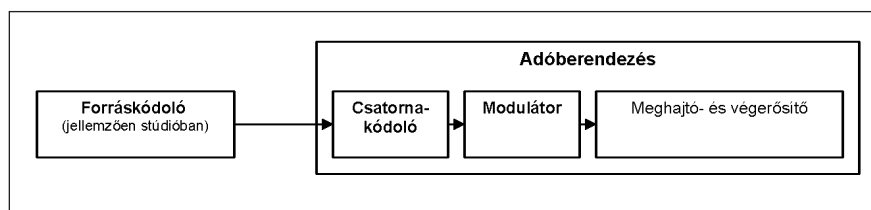


Digitális rádió-műsorszórás – újratöltve

Szombathy Csaba okl. villamosmérnök,
laborvezető, BME-HVT; ügyvezető, SZOMEL Kft., center@szomel.hu

Minden szerénységgel nélkül bátran állíthatjuk, hogy a Rádiótechnika komolyan kivette részét a hazai digitális műsorszóráshoz kapcsolódó szakmai ismeretterjesztő tevékenységekből: már 1996-tól 1998-ig 17 részes cikksorozat jelent meg a DAB-ról [1], ill. 2003-ban kétrészes átfogó cikk látott napvilágot a lap hasábjain a hosszú/közép/rövidhullámú sávra tervezett digitális rádiórendszerrel, a DRM-ről [2], amelyet digitális műsorszórásról szóló, igen részletes cikksorozat követett 2014-2015-ben [3]. Mostani jelentkezésünkkel ismét a DRM jelen helyzetéről számolunk be, amihez apropót egy örömdetes esemény adott.

Hogy miért kerül ismét terítékre e témakör? Az elmúlt évtizedben halkan ugyan, de jelentősen átforgalmódott a műsorszórás képe a világon. Számos országban, így hazánkban is megjelent a második generációs digitális televízió rendszer, a DVB-T2. Forradalmi újdonságot képvisel a kábelhálózatokon egyre szélesebb körben alkalmazott DOCSIS 3.1, miközben a rádiózásban rendkívül izgalmas és elmentmondásos átrendeződésnek lehettünk, sőt, lehetünk tanúi. A DAB/DAB+ sugárzást egyes országokban lekapcsolták – Magyarországon éppen 2020. szeptemberében –, míg más helyeken, például több hazánkkal szomszédos országban, a közelmúltban indítottak rendszeres vagy kísérleti DAB+ műsorokat. A DRM Európában visszaszorult a 2010-es állapotokhoz képest, ugyanakkor soha nem látott diadalt aratott Indiában, valamint Délkelet-Ázsiában, Dél-Afrikában és Brazíliában is biztatón fejlődik. A helyzetet még izgalmasabbá teszi, hogy az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/1972. sz. Irányelve értelmében az Unió területén 2020. december 21-től forgalomba hozott középkelet-kategóriás gépjárművekbe kötelező digitális rádiós vételi lehetőséget beépíteni, amit a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság 17/2020. (XII. 17.) sz. rendeletével ültetett át a hazai gyakorlatba. Mindezek közepette pedig a magyar rádiózás 95. évfordulóján, 2020. december 1-jén a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem műsorszóró laboratóriuma közreműködésével, valamint



1. ábra

egy maroknyi magáncég és kutatóintézet támogatásával – ismét – elindult egy rövidhullámú DRM-adás, amely e sorok születésekor az egyetlen digitális rádióműsor a hazai éterben... (A DRM a francia „Digital Radio Mondiale”, azaz világméretű digitális rádió[rendszer] kifejezés rövidítése.)

