerepelnek a PMT táblában, mint az MPEG2 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 MPEG4 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 MPEG4 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.

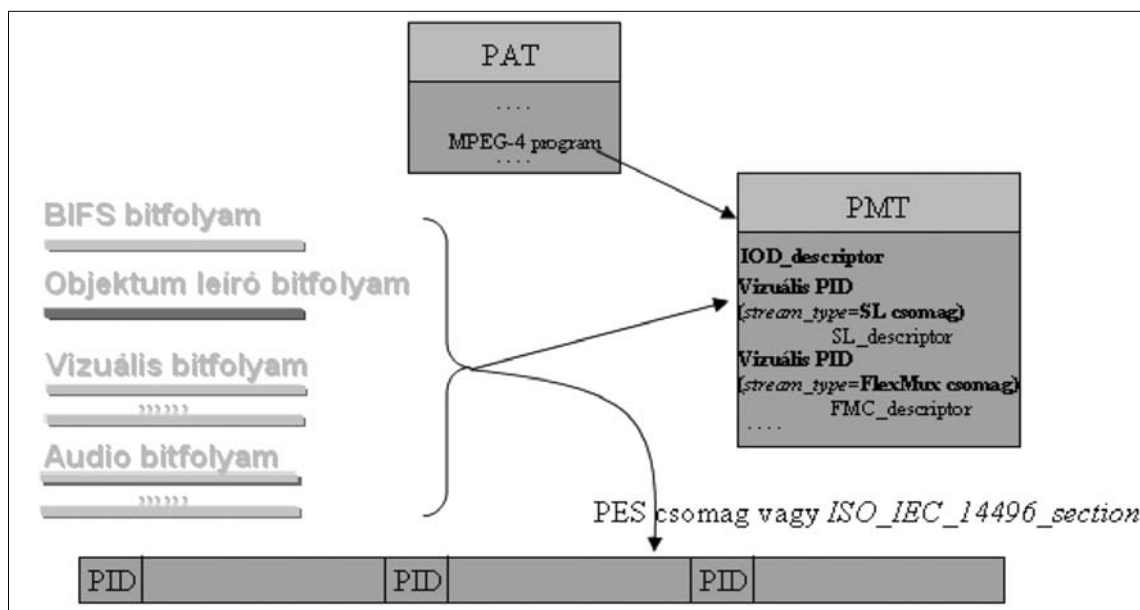
Kutatásunk keretében egy teljes beillesztő konstrukciót dolgoztunk ki, amelynek segítségével az MPEG4 multimédia tartalmat a szabványos DVB-T rendszerben továbbíthatjuk. A 4. ábra az elemi egységeket és azok kapcsolatait szemlélteti.

A teljes rendszer integrálása sikerrel járt. Továbbítottunk és megjelenítettünk mind normál videó anyagot, mind a fentiekben leírt, BIFS szolgáltatáson alapuló MPEG4 alapú interaktív alkalmazást. Az ábrán látható rendszerben a DVB-T adót követően mindkét megoldás alkalmazható, ezek segítségével sikerült komplett valós idejű, MPEG4 alapú, DVB-T átviteltechnikába ágyazott digitális műsorszóró rendszert megvalósítanunk.

4. Összefoglalás

Noha napjaink földi digitális műsorszóró rendszerei elsősorban még az MPEG2 kódolásra épülnek, a jövőben egyértelműen az MPEG4 rendszerek előtérbe kerülése várható. Külön kiemelendő, hogy az MPEG4 rendszerek DVB-T technikába való sikeres beintegrálása ipari szinten is nagy jelentőséggel bír: amennyiben a szolgáltatók a jövőben úgy döntenek, hogy áttérnek

3. ábra
Jelenet alapú
beillesztés



a jelenlegi MPEG2 rendszerekről MPEG4-re, nem szükséges az igen drága adástechnikai eszközöket (jelfolyam-generátorokat, analizátorokat, modulátorokat stb.) kicserélni, minimális beruházással megoldható a váltás.

