

A hosszú-, közép- és rövidhullámú műsorszórás

DÓSA GYÖRGY, DR. STANDEISKY ISTVÁN, BALLA ÉVA

standi@sze.hu

ballae@ahrt.hu

Írásunkban megpróbáltuk összefoglalni a hosszú-, közép- és rövidhullámú műsorszórás fejlődését, eredményeit, illetve problémáit, történetüknek mintegy nyolcvan éves időszakára vonatkozóan. Ezen műsorszóró rendszerek biztosították az elmúlt időszakban embermilliók gyors hírközlését, szórakoztatását.

A múlt

A mai rádiózás alapjaiban a huszadik század legelején kezdődött, miután Marconi először sugárzott rádiójeleket Anglia (Cornwall) és Amerika (Új Foundland) között szikraadó berendezéssel.

A 20-as évek elején megkezdődtek a műsorsugárzási kísérletek, különösen Angliában, Amerikában és Németországban, de Magyarországon is, főleg hosszú és középhullámon AM (amplitúdómodulált) rendszerben, és rohamosan épültek ki a különböző teljesítményű műsorszóró adóállomások. Az adó- és vevőberendezések folyamatos fejlesztésével nemzetközi vonatkozásban is megkezdődött a hírközlő, információs és szórakoztató műsorok sugárzása különböző országokban, az adóállomások száma fokozatosan növekedett.

Bár Marconi a tízes években rövidhullámokkal is kísérletezett, de még nem ismerte fel az ezzel lehetővé váló nagy távolságok áthidalásának lehetőségét. A rövidhullámú rádiózás fejlesztésével és sugárzási kísérletekkel Amerikában kezdtek foglalkozni a húszas évek elején, melynek fő irányítója Hiron Percy volt. 1921- és 1922-ben sikerült Paul Godley és Leon Deloy amatőröknek összeköttetést biztosítaniuk USA és Anglia között 2,7 MHz-en. Németországban 1925-ben kezdődtek a rövidhullámú adás-vétel kísérletek. A rövidhullámú amatőrök aktivitása és a kutatások eredményei ezekben az években jelentősen hatottak a kereskedelmi és műsorszóró rádiószolgálatokra.

A harmincas, negyvenes évekre kialakult a hosszú-, közép- és rövidhullámú országos, regionális és nagy átváltságu rövidhullámú műsorsugárzás alkalmazási rendszere, így az nemzetközi szolgálattá alakult, melyből következően sok olyan kérdés és műszaki probléma merült fel, amelyeket nemzetközi értekezleteken kellett egyeztetni, megtárgyalni és nemzetközi megállapodásokkal szabályozni. Ezért 1926-ban a Lausannéban tartott nemzetközi Rádió Unió második közgyűlésén az Unió határozatot hozott, melynek alapján egyes adóállomások üzemi frekvenciája között 10 kHz távolságot kell betartani, az adóberendezések maximális teljesítményét 5 kW-ban határozták meg. Ugyancsak meghatározták, hogy a műsorszóró adóberendezéseket (hosszú- és középhullámon) két csoportba sorolják,

mégpedig kizárólagos frekvencián és közös frekvencián üzemelő berendezésekre. Az 1927-es washingtoni rádióértekezlet rendet teremtett a frekvenciák felosztása terén, és a már kialakult frekvenciafoglalást figyelembe véve az összes rádióüzemre külön-külön határozta meg a frekvenciacsoportokat, vagyis elkészítette a frekvenciaelosztást, a kizárólagos és megosztott frekvenciák használatát, és meghatározta a rövidhullámú műsorszóró sávokat is.

A negyvenes évek elejére tehát a hosszú-, közép- és rövidhullámú rádiózás sugárzási rendszere és alkalmazási lehetőségei kialakultak. Az egyes hullámsávokra az előnyök és hátrányok a következőkben foglalhatóak össze:

A hosszúhullámú sáv (150...285 kHz)

használhatóságát a jó felületi hullámterjedése jellemzi, mivel azok a veszteségek, amelyek a felületi hullám terjedésekor fellépnek, csekélyek.

- A hosszúhullámú sávban a felületi hullámokkal nappal nagy távolságú ellátottságot lehet biztosítani, másrészt nagyobb az atmoszférikus zajokkal (pl. vihar) szembeni érzékenység. Nagy területű országokban jelenleg még napjainkban is használják, mert egy adóállomásról nagyobb teljesítményű adóberendezéssel az ország minden nap és minden évszakban jól besugározható.

