

**SVETSKI SISTEMI DIGITALNE
RADIODIFUZIJE
TERESTRIČKI DIGITALNI RADIO I TELEVIZIJA**

Dušan P. MARKOVIĆ

Akadska misao

Beograd, 2019

Dušan P. MARKOVIĆ

SVETSKI SISTEMI DIGITALNE RADIODIFUZIJE

TERESTRIČKI DIGITALNI RADIO I TELEVIZIJA

Recenzenti

Prof. dr. Miroslav L. Dukić

Prof. dr. Milan JANKOVIĆ

Izdavač

AKADEMSKA MISAO

Beograd

Ќtcf c'g'k f cplc

Akadska misao, Beograd

Tiraž

100 primeraka

ISBN'978-: 8/9688/: 43/6

NAPOMENA: Fotokopiranje ili umnožavanje na bilo koji način ili ponovno objavljivanje ove knjige u celini ili delovima, nije dozvoljeno bez saglasnosti i pismenog odobrenja izdavača

Svojim roditeljima,

Danici i Petru, čestitim i skromnim ljudima koji nisu imali mogućnost visokog obrazovanja, da bi odričući se mnogo čega u svom teškom životu – omogućili meni.

PREDGOVOR

Tokom 2018. i 2019. godine je u našoj zemlji više značajnih jubileja za radiodifuziju. Prvi je šezdeset godina od početka rada televizije (23.08.1958.) i eksperimentalnog početka II programa Radio Beograda. U drugom slučaju je devedeset pet godina od početka radija – Radio Rakovice (01.10.1924.), čiji je sledbenik Radio Beograd (koji pod tim imenom radi od 24.03.1929. - dakle devedeset godina). Takođe, u 2019. godini Beograd 202 obeležava 50 godina rada. Isto tako, početak rada na FM je bio pre punih žezdeset pet godina (1954). Prvi direktan TV prenos sa veće udaljenosti, realizovan je 23.11.1959. godine iz Niša, povodom puštanja u saobraćaj deonice autoputa Niš - Paraćin. Na žalost, tu je i jedan tužan jubilej - 29.04.1999. (pre dvadeset godina) srušen je TV toranj na Avali (sagrađen 1965. god.). Ova knjiga predstavlja skroman doprinos autora značajnim jubilejima, koji je gotovo sav svoj radni vek proveo u radiodifuziji.

Brz napredak razvoja digitalne radiodifuzije u svetu i implementacija iste kod nas, uslovio je potrebu za izdavanjem ove knjige kojom su obuhvaćene novonastale promene u odnosu na prethodnu („Sistemi digitalne televizije i radija“). Naime u I ITU Regionu opredeljenje je za uvođenje digitalne televizije druge generacije (DVB-T2), tako da i one zemlje koje su otpočele rad televizijom prve generacije (DVB-T) će postupno po isteku tehnološkog vremena uređaja preći na DVB-T2.

Ono što posebno treba istaći je - uvođenje novog sistema u SAD, ATSC 3.0. Naime pokazalo se da ATSC 1.0 (A/53) ima znatno skromnije performanse od evropskog DVB-T2, tako da je u SAD razvijen ATSC 3.0 sistem koji je dobrim delom zasnovan na karakteristikama DVB-T2 i OFDM modulaciji. Pridodate su još neke opcije koje su specifične za SAD, tako da se može reći da ATSC 3.0 predstavlja trenutno najbolji sistem digitalne televizije (poglavlje 16).

U NR Kini je pušten u rad novi sistem digitalne televizije DTMB-A koji ima znatna poboljšanja u odnosu na postojeći DTMB, o čemu će biti reči u poglavlju 15. Takođe, oformljen je novi sistem digitalnog radija, CDR (poglavlje 18).

Poslednjih godina kod nas je došlo do intenzivnijeg puštanja radijskih stanica na internetu. Razlog tome je jeftinija oprema u odnosu na “klasičan” radio, niži eksploatacioni troškovi i mogućnost da se program te stanice čuje u bilo kojoj tački na svetu, uz uslov da u njoj postoji internet.