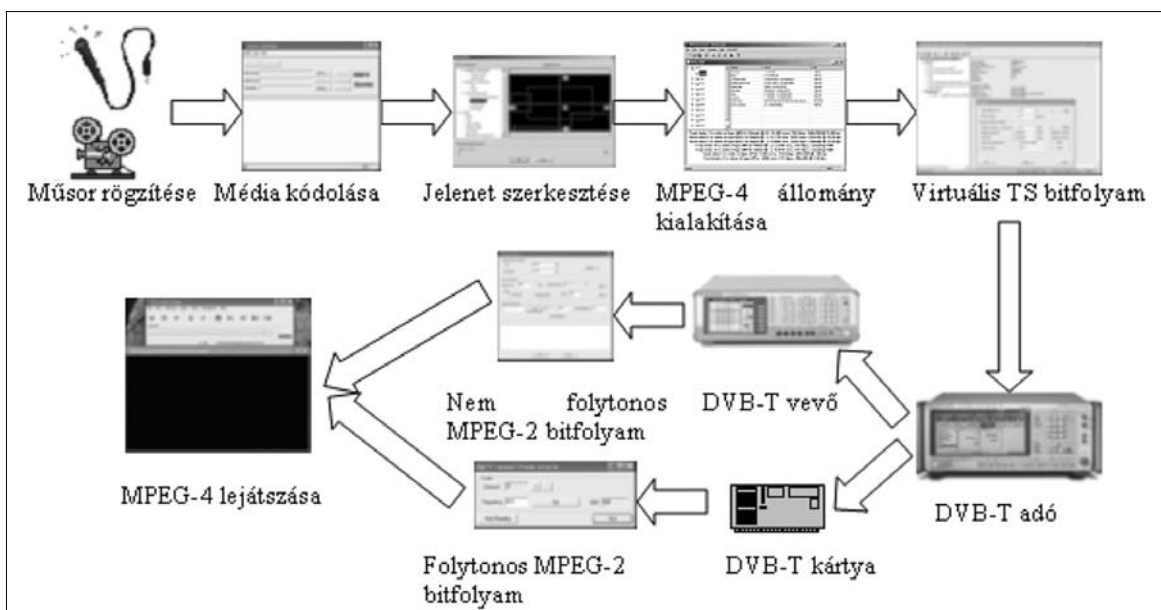
Az áttérés során a legnagyobb problémát a már piacon lévő készülékek lecserélése jelentheti, ugyanis senki sem akar kidobni egy viszonylag újonnan vásárolt vevőkészüléket az új kódolási eljárások alkalmazása miatt. E probléma feloldására két kézenfekvő megoldás létezik. Az egyik, hogy ugyanazon műsort mind a régi, MPEG2 alapú kódolással, mind az új megoldással is sugározzák. Az új adások alacsonyabb sávszélesség-igénye miatt a szükséges sávszélesség nem duplázódna, de így is gazdaságtalan ez az eljárás.

Másik megoldás egy fokozatos áttérés lehetősége, ahol a fő szerep a készülégyártóknak jut. Minden új vevőben könnyen megteremthető az a technikai hátér, hogy a dekódoló algoritmusok lecserélhetők, frissíthetők legyenek. Olyan jelfeldolgozó áramkört kell választani, melyben több kódolási algoritmust lehet tárolni. Így egy adott adás esetén azt kell tudni, hogy az adott műsor dekódolásához melyik eljárást válassza ki a készülék. Ezt az információt egyszerűen hozzá lehet adni a hasznos adatokhoz vagy szervízinformációkhoz. A kérdés már csak annyi, hogy milyen módon kaphatja meg a készülék az új dekódoló rutint. A válasz triviális, a műsorokkal együtt az algoritmusokat is ki kell sugározni, melyet vesz a készülék és elraktároz. Ezen kívül a készülék internetes csatlakoztatásával is megoldható lehet a letöltés és frissítés, tehát az újabb készülékeket alkalmassá lehet tenni bármilyen módon kódolt multimédia adat megjelenítésére.

Irodalom

- [1] L. Konyha, B. Enyedi, K. Fazekas, „Multimedia Distance Learning – Orthogonal Transformations”, EURASIP Conference on 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 Comm., Budapest, Oct. 2002.
- [3] S. M. Tran, L. Konyha, B. Enyedi, Cs. Szombathy, 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.
- [4] S. M. Tran, K. Lajos, E. Balazs, K. Fazekas, 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.
- [5] Turan, J., Bojkovic, Z., Filo, P., Samcovic, A., Ovsenik, L., „Signal Processing with Continuous Kernel Hough Transform”, FACTA UNIVERSITATIS (NIS), Ser. Elec. Eng. Vol.18, 2005, pp.113–126.
- [6] Bojkovic, Z., Turan, J., Samcovic, A., Ovsenik, L., „Coding, Streaming and Watermarking – Some Principles in Multimedia Signal Processing”, Acta El. et Inf., Vol.4, No.3, 2004, pp.15–20.
- [7] S. G. Mallat, „A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation”
- [8] Amir Said, William A. Pearlman, „A New Fast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees”, IEEE Transaction on Circuit and Systems for Video Technology, Vol.6, June 1996.
- [9] V. Bottreau, M. Bénétière, B. Felts, B. Pesquet-Popescu, „A Fully Scalable 3D Subband Video Codec”



