

híradástechnika

VOLUME LIX.

2004/7

Július



Hálózattervezés DVB-T-hez

A digitális videó szolgáltatásai

Mérések és vizsgálatok

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

Tartalom

<i>A DVB EREDMÉNYEI MÁS TERÜLETEN IS HASZNOSÍTHATÓK LENNÉNEK</i>	1
HÁLÓZATTERVEZÉS DVB-T-HEZ	
Tormási György ...ha igen, akkor miért nem?	2
Bíró József A DVB-T jelene és jövője	4
dr. Kissné Akli Mária MFN vagy SFN?	8
A DIGITÁLIS VIDEO SZOLGÁLTATÁSAI	
Sebestyén Ákos A DVB-T rádiófrekvenciás visszirányú megoldásának bemutatása	17
Enyedi Balázs, Konyha Lajos, Szombathy Csaba, Tran Min Son, dr. Gschwindt András, dr. Fazekas Kálmán, dr. Szokolay Mihály MPEG-4 alapú átvitel megvalósítása a DVB-T technikában	23
MÉRÉSEK ÉS VIZSGÁLATOK	
Tomka Péter Mérőszolgálat a frekvenciák védelmében	28
Varga Domonkos, Oláh András Biometrikus azonosító rendszerek	40
dr. Ijjas Gábor Mobil és mini műholdas rendszerek	45
KONFERENCIÁK, ESEMÉNYEK	
Ericsson Nap 2004	51
High Speed Networking 2004 Spring	52
Networks Symposium 2004	53
Nagy Beatrix Havaska Interjú Bojár Gáborral, a Graphisoft Rt. társtulajdonosával	55
<i>Könyvet ajánlunk: Informatikai beruházás – üzleti megtérülés</i>	57
Dósa György Száz éve kezdődtek meg Magyarországon az első rádiótávíró kísérletek	58

Címlap: A digitális videó képe jobb, mint az eredeti

Főszerkesztő
ZOMBORY LÁSZLÓ

Szerkesztőbizottság
Elnök: LAJTHA GYÖRGY

BARTOLITS ISTVÁN
BOTTKA SÁNDOR
CSAPODI CSABA
DIBUZ SAROLTA

DROZDY GYŐZŐ
GORDOS GÉZA
GÖDÖR ÉVA
HUSZTY GÁBOR

JAMBRIK MIHÁLY
KAZI KÁROLY
MARADI ISTVÁN
MEGYESI CSABA

PAP LÁSZLÓ
SALLAI GYULA
TARNAY KATALIN
TORMÁSI GYÖRGY

A DVB eredményei más területen is hasznosíthatók lennének

lajtha.gyorgy@ln.matav.hu

Az informatikai és távközlési ipar már közel öt éve keresi azokat az alkalmazásokat, melyekkel újból sikeres lehetne. Az informatika hírtelen visszaesése után mindenki azt az egyetlen alkalmazást keresi, mely az egész világ összes informatikai és távközlési cégének hatalmas üzleti lehetőségeket kínál. A világcégek tettek is kísérleteket ebben az irányban, azonban egyikkel sem értek el igazán átütő eredményeket. Ez azért volt különösen kritikus, mert az informatikai ipar visszaesése más területeken is recessziót okozott.

Bár átütő sikerről sehol nem tudtak beszámolni, de a lassú felemelkedés megindult. A leépítések megszűntek és a fejlesztési eredmények lassanként beépülnek a termékekbe. Így például az előfizetői-hozzáférési hálózatok szélessávú megoldása a felhasználók körében népszerű lett. Ezeket a szolgáltatók egyszerű eszközökkel meg tudják valósítani és a szükséges berendezések új piacot jelentenek a gyártóknak. Ez az eddigiekben azonban főként az Internet felhasználóknak volt fontos és ők rendelték meg a szélessávú hozzáférés kiépítését, ami a világ népességének csak néhány százalékát teszi ki.

Vonzó területnek látszik a digitális műsorszórás és műsorszétosztás. Ennek műszaki előfeltétele az elmúlt években alakult ki. Mind a műholdas csatornák, mind a vezetékes átvitel egy részén már digitálisan vehetjük a műsorokat. Ez azonban még nem jelent tömeges elterjedést, nem segíti az ipart új gyártmányok fejlesztésében és piacra vitelében. Amennyiben az eljárás a földfelszíni műsorszórásban is felhasználható lesz, akkor mind a vevőkészülékek, mind az adóberendezések területén tömeges igények jelentkezhetnek. A felmerülő műszaki megoldások további fejlesztési munkát, a szolgáltatóknak új hálózat kialakítási módszereket jelentenek. A felhasználók pedig jobb minőségű műsorokhoz jutnak.

Jelen számunk a digitális földfelszíni műsorszórás, a DVB-T kérdéseivel foglalkozik. Ezekből elsősorban azt láthatjuk, hogy kialakultak a szabványok. Bár ezek sem világméretűek, mert az európai szabványt sem Észak-Amerika, sem Japán nem fogadta el, hanem saját szab-

ványaik szerint indult meg a gyártás és a műsorszórás. A földfelszíni műsorszórásnál azonban ez nem jelenti a terjedés gátját.

Kialakult az is, hogy a frekvenciagazdálkodás szempontjából milyen előnyöket kínál a DVB-T. Akár több- (MFN), akár egyfrekvenciás (SFN) módszert alkalmaznak, ugyanazon frekvenciasávban lényegesen több műsor helyezhető el. A választást, vagy a két rendszer kombinációját, a hálózatfejlesztési szempontok határozzák meg. Lehetővé válik ezzel az interaktivitás is, vagyis a felhasználó a műsor ideje alatt véleményét, vagy javaslatait eljuttathatja a stúdióba. Megismerkedhetünk a frekvenciagazdálkodás és a frekvenciák védelmének érdekében létrehozott mérőszolgálatokkal is.

Különösen büszkék vagyunk arra, hogy megjelenik újságunkban egy világméretű újdonság az MPEG4 alapú átvitel alkalmazása a DVB technikában. A kutatók a képkompresszió új módszereit, egy eddig kevésbé elterjedt technikával, a wavelet-transzformáció alkalmazásával teszik még hatékonyabbá.

A cikkeket olvasva egyértelműnek látszik, hogy a földfelszíni műsorszórás a felhasználók számára a programválaszték növekedését és a minőség javulását eredményezi. Elterjedése ezért a következő 4-5 évben tömeges keresletet eredményezhet, mind a vevőkészülékek, mind az adástechnikai berendezések területén. Bár lehet, hogy bizonyos problémákat okozhat a kábeles műsorelosztással foglalkozó vállalkozások politikájában és a műholdas műsorok összeállítását is módosítani kell, azonban várható, hogy ezek az üzletágak is megtalálják fogyasztóikat, ha nem a nemzeti programokra, hanem külföldi, vagy országoktól független műsorokra koncentrálnak.

Reméljük, hogy ezen számunk esetleg nemcsak ismeretterjesztés területén hoz hasznot, hanem felkelti a hazai ipar fejlesztőinek és gyártóinak érdeklődését is a DVB-T-hez szükséges eszközök iránt. Ezt különösen azért tartjuk érdekesnek, mert a megismert szellemi eredmények talán túlmutatnak az országhatáron is.

Lajtha György

... ha igen, akkor miért nem?

A vendégszerkesztő bevezetője

TORMÁSI GYÖRGY

tormasig@ahrt.hu

Az 1994-ben készített Bangemann-jelentés fogalmazta meg először, hogy a fejlett információs technológiára épülő távközlési hálózatok az információs társadalom alappillérei. A jelenleg még működő földfelszíni analóg műsorszóró hálózatok több szempontból nem tekinthetők korszerű, fejlett technológiájú hálózatoknak, többek között azért sem, mert ezek a hálózatok analógok maradtak annak ellenére, hogy a távközlési hálózatok már hosszú idő óta digitális technológiával működnek.

A rádió- és televízió-műsorszórás fejlődése folyamán sok minőségjavító, technológiát fejlesztő megoldást vezettek be, de ezek a változtatások a 90-es évek elejéig nem érintették a jeltovábbítás módját. A folyamatos módon érzékelt kép és hangjelek átvitele analóg módon történt. Az analóg műsorszóró hálózatok nem csak korszerűtlenek, hanem pazarlóan használják a korlátos erőforrást; a frekvencia-spektrumot. Érthető tehát, hogy a műsorszóró hálózatok fejlesztése a digitális, kisebb sáv szélességet elfoglaló technológia kidolgozására irányult.

A számítógépek, a mikroelektronika és az informatika fejlődése lehetőséget adott a jelfeldolgozás új, digitális módszereinek kidolgozására. A hang és képjel digitalizálása, tömörítése a kiváló minőség mellett spektrumtakarékos átviteli rendszer létrehozását tette lehetővé. A digitális televíziós rendszerek a kiváló minőséggel az analóg 8 MHz-es televíziós csatorna kapacitásán 4-10 műsort továbbítanak. A hatékony spektrumkihasználás további lehetősége, hogy országos, egyfrekvenciás televíziós hálózatok tervezhetők az analóg, műsoronként 10-15 csatornát lekötő analóg hálózatok helyett.

A fejlesztés első szakaszának befejezésekor kidolgozták a digitális televíziós rendszerek szabvány családjait (DVB-T, DVB-S és DVB-C). Szükséges megemlíteni, hogy a különböző technológiák elnevezése anynyira kötődik a szabványokhoz, hogy például a digitális földfelszíni televízió fogalmát rövidítésként helytelenül DVB-T-nek hívják a DFT betűszó helyett. A szabványosítás következő eredménye az interaktív szolgáltatások MHP szabványcsaládja. Jelenleg dolgoznak a DVB-H szabványon, ami a mobil vétel műsorsugárzási szabványa lesz.

A digitális földfelszíni televízió szolgáltatásaiban mennyiségileg és minőségileg is sokkal többet ad, mint

az analóg. A kiváló minőségű kép és hang mellett a digitális átvitel olyan szolgáltatásokat is lehetővé tesz, amelyek az analóg televíziónál nem léteztek. Ezek közül az interaktív televíziózás lehetőségét kell elsőként kiemelni.

A digitális földfelszíni televíziós hálózatok az állandó helyű vétel mellett a hordozható és a mozgás közbeni vételt is lehetővé teszik. A digitális földfelszíni televízió szolgáltatási és technológiai helyzetképének kialakításához vizsgálni szükséges azokat a platformokat, amelyek azonos szolgáltatásokat adnak.

A műholdas, kábeles és földfelszíni műsorterjesztés ma szolgáltatásként működik, összehasonlításuk ezért indokolt. *(Lásd a táblázatot!)* A jövőben műsorterjesztési platformként további technológiákat kell figyelembe venni. A szélessávú adatátvitel különböző formáit szükséges először említeni: XDSL, szélessávú Internet, TelcoTV stb. Ezek a technológiák kábeles összeköttetést biztosítanak. Az állandóhelyű szolgáltatások csoportjába tartoznak. A vezetékek nélküli megoldások a földfelszíni oszlophoz tartoznak. Meghatározó ebben a csoportban a mobil technológia, amelynek jövőbeni, 3G UMTS változata hozhatja azt a műsor átviteli minőséget és szolgáltatás választékot, mely összemérhető a földfelszíni televízióval.

Meg kell jegyezni, hogy az új felhasználóknak mindhárom esetben meg kell vásárolniuk az új digitális vevőkészüléket. Végül természetesen a mobil vételt csak a földfelszíni műsorszórás garantálja.

A technológiai lehetőségek kidolgozottak, a világ több országában működik digitális földfelszíni televízió, de az európai méretű elterjedés eddig nem valósult meg. A digitális földfelszíni televízió bevezetésének és az analóg hálózatok kikapcsolásának erről az oldalról nincsen akadálya. Az analóg vevőkészülékek kiegészítő berendezéssel alkalmassá tehetők a digitális sugárzás vételére. A berendezés veszi a digitális jelet, feldolgozza és a kimenetén analóg jelet továbbít a meglévő, analóg tévékészülék felé.

A piacon vásárolhatók olyan televízió vevőkészülékek, amelyek kiegészítő berendezés nélkül veszik a digitális műsorokat. Ezek a vevőkészülékek analóg vételre is alkalmasak. Magyarországon 1999 óta van kísérleti sugárzás, a műsorsugárzás indulása 2005-re várható, de még nincs állami állásfoglalás a DFT bevezetéséről.

Az analóg sugárzás országoként különböző hosszú ideig még megmarad. Ebben az átmeneti időszakban technikai torzszülöttek működnek. Példaként Magyarországon a »stúdió – műsorszórtó hálózat – televíziós adóberendezések – vevőkészülékek« modelljében a stúdió digitális jelét analóg jellé alakítják, majd a szórtó hálózat bemenetén digitalizálják, mert a műsorszórtó hálózat már digitális. A televíziós adóberendezésre analóggá visszaalakított jel kerül, amit az kisugároz az analóg készülékekhez. Az analóg-digitális és digitális-analóg átalakítások a műsor minőségét nem rontják, de mivel sok felesleges berendezés működik, ez rontja a rendszer gazdasági hatékonyságát.

A mobilitás, a „minden honnan és mindenkor” kommunikáció lehetőségének igénye alapvető emberi igény. Bizonyítéka ennek a mobiltelefon sikertörténete. A mobil rádiózás – az egyszerűbb technológia miatt – a készülékek (különösen a telepek) súlyának csökkenésével megvalósult.

A rádióműsor sugárzás digitális technológiája a 90-es évek elejére kifejlesztésre került. Hazánkban 1995-ben (a magyar műsorszórtó rádiózás megkezdésének 70. évfordulóján) megkezdődött a kísérleti DAB sugárzás Budapesten. Napjainkban egy multiplexen belül 4 műsor sugárzása folyik változatlanul kísérleti jelleggel. A föld sok országában, Ausztriától Ausztráliáig kiépítették az országos adóhálózatokat. A kiváló minőségű műsorok vételére a lakosság 60-80%-ának van lehetősége. A statisztikák tapintatosan hallgatnak a vevőkészülékek és a hallgatók számáról, mert ezek néhány százalékos nagyságrendűek. A piacon 20-30 különbö-

ző típusú vevőkészülék kapható, de a szolgáltatást igénybe vevők száma nem növekszik.

A digitális műsorszórtó rádiózás hosszú-, közép- és rövidhullámú sávban sugárzó rendszere a DRM. Ez az új rendszer is az analóg rádió műsorszórtás kiváltását célozza meg. A világméretű DRM hálózatokban gondolkozó konzorcium 1996-ban alakult meg Párizsban. E 82 tagú szervezetnek a tag országokon kívül tagja az ITU is. Megtörtént az új rendszer szabványosítása is. A legújabb tervek szerint 2004 lesz az áttörés éve, amikor a kísérleti műsorsugárzást a rendszeres sugárzás váltja fel.

Visszatérve a digitális földfelszíni televízió bevezetésének európai lehetőségeire, elmondható, hogy az analóg hálózatban több mint 90 ezer adóberendezés működik. A vételi oldalon mintegy 250 millió, jelenleg analóg televíziós vevőkészüléket használnak. A képhez tartozik, hogy országoként változó helyzetet kell a bevezetési stratégiának és a hálózattervezésnek követni.

Változóak és többségükben a jövőben jelentkeznek a műsorvételi igények is. A tetőantennás, belsőtéri vagy mobil vételhez megfelelő hálózat struktúrát kell tervezni. Ezeknek a feladatoknak a megoldása az ITU-ban folyamatban van, a munka befejezése pedig 2006-ra várható.

Kezeleni kell a párhuzamos analóg-digitális sugárzás, a megnövelhető műsor mennyiség és tartalom műszaki, szabályozási és gazdasági kérdéseit is. Reméljük, hogy hazánkban is felgyorsul a digitális rádiózás bevezetése és rendelkezésre állnak majd mind a műszaki, mind a szabályozási feltételek.

*A műholdas, kábeles és földfelszíni műsorterjesztési platformok összehasonlítása
(Jelmagyarázat: +++ magas, jelentős; ++ közepes; + alacsony, jelentéktelen; O nincs)*

	földfelszín	kábel	műhold
A csatornaválaszték bővülése a digitalizáció hatására	+++	+	+
Elérhető potenciális csatorna szám	30-50	>100	>100
Műsorfejlesztő hálózat digitalizálásának költségigénye	+++	++	+
Sáv szélesség növelés az interaktív szolgáltatásokhoz	++	+++	+
Egy előfizető fajlagos elérési költsége	+	+++	+
Antenna igény	+	O	++
A hálózat kiépítések költsége	+	+++	O
Elektromágneses interferencia veszélye	++	O	++
Mobil vétel biztosítása	+++	O	O
A hálózat telepítésének költségei a lefedettség függvényében	+++	O	O

A DVB-T jelene és jövője

BIRÓ JÓZSEF

BME, Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
bj126@hszk.bme.hu

Kulcsszavak: minőség, mobilitás, nemzetközi szabványosítás, költségszámítás

A technológia a digitalizálódás forradalmát éli, ez alól nem kivétel a földfelszíni televíziós műsorszórás sem. A 90-es évek eleje óta folynak kísérletek a földfelszíni digitális TV (DVB-T) bevezetésére, 1998-tól pedig Angliában megindult az első, kereskedelmi jellegű szolgáltatás, majd egyre több ország vezette be az új rendszert. Ezek a lépések lehetővé teszik majd, hogy ez a bonyolultabb, ámde minden szempontból előnyösebb rendszer pár éven belül végleg leváltsa analóg elődjét és világméretben elterjedjen.

A DVB-T előnyei

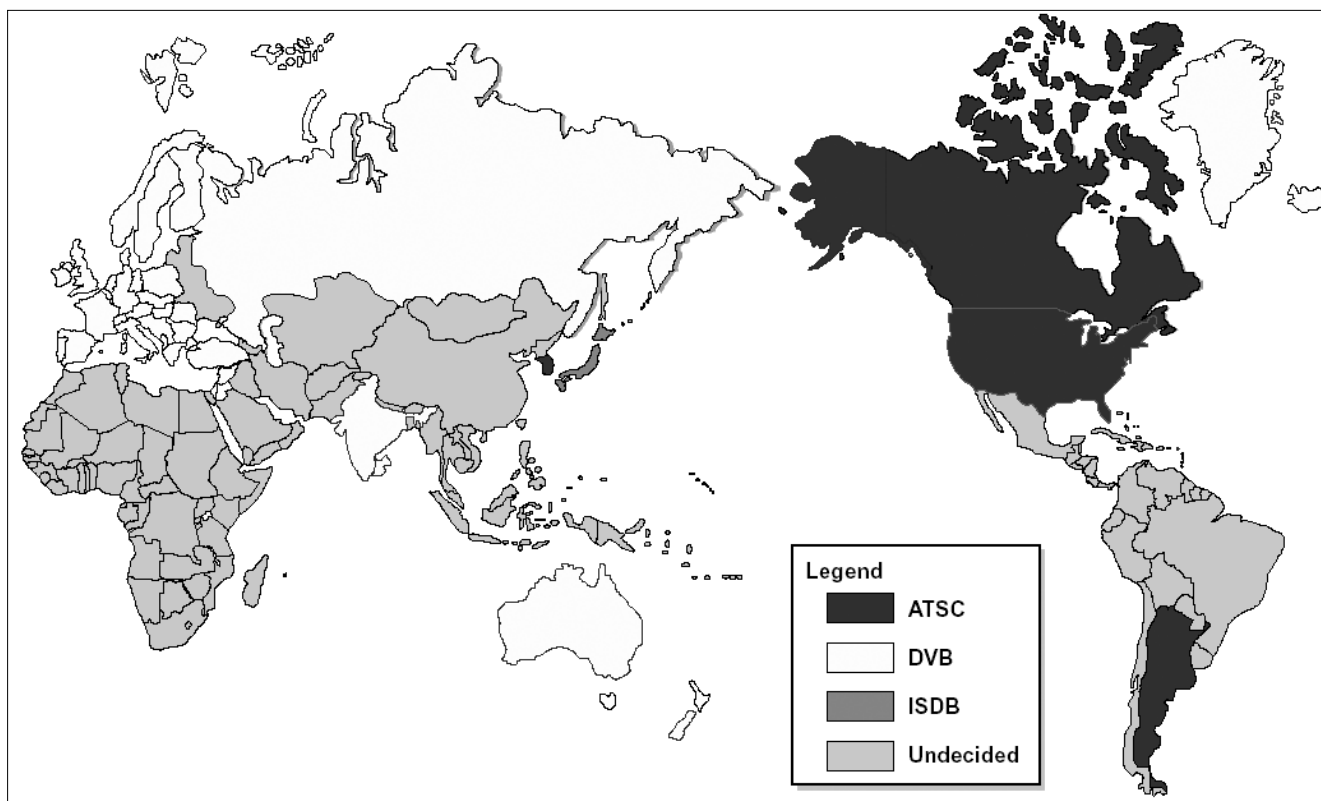
A szolgáltató szempontjából két fontos pozitívumot említenék meg: analóg sugározáshoz képest kisebb kisugárzott teljesítmény szükséges ugyanakkora lefedettség eléréséhez, valamint kialakítható az egyfrekvenciás adóhálózat. Leginkább ez az a két motivációs tényező, ami döntő lesz abban, hogy ténylegesen leváltsa a digitális adás az analógot. A szolgáltató ezek érdekében a nézőnek a következőket ajánlja:

- A 8 MHz sávszélességű csatornában egy helyett öthet műsor átvitelére van lehetőség ugyanolyan minőségben (SDTV – Single Definition Television), vagy egy 16:9 arányú nagyfelbontású csatorna (HDTV – High Definition Television) sugárzása is lehetséges.

Mindez a digitális jelfeldolgozás és az MPEG tömörítés eredménye.

- *Kifogástalan, zajmentes képminőség:* nincs szellemkép, villódzás, színtorzulás, ugyanis az alkalmazott védelmi idő és hibajavítási eljárások (külső R-S kód és konvolúciós kód) nagyobb zavarvédeltséget biztosítanak az analóg adáshoz képest.
- *CD minőségű hang:* sztereó, Dolby Surround vagy többnyelvű kísérőhangot.
- *Kényelmesebb kezelhetőség:* a néző menülistából választhatja ki a nézni kívánt műsort. A kiválasztás történhet a műsor neve vagy fajtája alapján.

1. ábra
Digitális TV szabványok a világban
(2003. IV. negyedév)



- **Mobilitás:** a néző ülhet akár villamoson, akár egy, az autópályán száguldó autóban, bizonyos adásmódok mellett mindig stabil a vétel.
- **A műsorszórás mellett nagy sebességű adatátvitelre is alkalmas a csatorna,** amely tetszőlegesen osztható fel a különféle alkalmazások közt (Teletext, EPG – elektronikus programkalauz, Internet adatátvitel, szolgáltatás-információk).
- **Interaktivitás:** visszirányú kapcsolat kialakításával igénybe vehetők az olyan interaktív szolgáltatások, mint például az Internet. Ez a visszirányú csatorna (return channel) lehet fix (vezetékes) telefonhálózat, GSM hálózat, vagy az újabb fejlesztési eredmények alapján akár a vevőkészülék által az UHF sávban kisugárzott csatorna is. A választást a műszaki paramétereken kívül az alkalmazandó szolgáltatás jellege is befolyásolja.

Szabványok

A világon digitális földfelszíni televíziós vételre jelenleg három szabvány létezik:

- **DVB-T**
(Digital Video Broadcasting – Terrestrial)
- **ATSC**
(Advanced Television Systems Committee)
- **ISDB-T**
(Integrated Serv. for Digital Broadcasting – Terrestrial)

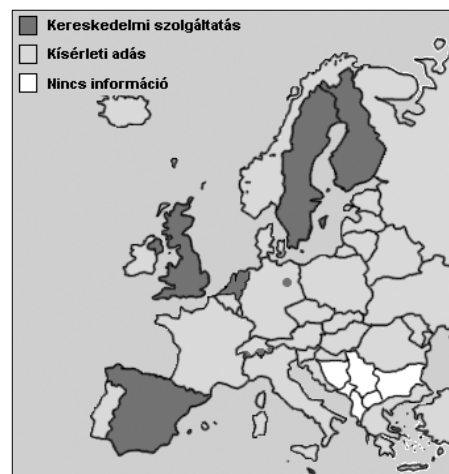
A három szabvány közül a DVB-T rendszer terjedt el leginkább, főbb képviselői Európában és a Távol-keleten találhatók, piaci részesedése így meghaladja az 50%-ot (1. ábra). Az ATSC szabvány Észak-Amerikából indult, és Dél-Koreában, valamint Argentínában fogadták el. A legkisebb táborn Japán képviseli az ISDB rendszerével.

A DVB-T Európában

Az első, kereskedelmi jellegű digitális televíziós műsor Nagy-Britanniában indult el 1998-ban. Ez fizetős szolgáltatás volt és nem terjedt el olyan mértékben, mint ahogy azt várták, így csak 2002-ig üzemelt. 2002. novemberétől indult el a „Freeview”, az ingyenesen fogható adás, így a szigetországról elmondható, hogy nemcsak technikailag voltak az úttörők, hanem a gazdasági háttér gyerekbetegségeit is megszenveték; az ő példájuk és tapasztalatuk nagymértékben segítette a kisebb országok döntését.

Jelenleg 6 multiplexen, 120 Mbit/s-os eredő adatátviteli sebességgel 28 tv- és 16 rádiócsatornát sugároznak és 74%-os országos lefedettség mellett. Az új piaci szemléletre gyors volt a reakció, havonta 100.000 digitális vételre alkalmas készüléket értékesítenek. A jövőt a britek pozitívan látják, a becslések szerint 2006-2010 között, amikor elérik az 99% feletti orszá-

gos lefedettséget, valamint a 95%-os elterjedtséget, kikapcsolják az analóg adást, és elsőként léphetnek a teljesen digitális jövőbe.



2. ábra
DVB-T
szolgáltatások
Európában
(2003. IV. n.év)

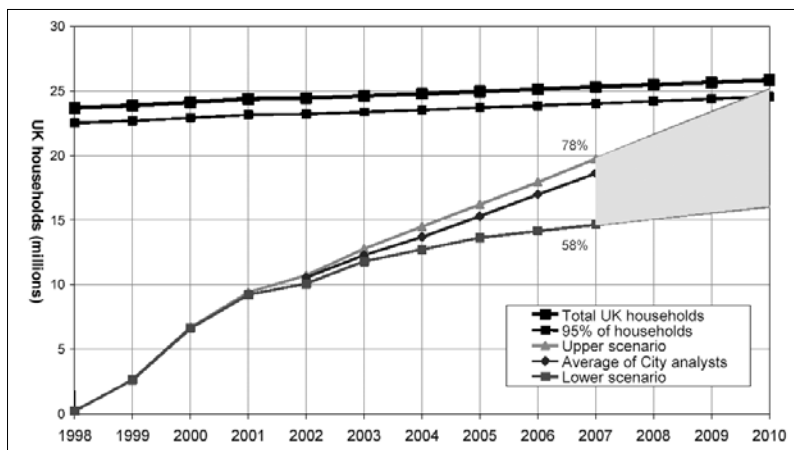
Nagy-Britannia mellett több európai ország is megkezdte a digitális adást: 1999-ben Svédország és Spanyolország, 2002-ben Finnország és Németország, 2003-ban Hollandia és Svájc. Mellettük több ország idén vezeti be a kereskedelmi szolgáltatását.

A két skandináv ország a nagy földrajzi terület ellenére folyamatosan bővíti a hálózatát, Svédországban a lakosság 90%-hoz eljut a földfelszíni digitális adás, ezt 2005-ig 98%-osra tervezik bővíteni, majd az analóg adásokat folyamatosan kikapcsolni. Finnországban folyamatos fejlesztések folynak az interaktív szolgáltatások indítására, melyet a tervezett negyedik multiplexen fognak megvalósítani (IP DataCast szolgáltatás).

Németországban Berlin környékén indították el a digitális adást, ahol is az olcsó vevőkészülékek hatására olyan gyorsan megnőtt a nézők száma, hogy az analóg adást már kikapcsolták. A többi nagyobb város esetében a berlinihez hasonló stratégia megvalósításán gondolkodnak, szigetszerűen fogja a digitális adás bekebelezni az analógot.

Hollandiában a brit kudarc ellenére fizetős rendszert valósítottak meg 5 multiplexen 25 televízió- és 16 rádióműsorral. Alacsonyabb költségével potenciális ellenfe-

3. ábra
Brit előrejelzés a DVB-T elterjedésére



let teremtettek ezzel a kábeltársaságoknak, a versengés győztese még nem ismert.

Spanyolország a britekhez hasonló helyzetben volt, a 2000-ben elindított szolgáltatás sikertelensége kikényszerítette a kódolatlan csatornák sugárzását. A spanyolok nagy előnye földrajzi helyzetükből ered: a viszonylag nagy terület és a kevés szomszéd lehetővé teszi egyfrekvenciás hálózat kiépítését, igaz, csak kisebb régiókra, de a rendszer ezen előnyét egyelőre csak itt használták ki a világon. *(A választható hálózati struktúrákról lásd dr. Kissné Akli Mária cikkét e számunk 8. oldalán.)*

Az olasz kormány is komolyan gondolja a digitális tv bevezetését, ugyanis 120 millió Euróval támogatja azokat a vevőkészülékeket, melyek interaktív képességekkel vannak felvértezve. A kibővített televíziós szolgáltatások mellett fejlesztik az elektronikus kormányzás és ügyintézés megvalósításának műszaki hátterét, ezzel nagy lépést tesznek annak érdekében, hogy minél jobban elterjedjenek a készülékek és a tervek szerint 2007-ben kikapcsolják az analóg adást.

Tőlünk keletre a legnagyobb mértékben Oroszországban folyik a felkészülés: több városban üzemel kísérleti adás, és a világon egyedül Moszkvában van olyan adás, amely a mobil vétel lehetőségét is biztosítja.

Európán kívül

Ázsiában Szingapúr volt az első, ahol elindították a DVB-T szolgáltatást, majd egyre több országban vezették be az erre a szabványra épülő rendszert: Ausztrália, India, Tajvan, Vietnam, Malajzia, Tájföld és Új-Zéland tervezi a bevezetést a közeljövőben.

A térségben három ország van, melyek eltérnek az Európában alkalmazott szabványtól. Japán a saját fejlesztésű ISDB rendszerét használja, melyet 2003-ban indított el. A másik „kakukktójás” Dél-Korea, ők az észak-amerikai ATSC-t használják 2002 óta. Kína 1997 óta foglalkozik a digitális TV bevezetésével. A legnagyobb lélekszámú ország még nem döntött egyik szabvány mellett sem, de az is elképzelhető, hogy egy negyediket fog kidolgozni a DVB-T és ATSC „klónozásából”.

Az ATSC szabvány az Egyesült Államokból indult el, piaci részesedése nem éri el a 10%-ot. Észak-Amerikán kívül Mexikó, Argentína és Dél-Korea telepített ATSC rendszert. Az Államokban jelenleg 99%-os a lefedettség, 1300 műsort sugároznak, melyben már HDTV adások is szerepelnek. Az elterjedést segítő amerikai szabályzások szerint 2007-től már csak olyan televíziókészülék hozható kereskedelmi forgalomba, amely a digitális adásokat (is) képes venni.

Adminisztratív teendők és hazai tervek

A digitális TV sem kerülheti el a sokszor nem egyszerű, de mégis szükséges adminisztratív folyamatokat. A frek-

venciagazdálkodás felelőse a Nemzetközi Távközlési Egyesület (ITU), amely az egyes országok műsorszóró tevékenységét irányítja. A legfontosabb konferenciájuk, melyen az új, már digitális frekvenciákat is kiosztják, legkorábban 2005 végén kerülhet megrendezésre. Ennek előkonferenciáját idén májusban tartották, melyen valamennyi érdekelt ország képviselői megjelentek és benyújtották igényeiket az egyes frekvenciákra.

A magyar delegáció pozitívan gondolkodik, ugyanis az egyenlő esélyek elve alapján, országunk megkaphatja mind a 6 multiplexhez szükséges frekvenciameennyiséget, ami nagyban elősegítheti majd a DVB-T elterjesztését Magyarországon. Természetesen azon országokban, ahol már működik a szolgáltatás, nem fogják korlátozni a sávhasználatot, ezért is fontos, hogy minél gyorsabban induljon el a szolgáltatás.

Magyarországon 1999 óta folyik kísérleti DVB-T sugárzás Budapest körzetében, 2002-ben az Antenna Hungária Rt. kabhegyi telephelyén is elindította a tesztadást. A digitális televízió a lakosság jelentős részéhez akkor juthat el, ha a digitális átállás a földfelszíni műsorszórásban is megtörténik, ugyanis a háztartások 34%-ában csak földfelszíni analóg formában jön a műsor.

Az Antenna Hungária elkészítette a DVB-T magyarországi bevezetésének tervét, mely magában foglalja a telepítési, üzemeltetési és szabályozási kérdéseket is. Ezen feltételek mellett már 2004-ben elindulhat Budapest körzetében az országos közszolgálati és kereskedelmi műsorok sugárzása egy multiplexen. További bővítési lehetőségekhez több törvénymódosítás is szükséges, valamint alkalmazkodni kell a nemzetközi frekvenciatervekhez.

2006-tól folyamatosan elindulhat a 2. és 3. multiplex üzembe helyezése, ezzel párhuzamosan az országos lefedettség kiépítése. Az analóg adások leállításának végső időpontját nehéz előre jelezni, de legkorábban 2012-re tehető, amikor a digitális adások a lakosság 98%-ához eljuthatnak. Annak érdekében, hogy a DVB-T Magyarországon sikeres legyen, a nézőket különféle vonzó programcsomagokkal, értéknövelő szolgáltatásokkal, interaktív lehetőségekkel és jobb minőségű, házimozsi élményt nyújtó adásformával, műsorokkal kell motiválni.

Készülékek

A szolgáltatások indításánál mindig fontos szempont a készülékek termékskálája, ugyanis mindig rengeteg újdonsággal szolgálják ki a nézőket, piacuk folyamatosan változik és ez a tény nagyban befolyásolja a rendszerek elterjedését, sikerességét és sebességét. DVB-T vételre jelenleg négy lehetősége van a tévénézőnek: set-top-box (STB), a tévékészülékbe integrált digitális tuner (IDTV), számítógépes vétel, illetve hordozható eszköz.

Tudásukat illetően egyre több funkcióval rendelkeznek és már jelenleg is egyre több készülék van felvértezve interaktivitást lehetővé tévő képességekkel, vala-

mint egyre több kezeli a világszerte elfogadott MHP szabványt, ami az interaktív szolgáltatások felfutását segítheti elő. Ez a tendencia a közeljövőben várhatóan tovább erősödik.



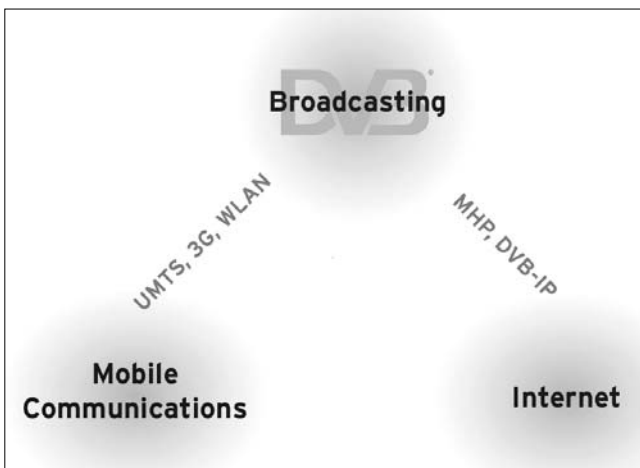
Az elterjedésnél kulcskérdés lehet a készülék ára. set-top-box esetén már 20.000 Ft-tól beszerezhetők a legegyszerűbb készülékek. Ezek tulajdonképpen csak digitális/analóg átalakítók, csak tévészésre alkalmasak, ezért ha több funkciót szeretnénk, akkor mélyebben a zsebünkbe kell nyúlni. Az árak nagyban attól függenek, hogy a készülék maga milyen szabványokat ismer és mennyi egyéb lehetőséget zsúfoltak bele (beépített merevlemez, DVD-lejátszó/rögzítő stb.) IDTV-knél hasonló a helyzet. A legolcsóbbakat már 70 ezer Ft-tól be lehet szerezni, míg a legdrágább, tényleges HDTV házimozsi élményt nyújtó készülékek ára elérheti az egymillió Ft-ot is. A számítógépes vételnek két nagy előnye van: az egyik a fejlettebb és egyszerűbben kezelhető elektronikus programkalauz, a másik nagy lehetőség a „személyes videófelvevő” funkció. Ez a hagyományos videómagnókkal szemben olyan előnyökkel rendelkezik, hogy felvétel közben, akár kötetlen sorrendben is megvalósítható a visszajátszás.

A negyedik vételi lehetőség a mozgó vétel. Ezzel a közeljövőben megvalósítható lesz az a korábbi álom, mellyel menet közben, autóban, buszon, vonaton nézhetjük a tévéadást. Közlekedhetünk akár 200 km/h-s sebességgel is, a digitális sokvívös adás biztosítja a kiváló képminőséget, melyet analóg rendszerben nem lehetett megvalósítani.

Digitális jövő, digitális konvergencia

A mobil vétel átvezet minket a jövőbe, megmutatja a fejlődés útját. A legtöbb fejlesztés is ez irányba halad. Egy ilyen tendencia a nagyobb mértékű mobilizálás és az integráció.

4. ábra
A „digitális konvergencia”



A tervezett DVB-Handheld (különbféle kézi eszközbe épített vételi lehetőség és adásforma) a DVB-T rendszert fogja majd kiegészíteni. Az új, jobb tömörítési algoritmusok a kép átviteli sebességét 1 Mbit/s alá fogják vinni, ez fogja biztosítani a jó minőséget kis képernyőkön is, valamint lehetőség nyílik IP Datacast hálózatok megvalósítására. A mobil hálózatok fejlődésével párhuzamosan a digitális televízió is tovább fejlődik és talán a DVB-H eszközök fogják ezt a két rendszert összekapcsolni egy közös IP alapú szabvánnyal. A másik kapcsolódási pont a meglévő vezetékes hálózatokhoz vezet, ahol szintén az IP lesz a közös nyelv. Ezen technológiák felfutása már 2005-től várható.

Ezek a lehetőségek egyfajta egyesüléshez vezetnek, melyben a mobil hálózatok, az Internet és a műsorszóró hálózatok összeolvadnak majd és egyszer eljőhet majd az a jövő, amit ma egyszerűen csak úgy emlegetnek, hogy digitális konvergencia. Ebben a világban a kommunikáció, a szórakozás és számítástechnika integrációja valósul meg, és egyaránt elérhetővé válik a lakásban, a munkahelyen, a különböző közlekedési eszközökön és mindenhol, ahol lesz rá lehetőség.

Irodalom

- [1] Rohde&Schwarz, S. Grünwald:
Digital TV – Rigs and Recipes, Part 4 (DVB-T)
- [2] A digitális földfelszíni televíziós műsorszórás,
Antenna Hungária Rt.
- [3] Előterjesztés – a földfelszíni digitális televízió
műsorszórás bevezetésének stratégiájáról és
kormányzati feladatairól
- [4] Antenna Hungária Rt. honlapja
(www.ahrt.hu hu/szolgaltatasok/tv_digitalis)
- [5] DigiTAG események – www.digitag.org:
 - 4th Annual Public Seminar in Geneva – 2003. dec.
 - Broadcast Seminar in Madrid – 2003. nov.
 - Asia Pacific Broadcasting Union
Technical Committee Meeting Istambul – 2003. okt.
 - DigiTAG Exploratory meeting on the next phases of
Digital Terrestrial TV Development Amsterdam
– 2003. szept.
 - DigiTAG Mini-Conference at IBC 2003
„DTT – An Exciting Offer fo Existing and
New Media Markets” in Amsterdam – 2003. szept.
 - DigiTAG supporting DTT for ALL in Europe in Berlin
– 2003. aug.
- [6] DVB White Papers – www.dvb.org
- [7] DVB-Scene – EBU
- [8] ATSC Forum – www.atscforum.org
- [9] www.broadcastpapers.com

MFN vagy SFN?

Melyik hálózati struktúrát válasszuk a földfelszíni digitális televíziózáshoz?

DR. KISSNÉ AKLI MÁRIA

Nemzeti Hírközlési Hatóság
kissne@hif.hu

Reviewed

Kulcsszavak: országos ellátottság, interferencia, frekvencia-újrafelhasználás, teljesítménygazdálkodás

1997-től – a földfelszíni digitális televízió szabvány (DVB-T, ETS 300 744), valamint a tervezési elvek és módszerek elfogadását (Chester'97 Megállapodás) követően Európában – lehetőség van a földfelszíni digitális televíziózás bevezetésére. Az OFDM modulációs eljárásokkal DVB-T hálózatok tervezésénél a rendszerparaméterek rugalmasan kombinálhatók. A 120 féle lehetőségéből megfelelő választással különböző igények elégíthetők ki a hálózati struktúrára, vételi módra vagy ellátottsági kritériumra vonatkozóan [1].

