

# HÍRADÁSTECHNIKA

XLII. ÉVFOLYAM

1991. DECEMBER

## DIGITÁLIS TELEVÍZIÓ

Merre tart a televízió-technika? .....	Ferenczy P.	1
Milyen mértékű bitsebesség-kompresszió lehetséges? Európai kilátások .....	Wood D.	2
A fogyasztó igénye és a technológia fejlődése .....	Gelijns M.	7
Képek és képszekvenciák adattömörítő kódolása .....	Fazekas K., Csillag P.	11
Nagyfelbontású televízió .....	Kovács I.	19

### Termékek – Szolgáltatások

A kábeltelvízió-rendszerek fejlődésének új irányai. Programozható fejállások .....	Zigó J.	32
--	---------	----

### Hírek – Események

Telecom '91 .....	Budinszky J.	35
VSAT hálózat magyar bankoknak .....		36
VSAT kísérletek engedélyezése .....		36
A Hewlett-Packard & Controll budapesti sajtótájékoztatója .....		37
A Hewlett-Packard & Controll pályázata UNIX munkaállomások alkalmazására .....		37
EBU/ETSI JTC értekezlet a televíziós rendszerekről .....	Vozák L.	37

### Nézetek – Vélemények

Mi lesz veled elektronika? .....		39
Hozzászólás a vitaindítóhoz .....	Halmi G.	40

# HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA

Felelős szerkesztő

BARANYI ANDRÁS

Rovatvezetők

KORMÁNY TERÉZ  
PRÓNAY GÁBOR  
SOMOGYI ANDRÁS

Szerkesztők

BARTOLITS ISTVÁN  
ELEKES JÓZSEF  
LADVÁNSZKY JÁNOS  
FÖLDVÁRINÉ OROSZ JULIANNA  
ANTALNÉ ZÁKONYI MAGDOLNA

Munkatársak

ANGYAL LÁSZLÓ  
BENEDIKTI ISTVÁN

Szerkesztőbizottság

TÓFALVI GYULA  
elnök

BERCELI TIBOR  
FRAJKA BÉLA  
FRIGYES ISTVÁN  
GORDOS GÉZA  
MOJZES IMRE  
PAP LÁSZLÓ  
SALLAI GYULA

Szerkesztőség  
Budapest II., Gábor Áron u. 65.

Postacím  
Budapest Pf. 15. 1525

Telefon: 135-1097  
135-3900

Telefax: 135-5560

**SZPONZOROK**



MAGYAR TÁVKÖZLÉSI VÁLLALAT



MAGYAR MŰSORSZÓRÓ VÁLLALAT



**MOTOROLA**

Siemens Telefongyár Kft.



**BHG**  
BUDAPEST



**TKI**

"AZ ÉPÍTÉS FEJLŐDÉSÉÉRT"  
ALAPÍTVÁNY

Előfizetési díj

Hazai előfizetők részére

1 évre 2900,— Ft, egyes számok 360,— Ft

HTE egyéni tagjai részére

1 évre 480,— Ft, egyes számok 60,— Ft

Külföldi előfizetők részére

1 évre 6 angol szám 60 USD, 12 szám 90 USD, egyes számok 15 USD

# MERRE TART A TELEVÍZIO-TECHNIKA?

**N**apjaink ma már közhelynek számító rohamos fejlődésében jelentős szerep jut a televízió-technika útkeresésének. Bár a szakma nagy része a professzionális elektronikai ipar területéhez tartozik, nem elhanyagolható hányada közvetlen közletről érinti a fogyasztói társadalom szinte minden rétegét, hiszen ma már szerte a világon a televízió-vevőkészülék ott van minden otthonban.

Ebben, az ezredfordulót megelőző évtizedben forradalmi változások várhatók a televízió-technika egész területén. Lehetne úgy is fogalmazni, hogy világszerte telítődött a televízió-vevőkészülék piaca és ezért van szükség a megújulásra, de ez csak részizgazság, mert a televízió-vevők körülbelül 10... 15 éves erkölcsi kopási ideje folyamatosan elegendő számú igényt jelent új készülékekre ahhoz, hogy a gyártók megtalálják a számításukat. Sokkal inkább számít az, hogy a magasszintű technológia egyre inkább piacképesé tesz teljesen új megoldásokat, szolgáltatásokat, rendszereket.

A legszembevetőbb változás valószínűleg az új, „szélesvásznú”, 16:9 képméretarány lesz. A hosszú évtizedeken át megszokott 4:3 régi mozivásznon méretarányt fokozatosan felváltja a mai cinemascope film formátumát idéző 16:9 arányú „cinetelevision” képábrázolás. Az átmeneti idő alatt — ami várhatóan hosszú éveket fog kitenni — együtt kell, hogy éljen a kétféle formátum. Természetesen az új képméretarány mellett a kép minősége is jobb lesz a mainál: a gazdagabb, részletdúsabb felbontás mellett az új televíziókép mentes lesz a jelenleg mindennapos kisebb-nagyobb képhibáktól. A High Definition Television négy betűjéből alkotott betűszó, a HDTV fejezi ki mindezt együttvéve, ami alatt azonban nemcsak a nagyfelbontású, valóság-hű televízióképet értik, hanem vele együtt a digitális hanglez, a CD hangminőségét megközelítő több egyidejű hangműsor átvitelének a lehetőségét is. Merőben más rendszertechnikát alkalmaznak Japánban, mint amilyenek a bevezetése várható akár Amerikában, akár Európában. Napjainkban teljes erővel dúl a HDTV rendszerek „háborúja”, aminek az ad még különös színezetet, hogy az amerikai javaslatokban (pl. a „Digicypher”) teljesen digitális kódolást és átvitelt alkalmaznak, míg a japán „MUSE” teljes egészében, a most születőben lévő európai HD-MAC pedig a képátvitelt illetően a klasszikus analóg technikára épül. Óriási a jelentősége a redundanciát csökkentő, a sebességet redukáló, sávzélesség-takarékos kódolási eljárásoknak, amelyeket mind a kép, mind a hang átvitelében sikerrel alkalmaznak.

Mindezek megvalósíthatósága annak köszönhető, hogy a csúcstechnológia a fogyasztói elektronika területén, ezen belül pedig különösen a televízió-vevőkészülékek, képmagnók, optikai képlemezjátszók esetében drámai minőségi változást hozott magával. A video- és hangjeleknek a televízió-vevőkészülékekben, képmagnókban, stb. történő digitális feldolgozása ma már megoldottnak tekinthető, különböző cégek (pl. IIT, Philips, Thomson, Siemens) egymástól eltérő rendszertechnikai megoldásokkal létrehoztak igen nagy bonyolultságú VLSI integrált áramköri családokat, amelyek természetesen alkalmasak a televízió-vevőkbe, magnókba beépített digitális

képtárolók vezérlésére, kiszolgálására is. A képtárolók alkalmazásával elképesztő sokféleségű új szolgáltatás válik egy csapásra megvalósíthatóvá. Így például a többszörös kép-a-képben, kép nagyítása, ill. kicsinyítése, műsor-kép megállítása, ill. „befagyasztása”, mozgásfázisok megőrzése, zajcsökkentés, művészi hatások stb. csak kiragadott példák. Képtárolóval és megfelelő vezérléssel a televízió-vevőben megoldható az is, hogy a képernyőn — kicsinyített méretekben — egyidejűleg egy kábeltelevízió csatlakozón érkező több tucat televízióműsort gyakorlatilag egyidejűleg figyelni lehessen.

A televízióműsorok jövőbeni terjesztését egyre növekvő mértékben fogják átvenni a műholdas és a lényegében ezekre épülő kábeltelevízió (CATV), majd később a most kialakulóban lévő ISDN (integrált szolgáltatású digitális hálózat) rendszerek. Ez idő szerint a Magyarországon jó minőségben vehető műholdas adások száma meghaladja az 50-et és számuk szinte hónapról hónapra nő. Az IntelSat, Eutelsat, Astra, TV-Sat, TDF, Kopernikus, Olympus mesterséges holdak hálózata folyamatosan bővül és így mind a távközlési, mind a DBS (közvetlen sugárzó) műholdas televízió- és rádió- (!) műsorok kínálata is állandóan növekszik.

Nem szükséges külön hangsúlyozni, hogy mindezek hazai vonatkozása igen nagy jelentőségű, mivel itt — ha most másról nem is beszélünk — olyan nagy vásárlóképes kereslet húzódik meg, amelyet nem lehet és nem is szabad figyelmen kívül hagyni. Ellentmondásos időköt élünk, nehéz hónapokon megy át az egész ország. A gyökeres gazdasági átalakulás szükségszerűen együtt jár egyebek között a híradástechnikai iparág teljes átalakulásával, megújulásával is. Még nem látszik világosan a „hogyan tovább”. A híradástechnika folyóirat jelen számának célkitűzése eredetileg az volt, hogy megpróbáljuk benne összegyűjteni egy-egy szakértő tollából azokat a főbb témaköröket, amelyek közös neve televízió-technika, azonban a televíziós szakma szerteágazó szakterületeit csak részben lefedő cikkek kerülhettek ebbe a válogatásba. Ennek ellenére bízunk abban, hogy lapunk olvasótáborára számára tudunk olyant nyújtani, ami érdeklődésre tarthat számot, ami gondolatokat ébreszt és ami segít ezen a téren is az előbbrejutásban.



**Ferenczy Pál** a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán végzett mint okleveles villamosmérnök. Ezt követően az Egyetem Vezetéknélküli Híradástechnika Tanszékére került 1954-ben. Jelenleg egyetemi tanárként a jogutód Híradástechnikai Tanszék vezetője.

1980 óta a műszaki tudomány doktora. 6 éven át volt a Villamosmérnöki Kar tudományos dékánhelyettese, míg 13 éven át nemzetközi elnöke volt az IEC „Oscilloszkópok” Műszaki Bizottságának és számos IEC munkacsoportban dolgozott.

Főbb kutatási területei a rádió- és televízió- műsorszórás, a teletextszolgáltatás, valamint a video- és hangjelek kódolási és dekódolási problémái. Kutatási tevékenységéről számos hazai és nemzetközi publikáció mellett 12 egyetemi jegyzet és 4 többszörösen kiadott szak-könyv számol be.

Tagja az IEEE-nek, a HTE-nek, alapító tagja a Magyar Mérnökakadémia-nak.

# MILYEN MÉRTÉKŰ BITSEBESSÉG-KOMPRESSZIÓ LEHETSÉGES? EURÓPAI KILÁTÁSOK\*

DAVID WOOD

EURÓPAI MŰSORSZÓRÓ UNIÓ (EBU)  
GENF, SVÁJC

A cikk a szerzőnek a Montreux-i Nemzetközi Televízió Szimpozionum tartott előadása. Összefoglalja a jövőbeni digitális televízió műsorszóráshoz elkészült és fejlesztés alatt álló kódér-dekóder rendszereket és ismerteti az összefüggéseket a képminőségi kritériumok, ill. az átviteli rendszer és a kódér-dekóder rendszerek bitsebessége között.

## 1. BEVEZETÉS

Európában már több, mint húsz éve foglalkoznak a televízióban alkalmazható bitsebesség csökkentésével. A hatvanas évek közepe óta általánosan elismert elv, hogy a jövő televíziója digitális lesz, és lényegében véve egy olyan digitális átviteli rendszerre van szükség, amely alapvetően átlátszó a forrásjelre nézve. Az évek során egyre javult az egy adott bitsebességgel elérhető képminőség, ami annak a következménye, hogy szaporodtak a tapasztalatok, egyre nagyobb lett a megszerzett tudás mennyisége és rendelkezésre állt a nagyfokú integrálási technika.

Mintegy alap-vonatkoztatási szintként az EBU-ban 1981-ben megvizsgáltuk az akkor elérhető 20–30 Mb/s bitsebességű digitális kódér-dekóder rendszerek minőségét, mint olyanokét, amelyeket fel lehetne használni a közvetlen műholdas műsorszórási (DBS) területén. Abban az időben a fogyasztói elektronikai készülékekben leginkább felhasználható DPCM rendszerek a PAL kódolással elérhetőnél valamivel gyengébb minőséget szolgáltattak.

Most, tíz évvel később úgy tűnik, a helyzet drámai módon megváltozott. Olyan bejelentések látnak napvilágot, hogy ma már a fogyasztói elektronikai készülékekben akár a nagyfelbontású televízió (HDTV) képminőségét is el lehet érni kevesebb, mint 20 Mb/s bitsebességgel.

Vajon igaz lehet mindez? Valóban eljutottunk ilyen gyorsan, ilyen messzire?

Európában meglehetősen nagy erőket alkalmaznak a bitsebesség csökkentésével kapcsolatos kutató és fejlesztő munkára és a kutatóknak, fejlesztőknek nincsenek előítéleteik a tekintetben, hogy mit lehet e téren elérni. Ennek ellenére kezd kialakulni egy ilyen álláspont, hogy mindezek előtt megfelelő kritériumokat és módszereket kell kialakítani a kódér-dekóder együttesek minősítésére, mielőtt túl messzire mennénk olyan bejelentésekkel, hogy egy adott kódér-dekóder elrendezés valójában mire is képes.

Az EBU tagok mindig a megbízásuk részének tekintették, hogy a legmagasabb szintű műszaki minőséget nyújtó szolgáltatásokat biztosítsák. Ennek a cikknek a célkitűzése az, hogy összefoglalást adjon azokról az Európában folyó tevékenységekről, amelyek egy kódér-dekóder elren-

dezés minőségi mutatóit próbálják meghatározni úgy, ahogy azt ez idő szerint helyesnek látjuk, és végezetül megkíséreljük megtenni az első lépést abban az irányban, hogy körvonalazzuk az alapvető összefüggést a bitsebesség és az elérhető képminőség között.

## 2. JELENLEGI KÓDER-DEKÓDER FEJLESZTÉSI EREDMÉNYEK

### 2.1. 4:2:2 kódér-dekóder összeállítás

A 80-as évek közepén — miután világszerte megegyezés jött létre a CCIR 601 számú publikációjában leírt digitális stúdiószabvány (4:2:2) kérdésében — nyilvánvalóvá vált, hogy e 601-es publikáció széleskörű felhasználhatóságának biztosítására szükség van egy kódér-dekóder szabványra, amely lehetővé teszi a nagytávolságú, két pont közötti átvitelt.

Célszerűségi okokból a két pont közötti összeköttetéseket két csoportra osztották: műsor-csere átvitelekre és műsor-szolgáltató átvitelekre. A műsorcsere átvitelek lényegében két stúdió közötti forgalmat jelentik, ahol a fogadó stúdióban várhatóan további jelfeldolgozás fog még végbemenni, míg a műsor-szolgáltató átvitelek tipikusan a stúdióból az adóállomásra történő összeköttetést jelentik, ahol már nem kerül sor további jelfeldolgozási műveletekre.

A két átviteli kategória különböző műszaki követelményeket támaszt a kódér-dekóder elrendezések műszaki paramétereivel szemben. Általában elmondható, hogy egy olyan rendszer, amely a forrás minőségére nézve átlátszó, elegendő a műsorszolgáltató típusú átvitelek számára. Ugyanakkor viszont kell, hogy némi redundancia maradjon a videojelben akkor, ha az — az átvitel után — egy másik stúdióban még további feldolgozásra kerül, mint például trükk-keverés, vagy lassított visszajátzás.

Öt évvel ezelőtt az EBU lefektetett egy sor követelményt mind a stúdiók közötti, mind a műsorszórási átvitelre használt kódér-dekóder elrendezés műszaki paramétereire. Ezek lányege az, hogy egy teljes értékű (stúdiók közötti) kódér-dekóder elrendezés bitsebessége kb. 140 Mbit/s kell, hogy legyen, míg a műsorok szétosztását végző kódér-dekóder pár bitsebessége nagyjából 34 Mbit/s értéknél megfelelő. Ez utóbbiba még kismértékű további jelfeldolgozási redundancia-tartalmat is beleszámítottak.

\* Ez a cikk először a Montreux-i Nemzetközi Televízió Szimpozionum (MITS) került előadásra 1991 júniusában.

Nem sokkal később számos EBU tagország kifejlesztette a saját 140 Mbit/s kóder-dekóder elrendezést, amely teljes egészében teljesítette a műsorcserekre lefektetett követelményeket. A szükséges bitsebesség redukciója körülbelül 2:1 arányú, amit DPCM rendszerrel valósítottak meg. A fejlesztés aránylag zökkenőmentes volt, és az EBU ezt a kóder-dekóder elrendezést el is fogadta.

A műsorcserekre csak kismértékben alkalmas 34 Mbit/s bitsebességű kóder-dekóder pár fejlesztése már sokkal bonyolultabb volt. Kezdetben két irányzat állt egymással szemben, amely — valószínűleg csak véletlenül — elválasztotta egymástól Észak- és Dél-Európát. Az egyik szemlélet lényegében a mozgás-kompenzálást DPCM-mel megvalósító rendszer mellett tört lándzsát, míg a másik tábor a transzformációkon alapuló megoldást támogatta, amire a VLSI technológia magas fejlettségi szintje adott biztatást. Ez utóbbi megvalósíthatóságát különösen a DCT (Diszkrét Koszinusz Transzformáció) látszott biztosítani, mivel ez jól kiegyenlíti a kismértékű számítás-technikai igényt a maximálisan megtartható információval szemben.

Időközben szubjektív kiértékelések sorozatát végeztek el DPCM és DCT rendszereken, aminek eredménye az lett, hogy a DCT megoldás 34 Mbit/s bitsebességnél minőségileg jobb képet nyújt kritikus képanyagok esetén.

Ez végül is egy olyan, minden résztvevő számára elfogadható világ-szabványú kóder-dekóder elrendezést eredményezett, amely bizonyos mértékig egyesítette a különböző megközelítések előnyös tulajdonságait. A megegyezés hibrid-DCT rendszerként vált ismertté. Alapjában véve a DCT eljárást több különböző módon is lehet alkalmazni attól függően, hogy az egyes mintavett blokkok tartalma milyen. Ez jelentheti akár azt, hogy magukra a mintákra, akár a predikciós hibákra kell alkalmazni a DCT-t. Ez utóbbi esetben a DCT-t a DPCM együtthatókra alkalmazzák, innét származik az elnevezés: hibrid-DCT. A predikció értékét vagy az előző félképből (inter-field), vagy az előző teljes képből (inter-frame) lehet kiszámítani. Mozgáskompenzálás ugyancsak lehetséges az egyik módban. A módot a predikciós hiba minimális értéke alapján választják, blokkról blokkra haladva.

A DCT eljárás után változó hosszúságú kódot (VLC) alkalmaznak az együtthatókra, és az adatokat egy elválasztó tárolóba teszik. Az adatok kiolvasása az elválasztó tárból állandó sebesség mellett kell, hogy történjék, függetlenül a blokkról blokkra változó információsebességtől. Ezért az elválasztó tár tartalmát a rendszer szabályozására használják oly módon, hogy a DCT együtthatókat csonkolják és nemlineáris kvantálást használnak.

Amíg a rendszer alapelemeivel kapcsolatban megegyezés jött létre, addig véleménykülönbségek merültek fel Európában a felhasznált optimális VLC rendszer vonatkozásában. Egyszerűen fogalmazva a VLC egy olyan kikereső táblázatnak tekinthető, amelynek célja a gyakran előforduló kódoknak sokkal rövidebbekkel való helyettesítése. Minél nagyobb és bonyolultabb a VLC rendszer, annál nagyobb a hatékonysága. A probléma megtalálni az optimális középutat a képminőségjavulás és bonyolultság között. E tekintetben eltértek egymástól az álláspontok.

Szerencsére ez a probléma is megoldódott és megegyezés jött létre egy meghatározott rendszerre nézve. Az elfogadott kód ugyan nem a lehető legbonyolultabb rendszer volt, de úgy látszott, hogy a bonyolultság további fokozása már nem eredményez jelentős minőségi javulást 34 Mbit/s esetén.

Így végeredményben az EBU keretein belül jelenleg

megegyezés jött létre két kóder-dekóder elemeire nézve, mindkettő a 4:2:2 jelek átvitelére szolgál.

A 140 Mbit/s kóder-dekóder pár tökéletes átlátszóságot és feldolgozási tartalékokat biztosít és konstrukciója aránylag törésmentes. Valószínűleg rövid távolságok esetén kerül majd felhasználásra, ahol az összeköttetések költsége kicsiny.

A 34 Mbit/s kóder-dekóder rendszer látszólagos átlátszóságot és némi tartalékokat biztosít és felépítése viszonylag bonyolult. Felhasználási területe várhatóan a hosszabb távolságok, mint pl. Eurovision esetén kifizetődő, ahol az összeköttetésben a megtakarítás a bitsebességben már behozza a drágább kóder-dekóder pár alkalmazását.

E 4:2:2 kóder-dekóder rendszerek mindkét végén ugyancsak jelentős fejlődés ment végbe az elmúlt időben.

## 2.2. Alacsony minőségi szintű kóder-dekóder párok

Kisebbségi igényű kóder-dekóder párok kifejlesztésére megindult a munka az IEC és az ISO MPEG szervezeteken belül, európai részvétellel. Egy általános, 1–1,5 Mbit/s kóder-dekóder pár fő elemeire nézve létrejött egy megegyezés. A kóder bemenő jele a 601 Ajánlás szerinti 4:2:2 jel, azonban szűréssel negyedrésszére csökkentik a felbontást, mielőtt sor kerülne a DCT kódolásra. Az így létrejövő képminőség — úgy tűnik — megfelel a VHS (házi képmagnó) minőségének. Ez a fajta becslés a felbontást illetően nem indokolatlan ugyan, de az bizonyos, hogy nehéz összehasonlítani két eljárás minőségét akkor, amikor különböző fajtájú képhibákról van szó. Az EBU-ban mi nem hisszük, hogy ez a kóder-dekóder pár műsorszórás célokra közvetlenül fel lesz használva, de természetesen nagyon érdekel bennünket a berendezés teljes kiértékelése.

Az ISO/IEC MPEG Munkacsoport ez idő szerint magasabb szintű rendszerek irányában tevékenykedik. Ugyancsak létrejött Európában egy csoport, amelynek célja egy 10 Mbit/s bitsebességű kóder-dekóder együttes kifejlesztése. Ennek, és a világ más részein folyó hasonló munkáknak van esélye az IEC/ISO szabványosítási folyamatában. Az eddigi tapasztalataink szerint úgy tűnik, hogy egy ilyen hibrid-DCT elvet alkalmazó kóder-dekóder párral körülbelül el lehet érni a PAL kódolás minőségét.

## 2.3. Magas minőségi szintű kóder-dekóder párok

Ami a magasabb szinteket illeti, itt is jelentős fejlődés tapasztalható. Az EBU szorgalmazza, hogy műholdas műsorszórás céljára a 20 GHz frekvenciasávban jelöljenek ki csatornákat a legkiválóbb minőségű nagyfelbontású televízió (HDTV) számára. Azt még nem tudjuk, mekkora bitsebességet fog ez igényelni, de az eddigi néhány év tapasztalatai alapján azt mondhatjuk, hogy a 140 Mbit/s szolgálhat referencia-alapként, legalábbis a tervezés időszakában. Szándékunkban áll 1992-ben Spanyolországban, a WARC konferencián bemutatni egy stúdió-minőségű, átlátszó HDTV rendszert műsorszóró környezetben.

A jövőbeni műsorszóró HDTV szolgáltatás célját szolgáló kódolási eljárások — nagy vonalakban — hibrid-DCT, vektorkvantálás és frekvenciaszakasz-kódolás alkalmazásával fognak létrejönni. Az elkövetkező években ezeket a kódolási változatokat igen gondosan meg kell vizsgálni több szempontból is, így képminőség, letérési jellemzők és vevőbonyolultság figyelembevételével.

Rövid távra nézve Európában négy tervről tudunk, amelyek célja digitális HDTV kóder-dekóder párok kifejlesztése. Szorosan nyomon követjük az illető szervezeteknél folyó fejlesztő munkákat.

Az érintett csoportok a következők: Az IRT — Siemens Csoport 140 Mbit/s kóder-dekóder párt fejleszt műsorszétoztás céljára hibrid-DCT alkalmazásával. A RACE Hivits terve 140 Mbit/s kóder-dekóder rendszer létrehozása stúdiók közötti forgalom céljára, ugyancsak hibrid-DCT felhasználásával. Az EUREKA 256 terv egyidejűleg több kóder-dekóder pár fejlesztését is célul tűzte ki: ezek között szerepel egy 70 Mbit/s műsort szolgáltató kóder-dekóder és egy 140Mbit/s műsorcsere célját szolgáló kóder-dekóder pár. Végül az FTZ/Hannoveri Egyetem egy frekvenciaszakasz-kódoláson alapuló 140 Mbit/s kóder-dekóder pár kifejlesztésén dolgozik, amelynek felhasználási területe a HDTV műsorszolgáltatás, de aminek lesz egy 70 Mbit/s bitsebességű DCT változata is.

Szemmel látható, hogy a hibrid-DCT irányában jelentős az elmozdulás, amit nyilván az motivál, hogy ezek az eljárások igen jó eredményeket hoztak a 34 Mbit/s kóder-dekóder párok esetén. Azonban legalább tíz év kell még ahhoz, hogy Európában megindulhat a 20 GHz frekvenciatartományban a HDTV közvetlen sugárzása, így nem lenne értelme már ma arról beszélni, hogy milyen legyen ez a műsorszóró rendszer. Sokkal észszerűbb várni addig, amíg ez a határidő közelebb nem kerül, hogy így maximálisan ki lehessen használni a technológia fejlődésének eredményeit.

Rövid távon azonban a jelenleg fejlesztés alatti rendszerek jól szolgálhatják a két pont közötti átvitelek célját és bizonyára nagyban segíteni fognak annak a bizonyításában, hogy a digitális műholdas műsorszórás elérte a megvalósíthatósági szintet.

A felhasználó-orientált VLSI áramkörök működési sebességének a felső korlátja valamennyi HDTV kóder-dekóder pár esetén szükségessé teszi a párhuzamos jelfeldolgozás különböző formáinak az alkalmazását.

Ténylegesen az a helyzet, hogy számos HDTV kóder-dekóder konstrukcióban a 34 Mbit/s rendszerek építőelemként benne vannak. Abban azonban különböznek, ahogy a teljes képet kialakítják. Például az EUREKA 256 rendszerben a képet alapvetően négy oszlopra bontják. A RACE Hivits kóder-dekóder párban a kép vízszintes sávokra tagozódik. Mindegyik eljárásnak megvannak a maga előnyei.

Mi eddig még nem végeztünk formális szubjektív kóder-dekóder kiértékeléseket, de megvizsgáltunk három szimulációval modellezett hibrid-DCT rendszert. Kisebb különbségek adódtak bizonyos kritikus vizsgálójel-sorozatok esetén, de más képanyagoknál nem voltak észrevehető hibák. A rendszerek minősítése azonban különböző sorrendet eredményezett attól függően, hogy melyik kritikus vizsgálójel-sorozatot alkalmaztuk, így aztán jelenleg egyik rendszert sem lehet kiemelni azzal, hogy jelentősen jobb a másik kettőnél.

Természetesen az európaiak nem tévesztették szem elől mindazt a kutató-fejlesztő munkát, ami ez idő szerint Észak-Amerikában folyik a digitális HDTV rendszernek a földi műsorszórásban történő bevezetése terén. Nyilvánvalóan Európában is igen érdekes, hogy milyen lehetőségek vannak egy digitális földi rendszert illetően. Észak-Amerikában a rendszereknek illeszkedniük kell a földi tv-csatorna kiosztásához, aminek alapját a 6 MHz csatorna-sávzélesség képezi. Európában ez az érték 7, vagy 8 MHz. Ha ugyanazokat a megszorításokat tennők

az európai rendszerekre, úgy nálunk valamivel több hely lenne, de nem sokkal több. A megvalósítható bitsebesség ebben a sávzélességben valószínűleg a maximum 25 Mbit/s érték körüli, beleértve az előre irányuló hibajavítást és a hangot is.

A hibrid-DCT eljárással nyert eddigi tapasztalataink alapján azt kell mondani, hogy ez a mértékű bitsebesség-csökkentés elfogadhatatlan HDTV minőségromlást okozna kritikus vizsgálati anyagok esetén, bár le kell szögezni, hogy a mozgáskiegyenlítés nyert előnyök kiaknázását még nem volt lehetőség teljes egészében értékelni.

Ez vezet el bennünket ahhoz a problémához, hogy általában áttekintsük azokat a módokat, ahogyan kóder-dekóder párok teljesítményét értékelni és értelmezni lehet. Ezzel a témával foglalkozik a következő fejezet.

### 3. KÓDER-DEKÓDER PÁROK TELJESÍTMÉNYÉNEK ÉRTÉKELÉSE

#### 3.1. Kóder-dekóder párok értékelésének problémái

Adaptív rendszerek teljesítőképességének objektív mérése alapvető problémákat vet fel, és általában leszögezhető, hogy ilyen rendszerek minőségi jellemzőit nem lehet vizsgálni adott paraméterű vizsgálati jelekkel, vagy az átvitt jelen végzett bármilyen más vizsgálati jelekkel. Sajnos nincs közvetlen kapcsolat a mérési eredmények és a szubjektív képminőség között. Képrajzadási hibák attól függően lesznek többé, vagy kevésbé láthatók, vagy zavaróak, hogy milyen volt a képtartalom, és hogy milyen a hiba megjelenési formája.

Az egyetlen módszer egy rendszernek az értékelésére a szubjektív megtekintéssel történő vizsgálat.

Szerencsére az ilyen vizsgálatok módszereit már gondosan kidolgozták és megbízható, megismételhető eredmények kaphatók, ha a megfelelő eljárást alkalmazzuk. A szubjektív kiértékelés eredménye egy átlagos minőségi, vagy hibaosztályzat, ami egy adott képhez, vagy képsorozathoz tartozik. A célja ennek az, hogy az átlagnézőre vonatkoztatott átlagos véleményt tükrözze.

Az mindig is ismert volt, hogy a képtartalom meghatározó szerepet játszik egy hiba észrevehetőségében, illetve elviselhetőségében, de a digitális kóder-dekóder párok vizsgálata esetén ez még fokozottabban igaz.

Digitális kóder-dekóder párok is — hasonlóan az analóg rendszerekhez — megbukhatnak, de mivel a hibák ug-rásszerűen jelennek meg, ez az elbukás sokkal meredekebben következik be.

E megfontolások azt sugallják, hogy a digitális kóder-dekóder rendszerek új világa a rendszer jellemzőinek meghatározását lehetővé tevő új eljárások kialakítását teszi szükségessé.

#### 3.2. A képtartalom-elbukás jelleggörbéje

Ideális körülmények között arra az összefüggésre van szükség, amely megadja a kapcsolatot egy adott képtartalom fellépésének valószínűsége és a képminőség között akár jósági, akár hibaosztályzat formájában. Ezzel az információval, ami egy görbe, lehetséges a kóder-dekóder együttesek elfogadható összehasonlítása. Ez az, amit a képtartalom-elbukás jelleggörbéjének hívnak.

Alapos megfontolás tárgyát képezi az, hogy mi módon lehet e görbét meghatározni. Az egyik javaslat szerint egy négy lépcsős eljárást kell követni.

1. lépés:

Ki kell választani azt a kulcs-paramétert, amely egy adott algoritmus esetén befolyásolja a működés jóságát. Ez lehet például a predikciós hiba entrópiája. Ennek elnevezése a „kritikussági index”, ami a kérdéses algoritmusra vonatkozik.

2. lépés:

Meghatározásra kerül az az összefüggés, amely kapcsolatot létesít a kritikussági index értékei és egy adott program-képsor előfordulási valószínűsége között. Ez elvégezhető például úgy, hogy a normál műsorból véletlenszerűen kiemelt nagyszámú képsort megvizsgálunk.

3. lépés:

Szubjektív értékelést végzünk olyan anyagok esetén, amelyek kiválasztása a kritikusság tartományának mintavételezésére szolgál. Ezzel megkapjuk a jóság (vagy hiba) görbéjét a kritikussági index függvényében.

4. lépés:

A 2. és 3. lépéssel nyert információkat egybevetve megkapjuk a keresett képtartalom-elbukási karakterisztikát, vagyis az előfordulás valószínűségét mint a minőség függvényét.

Általában kívánatos, hogy egy egész görbecsaládot kapjunk, amelyek mindegyike egy adott kóder-dekóder elrendezésre vonatkozik.

Az információ-feldolgozást egy lépéssel még tovább lehet vinni, ha egy bizonyos jósági, vagy hibaosztályzat közepes értékét vesszük, például 4,5-ös osztályzatot, és a bitsebesség függvényében ábrázoljuk a 4,5 érték elérésének valószínűségét, feltéve, hogy ez egy értelmes változó a vizsgált kóder-dekóder pár vonatkozásában.

### 3.3. Közbenső értékelési kritériumok

A fenti módszer kétségtelenül egy jól megalapozott eljárás és szemléletesen segít megérteni azt, hogy mi történik a képminőséggel a különböző algoritmusok, illetve bitsebességek alkalmazásakor. Sajnos azonban ezek az elképzelések és magának a módszernek a megvalósítása Európában még aránylag gyerekcipőben jár.

Ebben az átmeneti időben szükség van olyan értékelési normákra, amelyek átmeneti iránymutatóként használhatók.

Olyan rendszerek esetén, mint például a hibrid-DCT, vannak képek és képsorok, amelyek együttható-csonkításhoz vezetnek, és vannak olyanok is, amelyek ezt nem eredményezik. Ezért aztán kis használati értéke van az olyan képek és képsorok vizsgálatának, amelyek nem járnak együtt az elválasztó tár szabályozásával. Ezek a képanyagok mindig hibátlannak fognak minősülni és nem mondanak számunkra semmit a rendszer korlátairól, ami valójában az értékes információt jelentené. A CCIR által is jóváhagyott szubjektív értékelési módszerek olyan vizsgálató anyagokat írnak elő, amelyek kritikusak, de nem indokolatlanul azok, az éppen vizsgált berendezésekre vonatkoztatva. Ezek az eredmények természetesen nem jellemzik a rendszernek azt a teljesítő képességét, amely adódna akkor, ha a teljes műsoranyagot használtuk volna, de ezt mindig így is értjük, és ennek megfelelően használjuk azokat fel.

Hibrid-DCT esetén a kritikus anyag felölelne olyan jeleneteket, amelyeken a teljes képmező összetett mozgás látható, valamint olyan anyagokat, amelyek térbeli/időbeli tartalma próbára teszi a forrás sávzélességét, továbbá színek és alakzatok gazdag variációt vonultatja fel.

A közelmúltban tárgyalások folytak a CCIR JIWP 10-11/6 számú egyesített munkacsoportjában arról, hogy a

fentieknek megfelelően mi legyen a kritériuma azoknak az anyagoknak, amelyek alkalmasak a „nagy felbontású televízió” címnek megfelelő rendszerek vizsgálatára.

Ahogy a 2. fejezetben már említettük, az EBU kéri a 20 GHz frekvenciasávban a nagy felbontású DBS szolgáltatások céljára a jövőben használható frekvenciák kijelölését. Ezen túlmenően a szándék az, hogy ezek a szolgáltatások a HDTV stúdió felé egy átlátszó HDTV lehetőségét nyújtsák, legalábbis a képminőség szempontjait figyelembe véve. Jelenleg az a véleményünk, hogy ilyen rendszereknek el kell vezetniük 12%, vagy annál kisebb közepes minőségi osztályzatkülönbségekhez (mintegy fél osztályzatnyi) stúdiószabvány és sugárzási szabvány között érve, felhasználva a kettős ingerű folyamatos minőségi skála módszerét.

Sokkal bonyolultabb minőségi kritériumokat rendelni olyan HDTV szolgáltatásokhoz, amelyek a földi műsor-szórás szokásos csatorna-sávzélességében, vagy akár a jelenlegi DBS csatornákon kívánnak műsort sugározni. Azonban még ezekben az esetekben is kiindulási alap lehet egy kb. 25%-nál kisebb várható minőségi osztályzateltérésnek a feltételezése.

## 4. A MINŐSÉG ÉS A BITSEBESSÉG ÖSSZEFÜGGÉSE

Sajnos jelenleg még nem rendelkezünk elegendő információval ahhoz, hogy világosan lássuk a képtartalom és a bitsebesség közötti összefüggést. Ahogy fentebb már említettük, valójában egy három dimenziós felületre van szükségünk, amit meghatároz a minőségi osztályzat, az előfordulási valószínűség és a bitsebesség.

Továbbmenve ilyen minőségfelület csak egy bizonyos algoritmusra lenne érvényes és azon belül is csak egy adott beállítási tartományra.

Azonban valahonnan el kell indulni és talán érdekes lehet beszámolni azokról a vizsgálatokról, amelyeket az EUREKA 256 csoport végzett az ő saját hibrid-DCT rendszerükön. Ők a képminőség és bitsebesség közötti kapcsolatot vizsgálták több, nem indokolatlanul kritikus képsorral. E képsorok a következők voltak: „Renata”, „A Kiel-i kikötő”, „Mozgás és naptár” és „BBC forgó tárcsa”. Az értékelést kicsinyített léptékű szimulációval végezték. Azt találták, hogy az átlagos képminőség közel a forrás minőségének szintjén maradt lefelé menve egészen a kb. 45–50 Mbit/s bitsebességig, ennél kisebb sebességnél viszont aránylag gyors minőségcsökkenést tapasztaltak.

Nem szabad azonban ezt az eredményt teljes analízisnek tekinteni és kimondani, hogy a 45–50 Mbit/s az alsó határ, ha a kritikus képsorok minőségi osztályzatánál csak maximum egy jegy eltérést (25% DSCQS) engedünk meg a forrás minőségéhez képest. Ez az értékelés csak egyetlen hibrid-DCT rendszer vizsgálatából adódott; és számunkra ez idő szerint nem ismertek az észak-amerikai rendszerjavaslatokban a tervezett beállítások és mozgás-ki egyenlítések típusai. Az mindenesetre érthető a fentiekből, hogy az európaiak meglehetősen óvatosak abban a tekintetben, hogy igen kicsiny bitsebességű rendszereken kritikus HDTV képsorokat lehet-e hibátlannal átvinni.

