

# Az európai digitális földfelszíni televíziós rendszerek bemutatása és szimulációja

SEBESTYÉN ÁKOS

Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék  
sebestyen@hit.bme.hu

**Kulcsszavak:** digitális földfelszíni műsorszórás, DVB-T, DVB-H, szimulációs rendszer

A cikk célja az európai digitális földfelszíni televíziós rendszerek, a DVB-T és a DVB-H bemutatása, illetve az erre készített szimulációs rendszer ismertetése. Az első rész áttekinti az európai digitális televíziós szabványok létrejöttének mozgatórugóit. A második részben bemutatjuk a két rendszer csatornakódolási és modulációs megoldásának különbségeit. A cikk záró, harmadik szakaszában pedig bemutatjuk azt a szimulációs rendszert, amely lehetővé teszi a DVB-T és a DVB-H vizsgálatát.

## 1. Bevezetés

A DVB-rendszer közös, európai kezdeményezésű fejlesztési program eredménye. A fejlesztés kezdete az 1990-es évek elejére nyúlik vissza. Ez időpontra tehető ugyanis az olyan lapkák és egyéb nyomtatott áramköri elemek megjelenése, melyek lehetővé tették az analóg módon rendelkezésre álló források valós idejű digitalizálást, illetve a valós idejű csatornakódolást. A megalkotó bizottság a továbbító csatorna és a csatornakódolás tekintetében ötféle, többé-kevésbé különböző csapásvonalat jelölt ki. Ezen öt terjesztési mód (műholdas, kábeles, kisközösségi vételre szánt, mikrohullámú, valamint földfelszíni továbbítási mód) közös jellemzője, hogy a kép- és a hangkódolás MPEG-2 alapú, a különböző csatornákhöz való adaptációt az MPEG-2 átviteli adatfolyamon hajtják végre.

Az előbb említett rendszerek közül a csatornakódolás és moduláció tekintetében a legbonyolultabb minden bizonnyal a földfelszíni digitális televíziós rendszer, azaz a DVB-T [1]. A rendszer tervezésének legfontosabb szempontja az volt, hogy a digitális jel beleférjen az UHF csatorna rendelkezésre álló, 8 MHz-es csatorna-sávszélességébe, valamint az, hogy jobb frekvenciahatékonyságot lehessen elérni. A frekvenciahatékonyságot egyrészt az igen összetett modulációs móddal, másrészt pedig a tabufrekvenciák kiküszöbölését lehetővé tevő egyfrekvenciás hálózatok használatával sikerült megvalósítani. (Egyfrekvenciás hálózatban a szomszédos adók ugyanazon multiplex továbbítására ugyanazt a frekvenciát használják.)

Mindezek mellett természetesen a tervezőknek nagy figyelmet kellett fordítaniuk a földfelszíni sugárzással együtt járó gondok megoldására, a földfelszíni csatornában történő rögzített, hordozható és mobil vételt hátrányosan befolyásoló többutas terjedés, valamint Doppler-eltolódás és -szóródás okozta problémák megszüntetésére.

A digitális televíziózás az említett frekvenciahatékonyságon és kiváló minőségen túl egyéb előnyökkel is rendelkezik. A digitális tartalom nem korlátozódik

pusztán a képre és hangra, hanem ezek mellett további kiegészítő szolgáltatások is biztosíthatók. Ugyanilyen jellegű tartalmak az analóg televíziózásban is léteztek – gondoljunk csak a teletextre vagy a videokészülékek távprogramozási lehetőségére, esetleg a műsoridőn kívüli adattovábbításra –, ám a digitális televízió utat nyitott ennél vonzóbb és összetettebb, interaktív szolgáltatások megjelenésének is. Ezzel egyidejűleg megjelentek a különféle – nyilvános kapcsolt telefonhálózaton, GSM-hálózaton keresztül – interaktív visszirányú csatornák specifikációi. A sort 2002-ben a DVB-T rádiófrekvenciás vissziránya, az úgynevezett DVB-RCT [2] zárta, amely már nem igényelte külső szolgáltató jelenlétét, az interaktív szolgáltatást maga a műsorszolgáltató is biztosítani tudta.

A várakozásokkal ellentétben az interaktív szolgáltatások nem avattak nagy sikert. Éppen ezért a fejlesztők figyelme új irányba fordult: a cél a növekvő mobil piac meghódítása lett. Az ilyen irányú tapogatózások a DVB-T rendszer esetén már elvégzett számtalan mobil vizsgálat eredményeire építettek. A DVB-T rendszert eredetileg ugyan főleg rögzített vételre szánták, ám köszönhetően az igen robusztus csatornakódolásnak és a többvívós modulációnak, kompromisszumokkal ugyan, de hordozható, sőt mobil vételre is alkalmas volt. Természetesen az idők folyamán a vevőkészülékek jelentős fejlődésen mentek keresztül. Megjelentek a fejlett csatornabeclést alkalmazó csatornakiégnyelítő áramkörök, illetve a térbeli diversity vételre felkészített, kétantennás berendezések. Ezen megoldások segítségével a megfelelő vételhez adott mozgási sebesség esetén kisebb vivő-zaj viszony volt szükséges, illetve adott vivő-interferencia viszony esetén nagyobb lehetett a mozgási sebesség.

