

HÍRADÁSTECHNIKA

A műsorszóró rádiórendszerek főbb fejlődési irányai*

SZOKOLAY MIHÁLY
BME Mikrohullámú Tanszék

A rádióműsor-szórás leglényegesebb rendszertechnikai jellemzői a hatvanas évek közepéig jól kialakultak, ill. stabilizálódtak. A műsorszóró-rendszerek frekvenciái a hosszú-, közép-, rövid- és ultrarövid hullámsávokban hosszú távon is véglegesnek mondható tartományokat foglaltak el. A két fő műsorfajtának, a hang-, ill. képsugárzásnak a modulációs eljárásai ugyancsak szabványosabbá váltak: kétoldalsávós AM, mono és sztereó FM a hang, csonka oldalsávós AM a képvitelre. A műsorszórás technikája eddig az dőig a mennyiségi és minőségi elvárásokat jól kielégítette.

Az elmúlt 15–20 év alatt azonban a rádióműsorszórással szemben támasztott társadalmi igények jelentősen megnövekedtek. Ezért a műsorszórást, mint a tömegtájékoztatásnak, a nevelésnek, a szórakoztatásnak eszközét világszerte igen gyors ütemben kellett fejleszteni. Ennek eredményeképpen növekedett a műsorok száma, az adásidő, valamint a besugárzott terület nagysága. Ez nagyszámú új adóállomást, valamint adási frekvenciát igényelt. Javítani kellett a műsorok technikai minőségén. A minőségjavulás igénye egyrészt a műsorok frekvenciaterjedelmének, ill. dinamikájának növelésénél, másrészt pedig az interferenciamentes vételi körülmények kialakításánál jelentkezett.

A konvencionális műsorfajták mellett igény támadt bizonyos kiegészítő, kiegészítő műsorszóró szolgáltatások iránt is. Ezek között megemlíthető pl. a közlekedési információs szolgálat, a szelektív személyihívás vagy a képűjság. Ezen „másodlagos” műsorok átvitelét célszerűen a meglévő műsorszóró-hálózattal kellett megoldani.

A műsorszórás rendszertechnikájában mutatkozó legfontosabb tendenciákat két csoportra oszthatjuk. Az egyik csoportban a fő műsorfajták mennyiségi és minőségi mutatóinak javítását célzó eljárások tartoznak, a másikba pedig az új szolgáltatásformák

megoldásmódjai sorolhatók. Megemlítendő azonban, hogy a rendszertechnikai újdonságok mellett a berendezések és áramkörök területén is nagy fejlődés tapasztalható. Ez érthető, hiszen az új rendszertechnikai megoldások többnyire csak megfelelő berendezésekkel valósíthatók meg. Jelen cikk keretében azonban csak a legújabb rendszerjellemzők terén tapasztalható fejlődés áttekintésére van mód.

1. Újabb modulációs rendszerek

a) Sztereó műsorsugárzás amplitúdómodulált adókkal

Az AM műsorszórás gyakorlatában tradicionális a kétoldalsávós amplitúdó moduláció (AM–DBS) használata. Egyeduralkodó jellegét annak köszönheti, hogy mind a modulált jel előállítás, mind annak a vevőben történő demodulálása igen egyszerű eszközöket igényel. Az utóbbi időben azonban érdeklődés mutatkozott olyan amplitúdómodulált eljárások iránt, amelyek egyidejűleg két független jelet továbbíthatnak sztereóvétel céljára, de kompatibilisek a meglévő AM–DSB rendszerrel.

Az elmúlt néhány évben a szakajtó több új érdekes eljárást ismertetett. Valamennyi javasolt, ill. publikált eljárás közös tulajdonságait az alábbi követelmények lehetőleg egyidejű teljesítése jellemzi:

- a rendszernek teljesen összeférhetőnek kell lennie a már meglévő mono AM vevőkészülékekkel,
- az AM sztereó műsorsugárzás nem foglalhat el nagyobb frekvenciasávot, mint a meglévő mono AM, hogy így a meglévő csatornakiosztási terv változatlan maradjon,
- az AM vevő „sztereóvételének” költsége kellően alacsony legyen,
- az AM sztereó műsorszórás bevezetése nem vonhatja maga után az ellátási területek beszüklését, a korábbi mono ellátottsághoz képest,
- a rendszer gondoskodjék a sztereó dekóder automatikus bekapcsolásáról,
- a meglévő AM adók egyszerűen adaptálhatók legyenek sztereóüzemre.

* A cikk a szerzőnek Dr. Ferenczy Pállal (BME) közösen írt tanulmánya alapján készült. A tanulmányt az MTA Műszaki Tudományos Osztályának Távközlési Rendszerek Bizottsága megvitatatta.

Valamennyi javasolt rendszer ugyanazt a vivőt használja fel mind a két hangcsatorna átvitelére. Ugyanazzal a vivőhullámmal két különböző jelnek a továbbítására az alábbi megoldásokat dolgozták ki:

- *Kvadratúramoduláció.* Ez két AM—DSB jel összege, amelyeknél a vivőfrekvenciák azonosak, egymáshoz képesti fázishelyzetük azonban 90° -kal különbözik.
- *Független oldalsávós amplitúdómoduláció (AM—ISB).* Olyan kétoldalsávós AM, amelynél a felső oldalsáv felel meg az egyik, az alsó pedig a másik átvitt jelnek.
- *Szimultán AM—FM.* — Az egyik továbbításra szánt jel a vivőt amplitúdóban, a másik frekvenciában modulálja.
- *Szimultán AM-PM.* — Az egyik továbbításra szánt jel a vivőt amplitúdóban, a másik fázisban modulálja.

