

DVB – DRUGA GENERACIJA DIGITALNIH STANDARDA

Irimi Reljin

Elektrotehnički fakultet u Beogradu i Visoka ICT škola, Beograd

Sadržaj: *U radu se razmatraju dve generacije DVB standarda. Dat je pregled digitalnih televizijskih standarda prema evropskom DVB projektu. Opisane su osnovne karakteristike različitih generacija standarda sa stanovišta njihove efikasnosti i mogućnosti široke primene.*

Ključne reči: *Digital Video Broadcasting, video/audio kompresija, kanalsko kodovanje.*

1. Uvod

Jedan od najvećih izazova u oblasti video i audio tehnologija predstavlja prelazak sa analognog na digitalno emitovanje. Telekomunikacioni sistemi, pa time i radijski i televizijski, zahtevaju velika finansijska ulaganja u opremu, mrežnu infrastrukturu, ljudske resurse. Stoga je osnovni moto bilo kakve promene dozvoliti evolutivnost i što veću kompatibilnost sa sistemima koji su već u eksploataciji. Međutim, neke novine, kao što je digitalizacija, zahtevaju revolucionarne promene, pa su, stoga, proučene velikim istraživanjima, dugim ispitivanjem, pa čak i oklevanjem u pogledu primene. Prvi sistemi neminovno bivaju prevaziđeni u narednim generacijama. Imajući u vidu složenost prelaska na digitalno televizijsko i radijsko emitovanje, najvažnije interesne grupe u oblasti televizije u Evropi su formirale grupu stručnjaka, predstavnika proizvođača korisničke opreme, emitere programa i nosioce regulative, sa ciljem definisanja i standardizovanja televizijskog difuznog sistema. Bilo je potrebno što pre usmeriti istraživanja na polju video/audio tehnologija, kao i digitalnog difuznog prenosa širokopojasnih signala. Potpisano je pismo o namerama i septembra 1993. godine, grupa je nastavila rad pod imenom DVB (*Digital Video Broadcasting*) projekta [1-2].

DVB projekat je nastavio sa radom usvajajući niz specifikacija koje se kasnije standardizuju u okviru evropskog statutarnog standardizacionog tela ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) [3]. U svom radu pojedine grupe stručnjaka, okupljene pod okriljem DVB projekta, najpre pripremaju tehničke izveštaje (*technical reports*, TR), koje usvaja ETSI. Grupe koje pripremaju dokumentaciju sačinjavaju predstavnici tri organizacije: EBU (*European Broadcast Union*, Evropska unija emitera), ETSI i CENELEC-a (*Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*,

<http://www.cenelec.eu/Cenelec/Homepage.htm>, Evropski komitet za standardizaciju u oblasti elektrotehnike). Tehnički izveštaji prerastaju u tehničke specifikacije (TS), koje mogu sadržati norme, koje bi bile obavezne za članice ETSI. Usvajanjem tehničkih specifikacija od strane svih članica ETSI, nastaju standardi ET, koje sve članice moraju poštovati. Najzad, donose se Evropske norme (EN) koje se unose u evropska i nacionalna pravna akta vezana za datu problematiku, u ovom slučaju difuznog emitovanja [3]. DVB projekat izdaje svoja akta, usvojena od Upravnog odbora, a u okviru otvorenih knjiga, *bluebooks*. S obzirom na problematiku digitalnog televizijskog prenosa, neverovatan razvoj tehnika kompresije i prenosa, podržan ekspanzivnim razvojem telekomunikacionih i informacionih tehnologija, DVB se opredelio za vrlo ažurno objavljivanje svojih akata i svih informacija vezanih za DVB primene i testiranja. Vizionarski uočavajući značaj video tehnologija i multimedije, DVB je zaštitio dva imena DVB i MHP (*Multimedia Home Platform*). Sada, petnaest godina od početka DVB projekta, pokazuje se da su dva zaštićena imena spoj koji je, i koji će biti, jedinstven osnov za tok informacija, edukacije, poslovanja i zabave. Dakle, pod imenom DVB sme se naći samo opis standarda koji su ispitani, definisani i usvojeni od strane DVB projekta. U postupku usvajanja standarda za digitalno emitovanje, veliki broj zemalja i van Evrope prihvatio je DVB. Međutim, SAD kao jedna od vodećih zemalja u svetu, usvojila je drugi pristup, ATSC (*Advanced Television Systems Committee*) standard digitalne televizije (<http://www.atsc.org/>), oko kojeg se još uvek vode rasprave o tome da li se moglo uraditi bolje, poput DVB projekta.