- Jelentős méretű antennarendszer alkalmazása szükséges, ami költséges.

A középhullámú sáv (525...1605 kHz)

esetében a frekvenciasávban a felületi hullám az információhordozó.

- A hatótávolság függ a hullámhossztól, az adóteljesítménytől, a talaj vezetőképességétől és a dielektrikus állandójától.

- A felületi hullámok a jó ellátottságot és a felületi görbülethez való alkalmazkodóképességet (hullám elhajlása) teszi lehetővé.

- A középhullámnál a térhullámú terjedés szempontjából az ionoszféra E-rétege és F-rétegei jönnek számításba. Különösen a nap-éj átmenetkor játszanak szerepet ezen rétegeknek az évszaktól erősen függő változásai. Az adó közvetlen közelében az éjszakai órák-

ban a jelet csak felületi hullám útján lehet venni. Az ezt határoló területen a felületi hullámnak a térhullámmal való szuperpozíciója valósul meg. Ez az átmeneti terület a közeli fadingzóna. Az adótól nagyobb távolságban, azaz abban a tartományban, amelyet nappal a felületi hullám nem tud ellátni, a térhullám a felületi hullámhoz viszonyítva állandóan erősödik, míg végül tiszta térhullámú ellátottság következik be az ionoszférikus terjedés útján. Az éjszakai órákban ezért nagy távolságokban a térerősség figyelemreméltóan növekszik. A vételi jelszint ebben a tartományban is erősen ingadozik.

A rövidhullámú sávot (3,2...26,1 kHz)

távoli, nagy területek térhullámokkal történő ellátására használják. A csekély felületi hullám jelentéktelen. A hullámok terjedését az ionoszférán és a Föld felszínén való visszaverődések teszik lehetővé. A távolsági ellátottságot főleg az ionoszféra F-2 rétege biztosítja. A hatótávolságot azonban korlátozzák a jel terjedése során fellépő veszteségek.

- A naptevékenység által előidézett erős ionizáció határozza meg a rétegek refrakciós viszonyait. Ennek értéke függ a jel beesési szögétől, ionkoncentrációtól és a jel frekvenciájától. A rövidhullámú műsorszórás jelentősége az ötvenes-hatvanas években világszerte megnövekedett.

- A terjedési sajátossága miatt ezt a frekvenciatartományt kimondottan távoli területek ellátására használták és használják jelenleg is, ezért jelentős nyereségű irányított antennarendszereket és szélessávú körsugárzó antennákat alkalmaznak.

Fejlesztési kísérletek

A hosszú-, közép- és rövidhullámú műsorszórás javítására az utóbbi évtizedekben az alábbi fejlesztésekkel igyekeztek a szolgáltatás jövőjét előkészíteni:

- Középhullámú ellátásnál alkalmazni kezdték a szinkron üzemet, a meglévő frekvenciák jobb kihasználására és az ellátás javítására. Ez esetben több adóberendezés ugyanazzal a műsorral azonos frekvencián üzemelt.

- Az elektroncsövek teljesítménynövekedése, a félvezetők alkalmazása, valamint az új elgőzöléses adóhűtési rendszerek lehetővé tették a 200...500 kW-os egyedi, automata hangolású adóberendezések gyártását és az összhatásfok növelését.

- A nagyteljesítményű adóberendezések parallel járatása a nagyobb kimenőteljesítmény és a biztonságosabb üzemeltetés érdekében.

- Számítógéppel vezérelt rövidhullámú adó- és antennarendszerek alkalmazása (adó és antennák frekvencia- és irányváltása).

Az AM-DSB modulációnál két oldalsáv tartalmazza az átvinni kívánt információt, ezért a rendszer sávzélessége nagy. Felmerült tehát az AM-SSB (egyoldal-sáv) átvitel lehetősége, mely gazdaságosabban

használja ki a frekvenciaspektrumot, így a csatornák száma növelhető. További előnyei a jobb vételi minőség szelektív fading esetén, a jelentős jelteljesítmény-nyereség és a megtakarítás az adóberendezések energiaköltségében.

A HFBC-87 nemzetközi értekezlet határozatot is hozott az SSB-rendszerek vizsgálatára és a bevezetés szorgalmazására. A WARC világértekezlet pedig célkitűzésnek jelölte meg, hogy 2015-ig be kellene vezetni az SSB-technikát a rövidhullámú műsoradóknál. Erre több ország különféle módszereket és rendszereket dolgozott ki, azonban egységes rendszer a műszaki problémák miatt nem alakult ki, és a digitális rendszerek előtérbe kerülésével az érdeklődés is csökkent.