A frekvenciaterv elkészítését megelőzően dönteni kell többek között a hálózati struktúráról. A DVB-T rendszer az analóghoz hasonló *többszínű* (Multi Frequency Network – MFN) hálózat kialakítása mellett lehetőséget biztosít *egyszínű* (Single Frequency Network – SFN), vagy *vegyes hálózatok* (MFN+SFN) tervezésére is. Mérlegelni kell, hogy milyen hálózattal lehet az igényeket leginkább kielégíteni a műszaki, gazdasági, környezeti, kulturális stb. feltételek figyelembe vételével. A választás nem könnyű, hiszen nincs minden feltételnek maradéktalanul eleget tevő megoldás a gyakorlatban. Prioritások felállításával kompromisszumok árán lehet a döntést meghozni. A választás szempontjainak mérlegelése előtt vizsgáljuk meg az MFN és SFN hálózatok jellemzőit, előnyeit és hátrányait.

MFN hálózat

Többszínű, azaz MFN hálózat nagy-, közepes- és kisteljesítményű (MFN1, MFN6, MFN2) adók bármilyen kombinációjából állhat, melyek különböző rádiófrekvencián (TV csatornán) egymástól függetlenül üzemelnek [2].

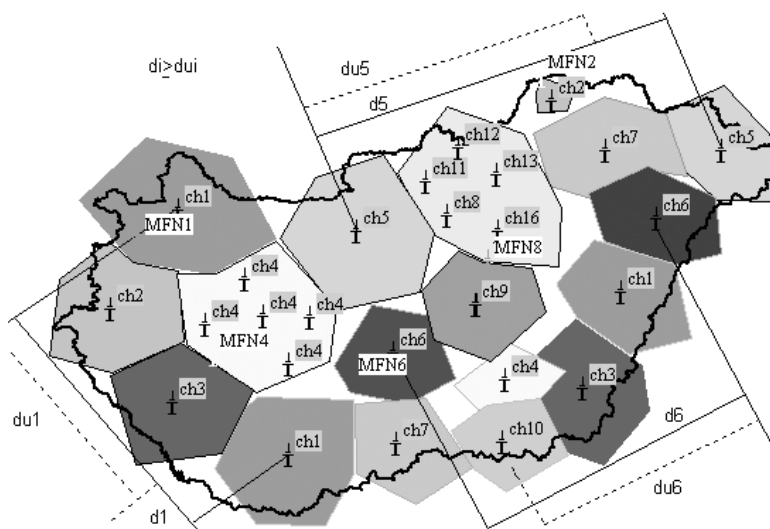
Ez a tulajdonság lehetővé teszi regionális, vagy helyi műsorok sugárzását is az országos hálózaton belül. Ugyanaz a televíziócsatorna – az egymás közötti káros zavar elkerülése érdekében (d_{ui}) – csak relatíve nagy újrafelhasználási (másképpen kizáró) távolságon (azonos csatornájú MFN adók telephelyei között minimálisan szükséges távolság) kívül használható újra. Az újrafelhasználási távolság az adó effektív kisugárzott teljesítményétől (ERP) és effektív antennamagasságától ($heff$) függően néhány 10 km és 250 km között bármilyen érték lehet.

Az analóg televízió- és rádióhálózatok mindegyike lényegében ilyen többszínű hálózat. Az egyik fő különbség a digitális MFN és az analóg hálózat között azonos sugárzási és földrajzi paramétereket feltételezve, hogy az újrafelhasználási távolság digitális esetben kisebb. Másik lényeges különbség, hogy digitális műsort szomszéd csatornán is lehet sugározni ugyanarról a telephelyről. Mindkét említett tulajdonság a digitális rendszer spektrumhatékonyságát növeli.

Az egyedi adók által ellátott terület nagyságát csak az adó saját teljesítménye, effektív antennamagassága, antennakarakterisztikája határozza meg, és nem befolyásolja a hálózat többi adójának sajátossága. MFN hálózattal bármilyen méretű ellátottság (országos is) biztosítható. Az analóg hálózat infrastruktúrájának egy része digitális műsorszórásra is felhasználható, ami jelentős költségmegtakarítást jelent. További előnye, hogy megfelelő, az analóg adó teljesítményénél körülbelül

1. ábra
Országos MFN jellegű hálózat

ch*i* = az *i*. 8 MHz-es TV-csatorna



7-10 dB-lel kisebb teljesítmény választással az analóg televízió ellátottságával közel azonos ellátottságot biztosíthatunk fix vételt feltételezve. Az MFN hálózat hátránya, hogy a kisteljesítményű átjátszóadók telepítéséhez – az analóg TV hálózatokhoz hasonlóan – újabb szabad csatornákat kell biztosítani (MFN8). A szükséges ellátottsági százalék elérése érdekében MFN átjátszóadókkal bővített hálózatok spektrumhatékonysága rendkívül rossz.

SFN hálózat

Ha egy nagy, vagy közepes nagyságú területet ugyanazzal a műsorral kell ellátni, lehetőség van egyfrekvenciás hálózat kialakítására (2. ábra). SFN hálózatban mindegyik adó ugyanazon a rádiófrekvencián, ugyanazt a műsort továbbítva, egymás hatását figyelembe véve üzemel, közös ellátottságot biztosítva [2].

Ez a tulajdonság az OFDM modulációs eljárásnak köszönhető, mely lehetővé teszi, hogy a különböző adóktól érkező azonos frekvenciás jelek a vevőantennánál összeadódjanak, és növeljék a hasznos jel szintjét. Az SFN hálózatoknak ezt a tulajdonságát hálózatnyereségnek hívjuk. Ehhez azonban az szükséges, hogy az SFN módban üzemelő digitális adók szinkronizálva legyenek, azaz mindegyik adó ugyanazt a rádiófrekvenciás jelfolyamot ugyanabban az időpontban, vagy a pontosan kiszámított és ellenőrzött késleltetést figyelembe véve sugározza, ami a hálózat üzemeltetését bonyolultabbá teszi. A vivőfrekvencia nagyon pontos frekvenciastabilitási kritériumnak kell, hogy megfeleljen.

Az ellátott terület kiterjesztésére, vagy árnyékos területek besugárzására SFN módban úgy van lehetőség, hogy újabb szabad frekvenciát nem igényel. A digitális rendszer analóghoz viszonyított nagyobb zavar-

tűrő képességéből adódó spektrumhatékonysága megfelelő SFN hálózati struktúra kialakítással ily módon növelhető. SFN hálózatban az újrafelhasználási távolságot (d_u) két azonos frekvenciájú SFN ellátottsági terület (allotment) határai között értelmezzük.

Az SFN hálózatok **szolgáltatási terület** alapján háromféle kategóriába sorolhatók (3. ábra). Az egyedi szolgáltatási területek lehetnek országos, regionális vagy helyi SFN hálózatok. Az országok nagy részében mindhárom típusra igény van.

Az ország egész területét lefedő *országos SFN* hálózatban az összes adó ugyanazon a rádiófrekvencián sugározza a multiplexben elhelyezett műsorokat (3.a). A jelenlegi tapasztalatok és példák azt mutatják, hogy ennek megvalósítása bármely országban nehéz az öninterferencia hatás miatt. Kis (Magyarországnál lényegesen kisebb) országokban is csak nagyon kis átviteli kapacitást biztosító rendszerparaméterek alkalmazásával képzelhető el [1]. Elméleti számítások és gyakorlati tapasztalatok alapján maximum 200 km kiterjedésű SFN ellátottsági területek megvalósítása célszerű.

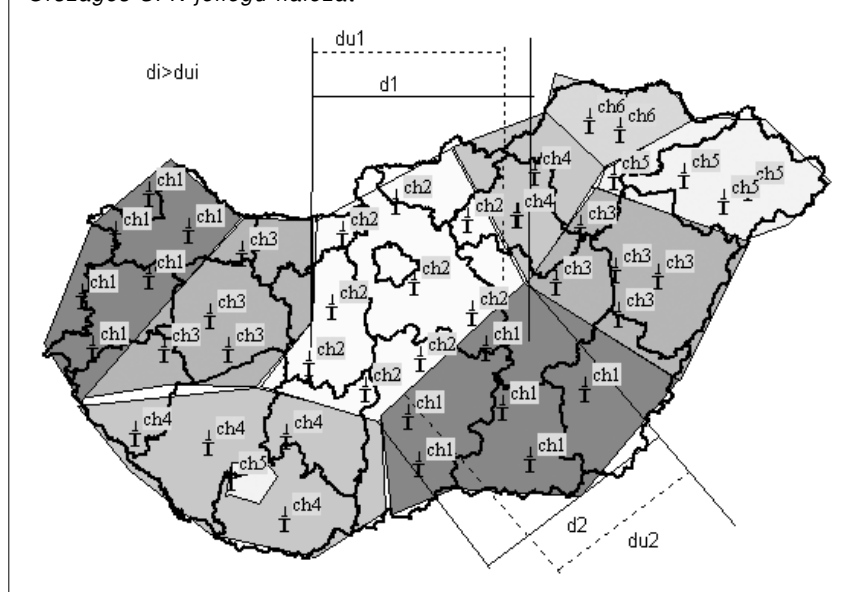
Regionális, azaz közepes (maximum 200 km átmérő) vagy kis méretű SFN-ek kulturális és/vagy közigazgatási régiók besugárzására alkalmazhatók. Ezeknek a régióknak a mérete országonként eltérő, még olyan esetekben is, amikor az országok területének nagysága összemérhető (3.b).

A *helyi SFN* olyan hálózat, amely városrész, kisebb város, vagy település helyi műsorának sugárzását biztosítja (3.c).

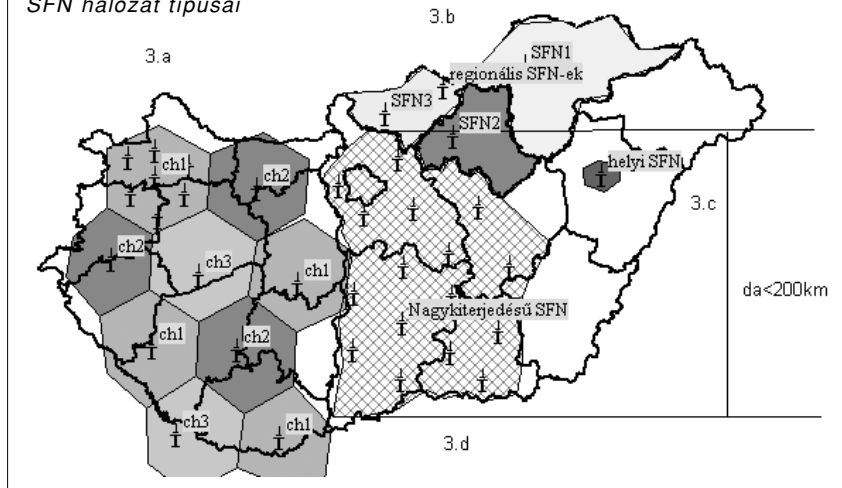
Az SFN hálózatokat a **besugárzott terület** mérete, az adók sűrűsége és teljesítménye szempontjából is kategorizálni lehet.

A *nagykiterjedésű SFN*-t kettőtől több tucatig terjedő nagyteljesítményű ($ERP > 10$ kW) adóállomásból alakítják ki, melyeket számos közepes ($0,25 < ERP < 10$ kW), vagy kisteljesítményű ($ERP < 0,25$ kW) adó egészítheti ki [2]. A besugárzott terület 200 km átmérőjű is lehet (3.d). SFN esetén elméletileg ez a megoldás adja a leghatékonyabb spektrumfelhasználást. Azokban az országokban, ahol a televíziózásra kijelölt frekvenciasávot teljes egészében analóg televíziózásra használják, csak az analóg csatornák átrendezésével/cseréjével szabadíthatók fel frekvenciák nagykiterjedésű SFN megvalósításához. A gyakorlatban azonban ez mind anyagi okokból, mind az analóg vételi minőség romlása miatt általában nem vállalható, ráadásul csak akkor kivitelezhető, ha az érintett szomszédos országban is szabad a kijelölt frekvencia. A maximális SFN méretet az országos hálózatoknál említett öninterferencia hatás is korlátozza.

2. ábra
Országos SFN jellegű hálózat



3. ábra
SFN hálózat típusai



Mini/kis SFN hálózatban egy nagyteljesítményű adó több kisteljesítményű adóval van SFN-be összekapcsolva az ellátott terület növelése érdekében. Csatorna kihasználtság és egyenletes térerősség eloszlás szempontjából ez kedvező, de számos más technikai körülményt is meg kell vizsgálni a tervezés során. Például ne zavarja a szomszédcsatornás analóg kisadókat az ellátottsági kontúrban belül. Hordozható és mobil vételnél a mini SFN koncepció megfelelő lehetőséget biztosít a digitális ellátottság növelésére.

A „sűrű” SFN hálózatnál sok kisteljesítményű és kis effektív antennamagasságú (például ERP < 100 W és heff < 75 m) adó van a besugározni kívánt területen, többnyire egy közepes teljesítményű adóval az ellátottsági terület közepén, melyek együttesen egyenletes térerősség eloszlást mutatnak. A kis adóteljesítmények miatt kicsi az okozott káros zavarás a szomszédos állomások, vagy országok határövezetében. Ezzel nagyobb esélye lesz a sikeres koordinációnak. A zavaró jelszint tovább csökkenthető megfelelően irányított adóantennák alkalmazásával. A kismértékű zavarás miatt a besugárzási terület is könnyen és rugalmasan növelhető újabb kisteljesítményű adókkal. Meg kell jegyezni azonban azt is, hogy a kisteljesítményű adók alacsonyabb beruházási költségei ellenére, összességében mégis nagyon drágán alakíthatók ki a sűrű SFN hálózatok, mert sok adó telepítése szükséges. A jelenlegi vizsgálatok szerint hatszor annyi adóra van szükség, mint ugyanakkora terület analóg besugárzásához.

Az SFN gap-fillereknek a nagyobb teljesítményű adók ellátottsági kontúrján belül lévő árnyékos területek besugárzására, vagy a hordozható és mobil vétel kiterjesztésére használt kisteljesítményű adókat nevezzük, melyek azonos frekvencián SFN módban üzemelnek.

Nagy terület besugárzására elméletileg számos kialakítási lehetőség van, bár ezek között a valóságban alig ismerhető fel különbség. Az egyik legfontosabb eltérés az adótelephelyek közötti távolságban mutatkozik. Az egyik szélsőséges eset, amikor a hálózat alap-

ját a meglévő analóg hálózat telephelyei képezik kb. 80 km-es adótávolságokkal. A másik szélsőséges eset a „sűrű hálózat” kb. 10-20 km-es adótelephely távolság kiosztással. A valóságos hálózatokban többnyire mindkét esetben találhatók elemek.

Vegyes hálózat

Vegyes hálózaton olyan MFN hálózatot értünk, amelyik SFN módban üzemelő kisteljesítményű adókkal van kiegészítve az MFN adók körül (1. ábra, MFN4). A kis SFN megoldás lehetőséget biztosít arra, hogy a konvencionális MFN kiegészítője legyen olyan te-

réleteken, ahol egyébként a terepviszonyok miatt vétel nem lehetséges, továbbá régió és országhatár közelében, hogy a zavaró jelszint alacsony legyen. Ezen kívül lehetővé teszi az ellátottság fokozatos fejlesztését a már meglévő MFN infrastruktúra mellett SFN gap-fillerek, vagy épületen belüli jelismétlők alkalmazásával.

Különösen a hordozható vagy mobil vétel biztosításának igénykor válhat kedvelt megoldássá, mert anélkül, hogy új frekvencia kijelölést igényelne, a szükséges térerősség biztosítható. Vegyes hálózatokat rendkívül változatosan valósíthatunk meg figyelembe véve az aktuális helyzetet, mind az adók elhelyezkedése, mind a teljesítmények, SFN méretek stb. szempontjából.

Összefoglalva tehát MFN hálózatról akkor beszélünk, ha a hálózat minden adója egymástól függetlenül, az újrafelhasználási távolságon belül eltérő frekvencián üzemel. SFN a hálózat, ha mindegyik adó egymás hatását figyelembe véve azonos frekvencián üzemel. A gyakorlatban tisztán MFN vagy tisztán SFN országos hálózat kialakítása nem célszerű (spektrumigény, költség), vagy nem lehetséges (öninterferencia). A valóságban tehát országos hálózat kialakításánál mindig vegyes rendszert telepítünk, de ezt a hálózat megnevezést általában nem használjuk. Vegyes hálózaton belül lényeges eltolódás lehet az MFN vagy SFN jelleg irányába, s többnyire ez határozza meg a hálózat elnevezését.

Az eddigi megfigyelések azt támasztják alá, hogyha a gerincadók MFN módban üzemelnek, de az egyedi gerincadók ellátottságának kiterjesztésére (az ellátatlan területek besugárzása gap-fillerekkel, hordozható vagy mobil vétel megvalósítása) mini vagy sűrű SFN koncepciót alkalmaznak, akkor az országos MFN hálózat megnevezés a szokásos. Ha 2-3 gerincadó és a szükséges számú kisteljesítményű adók SFN-be kapcsolásával alakítanak ki kisebb SFN régiókat, akkor megközelítés kérdése, hogy országos SFN-nek vagy országos MFN-nek tekintjük-e a hálózatot. Ha az országos multiplex hálózatot 3-4, vagy akár több gerincadó ellátott területének megfelelő úgynevezett SFN „allotment”-

ekből alakítják ki, akkor szokás országos SFN hálózatról beszélni. Az, hogy mely esetekben érdemes az ilyen értelemben használt MFN, vagy SFN hálózatkialakítást választani, a későbbiekben meg fogjuk vizsgálni. Előtte azonban nézzük meg azt, hogy egyáltalán milyen szempontokat mérlegelhetünk.

Szempontok a hálózat típusának megválasztásánál

A digitális televíziózás megvalósításának ideje

A digitális televíziózás két fontos időszakra osztható, melyek frekvenciagazdálkodási, hálózatképzési, megvalósítási nehézségek, műsor- és adatszolgáltatás aránya stb. szempontjából teljesen más jellegűek. A digitális televíziózás bevezetésével kezdődik az *átmeneti időszak* [2], amely az analóg televízióadók kikapcsolásával zárul. Az átmeneti időszak hossza országonként eltérő lehet, de jellemzően 3-10 év. Elvileg előfordulhat olyan eset is, amikor átmenet nélkül egyik pillanatról a másikra szűnik meg az analóg, és kezdődik a digitális televíziózás. Ilyen tervekre példa még nincs, de arra igen, hogy az ország egy-egy régiójában mintegy fél éves átmeneti időszakot követően az analóg adókat kikapcsolják (Németország). Noha országos viszonylatban ilyenkor is néhány éves átmeneti időszakról van szó, valójában az átmeneti időszak kezelése egy-egy régió belüli csak fél évig tart.

Az átmeneti időszak egyik legfontosabb jellemzője, hogy az analóg és digitális műsorszórás egymás mellett létezik, és a földfelszíni analóg hálózaton sugárzott műsorokat digitálisan is megismétlik (simulcast). Frekvenciafelhasználás és költség szempontjából ez kedvezőtlen, ezért a lehető legrövidebb ideig célszerű fenntartani. Az átmeneti időszak hosszának tervezésénél figyelembe kell venni azt is, hogy túlságosan hosszú átmeneti időszak esetén más platformon gyorsabb lesz a digitális televíziózás elterjedése (műhold, kábel), aminek kedvezőtlen piaci hatása lehet a DVB-T szempontjából. Ugyanakkor a hosszabb átmeneti időszak lehetőséget biztosít a zökkenőmentesebb átállásra. Az analóg műsorszórás megszüntetésével kapcsolatos döntésnél mindegyik szempontot mérlegelni kell.

A teljesen digitális jövő az analóg műsorszórás teljes megszűnésével kezdődik. Bár egy-egy ország viszonylatában ez az állapot néhány éven belül bekövetkezhet, a teljesen digitális jövőről csak akkor beszélünk, ha annak feltétele *műsorszóró régiók, földrészek viszonylatában valósul meg*. Az ITU 1. Régiójára vonatkozó átmeneti időszak végéről a 2006 májusában megrendezésre kerülő ITU Regionális Távközlési Értekezlet (RRC06) dönt. Az Európát, Afrikát és Ázsia egy részét felölelő régióban alapvetően a gazdasági fejlettségtől függően még nagyon eltérőek a javasolt időpontok (2008-2028). Várható, hogy két év múlva mindenki számára elfogadható kompromisszumos megoldást, – például földrajzi elhelyezkedéstől függő eltérő időpontokat – fogadnak majd el [2].

Spektrumhatékonyság

A spektrumhatékonyság vizsgálata különböző technológiák/megoldások összehasonlítására alkalmas. Ennek során azt számolják ki, hogy a rendelkezésre álló frekvenciatartományban milyen mennyiségű, azonos jellegű információt lehet továbbítani egyik vagy másik módszerrel. A műsorszórásban a továbbítható műsorok számában, és/vagy minőségében, valamint az átvihető egyéb kiegészítő információk mértékében nyilvánulhat meg a spektrumhatékonyság. A földfelszíni digitális televíziózásra történő átállás úgy tekinthető, mint lehetséges út a spektrumigény csökkentésére, a minőség és műsorhoz kapcsolódó szolgáltatások növelésére.

A gyakorlatban mind mennyiségben, mind minőségben érzékelhető a digitális rendszer gazdaságos spektrumfelhasználása. Ezt a tulajdonságot ki lehet használni oly módon, hogy változatlan minőség mellett lényegesen több műsort továbbítunk, de ki lehet használni minőségi televíziózásra is, olyan értelemben, hogy jobb minőséget (pl. HDTV), új szolgáltatást (hordozható és mobil vétel), műsorhoz kapcsolódó kiegészítő szolgáltatást (például elektronikus programkalauz), interaktív szolgáltatást stb. biztosítunk.

A földfelszíni televíziós műsorszórásra kijelölt frekvenciasáv 3-4 analóg hálózat kialakítására biztosít lehetőséget országonként. A DVB-T jel zavartűrő képességének köszönhetően ennél lényegesen több digitális TV-hálózat alakítható ki ugyanebben a sávban. Sőt arra is lehetőség van, hogy új digitális állomások kezdjék meg működésüket ott is, ahol az analóg hálózat már nem fejleszthető tovább a meglévő analóg vételi lehetőség jelentős zavarása nélkül.

Annak érdekében, hogy a reális igények számát megbecsülhessük, szükséges alaposabban megvizsgálni, hogy a DVB-T számára biztosított frekvenciasávokban hány országos multiplex hálózat alakítható ki. A kérdés meg is fordítható úgy, hogy egy multiplex hálózat kialakításához hány televíziós (8 MHz-es) csatornára van szükség.

Mivel a DVB-T specifikáció nemcsak egy rendszerkonfigurációt tesz lehetővé, a spektrumigény nagyon sok jellemző függvénye, melyek a

- modulációs mód (QPSK, 16QAM, 64QAM)
- hibajavító kódarány (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)
- védelmi intervallum arány ($D/TU=1/4, 1/8, 1/16, 1/32$) különböző kombinációiból [1] adódnak, valamint a
- vételi mód (fix, hordozható és mobil)
- hely ellátottsági százalék ($L=70-95\%$)
- pixel ellátottság [%]
- hálózati konfiguráció (MFN, SFN, vegyes)
- effektív antenna magasság
- adók/allotmentek közötti távolság

is alapvetően befolyásolják a csatorna szükségletet multiplexenként.

Az 1. táblázatban található néhány példa ideális körülményeket feltételezve (nincsenek régió- és országhatárok, az adóállomások szabályos elhelyezkedésűek, a teljes spektrum szabad, a domborzati viszonyok

nem változnak jelentősen) megfelelő támpont lehet a *spektrumszükséglet összehasonlítására*. A különböző választott rendszerparaméterek befolyását is láthatjuk a hálózati és vételi jellemzőkre, a kialakítható multiplexek számára.

Mindhárom modulációs módnál 2/3 hibajavító kódarányt feltételezünk. A d [km] oszlop csak MFN hálózathoz értelmezhető, mely az adók közötti távolságot mutatja. Az SFN oszlopokban található két érték 50, illetve 150 km kiterjedésű SFN allotment területre adja meg a csatornaszámot multiplexenként, illetve a 24 Mbit/s átviteli kapacitáshoz tartozó ekvivalens csatornaszámot. [3].

A táblázat szerint 3-4 csatorna elegendő egy országos multiplex hálózat kialakításához. A 3-4 csatorna/multiplex egy olyan elméleti érték, ami a gyakorlatban nem, vagy csak nagyon drágán kiépíthető sűrű adóhálózattal érhető el.

MFN esetén ez akkor lehetséges, ha az adók közötti távolság kicsi (kisebb, mint 20 km), és az effektív antennamagasság mindenhol közel azonos, mintegy 150-300 méter közötti. Magasabb szintű modulációs mód, helyellátottsági százalék, hordozható vagy mobil vételi igény [1], adók közötti távolság és effektív antennamagasság növelés, ország- vagy régióhatárok figyelembe

1. táblázat A paraméterek választásának hatása a spektrumszükségletre

sorszám	Vételi mód	Modulációs mód	Hely ellátottsági százalék (L)	Pixel ellátottsági százalék	heff [m]	d [km] MFN	Csatornaszám multiplexenként		Ekvivalens csatornaszám kb. 24Mbit/s kapacitáshoz					
							SFN		MFN	SFN		MFN		
							50km	150km		50 km	150 km			
1	fix	64-QAM	95%	100%	150	20			7			7		
2		16-QAM							5			7		
3		QPSK							3			8		
4		64-QAM			300				6		6			
5		16-QAM							4		6			
6		QPSK							3		9			
7		64-QAM		150	50-100			9			9			
8		16-QAM						6			9			
9		QPSK						4			12			
10		64-QAM				300	9	3	6	9	3	6		
11		16-QAM					7	3	4	11	5	6		
12		QPSK					4	3	3	12	9	9		
13		64-QAM		70%	150			7			7			
14		16-QAM						4			6			
15		QPSK						3			9			
16	hordozható/mobil	64-QAM	70%	100%	300	80-100	16	4	22	16	4	22		
17		16-QAM					12	4	18	18	4	27		
18		QPSK					7	3	14	21	9	40		
19		64-QAM			150				17			17		
20		16-QAM							13			19		
21		QPSK							9			27		
22		64-QAM		300	80-100				12			12		
23		16-QAM							9			14		
24		QPSK							7			21		
25		64-QAM					150				13			13
26		16-QAM									9			14
27		QPSK									7			20
28		64-QAM		70%	300				8			8		
29		16-QAM							6			9		
30		QPSK							5			15		

vétele mind-mind növelik a multiplexenkénti RF csatornaszükségletet.

SFN esetén szabályos hatszög ellátottsági területet feltételezünk (3.a), ami a valóságban nem képzelhető el a terepviszonyok, országhatár, kulturális régióhatár stb. miatt. A konkrét csatorna számot elsősorban az SFN terület nagysága és a hely, illetve pixel ellátottsági százaléka befolyásolja.

Ideális esetben IV-V. TV sávban $69-21=48$, a III. sávban $11-5=6$ TV csatorna áll rendelkezésre digitális televíziózásra. Ha mind az 54 csatornát felhasználhatjuk DVB-T-re, akkor a multiplexenkénti csatornaszükséglettel elosztva megkapjuk a kialakítható multiplexek maximális számát. Megfigyelhető, hogy a szükséges csatornaszám/multiplex érték a modulációs módtól függ, ami alapvetően meghatározza a multiplex adatátviteli kapacitását, a továbbítható műsorok számát (64QAM-nél a legnagyobb, QPSK-nál a legkisebb). Amikor tehát a spektrumhatékonyságot vizsgáljuk, a multiplexek számának megadásával az nem jellemezhető egyértelműen. A spektrumhatékonyság szemléltetésére ezért érdemesebb az ekvivalens csatornaszám követelményt megadni. Ez az érték azt mutatja meg, hogy hány csatornára van szükség megadott átviteli kapacitás (Mbit/s) biztosításához. Az adatátviteli kapacitás multiplexenként a 64QAM, 16QAM és QPSK modulációs módoknál 3:2:1 arányú [1], ezért a szükséges csatornaszám/multiplex értéket 1-gyel, 1,5-tel és 3-mal kell szorozni, hogy az ekvivalens csatornaszámot megkapjuk.

A táblázat eredményeiből látható, hogy a 16- és a 64QAM modulációs módoknál bár a multiplexenkénti csatorna szükséglet eltérő (54 rendelkezésre álló televíziós csatornát feltételezve és a táblázat 7. és 8. sorának adatait felhasználva 16QAM-mel $54/6=9$, 64QAM-mel $54/9=6$ lehet a maximális országos multiplex hálózat, az ideális körülményeket feltételezve), az ekvivalens csatornaszám közel azonos, ezért az átviteli kapacitás is közel azonos. Mivel mindkét esetben 9 csatorna szükséges a kb. 24 Mbit/s átviteli kapacitás biztosításához, az elérhető maximális adatátviteli kapacitás $9 \times 24 = 144$ Mbit/s. QPSK-nál valamennyivel több csatorna szükséges, ha a realitásokat figyelembe vevő adók közötti 50-100 km távolságot feltételezzük. A 9. sor adataival: $[54/4]=13$ országos multiplex hálózat $=13 \times 8 = 104$ Mbit/s adatátviteli kapacitás. A gyakorlatban főleg a 16QAM és 64QAM modulációs módokat választják.

Műsorszolgáltatói oldalról nem a multiplexek száma az érdekes, hanem például az, hogy hány program sugárzására nyílik lehetőség. A továbbítható műsorok számát nem a multiplexek száma, hanem a rendelkezésre álló átviteli kapacitás határozza meg, ami függ a vételi módtól, zavarokkal szembeni védettségtől, képminőségtől stb. [1].

Ha például hagyományos PAL minőségű műsor továbbítása a cél, amihez 6 Mbit/s átviteli kapacitás elegendő, akkor a 144 Mbit/s átviteli kapacitásban 24 műsor sugározható függetlenül attól, hogy melyik modulációval, hány országos multiplex hálózatot alakítunk ki.

Az, hogy milyen modulációs módot és egyéb paramétereket válasszunk, nem a továbbítható műsorok száma, hanem más szempontok döntenek el.

A táblázatban feltüntetett értékek tisztán MFN, vagy tisztán SFN hálózatot feltételeztek. Ugyanakkor vegyes hálózatok is elképzelhetők, akár úgy, hogy a szomszédos országok más hálózat típust választottak, akár országon belül is lehet vegyes hálózatot kialakítani. Nézzünk a vegyes hálózat spektrumigényére is egy példát.

Az elméleti számítások 9 csatorna/multiplexet eredményeznek fix vétel esetén 64QAM, $heff=150$ m, $L=95\%$ és 100% pixel ellátottságot feltételezve (7. sor) MFN gerincadó hálózatra. Ugyanakkor Angliában és Svédországban a gyakorlati megvalósításban ennél kevesebb csatornát használnak. Ez úgy lehetséges, hogy a gerincadó hálózatokat kisebb mint 100% pixel ellátottságra tervezték, ami csökkenti a spektrumigényt. Például ebben az esetben 70% pixel ellátottságot választva 9-ről 7-re csökken a szükséges csatornaszám (13. sor). A 100% pixel ellátottságot kisteljesítményű adók (gap-filerek) telepítésével mini vagy sűrű SFN-nel biztosítják, ami a spektrum szükségletet nem módosítja.

A spektrumhatékony hálózatok megvalósításának korlátai

Az optimális, illetve az igényeket kielégítő DVB-T hálózat megvalósíthatóságának lehetősége az átmeneti időszakban és a teljesen digitális jövőben eltérőek.

Az átmeneti időszakban több kényszerítő tényezővel is kell számolni. Ilyenek lehetnek például a

- DVB-T-hez szükséges frekvencia hiánya;
- megfelelő védelem biztosítása a közösen használt frekvencia sávban üzemelő műsorszóró és más szolgálatok számára;
- minél több országos DVB-T multiplex hálózat kialakítása;
- maximális lefedettség elérése;
- hordozható és mobil vétel megvalósítása;
- analóg műsor vétele szempontjából a lehető legkevesebb változtatás szükségessége nézői oldalról.

A teljesen digitális jövőben a frekvenciahiány és más szolgálatok védelmének biztosítása már nem képez akadályt. Új szempont lehet azonban, hogy az analóg adások megszűnését követően minél kevesebb pénzre és változtatásra legyen szükség mind nézői, mind hálózatüzemeltetői oldalról a digitális adások vételéhez.

Az átmeneti időszakban a korlátok más hálózati struktúra kialakítását teszik lehetővé és szükségessé, mint ami ideális lenne a teljesen digitális jövőben. Megoldást csak az jelenthetne, ha az átmeneti időszakot kihagyva egyik napról a másikra történne meg minden országban az adott műsorszóró régióon belül az analóg-digitális áttérés. Ez azonban csak fikció, hiszen ahány ország, annyi bevezetési és megvalósítási stratégia. A realitások figyelembevételével olyan digitális tervet és stratégiát kell készíteni, ami figyelembe veszi a valóságos kö-

rülményeket, elsősorban a zavarmentesség biztosítását. Az átmeneti időszakban ezért az ideális spektrumfelhasználást biztosító terv megvalósítása egyáltalán nem, vagy csak részben, más szempontok rovására valósítható meg.

Rövidtávú stratégia

Európa különböző országaiban többféle módszert dolgoztak ki arra, hogyan találjanak frekvenciát az átmeneti idősakra. Előre láthatóan a következő különböző esetek állhatnak elő [2].

1. Ha vannak olyan nagyteljesítményű *szabad frekvenciakijelölések, amelyeket koordináltak* az érintett országokkal az ST61 Tervben, ugyanakkor analóg televíziózásra nem kerültek felhasználásra, azok jó lehetőséget biztosítanak a DVB-T elindításához. Az analóg televízió ellátottságához hasonló nagy ellátottsági terület érhető el fix vétel esetén. A digitális konverzió nemzetközi egyeztetése – feltéve ha nem jár telephely változtatással – nem okozhat nehézséget, mivel már koordinált pozíciókat használ fel digitális televízió csatornához. Ugyanilyen megfontolásból a hazai analóg hálózatban sem okozhat zavart, bár néhány esetben lehetnek kivételek. Az ily módon kialakítható országos digitális multiplex hálózatok száma korlátozott, a gyakorlati eseteket figyelembe véve legfeljebb egy. Hordozható és mobil vétel kiterjesztése csak újabb MFN vagy SFN konfigurációban kialakított adók telepítésével érhető el. Előnye, hogy nem igényel különösebb vevőoldali változtatásokat.

2. Olyan csatornák felhasználására kerül sor, melyek a Stockholmi Tervben nem szerepelnek. A digitális rendszer tulajdonságából adódóan lehetőség van új frekvenciák tervezésére abban a sávban, ahol az intenzív frekvencia-felhasználás miatt újabb nagyobb, vagy közepes teljesítményű analóg adók számára frekvencia már nem biztosítható. Digitális adók az analóg adókkal ellentétben szomszéd csatornákon is üzemelhetnek ugyanazt a telephelyet feltételezve. Sok országban ez a megoldás mégsem alkalmazható, mert a szomszédos csatornákat már felhasználták az analóg hálózat ellátottságának kiterjesztésére kisebb teljesítményekkel, más telephelyeken, többnyire átjátszóadókként. Figyelmet igényel mind a teljesítmény, mind az ellátott terület megtervezése az új digitális adóknál a megfelelő védelem biztosítása miatt az analóg szolgáltatás számára. Nehézséggel járhat a koordinációs eljárás is az érintett országokkal. Új frekvenciák tervezésénél technikai szempontból nem szükséges a meglévő telephelyek felhasználása, vagy kizárólagos használata. A megcélzott ellátottság elérése érdekében sokszor szükség is van új telephelyekkel bővíteni a hálózatot, hiszen többnyire csak közepes teljesítményű új adók koordinációjára van esély, ami az analóg ellátottságnál lényegesen kisebb ellátottságot biztosít még fix vétel esetén is. Nézői oldalról új vevőantennák felszerelését igényelheti, melyet az analóg adóállomástól eltérő DVB-T adótelephelyre kell irányítani. Szinte elkerülhetetlen kisebb-na-

gyobb mértékű zavar a meglévő analóg hálózat néhány adójának vételében, melyeket csatorna cserével lehet csak orvosolni. A hordozható vétel kiterjesztése és/vagy mobil vétel biztosítása kisteljesítményű adókkal, többnyire mini vagy sűrű SFN-nel lehetséges.

3. Néhány – elsősorban kelet-európai – országban a 61-69. közötti TV csatornákat nem műsorszóró szolgálatok használták vagy használják. Amennyiben a közel jövőben felszabadulnak, felhasználhatóak lesznek országos vagy regionális digitális műsorszórásra már az átmeneti időszakban is. Jó példa erre Csehország, Szlovákia vagy Magyarország. Koordinációs nehézségek két okból adódhatnak. A sávot katonai célra továbbra is használó országok sokszor a szükségesnél is nagyobb védelmet követelnek ezen eszközeik számára. A nemzetközi egyeztetés akadályba ütközhet a sáv intenzív analóg televízió célú felhasználása miatt is.

4. Sok ország gondolkodik a meglévő *átjátszóadók esetleges csatorna cseréjében*, hogy a megfelelő teljesítményű DVB-T adó tervezését és üzembehelyezését hazai kisadó ne akadályozza.

5. Vannak országok, ahol annyira intenzíven használják a műsorszóró spektrumot, hogy új digitális adók számára frekvencia már nem biztosítható. Ilyen esetben a *frekvencia-felszabadítás, az analóg adók kikapcsolása* vagy digitális konverziója nyújthat megoldást. Ez elsősorban olyan helyeken alkalmazható, ahol nagyarányú magas a műholdas, vagy kábeles műsorszolgáltatás a földfelszíni mellett. Ilyen drasztikus megoldás nehezen képzelhető el országos szinten, sokkal inkább régióról-régióra hajtható végre. A régió mérete egy-két analóg adó ellátott területével lehet azonos. Ezt a megoldást alkalmazzák Németországban.

Hosszútávú stratégia

Az alábbiakban tárgyalt stratégia a végleges állapot kialakítására tett lépéseket foglalja magába, melyben az analóg rendszerek már nem léteznek. Spektrumfelhasználás szempontjából a digitális televízió tervezésénél elvileg semmiféle kényszerítő tényezőt nem kell figyelembe venni. Az új digitális terv elkészítésére vonatkozó többféle lehetőség között van olyan megoldás is, amely csak egyszerre valósítható meg a régió összes országában [2].

1. Az *analóg adók konverziója* különösen előnyös módszer akkor, ha eltérő időpontban szándékoznak a teljesen digitális televíziózásra áttérni. A digitális terv megvalósításához a szomszédos országokkal lényegében nem kell egyeztetni. Másik nagy előnye a módszernek, hogy az országok megtarthatják az analóg nagyteljesítményű frekvenciáikat, mellyel az analóghoz hasonló ellátottságot lehet biztosítani fix digitális vétel esetén. Hátránya, hogy nem feltétlenül optimális a frekvencia felhasználási terv szempontjából, és nem biztos, hogy a spektrumhoz való egyenlő hozzáférés elve érvényesül. Nehéz továbbá a multiplex hálózatok számát növelni. Másik hátránya, ha az analóg adót egyik napról a

másikra kikapcsolják, a nézők elégedetlenségére lehet számítani, ha csak más csatornán korábban simulcast sugárzás nem kezdődött.

2. Ha egy ország már az átmeneti időszakban sugároz digitális műsorokat, a *meglévő digitális kijelölések* felhasználásával készített terv előnyös a digitális műsorok vételére már berendezkedett nézőknek és biztosítja a zökkenőmentes analóg-digitális átállást. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy bár az adóhálózat változtatás nélkül tovább használható, az átmeneti időszakban koordinált frekvenciák sok esetben csak korlátozásokkal használhatók az analóg adók védelme miatt. Ezért nem biztosítja a szükséges ellátottságot. A teljesítmény megfelelő növelése adócsere és újabb koordinációt tehet szükségessé a teljes digitális átálláshoz.

3. *Teljesen új terv* készítésénél semmilyen korábban használt analóg vagy digitális frekvenciát nem veszünk figyelembe. Az optimális spektrumfelhasználás és a spektrumhoz való egyenlő hozzáférés könnyen biztosítható. Hátránya, hogy az analóg-digitális átállítás nagyon sok változtatással, jelentős költségekkel jár hálózatkialakítási és nézői oldalról. A fix vétel biztosításához a legtöbb esetben feltehetően új vevőantennára is szükség van. Új adóberendezések, de legalábbis csatornacsere kell az átmeneti időszakban üzemelő állomáson. A teljesen digitális időszakra készített új terv frekvenciakijelölései az átmeneti időszakban csak nagyon korlátozottan használhatók a még üzemelő analóg adók védelme érdekében. A megvalósítás sok körülményt, pontosan kidolgozott végrehajtási tervet és további egyeztetést igényel a szomszédos országokkal.

Gazdasági megfontolások

Láthattuk, hogy hálózati topológia szempontjából az egyik szélsőséges eset az egymástól körülbelül 20 km távolságra elhelyezkedő adókból álló hálózat, amely spektrumhatékonyság szempontjából a legkedvezőbb megoldás. Bár többnyire kis antennamagasságú és teljesítményű adóállomások megfelelőek, melyek relatíve olcsón telepíthetők, mégis a sok szükséges adó miatt ez meglehetősen drága megoldás. A sűrű hálózat kialakítása lényegében MFN vagy SFN hálózat struktúrával is lehetséges. SFN esetén nagyjából szabályos háromszögben elhelyezkedő adókból kiépített hálózat az ideális.