A mobilitás terén elért sikereken felbuzdulva a mobilszolgáltatók is érdeklődni kezdtek az új lehetőségek iránt. Úgy vélték, hogy a digitális képműsorszórás segítségével szolgáltatásaikat videotartalom biztosításával tovább bővíthetik. Ugyan a harmadik generációs mobil rendszerek biztosítani tudták a képanyag továbbításához szükséges nagy adatsebességet, ám ezek

a megoldások meglehetősen drágák voltak. Ezzel szemben a DVB-T rendszer által nagy földrajzi területet olcsón lehetett ellátni.

A DVB-T rendelkezik azonban néhány olyan jellemzővel, amely szinte kizárja, hogy mobil végberendezések (PDA-k, mobiltelefonok) a szolgáltatást igénybe tudják venni. A mobil készülékek táplálása akkumulátorról történik, a DVB-T szolgáltatások demodulálására alkalmas berendezés fogyasztása viszont ilyen jellegű táplálás esetén megengedhetetlenül magas. Az üzemidő kiterjesztéséhez tehát a fogyasztást mindenképpen csökkenteni kell.

További problémát jelent, hogy a DVB-T rendszer nem teszi lehetővé a cellahatárokon az egyszerű átadást, átvételt (angolul: handover). A zökkenőmentes és a felhasználó által nem észlelt átadáshoz ugyanis két vevőegységre lenne szükség. Mindezeket túl kellően nagy adatsebességű adás vételét a DVB-T rendszerben csak több antennával lehet megoldani.

Az úgynevezett üzleti igényeket kielégítő, mobilitást biztosító rendszer kialakítása céljából a DVB konzorcium műszaki testülete 2003. januárjában létrehozta a műsorszolgáltatókból, mobilszolgáltatókból és egyetemektől álló DVB-H csoportot, melynek feladata a DVB-T rendszerrel lehető legnagyobb mértékben kompatibilis, ám a fenti problémákra és igényekre megoldást nyújtó új rendszer kialakítása volt. A csoport 2004-ben benyújtotta a szabványtervezetet az Európai Szabványosítási Intézethez, amely még ugyanebben az évben szabvánnyá nyilvánította azt. A DVB-H szabvány [3] mellett

azonban számos más szabványt is kiegészítettek, valamint elkészítették a DVB-H rendszer tervezésében segítséget nyújtó megvalósítási útmutatót [4] is.

## 2. Az alkalmazott műszaki megoldások

A DVB-T, illetve DVB-H szabványban ismertetett csatornakódolás és moduláció a számos beállítható paraméternek köszönhetően igen rugalmas átviteli megoldást biztosít. A paraméterek segítségével megteremthető az egyensúly a védettség és az adatsebesség, valamint a lefedett terület és a kisugárzott teljesítmény, illetve a megengedhető mozgási sebesség között.

A DVB-T rendszer esetén a fizikai rétegben megválasztható paramétereket (a kódarányt, a modulációs módot, az OFDM-szóhosszt) a DVB-H további lehetőségekkel egészíti ki, melyek némelyike a fizikai, némelyike pedig az e fölött található adatkapcsolati réteget érinti. A következő részben pusztán az újdonságnak számító elemeket tekintjük át.

### 2.1. A fizikai réteg új elemei

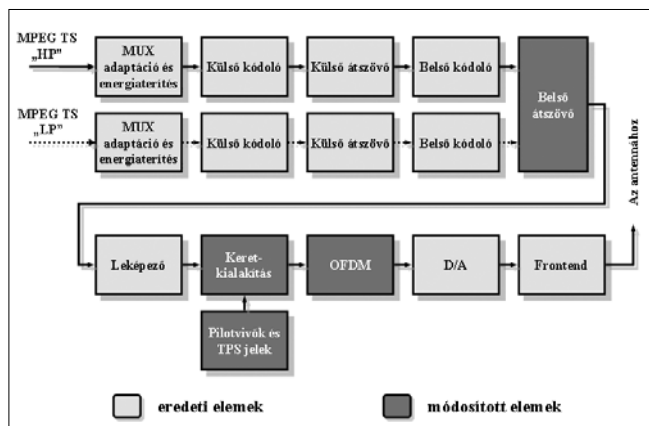
A DVB-H fizikai rétegének kialakításánál a cél az volt, hogy a DVB-T fizikai rétegének lehető legkisebb módosítása mellett nőjön az adatfolyam védettsége a földfelszíni csatorna zavaró hatásaival és az impulzuszerű zajokkal szemben, illetve hogy a hálózattervező mérnököknek a DVB-H rendszer kialakításakor nagyobb szabadsága legyen.