Az adástechnikai fejlesztések irányai az elmúlt 30 évben az alábbiak voltak:

- A hetvenes években középhullámú vonatkozásban előtérbe került az adóberendezések közös antennis üzeme. Aránylag szűk sávban, két különböző üzemi frekvencián, két különböző műsor sugározható egy antennarendszerrel (sávszűrő rendszer). Jelentősége az, hogy csak egy költséges antennát kell kiépíteni. Alkalmazása több középhullámú adóállomáson kedvező eredménnyel megvalósult.

- Szintén a hetvenes években kedvező eredményekkel szolgált a trapézmodulációs üzem, melynek lényege, hogy a moduláló jelet a program típusától függően a csúcsokhoz képest 6...12 dB-lel vágják, ezáltal a moduláló jel átlaga, a hasznos oldalsáv teljesítménye nagymértékben növekszik. Így az adó ellátottsági határára javul a vétel, vagyis nő az ellátottsági terület. A vágás beszédnél nem zavaró, sőt rossz vételi körülmények esetében érthetőségjavulást is eredményez, ezért elsősorban beszédműsoroknál volt jelentősége.

- Az alapsávban való vágás helyett kedvezőbb, ha a modulált jelet vágják (rádiófrekvenciás vágási rendszer). A trapézmodulációhoz viszonyítva ugyanis ez kisebb torzítást, a rossz vételi területeken pedig jel-zaj javulást eredményezett, így kísérleti jelleggel a magyarországi rövidhullámú műsorainknál is bevezették a kilencvenes évek elején.

- Hangsúlyozni kell, hogy az elmúlt évtizedekben az antennatechnika is jelentősen fejlődött, különösen a rövidhullámú területen. Az eredmények alapján bevezették a nagynyereségű, szélessávú, nagyteljesítményű, irányított antennákat, valamint a vízszintes és függőleges karakterisztikabillentési-lehetőségű (távvezérelhető), és majdnem a teljes rövidhullámú sávban üzemelő körsugárzó antennarendszereket. Legjelentősebb azonban a logaritmikus-periodikus (log.-per.) antennák kifejlesztése és alkalmazása volt. Hazánkban 1972 óta van üzemben forgatható és dönthető irányított log.-per. antennarendszer és hazai fejlesztésű és gyártású biplanar körsugárzó log.-per. antennarendszer 0,1÷ 20 kW tartományban.

Az utóbbi időszakban a hosszú- és középhullámú rádióadásokat kevesebben hallgatják a terjedési pro-

blémák és vételi zavarok miatt. Ezen sávokat inkább országokon belüli ellátásra alkalmazták. Nagy előnye a vevőkészülékek egyszerűsége és kedvező ára.

A rövidhullámú rádiózás még mindig jelentős, miután a leggazdaságosabban, és gyorsan biztosítja – bizonyos hiányosságai mellett – a nagy távolságú interkontinentális műsorszórást. A rövidhullámú sugárzás rendkívül flexibilis, képes a feladatokhoz való gyors alkalmazkodásra.

A DRM rendszer

Új irányzat a rövidhullámú műsorszórásnál, hogy nem kontinensek közötti, nagy területi sugárzást kell a jövőben biztosítani, hanem a kontinensek területén belül egy bizonyos területet kell pontosan behatárolva besugározni, így gazdaságosabbá válik a rendszer, különösen a DRM (Digital Radio Mondiale) alkalmazásával.

A kilencvenes években jelent meg a DRM a rádióműsorok sugárzására. Az eljárást a mai AM-sávok, tehát a 30 MHz alatti hosszú-, közép- és rövidhullámú analóg rádióműsorszóró szolgálatok kiváltására fejlesztették ki. E sávok terjedési tulajdonságai miatt a DRM-rendszer alkalmas a nemzetközi és nemzeti rádióműsorszórásra. A digitális technika alkalmazásával a jelenlegi analóg rendszerrel szemben nagymértékben javul a hangminőség.

