

+ 1879

híradástechnika

VOLUME LVII.

2002/5

Május



Digitális adástechnika

Sugárzási karakterisztiká

Elmélet és szabályozás

Alkalmazások

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

Tartalom



Előszó a májusi számhoz 1

DIGITÁLIS ADÁSTECHNIKA

Falus László

A digitális tv-adóberendezések jellemzői és mérési módszerei 3

Dr. Bozóki Sándor–Gelencsér István–Krémer Szabolcs

Modulációs mérések a budapesti AM mikro rendszer digitális csatornáján 11

Dr. Sárkány Tamás

Digitális rádióadás sugárzása műholdról 18

SUGÁRZÁSI KARAKTERISZTIKÁK

Németh Zoltán–Imre Sándor–Balázs Ferenc

Adaptív antennarendszerek 21

Cser Zsolt Ádám

Helikopteres antenna-iránykarakterisztikai mérések a gyakorlatban 29

ELMÉLET ÉS SZABÁLYOZÁS

Dr. Kovács Oszkár

Képkódolási módszerek összehasonlító elemzése 37

Somodi Józsefné dr.

A mobil vétel és a műszaki szabályozás egyes kérdései
a digitális műsorterjesztés területén 46

Stefler Sándor

Gondolatok a set-top-boxokról 51

ALKALMAZÁSOK

Ladvánszky János

Az autólöpés elleni védekezés egy lehetséges módszere 55

Mamusich György

Fegyver helyét megállapító rendszer 61

Címlapfotó: térerősség méréséhez használt helikopter

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



Előszó a májusi számhoz

Május 17 a távközlés világnapja. A távközléssel foglalkozó gyártók és szolgáltatók világszerte megemlékeznek erről a napról. Az utóbbi évtizedekben az egész világ egységét hangsúlyozandó, az ITU főtitkára hónapokkal korábban közzéteszi azokat a gondolatokat, melyekre felhívja a figyelmet. Idén a digitális szakadék az a mottó, amelyeket az előadások, bemutatók középpontjába helyeznek. A digitális szakadék veszélye, hogy szétválasztja a világot olyanokra, akik hozzáférnek a számítástechnika és távközlés valamennyi előnyéhez azoktól, akik ettől elzárva maradnak. Ez a válaszfal növeli a különbségeket, amelyek korábban a szegények és gazdagok, jól képzettek és kevésbé iskolázottak között eddig is megvoltak.

Az ITU főtitkárának gondolatai és egy Törökországban tartott világméretű összejevetel olyan irányt szeretne megszabni, amely a technika lehetőségeit felhasználva nem a szakadék növelését, hanem annak áthidalását mozdítja elő. Ennek kapcsán visszanyúlnak a 20 évvel ezelőtt kiadott Hiányzó Láncszem (Missing Link) című Maitland-jelentéshez, mely annak idején igyekezett elérni, hogy a távközlés a világ valamennyi országában mindenki számára hozzáférhető legyen. Ez a jelentés hangsúlyozta, hogy az élelmisz-erellátás, az egészségügy és az oktatás problémái is olcsóbban, gyorsabban megoldhatók, ha valóban a teljes földkerekséget lefedi a távközlőhálózat.

A számos kiváló szakértő munkája helyes irányelveket rögzített és megmutatta az ebbe az irányba vezető utat. A siker mégsem volt teljes. A szegény országoknak nem volt elegendő pénzük a távközlőhálózat kiépítésére, és ha mégis nemzetközi segélyekből valamilyen lehetőséghez jutottak, az azonnali igények kielégítése prioritást kapott: ivóvizet, gyógyszert szereztek be. Az égető szükség nem tette lehetővé, hogy előbb létesítsenek távközlő hálózatot, amivel később olcsóbban, jobban tudták volna a létfenntartási szükségleteket biztosítani.

Ezek után felmerül a kérdés, vajon a főtitkári célkitűzések reálisak lesznek-e? Jelenleg sincs elegendő anyagi háttere a teljes távközlőrendszer kiépítésének, nem tudják megvásárolni azokat az eszközöket, mellyel a számítástechnika, informatika minden helységbe, minden lakoshoz eljuttatható lenne. Ennek ellenére a helyzet jobb.

Az elmúlt 10 évben a távközlési eszközök ára csökkent, létesítési költségük töredéke lett a korábbiaknak. A fénytechnika és a rádiós hozzáférések gyorsan telepíthetők, a szükséges információk elérhetők, elküldhetők. Hasonló a helyzet a számítástechnikai eszközökkel is, különösen, ha arra gondolunk, hogy az egymást gyorsan követő generációváltás következtében bizonyos eszközök szinte ingyen lennének eljuttathatók a fejlődő országokba.

Igaz, hogy ezzel az elmaradottságot konzerváljuk. A szegények nem a legkorszerűbb eszközökkel kapcsolódnak be az információs társadalomba, de kapcsolódnak, és ahogy a leggazdagabb országok is néhány évvel ezelőtt tudták ezeket az eszközöket hasznosítani, úgy a föld más részein is elkezdődhet velük a szakértelem megszerzése, a kapcsolatok kiépítése és a csatlakozás egy korszerű technikához.

A legolcsóbb és leggyorsabb megoldások a rádió és televízió elterjesztésével lehetségesek. Ezzel mindenholva el lehet juttatni az ismereteket, megoldható a távoktatás. Ez nemcsak a legszegényebb országokra érvényes, hanem valamennyi ország azon részein, ahol a kiépítés költségeit nem tudják fedezni. Ez lehet az első lépés annak érdekében, hogy az informatika valós igénnyé váljon.

Az újság központi témája most a műsorszórás. A műsor alatt természetesen nemcsak szórakoztatást, hanem oktatást, egészségügyi, gazdasági tanácsadást és a világ valamennyi újdonságának megismerését értjük. Így kapcsolódik jelen számunk a távközlési világnap jelmondatának tartalmához.

Szakmai újságunk ennek a technikának nem az alapjait kívánja közkinccsé tenni, hanem azokat a lehetőségeket mutatja be, amelyeket a digitalizálás kínál. A sáv szélesség-megtakarítás, a minőség és a választék növelése mindenütt elősegíti a műsorszórás hatását a társadalom fejlődésére. A digitális adástechnika bemutatása után a teljes lefedettség elérése érdekében végzett sugázmérések és besugárzási módszerek jelennek meg e havi számunkban. Ehhez kapcsolódik, hogy májusban rádió- és televíziókonferencia lesz Budapesten. Ennek sikeréhez is szeretnénk hozzájárulni néhány cikk bemutatásával.

Lajtha György

NETWORKSHOP 2002

ZOMBORY LÁSZLÓ

BME

Az NIIF Program 11. alkalommal rendezte meg hagyományos évi konferenciáját. A vendéglátó ezúttal március 26–28. között az egri Eszterházy Károly Főiskola volt.

A mintegy 400 résztvevő előtt három napon keresztül 130 előadás hangzott el az oktatási és közgyűjteményi szféra informatikus szakemberei részéről. A konferencia spektrumát jól tükrözi a szekcióbeosztás:

1. Hálózati technológiák és fejlesztések, nagy sebességű hazai internet.
2. Intézményi és közösségi rendszerek, hálózati szolgáltatások.
3. Közgyűjtemények, könyvtárak, tartalomszolgáltatás.
4. Hálózati alkalmazások az oktatásban, e-learning
5. Alkalmazásfejlesztési technológiák
6. Szuperszámítógépek, hazai grid fejlesztések
7. NIIF-projektek: KÖZELKAT, SZEZÁM, MEK, NÉVTÁR, IP telefónia
8. Hálózatbiztonság, elektronikus aláírás
9. Mit nyújtunk az akadémiai közösségnek? (Szponzorok plenáris fóruma)

Megnyitó beszédében Stumpf István bejelentette, hogy néhány hónapos tesztidőszakot követően élesben is működik a hazai információs szupersztráda, azaz a MeH támogatásával és a NIIF Iroda beruházásaként felépült az első hazai optikai internethálózat. A gigabites sebességnek köszönhetően a hálózat félmillió fel-

használó munkáját könnyíti és gyorsítja meg, és lehetővé teszi a GEANT felhasználását.

Az optikai internethálózat megteremtésével Magyarország a műszaki élvonalat képviselő 11 legfejlettebb európai ország között fajlagosan a harmadik helyet foglalja el: az országok hálózatra kapcsolódó városaik számát tekintve Németország és Franciaország után, ahol 50, illetve 28 város kapcsolódik az optikai hálóra, hazánkban 26 várost köt össze a csúcshálózat. Egyúttal a közép-európai régió elosztóközpontjává válunk, a budapesti GEANT központ forgalomelosztó funkciót lát el gyakorlatilag valamennyi szomszédos ország felé.

A Budapesttől elágazó hálózat fő gyűjtő- és elosztópontjai nagy egyetemi városok: Sopron, Debrecen, Miskolc, Pécs, Szeged, Veszprém és Gödöllő. Ezekhez további városok csatlakoznak 155, illetve 34 Mbit/s átviteli képességgel. A gyűjtőpontok külön sajátossága, hogy a hálózat több hurkot tartalmazó topológiája miatt redundánsak egymással, egyes ágak fizikai elszakadása az adatforgalmat nem akadályozza meg.

A konferencián került bejelentésre, hogy egyéb fejlesztési programok mellett az NIIF a nagy sebességű hálózat segítségével a kiszolgált intézmények között IP alapú telefóniát fog megvalósítani, jelentősen csökkentve azok költségeit.

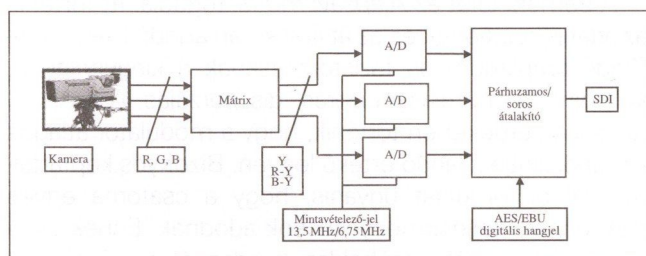
A digitális tv-adóberendezések jellemzői és mérési módszerei

FALUS LÁSZLÓ

Antenna Hungária Rt.
villamosmérnök

A jövő televíziója, a digitális televízió kinőtt a csecsemőkorból. Európa több országában, Angliában, Svédországban és Spanyolországban megkezdtek a rendszeres földfelszíni adást, másutt kísérleti mintahálózatokat létesítettek. Szinte minden országban tervezik a bevezetést és a teljes átállást, a jelenlegi, analóg sugárzás megszüntetésének időpontját. A Nemzetközi Távközlési Egyesület (ITU) a digitális stúdió kódolási paramétereire kidolgozott, 601. számú ajánlásának kiadása 1982-ben tekinthető a digitális televízió születésének. Ez a ma is élő ajánlás az alapja a korszerű stúdiórendszereknek.

Az adóberendezés bemenőjelét előállító rendszer egyszerűsített felépítése az 1. ábrán látható.



1. ábra A digitális tv-jel előállítása

A kamera a három alapszínnek, a vörösnek, a zöldnek és a kéknek megfelelő analóg (RGB) jeleket szolgáltatja. Az RGB jeleket a mátrix alakítja át világosság (Y) és színkülönbségi (R-Y és B-Y) jelekké. A világosságlelet a következő egyenletek szerint állítják elő:

$$E'_Y = 0,299 E'_R + 0,587 E'_G + 0,114 E'_B$$

ahol E'_R , E'_G és E'_B az RGB jelek amplitúdója. A jeleket ezután (A/D) digitalizálják, 8 bit, vagy többnyire 10 bit felbontással. A világosságlelet 13,5 MHz, a színkülönbségi jelet 6,75 MHz frekvenciával mintavételezik. A színkülönbségi jeleket kisebb frekvenciával mintavételezik, amelyet az emberi szemnek az a tulajdonsága tesz lehetővé, hogy a színelbontásra kevésbé érzékeny 4:2:2 rendszernek nevezik. A három jelre párhuzamosan végzett mintavételezés jeleit soros jelfolyammá alakítják, amelynek sebessége 270 Mbit/s. Ennek alapja 10 bites felbontás esetén a következő összefüggés:

$$f = 10 * 13,5 + 10 * 6,75 + 10 * 6,75 = 270 \text{ Mbit/s}$$

A digitális jelfolyam csatlakozási feltételeit az ITU-R BT.656 ajánlás tartalmazza. Az ennek megfelelő jelet SDI jelnek (Serial Digital Interface-nek) nevezik. A kor-

szerű stúdiókban a képhez szervesen hozzátartozó kísérőhangot is digitalizálják, általában 48 kHz frekvenciával mintavételezve. Ezt szabványuk, az AES (Audio Engineering Society) és az EBU (European Broadcasting Union) egyeztetett előírásának megfelelően AES/EBU jelnek nevezik. A szabvány szerint a mintavételi frekvencia $48 \text{ kHz} \pm 12,5\%$, magába foglalja a 44,1 kHz-et, a CD-k mintavételezési frekvenciáját. A hangfrekvenciás jel kvantálása legalább 16 bittel, általában 20 bittel és ritkán 24 bittel történik. Az állandó adatsebesség érdekében a hiányzó biteket feltöltik, helyettesítik. Az átvitelre kerülő szó hossza a felhasználói és paritásbittel együtt 32 bit.

Az adatsebesség kétcsatornás, sztereó belső átvitel esetén:

$$2 \text{ (csatorna)} * 48 \text{ kHz (mintavétel)} * 32 \text{ bit} = 3,072 \text{ Mbit/s}$$

Ez a külső átvitel esetére elfogadott 32 kHz mintavételi frekvenciával:

$$2 \text{ (csatorna)} * 32 \text{ kHz (mintavétel)} * 32 \text{ bit} = 2,048 \text{ Mbit/s}$$

Az AES/EBU jelfolyamot beágyazzák az SDI jelbe (embedded audio), amelyet ezután együtt kezelnek a képpel.

A stúdió kimenetén tehát továbbításra megjelennek az SDI kép- és a beágyazott AES/EBU hangjelek, amelyeket mikrohullámú láncon, vagy fényvezetőn továbbítanak az adóállomásokra. A stúdió kb. 270 Mbit/s adatsebességű kimenőjelét videokódoló, vagy egységben tömörítik a gazdaságos átvitel által megkívánt kisebb sebességre. A tömörítés az ISO által nemzetközi szabványként bevezetett MPEG-2 rendszerrel történik.

A jövő DVB-T rendszereinek a műsorszétosztó rendszer lényegesen különbözni fog a jelenlegitől. Ennek okai a következők:

a. Az egyes műsorok (pl. m1, tv2 stb.) jeleit programcsokokba egyesítik.

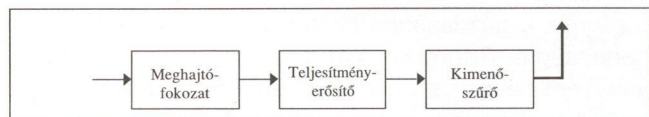
b. A műsorjelekkel egyesíteni kell a nézők tájékoztatására készített, a szolgáltatásra vonatkozó (SI), a teletext és a műszaki célú adatjelekkel.

A videó (SDI) és a hang (AES/EBU) kimenőjelek az MPEG-2 tömörítést és a jeleknek egy közös adatfolyamba történő egyesítését végző kódolóba (Encoder) csatlakoznak, amelynek kimenőjele a Transport Stream (TS). A tömörítés eredményeként létrejövő adatfolyam sebessége 5-15 Mbit/s. Az egyes műsorok Transport Streamjét távközlési vonalon a multiplex szolgáltatóhoz továbbítják, ahol azokat egymással, továbbá a szolgáltatási információval (SI), a teletexttel és a műszaki adatokkal egyesítik. Az egyes adatfolyamok összegezése általában állandó arányok szerint történik, például négy, egyenként 6 Mbit/s TS egyesül. A másik alkalmazott módszer a statisztikus multiplexálás, amelynél az egyes programok a teljes adatsebességben az egyes éppen futó programok igényétől függően változó arányban osztoznak. Tájékoztatásul néhány műsorfajta adatsebessége: rajzfilm 1,5-3, híradó 2-4 és sportközvetítés 6-9 Mbit/s. Az egyes adatsebességeket az egységes képméret szempontjából optimalizálják. Kisebb adatsebességet kap egy beszélgetős műsor és nagyobbat egy sportesemény közvetítése. A multiplexálás során még további feladatok is megoldhatók, így például a több programot tartalmazó, multiplexálva érkező adatfolyamok egyes műsorok lecserélésével történő újraösszegezése, remultiplexálása. Itt van lehetőség a fizetőműsorok feltételes hozzáféréseinek, a Conditional Accessnak (CA) a megvalósítására, továbbá az adóberendezések működése szempontjából fontos adatsomagnak, a Megaframe Initialization Packetnak (MIP) a beillesztésére.

A DVB-T egyik jelentős tulajdonsága a rangsorolt, hierarchikus adásmód. E mód alkalmazásával két, különböző prioritású program átvitelére van lehetőség azáltal, hogy a 16QAM, vagy a 64QAM moduláció mellett, abba beágyazva QPSK modulációt is alkalmaznak. A magas prioritású adást QPSK modulációval továbbítják, amely kisebb adatsebességet, de sokkal ellenállóképesebb, robusztusabb átvitelt biztosít, lehetővé téve az adótól távolabbi területen történő, vagy a mobil vételt is. A különböző prioritású programokat közös adatfolyamban (TS) továbbítják az adóhoz, ahol azokat a hierarchikus modulációra alkalmas meghajtó fokozat fogadja.

Az adóberendezés

A DVB-T adóberendezés felépítésének egyszerűsített rajza a 2. ábrán látható.



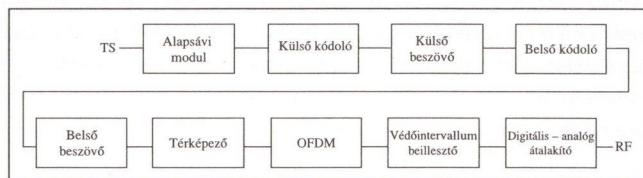
2. ábra A DVB-T adó felépítése

A meghajtó fokozat végzi a hibajavító kódolást és a részét képező COFDM modulátor állítja elő az adott

UHF csatorna kis teljesítményű nagyfrekvenciás jelét. A meghajtó fokozat kimenő teljesítménye kb. 10 mW, amelyet az ezt követő teljesítményerősítő emel a kimenő teljesítmény szintjére. A kimenőszűrő a mellék hullámoknak a szigorúan előírt elnyomását valósítja meg.

A bemenőjel az MPEG-2 szabványnak megfelelő adatfolyam, a Transport Stream. A csatlakozás a DVB rendszer aszinkron interfészének megfelelő Asynchronous Serial Interface (DVB-ASI), amelyet a rendszer elemek, encoderek, modulátorok, multiplexerek csatlakoztatási szabványaként dolgoztak ki. A csatlakozás legfeljebb 270 Mbit/s adatsebességű jeleknek, 75W-os rendszerben, 800 mVcs-cs feszültséggel történő továbbítására alkalmas.

Meghajtó fokozat



3. ábra A meghajtó fokozat

A bemenőjelet az *Alapsávi modul* fogadja. Itt történik az adatjel szintjének és az átvitel során adódó frekvenciafüggő amplitúdó- és fázistorzításának a kiegyenlítése, valamint az energiaszétszórás, diszperzalás. A szétszórás annak érdekében történik, hogy a modulátor átlagos kimenőszintje állandó értékű legyen. Bizonyos képtartalmaknál előfordulhat ugyanis, hogy a csatorna egyes frekvenciáin teljesítménycsúcsok adódnak. Ennek elkerülésére az analóg műholdas tv-adásnál a videojelhez hozzáadnak egy, a képváltási frekvenciának megfelelő fűrészjelet, amely a spektrumot szétkeni. Ezt a szándékos „zavaró” jelet a vevőkészülék áramkörei kioltják. Hasonló megoldást alkalmaznak a DVB-T rendszerben, ahol a jelet egy szabványosított polinomot alkalmazó generátor jelével scramblerezik. Ezáltal az adatfolyam véletlenszerű struktúrát vesz fel. Ezt a polinomot a vételi oldalon is alkalmazva a zavaró hatás semlegesíthető.

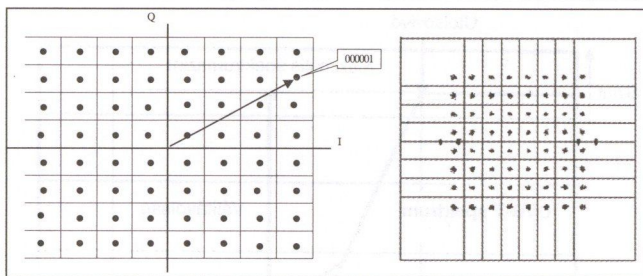
Az adatfolyamon a *külső kódoló* végrehajtja a Reed-Solomon (RS) előreható hibajavítást, Forward Error Correction (FEC), röviden RS FEC-t. A módszer lényege, hogy minden egyes, 188 byte hosszúságú TS csomaghoz, packethez 16, a hibajavítást megvalósító vezérlő byte-t csatolnak. Ez packetenként 8 hibás byte kijavítását teszi lehetővé. Az RS FEC alkalmazásával $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ hibaarányú jel $BER = 2 \cdot 10^{-11}$ hibaarányú, szinte hibamentes, Quasi-Error-Free (QEF) jellé javítható. A $2 \cdot 10^{-4}$ érték a DVB-T rendszer tervezésének elterjedten alkalmazott, szabványos küszöbértéke. Az egyes modulok elnevezésénél alkalmazott külső és belső jelzők az egyes egységeknek az átviteli úthoz, az adónál a kimenethez viszonyított helyzetére utalnak.

Ezt a modult a *külső beszövő* (Outer Interleaver) követi. Ez olyan típusú hibák korrekciójára szolgál, amelyekre az RS FEC nem ad megoldást. Itt a bytek egy-egy csoportját átvizsgál egy másik packetbe és ott beillesztik,

beszövik a bytek közé. A beszövés már hosszabb hibás szakaszok javítására alkalmas.

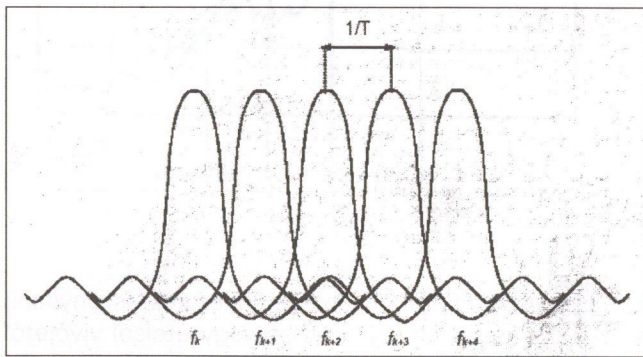
A *belső kódoló* további hibavédelmet valósít meg az összegöngyöltéses, konvolúciós kódolás alkalmazásával, amely megkettőzi a hasznos adatsebességet. Ennek a nagymértékű redundanciának a legalább részbeni csökkentésére a kimenő adatokból egyeseket, meghatározott rendszer szerint eltávolítanak, kiszűrnak. Ezt az eljárást angol szakkifejezéssel puncturingnak nevezik. A kiszűrés után az adatfolyamot folyamatossá rendezik. A konvolúciós kódoló- és kiszűrőegység kimenő adatainak aránya P , amelyet kódaránynak (Code rate) neveznek, és az $1/2$, $2/3$, $2/3$, $5/6$, és a $7/8$ számsor egyikének felel meg.

A *belső beszövő* (Inner interleaver) a hibavédelem további, a modulációs módot és a vivők számát figyelembe vevő fokozását valósítja meg. A bitcsoportokat itt már a COFDM szimbólumok előállításához alkalmas módon alakítják ki, beillesztik a különböző pilotjeleket, amelyek a vevőkészüléket szinkronizálják, és amelyek a hasznos vivők számát 12%-kal csökkentik. A konstellációs diagramnak megfelelő jelfeldolgozás a térképező (Mapping).



4.a. ábra

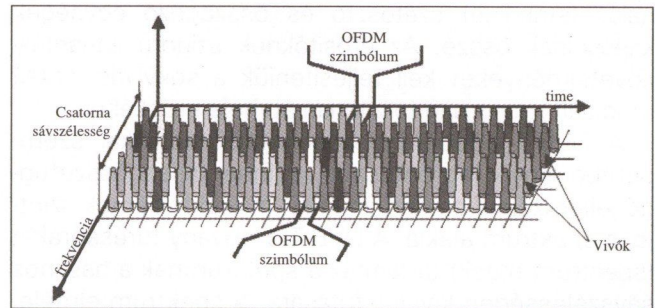
4.b. ábra



4.c. ábra A konstellációs diagram

A modulációs módok (QPSK, QAM16 és QAM64) ábrázolásának módszere. Az egyes vektorok az I referencijellel azonos fázisú (In phase), a Q 90° -os fázisú (Quadrature phase) jelek eredői. A QAM64 modulációs módhoz tartozó konstellációs diagramot a 4. ábra mutatja be. A pontok a modulációs vektorok csúcspontját jelzik, melyek a QAM64 módnál vannak egymáshoz a legközelebb, ezért itt a legkisebbek az egyes szimbólumokhoz tartozó döntési területek. Ezzel a modulációs móddal továbbítható a legnagyobb adatsebesség, mivel minden vektorhoz 6 bites szimbólum tartozik, azonban ez a legérzékenyebb a torzításokra és a zajokra.

A meghajtó fokozat *térképező* (Mapping) modulja vezérli az OFDM rendszerű I és Q modulátorokat az egyes modulációs módoknak megfelelő bithosszúságú szimbólumokkal. Itt illesztik be az egyes szimbólumokba a különböző, állandó és változó helyű pilotjeleket és az átviteli paramétereket jelző (Transmission Parameter Signalling TPS) vivőket. Az OFDM egységben állítják elő a $2k$, vagy a $8k$ rendszernek megfelelő számú, 1705 , vagy 6817 vivőfrekvenciát. A kvadratúra modulációt (QAM) követi a védőintervallum beillesztése, majd a D/A átalakítás. Az OFDM jel hullámképét a 4/c ábra szemlélteti.



5. ábra Az OFDM jel felépítése

Az egyes vivőfrekvenciák egymástól azonos, $2k$ módban $4464,3$ Hz és $8k$ módban $1116,1$ Hz távolságra vannak, és összességük közelítőleg kitölti a teljes RF csatorna 8 MHz-es sávszélességét. A DVB-T rendszerben a COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) modulációs módot alkalmazzák. A kifejezésben a C a hibajavító kódolásra, az O az ortogonalitásra, az FDM a nagy számú vivő alkalmazására utal. Az ortogonalitás eredményeként az egyes vivőfrekvenciákon a szomszédos és a többi vivőfrekvencia spektrumának nullhelye van, így kölcsönös zavarásuk mértéke elhanyagolható. Ez annak az eredménye, hogy az egyes szimbólumok időtartama T és a vivőfrekvenciák közötti távolság pedig ennek reciproka, $1/T$. Az egyes OFDM szimbólumokat szétosztják a különböző vivőfrekvenciákon történő modulációhoz, ami ezáltal kisebb sávszélességet igényel. Az így alkalmazott szórt spektrumú átvitel ezáltal kevésbé érzékeny a földfelszíni átvitelben elszennvedett hibákra. Az egyes vivők spektruma a szomszédos vivő frekvenciáján nullára csökken, minimálisra csökkentve ezzel az áthallást, egymás zavarását. Az OFDM jelfolyamban, az egyes szimbólumok kezdeti szakaszában elhelyezik a védőintervallumot. A szimbólum indulásakor ugyanis a különböző reflexiókból, többutas terjedésből, másik, azonos frekvenciájú adótól beérkezett és a fő jellel egyező zavarok a vevőben megzavarnák az adatok értékelését. A védőintervallum olyan hosszúságú, hogy ezalatt a zavaró jelek lecsillapodnak és ekkor már tiszta, jól értékelhető jelek állnak rendelkezésre. A szimbólum időtartama a védőintervallum beiktatásával $1/4$, $1/8$, $1/16$, vagy $1/32$ részével meghosszabbodik. A meghajtó fokozat kimenetén, az adási csatornában $2k$, vagy többnyire $8k$ számú vivőből álló, QAM modulált, a teljesítményerősítő fokozat meghajtására szolgáló, COFDM jelsorozat áll rendelkezésre.

A DVB-T hálózatokban a kisugárzott teljesítmények (ERP) az analóg adókéhoz viszonyítva kisebbek, így az adóberendezések teljesítménye is kisebb. Európában az analóg adóberendezések csúcsteljesítménye legfeljebb 40 kW, a DVB-T berendezések teljesítményének felső határa az 1-10 kW sávba esik. Az előbbi szinkroncsúcsteljesítmény, az utóbbi átlagteljesítmény. A teljesítményerősítők a félvezetős berendezéseknél a be- és kimeneti illesztő és egyéb áramkörökkel erősítőmodulokat alkotnak. A modulokat a meghajtó teljesítményt szétosztó és a kimenő teljesítményt összegező áramkörökkel együtt fiókokba szerelik, melyeket szalagvonalas (strip-line) szétosztó és összegező egységek kapcsolnak össze. Az erősítőknek szigorú linearitási követelményeket kell teljesíteniük a sokvívös, QAM modulált jelcsomag torzítatlan átvitele érdekében.

A DVB-T adóberendezések rádiótechnikai szempontból egyik legfontosabb, a linearitással összefüggő jellemzője a csatornán kívüli mellék hullámok szintje, a spektrum alakja. A DVB-T szabvány tűrésábrákat (spectrum mask) tartalmaz a spektrumnak a hasznos sáv szélességén kívüli lefutására. A spektrum elméleti alakját a 6. ábra mutatja. A spektrum tűrését megvalósító szűrő egyrészt lapos átvitelt és jó illesztést biztosít a hasznos sáv szélességben, másrészt meredek lefutású frekvencia-jelleggörbét azon kívül. Az utóbbit a csatorna közepes frekvenciájához viszonyított, kb. ± 4 és ± 6 MHz-en elhelyezett csillapításpólusok biztosítják.

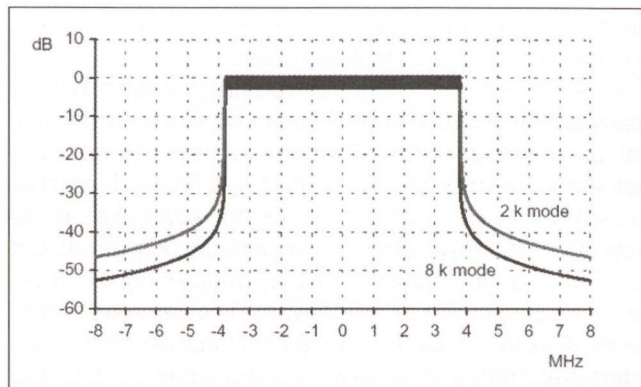
Az adó jellemzői és mérések

A következőkben ez utóbbi jellemzőket és mérési módjukat ismertetjük.

RF spektrum

A DVB-T COFDM jele 1705 vagy 6817 amplitúdó- és fázismodulált (QAM) egyedi vívőből áll. A 6. ábrán látható elméleti spektrum lapos tetőrésze kb. 3 dB hullámosságú. A hasznos spektrumon kívül a görbe, néhány kHz alatt élesen letörik. A könyök 2k módban kb. 10 dB-el magasabban helyezkedik el, mint 8k módban. A hasznos spektrum mérésénél a spektrumanalizátornak a vívőtávolságnál sokkal nagyobb felbontási sáv szélessége a mélyedések átlagolását, kisimítását eredményezi. A paramétereket azonban a spektrum pozitív burkolójához viszonyítják, ezért a mérést csúcsetektorral végzik (6. ábra).

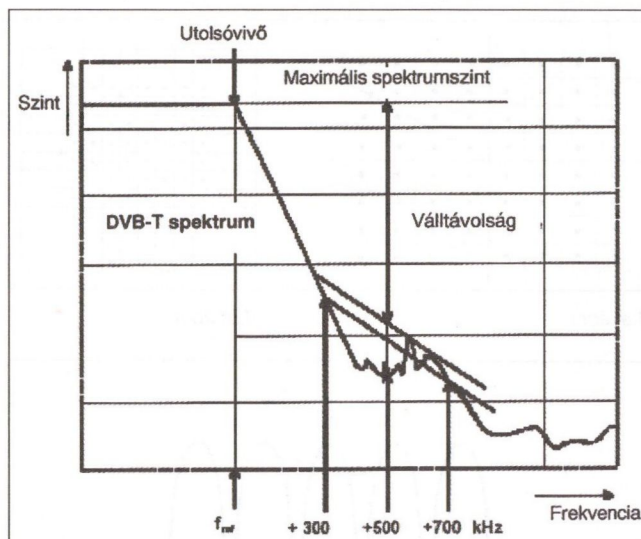
A sávon kívüli összetevők a szomszédos csatornába esnek és zavarhatják az ott folyó, az átállás időszakában analóg adást, és ezért elnyomásuk különösen fontos. A DVB-T szabvány előírja a spektrum tűrésábráját, amelyet a szomszédos analóg csatornák jellegzetes frekvenciái és azok zavartűrése alapján határoztak meg a hasznos csatorna közepes vívőfrekvenciájára vonatkoztatott, ± 12 MHz-es tartományra. A szabvány külön tűrésábrát ír elő arra a kritikus esetre, amikor



6. ábra Az elméleti OFDM spektrum

a szomszédos csatornában kis teljesítményű adás van, és így a sávon kívüli összetevőknek nagyobb elnyomását kell megvalósítani.

A spektrum alakja alapján a sávon kívüli szakaszt vállnak nevezik, amelynek a hasznos spektrumhoz viszonyított szintkülönbsége a válltávolság. A válltávolság meghatározását a DVB-T szabvány a következő, kissé bonyolult, de indokolt módon írja elő (7. ábra):



7. ábra A válltávolság meghatározása

- a hasznos spektrum csúcshoz kell viszonyítani;
- a spektrumgörbe szélső (első vagy utolsó) vívőjétől (lefelé vagy fölfelé) 300 és 700 kHz-re lévő pontjai között egyenest kell húzni;
- ezzel az egyenessel párhuzamosan vonalat kell húzni a spektrum maximumát érintve;
- meg kell határozni a hasznos tartomány alatt és felett 500 kHz-re ez utóbbi vonal és a viszonyítási érték közötti különbséget;
- az alul és a felül meghatározott két érték közül a kisebb a válltávolság.

A Rohde und Schwarz cég EFA típusú DVB-T mérővívjével a válltávolságot gyorsan és elegendően pontosan, közvetlen leolvasással meg lehet mérni.

Teljesítmény

Digitális tv-adóknál az átlagteljesítményt legpontosabban a termikus mérőfejjel lehet mérni. Az adó jelének állandó átlagteljesítményét a meghajtó fokozatban megvalósított energiaszétszórás biztosítja. A DVB-T teljesítmény spektrumanalizátorral és mérővevővel gyorsan, az üzemi mérések számára elégséges pontossággal meghatározható.

Fáziszaj

Előljáróban érdemes röviden összefoglalni a fáziszaj fogalmát, mivel az amplitúdózajhoz viszonyítva ezt ritkábban vizsgálják.

A gyakorlatban a jel mindig tartalmaz bizonyos mértékben zajt, amely megjelenhet az amplitúdó és a fázis ingadozásában

$$u(t) = [A + a(t)] \cdot \sin[\omega t + \Phi(t)]$$

ahol $a(t)$ az amplitúdó zajt és $\Phi(t)$ a fáziszajt képviseli.

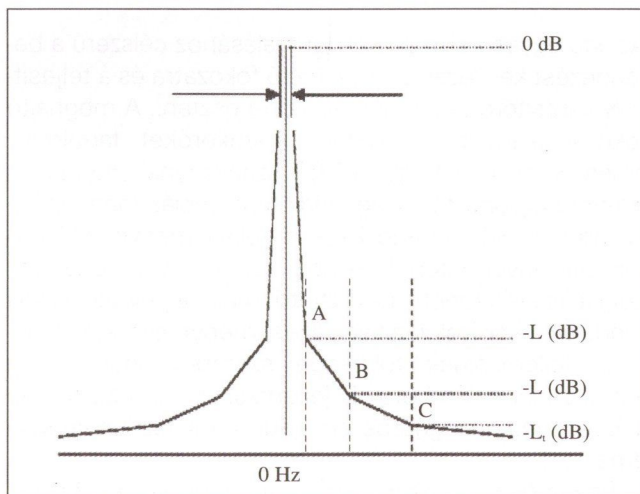
A fáziszaj spektrumanalizátorral meghatározható. A fáziszajt általában logaritmikus teljesítményarányként, 1 Hz sávzélességre és a vivő szintjére vonatkoztatva fejezik ki, és SSB fáziszajnak nevezik. Ez esetben a dimenzió dBc/Hz. A vivőfrekvenciától való távolság függvényében ábrázolják. A fáziszaj az OFDM rendszerben kétféle hatást gyakorol.

a. Közös fázishiba (Common Phase Error CPE)

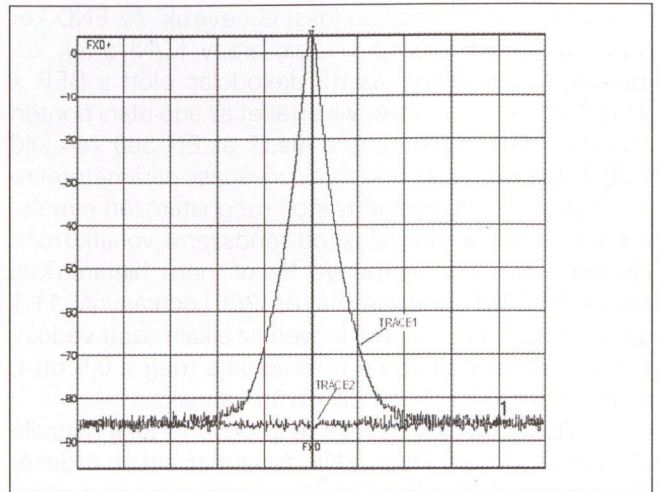
A CPE valamennyi vivőre együttesen hat. Ez a hatás a konstellációs diagramban a vivők végpontjának elfordulásaként azonosítható. A CPE a jelcsomagban jelenlévő modulálatlan folyamatos pilotvivők segítségével korrigálható, mivel e vivőkre a CPE ugyanazt a hatást gyakorolja, mint a moduláltakra. A CPE csökkenti a zajtűrést és közvetlenül rontja a bithiba-arányt.

b. Vivők közötti zavarás (Inter-Carrier Interference ICI)

Az ICI hatása zaj jellegű, így nem korrigálható. Hatása a konstellációs diagramban a vivők végpontjának a szétkenődésében mutatkozik.



8.a. ábra A fáziszaj – Tűrésábra



8.b. ábra A fáziszaj – Spektrum

Mint a műsorszórásban általában, itt is biztosítani kell, hogy az adók fáziszaja a lehető legkisebb legyen. A tipikus fáziszaj tűrésábrájának (8. ábra) a frekvencia-tengelyen 3 töréspontja van. Ezek a vivőtávolság egy-, két- és háromszorosának felelnek meg, és így 8k rendszernél 1,1, 2,2 és 3,4 kHz-re vannak. A megengedhető szinteket eddig még nem határozták meg, bár jelentős számú mérési eredmény már rendelkezésre áll. A CPE szempontjából a fáziszaj spektrumának kisfrekvenciás része, a vivőhöz közeli frekvenciáknak az egyszeres vivőtávolságig terjedő szakasza a lényeges. Az ICI-re az e feletti rész a hatásos. A két összetevő egymást kiegészítő alul- és felüláteresztő szűrőkkel választható szét.

Bithibaarány (BER)

A BER-t a DVB-T adás legfontosabb jellemzője. A cél a vevőkészülékben a hibajavító dekódolások utáni szinte hibamentes (Quasi-Error-Free, QEF) Transport Stream előállítás, amelyet az $1 \cdot 10^{-11}$ BER jellemez. A Reed-Solomon hibajavítás $2 \cdot 10^{-4}$ bithibaarányú jelet képes szinte hibamentes adatfolyammá korrigálni, ez az érték képezi a hibamentes átvitel határát. A DVB-T-nek jellemzője, hogy a jelszint csökkenésekor, a jel-zaj viszony romlásakor egy határig kifogástalan a minőség, és ezalatt rendkívül meredeken megszűnik a vétel.

Egyenértékű zajromlás (END)

A görbék meredeksége miatt az S/N értéket 0,1 dB-nél nagyobb pontossággal kell meghatározni. A jel-zaj viszony romlása a konstellációs diagramban a végpontok elmosódását és az átvitel megbénulását eredményezi. Annak érdekében, hogy az átviteli lánc szabadtéri terjedési szakaszára és a vevőre kellő tartalék álljon rendelkezésre, az adónak a zajkomponenshez a lehető legkisebb mértékben szabad csak hozzájárulnia. E jellemzőjét az egyenértékű zajromlással (Equivalent noise degradation, END) minősítik. Az END-t a rendszer egy szakasza, egy berendezés, pl. az adó által okozott megvalósítási vesz-

teségnek (implementation loss) is nevezik. Az END két olyan, dB-ben kifejezett vivő-zaj arány (C/N) érték különbsége, amelyeknél az RS dekódolás előtt a BER a $2 \cdot 10^{-4}$ értéket eléri. Az egyik értéket az adó utáni ponton mérésrel határozzák meg, a másik az EN 300 744 jelű DVB-T szabványban a különböző adási paraméterekre (modulációs mód, kódarány stb.) meghatározott elméleti érték, amely a megvalósított rendszerre vonatkozóan írja elő a C/N követelményt. Ez pl. nem hierarchikus esetre 16QAM modulációnál és 2/3 kódaránynál 11,1 dB. Az END független kell legyen az alkalmazott védőintervallum értékétől és nem haladhatja meg a 0,5 dB-t, a tipikus értékek 0,1–0,4 dB között vannak.

A DVB-T szabvány bevezette az egyenértékű zajpadló (Equivalent Noise Floor, ENF) fogalmat annak érdekében, hogy a zaj romlását magára az adóra és ne a teljes rendszerre lehessen vonatkoztatni. Az ENF meghatározásánál a vonatkoztatás nem a rendszer elméleti értékére, hanem az ún. ideális adóra történik. Az ENF így a valóságos és az ideális adóra vonatkozó C/N értékek különbsége. A gyakorlati mérés hitelesített zajgenerátorral, két lépésben történik. A valóságos adóra vonatkozó C/N értéket a berendezés kimenetéről kicsatolt jelen mérővevővel határozzák meg. Ideális adóként az adó meghajtó fokozatát alkalmazzák, amelynek saját zaja lényegesen kisebb, mint a teljes berendezésé. Ellenőrzési célból természetesen ideális adóként DVB-T mérőgenerátor is alkalmazható. A mérővevő bemenete előtti csillapító megfelelő beállításával biztosítják, hogy a két mérőjel szintje azonos legyen ($C_1 = C_2 - C$). Mindkét mérésnél a jelhez hozzáadott zajt előállító generátor szintjét addig növelik, amíg a bithibaarány el nem éri a $2 \cdot 10^{-4}$ értéket (N1 és N2). Az ENF a meghajtó fokozattal és az adóval mért két C/N érték különbsége.

$$ENF = (C/N)_2 - (C/N)_1 = (C/N_2) - (C/N_1)$$

A módszer előnye, hogy a közös hibák, pl. a mérővevő saját jellemzői kiesnek.