Mindehhez a már meglévő DVB-T rendszert négy ponton módosították: lehetőséget teremtettek a 4k szóhosszúságú OFDM-mód és a mélységi átszövés használatára, kiegészítették a TPS-információkat, hogy azokkal jelezni lehessen a 4k mód, a mélységi átszövés, az MPE-FEC használatát, valamint azonosítani lehessen, hogy a vevő melyik cellában tartózkodik. Ezekon kívül lehetőséget teremtettek 5 MHz-es csatorna-sáv szélesség használatára is.

A fizikai rétegen végrehajtott módosításokat az 1. ábra szemlélteti. (Az ábrán látható elemek szerepelnek a 6. ábra szimulációs modelljén is.)

Rövidítések	
<b>AVC</b>	Advanced Video Coding <i>fejlett videokódolás</i>
<b>CRC</b>	Cyclic Redundancy Check <i>ciklikus redundanciaellenőrzés</i>
<b>DVB-H</b>	Digital Video Broadcasting Handheld <i>digitális képműsorszórás kézi végberendezések számára</i>
<b>DVB-RCT</b>	Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial <i>digitális földfelszíni képműsorszórás – földfelszíni visszirányú csatorna</i>
<b>FEC</b>	Forward Error Correction <i>előre irányú hibajavítás</i>
<b>MPE</b>	Multi Protocol Encapsulation <i>többprotokollú beágyazás</i>
<b>MPEG</b>	Moving Picture Experts Group <i>Mozgóképek-szakértői Csoport</i>
<b>OFDM</b>	Orthogonal Frequency Division Multiplexing <i>ortogonális frekvenciaosztásos nyálbólás</i>
<b>SI</b>	Service Information <i>szolgáltatási információ</i>
<b>TPS</b>	Transmission Parameter Signalling <i>átviteliparaméter-jelezés</i>
<b>UHF</b>	Ultra High Frequency <i>ultra magas frekvencia</i>

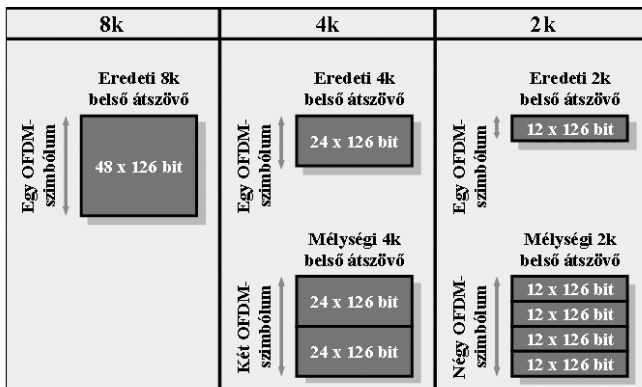
1. ábra A DVB-T és DVB-H rendszer fizikai rétege



**2.1.1. 4k mód és mélységi átszövés**

A 4k mód célja a hálózattervezés rugalmasságának javítása a mobilitás és az egyfrekvenciás hálózat mérete közti egyensúly megteremtésével. 4k módban a frekvenciatartományból időtartományba történő áttérés 4096 pontos inverz Fourier-transzformációval történik, ennek következtében a szimbólumidő a 2k mód szimbólumidejének kétszerese, a vivőtávolság pedig a 2k módban használt vivőtávolság fele, így az egy adó által ellátott cella mérete is a duplájára növelhető. A 4k adásmód tehát mind egyadós elrendezésben, mind pedig kis és közepes méretű egyfrekvenciás hálózatban használható. Az új üzemmód olyan mértékű védeltséget biztosít a Doppler-hatás ellen, mely nagyon nagy sebességű vételt tesz lehetővé.

Mivel a DVB-T rendszert eredetileg rögzített vételre szánták, a szabványban előírt belső átszövés mélysége nem volt túl nagy. A 2k és az új 4k módban lehetőség van az eredetileg csak 8k módban alkalmazott átszövési mélység használatára (2. ábra). Így tehát a belső átszövés mélysége függetleníthető a használt átviteli módtól, a 2k és 4k módú jelek kihasználhatják a 8k módú szimbólumátszövő memóriája által nyújtott előnyöket. Mindez azt jelenti, hogy az átszövési mélység négyszerezhető (2k mód) vagy megduplázható (4k mód esetén). Ez természetesen tovább növeli a védeltséget a fading és az impulzus jellegű zajjal szemben.