Ezért aztán le kell szögezni, hogy még igen sok a tennivaló, amíg eljutunk odáig, hogy kijelenthetjük: egy adott bitsebesség mellett mit lehet és mit nem lehet elérni, de a munka mindenesetre elkezdődött.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Nincs kétség afelől, hogy a műsor-szórás jövője — legalábbis hosszú távon — a digitális műsorgyártáson, továbbításán és sugárzáson fog alapulni.

A hagyományos televízió esetén két pont közötti átvitel céljára hibrid-DCT rendszerekben 34 Mbit/s, illetve DPCM rendszerekben 140 Mbit/s bitsebességek irányába kell haladni. Ennél kisebb bitsebességű rendszerek — amelyek főleg fogyasztói elektronikai felhasználásokat céloznak meg — fejlesztése megtörtént, illetve folyamatban van. E pillanatban ezek műsorszórásra történő felhasználása Európában nem világos.

Nagy felbontású televízió céljára egy sor 140 Mbit/s bitsebességű kóder-dekóder berendezést fognak alkalmazni annak bizonyítására, hogy lehetséges közvetlen műholdas műsorszórásban stúdióminőségű HDTV jelátvitel. A legtöbbje hibrid-DCT berendezést használ.

Annak megállapítása még hátravan, hogy mekkora a lehető legkisebb bitsebesség, amit HDTV jelek műsorszórás célú továbbítása megkíván és következésképpen ugyancsak megállapításra vár az is, hogy lehetséges-e a

földi műsorszórásban digitális HDTV kódolás alkalmazása. Ez ideig Európában nincs arra bizonyíték, hogy kb. 50 Mbit/s sebességnél lassúbb rendszerekkel lehetséges lenne kritikus képanyagok hibátlan átvitele, de a kérdés még nincs lezárva.

A kóder-dekóder rendszerek teljesítő képességének maradéktalan megértéséhez — különösen kis bitsebességű rendszerek esetén — az algoritmusok számára meg kell határozni a képtartalom-elbukás jelleggörbáját.

## 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

E cikkben kifejtettek a szerző véleményét tükrözik, de a leírt munkálatok az EBU Műszaki Bizottságában, annak Munkacsoportjaiban, Alcsoportjaiban és Szakértői Csoportjaiban folytak.

# NOW MUCH BIT-RATE REDUCTION IS POSSIBLE? EUROPEAN PERSPECTIVES

D. WOOD

EUROPEAN BROADCASTING UNION

In the paper, presented at the Montreux Television Symposium, codec systems under development and intended for future digital television broadcasting are presented, and relations between picture quality criteria and the transmission system or codec bit-rates are presented.



**David Wood** az EBU genfi központjában a III. sz. „Új Rendszerek és Szolgáltatások” Osztályának vezetője. Az EBU (Európai Műsorszóró Unió) szervezetébe tömörülnek az európai nemzeti Műsorszóró Vállalatok és az szervezeten keresztül képviseli a tagokat minden a közösséget érintő ügyben. Wood úr jelenleg a CCIR 11A jelű munkacsoportjának (WP) az elnöke, amelynek témája a hagyományos és a továbbfejlesztett televíziótechnika. A digitális és a nagyfelbontású televízió témaköréből számos

cikke jelent meg a szakirodalomban. Speciális szakterülete a televízióképek minőségi kiértékelése.



# A FOGYASZTÓ IGÉNYE ÉS A TECHNOLÓGIA FEJLŐDÉSE\*

M. GELIJNS

PHILIPS COMMUNICATIONS & PROCESSING SERVICES  
INTERNATIONAL B.V., EINDHOVEN, HOLLANDIA

A Nemzetközi Televízió Szimpóziumon elhangzott előadás a fogyasztó szempontjából vizsgálja a HDTV várható elterjedési korlátait. Felhívja a figyelmet a HDTV készülékek rendkívül magas árára, helyigényére és kompatibilitási problémáira. Kitér a HDTV technikának a számítógépes munkaállomásokon lehetséges hasznosítására.

Hölgyeim és Uraim, nagy örömmre szolgál, hogy ma szólhatok önökhöz. Mély hatással van rám, hogy olyan hallgatóságnak adhatok elő, amelyben ilyen szép számmal vannak jelen szakértők a televízió műsorszórás és a kábeltelevízió szakterületéről, de ugyanakkor önök egyúttal fogyasztók is, így szeretném gondolataimat megosztani önökkel. A fogyasztó, akit önök itt látnak, elhatározta, hogy egy egzotikus vakációra költi a pénzét.

Miért ezzel kezdem? Nos, a 90-es éveknek az a két legnagyobb iparága, amely ugyanannak a fogyasztónak a pénzéért versenyez, nem más, mint a vakáció-ipar és az elektronikai iparág. Mindkettőnek van professzionális oldala: ebben a szektorban az üzleti utazó és az iparos egyaránt fogyasztó. A fogyasztóval kapcsolatban mindkettő arra törekszik, hogy az a pénzét és idejét fordítsa szórakozásra, tanulásra, információra, egyéni szenvedélyeire. Ugyanakkor mindkettő igyekezni fog, hogy a portfólióját olyan tetszetőssé tegye, amennyire csak lehetséges, és ennek az a következménye, hogy mind a beruházások, mind az energiák a jobb szolgáltatások és a jobb minőség elérésére fognak irányulni.

Ezek a beruházások évekként a piac várható növekedése elé tekintenek, illetve kell, hogy tekintsenek. Mintegy példaként említtem azt a hatalmas vásárlási lázat, amely jelenleg tapasztalható a korszerű repülőgépek piacán. Ebből a szempontból legalább annyira szükséges, hogy az elektronikus fogyasztói iparág az 1990-es évek egyre növekvő minőségi követelményeit figyelembe véve tűzze ki beruházásait.

Hasonlóan a kompakt hanglemezhez (CD), a HDTV is igen jól beleillik a magasabb minőségű fogyasztói elektronikai termékek sorába. Abban azonban nem vagyok biztos, hogy reális módon figyelembe veszik a fogyasztót a napjainkban dúló hatalmas HDTV csatákban.

Mindnyájan jól ismerjük egy termék életciklusában a jellegzetes S-görbét. Természetes dolog, hogy egy termék felfutó fázisában néhány kutatási és fejlesztési szakember vitát folytat a műszaki adatokról. Az érettebb fázisban már sok ezren csatlakoznak ehhez a táborhoz és érvelnek beruházásokról, gyártásról és piackutatásról, valamilyen azon versenyezve, hogy kedvező helyet biztosítsanak maguknak ahhoz, hogy le tudják aratni a megnyíló gazdasági pénzforrások hasznát.

A HDTV esetén most még a felfutó fázisban vagyunk, de máris sok ezerre tehető mind a szakértőknek, mind a gyártóknak a száma, akik érvelnek, vitatkoznak a HDTV-

ról. Néhány éven belül még nem valószínű, hogy valaki is sok pénzt fog keresni vele, de ami a legrosszabb, nem halani a fogyasztó hangját.

Ezek azok a megfontolások, amelyek sugallták nekem ennek az előadásnak a címét: „A fogyasztó igénye és a technológia fejlődése”. Ez a nézőpont kísérlet arra, hogy a figyelmet egy másfajta perspektívára hívjam fel a HDTV-vel kapcsolatban: a fogyasztó perspektívájára.

Az én alapvető feltételezésem az, hogy bár a legtöbb fontos technológiai áttörés nem a piac húzó hatásaként, vagy a technológiai nyomás következtében alakul ki, ebben az esetben, ha nem vigyázunk, nem fog olyan piaci reakciókat kiváltani, mint amilyenre számítunk. Az S-görbe szerinti folyamat nem biztos, hogy el fogja érni azt a piac által megkövetelt kritikus tömeget, amely letöri az árakat és megteremti a világméretű keresletet.

Négy olyan problematikus területre szeretnék itt rámutatni, ahol már figyelmeztető jelek mutatkoznak a HDTV tömeges fogyasztói elfogadását illetően.

1. A HDTV megfelelése a lakószobai környezetben.
2. A fogyasztói ár kérdése.
3. A technológia konvergenciája a lakásban produkálhat megoldhatatlan korlátokat.
4. Szoftver fejlesztési és készenléti problémák.

## FELHASZNÁLÓBARÁT-E A HDTV?

Önök nyilván jól ismerik a HDTV előnyeit. Például: a jobb felbontást mind vízszintes, mind függőleges irányban, a jobb hangminőséget, a többnyelvű lehetőségeket és ezeket már ki is aknazzák az első lépések, mint amilyenek az IDTV (Improved Definition TV) és a D2-MAC. Az NTSC és a PAL rendszereknek földi műsorszórásban megjelenő javított változatai továbbra is nagy figyelmet élveznek. Abból a szempontból azonban még nincs kialakult álláspont, hogy az átlagos fogyasztót is annyira izgalomba fogja-e hozni a HDTV képminőség javítása, mint ahogy ez tapasztalható tudósok, mérnökök és technológusok körében.

Van néhány valós gyakorlati probléma és következmény, ami a képméretnek és a nagyobb képfelbontásnak az egymásrahatásából ered.

A BBC Kutatóintézetének két mérnöke, Tenton & Stone írtak egy cikket „A letapogatási szabványok és az otthoni képernyőméretek szubjektív hatása” címmel, és arra a következtetésre jutottak, hogy az 1...1,1 méter (40...44 hüvelyk) átlóméretű képernyő lenne a lakásokban a HDTV gyakorlati és egyben kívánatos nagysága. Ezt gyakorlatban kikísérletették lapos, kétdimenziós ernyővel

\* Ez a cikk először a Montreux-i Nemzetközi Televízió Szimpóziumon (MITS) került előadásra 1989 májusában.

mintegy 30 lakásban. Az 1 m átlóméretnek megfelel 60 cm képmagasság a 4:3 méretarányánál, míg ugyanaz 52 cm, ha a képméret aránya 16:9. Ugyanezen kísérletek során megállapították, hogy a kedvelt nézőtávolság a függőleges képméret 4...6 szorosa volt, ami a gyakorlatban 2,5...3,5 m távolságnak felel meg. Más felmérések alapján azt tapasztalták, hogy egy szokásos lakásban az átlagos műsornézési távolság 3 m.

Számos vizsgálatot végeztek már az emberi szem felbontó képességének az analizálására. Így például az SMPTE 700 sorban jelölte ki e vizsgálat eredményét a képmagasság háromszorosának megfelelő nézési távolság esetén. Mások négyszeres képmagasságnak megfelelő nézőtávolságból ezt az értéket 860 sorra tették.

Jóllehet ezek a vizsgálatok nem túl pontosak, ha egy-máshoz hasonlítjuk őket, mégis világos, hogy egy lakás szokásos körülményei között, a kívánatos 1...1,1 m ernyőméret esetén a 800.000 képelemszámnak megfelelő felbontás szükséges és egyben elégséges is.

Ezen a ponton szeretném önöket megismertetni a következő hipotézissel:

### a fényerő és a felbontás szorzata állandó.

A fizikában egy adott törvény addig érvényes, amíg be nem bizonyosodik, hogy nem igaz. Az én bizonyításomat e tekintetben az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat.

	felbontás (pel)	fénysűrűség (nit)	szorzat
mozi	$1 \times 10^6$	200	$2 \times 10^8$
árnyékmaszkos képcső	$0,2 \times 10^6$	1000	$2 \times 10^8$
nagyfelbontású képcső	$0,7 \times 10^6$	300	$2 \times 10^8$
vetítős TV	$0,7 \times 10^6$	300	$2 \times 10^8$

Bár jelenleg még nincs adatom LCD vetítős rendszerekre, előre megjósolom, hogy a hipotézis arra is érvényes lesz.

A fentiekből közvetlenül adódik az a következtetés, hogy a szükséges kontrasztérték elérése végett a HDTV csak kis megvilágítású helyiségben élvezhető, ha árnyékmaszkos képcsövet, vagy előlről vetítő TV-t használunk megjelenítő eszköznek. Ha kis visszaverődési tényezőjű ernyővel felszerelt, hátulról vetítő rendszert használunk, akkor azzal mintegy 1000 nit fénysűrűség elérhető. Bár ilyenkor némileg korlátozott a nézőszög (oldalról nézve nem elég világos az ernyő), mégis ez az egyetlen megoldás.

Arra nézve nincs statisztikai adatunk, hogy a széles képfórmátumot mennyire óhajtják a fogyasztók. Pszichofizikai kísérletek kimutatták, hogy a mozinézők átélése, élménye növekszik, ha a vetített kép szélesvásznú fórmátumú. Ezt a következtetést a mérésekkel meghatározott szemmozgásokból vonták le (Yamada és Fukuda). A szemünk a perifériákon igen érzékeny nagy frekvenciákra — a veszélyhelyzet észlelése még a mi ősemberi napjainkból —, de ugyanakkor nagyon rossz a felbontás szempontjából, ami azt jelenti, hogy szemünket mozgatni kell, hogy megtudjuk, mi történt. A szem ilyenfajta mozgása az átélés mérőszáma, és az én véleményem szerint ez, mint érv, nem túl meggyőző. Mindenesetre a 16:9 képméretarány választása megtörtént. Megszoktuk azt a mozikban és

megszerettük. Ezután majd a teljes képet fogjuk látni úgy, ahogy az eredetileg készült.

Azonban a TV iparnak nem szabad kényszerítenie a fogyasztót arra, hogy az azt válassza, amit nem akar, azáltal, hogy csökkenti az eredetileg HDTV műsorok képminőségét a régi, 4:3 méretarányú ernyőkön való kompatibilis megjelenítéssel. Nagy-nagy óvatossággal kell ezért kezelni azokat a jelfeldolgozó eljárásokat, amelyek a meglévő sávzélességeken belül operálnak.

A fogyasztónak a nagy képernyőmérettel kapcsolatos elvárásait azonban a technikai megvalósítás csak úgy tudja kielégíteni, ha olyan nagy méretű TV vevőket hoz létre, amelyek éppen helyszükségletüknél fogva nem lesznek összeférőek egy átlagos lakás méreteivel. A demográfiai vizsgálatok pedig elég nagy valószínűséggel azt prognosztizálják, hogy a jövőben a lakások mérete csökkenni fog és nem növekedni.

Egy 40...44 hüvelykes, hátulról vetítő mai TV vevő kamélysége legalább 85 cm, míg egy közvetlen képcsöves megjelenítő, ugyanekkora méretű ernyővel, súlyban eléri a 100 kg-ot is.

## A HDTV VEVŐKÉSZÜLÉKEK ÁRA

A jelenlegi vizsgálatok azt mutatják, hogy még nagy gyártási sorozatokat is feltételezve, a HDTV készülékek fogyasztói ára nem valószínű, hogy sokkal a 3000 márka alá fog menni. Ami pedig a 3000 márkánál drágább TV vevőket illeti, azokról elmondható, hogy a piaci kínálat csúcspany helyezkednek el és nem jellemzőjük a nagy példányszámú gyártási sorozat.

Ez elvezet bennünket a számunkra szükséges tanulságok levonásához:

- fényerő,
- jó felbontás,
- kontraszt,
- lapos megjelenítő,
- kevésbé zavaró készülékméret,
- mindez elfogadható áron.

A HDTV fejlesztőkön a sor, hogy megdöntsék az én hipotézisemet!

Valóban, a HDTV készülék ára és mérete igen könnyen ellensúlyozhatja azt a lelkesedést, ami a széles fórmátumú, jobb minőségű képek iránt megnyilvánul. Meggyőződésem, hogy az átlagos zenehallgató nemcsak azért vonzódik a CD hanglemezhez, mert annak sokkal jobb a hangminősége, hanem azért is, mert a lemezek maguk is nyilvánvaló előnyt jelentenek hosszú élettartamukkal, karcokkal szembeni védettségükkel, tetszetős méretükkel és minőségi kinézésükkel. Minden zenehallgató kellően tud értékelni egy hibátlan lemezt, ha azt egy karcos példánnyal állítják szembe. Ugyanakkor a legtöbb emberre hatástalan azon magasröptű viták tárgya, amelyek a hagyományos és a CD hanglemezstúdióknak csak a beavattottak által érthető különbségéből fakadnak.

Más szavakkal fogalmazva: a fogyasztó számára készült berendezés — legyen annak célja akár jó minőségű hang, akár jó minőségű kép szolgáltatása — önmagában is tetszetős kell, hogy legyen!

## A TECHNOLÓGIA KONVERGENCIÁJA MEGÁLLHAT A BEJÁRATI AJTÓNÁL

A nagyfelbontású monitor egészen más irányból fog belépni az otthonokba. Az a terminál, amit az otthoni irodában, otthoni tanulásra, otthonról történő bevásárlásra,

banki tranzakciók lebonyolítására stb. fognak felhasználni, jobb felbontású kell, hogy legyen, mint a mai személyi számítógépek, a PC-k felbontása.

A 90-es évek irodai felhasználású munkaállomásainak ernyő-felbontása kb. 2 millió képpont lesz, ami összemérhető nagyságú a nagy felbontású színes képcső közel 700 ezer képpontjával. Mivel ezek a monitorok mindig vagy egy billentyűzettel, vagy egérrel vannak kiegészítve, ezért ezeknél a nézőtávolság mindig karnyújtásnyi kell, hogy legyen. Két ügyirat egyidejű megjelenítésére alkalmas ernyőméret esetén a maximum mintegy 20 hüvelyk (52 cm) lehet.

Sok évbe fog beletelni azonban, amíg egy otthoni célokat szolgáló, a fentieknek megfelelő és elfogadható árú színes monitor kapható lesz. A jelenleg kb. 20 ezer márkába kerülő nagy felbontású monitorok nem keltik azt a benyomást, mintha el készülnének ársztani az otthonokat az ilyen készülékek. Ettől függetlenül, amikor az ilyen nagy felbontású monitorok tömegesen el fognak terjedni, bizonyára alkalmazni fogják őket olyan területeken is, mint adat-, hang- és képmegjelenítés, otthoni munkavégzés, könyvelés, tanulás.

Ezek a felhasználási területek azok, amelyek miatt a számítógépipar olyan behatóan érdeklődik a HDTV iránt és nem az, hogy betörjön a szórakoztató piacra. Pillanatnyi kétség sem merül fel e tekintetben attól a perctől kezdve, hogy végül is létrejött az Egyesült Államokban ez a kapcsolat a HDTV és a számítógép-iparág között, majd utána az elektronika chip-gyártói és végül a gyártástechnológusok között. Ez volt az a pont, amikor a HDTV a forráspontig vitte el a kormány és az iparág érdekeltségeit.

Az én véleményem szerint a szórakoztatási célú HDTV és az otthoni információ-feldolgozó HDTV két külön világ. Nem hiszem, hogy a fogyasztó ugyanazt az egyetlen monitort fogja felhasználni mind a szórakoztatásra, mind az információk kezelésére. Egyrésztől a felhasználó a szórakoztatási célt szolgáló és az információt kezelő monitort a lakás két különböző helyén fogja elhelyezni. A munka és a szórakozás a mi életünk két jól elváló tevékenysége. A fogyasztó ugyancsak másképpen fogja megválasztani a szolgáltatások körét — figyelembe véve az ár-teljesítmény viszonyt — attól függően, hogy az szórakoztatási, vagy munkavégzési célt szolgál.

## NÉHÁNY MEGOLDATLAN PROBLÉMA A SZOLGÁLTATÁSOK LÉTREHOZÁSÁBAN

A HDTV világban egy kiemelkedő probléma továbbra is a másodpercenkénti képek számának kérdése. Minden kétségen felül áll az a tény, hogy Hollywood — ami a szórakoztató programok egyik fő gyártójára tipikus példa — még hosszú időn át fogja alkalmazni a filmjeinek készítésénél és forgalmazásánál a 35 mm-es nyersanyagot, 24 kép/s képfrekvenciával. Az 1988 év végén először forgalomba hozott Eastman EXR filmtípus a filmgyártók körében új izgalmat keltett és várhatóan a jó minőség szabványa lesz hosszú időn keresztül és ugyancsak fontos lesz a HDTV magas minőségű forrásanyagának szempontjából is.

Csak a nagy felbontású, CCD rendszerű tv-kamerák piacon való megjelenése fogja a gyártók egy részét arra indítani, hogy a felvételeket azokkal készítsék, különösen akkor, ha a produkciók különleges hatásokat, vagy animációt is kell, hogy tartalmazzanak.

Ugyancsak szólni kell a gyártási szabvány kérdéséről is. Élő közvetítések és video-felvételek olyan gyártási szab-

vány szerint kell, hogy készüljenek, amely összeférő az átviteli szabvánnyal, de ugyanakkor kell, hogy legyen annyi tartalék benne, hogy számottevő minőségromlás nélkül átalakítható legyen 24 Hz-ről 59,94 Hz-re, illetve 50 Hz-re. A közismert „Dallas” című video-sorozat esetén például vissza kellett fényképezni a felvételeket mozifilmre, mivel az európaiak számára elfogadhatatlan minőségi romlást okozott volna az NTSC-ről a PAL-ra való áttérés. A fogyasztó valójában csak akkor fogja a HDTV minőségi javulását igazán érezni, amikor a világon mindenütt azonos képminőséget tudnak neki nyújtani, függetlenül attól, hogy a műsor készítése földrajzilag hol történt.

Ami az információ-terminálokot illeti, ezeknél az 59,94 Hz, ill. az 50 Hz képfrekvencia még akkor sem lesz probléma, ha azokat interaktív módon és például videotelefon célra is használni fogják és összekötik őket egymással az egész földkerekségen. A meglévő rendszerekkel való visszamenőleges összeférőség, vagy kompatibilitás nem követelmény és így a több-szabványú berendezések ezt a problémát meg tudják oldani.

## KÉZ A KÉZBEN

Van, amikor a vakáció-iparnak van szüksége az elektronikai iparra és viszont.

Nyaralásra történő helyfoglalás és információ-szerzés a jövőben olyan multimédia terminálokra fog egy világot átfogó hálózaton át végbemenni, amelyek céljára több-szabványú készülékek igen kényelmesen használhatók. Ugyanakkor a vakációra szüksége van a fogyasztói elektronikai iparágban, hogy eladhassa a képmagnóval egybeépített kameráit, amelyek már most is tudnak közepes minőségű felbontást és jó lenne tudni, hány napra van még szükség, amíg ezekkel a világot bármely pontján felvételeket készíthetünk több-szabványú HDTV készülékekről. Ahogy a jelfeldolgozó szilíciumlapka elkészítésének az ára kicsi lesz a készülék többi részének az árához képest, könnyen adódhat, hogy minden készüléket többnormás formátumúra fognak elkészíteni. A CD-I (CD-Interactive) több-rendszerű processzorok képezik az első lépéseket ebben az irányban.

## SZOFTVER-ELLÁTOTSÁG

Mihelyt a stúdiók és az adók felkészülnek a HDTV-re, a földi műsorszórás, a kábeltelevízió, a műhold és a szélesávú ISDN (B-ISDN) mind forrásai lesznek a potenciálisan az otthonhoz kötött HDTV-nek. Néhány kábeltelevízió-üzemeltető nem nagyon örül annak, hogy a csatornáit nagyobb sávzélességűre kell, hogy kiképezze, mert ez együtt jár a csatornák számának a szükségszerű csökkentésével, de mivel sok telefontársaság tervezi a fénykábeles előfizetői összeköttetéseket, elegendő hely mutatkozik ugyanannyi, de most már HDTV csatorna kialakításához. Ez versenyhelyzetet fog teremteni.

Azon szoftvereket illetően, amelyek bérelt, vagy megvásárolt szalagokon és lemezeken érkezők az otthonokba, egy hosszabb út látszik kibontakozni. A mai VHS képmagnószabványt az ő 120 ezer képelemével lassan fel fogja váltani 1995-ig az S-VHS szabvány 300 ezer képpontos felbontásával és ha nem jön semmi közbe, akkor ismét további néhány év kell ahhoz, amíg a HDTV-t elfogadják, mint a fő forrást. Ha nem vagyunk elég körültekintők, akkor mindkét világból a rosszat fogjuk örökölni: gyenge felbontást és kis fényerőt, amikor a HDTV monitorunkon lejátszunk a kazettákat. A fogyasztó érdekében e kérdés-

ben a műsorszolgáltatóknak és készülégyártóknak már egy korai időpontban meg kellene állapodniuk, mert a múltban azt láttuk, hogy egy új rendszer sikere a megfelelő szoftver-támogatástól függ.

Tudomásom szerint nem folyik valódi párbeszéd szoftver-fejlesztőkkel ezekről a problémákról.

A technológia mindig az adott határok elérésére kell, hogy törekedjék. A fejlődés megfelelő ütemét illetően a higgadt racionalizmus adja a legjobb tanácsot, hogy időközben nyitva tudjuk tartani az ajtót az ár és teljesítmény kérdései számára a fogyasztói alkalmazásokat tekintve. A

technológiai felfedezéseknek a hatékony üzleti tervezéssel párhuzamosan történő alkalmazása számomra olyan irányelv, amely az új generációs HDTV rendszerek fejlesztését is kell, hogy jellemezze.

Ha a „fogyasztó igényeit” alaposan figyelembe vesszük, akkor az új technológiákat biztosan üzleti sikerek fogják kísérni.

Bárhogy is van, hölgyeim és uraim, ez a fogyasztó megvette a saját HDTV készülékét és élvezi egzotikus vakációját a saját házában.

## THE NEEDS OF THE CONSUMER VRSUS THE PACE OF TECHNOLOGY

**M. GELIJNS**

PHILIPS COMMUNICATIONS & PROCESSING SERVICES

In the paper, presented at the Montreux Television Symposium, the expected limits of HDTV usage are discussed from the consumer point-of-view. The extremely high price, place requirement and compatibility problems of HDTV sets are emphasized, and the use of HDTV techniques at computer work-stations are outlined.

# KÉPEK ÉS KÉPSZEKVENCIÁK ADATTÖMÖRÍTŐ KÓDOLÁSA

FAZEKAS KÁLMÁN, CSILLAG PÉTER

BME MIKROHULLÁMÚ HIRADÁSTECHNIKA TANSZÉK

A cikk áttekintést ad a képek és képszekvenciák adattömörítő kódolásának fejlesztésében jelentkező néhány újabb eredményről, illetve a nemzetközi szabványosítási tevékenységről.

## 1. BEVEZETÉS

A digitális HDTV és a hálózaton történő átvitel lehetőségeinek kialakulásával a képadattömörítés/képkódolás egyre nagyobb és egyre fontosabb kutatási terület. Fő alkalmazási területei a távközlés és a tárolás.

Az adattömörítési eljárások két csoportba oszthatók a kódolt képekből való visszaállítási tulajdonságuk szerint:

- reverzibilis vagy zajmentes kódolás vagy entrópia-redukció (futamhosszkódolás, Huffman-kódolás, aritmetikai kódolás stb.);
- irreverzibilis vagy zajos kódolás vagy entrópia-redukció (prediktív kódolás, transzformációs kódolás, vektorkvantálás, részsávkódolás stb.).

A reverzibilis eljárások esetén az eredeti kép tökéletesen visszaállítható, az eljárások egyértelműen összehasonlíthatók a kompresszióarány és a műveleti idő alapján. Hátrányuk — az irreverzibilis eljárásokkal összehasonlítva — a jóval kisebb kompresszióarány. A második csoport tagjainak összehasonlítása jóval nehezebb a szubjektív minőségi kritériumokban rejlő bizonytalanságok miatt, az elérhető kompresszióarány viszont nagy. A gyakorlati követelményeket így elsősorban az irreverzibilis eljárások alkalmazásával elégítjük ki, és az első csoport egyes módszerei csak kiegészítő elemként kerülnek felhasználásra. A realizálható adattömörítés minden esetben a kompresszióarány és a torzítás, valamint az elérhető műveleti idő és hatékonyság közötti kompromisszum eredménye.

Az elmúlt két évtized kutatási-fejlesztési eredményei néhány módszert már alkalmassá tettek szabványosítási eljárásra. Ilyen többek között a DPCM és transzformációs kódolási módszerek közül a DCT és példaként említhető a 34 Mbit/s adatsebességű DCT-alapú algoritmus a CMTT-ben. Azonban minél kisebb bitsebességeket érünk el, annál komolyabb gondot okoznak az eljárások

belső hátrányos tulajdonságai. Kritikus érték az 1 bit/pel. Ez alatt a prediktív elrendezés meglehetősen bonyolult lesz és a hibaterjedés következtében a kódolási hibák egészen zavaróak. A transzformációs kódolási módszereknél a láthatóvá váló blokkosodási jelenségek okoznak zavaró hatást. Annak ellenére, hogy többféle megoldást dolgoztak ki a blokkosodás hatásának csökkentésére, a probléma ma még nincs általánosan megoldva. A jövő széles sávú hálózata (B-ISDN) teremtette meg az igényt a különféle video- és multimédia-terminálok egymás közötti kommunikációjára. Egy sor problémát kell megoldani a különféle terminálok, televíziós készülékek, workstationok, videokonferencia-egységek, videotelefonok vagy HDTV készülékek közötti átvitel biztosítására a jövőben. Ezeknek az állomásoknak különböző az adatsebessége, amelyeket kezelni kell. Az említett problémákra a többszörös felbontású videokódolási eljárások adnak megoldást.

Az előzőekben vázolt tématerületek rendkívül széles körűek és szerteágazóak, részletes tárgyalásuk messze meghaladja egy cikk kereteit. Az anyag első részében rövid áttekintést adunk a jelenlegi szabványosítási tevékenységről. A cikk második részében mozgó képek/képsorozatok legfontosabbnak látszó, korszerű, hatékony redundanciacsökkentő módszereit mutatjuk be a teljesség igénye nélkül. Szemléltetésül bemutatunk néhány eredményt az általunk végzett számítógépes szimulációkból.

## 2. NEMZETKÖZI SZABVÁNYOSÍTÁS A KÉPKÓDOLÁS TERÜLETÉN

A jelenlegi szabványosítási tevékenység fő aspektusait, ill. a meglévő és jövőbeli szabványait az 1. táblázat foglalja össze, álló és mozgó képek esetén, feltüntetve a szabvá-

1. táblázat. A képkódolás meglévő és jövőbeli szabványai

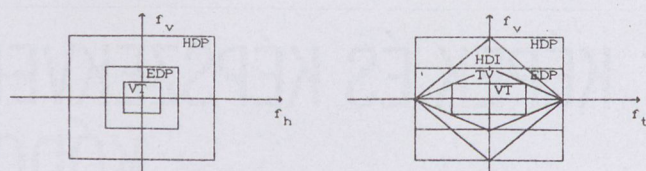
Képek típusa	Álló képek			Mozgó képek		
	kétszínű		természetes	csökkentett felbontású		teljes felbontású
Fő alkalmazások	faksimile	adatbázis audiografikus	hírközlés, videotext, színes fax	videokonferencia, videotelefon	digitális tárolás	televízióátvitel
Szabványosító csoport	CCITT SG VIII	ISO/IEC JTC1/SC2/WG9 (JBIG) CCITT SGVIII	ISO/IEC JTC1/SC2/WG10 (JPEG) CCITT SG VIII	CCITT SG XV	ISO/IEC JTC1/SC2/WG11 (MPEG)	CCIR/CCITT CMTT
Szabványok (év)	Rec. T.4 (1980) Rec. T.6 (1984)	IS (1992) Rec. T.82 (1992)	IS (CD 10918) (1991) Rec. T.81 (1992)	Rec. H.261 (1990)	IS (CD 11172) (1991)	Rec. 721, Rec. 723 (1990)

JBIG: Joint Bi-level Image Experts Group, JPEG: Joint Photographic Experts Group, MPEG: Moving Picture Experts Group

nyosítással foglalkozó csoportokat, és a fontosabb alkalmazási területeket is.

A CCITT Study Group XV felvázolt egy kódoló elrendezést a H.261-es ajánlásban a videotelefon és videokonferencia-szolgáltatás számára. Ez a kodek kis adatsebességeken működik, azaz a 64 kbit/s egész számú többszöröseinél, mégpedig videotelefon esetén ez az érték  $64 \times n$  kbit/s ( $n=1,2$ ) és videokonferencia-alkalmazásban  $384 \times m$  kbit/s ( $m=1-6$ ).

Miután a világon két televízió-szabvány van (625 sor/50 félkép/sec és 525 sor/60 félkép/sec) és a videotelefon, illetve videokonferencia-terminálok a helyi szabványoknak megfelelő kamerákat és monitorokat használnak, ezért szükség van a világszerte egységesen használható szabványra. Ez a H.261 ajánlásban definiált (CIF (Common Intermediate Format) szabvány, amely a helyi TV-jeleket konvertálja az egységes  $360 \text{ pel} \times 288 \text{ sor} \times 29,97 \text{ kép/sec}$  nem váltott soros alakba a forráskódolás céljára (1. ábra). A H.261 szerinti videokódoló tömbvázlatát a 2. ábra mutatja. A bemenő CIF kép időfüggő redundanciáját mozgáskompenzált interframe predikció [18] csökkenti, míg a predikciós hibajel térbeli redundanciáját DCT és azt követő kvantáló minimalizálja. Ennek a mozgáskompenzált hibrid kodolónak a két kimenő adatjelét (kvantált DCT együtthatók, mozgásvektorok járulékos információja) változó szóhosszúságú kódoló tömöríti. A csatornakódoló biztosítja a hibajavítás lehetőségét.



3. ábra. Felbontási szintek a Fourier-térben

- TV: interlaced television 4 : 2 : 2 (625/50/2 : 1)
- VT: videotelephon format (312/50/1 : 1)

Ezen hierarchiának megfelelő felbontási szinteket a Fourier-tér két metszetében a 3. ábra mutatja.

Kiegészítésül néhány szót arról, hogy az utóbbi időben nagy igény kezd jelentkezni extrém nagy felbontású és minőségű képekre, jöhetnek ezek még messze vannak a szabványosítás problémájától. Mind a HDTV, mind a normál TV felbontása nem elégséges a különféle CAD, nyomdai, orvosi stb. alkalmazások esetén. A HDTV-t is meghaladó rendszer esetén az álló és mozgó képek felbontása  $2k \times 2k$ , illetve  $4k \times 4k$  képelem és az elnevezés SHDTV (Super High Definition TV). Nem váltott soros RGB színes  $2k \times 2k$  méretű 10 bites képek esetén 7 Gbit/s-nál nagyobb primer adatsebesség adódik, ami igen nagy adattömörítést tesz szükségessé [12].

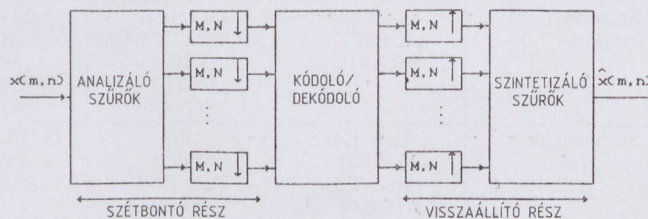
### 3. KÉPEK ÉS KÉPSZEKVENCIÁK ADATTÖMÖRÍTŐ KÓDOLÁSA

Mozgó és nagyfelbontású képek és képszekvenciák gazdaságos átvitele és tárolása szükségessé tette és teszi igen hatékony adattömörítő kódolási módszerek kifejlesztését. A követelményeket kielégítő kompresszió a képanyag redundanciájának és az emberi látás pszichovizuális jellemzőinek kihasználásával érhető el [21], [22]. E helyen néhány újabb, korszerű módszert kívánunk bemutatni. Szeretnénk utalni korábbi közleményeinkre [1], [2], [6] is, mivel a témakör rendkívül széleskörű és ezért mindenre kiterjedő áttekintés nem fér bele egy cikk kereteibe.

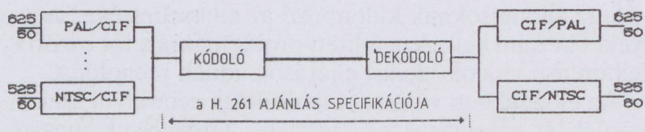
#### 3.1 Részszáv-kódolás

A részszáv-kódolást Crochiere és társai [24] vezették be 1976-ban hangfrekvenciás jelek átvitelére. Az utóbbi időben már sikeresen alkalmazzák mozgó képek esetén is [21].

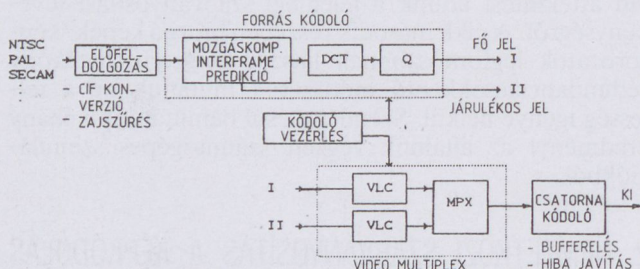
Az alapötlet a következő. A képek 2D frekvenciasávját meghatározott számú részszávra hasítjuk és a részszávokat a sávzsélesség-csökkenés mértékének megfelelően csökkentett mintavételi frekvenciával mintavételezzük (decimálás). Mindegyik részszávot külön kódoljuk a részszáv statisztikájához és az emberi látás tulajdonságaihoz illesztett eljárással. A vevőoldalon dekódolás, interpolálás és szűrés után összegzéssel állítjuk vissza az eredeti jelet. A részszáv-kódoló rendszer felépítését a 4. ábra mutatja.



4. ábra. Részszáv-kódoló rendszer tömbvázlata



1. ábra. CIF szabvány szerinti rendszer



2. ábra. A H.261 videokódoló tömbvázlata

Látható az előzőek alapján, hogy képtelefon esetén (64 kbit/s) a felbontás 1/4 CIF-nek ( $180 \times 144$ ), míg a CCIR Rec. 601 szerinti videojel (625 soros) 4 CIF-nek ( $750 \times 576$  európai szabvány) felel meg.

Megemlíjtük még, hogy a CCITT további ajánlásokat készített 1990 végén az audiovizuális rendszerekre. Ezek közül a H.221 határozza meg a multimédia multiplexelést audio, video, adat- és rendszervezérlő jelekre, a H.230 az átvitel vezérlő jeleit, a H.242 az azonos és különböző típusú terminálok közös működésmódját, a H.320 pedig a videotelefon-terminálokat. Ezek és a már meglevő ajánlások biztosítják a különféle videorendszerek közötti kompatibilitást világméretben.

