



# A digitális műsorszórás technikája

Nagymáté Csaba villamosmérnök, nmtecsaba@gmail.com



Az EU irányelveinek megfelelően 2013. okt. 31-én az analóg földfelszíni műsorszórást véglegesen a digitális utódja, a DVB-T (Digital Video Broadcasting- Terrestrial, azaz földfelszíni digitális képműsorszórás) váltotta fel. Jóllehet az új technológia bevezetése nem volt villámcsapás-szerű, ennek ellenére a hazai mélyebb műszaki tájékoztatás csak egy viszonylag szűkebb szakmai réteget érintett, s a szélesebb felhasználói kört a médiumokból áradó, reklám-„bonyolultságú” információ tájékoztatta annak mikéntjéről és hogyanjáról. Jelen sorozatunk arra a szintre lehetetlen feladatra vállalkozik, hogy az elektronikai érdeklődésű, de nem hírközlési alapképzettségű felhasználókkal közérthetően, de a szigorú szakmaiságot megtartva megismertesse a digitális áttérés praktikumát.

Ugyanakkor rendszerező útmutatóul szolgáljon a szakmabeli olvasóinknak is, hogy a különböző – és itt is többnyire megjelölt – irodalmi források között el tudjanak igazodni, ha a vázoltaknál részletesebben felkeltette az érdeklődésüket egyik-másik fejezetünk. Mindezek természetesen megkövetelik a szakkifejezések használatát (melyeket igyekszünk értelmezni is), és az olvasó részéről az analóg műsorszórásban, valamint az informatikában való legalább hasonló szintű jártasságot.

Sorozatunkban elsősorban ugyan a földfelszíni műsorszórás főbb jellegzetességeit mutatjuk be, de néhány esetben nem lehet megkerülni az összevetést a lakosság szintén nagy körét érintő műholdas (DVB-S), valamint a kábeles (DVB-C) szolgáltatásokkal éppen a hasonlóság, vagy a lényegi eltérések okán. Számos esetben használunk olyan szakkifejezéseket, melyek matematikai összefüggéseket takarnak, de több okból itt nem fejtjük ki őket. Ezeket a szövegben *dőlt betűkkel* írtuk, hogy az ezek iránt érdeklődők figyelmét felhívhassuk.

## A digitális kontra analóg, avagy szükségszerű volt a műszaki váltás?

A XX. század végére az analóg tévéjelfeldolgozása és átviteltechnikája elérte lehetősége határait. Ennek megnyilvánulásaként valóban tökéletes képet és hangot élvezhettünk a már jól kiforrott technológiájú, s megbízható vevőkészülékeinken.

Köszönhetjük ezt pl. a korszak végén bevetett kép- és hangjavító eljárásoknak, melyeknek mindannyian hasznélvezői voltunk. (NICAM-78 kódolású sztereó hang, 100 Hz-es technika, sebességmoduláció, digitális zajelnyomás stb.) Közben persze az elektronika másik húzóágazata, az informatika robbanásszerű fejlődését is láthattuk, amely már a 80-as években a médiát is érintette, elsősorban a stúdiómunkák viszonylatában. A 90-es évek elejétől már olyan konkrét szabványcsoport látott napvilágot, amely a tévéműsorok digitális tömörítésére (MPEG-1 és MPEG-2; lásd később), illetve kisugárzására szolgál (DVB-T/S/C). Hazai viszonylatban 1999. július 9-én indították el az első kísérleti digitális adást a Széchenyi-hegyi adóról, majd 2002 májusában a Kab-hegyi adó is bekapcsolódott.

És akkor? – kérdezhetné az egyszerű felhasználó, aki már eddig is tökéletes képet és hangot élvezhett. De az ipari lobb, a hardverfejlesztői nagyhatalmak igénydiktálása (= munkahelyteremtés) testet öltött a műsorszolgáltatók igénynövekedésében is. Ugyanis a már rendelkezésre álló műsorszolgáltató hálózatok (kábelhálózatok, úrtávközlés, földi átviteli utak) *csatornkapacitása* már kevésnek bizonyult ahhoz, hogy hagyományos analóg sugárzási technológiával azonos képminőség megtartása mellett új alkalmazások is (pl. adatátvitel) elérhetőek legyenek. Shannon óta pedig tudjuk, hogy a csatornkapacitás és a sávszélesség szorosan összefügg egymással [1].

