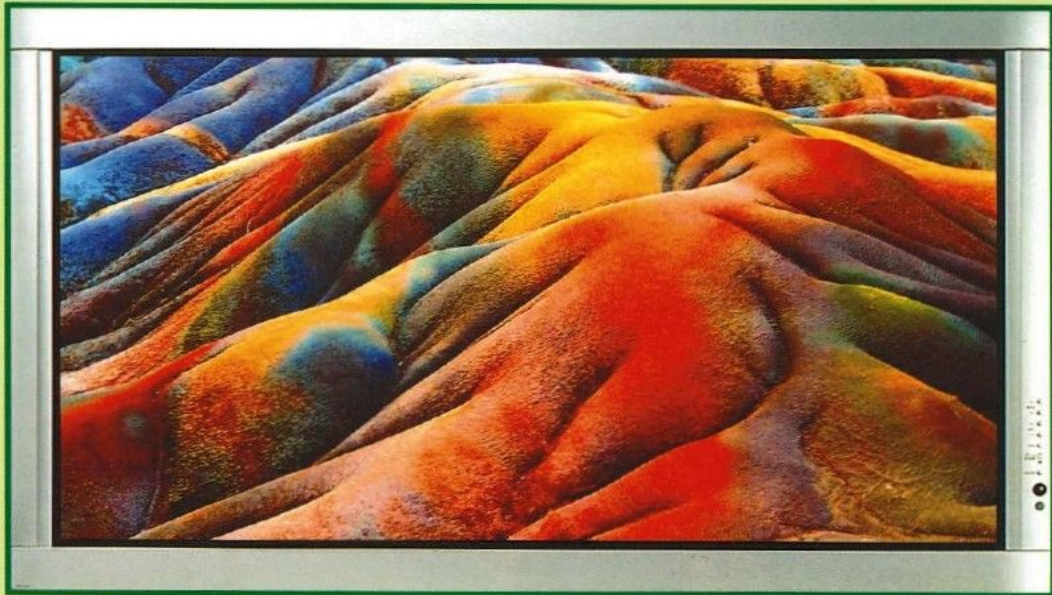


híradástechnika

1945 VOLUME LXII. 2007

hírközlés ■ informatika



Digitális műsorszórás előkészítése

A DVB-H bevezetése

A DVB-T szolgáltatásminősége

2007/9

**A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata
a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács együttműködésével**

Tartalom

<i>DIGITÁLIS MŰSORSZÓRÁS</i>	1
Kissné Akli Mária	
Gondolatok a GE06 Terv magyarországi megvalósításáról	2
Bálint Irén	
Új alkalmazások bevezetési lehetőségének vizsgálata a műsorszóró frekvenciasávokban	12
Sebestyén Ákos	
A DVB-H aktuális helyzete a világon	20
Lois László	
Videós szolgáltatások megvalósítása adatátviteli hálózatokon	35
Bozóki Sándor, Gnandt András, Krémer Szabolcs, Sogrik György	
Térmérések a budapesti kísérleti DVB-H rendszerben	49
Borbély Gábor	
A szolgáltatás minőségét meghatározó műszaki paraméterek a DVB-T műsorszórásban	59

Védnökök

SALLAI GYULA a HTE elnöke és DETREKŐI ÁKOS az NHIT elnöke

Főszerkesztő

SZABÓ CSABA ATTILA

Szerkesztőbizottság

Elnök: ZOMBORY LÁSZLÓ

BARTOLITS ISTVÁN
BÁRSONY ISTVÁN
BUTTYÁN LEVENTE
GYŐRI ERZSÉBET

IMRE SÁNDOR
KÁNTOR CSABA
LOIS LÁSZLÓ
NÉMETH GÉZA
PAKSY GÉZA

PRAZSÁK GERGŐ
TÉTÉNYI ISTVÁN
VESZELY GYULA
VONDERVISZT LAJOS

Digitális műsorszórás

lois@hit.bme.hu
szabo@hit.bme.hu

Szokásunkhoz híven egy újabb tematikus számot tarthat kezében az Olvasó, ezúttal a műsorszórás aktuális hazai és nemzetközi helyzetét próbáljuk meg néhány cikkem keresztül bemutatni. Legutóbb – éppen két évvel ezelőtt – a 2005. szeptemberi szám foglalkozott ezzel a területtel. A kiadvány apropóját – akárcsak akkor – a két-hároméves rendszerességgel megrendezésre kerülő hazai televíziós és hangtechnikai konferencia és kiállítás adta. Ennek a konferenciának a célja a televíziós, rádiós, műsorkészítő és stúdiótechnikai szakterület fontos eredményeinek és aktuális témáinak a bemutatása és egyúttal rendszeres kapcsolattartási lehetőséget, valamint a személyes tapasztalatok megosztását is biztosítja a terület jeles hazai képviselői számára.

Az idén május 2-3.-án megrendezett *12. Televízió- és hangtechnikai Konferencián és Kiállításon* a szokásos műszaki jellegű előadások mellett már az eddig megszokottabbnál hangsúlyosabban jelentek meg a szabályozó szervek, valamint a média-orientált távközlési piacra foglalkozó témák is – sőt az egyik előadás éppen azzal a jövőbeli vízióval foglalkozott, hogy ez a tendencia tovább fog erősödni. A 2005-ben megrendezett konferencián akkor még újdonságként hatott, hogy a szabályozás témaköre önálló szekcióként meg tudott jelenni a szokásos technikai-technológiai témák mellett.

A szabályozás kérdése azóta is fontos szempont maradt, ezért az idei konferencia is a médiaszabályozás szekciójával indult. Ennek a területnek az aktualitását ma elsősorban az adja, hogy a 2006-ban lezajlott RRC06 értekezlet elfogadta a földfelszíni műsorszórás harmonizált frekvenciatervét (GE06 Terv) és ez alapján már a hazai jogi-szabályozási környezet rendezetlensége ellenére is lehetséges jövőbe mutató konkrét tervezési kérdésekről beszélni.

A konferencia első napján a médiaszabályozás mellett a hagyományosnak számító digitális műsorterjesztés szekció tette teljessé a hagyományos műsorterjesztésből kifejlődött modern megoldások és szolgáltatások bemutatását. A második nap elsősorban technológiai kérdésekkel foglalkozott: délelőtt a műsorterjesztés új irányai, délután pedig az archiválás, a tartalom-előállítás és -feldolgozás területe került sorra. Az IP alapú meg-

oldások közül lényegében az összes jelentős alternatíva szerepet kapott: a különféle nagy átviteli kapacitású IP hálózaton átvitt televíziós szolgáltatások mellett a HFC hálózaton megvalósított, IP átvitelre épülő fizetős szolgáltatásokat is bemutatták a már létező hazai rendszerek üzemeltetői, illetve létrehozói.

Ebben a számban a terjedelmi okok miatt sajnos nem nyílt lehetőségünk a kérdés minden aspektusának bemutatására, csupán a digitális műsorterjesztéssel foglalkozó publikációkból próbáltunk egy csokrot összeállítani oly módon, hogy a konferencia résztvevői közül minden szakterületről meghívtunk egy-egy előadót és az ott elhangzott előadása, valamint a szekcióbeli megbeszélések tapasztalatai alapján kértük fel cikkírásra az általa művelt szakterületről. Ennek megfelelően a most megjelenő írások mind tartalmilag, mind pedig címük alapján jelentős hasonlóságot mutatnak az elhangzott előadásokkal. Külön köszönet illet meg minden szerzőt, hiszen a konferencia és a jelen kiadvány lapzártája közötti rövid – nyári szabadságokkal is színesített – időszakban jelentős munkát végeztek azért, hogy ez a szám lehetőség szerint teljes lehessen.

Első két cikkünk a földfelszíni műsorszórás közeli jövőjét meghatározó lényeges kérdéssel foglalkozik a téma két jeles hazai képviselőjének tollából. A következő két szerző az akadémiai szférából érkezett és két újabb terület irodalmi jellegű bemutatását tűzték ki célul: e számunk harmadik írása a DVB-H aktuális helyzetét mutatja be egy nemzetközi körkép felvázolásával, a negyedik pedig az adatátviteli hálózatokon megvalósítható videós szolgáltatások elméleti hátterét és ezen keresztül a műsorterjesztő hálózatokon való műsorterjesztéstől való eltéréseket világítja meg. A két következő cikk a földfelszíni műsorszóráshoz kapcsolódó mérés technika témájában született: az első az egyik nagy hazai infrastruktúra szolgáltató DVB-H platformra vonatkozó térméréseit és azok eredményeit mutatja be, elemelve a mérésekből levonható következtetéseket, utolsó cikkünk pedig a DVB-T műszaki paramétereinek méréseit, a mért paraméterek értelmezését és értékelésének módját ismerteti.

Lois László
vendégszerkesztő

Szabó Csaba Attila
főszerkesztő

Gondolatok a GE06 Terv magyarországi megvalósításáról

KISSNÉ AKLI MÁRIA

aklimaria@gmail.com

Kulcsszavak: allotment, assignment, multiplex hálózatok, simulcast, helyi műsorszórás, DVB-T, DVB-H, T-DAB, sávharmonizáció

Az RRC06 digitális tervezői értekezlet lezárult. Magyarország a kitűzött célokat teljesítette, sőt a frekvenciakijelölési igények eredményes egyeztetésével jelentős lépést tett a GE06 implementálásának elősegítéséhez és az átmeneti időszakra is sikerült néhány további koordinációt nem igénylő pozíciót szerezni. A munka azonban nem ért véget. A DVB-T szolgáltatás elindításának előkészítése újabb feladatok elé állítja az érintetteket. Érdemes tehát átgondolni, hogy milyen további lépésekre, megfontolásokra van szükség a nemzetközi koordináció folytatásán kívül; milyen preferenciákat kell figyelembe venni a multiplex hálózatok kialakítása során az optimális csatornakiosztás érdekében; mikor, s hogyan lehet tovább bővíteni a hálózatokat, illetve újakat elindítani; milyen lehetőségek lesznek a digitális helyi televíziózásra. A cikk ezekre a kérdésekre igyekszik választ adni, felvetve azokat a médiaszabályozási, frekvenciagazdálkodási, illetve egyéb szempontokat, melyekben döntéseket kell hozni a magyarországi GE06 pozíciók implementálása során.

1. Bevezetés

Több mint egy éve, hogy a mintegy öt hétig tartó RRC06 digitális tervezői értekezlet befejeződött. Az RRC06-on elfogadott Tervről és Egyezményről, a hazai eredményekről már sokszor sok helyen szó esett.

Ki ne hallott volna szűkebb vagy talán még tágabb szakmai körben is arról, hogy

- mit takarnak az „allotment”, assignment, RPC, átmeneti időszak, teljesen digitális jövő fogalmak,
- a jelenlegi három analóg földfelszíni televízió-hálózat helyett nyolc digitális televízió és három digitális rádióhálózat számára rendelkezünk frekvenciakészlettel (allotment és assignment) az RRC06 eredményeként a teljesen digitális jövőben földfelszíni műsorszórásra,
- a terv rugalmasságának köszönhetően más, alternatív szolgáltatásra is felhasználható a rendelkezésre álló frekvenciakészlet (pl. DVB-H-ra)
- a III. TV sávban a 8/7 MHz-es raszterváltás és a vegyes DVB-T/T-DAB felhasználás különösen nehézé teszi az átmeneti időszak kezelését,
- még ebben az évben öt országos DVB-T és egy T-DAB multiplex hálózat pályáztatására kerül sor (2007. évi LXXIV. törvény).

Joggal vetődik fel a kérdés, hogy mi újat lehet még az RRC06 kapcsán, illetve annak hazai vonatkozása tekintetében elmondani frekvenciagazdálkodási megközelítésből.

- Talán kevesebb szó esett eddig arról, hogy
- milyen előnyei/hátrányai vannak annak, hogy Magyarország a GE06 Tervben allotmentekkel és hozzárendelt assignmentekkel is rendelkezik,
 - miért nem lehet már most, illetve az átmeneti időszakban az RRC06 adta magyar lehetőségeket teljesen kihasználni,

- milyen szempontok határozhatják meg azt, hogy az átmeneti időszakban és a teljesen digitális jövőben mely csatornák/blokkok tartoznak majd az egyes kiosztási körzetekhez a különböző DVB-T és T-DAB multiplex hálózatokban,
- mikor és hogyan lehet a három, fix vételi módra országos lakossági ellátottságot biztosító digitális televízió hálózat elindítását követően nyolc hordozható kültéri vételt közel 100% lakossági ellátottsággal biztosító televízió hálózatot üzembehelyezni,
- milyen lehetőségeket biztosít a GE06 Terv regionális televíziózásra,
- hogyan lehet DVB-H vagy egyéb multimédia szolgáltatásra felhasználni a GE06 lehetőségeink egy részét és miért nem lehet a többi,
- kell-e, és lehet-e mobil multimédia szolgáltatásokra harmonizált sávot elkülöníteni az EU/CEPT tagországaiban,
- milyen lehetőségek vannak, illetve lesznek helyi televíziózásra,
- milyen lehetőségei vannak/lesznek a VHF sávi tervbejegyzések kihasználásának.

2. A GE06 digitális terv

A korábbi műsorszóró frekvenciatervekhez képest szokatlan módon az RRC06 értekezlet lehetővé tette az országok számára, hogy saját preferenciáikat figyelembe véve frekvenciakiosztási (DT2, DS2), frekvenciakijelölési (DT1, DS1), vagy allotment és az ahhoz rendelt assignment tervre nyújtsanak be igényt (az 1. ábra is ez utóbbira mutat példát).

Mindegyik megoldásnak vannak előnyei és hátrányai. A csak allotment-tervezés az RRC06-ra való felké-

szülés során jelentett könnyebbiséget, hiszen lényegesen kevesebb tervezési, analízis feladatot igényelt az adott ország részéről és megoldást biztosított azoknak az országoknak is, amelyek a terv gyakorlati megvalósítási kérdéseit teljes egészében nyitva kívánták hagyni. Ennek ára az, hogy az RRC06 után, a GE06 terv megvalósítása során igényel többletfeladatokat a GE06-ban elfogadott koordinációs eljárás lefolytatásával minden érintett országgal (ami akár két évig is eltarthat [1]).

Csak assignment-igényt azok az országok nyújtottak be, amelyek már a felkészülés során (az RRC06 előtt) pontosan tudták, hogy mely telephelyekről, milyen sugárzási paraméterekkel történik majd a digitális műsorszórás. Európában ezt az utat elenyésző számban választották (Nagy-Britannia, Norvégia, Málta), hiszen ez alapvetően a digitális hálózatok üzemeltetőinek és a szükséges infrastruktúra legfontosabb adóállomásainak ismeretét is feltételezte. Előnye a megoldásnak, hogy amennyiben a hálózat megvalósítása során nem kívánják módosítani a tervben lévő adóállomások helyét vagy más paraméterét, lényegében minden további egyeztetés nélkül üzembe helyezhetők az átmeneti időszakot követően (kivéve, ha feltételes hozzájárulással fogadták el az állomást az érintett szomszédok az RRC06-on, l. az R-2 megjegyzést). Fontos hangsúlyozni, hogy az átmeneti időszakban az R-1. számú megjegyzés oszlopában jelzett országokkal az analóg adók védelmének biztosítása érdekében ezeket az assignmentteket is koordinálni kell.

Az allotmenteket és a hozzá tartozó assignmentteket is tartalmazó tervek lényegében az előzőek előnyeit ötvözik. Az országok egy igen jelentős része (kétharmada) ezt az utat választotta olyan áron is, hogy a teljes allotment terv mellett assignment tervet is ki kellett dolgozni, és még az RRC06 előtt vagy alatt egyeztetni. „Vegyes terv” esetén nem kell aggódni, ha végül még-

sem azokon a telephelyeken történik az adók üzembehelyezése, mint amelyek a tervben szerepelnek. Igaz, hogy sok tervezési és egyeztetési munka „kárbá” vész, de az allotment pozíciók révén semmilyen hátrány nem származhat a frekvenciahasználati jogosultság terén. Sőt az assignment-assignment konverzió is sok esetben egyszerűbbé, sőt bizonyos esetekben akár szükségtelessé is teheti a további nemzetközi egyeztetést az allotment-assignment konverzióhoz viszonyítva.

Nem csoda, hogy az országok mintegy kétharmada választotta ezt a megoldást, többnyire oly módon, hogy assignment-igényként a meglévő analóg gerincadó állomások telephelyeit adták meg a tervben. Az azonban nyilvánvaló, hogy ez mint egy praktikus (vagy biztonsági) megoldás adódott az igazgatások számára (megfelelő digitális stratégia hiányában), mely csak egy a lehetséges jövőbeni alternatívák közül.

Minden országnak lehetősége volt az egyéb szolgáltatásokat (a volt VSZ országokban ez főleg katonai rendszereket jelent) a GE06 Tervben védeni, ami a 2015 után is tartó védelmi igényt jelenti. Természetesen ez azzal a következménnyel jár, hogy a spektrumhoz való egyenlő hozzáférés alapján kevesebb digitális műsorszórási lehetőséghez jutnak ezek az országok. A volt VSZ országai közül egyedül Oroszország élt ezzel a lehetőséggel. Az érintett frekvenciák az R-3 oszlopban található bejegyzés mutatja, hogy szükséges-e a digitális tervbejegyzés további nemzetközi egyeztetése az adott ország egyéb szolgáltatásának védelme érdekében.

A tervben tehát nem található olyan bejegyzés, mely az egyéb szolgálatok átmeneti időszakban (2015-ig) történő védelmének biztosítására utalna. Az egyéb szolgálatok átmeneti időszakban történő védelme az országok közötti kétoldalú megállapodások alapján biztosított. Tekintettel arra, hogy Magyarországon is és több szomszédos országban is (Ukrajna, Románia, Szlová-

1. ábra GE06 tervbejegyzés

Ezekkel az országokkal kell a tervbejegyzést koordinálni a digitális terv védelmének biztosítása érdekében

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	R-1	R-2	R-3
59272	POL	58	480002551	POL	SUWALKI	DT1	A	43	RUS				
59273	POL	58	480002625	POL	SWINOUJSCIE	DT2	A	RN1	DNK				
59274	POL	58	480002560	POL	SWINOUJSCIE	DT1	A	40					
59275	POL	58	480002295	POL	WARSZAWA	DT2	A	RN1					
59276	POL	58	480002583	POL	WARSZAWA	DT1	A	50					
59277	POL	58	480002302	POL	WISLA	DT2	A	RN1	CZE,HNG,SVK				
59278	POL	58	480002585	POL	WISLA	DT1	A	50	CZE,SVK				
59279	POL	58	480002308	POL	WROCLAW	DT2	A	RN1	CZE				
59280	POL	58	480002444	POL	KLÓDZKO	DT1	A	43	CZE				

Allotment bejegyzés

Assignment bejegyzés

Nem műsorszóró (pl. katonai) rendszerek védelme

Az átmeneti időszakban ezekkel az országokkal kell a tervbejegyzést koordinálni az analóg adók védelmének biztosítása érdekében

kie, Lengyelország) a műsorszóró sávban jelenleg még üzemelnek katonai légi rádió navigációs eszközök, ezek védelmét Magyarország és szomszédaink biztonsága érdekében megfelelő technikai alapokon biztosítjuk. Magyarországnak tehát nemcsak azokat a bejegyzéseket kell nemzetközi szinten koordinálni az átmeneti időszakra, amelyeknek az R-1 és vagy R-2 oszlopában ilyen utalás található, hanem az egyéb szolgálatok által érintett csatornákon az összes tervbejegyzést mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban.

3. Magyarországi GE06 tervbejegyzések

Magyarország a DVB-T tervre vonatkozóan allotment- és assignment-igényt is benyújtott, az assignmenteknél olyan megoldást választva, hogy az üzemelő analóg gerincadó állomások mellett a teljes lefedettség érdekében „elvi” telephelyekre is biztosított frekvenciát. A három T-DAB hálózathoz az országok többségéhez (80%) hasonlóan azonban csak allotment-tervvel rendelkezünk. Ennek legfőbb oka, hogy a mobil, illetve a hordozható beltéri vétel biztosításához a jelenlegi analóg televízió hálózati struktúráról lényegesen eltérő hálózati megvalósítás volt feltételezhető, melyhez sem a mi igazgatásunk, sem más országok hatóságai nem rendelkeztek elegendő információval az előkoordinációs folyamat során.

A 104 DT2 bejegyzésünk az UHF sávban minden allotment-körzetben hét (3 allotment kivételével, ahol csak hat) 8 MHz-es sávrészhez, a VHF sávban egy 7 MHz-es sávrészhez biztosít frekvenciahasználati jogosultságot. Az UHF sávban ez hét országos ellátottságot jelent hordozható kültéri vételre. Az NHH honlapján megtalálható, úgynevezett hét országos multiplex hálózathoz rendelt frekvenciák példaként vannak egy-egy multiplex hálózathoz rendelve. A legalkalmasabb csatornakiosztás a felállított preferenciák alapján, mint például a bevezetésekor és az átmeneti időszakban rendelkezésre álló (sikeresen koordinált) csatornák, az analóg hálózatok kikapcsolási menetrendje, a regionális műsorszórásra, valamint a DVB-T-től eltérő szolgáltatásra (például DVB-H) felmerülő igények, az EU országokban kezdeményezett sávharmonizációs törekvések stb. mérlegelésével kerülhet kialakításra. A VHF sávban ez a kérdés nem merül fel, hiszen egyetlen DVB-T multiplexre van lehetőség. (Az UHF és VHF sávi csatornák egy multiplex hálózaton belüli vegyes használata nem célszerű).

A multiplex hálózatokban a legideálisabb csatornakiosztást, mely figyelembe tudná venni a regionális műsorszórásra, a DVB-T-től eltérő szolgáltatásra, sávharmonizációra stb. felmerülő igényeket abban az esetben lehetne megvalósítani, ha a teljes GE06 frekvenciakészlet egyszerre, már az induláskor rendelkezésre állna. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy minden feltétel

név	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
VAS	38	58	49	68	32	33	
SOP	42	25	49	68	32	33	40
GYO	42	25	51	46	22	35	61
VES	57	64	51	46	22	35	61
ZALSOM	24	60	54	31	65	41	55
KOM	63	29	26	41	59	64	
FEJ	63	29	43	40	59	30	
PES	58	24	38	41	34	62	44(55)
NOG	46	24	38	36		62	55
HEV	55(44)	53	66	36	69	56	39
C	58	53	66	36	34	56	39
SZ	59	53	66	36	30	56	64
AGG	35	31	68	63	45	28	48
TOK	35	31	68	63	26	60	43
SZA	24	41	52	58	67	38(32)	34
HAJ	29	32	40	46	49	151	62
BEK	65	37	54	41	38	23	22
CSO	65	26	31	57	60	23	122
KISCSA	25	28	42	45	68	33	27
BARTOL	32	50	137	49	67	47	52

1. táblázat
A GE06 allotment
tervének
megvalósítási
lehetősége
az átmeneti
időszakban

TV2 RTL m1 bevezetéshez átadott csatorna

maradéktalanul teljesülhetne, csupán azt, hogy a GE06 adta lehetőségeket optimálisan lehetne kihasználni. Ráadásul azzal az előnnyel járna, hogy nem lenne szükség frekvencia-migrációs megoldásokra.

A valóság azonban az, hogy az elkerülhetetlen simulcast, az analóg hálózatok eltérő kikapcsolási időpontja, a szomszédos országok analóg hálózatainak védelme ezt az ideális állapotot kisebb-nagyobb mértékben befolyásolhatja.

T-DAB számára a 10-es, 11-es és 12-es TV csatornák blokkjai kerültek kiosztásra. A hálózatonként 4 blokk felhasználási lehetőség, a szomszédos országokban eltérő T-DAB tervezési igények, regionális felhasználási lehetőség stb. olyan korlátokat emeltek, melyek a végső állapotot tekintve a „vegyes” frekvenciakiosztást kevésbé támogatják. A három T-DAB hálózathoz az eltérő körzetek miatt a 12-es blokkokból álló hálózat (az 1995-ös WI95 Terv szerint) lényegében nem kompatibilis a 10-es, vagy 11-es blokkokból tervezett körzetekkel. Kombinációs lehetőség a 10. és 11. blokkokból kialakított körzetek között képzelhető el, ami elsősorban akkor jelenthet előnyt, ha a két hálózat indítására egyszerűen nincs lehetőség.

A 287 nagyteljesítményű frekvenciakijelölés jelentős hányada a jelenlegi analóg gerincadó állomásokon biztosít pozíciót. Figyelembe véve azt, hogy a DVB-T adók teljesítményei kisebbek (az RRC04 200 kW felső korlátot határozott meg az ERP-re) az analóg adókénál, valamint azt, hogy hordozható kültéri vételhez nagyobb minimális használható térerősségre van szükség, mint analóg esetben, csak ezek a telephelyek nem biztosítják a teljes területi lefedettséget. Így került sor „elvi telephelyek” kijelölésére is, melyek a létező telephelyekhez hasonlóan, mintegy potenciális lehetőséget biztosítanak az implementáláshoz.

4. A hazai megvalósítás lehetőségei és akadályai az átmeneti időszakban

Az 1. táblázat mutatja a GE06 tervben Magyarország számára biztosított UHF sávi allotmenteket és hozzájuk tartozó csatornapozíciókat. A táblázatban használt színek alapján látható, hogy mely GE06 pozícióban kezdődhet a DVB-T bevezetése (2007. áprilisi állapot), mely GE06 pozícióban kell várni az m1, TV2 vagy RTL Klub műsorok analóg sugárzásának a leállítására. A fent maradt cellák jelzik, hogy a GE06 lehetőség kihasználását nagyteljesítményű magyar analóg adó működése nem akadályozza, azonban a szomszédos országok hozzájárulása még hiányzik.

Ez részben elutasításokat, részben le nem zárult egyeztetéseket jelent. A szomszédos országok szintén analóg adóikat vagy katonai berendezéseiket védik az átmeneti időszakban. Ezen csatornák felhasználási lehetősége az átmeneti időszakban nagyon nagymértékben függ a szomszédos országok átállási stratégiájától, annak menetrendjétől, kompromisszum készségétől.

5. A hét UHF sávi multiplex hálózatban a csatornakiosztást befolyásoló lehetséges szempontok

A továbbiakban azokat a szempontokat vesszük sorra, amelyek a multiplex hálózatokon belüli csatornakiosztásokat külön-külön meghatározhatják, befolyásolhatják. Egyik vagy másik szempont preferálása többnyire csak a másik rovására történhet még akkor is, ha már az induláskor a teljes frekvenciakészlettel gazdálkodhatunk. Még nehezebb a feladat, ha a frekvenciák az elkövetkező 4 évben csak fokozatosan állnak majd rendelkezésre.

Amennyiben a hálózatok pályáztatásáig nem fogalmazódnak meg azok az elvárások, amelyek alapján az egyes hálózatokhoz rendelt alkalmas frekvenciák kiválaszthatók a GE06 lehetőségeit figyelembe véve, fel kell készülnünk arra, hogy a későbbiekben digitális-digitális frekvenciacserékre is szükség lehet a később felmerülő igények kielégítése érdekében.

5.1. Regionális műsorszórési szempontok

A 2-4. ábrák a hét magyarországi EU régiót ábrázolják, valamint azt, hogy a GE06 Tervben lévő magyar kiosztási körzetek mennyire támogatják regionális multiplex hálózatok kialakítását.

Megfigyelhető, hogy az allotmentek megfelelő kombinációjával az EU régiók majdnem teljesen (Somogy megye egy része, és fél Borsod-Abaúj-Zemplén megye kivételével) kialakíthatók. Ne feledjük, hogy fix vétel a hiányzó területeken is megvalósítható a régiókhoz tartozó adókkal (például a pécsi adó egész Somogy megyében biztosíthat fix vételi lehetőséget). Igény esetén pedig további adók koordinációjával a hiányzó területeken is pótolható a hordozható kültéri vétel.

A 2. táblázatban megfigyelhető az is, hogy NOG allotment kivételével minden allotmentben legalább két olyan csatorna van (hordozható kültéri vételt feltételezve), amelyek a regionális műsorsugárzáshoz felhasználhatók, azaz az RRC06-ra kitűzött cél (két regionális multiplex hálózat) teljesíthető (fix vételű ellátottság NOG-ban is biztosított lesz mindkét multiplexben).

5.2. DVB-H (mobil multimédia) szolgáltatási elképzelések, preferenciák

DVB-H szolgáltatásra a GE06 Egyezmény alapján az úgynevezett spektrum-maszk módszerének alkalmazásával nyílik lehetőség. Mind európai, mind hazai szinten nagy az érdeklődés a DVB-H bevezetése iránt. A GE06 által szabályozott technikai kritériumok betartásán túl azonban több szempontra is tekintettel kell lenni a DVB-H hálózatok megtervezésénél. Amennyiben kategorikusan nem zárjuk ki, hogy ugyanazzal a készülékkel GSM és DVB-H szolgáltatás is elérhető legyen, akkor figyelembe kell venni azt a frekvenciagazdálkodási szempontot, hogy DVB-H-ra a 49. (54.) TV csatornáig lehet frekvenciát kijelölni.

Ennek figyelembevételével nyilvánvaló, hogy nem lesz mind a hét multiplex alkalmas DVB-H szolgáltatásra,

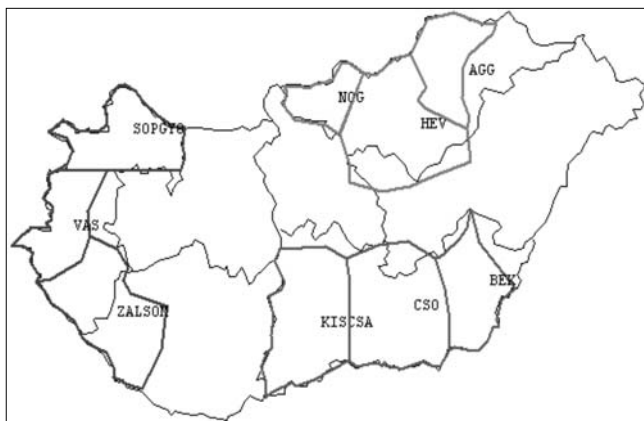
illetve tekintettel kell lennünk arra, hogy a multiplex hálózatokba a csatornákat úgy válogassuk össze, hogy ez a kritérium teljesülhessen.

Ily módon három országos, DVB-H-ra is alkalmas multiplex hálózatra van maximum lehetőség a GE06 frekvenciakészlet alapján.

A DVB-H-ra alkalmas csatornák kiválasztásánál, illetve a multiplex hálózatok megtervezésénél tekintettel kell továbbá lenni a CEPT TG4 munkacsoportjának az EU részére készített jelentésében írt megállapításaira is.

2. ábra

Nyugat-Dunántúl, Észak-Mo., Dél-Alföld lefedése GE06 körzetekből



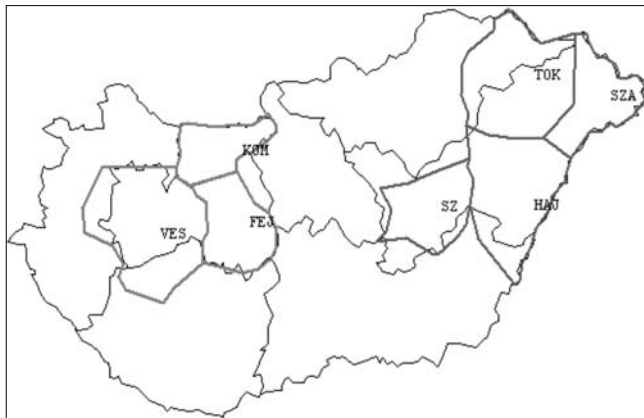
3. ábra

Közép-Mo., Dél-Dunántúl lefedése GE06 körzetekből



4. ábra

Közép-Dunántúl, Észak-Alföld lefedése GE06 körzetekből



A munkacsoportban többek között vizsgálták a multimédiás adók és a nagyteljesítményű digitális TV adók közötti kompatibilitást. A jelentés szerint azonos területet ellátó szomszédcsatornás DVB-T és DVB-H (vagy más multimédiás) hálózatok esetén a DVB-H hálózat zavarja a DVB-T hálózatot. A jelentés megoldásokat is javasol a zavarok kiküszöbölésére. Ilyen lehet például további kisteljesítményű DVB-T adók (gap-fillerek) telepítése, melynek nyilvánvalóan jelentős többletköltség vonzata lehet.

5.3. EU/CEPT sávharmonizációs törekvések mobil multimédia alkalmazások számára

Az CEPT ECC 15. ülésén döntés született az ECC TG4 munkacsoport felállításáról az Európai Bizottság megbízásából adódó feladatok végrehajtására. Az ECC TG4 feladata többek között olyan jelentés elkészítése volt, amely a digitális technológia alkalmazása révén elért frekvencianyereség, „digital dividend” harmonizációs lehetőségeit mutatja be műszaki szempontok figyelembe vételével. A sávelkülönítést Európában az UHF sávban szeretnék megvalósítani. A munkacsoport első sorban tehát azt vizsgálja, hogy multimédiás alkalmazások számára a TV IV., illetve V. sávjában elkülöníthető-e egy kisebb sávresz.

A sáv multimédiás célú használatát körülbelül 750 MHz-nél (49-54. TV csatorna) limitálni kell. Az így korlátozott frekvenciasávon belül egy keskenyebb sáv felhasználása jelentős előnyökkel járna a multimédiás célú vevőkészülékek alkatrészeinek (például keskenysávú nyereséges antenna) kivitelezésére, azok ára stb. Az alkatrészgyártás terén folyamatos fejlődés várható, a gyártók az egész sávban hangolható bemenetű keskenysávú készülékek fejlesztésén dolgoznak.

Mindezen előnyök ellenére a sávharmonizációra jelenleg nem adottak a feltételek, mert bár a GE06 terv lehetővé teszi a digitális tervbejegyzések használatát más szolgálatok számára, azonban a tervben nincsenek elkülönített sávok semmilyen alkalmazáshoz. Ily módon a csatornák elszórtan, széles sávban állnak rendelkezésre. Harmonizált sávban működő alkalmazások számára a GE06 Tervet módosítani kellene, ami az országonként eltérő érdekek miatt jelenleg nem reális. A tervmódosítás, a „Sub-Band” kijelölés kötelezővé tétele különösen érzékeny pont azokban az országokban, ahol már elindult a DVB-T és vagy DVB-H sugárzás. (Már kiadott DVB-T és DVB-H engedélyek visszavonása, csatornacserék stb.)

A jelentés legfontosabb megállapításai:

- Európában a GE06 Terv alapján a maszk-módszert alkalmazva indíthatók digitális televízióműsorok és multimédiás alkalmazások az elkövetkezendő 10-15 évben.
- Egész Európára vonatkozó multimédiás célú frekvenciasáv egységesítése 2020-ig nem reális.
- A jövőben a technológia fejlődésének következményeként az egységesítés ismét megvizsgálandó.

A fenti megállapítások alapján levonható az a következtetés, hogy jelenleg nem tudunk felkészülni a multi-

EU régió	az EU régiót alkotó kiosztási körzetek			
Nyugat-Dunántúl	SOPGYO	VAS	ZALSOM	
	25, 42	38, 58	24, 31, 41, 54, 55, 60, 65	
Közép-Dunántúl	VES	KOM	FEJ	
	57	26	30, 40, 43	
	57	29, 59, 63	29, 59, 63	
	64	64	30, 40, 43	
Dél-Dunántúl	BARTOL			
	32, 37, 47, 49, 50, 52, 67			
Közép-Magyarország	PES	C		
	34, 58	34, 58		
Észak-Magyarország	NOG	HEV	AGG	
	46	44, 69	28, 45, 48	
Észak-Alföld	SZA	TOK	HAI	SZ
	24, 34, 38, 41, 52, 58, 67	26, 43, 60	29, 32, 40, 46, 49, 51, 62	30, 59, 64
Dél-Alföld	KISCSA	CSO	BEK	
	25, 27, 28, 33, 42, 45, 68	26, 31, 57, 60,	37, 38, 41, 54	
	25, 27, 28, 33, 42, 45, 68	22, 23, 65	22, 23, 65	

2. táblázat EU régiók kialakításához rendelkezésre álló csatornák az egyes GE06 kiosztási körzetekben

plex hálózatok kialakítása során az esetleges sávharmonizációra. Arra azonban készülnünk kell, hogy 10-15 éven belül ez megtörténik, ami minden bizonnyal frekvenciacsereket fog igényelni a már üzemelő DVB-T/multimédiás hálózatainkban.

5.4. Induláskor rendelkezésre álló frekvencia lehetőségek

A multiplex hálózatok kialakításának egyik kézenfekvő módja, hogy az induláskor rendelkezésre álló frekvenciákból alkotott hálózatok változtatás nélkül maradnak a teljesen digitális jövőben is. A későbbiekben felszabaduló frekvenciák, legkésőbb az átmeneti időszak végére a hiányzó allotmentekben, lyukakban fokozatosan felhasználhatók. Az induló hálózatok (három) közötti csatornakiosztást a felállított követelményrendszer alapján, ha ilyenek vannak, a rendelkezésre álló csatornák függvényében valamilyen mértékben figyelembe lehet venni. Ilyen szempont lehet például a DVB-H szolgáltatásra való alkalmasság. Előnye, hogy ezzel a megoldással elkerülhető a későbbi digitális-digitális frekvenciacsere. Hátránya, hogy a teljesen digitális jövőben nem biztos, hogy az optimális megoldást fogja adni a különböző elvárások teljesítéséhez.

A rendelkezésre álló frekvenciakészlettel biztosítható DVB-T ellátottsági térképek, lakossági ellátottsági százalékok (NHH honlap, 2007. áprilisi állapot) ismertek. Nem ismertek azonban a DVB-H szolgáltatás esetén elérhető ellátottsági mutatók. Felmerült ugyanis az igény olyan multiplex hálózatra, amely DVB-H szolgáltatásra is alkalmas. A 2. multiplex hálózat kisebb módosításokkal mobil multimédiás alkalmazások számára alkalmasá tehető. Nem szabad azonban megfeledkezni arról,

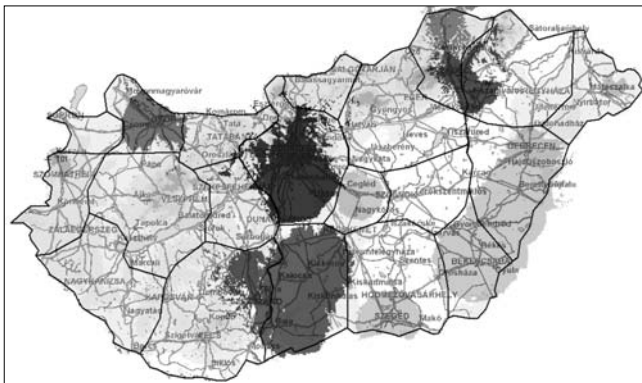
hogy az ellátottsági mutatók jelentősen eltérhetnek a DVB-T-re meghatározottól.

Az 5-8. ábrák a DVB-H-ra jellemző négy vételi módnak megfelelően [2] azt mutatják meg, hogyha a nemzetközi ajánlásokat figyelembe vevő, kis adatátviteli kapacitást biztosító digitális rendszerparamétereket választunk, akkor milyen ellátottságok érhetők el a rendelkezésre álló frekvenciakészlettel (novemberi állapot, DÁS-ban megadott frekvenciák). Az egyes vételi módoknál a fix vételre meghatározott DVB-T ellátottságoknál lényegesen kisebb ellátottságoknak az az oka, hogy a kisebb minimális térerősséget igénylő QPSK moduláció esetén is rendkívül magas hasznos jelszintek szükségesek, különösen hordozható beltéri vétel esetén.

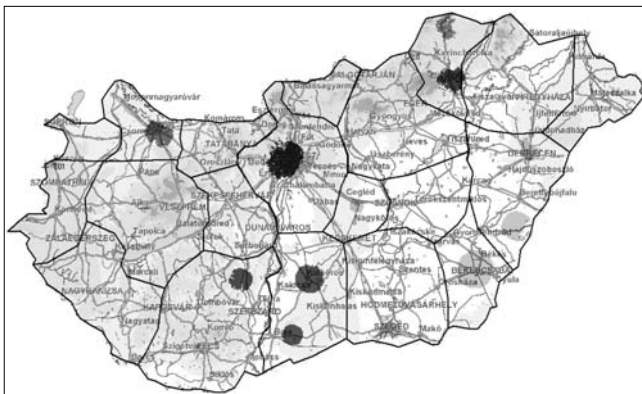
A besugárzási térképek QPSK, 1/4 GI, 1/2 CR, MPE-FEC 3/4 DVB-H rendszerparaméterek feltételezésével készültek. Ezekkel a paraméterekkel 3.74 Mbit/s adatátviteli kapacitás érhető el, ami hozzávetőlegesen 10 DVB-H műsorfolyam részére elegendő. 16QAM, 1/4 GI, 1/2 CR, MPE-FEC 3/4 választás esetén (két említett DVB-H mód elterjedt/alkalmazható a gyakorlatban) az ellátottsági területek csökkennek, az adatátviteli kapacitás, így a kisugározható műsorok száma kétszeresére nő.

Ahhoz, hogy a nemzetközileg sikeresen egyeztetett csatornákon valóban elkezdődhessen a sugárzás, néhány kisteljesítményű adóállomáson a frekvenciacsere elkerülhetetlen.

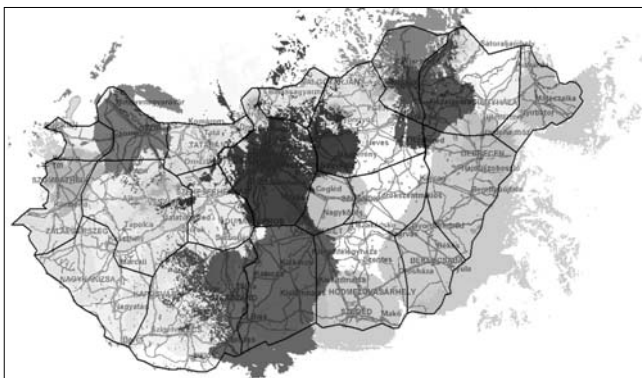
A magyar igények összeállításakor elsődleges szempont volt a minél zökkenőmentesebb analóg-digitális átállás elősegítése érdekében, hogy az üzemelő nagyteljesítményű ST61 analóg csatornák a digitális tervben ugyanazon a telephelyen kerülhessenek felhasználás-



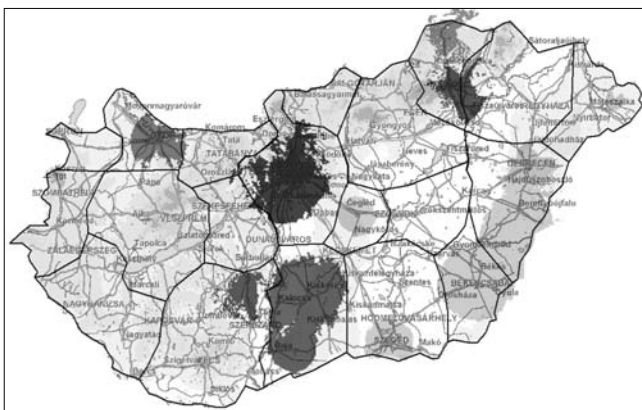
5. ábra Hordozható kültéri vétel
L=70% (megfelelő vétel), Emed=79.3 dBμV/m



6. ábra Hordozható beltéri vétel
L=70% (megfelelő vétel), Emed=91.7 dBμV/m



7. ábra Mobil vétel, külső antennához csatlakoztatva
L=90% (megfelelő vétel), Emed=62.5 dBμV/m



8. ábra Mobil vétel, saját antennával
L=90% (megfelelő vétel), Emed=83 dBμV/m

ra. Ezt az UHF sávban két kivételtől eltekintve (a 33-ból) sikerült is elérni. Ez azzal az előnnyel jár, hogy az analóg adók kikapcsolását követően a DVB-T adók a többi hazai és külföldi üzemelő analóg adóra gyakorolt bármilyen zavaró hatás nélkül, vagyis koordináció és frekvenciacsere nélkül üzembehelyezhetők.

A GE06 Terv jellemzője, hogy a hordozható kültéri vétel biztosítása egy allotmenten (kiosztási körzeten) belül SFN hálózattal, azaz nem egy, hanem 2-4 nagyteljesítményű adóval történik. Ez azt jelenti, hogy az üzemelő analóg ST61 frekvenciák nemcsak a jelenlegi telephelyen, hanem az allotmenten belül lévő többi telephelyen is felhasználásra kerülnek. Ezeknek az átmeneti időszakban történő felhasználása lényegében minden telephelyen gondos egyeztetést, esetleges frekvenciacsereket igényelhet mind hazai, mind a szomszédos országok viszonylatában a hazai és külföldi üzemelő analóg adókra gyakorolt zavaró hatásuk miatt.

Ahhoz, hogy megfelelő teljesítménnyel üzembe helyezhessünk a hazai DVB-T adókat, frekvenciacsere néhány esetben elkerülhetetlenek a kisebb teljesítményű adóknak okozott káros zavar miatt.

5. Az analóg hálózatok kikapcsolási menetrendje

További (4-7.) országos multiplexhálózatok üzembehelyezése az analóg hálózat(ok) kikapcsolása után válik lehetővé (lásd az 1. táblázatot). Amennyiben mindhárom analóg hálózatot egyszerre állítják le, akkor a hazai analóg-digitális átállás hazai szempontok alapján nem igényel további frekvenciacsereket sem a kis-, sem a nagyteljesítményű adók tekintetében, illetve nem teszi szükségessé további ideiglenes digitális csatornák üzemeltetését. Ebben az esetben a 4-7. multiplex hálózatokhoz, illetve az első három hiányzó allotmentjeihez a csatornákat a felállított preferenciák szerint lehet kiosztani.

A három országos analóg televízió hálózatban várhatóan nem egyszerre történik meg az analóg-digitális átállás. Az m1 analóg hálózatban üzemelő viszonylag sok VHF sávi adó miatt az átálláskor felszabaduló UHF sávi csatornákkal egy (a 4. nem teljes) multiplex hálózat kialakítása (fix vétel) érhető el.

A TV2 és RTL Klub kereskedelmi hálózatok főleg UHF sávi adókból állnak. Kikapcsolásukkal lehetővé válik az 5. és 6. multiplex létrehozása mellett az átmeneti időszak kezdetén elindított három multiplex bővítése, illetve a 7. multiplex kialakítása is. Ne felejtjük azonban el, hogy továbbra is maradnak/maradhatnak olyan GE06 tervbejegyzések, melyek szomszédainktól függően csak később kerülhetnek felhasználásra.

Ha ez utóbbi feltevés szerint különböző időpontokban kerül sor a három analóg hálózat leállítására, akkor más szempontok figyelembe vétele a multiplexek csatornakiosztásában alig lehetséges.

Ha még 2012 előtt szeretnénk a csonka multiplex hálózatokban az ellátottságot bővíteni úgy, hogy a két kereskedelmi hálózat üzemben marad, elkerülhetetlen

bizonyos csatornamigrációs döntéseket meghozni, illetve lépést megtenni, mint például:

- Kereskedelmi hálózat analóg csatornáját az m1 hálózatból felszabaduló UHF analóg csatornára cserélni (1-2 ilyen eset lehetséges.)
- Kereskedelmi hálózat analóg csatornáját az m1 hálózatból felszabaduló VHF analóg csatornára cserélni (7 db. III. TV sávi csatorna szabadul fel kritikus telephelyeken. A multiplex hálózatok bővítésében jelentős előrelépést jelenthet. Ez a lehetőség függ a VHF sávi digitális átállási stratégiánktól is.)
- Ideiglenes digitális csatorna alkalmazása az m1-ből felszabaduló csatornán (1-2 ilyen eset lehet. Hatása nem túl jelentős).

6. Lesz-e lehetőség és mikor digitális átállásra a helyi televíziózásban?

A kérdés aktualitása minden bizonnyal megkérdőjelezhetetlen, különösen ha azt is figyelembe vesszük, hogy jelenleg mintegy 45 (9. ábra) helyi adó üzemel.

