

# DVB-H/SH: Sledeći korak u DVB evoluciji

Petar Z. Manasijević

**Sadržaj** — Ovaj rad daje kratak pregled Digital Video Broadcasting-Handheld (DVB-H), i novog Digital Video Broadcasting-Satellite Handheld (DVB-SH) standarda. Sa dodatnim elementima u fizičkom i sloju povezivanja, DVB-H pokazuje značajno poboljšanje u mobilnom prijemu, na terestričkom nivou. DVB-SH donosi novi koncept u broadcasting mrežama, kombinovanjem elemenata satelitskih (DVB-S2) i terestričkih (DVB-T/H) standarda.

**Ključne reči** — DVB, Digital Video Broadcasting – Handheld/Satellite Handheld, mobilni kanal, mobilna TV, planiranje mreža, ručni terminali, satelitski link.

## I. UVOD

DVB projekat je počeo sa istraživanjima vezanim za mobilne prijemnike DVB-terestričkog signala (DVB-T) još 1998 godine, kada je i krenulo komercijalno uvodjenje digitalne terestričke televizije u Evropi.

U 2000 godini, Evropska unija je sponzorovala "Motivate" (*Mobile Television and Inovate Receivers*) projekat koji je zaključio da je mobilni prijem DVB-T moguć, ali da zahteva implikaciju posebnih prenosnih mreža, zbog veće robusnosti mobilnih servisa. Projekat je demonstrirao mobilni prijem digitalnog terestričkog TV signala u SFN kao i u MFN mrežama.

Kasnije, 2002 godine, Evropska unija sponzorise MCP (*Multimedia Car Platform*). Jedni od ciljeva MCP projekta bili su: definisanje i implementacija arhitekture za interoperabilne mreže; podsticanje približavanja i spajanja fiksnih radio prenosnih i mobilnih telekomunikacionih mreža i servisa; integracija komunikacije, zabave i navigacije, u jedinstven *Multimedia Car Platform*.

Rad na definisanju DVB-H sistema, zajedno sa DVB projektom, krenuo je početkom 2002.godine. Počeo je definisanjem seta komercijalnih zahteva za sistem koji podržava prenosne ručne uređaje. A zatim je tehnički deo projekta dalje vodio do sistema nazvanog "Digital Broadcasting Television - Handheld", odnosno DVB-H, koji je bio objavljen kao *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) Standard EN 302 304, u novembru 2004. godine.

U međuvremenu, 2003.godine, DVB projekat razvija drugu generaciju sistema za satelitski broadcasting DVB-S2. U odnosu na prethodni sistem ima poboljšanja na polju kanalskog kodovanja (LPDC kod) u kombinaciji sa raznim formatima za modulaciju (QPSK, 8PSK, 16APSK i 32APSK). Kada se koristi za interaktivne aplikacije, može implementirati adaptivno kodovanje i modulaciju (ACM Adaptive Coding & Modulation)

DVB je 2006. godine počeo sa radom na specifikaciji novog DVB-SH standarda (*Digital Broadcasting*

*Television – Satellite Handheld*). Specifikacije sistema su objavljene u formi *DVB Bluebooks*, i poslate ETSI-u za publikaciju kao formalni standard EN 302 583 i TS 102 585. U oktobru iste godine Eutelsat je najavio odluku da uključi u sistem S-Band payload na W2A satelitu, da bi isporučio DVB-SH servise iznad prostora Francuske, Nemačke, Italije, Poljske, Španije ili Velike Britanije.

U februaru 2007, Evropska komisija je potvrdila da je 30 MHz spektra, u S-opsegu, moguće koristiti za mobilne satelitske servise. Probno puštanje u rad je najavljeno za početak 2008. (ICO Global Communications Limited planira alpha trial u SAD na proleće 2008, zajedno sa Alcatel-Lucent i Hughes Network Services).