A nagyfelbontású videorendszerekre vonatkozóan a szabványok hierarchiája jelenleg a következőket veszi figyelembe:

- HDP: progressive high definition (1250/50/1 : 1)
- HDI: interlaced high definition (1250/50/2 : 1)
- EDP: progressive enhanced definition (625/50/1 : 1)

Ez a rendszer három különálló részből áll:

- szétbontó rész, amelyben az analízáló szűrősor különféle részsávokra hasítja a bejövő jelet, majd mindegyik részsávot alulmintavételezi,
- a kódoló/dekódoló rész, amely mindegyik részsávot külön-külön kódolja valamelyik ismert forráskódoló módszerrel,
- a visszaállító rész, amelyben a szintetizáló szűrősor végzi a dekódolt részsávok interpolációját és összegzését.

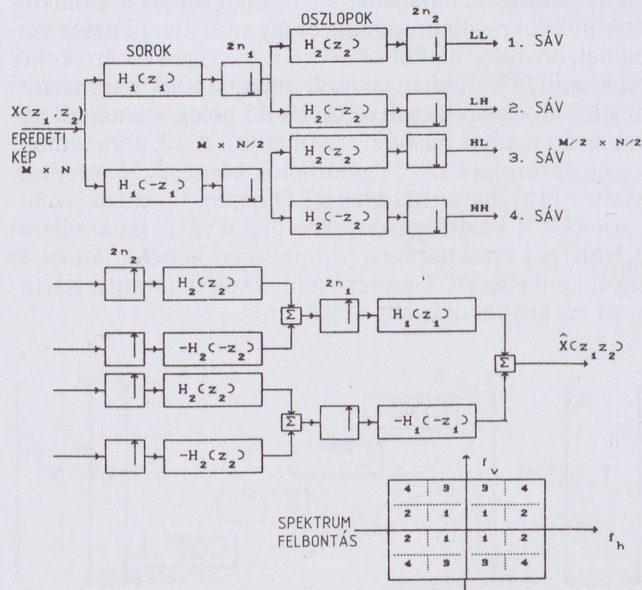
Az analízáló és a szintetizáló folyamat a részsávok átlapolódását és ennek következményeként torzítást okozhat. Torzításmentes visszaállítást megfelelően választott és méretezett szűrők biztosítanak. Elsőként a kvadratúra tükrőszűrőket (QMFs) alkalmazták, majd további típusokat fejlesztettek ki (konjugált tükrőszűrők — CQFs, rekurzív tükrőszűrők — RMFs, hullámdigitális szűrők — WDFs) az analízáló és szintetizáló folyamat sávátlapoldásmentes realizálására.

A részsávokódoló rendszer több előnyös tulajdonsággal rendelkezik:

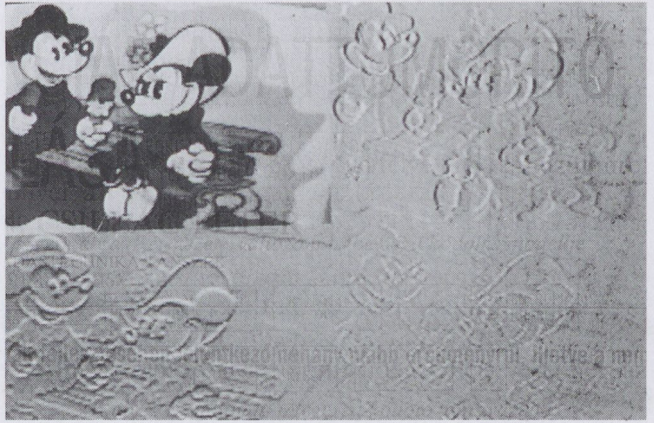
- A bejövő jelet különböző fontosságú sávokra bontja (a jelenergia tipikusan az alsó sávokra koncentrálódik). A legalsó sávintenzitás eloszlása hasonló a forráshoz, míg a felső sávok eloszlása erősen koncentrált és csökkenő szórású. Az egyes részsávokban igen hatékony adattömörítést lehet elérni.
- Az egyes részsávokban keletkező, a szem érzékelése szempontjából zavaró kódolási zajok minimalizálhatók.
- Képkódolásnál gyakran az egyes nagyfrekvenciás sávok zavaró torzítás okozása nélkül elhagyhatók.
- Azokban a részsávokban, ahol a szem érzékenysége kisebb, nagyobb kompresszió érhető el.
- Lehetővé teszi a többszörös felbontású képkezelést.
- Párhuzamos feldolgozás alkalmazható csökkentett órajellel.

Az analízáló-szintetizáló szűrés legegyszerűbb esetben szeparálható szűrőkkel realizálható (5. ábra). Ez esetben számítógépes szimulációt 1D FIR szűrőkkel végeztünk, először a sorok, majd az oszlopok szerint végezve a feldolgozást. A szimuláció eredményeként kapott részképeket és azok hisztogramjait a 6. és 7. ábrák mutatják. Ezek az eredmények jól szemléltetik az elmondottakat.

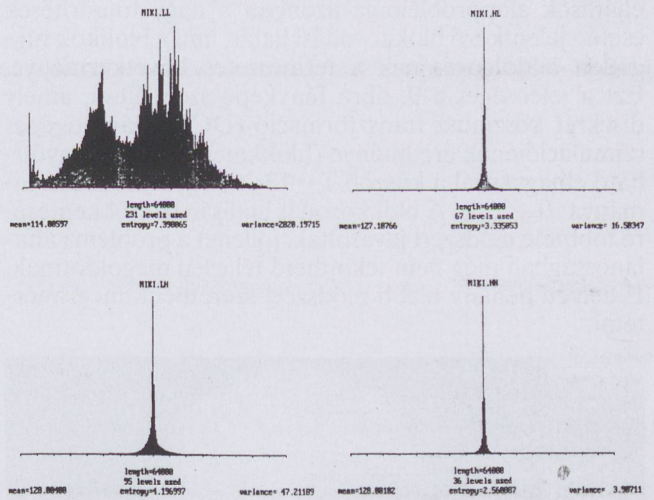
A részsávok kódolására többféle módszert lehet alkalmazni. Woods és O'Neil eredetileg a konvencionális



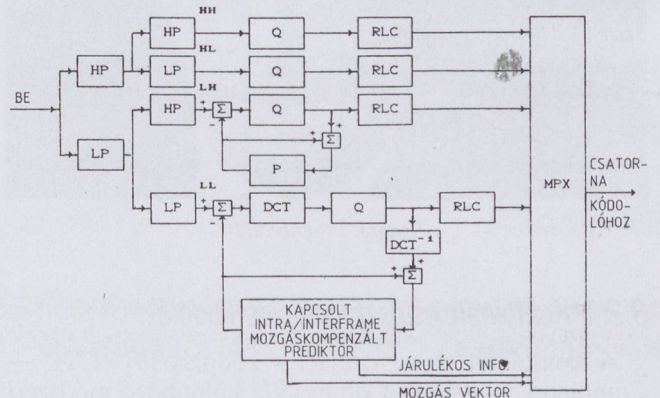
5. ábra. Részsávokra bontás 1D FIR szűrőkkel



6. ábra. Részsávok képei



7. ábra. Részsávok hisztogramjai



8. ábra. Részsávokódoló tömbvázlata

DPCM-et használta az egyedi részsávok kódolására. Ezt követően a hatékonyság növelésére más ismert módszerek (VQ, DCT stb.) felhasználásával hoztak létre összetett, hibrid rendszereket. Szemléltetésül a 8. ábrán egy részsávokódolót mutatunk be, amelyet jó minőségű TV átvitel céljára alakítottak ki. Ebben különféle módszereket alkalmaztak az egyes részsávoknál az energiataralmuktól függően, amelyeket számítógépes szimulációval határoztak meg. A legalsó sávban nagy hatékonyságú mozgáskompenzált hibrid kódoló dolgozza fel a jeleket, az LH sávban DPCM, míg a HL és HH sávokban PCM kódoló. Minden kódoló kimenő jelét tovább tömöríti egy futamhosszkódoló (RLC).

A részsávkódolás igen nagy jelentőségű a jövő széles-sávú hálózatain megvalósítandó TV átvitel szempontjából. Lehetővé teszi a hierarchikus felépítésű csatornastruktúra kialakítását, amelyben a különféle digitális TV formátumok egyidejűleg együtt megtalálhatók és így az egyes részekből, a HDTV-től a videotelefonig mindegyik elérhető megfelelő interfész és terminál birtokában.

### 3.2 Transzformációs kódolás

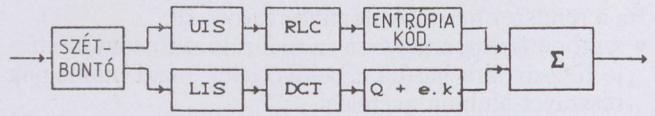
A képek és képszekvenciák egyik leghatékonyabb adattömörítő módszere a transzformációs kódolás. A bejövő jelet blokkokra osztjuk, mindegyik blokkot transzformáljuk és a transzformációs együtthatókat kvantáljuk. A vevőoldalon a dekódolt együtthatókból inverz transzformációval visszaállítjuk a jelet [6]. A transzformációs eljárások alapproblémája azonban a nagy tömörítések esetén jelentkező blokkosodási hatás, ami a blokkok független feldolgozásának a természetes következménye. Ezt a jelenséget a 9. ábra fényképe szemlélteti, amely diszkrét koszinusz transzformáció (DCT) számítógépes szimulációjának eredménye (blokkméret:  $N=8$ ; együttható elhagyásnál a küszöb  $T=13$ ; az együtthatók tartománya:  $0-256$ ). A blokkosodás hatásának csökkentésére többféle módszert javasoltak, jöllehet a probléma általánosságban még nem tekinthető teljesen megoldottnak. E helyen néhány újabb módszert szeretnénk megismertetni.



9. ábra. Blokkosodás

#### 3.2.1 Kombinált transzformációs kódolás

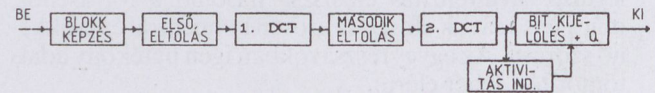
A kombinált transzformációs kódolás [9] (CTC — Combined Transform Coding) két különböző módszert egyidejűleg alkalmaz a két részre hasított kép komponenseire. A CTC kódoló tömbvázlatát a 10. ábra mutatja. Az első egység két részre hasítja a képet, egy nagyobb korrelációjú (UIS — Upper Image Set) és egy kisebb korrelációjú (LIS — Lower Image Set) részre. Az UIS foglalja magába a leglényegesebb, erősen korrelált információt, míg a LIS a kevésbé lényeges, kisebb korrelációjú részt. Előfeldolgozás eliminálja az UIS és LIS közötti korrelációt a széthasítás előtt. A rendszer az UIS részt reverzibilisen kódolja blokkra hasítás nélkül nagy tömörítést biztosítva a nagy korreláció következményeként. A LIS részt a szokásos DCT egység dolgozza fel. Mivel a LIS csak a kevésbé lényeges interblokk korrelációt foglalja magában, így a DCT eljárás alkalmazása esetén is jelentősen csökken a blokkosodás a konvencionális esetben fellépőhöz képest.



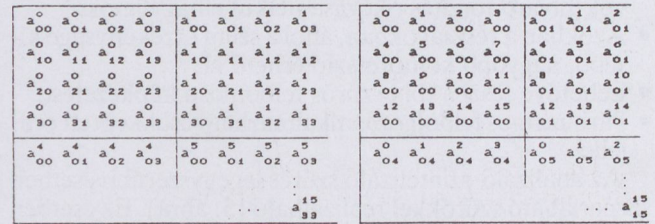
10. ábra. A CTC kódoló tömbvázlata

#### 3.2.2 Kettős eltolású DCT

A kettős eltolású DCT (DS-DCT) kódolás szintén csökkenti a blokktorzítást más egyéb előnyös tulajdonság mellett. A DS-DCT kódoló tömbvázlatát a 11a ábra mutatja, a 11b ábra pedig a blokkok peljeinek átrendezését (eltolását) szemlélteti egyszerűség kedvéért  $N=4$  esetén. Az első DCT együtthatóit az azt követő egység az elsőhöz hasonló módon rendezi át. Ennek az átrendezésnek az eredményeként az egy blokkba kerülő együtthatók értékei és eloszlása „kisimított” lesz és a második DCT így hatékony tömörítést ad. A mintáknak és együtthatóknak ez az eltolása teszi lehetővé a blokkosodás jelentős csökkentését [17].



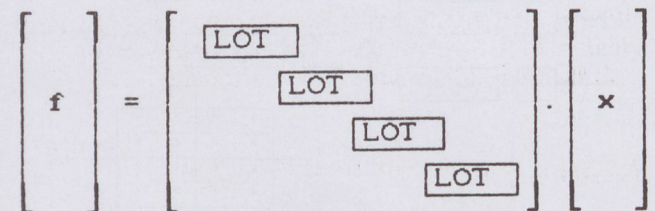
11a ábra. DS-DCT kódoló tömbvázlata



11b ábra. Az eltolás sémája

#### 3.2.3 Átlapolódó ortogonális transzformáció

Az átlapolódó ortogonális transzformáció (LOT — Lapped Orthogonal Transform) a transzformációs kódolás új módszere, amelynek a bázisfüggvényei a szomszédos blokkokra átlapolódnak, és így az átvendő pelek számának növelése nélkül a blokktorzítást igen kis értékekre csökkenti (a korábban javasolt más átlapolódó transzformációs módszerek csak az átvendő pelek számának növelése árán adtak hasonló eredményt). A 12. ábra szematikusan ábrázolja a LOT együtthatók képzését 1D esetben. Malvar [15], határozta meg a LOT transzformációs mátrixot a DCT bázisfüggvényeket alapul véve. Ez az eljárás 0,5 bit/pel értéknél igen jó minőségű képeket ad és az egyébként (pl. DCT esetén) a blokkok határainál jelentkező zavaró torzítás alig észlelhető.



12. ábra. LOT együtthatók számítási sémája



### 3.2.4 Időtengely-transzformáció

Az időtengely-transzformáció (TAT — Time-Axis Transform) az átvindó képelemek (pel-ek) számának csökkentésével hozza létre az adattömörítést. Kétféle átvindó pel-t különböztet meg a rendszer: a bázis és a járulékos pelek. A bázis pel helye fix, nem függ a képektől. A járulékos pelok pozíciója képről képre változik. Így a TAT fix és változó mintavételű rendszer hibridje. Az adóoldalon a bázis pelek az eredeti kép fix struktúra szerinti alumintavételezésével kapják meg. A járulékos pelek az aktuális és az azt megelőző kép bázis peljeinek felhasználásával interpolálják, stacionárius képrészekenél interframe interpolációval és mozgó részekenél intraframe interpolációval. Mozgáskompensált eljárás javítja az interframe interpolációt. Az alumintavételezést természetesen megfelelő előszűrés előzi meg. Finom képrészekenél az eredeti és az alumintavételezett képből meghatározott különbségi kép járulékos peljeit használják fel az interpoláció javítására [3].

### 3.2.5 Gábor-transzformáció

A Gábor-transzformáció előnyös tulajdonsága — más transzformációkhoz hasonlóan — a jel-dekorreláció és a gyors, egyszerű realizálhatósága [19]. Hátránya viszont, hogy bázisfüggvényei, a Gábor-függvények nem ortogonálisak. Ez a módszer tér el leginkább az eddigiektől, ezért néhány részletére kitérünk.

A 13. ábra mutat néhány tipikus 1D Gábor-függvényt, amelyek felírhatók a következő alakban:

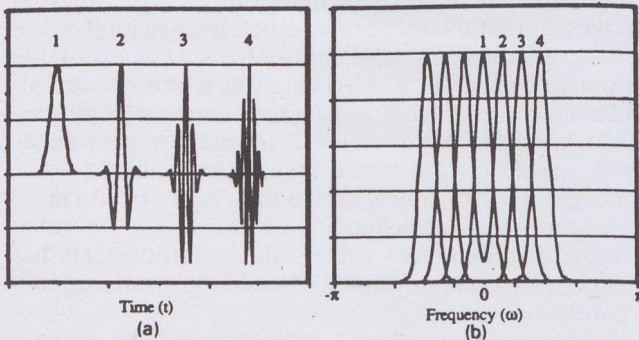
$$g_{m,n}(t) = \hat{g}_D(t - mD) \exp(jnWt)$$

ahol

$$\hat{g}_D(t) = \exp[-\pi(t/D)^2]$$

egy Gaussi-függvény,  $W = 2\pi/D$  és  $m$  és  $n$  a tér és frekvenciatartományban a helyzetkoordináták. A Gábor-függvény Fourier transzformáltja

$$G_{m,n}(\omega) = \frac{\sqrt{2\pi}}{W} \hat{g}_w(\omega - nW) \exp[-jmD(\omega - nW)]$$



13. ábra. 1D Gábor-függvények

A természetes képekben az energia eloszlása többekévesb egyenletes oktávnyi frekvenciasávokon belül, továbbá az emberi látásnak is ilyen tulajdonsága van. Ezek adnak alapot a piramidális Gábor-függvények alkalmazására, amelyek felírhatók az időtartományban mint

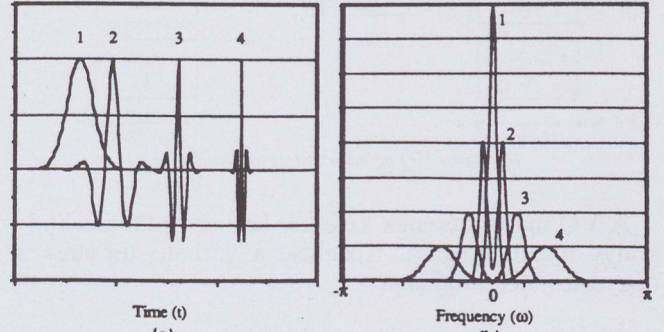
$$h_{m,s}(t) = \begin{cases} \hat{g}_D(t - mD) & \text{ha } s = 0 \\ \hat{g}_D[2^{|s|-1}(t - 2^{-|s|+1}mD)] \times \exp[jn(|s|-1)Wt] & \text{ha } s \neq 0 \end{cases}$$

és a frekvenciatartományban

$$H_{m,s}(\omega) = \begin{cases} \frac{\sqrt{2\pi}}{W} \hat{g}_w(\omega) \exp(-jmD\omega) & \text{ha } s = 0 \\ \frac{\sqrt{2\pi}}{2^{|s|-1}W} \hat{g}_w \left[ \frac{\omega - n(|s|-1)W}{2^{|s|-1}} \right] \times \exp\{-j2^{-|s|+1}mD \times [\omega - n(|s|-1)W]\} & \text{ha } s \neq 0 \end{cases}$$

ahol

$$n(s) = \frac{3 \cdot 2^{|s|-1} - 1}{2} \text{sgn}(s), \quad s = -N, \dots, -1, 0, 1, \dots, N$$



14. ábra. 1D piramidális Gábor-függvények

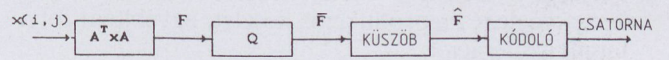
A 14. ábra mutat néhány tipikus piramidális Gábor-függvényt. 2D esetben hasonló módon definiálhatók a szétválasztható Gábor-függvények. A transzformációs párt mátrix alakban célszerű felírni 1D esetben

$$\begin{aligned} \mathbf{f} &= \mathbf{G} \mathbf{x} \\ \hat{\mathbf{x}} &= \mathbf{A} \mathbf{f} \end{aligned}$$

ahol  $\mathbf{G}$  Gábor-transzformációs mátrix,  $\mathbf{x}$  a bemenő szekvencia és

$$\mathbf{A} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T$$

Az  $N \times N$  méretű  $\mathbf{G}^T \mathbf{G}$  mátrix nem invertálható minden esetben, a probléma feloldása a szinguláris érték felbontással (SVD) lehetséges. A 2D transzformáció esetének részletezése nélkül a 15. ábra a kódoló tömbvázlatát mutatja.



15. ábra. 2D Gábor-transzformációs kódoló tömbvázlata

### 3.3 Vektorkvantálás (VQ)

A képkódolás egyik hatékony módszere a vektor- vagy többdimenziós kvantálás, amikor a bejövő jel mintáinak 1D vagy 2D vektorait (tömbjeit) kvantáljuk. Optimális vektorkvantálók méretezését empirikus adatok alapján elsőként 1980-ban a Linde—Buzo—Gray szerzőhármas publikálta és ezt az algoritmust LBG algoritmusként említi a szakirodalom. Azóta többféle újabb algoritmus vált ismertté [4].

A vektorkvantálás definiálható mint az  $R^k$   $k$ -dimenziós Euklidesi tér  $Q$  leképezése az  $R^k$  egy véges  $Y$  készletébe, azaz

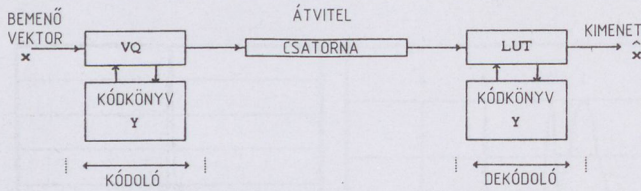
$$Q: R^k \rightarrow Y$$

ahol  $Y = \{\hat{x}_i; i = 1, 2, \dots, N\}$  a reprodukciós vektorok készlete és  $N$  az  $Y$ -beli vektorok száma. A kódoló összehasonlítja a bejövő  $\mathbf{x}$  vektort a  $Q(\mathbf{x})$  által meghatározott  $Y$  készlettel és generálja az  $\hat{\mathbf{x}}$  reprodukciós vektor címét a kódkönyvben. Ezt a címet visszük át és a dekódoló ennek alapján generálja a vevőoldali kódkönyvből az  $\hat{\mathbf{x}}$  reprodukciós vektort (16. ábra). Ha  $d(\mathbf{x}, \hat{\mathbf{x}})$ -vel jelöljük a torzítást

vagy költségfüggvényt, akkor a legjobb  $Q$  leképezés minimalizálja  $d(x, \hat{x})$ -t. Az LBG algoritmusnak és a különféle változatainak az alapja ez a minimalizálás a bejövő jelet használva tanuló készletként. Ennél a folyamatnál a leg-egyszerűbb torzításfüggvény a négyzetes hibafüggvény

$$d(x, \hat{x}) = \|x - \hat{x}\|^2 = \sum_{j=0}^{K-1} (x_j - \hat{x}_j)^2$$

és a súlyozott átlagos négyzetes hiba (WMSE).



16. ábra. VQ egyszerűsített tömbvázlata

A VQ méretezésének kulcskérdése az optimális kód-könyv meghatározása. Közelítse a várható torzítást a négyzetes hiba időátlaga

$$D(x, Q(x)) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} d(x_i, \hat{x}_i)$$

Ismeretlen eloszlású tanuló szekvencia esetén az LBG algoritmus a következő:

1. Legyen  $N$  a szintek száma és  $\varepsilon \geq 0$  a torzításküszöb. Tételezzünk fel egy kezdeti  $\hat{A}_0$   $N$  szintű reprodukciós készletet, egy  $(x_j; j=0, 1, \dots, n-1)$  tréningsezkvenciát és  $m$  számú iterációt, és állítsuk be  $m=0$ -t.
2. Adott  $\hat{A}_m = (y_i; i=1, \dots, N)$  határozzuk meg az  $x_j \in S_i$  tréningsezkvencia  $P(\hat{A}_m) = (S_i; i=1, \dots, N)$  minimális torzításpartícióját, ha  $d(x_j, Y_i) \leq d(x_j, Y_l)$  minden  $l$  esetén. Számítsuk ki az átlagos torzítást

$$D_m = D(\hat{A}_m, P(\hat{A}_m)) = (n-1) \sum_{j=0}^{n-1} \min_{y \in A_m} d(x_j, y)$$

3. Ha  $(D_{m-1} - D_m) / D_m \leq \varepsilon$ , az iterációt befejezzük és  $\hat{A}_m$  lesz a végleges reprodukciós készlet, egyébként folytatjuk az iterációt.
4. Határozzuk meg az  $\hat{x}(P(\hat{A}_m)) = (\hat{x}(S_i); i=1, \dots, N)$  optimális reprodukciós készletet  $P(\hat{A}_m)$  esetén, ahol

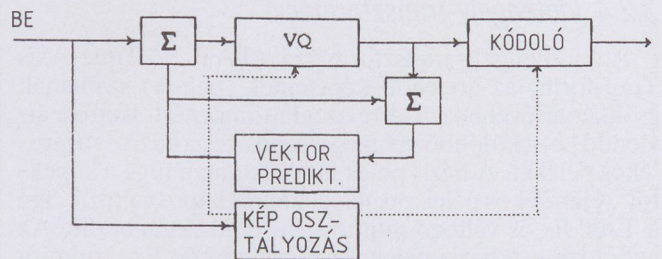
$$\hat{x}(S_i) = \frac{1}{\|S_i\|} \sum_{j: x_j \in S_i} x_j$$

5. Válasszuk  $\hat{A}_{m+1} = \hat{x}(S_i)$ -t,  $m$ -et növeljük meg  $(m+1)$ -re és lépünk a 2-re.

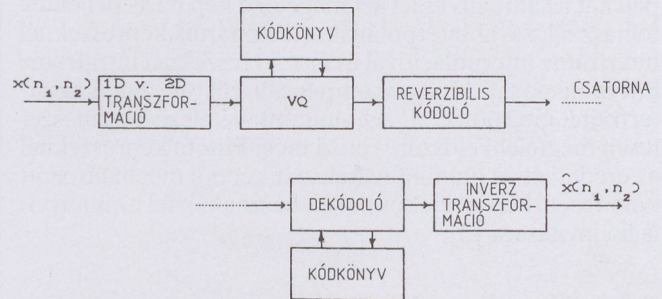
Az  $\hat{A}_0$  kezdeti reprodukciós készletre szükség van az algoritmus elkezdésekor. A kezdeti kód-könyv meghatározására többféle eljárás létezik, amelyekre itt nem tudunk kitérni. Szintén csak megemlíthetjük, hogy a kód-könyv méretezésének egy sor más, a fentitől eltérő módszere is létezik.

A kód-könyv mérete meghatározza a keresés műveletét, ez kis méret esetén lényegesen redukálható. Megoldást az adaptív eljárás alkalmazása ad, ilyen többek között a hierarchikus VQ (HVQ). A HVQ algoritmus először nagyobb méretű blokkokat (vektorokat) használ, majd a képtartalomtól függően egyre kisebb blokkokra tér át. Közel konstans intenzitású képrészeken a nagyméretű vektorok, míg részletdús helyeken a kisméretű vektorok teszik lehetővé a nagy hatékonyságú kódolást.

A gyakorlati rendszerekben a VQ-t is általában mindig



17. ábra. Prediktív VQ tömbvázlata



18. ábra. Transzformációs vektorkvantáló tömbvázlata

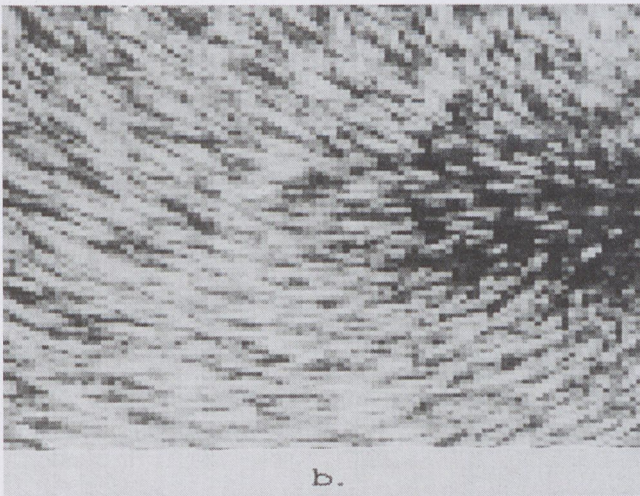
más módszerekkel együtt alkalmazzák a lehető nagy tömörítés és a jó képminőség elérése érdekében. A sokféle lehetőség közül e helyen két típust mutatunk be. A 17. ábrán prediktív VQ tömbvázlata látható. Ez a rendszer a DPCM általánosítása vektorok esetére. A hurok a különbségi jel feldolgozására vektor prediktort és vektor kvantálót tartalmaz adaptív üzemmódban. A 18. ábra pedig transzformációs vektorkvantálót (TCQ) mutat. Ebben az esetben a vektorkvantálást a transzformációs együtthatók terében végezzük. Ez a rendszer is könnyen adaptívra tehető például több párhuzamos VQ alkalmazásával, amelyeket a transzformációs együtthatók blokkjainak osztályozása előzi meg. Ezek a típusok jól használható részsávok kódolására is részsáv kódoló rendszerekben.

### 3.4 Mozgáskompenzált kódolás

Az idővariáns képkompresszió jelentősége egyre nagyobb. A képek minőségét a mozgások erősen rontják. A mozgások torzító hatását mozgásbecslésen alapuló kompenzáló eljárásokkal csökkentjük. Ezek az eljárások két csoportra oszthatók: a pel-rekurzív és a blokkillesztő algoritmusokra [6]. Ezek az eljárások lényegesen megnövelik a kódolás hatékonyságát. A mozgáskompenzált kódolók általában a következő fokozatokból állnak:

- mozgásdetektor, amely kiválasztja a képen belül a mozgást tartalmazó részeket;
- mozgásbecslő, amely az elmozdulásvektor értékét határozza meg valamilyen stabil becslő algoritmus segítségével;
- az adattömörítést végző kódoló, amely felhasználja a meghatározott mozgásvektort.

Ezeket a fokozatokat e cikk néhány tömbvázlata tartalmazza. A téma nagy terjedelme nem teszi lehetővé a részletek ismertetését, ezért itt csak néhány publikációra utalunk [6], [20], [25]. A mozgáskompenzált kódolás hatékonyságának érzékeltetésére a 19. ábrán bemutatjuk a Wiener-bázisú pel-rekurzív eljárással végzett szimuláció eredményét. A 19a ábra az eredeti, kellően részletdús kép, amelynek a bal felső sarkát mutatja a 19b ábra szintetikus elmozdulás és mozgáskompenzálás után. Mozgáskompenzálás nélkül a kiválasztott rész elmosódva állítható vissza dekódolás után, ami erősen zavaró.



19. ábra. A „baboon” kép és mozgáskompenzálás után visszállított része

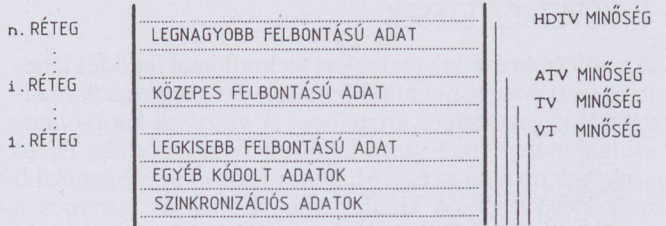
### 3.5 HDTV

Jelenleg növekvő aktivitás van a HDTV (High Definition TV) digitális kódolása és átvitele területén. A HDTV jelek PCM komponenseinek átviteléhez szükséges bitsebesség meghaladja az 1 Gbit/s értéket. Ezt kell tömöríteni a különféle átviteli csatornák 140 Mbit/s bitsebességére minőségromlás nélkül [21]. Erre a célra csak a nagy hatékonyságú mozgáskompenzált, több különféle eljárást (DPCM, DCT, VQ stb.) együttesen alkalmazó kódoló rendszerek alkalmasak, illetve főleg a többszörös felbontást biztosító megoldások (pl. a 8. ábra kódolója), amelyek már a jövő szélesávú hálózatainak teljes körű igényeit is figyelembe veszik. A további részletek e cikk többi részében megtalálhatók.

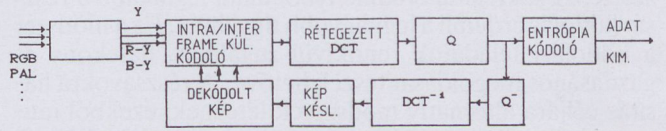
### 3.6 Videojelátvitel ATM bázisú hálózaton

Az aszinkron átviteli mód (ATM) bevezetése a szélesávú hálózatokba (B-ISDN) lehetővé teszi a változó bitsebességű átvitelt. Az ATM-ben minden átvendő információt fix méretű időrésbe, cellába tesznek, amelynek az azonosítása és kapcsolása a cella „fej” részében levő cím segítségével történik.

A csomagkapcsolt videokódolásban a rétegzett kódolási stratégia a legmegfelelőbb ATM esetén. Rétegzett kódolás esetén a videoinformációt különféle rétegekre

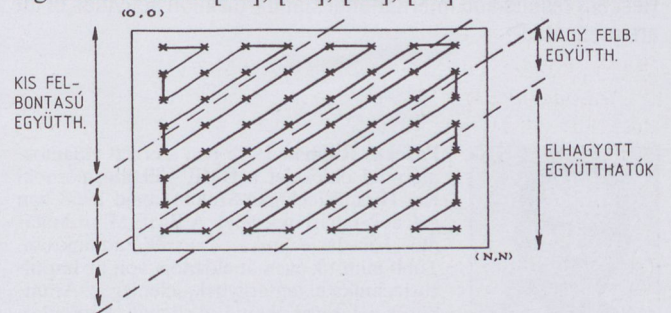


20. ábra. Rétegzett, változó bitsebességű kódolás modellje

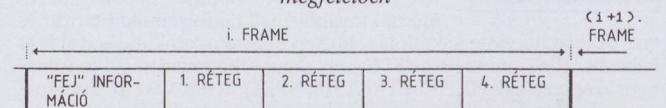


21. ábra. Kombinált, rétegzett kódoló tömbvázlata

osztják fel úgy, hogy az alsó rétegek kisebb felbontású információt, míg a felsőbb rétegek finomabb információt foglalnak magukba csökkenő fontossági sorrendben. Ez a megoldás lehetővé teszi a képtelefon, műsor, video és nagy sűrűségű (HDTV/ATV) videoszolgáltatások integrálását a 20. ábrán szemléltetett módon. Az eddig javasolt rétegzett eljárások lehetnek frekvenciatartománybeli, tér-időtartománybeli és kombinált módszerek. Frekvenciatartománybeli eljárás a részsáv kódolás és a transzformációs kódolás (DCT, LOT stb.). Időtartománybeli eljárás az időtengely-transzformáció (TAT), a vektorkvantálás. Általában a frekvenciatartománybeli eljárások rendelkeznek az ATM esetén kedvező tulajdonságokkal, míg a tér-időtartománybeli módszereknél hiányzik a rétegzett felépítés és így érzékenyek a cellavesztésre és a cellakésleltetés jitterére. A transzformációs eljárások további előnye, hogy az adatvesztés vagy véletlen hiba miatt sérült adat következtében fellépő hatás szétoszlik a teljes blokkra és így kevésbé észlelhető torzítást okoz. Időtartományban a hibák hatása lokális torzítást okoz, ami erősen zavaró. Az elmondottak szemléltetésére a 21. ábrán egy kombinált kódoló tömbvázlatát mutatjuk be. A különbségi kódoló intra- és interframe üzemmódban működik a képszekvenciában fellépő mozgás mennyiségétől függően az időbeli redundancia kihasználása érdekében. A különbségi jeleket DCT egység dolgozza fel. A blokkok transzformációs együtthatóinak a 22. ábrán feltüntetett „cikkcakk”-os kiolvasása biztosítja a rétegekre osztást. Az alsó réteg kerül átvitelre először, majd ezt követik a felsőbb rétegek. A felhasznált rétegek számától függ a kimenő jel minősége (felbontása). Minél kevesebb réteg kerül felhasználásra, annál nagyobb adattömörítés érhető el. A 23. ábra mutatja az átvitelre kerülő adatformátumot 4 réteget feltételezve [13], [14], [22], [23].



22. ábra. DCT blokk együtthatóinak szétválasztása a rétegzésnek megfelelően



23. ábra. Rétegzett DCT kódoló adatformátuma

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK

Az utóbbi évtizedek alatt elért technológiai fejlődés lehetővé teszi a legbonyolultabb kódolási algoritmusok realizálását is gazdaságos kivitelben. A videóval kapcsolatos szolgáltatások ugrásszerű fejlődése és növekedése égető szükségletté teszi az egyre hatékonyabb és egyre gyorsabb működésű kódolók kifejlesztését. Ennek az igénynek a hatására rendkívül intenzív kutatásokat folytatnak világszerte. A sokféle új eredményből talán leginkább a rész-sávkódolás érdemi a legnagyobb figyelmet. Ez a módszer a kódolási feladatok rendkívül rugalmas, hatékony és gazdaságos megoldását teszi lehetővé. A részsávokra hasítás céljára alternatív módszerek léteznek, ezekből mutattunk be néhányat. Véleményünk szerint a közeli jövőben várható a hazai igények növekedése e területen.

## IRODALOM

- [1] Fazekas K., „Kódoló struktúrák színes videojelek digitális kódolásánál”. *Híradástechnika*, XXXVII. évf., 12. sz., 1986. pp. 543–550.
- [2] Fazekas K., „A digitális képkódolás fejlődési irányai”, *Híradástechnika*, XXXIX. évf., 2. sz., 1988. pp. 56–62.
- [3] M. Tanimoto, N. Chiba, H. Yasui and M. Murakami, „TAT (Time-Axis Transform) Bandwidth Compression System of Picture Signals”, *IEEE Trans. on Com.*, Vol. 36, No. 3, March 1988, pp. 347–354.
- [4] N. M. Nasrabadi and R. A. King, „Image Coding Using Vector Quantization”, *A Review. IEEE Trans. on Com.*, Vol. 36, No. 8, August 1988. pp. 957–971.
- [5] K. Tzou, T. Chen, P. E. Fleischer and M. L. Liou, „Compatible HDTV Coding for Broadband ISDN”, *IEEE CH2535-3/88/0000-0743*, 1988, pp. 743–749.
- [6] Balázs P., Böröczky L. és Fazekas K., „Digitális videojelek kódoló számítógépes szimulációi”, *Híradástechnika*, XL. évf., 7. sz., 1989. pp. 198–206.
- [7] H. S. Malvar and D. H. Staelin, „The LOT: Transform Coding Without Blocking Effects”, *IEEE Trans. on ASSP*, Vol. 37, No. 4, April 1989, pp. 553–559.
- [8] P. Haskell, K. Tzou and T. R. Hsing, „A Lapped-Orthogonal-Transform Based Variable Bit-Rate Video Coder for Packet Networks”, *IEEE CH2673-2/89/0000-0905*, 1989, pp. 1905–1908.