A javasolt AM sztereórendszerek lényegében a fenti eljárások egyikét használják, esetleg némi módosítással. Így pl.:

- Az egyik megoldás (a Belar cég javaslata) lényege, hogy a bal és a jobb csatorna összege, $L+R$ a vivőt amplitúdóban, a különbségük, $L-R$ pedig frekvenciában modulálja. A frekvencialöket csúcsértéke $1,25$ kHz, az alapsávi előkiemelés időállandója $100 \mu s$.
- *Kvadratúramodulációt* javasol a Motorola cég: az $L+R$ összegjel a modulálatlan vivővel fázisban levő vivőkomponenst, az $L-R$ pedig az erre merőleges vivőt modulálja. Abból a célból azonban, hogy az egyszerű burkoló detektoros vevők az $L+R$ demodulált jelet szolgálhassák, az egész jelet megfelelő módon előtorzítják.
- A javaslatok között a legfrissebb a Harris cég által 1978-ban publikált eljárás. Alapját tekintve ez is kvadratúramodulációt alkalmazó rendszer, azzal a kiegészítéssel, hogy a merőleges összetevőt moduláló $L-R$ jel nagysága erősen le van csökkentve. Kimutatható, hogy ez ekvivalens azzal, mintha egy modulálatlan vivőre szuperponáltak volna két amplitúdóban modulált vivőt, amelyek közül az egyik $+15^\circ$ -kal eltolt fázishelyzetű a modulálatlan vivőhöz képest és a moduláló jele R , míg a másik -15° fázisú és ennek moduláló jele L .

Ez utóbbit kivéve valamennyi javasolt rendszer érzékeny a többutas terjedés (felületi és térhullám) okozta interferenciákra, valamint az átvitel során adódó sávszűrők (adó, antennarendszer, vevő áramkörök) lineáristól eltérő fáziskarakterisztikájára. A rendszer megfelelő megválasztása ezért nem egyszerű, amit legjobban az bizonyít, hogy az e téren legelőrehaladottabb Amerikai Egyesült Államok sem szánta rá magát ezideig az AM sztereórendszer bevezetésére.

b) A kvadrofónia

A kétcsatornás sztereó hangműsorszórás ma már világszerte elterjedt és az URH-sávon használatos

FM adók a műsoridő jelentős részében sztereó műsort sugároznak. Elterjedésében jelentős szerepet játszott a technikailag tökéletesnek mondható sztereó hanglez és sztereó magnetofon térhódítása.

A kvadrofón rendszerek a kétcsatornás sztereótechnika továbbfejlesztésének tekinthetők. Leegyszerűsítve a viszonyokat úgy is mondhatjuk, hogy amíg a kétcsatornás sztereórendszer a rádióhallgató számára a hangtérnek mintegy 90° -os irányszögön belüli leképztését, átvitelét, majd a helyszínen való rekonstruálását végzi, addig a kvadrofón rendszerek célkitűzése a teljes körkörös hangtér leképztése, átvitele és a hallgató körüli visszaadása. E cél elérésére elvileg végtelen sok átviteli csatornára lenne szükség. A kvadrofóntechnika azonban legfejlebb 4 átviteli csatornát használ, amelyek — virtuális hangforrásérzetet kelte — biztosítják a körkörös irányhallást. Maga az elnevezés is 4 átviteli csatornára utal. A kvadrofón elnevezés azonban nem kizárólag a négycsatornás rendszereket fedi le, hanem ugyanezzel a névvel illetik azokat a három- sőt kétcsatornás rendszereket is, amelyek célja ugyancsak a körkörös leképztés, átvitel és rekonstrukció. Ezek a rendszerek ezt a négycsatornás változathoz képest azonban csak bizonyos engedmények árán biztosítják.

Ilyen szempontból ideális az a rendszer, amelynek négy kimenő jele pontosan megfelel a négy bemenő jelnek. A négy bemenő (ill. kimenő) jelet a szokásos módon jelöljük: LB (LB') a bal hátsó, LF (LF') a bal első, RF (RF'), a jobb első és végül RB (RB') a jobb hátsó mikrofon (hangszóró) jele.

Egy adott kvadrofón rendszer kódolója a négy bemenő jeltől újabb négy (esetleg 3, ill. 2) jelet állít elő. A kódoló kimeneti és bemeneti jelei között valamilyen $[K]$ mátrix teremt lineáris kapcsolatot. A kódolt jel ezután az átviteli csatornára kerül. Az átvitel részleteivel nem foglalkozunk, csupán azt tételezzük fel, hogy a kódolt információ az átviteli út végén ismét rendelkezésre áll. Az átvivő csatorna ki- és bemenő jelei közötti összefüggést valamilyen $[C]$ mátrix adja. Végül a dekódoló elvégzi a dekódolás műveletét, amelyet valamilyen $[D]$ mátrix ír le.

A teljes átviteli rendszer bemenete és kimenete között a három mátrix szorzata adja meg az összefüggést:

$$\begin{bmatrix} LB' \\ LF' \\ RF' \\ RB' \end{bmatrix} = [D] [C] [K] \begin{bmatrix} LB \\ LF \\ RF \\ RB \end{bmatrix} \quad 1.$$

Az (1) összefüggés segítségével azután nemcsak a különböző négycsatornás átviteli rendszerek ellenőrizhetők, hanem az összeférhetőség minden elképzelhető változata is, beleértve a 3, 2, de még az (esetleg) egycsatornás átviteli utakból származó problémákat is.

Ha ugyanis a kóder és a dekóder közé olyan átviteli csatorna mátrixát helyettesítjük be, amely a fenti eseteknek megfelel, akkor az (1) összefüggés mindezen esetekre helyesen megadja a bemeneti és a kimeneti jelek közötti kapcsolatot. Ugyancsak alkalmas ez a tárgyalási mód a négycsatornás kvadrofón rendszereknek a kétcsatornás sztereórendszerrel,

ill. az egycsatornás monorendszerrel való kompatibilitásának a vizsgálatára is.