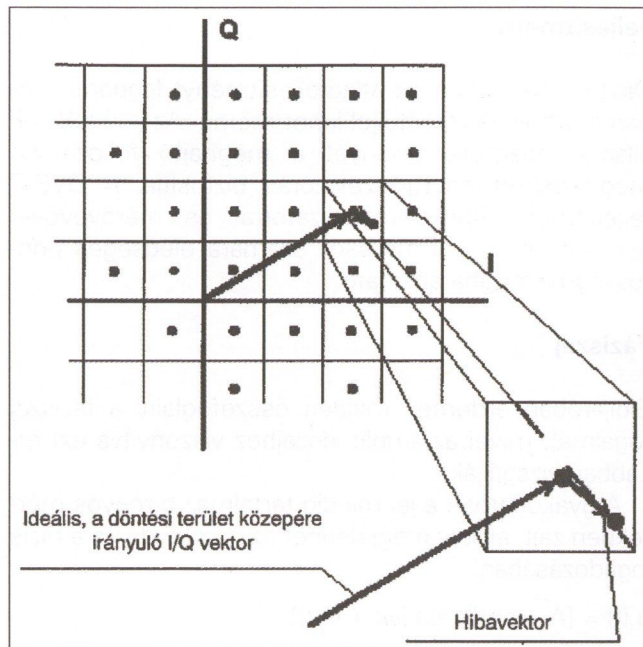
Modulációs hibaarány

A modulációs hibaarány (Modulation Error Ratio, MER) összevontan jellemzi a konstellációs diagramból megállapítható hibákat. A MER a 9. ábra alapján értelmezhető. Az elméleti, ideális I és Q vektorok az egyes döntési mezők, a négyzetek középpontjába mutatnak. A valóságos vektorok eltérő pontba mutatnak, amelyek az analóg-digitális (A/D) és a digitális-analóg (D/A) átalakítókban fellépő kvantálási hiba, az átalakító órajelének a jittere és az átvitel során a jelre szuperponálódó zaj az oka. Az ideális és a valóságos vektor közötti hibavektor e zavaró hatásokat összegzi.

A MER a BER mellett a DVB-T rendszer fontos jellemzője. Egy jó DVB-T adó MER értékének legalább 35 dB-nek kell lennie.

Frekvenciapontosság

Az analóg tv-adással szemben, ahol a az egyes rádiófrekvenciás csatornákat a kép- és a hangvivő(k) jelle-



9. ábra A modulációs hibaarány meghatározása

mezték, a DVB-T esetén a közepes frekvenciát írják elő. Az UHF sávban szabványos 8 MHz-es csatorna-szélesség esetén a közepes frekvencia a csatorna alsó határa felett 4 MHz-el van. Ebben a csatornában helyezkedik el 2k adásrendszer esetén az 1705 és 8k esetén az 6817 COFDM vivő. A középső vivő a 852., illetve a 3408. vivő, amelynek meg kell egyeznie a csatorna közepes frekvenciájával. Megfelelő pontosságú spektrumanalizátorral a spektrum szélső vivőinek frekvenciája megmérhető, és ebből a közepes frekvencia számtani középként kiszámítható.

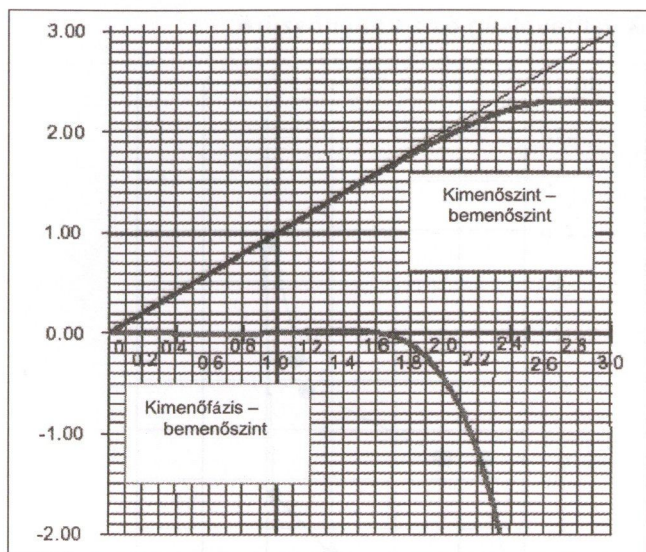
A frekvenciapontossággal összefüggően még a következő mérésekre is szükség van:

- A csatorna szélessége (a mintavételezési frekvencia pontossága)
- A szimbólumhossz mérése rádiófrekvencián (védőintervallum-ellenőrzés)

A DVB-T adóberendezés egyes kérdései

Az adó egyes kérdéseinek tárgyalásához célszerű a berendezést két részre, a meghajtó fokozatra és a teljesítményerősítőre (és kimenőszűrőre) osztani. A meghajtó fokozat alapvetően digitális áramköröket tartalmaz, amelyek feladata, hogy a DVB-T szabványnak megfelelő, a lehető legjobb minőségű rádiófrekvenciás meghajtójelet állítson elő. Az adó kimenő teljesítményét előállító teljesítményerősítőnek kettős szerepe van. Egyrészt „digitális erősítőnek” nevezhető, mert digitálisan, QAM modulált rádiófrekvenciás teljesítményt állít elő, másrészt jellemzőinek többsége szempontjából analóg áramkörnek tekinthető. E jellemzők közül elsősorban a kivezérlési jelleggörbe amplitúdó- és fázislinearitása emelhető ki.

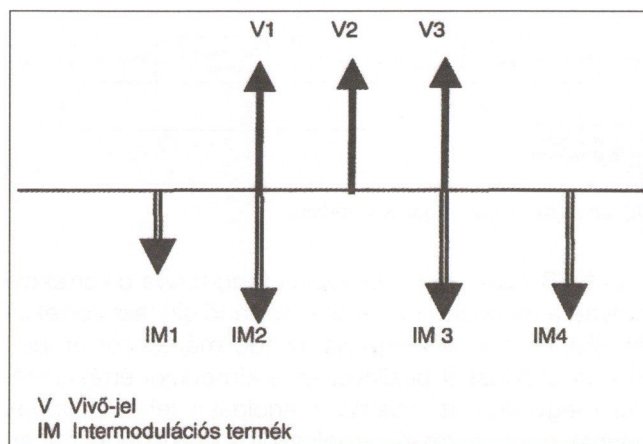
Egy erősítő kimenőjelének amplitúdóját és fázisát a 10. ábra jellemzi. A teljesítményerősítők linearitásá-



10. ábra Korrigálatlan és korrigált erősítő jelleggörbéi

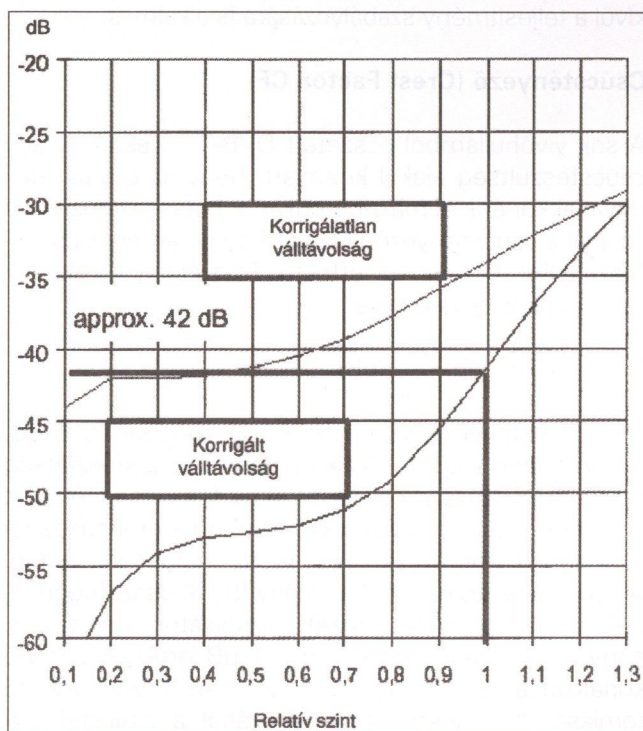
nak javítása érdekében már a fekete-fehér adás idején alkalmazták a videofrekvenciás alapsávon előtorzítást. Később, a kép- és a hangcsatorna jelének együttes erősítésével működő adók bevezetésével és az átjátszók elterjedésével a kérdés jelentősége fokozódott. E berendezésekben a megfelelő linearitásnak biztosítania kellett, hogy az együtt erősített jelek intermodulációs termékei ne okozzanak elsősorban képzavarokat. A vizsgálatokat három, a képvivőt, a képdalsáv-jelet és a hangvivőt utánzó jellel végezték. A vizsgálati jelek száma a kétcsatornás hangátvitellel négyre emelkedett. A berendezéskövetelmények a többjeles vizsgálatkor szelektív zavaró jelként megjelenő intermodulációs termék szintjét írták elő. A DVB-T adónál nagy számú, egyedileg amplitúdó- és fázismodulált jelet kell átvinni. Az intermodulációs termékek megjelenését ábrázolja a 11. ábra, amelyben az első három vivő (V1-V3) és intermodulációs termékeik (IM1-IM4) vannak ábrázolva. Az IM1 a sávon kívül van és a spektrum lefutó oldalát alakítja ki, az IM2-IM4 vivőkkel azonos frekvenciájúak és a bitek közötti áthallás, a jelminőség romlásának okozói. Az ábrán bemutatott egyszerűsített esetből kiindulva megérthető a váll kialakulása és a linearitás kérdésének fontossága. Az intermodulációs torzítás üzemszerű mérésekor a meghajtó fokozat mérési üzemmódjában a vivők egy kb. 50 vivőből álló csoportját nem állítják elő. Helyükön a spektrumban lyuk keletkezik, amelyben megjelennek az intermodulációs termékek. A módszer előnye, hogy az adó a kimenőszűrővel együtt vizsgálható anélkül, hogy az eredményt a szűrő átviteli jelleggörbéje befolyásolná. Lényeges a hatásos előtorzítás, amely az adott erősítőeszközből (adócsőből, klisztronból, később tranzistorból) kivehető teljesítményt, és ezzel a hatásfok növelését eredményezte.

Az analóg adóknál korábban fix korrektorokat alkalmaztak, amelyekkel a berendezés mérése során állították be a legkisebb intermodulációt. Újabbán sor került az adaptív korrektor alkalmazására, amely a műsorjellel együtt átvitt vizsgálósori mérőjeleknek (VITS) a kime-



11. ábra Az intermoduláció spektruma

neten végzett elemzése alapján automatikusan állítja be az előtorzítást. A DVB-T adóberendezésekben is ezt a megoldást alkalmazzák. A QAM jelekkel a teljesítmény-erősítőknél mért konstellációs diagram alapján belátható, hogy a jelek kis torzítással történő átviteléhez az amplitúdó- és a fázislinearitás megvalósítása egyaránt fontos követelmény. A korrekciónak jelentős hatása van a váltávolságra is (12. ábra).



12. ábra A váltávolság jelleggörbéi

A többvivős (multicarrier) erősítők korrigálására korábban elterjedten alkalmazták a feed-forward megoldást. Ennek lényege, hogy az erősítő, intermodulációs termékeivel együttes kimenőjele és hibátlan bemenőjele – a futási-idő kiegyenlítése mellett – differenciál-erősítő bemeneteire csatlakoznak. A differenciál-erősítő kimenetén a különbségképzés eredményeként megjelenő intermodulációs termékeket nagy linearitású erősítővel erősítik, majd teljesítménycsatolóval a főjelhez ellenfázisban hozzáadják, kivonva abból a torzítási termékeket.

Modulációs mérések a budapesti AM mikro rendszer digitális csatornáján

DR. BOZÓKI SÁNDOR–GELENCSÉR ISTVÁN–KRÉMER SZABOLCS

Multimédia Fejlesztési Osztály
Antenna Hungária Rt.

A cikkben ismertetjük a DVB-C kódolást, majd áttekintést adunk a QAM jelanalízis elméleti háttéréről. Ismertetjük a digitális platformunkat, majd összefoglaljuk a mérések során kapott eredményeket. Megjegyezzük, hogy 10 GHz feletti mikrohullámú átviteli közegben a vonatkozó szabvány a DVB-S rendszerű kódolást ajánlja, amelyben a moduláció QPSK. DVB-C kódolással azonban több mint háromszor nagyobb lehet a hasznos jelátviteli sebesség ugyanazon csatorna-sávszélesség mellett.

1. Bevezetés

Az Antenna Hungária Rt. 1989-ben kezdte meg a budapesti pont-sok pont jelleggel működő AM mikro rendszer üzemeltetését a 12 GHz-es sávban. Eredetileg analóg televíziós műsorok elosztására tervezték a rendszert, a rendelkezésre álló sávszélesség 24 program továbbítását teszi lehetővé. 2000 szeptemberétől a platformon analóg fizetős tv-szolgáltatás működik, amelyben a műsorválaszték bővítésének legfőbb akadálya a korlátozott sávszélesség. Az utóbbi problémára megoldás a rendszer digitalizálása, mivel egyetlen 8 MHz sávszélességű analóg tv-csatorna helyén, minőségétől és csatornakódolástól függően 4-10 MPEG-2-ben tömörített tv-műsor jele is továbbítható. Az utóbbi időben több mérés igazolta, hogy a budapesti AM mikro rendszer alkalmas a DVB-C szabvány [1] szerinti digitális jelátvitelre akár magasabb rendű moduláció (64-QAM, 256-QAM) alkalmazása mellett is. A vizsgálatok a rendszer F4 és A8 jelű csatornáira terjedtek ki, amelyek a mi szempontunkból csak az adó oldali végfokban különböznek. Ezek közül az F4-en már 1998-ban elindult egy kísérleti internetszolgáltatás [2], amely 2001-re kereskedelmi jellegűvé fejlődött.

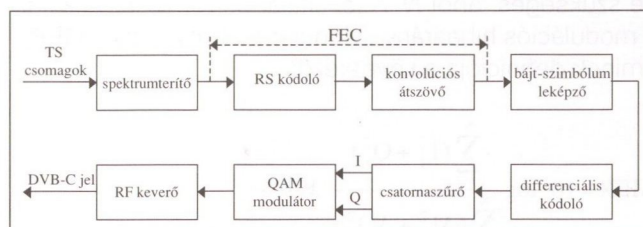
2. A DVB-C kódolás áttekintése

A kódolási eljárást, melynek főbb lépései az 1. ábrán láthatók, kábeltelevíziós (ktv-s) átvitelre fejlesztették ki. A kódoló bemenetén lévő transzport folyam (TS) 188 bájtos csomagjai először egy spektrumterítőre kerülnek, amely álvéletlen bitsorozattal zajszerűvé keveri az adatbiteket, javítva ezzel a keskeny sávú zajokkal szembeni védettséget. Ezt követően a Reed-Solomon (RS) kódoló 16 védőbájjal egészíti ki a csomagokat, amivel így csomagonként 8 hibás bájt javítása válik

lehetővé. A konvolúciós átszövő egy adott csomag bájtjait 12 egymást követő csomagba szövi át, csökkentve ezzel a burstszerű zavarok hatását. Az utóbbi két egység valósítja meg a hibajavító kódolást (Forward Error Correction, FEC). Ezt követően a bájtok $\log_2 M$ bitből álló szimbólumokra való leképzésére kerül sor, ahol M a modulációs pontok száma ($M=16, 32, 64, 128, 256$). A differenciális kódolás szerepe az, hogy ezáltal nem szükséges vevőoldalon a vivőt fázishelyesen regenerálni, így a demodulálás egyszerűbb. Ezután a jel egy gyökös emelt koszinuszos karakterisztikájú csatornaszűrőn keresztül a QAM modulátorra kerül, amely elnyomott vivőjű, tipikusan középfrekvenciás (pl. 36 MHz) kimenetet ad. Végül az RF keverő a kívánt rádiófrekvenciás sávba transzponálja a jelet.

Vevőoldalon a fenti kódolási lépések inverze szerepelt, azzal a különbséggel, hogy a demodulációt követő szűrés után csatornaki egyenlítésre is szükség van. Ktv-hálózatokban ugyanis gyakoriak a rossz lezárások miatt keletkezett reflexiók, amelyek eltávolítására adaptív ki egyenlítő szűrőt használnak. Az erős hibavédelmi eljárásnak köszönhetően akár

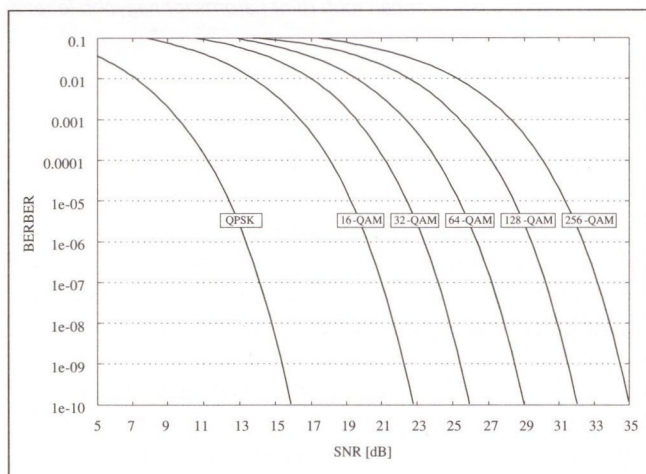
10–11 értékű bithibaarány (BER) is elérhető az RS dekódoló kimenetén, ami óránként legfeljebb 1–2 javíthatatlan bithibának felel meg az alkalmazott bitsebesség-tartományban (20–50 Mbit/s). Fontos megjegyezni, hogy az RS dekódoló működéséhez legalább 10^{-4} nagyságrendű, ún. FEC előtti BER szükséges.



1. ábra DVB-C jel kialakításának lépései

3. A QAM jelátvitel minősítése

A digitális átviteli rendszereket leggyakrabban a jel-zaj viszony (SNR) függvényében megadott BER-rel jellemzik. DVB-C rendszerű jelátvitel minősítésére azonban a BER-nél alkalmasabb mérőszámok is megadhatók. Egy adott határon túl a BER mérése amúgy sem lehetséges elfogadható időn belül. Egyszerűen kiszámítható például, hogy 10-10-es BER 10%-os pontosságú mérése közel 7 órát vesz igénybe 40 Mbit/s sebesség esetén. Mért jel-zaj viszonyból elvileg számítható a BER a BER-SNR kapcsolat alapján, de a görbék meredek lefutása miatt az SNR mérés pontatlansága nagyságrendi BER tévedéshez vezethet. A 2. ábra az elméleti BER-t tünteti fel SNR függvényében különböző rendű modulációk esetén. Láthatóan néhány dB SNR-változás is több nagyságrendbeli BER-változást okoz.



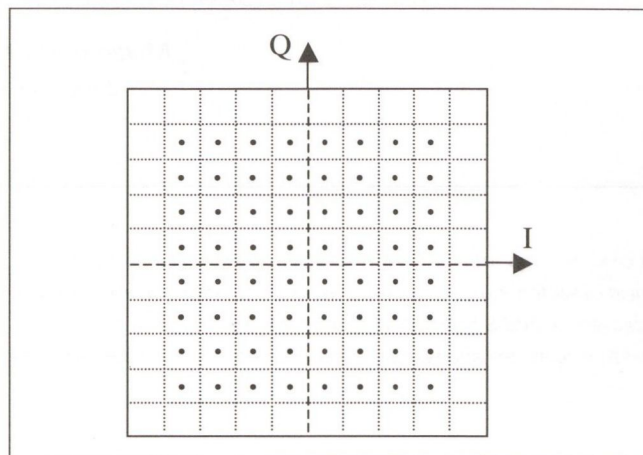
2. ábra A BER változása az SNR függvényében

A QAM analízis során tipikusan a jel konstellációs diagramját értékeljük ki. Ideális esetben például a vevőoldalon detektált 64-QAM jel konstellációs diagramja a 3. ábrának megfelelő, ahol minden egyes vett pont a döntési határok által kijelölt cellák középpontjába esik. A valóságban azonban több-kevesebb torzulást szenved a jel az átviteli úton, és így a vett pontok I-Q síkon mért koordinátái általában eltérnek az ideálistól. A különböző modulációs hibák számszerű meghatározására a DVB-M ajánlás [4] ad útmutatást. Az egyes hibák elkülönítésének algoritmusai azonban nem definiáltak, megvalósításuk az egyes mérőműszerekben különböző lehet.

M modulációs pontból álló QAM jel (M-QAM) analíziséhez általában N számú (I , Q) mintapár megfigyelése szükséges, ahol N . A jel általános romlását fejezi ki a modulációs hibaarány (Modulation Error Ratio, MER), aminek definíciója a következő:

$$\text{MER} = 10 \cdot \log \frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\Delta I_j^2 + \Delta Q_j^2)} \quad [\text{dB}],$$

ahol I_j és Q_j a j -edik megfigyelt mintapárhoz legközelebb eső ideális mintapár koordinátái, ΔI_j és ΔQ_j pedig a megfigyelt koordináták ideálistól való eltérése, vagy másképpen a j -edik hibavektor koordinátái. Vizsgálatok szerint 64-QAM jel detektálásához legalább 22 dB, míg 256-QAM jel esetén legalább 28 dB a minimálisan szükséges MER [5].



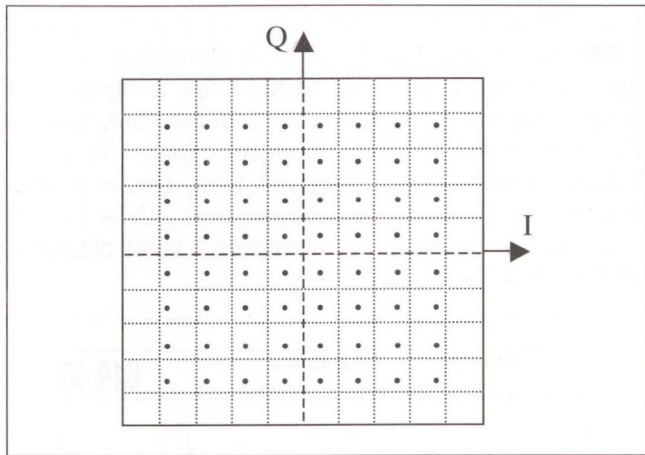
3. ábra Ideális 64-QAM jel konstellációs diagramja

A MER az egyik legfontosabb mérőszám, mert tartalmazza az átvitel során fellépő összes zavar hatását. A hibavektorok átlagértékének és szórásának felhasználásával azonban jól elkülöníthető hibák számíthatók. Az átlagolásból az amplitúdókiegyenlítetlenség, kvadratúrahiba és vivőszivárgás, míg a szórás alapján a fázis jitter és az interferencia nagysága határozható meg. Ha a felsorolt hibák elhanyagolhatók, akkor feltételezhető, hogy a MER romlását egyedül Gauss-i zaj jelenléte okozza. Ebben az esetben a MER azonos a jel-zaj viszonytal.

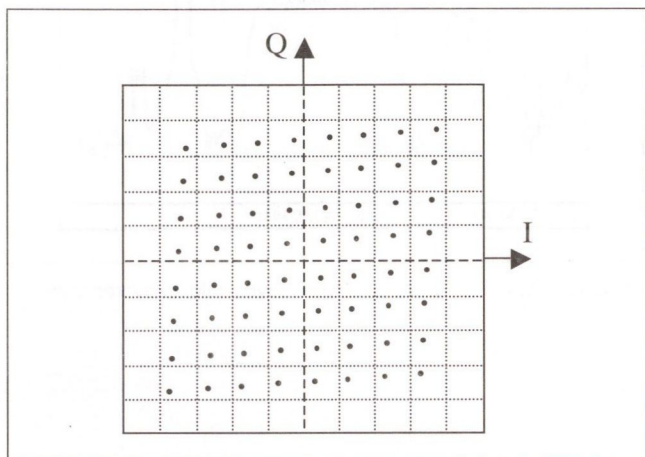
A fenti hibákra kvalitatív úton is következtetni lehet a vevőoldalon kirajzolt konstellációs diagramból. A 4–9. ábrák mutatják be külön-külön az egyes torzítások hatását. A hibák és a belőlük számítható paraméterek kvantitatív meghatározásához szükséges képletek megtalálhatók a DVB-M ajánlásban.

Ha az I és Q irányú erősítés mértéke különbözik, akkor amplitúdókiegyenlítetlenség jön létre, melynek hatása a 4. ábrán látható. Megfigyelhető, hogy míg az egyik tengely mentén kiterjesztett a jel, addig a másik mentén elnyomott. Ez annak a következménye, hogy a vevő AGC fokozata konstans átlagos jelszintre szabályoz. Ez a fajta hiba adóban, vevőben egyaránt keletkezhet. Nagyságát az I és Q csatorna erősítésének százalékos eltéréseiben szokás kifejezni.

Kvadratúrahiba akkor keletkezik, ha a modulációs vagy demodulációs tengelykereszt nem merőleges egymásra. Az 5. ábrán figyelhető meg a hatása, négy szomszédos cellába eső pont már nem négyzetet, hanem rombuszt határoz meg, amelyben bármely szög 90° -tól való eltérése a kvadratúrahiba nagyságát adja.

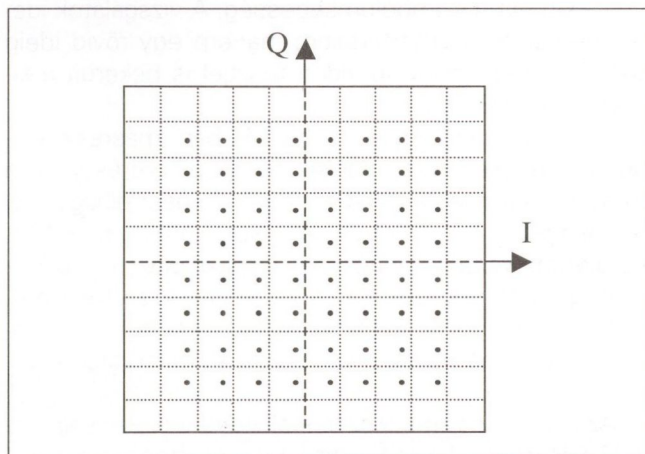


4. ábra Az amplitúdókiegyenlítetlenség hatása



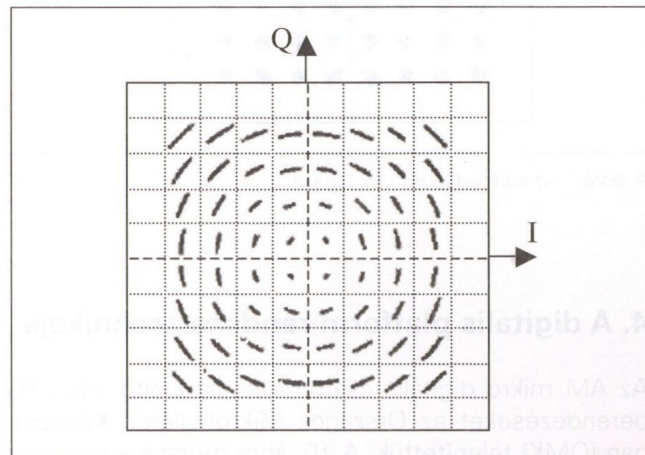
5. ábra A kvadraturahiba hatása

A nem megfelelően elnyomott vivő a QAM jelhez hozzáadott koherens szinuszként jelentkezik, ezt nevezik vivőszivárgásnak. Az adó modulátorában lévő DC ofszet hiba vagy a vivő nem kiegyenlített modulációja okozhatja. Hatására a vett minták az ideálshoz képest azonos irányban tolnak el a konstellációs diagramon (6. ábra). Az I és Q irányú eltolódás mértéke a regenerált vivő és ezen maradékvivő fáziskülönbségétől függ. A hiba nagyságára utal a vivőelnyomás mint számítható paraméter, amely a hasznos jelteljesítménynek és a maradékvivő teljesítményének hányadosa.



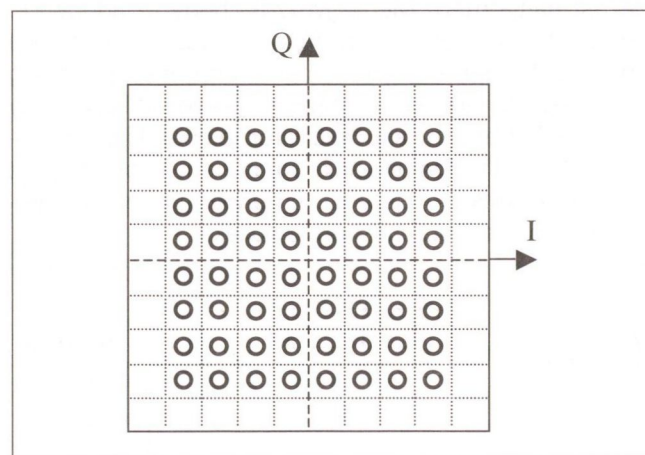
6. ábra A vivőszivárgás hatása (itt csak az I komponensre)

A vivő fázisának fluktuációja a fázis jitter, melynek hatása a 7. ábrán látható. Egy adott cellába eső szimbólumok ilyenkor egy, az ideális szimbólumon átmenő körív mentén helyezkednek el. A fázis jitter hatása legjobban a legnagyobb amplitúdójú pontokon (sarokpontok) figyelhető meg. Ez a fajta hiba adóban és vevőben egyaránt keletkezhet. Nagyságát a vett I-Q mintapárokhoz tartozó fázisszög az ideálistól való eltéréseinek szórásával szokás [°RMS]-ben kifejezni.



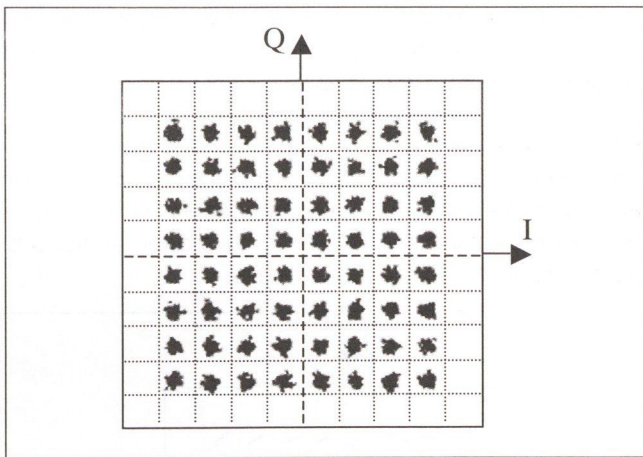
7. ábra A fázis jitter hatása

A 8. ábra a koherens interferencia hatását tünteti fel. Ha az átviteli úton a vivőfrekvenciához közeli frekvenciájú zavarjel adódik a QAM jelhez, akkor demodulálás után egy kisfrekvenciás összetevő keletkezik. Ennek következménye a jelállapotok körül megjelenő „fánk-szerű” képződmény. A hiba nagysága az interferenciaelnyomással fejezhető ki, amely a hasznos és az interferáló jel teljesítményének hányadosa.



8. ábra Az interferencia hatása

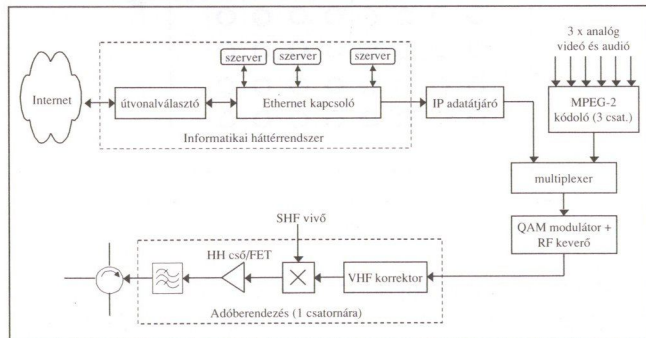
Az átvitel során zaj adódhat a modulált jelhez, amely általában konstans spektrális teljesítménysűrűségű Gauss-i fehér zaj. Hatására a jelállapotok „felhőszerűen” terjeszkednek ki a 9. ábrán látható módon.



9. ábra Az additív Gauss-i zaj hatása

4. A digitális platform rendszertechnikája

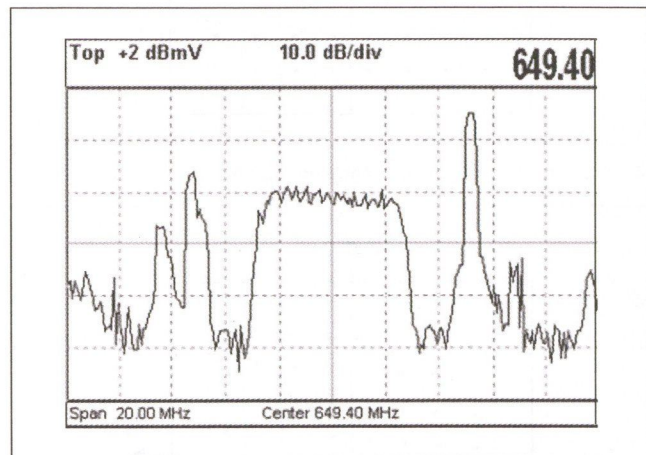
Az AM mikro digitális csatornáját meghajtó adóoldali berendezéseket az Országos Mikrohullámú Központban (OMK) telepítettük. A 10. ábra mutatja a rendszer vázlatos felépítését. A szerverekből, Ethernet-kapcsolóból és útvonalválasztóból álló informatikai háttérrendszeren átmenő IP forgalom az IP adatátjárón keresztül jut a DVB hálózatra. Az adatok leképezésére szabványos TS csomagokba az MPE/IP (Multi Protocol Encapsulation) specifikációnak megfelelően kerül sor [6]. Lehetőség van arra is, hogy a beágyazott IP adatokat egy külső MPEG-2 kódolóból érkező jelekkel multiplexáljuk. A QAM modulációt és a VHF sávra történő keverést követően az RF jel közvetlenül az adóberendezést hajtja meg. Megjegyezzük, hogy az adóberendezés funkcionális felépítése minden csatornára ugyanaz, függetlenül attól, hogy a bemenetére analóg vagy digitális jel kerül. Minden keverőfokozat egy 1,356 GHz frekvenciájú oszcillátor jelének kilencszerezésével előállított vivőt kapja. Négy-négy csatorna jelét egy-egy cirkulátor összegzi, amelyek a szektorsugárzókból álló antennarendszert táplálják.



10. ábra A digitális platform adóoldali rendszertechnikája

Mivel az AM mikro csatornarasztere 8 MHz, a DVB-C szabvány szerinti jel maximálisan megengedett szimbólumsebessége 6,95 MS/s. Műszaki okok miatt azonban a jelenlegi (2002. április) szimbólumsebesség

5,22 MS/s, ezért a kisugárzott jel spektruma csak 6 MHz sávszélességű (11. ábra). A moduláció 64-QAM, így a hasznos bitsebesség 28,86 Mbit/s. A digitális átvitelre jelenleg az A8 csatorna áll rendelkezésre, amelyet FET-es végfokozatú adóberendezés táplál 1 W mikrohullámú kimenő teljesítménnyel. Csak összehasonlításképpen, az analóg tv-csatornák teljesítménye 2 W. A 11. ábra egy olyan esetet tüntet fel, amelyben a vételi oldalon az UHF sávba történik a lekeverés.



11. ábra A QAM jel spektruma (UHF sávba való lekeverés után)

5. Mérési eredmények

Az elmúlt évben lehetőség volt az F4 és az A8 csatornákon egyidejűleg tesztelni a DVB-C átvitelt. Kezdetben mindkét csatornát meghajtó adóberendezés HH csöves végfokozatot tartalmazott. Az F4-en 64-QAM, míg az A8-on 64-QAM és 256-QAM átvitel vizsgálatára került sor. Mivel az adóoldali platform 2 független QAM modulátorból áll (1+1 tartalékolás), így mindkét csatornára ugyanazt az adattartalmat lehetett juttatni különböző szimbólumsebesség mellett. A multiplexeren 28,86 Mbit/s bitsebességet beállítva 64-QAM esetén 5,22 MS/s, 256-QAM esetén pedig 3,915 MS/s volt a kimeneti szimbólumsebesség. A vizsgálatok idején nemcsak internettartalom, hanem egy rövid ideig 3 MPEG-2-es kódolású videó tesztjel is bekerült a kimeneti multiplexbe.

A vizsgálatokra egyrészt az OMK-ban, másrészt külső helyszíneken került sor. Az OMK-beli mérések célja az volt, hogy megállapítsuk az adóállomást elhagyó jel minőségét. A külső helyszínek főleg a VIII., XI. és XXI. kerületben voltak. A vétel vagy egyedi antennákkal történt, vagy tömbházak ktv-rendszerén keresztül, amelyekbe az AM mikro jelét előzőleg bevezették. A méréseket egy Rohde & Schwarz EFA QAM analízátorral végeztük.

Az OMK-ban rendelkezésre áll egy mérővevő, amely a 12 GHz-es sávba felkevert jelet egy szondán keresztül kicsatolja az antennarendszerből és visszakeveri azt

a VHF sávba. A felkeverés és visszakeverés ugyanazal a vivővel történik, ezért a kapott jel jól használható monitorozási célokra. Az I. táblázat az OMK-ban mért főbb QAM paramétereket foglalja össze az alábbi rövidítésekkel:

AI (Amplitude Imbalance) – amplitúdó-kiegyenlítetlenség

QE (Quadrature Error) – kvadratúrahiba

CS (Carrier Supression) – vivőelnyomás

PJ (Phase Jitter) – fázis jitter

IS (Interference Supression) – interferencia-elnyomás

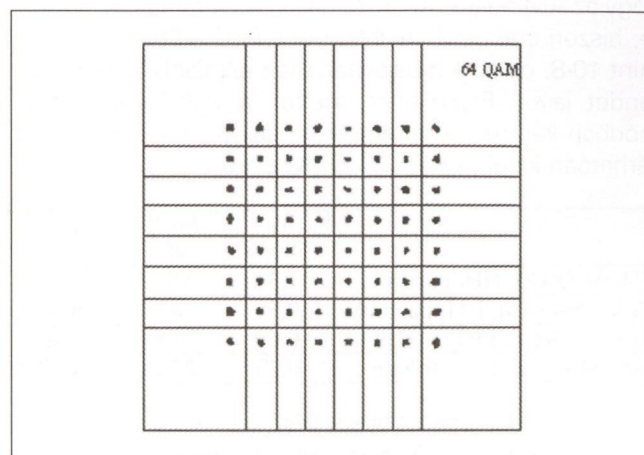
	AI [%]	QE [°]	CS [dB]	PJ [°RMS]	IS [dB]
F4, 64-QAM, HH	0,40	0,27	60,3	1,15	>34,0
A8, 64-QAM, HH	0,46	0,16	59,7	0,44	>34,0
A8, 256-QAM, HH	0,34	0,26	55,4	0,49	>34,0
A8, 64-QAM, FET	0,48	0,14	60,0	0,50	>34,0

I. táblázat A kisugárzott QAM jel paraméterei

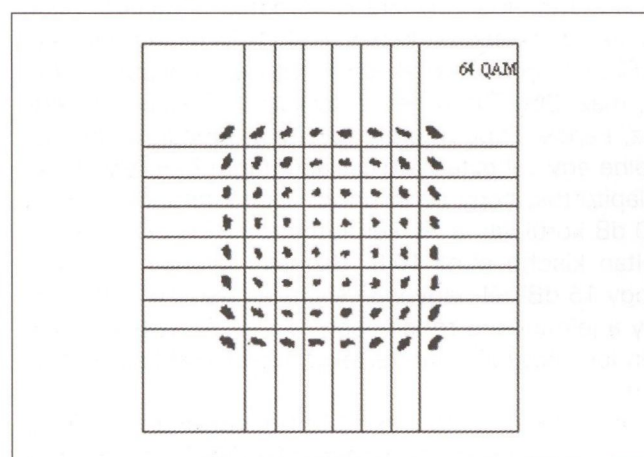
A mért értékek azt mutatják, hogy az amplitúdó-kiegyenlítetlenség és kvadratúrahiba csak csekély mértékben van jelen, továbbá a vivő- és interferencia-elnyomás megfelelően nagy. A fázis jitter az A8 csatornán ugyancsak csekély mértékű, az F4-en azonban már érzékelhetően nagy. A jeltorzulás a HH csöves végfokozatban következett be, amelyet az alábbi mérés igazolt. Az adóberendezés keverő előtti pontján levehető a jel, amelyen a fázis jitter mért értéke 0,32 °RMS. Felkeverés és erősítés után ez az érték 1,15 °RMS-re nő. Mivel az SHF vivő minden csatornára közös és az A8-on a fázis jitter lényegesen kisebb, ezért állítható, hogy a csöves végfokozat torzítja el a jelet. A fázis jitter egyébként valószínűleg a cső öregedésének a következménye, tekintve, hogy az F4 adóberendezése már évek óta üzemel, az A8-ét viszont csak az elmúlt évben kapcsolták be. A fázis jitter alakulásáról szemléletes képet mutatnak a konstellációs diagramok is (12. és 13. ábra).

A DVB-C jel vételének minősége külső helyszínen több tényezőtől függ mikrohullámú környezetben. Feltételezve azt, hogy az adóantennára való rálátást nem árnyékolják le a domborzati viszonyok vagy épületek, az adótól való távolság, az AM mikro vevőszett (parabolaantenna, fej) típusa és a levezető koaxiális kábel hossza együttesen befolyásolják a vétel minőségét. Az időjárás hatása is jelentős, csapadékos időben több decibelt is csillapodhat a jel az átviteli úton. Ráadásul a tipikusan kültéri szerelés miatt a fej elhangolódása hőmérséklettől függően akár néhány 100 kHz is lehet, amelyet a vevőkészüléknek (DVB-C interfészű set-top-box vagy PC-s kártya) kompenzálnia kell. Az utóbbi probléma áthidalható PLL-es, illetve fűtött fej alkalmazásával. A PLL-es fej egy, az AM mikro rendszeren sugárzott pilotjelet használ referenciaként a vivő regenerálásához. Fűtött fej esetén pedig közel állandó hőmérsékleten lehet tartani a lekeverő egységet. Jó minőségű vevőszettet alkalmazva feltételezhető, hogy a QAM jel I. táblázatban felsorolt paraméterei nem, vagy csak csekély mértékben romlanak. A jelminőség romlása ekkor csak a MER-ben és ezáltal

tal a jel-zaj viszonyban, illetve bithibaarányban mutatkozik meg.



12. ábra 64-QAM jel az F4-en keverés előtt (PJ=0,32 °RMS)



13. ábra 64-QAM jel az F4-en keverés és erősítés után (PJ=1,15 °RMS)

A 14–17. ábrák néhány külső helyszínen vett QAM jel konstellációs diagramját mutatják. A 14. ábrán egy fázis jitterrel terhelt 64-QAM jel látható, amelyet az F4 csatornában vettünk egyedi parabolaantennával. Meglepően jó minőségű 256-QAM üzemmódú átvitelt tükröz a 15. ábra, a jel itt az A8 csatornáról származik, szintén egyedi parabolaantennával véve. Mindkét mérés idején az adóberendezés HH csövet tartalmazott. A 16–17. ábrák a FET-es végfokkal meghajtott A8-ról vett 64-QAM jelet szemléltetik, csak míg az egyik esetben egyedi parabolaantennát, addig a másokban tölcserantennát használtunk. Az utóbbi esetben lényegesen zajosabb a jel, aminek oka az, hogy a tölcserantenna nyeresége itt mindössze 19 dB, szemben az AM mikro parabolák 35-40 dB nyereségével. A tölcserantenna előnye azonban az, hogy kisméretű, ezáltal hordozható, szemben a tipikusan fix telepítésű parabolákkal.