Razvoj tehnologija, koje čine osnovu uređaja i softverskih rešenja u televizijskom prenosu, i relativno dugo vreme od formiranja prvih standarda u kojem su rešenja ispitana, doveli su do definisanja savremenijih, efikasnijih i, za današnje vreme prikladnijih, rešenja u okviru DVB projekta. Tako je nastala druga generacija DVB.

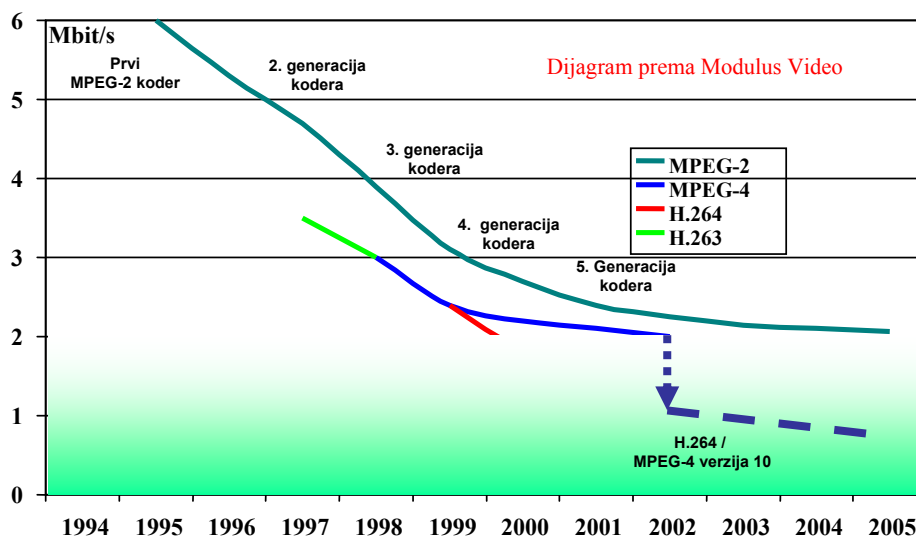
Cilj ovog rada je pregled karakteristika evropskih sistema za prenos televizijskih signala. Navedene su samo najopštije karakteristike prve generacije DVB standarda. Zatim su opisani osnovni motivi za uvođenje druge generacije standarda, kao i njihove uporedne karakteristike interesantne sa stanovišta efikasnosti iskorišćenja opsega. U zaključku je dat pregled nekih, do sada obavljenih, proba druge generacije standarda.

2. DVB standardi prve generacije

Prvi digitalni standard usvojen od DVB projekta (decembar 1993) se odnosi na satelitski prenos (DVB-S). Imajući u vidu da je ulaganje u infrastrukturu emitera, pa i gledalaca, bilo najjednostavnije, i da je najefikasnije moglo da se ostvari, jasno je da je imalo smisla da taj standard bude prvi razvijen. Korisnicima usluga satelitskog programa, ulaganjem u prijemnik, trenutno se nudi veliki broj kanala. Sa druge strane, postojeći kablovski distributeri, takođe, preuzimaju veliki broj programa. To je, ujedno, bio i podstrek za razvoj prvog digitalnog kablovskog sistema, DVB-C.

DVB projekat je usvojio nekoliko ključnih opredeljenja za razvoj digitalnih sistema prenosa televizijskog signala. Svakako najvažnija pretpostavka prenosa se odnosila na način kompresije video i audio signala. Tako je, kao i u drugim svetskim standardima, usvojeno da u slučaju videa to bude MPEG-2 (*Motion Picture Expert Group*), koji je identičan sa preporukom H.262 organizacije ITU-T). Njime se specificira dekođer. Sam MPEG-2 je otvoren i pruža velike mogućnosti za unapređenja kodera.