O svima njima biće reči u ovoj knjizi.

PAL TV analogni sistem u boji je 7. juna 2015. godine otišao u istorijsku prošlost (inače, uveden je 31.12.1971. godine) a sa njim zauvek i B/G analogni monohromatski standard (kojim se otpočelo 23. avgusta 1958. god.). Kao što smo se svojevremeno kao država, između dva analogna dominantna evropska sistema (SECAM, PAL), ispravno opredelili za sistem televizije u boji, tako smo 2008. godine bili druga zemlja u Evropi (odmah nakon Velike Britanije, tj. prva na kontinentalnom delu!) koja se smelo odlučila za uvođenje digitalne televizije druge generacije, DVB-T2. Šta više, pre mnogo razvijenijih zemalja i što je posebno važno - znatno pre nego što su to učinile nadležne evropske institucije za radiodifuziju, nadležne za tehničke normative (*European Broadcasting Union - EBU, International*

Telecommunication Union - ITU, European Telecommunications Standards Institute - ETSI! Za mnoge države koje su u to doba uveliko radile s digitalnom televizijom prve generacije (DVB-T) ovaj potez naše zemlje je primljen kao jedna od prvorazrednih svetskih vesti uz rezervu, pa čak i podsmehe od strane pojedinih zemalja! Prethodnica uvođenju digitalne televizije bilo je mukotrпно usaglašavanje TV kanala sa susednim zemljama tokom 2004. i 2005. god. (emisiona tehnika RTS - kasnije ETV), a finale 2006. u Ženevi na kojem je usvojen plan GE-06D (RATEL). Uvođenje digitalne televizije kod nas pratila je i kompletna obnova infrastrukture na emisionim lokacijama (počev od avalskog tornja), izrada ogromne tehničke dokumentacije (desetak hiljada strana), puštanje u rad novih automatizovanih emisionih lokacija (Sombor, Kikinda) koje do tada nisu praktično postojale, brojna ispitivanja mernim vozilima po celoj zemlji, izrada nove digitalne radio-relejne mreže dvostranog tipa velikog kapaciteta, daljinski nadzor i kontrola predajnika, izrada krajnjih stanica za formiranje programskih sadržaja (*head end*-ova) i niz-niz drugih tehničkih detalja što je predstavljalo ogroman poduhvat. Po društvenim mrežama, naši građani su nestrpljivo iskazivali nervozu oko početka digitalne televizije, često sa kritikom, ne shvatajući koliko je to nakon ratnih događaja iz 1999. godine, bio obiman i zahtevan posao. Svim evropskim zemljama bilo je neuporedivo lakše, jer njima za razliku od naše, infrastruktura nije bila uništena. Treba najiskrenije čestitati inženjerima i tehničarima JP "Emisiona tehnika i veze", jednoj reativno mladoj generaciji, koja je ujedno i sama učeći se, samostalno i veoma uspešno izvršila ovaj ogroman zadatak od opšteg i državnog interesa.

Našoj zemlji predstoji dalja digitalizacija radija. Od brojnih postojećih digitalnih sistema, biće onaj koji je zastupljen u evropskim zemljama. To je za očekivanje jer u suprotnom, bilo bi nelogično da putnik u vozilu krstareći Evropom mora da poseduje radio prijemnik sa više različitih standarda. Kako je DAB+ najzastupljeniji u zapadnoevropskim državama, to je bilo logično da se u našoj zemlji u inicijalnoj fazi otpočelo istim radijskim standardom, prvenstveno sa pokrivanjem duž magistralnih autoobraćajnica (autoputeva).