Annak ellenére, hogy a kvadrofon műsorszórás technikai megoldásait közel egy évtizede kezdték kidolgozni és publikálni, mind a mai napig nincs egyetlen ország sem, ahol rendszeresen kvadrofon műsort sugároznának. Ennek valószínűleg több különböző oka van. Az okok súlyozásában azonban még a szakembereknek is eltérő a véleményük. Egy dolog azonban tény: annak idején a kétszatornás sztereó műsorszórás bevezetésekor a sztereó hanglemezt, ill. a kétszatornás sztereó magnetofon már „csatát nyert”, de ugyanez távról sem mondható el napjainkban a kvadrofoniáról.

c) Zajcsökkentő eljárások

Az ÚRH—FM adók hangfrekvenciás jel-zaj viszonyát jelentősen emeli az adóban alkalmazott magashang-előkiemelés. A kiemelés azonban csak a frekvenciától függ, a szinttől független. Ez a kiemelő karakterisztika jó eredményt szolgáltat, ha a magas hangok általában gyengék. Figyelembe kell venni azonban, hogy a jelenlegi hangfelvevő eszközök a korábbiakhoz képest jobb magashang-átvitellel rendelkeznek, így az előkiemelés a moduláló hangok összes teljesítményét már jelentősen megemelheti. Nyilvánvaló azonban, hogy az erősen magas hangokat célszerűtlen kiemelni, hiszen azokra nézve a jel-zaj viszony amúgy is kielégítő.

Az elmúlt évtizedben a hanglemezt, valamint a magnetofontechnikában sikerrel terjedt el a szintfüggő magashang-kiemelés, a leginkább Dolby néven ismert technika. A Dolby-eljárás lényege, hogy az adóoldalon annál erősebb a magashang-kiemelés, minél gyengébb a hang. A gyenge hangok kiemelése a moduláló hangteljesítményt csak lényegtelen mértékben emeli, így a hangátviteli eszközök kivezérlését a kiemelés nem korlátozza.

A Dolby-rendszer alkalmazása az ÚRH—FM adókban is célszerűnek mutatkozik. Az elméleti számítások ugyanis azt mutatják, hogy ezzel a módszerrel nyereség érhető el. Változatlan kivezérlés (löket) mellett az ellátottság körzete megnövekszik (az ellátott terület sík vidéken kétszeres-háromszoros lehet). Az adó közelében növekszik a zavarvédelem, rosszabb vételi körülmények között is üzemeltethetők a vevők stb. Másrészt a csökkentett mértékű előkiemelés lehetővé teszi a löket korlátozását is, ami viszont a kölcsönös interferenciát csökkenti. A Dolby-rendszernek a rádióműsor-szórás területén való alkalmazásánál azonban — a kompatibilitás miatt — bizonyos kompromisszumokra kell törekedni. Az alkalmazás kérdésében döntés — amelynek előzményét egy szabványosítható eljárás kidolgozása képezné — még nem történt. A kutatómunka azonban számos műsorszóró szolgálatnál igen intenzív.

2. Új sugárzási rendszerek

A rádióműsor-szóró adók száma rohamosan gyarapodik. Az eddig elfoglalt frekvenciasávokban növekszik a zsúfoltság. Újabb frekvenciák viszont már

csak a mikrohullámú tartományban állnak rendelkezésre. A mikrohullámok sajátos terjedési viszonyai miatt azonban az adó- és vevőantennák között az akadálymentes rálátás elengedhetetlen. Ezért itt csak olyan helyekről történhet sugárzás, amelyek jóval a vevők fölött vannak és ez a közvetlen összeköttetést biztosítja. Mai technikával ilyen sugárzás légi, ill. űreszközök segítségével oldható meg.

a) A műholdas műsorszórás

A műsorszórás jellege

A műholdakról besugározható nagy területek lehetővé tennék kontinentális kiterjedésű műsorszóróhálózatok kialakítását és voltak is ilyen elképzelések. A sok országra kiterjedő műsorszórás azonban számos nehézségbe ütközik. Ilyenek pl.:

- egyetlen állam politikai vezetése sem engedheti meg, hogy számára esetleg kedvezőtlen, ellenőrizhetetlen politikai, gazdasági, művészeti stb. információkat tartalmazó műsorokat sugározzanak az ország területére,
- a képek mellé sokféle nyelvű kísérelőhangot kellene sugározni,
- az egyes országokban különböző tv-szabványok alakultak ki. Európában pl. 4-féle fekete-fehér és 3-féle színes szabvány létezik. Az egyes adásnormák konvertálása igen bonyolult lenne,
- a Kelet-Nyugat irányban távolfekvő országok zónaideje eltérő. A „főműsorok” ideje különböző így egy bizonyos időben sugárzott műsor némely helyen túl korai, máshol túl késői lenne.

Fenti problémák miatt az országok közötti különálló műsorellátást javolják.

Geometriai megfontolások

Műholdas műsorszórás céljára csak geostacionárius műholdak alkalmasak, mert ekkor a vevőantennákat fixen be lehet állítani. Ezért viszont a besugárzendó területek a műholdról nézve (vagy az Egyenlítőnek a műhold „alatti” talppontjához képest) földrajzi hosszúság (K—NY) irányban, valamint földrajzi szélesség (É—D) irányban általában el vannak tolva.

A talpponthez közel eső területekről a műhold magasan, a távolabb esőktől a műhold alacsonyán látszik. A lapos sugárzási szög kedvezőtlen, mivel ekkor a földi légkörben hosszú utat tesz meg a sugár és jobban csillapodik. Legkedvezőbb lenne a műholdat a besugárzási terület középpontjához tartozó meridiánsíkban elhelyezni, mivel így a látószög (elevációs szög) maximális. Van azonban egy sajátos probléma. A műhold adója — a nagy teljesítményre való tekintettel — a tápenergiát közvetlenül a műhold napelemeiből kapja, közbelső tároló, akkumulátor nincs. Tavasszal és ősszel a műhold éjfél tájban kis időre (maximálisan 22 percre) a Föld árnyékkúpjába kerül, amikor is a napelem nem ad áramot. Éjfélkor viszont még sokan nézhetik a műsort. Ezért a műhold helyét a meridiánsíkhoz képest nyugat felé el kell tolni, hogy a fent említett kiesés éjfél után 2—3 óra múlva következzen be.