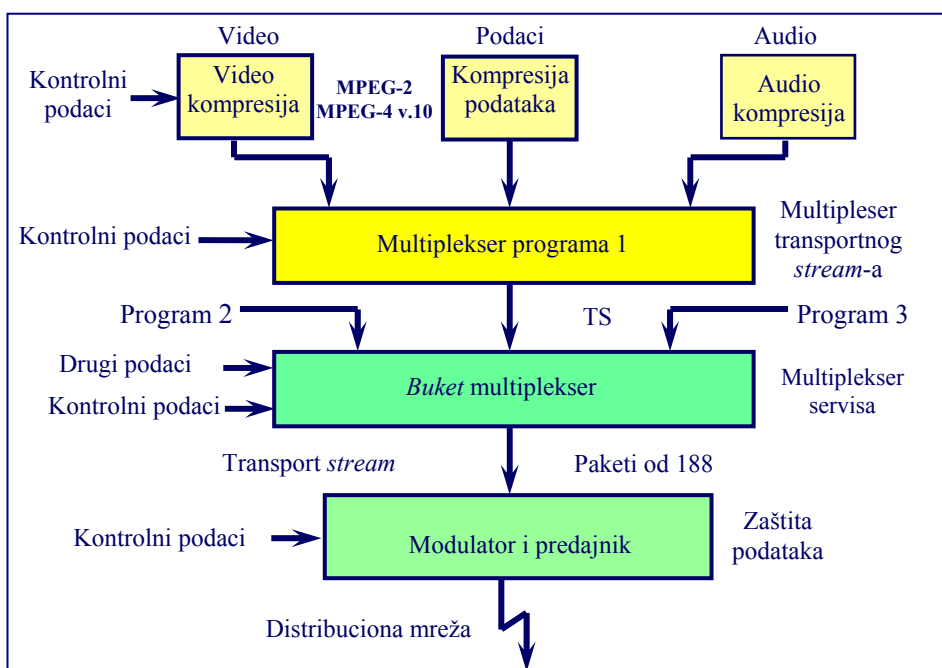
Tako su, za isti standard, različite generacije kodera obogaćivane mnogim inovacijama proizvođača opreme, što je omogućilo stalni pad neophodnog protoka za utvrđeni subjektivni kvalitet dekodovanog videa, slika 1. U prvim DVB-S sistemima, za zadovoljavajući kvalitet je bilo neophodno obezbediti protok od 6 Mbit/s (Mbs). U današnjim verzijama MPEG-2 kodera, takav subjektivni kvalitet zahteva protok od 3 Mbs. I pored značajnog dobitka na kompresiji video signala, razvijane su nove tehnike, na primer, definisane kao H.263 preporuka, pre svega namenjene multimediji (a prenosu po sistemima treće generacije). MPEG-4 je u nastanku ciljao na multimediju (npr., verzija 2 tog standarda), ali je daljim usavršavanjem dozvolio i kompresiju pri nešto većim protocima a za bolji kvalitet videa. Prvi standard koji je mogao da na neki način parira tada već suverenom MPEG-2, bio je MPEG-4, verzija 10 (u ITU usvojen kao preporuka H.264/AVC). Nizom sitnih poboljšanja kompresije, tada poznatih u teoriji, i brojnim probama, H.264 je uspeo da ostvari približno isti subjektivni kvalitet rekonstruisanog videa kao MPEG-2, a pri dvostruko nižem protoku. Standard je usvojen 2003. godine i implementiran u mnogim uređajima. Danas postoje dekoderi na čijim se izlazima može birati jedan od dva standarda kompresije, MPEG-2 i MPEG-4/verzija 10.



Slika 1. Protoci različitih generacija video kodera.

U prvoj generaciji DVB standarda, na bazi MPEG-2, komprimovani video signal se multipleksira sa komprimovanim audio signalom, dodaju im se servisni podaci i informacije vezane za televizijski program [1], slika 2. Multipleksirani signal se prenosi u vidu paketa fiksne dužine koji čine transportni niz (*transport stream*, TS). Pakete ovde treba shvatiti kao kontejnere informacije, a ne kao zasebne celine koje se mogu slati asinhrono. U transportni niz se ubacuju različiti podaci, a više programa, čine tzv. *buket multipleksa*. Multipleks se može formirati na mestu produkcije programa, ili kod vlasnika distribucionih kapaciteta. U svakom slučaju, međutim, transportni niz se mora zaštititi pre emitovanja. U tu svrhu se primenjuje kanalsko kodovanje čiji osnov predstavlja *energijsko raspršivanje* (*energy dispersal*, čime se postiže transparentnost sekvence bita, »nezavisna« od izvora signala), zatim *Reed-Solomon* kodovanje, kao zaštita od šuma, a