To su bili osnovni razlozi za pokretanjem ove knjige, koja se delom može shvatiti kao posebna, ali isto tako i kao izmenjeno, dopunjeno i donekle skraćeno izdanje prethodne "Sistemi digitalne televizije i radija", iz 2014. godine. Unete su brojne izmene, pojedina objašnjenja su dopunjena, osvežene slike, ispravljene uočene slovne i numeričke greške kojih ma koliko da se nastojalo da ih ne bude, uvek se nađu tamo gde ne treba. Takođe, odstranjena su određena poglavlja koja se odnose na analognu televiziju (PAL) ili digitalni sistem koji se gotovo ne koristi (DVB-H). Na kraju celokupnog teksta, prikazan je razvoj digitalne televizije u našoj zemlji u periodu 2005.- 2015. godina.

Pored sopstvenih, u knjizi su delimično korišćeni materijali dragih koleginica i kolega s kojima je autor dugi niz godina uspešno saradivao - Ivana Lacković, dipl.el.inž., Zoran Gaćinović, M.S.E.E., Dušan Savić M.S.E.E., Đorđe Anđić dipl. inž, Petar Đekić M.S.E.E., Jelena Tatomirović M.S.E.E., Slađan Stanković dipl. el. inž., Radiša Petrović dipl.el. inž. i drugih kolega koji su činili tim koji se dugi niz godina bavio problematikom planiranja digitalne televizije u našoj zemlji i optimizacijom radijskog i TV pokrivanja. Takođe, delimično su korišćeni materijali RATEL-a s kojima se veoma korektno saradivalo (prof. dr. Jovan Radunović, mr. Slavenko B Rašajski, Natalija Varagić dipl.el.inž., Marija Raičković, dipl.el.inž., Marica Budišin dipl.el.inž.), nadležnih ministarstava za telekomunikacije (koji su vremenom menjali nazive) kao i katedre za telekomunikacije Elektrotehničkog fakulteta univerziteta u Beogradu sa kojom je postojala izvanredna saradnja i koja je bila angažovana na izradi odgovarajućih strategija. Svima njima autor duguje iskrenu i duboku zahvalnost.

Knjiga je namenjena svima koji imaju interes za terestričku radiodifuziju – studentima osnovnih i postdiplomskih studija visokoh škola i elektrotehničkih fakulteta, kao i inženjerima elektrotehnike i radiodifuzije i elektrotehničarima koji se bave ovom problematikom.

Prilikom slaganja teksta, na pojedinim mestima se moralo odstupiti od hronološkog rasporeda slika i tabela sa opisom istih kako bi se obezbedilo da stranice budu optimalno popunjene. Imajući u vidu obimnost knjige i kvalitet štampe, što za sobom povlači visoku cenu, autor se odrekao honorara kako bi knjiga koliko-toliko bila dostupnija širem krugu čitalaca.

Celokupan tekst knjige sadrži 774 slike, 278 tabela, 3 listinga programa i 728 analitičkih izraza. Tekst je rađen po jednom od svetskih standarda za pisanje knjiga - *John Wiley & sons template for book*. Tehničku pomoć pružili su inž. Igor Čavić (P3 *Communications Engineering*) i Marija Leković dipl.math. (Studio B). Obradu teksta izvršila je Dragana D. Marković dipl. el. inž. (*Polus Tech.*), a recenziju prof. dr. Miroslav L. Dukić sa Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Singidunum Univerziteta u Beogradu, i prof. dr. Milan Janković sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu i direktor RATEL-a. Autor im se svima iskreno zahvaljuje na uloženom trudu i korisnim preporukama. Takođe, autor će vrlo rado primiti svaku korisnu sugestiju, primedbu ili ukazivanje na eventualne greške, koje se i pored pažljivog pregleda uvek nađu.