## Adatsebesség, sávszélesség

Már az elején nyomatékosan meg kell jegyeznünk, hogy az analóg alapsávi jel (kép és/vagy hang) digitalizálása önmagában nem jelent sávszélesség-csökkenést, sőt! Egy normál felbontású (SDTV = Standard Definition Television), PAL rendszerű színes analóg tévéműsor bedigitalizálva (azaz a stúdiókamera kimenetén) 270 Mbit/s adatsebességgel rendelkezik. Ez esetünkben (földfelszíni műsorszórás) kb. 60-70 MHz kisugárzási sávszélességet jelentene. Ilyen gyors digitális jel átvitele a szokásos sugárzási eljárásokkal szinte lehetetlen, mivel azok jellemzően 20...30 millió bitet képesek továbbítani másodpercenként. A példánk esetében a 270 Mbit/s-os adatsebességet az MPEG-2 rendszerrel 4-6, az MPEG-4 eljárással pedig 2-4 Mbit/s-ra lehet leszorítani, lehetőségét adva arra, hogy rádiófrekvenciás úton továbbítsuk a képtartalmat.

E ponton tisztáznunk kell néhány alapfogalom közötti összefüggést. A fentiekben az előállított műsortartalom adatsebességét taglaltuk. Ez önmagában azt jelenti, hogy egy adott kép- és hanganyagot hordozó bitfolyamot milyen gyorsan kell átvinni egyik végpontból a másikba ahhoz, hogy folyamatos képet és hangot élvezhessünk. Ez a továbbítás történhet – többek között – USB- vagy Ethernet-vonalon (azaz interneten) keresztül, de rádiófrekvenciásan, antennán kisugározva nem. A biteket képviselő jelformákat ugyanis át kell alakítani olyan elektromágne-

ses hullámokká, amelyek kisugárzására és vételére képesek az antenák. Ezt a folyamatot hívjuk modulációnak, amivel már az analóg világban is találkoztunk.

A digitális modulációt használó műsorszóró rendszerek átviteli képessége igen változó, attól függően, hogy milyen beállításban üzemelnek az adóberendezések (a jelen cikksorozat további részeiben ezt külön taglaljuk majd). A DVB-T adók, például, 120 különféle működési módba állíthatók, adatsebességük nagyságrendileg 5 Mbit/s és közel 32 Mbit/s közötti lehet. A gyakorlatban a 20-30 Mbit/s közötti beállítások a jellemzőek.

A fentiekből látható, hogy egy tipikus DVB-T adóberendezés **5-10 féle, egymástól független műsort tud egyidejűleg továbbítani**. Hogy a vevőkészülékünk ezzel mit tud kezdeni, azzal cikksorozatunk későbbi részeiben részletesen foglalkozunk.

Nem szóltunk még a sávzélesség fogalmáról. Minden információt hordozó jel (legyen szó akár analóg, akár digitális hullámformákról) felfogható számos elemi, különböző frekvenciájú szinusz hullám összegeként. A sávzélesség az a frekvencia-tartomány, amelyben egy összetett jel szinuszos elemi alkotói elhelyezkednek. A modulálatlan (tehát USB- vagy Ethernet-vonalon továbbított) jelekre nézve igaz, hogy minél gyorsabb az adatátvitel, annál nagyobb az igényelt sávzélesség is. A digitális modulációk esetében ez már nem egyértelmű. Az igaz, hogy egy adott modulációs eljárással csak a sávzélesség növelése árán fokozható az adatátviteli sebesség, de ugyanazon sávzélességben különféle modulációs technikákkal különféle bitsebességek biztosíthatók. Így lehetséges például, hogy a DVB-T mindig 7,6 MHz sávzélességű (Európában; a névleges csatorna-sávzélesség 8 MHz), de a 120 különféle beállításban a fent említett határok között változhat az adatsebessége.

### Spektrumgazdálkodás és jelminőség

Napjaink általános tendenciája, hogy a sávzélesség (frekvenciaspektrum) drága, és a műsorszórásra rendelkezésre álló véges nagysá-