koje dodaje izvesnu količinu bajtova svakom paketu. Time se smanjuje raspoloživi protok bita. Radi zaštite od dugih sekvenci grešaka, koristi se *proširivač*, koji omogućava promene redosleda bajtova transportnog niza za vreme prenosa. Najzad, na izlazu kanalskog koda se koristi konvolucionni koder koji dodatno omogućava zaštitu transportnog niza. Ovakvom pripremom se formira kanal sa verovatnoćom greške koja treba da bude manja od 10^{-10} . Zaštićeni signal se šalje ka modulatoru i predajniku. U DVB standardima prve generacije se koriste QPSK i QAM modulacije. Prva od njih, kao robusnija, primenjuje se u DVB-S standardu. U ostalim standardima DVB-C (QAM) i DVB-T (QAM ili QPSK), moguće je primeniti i višenivoske modulacije. DVB-T (*terrestrial*) definiše emitovanje televizijskog signala zemaljskim vezama u slobodnom prostoru. S obzirom da je u tom slučaju, zbog postojanja višestruke propagacije emitovanog signala, moguće dobiti smetnje koje generiše sopstvena replika (eho signal), kao zaštita je usvojena ideja proširivanja trajanja simbola. Prošireni simbol obezbeđuje da eho predstavlja samo deo simbola, pa se time manifestuje kao interferencija simbola, a ne kao destruktivna smetnja. Tehnika koja ovo obezbeđuje je COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*). U DVB-T standardu broj ortogonalnih nosilaca može biti 8k (u slučaju terena koji izaziva veća kašnjenja), ili 2k.



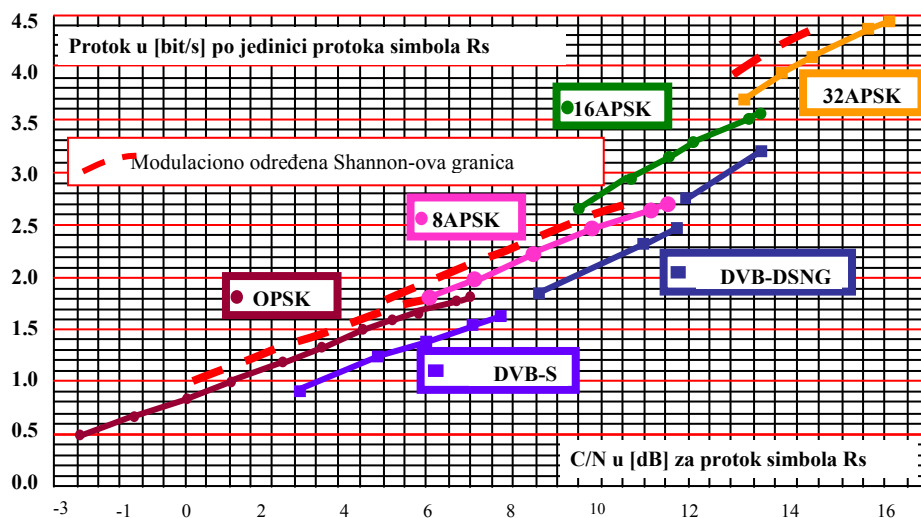
Slika 2. Slojevi digitalnog televizijskog kodovanja.

U želji da se obezbedi televizijsko emitovanje za pokretne prijemnike (*handheld* monitori), razvijen je DVB-H standard. Način prenosa signala je veoma sličan DVB-T, a ono što je za njega posebno interesantno je podela vremena u kojem se sukcesivno vrši emitovanje više kanala, ako to servis dozvoljava. Time su smanjene potrebe za napajanjem prijemnika.

3. DVB standardi druge generacije

Nešto pre usvajanja DVB-H standarda, pojavio se prvi digitalni sistem druge generacije, DVB-S2. Ideja za njegovo uvođenje proizašla je iz stalne potrebe za povećanjem resursa, odnosno za smanjenjem potrebnog protoka. U to vreme (2003. godine) se već koristio povratni kanal u nekim aplikacijama, što je u DVB-S2 iskorišćeno za interaktivne primene.