Alkalmazásának előnyei

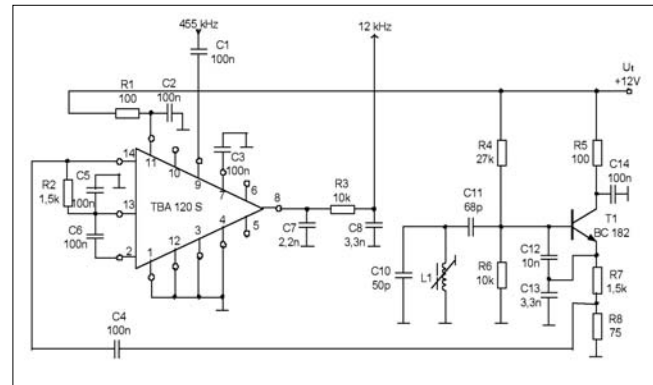
- AM-sáv szélesség mellett közel FM-hangminőség,
- ugyanazok a frekvenciasávok és a vételi feltételek,
- a meglévő sávkiosztás használata,
- a csatornaváltás a frekvencia, a programnév vagy a hallgatni kívánt műsor alapján is lehetséges,
- a meglévő adóberendezések felhasználhatósága (kisebb-nagyobb módosításokkal),
- egy frekvencián két vagy több műsor sugárzásának lehetősége,
- kb. ötöd akkora teljesítménnyel lehet az adott területet besugározni, ami jelentős költségcsökkenést jelent.

2003-ban több európai országban is megkezdődött az új digitális AM-műsorszórás DRM-rendszerben (pl. Junglinster 6095 kHz, 5990 kHz).

A DRM vizsgálata

A DRM-adók számának és teljesítményének növekedése lehetővé tette, hogy a vételmegfigyeléseken kívül a Széchenyi István Egyetem Távközlési Tanszékének DRM-laboratóriumában méréseket is végezzünk. Ezekhez DRM-szoftvereket (DRM Software Radio; „Dream” DRM-software), szoftverrádiókat és egy MAYAH 2010 típusú DRM-vevőt használtunk. A szoftveres jelfeldolgozáshoz a számítógép hangkártyájába 12 kHz sávközép frekvenciájú KF-jelet kell vezetni. Ezt kétszeres keverés révén állítottuk elő. Az első 455 kHz frekvenciájú KF-jelet egy Tournee A 341 típusú autórádió szolgáltatta. A második keverő egy TBA120S integrált

áramkörrel felépített kapcsolás volt. Az áramkörben lévő analóg szorzó egyik bemenetére az autórádió 455 kHz-es KF-jelét, a másikra a 467 kHz frekvenciájú helyi oszcillátor jelét vezettük (1. ábra). A második keverésnél tehát felsőkeverést alkalmaztunk. Ez lehetővé tette, hogy az autórádióban szintén felsőkeveréssel lekevert, és így fordított helyzetbe került spektrumot eredeti fekvésébe visszaállítsuk.



1. ábra A 12 kHz-es keverő kapcsolási rajza

A megfigyeléseket és a szoftveres jelfeldolgozás hardverének üzembe helyezését megkönnyítette a MAYAH 2010 vevő, amely kezdetben referenciaként szolgált. A DRM-vevők ugyanis általában közlik a legfontosabb műszaki paramétereket, például a bitsebességet, a moduláció módját, a jel-zaj viszonyt, továbbá a modulációs hibaarányt (modulation error rate, MER). Így tudtuk, hogy kétszeres keverésű vevőkkel kb. milyen értékek elérését tűzhetjük ki célul. A digitális átviteltechnikában a jel-zaj viszony helyett egyre gyakrabban az egyéb átviteli zavarokat is figyelembe vevő MER-rel jellemezzük az átviteli csatornát.

A két mennyiség között az a különbség, hogy a jel-zaj viszonynál csak a Gauss-zajt, míg a MER-nél a jel-torzulások hatására létre jövő zavarteljesítményt is figyelembe vesszük. Ennek megfelelően a modulációs hibaarány definíciója:

$$MER_{dB} = 10 \lg \frac{\text{a jelteljesítmény átlaga}}{\text{a hibajel teljesítményének átlaga}}$$

ahol a hibajel a tényleges és az ideális jel különbsége. A MER a jel-zaj viszonynál általában kisebb, de torzításmentes átvitelnél természetesen a két érték azonos. A általunk alkalmazott szoftverrádiók a jel-zaj viszonyt, a MAYAH 2010 vevő pedig a MER-t adja meg. Ez utóbbi mindig nagyobb volt, mint a szoftverrádióval és a hozzá tartozó hardverrel elérhető jel-zaj viszony, holott a definíció értelmében kisebbnek kellett volna lennie. A különbség a 6 dB-t is elérte, amely visszavezethető jelkiértékelési különbözőségekre, valamint a szoftverrádió hardverének nagyobb torzítására és zajára.