A II. táblázat a 14–17. ábrákhoz tartozó mérési eredményeket tartalmazza. Mivel az I. táblázatbeli eredményekhez képest csak a fázis jitterben van érzékelhető változás, ezért azon kívül csak a MER és a hibajavítás előtti BER értékeket tüntettük fel. Megjegyezzük, hogy

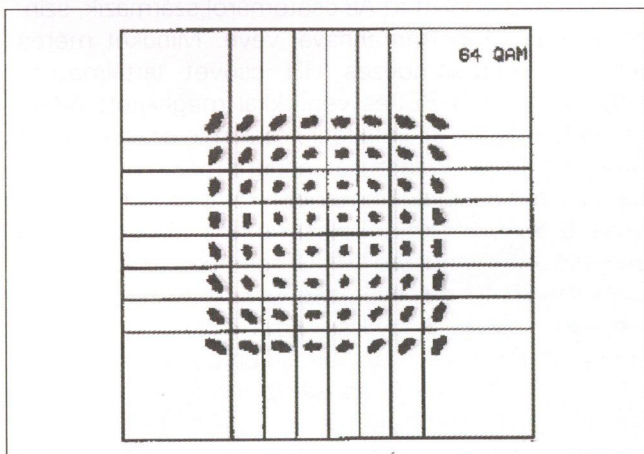
a műszer nem képes 10⁻⁸-nál kisebb BER-t 10% alatti pontossággal mérni. Az eredmények azt mutatják, hogy az AM mikro rendszer alkalmas a 64-QAM átvitelre, hiszen standard vevőszettel a FEC előtti BER jobb, mint 10⁻⁸, és ez a hibajavítás után legalább 3 nagyságrendet javul. Figyelemre méltók a 256-QAM üzemmódban kapott eredmények is, habár itt a vételkörzet várhatóan kisebb, mint 64-QAM esetén.

	PJ [°RMS]	MER [dB]	BER
F4, 64-QAM, HH, parabola	1,34	31,2	<1e-8
A8, 256-QAM, HH, parabola	0,58	36,0	1,3e-6
A8, 64-QAM, FET, parabola	0,63	33,6	<1e-8
A8, 64-QAM, FET, tölcser	0,73	27,2	3,4e-7

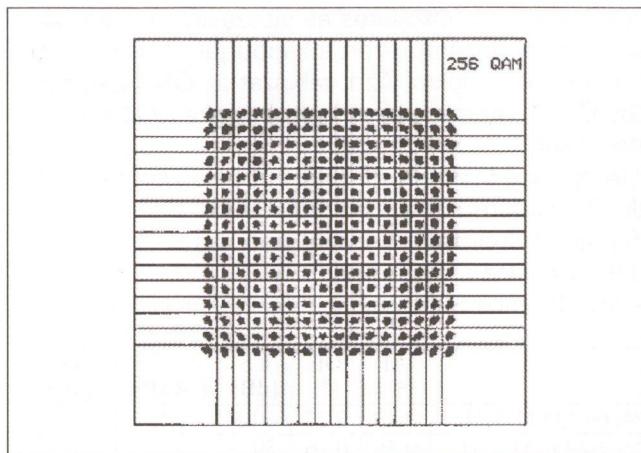
II. táblázat 13–17. ábrákhoz tartozó QAM paraméterek (AI, QE, CS, IS értékeit lásd. I. táblázatban)

A mérések során arra is kerestük a választ, vajon mekkora csillapítást képes a 64-QAM jel elviselni egy tipikus kiépítésű vételi környezetben (egyedi parabola, max. 200-300 m levezető kábel). A kísérletre száraz, napos időben került sor. Az antennalevezető kábelbe egy változtatható csillapítótagot beiktatva megállapítottuk, hogy ez az ún. csillapítástartalék jelenleg 10 dB körül van a XI. kerületben, a BER ekkor garantáltan kisebb mint 10⁻⁸. Biztosan állítható továbbá, hogy 15 dB-nél nagyobb csillapítás esetén a BER, és így a jelminőség rohamosan romlik. A 10-4 nagyságrendbeli abszolút határértéket 18 dB körül sikerült elérni.

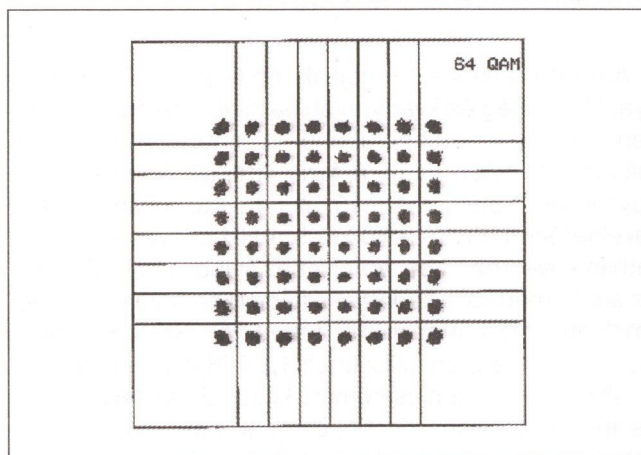
A mérési eredményekkel összhangban a digitális tv-jelátvitel minősége is igazolta a 64-QAM üzemmód alkalmazhatóságát. Összehasonlítva egy, az AM mikróon lévő analóg televíziós képet az általunk ideiglenesen beinzertált digitális televíziós vizsgáló-képpel, a minőségbeli javulás meggyőző volt az utóbbi javára. Ez különösen az előbb említett kísérlet során volt feltűnő, a digitális kép még 10 dB-es csillapítás mellett is kiváló minőségű volt, míg az analóg már elviselhetetlenül zajosná vált.



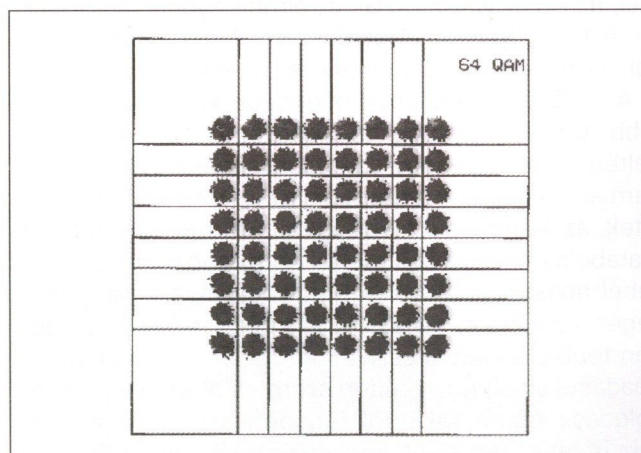
14. ábra Parabolával vett 64-QAM jel (F4, HH cső, VIII. ker., Matáv Horváth M. téri ktv-fejállomás)



15. ábra Parabolával vett 256-QAM jel (A8, HH cső, XI. ker., Antenna Hungária Rt., Petzvál u.-i telephely)



16. ábra Parabolával vett 64-QAM jel (A8, FET, XI. ker., Antenna Hungária Rt., Petzvál u.-i telephely)



17. ábra Tölcserantennával vett 64-QAM jel (A8, FET, XI. ker., Antenna Hungária Rt., Petzvál u.-i telephely)

6. Konklúzió

Az AM mikro digitális csatornáján végrehajtott mérések igazolták azt, hogy a rendszer alkalmas a 64-QAM

üzemmódú DVB-C jelátvitelre. Korszerű FET-es adóberendezést használva a kisugárzott jel minősége megfelelő, régóta üzemben lévő HH cső alkalmazása mellett azonban számítani lehet torzulásokra főleg a cső előregedése miatt. Megjegyezzük, hogy új vagy alig használt csöves fokozat kiváló paraméterekkel rendelkező átvitel tesz lehetővé, amelyet az A8-on kapott mérési eredmények is igazoltak.

Az eddig elvégzett mérések csak a kezdetnek tekinthetők. Az AM mikro rendszer részleges vagy teljes digitalizálása előtt számos további feladat áll előttünk, mint például a vételkörzet pontosabb feltérképezése vagy a különböző időjárási viszonyok melletti jelanalízis. Célszerű továbbá a 64-QAM-nél magasabb rendű modulációk (128-QAM, 256-QAM) mélyebb vizsgálatára is sort keríteni lehetőség szerint, habár ezek vételét nem minden készülék támogatja.

A vonatkozó PVD szabvány 26 Hz-es mikrohullámú átvitelre a QPSK modulációt ajánlja. A mérések azonban azt mutatták, hogy a budapesti AM mikro rendszer ennél magasabb moduláció mellett is kiváló, nagyobb sebességű átvitelre képes.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők szeretnének köszönetet mondani kollégájuknak, Erhardt Zoltánnak a mérésekben való közreműkö-

déséért, az Antenna Hungária Rt. műsorterjesztési osztályának, a CableWorld Kft.-nek, a Kábelkon Kft.-nek és a Matáv ktv-fejállomás dolgozóinak. Az említett cégek különféle eszközökkel (MPEG-2 kódoló, set-top-boxok, QAM analizátor) segítették elő a mérések lefolytatását.

Irodalom

1. ETS 300 429, „Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems”, v1.1.2, Aug. 1997.
2. Sogrik Gy. és Sturovics P.: „Nagy sebességű interaktív adatátviteli szolgáltatás az AM mikrón”, TV '98, 8. Televízió- és Hangtechnikai Konferencia és Kiállítás, Bp., 1998. május 26–28.
3. ETS 300 748, „Digital Video Broadcasting (DVB); Multipoint Video Distribution Systems (MVDS) at 10 GHz and above”, v1.2.1, Aug. 1997.
4. ETSI TR 101 290, „Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems”, v1.2.1, May 2001.
5. Wavetek Wandel Goltermann: „WWG SDA-4040D Stealth Digital Analyzer – Operational Manual”, June 2000.
6. ETS 301 192, „Digital Video Broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting”, v1.2.1, June 1999.

MSZT-közlemények

A Magyar Szabványügyi Testület kiadta az MSZ IEC/TR 61931:2002 „Fényvezetők fogalommeghatározásai” c. szabványt. Az eredeti IEC-szótár honosítását az MSZT/MB 834 „Fénytávközlés” bizottság tagjai – a Matáv Rt., a PKI, a Siemens Telefongyár Kft., az MTA/MFA, a DIAMOND Kft. és a 3M Hungária Kft. munkatársai – végezték, dr. Lajtha György úr vezetésével. A szótárszabvány a szokásos magyar–angol tükörodalas kivitelben jelent meg. Fejezetei:

- Általános fogalmak
- Terjedési jellemzők
- A fényvezető szálak általános jellemzői
- Kábelek
- Aktív és passzív alkatrészek
- Optikai források, detektorok és erősítők
- Mérési módszerek
- Rendszerek

Kapható az MSZT szabványboltjaiban.

Digitális rádióadás sugárzása műholdról

DR. SÁRKÁNY TAMÁS

fizikus

Míg a digitális televízióadásra való áttérés évek óta sokat vitatott téma, a digitális rádióadás bevezetéséről eddig kevesebb szó esett. A múlt évben azonban, hosszas előkészületek után, az Egyesült Államokban kísérleti jelleggel megindult műholdról a digitális rádióadás (S-DARS – Satellite Digital Audio Radio Services). Ez lehetővé teszi, hogy a hallgatók az ország bármely pontján közvetlen műholdról vehessék ugyanazt az adót, akár mozgó gépkocsiban is. A vétel minősége eléri az analóg FM vétel minőségét, és alig érzékeny a tereptárgyak által okozott terjedési zavarokra.

Közvetlen lakossági szolgáltatások szempontjából a távközlési műholdak funkciója eddig két fő területre korlátozódott: televíziós adások sugárzása, valamint a mobil távközlőhálózatok globális kiterjesztése földfelszíni cellás hálózatok le nem fedett közzeteire. Felmerült a digitális rádió műholdas sugárzása (S-DAB) is.

A már évtizedek óta használt FM műsorvevők kiváló, CD-minőséget közelítő vételt tesznek lehetővé, de hátrányos a látóhatárig terjedő kis vételkörzet: például a Petőfi adó műsorát Magyarországon 17 adó sugározza különböző frekvenciákon, 50-80 kilométeres körzetek ellátására. További hátrányt jelent mobilitás szempontjából a terjedési paraméterek által okozott minőségromlás vagy vételkiesés, továbbá az utazás közben szükségessé váló áthangolás (bár ez utóbbi művelet korszerű autórádiókban automatizálva van). Kézenfekvőnek látszik ezért rádióadások sugárzására is a kontinensnyi körzeteket lefedő geostacionárius műholdak alkalmazása. A műholdas rádió-műsorszórás azonban csak a műholdas adók teljesítményének és a kis antennával működő vevők érzékenységének biztosításával valósulhatott meg.

Egyesült Államok

A múlt év szeptemberében elsőnek az Egyesült Államokban indult meg a műholdas rádióadás. A két autópáris óriás, a General Motors és a Ford létrehozta az XM Satellite Radio konzorciumot, amely az ország lefedésére két geostacionárius műholdat állított pályára 85 és 115 fok nyugati hosszúságon, Washingtonban működő uplink földi állomásokkal; a 7060-7072,5 MHz frekvenciatartományban (a C sávban). Komoly lehetősége van annak, hogy egy 2003-ban vásárolt új amerikai autónak nemcsak beépített GPS helymeghatározó egysége lesz, hanem műholdas vevője is, amely úgy-

szólván korlátlan műsorszórásokat fog adni. A szolgáltatást nyújtó rádióállomások üzemeltetői azt remélik, hogy sokan hajlandók lesznek havi 10-13 dollár előfizetési díjat fizetni a műholdról sugárzott műsorok hirdetések nélküli, szünetmentes vételéért.

A műholdas rádió-műsorszórás alapvető problémája a nagy műholdas adóteljesítmény előállítása, amely biztosítja a földi vételt a mobilvevő tenyérnyi antennájával. Egy mai tipikus DTH (Direct-To-Home) műhold a Ku-sávban (12,5-18 GHz) 100-200 W adóteljesítménnyel sugároz, ami háttetőre szerelt egyméteres vevőantennával már jó tv-vételt biztosít. A geostacionárius XM műholdak lényegesen nagyobb, 2800 W teljesítményt sugároznak a 2332,5-2345 MHz-es tartományban (az S-sávban) két 5 méteres műholdantennával, ily módon 70 dBW-nál nagyobb EIRP értéket produkálva. Ennek megvalósítására tizenhat 220 W teljesítményű, haladóhullámú cső van párhuzamosan kapcsolva, aktív fázisszabályozott visszacsatoló hurok alkalmazásával. Ekkora adóteljesítménnyel egy hordozható vevő lényegében omnidirekcionális antennája is elég jelet kap a sugárzott rádióműsor vételéhez.

Konkurens szolgáltatást nyújt a New York-i fellövőállomással rendelkező Sirius Satellite Radio konzorcium, amelynek különlegessége az, hogy két geostacionárius műhold helyett három geoszinkron műholdat alkalmaz, amelyek nyújtott elliptikus pályán keringenek, az Egyesült Államok észak-déli középvonalában haladó 100°-os nyugati hosszúsági kör ± 40 fokos környezetében. Ezek a műholdak egymást azonos távolságokban követve három műhold közül egyidejűleg csak az a kettő sugároz, amelyik az északi féltekén a vételkörzetet lefedi (így tér-diverziti vételre is lehetőség nyílik). Amikor a keringés folyamán az egyik műhold kilép a vételkörzetből, a körzetben lévő másikra való átkapcsolás ideje msec nagyságrendű, amit a rádióhallgató alig észlel.

A Sirius műholdak az Egyesült Államokban átlagosan 60 fokos elevációs szögre beállított földi antennával láthatók. Ez az XM geostacionárius műholdak által kívánt 45 foknál több, így a tereptárgyak zavaró hatása kisebb. A városokban a magas épületektől adódó terjedési zavarok elkerülésére ismétlőállomásokat alkalmaznak. A Sirius hálózat 94, az XM hálózat 1500 ilyen ismétlőállomást tartalmaz. Utóbbi azért többet, mert a földi antennák kisebb elevációs szöge folytán gyakoribb a műholdról érkező jel kiesése.

A 2001 januárjában Las Vegasban rendezett kiállításon (International Consumer Electronics Show) számos univerzális rádióvevőt mutattak be, amelyek átkapcsolható AM/FM/SAT sávok alkalmazásával alkalmasak mind hagyományos földfelszíni, mind műholdas rádió vételre, a szokásos rádiók árához képest 150 dolláros felárral. Ezeket a rádiókat megfelelő vevőantennák alkalmazásával gépkocsikba beépítve is forgalmazzák.

Afrika és Ázsia

A WorldSpace konzorciumot 1990-ben azért alapították, hogy műholdakkal nyújtson digitális rádiószolgáltatást olyan körzetekben, amelyekben rossz minőségű a rádióellátás. Becslések szerint több mint négymilliárd ember elégedetlen a rövidhullámú vétel hangminőségével és a hordozható AM/FM vevők kis vételkörzetével. Ennek felszámolására a WorldSpace műholdak tucatnyi rádiócsatornát közel CD-minőséggel sugároznak olyan hallgatónak, akik új digitális rádiókkal rendelkeznek (ezek alkalmasak lehetnek személyhívó- és szöveges üzenetek vételére is). A konzorcium 1995 végén szerződött a teljes rendszer kifejlesztésére, továbbá az e célra szolgáló műholdak pályára állítására. A szórakoztatóelektronikai cégek (JVC, Hitachi, Sanyo) 75-100 dollár körüli áron gyártják az új hordozható rádióvevőket, amelyek tenyérnyi antennával alkalmasak a műholdas adások közvetlen vételére.

Az Alcatel által tervezett berendezések a WorldSpace műholdakon két 2,5 méteres antennával rendelkeznek, amelyek három nyalábbal fedik le a besugárzott körzetet. A downlink frekvenciasáv 1467-1492 MHz (az L-sávban), a WARC (World Administrative Radio Conference) 1992-ben hozott ajánlásának megfelelően. A nyalábok mikrohullámú frekvenciája eltérő, a nyalábok közötti izoláció növelése céljából, a rádiófrekvenciás teljesítmény egyenként 3 kW. Az egyes hangcsatornákkal QPSK eljárás szerint modulált vivőket TDM multiplexálással telítési üzemben sugározzák a Föld felé, ami jó teljesítmény-hatásfokot biztosít. A földi vevőantenna magassági szöge min. 50 fok, ezért a többutas terjedéstől származó zavar valószínűsége kicsi. A terjedési zavarok csökkentésére a műholdas adó idő-diverziti rendszerrel sugározza a rádióműsort, a két csatorna között néhány másodperces időeltéréssel. A vevőben a korrelálatlan csatornák kombinálásával növelhető a zajvédelem.

A WorldSpace hálózat földi rádióállomásai Washingtonból két műholdra küldik a rádióműsort: az Afristar (21 fok kelet) Afrika és a Közel-Kelet számára, az Asiasat (105 fok kelet) Délkelet-Ázsia és a Csendes-óceán egyes térségei számára sugároz. A tervezett harmadik műholdat Közép- és Dél-Amerika lefedésére (Caribstar, 95 fok nyugat) még nem állították pályára.

Egy-egy műhold TDM átviteli kapacitása 1536 kbit/s, ami kb. 2,5 MHz sáv szélességet vesz igénybe. A hangot az MPEG-3 szabványnak megfelelően tömörítik, és lehetőség van különböző sebességek választására, a kívánt csatornaszámnak és csatornafajtának megfelelően:

16 kb/s, 96 mono csatorna átvitelére, AM minőségű hanggal,
32 kb/s, 48 mono csatorna átvitelére, FM minőségű hanggal,
64 kb/s, 24 sztereo csatorna átvitelére, FM minőségű hanggal,
128 kb/s, 12 sztereo csatorna átvitelére, CD minőségű hanggal.

A műsorokat kijelölt frekvenciájú FDM vivőkkel közvetlenül „lövik fel” a WorldSpace műholdakra a 7025–7075 MHz-es tartományban (C sáv), általában 100 W-os RF végerősítő és 2,4 méteres VSAT antenna alkalmazásával. A műhold max. 288 csatorna fogadására alkalmas. Az FDMA-TDM konverzió a műhold fedélzetén maximális flexibilitást biztosít az uplink-downlink csatornaútvonalak kijelölésében.

Európa

A műholdas digitális rádió-műsorszórás fejlesztésében Európának több mint tíz éve úttörő szerepe van. A digitális zenei műsorszórás (DAB – Digital Audio Broadcasting) kísérleti célokra szolgáló földi műsorszóró rendszerekben kezdődött (Eureka 147-es projekt). Eszerint CO-FDM rendszerrel (koherens FDM) 1,5 MHz széles csatornában elhelyezett ortogonális vivők általában öt hangcsatorna és adatcsatorna átvitelét biztosítják, a WARC-92 konferencia által az L-sávban kijelölt 1452-1492 MHz-es tartományban.

Az újabb technológiai fejlődést felhasználva az Alcatel kezdeményezi a DAB technológia elterjesztését, egy Európát lefedő geostacionárius műsorszóró műhold pályára állításával, és az ennek megfelelő műholdas S-DAB szabvány kialakításával. A hallgatók növekvő rádióműsor-igényének kielégítésére a WorldSpace és az Alcatel Space szorgalmazza az S-DBS (Satellite Digital Sound Broadcasting) konzorcium létrehozását.

Kompatibilis analóg-digitális átvitel

Amerikában a kereskedelmi csatornákkal zsúfolt sávokban nincs hely az Eureka-147 szabvány szerinti csatorna kiosztásra, ezért több éve vizsgálják egy spektrumtaka-

rékos eljárást, amely mind földfelszíni, mind műholdas átvitel esetében használható. Eszerint a járulékos digitális vivőket a meglévő analóg csatornákon belül viszik át, a két oldalsávtartományok a vivőtől távolabbi részében. Ez az IBOC (In Band/On Channel) rendszer, amely a digitális műsorszórást járulékos frekvenciatartomány nélkül valósítja meg. E kompatibilis eljárás alapján egy hagyományos AM/FM rádióvevő az összetett jel analóg részét veszi, míg egy digitális vevő a spektrum digitális vivőket tartalmazó részét használja. A fading-tűrés javítására a simulcasting eljárást alkalmazzák, amely szerint az adóban mind az analóg vivőt, mind a járulékos digitális vivőt modulálják a közvetítendő hangjellel, de a két moduláció között alkalmas késleltetést iktatnak be az idő-diverzítást lehetővé téve.

Az FCC (Federal Communications Committee) 1999 óta kiterjedt vizsgálatokkal tanulmányozza az IBOC rendszer szerinti műsorszóró szabványtervezetét. Az ez év áprilisában tartott NAB kongresszuson (National Association of Broadcasters) már bemutatták a szabvány szerinti kommunikációs berendezéseket, és a tervek szerint 2003 elején az új IBOC rádióvevők is kaphatók lesznek.

Jövőkép

A következő években a műholdaknak egyre nagyobb szerepe lesz a rádió-műsorszórás globális terjesztésében. A trendet jól érzékelteti, hogy 2002 első negyedében az XM hálózat több mint 48 000 új előfizetőt

szerezett a hirdetések nélküli digitális műsorok vételére. Terveznek járulékos adatszolgáltatást, továbbá a digitális rádióvevők színes képernyővel való ellátását multimédia-szolgáltatásokra. Jelenleg folyamatban van az Alcatel S-DMB projektje (Satellite Digital Multimedia Broadcasting) az ESA (European Space Agency) támogatásával. A nem túl távoli jövőben memóriával rendelkező digitális rádióvevők lehetővé teszik majd hangműsorok letöltését és később előhívását (audio on demand szolgáltatás).

Irodalom

- O. Courseille, Role of satellites in mobile systems, Alcatel Telecommunications Review, 4th Quarter 2001, p. 249.
- Peter J. Brown, Satellite Radio, Via Satellite, November 2001, p. 18.
- Sárkány Tamás, Mobil műholdas rendszerek, Magyar Távközlés, 2000. február, p. 32.
- O. Courseille, P. Fournié, Worldspace, the world's first DAB satellite service, Alcatel Telecommunications Review, 2nd Quarter 1997, p. 102.
- O. Courseille, Automobile equipment for tomorrow, Alcatel Telecommunications Review, 4th Quarter 1999, p. 273.
- D.H. Layer, Digital radio takes to the road, IEEE Spectrum, July 2001, p. 40.
- A.L. Kazdoy, Satellite radio breaking new ground, Via Satellite, April 1999, p. 48.

Hírek

A Motorola és a Siemens együttműködnek UMTS készülékek kifejlesztésében. A megállapodás értelmében a Motorola félvezető ágazata (SPS) átadja a Siemensnek „i.300 Innovative Convergence™” platformját (chipkészletét), beleértve a DragonBall™ MX mikroprocesszor-sorozatot, amely alkalmazások feldolgozását és multimédia-funkciókat tesz lehetővé. E platformra építve a Siemens 2004 elejétől piacra viszi UMTS készülékeit. A Siemens az első európai UMTS hálózatokban (Monaco, Isle of Man) már bizonyította kompetenciáját a hálózati infrastruktúra és a megoldások terén. Esélyük van a 3G piaci bevezetésének gyorsítására és a mobil multimédia-kommunikáció megkedveltetésére.



Az Ericsson és a Westel a mai napon elindította kereskedelmi multimédiás üzenetközvetítési szolgáltatását (MMS), amely az Ericsson MMS technológiáján alapszik. A magyarországi mobil-előfizetők mostantól küldhetnek és fogadhatnak képeket, szöveget és hangot tartalmazó multimédiás üzeneteket. Ez fontos lépés a széles körű alkalmazások sorában. A várakozások szerint az elkövetkező években az MMS növekszik meg a legnagyobb mértékben a mobilszolgáltatások közül, mivel a rövid szöveges üzenet (SMS) fejlődésének ez a természetes iránya.

Adaptív antennarendszerek

NÉMETH ZOLTÁN–IMRE SÁNDOR–BALÁZS FERENC

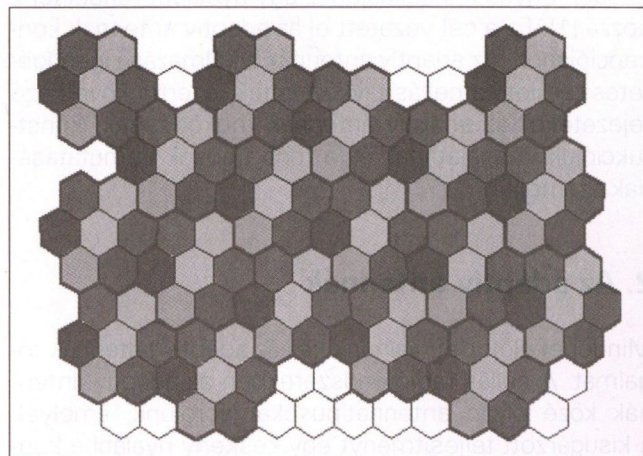
BME Híradástechnikai Tanszék

1. Bevezetés

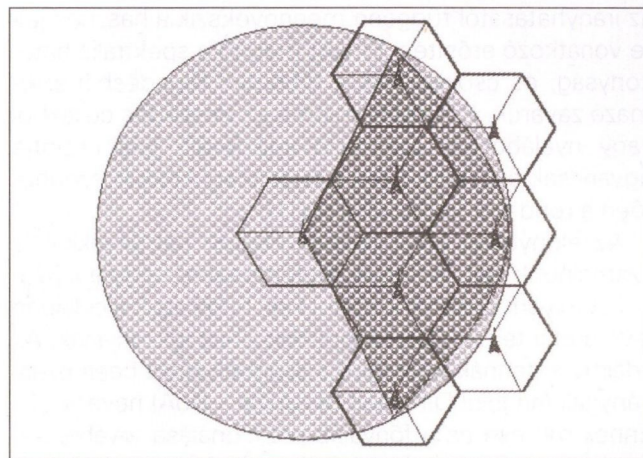
Napjainkban az élet számos területén alkalmazzák a mobil távközlést. Ennek jelentős része olyan mobilhálózatokon keresztül zajlik, melyeket kis területre koncentráltan nagyon sokan használnak. Emiatt a rádiócsatornában a terhelés igen nagy, a kapacitás – amit tipikusan bit/s/Hz/m²-ben, vagyis sebesség/sáv szélesség/terület egységben adhatunk meg – pedig korlátozott. A cél a kapacitás növelése, amelynek természetesen vannak korlátjai.

Abban az esetben, ha két vagy több, egymás rádiós hatósugarában levő készülék azonos frekvencián üzemel, akkor zavarás lép fel, melyet interferenciának nevezünk. Az interferenciát két csoportba sorolhatjuk: azonos csatornás és szomszédos csatornás interferencia. A kettő közül az első abban az esetben lép fel, ha a két egység azonos frekvenciasávot használ, a második létrejötté pedig annak tudható be, hogy a szomszédos frekvenciasávokat nem lehet tökéletesen elválasztani egymástól. Ha az adott frekvenciasávot racionálisan felosztjuk a felhasználók között, és ezt a felosztást a teljes lefedni kívánt területen használjuk, akkor az általában nem lesz elegendő valamennyi felhasználónak az azonos csatornás interferencia miatt. Úgy is fogalmazhatunk, hogy az azonos csatornás interferencia korlátozza a kapacitást [4].

A probléma egy lehetséges megoldásához úgy juthatunk el, ha a lefedni kívánt területet kisebb részekre, cellákra osztjuk fel. Az egyes cellákban nem használható fel az összes rendelkezésre álló frekvencia, hiszen így zavarják a szomszédait. Egy adott cellában felhasznált frekvenciáknak tehát különbözniük kell a szomszédos cellákban felhasználtaktól. De a kérdéses cellától nagyobb távolságra a frekvenciák újra felhasználhatóvá válnak, mivel a mobil készülék itt már kívül esik az interferáló eszköz rádiós hatósugarán, tehát a jel kellő csillapítást szenvedett. Ezt a frekvencia újrafelhasználásnak nevezett elvet alkalmazzák a mobil távközlőhálózatokban is. A cellák legkisebb olyan csoportját, amelyben az összes rendelkezésre álló frekvenciát felhasználják, klaszternek vagy fürtnek nevezik [4]. Az 1. ábrán egy 7-es klaszterméretű cellahalmaz látható. A különböző árnyalatok különböző vivőfrekvenciát jelentenek.



1. ábra Cellaelrendezés (7-es clusterméret)



2. ábra Szektorizálás

Nagy előfizetői sűrűség esetén még más módszerek is szükségesek a megfelelő szolgáltatás biztosításához, a megfelelő jel-interferencia viszony (SIR – Signal to Interference Ratio) eléréséhez. Egy lehetséges megoldás, hogy a bázisállomás egy átjátszója nem az egész cellát, hanem annak csak egy adott részét, egy szektorát sugározza be [4]. A 2. ábrán láthatunk egy példát a szektorizált sugárzásra. GSM rendszerekben, feltéve, hogy a körsugárzó antenna helyett 120°-os szektorsugárzót használunk, az interferáló cellák száma 6-ról 2-re csökken, ami 4,77 dB javulást jelent a jel-interferencia

viszonyban. 60°-os szektorsugárzó esetében az interferáló cellák száma 6-ról 1-re csökken, a jel-interferencia viszony 7,78 dB-lal javul. Ezek az értékek a fent említett 7-es klaszterméretű esetre érvényesek.

Még a szektorális sugárzás esetében is a jelenergia nagy részét „elpazaroljuk”, és a felhasználó csak egy kis részét képes hasznosítani. Jobb eredményt kapnánk abban az esetben, ha a kisugárzott teljesítményt egy keskeny nyalábba koncentrálnánk. Ennek két előnye is van. Egyrészt a sugárzott teljesítményt a töredékére csökkenthetnénk, másrészt – mivel a kisugárzott hasznos jel a többi cella szempontjából interferenciát jelent – ez a módszer jelentősen csökkentené az interferenciát. Az ideális megoldást akkor érjük el, ha minden egyes felhasználóhoz egy nyalábot rendelünk hozzá [1]. Ez a cél vezetett el az adaptív antennák koncepciójához. Az adaptív antennák alkalmazása igen ígéretes területe a cellás távközlésnek, ezért a következő fejezeteket az adaptív antennák működésnek, konstrukciójuk vizsgálatának és a főbb típusok bemutatásának szenteljük.

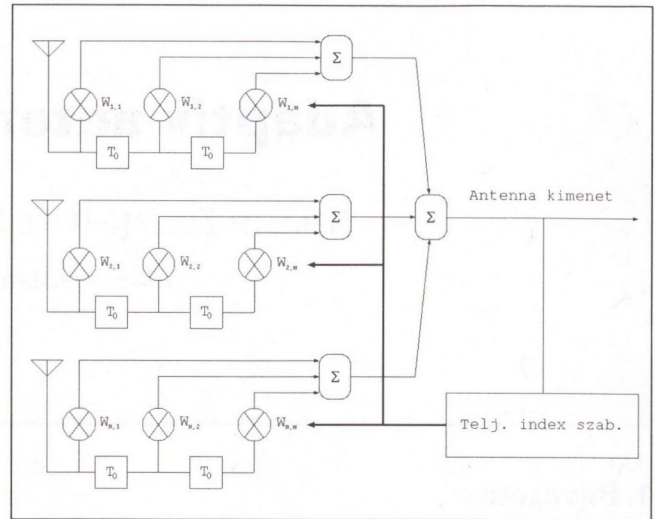
2. Az adaptív antennák

Mindenekelőtt definiálnunk kell az adaptív antennák fogalmát. A cellás rádiórendszerekben az adaptív antennák közé olyan antennatípusokat sorolunk, amelyek a kisugárzott teljesítményt egy keskeny nyalábba koncentrálnák, és nem sugározzák szét az egész cellában. Az antenna sugárzási karakterisztikájától, pontosabban az irányhatásától függően megnövekszik a hasznos jelre vonatkozó erősítés. Emiatt megnő a spektrális hatékonyság, és csökkennek a többutas terjedésből származó zavarok. Ez utóbbi miatt a szomszédos cellákból vagy nyalábokból származó interferáló jelek szintje ugyancsak csökken. Ezen tulajdonságoknak köszönhetően a rendszer kapacitása nő [1].

Az előnyökön kívül természetesen hátrányokkal is számolnunk kell. Az egyik legfontosabb, hogy a nyalábokat folyamatosan mozgatni kell, hogy azok a cellában levő mobil terminálok szögpozíciójához igazodjanak. Az adaptív antennák esetében a szöghelyzetet beérkezési iránynak (angolul Direction of Arrival – DoA) nevezik [1]. Ennek mérése és a főnyaláb pozicionálása további be rendezéseket igényel a bázisállomásokon.

Hagyományos értelemben az „antenna” kifejezés egy olyan eszközt jelent, amely alkalmas arra, hogy a szabadban terjedő elektromágneses hullámokat vezetett rádiófrekvenciás jelekké transzformálja, és viszont. Egy adaptív antenna rendszerben viszont a „hagyományos antenna” csak a sugárzó elem szerepét tölti be, tehát itt az „antenna” szó valójában antennatömböt jelent, mely magába foglalja a sugárzó elemeken kívül a fázistolókat, az összegző-elosztó hálózatot és a vezérlőegységet [3]. Az adaptív antenna koncepciója a 3. ábrán látható.

A 3. ábra bal oldalán látható háromszögek jelképezik a sugárzó elemeket, amelyek lehetnek például monopól



3. ábra Adaptív antennamodell

vagy microstrip kivitelezésűek. A $W_{n,m}$ paraméterek az összegző hálózathoz tartozó súlyokat jelölik, míg a T_0 -lal jelölt négyzetek a késleltetésekért felelősek. A késleltetés fázistolást okoz, ezért ezeket az elemeket általában fázistolóknak hívják. A vezérlő egységet, vagyis az antenna intelligens részét, rendszerint jelfeldolgozó processzorral (Digital Signal Processor – DSP) valósítják meg. A rádiós összeköttetés optimalizálásához a bemenetektől függően a processzor szabályozza az antenna betáplálói paramétereit a különböző optimalizáló kritériumok szerint.

Antennanyalábok és nyalábki alakító algoritmusok

A nyalábpozicionálási feladat többféle módszerrel is megoldható, és az adaptív antennák ebből a szempontból is csoportosíthatók. Ezt a szempontot az irodalomban gyakran mint az antenna „intelligenciaszintjét” emlegetik. A következő csoportokat különböztethetjük meg [2]:

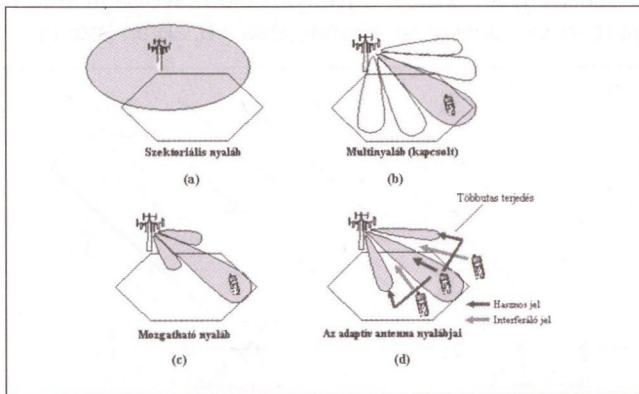
A kapcsolt nyaláb a legegyszerűbb megoldásnak számít. Alkalmazásakor az előre meghatározott fő sugárzási irányú antennaelemek közül lehet kiválasztani valamelyiket, és azt aktivizálni. Mindig azt a sugárzó elemet kell üzemeltetni, amellyel a legnagyobb vételi teljesítmény érhető el. Egy ilyen antenna könnyen illeszthető a már meglévő cellás rendszerekbe, mint a bonyolultabbak, de az elérhető kapacitásnövekedés is kisebb.

A következő, fejlettebb és bonyolultabb konstrukció dinamikus fázisú antenna. Ennél a típusnál már az irány- (DoA) becslő algoritmus segítségével a felhasználó jelének folytonos nyomkövetése érhető el, ezért ezt a típust tekinthetjük az előző általánosításának. A cél ebben az esetben is hasonló, a vett teljesítményt kell maximalizálni.

Teljes joggal tulajdonképpen csak a harmadik típust nevezhetjük adaptív antennarendszernek. Ezen típus esetében olyan DoA algoritmust alkalmaznak, amely képes mérni az interferáló jelforrások (tehát a többi fel-

használó) irányát is. Ennek megfelelően az antennarendszer sugárzási iránykarakterisztikáját úgy kell beállítani, hogy az interferencia irányokra nullhelyek essenek. Sőt, speciális algoritmusok használatával arra is lehetőség nyílik, hogy a többutas terjedésből származó jeleket kezeljük. A megfelelően megválasztott technikákkal maximalizálhatjuk a jel-interferencia viszonyt (Signal to Interference and Noise Ratio – SINR).

A különböző antennanyaláb-típusok a 4. ábrán láthatók. A szektorális nyaláb egyszerű szektorsugárzóval előállítható, adaptív antennára nincs szükség (4.a ábra). Az olyan adaptív antennát alkalmazó rendszert, amely kapcsolt nyalábokkal működik, multinyalábrendszernek is nevezik, és ez a rendszer látható a 4.b ábrán. A következő fejlettebb antenna a mozgatható nyalábú koncepció, ami a másodikként megemlített, dinamikus fázisú antennának felel meg (4.c ábra). Végül, amikor az interferenciáirányokra nullhelyeket illesztünk, sőt, a többutas terjedésből származó jeleket is kezeljük, akkor beszélhetünk a valódi adaptív antennarendszerről, amely a 4.d ábrán látható.



4. ábra Lehetséges nyalábtípusok

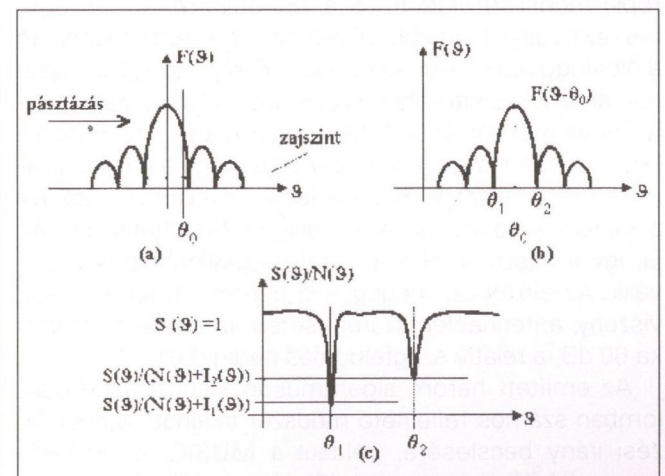
Az előbbieken említett különböző szintű antennák közül napjainkban már bármelyik realizálható a mobil távközlés területén, a technológiák fejlettsége és bonyolultsága szerint. Ez a fejlődés három fázisra bontható [2].

Az adaptív antennákat először csak „uplink” irányban használták. Definíció szerint az „uplink” azt az összeköttetést jelenti, amelyben a felhasználó forgalmaz a bázisállomás irányába, a „downlink” ennek az elentétét jelenti, vagyis amikor a bázisállomás az adó. Az adaptív antenna használatával a bázisállomáson az antennanyereség, s így az érzékenység és a hatósugár is megnövekszik.

Második lépésként az irányított antennanyalábokat már „downlink” irányban is használják. Az antennanyereség „uplink” és „downlink” irányban is megnövekszik, és ez térbeli szűrőhatás kialakulásával jár mindkét irányban. A frekvenciák még sűrűbben újrahaználhatókká válnak, a rendszer kapacitása megnövekszik. A módszert interferenciacsökkentő térbeli szűrésnek nevezik (Spatial Filtering for Interference Reduction – SFIR). Ez a második generációs mobilrendszerekbe is beépíthető.

A legnagyobb tudású a teljes térosztásos többszörös hozzáférés (Space Division Multiple Access – SDMA). Ebben az esetben egyidejűleg több egy cellába eső felhasználó is helyezhető ugyanarra a (fizikai) kommunikációs csatornára, csak szöghelyzetükkel megkülönböztetve. Ez a megoldás természetesen számos új problémát is felvet, például a cellaváltást, a hívásátadást (a felhasználó forgalmának átirányítása egy másik bázisállomásra), a kezelhetetlen számú felhasználót és a nyalábkeresztezéseket. A mozgatható és az adaptív nyaláboknál a DoA (beérkezési irány) mérése is szükséges. Az utóbbi esetében a DoA mérés nemcsak a hasznos jelre, hanem az interferáló jelekre is vonatkozik. Mindezeket figyelembe véve célszerű megvizsgálunk néhány, az adaptív antennáknál használt iránymérő és zajcsökkentő algoritmust. A mozgatható nyalábokhoz tartozó algoritmusok az itt leírt algoritmusok egyszerűsítéseként nyerhetők.

A kommunikáló partner szöghelyzetének meghatározásához egy olyan irányt kell megtalálnunk, amelyben a jel-zaj viszony maximális. Ezt a teljes tértartomány, illetve a látható tartományának pásztázásával érhetjük el. A fejlettebb algoritmusok ezenkívül a karakterisztika nullhelyeit az interferencia-irányokra illesztik [5]. Ez akkor oldható meg, ha az antennaelemek száma nagyobb vagy egyenlő, mint az interferáló jelek száma. Meg kell jegyeznünk, hogy az interferáló jelek iránya nagyobb pontossággal mérhető, mint a hasznos jelé, mivel a nullhelyek környezetében a karakterisztika meredekebb. A többutas terjedésből származó jeleket ugyancsak figyelembe lehet venni. Ha hasznosak, akkor fázishelyesen hozzáadhatók a főnyaláb irányából származó jelhez, ha viszont károsak, akkor zérushelyet kell az irányukra illeszteni, vagy ellenfázisban össze kell őket adni. A pásztázás az 5.a ábrán látható.



5. ábra DoA becslő módszerek

$F(\theta)$ az antenna karakterisztikát jelöli a θ szög függvényében. Az eljárást a következőképpen működik: a karakterisztika függvényével pásztázunk a nyíl irányában, miközben a θ_0 és a DoA rögzítettnek fogható fel.

A pásztázás után számos lehetőség van a megfelelő irány kiszámítására. Vizsgáljuk meg a módszereket

a hatékonyságuk sorrendjében. Elsőként a klasszikus vagy Bartlett-módszert kell megemlíteni, amely az 5.b ábrán látható. A karakterisztika főirányhoz legközelebb eső két zérushelyét kell mérnünk, a beérkezés iránya ezután a két mért szög átlagaként számítható:

$$\theta_0 = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$$

Ezt az elvet igazolja, hogy a karakterisztika gyorsan változik a zérushelyek környezetében, és így az iránybecslés viszonylag pontos. Ezzel szemben a főnyaláb maximumhelyének környezetében a függvény megváltozása csekély, és az erre alapozott pontos iránybecslés lehetetlenné válik. Bár a Bartlett-módszer ezt kiküszöböli, mégis számos hátránya van. Nem kezeli az interferáló jeleket, ezért jelenlétükben az iránymérés instabillá válik, ezenkívül nem kielégítő a módszer pontossága, és az elérhető szögfelbontás is kicsi. A dinamikartomány a főnyaláb-melléknyaláb arány (vagyis a melléknyaláb-elnyomás) a reálisnak mondható: 10 antennaelem feltételezésével is csak 10–20 dB. Jobb megoldások kifejlesztésére volt szükség!

