



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, 10000 Zagreb

MIGRACIJA PREMA DIGITALNOM ODAŠILJANJU RADIJA U ZEMALJSKOJ MREŽI

(Studija)



Zagreb, 2010.

Ugovor:

Ugovor o izradi studije: *Migracija prema digitalnom odašiljanju radija u zemaljskoj mreži*, zaključen je 17. studenog 2010. godine pod brojem: HAKOM - 46/10, 39276-2010 (FER), između Hrvatske agencije za poštu i elektroničke komunikacije, Zagreb, Jurišićeva 13, kao naručitelja i Sveučilišta u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, Unska 3 kao izvršitelja.

Odgovorna osoba Naručitelja:

Željko Tabaković, dipl.ing.el.

Odgovorna osoba Izvršitelja:

prof.dr.sc. Borivoj Modlic

Ekspertska skupina Fakulteta elektrotehnike i računarstva:

prof.dr.sc. Borivoj Modlic
prof.dr.sc. Sonja Grgić
prof.dr.sc. Tomislav Kos
doc.dr.sc. Gordan Šišul
Mario Cvitković, dipl.ing.el.
Dario Bojanjac, dipl.ing.el.

Ni jedan dio ove studije ne smije se umnažati, fotokopirati niti na bilo koji način reproducirati bez pisanog dopuštenja Naručitelja.

Izvod iz ponude za izradu studije: **MIGRACIJA PREMA DIGITALNOM ODAŠILJANJU RADIJA U ZEMALJSKOJ MREŽI**

Hrvatska agencija za poštu i elektroničke komunikacije, kao nezavisni regulator elektroničkih komunikacija u Republici Hrvatskoj, ima i zadaću razvijanja telekomunikacijskog tržišta. U okviru tih aktivnosti Agencija prati tehnološki razvitak na području elektroničkih komunikacija i potiče uvođenje suvremenih tehnologija za davanje telekomunikacijskih usluga.

Nakon uspješno provedenog prijelaza na digitalno odašiljanje televizije Agencija je intenzivirala aktivnosti za pripremu odgovarajućega tehnološkog iskoraka na području radija. Spomenimo samo formiranje *Foruma o digitalnom radiju* ove godine.

Svrha studije je da se na jednom mjestu sakupe sva trenutna saznanja o razvijenim tehnologijama za digitalno odašiljanje radija, osobinama tih tehnologija i njihovom prikladnošću za primjenu u radiodifuzijskim mrežama u Hrvatskoj. Studija treba predložiti i najprikladnije tehnologije odašiljanja vodeći računa o obilježjima tržišta radiodifuzijskih usluga, osobitostima zemaljskih odašiljačkih mreža i pogodnosti za slušatelje, nakladnike i operatore mreža.

Studija obrađuje sljedeće segmente:

- ◆ Uloga radija danas, očekivanja i mogućnosti koje pružaju digitalne platforme odašiljanja:
 - uloga radija na području informiranja i zabave,
 - nedostaci analognog odašiljanja radija u zemaljskoj mreži,
 - mreže za odašiljanje radija na državnoj, regionalnoj i lokalnoj razini,
 - pokazatelji o slušanosti radija u nekima europskim zemljama,
 - što slušatelji očekuju od digitalnog radija,
 - platforme za digitalni radio: zemaljska mreža odašiljača, satelitski radio, internetski radio,
 - uloga regulatora.
- ◆ Tehnologije za digitalno odašiljanje radija u zemaljskoj mreži i smjernice za odabir tehnologije:
 - Pregled različitih normi i tehnologija koje bi se mogle koristiti za digitalno odašiljanje radija u zemaljskoj mreži (DAB, DAB+; DRM, DRM+; DMB; HD radio; IBOC/IBAC; ISDB; FMeXtra i dr.), njihove prednosti/nedostaci,
 - europska praksa i iskustva,
 - neizvjesnost oko odabira tehnologije u nekim zemljama Europske unije,
 - situacija u pojedinim zemljama,
 - smjernice za odabir tehnologija koje će se koristiti u Hrvatskoj,
 - pregled DVB-T2 tehnologije kao nove moguće norme za odašiljanje digitalnog radija,
 - definiranje primarne vrste prijama za projektiranje mreže zemaljskih odašiljača digitalnog radija
 - izbor optimalnih parametara za pojedinu normu (omjer koda, vrsta prijama, vrsta modulacijskog signala,...).

- ◆ Raspoloživost spektra i moguće strategije prijelaza na digitalno odašiljanje:
 - radna područja frekvencija pojedinih tehnologija za digitalno odašiljanje radija i osobitosti predviđenih frekvencijskih pojaseva (MF; VHF III i L pojas 1452 – 1492 MHz),
 - formiranje blokova frekvencija za dodjelu koncesije,
 - problematika zajedničkog rada DVB-T (DVB-T2) i T-DAB (DMB) mreža u pojasu VHF III,
 - problematika zajedničkog rada DRM+, HD radio, FMeXtra i drugih potencijalnih digitalnih radiodifuzijskih sustava s FM tehnologijom odašiljanja u pojasu VHF II, a posebno u prijelaznom razdoblju (problem „simulcasta“ u pojasu VHF II),
 - današnje stanje u pojasu VHF II i mogućnosti uvođenja digitalnog odašiljanja u tom pojasu (model prijelaza),
 - mogućnosti korištenja pojasa VHF I za digitalnu radiodifuziju zvuka.
- ◆ Raspoloživost i cijena prijamnika za pojedine tehnologije:
 - situacija na tržištu prijamnika za pojedine tehnologije u digitalnoj radiodifuziji zvuka,
 - pregled ponude prijamnika, njihovih temeljnih osobina i cijena,
 - predvidivi razvoj tržišta.
- ◆ Ekonomski aspekt, motiviranost te interes korisnika, nakladnika i operatora za prijelaz na digitalno odašiljanje:
 - ekonomski aspekti izgradnje mreža i formiranja prijamničke baze,
 - kolike troškove nosi pojedini sustav za radijske nakladnike (usporedba troškova analogne i digitalne radiodifuzije) u pojedinim frekvencijskim područjima i primjenjivim modelima,
 - Motiviranost i interes korisnika, nakladnika i operatora za prijelaz na digitalni radio.
- ◆ Zaključak.

Prilikom razrade pojedinih cjelina vodit će se računa i o stanju u zemljama Europske unije i položaju hrvatskih regulatornih rješenja u okviru odgovarajućih europskih rješenja.

Sadržaj

Uvod	1
1. Uloga radija danas, očekivanja i mogućnosti koje pružaju digitalne platforme odašiljanja.....	4
1.1. Uloga radija na području informiranja i zabave	4
1.2. Nedostaci analognog odašiljanja radija u zemaljskoj mreži	6
1.3. Mreže za odašiljanje radija na državnoj, regionalnoj i lokalnoj razini	9
1.4. Pokazatelji o slušanosti radija u nekima europskim zemljama..	17
1.5. Što slušatelji očekuju od digitalnog radija	19
1.6. Platforme za digitalni radio: zemaljska mreža odašiljača, satelitski radio, internetski radio	21
1.6.1. Zemaljska mreža odašiljača	22
1.6.2. Satelitski radio	24
1.6.3. Internetski radio.....	25
1.7. Uloga regulatora	29
2. Tehnologije za digitalno odašiljanje radija u zemaljskoj mreži i smjernice za odabir tehnologije	32
2.1. Tehnologija DRM	32
2.1.1. Općenito o tehnologiji.....	32
2.1.2. Kodiranje zvuka.....	35
2.1.3. Multipleks	39
2.1.4. Kanalno kodiranje i modulacija.....	40
2.1.5. Odašiljački modovi rada	41
2.1.6. Korisni raspoloživi tokovi podataka	43
2.1.7. Ostali sadržaji.....	44
2.2. Tehnologija DAB	44
2.2.1. Osnove tehnologije DAB	44
2.2.2. Kodiranje zvuka.....	47
2.2.3. Kanalno (konvolucijsko) kodiranje	48
2.2.4. Modovi odašiljanja i parametri prijenosnog signala	49

2.2.5.	Primjer proračuna audio programskih sadržaja unutar multipleksa	51
2.2.6.	Kvaliteta audiosignala	51
2.3.	Tehnologija DAB+	53
2.3.1.	HE AAC v2 audiokodiranje u DAB+	56
2.4.	Tehnologija DMB	57
2.5.	DVB-T2	60
2.5.1.	Arhitektura DVB-T2 i protokolarni složaj.....	62
2.5.2.	Struktura okvira	65
2.5.3.	Parametri prijenosnog signala	70
2.5.4.	Konfiguracije u odašiljačkim mrežama	72
2.6.	Tehnologija FMeXtra	72
2.6.1.	O tehnologiji općenito.....	72
2.6.2.	Tehnički podaci za tehnologiju FMeXtra.....	75
2.7.	Tehnologija HD Radio (ili IBOC/IBAC)	78
2.7.1.	Odašiljački podsustav.....	79
2.7.2.	Podsustav za prijenos i multipleksiranje usluga	79
2.7.3.	Audio i ulazni podatkovni podsustav	80
2.7.4.	Obilježja odašiljanja u pojasu frekvencija za FM radiodifuziju	82
2.7.5.	Valni oblik i spektar signala	83
2.7.6.	Snaga odašiljanja.....	90
2.8.	ISDB	90
2.8.1.	Odašiljanje u tehnologiji ISDB-TSB	93
2.8.2.	Povezano odašiljanje	96
2.8.3.	Kodiranje izvora (zvuka).....	97
2.8.4.	Pokusni rad	98
2.8.5.	Prijamnici za zajedničku uporabu.....	99
2.9.	Smjernice za odabir tehnologije za digitalno odašiljanje radija u zemaljskoj mreži	99
2.9.1.	DVB-T2 kao tehnologija za digitalno odašiljanje radija	100
2.9.2.	DAB+ kao tehnologija za digitalno odašiljanje radija .	108
2.9.3.	DRM+ kao tehnologija za digitalno odašiljanje radija .	118
2.9.4.	Zaključak u vezi planiranja digitalnog odašiljanja radija	124

2.9.5. Kratki sažetak prednosti i nedostataka tehnologija DVB-T2, DAB+ i DRM+.....	125
3. Raspoloživost spektra i moguće strategije prijelaza na digitalno odašiljanje	127
3.1. Radna područja frekvencija pojedinih digitalnih tehnologija za radiodifuziju.....	127
3.2. Formiranje blokova frekvencija za dodjelu koncesije	131
3.3. Problematika zajedničkog rada DVB-T (DVB-T2) i T-DAB (DMB) mreža u pojasu VHF III	138
3.4. Problematika zajedničkog rada DRM+ i FM mreža u pojasu VHF II.....	142
3.5. Problematika zajedničkog rada tehnologija HD Radio i FMeXtra s FM mrežama u pojasu VHF II	145
3.6. Današnje stanje u pojasu VHF II i model (strategija) prijelaza na digitalno odašiljanje.....	145
4. Raspoloživost i cijena prijamnika za pojedine tehnologije	150
4.1. DAB, DAB+, DMB	150
4.2. DRM, DRM+	153
4.3. HD Radio	154
4.4. ISDB-TSB	156
4.5. FMeXtra	157
5. Ekonomski aspekt, motiviranost te interes korisnika, nakladnika i operatora za prijelaz na digitalno odašiljanje	158
5.1. Ekonomski aspekti izgradnje mreža i formiranja prijamničke baze	158
5.2. Kolike troškove nosi pojedini sustav za radijske nakladnike i operatere mreža.....	166
5.3. Motiviranost i interes korisnika, nakladnika i operatora za prijelaz na digitalni radio.....	170
6. Zaključak	173

Uvod

Radio, odnosno radiodifuzija zvuka, vrlo je stara usluga i tijekom mnogo godina njezinog života malo je novina uvedeno u osnovu tehnologije odašiljanja radija. Napredak u odnosu na početnu inačicu tehnologije ogledao se u odašiljanju stereo zvuka, a zadnje dotjerivanje obavljeno je uvođenjem RDS informacija u modulacijski signal za FM. Ova radijska služba ostala je jedinom službom u kojoj još skoro potpuno prevladavaju analogne tehnologije odašiljanja, a u mnogim se zemljama, pa i u Hrvatskoj, koriste isključivo analogna odašiljanja radiodifuzije zvuka. Dodana opcija RDS je doduše digitalno rješenje, ali ona nema učinka na odašiljanje zvuka koje je i dalje analognih osobina.

Svrha ove studije je proučiti i prikazati razmišljanja i aktivnosti glede iskorištavanja raspoloživih digitalnih tehnologija odašiljanja u radiodifuziji zvuka. Osim tehničkih aspekata studija mora razmotriti i:

- gospodarski aspekt prijelaza i digitalnog odašiljanja radija za sve sudionike, tj. za davatelje usluge, gospodarske subjekte koji sudjeluju u realizaciji mreže za radiodifuziju zvuka i u konačnici za korisnike svih usluga koje se odašilju,
- društveni aspekt glede običaja slušanja radija, zanimanja za pojedine vrste programa te uloge radija u informiranju slušateljstva kao i za njihovu zabavu.

Prvo poglavlje obrađuje ulogu radija na području informiranja i zabave, slušanosti radija i običajima u slušanju radija na temelju provedenih analiza u nekima europskim zemljama. Pažljivo se analizira što slušatelji očekuju od digitalnog radija i u kojoj će se mjeri ispuniti njihova očekivanja primjenom tehnologija koje su na raspolaganju. Tehnički aspekti problematike započinju se izlagati prikazom nedostataka analognog odašiljanja radija u zemaljskoj mreži odašiljača radi isticanja slabih točaka analogne tehnologije, a koje treba ukloniti prijelazom na digitalno odašiljanje. Poglavlje daje i pregled svih mreža za odašiljanje radija na državnoj, regionalnoj i lokalnoj razini u Republici Hrvatskoj. Imajući u vidu da su digitalne tehnologije prijenosa zvuka već dosta raširene na nekim

platformama poglavlje prikazuje temeljne osobine svih, danas korištenih, platformi za digitalni radio, a to su:

- zemaljska mreža odašiljača,
- satelitski radio,
- internetski radio.

Izlaže se i stanje u Hrvatskoj po pojedinim platformama sukladno raspoloživim podacima. Nacionalni regulator, u Hrvatskoj je to Hrvatska agencija za poštu i elektroničke komunikacije (HAKOM), ima važnu ulogu u poticanju, nalaženju najpovoljnijih rješenja za Hrvatsku i osiguravanju uvjeta za nesmetani prijelaz na nove tehnologije odašiljanja.

Drugo poglavlje bavi se prikazom i kritičkim osvrtom na sve značajnije tehnologije koje se koriste ili koje se predlažu za korištenje u digitalnom odašiljanju radija. Veća je pozornost posvećena tehnologijama koje su prisutne ili imaju izgleda za primjenu u Europi, a naglašava se i neizvjesnost glede odabira tehnologije u nekim zemljama Europske unije. Slijedom izloženog, studija daje smjernice za odabir tehnologije koja će se koristiti u Hrvatskoj i procjenjuje vremenske okvire za njihovu primjenu. Značajni dio poglavlja posvećuje se utvrđivanju optimalnih parametara za dimenzioniranje pojedine tehnologije vodeći računa o hrvatskim nacionalnim zahtjevima na radiodifuziju zvuka kao i gospodarskoj moći subjekata u radiodifuzijskom poslu.

Raspoloživi spektar frekvencija za digitalno odašiljanje osiguran je međunarodnim sporazumom kojim je Hrvatska dobila značajne resurse. S obzirom na veliki raspon frekvencija (od srednjeg vala do L pojasa), u kojem se predviđa odašiljanje radija, vrlo su različite osobine odgovarajućih odašiljačkih mreža. U dodjeli pojedinih frekvencijskih blokova valja voditi računa da u nekim pojasevima rade i druge vrste radijskih mreža, DVB-T u pojasu VHF III npr. Poglavlje 3. uz navedeno analizira i problematiku zajedničkog rada takvih mreža koje koriste različite tehnologije i koje pružaju različite usluge. Posebna je pozornost posvećena periodu prijelaza na digitalno odašiljanje u pojasu VHF II kad će se javiti potreba za istodobnim radom većeg broja mreža različitih tehnologija kako analogne tako i digitalne vrste.

Situacija na tržištu prijarnika za pojedine tehnologije u digitalnoj radiodifuziji zvuka prevladavajući je činilac za moguću brzinu prijelaza na digitalne tehnologije. Četvrto poglavlje daje pregled ponude prijarnika s njihovima temeljnim osobinama kao i cijena.

Uspjeh tehnološkog iskoraka u radiodifuziji zvuka ovisi o poslovnom aspektu te gospodarske aktivnosti. Peto poglavlje izlaže ekonomske aspekte izgradnje mreža digitalnih zemaljskih odašiljača za potrebe digitalnog radija kao i formiranja prijarničke baze. Analizira se visina troškova izgradnje i eksploatacije digitalnog

radiodifuzijskog sustava za radijske nakladnike uspoređujući troškova analogne i digitalne radiodifuzije. Motiviranost i interes slušatelja, nakladnika i operatora mreža za prijelaz na digitalni radio dio je analize iz tog poglavlja.

U konačnici se izvode zaključci koji trebaju poslužiti za daljnje aktivnosti u uvođenju digitalnih tehnologija odašiljanja u radiodifuziju zvuka u Hrvatskoj.

1. Uloga radija danas, očekivanja i mogućnosti koje pružaju digitalne platforme odašiljanja

1.1. Uloga radija na području informiranja i zabave



Radio je prisutan u životu čovjeka preko 80 godina i njegova uloga nije bila ugrožena dolaskom novih tehnologija kao što su: televizija, računala, Internet i sl. Radio još uvijek ima značajnu ulogu u životu mnogih ljudi. Istraživanja u nekim zemljama pokazuju da gotovo 90% stanovništva sluša radio barem pet minuta u toku jednog tjedna.

Odnos prema radiju, međutim, bitno se razlikuje od odnosa prema televiziji koja se uzima glavnim konkurentom radiju. Radio predstavlja sekundarni medij. To ne znači da se radio smatra manje važnim medijem od televizije. Radio je više osobni medij i mnogi ljudi su jako vezani za programe svojim omiljenih radijskih postaja. Općenito se može reći da značajni dio slušateljstva smatra danas pružane radijske programe zadovoljavajućima.

Uloga radija za pojedinog slušatelja mijenja se međutim tijekom dana zbog različitog raspoloženja i želje za zabavom i ona se može sažeti u nekoliko točaka:

- *Radio predstavlja društvo slušatelju* kad je on sam, npr. kad upravlja vozilom, obavlja neke kućanske poslove i sl. Ova uloga radija posebno je značajna za starije slušatelje koji žive sami, je radio tad uklanja neugodnu tišinu u stanu i stvara osjećaj da slušatelj nije sam.
- Iako je u osnovi pasivni medij radio postaje interaktivan kad se slušatelj uključuje u program putem telefona, elektroničke pošte ili SMS-a.

- *Radio uklanja dosadu* tijekom obavljanja svakodnevnih radnji na poslu, u kući, tijekom vožnje i sl.
- *Radio utječe na raspoloženje* i pridonosi dobrom raspoloženju. Ljudi imaju osjećaj da se radijski programi stvaraju sa ciljem da stvore određeno raspoloženje u određeno doba dana. Tako npr. ljudi se žele probuditi uz živahni program dok traže opuštenije sadržaje na večer prije spavanja. Pokazuje se veliki utjecaj ne samo vrste glazbe koja se odašilje, već i pristupa voditelja emisiji kao i ostalih obilježja programa kao što su: javljanja slušatelja telefonom, nagradne igre, natjecanja i sl.



Slika 1.1. Radio je nekad bio mjesto okupljanja obitelji, a i susjeda radi zajedničkog slušanja programa

- *Radio povezuje slušatelja s vanjskim svijetom* kako na lokalnoj tako i na nacionalnoj te globalnoj razini. Ova se uloga vidi u četiri cjeline:
 - Radio predstavlja najbrži način informiranja o dnevnim događajima u zemlji i svijetu. Značaj te uloge očituje posebice kod javljanja u živo u program sa terena, jer značajni broj ljudi tijekom dana nema pristup televiziji ili Internetu. U ovakvim situacijama nezamjenjiva je uloga radija.
 - Slušatelj može biti u tijeku s zadnjim, prometnim i vremenskim obavijestima i sl.
 - Pretežno muški dio slušateljstva svih uzrasta koristi radio kao izvor informacija o sportskim događajima i rezultatima. Posebno su privlačni komentari sportskih događaja i razne diskusije na takve teme.
 - Slušateljima se pomaže da budu u tijeku s novima glazbenim trendovima što je posebice namijenjeno mlađoj populaciji.

- *Radio služi kao alternativni izvor zabave* uz televiziju i vlastitu fonoteku slušatelja. Osim glazbe, značajnu ulogu tu imaju i govorni dijelovi emisija ili pak cijele govorne emisije koje uključuju diskusije, javljanja slušatelja itd.
- *Radio je prijenosni uređaj* i uvijek je spreman za slušatelja. Uobičajeno je da slušatelj posjeduje više radijskih prijamnika, jednog u automobilu, više njih kod kuće i eventualno na poslu.

Postoji, međutim, i *negativni odnos* prema radiju:

- Iako slušatelji prihvaćaju reklame na komercijalnom radiju kao nužno zlo, njima se ipak čini da je reklama previše i da one smanjuju njihov užitak u slušanju radijskog programa.
- Slušatelji također imaju dojam da se prečesto ponavljaju isti glazbeni brojevi i da se isti glazbeni broj može čuti više puta tijekom duljeg slušanja programa.
- Na nekim radijskim postajama premalo se koriste mogućnosti interakcije sa slušateljima i premalo je govornih priloga.
- Novosti na radiju ne čine se uvijek relevantnima.

Usprkos iznesenim negativnostima i činjenici da se radio sluša tijekom obavljanja drugih zadataka radio se ocjenjuje važnim segmentom u životu čovjeka.

Osim što je radio izrazito fleksibilan medij, slušatelji radio ne doživljavaju samo kao tijek zvuka, već kao jedan intimni medij u određenom prostoru. Doživljaj radijskog programa je vrlo osoban i različiti slušatelji si ga predstavljaju različitim slikama u svojem mozgu. Široko je rasprostranjeno mišljenje da radio mora imati vlastitu budućnost, znači njemu namijenjenu digitalnu platformu, uz veći broj drugih digitalnih platformi i tehnologija koje bi se mogle koristiti za istu svrhu. Troškovi izgradnje namjenske digitalne platforme manji su od troškova za potrebe televizije, nepokretnih mreža, mobilnih ili širokopojsnih komunikacija.

1.2. Nedostaci analognog odašiljanja radija u zemaljskoj mreži

Za analogno odašiljanje zvuka u Hrvatskoj se koriste: područja srednjeg i kratkog vala i tehnologija modulacije amplitude (AM) te područje vrlo visokih frekvencija (VHF) i tehnologija modulacije frekvencije (FM). AM odašiljanje radija koristi samo javni radio i to sa po jedne lokacije za svako frekvencijsko područje. Nasuprot tome, za odašiljanje programa javnog radija i većeg broja privatnih nakladnika koriste se vrlo razvijene mreže FM-odašiljača. Radi usporedbe osobina sadašnjega analognog odašiljanja radija sa budućim digitalnim odašiljanjem primjereno je zato koristiti samo analogne FM-mreže kao predstavnike analognih tehnologija.

Analogne tehnologije odašiljanja radija kao takve podložne su ograničenjima:

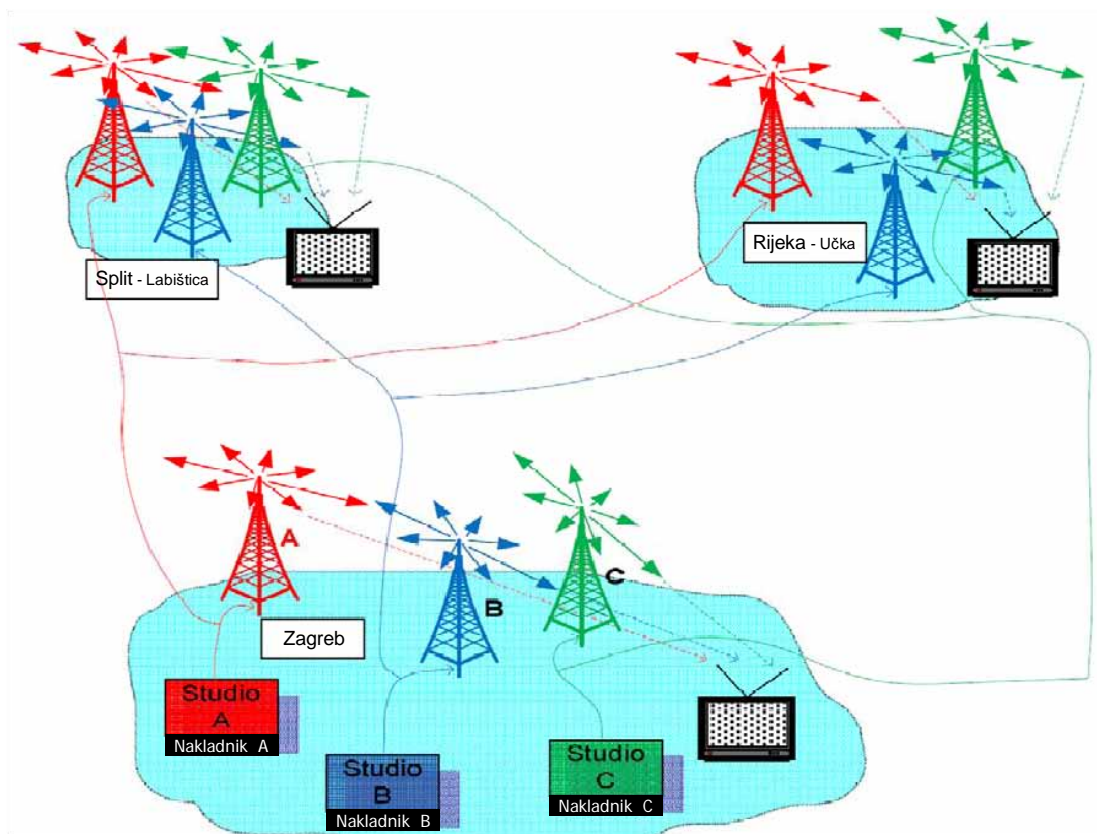
- neučinkovito koriste zauzeti spektar frekvencija,
- postoji nepouzdanost rada u uvjetima mobilnog prijama,
- osjetljive su na smetnje i,
- nedjelotvorni su ustroji za uređivanje programskog sadržaja.

U mnogim je zemljama situacija u pojasu VHF II došla do zasićenja zbog prenatrpanosti spektra, a i dalje postoji značajni interes nakladnika za nove programe na FM radiju. FM emisije su zato izložene djelovanju smetnji što je glavnim ograničavajućim faktorom za postavljanje novih odašiljača. U cilju stvaranja mogućnosti za uvođenje više lokalnih radija dopuštaju se više razine smetnji od drugih FM emisija. Smetnjama doprinose i primjene suvremenih postupaka obrade modulacijskog signala za FM u osnovnom pojasu frekvencija (kompresija signala) kojima se formalno devijacija frekvencije drži u dopuštenim granicama. Osim toga, ublaženi su i zahtjevi u pogledu spektralne maske izlaznog signala odašiljača (EN 302 018, na snazi od 2006. godine).

Usprkos značajnim nedostacima analognog odašiljanja današnje se stanje ponude programa u tehnologiji FM ocjenjuje zadovoljavajućim u pogledu kvalitete zvuka, a kao nedostatak ističe se samo pomanjkanje raspoloživih frekvencija što pak sprečava daljnji razvoj.

Osim navedenih nedostataka, koji utječu na doživljaj programa od strane slušatelja, niz je dodatnih problema koji padaju na teret nakladnika.

- Svaki nakladnik mora imati u funkciji cijelu radijsku mrežu prema slici 1.2. Za svaki program, koji se odašilje, potrebno je ishoditi frekvencije i postaviti odašiljače na svima potrebnim lokacijama, ovisno o području koncesije. Nadalje, svaki nakladnik treba riješiti problem povezivanja svih odašiljača.
- Zbog navedenog uvišestručuju se naponi nakladnika u izgradnji ili najmu potrebne infrastrukture za pokrivanje istih ili sličnih područja koncesije. Razmjerno se uvećavaju i troškovi nakladnika.
- Svaki nakladnik mora ovladati sposobnostima u svim segmentima radiodifuzijskog lanca.
- Kad se novi nakladnik uvodi na tržište potrebno je duže vrijeme da on izgradi vlastitu infrastrukturu.



Slika 1.2. Načelo arhitekture dijela analogne radiodifuzijske mreže (primjer)

Neki od nedostataka analognog odašiljanja dolaze do izražaja tek kad se usporede s odgovarajućim osobinama digitalnog odašiljanja.

- U tehnologiji digitalnog odašiljanja koristi se jednofrekvencijska mreža (SFN, *Single Frequency Network*), tj. dovoljna je jedna frekvencija za pokrivanje nekoga područja (*allotment*). Signalom jedne frekvencije odašilje se više programa što ga čini spektralno učinkovitim.
- Koriste se manje snage odašiljanja za pokrivanje nekog područja nego u analognoj tehnologiji.
- Digitalna tehnologija omogućuje pružanje znatno većeg broja dodatnih usluga od analognog odašiljanja.
- Smanjeni su troškovi kapitala i troškovi prijenosa signala do odašiljača zbog činjenice da se jednim odašiljačem odašilje više radijskih programa, dok je u analognoj tehnologiji za svaki program bio potreban zasebni odašiljač.
- Poboljšana je kvaliteta zvuka.

Analogna mreža zemaljskih radijskih odašiljača, međutim, pruža jedinstvenu kombinaciju osobina: učinkovita distribucija, mnogostranost, mobilnost i jedinstvenost. Neposredni je izazov za ovu platformu u nepostojanju slobodnog spektra za ispunjenje potražnje za analogne posebice lokalne radijske programe.

1.3. Mreže za odašiljanje radija na državnoj, regionalnoj i lokalnoj razini

Radijski se program u Hrvatskoj odašilje u analognim tehnologijama modulacije amplitude i modulacije frekvencije. Javni program Glasa Hrvatske na srednjem valu odašilje se sa SV postaje Zadar.

Tablica 1.1. Nakladnici radija s koncesijom na cijelom teritoriju Republike Hrvatske

Nakladnik	Pozivna oznaka	Područje koncesije
HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR1	Državna razina
HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR2	Državna razina
HRVATSKI KATOLIČKI RADIO	HRVATSKI KATOLIČKI RADIO	Državna razina
OTVORENI RADIO d.o.o.	OTVORENI RADIO	Državna razina
RADIO CROATIA d.o.o.	NARODNI RADIO	Državna razina

Tablica 1.2. Nakladnici radija s koncesijom na razini regije ili nekoliko županija

Nakladnik	Pozivna oznaka	Područje koncesije
HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Dubrovnik	Regionalna
HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Osijek	Regionalna
HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Pula	Regionalna
HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Rijeka	Regionalna
HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Sljeme	Regionalna
HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Split	Regionalna
HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Zadar	Regionalna
RADIO DALMACIJA d.o.o	RADIO DALMACIJA	Regija Dalmacija (ST, ZD, DU žup)
RADIO KAJ d.o.o.	RADIO KAJ	Krapinsko-zagorska županija, Zagrebačka županija i Grad Zagreb

Tablica 1.3. Nakladnici radija s koncesijom na razini županije

Nakladnik	Pozivna oznaka	Područje koncesije
BOSCO d.o.o.	PRIMORSKI RADIO	Primorsko-goranska županija
CIK Dr. BOŽO MILANOVIĆ d.o.o.	RADIO ISTRA	Istarska županija
GLAS SLAVONIJE d.d.	SLAVONSKI RADIO	Osječko-baranjska županija
HRVATSKI RADIO - RADIO GOSPIĆ d.o.o.	ŽUPANIJSKI RADIO GOSPIĆ	Ličko-senjska županija
HRVATSKI RADIO ČAKOVEC d.o.o.	HRVATSKI RADIO ČAKOVEC	Međimurska županija
HRVATSKI RADIO VUKOVAR d.o.o.	RADIO VUKOVAR	Vukovarsko-srijemska županija
INFORMATIVNI CENTAR BJELOVAR	BJELOVARSKOBILOGORSKI RADIO	Bjelovarsko-bilogorska županija
INFORMATIVNI CENTAR VIROVITICA d.o.o. - RADIO VIROVITICA	ŽUPANIJSKI RADIO VIROVITICA	Virovitičko-podravska županija
MIROSLAV KRALJEVIĆ d.o.o.	ŽUPANIJSKI RADIO POŽEGA	Požeško-slavonska županija
MORSKI ZVUK d.o.o.	RADIO RIVA	Splitsko-dalmatinska županija
NOVI RADIO - ZADAR d.o.o.	NOVI RADIO, ZADAR	Zadarska županija
OBITELJSKI RADIO d.o.o.	ANTENA ZAGREB	Zagrebačka županija i Grad Zagreb
RADIO KOPRIVNICA d.o.o.	RADIO KOPRIVNICA ŽUPANIJSKI RADIO	Koprivničko-križevačka županija
RADIO RAGUSA d.o.o.	RADIO RAGUSA	Dubrovačko-neretvanska županija
RADIO TRSAT d.o.o.	RADIO TRSAT	Primorsko goranska županija
RADIO VARAŽDIN d.o.o.	RADIO VARAŽDIN	Varaždinska županija
SLAVONSKA POSAVINA d.o.o.	RADIO SLAVONIJA	Brodsko-posavska županija
S-TEL d.o.o.	RADIO QUIRINUS	Sisačko-moslavačka županija
ŽUPANIJSKI RADIO ŠIBENIK d.o.o.	ŽUPANIJSKI RADIO ŠIBENIK	Šibensko-kninska županija

KV postaja Deanovec odašilje program na kratkom valu za Europu. Program se odašilje kroz cijeli dan, ali se tijekom dana mijenjaju frekvencije odašiljanja.

Glavnina radijskih programa odašilje se tehnologijom FM u VHF II pojasu frekvencija. Nakladnicima radija dodijeljene su koncesije na razini države, regije, šireg područja grada, gradskog područja, dijela grada ili na lokalnoj razini. U tablicama 1.1. do 1.4. su podaci o dodijeljenim koncesijama prema podacima sa web stranice Vijeća za elektroničke medije.

(http://www.e-mediji.hr/nakladnici/radijski_nakladnici.php).

Tablica 1.4. Nakladnici radija s koncesijom na razini grada, šireg područja grada ili dijela grada

Nakladnik	Pozivna oznaka	Područje koncesije
ARENA RADIO d.o.o.	ARENA RADIO	Grad Pula
ARTING - RADIO ROVINJ d.o.o.	RADIO ROVINJ	Šire područje grada Rovinja
CROATA d.o.o.	RADIO BIOGRAD NA MORU	Šire područje grada Biograda
DIFUZIJA d.o.o.	RADIO DUNAV	Grad Vukovar
DTR TV I RADIO DIFUZIJA d.o.o.	RADIO ZONA BUZET	Grad Buzet
GLAS PODRAVINE d.o.o.	RADIO GLAS PODRAVINE	Grad Koprivnica
GRADSKI RADIO d.o.o.	GRADSKI RADIO 99,1	Grad Osijek
HILARIS d.o.o.	RADIO IMOTSKI	Grad Imotski
HIT RADIO d.o.o.	HIT RADIO	Šire područje grada Sinja
HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-KNIN	
HRVATSKI RADIO - RADIO POSTAJA NOVA GRADIŠKA d.o.o.	RADIO NOVA GRADIŠKA	Grad Nova Gradiška
HRVATSKI RADIO KARLOVAC d.o.o.	HRVATSKI RADIO KARLOVAC	Šire područje Grada Karlovca
HRVATSKI RADIO OTOČAC d.o.o.	HRVATSKI RADIO OTOČAC	Šire područje grada Otočca
HRVATSKI RADIO VALPOVŠTINA d.o.o.	RADIJSKA POSTAJA RADIO VALPOVO	Grad Valpovo
HRVATSKI RADIO ŽUPANJA d.o.o.	HRVATSKI RADIO ŽUPANJA	Šire područje grada Županje
I.C. HRVATSKA RADIO POSTAJA ČAZMA d.o.o.	RADIO ČAZMA	Grad Čazma
ILOK TON d.o.o.	RADIO ILOK	Grad Ilok

Nakladnik	Pozivna oznaka	Područje koncesije
INFANTINFO d.o.o.	RADIO MAESTRAL	Grad Pula
INFORMATIVNI CENTAR ZAPREŠIĆ d.o.o.	RADIO ZAPREŠIĆ	Šire područje grada Zaprešića
JADRANKA d.d.	RADIO MALI LOŠINJ-RADIO JADRANKA	Grad Mali Lošinj
JANUS d.o.o.	RADIO PLUS	Grad Osijek
KRUGOVAL 93,1 MHz d.o.o.	KRUGOVAL 93,1	Grad Garešnica
KULT RADIO d.o.o.	KULT RADIO	Grad Varaždin
LEKENIK d.o.o.	RTL-RADIO	Grad Velika Gorica, općina Lekenik i općina Kravarsko
MATIS d.o.o.	RADIO SAMOBOR	Grad Samobor
MEA MEDIA d.o.o.	RADIO AKTIV	Šire područje grada Varaždina
MEDIA CENTAR d.o.o.	RADIO CENTAR	Grad Zadar
MEDIA-MIX-RADIO 105 d.o.o.	RADIO 105	Šire područje grada Mursko Središće
MEGAMIX d.o.o.	MEGAMIX-RADIO HVAR	Šire područje grada Hvara
M-MEDIJA d.o.o.	RADIO-ČK	Grad Čakovec
MOSLAVAČKI LIST d.o.o.	OVDJE RADIO MOSLAVINA U KUTINI	Šire područje grada Kutine
MOSOR STUDIO d.o.o.	RADIO KRKA - KNIN	Grad Knin
MT ETER d.o.o.	RADIO MARTIN	Šire područje grada Dugo Selo
NAUTIC RADIO d.o.o.	OVDJE RADIO VIS	Grad Vis
NIKA ŠIBENIK d.o.o.	RADIO RITAM	Grad Šibenik
NOVI RADIO d.o.o.	NOVI RADIO	Grad Đakovo
NOVOSTI d.o.o.	RADIO VINKOVCI	Grad Vinkovci
OBITELJSKI RADIO IVANIĆ d.o.o.	RADIO IVANIĆ GRAD	Grad Ivanić Grad
PETRINJSKI RADIO d.o.o.	PETRINJSKI RADIO	Grad Petrinja
PRO RADIO d.o.o.	RADIO LAUS	Grad Dubrovnik
Radio 047 d.o.o.	RADIO 047	Šire područje grada Karlovca
RADIO 052 d.o.o.	RADIO PAZIN	Grad Pazin

Nakladnik	Pozivna oznaka	Područje koncesije
RADIO BANSKA KOSA d.o.o.	RADIO BELI MANASTIR	Grad Beli Manastir
RADIO BARANJA d.o.o.	RADIO BARANJA	Grad Beli Manastir
RADIO BENKOVAC d.o.o.	RADIO BENKOVAC	Šire područje grada Benkovca
RADIO BIOKOVO d.o.o.	RADIO BIOKOVO	Grad Vrgorac
RADIO BROD d.o.o.	RADIO BROD	Grad Slavonski Brod
RADIO CENTAR - STUDIO POREČ d.o.o.	RADIO POREČ	Grad Poreč
RADIO D.J. CRIKVENICA d.o.o.	KVARNERSKI RADIO	Grad Crikvenica
RADIO ĐAKOVO d.o.o.	RADIO ĐAKOVO	Šire područje grada Đakova (Grad Đakovo te Općine Satnica Đakovačka, Drenja, Gorjani, Punitovci, Podgorač i Viškovci)
RADIO DARUVAR d.o.o.	RADIO DARUVAR	Grad Daruvar
RADIO DELTA d.o.o.	RADIO DELTA	Grad Metković
RADIO DONJI MIHOLJAC d.o.o.	RADIO DONJI MIHOLJAC	Grad Donji Miholjac
RADIO DRAVA d.o.o.	RADIO DRAVA	Grad Koprivnica
RADIO ĐURĐEVAC d.o.o.	RADIO ĐURĐEVAC	Grad Đurđevac
RADIO GORSKI KOTAR d.o.o.	DELNICE RADIO GORSKI KOTAR	Grad Delnice
RADIO GRUBIŠNO POLJE d.o.o.	RADIO GRUBIŠNO POLJE	Grad Grubišno Polje
RADIO HRVATSKO ZAGORJE - KRAPINA d.o.o.	RADIO HRVATSKO ZAGORJE	Šire područje grada Krapine (gradovi Krapina, Klanjec, Pregrada, općine Radoboj, Mihovljan, Sv. Križ Začretje, Hum na Sutli, Petrovsko, Tuhelj i Krapinske Toplice)
RADIO IVANEC d.o.o.	RADIO IVANEC	Grad Ivanec
RADIO JASKA d.o.o.	OVDJE RADIO JASKA	Grad Jastrebarsko
RADIO KAŠTELA d.o.o.	RADIO KAŠTELA	Šire područje grada Kaštela
RADIO KL EURODOM d.o.o.	RADIO KL	Grad Split

Nakladnik	Pozivna oznaka	Područje koncesije
RADIO KORČULA j.t.d.	RADIO KORČULA	Grad Korčula
RADIO KRIŽEVCI d.o.o.	RADIO KRIŽEVCI	Grad Križevci
RADIO LABIN d.o.o.	RADIO LABIN	Grad Labin
RADIO LUDBREG d.o.o.	OVDJE RADIO LUDBREG	Grad Ludbreg
RADIO MAKARSKA RIVIJERA d.o.o.	RADIO MAKARSKA RIVIJERA	Grad Makarska
RADIO MREŽNICA d.o.o.	RADIO MREŽNICA	Šire područje grada Duge Rese
RADIO NARONA d.o.o.	RADIO NARONA	Šire područje grada Opuzena (grad Opuzen i općina Zažablje)
RADIO NAŠICE d.o.o.	RADIO NAŠICE	Grad Našice
RADIO NOVI MAROF d.o.o.	RADIO NOVI MAROF	Grad Novi Marof
RADIO OGULIN d.o.o.	RADIO OGULIN	Šire područje grada Ogulina
RADIO ORAHOVICA d.o.o.	RADIO ORAHOVICA	Grad Orahovica
RADIO OTOK KRK d.o.o.	RADIO KRK	Šire područje grada Krka
RADIO POSTAJA DRNIŠ d.o.o.	HRVATSKI RADIO DRNIŠ	Grad Drniš
RADIO POSTAJA GRADA KRALJEVICE - PORTO RE d.o.o.	PORTO RE	Grad Kraljevica
RADIO POSTAJA NEDELIŠĆE d.o.o.	RADIO JEDAN	Šire područje grada Čakovca
RADIO POSTAJA NOVSKA d.o.o.	OVDJE RADIO POSTAJA NOVSKA	Grad Novska
RADIO POSTAJA PLOČE d.o.o.	RADIO POSTAJA PLOČE	Grad Ploče
RADIO RAB d.o.o.	RADIO RAB	Grad Rab
RADIO SALONA d.o.o.	RADIO SALONA	Šire područje grada Solina
RADIO SENJ d.o.o.	RADIO SENJ	Grad Senj
RADIO SISAK d.d.	RADIO SISAK	Grad Sisak
RADIO SJEVEROZAPAD d.o.o.	RADIO SJEVEROZAPAD	Grad Varaždin

Nakladnik	Pozivna oznaka	Područje koncesije
RADIO SLUNJ d.o.o.	RADIO SLUNJ	Grad Slunj
RADIO STAR TV d.o.o.	RADIO EUROSTAR	Grad Buje
RADIO STUBICA d.o.o.	RADIO STUBICA	Šire područje grada Donje Stubice
RADIO SVETI IVAN ZELINA d.o.o.	RADIO ZELINA	Grad Sv. Ivan Zelina
RADIO TEREZIJA	RADIO TEREZIJA	Grad Bjelovar
RADIO TROGIR d.o.o.	RADIO TROGIR	Grad Trogir
RADIO VALLIS AUREA d.o.o.	RADIO VALLIS AUREA	Šire područje grada Požege
RADIO VELIKA GORICA d.o.o.	OVDJE RADIO VELIKA GORICA	Šire područje grada Velike Gorice
Radio Virovitica d.o.o.	RADIO ALFA	Grad Virovitica
RADIO VRBOVEC d.o.o.	RADIO VRBOVEC	Grad Vrbovec
RADIO ZABOK d.o.o.	RADIO ZABOK	Grad Zabok
RADIO ZLATAR d.o.o.	RADIO ZLATAR	Grad Zlatar
RAGAN d.o.o.	RADIO POSTAJA PAG	Grad Pag
REFUL RADIO d.o.o.	Radio Korzo	Grad Rijeka
ROSS d.o.o.	RADIO 057	Grad Zadar
SLATINSKI INFORMATIVNI CENTAR d.o.o.	GRADSKI RADIO SLATINA	Grad Slatina
SMC d.o.o.	RADIO MAXIMUM FM	Grad Kastav
STUDIO M d.o.o.	STUDIO M	Grad Prelog
STUDIO MINSK d.o.o.	RADIO UMAG - STELLA MARIS	Grad Umag
SUPETAR d.d.	RADIO BRAČ	Šire područje otoka Brača
ŠPORTSKI RADIO - RADIO CIBONA d.o.o.	RADIO CIBONA	Grad Zagreb
UDRUGA RADIO MARIJA	RADIO MARIJA, Split	Grad Split
UDRUGA RADIO MARIJA	RADIO MARIJA, Zagreb	Grad Zagreb
UDRUGA RADIO MARIJA	RADIO MARIJA, Virovitica	Šire područje grada Virovitice
VANGA d.o.o.	RADIO GIARDINI	Grad Pula
VFM d.o.o.	RADIO VFM	Šire područje grada Vukovara

Nakladnik	Pozivna oznaka	Područje koncesije
ZAGORSKA SPORTSKA MREŽA d.o.o.	ZAGORSKI RADIO 049	Grad Krapina
ZAGORSKI RADIO d.o.o.	RADIO 1 OROSLAVJE	Grad Oroslavje
ZAGREBAČKI RADIO PLAVI 9 d.o.o.	RADIO POSTAJA PLAVI 9	Grad Zagreb
FAKULTET POLITIČKIH ZNANOSTI - RADIO STUDENT	RADIO STUDENT	Dio grada Zagreba
MEGA-ERP d.o.o.	POMORSKI RADIO BAKAR	Dio grada Bakra
MOSOR STUDIO d.o.o.	RADIO DIN DON	Dio grada Omiša
ZAGREBAČKI RADIO d.o.o.	ZAGREBAČKI RADIO	Dio grada Zagreba - istočni dio

Tablica 1.5. Nakladnici radija s koncesijom na lokalnoj razini

Nakladnik	Pozivna oznaka	Područje koncesije
MEĐIMURJE DONAT d.o.o.	RADIO MEĐIMURJE	Općina Kotoriba
OSNOVNA ŠKOLA STJEPANA CVRKVIĆA	RADIO CVRČAK	Općina Stari Mikanovci
OTOČNI RADIO KORNATI d.o.o.	OTOČKI RADIO KORNATI	Općina Murter
PLANEX RADIO d.o.o.	RADIO MEGATON	Općina Vidovec
PRAHIN-INC d.o.o.	RADIO SVETA NEDJELJA	Općina Sveta Nedjelja
RADIO BANOVINI d.o.o.	RADIO BANOVINI	Područje Banovine
RADIO BLATO j.t.d.	RADIO BLATO	Općina Blato
RADIO BLJESAK d.o.o.	RADIO BLJESAK	Općina Okučani
RADIO M - UDRUGA MLADEŽI VELA LUKA i dr. j.t.d.	RADIO-M	Općina Vela Luka
RADIO MARIJA BISTRICA d.o.o.	RADIO MARIJA BISTRICA	Općina Marija Bistrica
RADIO MAX d.o.o.	RADIO MAX	Općina Maruševac
RADIO PITOMAČA d.o.o.	PITOMI RADIO	Općina Pitomača
RAPSODIJA d.o.o.	RADIO BOROVO	Općina Borovo
SLOBODNI HVAR d.o.o.	FREE FOR RADIO	Mjesto Hvar
VAL MEDIA d.o.o.	RADIO VAL	Općina Vela Luka

1.4. Pokazatelji o slušanosti radija u nekima europskim zemljama

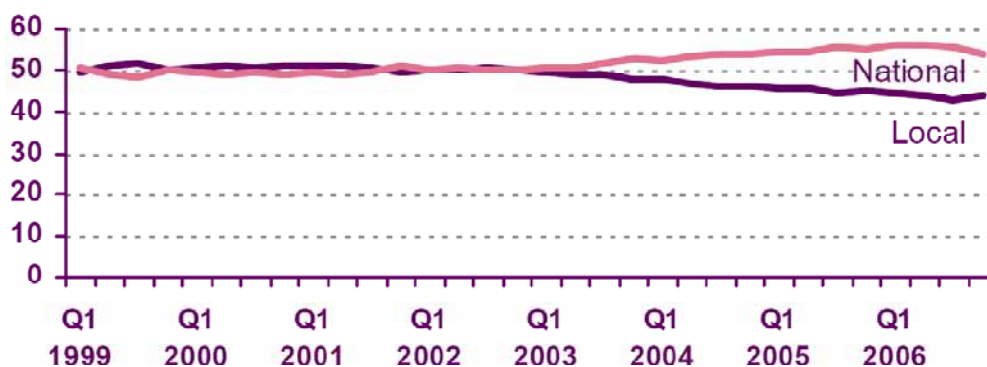
Rezultati istraživanja o slušanosti radija u nekoliko europskih zemalja pokazala su:

- da više od dvije trećine slušatelja sluša radijski program svaki dan, dok četvrtina to čini u tri do šest dana u tjednu.
- Stariji su ljudi više posvećeni radiju. Gotovo 90% starijih od 55 godina sluša radio najmanje pet dana u tjednu.

U dane kad sluša radio, polovica slušatelja to čini do dva sata na dan, a jedna petina više od pet sati na dan. Primijećene su dosta velike razlike u učestalosti slušanja radijskih programa u pojedinim regijama iste države u kojoj je provedeno ispitivanje. Konkretni navedeni podaci odnose se na Ujedinjeno kraljevstvo (UK). Odgovarajući podaci o slušanju radija na nacionalnoj razini i lokalnih radija u UK mislimo da nisu primjenjivi na Hrvatsku gdje se, posebice u ruralnim područjima, više sluša lokalni radio. Sigurno je da komercijalne radije više sluša mlađi naraštaj u odnosu na javni radio.

Istraživanja također pokazuju da oko jedne petine slušatelja sluša samo jedan radijski program tijekom prosječnog tjedna, trećina sluša dva programa dok skoro polovica slušatelja bira između tri programa u prosječnom tjednu.

Preko polovice slušatelja uključuje radio odmah u jutro nakon buđenja ili tijekom doručka. Dvije petine njih sluša radio na putu do posla odnosno na povratku s posla dok tri petine to radi tijekom dana bilo kod kuće ili na poslu. Pokazuje se da je izbor glazbe glavnim kriterijem koji će se program slušati, ali ni emisije vijesti uz glazbu nemaju pri tome nevažnu ulogu.