4. ábra
MPEG4
tartalom
beillesztése
DVB-T
rendszerbe

Megalakult a Mobil Innovációs Központ

Napjainkban Európa számos országában folyik a multimédiás szolgáltatásokat támogató harmadik generációs mobil távközlési rendszer kiépítése, a nemzetközi kutatások azonban már a harmadik generáció utáni és negyedik generációs rendszerek elméleti és gyakorlati kérdéseivel foglalkoznak. A mobil és vezeték nélküli távközlési és informatikai rendszerekkel, szolgáltatásokkal kapcsolatos kutatásoknak kiemelt szerepe van az Európai Unió kutatás fejlesztési programjai mellett az Amerikai Egyesült Államok tudományos kutatási támogatási rendszerében is. A mobil és vezeték nélküli rendszerek új generációjának egyik legnagyobb kihívása a különböző technológiák integrálása és együttműködése. A jövő távközlési rendszerei a felhasználót teszik a középpontba, köré csoportosítják szolgáltatásaikat, alkalmazásaikat a felhasználó igényeinek teljes körű kielégítésére implementálják, és e célból építik ki nyílt, flexibilis hálózataikat.

A Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal pályázati támogatásából, a „Mobil Kommunikációs Kutatás-fejlesztési Központ és Innovációs Centrum létesítése” című pályázat eredményeként alakult meg a MOBIL INNOVÁCIÓS KÖZPONT (MIK), amely egyetemek, akadémiai kutatóintézet, iparvállalatok, szolgáltatók, valamint tudományos kutatással vagy innovációval foglalkozó szervezetek együttműködésére épül, egyaránt bevonva a profit- és nem profitorientált szektorok képviselőit. A MIK 17 konzorciumi tag által alapított konzorciumi társulás, mely működését fizikailag központosítottan és virtuális részeiben (akadémiai, egyetemi és ipari kutatóhelyeken történő kutatás) valósítja meg.

A MIK alapító tagjai a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem öt tanszéke – Automatizálási és Alkalmazott Informatikai, Híradástechnikai, Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan, Szociológia és Kommunikáció, valamint Távközlési és Médiainformatikai – az Eötvös Lóránt Tudományegyetem Operációkutatási Tanszék, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézete, a Magyar Telekom Rt. (PKI Távközlésfejlesztési Intézete), a Pannon GSM Távközlési Rt., a T-Mobile Magyarország Távközlési Rt., az Ericsson Magyarország Kommunikációs Rendszerek Kft., a Hewlett-Packard Magyarország Számítástechnikai és Elektronikai Berendezéseket Forgalmazó és Szolgáltató Kft., a Nokia Hungary Kommunikációs Kft., a Siemens PSE Program- és Rendszerfejlesztő Kft., a Siemens Termelő, Szolgáltató és Kereskedelmi Rt. valamint a Sun Microsystems Kft.

A MIK fizikailag központosított része a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem „Z” épületének III. emeletén kerül kialakításra testbed, adminisztratív és kiszolgáló helyiségek formájában. A Mobil Innovációs Központ azoknak a tudományos és műszaki kérdéseknek a megoldására jött létre, amelyek hozzájárulnak a jövő heterogén mobil és vezeték nélküli hálózataiban felmerülő problémák tisztázásához, a 3G-s szolgáltatások és a későbbi mobil és vezeték nélküli technológiák bevezetéséhez, és ezeken a hálózatokon korszerű alkalmazások fejlesztéséhez. Cél továbbá az említett témákba kis- és közepes vállalkozások bevonása.

A MIK a legkorszerűbb, „high-tech” témák műveléséhez is alkalmas kutató-fejlesztő környezetet alakít ki, továbbá célja olyan – nemzetközi szinten is egyedi – K+F profilok kialakítása, amelyek szervesen beilleszthetők a nemzetközi irányvonalakba és amelyeket máshol alig vagy egyáltalán nem művelnek. A MIK küldetésének fontos eleme a nemzetközi kooperáció, a szakmai tevékenységek nemzetközi összehangolása, ezért sajátos arculat kialakításával kíván vonzó környezetet létrehozni más országok szakemberei számára is.