Beograd
23.04.2019.
(svetski dan knjige)

mr. Dušan P. MARKOVIĆ, dipl. el. inž.
AES 36871
IEEE BTS 92077251
YU1AX
YU1-RS-200
dule.markovic@yahoo.com
mr.dusan.markovic@gmail.com
060 6275664 (060 markoni)

SADRŽAJ

1.	PREGLED STANJA RADIODIFUZIJE U SVETU	
1.1.	Uvod	1.1
1.2.	Implementacija digitalne televizije	1.2
1.3.	Pregled postojećih DTTB sistema u svetu	1.8
1.4.	Frekvencijski opsezi zemaljske radiodifuzije	1.14
1.5.	Opredeljenja digigitalne televizije u svetu	1.17
2.	SVETLOST I PERCEPCIJA ISTE	
2.1.	Svetlost	2.1
2.2.	Vid i oko	2.7
2.3.	Anomalije vida	2.17
2.4.	Psihofizički uticaji	2.25
3.	KOLORIMETRIJA	
3.1.	Trihromatska i trivarijantna osobina vida	3.1
3.2.	Pojam temperature boje i crnog tela	3.6
3.3.	Osnove kolorimetrije	3.11
3.4.	Prostorna predstava boja	3.17
3.5.	Transformacija koordinara boje	3.23
3.6.	Standardni CIE kolor sistem	3.28
3.7.	Dijagram sa ravnomernom raspodelom (UCS)	3.35
3.8.	<i>Mac-Adam-ove</i> elipse	3.36
3.9.	<i>Planck-ova</i> kriva	3.39
4.	DIGITALIZOVANJE SIGNALA	
4.1.	Formiranje video signala	4.1
4.2.	Odmeravanje video signala	4.12
	4.2.1. Odmeravanje komponentnog video signala	4.12
	4.2.2. Odmeravanje kompozitnog video signala	4.13
4.3.	Kvantizacija	4.16
	4.3.1. Kvantizacija komponentnih RGB signala	4.17
	4.3.2. Kvantizacija komponentnih hrominentnih signala	4.18
	4.3.3. Kvantizacija kompozitnog video signala	4.23
4.4.	Nekompresovani bitski protok standardne rezolucije slike	4.26
	4.4.1. Nekompresovani bitski protok za 4:2:2 standard odmeravanja	4.26
	4.4.2. Nekompresovani bitski protok za 4:2:0 standard odmeravanja	4.28
	4.4.3. Nekompresovani bitski protok za 4:1:1 standard odmeravanja	4.30
	4.4.4. Nekompresovani bitski protok za 4:4:4 standard odmeravanja	4.31

4.4.5.	Nekompresovani bitski protok za kompozitno odmeravanje	4.34
4.5.	Digitalizovanje audio signala	4.35
5.	MPEG-1/2 KOMPRESIJA PROTOKA	
5.1.	MPEG-1 kompresioni standard	5.1
5.2.	MPEG-2 kompresioni standard	5.5
5.3.	Analiza TV slike	5.13
5.4.	Primena diskretne kosinusne transformacije	5.26
5.5.	Procena pokreta	5.36
5.6.	Kodovanje fiksnom (RLC) i promenljivom (VLC) dužinom	5.38
5.7.	Kodovanje audio signala	5.41
6.	DIGITALNA TELEVIZIJA I GENERACIJE	
6.1.	Multipleksovanje signala	6.1
6.1.1.	Statističko multipleksovanje signala	6.5
6.1.2.	Remultipleksovanje signala	6.6
6.2.	Kanalno kodovanje (prevencija od greške)	6.8
6.3.	Energetsko disperzovanje (randomizacija)	6.8
6.4.	Spoljašnje (R-S) kodovanje	6.12
6.5.	Spoljašnje proširenje koda (<i>Forney-ev</i> princip)	6.14
6.6.	Konvoluciono (unutrašnje) kodovanje	6.16
6.7.	Unutrašnje proširenje koda	6.18
6.8.	Puntuacija	6.22
6.9.	Mapiranje, I-Q konstelacija i hijerarhijski nivo	6.24
6.10.	OFDM modulacija	6.40
6.10.1.	Uslovi ortogonalnosti i separacije OFDM nosilaca	6.53
6.10.2.	Arhitektura OFDM nosilaca (pilota)	6.55
6.10.3.	Odnos vršne i srednje snage (<i>Crest</i>) faktor	6.60
6.10.4.	<i>Roll-off</i> faktor	6.66
6.10.5.	<i>Doppler-ov</i> efekat	6.69
6.10.6.	Feding	6.74
7.	VREMENA U DVB-T I BITSKI PROTOCI	
7.1.	Vremenske i frekvencijske relacije	7.1
7.1.1.	IFFT učestanosti odmeravanja	7.1
7.1.2.	Trajanje IFFT simbola	7.2
7.1.3.	Separacija OFDM nosilaca i multipleksovanje signala	7.2
7.1.4.	Trajanja upotrebljivog dela simbola	7.3
7.1.5.	Zauzeta širina opsega	7.3
7.1.6.	Relativno trajanje zaštitnog intervala	7.4
7.1.7.	Vreme trajanja simbola	7.5
7.2.	Bitski protoci	7.8
7.2.1.	Simbolska brzina protoka	7.8
7.2.2.	Normirani bitski protok	7.9
7.2.3.	Bruto bitski protok	7.10
7.2.4.	Upotrebljivi bitski protok	7.11
7.3.	Potreban odnos C/N	7.20
7.4.	Simbolska (SER) i bitska greška (BER)	7.22
7.5.	<i>Shannon-ov</i> kapacitet kanala	7.28