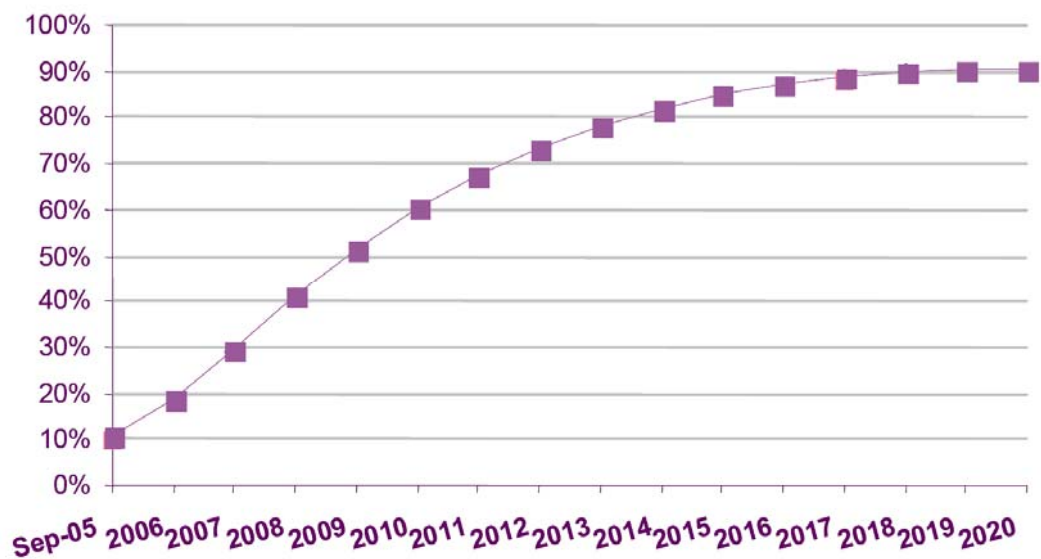


Slika 1.3. Slušanost programa na nacionalnoj razini i lokalnih programa u % (podaci za UK iz 2007. godine)

Brojnost slušateljstva približno je stalna s tim da se posljednjih godina primjećuje smanjivanje broja mlađih odraslih osoba. To je i razumljivo, jer zvuk sa radija dolazi iz prostora koji okružuje

slušatelja i teško ga je nadomjestiti nečim drugim što bi imalo sličnu funkciju kao što ima radio.

Penetracija digitalnih tehnologija odašiljanja radijskih programa jako se razlikuje od zemlje do zemlje u Europi. I u zemljama s relativno razvijenijom digitalnom odašiljačkom infrastrukturom veliki broj slušatelja još uvijek se oslanja na analogno odašiljane programe. Podaci na slici odnose se na zemlju s relativno razvijenom digitalnom zemaljskom platformom za odašiljanje radija. Slijedom toga može se očekivati slični proces rasta slušateljstva u Hrvatskoj, možda ipak malo brži rast, nakon općeg uvođenja digitalnog odašiljanja radija barem za programe na nacionalnoj razini.



Slika 1.4. Udio slušatelja koji koriste digitalne platforme u odnosu na ukupni broj slušatelja s projekcijom njegovog porasta (podaci za UK)

Općenito, malo je slušatelja zainteresirano za slušanje cijelog radijskog programa. To čini radio bitno različitim od televizije gdje gledatelji prate blokove emisija zabavnog ili informativnog karaktera. Tri su iznimke ovome općem pravilu:

- komentari sportskih događaja,
- izravni prijenosi glazbenih koncerata i,
- dramski program.

U ovim se slučajevima slušatelji radija vladaju kao i gledatelji televizije, tj. odvajaju vrijeme i koncentriraju se na praćenje radijskog programa.



Radio

Podešavanje prijavnika na poznate odnosno omiljene programe – program i sadržaj emisije nepoznat

Općenito vrlo je malo zanimanje za slušanje cjelokupnog programa

Pozadinski zvuk – program se sluša kad se radi nešto drugo

Manja su očekivanja od programa – lakše je zadovoljiti slušatelje

Televizija

Veći stupanj planiranja u gledanju programa

Vremenski blokovi u gledanju programa

Pažljivo gledanje – vrijeme posvećeno gledanju programa

Visoka su očekivanja od programa – teško je zadovoljiti gledatelje

Slika 1.5 Radio u odnosu na televiziju – ključne razlike u običaju praćenja programa

1.5. Što slušatelji očekuju od digitalnog radija

U postupku procjene pogodnosti pojedinih tehnoloških rješenja za digitalni radio ne smije se previdjeti ono što slušatelji zapravo žele od digitalnog radija. U raznim istraživanjima tržišta slušatelji su bili vrlo jasni u pogledu svojih očekivanja vezanih uz uvođenje digitalnog odašiljanja radija. Na prvom mjestu je uvijek bila bolja kvaliteta zvuka. U tablici 1.6. su rezultati sličnih istraživanja, provedenih u dva vremenska termina (dvije različite godine). Oni pokazuju postotni udio slušateljstva koje očekuje bolju kvalitetu zvuka odnosno više programa kao rezultat uvođenja digitalne tehnologije u odašiljanju radija.

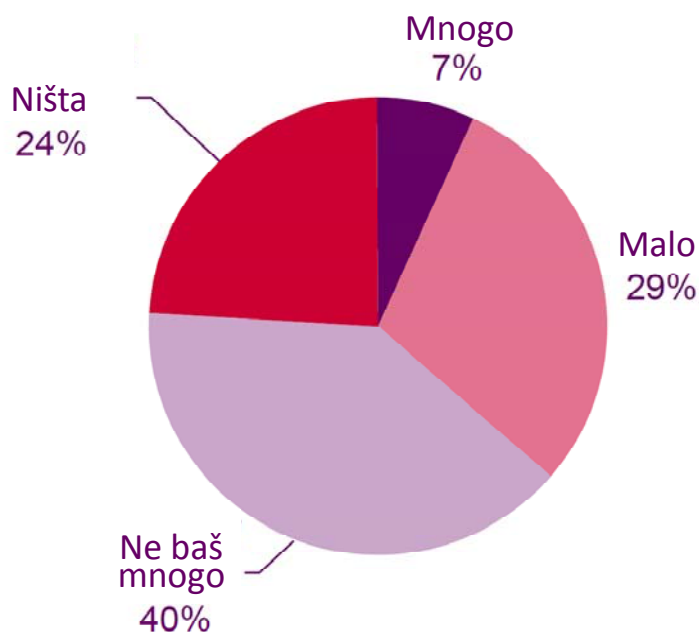
Tablica 1.6. Postotak slušateljstva u UK koji očekuju bolju kvalitetu zvuka odnosno veći broj programa nakon uvođenja digitalnog odašiljanja radija

Godina istraživanja	Bolja kvaliteta zvuka	Dodatni programi	Opaska
1997.	29%	11%	Vozači automobila
1997.	21%	9%	Slušatelji kod kuće
2004.	63%	21%	Samo slušatelji analognih programa

Kako u Hrvatskoj, prema saznanju autora studije, nije provedeno istraživanje slušateljstva glede njihovog odnosa prema digitalnom radiju, u nastavku navodimo rezultate odgovarajućeg istraživanja koje je provedeno u Ujedinjenom kraljevstvu (UK). Osim toga, to je zemlja koja ima, za europske pojmove, relativno razvijenu i uvedenu tehnologiju digitalnog odašiljanja radija.

Digitalnim odašiljanjem radija u UK nije se postigla dobra kvaliteta zvuka, a jedva da su dodani novi programi. Nakladnici radija smatraju da je uvođenje digitalne tehnologije DAB (*Digital Audio Broadcasting*) bilo uspješno što dokazuje porast prodaje DAB prijamnika. Pažljivo promatranje pokazuje da je taj rezultat ostvaren uz pomoć ogromne reklamne kampanje ponajprije u javnim medijima, radiju i televiziji, kao i na komercijalnim radijskim mrežama. Pogrešno je iz toga izvući zaključak o uspješnosti tehnologije DAB u UK bez da se uzme u obzir visoki stupanj reklamiranja.

Nakladnici radija u UK navode da je očekivana visoka kvaliteta zvuka glavni poticatelj prodaje, a to je pogrešno. Većina oglasa za DAB tvrdi da DAB pruža bolju kvalitetu zvuka nego FM. Prema raspoloživim podacima iz UK, to nije postigla ni jedna DAB postaja. Dijelom je razlog tome što se prodaju uglavnom mali prijenosni prijamnici (prema podacima 95%) koji nemaju mogućnost reprodukcije kvalitetnog zvuka. Reprodukcija na Hi-Fi uređajima jasno ukazuje da DAB ima problema s osiguravanjem kvalitetnog zvuka. Loš dojam kvalitete potencira i percepcija slušateljstva da digitalna tehnologija mora rezultirati boljom kvalitetom.



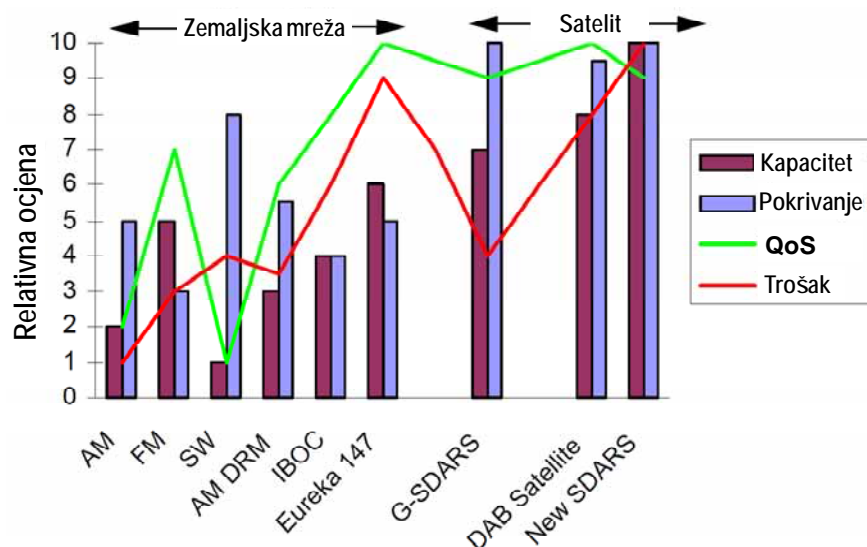
Slika 1.6. Rezultati ankete, provedene u UK, s odgovorima na pitanje, "Koliko znate o digitalnom radiju?"

Stečena iskustva pokazuju da u okviru digitalnog odašiljanja zvuka slušateljima treba pružiti i neke nove usluge. Osim toga potrebno je nastaviti s odašiljanjem u postojećim analognim tehnologijama ako se program smatra važnim za javnost. Bolja tehnička kvaliteta samo je jedan od faktora koji će utjecati na to da digitalno odašiljanje radija postane prevladavajuća tehnologija u radiodifuziji zvuka. Ostali faktori sadržani su ne samo u uvođenju novih audioprograma već i u odašiljanju dodatnih podataka.

Pri analizi očekivanja stanovništva treba uzeti u obzir i faktor da većina njih ne zna ništa ili pak zna jako malo o digitalnom radiju kako pokazuju rezultati ankete provedene u zemlji s donekle razvijenim digitalnim odašiljanjem radija. Želje slušatelja iskazane su zato na temelju općeg poimanja digitalne tehnologije, a ne na poznavanju mogućnosti koje pruža digitalno odašiljanje radija.

1.6. Platforme za digitalni radio: zemaljska mreža odašiljača, satelitski radio, internetski radio

Tradicionalni AM/FM radio, koji se prima preko zemaljske mreže analognih radijskih odašiljača, još uvijek je prevladavajuća platforma za pristup radijskim programima i u zemljama koje su uvele digitalno odašiljanje za radiodifuziju zvuka.

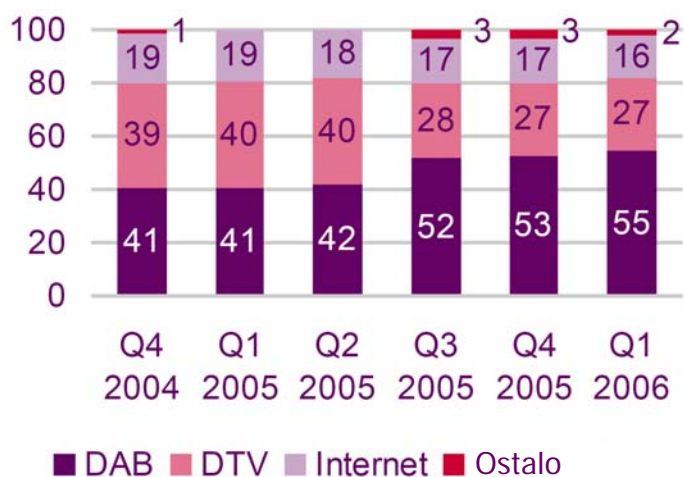


Slika 1.7. Relativne odlike nekih tehnologija za analognu odnosno digitalno odašiljanje radija u zemaljskoj mreži ili putem satelita (AM, FM i SW, ili kratki val, su analogne tehnologije, Eureka 147 odgovara tehnologiji DAB, G-DARS odgovara Globalstarovom satelitskom digitalnom radiju - *Satellite Digital Audio Radio Service*)

Kod primanja digitalnih radijskih programa koriste se tri platforme:

- zemaljska mreža odašiljača,
 - mreža odašiljača za digitalni radio (npr. DAB) i,
 - mreža odašiljača za digitalnu televiziju (DTV),
- satelitski radio,
- internetski radio.

Slika 1.8. pokazuje porast udjela zemaljske mreže odašiljača kao platforme za digitalni radio, a na račun drugih platformi.



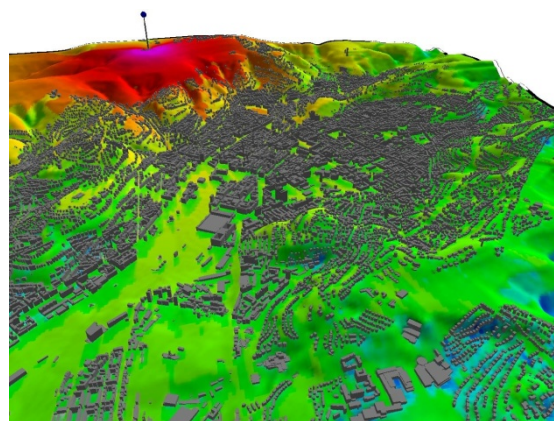
Slika 1.8. Udio korištenja pojedinih digitalnih platformi za praćenje radijskog programa (podaci za UK iz 2007. godine)

Mobilni telefonski uređaji pružaju novu mogućnost u vidu slušanja radijskog programa. Njome se koriste mlađe skupine slušatelja kad su na putu, u autobusima ili vlakovima. Postoji mišljenje da ovo svojstvo mobilnih telefona predstavlja smicalicu mobilne industrije i operatera mobilnih mreža u cilju privlačenja korisnika njihovih usluga i uređaja. Mobilni telefoni služe kao prijamnici signala zemaljske mreže odašiljača ili se pak oslanjaju na Internetski radio.

1.6.1. Zemaljska mreža odašiljača

Zemaljska mreža digitalnih odašiljača jedina je platforma koja i u digitalnoj tehnologiji podržava prenosivost i mobilnost radijskog prijamnika. Ona zato igra možda i najvažniju ulogu u praćenju radijskog programa, jer značajni dio ljudi sluša radio u automobilu. Zato bi bilo poželjno toj skupini slušateljstva pružiti višu razinu usluge u području informacija o stanju u prometu.

Glavnina zemaljske mreže digitalnih odašiljača može se izgraditi na lokacijama postojećih analognih radijskih odašiljača.



Slika 1.9. Tipična situacija u kojoj se područje većeg grada pokriva odašiljačem smještenim na povišenom terenu (brdu) u blizini grada

To će olakšati distribuciju programskog signala prema odašiljačima, jer postoji izgrađena infrastruktura koju će možda negdje trebati zamijeniti ili dotjerati. Za neke je tehnologije, međutim, potrebno dodijeliti novo frekvencijsko područje. Obilježja mreže u velikoj mjeri ovise o korištenoj tehnologiji (DAB, DRM, IBOC, DMB ...) što je predmetom analize drugih poglavlja.



Slika 1.10. Digitalni odašiljači u velikoj mjeri koriste postojeće antenske stupove izgrađene za potrebe televizije ili analognog radija

U nekim je zemljama prisutno praćenje ponajprije namjenskoga radijskog programa preko zemaljske mreže digitalnih televizijskih odašiljača. Takvi su programi obično zabavnog karaktera. Analize pokazuju da se smanjuje udio slušatelja koji prate digitalni radijski program preko odašiljača digitalne televizije kako raste stupanj razvijenosti digitalne mreže radijskih odašiljača, ali je njihov broj još uvijek značajan u nekim zemljama.

1.6.2. Satelitski radio

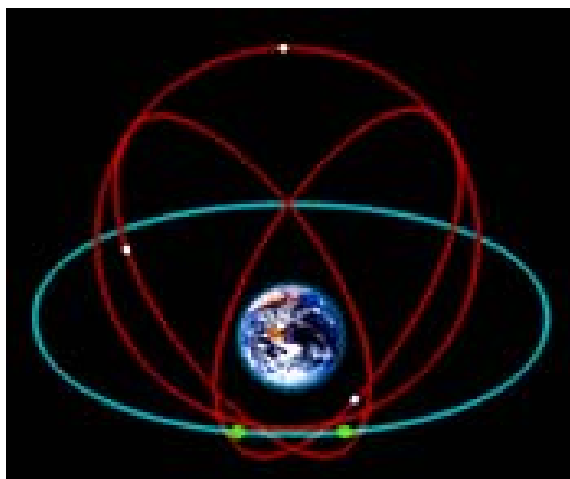


Satelitski radio izravno opskrbljuje slušatelja s velikim brojem audio programa odašiljanjem sa satelita. U nekim zemljama, npr. SAD, on predstavlja značajnu alternativu programima koji se odašilju sa Zemlje. Odašiljani programi u velikoj su mjeri glazbenog karaktera.

Sa satelita može se programom pokriti veće zemljopisno područje, ali za uspješni prijam potrebna je optička vidljivost prijамne antene i satelita. Optičku vidljivost mogu narušiti razne građevine ili pak prirodne prepreke. Taj se problem onda rješava postavljanjem repetitora na Zemlji koji dopunski pokrivaju područja bez optičke vidljivosti sa satelitom. Satelitski radio pokazuje nesumnjive prednosti u ruralnima i slabo naseljenim područjima. U područjima s velikom gustoćom stanovništva prikladnije je koristiti zemaljsku odašiljačku mrežu.

Iako je satelitski radio ponajprije audio usluga, pružanje dodatnih podataka vezanih uz program (PAD, *Program-Associated Data*) ili pak onih koji nemaju veze sa programom (NPAD, *Non-Program-Associated Data*) pokazuju se vrlo zanimljivim za slušatelje. U tom pogledu dragocjeno je iskustvo s FM radiodifuzijskom mrežom koja odašilje RDS podatke. U tu svrhu treba osigurati potrebni podatkovni kapacitet sustava.

Kvaliteta pojedinog audiokanala jako je različita kod postojećih pružatelja usluga satelitskog radija. Ta kvaliteta se mijenja od zvuka gotovo CD kvalitete do one koja je prikladna samo za govor.



Slika 1.11. Radijski se programi obično odašilju putem satelita s niskom putanjom (LEO, *Low Earth Orbit*) (putanja označena crvenom bojom), a neki operateri koriste geostacionarne satelite (putanja označena plavom bojom)

Želja za većim brojem satelitskih programa ograničava raspoloživu širinu pojasa pojedinog kanala i time jako utječe na kvalitetu zvuka u kanalu.

Prema donekle nepotpunim podacima utvrdili smo da se preko satelita odašilju sljedeći radijski programi:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| – Antena Zagreb | – RKC - Radio Koprivnica |
| – Narodni radio | – Radio Mir Međugorje |
| – Otvoreni radio | – Radio Dalmacija |
| – HRT - Hrvatski radio 1 | – Radio Marija |
| – HRT - Hrvatski radio 2 | – Radio Banovina |
| – HRT - Hrvatski radio 3 | – Hrvatski katolički radio |
| – HRT HR-Pula | – Pevec radio |
| – Voice of Croatia | – Hit mreža |

1.6.3. Internetski radio

Internetski radio ili e-radio je usluga prenošenja radijskog programa putem Interneta. Prenosjen je putem Interneta se često povezuje sa pojmom *webcasting*, s obzirom da se prijenos zvuka od izvora (radija) do slušatelja ne obavlja na uobičajeni način – odašiljanjem radijskih valova, već predstavlja neprekidni prijenos zvuka slušatelju, na koji slušatelj ne obavlja nikakav utjecaj (npr. promjenu frekvencije) kao kod slušanja radijskih postaja putem klasičnog radijskog prijavnika.

Veliki broj radijskih programa, koji se mogu primati preko zemaljske mreže odašiljača, istodobno se prenosi i putem Interneta. Pojavljuju se, međutim, radijski programi koje se može pratiti isključivo preko Interneta. Uz pomoć Interneta kao medija mogu se pratiti radijski programi koji nastaju na zemljopisno jako udaljenim lokacijama.

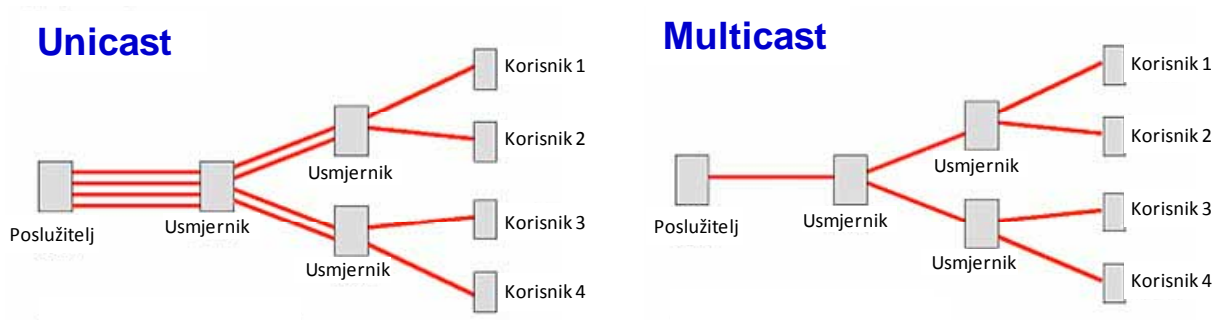
Najpopularniji način širenja radijskog programa Internetom osniva se na tehnologiji strujanja podataka (*streaming*) preko TCP/IP veze uz korištenje MP3 kodeka. Slušatelj mora raspolagati odgovarajućim uređajem i softverom koji mogu učitavati HTTP niz podataka. Osim osobnog računala, koje uspješno rješava taj zadatak, na tržištu se mogu naći i samostalni uređaji za prijam radijskog programa putem Interneta. Svakom slušatelju šalje se zasebni tijek podataka (zasebni kanal podataka). Odgovarajuća tehnologija razaslanja podataka naziva se *unicast*. Pri većem broju slušatelja, to mogu biti i deseci tisuća slušatelja, znatno se smanjuje raspoloživa širina pojasa za svakog slušatelja.



Slika 1.12. Na tržištu se mogu naći prijammnici za internetski radio kao samostalni uređaji uz koje nije potrebno koristiti osobno računalo

Nakladnik programa internetskog radija mora napraviti kompromis između kvalitete zvuka, koju pruža, i brojnosti slušatelja koje može opsluživati. Kodiranjem zvuka manjim brzinama digitalnog signala program mogu pratiti i slušatelji sa sporijom vezom prema Internetu, a odgovarajući poslužitelj može opsluživati više slušatelja.

Prijammnici za izravni prijam internetskog radija novijeg su datuma. Oni obično imaju Wi-Fi sučelje pa su tako radijskom vezom priključeni na Internet. Zato su oni prenosivi u području pokrivanja radijske lokalne mreže. Takvi uređaji mogu primiti i do 10.000 internetskih radijskih postaja.



Slika 1.13. Temeljne osobine tehnologija *unicast* i *multicast*


























Nasuprot tome stoji tehnologija razasijljanja pod nazivom *multicast* kod koje se razasijlje samo jedan slijed podataka (jedan kanal podataka) preko jedne internetske veze. Tako se postiže velika ušteda na potrebnoj širini pojasa za prijenos što pak dopušta korištenje većih brzina digitalnog signala pa i kvaliteta zvuka može onda biti dosta viša. Izgledno je da će se u bliskoj budućnosti *multicast* tehnologijom postići najviša kvaliteta radijskog zvuka pa bi ona mogla poslužiti za razasijljanje HD internetskog radija.

Tablica 1.7. Radijske postaje u Hrvatskoj, koje osim putem zemaljske mreže odašiljača, omogućuju praćenje radijskog programa i putem Interneta

Radijska postaja	Lokacija
HR1 - Prvi program	Zagreb
HR2 - Drugi program	Zagreb
HR3 - Treći program	Zagreb
HR Radio Osijek	Osijek
HR Radio Pula	Pula
HR Radio Rijeka	Rijeka
HR Radio Split	Split
HR Radio Sljeme	Zagreb
HR Radio Dubrovnik	Dubrovnik
HR Radio Knin	Knin
HR Radio Zadar	Zadar
HR Glas Hrvatske	Zagreb
Antena Zagreb	Zagreb
Hrv. Radio Vukovar	Vukovar
Narodni Radio	Zagreb
Novi Radio	Đakovo
Novi Radio	Zadar
Otvoreni Radio	Zagreb
Petrinjski Radio	Petrinja
Plavi Radio	Zagreb
Radio 047	Karlovac
Radio 057	Zadar
Radio 101	Zagreb
Radio 105	Stubica
Radio 1	Cakovec
Radio Banovina	Glina
Radio Borovo	Borovo
Radio Brač	Supetar
Radio Brod	Slavonski Brod
Radio Centar	Poreč

Radijska postaja	Lokacija
Radio Dalmacija	Split
Radio Đakovo	Đakovo
Radio Ilok	Ilok
Radio Imotski	Imotski
Radio Istra	Pazin
Radio Kaj	Zagreb
Radio KL Eurodom	Split
Radio Koprivnica	Koprivnica
Radio Labin	Labin
Radio Laus	Dubrovnik
Radio Ludbreg	Ludbreg
Radio Maestral	Pula
Radio Martin	Dugo Selo
Radio Max	Maruševac
Radio Mrežnica	Duga Resa
Radio Novska	Novska
Radio Ogulin	Ogulin
Radio Požega	Požega
Radio Quirinus	Sisak
Radio Ritam	Šibenik
Radio Riva	Split
Radio Rovinj	Rovinj
Radio Sisak	Sisak
Radio Student	Zagreb
Radio Šibenik	Šibenik
Radio Stubica	D.a Stubica
Radio Vallis Aurea	Pozega
Radio Velika Gorica	Velika Gorica
Radio Zaprešić	Zaprešić
RTL Radio	Lekenik
Zagrebački Radio	Zagreb

Tablica 1.8. Radijske postaje u Hrvatskoj koje pružaju isključivo uslugu internetskog radija

Radijska postaja		Lokacija	Radijska postaja		Lokacija
	80s Radio Music	Zagreb		Pansion Radio	Split
	Antena Zadar Radio	Zadar		Radio 5 plus	Zagreb
	Biker Radio	Osijek		Radio Dalma	Dubrovnik
	Bum Radio	Zagreb		Radio DeeJay	Zagreb
	CMC Radio	Zagreb		Radio Dubrovnik	Dubrovnik
	Crolive Radio	Novigrad Podrav.		Radio Egeta	Podvrška
	Hrv. Katolički Radio	Zagreb		Radio Našice	Našice
	Hrvatski Radio - Domaća glazba	Zagreb		Radio Posavina	Zagreb
	Hrvatski Radio - Govorni program	Zagreb		Radio Sesvete	Zagreb
	Hrvatski Radio - Strana glazba	Zagreb		Radio Solarevina	Metković
	In Radio	Zagreb		Radio Stop FM	Split
	Internet Radio GVM	Vrbovac		Radio Urnebes	Zagreb
	Krazy-Radio	Vinkovci		Veseli Radio	Dalj
	Obiteljski Radio Ulice	Župa			

Opisani način slušanja radijskog programa preko Interneta ni po čemu se ne razlikuje od slušanja preko drugih platformi. Program se prati, da tako kažemo "u živo". Neki nakladnici omogućuju slušanje pojedinih sadržaja "na zahtjev" tzv. *podcast*. Slušatelj odabire programsku jedinicu, koju želi slušati, iz biblioteke raspoloživih programa. Ovaj način praćenja programa omogućuju samo platforme koje podržavaju interakciju kao što je npr. Internet, jer neophodan je tijek podataka u oba smjera.

Operateri mobilnih mreža nude uslugu slušanja internetskog radija preko mobilnog telefona. Na tržištu već postoje za to potrebni uređaji. Prijenos se obavlja tehnologijom GPRS odnosno EDGE ili pak 3G odnosno WLAN mrežama. Uočljiva je razlika u kvaliteti zvuka ovisno o tome koristi li se Wi-Fi ili neka mobilna mreža za pristup Internetu. Željeni program odabire se uz pomoć imenika radijskih programa, a koji je pohranjen u mobilni telefon.

Veliki broj radijskih postaja u Hrvatskoj osim putem zemaljskih odašiljača šalje svoj program i putem Interneta (*live stream*).



Slika 1.14. Mobilni telefon može poslužiti za praćenje internetskog radija

Postoji i određeni broj postaja, odnosno programa, koje su prisutne samo na Internetu. Kako se situaciju na ovome području vrlo brzo mijenja podaci u tablicama 1.7. i 1.8, o postajama koje pružaju svoje usluge na Internetu, mogu imati i neke nedostatke.

1.7. Uloga regulatora

Regulatorni aspekti digitalnog radija izazivaju nacionalnu pozornost. Oni su stoga odraz nacionalnoga političkog, kulturnog, gospodarskog i pravnog okruženja u zemlji. Sigurno je da je poželjno da projekt uvođenja digitalnog radija dobije političku potporu vlade. Digitalni se radio se ne može staviti na tržište kao neka komercijalna roba. Radiju su potrebni dogovoreni i stabilni regulatorni okviri kako bi mogao potpuno iskoristiti mogućnosti koje mu pruža digitalna tehnologija. Ti okviri moraju pružiti nepristrane mogućnosti svim sudionicima u procesu. Potrebno je minimizirati razlike među pojedinim zemljama u pogledu uvjeta za ulazak na tržište, uvjeta za dobivanje koncesije i uvjeta za rad.

Misija Hrvatske agencije za poštu i elektroničke komunikacije (HAKOM), kao nacionalnog regulatora, sažeta je na web stranici agencije (www.hakom.hr) u četiri točke:

- tržišno natjecanje, stabilan rast i prostor za inovacije na tržištu elektroničkih komunikacija i poštanskih usluga;
- zaštitu interesa korisnika i mogućnost izbora raznolikih komunikacijskih i poštanskih usluga po prihvatljivim cijenama;
- održive konkurentne uvjete operatorima i davateljima usluga uz pravedne uvjete za povrat investicija;
- podršku ekonomskom rastu, javnim uslugama i kvaliteti života u RH upotrebom modernih tehnologija.

Po pitanju digitalnog radija zadaće se regulatora ogledaju u:

- promicanju poboljšanja kvalitete i raznolikosti usluga,
- poticanju novih usluga,
- osiguravanju raspoloživosti digitalnoga radijskog signala na cijelom teritoriju države,
- sunazočnosti digitalnog radija i postojeće analogne tehnologije odašiljanja tijekom ograničenog perioda vremena,
- osiguravanju uvjeta za uvođenje digitalnog radija na nacionalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini od strane nakladnika radija.

U kreiranju scenarija za prijelaz na potpuno digitalno odašiljanje radija mogu se koristiti iskustva stečena kod uvođenja digitalnog odašiljanja televizije. Zadatak je regulatora, pri tome, da pripomogne interesima stanovništva u ovom procesu prijelaza komunikacijske industrije u digitalno doba. U postizanju tog cilja mogu se koristiti sljedeća regulatorna načela:

- donosi regulatorna rješenja na temelju godišnjeg plana ostvarivanja postavljenih ciljeva,
- intervenira u korist javnog interesa koje se ne može ostvariti tržišnim mehanizmima,
- načelno je protiv intervencija ali izražava spremnost za čvrstu, pravovremenu i učinkovitu intervenciju kad je to neophodno,
- nastoji da se intervencije temelje na dokazima, da budu srazmjerne, dosljedne, odgovorne i transparentne kako u prosudbi tako i u rezultatu,
- uvijek traži regulatorne mehanizme, koje najmanje treba nametati, radi postizanja postavljenih ciljeva,
- stalno prati tržišta i nastoji biti na čelu tehnološkog napretka,
- savjetuje se sa relevantnim skupinama i procjenjuje učinak regulatorne akcije prije njezinog uvođenja na tržište.

Sektori analognoga i digitalnog radija usko su povezani. Radi se uglavnom o istim nakladnicima radija, a i dio programskog sadržaja je isti. Zbog toga nema smisla analizirati digitalni radio bez osvrta na tržište analognog radija. Ona ne upućuje samo na trenutne prioritete nego potiče pitanja smjera dugoročnog razvitka radija. Neka od tih pitanja glase:

- Da li postoje neke javne namjene radija koje zahtijevaju intervenciju na tržištu, bilo kroz javni ili komercijalni sektor, i kako to ostvariti na najbolji način?
- Hoće li digitalni radio nešto promijeniti na tom planu i koji su dugoročni strateški ciljevi regulacije radijskog tržišta?

Glede dodjele frekvencija odnosno koncesija namjera je koristiti tehnološki neutralna rješenja. U okviru dodijeljenih kanala, a koji se temelje na tehnologiji T-DAB, mogu se koristiti i druge tehnologije koje ispunjavaju specifikacije za spektar tehnologije DAB. Prioritet treba dati korištenju spektra za digitalni radio u pojasevima koji su na međunarodnoj razini namijenjeni za te svrhe.

Još je jedno važno regulatorno pitanje:

Koliki se dio kapaciteta multipleksa može predvidjeti za namjene koje se ne odnose na audioprogram, tj. za potrebe prijenosa podataka?

U UK dopušta se korištenje do 20% kapaciteta multipleksa za odašiljanje podataka. Mnoge zemlje potiču nakladnike odnosno operatore mreža za digitalno odašiljanje radija da odašilju više podataka kako bi se digitalna tehnologija učinila različitijom od analogne tehnologije FM, a u cilju privlačenja novih slušatelja te poticanja davatelja usluga na uvođenje raznih poslovnih aplikacija.

2. Tehnologije za digitalno odašiljanje radija u zemaljskoj mreži i smjernice za odabir tehnologije

Ovo poglavlje daje pregled svjetskih tehnologija koje se rabe za digitalno odašiljanje radija u zemaljskoj mreži sa njihovima temeljnim osobinama. Detaljnije se obrađuju tehnologije koje bi došle u obzir za primjenu u Republici Hrvatskoj kao što su: DVB-T2, DAB/DAB+ i DRM/DRM+.

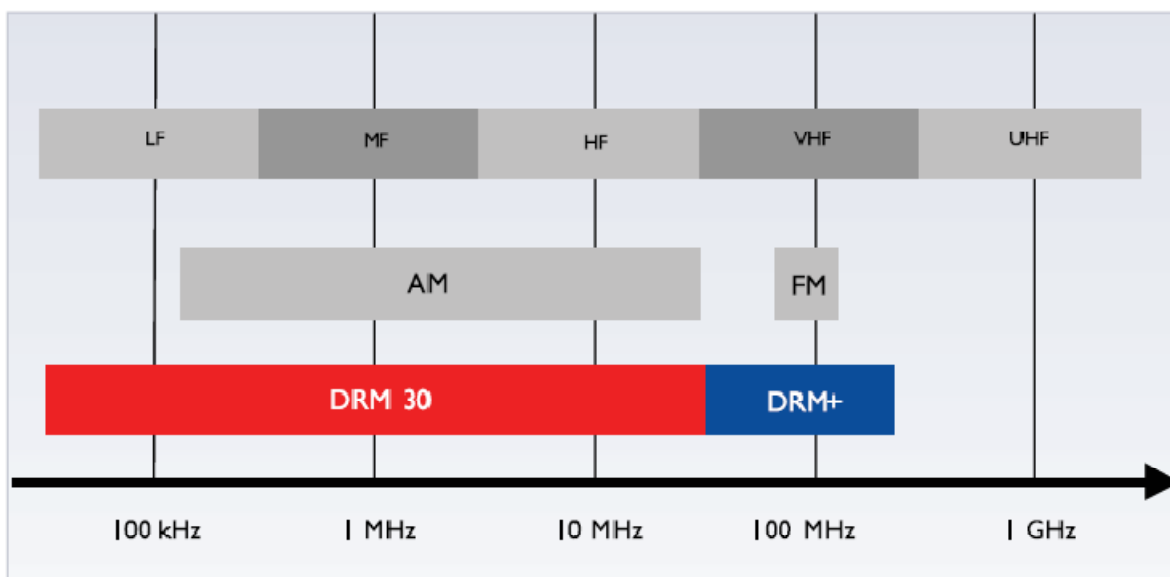
2.1. Tehnologija DRM

2.1.1. Općenito o tehnologiji

DRM (*Digital Radio Mondiale*) tehnologija namijenjena je digitalnoj radiodifuziji zvuka u frekvencijskim područjima ispod 174 MHz. Ako se rabi u područjima ispod 30 MHz (frekvencijski pojasevi LF, MF, HF) ona se naziva DRM30, a ako se odašilje u pojasu VHF I/II tad se naziva DRM+.

Tehnologija DRM izvorno je razvijena za digitalnu radiodifuziju zvuka u područjima gdje se koristila analogna tehnologija AM. Zamišljeno je da se AM nadomjesti digitalnom tehnologijom koja je slična tehnologijama DAB i DVB-T (sve navedene tehnologije rabe OFDM). Nova specifikacija tehnologije DRM, ETSI ES 201 980 (v3.1.1), koja je objavljena u kolovozu 2009. godine, dodala je novine u pogledu modova odašiljanja (novi mod E) kao i *surround* efekt u pogledu audiokodiranja.

Budući da je DRM+ nadograđen tako da može raditi i u VHF području on postaje digitalna alternativa i FM radiodifuziji (ITU-R BS.1114, *Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30 – 3000 MHz, Proposal to add Digital System G – DRM+*). U cilju promocije DRM tehnologije (norme) 1998. godine osnovan je DRM Consortium.



Slika 2.1. Frekvencijsko područje korištenja tehnologije DRM

Tehnologija omogućava pouzdani rad pri različitim propagacijskim uvjetima odnosno u kanalima različitih osobina. Kako bi se to postiglo DRM ima definirane različite odašiljačke modove rada. Odašiljački mod definira se pomoću odašiljačkih parametara koji se mogu svrstati u dvije skupine:

- parametri povezani s širinom pojasa frekvencija kanala i
- parametri povezani s učinkovitošću odašiljanja.

Radna širina pojasa frekvencija može biti: 4,5 kHz, 5 kHz, 9 kHz, 10 kHz, 18 kHz ili 20 kHz (LF, MF, HF područje) ili 100 kHz (VHF područje). Nominalna širina pojasa frekvencija u LF, MF, HF području je obično 9 ili 10 kHz, a rjeđe se rabe ostale širine (npr. dvostruko širi kanali ako se želi ostvariti veći kapacitet).

Parametri povezani s učinkovitošću odašiljanja pružaju mogućnost odabira između kapaciteta (brzine prijenosa podataka) i otpornosti (robusnosti) na šum, višestazno širenje i Dopplerov efekt. Oni uključuju:

- omjer koda i veličine vezane uz parametre modulacije (4-QAM, 16-QAM, 64-QAM, hijerarhijski postupak modulacije),
- parametre vezane uz definiranje OFDM simbola.

Kao što je već naglašeno, zvuk je osnovni element informacije koja se prenosi DRM tehnologijom. Analogni signal zvuka se najprije privodi jedinici za analogno – digitalnu pretvorbu nakon koje slijedi kompresija i audiokodiranje uz dodavanje zaštite od pogreške. Postupkom kompresije i audiokodiranja postiže se smanjenje količine podataka koje treba prenijeti. Osim audio informacije, potrebno je privesti i podatke u obliku digitalne informacije, a koji se također prekodiraju u format pogodan za prijenos. Dva tako dobivena toka podataka se privode multipleksoru u svrhu formiranja zajedničkog toka podataka nad kojim se također primjenjuje postu-

Piloti omogućuju koherentnu demodulaciju signala i pružaju informaciju o karakteristikama prijenosnog kanala. OFDM pozicioniranjem se objedinjuju QAM ćelije MSC, FAC i SDC kanala u vremensko-frekvencijskoj domeni. OFDM signal generator transformira ćelije u DRM signal u vremenskoj domeni dok modulator pretvara digitalni signal u analogni oblik koji se zatim odašilje.

2.1.2. Kodiranje zvuka

Kodiranje zvuka pripada skupini kodiranja izvora ili kodiranja sadržaja. Uslijed ograničenja, koja se postavljaju na radijske kanale ispod 30 MHz te parametre kodiranja i modulacijskih shema odašlanog signala, raspoložive brzine za kodiranje izvora kreću se u rasponu od 8 kbit/s (za pola širine kanala, tj. 4 ili 5 kHz); ≈ 20 kbit/s (za standardnu širinu kanala, tj. 9 ili 10 kHz) pa sve do ≈ 72 kbit/s (za dvostruku širinu kanala, tj. za 18 ili 20 kHz). U radijskim kanalima u području između 30 i 174 MHz, brzine za kodiranje izvora kreću se u rasponu od 35 – 185 kbit/s. U tom području, naime, širina kanala iznosi 100 kHz.

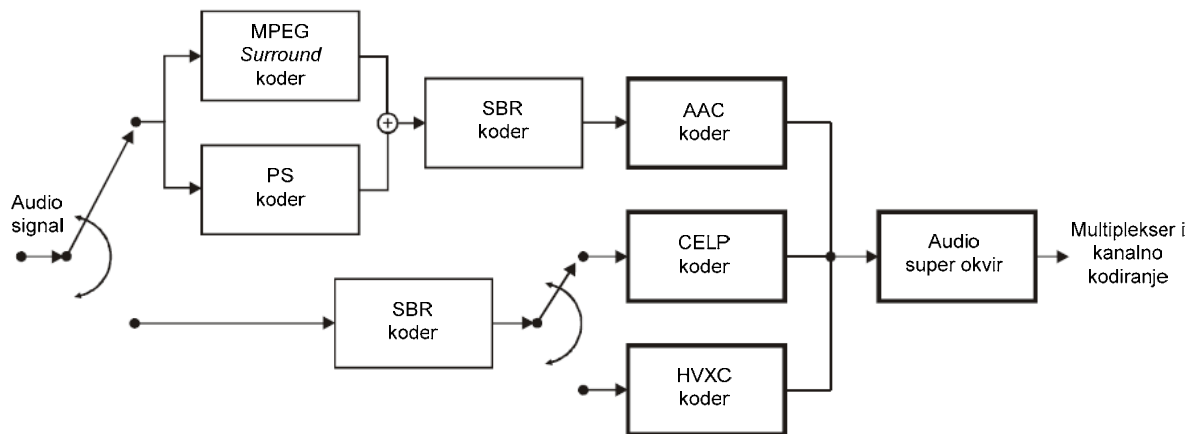
Kako bi se osigurala optimalna kvaliteta zvuka za dane brzine toka bitova, tehnologija pruža mogućnost izbora različitih kodnih shema. U osnovi to su:

- Sustav kodiranja AAC (*Advanced Audio Coding*) koji omogućava odašiljanje generičkog mono ili stereo audioprograma. Ovo kodiranje podskup je MPEG-4 norme.
- Sustav kodiranja CELP (*Code Excited Linear Prediction*) koji se koristi prilikom kodiranja govora i mono odašiljanja. Generira se mali tok podataka, a ovakvo odašiljanje se rabi kad želimo ostvariti posebno jaku robusnost prijenosa. Ovo je kodiranje također podskup MPEG-4 norme.
- Sustav kodiranja HVXC (*Harmonic Vector eXcitation Coding*) također generira mali tok podataka, osigurava veliku robusnost, a rabi se prilikom mono odašiljanja. On je također podskup MPEG-4 norme, a posebno je prikladan za kodiranje govora.

CELP i HVXC sustavi kodiranja koriste se isključivo kod tehnologije DRM30.

Uz navedene sustave kodiranja koriste se i sljedeće metode za poboljšavanje kvalitete zvuka:

- rekonstrukcija visokih frekvencija SBR (*Spectral Band Replication*) koja se može primijeniti uz AAC, CELP ili HVXC kodiranje. Ona predstavlja alat koji dozvoljava da se ukupna širina pojasa audiosignala prenosi sporim tokom bitova,
- metoda PS (*Parametric Stereo*) kojom se uz mono kodirani signal dodaje tok podataka kako bi se postigao stereo efekt zvuka,
- MPS (*MPEG Surround*) metoda koja pruža mogućnost višekanalnog kodiranja uz mali tok bitova.



Slika 2.3. Kodiranje zvuka

Kodirani sadržaj tvori audio super okvir. Postupak nejednolike zaštita od pogrešaka (UEP, *Unequal Error Protection*) primjenjuje se nadalje nad podacima radi poboljšavanja osobina. Može se rabiti i postupak jednolike zaštite od pogrešaka (EEP, *Equal Error Protection*).

AAC

- AAC se može koristiti za bilo koju brzinu prijenosa bitova (finaća namještanja brzine prijenosa je 20 bit/s u modovima A, B, C, D, a 80 bit/s za mod E).
- Frekvencija uzoraka iznosi 12 i 24 kHz u modovima A, B, C, D, a 24 i 48 kHz za mod E. Frekvencija uzoraka od 48 kHz dozvoljena je ako se ne rabi SBR tehnika.
- Jedan audio okvir traje 80 ili 40 ms (modovi A, B, C, D), dok u modu E to trajanje iznosi 40 ili 20 ms. Okvir sadrži promjenjivi broj bitova.
- Audio super okvir traje 400 ms (modovi A, B, C, D) ili 200 ms u modu E. Audio super okvir čini 5 ili 10 audio okvira. Svaki audio super okvir ima konstantni broj bitova. Za modove A, B, C, D nadalje vrijedi:
 - kod frekvencije uzoraka od 12 kHz 5 AAC okvira tvori super okvir,
 - kod frekvencije uzoraka od 24 kHz 10 AAC okvira tvori super okvir

Pri korištenju opcije stereo zvuka primjenjuje se isključivo frekvencija uzoraka od 24 kHz. Za mod E vrijedi:

- kod frekvencije uzoraka od 24 kHz 5 AAC okvira tvori super okvir,
- kod frekvencije uzoraka od 48 kHz 10 AAC okvira tvori super okvir.

Jedan audio super okvir smješta se u logički okvir (modovi A, B, C, D) ili u slučaju moda E u dva logička okvira.

- Primjer jedne standardne konfiguracije u području kratkog vala: 20 kbit/s mono AAC (na kratkom valu najčešće se koristi AAC + SBR).
- Može se koristiti za mono, stereo ili *parametric* stereo kodiranje.
- U kombinaciji s SBR postiže se kapacitet od 24 kbit/s što je po kvaliteti zvuka usporedivo s analognom mono FM tehnologijom. Za postizanje dobre stereo kvalitete zvuka potrebna je brzina prijenosa AAC + SBR od 32 do 48 kbit/s (podaci iz literature).
- *Parametric* stereo u kombinaciji s AAC+SBR rabi se pri onim brzinama prijenosa gdje nije moguć klasični stereo. Iako se tehnika *parametric* stereo može koristiti pri bilo kojoj brzini prijenosa bitova ona se najčešće rabi u kombinaciji s AAC+SBR u području od 18 do 24 kbit/s.
- Češće se primjenjuje neujednačena zaštita od pogreške UEP (*Unequal Error Protection*), tako da je veća zaštita u obliku redundantnih bitova dodijeljena dijelu audio super okvira koji je osjetljiviji na pogreške, dok je manja zaštita dodijeljena dijelu audio super okvira otpornijem na pogreške. UEP je moguće primijeniti samo na okvirima podataka s konstantnim brojem bitova što je u ovom slučaju audio super okvir. Primjenom UEP-a audio super okvir se sastoji od dva dijela: visoko i nisko zaštićenog dijela.

CELP

Namijenjen je isključivo za kodiranje i dekodiranje govora. Frekvencija uzoraka je 8 kHz za pojas frekvencija govora od 0,1 – 3,8 kHz i 16 kHz za pojas frekvencija govora od 0,05 – 7 kHz, Brzina toka podataka nalazi se između 4 kbit/s i 24 kbit/s. CELP audio okviri imaju fiksni broj bitova, koji se također grupiraju u audio super okvir.

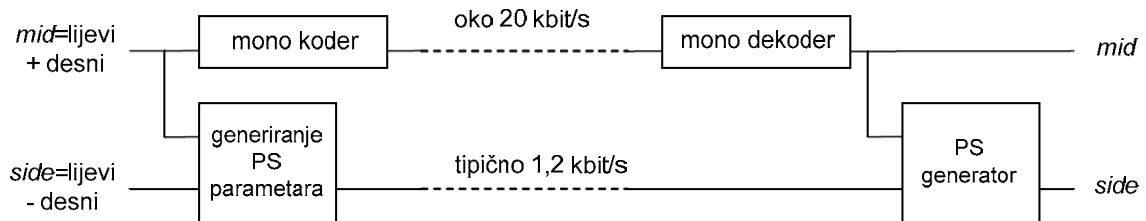
HVXC

Namijenjen je isključivo za kodiranje i dekodiranje govora. Frekvencija uzoraka je 8 kHz za pojas frekvencija govora od 0,1 – 3,8 kHz. Brzina toka podataka je između 2 kbit/s i 4 kbit/s. HVXC ne podržava neujednačenu zaštitu od pogreške (UEP), a fiksna je duljina HVXC okvira.

SBR

Primjenjuje se uz postojeće sustave za kodiranje audiosignala (AAC, CELP, HVXC) i služi za kodiranje i replikaciju visokih frekvencija u audiosignalu. Primjenom SBR može se proširiti spektar audiosignala, koji je ograničen primjenom kodera, do ili iznad širine pojasa FM modulacijskog signala (15 kHz). Princip

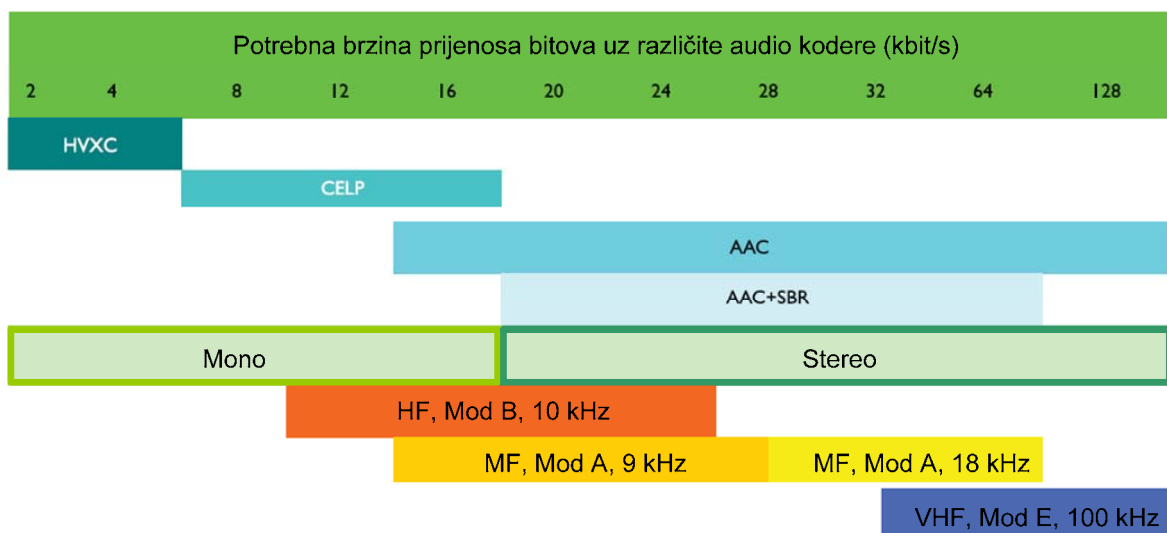
SBR tehnike kodiranja se zasniva na odnosu između spektralnih komponenata u nižem frekvencijskom pojasu i spektralnih komponenata u višem frekvencijskom pojasu. Kako bi replicirane komponente visokih frekvencija odgovarale izvornom signalu, audiokoderu se dodaje informacijski kanal s niskim brzinama toka od oko 2 kbit/s.



Slika 2.4. Objašnjenje rada parametric stereo tehnike

PS

Primjenjuje se uz postojeće sustave za kodiranje audiosignala (AAC, CELP, HVXC) i služi za projekciju stereo efekta zvuka uz preneseni mono audiosignal iz koderu. *Parametric* stereo koder (PS) je unatrag kompatibilan i omogućava reprodukciju mono signala ukoliko prijamnik ne podržava PS opciju. PS sustav za kodiranje namijenjen je za AAC + SBR audiokodiranje u rasponu toka podataka od 18 – 26 kbit/s, premda se može primijeniti i na nižim brzinama. PS je opisan s dva parametra: Pan (*Panorama*) i SA (*Stereo Ambient*).