Mivel a szoftverrádiók a spektrumot is felrajzolták, és az azokról leolvasható jel-zaj viszonyok megegyeztek a kiírt értékekkel, ezért inkább ezt tekintettük hitelesebbnek annak ellenére, hogy ugyanolyan KF-jele a két szoftver két különböző jel-zaj viszonyt számított. Jó

támpont a kijelzett érték hitelességének eldöntéséhez annak a jel-zaj viszonynak a megfigyelése, amelynél a jel már nem dekódolható. Ez az érték ugyanis ismert, 17,4 kbit/s adatsebességnél mintegy 17 dB. A Fraunhofer Institut szoftverrádióján által kijelzett érték ± néhány dB-es eltéréssel ezzel megegyezett, ezért a további méréseinknél ezzel mértük a jel-zaj viszonyt.

Az eddigi méréseink során mértük a biztonságos (folyamatos) vételhez szükséges jel-zaj viszonyt, az analóg AM-jelekre vonatkozó védelmi arányt (ami szintén egyfajta jel-zavarjel viszony) és a jelszint-gazdálkodásnak a dekódolásra kifejtett hatását. A vételmegfigyelés önmagában is sok értékes információt nyújtott, például vevőnk KF-karakterisztikája távolról sem volt ideális: az amplitúdó-karakterisztikájának ingadozása elérte a 6 dB-t. A vétel megfigyelése során kitűnt, hogy a dekóder milyen hatásosan képes kiegyenlíteni az átviteli karakterisztika torzításait; még erős spektrumdeformációk esetén is folyamatos volt a dekódolás, ha egyébként a jel-zaj viszony a már említett 17 dB-es küszöbértéket túllépte. A küszöbértéket az adatsebességhez illesztett csatornakódolási és modulációs paraméterek határozzák meg. Nagyobb adatsebességhez törvényszerűen nagyobb küszöbérték tartozik, ahogyan ez az alábbi táblázatból is kitűnik:

1. táblázat
Küszöbértékek az adatsebesség függvényében

Adatsebesség [kbit/s]	14,6	17,4	21
A dekódoláshoz tartozó szükséges minimális jel-zaj viszony [dB]	15	17	22

2. táblázat
Az r_f védelmi arány a vivőfrekvencia eltérésének függvényében (a Gauss-zajból származó jel-zaj viszony 20 dB, $B_{RF} = 10$ kHz, mod. 64-QAM, bitsebesség 17,4 kbit/s) $r_f = 10 \lg \frac{P_{DRM}}{P_{AM-DSB}}$

Δf [kHz]	0	0,3	5	10	15	20
r_f [dB] szabvány szerinti	7,5	8,5	1,8	-30,9	-37,5	-39,8

A jel-zaj viszony küszöbértékei mellett mértük az analóg AM-adókra vonatkozó védelmi arányt, azt a rádiófrekvenciás jel-zavarjel viszonyt, amelynél a DRM-jel még dekódolható. A zavarjel ez esetben egy AM-adó modulált vivője. A modulációs mélység a szabványban meghatározott 53%. Mérésünknel az AM-DSB zavarjelre szuperponálódott az átviteli csatorna Gauss-zaja is, hiszen nem áll rendelkezésünkre DRM-jelgenerátor, amely a zajmentes DRM-jelet szolgáltatna volna. Ezért a mért értékeink általában nagyobbak, mint a szabványban találhatóak (2. táblázat).

A 2. táblázat mért adatai egyetlen vevőre vonatkoznak. Általános eredményű értékeket sokkal többféle vevő mérése útján lehet kapni. A mérési összeállítás a 2. ábra szerinti.

Végül vizsgáltuk azt is, hogy a fading frekvenciája miként hat a dekódolási folyamatra. A vevő AGC-fokozatára 0,1...2 Hz frekvenciájú szinuszos vezérlőjelet vezettünk, amelynek hatására a jelszint a beállított frekvenciával és amplitúdóval ingadozott. Azt tapasztaltuk, hogy már néhány dB-es jelszintingadozás is megakaszthatja a dekódolási folyamatot, ha a frekvenciája 0,3...0,5 Hz-nél nagyobb. Ezért vevőnkben megnöveltük az AGC-kör időállandóját, mintegy tízszeresére, melynek hatására csökkent a zavarjelek által okozott erősítésingadozás, és ez kb. 3...4 dB jel-zaj viszony nyereséget jelentett.