Ezek egyike a Capon-módszer [5], vagy angol rövidítéssel MSINR (Maximizing Signal to Interference and Noise Ratio) módszer. Ez a módszer is kihasználja az antenna karakterisztikájának azon tulajdonságát, hogy a nullhelyek közelében nagy a meredeksége, ezzel növelve a mérési pontosságot. A mérés során konstans, általában egységnyi adóteljesítményt feltételeznek. A jel-zaj viszony függvényben, amint az 5.c ábrán is látható, hirtelen változások figyelhetők meg. $S(\theta)$ az adó spektrális sűrűségfüggvényét jelenti, $N(\theta)$ a zajét és végül $I(\theta)$ interferáló jelét. Ezen módszer hatékonysága már jobb, mint az előzőé, az elérhető dinamika 30 dB, a relatív szögfelbontás 0,1 körüli, ha 10 antennaelemet és 20 dB jel-zaj viszonyt feltételezünk.

A MEM (Maximum Entropy Method – maximális entrópia módszer) algoritmus a legbonyolultabb, de egyben ez nyújtja a legjobb teljesítményt is. A méréshez és a hibafüggvény meghatározásához fehérítő szűrőt használ, amely késleltetőből, predikciós szűrőből és egyéb alkotóelemekből áll. A fehérítő szűrő a jel „fehérítéséhez” szükséges [6], amelynek célja, hogy a kovarianciamátrixot, amelyet a hasznos jel, az interferáló jelek és a zaj felhasználásával képez, diagonálissá transzformálja, így a hasznos jel a többitől megkülönböztethetővé válik. Az előzőkkel megegyező peremfeltételek (jel-zaj viszony, antennaelemszám) esetén az elérhető dinamika 60 dB, a relatív szögfelbontás pedig 0,01.

Az említett három algoritmuson kívül a szakirodalomban számos fellelhető módszer található a beérkezési irány becslésére, például a MUSIC, az ESPRIT vagy a SAGE algoritmusok [5]. Végezetül a fejezet zárásaként álljon itt a tárgyalt három módszer becslési szabálya:

Bartlett: $\hat{S}(\theta) = S^H(\theta)R_n S(\theta)$

Capon: $\hat{S}(\theta) = (S^H(\theta)R_n^{-1} S(\theta))^{-1}$

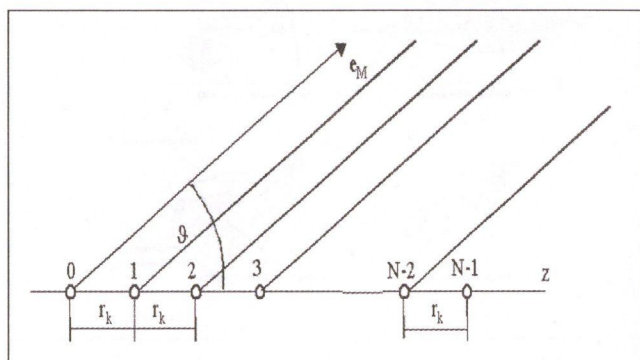
NEM: $\hat{S}(\theta) = |S^H(\theta)R_n^{-1} \delta|^{-2}$

ahol a transzponálás és konjugálás operátorát jelöli, R_n a zaj kovarianciamátrixa és a maximális entrópia módszer esetében a δ a hibafüggvény szorzása.

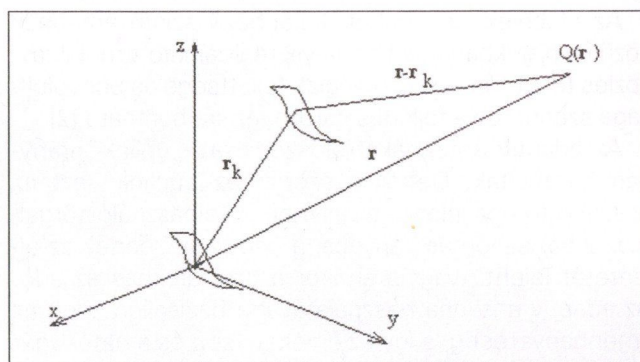
3. Az adaptív antennák megvalósítása

Az adaptív antennák általános leírása és az iránybecslő algoritmusok vizsgálata után foglalkoznunk kell az antennák megvalósításával is, hiszen az antennanyalábot, amellyel dolgozunk, valahogyan elő is kell állítani. Ehhez szükségesek a sugárzó elemek és megfelelő betáplálás [2]. Az antennarendszerek gyakran kis elemszámúak, hogy a jelfeldolgozás során a számítási komplexitás ne legyen szükségtelenül nagy. A geometriai paraméterek az alkalmazástól függően változók lehetnek.

Az első két struktúra síkban (általában horizontális, azimut) történő nyalábkiakítására alkalmas. Ez normális esetben megfelelő a kültéri alkalmazásokhoz, vagy legalábbis akkor, amikor a cellaméret nagy. Az első egy lineáris, egydimenziós, egyenlő r_k elemtávolságú antenna rendszer, amelynek elrendezése a 6. ábrán látható.



6. ábra Antennasor



7. ábra Modell a számításokhoz

Ezzel a struktúrával azimut szögtartománybeli nyalábkiakítás lehetséges.

A következő jellegzetes struktúraként a $\Delta\Phi = \frac{2\pi}{N}$ szögosztású körkörös rendszert említhetjük meg, ahol az N az antennaelemek számát jelöli. Az előbbihez hasonlóan ezzel a kialakítással is azimut szögtartományban nyílik lehetőség a nyalábformálásra.

A következő három típusú antennarendszert kétdimenziós nyalábkialakításra használják, tehát azimut és elevációs szögterületben is, így hasznos lehet beltéri vagy városi mikrocellás rendszerek kialakításánál. A kétdimenziós elrendezésekkel nem lehet tetszőleges szögű nyalábot (például bármilyen 2π szteradiánnál nagyobb szögűt) létrehozni, ehhez már valamilyen köbös vagy gömbszerkezetre van szükség. A kettő- vagy háromdimenziós struktúráknál az elemtávolságok eltérők lehetnek az egyes irányokban. Amint már említettük, ebben a cikkben az antenasorokkal foglalkozunk részletesen egyrészt az egyszerűségük miatt, másrészt azért, mert a magasabb dimenziószámú antennák elmélete visszavezethető az antenasorokéra.

Mindenekelőtt definiálni kell a modellt, amelyet használni fogunk [7]. A összefüggések egyszerűsítésének érdekében feltételezzük, hogy a megfigyelési pontunk és az antenna távolsága jóval nagyobb, mint az antennarendszer lineáris mérete. Helyezzük az antenasort egy $(\rho, \vartheta, \varphi)$ poláris koordinátarendszerbe úgy, hogy az első eleme illeszkedjen az origóra. Ezt a beállítást a 7. ábra mutatja, és a térerősség formulája [2, 7] ennek megfelelően a következő lesz:

$$\mathbf{E}_0(\mathbf{r}) = U_0 \mathbf{F}(\vartheta, \varphi) \frac{e^{-j\beta r}}{r},$$

ahol

$$U_0 = \sqrt{30 P_A G_A},$$

P_A a kisugárzott teljesítmény,

G_A az antennanyereség,

\mathbf{F} az egyes elemek karakterisztikája,

β a fázistényező.

Helyezzünk egy másik antennaelemet a koordinátarendszerbe úgy, hogy a referencia pontja a $P(\mathbf{r}_k)$ legyen. Mivel a két elem egyforma, ezért az árameloszlásuk csak egy I_k komplex szorzótényezőben különbözik, ahol $|I_k|$ a gerjesztő amplitúdók hányadosa és $\arg I_k$ a fáziskülönbség. A második antenna térerőssége a $Q(\mathbf{r})$ pontban:

$$\mathbf{E}_k(\mathbf{r}) = U_0 I_k \mathbf{F}(\vartheta, \varphi) \frac{e^{-j\beta |\mathbf{r} - \mathbf{r}_k|}}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_k|}.$$

Ha a megfigyelési pont elég távol van, akkor a nevezőben $|\mathbf{r} - \mathbf{r}_k| \cong r$, míg az exponensben:

$$|\mathbf{r} - \mathbf{r}_k| \cong r - \mathbf{r}_k \cdot \mathbf{e}_r,$$

ahol \mathbf{e}_r az \mathbf{r} irányú egységvektor. Felhasználva ezt, az első formula átírható:

$$\mathbf{E}_k(\mathbf{r}) = \mathbf{E}_0(\mathbf{r}) I_k e^{j\beta \mathbf{r}_k \cdot \mathbf{e}_r}.$$

Ha a térbe N darab azonos frekvencián sugárzó antennát helyezünk, akkor az eredő térerősség:

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}_0(\mathbf{r}) \sum_{k=0}^{N-1} I_k e^{j\beta \mathbf{r}_k \cdot \mathbf{e}_r},$$

így

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}_0(\mathbf{r}) \cdot F_i(\vartheta, \varphi).$$

Ez azt jelenti, hogy egy olyan antennarendszer térerősség függvénye, amelynek elemei egyidejűleg és egyenlő mértékben sugároznak, felírható az origóban levő elem térerősségének és egy olyan együttthatónak a szorzataként, amely csak a térbeli elhelyezkedés és a gerjesztés függvénye (tehát független az elem tulajdonságaitól) [7]. Ez utóbbi szorzótényezőt iránytényezőnek nevezik, és a következőképp írható fel:

$$F_i(\vartheta, \varphi) = \sum_{k=0}^{N-1} I_k e^{j\beta r_k \cos \alpha_k},$$

ahol

$$\cos \alpha_k = \mathbf{e}_k \cdot \mathbf{e}_r = \sin \vartheta \cdot \sin \vartheta_k \cdot \cos(\varphi - \varphi_k) + \cos \vartheta \cdot \cos \vartheta_k,$$

$$\mathbf{e}_k = \frac{\mathbf{r}_k}{r_k},$$

$$\mathbf{r}_k = |\mathbf{r}_k|.$$

Ezen $F_i(\vartheta, \varphi)$ iránytényező formula még a háromdimenziós elrendezésekre is érvényes. Ha adott gerjesztő amplitúdó eloszlás mellett egy \mathbf{e}_M irányban maximális térerősséget szeretnénk biztosítani, akkor ezt elérhetjük a megfelelő fáziseloszlás kialakításával, melynek az egyik lehetséges feltétele:

$$\delta_k = -\beta r_k \cos \alpha_{Mk},$$

ahol

$$\cos \alpha_{Mk} = \mathbf{e}_k \cdot \mathbf{e}_M = \sin \vartheta_M \cdot \sin \vartheta_k \cdot \cos(\varphi_M - \varphi_k) + \cos \vartheta_M \cdot \cos \vartheta_k.$$

Ezt a feltételt kielégítve haladó hullámú fáziseloszlást kapunk [2]. Ennek lényege, hogy egy kitüntetett irányban az elemek távolságából adódó fázisdifferenciát a tápláló áramok fáziskülönbségeivel kompenzáljuk. Az iránytényező a \mathbf{e}_M irányban:

$$F_i(\vartheta_M, \varphi_M) = \sum_{k=0}^{N-1} |I_k|$$

és bármely irányban

$$F_i(\vartheta, \varphi) = \sum_{k=0}^{N-1} |I_k| e^{j\beta r_k (\cos \alpha_k - \cos \alpha_{Mk})}.$$

Meg kell említenünk, hogy a haladó hullámú táplálás adott összáram esetén biztosít maximális térerősséget, adott összteljesítmény esetén viszont az elemek táplálására vonatkozó fázisfeltétel megváltozik.

Tegyük fel, hogy egy adaptív antenasort szeretnénk használni. Fel kell tennünk egy kérdést: az elrendezés tekintetében milyen követelményeket kell teljesíteni? Ebből a szempontból meg kell vizsgálni az antennaelemek távolságát, azt, hogy van-e annak minimuma vagy maximuma? A válasz: az elemtávolságnak létezik felső korlátja. Ahhoz, hogy ezt megmagyarázzuk, először a látható tartománnyal kell foglalkoznunk. Emeljük ki a δ fázistolást az I_k gerjesztő együttthatóból, és vezessük be a következő új változót:

$$\Psi = \delta + \beta d \cos \vartheta$$

ahol d az elemek távolságát jelenti. A Ψ változó fizikai jelentése: az antenasor két szomszédos elemének

távoltéri térerősségbeli fáziskülönbsége, amely a geometriából (βd) és a táplálásból (δ) adódik. A módosított formula:

$$F_i(\Psi) = \sum_{k=0}^{N-1} I_k e^{jk\Psi}$$

Ezen átalakítás bevezetésével iránytényező formulája függetlenné válik a δ és d paraméterektől, és egy sokkal általánosabb 2π perodicitású $F_i(\Psi)$ függvényt kapunk. Ugyanazon $F_i(\Psi)$ -t használatával, de eltérő δ és d választás esetén többféle $F_i(\vartheta)$ is előállhat, ezért minden esetben meg kell vizsgálnunk a $F_i(\Psi)$ és a $F_i(\vartheta)$ között levő összefüggést. Az első kérdés az, hogy a Ψ -nek mely tartománya tartozik a fizikailag értelmezhető $\vartheta=0-180^\circ$ tartományhoz (az iránytényező szimmetrikus a $\vartheta=0$ tengelyre). $\Psi(0)=\delta+\beta d$ a $\vartheta=0$ -hoz tartozik, $\Psi(90)=\delta$ a $\vartheta=90^\circ$ -hez és $\Psi(180)=\delta-\beta d$ a $\vartheta=180^\circ$ -hoz. A Ψ változó azon tartományát, amely a $\vartheta=0-180^\circ$ -hoz tartozik, látható tartománynak nevezük. Ennek megfelelően a látható tartomány szélessége $2\beta d$, a középpontja pedig δ . Ha az elemek távolsága kisebb, mint a fél hullámhossz ($d < \lambda/2$), akkor a Ψ -nek van a látható tartományon kívüli része is, míg ha nagyobb ($d < \lambda/2$), akkor $F_i(\Psi)$ egyes részei ismétlődnek $F_i(\vartheta)$ -ben. Ez utóbbi esetben az igen káros kiugró melléknyalábok megjelenése annak a következménye, hogy $\Psi=0$ körüli látható tartomány szélei „belelőgnak” a $\Psi=-2\pi$ vagy 2π körüli főnyalábokba. A kiugró melléknyalábok elkerülhetők a megfelelő elemtávolság megválasztásával, ami azt jelenti, hogy a látható tartományt maximum a $\pm 2\pi$ körül levő főnyalábokat határoló zérushelyekig terjesztjük ki [5, 7]. Ennek a feltétele:

$$\frac{d}{\lambda} = \frac{N-1}{N(1+|\cos\vartheta_M|)}$$

Végül még azt az érdekességet kell megemlíteni, hogy az adaptív antenna felfogható egy térbeli FIR (Finite Impulse Response – véges impulzus válaszü) szűrőként, és ennek megfelelően analógiákat állíthatunk fel. A következő fogalmakat állíthatjuk párba (az idő-, illetve a tértartományban): idő – távolság, frekvencia – térbeli pozícióperiodicitása spektrum – térbeli spektrum, frekvenciaszűrő – térosztású szétválasztás szűrő. Ezekből az analógiákból érdekes összefüggések vezethetők le. Például ebben a kontextusban is érvényes Shannon mintavételi törvénye, így megállapíthatjuk, hogy az elemek maximális távolsága a hullámhossz fele ($d \leq \lambda/2$).

4. Antennasortípusok

Az adaptív antenasorok az elemek térbeli elrendezése és a táplálása alapján különböztethetők meg. A gyakorlatban ekvidisztáns (egyenlő elemtávolságú) sorokat használnak, a különböző elemtávolságú sorok alkalmazása nem jellemző. Emiatt mi is csak az ekvidisztáns sorokkal foglalkozunk, amelyek tulajdonképpen a legegyszerűbb antennarendszerek. Ahogy az elrendezés-

ből is adódik, hogy ha az F_i függvény maximumát haladó hullámú árameloszlással állítjuk be, akkor a szomszédos elemek között a fázistolás konstans lesz. Másként megfogalmazva az antenasor mentén a maximális sugárzási irányban monoton növekvő, vagyis progresszív fázistolást kapunk [2, 7], melynek a gyakorlatban számos előnye van. A progresszív fázistolást a következőképp írhatjuk fel:

$$\text{arc } I_k - \text{arc } I_{k-1} = \delta.$$

Legyen $\text{arc } I_0 = 0$, így

$$\text{arc } I_k = k\delta,$$

ahol $k=0, 1, 2, \dots, N-1$.

A haladó hullámú progresszív fázistolás a ϑ_M főirányban:

$$\delta = \beta d \cos\vartheta_M.$$

Két fő iránynak kitüntetett szerepe van. Ha $\vartheta_M=0^\circ$ vagy 180° , akkor a sort orrsugárzónak hívják. Haladó hullámú táplálás esetén ennek feltétele

$$\delta = -\beta d \quad \text{ha} \quad \vartheta_M = 0^\circ$$

és

$$\delta = \beta d \quad \text{ha} \quad \vartheta_M = 180^\circ.$$

A másik, oldalsugárzónak nevezett sor főiránya $\vartheta_M=90^\circ$, feltétele pedig: $\delta=0$.

Az antenasorokat megkülönböztethetjük a táplálásuk alapján is [2]. Az egyenlő amplitúdójú sorok nemcsak egyszerűek, de egyszerű megvalósíthatóságuk miatt a gyakorlat szempontjából is igen fontosak. Ezt az amplitúdóeloszlást használva nagy elemszám esetén az első melléknyaláb szintje (vagyis a melléknyaláb elnyomás) $2/3\pi$ (-13.5 dB), ha a főnyaláb szintjét egységnyire választjuk, míg a további melléknyalábok szintje $1/\Psi$ szerint csökken. Egyenlő amplitúdójú esetben az iránytényező függvényének alakja és a főnyaláb szélessége a megfelelő paraméterválasztással állítható be.

De a melléknyalábok nem csökkenthetők tetszőlegesen a d vagy a δ változtatásával. A melléknyaláb-elnyomás (intuitívan is belátható módon) növelhető egy olyan sor előállításával, amelynek a gerjesztő amplitúdói az egyenlő amplitúdójú sor gerjesztésének a négyzetei. Így kaphatjuk meg a háromszögelosztást, amelynél (nagy elemszám esetén) a melléknyaláb szint -27 dB-hez konvergál, és a főnyaláb is jóval keskenyebb lesz. Viszont a szükséges elemszám egy híján kétszeresére növekszik! A iránytényező függvénye a nullhelyek közelében megközelítőleg parabolikus, tehát a függvény meredeksége itt viszonylag kicsi. Ez akkor lehet hasznos, ha egy interferáló adó jelét szeretnénk elnyomni, de nem szeretnénk, ha az antenna túl érzékeny lenne a beállításra.

Mivel a melléknyalábok számát az $F_i(\Psi)$ függvény látható tartományába eső zérushelyek száma határozza meg, ezért a $F_i(\vartheta)$ -ban csak a főnyaláb lesz, ha az összes zérust a látható tartományon kívülre helyezzük. A melléknyalábok elkerülése $d=\lambda/2$ esetén binomiális

táplálással érhető el, ami azt jelenti, hogy az antenasor együttthatói egy (matematikai) binomiális sorozat együttthatóival kell hogy megegyezzenek, amelyek egyébként a Pascal-háromszög segítségével olvasható ki.

A szélek felé csökkenő amplitúdójú sorok – például a háromszög vagy binomiális eloszlásúak – esetén a melléknyalábok kisebbek, mint ez egyenlő amplitúdóeloszlásnál. A melléknyalábok csökkenésének ára a főnyaláb kiszélesedése, és ezáltal az irányhatás csökkenése. Javulás érhető el, ha távoli és kisebb melléknyalábok szintjét megemeljük [7]. Ha elérjük, hogy a melléknyalábok egyenlő szintűek legyenek, akkor optimális megoldást kapunk, mivel adott melléknyalábszint mellett a legkeskenyebb lesz a főnyaláb. A megoldás számára vagy a főnyaláb szélességét, vagy a melléknyalábszintet írhatjuk elő. A feladat matematikai megoldása hasonlít az elliptikus szűrők számításához.

Az optimális antenasort először Dolph dolgozta ki oldalsugárzó $\lambda/2$ elemtávolságú estre, és megmutatta, hogy a feladat Csebisev-polinomokkal (amelyek az ortogonális polinomok közé tartoznak) oldható meg, ezért az ilyen antenasorokat Dolph–Csebisev-soroknak hívják. Ha $d < \lambda/2$, akkor a módszer nem ad optimális megoldást. Abban az esetben, ha $\delta = -\beta d$, tehát ha orrsugárzó sort szeretnénk készíteni, akkor a kiugró melléknyalábok csak $d < \lambda/4$ esetén kerülhetők el. Ez már a szupernyereségű tartományban van, és más hibák mellett igen toleranciaérzékeny. Ezért a Dolph–Csebisev-módszert nem alkalmazzák orrsugárzó sorok tervezésére, de oldalsugárzó sorok szintézisé-nél igen elterjedten használják.

5. Összefoglalás

Cikkünk fő célja az volt, hogy áttekintést nyújtson az adaptív antennák technológiájáról, amelynek alkalma-

zása ígéretesnek tűnik a harmadik generációs földi mobil rendszerekben, amilyen például az UMTS is. Belátható, hogy az adaptív antennatechnológia fontos a megfelelő kapacitás és lefedettség biztosításához. A már létező módszereken – például a cellás felosztáson – túl így a cellán belüli térosztás is lehetséges. A cikkünkben részleteztük a legfontosabb technológiákat, többek között a kapcsolt nyalábok és más fejlettebb jel-zaj viszony maximalizáló eljárásokat. Végül ugyancsak áttekintettük a főbb antennatípusokat és a nyalábkialakítási módszereket.

Irodalom

1. Sören Andersson, Bengt Carlqvist, Bo Hagerman and Robert Lagerholm: Enhancing cellular network capacity with adaptive antennas, Ericsson Review No. 3, 1999
2. Per H. Lehne, Magne Pettersen: An overview of smart antenna technology for mobile communications systems, IEEE Communications Surveys, Fourth Quarter 1999, vol. 2 no. 4
3. Seshaiha Ponnekanti, An overview of smart antenna technology for heterogeneous networks, IEEE Communications Surveys, Fourth Quarter 1999, vol. 2 no. 4
4. Pap László, Imre Sándor: Az interferencia elnyomásának módszerei mikrocellás rádióhálózatokban
5. Joseph C. Liberti Jr., Theodore S. Rappaport: Smart antennas for wireless communications, Prentice Hall, 1999
6. Bernard Widrow, Samuel D. Stearns: Adaptive signal processing, Prentice Hall, 1985
7. Nagy Lajos: Adaptív antenna rendszerek

Hírek

A Sun Microsystems a jövőben egységes márkánév, a Sun ONE alatt lesznek elérhetőek az iPlanetTM, ForteTM, StarOfficeTM és Chili!SoftTM termékcsaládok. Az Open Net Environment (ONE) márkánév továbbra is a Sun ONE termékek nyílt hozzáférhetőségét biztosítja. A Sun szoftverek jelenleg SolarisTM operációs környezetben, Linux, Windows, AIX és HP-UX operációs rendszeren futnak.

A Sun ONE a jövőben a következő szoftvereket tartalmazza: a Sun ONE Web Servert a nagyvállalati webszerverek honlapjának működtetésére. A Sun ONE Portal Servert nagyvállalatok és szolgáltatók számára, portálok kiépítéséhez. A Sun ONE Application Servert a Sun vállalati fejlesztői és üzemeltetői platformja, a Sun ONE Directory Servert távközlési szolgáltatói címtára, a Sun ONE Identity Servert hozzáférés-felügyeleti, személyazonosság-kezelési és címtárszolgáltatásokat tartalmazó azonosító rendszer számára.

A Sun ONE Active Serves Pages az ASP technológia futtatását biztosító szerver. A StarOffice 6.0 Office Suite komplett irodai programcsomagja, amely többek között szövegszerkesztő, táblázatkezelő és előadás-készítő alkalmazásokat tartalmaz.

Hírek

A Nemzetközi Távközlési Unió (ITU) és a Nemzetközi Posta Egyesület (UPU) az elektronikus posta (E-Post) közös vállalkozásuk próbaüzemének színhelyéül a Himalájában elterülő kis országot, Butánt választotta ki. A próbaüzemben a butáni posta és a butáni távközlési szolgálat is részt vesz. A posta díjmentesen egyedi elektronikus postacímet ad ki megfelelő ellenőrzés után mindegyik háztartásnak, vagy éppen személynek. Az elektronikus postacím elektronikus levélcím lesz, amely kódolt formában a postacímet is tartalmazza. Elektronikus postacím birtokosa bármely postahivatalban feladhat elektronikus postát, amit a rendeltetési helyen kinyomtatnak és a megadott elektronikus postacímre kézbesítenek ugyanannyi idő alatt, mint a helyi leveleket. Eddig a hegyvidéki országban akár 8 nap is eltelt egy vidékre szóló levél kézbesítéséig.



Az Ericsson Magyarország kutatólaboratóriumának fiatal munkatársa, dr. Valkó András a Magyar Innovációs Szövetség Különdíját nyerte „Az év kiemelkedő fiatal műszaki alkotója” pályázaton, a Cellular IP megoldással. Dicséretben részesült még a labor PhD hallgatója, Horváth Endre is, aki a távközlési protokollok tesztelése területén ért el eredményeket.

A BT új vezérigazgatója, Ben Verwaayen szerint Unisource és Concert, BT kudarcot vallott közös vállalkozásai téves koncepciók szerint működtek. BT azonban alkalmas globális partnerrel ezután is hajlandó együttműködni, de nem kell mindenki számára mindent akarni szolgáltatni. BT hangsúlyozottan távközlési szolgáltató vállalat, nem csupán a vezetékes telefonhálózat üzemeltetője.

Újabb sikereket a széles sávú szolgálattól vár, bár ennek látványos feltörésének előfeltétele, hogy használoinak aránya elérje a 25%-ot, amire viszont csak évek múlva lehet számítani. BT mielőbb oda akar jutni, hogy rá a legkiválóbb minőségi szolgáltatás legyen jellemző.



A Nemzetközi Távközlési Unió (ITU) és a Nemzetközi Posta Egyesület (UPU) az elektronikus posta (E-Post) közös vállalkozásuk próbaüzemének színhelyéül a Himalájában elterülő kis országot, Butánt választotta ki. A próbaüzemben a butáni posta és a butáni távközlési szolgálat is részt vesz. A posta díjmentesen egyedi elektronikus postacímet ad ki megfelelő ellenőrzés után mindegyik háztartásnak vagy személynek. Az elektronikus postacím elektronikus levélcím lesz, amely kódolt formában a postacímet is tartalmazza. Elektronikus postacím birtokosa bármelyik postahivatalban adhat fel elektronikus postát, amit a rendeltetési helyen kinyomtatnak és a megadott elektronikus postacímre kézbesítik ugyanannyi idő alatt, mint a helyi leveleket. Eddig a hegyvidéki országban akár 8 nap is eltelt egy vidékre szóló levél kézbesítéséig.



A felmérések igazolják, hogy a hazai kis- és középvállalatok többsége még nem látja, hogyan használhatná ki az internet előnyeit, s legtöbbjük nem rendelkezik az internetes megoldásokat üzemeltető szakembergárdával sem. A kis- és közepes vállalatok közül azonban egyre többen ismerik fel az internet fontosságát, s az internetben azt az eszközt, amely nagyban hozzájárulhat hatékonyságnövelési és költségmegtakarítási törekvéseikhez. Most négy vezető vállalat, az Axelero Internet, a Cisco Systems, a Matáv és a MatávCom dolgozott ki egy olyan konstrukciót, amelynek keretében a kisebb cégek számára kínálnak elérhető áron, megbízható internetes megoldásokat.

A Netépítő négy csomagjából – akárcsak egy építőjáték elemeiből – a cégek és intézmények testreszabott megoldásokat alakíthatnak ki internet-infrastruktúrájuk kiépítéséhez. A Netépítő termék- és szolgáltatáscsomagjai magukban foglalják az internet-hozzáférési szolgáltatásokat és biztonsági megoldásokat, továbbá felügyelt helyi hálózati szolgáltatásaikat, és felügyelt IP telefóniarendszert kínálnak.

Helikopteres antenna- iránykarakterisztikai mérések a gyakorlatban

CSER ZSOLT ÁDÁM

Antenna Hungária Rt.

A földi műsorszórás területén használt gerincadók nagy hatósugarú, sokszor igen összetett antennarendszerekkel rendelkeznek. Ezek egyik lényeges műszaki paramétere a sugárzási iránykarakterisztika, ami elsődleges meghatározója az ellátott terület kiterjedésének és a rádiófrekvenciás besugárzás hatásfokának. Az antennarendszerek gyártói már nagy pontossággal képesek a helyi domborzati viszonyokhoz és frekvenciagazdálkodási szempontokhoz maximálisan igazodó iránykarakterisztikájú berendezések előállítására. Új antennarendszerek telepítése vagy meglévők rekonstrukciója esetén szükséges a tervezett és a megvalósított sugárzási paraméterek összevetése. Az utóbbinak bevált módszere a légi járműről történő helyfüggvény-regisztrálás.

Magyarországon ilyen jellegű mérések igénye a műsorszóró hálózatot üzemeltető Antenna Hungária Rt.-nél merült fel. Ebből a célból, külföldi tapasztalatokra alapozva, főleg meglévő eszközök felhasználásával egy saját fejlesztésű mérési összeállítást és módszert dolgoztunk ki. Ezt az 1998. évi médiabe-
ruházások kapcsán üzembe helyezett és a meglévő antennarendszerek sugárzási iránykarakterisztikáinak feltérképezésére használtuk.

1. Az alapok

Az antennák amplitúdó-iránykarakterisztikája egy kétváltozós függvénnyel megadható jellemző, amely adó-antennák esetén a sugárzás térbeli irányítottságát szemlélteti. A gyakorlatban ennek a vízszintes és függőleges síkmetszeteit ábrázolják (horizontális és vertikális iránydiagram), a mérések során pedig ezekhez a síkokhoz igazodó röppályákat alkalmaznak.

1.1. A mérési röppályák meghatározása

A függőleges mérés kitüntetett irányú, az antennarendszer súlypontján átmenő vertikális síkban végezhető emelkedő vagy süllyedő repülési pályán. A vízszintes síkú vizsgálat körpályán történik, ennek középpontja az antennarendszer függőleges tengelyvonalán található, magasságát pedig a főnyaláb vertikális dőlésszöge határozza meg.

Az alkalmazott mérési útvonalak jellemzőinek kiválasztása során elsődleges szempont a távotér-feltétel figyelembevétele:

$$d_t \geq 2 (D_a^2 + D_v^2) / \lambda$$

D_a – a vizsgált antennarendszer legnagyobb mérete (m)

D_v – a mérőantenna legnagyobb mérete (m)

λ – az üzemi vivőfrekvencia hullámhossza (m)

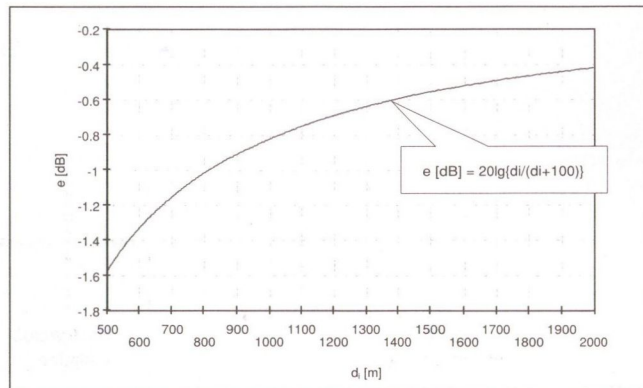
Ennek alapján a d_t távolságon túl az antenna pontsugárzónak tekinthető. Ebből következik, hogy a vizsgálat alatt ezen a távolságon kívül kell navigálni. Az előforduló antenntípusok esetén ez az érték 300...1500 m-es tartományban változhat. Ezzel az alsó határral szemben létezik egy

felső távolságkorlát is, amely már több tényező együttes hatásának a következménye. Az antennarendszer súlypontjától távolodva csökken a navigációs hibák hatása a mérési pontosságra, de nő a repülési idő és ezzel együtt a mérési költség is, ezenkívül egyre intenzívebbé válik a talajreflexió hatása, ami ugyancsak jelentős mérési hibaforrás. A gyakorlatban 500...3000 m-ig terjedő tartományban végeztünk mérőrepüléseket.

2. A mérést terhelő hibák

A légi iránykarakterisztika-mérések során főleg pályaelterésekkel összefüggő hibaforrásokkal kell számolni. Ezek a következők:

Távolsághiba mértéke a szabadtéri csillapítás alapján közelíthető. A diagramon (1. ábra) egy 100 m-es eltávolodás következtében jelentkező mérési hiba (e [dB]) látható különböző elméleti távolságértékek esetén (d_i [m]).



1. ábra

Ezt a hibafajtát mindig a mérés síkjában értelmezzük, hatása a helymeghatározás pontosságának függvényében a tényleges és az elméleti repülésipálya-adatok alapján korrigálható.

A *szöghibát* az elméleti pozíciótól való eltérés okozza. Ez főleg a horizontális iránykarakterisztika-méréseknél lehet kritikus, ahol elsősorban a pálya síkjára merőleges kitérés a kiváltó ok, de számolni kell az oldalirányú eltérés hatásával is. Az így keletkező mérési hibára csak következtetni lehet, mivel mértéke a mindenkor vertikális iránykarakterisztika meredekségével arányos (pl. URH, VHF antennarendszer esetén ez az érték a főnyaláb csúcsának a környezetében 0.1...1.2 dB/fok, egy UHF nyereséges körsugárzó esetén elérheti a 6 dB/fokos értéket is). Ezt a mérési hibát a nagypontosságú pályatartással lehet mérsékelni, ami a műszaki és technikai feltételek mellett a pilóta gyakorlatának is függvénye.

Írányhibák léphetnek fel repülés közben a helikopter oldalához fixen rögzített vevőantennán. Ezek főleg korrekciós manőverek közbeni kitérések következményei. A mérési hiba a mérőantenna irányítottságától és az elhajlás mértékétől függ.

Egyéb hibaforrásokkal is számolni kell az adóállomás környezetében végzett mérések során, ugyanis

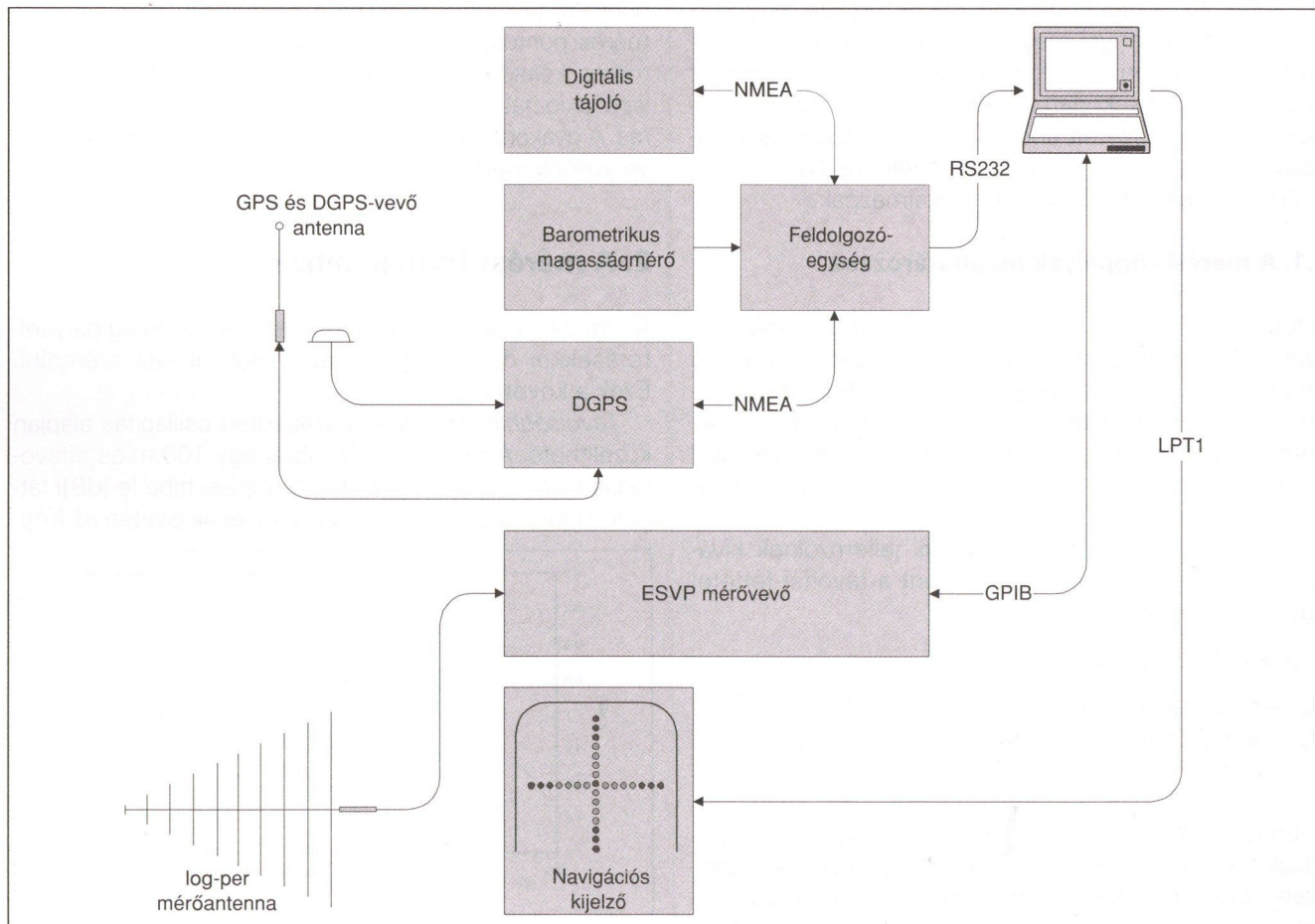
a talajreflexió hatása zavarként szuperponálódhat a kapott jelleggörbére. Ez a jelenség főleg síkvidéki URH rádióadók esetén jelentkezhet intenzíven. Szerencsés esetben az antennarendszerhez közeledve létezik olyan távolság, ahol a reflektált jelek az adó és a vevőoldali vertikális iránykarakterisztikák által súlyozva már egy elfogadható szint alá csökkennek.

A mérési hibát okozó tényezők között jelen van a helymeghatározó és a jelszintmérő eszközöket magába foglaló mérőrendszer pontatlansága is. Ezt a hibát főleg a referencia távolságra vonatkoztatott maximális térerősségértékek meghatározásánál szükséges figyelembe venni.

Hibát okozhat azonos vagy közeli frekvencián sugárzó távoli adó is.

3. A mérési összeállítás

A helikopteres iránykarakterisztika-mérés elvét tekintve a helyfüggvény-regisztrálás típusú eljárások közé sorolható. Ebből következik, hogy az alkalmazott mérőrendszer egyik nélkülözhetetlen eleme egy térbeli helymeghatározásra alkalmas eszköz. Erre a célra a közelmúltban megjelent GPS technikát alkalmaztuk. Az 2. ábrán a mérőrendszer tömbvázlata látható:



2. ábra

A blokkdiagramon feltüntetett részegységek funkciójuk alapján három csoportba sorolhatók:

- Helymeghatározó és navigációs modul
- Térerősségmérő eszközök
- Vezérlő- és adatgyűjtő egység

Helymeghatározó és navigációs modul

Ennek a részegységnek központi eleme a már említett műholdas helymeghatározó, a nagyobb pontosság elérése érdekében DGPS-t (differenciál GPS) használtunk. A mérések színhelyén minden esetben egy saját bázisállomást helyeztünk üzembe, amely rádiócsatornán korrekciós jeleket sugárzott a fedélzeti eszköz számára. Az aktuális toronytalppont feletti magasság mérésére egy barometrikus altiméter használtunk, ez a DGPS magassági adatainál lényegesen nagyobb pontosságot biztosít. A digitális tájoló rendeltetése az irányhibák detektálása.

A mérés szempontjából alapvető fontosságú a mérési útvonal pontos tartása. Ennek elősegítésére a pilóta számára egy navigációs kijelzőt készítettünk, amely az ideális pályától való pillanatnyi eltéréssel arányos kijelzést mutatja (horizontális és vertikális pályael térés).

3.1. Térerősségmérő eszközök

Ez a részegység a jelszint regisztrálására alkalmas mérővevőből és mérőantennából áll. A mérési összeállításban nagy megbízhatóságú, kiváló jellemzőkkel bíró mérővevőket használtunk, amelyek számítógépes vezérléssel egy mérőrepülés során több különböző frekvencián történő mérést tesznek lehetővé. A mérőantenna kiválasztásánál nemcsak a rádiófrekvenciás paramétereket kellett figyelembe venni, hanem a mechanikai teherbíró képességet is. Az alkalmazott antenna az URH, VHF és UHF tartományban egy széles sávú (80...1200 MHz) log-per, KH mérés során pedig egy aktív keretantenna volt. Ezek a helikopter törzsétől kb. 1,2 m-re a pilóta oldalán, vele egy vonalban voltak rögzítve, a 3. ábrán látható módon:



3. ábra

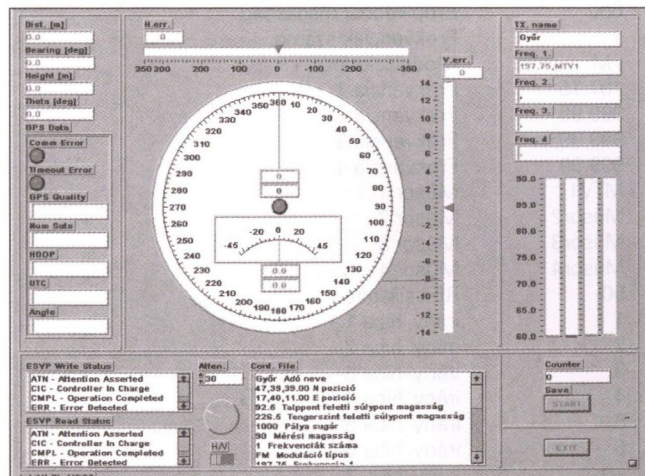
3.2. Vezérlő- és adatgyűjtő egység

A harmadik modul egy hordozható PC, amely egy saját fejlesztésű szoftver segítségével vezérlési, adatgyűjtési, számítási és adatmentési feladatokat lát el.