Slika 2.5. Opcije audiokodiranja za određene odašiljačke modove rada u tehnologiji DRM

Pan parametar sadrži frekvencijski selektivne razlike u razinama signala između desnog i lijevog kanala dok SA sadrži informacije o stereo ambijentu signala koje se ne mogu opisati razlikom između desnog i lijevog kanala. PS zahtjeva mali tok podataka (oko 1,2 kbit/s), a primjenjuje se u kanalima širine 9 (ili 10) kHz. Kad primjenjujemo PS na AAC + SBR u ukupnom toku podataka od 24 kbit/s prosječni udio brzine bitova će otprilike izgledati kako slijedi: 22,4 kbit/s otpada na AAC + SBR, a 1,2 kbit/s na PS podatke.

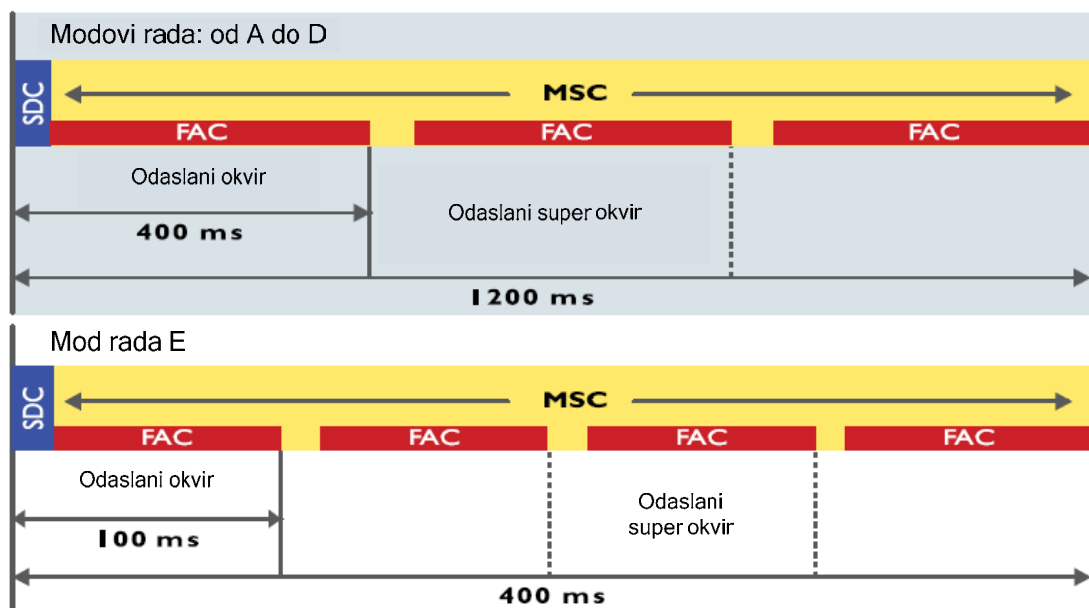
Na slici 2.5. su orijentacione brzine toka podataka i odgovarajuće metode audiokodiranja u tehnologiji DRM.

2.1.3. Multipleks

DRM prijenosni super okvir (prilagođen za odašiljanje) sastoji se od tri kanala: MSC, FAC i SDC.

MSC kanal sadrži do 4 programska sadržaja (audio zapis ili digitalna informacija) podijeljena u logičke okvire. Svaki logički okvir sastoji se općenito od dva dijela, svaki sa svojim stupnjem zaštite. Logički okviri svih sadržaja se združuju zajedno u multipleks okvire nad kojima se provodi kanalno kodiranje. Ukupan broj bitova unutar MSC ovisi o frekvencijskoj širini kanala i modu odašiljanja.

FAC kanal omogućuje brzo pretraživanje programskih sadržaja u multipleksu, sadrži informacije o pojasnim karakteristikama DRM multipleksa odnosno prijenosnog super okvira (širina frekvencijskog pojasa, dubina ispreplitanja). DRM prijammnik na osnovu informacija sadržanih u FAC kanalu počinje dekodirati multipleks ili prelazi na drugi multipleks. Svaki prijenosni okvir sadrži FAC blok.



Slika 2.6. Prijenosni (odaslani) super okvir

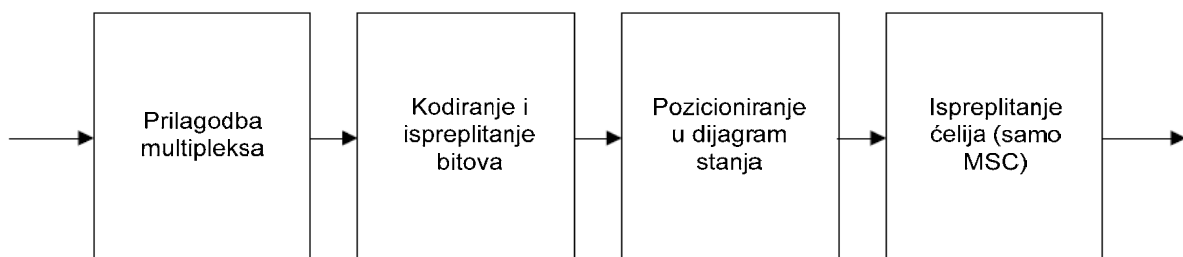
SDC kanal nosi informaciju o načinu dekodiranja MSC kanala kao i informaciju o alternativnim multipleksima s istim programskim sadržajem. Svaki prijenosni super okvir sadrži SDC blok.

2.1.4. Kanalno kodiranje i modulacija

Podaci u multipleksu sadrže dvije mogućnosti zaštite od pogrešaka: nejednoliku zaštitu od pogrešaka (UEP, *Unequal Error Protection*) ili jednoliku zaštitu od pogrešaka (EEP, *Equal Error Protection*). UEP se primjenjuje samo u MSC kanalu, a EEP je moguće primijeniti u sva tri kanala. Kanalno se kodiranje provodi zasebno za svaki kanal. Kako bi se dobile optimalne karakteristike prijenosa u kanalu, združuju se postupci kodiranja i modulacije (pozicioniranja bitova u dijagram stanja) što daje mogućnosti puno različitih kombinacija. Tehnologija DRM koristi: 4-QAM, 16-QAM i 64-QAM modulacijske sheme, a koriste se tri vrste pozicioniranja bitova na dijagrame stanja:

- standardno pozicioniranje (SM),
- simetrično hijerarhijsko pozicioniranje (HMsym) i,
- mješovito hijerarhijsko pozicioniranje (HMmix) pri kojem se na realnoj osi dijagrama stanja primjenjuje hijerarhijska metoda pozicioniranja, a na imaginarnoj osi dijagrama standardna metoda pozicioniranja.

Hijerarhijska metoda pozicioniranja zahtjeva podjelu ulaznog toka podataka na dva dijela: jako zaštićeni dio (VSPP) i standardno zaštićeni dio (SPP). Standardni način pozicioniranja sastoji se samo od standardno zaštićenog toka podataka i primjenjuju se dva omjera koda. Za FAC i SDC bitove primjenjuje se samo standardna metoda pozicioniranja. HMsym i HMmix mogu se rabiti samo kod 64-QAM. U DRM-u se koristi takozvano kodiranje u više razina, a koder je konvolucijske vrste.



Slika 2.7. Shema kanalnog kodiranja i ispreplitanja

MSC može koristiti 64-QAM ili 16-QAM pozicioniranje u modu robusnosti A, B, C, D, a 16-QAM ili 4-QAM u modu robusnosti E. U svakom slučaju moguće je različito namještanje omjera koda i na izbor je puno mogućnosti. MSC ćelije prolaze još kroz postupak

ispreplitanja (slika 2.7). Ispreplitanje MSC ćelija može biti kratko ili dugačko u modovima A, B, C i D. Za mod E koristi se samo dugačko ispreplitanje.

U SDC kanalu koristi se 16-QAM ili 4-QAM pozicioniranje s omjerom koda 0,5 u modovima robusnosti A, B, C i D, a omjer koda 0,25 u modu E. SDC kanal mora biti robusniji od MSC kanala. Tako u slučaju kad se rabi hijerarhijska modulacija u MSC, SDC se kodira po 4-QAM modulacijskoj shemi.

U FAC kanalu rabi se 4-QAM pozicioniranje s omjerom koda 0,6 za modove robusnosti A, B, C i D ili 4-QAM s omjerom koda 0,25 za mod robusnosti E.

2.1.5. Odašiljački modovi rada

Već je u uvodu naglašeno da DRM ima definirane različite modove odašiljanja. Ovdje će se поближе izložiti način definiranja tih modova i o čemu ovise. Tablica 2.1. prikazuje moguće širine kanala u DRM tehnologiji i odgovarajuće parametre zauzeća spektra.

Tablica 2.1. Ovisnost između parametra zauzeća spektra i širine pojasa kanala

	Parametar zauzeća spektra					
	0	1	2	3	4	5
Širina kanala [kHz], modovi A, B, C, D	4,5	5	9	10	18	20
Širina kanala [kHz], mod E	100	–	–	–	–	–

Tablica 2.2. Tipovi (modovi) robusnosti odašiljanja

Tip (mod) robusnosti	Tipični propagacijski uvjeti
A	Gaussov kanal, zanemarivi fading
B	Vremenski i frekvencijski selektivni kanali, duže raspršenje kašnjenja
C	Kao tip B, ali uz veće Dopplerovo raspršenje
D	Kao tip B, ali s izraženim kašnjenjima i Dopplerovim raspršenjem
E	Vremenski i frekvencijski selektivni kanali

Veličine OFDM parametara određuju se sukladno propagacijskim uvjetima u kanalu i omogućuju različitu robusnost signala. Za zadanu frekvencijsku širinu kanala, različiti tipovi robusnosti

omogućuju različitu brzinu prijenosa podataka. U tablici 2.2. ilustrirani su tipovi robusnosti koji se rabe za određene vrste radijskih kanala.

Kao što je poznato, odaslani se signal sastoji od OFDM simbola koji se pak sastoji od korisnog dijela simbola i zaštitnog intervala. Svaki OFDM simbol ustvari je zbroj K podnosilaca koji su modulirani određenom modulacijskim shemom. Podnosioci su indeksirani u intervalu $[k_{\min}, k_{\max}]$ gdje $k = 0$ označava podnosilac referentne frekvencije odašlanog signala. Pod pojmom ćelije podrazumijeva se sadržaj određenog podnosioca. Parametri OFDM simbola izražavaju se kao višekratnici elementarnoga vremenskog intervala T , a koji iznosi $83 + 1/3 \mu\text{s}$. Koriste se sljedeće oznake:

T_g – trajanje zaštitnog intervala,

T_s – trajanje OFDM simbola i,

T_u – korisni dio OFDM simbola.

Razmak između podnosilaca iznosi $1/T_u$. OFDM simboli se združuju u odašiljačke okvire kojih je trajanje jednako T_f . U jedan okvir može stati N_s OFDM simbola (označuju se od 0 do $N_s - 1$). Određeni broj ćelija odašilje se s unaprijed definiranim parametrima (piloti) kako bi poslužili kao reference u postupku demodulacije. Tablica 2.3. prikazuje parametre OFDM simbola u tehnologiji DRM. Ovisnost moda odašiljanja o širini kanala je u tablici 2.4.

Tablica 2.3. Parametri OFDM simbola

Parametri	Tip robusnosti				
	A	B	C	D	E
T [μs]	$83 + 1/3$	$83 + 1/3$	$83 + 1/3$	$83 + 1/3$	$83 + 1/3$
T_u [ms]	24 ($288 \times T$)	$21 + 1/3$ ($256 \times T$)	$14 + 2/3$ ($176 \times T$)	$9 + 1/3$ ($112 \times T$)	$2 + 1/4$ ($27 \times T$)
T_g [ms]	$2 + 2/3$ ($32 \times T$)	$5 + 1/3$ ($64 \times T$)	$5 + 1/3$ ($64 \times T$)	$7 + 1/3$ ($88 \times T$)	$0 + 1/4$ ($3 \times T$)
T_g / T_u	1/9	1/4	4/11	11/14	1/9
$T_s = T_u + T_g$ [ms]	$26 + 2/3$	$26 + 2/3$	400	$16 + 2/3$	$2 + 1/2$
T_f [ms]	400	400	400	400	100
N_s	15	15	20	24	40

Tablica 2.4. Prikaz korištenih podnosilaca u određenim modovima odašiljanja

Mod robusnosti	Podnosioci	Oznaka zauzeća spektra					
		0	1	2	3	4	5
A	k_{\min}	2	2	-102	-114	-98	-110
	k_{\max}	102	114	102	114	314	350
B	k_{\min}	1	1	-91	-103	-87	-99
	k_{\max}	91	103	91	103	279	311
C	k_{\min}	–	–	–	-69	–	-67
	k_{\max}	–	–	–	69	–	213
D	k_{\min}	–	–	–	-44	–	-43
	k_{\max}	–	–	–	44	–	135
E	k_{\min}	-106	–	–	–	–	–
	k_{\max}	106	–	–	–	–	–

Odašiljanje nekog odašiljača obično se u literaturi označuje kako slijedi:

MOD ODAŠILJANJA / MODULACIJA U MSC KANALU / MODULACIJA U SDC KANALU / OMJER KODA U MSC KANALU / ISPREPLITANJE ČELIJA.

Tako na primjer oznaka A/64/16/0,6/L označuje odašiljanje u modu robusnosti A, modulaciju 64-QAM u MSC kanalu, 16-QAM modulaciju u SDC kanalu, omjer koda 0,6 u MSC kanalu i dugačko ispreplitanje ćelija. Također uz ove podatke navodi se i brzina toka generiranog audio sadržaja.

2.1.6. Korisni raspoloživi tokovi podataka

Raspoloživi tokovi podataka (kapacitet sustava, tj. kapacitet kanala MSC) ovise o modu robusnosti, širini kanala, modulacijskom postupku i zaštitnom kodiranju. Na raspolaganju je jako puno mogućnosti. Ovdje će se prikazati samo neke od njih.

Najmanja brzina toka od 4,8 kbit/s ostvaruje se u modu robusnosti B uz širinu kanala od 4,5 kHz, modulacijski postupak 16-QAM i ukupni omjer koda od 0,5. Najveća brzina toka bitova za DRM30 ostvaruje se u modu robusnosti A uz širinu kanala od 20 kHz, modulacijski postupak 64-QAM i ukupni omjer koda od 0,78 i ona iznosi 72 kbit/s. Za mod robusnosti E (uz EEP SM) tokovi podataka su u tablici 2.5.

Tablica 2.5. Mogući tokovi podataka za mod robusnosti E

Modulacijski postupak	Omjer koda	Brzina prijenosa bitova [kbit/s]
4-QAM	0,25	37,3
4-QAM	0,333	49,7
4-QAM	0,4	59,6
4-QAM	0,5	74,5
16-QAM	0,33	99,4
16-QAM	0,411	122,4
16-QAM	0,5	149,1
16-QAM	0,625	186,4

2.1.7. Ostali sadržaji

Prvenstvena namjena tehnologije DRM je za prijenos audio sadržaja. Uz tu osnovnu namjenu, DRM podržava i prijenos nekih multimedijjskih sadržaja manjeg kapaciteta prijenosa:

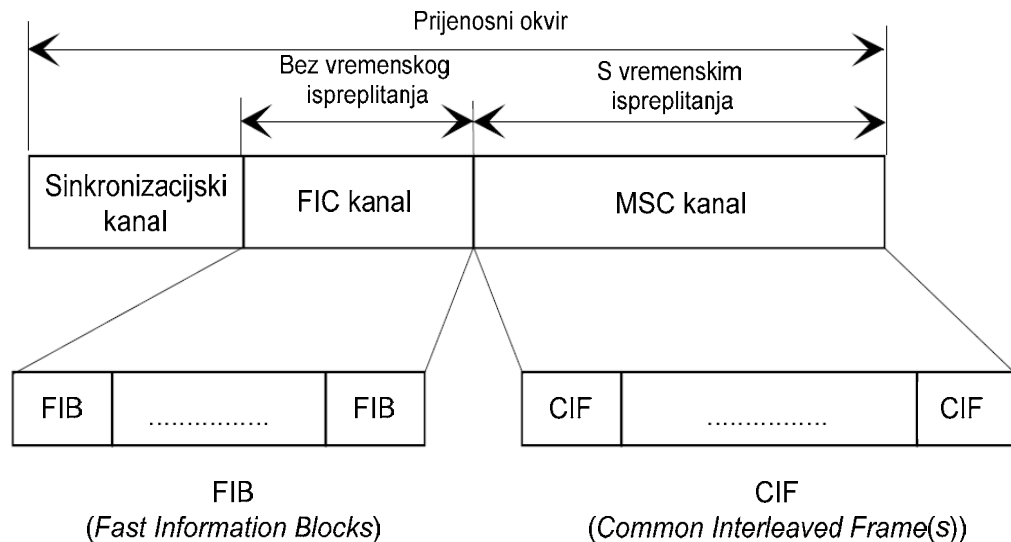
- DRM tekstualne poruke;
- elektronički programski vodič EPG (*Electronic Program Guide*);
- tekst informacijskih usluga (*Journaline text based information service*), slično kao čitanje novinskog sadržaja;
- prijenos sličica (*Slideshow*);
- kanal s porukama o stanju u prometu TMC (*Traffic Message Channel*).

2.2. Tehnologija DAB

2.2.1. Osnove tehnologije DAB

DAB (*Digital Audio Broadcasting*) naziv je norme i tehnologije koja služi za digitalno odašiljanje zvuka. Sinonim pojmu DAB je i naziv EUREKA 147, a to je ime projekta koji je još 1987. godine započeo s radom na osmišljavanju buduće norme odnosno tehnologije. Ova tehnologija namijenjena je odašiljanju u zemaljskima, satelitskim, hibridnim (zemaljski i satelitski) i kabelskim sustavima u frekvencijskom području od 30 MHz do 3000 MHz. DAB se za sad koristi u pojasu VHF III (od 174 MHz do 230 MHz) i u dijelu L pojasa od 1452 MHz do 1492 MHz. Tehnologija je prilagođena za mobilni i fiksni prijam, odnosno za prijam na mobilnima, fiksnim i prenosivim uređajima, a podržava i izgradnju SFN mreža. Primjenom postupaka kompresije i multipleksiranja omogućen je prijenos više audio programskih sadržaja, a korištenje OFDM

tehnike u kombinaciji s kanalnim kodiranjem dozvoljava prijenos signala u i u otežanim uvjetima propagacije (višestruke refleksije). Interesantno je spomenuti da je DAB prva komercijalna tehnologija koja se bazirala na tehnici OFDM, a koja je danas osnova najvećeg broja modernih digitalnih komunikacijskih sustava.

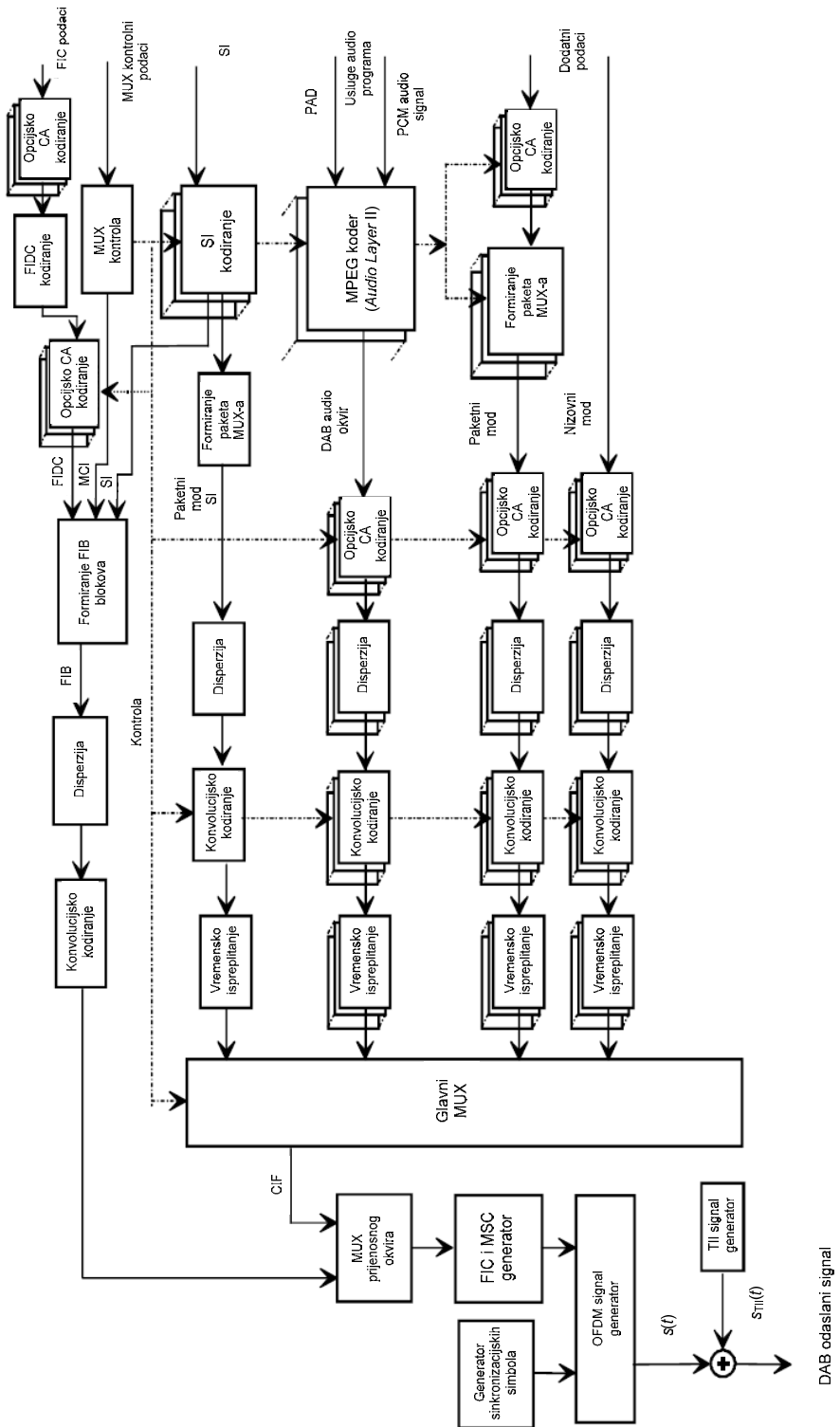


Slika 2.8. Struktura prijenosnog okvira

U tehnologiji DAB postoje dva osnovna mehanizma za prijenos podataka: FIC kanal (*Fast Information Channel*) i MSC kanal (*Main Service Channel*). Ta dva kanala, uz sinkronizacijski kanal, tvore DAB prijenosni okvir (slika 2.8.).

Osnovna funkcija FIC kanala, koji je građen od FIB blokova (*Fast Information Block*), je prenositi kontrolne informacije potrebne za interpretaciju konfiguracije MSC kanala. Glavni dio tih kontrolnih informacija predstavljaju MCI informacije (*Multiplex Configuration Information*) koje govore o strukturi multipleksa i prema potrebi o rekonfiguraciji. Ostale vrste informacija, koje mogu biti uključene u FIC, predstavljaju servisne informacije SI (*Service Information*), informacije uvjetnog pristupa CA (*Conditional Access*), a u FIC se nalaze i podaci o brzom pretraživanju FIDC (*Fast Information Data Channel*). Kako bi se ostvario brzi i sigurni pristup MCI informacijama, FIC kanal se prenosi bez postupka ispreplitanja, ali s višom razinom zaštite (točnije rečeno, oba kanala su frekvencijski isprepletana, ali MSC je isprepleten i po vremenu).

MSC kanal sadrži audio podatke i podatke u obliku digitalne informacije (jednom riječju on nosi sadržaj koji se odašilje), a sastoji se od CIF okvira (*Common Interleaved Frames*). Svaki CIF okvir sadrži 55296 bitova koji se odašilju svakih 24 ms. Najmanja jedinica CIF okvira, koja se može adresirati, je CU (*Capacity Unit*) jedinica i ona sadrži 64 bita.



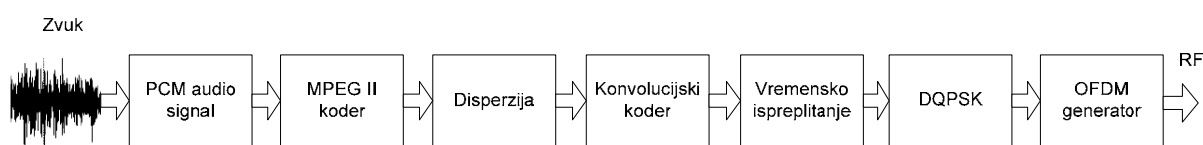
Slika 2.9. Shema tehnologije DAB

Cjelobrojni broj CU jedinica se grupira i formira se osnovna prijenosna jedinica MSC kanala, takozvani podkanal. MSC se prema tome sastoji od multipleksa podkanala. Podaci (bitovi) u MSC kanalu su vremenski isprepleteni, dok su podaci u podkanalima konvolucijski kodirani uz primjenu EEP ili UEP.

Svaki podkanal može sadržavati jednu ili više komponenata programskih sadržaja SC (*Service Component*). Audio podaci i digitalna informacija su komponente koje tvore programske sadržaje. Organiziranjem podkanala i komponenata programskih sadržaja dobiva se konfiguracija multipleksa. Postoje dva načina prijenosa programskih sadržaja: nizovni i paketski mod. Nizovni mod omogućuje prijenos programskog sadržaja do odredišta uz fiksni tok podataka na odabranom podkanalu. Paketski mod omogućava prijenos nekoliko komponenata programskog sadržaja u obliku digitalne informacije pod jednim podkanalom.

Sinkronizacijski kanal služi prijammniku za sinkronizaciju prijenosnog okvira, automatsku regulaciju frekvencije i procjenu karakteristike prijenosnog kanala. Pomoću sinkronizacijskog kanala obavlja se i identifikaciju odašiljača.

Cjelokupna shema sustava koji koristi tehnologiju DAB prikazana je na slici 2.9. Budući je shema tehnologije DAB prilično složena, radi pojednostavnjenja cjelokupne slike o radu sustava i lakšeg razumijevanja, poslužiti će pojednostavljena shema sa slike 2.10. Ona prikazuje osnovno načelo vezano uz prijenos zvuka. Ustvari, to je pojednostavljenje MSC kanala.



Slika 2.10. Pojednostavljena shema tehnologije DAB

2.2.2. Kodiranje zvuka

Za kodiranje zvuka u tehnologiji DAB koristi se MPEG-1 (Audio) *Layer II* norma. Ovaj postupak kodiranja je u vrijeme nastajanja DAB norme predstavljao najbolje što je u tom trenutku u pogledu nudila tehnologija audio kompresije. S današnje perspektive, ovaj postupak smatra se već zastarjelim i predstavlja glavno ograničenje u primjeni tehnologije DAB. U audiokoder ulaze PCM audio uzorci dobiveni uz frekvenciju uzoraka od 48 ili 24 kHz, te uz ulaznu rezoluciju sve do 22 bita po uzorku. MPEG koder radi, dakle, s frekvencijama uzoraka od 48 kHz (naziv norme: ISO/IEC 11172-3) i 24 kHz (naziv norme: ISO/IEC 13818-3). MPEG *Layer II* omogućuje četiri moda kodiranja:

- jedno-kanalni mod (samo mono),
- dvo-kanalni mod (dva mono kanala),
- stereo mod,
- joint stereo mod.

Uz to, predviđena je mogućnost prijenosa višekanalnog zvuka na način da se prenosi stereo zvuk uz dodatnu informaciju koja

opisuje višekanalni zvuk. Pri frekvenciji uzoraka od 48 kHz moguće brzine izlaznog toka MPEG koda za jedan audiokanal iznose: 32 kbit/s, 48 kbit/s, 56 kbit/s, 64 kbit/s, 80 kbit/s, 96 kbit/s, 112 kbit/s, 128 kbit/s, 160 kbit/s i 192 kbit/s.

Za stereo, dvo-kanalni i *joint* stereo način kodiranja izlazne brzine su dvostruko veće i kreću se u rasponu od 64 – 384 kbit/s. Trajanje audio okvira po normi ISO/IEC 11172-3 iznosi 24 ms.

Pri frekvenciji uzoraka od 24 kHz moguće brzine izlaznog toka iz MPEG koda su: 8 kbit/s,

16 kbit/s, 24 kbit/s, 32 kbit/s, 48 kbit/s, 56 kbit/s, 64 kbit/s, 80 kbit/s, 96 kbit/s, 112 kbit/s, 128 kbit/s, 144 kbit/s i 160 kbit/s (za sve modove kodiranja), a trajanje audio okvira u ovom slučaju je 48 ms.

MPEG koder također podržava PAD podatke koji omogućuju dinamičku kontrolu razine zvuka, indikaciju vrste zvuka (govor, glazba) i dr. Podaci iz audiokodera privode se postupku disperzije.

2.2.3. Kanalno (konvolucijsko) kodiranje

Namjena kanalnog kodiranja je omogućiti pouzdani prijenos podataka kroz različite kanale, ponajprije radijske kanale. Kanalno kodiranje u tehnologiji DAB odgovara konvolucijskom kodiranju, a omogućuje jednoliku (EEP) i nejednoliku zaštitu od pogrešaka (UEP). Parametri konvolucijskog kodiranja ovise o vrsti toka podataka, brzini prijenosa i ciljanoj razini zaštite. Kad konvolucijsko kodiranje rabi UEP zaštitu može se ostvariti 5 različitih razina zaštite (razina zaštite označena s 5 pruža najmanju zaštitu, a razina zaštite označena s 1 pruža najveću zaštitu od pogreške). Razina zaštite 5 obično se rabi u kabelskim sustavima, dok je razina zaštite 3 pogodna za mobilne uvjete. U slučajevima posebno otežanog radijskog prijenosa rabi se razina zaštite 1. Tablica 2.6. prikazuje prosječni omjer koda kao funkcije toka audio podataka i razine zaštite za slučaj UEP zaštite.

Kada se rabi EEP zaštita moguće su dvije različite grupe postavki (A i B) od kojih svaka ima 4 razine zaštite od pogrešaka.

- *Grupa postavki A* (brzina prijenosa bitova je višekratnik od 8 kbit/s), razina zaštite 1, 2, 3 i 4 odgovara omjeru koda od 1/4, 3/8, 1/2 i 3/4.
- *Grupa postavki B* (brzina prijenosa bitova je višekratnik od 32 kbit/s), razina zaštite 1, 2, 3 i 4 odgovara omjeru koda od 4/9, 4/7, 2/3 i 4/5.

Za audio podatke uglavnom se koristi UEP zaštita, a za podatkovni prijenos EEP zaštita. Nakon konvolucijskog kodiranja slijedi postupak vremenskog ispreplitanja (MSC kanal) i formiranja DAB

prijenosnog signala. Iznos vremenskog ispreplitanja iznosi 16 logičkih okvira, odnosno 384 ms.

Tablica 2.6. Prikaz prosječnog omjera koda kao funkcije toka audio podataka i razine zaštite P za slučaj UEP zaštite

Tok audio podataka [kbit/s]	1	2	3	4	5
32	0,34	0,41	0,50	0,57	0,75
48	0,35	0,43	0,51	0,62	0,75
56	×	0,40	0,50	0,60	0,72
64	0,34	0,41	0,50	0,57	0,75
80	0,36	0,43	0,52	0,58	0,75
96	0,35	0,43	0,51	0,62	0,75
112	×	0,40	0,50	0,60	0,72
128	0,34	0,41	0,50	0,57	0,75
160	0,36	0,43	0,52	0,58	0,75
192	0,35	0,43	0,51	0,62	0,75
224	0,36	0,40	0,50	0,60	0,75
256	0,34	0,41	0,50	0,57	0,75
320	×	0,43	×	0,58	0,75
384	0,35	×	0,51	×	0,75

2.2.4. Modovi odašiljanja i parametri prijenosnog signala

Definirana su 4 moda odašiljanja, svaki s određenim parametrima. Korištenje određenog moda povezano je s konfiguracijom mreže i frekvencijom odašiljanja. Broj OFDM simbola u prijenosnom okviru ovisi o modu odašiljanja. Sinkronizacijski kanal u svakom modu zauzima prva dva OFDM simbola u prijenosnom okviru. Prvi simbol je prazan i traje T_0 (nulti simbol). U drugom simbolu su podaci o referentnoj fazi. Trajanje prijenosnog okvira označava se kao T_F . U prijenosnom okviru ima L OFDM simbola (isključen je nulti simbol), a svaki OFDM simbol ima K podnosilaca. Oznaka T_s označava ukupno trajanje jednog OFDM simbola.

$$T_s = T_u + T_g,$$

gdje su:

T_u – trajanje korisnog dijela simbola,

T_g – trajanje zaštitnog intervala.

Sve vremenske oznake mogu se izračunati kao višekratnici elementarnog intervala T koji traje 1/2048000 sekundi. Podnosioci se moduliraju modulacijskom shemom DQPSK (preciznije rečeno, modulacija je $\pi/4$ -DQPSK).

Tablica 2.7. Osnovna obilježja prijenosnog okvira

Mod odašiljanja	Trajanje prijenosnog okvira [ms]	Broj FIB blokova u prijenosnom okviru	Broj CIF blokova u prijenosnom okviru
I	96	12	4
II	24	3	1
III	24	4	1
IV	48	6	2

U tablici 2.7. prikazana su osnovna obilježja prijenosnog okvira. Uočava se da se u svakom modu odašiljanja prenosi jednaka najviša brzina toka podataka unutar MSC kanala (1 CIF blok unutar 24 ms). Tablica 2.8. daje pregled parametara za različite odašiljačke modove, a tablica 2.9. daje objašnjenje primjene pojedinog moda odašiljanja. Najčešće se koristi mod odašiljanja I.

Odašiljani DAB signal nominalno zauzima širinu pojasa od 1,536 MHz.

Tablica 2.8. Parametri modova odašiljanja I, II, III i IV

Parametar	Mod odašiljanja I	Mod odašiljanja II	Mod odašiljanja III	Mod odašiljanja IV
L	76	76	153	76
K	1536	384	192	768
T_F	196608 T 96 [ms]	49152 T 24 [ms]	49152 T 24 [ms]	98304 T 48 [ms]
T_0	2656 T ~1,297 [ms]	664 T ~324 [μs]	345 T ~168 [μs]	1328 T ~648 [μs]
T_s	2552 T ~1,246 [ms]	638 T ~312 [μs]	319 T ~156 [μs]	1276 T ~623 [μs]
T_u	2048 T 1 [ms]	512 T 250 [μs]	256 T 125 [μs]	1024 T 500 [μs]
T_g	504 T ~246 [μs]	126 T ~62 [μs]	63 T ~31 [μs]	252 T ~123 [μs]

Tablica 2.9. Namjena modova odašiljanja

Mod odašiljanja	Namjena
I	Korištenje u SFN mreži u pojasevima I, II i III.
II	Korištenje za lokalne usluge u pojasevima I, II, III, IV, V i u L pojasu.
III	Korištenje na frekvencijama ispod 3 GHz i u kabelskim sustavima.
IV	Korištenje za lokalne usluge u pojasevima I, II, III, IV, V i za najveću SFN mrežu u L pojasu.

2.2.5. Primjer proračuna audio programskih sadržaja unutar multipleksa

DAB multipleks podržava maksimalnu brzinu od 2304 kbit/s (to je kapacitet MSC kanala). Zanima nas koliko audio programskih sadržaja podržava multipleks, od kojih je svaki brzine 192 kbit/s. Da bi se to izračunalo potrebno je odrediti razinu zaštite P . Neka je $P = 3$. To je srednja razina zaštite (često se koristi) i zaštita je UEP vrste. Iz tablice 2.6. očita se omjer koda u iznosu 0,51. Broj audio sadržaja u multipleksu dobiva se onda kao:

(maksimalna brzina toka \times omjer koda) / brzina jednog audio sadržaja = $(2304 \cdot 0,51)/192 = 6,12$. To znači da se multipleksom može prenijeti 6 različitih programskih sadržaja (svaki s 192 kbit/s). Važno je napomenuti da različiti programski sadržaji mogu imati različite brzine prijenosa i razine zaštite, ali načelo izračuna ostaje nepromijenjeno.

2.2.6. Kvaliteta audiosignala

Evaluirati kvalitetu audiosignala, koji se u komprimiranom obliku prenosi digitalnim radijskim sustavom, vrlo je zahtjevan i složen postupak. Kvaliteta audiosignala vrednuje se subjektivnim postupkom ocjenjivanja pa se jako teško dolazi do objektivne ocjene za takav signal. Naime, izvorni analogni audiosignal se digitalizira, komprimira i nakon obrade prenosi se komunikacijskim kanalom. U prijammniku se obnavlja analogni oblik audioinformacije. Nastali izlazni audiosignal razlikuje se od izvornog. Ocjenjuje se koliko je obnovljeni audiosignal vjeran izvorniku. Izrađeno je puno studija koje govore o tome koliko je vjerna reprodukcija audiosignala i puno je znanstvenih radova objavljeno na tu temu.

Poznato je da se u tehnologiji FM prenosi stereo analogni signal u frekvencijskom području od 40 – 15000 Hz. Već je i takav signal

osiromašen, jer se slušno područje rasprostire u od 20 – 20000 Hz (ono doduše nije jednako kod svih osoba). U praksi se najčešće susreće osiromašeni signal za koji se može reći da je na neki način zadovoljavajuće kvalitete. Iznimka je jedino reprodukcija glazbe CD kvalitete, ali ona zahtijeva jako visoki tok bitova.

Kod radijskog prijenosa digitalnog oblika zvuka koristi se postupak njegove kompresije. U tehnologiji DAB, kao što je već navedeno, rabi se MPEG *Layer II* kodiranje (često puta se ono označava i kao mp2 ili MP2 kodiranje). Postavlja se pitanje koja brzina toka bitova je potrebna u tom postupku za zadovoljavajuću kvalitetu zvuka. Ima dosta rezultata vezanih uz to (i to različitih), ali kao nekakva mjera, koja se smatra poželjnom, navodi se brzina od 192 kbit/s. Poželjnije su svakako više brzine prijenosa od navedene (256 kbit/s), ali se one uglavnom ne upotrebljavaju zbog loše iskoristivosti multipleksa.

Tablica 2.10. Subjektivna ocjena kvalitete zvuka dobivenog MPEG Layer II koderom u odnosu na FM

MPEG II tok podataka [kbit/s]	Subjektivna procjena kvalitete u odnosu na FM
256	Puno bolje
192	Bolje
160	Približno isto
128	Lošije

Tablica 2.10. prikazuje subjektivnu ocjenu kvalitete zvuka dobivenog MPEG *Layer II* koderom uz različite brzine prijenosa u odnosu na FM.

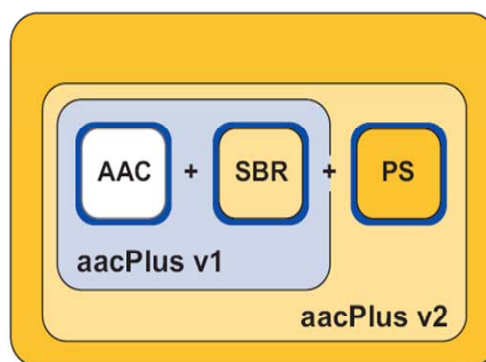
Istraživanja govore da brzina prijenosa od 256 kbit/s približno odgovara CD kvaliteti. U pogledu ove problematike interesantna je situacija u Velikoj Britaniji. Britanski regulator (Ofcom), propisao je minimalnu brzinu prijenosa za stereo audiosadržaj u iznosu od 128 kbit/s. Iako oni tvrde da je to zadovoljavajuća brzina i da ona pruža zadovoljavajuću kvalitetu, može se primijetiti nezadovoljstvo slušateljstva kvalitetom zvuka. U Velikoj Britaniji dopušteno je stereo audiosadržaj odašiljati brzinom od 128 kbit/s, jer se nudi veliki broj audiosadržaja (programa) pa ne bi bilo dovoljno prostora u multipleksima kad bi se primjenjivale više brzine. Iskustva u Velikoj Britaniji pokazuju da se, glede zadovoljstva kvalitetom zvuka, ne bi smjelo odašiljati stereo audio sadržaj brzinom manjom od 160 kbit/s.

Kao glavni nedostatak DAB norme ističe se nezadovoljavajuća spektralna učinkovitost ako se želi ostvariti audio prijenos zadovoljavajuće kvalitete. Naime, želi li se prenijeti maksimalni broj razli-

čitih programa brzinom od 192 kbit/s s razinom zaštite 3, može se unutar 1,536 MHz prenijeti 6 programa. To znači da se za jedan stereo program troši otprilike 256 kHz pojasa frekvencija. Pokazuje se da ostvareni rezultat i nije neki napredak u odnosu na FM, a jedino što pruža osjetnu prednost, u usporedbi s FM, je mogućnost izgradnje jednofrekvencijske (SFN) mreže. Ovo veliko ograničenje tehnologije DAB može se ispraviti samo s učinkovitijim postupkom kodiranja, a što je i učinjeno u poboljšanoj inačici od DAB, koja je nazvana DAB+.

2.3. Tehnologija DAB+

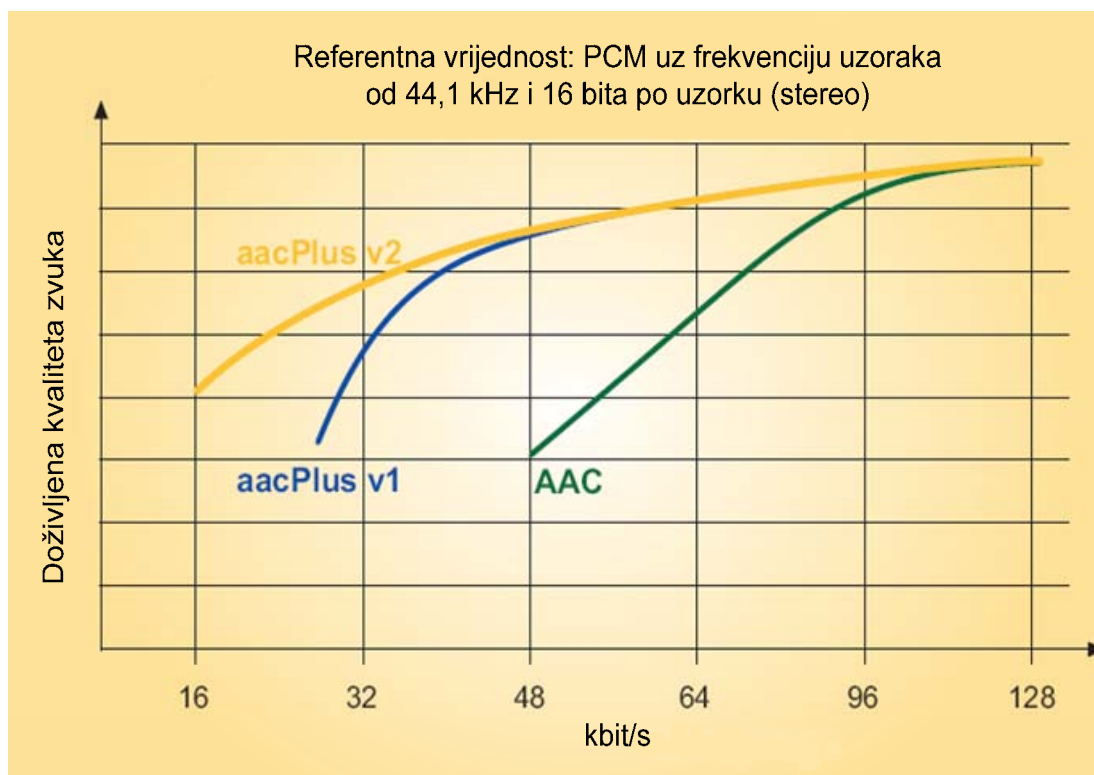
DAB+ predstavlja nadogradnju DAB norme i ona je sadržana u ETSI specifikaciji TS 102 563 "*Digital Audio Broadcasting (DAB); Transport of Advanced Audio Coding (AAC) audio*" iz 2007. godine. Najveća promjena, u odnosu na DAB, odnosi se na audiokodiranje.



Slika 2.11. Objašnjenje norme HE-AAC v2 (aacPlus v2)

Umjesto MPEG-1 *Layer II* norme za audiokodiranje koristi se MPEG-4 HE-AAC v2 norma. Ona se označava i kao aacPlus v2, a primjenjuje se i u tehnologiji DRM. Ona kombinira AAC, SBR i PS koder (vidi odjeljak o DRM) i omogućuje znatno veći stupanj kompresije zvuka. Zbog toga se u DAB+ multipleks može staviti znatno više programskog sadržaja nego što je to bilo moguće u DAB multipleksu.

AAC koder je osnovni dio HE-AAC v2 norme i omogućava skoro CD kvalitetu zvuka uz brzinu od samo 128 kbit/s. Smanjivanjem te brzine smanjuje se i audio kvaliteta dobivena AAC koderom.

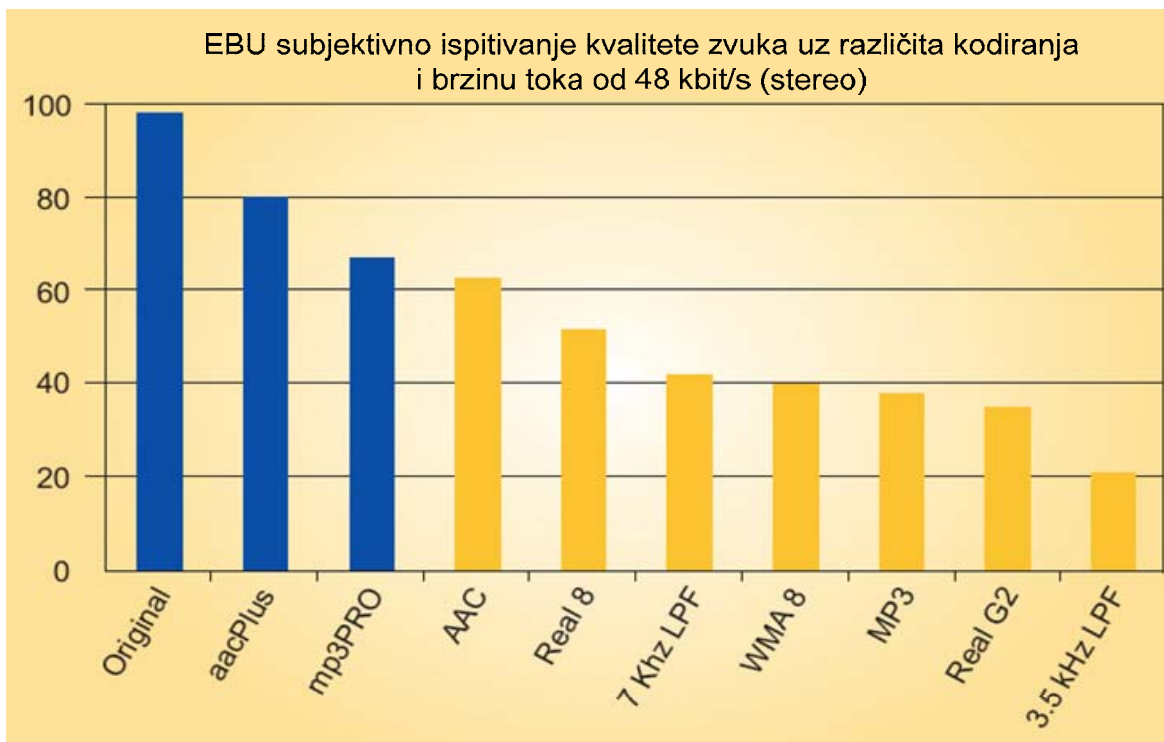


Slika 2.12. Usporedba kvalitete zvuka dobivene primjenom koderu AAC, AAC Plus v1 i AAC Plus v2 pri različitim brzinama prijenosa

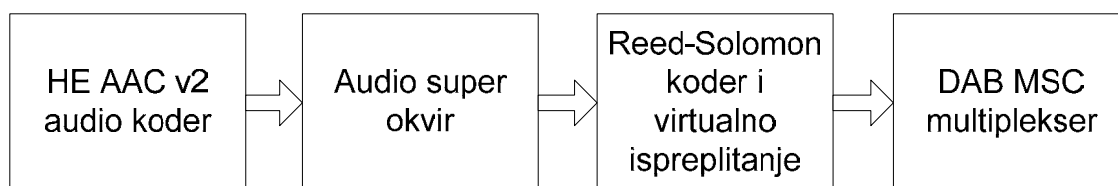
To opadanje u kvaliteti može se dobro kompenzirati pomoću SBR i PS tehnike tako da se zadovoljavajuća kvaliteta može ostvariti i brzinom od samo 48 kbit/s. Neki izvori u literaturi kazuju da kvaliteta dobivena ovim koderom pri brzini od 48 kbit/s odgovara kvaliteti dobivenoj MP2 koderom u tehnologiji DAB pri brzini od 160 kbit/s. To predstavlja smanjenje od 3,3 puta. Pesimističnije analize govore da 60 kbit/s dobivenih iz AAC Plus v2 odgovara 128 kbit/s dobivenih iz MP2 (smanjenje 2,1 puta). Slika 2.12. pokazuje kako smanjenje brzine prijenosa bita utječe na kvalitetu audiosignala odnosno zvuka. Kao referentna vrijednost uzeta je CD kvaliteta zvuka.

Promatrajući sliku 2.12. može se zaključiti da se pri brzinama (audiosignala) od 64 kbit/s ili više ostvaruju jako dobri rezultati. Optimalnom se čini brzina od 96 kbit/s (stereo signal, frekvencija uzoraka od 48 kHz). Treba imati na umu da odabrana vrijednost te brzine uvelike ovisi o tome koliko se programskih sadržaja nudi u nekoj zemlji i kakvu se kvalitetu ustvari želi postići (ekonomski aspekti). EBU-a (*European Broadcasting Union*) je 2003. godine provela ispitivanja vezana uz kodiranje zvuka i ostvarene kvalitete provedena. Rezultati ispitivanja su pokazali da je za stereo audio zvuk brzine od:

- 48 kbit/s postignuta dobra do izvrsna kvaliteta zvuka,
- 64 kbit/s postignuta izvrsna kvaliteta zvuka.



Slika 2.13. EBU subjektivno ispitivanje kvalitete zvuka



Slika 2.14. Pojednostavljena shema tehnologije DAB+

Za dobivanje stvarne potrebne brzine prijenosa unutar DAB+ okvira, ove brzine prijenosa audio sadržaja treba uvećati za ukupni omjer koda. Naravno treba uzeti u obzir i gubitke koji se javljaju zbog formiranja audio super okvira.

Prema rezultatima mjerenja područja pokrivanja, provedenima u Australiji i Velikoj Britaniji, DAB+ daje nešto bolje rezultate od DAB. Razina prijama signala zadovoljavajuće kakvoće pomaknuta je za 2 do 3 dB. U uvjetima slabijeg prijama kod mp2 se javljaju nepravilnosti i iskrivljenja u reproduciranom zvuku dok je primjenom MPEG-4 HE-AAC v2 postignuto isključivanje zvuka u takvim slučajevima, a to manje iritira slušatelja.

Sve navedeno ukazuje na velike prednosti tehnologije DAB+ u odnosu na DAB. Za države koje još nisu izgradile DAB mrežu i postigle značajni broj slušatelja, izbor tehnologije DAB+ nameće se kao jedino rješenje. DAB+ prijammnici su unazad kompatibilni što znači da podržavaju dekodiranje MPEG I Layer II norme. Obrat

ne vrijedi, program odašiljan u tehnologiji DAB+ ne može se primati DAB prijammnicima.

DAB+ koristi Reed-Solomon kodiranje (vanjsko kodiranje) uz konvolucijsko kodiranje (unutarnje) koje se koristilo u tehnologiji DAB. Konvolucijsko kodiranje u DAB+ koristi EEP zaštitu (u DAB je češća UEP zaštita). Na slici 2.14. je pojednostavljena shema tehnologije DAB+.

Reed-Solomon kod ima duljinu od 120 bajta, dimenziju 110 bajta i dozvoljava ispravak do 5 bajta. To ustvari znači da ulazni audio super okvir od 110 bajta na izlazu iz kodera ima veličinu od 120 bajta. To je povećanje količine bitova od 1,09 puta ili približno za 10%. Postoji dodatno uvođenje zaštitnih bitova u odnosu na DAB. Ovu činjenicu valja uzeti u obzir ako se želi računati ukupni broj sadržaja po multipleksu. Ostali dio odašiljačkog lanca odgovara onom u tehnologiji DAB.