8.	MPEG-4 KOMPRESIONI STANDARD	
8.1.	Osnovne karakteristike	8.1
8.2.	Intra predikcija makroblokova	8.16
	8.2.1. Intra predikcija luminanse	8.16
	8.2.2. Intra predikcija hrominanse	8.37
	8.2.3. Intra predikcija makroblokova unutar P segmenata	8.41
8.3.	Predikcija vektora pokreta	8.44
8.4.	Transformacija i kvantizacija	8.48
8.5.	Kvantizacija	8.49
	8.5.1. Kvantizacija i rezidualna transformacija tipa 4×4	8.49
	8.5.2. Kvantizovanje	8.53
	8.5.3. Transformacija lumentnih DC koeficijenata 4×4 i kvantizacija	8.56
	8.5.4. Transformacija hrominentnih DC koeficijenata 2×2 i kvantizacija	8.56
8.6.	<i>Hadamard</i> -ova transformacija	8.57
8.7.	Redukcija izobličenja blokova primenom filtra	8.61
8.8.	Entropijsko kodovanje	8.66
	8.8.1. Ekspencijalno <i>Golomb</i> -ovo entropijsko kodovanje	8.67
	8.8.2. CAVCL kodovanje	8.69
	8.8.3. Prošireno adaptivno binarno aritmetičko kodovanje (CABAC)	8.74
9.	DIGITALNA TELEVIZIJA DVB-T2	
9.1.	Terminologija DVB-T2	9.1
9.2.	Razlike DVB-T i DVB-T2	9.4
9.3.	Arhitektura uopštenog DVB-T2 sistema	9.13
9.4.	Obrada ulaznih nizova	9.17
	9.4.1. Adaptacija moda	9.17
	9.4.2. Adaptacija niza	9.31
9.5.	Blok za bitsko proširenje koda, kodovanje i modulaciju - BICM modul	9.37
	9.5.1. LDPC/BCH kodovanje	9.42
	9.5.2. Bitski proširivač koda za 16-QAM, 64-QAM i 256-QAM	9.51
	9.5.3. Demultipleksiranje bita na ćelije	9.54
	9.5.4. Mapiranje ćelije	9.55
	9.5.5. Rotiranje konstelacionog dijagrama i pomeranje kvadraturnih ćelija	9.56
9.6.	Formiranje okvira	9.62
	9.6.1. Ćelijski proširivač	9.63
	9.6.2. Vremensko proširenje (preplitanje)	9.63
	9.6.3. Super okvir, T2 okvir, P1/P2 simbol i L1 simbol	9.66
	9.6.4. Frekvencijsko proširenje	9.74
9.7.	Modulator	9.77
	9.7.1. Tehnika primene više antena na emisionoj i prijemnoj strani	9.78
	9.7.2. Insertovanje pilota i tonska rezervacija	9.87
	9.7.3. (I)FFT i OFDM modulacija	9.91
	9.7.4. PAPR redukcija`	9.104
	9.7.5. Insertovanje zaštitnog intervala	9.108
	9.7.6. D/A konverzija	9.109
	9.7.7. Blok šeme DVB-T2 predajnika	9.110
9.8.	Bitski protok DVB-T2	9.113
9.9.	Kriterijumi za izbor varijante DVB-T2 sistema	9.131