A GE06 Terv nem tartalmaz sem Magyarország, sem szomszédai számára frekvenciákat a helyi televíziózáshoz. Ennek egyik oka, hogy a feladathoz képest rendkívül rövid felkészülési időszak (kb. 1,5 év) nem lett volna elegendő az országonként igen eltérő jellegű, mennyiségű kisteljesítményű adókra vonatkozó igények egyeztetésére is. Ezért az RRC04 úgy döntött, hogy a 250 W alatti adókra az RRC06 konferencia nem terjed ki, a GE06 Egyezmény 4. cikkelye azonban lehetővé teszi új adók nemzetközi koordinációját a megfelelő eljárás lefolytatásával [1].

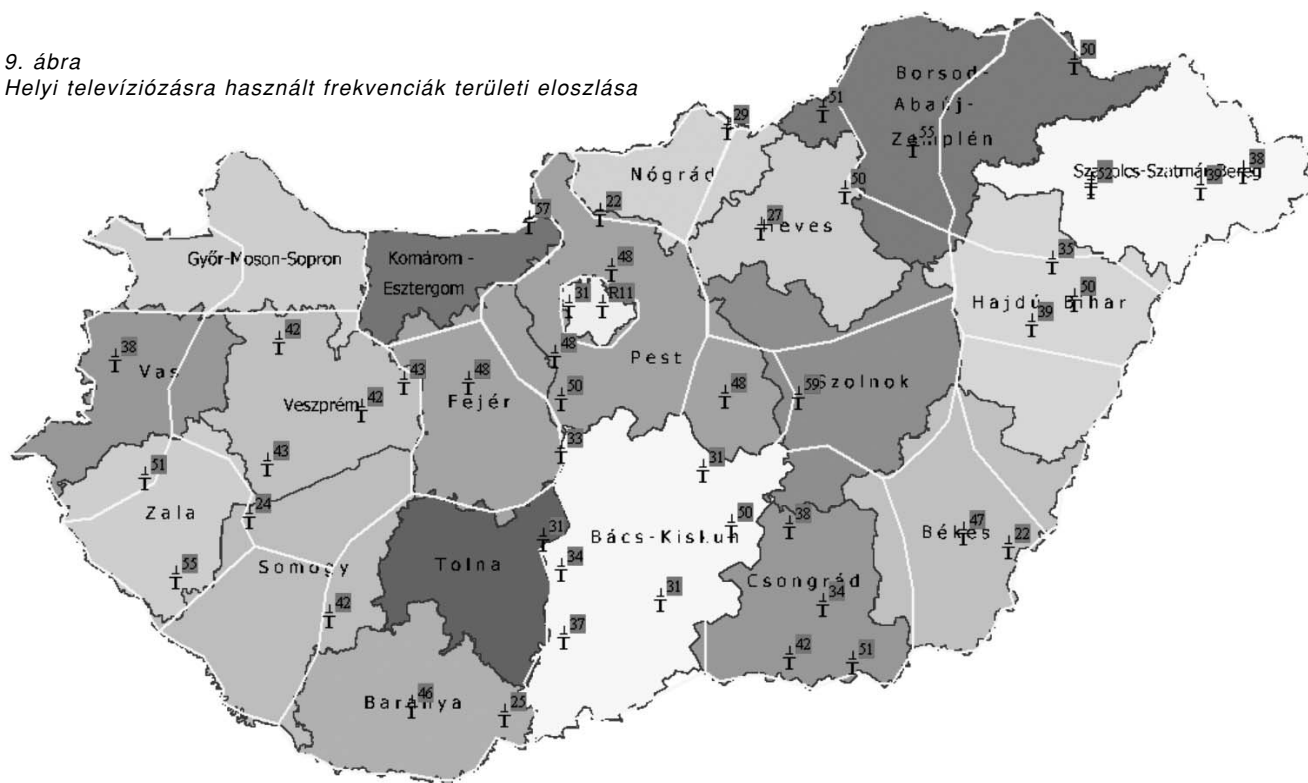
Jogosan merül fel a kérdés, hogy mi lesz a helyi televíziók sorsa? Lesz-e, és ha igen milyen módon, feltételekkel digitális átállás az ő esetükben? A jelenlegi analóg frekvenciák használhatók-e digitális sugárzásra is, ha pedig nem, lesz-e másik frekvencia és mikor? Szintén gyakran feltett kérdés, hogy a multiplexben fennmaradó kapacitás sorsáról ki dönt, ki dönthet majd.

Helyi televíziók számára frekvenciaterv még nem készült. Ez azonban nem jelent hátrányt a helyi televíziózás számára, hiszen várhatóan az országos műsorok digitális vételi lehetősége lesz a fő ösztönző erő a set-top boxok megvásárlására. Ebből következően az első analóg hálózat kikapcsolása előtt nem tűnik ésszerűnek a helyi televíziók technológia váltása. Ez alól csak az lehet kivétel, ha a helyi televíziók rendelkeznek olyan tőkével, ami révén maguk támogatják a megcélzott nézők STB vásárlását, és/vagy vállalják a hosszúideig tartó simulcast sugárzás többletköltségeit. Megjegyzendő azonban, hogy ez utóbbi megoldás frekvenciagazdálkodási szempontból sem ésszerű és problémát jelenthet két frekvencia (analóg és digitális) egyidejű biztosítása is.

Akárcsak a GE06 Terv megvalósításánál, a helyi televízióknál is viszonylag egyszerű a helyzet az úgynevezett teljesen digitális jövőben. Ekkor ugyanis már nem üzemelnek analóg adók, nem védik a katonai rendszereket, és minden adó a terv szerinti digitális frekvencián üzemel. Helyi adókhoz a digitális jövőben használható frekvenciák tervezéséhez csak a digitális adók figyelembe vétele szükséges. Lényegesen összetettebb a feladat a helyi televíziózást illetően is az átmeneti időszakban. Ezt leginkább néhány példán keresztül lehet szemléltetni.

9. ábra

Helyi televíziózásra használt frekvenciák területi eloszlása



1. Nézzük meg azt az esetet, amikor az országos analóg televízió hálózatok még mind üzemelnek és egy helyi televízió műsorszolgáltató szeretné a digitális műsorsugározást elkezdni.

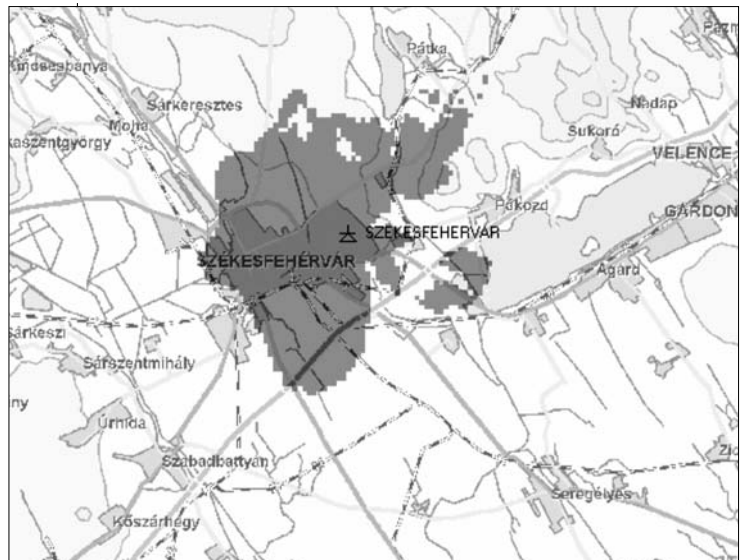
Három eset képzelhető el:

- A teljesen digitális jövő évre tervezett helyi DVB-T frekvencia az átmeneti időszakban is használható, ezen megindulhat a digitális sugárzás.
- A teljesen digitális, jövő évre tervezett helyi DVB-T frekvencia az átmeneti időszakban nem használható, ezért egy másik átmeneti digitális frekvencián kell – az analóg adók kikapcsolási és az új országos digitális hálózatok üzembehelyezési ütemtervétől függően – meghatározott ideig működni, majd ezt követően digitális-digitális frekvenciacserével a végleges frekvenciára áttérni.
- A teljesen digitális jövő évre tervezett helyi DVB-T frekvencia az átmeneti időszakban nem használható, egy másik átmeneti digitális DVB-T frekvencia nem biztosítható. A jelenleg használt analóg TV csatorna megfelelő technikai feltételekkel, például kisebb teljesítménnyel, digitális sugárzásra felhasználható. Az analóg adók kikapcsolási és az új országos digitális hálózatok üzembehelyezési ütemtervétől függően a teljesen digitális jövőre tervezett frekvenciára adott időben majd át kell térni.

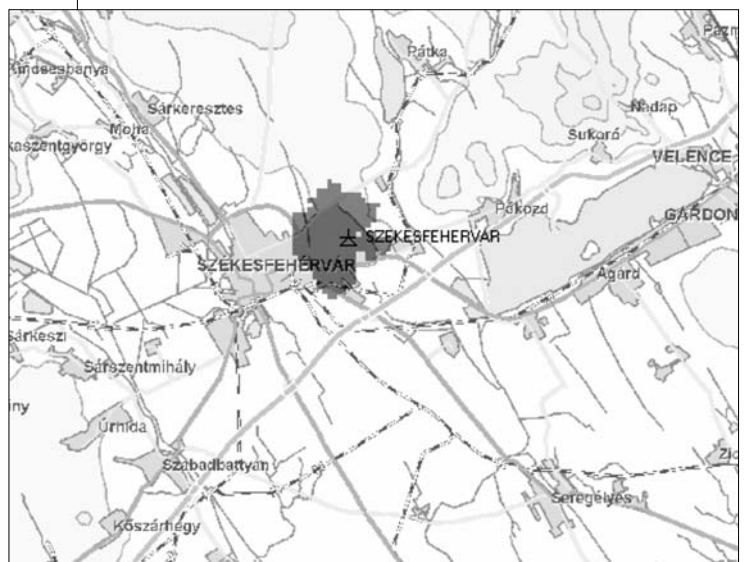
2. Nézzük meg azt az esetet, amikor az országos digitális multiplex hálózatokon a műsorsugárzás elindul és a helyi televízió műsorszolgáltató még nem szeretné a digitális műsorsugározást elkezdni.

Két eset képzelhető el:

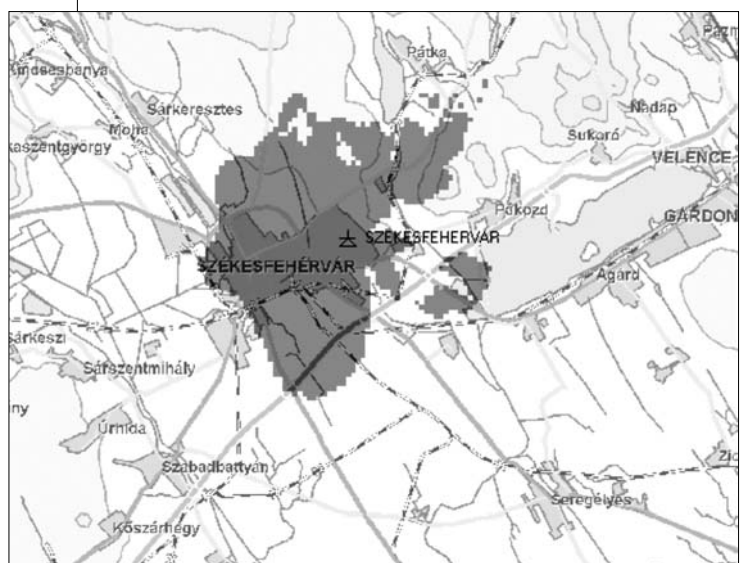
- Az országos digitális adóhálózatok a helyi televízió működését nem zavarják, a helyi televízió változatlan feltételekkel tovább működhet. Az összes analóg televízióadó leállítását követően a helyi televízió tetszőleges időben a teljesen digitális jövőre biztosított frekvencián a digitális sugárzásra áttérhet. A tetszőleges időpontot nemzetközi szinten egyetlen tényező befolyásolhatja, miszerint az EU országokban 2012 után az analóg adók védelme nem biztosított és zavart sem okozhatnak digitális adóknak. Természetesen hazai jogszabály a helyi analóg televíziók kikapcsolásának végső határidejéről másképp is rendelkezhet.
- Az országos digitális adóhálózatok valamely adója a helyi televízió műsorának vételét zavarja, ezért frekvenciacsere válik szükségessé. Az analóg-analóg frekvenciacsere biztosított, a helyi televízió más analóg frekvencián változatlan ellátottsági feltételek mellett az analóg műsorszolgáltatást folytathatja.



10. ábra QPSK, 2/3, 8 Mbit/s, ERP=20dBW



11. ábra 64QAM, 2/3, 24 Mbit/s, ERP=20dBW



12. ábra 64QAM, 2/3, 24 Mbit/s, ERP=31dBW

3. Nézzük meg azt az esetet, amikor az országos digitális multiplex hálózatokon a műsorsugárzás elindul, és a helyi televízió műsorszolgáltató is szeretné a digitális műsorsugárzást elkezdni.

Ekkor az 1/a. vagy 1/b. pontban vázolt eset valamelyike alkalmazható.

Országos DVB-T multiplex hálózatok kapcsán gyakran hallhatjuk, hogy a rendelkezésre álló kapacitás akár 4-10 műsor továbbítását is lehetővé teszi. Logikusan adódik az a felvetés, hogyha a digitális technológiára váltó helyi analóg televízió műsorszolgáltató ekkora kapacitást egyedül nem tud kihasználni, mi lesz a helyi multiplexben fennmaradó kapacitás sorsa. Ki dönthet arról, hogy új konkurens szolgáltató(k) kapja-e meg a fennmaradó kapacitást, vagy kihasználatlanul maradjon? A DVB-T technológia adta lehetőség szerencsére ezt a kérdést is megoldja. Ne felejtkezzünk meg ugyanis arról, hogy a multiplex kapacitása a választott digitális rendszerjellemzők függvénye, így 5 és 31 Mbit/s között bármi lehetséges. Tudjuk, hogy adott teljesítmény és más sugárzási paramétereket feltételezve az adatátviteli kapacitás nagysága és a besugározható terület mérete fordított arányban áll. Vagy más megközelítésben úgy is mondható, hogy adott terület besugárzásához annál kisebb teljesítményre van általában szükség, minél kisebb adatátviteli kapacitást biztosító rendszerparamétereket választunk. Mindezeket szem előtt tartva frekvenciagazdálkodási, koordinációs (és gazdasági) szempontból az a célszerű, ha a helyi televízió műsorszolgáltató által tervezett ellátottsági területhez és igényelt átviteli kapacitáshoz alkalmazkodó rendszerjellemzőket választunk. Az elmondottakat a 10-12. ábrán bemutatott példával lehet szemléletessé tenni.

Ha tehát egyetlen műsorszolgáltató egyetlen műsor sugárzását szeretné biztosítani, akkor a QPSK modulációt választva éppen megfelelő kapacitás áll majd rendelkezésére. Ha azonban 64QAM modulációval történne a sugárzás, akkor ugyanakkora ellátottság biztosításához 11 dB-lel nagyobb teljesítményre lenne szükség, miközben a kapacitás mintegy 2/3-a kihasználatlanul marad. Ez több szempontból sem célszerű, hiszen

- többlet-energiaköltséget jelent,
- nehezítheti, vagy lehetetlenné teheti a nemzetközi koordinációt,
- növeli az azonos frekvenciás újrafelhasználási távolságot, azaz csökkenti a spektrumfelhasználás hatékonyságát.

7. Lehetőségek a három földfelszíni digitális rádió hálózat kialakítására

A VHF sávban üzemelő hazai és szomszédos országok analóg adói miatt jelenleg országos digitális műsorszórás (sem T-DAB, sem DVB-T) indítására nincs lehetőség. A digitális terv megvalósításának az elkezdéséhez szükséges minimális hazai előfeltétel az, hogy legalább az m1 analóg hálózatban üzemelő VHF sávi adók leáll-

janak (a T-DAB elindításához elsősorban Kab-hegy és Szentes). A teljes országos T-DAB hálózatok indítása még ekkor is ütközhet koordinációs akadályba a szomszédos országok analóg hálózatai miatt. Általánosságban elmondható, hogy sikeres egyeztetésre valószínűleg azokkal az országokkal lesz reális lehetőség, akik a VHF sávra hasonló menetrenddel rendelkeznek és az átállás első fázisában szintén kikapcsolják VHF sávi analóg adóikat. A 11-es blokkokból álló T-DAB hálózat üzembehelyezése például Nyugat-Magyarországon a szlovén 11. csatornájú nagyteljesítményű analóg televízió adó leállásig nem lehetséges.

További nehézséget okoz a szomszédoktól eltérő menetrend esetén a 8/7 MHz-es raszterváltás miatti ütközések kezelése az átmeneti időszakban. Az UHF sávban bevált módszer sem volt alkalmazható a VHF sávban, miszerint ugyanazon a telephelyen az ST61 nagyteljesítményű csatornákat használjuk digitális célra is.

8. Összefoglalás

A GE06 Tervben 8 multiplex hálózathoz biztosított frekvenciák felhasználását, multiplexenkénti csatornakiosztását a cikkben példaként felsorolt különböző szempontok befolyásolhatják. A befolyásoló tényezők között egyaránt vannak hazai és nemzetközi döntésektől függők.

Láthattuk, hogy optimális, minden igénynek maximálisan eleget tevő megoldás alig képzelhető el, azonban a cikkben felvetett, illetve további felmerülő kérdésekben időben meghozott döntések, kijelölt célok, irányok nagymértékben segíthetik annak megközelítését.

Irodalom

- [1] Kissné Akli Mária, Bálint Irén, Pados László:
Új lehetőségek és megváltozott szabályozási környezet a földfelszíni műsorszórásban,
Híradástechnika, 2006/11. szám.
- [2] EBU-TECH 3317:
Planning parameters for hand-held reception.

Új alkalmazások bevezetési lehetőségének vizsgálata a műsorszóró frekvenciasávokban

BÁLINT IRÉN

Nemzeti Hírközlési Hatóság
balint.iren@nhh.hu

Kulcsszavak: digitális műsorszórás, DVB-T, T-DAB, frekvenciasávok

Az új technológiák bevezetésének alapvető feltétele a szükséges frekvenciakészlet biztosítása. Bár a digitális technikán alapuló új rendszerek egyik fő jellemzője a spektrum hatékony felhasználása, bizonyos frekvenciasávok iránt egyre nő a piaci szereplők érdeklődése. Mivel a spektrum véges erőforrás, úgy tűnik, hogy a megfelelő frekvenciasávok megszerzéséért folytatott versengés elkerülhetetlen. A 2006-ban lezajlott RRC06 értekezlet a 174-230 MHz és a 470-862 MHz sávokra elfogadta a DVB-T és T-DAB bevezetésére optimalizált harmonizált frekvenciatervet (GE06 Terv), ugyanakkor a megállapodás lehetővé teszi más alkalmazások bevezetését is bizonyos feltételeinek tiszteletben tartásával. A műsorszóró sávokra pályázó új technológiák bevezetésének lehetősége tehát adott, azonban a különböző frekvenciasávok jellemzőinek és aktuális felhasználásának függvényében előzetes vizsgálatokra és pontos tervezésre van szükség a spektrum hatékony felhasználása és az üzleti siker biztosítása érdekében. A cikk röviden összefoglalja a műsorszóró sávokra pályázó technológiák bevezetésével kapcsolatos műszaki, frekvenciagazdálkodási és hálózattervezési szempontokat, a különböző frekvenciasávok felhasználási korlátait továbbá bemutatja az aktuális európai tendenciákat.

1. Bevezetés

Az utóbbi évekre jellemző technológiai fejlődés számos új szolgáltatás bevezetését teszi lehetővé. Ma már reális igény a fogyasztók részéről a mobilitás, a technológia lehetővé teszi a televíziós tartalom, filmek, híryanagyok stb. mobil készülékeken történő vételét, a multimédia tartalom elérhetővé vált a lakáson kívül, utazás közben, mozgó járműveken is. A piaci szereplők újfajta szolgáltatásokkal szeretnének megjelenni, ezért igen nagy érdeklődés mutatkozik a mobil multimédia rendszerek mielőbbi bevezetése iránt.

A mobil multimédia szolgáltatások megvalósítására számos rendszer alkalmas, így például DVB-T, DVB-H, T-DMB, S-DMB, T-DAB, DAB-IP, S-DAB, SDR, FLO, DRM, WiMAX, WCDMA/HSDPA, MBMS vagy más cellás rendszerek.

A különböző platformok közös jellemzője az, hogy a szolgáltatások bevezetésének elengedhetetlen feltétele a szükséges frekvenciakészlet biztosítása. A digitális műsorszórás bevezetésével a spektrum hatékonyabban használható fel, így a digitális átállás során a jelenlegi analóg műsorok kisugárzása mellett a programválaszték jelentős bővülése várható és új szolgálta-

1. táblázat A műsorszóró frekvenciákért versengő rendszerek (Európában vizsgált rendszerek)

Rendszer	Sávszélesség igény	Kapcsolódó szabvány
T-DAB	1.7 MHz	ETSI – EN 300 401 ETSI – TR 101 496-3
T-DMB	1.7 MHz	ETSI – EN 300 401 ETSI – TS 102 428
DVB-T	7 vagy 8 MHz	ETSI – EN 300 744
DVB-H	5, 6, 7 vagy 8 MHz	ETSI – TR 102 377
DAB-IP	1.7 MHz	ETSI – EN 300 401 ETSI – ES 201 735
Media-FLO	5, 6, 7 vagy 8 MHz	TIA 1099 *
S-DAB	1.7 MHz	ETSI – EN 300 401 ETSI – TR 101 496-3
SDR	1.7 MHz	ETSI – TR 102 525
* A jelenleg elfogadott MediaFlo szabvány nem terjed ki az 1.5 GHz sávra, azonban a szükséges vizsgálatok folyamatban vannak.		

tásokra is lehetőség nyílik a műsorszórásra kijelölt sávokban, melyekre számos új rendszer pályázik. Az 1. táblázat néhány ilyen rendszert tüntet fel.

Az Európai Bizottság (EC) rádióspektrum-szabályozással foglalkozó csoportja (Radio Spectrum Policy Group) 2006. októberében állásfoglalást fogadott el a multimédia szolgáltatások mielőbbi bevezetésének elősegítésére vonatkozóan. Az érintett szereplők bevonásával kialakított, nyilvános konzultációkon alapuló RSPG véleménynek megfelelően a 174-230 MHz, 470-862 MHz, 1452-1492 MHz, 1800 MHz, IMT2000 2 GHz, 2 GHz MSS és 2500-2690 MHz frekvenciasávok lehetnek a legalkalmasabbak a multimédia célú felhasználásra. Figyelembe véve a szolgáltatói igényeket és a frekvenciasávok jelenlegi felhasználási korlátait az EC megbízást adott a 470-862 MHz valamint az 1452-1492 MHz sávok rugalmas felhasználási lehetőségeinek vizsgálatára.

Az EC felkérésére a CEPT két szakmai bizottságot hozott létre az alábbiak szerint:

- ECC TG4 munkacsoport, melynek fő feladata a digitális műsorszóró technika bevezetéséből adódó „spektrumnyereség” felhasználási lehetőségeinek vizsgálata az UHF IV-V. sávban, az alábbiak szerint:
 - a nagyteljesítményű műsorszóró hálózatok és a mobil multimédia célú kisteljesítményű „sűrű” hálózatok (például cellás hálózatok) összeférhetőségi problémáinak tanulmányozása a GE06 Terv frekvenciapozícióinak felhasználásával;
 - a multimédia rendszerek bevezetésére alkalmas harmonizált alsáv kialakítási lehetőségének vizsgálata;
 - mobil/fix szolgálatok bevezetésére alkalmas harmonizált részsáv kialakításának műszaki lehetősége;
 - a műsorszórástól eltérő alternatív szolgáltatások bevezetésének műszaki lehetősége a GE06 terv módosítása nélkül, a szükséges technikai feltételek kidolgozása.
- WGFM PT45 munkacsoport, melynek fő feladata:
 - a mobil multimédia szolgáltatások bevezetési lehetőségének vizsgálata az L-sávban;
 - a GE06 Tervben szereplő VHF sávi DVB-T kiosztások T-DAB célú felhasználási lehetőségének műszaki feltételeinek kidolgozása;

- a DRM bevezetéséhez szükséges műszaki-szabályozási környezet kialakítása.

Az egyes frekvenciasávok multimédia célú felhasználhatósága nagymértékben függ az adott sávok műszaki tulajdonságaitól, az érvényes nemzetközi szabályozási keretektől, az alkalmazások jellegétől és tervezett hálózati struktúráktól, ugyanakkor biztosítani kell a különböző rendszerek közötti műszaki kompatibilitási kritériumokat és nemzetközi koordinációs feltételeket is.

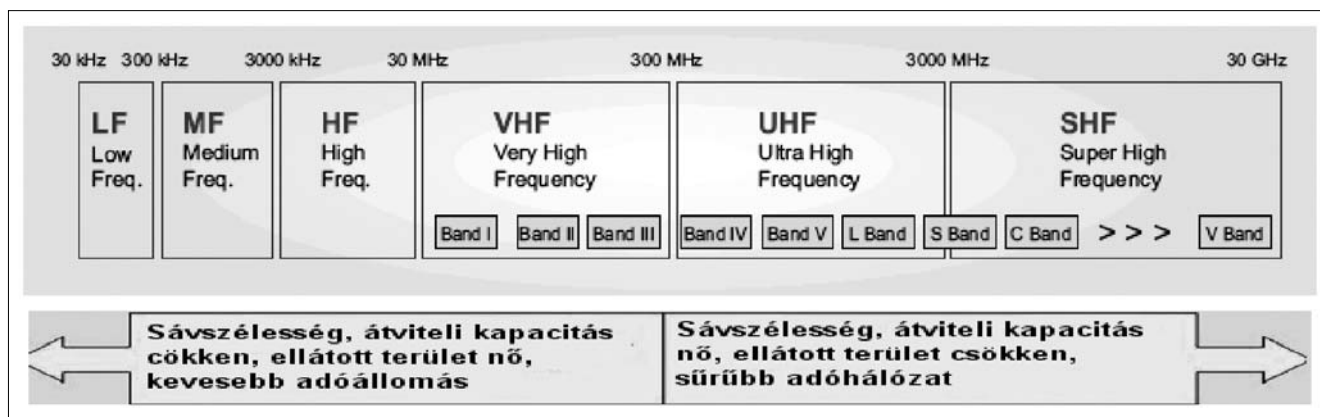
2. Vizsgált frekvenciasávok

A műsorszórásra használható frekvenciasávok elhelyezkedését az 1. ábra szemlélteti.

2.1. A 30 MHz alatti frekvenciasávok

A 30 MHz alatti frekvenciasávokban a hosszúhullámú (LF sáv), középhullámú (MF sáv) és rövidhullámú (HF sáv) analóg rádiózás működik. A 30 MHz alatti sávok digitalizálására kifejlesztett DRM (Digital Radio Mondiale) digitális rádióműsorszóró rendszer világviszonylatban elfogadott szabvány, amely hang és egyéb multimédia tartalom átvitelére is alkalmas. A közép- és rövidhullámú sávokban a DRM rendszer már szolgáltatás-szerűen bevezetésre került a világ számos országában, jelenleg folyamatban van a szabvány kiterjesztése 120 MHz-ig (DRM+). A DRM tehát a T-DAB mellett alkalmas lehet az analóg FM rádiózás kiváltására. A DRM csatornakiosztás kompatibilis az analóg csatornakiosztással, ezért az analóg sugárzásra használt frekvenciasávokban, a meglévő csatornakiosztás mellett fokozatosan vezethető be. A 30 MHz alatti sávok digitalizálásának elősegítése érdekében az ITU elfogadott egy ideiglenes eljárási szabályt, amely szerint bizonyos védelmi és zavartatási követelmények tiszteletben tartása mellett a jelenlegi analóg adók digitálissá konvertálhatók, vagy új digitális adók helyezhetők üzembe. A digitális műsorszóró technika előnyeinek kihasználása érdekében az európai országok a digitális műsorszórásra optimalizált, nemzetközi szinten harmonizált egyezmény elfogadását sürgetik az MF sávra is. A CEPT PT45 munkacsoportja foglalkozik ezzel a kérdéssel.

1. ábra Műsorszóró frekvenciasávok elhelyezkedése és jellemzői



A 30 MHz alatti műsorszóró sávok hullámterjedési tulajdonságainak megfelelően a DRM technikával országnyi területek is besugározhatók egyetlen adóval (vagy egyfrekvenciás hálózattal) vagy távoli kontinensekre is eljuttatható a műsorjel, azonban ezekben a frekvenciasávokban csak nagyon kis átviteli kapacitás valósítható meg, ezért elsősorban hang és hanghoz kapcsolódó kiegészítő információk átvitelére alkalmasak. A mobil multimédia szolgáltatások esetében nagyobb átviteli kapacitás biztosítására van szükség, ezért a magasabb frekvenciatartományokban előnyösebb bevezetésük.

2.2. VHF sáv

A VHF I. sávban (47-68 MHz) jelenleg analóg televízióadók üzemelnek. Ebben a sávreszben az ITU (International Telecommunication Union) nem tervezi a digitális műsorszórás bevezetését. A sáv felhasználását a 2006-ban felülvizsgált Stockholmi Egyezmény (ST61rev-GE06) szabályozza. Az I. sávot több országban a műsorszórástól eltérő egyéb szolgálatok céljára tervezik, néhány helyen jelenleg DRM kísérleteket is folytatnak.

A VHF II. sávban az FM műsorszórás működik (87,5-108 MHz), jelenleg nincs nemzetközi szintű törekvés a sáv harmonizált digitalizálására vonatkozóan és az európai országok nem tervezik rövidtávon az FM adások leállítást. A legtöbb országban az FM sáv rendkívül zsúfolt, így a digitális rádiózás bevezetése elkerülhetetlen. Néhány európai ország (pl. Svájc, Lengyelország) kísérleti sugárzást folytat ebben a sávban az Amerikai Egyesült Államokban bevezetett HD Rádió-szabvány szerint.

Az európai országok által 1995-ben Wiesbadenben elfogadott, majd 2002-ben Maastrichtban és 2007-ben Konstancán módosított Megállapodás alapján a VHF I. és II. sávban is lehetőség van a T-DAB bevezetésére, azonban a legtöbb ország csak a VHF III. sávban vagy a Magyarországon kormányzati célra használt 230-240 MHz sávban (harmonizált NATO sáv) igényelt frekvenciapozíciót.

A VHF III. sávban (174-230 MHz) az RRC06 digitális műsorszóró tervező értekezlet által elfogadott frekvenciaterv (GE06) DVB-T és T-DAB kiosztásokat valamint kijelöléseket tartalmaz. Az európai országok nagy többsége egy DVB-T és három T-DAB országos hálózat megvalósítására rendelkezik frekvencialehetőséggel. Több ország jelezte azonban, hogy a DVB-T bevezetését csak az UHF IV-V. sávban tervezi és a III. sávban rendelkező DVB-T pozíciókat is T-DAB vagy T-DAB technikán alapuló szolgáltatás (például DAB-IP, T-DMB) céljára kívánja felhasználni.

A DVB-T pozíciók T-DAB (T-DMB) célú konvertálásának műszaki feltételeit a PT45 munkacsoport tanulmányozza. Az eddigi vizsgálatok azt mutatják, hogy akkor van esély azonos ellátottságú, beltéri hordozható vételt biztosító négy T-DAB hálózat kialakítására egy DVB-T pozíció felhasználásával, ha a DVB-T szolgálatot is beltéri hordozható vételre tervezték. További problémát jelenthet még az azonos területet besugározó szomszédos frekvenciablokkban üzemelő hálózatokban okozott zavartatás, amennyiben az adók nem azonos telep-

helyeken találhatók.

A VHF sávra jellemző rendkívül jó hullámterjedési adottságok ellenére ez a sáv sem túl vonzó a mobil multimédia vételére alkalmas vevőkészülékek gyártói számára. A hullámhosszból adódóan viszonylag nagy méretű antennákkal kell számolni, amelyeket nagyon nehéz egy kis készülékbe integrálni. Igen előnyös azonban ez a sáv a gépkocsiba beépített készülékekkel történő mobil vétel biztosítására.

2.3. UHF IV-V. sáv

Az UHF sáv (470-862 MHz) terjedési jellemzői viszonylag jó ellátottsági területet biztosítanak. A vevőantenna méretei alkalmasak mobil vételt biztosító beépített antenna gyártására is. A DVB-T szabvánnyal is megvalósítható mobil vétel, azonban energiafogyasztási szempontok miatt a rendszer nem alkalmas mobil készüléken történő vételre. A DVB-H ideális jelölt mobil multimédia szolgáltatás céljára az UHF műsorszóró sávban.

Az V. sáv felső részében a GSM900 rendszerek korlátozzák a DVB-H működését. Amennyiben ezeket a szolgáltatásokat a 900 MHz sávban üzemelő mobil telefonokba kívánják integrálni, akkor csak a 750 MHz alatti sávban ajánlott a DVB-H bevezetése a GSM és DVB-H közötti interferencia elkerülése érdekében.

A legtöbb európai országban az UHF frekvenciasávban kezdték meg a DVB-T bevezetését és ebben a sávban tervezik a DVB-H szolgáltatások elindítását is. Az UHF sávra pályáznak továbbá a mobil telefon szolgáltatások, a professzionális rádiómikrofonok, a HDTV és különböző WiMax szolgálatok is. Feltehetően ezekben a sávokban kell majd biztosítani a helyi televíziózás igényeit is a jövőben. Köztudott azonban az is, hogy az UHF IV-V. sávot jelenleg is intenzíven használják analóg televíziózásra. Egyes európai országokban jelenleg még katonai eszközök is üzemelnek bizonyos csatornákon, ezért az új szolgáltatások bevezetése az analóg-digitális átállás ütemezésétől és az egyéb szolgálatok kivonásától is függ. Európa bizonyos részein ez a sáv csak 2015. után lesz teljes egészében a digitális technológia számára elérhető.

2.4. L-sáv (1452-1492 MHz) és L-sáv feletti frekvenciatartományok (1900 MHz, 2010 MHz, 2600 MHz)

A 2002-ben Maastrichtban elfogadott MA02 T-DAB egyezmény szerint az 1452-1479,5 MHz-es sáv T-DAB céljára használható fel. A legtöbb európai országban a sáv rendelkezésre áll a digitális műsorszórás bevezetésére. Tekintettel arra, hogy a rendszeres T-DAB sugárzás az országok többségében még nem kezdődött meg, már rövid távon alkalmas lehet a mobil multimédia rendszerek bevezetésére. Az L-sávban és az e feletti frekvenciatartományokban már a költségesebb, úgynevezett sűrű adóhálózat (dense network) kiépítése célszerű.

Az ECC/(03)/02 határozat értelmében az 1479,5-1492 MHz sávban S-DAB szolgálat bevezetését tervezi az európai országok. Néhány országban (pl. Spa-

nyolország és Franciaország) jelentős érdeklődés mutatkozik a műholdas vagy vegyes műholdas-földfelszíni multimedia rendszerek iránt, ezért a MA02 Tervben T-DAB céljára kiosztott 1467-1479,5 MHz sávot is S-DAB-ra szeretnék felhasználni.

A 2 GHz-es sávban üzemelő TDtv (Time Division Television) olyan új rendszer, amely elsősorban a TDM alapú, jelenleg kihasználatlan 3G szolgáltatásokra fenntartott frekvenciasávokban vezetnek be egyes országokban (pl. Egyesült Királyság). Mivel ezek a rendszerek kompatibilisek a meglévő 3G hálózatokkal, a mobil szolgáltatóknak lehetőségük van a meglévő engedélyük alapján működtetni a mobil televízió hálózatokat.

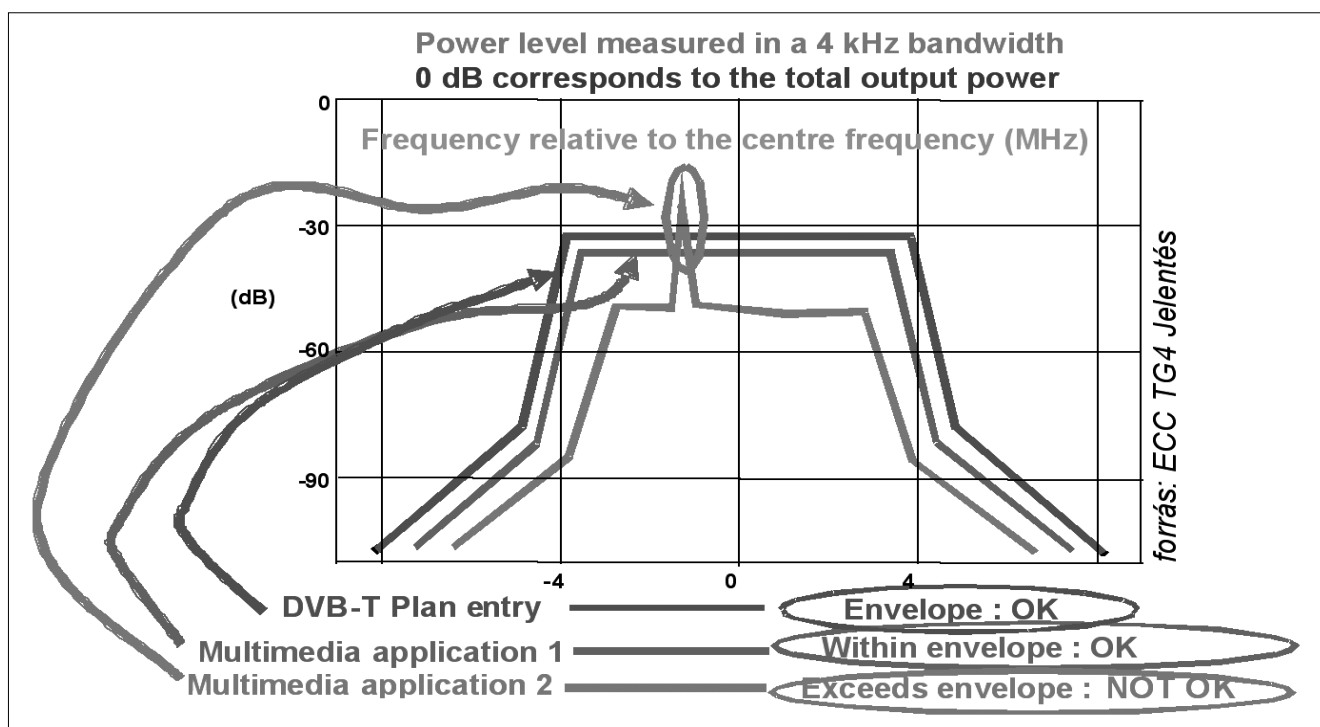
3. Tervezési szempontok

A különféle szabványok azonos vagy szomszédos területen való üzemeltetése csak a megfelelő műszaki és nemzetközi szabályozási követelmények mellett történhet az adott frekvenciasávokban.

Tekintettel az új alkalmazások iránti növekvő igényekre, az európai szakmai szervezetek megkezdtek a DVB-T céljára kiosztott 470-862 MHz sáv (UHF IV-V. sáv) és a T-DAB céljára kiosztott 1452-1492 MHz tartomány (L-sáv) multimedia célú felhasználási lehetőségeinek vizsgálatát, a szükséges műszaki és tervezési ajánlások összeállítására céljából.

A következőkben összefoglaljuk az UHF sáv, illetve az L-sáv mobil multimedia célú felhasználásával kapcsolatos főbb hálózattervezési és frekvenciagazdálkodási megállapításokat, valamint az egyéb alternatív szolgálatok (fix/mobil) bevezetési lehetőségével kapcsolatos eddigi vizsgálatok következtetéseit.

2. ábra A maszk módszer alkalmazása



3.1. UHF IV-V. sáv

A GE-06 Terv a földfelszíni digitális műsorszórásra optimalizált terv (DVB-T és T-DAB a III. sávban, valamint DVB-T a IV-V. sávban), mely jól meghatározott tervezési szempontokon és paramétereken alapszik. A GE06 frekvenciaterv tehát csak DVB-T kiosztásokat és kijelöléseket tartalmaz a IV-V. sávban (470-862 MHz), a GE06 Egyezmény megengedi ugyanakkor a DVB-T-től eltérő alternatív rendszerek bevezetését is azzal a feltétellel, hogy teljesítik az úgynevezett maszk módszer feltételeit, azaz nem okoznak nagyobb zavart és nem követelnek nagyobb védelmet, mint a tervben szereplő pozíció. A módszer alkalmazásának feltételeit a 2. ábra szemlélteti.

A GE06 Terv elkészítése során a DVB-T esetén három referencia tervezési konfiguráció (RPC) jellemzi a különböző rendszervariánsokat és vételi módokat, az alábbiak szerint:

RPC1 – fix vétel

RPC2 – kültéri hordozható vagy mobil vétel (jármű)

RPC3 – beltéri hordozható vétel

Az ellátottsághoz szükséges referencia térerősség értékeit a 2. táblázat tartalmazza.

A 3. táblázat DVB-H szabványú multimédia adó ellátottságához szükséges néhány jellemző szükséges minimális térerősség (Emin) értéket tartalmaz 10 m vevőantenna magasságra a IV. sávban (500 MHz névleges frekvenciára). (Lásd [9] egyéb rendszerjellemzőkre és egyéb szolgálatokra).

2. táblázat
DVB-T ($E_{med,ref}$) értékek (GE06 Megállapodás)

RPC	RPC 1	RPC 2	RPC 3
$(E_{med})_{ref}$	56	78	88

A 2. és 3. táblázatok alapján látható, hogy a beltéri vételt biztosító multimédia szolgáltatásokhoz általában több adóból álló „sűrű” (RPC3 típusú) adóhálózat kiépítése célszerű az ellátottsághoz szükséges magas télerősség értékek biztosítása céljából. A tetőantennával vehető DVB-T hálózatok (fix DVB-T vétel) megvalósításához a legtöbb esetben az analóg adásokhoz használt nagy teljesítményű adóállomások is alkalmazhatók (RPC1 típusú hálózatok).

Nemzetközi szinten két opció merült fel az alternatív szolgáltatások bevezetésére nézve, az alábbiak szerint:

- a GE06 terv pozíciók felhasználása,
- egy harmonizált alsáv kijelölése.

3.1.1. A mobil multimédia szolgáltatások bevezetése a GE06 terv pozíciók felhasználásával

A különböző típusú hálózatok együttes alkalmazása számos implementálási kérdést vet fel, a DVB-T és mobil multimédia (a továbbiakban DVB-H) ellátottsághoz szükséges télerősség-szintek közötti különbségek inkompatibilitási problémákhoz vezethetnek.

Az átlapolódó vagy szomszédos területeken megvalósított DVB-T és mobil multimédia rendszerek (például DVB-H) között nagyobb frekvenciátávolságok esetén is interferencia léphet fel, mely elsősorban az első szomszédos csatorna esetén jelent problémát (3. ábra).

A szomszédos csatornás zavartatási probléma jelentősen csökkenthető, vagy elkerülhető, ha a DVB-T és a DVB-H adók azonos telephelyen üzemelnek. Azonban a két hálózatot általában különböző telephelyen lévő, jelentősen eltérő teljesítményű és antennamagasságú adókkal valósítják meg.

Az inkompatibilitási problémák jelentős mértékben csökkenthetők megfelelő tervezési technikák alkalmazásával, így például:

- keresztpolarizáció alkalmazása a DVB-T és a mobil multimédia adók között;

- kritikus spektrum maszk alkalmazása;
- a zavaró multimédia adó teljesítményének beállítása a DVB-T télerősség szintjének figyelembe vételével;
- a zavaró multimédia adó antennamagasságának beállítása a környezetében lévő DVB-T vevő-antennák figyelembe vételével;
- megfelelő frekvencia szeparálás alkalmazása a zavaró és a hasznos jel közötti télerősség szintek függvényében stb.

Összefoglalva elmondható, hogy a megfelelő tervezési technikák alkalmazásával a kisteljesítményű (célzás) hálózatok és a nagy területi ellátottságot biztosító nagy teljesítményű adókból álló hálózatok együttesen is megvalósíthatók a IV-V. sávban, a GE06 Tervben szereplő pozíciók felhasználásával.

3.1.2. A mobil multimédia szolgáltatások bevezetése harmonizált alsáv kijelölésével

Egy multimédia célú alsáv kijelölésével és nemzetközi szintű harmonizálásával javítani lehet a vevőkészülékek tulajdonságain (jobb antennanyereség), ezáltal csökkennek a hálózat megvalósítási költségei.

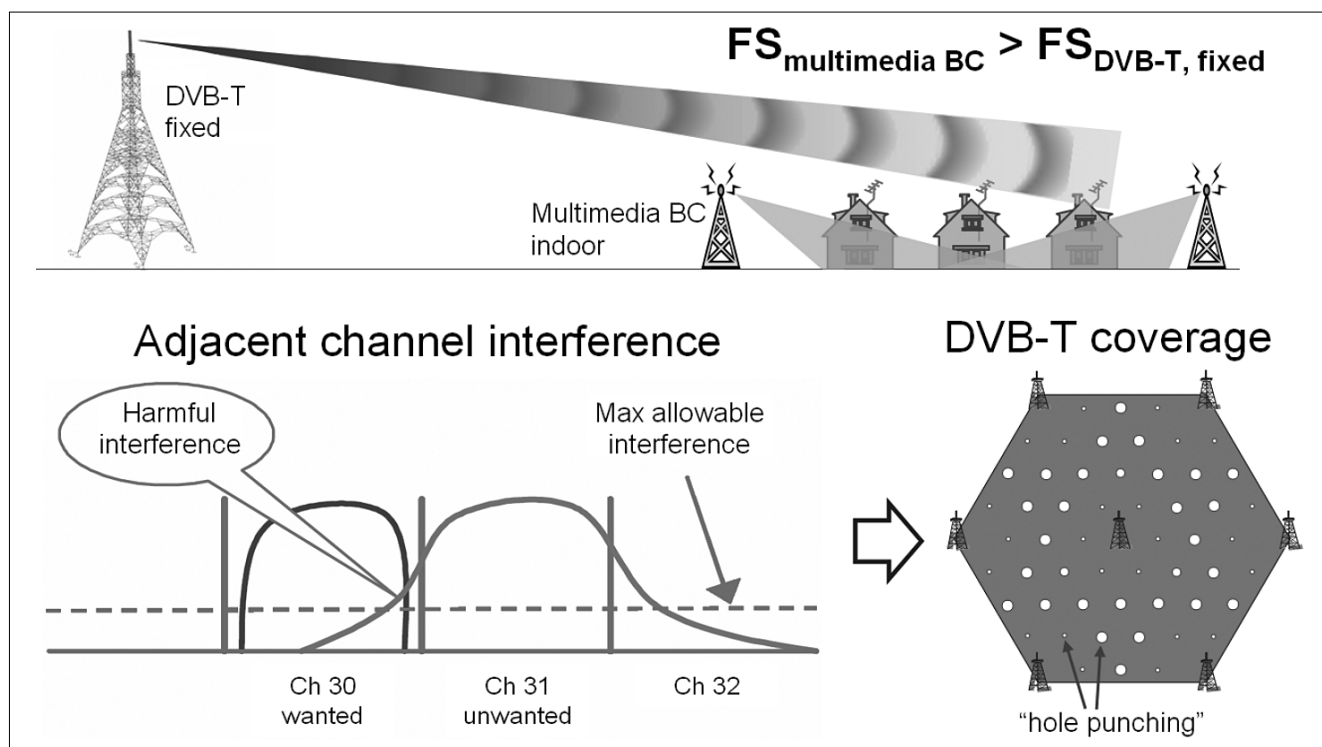
Elméletileg négy csatornából álló sávresz elkülönítésével megvalósítható lehet egy európai fedés kis teljesítményű, nagy kiterjedésű egyfrekvenciás hálózatok segítségével. Nagy teljesítményű adók alkalmazása esetén a gyakorlatban legalább 6 csatorna vagy, az országok méretétől és relatív elhelyezkedésétől függően több csatorna szükséges.