2. ábra Mélységi átszövés a DVB-H rendszerben

A 4k mód és a mélységi átszövés használatához módosítani kell a DVB-T fizikai rétegét, ám ezen módosítások megvalósítása a DVB-T szabványnak megfelelő adókhöz és vevőkhöz képest nem jár az alkatrészek (logikai kapuk és a memória) számának jelentős növekedésével. A tipikus mobil végberendezések megfelelő mennyiségű memóriát és logikai áramkört tartalmaznak a 8k módú jelek kezeléséhez is, ami máris meghaladja a 4k módú működéshez szükséges mennyiséget.

A 4k módú jelek kisugárzás utáni spektruma hasonlít a 2k és 8k módú jelekéhez, így nincs szükség az adó szűrőinek lecserélésére sem.

**2.1.2. Átviteliparaméter-jelzés**

Az átviteli paraméterek továbbításának célja hibák ellen védett és könnyen hozzáférhető jelzésrendszer biztosítása, mely segítségével a DVB-vevőkészülékek

a szolgáltatás paramétereit (az OFDM szóhosszát, a konstelláció típusát, a kódarányt stb.) egyszerűen és gyorsan észlelhetik. Erre a célra a DVB-H rendszer – a DVB-T rendszerhez hasonlóan – az átviteliparaméterjelzést használja. A TPS információit kijelölt vivők továbbítják.

A TPS meglehetősen védett jelzési csatorna, amely nagyon alacsony vivő-zaj viszony esetén is lehetővé teszi a demodulátor számára a TPS-jelek vételét. Ezen túlmenően a TPS segítségével a jelzésekhez gyorsabban hozzá lehet férni, mint a szolgáltatási információk (SI) vagy az MPE-szakaszfejléc demodulálása és dekódolása által.

A DVB-H rendszer két TPS-bitet használ az időszelvény és a választható MPE-FEC (Multi-protocol Encapsulation Forward Error Correction) jelenlétének jelzésére, illetve a további bitek szükségesek a 4k mód és a mélységi szimbólumátszövés használatának jelzésére.

**2.2. Az adatkapcsolati réteg elemei**

A korábbi rendszerektől eltérően, melyek forráskódolása MPEG-2 alapú volt, a DVB-H rendszer által továbbított hasznos adattartalom IP-adatgrammokból vagy a hálózati réteg egyéb adatgrammjaiból áll, ily módon közvetlenül nem alkalmas MPEG-2 adatfolyam továbbítására. MPEG-2 forráskódolás helyett azonban MPEG-4 megoldások (például H.264, AVC) szabadon használhatók. Az újfajta kódolási módszerek az MPEG-2 kódolással megegyező minőséget már jóval alacsonyabb bitsebességen biztosítani tudják, így tehát adott DVB-T csatornában még több program továbbítható. Ha mindehhez hozzávesszük még, hogy a végberendezések kijelzőjének méretéből kifolyólag kisebb felbontás is elegendő, akkor az egyetlen 8 MHz-es csatornában továbbítható programok száma akár a 100-at is elérheti.

Az adatkapcsolati réteg feladata a hálózati rétegből származó adatgrammok csomagokká szervezése, a csomagok hibajavító kóddal történő ellátása, illetve a végberendezés energiateljesítményének csökkentését lehetővé tevő időszelvény megvalósítása.