A másik szélsőséges hálózatmegvalósítási lehetőség, amikor kizárólag a meglévő analóg infrastruktúrát használják fel a digitális hálózathoz, beleértve ugyanakkor az antennarendszernek a hasznosítását is. Ebben az esetben MFN hálózatról beszélünk. Ez költségmegtakarítást jelent a műsorszolgáltatóknak és hálózatóüzemeltetőknek, ugyanakkor a nézői oldalról is előnyös hiszen a vevőantenna rendszeren semmiféle változtatásra nincs szükség.

Az előzőekben tárgyalt első optimális spektrumhatékonyságú megoldásnak az az alapvető hátránya, hogy gyakorlatilag a gazdaságilag legfejlettebbnek mondha-

tó országok sem vállalhatják az azzal járó költségeket. A másik megoldás kis költségek mellett teszi lehetővé a digitális televíziózást, ugyanakkor nem biztosítható mobil vétel, hordozható is csak az adók kis körzetében. Az analóg ellátottsággal közel azonos fix vételi ellátottság biztosításához nagyteljesítményű DVB-T adókra lenne szükség, ami az átmeneti időszakban a nemzetközi koordinációs nehézségek, valamint az üzemelő analóg hálózatnak okozott zavar miatt nehezen vagy egyáltalán nem biztosítható.

Levonható a következtetés, hogy a valóságban, főleg az európai országokat nézve nincsenek olyan ideális feltételek, ahol a hálózat típusa a fenti szempontokból adódó követelmények mindegyikét maximálisan kielégítené. Inkább kompromisszumok árán kell dönteni. Néhány elképzelt stratégiát kiragadva nézzük meg, hogy milyen áron lehet egyik, vagy másik szempontot előnyben részesíteni az előző részek alapján.

A digitális jövőre vonatkozó lehetséges tervezési stratégiák

1. Cél, hogy az új digitális terv *maximálisan spektrumhatékony* legyen. Az átmeneti időszakban még nem valósítható meg, ezért arra más tervet kell kidolgozni. A teljesen digitális jövőben 150-200 km átmérőjű, szabályosan elhelyezkedő adókból álló SFN allotmentek szükségesek. Minden országnak ezt a stratégiát kell követnie és egyszerre kell az analóg-digitális átmenetet megvalósítania. Az analóg adás megszűnését követően új adóhálózatra, adóberendezésekre, frekvencia cserékre, vevőoldali antenna rendszer módosításra van szükség. A régióhatárok figyelembe vétele csökkenti a spektrumhatékonyságot. Megvalósítása drasztikus változásokkal és nagy költségekkel jár. Az országhatárok figyelembe vételével körülbelül 4-6 csatornára van szükség multiplexenként. Költségeket nem tekintve legnagyobb akadály a más országok döntésétől való függőség.

2. Cél, hogy az új digitális terv már az átmeneti időszakban *maximális védelmet biztosítson minden műsorszóró és nem műsorszóró szolgálatnak*. A meglévő analóg infrastruktúrán alapuló vegyes, MFN jellegű hálózattal valósítható meg. Az 1. pontban bemutatott hálózathoz képest lényegesen rosszabb a spektrumhatékonyság. Az átmeneti időszakban az adók nagy része csak jelentős teljesítmény korlátozással helyezhető üzembe a szomszédos országokkal történt egyeztetést követően. Hordozható és mobil vétel kiterjesztése az analóg adók kikapcsolását követően mini SFN-nekkel valósítható meg. A hálózat kiépítés kevésbé költséges, és zökkenőmentesebb átállást biztosít. Vevő oldalon szükség lehet az antennarendszer módosítására, vagy cseréjére. Az országon belüli analóg-digitális átállítás a szomszédoktól eltérő időpontban is lehetséges, de a teljesen digitális terv megvalósításában korlátozásokra lehet számítani az átmeneti időszak végéig. Az országhatárok figyelembevételével körülbelül 9 csatornára van szükség multiplexenként.

3. Annak érdekében, hogy az átmeneti időszakban más szolgálatok védelme ne tegye lehetetlenné a digitális televíziózást és gördülékeny legyen az átállás, ugyanakkor elviselhető költségekkel legyen megvalósítható a spektrum felhasználása, szükséges a *helyes arány kialakítása a spektrumhatékonyság és más szolgálatok védelme között*. Ehhez rugalmas tervezési eljárás szükséges, melyre az RRC04-en elfogadott tervezési alapelvek és módszerek alapján lehetőség kínálkozik. Legcélszerűbbnek az látszik, ha a hosszútávú stratégia 1. pontjában ismertetett analóg adók konverzióján alapuló terv készül.

A konverzió előnyeit és hátrányait az előzőekben már ismertettük. Két módszer is van az analóg adók konverziójára. Egyik esetben az analóg frekvencia kijelöléseket digitális kijelölésekbe konvertálva az analóggal azonos ellátottságot kapunk fix vételre. Másik módszer az analóg frekvencia kijelöléseket akkora digitális allotment területekbe konvertálja (channel potential method) [2], ami még biztosítja a szükséges újrafelhasználási távolságokat más azonos csatornájú adókhöz. Az így meghatározott ellátottsági terület nagyobb lesz, mint az első módszernél, ami növeli a spektrumhatékonyságot. Megfelelő rendszerparaméterek választásával 7-8 csatorna is elegendő lehet egy multiplex hálózat kialakításához (fix vétel, 64QAM). A hordozható és mobil vétel SFN kisadókkal valósítható meg mindkét esetben.

Nemzetközi példák az átmeneti időszak kezelésére

Az országok elképzelései változóak attól függően, hogy a televíziós szolgáltatások különböző fajtái milyen szinten vannak (például a földi, kábeles és műholdas). Az európai, elsősorban nyugati országok többsége 2008-2015 között tervezi az analóg kikapcsolást.

A bevezetéskor 2-6 multiplexen kezdődik a digitális műsorszolgáltatás az ország adottságaitól függően (földrajzi elhelyezkedés, szabad frekvenciák mértéke). Országos SFN hálózat kiépítését senki sem tervezi, elsősorban műszaki megvalósítási nehézségek (öninterferencia, rendelkezésre álló szabad csatorna) miatt. Többségük vegyes SFN/MFN konfigurációban gondolkodik, ahol az SFN megvalósítás a gap-fillerektől, a helyi vagy regionális méretekig terjed [3]. Bevezetéskor az országok többsége fix vételt tervez, a hordozható beltéri vétel lehetőségével kiegészítve sűrűn lakott városi környezetben. Mások kifejezetten a hordozható beltéri vagy mobil vételre koncentrálnak.

Németországban a mobil vétel megvalósítása a cél már az átmeneti időszakban is. Régióként SFN hálózatot alakítanak ki. A régió határokat, a frekvenciagazdaságosság szempontjait és az öninterferencia elkerülését figyelembe véve 150-200 km kiterjedésűek lesznek az SFN-ek. A modulációs mód 64QAM, a hibajavító kód arány 2/3.

Franciaország MFN hálózati struktúrát tervez fix vételre. Az átmeneti időszakban a hordozható beltéri vé-

telt a sűrűn lakott városi környezetben SFN gap-fillerekkel valósítják meg.

Svédországban a hálózati struktúra alapvetően MFN, de van néhány szomszédos nagyteljesítményű telephely, melyeket regionális SFN-be fogtak össze. A hordozható beltéri vétel lehetőségét szintén a sűrűn lakott városi környezetben SFN gap-fillerekkel biztosítják.

Angliában az MFN hálózatokat alapvetően fix vételre tervezték.

Összegzés

A DVB-T sikeres bevezetésének kulcsfontosságú tényezője a spektrum hatékony felhasználása. Az, hogy milyen mértékű spektrumhatékonyságot érünk el, alapvetően meghatározza a választott hálózati struktúra. Az ideális hálózati struktúra kialakítását azonban az átmeneti időszak emelte korlátok, gazdasági megfontolások stb. alapvetően befolyásolják, melyeket gondosan kell mérlegelni a döntés meghozatala előtt. Általánosan használható tervezési stratégia, mely minden országban optimális tervet biztosít nem létezik. A DVB-T rendszer által kínált rugalmas tervezési módszerek azonban lehetőséget biztosítanak arra, hogy az egyes országok sajátos körülményeit és igényeit figyelembe vevő digitális terv készüljön az RRC06 DVB-T Tervezői Értekezleten.

Bár konkrét értékek még nem adhatók meg a DVB-T hálózatok számára, azt azonban kijelenthetjük, hogy a jelenlegi három földfelszíni televízió programhoz képest lényegesen több műsor vételére nyílik majd lehetőség a digitális jövőben. A DVB-T előnyei azonban nemcsak a műsorok számának növekedésében nyilvánulnak meg, hanem olyan szolgáltatásokban is, – például mobil vételi lehetőség, interaktivitás, minőség javulás –, melyek minden bizonnyal vonzóvá teszik a digitális technológiát mind nézői, mind szolgáltatói oldalról.

Irodalom

- [1] Kissné Akli Mária:
Digitális rendszerjellemzők választása
DVB-T adók besugárzás-tervezéséhez,
Híradástechnika, 2002/8.
- [2] Resolutions from the First session of the Regional Radiocommunication conference for planning of the digital terrestrial broadcasting in parts of Region 1. and 3. in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz,
Geneve, 10-28 May 2004.
- [3] BPN 038 Report from Ad hoc group B/CAI-FM24 to B/MDT and FM24 on spectrum Requirements for DVB-T implementation,
EBU, March 2001.

A DVB-T rádiófrekvenciás visszirányú megoldásának bemutatása

SEBESTYÉN ÁKOS

Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnika Tanszék
akos@gamax.hu

Kulcsszavak: különcsatornás átvitel, elérhető bitsebesség, OFDM keretkialakítás, szabványok

A digitális földfelszíni műsorszolgáltatás tervezett bevezetését megelőzően meg kell vizsgálni, hogy milyen módon biztosítható az interaktivitás, azaz a felhasználó milyen közegen keresztül tud kapcsolatba lépni a tartalomszolgáltatóval. Egyszerűbben fogalmazva: milyen visszirányú csatornán keresztül tud adatokat küldeni a tartalomszolgáltatónak. Tanulmányunkban ezt a kérdéskört járjuk körül, s főleg a rádiófrekvenciás visszirányú megoldásra koncentrálunk.

A digitális televíziózás kezdetétől nyilvánvaló volt, hogy az áttérést az analóg rendszerről a digitális rendszerre nagymértékben segíthetik az interaktivitást lehetővé tevő szolgáltatások, hiszen a digitális televíziós rendszer legfőbb vonzerejét – legalábbis ami a felhasználói oldalt illeti – éppen ezek jelentik.

A visszirányú lehetőségek vizsgálatát az Egyetemközi Távközlési és Informatikai Központ (ETIK) által koordinált és külső ipari partnerek, többek között az Antenna Hungária által finanszírozott kutatás részeként végeztük. A különféle visszirányú lehetőségeket egyenként górcső alá véve arra a következtetésre jutottunk, hogy a DVB-T esetén leginkább használható visszirányú megoldás a földfelszíni, rádiófrekvenciás rendszer, így tehát ezzel részletesebben foglalkoztunk és elkészítettük a rendszer MATLAB-SIMULINK szimulációját. E tanulmányban magát a rendszert ismertetjük, valamint bemutatjuk azokat a nemzetközi projekteket, melyek a földfelszíni visszirány működését valós körülmények között vizsgálták.

1. A szabvány rövid története

A DVB fórum először a visszirányú távközlési csatornák (ISDN, PSTN) használatának technikai leírását alkotta meg, majd pedig hozzákezdett a sávon belüli visszirányú csatornák szabványainak kidolgozásához.

A visszirányú csatornák szabványai éppen olyan sorrendben készültek el, mint ahogy maguk a digitális televíziós szabványok. Először a kábeles és LMDS (Local Multipoint Distribution System – helyi többpontú szétosztási rendszer) visszirányú lehetőségeit szabványosították. Ezt követte a DVB-RCS, a műholdas visszirány megalkotása. A sort pedig a földfelszíni közeg zárta.

A DVB-RCT (Digital Video Broadcasting Return Channel Terrestrial – digitális képműsorszórás földfelszíni vissziránya) műszaki alcsoport több mint egyévnyi munka után, 2001. márciusában terjesztette be a szabványt a DVB-T rendszerrel foglalkozó bizottság elé, melyet a DVB konzorcium 2001. áprilisában már el is fogadott. A szab-

ványtervezetet az ETSI 2002. márciusában EN 301 958 v1.1.1 (2002-03) néven tette közzé.

A DVB konzorcium néhány tagja a rendszert az ITU-hoz (International Telecom Union - Nemzetközi Telekommunikációs Egyesület) is benyújtotta, mely azt ajánlásként, azaz „a digitális földfelszíni televíziózás ajánlott visszirányú csatornájaként” fogadta el.

A várakozások szerint – az ETSI általi szabvánnyá minősítésnek és az ITU ajánlásának köszönhetően – a WARC 2005-ös konferencián az RCT spektrumigényét is figyelembe veszik majd.

2. A DVB-T földfelszíni visszirányának rendszertechnikája

Az DVB-RCT szabvány vezeték nélküli interaktív csatornát definiál, melyen keresztül széles sávú, valós idejű szolgáltatás biztosítható. A DVB-RCT által kínált megoldás spektrumhatékony és az átvitelhez a földfelszíni viszonyokkal jól megbirkózó OFDM moduláció egyik változatát használja. Segítségével egyetlen adóval akár 65 kilométeres sugarú területek (cellák) is kiszolgálhatók, a felhasználók által igénybe vehető bitsebesség pedig még a lefedett terület határának közelében is elegendő a visszirányú információk átviteléhez. Persze ahol szükséges – a sűrűn lakott területeken – ennél lényegesen kisebb cellaméreteket alkalmazva a kiszolgált felhasználók száma meglehetősen növelhető. A rendszer további előnye, hogy nincs szükség konkrét frekvencia kijelölésére: a III., IV. és V. sáv bármelyik üres tartományában képes működni anélkül, hogy zavarná a szomszédos analóg vagy digitális szolgáltatásokat.

A DVB-RCT a következő szabályokra épít:

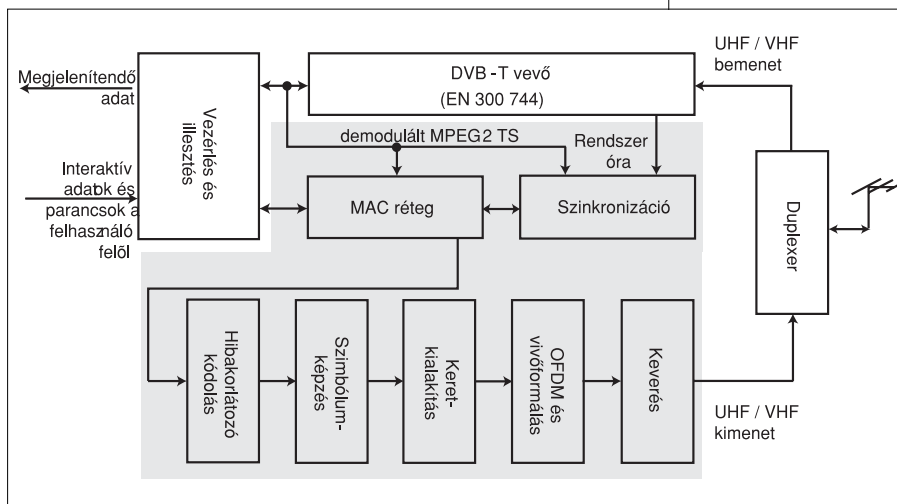
- Annak biztosítása érdekében, hogy minél több felhasználó kapcsolódhasson az interaktív hálózathoz, a VHF és UHF sávú rádiófrekvenciás visszirányú csatorna időben és frekvenciában is fel van osztva.
- A moduláció a földfelszíni csatorna káros hatásainak ellenálló ortogonális frekvenciaosztásos nyálábólás (Orthogonal Frequency Division Multiplex – OFDM).

Az OFDM moduláció az adattovábbítást nem egy vivőn rövid szimbólumidő alatt, hanem sok független vivőn oldja meg.

- A modulációhoz szükséges szigorú frekvencia- és időszinkronizációt a DVB-T adatfolyamba beágyazott információk által a bázisállomás végzi.
- A visszirányú jelek sugárzásához a végberendezés a vevőantennát használja.

A csatornakódolás és moduláció felkeverés és kisugárzás előtti utolsó lépése az OFDM moduláció és a vivőformálás. Az OFDM során a felhasználó számára kiosztott vivőket a megengedett időrésekben a hozzájuk rendelt szimbólumok amplitúdójával és fázisával moduláljuk. Az így modulált vivők esetén a szimbólumközi áthallás vagy védelmi intervallum alkalmazásával, vagy pedig Nyquist-jelformálással küszöbölhető ki.

A DVB-RCT szabványa az átvitelben részt vevő vivők száma és egymástól való távolságuk alapján hat átviteli módot definiál (1. táblázat). A rádiófrekvenciás csatornában névlegesen 1024 vagy 2048 vivő továbbítható. A sávszélesség a vivőtávolságtól és az FFT-mérettől függ. A hat átviteli mód mindegyike – az eltérő sávszélességigényen túl – más-más mértékben védett az idő- és frekvenciabeli pontatlanságokkal és zavarokkal szemben, azonos körülmények között eltérő lefedettséget produkál, valamint más-más maximális mozgási sebességet tesz lehetővé.



1. ábra Az RCT vevőoldali blokkdiagramja

A földfelszíni visszirány esetén használatos felhasználói végberendezést az 1. ábra mutatja.

A **fizikai réteghez** a csatornakódolást és modulációt végző elemek tartoznak. A csatornakódolás első lépése valamilyen hibakorlátozó kódolás alkalmazása. Az RCT szabvány esetén a hibakorlátozó kódolás lehet turbó kódolás vagy Reed-Solomon kódolásból és pontozott konvolúciós kódolásból álló láncolt hibrid kódolás. Mind turbó, mind pedig láncolt hibrid kódolás esetén két kódarány használható: 1/2 vagy 3/4. (Ez azt jelenti, hogy három bejövő adatbithez a kódoló kimenetén hat vagy négy kimenő bit tartozik.)

A kódolóból kilépő bitek a leképezőre kerülnek. A leképezés történhet QPSK, 16-QAM vagy 64-QAM konstelláció szerint, azaz szabadon megválasztható, hogy egyetlen vivő 2, 4 vagy 6 bitnyi információt továbbítson. A kódarány és a leképezés paraméterei felhasználónként változhatnak, sőt adás közben is módosíthatók, ily módon lehetőség van dinamikusan hozzárendelhető adaptív moduláció megvalósítására. Az adaptív moduláció a bitsebesség rugalmas megválasztásán túl lehetőséget nyújt a szomszéd csatornás interferencia korlátozására is. Egy adott cella szélén lévő felhasználó például a legvédelettebb, 1/2 kódarányú és QPSK konstellációjú kódolást használva alacsony kisugárzott teljesítménnyel tud a bázisállomással kapcsolatba lépni. A bázisállomás közelében lévő felhasználók persze használhatnak ennél nagyobb adatsebességet lehetővé tevő modulációs módot is.

A leképezést követi a keretek kialakítása és OFDM-vivőkhöz rendelése. Ezen lépést – bonyolultsága miatt – külön pontban tárgyaljuk.

	1k	2k
Csatornánkénti összes vivő száma	2048	1024
Csatornánkénti hasznos vivők száma	1712	842
szimbólumidő	896 µs	896 µs
vivőtávolság	1116 Hz	1116 Hz
csatorna-sávszélesség	1,911 MHz	0,940 MHz
szimbólumidő	448 µs	448 µs
vivőtávolság	2232 Hz	2232 Hz
csatorna-sávszélesség	3,821 MHz	1,879 MHz
szimbólumidő	224 µs	224 µs
vivőtávolság	4464 Hz	4464 Hz
csatorna-sávszélesség	7,643 MHz	3,759 MHz

1. táblázat A DVB-RCT átviteli módjai 8 MHz-es csatorna-sávszélesség esetén

3. Keretkialakítás

Az RCT rendszerben az egyes végberendezések a bázisállomás által meghatározott vivőkön továbbíthatnak adatokat. A vivőszám szűkös volta azonban szükségessé teszi, hogy a végberendezések a közös vivőket eltérő időintervallumok alatt, jól meghatározott időrésekben vegyék igénybe. Így tehát a visszirányú rendszer mind időben (időrések), mind pedig frekvenciában (vivők) fel van osztva.

Az információt meghatározott struktúrákban, keretekben viszik át. Az átviteli keret két jól elkülönülő részre osztható fel: a működéshez szükséges jelző, angolul ranging információra és a pilotszimbólumokkal kiegészített hasznos adatra. Ez utóbbit nevezik *burststruktúrának*. Az RCT rendszer két átviteli keretet ad meg (lásd 3.2. pont). Az első átviteli keretben a jelző információk

és a burststruktúrák közötti felosztás idő irányú, a második átviteli keretben inkább frekvencia irányú. Ez azt jelenti, hogy az első keret esetén bizonyos időrésekben az összes vivő jelző információt, más időrésekben burststruktúrát továbbít, a második átviteli keret esetén a jelző információ és a burststruktúra átvitele időben párhuzamosan, más-más vivőn történik. Azt, hogy éppen melyik átviteli keretet érdemes használni, sok tényező befolyásolja, többek között a földrajzi adottság, a felhasználók száma, valamint az adatsebesség igénye.

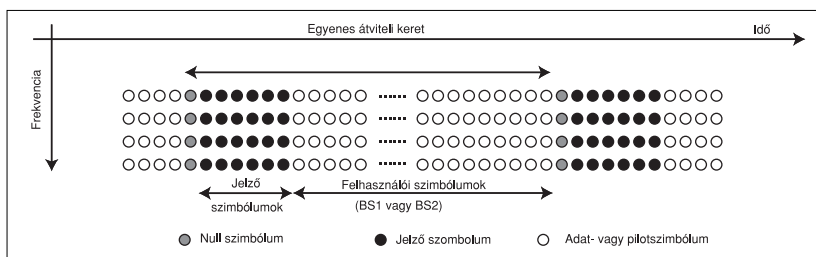
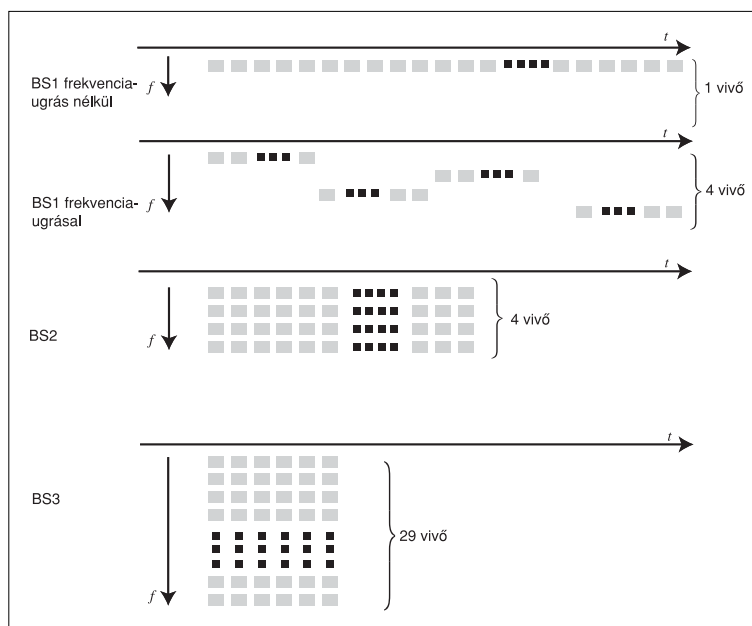
3.1. Burststruktúrák

A végberendezés számára az adóoldalon kiosztott frekvencia- és időrés a *burst*. A kódaránytól és mindenféle egyéb paramétértől függetlenül a burst mindig 144 adatszimbólumból áll, melyek között elszórva pilotvivők találhatók.

A DVB-RCT szabványa három burststruktúrát definiál (2. ábra), melyek különböző frekvencia-időrés kombinációk használatát teszik lehetővé. A burststruktúrák kialakításával tehát befolyásolható a zaj és interferencia elleni védetség, illetve a bitsebesség. A különféle struktúrákhoz különböző számú vivő tartozik. Az egyes burststruktúrák által használt vivők összességét *alcsatornának* nevezzük. A vevőkészülék egyszerre több alcsatornát is igénybe vehet, így az adatsebesség megtehető.

A szimbólumközi áthallás kiküszöbölése céljából a továbbított vivőket vagy védelmi intervallummal kell elválni, vagy pedig Nyquist-szűrésnek kell alávetni. A két esetben a pilot- és adatszimbólumok elrendezése megegyezik egymással, egyetlen különbség, hogy Nyquist-formáláskor a burstot vagy a burstot alkotó miniburstot Nyquist-befutó nyitja, majd Nyquist-kifutó zárja.

2. ábra A különböző burststruktúrák



3. ábra

Az egyes típusú átviteli keret felépítése az időtartományban

Az egyes burststruktúra (BS1) a 144 adat- és 36 pilotszimbólumot általános esetben egyetlen vivőn egymás utáni időrésekben továbbítja. A frekvenciaszelektivitással szembeni jobb védetség érdekében lehetőség van frekvenciaugrás használatára. Ilyenkor a BS1 burstot négy egyforma hosszú miniburstre kell osztani, ezeket pedig különböző vivőkön kell továbbítani, időben egyiket a másik után. Az egyes miniburstökhöz tartozó vivők meghatározását pontos algoritmus végzi.

A kettes burststruktúrában (BS2) a 144 adat- és 36 pilotszimbólumot párhuzamosan négy vivőn továbbítja. Az egyes vivők a továbbítandó információ negyedét hordozzák. Az egy vivőhöz tartozó szimbólumok neve itt is miniburst.

A hármas burststruktúra (BS3) a szimbólumokat 29 vivőből álló alcsatornán viszi át. Az egyes alcsatornákhoz tartozó vivőket szintén jól meghatározott algoritmus alapján jelölik ki.

3.2. Átviteli keretek

A burststruktúrák tehát a szinkronizációt elősegítő pilotvivőkkel kiegészített hasznos adatok felépítését adják meg. Az adó és a vevő megfelelő működéséhez azonban szükség van további információra, amit az úgynevezett jelző szimbólumok hordoznak. (A felhasználói végberendezésnek például jeleznie kell, hogy szeretne a hálózathoz csatlakozni, vagy nagyobb sávszélességre van szüksége stb.) Ezen többletinformációk és a burststruktúrák összességét nevezzük kereteknek. Az RCT rendszer kétféle keretet definiál.

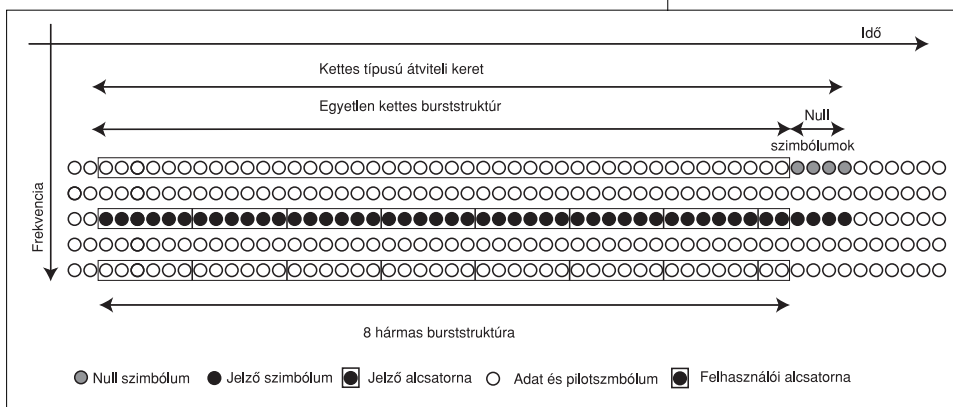
Az első (TF1) felépítését a fenti 3. ábra mutatja. A keret felhasználói része egyébként egy egyes burststruktúrát vagy négy kettes burststruktúrát szállíthat. A burststruktúrákat azonban egy csatornán belül nem szabad keverni.

Amíg a nullszimbólumok és a jelző szimbólumok mindig téglalap formálásúak, addig a felhasználói szimbólumok lehetnek Nyquist-formálásúak is. Ha a felhasználói rész téglalap formálású, a TF1 keretbe ágyazott összes OFDM-szimbólum védelmi intervallumának* meg kell egyeznie.

* Védelmi intervallum = az OFDM-szimbólumok közé beiktatott idő. Egy adott szimbólumhoz tartozó védelmi intervallum úgy áll elő, hogy a szimbólumidő egy jól meghatározott hányadát besűrűjük a szimbólum elé. A szimbólumidő célja a többutas terjedésből, illetve a szinkronizációs pontatlanságokból származó hibák csökkentése.

Ha viszont a felhasználói rész Nyquist-formálását, a null szimbólumra és a beállítási szimbólumra alkalmazott védelmi intervallumnak 1/4-nek kell lennie.

A kettes típusú átviteli keret (TF2) a 4. ábra mutatja. A burstruktúrát több (4 vagy 29), egymástól távol eső vivő továbbítja. A TF2 keretnek minden esetben téglalap formálásának kell lennie, a TF2 keretbe ágyazott OFDM-szimbólumok védelmi intervalluma pedig állandó. A kettes típusú átviteli keretben kettes vagy hármas burstruktúra továbbítható. Kettes struktúra továbbításakor a null szimbólumokat is be kell ültetni annak érdekében, hogy a BS2 időtartama megegyezzen 8 BS3 hosszával.



4. ábra

A kettes típusú átviteli keret felépítése az időtartományban

3.3. Elérhető bitsebesség

Az adatsebességet célszerű a vivőnkénti bitsebességgel megadni. A vivőnkénti bitsebesség számos modulációs és kódolási paramétertől függ, illetve befolyásolja a használt burstruktúra is. A vivőnkénti nettó bitsebesség a következő képlet szerint alakul:

$$\text{Vivőnkénti bitsebesség} = \frac{1}{T_S} \cdot \log_2(M) \cdot R \cdot N_{b_szimb} / N_{tot_szimb} \quad (1)$$

ahol T_S a szimbólumidő, M a moduláció rendje, mely megadja, hogy egyetlen vivő 2 (QPSK), 4 (16-QAM) vagy 6 bitnyi (64-QAM) információt továbbít-e, R a kódarány, N_{b_szimb} a burstönkénti hasznos szimbólumok száma és N_{tot_szimb} a szimbólumok burstruktúrájánkénti száma. Az utóbbi kettő nyilván függ a vivőformálástól is, hiszen Nyquist-formálás esetén egyetlen keret átviteléhez nyolccal több időre van szükség.

Ilyen megfontolások mellett a vivőnkénti bitsebesség 0,587 kbit/s (QPSK, Nyquist-formálás, CS1, BS1 frekvenciaugrással vagy BS2) és 15,001 kbit/s (BS1 vagy BS2, téglalap formálás, 1/32 védelmi intervallum, 64-QAM, 3/4-es kódarány) között változhat.

4. Projektek

Az RCT szabvány létjogosultságának és műszaki teljesítőképességének ellenőrzésére több nemzetközi projekt is alakult.

A bemutatásra kerülő két projekt a korábbi iTTi (interactive Terrestrial TV integration) elnevezésű kezdeményezés eredményeire épít.

4.1. WITNESS –

Wireless Interactive Terrestrial Network System and Service (2000.10.-2003.03.)

A WITNESS célja olyan berendezések és tervező algoritmusok fejlesztése, valamint ellenőrzése, melyek elengedhetetlenül szükségesek a digitális földfelszíni televíziózás visszirányú csatornájának kialakításához. A projekt további célja kiegészítő, vezeték nélküli hálózati technológiák megvalósítása, melyek segítségével

sok felhasználó veheti igénybe a jövőben kialakítandó szolgáltatásokat.

Ezekon kívül a projekt célkitűzései között szerepeltek még: a harmadik generációs mobil rendszerek és az interaktív műsorszóró hálózatok együttműködésének vizsgálata, spektrumtervező eszközök és frekvenciatervek készítése a kiegészítő DVB-UMTS szolgáltatásokhoz, új erőforrás-felügyeleti

rendszerek kialakítása a DVB vezeték nélküli interaktív szolgáltatásai számára, valamint a DVB-T esetén használható, sávon belüli interaktív csatorna szabványosítása.

A kialakított rendszert valós körülmények között vizsgáltuk, méghozzá két különböző földrajzi adottságú területen: a franciaországi Rennes és az írországi Dublin környékén.

Vizsgálatok és eredmények

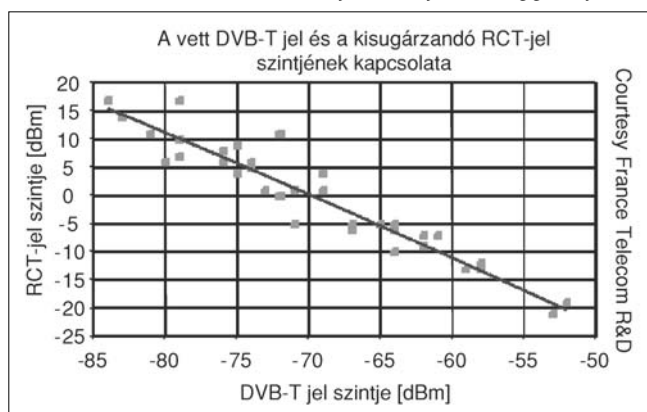
A rennes-i területet a Rennestől 30 kilométerre található Saint Pernből látták el jellel a 61-es UHF csatornán (794 MHz). Az effektív kisugárzott teljesítmény 1 kW volt. A teszteléshez 2k módot, 1/32 védőintervallumot, 2/3-os kódarányt, valamint 16-QAM modulációt választottak, ami 70-80 kilométeres körzetben 16,09 Mbit/s-os adatsebességet tudott biztosítani. Az RCT-jel vételére a szintén Saint Pernben található, tengerszint fölé 160 méteren lévő vevőantennát használták. A visszirány számára az 55-ös UHF-csatornát (746 MHz) jelölték ki.

A dublini terület besugárzása a várostól 10 kilométerre, 450 méteres tengerszint feletti magasságban lévő Three Rock-i adótelephelyről történt. (Ez az adó sugározza az analóg adásokat is.) A tesztadás számára a 26-os UHF-csatornát (513 MHz) jelölték ki, ezen továbbították a 8k módot, 1/32 védelmi intervallumú, 2/3-os kódarányú és 64-QAM modulációjú DVB-T jelet. Ilyen paraméterek mellett az elérhető bitsebesség 24,13 Mbit/s. Az effektív kisugárzott teljesítmény 9 kW volt. A RCT-jel számára a 48-as csatornát (690 MHz) jelölték ki.

A méréseket mérőkocsi segítségével végezték. A mérőkocsi antennarúdja 10 m magasra nyúlt fel, mely megfelel a normál, tetőre szerelt antenna magasságának. A visszirányú jelszintet értelemszerűen az adótelephelynél kellett mérni, azonban az ezen jelre vonatkozó mérési eredmények feldolgozása is a mérőkocsiban történt, mégpedig úgy, hogy a telephelyen mért értékeket a DVB-T adatfolyamba illesztve adatként kisugározták. A mérés számára kifejlesztett alkalmazás aztán a mérőkocsiban a DVB-T jelből kinyerte, majd megjelenítette a számára szükséges adatokat.

Az első méréssorozat célja annak ellenőrzése volt, hogy 30 dBm (1 W) jelszint elegendő-e az RCT-jel megfelelő vételéhez, illetve hogy gyenge RCT-jelet lehet-e nagy teljesítménnyel sugárzó antennák mellett venni. Ehhez első lépésként az adótelephelyről kisugárzott DVB-T jel teljesítményét mérték különböző mérési pozíciókban. Köszönhetően a rennes-i területen használt robusztus módnak, mely mellett a kvázi hibamentes vétel alsó szintjéhez -87 dBm jelszint szükséges, a DVB-T jel 80 kilométeres távolságig megfelelően demodulálható volt. Az eredményeket figyelembe véve a beltéri egység által kialakított RCT-jel megfelelő vételéhez szükséges kisugárzandó teljesítmény az 5. ábrán látható módon alakul.

5. ábra
A kisugárzandó RCT-jel szintje
a vett DVB-T jel szintjének függvényében



Az ábráról leolvasható, hogy azon a 80 kilométeres körzeten belül, ahol a DVB-T jel vétele az előző esetben megfelelő volt, ott az RCT-jel bázisállomás általi megfelelő vételéhez a felhasználói végberendezésnek nem kell a maximálisan megengedett 30 dBm-es jelszintet túllépnie.

A 6. ábra az RCT-jel megfelelő vételéhez szükséges kisugárzandó teljesítményt mutatja a vevőantennától (adótelephelytől) való távolság függvényében.

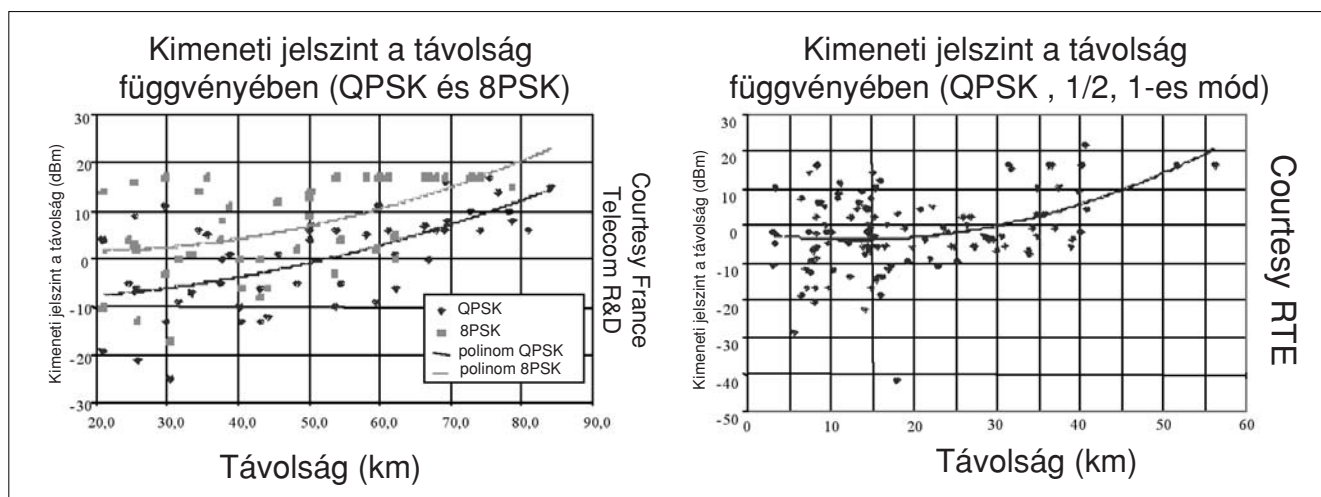
Az RCT-jel szintjére vonatkozó mérésekhez QPSK modulációt, 1/2-es kódarányt és BS1 burststruktúrát használtak, illetve Rennesben kísérleteztek a nem szabványos 8PSK modulációval is. Ez utóbbi kísérlet annak bemutatását célozta, hogy sűrűbb konstellációjú modulációval is biztosítható a megfelelő vétel, azaz a későbbiekben nagyobb adatsebesség is biztosítható lesz.

Az ábrát megfigyelve szembeötlő, hogy a kisugárzandó teljesítmény szórása igen nagy, akár a 30 dBm-es értéket is meghaladhatja. Ez nyilvánvalóan a földfelszíni csatorna terjedési sajátosságainak a következménye. Mindez azonban mindaddig nem okoz gondot, amíg a megengedett kisugárzott teljesítményt nem lépjük túl, hiszen a megfelelő jelszint beállítása nem a felhasználó feladata, hanem azt a végberendezés és az adó együttesen, a jelző szimbólumok segítségével automatikusan elvégzi.

A projekt során kísérleteztek olyan elrendezéssel is, ahol nem kültéri, hanem *beltéri antennát* használtak az RCT-jel kisugárzásához, mégpedig kettőt: egy gömb karakterisztikáját, valamint egy irányított antennát. Ebben a méréssorozatban az RCT-jel vételét szintén két módon oldották meg:

- Az első esetben a DVB-T adót és az RCT-jel vevőjét a France Telecom R&D rennes-i központja közelében felállított bázisállomáson alakították ki. Ez az elrendezés a városi bázisállomások működését szimulálta.
- A második esetben a bázisállomás maradt a saint perni adótelephelyen, a rennes-i központ közelében

6. ábra A kisugárzandó RCT-jel szintje a vevőantennától való távolság függvényében Rennes-ben, illetve Dublinban



pedig nem bázisállomást alakítottak ki, hanem ismétlőállomást (OCR – On-channel Retransmitter). Az ismétlőállomás a vett gyenge RCT-jelet erősítette és sugározta tovább a bázisállomás felé. A vétel és tovább sugárzás ugyanazon a csatornán történt.