A mérésvezérlő és adatgyűjtő számítógépes program

A helikopteres iránykarakterisztika-mérés egy igen összetett feladat, ahol egyszerre több mérőeszköz által szolgáltatott, nagy mennyiségű információt kell feldolgozni és etárolni mostoha mérési körülmények között (hajtóműzaj, vibráció, gravitációs és gyorsulási erőhatások). A feladatot hatékonyan csak számítógépes vezérléssel és adatgyűjtéssel lehet megoldani. Ezeket figyelembe véve a mérési összeállítás eszközeinek összehangolt, a célnak megfelelő működését saját fejlesztésű célszoftverekkel oldottuk meg. Összesen három különböző programot készítettünk: URH, tv antennarendszerek (1) és KH antennatornyok (2) vertikális jelleggörbéméréséhez, valamint a horizontális iránykarakterisztikák (3) vizsgálatához. A fejlesztéshez a virtuális mérőeszközök létrehozására alkalmas LabVIEW 3.1.1-es grafikus programnyelvet használtuk. A célszoftverek az alábbi feladatokat látják el:

- Kommunikálnak a mérőrendszer eszközeivel különböző interfészekon keresztül (RS232, GPIB, Centronics).
- Lehetővé teszik előre megírt konfigurációs fájlok alapján a mérőrendszer gyors beállítását és az adott röppályához rendelt mérési szekvencia automatikus futtatását.
- Elvégzik a valós idejű számítási és adatfeldolgozási feladatokat (a navigáláshoz szükséges relatív pozícióadatok előállítása, az ideális röppályától való pillanatnyi eltérés szolgáltatása, a távolsághibából eredő jel-szinteltérés korrigálása stb.).
- Automatikusan tárolják a mérési regisztrátum adatait előre meghatározott nevű fájlokba.
- Áttekinthető, a legszükségesebb navigációs és mérési adatok kijelzésére alkalmas felhasználói felülettel rendelkeznek. A 4. ábrán a horizontális mérések során alkalmazott célszoftver kezelői felülete látható:



4. ábra

A virtuális műszer középső részén a körrepüléshez szükséges irányskála látható. Ezen egy kék színű mutató a röppálya kezdőpontjának irányszögét rögzíti, egy piros színű pedig a helikopter aktuális helyzetét követi. A horizontális és vertikális skálákon a körpályától való pillanatnyi eltérés követhető nyomon (a pilóta látóterében elhelyezett LED-es kijelző is ezeket az adatokat indikálja). A körskálán látható „mutató műszer” a mérőantenna irányhibáját méri. Bal oldalon fent a relatív pozícióadatok vannak (távolság az adótól, magasság a toronytalpponhoz képest és vertikális irányszög az antennarendszer súlypontjához képest). Alatta a helymeghatározó és a térmérő eszközökkel kapcsolatos információk és az esetleges hibajelzések vannak kijelölve. Középen lent az aktuális konfigurációs fájl tartalma ellenőrizhető. Jobb oldalon fent a mért vivőfrekvenciák és adóberendezés elnevezések valamint a pillanatnyi jelszint-értékek láthatók. A beavatkozó szervek száma minimális (a mérővevő bemeneti osztójának beállítója, mérés Start/Stop és programleállító nyomógombok).

4. Az alkalmazott mérési módszer

A tényleges mérések elvégzését minden esetben megelőzte az előkészítés fázisa. Ennek során, munkatérképen bejelöltük a mérendő antennarendszer pozícióját, felrajzoltuk a mérési útvonalakat és a navigátor memorizálta a jól látható tereptárgyakat. A szükséges repülési adatokat továbbítottuk a bérelt helikopter személyzetének, hogy időben leadhassák a légügyi hatóságnak a repülési tervet. Ebben a fázisban történt a konfigurációs fájlok megírása. Ezek az egyes mérésekhez szükséges kiinduló paramétereket tartalmazzák, betöltésük után a mérőprogram elvégzi a rendszer megfelelő beállítását. Egy ilyen fájl struktúrája látható az alábbi sorokban:

Kékes	Adó neve
47,52,23.00	N pozíció
20,00,35.00	E pozíció
147	Talppont feletti súlypontmagasság
1158	Tengerszint feletti súlypontmagasság
270	Mérési irány (360=0!)
600	Emelkedési magasság
1	Frekvenciák száma
FM	Modulációtípus
197.75	Frekvencia 1
999.99	Frekvencia 2
999.99	Frekvencia 3
999.99	Frekvencia 4
MTV1	Műsor 1
Műsor2	Műsor 2
Műsor3	Műsor 3
Műsor4	Műsor 4
50	RF csillapító
1	irány. hiba 1
2	irány. hiba 2
3	irány. hiba 3
4	irány. hiba 4
5	irány. hiba 5
6	irány. hiba 6
10	irány. hiba 7
2000	Ref. távolság

Az egyes telephelyeken az üzemelő antennák számától, típusától és a sugárzási frekvenciáktól függően általában 10...25 konfigurációs fájlra lehet szükség, ez azonos számú mérőrepülést jelent. A fájlok nevét és egyéb fontos paramétereket táblázatba foglalva mérési ütemtervet készítünk. Ennek alapján irányítja a navigátor a mérés menetét.

4.1. Az elevációs iránykarakterisztika mérése

A mérések elkezdése előtt az antennatorony talppontjának szintjére történő leszállással vagy belebegéssel nullazzuk a mérőrendszer magasságmérőjét. Ezt követően először a vertikális iránykarakterisztikák mérését kezdjük el.

URH és tv antennarendszerek

A mérési röppálya ebben az esetben az 5. ábrán látható.

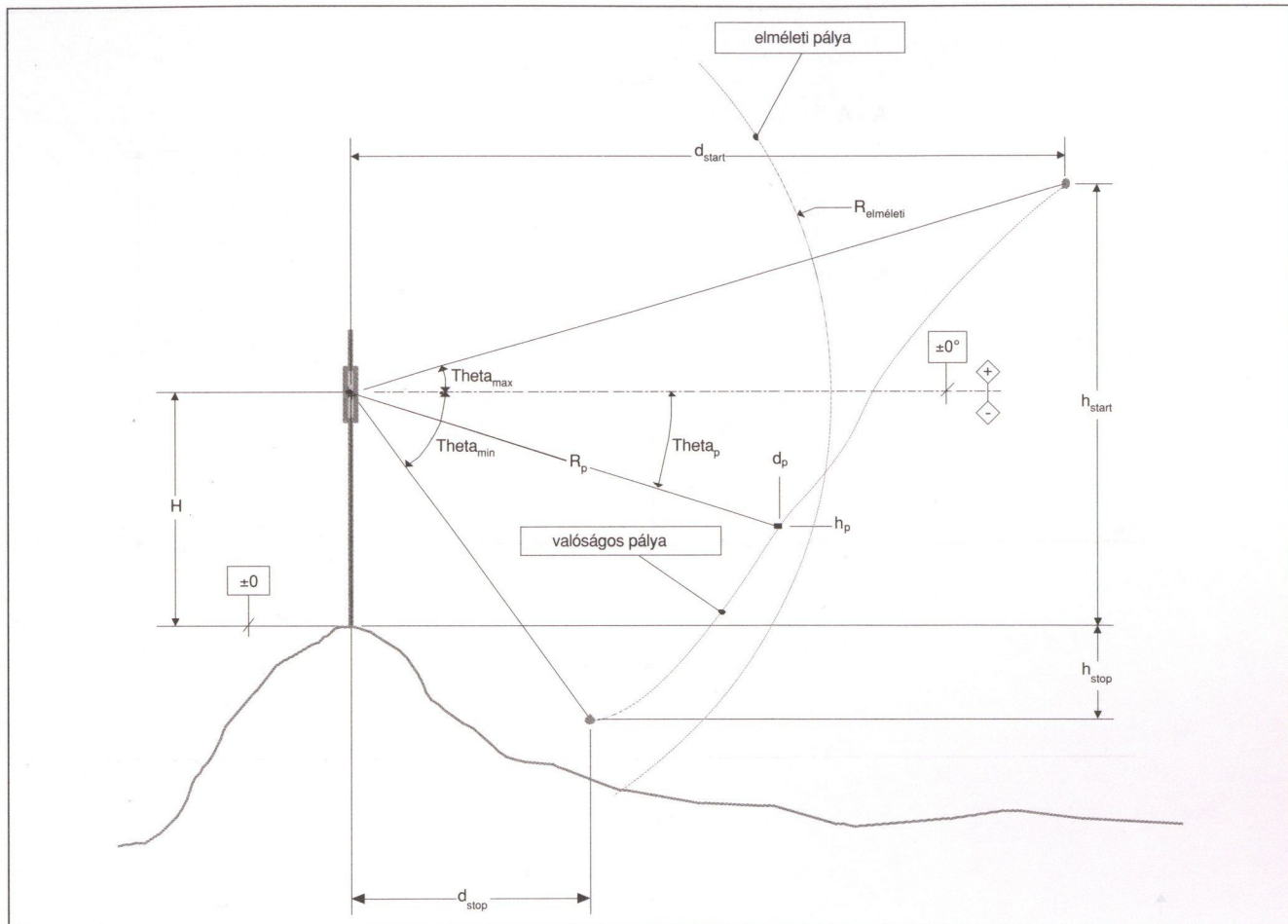
Ez a ferde, adóirányba süllyedő repülési manőver – a reflexióból származó hatásokat figyelembe véve – bizonyos esetekben kedvezőtlenebb, mint a „liftezés”, de az alkalmazott Bell 206B Jet-Ranger típusú helikopter ezen a dőlt pályán nagyobb repülési stabilitást nyújtott, mint a függőlegesen. A szoftver a pillanatnyi pozícióadatok ismeretében, folyamatosan számolja az elméleti és a valóságos pálya sugarának különbségéből adódó mérési hibát, és az alábbi formulával kapott értékekkel, korrigálja a mért jelszintet:

$$K_d [dB] = 20 \cdot \lg \frac{R_p}{R_{elméleti}}$$

A megadott irányokba elvégzett mérések után, az átlomás közelében egy megfelelő helyen leszállunk. Ezt egyrészt technikai okok (mérőantenna átforgatása, tankolás), másrészt a horizontális iránykarakterisztikaméréshez szükséges repülési pályamagasságok kiszámításának szükségessége indokolja. Az elevációs mérések jellemző repülési paramétereit az 1. táblázat tartalmazza:

Paraméter	Értékek
d_{start}	2000...3000 m
d_{stop}	>500 m
h_{start}	400...600 m toronytalppont felett
h_{stop}	0...-50 m
Θ_{max}	4...7 fok
Θ_{min}	-6...-20 fok
$R_{elméleti}$	2000 m
$t_{repülési}$	max. 8 perc rárepüléssel együtt

1. táblázat



5. ábra

KH antennatornyok

A KH-antenna tornyok mérése során általában csak a vertikális jelleggörbe mérése szükséges. Itt azonban fontos a teljes 90°-os tartomány vizsgálata. A 6. ábrán látható röppályán, egy átrepüléssel 2x90°-os tartományban végeztünk méréseket.

A KH-mérés során a 2. táblázatban feltüntetett pályaparamétereket használtuk:

Paraméter	Értékek
d_{start}	8000...12 000 m
$h_{emelkedési}$	>1000 m toronytalppont felett
$R_{elméleti}$	2000 m
$t_{repülési}$	max. 15 perc egy átrepülés

2. táblázat

4.2. A horizontális iránykarakterisztika mérése

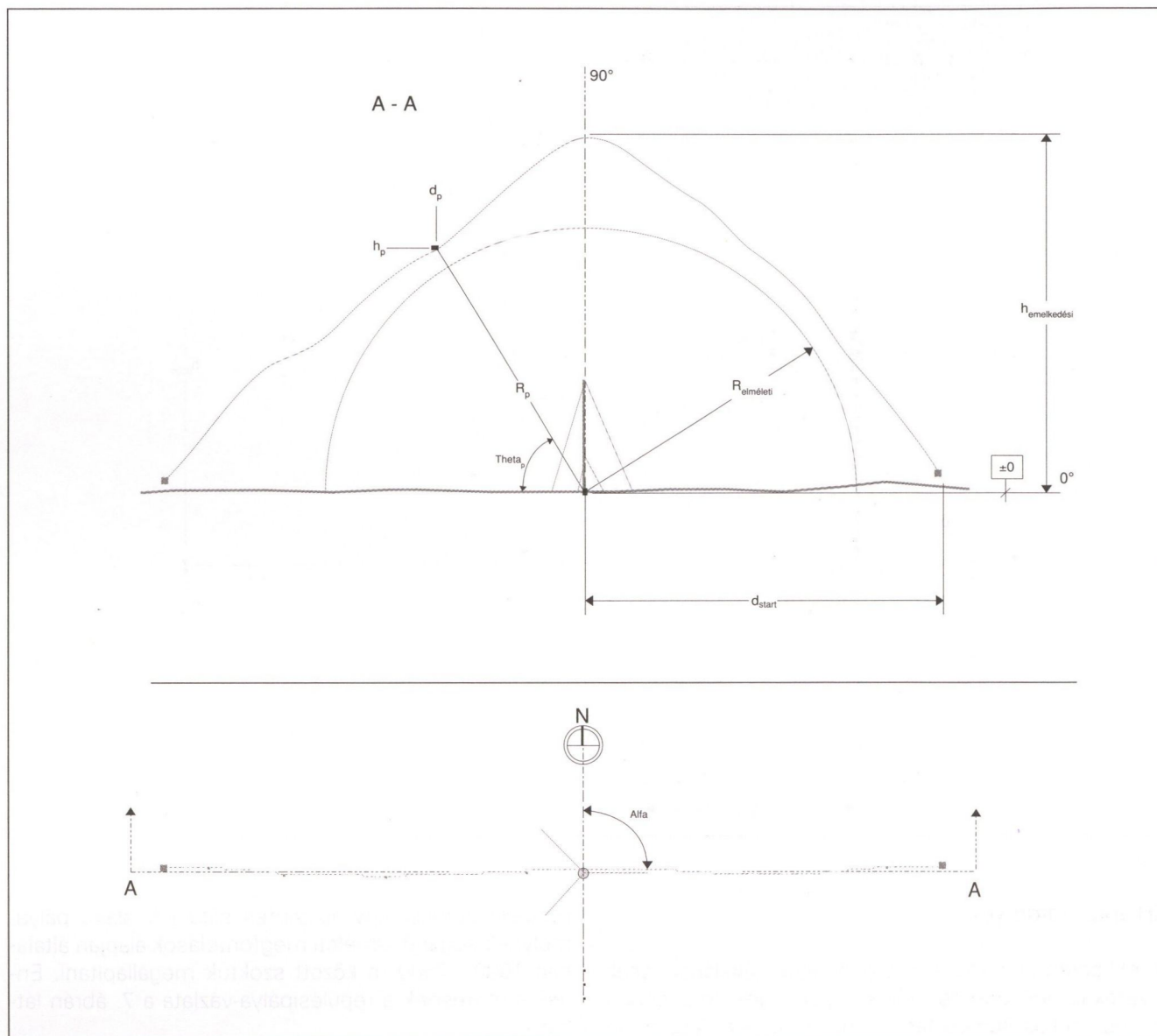
A körrepülések elkezdése előtt az előzőleg mért vertikális jelleggörbék maximum helyéhez tartozó átlagos Theta szög és pályasugár alapján meghatároztuk a mérési magasságot. Ezt követően a horizontális iránykarakterisztikák mérése következett. Az ehhez tartozó

repülési útvonal egy vízszintes síkú kör alakú pálya, melynek sugarát elméleti megfontolások alapján általában 1000...2500 m között szoktuk megállapítani. Ennek a mérésnek a repüléspálya-vázlata a 7. ábrán látható.

A körpályák különböző antennarendszerek esetén eltérő magasságúak és sugarúak lehetnek. Ezek a paraméterek a már említett konfigurációs fájlokban vannak megadva. Betöltésük után a szoftver beállítja a mérőrendszert és a pilótát – a navigációs kijelző segítségével – rávezeti a kívánt röppályára. Ezt követően indítható a regisztrálás. Általában 400...720° mértékű körbe repülést szoktunk végezni. Az így kapott átfedés hasznos információt nyújt a mérés megbízhatóságáról. A jellemző pályaadatok a 3. táblázatban olvashatók:

Paraméter	Értékek
$R_{elméleti}$	600...2100 m
$\Theta_{elméleti}$	0...-1 fok
$h_{elméleti}$	$=H - R_{elméleti} \cdot \sin(\Theta_{elméleti})$
$t_{repülési}$	max. 10 perc pályára állással együtt

3. táblázat



6. ábra

4.3. A mérési adatok feldolgozása

A mérőszoftver meghatározott formátumú, táblázat-szerűen elrendezett szöveges fájlba tárolja a regisztrált térerősség- és pozícióadatokat. Ebben az egyes oszlopokban az alábbi értékek találhatók:

1. oszlop

Frekvenciakód (a konfigurációs fájlban a max. 4 db frekvenciaérték sorszámával megegyező kód)

2. oszlop

Jelszint (az egyes frekvenciákon mért kapcsoltsfeszültségek dBmV-ban)

3. oszlop

Távolság az adótól (a GPS által szolgáltatott pillanatnyi pozíció és a konfigurációs fájlba megadott adó-antenna-pozíciókból számított távolság m-ben)

4. oszlop

Írányszög (a helikopter pillanatnyi irányszöge az adóból nézve, az északi irányhoz képest)

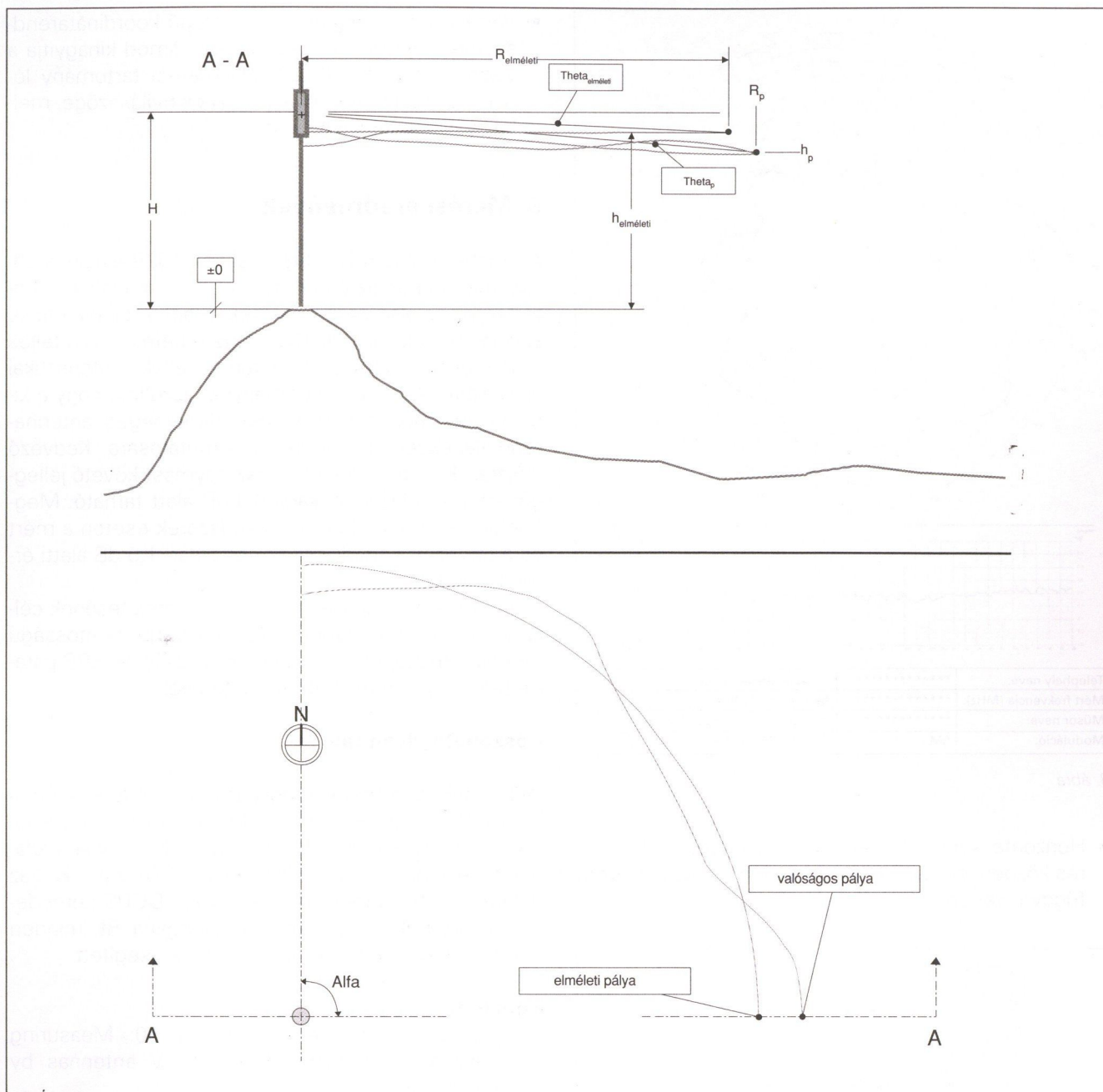
5. oszlop

Magasság (toronytalppont feletti pillanatnyi magasság m-ben)

6. oszlop

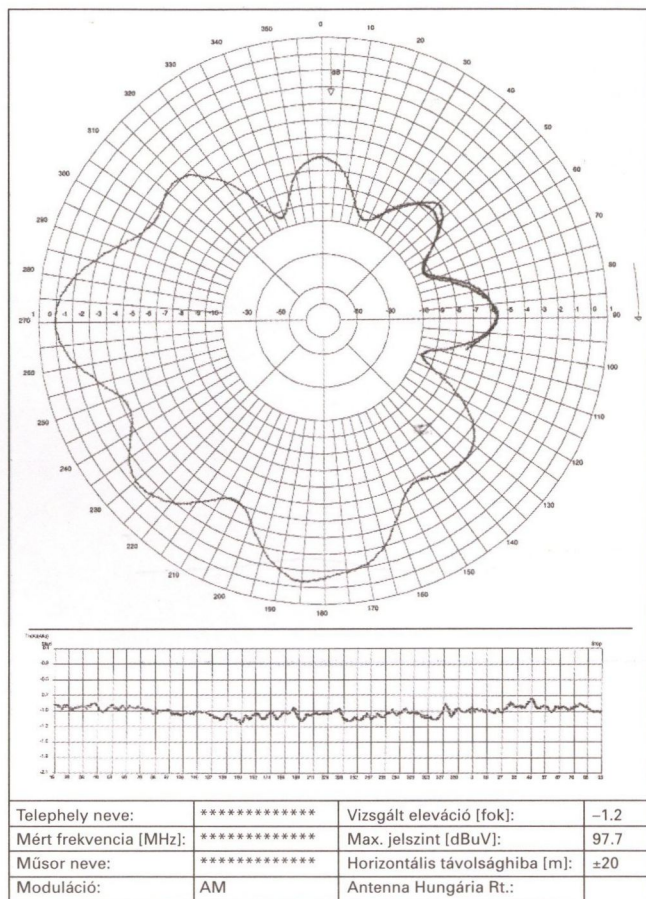
GPS üzemmódot jellemző kód (0 – érvénytelen állapot, 1 – normál GPS üzemmód (nincs korrekció), 2 – DGPS üzemmód)

A antenna-iránydiagramokat egy erre a célra kifejlesztett célprogram rajzolja fel. Ennek bemenő adatként a fenti regisztrátumot és a hozzá tartozó konfigurációs fájlt kell megadni. Ezekből automatikusan felrajzolja a mért jelleggörbéket. Az adatfeldolgozás menete az alábbiakban látható:



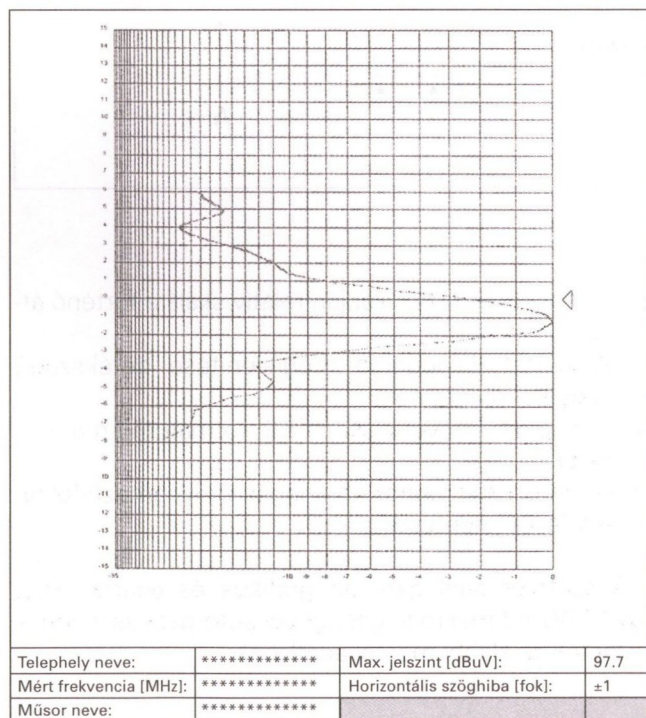
7. ábra

1. A konfigurációs és a mérési regisztrátumot tartalmazó adatfájlok beolvasása.
 2. A hibás vagy érvénytelen pozícióadatok eltávolítása.
 3. A hiányzó pozícióadatok előállítása lineáris interpolációval.
 4. A regisztrátum sorainak szétbontása a frekvenciakódok alapján.
 5. A jelszintértékek konvertálása logaritmusos egységből lineárisba.
 6. A jelszintregisztrátum simítása, mozgóátlag módszerrel.
 7. A jelszintértékek konvertálása lineáris egységből logaritmusosba.
 8. A maximum érték alapján relatív skálára történő átszámolás.
 9. A kapott jelleggörbe megjelenítése derékszögű vagy kör diagramon.
 10. A diagram konvertálása HPGL formátumú grafikus fájlba.
 11. A mérési adatlaphoz szükséges szövegmező-feliratok fájlba mentése.
- A szoftver által generált grafikus és adatfájlokból egy MSWord makró segítségével automatikusan létrehozhatók az alábbi mérési adatlapok:



8. ábra

- Horizontális iránydiagram. A kördiagram alatt a mérés közbeni elevációs ingadozás látható az irányszög függvényében.



9. ábra

- Vertikális iránydiagram, derékszögű koordinátarendszerben felrajzolva. Ez az ábrázolásmód kinagyítja a viszonylag szűk (10...30 fok) mérési tartomány lényeges részleteit (főnyaláb 3dB-es nyílásszöge, melléknyalábok, nullhelyek stb.).

9. Mérési eredmények

A mérési eljárás fejlesztési munkáit 1998 elején kezdtük, még ennek az évnek az utolsó harmadában megtörténtek az első próbamérések, majd a téli és a tavaszi időszakot kihagyva, 1999 végére befejeztük a teljes műsorszóró adóhálózat antenna-iránykarakterisztikai vizsgálatát. A mérési eredmények igazolták, hogy a kifejlesztett módszer alkalmas a lehetséges antennarendellenességek egyértelmű kimutatására. Kedvező időjárási körülmények között az egymást követő jellegzőgörbék reprodukálhatósága 0.5 dB alatt tartható. Megfelelően kivitelezett antennarendszerek esetén a mért és a tervezett iránydiagramok eltérése 1.5 dB alatti értékre adódott.

A mérési összeállítás további tökéletesítésének célja lehet: a térerősségértékek nagyobb pontosságú meghatározása, ami az antennanyereség és ERP paraméterek kiszámítását tennék lehetővé.

Köszönetnyilvánítás

Végezetül szeretnénk megköszönni mindenekelőtt a helikopterpilóták: Pusztai László és Matyikó Ferenc áldozatos munkáját, akik nélkül nem tudtuk volna a feladatot elvégezni. Köszönetünket fejezzük ki az Aviatronic Kft. munkatársainak, akik a DGPS berendezést gyártották, és az Antenna Hungária Rt. minden dolgozójának, aki minket a mérésekben segített.

Irodalom

1. News from Rohde & Schwarz 80: Measuring radiation of radiobroadcast an TV antennas by helicopter,
2. ORF BAF-S, Bécs, 1997.VII.7: Antennadiagram-helikopteres mérése
3. Erwin Mülhauser és Urs Knafel, Bern: Helikopteres támogatású antennadiagram-mérések GPS műholdas navigálással.
4. Rádiókommunikáció felügyelőség, Prága: Antenna sugárzási diagram mérések helikopterrel.
5. J. Middleton, BBC Research and Devekopment, UK The use of a helicopter-based antenna measurement technique to evaluate dtt transmitting antennas

Képkódolási módszerek összehasonlító elemzése

DR. KOVÁCS OSZKÁR

PanTel Rt

A korszerű kódolási módszerek terjedését elősegítette a VLSI félvezető technológia és a digitális jelfeldolgozó processzorok tömegessé válása és árcsökkenése. Valós idejű alkalmazásoknál (pl. távközlés) adott minőségű képinformáció átviteléhez lényegesen kevesebb átviteli kapacitás szükséges, és a nem valós idejű alkalmazásoknál (pl. képrögzítés) szükséges a tárolási kapacitás.

Jelen cikk áttekintést ad a távközlési és multimédia-rendszerek szempontjából fontos képkódolási eljárásokról. Leírja az egyes eljárások főbb alapelveit és megadja az egyes szabványosnak mondható eljárások összehasonlító elemzését is. Mindenekelőtt állóképek digitális ábrázolását, majd mozgóképek kódolásának módszereit ismerteti, végül a szabványos képfolyam-ábrázolások alkalmazását (videokonferencia, számítógépes tárolás, visszakeresés és multimédia) mutatja be.

Megjelenítéstípusok

Fiziológiai jellemzők

A fekete-fehér televíziózás jellemzőinek meghatározása során az emberi szem képességeiből indultak ki. [1] Ha egy 4:3 arányú képernyőt 20° látószögben néz egy szemlélő, és egy képpontot 2' alatt lát, akkor 600x800-as felbontás elegendő. Ha a kép fekete-fehér és egy képelem 100-féle világosságértéket vehet fel, akkor a kép információtartalma 3.19 Mbit, azaz 400 kb-aj.

Színes képpontok ábrázolása

Bármely szín három alapszínből (vörös, sárga és kék) kikeverhető. Ezek a szubsztraktív alapszínek, mivel az egyes színek a fehér színből kivonással származtathatók (RYB formátum). Ezt a módszert alkalmazzák a festészetben és a nyomdászatban is. A videomonitorok ezzel szemben a vörös, zöld és kék (256 szintű RGB formátum) színeket adják össze. Minden egyes szín a színháromszög három tengelyén mért relatív intenzitásértékkel jellemezhető.

Egy további ábrázolási mód, amikor a képpont világosságát (luminance: Y érték) és színinformációját (chrominance: U és V érték) ábrázoljuk, miáltal a fekete-fehér és a színes rendszerek közötti kompatibilitás is megvalósítható. Ezt YUV formátumnak nevezzük. Az Y érték [7] szerint a következő módon határozható meg:

$$E'_Y = 0.299 E'_R + 0.587 E'_G + 0.114 E'_B$$

Ezután U és V értéke:

$$\begin{aligned} (E_R - E_Y) &= E_R - 0.299 E_R - 0.587 E_G - 0.114 E_B \\ &= 0.701 E_R - 0.587 E_G - 0.114 E_B \end{aligned} \quad 1$$

Valamint: 2

$$\begin{aligned} (E_B - E_Y) &= E_B - 0.299 E_R - 0.587 E_G - 0.114 E_B \\ &= -0.299 E_R - 0.587 E_G + 0.886 E_B \end{aligned}$$

A JFIF specifikációnál (ld. később) alkalmazott módszer szerint a konverzió szabályai a következők:

$$\begin{Bmatrix} Y \\ U \\ V \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,1687 & -0,3313 & 0,5 \\ 0,5 & -0,4187 & -0,0813 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} R \\ G \\ B \end{Bmatrix}$$

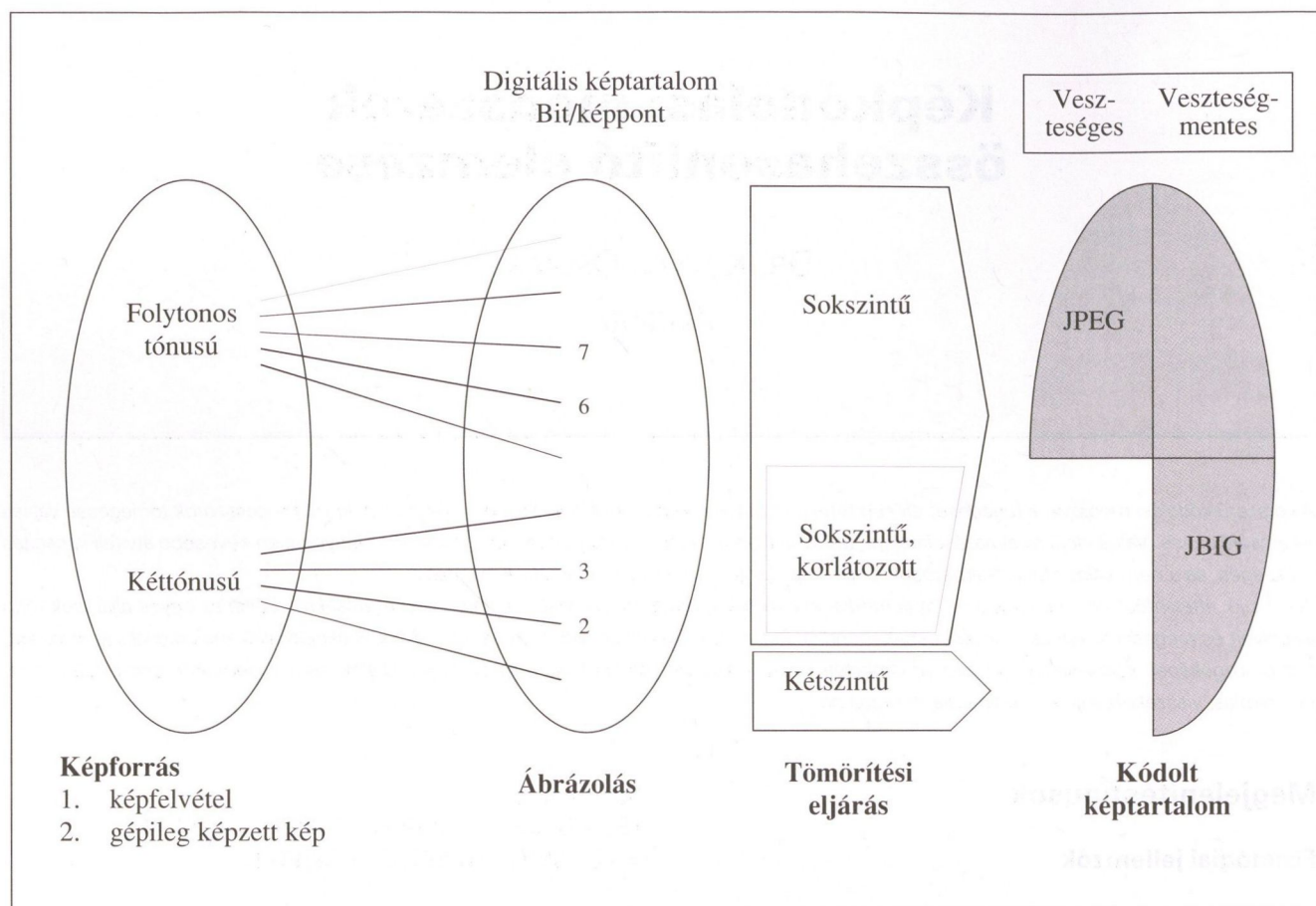
Az RGB vagy YUV formátum igen nagy kapacitásigényű mind képtovábbításnál, mind képtárolásnál. Ha ilyen formátumban ábrázolt képeket DVD-n rögzítenek, ezen a módon egyetlen lemezen összesen 4 percnyi képanyagot lehet elhelyezni.

Állóképek kódolása

A digitális képkódolás célja, hogy az egyes képeket minimálisan szükséges információmennyiséggel lehessen ábrázolni. Az egyes képek kódolása alapvetően két lépésben történik. Először a digitalizálás, ezt követi a képtömörítés (1. ábra).

Kéttónusú képek kódolása

A kéttónusú képek kódolásának legegyszerűbb módszere a G3 telefax-szolgáltatásnál alkalmazott T.4 ajánlás szerinti futamhossz (módosított Huffman-) kódolás. Ennél a soronként letapogatott ábra sorait külön-külön kódolják. Egy-egy sor max. 2560 képpontból állhat. Az egymás után következő fekete és fehér szakaszokat egy-egy kódszóval ábrázolják. A sor végét csupa 0 bitből álló kódszó jelzi. A soronként történő kódolás helyett az



1. ábra Analóg-digitális átalakítás és tömörítés folyamatának ITU sémája

egymás után következő sorok közötti különbség átvitelével megtakarítások érhetők el. (Módosított READ kódolás.) Ez utóbbit a G4 távmásolásnál is alkalmazzák.

A JBIG: (Joint Bi-level Image experts Group) eljárás [15] a fenti kódolási módszerekre épülve progresszív képességekkel rendelkezik, és a két tónus körét opcionálisan kibővíti szürke vagy esetleg néhány színnel. A progresszivitás lényege, hogy a kódolt információban először egy kis felbontású kép kódja található, majd ezt követően az egyre nagyobb felbontáshoz tartozó információ következik. Ennek két előnye van:

- A kimeneti eszköz megjelenítési képességeitől függően a képinformáció (fájl) átvitele vagy kiolvasása idejében megszakítható.
- Képkeresési rendszerekben (adatbázisokban) áttekintő képek alacsony felbontással gyorsan megjeleníthetők, és a kiválasztás után a kiválasztott kép felbontása előállítható.

Folytonos tónusú képek tömörítési formátumai

A tömörítés által elért kapacitásigény és a képminőség egymásnak ellentmondó követelmények. Ezért szabványos készleteket dolgoztak ki. Kísérletek bizonyítják, hogy az emberi szem által felfogott információ zöme a világosságértékben van. Ebből következik, hogy az U és V értékek mintavételezése pl. ritkábban történhet

anélkül, hogy a képminőségromlás emberi szemmel észrevehető legyen.

A jelenleg általánosan elterjedt veszteséges tömörítési eljárások a vektorkvantálás módszerét [3] alkalmazzák. A legegyszerűbb eljárásnál a képpontok négyes csoportjaira közös U és V értékeket határoznak meg. Ez a tömörítési módszer 2:1 arányú kapacitásigény-csökkenést eredményez, és 24 bit/képpont értéket ad ki, mivel 8 bit az Y világosságértékre és 8+8 bit minden negyedik képpont U és V színértékére.

- Általánosnak tekinthető a CIF (Common Intermediate Format), amely 352X288 képpontot tartalmaz képenként. Ez könnyen alkalmazható a 4:3 képméretarányval és 525 vagy 625 sorral rendelkező videorendszerekhez. A tv-műsorszórás képminőségénél gyengébb minőséget ad.
- A mindkét tengely mentén alkalmazott felezett felbontásnál a QCIF (Quarter CIF) formátumot kapjuk, 176X144 képponttal.
- Az SQCIF (sub-QCIF) 128X96 képpontot tartalmaz.
- Professzionális videoalkalmazásokhoz a QCIF minősége nem kielégítő, ezért ezekben az alkalmazásokban a 4CIF vagy a 16CIF kódolást használják, 704X576 illetve 1408X1152 felbontással.

Az egyes változatokat az alábbi táblázat foglalja össze:

Kép-formátum	Képméret (pixel)	Képpontok száma	Alkalmazás
SQCIF	128 x 96	12 288	Kis felbontású video rendszerek, pl. vagyonsvédelem, térfigyelés
QCIF	176 x 144	25 344	Házi videó
CIF	352 x 288	101 376	tv-műsorszórás
4CIF	704 x 576	405 504	Professzionális videorendszerek, HDTV
16CIF	1408 x 1152	1 622 016	

Szabványos képkódolás: JPEG

A JPEG (Joint Photographic Experts Group) a folytonos tónusú képkódolás szabványosításával foglalkozik. Ez a testület az ISO/IEC és az ITU közös szerve (ISO/IEC JTC1 SC29 Working Group 1). A JPEG által kidolgozott első specifikáció [14] az első állóképekre vonatkozó szabvány. Alapváltozata a C-Cube Microsystems (JFIF) adatállomány-specifikációra épült.

Tömörítés

A képpontok száma határozza meg a felbontást és a tömörítési módszert. Annak érdekében, hogy jó minőségű képek ábrázolása során se növekedjen meg túlságosan az ábrázoláshoz szükséges adatmennyiség, tömörítésre van szükség.

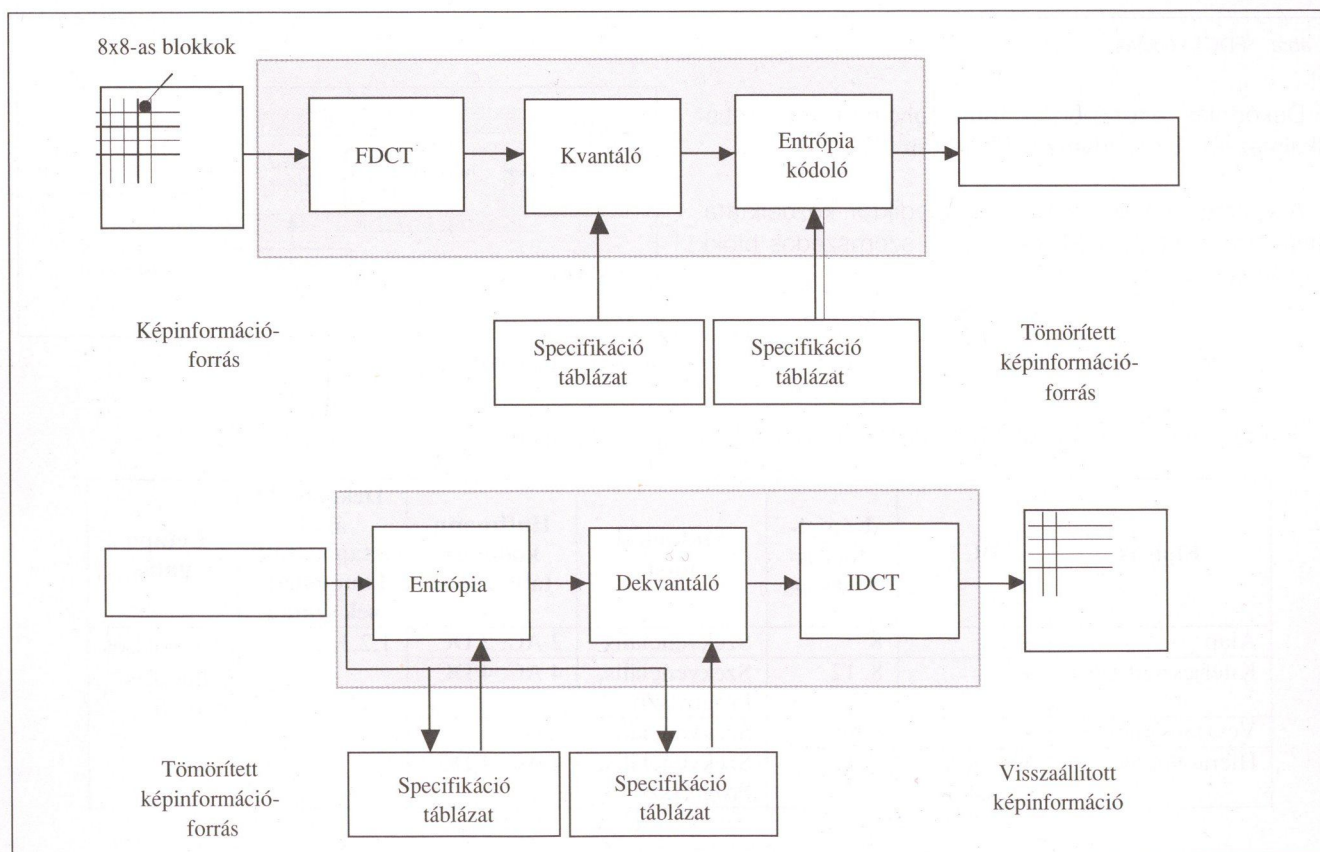
A tömörítés történhet veszteségesen vagy veszteségmentesen. Veszteségmentes képtömörítés esetén a visszaállítás után a képminőségben semmilyen rom-

lás nem következik be. Határesetben a veszteségmentes tömörítés eredménye azonos a tömörítetlen képtartalommal. A tömörítési eljárás bonyolultsága függ a tömöríteni kívánt kép jellemzőitől, az elérni kívánt képminőségtől valamint a tömörítésre és helyreállításra rendelkezésre álló időtől. A szubjektív képminőségi ítélettől függően veszteséges tömörítés esetén több fokozat képzelhető el.