U II delu su opisane osnove DVB-H sistema koji je baziran na postojećem DVB-T, sa svim svojim dodatnim elementima (Time slicing, MPE-FEC, 4K mod, dubinski proširivač koda i TPS signaliziranje). Zatim se u III delu objašnjava princip rada novog DVB-SH standarda. Na kraju, u IV delu, izložene su uporedne karakteristike oba sistema, kao i performanse dobijene testiranjima u laboratorijskim i realnim uslovima.

## II. DVB-H ADAPTACIJA POSTOJEĆEG DVB-T-A

### A. Dodatni elementi fizičkog, i sloja povezivanja

DVB-H sistem se zasniva na već postojećem DVB-T standardu za fiksni i *in-car* prijem digitalnog TV signala. Glavni dodatni elementi u sloju povezivanja su vremensko odsecanje (*Time slicing*) i MPE-FEC kodovanje. *Time slicing* ima za cilj smanjenje srednje potrošnje snage prijemnog terminala, kao i omogućavanje nesmetanog, i glatkog frekvencijskog *handover*-a. Kod fizičkog sloja pojavljuju se novi elementi: TPS signaliziranje, da bi se poboljšali i ubrzali sami servisi kao i da bi se omogućilo brže skeniranje signala i frekvencijski *handover*; 4K mod omogućava prijem u srednjim SFN mrežama pri velikim brzinama, predstavlja komplementirajući mod postojećem 2K i 8K modu; Dubinski simboli proširivač koda (*In-depth symbol interleaver*) za 2K i 4K mod, povećava robusnost sistema.

### B. 4K mod i dubinski proširivač koda

Svrha pojave 4K moda je povećanje fleksibilnosti pri projektovanju i planiranju mreža kompromisom stepena mobilnosti i veličine SFN mreža.

Parametri dodatnog 4K transmissionog moda [1] su skalirani u odnosu na već definisane parametre 2K i 8K transmissionog moda, odnosno izvršena je interpolacija (npr. broj aktivnih nosioca: 2K mod-1705, 4K mod-3409 i 8K mod-6817). Povećanjem moda, povećava se veličina mreže ali se zato smanjuje stepen mobilnosti

Za 2K i 4K mode, dubinski proširivači koda povećavaju fleksibilnost simboličkog kodovanja, razdvajanjem izbora unutrašnjeg kodera od transmissionog

P. Z. Manasijević; Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija; (email: manasije@gmail.com)

moda koji se koristi. Ova fleksibilnost omogućava prednost 2K i 4K moda u odnosu na 8K mod, što se tiče memorijske iskorišćenosti, tako da se učetvorostručuje (2K mod) ili udvostručuje (4K mod) dubina kodovanja.

### C. TPS signaliziranje

TPS omogućava robusno multipleksno signaliziranje u DVB-T prenosnim sistemima. TPS je poznat kao robusan signalizacioni kanal, na osnovu koga je moguće postići demodulaciju prijemnog signala sa veoma malim vrednostima praga prijema (C/N). Takodje je mnogo brže demodulisati informaciju koja se prenosi u TPS-u nego u npr. SI (*Service Information*) ili MPE zaglavlju. TPS niz sadrži 68 bita, po jedan bit poslat u svakom COFDM simbolu. Definisana je za 68 uzastopnih COFDM simbola, odnosno jedan COFDM okvir [5].

### D. Time Slicing

1) *MPE sekcija*: Standardni DVB način prenosa IP datagrama u MPEG-2 transportnom nizu (TS) je korišćenjem MPE (*multiprotocol encapsulation*). Sa MPE-om svaki IP datagram je enkapsuliran u MPE sekciju. Niz MPE sekcija se smešta u elementarni niz (ES). Svaka MPE sekcija se sastoji od 12B zaglavlja (*header*), 4B ciklična provera redundancije (*cyclic redundancy check* CRC-32), zatim sledi payload blok koji je identične veličine kao i IP datagram koji se prenosi u datoj MPE sekciji.