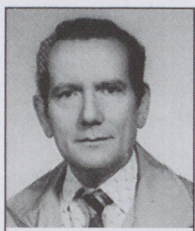
- [9] Y. Zhang, R. L. Pikholtz and M. H. Loew, „A Combined-Transform Coding (CTC) Scheme for Image Data Compression”, *IEEE CH2827-4/90/0000-0972*, 1990, pp. 972–977.
- [10] M. Cominetti and F. Molo, „A Codec for HDTV Signal Transmission Through Terrestrial and Satellite Digital Links”, u.o., pp. 987–992.
- [11] H. Gharavi, „Subband Based CCITT Compatible Coding for HDTV Conferencing”, u.o., pp. 978–981.
- [12] J. Suzuki, M. Nomura and S. Ono, „Comparative Study of Transform Coding for Super High Definition Images”, *IEEE CH2847-2/90/0000-2257*, 1990, pp. 2257–2260.
- [13] S. S. Dixit and B. Nardone, „A Variable Bit Rate Layered DCT Video Coder for Packet Switched (ATM) Networks”, u.o., pp. 2253–2256.
- [14] D. Lee and K. Tzou, „Hierarchical DCT Coding of HDTV for ATM Networks” u.o., pp. 2249–2252.
- [15] H. S. Malvar, „Lapped Transforms for Efficient Transform/Subband Coding”, *IEEE Trans. on ASSP*, Vol. 38, No. 6, June 1990, pp. 969–978.
- [16] M. Nomura, T. Fujii and N. Ohta, „Source Coding of Super High Definition with Discrete Cosine Transform”, *SPIE* Vol. 1360, 1990, pp. 814–825.
- [17] D. Cai and Y. Chen, „DS-DCT—The Double Shift DCT Image Coding for Low Bit Rate Image Transmission”, u.o., pp. 879–998.
- [18] S. Okumo, T. Omachi and F. Ono, „International Standardization on Picture Coding”, *IEICE Trans.*, Vol. E 74, No. 3, March 1991, pp. 533–539.
- [19] T. Ebrahimi and M. Kunt, „Image Compression by Gabor Expansion”, *Optical Engineering* Vol. 30, No. 7, July 1991, pp. 873–880.
- [20] L. Böröczky, *Pel-Recursive Motion Estimation for Image Coding* PH. D. Thesis, 1991 TU Delft.
- [21] *Image Communication* Vol. 2, No. 3, Oct. 1990, Special Issue on HDTV
- [22] *Image Communication* Vol. 3, No. 2–3, June 1991, Theme Issue on Video Coding for ATM Networks, Part I.
- [23] *Image Communication* Vol. 3, No. 4, Sept, 1991, Theme Issue on Video Coding for ATM Networks, Part II.
- [24] P. H. Westerink, *Sub-Band Coding of Images* PH. D. Thesis, 1989 TU Delft.
- [25] L. Böröczky, K. Fazekas and T. Szabados, „Theoretical and Experimental Analysis of a Pel-Recursive Wiener-Based Motion Estimation Algorithm”, *Annales Des Télécommunications*, 45, No. 9–10, 1991.

# DATA COMPRESSION CODING OF PICTURES AND PICTURE SEQUENCES

K. FAZEKAS, P. CSILLAG

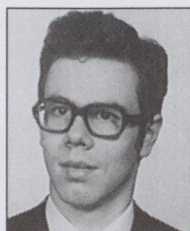
MICROWAVE COMMUNICATIONS DEPARTMENT, TECHNICAL UNIVERSITY

Recent results and international standardization activities in the field of data compression coding of pictures and picture sequences are presented.



**Fazekas Kálmán** 1962-ben szerzett villamosmérnöki oklevelet a BME Villamosmérnöki Kar Híradástechnika Szakán, majd 1968-ban mérnök-tanári oklevelet. A BME Mikrohullámú Híradástechnika Tanszék adjunktusa. Több mint tíz éven át előadója volt az Impulzusteknika c. tantárgynak, jelenleg az Áramkörök c. tárgyat oktatja. A digitális képfeldolgozás és a videojelek digitális kódolása és átvitele témakörben fakultatív előadásokat és mérsékelttöbbé képző tanfolyamokat tartott és

tart. A digitális videojelek kódolás elméleti és gyakorlati kutatásával foglalkozik. 1962 óta tagja a HTE-nek, tagja több nemzetközi tudományos szervezetnek (IEEE, EURASIP, SPIE). Részt vesz az Interkozmosz Tanács Úrtávközlési Szakbizottságának munkájában. Virág-Pollák-díjas.



**Csillag Péter** 1989-ben szerzett kiegészítő villamosmérnöki oklevelet a BME Villamosmérnöki Karán, Híradástechnikai Szakon. 3 éven keresztül végzett TDK munkát, szerepelt a TDK konferenciákon, és részt vett a „Végzős Konferencia '89” rendezvényen. Diplomatervének témája képdigitalizáló tervezése és készítése volt IBM PC XT/AT számítógéphez. 1988 nyarán Svédországban, 1989 nyarán Japánban vett részt 2–2 hónapos szakmai gyakorlaton az IAESTE szervezésében. A HTE és

az NJSZT tagja. Jelenleg az MTA–TMB tudományos ösztöndíjasa a BME Mikrohullámú Híradástechnika Tanszéken. Kutatási témája: hibrid képkódoló eljárások szimulációjának és realizációjának vizsgálata.

# NAGYFELBONTÁSÚ TELEVÍZIÓ

KOVÁCS IMRE

BME HÍRADÁSTECHNIKAI TANSZÉK

A cikk áttekinti a jelenleg versengő három HDTV rendszert, foglalkozik az azokhoz kapcsolódó jelölőállítási, kódolási, kompatibilitási filozófiával. Felhívja a figyelmet a teljesen digitális amerikai Digicypher rendszer műszaki és gazdasági előnyeire, szemben az analóg japán és európai rendszerekkel.

## 1. BEVEZETÉS

A szórakoztató elektronika területén látványos fejlődésnek lehetünk tanúi. A digitális technika egyre nagyobb teret hódít ezen a területen is, ez azonban gyakran a régi módszerek teljes elvetésével jár (pl. CD-lemezjátékok, DAT-magnetofonok, DAB: Digitális Audio Broadcast, Digitális hangműsorszórás). A televíziótechnika területén azonban ilyen, a régi módszerekkel teljesen szakító átalakulásra, egészen napjainkig nem került sor. Ennek oka abban keresendő, hogy a televízió vevőkészülék az egyik legdrágább és a leghosszabb ideig használt otthoni berendezés. Így a fejlesztések ezen a területen mindig kompatibilis módon történtek: az új nem zavarhatta a meglévő vevőkészülékek működését.

Ezen kompatibilis fejlesztéssorozatnak köszönhetik a földi televíziós műsorszórás kódolási rendszerei (PAL, NTSC és SECAM) mindazokat a hátrányokat, amelyek csak nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem lehet segíteni (világosságjel és színkülönbségi jel sávszélessége, világosság- és színjelcsatorna egymásra hatása stb.).

Közben a nyolcvanas évek közepére a színes tv-vevőkészülékek piaca telítődött. Csak olyan készülékeket lehetett eladni, amelyek a megelőző konstrukciójú vevőkénél többet „tudtak”. Ezért a tv-technika szakemberei olyan kutató-fejlesztő munkákba kezdtek, amelyeknek célja új konstrukciójú vevőkészülékek kifejlesztése volt, amelyek a meglévő rendszerek által biztosított valamennyi lehetőséget kihasználják. Így alakult ki az IDTV (Improved Definition Television: javított felbontású televízió) és az EDTV (Enhanced Definition Television) fogalmak. Ezek a javaslatok a digitális technika képtarolóival, egy- és többdimenziós szűrővel, mozgásdetektorraival a hagyományos televíziózást eljuttatták az általa biztosítható maximális képminőséghez.

Ezzel a kutató-fejlesztő munkával párhuzamosan a fejlett világ számos helyén indítottak olyan programokat, amelyeknek célja nem a meglévő képátviteli rendszerek javítása, hanem egy új, az addiginál sokkal jobb paraméterekkel rendelkező ún. „Nagyfelbontású képátvitel” lehetőségének a kidolgozása és megvalósítása. Ezen kutató-fejlesztő munkák fő célnak a filmtechnika által szolgáltatott képminőség megvalósítását tekintették. Ennek biztosítása végett mind a vízszintes, mind a függőleges felbontást a hagyományos televíziós kép felbontásának legalább a kétszeresére kellett választani, valamint meg kellett valósítani a szélesvásznú kép 16 : 9-es kép-méretarányát. Ezt a sokkal jobb minőségű képet szolgáltató rendszert nevezték el HDTV-nek (HDTV: High Definition Television, Nagyfelbontású televízió). Az egyes országok fejlesztői azonban sem a stúdió oldali, sem az átviteli paraméterekben nem tudtak — és úgy tűnik nem is tudnak — megegyezni. Így jelenleg három egymással össze nem férő HDTV rendszer családot különböztetünk meg.

A három rendszer család néhány jellemző paraméterének ismertetése előtt szeretnénk tisztázni a HDTV képtovábbításhoz szorosan kapcsolódó néhány fogalmat. A HDTV kép műsorszórási lánc három részre osztható. A HDTV stúdió, a HDTV képet továbbító átviteli rendszer és a HDTV monitor.

A HDTV stúdió alapjellemezői közé a következők tartoznak:

1. Képfrekvencia.
2. Sorszám.
3. Az alapsávi jelek sávszélessége.

A jelenleg meglévő három rendszer család mindhárom paraméterben különbözik, így a HDTV stúdiók jelei nem kompatibilisek. A képfrekvencia alkalmazott értékei a 60, az 59,9 és az 50 Hz. A képenkénti sorok száma 1125, 1050 és 1250. Az alapsávi sávszélesség mindenhol 20 MHz feletti. Ezek az eltérések azonban nem jelentenek nagy akadályt a műsorcsereknél, hiszen a profi minőségű norma-konvertereket már kidolgozták. Ezért a HDTV képtovábbítás stúdió oldali kompatibilitásának hiánya nem okoz megoldhatatlan problémát.

Ennél sokkal nagyobb gond, hogy az egyes rendszer családok egymástól teljesen eltérő módon képzelik el a kép átvitelére szolgáló kódolási rendszert. Itt nemcsak arról van szó, hogy más módon tömörítik a kép tartalmát, más a modulációs rendszer, de más a kiindulási filozófia is. Az egyik elképzelés szerint a HDTV egy olyan új szolgáltatás lesz, amely csak az új HDTV vevőkön nézhető (a kompatibilitás teljes hiánya), a régi tv-vevőkészülékek tulajdonosai semmilyen formában sem tudják nézni a műsort. A másik elképzelés szerint a HDTV csak akkor vezethető be, ha a műsortovábbítás felülről kompatibilis, azaz a HDTV vevővel nem rendelkezők, szűkített minőségű paraméterekkel ugyan, de azért nézni tudják a műsort. Ez utóbbi álláspontot az észak-amerikai és az európai szakemberek vallják, míg az előzőre a japánok tették le a voksukat.

A kiindulási filozófia mellett természetesen sokkal lényegesebb az, hogy az átviteli rendszerek egymással nem összeférők. Ez a műholdas műsorszórás nagyfokú terjedése következtében előrevetíti a HDTV jelek több rendszerű dekódolásának a szükségességét, amely a HDTV kép feldolgozására alkalmas vevőkészülék felépítését jelentős mértékben bonyolítja. Jó lenne ezt elkerülni! Nem kell azonban ahhoz nagy jóstehetség, hogy kijelentsük: főleg gazdaság-politikai megfontolások miatt az azonos HDTV átviteli rendszerre semmi esély sincs.

A HDTV képtovábbítás utolsó láncszeme a monitor. Ennek az eszköznek az egyetlen feladata a bemenetére adott alapsávi jel megjelenítése. Mivel a sor- és a képfrekvencia a három rendszer család esetében elég közel van egymáshoz, nem okoz különösen nagy gondot olyan monitor kifejlesztése, amely a három rendszer család által szolgáltatott képet helyesen meg tudja jeleníteni.

Most röviden nézzük át a három rendszer család főbb jellegzetességeit.

A japán NHK mérnökei 1987-re befejezték az első HDTV rendszer család kifejlesztését, amelynek eredményeként létejt a MUSE rendszer (Multiple Sub-Nyquist sampling Encoding; Többszörös alul-mintavételező kódolás), melynek az egyik alapjellemzője, hogy semmivel sem kompatibilis. Ez a HDTV képátviteli rendszer teljesen kidolgozott mind a kép-, mind a hangátvitelt tekintve. A képet analóg, míg a hangot digitális formában továbbítják (részletesebb felépítést lásd a 2. fejezetben). A munka során nemcsak az átviteli rendszert próbálták ki, de létrehozta olyan berendezéseket, amelyek képesek előállítani a HDTV nagy sávszélességű alapszínjeleit (kamerák), valamint már a piacon kaphatók olyan berendezések, amelyek előállítják az összetett MUSE jelet (MUSE kóder), dekóderolják az összetett MUSE jelet (MUSE dekóder). Ezenkívül kifejlesztettek nagyfelbontású monitorokat, amelyek alapsávi jellel működnek, mindemellett kidolgozták a MUSE rendszerű kép rögzítését megoldó képmagnók családját is. Ezzel párhuzamosan megalkották a MUSE átviteli rendszer tesztelésére, mérésére szolgáló jeleket és ezen jeleket előállító mérőjelgenerátorokat. Sőt a piacon megjelent a VLSI integrált áramkörök tartalmazó MUSE dekóder is.

A HDTV rendszerek közül a második helyen a közös, európai HD-MAC (High Definition Multiplex Analogue Components) eljárást fogjuk ismertetni. Ezt az átviteli rendszert a nagy európai fejlesztési intézetek és gyártók az ún. EUREKA-95 terv keretében dolgozták ki. Ha a rendszer jellemzőit nézzük, akkor ez a kép- és hangtovábbítási eljárás is teljesen kidolgozott, bár bizonyos részproblémák megoldása még napjainkban is módosul. A HD-MAC-re jellemző, hogy a képtovábbítás alapvetően analóg, míg a hang átvitele digitális formában történik. A HD-MAC kiindulási filozófiája tartalmazza a felülről kompatibilitás követelményét. Ezen azt kell érteni, hogy a HD-MAC rendszerrel átvitt információt, természetesen csak szűkített jellemzőkkel, de a hagyományos D2-MAC vevőkészülék is fel tudja dolgozni. Ez a kompatibilitás azonban egy jelentősen leszűkített összeférőség, hiszen a D2-MAC vevők még nem terjedtek el. Azt természetesen nem lehet megjósolni, hogy mire a HD-MAC eljárás bevezetésre kerül, mennyi lesz a D2-MAC vevők száma. A HD-MAC létjogosultsága, a MUSE-zal szemben azonban éppen a kompatibilitásban keresendő. (Itt jegyezzük meg, hogy a HD-MAC esetleges európai bevezetésének nem az egyedüli oka a MUSE kompatibilitásának a hiánya. A másik ok minden bizonnyal gazdaság-politikai; a MUSE alkalmazása teljes mértékben kiszolgáltatná az európai tv-készülék ipart a japánoknak.)

A MUSE-zal szemben a HD-MAC a járulékos berendezések kifejlesztésében is jelentősen lemaradt. Jelenleg a piacon még nagyon nehezen szerezhető be HD-MAC kamera, nem is beszélve a HD-MAC kóderekről, dekóderokról és képmagnókról. Ezen berendezések kifejlesztését az EUREKA-95 terv tartalmazza, minden bizonnyal időre készen is lesznek. A 3. fejezetben található a HD-MAC átviteli rendszer részletes leírása.

Végül, de nem utolsó sorban ismerkedjünk meg az észak-amerikai HDTV elképzelésekkel. Itt a helyzet sokkal bonyolultabb, mint Japánban, vagy Európában. A MUSE fejlesztésével párhuzamosan az USA-ban is kutató-fejlesztő munka indult, olyan HDTV rendszerek kidolgozására, amelyek biztosítani tudják a film képminőségét. Az USA-ban azonban, ellentétben Japánnal nagyon sok intézet dolgozott ki olyan eljárást, amellyel

HDTV jelet lehet továbbítani. Ezek némelyike NTSC kompatibilis, némelyike nem, de egymással egyáltalán nem összeférőek. Így az észak-amerikai HDTV rendszer család csak annyiban tekinthető „családnak”, hogy azok NTSC alapon próbálják a HDTV képet továbbítani.

A többféle javaslat közül az FCC, a Szövetségi Hírközlő Hivatal, még 1990-ben kikötötte, hogy csak az NTSC kompatibilis, ún. simulcast (párhuzamos sugárzás; egy HDTV és NTSC csatorna) átviteli eljárásokat tekinti olyan ajánlásnak, amelyek közül választani fog. Ennek hatására a rendszerjavaslatok száma jelentősen csökkent, de a megadott beadási határidőig még további új javaslatok is érkeztek az FCC elé. Jelenleg hat olyan ajánlás van, amelyek eséllyel pályázhatnak arra, hogy az FCC őket válassza az egységes észak-amerikai HDTV rendszernek. Ezen ajánlásokból öt digitálisan viszi át a hangot és a képet is. Terjedelmi okok miatt mind a hat rendszert nem ismertetjük. Kiválasztjuk közülük azt az ajánlást, amely szerintünk jelenleg (1991. dec.) a legnagyobb eséllyel pályázik. Ez a rendszer a General Instrument cég „Digicypher” fantáziánévre keresztelt eljárása. Az átviteli rendszert először az USA-ban a NAB konferencián, majd 1991 nyarán Montreux-ben, a 17. Televíziótechnikai Szimpóziumon mutatták be.

Itt kell megjegyezni, hogy ezek a teljesen digitális képátviteli eljárások sokkal kisebb sávszélesség mellett ugyanazokat a HDTV paramétereket tudják, mint az analóg MUSE és HD-MAC rendszerek. Ha a digitális rendszerek kóder- és dekóderoldali problémáit sikerül gyorsan és főleg olcsó eszközökkel megoldani, akkor ez a két analóg rendszer létjogosultságát mind műszaki, mind gazdasági oldalról erősen meg fogja kérdőjelezni. Ezért most 1991. decemberében nem vállalkozunk annak a megjósolására, hogy vajon melyik HDTV átviteli rendszert hol fogják alkalmazni.

## 2. A JAPÁN MUSE HDTV ÁTVITELI RENDSZER

A MUSE rendszer a japán NHK (Nippon Hoso Kyokai, Japán műsorszórási társaság) mérnökeinek a terméke, amely jelenleg a legkiforrottabb HDTV átviteli javaslatnak tekinthető. A rendszert alapvetően műholdas műsorszórára tervezték, de egyéb átviteli utakon is működőképesnek bizonyult (UHF, kábelrendszerek, földi mikrohullámú sugárzás). Japánban 1989. június 6-án rendszeres kísérleti adás zajlik és napjainkban kezdték meg a rendszeres sugárzást.

A MUSE tulajdonképpen egy rendszer család, amelynek legmagasabb szintű szolgáltatásokat nyújtó tagja maga a MUSE rendszer. Terjedelmi okok miatt csak ezt a rendszert fogjuk ismertetni.

Először összefoglaljuk azokat a főbb szempontokat és jellemzőket, amelyek alapján az NHK mérnökei kiválasztották a HDTV átviteli rendszer alapparamétereit.

Kiinduláskor feltételezték, hogy létezik egy nagyon jó minőségű HDTV stúdiórendszer. Itt most tekintsünk el ezen rendszer alapparamétereitől (tv-sorok száma, képek száma, letapogatási mód, sávszélességek), ezek ugyanis az átviteli mód kiválasztásában nem játszanak jelentős szerepet.

Az első eldöntendő kérdés az átviteli közeg kiválasztása. Ennek során a legfontosabb szempont, hogy melyik alkalmas az egész országra terjedően biztosítani a vétel lehetőségét, a meglévő kommunikációs rendszerek zavarása nélkül.

A vizsgálat a következő eredménnyel zárult. A hagyományos koax-kábeles nagyközösségi rendszerek Japán-

ban nem eléggé elterjedtek, így az országos műsorterítés nem oldható meg. Az optikai kábellel megvalósított nagy-közösségi rendszerek száma még Japánban is elenyésző, így ez a média sem használható országosan. Mivel ezen rendszerek elterjedése várható, ezért az NHK mérnökei nem zárták ki a kábeles HDTV műsorterítés későbbi megvalósításának lehetőségét.

A földi műsorszórás UHF/VHF frekvenciasávjaiban nincs elég hely az új HDTV műsorok országos terítésére. Ennek ellenére az NHK mérnökei kidolgoztak olyan átviteli eljárást is, amellyel a HDTV műsor terítése az UHF/VHF sávokban is biztosítható.

Végül megállapították, hogy az országos műsorterítést a legolcsóbban műholdról (DBS) lehet megvalósítani.

A következő kiválasztandó paraméter az átviteli frekvenciatartomány volt. Az NHK mérnökei a 12 GHz-es sáv mellett döntöttek, abból kiindulva, hogy a nagyobb frekvenciájú sávokban történő műsorsugárzás jelentősen megrágítaná a közszükségleti elektronika műholdvevő berendezéseit.

A HDTV átviteli eljárás kiválasztásának következő lépése az átvitelhez szükséges sáv szélesség meghatározása volt. Mivel az egyes DBS frekvenciatartományok csatornakiosztása már a fejlesztés kezdetén adott volt, azért a sáv szélességet szabadon, tetszőleges értékre nem lehetett megválasztani. Így a 24 MHz-es minimális sáv szélességet (WARC-77) javasolták.

Az átviteli rendszer kidolgozásának következő lépésében döntöttek arról, hogy analóg vagy digitális formában vigyék át a jelet. Ha figyelembe vesszük a megkívánt jel-zaj viszonyt és a sáv szélességet, akkor ebben a sávban 50 Mbit/s-nál nagyobb átviteli sebességet a gyakorlatban nem lehet megvalósítani. Erre az átviteli sebességre a HDTV jelet lehetetlen volt összenyomni (1983.). Az NHK mérnökei számos gyakorlati kísérlettel bebizonyították (a 80-as évek közepén), hogy a hagyományos tv-jelet, a legbonyolultabb mozgáskompenzált ún. inter-frame alulmintavételezési eljárással sem lehet 16 Mbit/s-nál kisebb átviteli sebességgel továbbítani. Mivel a HDTV jel kb. hatszor több formációt tartalmaz, mint a hagyományos tv-kép, így az átviteléhez legalább 80–100 Mbit/s átviteli sebességet kellene biztosítani. Ez a 24 MHz-es sáv szélesség mellett megvalósíthatatlan. Ezért az analóg átvitelt választották. (Itt kell megjegyezni, hogy a legújabb amerikai ajánlások már túlhaladták ezt a szemléletet, hiszen a General Instrument mérnökei a gyakorlatban is bemutatták, hogy a HDTV kép átvihető egyetlen 6 MHz-es NTSC csatornában is. Itt természetesen nem arról van szó, hogy a japán mérnökök rosszabbak, mint az amerikaiak. De a MUSE kifejlesztésekor (1978–1985) a technológia elérhető áron nem tudta volna biztosítani az olyan nagy sebességű digitális jelfeldolgozást, mint amit pl. a „Digicypher” 1991-ben megkíván. Ha most kellene átviteli formátumot választani, akkor az NHK mérnökei is a digitális mellett döntenének. A MUSE rendszer kidolgozására a közel egy évtizedes fejlesztés alatt nagyon sokat költöttek. Ezért most a 90-es évek elején nehéz szembenézni azzal a lehetőséggel, hogy a teljesen kidolgozott rendszert egy digitális megoldás máról holnapra kiszoríthatja.

Az átviteli rendszer kiválasztásának következő lépése a modulációs mód meghatározása. A műholdas műsorszórás során, zajproblémák miatt csak az FM, vagy a PM használható. Mivel az FM nem kíván fázis-helyes vivőregenerálást a vevőben, ezért az NHK mérnökei a FM mellett döntöttek.

Ezt követően az átvihető alapsávi sáv szélességet hatá-

rozták meg. Ezt a nagyfrekvenciás sáv szélesség, a modulációs mód és a megkívánt jel/zaj viszony behatárolja. Az NHK mérnökei számos vizsgálatot végeztek ennek meghatározására. Ennek eredményeképpen a használható sáv szélességet 8 MHz-re korlátozták.

Következő lépés az alapsávi rendszer kiválasztása. Mivel az FM átvitel kizárja az FDM elvű, azaz segédvivős felépítést, zajproblémák miatt csak komponens elvű TDM jelet lehet használni. A 8 MHz-es alapsávi sáv szélesség pedig megkívánja a sávösszenyomás valamilyen formáját. A kísérletek bebizonyították, hogy sáv szélességszökkentést analóg átvitel mellett, viszonylag egyszerű eszközökkel, csak állandó adatsebességgel lehet megvalósítani.

Az átviteli rendszer kialakításának utolsó szempontja a hangátviteli mód kiválasztása volt. A hangátvitelt eredetileg a képtől független 4-fázisú PSK-val (16,2 MBaud/s) akarták megvalósítani. Az első műsorszórási kísérlet 1985-ben volt Japánban az EXPO-85-ön. Ez a kísérlet azonban bebizonyította, hogy a vevőkészülék nemcsak bonyolult, de a megfelelő vétel biztosításához két demodulátort is igényelt, sőt a beltéri és a kültéri egység helyi oszcillátorát is stabilizálni kellett. A kísérletek azt is bemutatták, hogy az ezen feltételekkel megtervezett különleges vevő hangcsatornája még így is gyakran tévesztett. Az eredmények tükrében az NHK mérnökei kifejlesztettek egy, a képátvitelhez kötött, azzal multiplex alapsávi rendszert, amely sokban hasonlít az Európában elfogadott MAC hangcsatornához.

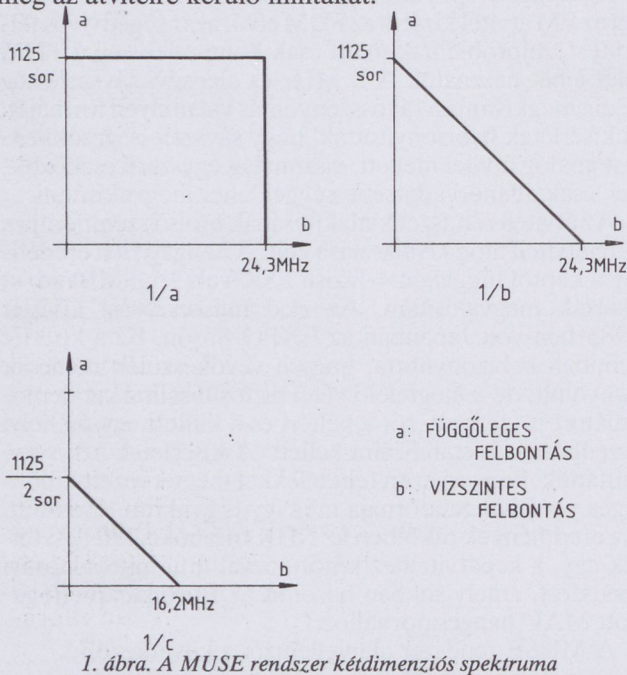
A MUSE rendszer alapjellemzői a következők:

1. Sáv szélesség-csökkentés többszörös alulmintavételezéssel és mozgáskompenzációval.
2. Analóg minták átvitele, automatikus kiegyenlítéssel.
3. Olyan szinkronizációs rendszer, amely nagyon pontos újra-mintavételezést tesz lehetővé. Ez a szinkronizáció pozitív, így nincs amplitúdóvesztés (a szinkronjel az Y, U és V jelek kivezérlési tartományán belül van, így a szinkronjel nem amplitúdó-diszkriminációval lehet leválasztani).
4. Nemlineáris előkiemelés-utóelnyomás, a jel-zaj viszony 9,5 dB-es javításával.
5. Kvázi-konstans világosság elvén működő jelfeldolgozás. Ezzel a módszerrel csökkenthető a világosság- és színjel egymásra hatása (cross-colour, cross-luma) és a telített színek zajterhelése. Így végül is kisebb a megkívánt vivő-zaj viszony a vevő bemenetén.
6. Alapsávi multiplex átviteli rendszer hangra és független digitális adatra.
7. Mivel a fejlesztések és kutatások nagy része real-time feldolgozású áramkörökkel történt, így a kóder és a dekóder áramkörök, a kutatás-fejlesztés melléktermékeként létrejöttek.
8. Egy kép 1125 sorból áll, a képfrekvencia 60 Hz.

A MUSE (Multiple Sub-Nyquist sampling Encoding; Többszörös alulmintavételező kódolás) rendszerben a képinformációt a képen található mozgással összhangban dolgozzák fel. A kép mozgó részeit az ún. sor-offszet alulmintavételezéssel (line offset sub-sampling), míg az álló részeit az ún. kép- és félkép-offszet alulmintavételezéssel (frame and field offset sub-sampling) dolgozzák fel. Mindkét módszer azonos minta-struktúrát eredményez. Ez rendkívül fontos, hiszen a mozgásdetekció, amely a mozgó és álló részeket megkülönbözteti, a vevőben és adóban egymástól függetlenül történhet csak.

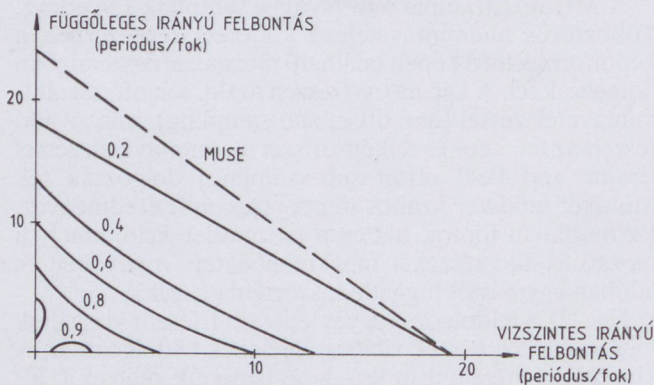
Nézzük a feldolgozás egyes lépéseit. Először vizsgáljuk meg az álló képrészek világosságjelének feldolgozását. A kiindulási feltételünk az lesz, hogy ismerjük, melyek az álló és melyek a mozgó képrészek.

Az álló képrészek világosságjelét először ortogonálisan mintavételezik, 48,6 MHz-es frekvenciával, majd ezt követően 24,3 MHz-es mintavételi sebességgel alumintavételezik az ún. félkép-offszet eljárással. Végül 16,2 MHz-cel sor-offszet és kép-offszet alumintavételezéssel kapják meg az átvitelre kerülő mintákat.



1. ábra. A MUSE rendszer kétdimenziós spektruma

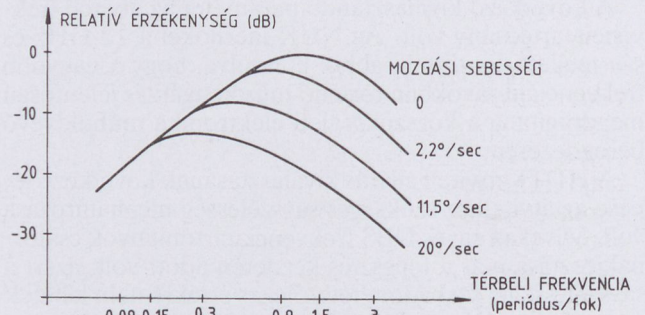
Mozgó képrészek esetén csak a 2. alumintavételezést alkalmazzák. Az 1. ábra tartalmazza a MUSE rendszer által átvihető képjel kétdimenziós spektrumábráját. A vízszintes tengelyen az átvihető frekvenciakomponensek, míg a függőleges tengelyen a továbbított sorok száma található. Az 1/a ábra az alap-mintavételezéssel továbbítható komponenseket mutatja, az 1125 soros függőleges felbontásnak és a 48,6 MHz-es mintavételnek megfelelően. A 1/b ábra az álló képrészekre, míg a 1/c ábra a mozgó képrészekre adja meg az átvihető vízszintes és függőleges felbontást. Visszatérve a 1/a ábrához, megállapíthatjuk, hogy az átlós irányú felbontás sokkal nagyobb, mint a tiszta vízszintes, vagy a tiszta függőleges, ez pedig még akkor is felesleges lenne, ha az emberi szem minden irányban azonos érzékenységgel rendelkezne. De szerencsére a szemünk felbontóképessége irányfüggő. A 2. ábra az emberi szem relatív érzékenységet és a MUSE által elérhető felbontást mutatja különböző függőleges és vízszintes részletzettség mellett. Az egyes szintvonalakra írt számok a relatív érzékenységet adják meg. Az ábrán megfigyelhető az átlós irányokra vonatkozó kisebb érzékenység. Ennek tükrében már nem okoz gondot az, ami az 1/b ábrán látható: az álló képrészek esetén az alumintavéte-



2. ábra. Az emberi szem kétdimenziós felbontóképessége

lezéssel az átlós irányok felbontása a felére csökken. Az 1/c ábrából azt is megállapíthatjuk, hogy a mozgó részek esetén a MUSE rendszerben a függőleges és a vízszintes felbontás is a felére csökken. A 3. ábra tartalmazza a szemünk relatív érzékenységet a mozgó részekre. Az egyes vonalakra írt számok fok/sec-ban adják meg a mozgási sebességet. Az ábrából megállapítható, hogy már kis mozgási sebesség esetén is jelentősen csökken a szemünk érzékenysége. Ezért a mozgó részekre vonatkozó MUSE felbontás is elegendő.

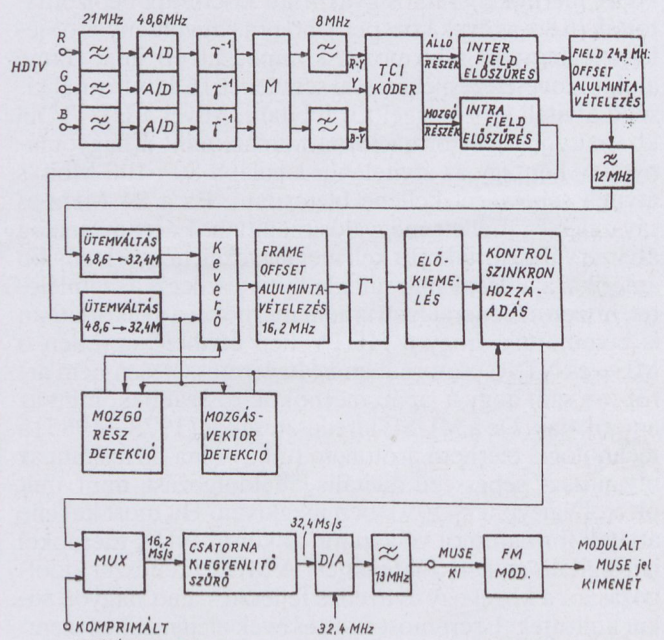
Terjedelmi okok miatt a MUSE rendszert teljes részletzettséggel nem tudjuk ismertetni. Ezért csak a MUSE kóder tömbvázlatát és kivonatos működését fogjuk megadni.



3. ábra. Az emberi szem felbontóképessége mozgó képrészekre

### A MUSE kóder felépítése

A 4. ábra a MUSE kóder blokkvázlatát tartalmazza. A rajzon csak a lényegesebb elemek találhatók meg. Az itt megadott tömbvázlat nem az egyedüli jó megoldás, csak egy a lehetségesek közül.



4. ábra. A MUSE kóder felépítése

A 4. ábra bal felső részén érkezik a HDTV alapsávi gammakorrigált R, G és B jel. A bemeneten mind a három jel útjában egy-egy 21 MHz-es aluláteresztő szűrő található, amelyek feladata a mintavételi tétel előlirt feltétel biztosítása. A mintavételi frekvencia 48,6 MHz, ezért a 24,3 MHz feletti esetlegesen fellépő frekvenciakomponenseket el kell távolítani (antialiasing filter). Az aluláteresztő szűrőket egy-egy A/D átalakító követi, ezek állít-



ják elő a 48,6 MHz-es mintasorozatot. Az R, G és B digitális jel egy-egy inverz gammakorrekorra kerül, ahol megtörténik a linearizálás. A linearizált jelek egy mátrix-áramkörre kerülnek, amely a világosságielet (Y) és a két színkülönbségi jelet (U és V) szolgáltatja. Az U és V mintasorozatból egy-egy 8 MHz határfrekvenciájú digitális aluláteresztő szűrő eltávolítja azokat a komponenseket, amelyek spektrumátlapolódást okozhatnak. Ezt követően a három mintasorozat az ún. TCI kóderbe kerül. A TCI kóder egy olyan időosztásos mintasorozatot szolgáltat, amely az időben összenyomott sorszekvenciális színkülönbségi jeleket és a világosságielet tartalmazza.

A TCI kóder által szolgáltatott jelet két különböző úton dolgozzák fel. Más az eljárás a mozgó és más az álló képrészek alatt. A mozgó képrészletek esetén az eljárás egyszerűbb. Egy rombusz alakú kétdimenziós előszűrés előzi meg a kép-offszet alulminta vételezését. Ezen szűrő karakterisztikáját az 1/c ábrán találjuk meg.

Az álló részek esetén a félkép-offszet mintavételezését egy, az 1/b ábrán található előszűrésnek kell megelőznie, majd ezt követi a 24,3 MHz sebességű félkép-offszet alulminta vételezése. A 12 MHz-nél nagyobb frekvenciájú komponenseket egy digitális aluláteresztő szűrő távolítja el. Ezt követően sor kerül egy mintavételi sebességkonverzióra, 48,6 MHz-ről 32,4 MHz-re.

Az álló és a mozgó képrészletekhez tartozó mintasorozat mozgásdetekciótól függő kombinációja adja az átvitelre kerülő képpont-struktúrát. Az így kialakított mintasorozatok egy 16,2 MHz-es kép-offszet alulminta vételezőre kerül, amely a MUSE alapsávi digitális jelet szolgáltatja.