Működési módok

Szekvenciális működési mód esetén a tömörítési eljárás felülről lefelé, a soronkénti letapogatási rendszerben képpontok csoportjain vagy egy teljes soron történik. A szekvenciális tömörítés is lehet veszteséges vagy veszteségmentes.

Progresszív működési mód esetén a tömörítés (kódolás) a teljes képtartalom elemzése után lépésenként történik. Dekódolás esetén a képtartalom a végállapot eléréséig az egyes lépéseknek megfelelően fokozato-



2. ábra DCT kódolás és dekódolás

san javul. A progresszív működési módnak két változata lehetséges:

- Hierarchikus progresszív működési mód, amikor a kép vízszintes és függőleges felbontása az egyes progressziós lépések során fokozatosan javul.
- Rögzített felbontású progresszív működési mód esetén a felbontás a progressziós folyamat alatt nem változik.

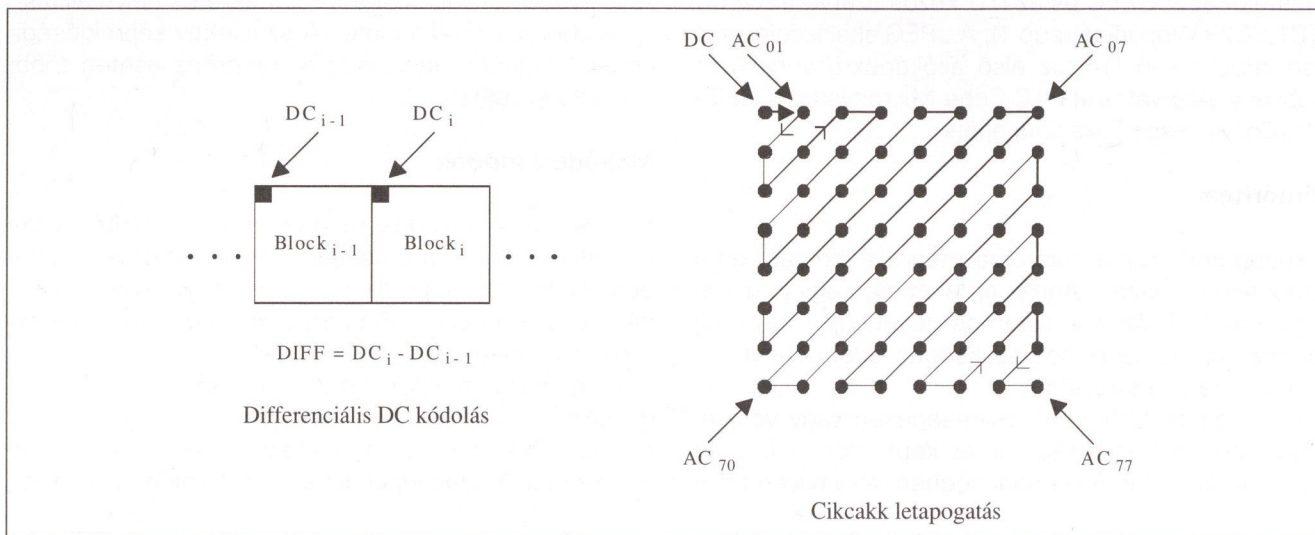
A egylépésű progresszióval működő szekvenciális működési mód a két módszer közötti kompromisszumnak tekinthető.

A veszteséges kódolási módok között jó hatásfoka miatt elterjedten alkalmazzák a DCT (Discrete Cosine

Transform) eljárást. Ez alapvető szekvenciális eljárásból és opcionális kiterjesztésekből áll (2. ábra).

Az FDCT (Forward DCT) kódolási folyamat a képpontokból 8x8-as blokkokat képez. Ezekhez 64 értéket rendelnek hozzá, amelyekből egyet (az elsőt) az egyenszint (DC), 63-at változó szint (AC) jellemzésére használnak. A 64 értéket ezután táblázat felhasználásával kvantálják.

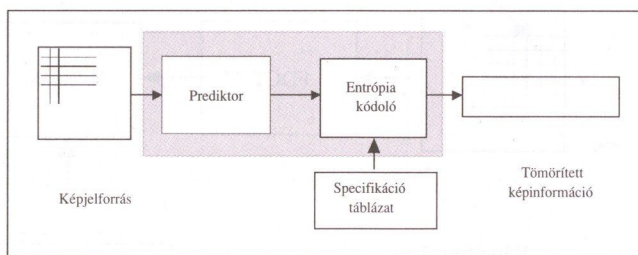
A kvantálás után entrópiakódolás következik, amelyet a DC komponensek esetében egyszerű predikciós eljárással határoznak meg. A 63 AC komponens értékeinek sorozatát egydimenziós cikcakszekvencia szerinti jelsorozattá alakítják, és ezen alkalmazzák az entrópia-(futamhossz-) kódolást.



3. ábra FDCT kódolás

Dekódolás esetében a fenti folyamat fordítottját alkalmazzák. Ez az inverz DCT eljárás (IDCT)

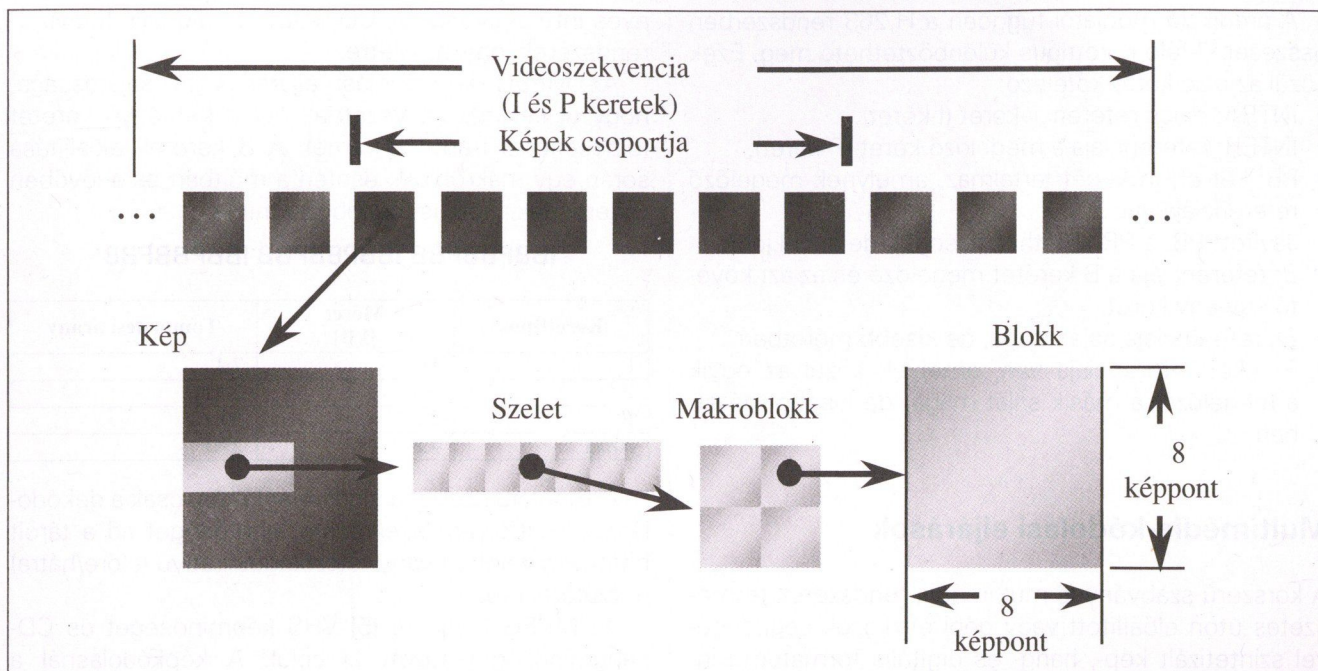
A veszteségmentes kódolás prediktor közbeiktatásával érhető el. A predikció három szomszédos blokk alapján képezhető.



4. ábra Képtömörítés

A képtömörítési eljárások főbb jellemzőit az alábbi táblázat foglalja össze:

Eljárás	DCT	Képfel-forrás [bit/minta]	Működési mód	Huffmann kódolási táblázatok	Dekóderek által letapogatott komponensek száma	Letapogatás
Alap	+	8	Szekvenciális	2 AC, 2 DC	1,2,3, és 4	Átlapolásos, Átlapolás nélküli
Kiterjesztett DCT	+	8, 12	Szekvenciális, Progresszív	4 AC, 4 DC		
Veszteségmentes	+	P bit	Szekvenciális	4 DC		
Hierarchikus	Kiterjesztett DCT	8, 12	Szekvenciális, Progresszív	4 AC, 4 DC		



5. ábra Makroblokk-képzés

Mozgóképek kódolása [12]

A H.261 eljárás

A H.261 ajánlást 1990-ben fogadták el. Kialakulásához az ISDN elterjedése vezetett, mivel a H.320 szerinti videokonferencia-rendszereknél ez a képkódolás van előírva. Emiatt a H.261 is ilyen $p \times 64$ kbit/s sávszélességeken dolgozik, ahol $p=2, 4, 6, 12, 15$ vagy 30 . A fő képkódolási formátum a QCIF (kötelező), míg az SQCIF és a CIF opcionális (5. ábra).

A makroblokk: 8×8 képpontból áll, amely 4 világosságjel és 2 színinformáció blokkból tevődik össze. A videojel kvantálása lineáris, felbontása az átviteli sebességtől függ, folyamatos visszacsatolással alakul ki. A szabványos predikciós eljárás során kétféle kerettípust alkalmaznak:

Intraframe (I frame) kódolásakor a képet önmagában vizsgálva kódolják. A kódolás a JPEG módszernél használatos DCT vagy EDCT eljárást alkalmazzák.

Interframe (P frame) kódolásakor a kép előzményeit is figyelembe veszik, így nagyobb tömörítést érnek el. A P keretek képzése a következő lépésekben történik:

- Mozgásérzékelés, azaz a kódolandó képben olyan részleteket keresnek ki, amelyek egyszerűen csak elmozdultak. Amikor pl. a kamera mozog, és a téma viszonylag mozdulatlan, a kép lényegében nem változik, csak helyzete tolódik el. A megváltozott részlet kiválasztása a világosságinformációkból képzett 8×8 -as makroblokkok elemzésével történik. Ez az eljárás a megváltozott részlet CIF kódját eredményezi (352×288 felbontással).
- A különbségi képet az I kereteknél alkalmazott DCT eljárás szerint két lépésben tömörítik

Az interframe módszer hibahalmozásra hajlamos, mivel az előző képekhez viszonyítva kódol. Emiatt időnként teljes (I) kereteket is át kell vinni, ami új helyzetet teremtve a hibák halmozódását megakadályozza. Amikor a képfolyamban lényeges változás következik (pl. vágás), akkor mindenképpen I keret kell küldeni. Az eredményül kapott bitfolyam sebessége időben nem egyenletes, mivel az I keretek időlegesen nagyobb átviteli kapacitást igényelnek.

A H.263 eljárás

A H.263 felülről kompatibilis a H.261 ajánlással, de újabb tömörítési módszereinek köszönhetően jobb minőségű képátvitelre képes. A táblázatból láthatóan ötféle felbontásban képes működni, egészen az 1408×1152 -as 16CIF felbontásig (összehasonlításképpen a HDTV felbontása kb. 2222×1250 , a televízióé kb. 833×625).

A H.263 jellemzői:

- A mozgásérzékelésnél fél képpont pontosságot használ.
- A hierarchikus szerkezet (I és P keretek) alkalmazása opcionális, így kisebb sebességeken is alkalmazható, hibavédelemmel.
- A mozgásérzékelésnél előre és hátra irányú elemzést is végeznek (előre irányban predikciót alkalmazva).
- A H.263 ötféle kódolási rendszert használ (ld. az alábbi táblázat), sőt, opcionális változataival együtt max. 16-féle kódolás lehetséges. A H.261 és a H.263 rendszer között az átmenetet a mindkettőben kötelező QCIF teszi lehetővé.

	H.261	H.263
Kötelező	QCIF	SQCIF, QCIF
Választható	CIF, SQCIF	CIF, 4CIF, 16CIF

A predikció módjától függően a H.263 rendszerben összesen 7-féle kerettípus különböztethető meg. Ezek közül az első kettő kötelező:

- INTRA: nincs referenciakeret (I-keret).
- INTER: referenciája a megelőző keret (P keret).
- PB: két olyan képet tartalmaz, amelynek megelőző referenciája van.
- Javított PB: a PB kerethez hasonló, de annál jobb.
- B: referenciája a B keretet megelőző és az azt követő egy-egy keret.
- EI: referenciája saját maga, de kisebb méretben.
- EP: két referenciája van, amelyek közül az egyik a megelőző, a másik saját maga, de kisebb méretben.

Multimédia-kódolási eljárások

A korszerű szabványos multimédia-rendszerek természetes úton előállított vagy gépi eszközök segítségével szintetizált kép-, hang- és digitális formátumú információkat egységesen kezelik (felvétel, visszajátzás, tárolás, átvitel, keresés stb.). Az ISO/IEC keretében működő Mozgóképek Szakbizottság (Moving Pictures Expert Group: MPEG) a műsorszórásnál, a filmgyártásnál és a szórakoztató elektronikában alkalmazott digitális tárolási és manipulálási eljárásokat szabványosítja, melynek révén többek között szabványos

nyos interaktív video-, CD-ROM- és digitális televízió-rendszerek jöhetnek létre.

Az MPEG képkódolási eljárások fő sajátossága, hogy új kerettípust vezetnek be: a kétirányú keretet (bidirectional frame B-frame). A B keretek előállítása során egy makroblokk esetén a múltban és a jövőben is keresnek. Tipikus továbbítási minta:

IBBPBBPBB IBBPBBPBB IBBPBBPBB

Kerettípus	Méret [kB]	Tömörítési arány
I	18	7:1
P	6	20:1
B	2,5	50:1
Átlag	4,8	27:1

A kódolóra nézve itt sincs megkötés, csak a dekódolásra. A bitfolyam szerkezete lehetőséget ad a tárolt bitfolyam véletlen vagy tetszőleges irányú (előre/hátra) hozzáférésére.

Az MPEG-1 eljárás [5] VHS képminőséget és CD-hangminőséget tűzött ki célul. A képkódolásnál a H.261 eljárást, a hangkódolásnál a MUSICAM eljárást alkalmazzák. 320x240-es képfelbontásnál 1.1 Mbit/s sebességre van szükség. A kép- és hangfolyamokat átlapolva viszik át.

Az MPEG-2 eljárás [6] a H.262 ajánlás szerinti képkódolásra épül. Alkalmazott kerettípusok: I, B, P. Fő megcélzott alkalmazási területei:

Kategória	Felbontás	Kép/sec	Bitsebesség [Mbit/s]	Alkalmazás
Kicsi	352 x 240	3	4	Közzérűségi, mágneses rögzítés, DVD
Közepes	720 x 480	10	15	stúdió tv
Nagy	1440 x 1152	47	60	HDTV
Igen nagy	1920 x 1080	63	80	filmgyártás

Az MPEG-1-hez képest a fő különbségek az alábbiak:

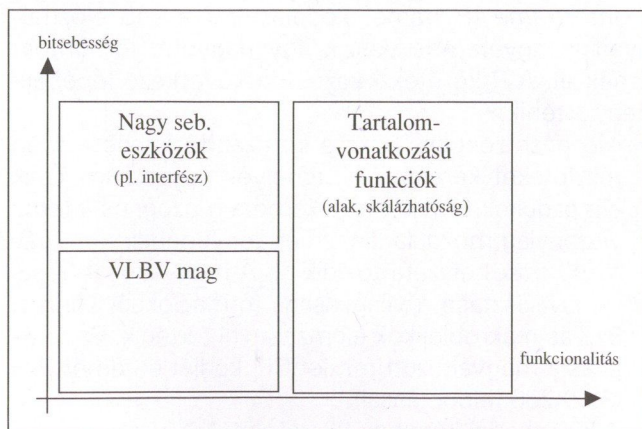
- Nemcsak kereteken, hanem mezőkön is képes keresni.
- Többféle makroblokkot is kezel (4:2:2 és 4:4:4).
- A keretméretek elérhetik a 16383 x 16383 értéket.
- Fokozatosan bővíthető üzemmódok (Temporal, Progressive).

Az MPEG-3 eljárás eredetileg a HDTV számára került kifejlesztésre 1920 x 1080-as felbontással. Később az MPEG-2-be beágyazták.

Az MPEG-4 eljárás

Az MPEG-4 eljárást [9] eredetileg kis sebességű (4,8-64 kbit/s) alkalmazásokhoz képzelték el. A bevezetésre váró harmadik generációs mobilrendszerekben ezt az eljárást tervezik alkalmazni. Első változata az ISO/IEC 14496 (1998. okt.). A korábbi MPEG változatokkal való kompatibilitást az MPEG-4 Version 2 biztosítja, amelynek utolsó szövege 1999 végére készült el.

Az MPEG-4 számos opcionális lehetőséget kínál, ami meglehetősen széles skálát fed le. Az objektumorientált szemlélet alapján az MPEG videoobjektumok és a hozzájuk szükséges bitsebességek között az alábbi általános összefüggés áll fenn:



6. ábra MPEG-4 funkciók

A VLBV (Very-Low Bit-rate Video) mag lényegében tipikusan 5-64 kbit/s sebességű bitfolyamra, legfeljebb CIF felbontásra és kb. 15 Hz képváltási frekvenciára vonatkozik. Ezek a jellemzők lényegében az ITU-R 601 ajánlásnak felelnek meg.

Képinformáció kezelése számítógépen

A korszerű számítógépek elengedhetetlen jellemzője a képi megjelenítés, a tárolási képesség és a szoftver összhangja.

Állóképek megjelenítése

Egy fotografikus megjelenítésre alkalmas korszerű számítógép-monitor jellemzői:

Felbontás	640x480 (min.) 1600x1200 (max.)
Színek száma	256 (8 bit) 32768 (15 bit) 65536 (16 bit) 16777216 (24 bit)

Ebből következik, hogy az egyes képek maximális információtartalma 10 MB és 4,02 GB között lehet. Ilyen tárolási képességekre csak akkor lenne szükség, ha nem alkalmaznának képtömörítési eljárásokat.

Állóképek tárolása

Alapértelmezésben az egyes kódolt állóképeket adatállományokban (fájlokban) tárolják. A kereskedelmi forgalomban kapható szoftvereket a fájlok kiterjesztésében különböztetik meg.

Megnevezés	Kiterjesztés	Kódolási mód
Windows Bitmap	.bmp	Képpontos, tömörítetlen ábrázolás
Targa Image	.tga	
CompuServe Image	.gif	
PCC Paintbrush	.pcx	
Kodak PhotoCD	.pcd	
TIFF	.tif, .tiff	Kéttónusú, futamhossz-kódolású
JPEG Image	.jpg, .jpe, jpeg, .jpa	JPEG formátum
FPX Format	.fpx	
Egyéb	.pic, .sfw, .kqp	

Külön kérdés az állóképek rendezett rendszeréből álló adatbázis felépítése. Egyes relációs adatbázis-kezelők állóképekből álló adatbázisban a képtartalom szerinti keresést is lehetővé teszik, néhány lényeges vizuális tulajdonság (szín, alak, textúra stb.) alapján [3]. Erre a célra az alábbi formátumokat alkalmazzák:

- JFIF: JPEG File Interchange Format
- JTIP: JPEG Tiled Image Pyramid – Olyan fájlszerkezet, ahol a nagyobb képeket részekre bontják, leicsinyítik, és egy nagyfelbontású „piramis” JPEG képben helyezik el.
- SPIFF: Still Picture Interchange File Format – A T.84 ajánlás szerinti kódoláshoz tartozó szabványos fájlformátum.

Ez utóbbi vázlatos szerkezete az alábbi [16]:



7. ábra PIFF adatállomány szerkezete

A fejlécben az adatállomány hosszát és különböző alkalmazástechnikai jellemzőket kell megadni. A directory minden egyes bejegyzése az egyes képekre vonatkozó adatokat külön-külön adja meg (szabványszám, hossz, kódolás, képek közötti összefüggések stb.). A közvetett

adatok között többek között a szerzői jogvédelemre vonatkozó információt is el lehet helyezni.

Videoformátumok

A mozgóképek megjelenítésére néhány kereskedelmi forgalomban lévő szoftver érhető el.

- QuickTime
- AVI (Type-1, Type-2)
- Computer-to-video conversions

Külön kategóriába tartoznak a képtelefon-alkalmazások, amelyek az együttműködés érdekében többnyire a szabványos formátumokat alkalmazzák. Pl. a Microsoft NetMeeting vagy az Intel Proshare terméke a H.261 specifikáció alapján működik.

Átviteli rendszerek követelményei

A képátvitel jelenleg főleg a műsorszóró- és a kábeltelevízió-rendszereken történik, de számos új szolgáltatás (videokonferencia, 3. generációs mobilszolgáltatás) megjelenése küszöbön áll. Az interneten történő valós idejű képtovábbítás a jelenleg fennálló kapacitásproblémák megoldásával szintén jelentőssé válik.

A műsorszórás-jellegű alkalmazásoknál a vég-vég készletelés szerepe nem jelent problémát, a párbeszédjellegű alkalmazásoknál viszont fontos ez a követelmény.

Bitsebességigény

Tömörítetlen képek átvitele esetén a sebességértékek az alábbiak

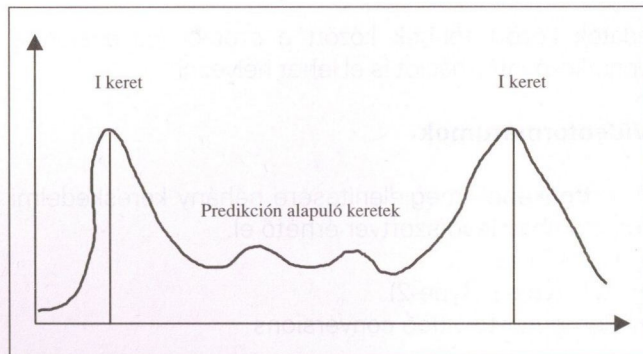
Kép-formátum	Bitsebesség tömörítés nélkül [Mbit/s]			
	10 kép/s		30 kép/s	
	Világosság (Y)	Szín (U+V)	Világosság (Y)	Szín (U+V)
SQCIF	0.983	1.47	2.95	4.42
QCIF	2.03	3.04	6.09	9.12
CIF	8.1	12.2	24.3	36.5
4CIF	32.4	48.7	97.3	146.0
16CIF	129.8	194.6	389.3	583.9

A szorzást mindenki fejben is el tudja végezni.

Tömörítés utáni sebességigények

Jellemző	Sub QCIF		QCIF		
Képváltási sebesség [kép/s]	2-3	5	10	15	20
Átviteli sebesség [kbit/s]	20	40	60	120	200
Alkalmazási terület	Beszélő fej, Monitoring	Hírek, klipek	Sportesemények	Programok	Magas minőség kis képernyőn

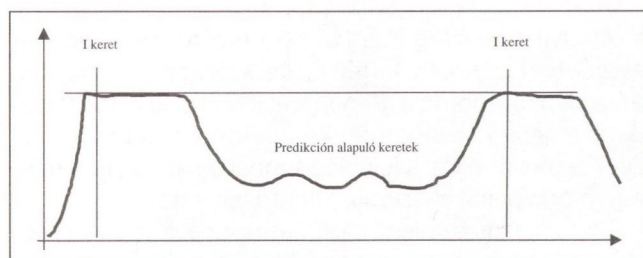
Az átviteli sebességigény persze az idő függvényében nem egyenletes, hiszen az I keretek a többi keretnél lényegesen nagyobb mennyiségű információt tartalmaznak.



8. ábra Átviteli sebességigény az idő függvényében

A késleltetés szerepe

Amennyiben az átviteli csatorna maximális sebessége konstans (pl. műsorelosztó-rendszerek vagy vonalkapcsolt hálózatok), és értéke a sebességcsúcsok alatt van, akkor az I keretek átvitele megnöveli a késleltetést.



9. ábra Késleltetés ingadozása

tést. Ezt a késleltetésingadozást közbenső tárolással kell áthidalni.

A tömörítés időszükséglete

Mozgásos JPEG	<45ms
MPEG-2: I keret	200ms - 400ms
MPEG-2: I, P keret	200ms - 500ms
MPEG-2: I, B, P keret	400ms - 850ms

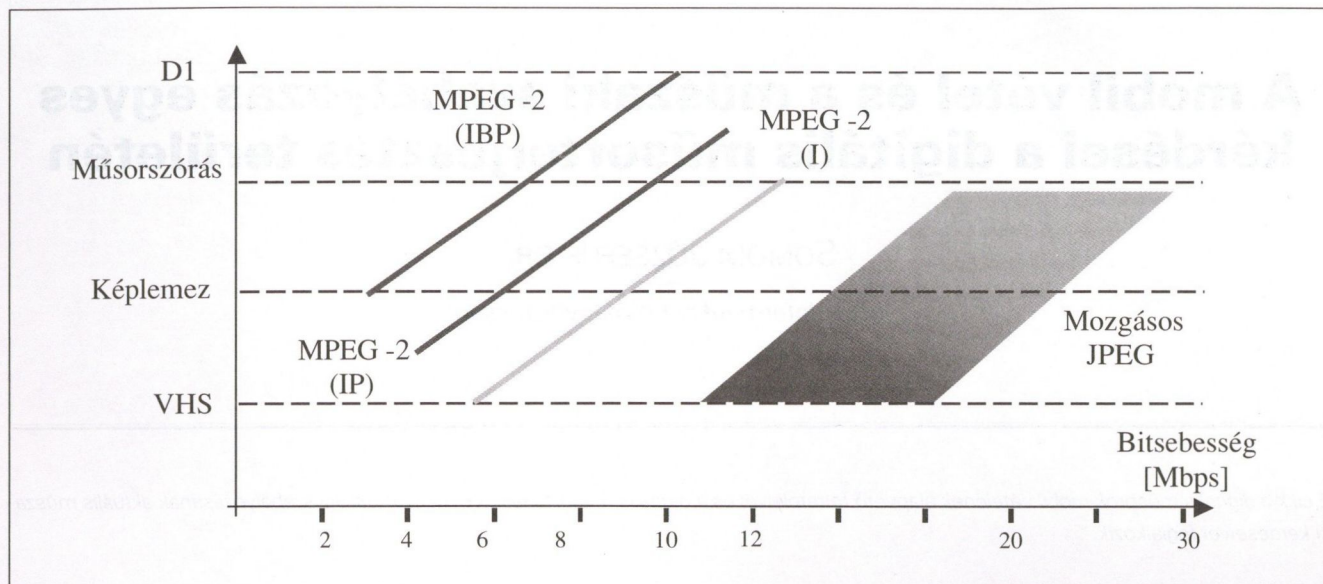
Az egyes távközlőhálózatok által nyújtott hordozószolgáltatások statisztikus tulajdonságai és a képkódoló által kibocsátott változó sebességű jelfolyam illesztése jelenleg a kutatás tárgya. Külön kérdés egyes vezeték nélküli rendszerek (pl. CDMA) hatása.

Összehasonlítás

Az egyes mozgókép-kódolási eljárások teljesítménye (képmínőség) erősen függ az alkalmazott módszertől, a képváltás sebességétől és a felbontástól. Ennek összefoglalása az alábbi ábrán látható (10. ábra).

Mint az ábrából látható, már az MPEG-2 eljárás segítségével is, pl. kb. 6–10 Mbit/s csúcsebességnél viszonylag jó minőségű átvitel érhető el attól függően, hogy I, IP, ill. IBP kereteket használnak. A digitális műsorszórásnál (DVB) a hagyományos jelfolyamokra létesített műholdas programátviteli rendszerekben modulációs módtól függően 2–8 ilyen bitfolyam vihető át [19]. Az MPEG-4 eljárás univerzális jellege miatt csaknem minden alkalmazási kört lefedhet.

Összefoglalásképpen megállapítható, hogy a kialakult képkódolási módszerek fejlettsége lehetővé tette



10. ábra Képkódolási módszerek jellemzői

a távközlőhálózatok által nyújtott hordozószolgáltatások jellemzői és a képkódolók által kibocsátott jelfolyamok közötti összhangot és gazdaságos együttműködést. Természetesen további előnyös megoldások még várhatók.

Irodalom

1. Dr. Ferecny Pál: Hírközléelmélet Tankönyvkiadó, Budapest, 1968.
2. Farkasvölgyi, A.: Multimédia-szolgáltatások geostacionárius műholdakon keresztül Híradástechnika, LVI. évf. 2001/6. pp 9–13.
3. Lencse, L.: Digitális képátviteli rendszerek Híradástechnika, LV. évf. 2000/11. pp 29–35.
4. Parameter Values for the HDTV Standards for Production and International Programme Exchange Recommendation ITU-R BT. 709–4.
5. MPEG-1 eljárás (ISO 11172-2)
6. MPEG-2 eljárás (ISO 13818-2)
7. Encoding parameters of digital television for studios Recommendation ITU-R BT.601-1
8. Video codec for audiovisual services at p x 64 kbit/s 1993 ITU-T Recommendation H.261
9. Overview of the MPEG-4 standard ISO/IEC JTC1/SG29/WG11 N4030 2001. Márc.
10. L. Hanzo, P.J. Cherriman, J. Streit: Modern Video Compression and Communications over Wireless Channels: From Second to Third Generation Systems, WLANs and Beyond Department of Electronics and Computer Science, University of Southampton, UK
11. ETS 300 036
12. Hersent, O., Gurle, D., Petit, J-P.: „IP Telephony. Packet-based multimedia communications systems” Addison-Wesley 2000, ISBN 0-201-61910-5
13. Application profile for Recommendation T.82 - Progressive bi-level image compression (JBIG coding scheme) for facsimile apparatus ITU-T Recommendation T. 85 Corrigendum 1 (02/97)
- 14] „Digital compression and coding of continuous tone still images - Requirements and guidelines”, Sept. 1993. ISO/IEC 10918-1, ITU Recommendation T. 81, International Standards Organisation
15. Information technology – Coded representation of picture and audio information – Progressive bi-level image compression ISO/IEC 11544, CCITT Recommendation T. 82, 1993.
16. Digital Compression And Coding Of Continuous-Tone Still Images – Extensions Annex F of ITU-T Recommendation T. 84 / I ISO/IEC IS 10918-3.
17. Information technology – Digital compression and coding of continuous-tone still images: Compliance testing ITU-T Recommendation T.83 / ISO/IEC 10918-2 (11/94).
18. Video coding for low bit rate communication ITU-T Recommendation H.263 (02/98).
- [19] Digital broadcasting systems for TV, sound and data services; Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services ETS 311 421 European Telecommunications Standards Institute December 1994.

A mobil vétel és a műszaki szabályozás egyes kérdései a digitális műsorterjesztés területén

SOMODI JÓZSEFNÉ DR.

MEH Informatikai Kormánybiztosság

E cikk a digitális műsorok mobil vételének alapvető feltételeivel és a digitális műsorterjesztés magyarországi szabályozásának aktuális műszaki kérdéseivel foglalkozik.

Televízió- és rádióműsorok vétele a digitális műsorszóró rendszerekben

A hagyományos (analóg) földfelszíni műsorszórásnál a mobil vétel lehetőségét mindenekelőtt az korlátozza, hogy mozgás közben nem tartható a vevőantenna megfelelő irányban, amire pedig szükség volna a maximális vételi térerő, illetve a minimális reflexió érdekében. A többutas terjedés az FM rádióműsorok mobil vételét számottevően korlátozza, a televízió-műsorok mobil vételét pedig gyakorlatilag lehetetlenné teszi.

A digitális műsorszórás egyik jól ismert előnye az analóghoz képest, hogy védelmet nyújt a többutas terjedéssel szemben. Ez azonban csak azokra mondható el, amelyeknél az OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) csatornakódolási eljárást alkalmaz-

zák. Ennél az eljárásnál a rádiófrekvenciás jel sok, egymáshoz képest ortogonális vivőt tartalmaz, amelyeket OFDM szimbólumok modulálnak. Az OFDM szimbólumok egyrészt az átviendő információt (műsorjeleket vagy más adatokat), másrészt a szinkronizáló jeleket és a hibavédelmi biteket tartalmazzák. Része az OFDM szimbólumnak egy védőintervallum is, amelynek hossza a tervezett adóhálózatnak megfelelően választandó ki a szabványosított értékek közül. Ha a vevőhöz többutas terjedéssel érkező jelek közötti időeltérés kisebb egy meghatározott értéknél (amely valamivel a védőintervallum felett van), a jelek konstruktív módon összegeződnek, és nem idéznek elő fadinget. Így a jó minőségű vételhez nincs szükség irányított antennára.

Az OFDM csatornakódolást a digitális műsorszórás következő európai és japán rendszerei alkalmazzák:

	Európai rendszer	Japán rendszer
Televízió-műsorszórás:	DVB-T: Terrestrial Digital Video Broadcasting	ISDB-T: Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting
Rádió-műsorszórás 30 MHz felett:	T-DAB: Terrestrial Digital Audio Broadcasting; S-DAB: Satellite Digital Audio Broadcasting	ISDB-T _{SB} : Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting (Sound Broadcasting)
Rádió-műsorszórás 30 MHz alatt:	DRM: Digital Radio Mondiale	

A továbbiakban csak a DVB-T és a T-DAB rendszer mobil vételét tárgyaljuk, mert hazánkban ma ezeknek a rendszereknek a szabályozási előkészítése aktuális.

A következő táblázat feltünteti a Nemzetközi Távközlési Egyesület (ITU) által világszabványként elfoga-

dott földfelszíni digitális televízió-műsorszóró rendszerek néhány fő jellemzőjét, köztük azokat a paramétereket, amelyek a továbbiakban a mobil vételnél jelentősek ([1]).

Rendszer	ATSC ¹	DVB-T	ISDB-T
Hibavédelem	R = 2/3	R = 1/2, 2/3, 3/4 vagy 7/8	
Csatornakódolás		COFDM ²	BST ³ -OFDM
		Védőintervallum: 1/4, 1/8, 1/16 vagy 1/32 OFDM szimbólumidő	
A kisugárzott vivők száma	1	1705 (2k módus) 6817 (8k módus)	1405 (1. mód) 2808 (2. mód) 5617 (3. mód)
Moduláció	8-VSB, 16-VSB	QPSK, 16QAM, 64QAM	DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
Előnyök az ATSC rendszerrel szemben:		védelem a többutas terjedéssel szemben, SFN ⁴ hálózatok lehetősége, hordozhatóság	
		mobil vétel	még jobb mobil vétel

¹ ATSC: Advanced Television Systems Committee; amerikai rendszer

² COFDM: Coded OFDM

³ BST: Band Segmented Transmission

⁴ SFN: Single Frequency Network

A DVB-T rendszert elsődlegesen az állandó helyű (lehet a hordozható, de vétel közben nem mozgó) alkalmazásra fejlesztették ki. A piaci bevezetés megkezdésekor azonban fontossá vált a mobil vétel is, mint a sikeres bevezetés egyik feltétele. A mobil vétel hang, adat és kisfelbontású kép szolgáltatását jelentheti, elsősorban a tömegközlekedésben (autóbusz és vonat utasai számára).

Mobil multimédiás vétel céljára a QPSK és R = 1/2 vagy R = 2/3, továbbá a 16QAM és R = 1/2 értékpárok ajánlottak. (Magasabb szintű moduláció esetén fading, vagy Doppler hatás lép fel.) Ilyen adatok mellett az elérhető adatátviteli sebesség 8 MHz-es csatornában 12 Mbit/s, szemben az állandó helyű vétel esetén elérhető 31,67 Mbit/s-mal. A mobil vétel egyik ára tehát az elérhető adatátviteli sebesség és ezzel a képfelbontás csökkenése. Nagy felbontású kép (HDTV) mobil véte-

lére nincs lehetőség. A mobil vétel másik ára a zavarérzékenység növekedése. Emiatt egy adott földrajzi terület ellátása mobil vétellel számolva nagyobb adóteljesítményt és esetleg több átjátszóadót igényel, mint állandó helyű vétellel számolva.

A megengedett járműsebességre vonatkozóan nem állnak rendelkezésre számított adatok. Ezeket az adatokat különböző viszonyok mellett végzett mérésekkel állapítják meg. Ilyen mérések eredményéről számolt be a Deutsche Telekom munkatársa 2000-ben ([2]). A vizsgálat során öt különböző digitális vevőkészülékkel mérték, hogy QPSK moduláció és R = 1/2 védelmi arány mellett mekkora járműsebesség engedhető meg. A vevőkészülékek között igen nagy volt a szórás. A tv 40. csatornában végzett mérések eredményei rurál környezetben a 180–480 km/óra, városi környezetben a 140–640 km/óra tartományba estek.

Ellentétben a DVB-T-vel, a T-DAB rendszert elsődlegesen a mobil vétel céljára fejlesztették ki.

A T-DAB szabványa ([3]) megkülönböztet négy adásmódot a különböző frekvenciasávok és hálózattípusok számára. Ezek az adásmódok a következők:

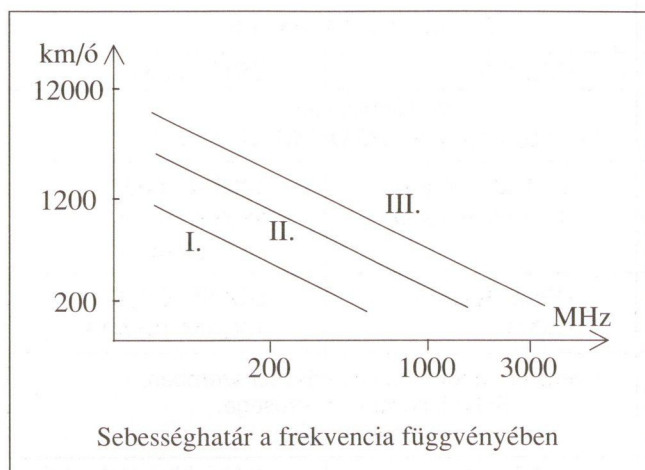
Adásmód	Adási frekvenciasáv	Hálózat	Védőintervallum	Legnagyobb adótávolság
I.	I., II. és III. sáv	Nagyméretű SFN	246 ms	kb. 80 km
II.	I., II., III., V. és L-sáv	Helyi	62 ms	kb. 20 km
III.	S-sáv 3 GHz alatt	Helyi	31 ms	kb. 10 km
IV.	I., II., III., V. és L-sáv	Helyi és L-sávi SFN	123 ms	kb. 40 km

A táblázat utolsó oszlopában szereplő legnagyobb adótávolság SFN (Single Frequency Network) hálózatra vonatkozik. Mint látható, a védőintervallum és a legnagyobb adótávolság között lineáris kapcsolat van. A legnagyobb adótávolság közel akkora, mint a védőintervallumnak megfelelő hullámterjedési út (ami pl. 246 ms

esetén 73,8 km). Egy adó által ellátott terület sugara a legnagyobb adótávolságnak kb. a fele lehet.

Az ellátottsági területen belül a mobil vétel minősége függ a jármű sebességétől, a vivőfrekvenciától és a választott adásmódtól. Ezt szemlélteti a következő sematikus ábra, amely az I., II. és III. adásmódhoz tar-

tozó sebességhatárokat tünteti fel a frekvencia függvényében.



Példaként két konkrét sebességhatár-érték:
az I. adásmódban 200 MHz-en: 300 km/ó,
a II. adásmódban 1,5 GHz-en: 180 km/ó.

Megemlítendő, hogy a DAB rádiócsatorna teljes adatátviteli kapacitása kb. 1,5 Mbit/s, ami kis felbontású képátvitelre is alkalmas. Ezért egyes piacelemzők szerint a T-DAB a mobilszolgáltatások terén versenytársa lehet a DVB-T-nek.

A digitális műsorterjesztés aktuális szabályozási kérdései

A műsorterjesztés teljes digitalizálásának előbb-utóbb valamennyi (műholdas, földfelszíni és kábeles) platformon végbe kell mennie. A sikeres átállás megkívánja, hogy az analóg műsorterjesztés leállításának határidejét az állam minél előbb kitűzze. Ez a határidő eltérő lehet a televízió és a rádió vonatkozásában.

Gazdasági és szabályozási okokból a digitális technika bevezetése Európa-szerte a műholdas televíziós műsorszórtásban és az ehhez kapcsolódó kábeltelevíziós műsorelosztó-hálózatokban kezdődött el. A földfelszíni digitális műsorszórás elindítása viszonylag nagy és kockázatos beruházást, valamint sok frekvenciát igényel. A műsorszóró frekvenciák már eddig is (az analóg korszakban) szűkösen álltak rendelkezésre, ezért a frekvencia elosztására az egyes országokban szabályozást kellett bevezetni. Magyarországon ezt a szabályozást a médiatörvény tartalmazza. A szabályozásnak részben műszaki céljai vannak: rendelkezésre kell bocsátani az analóg/digitális átálláshoz szükséges frekvenciákat, és meg kell határozni a digitális távközlőrendszerekre és -berendezésekre vonatkozó előírásokat. Korlátozott számú frekvencia áll rendelkezésre, emiatt médiaszabályozási kérdések is felmerülnek, amelyek egy részét a médiatörvény módosításával kellene megválaszolni. A jelzett szabályozási feladatokat az analóg/digitális átállás érdekében mindenképpen el kell végezni. Az átállás gyorsítása – és ezzel végső soron az átállás költségeinek csökkentése – érdekében

penzügyi szabályozásra, vagy állami támogatásra (pl. a mielőbbi sáv tisztítás állami finanszírozására) is szükség lesz.

Frekvenciák biztosítása a DVB-T számára

Európában a DVB-T adók frekvencialehetőségeit ma alapvetően az ST 61 ([4]) és a CH97 ([5]) határozza meg. Ez azt jelenti, hogy azok az igazgatások – köztük a magyar is –, amelyek a CH97-et aláírták, az ST61-ben számukra kiosztott analóg tv-csatornákat a CH97-ben meghatározott műszaki feltételek mellett és koordinációs eljárások után használhatják. Lényeges körülmény, hogy az ST61 szerinti csatornakiosztás csak többfrekvenciás DVB-T adóhálózatok (MFN: Multi Frequency Network) létesítését teszi lehetővé, és nem ad lehetőséget a DVB-T-ben rejlő spektrumhatékonyságot kihasználó SFN létesítésére. Magyarország jelenleg azzal az ST61-beli huszonekét csatornakiosztásával tud számolni, amelyeket analóg televízióadói nem használnak fel. Megemlítendő, hogy az ST61-ben a 61–69. csatornák között nincs kiosztásunk, mivel ezt a sáv részt katonai alkalmazások számára tartottuk fenn. A 67. csatornát azonban a frekvenciasávok nemzeti felosztásáról szóló 221/1999. (XII. 29.) kormányhatározat 2001. január 1-jétől a DVB-T számára kijelölhetővé tette, miután e csatornából a katonai rendszerek kivonultak.

Az Országos Rádió és Televízió Testület felkérésére a Hírközlési Főfelügyelet (HIF) 2000-ben elkészítette három, országos ellátottságot biztosító DVB-T adóhálózat elvi frekvenciatervét, amelyhez az ST61 szerinti szabad csatornáinkat és a 61–69. csatornákat használta fel. Az adók tervezett effektív kisugárzott teljesítménye (ERP) 30–50 dBW közötti. A lakossági ellátottság számított értéke az egyes hálózatokban állandó helyű vétel esetén kb. 95%, hordozható kültéri vétel esetén kb. 75%. (Mint ismeretes, egy csatornában több műsor multiplexe vihető át. PAL minőség mellett egy multiplexben 4 műsorról lehet számolni.) E hálózatok megvalósításának alapvető feltétele a sikeres nemzetközi és belföldi frekvenciakoordináció. A belföldi koordinációt a HIF a Kormányzati Frekvenciagazdálkodási Hivatallal végzi. A katonai rendszereket egyébként a 61–69. csatornákból 2008. december 31-ig ki kell vonni a hírközlés-politikáról szóló, 1071/1998. (V. 22.) kormányhatározat szerint.