2) *Delta-t parametar*: Glavni cilj delta-t metode je signaliziranje vremena od početka MPE sekcije do početka sledećeg bursta u elementarnom nizu. Da bi delta-t bio neosetljiv na bilo koje konstantno kašnjenje u prenosu, delta-t informacije za tajming su medjusobno povezane (npr. "sledeći burst ovog ES-a će startovati za 5500 ms od ovog trenutka"). Ubacivanje delta-t u MPE sekciju otklanja potrebu za sinhronizacijom vremena (*clock*) izmedju predajnika i prijemnika.

3) *Princip rada metode*: U cilju da se drastično smanji potrošnja snage, bilo bi idealno da prijemnik demoduliše samo deo TS-a od interesa, a ne ceo MPEG2 transportni niz. Sa *Time Slicing-om* ovo je moguće, budući da se konkretni ES nizovi šalju u visokom burstu, umesto sa konstantno malim bitskim protokom. Izmedju vremena pojavljivanja dva bursta, tzv. *off-time* deo, ne prenosi se nijedan elementarni niz ovih pomenutih servisa. Ovo omogućava prijemniku, u prijemnom delu, da se kompletno isključi u *off-time* intervalu.

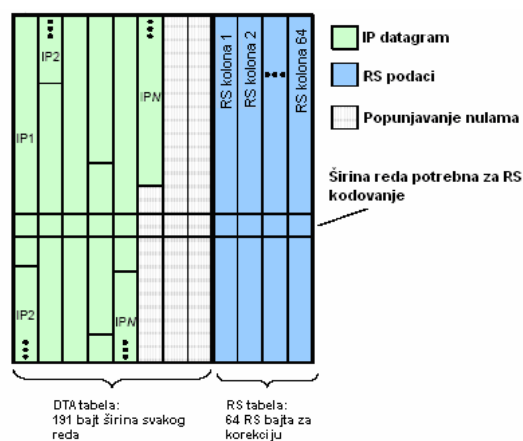
Prijemnik takodje mora da zna vremenski trenutak kada ponovo da se uključi da bi primio sledeći burst. U konkretnom burstu, trenutak početka ovog bursta, istog ES niza, se signalizira delta-t parametrom u zaglavlju svih burst MPE sekcija, čineći signaliziranje veoma otpornim na greške u toku prenosa. U *off-time* delu se ne prenosi posmatrani ES, ali se mogu prenositi, u multipleksu, drugi 'vremenski odsečeni' ES-ovi.

### E. MPE-FEC

Sa MPE-FEC, IP datagrami svakog 'vremenski odsečenog' bursta su zaštićeni Reed-Solomonovim kodom (RS *parity data*). Podaci zaštićeni RS-om smešteni su u MPE-FEC sekciju, koja takodje predstavlja deo bursta i šalje se odmah posle poslednje MPE sekcije u istom ES-u ali sa različitim identifikatorom tabele (*table\_id*) nego kod MPE-a. Identifikator tabele omogućava prijemniku da prepozna vrstu sekcije (MPE ili MPE-FEC).

Za proračunavanje RS podataka koristi se MPE-FEC okvir. MPE-FEC okvir se sastoji iz aplikacione tabele ADT (*application data table*), koja sadrži IP datagrame (moguće je da se nalazi i *padding*-dopunjavanje preostalih mesta nulama), i tabele sa RS kodiranim podacima (sl. 1).

Broj redova u MPE-FEC okviru se signalizira u SI-u (*service information*) i može imati bilo koju od vrednosti: 256, 512, 768, ili 1024. U svakom redu RS tabele, koji sadrži 64 bajta, se vrši kodovanje na osnovu 191 bajta IP datagrama Reed-Solomonovim kodom. Ovo omogućava veliko virtualno vremensko proširenje koda.



Sl.1. MPE-FEC okvir [2]

### F. DVB-H Mreže

DVB-H treba da koristi isti emitovani spektar koji DVB-T trenutno koristi. Fizički sloj DVB-H je u stvari DVB-T tako da postoji čitav spektar kompatibilnih DVBT servisa. DVB-H može funkcionisati u mrežama namenjenim samo DVB-H ili deleći multipleks sa DVB-T, u već postojećoj DVB-T mreži. Kada je konačni izbor DVB-H koncepta napravljen, mogućnost zajedničkog korišćenja multipleksa sa DVB-T je bio jedan od ključnih faktora. Tehnički skoro svaka DVB-T frekvencijska raspodela se može koristiti takodje i za DVB-H. Jedino ograničenje dolazi zbog interoperabilnosti sa GSM9000 ćelijskim predajnikom u DVB-H terminalu.