Egy harmonizált alsáv kijelölése nem lehetséges a GE06 terv módosítása nélkül, mely további hosszadalmas nemzetközi előkészítést igényel. Ez a folyamat jelentős mértékben késleltetheti a DVB-T és a mobil multimédia szolgáltatások bevezetését egyaránt, ezért rövid- vagy középtávon a legtöbb ország csak helyi szinten, a szomszédos országok közötti eredményes egyezte-

3. táblázat

Multimédia adó ellátottságához szükséges lehetséges E_{min} értékek (dB μ V/m) 10 m vevőantenna esetén a IV. sávban (500 MHz névleges frekvenciára)

C/N _{min} * (dB) →	9.5	11.5	9.5	11.5
Vételi mód → Várható ellátottság** ↓	Mobil, jármű tetején lévő antenna (falusi) [dB μ V/m]	Kültéri, hordozható (városi) [dB μ V/m]	Mobil, járműben (falusi) [dB μ V/m]	Beltéri (városi) [dB μ V/m]
Jó	68	86	89	101
Közepes	65	82	85	96
Elfogadható	63	79	83	92
* Az [EBU Tech.doc 3317] dokumentumnak megfelelően a táblázatban szereplő C/N_{min} értékek QPSK, CR 1/2, GI 1/4, MPE-FEC 3/4 jellemzőknek felelnek meg. A szakirodalomban ettől eltérő C/N_{min} értékeket is találunk ugyanezen rendszerjellemzők esetén [TG4(07)005]. ** Várható ellátottság minősége: – jó: helyek 95%-a beltéri és kültéri hordozható vételi mód, a helyek 99%-a mobil vételi mód esetén – közepes: 85%-a beltéri és kültéri hordozható vételi mód, a helyek 95%-a mobil vételi mód esetén – elfogadható: 70%-a beltéri és kültéri hordozható vételi mód, a helyek 90%-a mobil vételi mód esetén				



3. ábra

Mobil multimédia műsorszóró hálózat által okozott lehetséges interferencia a DVB-T hálózatban szomszédos csatorna használata esetén

tés útján tartja célszerűnek egy ilyen részsáv kijelölését. Tekintettel arra, hogy az átmeneti időszakban a IV-V. frekvenciasávban még az analóg hálózatok és egyéb szolgálatok is üzemelhetnek, továbbá azt, hogy több országban már megkezdődött a DVB-T és DVB-H sugárzás a teljes 470-862 (750) MHz sávban, egy európai szinten harmonizált részsávra való áttérés újabb átmeneti időszakot tesz szükségessé. A legtöbb európai ország csak az analóg-digitális átmeneti időszak után tartja reálisnak egy harmonizált részsáv alkalmazását.

3.1.3. A mobil/fix rendszerek bevezetési lehetősége a 470-862 MHz sávban

Bár a legtöbb ország az úgynevezett „spektrumnyereséget” a műsorszóró szolgáltatások bővítésére, interaktív szolgáltatásokra, mobil multimédia alkalmazásokra kívánja felhasználni, bizonyos európai országokban a sáv egy részében mobil vagy fix rádió-távközlési rendszereket is szeretnének bevezetni.

A műsorszóró rendszerek és a mobil kommunikációs rendszerek együttélésének biztosításához bizonyos műszaki kérdések előzetes tisztázására van szükség, így például:

- uplink és downlink elhelyezkedése a sávon belül;
- duplex távolság meghatározása;
- szükséges védősávok kialakítása (FDD és TDD technika alkalmazása esetén is);
- DVB-T és mobil/fix rendszerek közötti kompatibilitási problémák;
- szükséges védelmi értékek meghatározása stb.

A kérdés tanulmányozása folyamatban van az ECC TG4 szakmai csoportban, 2007 végére kell elkészíteni

az EB számára a szükséges műszaki jelentéseket. Az előzetes vizsgálatok azt bizonyítják, hogy egy harmonizált sáv rész kialakítása esetén mintegy 100 MHz-es tartomány (legalább 2x40 MHz sáv +10 MHz duplex elkülönítés + 10 MHz védősáv) szükséges a mobil/fix rendszerek bevezetéséhez.

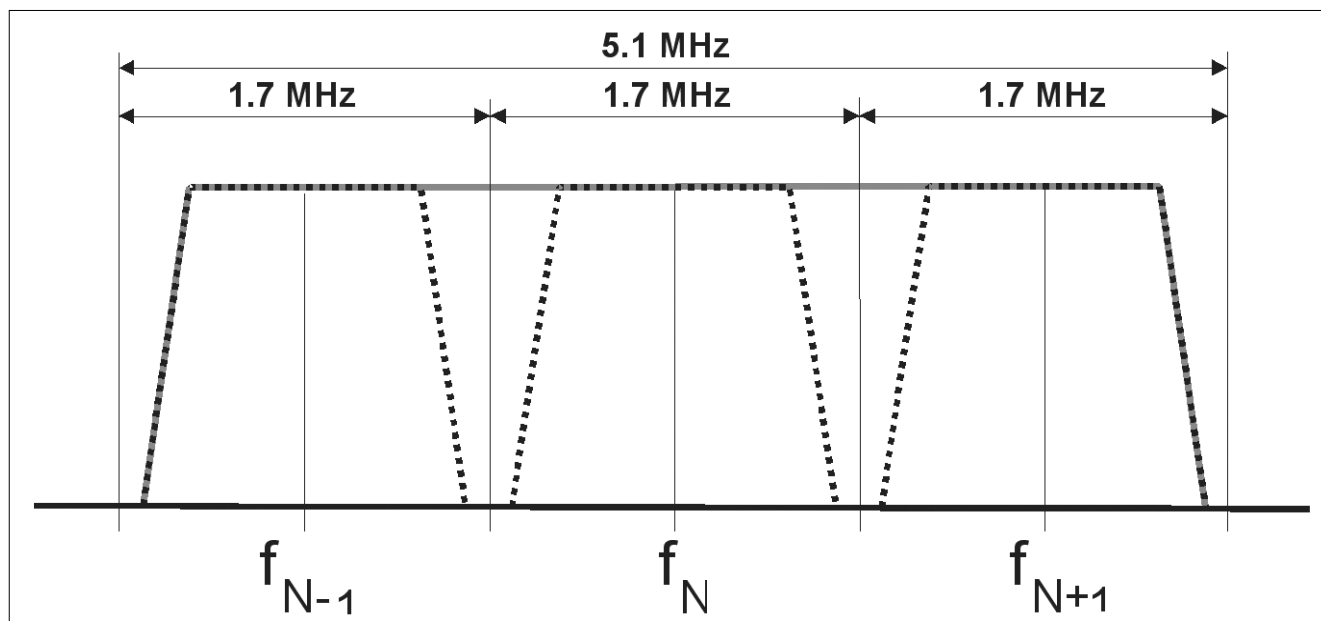
A legtöbb európai ország úgy véli, hogy a szükséges vizsgálatok elvégzése után olyan rugalmas szabályozás bevezetése lenne célszerű, amely lehetővé teszi, hogy mindegyik ország maga döntse el, hogy milyen célra alkalmazza az adott sáv részt.

3.2. L-sáv

A 2002-ben elfogadott MA02 Megállapodás mobil vételi módra optimalizált két országos T-DAB fedés megvalósítására biztosít frekvenciát az európai országokban az 1452-1479,5 MHz sávban. Az EC kérésére az FM PT 45 munkacsoport megvizsgálta a T-DAB-tól eltérő rendszerek bevezetésének lehetőségét a MA02 keretei között. A vizsgálatok azt bizonyítják, hogy a sáv újrendezése nélkül is lehetőség nyílik a T-DAB-tól eltérő szolgáltatások bevezetésére, amennyiben az RRC06 értekezleten alkalmazott – a maszk módszeren alapuló – rugalmas implementálási elv kerül alkalmazásra.

A vizsgálatok eredménye alapján az európai országok 2007. júliusában Konstancán aláírták a módosított MA02 Megállapodást (MA02revCO07), amely a T-DAB mellett lehetővé teszi egyéb földfelszíni multimédia alkalmazások bevezetését is az 1452-1479,5 MHz frekvenciasávban.

A T-DAB frekvenciablokkok sáv szélessége 1,536 MHz (védősávval együtt mintegy 1,7 MHz), a MA02 terv 16 frek-

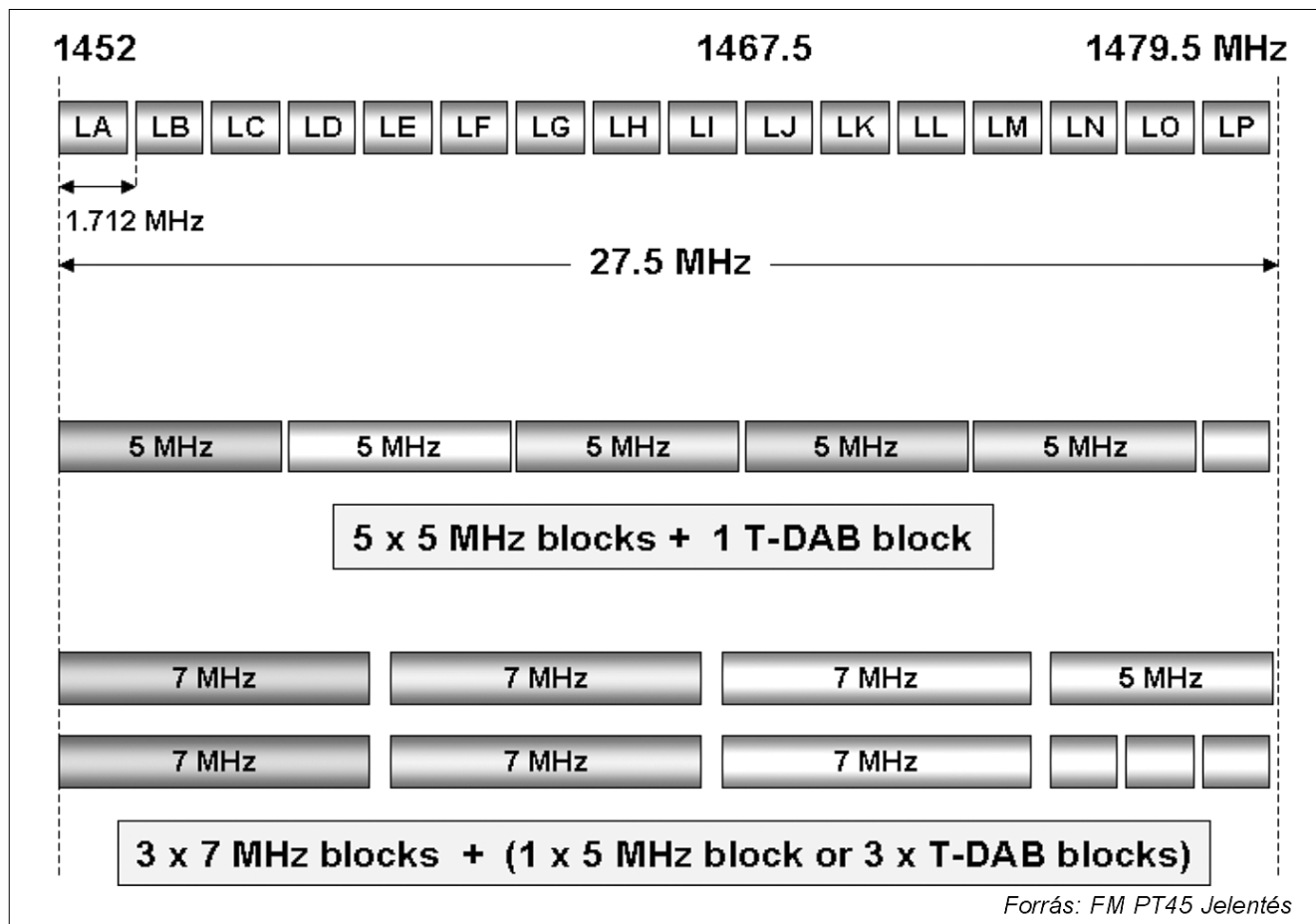


4. ábra Három szomszédos T-DAB blokk összevonásának lehetősége (5 MHz-es csatorna biztosítása céljából)

venciablokkon alapszik (összesen 27,5 MHz). A T-DMB és a DAB-IP a T-DAB rendszerrel azonos sávszélességű és hasonló műszaki jellemzőkkel rendelkezik, tehát ezek a rendszerek a MA02 terv módosítása nélkül is bevezethetők és kültéri mobil vétel esetén a T-DAB-hoz

hasonló ellátottságot biztosítanak. Amennyiben beltéri hordozható vételre van igény, az ellátottság beszűkülésére kell számítani (a T-DAB esetében is). A T-DAB-nál nagyobb sávszélességű rendszerek bevezetésének igénye esetén (pl. DVB-H) az egymással szomszédos

5. ábra Csatornaosztási lehetőségek az 1452-1479,5 MHz sávban



csatornák bizonyos területeken összevonhatók (például a 4. ábrán látható módon). A szomszédos csatornák összevonására csak a maszk módszer feltételeinek teljesülése mellett van lehetőség, akkor ha a tervben már rendelkezésre állnak azonos területre kiosztott szomszédos csatornák, vagy a koordinációs eljárás alkalmazásával ez biztosítható.

A frekvenciablokkok összevonásakor a védősávok is felhasználhatók, az előírt spektrum maszkra jellemző sugárzási korlátok tiszteletben tartása mellett.

Az 5. ábra az 1452-1479,5 MHz-es sávban kialakítható csatornakiosztási lehetőségekre mutat néhány példát a DAB-nál szélesebb sávigényű multimédia szolgáltatások bevezetése érdekében. Így például 5 vagy 7 MHz-es blokkok is kialakíthatók a T-DAB blokkok összevonásával.

A példákban látható, hogy előreláthatólag a sáv újrendezésével sem valósítható meg egy teljes európai lefedettség az így kialakított „széles sávú” blokkok segítségével (3 vagy 5 blokk felhasználásával). Amennyiben ilyen igények merülnek fel, a szomszédos országok közötti két és többoldalú egyezmények szintjén célszerű az újratervezést megoldani. Kis helyi ellátottság biztosítása egy-egy országon belül is megvalósítható az egymás melletti frekvenciablokkok összevonásával.

A különböző sáv szélességű szolgáltatások vételéhez azonban megfelelő vevőkészülékekre van szükség. A különböző sávok egyidejű használata csak akkor előnyös, ha olyan komplex vevőket gyártanak, amelyek több sávban is működnek.

5. Összefoglalás

A közeljövőben a multimédia hálózatok várhatóan különböző frekvenciákon, országonként és területenként eltérő sávrészekben kerülnek bevezetésre. A készülégyártóknak fel kell készülniük a széles frekvenciatartományt átfogó készülékek iránti igényre. Az analóg adások kikapcsolása után, nagyobb rugalmasság válik lehetővé a csatornák kiválasztásában, tehát hosszabb távon lehetőség nyílik bizonyos harmonizált sávrészek elkülönítésére.

A keskenyebb frekvenciatartományra tervezett készülékek lényegesen jobb vevőparamétereket tesznek lehetővé, ebből következően hatékonyabb hálózattervezésre és a költségek csökkenésére lehet számítani. Számolni kell azonban azzal a ténnyel is, hogy a kezdeti fázisban kiépített infrastruktúra átalakítására és a vevőkészülékek lecserélésére lehet szükség, mely egy újabb átmeneti időszakot tesz szükségessé.

Jelenleg a legtöbb európai ország azon az állásponton van, hogy a meglévő nemzetközi megállapodások revíziója és a sávok újratervezése nem aktuális, a mobil multimédia szolgáltatások vagy más alternatív rendszerek (mobil/fix) bevezetése megoldható lehet a GE06 vagy MA02 frekvenciatervben szereplő pozíciók felhasználásával, szükség esetén a szomszédos országok közötti két- és többoldalú egyeztetések útján.

A technológiai fejlődés jelenlegi üteme mellett a piaci igényekhez alkalmazkodó stratégiák kialakítására van szükség, a spektrum minél hatékonyabb és rugalmas elven alapuló felhasználásának biztosítása érdekében.

Irodalom

- [1] Philip Laven:
Digital Dividend,
EBU Technical Review, No. 308 (October 2006).
- [2] Digital Radio Mondiale DRM: System Specification,
ETSI ES 201.
- [3] Jan Doeven:
Implementation of the Digital Dividend,
EBU Technical Review, January 2007.
- [4] Nigel Laflin, Béla Dajka:
A simple guide to radio spectrum,
EBU Technical Review, January 2007.
- [5] Mandate to CEPT on EU harmonisation of
the band 1452-1479,5 MHz (lower part of L-band)
to allow flexible use by mobile multimedia services.
- [6] RSPG opinion on
“The Introduction of Multimedia Services in particular
in the frequency bands allocated to the broadcasting
services”.
- [7] Final Acts of the RRC-06 and associated
Frequency Plans and List,
ITU, Geneva, 16 June 2006.
- [8] Draft Final Report from CEPT in response to
EC Mandates on Digital Dividend (ECC TG4).
- [9] EBU Tech. doc. 3317:
Planning parameters and implementation aspects of
hand-held TV reception, considering the use
of DVB-H and T-DMB in bands III, IV/V and 1.5 GHz.

A DVB-H aktuális helyzete a világon

SEBESTYÉN ÁKOS

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

Kulcsszavak: DVB, DVB-H, mobil TV

A digitális képműsorszórás kézi készülékekre szánt változata (Digital Video Broadcasting Handheld, DVB-H) a fejlesztő, a tartalomszolgáltató, a műsorszóró és a távközlési cégek összefogásának köszönhetően nemcsak Európában, hanem a világ számos részén egyre nagyobb teret nyer. A DVB-H szabvány sikerességét jól illusztrálja, hogy még az olyan országokban is a DVB-H kerül ki győztesként a különféle szabványok versengéséből, amelyek a digitális földfelszíni műsorszórás megvalósítására nem az európai DVB-T szabványt választották. Az összeállítás megpróbálja összefoglalni, hogy 2007 második harmadának végén mely országok hol tartanak a DVB-H rendszer vizsgálatában, illetve bevezetésében.

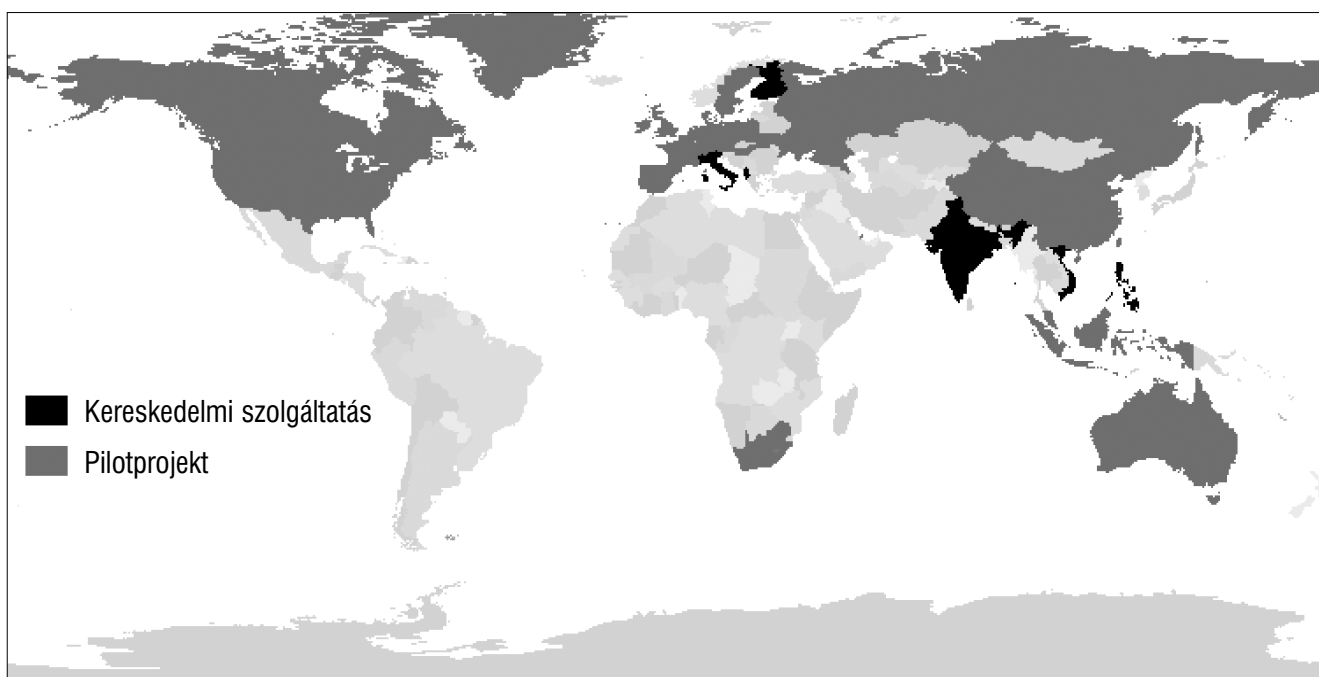
1. Bevezetés

A DVB-H szabványcsoport alapját képező átviteli szabványt [1] 2004 novemberében tette közzé az Európai Távközlési Szabványügyi Intézet (European Telecommunications Standards Institute, ETSI).

A nyilvánosságra hozatal óta eltelt közel három év alatt a szabványcsalád számos taggal bővült: megjelentek az IP-átvitellel kapcsolatos specifikációk, a szolgáltatási információkkal foglalkozó szabványok, illetve a rendszer laboratóriumi és valós környezetben végrehajtott vizsgálatának eredményeit bemutató dokumentumok. A vizsgálatok mind-mind azt igazolták, hogy a DVB-H valóban alkalmas a kitűzött cél – a mobil környezetben történő IP-átvitel – teljesítésére.

2. A DVB-H helyzete a világban

A DVB-H szabvány 2004-es megjelenése óta számos országban indítottak pilotprojekteket. Ezen projektek célja a műszaki tartalom ellenőrzésén túl a fogyasztói szokások és hozzáállás feltérképezése volt. A következőkben országokra lebontva röviden ismertetjük az egyes projekteket, megadjuk az azokkal kapcsolatos műszaki paramétereket, illetve a projektben részt vevő szervezeteket. Természetesen amennyiben erre lehetőség van, bemutatjuk az elindított kereskedelmi szolgáltatásokat és azok jellemzőit is.



2.1. Albánia

2.1.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	24
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	n.a.
Adásmód	8k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/8$
MPE-FEC	van (3/4)
Időszeteletés	van
Videoformátum	H.264
Audioformátum	AAC+

A DVB-H kísérleti szolgáltatása 2006. december 20-án indult és 2007. január 31-ig Albánia területének 50%-át fedte le. A beindítás oka részint Olaszország közelsége, ahol a DVB-H már üzemszerűen működik, részint a mobil távközlési hálózatok kiépítettségének hiánya, részint pedig az, hogy a DVB-H terjedési jellemzői a mobil rendszerekénél jobban megfelelnek az albán terepviszonyoknak.

A szolgáltatás 2007 végéig ingyenes, azután fizetős lesz.

2.1.2. Részt vevő vállalatok: DigitALB, GrassValley

2.2. Amerikai Egyesült Államok

Az Egyesült Államokban több projekt is indult. Ezek közül csak a két fontosabbat emeljük ki. Az első projektet Pittsburghben indította a Modeo (korábbi nevén Crown Castle Mobile Media) 2005 júniusában. A projekt célja a rádiófrekvenciás jellemzők felmérése, valamint a végberendezések tesztelése volt.

A teszt olyannyira sikeresnek bizonyult, hogy a Modeo 2007. február 2-án New Yorkban újabb pilotprojektet indított: 65 adóval mintegy 900 négyzetkilométernyi területet fedtek le Manhattanben, New Jersey-ben, illetve Long Islanden. A második projekt célja annak tanulmányozása, hogy a felhasználók miként viszonyulnak a mobil televíziós szolgáltatásokhoz. A vizsgálatban 200 fő vesz részt. Az egyetlen nehézséget az okozza, hogy a Modeo ez idáig nem egyeztet meg egyetlen mobilszolgáltatóval sem a szolgáltatás kereskedelmi bevezetéséről.

Az Amerikai Egyesült Államokban egy harmadik vizsgálat is indult 2006. decemberében. A vizsgálat kezdeményezője a Hiwire, a mobil szolgáltató a T-Mobile.

2.2.1. Műszaki paraméterek

	Pittsburgh	New York City	Las Vegas
Adók száma	9	65	n.a.
Sávszélesség	5 MHz	5 MHz	6 MHz
Csatorna	1670–1675 MHz	1670–1675 MHz	UHF 54 és UHF 59
Adásmód	2k, QPSK, $r = 2/3$ vagy 16QAM, $r = 1/2$, $\Delta = 1/4$	2k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/4$	n.a.
MPE-FEC	van	van	n.a.
Időszeteletés	van	nincs	n.a.
Videoformátum	WMV9 (QVGA, 25 kép/mp, 250 kbit/s)	WMV9 (QVGA, 24 kép/mp, 232 kbit/s)	H.264
Audioformátum	32–48 kbit/s	48 kbit/s	AAC+

2.2.2. Részt vevő vállalatok

Pittsburgh, New York City: Modeo LLC

Las Vegas: RRD-Reti Radiotelevisive Digitali USA, Inc., Hiwire LLC, T-Mobile

2.3. Ausztrália

A pilotprojekt 2005. július 19. és 2007. január 31. között zajlott. A projektben 375 felhasználó vett részt. A résztvevők 80%-a elégedett volt a szolgáltatással, illetve úgy nyilatkozott, hogy akár előfizetni is hajlandó lenne rá. A nézettség átlagosan napi 25 perc volt, ezt a felhasználók egy-két alkalommal történő használat során érték el. A szolgáltatás az ingázók körében volt a legnépszerűbb, a legnézettebbek pedig a közszolgálati csatornák voltak.

2.3.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	1
Sávszélesség	7 MHz
Csatorna	UHF 29
Adásmód	1. fázis: 8k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/8$ 2. fázis: 4k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/8$
MPE-FEC	nincs
Időszeletelés	van
Videoformátum	H.263, H.264 (192 kbit/s; 12,5 kép/mp)
Audioformátum	AAC

2.3.2. Részt vevő vállalatok:
Broadcast Australia,
The Bridge Networks,
Telstra, Foxtel,
Turner Broadcasting Systems,
SKY Channel, ABC, SBS,
Nine Network Australia,
RFS, Harris

2.4. Ausztria

A pilotprojekt 2006. szeptember 1-én indult, és 2007. júniusáig tart. A vizsgálatban 1000 felhasználó vesz részt. A vizsgálat 2 fázisban zajlik Salzburgban és Bécsben. A projekt elsődleges célja a rendszer műszaki értékelése. A kereskedelmi szolgáltatás beindítását 2008-ra, a Labdarúgó Európa Bajnokságra ígérik.

2.4.1. Műszaki paraméterek

	Bécs	Salzburg
Adók száma	n.a.	n.a.
Sávszélesség	8 MHz	8 MHz
Csatorna	UHF 36	UHF 38
Adásmód	QPSK, $r = 3/4$, $\Delta = 1/8$	QPSK, $r = 3/4$, $\Delta = 1/8$
MPE-FEC	n.a.	n.a.
Időszeletelés	n.a.	n.a.
Videoformátum	H.264 (384 kbit/s, 25 kép/mp, QVGA, 4:3)	H.264 (384 kbit/s, 25 kép/mp, QVGA, 4:3)
Audioformátum	AAC-LC	AAC-LC

2.4.2. Részt vevő vállalatok: ORF, ORS, Siemens, Mobilkom, Hutchinson

2.5. Belgium

A projekt célja nemcsak a műszaki megoldások, hanem a jogi és gazdasági kérdések vizsgálata. Az átviteli paraméterek és a berendezésspecifikációk alapján meghatározzák a hálózati architektúrát és kidolgozzák az adó-hálózatot. Ezen túlmenően kiválasztják a szoftverplatformot is. A kutatás kitér a GSM-hálózatokkal történő együttműködésre és a kódolás kérdéseire is. A projekt 2006 októberében indul és várhatóan 2008 áprilisáig tart. A vizsgálatban körülbelül 100 fő vesz részt. A teszt három városban zajlik: Ghentben, Brüsszelben és Mechelenben.

2.5.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	5 (Ghent: 3, Brüsszel: 1, Mechelen: 1)
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 37
Adásmód	4k, 16QAM, $r = 1/2$
MPE-FEC	van
Időszeletelés	van
Videoformátum	H.264
Audioformátum	n.a.

2.5.2. Részt vevő vállalatok:
BBT, Belgacom/Proximus,
Option, Scientific Atlanta,
Siemens, Telenet,
Vlaamse Radio en Televisie (VRT)
IMEC, Brüsszeli Egyetem (VUB),
Ghenti Egyetem (UGent),
Löweni Egyetem (KUL)

2.6. Cseh Köztársaság

A projekt élő bemutató volt a brnoi INVEX vásáron 2005. október 24. és október 27. között.

2.6.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	1
Sávszélesség	n.a.
Csatorna	UHF 40
Adásmód	n.a.
MPE-FEC	van
Időszeteletelés	van
Videoformátum	H.264
Audioformátum	n.a.

2.6.2. Részt vevő vállalatok:
T-Mobile, Siemens, BenQ,
Ceské Radiokomunikace,
Rohde & Schwarz,
Czech TV, TV Prima

2.7. Dánia

A 2007 júniusa és júliusa között Koppenhágában végzett vizsgálat célja a zajlott a DVB-H dániai fogadtatásának, valamint a felhasználók igényeinek feltérképezése. A kísérletben több mint 50 felhasználó vett részt. A továbbítás hierarchikus moduláció segítségével történt. A DVB-H adatfolyam 6 televíziós csatornát tartalmazott.

2.7.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	1
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 49
Adásmód	QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/4$
MPE-FEC	nincs
Időszeteletelés	n.a.
Videoformátum	H.264
Audioformátum	n.a.

2.7.2. Részt vevő vállalatok:
Viasat / Modern Times Group,
TDC

2.8. Dél-afrikai Köztársaság

A projekt célja a DVB-H átviteli jellemzőinek ellenőrzése, valamint a taralommal szemben támasztott követelmények és a nézettségi szokások feltérképezése volt. A vizsgálatban legalább 2500 felhasználó vett részt. A projekt első fázisa 2005. november 1-én, második fázis pedig 2006. június 9-én kezdődött.

2.8.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	13
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 40
Adásmód	QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/4$
MPE-FEC	van (7/8)
Időszeteletelés	nincs
Videoformátum	H.264
Audioformátum	n.a.

2.8.2. Részt vevő vállalatok:
MultiChoice, M-Net, SABC,
Sentech, MTN, Vodacom,
Cell C, Irdeto, Sagem,
Grass Valley

2.9. Egyesült Királyság

Itt két projektet kell megemlíteni. A 2005 októberében kezdődött és 2006 márciusáig tartó oxfordi projekt célja a korábbi mobil projektek eredményeinek ellenőrzése, a mobil televíziós szolgáltatások brit piacra gyakorolt hatásának feltérképezése, valamint a lehetséges partnerek közötti együttműködés fellendítése volt. A projektben részt

vevő felhasználók 85%-a elégedett volt a szolgáltatással, 72%-a pedig fontolóra venné, hogy 12 hónapon belül előfizessen a szolgáltatásra, amennyiben annak árát elfogadhatónak találja. A projekt során a heti átlagos nézettség 3 órától 4 órára nőtt, a napi nézettség pedig átlagosan 24 perc volt. A nézők kezdetben leginkább otthon vették igénybe a szolgáltatást, ám a felmérés végére az ingázás során mérték a legnagyobb nézettséget.

A másik projekt három éve zajlik a cambridge-i régióban, és 12 felhasználó vesz részt benne. A projekt célja a Microsoft szabványosított DVB-H megoldásának tesztelése, a mobil televíziós szolgáltatások adatszórásai alkalmazásokkal történő ötvözése, illetve annak vizsgálata, hogy a mobil televíziós készülékek miként tudnak működni hibrid hálózatokban.

2.9.1. Műszaki paraméterek

	Oxford	Cambridge
Adók száma	9	1
Sávszélesség	8 MHz	8 MHz
Csatorna	UHF 27	UHF 17
Adásmód	QPSK, $r = 1/2$	QPSK, $r = 1/2$
MPE-FEC	n.a.	n.a.
Időszeteletelés	van	n.a.
Videoformátum	H.263	WMV
Audioformátum	n.a.	n.a.

2.9.2. Részt vevő vállalatok

Oxford: Arqiva / O2, BBC, ITV, Channel 4, Five TV, Turner Broadcasting, Shorts International, Discovery, Eurosport, MTV, BSkyB

Cambridge: Arqiva, Microsoft, Panthera, Rohde&Schwarz, DibCom

2.10. Finnország

2005. március 8. és június 20. között a Nokia Helsinkiben felmérést végzett. A felmérésben két mobil szolgáltató (Elisa, Telesonera Finland) 500 előfizetője vett részt. A résztvevők 58%-a úgy vélte, hogy a szolgáltatás népszerű lesz, 41%-uk előfizetne a szolgáltatásra, amennyiben az előfizetési díj nem haladná meg az 5-10 eurót.

2006. december 1-én elindult a kereskedelmi szolgáltatás, mely jelenleg a lakosság 25%-át fedi le. A tervek szerint ez a szám 2007 szeptemberére a tamperei körzet analóg szolgáltatásának lekapcsolása után 32%-ra, 2007 végére pedig 40%-ra növekedhet. A szolgáltatás jelenleg még szabadon hozzáférhető.

2.10.1. Műszaki paraméterek

	Helsinki	Országos kereskedelmi szolgáltatás
Adók száma	3 adó és néhány ismétlő adó	n.a.
Sávszélesség	8 MHz	n.a.
Csatorna	UHF 38	n.a.
Adásmód	QPSK, $r = 2/3$, $\Delta = 1/8$	16QAM
MPE-FEC	n.a.	n.a.
Időszeteletelés	n.a.	n.a.
Videoformátum	H.263	H.264
Audioformátum	n.a.	AAC+

2.10.2. Részt vevő vállalatok

Helsinki: Digita, MTV3, Nelonen, YLE, Elisa, Telesonera Finland, Nokia

Országos kereskedelmi szolgáltatás: Digita, MTV3, Swelcom, SBS

2.11. Franciaország

Franciaország kapcsán három projektet érdemes megemlíteni. Az első a TDF által Metzben lebonyolított vizsgálat. A teszt célja a különféle gyártók által szállított berendezések együttműködő képességének vizsgálata volt.

A másodikat szintén a TDF végezte 2005. szeptember 15. és 2006. június 15. között Párizsban. A vizsgálatban körülbelül 100 fő vett részt. A vizsgálat célja a városi környezetben használatos hálózatok paramétereinek meghatározása, valamint a különféle berendezések együttműködő képességének ellenőrzése volt. Ezenkívül a teszt során megvizsgálták, hogy lehetséges-e különböző forrásból (platformból) származó adatfolyamok nyálábólása, illetve vizsgálták a különféle ESG-megoldásokat (elektronikus szolgáltatási kalauz) is. Ennek a vizsgálatnak volt egy második fázisa is (2007. május 30-tól július 1-ig), amely pusztán a technikai jellegű kérdésekre keresett választ.

A harmadik pilot szintén Párizsban zajlott, ugyanebben az időpontban. A Groupe CANAL+ által vezetett vizsgálatban összesen 500 fő vett részt. A nézettség átlagosan napi 20 perc volt. A résztvevők 73%-a nyilatkozta, hogy nagyon elégedett a szolgáltatással, 68%-uk havi 7 eurót is hajlandó lenne fizetni a szolgáltatásért.

A kereskedelmi szolgáltatás beindítását 2007-re várják, a szakminiszter szerint az országos lefedettség 2008-ra biztosítható.

2.11.1. Műszaki paraméterek

	Metz	Párizs (TDF)	Párizs (CANAL+)
Adók száma	3	1. fázis: 5 2. fázis: 5 + 3	3
Sávszélesség	8 MHz	8 MHz	7 MHz
Csatorna	UHF 50	UHF 37	UHF 37
Adásmód	QPSK–16QAM, $r = 1/2$	1. fázis: 8k, 16QAM, $r = 1/2$ 2. fázis: 8k, QPSK, $\Delta=1/8$	8k, QPSK, $r = 2/3$, $\Delta=1/8$
MPE-FEC	van	1. fázis: van (7/8) 2. fázis: van (2/3)	nincs
Időszeletelés	van	1. fázis: van (2,9 mp, 250 ms) 2. fázis: n.a.	van
Videoformátum	H.263, H.264, MPEG4, VC1	1. fázis: H.264 (QVGA, 300 kbit/s, 12,5 és 25 kép/mp) 2. fázis: H.264	H.263 (270 kbit/s hanggal)
Audioformátum	n.a.	1. fázis: AAC-LC (48 kbit/s) 2. fázis: n.a.	n.a.

2.11.2. Részt vevő vállalatok

Metz: DiBcom, Nokia, TeamCast, T-Systems

Párizs (TDF): TF1, France Télévisions, ARTE, Canal, M6, Lagardere Active Broadcast, TPS, Radio France, RTL, NextRadio, RFI, Skyrock, Lagardere, Radio Orient, Radio Notre Dame, Oui FM, Superloustic, MFM, Radio Classique, Orange, SFR, Bouygues Telecom

Párizs (CANAL+): Groupe CANAL+, Nokia, SFR, Towercast

2.12. Fülöp-szigetek

A 2006 októberében indult vizsgálat eredményeire építve 2007. július 24-én a Fülöp-szigeteken is elindították a hivatalos, kereskedelmi DVB-H sugárzást.

A 10 televíziós csatornát továbbító szolgáltatás jelenleg Manila környékén fogható, ám hamarosan elérhető lesz Boracay-ban és Cagayan de Oroban is. A szolgáltatást a Smart ügyfelei vehetik igénybe 2007 augusztusáig ingyenesen, augusztus után pedig körülbelül havi 8 euróért. Mind előre történő, mind utólagos finanszírozásra lehetőség van.

2.12.1. Műszaki paraméterek

	Manila (pilot)	Manila (keresk.)
Adók száma	3	n.a.
Sávszélesség	6 MHz	n.a.
Csatorna	671 MHz	n.a.
Adásmód	8k, QPSK, $r = 3/4$	n.a.
MPE-FEC	n.a.	n.a.
Időszeletelés	n.a.	n.a.
Videoformátum	H.264	H.264
Audioformátum	AAC+	n.a.

2.12.2. Részt vevő vállalatok

Manila (pilot):
Philippine Multimedia System Inc.
(PMSI),
Associated Broadcasting Company
(TV5)
Manila (kereskedelmi szolgáltatás):
Smart Communications Inc.,
360media Corporation

2.13. Hollandia

Hollandia kapcsán két projektet említünk meg. Az első pilotprojektre 2005 második felében került sor. A projekt célja a DVB-H műszaki és kereskedelmi oldalának vizsgálata volt.

A második projekt valójában a 2006-os IBC ideje alatti demonstráció volt: a kiállítás ideje alatt a DVB Project Office ingyenes szolgáltatását a kiállítók mindegyike igénybe vehette.

A kereskedelmi DVB-H szolgáltatás elindítását még a 2008-as olimpiai játékok előttre tervezik.

2.13.1. Műszaki paraméterek

	IBC	Hága
Adók száma	1	2
Sávszélesség	8 MHz	8 MHz
Csatorna	UHF 24	UHF 37
Adásmód	n.a.	n.a.
MPE-FEC	n.a.	n.a.
Időszeletelés	n.a.	n.a.
Videoformátum	H.263	n.a.
Audioformátum	n.a.	n.a.

2.13.2. Részt vevő vállalatok

IBC: Sidsa, nationalgrid, Mier; Hága: KPN Broadcast Services, KPN Telecom, Digitenne

2.14. Horvátország

n.a.

2.15. India

2.15.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	1
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 26
Adásmód	n.a.
MPE-FEC	n.a.
Időszeletelés	n.a.
Videoformátum	H.264
Audioformátum	AAC+

2006 decemberében a Nokia támogatásával a Doordarshan, India televíziós közszolgáltatója pilotprojektet indított. A projekt célja a vételi minőség, a lefedettség és az interaktív szolgáltatók tesztelése, valamint a felhasználói igények és a fogadtatás felmérése volt. A pilotprojekt tapasztalataira építve 2007. májusában 8 televíziós csatornával szabad hozzáférésű kereskedelmi szolgáltatás indult.

2.15.2. Részt vevő vállalatok:
Doordarshan

2.16. Indonézia

A szabályozás hiánya miatt Indonéziában sem kezdődött meg az üzemszerű, kereskedelmi szolgáltatás, ám pilotprojektek indultak. Ezekről azonban nem áll rendelkezésre bővebb információ.

2.17. Írország

2007 márciusában az O2 Ireland és az Arqiva részvételével pilotprojekt indul Dublinban. A projekt célja a kereskedelmi interaktív szolgáltatások vizsgálata. A projektben 400 fő vesz részt és várhatóan 2007 szeptemberéig tart.

2.17.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	1
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 26
Adásmód	n.a.
MPE-FEC	n.a.
Időszeteletelés	n.a.
Videoformátum	H.264
Audioformátum	n.a.

2.17.2. Részt vevő vállalatok:

O2 Ireland, Arqiva

2.18. Kanada

A 2006. április 1-től végrehajtott torontói projekt főként a magas mozgási sebesség melletti vételre és a nagy forgalmú területekre koncentrált.

A vizsgálat során két eszközt teszteltek, egy DVB-H és egy DVB-T vevőkészüléket. A nagy mozgási sebesség melletti országúti, illetve alacsonyabb sebesség melletti városi környezetben végrehajtott teszteken mindkét készülék kitűnően teljesített.

2.18.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	2
Sávszélesség	n.a.
Csatorna	2,5–2,7 GHz
Adásmód	2k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/4$
MPE-FEC	van (16 FEC-oszlop)
Időszeteletelés	nincs
Videoformátum	n.a.
Audioformátum	n.a.

2.18.2. Részt vevő vállalatok:

Unique Broadband System

2.19. Katar

2.19.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	6 adó és 4–6 ismétlő adó
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 42
Adásmód	8k, QPSK, $r = 2/3$, $\Delta = 1/8$
MPE-FEC	van (4/5)
Időszeteletelés	nincs
Videoformátum	H.264
Audioformátum	n.a.

A 2006. november 23. és 2007. április 31. között Dohában zajló projekt célja a DVB-H tesztelése a 2006-os Ázsiai Játékok alatt. A teszt során lehetőség nyílik a teljes átviteli lánc, illetve a különböző berendezések együttműködésének vizsgálatára is.

2.19.2. Részt vevő vállalatok:

Qatar Telecom, Rohde&Schwarz, T-Systems, Samsung

2.20. Kína

A 2006. szeptember 18. és 2007. március 17. között Hong Kongban zajló pilotprojekt célja a DVB-H viselkedésének vizsgálata valós környezetben. A vizsgálatban használatos 100 vevőkészüléket a Motorola szállítja.

2.20.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	3
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	678 MHz
Adásmód	4k, 16QAM, $r = 1/2$, $\Delta = 1/8$
MPE-FEC	van (2/3)
Időszeletelés	nincs
Videoformátum	H.264
Audioformátum	n.a.

2.20.2. Részt vevő vállalatok:
PCCW, Motorola

2.21. Lengyelország

A 2006. május 8. és július 10. között Varsóban lezajlott projekt célja a hálózati tervek és a paraméterek ellenőrzése volt. A vizsgálatokat két csatornán végezték; az egyik csatornán közös DVB-T és DVB-H adatfolyamot, a másikon DVB-H adatfolyamot továbbítottak.

2.21.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	2 adó és 1 kitöltő adó
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 21 (DVB-H), UHF 48 (DVB-T/H)
Adásmód	QPSK, 16QAM
MPE-FEC	n.a.
Időszeletelés	n.a.
Videoformátum	H.264
Audioformátum	MP3, HE-AAC

2.21.2. Részt vevő vállalatok:
TP EmiTel

2.22. Magyarország

Az Antenna Hungária 2007. február 1-én indította el kísérleti DVB-H sugárzását. 2007. április 1-től július 31-ig azt vizsgálták, hogy miképpen képes az Antenna Hungária és a T-Mobile által használt technológia együttműködni.

2.22.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	1 adó és 2 kitöltő adó
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 43, UHF 28
Adásmód	8k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/4$
MPE-FEC	van (3/4)
Időszeletelés	n.a.
Videoformátum	H.254
Audioformátum	n.a.

2.22.2. Részt vevő vállalatok:
Antenna Hungária,
T-Mobile Hungary

2.23. Malajzia

A Kuala Lumpurban végrehajtandó pilot indulási ideje ismeretlen. A pilotprojekt célja az elméleti rádiófrekvenciás tervek és az üzleti modell ellenőrzése. A vizsgálatban 50 felhasználó vesz részt. A szolgáltatás fizetős, különféle előfizetési időszakok választhatók.

2.23.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	1 adó és 2 kitöltő adó
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 43, UHF 28
Adásmód	8k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/4$
MPE-FEC	van (3/4)
Időszeteletelés	n.a.
Videoformátum	H.254
Audioformátum	n.a.

2.23.2. Részt vevő vállalatok:
Maxis, Astro

2.24. Németország

Németországban a DVB-H rendszerrel kapcsolatban három projektet érdemes megemlíteni. Az első vizsgálatra közvetlenül a szabvány megjelenése után, 2004 júliusában és augusztusában, Berlinben került sor. A projektet a bmco indította, és összesen 20 fő vett részt benne.

A második vizsgálat sorozat színhelye szintén Berlin. A projekt 2005 júniusában kezdődött és 2007. decemberéig tart majd. Ezen vizsgálat célja a DVB-H szabvány előírásainak értékelése, a lefedettség és a hálózati struktúra meghatározása, valamint az eszközök működőképességének ellenőrzése. A projekt kezdete egybeesett a labdarúgó világbajnoksággal. A nézői visszajelzések igen pozitívak voltak.

A harmadik projekt a Fraunhofer Intézet kezdeményezésére Erlangenben indult 2005 októberében mégpedig azzal a céllal, hogy megvizsgálják a Java-alapú közbülső réteg jellemzőit, illetve a különféle kódolási és dekódolási eljárások tulajdonságait. (Optimalizált dekódolóval 65 kép/mp-es dekódolási sebességet sikerült elérni.)

Jelenleg zajlanak a tárgyalások az országos kereskedelmi sugárzással kapcsolatban, de a szolgáltatást legkésőbb a 2008-as Labdarúgó Európa Bajnokság döntőjéig el kívánják indítani.

2.24.1. Műszaki paraméterek

	Berlin (bmco)	Berlin	Erlangen
Adók száma	2	2	1
Sávszélesség	n.a.	n.a.	n.a.
Csatorna	UHF 59	UHF 39	UHF 48
Adásmód	8k, 16QAM, $r = 2/3$, $\Delta = 1/8$	8k, 16QAM, $r = 1/2$, $\Delta = 1/8$	2k, QPSK
MPE-FEC	nincs	van	van
Időszeteletelés	van	van	van (1 mp)
Videoformátum	H.263, H.264	H.264 (QVGA, 12,5 kép/mp, 256 kbit/s)	H.264 (QVGA, 65 kép/mp)
Audioformátum	n.a.	HE-AACv2 (64 kbit/s)	HE-AACv2

2.24.2. Részt vevő vállalatok

Berlin (bmco): Nokia, Philips, Universal Studios Networks Deutschland, Vodafone Pilotentwicklung

Berlin: Berlin Sentate, MABB, T-Systems

Erlangen: Integrált Áramkörök Fraunhofer Intézete IIS,

az erlangeni Friedrich-Alexander Egyetem Információtechnológiai tanszéke

2.25. Olaszország

Olaszország kapcsán fizetős, kereskedelmi szolgáltatásról beszélhetünk, mégpedig háromról is.

Az első a 3italia indította 2006. június 5-én. A szolgáltatás a lakosság 85%-át fedi le. Az előfizetők száma 2006. végére elérte a 111 ezret, 2007 májusára pedig a 600 ezret. A szolgáltatás díja napi 3, heti 12 vagy havi 29 euró. Ezen kívül havi szolgáltatáscsomag is igényelhető, amely a mobil televíziós csatornák mellett 1 órányi napi beszélgetési időt és havi 1 GB adatforgalmat is magában foglal.

A második fizetős szolgáltatás a TIM nevéhez fűződik, 2006. szeptember 9-én indult és a telefonszolgáltatások kiegészítéseként havi 9 eurós előfizetési díjért vehető igénybe. A csomagban 9 televíziós program található.

A harmadik szolgáltatást a Vodafone Italia indította 2006 decemberében 9 televíziós programmal.

A három fizetős szolgáltatás mellett megemlíthető még a torinói pilot, melyet a RAI kezdeményezett. Ennek célja az épületen belüli, illetve a mozgás közbeni vétel vizsgálata. Az első fázis 2005 februárjában, a második pedig 2005 novemberében kezdődött.