10.	EMISIONI ASPEKTI	
10.1.	Određivanje vrednosti minimalnog polja	10.1
10.1.1.	Određivanje vrednosti minimalnog polja metodom snage	10.2
10.1.2.	Naponski metod određivanja vrednosti minimalnog polja	10.7
10.2.	Referentne planske mreže i planske konfiguracije	10.13
10.2.1.	Referentna mreža RN-1	10.14
10.2.2.	Referentna mreža RN-2	10.15
10.2.3.	Referentna mreža RN-3	10.16
10.2.4.	Referentna mreža RN-4	10.18
10.2.5.	Referentna mreža RN-5	10.21
10.3.	Tehnički uslovi realizacije SFN mreže	10.24
10.4.	Istokanalni repetitor (<i>Gap-filler</i>)	10.26
10.5.	Sinhronizacija SFN mreže	10.40
11.	PRIJEMNA PROBLEMATIKA	
11.1	Statistički dobitak SFN mreže	11.7
11.2.	Intenzitet i kvalitet prijemnog signala	11.9
11.3.	Faktor konverzije prijemne antene	11.11
11.4.	Izobličenja i greške na prijemu	11.12
11.4.1.	Bitska (BER) i modulaciona (MER) greška	11.12
11.4.2.	Uticaj odnosa nivoa nosioca i šuma (C/N)	11.17
11.4.3.	Vektorska greška	11.18
11.4.4.	Amplitudski feding	11.22
11.4.5.	Varijacije faznog stava (fazni šum)	11.22
11.4.6.	Greška usled prisustva jednosmerne (DC) komponente	11.25
11.4.7.	Amplitudska neravnoteža (disbalans) - nejednako pojačanje I/Q komponenti	11.25
11.4.8.	Nelinearna redukcija pojačanja (kompresija nivoa)	11.27
11.4.9.	Uskopojasna kontinualna (CW) smetnja	11.28
11.4.10.	Nizak nivo prijemnog signala	11.28
11.4.11.	Nestabilnost rada jednog od digitalnih predajnika u SFN mreži	11.29
11.4.12.	Smetnja uzrokovana radom analognog predajnika na istom kanalu	11.30
11.4.13.	Narušenje trajanja zaštitnog intervala	11.30
11.4.14.	Prijemni signali u protivfazi	11.31
11.4.15.	Kumulativno dejstvo smetnji	11.31
11.4.16.	Merenje reflektovanih prijemnih signala	11.37
11.5.	Iskustva u smanjenju nivoa smetnji	11.39
11.6.	Eliminacija smetnji razmakom prijemnih antena (program)	11.46
12.	TELEVIZIJA VISOKE REZOLUCIJE (HD)	
12.1.	HD televizija	12.1
12.1.1.	Tehničke karakteristike	12.3
12.2.	Prikaz slike formata 16:9 na ekranu 12:9 i obratno	12.26
12.3.	Komercijalni nazivi TV prijemnika s HD formatima	12.30
13.	TELEVIZIJA VRLO VISOKE REZOLUCIJE	
13.1.	Video kodovanje	13.1
13.2.	Audio kodovanje	13.14
13.3.	UHD televizija proširenog dinamičkog opsega	13.20