A MIK kiépített vezeték nélküli kommunikációs környezetével, tesztrendszerével („testbed”) – melyet be szeretne kapcsolni a hasonló szolgáltatásokra képes tesztrendszerek nemzetközi hálózatába – kíván szolgáltatást nyújtani a korszerű mobil és vezeték nélküli technológiák és alkalmazások fejlesztésére, illetve az új alkalmazások bevezetésére a hazai és nemzetközi kutató központok, cégek és vállalkozások számára. A MIK új rendszerek, berendezések, eszközök, alkalmazások és szolgáltatások telepítésével és tesztelésével járul hozzá a 3G/4G technológiák széles körben megvalósuló elterjedéséhez, valamint ahhoz, hogy a tesztrendszer használatával a mobil szolgáltatók, a tartalomszolgáltatók és a gyártók a gyakorlatban is használható, gazdaságilag is értékes eredményekhez juthassanak.

A MIK kiemelkedő jelentőséget tulajdonít azoknak a fejlesztéseknek, melyek a korszerű mobil és vezeték nélküli kommunikációs rendszereken új, gazdaságilag hatékony, az aktuális felhasználói igényekhez illeszkedő vagy további felhasználói igények kialakulását támogató szolgáltatásokat és alkalmazásokat hoznak létre. A MIK fontos feladatának tekinti továbbá olyan fejlesztői, elsősorban szoftverfejlesztői környezet kialakítását, mely lehetővé teszi a bekapcsolódást a mobil és vezeték nélküli szolgáltatások fejlesztésébe minél több kutató, fejlesztő és vállalkozás számára.

A MIK mindennapi munkájában meghatározó jelentőségű az egyetemek, valamint az informatikai és távközlési cégek közötti kooperáció, továbbá kiemelt feladat a mobil és vezeték nélküli technológiák és szolgáltatások fejlesztésére alapított kis cégek támogatása. A felsorolt célok megvalósítása érdekében a Mobil Innovációs Központ vonzó és inspiráló szellemi környezet kí-

ván kialakítani magasan képzett szakembereket bevonva, és fejlesztési/tesztelési infrastruktúrát biztosítva innovatív „start-up” és „spin-off” kisvállalkozások számára. A MIK támogatja a távközlési-informatikai technológiák oktatását és kutatását a partner egyetemeken a jól képzett fiatal szakemberek számának növelése érdekében.

A Központ három kutatás-fejlesztési programot dolgozott ki, melyek összesen tíz részfeladatot ölelnek fel. Az első a „Mobil szolgáltatások és alkalmazások fejlesztése”, melynek célja az ezekkel kapcsolatos K+F tevékenység. A program három részfeladatán keresztül magába foglalja a mobil alkalmazások fejlesztését, alkalmazásfejlesztési és tartalomkezelési megoldások vizsgálatát, a felhasználói viselkedés elemzését és távközlési szolgáltatásmoделlek kifejlesztését. A második címe a „Heterogén mobil hálózatok integrálása és menedzselése”, amely az ezzel kapcsolatos K+F tevékenységet tekinti feladatának. Öt részfeladata tartalmazza a heterogén vezetékes és mobil rendszerek integrálását, a forgalommodellezési, hálózat tervezési és méretezési kérdések vizsgálatát, mobil rendszerek biztonsági és számlázási kérdéseit és a valós idejű multimédia információ átvitel támogatásának biztosítását. A harmadik a „Mobil rádiós technológiák” címet viseli, célja a 3G és azon túlmutató rendszerek rádiós interfészével kapcsolatos K+F tevékenység. Részfeladatai a mobil rendszerek rádiós együttélési kérdései, a rádiócsatornák vizsgálata és az átvitel minőségét javító megoldások fejlesztése.

A MIK kutatás-fejlesztési tevékenységében a pályázat kiírója kiemelt hangsúlyt adott azoknak a projekteknek, melyek az érintett hazai ipar számára rövid- és középtávú hasznosulással kecsegtetnek, ugyanakkor a MIK üzleti tervében is megfogalmazott hangsúlyt adott azoknak az elméleti kutatásoknak és azok nemzetközi elismertetésének, melyek eredményei csak hosszabb távon lesznek érzékelhetőek.