2.25.1. Műszaki paraméterek

	3italia	TIM	Vodafone	RAI
Adók száma	> 1000	n.a.	n.a.	1 adó és 2 ismétlő adó
Sávszélesség	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Csatorna	UHF 21–55	n.a.	n.a.	UHF 29
Adásmód	8k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta=1/8$	n.a.	n.a.	8k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta=1/8$
MPE-FEC	van (3/4)	n.a.	n.a.	van (3/4)
Időszeteletelés	van (2 mp)	n.a.	n.a.	van (2 mp)
Videoformátum	H.264	H.264	n.a.	H.264
Audioformátum	AAC+	AAC+	n.a.	n.a.

2.25.2. Részt vevő vállalatok

3italia: 3italia

TIM: TIM, Mediaset, NagraVision

Vodafone Italia: Vodafone Olaszország, Mediaset SpA

RAI: RAI

2.26. Oroszország

Oroszországban három pilotprojekt említhető meg.

Az első Moszkvában indult 2006 áprilisában. A második Kalinyingrádban 2006. novemberében. A harmadik vizsgálatsorozat színhelye Szverdovszk volt. Ez utóbbi a 2007. áprilisában Jekatyerinburgban bevezetésre kerülő kereskedelmi szolgáltatás pilotjának tekinthető.

2.26.1. Műszaki paraméterek

	Moszkva	Kalinyingrád	Szverdovszk
Adók száma	1	n.a.	1
Sávszélesség	8 MHz	n.a.	8 MHz
Csatorna	UHF 32	n.a.	UHF 40
Adásmód	8k, QPSK, $r = 2/3$, $\Delta=1/4$ (DVB-T-vel együtt, nem hierarchikus)	QPSK, $r = 1/2$, $\Delta=1/8$	QPSK, $r = 2/3$, $\Delta=1/8$
MPE-FEC	nincs	van (3/4)	van
Időszeteletelés	nincs	van	van
Videoformátum	H.263	H.264	H.264
Audioformátum	n.a.	AAC	n.a. (32 kbit/s)

2.26.2. Részt vevő vállalatok

Moszkva: Digital Teleradiobroadcasting

Kalinyingrád: Teleset Ltd.

Szverdovszk: Oblastnoje Televidenye, Infoteck, Tsifrovoje Televidenye

2.27. Portugália

Portugáliában két vizsgálatsorozatot végeztek, mindkettőt Lisszabonban. Az első 2005. június 15-től július 15-ig tartott. A projekt célja annak ellenőrzése volt, hogy teljesülnek-e a DVB-H műszaki és gazdasági feltételei. A

projekt során meghatározták az alkalmazások elindításához szükséges emberi erőforrás mennyiségét, valamint felmérték, hogy az alkalmazások megvalósításához milyen tervezési lépéseket kell végrehajtani.

A második projektre 2006 novemberében és decemberében került sor. A projekt célja a technológia és az előzetes tervek ellenőrzése, illetve a lefedettségi szimulációk és a térerősség mért adatainak összevetése volt. A vizsgálatban 100 felhasználó vett részt.

2.27.1. Műszaki paraméterek

	1 projekt	2. projekt
Adók száma	1 adó és 3 kitöltő adó	4 adó és 2 kitöltő adó
Sávszélesség	8 MHz	8 MHz
Csatorna	UHF 41	UHF 30
Adásmód	16QAM, $r = 1/2$ vagy 16 QAM, $r = 2/3$ vagy QPSK, $r = 1/2$, DVB-T szolgáltatással közös csatormán	8k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/32$
MPE-FEC	van (2/3)	van (3/4)
Időszeteletés	van	van
Videoformátum	H.264 (QCIF)	H.264 (QVGA)
Audioformátum	n.a.	n.a. (32 kbit/s)

2.27.2. Részt vevő vállalatok

Első projekt: SGC Telecom, Siemens, Rohde&Schwarz

Második projekt: TVI, RETI, Vodafone Portugal

2.28. Spanyolország

2.28.1. Műszaki paraméterek

	Barcelona és Madrid	Sevilla és Valencia	Zaragoza és Gijón	Sevilla
Adók száma	n.a.	mindkét helyen 2 és 2 kitöltő adó	mindkét helyen 1	3
Sávszélesség	8 MHz	n.a.	8 MHz	8 MHz
Csatorna	B.: UHF 22 M.: UHF 27	UHF 36.	Z.: UHF 34 G.: UHF 40	UHF 39
Adásmód	8k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/8$	8k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/8$	8k, QPSK, $r = 1/2$, $\Delta = 1/8$	8k, QPSK, $r = 2/3$, $\Delta = 1/8$
MPE-FEC	nincs	nincs	nincs	van
Időszeteletés	nincs	nincs	nincs	van
Videoformátum	H.263	H.263	H.263	H.264 (QVGA, 12,5 kép/mp)
Audioformátum	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Spanyolországban négy projekt említhető meg.

Az első Madridban és Barcelonában indult 2005 szeptemberében és 2006 februárjáig tartott. A projekt célja annak feltérképezése volt, hogy a végfelhasználók hogyan viszonyulnak a mobil televíziós szolgáltatásokhoz. A vizsgálatban részt vevő 500 fő 55%-a úgy nyilatkozott, hogy még akkor is igénybe venné a szolgáltatást, ha fizetnie kéne érte: egy prémium csatornát is tartalmazó csomagért akár havi 5 eurót is adnának. Az átlagos nézettség napi 16 perc volt. A felhasználók 17%-a 25 percnél is többet tévézett.

A második projektre 2005 decembere és 2006 márciusa között került sor Sevilleben és Valenciában. A projekt központi kérdése az volt, hogy a végfelhasználók hogyan viszonyulnak a mobil televíziós szolgáltatásokhoz. A vizsgálatban 300 fő vett részt. A résztvevők 80%-a szerint a szolgáltatás igen egyszerűen használható, ugyanekkor a részük bátran ajánlaná a szolgáltatást másoknak is. Az átlagos nézettség 35 perc volt.

A harmadik vizsgálat sorozat helyszíne 2006 márciusa és júliusa között Zaragoza és Gijón volt. A projekt célja itt is a végfelhasználók hozzáállásának feltérképezése. A vizsgálatban 200 fő vett részt.

A negyedik projekt 2006 augusztusában kezdődött és fél éven át tartott. A projekt célja az elméleti modellek és a lefedettség ellenőrzése volt. A projekt kiterjedt a városi és a beltéri vételi viszonyok vizsgálatára, valamint a kitöltő adók használhatóságának ellenőrzésére.

2.28.2. Részt vevő vállalatok

Barcelona és Madrid: Abertis Telecom, Nokia, Telefónica Móviles, Antena 3, Sogecable, Tele 5, TVE, Telemadrid, TV de Catalunya

Sevilla és Valencia: Abertis Telecom, Nokia, Vodafone Espana, Antena 3 TV, Net TV, Sogecable, Telecinco, RTVA (Canal Sur), RTVE, RTVV (Canal Nou), Veo TV

Zaragoza és Gijón: Abertis Telecom, Amena, Antena 3 TV, Net TV, Sogecable, Telecinco, Aragón TV, Principado de Asturias TV, Veo TV

2.29. Svájc

Két vizsgálat sorozatot végeztek, mindkettőt Bernben; az elsőt 2005. december 1-től 2006. január 31-ig. A Swisscom Broadcast 100 felhasználó segítségével feltérképezte a lefedettségi viszonyokat. Az eredmények alapján kidolgozták az ügyfélszolgálati rendszert is, illetve összevetették a számított és a mért adatokat.

A második projekt 2006. november 11-én kezdődött és 2007. január 31-ig tartott. A projekt célja annak feltérképezése volt, hogy a felhasználók miként fogadják a mobil televíziós szolgáltatásokat, és hogy mennyire tartják azokat vonzóknak. Ezen túlmenően a teszt a felhasználói szokások vizsgálatára is kiterjedt.

Svájc a 2008-as svájci Labdarúgó EB kezdetéig el kívánja indítani az országos kereskedelmi szolgáltatást.

2.29.1. Műszaki paraméterek

	1. projekt	2. projekt
Adók száma	2 adó és néhány kitöltő adó	4 adó és 2 kitöltő adó
Sávszélesség	n.a.	n.a.
Csatorna	UHF 40	UHF 40
Adásmód	QPSK, $r = 2/3$, $\Delta = 1/4$	8k, QPSK, $r = 3/4$, $\Delta = 1/8$
MPE-FEC	nincs	nincs
Időszeteletelés	van	nincs
Videoformátum	H.263	H.264
Audioformátum	n.a.	n.a.

2.29.2. Részt vevő vállalatok: 1. projekt: Swisscom Broadcast AG

2. projekt: Swisscom Broadcast AG, Swisscom Mobile AG,
Sunrise / TDC Switzerland AG, Orange Communications SA

2.30. Svédország

Svédországban három projekt indult. Az első 2006 augusztusában Göteborgban és Stockholmban.

2.30.1. Műszaki paraméterek

	1. projekt	2. projekt	3. projekt
Adók száma	n.a.	4	n.a.
Sávszélesség	n.a.	n.a.	n.a.
Csatorna	n.a.	UHF 24	n.a.
Adásmód	n.a.	n.a.	n.a.
MPE-FEC	n.a.	n.a.	n.a.
Időszeteletelés	n.a.	n.a.	n.a.
Videoformátum	n.a.	MPEG4 (QVGA, 192 kbit/s)	n.a.
Audioformátum	n.a.	n.a. (32 kbit/s)	n.a.

A második projekt 2006 szeptember 12-én kezdődött Stockholmban, és célja annak feltérképezése volt, hogy a felhasználók milyen szolgáltatásért hajlandók fizetni. A vizsgálatban 100 fő vett részt. A teszt során a szolgáltatást ingyenesen lehetett igénybe venni.

A harmadik projektre 2006 októbertől és decembere között szintén Stockholmban került sor. A projekt fő célkitűzése annak megismerése volt, hogy a végfelhasználók hogyan viszonyulnak a mobil rádiós és televíziós szolgáltatásokhoz. A projektben 400 fő vett részt.

- 2.30.2. Részt vevő vállalatok:
1. projekt: Teliasonera, Nokia
 2. projekt: Viasat, Tele2
 3. projekt: Teracom, ATG, Boxer, Nokia, svéd műsorszóró vállalat, Telenor

2.31. Szingapúr

2.31.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	n.a.
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 39
Adásmód	n.a.
MPE-FEC	n.a.
Időszeteletelés	n.a.
Videoformátum	n.a.
Audioformátum	n.a.

Szingapúrban a 2006-os BroadcasAsia kiállításon élőben demonstrálták a DVB-H szolgáltatást.

- 2.31.2. Részt vevő vállalatok:
- Innoxius Technologies

2.32. Tajvan

2.32.1. Műszaki paraméterek

	Első projekt	Második projekt	Harmadik projekt
Adók száma	1 adó és 2–3 kitöltő	1 adó és 2–3 kitöltő	1 kültéri és 1 beltéri
Sávszélesség	6 MHz	6 MHz	6 MHz
Csatorna	UHF 36	UHF 34	UHF 35
Adásmód	8k, QPSK	8k, QPSK	n.a.
MPE-FEC	nincs	n.a.	n.a.
Időszeteletelés	van	n.a.	n.a.
Videoformátum	H.264 (QVGA/QCIF, 15 kép/mp, 256/200 kbit/s)	H.263	H.264, WMV9
Audioformátum	AAC-LC (32 kbit/s)	n.a.	n.a.

Tajvannal kapcsolatban három projekt említhető meg, az első kettő Taipei-ben zajlott, illetve zajlik, a harmadik pedig Tajchungban. Az első tajvani kísérlet 2006. január 1-én kezdődött és június 30-ig tartott, célja a műszaki paraméterek vizsgálata, a mérnökök felkészültségének feltérképezése és piackutatás volt.

A második, 2006 decemberében indított és 2007 decemberéig tartó projekt feladata a DVB-IPDC szabvány ellenőrzése, a lefedettség meghatározása, a hálózati struktúra kialakítása, a berendezések működésének és együttműködő képességének vizsgálata, valamint a piackutatás. Ebben a második tesztben 2-300 fő vesz részt.

A harmadik projekt során a piackutatási eredményeket követő műszaki ellenőrzéseket végzik el.

2.32.2. Részt vevő vállalatok

1. projekt: Nokia, CTS, Dawn TV Technology
2. projekt: Public Television Service Foundation (PTS), Chunghwa Telecomm (CHT), Fareastone Communications (FET), Taiwan Mobile (TWM), BenQ, Motorola, Cyberlink
3. projekt: ChungHwa Wideband Best Network, Innoxius Technologies, Gigabyte, FET, ETTV, FTV, CyberLink & AverMedia

2.33. Ukrajna

A Kijevben 2006 augusztusában indult projekt három fázisra bontható. Az első fázis 2006 augusztusában, a második 2006. december 13-án, a harmadik pedig 2007 márciusában indult. A projekt célja különböző műszaki kérdések megválaszolása és az Ukrajnában alkalmazandó üzleti modell meghatározása. A kísérleti időszak alatt a programok ingyenesen vehetők. A DVB-H szolgáltatás a DVB-T szolgáltatással együtt kerül továbbításra.

2.33.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	1
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 51
Adásmód	8k, hierarchikus, a DVB-H szolgáltatást a magas prioritású adatfolyam továbbítja $r = 1/2$, $\Delta=1/8$
MPE-FEC	van
Időszeletelés	van
Videoformátum	H.264 (QVGA)
Audioformátum	n.a.

2.33.2. Részt vevő vállalatok: Ukrán Digitális Televíziós Hálózat

2.34. Vietnám

A Hanoi-ban és Ho Chi Minh Városban 2006. december 21-től igénybe vehető hivatalos szolgáltatás szabadon fogható információs csatornát, illetve fizetős rádióadásokat és PPV csatornát is kínál.

2.34.1. Műszaki paraméterek

Adók száma	3 közepes és 8 alacsony teljesítményű adó
Sávszélesség	8 MHz
Csatorna	UHF 21 (Hanoi), UHF 49 (Ho Shi Minh Város)
Adásmód	8k, hierarchikus 16QAM, ahol a DVB-H szolgáltatást a magas prioritású adatfolyam továbbítja, $r = 1/2$, $\Delta=1/8$
MPE-FEC	van (3/4)
Időszeletelés	nincs
Videoformátum	H.264 (324 kbit/s)
Audioformátum	AAC+ (40 kbit/s)

2.34.2. Részt vevő vállalatok: Nokia, VTC

Irodalom

- [1] ETSI EN 302 304 Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals.
European Telecommunications Standards Institute, 2004. november
[2] <http://www.dvb-h.org>

Videós szolgáltatások megvalósítása adatátviteli hálózatokon

LOIS LÁSZLÓ

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék
lois@hit.bme.hu

Kulcsszavak: videó átvitel, IP hálózat, video streaming

Az adatátviteli hálózatok egyre nagyobb adatátviteli sebességet ígérnek a felhasználóknak, miközben a videó forráskódolás területén végbemenő fejlődés eredményeként a videó átvitelhez szükséges sávszélesség igény is egyre kisebb. A növekvő sávszélességnek köszönhetően a távközlés területén is felmerült az igény, hogy – bizonyos korlátokkal és kompromisszumokkal – videós szolgáltatásokat valósítsanak meg a szabad kapacitások kiaknázásával. Ez a cikk technológia megközelítésből ismerteti a jelenleg elterjedt és a közeljövő hálózati videós szolgáltatások technológiáját általános célú adatátviteli hálózatok esetében.

1. Bevezetés

A digitális média terjesztésére a műsorkészítés, műsor-elosztás, műsorszétoztás és műsorszórás területén már régóta születtek hatékony megoldások. Ezen technológiák sokkal hamarabb elterjedtek, mint az adatátviteli hálózati videós megoldások, ahol a videó átvitel inkább csak járulékos szolgáltatásként kapott szerepet a többi szolgáltatás mellett.

A műsorterjesztés területén már régóta alkalmazzák az egy, illetve többprogramos MPEG-2 TS (Transport Stream) nyálábolási technológiát [1] az SDTV és HDTV tartalom átvitelére. Napjainkban már többféle hatékony és jól működő eljárás alkalmazható egy vagy sokcsatornás televíziós tartalom nagy távolságba való eljuttatására dedikált hálózaton, legyen szó akár pont-pont átvitelről, akár egy kábeltelevíziós fejállomásokat ellátó sokcsatornás műsorterjesztő rendszer gerinchálózatáról. A nagy rendelkezésre állás, a kis jelcsillapítás és gazdaságosság miatt földfelszínen általában optikai hálózatot alkalmaznak. A nagy távolságú átvitelnél többnyire dedikált hálózati adaptereket célszerű használni, amelyek ráadásul elfedik az átviteli hálózat tulajdonságait a forrás és a célállomás között.

A professzionális műsorterjesztés területén már régebben kialakult és elterjedt az a gyakorlat, hogy a hálózati adapterek IP csomagokban fogadják a digitális média forgalmat és a célba juttatás helyén is IP csomagokban adják azt vissza. Az alkalmazott interfész általában Ethernet feletti IP, így már a professzionális videó technika területén kialakult az a tudás és technológia, mely lehetővé tette az MPEG-2 TS vagy az ehhez hasonló elven működő multiplexek hatékony illesztését az IP hálózathoz és az a különböző adatkapcsolati szintű csomagokhoz.

A kommersziális vezetékes adatátvitelnél ma az adatkapcsolati szinten az Ethernet interfész tekinthető a legelterjedtebb megoldásnak. Azok a technológiai megfontolások, amelyek megszülettek az MPEG-2 TS IP-re és

Ethernet-re való illesztéséhez, könnyen adaptálhatók digitális videó IP feletti átvitelnél más multiplexekre (például MPEG-4 alapon csomagolt bitfolyamokra [2]) és más hálózati interfészekre (pl. rádiós hozzáférési hálózatokra).

A kommersziális vezetékes és vezeték nélküli hozzáférési hálózatok uralkodó hálózati rétegű protokollja az IP. Az IP-hálózaton történő videós átvitel szempontjából fontos körülmény, hogy nem csupán IP-csomagok formájában történik az információ átadása a hozzáférési hálózatnak, hanem az IP hálózaton belül is az OSI 3. rétegének megfelelő kapcsológépek továbbítják egymásnak az IP csomagokat. Így a média bitfolyam átvitele úgy történik, mintha az egy adatfolyam lenne és a média több jellegzetessége nem kap szerepet a hálózati átvitel során, úgy mint:

- A videó és audio lejátszás azt igényli, hogy a képkockák, illetve a hangkeretek a képváltási, illetve a mintavételi frekvenciának megfelelő időközönként érkezzen be a dekóderbe, valamint a kép és hang közötti szinkron (az ún. ajakszinkron) is megmaradjon. A képkockák és hangkeretek bitfolyamának átvitele csomagokban történik, így értelemszerűen ezt az időbeli szabályszerűséget ezen csomagokra kellene biztosítani. Mivel ezt a csatorna többnyire nem biztosítja, ezért ezt a vevőkészüléken belül kell pufferelemmel megoldani. Ezzel a pufferelemmel egyúttal az ajakszinkron is megvalósítható.
- A videó és audio minták átvitele nem igényel hibamentes átvitelt, ezért forráskódolást alkalmazhatunk a bitsebesség csökkentése érdekében. Hibamentes átvitel esetében a forráskódolás tömörítésének erősségét úgy választjuk meg, hogy a pillanatnyi csatorna kapacitás mellett a bitfolyam átvihető legyen. A forráskódolt bitfolyam azonban már érzékeny a csatorna hibára. Egy csomag elvesztése csatorna hibaként jelenik meg, de a média lejátszás szempontjából ugyanígy elveszettnek számít egy csomag akkor is, ha később érkezik meg, mint amikor a dekódolását el kellene kezdeni. Azonban a hibázó csatorná-

nak is van kapacitása, nemcsak a hibamentesnek, ezért a hibával rendelkező átvitelnél is a forráskódolás tömörítésének erősségét szabályozzuk olyan módon, hogy a média bitfolyam átvihető legyen a becsült csatorna kapacitáson. Ezt a szabályozást más néven a küldési sebesség vezérlésének nevezzük.

Jelen dolgozat felépítése a következő. A 2. szakasz a média forráskódolás alapjaival és az átviteli hálózat releváns paramétereivel, valamint a hálózati média lejátszó modelljével és a média átviteli protollokkal foglalkozik. A következő rész a három jellegzetes média átviteli sémát mutatja be, kiemelve az ezek közötti hasonlóságot és különbséget, és a fejezet végén az összehasonlítás egyik legfontosabb elemét, a puffertelést külön is tárgyalja. A 4. szakasz azokat az adaptációs sémákat mutatja be, amelyek célja a pillanatnyi csatorna paraméterek mellett a lehető legjobb kép- és hangminőség biztosítása a küldési sebesség vezérlésével. Az elméleti jellegű fejezetek után az 5. szakasz a jellegzetes szolgáltatások megvalósítását ismerteti, végül pedig az utolsó rész tartalmazza az összefoglalást.

2. Média átvitel heterogén hálózati környezetben

Egy média átviteli szolgáltatás minőségét alapvetően az alábbi négy tényező határozza meg:

- a szolgáltatással kapcsolatos fogyasztói és szolgáltatói minőségi követelmények,
- az alkalmazott hálózat vagy heterogén hálózatok QoS paraméterei,
- az alkalmazott felhasználói végberendezések,
- a szolgáltató által használt vagy használható kiszolgáló elemek és média formátumok.

Ezek a követelmények nem függetlenek egymástól, és műszaki szempontból két fontos szempontrendszerre fordíthatók le: a média átviteli technológiára és a média forráskódolási technológiára.

Egy videószerzés megvalósításához – többek között – a továbbításban érintett teljes hálózati rendszer QoS paramétereinek meghatározását kell elvégezni a megfelelő átviteli technológia kiválasztásához. Technológiai szempontból a másik lényeges feltétel az alkalmazott média kódolási formátum, amely az átküldendő adatmennyiség méretbeli és időbeli tulajdonságait, valamint hibátűrő képességéhez kapcsolódó paramétereit határozza meg.

2.1. Média kódolás

Technológiai szempontból az egyik lényeges feltétel az alkalmazott média kódolási formátum, amely legfontosabb jellemzői:

- Képméret és a képváltási frekvencia,
- Hangcsatornák száma, mintavételezési frekvenciája,
- Az adott minőségi szinthez tartozó, a teljes kódolt bitsebesség, amely áll:
 - a tömörített videó és hangcsatornák átviteléhez szükséges bitsebességből,

- a hangkeretek és képkockák szinkronizálásához, az átviteli késleltetési idő ingadozása ellenére folyamatos lejátszáshoz és időben megfelelő megjelenítéséhez szükséges segédinformációk által elfoglalt bitsebességből,
- az átvitel és a felhasználó menedzseléséből adódó bitsebességből,
- a fentiek csomagolásához szükséges bitsebességből.
- A változó bitsebességű kijátszáshoz való adaptivitás képessége.

A rendszerben gyakran kötöttségként jelenik meg a médiakódolási formátum, hiszen a végberendezések gyakran csökkentett média-dekódolási képességűek, e miatt nem biztos, hogy a legkorszerűbb algoritmusokat is képesek valós időben futtatni. További korlátozást jelenthet a sokféle különböző végberendezés típus, mert ekkor csak olyan formátumot szabad választani, amelyet minden végberendezés támogat. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a készülékek gyártói vagy forgalmazói implementálják bizonyos népszerű (szabványos vagy elterjedt) formátum média lejátszóját és a szolgáltatás nyújtójának ehhez kell alkalmazkodni.

A média forráskódolási formátum egyik fontos tulajdonsága a hálózati hibákkal szembeni ellenálló képesség. A jelenleg szinte kizárólagosan használt IP hálózatokon a csomagon belüli hiba a CRC kódszó alkalmazása miatt gyakorlatilag nem fordul elő, mert a hibás CRC-jű csomagokat nem kapjuk meg. Ezért a hálózati hibák esetében a csomagvesztéssel kell csak számolnunk a gyakorlatban. A csomagvesztés ellen jelenleg általában az alábbi intézkedéseket tehetjük meg a média kódolás szintjén:

- *Újrászinkronizálás és csomagolás*: egy képen belül több újrászinkronizáló jelet és fejléceket helyezünk el, így a kép egyes részei önállóan is dekódolhatókká válnak.
- *Adat particionálás*: a hiba lokalizálását könnyebbé teszi az adatparticionálás (Data Partitioning) alkalmazása. Ekkor egy kép már részlegesen dekódolhatóvá válik akkor, ha a prediktív képnél a mozgásinformáció, I típusú képnél pedig a DC együtthatók dekódolhatóak.
- *Reverzibilis kódszavak használata*: a hiba lokalizálását és a hiba mértékének csökkentését lehetővé teszi a Reversible Variable Length Code (RVLC) alkalmazása. Ezt CRC hibás csomagokon alkalmazhatjuk, ha a rendszer hozzáférést biztosít az ilyen csomagokhoz. A dekódoláshoz azonban az szükséges, hogy a csomagon belül legyenek olyan szinkronizációs pozíciók, amelyek integritásában biztosak lehetünk és az ilyen helyeken nemcsak előre, hanem visszafelé olvasva is képesek lehetünk adatok kinyerésére.
- *Nem predikált (intra) képrészletek számának növelése*: a képek közötti becslés a hiba továbbterjedését okozza. Ha azonban a forrás tulajdonságához képest sokkal gyakrabban alkalmazunk intra képeket vagy képrészleteket (például makroblokkokat), akkor a hiba

időbeli szétterjedését korlátozhatjuk, a megszakadt becslési folyamatot pedig gyakori intra kódolás alkalmazásával újra tudjuk indítani.

A forráskódolás mellett a csatornakódolás területéről is alkalmazhatunk megoldásokat a hibavédelem érdekében. Mivel főleg csomagvesztésre kell felkészülni, így a hiányzó csomagok pótlása érdekében átszövéses kódolást is alkalmazhatunk. Az átszövés másképp kell tervezni burst-ös csomagvesztés vagy időben egyenletesen eloszló csomagvesztés esetére. Mivel a csomagokat sorszámmal látjuk el, így az átszövéses hibajavító kódolás esetén a hiányzó csomag pótlása törléses hiba javításához vezet (a hibahely ismert), ami kevesebb járulékos információt jelent, mintha a hiba helyét is meg kellene határoznunk.

Amennyiben a vevő jelentős puffertelést alkalmaz, a hiányzó csomag újraküldését használó protokoll is alkalmazható. Ennek egy speciális, forráskódolással egybekötött megoldását is alkalmazzák már, ahol a vevő megadhatja, hogy melyik képek állnak a rendelkezésre referenciaképként, és ekkor a szerver nem az alapértelmezett referenciaképet, hanem a vevő által megadott referenciaképet használja az újraküldött kép forráskódolásánál. Ez az eszköz a megszakadt predikciós láncolat folytatását is lehetővé teszi.

2.1.1. Skálázható videó kódolás

A videó formátum fontos tulajdonsága a skálázhatóság vagy léptékelhetőség. A skálázható videó átvitel területén jelentős kutatás folyt már a videó kódolás kezdeteitől, így az MPEG-2 Video [3,4] és MPEG-4 Visual [5] szabványok már tartalmazznak léptékelhető videó kódolást.

Egy bitfolyamot akkor nevezünk léptékelhetőnek, ha a teljes bitfolyam olyan rész-bitfolyamokra osztható, hogy bizonyos rész-bitfolyamokat elhagyva szintén visszakapjuk a komplett bitfolyamnak megfelelő videó tartalmat, csak rosszabb minőségi paraméterekkel (például kisebb méretben és/vagy kisebb képváltási frekvenciával és/vagy rosszabb képminőséggel), továbbá ezen rész-bitfolyamokból (ha 1-nél több van) is elhagyható rész-bitfolyam, amivel még rosszabb minőségben, de visszanyerhető a videó tartalom.

Más megközelítésben a skálázható videó bitfolyamot úgy is tekinthetjük, hogy egy adott alaprétegnek megfelelő rész-bitfolyamhoz hozzáadva egy következő rétegű bitfolyamot egy – alap réteg + 2.réteg összetételű – jobb minőségű és magasabb bitsebességű videót kapunk, ezután ehhez a két rétegből álló rész-bitfolyamhoz hozzáadva egy harmadikat még magasabb minőségű és bitsebességű anyagot kapunk (azaz alap réteg + 2.réteg + 3.réteg), és így tovább. Röviden érdemes megjegyezni, hogy a skálázhatóság elképzelhető úgy is, hogy például az alap réteg + 2.réteg összetételű rész-bitfolyamhoz hozzáadva a sorszám szerint 4-ik bitfolyamot egy más módon léptékelt 3 rétegből álló rész-bitfolyamot kapunk, de ez nem ugyanaz lesz, mint az alap réteg + 2.réteg + 3.réteg összetételű szintén 3 rétegű rész-bitfolyam.

A skálázhatóságnak alapvetően három változatát alkalmazzák:

- Időbeni skálázás: javító réteg hozzáadásával a képváltási frekvencia többszöröződik.
- Képméret skálázás: javító réteg hozzáadásával a kép mérete többszöröződik.
- Minőség skálázás: a javító réteg hozzáadásával azonos képméret és képváltási frekvencia mellett javul a kép minősége.

Heterogén hálózati környezetben a skálázható videó előnye a nem-skálázható videóval szemben egyértelmű: a komplett bitfolyam rögzített szabályok szerint rész-bitfolyamra redukálható úgy, hogy bár rosszabb minőségben, de visszanyerhető a videó tartalom. A redukció mértékét pedig a rendelkezésre álló átviteli kapacitás szabja meg úgy, hogy a redukált rész-bitfolyam beférjen a pillanatnyilag igénybe vehető sávszélességbe.

Valódi médiaátviteli hálózat esetében a redukciót nem a szerver végzi el, hanem a hálózati kapcsoló elemek képesek az adott viszonyok mellett (torlódás vagy átviteli kapacitás hiánya esetén) a túl nagy sávszélességű videó átvitelénél a skálázható videóból a szükséges számú rész-bitfolyamot eldobni. Ilyen jellegű kapcsoló elemekről adatátviteli hálózatok esetében nem beszélhetünk, ekkor a szerver és kliens algoritmusai, illetve a közöttük lévő protokoll üzenetek révén valósítható meg a megfelelő rész-bitfolyam kiválasztása.

A megfelelő rész-bitfolyam kiválasztását a végberendezés képességei is meghatározhatják, hiszen értelmetlen a készülék által befogadhatónál és kezelhetőnél nagyobb bitsebességű/képméretű/képfrekvenciájú anyagot küldeni.

Meg kell említeni, hogy azonos kódolási eszközkészlet esetén esetében egy rögzített videó minőségben való továbbítás legjobb esetben is legalább 10%-kal hatékonyabb sávszélesség felhasználást jelent a nem skálázható formátum (az időbeli skálázás kivételével, hiszen itt képek beszúrásáról/elhagyásáról van szó). Ekkor azonban az alábbi hátrányokkal kell szembenézni:

- a videó szerveren az összes lehetséges bitsebességre külön-külön le kell gyártani a tárolt tartalmat, vagy a kijátszás során valós időben kell a kódolást elvégezni – az egyrétegű tartalmak összességében nagyobb tárhelyet foglalnak el, mint a rétegzett tartalom;
- média átviteli hálózat esetében nem skálázható bitfolyamnál a rész-bitfolyamokra osztás a hálózati kapcsoló elemekben nem lehetséges (de ez adatátviteli hálózaton ez egyébként sem lehetne);
- multicast esetében a több különböző bitsebességű, egyrétegű videót simulcast módon lehet csak kijátszani, azaz annyi formátumban kell a szervernek kijátszani az egyrétegű videót, amennyi különböző formátumra van pillanatnyilag igény – skálázható formátumnál a szerverből kijövő kijátszási sebesség kisebb;
- skálázható formátumnál minden rész-bitfolyamhoz külön-külön tud a kliens csatlakozni, és így a kliens a szervertől független(ebb)ül tudja szabályozni a lejátszás minőségét vagy költségét.

A média forráskódolás részletesebb ismertetése meghaladja ezen cikk kereteit. A következő szakaszban a hálózati QoS paraméterek kérdéseit fogjuk megvizsgálni, de az azt követő 3. szakaszban a média lejátszó ismertetésénél még részletesebben kitérünk a média kódolás egyes aspektusaira.

2.2. A médiaátviteli végző hálózat szolgáltatás minőségének legfontosabb paraméterei

A média átvitel szempontjából az alábbi QoS paraméterek számítanak a legfontosabbnak:

- garantált bitsebesség,
- maximális átviteli késleltetés,
- maximális átviteli késleltetés ingadozás,
- bithiba arány,
- csomagvesztés vagy csomaghiba arány,
- maximális körbefordulási idő,
- maximális szolgáltatás kimaradási idő.

Ezen paraméterek mindegyike fontos szerepet játszik nemcsak a tervezés, hanem az átvitel során is.

2.2.1. Garantált bitsebesség

Amennyiben a hálózat képes egy garantált bitsebességet biztosítani, akkor ezen a bitsebességen lehetséges a médiafolyam átvitele úgy, hogy ne akadjon meg.

A médiakódolási bitsebességet és esetlegesen ennek következtében a formátumot is a garantált bitsebességnek megfelelően kell kiválasztani egy adott csatornára. A média maximális bitsebességét először el kell osztani az audio és videó csatornák között és meg kell határozni, hogy a csomagolási és egyéb járulékos információk mekkora részt foglalnak el a teljes bitsebességből. Az így fennmaradt videó és audio nettó bitsebességből, illetve a kliensekben rendelkezésre álló kodekek alapján már meghatározható, hogy milyen videó és audio formátumokat alkalmazzunk. A kliens vagy a rendszer képességei is megszabhatják a lehetséges forráskódolási algoritmusokat, illetve azok bonyolultságát. Így videó esetében ez a képméret és képváltási frekvencia, audio esetében pedig tipikusan a mintavételi frekvencia és a többcsatornás jellemzők már tervezhetők.

2.2.2. Maximális átviteli késleltetés

Ez az érték mondja meg, hogy mekkora a maximális késleltetés a szerver és a kliens között. Ennek az értéknek különösen nagy a jelentősége olyan rendszeren belül, ahol cellaváltás (roaming vagy handover) történhet, mert a régi hálózat minimális késleltetési értéke és az új hálózat maximális késleltetési értéke közötti időkülönbség késleltetési ingadozásként jelentkezik a kliens számára, amely így olyan nagy érték lehet, amit önmagában egyik csatornán sem tapasztalhat a kliens.

A maximális késleltetés teljes szerver-kliens útvonalon általában függvénye a szerver és kliens közötti fizikai távolságnak is és nagyban befolyásolja az átviteli késleltetést az is, hogy milyen jellegű hálózati részeket (például dedikált vagy közcélú, műholdas vagy vezeték nélküli kapcsolat) halad át a forgalom.

A maximális átviteli késleltetés kizáró kritériuma lehet az on-line videó átvitelnek, hiszen videó konferencia rendszer esetében a dekódolási és megjelenítési időt is figyelembe véve néhányszor 100 msec-os késleltetésnél nagyobb érték már nem engedhető meg.

2.2.3. Maximális átviteli késleltetés ingadozás

Ez az érték mondja meg, hogy mekkora a késleltetés maximális ingadozása. Amennyiben a kliens a média tartalmat a mintavételnek megfelelően egyenletesen kívánja lejátszani, úgy ezt az ingadozást ki kell egyenlítenie. A késleltetés ingadozása miatt a szerver és kliens órájának szinkronizációja is megoldandó feladat.

Cellaváltás vagy útvonalváltás alatt azonban nem ez az érték, hanem a régi hálózati útvonal minimális késleltetési értéke és az új hálózati útvonal maximális késleltetési értéke közötti időkülönbség is jelentkezhet késleltetési ingadozásként.

A késleltetés ingadozás kiegyenlítésére puffert kell alkalmazni. Konstans átviteli késleltetés esetében nyilvánvalóan semmiféle pufferre nincs szükség ebből a szempontból, de a média dekódoláshoz ebben az esetben is szükséges média dekóder puffer alkalmazása. Konstans átviteli késleltetés esetén azonban a szerver és kliens óráját nagyon egyszerű összehangolni.

Ingadozó késleltetésű csatornán a bejövő pufferrel azt kell biztosítani, hogy a média dekóder számára mindig elérhető legyen a következő keret dekódolásához szükséges adat, illetve a puffer méretét megfelelő méretűre kell választani ahhoz, hogy a bejövő adatok miatt ne legyen puffer túlcsofordulás. Az ingadozó késleltetéssel beérkező csomagoknál a pufferelés célja a forrás órajelének koherens visszaállítása is.

2.2.4. Bithiba arány

A csatornán megjelenő bithiba arány is befolyásolhatja az átvitelt. Az UDP-IP és TCP-IP hálózatoknál önmagában a vett csomagban bithiba közvetlenül nem fordul elő a gyakorlatban, mert a hibás csomagokat a hálózat, illetve az operációs rendszer vagy eldobja (UDP), vagy pedig újraküldi (TCP).

2.2.5. Csomaghiba arány

A csatornán megjelenő csomagvesztési arány UDP átvitel esetén jelentkezik. A csomagvesztési hiba kezelése a média lejátszó számára fontos feladat, hiszen így egy több csomagból álló keret bármelyik része lehet hiányos, ezért a lejátszónak fel kell készülnie arra, hogy értelmetlen bitsorozatot is kaphat bemenő információként.

A csomaghiba ellen hibajavító kódolással vagy újaküldéssel védekezhetünk, ha ezen eszközök használatára van lehetőség.

2.2.6. Maximális körbefordulási idő

Ez a paraméter a szerver és kliens közötti oda-vissza útvonal maximális idejét jelenti.

Ennek az értéknek a jelzéscsatornán való kommunikáció során van szerepe, valamint a hibakezelésre lehet még hatása úgy, hogy a kliens tudja, hogy egy kérését

a maximális körbefordulási időn belül tudja a szerver kiszolgáltatni. Így egy csomag elvesztése vagy meghibásodása esetén a csomag újraküldését érdemes lehet kérni a szervertől, ha a hiányzó csomagra csak a maximális körbefordulási időn túli időpillanatban van szükség.

2.2.7. Maximális szolgáltatás kimaradási idő

A maximális szolgáltatás kimaradási idő az az időszak, ami alatt a szerver és kliens közötti hálózati útvonal nem továbbít semmit. Ez a jelenség lényegében késleltetés ingadozasként is kezelhető, így megfelelően méretezett pufferrel megoldható a probléma kezelése. A hálózat kimaradása miatt azonban célszerű mégis különválasztani a késleltetés ingadozástól, hiszen ekkor az egyébként elenyésző sávszélességet igénylő jelzés-csatornák sem működnek.

Ha a maximális szolgáltatás kimaradási idő alacsony, akkor csak 1-2 csomag elvesztéséről beszélhetünk, de nagyobb értékek esetében akár több képre kiterjedő kimaradás is lehetséges. A dekóderben a pufferelési stratégia tervezésekor figyelembe kell venni azt is, hogy mekkora időszakokra esik ki a hálózati szolgáltatás. Amennyiben a kimaradási idő olyan hosszú is lehet, hogy puffereléssel sem hidalható át (jellegzetesen az 5 másodpercnél nagyobb értékeket már ilyennek tekintjük), akkor értelemszerűen nem kell figyelembe venni a pufferelés tervezésekor, de ekkor a rendszer egyik jellemző hibájaként kell számon tartani ezt a jelenséget.

2.3. Hálózati média lejátszó réteges logikai modellje

Az OSI hét rétegéhez hasonlóan egy IP feletti átvitelrel táplált média lejátszó is megadható réteges logikai szerkezetben. Erre mutat példát az 1. ábra.

A média lejátszó szempontjából a legalsó réteget az IP és az ez alatti hálózati rétegek jelentik. Az IP átvitelre vagy UDP, vagy pedig a TCP protokoll épül rá attól függően, hogy a videó átvitelével szemben milyen minőségi követelményeket fogalmazunk meg. A médiafolyam keretszervezéséhez UDP átvitelnél a RTP protokollt szokták alkalmazni, míg TCP esetében a keretszervezés fájl jellegű is lehet.

Általánosságban azt mondhatjuk, hogy kis késleltetés és sávszélesség-hatékonyság szempontjából az UDP/RTP átvitelt érdemes választani, míg ha a tartalom hibátlan letöltése a cél, akkor a TCP-re érdemes az átvitelt alapozni.

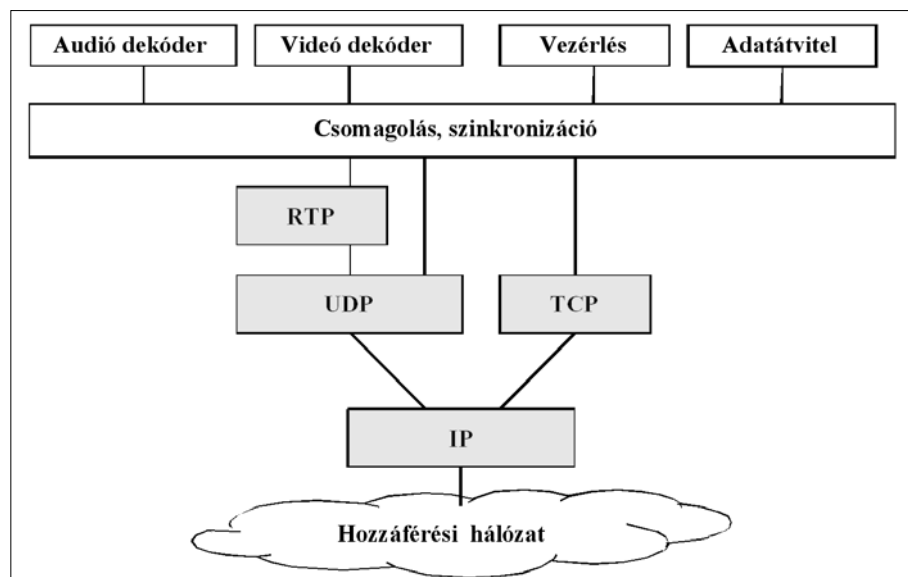
Az UDP átvitel fontos jellemzője a TCP alapú átvittel szemben, hogy a hálózati kapcsolóelemek a küldést nem nyugtázzák az UDP szinten, ezáltal az átvitel a TCP-vel szemben gyorsabb lehet (de nem biztos, hogy ez minden hálózat esetében így is van). Az UDP hátránya ennek megfelelően az, hogy a torlódás vagy bithiba miatt elveszett vagy eldobott csomagok nem érkeznek meg és az ilyen jellegű csomagvesztésre a média lejátszónak fel kell készülnie.

A gyakorlatban azonban léteznek olyan hálózatok is, amelyek az IP csomagokat rendszer-specifikusan továbbítják beágyazott módon, ezáltal nem tesznek különbséget az UDP és TCP csomagok átvitele között. Ha egy ilyen jellegű hálózat döntő befolyással bír a teljes átviteli út minőségi paramétereire (csatorna kapacitás, késleltetési idő, csomagvesztési arány), akkor az UDP és TCP átvitel között a minőségi paraméterek tekintetében nem lesz lényeges különbség. Ebben a helyzetben a TCP átvitel használata előnyösebb, mert a média lejátszónak nem kell a hiányzó csomagok problémájával megküzdnie. Továbbá csak a TCP átvitel használható abban a kényszerű esetben, amikor egy olyan tűzfal is része az átviteli útnak, amely csak HTTP forgalmat enged át.

Ellentétben egyes rögzítési megoldásokkal, ahol a képkockák mellé rögzítik a hozzá tartozó összes hangmintát, a legtöbb média átviteli rendszer az audiót és videót külön csatornáként kezeli, és a két csatorna között időbélyeggel oldják meg a szinkronizációt. Mivel a videó és hang csatornákat csomagolva továbbítják, ezért a csomagolásnak köszönhetően a többféle médiatartalom akár egyetlen adatátviteli csatornán is továbbítható és a szinkronizáláshoz szükséges időbélyeg, a csomag sorszámra, valamint a csomag azonosításához szükséges egyéb adatok a csomag fejlécben található meg.

2.3.1. Videó és audió kódolási réteg

A kódolóban ez a réteg felelős azért, hogy az adott sávszélességnek megfelelő formátumban álljon elő a videó és audió jel, a dekódolóban pedig ez a réteg végzi el a videó és audió tartalom visszaállítását.



1. ábra
Média átviteli hálózati rendszer
réteges modellje

A videó és audió kódolás tesztek szerint nagyobb mértékű bitsebesség csökkentés esetén sokkal kevésbé zavaró bizonyos szintű sávkorlátozás hatása, mint a kódolásból adódó melléktermékek megjelenése. Ez azt jelenti, hogy az eredeti formátumú (képméret, képváltási frekvencia) videó anyag kódolásakor egy adott bitsebesség eléréséhez nemcsak a tömörítési arány növelését, hanem a képméret, illetve a képváltási frekvencia megfelelő csökkentését kell megtenni ahhoz, hogy az adott bitsebességen a lehető legjobb minőséget érjünk el. Ezt a gyakorlatban úgy érjük el, hogy a forrás képméretét és képváltási frekvenciáját egy adott bitsebesség korlátig változatlanul hagyjuk, de ezen bitsebesség alatt felezzük a képméretet minden irányban, majd egy újabb bitsebesség szint alatt már a képváltási frekvenciát felezzük.

A képméret felezése bizonyos esetekben kézenfekvő: az SDTV felbontásnak az 576 soros 50Hz-es váltottsoros formátum felel meg az európai rendszerben, azonban a megjelenítő eszközök általában progresszív képeket támogatnak. Így a képméret negyedelése jellemzően az egyik félkép eldobásával és a megmaradt félkép horizontális felezésével érhető el, amivel már egy CIF méretű (352x288) 25 Hz-es progresszív formátumhoz jutottunk. Még kisebb bitsebességekre a képméret további negyedelése, illetve a képváltási frekvencia felezése helyett a harmadolás vagy negyedelés a lehetséges megoldás.

A hálózati kapcsolatok jellemző bitsebességét, azon belül a videó csatorna bitsebességét és a megfelelő videó formátumot az 1. táblázat mutatja be.

A videó kódolásnál fontos eszköz lehet a réteges kódolás is. Az MPEG-4 Visual [5] esetében három különböző skálázási módszer található: időbeli, térbeli és finom granularitású (Fine Granular Scalability, FGS). Hasonló eszközök találhatók az MPEG-4 AVC [6] skálázható kiterjesztésében [7] is.

MPEG-4 Visual esetében az időbeli skálázás az alapréteg egy alacsonyabb képváltási frekvenciájú bitfolyam, a javító rétegek bitfolyamjaival pedig sorra lehet ezt a frekvenciát növelni. Hasonlóan ehhez, a térbeli skálázás

esetén az alapréteg egy kisebb képméretű bitfolyam, és a javító rétegek dekódolásával pedig sorra növekszik a képméret.

Az FGS séma jelentősen eltér az előző kettőtől. Az FGS egy 2 rétegű jel-zaj viszony skálázási módszer, ahol a DCT együtthatókat bitszeletekre osztjuk és minden együtthatóból a legfontosabb bitet néhány következő bittel együtt küldjük el, mint alapréteget, ezután pedig a maradék bitekből küldünk el valamennyit, mint javító réteget. A rugalmasságot tehát az adja meg, hogy a bitszeletek megállapításánál milyen szeparációt alkalmazunk, amivel az alap- és javító réteg bitsebességét a lehetőségekhez képest tág határok között tudjuk változtatni.

A skálázhatóság gyakorlati alkalmazhatóságára jelenleg nincs egységesen elfogadott metodológia. A skálázott átvitel esetében mindig az a kérdés, hogy a bitsebességekhez vagy pedig a minőségi szintekhez ragaszkodunk-e, illetve melyik bitsebesség korlátot vagy minőségi szintet akarjuk betartani. Az előző példát tekintve elképzelhető lenne egy sokrétegű skálázás, ahol a 24 kbit/s-os GPRS-re szánt videó folyamat egy 96 kbit/s-os javító réteggel UMTS-hez illeszkedő videó folyamattá tudunk léptékelni a képváltási frekvencia duplázásával, majd rétegenként a képméret és a képváltási frekvencia duplázásával végül elérjük az SDTV felbontást. Ebben az esetben a sáv szélesség korlát betartásával a képminőség nem fogja elérni azt a szintet, amit ugyanazon bitsebességen elérne egy egyrétegű videó.