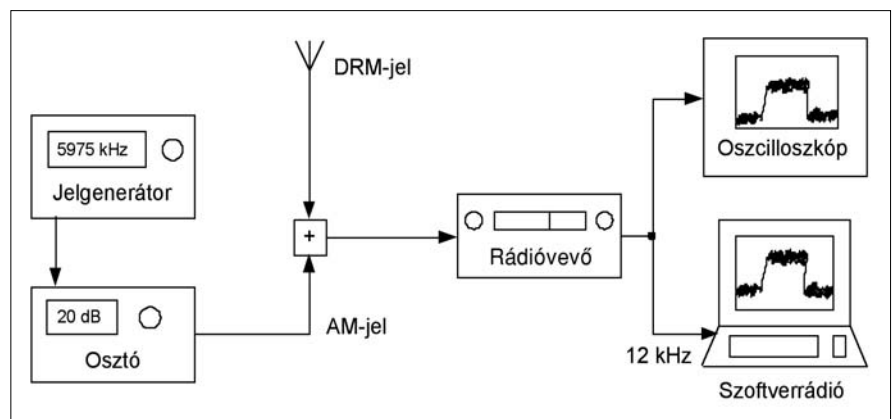
A közeljövő adástechnikája

Tekintettel arra, hogy a DRM nemzetközi összefogás keretében kifejlesztett rendszer, minden lehetőség adott, hogy világszerte felváltsa az AM-műsorsugárzást. Ezt erősíti meg az eredményes szabványosítási folyamat, valamint az Európai Műsorszórók Egyesülete, az EBU állásfoglalása, miszerint a jövő rádiózási rendszere digitális, és ez az AM sávokban a DRM lesz.

Ez a magyarországi rádiózás számára is meghatározza a fejlődés útját.

Vessünk most egy pillantást a hazai AM-sugárzásra. **Hosszúhullámú** sugárzásunk évtizedek óta nincs. A '70-es évekig használt hosszúhullámú sugárzás adatkommunikációs célokat szolgált, hangműsor továbbításra egyáltalán nem használták.

2. ábra
A védelmi arány mérésének tömbvázlata



Műsorszórásra egyébként nagyon kevés ország tartotta meg azt a frekvenciatartományt. A DRM-irodalomban is csak egy hosszúhullámú kísérletről lehet olvasni, amit a T-Systems hajtott végre a 2003. évi IFA (Internationale Funkausstellung, Nemzetközi Műsorszórási Kiállítás) alkalmával a Berlin melletti Zehlendorf rádióállomásról.

Középhullámú állomásainkról érdemes megjegyezni, hogy a jelenleg üzemelő telephelyek közül a legrégebbi telepítési időpontja 1949, a legfiatalabbé 2004. A nem félvezetős adók közül a legfiatalabb is közel 20 éves.

A „régí” csöves adók nagyszintű „B” osztályú modulációt alkalmaznak, ami nem felel meg a szélessávú DRM-spektrum sugárzására. Noha a DRM-konzorcium célkitűzései között szerepelt a meglévő adók átalakíthatósága, ezek a nemlineáris adók erre nem, vagy csak nagyon rossz hatásokkal alkalmasak. Példa erre a francia TDF kísérlete, amely során egy 500 kW adót próbáltak meg linearizálni. Az elérhető kimenő teljesítmény 25 kW-nak adódott. Az régi adók megtartása tehát nem minden esetben gazdaságos, az átalakíthatóság a már eleve félvezetős adókra vonatkozik.

2003-ban kezdődött meg a Magyar Rádió regionális műsorait sugárzó KH telephelyek rekonstrukciója, az adóberendezések kiváltása. Az új adók moduláris felépítésűek, félvezetős kialakításúak, léghűtést alkalmaznak, távvezérelhetőek és távolról felügyelhetőek. A moduláris felépítés azt jelenti, hogy a kimenő teljesítményt nem néhány egymás után kapcsolt erősítőfokozat állítja elő, hanem azonos felépítésű, általában 1-2 kW közötti teljesítményű erősítők jeleinek soros vagy párhuzamos összegzésével érik el. A mai AM adóberendezés-gyártók kizárólag ilyen felépítésű adókat gyártanak, különbség az erősítők kimenő teljesítményében és az összegzés módjában van.