14.	TRODIMENZIONALNA TELEVIZIJA	
14.1.	Uvod	14.1
14.2.	Psihofizički osećaj prostora u dvodimenzionalnoj televiziji	14.2
14.3.	Zahtevi koji se postavljaju pred trodimenzionalnu televiziju	14.11
14.4.	Vrste trodimenzionalnih TV servisa	14.13
14.5.	Načini formiranja stereoskopske slike	14.14
14.6.	Pristupi enkodovanja trodimenzionalne televizije	14.28
14.6.1.	Korišćenje dva ulaza sa kompletno odvojenim signalima za svako oko - konvencionalni stereo video	14.29
14.6.2.	Vremensko multipleksovanje	14.30
14.6.3.	Alternativno dovođenje polovina slika (L i R)	14.31
14.6.4.	QUICUNX	14.36
14.6.5.	Video plus dubina (V+D)	14.37
14.6.6.	Asimetrični stereo video (ASV)	14.40
14.6.7.	2D plus razlika (diferencija) slika (2D+ Δ)	14.41
14.6.8.	2D plus dubina, okluzija i transparentnost (2D+DOT)	14.42
14.6.9.	Video slojevite dubine (LDV)	14.42
14.6.10.	Stereo poboljšane dubine (DES)	14.43
14.6.11.	Kompozicija slika	14.43
14.6.12.	Ispis slike sa proredom	14.44
14.6.13.	Bočni ispis slike	14.47
14.6.14.	Ispis jedne iznad druge slike	14.47
14.7.	Trodimenzionalni formati s proširenom strukturom	14.48
14.7.1.	Varijante trodimenzionalne strukture - ispis poluslikom	14.49
14.7.2.	Varijante trodimenzionalne strukture s proredom	14.50
14.7.3.	Varijante trodimenzionalne strukture s bočnim ispisom	14.50
14.7.4.	Varijante trodimenzionalne strukture L + Dubina	14.51
14.7.5.	Varijante trodimenzionalne strukture L + Dubina + Grafika + Dubina grafike	14.52
14.8.	Poređenje trodimenzionalnih formata	14.55
14.9.	Autostereoskopski metodi	14.55
14.9.1.	Volumetrijski displej	14.56
14.9.2.	Displej sa paralaksom (<i>Parallax Barrier</i>)	14.57
14.9.3.	Displej sa trakastim optičkim sočivima (<i>Lenticular Lens</i>)	14.59
14.10.	Problemi u percepciji trodimenzionalne TV slike	14.62
14.11.	Trodimenzionalna diskretna kosinusna transformacija	14.63
15.	KINESKI SISTEMI DIGITALNE TELEVIZIJE	
15.1.	DTMB sistem	15.1
15.1.1.	Performanse DTMB standarda	15.2
15.1.2.	Fizički sloj	15.3
15.2.	DTMB-A sistem	15.22
15.2.1.	Performanse DTMB-A sistema	15.22
15.2.2.	Kanalno kodovanje, proširenje koda i modulacija	15.26
16.	AMERIČKI SISTEMI DIGITALNE TELEVIZIJE	
16.1.	ATSC 1.0 sistem	16.1
16.2.	ATSC 3.0 sistem	16.14
16.2.1.	Zahtevi za video kodovanje	16.17
16.2.2.	Fizički nivo	16.18