A hálózati környezetben a videó és audió dekódereknek különösen hibátűrőnek kell lenniük. Ez egyrészt jelenti a csomagvesztéssel szembeni robosztusságot, de jelenti azt is, hogy egyes adaptív rendszerekben a bitsebesség ingadozással gyakran együtt járó formátumváltást is kezelni kell tudni. A videó dekódernek általában mindig egy adott téglalapra kell tudnia felrajzolni a videót úgy, hogy a képpont méretarányt is korrigálni kell, és ha formátum váltás miatt például negyedelődik a képméret, akkor a megfelelő nagyítást is el kell tudnia végezni.

Hálózati kapcsolat	Teljes bitsebesség	Videó bitsebesség	Képméret	Képváltási frekvencia
GPRS	32 kbit/s	24 kbit/s	160x120	6 1/4 Hz
EDGE	50 kbit/s	48 kbit/s	160x120	8 1/3 Hz
UMTS	128 kbit/s	112 kbit/s	160x120	12 1/2 Hz
UMTS, WLAN	192 kbit/s	176 kbit/s	320x240	12 1/2 Hz
HSDPA, WLAN	256 kbit/s	224 kbit/s	320x240	12 1/2 Hz
WLAN, DSL	320 kbit/s	288 kbit/s	320x240	12 1/2 Hz
DSL	512 kbit/s	448 kbit/s	352x288	25 Hz
DSL	1800 kbit/s	1500 kbit/s	704x576	50 Hz

1. táblázat
Adott hálózati kapcsolathoz tartozó formátumok a jelenlegi technológiák mellett

2.3.2. Hálózati absztrakciós réteg

Ennek a rétegnek a fő feladata, hogy a forrásnál még szinkronizált videó és audió tartalom ugyanolyan módon legyen lejátszható a vevőkészülékben, függetlenül az ezen réteg alatt lévő hálózati technológiától. A hálózati absztrakciós réteg tehát az időzített és szinkronizált média tartalmat csomagolja be és látja el járulékos adatokkal úgy, hogy az így kapott adatfolyamot már a hálózati adatátvitelnek megfelelő módon lehessen továbbítani.

A hálózati absztrakciós réteg feladata még a média átvitelhez szükséges vezérlő üzenetek és adatok továbbítása is, illetve a hívások felépítése és karbantartása. Szintén ennek a rétegnek a feladatai közé tartozik a fizetési és számlázási információk beágyazása, ami általában magas adatintegritású bizalmas csatornán valósul meg.

2.3.3. Protokollok

A protokollok közül a hálózati és szállítási protokollok, azaz az IP, a TCP/IP és UDP/IP az operációs rendszer részei, de a rájuk épülő magasabb szintű protokollokat már az alkalmazásoknak kell megvalósítani.

Az IP egy „Best effort” szolgáltatás, de az IP csomagok átvitele során a késleltetés és a bitsebesség is ingadozhat, ráadásul a csomagok sorrendje is megváltozhat, sőt duplikált kézbesítés is lehetséges. Az IP csomag elvesztésének oka lehet valamelyik kapcsoló elem várakozási sorának túlcsoordulása, illetve okozhatja ezt csatornahiba is.

Az UDP annyival bővíti ki az IP-t, hogy az IP csomagban átvitt tartalmat kiegészíti egy adó és vevő porttal, hossz mezővel és ellenőrző összeggel. A TCP-vel szemben itt továbbra sincs hibakezelés, sorrend kezelés és torlódás vezérlés a hálózaton belül, viszont torlódáskezelés nélkül kisebb a késleltetés a hálózati továbbítás során.

A TCP ezzel szemben veszteség nélkül továbbítja a küldött folyamatot, mert itt a hálózaton keresztül végig megtörténik az átviteli hibák kezelése. A jelenlegi IP hálózati elemek a TCP csomagok küldését úgy végzik, hogy sikeres továbbítás esetén egyre inkább növelik a küldési ablak méretét, és amikor ez olyan nagy lesz, hogy egy megadott idő alatt nem lehet már az IP csomagokat továbbítani, akkor felezik az ablakméretet (Additive Increase, Multiplicative Decrease). Ez az algoritmus adatátvitelre kiváló, de ugyanennek az algoritmusnak az eredménye az, hogy a nagy ablaknyi adat elvesztése és újraküldése a média számára túl nagy késleltetést jelen és állandósult hálózati helyzetben is nagyon ingadozó küldési sebességet okoz. A média átviteli alkalmazás inkább azt igényli, hogy az ingadozás nélküli átlagos átviteli kapacitás „látszódnjon” és maga dönthessen az újraküldésről.

Ebből a szempontból az UDP átvitel sokkal előnyösebb a média átvitelre. Ki kell emelni azt, hogy olyan videó átvitelre dedikált adatátviteli hálózaton, amely tisztán vezetékes és a szerver és kliens közötti média forgalom mellett lényegében nincs más forgalom, az UDP

szolgáltatás is hibamentes átvitelt tud eredményezni. E példa szélsőséges ellentéte egy olyan adatátviteli hálózat, ahol a tűzfalak és a címfordítás (Network Address Translation, NAT) miatt csak a HTTP forgalom tud áthaladni a hozzáférési hálózat és a nyilvános hálózat között. Ilyen hálózaton a tűzfal és NAT beállítások általában olyanok, hogy csak a HTTP forgalmat engedik át: ilyen helyzetben nincs más lehetőség a videó forgalom továbbítására, csak a HTTP feletti átvitel.

Az IETF (Internet Engineering Task Force) multimédia protokoll készlete az alábbi elemekből áll:

- RTP (Real-time Transport Protocol) és RTCP (Real-time Control Protocol) [8]: e két társprotokoll hajtja végre a média átvitelt és annak vezérlését vételi jelentésekkel. Működhet TCP és UDP felett is, általában az utóbbit szokás alkalmazni.
- SIP [9] (Session Initiation Protocol): felépíti és újrakonfigurálja a multimédia átvitelt
- RTSP [10] (Real Time Streaming Protocol): VCR jellegű funkciók megvalósítása
- SDP [11] (Session Description Protocol): média-átviteli paraméterek közlése és rögzítése

A fenti protokollok nem részei az operációs rendszereknek és általában az átviteli hálózatnak sem, ezért ezeket az alkalmazásoknak kell megoldani. A médiaátvitelt is támogató hálózatokon azonban kezdenek megjeleníteni RTP és SIP protokollokat kezelő alkalmazásszintű kapcsolók, illetve átjárók, de ezek valójában inkább csak kísérleti fázisban vannak, igazi elterjedésről nem beszélhetünk.

Egyes alkalmazásokhoz digitális jogkezelés is szükséges, ezért azt is vizsgálni kell, hogy az operációs rendszer és az alatta lévő hardver, valamint a hálózat megfelelő részei (egyes szerverek) milyen kriptográfia lehetőségeket tesznek lehetővé az alábbi feladatok végrehajtásához: felhasználó azonosítás, média titkosítás, kulcscsere és kulcsgondozás, fizetés és számlázás stb.

3. Videó átviteli sémák

A lejátszás időbeli hűsége szempontjából jelenleg elterjedt videó szolgáltatások alapvetően három kategóriába oszthatók fel. Az időbeli hűség szempontjából elsősorban két paraméter, a lejátszás időbeli folytonossága, valamint a küldés és lejátszás között eltelt időkülönbség jelenti. Az off-line séma egyik paramétert sem vizsgálja, a near-line séma már az időbeli folytonosságot tekinti elsődleges szempontnak, míg az on-line séma már minimális időkülönbséget céloz meg és az időbeli folytonosságot csak ezen túlmenően biztosítja.

Nyilvánvalóan minden séma esetében törekedni kell a lehető legjobb kép- és hangminőség elérésére. Ennek egyik fontos eszköze a megfelelő pufferelési stratégia, amivel nemcsak a késleltetés ingadozását, hanem az időbeli folytonosságot is lehetséges biztosítani, továbbá az esetleges újraküldéssel vagy átszövéses hibajavítással. a csomagvesztés kezelése is lehetséges.

Ebben a fejezetben a három átviteli sémát és a puffereelési stratégiát mutatjuk be.

3.1. Off-line átviteli séma

Az off-line átviteli séma a hálózati átvitel szempontjából legegyszerűbb séma, hiszen nem szükséges sem a real time feltétel (garantált minimális sávszélesség), sem pedig a gyors válaszidő kielégítése (kis késleltetési és körbefordulási idő). IP hálózatot alapul véve ebben az esetben a TCP-IP protokoll és az ezen alapuló magasabb szintű protokollok (pl. HTTP) alkalmazhatók.

Az off-line átvitel során a hálózat időszakos elérhetősége (amely több másodperc lehet) sem okoz problémát, csupán az elvi sávszélességből adódó letöltési időt növeli meg a kiesés idejével, egyedül a hosszú idejű hozzáférhetetlenség lehet gond. A fájl alapú médiaátvitel jellemző megvalósítását a 2. ábra mutatja be.

3.2. Near-line átviteli séma

Ez az átviteli séma annyival bővíti az off-line sémával kapcsolatos követelményrendszert, hogy a lejátszásnak egy bizonyos késleltetési idő elteltével el kell indulni, de az indulás után folyamatos lejátszást kell végezni. A késleltetett indulás utáni folyamatos lejátszás az átvitelnek a szükséges puffereelésnek a megtörténtét feltételezi, valamint azt, hogy a média átvitel számára szükséges bitsebesség megválasztható úgy, hogy beleférjen a csatorna által garantált bitsebességbe. A bitsebesség megválasztása általában automatikus, a server és kliens közötti vezérlési üzenetek alapján történik meg a server, a kliens vagy mindkettő által.

Míg az off-line átvitel szinte kizárólag TCP alapú, a near-line átvitel már UDP alapú is lehet, sőt inkább UDP alapon implementálják. UDP hálózat esetében a csomagok sorszámozása által lehetőség van a csomagsorrend helyreállítására, illetve csomag újraküldés esetén az újraküldött csomag szintén a csomagsorrend helyreállításával kerül bele a letöltési pufferen belül a megfelelő helyre.

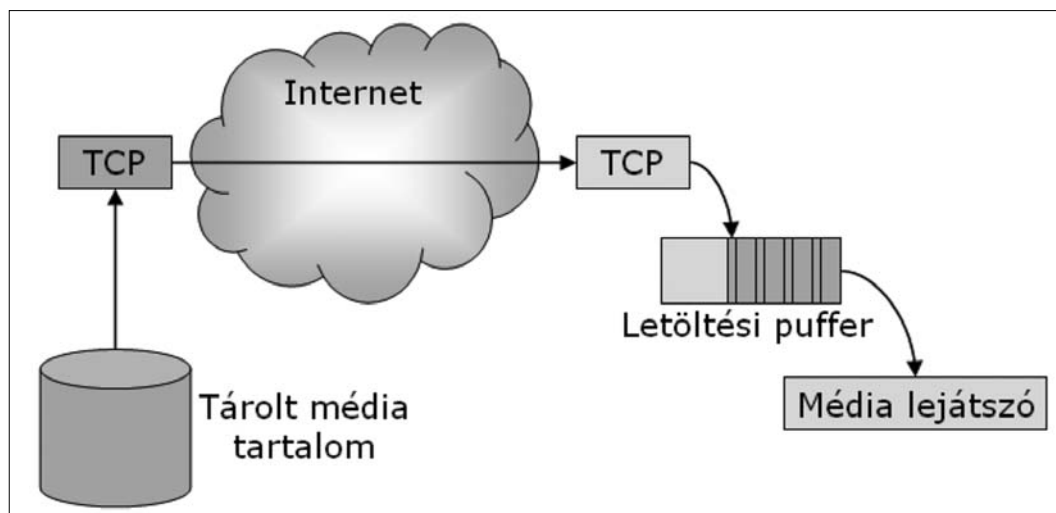
Heterogén hálózati környezetben a csatorna paraméterei (bitsebesség, késleltetés, csomagvesztési arány) időszakosan változhatnak, ezért ezeket valamilyen mó-

don mérni kell és alkalmazkodni kell hozzájuk. A mérést és az adaptációt a kliens és server egyénileg vagy közösen végzi el, de minden esetben szükség van valamilyen visszajelzésre a klientsztől a server felé. Ezt a kliens egy kis sávszélesség igényű visszairányú vezérlési csatornán teszi meg, ahol a beérkezett és elvesztett csomagok számát, a puffer állapotát tudja visszajelzeni, valamint a körbefordulási idő méréséhez is szolgáltathat adatokat. A bitfolyam küldési sebességét, az alkalmazott hibavédelmi megoldást és a puffer méretét ezen vezérlési üzenetek eredményeképpen határozzák meg.

A puffereelés célja a késleltetési idő ingadozásának megszüntetése, a bitfolyam csomagjainak helyes sorrendbe állítása (UDP esetén) és a hálózat esetleges időszakos kiesésének az áthidalása. A puffert tehát úgy kell méretezni, hogy mindhárom feltételt kielégítsük, azaz a követelményekből származó pufferméretetek legnagyobbikát kell választani. A jelenlegi Internetes streaming alkalmazások tipikusan near-line jellegűek, ahol egy néhány másodperces puffereelés után indul csak el a lejátszás, éppen az előbbi célok miatt.

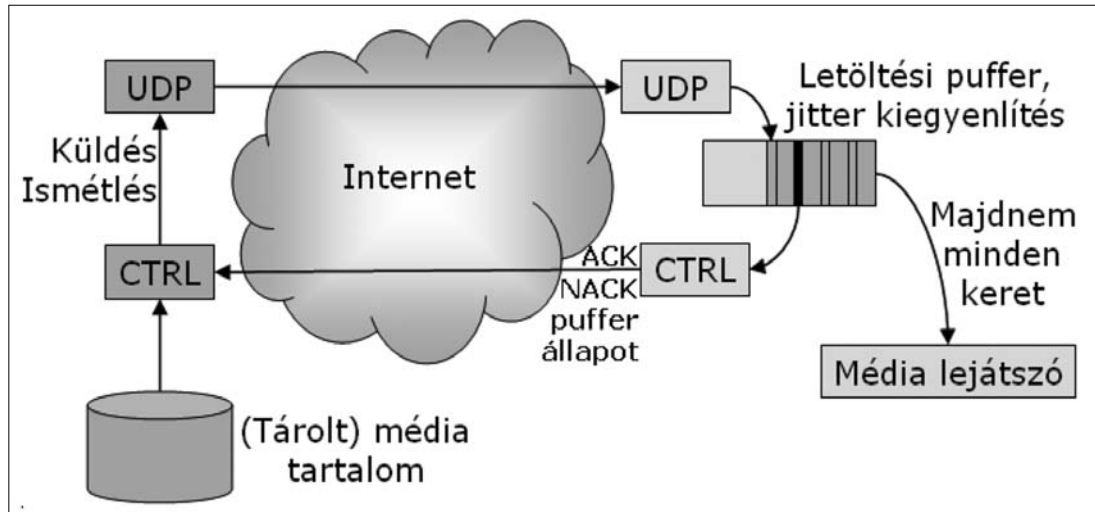
Az UDP alapú near-line médiaátvitel jellemző megvalósítása esetén a 3. ábrán látható. Meg kell azonban említeni, hogy TCP alapon is implementálható a fenti megoldás. Mivel TCP esetében csomagvesztés nem fordulhat elő, ezért az ábrán „Ismétlés” üzemettel jelzett csomagismétlést nem kell megvalósítani. Továbbá a csomagok beérkezését (ACK) vagy be nem érkezését (NACK) jelző vezérlési üzenetekre sincs szükség, elégséges az adott időszakig letöltött vagy elküldött csomagok vagy bájtok számát figyelni. Ez alapján a server és/vagy a kliens el tudja dönteni, hogy a pillanatnyi média sávszélesség illeszkedik-e a TCP csatorna kapacitásához. Túl kicsi vagy túl nagy sebesség esetében a megfelelő bitsebességű kijátszásra kell átkapcsolni, azaz a küldés sebességét kell csak vezérelni.

A TCP alapú near-line média átvitel tipikus példája a Windows Media [12,13] rendszer, amelyben a server Multiple Bitrate (MBR) [13] technológiával előállított fájlokat képes a lejátszó számára továbbítani HTTP protokoll felett. Az MBR fájl több különböző bitsebességen tartalmazza ugyanazt a videó tartalmat.



2. ábra
Fájl alapú
médiaátvitel jellemző
megvalósítása

3. ábra
Near-line média
streaming jellemző
megvalósítása
UDP hálózaton



Ebben a rendszerben a kliens dönti el, hogy melyik videó és audio bitfolyamot akarja lekérni az MBR fájlból, a szerver pedig a kulcskép pozíciókban képes a váltásra. A kérést nemcsak a lejátszás elején, hanem menet közben is elküldheti a kliens, utóbbi esetben a kliens feladata, hogy megfelelő módon összekapcsolja a bitfolyam váltás előtti és utáni bitfolyamokat.

Speciális esetben az off-line TCP alapú átvitel megfelel a near-line átvitelnek: amikor az átviteli csatorna kapacitása biztosan meghaladja az átvitt bitfolyam bitsebességét. Ekkor a kliens pufférének feltöltését nem kell közvetlenül figyelni, a szervernek csak arra kell ügyelni, hogy a kijátszási sebessége megfeleljen a dekódolt média lejátszási sebességének.

3.3. On-line átviteli séma

On-line átvitel jellemzően akkor fordul elő, amikor videó konferenciát alkalmazunk. Ekkor a cél a körbefordulási idő minimalizálása, amely idő a videokonferenciában részt vevő partner reakcióidejét jelentősen növelő tényező.

Ebben az esetben a késleltetést minimálisra kell választani, amely az átvitel szempontjából egy kritikus paraméter. Itt a pufferelement is minimalizálni kell és a hálózat időszakos kiesésének az áthidalása már nem történhet meg egy nagyobb pufferelement megvalósításával. A hibás csomagok, illetve a hálózat kiesését csak extrém kicsi maximális késleltetéssel és nagy sávszélességgel lehetne orvosolni, tehát az on-line séma esetén a csomaghiba és szolgáltatás kiesés általában nem orvosolható probléma.

Az on-line átviteli séma megvalósítása hasonló a 3. ábrán láthatóhoz annyi különbséggel, hogy itt a letöltési puffer hossza mindössze legfeljebb egy-két kép lehet, így a vezérlésnek (CTRL) és a vételről való visszajelzésnek sokkal kisebb a szerepe: a vezérlést lényegében az átviteli út paramétereinek a becslésére használhatjuk, de a rövid pufferméret miatt újraküldésre már nem alkalmas. A letöltési puffer célja elsősorban csak a késleltetés ingadozás (jitter) kiegyenlítése és a csomag-sorrend visszaállítása, így ennek megfelelően kell a lehető legrövidebb pufferméretet alkalmazni.

3.4. Pufferelési kérdések

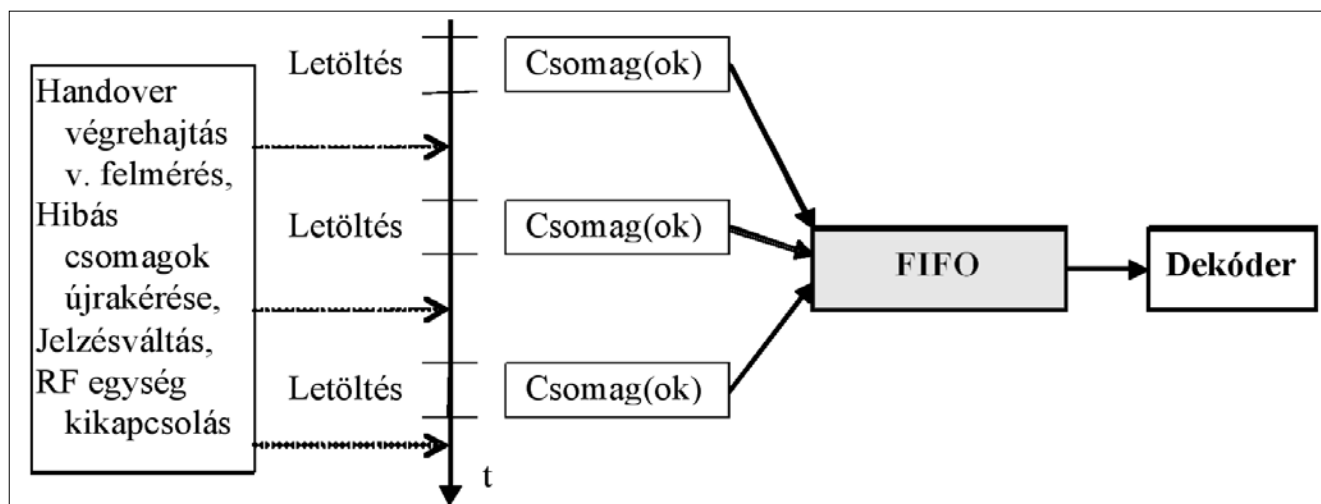
Az előző három átviteli sémánál a megválasztott pufferelementi stratégia alapvetően különbözött. Az előző pontokban már szó esett a három különböző séma pufferelementi megoldásainak ismertetésére. Az alábbiakban két különleges helyzetre, a nagy sávszélességű csatornára és a csomagvesztéssel rendelkező csatornára vonatkozó pufferelementi szempontokról lesz szó.

3.4.1. Pufferelement nagy sávszélességű csatornán

A újabb generációs hálózatoknál már feltételezhetjük, hogy nagyobb sávszélesség áll a rendelkezésre, mint amennyi átlagosan szükséges a média átvitelre. Ez a többletkapacitás kihasználható fejlettebb szolgáltatások megvalósítására, például fejlettebb hibavédelmi, pufferelementi vagy akár hálózatváltási célra.

Az ilyen helyzetben alkalmazott megoldás alapötlete a DVB-H (Digital Video Broadcasting for Handheld devices) rendszerből származik. A DVB-H-nál a nagy sávszélességű csatornán a szükséges bitfolyam csak az idő kis részében töltődik le, így a készülék nagy fogyasztású rádiós interfészét nem kell állandóan teljes üzemben tartani. A kézi készülékhez szükséges kis bitsebességet egy ennél lényegesen nagyobb átviteli sebességű csatorna biztosítja, amely így az egy keretre jutó adatot a keretidő töredéke alatt képes biztosítani. A letöltés tehát burst-ös jellegű lesz, ahogyan azt a 4. ábra szemlélteti.

On-line átvitel esetében az egy burst-ben letöltött egységek legfeljebb képi szintűek lehetnek, azonban a near-line tartalom esetében ennél sokkal nagyobb csomagegység is elképzelhető. Ilyen módon a két letöltés közötti időben újrakérhetők lehetnek a hiányzó csomagok, de természetesen csak megfelelően alacsony csomagvesztési valószínűség esetén (jellemzően 10⁻²-nél alacsonyabb értéken). Az újrakérés kommunikációs késleltetéssel jár a kliens és a szerver között, emiatt ez a szempont a rendszer tervezése során a burst-ök méretének és így a két burst közötti szabad időszak növelésének irányába hat. Természetesen ezzel ellentétes szempontot jelent a vevőkészülék korlátozott puffermérete.



4. ábra Pufferelés végrehajtásának szemléltetése burst-ös átvitelnél

Ennek a megtervezése a konkrét mérési eredmények után lehetséges, ahol az alábbi szempontok játszanak szerepet:

- videó forráskódolási paraméterek: átlagos bitsebesség, képváltási frekvencia, átlagos bitsebesség I és P típusú képekre,
- csatorna garantált bitsebessége
- csatorna csomagmérete, csomagvesztési valószínűsége, csomagvesztési burst jellemző statisztikája (pl. max. szolgáltatás-kimaradási idő)
- kliens-szerver kommunikáció késleltetési ideje: körbefordulási idő, kért kép kiszolgálásának maximális késleltetési ideje, kért csomag újraküldésének maximális késleltetési ideje
- vevőkészülék szabad kapacitása: maximális pufferméret minden hálózati interfészt figyelembe véve, egyetlen videó dekódolásán túl fennmaradt számítási- és tárkapacitás

3.4.2. Pufferelés átviteli hibával rendelkező csatornán

A valóságos csatornán ingadozó sebességgel és késleltetéssel érkeznek be a csomagok, és a UDP esetén a csomagok egy része elveszhet és a sorrend is megcserélődhet. Ezen problémák kezelésére pufferelést kell alkalmazni a lejátszó bemenetén.

Az ingadozó késleltetés kiküszöbölése és a forrás órajelének regenerálása a pufferelés elsődleges célja. A pufferbe kerüléssel azonban a csomagsorrend hibát is kezelni lehet. A csomag sorrendezését csomagsorszámozással lehet megoldani, a pontos időpontban való megjelenítést, a forrás órajelének visszaállítását és az audio és videó közötti szinkront időbélyeggel lehet kezelni. Ezeket a szolgáltatásokat az RTP protokoll üzeneteivel biztosítani lehet.

A pufferelés során lehetőség van előre tekinteni a beérkezett csomagokra. Egy T idejű pufferelés azt jelenti, hogy az éppen lejátszott kép és a legfrissebb csomaghoz tartozó kép között átlagosan T időkülönbség van. T értéke tipikusan 1-5 mp közötti. Nagyobb T értékek esetén, amikor T a körbefordulási időnél nagyobb, a hiányzó csomagok pótlását kérhetjük a szervertől. Az újrakül-

dés a vevő esetén nem okozhat zavart, hiszen UDP átvitelnél a beérkező csomagok sorrendezését mindenképp végre kell hajtani, a duplikált küldést pedig el kell dobni.

A hiányzó csomag újraküldése nyilvánvalóan növeli az átvitelhez szükséges sávszélességet, a növekedés mértéke a csomagvesztési arány függvénye. A másik lehetőség a hiányzó csomagok pótlására a hibajavító kódolás, amely alkalmazása szintén a sávszélesség növelésével jár. A csomagvesztésre alkalmazható hibajavító kódolás lehet átfűzéses kódolás, illetve kifejezetten csomagvesztésre alkalmas hibajavító kódok, mint például az LT [14] és Raptor [14,15] kódok – az utóbbi szisztematikus változata 3GPP ajánlásban is szerepel [16].

4. Adaptációs technikák a hálózati média átvitel során

Az adaptációs technikák célja a hálózat paramétereinek ingadozásához való igazodás, amely alapvetően az alábbi, egymást kiegészítő eszközökre épül:

- Küldő alapú séma:

Az átvitelben résztvevő hálózati komponensek kommunikációja alapján választja meg a médiát küldő eszköz (szerver vagy a kliens közvetlenül kiszolgáló média-proxi) a médiafolyam bitsebességét. A döntés alapja az átvitelben résztvevő hálózati komponensek – elsősorban a kliens – által mért hálózati paraméterek.

- Vevő alapú séma:

Ebben a sémában a küldő több reprezentációt, például tipikusan több réteget küld el és a vevő az aktuális hálózati paramétereknek megfelelően kapcsolódik a szükséges reprezentációhoz vagy reprezentációkhoz. A küldő többszörös kiszolgálást végez egyetlen vevő számára, amely bizonyos esetekben felesleges, mert nem kerül felhasználásra.

- Kódoló/transzkódoló alapú séma:

A kódolási formátumot változtatjuk meg úgy, hogy a mért hálózati paraméterekhez minél kedvezőbben illeszkedjen a formátum. Ez lehet a szerveren is (kódoló), de lehet akár a rádiós hálózat határán lévő proxiban is, vagy a kettő között bárhol a hálózaton (transzkódoló).

4.1. Küldő vezérelte adaptációs séma

A küldő vezérelt adaptációs séma alapját az képezi, hogy egy médiafolyamnak egy adott bitsebességen többféle reprezentációja létezik. A küldő alapú adaptációs sémákban a küldő határozza meg, hogy milyen sávszélességű kiszolgálást célszerű alkalmazni és ennek alapján pumpálja ki a biteket szabályozott módon. Ennek hagyományos eszköze, hogy többféle formátumban is letárolták a videó anyagot és az aktuális sávszélességnek megfelelőt játsszák csak ki.

Ennek a megoldásnak egy finomított változata a skálázható átvitel. Egyesadás (unicast) esetben küldő alapú sémaként is implementálható a réteges átvitel, amikor a küldő végzi el a döntést a kliens által mért hálózati paraméterek alapján és csak akkor és annyi javító réteget továbbít, amennyire lehetőség van az adott átviteli kapacitás szempontjából. Ekkor a vevőben az alapréteg kereteinek kell megérkezni és amennyiben a javító rétegből kap keretet, akkor azt is felhasználja a dekódoláshoz, egyébként pedig nem. Intelligensebb hálózat esetében lehetőség van az alap- és javító réteg közötti prioritás megadására és ilyen módon akár a videó szerver helyett a hálózat belső elemei is eldönthetik, hogy továbbítják-e a javító réteg csomagjait, így a döntési kompetencia is eloszlik a hálózaton belül, ettől azonban még küldő alapú marad a séma.

A csomagvesztés hatásának csökkentését a mozgásbecslés beállításának megválasztásával, illetve hibajavító kódokkal teheti meg a küldő, míg a sávszélesség tartósabb ingadozását a kódolás megváltoztatásával kell kezelni.

A mozgásbecslés beállításával azt lehet befolyásolni, hogy a csomagvesztés során okozott képek elvesztése mekkora hatással legyen a dekódolt videó minőségére. Gyakori csomagvesztés esetén csak I képekből álló átvitelt érdemes megvalósítani, míg egyre ritkább csomagvesztés esetén egyre inkább lehet a mozgásbecslést erősíteni.

4.1.1. Mozgásbecslési beállítás

a hálózati paraméterek függvényében

Amennyiben nem alkalmazunk mozgásbecslést, azaz tisztán I típusú képeket használunk, akkor általános esetben egy adott bitsebesség ez okozza a legnagyobb kódolási hibát egy hibamentes csatornán. Azonban ha a csatorna jellegzetesen burst-ös hibákat produkál, akkor ez a struktúra nem terjeszti tovább egy adott képrészlet elvesztéséből adódó hibát a következő képekre, hiszen nincs képek közötti predikció.

Az I, P és B típusú képek alkalmazásával hibamentes csatornán a viszonylag sok becsült kép eredményezi a legjobb minőséget. Azonban ha a csatornahiba miatt egy referenciakép hibás lesz, akkor ebben a struktúrában a hiba tovaterjed a képek közötti predikció során és a következő I képig nem is javul meg a képtartalom.

A legfeljebb egyirányú predikció, azaz B típusú képek kihagyása a középút a két módszer között. Ekkor a kódolási hatékonyság a hibamentes csatornán nem lesz maximális. Itt is igaz, hogy „nyugodt képtartalom”

esetén a P típusú képek gyakoriságának növelésével általában javul a képminőség egy adott bitsebességen. A csatornahiba miatti referenciakép meghibásodás a hiba tovaterjedését okozhatja és a hibavédelmi eszközök nélkül ennek eredményeképpen általában 2-3 kép után a teljes kép élvezhetetlenné válik. Emiatt az I képek gyakoriságát növelni kell, ami azonban a kódolási zajt növeli a képen.

4.1.2. Küldési sebesség változtatása

A küldési sebességet úgy kell megváltoztatni, ha a sávszélesség elegendő legyen a valós idejű továbbításra. Mivel a rendelkezésre álló sávszélesség ingadozik, ezért azt valamilyen módon becsülni kell. A legelterjedtebb megoldások a rendelkezésre álló sávszélességet a vevő puffer telítettségének vizsgálatából, illetve a csomagvesztési arány és a körbefordulási idő értékekből becslik.

A kódolás bitsebességének változása magával hozhatja a képméret változtatására is, így nagyobb meghibásodással jellemezhető időszakokban a kisebb képméretben könnyebb a kisebb bitsebességű továbbítást megvalósítani, de ilyenkor a kép nagyfrekvenciás összetevőit veszítjük el.

Hasonlóan csökkenthető a bitsebesség a képváltási frekvencia csökkentésével is. A képméret csökkentéséhez hasonló megoldás az, amikor a blokkok frekvenciartománybeli együtthatói közül dobjuk el a nagyfrekvenciásakat, egyfajta spektrális kiválasztást elvégezve. Így a képméret nem változik, de a frekvenciartománybeli tartalom szabályozható mértékben csökken. Míg a képméret változtatásánál általában csak a felezés, negyedelés stb. jöhet szóba, a frekvenciartománybeli együtthatók eldobásával a sávszélesség csökkentést finomabb lépésekben lehet végrehajtani, miközben a képméret nem változik.

4.2. Kódoló-transzkódoló alapú adaptációs sémák

A küldő alapú sémák egyik speciális és fontos eleme a kódoló (és transzkódoló) alapú sémák. Ennek a sémának a kiindulási esete az, amikor élő felvételt kell kódolni úgy, hogy a pillanatnyilag alkalmazandó bitsebességet és esetleg egyéb paramétereket a hálózati átvitel sávszélességének ingadozásához kell igazítani. Ekkor a kódoló az alábbi forgatókönyvet követheti:

- A sávszélesség kismértékű csökkenésével vagy növelésével csökkenti/növeli a bitsebességet.
- Egy adott szint alá csökkent sávszélességnél változtat a formátumon: pl. képváltási frekvencia csökkentés, képméret redukció, képek közötti predikció növelése.
- Ha a sávszélesség egy adott szint felé kerül, akkor változtat a formátumon a javuló minőség irányában: pl. képváltási frekvencia növelés, képméret növelés.
- Csatornahiba esetén is változhat a kódolási paraméter, például:
 - nagyobb csomagvesztési arány mellett a képek közötti predikciót csökkenteni kell;

- nagyobb csomagvesztési arány mellett egy prediktív képen belül az intra kódolású blokkok számát növelni kell, szélsőséges esetben az összes blokk intra típusú lesz;
- áttérhet a kódoló reverzibilis VLC kódolásra, vagy hibajavító kódolást is alkalmaz.

A kódolást azonban egy kódolt anyag dekódolásával és újrakódolásával is megtehetjük, ekkor azonban jelentősen terheljük a szervert. Érdekes és fontos terület az, amikor a kódolás-dekódolás lépéseket nem teljesen, hanem részlegesen hajtjuk végre (transzkódolás), vagy akár csak bitfolyam elemzéssel csökkentjük a sávszélességet a megfelelő bitek megtartásával.

Az újrakódolás egyik tipikus esete az, amikor a mozgáskompenzáció miatti hibaterjedés miatt szükség vagy egy I típusú „kulcs”-kép küldésére azon a helyen, ahol csak egy prediktív képet tároltunk a szerveren. Ekkor a képet dekódolni kell, majd pedig újrakódolni, így módon egy I típusú kép jut el a klienshez. Ekkor azonban elvileg az összes képet újra kellene kódolni ettől a ponttól kezdve addig, amíg nem jutunk el egy újabb I típusú képhez. Ez problémás lehet, ezért inkább javasolt az a megoldás, hogy a csatorna tulajdonságainak előzetes ismeretében az intra típusú blokkok minimális számát célszerű megszabni úgy, hogy egy referenciakép elvesztése után is felépüljön a kép néhány képidő múlva.

A bitfolyam elemzés alapú újrakódolás egyik jellegzetes és hatékony példája nem skálázható átvitel esetén a kvantált és transzformált együtthatók adaptív szelektálása, valamint skálázható esetben a finom granularitású skálázhatóság, az előző a progresszív JPEG kódolás spektrális kiválasztásához, az utóbbi pedig a szukcesszív approximációs technikához hasonlít.

A kvantált együtthatók adaptív szelektálása esetében a progresszív JPEG kódolás spektrális kiválasztásához hasonlóan a bitsebességet úgy csökkentjük/növeljük, hogy adott I indexig tartjuk meg a kvantált frekvenciatartománybeli együtthatókat, a többi pedig 0-nak tekintjük. Mivel a kvantált frekvenciatartománybeli együtthatók az emberi látás szempontjából vett fontossági sorrendben állnak egy blokkon belül, így az együtthatók 0..I indexig való megtartása valóban a legfontosabb I+1 együtthatót tartja meg minden blokkban. Ilyen módon a blokkokra eső bitmennyiség csökken I csökkentésével, és I növelésével pedig nő, tehát a módszer alkalmas a videó bitfolyam sávszélességének adaptív változtatására. Amennyiben több I határpontot alkalmaznánk, úgy lehetőség lenne javító rétegek definiálására is. A módszer hibája a finom granularitású skálázhatósággal szemben az, hogy nehezebb megtalálni a kapcsolatot a blokkonkénti együtthatók száma (I) és a bitsebesség között.

A finom granularitású skálázhatóságnál az egyenletes skalár kvantálással kvantált együtthatókat bitszeletekre osztjuk és minden együtthatóból a legfontosabb bitet néhány következő bittel együtt küldjük el, mint alapréteget, ezután pedig a maradék bitekből küldjük el a következőket, mint javító réteget és így tovább folytatjuk a bitszeletekkel. Az MPEG-4 videó dekódolás ismeri

ezt a módot, az MPEG-4 Part 2 Amendment 4 (Streaming Video Profile) két ilyen üzemmódot; az FGS (Fine Granular Scalability) és FGST (FGS Temporal scalability) üzemmódokat definiálja, ez utóbbiban a javító réteg új képeket is beszur a meglévők közé a képváltási frekvencia növelése érdekében. Ez a két üzemmód 1 alap- és 1 javító réteget alkalmaz a dekódolás során és a videó kijátszás rugalmasságát az adja meg, hogy a két bitszelet szeparációja változtatható futás közben is.

Mivel azonban az MPEG szabványok csak a dekódot határozzák meg, így lehetősége van a szervernek több javító réteg küldésére is, amelyek közül a vevő választ egy megfelelőt és csak azt dekódolja az alapréteggel együtt. A kétrétegű kijátszás számítási komplexitása ilyen módon jelentősen csökken a többi transzkódolási sémához képest.

A kétrétegű kijátszás számítási komplexitása azonban még tovább csökkenthető akkor, ha ismerjük a csatorna minimális sávszélességét. Ekkor az alap réteget a minimális sávszélességen való kiszolgálásra kell kódolni, a javító réteget pedig a szerver állítja elő az egy előre lekódolt maximális (vagy annál nagyobb) sávszélességű javító réteg bitfolyamából az aktuális átviteli kapacitásnak megfelelően. Ilyen módon egyetlen szerver egy viszonylag egyszerű bitfolyam elemzéssel képes kiszolgálni egyetlen klienst, a szokáson számítási komplexitástól alig nagyobb terheléssel. Ezzel egybehangzóan, egy szerver lényegében alig kevesebb klienst képes kiszolgálni FGS módon, mint anélkül. Másrészt az FGS esetében minimálisra tehető az a bitfolyam növekedés, ami abból adódik, hogy két rétegben küldtük el a dekódernek a biteket, ilyen formában a tömörítés hatékonyságát lényegében nem csökkenti az FGS alkalmazása.

4.3. Vevő vezérelte adaptációs sémák

Ebben a sémában azt a döntést, hogy egy vagy több szerver által küldött azonos médiatartalom azonos vagy különböző reprezentációi közül melyik vagy melyek kerülnek dekódolásra, a vevő végzi el.

Tipikus példája az ilyen alkalmazásnak a rétegzett átvitel többesadással, ahol az alapréteg mellé javító réteget vagy rétegeket is küldünk, általában a javító réteget kisebb prioritással. A javító réteget azonban csak akkor használjuk fel egy képnél, ha az alapréteget dekódolni tudtuk, majd pedig ezután a javító réteget is. Ezen túlmenően a vevőkészülékek teljesítménybeli különbsége is befolyásolhatja, hogy mely folyamatokat képesek dekódolni.

5. Jellegzetes videós szolgáltatások megvalósítása

A jellegzetes videó átviteli szolgáltatások a technológia szempontjából 3 nagy csoportra oszthatók fel:

- Adatátviteli jellegű szolgáltatások:
 - A média bitfolyamot fájlként kezeljük: ftp, http, levelezés, fájlcsere alkalmazások stb.
 - Fájl átvitel alapú videó szolgáltatások az off-line átviteli séma szerint:

letöltés és visszánézés, ahol a tárolás lehet időleges (pl. egy napig) vagy állandó.

- Streaming szolgáltatások:
 - Ezeknél a megoldásoknál igazából a média átviteli megoldások képezik a jellemző alkalmazásokat, mind pl. az internetes rádió és TV adások, élő web-kamerás sugárzás kamera kiválasztással és esetleg mozgatással stb.
 - Többnyire near-line átviteli séma szerint, ritkábban lehetséges az on-line is.
- Interaktív alkalmazások:
 - Jellemző hálózati megoldások: játékok, chat.
 - Hasonló videó szolgáltatások: főleg videó-konferencia-alkalmazások tartoznak ide, de egyes web-kamerás sugárzások is ide érthetők.
 - Szinte kizárólag on-line séma szerint, ritkán azonban a near-line átviteli séma is lehetséges.

Fontos hangsúlyozni, hogy a fizetős vagy korhatáros videós szolgáltatások nyújtásának fontos feltétele, hogy kriptográfiai eszközökkel védjük mind az átvitt vagy esetleg letárolt tartalmat, mind pedig az érzékeny és bizalmas adatokat tartalmazó járulékos adatátvitelt (számlázási információk).

5.1. Adatátviteli jellegű videós szolgáltatások

Ezeket a szolgáltatásokat általában TCP/IP vagy HTTP felett valósítják meg és célja a tartalom letöltése ideiglenesen vagy állandó jelleggel. Speciális esetben, például egy 100 Mbit/s-os Ethernetre alapuló dedikált IP-TV hálózaton azonban az UDP átvitel is már lehet annyira hibamentes, hogy akár UDP felett is megoldható a letöltés.

A szolgáltatás lényege, hogy egy nagy kapacitású tárolóval rendelkezik vagy a végkészülék, vagy a végberendezés közelében valamelyik hálózati elem és erről a tárolóról lényegében elhanyagolható késleltetéssel képes a végberendezés a tárolt tartalmat kijátszani. A cél a tartalom biztonságos kinyerése, a késleltetés csak másodlagos szempont. A lejátszás már akkor is megindulhat, ha már elegendő mennyiség megérkezett ahhoz, hogy a lejátszást el tudjuk kezdeni az elejétől úgy, hogy ne kelljen megállni. Szükség esetén a megállás elfogadható.

A végberendezésen tárolt adat illetéktelen másolásának veszélye miatt ebben az esetben valamilyen kriptográfiai eljárással kell védeni a tartalmat és a rejtjelezés feloldásához szükséges kulcsokat pedig nem szabad a berendezésen tárolni, hanem azt minden esetben a hálózattól kell megkapni. A kulcs csere protokoll megvalósítása a teljes videó tartalom letöltéséhez képest elhanyagolható, így ez nem okoz kényelmetlenséget a szolgáltatás igénybe vételénél akkor, ha a hálózati kapcsolat állandóan rendelkezésre áll.

5.2. Streaming szolgáltatások

A streaming szolgáltatásokat általában UDP/IP vagy RTP felett valósítják meg. Itt nem csak egyedül a tartalom célba juttatása, hanem az időbeli hűség is fontos. Néhány másodperces késleltetést elviselünk az indulá-

sig, de ha már elegendő mennyiség megérkezett ahhoz, hogy a lejátszást el tudjuk kezdeni, akkor folyamatos lejátszást kell biztosítani. Ezek a szolgáltatások tehát megengednek kismértékű késleltetést, azonban a késleltetés minimalizálása és az időbeli folyamatosság már itt is cél, ezért az UDP átvitel terjedt el inkább.

5.3. Interaktív videós szolgáltatások

Az interaktív szolgáltatásokat az különbözteti meg a streaming szolgáltatásoktól, hogy itt az időbeli hűség az elsődleges szempont és a megbízhatóság ennek alá van rendelve. A jellegzetes interaktív szolgáltatás a videó konferencia vagy videós telefonhívás.

Interaktív videós szolgáltatások esetén az azonnali indulás fogadható csak el, a körbefordulási idő ideálisa 200 ms, de legfeljebb is csak max. 400 msec lehet. Ezt a követelményt általában egy országos méretű általános célú IP hálózat már nem tudja kielégíteni, így ennek a szolgáltatásnak igazából csak a közelítése képzelhető el a jelen helyzetben. Az adatátviteli hálózatok szolgáltatás minőségének fejlesztésével képzelhető csak el az interaktív videós szolgáltatások valódi megvalósulása adatátviteli hálózaton.

Az interaktív videós szolgáltatásoknál a megbízhatóság csak másodlagos szempont: a kódolás és átvitel minőségét természetesen a lehető legjobbra kell választani, de ez semmiképpen sem ronthat az időbeliségen. Fontos szempont lehet még az, hogy a végberendezés képes legyen a videó kis késleltetésű kódolására is úgy, hogy közben dekódolnia kell a többi résztvevőtől kapott videófolyamokat is, ami sok résztvevő esetében már önmagában jelentős komplexitás lehet. Ez az utóbbi szempont azt eredményezi, hogy a videó forráskódolás komplexitását sem lehet erősen választani – ez a szempont pedig ismét csak a dekódolt anyag minőségét rontja.

5.4. Mobil készülékek videós szolgáltatásainak integrálása

Az újabb mobil készülékek egyszerű videós szolgáltatásokat is képesek nyújtani, amelyek a fenti osztályokba is besorolhatók, de a videó minősége még jelentősen alatta van annak, amit a számítógépes környezetben biztosítani lehet.

A jelenlegi helyzetben lapvetően négy kategóriát lehet meghatározni mobil készülék és számítógép (bizonyos esetben ide értve a videó szervert is) közötti média átvitelre:

- Rögzített kép, illetve videó elküldése MMS-ként:

Ennél a megoldásnál a mobil készülékre rögzítjük a képet, illetve a felvételt és amikor a készülék befejezte a kódolást, akkor a kész fájlt adatátviteli módon továbbítjuk a célállomásra.

- Streaming videó megtekintése mobil készülékkel:

Ezeknél a szolgáltatásoknál a tartalom szolgáltató – gyakran a mobil szolgáltató transzkóderein keresztül – a készülék által ismert formátumban továbbítja a videó folyamat, jellemzően UDP felett. Elterjedt megoldás a Real Video és Windows Media alkalmazás, mivel ezeket a lejátszókat a legtöbb mobil készülékre implementálják.

A jelenlegi hálózati és készülék képességek miatt jellemzően 32...128 kbit/s-os átvitel lehetséges QCIF vagy CIF felbontással, kis képváltási frekvenciával.

- Kép vagy mozgókép felvételek elküldése IP felett:

A készüléken futó alkalmazás a készülék kamerájáról vett jelet kódolja le és küldi tovább UDP vagy RTP csomagokban. A készülékek kis kapacitása miatt QCIF vagy CIF felbontás és extrém kicsi, 1-2 Hz-es képváltási frekvencia érhető el.

- Videóhívás mobil készülék és számítógép között:

Ebben az esetben a mobil szolgáltató a hálózatának határán egy olyan protokollt konvertált alkalmaz, amelynek köszönhetően a mobil készülék a külső hálózaton lévő számítógépet mobil készüléknek, a számítógép pedig a másik számítógépnek látja. A protokoll konverzió általában teljes átkódolással jár.

Röviden érdemes megemlíteni, hogy IP hálózat felett működik a DVB-H és a DMB média átvitele is, de ezek nem általános célú adatátviteli hálózatok, így ezekre itt nem térünk ki.

6. Összefoglalás

A adatátviteli hálózatok egyre növekvő kapacitásának köszönhetően már videós szolgáltatásokat is képesek kiszolgálni. Ezek a hálózatok azonban a forráskódolt és csomagolt videó és audió bitfolyamokat ugyanolyan jelleggel továbbítják, mint a hagyományos adatfolyamokat, hiszen nincs lehetőség a csomagok ilyen jellegű megkülönböztetésére és a hálózati elemek nem képesek a csomagokat videó és audió keretként kezelni. Ez a cikk technológia megközelítésből mutatta be, hogy általános célú adatátviteli hálózatok esetében a jelenleg elterjedt és a közeljövő hálózati videós szolgáltatások megvalósítására milyen technológiát alkalmaznak.