**2.2.1. MPE-FEC**

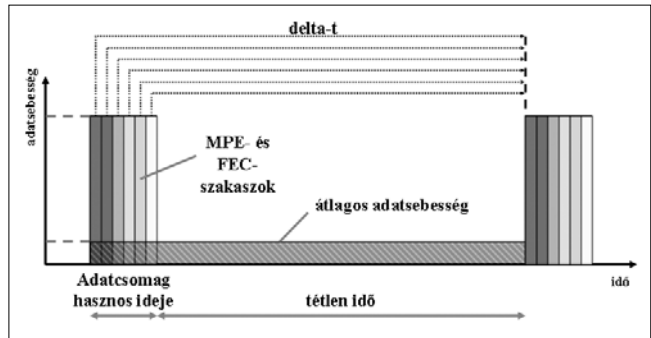
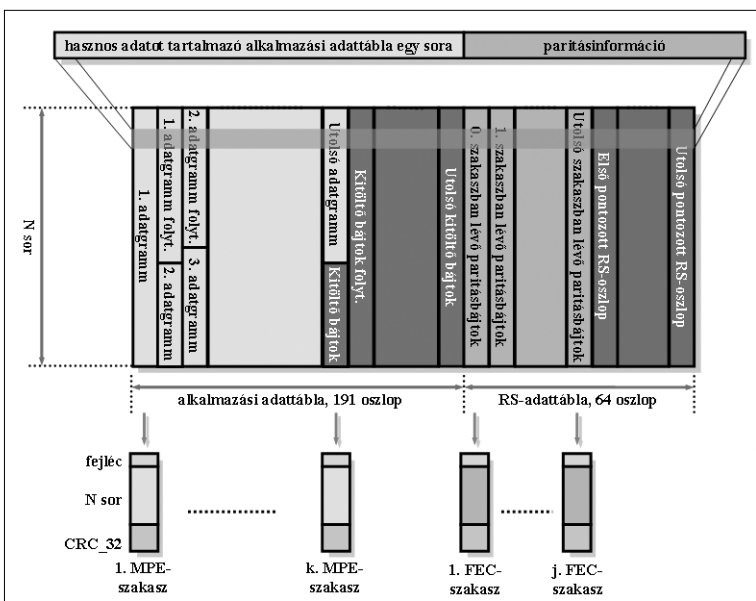
A hálózati réteg felől érkező IP-adatgrammokat első lépésben hibajavító kóddal kiegészített, többprotokollú beágyazott adatokat tartalmazó keretké, úgynevezett MPE-FEC keretké kell szervezni. Az MPE-FEC keret felépítését a 3. ábra mutatja. Az MPE-FEC keret két részből áll: az alkalmazási adattáblából és az RS-adattáblából. Az alkalmazási adattábla összesen 191 oszlopba kerülnek a beérkező IP-adatgrammok. Az, hogy a 191 oszlop mellett a keret hány sorból áll, szabadon megválasztható, ám a sorok száma nem haladhatja meg az 1024-et. Ebből következően a keret adattáblájának mérete majdnem 2 Mbit is lehet. Az alkalmazási adattábla a beérkező IP-adatgrammokon kívül kitöltő adatokat is tartalmazhat.

Az RS-adattábla legfeljebb 64 oszlopból és az alkalmazási adattáblával megegyező számú sorból áll. Az RS-adattábla egyes sorai az alkalmazási adattábla megfelelő sorai alapján meghatározott paritásinformációt hordoznak. A paritásinformáció meghatározása (255,191,64) paraméterű szisztematikus Reed-Solomon kódolással történik. A kódolásnak köszönhetően a földfelszíni mobil csatorna vivő-zaj teljesítménye és Doppler-teljesítménye egyaránt javul, az adatfolyam pedig ellenállóbb lesz az impulzusszerű zajjal szemben. Az MPE-FEC segítségével tehát igen rossz vételi körülmények ellenére is hibamentes adatgrammok állíthatók elő.

Az így kialakított MPE-FEC keretet ezek után MPE- és FEC-szakaszokra kell bontani (3. ábra). A felbontás függőlegesen történik; a keret oszlopai egy-egy MPE-, illetve FEC-szakaszt alkotnak. A függőleges irányú felbontásnak köszönhetően az adatok és az őket kiegészítő paritásinformációk távol kerülnek egymástól, létrejön az úgynevezett virtuális időátszövés, amely feltétlenül szükséges a hibajavítás megfelelő működéséhez. Az MPE- és FEC-szakaszok kialakításából adódóan az MPE-FEC hibajavítás értelmezésére nem képes végberendezések is venni tudják az adatfolyamot, hiszen a valódi adatok és a hibajavítást hordozó MPE-szakaszok jól elkülönülnek egymástól. Sőt, amennyiben az MPE-FEC keret alkalmazási adattáblájából kialakított összes szakasz vétele tökéletes, azaz minden szakasz CRC\_32 ellenőrzőösszege hibátlan vételt jelez, úgy a FEC-szakaszok vételére nincs is szükség. (Ezáltal további energiamegtakarítás érhető el.)

Az MPE-keret kialakítása skálázásra is lehetőséget teremt. Minél több ugyanis az alkalmazási adattáblában a kitöltő információ, a kód annál erősebbé tehető. (A kizárólag kitöltő bajtokat tartalmazó MPE-szakaszokat a rendszer nem viszi át.) Ha elhagyjuk az RS-adattáblát, illetve annak egy részét, a védelem ugyan ala-

3. ábra MPE-FEC keret felépítése és leképezése MPE-szakaszokra



4. ábra Az időszeteletelés elvi rajza

csnyabb lesz, ám a többletinformáció is csökken. Az MPE-FEC megválasztásával tehát a paritásinformáció az átviteli kapacitás változó hányadát teheti ki. 25 százaléknyi paritási többletinformációt biztosító átviteli paraméterek esetén a megfelelő vétel biztosításához az MPE-FEC számára körülbelül ugyanakkora vivő-zaj viszony szükséges, mint kétantennás vétel esetén.