A méréssorozat kiemelkedően pozitív eredményekkel zárult. A rennes-i bázisállomás esetén a megfelelő vétel biztosításához egyik mérési pozícióban sem kellett 20 dBm-nél nagyobb jelszinten sugározni. A bázisállomás helyett ismétlőadót használva, mely a jelet 95 dB-lel erősítette, szintén biztosítható volt a megfelelő működés.

4.2. IM4DTTV – MEDEA + EUREKA A203 (Integrated Modem for Digital Terrestrial Television)

A MEDEA+ A203 jelű projekt feladata a jelenlegi DVB-RCT szabvány felülvizsgálata, illetve a szabványt megvalósító, nagyon nagy integráltsági szintű (Very Large Scale Integration – VLSI) megoldások kialakítása, valamint a létrehozott berendezések minden területre kiterjedő mérése. A mérésekhez külön hardveres vizsgálókörnyezetet alakítanak ki.

A projekt résztvevői között megtalálható a világ vezető lapkagyártója, az STMicroelectronics, a multimédia berendezéseket és televíziókészülékeket gyártó Philips és Uni.com, a fejállomáson használatos eszközöket forgalmazó Thales Broadcast&Multimedia, ITIS (mely most már a Harris része), valamint Runcom. A sort az európai műsorszolgáltatók, az RTE és a RAI, a kutatóközpontok (CEA LETI és a France Telecom R&D), és a szoftvermegoldásokat szállító Giunti Ilabs zárják.

A projekt fő célkitűzései a következők:

- A DVB-T szabványon alapuló, gyorsan fejlődő digitális földfelszíni televíziózás interaktív lehetőségekkel történő kiegészítése, ami lehetővé teszi a gyors Internet hozzáférést, interaktív alkalmazások használatát (elektronikus kereskedelem, elektronikus tanulás).
- Az RCT technológián alapuló, olcsó interaktív integrált áramköri vivő- és alapsávi megoldások kialakítása. Az első szakaszban a cél több lapkából álló rendszer megvalósítása, mely lehetővé teszi a szabvány kritikus részeinek vizsgálatát. Második lépésben a feladat a megoldás egyetlen lapkán történő – 130 nm-es technológiára épülő – megvalósítása (system on a chip).
- A kialakított prototípus tesztelése.
- A DVB-RCT rendszer üzemi környezetben történő vizsgálata és ellenőrzése, melyhez vonzó és bonyolult interaktív alkalmazások kifejlesztésén keresztül vezet az út.
- A visszirányú csatorna szabványosítási folyamatának támogatása.

A projekttel kapcsolatban ezidáig csak részeredményekről lehet beszámolni. Röviden a következőket sikerült elérni:

- Elkészült az összes rendszerelem részletes műszaki leírása a funkcionális és fizikai illesztőfelületekkel együtt.
- Szimulációt hoztak létre, mely segítségével a DVB-RCT teljesítőképessége tesztelhető.
- A projektben részt vevő ipari partnerek hozzákezdték a bázisállomások berendezéseit alkotó eszközök kifejlesztéséhez.
- A projektben részt vevő lapkagyártók VHDL-modelleket alakítottak ki.
- FPGA-k segítségével kialakításra kerültek a DVB-RCT modulátor egyes részei.

Összefoglalás

Az ETIK-kutatás keretében nemcsak a DVB-RCT működésével ismerkedtünk meg, hanem elkészítettük a rendszer SIMULINK-szimulációját is, mely ugyan még néhány kiegészítésre szorul, de reményeink szerint rövid időn belül valóban minden paraméter hatásának vizsgálatára alkalmas lesz. Az elkészült szimuláció beépül majd a Híradástechnika főszakirány mérései közé is.

A tanulmányban összefoglaltuk a digitális földfelszíni televíziózás visszirányú csatornájára vonatkozó szabvány fontosabb tudnivalóit, majd kitértünk arra, hogy a közelmúltban és jelenleg milyen európai kezdeményezésű kutatási projektek folytak, illetve folynak ezen a területen.

A teljesség kedvéért meg kell azonban említeni, hogy a cikk írásának időpontjában a szerzőnek csupán egyetlen olyan cégről volt tudomása, mely földfelszíni visszirányt biztosítani képes berendezést gyárt. Ez a cég az izraeli illetőségű Runcom Technologies. Azonban elég valószínű, hogy a digitális földfelszíni televíziózásra történő áttérés előrehaladtával párhuzamosan, az igények növekedésével egyidejűleg több gyártó is beszáll majd a felhasználókért folyó versenybe.

Irodalom

- [1] ETSI EN 301 958 – Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Digital Terrestrial Television (RCT) incorporating Multiple Access OFDM.
- [2] G. Faria, F. Scalise, „A standard for interactive DVB-T”, IBC Conference, Amsterdam, September 2001
- [3] G. Faria, „DVB-RCT: The Missing Link for Digital Terrestrial TV”, <http://www.broadcastpapers.com/tvtran/HarrisDVBRCMissingLink01.htm>

MPEG-4 alapú átvitel megvalósítása a DVB-T technikában

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

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

Reviewed

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

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

1. Bevezetés

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

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

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

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

2. MPEG-4 alapú kutatás és kodek-fejlesztés

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

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

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

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

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

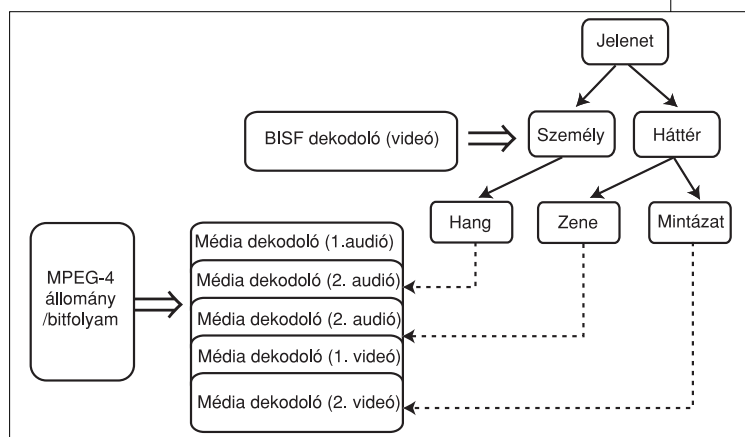
goritmusokkal ellentétben az időbeli redundancia kihasználására is a wavelet transzformációt alkalmazzuk. Az együtttható rendezésre az *általunk módosított* SPIHT algoritmus 3 dimenziós változatát használjuk. Ezek a megoldások az MPEG-4 videó tömörítési szabványhoz könnyen illeszthetők.

3. BIFS-szolgáltatás

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

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

1. ábra Multimédia-jelenet hierarchikus struktúrája



A BIFS struktúrája és funkciója

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

Rövidítések

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

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

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

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

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

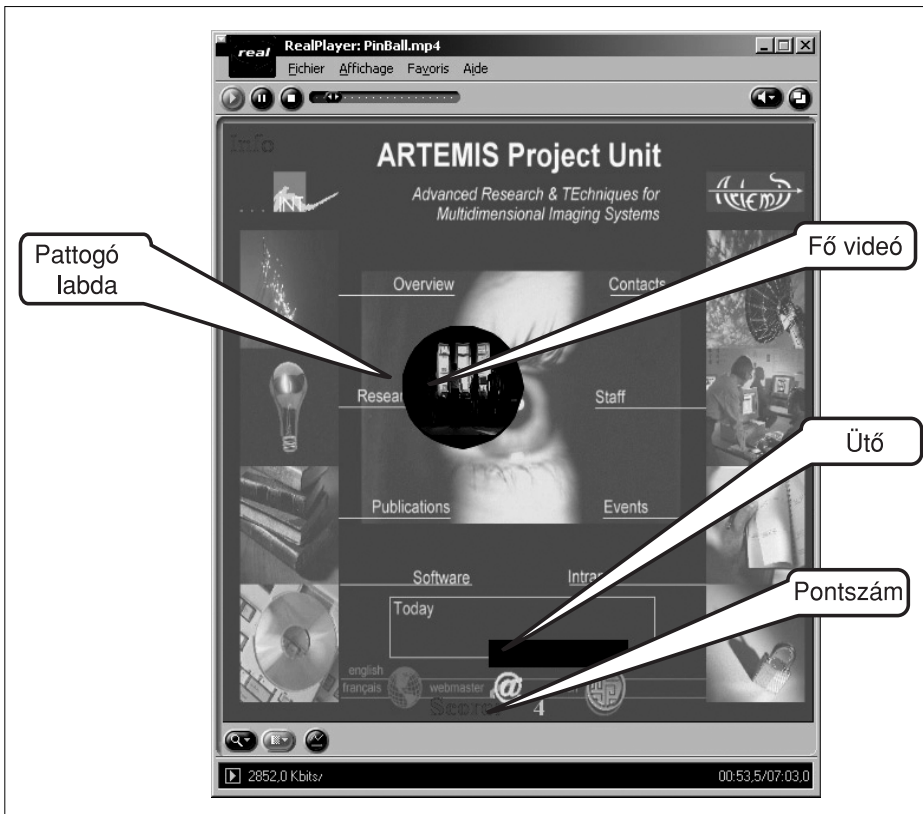
4. Illesztések

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

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

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

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



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

MPEG-4 tartalom beillesztése MPEG-2 bitfolyamba

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

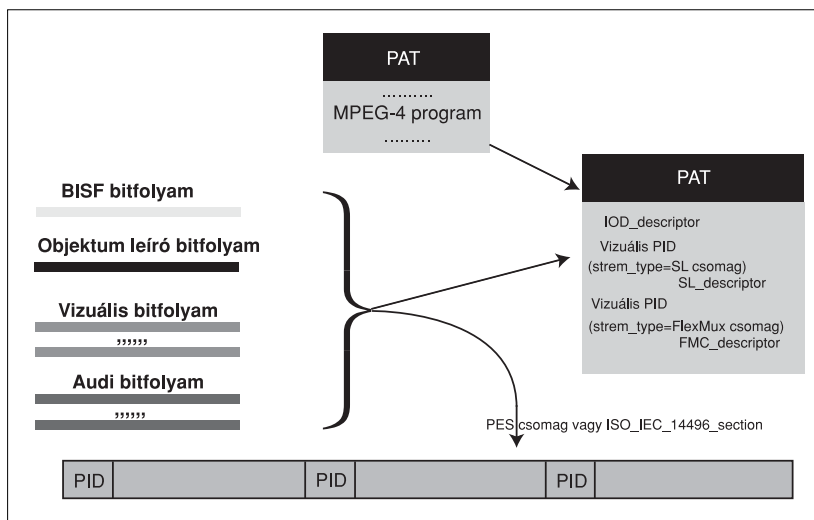
1. Bitfolyam alapú: az MPEG-4 hang- és kép-adatokat egyszerűen hozzáadjuk az MPEG-2 jelfolyamhoz, mint közönséges MPEG-2 média bitfolyamokat. A PMT táblán, a társított műsor bejegyzésén egy új jelfolyam-típus értéket vezetünk be (e paraméter a média bitfolyam jellegét határozza meg), ily módon jelezve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

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

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

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

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



3. ábra Jelenet alapú beillesztés

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

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

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

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

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

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

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

Rádiófrekvenciás hatásvizsgálatok

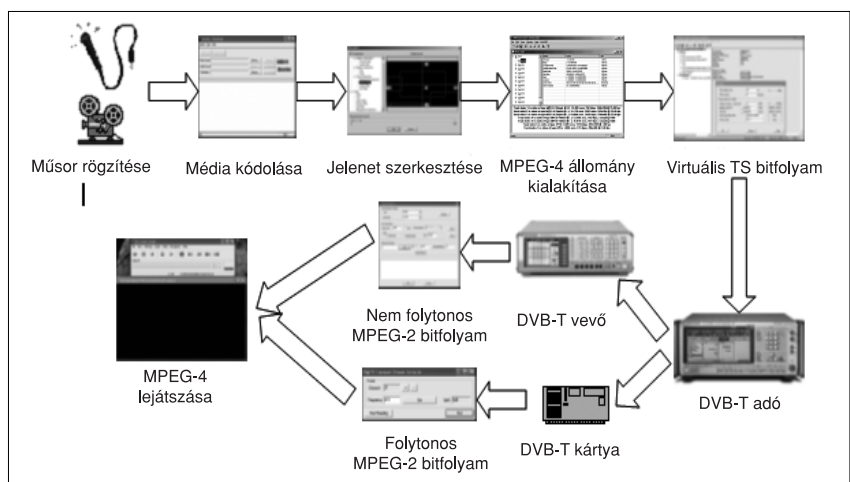
Az MPEG-2 és MPEG-4 alapú képtovábbítás közötti különbségek rendszer-szintű vizsgálatának egyik leghatékonyabb módja ugyanazon zavaró körülmények között mutatott viselkedésük összevetése. E célból tervezzük RF-hatásvizsgálatok végrehajtását, melyek célja a DVB-T átviteli közeg különféle zavarása (hozzáadott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

5. Összefoglalás

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

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

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



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

Irodalom

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

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

Hírek

Olaszország megerősíti a DTT set-top-box támogatást

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

Digitális lendület Kelet-Európában

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

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

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

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

Mérőszolgálat a frekvenciák védelmében

Korszerű eljárások és módszerek a Nemzeti Hírközlési Hatóság gyakorlatában

TOMKA PÉTER

Nemzeti Hírközlési Hatóság

tomka@hif.hu

Kulcsszavak: frekvenciagazdálkodás, rádió-iránymérés, frekvencia-zavarforrások, védettségi szint, nemzetközi előírások

A frekvenciagazdálkodás hatósági eljárásait és követelményeit, a frekvenciák felosztásának és használatának szabályait, valamint az ellenőrzés módszereit jogszabályok rögzítik. A hírközlés védelme, a frekvenciahasználat hatékonysága és káros zavaroktól való mentessége, valamint az elektromágneses összeférhetőség (EMC) biztosítása céljából a Nemzeti Hírközlési Hatóság rádiómérő és rádió-zavarelhárító szolgálatot működtet. Az alábbiakban a szolgálat feladatairól, működési jellemzőiről, a méréseknek a frekvenciagazdálkodásban betöltött szerepéről és az alkalmazott mérési módszerekről kap tájékoztatást az olvasó.

1. Bevezetés

Amikor Marconi 1896-ban elkészítette az első drótnélküli távíró készülékét, amely a „kisugárzott villamosság” által, azaz az elektromágneses hullámok keltésével alkalmassá vált az információ továbbítására, valószínűleg már tudatában volt, hogy találmánya, gazdasági és társadalmi szempontból is rendkívüli jelentőségű. Képzeteiben minden bizonnyal már látta a hatalmas adó antennákat, melyek a világ különböző tájain sorra felépülnek majd az elektromágneses hullámok kisugárzásával, földrészek távolságait is leküzdik és a fejlődés mozgatóivá válnak. Bármekkora is volt azonban a drótnélküli hírközlés fejlődésébe vetett hite és bármilyen nagy látnoki képességekkel is rendelkezett valószínűleg nem tudta még elképzelni a napjainkra kifejlődött rádió-távközlési képességeket és sokszínűséget. Azt azonban már neki is érzékelnie kellett, hogy a rádiózásban rejlő előnyöket és képességeket szigorú, világmértekekben betartandó szabályok mentén lehet csak hatékonyan kiaknázni.

A 20. század elején nagy lendülettel fejlődésnek indult rádiózás jelszavát, miszerint a cél a minél nagyobb teljesítményű adók létrehozásával a minél nagyobb vételi távolság elérése, ugyanis rövidesen módosítani kellett. Már a rádiófrekvencia használatának e korai szakaszában kiderült, hogy a frekvencia készlet véges és a teljesítmények korlátlanul nem növelhetők, mert az adók egymást zavarhatják. A vételkörzet hátára nem csak a venni kívánt adás teljesítményétől függ, befolyással van arra az azonos, vagy közeli frekvencián működő többi adás térerőssége is. Rá kellett jönnie a szakembereknek, hogy a széleskörű alkalmazás csak szabályok mentén született megegyezésekkel biztosítható. A rádiófrekvenciák használatának lehetősége az államok nemzeti érdeke, a használható frekvenciakészlet nemzeti kincs.

Napjainkban, amikor a rádióspektrum szinte teljes egészében kiosztásra került, még inkább érvényes a

fenti megállapítás. Olyan kincssel rendelkezünk, melynek felhasználásával gazdálkodnunk kell, értéke – a legszélesebb körű hozzáférés biztosítása mellett – védelemre szorul, amely csak a nemzetközi és nemzeti szabályok megalkotásával, betartásával lehetséges.

A frekvenciagazdálkodás nemzetközi alapelveit és a frekvenciák nemzetközi felosztását a Nemzetközi Távközlési Unió rádiós tagozata (ITU-R) által kiadott Rádió Szabályzat tartalmazza. A tagállamok nemzetközi szervezetekben, munkacsoportokban hangolják össze érdekeiket, alakítják ki eljárási rendjeiket, módszereiket.

A nemzetközi megállapodások és ajánlások figyelembe vételével a nemzeti követelményeket és eljárási rendet jogszabályok rögzítik. Hazánkban a frekvencia-készlet védelmét, a vétel zavartalanságát – a „Posta Zavarszűrő Szolgálat” életre hívásával – már 1938-ban törvény biztosította.

Napjainkban a 2003. évi C. törvény az elektronikus hírközlésről, többek között az alábbiakról rendelkezik:

„11.§ (3) A frekvenciagazdálkodó hatóságok kötelesek a frekvenciahasználattal kapcsolatos nemzeti, illetve nemzetközi megállapodásokon alapuló nemzetközi rádiómegfigyelést, ellenőrzést, felderítést, zavarvizsgálati és zavarelhárítási tevékenységet végezni, amelynek során jogosultak a rádióadások műszaki-forgalmi megfigyelésére és azok rögzítésére, jogszabályban meghatározott feltételek szerint.

(4) A hírközlés védelme, a frekvenciahasználat hatékonysága és káros zavaroktól való mentessége, valamint az elektromágneses összeférhetőség (EMC) biztosítása céljából a frekvenciagazdálkodó hatóságoknak saját rádiómérő és rádió-zavarelhárító szolgálatot kell fenntartaniuk.”

A rádiómérő és rádió-zavarelhárító szolgálat (továbbiakban: rádió-mérőszolgálat) működését már a korábbi jogszabályokban is hasonlóan rögzítették, ezért az 1998-ban kormányhatározatban közzétett Hírközlés Po-

litika irányelvei alapján a hírközlési hatóság átfogó fejlesztési koncepciót és tervet dolgozott ki a mérőszolgálat korszerűsítésére. A SIMON projekt keretében 2002. februárjától 2005. márciusáig terjedő időszakban a nemzetközi gyakorlat példáit követő, a nemzeti érdekeket kiszolgáló mérőszolgálati rendszer létrehozására kerül sor. A rendszer lényegi és meghatározó részét képező fix állomásokból álló, integrált spektrum-monitoring alrendszer a projekt első ütemében már elkészült, és 2003. szeptember 1-től üzemszerűen működik. Az ország 15 kiépített helyén telepített mérő-iránymeghatározó állomások a monitoring központból távkezelten vizsgálják a frekvenciahasználat paramétereit.

A következőkben a rádió-mérőszolgálati rendszer működési jellemzőiről, a méréseknek a frekvenciagazdálkodásban betöltött szerepéről, és az alkalmazott mérési módszerekről kap tájékoztatást az olvasó.

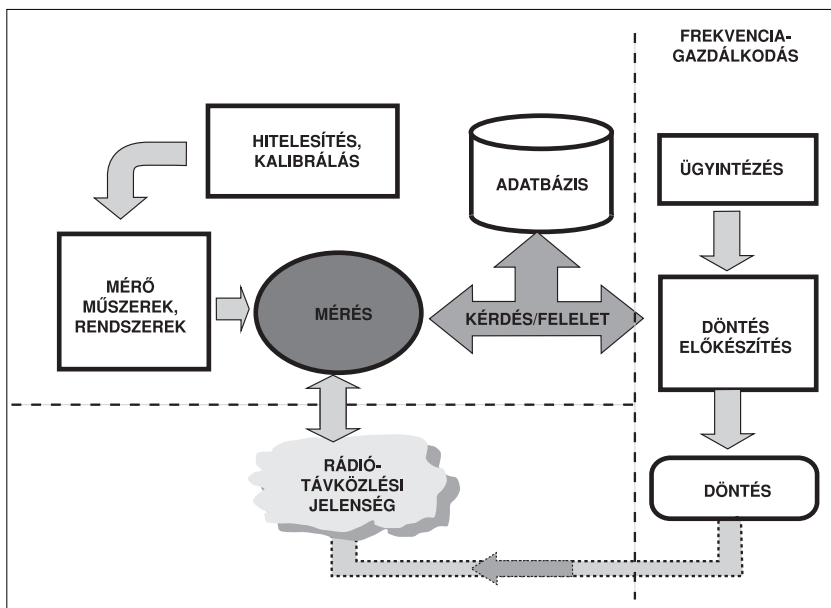
2. A mérés szerepe a frekvenciagazdálkodásban

A mérések a frekvenciagazdálkodáshoz általában kérdés-felelet formában kapcsolódnak. A méréssel mindig egy (feltett, vagy még fel nem tett, de feltehető) kérdésre keressük a választ. Hatékonyasága a válaszadás gyorsaságával egyenesen arányos, következésképpen akkor a leghatékonyabb, amikor a kérdés feltevésekor azonnal válaszol, vagy amikor a feltevés előtt már rendelkezik a válaszadásra alkalmas adatokkal. A frekvenciagazdálkodási kérdések köre mindig a frekvencia használatára vonatkozik, a tervezés, a szabályzás és az engedélyezés döntéshozatalát megelőző szakaszában.

A mérőszolgálati rendszernek tehát olyan felépítésűnek kell lennie, hogy a spektrum folyamatos mérése, monitorozása által rendelkezzen egy „élő adatbázissal”, amely az azonnali válaszadás forrása.

1. ábra

A mérés szerepe a frekvenciagazdálkodási folyamatban



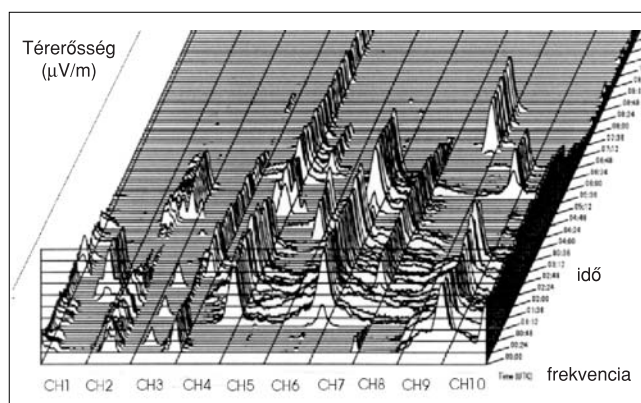
Az 1. ábra szemléletesen mutatja be az együttműködés rendszerét, melyben helyet kap a frekvenciagazdálkodási folyamathoz integrált mérési tevékenység a hitelesített mérőeszközökkel és az adatbázis. A rendszer adatokat szolgáltat a döntéshozó számára és visszacsatolást biztosít a mérési eredmények adatbázisba helyezésével. A folyamatos megfigyelés egyúttal hatékony felügyelet is, a megfelelőség biztosítása, a jogszabályoknak való érvényszerzés, a hatósági szándékok érvényesítése érdekében.

2.1. Mérési feladatok értelmezése

A frekvenciagazdálkodási cél elérésére és annak megállapítására, hogy ennek érdekében milyen mérési feladatok végrehajtására van szükség, vegyük szemügyre a 2. ábrát. Itt a valóság egy kiragadott időszakában (00.00 órától 11.00 óráig, 24 percenként vett mérési mintavétel alapján) láthatjuk tíz, egymás mellett kijelölt frekvencia (csatorna) kihasználását, mindazokkal a jellemzőkkel, melyek meghatározzák az alkalmazott rádió-távközlő berendezések működését és szerepet játszhatnak az összeférhetetlenség (zavartatás) létrejöttében.

2. ábra

„Pillanattfelvétel” a frekvenciák használatáról



A rádiófrekvenciás tartományt a Nemzetközi Rádiószabályzat (RR) és ezzel összhangban Magyarországon a Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázata (FNFT) a 9 kHz–275 GHz közötti tartományban felosztotta. Az FNFT-ben meghatározzák a rádiószolgálatok fő jellemzőit, a felhasználható frekvenciasávokat (frekvenciákat), a rádióberendezések műszaki jellemzőit, a tervezési módszereket és a működési, üzemeltetési, forgalmi, valamint egyéb feltételeket.

A 2. ábrán bemutatott kép csak töredékét tudja demonstrálni az időben és térben folyamatosan változó, a felosztott frekvenciakészlet különböző értékein eltérő jellemzőkkel rendelkező rádiószolgálatok működési tulajdonságainak, de betekintést ad a tárgykör értelmezésébe.

Ha figyelembe vesszük még, hogy a rendeltetés-szerű használat mellett törvényszerűen előfordulnak véletlen vagy szándékos rendellenességek, az engedélyezettől eltérő vagy engedély nélküli sugárzások, amelyek zavartatásokhoz vezetnek, belátható, hogy milyen bonyolult szabályozási és felügyeleti feladatok megoldása szükséges a rádiótávközlés biztonságos működéséhez.

Vizsgáljuk meg közelebbről is a 2. ábrán látható mérési eredményeket. Ha az egyik csatorna kijelölt frekvenciáján működő rádióállomás kisugárzott térerősség-frekvencia karakterisztikáját külön megrajzoljuk, megállapíthatók a legfontosabb frekvenciagazdálkodási alapadatok, melyeket a 3. ábra szemléltet:

- az adás által elfoglalt sáv közepes frekvenciája, a kijelölt frekvenciától való eltérés,
- az adás által elfoglalt sáv szélesség,
- az adás kijelölt sávon kívüli, káros kisugárzásai (szomszédos csatornában, felharmonikus vagy egyéb mellék hullámokon),
- az adás vételi szintje, térerőssége, vagy teljesítménysűrűsége.

A frekvenciagazdálkodási kérdéskör azonban kiterjed a sáv forgalmi adataira is annak érdekében, hogy valamennyi felhasználási igény kielégíthető, a frekvenciahasználat pedig optimális legyen. A 2. ábra elemzésekor látható az is, hogy az egyes csatornák kihasználtsága az idő függvényében nem azonos. A 4. csatornában szinte folyamatos az adás, míg a 2.-ban, vagy a 8.-ban csekély a forgalom. Ha az adások térerősség-idő diagramját vizsgáljuk, akkor képet kaphatunk a kihasználtságról és a forgalmas időszakokról, eldönthető lesz egy esetleges új igény engedélyezése.

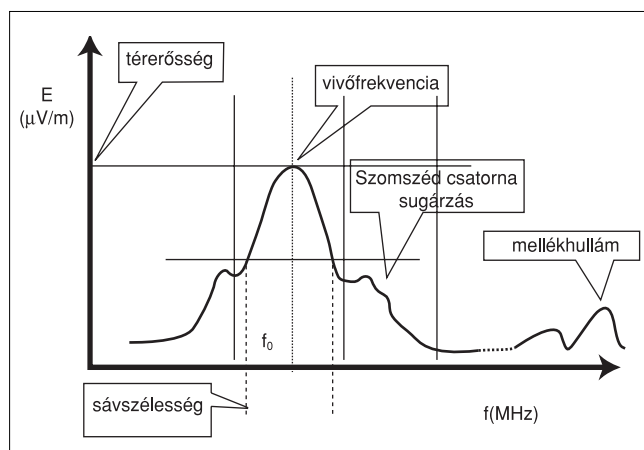
A frekvenciagazdálkodást szolgáló mérések feladata az adások által kisugárzott jelek folyamatos analízise, monitorozása. A mérési módszerek és felhasznált mérő eszközök és rendszerek – éppen ezért – elsősorban a térből vett jelek vizsgálatára hivatottak.

2.2. A rádió-mérőszolgálati rendszer

A frekvenciagazdálkodási hatóságok rádió-mérőszolgálati rendszereinek működési elvei nemzetközi szinten

3. ábra

Egy rádióadás térerősség-frekvencia karakterisztikája



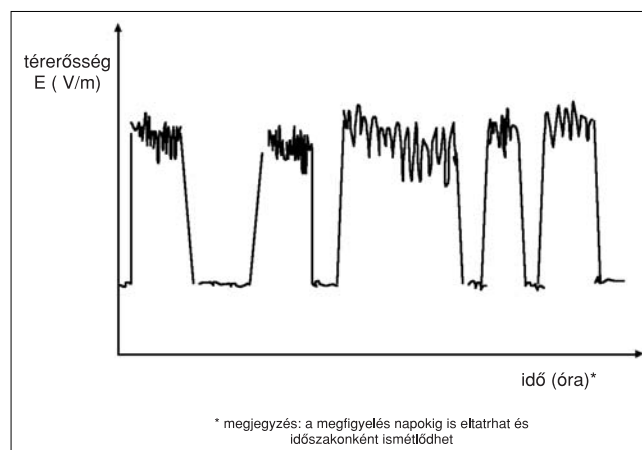
összehangoltak és szabályozottak. Míg az egyes országok államigazgatási felépítése, az eljáró hatóságok (igazgatások) szervezete akár sokban is különbözhet egymástól, addig mérőszolgálati eljárások szoros összhangot mutatnak és az alkalmazott módszerek lényegében megegyeznek egymással. Az államok és az aktívan működő nemzetközi szervezetek – mint az ITU, vagy a CEPT –, ugyanis fontosnak ítélik a frekvenciahasználat egységes szabályozását, ezen belül különösen az elektromágneses összeférhetőség biztosítását.

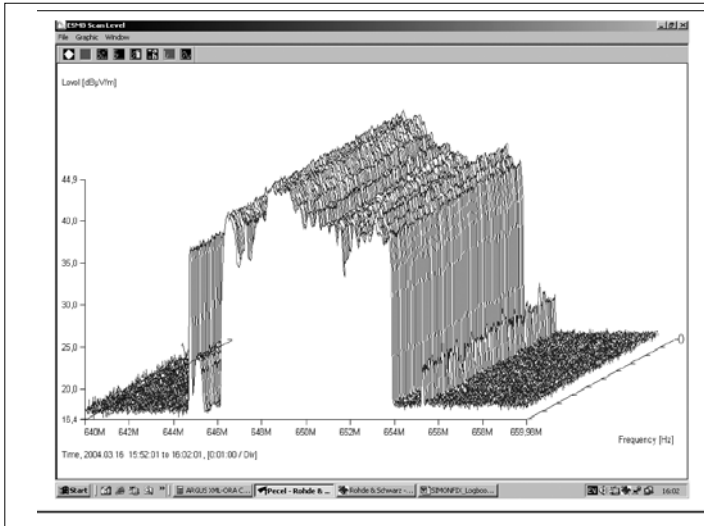
A rádió-mérőszolgálat nemzeti és nemzetközi feladatai, fő funkciói a következőkre terjednek ki:

- a) Felügyelnie kell az elektromágneses spektrum be rendezéseinek megfelelőségét a frekvenciahasználat és az EMC paraméterek vonatkozásában.
- b) Fel kell tárnia az elektromágneses spektrumban fellépő zavarokat, összeférhetetlenségi (EMC) problémákat és intézkednie kell azok elhárítására – jelentkezzenek akár helyi, regionális vagy világméretben –, annak érdekében, hogy a rádiószolgálatok és a rádióállomások rendeltetésüknek megfelelően működhessenek.
- c) Biztosítani kell a rádió és televízió vételi lehetőségeinek zavartalanságát.
- d) Megfigyelési adatokat kell szolgáltatnia a spektrumgazdálkodási eljárásokhoz, a tényleges frekvenciafelhasználásáról a sávok foglaltságára vonatkozó adatokkal, ellenőriznie kell továbbá a rádióállomások és szolgáltatások ellátottsági mutatóit valamint a kisugárzott jelek műszaki és üzemviteli jellemzőit.
- e) Fel kell derítenie az illegális, illetve az engedélyezettől eltérő berendezés-, vagy frekvenciahasználatot, és intézkednie kell annak megszüntetéséről.
- f) Az ellenőrzési és megfigyelési adatokból létre kell hoznia és naprakészen kell tartania egy mérési adatbázist, amely a frekvenciagazdálkodás számára mindenkor elérhető.
- g) A nemzetközi együttműködés keretében, értékelhető megfigyelési adatokkal kell szolgálnia az olyan programok számára, amelyeket az ITU-R, vagy a CEPT szervez abból a célból, hogy

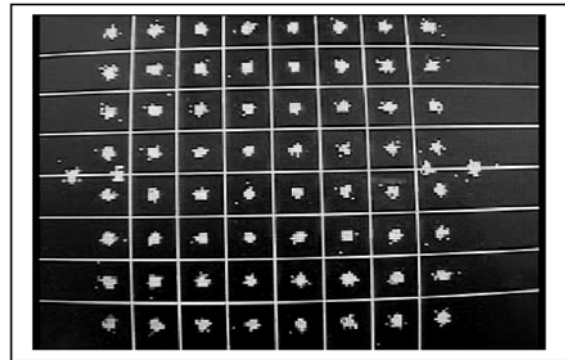
4. ábra

Egy rádióadás térerősség-idő karakterisztikája





5. ábra
DVB-T adás frekvencia-idő alapú
amplitúdó-karakterisztikája és a hozzá tartozó
fázis alapú konstellációs diagram



- jelentéseket készítsenek elő a rádiótávközlési konferenciák számára,
- segítséget nyújtsanak az igazgatásoknak a káros zavarok elhárításában,
- segítsék az igazgatásokat szabad frekvenciák megtalálásában.

A mérőszolgálati eljárások a méréstechnika speciális területét foglalják magukba.

Az alkalmazott módszerek, a térből vett jelek analízisére, a térerősség eloszlás vizsgálatára, a berendezéssparaméterek mérésére, a zavarforrások behatárolására, irány- és helymeghatározásra terjednek ki. Eszközei a fixen telepített, vagy gépjárműben elhelyezett mérőállomások, a laboratóriumi mérőrendszerek, valamint a speciális kézi műszerek lehetnek.

• Rádió-megfigyelés (spektrum monitoring)

A frekvenciahasználat paramétereinek ellenőrzésére szolgáló rádiómérő szolgálati eljárás, amelynél a hírközlési hatóság állandó helyre vagy mozgó gépjárműbe telepített mérőállomások segítségével, a térbe kisugárzott jelek folyamatos, vagy kellően hosszú ideig tartó vételével, megfigyeli és méri a rádióállomások, vagy nagyfrekvenciás jelforrások jellemzőit.

• Rádióellenőrzés

A frekvenciahasználat paramétereinek megállapítására szolgáló rádiómérő szolgálati eljárás, amelynél a hírközlési hatóság, az engedélyezett rádióállomások műszaki jellemzőit azok telephelyén, a rádióengedélynek való megfelelés ellenőrzése céljából méri.

• Rádiófelderítés

Ismeretlen eredetű, engedély nélküli, vagy zavart okozó rádióadások, vagy nagyfrekvenciás jelek forrásának behatárolására szolgáló rádiómérő szolgálati eljárás, amelynél a hírközlési hatóság állandó helyre, vagy mozgó gépjárműre telepített, illetve kézben hordozott iránymérő berendezések segítségével megállapítja a rádióállomások telepítési helyét.

• Rádió-zavarvizsgálat

Bejelentésre, vagy saját hatáskörben indított rádiómérő és zavarelhárító szolgálati tevékenység, amely-

nél a hírközlési hatóság a külső eredetű műsorvételi, vagy egyéb rádiótávközlési zavarok kivizsgálása és elhárítása, illetve az elektromágneses összeférhetőségi (EMC) problémák megoldása érdekében szükség szerint rádiómegfigyelést, rádióellenőrzést, és rádiófelderítést végez, különös tekintettel azokra a rádió berendezésekre és nagyfrekvenciás jelet vagy mellékhatást keltő készülékekre, amelyek potenciálisan a zavar, illetve az összeférhetetlenség okai lehetnek.

3. Mérési elvek és módszerek

3.1. Mérési elvek

A 2. ábra elemzéséből láthattuk, hogy a kisugárzott jelek paramétereinek elemzésére az idő és frekvencia tartományban egyaránt lehetőségünk van. A *frekvencia-tartománybeli megjelenítés* különösen alkalmas a frekvencia-pontosság és az elfoglalt sáv szélesség megállapítására, valamint az interferenciák, harmonikus termékek és véletlen zavarok megfigyelésére. Ezen kívül a különböző modulációk spektrumképe néha lehetővé teszi a modulációs típus azonosítását is. Az *időtartománybeli előállítás* alkalmas a csatorna foglaltsági mértékének meghatározására és segít megállapítani a térerősség időfüggését. Különösen a digitális rendszereknél segíti az időtartomány a burst, a semleges állapot ideje, vagy az elfoglalt időrések számának mérését.

A digitális adások vizsgálatánál azonban valamilyen jellemző megállapításához szükség van a *fázis-tartomány vizsgálatára* is.

A legtöbb digitális rádiótávközlési rendszer ugyanis fázis- (PSK, QPSK stb.), vagy egyszerre fázis- és amplitúdó-modulált (QAM). Ez utóbbiakat „konstellációs” diagrammon jelenítjük meg. A vektor hossza az origótól a konstellációs diagramm egyes pontjaiig képviseli a jel amplitúdóját, míg ezen vektor +X tengellyel bezárt szöge adja a fázist. A jellel fázisban lévő összetevő (az I-jel) az X-tengely mentén van feltüntetve, míg a kvadrátúra összetevő (Q-jel) az Y-tengelyen. A jel fázistartományának vizsgálatára vektoranalizátorokat használnak.

Egy tipikus megjelenítéshez az analízátort szinkronizálni kell a jellel. Ennek biztosítására a jel típusát, vagy legalábbis a szimbólum arányát ismerni kell.

Az egyszerű esetekben, amikor a modulációs mód és a kódoló rendszer ismert, az analízist valós időben lehet elvégezni. A modern vektoranalizátorok képesek a jel bináris szekvenciájának vagy a dekódolt információ karaktereinek az előállítására. Azonban a bonyolultabb modulációs módok esetében és akkor, ha sem a modulációs mód, sem pedig a kódolás nem ismert a vétel időpontjában, akkor a vétel után jelfeldolgozásra van szükség. Az 5. ábrán (lásd előző oldalt, fent) arra láthatunk példát, hogy bizonyos esetekben, különösen a digitális adások elemzésénél, a három leírási mód együttes alkalmazása adhat csak egyértelmű képet a sugárzási jellemzőkről.

3.2. Frekvenciamérés

A hagyományos frekvenciamérés során egy ismeretlen frekvenciát egy ismert referencia-frekvenciával hasonlítunk össze. A referencia-frekvencia származhat a mérőműszerbe épített referencia oszcillátorból, de a pontosság növelése érdekében kívánatos külső frekvencia alapot használni. (Ilyen megoldás lehet például a rubidium etalon, vagy az egyre inkább elterjedő GPS szinkronizálású referencia.)

1. táblázat

Frekvenciamérési módszerek alkalmazási lehetősége különböző adásmódok esetében

ADÁSMÓDOK	BF	OF	DL	FC	FD	PR	SSA	IFM	FFT
Folyamatos vivő (N0N)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Morse táviró (A1x)	X	X	X		X		X	X	X
Morse táviró (A2x; H2x)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Radiotáviró (F1B; F7B)	X	X	X		X		X	X	X
Facsimile (F1C)	X	X	X		X		X	X	X
Műsorszórás és rádiótelefon (A3E)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Műsorszórás és rádiótelefon (H3E; R3E; B3E)	X	X	X		X	X	X	X	X
Műsorszórás és rádiótelefon (F3E)				X	X		X	X	X
Rádiótelefon (J3E)							X		X
Digitális műsorszórás (COFDM)							X		X
Analog televízió műsorszórás (C3F)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Radiorelé rendszer (F8E)				X			X	X	X
Radar (P0N)					X		X	X	X
Cordless telefon (F1D, F2x, F3E, G3E)							X	X	X
Pont-Multipont TDMA rendszer							X	X	X
GSM rendszer							X	X	X

2. táblázat A frekvenciamérés minimális követelményei

jellemző	minimális követelmény
A kijelzés felbontása	< 1 Hz
Mérési sávzélesség maximuma	≥ 250 kHz
A frekvencia mérés pontossága CW jelen (ha a mérési időtartam: 200 ms)	≤ 1 Hz ± (vételi frekvenciának és a referencia alap pontosságának szorzata), vagy ≤ 1 Hz, rubidium, vagy GPS szinkronizálású frekvencia referenciával
A frekvencia mérés pontossága A3E jelen (ha a mérési időtartam 200 ms)	≤ 1.5 Hz ± (vételi frekvenciának és a referencia alap pontosságának szorzata), vagy ≤ 1.5 Hz, rubidium, vagy GPS szinkronizálású frekvencia referenciával
A frekvencia mérés pontossága F3E jelen (ha a mérési időtartam 200 ms)	≤ (2 Hz * Δf/fm) ± (vételi frekvenciának és a referencia alap pontosságának szorzata), vagy ≤ (2 Hz * Δf/fm), rubidium, vagy GPS szinkronizálású frekvencia referenciával

Megjegyzés: Δf/fm = a frekvencia löket és a moduláló frekvencia hányadosa

A hagyományos frekvencia mérési módszerek:

- offset frekvenciás,
- Lissajous-görbés,
- frekvencia számláló módszer,
- frekvencia diszkriminátor módszer,
- fázis feljegyző módszer,
- spektrum analízáló módszer.