Noha a jelen cikk középpontjában a fent említett, jelenlegi magyar DRM-adás céljának, műszaki jellemzőinek, valamint a DRM-rendszer lehetőségeinek részletes ismertetése áll, röviden áttekintjük a földfelszíni digitális műsorszóró jelek legfontosabb fizikai tulajdonságait, ami nélkülözhetetlen e rendszerek működésének megértéséhez. Mindezt részletesen kifejtettük már a [3]-ban, így itt csak ismétlés szintjén a legfontosabbakra térünk ki, feltételezve, hogy az Olvasó előtt a digitális szimbólumok (szimbólumsebesség és szimbólumidő), továbbá a konstelláció (állapotter) fogalma ismert. Ugyanakkor a cikkben szereplő műszaki fogalmak mélyebb megértéséhez feltétlenül szükséges lehet a [3] cikksorozat kapcsolódó fejezeteinek felidézése. Érdemes továbbá fellepöznünk a [2] közleményünket is,

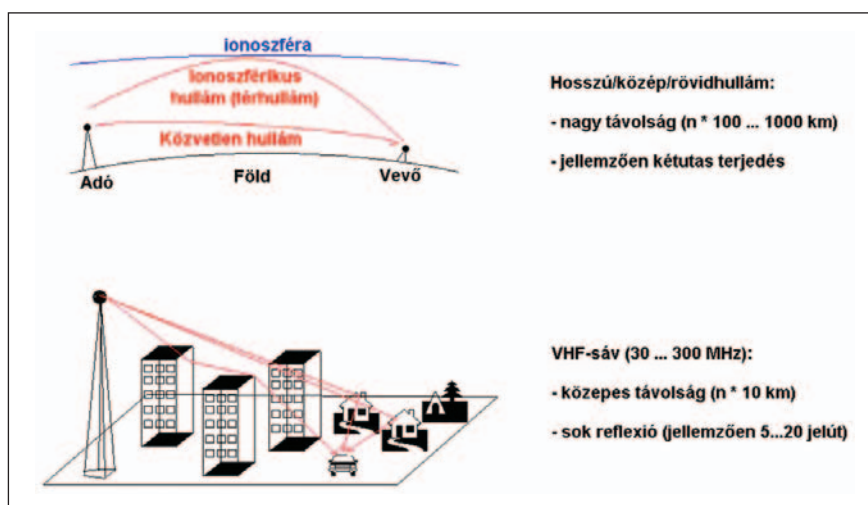
melyben további műszaki megfontolások találhatók igen olvasmányos formában.

A földfelszíni digitális műsorszórás általános műszaki háttere

Egy digitális átviteli rendszer az adóoldalon három alapvető fő blokkra osztható a jelek kezelése szempontjából (1. ábra):

- forráskódoló,
- csatornakódoló,
- modulátor.

A forráskódolás adattömörítést jelent, ugyanis a stúdióban előállított, közvetlenül digitalizált hang-, illetve képlelek olyan adatmennyiséget képviselnek, amelyet tömörítés nélkül képtelenség átvinni bármilyen rádiócsatornán. A csatornakódolás célja a továbbítandó adatok védelme, részben hibajavító kódolás alkalmazásával, részben olyan adatrendezési műveletekkel – például átszövés (RT 2014/10) –, amelyek a hibajavítás hatékonyságát fokozzák. Az adatok, adatszoportok rádióhullámokká történő alakítása a moduláció, melynek fajtája az



2. ábra

átviteli közeg hullámterjedési tulajdonságaitól függ. Megjegyezzük, hogy rendszerszinten a modulációt és a csatornakódolást egymáshoz illeszkedően kell megválasztani oly módon, hogy ezek együttesen biztosítsanak egy adott rendszer megfelelő működéséhez szükséges minimális hibavalószínűséget.

A földfelszíni műsorszórában alkalmazott moduláció jellegét értelemszerűen a földfelszíni hullámterjedésben előforduló jelenségek határozzák meg. Ezek közül a legfontosabb a visszaverődések (reflexiók) hatása: a vevőbe jellemzően nemcsak egy úton, közvetlen hullámú terjedéssel (LOS) jut el a jel, hanem

különböző objektumokról, műtárgyakról visszaverődve sok, esetenként akár több tucat úton is. Ennek részleteibe a jelen cikk keretein belül nem bocsátkozunk, csupán azt emeljük ki, hogy a terjedési utak száma az adó és a vevő távolságától, a közöttük levő objektumok, műtárgyak elhelyezkedésétől, s legfőképpen mindezek hullámhosszhoz viszonyított kiterjedésétől függ. Például, a hosszú/közép/rövidhullámok igen messzire, több száz vagy ezer kilométeres távolságra is eljutnak, visszaverődést pedig jellemzően a földfelszíntől 100...300 km-es magasságban található ionoszféráról szenvednek, a vevőoldalon tipikusan kétutas vételt eredményezve. Ezzel szemben az VHF-sávban, például, ahol a hullámhossz 2...3 m körül van, városi környezetben akár 5-20 utas terjedés is kialakulhat (2. ábra).