Az MPE-FEC hibajavítás által okozott sebességcsökkenés teljes egészében kompenzálható kicsit gyengébb kódarány választásával, amivel ugyanakkora átviteli sebesség mellett az MPE-FEC nélküli DVB-T rendszernél jóval jobb teljesítmény biztosítható. Az ilyen MPE-FEC beállítás 8k módú, 16-QAM konstellációjú vagy akár 8k módú, 64-QAM konstellációjú moduláció esetén is lehetővé teszi a DVB-H jelek nagy sebességű, egyetlen antennás vételét. Ezekon túlmenően az MPE-FEC megfelelő védelemet biztosít az impulzusszerű interferenciával szemben is.

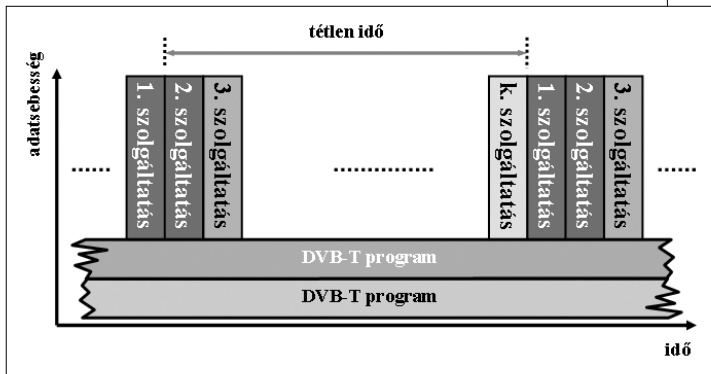
### 2.2.2. Időszeteletelés

Az időszeteletelés célja a kézi végberendezés átlagos fogyasztásának csökkentése, illetve a szolgáltatás átadásának és átvételének zökkenőmentessé tétele.

A kézi végberendezések kijelzőjén történő megjelenítésre szánt videoanyag adatsebessége lényegesen alacsonyabb, mint a DVB-T rendszer által biztosított adatsebesség. Ha tehát a DVB-T rendszer magas adatsebességét használva az adatfolyamot az előbbieken ismertetett MPE- és FEC-szakaszokból álló adatcsomagokban továbbítjuk, akkor két adatcsomag közti tétlen időben a végberendezés vevőegysége ki kapcsolható, ezáltal pedig energia takarítható meg. Ezt az elgondolást szemlélteti a 4. ábra. Az energiamegtakarítás mértéke akár a 95%-ot is elérheti.

Természetesen valamilyen módon jelezni kell a végberendezés számára, hogy mikor várhatja a következő adatfolyamot. Ezen információ jelzése a  $\Delta t$  módszer segítségével történik, azaz az éppen vett adatcsomag minden esetben tartalmazza a következő adatcsomag elejéig még hátralévő időt. A megadási mód további előnye, hogy nincs szükség az adó és a végberendezés óráinak szinkronizálására.

Az egymást követő adatsomagok között a rendszer nem továbbít olyan adatokat, melyek az adott adatfolyamhoz tartoznak, így ilyenkor a kiosztott sáv-szélességet más elemi adatfolyamok (más DVB-H szolgáltatások) is használhatják (5. ábra). Az időszeleltetésnek köszönhetően a vevőnek csak az idő tört részében, a kívánt szolgáltatáshoz tartozó adatsomagok vételek kell aktívnak lennie. Az adó természetesen folyamatosan működik, azaz az átviteli adatfolyam továbbítása nem szakad meg.



5. ábra  
DVB-T programok mellett időosztásos módon továbbított DVB-H szolgáltatások