A műholdról nézve a besugárzandó terület alakja lényegesen különbözhet a térképen megszokottól, különösen az egyenlítőől távol eső országok esetén. Az adóantenna sugárzási karakterisztikájának közéletiellene kell a terület alakját, valamint pontosan irányítani kell a nyalábot. A szigorú irányítási kritérium miatt a műhold függőleges tengelyének a függőleges iránytól való eltérése legfeljebb $\pm 0,1^\circ$ lehet. Ez a hiba a talppont környezetében még csak ± 60 km irányítási pontatlanságot jelent, a 60° szélességi körön azonban az eltérés már ± 250 km. Ezenkívül a műhold a sugárzási tengelye körül is elfordulhat, ami elliptikus sugárnyaláb esetén az ellipszis tengelyeinek irányváltozását jelenti. Az elfordulás pontatlansága $\pm 2^\circ$ -nál nagyobb nem lehet.

Figyelembe veendő továbbá, hogy a műhold alulról nézve sincs mindig pontosan a helyén. A műhold alatti pontról nézve É–D, ill. K–Ny-i irányban a hely pontatlansága azonban $\pm 0,1^\circ$ -nál nagyobb nem lehet. (Ennél nagyobb eltérés esetén a műhold kilephet a fixen beállított földi vevők antennájának sugárnyalábjából.)

A műholdas sugárszórás néhány jellemzője

A műholdas sugárszórás céljára Európában a 620–790 MHz, 2,5–2,69 GHz, 11,7–12,5 GHz, 41–43 GHz, 84–86 GHz frekvenciasávokat jelölték ki. Hazánkban a 12 GHz-es sáv bevezetésére kerül sor. A felsőbb frekvenciasávok alkalmazhatóságát jelenleg tudományos kutatások keretében vizsgálják.

A 12 GHz-es sávot — nemzetközi megállapodás szerint — 40 csatornára osztották. A csatornák közepes frekvenciái között 19,18 MHz a távolság. Két szomszédos csatorna modulációs oldalsávjai ilyen kiosztásnál átlapolják egymást. Általában hálózatot úgy kell tervezni, hogy az azonos (vagy szomszédos) csatornák felhasználására egymástól távol eső területeken kerüljön sor, ahol megfelelő interferenciavédelem áll fenn.

A 12 GHz sávban, az amplitúdómodulációval szemben, a frekvenciamoduláció alkalmazása látszott célszerűnek.

A főbb előnyök:

- a földön kb. 14 db jel-zaj elegendő a jó minőségű vételhez,
- 31 dB ill. 15 dB zavarvédelem elegendő a közös csatornás, ill. szomszédos csatornás interferencia esetén,
- a földi 12 GHz-es vevő helyi oszcillátorának stabilitásával szemben kisebb a követelmény.

A tapasztalat szerint a videojellel modulált — a megengedett frekvencialöket $\pm 12,5$ MHz — vivőhullám-átvitelhez 27 MHz sávzélesség szükséges. A tv-jellel történő modulációnál azonban, annak vonalasspektruma miatt zavaró hatással kell számolni. A zavar csökkentése érdekében az alapsávi jelet egy kisfrekvenciás jellel előmoduláljuk, ami a zavaró jelek amplitúdóját kb. 22 dB-lel csökkenti.

A műhold

A műsorszóró műholdakat általában több tv-program átvitelére tervezik. Egy-egy ország részére su-

gárzandó műsorokat (egy műholdról maximálisan ötöt) egyetlen antennába vezetik. A műsorcsatornák természetesen nem egymás mellett helyezkednek el.

A műholdra a programot egy földi állomás sugározza. A föld—műhold irányú sugárzás 14 GHz frekvencián történik. Ilyen nagy frekvencián a zavarmentes összeköttetés által a megkívánt élesen nyalábolt sugarat már kb. 4 m átmérőjű paraboloid antenna is elő tudja állítani. A földi adóállomás ezért viszonylag kisméretű lesz és így gépkocsiba is telepíthető.

A felsugárzott műsort, vagy műsorokat a műhold veszi, és konvertálja a megfelelő adási csatornába. A műhold adóteljesítménye 100–200 W nagyságrendű. Ezt a teljesítményt jó hatásfokú, nagy linearitású haladóhullámú erősítővel biztosítják. A műhold adóantennáján közpolarizált hullámot állítanak elő. A sugárnyaláb keresztmetszete — a besugárzandó terület alakjától függően — általában elliptikus keresztmetszetű.

A kölcsönös zavarok elkerülése végett a 12 GHz-es frekvenciasávban működő műholdakat — szögértékben számítva — egymástól legalább 6° távolságra kell elhelyezni. Figyelemre méltó, hogy ezzel a korlátozással a kb. negyedmillió km kerületű geostacionális pályán mindössze 60 ilyen műhold helyezhető el.

A földi vevő

A műholdas adás földi vétele egyedi, vagy közösségi vevővel történik. A paraboloid vevőantenna nyalábszöge nyeresége ill. átmérője az előző esetben kb. 2° , 38–40 dB, ill. 0,9–1 m, az utóbbinál pedig kb. 1° , 44–46 dB ill. 1,8–2 m.

A vevők rendszertechnikája még nem alakult ki. A vevők többnyire keverő, vagy tranzisztoros bemenetűek. Az egyik megoldás szerint az első keverő a 12 GHz-es jelből kb. 300 MHz-es középfrekvenciát állít elő, amelyet kábelen vezetnek a tv-vevőkhöz. Itt egy további egységben a K.f jelet erősítik, majd FM demoduláció következik. A demodulált videojel egy modulátorba kerül, amelyik a tv-vevő valamelyik csatornájába közvetlenül beadható modulált rádiófrekvenciát állít elő. Ez a jel már egyszerű tv-vevővel vehető.

A vevő egyik legkritikusabb eleme a 12 GHz-es helyi oszcillátor, mert igen egyszerű kialakítás mellett 10^{-4} nagyságrendű relatív stabilitást kell biztosítani. Emellett kb. 3–400 MHz hangolási tartománnyal is rendelkeznie kell, hiszen egy műholdról 5. különféle csatorna sugárzására van lehetőség.