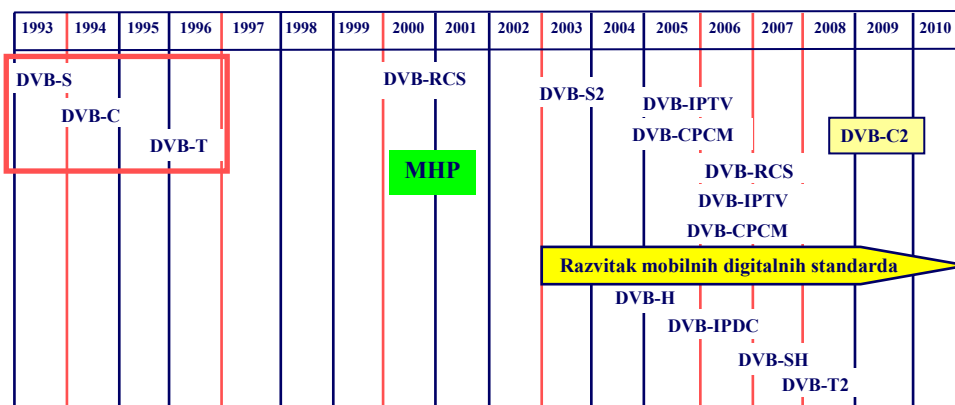
Kanalsko kodovanje u sistemima druge generacije je utemeljeno DVB-S2 standardom. Naime, u teoriji informacija je poznat kod za proveru parnosti sa niskom koncentracijom (LDPC – *Low Density Parity Check*) kao jedna od metoda za prenos signala u prisustvu šuma. LDPC ne može da garantuje savršen prenos, ali je verovatnoća gubitka podataka značajno smanjena. LDPC je prvi kod sa protokom veoma bliskim *Shannon*-ovoj granici. Razvijen je 1963, a zatim skoro potpuno zaboravljen. Sledećih trideset godina u teoriji informacija se nije pojavio ni jedan kod približne efikasnosti. Godine 2003. je LDPC izabran, između šest turbo kodova, za novi DVB-S2 standard. Da bi se uklonile sve preostale greške nakon LDPC dekodovanja, podaci se štite dodatnim kratkim BCH (*Bose, Chaudari, Hocquenghem*) kodom, koji spada u grupu cikličnih kodova, i služi za korekciju višestrukih grešaka. Konkatenirani BCH spoljašnji kod je uveden kako bi se postigao sto manji BER (*Bit Error Ratio* – verovatnoća greške).



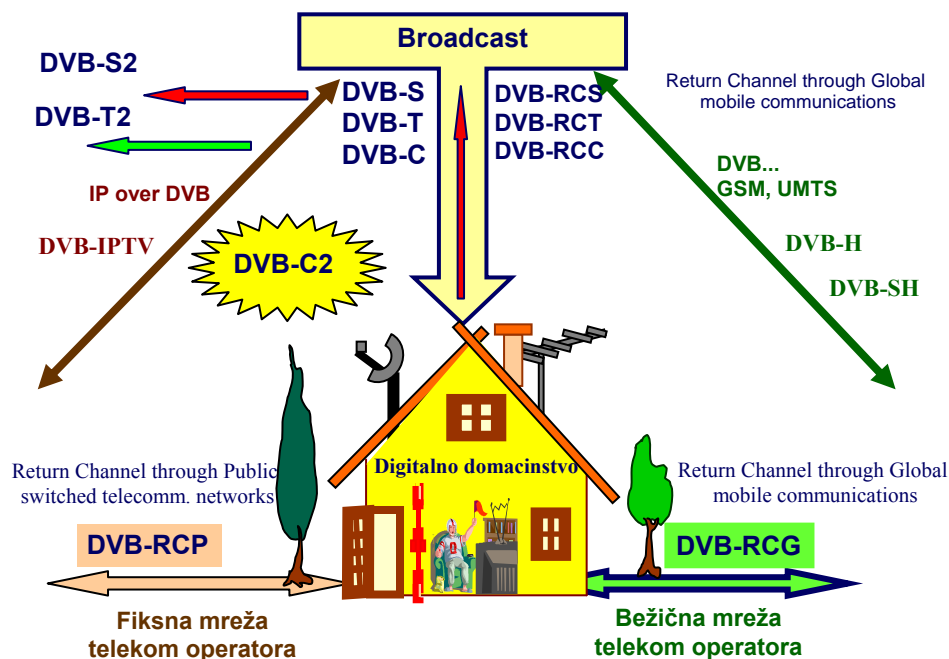
Slika 3. Protok simbola u za različite modulacije.