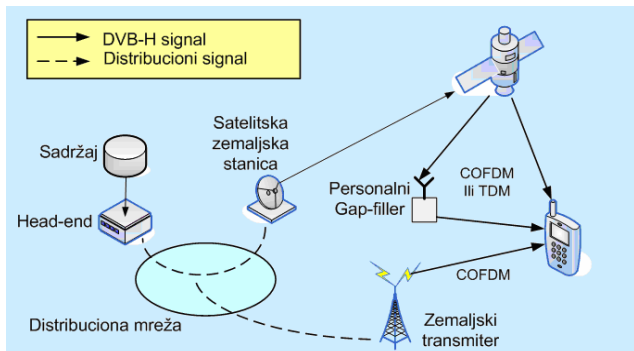
## III. DVB-SH OSNOVE SISTEMA

### A. Pregled sistema

DVB-SH standard omogućava efikasan način prenosa multimedijalnih servisa preko hibridnih satelitskih i zemaljskih mreža, na frekvencijama ispod 3 GHz, ka različitim mobilnim i fiksnim terminalima koji poseduju kompaktne antene sa veoma malom usmerenošću (PDA, mobilni tel., uređaji integrisani u automobilima, laptop, palmtop i stacionarni terminali).

DVB-SH standard omogućava univerzalno pokrivanje (oblasti prijema) kombinacijom satelitske komponente (SC) i komplementarne zemaljske komponente (CGC *Complementary Ground Component*): U kooperativnom modu, SC obezbeđuje globalnu geografsku pokrivenost dok CGC omogućava pokrivenost u sistemu ćelijskog tipa. Prijemnici mogu biti opsluženi u svim vrstama okruženja (unutrašnjost, spoljašnjost), korišćenjem SC ili CGC, koji je već razvijen od strane DVB-H. CGC sadrži zemaljske obnavljačke stanice, koje su podržane emitterskom distribucionom mrežom (DVB-S2, optičko vlakno, xDSL,

itd.). Postoje tri vrste ovakvih stanica: *Zemaljski transmiteri*, komplementiraju prijem u područjima gde je satelitski prijem težak (urbana sredina); *Personal Gap-fillers*, imaju ograničenu pokrivenost, poboljšava unutrašnji prijem satelitskog signala; *Mobilni transmiteri*, koji čine „pokretnu komplementarnu infrastrukturu“. Tipična primena: vozovi, komercijalni brodovi ili druga okruženja koja ne garantuju kontinualni satelitski ili zemaljski prijem.



Sl.2. Pregled sistema

### B. DVB-SH Arhitekture

COFDM je prirodni izbor za modulaciju u zemaljskom prenosu, i predstavlja osnovu DVB-H i DVB-T sistema. DVB-SH uvodi i vremenski multipleks TDM, vodeći do nastanka dve arhitekture nazvane SH-A i SH-B: SH-A koristi COFDM kako za satelitski tako i za zemaljski prenos; SH-B koristi TDM za satelitski link dok je COFDM za zemaljski link.

### C. DVB-SH klase prijemnika

U zavisnosti od načina savlađivanja smetnji prouzrokovanih efektom senke zgrada i mostova., postoje dve klase prijemnika: *Klasa 1*, Kod smetnji kratkog trajanja, prijemnik koristi odgovarajuće zaštitne mehanizme iz fizičkog sloja, dok kod dugih smetnji koristi redundantnost na nivou sloja povezivanja; *Klasa 2*, Prijemnik ima načina da se izbori sa dugim smetnjama (10 sekundi) već na fizičkom nivou, omogućeno korišćenjem velikog memorijskog prostora, direktno dostupnog na prijemnom čipu.