2.3.1. HE AAC v2 audiokodiranje u DAB+

U DAB+ se koristi HE AAC v2 kodiranje sljedećih svojstava:

- frekvencije uzoraka 32 ili 48 kHz kad je isključena opcija SBR;
- frekvencije uzoraka 16 ili 24 kHz uz uključenu opciju SBR;
- audio super okvir traje 120 ms i prenosi se u 5 DAB logičkih okvira, a brzine audio bitova su ograničene tako da podaci mogu stati u podkanal;
- najvišaa brzina podataka po podkanalu iznosi 192 kbit/s (to znači da je najviše 175 kbit/s za audio podatke, pretpostavka je da se tada ne koristi PAD);
- brzine u podkanalima su višekratnici od 8 kbit/s.

Iz tablice 2.11. izlazi da oko 90% kapaciteta ili ukupne brzine prijenosa podataka u podkanalu otpada na prijenos sadržaja (audio + PAD ili samo audio) U literaturi se to obično navodi kao da postoji 10% *overhead*. Ako se želi odašiljati programski sadržaj od 96 kbit/s, to ustvari znači da se mora odašiljati podkanal od 104 kbit/s (tad se odašilje ~94 kbit/s za audio sadržaj).

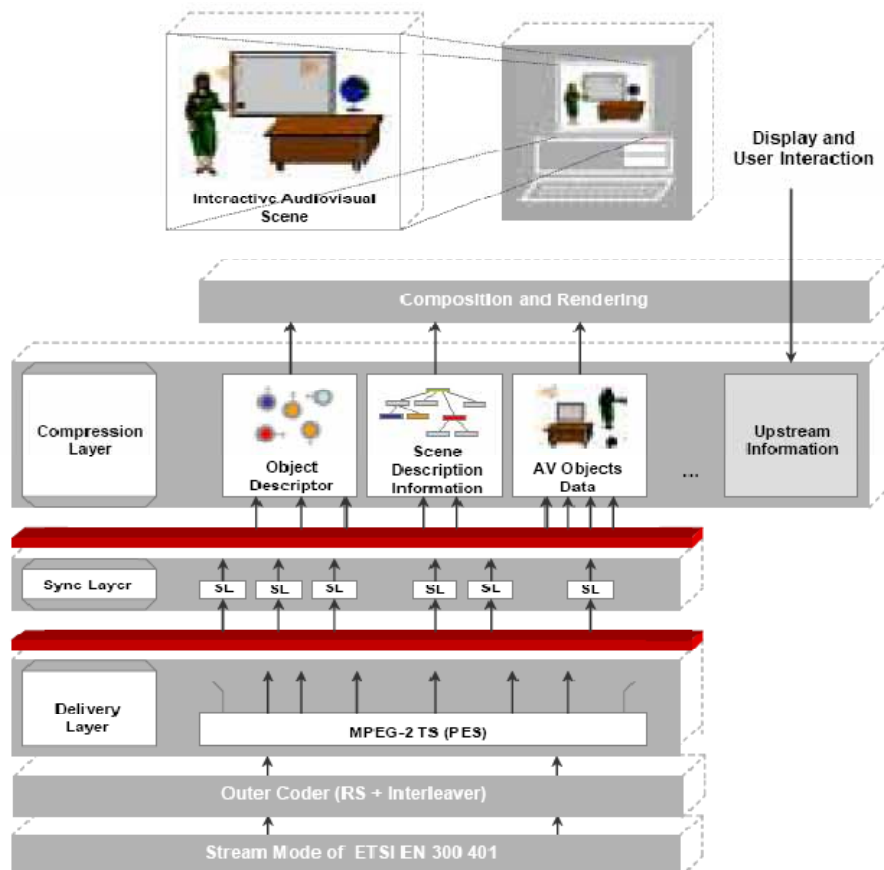
Tablica 2.11. Dostupne brzine toka audio podataka za različitu veličinu podkanala (uključeni PAD podaci)

Brzina u podkanalu [kbit/s]	Dostupna brzina prijenosa za audio podatke [bit/s]			
	Frekvencija uzoraka u AAC			
	16 kHz	24 kHz	32 kHz	48 kHz
8	6733	6533	6267	5800
16	14067	13867	13600	13133
24	21400	21200	20933	20467
32	28733	28533	28267	27800
40	36067	35867	35600	35133
48	43400	43200	42933	42467
56	50733	50533	50267	49800
64	58067	57867	57600	57133
72	65400	65200	64933	64467
80	72733	72533	72267	71800
88	80067	79867	79600	79133
96	87400	87200	86933	86467
104	94733	94533	94267	93800
112	102067	101867	101600	101133
120	109400	109200	108933	108467
128	116733	116533	116267	115800
136	124067	123867	123600	123133
144	131400	131200	130933	130467
152	138733	138533	138267	137800
160	146067	145867	145600	145133
168	153400	153200	152933	152467
176	160733	160533	160267	159800
184	168067	167867	167600	167133
192	175400	175200	174933	174467

2.4. Tehnologija DMB

DMB (*Digital Multimedia Broadcasting*) je digitalna tehnologija za odašiljanje audio i video podataka koja je razvijena u Južnoj Koreji. Ona je ponajprije namijenjena prijenosu video sadržaja i konkurencija je tehnologiji DVB-H koja je s druge strane razvijena u Europi. DMB se rabi u frekvencijskim pojasevima VHF III i L

pojasu (UHF). Često je u uporabi i naziv T-DMB (*Terrestrial DMB*). DMB koristi MPEG-4 Part 10 (H.264) kodiranje za prijenos videosadržaja, dok se za prijenos audiosadržaja rabi MPEG-4 Part 3 BSAC (*Bit Sliced Arithmetic Coding*) ili HE-AAC v2 kodiranje.



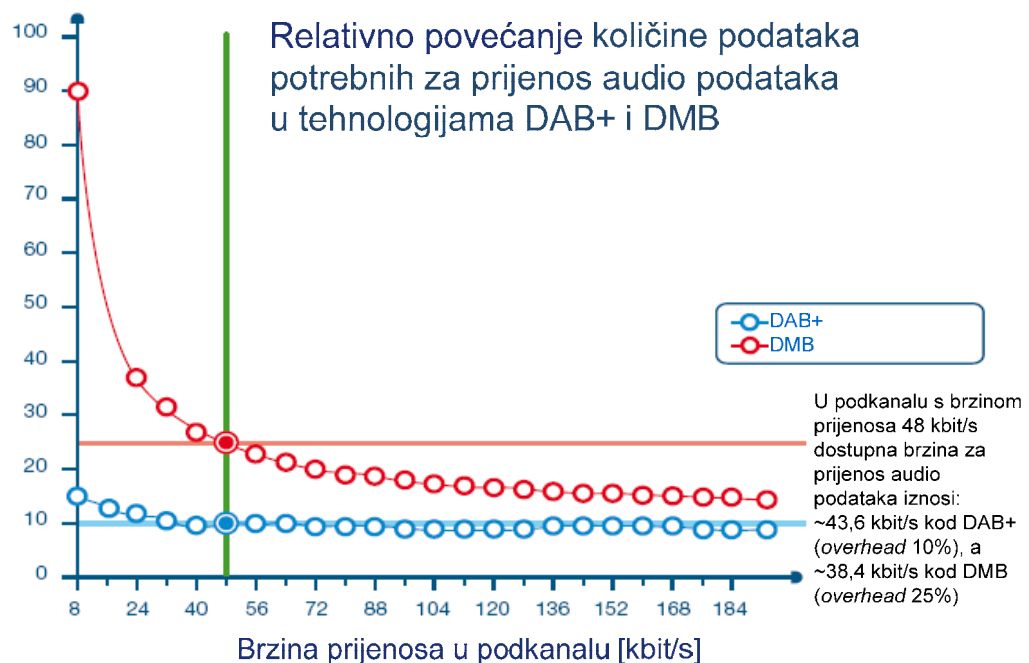
Slika 2.15. Prikaz arhitekture DMB koja dozvoljava pružanje video usluge (preuzeto u izvornom obliku iz ETSI TS 102 428)

Audio i video tokovi podataka objedinjuju se u MPEG transportni tok podataka (MPEG-TS, *MPEG Transport Stream*). Nad MPEG transportnim tokom podataka se rabi postupak unaprijednog ispravljanja pogrešaka (FEC, *Forward Error Correction*) pomoću Reed Solomon kodiranja. Nakon toga se provodi konvolucijsko ispreplitanje i tako dobiveni podaci se dalje šalju jednako kao u tehnologiji DAB. Ustvari, tako dobiveni podaci prenose s MSC kanalom. Zbog ovog razloga, može se smatrati da je DMB nadogradnja tehnologije DAB. Ta nadogradnja je određena u ETSI normama TS 102 427 i TS 102 428. ITU je formalno priznao DMB kao globalnu normu krajem 2007. godine.

Slika 2.15. prikazuje lanac prijenosa podataka kod tehnologije DMB i on predstavlja klasičnu kombinaciju MPEG-4 elemenata koji se prenose pomoću MPEG-2 transportnog toka podataka (MPEG-2 prijenosnim paketima).

DMB prijamnici su unatrag kompatibilni, što znači da mogu uz DMB programske sadržaje primati i DAB i DAB+ programske sadržaje. Obrat ne vrijedi. Ovu osobitost ocjenjujemo njihovom velikom prednošću.

Veliki nedostatak tehnologije DMB je u tome što ona ne pruža mogućnost odašiljanja sadržaja važnih za radijsko odašiljanje, nasuprot tehnologijama DAB i DAB+ koje imaju takvu opciju (*Broadcast Website*, *EPG*, *Journaline*, *Slideshow*, *Surround Sound*). DMB omogućuje odašiljanje informacija o stanju u prometu (TMC/TPEG).



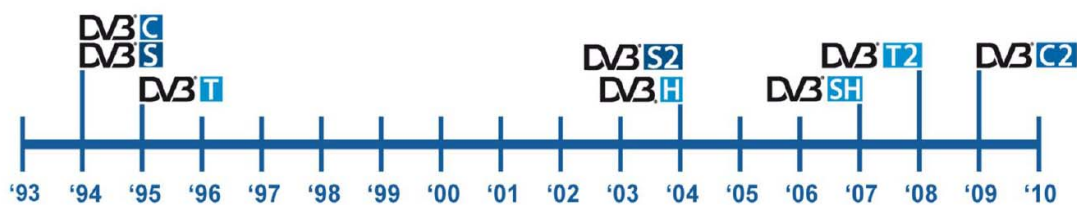
Slika 2.16. Usporedba učinkovitosti tehnologija DAB i DMB u prijenosu audio sadržaja za različite brzine u podkanalu (isključena su zaštitna kodiranja koja se dodaju nakon formiranja audio okvira)

DMB je norma koja pokriva prijenos audio/video sadržaja, dok je DAB+ optimiran za prijenos audiosadržaja i multimedijских informacija važnih za radijski prijenos. S te strane može se utvrditi da je DMB optimiran za mobilnu televiziju, dok baš nije preporučljiv za pružanje isključivo radijskih usluga. U pogledu mobilne televizije DMB ima hendikep, jer je nastao u Južnoj Koreji te je za vjerovati kako će se u Europi forsirati DVB-H norma.

DMB, zbog korištenja MPEG-2 TS, uključuje dodatne mehanizme zaštite podataka koji za posljedicu imaju manju učinkovitost cijelog prijenosnog sustava. To se posebno osjeti na manjim tokovima podataka u podkanalima, a što može biti slučaj s audio podacima koji su kodirani HE AAC v2 postupkom kodiranja. Ilustracija navedenog problema overhead-a prikazana je na slici 2.16. Ova činjenica ukazuje da, uz isti stupanj zaštite podataka, DAB+ pruža mogućnost slanja veće količine audio podataka u odnosu na DMB.

2.5. DVB-T2

Normu DVB-T2 izradio je DVB projekt, a to je samo jedna od DVB normi koje je napravila ta organizacija. DVB projekt osnovan je 1993. i trenutno ima 280 organizacija u svom sastavu unutar 34 zemlje. Grupa DVB normi obuhvaća određene norme koje se koriste za prijenos videosignala na različitim platformama (zemaljsko odašiljanje, odašiljanje u kabelu, satelitsko odašiljanje, odašiljanje u mobilnim uvjetima). Na slici 2.17. prikazane su norme nastale kao rezultat rada DVB projekta. Trenutno je u razvoju (počecima ispitivanja i komercijalnoj primjeni) druga generacija DVB normi. Valja naglasiti da je ETSI uglavnom usvojio specifikacije izrađene od strane DVB projekta.



Slika 2.17. Pregled inačica DVB normi

Prilikom izrade DVB-T2 norme (poznate pod nazivom *druga generacija digitalne zemaljske televizije*) postavljeni su neki komercijalni zahtjevi koje tehnologija mora ispunjavati. Ti se zahtjevi mogu sažeti na sljedeći način:

- T2 odašiljanje mora se odvijati putem postojećih antena i postojećih antenskih odašiljačkih sustava (ovo ustvari znači da se ne razmatra uporaba MIMO tehnologije),
- T2 je ponajprije namijenjen pružanju usluga na fiksnim i prenosivim (*portable*) prijamnicima
- T2 mora omogućiti povećanje u prijenosnog kapacitetu od minimalno 30%, u odnosu na DVB-T, u istim uvjetima prijenosa,
- T2 mora poboljšati karakteristike SFN mreže u odnosu na DVB-T,
- T2 treba sadržavati mehanizme koji pružaju različiti stupanj zaštite u različitim uslugama koje se nude (Ovo znači da se na primjer u kanalu širine 8 MHz mogu pružiti usluge nesmetanog prijama određenog signala putem vanjskih antena /scenarij 1/ ili putem integrirane antene na prenosivom prijamniku /scenarij 2/),
- T2 treba omogućiti veću fleksibilnost u pogledu izbora frekvencije odašiljanja i širine kanala,
- u T2 se treba smanjiti omjer između vršne i srednje snage odaslanog signala kako bi se smanjili troškovi odašiljanja.

Tehnologije koje se rabe u DVB-T2, a koje omogućavaju ispunjavanje prije navedenih ciljeva su:

- LDPC zaštitno kodiranje u kombinaciji s BCH kodiranjem (omjeri kodova 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6) – preuzeto iz tehnologije DVB-S2,
- formiranje osnovnih okvira podataka (*Baseband Frames*) – preuzeto iz tehnologije DVB-S2,
- korištenje OFDM multipleksiranja s različitim brojem podnosi-laca, trajanjima zaštitnih intervala, frekvencijskim širinama kanala, pozicijama pilota:
 - FFT: 1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k,
 - trajanje zaštitnog intervala: 1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4;
 - frekvencijske širine kanala: 1,7 MHz, 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz, 10 MHz;
 - piloti sa stalnom i razasutom pozicijom (8 mogućih postavki razasutih pozicija, *Scattered Pilot Patterns*, od PP1 do PP8);
 - složeniji modulacijski postupci (dodan 256-QAM);
 - zakrenut dijagram stanja;
 - produženi modovi slaganja podnosilaca (*Extended Carrier Modes*).
- korištenje tri različitih mogućnosti ispreplitanja (ispreplitanje bitova, vremensko ispreplitanje, frekvencijsko ispreplitanje),
- MISO tehnologija (Alamouti shema odašiljanja).

Tablica 2.12. Usporedba osnovnih tehničkih parametara tehnologija DVB-T i DVB-T2*

	DVB-T	DVB-T2
FEC (Forward Error Correction)	Konvolucijsko kodiranje + Reed Solomon kodiranje, omjer koda: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LDBC + BCH kodiranje, omjer koda: 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Modulacija	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM
Zaštitni pojas (GI, <i>Guard Interval</i>)	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128
FFT	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Piloti s razasutom pozicijom (<i>Scattered Pilots</i>)	8% od ukupnog broja podnosilaca	1%, 2%, 4%, 8% od ukupnog broja podnosilaca
Piloti s stalnom pozicijom (<i>Continual Pilots</i>)	2,6 % od ukupnog broja podnosilaca	0,35 % od ukupnog broja podnosilaca

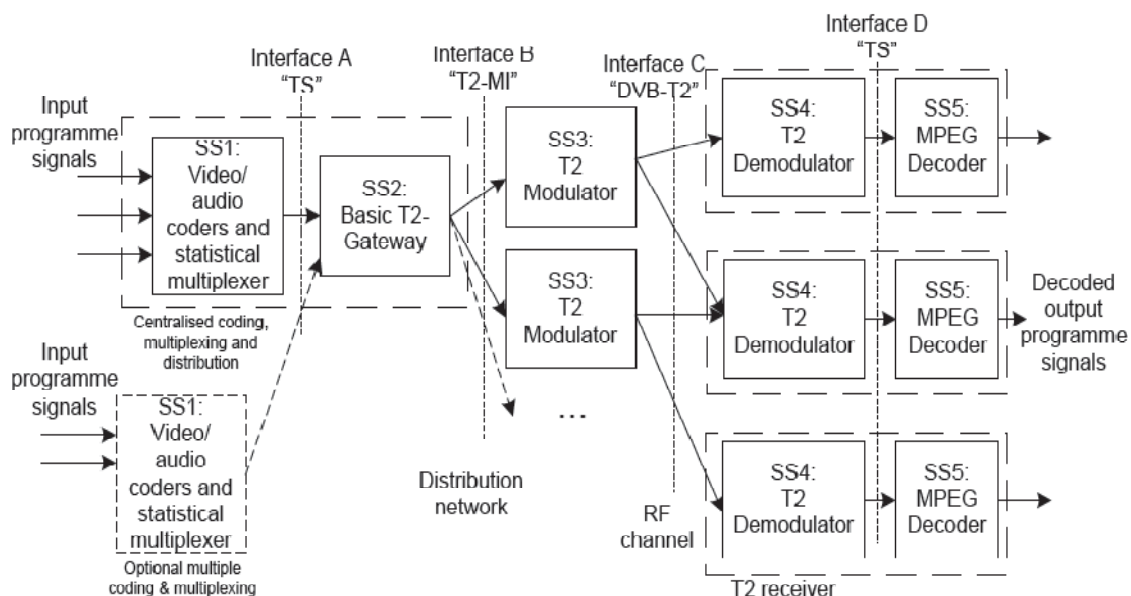
Uspoređujući dakle tehnologije DVB-T i DVB-T2 može se u grubo zaključiti da DVB-T2 pruža mogućnost prijenosa veće količine podataka te da je robusniji na višestazno širenje signala koje je uzrokom intersimbolne interferencije. Valja primijetiti da DVB-T2

nije izvorno konstruiran za prijenos podataka u mobilnim uvjetima, a što je posebno značajno prilikom odašiljanja audiosignala (poznato je naime da značajni broj slušatelja prati audio programe u mobilnim uvjetima). DVB norma za rad u mobilnim uvjetima je DVB-H. DVB-T2 norma pokrivena je sa sljedećim dokumentima: ETSI EN 302 755, ETSI EN 300 468, ETSI EN 102 773.

2.5.1. Arhitektura DVB-T2 i protokolarni složaj

Odašiljački dio ima 3 podsustava (SS, *subsystems*): SS1, SS2, SS3, a prijamni dio dva podsustava (SS4, SS5). Na odašiljačkoj strani postoje dva "interna" sučelja (A, B), dok je na prijamoj strani jedno sučelje (D). Sučelje oznake C je radijske vrste. Ukratko, podsustavi obavljaju sljedeće funkcije:

- podsustav SS1 obavlja funkciju generiranja transportnih tokova podataka (T2 okviri) i/ili generičkih tokova podataka iz ulaznih programskih signala (IP podaci ili IP PDU, MPEG2 PDU),
- podsustav SS2 formira takozvane T2 tokove podataka (okvire). Ujedno on vrši prilagodbu toka podataka i prilagodbu načina odašiljanja.
- podsustav SS3 predstavlja DVB-T2 modulator koji odašilje DVB-T2 signal.

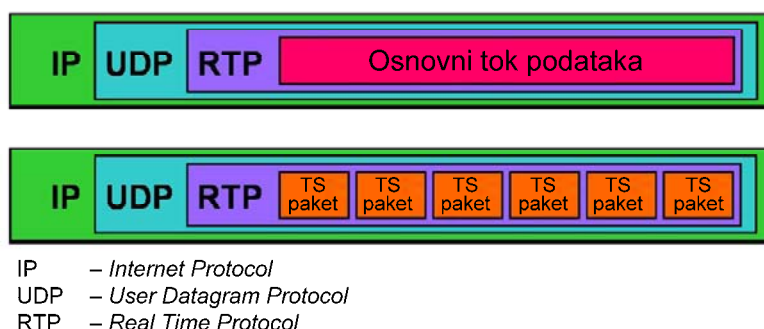


Slika 2.18. Arhitektura cjelokupnog DVB-T2 (preuzeto u izvornom obliku iz DVB Document A133)

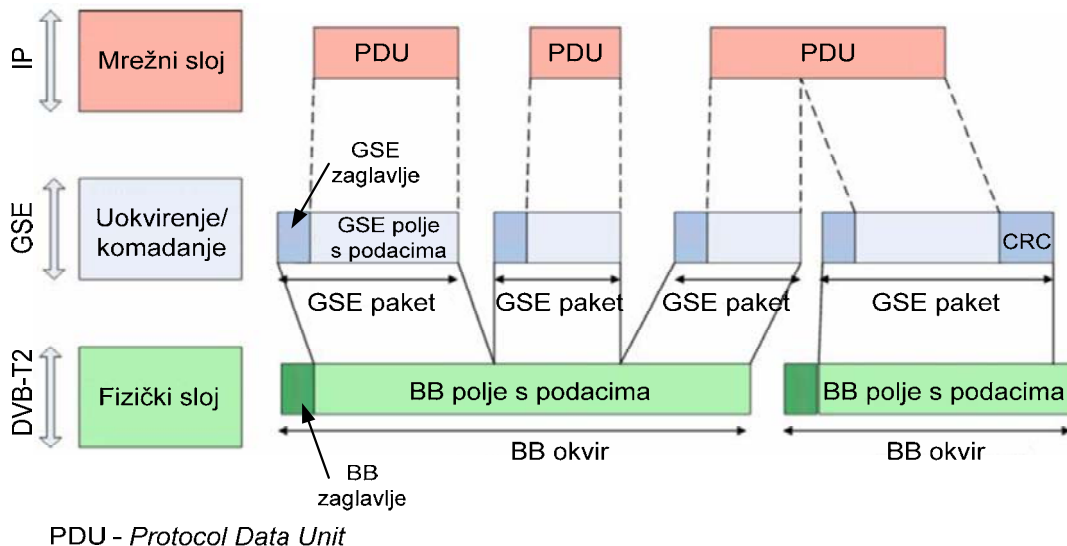
Slika 2.18. može se pojednostavniti i zaključiti da u biti postoje dvije konfiguracije DVB-T2: osnovna i proširena konfiguracija. Razlika među njima je u tome što proširena konfiguracija u sebi sadrži i pred-procesiranje, a ulazni podaci u sustav su višestruki TS

ili GSE (IP) tokovi podataka (različiti formati zapisa podataka /programa/ koje se želi prenijeti).

MPEG2 transportni okviri imaju fiksnu veličinu i strukturu, a sastoje se od 188 bajta. S druge strane GSE (IP) tokovi podataka mogu imati fiksnu ili promjenjivu duljinu paketa i oni mogu sadržavati kontinuirane tokove podataka ili IP tokove podataka. Drugim riječima ulazni podaci mogu biti bilo koja protokolna jedinica podataka (PDU - Protocol Data Unit). Radi objašnjenja, na slici 2.19. prikazana je IP protokolna jedinica podataka (IP PDU), a na slici 2.20. dan je postupak općenitog uokvirenja podataka (GSE, Generic Stream Encapsulation).

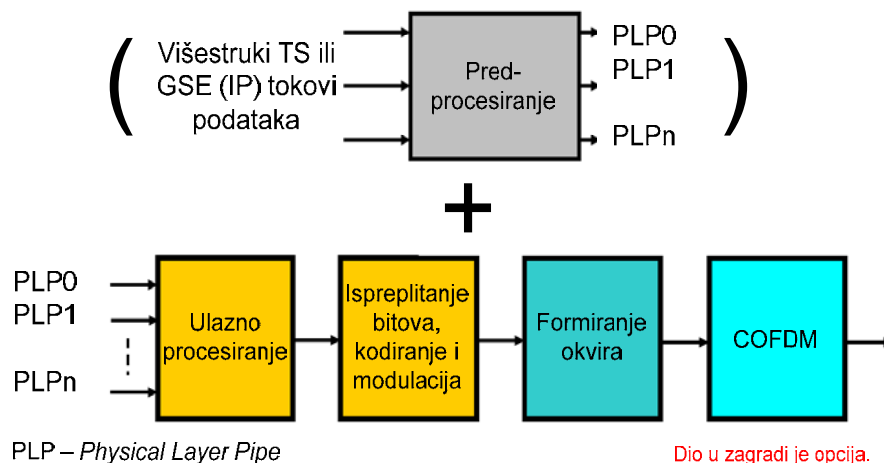


Slika 2.19. Prikaz IP PDU



Slika 2.20. Postupak općenitog uokvirenja podataka GSE i preslikavanje na osnovni okvir

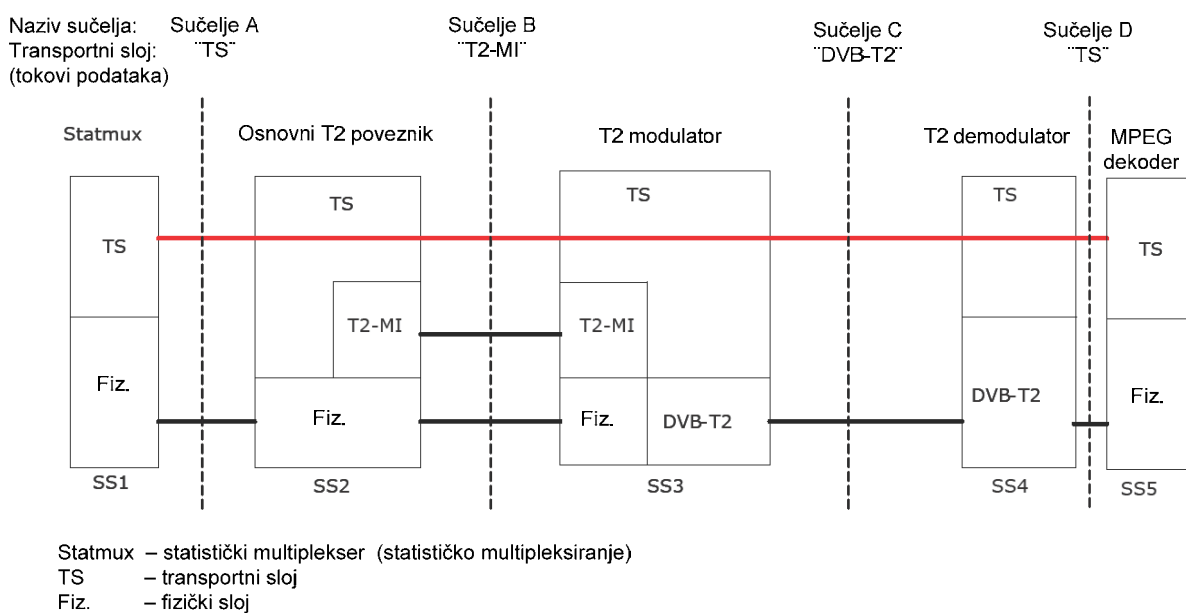
U osnovnoj konfiguraciji kao ulazni podaci javljaju se tzv. PLP (*Physical Layer Pipes*) tj. podaci koji su formirani ili grupirani od klasičnih T2 okvira, a koji nose različite sadržaje. PLP su ustvari logički kanali koji u sebi nose jedan ili više usluga (različitih programa). U ovom slučaju nije potrebno pred-procesiranje.



Slika 2.21. Objašnjenje osnovne i proširene konfiguracije tehnologije DVB-T2

U tehnologiji DVB-T2 PLP predstavlja ekvivalent pojmu multiplex koji se rabi u tehnologiji DVB-T.

U pogledu praktične realizacije, glavna razlika između tehnologija DVB-T i DVB-T2 je u tome što se multiplexer (na primjer MPEG-2 multiplexer) ne spaja izravno na modulator/modulatore (DVB-T), već se različiti multiplexeri putem DVB-T2 poveznika (*gateway-a*) spajaju na modulator/modulatore. U lanac se praktički dodaje još jedan uređaj – DVB-T2 poveznik. Ako se to uspoređi sa slikom 2.18. izlazi da podsustavu SS1 odgovara multiplexer, a podsustavu SS2 odgovara DVB-T2 poveznik.



Slika 2.22. Referentni protokolarni složaj za DVB-T2 (slučaj za transportne tokove MPEG-2 TS)

Taj poveznik ustvari prikuplja različite PLP podatke i formira tzv. okvire osnovnog područja (*BaseBand Frames*). Nakon toga, DVB-T2 poveznik šalje podatke modulatoru/modulatorima preko određenog protokola sučelja (sučelje B). Izraz modulator/modulatori ovdje se koristi zato, jer se modulator nalazi na odašiljaču, a više odašiljača može se rabiti za odašiljanje istog sadržaja. Referentni protokolarni složaj je na slici 2.22.

2.5.2. Struktura okvira

Da bi se mogla shvatiti struktura okvira podataka u tehnologiji DVB-T2 neophodno je najprije upoznati se s terminologijom kojom se opisuje ta tehnologija. Postoje dvije ključne grupe okvira podataka:

- a) fizički okviri (ovoj skupini pripadaju: superokvir, T2 okvir i simboli),
- b) logički okviri (ovoj skupini pripadaju: BBokviri, isprepleteni okviri i TI blokovi).

Zajedničko fizičkim i logičkim strukturama okvira podataka je pojam OFDM ćelija. OFDM ćelija je dio OFDM signala koji pripada jednom podnosiocu. Ona je modulirana određenom modulatorskom shemom, a može predstavljati podatke, pilote ili tzv. rezervirane tonove. Znači OFDM ćelija je sadržaj podnosilaca.

a) Fizički okviri

Najveći fizički okvir je super okvir te on sadrži T2 okvire i po potrebi takozvane FEF okvire. FEF (*Future Extension Frame*) okviri omogućuju buduću nadogradnju tehnologije. Najviše je 255 T2 okvira unutar super okvira. Najdulje trajanje T2 okvira je 250 ms (FEF traje isto toliko). Veličine T2 i FEF okvira mogu se međusobno razlikovati, ali svi T2 okviri unutar super okvira jednake su veličine. FEF se može ubaciti poslije svakog T2 okvira, a ako se FEF koristi, super okvir mora završiti s FEF okvirom. Najdulje trajanje super okvira iznosi $255 \times 250 \text{ ms} = 63,75 \text{ s}$ kad se ne koristi FEF. Kad se on koristi trajanje super okvira iznosi $255 \times 2 \times 250 \text{ ms} = 127,5 \text{ s}$. T2 okvir se dijeli na OFDM simbole, a svaki T2 okvir počinje s P1 simbolom. (FEF okvir također uvijek započinje s P1 simbolom). Svrha T2 okvira je prijenos PLP i potrebne signalizacije. FEF bi trebao omogućiti fleksibilno miješanje usluga. T2 okvir se sastoji od P1 simbola i više (N_{P2}) P2 simbola te podatkovnih simbola. Broj P2 simbola ovisi o veličini uporabljenog FFT postupka. Trajanje T2 okvira određeno je FFT veličinom, zaštitnim pojasom i brojem OFDM simbola,

$$T_F = L_F \times T_s + T_{P1},$$

gdje je:

T_F – trajanje okvira,

L_F – broj OFDM simbola (uključuje podatkovne i P2 simbole),

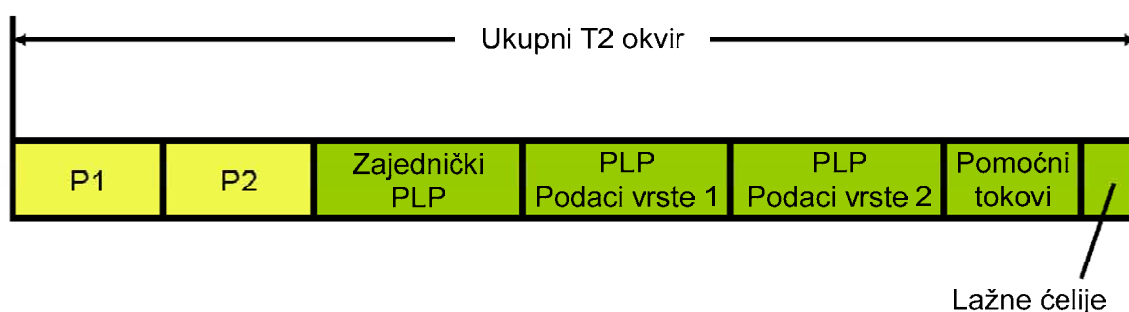
T_s – ukupno trajanje jednog OFDM simbola ($T_s = T_u + T_g$),

T_{P1} – trajanje P1 simbola,

T_u – trajanje korisnog dijela OFDM simbola,

T_g – trajanje zaštitnog intervala.

Trajanje P1 simbola iznosi 0,224 ms. Iz ovog izraza lako je izračunati najveći broj OFDM simbola unutar jednog okvira. (Najdulje trajanje okvira je 250 ms). Na slici 2.23. je prikaz T2 okvira.



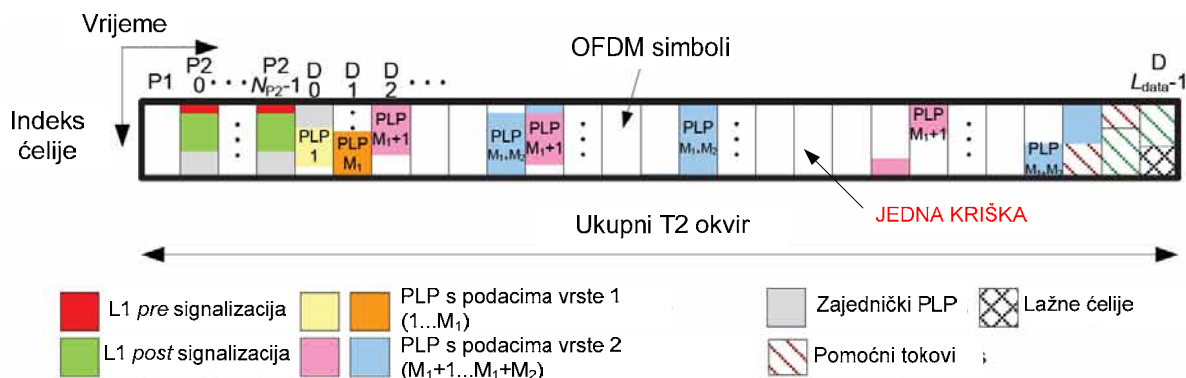
Slika 2.23. Struktura T2 okvira

P1 simbol određuje početak T2 okvira. Interesantno je spomenuti da je on dobiven 1k FFT postupkom, a vrsta modulacije je BPSK (najrobusnija). P2 simboli nose L1 signalizaciju (kako i kad se prenose PLP). Zajednički PLP nose, kao što i samo ime govori, podatke koji su zajednički (dijeljeni) od više PLP.

Ovdje se valja posebno zadržati na podatkovnim PLP. Naime, najvažnija novina u DVB-T2, u odnosu na DVB-T, je mogućnost odašiljanja određenih okvira podataka s različitim kodno-modulacijskim shemama i dubinama vremenskog ispreplitanja, odnosno različitim stupnjevima robusnosti prijenosa ili različitim višestrukim PLP. DVB-T2 ima i mogućnost odašiljanja jednog PLP, a tad dobivamo situaciju kao kod DVB-T. Taj slučaj neće se razmatrati. Kod višestrukog PLP postoje dvije mogućnosti:

- PLP tip I i,
- PLP tip II.

PLP tip I pokazuje da se sadržaj jednog PLP prenosi u jednoj kriški (*Single Slice*) unutar T2 okvira, dok PLP tip II kazuje da se sadržaj jednog PLP unutar T2 okvira prenosi u više kriški (*More Sub-slices*). Ilustracija navedenog može se pronaći na slici 2.24. koja prikazuje kompleksnu strukturu T2 okvira. Ovi tipovi nazivaju se još i mod A ili mod B odašiljanja.

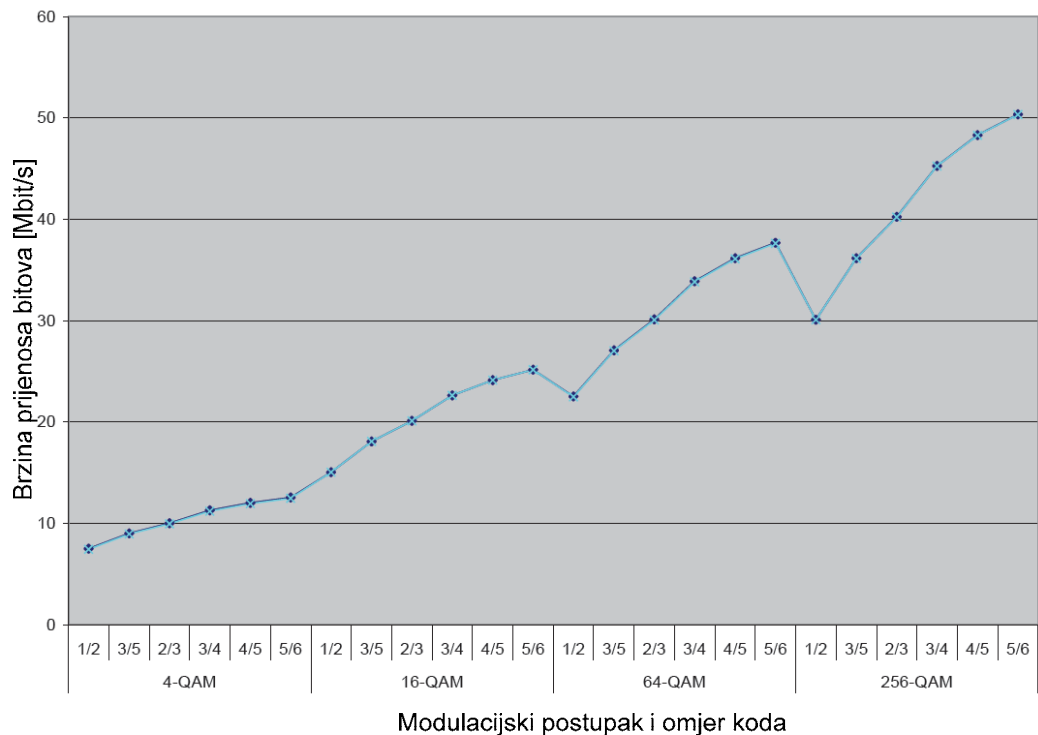


Slika 2.24. Kompleksna struktura T2 okvira

P2 simboli i podatkovni simboli sadrže različit broj pilota što znači da postoje različiti brojevi aktivnih OFDM ćelija koje se mogu koristiti za prijenos podataka. Od posebnog je interesa znati koliki je broj dostupnih "aktivnih" ćelija unutar jednog podatkovnog simbola. Ti se podaci nalaze u tablici 2.13. iz koje izlazi da broj aktivnih ćelija po podatkovnom simbolu ovisi o dimenziji postupka FFT (normalni i produženi mod) i o postavkama razasutih pozicija pilota (od PP1 do PP8).

Tablica 2.13. Broj dostupnih podatkovnih ćelija (C_{data}) u jednome podatkovnom simbolu

FFT	C_{data}								Rezervirani nosioci
	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8	
1k	764	768	798	804	818				10
2k	1522	1532	1596	1602	1632		1646		18
4k	3084	3092	3228	3234	3298		3328		36
8k normalni	6208	6214	6494	6498	6634		6698	6698	72
8k produženi	6296	6298	6584	6588	6728		6788	6788	72
16k normalni	12418	12436	12988	13002	13272	13288	13416	13406	144
16k produženi	12678	12698	13262	13276	13552	13568	13698	13688	144
32k normalni		24886		26022		26592	26836	26812	288
32k produženi		25412		26572		27152	27404	27376	288



Slika 2.25. Brzina prijenosa bitova uz: kanal od 8 MHz, 32k FFT, produženi mod nosilaca, zaštitni pojas 1/128, položaj pilota PP7

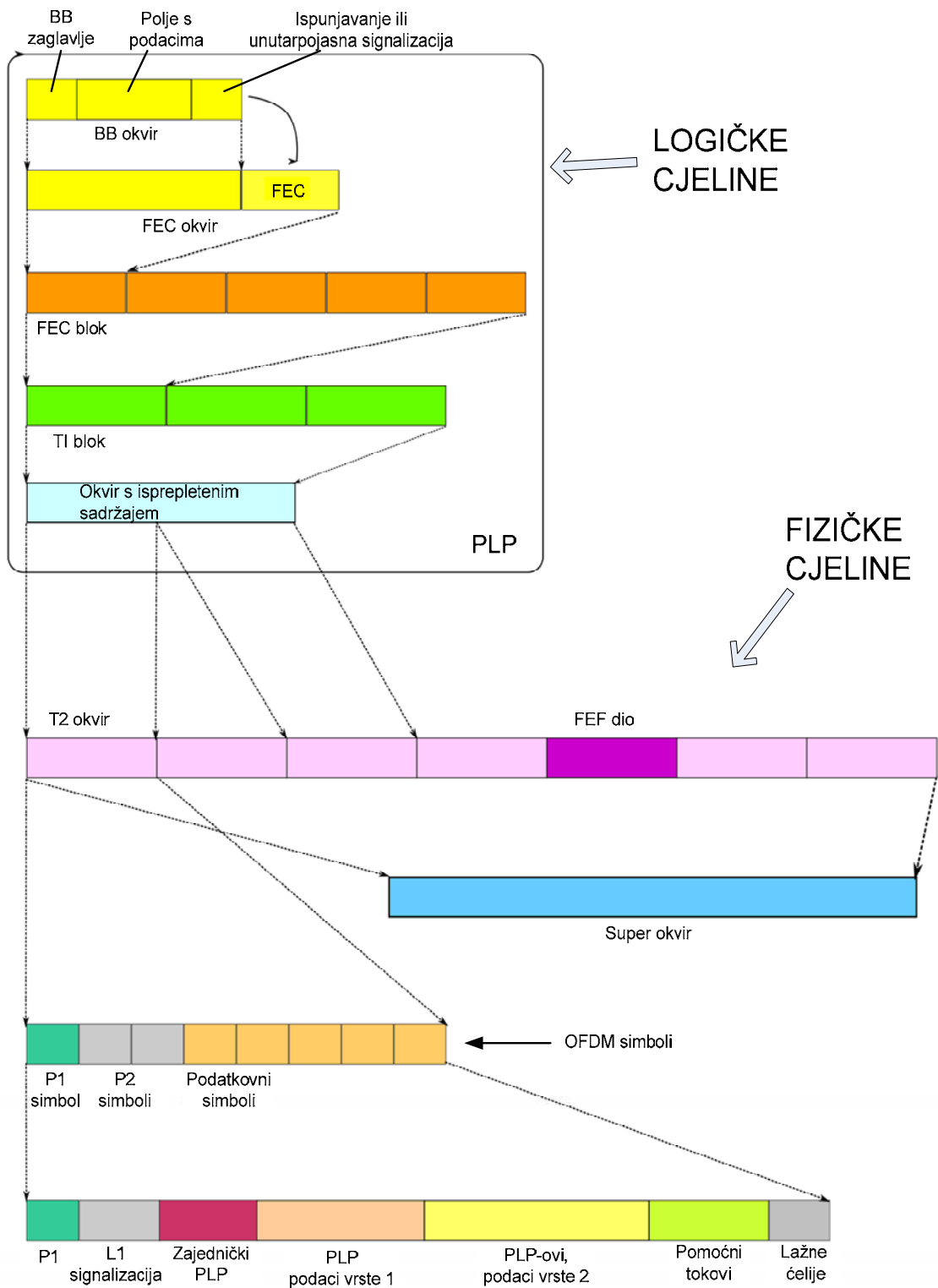
Uvidom u sliku, koja pokazuje kompleksnu strukturu okvira, zaključuje se da unutar T2 okvira ima $L_{\text{data}} - 1$ podatkovnih simbola. Kapacitet podatkovnih ćelija unutar T2 okvira dobiva se kao produkt $(L_{\text{data}} - 1)$ i C_{data} iz tablice 2.13.

Prilično je složen proračun ukupne brzine podataka u DVB-T2, jer ona ovisi o dosta parametara te se ta problematika neće razmatrati u ovoj studiji. Za detalje upućujemo na poglavlje 6.3 u *DVB Document A133*.

Kao primjer može se navesti rezultat za širinu kanala od 8 MHz, 32k FFT, produženi mod nosilaca, zaštitni pojas 1/128 i položaj pilota PP7 (slika 2.25.).

b) Logički okviri

Osnovna jedinica logičkih okvira je osnovni okvir (BB okvir). U njega se ugrađuju ulazni paketi podataka. BB okvir čine: zaglavlje, polje s podacima i unutarpojasna signalizacija. Cijeli osnovni okvir se tretira kao informacija nad kojom se provodi zaštitno kodiranje (BCH i LDPC). Rezultirajuća kodna riječ sadrži 64 800 ili 16 200 bitova i poznata je pod nazivom FEC okvir. Ove dvije različite duljine FEC okvira posljedica su korištenja dugih ili kratkih FEC blokova. TI (*Time Interleave*) blok je skup OFDM ćelija unutar kojih je provedeno vremensko ispreplitanje.



Slika 2.26. Logički i fizički okviri podataka u tehnologiji DVB-T2

Nema ispreplitanja između različitih TI blokova. TI blok sadrži cjelobrojnu veličinu FEC blokova, a cjelobrojni broj FEC blokova

tvori okvir s ispreplitanjem. Okvir s ispreplitanjem ima vremensko trajanje koje je cjelobrojni višekratnik trajanja T_2 fizičkog okvira.

Koncept s okvirima je poprilično složen, ali će slika 2.26. dobro poslužiti kao ilustracija radi razumijevanja načela rada.

2.5.3. Parametri prijenosnog signala

U parametre prijenosnog signala ubrajaju se elementarni interval T i OFDM parametri. Sve veličine vremenskih parametara iskazane su kao višekratnici elementarnog intervala T koji je različit za različite širine kanala (tablica 2.14). Vrijednosti OFDM parametara nalaze su u tablici 2.15.

Razmak između podnosilaca jednak je $1/T_u$. U literaturi se najčešće nalaze podaci za kanale širine 8 MHz, jer se očekuje najveća primjena DVB-T2 u toj širini kanala.

Tablica 2.14. Elementarni interval kao funkcija širine pojasa kanala

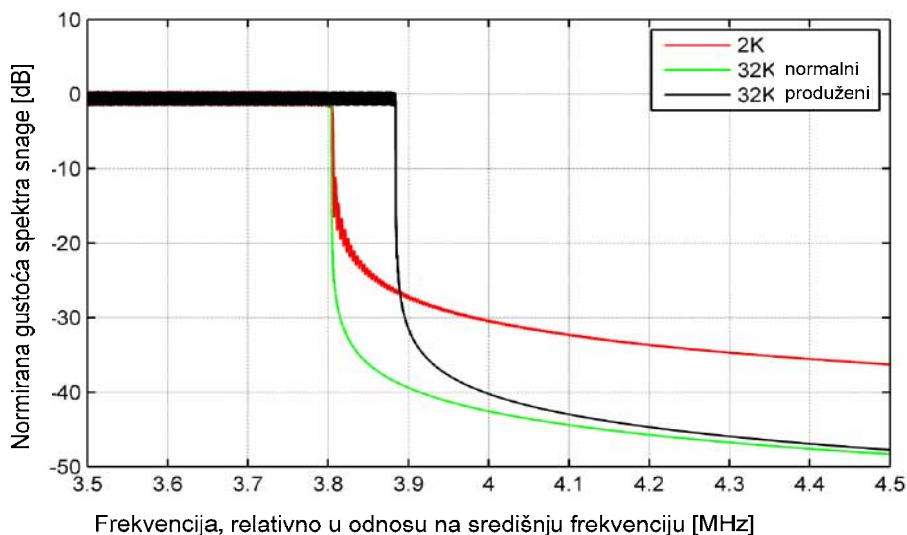
Širina pojasa kanala [MHz]	1,7	5	6	7	8	10
Elementarni interval T [μ s]	71/131	7/40	7/48	1/8	7/64	7/80

Tablica 2.15. OFDM parametri

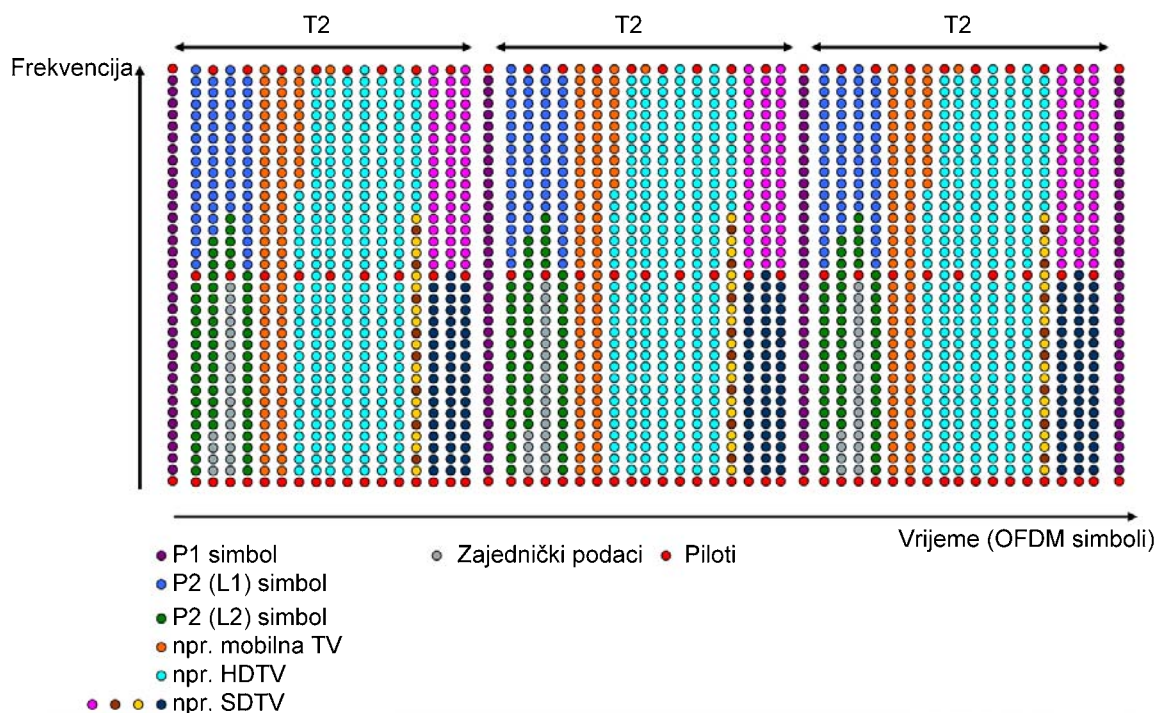
Parametar	1k	2k	4k	8k	16k	32k	
Ukupni broj podnosilaca K_{uk}	Normalni mod podnosilaca	853	1705	3409	6817	13633	27265
	Produženi mod podnosilaca				6913	13921	27841
Početna K_{min} i krajnja K_{mak} oznaka podnosioca	Normalni mod podnosilaca	0; 852	0; 1704	0; 3408	0; 6816	0; 13632	0; 27264
	Produženi mod podnosilaca				0; 6912	0; 13920	0; 27840
Korisno trajanje simbola T_u	$1024 \times T$	$2048 \times T$	$4096 \times T$	$8192 \times T$	$16384 \times T$	$32768 \times T$	

U kanalu širine 8 MHz razmak između podnosilaca kreće se u od 8929 Hz (1k) do 279 Hz (32k), a razmak između krajnjih podnosilaca iznosi 7,61 MHz za normalni mod. Za produženi mod nosilaca ta širina iznosi 7,71 MHz (8k) i 7,77 MHz (16k i 32k). Slika 2.27. pokazuje razlike u spektru za normalni i produženi mod.