Magyarországon a tervek szerint ez év végéig a regionális műsorokat sugárzó, általában 5...25 kW teljesítményű adók mindegyike félvezetős lesz, csak a két nagy teljesítményű adó marad analóg (Solt, Marcali). A többi adó esetében egy DRM-modulátor beiktatásával a kísérleti sugárzások elindításának fennáll a lehetősége.

Rövidhullámú sugárzásunk jelentősen lecsökkent. A '90-es évek óta közel a felére esett vissza a heti sugárzási óraszám, emiatt a hazai RH telephelyeket össze kellett vonni. A diósi telephely (ma Rádió- és Televízió Múzeum) 1998-ban fejezte be működését, majd 2004. október 31-én a székesfehérvári állomás adóberendezései is elnémultak. Az egyébként 17 éves, PSM (pulzus-lépcsőmoduláció) elven működő adókat a Jászberényi rádióállomásra költöztetik az antennákkal együtt. A tengerentúli sugárzásban eddig is fontos szerepet játszó Jászberény így Közép-Európa besugárzására alkalmas körsugárzó antennával, valamint egy forgatható-dönthető logaritmikusan periodikus antennával bővül.

Egy új műsorszórási rendszert – mint például a sztereósugárzás, a színes tv, a teletext – elindítása előtt

vizsgálni kell. Ezt a DRM esetében is figyelembe vették az adógyártók, és a próbasugárzások indítására úgynevezett „kezdő készletet” kínálnak, amely DRM meghajtót, 10...20 kW analóg teljesítménynek megfelelő adót, esetenként multimédiás információk beiktatására szolgáló tartalomszervert, valamint – mindezek megfigyelésére – egy DRM-vevőkészüléket tartalmaz. Ez az adó a meglévő antennához csatlakoztatható, és megkezdődhet a tesztelés.

A jelenleg érvényben lévő frekvenciafelhasználási előírások szerint az adott telephelyre koordinált maximális analóg teljesítménynél 7 dB-lel kisebb teljesítménnyel indítható DRM-sugárzás, nemzetközi koordinációs eljárás nélkül. A kísérletek eredményeit nemcsak a próbasugárzást végzők használhatják fel, hanem a különböző nemzetközi szervezetek (maga a DRM, az ITU, az EBU) is szívesen fogadnak minden tapasztalatot.

A kísérleti sugárzások során vizsgálni lehet az egyes üzemmódokban az ellátható terület nagyságát, az antenna megfelelőségét, a mobil vételt, illetve a szubjektív vételi minőséget.

Vevőkészülékek

Az adások kiértékeléséhez természetesen vevőkre is szükség van. Észlelhető, hogy a ma kapható DRM-vevők elsősorban mérési, analízis célra készültek, de már megtalálhatók a fogyasztói vevők prototípusai is. Ezek hazai kereskedelmi forgalomba a becslések szerint 2005 őszén kerülnek.

A DRM-projektben először a *professzionális* célú vevők jelentek meg. Ezek a vevők kivétel nélkül PC alapúak, egy RF-vevőegységgel kiegészítve. Alapvetően jelanalízis, monitorozó funkciót látnak el. Ilyen vevőt hordozható kivitelben a Thales és a Fraunhofer Intézet, rack-be építhető változatban a BBC gyárt, elsősorban saját használatra.

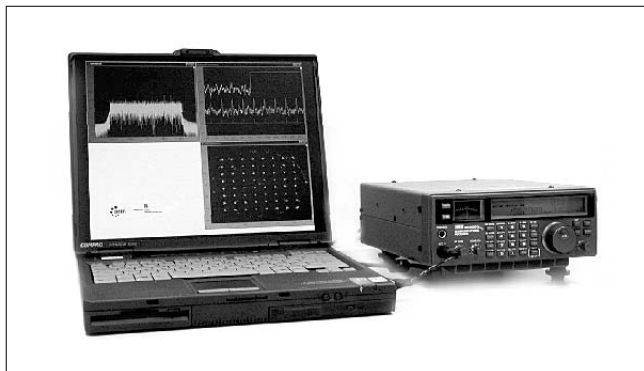
Az első mérővevőt a *Thales* cég gyártotta. A hordozható számítógép tartalmazza az RF-egységet is. A szoftver segítségével a vett jel számos jellemzője megjeleníthető, például a vett jel spektrumképe, az I- és Q-jelek, a konstellációs ábra; emellett mérhető a bithibaarány, a már említett modulációs hibaarány, lehetőség van az audio-jelfolyam felvételére és visszajátszására.