A frekvenciatervek elkészítésekor a HIF az állandó helyű és a hordozható kültéri vétel szempontjait vette figyelembe (választott paraméterek: 64QAM, R = 2/3). A mobil vételhez a tervezettnél nagyobb térerőre (sűrűbb adóhálózatokra) volna szükség. A mobil vétel igényével azonban valószínűleg csak a nagy forgalmú autótutak, vasútvonalak mentén kellene számolni. Az erre való tervezés a frekvenciahiány és az igények bizonytalansága miatt még korai.

A CH97 csak átmeneti megoldást kínál a DVB-T európai bevezetésére. A végleges megoldáshoz egy új, digitális csatornakiosztási tervre volna szükség, amely SFN hálózatok lehetővé tételével optimális frekvenciafelhasználást biztosítana, és az egyes országok számá-

ra a csatornákhöz való egyenlő hozzáférést is (országként 6 multiplexet) biztosítaná. Ezért a CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) 2000-ben kezdeményezte az ITU-nál az ST61 felülvizsgálatát. Az ITU Tanácsa 2001 júniusában határozatot hozott egy körzeti tervező értekezlet megtartásáról, amelyen az európai műsorszóró övezet számára új televíziócsatorna-kiosztást hoznának létre a 174–230. MHz és 470–862. MHz sávokban. Az értekezlet 2004. május 10–28. közötti első ülésének feladata a frekvenciatervezés műszaki előkészítése lesz. Ezt követően az igazgatások megtervezik saját csatornakiosztásaikat, minden bizonnyal szem előtt tartva azt, hogy a 2004-ig kialakult állapotból a lehető legkisebb költséggel lehessen majd a végleges csatornakiosztásokra átállni. A frekvenciaterveket egy 2005-re tervezett második ülésen fogják egyeztetni. A tervezésbe az ITU előreláthatólag be fogja vonni az európai műsorszóró övezettel szomszédos országokat és az afrikai műsorszóró övezetet is.

Az áttérés az új, digitális frekvenciakiosztásra nyilvánvalóan nem egyik napról a másikra történik. A folyamat várhatólag 10-15 évet fog igénybe venni, amelynek során még annak ellenére számolnunk kell a frekvenciák szűkös rendelkezésre állásával, hogy a DVB-T frekvenciakihasználása többszörösen jobb, mint az analóg televízióé.

Frekvenciák biztosítása a T-DAB számára

A digitális rádióműsor-szórás részére az ITU 1992-es Rádió-távközlési Világértekezlete (WARC'92) az 1. körzetben (amelybe Európa is tartozik) az L sáv 1452–1492 MHz-es részét osztotta fel, különös tekintettel a műholdas műsorszórásra. Mivel az L sáv nagy területű (országos) földfelszíni műsorszórás céljára kevésbé előnyös, mint a VHF sáv, Európában megkezdődött a T-DAB számára alkalmasabb tartomány keresése a VHF sávban. 1995-ben, a wiesbadeni T-DAB tervező értekezleten a CEPT igazgatások megállapodtak (WI95, [6]) a 47–68 MHz, 87,5–108 MHz, 174–230 MHz, 230–240 MHz és 1452–1492 MHz sávokban elhelyezhető 1,5 MHz-es T-DAB blokkok olyan kiosztásáról, amely valamennyi ország részére két országos lefedést biztosít. A VHF sávi blokkok zöme a tv 12. csatornába (223–230 MHz közé) esik; Nyugat- és Közép-Európa igazgatásai itt igényeltek VHF sávi blokkokat. Az L sávi 40 MHz-ben elhelyezhető 26 DAB blokkból 9-et kiosztottak T-DAB céljára, ennyivel csökkentve a műholdas adásra használható blokkok számát. A WI95 hazánk hat földrajzi körzete számára osztja ki az egyes blokkokat. Ezek a blokkok az egyes körzeten belül SFN hálózatot tesznek lehetővé, de országos SFN kialakítására nincs lehetőségünk. Blokkjaink száma időközben gyarapodott a HIF tervező munkájának köszönhetően. Jelenleg körzetenként van egy blokkunk a tv12 csatornában és egy az L sávban, továbbá két körzetben van még egy-egy, és Budapesten két blokkunk. A tv12 csatorna használhatóságát azonban az MTV műsorát sugárzó kab-hegyi tv-adó jelentősen korlátozza. A

szomszédos országok felé vállaltuk, hogy a T-DAB frekvenciakijelöléseiket 2002. december 31. után nem fogjuk korlátozni. E vállalást a kab-hegyi adó frekvenciacserejével terveztük teljesíteni. A csere jelentős beruházást (két új nagy teljesítményű adót és új átjátszóadókat) igényel. Figyelembe véve, hogy szomszédainknál még nincsenek konkrét tervek a T-DAB bevezetésére, ezt a csere-t minél tovább halasztani kívánjuk. A HIF újabb számításai szerint az is elképzelhető, hogy frekvenciacsere nélkül, az érintett szomszédaink felé történő sugárzás korlátozásával is rendezhető a kérdés. Az ügyben 2000-ben az osztrák igazgatással konzultációt kezdeményeztünk, mely jelenleg is tart. Mind a HIF, mind az osztrák fél részéről mérések történtek a sugárzás szükséges korlátozásának megállapítása céljából. A műszaki vizsgálatok még folyamatban vannak.

A WI95-ben kiosztott blokkok mennyisége több országban kevésnek bizonyult, a blokkok használatbavételére irányuló koordinációk sikertelensége miatt. Ezért a CEPT keretében már folyik további 7 L-sávi blokk kiosztásának előkészítése. Az új kiosztásról ez év júniusában Maastrichtban tartandó T-DAB tervezői értekezleten kell megállapodásnak születnie. A tervezési munkában 1999 óta folyamatosan részt vesz a magyar igazgatás.

Az újabb L-sávi blokkok kiosztása nem fedeli el azt a tényt, hogy valójában inkább VHF sávi blokkokra volna igény. Az ST61 tervezett felülvizsgálata remélhetőleg olyan eredményt is hoz majd, hogy a 174–230 MHz sáv egyes csatornái T-DAB céljára irányozzuk elő.

Az európai szabályozás harmonizálása

Az Európai Unióban a digitális műsorterjesztéssel csak a televíziójelek átviteli szabványainak használatáról szóló, 95/47/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv ([7]) foglalkozik, amelyet a digitális televízió irányelvének tekintenek. Az irányelv célja 1995-ben a fejlett televízió- (advanced television) szolgáltatások fejlődésének elősegítése volt. E szolgáltatások körébe a széles képméretarányú, a nagy felbontású (HDTV) és a digitális televíziót sorolja az irányelv, de rendelkezéseinek többsége a digitális televízióval kapcsolatos.

Az irányelv a digitális televízióműsor-szolgáltatás szabadpiaci versenyének hatékony támogatása érdekében kötelezővé teszi az európai szabványok alkalmazását. E szabványoknak való megfelelés szükséges ahhoz, hogy a digitális televízió-műsor (mint áru) az Európai Közösség bármely fogyasztójához eljuthasson. Kötelezővé teszi az irányelv olyan átviteli rendszerek alkalmazását, amelyeket európai szabványosítási testület fogadott el. (Ilyen rendszerek jelenleg csak az ETSI-CENELEC által szabványosított DVB rendszerek.) Előírja az irányelv, hogy a 42 cm-nél nagyobb képernyőátlójú analóg televíziókészülék legyen ellátva olyan európai szabványú interfész csatlakozóval, amely lehetővé teszi digitális vevőegység csatlakoztatását. A digitális televízióműsor-vevő készüléket el kell látni olyan szabványos csatlakozóval, amely lehetővé teszi a digitális televíziójel egyes

összetevőinek (a kép- és hangjeleknek, a feltételes hozzáférési információknak stb.) külső berendezéshez való eljuttatását.

Az irányelv rendelkezéseket tartalmaz a digitális televízió elterjesztésében fontos szerepet játszó feltételes hozzáféréssel kapcsolatban is. Ilyen rendelkezés például az, hogy annak a digitális vevőnek, amely alkalmas a feltételes hozzáférésű műsorok dekódolására, képes ezt általános keverési algoritmus felhasználásával. Ennek alkalmazási jogát valamely európai szabványügyi szervezettől lehet megszerezni. Ilyen algoritmus jelenleg a DVB projekt által kidolgozott és az ETSI-nél hozzáférhető DVB Common Scrambling Algorithm.

Az irányelv harmonizálása céljából a közelmúltban kiadásra került a Miniszterelnöki Hivatal vezető miniszter 31/2001. (XII. 23.) rendelete a széles képméretarányú és a digitális televízió műsorszolgáltatással összefüggő műszaki előírásokról. A rendelet előkészítése során szembesülni kellett azzal, hogy a digitális televízióval kapcsolatos magyar kifejezések és meghatározások jó része még nem alakult ki. E téren széles körű szakmai konzultációkra lesz szükség még a jövőben is.

Irodalom

1. Recommendation ITU-R BT.1306: Error-correction, data-framing, modulation and emission methods for digital terrestrial television broadcasting

2. Thomas Wächter: The Solution for a Universal, Future Proof Broadband Platform (előadás a NAB2000 Broadband Engineering Conference számára)
3. ETSI EN 300 401 V1.3.3. (2001-05): Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers
4. Regional Agreement for the European Broadcasting Area, Stockholm, 1961
5. The Chester 1997 Multilateral Co-ordination Agreement relating to Technical Criteria, Co-ordination Principles and procedures for the introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T)
6. Special Arrangement of the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) relating to the use of the bands 47 – 68 MHz, 87.5 – 108 MHz, 174 – 230 MHz, 230 – 240 MHz and 1452 – 1492 MHz for the introduction of Terrestrial Digital Audio Broadcasting (T-DAB)
7. Directive 95/47/EC of the European Parliament and of the Council of 24 October 1995 on the use of standards for the transmission of television signals

Hírek

Az ITU és a szabályozó hatóságok

A brazil távközlési szabályozó hatóság, az Anatel látványos sikereket ér el a brazil távközlés fejlesztésében. A távközlési monopólium megszűnése és az árcsökkenés következtében sok olyan ember jutott telefonhoz, aki azt tíz évvel ezelőtt nem volt képes megfizetni. Az Anatel innovatív szabályozó mechanizmust alakított ki, ami a telefonálók számára lehetővé teszi, hogy napra, órára és rendeltetési helyre való tekintet nélkül a legkedvezőbb áron létesíthessenek távközlési kapcsolatot. E célból az Anatel webhelye folyamatosan összehasonlítja a belföldi távolsági, a nemzetközi és a mobilhívások szolgáltatóktól begyűjtött alapadatait.

Az Anatel számos jó módszert dolgozott ki, pl. azt, hogy az igazgatókat 5 évben rögzített időtartamra nevezik ki, közöttük az ügyeket véletlenszerűen osztják ki, amivel tapasztalataikat szélesítik és semlegességüket védik.

A brazil szabályozó hatóság sok funkcióját kiszervezte. Jelentős újítása a „fordított versenytárgyalás”, amelyre az ajánlatokat írásban egyszerre kell benyújtani. Ezután az ajánlatok legolcsóbb 10%-át benyújtókat felszólítják, hogy ajánlatukat 8 napon belül ismételjék meg. Ezzel a beszerzések hatékony és átlátható intézésének alapját vetik meg. A módszert tőlük átvenni készülő más állami szervek 20%-ig terjedő megtakarítást remélnek.

Az Anatel megfigyelő- és büntetőrendszert vezetett be, ami a szolgáltatókat a területi lefedéssel és a szolgálat minőségével kapcsolatos kötelezettségeik teljesítésére szorítja. 1999-ben a kormány kampányt indított „Rendet és haladást a brazil távközlésben” címmel. (A „rend és haladás” a brazil államszövetség címerében is olvasható.) Ennek keretében a közönséget tájékoztatják a távközlési bővülésről és a szolgálat minőségét előíró szabványokról, a használókat emlékeztetik jogaikra a szolgáltatóval szemben.

A hatóság munkamódszerének legfontosabb eleme, hogy lehetővé teszi tevékenységének véleményezését vita kezdeményezésével és meghallgatások útján. Végül pénzalapot teremtettek az univerzális szolgálat megvalósítására egyrészt távoli területeken levő kulturális és egészségügyi intézmények távközléssel való ellátásához, másrészt internet-hozzáféréshez juttatás támogatásával.

Az ITU a szabályozó hatóságokat fórumok rendezésével, legújabbán pedig a világhálón tapasztalatcserére alkalmas webhely fenntartásával segíti. (ITU)

Gondolatok a set-top-boxokról

STEFLEL SÁNDOR

A digitális televíziózás elterjedésével a set-top-box, az STB (Európában inkább Integrated Receiver Decodernek, IRD-nek nevezett eszköz) kulcsszerepet kezd betölteni a házi elektronikus berendezések között, és az ipar igyekszik ezt továbbfejleszteni új képességekkel, nemcsak hardverekkel és szoftverekkel, hanem szabványokkal is. Az STB-k fejlődése azonban két irányba halad: az egyik szerint a STB rendkívül intelligens, sok mindenre alkalmas gép, egyre nagyobb teljesítményű, gyors mikroprocesszorokkal és növekvő mennyiségű RAM-mal. A másik irányzat szerint az STB egy olcsó, buta hardver, memória nélkül és minimális jelfeldolgozási képességgel. Egyetlen célja, hogy rákapcsolódjon a fejállomási szerver gépre, és onnan kapja meg mindazt az intelligenciát, ami feladatának betöltéséhez kell. Bárhogyan is nézzük a set-top-boxokat, nem kétséges, hogy segítségével a felhasználók egyre növekvő számú és bonyolultságú alkalmazáshoz jutnak.

Bevezetés

A nemzetközi szakfolyóiratokat figyelve a cél a televíziós készülékek és környezetének megszerzése az új bevételi forrásokat biztosító multimédia-szolgáltatásai számára. Ennek a küzdelemnek a legfőbb fegyvere a „set-top-box”, amely képessé teszi a mai normál, analóg televíziós vevőt arra, hogy az antennáról, vagy kábeltől érkező digitális műsor- és kiegészítő szolgáltatások adatjeleit megfelelően feldolgozva képessé tegyék az előfizetőket arra, hogy a tv és a távirányító segítségével akár számítógépet helyettesítő funkciókat is igénybe vehessenek. A set-top-box idővel a lakások legfontosabb, központi vezérlőegysége lehet, mert nemcsak a szórakoztatás céljait szolgálhatja, hanem interfész is lehet az „intelligens” lakóház távközlési (tehát telefon- és internet-) hálózatától a belső hálózata felé, amely a vezérelhető egységeket tartalmazza (videorekorder, világítás, mosógép, tűzhely, fűtő- vagy klímaberendezés stb.).

A set-top-boxok kategóriái

A „set-top-box” néven forgalomba került eszközök durván a következő csoportokba sorolhatók.

Az analóg set-top-boxok a korai ktv-vételbővítő eszközei (voltak), amelyek néha csatornafrekvencia-áthelyezést, hangolást és titkosításfeloldást (descramblerezést) végeznek. Ezek csak nagyon keveset változtak az elmúlt 20 évben, főleg a descramblerezés technikájában térnek el egymástól.

A tárcsázó set-top-boxok a PSTN-en keresztüli internet-elérést teszik lehetővé PC helyett tv-készülék (és távirányító) segítségével. Tipikus példájuk a NetGem NetBox.

A belépő szintű set-top-boxok már képesek a digitális tv-műsorok vételére, ezek néha csak a titkosítatlan adások vételére használhatók, de gyakran kiegészülnek a fizetős műsorok vételi lehetőségével és egyszerű programnavigációs képességgel. Ezen dobozok jellemzője az alacsony ár, kevés memória, lassú processzor és kevés interfész.

A középkategóriájú set-top-boxok már rendelkeznek visszirányú jelátviteli lehetőséggel, melynek a segítségével kapcsolatot tudnak felvenni a fejállomási szerverrel, interaktív szolgáltatások igénybevétele, vagy program-, ill. szoftverletöltés kérése céljából. Ezen készülékek több memóriával és gyorsabb jelfeldolgozási képességgel rendelkeznek. Pl. míg egy belépő szintű STB 1-3 MB flash memóriájú (főleg azonosítók tárolására), addig a középkategóriájú dobozokban ez 6-8 MB és az azonosítókon kívül adatok tárolására is alkalmas.

A fejlett kategóriájú set-top-boxok (belülről) nagyon hasonlítanak egy multimédia PC-re, és több mint tízszeres feldolgozási kapacitással rendelkeznek egy belépő szintű egységhez képest. 16-32 MB flash-memóriával és gyors (pl. kábelmodemes) visszirányú kapcsolati lehetőséggel rendelkeznek. Ezek révén sokféle interaktív szolgáltatás igénybevétele alkalmasak (pl. IP-telefon, VOD, gyors internet stb.). Mindezekon kívül a felhasználók számára sokoldalú és fejlett grafikai képességekkel és elektronikus programkalauzzal (EPG) könnyíthetik meg a tévézést.

A fejlett set-top-boxok egyes típusait újabban ellátják merevlemez programtárolóval is, ami személyes videorögzítést (PVR) tesz lehetővé. Ezekben a berendezésekben már megjelenik a házi hálózat kiépítéséhez szükséges interfészek választéka is, így a STB lehet a háztartási elektronikus berendezések átjárója (gateway).

A továbbiakban csak a közép- és annál fejlettebb kategóriájú set-top-boxokról lesz szó.

Technológia

A set-top-boxok egyre újabb technológiával (operációs rendszerrel, chip-settel), kiegészítő elemekkel (pl. merevlemez) és képességekkel készülnek. A második generációs eszközök legfontosabb jellemzője az interaktivitás lehetősége, amely nemcsak internethozzáférést biztosít, hanem automatikus és tartalomspecifikus videotárolást is (Personal Video Recorder, azaz PVR). Egyébként jól látható egy olyan tendencia is, hogy a dolgozószobába való, számítógép-orientált végberendezések helyett ezeket a funkciókat a barátságos és lakószobába illő televíziós készülék felé tereljük.

Az internetprotokoll (IP) kezelése a legfontosabb követelmények egyike, mivel ez ma az interaktív kommunikáció alapvető eszköze. Nagy probléma ennek olyan kialakítása, amely nem igényel a használatához speciális (számítástechnikai) ismereteket. Nem mindenki olyan lelkes ugyanis az újabb és újabb programok elsajátításában, mint a számítógép-hobbizók. Sőt, a set-top-boxokat az újabb funkciókkal ellátó programok betöltését is távolról, hálózaton keresztül, jóformán a tulajdonos tudta nélkül célszerű elvégezni.

Jó példák erre a különböző játékkonzolok, ahol az egyre növekvő teljesítmény nem igényli a kezelők részéről új ismeretek elsajátítását. A StreamMaster 5000 pl. a második generációs set-top-boxok egyik etalonja – piaci igények esetén –, könnyen és gyorsan képes újabb szolgáltatások kijánlására, automatikus szoftveraktualizálás révén. Mindebből a felhasználó nem lát semmit, csak azt, hogy újabb menüpont jelent meg a kínálati listán. A távközlési szolgáltatók azonban mindmáig kevés olyan szolgáltatást kínálnak, amely automatikus installációt és ügyfélre szabott kezelőfelületet biztosít. A StreamMaster bővíthető DVD lejátszóval, és/vagy merevlemez tárolóval az integrált PVR funkció számára. Ennek támogatására pl. a BSKyB, a neves brit műsorszolgáltató 2000 szeptemberétől kezdve Sky+ néven olyan lehetőséget kínál, amely biztosítja az ízlés szerinti műsorok automatikus felvételét, visszajátszását, pillanatnyi megállítását élő és konzerv műsorok esetén egyaránt. Ezt gyorsan fogják követni a kábeles műsorelosztók is. A DataMonitor nevű piac-előrejelző intézet véleménye szerint 2005-re az európai piacon megjelenő új set-top-boxok 48%-a már tartalmazni fogja a PVR lehetőséget. Ezen riport azt is állítja, hogy ekkorra a digitális tv-vétellel rendelkező lakások 42%-a egynél több STB-t fog üzemeltetni, tehát várható az új generációs készülékek elterjedése.

Az interaktív műsorszórásra való alkalmasságon kívül az új, nagy teljesítményű set-top-boxok a tv-készüléket interaktív játékkonzollá is át tudják alakítani. Ez pedig óriási üzletet jelenthet a játékgyárak számára, melyeknek a hatalma már ma is vetekszik Hollywoodéval. Az eddigi konvergenciákon kívül meg-

jelenik a televíziós ipar és a játékipar konvergenciája is. Ez természetesen magába foglalja a szerencsejátékoknak a tv-n keresztül való bonyolítását is.

Az utóbbi időben ezen a téren a cégspecifikusok helyett a nyílt rendszerek kerültek a figyelem középpontjába. Ezek közül az egyik legújabb az idén nyáron alakult Linux TV Alliance, amely szabványokat akar teremteni az STB-piac számára. Ez nagyon is indokolt, mivel egy közös platform nagyban elősegítheti az új set-top-boxok gyors fejlesztését, árak csökkentését és ilyen módon a gyors elterjedést. Ezt támogatta pl. a National Semiconductors is egy Linux alapú digitális videoszoftver kidolgozásával. Az operációs rendszerek vonatkozásában nem szabad megfeledkezni egy perspektivikus európai kezdeményezésről az egységes STB-szabvány kialakítása érdekében, ez pedig az MHP, a Multimedia Home Platform, amelyet jelenleg már több mint 200 gyártó és műsorszolgáltató is támogat (pl. a híres német Kirch-csoport). Ezt már – mint említettük – a CableLabs beépítette az amerikai STB-ket definiáló OCAP szabványba.

Természetesen az alapkérdés az, vajon a felhasználóknak ténylegesen szükségük lesz-e ezekre a szolgáltatásokra, illetve hajlandók lesznek-e fizetni – nem is keveset – ezért a bonyolult hardverért. A gyártók mindenesetre meg vannak győződve arról, hogy a kérdésre a válasz egyértelmű igen. Más gyártók viszont úgy vélik, vannak olcsóbb és jobb utak is.

Az „egyszerű” set-top-boxok

A kábelhálózatot egy „karcsú kliens” architektúrának fogjuk fel, amelyben a viszonylag egyszerű set-top-boxok a nagy teljesítményű fejállomási szerverektől kapják meg a mindenkor szükséges képességeket. Az üzemeltetők így jelentősen tudják csökkenteni az induló költségeket az új digitális előfizetők számára. Mindenesetre, ha a mai fő felhasználási módokat, STB operációs rendszereket és chipkészleteket vesszük alapul, akkor indokolatlannak tűnik túl intelligens STB-k kifejlesztése, hiszen a szerveralapú megoldás biztosítja a mindenkor szükséges képességek mellett azokat a felületeket is, amelyek révén a STB egy olcsó, csak megjelenítésvezérlő eszköz lehet. Természetesen nagyon sok olyan terület van, ahol a jövő set-top-boxai további fejlesztéseket igényelnek: így például a grafikus felületek javítása és esetleg egy második tuner vagy MPEG-dekóder beépítése, aminek segítségével a PIP (kép a képben) funkció a digitális STB-k esetében is megvalósulhatna. Emellett az interaktív szolgáltatások számára beépített kábelmodem is jó célnak látszik.

A bonyolult set-top-boxok

Manapság a sok helyen (különösen Amerikában) működő analóg STB-k csaknem kizárólag csatornaátkapcsolásra szolgálnak. Viszont már az első generációs

digitális készülékekbe is építettek bizonyos mértékű interaktivitást, tájékoztató szöveg- és grafikamegjelenítést. Néhány tervező azonban úgy véli, a STB rendelkezése több ennél: a cél az, hogy az otthoni hálózat központi eleme legyen, amelyen keresztül más digitális eszközök is vezérelhetők. A felhasználók vezeték és vezeték nélküli kapcsolatokkal fognak baráncolni az interneten, például zeneszámokra vadásznak és letöltik azokat a mobil MP3-as lejátszóba, e-mailt küldenek a kabátzsebbe férő számítógépbe (illetve a PDA-ba, azaz a személyi digitális asszisztensbe).

A szabványok

A kábeliparnak (legalábbis Amerikában) kedvező iparási pozíciója van: az Open Cable szabvány. De mint minden más iparágban, a fejlődés itt is megkívánja új szabványok kidolgozását már csak azért is, hogy a felhasználók élvezhessék az úgynevezett „plug and play” funkcionális kompatibilitást a különféle eszközök között. A STB-k szabványosításának következő szintje a „middleware”-re. A CableLabs nemrég definiálta az OCAP-nak nevezett (Open Cable Application Platform) middleware-t, építve a Sun Java technológiájára, a Microsoft és a Liberation Technologies, valamint – nagy meglepetésre – az európai DVB-MHP eredményeire támaszkodva a multimédia-platformok területén. A szabványosításnak egy másik területe a STB-knek más jellegű eszközökkel történő kommunikációját érinti, különösen akkor, amikor a STB már valódi átjáróként működik a többi digitális háztartási eszköz felé. A STB-gyártók egyre inkább érdekeltek abban, hogy kapcsolatban legyenek a számítógépperiféria-iparral. A drót nélküli interfészek is egyre növekvő prioritást kapnak. Ezek közül ma a „Bluetooth” és a „Home RF” az a két vezető szabvány, amelyik már létezik, és jó eséllyel pályázik arra, hogy bekerüljön az OCAP és a DOCSIS specifikációba.

Európa – mint eddig mindig a digitális tv területén – itt is megfontoltabban és előrelátóbban kezdett hozzá a set-top-boxok (middleware-jének) szabványosításához. Az alapokat ehhez a DVB-DAVIC konzorcium rakta le, amikor kidolgozta a Multimedia Home Platform elvét. Először is létrehozta a kereskedelmi követelményeket rögzítő csoportot, a DVB-MHP-t. Ez célkitűzés-ként a vertikális helyett a horizontális piacot, az egymással interoperabilis, intelligens, flexibilisen konfigurálható STB-k fejlesztését definiálta. A megvalósításához pedig a DVB műszaki modulja, a DVB-TAM dolgozta ki a szükséges architektúrát. Ennek rétegszerkezete biztosítja a különböző forrásokból (DVB-S, DVB-C, DVB-MS és DVB-T) származó, MPEG2 kódolt műsorjelek és a járulékos (szabadon definiálható), letölthető kiegészítő alkalmazások széles skáláját. Egyetlen közös, szabványos, alkalmazásprogramozói interfésze (API) pedig – szemben az eddigi (főleg amerikai), cégspecifikus megoldásokkal – nyitott minden gyártó előtt.

Az MHP első generációs (Ver. 1.0) platformjai (európai és távol-keleti gyártóktól egyaránt) mostanában jelennek meg a piacon, de papíron már kész a ver. 1.1 specifikáció is. Mindez új fordulatot és jelentős gazdasági előnyöket ígér a digitális televízió elterjedésében.

Fejlődő set-top-boxok

Ma az STB-gyártók nagy erővel növelik a berendezések teljesítményét, hogy azok olyan alkalmazásokat futtathassanak, mint a DVB-Java, DVB-HTML, VOD, a web-hozzáférés, a média streaming és mások. De növekszik azon szoftver- és interaktív televíziós platformfejlesztők tábora is, akik a „karcsú kliens” elvét preferálják a ma általános számítógép-hálózati megközelítéssel. Ez a megközelítés a felhasználók számára sokkal alacsonyabb belépési STB-költségeket és a kábeles infrastruktúra hatékonyabb kihasználását is jelenti.

Korunk csaknem minden digitális eszközével (a telefonokkal, a PDA-kkal, a modemekkel, sőt a fontosabb háztartási gépekkel is) kommunikálnia kell. Ez sok, szabványos interfészt igényel. A szabványosítás fókuszában most a middleware, azaz az operációs rendszer feletti szoftverréteg van, amely az új szolgáltatások alapja. A szabványos megoldások ugyanis növelik a piaci lehetőségeket, a gyártófüggetlen alkalmazásokat, a gazdaságos gyártási sorozatnagyságokat, és egyúttal választást biztosítanak a felhasználók számára is. Legalábbis Európában ezt a nézetet vallják és ezen az úton indultak el.

Nem tudjuk ugyan pontosan, hogy a felhasználói szempontból ideális set-top-box mennyire lesz bonyolult, az azonban már világosan látszik, hogy az előfizetők egyre többet várnak el a kábeles rendszerektől, amiről sokan azt mondják, hogy a széles sávú jövő legfőbb letéteményese.

Speciális szempontok

Külön kérdéskör a set-top-boxok biztonsága. Mint minden on-line eszköz, ez is ki van téve a számítógépes kalózok támadásainak. Ha pedig a STB a házi intelligencia- és vezérlőközpont, ennek megsérülése komoly következményekkel járhat. Smartcardok, titkosító dobozok, hozzáférés-korlátozó rendszerek (CAS) egész gamáját fejlesztették ki, de ezek jelentős mértékben megdrágítják a készülékeket.

Szólni kell még a dolog jogi oldaláról is. A nemzetközi szerzői jog szerint csak a titkosított műsorok illegális vétele esik szankciók alá. Nem egyértelmű viszont még a jogászok számára az, hogy az általánosan használt scrambling eljárások titkosításnak minősülnek-e. Ha nem, akkor megnyílt egy kiskapu a kalózkodók gyártói előtt. Más – de szintén jogi – kérdéseket vet fel a webről származó műsorok kérdése. Hogyan lehet itt érvényesíteni a szerzői jogokat? Egyesek szerint pl. úgy, hogy az ilyen eredetű interaktív műsorok tv-n tör-

tendő megjelenítését technikailag korlátozni kell, pl. úgy, hogy az ilyen, webről származó képeknek csak egy részét legyen képes a tv visszaadni, és csak speciális, jogtisztta műsorok készítésével lehessen ezt kikérülni. Nagy segítséget fog adni ehhez az új XML programozási nyelv, amely az interaktív tv-nek és a webnek készíthető műsorok számára biztosít szabványos megjelenítési lehetőségeket.

Az elmondottak alapján látható, hogy a következő generációs STB-k a fejlesztés, a piaci pozicionálás és a jogi kérdések vizsgálatának a fókuszában vannak. Az eredményekről szóló bejelentéseknek gyakran még csak taktikai jelentősége van, azaz a jövődöbeli vásárlók és a műsorszolgáltatók felkészítése az új lehetőségekre. De biztos, hogy az interaktív tv (iTV) a közeljövő nagy ígérete és nagy változást fog jelenteni a médiapiac és a nézők számára is.

Tárolási megoldások a set-top-boxokban

Mint azt az előzőkben vázoltuk, a STB fejlődésében döntő jelentőségű kérdés, hogy tartalmaz-e tárolóeszközöket, és ha igen, az milyen kapacitású és technológiájú. A gyártók (a magasabb osztályú STB-okban) a félvezető flash-memóriájú és mágneses alapú merevlemez-tárolási módszert alkalmaznak.

A flash-memória lényegében egy speciális nem fejltő memória. Nagyon kevés energiát fogyaszt, kisméretű és nincs mozgó alkatrésze, környezeti hatásokra alig érzékeny, csupa olyan tulajdonság, ami kiválóan alkalmasra teszi adatok és szoftverek biztonságos tárolására, felül is írható, ezáltal időről időre új képességeket lehet adni (akár távolból történő letöltéssel is) a berendezéseknek. A flash memóriákat részben fixen (beépítetten) alkalmazzák, részben pedig kivehető (cserélhető) módon. Ez utóbbi a compact-flash, amely egy dedikált memóriavezérlőt is tartalmaz. A NOR flash-technológia (ezt alkalmazza az Intel is) gyorsabb ciklusideje révén elsősorban (a szokásos ROM-okhoz hasonlóan) kis mennyiségű, végrehajtandó kódokat tartalmazó adatok tárolására alkalmas, és alacsony ára miatt akár már belépő szintű STB-kbe is beépíthetők. A magasabb kategóriájú eszközök által igényelt nagyobb szoftvermennyiség tárolása azonban más paradigmát igényel, ezeket a 12-szer gyorsabb NAND technológiával valósítják meg (ezeket használja a Toshiba és a Samsung). A NAND-flash nem alkalmas önmagában egy mechanikus merevlemez funkcióinak megvalósítására.

A PVR (Personal Video Recording) technológia lehetővé tette teljes műsorok (kép + hang) tartós tárolását. Erre viszont ma még csak a merevlemez (hard disk, winchester, HDD) alkalmas alacsony áron. Azonban meg kell fontolni azokat az előnyöket és hátrányokat, amelyeket ez a technológia jelent. Mindenekelőtt nézzük meg, milyen jellegű tárolási feladatok jönnek számításba egy STB-nél:

- a STB saját azonosító szoftveres kódja,
- rendszer- és felhasználói adatok tárolása (felhasználói profilok, konfigurációk, rendszerregisztráció, aktualizálható fájlok állapota stb.),
- videojelfolyamok tárolása (a tényleges PVR funkcióval).

Ha ezen adatokat csak HDD-n tárolják, akkor annak meghibásodása teljes mértékben és végérvényesen megszünteti a STB működését és a tárolt adatok teljes elvesztését eredményezheti. Tehát nagyon át kell gondolnia minden gyártónak, hogy milyen típusú tárolóelemet épít be az előfizetői végberendezésbe. Egy jó kompromisszumnak látszik a rendszeradatoknak, az azonosító kódoknak és más érzékeny adatok tárolása a HDD-nél sokkal megbízhatóbb flash-ROM és csak a PVR funkcióhoz használni a HDD-t. Ez a hibrid megoldás biztosítja, hogy még a HDD elromlása esetén sem áll le a vevő, az alrendszer tovább működnek, tovább futnak a felhasználói programok, csak a felvett műsorok sérülhetnek.

A hibrid rendszerek további előnyei:

- megnő a HDD élettartama, mivel lehetőség van annak tartós „pihentetésére”,
- csendesebbé válik a STB, emellett a hőmérséklete is alacsonyabb lesz,
- a fájlrendszer képessé válik egyes fájlok átmeneti tárolására és a HDD-t csak szükség esetén „ébreszti” fel, tehát olyankor, amikor műsorfelvételre kerül sor,
- javul a STB piaci értéke, ui. ugyanaz a készülék szállítható HDD-vel, vagy anélkül,
- könnyű az utólagos HDD-beépítés,
- könnyű a szolgáltatások lépcsőzetes bővítése.

A hibrid tároló alrendszerrel rendelkező set-top-boxok lehetővé teszik a virtuális PVR kialakítását is, amennyiben a hálózati szolgáltató széles sávú elosztóhálózattal rendelkezik. Ez esetben a kiszolgáltató-ügyfél architektúrájú rendszerben az ügyfelek a műsortartalmat igény szerint kérhetik (VOD), és nincs szükség azok helyi tárolására, mivel a műsorokat on-line módon nézhetik. A szolgáltatónak ezt a lehetőséget sem szabad figyelmen kívül hagynia.

Befejezés

A digitális televíziós környezetben a set-top-box és annak esetlegesen merevlemezrel történő kiegészítése jelentős piaci értéket jelent a jövőben. Különösen a gyakran változó alkalmazások (pl. videoadatfolyamkérések) használhatják ki a belső tárolás előnyeit. Ha a HDD csak a műsorok tárolására szolgál, és a NAND flash-ROM-ok rendkívül gyors írási jellemzői remekül kiegészítik ezt az összes többi tárolási igény kielégítésére, és a megbízható, sokoldalú multimédia-végberendezések piacra hozásával.

Az autólopás elleni védekezés egy lehetséges módszere

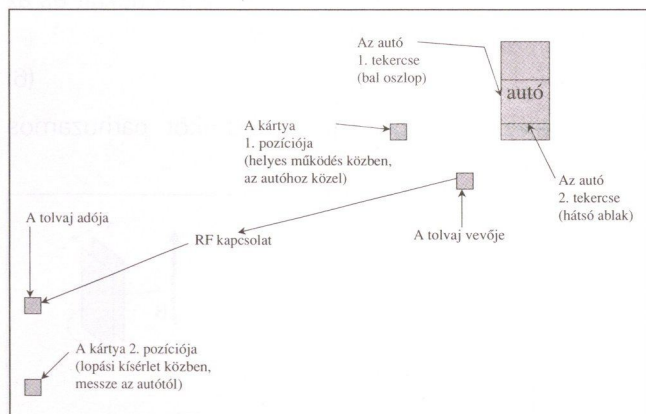
LADVÁNSZKY JÁNOS*

A cikkben a kulcs nélküli indítórendszerrel („keyless go”) felszerelt autók lopása elleni védekezéssel foglalkozunk. Megmutatjuk, hogy a tolvaj adóvevőjébe az instabilitás elkerülése céljából számottevő késleltetést kell beiktatni, amelyet a kulcs nélküli indítórendszer felhasználásával mérni lehet, és így a tolvaj jelenléte kimutatható. A cikkben ismertetett munka eredménye a kulcs nélküli indítórendszer és a tolvaj együttes szimulációja.

1. Bevezetés

Ebben a cikkben a kulcs nélküli indítórendszerrel („keyless go”) felszerelt autók lopása elleni védekezés egy lehetséges módszerét ismertetjük. A kulcs nélküli indítórendszerben a slusszkulcsot egy kártya helyettesíti. Az autó elektronikája képes meghatározni a kártya helyét az autó utasteréhez viszonyítva. Ha a kártya az utaster belsejében van, akkor az autó elindítható.

A kártya és az autó közötti kommunikáció kétirányú. Ha a kártya nem tudja venni az autó jelét, vagy ha tudja venni, de az utasteren kívül van, akkor az autó indítása elektronikusan le van tiltva. A tolvaj arra törekszik, hogy a kártya számára szimulálja az autó jelét (1. ábra). Ezért az autólopás elleni védekezést arra vezetjük vissza, hogy az autó eredeti és szimulált jelét hogyan lehet egymástól megkülönböztetni.



1. ábra Kulcs nélküli indítórendszerrel felszerelt autó elektronikus lopásának modellje

A kulcs nélküli indítórendszerben az autó és a közelben (az 1. ábrán az 1. pozícióban) lévő kártya mágneses tér segítségével tartja a kapcsolatot. Ha a kártya távolabb van (2. pozíció), akkor a tolvaj kísérletet tehet a lopásra. A tolvaj adóval és vevővel rendelkezik, melyek nagyfrekvenciás kapcsolatban vannak egymással. Az úgynevezett háromtekerccses lopás („three-coil transponder attack”) esetén a tolvaj adója és vevője egyaránt három, egymásra merőleges tengelyű tekerccsel rendelkezik. Ezáltal a tolvaj képes az autó mágneses terének irányváltozásait is szimulálni, az autótól nagyobb távolságban.

Nyilvánvaló, hogy ha a tolvaj adója és vevője csak 1-1 tekerccset tartalmazna (egytekerccses lopás), akkor a három tekerccset tartalmazó kártya egyszerűen meg tudná különböztetni az autó eredeti és szimulált jeleit. Gerjesszük ugyanis az autóban lévő tekerccsetek egymáshoz képest időben eltolva, és zárjanak be a tekerccsek tengelyei valamely nullától különböző szöget! Ekkor a kártya a tolvajtól mindig egyirányú mágneses teret venne, közvetlenül az autótól pedig általában nem. Ezért, hogy az ilyen egyszerű lefülelést elkerülje, a tolvaj rákényszerül arra, hogy az adójában és a vevőjében 3-3 tekerccset alkalmazzon.

Ebben a cikkben a célunk a háromtekerccses lopás modellezése, és az ellene történő védekezés egy lehetséges módjának bemutatása. A 2. fejezetben összefoglaljuk az alkalmazott matematikai modelleket. A 3. fejezetben a rendszer modelljét ismertetjük, és a 4. fejezetben néhány szimulációs eredményt mutatunk be.

* Austrianmicrosystems AG, drive! Business Unit Automotive, A-8141 Schloss Premstätten, Austria
janos.ladvanszky@austriamicrosystems.com

2. A rendszer részleteinek matematikai modellje

Mivel az adótekerceket egy kör keresztmetszetű vezetével (szolenoiddal) modellezzük, szükségünk van a szolenoid által gerjesztett mágneses indukcióvektor komponenseinek helyfüggését megadó kifejezésekre. A szolenoid mágneses terének leírására a 2. ábrán látható gömbkoordináta-rendszert alkalmazzuk, ahol

$$x = r \cos(\vartheta) \cos(\varphi) \quad 0 \leq r \quad (1/a)$$

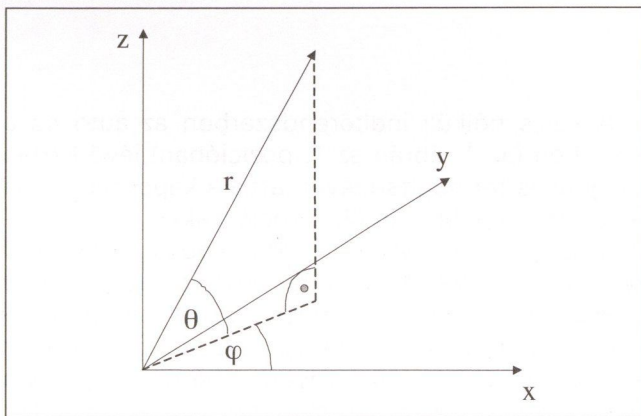
$$y = r \cos(\vartheta) \sin(\varphi) \quad \varphi_0 \leq \varphi \leq \varphi_0 + 2\pi \quad (1/b)$$

$$z = r \sin(\vartheta) \quad -\pi/2 \leq \vartheta \leq \pi/2 \quad (1/c)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1/d)$$

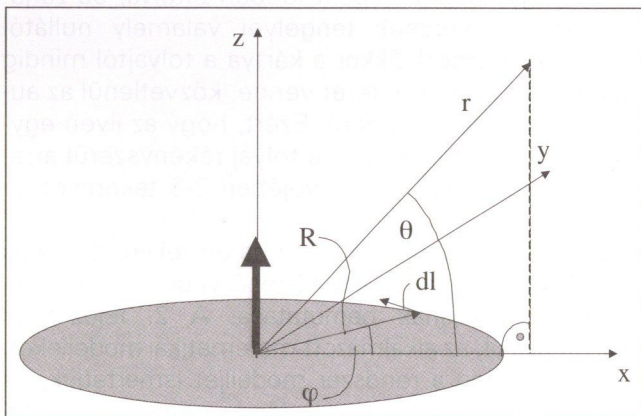
$$\varphi = \arctg(y/x) + \pi(x < 0) \quad \varphi_0 = -\pi/2 \quad (1/e)$$

$$\vartheta = \arctg(z/\sqrt{x^2 + y^2}) \quad (1/f)$$



2. ábra A Descartes és a gömbi koordináta-rendszer kapcsolata

Feltételezzük, hogy a szolenoid $z = 0$ síkban van és normális vektora $+Z$ irányba mutat. Mivel a szolenoid mágneses tere hengersizmetrikus, és tengelye a szolenoid tengelyével egybeesik, ezért a 3. ábrán látható jelöléseket alkalmazzuk,



3. ábra A szolenoid mágneses terének analizésében felhasznált jelölések

ahol R jelöli a szolenoid sugarát, és r jelöli azt a pontot, ahol a mágneses teret ki szeretnénk számítani. Ha

a szolenoid felé nézünk valamely pozitív z koordinátájú pontból, akkor a gerjesztő áram pozitív iránya az óra járásával ellentétes. Ezekkel a jelölésekkel írhatjuk, hogy

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (2/a)$$

$$\varphi = \arctg(y/x) + \pi(x < 0) \quad \varphi_0 = -\pi/2 \quad (2/b)$$

$$\vartheta = \arctg(z/\sqrt{x^2 + y^2}) \quad (2/c)$$

ahol \underline{i} , \underline{j} és \underline{k} a Descartes koordináta-rendszer egységvektorait jelöli. A $B(r)$ mágneses indukciót a Biot-Savart törvény felhasználásával kapjuk:

$$\underline{B}(r) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\underline{l} \times (r + R)}{|r - R|^3} \quad (3)$$

ahol az integrálást a szolenoid mentén kell elvégezni. I az áramerősséget, μ_0 a légtüres tér mágneses permeabilitását, és \times a vektorszorzást jelöli. A számítás eredménye a következő:

$$B_x(r) = \frac{1}{6} \frac{\mu_0 I \operatorname{tg}(\vartheta)}{r} \left[\frac{r}{\sqrt{r^2 - 9R^2 \cos^2(\vartheta)}} - 1 \right] \cos(\varphi) \quad (4/a)$$

$$B_y(r) = \frac{1}{6} \frac{\mu_0 I \operatorname{tg}(\vartheta)}{r} \left[\frac{r}{\sqrt{r^2 - 9R^2 \cos^2(\vartheta)}} - 1 \right] \sin(\varphi) \quad (4/b)$$

$$B_z(r) = -\frac{1}{6} \frac{\mu_0 I}{r} \left[\frac{3R^2}{r\sqrt{r^2 - 9R^2 \cos^2(\vartheta)}} - 1 \right] \quad (4/b)$$

amely $R \ll r$ esetén érvényes (távoltér-közelítés).