### D. DVB-SH Fizički nivo

Dobra pokrivenost signala sa infrastrukturom koja je manja od 3G mreže iziskuje selekciju novih alata za poboljšanje robusnosti signala. turbo kodovanje; visoko fleksibilno proširivanje koda, sa vrednostima vremenskog

diversitija od 100 ms do nekoliko sekundi (u zavisnosti od klase prijemnika). Korišćenje MPE-FEC je opciono i može se kompenzovati kombinovanjem turbo kodovanja i dubinskog proširenja koda.

Na Sl.3. vidimo da postoji zajednički blok koji uključuje FEC i proširenje koda, blok se može nazvati „spoljašnji fizički sloj“ (OPL). Preostali blok, tzv. „unutrašnji fizički sloj“ (IPL), može biti u dva oblika: IPL-OFDM, modulacija sa više nosioca koja potiče iz DVB-T; IPL-TDM, modulacija jednim nosiocem, potiče iz DVB-S2.

### E. DVB-SH sloj povezivanja

DVB-SH je u osnovi transmisioni sistem. Kao i ostali DVB transmisioni standardi, elementi link layer-a su već prethodno definisani u drugim standardima. Konkretno za DVB-SH, elementi su preneseni iz DVB-H: Podrška za MPEG2-TS pakete na ulazu sistema, MPE enkapsulacija, Time Slicing, kao i kompatibilnost sa MPE-FEC. DVB-SH specifikacija omogućava uvodjenje u sistem i prijem novog GSE *Generic Stream-a*.

### F. Konfiguracija DVB-SH mreža

Uzimajući u obzir mesto koje zauzima u spektru, SH-B zahteva poseban podopseg za satelitski prenos dopunjen delom podopsega potrebnim za zemaljsku lokalnu komponentu da bi se pojačao prijem satelitskih servisa. Sa druge strane, SH-A dozvoljava zemaljsku repeticiju satelitskih sadržaja u istom podopsegu gde je smeštena i satelitska transmisija, ostavljajući preostale podopsege samo za zemaljski prenos. U slučaju SH-A, ne samo da se koristi zajednički tip modulacije (COFDM ili TDM) između satelitskog i zemaljskog linka, već i modulacija podnosioca kao i način kodovanja, koji su identični da bi se omogućila repeticija istim nosiocem u SFN modu. Kod SH-B parametri nosioca su nezavisni (sem u slučaju prenosa satelitskog sadržaja zemaljskom mrežom).

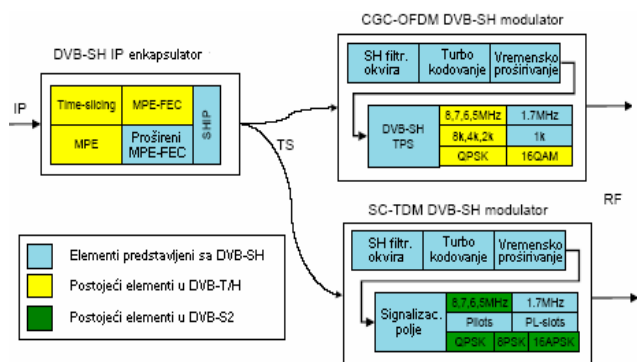
U SH-A sistemu, zemaljski obnavljači strogo generišu iste nosioce kao satelitski, u istom podopsegu. Svaki transponder je sinhronizovan sa susednim, kao i satelitom. Sinhronizacija se bazira na transmisiji „SHIP“ paketa, veoma sličnih DVB-T MIP, što omogućava SH okvirima da budu zajedno sinhronizovani na izlazu transpondera (zemaljski nižeg prioriteta u odnosu na satelitske). Prateće distribucione mreže uključuju kompenzaciju kašnjenja signala zemlja-satelit, i regeneraciju na zemaljskom nivou.

Kod SH-B sistema, koriste se različiti podopsezi za prenos satelitskog sadržaja preko zemaljske mreže, u oblastima gde je pojačanje potrebno. Koristi se ista tehnika sinhronizacija kao kod SH-A. Zbog boljeg S/N odnosa, zemaljska transmisija omogućava veću spektralnu efikasnost nego satelitska.