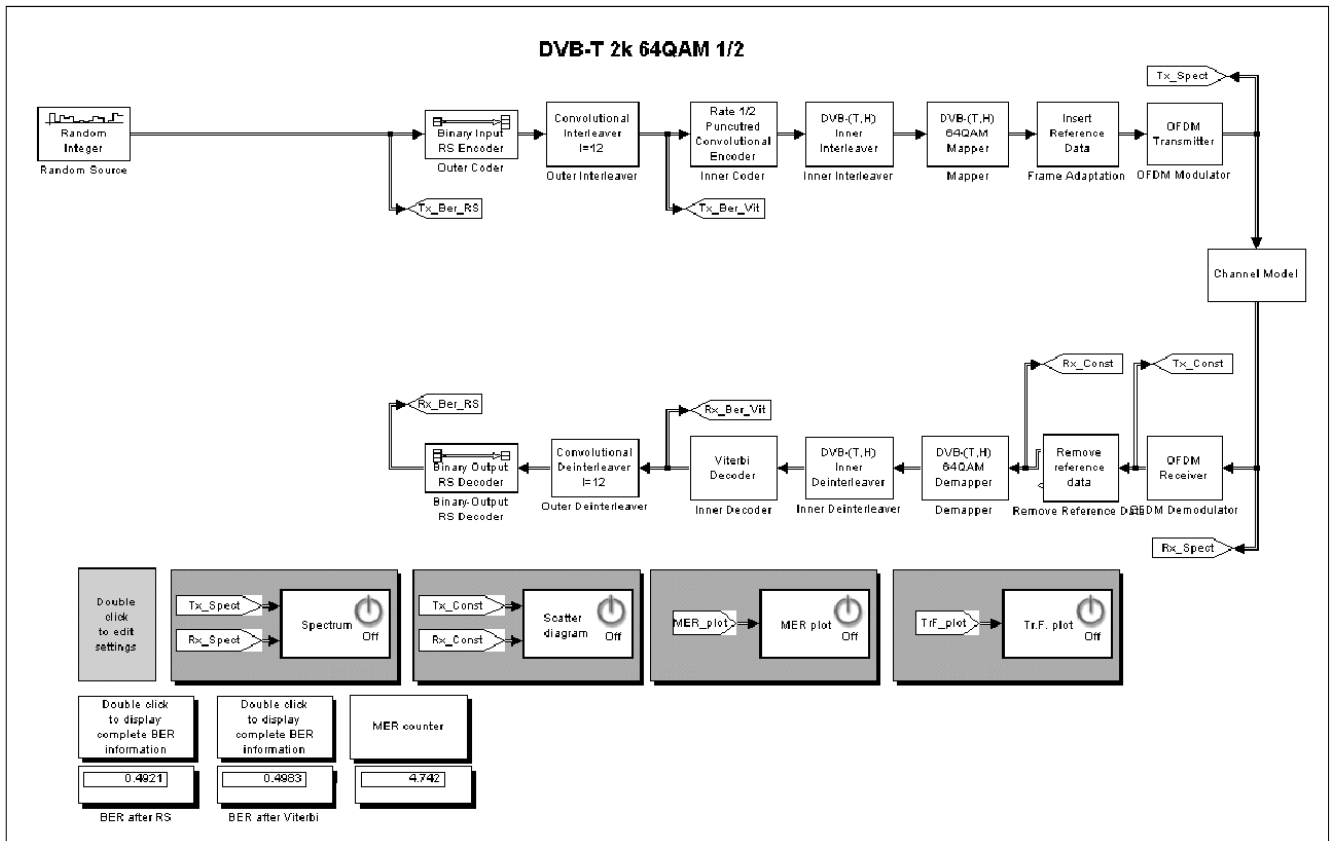
Rossz vételi körülmények között azonban előfordulhat, hogy az adatsomag egyes részei elvesznek. Ha ezzel együtt a delta-t paraméter is elveszne, a vevő nem tudná, hogy milyen hosszú időre kapcsolhat ki, így

egyáltalán nem kapcsolhatna ki, és meg kéne várnia a következő adatsomagot. Ennek elkerülése érdekében a delta-t paramétert (a szakaszok fejlécében továbbított többi valós idejű paraméterrel együtt) az adatsomagon belüli összes szakasz fejlécében továbbítani kell. Még különösen rossz vételi körülmények között is, ha csak egyetlen szakasz vétele sikerült, a delta-t információ kinyerhető, és az energiatakarékosság máris megvalósult.

Az időszeleltetés lehetővé teszi a vevő számára, hogy egy adott szolgáltatás vételének megszakítása nélkül figyelemmel kísérjen más átviteli adatfolyamokat is. Az adatsomagok közti idő alatt a vevő egyéb fogható jeleket kereshet, összehasonlítja a jelerősségeket, illetve a szolgáltatás vételének megszakítása nélkül átkapcsolhat egyik átviteli adatfolyamról egy másikra.

Az ilyen feladatok végrehajtása persze hatással van az elért energiamegtakarításra, mivel a művelet során a vevő nem kapcsolhat ki. A hatás azonban elfogadható szinten tartható. DVB-T vevő esetén például a vevő számára a jelerősség adott frekvencián történő ellenőrzéséhez szükséges idő általában 20 ms-nál kevesebb. A lehetséges jelforrások (szomszédos cellák) azonosításának intelligens meghatározásával a vevő jelentősen csökkentheti az ellenőrzendő frekvenciák számát. Azt feltételezve, hogy a vevő minden egyes ciklusban csak egyszer hajt végre ellenőrzést, az ehhez szükséges idő csak a tétlen idő elenyésző része.