16.2.3.	Ulazno formatiranje	16.21
16.2.4.	Bitsko proširenje i kodovanje	16.21
16.2.5.	LDM blok	16.30
16.2.6.	Proširenje koda i formatiranje okvira	16.31
16.2.7.	Generisanje talasnih oblika	16.36
16.2.8.	Odnos signal/šum (S/N)	16.60
16.2.9.	Bitski protok	16.66
16.2.10.	Upporedni pregled karakteristika DVB-T2 i ATSC 3.0 sistema	16.66
17.	JAPANSKI SISTEM DIGITALNE TELEVIZIJE	
17.1.	Opis ISDB-T sistema	17.1
17.2.	Latinoamerička varijanta ISDB-T sistema	17.31
17.3.	Upporedni pregled ATSC, DTMB, ASDB-T, DVB-T i DVB-T2 sistema	17.33
18.	DIGITALNI SISTEMI RADIJA	
18.1.	Evropski T-DAB sistem - sistem A	18.2
18.2.	T-DAB+ digitalni sistem	18.29
18.3.	DRM radio sistem - sistem G	18.32
18.3.1.	DRM 30 radio	18.32
18.3.2.	DRM+ (DRM mode E) - sistem C	18.51
18.4.	Američki IBOC sistem (HD radio™) - sistem C	18.54
18.4.1.	HD radio na AM opsezima	18.55
18.4.2.	HD radio na FM opsegu	18.59
18.5.	Japanski ISDB-TSB sistem - sistem F	18.70
18.6.	Kineski CDR sistem	18.76
18.7.	FmeXtra (VuCast) sistem	18.89
18.8.	DVB-T2 Lite radio (DVB-T2L, T2L)	18.94
18.9.	Kognitivni radio	18.103
18.9.1.	Koncept kognitivnog radija	18.104
18.9.2.	Nalaženje slobodnog dela spektra i upravljanje	18.108
18.9.3.	Tačnost detektovanja primarnih korisnika	18.113
18.9.4.	Napadači spektra	18.121
18.9.5.	Fizička arhitektura kognitivnog radija	18.122
18.10.	Internet radio	18.124
19.	PRILOZI	
18.1.	A. Kratak osvrt na razvoj radiodifuzije u Srbiji	19.1
18.2.	B. OFDM MATLAB softver	19.40
20.	PREGLED SKRAĆENICA	
21.	REFERENCE	

1

PREGLED STANJA RADIODIFUZIJE U SVETU

1.1. UVOD

Radiodifuzija predstavlja emitovanje radijskog ili televizijskog programa iz jedne emisione lokacije sa ciljem da se pokrije određena oblast. U radio planiranju ovaj tip veze se naziva "tačka - oblast". Digitalnu televiziju (engl. DTB, *digital television broadcast*) za radiodifuzne namene možemo podeliti u više grupa,

- **Satelitsku** DVB-S/DVB-S2, gde je lokacija satelita udaljena 36.000km od površine Zemlje u ravni polutara. Položaj satelita je stacionaran u odnosu na posmatranu tačku na Zemlji, odnosno on se obrće oko planete za 24 časa, tako da se za prijemnu stanicu na Zemlji stiče utisak da je geostacionaran.
- **Kablovsku** DVB-C/DVB-C2. Kablovski operater na određenom mestu prima TV programe, koje potom distribuira putem kablovske mreže. U slučaju analognih TV kanala, svakom programu odgovara jedan kanal, a ukoliko se distribuira digitalno, u isti TV kanal se smešta više TV programa, ali je u tom slučaju pored postojećeg analognog TV prijemnika potreban *Set top Box* za prijem.
- **Terestričku** (engl. DTTB, *Digital Terrestrial Television Broadcast*), s više sistema (evropski, američki, japanski i kineski). Pored postojećeg analognog TV prijemnika za prijem je neophodan *Set top Box* uređaj za odgovarajući sistem (ATSC, DVB-T, DVB-T2, ISDB-T, ...) ili odgovarajući digitalni TV prijemnik.
- **Televiziju putem interneta**, koja može biti
 - IPTV(engl. IPTV, *Internet Protocol Television*)
 - WEB (YOUTUBE)

Prema predviđanjima Evropske Unije za radiodifuziju (EBU – *European Broadcast Union*), 2020. godine će struktura prijema u Evropi biti: 0% - analogna TV (2016., 1,3%), 23,8% - kablovska TV (2016., 24,9%), 35,2% - satelitska TV (2016., 34,6%), 16,2% - IPTV (2016., 13,5%) i 24,7% - DTT (2016.,