A vevőkből nagy darabszám szükséges. Az olcsóság, megbízhatóság lényeges. Az előzetes számítások szerint a 12 GHz-es sávban egy vevő adapter (antenna, rádiófrekvenciális áramkörök, FM demodulátor) ára kb. 300–500 \$ lesz, ha a sorozatnagyság a 100 000 db-ot eléri. Ezt figyelembe véve a műholdas műsorszóró vevők gyártása a magyar ipar számára is gazdaságos üzleti vállalkozás lehet.

A földi vevők telepítése, szerelése, ill. karbantartása, szervize újfajta feladat. Erre a hazai szolgáltató iparnak is fel kell készülnie. A feladat ellátásához nagy számban kellene majd olyan szakemberek, akik a konvencionális elektronikai szakismeretek mellett a műholdas technikában is járatosak. Emellett külön-

leges műszerek szükségesek az antennák irányításához, a 12 GHz-es áramkörök ellenőrzéséhez stb.

A műholdas műsorszórás valamennyi műholdas szolgálat között talán a legszélesebb elterjedéssel számolhat. A szakemberszükséglet — számszerűen — jelentős. A kéaderképzés ill. annak szervezése valószínűleg a felsőoktatási intézmények feladata lesz.

Hazánk az 1977. évi CCIR konferencián 5 műholdas tv-csatornát kapott. A műhold helye a nyugati hosszúság 1°-án lesz.

Kísérleti műholdak

1974—75. években az ATS—6 jelű műholdról a 2,5 GHz-es sávban közvetlen műsorszórási kísérlet történt. A fedélzeti adó teljesítménye 15 W volt. A 9 m átmérőjű adóantenna 40 dBW teljesítményű sugárnyalábot állított elő. A vételhez 3 m átmérőjű paraboloid antennát használtak. Az idő 99%-ában 49 dB volt a jel-zaj viszony. . .

Később 80 W teljesítményű, 860 MHz-es adóról India felé sugároztak direkt műsort. A vételkor egyedi, ill. közösségi vevőantennákat használtak. A közvetlen sugárzást kb. 2400 vevőállomás vette, de a vett műsort a földi műsorelosztó-hálózatba is beadták.

Kanada részére a CTS jelű (más néven Hermes) műholdat bocsátotta fel a NASA. A 12 GHz-es sávban egy 20 W-os és egy 200 W-os teljesítményű adó működik. A műhold kb. 3,5 millió négyzetkilométeres területen biztosít 1 m átmérőjű paraboloid antennákkal ellátott vevők részére kiváló minőségű közvetlen műsorvételt.

1978 elején Japán számára direkt műsorszóró műholdat lőttek fel. A General Electric cég által készített műhold 2 db 100 W-os fedélzeti adóval rendelkezik, amelyek a 12 GHz-es sávban működnek. A vételhez 2 m átmérőjű paraboloid szükséges.

A nyugat-európai országok kísérleti műholdjáról történik ugyan jelenleg sugárzás, de vétel csak 3—4 m

átmérőjű paraboloiddal lehetséges. 1981-re tervezik viszont a H—Sat jelű műhold fellövését, fedélzetén 450 W teljesítményű adóval. Ekkor a korábban is említett 0,9 m-es antenna a közvetlen vételhez elegendő lesz.

A közeljövőben India (INSAT), az arab országok, Irán valamint a skandináv államok terveznek műholdas műsorszórást. A pályára állításnál 1981-től „klasszikus” rakétahordozók mellett már űrrepülőgépet is igénybe vesznek.

A földi és műholdas rendszerek költségei

A földi és műholdas műsorszóró rendszer költségeinek összehasonlítása egyenlőre azért nem reális, mivel a műholdas rendszerek létesítésénél a beruházási keretbe azok fejlesztési költségét is bele kell számítani. Az alábbiakban egy, az NSZK-ból származó költségbecslést adunk meg.

A műhold és földi állomás fejlesztési költsége 250—300 MDM, a fellövés 80 MDM, az évi fenntartás kb. 20 MDM. 7 éves élettartam esetén az összes költség kb. 500 MDM (egy műholdról később 2—5 program is sugározható lesz).

A földi tv-műsorszóró adók évi költsége viszont csatornánként kb. 150 MDM, így 7 év alatt egy műsor sugárzása kb. 1000 MDM-be kerül. A kísérleti műholdas rendszer — a földi adóállomással együtt — még egy csatorna esetén is olcsóbb.

A meglévő és tervezett műsorszóró műholdak néhány adatát az 1. táblázat tartalmazza.

b) Műsorszórás repülőgépről

Megemlíthető, hogy javaslat született nagy magasságban keringő repülőgépről történő műsorszórás megvalósítására. A gép kb. 18—20 km magasságban repülne, amelyről kb. 2—300 km sugarú terület sugározható be. A gép egyszerre több program sugárzására is képes. A műsorszóró repülőgép nagyszámú

1. táblázat

Műhold	ATS—6 (USA)	CTS (Kanada)	BSE (Japán)	H—Sat (Ny.—Európa)	INSAT (India)	Arab	Irán	Skandináv országok
Indítás ideje	1974	1975	1978	1981	1981	1981	1981	1982
Frekvencia GHz, adás/vétel	6/2,6	14/12	14/12	14/12	6/2,6	6/2,6	14/12	14/12
Adótelj. csatornánként, W	15	200/20	100	450/300	20	40	100	450/250
Csatornák száma	2	1/1	2	1	2	5	3	5/8
3 db adóantenna irányszöge, °	0,9	2,5	1,3 × 2,3		4,5	3,5 × 10	1,5 × 3,5	1 × 1,6
Effektív adótelj. dBW	48	57	57		45	41	52	62
Vevőantenna átm. m	3	2	2	0,8	3	3	1,8	0,9
Vevőbemenet	tranzisztor	alagút-dióda	keverő	keverő	tranzisztor	field-eff. tr.	keverő	keverő
Zajhőmérséklet, K°	440	670	600	1000	600	450	600	600
Tervezett élettartam, év	3	3	3					
Műhold e. á. telj. W	400	800	700	1800	600	1000—1500	1000—2000	5000
Hordozó rakéta	Titan III/C	Thor. Delta	Thor. Delta	Ariane	Shuttle	Shuttle	Shuttle	Ariane
Műhold tömeg kg	1405	340	700	900	550	550—1100	550—1100	910

adóállomást, valamint a moduláló mikrohullámú láncot tudja pótolni. A költségbecslés azt mutatja, hogy nagy, legalább 200 km sugarú körterület besugárzása esetén az üzem költsége a földi hálózat fenntartási költségeihez képest sokkal alacsonyabb.