A MUSE feldolgozás lineáris jeleket használ, ugyanakkor tapasztalati tény, hogy az átviteli úton a jelhez hozzáadódó zaj sokkal zavaróbb a sötét részekben, mint a világosokban. Ezért az összetett MUSE jel egy nemlineáris karakterisztikájú digitális áramkörre kerül, amelynek a dekóder-oldalon megvan az ellenpárja. Így biztosítható, hogy az átvitel során a jelhez egyenes eloszlással hozzáadódó zaj, a dekóder nemlinearitást megvalósító áramkörének kimenetén sokkal kisebb amplitúdójú legyen a szürke felületeken, mint a fehérszinteken.

A mintasorozat ezt követően egy előkiemelő áramkörön keresztül egy multiplexerre kerül, amely időosztással egyesíti a kép, a hang és a szinkron, valamint a digitális adatsorozatokat.

A hangjelet időmultiplex formában, a függőleges kioldási időben, 12,15 Mbaud-os sebességgel továbbítják. Az átvitel kapacitása kb. 1350 Kbit/s, ami négy független nagy hanghűségű hangcsatorna és egy 100 Kbit/s sebességű független adatsatorna átvitelét teszi lehetővé.

Végül a 16,2 Megaminta/s sebességű mintasorozatot 32,4 Megaminta/s-ra interpolálják, majd a D/A átalakító visszaalakítja analóggá. Erre az interpolálásra azért van szükség, hogy a D/A átalakító kimenetére teendő aluláteresztő szűrő megvalósítható legyen.

## A videojel kódolása

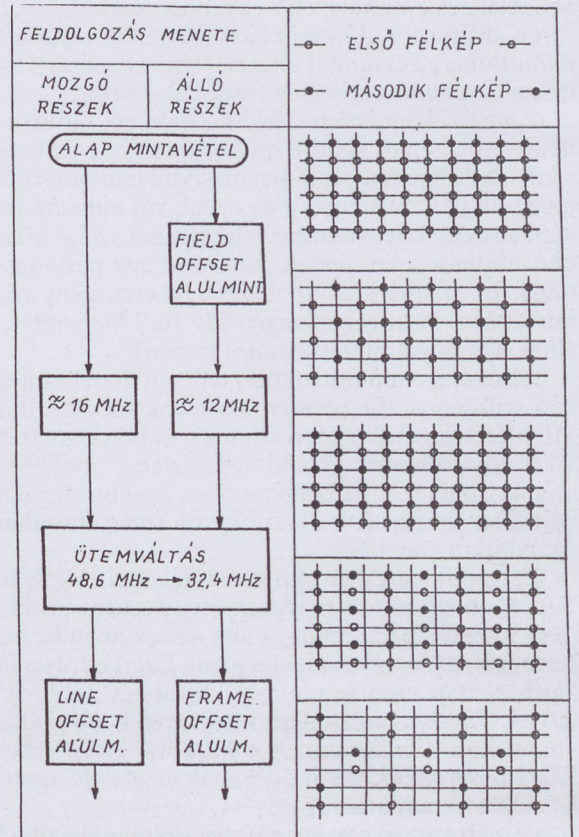
Az előzőekben nagy vonalakban nyomon követtük a MUSE jel kódolásának egyes lépéseit. Most nézzük végig a világosságielet kódolását részletesen.

Az 5. ábrán megtaláljuk a világosságielet mintastrukturáját és az egyes interpolációk hatását mind a mozgó, mind az álló képrészletek esetén.

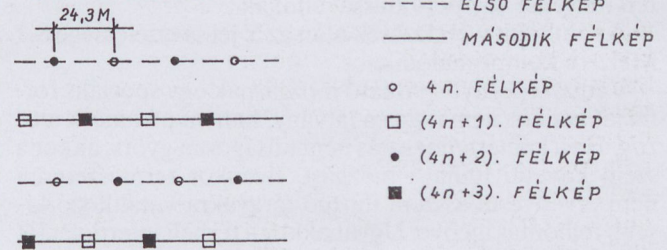
A kiindulási mintavételi frekvencia 48,6 MHz. Ennek megfelelő mintastrukturája az 5. ábra jobb felső részében található. Az ábrán egy-egy kör egy-egy mintavételi hely-

nek felel meg. A mintavételi helyek közötti távolság a mintavételi frekvenciának megfelelően kb. 19,5 ns.

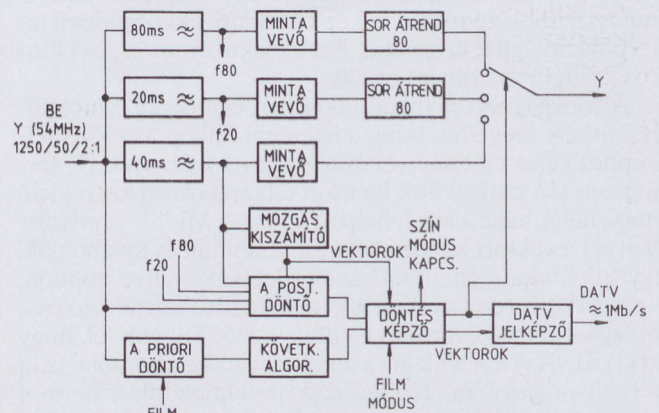
Nézzük, mi történik az álló részek esetén. Először az ún. félképek közötti offszet alulminta vételezése során, az eredeti mintastrukturára minden második elemét veszik figyelembe. Erre utal az elnevezésben az alulminta vételezés. De ezenkívül ha az n-dik félképben pl. a k-dik mintát



## EGYSZERŰSÍTETT MINTA-STRUKTÚRA



5. ábra. A MUSE rendszer mintavételezési algoritmus



6. ábra. A mintavételi frekvencia csökkentése

tekintik érvényesnek, akkor az  $(n+1)$ -dik félképben a  $k$ -dik mintát el kell hagyni. Erre az algoritmusra utal a félképek közötti offszet elnevezés. Ezt a ritkított mintasorozatot egy 12 MHz határfrekvenciájú aluláteresztő szűrő interpolálja. Így visszakapjuk az eredeti mintastruktúrával azonos mintavételi helyeket, de természetesen csak a 12 MHz-nek megfelelő mintaértékeket.

Ez a mintastruktúra rákerül egy ütemváltóra, amelynek feladata a mintavételi frekvencia csökkentése. Ennek során az ütemváltó interpolációval minden három minta időtartamára két mintát ültet be (lásd a 6. ábrát). Ekkor a minta továbbítási sebessége csak 32,4 MHz.

A mozgó képrészletek feldolgozásának utolsó mozzanata az ún. képek-közötti offszet alulminta vételezése. Ez a következőt jelenti: minden második mintát tartják csak meg (alulminta vételezés), de ezenkívül minden második képben az érvényes mintavételi helyeket a 32,4 MHz mintatovábbítási sebességnek megfelelő egy periódussal eltolják (ez a képek közötti offszet). Az eredmény a 6/e ábrán látható. A folyamat végén egy 16,2 Megaminta/s átviteli sebességű mintasorozatot kapunk.

Láthatóan a mintastruktúra teljes átviteléhez négy félkép szükséges. Ha röviden akarnánk megfogalmazni a MUSE lényegét álló képrészletek továbbítására, akkor ez a következő lenne: az álló képrészletek átvételére több időt használ fel, azaz kisebb időbeli gyakorisággal továbbítja őket, hiszen azok állóak, így információtartalmuk továbbítására van idő.

Vizsgáljuk meg a mozgó képrészletek átviteli folyamatát. Tudjuk, hogy a mozgó részek átvitele nem kíván olyan nagy sávzélességet, mint az álló részek átvitele, hiszen a szemünk úgysem tudja feldolgozni. Ezért a folyamat első lépéseként az eredeti mintastruktúrát egy 16,2 MHz határfrekvenciájú aluláteresztő szűrővel határolják, majd ütemváltással csökkentik a mintatovábbítási sebességet 32,4 MHz-re. Ekkor a 6/d ábrának megfelelő mintavételi helyeken kapunk mintákat.

Az ütemváltást egy sor-offszet alulminta vételezés követi, amelynek során minden második minta elhagyásra kerül és minden második tv-sorban az érvényes mintavételi helyeket egy periódussal eltolják.

Az alulminta vételezések után az Y jel sávzélessége 8,1 MHz-re komprimálódik.

Van a képernyőn látható mozgásnak egy speciális formája, amikor nem maga a látvány, hanem a kamera mozog. Ha a kameramozgatás nem túlságosan gyors, akkor a szem követni tudja a mozgást. Ilyenkor természetesen nem érvényesül a szem mozgó tárgyakra vonatkozó kisebb felbontás igénye. Ugyanakkor a térbeli interpolációt nem lehet alkalmazni. Ha azonban a mozgás sebessége számítható és a kiszámított sebességnek megfelelő elmozdulással az előző félkép és kép eltolható, akkor időbeli interpolációt lehet használni. Ezt a technikát mozgásvektoros kompenzációnak nevezik.

A mozgásvektor tulajdonképpen egy olyan elmozdulás, amely megadja, hogy a jelenlegi félkép az előző félképhez képest mennyivel változtatja meg a helyét. De természetesen csak akkor, ha a két félkép közötti korreláció maximális, azaz a két félkép azonos. A MUSE rendszerben ezt a vektort minden képre kiszámítjuk és továbbítjuk, így a dekóder segíteni tud az előzőekben említett gondon.

A MUSE rendszerben a képek közötti korreláció és a mozgásvektor kiszámítása a következő: Tegyük fel, hogy  $x(i,j)$  és  $y(i,j)$  a jelenlegi és a következő kép mintája az  $i,j$  térbeli pozícióban. Jellemezzük az elmozdulást az  $m,n$  térbeli elmozdulás-koordinátákkal. Ekkor a két kép közötti korrelációt a következőképpen lehet meghatározni:

$$F(m,n) = \sum_{i,j} \{ |x(i+m, j+n) - y(i,j)| \}$$

ahol az  $F\{\}$  egy mérési funkció, pl.:

$$F\{x\} = 0 \quad \text{ha } x < d$$

$$F\{x\} = |x - d| \quad \text{ha } x > d$$

Itt  $d$  egy olyan küszöbszint, amellyel a vizsgált két kép közötti zajkülönbség figyelmen kívül hagyható. A vizsgálatot minden  $m$  és  $n$  értékpárra el kell végezni és az tekintendő az elmozdulás vektorának, ahol az  $F\{\}$  függvény minimális.

Röviden összefoglalva azt mondhatjuk, hogy ha a jelenlegi és az előző képtartalom különböző vektorokkal eltoló változatának különbségeit képezzük, akkor ezen képpontokként vett különbségek összegének lesz egy minimuma, amelyet éppen annál az eltolódási koordinátánál kapunk, amely megfelel az elmozdulási vektornak.

A számítás valósidejű, így valamennyi képpontot nem veheti figyelembe. Ezért a MUSE-ban csak néhány ezer pontra végzik el a korreláció meghatározását.

### Következtetések

Az NHK által kifejlesztett MUSE átviteli eljárásról bebizonyosodott, hogy 8,1 MHz-es alapsávi sávzélesség mellett kitűnő képminőséget biztosít, ezért alkalmas HDTV kép továbbítására. A teljes kompatibilitás (NTSC) hiányát az NHK mérnökei úgy próbálták feloldani, hogy kifejlesztettek kompatibilis MUSE eljárásokat is (pl. N-MUSE; Narrow MUSE). Mivel azonban a rendszer alapvetően analóg mintákat továbbít, ezért most, az 1991. év végén jelentős hátrányban van a teljesen digitális HDTV átviteli ajánlásokkal, még akkor is, ha azok fejlesztése nincs még befejezve.

### 3. Az európai HDTV rendszer

A rendszer megalkotásakor a kiindulási pont az az alapelv volt, hogy az európai HDTV rendszer egyértelműen jobb képet kell, hogy szolgáltatson, mint a MAC rendszer.

Az Eureka-95 projekt által kifejlesztett HD-MAC eljárás előírja, hogy az adást egyidejűleg venni kell tudni hagyományos MAC vevőkkel is. Ideális körülmények között nem szabad képminőségromlásnak fellépni, ha a HD-MAC adást MAC vevőn nézik, természetesen ahhoz képest, mintha azt D2-MAC-ben sugározták volna. De ha valójában nézzük a problémát, azonnal kiderül, hogy a keskenysávú HDTV rendszerek csak úgy tudnak létezni, ha mozgástól függő mintavételezést használnak, ami a gyakorlatban minden esetben több-kevesebb minőségromlást eredményez. Bizonyos mértékben a mérleg egyik serpenyőjébe a HDTV kép minősége, a másikba pedig a kompatibilis MAC kép minőségét helyezték: ha egyik javul, akkor a másik romlik és viszont. Erre gondolni kell, amikor előírjuk a kompatibilis kép minőségét, hiszen hosszú távon mégis csak a HDTV rendszert akarjuk megtartani. Ezért aztán ha kompromisszumot kell kötni, akkor azt mindenképpen a kompatibilis kép rovására kell megtenni.

Az MAC jel minősége valahol a félúton van a jelenlegi PAL és az elképzelt HDTV jel között. Az MAC rendszer lehetővé teszi akár a 4 : 3, akár a 16 : 9 méret arányú kép sugárzását. A 80-as évek elején logikusnak látszott a MAC rendszernek a DBS céljára való szabványosítása, mert lényegesen nagyobb minőség-javítási lehetőségeket ígért, mint amekkora a PAL, vagy SECAM eljárásnál várható volt.

A 80-as évek közepén, nagy európai összefogással létrehozták az Eureka-95 projektet azzal a céllal, hogy az MAC-eljárással összeférő HDTV-átviteli és sugárzási rendszert fejlesszenek ki. Ez ugyan megfelelt az MAC megalkotásánál előre kitűzött célnak, de a terv bizonyos eltéréseit mutat az EBU által eredetileg körülírt elképzelésekhez képest. Ennek két fő oka volt. Először is az MAC szélesvásznú, HDTV-változatának az igénye sokkal hamarabb merült fel, mint azt előre várták és nem „várta” meg a lapos, nagy méretű, szilárdtest alapú megjelenítők kifejlesztését. Másodszor pedig túl optimistán ítélték meg a nyolcvanas évek elején a DBS-szolgáltatások gyors európai elterjedését. Sok késlekedés történt a DBS-műholdak fellövése körül, de ugyancsak elkéstek a vevő, ill. az MAC-dekóder-fejlesztésével a félvezetőgyártók.

Többszöri iteráció után 1989-ben született meg a végleges megegyezés az Eureka-95-terv szerinti HD-MAC kódolási algoritmusaira, és az ennek megfelelő berendezések bemutatójára először 1989. szeptemberében került sor. Az igazsághoz tartozik az, hogy itt ugyan felmerültek apró módosítási javaslatok, de a rendszer fő paramétereinek megírásának idején (1991. december) már véglegesnek tekinthetők.

Ahogy azt már említettük, a HD-MAC-rendszer az MAC/packet-eljárás alapján működik. Ez utóbbi ismeretét az olvasó részéről feltételezzük, ezért részletes leírásától itt eltekintünk, csupán a legfontosabb, a HD-MAC-eljárás-hoz szorosan kapcsolódó paramétereit említjük meg. Az MAC-kódolási eljárás a világosság- és a színkülönbségi jeleket időben 3 : 2, ill. 3 : 1 arányban komprimálva viszi át. A színkülönbségi jel továbbítása sorszekvenciális. Minden tv-sor-elején, mintegy 10  $\mu$ s ideig kerül átvitelre a digitális hang- és adatjel. A letapogatási rendszer 625/50/2 : 1, ami azonos a PAL-, vagy SECAM-rendszerével, így szükség esetén egyszerű, olcsó, a meglévő tv-vevő tetején elhelyezhető adapterrel megoldható az átkódolás PAL-ra, vagy SECAM-ra. Az MAC/packet-jel kódolása és a dekódolása digitális úton történik. Kerekítve 700 aktív világosság-minta van soronként és ennek fele, kb. 350 színkülönbségi minta írja le a színinformációt. A kisugárzott MAC/packet-jel képméretaránya lehet akár 4 : 3, akár 16 : 9 is, ez utóbbi jelet összeférő módon lehet venni egy 4 : 3 méretarányú vevőn is, természetesen a kép oldalszéleinek információja nélkül.

A HD-MAC-filozófia és ezzel együtt a sávszélesség-csökkentés alapja az emberi látás egyik közismert sajátosságán alapszik. Ez a folyamatos mozgás érzetével és ez érzet keltéséhez minimálisan szükséges másodpercenkénti képek számával függ össze. Ismert tény ugyanis, hogy ha egy gyorsan mozgó tárgyat nézünk, akkor a folytonos mozgás érzetének keltésére a szemünk ugyan sok egymás utáni diszkrét képet, mozgás-fázist igényel, de ugyanakkor nincs szüksége nagy felbontásra ezeken a képeken. Ha viszont a mozgás lassú, vagy éppenséggel megszűnik (álló kép!), akkor szemünk megelégszik kevés (vagy egyetlen) képpel, (nincs szükség sok mozgásfázisra, csak ezen „kvázi” állókép-villogásmentes ismételtetésére), cserébe viszont ekkor igen kényesek vagyunk a jó felbontásra (ugyanazt az elvet alkalmazza a MUSE is).

A HD-MAC-esetén a képméretarány mindig 16 : 9, és a minták száma tv-soronként a világosságjelre megduplázódik kb. 1400-ra, míg a színkülönbségjelekre ez az érték feleződik, kb. 700 minta külön a vörös, külön a kék színkülönbségekre. Az egész kép fel van osztva függőlegesen és vízszintesen 16  $\times$  16 minta méretű négyzethálózatra. Ez az egyenként 256 mintát tartalmazó, összesen kb. 6000 darab blokk képezi az alapját annak a bonyolult mű-

veletsornak, amellyel egy-egy blokkon belül az észlelt mozgástól függően kiegészítő információt képeznek és azt a félképképzési időben továbbítják. Az így kialakított segédjelet nevezik DATV (Digitally Assisted Television) jelnek. Ez elengedhetetlenül szükséges ahhoz, hogy a HD-MAC-vevő helyesen tudja feldolgozni a bejövő képet.

A videojel-átvitel analóg formában megy végbe, ezért az alulminta-vételezési elvet használják. A HDTV-kamera letapogatási formátuma 1250/50/1 : 1, de az egyszerűség kedvéért tételezzük fel a 2 : 1 sorváltós arányt, amire a stúdiókép egyszerűen átkonvertálható.

A HD-MAC-átviteli szabvány szerint a kódér kimenő jele egy 625 soros, 50 Hz félképfrekvenciájú, 2 : 1 arányban sorváltós jel. A fő probléma az, hogy a rendelkezésre álló csatorna sávszélessége túl kicsiny. Ezért szükség van sávszélesség-csökkentő módszerre, mert kb. egy negyedére össze kell nyomni a szélessávú spektrumot.

A bevezetőben már említett DATV-kiegészítő jel hordozza — sűrített formában — a mindenkor képmozgással kapcsolatos információját. Ez a jel biztosítja azt, hogy a dekóder teljes mértékben alá van rendelve a HD-MAC-kódernek, aminek számos előnye van. A legfontosabbak az alábbiak:

1. olyan bonyolult műveletek, mint pl. mozgás-detektálása és értékelése a stúdióban lévő kódérben megy végbe, ahol az ár másodlagos a minőséghez képest;
2. a mozgás-detektálása és értékelése a lánc olyan pontján történik, ahol a jel minősége a lehető legjobb: nincs csatornazaj, a felbontás teljes, nincs torzítás;
3. a sok millió HD-MAC-vevőt nem terheli a mozgás-észlelésének és detektálásának bonyolultsága és költsége;
4. végül, de nem utolsó sorban a DATV-n alapuló koncepció biztosítja a jövőben bizonyára tovább fejlődő mozgásdetektálási eljárások későbbi folyamatos bevezetését, megvalósítását.

A DATV-jel-átlagos bitsebessége kb. 1 Mb/s. A négy-szeres sávszélesség-csökkentést a tér- és időbeli alulminta-vételezési eljárás alkalmazása biztosítja, amely a mindenkor képtartalomhoz alkalmazkodik.

A rendszer koncepciójára továbbá az jellemző, hogy a különböző, képtartalomtól függő, a képen jelentkező térbeli sebességekhez különböző képfrissítési frekvenciákat rendel. A (kvázi) stacionárius módban, ahol a sebességtartomány 0—0,5 minta/40 ms, az alapidőtartam 80 ms, míg a képfrissítési frekvenciája 12,5 Hz. A lassan mozgó módus sebességtartománya 0,5...12 minta/40 ms, itt az alapidőtartam 40 ms és a képfrissítési frekvenciája 25 Hz. Végül a mozgó módban, ahol a sebességtartomány nagyobb, mint 12 minta/40 ms, az alapidőtartam 20 ms-ra rövidül, míg a képfrissítési frekvenciája megnő a rendszer által nyújtható lehető legnagyobbra, 50 Hz-re. A stacionárius módban két teljes képből generálnak egy mozgásfázist a 80 ms időre és ezt a képet kódolják átvitelre. Hasonlóan egy lassan változó módusú kép esetén 40 ms-onként állítanak elő egy mozgásfázist és kódolják átvitelre. Végül a mozgó módban minden 20 ms idejű félképidőtartam felel meg egy mozgásfázisnak.

A mozgásfázisonként továbbított minták száma természetesen függ a módustól. Elvben, ha felére csökken a képfrissítési frekvenciája, akkor ez megduplázza a mozgásfázisonként átvihető minták mennyiségét.

A módusok közötti választás blokkrendszeren alapszik. Az alulminta-vételezés után a 32  $\mu$ s soridejű 1250 soros jelet át kell alakítani egy 64  $\mu$ s soridejű, 625 soros jellé. Ez a konverzió úgy valósul meg, hogy az egy félképen belüli két szomszédos HD-sor-mintáit egymásba szövik. Ezt a közbeszövést hívják sor-átrendezésnek („line

shuffling"). A HD dekóderben az így közbeszövötten továbbított mintákat egy inverz művelettel, a sorvisszarendezéssel („line deshuffling”) teszik vissza az eredeti helyükre.

Mind a világosságjel-kóder, mind a dekóder három különböző kódoló módusban dolgozik. E három módus három eltérő térbeli karakterisztikával bír, így mindegyiknek egyedi alulmintavételezési stratégiája van.

A 40 ms-os módus tartalmaz egy mozgásbecslőt, amely alapján véve egy Blokk Egyezés Algoritmus (BMA = Block Matching Algorithm). A kapcsolási döntések két döntési séma kombinációjából kerülnek kialakításra, az „a priori” (előzetes) és az „a posteriori” (utólagos) döntési stratégiából.

A színkülönbségi jelek kódolására csak két módust definiáltak: a 80 ms, és a 20 ms kódoló módust. A színjel továbbításánál nem használnak mozgáskompenzálást. A dekóder a színinformáció feldolgozását meghatározó módus kiválasztását a világosságjel DATV jele alapján végzi.

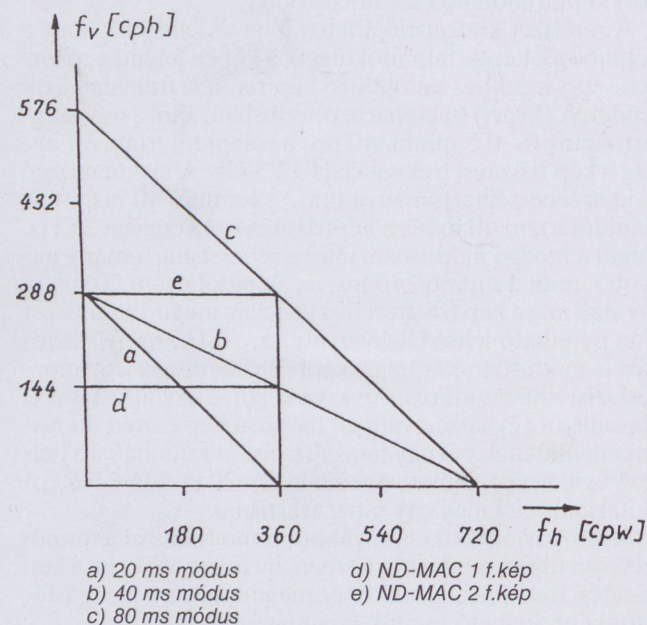
Terjedelmi okok miatt itt is csak a HD-MAC kóder felépítését fogjuk ismertetni.

### A HD-MAC kóder

A világosságjelet feldolgozó HD-MAC kóder tömbvázlatát a 6. ábrán találjuk meg. Nézzük az ábrán lévő fokozatok funkcióit.

### A 20 ms-os videokódoló módus

A 20 ms-os videokódoló módus részei a következők: egy kétdimenziós (2-D) aluláteresztő szűrő, egy alulmintavételező és egy sor-átrendező egység. A 2-D aluláteresztő szűrő átviteli karakterisztikáját a 7. ábra tünteti fel. Ugyanezen az ábrán láthatók a 40 ms és a 80 ms szűrők jelleggörbéi is. A szűrő két szomszédos félkép között végez szűrést és az idealizált vízszintes határfrekvenciája  $f_g/4$ , ahol  $f_g$  a mintavételi frekvencia.



7. ábra. Világosságjel térbeli spektrumképei

Ha összehasonlítjuk ezt a normál MAC átvitel 2-D görbéivel (l. a 7d és 7e ábrákat), akkor megállapítható, hogy a 20 ms-os szűrő kétszeres függőleges felbontást enged meg a tisztán függőleges frekvenciák számára. Az alulminta-

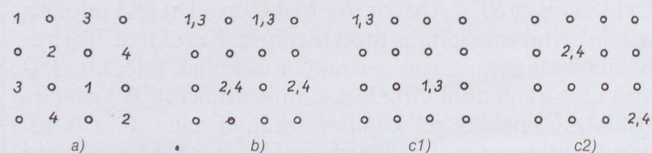
vételezési struktúrákat a 8/c1. és 8/c2. ábrák szemléltetik. A mintázat 4 mintánként, ill. 4 soronként mutat periodicitást.

### A 40 ms-os videokódoló módus

A 40 ms-os módus egy kétdimenziós aluláteresztő szűrőből és egy alulmintavételezőből áll. Minden két félképből egyet választanak ki az alulmintavételezés céljára, hogy aztán e minták átvitelre kerüljenek. A 2-D aluláteresztő szűrő jelleggörbéje itt is gyémántalakzatú, jellegét a 7b ábra szemlélteti. A szűrő egy félképek közötti szűrő, az idealizált vízszintes és függőleges levágási frekvencia  $f_g/2$ . Ha ezt összehasonlítjuk a normál felbontású MAC átvittel (lásd a 7e ábrát), akkor megállapítható, hogy a 40 ms-os szűrő kétszeres horizontális felbontást tesz lehetővé. A függőleges irányban a szűrő ugyanakkora felbontást enged meg, mint amit a normál MAC tud. A mintázatot a 8b ábra tünteti fel. Látható ebből az ábrából, hogy a mintázat csak az első HD félkép páros sorait használja, így további sor-átrendezésre itt nincs szükség.

### A 80 ms-os videokódoló módus

A 80 ms-os módus ismét három részből áll: egy kétdimenziós aluláteresztő szűrőből, egy alulmintavételezőből és egy átrendező egységből. A 80 ms-os szűrő egy képek közötti szűrő, amely minden második teljes képre működik. A 7c ábra szemlélteti a gyémánt alakú jelleggörbét, amely  $f_g/2$  értéket ér el mind a horizontális, mind a vertikális tengelyen. Hasonlítva ezt a normál felbontású MAC átvitelhez (7e ábra), a felbontás a tisztán vertikális és a tisztán horizontális frekvenciákra kétszeres. A nagyobb átlós irányú frekvenciákat kiszűri, hogy így lehetővé tegye a dominó-5-ös mintázatu alulmintavételezést. A mintázatot a 8a ábrán láthatjuk.

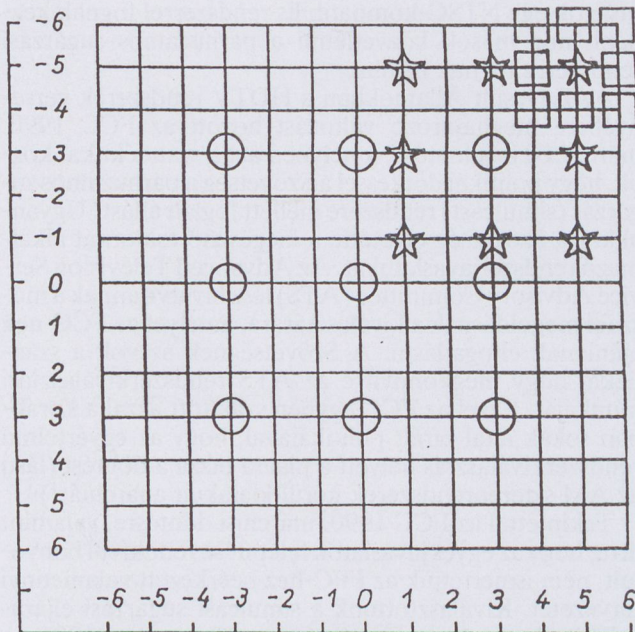


- a) 80 ms mintázat  
b) 40 ms mintázat  
c1) 20 ms mintázat páratlan félképekre  
c2) 20 ms mintázat páros félképekre

8. ábra. Világosságjel alulmintavételezett mintázatai  
1250/50/2 : 1 négyzethálózaton,  $f_s = 54\text{MHz}$

### Mozgáskiszámító

A kóderben helyet foglaló mozgáskiszámító az ún. Blokk Egyezés Algoritmust (BMA) használja. Ez minden  $16 \times 16$ -os blokk esetén az azonos helyhez tartozó minták egyezése, vagy eltérése alapján kiszámítja az elmozdulásvektorát, amely a páros félképek legjobb megközelítését adja a ténylegesen átvitt páratlan félképek alapján. Az egyezést kereső mező mérete függőlegesen 13 sor, vízszintesen 13 minta. A kereső műveletek mennyiségének a korlátozására — és ezzel együtt a valós időben dolgozó mozgáskiszámító hardware bonyolultságának a csökkentésére — egy három lépcsős kereső módszert dolgoztak ki a páratlan félképek esetére. Az eljárást a 9. ábra tünteti fel. A páros félképeken a mozgás kiszámítása azon vektorok vizsgálatából áll, amelyek eredményként adódtak az előző teljes kép 9 szomszédos blokkjára. A legkisebb hiba elvén kiválasztják a legjobb vektort, amely a páros teljes kép kérdéses blokkjának a mozgásvektora lesz.



9. ábra. Blokk-egyezés algoritmus (BMA) keresési módszere

### „A posteriori” (utólagos) döntési egység

Az „a posteriori” (utólagos) döntés olyan döntés, amelyben valamilyen módon a dekóderben végbemenő rekonstrukciós folyamat van figyelembe véve. A kódokban a kiszámított vektorokat ellenőrzik úgy, hogy egy „a posteriori” összehasonlítást végeznek egyrészt az eredeti referenciaképp, másrészt a 40, a 80 és a 20 ms-os módus között. A 40 ms módus esetén a második félképet időlegesen interpolálják a kiszámított vektorok alapján ugyanúgy, ahogy az a dekóderben fog történni. Az aluláteresztő szűrőre átesett 20 ms és 80 ms módusú jeleket ezután összehasonlítják az eredetivel, keresve a különbségek legkisebb négyzetes (RMS) középértékét. Ez a legkisebb érték lesz a keresett „ár-függvény”, amelynek értékét minden egyes blokkra kiszámítják. Végül azt a módust választják, amelynek legkisebb az „ár-függvénye”.

Egy „a posteriori” döntés egy több módusú rendszerben nem mindig egyértelmű, mert a módusoknak mind az időbeni, mind a térbeli jelleggörbéjük különbözhet. Ezen túlmenően a BMA algoritmus kihozhatja az egyik maximum-vektort a legjobbnak, de valójában nem ez a jó vektor, mert lehet, hogy nincs is benne a kalkulált tartományban. Ilyen esetben az „a posteriori” eljárás jobb egyezésűnek találhatja még a 40 ms módust is, mint a 20 ms módust a térbeli különbségek miatt. E probléma kiküszöbölése céljából és egy biztosan jó döntés érdekében a döntést hozó eljárásba beiktattak egy „a priori” döntést hozó egységet is.

### „A priori” (előzetes) döntési egység

Az „a priori” döntési egység a döntéshez kizárólag a bemenő jelet használja. Ebben az esetben a mozgásdetektor szolgál arra, hogy generálja a 12 minta/40 ms sebességnek megfelelő levágási pontot. Ezt a detekciót használják a 20 ms módusra való korrekciót visszakapcsolásra, mert nagyon észrevehető hibák jelennek meg, ha a 40 ms módus kerül kiválasztásra egy nem optimális vektorral, ahelyett, hogy — helyesen — a 20 ms módust választanák ki. A detektor figyel időben előre is, meg hátra is, a kérdéses félképtől számítva. Ha  $n$ -nel jelöljük a félképeket, ak-

kor az  $n+1$  és az  $n+5$  félkép kerül mindig összehasonlításra az  $n+3$  félképpel. Bár a mozgásdetektor a képlemenkénti egybevetéssel dolgozik, a kimenetén már blokkdöntés születik. Egy különleges tranzienz adaptív algoritmus biztosítja a helyes mérés még nagy térbeli frekvenciák jelenléte esetén is. Ezen túlmenően egy zajküszöböt is létrehozunk, amelyik ugyan jelenleg konstans, de később adaptívvá tehető a forrás jel-zaj viszonyához igazodóan.

Ezt követően számos, ún. következtetési algoritmus alkalmazására kerül sor. Így például egy ilyen algoritmus küszöböli ki a mozgásdetektor kimenetén lévő, térben elszigetelt helyzetű blokkokat; ugyancsak egy másik ilyen következtetési algoritmus gondoskodik az időbeni folytonosságról. Ezt követően az „a posteriori” és az „a priori” döntési jeleket egyesítik.

### DATV bitsebesség-csökkentő kóder

A móduskapcsoló jelnek csak 5 lehetséges időbeni útja van a 80 ms periódus idő alatt. Ez a megszorítás abból adódik, hogy egy három módusú rendszerben nem célszerű elkezdni az alulmintavételezést (felhasználva két, vagy négy félképet is), ha az alulmintavételezési módus váltása előbb történik meg, mint ahogy a két, vagy négy félkép valójában továbbításra kerülne. Ez a képen erős zavart (alias) hozna létre. Ezért valamennyi módus esetén a 80 ms alatt továbbított összes minták száma azonos. Az öt lehetséges utat az 1. táblázat tünteti fel.

A kódolási műveletet megelőzően egy vektorkijelölés történik a bitsebesség korlátozására. Egy 80 ms periódus minden első teljes képen az összes 169 lehetséges vektort kódolják. Minden második teljes képen viszont kiválasztják a legjobb vektort az előző teljes kép 9 „szomszédos vektora” alapján és azt kódolják. Ha nem sikerült vektort találni, akkor az illető blokk a 20 ms módussal kerül átvitelre. Ez végül is az 1. táblázatban megadott számú lehetőségeket eredményezi.

1. táblázat

Félkép	1	2	3	4	Lehetőségek
1. út	80	80	80	80	1
2. út	40	40	40	40	$169 \times 9$
3. út	40	40	20	20	169
4. út	20	20	40	40	8
5. út	20	20	20	20	1
Összesen					1700

Összesen 1700 lehetőség van a 80 ms időszak alatt. Ez a mennyiség 11 bittel kódolható. Mivel pedig egy 80 ms periódusban 81 ezer blokk van, a bitsebesség ebből számítható: 891 kbit/s.

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a DATV kapacitása még nincs teljesen kihasználva. Tanulmányozás alatt áll az EUREKA-95 keretein belül a mozgáskompenszált 100 Hz félképfrekvenciára való felkeverés. A megmaradt kapacitás felhasználásával lehetséges néhány, a 20 ms blokkokban lévő mozgásvektor átvitele is.

### 4. AZ ÉSZAK-AMERIKAI HDTV RENDSZER

Az Amerikai Egyesült Államok és Kanada tv-fejlesztő mérnökei intenzív és elmélyült fejlesztő munkát folytatnak abból a célból, hogy az elkövetkező három évben bevezethető legyen egy egységes, műsorszórásra alkalmas

nagyfelbontású televíziórendszer Észak-Amerikában. A többi kontinensen a HDTV műsorszórását a műholdak felhasználásával igyekeznek megoldani, Észak-Amerikában nem ez a helyzet: itt erősen dominál a földi műsorszórás. A probléma észak-amerikai megközelítését akkor lehet a legjobban megérteni, ha tekintetbe vesszük a műsorszórás jelenlegi struktúráját, valamint a különböző médiák között fennálló kapcsolatot. Az alábbiakban először áttekintjük e struktúrát, az amerikai tv-műsorszórás jelenlegi felépítését, majd a nagy számú javaslat közül, területi okok miatt egyet mutatunk be.

### Észak-Amerika műsorszóró rendszerének felépítése

A Kanadában és az USA-ban kialakult műsorszórási stratégia merőben más formát mutat, mint ami akár Európában, akár Ázsiában, vagy éppenséggel Dél-Amerikában létrejött. Ez a rendszer a földi vezeték nélküli, a kábeles és a műholdas médiák komplex összefonódásán alapul, amelyeket számos, egymással versenyző és különböző utakat járó cég lát el tv-műsorokkal.

A HDTV műsorszóró jellegű észak-amerikai bevezetése számos problémát fog felvetni műszaki, gazdasági és politikai téren egyaránt. Ezeket a műszaki előírásoknak, szabványoknak messzemenően figyelembe kell venniük, de ugyanakkor biztosítani kell olyan fogyasztói termékek, mint HDTV vevők, képmagnók, képlemezek elterjedését, amelyek egyrészt elfogadható árúak, másrészt alkalmasak mind a HDTV, mind a hagyományos rendszerekben való felhasználásra.

Az Egyesült Államokban az FCC szabályozza egyebek között a televízió-műsorszórást is és jelenleg a földi műsorszórásban használható spektrum azon kérdéseire összpontosítja tevékenységét, amelyek az ATV (Advanced Television) bevezetésével kapcsolatban felmerülnek. Az FCC nomenklatúrájában az ATV rövidítésbe beleértik mindazokat az újonnan javasolt televíziórendszereket, amelyek az egyszerű NTSC minőség javításától a teljes értékű HDTV rendszerekig terjednek.