A pillanatnyi csatorna-paraméterek három legfontosabb eleme az átviteli kapacitás, a csomagvesztési arány és a körbefordulási idő. Ezeket az időben változó paramétereket a média átviteli rendszernek kell becsülni az átvitel során. A média átviteli rendszer célja a lehető legjobb kép- és hangminőség biztosítása. A hálózati átvitel hibái és ingadozó kapacitása miatt a média forráskódolás területén előtérbe került a léptékelhető kódolás és a csomagvesztésre való érzékenység csökkentése.

A jelenlegi szolgáltatások alapvetően három média-átviteli sémába sorolhatók be, ezek a sémák az on-line, near-line és off-line megoldások. A sémák között alapvetően a különbséget az jelenti, hogy mennyire ragaszkodunk az időbeli folytonossághoz a lejátszás során és mekkora várakozási időt engedünk meg a képkocka elküldése (vagy élő felvételnél a helyszíni felvétel) és lejátszása között. Az on-line és near-line sémákon belül az átviteli hálózat pillanatnyi paramétereire való alkalmazkodásra kidolgozott adaptációs sémákat is bemutattuk, amelyek célja a pillanatnyi csatorna paraméterek mellett a lehető legjobb kép- és hangminőség biztosítása a küldési sebesség vezérlésével. Ezen elméleti jellegű fejezetek után néhány fontosabb jellegzetes szolgáltatások megvalósítását mutattuk be.

Irodalom

- [1] ISO/IEC 13818-1: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems.
- [2] ISO/IEC 14496-1: Information technology – Coding of audio-visual objects, Part 1: Systems.
- [3] ISO/IEC 13818-2: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video.
- [4] ITU-T Recommendation H.263: Video coding for low bit rate communication, 2001.
- [5] ISO/IEC 14496-2: Information technology – Coding of audio-visual objects, Part 2: Visual.
- [6] ITU-T Recommendation H.264, ISO/IEC 14496-10 AVC, Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services, v3: 2005.
- [7] H. Schwarz, D. Marpe, T. Wiegand, Overview of scalable H.264/MPEG4-AVC extension, ICIP, Atlanta, GA, USA, October 2006.
- [8] RFC 1889 – RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications <http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>
- [9] RFC 3261 – SIP: Session Initiation Protocol, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>
- [10] RFC 2326 – Real Time Streaming Protocol (RTSP), <http://www.ietf.org/rfc/rfc2326.txt>
- [11] RFC 2327 – Session Description Protocol (SDP), <http://www.ietf.org/rfc/rfc2327.txt>
- [12] <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/howto/articles/intstreaming.aspx>
- [13] <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms983668.aspx>
- [14] M. Luby, "LT-codes," in Proc. 43rd Annu. IEEE Symp. Foundations of Computer Science (FOCS), Vancouver, Canada, November 2002., pp.271–280.
- [15] Amin Shokrollahi, "Raptor Codes", IEEE Transactions On Information Theory, Vol. 52, No.6, June 2006., pp.2551–2567.
- [16] 3GPP TS26.346 V6.4.0, Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Protocols and codecs.

Térmérések a budapesti kísérleti DVB-H rendszerben

BOZÓKI SÁNDOR, GNANDT ANDRÁS, KRÉMER SZABOLCS, SOGRIK GYÖRGY

Antenna Hungária ZRt.

{bozokis, gnandt, kremersz, sogriky}@ahrt.hu

Kulcsszavak: DVB-H, térmérés, mobiltelevízió

Az Antenna Hungária Rt. DVB-H térméréseket hajtott végre a magyar kísérleti DVB-H hálózatban. A méréseket Budapesten és körzetében végezték el. A kísérleti DVB-H hálózat egyetlen adóállomást használt, ez a budapesti Széchenyi-hegyen működött. Egyaránt végeztek kül- és beltéri, kül- és belvárosi, gyalogos és álló helyzetű, valamint a Doppler-hatás vizsgálatát célzó méréseket. A gyalogos mérések célja az volt, hogy összefüggést lehessen találni a rádió-csatorna paraméterei és a vételi minőség között. Az MPE-FEC hatása is megvizsgálásra került. A mobil mérések esetén a Doppler-hatás következtében előálló vételi minőségromlást ellenőrizték és összehasonlították ezeket az elméleti eredményekkel. A beltéri (álló) méréseknél az AH főépületének belsejében, különböző helyeken előálló vételi minőségek elemzése volt. Valamennyi mérést különböző üzemmódokban (különböző vivő-számokkal, modulációs módokkal és kódaránnal) végezték el.

1. Bevezetés

Jelen cikk az Antenna Hungáriában végzett DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld) térmérések során elvégzett feladatokat, méréseket és mérési eredményeket mutatja be, valamint az azokból levonható következtetéseket tárgyalja.

A mobiltelevíziós térméréseket a nemzetközi WingTV (services to Wireless, Integrated, Nomadic, GPRS-UMTS & TV handheld terminals) projekt keretében hajtottuk végre 2006-ban. A WingTV projekt fő célja a DVB-H specifikáció ellenőrzése, illetve az annak alapján kifejlesztett fejtárolási eszközök és előfizetői terminálok kompatibilitásának tesztelése volt. A projekt keretében az AH Rt. az alábbi tevékenységeket vállalta:

- kísérleti DVB-H adások rendszer-technikájának és mérési eljárásainak kidolgozása,
- kísérleti DVB-H adások lebonyolítása, az ezekhez kapcsolódó mérések elvégzése, dokumentálása,
- kísérleti DVB-H adások eredményeinek feldolgozása, a tapasztalatokról beszámoló készítése.

A DVB-H egy olyan új szabvány, amelyet a digitális televíziós szabványok kifejlesztésével foglalkozó európai DVB Project hozott létre az IP (Internet Protocol) szintjén továbbított televíziós és multimédiás tartalmak mobil, kézi eszközökkel való vételére a DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) szabvány kompatibilis továbbfejlesztéseként [1-3]. Ma a DVB-T kiváló vételi lehetőségeire alapozott DVB-H rendszer a legkorszerűbb megoldás a megbízható, gyors mozgásoknál is alkalmazható, nagysebességű adatátviteli (műsorszórás) technológia iránti igényre.

Szem előtt tartva a kézi vevőkészülék-használat változó, néha igen szigorú követelményeit, a DVB-H adárendszernek biztosítania kell a kifogástalan működést kül-, és beltéri, valamint fix és mobil (egy jármű sebességével mozgó) vevőkészülék esetén is.

2. A térmérések helyei, típusai és az adó paraméterei

A térméréseket Budapest különböző részein végeztük a mérések típusától függően. A térmérések típusai a következők voltak:

- kültéri mérések:
 - kül- és belvárosi gyalogos, városi és Doppler mobil,
- beltéri mérések
 - (álló helyzetben, illetve lassú mozgás közben).

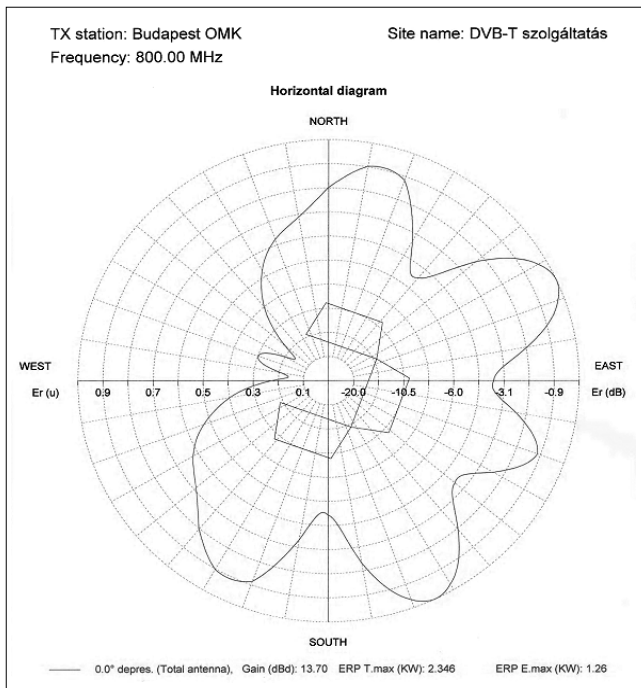
Az adó paraméterei, valamint a mérés során használt beállítások az 1. táblázatban láthatók.

Az MPE-FEC (Multi Protocol Encapsulation – Forward Error Correction) kódarány a DVB-H-ban használt paraméter, amely az MPEG adatfolyamba beágyazott MPE keretekben utazó adatokra alkalmazott előreható hibajavító kódolás esetén a hasznos bitek és összes bit arányát mutatja.

1. táblázat
A DVB-H adó paraméterei és a mérési beállítások

Földrajzi koordináták	18°58'45" E 47°29'31" N
Tengersz. feletti magasság	467 m
RF csatorna	UHF 51 (714 MHz)
Adóteljesítmény	110 W (antenna-bemenetenként)
E.R.P.	1000 W
Polarizáció	horizontális
Vivók száma	2k, 8k
Moduláció	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Konvolúciós kódarány	1/2, 2/3
Védelmi intervallum	1/4
MPE-FEC kódarány	1/2, 2/3, 3/4, 7/8

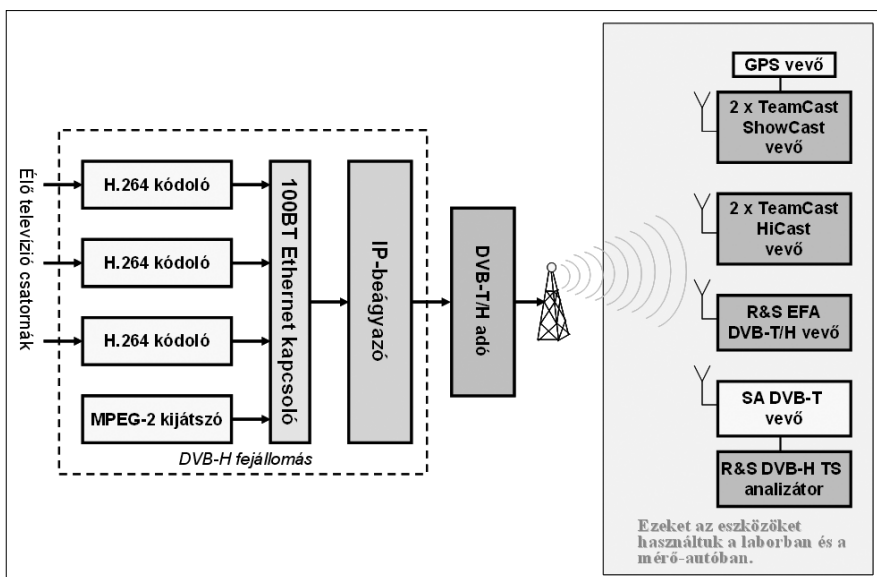
Az adóantenna-rendszer 3 darab vízszintes polarizációjú panelből áll az 1. ábra szerinti, 800 MHz-re számított iránykarakteristikával.



3. Fejállomás

A fejállomást az OMK-ban (Országos Mikrohullámú Központ, Budapest Széchenyi-hegy) építettük föl. A műsortartalmak digitalizálására és tömörítésére három MPEG-4/AVC (H.264) szabványú kódolót, továbbá egy rögzített MPEG-2-es jelfolyamot kijátszó szervert használtunk, amelyek multicast UDP/IP adatforgalmát IP beágyazóra vezettük. Az IP beágyazó feladata a DVB-H szabvány szerinti MPE-FEC és időszelvényezés megvalósítása. Az IP beágyazó kimenete MPEG-2/DVB szabványnak megfelelő transzport adatfolyamot (TS) biztosít a DVB-H adó számára.

2. ábra A kísérleti DVB-H rendszer



A kódolók és az IP beágyazó a következő beállításban működtek:

- 1. csatorna:
H.264, 450 kbit/s @ CIF felbontás, MPE-FEC=7/8
- 2. csatorna:
H.264, 450 kbit/s @ CIF felbontás, MPE-FEC=2/3
- 3. csatorna:
H.264, 450 kbit/s @ CIF felbontás, MPE-FEC=3/4
- 4. csatorna:
MPEG-2, 400 kbit/s @ QCIF felbontás, MPE-FEC=1/2
- Sorok száma az MPE keretben: 512
- Burst sebesség: 4500 kbit/s
- Burst periódus: 1425 ms.

A vevőkészülékekkel kiegészített teljes DVB-H rendszer a 2. ábrán látható.

4. Vételi oldal

A mérésekhez többféle vételi eszközt is használtunk mérési és analízis célokra. A TeamCast cég ShowCast elnevezésű DVB-H validációs vevője adatgyűjtési célokra szolgált. A R&S EFA mérővevőt az OFDM jel analízisére, a R&S DVM 100 DVB-H kompatibilis TS analízist pedig a beérkező transzport jelfolyam elemzésére használtuk.

A ShowCast validációs vevő valójában egy tábla-PC, amelynek az egyik USB portjára kapcsolódik egy 2k/8k mód vételére képes DVB-T vevő, a másikra pedig egy GPS, a mérési útvonalak könnyebb ábrázolhatósága érdekében. Az MPE keretek dekódolását a tábla-PC-n futó program végzi.

A vevő mérőszoftverének naplófájljából, amelyben a GPS által közölt adatok is szerepelnek, a következő mérések kiértékeléséhez alkalmas paramétereket lehet ki-nyerni:

- mérés pillanatnyi helyének földrajzi koordinátái,
- a jármű/haladás pillanatnyi sebessége,
- rádiófrekvenciás jelszint dBm-ben,
- CNR – vivő/zaj arány,
- BER – bithiba-arány,
- a jelszinkron jelenléte,
- vett MPE-FEC keretek száma a mérési perióduson belül,
- vett hibás MPE-FEC keretek száma a mérési perióduson belül,
- a javíthatatlan MPE-FEC keretek száma a mérési perióduson belül.

A vevőkészülék egy külső (nem beépített) körsugárzó antennával rendelkezik, amelynek nyeresége -7 dB az izotróp sugárzóhoz képest.

5. A mérések kiválasztása, az üzemmódválasztás kritériumai

A WING-TV projekt a DVB-H képességeinek vizsgálatát célozta meg az adási paraméterek széles választéka mellett. Ez azonban hatalmas feladatot jelent, ha figyelembe vesszük a lehetséges háromféle FFT módot, a négyféle védelmi intervallumot, a 3 modulációs módot, az ötféle kódarányt, a négyféle MPE-FEC táblahosszat és az ötféle MPE-FEC kódarányt, mivel együttesen 3600 különböző kombinációt adnak és mindezek még nem tartalmazzák a csatornamodelleket, illetve az időszelitelés és a mélységi beszövés hatását a 4k és 2k üzemmódokban. És még a hierarchikus modulációs módokkal nem is számoltunk. Nyilvánvalóan valamit tenni kellett a vizsgálatokba bevonandó lehetőségek számának ésszerű korlátozása érdekében.

Erre alapvetően két lehetőség adódott:

- Izolálni az egyes paraméterek hatását, és ezeket külön-külön megvizsgálni, miután az eredmények extrapolálhatók a mátrix többi elemére vonatkozólag.
- Néhány kiválasztott paraméterkombináció vizsgálata gyors és egyszerű módszerekkel. Az eredményekre támaszkodva nagyszámú lehetséges, de nem optimális kombináció kizárható a további vizsgálatokból.

A munkánk során mindkét módszert használtuk. A megfontolásokat a következő pontok taglalják.

5.1. A paraméterek hatása

A VTF (Validation Task Force) [4] vizsgálatai szerint az FFT-méretnek nincs hatása a megfelelő vételhez szükséges CNR viszonyra. Ezért nem szükséges kiterjeszteni a részletes mérések körét minden FFT-méretre, elegendő a 8k vizsgálata. A 2k és 8k módban végzett Doppler-mérésekből következtetni lehet a 4k-s viselkedésre, de természetesen el kell végezni néhány ellenőrző mérést az új 4k üzemmódban is.

Az új mélységi beszövés, amely a 2k és a 4k üzemmódokban használható, befolyásolhatja a vevőkészüléknek a mobil- és impulzus-interferencia melletti viselkedését. Ez a hatás különálló mérés keretében vizsgálható néhány kiválasztott 2k és 4k üzemmóddal.

A védőintervallum (GI) főleg az SFN-méretet befolyásolja. Hatása van a mobil (Doppler) tulajdonságokra is. Már a DVB-T-s tapasztalatokból ismert, hogy a leghosszabb (1/4-es) védőintervallum kompenzálja leginkább a Doppler-hatást. Az alapvető mérések során elegendő csak 1/4-es védőintervallum melletti adatgyűjtés. Mindazonáltal a védőintervallumnak a Doppler-viselkedésre kifejtett hatását érdemes részletesebben is megvizsgálni. Ez elvégezhető izolált mérési környezetben úgy, hogy csak 1-2 üzemmódban mérjük a maximális Doppler-frekvenciát, minden GI mellett.

A modulációs mód olyan paraméter, amely főleg a szükséges CNR-t és a Doppler-frekvenciát határozza meg, méghozzá bonyolult módon és ezért vizsgálatát nem lehet elszigetelni más paraméterektől, hanem ezt

a kódarányokkal és az MPE-FEC paraméterekkel kombinálva kell értelmezni.

A konvolúciós kódarány olyan kulcsparaméter, ami nem vizsgálható más körülményektől függetlenül, hanem együtt kell elemezni a modulációval és az MPE-FEC kódarányal. Azonban a legmagasabb kódarány, a 7/8, mint nem praktikus érték kizárható a vizsgálati körből. Valószínűleg ugyanez érvényes az 5/6-ra is, de első menetben ez még szerepelhet a mérési tervben.

Az MPE-FEC kódarány optimális értéke egyike a kulcskérdéseknek a megfelelő DVB-H rendszer kialakításánál. Ezen paraméterek hatását együtt kell vizsgálni a modulációs móddal és a konvolúciós kódarányal. Az MPE-FEC-ben használt kódolási sorok száma többféleképpen választható. Ez befolyásolja a burst méretét és időbeli hosszát. Egy másik paraméter, amelyet változtatni lehet a burst fizikai hosszának módosítása érdekében, a burst bitsebessége. Ez jellemzi, hogy mekkora kapacitás van tartalékolva a teljes multiplexből a DVB-H számára. Egy dedikált DVB-H multiplex esetében a burst bitsebessége megváltoztatható a multiplex több DVB-H szolgáltatásra való felosztásával.

A fenti megfontolásokra alapozva leszűkíthető az alapvető mérések köre. Ide tartoznak az ésszerűen vizsgálандó üzemmódok: 8k-s FFT, 1/4-es GI, 1024 vagy 512 sor, minden moduláció, 1/2-es, 2/3-os, 3/4-es és 5/6-os konvolúciós kódarány, 1/2-es, 2/3-os, 3/4-es, 5/6-os és 7/8-os MPE-FEC kódarány.

64-QAM és 3/4-es konvolúciós kódarány esetén csak a 3/4-ig terjedő MPE-FEC kódarányokat vettük figyelembe. Még ezekkel a kizárásokkal is 53 kombináció adódik, ami túlságosan sok a részletes mérésekhez.

5.2. Az üzemmódválasztás kritériumai

A vizsgálandó DVB-H üzemmódok kiválasztásának elve az volt, hogy a kívánt bitsebességet a lehető legalacsonyabb CNR (azaz legkisebb teljesítmény és hálózati költségek) mellett érjük el. A továbbiakban csak ezekkel az üzemmódokkal foglalkozunk.

5.3. A használt csatornamodell

A VTF tapasztalatai azt mutatták, hogy az első méréseket TU-6-os csatornát feltételezve, 10 Hz-es Doppler-frekvencia mellett célszerű végezni. Ezen csatornamodell választása azon tény alapján történt, hogy nincs igazán jó, releváns csatornamodell a beltéri, illetve a gyalogos és mobil vételre. Minden mérést eddig olyan vevővel végeztek, amely statisztikus MPE-FEC becslést alkalmazott. Ennek az előnye az, hogy a teljes TS-t használja és a kívánt számú (100) MPE-FEC keret vétele így gyorsabb. A használt degradációs kritérium 5% MFER (MPE Frame Error Rate) volt.

5.4. A javasolt üzemmódok listája

A fentebb leírt folyamat eredményeképpen a javasolt üzemmódoknak egy listája állt össze a laboratóriumban és terepen történő mérésekre vonatkozólag. Ez a lista látható a 2. táblázatban. A lista 22 üzemmódot tartalmaz.

Moduláció	CR	Bitsebesség [Mb/s]	MPE- FEC CR	Hasznos bitsebesség [Mb/s]	CNR MFER TU6 10 Hz
QPSK	1/2	4.98	1/2	2.49	8.8
QPSK	1/2	4.98	2/3	3.32	9.7
QPSK	1/2	4.98	3/4	3.74	10
QPSK	1/2	4.98	5/6	4.15	11
QPSK	1/2	4.98	7/8	4.36	11.2
QPSK	2/3	6.64	2/3	4.43	12.2
QPSK	2/3	6.64	3/4	4.98	12.9
QPSK	2/3	6.64	5/6	5.53	13.5
QPSK	2/3	6.64	7/8	5.81	14.2
16-QAM	1/2	9.95	2/3	6.63	14.4
16-QAM	1/2	9.95	3/4	7.46	15.2
16-QAM	1/2	9.95	5/6	8.29	16
16-QAM	1/2	9.95	7/8	8.71	16.9
16-QAM	2/3	13.27	2/3	8.85	18
16-QAM	2/3	13.27	3/4	9.95	18.4
16-QAM	2/3	13.27	5/6	11.06	19.3
16-QAM	2/3	13.27	7/8	11.61	19.7
64-QAM	1/2	14.93	5/6	12.44	21.1
64-QAM	1/2	14.93	7/8	13.06	21.9
64-QAM	2/3	19.91	2/3	13.27	22.9
64-QAM	2/3	19.91	3/4	14.93	24.3
64-QAM	2/3	19.91	5/6	16.59	25.7

2. táblázat A mérésre javasolt üzemmódok

Ha a tételek további csökkentése kívánatos, ez a továbbiakban már nem támaszkodhat egyszerűen csak műszaki értékelésre és a nem optimális üzemmódok elvetésére. Az egyetlen egyszerű csökkentési mód az utolsó üzemmód elhagyása, mivel ennek bitsebessége 16,59 Mbit/s, ami nagyobb, mint az eredeti 15 Mbit/s-os kereskedelmi követelmény. Azonban, ha lehetőség van a kiválasztott bitsebességnél megkövetelt felbontás csökkentésére, lehetséges kiemelni néhány „fő” üzemmódot és a továbbiakban csak ezekre koncentrálni. Másrészt viszont a teljes méréssorozat elvégzése a megkövetelt üzemmódokra vonatkozólag ezzel a 22 esettel már ésszerű idő alatt lehetséges, így ez felfogható kiindulópontnak is.

6. A mérési módszerek, kiértékelés

A kültéri és a beltéri mérések esetében részben különböző eljárásokat követtünk. A kültéri méréseknél igyekeztünk olyan helyeket választani, amelyek a kategóriáján belül megfelelnek a követelményeknek és lehetőleg a vevő/zaj arány teljes skáláját bejárják annak érdekében, hogy valós adatokon alapuló karakterisztikát vehessünk föl.

A vevőkészületről kapott, mérés során összegyűjtött adatokat tartalmazó fájlt a MATLAB programmal dolgoztuk föl. A CNR értékekből adódó skálát 1 dB-es intervallumokra osztottuk fel és figyeltünk arra, hogy minden egyes tartományban megtalálható legyen legalább 100 minta a statisztikai eredmény értékelhetősége érdekében. A meghatározott intervallumokon belül a legalább 100 mintából meghatároztuk az 1-FER és az 1-MFER értékeket. (A FER és MFER értékek helyett praktikusabb az 1-FER és 1-MFER értékeket ábrázolni.)

Az 1-FER értékeket a vevőből kapott adatokból a következőképpen számoltuk:

$$1 - FER[\%] = 100 - \frac{\text{hibás keretek száma}}{\text{beérkezett keretek száma}} \times 100$$

Az 1-MFER értékeket a vevőből kapott adatokból a következőképpen számoltuk:

$$1 - MFER[\%] = 100 - \frac{\text{javíthatatlan keretek száma}}{\text{beérkezett keretek száma}} \times 100$$

A javíthatatlan keretek száma azokra a keretekre vonatkozik, amelyeket már az MPE-FEC sem tud kijavítani. Ennek alapján elmondható, hogy az 1-FER a DVB-T vételre vonatkozik, míg az 1-MFER a DVB-H-ra, azaz a kettő egy koordináta rendszerben való ábrázolása jó alap a két rendszer összehasonlítására. Megfigyelhető az is, hogy milyen esetekben érdemes és szükséges használni az MPE-FEC kódolást a jobb vétel elérése érdekében. Stabílnak tekintjük a vételt abban az esetben ha az 1-MFER értéke 95%-nál nagyobb vagy ezzel ekvivalensen az MFER 5%-nál kisebb. A 1-FER-rel és 1-MFER-rel szokás a vétel valószínűségét is jellemezni, ezért a továbbiakban mi is így hivatkozunk rájuk.

A beltéri mérések esetében más mérési módszert alkalmaztunk. A kiválasztott hatszintes, betonból készült, nagy ablakkal rendelkező épületben (az Antenna Hungária ZRt. központja, Budapest XI., Petzval J. u. 31-33., C épület), szintenként egyenletes eloszlással jelöltünk ki pontokat. Egy-egy pontban megállva az adatgyűjtést addig végeztük, amíg 100 értékelhető mintát nem gyűjtöttünk. Az adatgyűjtést követően, MATLAB segítségével kiszámoltuk a 100 mintából az 1-FER és 1-MFER értékeket, majd kiszámítottuk a szintenkénti vételi valószínűségeket.

A Doppler-mérést olyan területen végeztük el, ahol a térerő nagysága alig befolyásolja a CNR értékét és a térerősség elég nagy, ahhoz, hogy csak tisztán a Doppler-hatás okozza a CNR romlását. A begyűjtött mintákat 10 km/óra felosztású skálán ábrázoltuk, figyelembe véve, hogy minden tartományban meglegyen az elvárt 100 minta. Kiértékeléshez az 1-FER-nek és az 1-MFER-nek a MATLAB segítségével a sebesség függvényében történő ábrázolása elégséges.

A vevő által mért RF jelszintből és az antenna-tényezőből kiszámítható az antennabemeneten fellépő térerősség az alábbi képlet szerint [5]:

$$E_{dB\mu V/m} = RF_{dB\mu V} + AF_{dB/m} + CF_{dB}$$

ahol AF az antenna-tényező, míg CF az antennát a hangolóegységgel (tuner) összekötő kábel csillapítása. Esetünkben ez utóbbi elhanyagolható, mivel az antenna közvetlenül csatlakozik a mérővevőre. Az antenna-tényező a következő képlettel számítható:

$$AF = \sqrt{\frac{\eta_0}{Z * A}}$$

ahol $\eta_0 = 377 \Omega$ a szabadtéri hullámimpedancia, $Z = 75 \Omega$ a tuner bemeneti impedanciája, és A az antenna hatásos felülete, amely $2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ az 51-es csator-

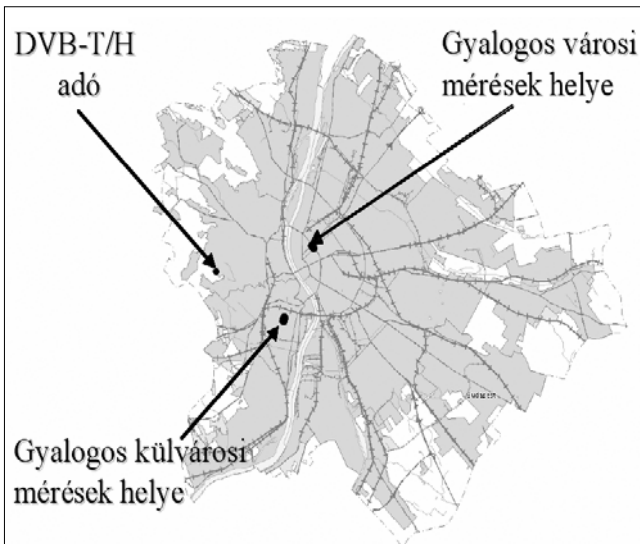
nán -7 dB antenna-nyereséggel számítva. Az antenna-tényező értéke esetünkben 32,5 dB.

Az 1-FER és 1-MFER görbék a térerősség függvényében is ábrázolhatók, ami által meghatározható a stabil vételhez szükséges minimális térerősség egy adott adásmódban.

7. Kültéri gyalogos mérések

A külvárosi méréseket tipikus külvárosi környezetben, az AH központja mellett végeztük. Az adót az épületektől csak néha lehetett látni. A városi gyalogos tesztet magas, 4-6 emeletes épületek között végeztük, olyan úton, ahol az adótoronyra nem volt rálátás. Az adótól való távolság körülbelül 6 km volt, nem sokkal több, mint a külvárosi teszt esetében, ahogy az a 3. ábrán látható.

3. ábra A kültéri gyalogos mérések helyei



A mérésekre a következő beállításokban került sor különböző MPE-FEC kódarányok mellett:

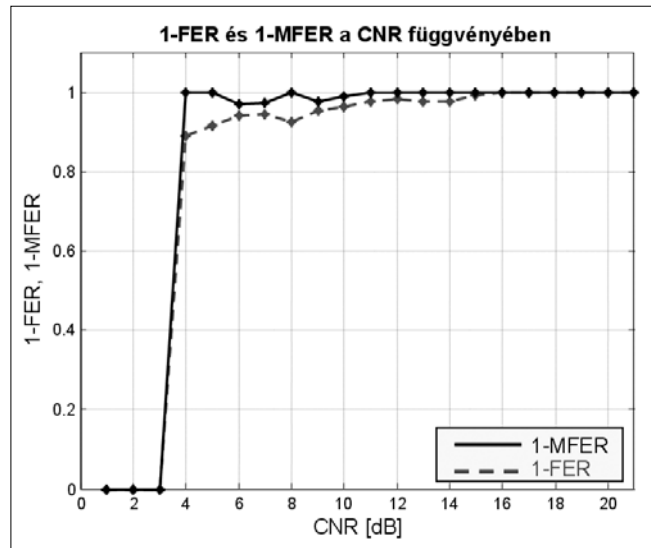
- 8k, QPSK, CR=1/2
- 8k, 16-QAM, CR=2/3
- 8k, 64-QAM, CR=2/3
- 2k, QPSK, CR=1/2
- 2k, 16-QAM, CR=2/3
- 2k, 64-QAM, CR=2/3

A védelmi intervallum az összes esetben 1/4 volt.

A vételi minőséget egy elektronikus térképen színkódokkal illusztráltuk, miközben a vételi valószínűséget (1-FER, 1-MFER) a jelminőség (CNR) függvényében ábrázoltuk. Célunk a 8k és 2k FFT-méretek és a különböző konstellációk vételi valószínűségeire gyakorolt hatásának összehasonlítása volt.

7.1. Mérési eredmények QPSK konstelláció esetén (8k, 2k, CR=1/2)

A 4. ábrán a külvárosi gyalogos mérési eredményeink láthatók 8k, QPSK, CR=1/2 és MPE-FEC=3/4 beállítások mellett:

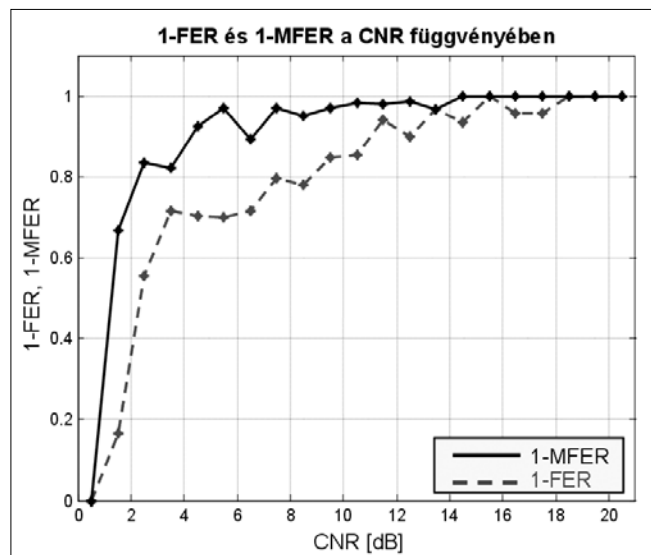


4. ábra

Mérési eredmények:

külváros, 8k, QPSK, CR=1/2, MPE-FEC=3/4

Az 5. ábrán láthatók a mérési eredményeink 2k QPSK, CR=1/2 és MPE-FEC=3/4 beállítások mellett:



5. ábra

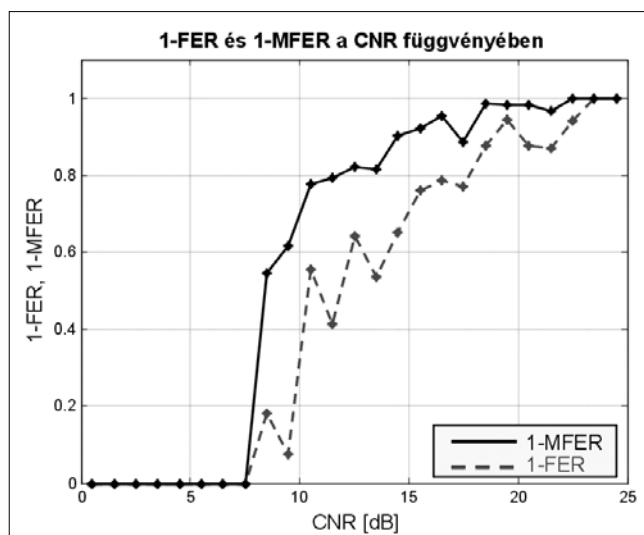
Mérési eredmények:

külváros, 2k, QPSK, CR=1/2, MPE-FEC=3/4

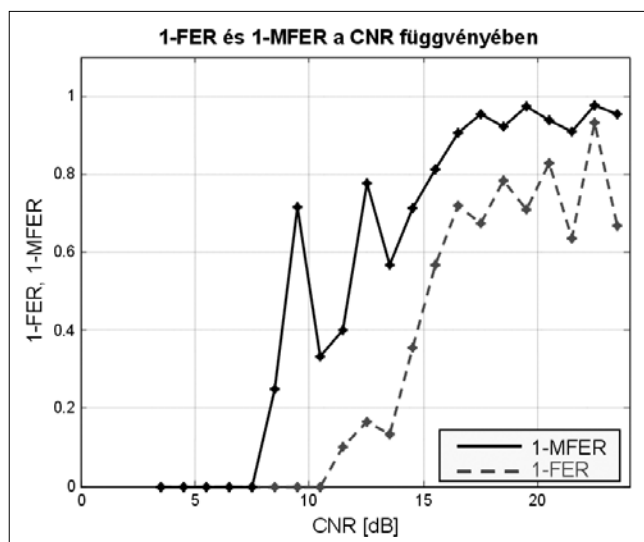
A vételi valószínűség 8k módban kissé jobb, a különbség annak tudható be, hogy 2k módban nincs mélysegi átszövés. Ahogy az 1-MFER diagrammokon látható, 8k módban ~6 dB, míg 2k módban ~8 dB CNR szükséges a stabil vételhez. A számított minimálisan szükséges térerősségek ennek megfelelően ~62 dB μ V/m és 70 dB μ V/m.

7.2. Mérési eredmények 16-QAM konstelláció esetén (8k, 2k, CR=2/3)

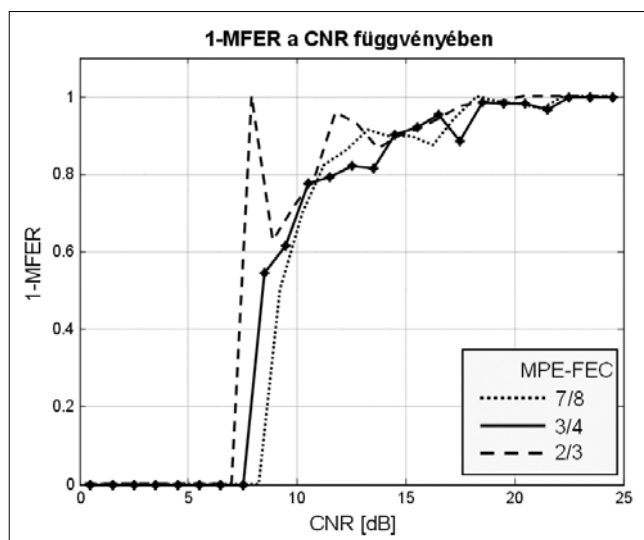
A következő oldalon, a 6. ábrán láthatók a külvárosi gyalogos mérési eredményeink 8k, 16-QAM, CR=2/3 és MPE-FEC=3/4, a 7. ábrán pedig 2k, 16-QAM, CR=2/3 és MPE-FEC=3/4 beállítások mellett.



6. ábra Mérés eredmények:
külváros, 8k, 16-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4



7. ábra Mérés eredmények:
külváros, 2k, 16-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4



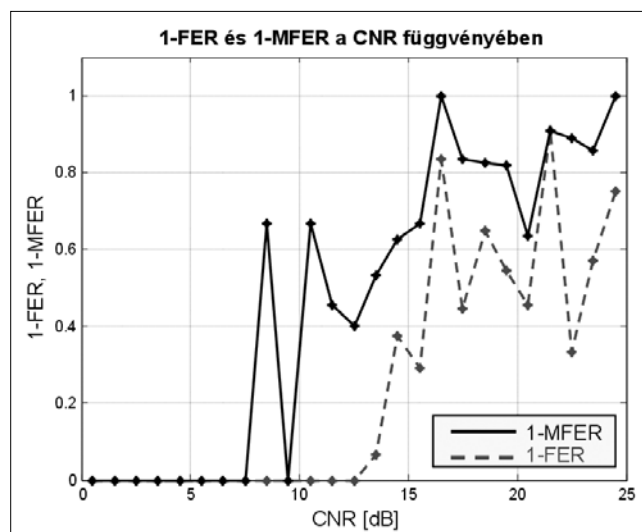
8. ábra Az MPE-FEC hatásának szemléltetése
8k, 16-QAM, CR=2/3 esetén

A 8. ábrán illusztráltuk az MPE-FEC hatását 8k üzemmódban. Látható, hogy az erősebb hibavédelem jóval a stabil vételhez szükséges CNR alatt javítja számottevően a vétel valószínűségét, de a vételi viszonyok javulása esetén már nincs jelentős különbség a különböző kódarányok teljesítőképessége között.

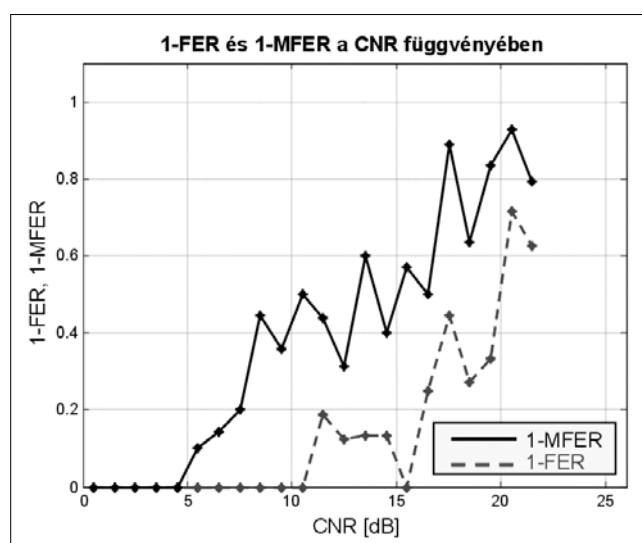
Amint az látható, 16-QAM esetén a stabil vétel eléréséhez számottevően magasabb CNR szükséges (~18 dB, illetve ~73 dB μ V/m térerősség) összehasonlítva azal, amit elvárunk QPSK üzemmódban. A 16-QAM kevésbé robusztus a vételi hibákkal szemben, még akkor is, ha nagyobb hibavédelmet (MPE-FEC) alkalmazunk.

7.3. Mérés eredmények 64-QAM konstelláció esetén (8k, 2k, CR=2/3)

A 9-10. ábrákon láthatók a külvárosi gyalogos mérési eredményeink 8k, 64-QAM, CR=2/3 és MPE-FEC=3/4 beállítások mellett. A stabil vételhez itt nagyon magas CNR szükséges (~25 dB, illetve ~80 dB μ V/m térerősség), ami a jelenlegi adóteljesítménnyel nem érhető el.

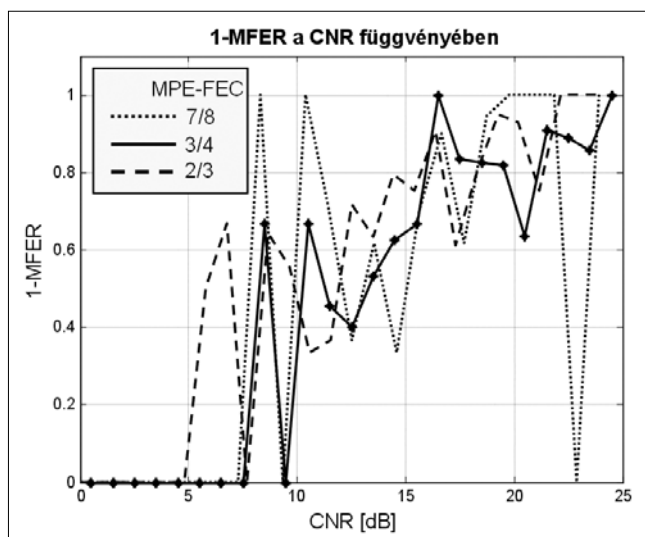


9. ábra Mérés eredmények:
külváros, 8k, 64-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4



10. ábra Mérés eredmények:
külváros, 2k, 64-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4

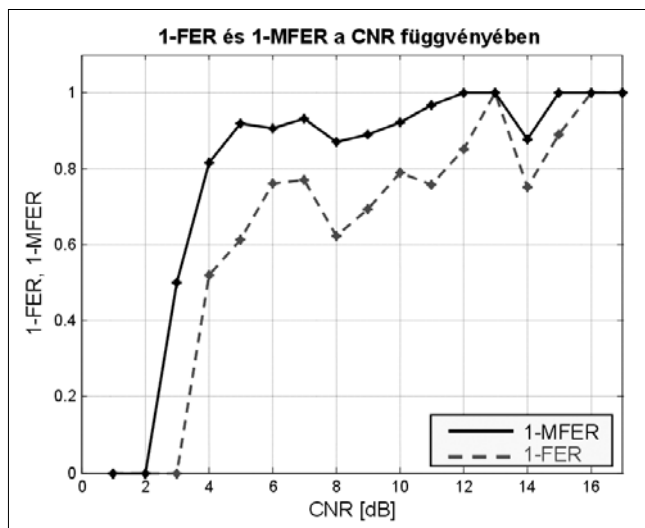
A 11. ábrán illusztráltuk az MPE-FEC hatását 8k üzemmódban. Hasonlóan a 16-QAM üzemmóddhoz, csak a stabil vételhez szükséges CNR-nél lényegesen rosszabb vételi körülmények esetén van számottevő különbség az egyes kódarányok teljesítőképessége között.



11. ábra Az MPE-FEC hatásának szemléltetése 8k, 64-QAM, CR=2/3 esetén

8. Városi gyalogos mérések

A külvárosi tesztek tapasztalatai után a városi teszteket már csak a legrobosztusabb üzemmódban végeztük el (8k, QPSK, CR=1/2). Egy tipikus, sűrűn beépített területet választottunk a belvárosban, a Liszt Ferenc teret.



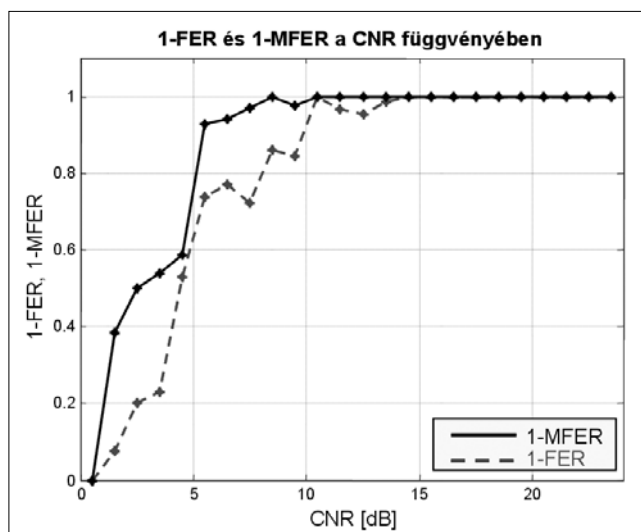
12. ábra Mérési eredmények: belváros, 8k, QPSK, CR=1/2, MPE-FEC=3/4

A 12. ábrán látszik a többutas terjedés hatása a városi területeken. A stabil vételhez ~11 dB CNR kívánatos, ami 5 dB-lel magasabb érték, mint külvárosi területeken. Az átlagos vételi minőség viszonylag alacsony volt, és a külvároshoz képest körülbelül 10 dBV/m-rel nagyobb térerősség kellett ugyanolyan vételi valószínűség eléréséhez.

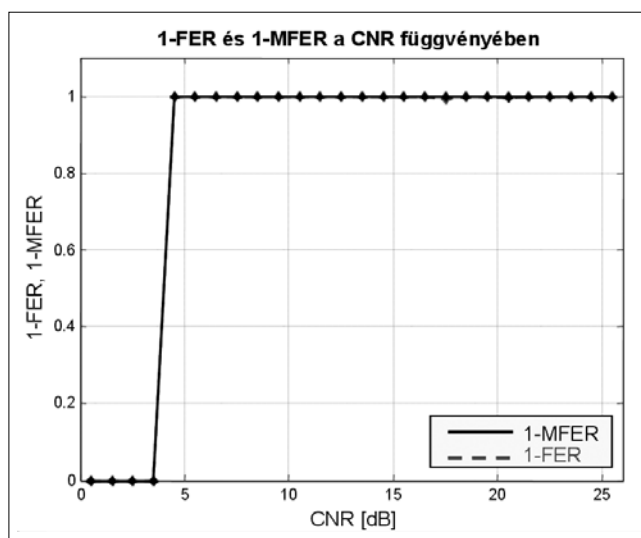
9. Városi mobil mérések

A városi mobil méréseket az adótól körülbelül 7 km távolságban végeztük. A tesztút a Petőfi- és a Lágymányosi-hídon vezetett át, a hidak között erősen beépített területeken haladtunk át. A tipikus térerősség a tesztút folyamán 75-85 dBV/m között változott. Az adótornyot az út során csak néhol (főleg a hidakról) lehetett látni.

Két esetet vizsgáltunk. Az elsőben az antenna a mérésnél használt autóban helyezkedett el, a másodikban pedig az autó tetején. Az autó tetején rögzített antenna nyeresége -5 dB, az autón belül használt antenna nyeresége -10 dB volt. A 13-14. ábrák mutatják a vételi valószínűséget a CNR függvényében. Amint megfigyelhető, a vétel minősége majdhogynem tökéletes volt, ha külső antenna működött. Látható, hogy 9 dB CNR szükséges a stabil vételhez, ha az antenna az autóban helyezkedik el. Külső tetőantennát felszerelve a stabil vételhez már 5 dB CNR is elegendő.