Egy másik, kísérleti stádiumban levő rendszerben kb. 3,5 km magasságú kötött ballonról történik a sugárzás. A ballonról besugárzott terület nagysága kb. 100 000 km². Bár számos probléma még megoldatlan, a gazdasági mutatók igen kedvezően alakultak.

3. Új szolgáltatások

a) Másodlagos műsorsugárzás

Az URM—FM rádióadók legnagyobb moduláló frekvenciája 90 kHz lehet. A szélessávú modulálhatóság lehetővé teszi, hogy az adók a mono (vagy sztereó) főprogram mellett, attól független további programot is kisugározzanak, annak zavarása nélkül.

Jellegzetes másodlagos műsorsugárzást biztosít az ún. SCA adás. Itt a másodlagos műsört először előmodulátorba vezetjük. Az előmodulátor a műsorjellel egy 67 kHz-es vivőhullámot frekvenciában modulál. A löket maximálisan ± 7 kHz lehet. Ez a modulált vivőhullám (subcarrier) a főprogram jelével együtt az adót frekvenciában modulálja. A segédvivő miatt azonban a főprogram löketét kisebbre kell venni, hogy a két jel együtt se okozzon az előírtnál nagyobb teljes löketet.

Az SCA jel vételére az URH—FM műsorvevő egyszerű kiegészítő áramkörrel válik alkalmassá. A kiegészítő áramkör a vevő FM demodulátora után következik. Ez az áramkör ± 7 kHz sáv szélességű, 67 kHz közepes frekvenciájú erősítőt és utána egy második FM demodulátort tartalmaz.

Az SCA műsor vétele esetén a második demodulátor után a jel hangfrekvenciás erősítőbe, ill. a hangszóróba kerül. Ez esetben a főprogram a készüléken nem hallható. (A készüléken kapcsolóval választható, hogy melyik programtípust kívánja az előfizető hallani.)

Az SCA segédprogramot rendszerint háttérzene szolgáltatásra használják olyan helyeken, ahol a hallgatók elsősorban nem a zenére figyelnek (pl. szórakozóhelyen).

b) Szelektív személyhívás

További alkalmazáslehetőséget jelent a szelektív személyhívás (radio paging). Alkalmazása ott előnyös, ahol a rádió-személyhívás céljára különálló rádióhálózatot nem alakítottak ki.

A szelektív személyhívás binárisan kódolt több számjegyes hívószámmal történik. A kódolt jelet először előmodulátorba vezetik, ahol az valamilyen segédvivőt frekvenciában modulál. A segédvivő ezután az FM adót modulálja. Miután a segédvivő 1—2 kHz-nél kisebb modulációs sáv szélességű, egy FM adó több (6—8) ilyen jellegű, egymástól független szelektív hívórendszert is képes kiszolgálni. Természetesen a főprogram löketét a segédjelek miatt némileg korlátozni kell.

A segédmoduláció vétele az SCA vevők megoldásával azonos módon történik. A szelektív személyhívó rendszerekben azonban a főprogram erősítésére, ill. hallgatására nincs szükség. A második demoduláció után ezért többnyire csak logikai áramkörök, kijelzők, ill. hívóhang-generátor található.

A személyhívó vevőn újabb számjegyes kijelzőt is elhelyeznek. A hívó fél ugyanis a híváshoz nemcsak a hívandó fél számát, hanem egy számjegyesen kódolt utasítást, vagy pl. visszahívandó telefonszámot is közölhet. A hívás tényére hangjel hívja fel a figyelmet.

Némely személyhívó-rendszerben — az SCA rendszerhez hasonlóan — a szelektív hívással együtt a hívó fél rövid beszédüzenetet is közvetíthet. Ez a lehetőség azonban sok helyen jogi (vagy biztonsági) problémát vet fel, így a „nyilvános” üzenetközvetítés elterjedése korlátozott.

A szelektív rendszerrel egyszerre több előfizető, körözüvény jelleggel is hívható. A hívások kezdeményezésére a nyilvános telefonhálózaton, vagy erre a célra kialakított diszpečser központon keresztül van lehetőség.

c) Közlekedési információs rendszerek

A rádióműsor-szórásnak napjainkban új feladatot is kell ellátnia: a rohamosan terjedő motorizáció megköveteli a szinte percre kész friss közlekedési tudnivalók, hírek közlését. Ezzel kapcsolatban a fő probléma az, hogy a gépkocsiban ülő rádióhallgatót csak az őt közvetlenül érintő közlekedési hírek érdeklik, míg a többieket általában éppen ezek a műsor-megszakítások zavarják a rádióhallgatásban. Tovább bonyolítja a problémát az is, hogy a közölt közlekedési híreknek csak egy-egy körzetben van jelentős információ tartalma, mások számára ezek érdektelenek, sőt zavaróak is lehetnek.

A legegyszerűbb változat, egy külön e célra üzemeltetett FM adó. Ennek vételkörzetében a helyi közlekedési információkat folyamatosan továbbítják. E megoldás fő hátránya az, hogy országos méretekben csak sok adófrekvenciával valósítható meg.