DSP alapú módszerek:

- pillanatnyi frekvencia mérési módszer (IFM),
- gyors Fourier-transzformációs (FFT) módszer.

A DSP, azaz a digitális jelfeldolgozás technológiája, valamint az ezeket alkalmazó IFM és FFT analízátorok jelentős változásokat eredményeztek. A rádió-mérőszolgálati gyakorlatban a frekvenciamérést általában, a vizsgált adótól távol lévő monitor állomáson elhelyezett távkezelte vevő segítségével végzik. A mérési módszer megválasztásánál figyelembe kell venni az adásmódok jellemzőit és azt a tényt, hogy a vizsgált adó üzemszerűen működik és modulációja folyamatosan változik.

Az 1. táblázat a leggyakoribb adásmódok méréséhez ajánlott módszereket, a 2. táblázat pedig a minimális követelményeket rögzíti.

A sweep-hangolású spektrumanalizátoros módszer, tipikus példája a frekvencia alapú jelvizsgálatnak. Ennél egy spektrumanalizátorral mérjük a jelet, melynek frekvenciáját egy frekvencia-standardból származtatjuk. Ez a módszer főleg digitális modulált jelek (példákon a DVB-T adás) frekvenciájának meghatározására használható.

A vivőfrekvencia közepes értéke a jel elfoglalt sávzélességének alsó- és felső frekvencia értékeiből származtatható, melyet természetesen a korszerű mérőeszköz közvetlenül kijelez.

A pillanatnyi frekvenciát mérő módszer (IFM) digitális vevőket használ és jelfeldolgozó (DSP) modulokat alkalmaz. A monitoring állomáson igen pontosan és gyorsan lehet az adások frekvenciáit megállapítani. Lehetőség van egy másodpercnél rövidebb (pl. 200 ms) idő alatt mérési eredményt előállítani. A mérési idő meghatározásánál a következőket kell figyelembe venni:

- TDMA adások esetén a minta méret legyen kompatibilis az elemi burstökkel, azaz például 500 μs a GSM esetén, ahol az elemi burst 577 μs. Szinkronizálást is kell használni, elkerülendő a különböző jelek burstjeinek átlapolását.

- A minta-méreteknak kompatibilisnek kell lenniük a monitor-állomásokon végzett más mérésekkel is. A digitális jelfeldolgozást (DSP) előnyösen lehet használni arra is, hogy a jel egyetlen mintáján mérjünk meg mindent, ez alapvető igény akkor, amikor burst-öt és TDMA jeleket mérünk. A jelminták lehetővé kell, hogy tegyék az off-line analízist egy vektor-analizátor segítségével.
- A minta-méreteket úgy kell tervezni, hogy biztosítsák az adók megfelelőség-mérésénél a gyors kiértékelést.

Rövid mintákat kell választani,

- hogy a pillanatnyi közepes frekvencia meghatározható legyen;
- hogy elkerüljük a középfrekvencia driftjének átlagolódását, a rövid minta és a gyakori visszatérés egy csatornára lehetővé teszi az adó stabilitásának vizsgálatát is;
- hogy ne kelljen ésszerűtlenül nagy méretű memóriát használni. A tradicionális szélessávú analóg jelek (pl. tévé) mérésénél keskenysávú szűrőt használunk a vivőfrekvencián és a segédvívőkön.

Nagyobb jelminták használhatók

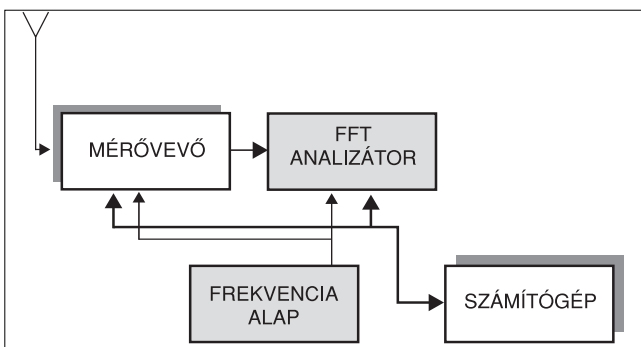
- információvesztés nélkül a pillanatnyi közepes frekvencia extrém értékeinél, ha algoritmusokat alkalmazunk a csúcs- és átlagértékek előállítására;
- a zaj következtében fellépő hibák minimalizálására, különösen, ha olyan jeleket mérünk, melyek közel vannak a zajküszöbhez.

A fenti megszorításokat figyelembe véve a következő mintaértékek ajánlhatók:

- **10 ms:** lassú TDMA jelekhez
- **200 ms:** gyors rutin-mérésekhez, a szokásos jeleken (kivéve a TDMA-t)
- **500 µs:** rövid TDMA jelekhez, mint pl. a GSM,
- **1 sec:** közepes sebességű rutin mérésekhez, szokásos jeleken (kivéve a TDMA-t)

Az FFT analízátorral a szintézeres hangolású vevő KF-kimenetén mérhetünk. A vevő KF-frekvenciája az FFT analízátor működési sávjába kell, hogy essen. A vevőt és az FFT analízátort ugyanarról a frekvencia-alapról kell meghajtani (6. ábra). A korszerű mérővevőkben az összeállítás már integrálva van, a mérés automatikusan végrehajtható.

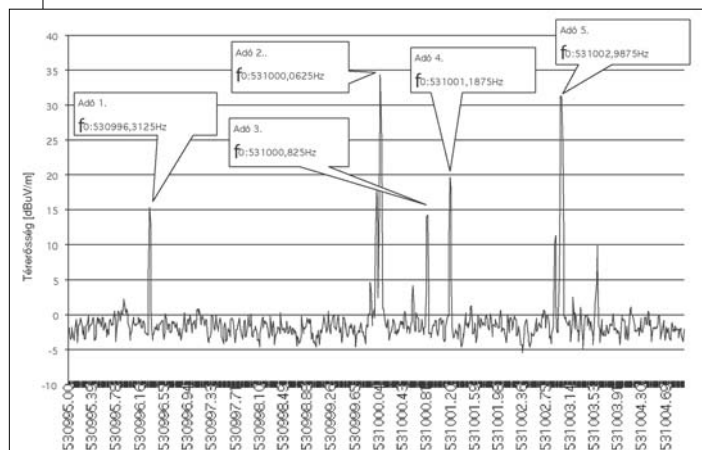
6. ábra Frekvenciamérés FFT módszerrel



Az FFT-alapú mérőrendszer előnyei:

- nagy frekvencia-felbontás és pontosság,
- a közös-csatornás jelek frekvenciáinak mérési lehetősége,
- a frekvenciasávok könnyű hangolása (számítógép terminál segítségével),
- nagy flexibilitás,
- a spektrum-adatok digitális tárolása,
- nagy megbízhatóság és reprodukálhatóság.

A 7. ábra jól szemlélteti az FFT mérési módszer előnyeit. A módszer alkalmazásával lehetséges az azonos csatornában egymástól igen kis (néhány tízed Hz) távolságra működő két, vagy több adó közepes frekvenciájának egyidejű mérése.



7. ábra FFT alapú monitoring mérési eredmény (azonos csatornás zavar megállapítása középhullámú műsorszóró csatornában, átfogás: 9,69 Hz)

3.3. A térerősség mérése

A térerősség általában használt mértékegysége a V/m. A szabad tér hullám impedanciájának ($Z_0 = 377 \Omega$) figyelembevételével, a mágneses tér erőssége (H) az elektromos térerősség mért értékének ismeretében kiszámítható:

$$H (A/m) = E (V/m) / Z (377 \Omega).$$

A továbbiakban a térerősség fogalmát mindig az elektromos összetevőre vonatkoztatjuk.

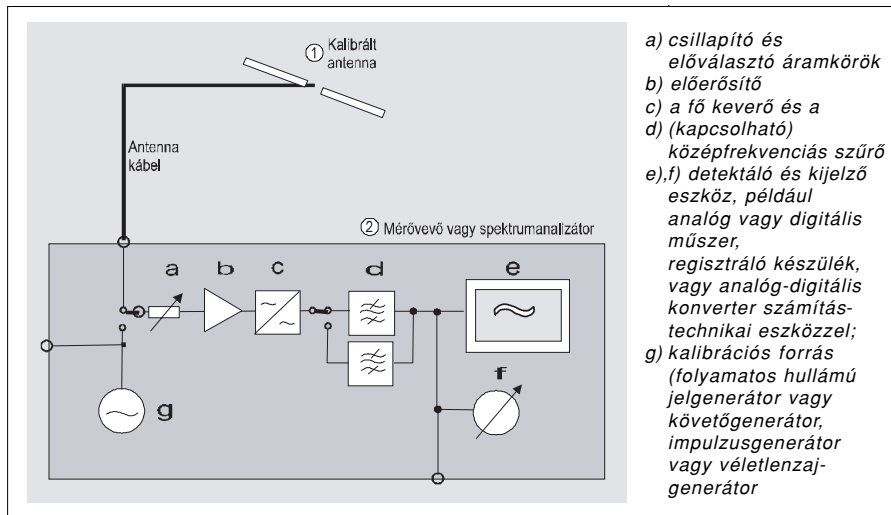
Mivel a vételi ponton megfelelően elhelyezett vevő-antenna kapcsain, az adó által kisugárzott térerősséggel arányos feszültség jelenik meg, és az arányosság mértékét az antenna tényező (K_A) határozza meg, melynek ismeretében a kapocsfeszültség (V_0) mérésével a térerősség a következő összefüggés alapján meghatározható:

$$E (\mu V/m) = K_A V_0 (\mu V).$$

A térmérő rendszer (8. ábra) elemei egyetlen vagy több külön készülékben lehetnek. Gyakran használnak mikroprocesszoros rendszert, mely vezérli a vevőt, a kalibráló eszközt, a nyomtatókat és rajzgépeket, továbbá képes a mérési eredményeket kijelezni és tárolni.

A méréskor általános gyakorlat a logaritmikus mértékegység, a dB (legtöbbször 1 µV/m-hez viszonyított) használata:

$$e (dB\mu V/m) = 20 \log E (\mu V/m).$$



8. ábra Térmérő rendszer összeállítása

Az antenna-tényező meghatározása térerősség mérés esetén:

Valamely vevőantenna K_a antenna-tényezője a síkhullám E villamos térerősségének és az antenna névleges terhelő ellenállással R_N (rendszerint 50Ω) lezárt kapcsain mérhető V_o feszültségnek a hányadosa

$$K_a = E/V_o \quad (1/m).$$

Az antenna-tényező helyett gyakran az antennának izotróp antennára vonatkoztatott G nyereségét adják meg. Az összefüggés a G izotrópikus nyereség és a K_a antennatényező között a következőképpen írható le:

$$K_a = \frac{1}{\lambda \sqrt{G}} \cdot \sqrt{\frac{4\pi Z_0}{R_N}} = \frac{9,73}{\lambda \sqrt{G}} = \frac{f_r}{30,81 \sqrt{G}}$$

ahol $Z_0 = 377 \Omega$ és $R_N = 50 \Omega$.

$f_r = f(\text{MHz})/1 \text{ MHz}$, f = vételi frekvencia MHz-ben

Mivel a feszültség és a térerősség értékeit rendszerint $\text{dB}(\mu\text{V})$ és $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ egységekben fejezik ki, mint szinteket, ezért az antenna-tényezőnek és az antenna-nyereségnek is használatos a logaritmikus formája, mely az alábbi összefüggésekkel határozható meg:

$$k_a = 20 \log K_a \quad \text{és} \quad g = 10 \log G$$

ahol k_a az antenna-tényező és g az antenna nyereség dB-ben meghatározott értéke. Ennek figyelembe vételével:

$$k_a = -29,77 \text{ dB} - g + 20 \log f_r$$

értékűnek adódik, így a térerősség e szintje az antenna kimenőfeszültségének v_o szintjéből a következő képlettel számítható:

$$e = v_o + k_a.$$

Mivel k_a rendszerint nem tartalmazza az antenna és a mérővevő közötti kábel okozta a_c csillapítást, ezért a képletet még ki kell egészíteni (és ebben az esetben v_o a mérővevő bemeneténél lévő feszültség szintjét jelenti):

$$e = v_o + k_a + a_c.$$

Példa: ha egy antennának 100 MHz frekvencián 6,5 dB a nyeresége és 3,7 dB az antenna-tényezője; akkor ha a bemenő feszültség v_o szintje 33,4 dB(μV) és a kábel a_c csillapítása 1,1 dB, a térerősség 38,2 dB($\mu\text{V/m}$).

A térerősség eloszlása hely és idő szerinti szórást mutat:

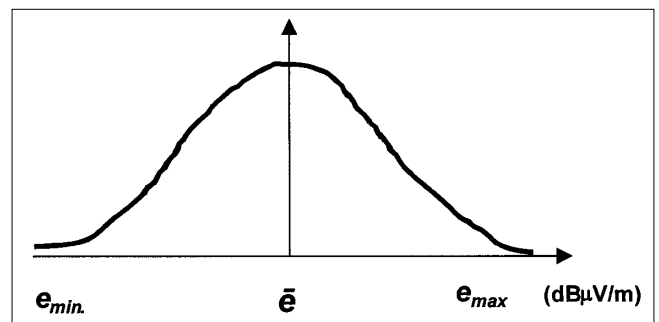
$$\sigma_{L,t} = \sqrt{\sigma_L^2 + \sigma_t^2} \quad [\text{dB}]$$

ahol:

σ_L = a térerősség hely szerinti szórása (dB)

σ_t = a térerősség idő szerinti szórása (dB)

Kellően nagy számú mérés esetén alátámasztható, hogy a térerősség log-normál eloszlású, sűrűsége a 9. ábrán bemutatott görbe mentén rendezhetők. Annak érdekében, hogy nagy megbízhatósággal lehessen becsülni a térerősség várható értékét az adótól meghatározott távolságban levő ponton célszerű megismerni a térerősség helyszerinti eloszlását. Ennek érdekében egy körülhatárolt terület több pontján kell méréseket végezni. A területen a térerősség dB-ben meghatározott értékei normál eloszlást mutatnak.



9. ábra A térerősség log-normál eloszlása

Ennek megfelelően egy behatárolt területen végzett mérések [dB]-ben megadott eredményei a normális eloszlású hely és idő valószínűségi változó statisztikai mintáinak tekinthetők. Kellő számú mérés (mintavétel) esetén kívánt biztonsággal lehet megbecsülni a térerősség várható értékét:

$$\bar{e} - u_p \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq e_v \leq \bar{e} + u_p \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Az eloszlásfüggvényből meghatározható a térerősség várható értéke, melyet a következő véletlen helyezett tartomány fed le:

$$N(\bar{e}; \sigma_{L,t}) \quad \text{ahol:}$$

e_v = a térerősség várható értéke (dB $\mu\text{V/m}$),

$\bar{e}$ = térerősség minták számtani közepe (dB $\mu\text{V/m}$),

δ = a térerősség szórása (dB),

n = a térerősség minták száma (db.),

u_p = a Student-eloszlás (1-p)100%-os megbízhatósági szintjéhez tartozó valószínűségi változó.

Jel típusa	Min. sávszélesség (kHz)	Detektálási mód
Kétoldalsávós AM	9 vagy 10	lineáris átlagolás
Egyoldalsávós AM	2,4	csúcsérték
FM műsorszóró	120	lineáris (vagy logaritmus) átlagolás
analógTV vivő	200	csúcs
GSM	300	interferenciás esetekben: csúcs, fedettségi esetekben: átlag
UMTS	3840	rms
DVBT	8000	rms
DAB	1500	rms
TETRA	30	rms
FM rádiótelefon csatornaosztás:		
-12,5 kHz	7,5	lineáris (vagy log) átlag
-20,0 kHz	12	lineáris (vagy log.) átlag
-25,0 kHz	12	lineáris (vagy log.) átlag

egyenként az adás teljes átlagteljesítményének adott $\beta/2$ százalék értékével egyenlők” (ezt a meghatározást szokták $\beta\%$ -os sávszélességnek nevezni).

Ha értékét másképpen nem specifikálják, a $\beta/2=0,5\%$ -ra kell venni (ebben az esetben az elfoglalt sávszélesség megegyezik a kisugárzott átlagteljesítmény 99%-ával):

Az ITU-R SM 328 Ajánlás meghatároz egy úgynevezett „X dB sávszélesség” fogalmat is, mely szerint:

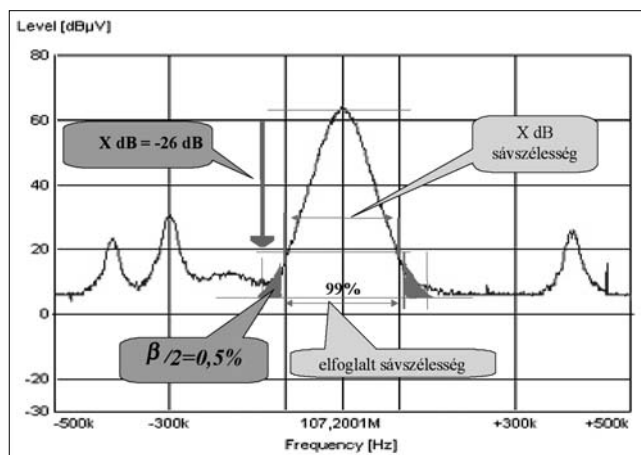
„Egy adás elfoglalt sávszélessége, azon frekvenciasáv szélessége, mely alatt, vagy felett bármely diszkrét spektrum-komponens, vagy folyamatos spektrális teljesítmény-sűrűség legalább x dB-el egy előre meghatározott 0 dB-s referenciaszint alatt van.”

Ha másképpen nem specifikálják, az x értékét -26dB-re kell venni.

Az „X dB sávszélesség” praktikus, gyors módszer, de az elfoglalt sávszélesség meghatározására, csak jól meghatározott körülmények (azaz emissziós osztály és modulációs jellemzők) esetén használható. Vannak olyan esetek, (például bizonyos digitális modulációknál) amikor az „X dB-es sávszélesség” nem jól határozza meg az elfoglalt sávszélességet. Ezért ezt a módszert közelítő, vagy gyors módszernek tekinthetjük, amely megközelítő eredményt nyújt az ellenőrzés számára az adó engedélyszerű működéséről.

Spektrumanalizátoros mérési módszer segítségével az X dB-es sávszélesség meghatározása aránylag egyszerűen és könnyen elvégezhető. Az adás spektrum képének megjelenítése után a közepes frekvencia jel-maximumát véve alapul megállapítható az a két frekvencia érték, ahol a teljesítmény 26 dB-el kisebb. A sávszélesség a két frekvencia különbségéből adódik.

10. ábra Az elfoglalt sávszélesség meghatározása



3. táblázat A térerősség méréséhez ajánlott beállítások

Mérési beállítások és pontosság szempontjából különösen fontos a mérési sávszélesség és a detektálási mód helyes beállítása. A különböző típusú jeleknél megkövetelt értékeket a 3. táblázat foglalja össze.

Az ITU-R SM.378 Ajánlás szerint a térerő méréseknél elvárható pontosság a következő:

30 MHz és alatta: ± 2

30 MHz felett: ± 3

3.4. Sávszélesség mérése

A különböző rádiókommunikációs szolgálatok működésük során eltérő frekvenciájú spektrum-összetevőket eredményezhetnek.

Az-információ továbbítás minőségének megtartása érdekében a vevő oldalon ugyanazt a spektrumot kell adott pontossággal reprodukálni, mint amit az adó kisugárzott. Mennél nagyobb a különbség az emittált és a vételi oldalon helyreállított spektrum között, annál alacsonyabb az elérhető szolgáltatásminőség.

Fontos tudni, hogy nem csak a hasznos jelek hoznak létre spektrum-komponenseket, hanem más, nemkívánatos jelek is megjelennek, amelyek rontják az eredeti spektrum visszaállíthatóságának az esélyét. A minőségi követelmények fizikai mennyiségekkel történő meghatározása érdekében a sávszélességet megfelelően definiálni kell.

A Nemzetközi Rádiószabályzat (RR) S1, No.S1.152 cikkelye szerint a szükséges sávszélesség jelenleg használatos definíciója a következő:

„Egy adott osztályú emisszió számára éppen szükséges sávszélesség, amely elegendő az információ olyan sebességű továbbítására, amely biztosítja a kívánt minőséget, specifikált körülmények mellett”.

Az RR S1, No.S1.153 cikkelyében rögzítésre került az elfoglalt sávszélesség ma használatos definíciója, amely a következő:

„Egy adás elfoglalt sávszélessége oly módon meghatározott frekvenciasáv szélessége, melynél az alsó frekvenciahatár alatt és felső frekvenciahatár felett kisugárzott átlagteljesítmények

Az elfoglalt sávszélesség definíció szerinti ($\beta\%$ -os) meghatározására egy olyan spektrum analízátor alkalmas, mely digitálisan vezérelhető szintérezert tartalmaz. A spektrumanalízátor letapogatja a spektrumot meghatározott frekvencia-lépésekben, és a mért értékeket értékelve megállapítja a 99%-os teljesítményhez tartozó frekvenciahatárokat. Mivel a konvencionális spektrumanalízátorok a spektrumot szekvenciálisan és nem valós időben tapogatják le, tanácsos több letapogatási ciklust is elvégeztetni, max.-hold üzemmódban.

A DSP alapú mérési módszer a digitális jelfeldolgozáson (DSP) alapul. Ez a technológia lehetővé teszi az elfoglalt sávszélességnek a RR No. S1.153 szerinti meghatározását. A $\beta\%$ módszer szerinti sávszélesség mérés független a jel modulációjától. Ezért az adások üzemi ellenőrzésére, különösen a digitálisan modulált jelek mérésére alkalmas. A digitális jelfeldolgozási technikák felhasználhatók a $\beta/2$ számítására a teljesítmény spektrális sűrűségéből (PSD). Először a PSD zajküszöbét kell megállapítani egy, vagy több DSP algoritmus segítségével. A PSD integrálásának futó értékét számítják és az adatokat interpolálva keresik az f_1 frekvenciát, ahol az integrált teljesítmény egyenlő $P_{\beta/2}$ -vel. Ezt megismételve a spektrum másik végétől f_2 is meghatározható ($P_{\beta/2}$). A sávszélesség ezek után: $f_2 - f_1$.

A DSP alapú FFT mérési módszer a gyors Fourier-transzformációt és a digitális jelfeldolgozást együttesen alkalmazva méri egy adás elfoglalt sávszélességét a formális definíció alapján azokban az esetekben, amikor a vevőkimeneten elegendően jó a jel-zaj viszony. Az ilyen közvetlen módszerek előnyösebbek az x dB-es módszereknél, melyek függenek a használt modulációtól és magától a moduláló jeltől. A DSP alapú FFT-t alkalmazó teljesítmény-arányt ($\beta\%$) mérő módszerek nem igénylik a modulációs paraméterek részletes ismeretét és képesek a zajból kiemelkedő jelspektrum-részek interpretálására is. Tehát ez a módszer sokkal kevésbé érzékeny a választott ablakra, mint az x dB értékek. A jel-zaj viszony, ha nem elégséges a 99%-os teljesítmény-sávszélesség megállapításához, javítható hosszabb integrációs idővel, finomabb feloldású FFT-vel. A 99%-os teljesítménymérésnél sok jelre pontos eredmény kapható már 15-20 dB jel-zaj viszony mellett is. (Itt a jel-zaj viszony definíciója a jelcsúcs és a zajküszöb távolsága).

3.5. Csatornafoglaltság mérése

A csatornafoglaltsági vizsgálatoknál az idő függvényében annak a felderítését végezzük, hogy különböző – kiválasztott – szélességű frekvenciasávokban találunk-e detektálható, feljegyezhető jelet a zajküszöb, vagy egy előre megadott szint felett, és arra a kérdésre keresünk választ, hogy milyen mértékű az egyes frekvenciák kihasználtsága.

A monitoring technika, egyúttal a spektrum ellenőrzésére, a spektrum tényleges használatára vonatkozó adatokat is szolgáltat. A 2. ábrán is egy ilyen vizsgálat eredményén szemlélhettük a frekvenciahasználat jellemzőit. Az egyidejű iránymérés segítségével történő letapogatás lehetővé teszi az adók szerinti foglaltság feljegyzését és lehetőség van más paraméterek, mint pl. modulációs típusok és azonosítási információk megállapítására is. A vizsgálati eredmények többféle módon megjeleníthetők és statisztikai elemzésekre is alkalmasak. A 11. ábrán a megjelenítés formáira találunk példát.

3.6. Rádió-iránymérés

A rádió-iránymérés célja egy tetszőleges forrású elektromágneses sugárzás irányvonalának (line of bearing – LOB) meghatározása a rádióhullámok segítségével. A rádió-iránymérés a föld felszínén elhelyezkedő rádióadók vagy rádiózavar források irányának meghatározásához használható.

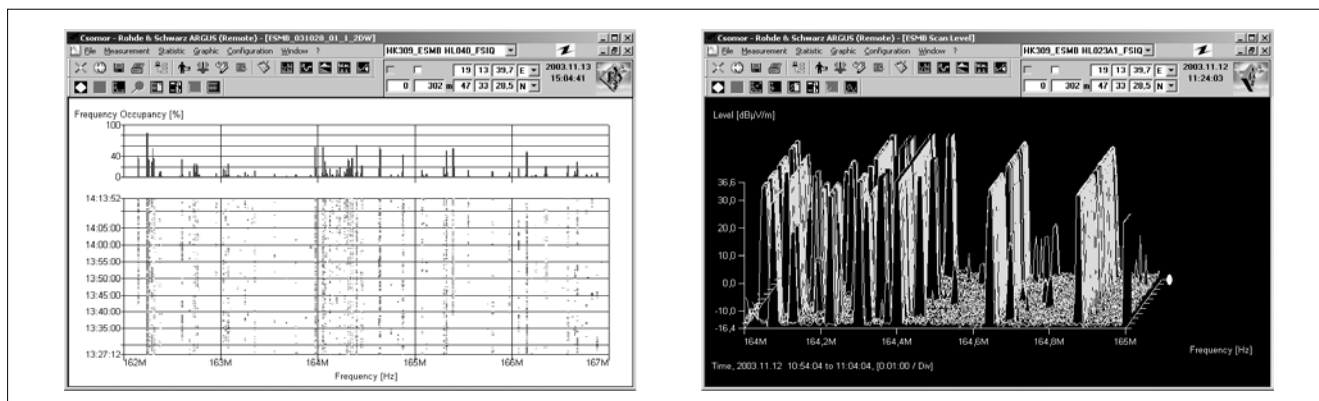
A rádió-iránymérő az elektromágneses hullámok beérkezési irányának vagy azimutjának egy referencia irányhoz vonatkoztatott meghatározására szolgáló eszköz. A jel irányának meghatározásához, az antennanyílásnál fellépő különbségi jelkésletetést használják fel. Minden iránymérőben található egy antennarendszer, egy vevőberendezés és egy processzor.

A legmodernebb iránymérő technikák alapvetően a következő három csoportra oszthatók:

- amplitúdó-érzékeny iránymérés,
- fázis-érzékeny iránymérés,
- kombinált fázis- és amplitúdó-érzékeny korrelatív vektor-iránymérés és igen nagy felbontású iránymérés.

Az információgyűjtés módja lehet párhuzamos vagy soros:

11. ábra Sávfoglaltsági vizsgálatok eredményének ábrázolása



- párhuzamos, akkor, ha a mérés csaknem azonnal megtörténik, a vételi csatornák száma megegyezik antenna szolgáltatta jelek számával,
- soros, amikor is az eredmény csak a teljes ciklus lefutása (beleértve az antennajelek fázisa és/vagy amplitúdójának súlyozását követő RF kapcsolásokat is) után áll rendelkezésre.

A leggyakrabban használt iránymérési technikák az alábbiak:

1. Forgó antenna-karakterisztika
2. Wullenweber
3. Adcock/Watson-Watt
4. Doppler/pszeudo Doppler
5. Interferométer
6. Korrelációs

Forgó antenna-karakterisztikájú rendszerek

A legegyszerűbb iránymérésre használt eljárás, amikor a beesési irány érzékelésénél az antenna iránykarakterisztika jellegzetességeit alkalmazzák. A mechanikusan forgó irányantennára alapozó DF rendszereket már a századfordulón is használták. Az ilyen rendszerek csak egy, a vételi irányba eső null-hellyel rendelkező antennát használnak; a beesés irányt az antennának a minimális vételű helyzetbe irányításával kaphatjuk meg. Bellini és Tosi 1903-ban publikálták a szkennelt antenna eljárásokkal (rádió goniométer) kapcsolatos munkáikat. Ezek a rendszerek – az antenna vételi karakterisztikájának elektromos „mozgatásával” – alternatívát kínálnak a mechanikusan forgatott antennákkal szemben.

Elektronikus szkennelésű Wullenweber rendszerek

Wullenweber az antenna-karakterisztika tulajdonságait egy antenna helyett egy időben antenna csoportokkal határozta meg. Az antennákat – az egy adott irányból érkező jelre fókuszolandó – kombináltan, jellegzetesen késleltető vonalakkal összekapcsolva alkalmazzák. Koncentrikus körök alakjában elhelyezkedő antennákat alkalmazó, vezérelhető antennakarakterisztikát előállító (keskeny sáv az összeg csatornában, nulla a különbségi csatornában) antennákkal működő, nagy látószögű iránymérő rendszereket alkalmazznak. A szkennelő módszernél alkalmazott irányhatás következtében ezek a rendszerek rendkívül érzékenyek. A komplex antennákból és a szükséges nagy infrastruktúrából adódóan meglehetősen drága.

Adcock/Watson-Watt iránymérők

Ezek a rendszerek az antennák és a jelfeldolgozás területén végbement fejlődést használják ki egy, csaknem azonnali leolvasást lehetővé tevő rendszer létrehozására. Az alkalmazott Adcock-antennarendszer (1918-ban fejlesztették ki) dipól vagy monopol antenna párokból áll, amelyek az ismert „nyolcas” vételi karakterisztika kialakítása érdekében 180 fokos hibrid áramkörrel vannak összekapcsolva. Ortogonális alapvonalakon elhelyezkedő két Adcock pár a jel beérkezési irányban olyan karakterisztikával rendelkezik, amely az egyik an-

tenna beérkezési iránya szinuszával és a másik antenna beérkezési iránya koszinuszával arányos. Ez hasonlít a keresztezett hurokantennák karakterisztikájához. A Watson-Watt technika három fázisban illesztett vevővel dolgozik, szinusz és koszinusz függvényként megjeleníti a beérkezési szöget, valamint egy harmadik, a bizonytalansági problémák megoldására szolgáló omnidirekcionális (körösugárzó) csatornát. A klasszikus Watson-Watt technikánál a koordináta konverzió elvégzéséhez a kijelző (katódsugárcső) X, Y és Z (intenzitás) bemeneteit használják fel.

Doppler/pszeudó-doppler iránymérők

A modern iránymérők az irány meghatározásához digitális jelfeldolgozó technikákat (DSP) alkalmaznak. A Doppler és a pszeudó-Doppler rendszereket az 1950-es években, a mozgó antenna és a vett jel között kialakuló Doppler-eltolódásra alapozva fejlesztették ki. Kiderült, hogy egy r sugarú körív mentén mozgó monopol antenna a távoli állomás jelét a beérkezési szöggel és a vevőantenna forgásával arányos Doppler-eltolódással veszi. A jel iránya a maximális Doppler-eltolódás vételi helyénél érintőleges a forgási körre. Az antenna mechanikus forgatása az UHF sáv alatti frekvenciákon előnytelen, ezért kifejlesztettek egy elektronikus kapcsoló eljárást, amivel a fix, köralakban elhelyezkedő antennákból álló antennarendszer esetén is lehetőség van a forgatás elektronikus szimulálására. Ez a technika a pszeudó-Doppler módszer.

Interferométeres eljárások

Az irányvonal meghatározására szolgáló nagyon pontos módszer, melyet az 50-es, 60-as években fejlesztettek ki. A rendszer különbségi fázist mér legalább két független antenna között. Kritikus eleme a fázisdetektor, amely a két vett jel közti fáziskésleltetést adja meg. A késleltetés segítségével megbecsülhető a beesési szög. Egy 3, 4, 5 vagy még több antenna kombinációjából álló rendszer segítségével – antennaforgatás nélkül – elérhető a 360 fokos látószög. A különböző antennáktól érkező bemenőjelek kombinálására eredményesen használhatók fel a sokcsatornás vevőrendszerek és antenna-kapcsolók.

Korrelatív interferometriás rendszerek

E modern, kettő vagy több szimultán társ csatornás jel feldolgozására alkalmas rendszerek kifejlesztését a rádiócsillagászatnak köszönhetjük. Itt az antennarendszer elemeire vonatkozó autokorrelációs és keresztkorrelációs jelek kiértékelésére és az áteresztő sávi többszörös jelek jelenlétének megállapításához statisztikai eljárásokat (mint például a többszörös jelek osztályozása, Multiple Signal Classification – MUSIC algoritmus) alkalmazznak. Ezek a rendszerek tipikusan – a vett amplitúdó- és fázisértékek korreláció-analízisével határozzák meg az irányvonalat. Ez a korrelatív interferometriának is nevezett eljárás képes a készülék és a helyfüggő hibák kiküszöbölésére és igen sokféle antennarendszerrel tud együttműködni.

Valamennyi iránymérő technikának megvannak a maga előnyei és hátrányai. A legegyszerűbb és legolcsóbb módszereknél lehetnek ugyan a pontossággal, érzékenységgel vagy polarizációval kapcsolatos problémák, azonban igen jól alkalmazhatók egyes mobil tájoló feladatokhoz. A legfejlettebb, számítógépeket igénylő technikák hordozhatóságot és rendkívüli pontosságot biztosítanak.

Ezen túlmenően ezek a rendszerek – mivel képesek a beeső jel elevációs szögének mérésére és a hagyományos azimut becslésre – a HF. SSL tartományban is alkalmazhatók. A gyártók különböző változatokat kínálnak. Fontos azonban, hogy az iránymérő eszközök kiválasztásakor az *üzemeltetési célok* kellőképpen legyenek határozva.

Az *iránymérés pontossága* a 4. táblázat szerinti négy osztályba sorolható be (ITU-R SM.1269 ajánlások). Egy iránymeghatározás akkor tartozik bele valamelyik osztályba, ha annak a valószínűsége, hogy az iránymeghatározási hiba meghaladja a táblázatban az adott osztályra vonatkozó numerikus értéket, kisebb mint 10%.

Ezt a valószínűséget egy, az iránymeghatározás teljes szórását befolyásoló öt komponens (műszerrel, helyszínnel, terjedéssel, véletlen mintavételezéssel és megfigyeléssel kapcsolatos komponensek) analízisiből kell meghatározni.

rés, analóg- és digitális demoduláció, kódfelismerés és csatorna-dekódolás.

A monitor-állomáson vett rádiójel analízáló folyamata két ágra bontható: a fizikai jel analízálására és a demodulált információk analízálására. A fizikai jel analízálása azt jelenti, hogy kivesszük belőle a rejtett információt, ha ez lehetséges, egyébként technikailag írjuk le a jelet. Ez esetben a jel össze is hasonlítható más, ismert jelekkel, vagy leírható a statisztikai jellemzőivel.

A demodulált jel analízise azt jelenti, hogy kivonjuk az információkat a demodulált jelfolyamból, és megvizsgáljuk, hogy van-e (másodlagos) rejtett információ az adatfolyamban. Ha ezek nem vezetnek sikerre, akkor megkíséreljük a jel technikai leírását.

A jelanalízishez különböző technikai eszközökre is szükség van. A komplexebb modulációk esetén speciális, kifejezetten a jelanalízis céljait szolgáló műszerekre is szükség van. Mivel a különböző adminisztrációk monitorozó szolgálatainak lehetnek eltérő igényei, egy jó jelanalízáló berendezésnek nyitottnak és flexibilisnek kell lennie mind a fizikai konstrukcióját, mind pedig funkcióit illetően.

Ilyen szempontok alapján a legjobb megoldásnak a digitális jelfeldolgozó (DSP) rendszerek tekinthetők, bővíthető és korszerűsíthető, moduláris hardverrel és szoftverrel.

Osz- tály	Mérési hiba (fok)	Megfigyelési jellemzők				
		Jelerősség	Írány- indikáció	Interferencia	Íránykité- rés (fok)	A megfigyelés ideje
A	± 1	jó vagy nagyon jó	határozott	jelentéktelen	≤ 1	megfelelő
B	± 2	majdnem jó	fluktuáció	kicsi	> 1 ≤ 3	rövid
C	± 5	gyenge	erős fluktuáció	erős	> 3 ≤ 5	igen rövid
D	$\geq \pm 5$	alig vehető	meghatá- rozhatatlan	nagyon erős	> 5	nem megfelelő

4. táblázat
Íránymeghatározások
osztályozása
(30 MHz feletti
frekvenciákon)

- A osztály: 5%-nál kisebb annak a valószínűsége, hogy a hiba meghaladja a 1 fokot,
B osztály: 5%-nál kisebb annak a valószínűsége, hogy a hiba meghaladja a 2 fokot,
C osztály: 5%-nál kisebb annak a valószínűsége, hogy a hiba meghaladja a 5 fokot,
D osztály: a C osztályra megadottnál nagyobb hibájú iránymeghatározás.

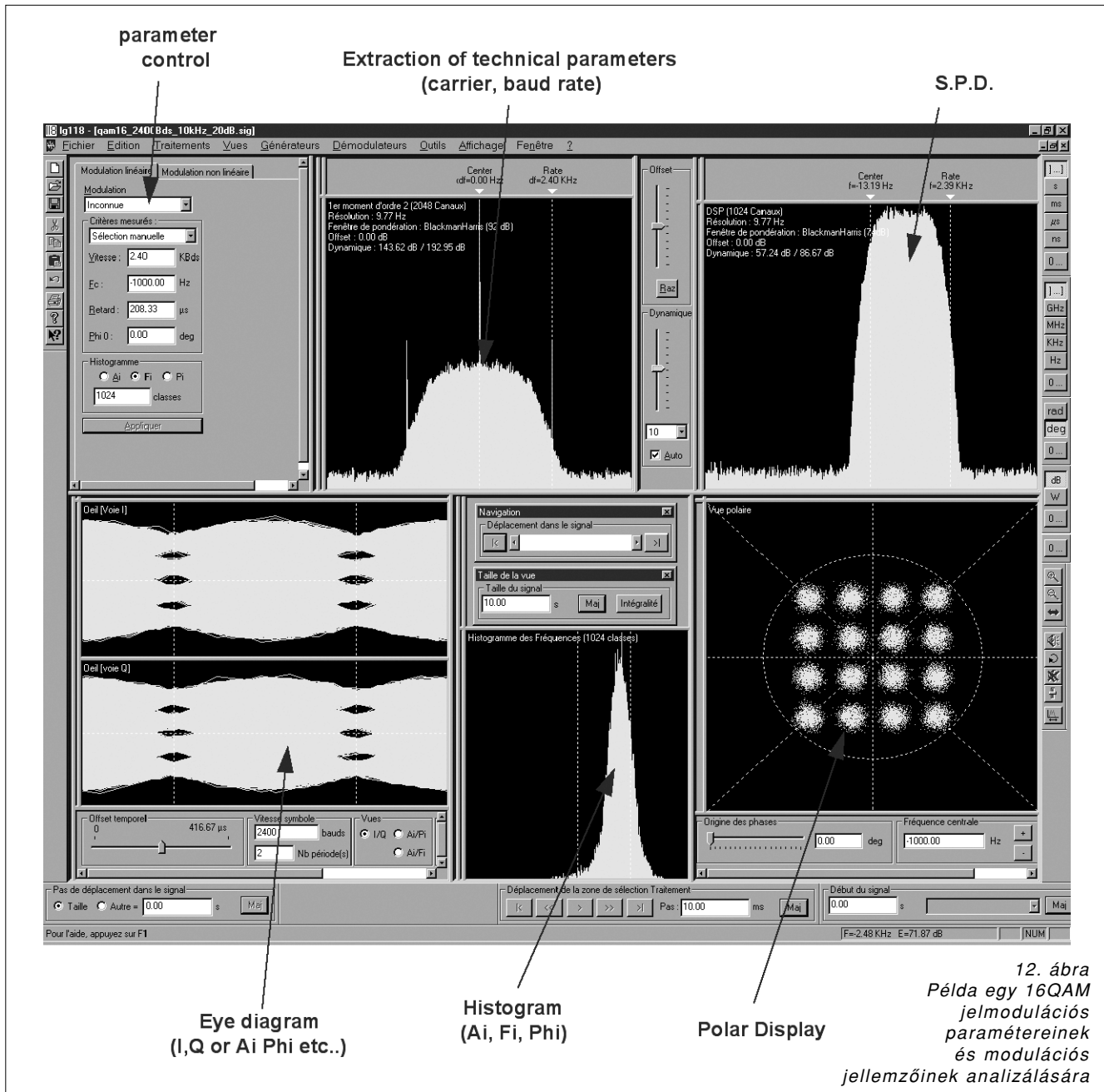
3.7. Jelanalízis

A jelek egyre inkább digitálisak és a konvencionális jelek maradék kapacitásait is egyre inkább felhasználják járulékos információk átvitelére. Ezért a jelanalízis az egyik legfontosabb monitorozási eszközzé vált.