Az FCC 1990 elejéig várta a javaslatokat a földi műsorszórásra alkalmas HDTV rendszerekről. A benyújtott javaslatokat a következő három csoportba sorolhatjuk:

**NTSC kompatibilis**, de széles képméretű javaslatok csoportja. Ezek a megoldások a dolog természetéből fakadóan analóg modulációs eljárást használnak és ennek következtében a szokásos földi műsorszóró rendszereknél jól ismert hátrányokkal kell számolni.

**Párhuzamos sugárzás** (simulcast) alapuló javaslatok. Ezek a rendszerek minőségben felette állnak az NTSC-kompatibilis megoldásoknak, ami főleg annak tulajdonítható, hogy digitális technikát használnak a rendelkezésre álló sávszélesség jobb kihasználása céljából.

**Kiegészítő csatornát** (augmentation) használó javaslatok. Ezek lényege, hogy az alap NTSC csatornán kívül egy kiegészítő jelek átvitelére szolgáló csatornát használnak a járulékos HDTV információk átvitelére.

Tekintettel arra, hogy mind az NTSC-kompatibilis, mind a párhuzamos sugárzás eljárássok iránt nagy az érdeklődés, az ATV szolgáltatások bevezetése valószínűleg egy kétféle lépésű folyamat lesz. Első lépésként a széles képméretű formátum fog megjelenni jobb kép- és hangminőséggel, de teljes összeférőséggel a meglévő NTSC-vel. A második fázisban kerül bevezetésre a nagyfelbontású, csatorna szempontjából kompatibilis, de vevő szempontjából nem összeférő párhuzamos sugárzási rendszer. Az is lehetséges, hogy a két lépésű bizonyos átlapolódással fog megvalósulni. Ez azt jelenti, hogy egyes műsorszóró tár-

ságok egy NTSC-kompatibilis rendszerrel fognak kezdeni, míg mások közvetlenül a párhuzamos sugárzási rendszerre fognak beállni.

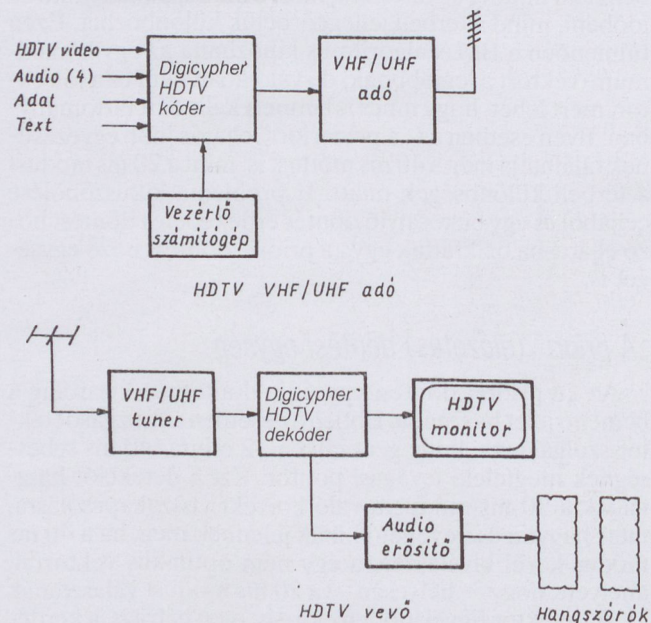
Az Egyesült Államokban a HDTV rendszerek versenyében, meghatározó változást hozott az FCC 1990. márc. 21-i bejelentése, amelyben azt a szándékukat közlik, hogy politikai döntéssel a Szövetség a párhuzamos sugárzás (simulcast) rendszere mellett foglalt állást! Ugyanakkor a Szövetség elvetette a kiegészítő csatornát alkalmazó rendszerjavaslatokat. Az Advanced Television Service Advisory Committee (ATS) lesz hivatva annak a műszaki megoldásnak a kiválasztására, amelyet az FCC-nek ajánlanak elfogadásra. A Szövetségnek az volt a szándéka, hogy megkönnyítse az ATS rendszerkiválasztási munkáját. Ezzel az FCC egyben szakított azzal a korábban sokak által bírált politikájával, hogy az egyértelmű rendszerkiválasztás helyett a piacra bízta a döntést (lásd az AM sztereorendszerek körül kialakult anarchiát!).

Tekintettel az FCC 1990. márciusi döntésre, valamint arra, hogy az egyes javaslatok felépítése rendkívül bonyolult, nem ismertetjük az FCC-hez beérkezett valamennyi tervezetet. Kiválasztottunk a simulcast sugárzási eljárások közül egy jellegzetes példát — amely most, az 1991. év végén a legjobb digitális megoldásnak tekinthető —, és azt fogjuk ismertetni.

### A General Instruments Digicypher javaslata

Ez a rendszerjavaslat szinte az utolsó percben érkezett be az FCC-hez, de ez távolról sem jelenti azt, hogy kisebb lenne a jelentősége a többihez képest. Ellenkezőleg, a GI javaslatban szereplő eljárás — lévén tisztán digitális megoldású — igen nagy érdeklődést keltett. A kamerától a képcsőig tisztán digitális HDTV eljárás „belefér” egyetlen 6 MHz sávszélességű tv-csatornába, így nincs akadálya annak, hogy a kompatibilitás megőrzése céljából egy másik 6 MHz-es csatornán NTSC kódolással, párhuzamosan ugyanazt a műsort kisugározzák a régi tv-vevők számára (simulcast rendszer!).

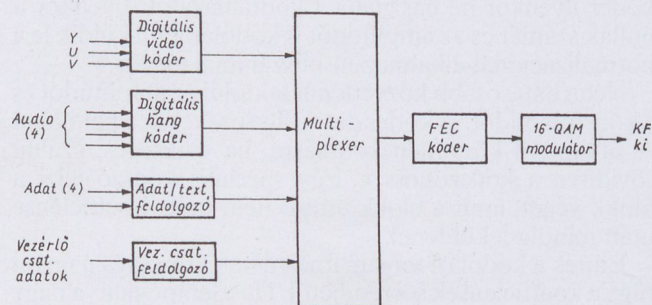
Az eredetileg 22 MHz sávszélességű világosságjelet — egyebek között — diszkrét koszinusz-transzformáció (DCT), Huffman-kódolás és mozgáskompenzálás együttes felhasználásával sikerült oly mértékben komprimálni,



10. ábra. Digicypher rendszer tömbvázlata

hogy egy 16 értékű digitális kvadratúra amplitúdó-moduláció (16-QAM) felhasználásával a jel elfér egy szabványos NTSC (6 MHz) tv-csatornában. A teljes rendszernek a Digicypher elnevezést adták. A rendszer áttekintő tömbvázlatát a 10. ábrán találjuk meg.

A részleteiben is elég bonyolult rendszer egyik fő jellegzetessége, hogy előre hatásos hibajavító kódolást (Forward Error Correction = FEC) alkalmaz. Ez azt jelenti, hogy az adatfolyamba időosztással beépülő FEC kód lehetővé teszi a vevőben az esetleges hibák detektálását és adatismétlés nélkül biztosít javítási lehetőséget. A GI állítása szerint 19 dB-nél jobb vivő/zaj esetén a hiba valószínűsége 1 felderítetlen hiba 24 óránként, ami nyilván teljesen hibamentes átvitelnek tekinthető. Csak összehasonlításként gondoljunk arra, hogy a jelenlegi analóg rendszerek (NTSC, PAL vagy SECAM, AM-VSB) 19 dB jel/zaj esetén még csak élvezhetetlen képet produkálnak!



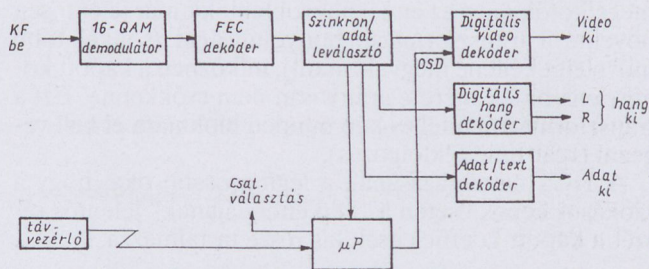
11. ábra. Digicypher kódoló

A Digicypher kódoló nagymértékben leegyszerűsített vázlatát a 11. ábrán van feltüntetve. A tv-adónál elhelyezett kódoló alapvetően egy HDTV képnek megfelelő videojelet, valamint 4 hangjelet kap a bemenetén, és a kimenetén szolgáltatja a 16-QAM alapsávi jelet, ami a tv-adó vivőjét modulálja. A videojel-kódoló az Y és az U/V jeleket 16:9 méretarányban megfelelően kapja, 1050 sorra bontva, 59,94 Hz félkép-frekvenciával és váltott soros letapogatással (1050/59,94/2:1). Az A/D konverter mintavételi frekvenciája Y-ra, U-ra és V-re 51,8 MHz. A digitális video-kódoló megvalósítja a kompresszió teljes algoritmusát és előállítja a video-adatfolyamot. Értelemszerűen ugyanez megy végbe a hangcsatornákon is. Ezután a multiplexer a bemeneti digitális adatjeleket sorba gyűjti és egyetlen soros, 15,8 Mbit/s sebességű adatjelet hoz létre. Ezután következik az FEC kódoló, amely a saját hibavédő bitjeinek a közbeszövésével egy 19,42 Mbit/s soros adatjelet alakít ki. Az így előállított jel a 16-QAM modulátor bemenetére kerül. A 16 diszkrét értékkel dolgozó kvadratúra-modulátor kimenő jelének szimbólumsebessége végül is 4,86 MHz.

A Digicypher dekódoló tömbvázlatát a 12. ábrán látható. A 16-QAM demodulátor a középfrekvenciás jelet a VHF/UHF tuner után kapcsolt KF erősítőtől kapja, és a demodulálás elvégzése után szolgáltatja a 19,42 Mbit/s sebességű adatjelet. A QAM demodulátorban helyet kapott egy komplex reflexió-mentesítő áramkör is, amely maximum  $2 \mu s$  idejű, többutas terjedésből származó rövid reflexiókat és a max  $32 \mu s$  idejű hosszú echokat gyakorlatilag hatástalanná teszi.

Az FEC hibajavító dekódoló feladata a véletlenül fellépő egyedi, vagy csoportos bit-hibák kiküszöbölése. Ezután következik a szinkron/adat szelektor, amely biztosítja, hogy a video, a hang, az adat/teletext és vezérlő adatok a megfelelő csatornába kerüljenek.

Terjedelmi okok miatt csak a video-feldolgozás tömbvázlatát fogjuk ismertetni és azt is csak vázlatosan.



12. ábra. Digicypher dekódoló

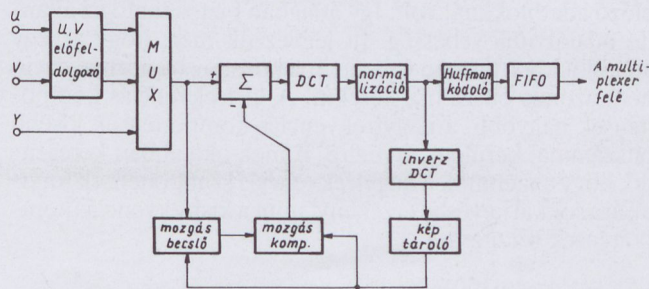
## Digitális videojelfeldolgozás

A digitális videojel feldolgozása a következő főbb műveletekből áll:

1. Szinkülönbségi jel előfeldolgozása.
2. Diszkrét koszinusz-transzformáció.
3. Koefficiensek normalizálása.
4. Huffman-kódolás.
5. Mozgásbecslés és mozgáskompensáció.

## A szinkülönbségi jelek előfeldolgozása

A 13. ábrán megtaláljuk a videojel feldolgozó tömbvázlatát, amely természetesen csak a leglényegesebb részeket tartalmazza. Az Y, U és V bemenetekre érkező mintasorozat frekvenciája 51,8 MHz. Mivel a szemünk felbontóképessége a szinkülönbségi jelekre nézve csak negyede a világosságjelre vonatkozó felbontóképességnek, ezért a színcsatorna feleslegesen sok információt hordoz. Ezen információkat távolítja el a szinkülönbségi jelek előfeldolgozása, amely vízszintes irányban negyedeli, míg függőleges irányban felezi az információ-átviteli sebességet úgy, hogy vízszintesen az egymásutáni négy, míg függőlegesen az egymás alatti két mintát átlagolja. Az így kapott mintasorozat lesz a színcsatorna új, érvényes, a további feldolgozásban résztvevő mintasorozata. Mivel függőlegesen a minták átlagolása során két különböző félképből származik a minta, ezért ez az átlagolás bizonyos mozgástorzításokat okozhat, azonban ez a torzítás a képernyőn nem vehető észre.



13. ábra. A digitális video-kódoló tömbvázlatát

Az előfeldolgozást követően az Y, U és V minták egy multiplexre kerülnek, amely előállítja a soros Y, U és V mintasorozatot. Ettől kezdve a szinkülönbségi jelek és a világosságjel feldolgozása azonos módon megy végbe.

## Diszkrét koszinusz transzformáció

A következő jelfeldolgozási művelet a diszkrét koszinusz-transzformáció (DCT), amely egy 8X8-as pixel blokkot (vízszintesen 8, függőlegesen 8 minta) transzformál át egy ún. transzformációs koefficiens-blokká. A 8X8-as pixelblokkot azért választották a „Digicypher”

megalkotói, mert az ennél nagyobb blokk már jelentősen növelné a transzformáció bonyolultságát (sokkal több műveletet kellene megvalósítani), miközben a kapott koeficiens-blokk mérete arányosan nem csökkenne. Ezt a transzformációt a teljes kép minden blokkjára el kell végezni (real-time feldolgozás).

A DCT alkalmazásának a legfontosabb oka, hogy a szokásos képek esetén a „kép energiájának” jelentős részét a kapott koeficiens kis része tartalmazza.

### *A koeficiens normálása*

A videojel feldolgozásának következő lépése a koeficiens normálása. Ez a normalizáció hivatott annak biztosítására, hogy a DCT tulajdonságát a leghatásosabban kihasználjuk. A DCT önmagában nem eredményez bitredukciót, hiszen a DCT által szolgáltatott koeficiens visszatranszformálása (IDCT) a számítási hibától eltekintve visszaadja a videojelet. A bitredukció a DCT-t követő koeficiensnormalizációval valósítható meg. A normalizáció után a videojelet az eredeti formájában már nem lehet visszaállítani. (A DCT és a normalizáció irreverzibilis folyamat.) Tulajdonképpen a kép kismértékű torzításának árán jelentős bitredukció valósítható meg.

A normalizáció során az egy blokkhoz tartozó koeficienseknek csak a leglényegesebb bitjeit veszik figyelembe. A koeficiens redukált bitszáma egy blokkon belül állandó, ezt a számot beépítik az átvitelbe azért, hogy a dekóder vissza tudja állítani az eredeti állapotot.

Hogy a normalizáció hány bitre történjen, azt az éppen aktuális adatsebesség határozza meg. Ha van idő az adatok átvitelére, akkor a maximális 9 bitre történik. Ha az így kiadódó bitsebesség meghaladja az előírt adatsebességet, akkor a következő adatblokk transzformációs koeficiensének normalizációja maximum 8 bitre történhet. Ha még ekkor is nagyobb lenne az adatsebesség, mint a megengedhető, akkor a következő adatblokkra vonatkozó maximális bitszám eggyel tovább csökken. Ez a csökkenés mindaddig tart, amíg az adatsebességbe a koeficiens bitszáma bele nem fér. Ha a bitszám kevesebb, mint amit a megengedhető adatsebesség lehetővé tene, akkor a következő adatblokk normalizálása eggyel nagyobb bitszámra történik, mint az előző adatbloknál volt. Így átlagban biztosítható az állandó adatátviteli sebesség. Itt jegyezzük meg, hogy az egy adatblokkhoz tartozó valamennyi konstans a normalizáció nem azonos bitszámra kerekíti. A kisfrekvenciás komponensek nagyobb, a nagyfrekvenciás komponensek kisebb bitszámmal kerülnek átvitelre. Ennek oka abban keresendő, hogy a szemünk a nagyfrekvenciás komponensek torzítására sokkal kevésbé érzékeny, mint a kisfrekvenciás komponensek torzítására.

### *A Huffman-kódolás*

A videojel feldolgozásának következő lépése a változó szóhosszúságú Huffman-kódolás alkalmazása. A normalizáció azért képes a bitredukcióra, mert a transzformáció konstansait amplitúdóban csökkentti. A bitredukció hatékonysága tovább növelhető azáltal, hogy statisztikus kódolást alkalmaznak. Ez a kódolás, szemben a normalizációval nem rontja a kép minőségét, tehát reverzibilis folyamat. A Huffman-kódolás egy olyan optimális statisztikai kódolás, amellyel az elméleti entrópiahatár elérhető, azzal a feltétellel, hogy az egyes események előfordulásának „a priori” valószínűségei ismertek. A Digicypher kódér videojelfeldolgozója minden képre ki tudja számolni az egyes koeficiensértékek előfordulási valószínűségét.

Ezeket az értékeket minden kép tartalmának leküldése előtt továbbítják, így a vevő dekódere ezen értékekből végre tudja hajtani a Huffman-dekódolást. (A Huffman-kódolás lényege szerint a legnagyobb előfordulási valószínűséggel rendelkező esemény kapja a legrövidebb kódszót.)

A Huffman-kódolás a következőt jelenti a Digicypher esetében. A 8X8-as blokkok DCT-vel kapott konstansait egy 64-es soros adatfolyamba fogják. A kódolás az ún. amplitúdó/kódszóhossz. Ennek során egy eseményt akkor definiálnak, amikor olyan koeficiens található, amelynek amplitúdója nem nulla. Ehhez az eseményhez egy olyan kódszót rendelnek, amely az amplitúdót és az őt követő nullákat jellemzi (a kódolást egy kódtáblázat tartalmazza). Ha a koeficiens amplitúdója nagyobb, mint 16, vagy a követő nullák száma több, mint 16, akkor egy speciális kódszót küldenek le annak jelzésére, hogy a dekóder ilyenkor ne használja a kódtáblázatot. Ilyenkor a nullák számát és az amplitúdót is kódolatlanul küldik le a normalizációnál alkalmazott bitszámmal együtt.

Néha hatásosabb közvetlenül kódolni az amplitúdót és a kód-futamidőt. A kódér detektálja ezeket az alkalmakat és átkapcsol közvetlen kódolásra, ha szükséges, ezáltal rövidítve a kódszóhosszt. Egy speciális kódszó jelzi a blokk végét, amit a blokk utolsó nem nulla koeficiens után mindig leküldenek.

Ennek a kódolási folyamatnak a hatékonysága nagyon függ a koeficiensek sorrendjétől. Ha a letapogatás a nagy amplitúdók felől a kis amplitúdók felé történik, akkor ez csökkentheti a nullákat tartalmazó koeficiens futamidét, mivel azok a blokk végére kerülhetnek egy hosszú futamidővel. Ilyenkor a blokk végén lévő nullákat a „blokkvége” speciális kóddal lehet jelezni.

### *Mozgáskompensáció*

A térbeli kompressziót alkalmazó megoldások komprimálási aránya limitált. A feldolgozás során azonban mind a térbeli, mind az időbeli korrelációt ki lehet használni. Ha egyik képről a másikra csak kis mozgás van, akkor az időbeli korreláció nagyon nagy. Sőt még mozgás esetén is jelentős időbeli korreláció lehet, ha a kép térbeli felépítése ezt lehetővé teszi. Ha a képen kevés részlet van, akkor még nagy sebesség esetén is jelentős lesz a korreláció képről képre.

A Digicypher rendszerben a kompresszió során először megbecsülik, hogy a következő kép milyen lesz, majd utána átküldik az aktuális és becsült képek különbségét. Egy elfogadható predikció lehet pl. az előző kép. Ez az ún. DPCM (Differential Pulse Code Modulation) nagyon hatásos, ha a képen kicsi a mozgás, vagy a térbeli részletezettség nem túl nagy. Ez a kódolás azonban sokkal kevésbé hatásos, sőt időnként még rossz is lehet, ha a következő képet egyszerűen predikció nélkül kódoljuk.

A mozgáskompensáció olyan eszköz, amellyel javítható az időbeli kompresszió minősége, ha mozgás van a képen. A mozgáskompensáció alkalmazásának első lépése az, hogy meg kell határozni, hogy mi mozgott a képen és hová mozgott. Ha ezt az információt a dekóder ismeri, akkor ennek segítségével az előző kép eltolható, elmozdítható úgy, hogy ezáltal a következő kép sokkal jobb predikcióját kapjuk meg. A kódér végrehajthatja ugyanazt a predikciót, amit a dekóder végrehajt, így megtudja határozni a becsült kép és a tényleges kép közötti különbséget. Ha a mozgás megegyezik a becsült mozgással, ha a mozgásbecslés pontos és ha a jel zajmentes, akkor a különbség jel nulla lesz.



Az előző kép elmozdulása lehet teljes képes, vagy rész képes, esetleg pixel alapú. Ennek megfelelően egy-egy egyedi mozgásvektor generálható a teljes képre, a kép részeire, a pixelekre. A teljes képre vonatkozó egyetlen mozgásvektor generálásának nem sok értelme van, kivéve azt az esetet, amikor a teljes kép mozdul el. Az lenne az ideális, ha minden egyes pixelre egy mozgásvektort hoznánk létre. De mivel a mozgásbecslés egy komplex folyamat és megkívánja az előző kép ismeretét, ezért ezt csak a kóder valósíthatja meg. Ezeket a pixel-mozgásvektorokat át kell vinni a dekóder számára, ez azonban nagyon bonyolult és időigényes lenne. Ezért a mozgásvektor-becslés részkepekre vonatkozik. Ezt a részkepet szuperblokknak nevezték el, amely vízszintesen 4 DCT blokkból, míg függőlegesen 2 DCT blokkból áll. Ez a méret kompatibilis a függőlegesen felezett, vízszintesen negyedelt színekülönbségi jelekkel, így ugyanaz a mozgásvektor alkalmas az egyetlen színekülönbségi blokk mozgására.

A mozgáskompensáció előtt nézzük meg a mozgásbecslés lehetséges folyamatát. A mozgásbecslési algoritmusokat két osztályba sorolhatjuk: az egyik a három dimenziós mozgásparamétereket a kétdimenziós egymást követő képekből nyeri ki, a másik területről területre, pixelről pixelre ad becslést a sebességre, függetlenül attól, hogy a tárgyak hogyan mozognak. Az elsőben az általános szabály az, hogy a képet három dimenziós-nak tekintve azon mozgó részek vannak, amelyek leírhatók elfordulás-, forgás- és zoom-paraméterekkel, egy középpontot feltételezve. A tv-kép azonban annál sokkal bonyolultabb felépítésű, minthogy ezzel az egyszerű modellel leírható lenne. Ezért a Digicypher a 2. megoldást alkalmazza csak. Az előző mozgásleírással szemben ez a mód unintelligens. Általában csak elmozdulást lehet vele leírni. Ha azonban a terület, amelyre a mozgás meghatározása folyik, kicsi, akkor sokkal bonyolultabb

mozgásformákat is le tud írni. Ez a módszer minden ún. szuperblokkra egy 9 bites mozgásvektor átvitelét teszi lehetővé (0,018 bit/pixel).

### Adatsebesség vezérlése

A videojel feldolgozása a kóderben megkíván egy adatbuffert, mivel az átvitel állandó adatsebességű, míg a Huffman-kódolás változó adatsebességet eredményez. Az adatsebesség-buffer egy félképes FIFO, amely a Huffman-kódoló után található. Ezzel a FIFO-val egy teljes félképsűzés is kiegyenlíthető. Annak biztosítása végett, hogy a FIFO ne csorduljon túl vagy alul, a bemeneti adatsebességet változtatni kell. Ezt a vezérlést tulajdonképpen a normalizáció hivatott megoldani. A normalizációs bitszám csökkenése növeli a kvantálási zajt, de csökkenti a blokk méretét és így növeli a FIFO bemeneti blokkjának sebességét. Ha a normalizációs bitszám nő, akkor ezzel a kvantálási zaj csökken, de a blokk mérete nő és így a FIFO bemeneti blokkjának sebessége csökken. Ez a folyamat a FIFO bemenetén képes állandó értéken tartani az adatsebességet. A FIFO állapotát folyamatosan figyelik és mindaddig, amíg a tárolt blokkok száma egy előre meghatározott ablakban nem változik, a normalizációs bitszám sem változik. Ha a buffer állapota egy szint alá, vagy egy másik szint fölé kerül, akkor a normalizációs bitszám növekszik vagy csökken.

### Következtetések

A Digicypher HDTV átviteli rendszer nagyon sok előnnyel rendelkezik az analóg és hibrid eljárásokkal szemben. A hagyományos médián (földi műsorszórás, kábelhálózatok és műholdas műsorszórás) képes eljuttatni egy HDTV csatornát a nézőhöz. A Digicypher forráskódolása és tömörítése elegendő ahhoz, hogy tisztán digitális átvittel egy szokásos NTSC csatornán biztosítani tudja egy HDTV műsor átvitelét.

### IRODALOM

- [1] W. K. Pratt, *Digital Image Processing*, John Wiley and Sons, Inc., New York, Ny, 1978.
- [2] Nimoniva. et al. „An HDTV Broadcasting System Utilizing a Bandwidth Compression Technique MUSE”, *IEEE Transaction on Broadcasting*, 130-160, 1987.
- [3] Yozo Ono, „HDTV and Today's Broadcasting World”, *SMPTE Journal*, 4-15, 1990.
- [4] Masao Suoitomo, Current Status of the Development of MUSE Family — HDTV MUSE and Compatible MUSE systems —, ITS Montreux.
- [5] *Compatible High Definition Television System*, EUREKA HDTV Project.
- [6] J. G. Raven, „High Definition MAC: the compatible route to HDTV”, *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, February, 1988.
- [7] G. Davis. and J. Veillard, „Description of a D2-HD-MAC packet chain”, *International Broadcasting Convention*, Brighton, September, 1988.
- [8] HDTV Technology Update, *Internacional Broadcasting*, September, 1990.
- [9] Geoff Lewis, „High-definition television”, *Telecommunication Journal*, Vol. 57.—V/1990.
- [10] Jerrold A. Heller and Woo H. Palk, The Digicypher HDTV Broadcast System, ITS Montreux, 1991.

## HIGH DEFINITION TELEVISION

### I. KOVÁCS

MICROWAVE COMMUNICATIONS DEPARTMENT, BUDAPEST TECHNICAL UNIVERSITY

The presently competing three HDTV systems are surveyed, and the philosophy of related signal generation, coding and compatibility problems are discussed. The technical and economical features of the entirely digital American DigiChiper system are stressed, and this system is compared with the analogue Japanese and European systems.



**Kovács Imre** 1980-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Híradástechnikai szakán. 1982-ig ugyanott szakmérnöki képzésben vett részt. Egyetemi doktori címét 1983-ban védte meg Integrált távközlés témakörből. 1985-ig a Videoton elektronikai gyár színes-tv-fejlesztésén dolgozott. 1985-től a Budapesti Műszaki Egyetem Híradástechnikai Tanszékén adjunktusként dolgozik. Szűkebb tématerülete a video- és hangrendszerek, a műholdas műsorszórás, a HDTV és digitális képfeldolgozás.

## A KÁBELTELEVÍZIÓ-RENDSZEREK FEJLŐDÉSÉNEK ÚJ IRÁNYAI

### PROGRAMOZHATÓ FEJÁLLOMÁSOK

A kábeltelevízió-hálózat a települések információs rendszere, amely többek között rádió- és televízió-műsorokkal látja el az előfizetőket. A hálózatok gyors terjedése, a kiélezett piaci verseny számtalan új megoldás kidolgozására kényszeríti a gyártókat. A cikk a programozható fejállomások főbb elméleti kérdéseivel foglalkozik és röviden bemutatja a Híradástechnika Rt. legújabb, külföldön is nagy érdeklődést kiváltó rendszerét.

A műholdas műsorszórás bevezetése Európában is erőteljes lökést adott a kábeltelevízió-rendszerek fejlődésének, mivel a műholdról érkező nagyszámú, jó minőségű műsorokat a lakosság széles rétegei igénylik. A technika mai fejlettségi szintjén már nem jelent problémát a 25–30 televízió- és kb. ugyanennyi rádió-csatornával működő rendszerek építése. A különböző műsorok jelét mindig egy központi helyen, a fejállomáson (angolul: headend) veszik és alapos jelformálás (szűrés, konvertálás stb.) után kapcsolják a hálózatra. A jelek szétosztására ma még döntően koaxiális kábelt használnak, így az elosztó hálózat kábelek, erősítők és szétosztók gondosan tervezett és kivitelezett együttese.

A jó minőségű fejállomások precíz készülékeinek ára viszonylag magas, ezért a gazdaságos üzemeltetés érdekében kívánatos a jel minél több előfizetőhöz való eljuttatása. Az ellátható terület nagyságát ma elsősorban a koaxiális kábelek nagy csillapítása korlátozza, ezért az utóbbi években az üvegszálás átvitel alkalmazása került előtérbe. A nagylinearitású lézeralók kifejlesztésével lehetővé vált a kábeltelevízió-hálózatok jelének egyszerű és viszonylag olcsó eszközökkel, üvegszálán történő továbbítása, akár több 10 km-es távolságra is.

Ma már az európai városok többsége rendelkezik kisebb vagy nagyobb csatornaszámú kábeltelevízió-rendszerrel. Ezek üzemeltetése, karbantartása, esetleg bővítése nem jelent problémát. Európában a '90-es évek feladata a kisebb települések, falvak kábeltelevízió-hálózatának kialakítása. Az üvegszálás átviteli rendszer csak a nagyvárosok néhányszor 10 km-es körzetében elhelyezkedő települések számára teszi lehetővé a nagyváros rendszeréhez történő csatlakozást, a távolabbiakban saját fejállomást kell létrehozni. Az előfizetők alacsony száma miatt a professzionális fejállomások alkalmazása ezeken a helyeken már nem gazdaságos, ezért az utóbbi két évben több európai gyártó is új fejlesztést indított a kisebb rendszerek építőelemeinek kidolgozására.

A vázolt gondolatmenetből kiindulva a Híradástechnika Rt. 1990. nyarán indította ilyen irányú fejlesztési témáját, és 1991. áprilisában Hannoverben mutatta be első működő rendszerét, amely kiépítettségét, szolgáltatásait és árát tekintve méltán keltette fel az érdeklődők figyelmét. A következőkben ezen fejlesztési munka néhány érdekesebb eredményével ismerkedünk meg.

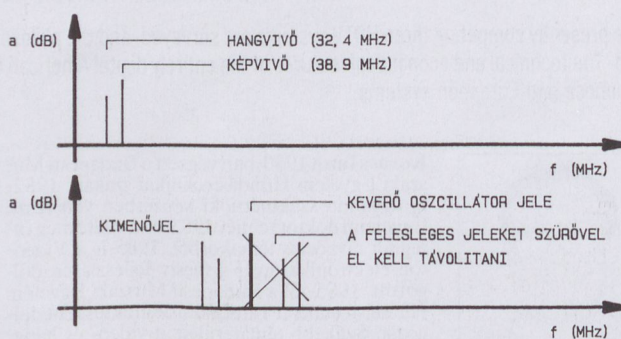
A kábeltelevízió fejlődését minden esetben a felhasználó igényeinek megfelelően kell összeállítani, ezért a gyártó cégek olyan készüléket igyekeznek kialakítani, amelyek kis változtatásokkal (például hangolással vagy alkatrészcserevel) tehető alkalmassá a különböző igények kielégítésére. A gyakorlatban kétféle megoldás terjedt el. Az első szerint ezeket a termékeket félkész állapotban raktározzák és a megrendelés beérkezésekor fejezik be a gyártást, a második szerint mindenféle változathoz gyártanak raktárra és a megrendelés beérkezésekor csak össze kell gyűjteni az igényelteteket. Az első változat hátránya a hosszabb szállítási határidő és a nehezen ütemezhető gyártás, a másodiké a magas raktárkészlettel járó problémák.

A HT Rt.-ben indított fejlesztés célja egy olyan termék kialakítása volt, amely egyrészt rugalmasan alkalmazkodik a felhasználói igényekhez, másrészt alkalmas a nagy darabszámú tömeggyártásra. Mindezek mellett a készülék ára nem lehetett magasabb a konkurencia termékeinek áránál. Az indító alapgondolat a mikroprocesszorral vezérelt programozható rendszer kialakítása volt, ehhez kellett kidolgozni a megfelelő készülékáramköröket.

A kábeltelevízió-rendszer fejállomásán a legnagyobb feladat a nagyszámú rádió- és televízió-műsor jelének feldolgozása. A jelek egy része alapsávon, video- és hangjel formájában, a másik része modulált jel formájában érkezik. Először vizsgáljuk meg a televíziójel feldolgozásának lehetséges módjait.

A műholdról érkező műsorok jelének vételére szolgáló egységek (parabola-antenna, fej, beltéri vevőkészülék), napjainkra tömegcikké váltak, számtalan változatban kaphatók. A beltéri egység legfontosabb eleme a szatellit-tuner külön is megvásárolható, így a fejállomáshoz minden cég olyan műholdvevőt alakít ki, amilyenre szüksége van. A műholdvevő kimenetén megjelenő jel mindig alapsávi, azaz különálló videojel és hangjel, amit a fejállomáson kell nagyfrekvenciás vivőkre ültetni.

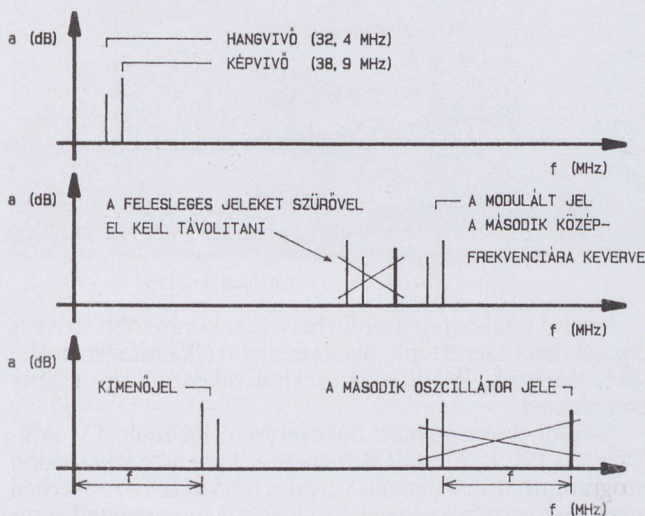
A televíziótechnikában használatos csonka-oldalsávú amplitúdómodulált (AM-DBS) kép- és hangvivő kialakítása minden esetben középfrekvencián (többnyire 38,9 MHz) történik. Ez a speciális karakterisztika legegyszerűbben felületi hullámszűrővel (SAW FILTER) alakítható ki. Az alkalmazott szűrő típusa, a megvalósított karakterisztika pontossága döntően az ár kérdése. A középfrekvenciás sávból egyszerű keveréssel ültethetjük át modulált vivőinket a nagyfrekvenciás sáv kívánt csatornájába. Ezt a hagyományos, elterjedten használt megoldást szemlélteti az 1. ábra. A keveréshez használt oszcillátor jele és a felesleges termékek csatornászűrő alkalmazásával tüntethetők el. Ennek az eljárásnak az a hátránya, hogy csatornánként más-más szűrőt igényel, így a csatornaváltás mérőműszert és szaktudást igénylő feladat.



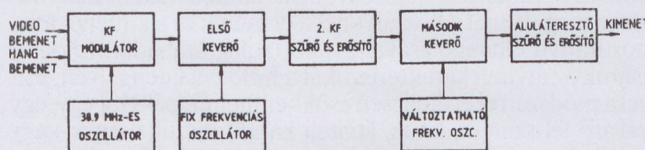
1. ábra. A kimenőjel előállításának vázlatja a hagyományos eljárásnál

Sajnos ez a több évtizede használt megoldás már nehezen illeszkedik a programozható, számítógéppel vezérelhető készülékek világába. Kívánatos itt is egy új megoldás bevezetése, amellyel műszereket igénylő hangolás nélkül, egyszerű programozással állítható be a kívánt csatorna-frekvencia.

Kicsit költségesebb, de a korunk technikájához igazodó megoldást mutat be a 2. ábra. Ebben az elrendezésben a középfrekvenciás jelet 38,9 MHz-ről előbb egy második középfrekvenciára ültetjük, majd onnan keverjük le a kívánt csatornába. Például a 45–300 MHz-es VHF sávban működő készüléknél a második középfrekvencia értékét 600 MHz körülre célszerű megválasztani, hogy a második keverés után egyszerű 300 MHz-es aluláteresztő szűrő alkalmazásával kaphassuk meg a kimenőjelet. Az összeállítás blokkvázlatát mutatja be a 3. ábra. Ennél a megoldásnál a harmadik oszcillátor frekvenciájának változtatásával az üzemi frekvenciasáv tetszőleges helyére tehetjük jelünket, miközben a hasznos sávban egyetlen zavaró termék sem jelenik meg.



2. ábra. A kimenőjel előállításának vázlata kétszeres keverésnél



3. ábra. A programozható tv-modulátor blokkvázlata

A bemutatott összeállítás valamennyi televíziójelet feldolgozó egységben alkalmazható. A földi adóhálózat jeleinek vételét biztosító készülékekben a középfrekvenciás modulátor elmarad, a bemenőjelet egy VHF—UHF tuner keveri a KF sávba.

Az FM rádióműsorok jelének vételénél hasonló a helyzet. A vétel, a bemenőjelet középfrekvenciára történő lekeverése tökéletesen megoldott. Itt az üzemi frekvenciasáv 87,5 MHz—108 MHz, a középfrekvencia 10,7 MHz. A fejállomás készülékeiben a felkeverés okoz problémákat, mivel az alacsony középfrekvencia miatt itt is csatorna-szűrőket kell alkalmazni a kimenőjel előírt tisztaságának biztosításához. Az FM adók számának növekedésével egyre nehezebb a kábeltelevíziós szempontból kívánatos és a jó minőségű stereo vétel szempontjából szükséges középfrekvenciás átviteli karakterisztika kialakítása is.