gú spektrumszelet egyre inkább teletté válik. Éppen ezért az átállás legfőbb (politikai) oka a gazdaságosság: az előbbi szakaszban már utaltunk arra, hogy a földfelszíni analóg műsorszórás 8 MHz-es csatorna-sávzélességében a digitális rendszerek révén nem egy, hanem 5-10 műsor sugározható ki. Ez azt jelenti, hogy az analóg adókkal kisugárzott műsorok a digitális világban lényegesen kevesebb frekvencia felhasználásával juttathatók el a közönséghez, vagy, más szempontból megközelítve, ugyanannyi frekvencia kiosztásával lényegesen több műsor sugározható ki a digitális rendszerekkel, mint az analógokkal. Ez jelenti azt, hogy a digitális adásoknak jobb a *spektrális hatékonysága*. Konkrét számokkal érzékeltetve: az „analóg korszakban” az Antenna Hungáriának nagyságrendileg 90 frekvenciát kellett felhasználnia ahhoz, hogy Magyarország teljes területét három analóg műsorral (MTV1, TV2 és RTL Klub) lefedje. Ezzel szemben jelenleg, a DVB-T segítségével országosan mindössze 30 frekvencián összesen 35(!) tévécsatornát (egyeseket többnyelvű hanggal) sugároz ki, további négy rádióműsorral együtt.

Ez a spektrális hatékonyság lehetővé tette egyes frekvenciasávok felszabadítását, melyeket más szolgálá-

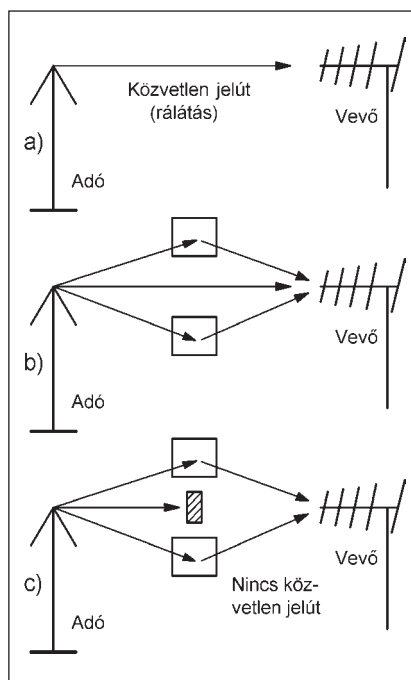
tok, például negyedik generációs mobiltelefon-rendszerek (LTE) számára újra lehet értékesíteni – közvetlen állami bevételeket eredményezve. Az adóhálózatok kiépítéséről egy önálló részben majd külön foglalkozunk.

S ha már a földfelszíni digitális sugárzásról van szó, akkor az újszerűség okán joggal várjuk el tőle, hogy a hullámterjedés minőségromlási tényezőit csökkentse, vagy éppen szüntesse is meg. E tekintetben is jó hírrel kell szolgálnunk, de először is tekintsük át a DVB-T rádiócsatorna jellemzőit! (Természetesen nem rádióadásról van szó, hanem az RF-csatorna általánosított szóhasználatát alkalmazzuk.)

Ideális esetben az adótól a vevőre közvetlen rálátás biztosított. Ilyenkor csak a levegő ún. *szakaszcsillapításával* kell számolnunk, azaz az RF-jel (távolságtól és frekvenciától függően) csillapodik kisebb-nagyobb mértékben, s csak a Gaussi fehérzaj lehet a minőségromtó tényező (**1.a ábra**). Az ilyen tulajdonsággal rendelkező hírközlő csatornát Gaussicsatornának nevezzük. Már kevésbé ideális, mondhatjuk általános eset, hogy a vevőantenna a közvetlen jelút mellett többszörösen visszavert jeleket is kaphat (**1.b ábra**). Az ilyen egyetlen közvetlen és sok visszavert hullámmal jellemezhető csatornát Rice-csatornának nevezzük. Végül létezik a távközlési szakemberek rémálma, a Rayleigh-csatorna, ahol nincs közvetlen jelút, csak többszörös visszaverődések vannak (**1.c ábra**), és a vételi körülmények lényegesen összetettebbé válnak [2].

Mint tudjuk, az URH-sugárzás esetén számolni kell a csatorna időben változó jellegével, valamint a többutas hullámterjedéssel. E két tényező ún. fadinget (elhalkulást) okoz, ami a vevők esetében komoly zavarforrás. Természetesen a jeleinket zavarja még a természetes, termikus háttérzaj, az esetleges saját csatornás zavarok (parazita sugárzások, főleg városi környezetben) stb.

A digitális és analóg rendszerek esetében egyaránt fellépnek ezek a fizikai jelenségek, de az előbbieknél többszörös belső hibajavító mechanizmusokat tartalmaznak, így a hullámterjedés során keletkező sérüléseket igen széles határok között ké-



1. ábra