A jelanalízis segítségével egy jeltől – esetünkben a rádiójelekből – a lehető legtöbb információt állítjuk elő. A kinyerendő információ lehet szándékosan kisugárzott információ, vagy technikai jellegű. A kommunikáció rétegekbe van szervezve, az OSI modell alapján. Ezért a jelanalízis is különböző rétegekbe szervezhető, így például detektálás, spektrumanalízis, moduláció felisme-

Egy digitális jel vizsgálatához a következő megjelöléseket lehet használni:

- szimbólum szinkronizációs kép (például szemábra) és/vagy fázis-háló, a moduláció típusának megfelelően);
- poláris reprezentálás a lineáris moduláció számára (a szinkronizálás érvényesítése, a konstellációs pontok és a szimbólumok közti átmenetek meghatározása);
- a fázis-, vagy frekvencia-modulációk hisztogrammos megjelenítése (a szinkronizálás érvényesítése, a segédvívók számának a meghatározása).



12. ábra
Példa egy 16QAM
jelmodulációs
paramétereinek
és modulációs
jellemzőinek analizálására

Irodalom

- [1] ITU-R Handbook on Spectrum Monitoring, 2002.
- [2] ITU-R Radio Regulations, Geneva 2001.
- [3] Recommendation ITU-R SM.377 – Accuracy of frequency measurements at stations for international monitoring.
- [4] Recommendation ITU-R TF.768 – Standard frequencies and time signals.
- [5] Recommendation ITU-R BT.655 – Radio-frequency protection ratios for AM vestigial sideband terrestrial television systems interfered with by unwanted analogue vision signals and their associated sound signals.
- [6] Recommendation ITU-R SM.378 – Field-strength measurements at monitoring stations.
- [7] Recommendation ITU-R SM.182 – Automatic monitoring of occupancy of the radio-frequency spectrum.
- [8] Recommendation ITU-R SM.1536 – Frequency channel occupancy measurements.
- [9] Recommendation ITU-R SM.328 – Spectra and bandwidth of emissions.
- [10] Recommendation ITU-R SM.443 – Bandwidth measurement at monitoring stations.
- [11] Recommendation ITU-R SM.1269 – Classification of direction finding bearings.
- [12] Van Maanen, E.: [1998a] Hidden information in A3E modulated broadcasting transmitters. Dutch Radiocommunications Agency, on request .
- [13] Van Maanen, E.: [1998b] Introduction cryptography and signal analysis in radiomonitoring. Dutch Radiocommunications Agency, on request.

Biometrikus azonosító rendszerek

VARGA DOMONKOS, OLÁH ANDRÁS

Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnika Tanszék
vargad@octopus.hit.bme.hu

Reviewed

Kulcsszavak: személyazonosítás, elektronikus letapogatás, biztonsági eljárások

Korunkban nagymértékben megnövekedtek a személyazonosító-rendszerekkel szemben támasztott követelmények. Ebben szerepet játszanak a világpolitikai események, amelyek veszélyeztetik az emberek személy- és vagyonbiztonságát. A hagyományos módszerek már alkalmatlanok ezen igények kielégítésére, ezért olyan új azonosító-rendszerek bevezetésére van szükség, mint amilyenek a biometrikus azonosítók.

Bevezetés

A biometria az emberek egyedi, változtathatatlan jellemzőinek számszerű leírásának tudománya. Jelen esetben a biometriát úgy lehet meghatározni, mint olyan mérhető testi, vagy viselkedésszerű jellemvonások összességét, amelyek mérése alkalmas arra, hogy egy adott személy azonosságát ellenőrizni lehessen (biometriák: ujjlenyomat, arc, kézgeometria, hang, aláírás, gépelési dinamika, DNS, írisz és retina). A biometrikus azonosítás célja olyan biztonsági rendszerek kialakítása, melyek az egyént nem egy kód és egy kártya segítségével azonosítják (ami bárkinek birtokába kerülhet), hanem saját személyi tulajdonságai alapján ismeri fel. Számos ilyen rendszer került kidolgozásra az elmúlt évtizedekben, és ezek a megoldások egyre sikeresebbek. A Biometrikus rendszerek elterjedését motiváló legfontosabb okok [1]:

- a jelszavak számának jelentős növekedése biztonsági kockázatot rejt;
- a jelszavak menedzselése jelentős költségkihatással jár;
- nő az egyre kényesebb információk eléréséhez szükséges jogosultságvizsgálat fontossága;
- nő az igény az eltérő biztonsági technológiák integrálására;
- nő az igény a legkorszerűbb hálózatos biztonsági technológia megvalósítására.

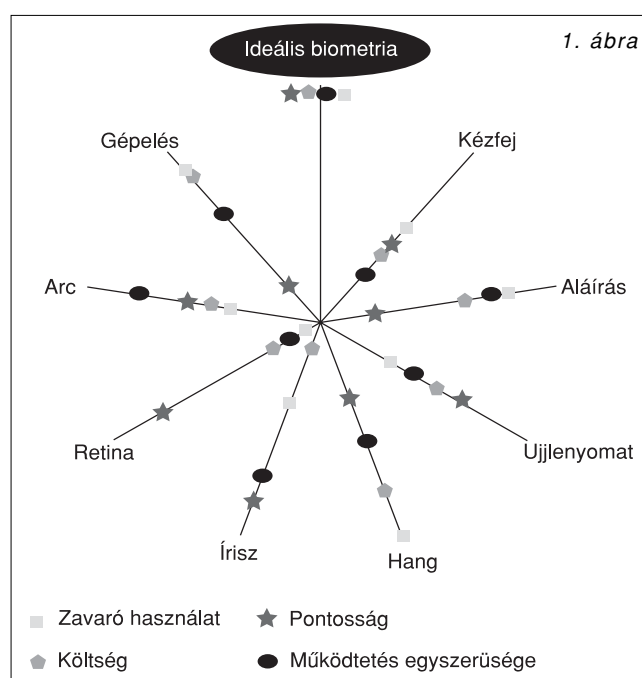
A biometrikus azonosítók két részre oszthatók. A **Személyigazoló (Szi)** rendszerek tipikusan „egy az egyhez”, vagy „egy a kevéshez” módon végzik a keresést. A biometrikus azonosításkor az azonosítandó személy tárolt adatai (pl. beléptető-kártyán és adatbázisban), mintái már ismertek, és ez kerül összehasonlításra az aktuális mintával.

Az úgynevezett **SzemélyAzonosítók (SZA)**, „egy a sokhoz” végzik a minták összehasonlítását, és nagy populációból választják ki a az azonosítandó személyt. Ezek a rendszerek általában lassúak, ugyanis az embert kizárólag biometrikus paraméterei alapján azonosítják, és a biometriájához keresnek az adatbázisból már azonosított személyt. Ez az eljárás a populáció növe-

kedésével egyre nagyobb bonyolultságú és ezzel együtt a megbízhatóság is csökken. Az SZA rendszerek használata kényelmes, mert nem kell bajlódni egyéb azonosító eszközökkel (pl. beléptető-kártya). Bizonyos algoritmusok és speciális adatbázis használatával az azonosítási idő csökkenthető. A megbízhatóság növelése azonban a téves visszautasítások számát növelheti, ami egy bizonyos fokon túl a felhasználót irritálhatja. Azonosítási idő megadásának ebben az esetben nincs értelme, hiszen az populációfüggő.

Az Szi előnye, hogy olcsóbb, gyorsabb, pontosabb, kevesebb a hibázási lehetőség és több felhasználót képes pontosan azonosítani, mint az SZA.

Napjainkban az azonosító rendszerek a kutatások fókuszában állnak, mert még számos megválaszolatlan problémára kell megoldást találnia a kutatóknak. Az egyik legfontosabb probléma, hogy miként lehet olyan személyazonosító rendszert létrehozni, mely egyszerre gyors, biztonságos és sok felhasználó azonosítására képes.



Általános célkitűzések

Az egyes biometrikus azonosítók teljesítőképességének analizálására a Zephyr-analízist használják, mely az azonosítókat négy fázisra osztja. Az origóhoz közeli pozíció a rossz (kedvezőtlen), a távoli pedig a jó (előnyös alkalmazás) minősítést jelenti (1. ábra).

1. Pontosság

Két főbb mérőszámot használnak az azonosítók megbízhatóságának mérésére:

- A hibás elfogadás aránya (FAR – False Acceptance Rates) annak a valószínűségét adja meg, hogy egy illetéktelen behatolót a rendszer tévesen elfogad.
- A hibás visszautasítás aránya (FRR – False Rejection Rates) annak a valószínűségét jelenti, hogy egy regisztrált felhasználót visszautasít a rendszer.

Biztonságtechnikailag természetesen az első szempont, az illetéktelen behatolás megakadályozása a lényegesebb, de felhasználói szempontból ugyancsak fontos, hogy gyors és pontos legyen az azonosítás (a rendszer ne csak minden tizedik próbálkozásra tudjon egy regisztrált felhasználót azonosítani). Az azonosítók hiba-aránya (FAR) 10^{-5} és 10^{-6} között van.

2. Költség

Kezdetben biometria alapon működő azonosítási technikákat elsődlegesen a különlegesen nagybiztonságú alkalmazásokban használták, de napjainkban már sokkal szélesebb körben lehet alkalmazásukkal találkozni (például számítógépes rendszerek felhasználói jogosultságának vizsgálata, épületben az ajtók nyitása-zárása, munkaidő nyilvántartás, riasztó rendszerek stb.). Az azonosító-rendszerekben elsősorban a szoftverek költsége a legfontosabb, a perifériák költsége nagyon változó lehet, a rendszerek ára azonban folyamatosan csökken.

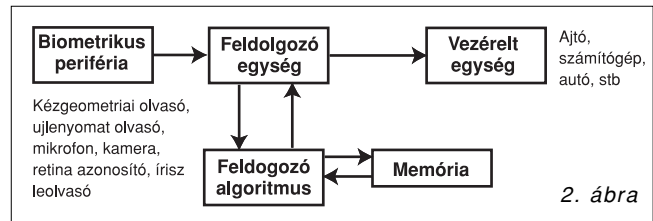
3. Működtetés egyszerűsége

Biometria azonosítók használata esetén fontos, hogy a felhasználó könnyen megtanulja az eszköz kezelését és mindennapi használata, se jelentsen nehézséget a felhasználó számára.

4. Zavaró használat

A biztonsági rendszerek tervezésekor nemcsak a technikai tényezőket kell figyelembe venni. Az egyik legfontosabb nem technikai jellemző a rendszer iránti bizalom (elhiszi-e a laikus felhasználó, hogy az azonosító-rendszer valóban csak őt képes felismerni, vagyis biztonságos). A másik ergonómikus jellegű: vajon mennyire kényelmes használni a rendszert, vagy hosszútávon is irritálja majd a műszer a felhasználóját.

Ahhoz, hogy a biometria azonosítók működését megértsük, elsősorban egy általános rendszer vizsgálatára van szükség (természetesen más rendszerfelépítések is elképzelhetők). A főbb funkciókat betöltő egységeket a 2. ábrán követhetjük nyomon.



2. ábra

- A biometrikus periféria feladata a biometria paraméterek beolvasása és ezen paraméterek átalakítása digitális jellé, melyet a feldolgozó egység már értelmezni tud. Ennek az egységnek az ára nagyon változó lehet a biometria paraméterektől függően. Nyilván egy mikrofon, vagy kamera ára tört része egy ujjlenyomat leolvasó árának.
- A feldolgozó egység végzi a rendszer irányítását: visszajelez a felhasználónak az azonosítás eredményéről és a vezérelt egységnek, engedélyezi/tiltja és végrehajtja a hozzáférést.
- A feldolgozó algoritmus végzi a felismerési feladatokat, amely általában egy összehasonlításból áll a tárolt és az aktuális minták között. A tárolt minták egy memóriában vannak elhelyezve, ezek a memóriák bővíthetők, de minden rendszer esetén van felső bővítési határ. Ennek többek között a biztonság is oka, hiszen minél több felhasználó van, annál nagyobb a valószínűsége, hogy a gép téved, vagy felismerő-rendszerek esetén az azonosításhoz szükséges számítási idő jelentősen nő. A tapasztalatok szerint, ha egy nagyon nagy populációjú rendszerre van szükség, akkor a tárolt mintákat, nem egy központi számítógép memóriájában tárolják el, hanem egy személyhez rendelt chip-kártyában. Így a rendszer megőrzi a gyorsaságát és a biztonságát. Nagy hátrány azonban az, hogy ebben az esetben szükséges a kártya használata, aminek elvesztése további kényelmetlenségeket okozhat.
- A vezérelt egység bármi lehet, amihez nagy biztonságra van szükség. A gyakorlatban legtöbbször számítógépes rendszerekben használják belépéshez, illetve épületekben ajtók jogosult használatát korlátozzák.

Jelenleg a következő biometriák használata a legelterjedtebb.

Azonosítás az arc alapján

Napjainkban az arcfelismerő rendszereknek korlátozott sikerük van a gyakorlati alkalmazásokban. Több paraméter vizsgálatára van lehetőség, a leggyakrabban az arc körvonala alapján történik a felismerés [1,2]. Ezen kívül használják az arc geometria tulajdonságait (szemek távolsága az arc szélétől, két szem távolsága egymástól, orrhossz, szájszélesség, szemszélesség), profilját, illetve az arc termogramját is azonosításra [1].

Léteznek kisebb, otthoni használatra tervezett rendszerek, amelyek kisebb, család méretű populációban képesek azonosításra. Ezen kívül vannak természete-

sen nagyobb populáción működő rendszerek is, (például kórházak betegfelvétele, számítástechnikai rendszerekhez történő beléptetés, bankok, kaszinók).

A létező megoldások általában kis populációs rendszereknél, vagy más biometria megoldásokkal ötvözve működnek sikeresen [1].

Azonosítás az írisz alapján

Az eljárás az emberi írisz egyénre jellemző részletgazdagságán alapul. A többszörös összehúzó redők, a kolangén szálak, az üregek, gyűrűk, barázdák, a kanyargó érhálózat, a foltok, hasítékok és lyukak olyan nem duplikálható szövet hoznak létre, melynek több, mint 400 mérhető változója van [3]. Még az egyetétű ikrek írisze sem egyezik meg. A biometriák közül ez a rendszer rendelkezik a legnagyobb biztonsággal. A rendszerek még az élő szemet is detektálni tudják. Az írisz felismerése videó alapú képkészítéssel kezdődik, melynek első lépése a szem és az írisz – a pupilla peremvonalát körülvevő színes terület – lokalizációja. Utána az eljárás rögzíti a pupilla képét, kiküszöböli a szemhéj takarásából és a csillogásból eredő visszaverődésből származó zavaró értékeket [3]. Az így kapott „előfeldolgozott” kép kerül feldolgozásra és felismerésre.



Az írisz mintájának feldolgozása egy úgynevezett IrisCode record-ot eredményez, amelyet tárolva a későbbi összehasonlítások referencia értékét kapjuk. A rendszer annyira megbízható, hogy akár több millió ember azonosítására is képes [1,3].

Azonosítás aláírás alapján

Az aláírás azonosító-rendszerek kidolgozása már régen elkezdődött. A cél azoknak a paramétereknek a megismerése volt, melyek alapján a felhasználót nagy biztonsággal lehetett azonosítani. Ezek az író egyénre jellemző paraméterek az író toll dőlésszögének változása, a toll sebességének a változása, és az írófelületre kifejtett nyomóerő és annak változása [4,5]. Ezen a paraméterek méréséhez két platformot dolgoztak ki, az egyik egy speciális toll használata [6], mely kábelben közvetíti az információt a feldolgozó egységnek, a másik egy speciális írófelület használata [7]. A két megoldást kombinálva is lehet alkalmazni.



Az aláírásellenőrző berendezések a gyakorlatban meglehetősen pontosnak bizonyulnak, és olyan alkalmazások esetén optimális a használatuk, ahol az aláírás már elfogadott azonosítási eljárás.

Fontos megjegyezni, hogy a megoldások adaptívítása ugyancsak kulcsfontosságú az aláírás azonosító rendszereknél, mert az egyén kézírása az idő múlásával, akár drasztikusan is megváltozhat [4].

Gépelési dinamika

A gépelési dinamika a felhasználónak folyamatos ellenőrzésével történik (amíg a felhasználó a gép előtt van a rendszer figyelme és ellenőrzi a személyazonosságát). Kizárólag számítógépes rendszereknél használatos biztonságtechnikai eljárás.

Analizálja a felhasználó gépelési dinamikáját ezerszer egy másodpercben. Bizonyított, hogy az emberre jellemző a gépelési technikája, vagyis biometrikus azonosítóként használható. Ezen rendszerek biztonsági foka ugyan nem éri el a többi biometrikus azonosító biztonsági fokát, de a folyamatos figyelés nagy előnyt jelent a többi rendszerhez képest [1].

Retina letapogatás

Az emberi retina, csak úgy mint az írisz, nem duplikálható szerv, minden egyén esetén különböző. Az infrával végzett letapogatás a szemhátal érhálózatának rajzolatát tapogatja le.

Bevezetett technológia, melyben a retina egyedi alakzatát egy kisintenzitású fényforrás optikai sokszorozó felhasználásával letapogatja. A szem hátsó falán futó érhálózat képe a halál beálltával megváltozik, és el nem távolítható a szervezetből [1], vagyis ellopása lehetetlen.



A retinaletapogatás meglehetősen pontos azonosító rendszer, nagy hátránya a kényelmetlen használat. A felhasználónak pár másodpercig egy érzékelőbe kell tekintenie, úgy hogy közben a feje mozdulatlan marad.

Azonosítás hang alapján

Az emberi hang spektrumát analizálják (hangfelismerésben leginkább kepsztrumot használnak) és ezt hasonlítják össze a tárolt mintával. Minden ember hangjának más a spektruma, így ez a technológia szintén alkalmas felismerésre.

A hang alapján történő felismerés az egyik legkézenfekvőbbnek tűnő módszer. Egyes alkalmazások falra szerelhető érzékelőket használnak, míg mások annak a lehetőségét dolgozták ki, hogy hogyan lehet beilleszteni a hangellenőrzést a konvencionális telefonkagylókba.

A hangfelismeréssel két főbb alkalmazási területen lehet napjainkban találkozni: az egyik, mint biztonsági rendszer funkcionál, a másik épületek ajtók nyitására záráására szolgál [1].

Azonosítás ujjlenyomat alapján

Az ujjlenyomat azonosítására két fő biometriát alkalmaznak:

- *Minutia*: ez az ujjlenyomatok rajzolatában a különböző elágazásokat, rajzolat megszakadásokat, hurokokat, kereszteződéseket és hidakat jelenti.
- *Mintázat*: az ujjlenyomatok tipikus mintázatai, az alábbi főbb típusokba tartoznak: sima ív, sima hurok, dupla hurok, véletlen szerű, éles ív, csigavonal.



E paraméterek vizsgálata lehetővé teszi, hogy az azonosítás gyakorlatilag teljesen megbízható lehessen, több mint 100 különböző paraméter vizsgálatára van lehetőség (még az egyetértő ikrek ujjlenyomata sem egyezik meg). A biometriai azonosítók nagy részét az AFIS (Automatic Fingerprint Identification System – Automatikus Ujjlenyomat Azonosító Rendszer) rendszerek adják. Az általi szervezeteknél (FBI, INTERPOL, Michigan State Police stb.) használják az azonosításnak ezt a módját. Ez az azonosítás típus külön rendszert képez a biometriai azonosítók körében. Az USA-n kívül több mint 30 országban alkalmaznak AFIS rendszereket.

A minutia-azonosítás hagyományos rendőri módszerének emulációját használják (optikai, vagy kapacitív érzékelőkkel), mások egyszerű alakzatazonosító eszközök, ismét mások sajátos, egyedi megközelítést alkalmaznak, határtartományokat és ultrahangos letapogatást foglalva magukba [1,8]. Egyesek ezek közül felismerik, amikor élő ujjat tesznek a szenzorra, mások nem. Jelenleg a biometrikus eszközök közül legnagyobb számban az ujjlenyomat-vizsgáló eszközöket használják.

Nem meglepő, hogy a számítógépes munkahelyek hozzáférését, csaknem kizárólag ujjlenyomat-azonosítókkal védik, a viszonylag alacsony költségek, kis méret és könnyű integrálhatóság miatt [1]. Ezeket az azonosítókat leggyakrabban a kis populációszám jellemzi. Az ujjlenyomat-azonosítók számítógépes biztonsági változata a hagyományos jelszavakat egy egyszerű érintéssel helyettesíti [8].

Kézgeometria

A kézgeometria a kéz alakjának geometriájának a vizsgálatát jelenti, az ujjformákat beleértve. Ezek a paraméterek ugyancsak személyre jellemzőek és azonosításra alkalmasak (több mint 90 paraméter analizálására van lehetőség). Nem részletes az analízis, hogy a mikrosérülések ne befolyásolják a vizsgálat eredményét [9].

Amint a név is sugallja, a kézgeometria a kéz és az ujjak fizikai karakterisztikáinak mérésével foglalkozik, ezt egy 3D-s szkennelést végrehajtó platform végzi. Ezekben a rendszerekben kéz, egy ujj, vagy két ujj azonosítását szokták megvizsgálni. A vizsgálat kiterjedhet a három verzió együttes használatára is.

Mint az egyik legjobban elterjedt módszer, a kézgeometria nem csak gyors és pontos, hanem könnyen is kezelhető. Ez a módszer nagy felhasználói bázis esetén is alkalmazható, vagy olyan felhasználóknál, akik a rendszert ritkán használják és ennél fogva kevésbé gyakorlottak a rendszer használatában [1]. A felismerés pontossága igen jó, eközben a rugalmas elfogadási szint, a szabályozás és konfigurálás a felhasználók igen tág körének igényeit elégíti ki.



A kézgeometria-olvasóknak széles alkalmazási területe van, beleértve munkaidő-nyilvántartást is, ahol nagyon népszerűnek bizonyultak [1,9]. Könnyen integrálható más rendszerekbe és folyamatokba, ezért megbízható azonosító rendszert tudnak létrehozni.

A kézgeometria-olvasóknak széles alkalmazási területe van, beleértve munkaidő-nyilvántartást is, ahol nagyon népszerűnek bizonyultak [1,9]. Könnyen integrálható más rendszerekbe és folyamatokba, ezért megbízható azonosító rendszert tudnak létrehozni.

Komplex Biometrikus Azonosító Rendszerek

Minden biometrikus azonosítónak megvan a maga előnye és hátránya a többi azonosítóhoz hasonlítva. A komplex biometrikus rendszerek az azonosítók jó tulajdonságait ötvözve igyekeznek a megbízhatóságot növelni és két-három biometria alapján azonosítják a felhasználót [10]. Napjainkban több ilyen rendszer is létezik.

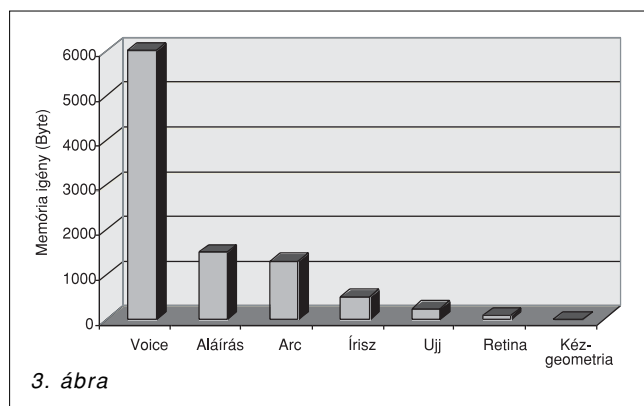
Olyan biometriákat választanak azonosításra, melyeket könnyű használni, és nem bonyolult a felhasználói interfész sem (hang, arc, szájmozgás stb.). Külön-külön azonban ezek az azonosítók nem lennének elég biztonságosak.

Az együttes alkalmazás során a bizonytalansági ráta nem összeadódik, hanem összeszorozódik. Ez azt jelenti, hogy három olyan biometria alkalmazásánál, ahol a téves belépési arány külön-külön 1:100-hoz, ezek kombinált használatával a téves belépés esélye sokszorosára, 1:1000000-ra változik [10]. Ez jelentős biztonsági javulást jelent.

Összefoglalás

A könnyű használatnak és a nagy megbízhatóságnak köszönhetően a biometrikus azonosítás lett a mérce a belépési jogosultságot ellenőrző alkalmazások terén. Az egyes azonosító rendszerekhez tartozó árak nagyon széles határok között mozognak. Egy biometriai azonosító-rendszernek az ára az alábbi fő részekeségekből tevődik össze: periféria, feldolgozó egység, memória, szoftver.

Az egyes azonosítókhoz tartozó biometriák memóriagénye is befolyásolhatja az egyes azonosítók elterjedését. A különböző biometriai rendszerek memóriagénye változó, amint azt a 3. ábra is mutatja [1].



A biometrikus rendszerek használata a magánszférában egyre dinamikusabban nő. Mindezt a technológia rohamos fejlődése és az árak folyamatos csökkenése teszi lehetővé.

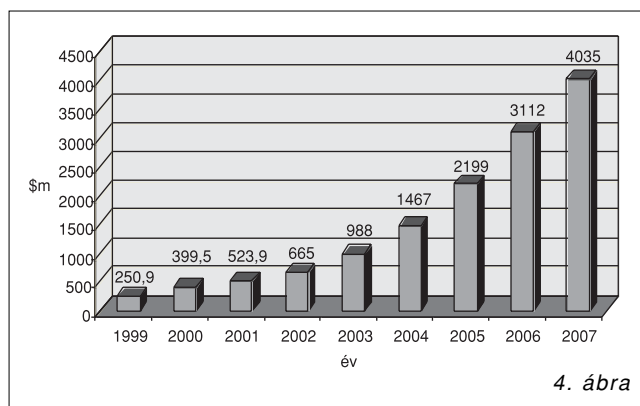
Azoknak a technológiáknak az elterjedése várható leginkább, melyekre a megoldások már kifinomultak (ujj, írisz, retina). Ezt követően azon azonosítók lesznek a legnagyobb piaca, melyeknek használata nem okoz nehézséget, mert hozzátartoznak mindennapjainkhoz. Ide tartozik a hang és az aláírás alapú azonosítás. Az iparban egyre nagyobb számban lehet találkozni ezekkel a rendszerekkel, egyre inkább elfogadják a cégek, mint biztonsági technológiát.

Amint azt a 4. ábra is mutatja, a biometrikus azonosító-rendszerekből származó bevételek dinamikusan növekednek [1]. A növekedés dinamizmusát leginkább a PC/hálózati hozzáférés és az e-kereskedelem gerjeszti.

A biometrikus azonosító-rendszerek nagyon biztonságosnak tűntek az elmúlt évtizedekben, azonban ahogyan az elterjedtségük rohamosan nőtt, úgy kellett a kutató-fejlesztő cégeknek újabb nehézségekkel szembe nézniük. A biometrikus biztonsági rendszerek feltöréséhez új technikák alakulnak ki. Míg a hagyományos esetekben a biztonságot elsősorban jelszóval védték, addig itt olyan információról van szó, amit kitalálni, vagy ellopni lehetetlen.

Jelenleg a biometrikus azonosítókat gyártó cégeknek a legnagyobb nehézsége az úgynevezett „azonosítók átverésének” a kivédése. A periféria becsapása, átverése teljesen más bonyolultságú feladat. Amíg valaki meg nem téveszti a perifériát, addig nem lehet tudni, hogy egyáltalán becsapható-e. Például az egyik biometriát gyártó cég a piacra hozott egy optikai biometrikus azonosító-rendszert, amely csak élő ujjat fogadott el azonosításkor. A rendszer rendkívül biztonságosnak bizonyult, addig, amíg valaki rá nem lehelt a beolvasó szenzorra. A lehetetlent úgy érzékelt, mint ha élő ujjat tettek volna a perifériára, az optikán ott volt a nyoma az előző belépőnek, a rendszer beengedte a lehelt. Egy más esetben az ujjlenyomat fénymásolatát sikerült használni sikeres belépéshez.

Ez azt jelenti, hogy eddig csak a biometriák sikeres és gyors azonosítása volt a kutatások fókuszában a biometrikus azonosítók elterjedését követően viszont teljesen új nehézségekkel kell szembenéznie a gyártó



cégeknek. Ez azt is jelenti, hogy amíg az összes technikai kérdés nem talál biztos választ, addig csak korlátozottan érdemes a biometrikus azonosítókat használni, vannak ugyanis olyan helyzetek, amikor a biometrikus azonosító rosszindulatú megtévesztésével nem kell számolni, ilyen helyzet lehet amikor az azonosítót használó ember közelben van (cégeknél biztonsági személyzet mellett van az ajtó, így ekkor jól látható, hogy mikor igyekeznek hamis módon befolyásolni az azonosítót).

Az elkövetkezendő néhány évben, a biometrikus azonosító-rendszerek elterjedésére lehet számítani, ugyanis egyre több helyen kell igazolnunk személyazonosságunkat és hozzáférési jogainkat. A biometrikus azonosítók mindezt nagy megbízhatósággal, kis költség- és kényelmesen képesek megvalósítani.

Irodalom

- [1] International Biometric Group, <http://www.biometricgroup.com>
- [2] Xiaguang J., „Extending the feature set for automatic face recognition”, thesis for the degree of doctor of philosophy, 1993.
- [3] Iridian Technologies, <http://www.sensar.com>
- [4] R. K. Abbas, „A prototype system for off-line signature verification using multilayered feedforward neural network”, thesis, 1994.
- [5] T. Wessels, C. W. Omlin, „Hybrid system for Signature Verification”, 1999.
- [6] H. S. M. Beigi, „An overview of handwriting recognition”, 1994.
- [7] CIC, <http://www.cic.com>
- [8] ActiveCard, <http://www.activcard.com/activ/products/other/biometrics/index.html>
- [9] A. Ross, „A prototype hand geometry-based verification system”, Biometrics Research, <http://biometrics.cse.msu.edu/>
- [10] BioID, <http://www.bioid.com>

Mobil és mini műholdas rendszerek

Műholdas telemetria és adatátviteli rendszerek

DR. IJJAS GÁBOR

BME, Szélessávú Hírközlés és Villamossságtan Tanszék, Űrkutató Csoport
ijjas@mht.bme.hu

Kulcsszavak: kis műholdak szerepe, mobil alkalmazások, mini-, micro-, nano-, pico-műholdprojektek

A nagy műholdas mobil rendszerek kiépülése új lehetőségeket nyújt a felhasználók számára a határokon túli területi elérhetőség, valamint a mobilitás szempontjából. Néhány rendszer lefedettsége gyakorlatilag az egész Föld felszínére kiterjed, más rendszerek lefedettsége csak a földfelszín egy részére terjed ki.

Bevezetés

1965-től a geoszinkron pályán (GEO) keringő, kereskedelmi célú műholdak kezdtek elterjedni. Feladatuk elsősorban telefon-, adat-, fax-, tv-, rádió-jelek továbbítása, a közvetlen műholdas tv- és rádió-műsorszórás illetve VSAT állomások jeleinek átvitele.

A GEO műholdak pályamagassága 35.800 km az egyenlítő felett, és három műhold segítségével – a sarki területek kivételével –, szinte a teljes Földfelszín lefedhető. A GEO műholdak mobil műholdas alkalmazásának egyik korlátja a műholdak nagy távolsága, ami tetemes jelcsillapítást eredményez. Ez a csillapítás kompenzálható nagyobb antenna mérettel, vagy az adóteljesítmény növelésével. A mobil alkalmazás fizikai korlátot szab mind a teljesítmény növelésre mind pedig az antenna méretének növelésére. Különösen igaz ez a kézi mobil alkalmazás esetén, ahol a kimenő teljesítményt a felhasználható elem/akkumulátor mérete korlátozza, az antenna pedig nem lehet irányított tehát nincs értelme ebben az esetben a méret növelésének. A fenti korlát csak úgy oldható fel, ha „közelebb hozzuk” a műholdakat a felhasználóhoz, vagyis alacsony pályás műholdakat (LEO-MEO) használunk a mobil készlék jeleinek átvitelére.

A LEO műholdak pályamagassága tipikusan 500 és 1500, a MEO műholdak pályamagassága pedig 5000-12000 km között van. Az alacsony pályamagasság azonban a LEO/MEO műholdak esetében nemcsak azzal a hátránnyal jár, hogy a műholdak a Föld felszínéhez képest mozognak, hanem az alacsony magasság egy adott műhold esetén kisebb ellátottsági területet is jelent. E két ok miatt alacsony pályás rendszerek globális méretekben, valós idejű szolgáltatást csak úgy valósíthatnak meg, ha egyidejűleg több, különböző pályasíkon keringő műholdat alkalmaznak.

Kis műholdak

A nagy műholdak, illetve műhold rendszerek mellett a kis műholdak (<1000 kg) iránti érdeklődés világszerte nő. Az egyetemeken, az állami szektor, a pénzbefektetők újabb és újabb kis műholdas programokkal indulnak. A

kis műholdak a legkorszerűbb technológiák alkalmazásával, a mikroelektronika, a miniatürizálás eredményeképpen komoly versenytársai lehetnek a nagyobb műholdaknak, mivel gazdaságos megoldást kínálnak a kommunikáció, a távérzékelés, a tudományos és katonai műholdak területén. Erre jó példa a kisméretű, de nagy teljesítőképességű távérzékelési műholdak megjelenése (pl. ALSAT-1). A kis műholdak startköltsége csak töredéke a nagy műholdakénak, mivel a kicsik a nagy műholdak mellé „piggy-back”-ként elhelyezhetők. Többek között ez is oka széleskörű elterjedésüknek.

Nano-, pico műholdak

A 90-es évek elején felbocsátott néhány műhold lényegében ebbe a kategóriába esik, jelentősebbek ezek közül az AMSAT műholdak, melyek tömege 11-14 kg volt. A műholdak kocka alakúak voltak, méretük körülbelül 150 mm. Az elmúlt években a felbocsátott nano-, pico műholdak száma egyre nő. A nano műholdak nagyon kedveltek oktatási intézmények, oktatási tematikáiban, mivel egy ilyen műhold tervezése, esetleges elkészítése kapcsán a hallgatók megismerkedhetnek az űrkutatás eredményeivel, az eredmények „hétköznapi” alkalmazásával. Egy mai mobiltelefon szinte minden olyan áramkört magában foglal, amely egy kis műhold működéséhez szükséges (a rádiotelemetria adó-vevőt, a vezérlőt, adatgyűjtő mikrokontrollert, akkumulátort, akkutöltőt stb.). Sok kis műhold készül ilyen COST (Commercial Off-The-Shelf) technológiával és figyelemreméltó eredményeket érnek el. Egy ilyen kis műhold startja csak töredéke egy nagy műhold startköltségének.

Nano műholdak esetében autonóm működés már egy egykártyás fedélzeti számítógép segítségével megvalósítható. A tömeg csökkentése érdekében ezen műholdak általában nem rendelkeznek a pályamódosítást, illetve stabilizálást biztosító berendezéssel, ezért sugárzó antennát alkalmaznak. A legfőbb korlátot a fedélzeten előállítható elektromos teljesítmény jelenti, mely meghatározza a maximális adatsebességet. Ezért ezen műholdak alacsony adatsebességgel sugároznak, vagy „burst” üzemmódban működnek. A jelenlegi technológiai szint már lehetővé teszi, hogy egy kis műhold

alrendszere, vagy akár az egész kis műhold elektronika egy csipen megvalósítható.

A műholdakat starttömegük alapján az alábbiak szerint kategorizálják:

Picosatellite	1 kg alatt
Nanosatellite	1-10 kg között
Microsatellite	10-100 kg között
Small Satellite	100-1000 kg között
Standard Satellite	1000 kg felett

A technológia fejlődésének következményeként lehetővé vált az elektronikus áramkörök integrálása, mechanikus elemek miniatürizálása. A számítástechnika fejlődésével a hardver méretei csökkentek, a számítási teljesítményének pedig többszöröződtek.

A műholdak startköltsége elsősorban starttömegük függvénye, ezért a micro-, nano-, pico-műholdak már jelenleg is, de a jövőben méginkább a költségtakarékos és hatékony űrkutatás eszközeivé válhatnak.

Nagy-Britanniában az állam 2000 és 2002 között 15 millió fonttal támogatta a kis műholdas programokat. A fő célkitűzés az ipar serkentése a kis műholdak fejlesztésére, kiváltképp hírközlési műholdak fejlesztésére. Az űriparnak ugyanis ez a legnagyobb és leggyorsabban fejlődő területe.

Az Egyesült Államokban a Védelmi Minisztérium, a NASA és az ipar együttesen mintegy tíz egyetemi nano műhold fejlesztését és startját szponzorálja. A kitűzött cél a miniatűr busz-technológia és az „elosztott” műholdas alkalmazások fejlesztése, demonstrálása. A Utah State University, a University of Washington és a Virginia Polytechnic Institute három 10-15 kg tömegű műholdat fejleszt. Az internet-bázisú irányítóközpont segítségével a hallgatók, saját egyetemükről követhetik saját műholdjuk működését és vezérelhetik annak működését.

Rövidítések

SSTL	Surrey Satellite Technology Ltd.
NASRDA	National Space R&D Agency
DMC	Disaster Monitoring Constellation,
G,R,NIR	Green, Red, Near InfraRed
RAL	Rutherford Appleton Laboratories
LEO	Low Earth Orbit
MEO	Medium Earth Orbit
GEO	Geostationary Equatorial Orbit
AMPS	American Advanced Mobile Phone Services
VSAT	Very Small Aperture Terminal
PSTN	Public Switched Telephone Network
PLMN	Public Land Mobile Network
CDMA	Code Division Multiplex Access
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power
TDMA	Time Division Multiplex Access
DBS	Direct Broadcast Satellite
GSc	Gateway Station
ISL	Intersatellite Link
PMSCS	Personal Mobile Satellite Communication
PCS	Personal Communication System
MSS	Mobile Satellite Services

Forrás: SSTL honlapja, SpaceDaily, NASA honlapja

Fontosabb mini-, micro-, nano-, pico műhold projektek 2000-től

OPAL (Opal Oscar 38)

A földkörüli pályán keringő pico-műhold start projekt, a Stanford University Space Systems Development Lab. fejlesztette. 2000. január 26-án bocsátották földkörüli pályára. 6 db pico-műholdat vitt a fedélzetén, melyeket február 8-án, 11-én és 12-én „lökött ki”. Kettőt közülük az Aerospace Co. for ARPA, három további pico-műholdat (Thelma, Loise, Jak) pedig a Santa Clara College készített, a hatodik egy rádióamatőr műhold (Stensat).

Az űreszköz súlya 23,1 kg, mérete 0.2x0.2x0.2 m, akkumulátora 10 cellás NiCd, 5 Ah kapacitással. Downlink frekvenciája 437.1 MHz, 1,7W.

OCS

17,7 kg súlyú, 3,5 m átmérős optikai kalibrációs gömb, melyet a l'Garde for AFRL fejlesztett ki. 2000. január 26-án bocsátották fel, 750x807 km (incl.100.23deg) pályára.

Falconsat-1

A 47,2 kg-os 0.46x0.46x0.43 m méretű kutató műholdat az OPAL segítségével bocsátották fel, 2000. január 26-án, 750x807 km (incl.100.23deg) pályára. A projekt a US Air Force Academy támogatásával jött létre. A műhold fedélzeti telemetria adói 400.457 MHz, illetve 400.68 MHz-en működnek 7 W teljesítménnyel.

Hangtian-1

Tsinghua-1 egy 50 kg tömegű micro-műhold, amelynek mérete 0.69x.36x0.36 m és a Kínai Tsinghua Egyetem részére készült. A műholdat az SSTL (UK) és kínai mérnökök készítették. A fedélzetén 39 m felbontású GSD multispectral (NIR, R, G) kamera került elhelyezésre. A műhold elsődleges feladata a földfelszín monitorozása a katasztrófavédelem érdekében.

2000. június 28-án 1037UTC-kor bocsátották Föld körüli 700 km-es körpályára egy Kozmosz-3M hordozó segítségével Pleszeck starthelyről a Nagyesda-06 nagy műhoddal és a SNAP-1 pico-műhoddal együtt. A műhold fedélzeti processzora INTEL 80C186 és 80386EX.

SimpleSat

2001. augusztus 20-án a Discovery űrsikló vitte fel. A műhold fedélzetén egy űrteleszkópot, valamint GPS-t helyeztek el. Sajnálatos módon nem sikerült kommunikációs kapcsolatot teremteni a műhoddal, így az 2002. január 30-án visszakerült az atmoszférába.

LRE (Laser Ranging Experiment)

2001. augusztus 29-én lőtték fel Tanegashima-ból (Japán), egy H-2A hordozórakéta segítségével geostacionárius transzfer pályára (260x36137 km, incl.28.1deg). Tömege 86 kg, fedélzetén passzív reflektort helyeztek el geodézia-kutatásokra. Átmérője 51 cm, hossza 53,8 cm a leválasztó egységgel együtt. Felületén 24 fémtükört és 126 lézer reflektort helyeztek el.