2005. szeptember 8-án került sor a Mobil Innovációs Központ (MIK) megnyitó ünnepségére és „virtuális alapkövetételére”. A megnyitón megjelentek Dr. Molnár Károly, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem rektora köszöntötte, majd Boda Miklós, az NKTH elnöke beszélt a pályázat céljairól. Ezt követte a virtuális alapkövetétel és a konzorciumi tagok bemutatása, melynek során a megnyitó résztvevői megismerhették a Központ választott jelképét, a pityangot is, mely életműködésében sok szempontból asszociálható a mobil világ működésére és funkcióira.

Dr. Pap László MIK elnök előadásában bemutatta a Központ célrendszerét, szervezeti felépítését, tervezett szakmai programjait, marketing és kommunikációs stratégiáját, valamint gazdasági és pénzügyi folyamatait.

A program következő pontja a MIK honlapjának (www.mik.bme.hu) ünnepélyes bemutatása volt, amelyet műszaki demonstrációk követtek és az érdeklődők személyesen is kipróbálhatták a 3G nyújtotta újdonságokat.

Ügyfelünk részére, debreceni munkahelyre keresünk

ELEKTROMŰSZERÉSZT

Feladat:

Kísérleti eszközök (mobiltelefonok, adatátviteli eszközök) tervezése, összeszerelése, javítása

Juttatások:

Bruttó 300-400 ezer Ft/hó fizetés (tapasztalattól függően)

Feltételek:

SMD/SMT technológiában való jártasság
Minimum középfokú elektroműszerész végzettség
GSM/távközlési eszközök javítási tapasztalata előny

Bővebb információ:

Halász Roland, roland@mimox.com, (20) 264-7811

Szakmai önéletrajzokat a következő e-mail címre várjuk: cv@mimox.com

mimox
gyöngyhálaszat™

Mimox Kft. • 1134 Budapest, Váci út 19. • Tel.: (1) 225-3373

CONVERGENCE OF DIGITAL TV RECEPTION APPROACHES

Keywords: digital TV, DVB-T, DVB-H, mobile television

The traditional methods of the data communications are the unicast, multicast and broadcast. They may be optimal for different areas and services, however, now some kind of convergence can be seen among them. The extensive development of services available in the mobile phones, and the dissemination of the digital television broadcast (DVB-T) over the globe generated new technical requirements. Therefore the convergence of the two technologies seems to be reasonable. The two basic technologies for mobile TV are based on of the DVB-H system and on 3rd generation mobile systems (UMTS). Both are capable of video delivery, under different conditions, of course...

FUTURE CHALLENGES IN CABLE TELEVISION

Keywords: HFC networks, frequency allocation, VoD, DVB

The next generation cable television networks offer high bandwidth and flexible segmentation which gives the opportunity to satisfy several subscriber needs. The current analog cable TV networks afford typically broadcast services while the digital one can provide facilities for several new services like on-demand services and. transmission of digital multimedia and high bandwidth data streams in order to solve several subscriber-dependent needs such as Video on Demand (VoD), HDTV or Internet access. To solve the peculiar subscribers demands the reliability of the whole system becomes a much more critical question. This paper focuses on these challenges in the development and the operation of the future cable TV networks.

STATE-OF-THE-ART AND ACTUAL HUNGARIAN ASPECTS OF DIGITAL SATELLITE BROADCASTING AS SEEN BY A SATELLITE OPERATOR

Keywords: satellite TV, HDTV, satellite service providers

The article provides a quick overview of the actual status and main tendencies of the digital satellite TV from the satellite provider's point of view. It addresses the predicted effects of the HDTV as well. In addition to outlining the current position of Hungary in digitization, it also shows a way how to transform the usage from analogue to digital in case of a transponder, now transmitting one of the nationwide TV programs.

DIGITAL TERRESTRIAL RADIO BROADCASTING IN HUNGARY AND ABROAD

Keywords: DAB, DRM, digital radio, broadcasting

This paper describes the main properties of the two current European digital radio broadcasting systems, the Digital Audio Broadcasting (DAB) introduced in the middle of 90's and the Digital Radio Mondiale (DRM) introduced in these years. The audio source coding, the channel coding and the other aspects of the broadcasting technology of the two systems are briefly reviewed. Finally, the current situation of the European and worldwide digital radio market is also summarized as well as the current situation in Hungary.