A szóbjárható megoldás vizsgálata során itt is felvetődik egy magasabb középfrekvencia (például a 21,4 MHz)

használat, de ehhez ma nem lehet elfogadható áron megfelelő szűrőket kapni. A többszörös konvertálás az FM zaj szempontjából nem előnyös.

A fejlesztés során végzett kísérletek alapján úgy döntöttünk, hogy az FM rádióműsorok jelét alapsávi multiplex jellel alakítjuk vissza, majd ezzel közvetlenül modulálunk egy új nagyfrekvenciás vivőt. A mai korszerű nagyfrekvenciás félvezetőkkel már viszonylag egyszerűen készíthető olyan oszcillátor, amely egy PLL áramkör segítségével digitálisan hangolható ebben a frekvenciasávban, miközben a frekvenciamoduláló bemenet érzékenysége alig változik. A megoldás előnye a kimenőjel spektrumának nagy tisztasága és az igen egyszerűen megvalósítható frekvenciaváltoztatás. Hátrányként róható fel a demodulálás és az ismételt modulálás során keletkező járulékos torzítás, ami füllel még nem hallható, de néhány tized százalék nagyságrendű.

Felhasználói oldalról meg kell szokni, hogy ennél a megoldásnál bemenőjel hiányában is van kimenőjel, azaz a bemenőjel csak a modulációt befolyásolja. A vivő közvetlen modulálása miatt a kimenőjel sáv szélességét szűrő nem korlátozza, így elsősorban a zajjal történő túlmodulálás a szomszéd csatornában kellemetlen zavarokat okozhat. Ennek elkerülésére a vevőben gondos süketítő (muting) áramkört kell felépíteni.

A vázolt megoldás az FM modulátoroknál és az FM konvertereknél egyaránt használható, így erre építve az FM jelek feldolgozása is megoldottnak tekinthető.

Az elméleti kérdések tisztázása után nézzük meg az áramkörök megvalósítását, a rendszerterv kialakítását. A kábeltelevízió-hálózat fejállomásán végzendő feladatokhoz igen jól felhasználhatók a tv-vevőkészülékek számára tervezett, nagy sorozatban gyártott, és így olcsó integrált áramkörök. Ezekre építve és az alacsony árra törekedve ennél a rendszernél egy mechanikai egységbe egy teljes tv-csatorna áramkörei kerültek, melyeket helyi mikrokontroller I<sup>2</sup>C buszon keresztül vezérel. A teljeskörű jelfeldolozásra utalva a készülékek „processor” elnevezést kaptak. Egy kisebb összeállítás látható a mellékelt fényképen. A programozható fejállomás a következő négy alapegységre épül.

## 1. SATELLITE TV PROCESSOR

A műholdról érkező műsorok jelének beviteli egysége. Alapkiépítésben egy műholdvevőt és egy modulátort tartalmaz. Igény esetén transzkóderrel vagy stereo hangdemodulátorral egészíthető ki.

## 2. TV ANTENNA PROCESSOR

A hagyományos módon, földi adókkal kisugárzott televízió-műsorok jelének feldolgozását biztosító készülék. Az egyszerűbb kivitel 38,9 MHz-es középfrekvencián keresztül konvertál. A növelt szelektivitású változata alapsávi jeleket állít elő a bemenőjelből és ezeket egy modulátor segítségével ülteti a kívánt csatornába.

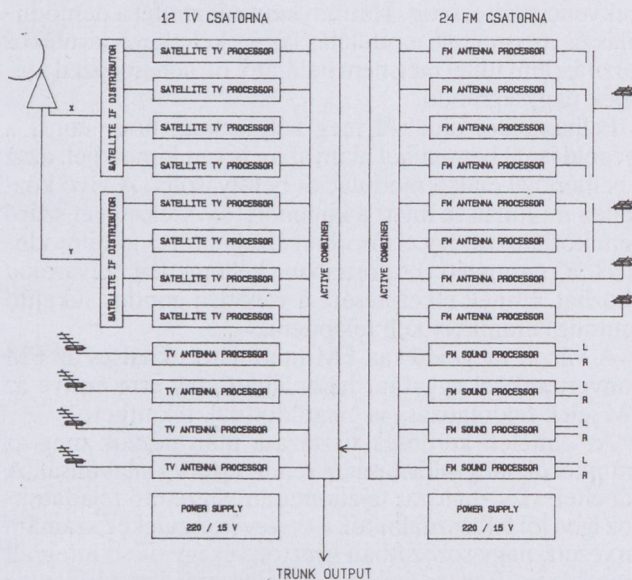
## 3. FM SOUND PROCESSOR

Az alapsávi hangjelek modulátor- és kóder-egysége. Alkalmazásával a helyi stúdiók és a különböző rádióvevőkészülékek jele ültethető az FM sáv kívánt csatornájába. A rádióműsorok jelét feldolgozó egységeknél a mechanika lehetővé tette több áramkör elhelyezését is, így azok egyidejűleg két csatorna független feldolgozására alkalmasak.

## 4. FM ANTENNA PROCESSOR

Az FM sávokban (66–108 MHz) elhelyezett rádióműsorok jelének feldolgozó egysége. Mint a bevezetőben láttuk a bemenőjelet demodulálás után új vivőre ülteti. Természetesen ez is egyidejűleg két független csatornán üzemeltethető.

A készülékekből néhány kisebb kiegészítő egység alkalmazásával a 4. számú ábrán bemutatott rendszerterv szerint készíthetünk igényeinknek megfelelő kábeltelevízió-fejállomást. Valamennyi készülékben található egy elektronikus törölhető ún. E-EPROM. A mikrokontroller ebben tárolja a változtatható jellemzők utoljára beállított értékeit, így a készülékek akkumulátor vagy hálózati feszültség nélkül sem felejtik el az adatokat.



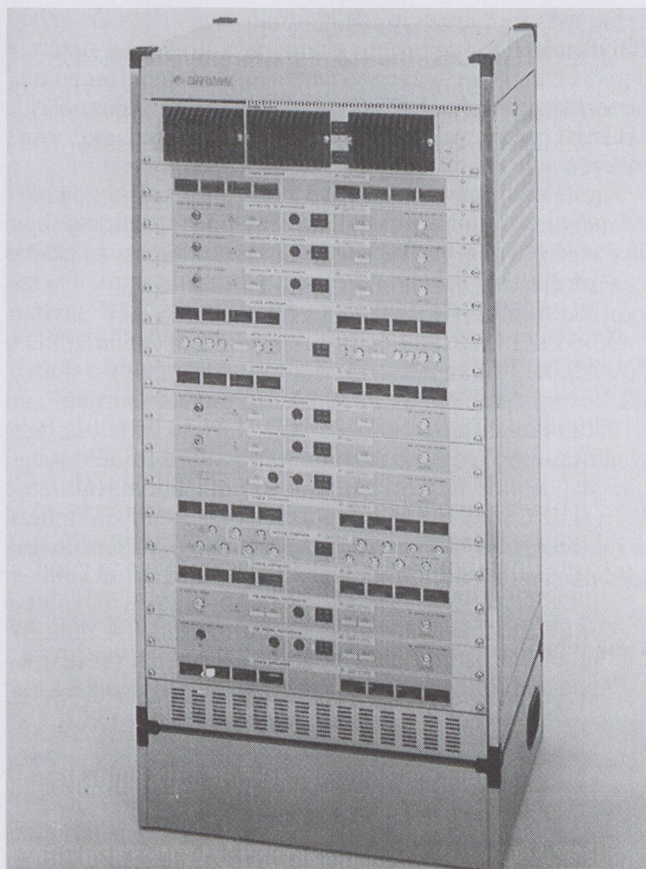
4. ábra. 12 tv-csatornával működő programozható kábeltelevízió-fejállomás összeállítási rajza

A programozó kijelzővel és tasztatúrával ellátott kisméretű műanyag dobozban került elhelyezésre. Kábellel csatlakoztatható a készülékhez. A programozóban elhelyezett mikrokontroller a beállítandó készülékből olvassa ki a működéséhez szükséges szoftvert, tehát bármely egységhez univerzálisan használható továbbfejlesztések esetén is.

A programozható rendszer igen nagy előnye, hogy a bemeneti és a kimeneti csatornafrekvenciák, valamint a fontosabb átviteli jellemzők a helyszínen kívánság szerint állíthatók be. A kimeneti fokozatok széles frekvenciatartománya (például a VHF sávban 45-től 300 MHz-ig) számtalan variációs lehetőséget biztosít a kivitelezők és az üzemeltetők számára egyaránt. A megoldás hátránya a nagy csatornaszámú (25–30 tv és 20–30 rádió) fejállomások építésénél jelentkezik, mivel ilyenkor a hasznos jelek közösítése mellett a nagyszámú készülék szélesávú áramkörének zaját is összeadjuk. Ennek a kellemetlen jelenségnek a kiküszöbölése érdekében ehhez a programozható rendszerhez egy olyan kimeneti összegző egység készült, amely négy-négy csatorna jelét összegzi iránycsatolóval, majd a csatornákon kívül eső zajt enyhe levágási meredekségű sávszűrővel távolítja el. A 30–40 MHz sáv szélességű szűrők áteresztő tartományában a csatornák szabadon állíthatók.

A szűrők és iránycsatolók veszteségét erősítő kompenzálja. Az aktív közösítő kimeneti feszültsége 102 dBuV. Egy közösítő 12 darab tv- vagy 24 darab rádiócsatorna jelét tudja összeadni. Nagyobb csatornaszám esetén az összegzők beépített iránycsatolóval kapcsolhatók össze.

A programozható kábeltelevízió-fejállomás a kisebb és a közepes méretű rendszerek számára készült. A programozhatóság következtében jól igazodik napjaink változó igényeihez, a kisvárosi, falusi, szállodai hálózatok ideális építő eleme.



5. ábra. Kisebb méretű összeállítás fényképe

Az első rendszerek üzembehelyezése során több érdekes tapasztalatot szereztünk, újabb és újabb alkalmazási területeket találtunk. Befejezésül ezekből válasszunk ki néhány érdekesebbet.

A földi tv-programok bekeverésére használt TV ANTENNA PROCESSOR bemenete és kimenete is szabadon programozható. A digitális vezérlés 62,5 kHz-es raszterben teszi lehetővé a frekvenciák beállítását. Mint minden készülék, ez is rendelkezik egy eredő átviteli karakterisztikával, amit itt döntően a középfrekvenciás felületi hullámszűrő határoz meg. Ennél a készüléknél a bemenet és a kimenet azonos irányú elhangolásával gyakorlatilag szabadon tologathajtuk az átviteli karakterisztikát a frekvenciatengelyen. Ezzel a módszerrel erőteljesen csökkenthetjük például egy-egy zavaró jel szintjét, ha az átviteli karakterisztika egyik vagy másik leszívását erre a jelre programozzuk. A módszer a hangvivő szintjének csökkentésére is használható.

A készülékek programozhatósága lehetőséget biztosít több olyan, a szakembereinket régóta foglalkoztató mérés-sorozat elvégzésére, amelyekre eddig berendezések hiányában nem kerülhetett sor. Az első ilyen vizsgálatnál néhány hazai rádió vevőkészülék működését vizsgáltuk meg sokcsatornás bemenőjel esetén. A vizsgálathoz szükséges 12 vagy 24 csatornás mérőjel rasztere programozással percek alatt állítható 300 kHz-re, 400 kHz-re stb. lehetővé téve ezzel a legkülönbözőbb változatok megvizsgálását, illetve az optimális megoldások kiválasztását.

A tervezés során lehetőséget biztosítottunk a készülékek szélesebb körben történő alkalmazására is. A készülékeket címezhetővé tettük és a programozó bemenetet buszról történő vezérlésre is alkalmassá tettük. A készülékek címe a paraméterekhez hasonlóan programozással adható meg. A buszra kapcsolt készülékek a rendszeresített programozó nélkül, számítógépről vezérelhetők. Ez az összeállítás kényelmesen használható különböző gyártó és ellenőrző rendszerekben, de alkalmas oktatási célokra is.

ZIGÓ JÓZSEF

## TELECOM '91

1991. október első felében hatodszor került megrendezésre Genfben a TELECOM Világkiállítás és az ehhez kapcsolódó szimpózium. A négyévenként tartott seregszemle — melyet az ITU hívott életre és most 20 éves múltat tekint vissza —, már indulása pillanatában igen jelentős esemény volt. Az egymást követő rendezvények eddig mindig fokozni tudták a kiállítás és a szakmai találkozó színvonalát.

Lényeges vonása a genfi TELECOM-nak, hogy ez a rendezvény egyaránt fóruma a távközlési ipar új berendezéseinek, a kutatás irányzatainak, a távközlési szolgáltatóknak, s nem kevésbé a távközlési szolgáltatások felhasználóinak. Egy, a kiállításról és a szimpóziumról szóló beszámoló vaskos tanulmányt igényelne; e helyen jelenleg csak egy általános kép adása és néhány kiemelt észrevétel bemutatása látszik lehetségesnek.

Több mint 70 000 m<sup>2</sup>-en, 850 kiállító — ezek között a világ legnagyobb és legmagasabb színvonalat képviselő cégei — igen részletes képet adtak a távközlés jövőendő gyártmányairól, rendszereiről. A távközlés fejlődésének három fő hajtómotorja napjainkban:

- A félvezető technológia termékei által nyújtott egyre újabb lehetőségek. Jellemző példa, hogy az egy chipen több mint 30 millió tranzisztort tartalmazó 16 Mb-es DRAM már normál kereskedelmi forgalomba került. A fejlődés tovább tart és az optoelektronika területeiről egyre újabb lehetőségek támogatják mind a szélessávú átviteltechnikat, mind a szélessávú kapcsolástechnikát.

- A kommunikáció iránti igények egyre bővülő piacot jelentenek. A távbeszélő szolgáltatásban az évi növekedés stabilan 5%-hoz közeli érték, a nem beszéd szolgáltatások területén a növekedés pedig 25% volt 1990-ben.

- A terjedő és egyre széleskörűbbé váló dereguláció a szolgáltatások mind nagyobb területein alakít ki versenyhelyzetet, ami további jelentős stimulációt gyakorol az egész telekommunikációs szolgáltató és ipari ágazatra.

A szimpózium a következő öt nagyobb témakörre koncentrált:

1. Politikai szimpózium: „Globális hálózattal rendelkező társadalom felé” jelszóval.
2. Az előadások nagyobb részét felölelő műszaki szimpózium: „Integráció, interpoláció és kölcsönös kommunikáció; út a globális szolgáltatások felé” jelmonddal.
3. Szabályozási szimpózium: „Verseny és együttműködés a változó környezetben” jelszóval.
4. Gazdasági szimpózium: „A távközlés mint a fejlesztés és növekedés katalizátora” mottóval.
5. Kerekasztal szimpózium: „Mindenki számára hozzáférhető távközlés” célmegjelöléssel.

Nehéz lenne a látottak és hallottak alapján súlypontokat megállapítani, mégis a következők kívánkoznak kiemelésre.

Egyértelmű, hogy a vezeték nélküli kommunikációs megoldások, rendszerek és berendezések erős előretörést mutatnak. Ezek között is figyelemre méltóak a CT-2-n alapuló rádiós kialakítások. A Telepoint megoldások néhány éve kerültek a szolgáltatói körbe, az összes előnyeik mellett azzal a kétségtelen hátránnyal, hogy a Telepoint telefonkészülék csak hívás kezdeményezésére alkalmas és nem hívható. Hívhatóságot szükség esetén pager biztosíthatja. A CT-2-n alapuló új rendszerekben a hordozható készülék már mind hívás kezdeményezésére, mind hívás fogadására képes, így teljes értékű távbeszélő-forgalom valósítható meg segítségével. E megoldások lényegében már a PCN fogalomkörébe tartoznak. Két területen alkal-

mazása különösen persepktivikus lehet, egyrészt rurál körzetekben vezetékes helyi hálózat hiányában a távbeszélő szolgáltatás megvalósítására, másrészt nagyobb épületeken belül vezeték nélküli PABX működtetésére. A vonalankénti létesítési költségek meglepően kedvezőnek mutatkoznak.

A Paging szolgáltatás is erősen terjed, többnyire külön adóhálózat segítségével és kevésbé a meglévő adásokba inzertált jelek útján. Jó perspektívájú az alfanumerikus üzenetközvetítő terjedése.

A mobil cellás rádiótelefon-rendszereknek ma Nyugat-Európában közel 5 millió előfizetője van. 1992-ben számottevően felgyorsul a pán-európai digitális GSM-rendszer bevezetése, mely nem hosszú idő múlva fel fogja váltani az Európában ma használatos különböző (NMT, TACS, RC200, C450, RTMS) analóg rendszereket. 1992. végére a cellás digitális GSM-rendszer Nyugat-Európában le fogja fedni Nagy-Britannia közel teljes déli felét, a többi országokban pedig a legfontosabb úthálózatok környékét, beleértve a legjelentősebb útvonalak közelében fekvő helységeket és nagyvárosokat.

A PCN megoldások, a global personal communications nevezetes reprezentánsa az Iridium rendszer. 77 műhold közvetítésével (innen az elnevezés, mivel a iridium atommagja körül 77 elektron kering) egy hordozható kézibeszélővel a föld bármely pontjáról lehet majd hívást kezdeményezni, illetve hívást fogadni, a műholdas összeköttetések és a földfelszíni hálózatok segítségével, melyek a számlázást és a nyilvános távbeszélő-hálózathoz való csatlakoztatást is biztosítják. Az összeköttetés digitális rendszerű, hang-, fax- és adatkommunikációra alkalmas. A projekt fő szervezője a Motorola és a rendszert 1996-tól fokozatosan kívánják üzembe helyezni.

A vezeték nélküli megoldások növekedése várhatóan jelentős hatással lesz az ACT (Advanced Compression Technology) további fejlődésére.

A HDTV bevezetése mutatkozik az ezredforduló legnagyobb piaci lehetőségének. Japán igen nagy investíciókkal igyekszik már ma megalapozni piaci részesedését. Nem mutat semmi az egységes világszabvány kialakítására. Az EK országai a Vision 1250 egyesülésében készülnek arra, hogy Európa önálló technológiai alapokon álljon.

Az ISDN szolgáltatások a nyugat-európai országok meghatározott területein egy-két éve lépcsőzetesen megindultak, elterjedésük folytatódik. Vannak olyan vélemények, melyek szerint az ISDN fejlődése és terjedése kissé elmarad az előzetes várakozásoktól. Jelenleg a B-ISDN területén érzékelhető jelentős műszaki előrelépés, aminek nyomán várhatóan a 90-es évek közepétől indul meg a szélesebbkörű alkalmazásba vétel. A B-ISDN kialakításhoz felhasználják a CCITT ajánlásokat kielégítő SDH (Synchronous Digital Hierarchy) átviteltechnikai, valamint az ATM (Asynchronous Transfer Mode) kapcsolástechnikai és átviteltechnikai megoldásokat.

Az optikai sávban működő digitális jeltovábbító-rendszerek tovább tökéletesednek, terjedésük gyors, különösen az 1500 nm-en használható monomódusú szálak, a legújabb optikai erősítők és a 10 Gb/s jelsebességű átvitel irányába eső fejlesztések nyomán. Ma Nyugat-Európában dominánsan 565 Mb/s sebességű optikai átviteli vonalak készülnek. Megjelentek a 636 Mb/s-os coherens átviteli összeköttetések és biztatóak a 2,5 Gb/s-os kísérletek. Várhatóan az optikai szál a helyi hálózatokban is el fog terjedni, amire a gazdasági feltételek már megérették. Így jelentősek az FTTH (Fiber to the home) optimumát kereső fejlesztések.

A TELECOM-on bemutatott telekonferencia-megoldások még egy-egy nagy vállalat saját elképzeléseinek alapulnak, a szabványosítás hatására indulhat majd el egy nagyobb mérvű összehangolás. A 384 Kb/s-os jelsebességgel továbbított TV-képek meglepően jó minőségűek.

A VSAT rendszerrel kombinálva, a telekonferencia témakör várhatóan túl fog lépni az eddigi „vásári bemutató” fázison.

A technikai szimpózium nyomatékkal foglalkozott a távközlési szoftverkérdésekkel is. Az első specifikáció megadásától a kész szoftver teszteléséig az előadók ismertették a fejlesztés különböző eredményeit. A network management a szoftver-megoldásokkal együtt fejlődik.

Az IN koncepcionális kiaknázása egyre jelentősebb mindazon helyeken, ahol a meglévő telefonhálózatokon különleges követelményeknek eleget tevő, csak nagy ráfordításokat igénylő speciális fejlesztésekkel megvalósítható szolgáltatások biztosítása a kitűzött cél.

A műholdas információátvitel és TV/rádió műsorellátó szolgáltatások, valamint a speciális satellitrendszerek által nyújtott lehetőségek (helymeghatározás, meteorológiai előjelzés, erőforrás-kutatás, föld kozmikus távszondázása stb.), egyre szélesebb körben válnak gazdaságosan hozzáférhetővé.

Áttérve közgazdasági kérdésekre és adatokra a következők feltétlen említést érdemelnek:

Pekka Tarjanne, az ITU főtitkára az európai távközlés egyik lényeges eseményeként fogalmazta meg azt, hogy Kelet- és Közép-Európában is megindult a távközlési szolgáltatások gyorsabb és magas színvonalú fejlődése.

A szakértők szerint Lengyelországnak, a Cseh- és Szlovák Köztársaságnak, Magyarországnak, Romániának és Bulgáriának 2000-ig mintegy 65 milliárd dollárt kellene beinvestálnia a kommunikációs infrastruktúrába ahhoz, hogy a mai európai közepesen fejlett távközlési színvonalat (ezt a spanyol távközlési színvonalban jelölték meg) ezek az országok is elérjék. A volt NDK területén az elkövetkező hét évben 30 milliárd dollárt gondolnak befektetni egyéssz Németország távközlési szolgáltatásainak közel azonos szintre hozását célzóan.

Az EK országoknak belső piaca igen jelentős, figyelembe véve a 340 millió lélekszámú, magas GDP-vel bíró lakosság kommunikációs szükségleteit. A szolgáltatásokban a monopóliumhelyzetek mind erősebb oldása várhatóan az árakra is kedvező hatást gyakorol, ami az egész fejlődési folyamatot tovább gyorsítja.

A szimpózium foglalkozott a privatizáció kérdéseivel is, vizsgálva, hogy az miként legyen hatékony és a helyi adottságoknak megfelelő.

A TELECOM '91 tapasztalatok igen jelentős fejlődést prognosztizálnak. Az ezredfordulóra a világ elektronikai iparának (távközlés és számítástechnika) értékesítését 2400 milliárd dollárra becsülik. Ma ez az érték világszinten 1000 milliárd dollár körüli. Az információs és kommunikációs technológiák a világ GDP összértékében 5%-ot képviselnek, a fejlett országok GDP-jében pedig ez a részesedés 8%. Az elkövetkező évtizedben a kommunikációs és információs technológiákkal mint a fejlődés fő húzóerőivel kell számolni. Már hosszabb idő óta ezek, továbbá az információtechnológiához kapcsolódó ágazatok éves növekedése megelőzi a többi ágazatot. Az EK országokban az információs technológiák témaköreiben a fejlődési ütem 9–10% között van, mintegy kétszerese a világ átlagos éves gazdasági fejlődési rátájának. Ezen húzóágazaton belül a részágazatok fejlődése eltér egymástól; egy öt éves prognózis a fogyasztói elektronika éves fejlődését 6%-ra prognosztizálja, a számítástechnikai eszközök és

rendszerek területén 9%-os éves fejlődést jósol, a félvezető eszközök és integrált áramkörök témakörében 11%-ot, szoftver esetében pedig évi 15% fejlődést helyez kilátásba.

Az információs technológiák területén folyó K+F munkák éves ráfordításai világösszességben elérték a 110 milliárd dollárt. Az EK országai nem akarnak lemaradni ebben a versenyben, közepes helyüket (az információtechnológiák világpiacának 25%-át mondhatják magukénak) nemcsak megerősíteni, hanem bizonyos mértékben növelni is szeretnék. Ebben a tekintetben az 1990-es év kemény figyelmeztetést adott az EK országainak, mikor is az export-import egyenleg nyomán összességében 40 milliárd dolláros kereskedelmi deficit alakult ki az elektronikai szektoron belül. Egyik fő tanulságként az EK szakemberei azt a következtetést vonták le, hogy országai relatíve keveset költenek kutatásra és fejlesztésre. A világ legnagyobb belső piacával rendelkező EK ezt nem engedheti meg magának. Egy megfelelőbb igazi, kutatási, szolgáltató-megújítási stratégia kimunkálásával tervezi az EK a felzárkózást megalapozni.

Dr. Budinszky József

## ■ VSAT HÁLÓZAT MAGYAR BANKOKNAK

1991. november 26-án sajtótájékoztatót tartott a külföldi tőkével létrehozott *BankNet Kft.*, és *Ray Dutton* ügyvezető igazgató bejelentette, hogy a közeljövőben a magyarországi bankok és biztosítótársaságok szolgálatában két korszerű információs technológia széleskörű bevezetését kezdik el. A szolgáltatás VSAT (Very Small Aperture Terminal) típusú műholdas összeköttetésen alapszik, ezt *Frank Klisch*, a VSAT berendezéseket szállító *Hughes Network Systems* képviselője ismertette, majd pedig *Lee Tate*, az *International Network Services* igazgatója adott áttekintést az elektronikus adatcsere (Elektronikus Data Interchange — EDI) szolgáltatás előnyeiről. A tájékoztatón rámutattak, hogy a két technika egymástól függetlenül is felhasználható, de a BankNet megítélése szerint optimális eredmény együttes alkalmazásukkal érhető el.

A BankNet Kft. a távközlési rendszer létrehozására és működtetésére ideiglenes engedéllyel rendelkezik és reméli, hogy az új távközlési törvény megszületése után a végleges működési engedélyt is megkapja. A tervek szerint a BankNet 1992-ben Gödöllőn állítja fel központi földi állomását, és amint a szükséges engedélyek a birtokában lesznek, megkezdi a VSAT állomások és az EDI berendezések telepítését is. A gödöllői földi állomás üzembeállításáig a VSAT hálózat a VESATEL cég hollandiai földi állomását használja fel. ■

## ■ VSAT KÍSÉRLETEK ENGEDÉLYEZÉSE

A Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium illetékei nem zárkóztak el attól a kezdeményezéstől, hogy az úrtávközlési szolgáltatások hazai bevezetésének jogi rendezését megelőzően sor kerülhessen olyan műszaki kísérletekre és működési bemutatókra, amelyek révén egyrészt a szolgáltatás bevezetésének műszaki feltételei és

kihatásai tisztázhatók, másrészt a potenciális felhasználók működő rendszereken ismerkedhetnek meg az ily módon megvalósítható új szolgáltatásokkal. Ennek megfelelően diszkrimináció nélkül kísérleti engedélyeket adtak ki a kérelmező vállalatoknak. Eddig a következő hat vállalat kért és kapott ilyen engedélyt: Auriema, BankNet, HungaroDigiTel, Magyar Műszorszóró Vállalat, Magyar Távközlési Vállalat, VariTel.

A kísérleti működést három hónapra engedélyezték, de az engedélyekben kifejezetten megtiltják, hogy a kísérleti berendezésekkel, ill. rendszerekkel szolgáltatást nyújtsanak. Az időben korlátozott jelleg miatt a nemzetközi koordináció lefolytatásától eltekintettek, de annak érdekében, hogy a szomszédos országokkal a kölcsönös zavartatást elkerüljék, az országhatár 50 km-es körzetében nem engedélyezték állomások működtetését.

Remélhető, hogy a kísérleti engedélyek lejártáig vagy megszületik az úrtávközlési szolgáltatások ideiglenes szabályozása, vagy az Országgyűlés megalkotja az új távközlési törvényt.

## ■ A HEWLETT-PACKARD & CONTROLL BUDAPESTI SAJTÓTÁJÉKOZTATÓJA

1991. december 16-án a *Hewlett-Packard* és magyarországi érdekeltsége, a *Hewlett-Packard & Controll* sajtótájékoztatón ismertették a cég 1991-es eredményeit és aktuális stratégiáját. Először *Yves Couillard*, a HP kelet-európai kereskedelmi igazgatója adott áttekintést a HP tevékenységéről, arról a kiemelkedő szerepről, amelyet a HP mind a számítógépek, mind pedig az elektronikus mérőműszerek piacán betölt. Rámutatott, hogy 1991-ben a HP megőrizte, sőt tovább erősítette különleges pozícióját a világpiacon, ez nagyrészt annak köszönhető, hogy a HP jelentős nyereséget termel és ez lehetővé teszi, hogy finanszírozzák a fejlesztést, a cég növekedését és megőrizhessék vezető szerepüket az iparágra jellemző lélegzetelállító műszaki versenyben.

A HP által bevezetett többfelhasználós számítógépek és munkahelyek azt bizonyítják, hogy a cég idejében felismerte a UNIX-bázisú kliens/szerver rendszerek fontosságát. Kidolgozta a *PA/RISC* (Precision Architecture Reduced Instruction Set Computing) technológiát, és egész termékskáláját átalakította az új technológiának megfelelően. A befektetés megtérült, az árak estek, a gépek teljesítménye pedig messze meghaladta a versenytársakét. Ez a technika a HP-t vezető szerephez juttatta a nyitott rendszerek terén is, és a cég ez irányú elkötelezettségét a szabványosításban játszott aktív szerep is mutatja.

Couillard úr aláhúzta, hogy a HP az ügyfelek minden igényét kielégítő komplett megoldást kínál. Nemzetközi vállalatai és kereskedői, valamint a viszonteladók, szoftverforgalmazók, rendszerintegrátorok nagyon sokat tesznek azért, hogy minél pontosabban kielégítsék az ügyfelek igényeit. Ez a tevékenység nemcsak a megfelelő műszaki megoldást és a járulékos szolgáltatásokat jelenti, hanem esetenként a finanszírozási megoldás megkeresésére is kiterjed.

A Hewlett-Packard nemcsak a számítástechnikában játszik előkelő szerepet, hanem a távközlés és a távközlési mérések, valamint az orvosi és analitikus műszerek piacán is vezető szerepe van, ez a tény tükröződik a HP üzleti eredményeiben is. Az 1991-es pénzügyi évben a HP be-

vételei az előző évhez képest 10%-kal nőttek és elérték a 14,5 milliárd dollárt, a nettó nyereség pedig 775 millió dollár volt.

A HP magyarországi közös vállalata az 1991-ben létrehozott Hewlett-Packard & Controll, amelynek tevékenységét *Sztojanov Rumen*, a vállalat igazgatója ismertette. Sztojanov úr hangsúlyozta, hogy a megváltozott helyzetben lehetőség nyílt arra, hogy a magyar vevők nagyon kis késéssel hozzájussanak a legkorszerűbb termékekhez. A HP&C 35 fős munkatársi gárdája elkötelezetten dolgozik azért, hogy a számítástechnika és a mérés technika minden termékcsoportjában minél jobb és komplettebb szolgáltatást nyújtson az ügyfeleknek. A HP&C 1991-es forgalma 10 millió dollár fölé nőtt, és azon dolgoznak, hogy 1992-ben tovább növekedjen. A vállalat pénzügyi helyzete stabil, aktívan keresik a kapcsolódási pontokat a magyar infrastrukturális fejlesztésekhez (pl. távközlés, egészségügy, környezetvédelem) és a gyors kiszolgálást számottevő helyi raktárkészlettel is segíteni kívánják. A vállalat célja az, hogy a Hewlett-Packard magas szintjének megfelelően a magyar vevőknek kifogástalan és gyors szolgáltatást nyújtson.

## ■ A HEWLETT-PACKARD & CONTROLL PÁLYÁZATA UNIX MUNKAÁLLOMÁSOK ALKALMAZÁSÁRA

A HEWLETT-PACKARD & CONTROLL Kft. pályázatot írt ki, nem profitérdekelt felsőoktatási intézmények számára. A pályázat témája UNIX munkaállomások alkalmazása a felsőoktatásban. A kiértékelés szempontjai között a jelenlegi tevékenység, valamint az alátámasztott fejlesztési elképzelések egyaránt szerepet játszanak. Az értékes díjakkal jutalmazott pályázat beadási határideje 1992. április 30. Pályázati jelentkezés és az elkészített pályaművek benyújtása az alábbi címen:

HEWLETT-PACKARD & CONTROLL Kft.  
1146 Budapest, Erzsébet királyné útja 1/c

## ■ EBU/ETSI JTC ÉRTEKEZLET A TELEVÍZIÓS RENDSZEREKRŐL\*

Európában a rádió- és televízió-műsorkészítéssel, -sugárással kapcsolatos ajánlások és szabványok kidolgozásával számos nemzetközi szervezet is foglalkozik. Ilyenek a jól ismert CCIR, IEC, EBU, ETSI stb. Az Európai Gazdasági Közösség finanszírozásával közös fejlesztési-kutatási programok is folynak, amelyek eredményei szintén szabvány formájában jelentkeznek. Ilyen pl. a jól ismert Eureka 95-terv keretében kidolgozott HD-MAC rendszer is.

Az Európa Parlament audiovizuális kérdésekkel foglalkozó bizottsága szintén összeurópai érdekeket tükröző állásfoglalásokat, „Direktívá”-kat bocsát ki a közösség iparpolitikai érdekeinek megfelelően.

Az EBU (European Broadcasting Union), amelynek jelenleg már több mint 40 európai ország közszolgálati rádió- és televízió-műsorkészítő szervezete a tagja (az országok számának bizonytalansága a közép-kelet-európai or-

\* Ez a beszámoló a lapszám késése miatt jelenhetett meg.

szágok számának bizonytalanságából ered), arra törekszik, hogy a különböző szabványokkal és ajánlásokkal foglalkozó szervezeteket, kutatással, gyártással foglalkozókat közös cél érdekében összefogja.

Így jött létre az EBU és az Európai Távközlési Szabvány Intézet (European Telecommunication Standard Institute — ETSI) együttműködése közös Technikai Bizottsággal (Joint Technical Committee), amely 5-dik értekezletét tartotta 1992. február 28-án Genfben.

A két fő szervezetten kívül hivatalosak voltak még a „szórakoztató” elektronikus eszközök gyártói és képviselői (European Association of Electronics Manufacturers — EACEM), a stúdióberendezések és eszközök gyártói (International Association of Broadcast Manufactures — IABM), az Eureka különböző terveiben résztvevők, valamint a műsorszórásban, távközlésben, a műholdas szférában tevékenykedő gyártók és üzemeltetők széles köre.

A napirenden a következő fontosabb szabványok szerepeltek:

1. VHF adók
2. NICAM
3. PDC — Program Delivery Control
4. D2-MAC
5. Digitális TV
6. Digitális Rádió (Digital Audio Broadcasting — DAB)
7. TVRO (csak TV vételű földi állomás)
8. SNG (Satellite News Gathering — Műholdas hírgyűjtő)

A felsorolt szabványok különböző előkészültségűek, közel véglegesek a VHF rádióadók, a két kísérfhangú NICAM, a Program Delivery Control (PDC), valamint a D2-MAC rendszer szabványai. Ezek számunkra is fokozatosan kötelezőek lesznek olyan ütemben és mértékben, amilyen fokozatosan hazánk az Európai Gazdasági Közösséghez integrálódik.

Beszámolómban nem tudok foglalkozni az összes felsoroltakkal, két nálunk is aktuális szabványhoz viszont szükségét érzem kicsit bővebb kiegészítésre, magyarázatra.

Az első a teljes nevén a „Specification of the Domestic Video Programme Delivery Control System” (PDC). Ez egy olyan adatátviteli rendszer, amely a megfelelő kiegészítőegységgel (áramkörrel felszerelt házi videomagnókat a műsorra vonatkozó információkkal látja el. Teljes egészében a CCIR „B” típusú teletext struktúrára épül (ezt a teletext rendszert alkalmazzuk mi is), segítségével a teletextben sugárzott műsorinformációs oldalak (TV-program oldalak) alapján a házi magnók programozhatók, a felvételek ideje és tartama mindig helyes lesz, műsorváltás, technikai szünetek (pl. filmszakadás) esetében is. A PDC figyelembe vette az eddigi ilyen jellegű, már alkalmazásban levő rendszereket is, mint VPT, Startext, de különösen a Német Szövetségi Köztársaságban kidolgozott és a környező országokban már alkalmazott ún. Video Programming System (VPS).

A hazai teletext rendszerünk ilyen irányú kiegészítésén szakembereink már dolgoznak, a VPS rendszert széleskörűen ismerik, így ennek adaptálása egyszerűbbnek tűnik. A PDC rendszer újabb, korszerűbb és perspektivikusabb, így ennek bevezetése volna célszerűbb.

A másik fokozottabb figyelemre méltó szabvány a D2-MAC rendszeré. Mint ismeretes a MAC/packet rendszerek családját az EBU dolgozta ki (EBU doc. Tech. 3258 2nd Issue), amely magában foglalja a C-MAC/packet, D-MAC/packet és D2-MAC/packet rendszereket. Ezek közül különösen az utolsó került különböző szempontok miatt az európai szakmai körök koncentrált figyelmébe.

Egyrészt azért, mert a családnak ez a tagja alkalmas frek-

venciamodulációt alkalmazó műholdas műsorsugárzásra, valamint maradék (fél) oldalsávú amplitúdómodulációt alkalmazó kábel-TV-rendszerekben is. A D2-MAC/packet rendszer további alkalmazási köre lehet földi adóhálózaton TV-műsor sugárzása, műholdas és egyéb ponttól-pontig TV-jel szétszórása, videokazettás rögzítése stb. A felsoroltak jelentős részét már a gyakorlatban is alkalmazzák.

Másrészt — és főleg — azért került a kérdés a figyelem középpontjába, mert az európai nagyfelbontású TV (HDTV) felé az út a D2-MAC rendszer alkalmazásán keresztül vezet.

Mint ismeretes, az Európai Gazdasági Közösség finanszírozásával az Eureka—95 terv keretében létrehozott HD-MAC nagyfelbontású TV-rendszer a D2-MAC irányában kompatibilis. Ezért ez utóbbi széles körű elterjedése előfeltétele a nagyfelbontású televízió (HD-MAC) európai bevezetésének és további sikerének.