## IV. UPOREDNE KARAKTERISTIKE I PERFORMANSE

Pojavom DVB-H standarda poboljšan je mobilni prijem DVB signala na terestričkom nivou. Dodavanje novih elemenata u fizičkom i u sloju povezivanja, dovelo je do smanjenja praga prijema, povećanja robusnosti sistema i mobilnosti odnosno dovelo je do većeg stepena fleksibilnosti u projektovanju samih prenosnih mreža.

DVB-H koristi samo COFDM u kombinaciji sa raznim tipovima moducija (QPSK, 16QAM i 64QAM). Tipični frekvencijski opseg se kreće od 470-890 MHz, sa dodatnim korišćenjem L-opsega. Sa kolociranim GSM



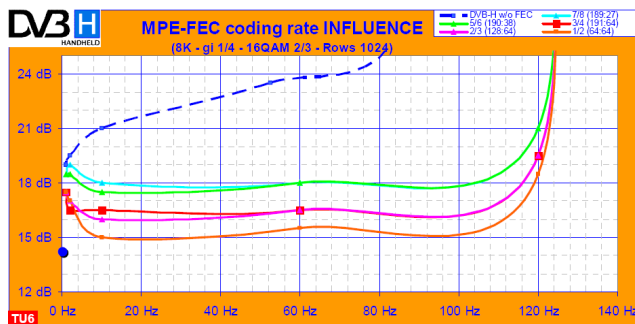
Sl.3. Arhitektura predajnika SH-B sistema [6]

predajnicima, idealan opseg je od 700-750 MHz u UHF području. Parametri sistema su prikazani u tabeli 1.

TABELA 1: UPOREDNI PARAMETRI SISTEMA

Standard	DVB-H		DVB-SH	
			SH-A	SH-B
Frekvencijski opseg	470-890 MHz 1.67 MHz (SAD)		2.170-2.200 MHz S-opseg	
Širina kanala	5, 6, 7 ili 8 MHz		1.75, 5, 6, 7 ili 8 MHz	
Modulacija	2K, 4K ili 8K COFDM QPSK, 16QAM, 64QAM		1K, 2K, 4K, ili 8K COFDM QPSK i 16QAM	TDN (satelitski link) QPSK, 8PSK, 16APSK+COFDM (zemaljski link)

DVB-H validacija je izvršena 2004.god. Prvo su vršena laboratorijska merenja ("T-Systems", Berlin, Nemačka) a zatim i testiranje u realnim uslovima (Mec, Francuska). Korišćen je 8 MHz kanal, 2K i 8K mod GI 1/4 (TU6 model), MPE-FEC kodni količnici: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 i 7/8, sa FER5 i MFER5 faktorom.



Sl.5. Uticaj MPE-FEC količnika na prag prijema [4]

Rezultati su pokazali dobitke C/N do 9 dB (u situaciji hodanja, Dopler 10 Hz, 16QAM 2/3, MPE-FEC 1/2, smanjenje praga prijema je 6 dB). Za sve kodne količnike maksimalna brzina se zadržava oko vrednosti Doplerovog pomeraja od 120 Hz što bi odgovaralo brzini od 160 Km/h na 800 MHz, do 650 KM/h na 200 MHz [2].

DVB-SH donosi novi pristup i koncept u oblasti emitterskih i prenosnih sistema. Kombinacijom satelitskog i zemaljskog prenosnog sistema, dobija se pokrivenost ne samo urbanih već i suburbanih i ruralnih područja.

U delu gde se koristi COFDM, mogući izbori modulacija su QPSK, 16-QAM i neunufornna 16-QAM sa podrškom za hijerarhijsku modulaciju. Ubačen je i novi 1K mod, koji se mahom koristi u L-opsegu gde je planirana širina kanala 1.75 MHz. Za TDM deo, izbor se svodi na QPSK, 8-PSK i 16-APSK, kao i različite vrednosti roll-off faktora (0.15, 0.25, 0.35), videti tabelu 1. Zaštitni interval može imati vrednosti od 1/4, 1/8, 1/16 i 1/32. Kodni količnici kod turbo kodovanja se kreću od 2/3 do 1/5 u zavisnosti od zahtevane robusnosti. Što se tiče radnog opsega, konkretno za evropsko tržište, vrednosti će biti od 2.17-2.2 MHz u S-opsegu.