OVERVIEW AND SIMULATION OF EUROPEAN DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION BROADCASTING SYSTEMS

Keywords: DVB-T, DVB-H, simulation system

The main objective of the paper is to give an overview of the European digital terrestrial broadcasting systems, and to introduce the simulation system developed for evaluation of their performance can be measured and evaluated. The first part of the paper is a brief introduction to the evolution of DVB-T and DVB-H standards. In the second part the channel coding and modulation is explained briefly, focusing on the difference of DVB-T and DVB-H. The final part of the paper presents the actual simulation system and summarizes our achievements.

PAST, PRESENT AND FUTURE OF HDTV

Keywords: digital television, HDTV, video coding

This paper reviews the most important aspects of the HDTV. First it describes the applicable video encoding methods and their history, summarizes the most important parameters and formats of HDTV and compares briefly the most promising display technologies. Finally a short overview of the possible and intended HDTV transmissions and the situation of the current services is given especially in the USA, Far East and Europe.

MULTI-VIEW VIDEO DISPLAY AND CODING

Keywords: MPEG-4, video coding, 3D animation, 3D-TV

In this paper the multiview video encoding and representation is introduced. In the first part the current multiview video displays and systems are described. Then the developed multiview video encoding algorithms and the related computer graphics tools are reviewed. Based the Open GL system, we show a Depth Image-base Representation (DIBR) method to synthesize a picture from several existing reference pictures in a multiview environment. We also give a new method to encode the depth image efficiently and build a whole multiview encoding system where the images in the reference views are encoded by using MPEG-4 AVC and the other images are synthesized by DIBR.

NEW CAPABILITIES IN DIGITAL TELEVISION TECHNOLOGY

Keywords: DVB, MPEG-4, BIFS, wavelet transform, SPIHT

MPEG2, the image compressing method created in the 1990s and as one of today's most widely used procedures, provides the basis of baseband transmission in DVB technology. However, the requirements set out by the current multimedia applications exceed the capabilities of MPEG2 systems. These requirements are the driving forces of the development of the MPEG4 standard all over the world. The two major advantages offered by this latter compressing method are interactivity and algorithms featuring higher efficiency than those of the MPEG2 procedures [5,6]. Digital television is based on the MPEG2 standard, which is not furnished to support new possibilities, but, on the other hand, cannot be replaced since it is widely spread. A solution to overcome this issue is the integration of MPEG4 contents into the DVB system.

Contents

<i>DIGITAL PROGRAM DISTRIBUTION WITH TRADITIONAL AND NEW FEATURES</i>	1
Sándor Stefler Convergence of digital TV reception approaches	2
József Putz Future challenges in cable television	9
Dr. Tamás Egri State-of-the-art and actual Hungarian aspects of digital satellite broadcasting as seen by a satellite operator	15
Éva Balla Digital terrestrial radio broadcasting in Hungary and abroad	19
Ákos Sebestyén Overview and simulation of European digital terrestrial television broadcasting systems	27
Imre Kovács Past, present and future of HDTV	33
Dr. László Lois, Bálint Daróczy, Tamás Lustyik, Tibor Agócs, Tibor Balogh Multi-view video display and coding	41
Balázs Enyedi, Lajos Konyha, Csaba Szombathy, Dr. Tran Minh Son, Dr. Kálmán Fazekas New capabilities in digital television technology	52
Mobile Innovation Centre founded	58

Cover photo: Philips

Szerkesztőség

HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6-8.
Tel.: 353-1027, Fax: 353-0451, e-mail: info@hte.hu

Hirdetési árak

1/1 (205x290 mm) 4C 120.000 Ft + áfa
Borító 3 (205x290mm) 4 C 180.000 Ft + áfa
Borító 4 (205x290mm) 4 C 240.000 Ft + áfa

Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is

Szabó A. Csaba, BME Híradástechnikai Tanszék
Tel.: 463-3261, Fax: 463-3263
e-mail: szabo@hit.bme.hu

Előfizetés

HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6-8.
Tel.: 353-1027, Fax: 353-0451
e-mail: info@hte.hu

2005-ös előfizetési díjak

Hazai közületi előfizetők részére:

1 évre bruttó 31.200 Ft

Hazai egyéni előfizetők részére:

1 évre bruttó 7.000 Ft

Subscription rates for foreign subscribers:

12 issues 150 USD, single copies 15 USD

www.hte.hu

Felelős kiadó: NAGY PÉTER
Lapmenedzser: Dankó András

HU ISSN 0018-2028

Layout: MATT DTP Bt. • Printed by: Regiszter Kft.