Legyen szó bármilyen reflexióról is, egy közös vonásuk van: lineáris torzítást (RT 2015/2) okoznak, ami a vett jel spektrumában,



**ELEKTRONIKAI
ALKATRÉSZKERESKEDELEM**

1134 Budapest, Lehel utca 17.

Nagykereskedelem

telefon: +36-1 349-5906
fax: +36-1 320-3292
honlap: www.lomex.hu
e-mail: info@lomex.hu

nyitva tartás:
hétköznap 9:00 - 17:00

Szaküzlet (kisker)

telefon: +36-1 320-2610
fax: +36-1 320-3292

e-mail: szakuzlet@lomex.hu

nyitva tartás:
hétköznap 9:00 - 17:00

Webshop

telefon: +36-1 237-1639
honlap: www.lomex.hu

e-mail: webshop@lomex.hu









































































































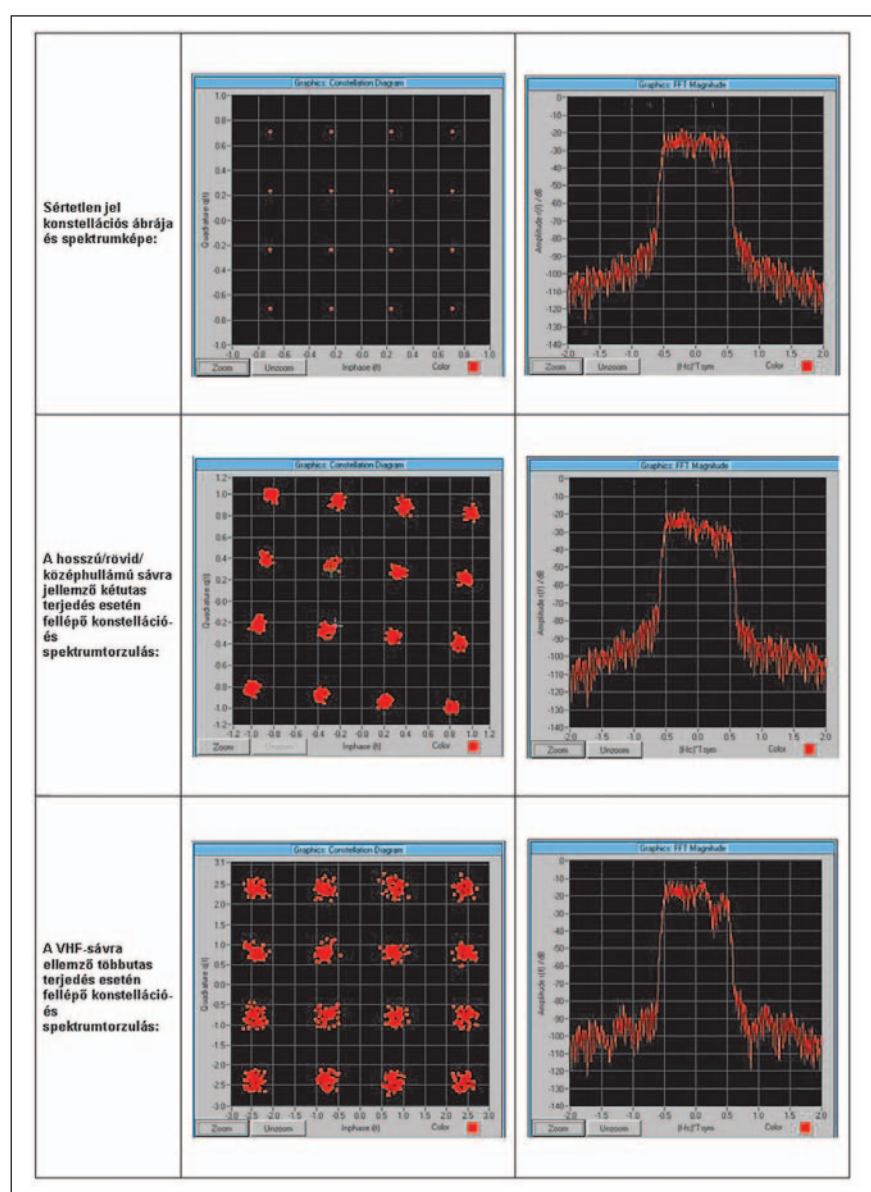




illetve alakjában és időbeli viselkedésében egyaránt jól érzékelhető sérüléshez vezet. A digitális jelek ideális esetben egyenletes amplitúdóspektrumában felüláteresztő, aluláteresztő, sávzáró vagy akár sáváteresztő hatás is megfigyelhető a vevőoldalon a visszaverődések következtében, ami ezeknek megfelelő jelalakváltozással jár együtt – másképpen fogalmazva, a vevő úgy érzi, mintha valamilyen szűrőn átvezetve kapná a jelet. A bajt tovább fokozza, hogy mindez szimbólumközi áthallással is együtt jár, hiszen az adó által egymást követően kisugárzott szimbólumok a különböző jelutakon egymáshoz képest késleltetve, többször érkeznek meg a vevőbe, időben egymásba „csúszva” (3. és 4. ábra). És hogy mindez ne legyen elég, az eddig leírtakat tetézi, hogy e jelenségek időben folyamatosan változ(hat)nak, a környezet bizonytalanságától függően.

Az előbbieken leírt jelenségek hatásának ellensúlyozására született meg a többvívós moduláció (OFDM; RT 2015/3). Lényege, hogy egy csatornán belül nem egy, hanem több száz vagy ezer digitálisan modulált vivőhullám segítségével továbbítjuk az információt, aminek egyenes következménye, hogy egy vivő szimbólumsebességét a vivők számának megfelelő arányban csökkenteni kell az egyvívós átvitelhez képest. Mindez a következő előnyökkel jár:

- a lelassított szimbólumsebesség egyúttal a szimbólumidő megnövelését jelenti; ha ezzel a módszerrel az átviteli út reflexiók késleltetéseinek lényegesen hosszabb szimbólumokat állítunk be, akkor e reflexiók torzító hatása minimális lesz,
- ha a spektrum egyes részeit jelentősen elnyomó lineáris torzítás (szelektív fading, erős alul- vagy felüláteresztő hatás) lép fel, az átvitelből csak az érintett vivők adatai fognak hiányozni, és a többi vivő által továbbított bitek alapján, hibajavító kódolás segítségével jó eséllyel visszaállítható a teljes eredeti üzenet,



3. ábra

- a legfontosabb: egyes vivők felhasználhatók mérőjelnek, ami azt jelenti, hogy a spektrumban egyenletesen elosztva bizonyos vivőpozíciókban modulálatlan szinuszhullámot sugárzunk ki, melyek amplitúdója és kezdőfázisa ismert (pilot-jelek); a vevő ezek segítségével kiszámítja az átvitel teljes amplitúdó- és fázismentét, majd egy beépített, hangolható FIR-szűrővel kiegyenlíti azt.

Minden OFDM-vevőkészülék (legyen szó akár DRM-, akár DAB/DAB+ vagy DVB-T/T2 vevőről), a fent leírt mechanizmus szerint

működik. Rendelkezik egy dinamikusan hangolható digitális (FIR-) szűrővel, melynek karakterisztikáját a sokvívós adás pilotjelei segítségével felvett csatornakarakterisztika inverzére hangolják be, gyakorlatilag valós időben, lekövetve az átvitel hullámterjedési jelenségekből adódó időbeli változásait. (Az OFDM az angol „Orthogonal Frequency Division Multiplexing” (ortogonális frekvenciaosztásos nyálabólás) kifejezés rövidítése.)

E ponton még egy fontos fizikai tényezőre felhívjuk a figyelmet: a szimbólumközi áthallásokkal szembeni védelemre; a pi-