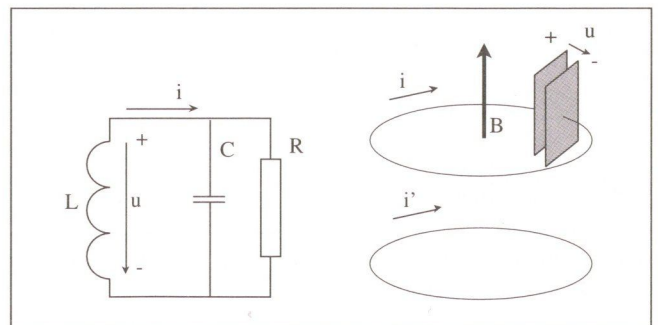
A vevőtekerceket szintén szolenoidokkal modellezzük. Feltételezzük, hogy a szolenoid A felülete olyan kicsi, hogy azon a mágneses tér homogénnek tekinthető. Legyen a felületi normális irányába mutató mágneses indukciókomponens B . Ekkor az indukált feszültség

$$u_i = -A \frac{\partial B}{\partial t} \quad (5)$$

Az induktivitáson eső feszültség az u_i indukált és az u_L önindukciós feszültség eredője:

$$u = u_i + u_L \quad (6)$$

Feltételezzük, hogy a vevő áramkör párhuzamos RLC körrel modellezhető (4. ábra):



4. ábra Vevő áramkör. Balra a szimbolikus jelölés, jobbra az egyszerűsített realizáció a referenciáirányokkal. i' jelöli az adó tekercsében folyó áramot

A vevő tekercsében folyó áramot az alábbi egyenlet adja meg:

$$i = C \frac{du}{dt} + \frac{1}{R}u \quad (7)$$

Az önindukciós feszültség, a 4. ábrán látható áramirányt figyelembe véve:

$$u_L = -L \frac{di}{dt} \quad (8)$$

A (5–8) egyenletek alapján a következőt kapjuk:

$$-LC \frac{d^2u}{dt^2} - \frac{L}{R} \frac{du}{dt} = u + A \frac{\partial B}{\partial t} \quad (9)$$

Rezonanciafrekvencián a (9) egyenlet bal és jobb oldalának első tagja egyenlő. A maradék két tag egyenlőségéből következik, hogy az u feszültség éppen B -vel ellentett (zérus kezdeti értékeket feltételezve). A Biot-Savart törvény következtében a gerjesztő áram és a mágneses indukció szintén ellentétesen változik (a 4. ábra referenciáirányait alkalmazva). Következésképpen a gerjesztő áram és a vett feszültség fázisban van. Ha a tolvaj adójában a gerjesztő áram késleltetés nélkül a vett feszültségből lenne előállítva, akkor ez nyilvánvalóan instabilitáshoz vezetne. Ezért a tolvaj adóvevőjébe járulékos késleltetést kell beiktatni. Ezt a késleltetést a kártyával mérni lehet, ami biztosítja a tolvaj jelenlétének kimutatását.

A (4a–c) és (9) egyenletek egyaránt speciális irányú koordináta-rendszerben érvényesek. A rendszer modelljében ezeket az egyenleteket tetszőleges helyzetű szolenoid esetén kell tudni alkalmazni. Ezért szükségünk van még a koordináta-transzformációt leíró egyenletekre.

Legyen $\underline{v} = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix}$ egy vektor, mely az általánosan

választott koordináta-rendszerbeli komponenseivel van megadva. A szolenoidhoz a fent leírtak alapján rögzített koordináta-rendszerben a \underline{v} vektor komponensei legyenek $v_{x'}$, $v_{y'}$, és $v_{z'}$. Ekkor a keresett koordináta-transzformációt leíró egyenlet a következő:

$$\underline{A} \begin{bmatrix} v_{x'} \\ v_{y'} \\ v_{z'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix} \quad (10)$$

ahol \underline{A} a szolenoidhoz rögzített koordináta-rendszert kifizető egységvektoroknak az általánosan választott koordináta-rendszerbeli komponenseit tartalmazza.

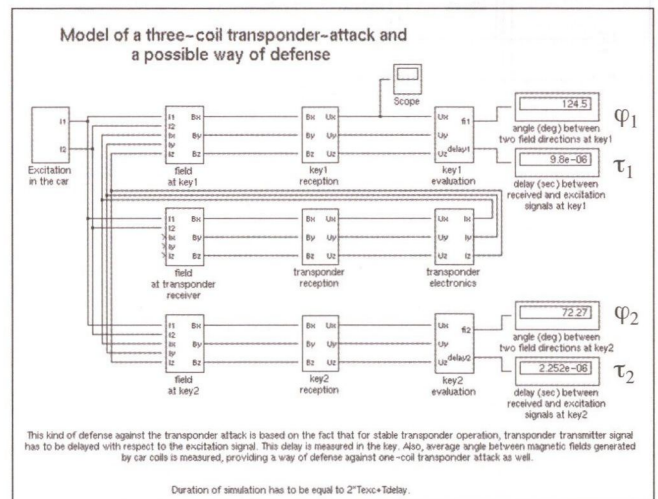
A rendszer modelljében a (4a–c), (9) és (10) egyenleteket használjuk fel.

3. A rendszer modellje

A rendszert a Matlab és a Simulink programok felhasználásával modellezzük. A rendszert két fájl írja le, transp_attack1_param.m és transp_attack1.mdl. Az első fájl tartalmazza a rendszer paramétereinek értékadását. A rendszer szimulációja előtt ezt a fájlt el kell indítani a Matlabban. Ezután a rendszerparaméterek a Simulink számára is elérhetőek lesznek.

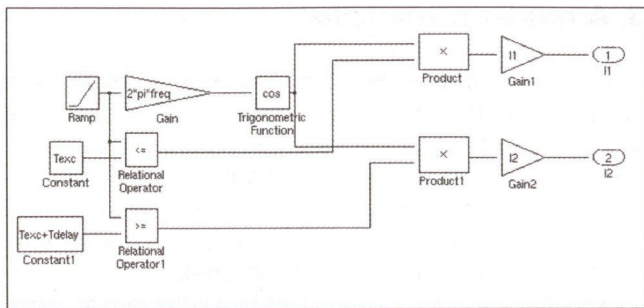
A fenti második fájl a rendszer blokkdiagramját tartalmazza. A blokkdiagram megszerkesztésekor messze-messzeően kihasználtuk a Simulink programnak azt a tulajdonságát, hogy a blokkok egy kijelölt csoportjából összetett blokkot lehet képezni. Ezzel lehetővé vált a feladat részfeladatokra történő felbontása, és az áttekinthetőség növelése.

Az 5. ábrán a fő blokkdiagramot láthatjuk. A feladatot három ágra bontottuk a blokkdiagram három sora szerint. Mindhárom esetben először meghatározzuk a mágneses teret a megadott pontban, majd a vett feszültséget a három tekercsben, végül az eredményt kiértékeljük. A számítások végeredménye az első és a harmadik sor végén jelenik meg: az autó két tekercse által gerjesztett mágneses indukció egymással bezárt szöge az 1. kártyapozícióban, φ_1 , valamint a vett jel késleltetése a gerjesztéshez képest, t_1 . Ez utóbbi a kártya és az autó órájának 0.1 μ s pontosságú szinkronizálását teszi szükségessé, ami megoldható. A kártya 2. pozíciójában is egy szög és egy késleltetés a végeredmény, φ_2 és t_2 .



5. ábra Fő blokkdiagram. A szimuláció idejét 3 ms-ra állítottuk be, 1 μ s-nál nem rosszabb felbontással

A 6. ábrán az autó tekercseinek gerjesztését megadó alrendszert láthatjuk. Az 1. tekercset I1 amplitúdójú, freq frekvenciájú szinuszos jellel gerjesztjük Texc ideig. Ezután Tdelay időtartamú szünetet tartunk, majd a 2. tekercset I2 amplitúdójú, freq frekvenciájú szinuszos jellel gerjesztjük Texc ideig.

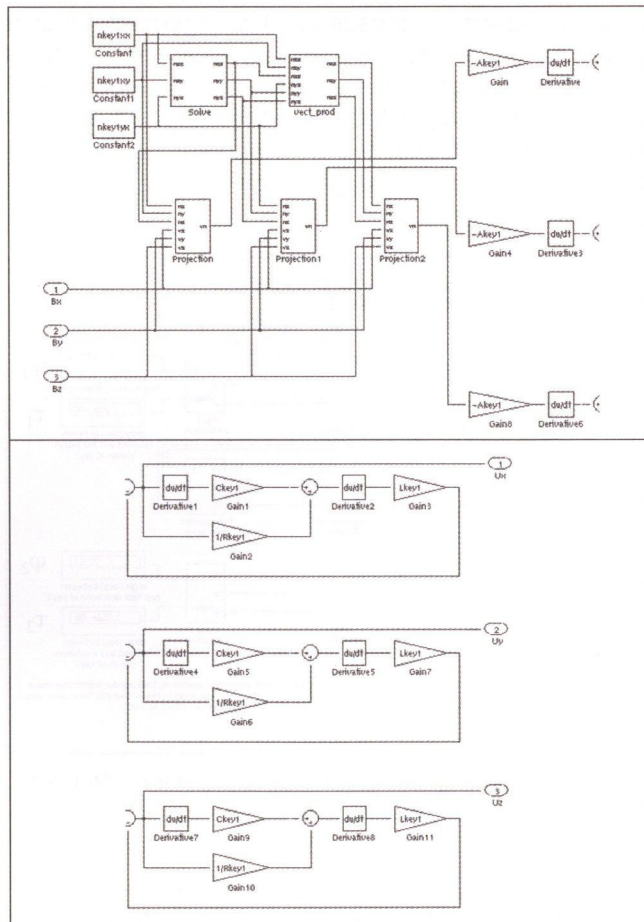


6. ábra Az egyik alrendszer, neve az 5. ábrán „Excitation in the car”

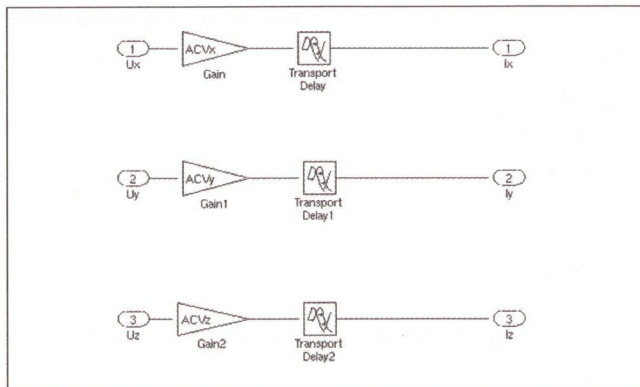
A 7. ábra az 1. kártyapozícióban történő vételt szimuláló blokk részleteit mutatja. Az ábra jobb oldalán könnyen felismerhető a (9) egyenlet alkalmazása a három vett feszültség meghatározásában.

A 8. ábrán a tolvaj adójának modelljét látjuk. A vett feszültségekből A_{CVx} , A_{CVy} ill. A_{CVz} meredekségű erősítőkkel képezzük a gerjesztő áramokat, majd mindegyiket késleltetjük.

A többi blokkot azok bonyolultsága miatt itt nem részletezzük.



7. ábra Az 5. ábrán látható „Key 1 reception” nevű blokk részletei. Először az egységvektorok olyan jobb rendszerét határozzuk meg, amelyben \mathbf{n}_x a szolenoid felületi normálisa. Ezután a mágneses indukcióvektor komponenseit határozzuk meg az új koordináta-rendszerben vetítéssel. Majd a (9) egyenlet ismételt alkalmazásával a vett feszültségeket határozzuk meg



8. ábra A 5. ábrán „Transponder electronics” nevű blokk belső felépítése (a tolvaj adója)

4. Szimulációs eredmények

4.1.

Először az egytekerces lopást szimuláljuk. A tolvaj adóvevőjének késleltetését 40° -ra állítjuk be. A szimuláció időlépése $0.1 \mu s$. A tolvaj adóvevőjének y és z csatornáját megszakítjuk. A szimuláció eredménye $\varphi_1=127.5^\circ$, $\tau_1=9.798 \mu s$, $\varphi_2=0.9583^\circ$, $\tau_2=2.246 \mu s$. Az utóbbi három érték jól mutatja a tolvaj jelenlétét. A τ_1 késleltetés értéke 0 -nak vagy $10 \mu s$ -nak kellene lennie, a detektált érték az utóbbtól $0.2 \mu s$ -mal eltér, ami jól mérhető. A φ_2 szög értéke azt mutatja 1° -nál nagyobb pontossággal, hogy a mágneses indukció két vett értéke egymással párhuzamos. A τ_2 késleltetés is 0 vagy $10 \mu s$ kellene legyen, az ettől való eltérés jól kimutatható.

4.2.

A tolvaj berendezését kikapcsoljuk az összes csatorna megszakításával. A kártyapozíciókat úgy választjuk meg, hogy ott a mágneses indukcióvektorok elvileg egymásra merőlegesek legyenek. Az első kártyapozíció az autó bal hátsó pontjában, az autó tekerceivel megegyező magasságban, a második távolabb, ugyanilyen magasságban van. Az eredmények: $\varphi_1=\varphi_2=90^\circ$, $\tau_1=\tau_2=0.2007 \mu s$, ahogy várható volt.

4.3.

A tolvaj adóvevőjét visszakapcsoljuk, a kártyapozíciók általánosak. A szimuláció időlépése $1 \mu s$. Eredmények: $\varphi_1=124.5^\circ$, $\tau_1=9.8 \mu s$, $\varphi_2=72.27^\circ$, $\tau_2=2.252 \mu s$. Az utolsó érték alapján a tolvaj jelenléte nagy biztonsággal kimutatható.

4.4.

A kártya vevője pontatlan hangolása következtében fel-lépő másodlagos hatást szimuláljuk. A rendszerparaméterek a 4.3. ponttal egyeznek meg, kivéve a kártya rezgőkörének beállítását, amelyek $0,95f_0$ -ra vannak

hangolva (f_0 a gerjesztés frekvenciája). Eredmények: $\varphi_1=126.3^\circ$, $\tau_1=9.538 \mu\text{s}$, $\varphi_2=71.96^\circ$, $\tau_2=2.673 \mu\text{s}$. A tolvaj jelenléte ismét kimutatható τ_2 értéke alapján.

4.5.

A tolvaj vevőjének pontatlan behangolása következtében fellépő másodlagos hatást szimuláljuk. A paraméterek ismét a 4.3. ponttal egyeznek meg, kivéve a tolvaj vevő-rezgőkörének hangolását, melyek $0.95f_0$ -ra vannak beállítva. Eredmények: $\varphi_1=124.4^\circ$, $\tau_1=9.799 \mu\text{s}$, $\varphi_2=71.57^\circ$, $\tau_2=2.673 \mu\text{s}$. A tolvaj jelenléte az előzőkhöz hasonlóan τ_2 értéke alapján kimutatható.

4.6.

A kártya tekercseinek méretkülönbségéből adódó másodlagos hatást szimuláljuk. A paraméterek a 4.3. ponttal egyeznek meg. Azonban a tekercsek keresztmetszetének felülete rendre $0.95A_{\text{key}}$, $1.05A_{\text{key}}$, $1.01A_{\text{key}}$. Eredmények: $\varphi_1=123^\circ$, $\tau_1=9.8 \mu\text{s}$, $\varphi_2=73.81^\circ$, $\tau_2=2.252 \mu\text{s}$. Ismét kimutatható a tolvaj jelenléte. A 4.3. pont eredményeivel összehasonlítva, τ_1 és τ_2 értéke változatlan, ahogyan várható volt.

5. Következtetések

A háromtekercses lopás analízisére alkalmas rendszermodellt mutattunk be. Feltételeztük, hogy az autó és a kártya közti kapcsolat mágneses tér keltésével és vételével van megvalósítva. Vizsgálatainkat az autótól a kártya irányában történő jelátvitelre korlátoztuk, és nem vizsgáltuk ennek a kapcsolatnak a javítását speciálisan megválasztott üzenetek továbbítása segítségével. Célunk az alapvető tulajdonságok megértése volt, a lehető legegyszerűbb modellek alkalmazásával.

Az adó és vevő tekercseket egy menetes szolenoiddal modelleztük, melyek szinuszos árammal vagy szinuszos

mágneses indukcióval vannak gerjesztve. Vizsgálatainkban a szolenoid mágneses terének leírását, párhuzamos rezgőkör szinuszos mágneses térben való viselkedését és koordináta-transzformációs összefüggést használtunk fel.

Az általunk felállított rendszermodell két fájlból áll: a paraméterek értékadását tartalmazó Matlab fájlból és a rendszer blokkvázlatát tartalmazó Simulink fájlból. Messzemenően kihasználtuk a Simulink programnak azt a tulajdonságát, hogy kijelölt blokkokból összetett blokkot lehet kialakítani. Ezáltal lehetővé vált a kitűzött feladatnak részfeladatokká történő felbontása, melyeket gyakran lehetett ismételtelen alkalmazni.

A példákat tartalmazó 4. fejezetben megmutattuk, hogyan lehet az egytekercses lopást kimutatni a vett tér irányváltozásának detekciója alapján, és megvizsgáltuk a háromtekercses lopás kimutatását a vett jel késleltetésének mérése alapján. Bemutattuk, hogy modellünk számos másodlagos hatás vizsgálatára is alkalmas.

Irodalom

1. Simonyi Károly: „Elméleti villamosságtan”, Tankönyvkiadó, Budapest
2. Abramowitz, M., Stegun, I. A.: „Handbook of Mathematical Functions”, Dover Publications, Inc., New York.

Abstract: In this paper defence against stealing automobiles equipped with keyless go systems is studied. It is pointed out that in order to avoid instability in the transponder of the thief, a considerable amount of delay has to be inserted that can be measured by the keyless go system, thus presence of the thief can be detected. Result of the work detailed here is the simulation of the keyless go system and the action of the thief by applying system analysis program Simulink.

Hírek

Manapság az informatikai beruházások többségénél felmerül a PC-alapú környezetek helyett a különböző szervezetkonszolidációs megoldások előtérbe helyezése. Ez különösen igaz a közepes- és nagyvállalatokra, hiszen a biztonságos UNIX-rendszerek megoldást jelenthetnek a költséges, decentralizált, gyakran alacsonyabb hatékonyságú és az esetek többségében intenzívebb adminisztrációt igénylő rendszerek kiváltására. A költségcsökkentési törekvések mellett a biztonság is jobban előtérbe került, a UNIX-alapú, nagyvállalati rendszerek mindkét követelménynek eleget tesznek.

A Gartner piackutató 2000 negyedik negyedévében készített felmérést 300 francia, német és angol szerver-végfelhasználó vállalat körében a szerverkonszolidációról, amely során a cégek több PC-ből álló rendszerüket nagyvállalati gépre cserélték. Mindegyik vállalat 500 embernél többet alkalmaz, többségük 2000 főt vagy többet.

A kutatás szerint az Intel architektúrájú PC-s rendszert használó közép- és nagyvállalatok közel 40 százalékánál vagy már megtörtént az átállás a nagyvállalati szerverekre, vagy 2003-ig történik meg.

A szektorok tekintetében a távközlési és a pénzügyi piacok élén járnak, jellemzően elsőként alkalmazzák az új technológiákat, hiszen ezeken a területeken kiemelten fontos mind a biztonság, mind a folyamatos rendelkezésre állás, valamint a bővíthetőség. A konszolidációnál az új rendszerekkel szemben támasztott elvárások közt a legtöbb cég (29%) a teljesítményt és a használhatóságot említette, az alacsonyabb költségeket pedig mintegy 19%-uk.

A tapasztalatok szerint azok a vállalatok választanak UNIX-alapú megoldást, akik a beszerzési költségek mellett a rendszerek üzemeltetésének költségvonzatait is figyelembe veszik. Egy szerver esetében az induló ár ugyanis csak töredéke a teljes élettartamra vonatkozó működési kiadásoknak (total cost of ownership = TCO). A UNIX-megoldás esetében – összehasonlítva más rendszerekkel – számottevően kevesebb az állás- és karbantartási idő, a rendszert működés közben is lehet bővíteni, s ez különösen fontos szempont a működéskritikus rendszerek esetében, ahol minden perc állásidő effektív veszteséget jelenthet, például egy bank esetében a bankjegykiadó automaták vagy egyéb ügyfélterminálok leállása esetén.

A magyarországi, 2001-ben mintegy 102 millió dolláros szerverpiacon a UNIX-megoldások 44 százalékos részesedést mondhattak magukénak, és ez a piacnagyság többé-kevésbé megegyezik a világszerte tendenciával. Ezen belül a Sun részesedés körülbelül 25%-os.

A UNIX-szerverek piacrésze még mindig kevesebb az elvárhatónál, amelynek hátterében alapvetően az áll, hogy a vállalatok még nem fogadják le a biztonságos és hosszabb távon költségghatékony megoldások sokszor csak látszólag magasabb árát, ezért gyakran kevésbé megbízható, és kisebb mértékben biztonságos, de a berendezés szempontjából olcsóbb szervereket részesítik előnyben.



50 éve a Siemens indította el a német félvezetőipart

Ernst von Siemens 1952 kora áprilisában néhány soros közleményben tudósított szándékáról, hogy önálló üzemeltetést hoz létre félvezetők gyártására – ez jelentette a német félvezetőgyártás kezdetét. Már 1953-ban, amerikai kutatókkal párhuzamosan, de tőlük függetlenül a Siemensnek sikerült előállítani a félvezetőgyártás alapját képező nagy tisztaságú szilíciumot. Fél évszázad alatt a félvezetőgyártás példátlan fejlődésen ment keresztül. 1954 és 2000 között a termelés értéke 5 millióról 200 milliárd dollárra nőtt. Gordon Moore 1965-ben megfogalmazott növekedési törvénye szerint az egy integrált áramkörben megvalósított tranzisztorfunkciók száma másfél évenként megkétszereződik. A termelés volumenét reáliákban azzal lehet jellemezni, hogy napjainkban évente és a föld minden egyes lakójára 60 millió előállított tranzisztor jut. A miniatürizálás eredményeként manapság 1 gigabyte kapacitású memória-áramkörök két hitelkártya méretű modulban elférnek.

Fegyver helyét megállapító rendszer

MAMUSICH GYÖRGY

villamosmérnök

Ericsson Magyarország Kft.

ARTHUR az Artillery Hunting Radar (tüzérségi kereső radar) rövidítése, helyét megállapító mozgó rendszer mozgékonyága lehetővé teszi a saját csapatok arcvonalához (FLOT) közeli optimális helyek elérését és majdnem azonnali üzemkésztségét, melyet a harc minden fázisában az ellenséges tűzérés észlelésére és helyének megállapítására terveztek, a nagy pontosságú tűzvezetés érdekében. Az ARTHUR-ból jövő adatokat tűzérségi ellencsapásokhoz használjuk, hogy csökkentsük a nagyon fontos baráti zónák elleni ellenséges tűzérségi támogatást.

A fegyver helyét megállapító üzemmódban az ARTHUR kutatja a horizontot ellenséges lövedékek után, és ha azokat érzékeli, akkor követi a tűzcsapásokat és kiszámítja azok pályáit, és a tüzelőütegek helyét. Ez az információ lehetővé teszi a saját parancsnokság számára a legfontosabb célok kiválasztását és az azonnali ellencsapást.

A tűzvezérlési üzemmódban az ARTHUR saját tűzérés lövedékeit pályájuk végén meghatározza a becsapódási pontokat. A tűzvezérlés és a fegyver helyének megállapítása egyidejűleg végezhető.

Az ARTHUR a svéd hadügyminisztérium (FMV) és a norvég katonai anyagi parancsnokság (HFK) közös kutatásának és fejlesztésének eredménye. A svéd tűzérségi iskola és a norvég harctéri tűzérségi iskola képviselőiből álló Taktikai Hivatkozási Csoport képviseli a végfelhasználók igényeit és érdekeit. A csoport szorosan együttműködik az Ericsson tervező gárdájával.

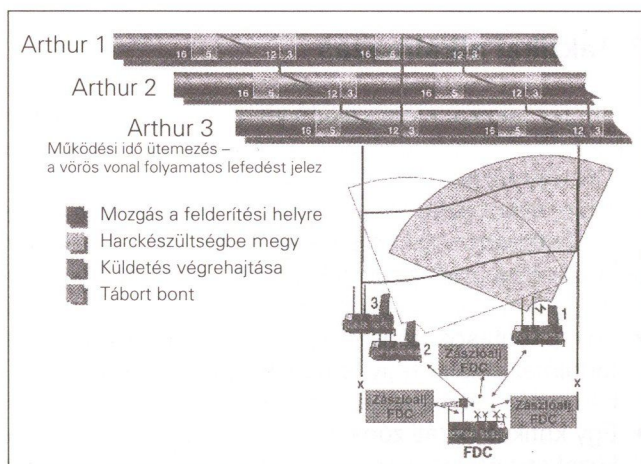
1. Üzem módok

Ha az ARTHUR új helyre kerül, akkor a radar automatikusan meghatározza a horizontot a földvisszaverődések megmérésével, vagy felhasználhatja a felszínrajz magassági adatbázisát. Egy 90 fokos vizsgálati szektort határoz meg és azt tizenhat alszektorra bontja. Bármelyik alszektorban keresheti a bejövő lövedékeket és a fegyver helyét, vagy követheti a saját kimenő lövedékeket és tűzvezérlési üzemmódban működhet. Mindkét üzemmód egyszerre aktív lehet.

Ha a tűzvezetési központ (FDC) parancsot ad tűzvezérlésre, akkor az ARTHUR automatikusan kiszámítja a saját lövedékek felderítéséhez szükséges keresési mintát és csak azokat az alszektorokat kapcsolja tűzvezérlési üzemmódba. A saját lövedékek követése és becsapódási pontjaik meghatározása után az eredménye-

ket elküldi az FDC-nek. A tűzvezérlést és a fegyver helyének megállapítását egyidejűleg végzi.

Két vagy három együttműködő egység folyamatos felderítést biztosíthat mindegyik telepítési helyszínen, nagyon rövid működési időköz mellett. Például az 1. ábra szerint a rendszer 12 percig működik, azután 3 perc alatt tábort bont, 16 perc alatt egy új helyre megy és 5 perc alatt harckészültségbe kerül. Az ilyen típusú koordinálás nemcsak azt biztosítja, hogy a harcművelet folyamatosan felügyeli, hanem megnehezíti a rendszerek észlelését és a hatékony ellenlépések végrehajtását (1. ábra).



1. ábra Három ARTHUR egység folyamatos harctéri felderítést végez, még mozgó saját csapat arcvonal esetén is

A működés alapja a gyors számítástechnika. A balisztikus görbe n különböző pontjának ismerete n különböző egyenlet felírását teszi lehetővé, melyekből n ismeretlen lehet meghatározni. Bár ez az elvi lehetőség nem mindig valósítható meg, de ha $m \leq h$ pontra

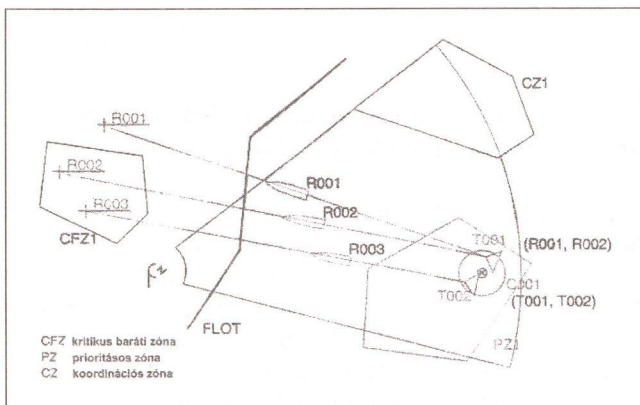
adva van az (x, y, z, t) paraméter négyes és ismert a légmozgás iránya és sebessége (w (x, y, v)), valamint a relatív páratartalom, akkor kiszámítható a

- kilövési pont (x₀, y₀, z=0, t₀),
- becsapódási pont (x_e, y_e, z_e, és t_e),
- kilövés szöge δ_{eleváció}

Repülő tárgy tömege, perdülete és a légellenállás

Természetesen ennek előfeltétele a nagyon pontos hely meghatározása, ami egyetlen mérőhely esetén csak többszörös méréssel adható meg. Ilyenkor a

$\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ értéket tudja megadni és esetleg ismert a mérőnyaláb elevációs szöge (9). A számítás tehát csak akkor ad hasznosítható eredményt, ha a repülési időn belül legalább 9 pontra vonatkozó adatok állnak rendelkezésre (m≥9), és ez PN időben megoldható.



2. ábra Három taktikai zóna típusát határozzuk meg egy tűzparancs fontosságának meghatározásához

2. Taktikai alkalmazás

A harctér taktikai kiértékelésénél az FDC a tűzparancs fókuszál szolgáló zónákat határozhat meg. Ha az ARTHUR egy tűzparancs aktív és automatikus kezdeményezője, akkor ezen zónák meghatározása egyike azoknak a kritériumoknak, melyeket az ARTHUR annak eldöntésére használ, hogy ki kell-e adnia tűzparancsokat.

A zónáknak három típusa van:

- Egy **prioritásos zóna** (PZ): ellenséges fegyvereket tartalmaz a saját fegyvereink hatókörén belül. Általában ezekre azonnal lehet tüzelni.
- Egy **kritikus baráti zóna** (CFZ): olyan saját anyagi eszközöket tartalmaz, melyek védelmet igényelnek. Az ezen zónán belüli becsapódási pontokkal rendelkező fegyverek ellensapást és prioritású tűzparancsot igényelnek.
- Egy **koordinációs zóna** (CZ): saját csapatokat, speciális erőket vagy megfigyelési pontokat tartalmazhat. Általánosságban az e zónában észlelt fegyver típusát kell meghatározni és a teljes taktikai helyzet gondos kiértékelését kell elvégezni. Ebben a zónában tilos automatikus tűzparancs kiadása.

Az FDC maximálisan tíz zónát határozhat meg minden típusból és az ARTHUR-t azok megfelelő vezérlése használhatja fel.

Az ARTHUR által kiadott tűzparancsok számát az FDC távolból vezérli. Ha valamennyi kritérium kielégíti egy észlelt célpont paramétereit, akkor az a célpont automatikusan prioritásos célpontnak minősül és tűzparancsként továbbítja. Az egyes fontossági kritériumok a következők:

- Ha **egyetlen fegyver és pontosság** kritérium aktív, akkor a kezelőnek a becsült fegyverhely hibájára egy maximális értéket kell beállítania. Ha a pontosság jobb ennél az értéknél, például 50 méternél, akkor ezt a fontossági kritériumot OK-nak (teljesítettnek) minősítjük.
- Ha az **összetett célpont és korlátozások** kritérium teljesül, akkor a kezelőnek be kell állítania a két fegyver közötti maximális távolság értékét. Ha a távolság kisebb ennél például 50 m-rel, akkor ezt a fontossági kritériumot OK-nak (teljesítettnek) minősítjük és egy összetett célpontot hozunk létre.
- Ha a **prioritásos zóna** (PZ) kritérium aktív, akkor a rendszer megköveteli, hogy egy fegyver helye ezen a prioritásos zónán belül legyen ahhoz, hogy ezt a kritériumot OK-nak (teljesítettnek) minősítse.
- Ha a **kritikus baráti zóna** (CFZ) kritérium aktív, akkor a rendszer megköveteli, hogy egy becsapódási hely egy kritikus baráti zónán belül legyen ahhoz, hogy ezt a kritériumot OK-nak (teljesítettnek) minősítse.

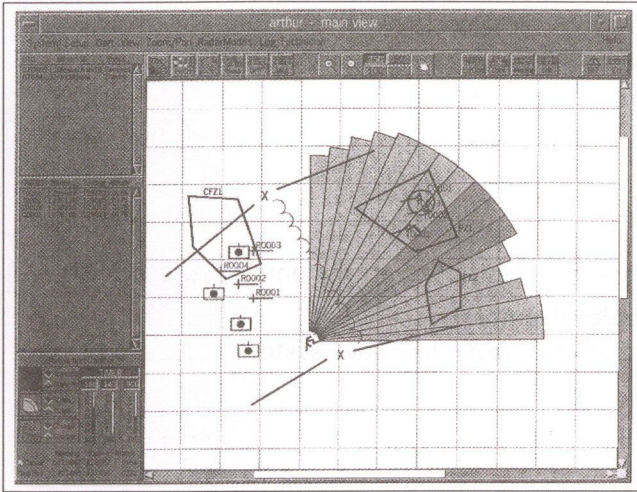
Elnyomás

Ha a kezelő azt akarja, hogy az ARTHUR által azonosított valamennyi fegyverhely tűzparancsá váljon, akkor egyik kritériumot sem aktivizálja. Másrészről, ha valamennyi kritérium aktív, akkor csak azokra a fegyverekre ad tűzparancsot, melyek egy bizonyos pontosságon belül esnek, csoportokban helyezkednek el egy minimális távolságon belül, egy prioritásos zónából (PZ) egy kritikus baráti zónára (CFZ) tüzelnek. Ez a két példa mutatja a rendszer rugalmasságát. A normális működés valahol ezen maximális és minimális értékek között van. Azonban a felhasználó néhány másodpercen belül megváltoztathatja a paramétereit.

3. Ember-gép interfész

Az ARTHUR-ban a radar kezelőjének és a taktikai tisztnek egyforma számítógépkonzolja van. Kis harctéri aktivitások idején a rendszert egy személy is működtetheti. A rendszer gazdaságos és könnyen:

- egyedivé tehető speciális igények kielégítésére,
- továbbfejleszhető az igények változásával és a technológia fejlődésével,
- integrálható meglévő távközlési hálózatokba.



3. ábra A képernyős munkafelület a radar kezelője és a taktikai tiszta számára a harctéri helyzet friss és realisztikus áttekintését biztosítja

A Motif/X Windows képernyőkezelő környezet lehetővé teszi a kezelők számára a tevékenység ellenőrzését és a harctér megjelenítését, táblázatokat és grafikus megjelenítést használva a következőkre:

- egy fegyver helye, fegyver típusa és becsapódási pont,
- valamennyi zóna és taktikai jelzés,
- fenyegetés megjelenítése,
- digitális térképek.

Ezen túlmenően a kezelők számára felajánlja a következőket:

- egyszerre sok ablak lehet nyitva,
- ablakok elrendezése a képernyőn, a gyors és könnyű mozgás közöttük,
- az egyik ablakban futó művelet követése, miközben egy másik ablakban megjelenített feladaton dolgozunk vagy helyzetet értékelünk ki,
- egy ablak zsugorítása ikonra.

Közvetlen beszédkapcsolat és adatkapcsolat tartható fenn a társult egységekkel rövidhullámon, mikrohullámon, vezetéken vagy digitális telefonon keresztül. Az infocom rendszer lehetővé teszi a kezelők számára, hogy közvetlenül kommunikáljanak a vezetőfülkével (3. ábra).

Az ARTHUR távközlési rendszerét kétirányú hang- és adatátvitelre tervezték, rádió-, valamint harctéri és nyil-

vános hálózatok felhasználásával. A mozgékony és a gyors hadrendbe állítás követelményeinek teljesítése érdekében egy automatikus navigációs rendszer biztosítja a pontosságot és a megbízhatóságot.

Általában az ARTHUR-t egy taktikai tiszta és egy radarkezelő ellenőrzi és működteti. Kis intenzitású aktiválás esetén azonban egyetlen személy is kezelheti.

Három kiképzéstípus és -szint áll rendelkezésre:

- Tantermi képzés a rendszerbe történő bevezetésre és alapvető kiképzésre.
- Speciális képzés csoportkiképzésre a parancsnoki és vezérlőközponti (C3I) konzolokon.
- Járműves képzés a rendszer tényleges gyakorlati megismerésére.

4. Üzemvitel

Az ARTHUR egy átfogó, beépített ellenőrző rendszert tartalmaz, melynek hibaészlelési és behatárolási valószínűsége 90% fölött van. A tapasztalatok és a kiterjedt ellenőrzés azt mutatja, hogy a meghibásodások között átlag idő (MBTF) 500 óra a teljes rendszerre a helyszínen. A helyszíni javítás átlagideje (MTTR) 0,5 óra és a legtöbb esetben vonali egységek vagy alkatrészek (LRU-k vagy LRP-k) cseréjét jelenti.

Az ARTHUR moduláris szerkezete és konstrukciója lehetővé teszi, hogy a radart többféle hordozóra szereljük fel, a minden területen mozgó járművektől kezdve az árbocos vagy árboc nélküli terepjáró teherautókon keresztül a páncélozott járművekig.

A norvég és svéd hadsereg például az ARTHUR-t Hägglund BV-206 Snowcateken telepítve használja. A BV-206 minden terepen használható jármű, mely képes mozogni vízben, havon, mocsarakban vagy másfajta elő nem készített terepen. Minden egység teljes mértékben önálló, kezelő munkaállomásokat, tápellátó rendszert és szellőztetőt tartalmaz. Egy egység légi szállításához a BV-206-ot egyszerűen bevezetik egy C-130 Hercules teherkabinjába és rögzítik. Sem a hardvernek, sem magának a járműnek nincs szüksége speciális előkészületekre.

Összefoglalva, a rendszer az információs technológiát alapul véve és a távközlést is hasznosítva értékes adatokat tud megszerezni. Ezek segítségével helyes döntések hozhatók. Ha két helyen végzik a méréseket, akkor mind a pontosság, mind a gyorsaság tovább javítható.

Contents

Foreword to the May issue	1
DIGITAL TRANSMISSION TECHNOLOGY	
Mr. László Falus	
Characteristics and measuring methods of digital television transmitting equipment	3
Dr. Sándor Bozóki–Mr. István Gelencsér–Mr. Szabolcs Krémer	
Modulation measurements on the digital channel of Budapest AM microwave system	11
Dr. Tamás Sárkány	
Digital radio broadcasting from satellite	18
RADIATION PATTERNS	
Mr. Zoltán Németh–Mr. Sándor Imre–Mr. Ferenc Balázs	
Adaptive aerial systems	21
Mr. Zsolt Ádám Cser	
Measurements of helicopter bi-directional characteristic in the practice	29
THEORY AND CONTROL	
Dr. Oszkár Kovács	
Comparative analysis of image coding methods	37
Dr. Józsefné Somodi	
Some issues of mobile reception and technical control in the area of digital program distribution ..	46
Mr. Sándor Stefler	
Reflections on set-top-boxes	51
APPLICATIONS	
Mr. János Ladvánszky	
A possible method of protection against the theft of cars	55
Mr. György Bőgel	
Hewlett-Packard: on the eve of a new decade	61



Szerkesztőség

HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6–8.

Tel.: 353 1027, Fax: 353 0451

e-mail: hte@mtesz.hu

Hirdetési árak:

1/1 (205 x 290 mm) 4C 120 000 Ft + áfa

Borító 3 (205 x 290 mm) 4C 180 000 Ft + áfa

Borító 4 (205 x 290 mm) 4C 240 000 Ft + áfa

Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is

BME Mikrohullámú Híradástechnikai Tanszék
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

2001-ES ELŐFIZETÉSI DÍJAK

Hazai közületi előfizetők részére

1 évre bruttó 30 000 HUF

Hazai egyéni előfizetők részére

1 évre bruttó 6 000 HUF

Subscription rates for foreign subscribers

12 issues 150 USD, single copies 15 USD

www.hte.hu

Felelős kiadó: MÁTÉ MÁRIA

Lapmenedzser: Dankó András

Design by: Kocsis és Szabó Kft.

HU ISSN 0018-2028

Printed by: Regiszter Kft.

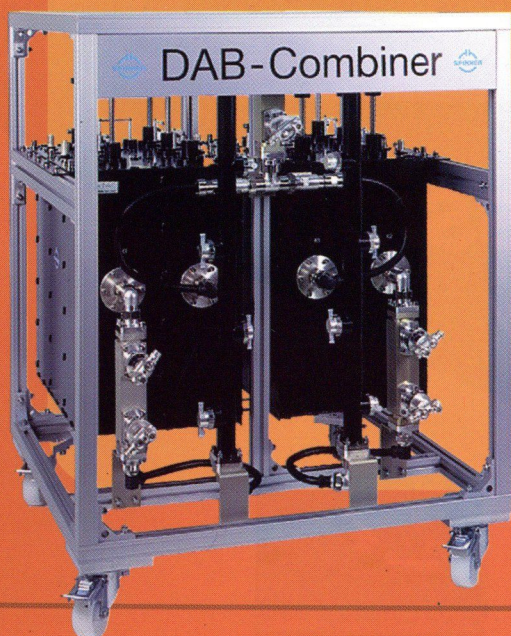
To frequency or not to frequency...

Broadcast solutions



Loads
Switches
Rigid Lines

... your decision
for the best.

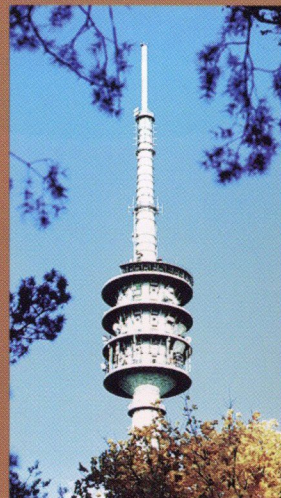


Patch Panels
Combiners
Filters

DVB
Digital Video
Broadcasting



SPINNER GmbH
Erzgießereistr. 33
D-80335 München
Tel +49 89 126 01 257
Fax +49 89 126 01 287



E. Hartner & Co

ELEKTROTECHNISCHE BAUELEMENTE

Elisabeth Hartner & Co OHG

eMail: e.hartner@aon.at

A - 1230 Wien, Triester Straße 190

Tel: ++431/914 43 96, 914 97 89, 911 38 19; Fax: DW15

MAGYARORSZÁG:

Mobil: (30) 9525-170

Tel.: (23) 310-336

Fax: (23)310-336

SAMSUNG

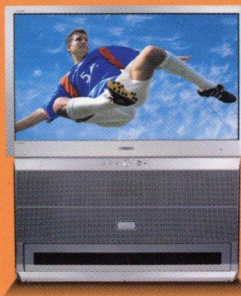


DigitAll *passion*

Digitális szenvedély

2 tuner
kép a képben funkció

Tökéletes automata
fókuszálás



100Hz Natural Scan
képletapogatás

Dolby ProLogic
hangzás

SAMSUNG DIGITÁLIS PROJEKTOROS TELEVÍZIÓ. A nagy játék izgalma.

Legyen Öné a nagy játék érzése, mintha a helyszínen lenne! Az egyedi, tökéletes kép élménye életre kelti a stadion összes színét és energiáját a hihetetlenül nagy, 47"-os képernyőn, nappali fényviszonyok között is. A Dolby Prologic hangrendszer élethű hangzása pedig gondoskodik arról, hogy a nappalijában élethűbb és erőteljesebb hanghatások érjék, mint egy stadionban. Lenyűgöző? Elég lenyűgöző!

SAMSUNG DigitAll
everyone's invited™

www.samsung.hu