Pomoću tablica 2.14. i 2.15. lako je izračunati vrijednosti i za ostale širine kanala. Kao zgodna ilustracija prijenosnog signala poslužit će slika 2.28. Ovisno o korištenoj shemi pilota (PP1 do PP8) generirat će se učinkovitiji prijenos ako se koristi manji broj pilota (npr. PP7) ili robusniji prijenos s većim brojem pilota (npr. PP1). Udio pilota u ukupnom broju podnosilaca stoga varira od ~2 do 8 %. Piloti su uvijek modulirani po BPSK modulacijskoj shemi.



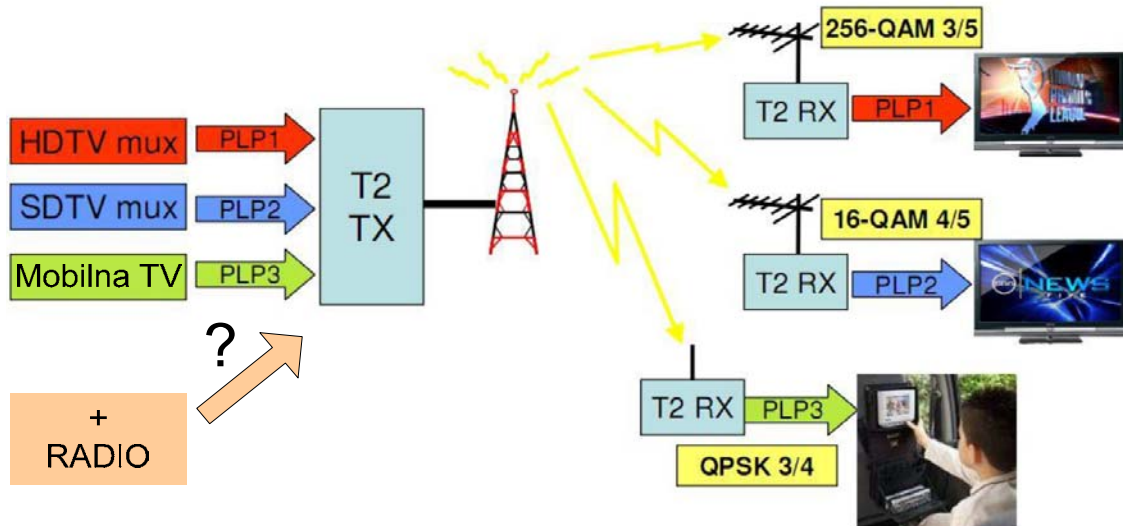
Slika 2.27. Teorijski spektar DVB-T2 signala u kanalu širine 8 MHz



Slika 2.28. Prikaz strukture prijenosnog signala

2.5.4. Konfiguracije u odašiljačkim mrežama

DVB-T2 dozvoljava veliku raznolikost u praktičnoj konfiguraciji odašiljačke mreže. Ona se lako može prilagoditi različitim zahtjevima. Moguće su mnogobrojne kombinacije kao što su:



Slika 2.29. Moguća konfiguracija tehnologije DVB-T2 za odašiljanje različitih vrsta sadržaja

- odašiljanje za jednu vrstu usluge (jedan PLP; slično sadašnjem DVB-T),
- prijenos više različitih sadržaja (višestruki PLP; prenosi se SDTV, HDTV, mobilna TV?, radio?),
- realizacija SFN mreže velikog područja...

Najveća prednost tehnologije DVB-T2 (objedinjavanje različitih usluga) postavlja velike izazove u pravilnoj konfiguraciji tehnologije. Mogućnosti namještanja parametara za rad u tehnologiji DVB-T2 su jako, jako velike. Na slici 2.29., prikazana je jedna moguća konfiguracija za odašiljanje različitih sadržaja.

2.6. Tehnologija FMeXtra

2.6.1. O tehnologiji općenito

FMeXtra je tehnologija koja postojećim FM radijskim postajama omogućava odašiljanje dodatnih digitalnih radijskih programa uz postojeći analogni program. Pri tome se ne mijenja zauzetost spektra. Cjelokupni sustav se koristi takozvanim povećanjem kapaciteta koji, iako je dostupan, ne koristi većina pružatelja radijskih usluga.

Unutar tehničkih normi, koje se rabe u Europi, može se odašiljati još do dva digitalna stereo kanala uz postojeći analogni signal. Ti

digitalni kanali se dodaju analognom signalu na način na koji je sličan dodavanju RDS signala. Prijam FMeXtra digitalnih signala nije moguć s postojećim FM prijemnicima, već je potreban novi prijamnik s odgovarajućom mogućnošću.

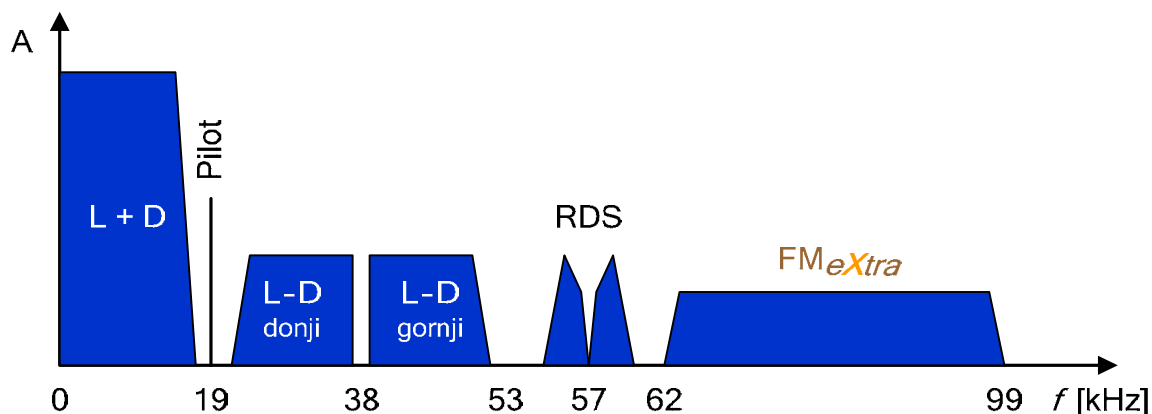
Struktura FM signala

FM signal sastoji se od nekoliko dijelova koji se međusobno zbrajaju u jedan multipleksirani signal (MPX signal, slika 2.30). FMeXtra koristi dio „nečujnog“ područja i nove podnosiocice. Dostupna širina pojasa za FMeXtra podnosiocice ovisi o postavkama odašiljanja,

- da li se odašilje mono ili stereo signal i,
- da li se odašilju već neke informacije u predviđenom pojasu?

FMeXtra je dosta fleksibilan i lako se može prilagoditi različitim konfiguracijama.

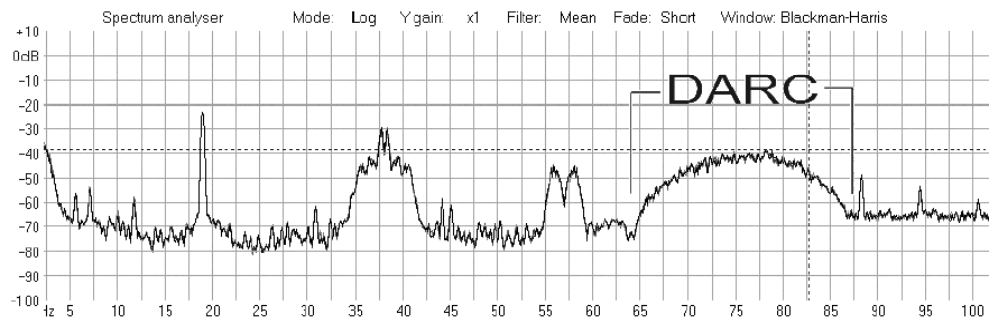
U Europi, FMeXtra može koristiti dio spektra modulacijskog signala za FM koji se nalazi između 60 kHz i 99 kHz. To je dovoljna širina pojasa za nekoliko dodatnih programa. FMeXtra signal je dio FM modulacijskog signala, ali ga se ne može uspoređivati s tehnologijom HD Radio koja zahtjeva promjenu svih komponenti.



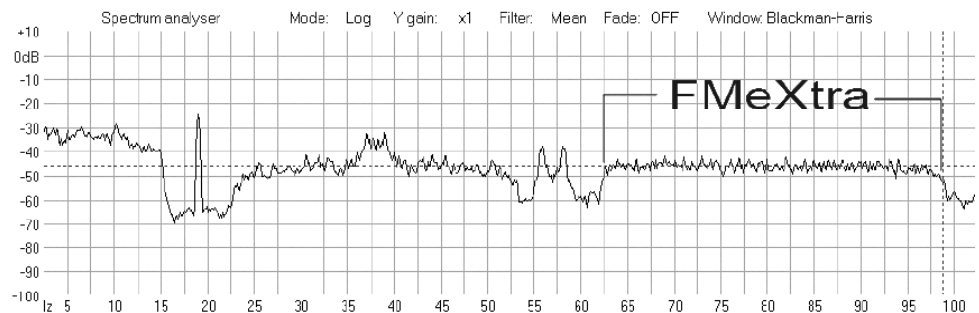
Slika 2.30. Spektar FM signala i područje frekvencija signala FMeXtra

Osnovni pojas frekvencija (ukratko)

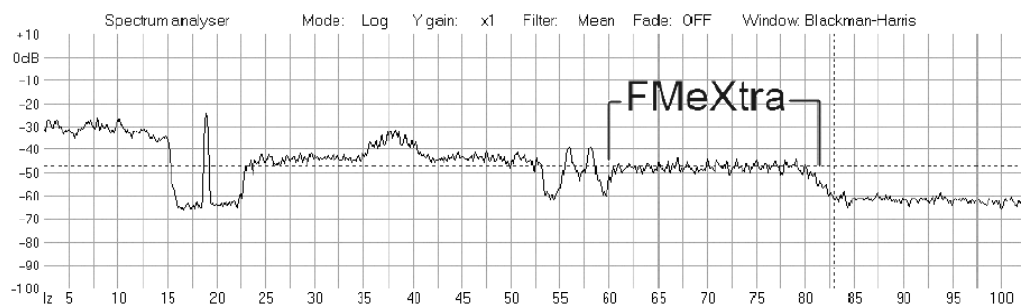
FMeXtra koristi dio spektra koji se može rabiti i za prijenos DARC (*DATA Radio Channel*) informacija (prijenos posebnih podataka, obično za poslovne aplikacije ili za usku grupu korisnika) unutar FM signala. Kod stereo FM signala prostor od 60 – 99 kHz je dostupan za odašiljanje FMeXtra sadržaja. U Europi su odgovarajući načini rada: normalni način rada (62 – 99 kHz) i uskopojasni način rada (60 – 83 kHz) prema slikama 2.32. i 2.33.



Slika 2.31. Spektar DARC informacija



Slika 2.32. Normalni način rada

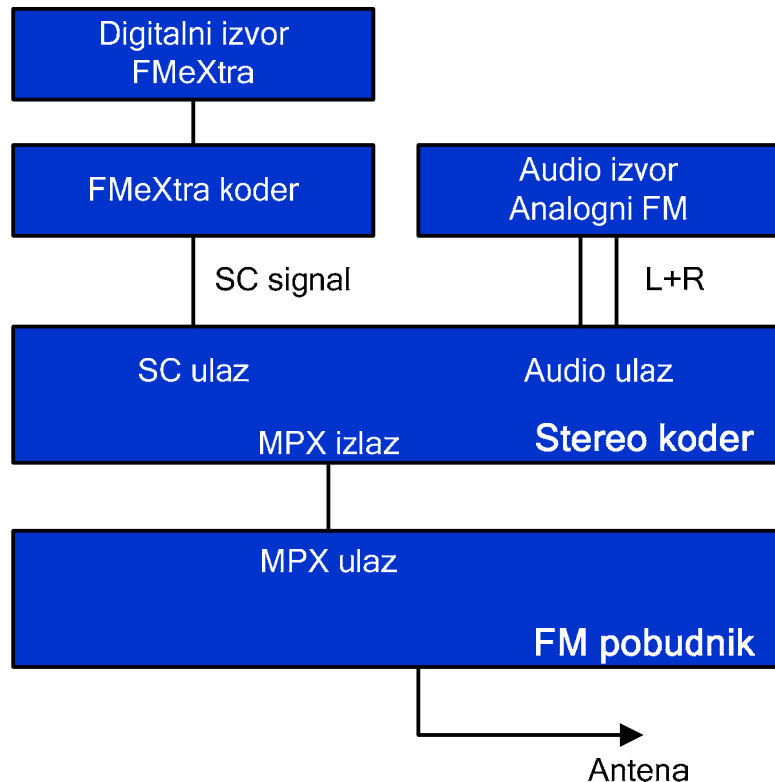


Slika 2.33. Uskopjasni način rada

Niti jedan od ova dva načina rada nema utjecaja na modulaciju (ITU BS.412-9/ ITU-R SM.1268-1) ako se pravilno podese razine FMeXtra signala. U tom slučaju cjelokupni signal ne uzrokuje smetnje sa susjednim kanalima.

Postavke tehnologije FMeXtra

FMeXtra se jednostavno povezuje s bilo kojim FM sustavom. FMeXtra koder priključuje se na bilo koji ulaz za podnosioc. Ako postoji samo ulaz za MPX signal onda se FMeXtra koder spaja na vanjski stereo koder ili procesor zvuka. Slika 2.34. prikazuje dijagram spajanja kad se koristi vanjski stereo koder.



Slika 2.34. Dijagram spajanja FMeXtra signala i klasičnog analognog audiosignala

Uvjetovani pristup

FMeXtra koder isto tako posjeduje modul za uvjetovani pristup (CA, *Conditional Access*). CA modul omogućuje kodiranje FMeXtra zvučnog i podatkovnog toka kako bi ga mogli dekodirati samo korisnici s dozvolom. CA modul je jako fleksibilan i može se koristiti za razne aplikacije (npr. preplaćene usluge, roditeljski nadzor). Modul koristi Internet normu SRTP (*Secure Real-time Transport Protocol*) za kodiranje podataka. Korištenje Internet norme omogućuje izravno slanje kodiranog sadržaja koji dolazi s Interneta. Aplikacije FMeXtra koda mogu izravno izvoditi SRTP kodiranje „sirovog“ zvuka ili drugih podataka. Pritom se koristi algoritam AES128.

2.6.2. Tehnički podaci za tehnologiju FMeXtra

FMeXtra signal sastoji se od podataka koji moduliraju podnosioc (SCA, *Sub Carrier Inputs*). Druge uobičajene komponente FM signala u osnovnom pojasu frekvencija uključuju:

- mono audiosignal (L + D), stereo pilotski signal frekvencije 19 kHz,
- analogni signal razlike (L – D),
- podacima modulirani RDS nosilac na frekvenciji od 57 kHz i

- druge analogne ili digitalne SCA podatke.

FMeXtra signal se, dakle, linearno kombinira s ostalima uobičajenim signalima. Rezultirajući kompozitni signal (MPX), upravlja modulacijom frekvencije (FM).

FMeXtra signal u osnovnom pojasu frekvencija zauzima dostupno spektralno područje gdje nema drugih spektralnih komponenata. Stvarna širina pojasa u osnovnom pojasu određena je načinom rada koder. Kad je prisutna analogna stereo komponenta u MPX signalu koder je podešen tako da zauzima područje od 61 – 99 kHz. Ako je prisutna samo analogna mono komponenta onda FMeXtra signal može zauzimati područje od 20 – 99 kHz. Postoji i polovično zauzeti način rada kod kojega FMeXtra signal zauzima samo manji dio SCA pojasa omogućujući tako rad FMeXtra i jednog postojećeg analognog FM SCA kanala.

Širina pojasa RF FM signala veća je od širine pojasa u osnovnom pojasu zbog nelinearnih FM procesa i izravno ovisi o svim komponentama kompozitnoga modulacijskog signala za FM. Kao rezultat usklađenosti RF spektralne maske FM signala, koji sadrži FMeXtra, *SCA može biti određena samo u ovisnosti o stvarnom analognom audiosignalu*. Zauzetost FMeXtra digitalnih SCA kanala ne ovisi o bitovima informacije, jer su podaci promiješani aplikacija.

Sam FMeXtra signal sastoji se od puno signala koji su linearno ukomponirani u kompozitni FMeXtra signal. Kompozitni signal uključuje:

- referentni signal,
- podnosiocima koji dostavljaju informacije o postavkama sustava i sinkronizaciji okvira,
- mnoštvo podatkovnih podnosilaca za usluge.

Podatkovni podnosioci su međusobno ortogonalni kako ne bi međusobno utjecali jedan na drugoga. Iz navedenog slijedi da je FMeXtra signal primjer MCM signala (*Multicarrier Modulation*) odnosno OFDM signala. Svaki sastavni dio komponentnog signala u FMeXtra MCM signalu traje 1 ms, što daje brzinu prijenosa simbola od 1 kBd. Stvarni broj podnosilaca ovisi o načinu rada, dok je trajanje zaštitnog intervala oko 100 μ s.

Referentni signal je ponavljajući signal koji se koristi u svrhu ostvarenja sinkronizacije simbola u prijammniku kao i za ujednačavanje signala na strani prijammnika.

Podnosioci koji prenose postavke sustava su modulirani s ponavljajućim podacima koji opisuju postavke FMeXtra signala. Konkretno, ti podnosioci prenose informaciju o trenutnim postavkama tehnologije FMeXtra kao što su: dubina ispreplitanja, vrsta modulacije, ali i kritične informacije dostupnih usluga. Podaci na tim podnosiocima se često ponavljaju pa stoga informacija ima viši

stupanj pouzdanosti. Za prijenos informacija na podnosiocima s postavkama tehnologije uvijek se koristi QPSK shema.

Preostali podatkovni podnosioci su modulirani s manje važnim servisnim informacijama i trenutnim podacima usluge (zvuk, video, tekstualne poruke, slike). Ti podatkovni nosioci se onda mogu modulirati s QPSK, 8-PSK, 16-QAM ili 32-QAM modulacijskim shemama.

Aplikacijski ili uslužni podaci su kodirani s blokovskim kodovima za unaprijedno ispravljanje pogrešaka (FEC) kako bi se zaštitili od pogrešaka. Kodirani podaci se dijele u blokove od 4096 bita te tako tvore FMeXtra FEC okvir. Zalihost uslijed FEC koda se kontrolira postavkama omjera koda koji može biti između 0,63 i 0,79. Svaki FEC okvir se zatim izmiješa koristeći postupak ispreplitanja. Tim postupkom se poboljšavaju osobine tehnologije u slučaju grupiranja pogrešaka. Dubina ispreplitanja može poprimiti nekoliko različitih vrijednosti u ovisnosti o kašnjenju i iznosi od najmanje 1 sekunde do najviše 8 sekundi. Povećanje dubine ispreplitanja poboljšava otpornost sustava na grupu pogrešaka, ali kao nedostatak javlja se povećanje vremena inicijalizacije i vremena obnove podataka. Podnosioci koji prenose postavke tehnologije nisu obuhvaćeni ovim postupkom.

FEC okviri traju 64 ms i dostavljaju dijelove podatkovne usluge. Svaki okvir sastoji se od kratkog zaglavlja i korisnog dijela. Područje sa zaglavljem sadrži indeks usluge, pomak i kašnjenje ostatka FEC okvira. Dio okvira koji predstavlja zaglavlje kodira se s CRC od 8 bita.

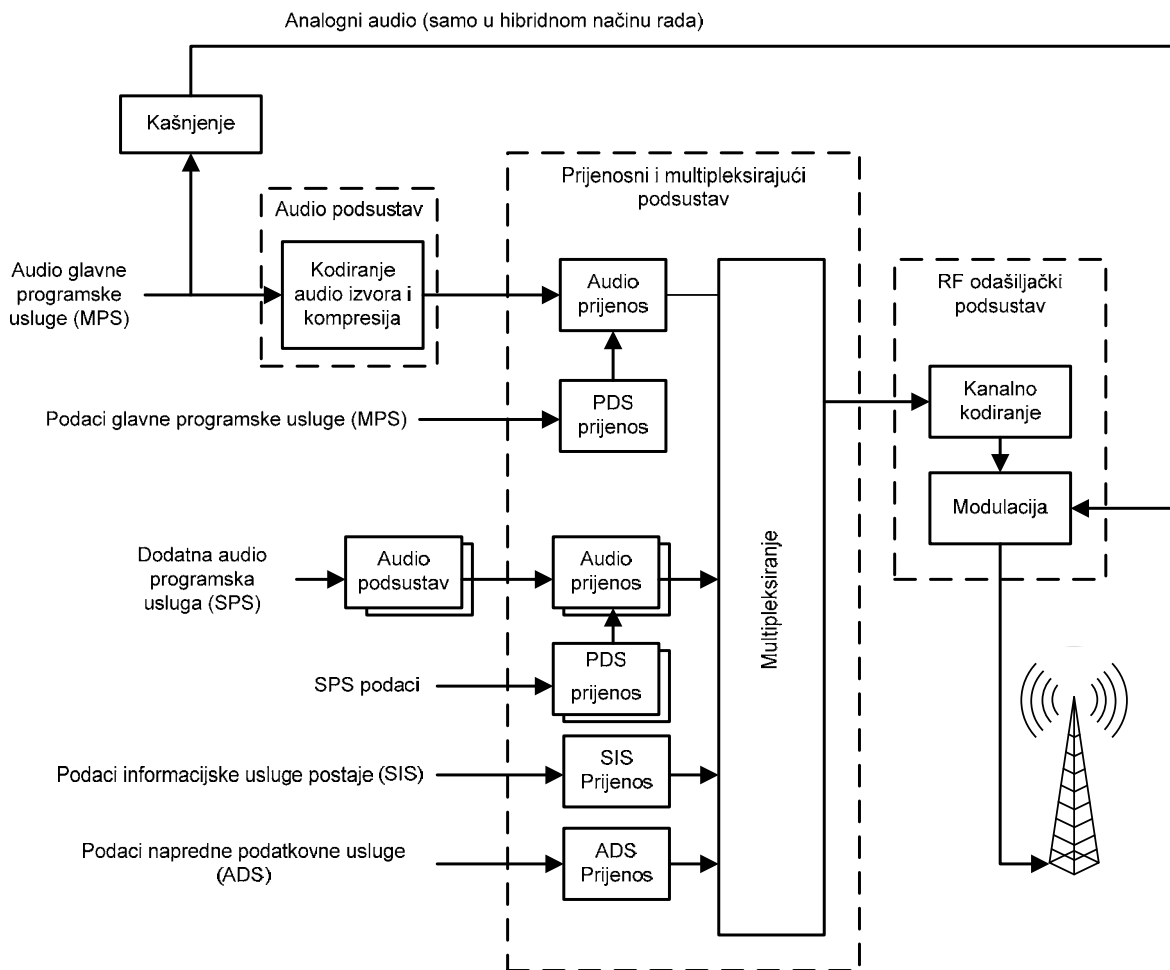
Podatkovni dio može biti komprimirani zvuk, video, slika ili datoteka. FMeXtra podržava ukupno 16 usluga; 14 korisničkih usluga, dok su 2 usluge rezervirane za potrebe sustava. Podatkovne usluge su podijeljene u okvire usluga. Duljina uslužnih okvira ovisi o prirodi usluge i nema veze s duljinom modulacijskog okvira ili s duljinom FEC okvira. Najveća duljina uslužnog okvira je 65535 bita, iako sve usluge ne mogu prihvatiti najveću duljinu. Svaki uslužni okvir koristi 16 bitni CRC u svrhu otkrivanja pogrešaka. Uslužni se okviri mogu odašiljati sa ili bez SRTP kodiranja. SRTP kodiranje je otvorena norma za zaštitu povjerljivih podataka i pružanje uvjetnog pristupa informacijama. FMeXtra primjenjuje SRTP koristeći AES-CM kodiranje s 128 bitnim ključem.

Tehnologija FMeXtra uključuje podršku za AAC, aacPlus, AMR-WB i AMR-WB+ kodere, ali se mogu dodati i drugi audio koderi prema potrebi.

2.7. Tehnologija HD Radio (ili IBOC/IBAC)

HD Radio je komercijalni naziv tvrtke iBiquity Digital Corporation za IBOC (*In-Band On-Channel*). IBOC je digitalna radijska tehnologija za odašiljanje, definirana kako bi omogućila jednostavni prijelaz s trenutnoga analognog odašiljanja radija na potpuno digitalno odašiljanje. Ovom tehnologijom isporučuju se digitalni zvuk i podatkovne usluge na mobilne, prenosive i fiksne prijamnike u već postojećim AM i FM radijskim kanalima (vrijedi za SAD) preko mreže zemaljskih odašiljača. Analogni AM i FM signali mogu se istodobno odašiljati s IBOC digitalnim signalom. Na taj način slušatelji mogu prijeći s analognog na digitalni radio uz zadržavanje trenutnih frekvencijskih kanala.

Na ulazu je komprimirani digitalni signal. Tehnologija koristi tehnike obrade signala u osnovnom pojasu frekvencija (*Interleaving, Forward Error Correction*) kako bi se povećala otpornost na smetnje u radijskom kanalu.



Slika 2.35. Pregled digitalne radijske tehnologije IBOC

Tako se omogućuje odašiljanje audiosignala visoke kvalitete i dodatnih podataka, koristeći pritom manje snage i samo neke dijelove spektra kako bi se smanjile smetnje s postojećim analognim signalom.

Na slici 2.35. su prikazana tri glavna podsustava IBOC digitalne tehnologije određena normom NRSC-5 te veza među njima. Glavni podsustavi su:

- odašiljački podsustav,
- podsustav za prijenos i multipleksiranje usluga,
- audio i ulazni podatkovni podsustav.

Tehnologija je odabrana 2002. godine od strane FCC (*Federal Communication Comission*) kao metoda za digitalno odašiljanje zvuka na području Sjedinjenih Američkih Država. Tehnologija se koristi na području srednjih frekvencija (MF) i vrlo visokih frekvencija (VHF). Iako se HD Radio većinom koristi u hibridnom načinu radu, podržava i potpuno digitalni način odašiljanja. Trenutno više od 1900 radijskih postaja u SAD odašilje ovom tehnologijom te je pritom pokriveno 84% teritorija. Iako tehnologija u dijelu svog naziva ima oznaku 'HD' ona se ne odnosi na zvuk visoke kvalitete (*High Definition*) već samo označava "brand". Radijske postaje koje, žele biti opremljene tehnologijom HD Radio moraju platiti jednokratnu naknadu za pretvaranje svog primarnog audio kanala u iBiquity HD Radio tehnologiju, te dodatno 3% naknade za svaki dodatni digitalni kanal. Trošak pretvaranja se kreće od 100 000 do 200 000 američkih dolara. Proizvođači opreme također moraju platiti određene naknade.

2.7.1. Odašiljački podsustav

Odašiljački podsustav prima multipleksirani tok podataka te nad njim obavlja kodiranje i ispreplitanje. To omogućuje prijammniku rekonstruiranje podataka čak i kad primljeni signal ne odgovara u potpunosti odaslanom signalu, a što se događa uslijed izobličenja u radijskom kanalu. Multipleksirani i kodirani tok podataka modulira podnosiocem za OFDM te se sve na kraju prebacuje u AM odnosno FM frekvencijsko područje. AM odašiljanje se dalje ne analizira, jer nije prikladno za Europu.

2.7.2. Podsustav za prijenos i multipleksiranje usluga

Podsustav za prijenos i multipleksiranje usluga pruža informacije koje se trebaju odaslati odašiljačkim podsustavom. Podsustav prima audio i podatkovne informacije, organizira ih u pakete te multipleksira pakete u jedan tok podataka. Svaki paket se jedinstveno identificira kao audio ili podatkovni paket. Određeni podatkovni paketi (oni koji sadrže programske uslužne usluge, tj. naziv

pjesme, izvođača ...) su dodaju se pripadajućem audio paketskom toku prije učitavanja u multiplekser. Transportni tok je modeliran oslanjajući se na normu ISO 7498-1.

2.7.3. Audio i ulazni podatkovni podsustav

Audio ulazi

Kodiranje i kompresija glavne programske usluge (MPS, *Main Program Service*) i dodatne programske usluge (SPS, *Supplemental Program Service*) audiosadržaja mora se obaviti prije nego se audioinformacija ubaci u prijenosni podsustav. Svaka audio usluga (glavna programska usluga te svaka pojedinačna dodatna programska usluga) ima vlastiti podsustav za kodiranje, kompresiju i prijenos izvornih podataka. Odgovarajući sustavi za audiokodiranje i kompresiju trebaju koristiti prikladnu tehnologiju (npr. percepcijsko audiokodiranje) kako bi se smanjila brzina prijenosa podataka za opisivanje audiosignala.

Kod hibridnih načina rada analogni MPS audio je također moduliran izravno na nosilac kako bi se zadržala kompatibilnost s postojećim analognim prijammnicima. Stoga analogni MPS audio ne prolazi kroz prijenosni sustav za audio, ali mu se dodaje kašnjenje kako bi na prijammnik stizao u približno isto vrijeme kad i digitalni signal. Kašnjenje se unosi kako bi neprimjetan bio prijelaz s prijama digitalnog signala na prijam analognog signala, kad je kvaliteta digitalnog signala nedovoljna. To je iskorišteno i kod brze promjene kanala, što omogućava prijammniku demodulaciju i reprodukciju prvo analognog toka pa zatim promjenu na digitalni audio tok.

Podatkovni ulazi

Dvije su vrste podatkovnih ulaza kod digitalne radijske tehnologije IBOC. Prvu vrstu čine podatci programske usluge, koji uključuju opisne informacije povezane s odašlim audio programom kao što su npr. ime pjesme i autora. U drugoj vrsti su podatci koji nisu povezani s programskom uslugom, koji se općenito spominju kao drugi podatkovni ulazi.

a) Podatkovni ulazi programske usluge

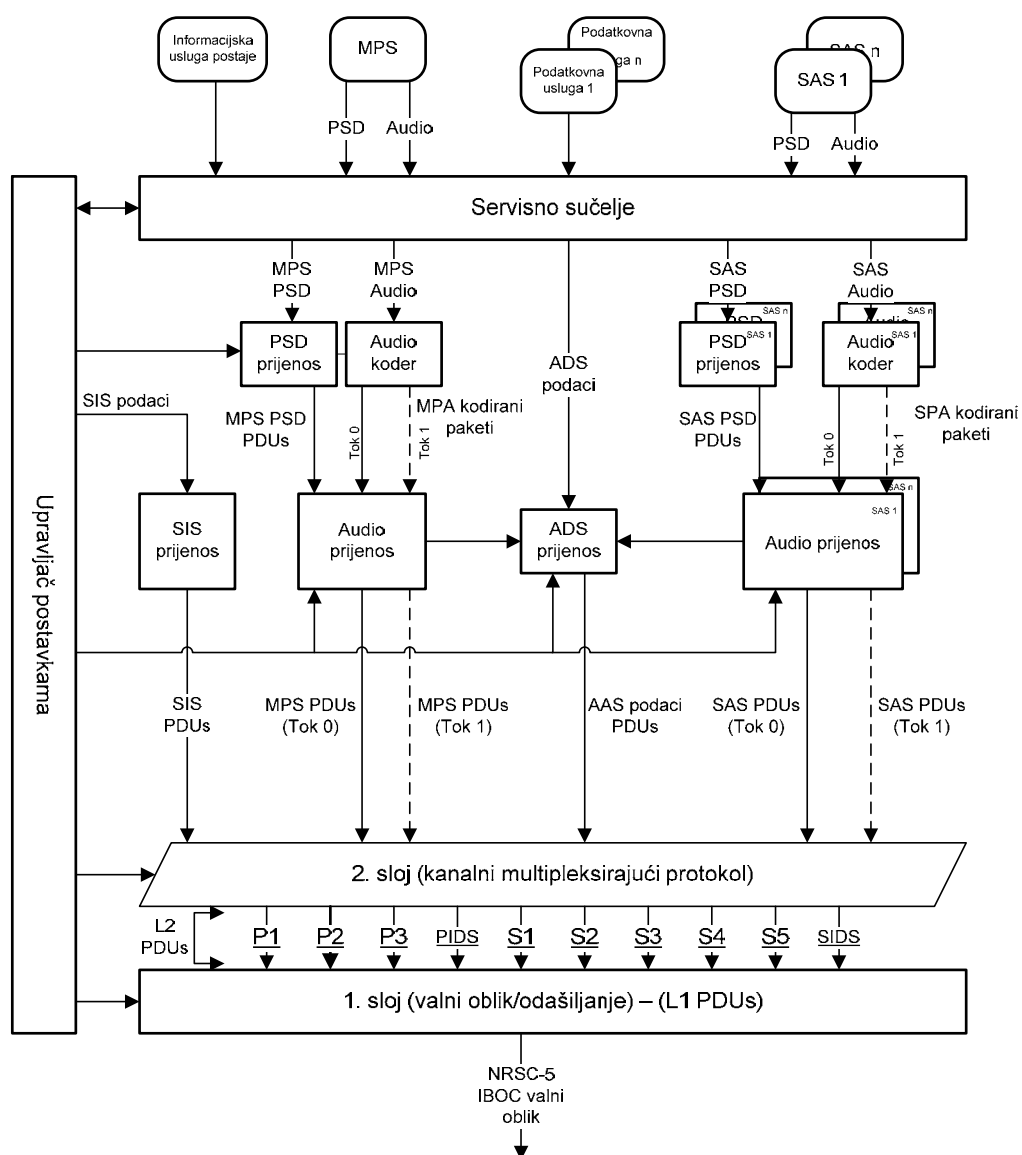
Postoje dvije vrste podataka programske usluge. Jedno su podatci programske usluge (PSD, *Program Service Data*), koji se odašilju zajedno s programskim sadržajem, a koji sadrže kompletni opis audioprograma kojeg slušatelj čuje. PSD polja uključuju naziv pjesme, autora, albuma, žanr, komentare, reklame i preporučene indikatore.

Drugu vrstu podataka programske usluge čine podatci informacijske usluge postaje (SIS, *Station Information Service*). SIS podatci pružaju općenitije informacije o programu radijske postaje, kao i

neke tehničke podatke korisne za aplikacije koje nisu povezane s programom. SIS polja uključuju identifikacijski broj postaje, oznaku postaje, naziv postaje, lokaciju postaje, dva polja koja su dodijeljena vremenu postaje, polje koje dopušta pružatelju usluge slanje proizvoljnih tekstualnih poruka i dva rezervirana polja.

b) Drugi podatkovni ulazi

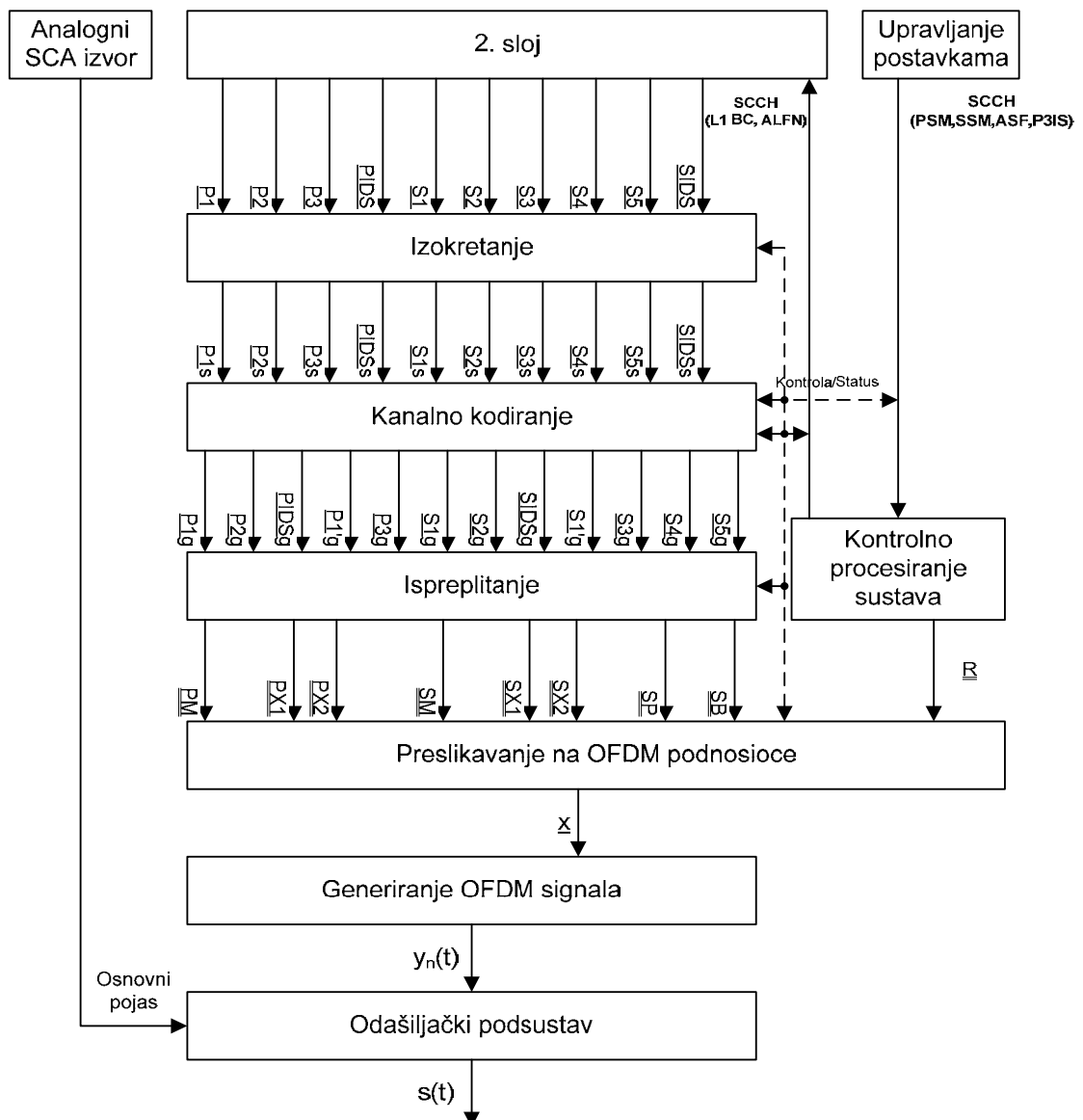
Napredne podatkovne usluge (ADS, *Advanced Data Services*) omogućuju pružateljima usluge slanje informacija koje nisu vezane za MPS, SIS ili SPS. Ove usluge mogu prenositi bilo koji oblik i sadržaj, koji se može iskazati kao podatkovna datoteka ili podatkovni tok, uključujući i audio uslugu. Primjer takvih usluga uključuje,



Slika 2.36. Implementacija NRSC-5 IBOC norme u pojasu za FM radiodifuziju

- vizualne efekte povezane sa MPS, SIS ili SPS uslugama;
- multimedijски prikaz dionica, novosti, vremena i zabavnog programa koji uključuje zvuk, tekst i slike; ažuriranje sustava ugrađenih u vozilo;
- lokalnu pohranu sadržaja za kasniju reprodukciju; ciljano reklamiranje te ažuriranje prometnih informacija u svrhu navigacije.

2.7.4. Obilježja odašiljanja u pojasu frekvencija za FM radiodifuziju



Slika 2.37. Funkcijski blok dijagram FM radijskog sučelja (1. sloj) s prikazom toka podataka

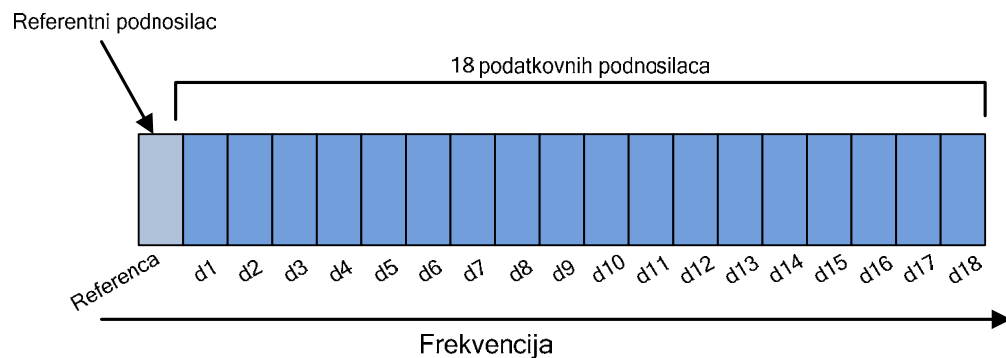
Slika 2.36. prikazuje kako je normom definiran odašiljački dio povezan s ostalim dijelovima sustava. To je prikaz cijelog ostvarenja u frekvencijskom području FM radiodifuzije prema normi NRSC-5 IBOC za digitalni radio.

Funkcijski blok dijagrama procesiranja na 1. sloju je na slici 2.37. Zvuk i podaci prosljeđeni su s viših slojeva na fizički sloj modemu tj. preko 2. sloja.

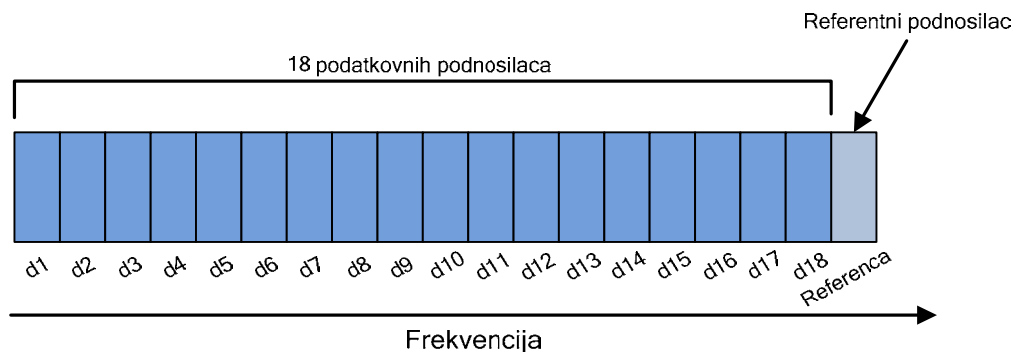
Kod AM i FM odašiljanja primjenjuju se iste tehnike. Razlika je u tome što je kod FM odašiljanja broj ulaznih podataka veći zbog veće korištene širine pojasa frekvencija.

2.7.5. Valni oblik i spektar signala

Izlazni spektar se razlikuje ovisno o vrsti digitalnoga valnog oblika: hibridni, prošireni hibridni i potpuno digitalni. Svaki spektar je podijeljen u nekoliko bočnih pojaseva koji predstavljaju različite grupe podnosilaca.



Slika 2.38. Frekvencijska podjela – redoslijed A



Slika 2.39. Frekvencijska podjela – redoslijed B

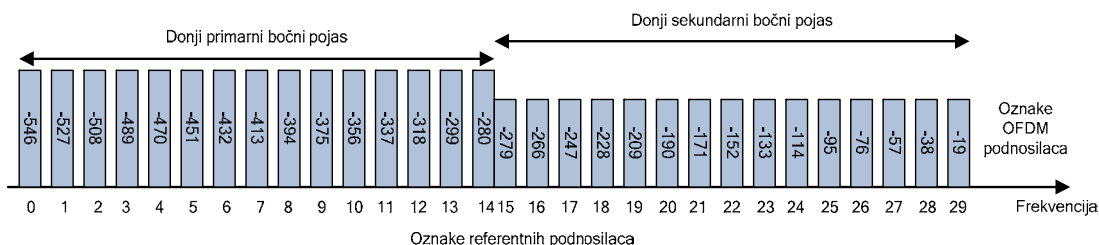
Frekvencijski blokovi i konvencija o spektru

OFDM podnosioci sastavljeni su od frekvencijskih blokova. Svaki frekvencijski blok se sastoji od osamnaest podatkovnih podnosilaca i jednog referentnog podnosioca prema slikama 2.38. i 2.39. Položaj referentnog podnosioca ovisi o mjestu frekvencijskog bloka unutar spektra.

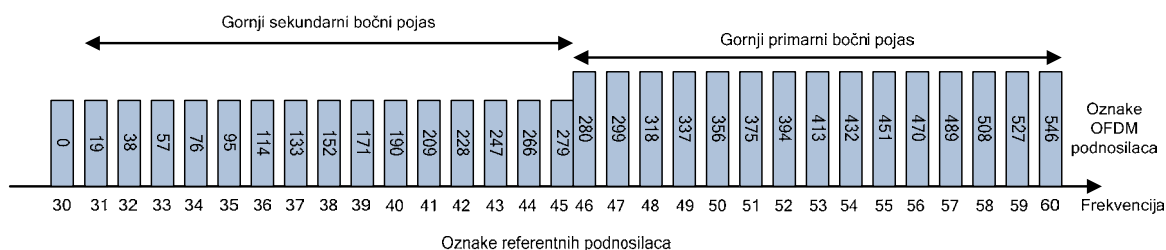
Za svaki frekvencijski blok podatkovni podnosioci od d1 do d18 prenose korisni sadržaj (podatke i kodirani zvuk) iz 2. sloja, dok referentni podnosioci prenose kontrolne podatke. Podnosioci se označuju brojevima od -546 (krajnji lijevi podnosilac) preko nule za središnju frekvenciju pa do 546 (krajnji desni podnosilac).

Ovisno o načinu rada, osim referentnog podnosioca, koji se nalazi unutar svakog frekvencijskog bloka, umeće se do pet dodatnih referentnih podnosilaca u spektar i to na sljedeće lokacije: -546, -279, 0, +279, +546. Krajnji ishod je pravilna raspodjela referentnih podnosilaca kroz cijeli spektar. Prema notaciji svakom referentnom podnosiocu se pridjeljuje jedinstven broj između 0 i 60. Svi referentni podnosioci iz donjeg dijela spektra prikazani su na slici 2.40.

Slika 2.41. prikazuje sve referentne podnosiocioe iz gornjeg dijela spektra. Slike prikazuju poveznicu između oznake referentnog podnosioca i oznake OFDM podnosilaca.



Slika 2.40. Spektralno pozicioniranje referentnih podnosilaca u donjem bočnom pojasu

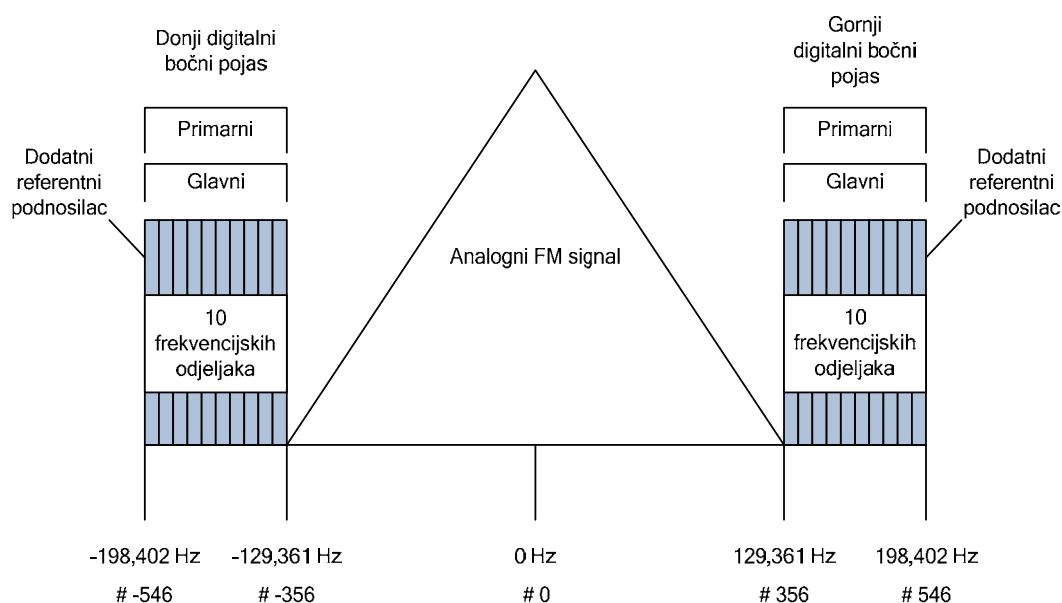


Slika 2.41. Spektralno pozicioniranje referentnih podnosilaca u gornjem bočnom pojasu

Hibridni spektar

Digitalni se signal odašilje u primarnim glavnim (PM, *Primary Main*) bočnim pojasevima koji se nalaze s obje strane analognog FM signala kao što je pokazano na slici 2.42.

Svaki PM bočni pojas sastoji se od 10 frekvencijskih blokova koji se nalaze uzduž podnosioca od 356–545 ili uzduž -356–(-545). Podnosioci 546 i -546, koji su također uključeni u PM bočne pojaseve, predstavljaju dodatne referentne podnosiocce. Amplituda svakog podnosioca se skalira prema amplitudnom faktoru koji je prikazan u tablici 2.16.



Slika 2.42. Oblik hibridnog spektra

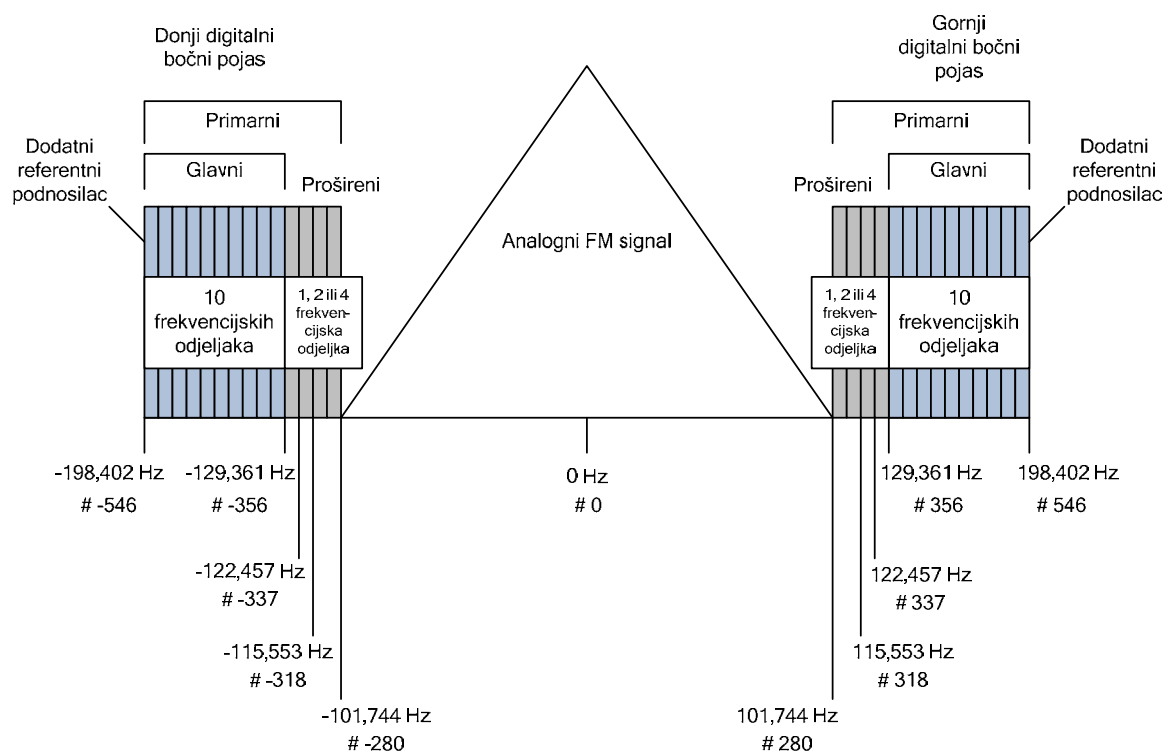
Tablica 2.16. Spektar hibridnog valnog oblika – sažetak

Bočni pojas	Broj frekvencijskih odjeljaka	Redoslijed frekvencijskih odjeljaka	Uključeni podnosioci	Razmak između frekvencije podnosioca i središnje frekvencije [kHz]	Širina pojasa frekvencija [kHz]	Faktor skaliranja amplitude
Gornji primarni glavni	10	A	356 do 546	129,361 do 198,402	69,041	a0
Donji primarni glavni	10	B	-356 do -546	-129,361 do -198,402	69,041	a0

Prošireni hibridni spektar

Prošireni se hibridni valni oblik dobiva tako da se PM bočnom pojasu pridoda primarni prošireni (PE, *Primary Extended*) bočni pojas kao (slika 2.43). Ovisno o načinu rada, jedan, dva ili četiri frekvencijska bloka se mogu dodati s unutarnje strane PM bočnog pojasa.