Ennél fejlettebb az a változat, amikor valamelyik országos műsorban a mindenkori adást megszakítva továbbítanak autósoknak szóló híreket. Természetesen ez is csak kompromisszumos megoldás. Itt bevezették az ilyen hírek előtt és után elhangzó jellegzetes dallamú hangjelzést. Ennek célja nemcsak a figyelem felkeltése, hanem egy-egy olyan kódnak a biztosítása, amelyet az autókban levő, e célra készített vevők felismernek és az üzenet időtartamára bekapcsolják, vagy átkapcsolják a hangcsatornát a rádióvevő kimenetére. Itt is hátrányos, hogy mindig minden üzenetet mindenki hall, az is, aki az érintett helytől távol autózik.

Érdekes megoldást dolgoztak ki Angliában, a CAR-FAX elnevezésű, egyelőre kísérleti rendszert. Alapját ennek több kis teljesítményű, azonos frekvencián sugárzó adóból álló hálózat képezi. Miután egyidejűleg általában csak egy-egy körzet számára kell híreket továbbítani, ezeket az adókat időosztásos rendszerben üzemeltetik. Az azonos frekvencia használata egyszerűsíti a vevő kialakítását is, használá-

tát is. Abból a célból, hogy minden autós csak a hozzá legközelebb fekvő adóból kapjon híreket, minden közlemény előtt kódjel kerül továbbításra, amely a CARFAX vevőket aktivizálja. A híreket AM-mel továbbítják. A megelőző kódjel frekvenciamodulált, amely egyértelműen behatárolja a területet, amelyre a közlemény aktuális. A javasolt rendszer lehetővé teszi azt is, hogy különböző kódjelek felhasználásával még egyéb megkülönböztetést is tegyenek, mint pl. járműtípusok, vagy a közlemény nyelve szerint.

Javaslatokkal az Európai Műsorközlő Unió (EBU) foglalkozik és az a cél, hogy lehetőleg egész Európában egységes rendszer jöjjön létre.

d) Képi- (teletext) rendszerek

A műsorszóró televíziótechnika legújabb szolgáltatása az ún. képi- (teletext) rendszerek. Azon alapszik, hogy — kihasználva a tv-kép képi-oltási ideje alatt rendelkezésre álló üres sorokat — olyan adatjeleket továbbít a vevőkészülékek számára, amelyből azok betűkből, számokból és egyszerű rajzolt ábrákból álló újságoldalhoz hasonló képet állítanak elő. Természetesen mindez az éppen folyó műsor zavarása nélkül megy végbe. Ez idő szerint két, egymástól nem alapvetően különböző rendszer próbáuzeme folyik Angliában (Ceefax, Oracle), illetve Franciaországban (Antiope.) A különböző nemzetközi szervezetek (EBU, CCIR, ISO) foglalkoznak azzal a problémával, hogy hogyan lehetne Európa számára egységes teletext-rendszert kialakítani a nagyobb tapasztalattal rendelkező angol, valamint a kísérleti francia rendszer bizonyos fokú kombinációjából.

Az angol rendszerű tv-képi-újság maximálisan 100 oldalból állhat, ezen belül minden képi-újságoldal 24 sort, soronként legfeljebb 40 betűt tartalmazhat. Minden tv-félképben 2 tv-sor továbbít adatjelet, soronként a képi-újságoldal egy sorának kiírásához szükséges adatmennyiséget. Maga az adatjel bináris PCM jel, egy-egy betűt 8 bit-es szó határoz meg. Figyelembe véve a soronkénti 40 betűt, továbbá a sor és lap címzéséhez szükséges további adatokat, soronként összesen 360 bit információ átvitelére van szükség. Így az adatközlés sebessége közel 7 Mbit/s. A tv kb. 5 MHz-es video sávzélességgel képes ilyen sebességű adatjel továbbítására.

Egy képi-újságoldal továbbításához 12 tv-félkép, azaz 0,24 s szükséges, feltéve, hogy az újságoldal minden egyes sorában van legalább egy betű. Az üres sorokat ugyanis nem továbbítják. A legrosszabb esetet figyelembe véve 24 s kell a teljes 100 oldalas magazin átvitelére. A rendszer oly módon biztosítja bármelyik képi-újságoldal meghívhatóságát, hogy az egész magazint folyamatosan ismétli: a 100. oldal után ismét az 1. oldal kerül továbbításra stb. A maximális elképzelhető várakozási idő egy adott képi-újságoldal beérkezésére legfeljebb 24 s. A tapasztalat szerint ez az idő átlagosan 10 s alá csökken, mivel nincs minden oldal valamennyi sora kitöltve, továbbá egyes magazinoldalak esetleg hiányozhatnak is.

Az ily módon kialakított adatjel rákerül a normál video jelre és a már meglévő modulációs és adathálózaton át eljut a tv-vevőkészülékek video fokozataira. Ha a kérdéses tv-vevőkészülék nincs ellátva teletext

dekóderrel, akkor ezzel az adatjellel semmi sem történik, a néző nem is látja, hiszen az a képi-oltási idő alatt érkezik a tv-vevőbe. Ha viszont a tv-vevő elő van készítve képűjsággal vételére, akkor ez az adatjel folyamatosan bejut a teletext dekóder fokozatba. A tv-néző alkalmas billentyűzet segítségével utasítja a dekódert az általa kívánt számú képűjságoldal megjelenítésére. Erre az ennek az oldalnak a kódjelét minden egyes befutó magazinoldal kódjellel összehasonlítja és kivárja azt a pillanatot, amikor a várt oldal beérkezik. A dekóder ezt az oldalt betölti egy 7 Kbyte kapacitású tárolóba, ahonnan azután a tv-rendszernek megfelelő sebességgel folyamatosan ismételve kiolvassa azt és a kódnak megfelelő karaktereket megjeleníti a tv-képernyőn. Ez az állapot addig tart, amíg a tv-néző újabb oldalt nem választ, ekkor ismétlődik a ciklus előről, és az új oldal adatkészlete kerül a tárba, ill. kiírásra.