6. ábra A szimulációs modell



### 3. A rendszerek szimulációja

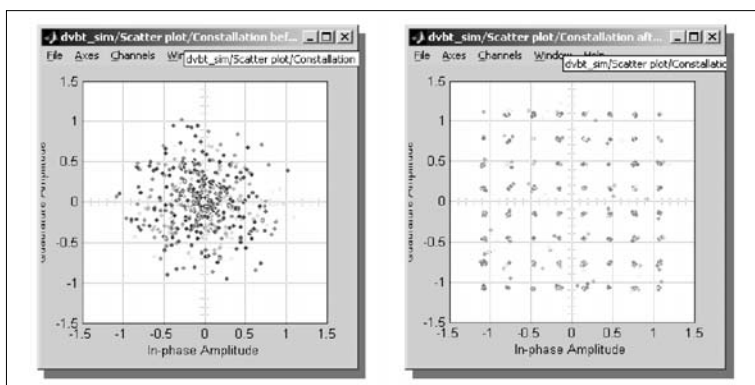
A hírközlő rendszerek vizsgálatának egyik legfontosabb és legolcsóbb módja a szimuláció. A szimuláció lehetőséget teremt arra, hogy a rendszert a megvalósítás előtt, a tervezési fázisban ki lehessen próbálni és módosítani lehessen.

Számos cég kínál különféle szimulációs alkalmazásokat. A leginkább elterjedtek tekinthető program, köszönhetően az alkalmazási területek széles spektrumának, a MathWorks cég *MATLAB* programja és az ezt kiegészítő grafikus felület, a *Simulink*, illetve könyvtárielem-gyűjtemény. Emellett megtalálható a piacon többek között az Elanix cég *SystemView* programja, a Visual Solutions *VisSim* programja, az Ansoft *Ansoft Designer* szoftvere is. A nagy felhasználói bázis, a rugalmasság, a megfelelő terméktámogatás, valamint a könyvtári elemek forráskódjának elérhetősége miatt mi is a *MATLAB-Simulink* szimulációs programot választottuk, ámbár ezt megelőzően kísérleteztünk az Elanix cég *SystemView* programjával is, nem túl nagy sikerrel.

#### 3.1. A szimulációs rendszer elemei

Az elkészült szimulációs modellt a 6. ábra mutatja (a blokkok megfeleltethetők az 1. ábrán látható elemeknek). A modell kialakításakor szükség volt a *MATLAB* részét képező könyvtári elemek testre szabására, illetve kiegészítésére is. Az új elemek megírása részben a *MATLAB* parancsnyelvén, részben pedig C és C++ nyelven történt. Maga a modell három fő részből áll. A legnagyobb területet a rendszermodell foglalja el. Ez alatt található a beállítást és az eredmények megjelenítését lehetővé tevő elemek.

A szimulációs adatok a rendszer bármelyik pontján könnyen hozzáférhetők, ezért gyakorlatilag a mérés-technikai szabványban [5] ismertetett összes paraméter mérhető. Kiszámítható a digitális rendszer jellemzésére leginkább alkalmas bithibaarány, illetve modulációs hiba-arány, megjeleníthető a spektrum, a konstellációs diagram, valamint az átviteli karakterisztika. Mivel a szimulációs rendszer vélhetőleg bekerül a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Híradástechnikai Tanszékének oktatási anyagai közé, ezért a megalkotáskor a szemléletesség mellett igen fontos szempont volt a könnyű kezelhetőség is.



### 4. Összefoglalás

Írásunkban bemutattuk a DVB-T és DVB-H rendszer kialakulását, illetve röviden vázoltuk a csatornakódolás és moduláció lépéseit. Bemutattuk a DVB-T és DVB-H rendszer szimulációjára alkalmas modellt. A modell jelen állapotában felhasználható DVB-T jelek additív, fehér Gauss-zajos csatornán keresztüli, alapsávi szimulációjára, illetve a DVB-H rendszer bizonyos elemeinek vizsgálatára.

Annak ellenére, hogy a modellen számos vizsgálat már elvégezhető, további fejlesztések végrehajtása is szükséges. A DVB-H teljes körű szimulációjához szükség van törléses Reed-Solomon dekódoló megalkotására, illetve bonyolultabb csatornabecslő algoritmusok megvalósítására. Az így kiegészített szimulációs modell alkalmas lesz majd újabb algoritmusok és módszerek kipróbálására is.

#### Irodalom

- [1] ETSI EN 300 744 Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, 1.4.1-es verzió, European Telecommunications Standards Institute, 2001. január
- [2] ETSI EN 301 958 Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Digital Terrestrial Television (RCT) incorporating Multiple Access OFDM, European Telecommunications Standards Institute, 2002. március
- [3] ETSI EN 302 304 Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals European Telecommunications Standards Institute, 2004. november
- [4] ETSI TR 102 377 Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines, European Telecommunications Standards Institute, 2005. február
- [5] ETSI EN 300 744 Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems, European Telecommunications Standards Institute, 2001. május
- [6] Television on a handheld receiver – broadcasting with DVB-H, Digital Terrestrial Television Action Group, 2005.
- [7] Jukka Henriksson:

DVB-H standard, principles and services, <http://www.tml.hut.fi/Studies/T-111.590/2005/lectures/henriksson.pdf>

7. ábra  
Szimulációs eredmények:  
konstellációs ábra  
a csatornakiégnyelés  
előtt és után, Rayleigh-csatorna esetén