Svaki PM bočni pojas se i dalje sastoji od deset frekvencijskih blokova označenih jednako kao i u hibridnom načinu rada. Nadalje, gornji PE bočni pojas uključuje podnosiocce od 337 do 355 (ako se koristi jedan frekvencijski blok), podnosiocce od 318 do 355 (ako se koriste dva frekvencijska bloka) odnosno podnosiocce od 280 do 355 (ako se koriste četiri frekvencijska bloka). U donjem dijelu pojasa koriste se isti brojevi u oznakama podnosilaca samo s negativnim predznakom. I u ovom slučaju amplituda podnosioca je skalirana prema vrijednostima iz tablice 2.17.



Slika 2.43. Oblik proširenoga hibridnog spektra

Tablica 2.17. Prošireni hibridni valni oblik – sažetak

Bočni pojas	Broj frekvencijskih odjeljaka	Redoslijed frekvencijskih odjeljaka	Uključeni podnosioci	Razmak između frekvencije podnosioca i središnje frekvencije [kHz]	Širina pojasa frekvencija [kHz]	Faktor skaliranja amplitude
Gornji primarni glavni	10	A	356 do 546	129,361 do 198,402	69,041	a0
Donji primarni glavni	10	B	-356 do -546	-129,361 do -198,402	69,041	a0
Gornji primarni prošireni (jedan frekvencijski odjeljak)	1	A	337 do 335	122,457 do 128,997	6,540	a0
Donji primarni prošireni (jedan frekvencijski odjeljak)	1	B	-337 do -335	-122,457 do -128,997	6,540	a0
Gornji primarni prošireni (dva frekvencijska odjeljaka)	2	A	318 do 355	115,553 do 128,997	13,444	a0
Donji primarni prošireni (dva frekvencijska odjeljaka)	2	B	-318 do -355	-115,553 do -128,997	13,444	a0
Gornji primarni prošireni (četiri frekvencijska odjeljaka)	4	A	280 do 355	101,744 do 128,997	27,253	a0
Donji primarni prošireni (četiri frekvencijska odjeljaka)	4	B	-280 do -355	-101,744 do -128,997	27,253	a0

Potpuno digitalni spektar

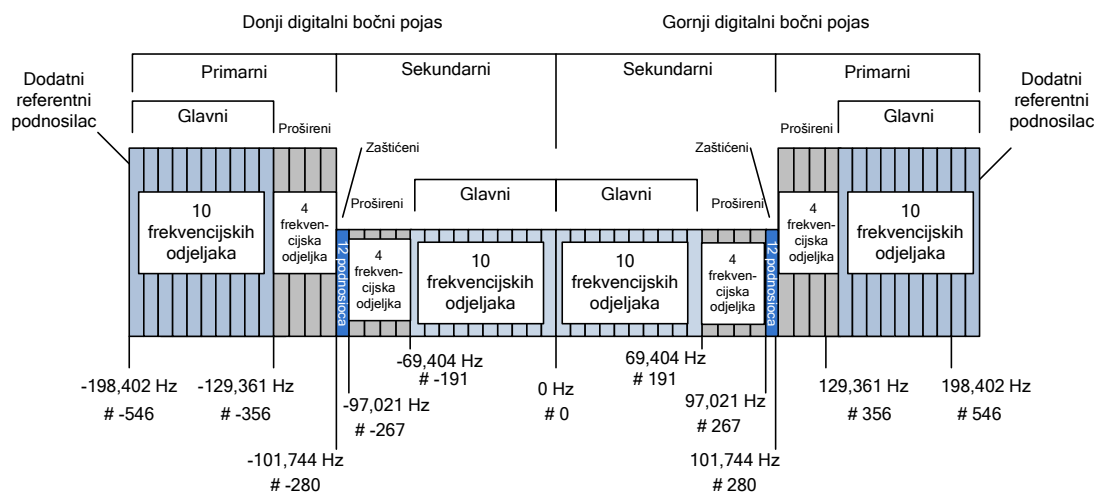
Potpuno digitalni oblik dobiven je gašenjem analognog signala, potpuno proširujući područje primarnih digitalnih bočnih pojaseva i dodajući sekundarne bočne pojaseve male snage na mjesto analognog signala (slika 2.44).

U potpuno digitalnom valnom obliku PM bočnim pojasevima su dodane sva četiri PE bočna pojasa u primarni bočni pojas. Svaki sekundarni bočni pojas ima također deset sekundarnih glavnih (SM, *Secondary Main*) frekvencijskih blokova i četiri sekundarna proširena (SX, *Secondary Extended*) frekvencijska bloka. Za razliku od primarnih bočnih pojasa, SM frekvencijski blok se nalazi na sredini kanala, dok se SX nalazi dalje od središnje frekvencije.

Tablica 2.18. Potpuno digitalni valni oblik – sažetak

Bočni pojas	Broj frekvencijskih odjeljaka	Redoslijed frekvencijskih odjeljaka	Uključeni podnosioci	Razmak između frekvencije podnosilaca i središnje frekvencije [kHz]	Širina pojasa frekvencija [kHz]	Faktor skaliranja amplitude
Gornji primarni glavni	10	A	356 do 546	129,361 do 198,402	69,041	a1
Donji primarni glavni	10	B	-356 do -546	-129,361 do -198,402	69,041	a1
Gornji primarni prošireni	4	A	280 do 355	101,744 do 128,997	27,253	a1
Donji primarni prošireni	4	B	-280 do -355	-101,744 do -128,997	27,253	a1
Gornji sekundarni glavni	10	B	0 do 190	0 do 69,041	69,041	a2, a3, a4, a5
Donji sekundarni glavni	10	A	-1 do -190	-0,363 do -69,041	68,678	a2, a3, a4, a5
Gornji sekundarni prošireni	4	B	191 do 266	69,404 do 96,657	27,253	a2, a3, a4, a5
Donji sekundarni prošireni	4	A	-191 do -266	-69,404 do -96,657	27,253	a2, a3, a4, a5
Gornji sekundarni zaštićeni	–	–	267 do 279	97,021 do 101,381	4,360	a2, a3, a4, a5
Donji sekundarni zaštićeni	–	–	-267 do -279	-97,021 do -101,381	4,360	a2, a3, a4, a5

Svaki sekundarni bočni pojas ima malo zaštićeno područje (SP, *Secondary Protect*) koje se sastoji od 12 OFDM podnosilaca i referentnih podnosilaca 279 i -279. To područje naziva se zaštićenim jer se nalazi na mjestu gdje je najmanja vjerojatnost pojave analogne ili digitalne interferencije. Dodatno, referentni podnosilac nalazi se na središnjoj frekvenciji. Redoslijed frekvencijskih blokova se ne odnosi na SP budući da to područje ne sadrži frekvencijske blokove definirane slikama 2.38. i 2.39.



Slika 2.44. Oblik potpuno digitalnog spektra

Pod SM bočne pojaseve spadaju podnosioci od 1 do 190 i od -1 do -190. Gornji SX bočni pojas uključuje podnosiocima od 191 do 266, dok gornji SP uključuje podnosiocima od 267 do 278. Donji SX bočni pojas uključuje podnosiocima od -191 do -266, dok donji SP uključuje podnosiocima od -267 do 278. Ukupna širina pojasa potpuno digitalnog spektra iznosi 396,803 kHz. Amplituda svakog podnosioca je isto tako skalirana prema vrijednostima u tablici 2.18. Faktori skaliranja za sekundarne bočne pojaseve, od a₂ do a₅, odabiru se prema potrebi.

Tablica 2.19. Definiranje faktora skaliranja

Valni oblik	Način rada	Bočni pojas	Oznaka faktora skaliranja	Gustoća spektralne snage po podnosiocu [dBc]	Gustoća spektra snage u pojasu od 1 kHz [dBc]
Hibridni	MP1	Primarni	a ₀	-45,8	-41,4
Prošireni hibridni	MP2 – MP6	Primarni	a ₀	-45,8	-41,4
Potpuno digitalni	MS1 – MS4	Primarni	a ₁	-27,3	-22,9
		Sekundarni	a ₂	-32,3	-27,9
		Sekundarni	a ₃	-37,3	-32,9
		Sekundarni	a ₄	-42,3	-37,9
		Sekundarni	a ₅	-47,3	-42,9

Bilo koji od ta četiri faktora može se odabrati ovisno o usluzi koja se pruža na bočnim pojasevima. Budući su u tablicama 2.16., 2.17. i 2.18. navedeni faktori skaliranja amplitude potrebno se i поближе upoznati s definiranjem faktora skaliranja.

U tablici 2.19. prikazani su faktori kojima se skalira amplituda svakog OFDM podnosioca za hibridni, prošireni hibridni i potpuno digitalni valni oblik.

Vrijednosti za hibridni i prošireni hibridni valni oblik su iskazane u odnosu na snagu analognog FM signala. Vrijednost 1 bi proizveo digitalni podnosilac snage jednake ukupnoj snazi analognog FM nosioca. Vrijednosti kod potpuno digitalnog valnog oblika su iskazane u odnosu na dopuštenu izračenu snagu.

Kod hibridnog i proširenog hibridnog valnog oblika vrijednost a_0 je izabrana tako da ukupna srednja snaga osnovnog glavnog digitalnog bočnog pojasa (gornjeg ili donjeg) bude 23 dB niža od ukupne snage analognog FM nosioca.

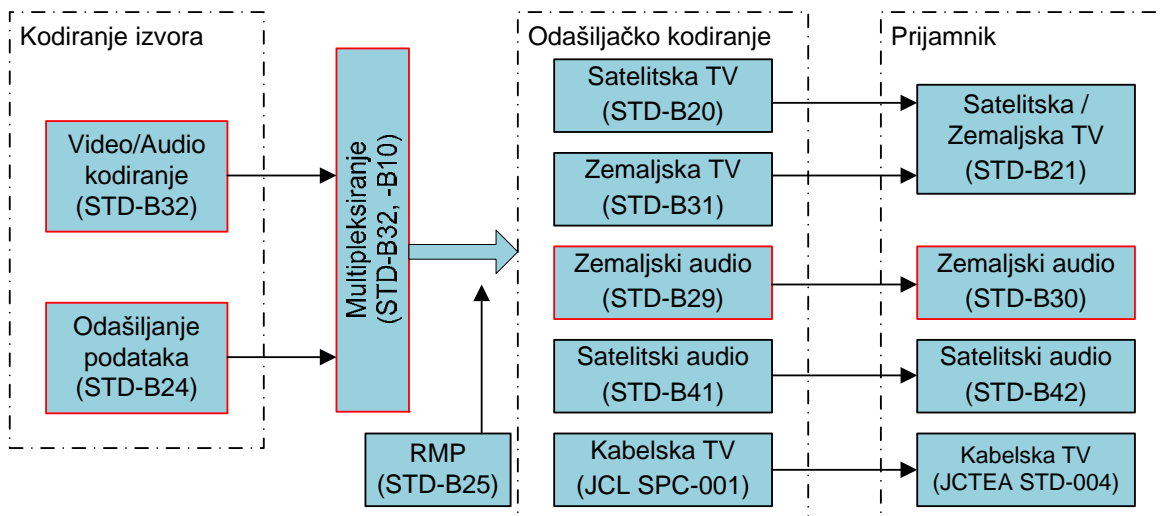
Kod potpuno digitalnog valnog oblika vrijednost a_1 se odabire tako da ukupan zbroj srednjih snaga svih primarnih digitalnih podnosilaca bude 1. Vrijednosti od a_2 do a_5 su odabrane tako da ukupna prosječna snaga sekundarnih digitalnih podnosilaca bude ispod ukupne snage svih primarnih digitalnih podnosilaca za 5 do 20 dB.

2.7.6. Snaga odašiljanja

Omjer snage analognog signala i digitalnog signala je normiran na 100:1 (-20 dB), što znači da digitalni signal iznosi tek 1% snage analognog signala. Trenutno, udruga radijskih postaja zahtjeva od regulatora (FCC) povećanje snage digitalnog signala za 10 dB. Analize su pokazale da bi to dovelo do smanjenja pokrivanja analognim signalom (manja robusnost na interferenciju), ali bi značajno poboljšalo pokrivanje digitalnim signalom.

2.8. ISDB

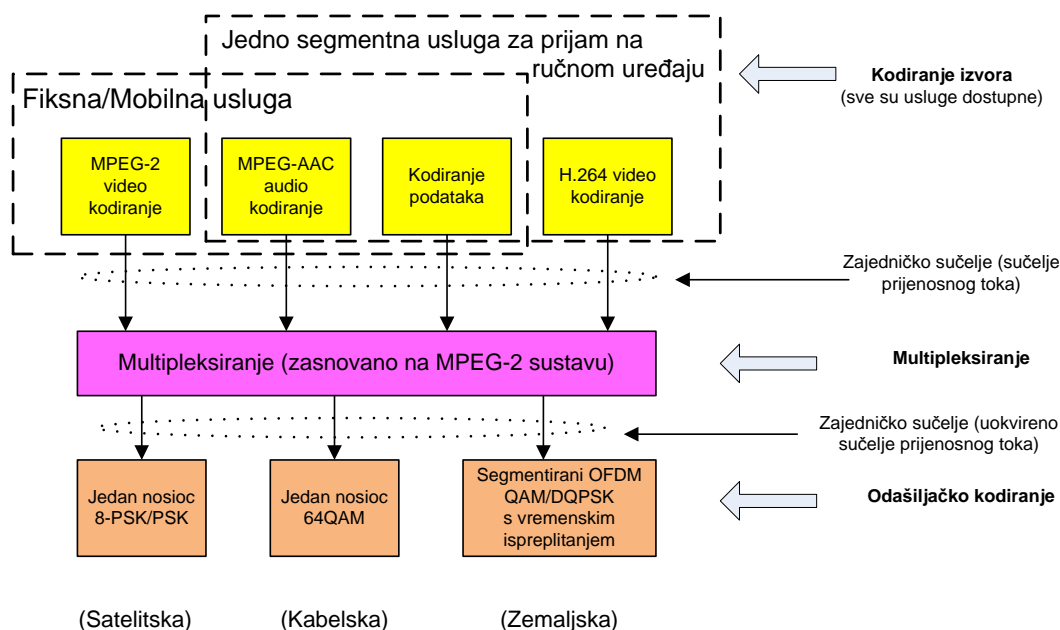
ISDB predstavlja inačicu integriranih usluga digitalnog odašiljanja (ISDB, *Integrated Service Digital Broadcasting*) koja se primjenjuje u Japanu. Osim u Japanu ova norma primjenjuje se i u skoro svim zemljama Južne Amerike (Brazil, Argentina...). To je norma za digitalno odašiljanje televizije i radija. Tehnologija čak omogućuje odašiljanje slike visoke kvalitete (HDTV) za prijam u mobilnim uvjetima (vozila u pokretu), usluge odašiljanja raznih podataka te primanje TV signala na mobilnim telefonima. Tehnologija je dizajnirana tako da omogući prijam integrirane digitalne informacijske usluge (zvuk, slika i podaci) preko satelitskih, zemaljskih i kabelskih prijenosnih kanala (slika 2.45.).



Slika 2.45. Struktura ARIB normi

Za donošenje norme zadužen je ARIB (*Association of Radio Industries and Businesses*) dok je za promociju sustava zadužen DiBEG (*Digital Broadcasting Experts Group*).

Kodiranje podataka i multipleksiranje je istovjetno za satelitski, zemaljski i kabelski prijenos, dok se oni međusobno razlikuju samo u odašiljačkom podsustavu.



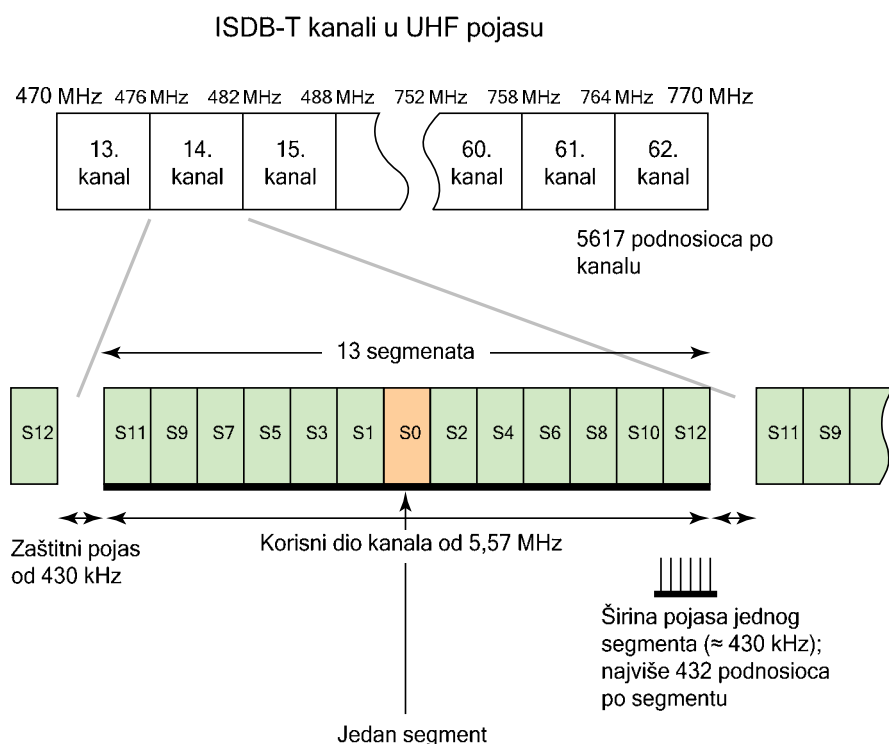
Slika 2.46. Struktura ISDB norme

ISDB-TSB (*Terrestrial Sound Digital Broadcasting*) je usluga digitalnog zemaljskog odašiljanja zvuka dok je ISDB-T (*Terrestrial television digital broadcasting*) usluga digitalnog zemaljskog odašiljanja televizije. ISDB-TSB i ISDB-T su podskupovi ISDB norme. ISDB-TSB pruža visoko kvalitetnu audioslugu kao i različite načine korištenja za različite uvjete prijama. Koristi se OFDM tehnikom. Osim zvuka moguće je odašiljanje i mirnih slika kao i pojednostavljenih video sadržaja. Odašiljački dio norme ISDB-TSB donesen je uz pretpostavku prijama jednog segmenta digitalnoga zemaljskog televizijskog signala ili prijama triju segmenata.

Uskopojasno odašiljanje dopušta fleksibilno dodjeljivanje kanala u područjima usluge. Norma također dopušta prijam normalnog odašiljanja sa zaštitnim pojasom između kanala kao i „povezano odašiljanje“ bez zaštitnog pojasa. Korištenjem sheme povezanog odašiljanja postiže se viša učinkovitost u korištenju frekvencijskih resursa.

Segmentna struktura odašiljanja

ARIB je razvio segmentnu strukturu odašiljanja koja se naziva i BST-OFDM (*Band-Segmented Transmission Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). To ustvari znači da se jedan kanal (u Japanu je širine 6 MHz) dijeli na 13 segmenata, a svaki segment može se modulirati i kodirati na posebni način.



Slika 2.47. Načelo segmentne strukture odašiljanja

Ova struktura osigurava fleksibilnost u pružanju usluga (može se, na određen način, usporediti s primjenom PLP kod tehnologije DVB-T2).

2.8.1. Odašiljanje u tehnologiji ISDB-TSB

Parametri odašiljanja za ISDB-T i ISDB-TSB su u tablici 2.20. Odašiljanje u tehnologiji ISDB-TSB (slika 2.48) odgovara odašiljanju u tehnologiji ISDB-T osim u nekoliko specifičnih postavki koje će se detaljnije objasniti u nastavku. Kod ISDB-TSB koristi se ili jedan segment ili tri segmenta za odašiljanje, dok se kod tehnologije ISDB-T koristi 13 segmenata za odašiljanje. Kod odašiljanja tri segmenta, središnji segment odgovara odašiljanju jednog segmenta u ISDB-TSB, dok bočne strane središnjeg segmenta predstavljaju proširene segmente. Prošireni segmenti su u mogućnosti pružiti proširene usluge kao što su 5.1 *surrounding* stereo ili QVGA video.

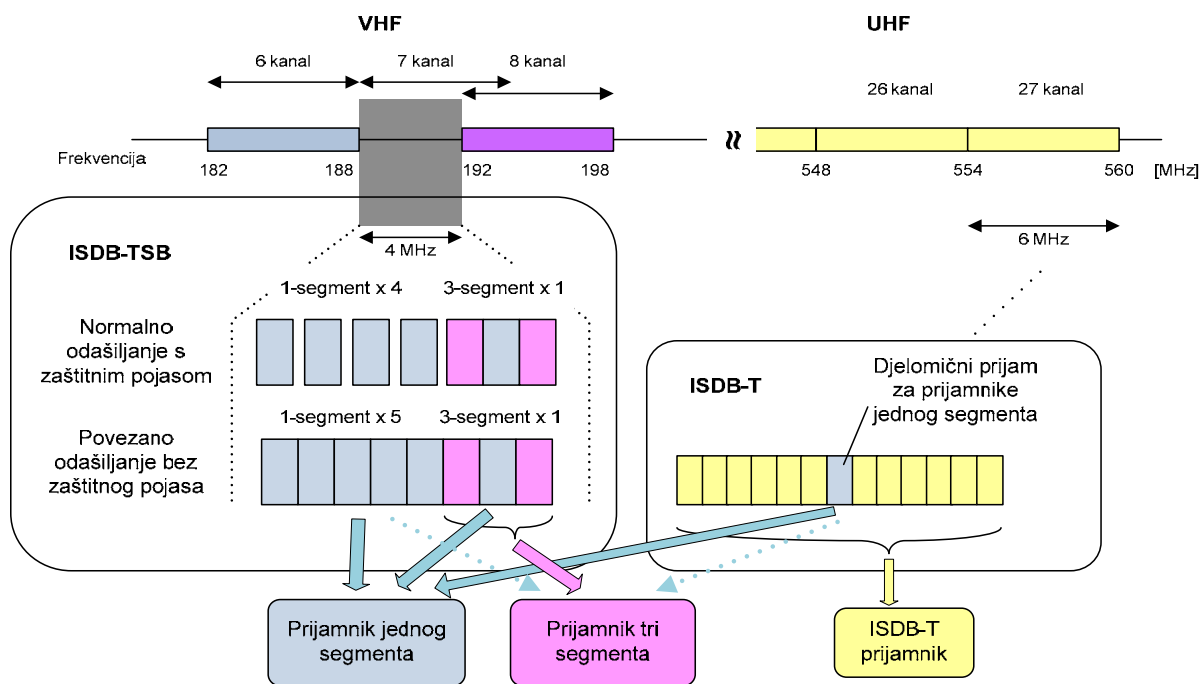
Tablica 2.20. Odašiljački parametri za ISDB-TSB i ISDB-T odašiljanje

Odašiljanje	ISDB-TSB		ISDB-T
Broj segmenata	1	3	13
Broj slojeva	1	2	1,2 ili 3
Vanjsko kodiranje	RS (204, 188)		
Unutarnje kodiranje	Konvolucijsko kodiranje (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
Vremensko ispreplitanje	< 798 ms		< 399 ms
Djelomični prijam	–	Da	Da/ne

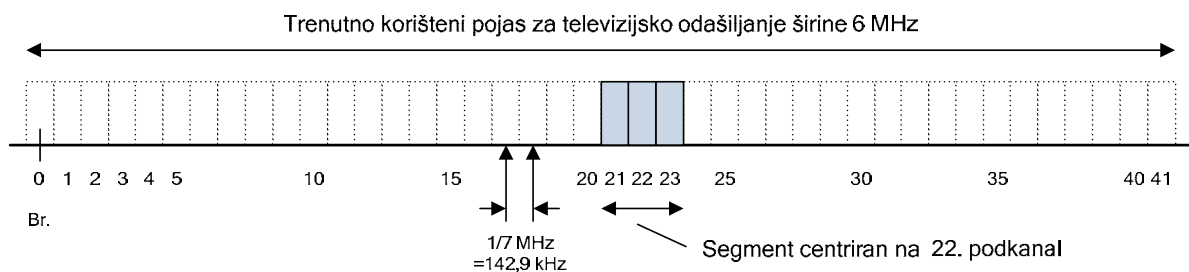
Dodatno, ISDB-TSB podržava hijerarhijsko odašiljanje, kao što su slojevi A i B ISDB-T kanalnog kodiranja. Odašiljanje jednog segmenta koristi samo sloj A kanalnog kodiranja, dok odašiljanje tri segmenta koristi oba sloja, tj. A i B, kanalnog kodiranja. Zajamčen je djelomični prijam ISDB-TSB središnjeg segmenta kod odašiljanja tri segmenta.

Poslije kanalnog kodiranja podaci su posloženi po podkanalima kao što prikazuje slika 2.49. Podkanal je ustvari virtualni kanal širine 1/7 MHz. Tri podkanala čine jedan segment. Na slici je prikazan primjer jednog segmenta koji se sastoji od tri podkanala: 21, 22 (središnji) i 23.

Shema kanalnog kodiranja kod ISDB-TSB je kod svakog sloja gotovo jednaka onoj kod ISDB-T-a (razlikuju se jedino u dubini vremenskog ispreplitanja).



Slika 2.48. Odašiljanje u tehnologiji ISDB-TSB



Slika 2.49. Objašnjenje podkanala

Kod ISDB-TSB najdulje kašnjenje iznosi 798 ms za zaštitni interval trajanja 1/8. To je dvostruko dulje u odnosu na kašnjenje kod ISDB-T. Veća dubina vremenskog ispreplitanja je potrebna kako bi se postigla veća otpornost na propade signala uslijed višestaznog širenja kod mobilnog prijama.

Kod povezanog odašiljanja bez zaštitnog pojasa ponavljajući uzorak pilot podnosioca u OFDM signalu može postati periodičan, što upućuje na smanjenu linearnost u odašiljačkom pojačalu te zatim na veća kanalna izobličenja.

Tablica 2.21. Odašiljački parametri OFDM segmenta

ISDB-T mod rada	Mod 1	Mod 2	Mod 3
Frekvencijski pojas	430 kHz (6/14 MHz)		
Razmak podnosilaca	3,968 kHz	1,984 kHz	0,992 kHz
Trajanje korisnog dijela simbola	252 μ s	504 μ s	1,008 ms
Ukupni broj podnosilaca	108	216	432
Trajanje zaštitnog intervala	1/4, 1/8, 1/16, 1/32		
Broj simbola u okviru	204		
Modulacijski postupak	DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM		
Unutarnje kodiranje	Konvolucijsko kodiranje (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
Vanjsko kodiranje	RS (204,188)		
Ispreplitanje	Frekvencijsko i vremensko ispreplitanje		
Dubina ispreplitanja	0 – 1 s		
Brzina toka podataka	0,28 – 1,8 Mbit/s		

Tablica 2.22. Brzina prijenosa podataka kod odašiljanja jednog segmenta

Modulacija	Omjer konvolucijskog koda	Brzina prijenosa podataka [kbit/s]			
		Zaštitni interval 1/4	Zaštitni interval 1/8	Zaštitni interval 1/16	Zaštitni interval 1/32
DQPSK QPSK	1/2	280	312	330	340
	2/3	374	416	440	453
	3/4	421	468	496	510
	5/6	468	520	550	567
	7/8	491	546	578	595
16-QAM	1/2	561	624	660	680
	2/3	748	832	881	907
	3/4	842	936	991	1021
	5/6	936	1040	1101	1134
	7/8	983	1092	1156	1191
64-QAM	1/2	842	936	991	1021
	2/3	1128	1248	1321	1361
	3/4	1268	1404	1486	1531
	5/6	1404	1560	1652	1702
	7/8	1474	1538	1734	1787

Kako bi se to izbjeglo, faza pilotskog podnosioca, faza odašiljačkih i kontrolnih podnosilaca te faza podnosilaca pomoćnih kanala se početno postavljaju PRBS (*Pseudorandom Binary Sequence*) slijedom. Početni slijed se definira prema tome kojem podkanalu pripada središnja frekvencija segmenta. Budući da početni slijed ima isti uzorak kao onaj koji se koristi kod ISDB-T segmenata (odgovara središnjoj frekvenciji ISDB-TSB segmenta) izbjegnuti su ponavljajući uzorci pilota.

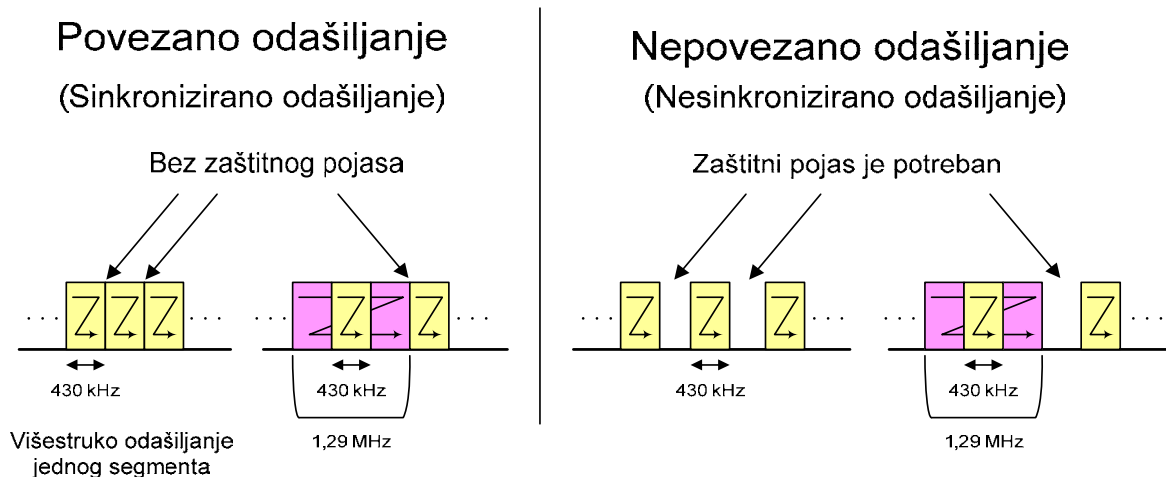
U tablici 2.21. su dani odašiljački parametri OFDM segmenta, dok su u tablicama 2.22. i 2.23. prikazane brzine prijenosa podataka za odašiljanje jednog segmenta i odašiljanje tri segmenta.

Tablica 2.23. Brzina prijenosa podataka kod odašiljanja tri segmenta

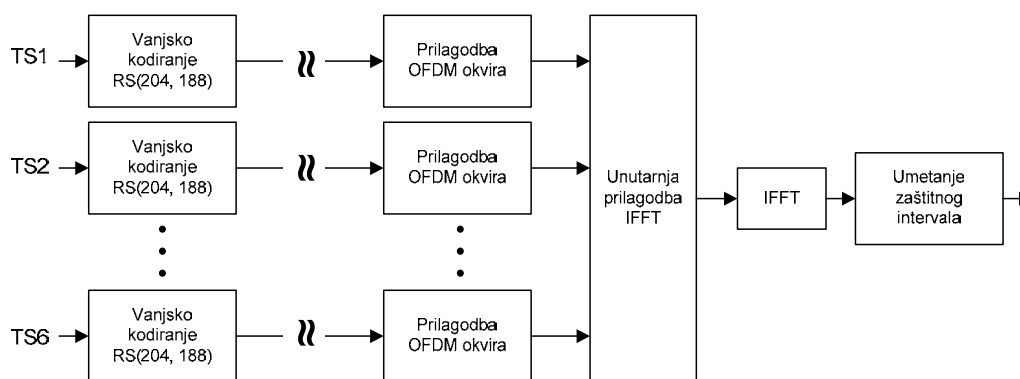
Modulacija	Omjer konvolucijskog koda	Brzina prijenosa podataka (Mbit/s)			
		Zaštitni interval 1/4	Zaštitni interval 1/8	Zaštitni interval 1/16	Zaštitni interval 1/32
DQPSK QPSK	1/2	0,842	0,936	0,991	1,021
	2/3	1,123	1,248	1,321	1,361
	3/4	1,263	1,404	1,486	1,531
	5/6	1,404	1,560	1,652	1,702
	7/8	1,474	1,638	1,734	1,787
16QAM	1/2	1,685	1,872	1,982	2,042
	2/3	2,246	2,496	2,643	2,723
	3/4	2,527	2,808	2,973	3,063
	5/6	2,808	3,120	3,304	3,404
	7/8	2,949	3,726	3,469	3,574
64QAM	1/2	2,527	2,808	2,973	3,063
	2/3	3,370	3,744	3,965	4,085
	3/4	3,791	4,212	4,460	4,595
	5/6	4,212	4,680	4,956	5,106
	7/8	4,423	4,915	5,204	5,361

2.8.2. Povezano odašiljanje

Povezano odašiljanje bez zaštitnog pojasa omogućuje veću spektralnu učinkovitost. Povezano odašiljanje je definirano kao odašiljanje više segmenata s istog odašiljača bez korištenja zaštitnog intervala (slika 2.50). Međukanalna interferencija se izbjegava korištenjem svojstva ortogonalnosti između susjednih segmenata.



Slika 2.50. Povezano odašiljanje i normalno odašiljanje sa zaštitnim pojasom



Slika 2.51. Primjer povezanog odašiljanja

Slika 2.51. prikazuje primjer povezanog odašiljanja sa šest prijenosnih kanala. Svaki prijenosni kanal se nezavisno kodira postupkom unaprijednog ispravljanja pogrešaka (FEC), isprepliće te preslikava na simbole. Poslije prilagodbe OFDM okvira primjenjuje se fazna kompenzacija za svaki kanal na osnovi trajanja zaštitnog intervala i razlike između središnje frekvencije povezanog odašiljanja i središnje frekvencije svakog kanala. Zatim se podatkovni simboli svih segmenata preslikavaju u OFDM signal koristeći IFFT.

2.8.3. Kodiranje izvora (zvuka)

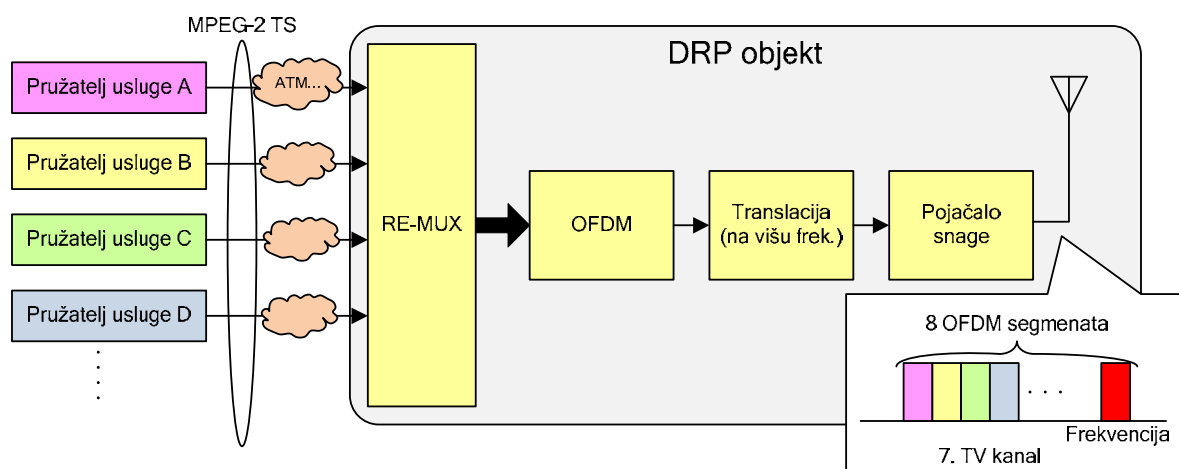
Za kodiranje zvuka koristi se MPEG-2 AAC koder. Kao opcija može se koristiti AAC koder u kombinaciji s SBR (*Spectral Band Replication*). Kao što je ranije spomenuto ISDB-TSB podržava i odašiljanje mirnih slika te videa. Za kodiranje videa koristi se MPEG-4 H.264 AVC koder. Isti koder se koristi i kod ISDB-T odašiljanja jednog segmenta.

2.8.4. Pokusni rad

Zbog minimalne jedinice odašiljanja od jednog segmenta tj. širine ≈ 430 kHz, fleksibilnost dodjele kanala se razmatra ovisno o dostupnosti frekvencija u području pružanja usluge. Na slici 2.48. pokazano je dodjeljivanje frekvencija za digitalno zemaljsko odašiljanje zvuka. U analognom televizijskom pojasu samo VHF kanal 7 (u Japanu) je trenutno dodijeljen za digitalno zemaljsko odašiljanje zvuka. Iako standardni japanski televizijski kanali imaju širinu od 6 MHz kanali 7 i 8 se međusobno preklapaju unutar 2 MHz. Zbog toga se u Tokyju i Osaki koristi samo pojas od 4 MHz jer se na 8 kanalu odašilje analogna televizijska usluga.

U takvoj neregularnoj situaciji koristi se obično odašiljanje sa zaštitnim pojasom te se odašilju i jedan i tri segmenta. ISDB-TSB signal pokusno se odašilje od 10.10.2003. (odašiljanje na području Osake je prekinuto 30.06.2010.). Koriste se postavke u prijenosu podataka:

- 330 kbit/s,
 - odašiljanje jednog segmenta,
 - mod rada: 3,
 - zaštitni interval: 1/16,
 - modulacijski postupak: QPSK,
 - omjer koda: 1/2;
-
- 440 kbit/s (+ video),
 - odašiljanje jednog segmenta,
 - mod rada: 3,
 - zaštitni interval: 1/16,
 - modulacijski postupak: QPSK,
 - omjer koda: 2/3.



Slika 2.52. Povezano odašiljanje koristeći DRP objekt

DRP (*Digital Radio Promotion Association*) je udruga od približno 70 organizacija koja među ostalima uključuje NHK (*Nippon Hōsō Kyōkai*, japanska javna nacionalna odašiljačka organizacija), radijske i televizijske pružatelje usluga, kompanije zadužene za odašiljanje podataka ... Povezano odašiljanje, za koje je zadužen DRP, prikazuje se slikom 2.52.

Svaki pružatelj usluga šalje MPEG-2 TS pakete udruzi DRP koja onda te pakete multipleksira i odašilje u 8 OFDM segmenata.

2.8.5. Prijamnici za zajedničku uporabu

Zbog dosljednosti, kod ISDB-T i ISDB-TSB odašiljanja (kanalno kodiranje, multipleksiranje, kodiranje izvora) moguće je korištenje zajedničkih prijamnika za prijam odašiljanog signala jednog segmenta ili tri segmenta kao i za djelomični prijam 13 segmentnog ISDB-T signala. Prijamnik za zajedničku uporabu može se izvesti kao prijamnik jednog ili tri segmenta. Prijamnik jednog segmenta je manji, ima manju potrošnju energije te je prikladan za mobilne aplikacije i sve to zbog manjeg broja FFT točaka i jednostavnije obrade podataka u vremenskoj i frekvencijskoj domeni. Kod prijamnika tri segmenta dostupni su i dodatni segmenti koji pružaju kvalitetniji zvuk kao i QVGA videousluge uz cijenu viših troškova i više utrošene energije.

2.9. Smjernice za odabir tehnologije za digitalno odašiljanje radija u zemaljskoj mreži

Nakon pregleda i opisa normi i tehnologija, koje bi se mogle koristiti za digitalno odašiljanje radija u zemaljskoj mreži, u nastavku se daje detaljniji prikaz i usporedba onih tehnologija koje ocjenjujemo najprihvatljivijima za primjenu u Hrvatskoj. To su tehnologije: DVB-T2, DAB+ i DRM+, svaka sa svojim prednostima i nedostacima. Opisat će se detaljnije njihova trenutna primjena i razvoj, te način na koji se odabiru optimalne veličine parametara za pojedinu tehnologiju. Definirat će se moguće vrste prijama kao i potrebni medijani električnog polja koji se koriste prilikom planiranja mreže. Naglasak će biti na onim frekvencijskim područjima koja su tržišno interesantna i za koje su pojedine tehnologije namijenjene ili trenutno primjenjive.

2.9.1. DVB-T2 kao tehnologija za digitalno odašiljanje radija

DVB-T2 je ponajprije namijenjen odašiljanju videosignala, a najveća se primjena očekuje se u odašiljanju HD videosignala. DVB-T2 predstavlja nadogradnju tehnologije DVB-T ponajviše u pogledu povećanog kapaciteta. Osim što omogućava veći kapacitet, DVB-T2 pruža bolju zaštitu podataka u odnosu na DVB-T, rad u različitim frekvencijskim područjima i s različitim širinama kanala. Moguće je istodobno prenositi podatke s različitim stupnjevima zaštite (kodno-modulacijske sheme), ali tehnologija se teško može optimirati za istodobni fiksni i mobilni prijam, jer te vrste prijama imaju protivne zahtjeve.

Ako se želi pružiti pouzdani mobilni prijam (važno za prijenos audiosignala) treba odabrati inačicu s manjim brojem podnosilaca (veći razmak između podnosilaca) i odašiljati na nižim frekvencijama (manji Dopplerov frekvencijski pomak) kako bi se smanjila interferencija između podnosilaca. S druge strane, za fiksni prijam je bolje koristiti veći broj podnosilaca. Odašiljanje videosignala ponajprije je namijenjeno fiksnom prijama, dok bi se za audiosignal trebalo omogućiti prijam i u mobilnim uvjetima. Kao posljedica toga nameće se zaključak da grupiranje audio i videosignala u jednom multipleksu (kanalu) ne omogućava optimalno iskorištavanje tehnologije. Treba odabirati između velikog kapaciteta i fiksnog prijama ili manjeg kapaciteta i mobilnog prijama. Iz tog proizlazi zaključak da se tehnologija DVB-T2 može koristiti za audio odašiljanje samo u slučaju kad se u multipleksu istodobno ne odašilju audio i videosignal, odnosno kad je u cijelom multipleksu isključivo audio sadržaj.

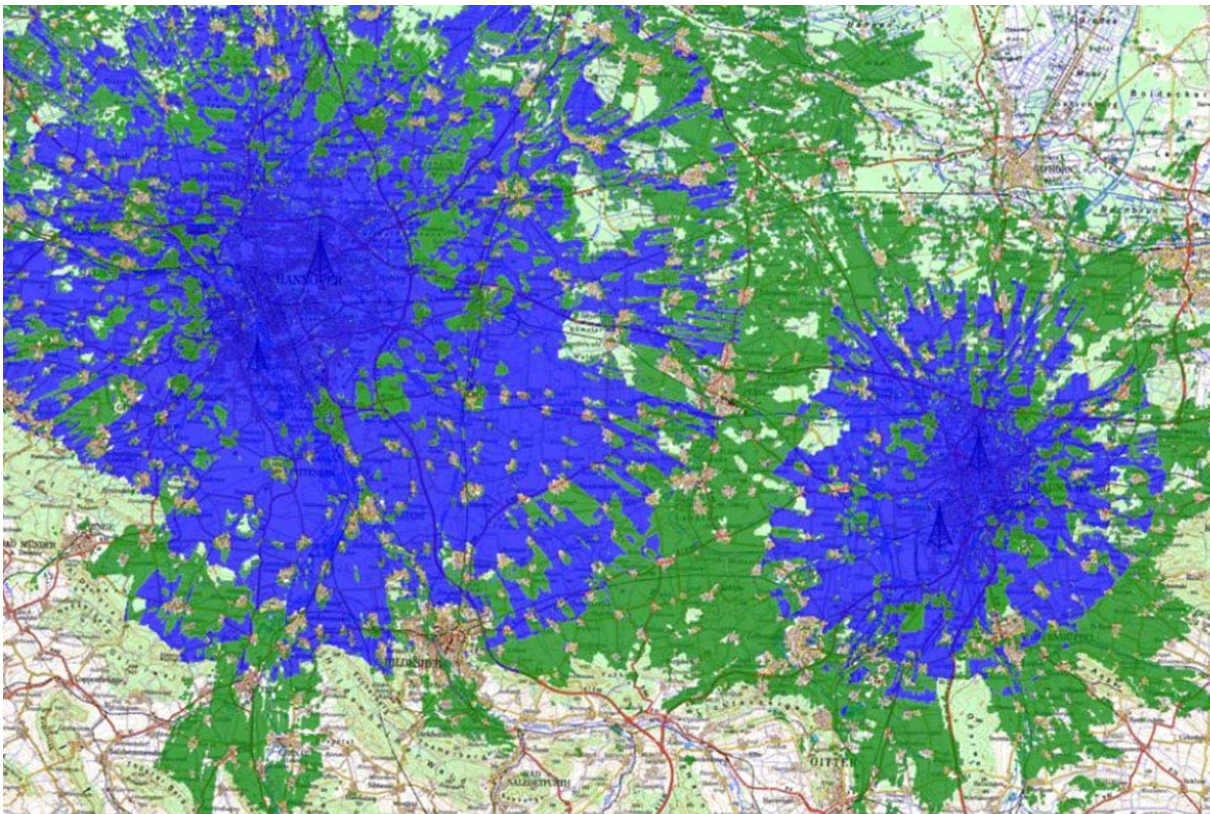
Ta činjenica povlači sa sobom zaključak da je onda prikladna primjena DVB-T2 kao platforme za odašiljanje zvuka i pripadajućih podataka u kanalu širine 1,7 MHz (spektralna maska kao za DAB) u frekvencijskom području VHF III. Drugim riječima, tad bi DVB-T2 bio konkurencija DAB+. Nadalje, 1 k FFT način rada u DVB-T2 namijenjen je ponajprije za rad u L pojasu (oko 1,5 GHz, širina kanala 1,7 MHz) te bi on i tu bio konkurencija tehnologiji DAB.

Trenutno stanje primjene i razvoja tehnologije DVB-T2

Da bi se potvrdile tvrdnje iz uvoda, obradit će se razvoj, trenutno stanje i primjena tehnologije DVB-T2. Povijesni razvoj tekao je kako slijedi:

- 27.06.2008. prva ispitivanja u Guilfordu, UK, ispitivanja radio BBC.
- Prosinac 2008. u Italiji, Torino, ispitivanja na radio RAI. Postavke odašiljača bile su:
 - brzina prijenosa podataka: 45 Mbit/s,

- modulacijski postupak: 256-QAM,
- omjer koda: 3/4 (FEC),
- sadržaj 4 HD programska toka podataka koja su bila unutar jednog PLP.
- Ožujak 2009. ispitivanje u Milanu.
- Kolovoz 2009. Sevilla, Španjolska, ispitivanja radio Abertis Telecom.
- Rujan 2009. IBC 2009.
- Rujan 2009. Švedska, Teracom radijska ispitivanja.



Slika 2.53. Rezultati ispitivanja područja pokrivanja koja je proveo Technical University Braunschweig (plavo: DVB-T, zeleno DVB-T2)

- 2009. ispitivanje područja pokrivanja provedeno je u Njemačkoj i to na području Hannover-Braunschweig. Radila se usporedba s DVB-T uz istu lokaciju odašiljača i istu odašiljanu snagu. DVB-T parametri bili su:
 - 8k FFT,
 - zaštitni interval: 1/4,
 - modulacijski postupak: 16-QAM,
 - omjer koda: 2/3.
 Za DVB-T2 korišteni su parametri kako slijedi:
 - 16k FFT,

- zaštitni interval: 1/8,
- modulacijski postupak: 16-QAM,
- omjer koda: 1/2,
- MISO nije korišten.

U oba slučaja područje pokrivanja se odnosilo na prenosivi prijamnik u unutarnjem okruženju (*portable light indoor*). Ispitivanja je provodio Technical University Braunschweig, a rezultati su na slici 2.53. Oni pokazuju da ako se DVB-T2 konfigurira za odašiljanje iste količine podataka kao i DVB-T, tad se njime može ostvariti veće područje pokrivanja. Moguće je i drugo rješenje. Kod pokrivanja jednakog područja DVB-T2 se može konfigurirati tako da se odašilje znatno više podataka u odnosu na DVB-T.

- Prosinac 2009. Winter Hill, UK, prvo komercijalno odašiljanje 4 HDTV sadržaja. Parametri odašiljanja:
 - brzina: 40,2 Mbit/s,
 - 32K produženi FFT,
 - modulacijski postupak: 256-QAM,
 - omjer koda: 2/3,
 - zaštitni interval: 1/128,
 - PP7 (raspored pilota).
- Lipanj 2010. prvo odašiljanje višestrukog PLP u Njemačkoj.

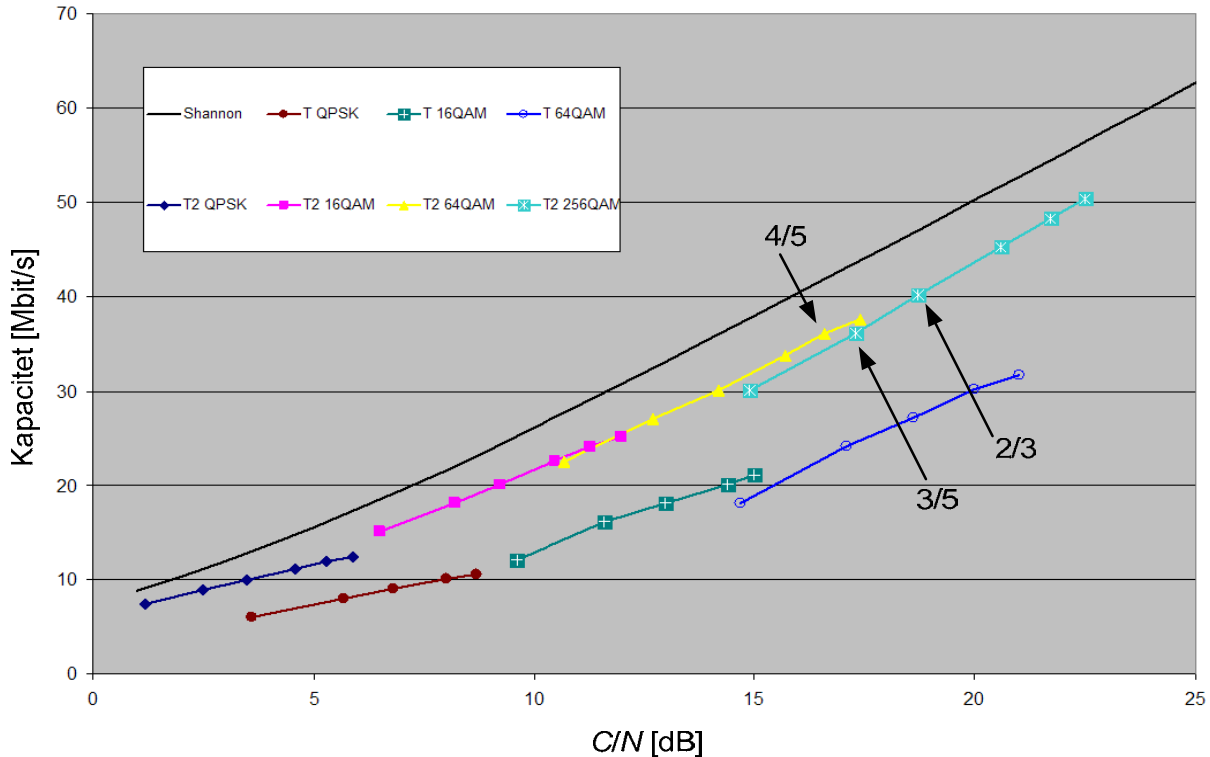
Kako su Britanci i Skandinavci predvodnici uvođenja tehnologije DVB-T2, detaljnije se analizira primjena u UK i Švedskoj.

Ofcom je u UK istaknuo 7 mogućih modova rada za probu i primjenu tehnologije. To su modovi (njihove oznake):

1. VV014 –64QAM, 8k FFT, 3/4 FEC;
2. **VV012 –64QAM, 8k FFT, 4/5 FEC;**
3. VV013 –64QAM, 8k FFT, 5/6 FEC;
4. **VV001 (/ 002!) –256QAM, 32k FFT, 3/5 FEC;**
5. VV015 –256QAM, 8k FFT, 3/5 FEC;
6. VV016 –256QAM, 32k FFT 3/4 FEC;
7. **VV003 –256QAM, 32k FFT, 2/3 FEC.**

Istaknutiji "kandidati" označeni su debljim otiskom, a odnose se na postavke za koje nema pogreški u prijenosu (*Quasi Error Free*) pri korištenju vanjske antene uz $C/N \approx 17$ dB. Ofcom je 1. listopada 2009. objavio da će se mod VV003 koristiti za "lansiranje" tehnologije DVB-T2 (*Launch Mode*) sa sljedećim postavkama:

- modulacijski postupak: 256-QAM,
- 32k produženi FFT,
- omjer koda: 2/3,
- brzina: 40,2 Mbit/s,
- sadržaj: 4 HD programa unutar jednog PLP,
- predviđena pokrivenost područja od 98,35 – 98,53 %.