Starshine-3

2001. szeptember 29-én lőtték fel Kodiak (Alaszka) starthelyről egy Athema-1 hordozó segítségével. A műholdat 470 km-es körpályára juttatták fel, melynek inklinációja 67 fok.

A műhold felületét reflektorokkal borították és iskolák, amatőrök optikai megfigyelésre használhatják.

PICOSAT

2001. szeptember 29-én egy alaszka starthelyről lőtték fel 800 km-es körpályára, melynek inklinációja 67 fok a PCSAT-al együtt. A 65 kg tömegű műhold több technológiai demonstrációs berendezést szállított a fedélzetén (PBEX, IOX, CERTO és OPPEX). A CERTO egy koherens többfrekvenciás ionoszféra vizsgáló műszer (150.012 és 400.032 MHz). Az IOX hasonlóan méri az ionoszférát, de horizontálisan méri a „felkelő” és „lenyugvó” GPS műholdak távolságát. A PBEX egy polimer akkumulátor, az OPPREX pedig vibrációs szenzor-kísérlet.

A PICOSAT-ot az SSTL készítette egy US Air Force's Space and Missile Centre szerződés keretén belül.

PCSAT (Prototype Communications Satellite)

2001. szeptember 29-én lőtték fel egy Athena-1 hordozó segítségével Kodiak (Alaszka) starthelyről, 800 km-es körpályára, melynek inklinációja 67 fok. A PCSAT-ot amatőr paging és automatikus pozíció követő (APRS, Automatic Position Reporting System) rendszerrel szerelték fel.

A műhold a mobil terminálról érkező digitális azonosító és pozíció adatot veszi és továbbítja több földi állomás felé. A kocka alakú kis műholdon egy TNC, VHF 3W-os RF adót helyeztek el. A műholdat tervezte és kivitelezte az US Naval Academy (USNA).

Sapphire (Squirt-1)

A SAPHIRE (Stanford AudioPhonic PHotographic Infrared Experiments) micro-műholdat 2001. szeptember 29-én egy Athena-1 hordozóval, Alaszkából lőtték fel 800 km-es körpályára, melynek inklinációja 67 fok.

A műholdat a Stanford University és a Washington University St.Louis tervezte és építette. Fedélzetén a Stanford University és a JPL által gyártott horizontdetektort, hangszintetizálót, digitális kamerát, valamint GPS-t is elhelyeztek.

PROBA (Projekt for On-Board Autonomy)

Az ESA támogatásával létrejött 94 kg tömegű micro-műhold mérete 60x60x80 cm. Feladata a nagyfokú fedélzeti autonómia demonstrálása (például 3 tengelyű vezérlés). 2001. október 22-én bocsátották fel egy PSLV hordozó segítségével az ISRO TES és BIRD micro-műholddal együtt 568x639 km-es napszinkron pályára. A műhold fedélzetén nagyfelbontású spektrométer, kozmikus sugárzás monitor, és két kamera került elhelyezésre. A műholdat ezen kívül „csillag kamerával”, GPS-vevővel és S-sávú downlink (1Mbit/s) telemetria csatornával, valamint Lithium-Ion akkumulátorral szerelték fel.

A fedélzetén elhelyezett CHRIS (Compact High Resolution Imaging System) tömege 14 kg, felbontása 18 m, a műhold alatti sáv szélessége 18,6 km és 62 db szimultán spektrális csatornával rendelkezik. A műholdat az ESA REDU földi állomásról (Belgium) vezérik.

BIRD (Bi-spectral Infra Red Detection)

A 92 kg tömegű műhold a DLR támogatásával jött létre. Mérete 50x50x50 cm. 2001. október 22-én lőtték fel egy PSLV hordozó segítségével 568x568 km-es napszinkron poláris pályára.

Feladata a két új infravörös szenzor vizsgálata tüzek, illetve vulkán-tevékenység detektálására. A műhold fedélzetén két további látható tartományban működő kamerát helyeztek el sztereó felvételek készítésére, a vegetáció állapot és változás követésére. Az elhelyezett kamerák segítségével a füst és a vízgőz felhők megkülönböztethetők.

Kompass

A 80 kg tömegű műholdat 2001. december 10-én Bajkonurból egy Zenit hordozórakéta segítségével lőtték fel 996x1050 km-es napszinkron pályára, a Meteor-3M-N1 meteorológiai műholddal együtt.

A műholdat az IZMIRAN (Institute of Earth Magnetism, Ionosphere and Radio Waves Propagation) tervezte és a Makaev Állami Rakéta Központban építették meg. Fő feladata a földrengések jelzése a Föld mágneses mező mérésének segítségével. A műholddal való kapcsolattartásban zavarok léptek fel.

BADR-2

2001. december 10-én Bajkonurból lőtték fel egy Zenit hordozórakéta segítségével, 996x1050 km napszinkron pályára, amelynek inklinációja 99,7 fok.

A Pakisztáni Űrügynökség (SUPERCO) projektje. A micro-műhold tömege 68,5 kg és Pakisztánban építették külföldi egységek felhasználásával. Feladata a felhőzet nagyfelbontású monitorozása, valamint az atomi oxigén mérése az atmoszférában. A BADR-2 kooperációban készült Nagy-Britannia ipari és tudományos intézeteivel.

TUBSAT-C

2001. december 10-én, Bajkonurból egy Zenit hordozóval állították 996x1050 km-es napszinkron pályára, melynek dőlésszöge 99,7 fok. A műhold tömege 45 kg és fedélzetén képalkotó rendszert és store and forward telekommunikációs rendszert helyeztek el. A downlink telemetria adó S-sávú, teljesítménye 2 W, az adatsebesség 256 kbit/s.

A projekt a Berlini Műszaki Egyetem és a Centre Royal de Teledetection Spatiale, Morocco együttműködésével jött létre.

Starshine-2

Űrsikló állította 2001. december 17-én, 361x389 km-es 51,6 fok dőlésszögű pályára. A műholdat reflektorokkal borították és vizuális megfigyelésre alkalmas.

DASH (Demonstrator of Atmospheric re-entry System and Hypervelocity)

2002. február 4-én Tanegashima-ból (Japán) lőtték fel egy H-IIA hordozó segítségével. A 70 kg-os műholdat a Japán ISAS intézet készítette. A start után azonban a meghibásodott és nem vált le a hordozóról.

Kolibri-2000

Oktatási micro-műhold, melyet a Progress teherhajó visszatérő útján bocsátottak Föld körüli 385x388 km-es 51,6 fok dőlésszögű pályára. Az oktatási műhold amatőr frekvenciákat használ a résztvevő Obrinszki oktatási intézet (Oroszország) és Sydney (Ausztrália) felé történő adatok továbbítására. A fedélzetén egy fluxgate magnetometer, részecske- és elektromos térerősség-analizátor helyezkedik el. A műhold hossza 125 cm, átmérője 50 cm, melyből egy 2 méteres gravitációs stabilizátor árbóc és négy napelem nyúlik ki.

ALSAT-1

Algéria első műholdja, 2002. november 28-án észak-Oroszországból bocsátották fel Kozmosz-3M rakétával, kb. 700 km-es napszinkron pályára. Micro-műhold kategóriába sorolható. Tömege 100 kg, fedélzetén multispektrális felvételek készítésére alkalmas berendezést helyeztek el, amely egy 600 km széles felvétel készítésére alkalmas 32 m-es felbontással. Az azonos területről készített képek ismétlési periódusa 4 nap.

A műhold első tagja a Surrey Satellite Technology of Britain (SSTL-UK) vezetésével létrehozott Disaster Monitoring Constellation projektnek. Amennyiben az összes műhold pályára kerül, a képek ismételhetőségi periódusa 1 napra csökken. Ez nagyon fontos a katasztrófavédelem szempontjából. A további négy műhold az SSTL, Nigéria, Törökország és Nagy-Britannia együttműködésével készül. Az AISAT-1 az első, amely Internet Protocolt alkalmaz. A képeket az elsőként alkalmazott CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems) és File Delivery Protocol (CFDP) segítségével továbbítja, mely IP-adatcsatornaként 8 Mbps sebességgel működik. Ez egyesíti az űralkalmazásokra kifejlesztett CFDP, valamint a kereskedelmi COST (commercial off-the-self) termékek alkalmazását, robosztus, megbízható és rugalmas kommunikációs rendszert eredményezve.

Mozhaets RS-20

2002. november 28-án Pleseckről lőtték fel egy Kozmosz-3M hordozó segítségével, 681x742 km-es 98,2 fok dőlésszögű pályára. A műhold tömege 68 kg, fedélzetén GPS vevő – a Glonass és a Navstar rendszerrel kapcsolatos kutatások folytatására –, valamint amatőr CW telemetria adó(RS-20) került elhelyezésre (145.828 és 435.319 MHz).

FedSat

Ausztrál micro-műhold, tömege 50 kg, kockaalakú, oldaléleinek hossza 58 cm. A műholdat 2002. december 14-én Tanegashima-ról (Japán) lőtték fel egy H-IIA hordozórakéta segítségével, 793x806 km-es 98,7 fok dő-

lésszögű pályára. A műholdat az Ausztrál federáció 100 éves évfordulója alkalmából helyezték pályára. A hat fedélzeti egység közül hármat Ausztráliában, a műhold platformot pedig az SSTL (UK) készítette el.

A műhold fedélzetén magnetométer került elhelyezésre a Föld mágneses terének tanulmányozására. A műholdon elhelyezett kétfrekvenciás GPS vevőt a NASA biztosította a nagypontosságú pozíció adatok szolgáltatására. A keringési pályán átkonfigurálható hardvert a John Hopkins University készítette el. A fedélzetén egy Ka-sávós transpondert helyeztek el amely kommunikációs kísérletek végrehajtását teszi lehetővé. A műhold fedélzetén elhelyeztek továbbá egy cd-t, amely az ausztrál nép üzenetét tartalmazza.

WEOS (Whale Ecology Observation)

Feladata a bálnák mozgásának, szokásainak tanulmányozása 1-2 éves periódus alatt. A műholdat a Chiba Institute of Technology (Japán) tervezte. 2002. december 14-én lőtték fel a Tanegashima Space Center-ből egy H-IIA hordozó segítségével 791x805 km-es és 98,7 fok dőlésszögű pályára. A műhold segítségével lehetővé válik a bálnák, illetve a bálnákon elhelyezett transzponderek követése. A transzponder nemcsak pozíció, hanem egyéb telemetria adatokat is szolgáltat.

μLabSat

A 68 kg tömegű μLabSat-ot 2002. december 14-én lőtték fel Tanegashima Space Center-ből (Japán) egy H-IIA hordozó segítségével 789x805 km-es 98,7 fok dőlésszögű pályára. A műholdat a Japán NASDA finanszírozta és fiatal NASDA mérnökök készítették el. A fedélzetén új típusú számítógép, korszerű teljesítményszabályzó egység, képalkotó rendszerek és kommersz berendezések is elhelyezésre kerültek.

LatinSat-A,B

2002. december 20-án lőtték fel Bajkonur-ból egy Dnyepri hordozó segítségével, 650 km-es, 65 fok dőlésszögű körpályára. A műhold tömege 11,35 kg és „store and forward” kommunikációs egységgel látták el. Feladata az Argentin szállítoipar számára az állandó helyű és mobil áruk monitorozása. A műhold tervezett élettartama 7-10 év.

UniSAT-2

University of Rome második műholdja, tömege 11,8 kg. 2002. december 20-án lőtték fel Bajkonurból, egy Dnyepri hordozó segítségével, 650 km-es 65 fok dőlésszögű körpályára. Fedélzetén technológiai kísérleteket helyeztek el, például „űrtörmelék” szenzort, aerosol-dektort, kamerát stb.

SaudiSat-1C

2002. december 20-án lőtték fel Bajkonurból, Dnyepri hordozó segítségével, 650 km-es, 65 fok dőlésszögű körpályára. AMSAT típusú kocka-műhold, amelyet a Space Research Institute of Saudi Arabia támogatásával készítettek el.

CHIPSAT (Cosmic Hot Interstellar Plasma Spectrometer)

A University of California (USA) fejlesztette a fedélzeti berendezést, a műhold platformot a SpaceDev készítette el egy US\$6.8m szerződés keretében. A fedélzeti egység TCP/IP, illetve FTP/IP internet protokollt használ. A műhold tömege 62 kg, 590 km-es, 94 fok dőlésszögű körpályán kering és 3 tengely mentén stabilizált.

MOST

Canada első űrteleszkópja. A MOST egy aktatáska méretű (65x65x30 cm, 60 kg) micro-műhold. Fedélzetén egy 15 cm-es teleszkóp került elhelyezésre, melynek segítségével a csillagok és az égitestek olyan kismértékű fényváltozásai vizsgálhatók, amelyek a Föld felszínéről már nem detektálhatóak.

NigeriaSat-1

A DMC (Disaster Monitoring Constellation) katasztrófa-monitoring rendszer egy tagja. Fedélzetén optikai felvételező rendszer került elhelyezésre, mely 32 m-es felbontású képet szolgáltat, 640 km szélességben. Az alkalmazott sávok (G, R, NIR, mint a Landsat-ETM, 2, 3 és 4). Az S-sávú downlink telemetria csatorna 8 Mbit/s adatsebességgel továbbítja a képeket a földi állomásra. A fedélzeti adatrögzítő kapacitása 1 Gbyte, félvezetős. A műholdat az SSTL fejlesztette és készítette el.

2003. szeptember 27-én Pleszecki starthelyről lőtték fel egy Kozmosz hordozórakétával. A NigeriaSat-1-el egyidejűleg pályára állították a BILSAT-1 (Törökország), és az UK-DMC műholdat (UK), melyek szintén a DMC rendszer részei. A rendszer 24 óránként képes azonos területről felvételeket továbbítani, míg a jelenlegi kereskedelmi rendszerek csak 16 naponként képesek azonos területről képeket továbbítani. További fontos jellemzője a rendszernek, hogy 600x600 km-es területről szolgáltat felvételt 32 m-es felbontással az eddigi rendszerek csak tized ekkora területével szemben. A felvételek hozzáférhetők a DMC adatelosztó rendszeren keresztül, a katasztrófa elhárító szervezetek számára. A DMC társulásban az űr-partnerek: Algéria, Nigéria, UK, Kína, társult partnerek: Törökország, Thaiföld.

TopSat

Elsődleges feladata, hogy bizonyítsa: egy micro-műhold is képes nagyfelbontású (2,5 m) felvételek készítésére a Föld felszínéről. A műhold a BNSC (British National Space Centre) és a védelmi misztérium együttműködésével jött létre.

A műhold kifejlesztésében és elkészítésében együttműködő partnerek: QinetiQ, SSTL, Rutherford Appleton Laboratories (RAL) és InfoTerra. A nagyfelbontású szenzort a RAL készítette. Tervezett startja 2004 második felében várható.

UK-DMC

A DMC rendszer egyik műholdja. Fedélzetén optikai felvételező szenzor helyezkedik el, amely 32 m-es felbontású képet készít három sávban (G,R,NIR), 640 km-es szélességű területről. Fedélzeti tárolóegységének

kapacitása 1,5 Gbyte, telemetria csatornája az S-sávban működik, az adatsebesség 8 Mbyte/s.

A műhold fedélzetén olyan vevőberendezést helyeztek el, amely a tenger felszínéről visszavert GPS műhold jeleket veszi (GPS reflectometry). A rendszer megalkotói úgy vélik, hogy a GPS-reflektometria forradalmasíthatja az óceánkutatókat. Az UK-DMC műhold 2003. november 17-én felvételeket készített a Kaliforniai tűzvészről. A képen jól látható a tűzvész során keletkezett füst által okozott levegőszennyeződés kiterjedése.

BILSAT (Törökország)

A műhold tömege 130 kg, fedélzetén nagyfelbontású (12 m) pánkromatikus képalkotó rendszert, négy-sávú multispektrális, közepes felbontású (26 m) képalkotó rendszert, és egy kilencsávú képalkotó rendszert helyeztek el. Fedélzetén nagysebességű képkódoló működik, amely JPEG2000 algoritmus szerint tömöríti a képeket. Törökország a BILSAT műholdjával csatlakozott a DMC társuláshoz, így a képek a DMC-n keresztül hozzáférhetők. A műhold irányítóközpontja Ankarában van.

Összefoglalás

A felsoroltak alapján látható, hogy a kisműholdak (mini, micro, nano, pico) igen széleskörben alkalmazhatók a csillagászat, tudományos kutatás, ürgeodézia, katasztrófavédelem, távérzékelés, hírközlés, katonai kísérletek területén, ezért a nagy műholdak, illetve műholdrendszerek mellett a kicsik (<1000 kg) iránti érdeklődés világszerte nő. Az egyetemek, az állami szektor, a pénzbefektetők újabb és újabb kisműholdas programokkal indulnak. A legkorszerűbb technológiák alkalmazásával, a mikroelektronika, a miniatürizálás eredményeképpen komoly versenytársai lehetnek a nagyobb műholdaknak, mivel gazdaságos megoldást kínálnak a különféle feladatokra.

Jó példa erre a kisméretű, de nagy teljesítőképességű távérzékelési műholdak megjelenése (pl. ALSAT-1, TopSat) amelyeknek szolgáltatásai még túl is szárnyalják (2,5 m-es felbontású kamera) a jelen, kereskedelmi célú műholdak szolgáltatásait. Elgondolkodtató, hogy egy ilyen műhold 600x600 km méretű képet képes készíteni akár 2,5 m-es felbontással (két kép már lefedi teljes Magyarország területét). Több műhold esetén naponként kaphatunk képeket az azonos területekről. Ennek megfelelően ilyen nagyfelbontású és gyakoriságú képek jól használhatóak árvizek előrejelzésére, erdőtüzek lokalizálására, a szennyezések kiterjedésének dinamikus vizsgálatára, mezőgazdasági termőterületek behatárolására, termésbecslésre stb.

A műhold többcélú felhasználása is lehetséges erre is több példát láthatunk, tehát a távérzékelési berendezés mellett elhelyezhető „store and forward” hírközlést szolgáló berendezés is. A kisműholdak tipikus felhasználási területe ugyanis a „store and forward” kommunikáció, amely nagyon gazdaságos hírközlési lehetőséget biztosít igen távoli földi pontok között (TCP/IP is). Ezen kommunikáció lehet fix-fix, fix-mobil, vagy mo-

bil-mobil állomások közötti. Ilyen típusú hírközlő rendszerek széleskörűen alkalmazhatók például logisztikai feladatok ellátására, áruszállítás esetén az árú vagy flotta követésére, mentési feladatok ellátására, a katasztrófavédelemben, vadon élő állatok követésére stb. A kis-műholdak tipikusan egyetemekhez kapcsolódnak, vagyis legtöbbjük egyetemek közreműködésével jött létre. Így amellet, hogy valós igényt elégítenek ki, fontos szerepük van az oktatásban, illetve az ahhoz kapcsolódó kutatási feladatokban.

A fentiekben említett DMC (Disaster Monitoring Constellation) jó példa a nemzetközi együttműködés adta lehetőség kihasználására, így sokkal kisebb ráfordítással nagyobb haszon, több eredmény érhető el.

A kis műholdak startköltsége csak töredéke a nagy műholdak startköltségének, mivel a kis műholdak a nagy műholdak mellé „piggy-back” –ként elhelyezhetők. Többek között ez is oka a kis műholdak széleskörű elterjedésének.

Lehetőségeink alapján a kis-műholdas rendszerek fejlesztésébe Magyarország is be tudna kapcsolódni és így az adott szolgáltatáshoz lényegesen kedvezőbb áron tudnánk hozzájutni.

Köszönetnyilvánítás

A fenti munka a KVM és az Űrkutatási Iroda támogatásával jött létre.

Hírek

Június 7-8-án a Hotel Intercontinentalban rendezték a „**Hírközlés Délkelet- és Közép-Európában**” elnevezésű nemzetközi konferenciát, amelyre a közép-kelet-európai, a délkelet-európai és kelet-európai országok hírközlésért felelős miniszterei és államtitkárai kaptak meghívást. A konferencia központi témája a befektetések növelését előmozdító legújabb regionális kezdeményezések a gazdaságok és hírközlési piacok gyors növekedése fényében. Az Informatikai és Hírközlési Minisztérium részéről Kovács Kálmán informatikai és hírközlési miniszter 2004. június 7-én 9 órai kezdettel tartott nyitóelőadást, ezt követően dr. Bánkuti Erzsébet helyettes államtitkár mutatta be a hírközlés magyarországi helyzetét.

A 2003. októberében Virgíniában létrehozott **Magyar Technológia Központ (HTEC)** helyszíni tevékenységével támogatja a magyar informatikai cégek hatékony piaci megjelenését. A HTEC két együttműködő szervezeti egységet takar: a Budapesten működő programirodát és a virginiai kontaktirodát. A támogatási keret ezen irodák szolgáltatásaira lehet „beváltani”. A programiroda végzi a pályáztatást, a szakmával való kapcsolattartást, a folyamatos amerikai piaci információk szolgáltatását, továbbá a felkészítést – beleértve az oktatásokat is. A kontaktiroda feladatai közé a piacelemzés, az üzleti lehetőségek felkutatása, szakmai találkozók szervezése, jogi, marketing, továbbá üzletfejlesztési támogatás tartoznak, de irodai kapacitást és infrastruktúrát is biztosít a támogatottak részére. Ugyancsak a virginiai iroda feladata az együttműködő partnerek felkutatása, az előzőekben ismertetett szolgáltatások „beszállítói körének” kialakítása.

A HTEC felkészült a pályázók fogadására. Az iparági támogatásra jelentkezett más cégekhez hasonlóan, nekik is segít a HTEC az üzleti lehetőségek felkutatásában, az amerikai piac jobb megismerésében. Kiépítette az akkreditált beszállítók hálózatát, a piacra jutást támogató megfelelő kapcsolatrendszert és az irodai infrastruktúrát.

Hazánk érdekeivel megegyező javaslatot fogadott el az Európai Unió Versenyképességi Tanácsa a szoftverszabadalmakkal kapcsolatban május 17-18-i ülésén, melynek egyik fontos célja a számítógéppel kapcsolatos találmányok szabadalmaztatására vonatkozó egységes európai szabályozás megalkotása volt.

A VT ülésén Gottfried Péter, a Külügyminisztérium integrációs és külgazdasági államtitkára elmondta, hogy Magyarország egyetért azzal, hogy szükséges a terület egyértelmű közösségi szabályozásra, ugyanakkor szorgalmazta, hogy a kis- és középvállalatok számára is kedvező javaslat szülessen. A hozzászólásokat követően az ülésen módosították az elnökség által előterjesztett szövegjavaslatot. A minősített többséggel megszavazott új szöveg leszűkítette a szabadalmaztatható találmányok körét, kivéve abból a számítógépes programokat, a forráskódokat és tárgykódokat. A döntés értelmében kizárólag olyan esetben lehetséges a szoftverek szabadalmaztathatósága, ha azok valamilyen berendezéshez köthetők. A minősített többséggel hozott közös álláspont várhatóan az ősszel kerül az Európa Parlament elé.

Ericsson Nap 2004

A hagyományoknak megfelelően idén is bemutatta az Ericsson új eredményeit és azokat a szolgáltatásokat, melyekhez új berendezéseket fejlesztett ki. A felújított Uránia Filmszínház mint helyszín, a jól szervezett előadások megalapozták a hangulatot és az Ericsson ismét megnyerte magának vendégeit.

Az előadások középpontjában a mobil rendszerek fejlesztése állt. Ezek közül is első helyen a 3G bevezetése szerepelt. Ennek technikai előfeltételeit a gyár már megvalósította és Szlovéniában számos előfizető használja a rendszert. A szlovén szolgáltató beszámolt friss eredményeiről, tapasztalatairól, igazolva azt, hogy a felhasználók szívesen veszik az új többletszolgáltatásokat. Ehhez kapcsolódtak a szakmai előadások, melyek jól érthetően ismertették az elért eredményeket és mindezen előnyöket, melyeket az előfizetők élvezhetnek.

A kerekasztal-beszélgetés során a résztvevők meghallgathattak néhány kiemelkedő hazai szakembert, akik vázolták a jövő lehetőségeit. Valamennyi felszólaló szövegéből érezhető volt, hogy a távközlés minden szereplője felkészült az esetleg még rejtett igények kielégítésére is. Ugyanezt a célt szolgálta az a bemutató is, mely a különböző informatikai és szórakoztató szolgáltatások integrálását és egyszerű kezelését ismertette. Többször elhangzott, hogy nagymamáktól az unokáig mindenki tudja kezelni a rendszert és az igények kielégítésének műszaki akadályai nincsenek.

Két előadást szeretnék külön kiemelni. Az első címe: A vezetékes hozzáférés jövője. Első meglepő statisztika, amit megtanulhattunk, hogy 1997 óta az elmúlt öt évben az ADSL felhasználóinak száma meredekebben növekszik, mint a mobilé. Ennek fényében ismertették a vezetékes hozzáférés jövőjét, a nyilvános Ethernet hasznosítását. A rendszer fejlesztését a Discrete többhangú modulációra, a DMT-re alapozták. Ez lényegében hasonlít a lapunkban már korábban bemutatott OFDM rendszerekhez. Az Ethernet-alapú rendszerek alkalmasak ezen szélessávú hozzáférés átvitelére, és a tapasztalatok szerint mind a berendezés ára, mind pedig a karbantartás kevesebb mint a negyede az IP/ATM/SDH rendszerekének.

Megtanulhattuk azt is, hogy az eszközök és felhasználók biztonságának növelése, valamint az ezt megalapozó berendezés megbízhatósága szempontjából a megoldás nem rosszabb sem a vonalkapcsolt rendszereknél, sem más Internet-alapú szolgáltatásnál. A valamennyi technikai részletre kiterjedő szakszerű előadás alapján remélhetjük, hogy a jövőben minden lakásban olcsón hozzáférhetnek az akár 2 Mbit/sec sebességű információátvitelhez is.

A másik kiemelkedő előadás a tarifálással és a számlázással foglalkozott. Bemutatta az előrefizetés és az utólagos számlaküldés problémáit. Bár mindkét technika alkalmazható mobil és fix átvitelre egyaránt, mégis inkább a mobil problémákat hangsúlyozták. Egy olyan

elrendezést ismertettek, mely kiküszöböli az utólagos számlázás és az előre megvásárolandó kártya hátrányait. A két módszer gazdasági és műszaki problémáinak vázolása után ismertették a különösen a tartalom-szolgáltatók számára fontos valós idejű számlázás és fizetés előnyeit. Az elképzeléseket kipróbálták és világossá vált, hogy biztonság szempontjából a valós idejű számlázás valamennyi szereplő részére előnyös.

Ebben az évben is tapasztalhattuk, hogy a műszaki részeken túlmenően a fejlesztési részlegek és gyártók is koncepcionálisan új megoldásokat kínálnak. Reméljük, hogy ezen új megoldásokról hamarosan cikkekben is részletesen beszámolhatunk.

L.Gy.

Szolgáltató Központ létrehozásával növeli magyarországi jelenlétét az Ericsson

A Stockholmban tárgyaló Kovács Kálmán informatikai és hírközlési miniszter Ulrica Messing svéd hírközlésért felelős miniszter asszony meghívására június 17-én ellátogatott az Ericsson központjába és megbeszélést folytatott Carl-Henric Svanberg elnök-vezérigazgatóval.

A tárgyaláson az Ericsson vezetői bejelentették, hogy a cég növeli magyarországi jelenlétét egy technológiákat integráló, az egész világra kiterjedő Szolgáltató Központ létrehozásával. Az Ericssonnak már közel másfél évtizede van jelentős K+F tevékenysége Budapesten, ugyancsak globális feladatokkal. Az új létesítmény a jelen és a jövő távközlési szoftvereihez, berendezéseihez nyújt szoftvertámogatást és -fejlesztést, hálózati tanácsadást, hálózati teljesítményelemző és hálózattervező eszközfejlesztést, valamint rendszerintegrációt.

A mobil telekommunikációs szoftver-támogatás a GSM technológiára fókuszál. A hálózati és technológiai tanácsadás elsőként a rádiós hálózatok szolgáltatására és végpont-végpont teljesítményauditokra koncentrál. A hálózati teljesítményelemző eszközöket fejlesztő egység pedig a 2,5G, illetve a 3G hálózatok tervezéséhez és végpont-végpont közötti teljesítmény mérésére alkalmazható eszközöket és szolgáltatásokat fejleszt és támogat a továbbiakban.

High Speed Networking 2004 Spring

A BME, az ELTE és az Ericsson szakértői évek óta együtt fejlesztik az új nagysebességű, szélessávú hálózatok technológiáit. Évente két alkalommal rendszeresen beszámolnak az elért új eredményekről.

Ezeknek a beszámolóknak különösen az ad rangot, hogy az előadók mind fiatalok, többségük doktorandusz és munkáik a leendő disszertációik részét képezik, vagy a fiatal oktatók mutatják be, hogy a korábbi munkáik milyen gyakorlati eredményekhez vezettek. A tanszékek is ügyelnek arra, hogy ne valljanak szégyent, ezért gondosan ellenőrzik tanítványaik előadásait. Így fonódik össze a fiatalok fantáziája a vezető kutatók tapasztalatával.

A kétnapos konferencián az internetes forgalomirányítás és az ehhez szükséges routerek kialakítása volt a központi téma. Három szekcióban hangzottak el előadások és összesen 9 szerző kutatási eredményeiről hallottunk. Az irányítást különböző szempontok szerint lehetett optimalizálni. Ezek között szerepelt a címzés egyszerűsítése, a hálózat egyenletes terhelése és a kiépülő útvonalak hosszának, vagy kapcsolási pontjának minimalizálása. Bár nem alakult ki egységes kép, de a különböző szempontok súlyozása a hallgatóság fejében előmozdította a saját céljaiknak megfelelő struktúrát. Ebben segített a kerekasztal-megbeszélés, mely a különböző előadások összevetése alapján igyekezett mindenkiben egy új világgépet kialakítani.

A téma előfeltétele, hogy pontosan ismerjük a forgalmat. Ennek érdekében az egyik szekcióban a forgalom mérésével és a forgalmi modellek kialakításával foglalkoztak. Ehhez kapcsolódott a hálózat ellenőrzése és a hálózattigazgatási (Network Management) feladatok megoldása.

A második nap délutánján mintegy összefoglalásképpen a hálózattigazgatás új elméleti eredményeit is bemutatták. Szorosan kapcsolódott a témához a sávszélesség igazságos kiosztása. Ezek a témák együttesen a különböző csomagkapcsolási megoldások, vagyis az IP alapú irányítás gyakorlati alkalmazását is elősegítik. Az előadók igyekeztek bemutatni, hogy milyen hatása lesz a helyesen tervezett Network Management-

nek és milyen módon lehet a legjobban kihasználni a sávszélességet.

Ezekkel a témákkal kapcsolatban érdemes azt is figyelembe venni, hogy, mint azt lapunkban korábban Takács György cikkében olvashattuk, a fényvezetők kapacitása olyan mértékben nő, hogy az 1 bit átvitele 1 km távolságra elenyésző pénzbe kerül. Valószínűleg a költségoptimumot a kapcsoló eszközök és az elektromos/optikai-optikai/elektromos átalakítások számának minimalizálásával lehet elérni. Ezekhez a gondolatokhoz kapcsolódott a kiállított poszterek egy része. Különböző gazdasági kérdéseket, rádiós és vezetékes hálózatok összekötését láthattuk jól megtervezett tablók-

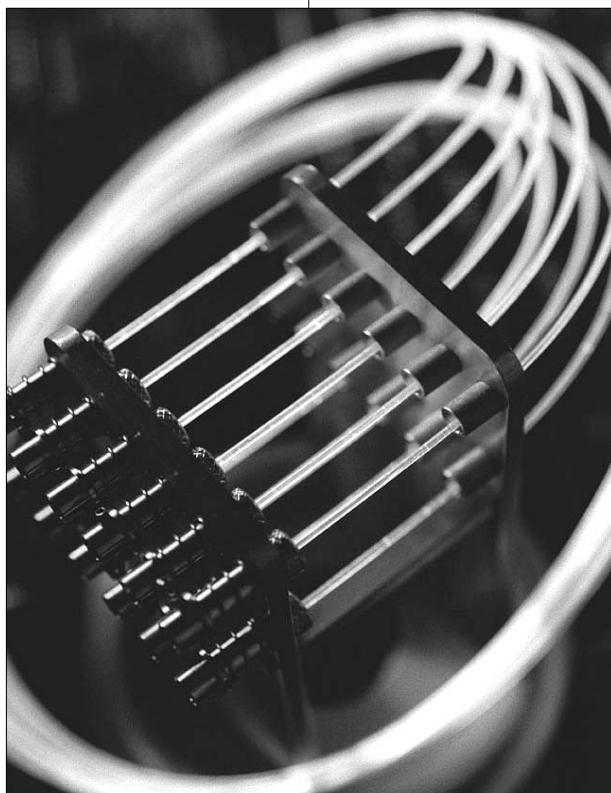
kon és hallhattuk a doktoranduszok értelmes magyarázatait a poszterekhez.

Végül érdemes még két szekciót külön kiemelni. Az egyik az ad-hoc és a mobil hálózatok területén elért eredményeket mutatta be, melynek során a frekvencia-ugratásos, több szakaszos rendszerek használatát ismerhettük meg. A másik szekció olyan kutatási eredményeket mutatott be, amelyek még nem érettek meg a gyakorlati bevezetésre, de a gondolatok mindenesetre vonzóak. Ez a szekció első előadása volt, amely a szinkronizálást nem igénylő időkódolt rendszerek működését mutatta be. A második előadás abban segíthette a felhasználót, hogy miképpen tud védekezni a hálózatot elárasztó

vírusok és nem kívánt üzenetek ellen. Végül a harmadik a szuperkeretek alkalmazásával foglalkozott jelzőpontok (Mini-Beacon) segítségével.

Összefoglalva az egyetemek és az ipar összefogása a hálózatok és a forgalom területén számos érdekes új eredmény kidolgozásához vezetett el. Közös céljuk, hogy ezek közül minél többet lehessen bevezetni a különböző távközlési hálózatokba. A részletek megtalálhatók a „HSN 2004 Spring” kiadványában.

L. Gy.



Networks Symposium 2004

25 éve rendszeresen összejönnek a távközlési szakemberek, hogy a Networks Konferenciákon (International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium) kicseréljék tapasztalataikat és megvizsgálják, hogy a következő időszakban milyen új eredmények segíthetik a hálózatok tervezését, üzemeltetését és a felhasználók jobb kiszolgálását.

Kezdetben szinte minden konferenciához kötődött egy olyan meghatározó téma, mellyel több előadó foglalkozott és különböző oldalról világított meg valamely új irányzatot. Volt, amikor az IP alapján működő rendszerekről, a szélessávú hálózatok bevezetéséről, vagy a fényvezetők szerepéről hangzottak el olyan beszámolók, melyek döntően befolyásolták a legtöbb ország távközlési hálózatának kialakítását. Hozzájárult ehhez, hogy a különböző kutatási eredmények céljukban és hasznosítási formájukban eltérőek voltak, így a szimpóziumok résztvevői, saját eredményeiket a többiektől tanult módszerekkel kiegészítve tudtak otthon sikereket elérni.

Júniusban Bécsben gyűltek össze a távközlési szolgáltatók, hálózatépítők, gyártók, tervezők és kutatók, hogy beszámoljanak saját eredményeikről és megismerjék merre felé halad a világ többi része. A háromnapos szimpóziumon áttekinthettük napjaink legtöbb problémáját, az előadásokat végighallgatva azonban még számos kérdés nyitva maradt.

Teljesen optikai hálózatok

Több előadás már címében is tartalmazta ezt a témát. Ugyanakkor ennek megvalósítása jelenleg több problémát vet fel. Csomagkapcsolt rendszerekben a csomag tartalmazza a címet, amely közvetlenül az információ elején jelenik meg és ennek alapján kellene az információ irányítását vezérelni. Elektronikus rendszerekben ez nem okozott problémát, mert az információt néhány miliszekundumig tárolták, ezalatt a címinformációt feldolgozták és az irányítási parancsokat kiadták, tehát a rendszer tökéletesen működött és a korábban kialakult IP rendszerek gazdaságosan üzemeltethetők voltak.

A fotonok azonban nem tárolhatók, késleltetésük is csak nagyon bonyolult módszerekkel lehetséges, ezért a fotonika és az IP hálózatok illesztése nem oldható meg triviális módszerekkel. A megoldásra pedig szükség lenne, mert a szélessávú szolgáltatások bevezetése elkerülhetetlen és gyors ütemben halad. Ugyanakkor a hálózat nagy része a csomagkapcsolt IP technika alapul.

A probléma áthidalására a különböző előadóktól eltérő válaszokat lehetett hallani:

- Az elektronika és a E/O valamint O/E átalakítók ára folyamatosan csökken és most már annyira olcsó ez a technika, hogy nincs értelme a teljesen fotonikai alapra helyezett hálózatok kialakításának. A meglévő lehetőségek kombinálásával és nem az elvi célkitűzés alapján kell feladatainkat megoldani.

- Válasszuk le az irányítási információkat a hasznos jelekről, küldjük előre a vezérlőjeleket gondoskodva arról, hogy ezek előbb odaérjenek, mint az IP csomagok, így várakozásmentesen lehessen a hálózaton a csomagokat átvinni. Ez az IP gyors, rugalmas, de a pillanatnyi forgalmi helyzethez illeszkedő irányításban hátrányokat jelentene, ugyanakkor a No7-eshez hasonló jelzéstechnika ezeket esetleg kompenzálni tudná.

- A gerinchálózatban elegendő kapacitás áll rendelkezésre. Nincs értelme annak, hogy az IP egyik előnyét az átviteli kapacitás jó kihasználását megtartsuk, ezért egy kombinált vonalkapcsolt-csomagkapcsolt rendszerrel lehetne a hálózatot kiépíteni. Ezzel az egységesség előnyeit elvesztenénk, de jól tudnánk hasznosítani a rendelkezésre álló fényvezető rendszereket.

Mindezeket végighallgatva azt a tanulságot lehet levonni, hogy a fényvezetők tovább terjednek, a nagy sávzsélesség igényű információkat gondmentesen át tudjuk vinni, de sok esetben nem szeretnénk emiatt lemondani az IP előnyeiről. A végeredmény még nem látszik, ezért olyan megoldásokon érdemes gondolkodni, melyek bármely jövőbeni csomagolási, irányítási módszer elterjedése esetén sem jelentik azt, hogy beruházott eszközeinket ki kell dobni.

Mobiltechnika és szélessáv

Távbeszélő célokra már egyértelműen többet használnak a mobil eszközöket, mint a fix állomásokat. A mobil eszközök alkalmasak adatátvitelre és mozgókép átvitelre is. A rendelkezésre álló rádiós sávok azonban lényegesen kisebb kapacitásúak, mint amit fényvezetőkkel el lehet érni. A cél, hogy a mobiltechnika kényelmét kell kombinálni a fényvezetők nagykapacitású átvitelével. Erre már több módszert dolgoztak ki. A korlátozott biztonságú WLAN és a rendszerek jellemzőit illesztő UTRAN mellett a leendő 4G mobil GSM továbbfejlesztés is igyekszik ezeknek a feladatoknak eleget tenni.

Ezek mellett néhány előadásban megjelent az Ubiquitous hálózatok elképzelés is, amely valamennyi elérési pontban mobil keresést, bejelentkezést és kapcsolattartást tesz lehetővé. Ugyanakkor 100 méteren belül már a gyűjtő és a gerinchálózatok szélessávú fényvezetőihez csatlakoznak. A biztató elképzelés azonban különböző technikák hosszúidejű együttélését követeli meg. Ezzel szemben előnye az, hogy a torlódások elkerülésére nem kell különböző eljárásokat bevezetni.

A torlódások elkerülésére, az információ hálózatba engedésének szabályozására mindezek ellenére újabb módszereket dolgoztak ki. Ezek gazdasági és műszaki kérdéseivel is több előadás foglalkozott, mely bizonyítja, hogy egyáltalán nem biztos, milyen módon tudjuk majd ésszerűen hasznosítani a rendelkezésre álló sávszélességet. Kapcsolódó ellentmondások más területeken is megjelentek a szimpózium programjában, így például a Triple play is szerepet kapott, melyben a kép, a hang és az adat azonos elveken vihető át, irányítható és vezérelhető. Ettől függetlenül sor került olyan előadásokra is, melyek a szórakoztató célú, nagy sávszélességű műsorok átvitelére más eljárást javasoltak, mint a beszédre. Indokolták ezt az eltérő követelményekkel és kapcsolási módokkal. Érdemes tehát a fix-mobil kapcsolatot, valamint az egységes és specifikus átviteli vezérlési eljárások különböző kombinációinak bevezetésére felkészülni, mert a következő években bármi bekövetkezhet, és előnyös, ha ennek hatására nem vesznek kárba korábbi beruházásaink.

Következő generációs hálózatok (NGN)

A napi sajtóban és a népszerűsítő irodalomban sokszor találkozhatunk az NGN rövidítéssel, ennek azonban konkrét tartalmát nem definiálták és nem is látszik, hogy mely műszaki újdonságok vezetnek el a következő generációhoz. Három szekcióban is vizsgálták ezt a kérdést, ennek megfelelően három különböző választ kapott a hallgatóság.