A *Fraunhofer Intézet* egy átalakított AOR 7030 vevővel ajánlja hasonló funkciókat ellátó szoftvervevőjét. A demoduláció, a demultiplexálás és a dekódolás már a PC-n futó program segítségével történik meg. A szoftvervevő a fenti funkciókon túl alkalmas a multimédiás szolgálatok megjelenítésére, vizsgálatára is (3. ábra).

A DRM-konzorcium a rádióamatőr-mozgalom segítségével is szeretné népszerűsíteni a digitális AM-adásokat. Ennek érdekében megfizethető árú *szoftvervevőket* fejlesztettek ki, amelyhez az RF-egységet az amatőrök maguk tudják összeállítani (vagy meglévő vevőből átalakítani). Számos vevőkészülék-típusra lehet már átalakítási rajzot találni a különböző rádióamatőr- és DRM-honlapokon. A Fraunhofer Intézet, a VT Merlin, a Coding Technologies és a DRM közreműködésével

fejlesztették ki a DRM népszerűsítését szolgáló szoftverrádiót a rádióamatőrök részére.

A szoftvert a www.drmx.org honlapról lehet letölteni. Az eredeti 60 eurós árat az utóbbi hónapokban 45 euróra csökkentették. A honlap információi szerint az oldal 2005. március végéig él, ezután csak a fórum és a support található az adott linken.



3. ábra
Fraunhofer szoftverrádió és AOR 7030 vevőegység

A DRM nemcsak a műsorszórók és a berendezésgyártók körében fontos téma, hanem a felsőoktatási intézményekben is foglalkoznak fejlesztéssel. Ebben vezető szerepet játszik a Darmstadti Műszaki Egyetem, ahol 2001 óta folyik a DRM-szoftvervevő projekt. A nyílt forráskódú, C++ nyelven írt program ingyenesen tölthető le az intézmény honlapjáról. Hasonló kezelőfelülettel és funkciókkal bír, mint a DRM-szoftverrádió. Ezenkívül a TenTec és a Winradio is rendelkezik számítógépes vevőkkel.

A „digitális világutazó”, vagyis az *úti rádió*, egy kis méretű, hordozható AM-FM-DRM-vevő, amely egy kis dobozból és egy szoftverből áll. Maga a doboz az RF front-end, a szoftver pedig vezérli a dekódolást. A készülék USB-n keresztül csatlakozik a vevőhöz, s mivel

4. ábra „Digital World Traveller”



táplálást is ezen keresztül kap, külön tápegységre nincs szükség (4. ábra).

DRM-módban megjeleníthetők az elérhető szolgálatösszetevők, és a szöveges üzenetek. Az „expert” ablak pedig további információkat nyújt a sugárzásról, és felrajzolja a vett jel spektrumát.

Az első szériaközei *hordozható DRM-rádiót* a Coding Technologies (CT) fejlesztette ki. Ennek továbbfejlesztett, második generációs típusa a Mayah 2010 vevő, amely az elődjénél kisebb méretű és fogyasztású.

A Starwaves cég gyártotta le elsőként a kombinált digitális rádiót. A DAB és DRM adások vételére alkalmas készüléket egyelőre korlátozott darabszámban gyártották és igen magas áron lehet hozzájutni (5. ábra). Hasonló, kombinált vevő chipjének fejlesztését kezdte meg 2005 elején közösen a Texas Instruments és a RadioScape cég.

A két földfelszíni digitális rádiórendszer egyetlen készülékkel történő vétele alátámasztja azt a DRM-konzorcium elképzelést, miszerint a hallgató szempontjából egy digitális rádió lesz, mivel a hallgatni kívánt programot az állomás neve vagy a program típusa szerint



5. ábra
Starwaves kombinált digitális rádió (DAB és DRM)

választja ki, nem lényeges számára, hogy milyen frekvencián, vagy egyáltalán melyik rendszeren keresztül érkezik a vevőkészülékére a műsor.

A DAB nemzetközi bevezetését koordináló WorldDAB Forum és a DRM-konzorcium 2003-ban aláírt együttműködési nyilatkozata támogatja a közös chipok fejlesztését, így a kombinált vevőkészülékek gyártását is, megerősítve ezzel azt a szándékot, hogy a két rádiórendszer kompatibilis legyen egymással.