U tabeli 2. dati su tipični parametri za konfiguraciju kao i performanse za terestričku propagaciju koje je TU6 model selektovao kao najreprezentativnije. Korišćen je scenario prijema pri hodanju (3 Km/h). Dobijenim vrednostima C/N u simulaciji, su dodati gubici usled implementacije (oko 2.5 dB).

TABELA 2: KARAKTERISTIKE I PERFORMANSE TERESTRIČKE PROPAGACIJE, 5MHz KANAL [6]

Konstelacija (turbo FEC)	2K QPSK 1/3	2K 16QAM 1/3
Dubina proširenja koda [ms]	125	125
MPE-FEC	Ne	Ne
Koristan protok na MPEG-TS nivou [Mb/s]	GI 1/4: 2.25 GI 1/8: 2.5	GI 1/4: 4.5 GI 1/8: 5
C/N [dB] (BER=10exp(-5))	4.5 (zemaljski, TU6) 0.0 (satelitski, Gaus)	9.5 (zemaljski, TU6) 4.5 (satelitski, Gaus)

U 2K modu maksimalno rastojanje između dve transmisionne tačke je 13.4 Km (sa GI 1/4), odnosno 26.8 Km (sa GI 1/8). Oba modela su veoma kompatibilna sa ćelijskim sistemom u urbanim i suburbanim sredinama, ostavljajući dovoljno mesta za višestruka kašnjenja (čak i na visokim terenima), kao i za greške usled sinhronizacije između zemaljskih transmitera i satelita.[6]

Alcatel-Lucent je najavio prva probna testiranja DVB-SH u S-opsegu (2.2 MHz), u periodu jun-septembar 2007. godine, na području severo-zapadne Francuske.

## V. ZAKLJUČAK

Mobilna televizija će, evoluirajući kroz vreme, ubuduće koristiti različite tehnologije: počevši od *unicast-streaming*-a koristeći postojeće 3G tehnologije, pa do *mass-broadcasta* oslonjenog na integrisane mreže. Na žalost, u mnogim zemljama, neraspoloživost UHF područja može zaustaviti ekspanziju integrisanih mreža do 2010/2012, a cena sistema može sprečiti razvijanje izvan područja glavnih gradova

## LITERATURA

- [1] *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines*, ETSI TR 102 377 V1.2.1 (2005-11), European Telecommunications Standards Institute
- [2] G. Faria, J. A. Henriksson, E. Stare and P. Talmola, "DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 94, No. 1, Jan. 2006
- [3] Bertrand Mazieres, *DVB-H Experimental trials in Metz, First conclusions*, TDF DTECH, MMC 2005 - Berlin, 13/01/2005.
- [4] Digital video broadcasting (DVB); transmission to handheld terminals (DVB-H); validation task force report VTF, ETSI TR 102 401 V1.1.1 (2005-04), European Telecommunications Standards Institute.
- [5] P. Kelley and C. Rigal, *DVB-SH-mobile digital TV in S-Band*, EBU Technical Review, July 2007.
- [6] *System Specifications for Satellite services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*, UDV Document A110 Rev. 1, July 2007.

## ABSTRACT

This paper gives a brief review of the Digital Video Broadcasting-Handheld (DVB-H), and new Digital Video Broadcasting-Satellite Handheld (DVB-SH) standards. With additional elements in physical and link layer DVB-H shows significant improvement in mobile reception, on terrestrial level. DVB-SH brings new concept in broadcasting networks, by incorporating elements from terrestrial (DVB-T/H) and satellite (DVB-S2) standards.

## DVB-H/SH: THE NEXT STEP IN DVB EVOLUTION

Petar Z. Manasijević