13. ábra Városi tesztút, antenna az autón belül: 8k, QPSK, CR=1/2, MPE-FEC=3/4

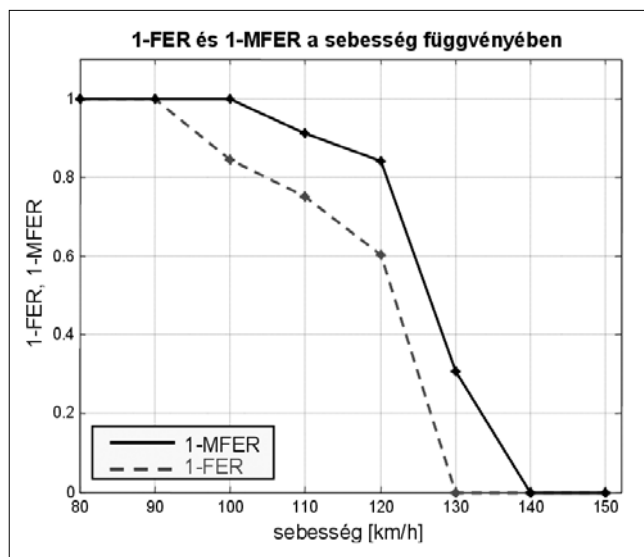


14. ábra Városi tesztút, antenna az autón kívül: 8k, QPSK, CR=1/2, MPE-FEC=3/4

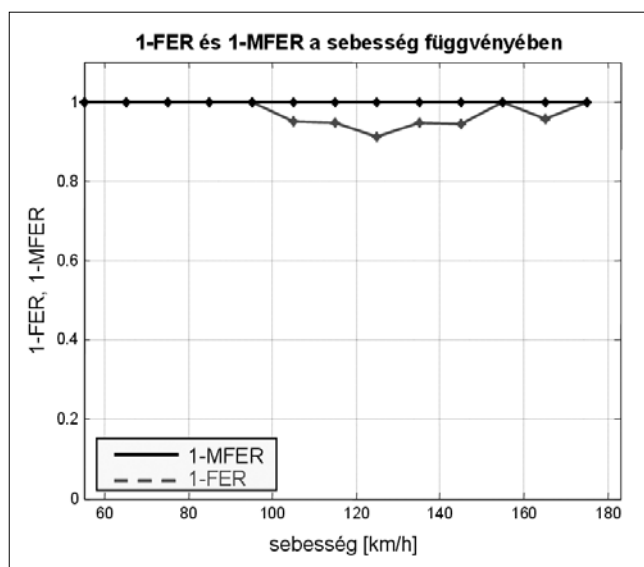
10. Mobil Doppler mérések

A mobil Doppler mérésekhez az M7-es autópálya budapesti bevezető szakaszát választottuk. A tesztút az adótoronytól mintegy 6 km-re kezdődött, vidéki környezetben. A ShowCast antennája az autó tetején volt elhelyezve. A mintákat 70-75 dB μ V/m közötti térerősség-értékeknél vettük föl. A $\cos\varphi$ az út nagy részén közel volt az 1-hez (φ az autó haladási iránya és az adó iránya közti szög). A teszt során 64-QAM konstellációt alkalmaztunk.

A Doppler-effektus érvényesülését mutatják a 15-16. ábrák, különböző üzemmódok esetén. 8k módban a vételi valószínűség gyors csökkenését figyelhetjük meg 100 km/h fölött, ami közel van az elméleti határhoz. 2k módban az MPE-FEC képes volt a hibákat gyakorlatilag a teljes sebességtartományon belül korrigálni (a maximális sebesség 173 km/h volt).

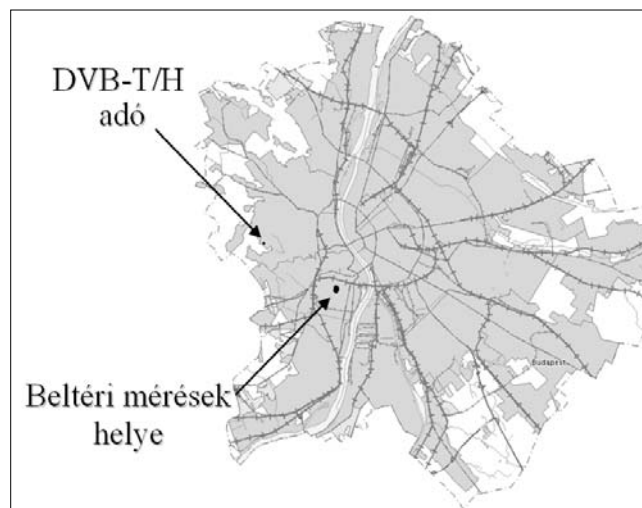


15. ábra Mobil Doppler mérés:
8k, 64-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4



16. ábra Mobil Doppler mérés:
2k, 64-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4

Ahhoz, hogy a Doppler-effektust ellenőrizzük, a teszt-autóval elérhető sebességekre való tekintettel a sebességre érzékenyebb modulációs módot (64-QAM) választottunk. Az eredményekből következtetni lehet arra, hogy a vevő viselkedése olyan módokban is követi az elméletileg várható karakterisztikát, amelyeket eddig nem volt módunkban tesztelni.



17. ábra A beltéri mérések helye

11. Beltéri, álló helyzetű mérések

A beltéri méréseket az Antenna Hungária Rt. központjában végeztük, körülbelül 5 km-re a TV toronytól (17. ábra).

A C épületet választottuk a mérések helyéül, mely betonból épült, 6 szintes, széles ablakkal. Az épület egyik oldala a TV toronnyal néz szembe, de csak körülbelül a 3. szinttől lehet látni a tornyot. Kisteljesítményű átjátszókat (gap-filler) nem alkalmaztunk.

A vételi minőségét a következő üzemmódok mellett teszteltük és értékeltük ki, különböző emeleteken:

- 8k, QPSK, CR=1/2, MPE-FEC=3/4
- 8k, 16-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4
- 8k, 64-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4
- 2k, QPSK, CR=1/2, MPE-FEC=3/4

A védelmi intervallum az összes esetben 1/4 volt.

A mérések során meghatároztuk a szintenkénti vételi valószínűségeket, amelyeket oszlop-diagrammon ábrázoltunk az alábbi színkódot használva:

- 1-MFER = 100 %
- 95 % ≤ 1-MFER < 100 %
- 1-MFER < 95 %

11.1. Eredmények 8k, QPSK, CR=1/2, MPE-FEC=3/4 paraméterek mellett

A vételi valószínűség a 18. ábrán látható. A vétel a 3. szinten és afölött már tökéletes volt. Még a földszinten is csak néhány helyen tapasztaltunk nem kielégítő vételi minőséget.

11.2. Eredmények 8k, 16-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4 paraméterek mellett

Magasabb rendű modulációt alkalmazva a vételi minőség jelentősen csökkent (19. ábra). De az 5. szinten a vétel már majdnem tökéletes volt, a földszinten viszont egyáltalán nem volt vétel.

11.3. Eredmények 8k, 64-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4 paraméterek mellett

Ebben az üzemmódban, a vétel csak a 4. és 5. szinten volt kielégítő (20. ábra). Nem volt vétel az első két szinten (két helyet kivéve). Sőt még az 5. szinten is volt számos hely, ahol a vételi minőség nem volt tökéletes.

11.4. Eredmények 2k, QPSK, CR=1/2, MPE-FEC=3/4 paraméterek mellett

Ebben az üzemmódban a vétel tökéletes volt a 4. és az afölötti szinteken (21. ábra). Alacsonyabb szinteken a vételi minőség valamivel rosszabb volt, mint 8k módban. Ez a 2k módból hiányzó mélységi átszövésnek tulajdonítható.

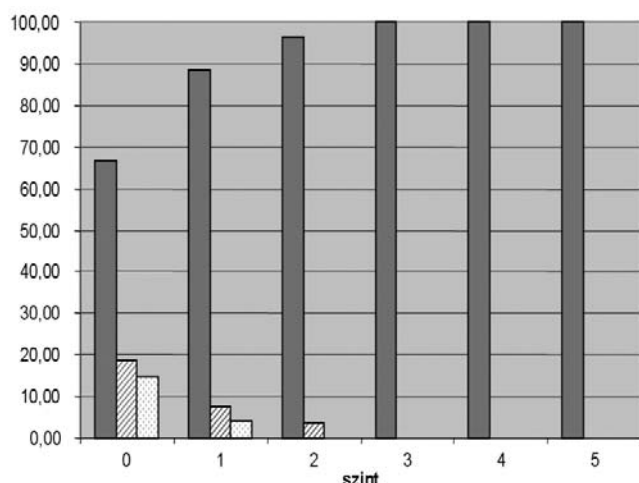
18-21. ábrák Vételi valószínűség különböző szinteken

szint	átlagos térerősség [dBμV/m]	szórás
0	64	3.8
1	72	6.5
2	78	8.0
3	79	6.5
4	83	4.8

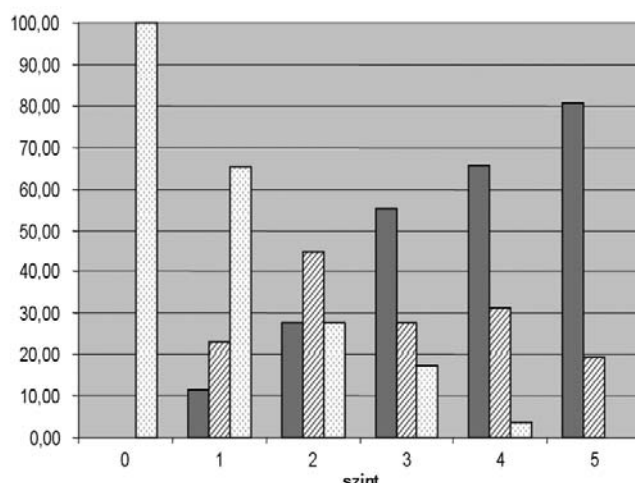
3. táblázat

A térerősség statisztikája az egyes szinteken

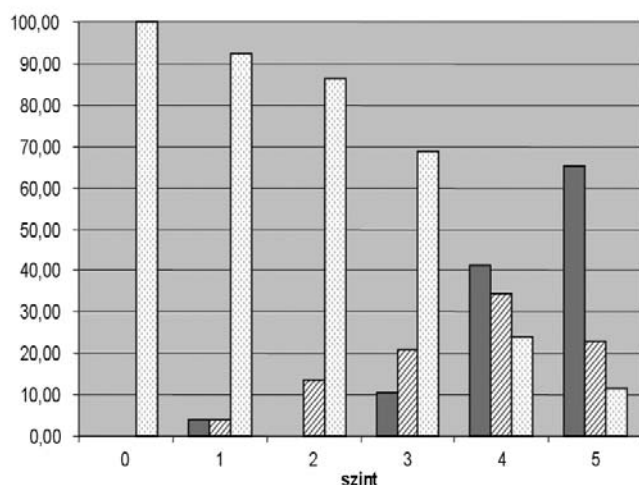
Minden ponton legalább 100 MPE-FEC keretet vettünk az MFER kiszámításához. Igen gyenge vétel esetén, amikor a szinkronizációt számos alkalommal elvesztettük, a mérés legalább 100 másodpercet vett igénybe. A számításokba belevettük a vétel nélküli idő és a teljes mérési idő arányát. Az egyes tesztpontokban a korrekt átlagolás érdekében több irányból is gyűjtöttünk mintákat. A 3. táblázat szintenként mutatja a mért RF jelszintekből számított átlagos térerősséget és a szórást.



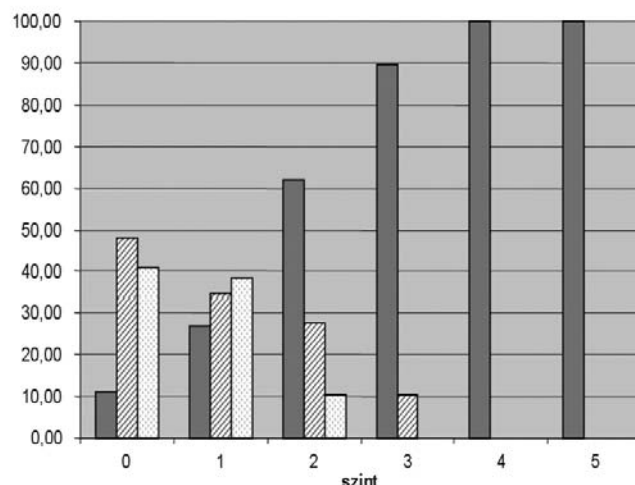
18. ábra
8k, QPSK, CR=1/2, MPE-FEC=3/4



19. ábra
8k, 16-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4



20. ábra
8k, 64-QAM, CR=2/3, MPE-FEC=3/4



21. ábra
2k, QPSK, CR=1/2, MPE-FEC=3/4

Az előző mérésekből az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- Kisteljesítményű, helyi átjátszó használata nélkül egyedül a QPSK konstelláció adhat megfelelő eredményt.
- Épületen belül az MPE-FEC-nek nincs jelentős hatása a vételi minőségre, ellentétben a kültéri gyalogos és mobil tesztek eredményeivel.
- A vétel jelentősen jobb volt a felsőbb szinteken.
- Az alacsonyabb szinteken, a vétel lényegesen jobb volt az épületnek azon oldalán, amely az adótorony felé néz.

12. Következtetések

Az elvégzett mérésorozat alkalmat adott az RF paraméterek elméletileg várt és a gyakorlatban mért értékeinek összehasonlítására.

Vizsgálatainkat ezen felül össze tudtuk vetni a nemzetközi WingTV projekt többi részvevőjénél végzett hasonló tesztek eredményeivel, illetve a „DVB-H Implementation Guideline” [6] adataival. Az eredményeink jó egyezést mutattak mind az elméleti adatokkal, mind a külföldi vizsgálatok eredményeivel.

Az említett egyezések mellett akadtak magyarázatot igénylő eredmények is. Az egyik legfontosabb kérdés az volt, hogy ugyanakkora CNR mellett, ugyanabban az üzemmódban hogyan fordulhat elő például a külvárosi és a belvárosi környezet közötti 5 dB-es különbség. Válaszunk: a CNR mérése a frekvencia-spektrumban egy adott sáv szélességre vett teljesítménysűrűség átlagára (integráljára) alapul. A COFDM egyes vivői megsérülhetnek, de az egyes összefüggő keretek bitjei hibajavítás érdekében a vivőkön szét vannak osztva (energiadisziperzió). Bitátiszóvós (interleaving) alkalmazásával a gyors fadingeket is kiszűrjük. Ebből adódóan a sérült vivők helyzetétől függetlenül a CNR és az 1-FER, 1-MFER értékek között erős a korreláció.

A belvárosi és külvárosi értékek eltérése abból adódhat, hogy a korreláció a pillanatnyi CNR-re igaz, tehát fontos tudni, hogy a mérővevő mennyi ideig integrálja a pillanatnyi CNR értékeket. A ShowCast validációs vevő 1 másodperces időinter-vallumokban szolgáltatja a mért adatokat, tehát az adatbuszon folyó kommunikáció idejét leszámítva közel 1 másodperc az integrálási ideje. Vagyis az 1 másodperces integrálási időn belül nem tudjuk, hogy ez az átlag egy minimális ingadozásból adódott vagy gyors fadinggel terhelt, az átlagtól jelentősen eltérő CNR értékekből.

Statisztikailag tehát a pillanatnyi CNR értékek nagyobb szórása következtében egy városi Rayleigh-modellt követő környezetben nagyobb az esély a keret sérülésére, amit nagyobb CNR-rel, vagyis az átlagérték feljebb tolásával kompenzálhatunk. Ezért szükséges a 11 dB-es átlagos CNR a városi környezetben a 95%-nál magasabb 1-MFER érték biztosításához, azaz a stabil vételhez.

Irodalom

- [1] Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H). ETSI EN 302 304.
- [2] M. Kornfeld, U. Reimers: DVB-H – the emerging standard for mobile data communication. EBU Technical Review, January 2005.
- [3] Stefler S., Sogrik Gy.: A mobil telefontól a mobil TV-vevőig. 11. Televízió- és Hangtechnikai Konferencia és Kiáll., Budapest, 2005. június 1-2.
- [4] ETSI: DVB-H Validation Task Force – Final Report. TR 102 301, January 2005.
- [5] James McLean, Robert Sutton, Rob Hoffman, TDK RF Solutions: Interpreting Antenna Performance Parameters for EMC Applications, <http://www.djmelectronics.com/articles/emc-antenna-parameters-p3.html>
- [6] ETSI: DVB-H Implementation Guidelines. TR 102 377, November 2005.

A szolgáltatás minőségét meghatározó műszaki paraméterek a DVB-T műsorszórásban

BORBÉLY GÁBOR

Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Távközlési Tanszék
borbely@sze.hu

Lektorált

Kulcsszavak: DVB-T, digitális moduláció, OFDM, QAM, MER, BER, ellátottsági határok, szubjektív képmínőség vizsgálat (DVQ)

A földfelszíni digitális televízió műsorszórás minőségét meghatározó paraméterek és azok kiértékelése jelentősen eltérnek az évtizedek óta alkalmazott analóg technológiánál használt megoldásoktól. A legfontosabb műszaki paraméterek mérésének ismertetése és az azokból levonható következtetések összefoglalása jelen cikk elsődleges célja. Ugyanakkor szeretnénk hozzájárulni ahhoz, hogy ennek a korszerű technológiának az előnye mihamarabb hazánkban is ismertté és hozzáférhetővé váljanak. A győri Széchenyi István Egyetem Távközlési Tanszéke megteremtette a lehetőséget annak, hogy a hazai adások mellett az osztrák és szlovák DVB-T műsorok is vehetők és mérhetők legyenek. Így állt elő az a kiváltságos helyzet, mely módot adott a különböző országok DVB-T adásainak összehasonlítására. A Győrben mért adatokat kiegészítettük továbbá a budapesti Puskás Tivadar Távközlési Technikumban rögzített mérési eredményekkel is.

1. Bevezetés

Hazánkban az Antenna Hungária Rt. szakemberei a környező országokat megelőzve kezdték meg a földfelszíni digitális televízió műsorszórás kísérleti adásait még 1999-ben Budapesten, majd ezt kiegészítve 2002-ben Kabhegyen. Európa számos országában évekkal később indultak csak el az első DVB-T kísérleti adások, viszont olyan lendülettel és előkészületek után, hogy jelenleg már sok helyen nincs is lehetőség az analóg vételre, illetve az analóg adók működtetésének időtartama már csak hónapok kérdése [7].

Magyarország a 1021/2005. (III. 10.) Kormányhatározattal – elsősorban a frekvenciakoordinációs irányelveket szem előtt tartva – elfogadta az Európai Unió ajánlását, mely szerint legkésőbb 2011. december 31-én leállítja analóg földfelszíni televíziós adóit. A következő évek televíziós műsorszórását döntően ennek az átállásnak a folyamata jellemzi majd, elsősorban azok számára, akik mind a mai napig a földfelszíni analóg adók műsorait nézik. Nagyon valószínű, hogy a hazai tévénezők jelentős része ekkor találkozik majd először a digitális technológiával, hiszen például a kábeltelevíziós műsortovábbítás is még döntően analóg modulációval zajlik.

2. A DVB-T előnyei és hátrányai

- Valamennyi néző, aki mindeddig csak analóg televíziós adást vehetett hagyományos televízióján, megdöbbentő különbséget tapasztal a látott kép (és hang) minőségét illetően, ha – akár ugyanazon a készüléken – DVB-T adásra vált. Korábban elképzelhetetlen kontraszt és színvilág jelenik meg, mintha egy szürke fátyolt emeltek volna le a képernyőről. Eltűnnek a zajok, a szomszédos csatornák zavarai, szellemképei stb. Azok pe-

dig, akik más formában már megszokták a digitális műsorokat, ezt követően a földfelszíni adások esetén is élvezhetik a kiváló képmínőséget.

- Mivel a digitális átvitel tömörített formában továbbítja az adatokat, ezért ugyanabban a frekvenciatartományban, ahol eddig csak egyetlen analóg csatorna fért el, a DVB-T-re való átállást követően egy helyett négyhat, esetleg még ennél is több műsor átvitelére nyílik lehetőség.

- Hozzávetőleg azonos vételi körzet ellátása körülbelül 10 dB-el kisebb adótéljesítményt igényel, digitális moduláció alkalmazása mellett, az analóg adáshoz viszonyítva.

- A DVB-T átvitelnél alkalmazott kódolt ortogonális frekvenciaosztásos multiplex (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) modulációs eljárás képes kivédeni a reflexiók által keletkező hely- és frekvenciafüggő fading okozta vételkiesést azáltal, hogy nagyszámú (több ezer) vivőt használ egy meglehetősen összetett, hibajavító eljárással kombinálva. Ezt a modulációs technikát kifejezetten a földfelszíni terjedésre jellemző, többutas hullámterjedés hibáinak kiküszöbölésére fejlesztették ki.

- Több adóból, úgynevezett egyfrekvenciás hálózat (Single Frequency Network, SFN) alakítható ki azáltal, hogy ugyanazon (általában 8 MHz szélességű) frekvenciacsatornán, teljes szinkronban működtetjük azokat. Több adó jelének vételekor úgy tekinthetjük az antennán megjelenő jelet, mintha egyetlen adót és annak reflektált jelet vennénk. Ezzel nagyon hatékony frekvencia-kihasználásra nyílik lehetőség. Így egyetlen frekvenciatartomány használatával lényegesen nagyobb terület is lefedhető annál, mint amekkorát egyetlen adóval ellátni képesek lennének.

- A digitális jeltovábbítás azonnal kínálja az átkódolás nélküli digitális rögzítés kihasználását, a műsor digitális tárolását.

• Igaz korlátozottan, de mobil vétel is kialakítható a DVB-T műsorszórással.

• Az „analóg” tévészéshez szokott szemünk a vételi körülmények, elsősorban a jel-zaj viszony csökkenésekor, fokozatosan romló zajos, szemcsézett képet lát. Digitális műsorszórás esetén a romló vételi viszonyok miatt előadódó hibák a néző számára mindaddig észrevétlenek maradnak, ameddig a rendszerbe épített hatékony hibajavító algoritmusok ezeket korrigálni képesek. Tehát a vételi viszonyok jelentős változása mellett is sokáig kitűnő képminőséget kapunk. Tovább romló paraméterek esetén az addig gyönyörű kép hirtelen, kártyavárszerűen összeomlik (Cliff-effektus – 1. ábra), miután nincs már mód megkülönböztetni a hibás és hibátlan biteket.

Most pedig vegyük sorra a DVB-T hátrányos tulajdonságait:

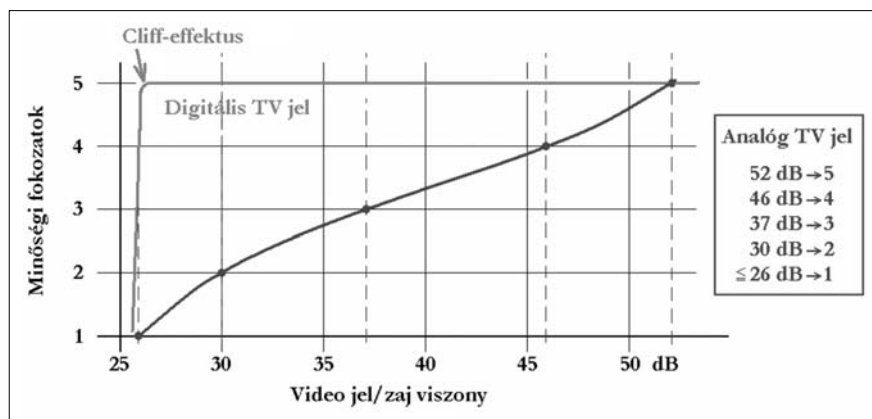
• Bevezetésének jelentős költségvonzata van mind az adás, mind a vételi oldalon. Ne csak a nagyszámú set-top-box beszerzésére gondoljunk. A közel hibátlan vételhez megfelelő antennák is szükségesek lehetnek, hogy az időjárástól függetlenül élvezhessük az adást.

• A DVB-T műsorok sugárzása számára általában az UHF tartomány magasabb frekvenciatartományait jelölték ki (800 MHz környékén), itt pedig a levegő páratartalma, főképpen pedig az eső, nagy csillapításra képes.

• Az analóg televízió műsorszórás egyik legnagyobb hátránya, hogy a korlátozott frekvenciatartomány miatt a csatornaszám nehezen vagy egyáltalán nem növelhető. A digitalizálás megteremti a műszaki lehetőségét a bővítésnek. Pár évre előretekintve a jelenleg belátható frekvenciagazdálkodási lehetőségek mellett is megvalósíthatónak látszik a DVB-T adásokkal a negyven körüli csatornaszám elérése. Viszont éppen a DVB-T adások indulásakor a műsorválaszték még erősen korlátozott. (Jelenleg csak az M1, M2, Duna, Duna II. Autonómia vétele lehetséges.) Kérdés, hogy meglesz-e ekkor a kellő vonzerő a nézőkben az önkéntes átállásra. Mi történik abban az esetben, ha a nézők jelentős része az analóg földfelszíni adás helyett a műholdról érkező (DVB-S, DVB-S2) vagy ha megteheti, a kábeles (DVB-C) digitális platformot választja?

1. ábra

Az analóg és a digitális TV jel minőségének változása a jel/zaj viszony függvényében



• A DVB-T adások vétele mozgó vevő esetén önmagában nem jelentene gondot, mert a Doppler-effektus miatti frekvenciaeltolódást a vevő oszcillátora képes követni. Viszont ha a Doppler-effektus a többutas-reflexiókkal együtt jelentkezik, akkor jelentősen romlik a vétel lehetősége. A legkülönbözőbb irányokból érkező reflektált jelek hatására ugyanis a spektrumvonalak elmosódnak.

• Külön figyelmet érdemelnek a digitális átvitelre jellemző jellegzetes, jól látható és ezzel együtt nagyon zavaró képhibák. A képjel erőteljes tömörítése, elsősorban az MPEG-2 kódolás-dekódolás során keletkező hibák „blokkosodáshoz” vezetnek. Ekkor a képfelület kisebb-nagyobb felülete négyzet alakban hibásan jelenik meg, színe megváltozik, hosszabb-rövidebb időre kimerevedik. Aki először találkozik vele, az legalább akkorát csalódik a digitális technikában, mint amennyire meglepődik eleinte annak kitűnő képminőségén. A legújabb fejlesztésű vevőegységek kapcsán komoly erőfeszítéseket folytatnak a blokkosodás zavaró hatásának csökkentésére.

3. Adattömörítés, nyálábolás, csatornakódolás, digitális moduláció

Tételezzük fel, hogy egy normál felbontású televízió (Standard Definition Television, SDTV) képjelét digitális átviteli láncon kívánjuk továbbítani. Az Y világosságjel 13,5 MHz-es, a C_B és C_R színkülönbségi jeleket 6,75 MHz-es frekvenciával mintavételezve (4:2:2 struktúrájú felbontást alkalmazva), 10 bites A/D konverzió mellett, ez 270 Mbit/s adatátviteli sebességet igényelne. (ITU-R BT.601) Mivel a szokásos átviteli utakon (műholdas, kábeles vagy földfelszíni továbbítás mellett) ennek az adatátviteli sebességnek csak a töredéke áll rendelkezésre, a fenti adatfolyamot tömöríteni kell, kb. 2-6 Mbit/s környékére. Ez az eredeti adatsebességnek nagyjából a századrésze.

Az 1. táblázat összefoglalja a legismertebb média-tömörítési eljárásokat, melyek közül jelenleg az MPEG-2 a legfontosabb, mert a DVD filmek és a digitális televízió műsorszóró rendszerek (DVB-S/C/T) is döntően ezt használják. (A DVB-S2-es HDTV minőséget célzó meg az MPEG-4-es tömörítéssel, ezzel előrevetítve az MPEG-2-es szabvány egy lehetséges utódját.)

Az MPEG-2 tömörítési eljárás a felbontás 10-ről 8 bitesre csökkentésével, a sorkioltás és félképkiooltás kihagyásával, a színfelbontás további csökkentésével (4:2:0 struktúrájú felbontást alkalmazva) már körülbelül a felére, 124,5 Mbit/s-ra szorítja le az adatsebességet. Az egymást követő képkockák mozgáskompensációval kiegészített különbségi impulzuskódmodulációjával (Differential Pulse Code Modulation, DPCM), a képtartalom diszkrét koszinusz transzformációjával (Discrete Cosine Transform,

Videó:

ISO/IEC MPEG-1 ; MPEG-2 ; MPEG-4 ; MPEG-4/AVC
 ITU-T H.261 ; H.262 ; H.263 ; H.264
 Egyéb AVS ; Bink ; Dirac ; Indeo ; MJPEG ; RealVideo ; Theora ; VC-1 ; VP6 ; VP7 ; WMV

Audió:

ISO/IEC MPEG MPEG-1 Layer III (MP3) ; MPEG-1 Layer II ; AAC ; HE-AAC
 ITU-T G.711 ; G.722 ; G.722.1 ; G.722.2 ; G.723 ; G.723.1 ; G.726 ; G.728 ; G.729 ; G.729.1 ; G.729a
 egyéb AC3 ; Apple Lossless ; ATRAC ; FLAC ; iLBC ; Monkey's Audio ; μ -law ; Musepack ; Nellymoser ; RealAudio ; SHN ; Speex ; Vorbis ; WavPack ; WMA

Kép:

ISO/IEC/ITU-T JPEG ; JPEG 2000 ; lossless JPEG ; JBIG ; JBIG2 ; PNG ; WBMP
 egyéb APNG ; BMP ; GIF ; ILBM ; PCX ; TGA ; TIFF ; HD Photo

Médiát tartalmazó adat:

általános 3GP ; ASF ; AVI ; DMF ; DPX ; FLV ; Matroska ; MP4 ; MXF ; NUT ; Ogg ; Ogg Media ; QuickTime ; RealMedia ; VOB
 csak audio AIFF ; AU ; WAV

mást követő adatcsomag között bitátszövést és 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 vagy 7/8 kódarányú konvolúciós kódolást foglal magában.

A földfelszíni digitális televízió műsorszórásnál alkalmazott OFDM átviteltechnikának két üzemmódja használatos az EN 300 744 szabvány szerint: a vivők számától függően 2k vagy 8k (2. táblázat). Ez elvben 2048, illetve 8192 ortogonális vivőt jelent. A gyakorlatban a spektrum szélein található vivők egy részét nem használjuk.

1. táblázat Multimédia-tömörítési eljárások [12]

DCT), az újrakvantált DCT együtthatók cikkcakk-leképezésével, majd futamhossz-kódolásával, végül az így előállt adatfolyam Huffman-kódolásával rendkívül nagy tömörítést érnek el, melynek továbbítására már 2-6 Mbit/s-os adatátviteli sebesség is elegendő [5]. A távközlés és vele együtt a műsorszórás is, egyre inkább IP alapokra helyeződik át. Ezzel együtt az internet alkalmazásoknál már jól bevált MPEG-4-es szabvány folyamatosan be fog vonulni a műsorszórásba.

A tömörítetlen, digitalizált hanginformáció átvitele eleve kisebb adatsebességet igényel (kb. 1,5 Mbit/s sztereó jel esetén), viszont tömörítésekor nem tudunk a videojeléhez hasonlóan jó arányt elérni. Kihasználjuk, többek között, az emberi hallás azon tulajdonságát, hogy az erősebb, nagyobb intenzitású hangok elfedik az időben előtte és utána lévő gyengébb hangokat. Hasonló elfedési jelenség tapasztalható a frekvenciaspektrumban is. Így a minőség függvényében néhány 100 kbit/s-ra redukált adatsebességet kaphatunk.

A hanggal és esetleg további adatokkal kiegészített videojelet elemi adatfolyamnak (Elementary Stream, ES) nevezzük. A feldolgozott kép- és hangtartalomtól függően a tömörítés rövidebb-hosszabb adatokat eredményez. Az így létrejövő változó, de maximálisan 64 kilobájt hosszúságú adatfolyam neve csomagolt elemi adatfolyam (Packetized Elementary Stream, PES). A PES csomagok további opcionális kiegészítéseket is tartalmazhatnak. Bonyolultabbak és hosszabbak annál, hogy műsorszóró hálózaton továbbítsuk azokat. Ezért 184 bájt (+ 4 bájt fejléc) hosszú egységekre osztva multiplexáljuk őket a többi műsorral együtt. Ekkor kapjuk meg az MPEG-2 átviteli adatfolyamot, angol nevén Transport Stream-et (TS).

Feltételezve, hogy az átviteli úton hibák léphetnek fel, ezek utólagos helyreállíthatósága érdekében előreható hibajavító algoritmusokat építünk be (Forward Error Correction, FEC). A csatornakódolás scremblerezést, 8 hibás bájt javítására képes Reed-Solomon (204;188) kódolást, 12 egy-

A vivők ortogonalitásának feltétele, hogy a szimbólumidők Δt időtartama és a vivőfrekvenciák Δf távolsága egymás reciproka legyen: $\Delta f = 1/\Delta t$. A véges idejű szimbólumok miatt az egyes vivők spektruma ekkor a diszkrét vonalak helyett olyan $\sin(x)/x$ függvény szerint fog változni, melyek nullátmenetei a frekvenciatengelyen Δf távolságra követik egymást, és éppen egybeesnek a szomszédos vivők maximumhelyeivel. Így a sok ezer vivő hasznos jele egymás zavarása nélkül továbbítható. Az ortogonalitás feltételéből következik, hogy az üzemmódtól függetlenül (2k vagy 8k) a nettó adatátviteli sebesség nem változik. (A 8k üzemmód ugyan négyszer annyi adatvivővel, de négyszer olyan hosszú szimbólumidőkkel rendelkezik.)

Minden egyes (modulált, szinuszos) adatvivő amplitúdója és fázisa is hordoz információt. Az adatvivők mindegyike 16 vagy 64 QAM modulációt kap, ezért egy szimbólum átvitelével 4 vagy 6 bitnyi adatot továbbíthatunk. (QPSK is engedélyezett, de használata nem terjedt el.)

A szimbólumok közötti áthallás kiküszöbölése érdekében védő intervallumot (Guard Period) iktatnak a szimbólumok átvitele közé. A védelmi időintervallum a szimbólumidő 1/4, 1/8, 1/16 vagy 1/32-ed része lehet. Növekedése javítja a szimbólumok kiértékelhetőségét, de csökkenti az átvihető hasznos adatok mennyiségét. A fenti információk alapján az adatátviteli sebesség már meghatározható.

2. táblázat
A 2k és 8k üzemmód összehasonlítása

Üzemmód	2k	8k
vivők száma (elvileg)	$2^{11} = 2048$	$2^{13} = 8192$
vivők száma (gyakorlatilag)	1705	6817
adatvivők száma	1512	6048
folytonos pilotvivők száma	45	177
szórt pilotvivők száma	142 / 131	568 / 524
jelzésátviteli (TPS) vivők száma	17	68
vivők közötti távolság *	≈ 4 kHz	≈ 1 kHz
egy szimbólum időtartama *	≈ 250 μ s	≈ 1 ms

* a pontos értéket a DVB-T spektrum szélessége (6, 7 vagy 8 MHz) határozza meg

3. táblázat
Nettó adatátviteli sebességek
összehasonlító táblázata (Mbit/s)
(az értékek a 2k vagy 8k üzemmód
választása esetén azonosak)

	Védelmi idő	Kódarány				
		1/2	2/3	3/4	5/6	7/8
QPSK (M = 4)	1/4	4.9765	6.6353	7.4647	8.2941	8.7088
	1/8	5.5294	7.3725	8.2941	9.2157	9.6765
	1/16	5.8547	7.8062	8.782	9.7578	10.2457
	1/32	6.0321	8.0428	9.0481	10.0535	10.5561
16QAM (M = 16)	1/4	9.9529	13.2706	14.9294	16.5882	17.4176
	1/8	11.0588	14.7451	16.5882	18.4314	19.3529
	1/16	11.7093	15.6125	17.564	19.5156	20.4913
	1/32	12.0642	16.0856	18.0963	20.107	21.1123
64QAM (M = 64)	1/4	14.9294	19.9059	22.3941	24.8824	26.1265
	1/8	16.5882	22.1176	24.8824	27.6471	29.0294
	1/16	17.564	23.4187	26.346	29.2734	30.737
	1/32	18.0963	24.1283	27.1444	30.1604	31.6684

A 3. táblázat összefoglalja a
nettó adatátviteli sebességeket
különböző paraméterek válasz-
tása esetén.

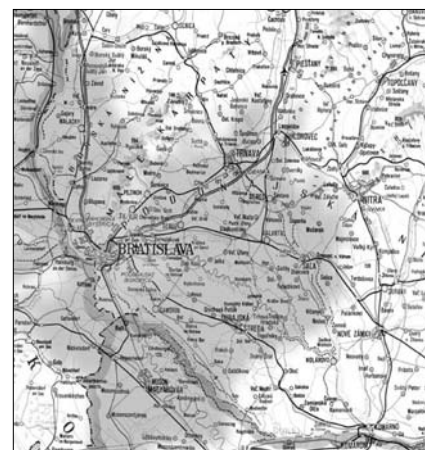
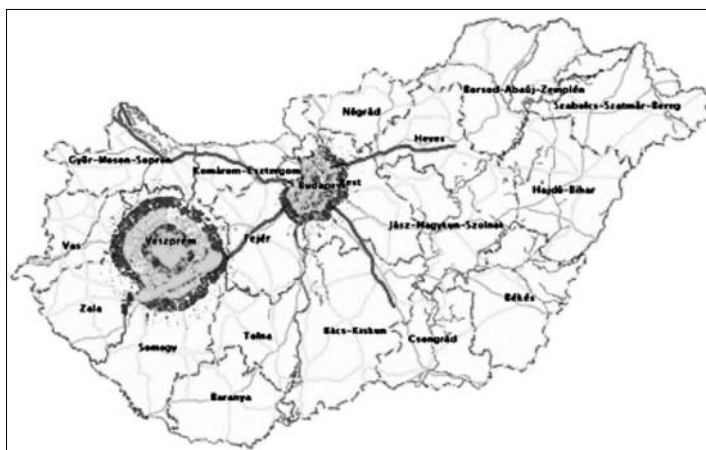
4. A vizsgált DVB-T adók legfontosabb paramétere

A Széchenyi István Egyetem Távközlési Tanszékének
Műholdas és Kábeltelevíziós Laboratóriuma, ahol a
mérések végeztük, az oltatási épület D tornyában talál-
ható, mely a környezetéből egyébként is kimagasló épü-

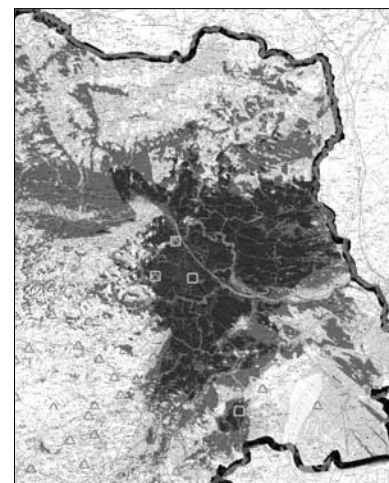
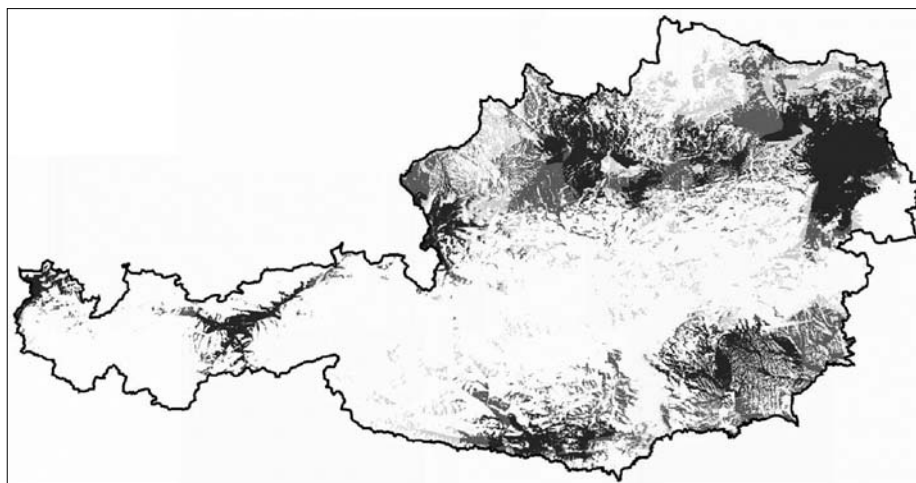
let legmagasabb pontja. Mérőantennánk körülbelül 40
méteres magasságban volt a talajszinthez képest. Ez
az adottság nagyban hozzájárult ahhoz, hogy Győrben
egyáltalán esélyünk volt a DVB-T adások vételére. Győr
ugyanis minden esetben a prognosztizált ellátottsági
terület határán kívül esett (2., 3/a,b., 4. ábrák).

4. ábra
Pozsony és környékének DVB-T ellátottsága [13]

2. ábra
A hazai DVB-T
adások
ellátottsági
körzetei
[9]



3/a. és 3/b. ábra
Ausztria és Bécs környékének DVB-T ellátottsága [7]



Győr - SZE			Bp - PTTT
Kabhegy (HU)	Wien (A)	Bratislava (SK)	Bp. OMK (HU)
UHF 64. csatorna	UHF 61. csatorna	UHF 66. csatorna	UHF 51. csatorna
814 MHz	794 MHz	834 MHz	714 MHz
2,5 kW ERP	50 kW ERP	3,5 kW ERP	1 kW ERP
horizontális	horizontális	horizontális	horizontális
64 QAM	16 QAM	64 QAM	64 QAM
8k FFT	8k FFT	8k FFT	8k FFT
1/32 GP	1/4 GP	1/8 GP	1/32 GP
2/3 CR	3/4 CR	2/3 CR	2/3 CR
alpha 1 (NH)	alpha 1 (NH)	alpha 1 (NH)	alpha 1 (NH)
távolság kb. 70 km	távolság kb. 120 km	távolság kb. 60 km	távolság kb. 8 km

4. táblázat
A vizsgált DVB-T adók
legfontosabb
paraméterei

A Győrben vehető magyar DVB-T adások a 64. csatornán Kabhegyről, az osztrák adások a 61. csatornán Bécsből, a szlovák adások pedig a 66. csatornán Pozsonyból érkeztek. Az adók részletesebb paramétereit a 4. táblázat tartalmazza. Azonos a horizontális polarizáció, a 8k üzemmód választása, továbbá a hierarchikus moduláció nélküli átvitel ($\alpha = 1$, NH)

A táblázat adatait a 3. táblázattal összevetve máris kiderül, hogy a különböző országok adói mennyire eltérő nettó adatátviteli sebességekkel üzemelnek. A bécsi adás esetén ez 14,9 Mbit/s, Pozsonynál 22,1 Mbit/s, míg a magyar adók esetén 24,1 Mbit/s.

Ne feledjük, hogy az adatátviteli sebesség határozza meg az átvihető műsorcsatornák számát. Az egy műsorhoz szükséges csatornkapacitásról a DVQ mérésekkel összefüggésben még lesz szó. A bécsi adó a zavarvédettebb 16 QAM választással lényegesen kevesebb műsorcsatornát képes továbbítani. Láthatóan nagyon sok tényező egymásra hatását kell figyelembe venni egy DVB-T adás műszaki paraméterek meghatározásakor.

Az osztrák adást valójában egy három adóból (Himmelhof, Kahlenberg, Arsenal) álló egyfrekvenciás hálózat (SFN) sugározza. Feltétlenül ki kell emelni, hogy az osztrák vételi lehetőségekről nagyon részletes antenna beállítási tanácsok, illetve DVB-T be- és analóg lekapcsolási ütemterv tájékoztatót. 2007-ben március 5-én Bregenz, május 7-én Innsbruck, június 4-én Salzburg és Linz tartományokban állt le végleg az analóg adás! [7] Németország egésze 2008-ra tervezi a teljes átállást!

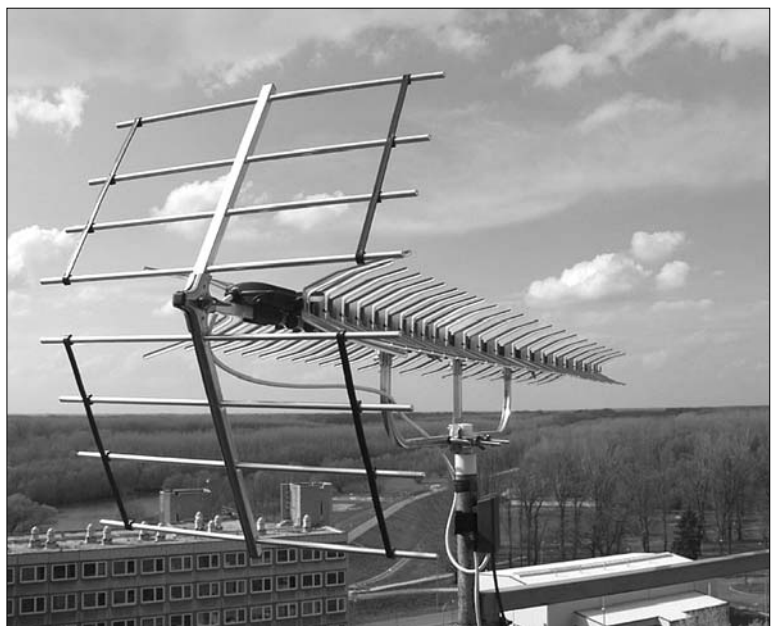
5. Mérési összeállítás, műszerek

A győri, meglehetősen mostoha vételi körülményekhez Hirschmann Fesa 817 N 69 antennát választottunk, mely a 63-69-es UHF csatornákon 17 dB nyereséggel rendelkezett (5. ábra).

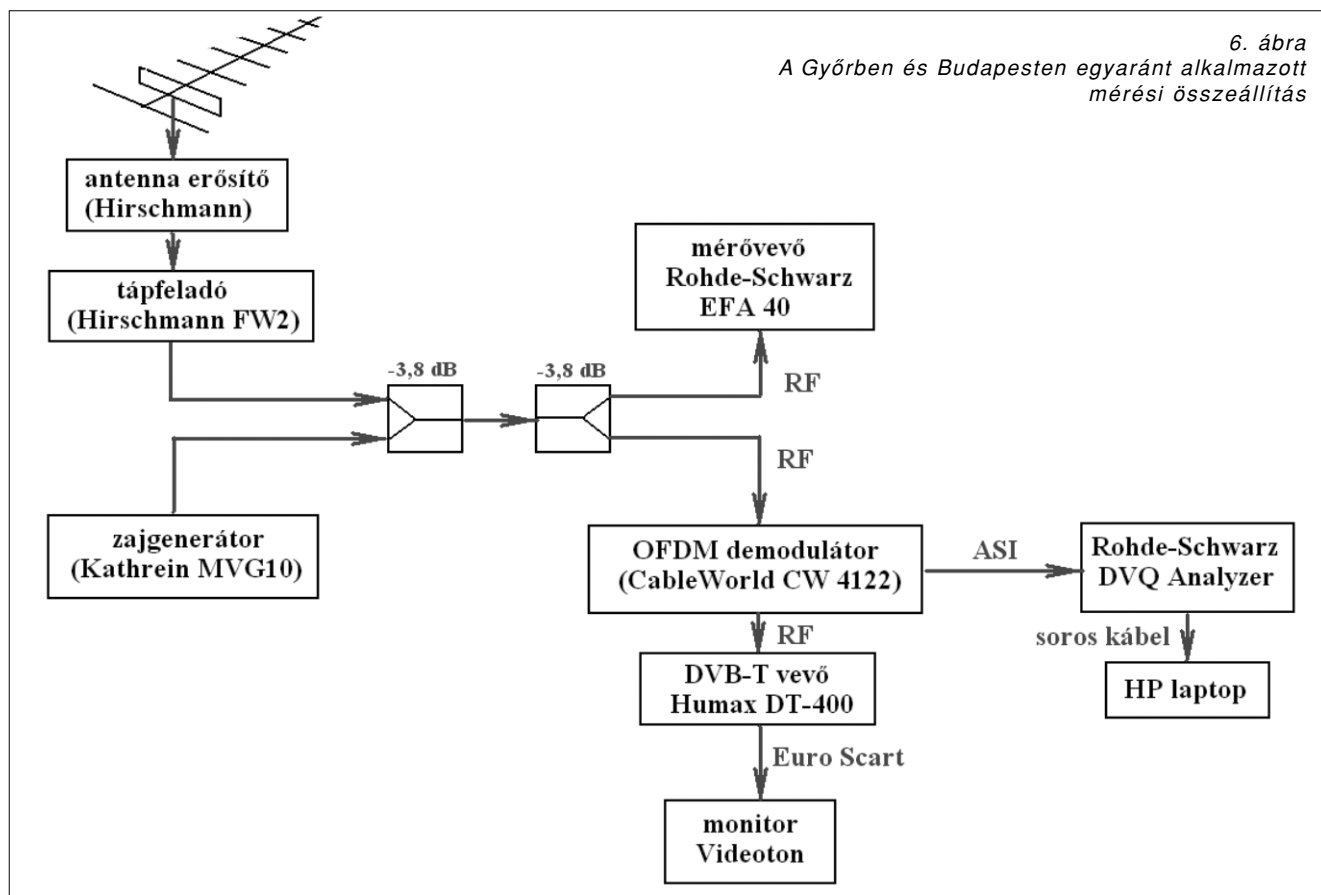
Az antenna közvetlen közelébe, az árbocrúdra helyeztük el a szintén Hirschmann gyártmányú távtáplált antennaerősítőt, mely 25 dB-es erősítést adott 1,8 dB-es zajtényező mellett.