Slika 2.54. Modovi odašiljanja u tehnologiji DVB-T2 koji su u UK ušli u uži izbor za komercijalno odašiljanje

Ofcom je nadalje izjavio da će 2011. godine revidirati (ili potvrditi) svoju odluku na temelju stvarno prikupljenih (relevantnih) podataka. Na slici 2.54. su modovi odašiljanja koji su u UK došli u uži izbor za komercijalnu primjenu tehnologije DVB-T2.

Odašiljanje HDTV sadržaja pomoću tehnologije DVB-T2 komercijalno je započelo u Švedskoj 1.11.2010. Prilikom početka komercijalnog rada bilo je pokriveno 2/3 kućanstava, a pretpostavka je da će pokrivenost krajem godine dostići 70 % kućanstava (populacije). U slijedećih 12 mjeseci planira se dostići 90%, da bi krajem 2012. pokrivenost iznosila 98%. Za pružanje HDTV usluge (neke bi bile slobodne, a neke se plaćaju) koriste se UHF i VHF kanali tj. širina kanala od 8 i 7 MHz.

MPEG-4 HE-AAC audiokodiranje koristi se u svim MPEG-4 uslugama. HD usluge bit će popraćene sa 5.1 *surround* zvukom. Parametri DVB-T2 odašiljanja u Švedskoj izabrani su na sljedeći način (to su njihovi 6. i 7. MUX):

- kanal UHF, 1. postavka:
 - 32k produženi FFT,
 - modulacijski postupak: 256-QAM,
 - omjer koda: 3/5,
 - zaštitni interval: 19/256,
 - PP4 položaj pilota,
 - podržana brzina prijenosa od 32,49 Mbit/s;

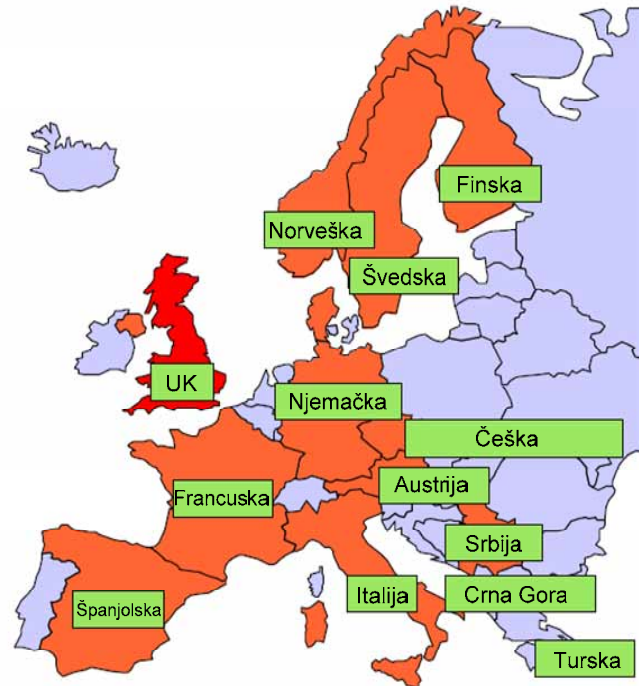
- kanal UHF, 2. postavka:
 - 32k produženi FFT,
 - modulacijski postupak: 256-QAM,
 - omjer koda: 2/3,
 - zaštitni interval: 1/16,
 - PP4 položaj pilota,
 - podržana brzina prijenosa od 36,55 Mbit/s;
- kanal UHF, 3. postavka:
 - 32k produženi FFT,
 - modulacijski postupak: 256-QAM,
 - omjer koda: 3/4,
 - zaštitni interval: 1/8,
 - PP2 položaj pilota,
 - podržana brzina prijenosa od 37,12 Mbit/s;
- kanal VHF, 1. postavka:
 - 32k FFT,
 - modulacijski postupak: 256-QAM,
 - omjer koda: 2/3,
 - zaštitni interval: 19/256,
 - PP4 položaj pilota,
 - podržana brzina prijenosa od 30,8 Mbit/s;
- kanal VHF, 2. postavka:
 - 32k FFT,
 - modulacijski postupak: 256-QAM,
 - omjer koda: 3/4,
 - zaštitni interval: 1/8,
 - PP2 položaj pilota,
 - podržana brzina prijenosa od 31,59 Mbit/s.

Prema tome tri su različite postavke za UHF kanale i dvije različite postavke za VHF kanale. U svim se postavkama koriste: 256-QAM i 32k FFT (normalni u VHF području ili produženi u UHF području). Naglasak je, dakle, na kapacitetu kao i u UK.

Što se tiče nekih drugih europskih zemalja stanje je sljedeće:

- Italija je nedavno pokrenula DVB-T2 za pružanje sadržaja uz plaćanje,
- početkom 2011. Finska će također započeti s odašiljanjem,
- u Austriji, Danskoj, Češkoj Republici i Njemačkoj u tijeku su ispitivanja.

Računa se da će se, s pozitivnim rezultatima ostvarenim u UK (veliko tržište), proširiti uvođenje tehnologije DVB-T2 pa će pasti cijene prijamnika. Uz taj pad cijena DVB-T2 se smatra ozbiljnim izborom za uporabu u tzv. *greenfield* područjima, odnosno u onim područjima koja do sada nisu uvela digitalnu zemaljsku televiziju. Kao primjer toga može se navesti primjer Srbije koja je izjavila da će 2012. usvojiti DVB-T2 za digitalno zemaljsko odašiljanje TV sadržaja.



Slika 2.55. Pregled europskih zemalja koje rabe ili razmišljaju o uporabi tehnologije DVB-T2

Na slici 2.55. označene su europske zemlje koje su komercijalno uvele tehnologiju DVB-T2 (UK, Švedska), koje ju planiraju uvesti, zemlje koje obavljaju intenzivna ispitivanja kao i one koje su izjavile da će digitalizirani TV sadržaj odašiljati pomoću tehnologije DVB-T2 (sve su označene istom bojom). Posebnom bojom označena je UK jer je ona prva uvela tehnologiju DVB-T2. Iz izloženog se vidi da se *ni u jednoj zemlji ne spominje samostalno odašiljanje audio sadržaja* u tehnologiji DVB-T2. Prijamnici za DVB-T2, koji su na tržištu, ponajprije su namijenjeni za rad u kanalima širine 7 MHz (VHF) ili 8 MHz (UHF). Pitanje je kad će biti dostupni (i po kojoj cijeni) prijamnici koji rade u širini kanala od 1,7 MHz. U potvrdu toga poslužit će specifikacije prijamnika predloženih od strane NorDig, koji specificira prijamničku platformu za tehnologiju DVB-T2, a koja se ili će se koristiti unutar zemalja nordijske regije (Danska, Finska, Island, Norveška i Švedska) i Irske. U specifikaciji NorDig stoji da je prijam u širini kanala *1,7 MHz opcionalna (neobavezujuća) mogućnost*. Naravno, DVB-T2 prijamnici moraju raditi u pojasevima: VHF III (174 – 230 MHz), UHF IV (470 – 606 MHz) i UHF V (606 – 862 MHz). Pojas VHF I (47 – 68 MHz) uopće nije predviđen za rad tih uređaja. NorDig IRD (*Integrated Receiver Decoder*) specifikacije nadalje kazuju da također nije obvezujući rad prijamnika u pojasevima S I (104 – 174 MHz), S II (230 – 300 MHz) i S III (300 – 470 MHz). S pojasevi i njihova uporaba nisu, međutim, područje interesa ove studije te se neće dalje razmatrati. Podrška za TFS (*Time Frequency*

Slicing) nije obvezujuća mogućnost, a ne traži se ni podrška za prijam PLP koji nose GS/GSE podatke.

Moguće konfiguracije tehnologije DVB-T2 za širinu kanala od 1,7 MHz

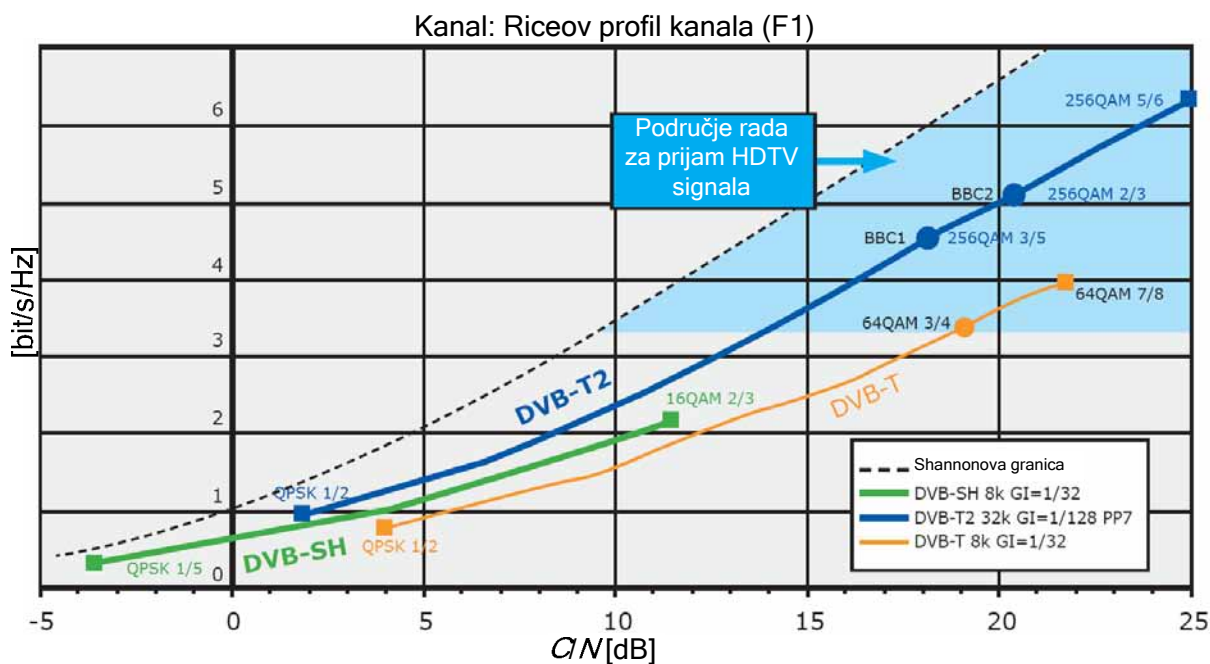
U analizi konfiguracija tehnologije DVB-T2 pogodnih za prijenos radijskih programa poslužit će ilustracije na slikama 2.56. i 2.57. Slika 2.56. prikazuje usporedbu različitih tehnologija i njihovih konfiguracija odašiljanja za F1 profil kanala koji se rabi za simulaciju prijama pomoću vanjskih antena. Slika 2.56. objašnjava "standardnu" namjenu tehnologije DVB-T2 tj. odašiljanje TV sadržaja u klasičnom scenariju. Izlazi da u tom scenariju treba osigurati $C/N \approx 17 - 20$ dB ako se želi ostvariti prijenos HDTV sadržaja.

Ova situacija u skladu je s prije navedenim postavkama, a koje se koriste u UK ili Švedskoj. Tu se ne razmatra Dopplerov efekt i vremenska promjenljivost radijskog kanala.

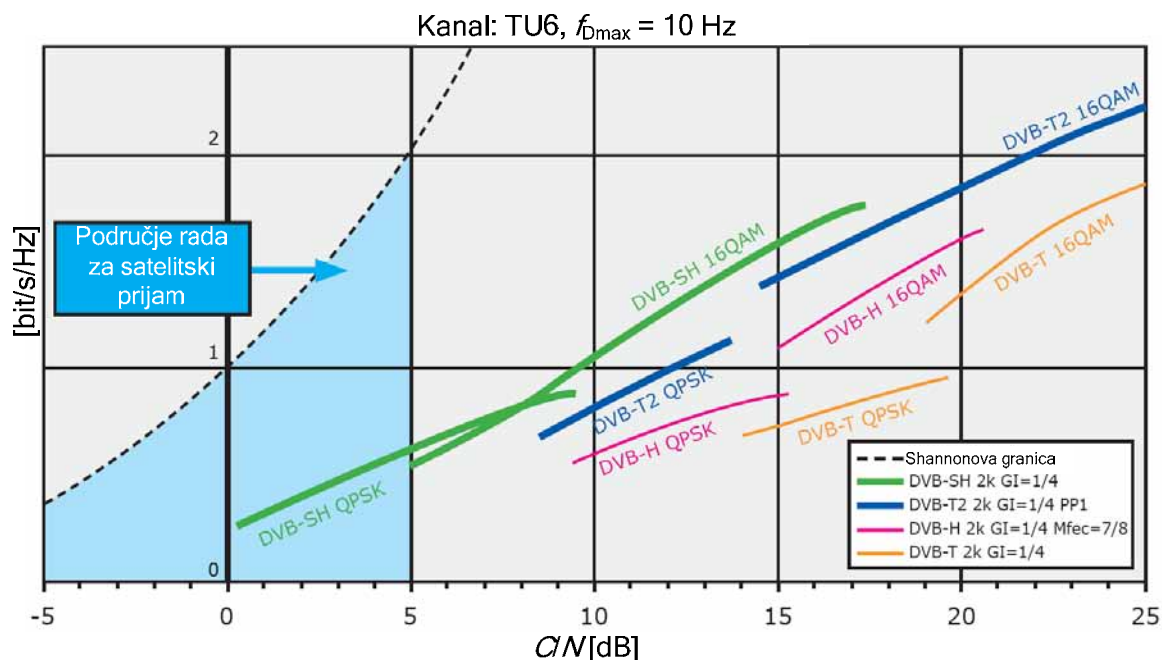
Slika 2.57. daje usporedbu različitih tehnologija u slučaju mobilnog prijama, tj. radijski je kanal simuliran pomoću modela TU6 koji ima 6 staza (*typical urban profile*) i odgovarajućeg Dopplerovog spektra (Jakes). Iz slike proizlazi da je DVB-T2 primjenjiv samo s modulacijskim postupkom nižeg reda (QPSK ili 16-QAM) i uz odgovarajući razmak između podnosilaca (2k FFT u ovom primjeru, ali bi mogao poslužiti eventualno i 4k FFT). Poznato je da je za mobilne uvjete pogodan veći razmak između podnosilaca. Trajanje zaštitnog intervala određuje se na osnovu vremenskog raspršenja određenog kanala tj. zaštitni interval mora biti dulji od očekivanih kašnjenja reflektiranih zraka. Poznato je da taj parametar određuje i najveći dozvoljeni razmak između odašiljača u SFN mreži. Omjer koda utječe na spektralnu učinkovitost kao i na minimalni potrebni odnos C/N kod kojeg sustav još može raditi (dovoljno mali BER). Gušća pozicija pilota (PP1) pruža prijammniku mogućnost za bolju procjenu kanala.

Na primjeru izbora moda odašiljanja u UK (slika 2.54) pokazuje se da se u kanalu širine 8 MHz odašilje oko 40 Mbit/s digitalnih podataka što daje spektralnu učinkovitost oko 5 bit/s/Hz. U mobilnim se uvjetima situacija drastično pogoršava (slika 2.57). Uz isti C/N spektralna učinkovitost pada na $\approx 1,6 - 1,8$ bit/s/Hz. Drugim riječima za ovakav radijski kanal (uz širinu od 8 MHz) može se odašiljati $\approx 12,8 - 14,4$ Mbit/s. Prikazom ovih jednostavnih situacija pokazuje se da ostvarenje prijena u mobilnim uvjetima zahtijeva drastično smanjenje brzine prijena podataka.

Kad bi se iskoristili svi potencijali koje pruža DVB-T2 i uz pravilno namještene postavke, za širinu kanala od 1,7 MHz, *DVB-T2 pruža mogućnost prijena veće količine podataka u odnosu na DAB*. Pitanje je, međutim, da li postoji stvarna potreba za tim.



Slika 2.56. Usporedba različitih tehnologija za F1 profil radijskog kanala (GI – zaštitni interval, *guard interval*)



Slika 2.57. Usporedba različitih tehnologija za TU6 ($f_{Dmax}=10$ Hz) profil radijskog kanala (GI – zaštitni interval, *guard interval*, M_{fec} – omjer koda)

U literaturi nisu pronađene simulacije tehnologije DVB-T2 u kanalima širine 1,7 MHz. Razlog tome je već nekoliko puta naglašena činjenica da se DVB-T2 ponajprije namjerava koristiti za prijenos TV sadržaja.

Prilikom podešavanja tehnologije DVB-T2 (OFDM parametara) treba se voditi sljedećim načelima:

- odrediti koliko je najveće kašnjenje u kanalu;
- odabrati trajanje zaštitnog intervala većim od najvećeg kašnjenja u kanalu odnosno odabrati zaštitan interval u skladu s željama o veličini SFN mreže;
- odrediti najgori moguću situaciju glede Dopplerovog efekta koji se pojavljuje u kanalu;
- na osnovu Dopplerovog frekvencijskog raspršenja odabrati odgovarajuću dimenziju FFT postupka;
- odabrati najveću dimenziju FFT koja nudi željeno trajanje zaštitnog intervala uz zadovoljavajuću robusnost u odnosu na Dopplerovo raspršenje.

Imajući na umu sve već rečeno proizlazi da se DVB-T2 u VHF kanalu može podesiti na sljedeći način:

- trajanje zaštitnog intervala kao kod DAB tj. oko 250 μ s (zaštitni interval od 1/4 kod 2k FFT daje vrijednost od 277,5 μ s), tada je veličina SFN mreže kao kod tehnologije DAB;
- FFT: 2k ili 4k (2k ima razmak između podnosilaca \approx 900 Hz, 4k ima razmak između podnosilaca \approx 450 Hz, kod DAB je taj razmak 1 kHz);
- modulacijski postupak: QPSK ili 16-QAM;
- omjer koda koji za isti C/N kao kod DAB pruža zadovoljavajuću vjerojatnost pogreške.

Analogno se podešavaju parametri za primjenu tehnologije u L pojasu. Koristio bi se 1k FFT, a za ostala podešavanja mogu se iskoristiti parametri kao kod DAB moda odašiljanja II ili IV (tu se vidi trajanje zaštitnog intervala, razmak između podnosilaca). Trajanje zaštitnog intervala određuje se sukladno željama o veličini SFN mreže.

2.9.2. DAB+ kao tehnologija za digitalno odašiljanje radija

Tehnologije iz skupine DAB (DAB, DAB+, DMB) ponajprije su namijenjene za rad u pojasu VHF III i u L pojasu u bloku širine \approx 1,7 MHz. Kao najbolje rješenje za prijenos čistog audiosignala (bez slikovnih sadržaja) nameće se tehnologija DAB+. Jednaki su parametri projektiranja za sve ove tri inačice tehnologije DAB. DAB+, u odnosu na DVB-T2 i DRM+, predstavlja već zrelu i provjerenu tehnologiju koja je u komercijalnoj primjeni. Trenutno je najviše zastupljena tehnologija DAB, ali zbog svog zastarjelog

audiokodiranja ona ne predstavlja prikladno rješenje za budućnost. Naime, već i oni, koji su uveli DAB, razmišljaju i muče se kako migrirati prema tehnologiji DAB+. Zato zemlja, koja tek treba uvesti digitalni radio, ne treba uopće razmišljati o tehnologiji DAB već treba odmah odabrati DAB+. DMB bi bio opcija za prijenos audio i videosadržaja, što ne smatramo zanimljivim za hrvatske prilike.

Namještanje multipleksa u tehnologiji DAB+

Kod DAB+, koji koristi HE AAC v2 audiokodiranje, zadovoljavajuća kvaliteta audiosignala (zvuka) postiže se pri brzinama od 64 – 112 kbit/s. Najčešće se koristi omjer koda od $\approx 0,5$ i mod odašiljanja I. Audiokoder rabi SBR, ali ne i opciju PS. Ispitivanja, koja je provodio Teracom (u Švedskoj), pokazuju da se može odašiljati 10 – 16 programa po multipleksu. To znači da bi se u Hrvatskoj mogla koristiti brzina prijenosa od 96 kbit/s po programu, a bilo bi dovoljno kapaciteta za sve zainteresirane nakladnike na državnoj i regionalnoj razini. Ukoliko bude potrebe za uvođenje još većeg broja nakladnika ili programa, ta brzina se može smanjiti (jako malo se narušava kvaliteta), ali ne ispod 64 kbit/s. Ovo namještanje multipleksa primjenjivo je za rad u pojasu VHF III.

Tablica 2.24. Broj programa po multipleksu u tehnologiji DAB+

Brzina prijenosa bitova po programu (podkanalu) [kbit/s]	Broj stereo programa po multipleksu
112	10
96	11
88	13
80	14
72	16
64	18

DAB+ pogodan je za nakladnike koji imaju državnu ili regionalnu koncesiju. Za nakladnike s lokalnom koncesijom (lokalne radijske postaje) SFN mreža predstavlja preskupo i nepotrebno rješenje.

Planiranje mreže odašiljača

Prilikom planiranja mreže odašiljača treba omogućiti:

- prvoklasni prijam u zatvorenim prostorima u urbanim područjima,
- dobar prijam na cestama koje povezuju urbana područja.

To se učinkovito rješava kombiniranjem odašiljača velikih snaga za pokrivanje velikih područja s odašiljačima manjih snaga koji dopunjavaju pokrivanje u urbanim područjima.

U postupku planiranja mreže odašiljača potrebni su podaci o referentnoj konfiguraciji prijavnika koji se koriste u proračunu. Postoji više referentnih konfiguracija prijavnika i one, kao rezultat, daju različite potrebne razine prijavnih polja koja je potrebno dostići za pravilan prijam u određenim uvjetima. Postoje, također, rezultati iz više izvora koji opisuju referentne konfiguracije prijavnika. Kao referentne, za potrebe ove studije, poslužit će konfiguracije prijavnika koje daje EBU odnosno one iz sporazuma GE06 (RRC6).

U nastavku je postupak proračuna potrebnoga minimalnog medijana električnog polja u području VHF III, jer je ono najinteresantnije.

Proračun minimalnog medijana električnog polja

$$P_n = F + 10 \log(kT_0 B)$$

$$P_{s \min} = C / N + P_n$$

$$A_a = G + 10 \log(1,64 \lambda^2 / (4\pi))$$

$$\phi_{\min} = P_{s \min} - A_a - L_f \quad - \text{ fiksni prijam}$$

$$\phi_{\min} = P_{s \min} - A_a \quad - \text{ prijam na prenosivom uređaju}$$

$$E_{\min} = \phi_{\min} + 120 + 10 \log(120\pi) \\ = \phi_{\min} + 145,8$$

$$E_{\text{med}} = E_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_1 \quad - \text{ fiksni prijam}$$

$$E_{\text{med}} = E_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_1 + L_h \quad - \text{ prijam na prenosivom uređaju} \\ \text{u vanjskom prostoru i} \\ \text{mobilni prijam}$$

$$E_{\text{med}} = E_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_1 + L_h + L_b \quad - \text{ prijam na prenosivom uređaju} \\ \text{u zatvorenom prostoru}$$

$$C_1 = \mu \sigma_c$$

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_m^2}$$

gdje je:

- P_n – snaga šuma u prijammniku [dBW],
- F – faktor šuma prijammnika [dB],
- K – Boltzmanova konstanta ($k= 1,38 \cdot 10^{-23}$ [Ws/K])
- T_0 – apsolutna temperatura ($T_0 = 290$ [K])
- B – frekvencijska širina šuma ($B = 1,54 \cdot 10^6$) [Hz],
- P_{smin} – minimalna korisna snaga signala na ulazu u prijammnik [dBW],
- C/N – zahtijevani omjer signal/šum RF signala [dB],
- A_a – efektivna površina antene [dBm²],
- G – dobitak antene u odnosu na poluvalni dipol [dB],
- λ – valna duljina [m],
- ϕ_{min} – minimalna gustoća snage [dBW/m²],
- L_f – gubici u prijenosu od antene do prijammnika [dB],
- E_{min} – ekvivalentna minimalna jakost električnog polja na mjestu prijama [dB μ V/m],
- E_{med} – medijan minimalne ekvivalentne jakosti električnog polja, vrijednost za planiranje [dB μ V/m]
- P_{mnn} – dozvoljena granica za šum proizveden ljudskim djelovanjem [dB],
- C_l – lokacijski korekcijski faktor [dB],
- L_h – gubici zbog različite visine prijammne antene (proračun od 10 m visine prijammne antene na 1,5 m visine prijammne antene iznad tla) [dB],
- L_b – srednji gubici zbog gušenja zgrade [dB],
- σ_c – kombinirana standardna devijacija [dB],
- σ_m – standardna devijacija na makro razini [dB], ($\sigma_m = 5,5$ dB),
- σ_b – standardna devijacija vezana uz gušenje zgrade [dB],
- μ – faktor distribucije (0,52 za 70%, 1,64 za 95%, 2,33 za 99% lokacija).

Iz postupka proračuna je odmah vidljivo da se odabirom različitih veličina pojedinih parametara (potreban C/N , F , C_1 , L_h , L_b, \dots) utječe na rezultat proračuna razine medijana električnog polja. Mogu se, stoga, očekivati različiti rezultati ovisno o različitim početnim postavkama. Zato se u ovoj studiji prikazuju samo rezultati prema GE06 i EBU. Treba imati na umu da su ovo samo preporuke koje olakšavaju proračun prilikom planiranja mreže.

Pokrivenost terena signalom smatra se *dobrom* ako je 95% lokacija pokriveno dovoljnom jakosti polja za prijam na prenosivom uređaju (zatvoreni prostor) i 99% lokacija pokriveno dovoljnom jakosti polja za prijam u mobilnim uvjetima. Pokrivenost signalom se smatra *zadovoljavajućom* ako je 70% lokacija pokriveno dovoljnom jakosti polja za prijam na prenosivom uređaju (zatvoreni prostor) i 90% lokacija pokriveno za prijam u mobilnim uvjetima.

Referentne konfiguracije prijavnika za planiranje T-DAB mreže sukladno sporazumu GE06

Definirane su dvije temeljne vrste prijama:

- prijam na prenosivom uređaju i
- prijam u mobilnim uvjetima.

Prijam na prenosivom uređaju dijeli se na:

- klasu A (prijam s antenom koja se koristi na otvorenom na visini ne manjoj od 1,5 m iznad tla) i,
- klasu B (antena se nalazi u zatvorenom prostoru na visini ne manjoj od 1,5 m iznad razine poda).

Prostorija ima sljedeće karakteristike: nalazi se u prizemlju, postoji vanjski prozor na zidu.

Referentni prijam u mobilnim uvjetima koristi antenu na visini ne manjoj od 1,5 m iznad tla. Dominantni faktor u mobilnim uvjetima predstavlja fading u kanalu i potrebna je dodatna zalihost da bi se on suzbio. Ta zalihost ovisi o brzini kretanja i frekvenciji odašiljanja.

Za T-DAB planira se mobilni prijam i prijam na prenosivom uređaju u zatvorenom prostoru.

Na frekvenciji 200 MHz,

- gubici zbog različite visine prijavnice antene L_h iznose 12 dB (suburbano područje),
- gubici zbog gušenja zgrade $L_b = 9$ dB sa standardnom devijacijom jednakom $\sigma_b = 3$ dB,
- dobitak antene za prijam na prenosivom uređaju i mobilnom prijavniku iznose -2 dB, a traži se pokrivenost 95% lokacija za prenosivi uređaj, odnosno 99% za mobilni uređaj,
- za faktor šuma uzima se vrijednost od 7 dB, a $C/N = 15$ dB,
- kombinirana standardna devijacija za unutarnji prijam iznosi $\sigma_c = 6,3$ dB, a standardna devijacija na makro razini $\sigma_m = 5,5$ dB.

- Lokacijski korekcijski faktori onda iznose:
 - 13 dB za vanjske lokacije prijavnika pri pokrivenosti 99%;
 - 10 dB za unutarnje lokacije prijavnika pri pokrivenosti 95%.

Na temelju iznesenog definirane su dvije referentne konfiguracije prijavnika (RPC, *Reference Planning Configurations*) za T-DAB u pojasu VHF III,

- RPC 4 za mobilni prijam i,
- RPC 5 za prijam u zatvorenom prostoru na prenosivom uređaju.

Tablica 2.25. prikazuje dobivene referentne vrijednosti medijana električnog polja, koje se koriste prilikom planiranja mreže (to su vrijednosti koje je potrebno ostvariti na visini 10 m iznad tla, na 50% lokacija i 50% vremena). Dobivene vrijednosti treba umanjiti za 12 dB ako se želi dobiti vrijednost medijana električnog polja na visini 1,5 m iznad tla.

Tablica 2.25. Referentne konfiguracije prijavnika za T-DAB u pojasu VHF III (200 MHz)

Referentne konfiguracije prijavnika		RPC 4	RPC 5
	Način prijama	mobilni	prenosivi uređaj u zatvorenom prostoru
	Pokrivenost lokacija	99%	95%
Zahtijevani odnos C/N [dB]		15,0	15,0
Referentna vrijednost za minimalni medijan električnog polja [$\text{dB}\mu\text{V/m}$] (50% lokacija, 50 % vremena, 10 m iznad tla)		60	66

Referentne konfiguracije prijavnika za planiranje T-DAB mreže prema EBU (ručni prijavnici)

Dokument EBU – TECH 3317 "*Planning parameters for hand held reception*", (Geneva, July 2007) normira prijam ručnim uređajem. Ustvari, planira se prijam pomoću T-DMB prijavnika, ali prema iznesenom u uvodu ovog poglavlja, te vrijednosti mogu se koristiti i za DAB/DAB+ uređaje iste vrste (ručni uređaji). Definirane su četiri vrste prijama prema tablici 2.26.

Postupak izračuna odgovara onome za prenosive uređaje. Ulazni su parametri, međutim, odabrani na drukčiji način (potrebni C/N , G , C_1 , L_h , L_b , dodano je σ_v koja predstavlja standardnu devijaciju vezanu uz gušenje vozila i L_v koji predstavlja srednje gubitke zbog gušenja vozila...), jer su prilagođeni ručnom prijemu. U ovom dokumentu nisu striktno određene vrijednosti faktora L_h te je stoga referentna vrijednost za minimalni medijan električnog polja dana za 50% lokacija, 50% vremena i na visini 1,5 m iznad tla.

Tablica 2.26. Vrste prijama T-DMB ručnih uređaja

Vrsta prijama	Opis
A	Prijam s ručnim uređajem na otvorenom prostoru
B	Prijam s ručnim uređajem u zatvorenom prostoru
C	Prijam s ručnim uređajem u vozilu koje se kreće, antena je vanjska
D	Prijam s ručnim uređajem u vozilu koje se kreće, nema vanjske antene na vozilu

Tablica 2.27. Referentne konfiguracije ručnih T-DMB prijamnika u pojasu VHF III (200 MHz)

Vrsta prijama	A	B	C	D
Pokrivenost lokacija	95%	95%	99%	99%
Referentna vrijednost za minimalni medijan električnog polja [dB μ V/m] (50% lokacija, 50 % vremena, 1,5 m iznad tla)	55,6	65,9	49,5	68,2

Dobivene vrijednosti odnose se na DAB mod odašiljanja I i omjer koda 0,5 te frekvenciju odašiljanja od 200 MHz. Tablica 2.27. prikazuje dobivene referentne vrijednosti.

Kao što je i očekivano, dobivene vrijednosti veće su od onih koje se odnose na prenosive uređaje. Može se usporediti RPC4 i vrsta prijama C te RPC5 i vrsta prijama B. Tablica 2.28. prikazuje usporedbu referentnih vrijednosti za minimalni medijan električnog polja za 50% lokacija, 50% vremena i na visini 1,5 m iznad tla.

Tablica 2.28. Usporedba referentnih vrijednosti minimalnih medijana električnog polja prenosivih i ručnih prijamnika

Vrsta prijama	mobilni		zatvoreni prostor	
	RPC 4	C	RPC 5	B
Referentna vrijednost za minimalni medijan električnog polja [dB μ V/m] (50% lokacija, 50 % vremena, 1,5 m iznad tla)	48	49,5	54	65,9

Primjer iz prakse (DAB+ pilot projekt u Švedskoj)

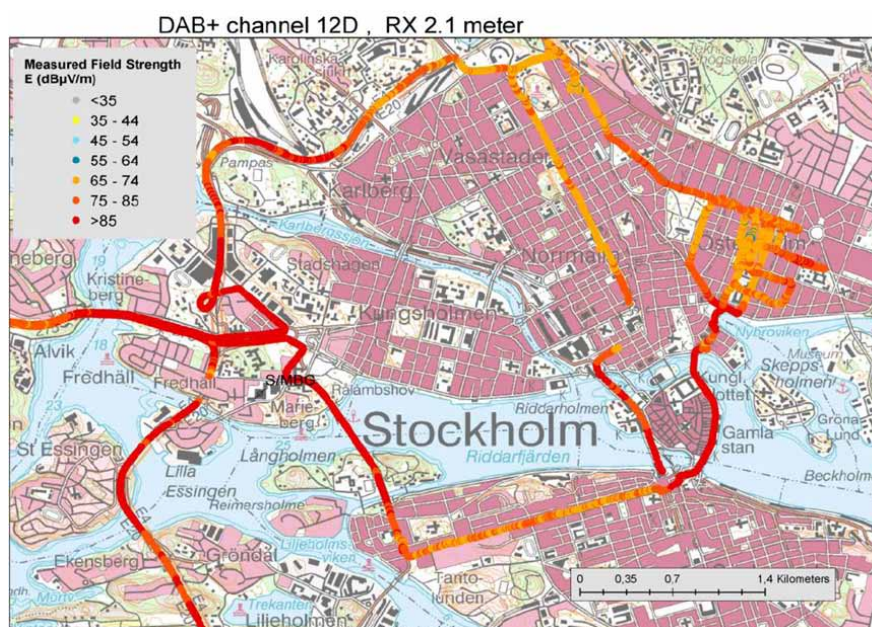
Osim ove dvije obrađene konfiguracije za planiranje DAB, tj. GE06 i EBU, želimo istaknuti i jedan praktični primjer (s terena) koji je prilikom planiranja DAB+ mreže koristio Teracom u Šved-

skoj u svojem pilot projektu. Korišteni minimalni zahtjevi pri njihovom planiranju mreže dani su u tablici 2.29.

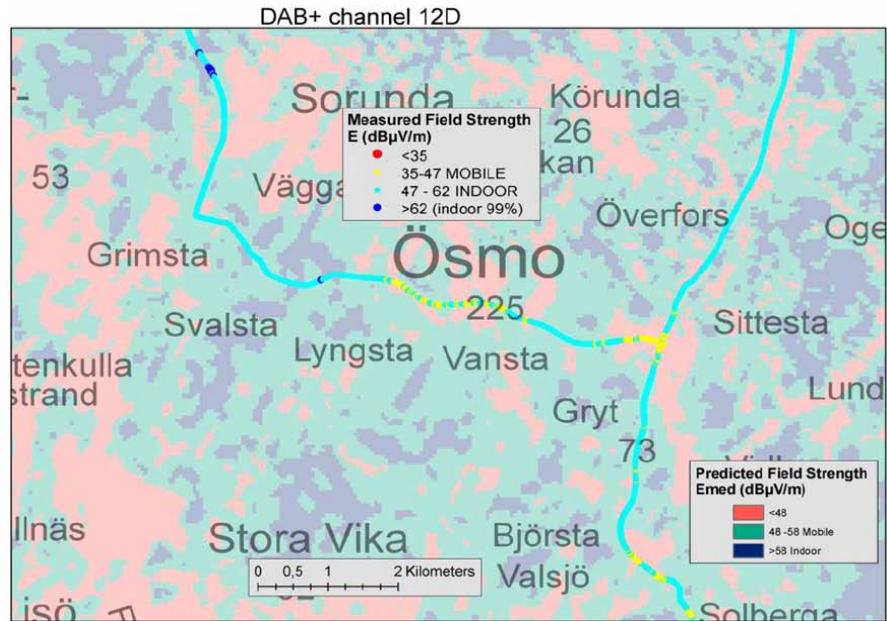
Tablica 2.29. Minimalni zahtjevi za planiranje DAB+ mreže koje je koristio Teracom

Klasa pokrivanja	Medijan minimalnog električnog polja	Opis
Prenosivi prijamnik u zatvorenom prostoru	> 58 dB μ V/m na visini 1,5 m iznad tla (95% lokacija)	jako dobro vanjsko pokrivanje, dobro ili jako dobro pokrivanje zatvorenih prostora
Mobilni prijamnik na otvorenom prostoru	48–58 dB μ V/m na visini 1,5 m iznad tla (99% lokacija)	dobro vanjsko pokrivanje, ograničeno pokrivanje zatvorenih prostora

Primjer iz Švedske značajan je i po tome, jer su prikazane i vrijednosti dobivene mjerenjima. Obrađena su dva slučaja: gradsko područje koje prezentira centar Stockholma i ruralno područje (okolica Stockholma). Rezultati njihovih mjerenja dani su na slikama 2.58. i 2.59. Slike su prenesene u izvornom obliku iz dokumenta: *The Swedish Digital Radio Pilot Project, Setup of the DAB+ network*, Teracom. Interesantno je spomenuti da u slučaju gradskog područja zahtijevaju minimalnu vrijednost mjenog električnog polja na ulici od 47 dB μ V/m kako bi se kompenzirali gubici koje unosi zgrada.



Slika 2.58. Prikaz mjerenih vrijednosti električnog polja u centru Stockholma (slika je prenesena u izvornom obliku iz *The Swedish Digital Radio Pilot Project, Setup of the DAB+ network*, Teracom)



Slika 2.59. Prikaz mjerenih vrijednosti električnog polja u okolini Stockholm-a (slika je prenesena u izvornom obliku iz *The Swedish Digital Radio Pilot Project, Setup of the DAB+ network*, Teracom)

Dakle, ta izmjerena vrijednost polja na ulici pružala bi mogućnost prijama u zatvorenom prostoru. Na slici 2.59., koja opisuje slučaj ruralnog područja, prikazana je usporedba rezultata ostvarenih mjerenjima s onima dobivenim softverskom simulacijom.

Iz izloženog (GE06, EBU, pilot projekt u Švedskoj) izlazi da su svi proračuni razine prijamnoga električnog polja rađeni za DAB mod odašiljanja I. Taj je mod najprikladniji za gradnju SFN mreže u pojasu VHF III, jer dozvoljava najveći razmak između odašiljača.

Mod II će se koristiti za srednje velike SFN mreže u L pojasu. Mod III je prikladan za kabelski, zemaljski i satelitski prijenos, jer se primjenjuje u području do 3 GHz. Taj mod ima najveću toleranciju na fazni šum. Mod IV se također koristi u L pojasu i dozvoljava izgradnju veće SFN mreže. On ima najveći nedostatak u činjenici da je neotporniji na Dopplerov efekt koji se javlja pri velikim brzinama.

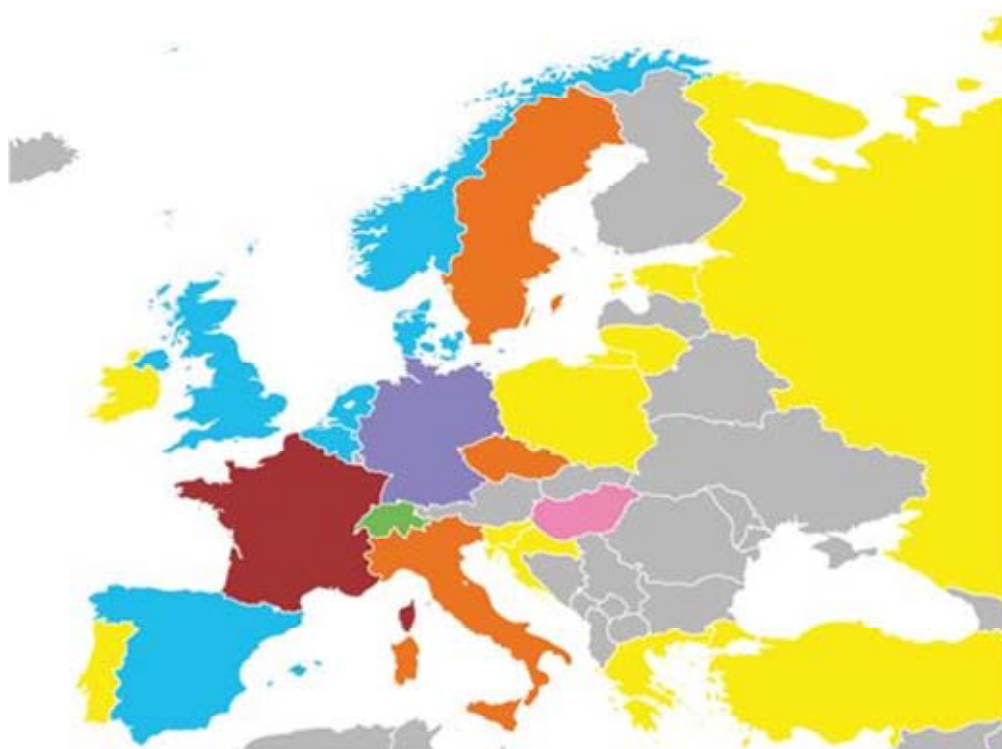
Kao najbolja opcija za projektiranje DAB mreže u L pojasu čini se mod odašiljanja II.

Trenutno stanje primjene tehnologija DAB/DAB+/DMB

Ispitivanja tehnologije DAB počela su u velikom broju europskih zemalja još u drugoj polovici devedesetih godina prošlog stoljeća. Činjenica je da je ta tehnologija dugo vremena stagnirala ponajprije zbog nedostatka prijamnika i novih sadržaja. Digitalizacijom tele-

vizije i normiranjem prijamnika za DAB/DAB+/DMB probudio se novi interes za digitalni radio u Europi. Od zemalja članica EU digitalni je radio najprihvaćeniji u Ujedinjenom kraljevstvu (UK) i Danskoj, a među ostalim državama u Europi, u Švicarskoj.

- UK ima najveći broj multipleksa namijenjenih DAB radiju i najveći broj isključivo digitalnih sadržaja u Europi. Regulator ima problema zbog manjka kapaciteta, jer se koristi prvotna inačica, tj. DAB.
- Danci neće više nadograđivati FM mrežu, već budućnost vide u DAB/DAB+ ili internetskom radiju. Očekuje se da će svi nakladnici prijeći na neku od ovih tehnologija.
- Švicarska je najvećim dijelom usvojila DAB+ i on predstavlja budućnost digitalnog radija.
- Osim Francuske, koja je usvojila DMB kao tehnologiju za digitalno odašiljanje radija, sve ostale zemlje opredijelile su se za DAB/DAB+.



DAB u primjeni	DAB u primjeni, DAB+ testiranje	DAB i DAB+ u primjeni	DAB+ u primjeni
DAB u pokusnom radu	DAB+ testiranje	DAB i DAB+ u testiranju	DMB za audio

Slika 2.60. Primjena i ispitivanje tehnologija DAB/DAB+/DMB (stanje rujan 2010.; izvor DMB organizacija)

Kao jedino logično rješenje za zemlje, u kojima do sada nije zaživio digitalni radio, nameće se tehnologija DAB+. Prilog tomu je i činjenica da će i Njemačka kao najveće europsko tržište najvjerojatnije odabrati DAB+, a tim putem kreću i Italija, Austrija, Mađarska... Valja napomenuti da regulatori u pojedinim državama ostavljaju operatorima mreže izbor tehnologije (primjer Nizozemska, Češka).

Slika 2.60. prikazuje trenutnog stanja tehnologija DAB/DAB+/DMB po državama Europe.

2.9.3. DRM+ kao tehnologija za digitalno odašiljanje radija

DRM+ predstavlja obećavajuću tehnologiju za male (lokalne) radijske postaje. Razlog tome su visoki troškovi zakupa prostora u multipleksu koji se trebaju plaćati mrežnom operatoru. Jeftinija (a time i prihvatljivija) opcija malim nakladnicima je posjedovanje vlastite infrastrukture. Smatramo kako je ovo najveća prednost tehnologije DRM+. Ona može raditi u pojasevima VHF I i II. Tehnologija također podržava mogućnost multipleksa više sadržaja (do 4, ali realno je očekivati do 2 programa u multipleksu). Može se graditi jednofrekvencijska mreža (SFN), ali lokalnim radijskim postajama vjerojatnije je prihvatljivija opcija koju čini samo jedan odašiljač. DRM+ je nova tehnologija i još je u eksperimentalnoj fazi te trenutno još nisu dostupni komercijalni prijammnici. Smatramo kako DRM+ nije konkurencija tehnologiji DAB jer u osnovi te dvije tehnologije ciljaju na različite skupine korisnika. Ispitivanja su 2007. godine započela u Njemačkoj (Hannover, Kaiserslautern) i to s primjenom u pojasu VHF II.

Planiranje

Da bi se moglo započeti s planiranjem potrebno se na ovom mjestu podsjetiti što određuje način odašiljanja u E DRM tehnologiji. Sinonim tome je naziv DRM+. U tablici 2.30. dani su osnovni OFDM parametri za DRM+.

Prikazat će se planiranje u pojasu VHF II (87,5 – 108 MHz), a na analogni se način može planirati i u pojasu VHF I. Proračun minimalnog medijana električnog polja radi se postupkom opisanim u poglavlju posvećenom tehnologiji DAB+. Kao referenca poslužiti će dokument "*Planning Parameters related to DRM Mode E ('DRM+') in VHF Band II (87.5 – 108 MHz)*" kojeg su izradili na Fachhochschule Kaiserslautern. Dokument se temelji na ispitivanjima (pokusnim mjerenjima) provedenima u Kaiserslauternu, Njemačka. Rezultati su dani za dvije grupe DRM+ postavki prema tablici 2.31.

Tablica 2.30. OFDM parametri tehnologije DRM+

Elementarni vremenski interval T	83+1/3 μ s
Trajanje korisnog dijela OFDM simbola T_u	2,25 ms
Trajanje zaštitnog intervala T_g	0,25 ms
Trajanje OFDM simbola T_s	2,5 ms
T_g/T_u	1/9
Trajanje prijenosnog okvira T_f	100 ms
Broj simbola po okviru N_s	40
Širina kanala	100 kHz
Razmak između podnosilaca $1/T_u$	444,4 Hz

Tablica 2.31. Postavke tehnologije DRM+

Mod odašiljanja MSC kanala	4-QAM, nije hijerarhijska modulacija, oznaka 11	16-QAM, nije hijerarhijska modulacija, oznaka 00
Omjer koda u MSC kanalu R_{uk}	0,4	0,33
Omjer koda u SDC kanalu R_{sdc}	0,25	0,25
Aproksimativna brzina prijenosa bitova	58,2 kbit/s	97,0 kbit/s

Tablica 2.32. Modeli kanala za DRM+

Model kanala i opis	Brzina
Kanal 7 (AWGN)	0 km/h, nema vremenskih promjena
Kanal 8 (gradski)	2 km/h i 60 km/h (brzina pješaka i vozila)
Kanal 9 (ruralni)	150 km/h (brzina vozila na autocesti)
Kanal 10 (opstruirani teren)	60 km/h (brzina vozila unutar naseljenog područja)
Kanal 11 (brdoviti teren)	100 km/h (brzina vozila na lokalnoj cesti)
Kanal 11 (SFN)	150 km/h (brzina vozila na autoputu)

Ispitivanja su provedena s različitim modelima kanala, a modeli kanala dani su u tablici 2.32. (za detalje u vezi kanala pogledati Annex B, ETSI ES 201 980).

Žutom bojom označeni su modeli kanala za koje su određene vrste prijama kako slijedi:

- fiksni prijam (kanal 7),

- prijam na prenosivom prijammniku (kanal 8) i,
- mobilni prijam (kanal 9).

U tablici 2.33. dan je potrebni omjer $(C/N)_{\min}$ za različite modele kanala i postavki tehnologije DRM+ sukladno normi ETSI ES 201 980, a u tablici 2.34. potrebni omjer $(C/N)_{\min}$ za različite modele kanala i postavki tehnologije DRM+ prema laboratorijskim mjerenjima iz Kaiserslauterna.

Tablica 2.33. Potrebni omjer $(C/N)_{\min}$ za različite modele kanala i postavki tehnologije DRM+ sukladno normi ETSI ES 201 980

$(C/N)_{\min}$ [dB]	4-QAM, $R_{\text{uk}} = 0,33$	16-QAM, $R_{\text{uk}} = 0,5$
Model kanala		
Kanal 7 (AWGN)	1,3	7,9
Kanal 8 (gradski, 60km/h)	7,3	15,4
Kanal 9 (ruralni)	5,6	13,1
Kanal 10 (opstruirani teren)	5,4	12,6
Kanal 11 (brdoviti teren)	5,5	12,8
Kanal 12 (SFN)	5,4	12,3

Tablica 2.34. Potrebni omjer $(C/N)_{\min}$ za različite modele kanala i postavki tehnologije DRM+ prema laboratorijskim mjerenjima iz Kaiserslauterna

$(C/N)_{\min}$ [dB]	4-QAM, $R_{\text{uk}} = 0,4$	16-QAM, $R_{\text{uk}} = 0,33$
Model kanala		
Kanal 7 (AWGN)	2,9	7,8
Kanal 8 (gradski, 60 km/h)	13,0	18,7
Kanal 9 (ruralni)	11,4	17,7
Kanal 10 (opstruirani teren)	11,2	17,0
Kanal 11 (brdoviti teren)	11,7	16,8

Prilikom proračuna minimalnog medijana električnog polja iz Kaiserslauterna pretpostavljeno je:

- faktor šuma prijavnika $F = 7$ dB;
- dobitak antene za:
 - fiksni prijam 4 dBd,
 - mobilni prijam -2,2 dBd,
 - nekritični prijam s prenosivim prijavnikom -2,2 dBd,
 - kritični prijam s prenosivim prijavnikom -19,02 dBd;
- gubici zbog različite visine prijavnice antene:
 - 10 dB korekcijski faktor za prigradsko područje u slučaju nekritičnog prijama s prenosivim prijavnikom,
 - 17 dB korekcijski faktor za gradsko područje u slučaju kritičnog prijama s prenosivim prijavnikom;
- srednji gubici zbog gušenja zgrade $L_b = 9$ dB, a standardna devijacija vezana uz gušenje zgrade $\sigma_{L_b} = 3$ dB;
- standardna devijacija σ_L za DRM+ u gradskom području iznosi 5,3 dB, a u prigradskom području je ona 7 dB;
- kombinirani korekcijski faktor CF na 50 % lokacija za:
 - gradsko područje iznosi 7,5 dB (DRM+ interferiran s DRM+) ili 9,85 dB (DRM+ interferiran s FM),
 - prigradsko područje iznosi 9,90 dB (DRM+ interferiran s DRM+) ili 10,86 dB (DRM+ interferiran s FM) (ovo se neće razmatrati u proračunu);
- šum proizveden ljudskim djelovanjem iznosi 2 dB ako se razmatra šumom limitirani scenarij odnosno 0 dB ako se razmatra interferencijom limitiran scenarij;
- distribucijski faktor μ iznosi:
 - 0,524 za 70% lokacija,
 - 1,282 za 90% lokacija,
 - 1,645 za 95% lokacija i,
 - 2,327 za 99% lokacija;
- lokacijski korekcijski faktor $Cl = \mu \sigma_L$.

Radi ilustracije objasniti ćemo proračun ukupnog korekcijskog faktora u slučaju mobilnog prijama. Prikaz korekcijskih vrijednosti u tom slučaju dan je u tablici 2.35. Za prikazani slučaj u tablici 2.35. izlazi:

$$C_1 = \mu \sigma_L = 2,327 \text{ (99\% lokacija)} \times 7 \text{ (prigradsko područje),}$$

$$C_1 = 16,29 \text{ dB;}$$

$$C_2 = \sqrt{C_1^2 + \sigma_{L_b}^2} = 16,29 \text{ dB;}$$

$$C_{uk} = C_2 + L_b + P_{mnn} + L_h + L_c - G_D = 28,77 \text{ dB}$$

Na analogni se način mogu izračunati ostali slučajevi.