Az első a szolgáltatások oldaláról közelítette meg a kérdést. Eszerint az NGN az a hálózat, melyben a végpontok multimédiás szolgáltatásokat vehetnek igénybe. Szakmailag ez azt jelenti, hogy szélessávú hozzáférést kap minden felhasználó. A másik szekcióban a folyamatos megszakadás-mentes hozzáférést hangsúlyozták, melynek előfeltétele a végpontok közötti minőség garanciája. Ennek érdekében lényegesnek tartják az áramkörök lefoglalását, ezzel biztosítva a folyamatos, csomagvesztés nélküli üzemeltetést. Ennek tervezési és menedzsment kérdéseit is vizsgálták az előadók. A harmadik szekció az NGN alapvető tulajdonságának tartotta a mobil-fix konvergencia megvalósítását. Ezzel egyidejűleg az átviteli közegetől és a kapcsolat módjától független minőség garanciáját tűzték ki célul.

A többi szekció előadásaival is összevetve az alakult ki, hogy az NGN nem egy új technológiai generációt jelent, hanem a szolgáltatás szempontjából igyekszik az újdonságot megvalósítani. A jó minőség, a folyamatos hozzáférés és a széles sáv jellemzi az NGN-t. Így jogos is, hogy a következő generációnak nevezzük, mert ennek elérése hosszú időt vesz igénybe.

Gazdasági kérdések

A szolgáltatások gazdaságosságának mind a két oldalát vizsgálták. A beruházási és üzemeltetési kérdések csökkentése mellett a tarifálás és a bevételek kérdése is előtérbe került. A teljesen fotonikai elven működő há-

lózat megvalósítása volt az egyik kiemelt vitatéma. Ehhez kapcsolódott az automatikusan kapcsolt optikai hálózat üzleti elemzése. Gyakorlati szempontból költségcsökkentő hatása lehet a sávszélesség-kereskedelemnek és annak versenyélénkítő hatásának. Tarifálás területén a mobil és fix hálózatok egységes rendszerének kidolgozását hangsúlyozták, mely forgalomművelő hatású lehet. Felmerült ezen túl a tartalomszolgáltatás bevételeművelő hatása, és a kábeltelevíziózás kapcsolata a klasszikus távközlési hálózattal.

Lényegileg nem látszott, hogy a különböző nézetek valamilyen irányba konvergáltak volna. A két gazdasági központi szekció és a sávszélesség kereskedelemmel foglalkozó ülés során nem alakult ki új irányelv. Talán csak az a trivialis volt a tanulság, hogy mindent az igényeknek megfelelően kell csinálni.

Mobil hálózatok

A középpontban a harmadik generációs UMTS hálózatok tervezése szerepelt. A hálózatméretezés, a bázisállomások elhelyezése és a teljes lefedettség elérése számos előadó célkitűzése között szerepelt. Ennek ellenére még volt olyan előadás is, amely a GSM továbbfejlesztésével, GPRS hálózatok kialakításával foglalkozott. Tanulságos, hogy 3. és 4. generációról beszélünk, azonban a napi feladatok még a 2. és 2,5. generációkkal kapcsolatosak.

A mobil szekciókban aktuális, élő problémák megoldására adtak választ, mintsem, hogy a közeljövő mobilhálózatára fogalmaztak volna meg irányelveket. A biztonság és a költség egyensúlya, valamint a fix hálózattal kialakítandó sima (seamless) kapcsolat egyaránt a TCP/IP és az Ethernet bevezetését helyezte előtérbe.

A kiemelt 5 témakör mellett a megbízhatóság, a biztonság, a minőség, a hálózati adatbázisok és a hálózati irányítás kapott még kiemeltebb szerepet. Ez utóbbinál az MPLS továbbfejlesztésével és a többretegű hálózatok optimalizálásával is foglalkoztak. A szélessávú átviteli lehetőségek és a minőség együttesen olyan követelményeket támaszt, melyeket esetleg egyszerűbben lehet majd megvalósítani valamilyen újfajta vonalkapcsolással. Ezt várhatóan nem fogják vonalkapcsolásnak nevezni, mert a csomagkapcsolásba fektetett energiák értékét nem szabad elveszíteni.

A Networks szimpóziumok sorában ez volt a legrövidebb, mindössze három napig tartott. A záró szekció során némelyekben felmerült a kérdés, hogy a különböző konferencia-sorozatok versenyében hogyan tud helytállni a Networks, lesz-e folytatás, esetleg más konferenciasorozattal való integrálódás. A nemzetközi tudományos irányító bizottság azonban – értékelve a bécsi konferencia tapasztalatait és a Networks hagyományos megkülönböztető értékeit –, határozottan az önálló folytatás mellett foglalt állást, így hamarosan számíthatunk a 2006-os, immár 12-ik Networks színhelyének bejelentésére is.

L. Gy.

„Tudósból sok van, üzletemberből kevés”

Interjú Bojár Gáborral, a Graphisoft Rt. társtulajdonosával

NAGY BEATRIX HAVASKA

nbh@mailbox.hu

Gábor Dénes és Széchenyi-díjas. Fizikus, aki a relativitáselmélet és kvantumelmélet ellentmondásait akarta feloldani. 1982-től saját céget alapított, amely az építészeti-tervező szoftvergyártók közül hamarosan a világ egyik piacvezető cégévé nőtte ki magát. Az ArchiCAD, a világon az első háromdimenziós modellezést használó program egyik fejlesztője. Mi készítette arra, hogy a tudományos pályát maga mögött hagyva inkább az üzleti életben érjen el világraszóló sikereket? Hogy ma is egy 300 főt foglalkoztató cég irányítója és tulajdonosa ahelyett, hogy Nobel-díj tulajdonos legyen? Erről kérdeztük rövid interjúnkban Bojár Gábort.



Mint tudjuk nincsenek szelektív zsenik. Az Ön pályafutása is elsősorban azzal a problémával kezdődött, hogy számos tehetségének megfelelő továbbtanulási lehetőségek közül melyiket válassza. Mint kiemelkedően jó fizikus és matematikus az ELTE-re iratkozott be, ahol a relativitáselmélet és a kvantummechanika problémáival foglalkozott. Időközben olyan karriert futott be, hogy minden paszsiójának eleget tehet. Nem lenne kedve a köznapi halandók számára nehezen érthető tudományokat közérthetően megírni, problémákat felvetni? Gondol-e még arra, hogy újra a fizikával foglalkozzon és azt népszerűsítse?

Természetesen érzek nosztalgiát a fizikusi múltam iránt, hiszen annak készültem, bár nem fizikus lett belőlem. Nem maradhattam az egyetemen, ahol tudományos tevékenységet folytathattam volna. Egy tudós munkájának természetesen mindig része az előadás, a tudományos anyagok írása. Voltak tanárain, akiket nagyon tiszteltem, például Marx György, aki sokszor írt fizikai problémákról hétköznapi nyelven. Egyetem után a Geofizikai Kutatóintézetben kutatóként dolgoztam, de nem olyan kvalifikált munkát csináltam, amire addig tanítottak. Aztán elkezdtem élvezni a munkám azon részét is, hogy használják az alkotásaimat, és egyben még jó üzlet is. Tulajdonképpen üzletemberként lettem sikeres. Vannak a programnak ma is olyan részei, amit magam írtam és erre nagyon büszke vagyok.

Nem hiszem, hogy az átlagembert érdekelné, hogy egy háromdimenziós rajzon a háttér vonalak miért nem látszanak, és ezt miként oldottuk meg. Pedig ez mind saját fejlesztés. Az üzlet vonatkozásaival csak tudományos ismeretterjesztő szinten foglalkoztam: mi az üzlet, mitől jó egy-egy műszaki újonság, mitől nem jó, mitől lesz üzleti sikere, vagy mitől nem? Ha úgy adódna és lenne rá időm, szívesen írnék is róla.

Időközben eltávolodtam a tudományos problémáktól. Nem hiszem, hogy az elmúlt 30 év fejlődését be tudnám hozni. A tudományos élet – nagy fájdalomra –, már nem lesz az életem része. Bár érdekes, hogy amikor Széchenyi-díjat kaptam, azt mint tudományos elismerést kaptam. Úgy éreztem azért, mert a Magyar-

országon kifejlesztett és elért műszaki eredmények külföldi sikerében én is közre tudtam működni üzletemberként. A hivatalos indoklásban ugyan az állt, mintha felfedeztem volna valami tudományosat, pedig semmi ilyesmiről nincs szó. Az életem nagy felfedezése, hogy rájöttem: tudósból sok van, üzletemberből kevés.

Első sikereit matematika tudásának köszönhetette. Az elméleti képzettségét összekötötte a számítógép alkalmazásával és ezzel ért el eredményeket. Vane még ma is lehetőségük a fiatal tehetségeknek olyan újonságokat kialakítani, amellyel nemzetközi tudományos vagy anyagi sikerre is szert tehetnek?

Úgy érzem a Graphisoft olyan cég, ahová egy fiatal azért jön dolgozni, mert úgy érzi, hogy tehetséges, és itt tud olyat csinálni, amit máshol nem. Ettől vagyunk sikeresek. A 80-as években a nemzetközi vásárokon magunkkal vittük a fejlesztőinket is. A nyugati üzletemberek mindig megkérdezték tőlünk, hogy a fiatalok, akik részt vesznek a program bemutatásában, azok a fejlesztőink-e? Mondtuk, hogy igen. Erre azt mondták; ez érdekes, ők biztos nem engednék a vevők közelébe, hanem inkább eldugnák őket, nehogy valaki más elcsábítsa a cégtől. Hiszen ők a legértékesebbek egy vállalatnál.

Szerintem ez egy hibás gondolkodás, mert pont ez adja egy fejlesztőnek a legnagyobb motivációt. Ilyenkor találkozhat a felhasználókkal, megismerheti az igényeiket, és ez mindennél jobban fejleszti az alkotókészségét. Ha egy fejlesztő egy cégnél sokat, de főleg jókat alkot, akkor nem megy el onnan. Nem igaz, hogy félni kell, mert itt nem elég magasak a jövedelmek és elcsábítják őket. Egy tehetséges embernek százszor fontosabb az amit alkot. Egy főnöknek pedig az egyetlen és legfontosabb dolga, hogy az emberei minél több sikert érjenek el és a fiataloknak legyenek lehetőségeik.

Az első motivációm, ami arra készítetett, hogy saját céget alapítsak, az az első és egyetlen állami munkahelyem volt. Ott szembesültem azzal a sokkoló élménnyel, hogy a főnökök nem örülnek a beosztottjuk sikerének, nem érzik sajátjuknak. Az egyetemen a tanáraink mindig saját sikerüknek is érezték azt, ha valaki valami újat alkotott. Az előző rendszer működésének egyik

hibája a tulajdonosi érdek hiánya volt. Ezért vált természetessé a kontraszelekció. A piacgazdaságban ennek van egy kontrollja. Úgy hívják, hogy tulajdonos. Nekem az az érdekem, hogy a legjobb mindig felszínre kerüljön. Ha azt látom, hogy egy főnök a beosztottját nem engedi érvényesülni, akkor leváltom.

Amikor találtam magamnál jobb programozót, azt mondtam; többet nem programozok, ő jobban csinálja. Addig foglalkoztam az üzlettel, míg nem találtam valakit, aki jobban adott el, mint én. Üzleteljen ezután ő. Így inkább az általános menedzsmenttel foglalkoztam. Amikor aztán olyan embert is találtam, aki ebben is jobb volt, akkor nekem maradt a tulajdonosi irányítás. Ezzel is még sok munka jár. Nekem, mint tulajdonosnak az a dolgom, hogy a fiataloknak lehetőséget adjak, figyeljem a főnököket, engedik-e alkotni a fiatalokat.

Mi a véleménye arról, hogy a számítógép és a szoftvertudomány urai nem a felhasználók igényeit nézik, hanem minden erővel új termékeket igyekeznek eladni, ezért tehetségüket nem eredeti szakmájukban hasznosítják, hanem elsősorban reklám és propaganda tevékenységben jeleskednek? Fenntartató-e ez az irányzat és nem ez rejlik-e az elmúlt évek recessziójának hátterében?

A reklám és a propaganda célja, hogy azon keresztül érezzük el a felhasználókat. Ha egy szoftverfejlesztő azzal is foglalkozik, hogyan tudja a termékét eladni, azt nagyon jól teszi. Ugyanis ekkor kénytelen megfontolni mi jó a felhasználónak, és hogyan győzi meg a vevőt arról, hogy az tényleg jó. Erről szól a reklám, – találkozni az igényekkel. A fejlesztő is észreveheti, hogy valóban arra van-e szükség, amit kitalált. Ennek a biztosítéka ha megtanulom megfogalmazni, hogy a termék miért jó.

A reklám egy üzenet eljuttatása a piachoz. Arról szól, hogy a termék tud valamit, és a fejlesztők megismerhetik eredményeik hasznát. Meg is kell néha magyarázni a felhasználónak, hogy miért jó ez neki, nemcsak azt, hogy hogyan kell használni.

Cégünknel hónapok óta a fejlesztők is foglalkoznak azzal, hogyan rajzoljuk meg az új logónkat. Rájöttünk, hogy a régi logónk – a toll, amit sokan ismernek – rossz, mivel nevünkkel együtt azt közvetíti, hogy grafikus szoftvert fejlesztünk. Pedig már 10-15 éve nem csinálunk olyan szoftvert, amivel rajzolni lehet.

Itt nem arról van szó, hogy a kézimunkát kell automatizálni. Arról az ipari forradalom szólt. Az információs forradalom az információ kontrollja. A megtérülés előfeltétele nem a termék gyors elkészítése, hanem a jó döntések sorozata. Ezt kell tudatni a vevőkkel. Ha mi azt az üzenetet akarjuk közvetíteni, hogy információkontrollról és nem kézimunka-automatizálásról van szó, akkor nem jó a logónk. Mert egy kép százszor többet mond, mint tíz teleírt oldal. Ezért nem árt, ha a fejlesztőink is elgondolkoznak arról, hogy amit csinálunk az mire való, és ez el is jusson a felhasználóig. Ne maradjanak egy elefántcsonttoronyban, ahol elképzelik, hogy jó helyen vannak, de semmiféle kontrollja nincs a munkájuknak.

Az előző kérdéssel egyáltalán nem gondoltunk az ArchiCAD-re. Itt az építészek ötleteinek műszakilag

helyes megoldásai folyamatos fejlesztést igényelnek. A cég további fejlődésénél felmerült-e az, hogy folyamatosan illeszkedjenek az új technológiákhoz, anyagokhoz és a művészek újszerű megoldásaihoz?

Egyre gyakrabban vetődik fel, hogy az ArchiCAD-ben a görbe felületek kezelése nehézkes. Olyan eszközök, melyekkel görbe felületeket lehet készíteni, viszonylag kevés van a szoftverben. Mi azt mondtuk: miért nehezsítsük meg a program használatát azzal, hogy ilyen felületek kezelését beépítjük? Úgyis csak az építészek töredéke használja ezeket. Inkább szolgáljuk ki a maradék 98%-ot, mint az 1-2%-ot. Nemrég aztán felhívták a figyelmünket arra, hogy abból az 1-2%-ból egyre több lesz. Az építészeti technikák fejlődnek, egyre könnyebb lesz görbe felületeket építeni, és terjednek azok a módszerek is, amivel ezeket a felületeket létre lehet hozni. Eddig ezek ritka kivételek voltak, de már egyre többen várják el, hogy ennek is megfeleljünk. Amint érezzük, hogy a vevőink tényleg akarnak ilyet, vagy a piac megköveteli, természetesen azonnal lépünk.

Szeretnénk néhány szót hallani a „virtuális épület” gondolatáról is...

A virtuális épület lényege, hogy az építész szakma alapvető célját szeretnénk megváltoztatni: a gyakorlati megjelenést. Az építészek nekiállnak rajzolni, és azt tekintik eszköznek, amit a rajzoláshoz használnak. Az informatika korában azonban már nem erről van szó. Az építész célja az épületről szóló információhalmaz megértése, melynek nem biztos, hogy a rajz a legjobb formája. A rajzba a papír kétdimenziós korlátai miatt nem lehet minden információt besűríteni. Ez a rendszer nem az építész helyett tervez, de segíti a munkáját. És ha helyesek a bevitt adatok, akkor hozzásegíti a tervezőt ahhoz, hogy a munkáját gyorsabban, hatékonyabban és lehetőleg hiba nélkül készítse el. Az információk kontrollja, és ennek alapján a döntéseink helyessége nagyságrendekkel jobb lesz.

Ha most lenne 18 éves, milyen szakmát választana, és el tudná-e képzelni, ha fizikusnak erőltetik, akkor is világsikereket elérő üzletember lesz Önből?

Valószínűleg elmennék egy MBA-re, tehát egy menedzsment iskolába, ahol azt tanítanák, amit nekem magamnak kellett megtapasztalnom. Nem bántam meg hogy fizikusnak mentem. Szerettem, ráadásul sok mindenre megtanított; összetetten gondolkodni, dolgokat összefüggésükben látni. De az üzlethez sokkal nagyobb a személyes vonzalmam. A mai eszemmel, mai világismeretemmel valószínűleg nem fizikusnak mennék.

Végül mit gondol, a jövőben mint fizikus, mint mérnök, mint üzletember, mint pedagógus, és mint filozófus mit szeretne csinálni? Netán egészen más tervei vannak?

Fizikusként a jövőről már lekéstem. Szeretném elmondani, továbbadni azt, amit a Graphisoft húszegynéhány éve alatt tanultam, azért, hogy az újabb vállalkozók és üzletemberek is sikeresek legyenek. Jó lenne előadni. Nagyon szívesen beszélnék vagy írnék a tapasztalataimról. És természetesen üzletemberként is van mit csinálnom...

Könyvet ajánlunk

Bögel György–Forgács András

Informatikai beruházás - üzleti megtérülés

Olvásóink előtt a szerzőpáros első tagjának neve nyilván nem ismeretlen. Bögel György évek óta rendszeres szerzőnk, aki a különböző gazdasági folyamatok megértésében és a várható tendenciák vázolásában segíti olvasóinkat. Stílusa cikkek formájában is fordultatos volt, most egy hasonlóan élvezetes könyvet adott ki társszerzőjével, Forgács Andrással együtt.

A kötet felépítése meglepő: eddig még nem volt soha a kezemben olyan könyv, ahol egy esettanulmány megelőzte volna a bevezetést, pedig ez sokat segít az olvasónak abban, hogy a téma fontosságát, az informatika-gazdaság-vállalat kapcsolatrendszer tisztán lássa. A Nutricia Csoport tejtermékek és italok előállításával foglalkozik. Telephelyei egész Európában megtalálhatók. Gyors döntések, ésszerű együttműködés és a feladatok megosztása csak fénysebeséggel lehetséges. Ennek a vállalatnak a sikere már fölalja az olvasót, hogy a könyvet ne tudja letenni.

A bevezetésben a szerzők a vállalati üzleti és informatikai vezetés kapcsolatának fontosságára hívják fel a figyelmet. Elrejtve megtalálhatunk egy nagyon fontos alapszabályt, hogy az eredmény mindig fontosabb, mint a határidő. A másik intelem, hogy a siker előfeltétele a tulajdonos, a szakmai és a gazdasági vezetés, valamint a végrehajtók tökéletes összhangja. A bevezetésben megismerhetjük a könyv felépítését is, ami lehetővé teszi, hogy az olvasó a számára esetleg különösen érdekes részeket külön elolvassa. Számunkra pedig hízelgő, hogy a 22. oldalon megemlíti a Híradástechnikát, ahol gondolatai már korábban megjelentek.

Az első rész „Informatika a gazdaságban és a társadalomban” címmel az innovációs ciklusokról, a gazdasági hullámokról ír, kifejtve, hogy hat fázis jellemzi valamennyi nagyobb újdonság életpályáját: lapangás, bizonyítás, berobbanás, növekedés, lassulás, érettség. A múltban ezt bizonyította az autóipar, most pedig ezek a modell segít az informatikai üzlet változásainak megértésében.

A második rész – „Informatika az üzletben” – a könyv meghatározó és szinte tankönyvszerű része. A sikerek és kudarcok rövid áttekintése után a harmadik fejezet a termelékenységi paradoxonokról ír. Lényeges tanulsága, hogy az eredmények mindig áttételesen és soha nem tisztán jelentkeznek. Leírva nincs,

de sejteni engedi, hogy egy vállalat működésének megítélésében a sok említett tényező egyéni érdekek, vagy politikai szempontok szerint súlyozható.

Táblázatokkal, példákkal és felsorolásokkal gazdagon illusztrált stratégiai fejezet után a távközlési szakembereknek különösen kedves gondolatok következnek. Az informatikai projektek üzleti értéke a távközléshez nagyon hasonló módon számítható. Nagy szerepe van a pénzáramlásoknak, az élettartamnak, az előkészületi időnek és mindezek hatásait a jelenérték-számítás segítségével teszik összevethetővé.

Foglalkozik az elektronikus piactérrel, melyet sok gyakorlati szempont alapján mutat be. Az „Értéktérítés az ellátási láncban” a 8. fejezet címe: a szerzők itt már kicsit kívülről, magasabb szempontok szerint mutatják be gondolataikat. A 9. és 10. fejezet igyekszik objektíven értékelni egy veszélyes, kritikus területet, a kiszervezést (outsourcing). Az előnyöket és hátrányokat megpróbálja egyensúlyba hozni, miközben tudjuk, hogy a gyakorlatban a mérleg sokszor messze nincs egyensúlyban. Sokkal többen és többször alkalmazzák az outsourcingot, mint az indokolt és gazdaságos lenne.

A harmadik rész az informatikai projektek vezetésének kérdését tárgyalja, méghozzá csoportdinamikai szemszögből. A csapatépítéshez, a sokféle érdekű és háttérű közreműködő irányításához is kell szakértelem. Régen is volt hasonló feladat, de nem mindig tudták sikeresen megoldani. Most is sok esetben csak kipipálandó, kötelező vezetői prémiumfeltétel. A könyv igyekszik a sok pszichológiai és szociológiai kérdést felvető témát a vezetők számára letisztítva bemutatni, és a helyes megoldásokat ábrákkal, tézisekkel világosabbá tenni. Ehhez kapcsolódik a vezető szerepe az értéktérítésben, a tudás és a képesség egyensúlyának fontossága. A szimmetria kedvéért a könyv végére is egy esettanulmány került.

Gratulálunk a szerzőknek, hogy a rendkívül bonyolult és számos kölcsönhatással terhelt területet mindeki számára olvasható formában mutatták be.

A könyv oktatási célú hasznosítását a kiadó honlapjáról szabadon letölthető javasolt kurzusleírás és ppt-formátumú diáorok is segítik.

L. Gy.

Száz éve kezdődtek meg Magyarországon az első rádiótávíró kísérletek

DÓSA GYÖRGY

A századfordulón világszerte előtérbe került a szikratávíró (drótnélküli távíró) rendszerek vizsgálata, továbbfejlesztése és alkalmazása. Marconi sikeres Anglia-Amerika közötti rádiótávíró kísérletei jelentősen növelték e technika továbbfejlesztésének perspektíváját. A kezdeti időszakban a rádiótávíró-szolgálat a szikraadókkal és Morse-jelekkel a hosszúhullámsávot használta földfelszíni terjedéssel. A kísérletek eredményeinek figyelembevételével, és felismerve a drótnélküli távközlés előnyeit, a Magyar Posta is megkezdte ezen lehetőségek vizsgálatát. A kísérletek 1896-ban kezdődtek meg, a konkrét összeköttetés-vizsgálatok pedig 1903-ban indultak el.

A legelső európai rádióértekezletet 1903-ban Berlinben tartották. Az „Előkészítő Nemzetközi Rádióértekezlet” végeztével a magyar küldöttség (Follér Károly főigazgató, Kolozsváry Endre műszaki igazgató, Hollós József műszaki tanácsos) a magyar állam részére egy szikraadót és egy vevőberendezést vásárolt meg.

Ez a berendezéspár tette lehetővé 1903-ban, hogy a gyakorlati összeköttetés-vizsgálatok megkezdődjenek. Az adó Slaby-rendszerű, a vevő pedig Branley-rendszerű, kohérral működött és ezzel hazánk is belépett a rádiós nemzetek sorába. Az adás-vételi kísérleteket, vizsgálatokat Hollós József és Tolnay Henrik irányította.

Itt kell megemlíteni, hogy az 1903-as rádiótávíró értekezlet legnagyobb jelentőségű határozata az volt, hogy nemzetközileg bevezette az SOS jel használatát amire minden hajó köteles volt a veszélybe jutott hajók segítségére sietni. Ekkor a rádiótávírást majdnem kizárólag a hajózás használta a hajók egymás közötti, vagy a parti állomásokkal való forgalmazásra.

Az első kísérleti összeköttetés Csepel és Újpest között működött. Az egyik antennát az újpesti Egyesült Izzólámpa Gyár kéményére, a másik antennát pedig a csepeli Weiss Manfréd Gyár kéményére szerelték fel.

A kísérletek kedvező eredménnyel zárultak és lehetőséget adtak arra is, hogy új elképzelésekkel, megoldásokkal kiegészítve működtessék az adóvevő berendezést (például szikrasor hűtés javítása, külső rezgőkör módosítása stb.). Az elért sikeres eredmény iránt a katonai vezetés is nagy érdeklődést mutatott, ezért a Magyar Posta 1904-ben Budapest és Bécs között további kísérleteket végzett.

Budapesten az antenna 180 méter magasságú volt. Bécsben a vételi eredmények rendkívül kedvezően alakultak, míg fordítva a bécsi kisteljesítményű adó miatt kedvezőtlen volt Budapesten a vétel. Ebben az időben az adóteljesítményt csak a rezgőköri kondenzátorok növelésével lehetett kismértékben megemelni, ez pedig nagyobb kapacitást és ezzel együtt nagyobb hullámhosszt eredményezett, továbbá súlynövekedést is okozott.

A Budapest-Bécs összeköttetési kísérleteknél szerzett tapasztalatok alapján 1906 augusztus és szeptemberében a Magyar Posta irányításával nagyobb szabású kísérletsorozat kezdődött az Adrián. A parti állomás Fiumében épült ki, a mozgó állomást az „Előre” hajón szerelték fel. A parti és a mozgó állomás rádiótechnikai felszerelésének jelentős részét már a magyar ipar gyártotta. Különösen újszerű kialakításúak voltak a Szvetics Emil elektrotechnikai laboratóriuma által gyártott nagy átütési szilárdságú papírszigetelésű kondenzátorok.

Az „Előre” hajón 2 db 30 méter magas ideiglenes árbocra szereltek antennarendszert. Az adó-vevő berendezéseket a fedélzet alatti helyiségekben helyezték el. Az áramforrás egy 7 kW-os váltóáramú generátor volt, melyet Csonka-gyártmányú benzinmotor hajtott meg. A parti állomáson egy 30 méter magas tartóárbc és a közeli vegyi gyár 50 m magas kéménye között ötszálás antennarendszert telepítettek. A kísérletek jó eredményeket szolgáltattak, miután az „Előre” már Anconáig hajózott és állandó összeköttetésben maradt a fiumei parti állomással, ami igen jelentős eredménynek számított (250 km távolság) miután a Monte Maggiore hegyvonulata sem zavarta a forgalmazást.

E kísérletek során az irányított sugárzás lehetőségét is vizsgálták. A Posta Kísérleti Állomás pedig a detektorok fajtáit is vizsgálta, és az érzéketlen kohérral helyett egy elektrolitikus detektort alkalmaztak. Szükségessé vált nagyobb teljesítményű adóberendezés alkalmazása. Azonban a szikraadókkal – csillapodó rezgések alkalmazásával – szemben több műszaki probléma is felmerült (hűtési, szikraközi problémák, széles zavaró frekvenciasáv stb.). Ezek miatt a kutatók figyelme a gép-adók és a Poulsen ívlámpa-adók felé fordult.

A 20. század első évtizedében megjelentek a gépadók, melyek villamos forgógéppel állították elő a nagyteljesítményű, néhány száz 10 kHz-es vivőfrekvenciát, melyet billentyűzéssel moduláltak. A gépadók csillapítatlan rezgéseket állítottak elő és ez kedvező volt. A szikraadók (szikraközi adók) jele ugyanis túl gyorsan csillapodott, így az idő túlnyomó részében nem volt su-

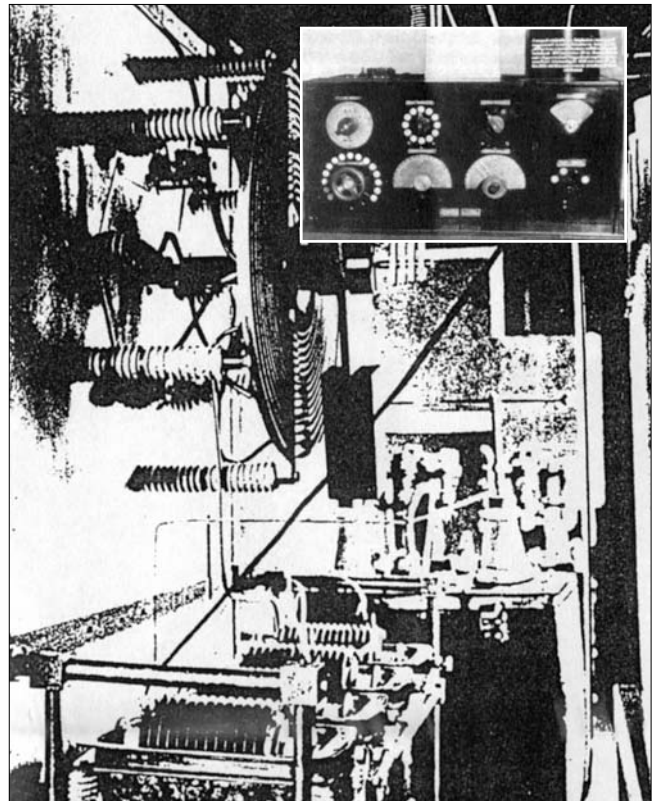
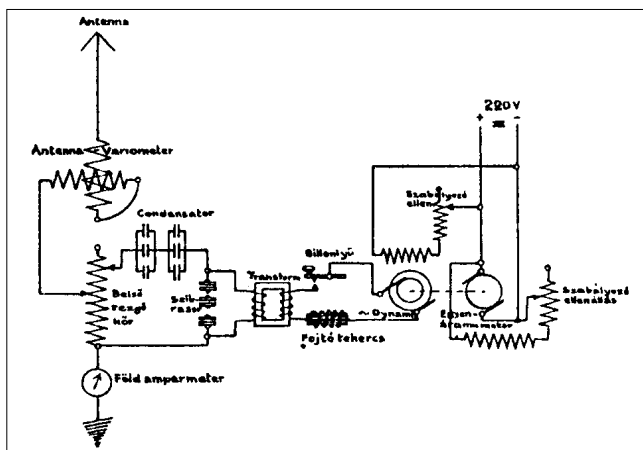
gáráz. Bizonyos javulást lehetett elérni, ha az egyetlen szikraköz helyett sok kis szikrakózt alkalmaztak sorba kapcsolva, légmentes kialakításban, így a kisülés tovább tartott. Nagyobb teljesítmény elérésére pedig a közbeeső körös szikraadó rendszereket kezdték alkalmazni, de ezek sem érték el a gépadók kedvezőbb jellemzőit. A megoldást az elektroncső használata hozta meg.

A gépadók közül a legmegbízhatóbb a Goldschmidt-rendszerű megoldás volt, amely frekvenciatöbbszörözést használt. Gépadóként működtethető volt egy különleges váltóáramú generátor, melyet villamosmotorral és gyorsító hajtóművel hajtottak. A nagy fordulatszámú forgórész nagyfrekvenciás rezgését az antennarendszerbe táplálták (vagy először sokszorozták) és kisugározták. Ilyen kialakítású gépadókkal kb. 60 kHz üzemi frekvenciát 50-60% hatásfokkal lehetett gerjeszteni.

A hazai kísérletek, alkalmazások kedvező eredményei után a következő években a felhasznált berendezések már részben rendszeres távíró forgalmazást is végeztek. Az elért sikerek, valamint a katonai vezetés sürgetése miatt szükségessé vált egy minden követelménynek megfelelő, korszerű rádiótávíró adó-vevő állomás üzembe helyezése. Ez a háború előjele miatt a katonaság számára különösen sürgőssé vált. Ez is alátámasztotta azt a döntést, hogy minél előbb üzembe kell állítani az új szikratávíró rádióállomást.

Az első magyar rádióállomást, 60 hold bérbevett területen a Csepel-szigeten építették meg (a helykiválasztási feladatokat a PKÁ végezte). A munkálatokat Kolossváry Endre műszaki főigazgató és Hollós József műszaki tanácsos irányították. A munkát 1914. június 28-án kezdték meg az ernyőantenna-rendszert tartó 120 m magas „Redál” rendszerű tartószerkezet és az épületek építésével.

A 120 m magas toronyszerkezethez kb. 45°-ban 24 db 150 m hosszú antennahuzal csatlakozott és ezek külső végeit kikötő oszlopokhoz rögzítették, szigetelők közbe iktatásával. A földhálózatot 72 db 300 m hosszú sugárirányú vezeték alkotta körülbelül 70 cm mélységben a földbe fektetve. A 7,5 kW-os szikraadót és a kristálydetektoros vevőkészüléket a Telefunken cég szállította. A 7,5 kW-os csillapított rendszerű szikraadó eredeti elvi kapcsolását az *ábra* mutatja.



Az adó és vevőberendezés telepítése és üzembe állítása 1914. október 14-én történt meg.

A csepeli állomáson az adóépületben helyezték el a nagyméretű kristálydetektoros vevőberendezést és a 120 m magas ernyőantennát – a forgalomnak megfelelően – adásra vagy vételre kapcsoló egységet. Az adóberendezés 50 kHz-150 kHz frekvenciatartományban üzemelt, a vevőkészülék pedig 35 kHz és 300 kHz közötti frekvenciasávban, tekercs csere nélkül volt alkalmas vételre.

A Magyar Postának a csepeli az első, csillapított rezgéseket használó rádióadó- és vevőállomása rendelkezésére, üzemének kiválóan megfelelt és fontos állami, diplomáciai és katonai igényeket szolgált ki. 1915-től már Konstantinápoly, Szófia, Barcelonával is rendszeres forgalmat bonyolított le.

A fentiekben megemlékezni kívántunk a Magyarországon 100 évvel ezelőtt megkezdett rádiótávíró-sugárázási kísérletekről és a fejlesztésekről melyekbe már a hazai ipar is bekapcsolódott.

Az évforduló alkalmából név szerint megemlékezünk most azon szakemberekről, postamérnökökről, technikusokról, ipari szakemberekről, akik nagy szakmai tudással, lelkiismeretes munkájukkal létrehozták és megvalósították a magyar rádiózás kezdetét, megteremtve ezzel a rádióműsorszórás alapjait is:

Kolossváry Endre	Follért Károly
Hollós József	Tolnai Henrik
Gasprík László	Dobos József
Lászlófi István	Bierbauer János
Novák Károly	Kénoszt Rezső
Szvetics Emil	Stepan Ferenc

THE PRESENT AND FUTURE OF DVB-T

Keywords: quality, mobility, costing, international standardization, costing

Technology is in the phase of digital revolution and so is terrestrial television broadcasting as well. Experiments and tests with DVB-T have been underway from the early 90s. In 1998 England started the first commercial service and then many other countries followed. These developments paved the way for a more sophisticated system which is now to replace its analogue predecessor and proliferate worldwide within a few years.

MFN OR SFN?

Keywords: national coverage, interference, frequency re-use, power management

Starting from 1997 – the year of acceptance of terrestrial digital television broadcasting standards and design methodologies in Europe – the introduction of terrestrial digital television has become possible. System parameters can be flexibly combined with OFDM modulation techniques in the design of DVB-T networks. The 120 different specified varieties provides a large enough choice for meeting criteria regarding network architecture, mode of reception or coverage.

INTRODUCTION OF BACKWARD RF SOLUTION OF DVB-T

Keywords: distinct channel transmission, available bit rate, OFDM framing, standard

Before the introduction of terrestrial digital broadcasting in Hungary we have to study the way of provision of interactivity, i.e. the way the user can contact the content provider. In plain English: the construction of the backward channel for sending data from user to content provider. This paper tries to find answer to the above question, focusing on the radio frequency backward channel solution.

DEPLOYMENT OF MPEG-4-BASED TRANSMISSION IN THE DVB-T TECHNOLOGY

Keywords: video compression, matching schema, available bandwidth gain, scene-based compression

The baseband signal transmission of DVB technology is based on the MPEG-2 standard which was developed in the 90s and has become one of the most widely used video compression technique. Requirements of current multimedia applications, however, exceed the capabilities offered by MPEG-2 systems. Our research activity is aiming at improving the efficiency of video compression techniques used in MPEG-2 systems and at integrating them into DVB systems. During the past year we were working in two projects.

MEASURING SERVICE TO PROTECT FREQUENCIES

Keywords: frequency management, level of protection, radio direction finding, source of frequency interference

Authority procedures and requirements of frequency management, rules of allocation and use of frequencies as well as the methods of control are specified in law. In order to provide the protection of communica-

tions, the efficiency of use and trouble-free availability of frequency as well as electromagnetic compliance (EMC) the National Communications Authority of Hungary maintains a radio measurement and interference prevention service. This paper presents an overview of the main features of the service, the role of measurements in frequency management as well as of the applied measuring methodologies.

BIOMETRIC IDENTIFICATION SYSTEMS

Keywords: personal identification, electronic scanning, security procedures

Requirements for personal authentication systems have been greatly increased recently. This is partly due to events in world politics which jeopardize the security of life and property. Traditional methods are no more applicable therefore new types of systems have to be introduced, such as biometric identifiers.

MOBILE AND SATELLITE MINI SYSTEMS

Keywords: small satellite, mobile application, mini-, micro-, nano- and pico-satellite projects

The deployment of large satellite mobile systems offer new possibilities for users in the field of cross-border coverage and mobility. The footprint of certain systems covers the whole Earth while other systems cover only a part of it.

ERICSSON DAY 2004

Following the traditions, Ericsson demonstrated this year also its latest research achievements and services to which the company has developed new systems.

HIGH SPEED NETWORKING 2004 SPRING

Professionals of the Budapest University of Technology and Economics, the Eötvös Loránd University and Ericsson have been jointly developing for years their new, high-speed and broadband networking technologies. They report regularly their latest achievements at spring and autumn.

TELECOMMUNICATIONS AT CROSS-ROADS NETWORKS SYMPOSIUM 2004

International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium has been for 25 years a meeting point for telecommunications professionals where they exchange their experiences and discuss the research developments that could help in network planning, operation and better service of users in the period to come.

INTERVIEW WITH GÁBOR BOJÁR, CO-OWNER OF GRAPHISOFT

Laureate of Dennis Gabor- and Széchenyi-award. Physicist who wanted to solve problems and antagonisms in relativity and quantum theories. In 1982 he founded his own company which soon became a market leader in architectural software development. Developer of ArchiCAD, the first software in the world using 3D modeling.

Contents

<i>RESULTS OF DVB COULD BE USED IN OTHER FIELDS AS WELL</i>	1
NETWORK PLANNING FOR DVB-T	
György Tormási ...if yes then why not?	2
József Bíró The present and future of DVB-T	4
Mrs. dr. Kiss Mária Akli MFN or SFN?	8
FEATURES OF DIGITAL VIDEO	
Ákos Sebestyén Introduction of backward RF solution of DVB-T	17
Balázs Enyedi, Lajos Konyha, Csaba Szombathy, Tran Min Son, dr. András Gschwindt, dr. Kálmán Fazekas, dr. Mihály Szokolay Deployment of MPEG-4-based transmission in the DVB-T technology	23
MEASUREMENTS AND TESTS	
Péter Tomka Measuring service to protect frequencies	28
Domonkos Varga, András Oláh Biometric identification systems	40
dr. Gábor Ijjas Mobile and satellite mini systems	45
CONFERENCES AND EVENTS	
Ericsson Day 2004	51
High Speed Networking 2004 Spring	52
Networks Symposium 2004	53
Beatrix Havaska Nagy Interview with Gábor Bojár, co-owner of Graphisoft	55
<i>Book review: IT investment – business return</i>	57
György Dósa 100 years of first radio telegraph experiments in Hungary	58

Cover: Picture quality of digital video is better than the original

Szerkesztőség

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

Hirdetési árak

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

Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is

BME Szélessávú Hírközlő Rendszerek
Budapest XI., Goldmann Gy. tér 3.
Tel.: 463-1559, Fax: 463-3289,
e-mail: zombory@mht.bme.hu

Előfizetés

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

2004-es előfizetési díjak

Hazai közületi előfizetők részére:

1 évre bruttó 31.200 Ft

Hazai egyéni előfizetők részére:

1 évre bruttó 7.000 Ft

Subscription rates for foreign subscribers:

12 issues 150 USD,
single copies 15 USD

www.hte.hu

Felelős kiadó: MÁTÉ MÁRIA
Lapmenedzser: Dankó András

HU ISSN 0018-2028

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