Esetenként az antennaerősítő jeléhez változtatható amplitúdójú Gauss-zajt adtunk. Zajgenerátorunk Kathrein gyártmányú MVG10 típusú készülék volt. Ezt a jelet osztottuk kétfelé. Az egyik ágra méréseink legmeghatározóbb műszerét, egy Rohde&Schwarz gyártmányú EFA 40/43-as DVB-T mérővevőt kapcsoltuk [1,6]. A másik ágra egy CableWorld CW 4122 OFDM demodulátort tettünk. Ennek aszinkron soros kimenete (Asynchronous Serial Interface, ASI) szolgáltatja az adatokat a képminőség vizsgálathoz, melyet Rohde&Schwarz DVQ Analyzer segítségével végeztünk [2]. A mért értékeket egy HP Compaq NC6320 notebook rögzítette. Az OFDM demodulátor RF kimenete szolgált monitorozásra egy Humax DT-400 DVB-T vevőn keresztül.

5. ábra
A DVB-T vételhez használt Hirschmann antenna



6. ábra
A Győrben és Budapesten egyaránt alkalmazott
mérési összeállítás



A teljes mérési összeállítás a fenti, 6. ábrán látható. A jobb összehasonlíthatóság érdekében a budapesti méréseket ugyanezzel a rendszerrel készítettük.

6. Milyen paramétereket lehet és érdemes mérni?

Mindjárt az elején meg kell említeni, hogy a többszörösen összetett átviteli adatfolyam (transport stream), a bonyolult csatornakódolás, a többféle hibajavító algoritmussal ellátott sok ezer vivős OFDM technika, továbbá a kvadratúra moduláció együttesen komoly követelményeket támaszt a DVB-T jelek mérés technikájával szemben. Az analóg televízió műsorszórás esetén elsősorban a jel/zaj viszony romlása és az átviteli lánc erősítőinek nemlineáris torzítása felelt döntően a minőségromlásért. A következőkben áttekintjük azokat a legfontosabb paramétereket, melyeket leginkább figyelemmel kell kísérnünk, ha a földfelszíni digitális televízió műsorszórás minőségéről beszélünk.

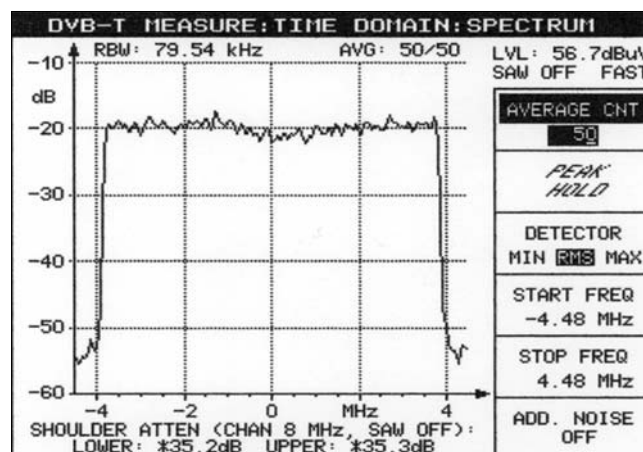
6.1. A DVB-T jel és környezetének frekvenciaspektruma

Az általunk vizsgált valamennyi DVB-T adás 8 MHz szélességű spektrumtartományt foglalt el. Az OFDM szimbólumok véletlenszerű jellege miatt a spektrum egyenletes, zajszerű (7. ábra). A széleken jól láthatóan nem moduláltak a vivők, hogy ezzel a szomszédos csatornák közötti átfedés könnyebben szűrhető legyen. Az egyes

vivők $\sin(x)/x$ spektruma miatt a spektrumhatár jellegzetes „vállakkal” rendelkezik. A frekvenciaspektrum tájékoztatást ad a rádiófrekvenciás átviteli út hibáiról, fadinghatásokról. A spektrumkép kiértékelésével mód van az adott DVB-T csatorna jel- és zajteljesítményének meghatározására is.

A szomszédos csatornák spektrumának ismerete, azok zavaró hatása miatt lehet lényeges. Méréseink során a szlovák adás vételekor tapasztaltuk, hogy a 66. csatornán érkező DVB-T adó mellett egy analóg (oszt-rák) adó működött az alatta lévő 65. csatornán. E példán is látható, milyen fontos a szomszédos országok közötti pontos frekvenciakoordináció.

7. ábra
A 794 MHz-en érkező oszt-rák adó spektruma Győrből

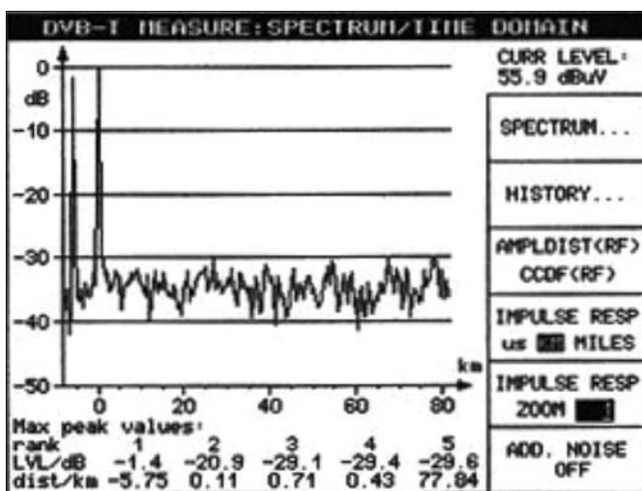


6.2. A rádiófrekvenciás átviteli út impulzusválasza

Ideális esetben a rádiófrekvenciás jel kizárólag közvetlen úton érkezik a vevőhöz. A budapesti vételi helyünk gyakorlatilag ide tartozott. A földfelszíni terjedés során azonban nagyszámú reflektált jel is keletkezik, melyek a vevőantennára jutva zavarhatják a vételt. A pozsonyi és a bécsi adó vett jele számtalan, közel azonos amplitúdójú reflexióval volt terhes, melyek nagyon változatos időeltolódással (más-más úthosszat megtéve) érkeztek (8. ábra) [10]. Kabhegy jelét egyetlen, időjárástól és napszaktól független reflexió jellemezte, mely a mérések tanúsága szerint körülbelül 450 méterre volt a vételi helytől.

8. ábra

A 834 MHz érkező pozsonyi adó impulzusválasza

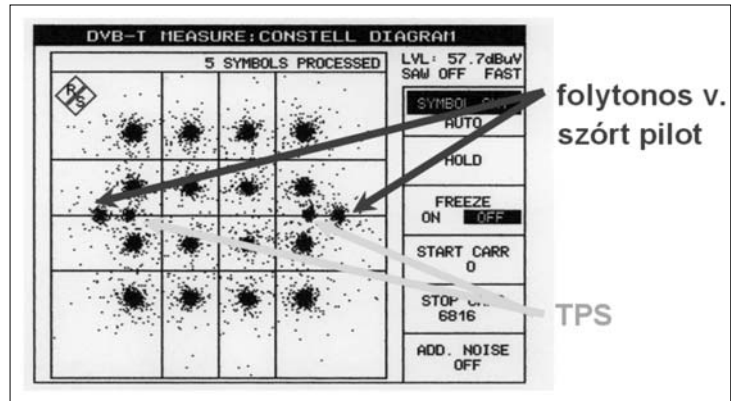


A szimbólumközi védőintervallum hivatott arra, hogy a szimbólumváltások közötti tranziensek ne akadályozzák a jel kiértékelését. Egyfrekvenciás hálózat esetén az adók földrajzi távolsága miatt az impulzusválasz alapján optimalizálhatjuk az egyes adók jelszintjét és szinkronját. Ekkor is igaz, hogy a reflektált (vagy másik SFN adóból érkező direkt vagy szintén reflektált) jelnek a védőintervallumon belül le kell csengenie.

6.3. Konstellációs diagram

A DVB-T műsorszórásnál alkalmazott digitális (kvadratúra) moduláció elemzésének legszemléletesebb módját a konstellációs diagram nyújtja. Az I/Q koordináta-rendszerben pontoknak látszó egyedi szimbólumok helyzete tájékoztat bennünket a QAM moduláció szintjéről (16 vagy 64 QAM), a jel/zaj viszonyról, a modulátor hibáiról, mint amilyen például az amplitúdó aszimmetria, a fázishiba vagy az elégtelen vivőelnyomás, más néven vivőszivárgás.

A legtöbb esetben a konstellációs diagram valamilyen vivő állapotait egyidejűleg mutatja, de szükség esetén a mérővevő képes ezeket szelektíven mutatni. Nem csak az adatvivők állapotairól kapunk adatokat, mert a konstellációs diagram vízszintes tengelyén szimmetrikusan a (szórt és folytonos) pilotjelek, és (az origóhoz közelebb) a jelzésátviteli vivők (Transmission Parameter



9. ábra

Az ausztriai DVB-T adás 16 QAM konstellációs diagramja

Signalling, TPS) állapotai is megjelennek. Ez utóbbiak a vétel szempontjából rendkívüli fontossággal bírnak, mert az adási paramétereikről tájékoztatják a vevőt. Ezért a leginkább hibátűző differenciális fázisbillejtőzést (Differential Binary Phase Shift Keying, DBPSK) kapták. Az általunk vizsgált adók mindegyike 64 QAM modulációt használt, kivéve az ausztriai adó(ka)t, mely (ek) a 16 QAM miatt tűntek ki a többi adat közül (16 állapot, szemben a 64-gyel az I/Q síkon) – 9. ábra.

A konstellációs diagramon látható, különböző okokra visszavezethető hibák jellemzésére bevezetett modulációs hibaarány egyetlen számadattal igyekszik jellemezni az átvitelt. Jelentősége miatt külön foglalkozunk vele.

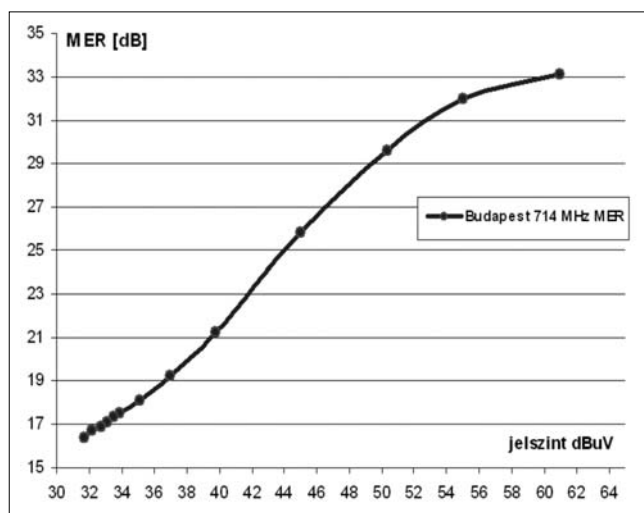
6.4. Modulációs hibaarány (Modulation Error Rate, MER)

A QAM szimbólumok ideális esetben az egyes I/Q cellák középpontjára esnek. Valóságban ettől kisebb-nagyobb mértékben eltérnek. Ennek az eltérésnek a nagysága jellemzi a hiba mértékét. A cellák középpontjába húzott vektorok abszolút értékének négyzetösszegeit kell osztani a hibavektorok abszolút értékének négyzetösszegeivel, valamennyi szimbólumra nézve és mindezt – DVB-T esetén – az összes adatvivőre elvégezve. A kapott hányadost dB-ben kifejezve kapjuk a modulációs hibaarány mérőszámát:

$$MER = 10 \cdot \log \frac{\sum_{i=1}^N (I_i^2 + Q_i^2)}{\sum_{i=1}^N (\Delta I_i^2 + \Delta Q_i^2)} [dB]$$

A modulációs hibaarányt az analóg rendszerekkel való összehasonlítás során gyakran a digitális átvitel jel/zaj viszonyaként is emlegetik. De a kettő nem ugyanaz. A MER értékét, a zajon kívül, az átvitel során keletkező nagyon sokféle további hiba terheli és befolyásolja.

A modulációs hibaarány változását a jelszint függvényében a 10. ábra mutatja. A jelszintet csillapító beiktatásával csökkentettük a vétel határáig. A budapesti mérési adatokat láthatjuk, mert a közel ideális állapottól a konstellációs diagram összeomlásáig itt foghattuk át a legszélesebb tartományt.



10. ábra

A budapesti, 51. csatornán sugárzó DVB-T adó vett jelének modulációs hibaaránya a jelszint függvényében

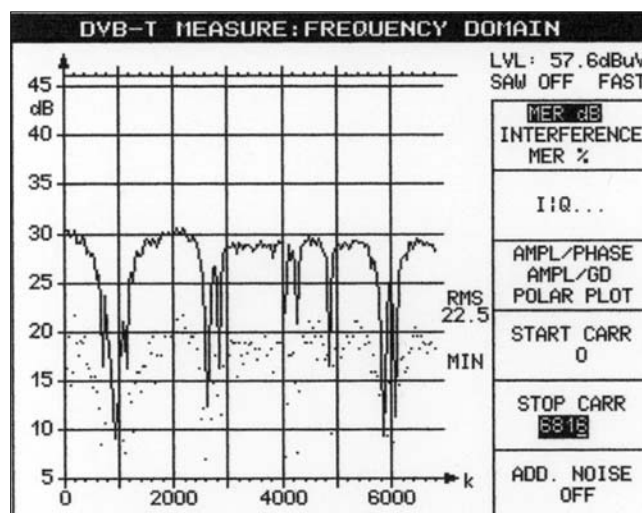
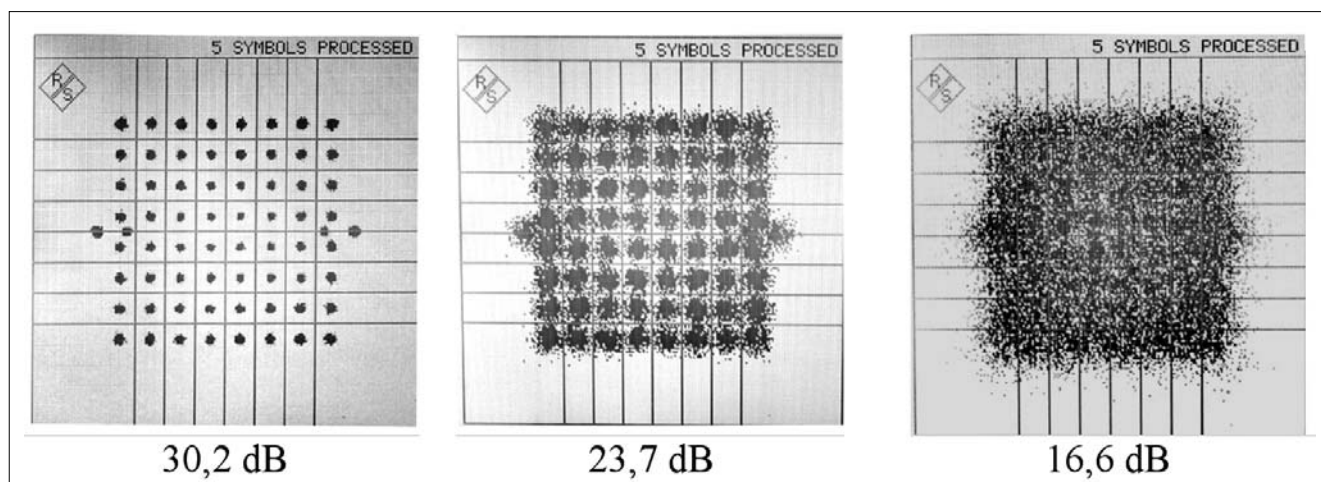
A modulációs hibaarány romlásával a konstellációs diagram elmosódik, ahogy ezt a 11. ábra képei mutatják.

Az egyes DVB-T adókról általánosságban annyi mondható, hogy a modulációs hibaarány kb. 17 dB-es értékéig maradt szinkronban a vevő akkor, amikor az adás a zavarokra érzékenyebb, 64 QAM modulációs szintű volt. Esetünkben a két magyar és a szlovák adó sorolható ide. Az ausztriai adás, a robosztusabb 16 QAM modulációs szint miatt, 12 dB-es modulációs hibaarány mellett is még szinkronban volt. Valamennyi adó esetében azt tapasztaltuk, hogy a monitor képernyőjén látott gyakorlatilag hibátlan kép és a vétel teljes összeomlása között a modulációs hibaarány értékében alig 1,5-2 dB volt a különbség. A jelenséget részletesebben a bit-hiba arány segítségével írhatjuk le és érthetjük meg. (Lásd a következő szakaszt!)

Még egy lényeges összefüggést kell tisztázni a modulációs hibaarányval kapcsolatban. Egyetlen adatként a MER dB-ben kifejezett értéke valamennyi adatvivő frekvenciájára átlagolt érték. Mivel sok ezer vivőnk van az OFDM technika miatt, ezek zavarása, reflexiója stb.

11. ábra

A konstellációs diagram állapota három különböző RMS MER értéknél (Budapest, 51. csatorna, 64 QAM)



12. ábra

A MER értéke erősen függ a vivők spektrumon belüli helyzetétől (Wien 794 MHz, Győről)

jelentősen különbözhet egymástól. Ezért a modulációs hibaarányt valójában vivőnként külön-külön kellene ismerni. Erre az igényre a mérővevők fel vannak készítve.

Jellemző példaként bemutatjuk a 7. ábrával egyidőben készült grafikont, melyen a modulációs hibaarány változását láthatjuk az egyes vivők függvényében. Bár a 7. ábra frekvenciaspektruma nem utalt vételi problémára, jelentős mennyiségű adat válik kiértékelhetetlenné azokon a vivőkön, melyek nagyon alacsony MER értékkel bírnak (12. ábra). Vajon meddig képes a rendszerbe épített hibajavító algoritmus ezeket pótolni? Erre egyetlen, az összes adatvivőre átlagolt, esetünkben 22,5 dB-es MER érték nem ad kielégítő választ. Feltétlenül szükség van a vivők függvényében egyedileg mért MER adatokra.

6.5. Bithiba arány (Bit Error Rate = BER)

Digitális átvitel esetén a kapcsolat minőségét legjobban a bithiba arány jellemzi. Értékéhez a hibás bitek számát kell osztani a továbbított összes bit számával.

A gyakorlatban hibamentesnek (Quasi Error Free, QEF) fogadjuk el az átvitelt abban az esetben, ha a bithiba arány $2 \cdot 10^{-11}$ -nél kisebb. A külső és belső hibajavító kódolás miatt három különböző BER értéket mérhetünk, ahogyan ezt a Rohde&Schwarz mérővevő főmenüje is mutatja (13. ábra). Ezek:

- a Viterbi dekódoló előtt,
- a Reed-Solomon dekódoló előtt és
- a Reed-Solomon dekódoló után.

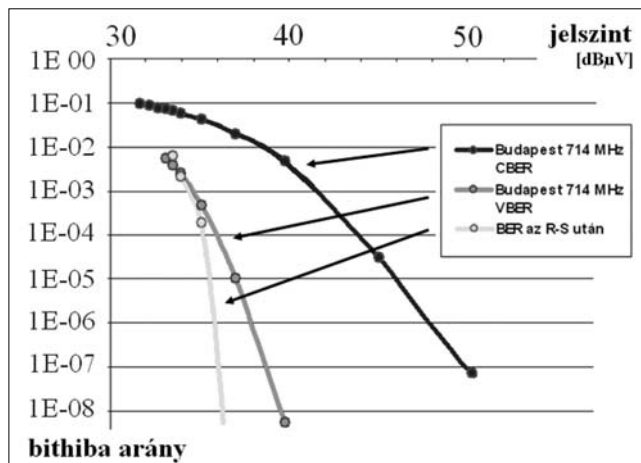
13. ábra

A mérővevő főmenüjében látható három BER érték

DVB-T MEASURE			
SET RF (8MHz)	CHANNEL	ATTEN : 0 dB	
818.00 MHz	64	52.5 dBuV	
FREQUENCY/BER/BER:			CONSTELL DIAGRAM...
FREQUENCY OFFSET	-0.094 kHz		
BITRATE OFFSET	6.9 ppm		
BER <RMS>	24.8 dB		FREQUENCY DOMAIN...
BER BEFORE VIT	2.3E-3 (10/10)		
BER BEFORE RS	3.5E-7 (10/10)		
BER AFTER RS	0.0E-7 (78/100)		SPECTRUM/ TIME DOMAIN.
OFDM/CODE RATE:			OFDM PARA- METERS...
FFT MODE	8K (TPS: 8K)		
GUARD INTERVAL	1/32 (TPS: 1/32)		
ORDER OF QAM	64 (TPS: 64)		
ALPHA	1 NH (TPS: 1 NH)		
CODE RATE	2/3 (TPS: 2/3)		RESET BER
CELL ID	0000 (LI: 17 INT: NAT)		
TPS RES (F1-F4)	00,00,00,00		
TS BIT RATE 24.12834 Mbit/s			ADD. NOISE OFF
SYST OPTIM: FAST			
SAW: OFF			

A Viterbi dekódoló előtti BER érték a legfontosabb a három közül, mert a rádiófrekvenciás átviteli csatorna jellemzésére kiválóan alkalmas. A szakirodalom CBER-ként (Channel Bit Error Rate) említi. A Viterbi dekódoló utáni adatok (VBER) a hibajavító algoritmus hatékony működése következtében lényegesen jobbak. Az ezt követő Reed-Solomon (204;188) dekódoló az MPEG-2 átviteli adatfolyam 204 bájt hosszú blokkjainak 188 bájos adatcsomagjaiból maximum 8 bájt helyreállítására ad lehetőséget.

A 14. ábra a jelszint változásának függvényében mutatja a különböző BER adatokat. Alacsony BER értékek esetén egyre növekvő mérési időtartamokra van szükség.



14. ábra

A különböző BER értékek a jelszint függvényében (Budapest, 51. csatorna)

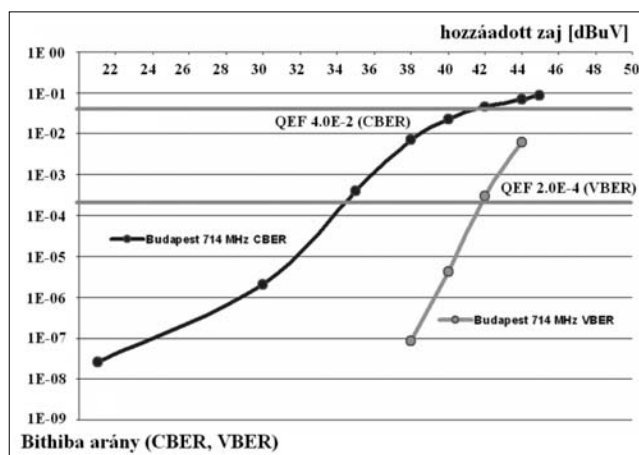
A CBER és VBER adatok mérése lehetőséget ad az – analóg rendszereknél megszokott (lásd 1. ábra) – öt-fokozatú skálán történő minőségértékelésre. Az egyes minőségi osztályok: Q1-Q2 nem megfelelő, Q3 megfelelő, Q4 jó, Q5 kiváló. Amennyiben VBER értéke nagyobb, mint $2 \cdot 10^{-4}$, már csak „nem megfelelő” minőségi besorolás lehetséges. (A közel hibátlan, QEF vétel VBER $< 2 \cdot 10^{-4}$ esetén lehetséges.) Amennyiben VBER értéke $2 \cdot 10^{-4}$ alatt marad, a besorolást CBER értékétől tesszük függővé. CBER minimális értéke $4 \cdot 10^{-2}$ (2/3-os kódarány esetén), illetve $2 \cdot 10^{-2}$ (3/4-es kódarány mellett). A CBER minimális értékétől való távolság lesz ekkor a minőségi besorolás alapja, ahogy ezt az 5. táblázat az ITU-R BT.1735 szerint mutatja. A besorolás a vizsgált terület adott százalékában (75% alatt, 75-90% között, 95% felett) előírja a minimális térerősség meglétét is.

A különböző adók antennajeléhez Gauss-zajt keverve meghatároztuk a CBER és VBER értékeket zajjal terhelt vételnél. A 15/a. ábrán, legjobb példaként, a budapesti mérési eredményeket mutatjuk be, megjelölve a különböző bithiba arányokhoz tartozó QEF szinteket. Láthatóan mindketten a zajszint azonos értékénél – esetünkben 42 dBuV-nál – egyszerre lépték át a saját QEF szintjüket. Feltételezve, hogy a minimális térerős-

5. táblázat

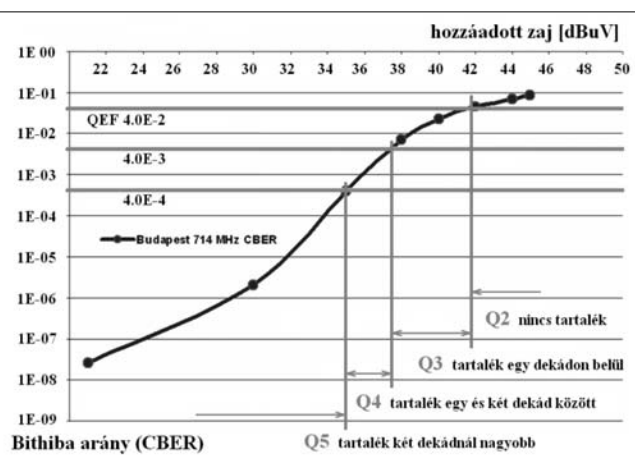
A DVB-T ellátottság minőségi osztályai az ITU-R BT.1735 alapján

a minimális térerősség megléte a terület %-ban	BER			
	$VBER > 2 \times 10^{-4}$	$VBER \leq 2 \times 10^{-4}$		
		és a CBER tartalék		
		1 dekádön belül	1 és 2 dekád között	több, mint 2 dekád
$E < E(70\%)$	Q1	Q2	Q2	Q2
$E(70\%) < E < E(95\%)$	Q2	Q3	Q3	Q4
$E(95\%) < E$	Q2	Q3	Q4	Q5



15/a. ábra

A CBBER és VBBER értékek változása zaj hozzáadása esetén
(Budapest, 51. csatorna)



15/b. ábra

DVB-T ellátottság minőségi osztályainak meghatározása
(Budapest, 51. csatorna)

ség a környezet legalább 95%-ban rendelkezésre áll, ez a pont a Q2-Q3 minősítés határa is egyben. Az előírt minimális CBBER érték tizedénél átlépünk a Q4, századánál pedig a Q5 minőségi osztályba, ahogy ezt a 15/b. ábrán láthatjuk. Így, természetesen zaj nélkül, a budapesti vétel kiváló, Q5 minősítést kapott.

A győri mérések szerint Kabhegy vétele Q4-es, a pozsonyi vételi lehetőség Q3-as, míg a Bécsből érkező jel esetén a Q3 határhoz közel eső, de szintén Q4-es minősítés adható. (Nem szabad megfeledkezni arról, hogy az ausztriai adás kódaránya a többiekétől eltérően 3/4, ezért a CBBER minimális értékére az előírás itt $2 \cdot 10^{-2}$.) További mérések szükségesek annak megállapítására, hogy az időjárás változása milyen mértékben befolyásolja a fenti adatokat, melyek mindegyike pára- és csapadéktól mentes, napos időben készült.

6.6. Objektív képminőség-vizsgálat

Jó képminőség esetén a tömörített jelből visszaállított műsorban nem észlelhetők a blokkhatárok. Az objektív képminőség-vizsgálat számára kidolgozott mérési elv lényege, hogy az MPEG-2 kódolás-dekódolás miatti hibák, például blokkosodás esetén, a blokkhatárokon az Y világosságjel, továbbá a C_B és C_R színkülönbségi jelek amplitúdói nagyobb különbséget mutatnak, mint a blokkhatárokon belüli amplitúdó-különbség értékek (16. ábra, AD(i=0) és AD(i=8)).

A korábbi, szubjektív módon kapott eredményekkel való nagyobb összhang és összevethetőség miatt az így kapott mérőszámokat súlyozzák a videojel két további jellemzőjével. Ezek:

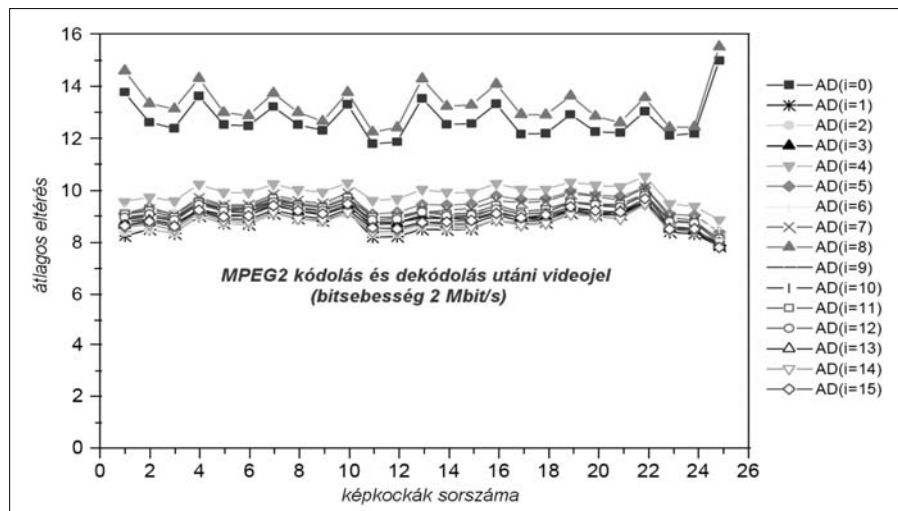
- a kép részletgazdagságával összefüggő térbeli változékonyság (SA) és
- a kép gyors változásához köthető időbeli változékonyság (TA).

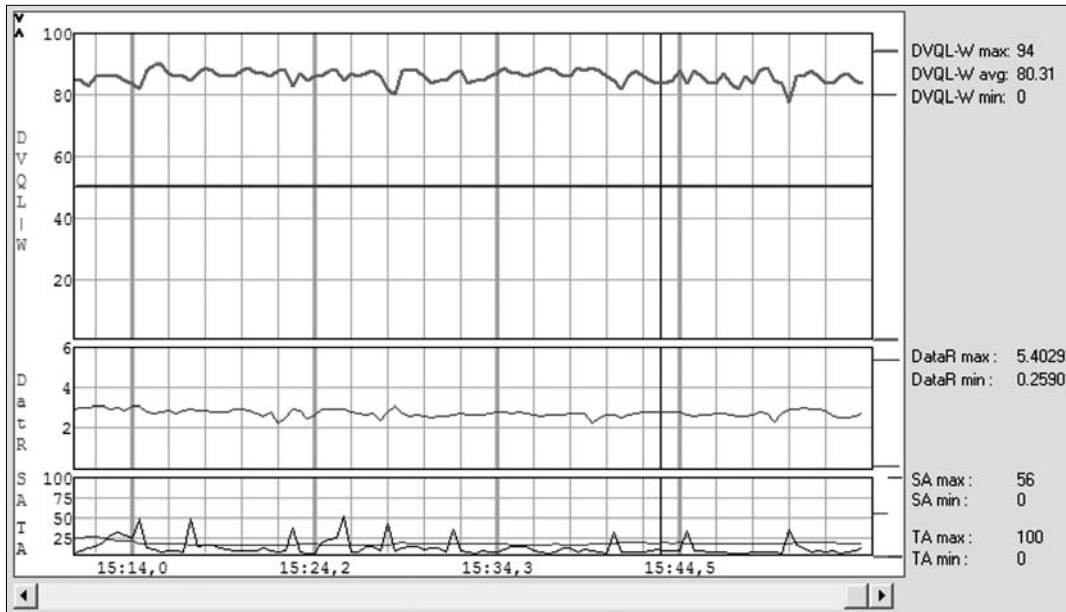
A súlyozott adatokat 0-100% közötti skálán időben folyamatosan ábrázolva láthatjuk az eredményt. A 17. ábra felső grafikonja a Rohde&Schwarz cég Digital Video Quality Analyzer DVQ műszerével felvett adatainkat tartalmazza hibátlan kép esetén. Középen a 3 Mbit/s körüli adatsebesség, alatta a térbeli és az időbeli változékonyság látható.

A hazai DVB-T adások a statisztikus multiplexelés következtében változó adatsebességgel kerülnek továbbításra. Méréseink során arra a következtetésre jutottunk, hogy a képtartalom és annak hibátlan átviteléhez szükséges minimális adatsebesség nagyon szoros kapcsolatban van. Gyorsan változó és emellett részletgazdag felvétel átviteléhez gyakran 6 Mbit/s-os adatsebesség is kevés lehet. A képminőség szempontjából tehát célszerű lenne minél nagyobb adatsebességet választani. A DVB-T sugárzás műszaki paraméterei ugyanakkor egyértelműen meghatározzák a nettó adatátviteli sebességet (3. táblázat). A multiplexált műsorok száma ezért a minőség és a gazdaságosság ésszerű összhangjával határozható meg.

16. ábra

Képpont-amplitúdó különbségek átlaga
gyenge minőségű MPEG-2 kódolás és dekódolás után





17. ábra
A Rohde&Schwarz
DVQ műszere
által rögzített
objektív
képmínőség-
vizsgálat adatai

7. Összefoglalás

Az előzőekben áttekintő összefoglalást kaphattunk a földfelszíni digitális televízió műsorszórás legfontosabb előnyeiről és hátrányairól. Láthattuk, hogy az adattömörítés, nyálábolás, a csatornakódolás, továbbá a digitális moduláció összetett rendszere miként kapcsolódik egyé a DVB-T műsorszórásban. Európa szinte valamennyi országát pezsgésbe hozta a digitális átállás, melyek közül ausztriai és szlovák példákat is vizsgálat tárgyává tettünk. Bemutattuk azokat a legfontosabb paramétereket, melyekkel jellemezni lehet a földfelszíni digitális televízió műsorszórást, minősíteni az ellátottságot és a képmínőséget.

Egyre gyarapodó, de korántsem teljes ismereteinkkel szeretnénk hozzájárulni a hazai digitális átállás zökkenőmentes végrehajtásához, az előnyök minél szélesebb körben történő kihasználásához. További lehetőségek megismerése is terveink között szerepel, mint például az egyfrekvenciás hálózatok kiépítése vagy a hierarchikus moduláció.

Nem szabad ugyanakkor figyelmen kívül hagyni a televízió műsorszórás digitalizálásának más irányait sem. Egyrészt a műholdon továbbított televízió adások döntő része már évek óta digitális (DVB-S, újabban DVB-S2). Másrészt a legnagyobb kábeltelevíziós szolgáltatók alig több mint egy éve bevezették, napjainkban pedig folyamatosan növelik a digitálisan kódolt műsoraik számát (DVB-C). És akkor itt van még a mobil készülékekre fejlesztett DVB-H. A digitális technika rohamos fejlődésével és a szélessávú internet térhódításával új kihívó is jelentkezett a nézők igényeinek minél tökéletesebb kielégítésére: megjelent az IP TV. Az egymással versengő platformok között nagyok komoly konku-renciaharc várható, melyben minden valószínűség szerint nem csak a jól meghatározott és reprodukálhatóan mérhető műszaki paraméterek döntenek majd.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton köszönöm Honfy József kollégámnak (Széchenyi István Egyetem, Távközlési Tanszék), hogy értékes tanácsaival és sokoldalú tapasztalatával segítette a mérések kivitelezését, végrehajtását és értékelését, valamint köszönettel tartozom Narancsik Mihálynak (Antenna Hungaria), aki a DVQ mérésekhez nyújtott pótolhatatlan segítséget.

Irodalom

- [1] Rohde&Schwarz,
EFA 40/43 TV Test Receiver (DVB-T).
- [2] Rohde&Schwarz,
Digital Video Quality Analyzer DVQ.
- [3] Dr. Jürgen Lauterjung:
Picture Quality Measurement,
Rohde&Schwarz GmbH & Co KG.
- [4] Dr. Jürgen Lauterjung:
First results of digital quality measurements
in DVB networks,
Rohde&Schwarz GmbH & Co. KG.
- [5] Walter Fischer: A digitális műsorszórás alapjai,
ORTT-AKTI, Budapest, 2005.
- [6] Honfy József:
DVB-T mérési tapasztalatok Győrben és Budapesten,
Híradástechnika 2005/10.
- [7] www.dvbt.at
- [8] www2.rohde-schwarz.com
- [9] www.antennahungaria.hu
- [10] Gombos Sándor:
DVB-T rendszer ellátottságának minőségi vizsgálata,
SZE diplomaterv, 2006.
- [11] Gombos Tamás:
A DVB-T rendszer minőségi paraméterek vizsgálata,
képmínőség vizsgálat,
SZE diplomaterv, 2006.
- [12] <http://en.wikipedia.org>
- [13] www.dvb-t.sk

Tájékoztatás a Híradástechnika szerzőinek

A Híradástechnika szerkesztőbizottsága szeretné, ha egyre több szerzője lenne különböző területekről, így tovább bővülne az újságban megjelenő témák köre, és változatosabbá válna az eltérő szemléletű szerzők gondolatvilágától. Leendő szerzőink számára a cikkírással kapcsolatban szeretnénk néhány tájékoztató gondolatot közölni:

• **Témák:** A lap profilja egyfelől felöleli a távközlés „klasszikus” műszaki témaköreit, továbbá az informatika távközléshez, kommunikációhoz kapcsolódó vonatkozásait, a média-technológiák és média-kommunikáció kérdéseit, ezzel is elősegítve a távközlés-informatika-média konvergenciájának folyamatát. Másfelől helyet adunk a távközléshez és média-kommunikációhoz kapcsolódó gazdasági, szabályozási, marketing, menedzsment témáknak és a távközlés-informatika-média társadalmi vonatkozásainak is.

• **Terjedelem:** A szakmai cikkek az újságban általában 4-8 oldal terjedelemben jelennek meg. Ennél rövidebbek inkább csak a hírek vagy beszámolók lehetnek. 8-10 oldalnál hosszabban pedig csak olyan alapvető újdonságok írhatók le, ahol a megértéshez az elméleti alapok és a gyakorlati megvalósítás egyaránt szükséges. Ez azt jelenti, hogy ábrák nélkül 12-20 ezer karakter lehet egy cikk szövege. Nyomtatott oldalanként max. 1-3 ábra elhelyezése teszi az olvasó számára áttekinthetővé, vonzóvá az ismertetést.

• **Forma:** Sem betűtípus, sem rajzkivitel nem köti a szerzőket. Az újság egységessége kedvéért ugyanis az elektronikusan érkező szövegeket a layoutban használt betűtípusban dolgozzuk fel. A cikkeket minden esetben elektronikus formában is kérjük, tehát e-mailen, vagy lemezen. A szövegeket *word formátumban* kérjük elkészíteni. Az ábrák megrajzolásánál egyetlen kötöttség, hogy az újság *fekete-fehér kivitelben* jelenik meg, így a színes ábrák is szürkeárnyalatos képként lesznek láthatók az oldalakon. Ennek megfelelően kérjük a szerzőket, hogy lényeges dolgokra ne hivatkozzanak úgy, hogy a piros vonal, vagy a kék alapterületű rész, ehelyett szaggatott, pontozott, vastag és vékony vonalak legyenek megkülönböztethetők, illetve a területnél sraffozással lehet különbséget tenni. Fotóillusztrációk esetén lehetőség szerint nagyfelbontású, külön képfájlokat is kérünk.

• **Szerkezeti elvárások:** A cikk kötelező részei a Bevezetés (első fejezet) és az Összefoglalás (utolsó fejezet). A bevezetésben a szerzők röviden ismertessék a téma háttérét, a cikk fő mondanivalóját és azt, hogy a további részekben miről lesz szó. A cikkhez csatolni kell egy rövid, néhány mondatos tartalmi összefoglalót magyar és angol nyelven, továbbá meg kell adni néhány jellemző kulcsszót is, szintén magyarul és angolul. A cikk

végén kérjük a kapcsolatos, vagy előzményként felhasznált publikációkat megadni. A hivatkozásokat szögletes zárójelben számozzuk, amely után következik a szerző, majd a cikk vagy a könyv címe, a megjelenés helye és időpontja.

• **Lektorálás:** A cikkek különböző minősítési folyamatnál értékes pontokat jelenthetnek. Az új eredményeket tartalmazó cikkeket a szerkesztőség bírálja. A bírálók véleménye alapján a cikket visszaadhatjuk a szerzőnek javításra, esetleg átdolgozásra. Minden félév végén az azt megelőző öt számból kiválogatjuk azokat a cikkeket, melyek a külföldi, nem magyar anyanyelvű olvasók számára is érdekesek lehetnek. Ezeket angolra fordítva az 1. és 7. számban „Selected Papers” címen jelentetjük meg, ami idegen nyelvű publikációnak számít.

• **Megjelenés:** A folyóirat minden hónap végén jelenik meg. A pontos időpont függ az ünnepektől és a hétvégék helyzetétől. Mindig az előző hónap utolsó napjáig végleges változatban beérkezett cikkeket vesszük számításba. Tematikus megfontolásokból előfordulhat, hogy egy későbbi számban előnyösebbnek látszik az adott téma tárgyalása. Általában a beküldést követő negyedévben helyet kap a munka az újságban. Kérés esetén az átnézés vagy lektorálás után a beküldéstől számított két héten belül a szerző visszaigazolást kaphat a cikk elfogadásáról.

• **Szerzői adatok:** Annak érdekében, hogy az olvasók problémáikkal, véleményükkel közvetlenül kapcsolatba léphessenek a szerzőkkel, a cikk előtt lévő szürke részben (a cím alatt) szerepel nevük, munkahelyük és e-mail címük. Célszerű tehát, hogy a cikkeket úgy küldjék be, hogy a felsorolt adatokat, valamint a szerzők telefonos elérhetőségét tartalmazzák. Ez utóbbi a szerkesztés, illetve a lektorálás közbeni esetleges kérdések tisztázásához elengedhetetlen.

• **A beküldés módja:**
A cikkek eljuttathatók a főszerkesztőhöz:
Szabó Csaba Attila
(BME, Híradástechnikai Tanszék, szabo@hit.bme.hu)
vagy a HTE titkárságára:
Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület
(Bp., Kossuth L. tér 6-8. IV.emelet, info@hte.hu).

Reméljük, hogy ezen ismeretek segítik kollégáinkat, hogy gondolataikat, új eredményeiket, műszaki megoldásaikat, számítási módszereiket közkinccsá tegyék. Várjuk tehát a cikkeket az oktatási intézményekből, fejlesztőhelyekről, gyártóktól, üzemeltetőktől, tanulóktól, szakértőktől, oktatóktól és mindenkitől, akinek mondanivalója van a közösség számára.

A Szerkesztőbizottság

On the implementation of GE06 Plan in Hungary

Keywords: GE06 Plan, multiplex, simulcast, local television, DVB-T, DVB-H, T-DAB, harmonization of sub-band

The work we have started about three years ago does not end with the RRC06 Conference, it just brings us to the point where we face the transition period. The strategies for the transition period and the date of introduction of DVB-T are different country by country which raise new difficulties for the administrations, and claim further close cooperation between the administrations. The implementation of the GE06 Plan requires further work regarding the assignment of appropriate channels to the different multiplexes based on the established preferences. It is necessary to work out the roll-out plan of the transition period and the all-digital future. It is high time to start to prepare the plan for the local television. This article tries to summarise questions which require decisions from media regulation, frequency management, or other aspects during the implementation of the Hungarian GE06 Plan.

Possibilities for introduction of new services in broadcasting frequency bands

Keywords: digital broadcasting, DVB-T, T-DAB, frequency bands

The paper gives a summary of technical, frequency management and network design aspects of digital broadcasting technologies, addresses the limitations of the different frequency bands and presents the current European trends.

State-of-the-art of DVB-H worldwide

Keywords: DVB, DVB-H, mobile TV, handheld

As a result of the cooperation between research companies, content providers and broadcasters digital video broadcasting for handheld devices (DVB-H) has been gaining ground not only in Europe, but also in the whole world. The success of DVB-H is well demonstrated by the fact that even countries that do not use DVB-T for terrestrial digital broadcasting tend to choose DVB-H for mobile services. In the paper an overview is given on the spreading and acceptance of DVB-H services throughout the world. Also, the different pilot projects, their aim and parameters are described briefly.

Video services over data networks

Keywords: streaming media, video services

With the increasing capacity of the different communication networks, there is an increasing need of video streaming or video services over these channels developed originally for data transmission. However, the video streaming requires different transmission technology than the general data transmission. Due to unreliable transmission, fluctuating bandwidth and delay time of the general purpose transmission communication

networks, the video streaming requires error concealment and recovery, bit-rate adaptation and clock recovery mechanisms. This paper describes the technology of video streaming over communication networks, discusses the main classes and tools of streaming video services, and an overview is given of several typical application examples.

Mobile television measurements based on the DVB-H platform

Keywords: DVB-H, field measurements, tests, mobile television

Antenna Hungária Corp. executed field measurements within the Hungarian DVB-H trial network. The measurements were conducted in and the vicinity of Budapest. The experimental DVB-H network had one transmitter on the Széchenyi Hill in Budapest. The measurement cases were: outdoor suburban pedestrian, outdoor urban pedestrian, suburban mobile, suburban/rural mobile for Doppler tests, and indoor standby. The goal of the pedestrian measurements was to establish a relationship between radio channel parameters and quality of reception. The effect of MPE-FEC was also examined. In the case of the mobile measurements, the cut-off in quality of reception caused by the Doppler shift was validated and compared to the theoretical results. Indoor standby measurements served for examining the quality of reception at different locations inside a building of the company's headquarters. All the measurements were performed in different modes of operation concerning the number of carriers, the modulation scheme and the code rate.

Technical parameters that determine the quality of service in DVB-T broadcasting

Keywords: DVB-T, digital modulation, OFDM, QAM, MER, BER, coverage area, digital video quality

Parameters and their evaluation defining the quality of digital terrestrial television broadcasting are greatly different from the ones used in analog technology for decades. This paper presents the measurement of the most important technical parameters and the consequences of measured results. At the same time we would like to take part in expanding this up-to-date technology in our country. The Department of Telecommunications at Széchenyi István University in Győr has made it possible to receive and measure Austrian and Slovak DVB-T programmes beside Hungarian ones. So we have had opportunities to compare DVB-T broadcasting in different countries. Furthermore, data measured in Győr have been completed with our results collected from Puskás Tivadar Secondary Telecommunication Technical School in Budapest.

Contents

<i>DIGITAL BROADCASTING</i>	1
Mária Akli	
On the implementation of GE06 Plan in Hungary	2
Irén Bálint	
Possibilities for introduction of new services in broadcasting frequency bands	12
Ákos Sebestyén	
State-of-the-art of DVB-H worldwide	20
László Lois	
Video services over data networks	35
Sándor Bozóki, András Gnadtt, Szabolcs Krémer, György Sogrik	
Mobile television measurements based on the DVB-H platform	49
Gábor Borbély	
Technical parameters that determine the quality of service in DVB-T broadcasting	59

Szerkesztőség

HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6-8.
Tel.: 353-1027, Fax: 353-0451, e-mail: info@hte.hu

Hirdetési árak

Belív 1/1 (205x290 mm) FF, 120.000 Ft + áfa
Borító II-III (205x290mm) 4C, 180.000 Ft + áfa
Borító IV (205x290mm) 4C, 240.000 Ft + áfa

Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is

Szabó A. Csaba, BME Híradástechnikai Tanszék
Tel.: 463-3261, Fax: 463-3263
e-mail: szabo@hit.bme.hu

Előfizetés

HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6-8.
Tel.: 353-1027, Fax: 353-0451
e-mail: info@hte.hu

2007-es előfizetési díjak

Közületi előfizetők részére: bruttó 32.130 Ft/év
Hazai egyéni előfizetők részére: bruttó 7.140 Ft/év
HTE egyéni tagok részére: bruttó 3.570 Ft/év

Subscription rates for foreign subscribers:

12 issues 150 USD,
single copies 15 USD

www.hte.hu

Felelős kiadó: NAGY PÉTER
Lapmenedzser: DANKÓ ANDRÁS

HU ISSN 0018-2028

Layout: MATT DTP Bt. • Printed by: Regiszter Kft.