QPSK i 8PSK se, uobičajeno, koriste za prenos, jer su virtuelno konstantne anvelope i mogu se koristiti u nelinearnim satelitskim transponderima dovedenim na ivicu zasićenja. U DVB-S2 se koriste dve nove modulacione šeme višeg reda 16APSK i 32APSK, slika 3. One su namenjene profesionalnim aplikacijama, i mogu se koristiti i za emitovanje. Dakle, radi povećanja iskorišćenja opsega, dobro je koristiti modulacije višeg reda. Njima se veći broj bita mapirao u konstelaciju. Za veći broj konstelacionih tačaka, njihovo međusobno rastojanje postaje manje, protok se ograničava na manju

vrednost i povećava se osetljivost na šum. Povećanje kapaciteta, u ovom slučaju, se može realizovati na račun povećanja praga C/N (*carrier-to-noise*). Druga mogućnost je korišćenjem kodova sa velikim dobitkom, kao što je LDPC. S obzirom na smanjeno rastojanje konstelacionih tačaka, neophodno je obezbediti nivo odnosa C/N u *up-link* stanici, kako bi se minimalizovali efekti nelinearnosti transpondera. Nelinearnim transponderima, inače, više odgovara APSK konstalacija, u kojoj su koncentrični krugovi sastavljeni od unifomno razmaknutih tačaka, a ne u vidu pravougaone mreže tačaka, koje postoje u konvencionalnim 16QAM šemama.

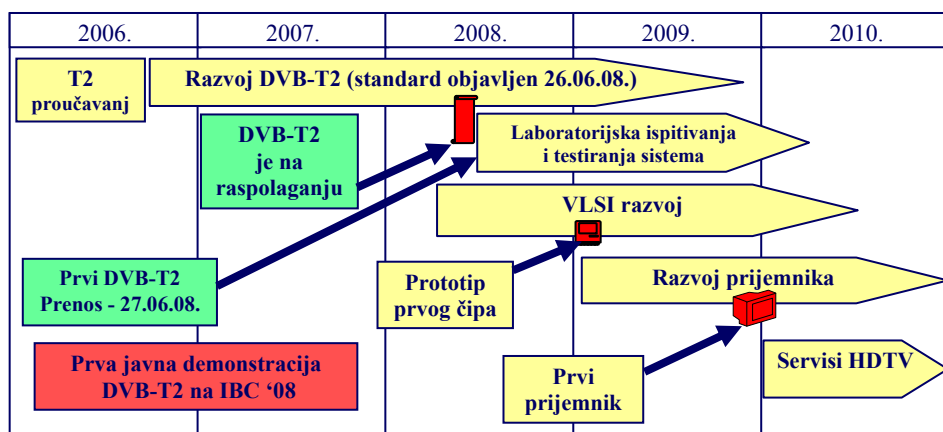


Slika 4. Hronološki tok usvajanja DVB standarda.



Slika 5. Pregled DVB tehnika prenosa.

DVB-S2 standard je inicirao razvoj ne samo druge generacije standarda već i standarda koji se odnose na interaktivne aplikacije, dakle uz korišćenje povratnog kanala. Ne treba zaboraviti da je to bio period desetogodišnjice DVB-S. Umesto DVB-H standarda, predlaže se u to vreme SH (*satellite-handheld*) standard, formiran u dve varijante: po principu satelitskog klasičnog, ili kao i DVB-H (zasnovan na COFDM). Treba imati u vidu da za pokretne ručne prijemnike promena tehnologije u okviru pet godina, odgovara promeni tehnologije u DVB-S, ili DVB-T, sistemu za deset godina. Dalji razvoj DVB standarda je ilustrovan na slikama 4 i 5.



Slika 6. Razvoj DVB-T2 standarda.