Nem véletlen, hogy az Európai Közösségek Bizottsága a műholdas műsorsugárzással (DBS) és az MAC rendszerek alkalmazásával több ízben is foglalkozott. Az első „Útmutatás” („Directiva”) még 1986-ban született és ez előírta, hogy a közvetlen műholdas műsorsugárzásra Európában a MAC/packet családot (főleg D2-MAC) kell alkalmazni.

Ez az „előírás” műsorszétesztő műholdakra (FSS) nem vonatkozott, ezek ma is PAL- és esetenként Secam-jeleket sugároznak. Rádásul napjainkra a helyzet úgy alakult, hogy a műsorszétesztő műholdak „de facto” egyénileg is vehető direkt műsorsugárzó műholdakká váltak. PAL-rendszerben sugárzott műsoraik Európa-szerte a nézők millióihoz jutnak el (pl. „Astra”). Ha ezt a folyamatot nem sikerül megállítani, akkor az egész HD-MAC rendszer kidolgozása szentelt erőfeszítések kudarca lesznek ítélve.

Ezért nem véletlen, hogy 1991. június 26-án újabb „Directiva” és „Memorandum of Understanding” került kibocsátásra, amely 1993. jan. 1-jétől lép életbe. Ebben újabb erőfeszítések történnek a D2-MAC alkalmazásának és a HD-MAC rendszerek bevezetésének érdekében.

Újra megerősítik, hogy Európában a HDTV az Eureka—95 terv szerint kifejlesztett HD-MAC rendszer lehet, amelyhez az átmenetet a MAC/packet csoport jelenti, különösen ennek D2-MAC tagja. A Közösség a „Directiva”-t pénzügyileg is támogatja; öt éven keresztül évi 100 millió ECU nagyságrendű összeget fordít erre a célra. Előírja, hogy a Közösség országaiban 1993. január 1-jétől forgalomba kerülő készülékeknek (22"-nál nagyobb átmérőjű TV-vevőknek) D2-MAC vételéhez szükséges kiegészítő egységgel kell rendelkezniük. Így nem véletlen, hogy az európai szabványkidolgozó szervezetek firszírozott ütemben a D2-MAC szabvány kidolgozásába fogtak, kiemelve a MAC/packet család többi tagja közül. Mindez átfogó európai iparpolitikai érdekek kifejeződése.

Más eszközökkel és más csatornákon is folyik a küzdelem. Az Albertville-i Téli Olimpiai Játékok szinte minden eseményét (nyitó és záró ceremónia, jégkorong, műkorcsolya, gyorskorcsolya, sífutás, síugrás, slalom stb.) nyolc nagy közvetítőkocsi segítségével egész Európára sugározták. Nagyfelbontású vetítőképes készülékeken Európa-szerte 50 helyen a közvetítések láthatók voltak. Hasonló, de még nagyobb volumenű közvetítéseket és demonstrációkat szerveznek a Sevilla-i Világkiállítás, valamint a Barcelona-i Nyári Olimpiai Játékok alkalmából. Mindezek az EBU közreműködésével a Közösség jelentős anyagi, pénzügyi támogatásával történnek.

Hazánk törekvése az Európai Közösséghez való csatlakozás, ennek jegyében a Rádió és Televízió 1993-tól az EBU tagja lesz. Remélhetőleg ez hozzásegít bennünket, hogy ezeknek a folyamatoknak aktív részesévé váljunk.

VOZÁK LÁSZLÓ  
MTV



## MI LESZ VELED ELEKTRONIKA?

A híradástechnikai iparban dolgozó szakemberek nap mint nap érzékelik iparágunk nehéz helyzetét. Szerkesztőségünk bízik abban, hogy hosszabb időtávlatot tekintve a piacgazdaság reális törvényei és a jelentős értékeket hordozó ágazatokat támogató kormányzati intézkedések eredményeként a híradástechnikai ipar helyzete stabilizálódik. Tudjuk, hogy ehhez a technológia modernizálása, munkamódszereinek változtatása és a munkaerőbázis csökkentése szükséges.

A napjainkban folyó átalakulás nehézségei és a gyakran indokolatlannak látszó ellentmondó intézkedések azonban valamennyiünket nyugtalanítanak. Szerkesztőségünk tagjai, akik maguk is a híradástechnikai ipar vagy tudományos háttérintézmények dolgozói, a sok év alatt kialakított szakmai kultúra visszesésének jeleit ugyanolyan aggodalommal élik meg, mint azok, akiknek nincs lehetőségük véleményüket a nyilvánosság elé tárni. Ezért szerkesztőségünk ezt a cikket vitaindítónak szánja. Azt reméljük, hogy azok, akik a maguk posztján ugyanezzel a problémával néznek szembe — esetleg kormányzati felősség súlya alatt — megszólalnak rovatunkban.

Nem megnyugtatást várunk, hanem őszinte szót, olyan gondok és lehetőségek felvetését, amelyekre mi nem gondoltunk vagy behatárolt gazdasági informáltságunk miatt nem is gondolhattunk.

Egy iparág munkájának célja és értelme a piaci értékesítés. A magyar híradástechnikai ipar fő piacát az utóbbi három évtizedben a KGST országok, azon belül is elsősorban a Szovjetunió képezték. Ez két tényezőt is jelentett egyszerre: a berendezések adott igények szerinti rendszertechnikáját, felépítését, másrészt a piaci tevékenység egyoldalú irányultságát. Azonnal jegyezzük meg, hogy a szovjet vagy inkább pl. a csehszlovák orientáció nem jelenetett feltétlenül igénytelen és az európai színvonaltól messze elmaradó konstrukciót. A berendezések alapszolgáltatásai megegyeztek az európai átlaggal, a méretek, súly és fogyasztás alacsonyabb színvonala a hozzáférhető alkatrészbázist tükrözte. Ez a piac — legalábbis időszakosan — összeomlott. A Szovjetunió fizetőképessége átmenetileg megszűnt, a többi volt európai KGST ország piacán pedig a nyugati konkurenciával kell megküzdenünk.

A magyar távközlési ipar jelentős szektora foglalkozott katonai vagy katonai célra is alkalmas berendezések gyártásával. Ezek a berendezések, illetve ezek egy része a VSZ-en kívül piacra talált a Közel-Keleten, Indiában, Dél-Amerikában is. Igaz, a VSZ-en kívüli értékesítés többnyire a politikai befolyásolást szolgáló állami hitelkonstrukcióban történt.

A hadiipari berendezések értékesítési lehetősége napjainkra azonban gyakorlatilag megszűnt. Egyrészt azért, mert a speciálisan katonai célú magyar elektronikai berendezések színvonala messze elmarad az óriási tőkekoncentrációval fejlesztett, szigorú COCOM-védettség alatt álló nyugati berendezésektől, másrészt a világméretű pozitív irányú politikai változások, a hidegháború megszűnése, a VSZ feloszlata kihúzta a talajt a magyar katonai elektronikai ipar alól is.

A hazai piac alakulása sem kedvező a hazai híradástechnikai ipar számára. A 80-as évek második feléig szándékosan elhanyagolt magyar postai távközlési hálózat nem jelentett számottevő piacot, hiszen a távközlés gazdasági szerepét nem ismerték fel, a fejletlenségből származó népgazdasági veszteséget az adminisztráció — a szakemberek állandó figyelmeztetése ellenére — sem volt hajlandó figyelembe venni. A 80-as évek végén (1987–88-tól) végül is megindult — még nem a fejlesztés —, de a

fejlesztési koncepciók kidolgozása. Sorozatban jelentek meg a magyar távközlési hálózat rekonstrukcióját célzó különböző koncepciók, melyek egyben megegyeztek: a hálózatfejlesztést alapvetően hazai berendezésállományra alapozták. Akik ismerik a hazai távközlési ipar teljesítő-képességét, azok tudják: figyelembe véve a szükséges és egyébként is előkészített külföldi kooperációkat, licencvásárlásokat, a COCOM tilalmak várható enyhülését, a szükséges berendezésállomány 60–80%-át lett volna képes előállítani a magyar híradástechnikai ipar.

A várakozással ellentétben azonban más történt. Szemben a ma is súlyos vámtételekkel sújtott alkatrészimporttal, megnyiták a liberalizált késztermékiport csatornáit. A MATÁV-vá alakult Posta koncepciója módosult: szigorúan műszaki-gazdasági mutatók alapján, nemzetközi versenyzetetéssel kívánják a fejlesztéshez szükséges berendezéseket beszerezni és a magyar vállalatok maximum a Világbank által felügyelt tendereken szokásos 15%-os hazai árpreferenciát „élvezhetik”. A hazai piacra tehát rászabadultak a tőkeerős, esetenként kedvező hitelfeltételeket is nyújtani képes nyugati szállítók, amelyekkel szemben egy védtelenül hagyott, jelentős elvonásokkal és emellett tőkehiánnyal is küzdő hazai ipar egyre esélytelenebbnek tűnik.

Jegyezzük meg, hogy botorság lenne ezért a helyzetért a MATÁV-ot kárhozatni. A MATÁV vállalat, amelynek logikus magartatása és kötelessége, hogy a számára legjövedelmezőbb, leggazdaságosabb megoldást válassza. Ugyanígy logikus a MATÁV monopóliumörző magartatása az ún. „önerős” távbeszélő-fejlesztések területén is, melyeket rendkívül egyszerű módon, a főközponti kapacitások birtoklásával tud „rövid pórázon” tartani.

Sokak véleménye szerint szükség lenne a kormányzati iránymutatásra is a hazai elektronikai ipar problémáinak kezeléséhez.

Félreértés ne essék. Világos számunkra is, hogy a magyar elektronikai ipar túlméretezett, hogy egy pozitív irányú struktúraváltás áldozatokkal, a munkahelyek számottevő hányadának elvesztésével jár. Nem értünk egyet azonban azzal a közhellyé vált állásponttal, hogy „a kisvállalato-ké a jövő”. A magyar elektronikai „nagyvállalatok” nyugati dimenzióban kis-, legjobban esetben középvállalatnak számítanak. Az eddigi alakult kisvállalkozások kevés kivétellel nem gyártók, nincs önálló fejlesztési kapacitásuk, csak nyugati, vagy távol-keleti cégek képviselői termékeinek elosztói.

A külföldi cégekkel alapított vegyes vállalatok jelentős része ma még csak kereskedelmi tevékenységre szorítkozik, az alulakulók pedig a jelek szerint nem igénylik a hazai kutató-fejlesztő tevékenységet, csak az idegen fejlesztésű termékek gyártásával és összeszerelésével kívánnak foglalkozni. Mi várható, ha a fejlődés jelenlegi iránya nem változik? Feltehetően az elektronikai iparban foglalkoztatottak létszáma a jelenleginek is töredékére, messze az indokolható mérték alá csökken. A vállalatoknál és intézeteknél koncentrált kutató-fejlesztő szellemi kapacitás széthullik, lecsúszed a hatékony tevékenységhez szükséges „kritikus tömeg” alá. Erre számos kutatási intézmény helyzetének alakulása szolgál például. Az elektronikai-távközlési ipar megmaradó része gyarmati szerepvállaláshoz hasonló befogadó tevékenységre lesz ítélve.

A K+F tevékenység visszaesése következtében drasztikusan csökken a villamosmérnök-szükséglet, ami megkérdőjelezi az egyetemi elektronikai szakemberképzés jövőjét, beleértve a tanszékek kutató-fejlesztő tevékenységét is. Végül prognosztizálni lehet az elektronikai szakemberrelít külföldre vándorlásának gyors növekedését is. Mindez természetesen súlyos hatással lesz az összes többi iparágra is, hiszen az elektronika, informatika, számítástechnika színvonala meghatározó az ipari tevékenység minden formájában.

Mi lenne végül is a hazai híradástechnikai ipar érdekeit szolgáló megoldás? Véleményünk szerint a kormányzatnak szerepet kellene vállalnia az elektronikai ipari kultúra védelmében. Ebbe beletartozik — a teljesség igénye nélkül — az importvámrendszernek az ország gazdasági érdekeinek megfelelő alakítása, az előző rendszerben a vállalatokra kényszerített beruházások hitelterheinek könnyítése, tőkeinjekció a vállalati struktúrák átalakításához, távlatokban gondolkodó piacpolitika, a Szovjetunióval, illetve annak köztársaságaival kialakítandó — a gazdaságot támogató — politikai kapcsolatok, s végül, de nem utolsósorban a privatizáció olyan állami támogatása és felügyelete, amely biztosíthatná a hazai fejlesztési iparkultúra fennmaradását.

Ha csak a magyar távközlés működési feltételeit tekintjük, akkor természetesen lehet a másik utat is választani és a hazai távközlési hálózatot külföldön fejlesztett berendezésekre építeni.

Ennek azonban természetes következménye az ország elektronikai iparának előzőekben részletezett visszafejlődése.

Az egész gazdaságot érintő komplex problémára nem tudunk egyedül üdvözítő receptet ajánlani. Egy dologban azonban biztosak vagyunk. Mind a régóta magasan fejlett ipari országok, mind a napjainkban gazdasági nagyhatalommá váló „kistigrisek” példája azt mutatja, hogy egy ország ipari, gazdasági potenciáljának alapja, motorja az elektronikai (távközlési, informatikai, számítástechnikai stb.) ipari kultúra. Ehhez azonban az elektronikai ipar szereplőinek az új gazdasági környezetben való alkalmazkodására van szükség, ami sokak véleménye szerint — nem képzelhető el kormányzati közreműködés nélkül.

A fenti gondolatok a lap szerkesztőségének véleményét fejezik ki. Biztosak vagyunk abban, hogy a fenti kérdésekben számos szakembernek van kialakult véleménye. Lapunk várja ezeket a véleményeket, hogy azokat egy cikksorozat keretében jelentesse meg.

Szerkesztőség

Mi lesz veled, elektronika?

## HOZZÁSZÓLÁS A VITAINDÍTÓHOZ

Nagy érdeklődéssel olvastam a vitaindítónak szánt cikk kéziratát. Mielőtt saját véleményemet a kérdésben kifejténém, nem mint a Híradástechnikai Tudományos Egyesület főtitkára, hanem mint az iparban tevékenykedő menedzser, néhány fogalom tisztázását elengedhetetlennek tartom.

A cikk címében *elektronikáról* van szó, majd a hazai *távközlési ipar* problémáival kíván foglalkozni, mivel a szerkesztőség tagjai a *híradástechnikai iparban*, illetve kutatóintézetekben dolgoznak. Lehet, hogy kötözködésnek tűnik, de én fontosnak tartom a megkülönböztetést, mert a problémák mindegyik területen másképpen, más mértékben jelentkeznek. A továbbiakban én a *híradástechnika* (beleértve a távközlést is) területén maradnék, bár esetenként óhatatlanul ipari, gazdasági szempontokat is figyelembe kell venni.

Jó lenne tudni, hogy a szerzők pontosan mit értenek *szakmai kultúra visszaesésén*. Mert ennek hiányában ez a kifejezés objektív elemzés helyett csak indulatok keltésére alkalmas. Különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a cikk maga is elismeri, hogy „világos számunkra is, hogy a magyar elektronikai ipar túlméretezett, hogy egy pozitív irányú struktúraváltás áldozatokkal, a munkahelyek számottevő hányadának elvesztésével jár”.

Mielőtt a híradástechnika tekintélyes és tiszteletre méltó

szakemberei jogos felháborodásukban nekem támadnának és eretneknek tűnő gondolataimért a fejemet vennék, engedessék meg, hogy önkritikus szemmel értékeljem a híradástechnika mai helyzetét, mert szerintem bármiféle előrelépés csak a korrekt, reális helyzetelemzés (a valós peremfeltételek felismerése) után lehetséges.

Azt nyilvánvalóan senki nem vitatja, hogy „a magyar híradástechnikai ipar fő piacát az utóbbi három évtizedben a KGST országok, ezen belül is elsősorban a Szovjetunió képezték.” A további megállapításokkal viszont szükségszerű vitatkozni, mert szerintem pont ez a leglényegesebb kérdés. Azaz, hogy képesek vagyunk-e reálisan nézni a tényeket, vagy továbbra is az önámítás nagyon kényelmes, de sehova nem vezető állapotában maradunk. Nem érthetek egyet azzal, hogy „a szovjet vagy még inkább a csehszlovák orientáció nem jelentett feltétlenül igénytelen és az európai színvonaltól messze elmaradó konstrukciót”, mivel a „berendezések alapszolgáltatásai megegyeztek az európai átlaggal”. Ez a megállapítás tulajdonképpen azt jelenti, hogy nincs semmi baj a magyar híradástechnikai termékekkel, azok ugyanolyan jók mint az európai átlag, csak szegény magyar mérnökök eddig nem használhatták ugyanazokat az alkatrészeket, mint a nyugatiak, ezért a termék egy kicsit nehéz, meg nagy, meg energiaigényes lett.

Ha ez így igaz lenne, akkor csak meg kell engedni a kereszterű alkatrészek alkalmazását, és akkor már azzal a fránya nyugati konkurenciával is meg tudunk küzdeni. Ezzel szemben mi a valóság? A kormány pontosan ezt tette. Mindenféle alkatrészt, alpanyagot bárki korlátozás nélkül használhat. A termék mégis eladhatatlan. Azért, mert *soha nem volt eladható*. Legalábbis piaci viszonyok között nem. A szovjet piacról meg tényleg nem érdemes beszélni sem, mert az soha nem létezett. A KGST kontingens kereskedelme soha nem volt kereskedelem, még kevésbé piac. (Ahol hatóságok döntenek el, hogy melyik cég milyen mértékben, mit szállíthat, és az ellentételt a költségvetés fizeti a vevő helyett, ott piacról beszélni ugyanolyan tévedés, mint szerződésnek nevezni a tervutasításos rendszer „tervszerződés”-eit.) Az úgymond „KGST kereskedelem” semmi más nem volt, mint a tervutasításos szabályozás nemzetközi kiterjedése.

Azaz híradástechnikai iparunk termékei — nagyon kevés kivételtől eltekintve — *eladhatatlanok*.

Nem tudok egyetérteni azzal a megállapítással sem, hogy „szükség lenne a kormányzati iránymutatásra is a hazai elektronikai ipar problémáinak kezelésére”, valamint „a kormányzatnak szerepet kellene vállalnia az elektronikai ipari kultúra védelmében”. Ha komolyan azt gondoljuk, hogy ez a hosszú távú érdekeinket szolgáló megoldás, akkor illúziókat kergetünk. Mély megdöbbenéssel olvastam a napokban az újságok fő címében: „ki mondja meg a mezőgazdaságnak, hogy mit vessen?”. Senki. A gazda azért szakember, hogy ezt el tudja dönteni. Mi sem várhatjuk senkitől a megoldást saját magunkon kívül. Senki, sem a kormány, sem a minisztérium, sem az ÁVÜ, sem más szerv nem fogja megmondani, hogy melyik cég mit csináljon. Szerencsére! Az „előző rendszerben a vállalatokra *kényszerített* beruházások hitelterheinek könnyítése, tőkeinjekció” mint kormányzati tevékenység nagyon jó lenne, de ezt komolyan felvetni vagy várni, a realitásérzék teljes hiányára vall, hisz mindannyiunk számára világos kell legyen, hogy erre nincs pénze a költségvetésnek. Vagy ha ennek ellenére ezt tartjuk jó megoldásnak, akkor meg kell azt is mondani, hogy minek a terhére, milyen kidások helyett biztosítsa ezt a kormány. Minden megalapozatlan követelés komolytalan, és

ezért nincs is eredménye. (Arról meg külön is hajlandó lennék vitatkozni, hogy a vállalatokra rákényszerített beruházás mennyire volt kényszer, és mennyire az adott vállalat vezetőinek döntése, hogy itt egy jó lehetőség, ezen az alapon lehet beruházási pénzekhez jutni, amennyit lehet, szakítsunk ki, és költsük, amire tudjuk!)

Nem hiszem, hogy a jelen politikai helyzetben egy iparág helyzetét erőteljes kormányzati szerepvállalással rendbe lehet tenni. Elrontani azt könnyen lehet, egy új Ózdot, vagy Dunaújvárost csinálni lehet, de ma már mindenki számára világos, hogy nem ez volt az igazi érdeke pl. a kohászatnak, pláne az országnak. Azt hiszem, hogy a kormány nem akar, és ha akarna sem tudna beavatkozni egy-egy iparág érdekében.

A privatizáció sem csodaszer. Az egyelőre még sehol sem látható, mesebeli, fehérlovas herceg (gaz kapitalista, szelvényvagdosó tőkés), ha véletlen megvesz is egy-egy céget, az adott cég műszaki értelmiségétől fogja elvárni, hogy piacképes terméket produkáljon, vagy ha nem, akkor elzavarja az egész gárdát, és hoz helyette másikat, vagy a máshol kitalált terméket. De akkor ne keseregjünk a szakembergárda és híradástechnikai kultúra leépülésén, mert ez csak hamis illúziók keltésére jó. A képet még egy kissé színesíti, hogy szürkít (bár az is szín) az a tény, hogy a vitaindítóban felvetett gondok, és a kormányzattal szemben támasztott igények nemcsak a a híradástechnikusok részéről fogalmazódnak szinte szó szerint ugyanígy meg, hanem ezt mondják az ipar egyéb résztvevői is, meg a pedagógusok, meg az orvosok, meg a mezőgazdászok, meg a színészek, írók, meg hadd ne soroljam fel az összes szakmát. Ennek eredményeként minden szakmai, vagy társadalmi csoport megpróbál, több-kevesebb sikerrel, a saját érdekeinek érvényt szerezni (lobbizzni) a *többiek kárára*. Komolyan el is hisszük, hogy az érdekképviselőknek az a feladata, hogy ezen lobbizás élére álljon. Én nem gondolom, hogy ez az igazi érdekképviselő.

Ezt azért tartom nagyon lényegesnek, mert ez a sarokköve az egész kérdésnek. Ha ezt nem ismerjük fel helyesen, akkor minden további következtetésünk, bármennyire logikus is, csak rossz lehet. Arról, hogy ezért a helyzetért kit, milyen felelősség terhel, ezen a helyen nem szabad vitatkozni, ezt hagyjuk meg a politikusoknak. A mi feladatunk a helyzet világos felmérése, és a „mit csináljunk?” meghatározása lehet.

Legelőször is fel kell mérnünk a reális lehetőségeinket. Nem kivételezésre számítani, hanem a ma érvényes keretek között mit lehet és mit tudunk csinálni. De mindenképpen szem előtt tartva, hogy a terméket milyen vevőkör, mennyiért tudja megvenni. Azután, hogy ezt milyen feltételek mellett tudjuk gazdaságosan előállítani.

Amit a kormánytól elvárhatunk, és ezt kell is a kormány felé továbbítanunk, hogy az *egész hazai ipart* támogató, védő vámrendszer dolgozzon ki és vezessen be. A hazai gyártásával megegyező, vagy funkcionálisan azonos termékek import-vámtételeinek megemelésével, és az itthon nem gyártott termékek vagy alkatrészek vámjának csökkentésével a magyar ipar hazai piacon való megerősödése biztosítható. De vigyázat, mert ennek két hátránya is van. A vámok megemelésé által piacképesebbé tett hazai termékek magasabb áron lesznek eladhatók, ami inflációnövelő tényező, azaz a hazai ipar védelmét mi vásárlók fizetjük meg. A másik, ennél talán veszélyesebb hátrány, hogy az így támogatott ipar exportesélyei erősen rom-

lanak, mert a hazain kívüli piac nem hajlandó megfizetni ezt az árat. Arról nem is beszélve, vagy igen nehéz elhatárolni, hogy mi melyik csoportba tartozzon. Mert pl. a hazai elektromos alkatrészgyártók nyilvánvalóan az alkatrészek vámtételeinek megemelését, míg a berendezésgyártók az alkatrészvámok csökkentését tartják indokoltnak. És akkor még megmaradtunk a híradástechnika keretein belül. Tágabb összefüggésben a helyzet még bonyolultabb.

Továbbá szükségesnek tartom, hogy a fejlett technológiák behozatala, a gyártást, ipari termelést segítő beruházások vám- és adómentességet kapjanak. Még akkor is, ha ez a költségvetés számára bevételkiesést jelent.

A látható hátrányokat is figyelembe véve, ezt látom a hazai ipar szükséges megerősödését elősegítő, rövid (4–5 éves) távon szükséges kormányzati feladatnak, amit jól átgondoltan, folyamatosan karbantartva, de minél előbb meg kell tenni. Ebből a munkából véleményem szerint nem lehet az egyes iparágak — így a híradástechnikai ipar — képviselőinek, műszaki értelmiségének sem kimaradni. El kell érünk, hogy a kormányzat igényelje, és igénybe vegye a szakértelmünket.

De mindezeknél sokkal fontosabbnak tartom, hogy;

- A kormányzat definiálja, hogy mit tart lényegesnek, és mit nem. Határozza meg a prioritási sorrendeket, ezt terjessze a parlament elé, és a továbbiakban minden kérdésben az elfogadott prioritásnak megfelelően kerüljön egy-egy kérdés megtárgyalásra.

- Az állami tulajdonú vállalatok működtetése legalább olyan, vagy még nagyobb súlyt kapjon a kormányzat elközeléseiben, mint az eladása (privatizáció). Legyen végre felelőse az állami vagyon eredményes, vagy eredménytelen működésének. De a felelősség járjon döntési lehetőséggel is, azaz bízzuk az erre kijelölt szervezetre, vagy annak vezetőjére, hogy hogyan, kikkel csinálja, de az eredményt kérje a kormány számon.

Válságos vagy nehéz helyzetben levő vállalatok vezetését merje végre valaki ötletekkel rendelkező, vállalkozó menedzserek (nem kormánybiztos) kezébe adni a lehető leggyorsabban, mert minden hónap veszteség sok-sok milliós vagyonvesztést eredményez. Nem az ÁVÜ által szorgalmazott vagyonkezelési szerződéses módon, hiszen az alkalmas menedzserek legnagyobb része nem rendelkezik a saját tudásán kívül számottevő vagyonnal, amire garanciákat vállalhatna. Ezt a kormányzatnak kellene kezdeményeznie, és minden lehetséges módon segíteni.

Nem értem, hogy a vállalatok első számú vezetőivel szemben miért nem támasztunk követelményeket nem végzettségre és pártállásra vonatkozó, hanem eredményességet meghatározót. A munkaszerződésekben, illetve megbízási szerződésekben erre is kellene megkövetéseket tenni. Aki ezeket nem vállalja, vagy nem teljesíti, attól meg kell válni, és megfelelő, már másutt bizonyított személlyel helyettesíteni. Ezt a vagyont működtető szervezetnek folyamatosan figyelnie kellene, és amikor szükséges nem szabad meghátrálnia a döntés elől.

Tudom, hogy a fenti nézeteimmel a mai magyar műszaki értelmiség nagy része nem ért egyet. Mégis, vagy éppen ezért tartom fontosnak, hogy reálisan szembenézzünk a helyzetünkkel, és a kényelmes, megszokott út helyett, a gondolkodásunkban végrehajtott rendszerváltás segítségével lábaljunk ki a jelenlegi nehéz helyzetből.

Halmi Gábor

# A HÍRADÁSTECHNIKA CÍMŰ LAP 1992. ÉVRE TERVEZETT CÉLSZÁMAI

MEGBÍZHATÓSÁG AZ ELEKTRONIKÁBAN (angol nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Balogh Albert

AKUSZTIKA (magyar nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Tarnóczy Tamás

SZÁMÍTÓGÉPES ÁRAMKÖRTERVEZÉS (angol nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Tarnay Kálmán

INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK TESZTELÉSE (magyar nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Kovács Ferenc

BESZÉDFELDOLGOZÁS (angol nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Gordos Géza

SZÁMÍTÓGÉPES ÁRAMKÖRTERVEZÉS (magyar nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Sallai Gyula

SZEMÉLYI KOMMUNIKÁCIÓ (angol nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Frigyes István

TÁVKÖZLESI SZOFTVEREK (magyar nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Csopaky Gyula

OPTIKAI KOMMUNIKÁCIÓ (angol nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Berceli Tibor

DIGITÁLIS RÁDIÓADÁS (magyar nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Heckenast Gábor

ORVOSI ELEKTRONIKA (angol nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Naszlady Attila

DIGITÁLIS MŰHOLDAS KOMMUNIKÁCIÓ (magyar nyelvű)

Vendégszerkesztő: dr. Kása István

A lap 1992-ben is változatlan áron rendelhető meg a TYPOTEX Kiadónál, illetve a mellékelt csekken előfizethető.

Előfizetési díj

egyéni: 480,—Ft/évfolyam

közületi: 2900,— Ft/évfolyam

## ÚJ BEMUTATKOZÁSI LEHETŐSÉG

telekommunikációval foglalkozó cégek számára  
Észak- és Északkelet Magyarország térségében!

**I. Miskolci Nemzetközi Telekommunikációs  
Szakvásár, 1992. augusztus 14-23.**



*Ezzel egyidőben és helyen:*

*XIV. Miskolci Nemzetközi Kiállítás és Vásár,*

*III. "HÍD" program, (nemzetközi ipari, kereskedelmi és kooperációs börze)*

*I. Miskolci Nemzetközi Autókiállítás és Vásár.*

*Mintegy 120.000 látogató, ezen belül 40.000 szlovák, ukrán és lengyel  
érdeklődő.*

**VÁRJUK JELENTKEZÉSÉT!  
KÉRJEN INFORMÁCIÓT!**

Általános Kereskedelemfejlesztési Kft.

1184 Budapest, Jegenye-fasor 1-3. Telefon, fax: 178-6508

**AKE**

## **Energiaipari Távközlési Szeminárium és Kiállítás**

A kétéves periodicitású HTE rendezvény 1992-ben október 7—9. között kerül megrendezésre Balatonaligán. Az angol és magyar nyelvű szeminárium, valamint a kiállítás hagyományosan a technológiai jellegű külön távközlési hálózatok üzemeltetőinek (kőolaj- és gázipar, villamosenergia-ipar, vasúti-, városi-, légi- és vízi közlekedés, ár- belvízvédelem stb.) szakmai tájékoztató és továbbképző fóruma. A szeminárium előadástematikája és a kiállítás anyaga nem kötött, de ez évben a rendezők szeretnék a figyelmet a következőkre irányítani:

- intelligens és komplex hálózatok kialakítása,
- számítógépes hálózatfelügyelet és -fenntartás,
- nyilvános és magánhálózatok együttműködése és integrációja,
- értéknövelő szolgáltatások bevezetése,
- csomagkapcsolt hálózati rendszerek,
- mobil beszéd- és adathálózatok.

A VIII. Energiaipari Távközlési Szemináriumon és Kiállításon való részvételekkel összefüggő további információk (jelentkezési lap) beszerezhetők a Híradástechnikai Tudományos Egyesület Titkarságán (1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 6—8.) Mitók Katalin szervezőnél. A rendezők az előadási jelentkezéseket 1992. április 30-ig, a hallgatói és kiállítói részvételek bejelentését 1992. augusztus 31-ig kérik.

# µP '92 SZIMPÓZIUM

Budapest  
1992. április 22—24.

A **Mikroszámítógépek és mikroprocesszorok alkalmazása** nemzetközi szimpóziumot 1992. április 22—24. között Budapesten, a Technika Házában (Budapest V., Kossuth Lajos tér 6—8.) rendezi meg a Híradástechnikai Tudományos Egyesület, a Neumann János Számítógéptudományi Társaság és a Méréstechnikai és Automatizálási Tudományos Egyesület.

A rendezvény fő célja a fejlesztők és a gyártók, valamint az alkalmazók közötti kapcsolat megteremtése, továbbá a hazai cégek segítése külföldi kapcsolatok kialakításában. A következő témakörökből lesznek előadások: **architektúra, struktúra és implementáció; tervezési módszerek, számítógéppel támogatott tervezés; szoftverfejlesztés, szakértői rendszerek; nagymegbízhatóságú rendszerek és vizsgálati eljárások; jelfeldolgozás (kép és hang); hálózatok és adatátvitel, valamint műszertechnika.**

Az előadások a fejlesztési eredmények mellett azok lehetséges alkalmazásait is bemutatják.

A rendezvényre több mint 20, főleg nyugat-európai országból érkeznek előadók, akik a szimpóziumon részt vevő magyar cégekkel közös fejlesztési és gyártási együttműködést szeretnének kialakítani.

**A szimpózium részvételi díja: 16 600 Ft** (külföldieknek 300 USD), csoportok esetén létszámtól függően kedvezmény kapható.

További lehetőség: hirdetés a szimpózium kiadványában (egész oldal 8000 Ft, fél oldal 6000 Ft), szórólapok elhelyezése a résztvevők csomagjában (6000 Ft) és kiállítás céljára igénybe vehető poszterfelület (2,38 m×0,76 m-es felület 3 napra 3000 Ft).

**Ha Ön személyesen, vagy az Ön cége részt kíván venni a rendezvényen, jelezze az alábbi címen, hogy tájékoztatót és jelentkezési lapot küldhessünk Önnek:**

Híradástechnikai Tudományos Egyesület Titkársága

Mitók Katalin rendezvényszervező

Cím: 1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 6—8. IV. 422.

Tel.: 153-1037, fax: 153-0451

## TÁJÉKOZTATÓ SZERZŐK RÉSZÉRE

A folyóirat egyes számai az elektronika egy-egy fontos témaköréről adnak átfogó képet. A tematikus cikkeken kívül a folyóiratnak a következő állandó rovatai vannak.

- **EGYEDI CIKKEK:** a kitűzött témakörön kívüli cikkek számára,
- **TERMÉKEK-SZOLGÁLTATÁSOK:** eszközökről, berendezésekről, szoftver termékekről és szolgáltatásokról közöl információt,
- **GAZDASÁG-KUTATÁS-OKTATÁS:** gazdasági összefüggésekről, kutatási lehetőségekről, szakemberképzésről ad tájékoztatást,
- **HÍREK-ESEMÉNYEK:** elektronikai vállalatokról, fontosabb rendezvényekről számol be,
- **NÉZETEK-VÉLEMÉNYEK:** az olvasók észrevételeit, megjegyzéseit közli.

A cikkeket két példányban kell beküldeni a lap felelős szerkesztőjének címére (lásd a belső borítón). A cikkek max. terjedelme 30 kettős sortávolságú gépelt oldal (minden ábrát 1 oldalnak számolva), a cikk elején 100—200 szavas magyar és angol nyelvű kivonattal. A szerzők életrajzát és kontrasztos fényképét mellékelni kell. A **TERMÉKEK-SZOLGÁLTATÁSOK** és a **GAZDASÁG-KUTATÁS-OKTATÁS** rovatok cikkei legfeljebb 16 kettős sortávolságú oldal terjedelműek lehetnek.

Az ábrák tussal, fehér papírra készített eredeti példányát kell mellékelni. Az ábrákon nagybetűs feliratokat kell alkalmazni olyan méretben, hogy azok az ábrák egy vagy két hasábos kicsinyítése esetén is jól olvashatóak legyenek. Az ábrafeliratokat külön lapon kell mellékelni. Lehetőség szerint kerülni kell a fényképek használatát.

A **TERMÉKEK-SZOLGÁLTATÁSOK** rovatban megjelent cikkekért a szerző vállalatától nyomtatott oldalanként 8000,—Ft költségtérítést kérünk.

Minthogy a TKI túlélte a társadalmi változások gazdasági buktatóit, most a következő tevékenységi kört alakítja ki.

**KUTATÁS  
FEJLESZTÉS**

Digitális mikrohullámú távközlési hálózatok  
Átviteltechnikai berendezések  
Szoftverek és hardverek kriptográfiai felhasználásra,  
Mobil rádióhírközlő rendszerek  
VSAT (igen kis aperturájú terminál) eszközök hálózati alkalmazásai  
Alkatrészek kutatás-fejlesztése

**TERVEZÉS    GYÁRTÁS    TELEPÍTÉS    KARBANTARTÁS**

**TERVEZÉS  
POLGÁRI  
CÉLRA**

Mikrohullámú vevőantennák  
Mikrohullámú és műholdas hírközlő berendezések  
Zárt felhasználói körű távközlési rendszerek  
Digitális multiplexerek  
Adat-, szöveg-, hang- és grafikatitkosítók  
Optikai hírközlő berendezések

**VÉDELMI  
ÉS  
BIZTONSÁG-  
TECHNIKAI  
CÉLRA**

Antennák, antenna erősítők, vevőberendezések: 1...40 GHz  
Sokcsatornás FDM és TDM demultiplexerek  
Radarjel elemzők  
Katonai számítógéptechnika  
Adat-, szöveg-, hang- és grafikatitkosítók  
Komplex mobil felderítő rendszerek: 1...40 GHz

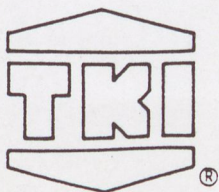
**SZOLGÁLTATÁS**

Alkatrészgyártás: polikristályos ferritek, gránátok, egykristályok,  
ferrit eszközök, YIG szűrők, YIG oszcillátorok,  
mikrohullámú félvezető diódák  
Anyagvizsgálat  
Távközlési végberendezések hatásági minősítése  
Távközlési rendszerek telepítése, karbantartása

Kooperációs és privatizációs lehetőségek!

Termékeink hazánk határain túl is megbízhatóan működnek a Független Államok Közössége területén, Kubában, Németországban, Indiában, Iránban, Nicaraguában, Dél-Koreában, Szíriában stb.

Ha részletes felvilágosítást óhajt, forduljon műszaki információs osztályunkhoz!



**TÁVKÖZLÉSI KUTATÓ INTÉZET**

1026 Budapest, Gábor Áron u. 65.  
Levél cím: 1525 Budapest, P.O.B. 15.

Tel.: 135-3900

Fax: 135-5560

Telex: 22-4338

**ALKÖZPONTBAN**

**A KÖZPONTBAN**



**A VILÁGHÍRŰ SVÉD ERICSSON ≡  
ÉS A FINN NOKIA TELEFONRENDSZEREIVEL  
A KONTRAX IRODATECHNIKA  
MINDEN IGÉNYT KIELÉGÍT  
6 VONALTÓL 2000 VONALIG**

**KONTRAX**

**1143 BUDAPEST  
HUNGÁRIA KRT. 79-81.**

**TELEFON:  
25-22-111, 25-14-888  
TELEFAX:  
252-5768**