A rendszer lehetővé teszi az egyes karaktereknek 6 féle színben (vörös, zöld, kék, kékeszöld, bíbor és sárga) való megjelenítését, ill. a háttérszín hasonló megválasztását. Egyszerű, mozaik rendszerű grafikus ábrák is kiírhatók, ugyancsak a fenti színekben. Van lehetőség villogtatásra, kétszeres betűnagyság megjelenítésére, vagy egyes képrészletek (pl. írásban feladott kérdésekre adott válaszok) rejtett, nem látható tárolására, amelyeket a néző a billentyűzet egy adott gombjának lenyomásával „előhívhat”. Fontos további szolgáltatás az, hogy a teletextszöveget a műsorképpel együtt is ki lehet iratni, így mód nyílik feliratozására (amit csak az a néző lát, aki ezt a billentyűzet segítségével kéri) vagy ún. villámhírek megjelenítésére a műsorkép nézése közben.

A francia képi-újság rendszer, az ANGIOPE lényegében csak abban különbözik a fentebb ismertetett angol megoldástól, hogy egy tv-soridőben elhelyezett adatjel nem szükségképpen tartalmazza egy teljes adatsor kódját, hanem lehet annál rövidebb, ill. hosszabb is. Ezen az áron (hogy ui. esetleg meghosszabbodik egy-egy oldal és a teljes magazin átfutási ideje és a hozzáférési idő), viszont sokkal rugalmasabb a rendszer az angolhoz képest: lehetőség nyílik egyszerű közhírszó kódok használatával pl. speciális ABC karaktereinek a kijelölésére (ez olyan országok esetén fontos, amelyek írásjegyei között az angol ABC-től eltérők is vannak).

A vevőkészülék teletext dekódere bonyolult áramkör és csak nagyméretű integrálás esetén gazdaságos az előállítása. Alapvetően fontos, hogy nemzetközi megegyezés szülessék az alkalmazott rendszert illetően, mert a nagy félvezetőgyártó cégek csak ebben az esetben hajlandók sorozat gyártását indítani. Itt jégyezük meg, hogy hazánkban is elkezdődtek a képi-újság rendszerekkel a kísérletek. A kísérletek egyik célját az képezi, hogy időben felkészüljünk a szolgáltatás bevezetésére. A másik cél annak eldöntése, hogy mennyire alkalmas a rendszer oktatástechnikai segédletként való felhasználásra.

Várható, hogy az előzőekben említett kísérleti rendszerek, eljárások ill. szolgáltatások a nyolcvanas években szélesebb körben el fognak terjedni. Ugyancsak számolnunk kell jelentős mennyiségi fejlődéssel is, az adóállomások, programok, vevőkészülékek tekintetében. A műsorszórás távlati technikai lehetőségei

azonban ezzel nem zárultak le, mivel kutatólaboratóriumokban új típusú átviteli rendszerek, képfel-
vevő ill. -visszaadó eljárások, újabb szolgáltatásfaj-
ták fejlesztésére jelentős erőket fordítanak.

I R O D A L O M

- [1] Dorren—Torcziner: An Optimum Quadraphonic FM Broadcasting System. IEEE Transactions on Broadcast and TV Receivers, Nov. 1973.
- [2] Gibson—Christensen—Limberg: Compatible FM Broadcasting of Panaramic Sound. IEEE Transactions on Broadcast and TV Receivers, Nov. 1973.
- [3] Deweger—Silbers—Fockens—Prosser: Two proposed Quadraphonic FM Broadcasting Systems. IEEE Transactions on Broadcast and TV Receivers, Nov. 1973.
- [4] Fockens—Eilers: A Quadraphonic FM Broadcasting System Incorporating Pilot-controlled compression and Pre-emphasis. IEEE Transactions on Consumer Electronics, Febr. 1976.
- [5] Csicsátka—Foster: Compatible multi-channel FM Broadcast System. IEEE Transactions on Broadcast and TV Receivers, Febr. 1973.
- [6] Csicsátka—Foster—Metro: An Experimental Quadraphonic FM Broadcast System. IEEE Transactions on Broadcast and TV Receivers, Nov. 1973.
- [7] Metro—Greenwood—Csicsátka: A Monolithic 4-channel Stereophonic Decoder for an FM Broadcast System with Pilots. IEEE Transactions on Consumer Electronics, Febr. 1975.
- [8] Scheiber: Four Channels and Compatibility. Journal of the A. E. S., April 1972.
- [9] System 1D Cooper-VMX. Report of the National Quadraphonic Radio Committee to the Federal Communications Commission, Vol. I. Nov. 1975.
- [10] Avins: A Compatible Stereophonic System for the AM Broadcast Band. RCA Review, March, 1960.
- [11] Close—Kelsch—Streeter: A Proposed AM—PM Compatible AM Stereo System. IEEE Transactions on Consumer Electronics, Aug. 197c.
- [12] Parker: A Compatible Quadrature System for AM Stereo. IEEE Transactions on Consumer Electronics, Nov. 1977.
- [13] Kahn: A Stereophonic System for Amplitude-modulated Broadcast Stations.
- [14] Kahn: Compatible AM Stereophonic System. US Patent 3,908,090, Szep. 23. 1975.
- [15] Kahn: Compatible AM Stereophonic Receivers. US Patent 4,018,994 April 19, 1977.
- [16] Harris Corporation: Reply Comments in the Matter of AM Stereophonic Broadcasting. FCC Docket 21313, March 8. 1978.
- [17] Leitch—Hershberger: A Linear AM Stereo System Using Quadrature Modulation. IEEE Transactions on Broadcasting, Sept. 1978
- [18] Sandell: A Dedicated Motoring Information Service. Abstracts URSI XIX General Ass. 1978 Helsinki, C3.
- [19] BBC—IBA—BREMA: Broadcast Teletext Specification, Sept. 1976.
- [20] CCETT: Specification du Systeme de Teletexte ANTIOE, Nov. 1977.
- [21] A. C. Clarke: Extra Terrestrial Relays. Wireless World 1945. okt. 305—308 old.
- [22] Der Fernmelde-Ingenieur 1978. febr.—márc. (Irodalomgyűjtemény)