Konačno, posle desetogodišnjeg ispitivanja, negde i korišćenja, DVB standarda za zemaljski prenos, formiran je predlog za iskorišćenje načina kodovanja i modulacije iz DVB-S2. U junu 2008. godine je objavljena *bluebook* za DVB-T2. Samo dan kasnije je izvršen prvi eksperiment prema njemu, slika 6. Tri meseca kasnije, na IBC skupu je javno demonstriran prenos tog tipa, slika 7. Oprema je razvijena od strane BBC. Španska kompanija koja se bavi proizvodnjom opreme za pristupne mreže objavila je da će uskoro imati čip na raspolaganju. Zašto nas interesuje druga generacija, ako se nismo upustili ni u prvu? Zbog onog što nudi, a to je 30-50% povećanje protoka u odnosu na prvu. DVB čak predviđa smanjenje protoka od 40% do 70% [5]. Napomenimo da tome doprinose adaptivna modulacija, zaštitno kodovanje i kompresija videa, zajedno.



Slika 7. Realizovan DVB-T2 uređaj.

Mnogi proizvođači video opreme demonstrirali su svoje uređaje namenjene drugoj generaciji do sada usvojenih DVB standarda [5]. Satelitski prenos DVB-S2 se pokazao i kao vrlo efikasan u eksploataciji. Usvojen standard za zemaljsko emitovanje, DVB-T2, pored uticaja na kablovski, predstavlja motiv za razvoj nove generacije sistema za mobilni prenos.

Tabela 1. Procene broja kanala SDTV i HDTV, kao i raspoloživog protoka, u usvojenim DVB standardima druge generacije.

	Max protok	SDTV@3Mbit/s	HDTV@3Mbit/s
DVB-T	24Mbps	8	2/3
DVB-T2	32-36Mbps	11-12	4
DVB-S	34Mbps	11	4
DVB-S2	45Mbps	15	5/6

Šta očekivati od DVB-C2? Njegovo usvajanje se očekuje na samom početku 2009. godine. Prema konkursu za predlog tehnološki rešenja koji objavljuje DVB, potrebno je predvideti kompatibilnost sa postojećim standardima druge generacije.

4. Zaključak

Čime se rukovoditi pri izboru standarda, ako već nismo u »prvom vozu« digitalne televizije? Podsetimo se da cene opreme uvek padaju, a spektra rastu. Takođe, već sada nema proizvođača monitora sa odnosom 4:3, što je karakteristika SDTV ekrana. Dalje, na tržištu TV produkcije, traži se samo HDTV sadržaji, tj. televizija visoke rezolucije. U Tabeli 1 je dat uporedni pregled nekih karakteristika u usvojenim DVB standardima druge generacije za SDTV i HDTV.

U trenutku planiranja mreže za digitalni televizijski, radijski i prenos generalno multimedijalnih sadržaja, mora se imati na umu da svi kapaciteti koji ostaju slobodni po uvođenju efikasnog kodovanja i modulacije, kao digitalna dividenda, moraju biti javno dostupni za korišćenje ili će se dividende pretvoriti u digitalni deficit [6].

Literatura

- [1] W. Fischer, *Digital Video and Audio Broadcasting Technology*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
- [2] DVB, "History of the DVB Project", *DVB Standards and Specifications*, Ver. 11.0, Aug. 2008.
- [3] A. Morello, "DVB-S2: The second generation standard for satellite broad-band services", *Proc. IEEE*, vol. 94, no. 1, pp. 210–227, Jan. 2006.
- [4] I. Reljin, B. Reljin, "DVB - Multimedija", *Zbornik radova Simpozijuma POSTEL 2006*, decembar 2006, str. 145-154.
- [5] DVB, "Introducing DVB-T2", *IBC 2008*, Amsterdam, Sept. 2008.
- [6] L. Vermale, "From digital dividend to digital deficit", *DVB Scene*, No. 7, Sept. 2008.

Abstract: *The paper considers the two generations of DVB standards. A brief review of digital television standards, according to the European DVB Project, is presented. The main characteristics of different generations of standards, related to their efficiency and possibility of worldwide implementations, are described.*

Keywords: *Digital Video Broadcasting, video/audio compression, channel coding.*

DVB – SECOND GENERATION OF DIGITAL STANDARDS

Irini Reljin