Tablica 2.35. Korekcijske vrijednosti za mobilni prijam

Frekvencija	f [MHz]	100
Vrsta antene i dobitak u odnosu na poluvalni dipol	Omni, G_D [dB]	-2,20
Duljina kabela i gubici u kabeu	2 m, L_c [dB]	0,28
Visina antene iznad tla, gubici zbog različite visine prijamne antene	1,5 m, L_h [dB]	10
Šum proizveden ljudskim djelovanjem	P_{mnn} [dB]	0
Srednji gubici zbog gušenja zgrade	L_b [dB]	0
Standardna devijacija vezana uz gušenje zgrade	σ_{Lb} [dB]	0
Lokacijski korekcijski faktor	za 99% lokacija C_1 [dB], $C_1 = \mu \sigma_L$	16,29
Ukupni lokacijski korekcijski faktor	C_2 [dB]	16,29
Zbroj korekcijskih faktora	C_{uk} [dB]	28,77

Tablica 2.36. Minimalni medijan električnog polja za postavku tehnologije DRM+: 16-QAM, $R_{uk} = 0,33$

Frekvencija	f [MHz]	100	100	100	100	100	100
Vrsta prijama		fiksni	prenosivi prijamnik u zatvorenom	prenosivi prijamnik u zatvorenom	prenosivi prijamnik u otvorenom	prenosivi prijamnik u otvorenom	mobilni
Situacija			nekritična	kritična	nekritična	kritična	
Pokrivenost lokacija		50%	70%	70%	95%	95%	99%
Područje		prigradsko	prigradsko	gradsko	prigradsko	gradsko	ruralno
Minimalna potrebna jakost električnog polja na poziciji prijamne antene	E_{min} [dB(μ V/m)]	4,88	15,78	15,78	15,78	15,78	14,78
Zbroj korekcijskih faktora	C_{uk} [dB]	-2,59	25,94	49,11	23,72	44,74	28,77
Minimalni medijan električnog polja	E_{med} [dB(μ V/m)]	2,29	41,72	64,89	39,50	60,52	43,55

Proračun minimalnog medijana električnog polja napravljen je za dva slučaja postavki tehnologije DRM+ i to za fiksni prijam, prijam na prenosivom prijammniku i za mobilni prijam. Prijam na prenosivom prijammniku se nadalje dijeli na dvije situacije: prenosivi prijammnik u zatvorenom prostoru i prenosivi prijammnik u otvorenom prostoru. Postoje dvije mogućnosti za prenosivi prijammnik u zatvorenom i otvorenom prostoru: kritična ili nekritična situacija. Gledajući ukupno, definirano je šest različitih vrsta prijama.

U tablici 2.36. prikazane su vrijednosti minimalnog medijana električnog polja za različite vrste prijama i postavku tehnologije DRM+: 16-QAM, $R_{uk}=0,33$. Minimalni medijan električnog polja odnosi se na 50% lokacija, 50% vremena i visinu prijamne antene 10 m iznad tla. U tablici 2.37. prikazane su vrijednosti minimalnog medijana električnog polja za različite vrste prijama i postavku tehnologije DRM+: 4-QAM, $R_{uk}=0,4$. Minimalni medijan električnog polja također se odnosi na 50% lokacija, 50% vremena i visinu prijamne antene 10 m iznad tla.

Dobivene vrijednosti mogu se usporediti s potrebnim medijanom električnog polja u slučaju planiranja FM mreže.

Tablica 2.37. Minimalni medijan električnog polja za postavku tehnologije DRM+: 4-QAM, $R_{uk} = 0,4$

Frekvencija	f [MHz]	100	100	100	100	100	100
Vrsta prijama		fiksni	prenosivi prijammnik u zatvorenom	prenosivi prijammnik u zatvorenom	prenosivi prijammnik u otvorenom	prenosivi prijammnik u otvorenom	mobilni
Situacija			nekritična	kritična	nekritična	kritična	
Pokrivenost lokacija		50%	70%	70%	95%	95%	99%
Područje		prigradsko	prigradsko	gradsko	prigradsko	gradsko	ruralno
Minimalna potrebna jakost električnog polja na poziciji prijamne antene	E_{min} [dB(μ V/m)]	-0,02	10,08	10,08	10,08	10,08	8,48
Zbroj korekcijskih faktora	C_{uk} [dB]	-2,59	25,94	49,11	23,72	44,74	28,77
Minimalni medijan električnog polja	E_{med} [dB(μ V/m)]	-2,61	36,02	59,19	33,80	54,82	37,25

U tablici 2.38. prikazane su vrijednosti minimalnog medijana električnog polja za planiranje FM mreže. Vrijednosti se odnose na 50% lokacija i 50% vremena te visinu prijamne antene od 10 m iznad tla. Primjećujemo da se s istom snagom odašiljanja postiže bolje pokrivanje kod tehnologije DRM+ nego kod tehnologije FM.

Tablica 2.38. Minimalni medijan električnog polja za planiranje u analognoj tehnologiji FM

Područje	Usluge	
	Mono signal [dB(μ V/m)]	Stereo signal [dB(μ V/m)]
Ruralno	48	54
Gradsko	60	66
Veliki gradovi	70	74

Vrijednosti minimalnog medijana električnog polja za planiranje u tehnologiji FM dobivene su iz preporuke ITU-R BS.412-9 *Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF*.

2.9.4. Zaključak u vezi planiranja digitalnog odašiljanja radija

Izborom parametara za odašiljanje po pojedinoj tehnologiji (modulacijski postupak, omjer koda) i definiranjem vrste prijama (radijski kanal, antene) utječe se na dobivene vrijednosti potrebnih minimalnih medijana električnog polja. Parametre se može mijenjati u nebrojeno mnogo kombinacija. Zato su izrađene smjernice ("službene" vrste prijama) koje olakšavaju projektiranje mreže (npr. GE06, EBU).

Kako su DVB-T2 i DRM+ jako mlade tehnologije, nema nekih "službenih" smjernica o tome kako planirati odašiljačku mrežu. Naime, te dvije tehnologije su još u fazi razvoja i ispitivanja. Komercijalni prijammnici za DRM+ ne postoje, a o DVB-T2 se ponajprije razmišlja u svjetlu odašiljanja videosignala u kanalima širine 7 ili 8 MHz.

Najzahtjevniju vrstu prijama predstavljaju prenosivi (ručni) uređaji koji se nalaze u zatvorenom prostoru u gradskom području. Kad se planira pokrivanje grada potrebno je dimenzionirati odašiljačku mrežu shodno toj vrsti prijama. Mobilnu vrstu prijama koristi se za adekvatno pokrivanje prometnica. Ostvarivanje mobilnog prijama lako je izvesti ako su podnosioci OFDM signala na dovoljno velikom razmaku u odnosu na Dopplerovo raspršenje frekvencije. Rezultati dobiveni proračunima i simulacijama trebaju se potvrditi ispitivanjima na terenu.

Ovi su zaključci valjani za sve tri posebno analizirane tehnologije koje predstavljaju (trenutno) najprikladnije rješenje za odašiljanje digitalnog radija u Hrvatskoj, a to su DAB+, DVB-T2 i DRM+.

2.9.5. Kratki sažetak prednosti i nedostataka tehnologija DVB-T2, DAB+ i DRM+

Ovo poglavlje studije zaključit ćemo kratkom rekapitulacijom prednosti i nedostataka izabranih tehnologija za digitalno odašiljanje radija. Prikazat ćemo samo ona svojstva koja su po našoj ocjeni najvažnija. Detalji se mogu pronaći u prethodnim odjeljcima.

DVB-T2

Minus: Tehnologija je ponajprije namijenjena i projektirana za odašiljanje videosignala. U Hrvatskoj je tek uvedena tehnologija DVB-T i teško je očekivati skoro uvođenje druge generacije digitalne zemaljske televizije. Još se ne spominje odašiljanje samostalnog audiosadržaja u ovoj tehnologiji. Pitanje je kad će biti dostupni (i po kojoj cijeni) prijamnici za DVB-T2, a koji rade u širini kanala od 1,7 MHz.

Plus: Tehnologija predstavlja pokušaj da postane univerzalna tehnologija za odašiljanje različitih sadržaja (to je ustvari dvosjekli mač jer nisu iskorišteni svi potencijali koje tehnologija nudi – rješenje: odašiljanje samostalnog audio sadržaja u kanalu širine 1,7 MHz), moderna i prilagodljiva tehnologija.



Slika 2.61. Univerzalnost DVB-T2 ujedno je najveća prednost tehnologije, ali i njezin nedostatak

DAB+

Minus: Tehnologija nije toliko spektralno učinkovita ili napredna (u smislu mogućnosti prijenosa podataka) kao DVB-T2 i DRM+. Nije prikladno rješenje za lokalne radijske postaje (kao ni DVB-T2), još uvijek su preskupi prijamnici.

Plus: To je zrela i provjerena tehnologija koja je već u komercijalnoj primjeni. Projektirana je kao tehnologija isključivo za odašiljanje audiosignala i optimalnoga popratnog sadržaja. Trenutno predstavlja jedini i najbolji izbor od ove tri tehnologije. Izgleda da će DAB+ u Europi biti glavnim izborom za digitalizaciju radija.

DRM+

Minus: Tehnologija je još uvijek u eksperimentalnoj fazi, nema komercijalnih prijamnika, nije pogodna za odašiljanje radija na nacionalnoj i regionalnoj razini, nije pogodna za pokrivanje gusto naseljenih područja kao DAB+.

Plus: To je obećavajuća tehnologija za lokalne radijske postaje, dobra je za pokrivanje područja sa slabijom naseljenošću, nema konkurenta (DVB-T2 i DAB+ konkuriraju jedna drugoj). DRM+ je dizajnirana kao tehnologija za isključivo odašiljanje audiosignala u uskopolasnim kanalima, sadrži optimalni popratni sadržaj.

3. Raspoloživost spektra i moguće strategije prijelaza na digitalno odašiljanje

3.1. Radna područja frekvencija pojedinih digitalnih tehnologija za radiodifuziju

Za zemaljsku radiodifuziju u Hrvatskoj su trenutno predviđeni frekvencijski pojasevi prema tablici 3.1. Iz te tablice izlazi da za digitalno odašiljanje radija trenutno još nije otvoren samo pojas VHF II. Za UHF pojas ne možemo reći da nije otvoren za digitalno odašiljanje radija, jer se već i sada unutar DVB mogu odašiljati i radijski programi. Činjenica je, međutim, da u trenutnoj izvedbi DVB u Hrvatskoj nije moguć radijski prijam u mobilnim uvjetima.

U prethodnom poglavlju prikazane su tehnologije za digitalno odašiljanje radija. Uočene su tri najznačajnije tehnologije i to: DRM (DRM+), DAB (DAB+, DMB) i DVB-T2. Za svaku od navedenih tehnologija prikazano je područje njezine primjene. U ovom će se poglavlju pokazati kako se ta područja moguće primjene uklapaju u trenutni hrvatski plan frekvencija za potrebe zemaljske radiodifuzije. DRM30 predviđen je i radi (kao što mu i samo ime kazuje) do frekvencije od 30 MHz tj. u području LF, MF, HF pojasa. Ova frekvencijska područja omogućuju pokrivanja velikih prostora, ali kako su kanali male širine mali su i kapaciteti prijenosa podataka (bitova audio sadržaja). Od 2006. godine tvrtka Odašiljači i veze d.o.o. odašilje program Hrvatskog radija pod nazivom Glas Hrvatske koristeći tehnologiju DRM. Odašilje se na frekvenciji od 594 kHz sa SV postaje Deanovec. Prosječna snaga odašiljača je 10 kW. Program se odašilje u *parametric stereo* kvaliteti sa AAC+SBR načinom kompresije signala. Frekvencija 594 kHz dijeli se s još nekim postajama u Europi, pa je stoga odašiljanje ograničeno na vrijeme od 8:00 do 16:00 sati po SEV-u. Slika 3.1. prikazuje odgovarajuće područje pokrivanja signalom DRM30 u Hrvatskoj. Područja frekvencija namijenjena za rad u tehnologiji DRM30 nisu tržišno atraktivna za eventualna buduća komercijalna ulaganja.

Tablica 3.1. Frekvencijska područja za zemaljsku radiodifuziju u Hrvatskoj

Frekvencijski pojasevi namijenjeni za radiodifuziju	Vrsta radiodifuzijske službe	Širina kanala	Međunarodni sporazum
148,5 kHz – 283,5 kHz	LF radio	9 kHz	GE75
526,5 kHz – 1606,5 kHz	MF radio	9 kHz	GE75
3950 kHz – 4000 kHz 5900 kHz – 5950 kHz 5950 kHz – 6200 kHz 7200 kHz – 7300 kHz 7300 kHz – 7400 kHz 7400 kHz – 7450 kHz 9400 kHz – 9500 kHz 9500 kHz – 9900 kHz 11600 kHz – 11650 kHz 11650 kHz – 12050 kHz 12050 kHz – 12100 kHz 13570 kHz – 13600 kHz 13600 kHz – 13800 kHz 13800 kHz – 13870 kHz 15100 kHz – 15600 kHz 15600 kHz – 15800 kHz 17480 kHz – 17550 kHz 17550 kHz – 17900 kHz 18900 kHz – 19020 kHz 21450 kHz – 21850 kHz 25670 kHz – 26100 kHz	HF radio	4,5 kHz – 10 kHz	
47,0 MHz – 68,0 MHz	TV (VHF I)	7 MHz	ST61
87,5 MHz – 108 MHz	FM (VHF II)	250 kHz	GE84
174,0 MHz – 230,0 MHz	T-DAB (VHF III)	1,536 MHz	GE06
174,0 MHz – 230,0 MHz	DVB-T (VHF III)	7 MHz	GE06
470,0 MHz – 862,0 MHz	DVB-T (UHF)	8 MHz	GE06
1452,0 MHz – 1492,0 MHz	T-DAB (L pojas)	1,536 MHz	MA02revCO07

Interes za odašiljanje u tim pojasevima može imati samo država i to u cilju pružanja radijske informacije građanima koji se nalaze izvan RH. Internet je velika konkurencija radiodifuziji koja se odašilje po tehnologiji DRM30. Praćenjem radijskih programa putem *strea-*

ming-a uspješno se zadovoljavaju potrebe slušatelja izvan granica RH. Neke zemlje su, zbog ovog razloga, prestale s odašiljanjem radija na ovima "niskim" frekvencijama (posebno se to odnosi na LF i MF područje frekvencija). Zbog toga se u nastavku detaljnije ne razmatraju frekvencijska područja rada tehnologije DRM30. Neke osobitosti radiodifuzije u tima frekvencijskim područjima obrađene su u prethodnom poglavlju u odjeljcima o tehnologiji DRM.



Slika 3.1. Područje pokrivanja odašiljača na lokaciji Deanovec koji koristi tehnologiju DRM30

DRM+ ponajprije je predviđen za rad u području VHF II, ali on je još u fazi ispitivanja. Pojasevi VHF II i III najbolji su izbor za digitalno odašiljanje radija. Pojas VHF I ima sljedeće nedostatke za primjenu u radiodifuzijske svrhe:

- velike dimenzije odašiljačkih antenskih sustava;
- dimenzije i kompleksnost prijamnih antena pokazuju se izrazito neprikladnima posebice u mobilnim uvjetima prijama;
- viša razina šuma proizvedenog ljudskim djelovanjem;
- moguća interferencija zbog takozvane mjestimične E propagacije (*Sporadic E Propagation*).

Ukratko rečeno, zbog posebnog stanja u ionosferi (u E sloju) radijski signali u VHF području (obično su zamijećeni efekti u području od 27–110 MHz, ali su oni izraženiji na donjem dijelu) mogu se širiti na jako velike udaljenosti. Na taj način mogu zasmetati ostalima koji rade u istom pojasu, ali na drugom geografskom području.

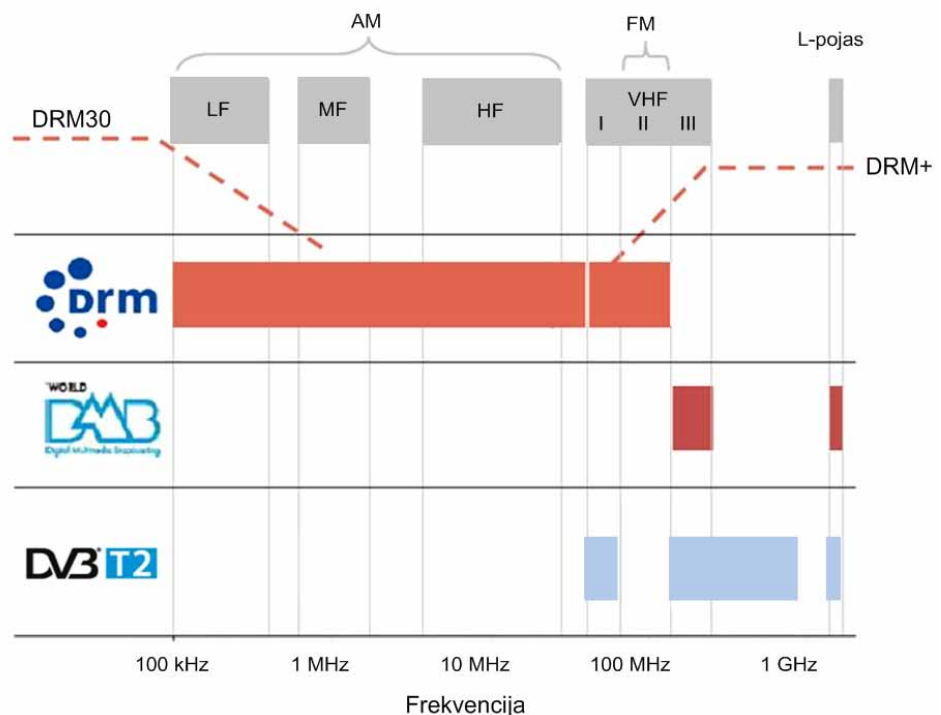
DAB (DAB+, DMB) radi u frekvencijskom pojasu VHF III i u L pojasu. L pojas (1,5 GHz) je u propagacijskom smislu riječi dosta zahtjevan i traži veliki broj odašiljača za pokrivanje nekog područja. Razlog tome leži u većem gušenju signala i slabijem efektu

ogiba elektromagnetskog vala oko prepreke. Realizacija mreže je zbog toga skupa i u RH vjerojatno neće biti tržišno atraktivna mogućnost odašiljanja audio sadržaja u ovom području frekvencija. L pojas bit će interesantan u onim zemljama koje će imati problema s ukupnim kapacitetom u pojasu VHF III (+ VHF II). Hrvatska nema i vjerujemo da ni neće imati potrebe za aktiviranjem ovog pojasa za digitalno odašiljanje radija.

U pojasu VHF III mogu se koristiti i tehnologije DVB-T i DVB-T2. DVB-T2 može raditi (predviđen je) i u L pojasu, ali to je stvar budućnosti. Trenutno nema ni odašiljača ni prijamnika koji pružaju tu mogućnost.

Godine 1997. počelo je pokusno odašiljanje radijskih programa u digitalnoj tehnologiji DAB na frekvenciji iz pojasa VHF III. Pokusno odašiljanje DAB odvija se s odašiljača Sljeme, a odašiljani programi Hrvatskog radija (HRT HR1, HRT HR2, HRT HR3) mogu se pratiti na području grada Zagreba. Pokusno odašiljanje obavlja se na frekvenciji 227,36 MHz (kanal 12 C), a programski sadržaji (podkanali) odašilju se brzinom od 192 kbit/s. Pokusno odašiljanje nije ostvarilo nikakvu značajnu slušanost.

Zaključno, trenutna digitalizacija radija u RH svedena je na dva odašiljača: jedan povremeno odašilje na srednjem valu u tehnologiji DRM i jedan pokusno odašilje u pojasu VHF III u tehnologiji DAB. U okviru digitalnog odašiljanja televizije (DVB) ne odašilju se radijski sadržaji. Slika 3.2. prikazuje područja primjene tehnologija za digitalno odašiljanje radija.



Slika 3.2. Frekvencijska područja primjene tehnologija za digitalno odašiljanje radija

3.2. Formiranje blokova frekvencija za dodjelu koncesije

Koncesije za digitalno odašiljanje radija mogle bi se već sada dodijeliti u pojasu VHF III i u L pojasu, jer Hrvatska ima dodijeljene resurse u oba ova pojasa.

U Europi je dogovoreno da se donji dio L frekvencijskog pojasa od 1452 – 1492 MHz koristi za zemaljsko odašiljanje digitalnog radija, a gornji dio za satelitsko odašiljanje digitalnog radija. Pod pokroviteljstvom CEPT-a, pojas 1452 – 1479,5 MHz planiran je za digitalni radio (T-DAB) u skladu s posebnim sporazumom iz Maastricht-a 2002. godine (*Special Arrangement of Maastricht 2002*, MA02). Na osnovu inicijative Europske komisije uporaba frekvencijskog područja postala je fleksibilnija, a nakon revizije sporazuma MA02 u Constanti 2007. godine (MA02revCO07) može se u području 1452 – 1479,5 MHz ponuditi mobilne multimedijske usluge (npr. DMB ili DVB-H). Iako dogovor dozvoljava uporabu digitalnih tehnologija različitih širina pojasa frekvencija očito je da on predviđa širinu kanala od 1,7 MHz tj. pogodan je za tehnologiju DAB. Ovo potvrđuju i podaci sa slike 3.3. i oni iz tablice 3.2. koje pokazuju raspodjelu T-DAB blokova. U L pojasu određeno je 16 DAB blokova.



Slika 3.3. Plan raspodjele L pojasa

Raspodjela kanala za digitalni radio (i digitalnu televiziju) u pojasu VHF III napravljena je sukladno međunarodnom sporazumu i planu raspodjele frekvencija GE06, donesenom na Regionalnoj radiokomunikacijskoj konferenciji (RRC-06). Pojas VHF III obuhvaća frekvencijsko područje od 174 – 230 MHz i u njega stane 8 TV kanala širine 7 MHz ili 32 DAB kanala. U VHF III Hrvatska je ostvarila mogućnost jednog nacionalnog pokrivanja pomoću DVB-T i "skoro" 3 nacionalna pokrivanja s T-DAB. Ovo skoro odnosi se na činjenicu da jedino sjeverozapadni dio Hrvatske nema na raspolaganju 3 sloja (layer, slika 3.4.). Slike 3.4., 3.5., 3.6. prikazuju područja dodjele i kanale za T-DAB mrežu na nacionalnoj razini. Odobreno je korištenje tri tzv. sloja (tri mreže na nacionalnoj razini):

- iskorišten je 12. kanal,
- iskorišten je 10. kanal i,
- koristi se kombinacija kanala 7, 11 i 12 (7B, 7D, 11A, 11C, 11D, 12C).

Tablica 3.2. DAB blokovi u L pojasu frekvencija

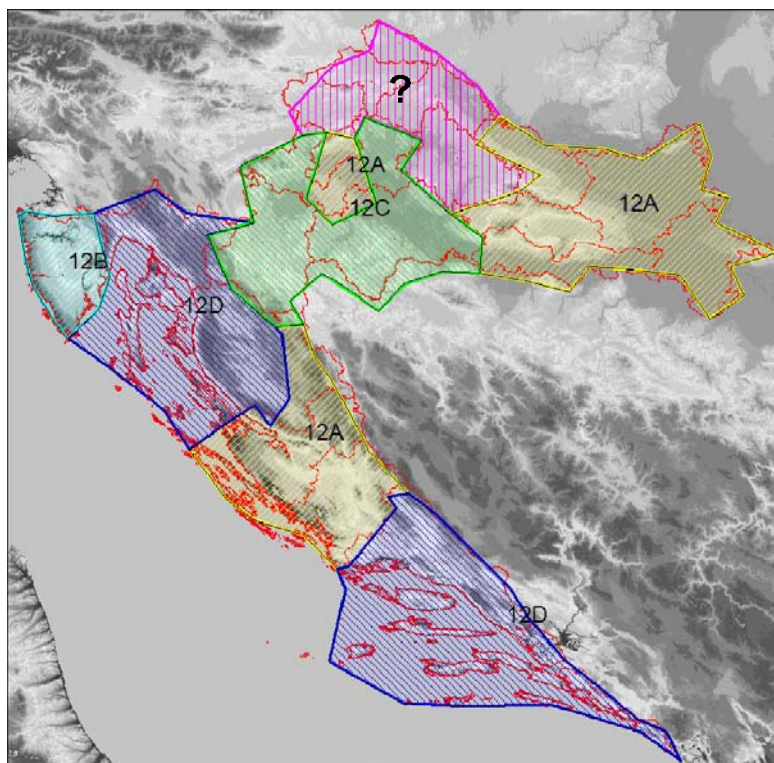
Oznaka T-DAB bloka	Središnja frekvencija [MHz]	Frekvencijsko područje [MHz]
LA	1452,960	1452,192 – 1453,728
LB	1454,672	1453,904 – 1455,440
LC	1456,384	1455,616 – 1457,152
LD	1458,096	1457,328 – 1458,864
LE	1459,808	1459,040 – 1460,576
LF	1461,520	1460,752 – 1462,288
LG	1463,232	1462,464 – 1464,000
LH	1464,944	1464,176 – 1465,712
LI	1466,656	1465,888 – 1467,424
LJ	1468,368	1467,600 – 1469,136
LK	1470,080	1469,312 – 1470,848
LL	1471,792	1471,024 – 1472,560
LM	1473,504	1472,736 – 1474,272
LN	1475,216	1474,448 – 1475,984
LO	1476,928	1476,160 – 1477,696
LP	1478,640	1477,872 – 1479,408

Tablica 3.3. daje pregled DAB blokova unutar pojasa VHF III. Na slici 3.4. upitnikom je označeno geografsko područje koje nema na raspolaganju tri bloka u VHF području III. Za pokrivanje tog područja namijenjen je blok LF.

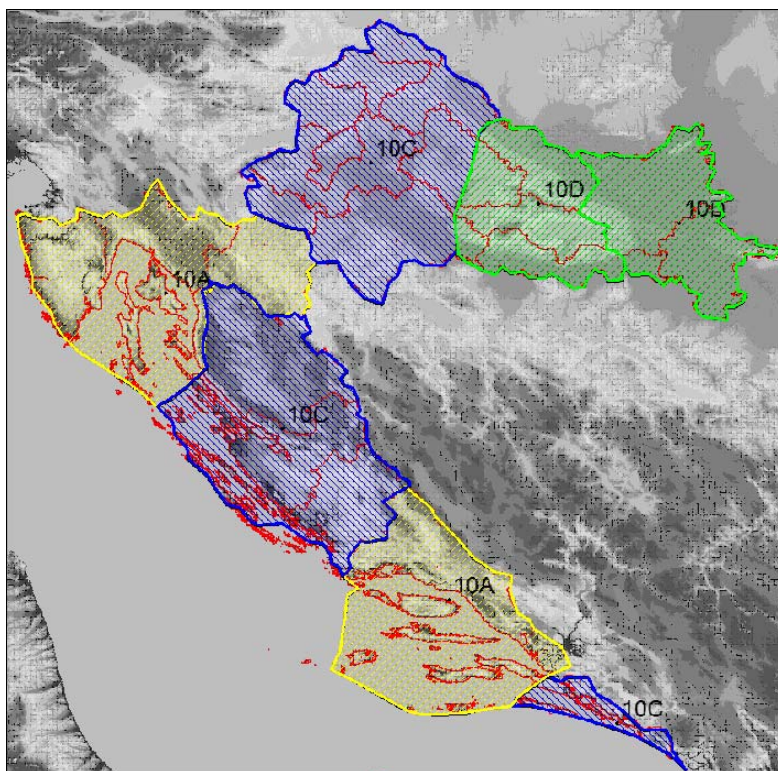
Hrvatski pregovarači (regulator) bili su uspješni na konferenciji RR06 i ostvarili su dovoljno resursa za podmirenje sadašnjih i svih budućih potreba Hrvatske za odašiljanjem digitalnog audio sadržaja. Dobiveni resursi u pojasu VHF III zajedno s onima iz pojasa VHF II dovoljni su za digitalno odašiljanje radija u zemaljskoj mreži u Hrvatskoj. Zato vjerujemo kako neće biti ni potrebe za aktiviranjem L pojasa za digitalno odašiljanje radija. Ta činjenica svakako olakšava izgradnju odašiljačke mreže.

Tablica 3.3. T-DAB blokovi frekvencija u pojasu VHF III

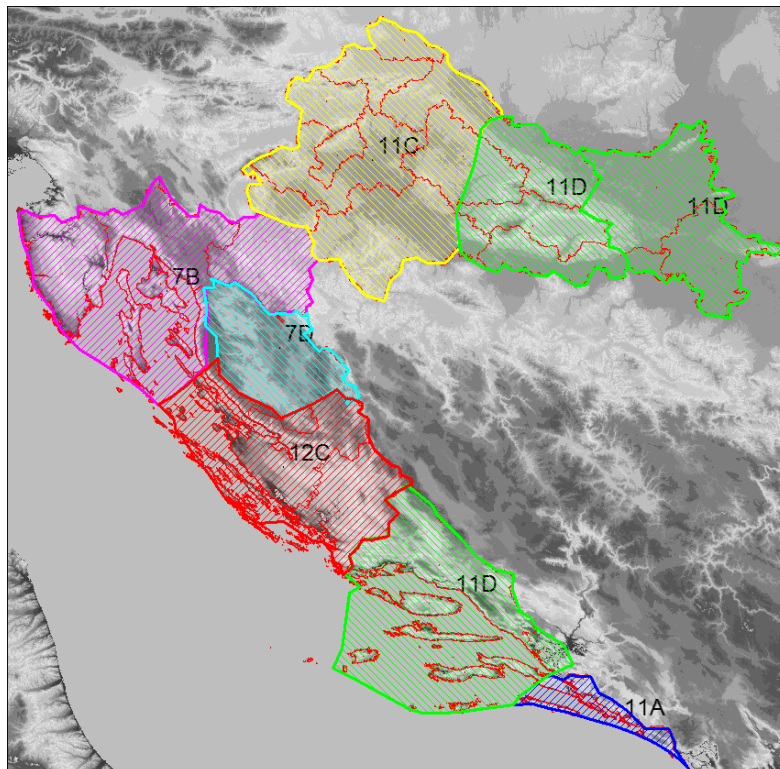
T DAB broj (oznaka) bloka	Središnja frekvencija [MHz]	Frekvencijsko područje [MHz]	Donji zaštitni pojas [kHz]	Gornji zaštitni pojas [kHz]
5A	174,928	174,160 – 175,696	–	176
5B	176,640	175,872 – 177,408	176	176
5C	178,352	177,584 – 179,120	176	176
5D	180,064	179,296 – 180,832	176	336
6A	181,936	181,168 – 182,704	336	176
6B	183,648	182,880 – 184,416	176	176
6C	185,360	184,592 – 186,128	176	176
6D	187,072	186,304 – 187,840	176	320
7A	188,928	188,160 – 189,696	320	176
7B	190,640	189,872 – 191,408	176	176
7C	192,352	191,584 – 193,120	176	176
7D	194,064	193,296 – 194,832	176	336
8A	195,936	195,168 – 196,704	336	176
8B	197,648	196,880 – 198,416	176	176
8C	199,360	198,592 – 200,128	176	176
8D	201,072	200,304 – 201,840	176	320
9A	202,928	202,160 – 203,696	320	176
9B	204,640	203,872 – 205,408	176	176
9C	206,352	205,584 – 207,120	176	176
9D	208,064	207,296 – 208,832	176	336
10A	209,936	209,168 – 210,704	336	176
10B	211,648	210,880 – 212,416	176	176
10C	213,360	212,592 – 214,128	176	176
10D	215,072	214,304 – 215,840	176	320
11A	216,928	216,160 – 217,696	320	176
11B	218,640	217,872 – 219,408	176	176
11C	220,352	219,584 – 221,120	176	176
11D	222,064	221,296 – 222,832	176	336
12A	223,936	223,168 – 224,704	336	176
12B	225,648	224,880 – 226,416	176	176
12C	227,360	226,592 – 228,128	176	176
12D	229,072	228,304 – 229,840	176	–



Slika 3.4. Područja dodjele za T-DAB (kanal 12) – nema potpune nacionalne pokrivenosti



Slika 3.5. Područja dodjele za T-DAB (kanal 10) – potpuna nacionalna pokrivenost



Slika 3.6. Mogućnost ostvarenja trećeg nacionalnog pokrivanja u pojasu VHF III (blokovi: 7B, 7D, 11A, 11C, 11D, 12C)

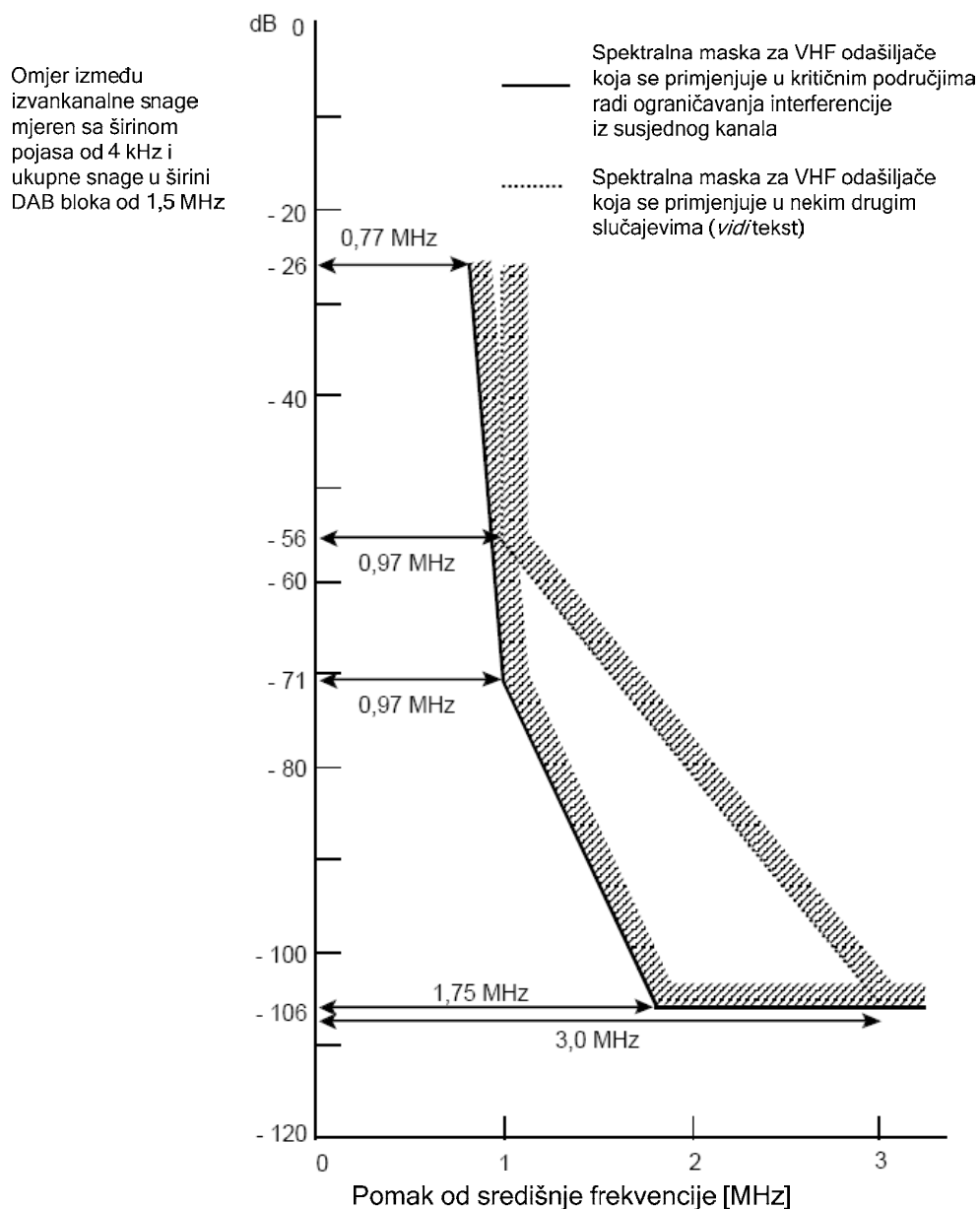
U planiranju mreže treba obratiti pozornost na činjenicu da se razlikuju "digitalne regije" (područja dodjele) namijenjena pokrivanju u okviru pojedinog sloja dodjele.

Prilikom dodjele blokova za T-DAB valja paziti i na spektralnu masku unutar koje se mora nalaziti odašiljani signal. Spektralnu masku prikazuje slika 3.7. i ona je preuzeta iz dokumenta ETSI EN 300 401 v1.4.1. Kao druga referenca prikazana je i spektralna maska iz sporazuma GE06 (slika 3.8.) koja je ista kao i ona iz ETSI dokumenta, samo obrađuje još jednu mogućnost.

Postoji, međutim, jedna nelogičnost u normiranju primjene ovih spektralnih maski. Naime, norma kazuje da se snaga treba mjeriti s širinom rezolucijskog filtra od 4 kHz, a prilikom praktičnih mjerenja snage analizatorima spektra najčešće nema mogućnosti postavljanja te širine rezolucijskog filtra.

Prilikom dodjele frekvencijskih blokova, uz spektralnu masku, pozornost treba usmjeriti i na mogućnost prenamjene Hrvatskoj dodijeljenih blokova. Uzimajući u obzir brzi razvoj tehnologije CEPT je htio dodati *fleksibilnost* sporazumu GE06. Ideja se temelji na očuvanju ovojnice spektra pa se dozvoljava prenamjena spektra unutar dodijeljenog bloka frekvencija. To znači da se u dodijeljenom bloku za DVB-T širine 7 MHz može odašiljati četiri T-DAB bloka. Zahtijeva se, međutim, da ukupni zbroj gustoća

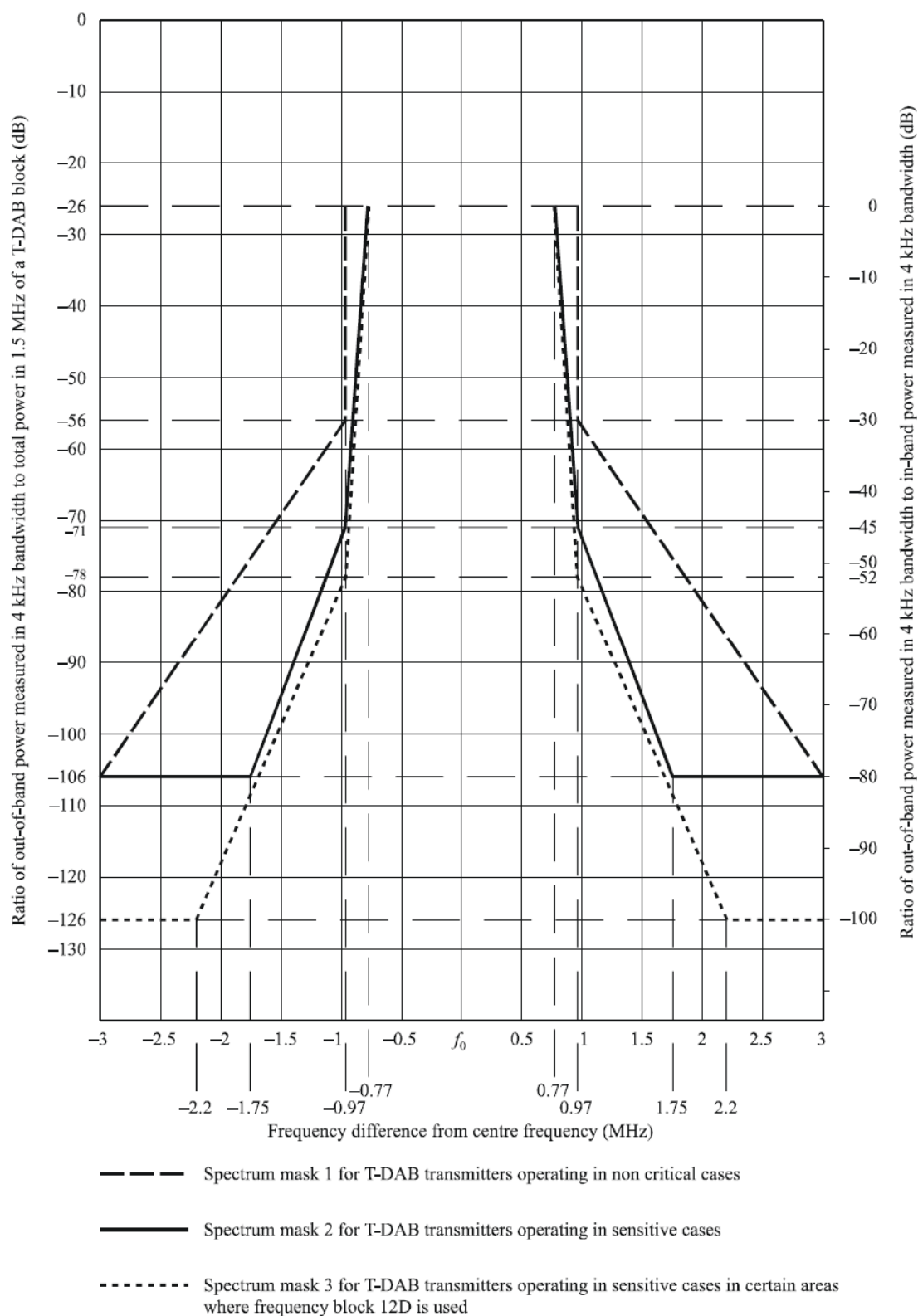
spektara snage novih blokova ne prelazi spektralnu masku određenu za tehnologiju DVB-T. Slika 3.9. ilustrira izloženu osobitost, a cijeli se postupak može nazvati i postupkom uvođenja novih digitalnih usluga (*Digital Plan Entry*).



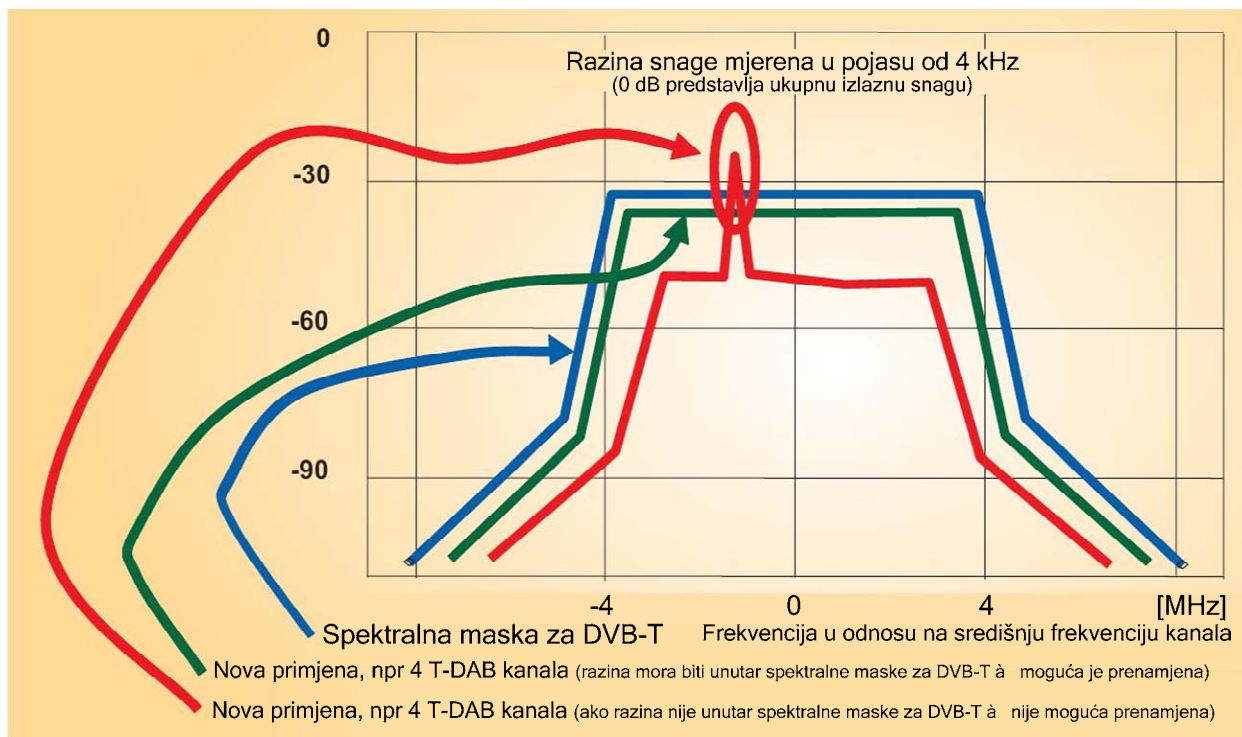
Zemlje članice CEPT-a na sastanku održanom u Wiesbadenu u rujnu 1995. dogovorile su se da se pridržavaju spektralne maske za T-DAB koja je definirana u Završnom aktu, Prilog 2, točka 2.3.1. Postoje i dodatna ograničenja (za neke situacije kada se koristi blok 12D) koja idu i ispod -106 dB.

Slika 3.7. Spektralna maska za T-DAB (izvor: ETSI EN 300 401 v1.4.1)

Out-of-band spectrum masks for a T-DAB transmission signal



Slika 3.8. Spektralna maska za T-DAB (slika je prenesena u izvornom obliku iz Završnih akata RRC-06, aneks 2.3, točka 3.6)



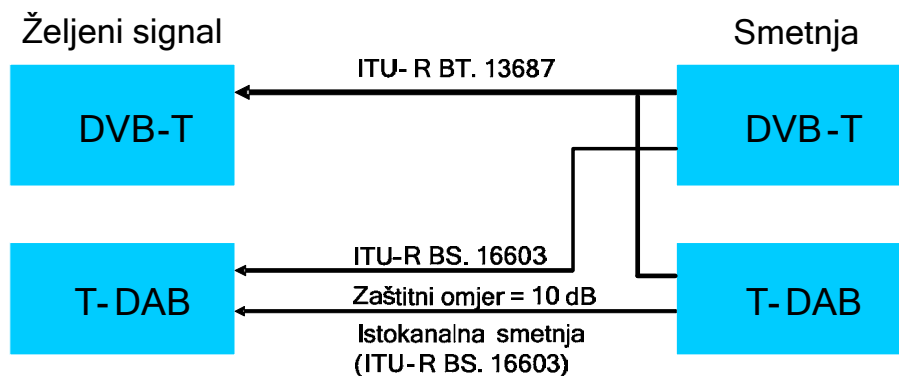
Slika 3.9. Princip dodjele novih usluga (prenamjena dodijeljenoga većeg bloka na više manjih blokova)

3.3. Problematika zajedničkog rada DVB-T (DVB-T2) i T-DAB (DMB) mreža u pojasu VHF III

Pod problematikom zajedničkog rada DVB-T (DVB-T2) i T-DAB (DMB) mreža podrazumijeva se međudjelovanje između različitih mreža, odnosno razmatra se njihova međusobna interferencija. Budući se studija bavi digitalnim radiom, kao štice signal ponajprije se uzima onaj od DAB mreže. Smetnje tad dolaze od DVB-T (DVB-T2) ili druge DAB (DMB) mreže. Razmatranja se odnose isključivo na prenosive DAB (DMB) prijavnike, dok ručni prijavnici uređaji nisu razmatrani. U literaturi se može naići na dosta različitih rezultata (ovisno o definicijama prijama). Za potrebe ove studije koriste se rezultati prema preporukama ITU kao i oni dobiveni na temelju sporazuma GE06.

Preporuke ITU za proračune zaštitnih omjera nalaze se u sljedećim dokumentima:

- RECOMMENDATION ITU-R BT.1368-7: Planning criteria for digital terrestrial television – services in the VHF/UHF bands;



Slika 3.10. Prikaz međudjelovanja komunikacijskih sustava po tehnologijama T-DAB i DVB-T sustava sukladno preporukama ITU

- RECOMMENDATION ITU-R BS.1660-3: *Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band.*

Veličina zaštitnog omjera za istokanalnu smetnju između dvije DAB mreže iznosi:

- 10 dB prema preporuci ITU,
- 15 dB prema završnim dokumentima GE06.

Ovo navodimo kako bi još jednom naglasili da različite preporuke određuju različite veličine pojedinih parametara. U nastavku će se isključivo koristiti rezultati proizišli iz završnog dokumenta GE06.

Tablica 3.4. Zaštitni omjer (PR) za T-DAB mrežu koju ometa DVB-T signal širine 7 MHz

$\Delta f^{(1)}$ [MHz]	-4,5	-3,7	-3,5	-2,5	0	2,5	3,5	3,7	4,5
PR [dB] prijam s mobilnim i prenosivim prijamnikom	-42	7	8	9	9	9	8	7	-42
PR [dB] Gaussov kanal	-49	0	1	2	2	2	1	0	-49

⁽¹⁾ Δf – središnja frekvencija DVB-T signala minus središnja frekvencija T-DAB signala

Važni su podaci o potrebnim veličinama zaštitnog omjera kad DVB-T mreža ometa mrežu po tehnologiji T-DAB-a (tablica 3.4.). Tablica 3.4. se odnosi samo na DVB-T signal širine kanala od 7 MHz, jer je takva tehnologija DVB-T predviđena za korištenje u Hrvatskoj i okolnim zemljama u pojasu VHF III. Na osnovu prije rečenog i rezultata iz tablice 3.4., izlazi kako drugi DAB signal predstavlja veću smetnju DAB signalu nego DVB-T signal.

Interesantno bi bilo vidjeti i kakvi su odgovarajući rezultati u slučaju kad je korisni signal nastao u tehnologiji DVB-T2 u kanalu širine 1,7 MHz zbog prije spomenute mogućnosti korištenja

tehnologije DVB-T2 kao platforme za digitalno odašiljanje zvuka. Nažalost, takvi rezultati (simulacije ili mjerenja) još nisu dostupni i nismo ih pronašli u dostupnoj literaturi.

Određivanje potrebne razine ometajućeg polja za pokretanje postupka koordinacije

Vrlo važni pokazatelj međudjelovanja između različitih mreža je i razina ometajućeg polja koja se rabi kao poticaj za pokretanje postupka koordinacije. Svrha postupka koordinacije, a koji može biti dosta složen, je zaštita pružanja kvalitete usluge na nekom području. Da bi se odredila potrebna razina ometajućeg polja za pokretanje postupka koordinacije potrebno je definirati reprezentativne konfiguracije različitih tehnologija, jer zaštitni omjer ovisi o postavkama korisnog signala (modulacija, kodiranje) i vrsti prijama. Za potrebe analiza u ovoj studiji koriste se reprezentativne konfiguracije sljedećih obilježja:

- DVB-T:
 - 64-QAM,
 - omjer koda 3/4,
 - fiksni prijam s vanjskom antenom na krovu,
 - 95% lokacija;
- T-DAB:
 - mod rada I,
 - razina zaštite 3,
 - mobilni prijam,
 - 99% lokacija.

Razina polja računa se pomoću izraza:

$$F_{\text{trigger}} = F_{\text{med}} + f_{\text{corr}} - PR - CF,$$

gdje su:

F_{med} – minimalni medijan jakosti električnog polja željenog (štićenog) signala,

f_{corr} – frekvencijska korekcija,

PR – zaštitni omjer,

CF – kombinirani lokacijski korekcijski faktor.

U slučaju fiksnog prijama vrijedi:

$$f_{\text{corr}} = 20 \log_{10}(f/f_r),$$

gdje su:

f_r – referentna frekvencija,

f – radna frekvencija rada sustava.

U slučaju prijama u mobilnim uvjetima izlazi:

$$f_{\text{corr}} = 30 \log_{10}(f/f_r).$$

Kombinirani lokacijski korekcijski faktor CF računa se kao:

$$CF = \mu \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_n^2} \text{ [dB]},$$

gdje su:

σ_w – standardna devijacija lokacijske varijacije željenog signala [dB],

σ_n – standardna devijacija lokacijske varijacije signala smetnje [dB], a,

μ – faktor distribucije (0,52 za 70%, 1,64 za 95%, 2,33 za 99% lokacija).

Obično se uzima $\sigma_w = \sigma_n = 5,5$ dB.

Treba imati na umu da se sve jakosti polja odnose za antenu na visini 10 m od tla. U tablici 3.5. su najniže razine ometajućeg polja za pokretanje postupka koordinacije za moguće slučajeve istokanalne interferencije. Na analogni način mogu se računati i ostale interferencije.

Tablica 3.5. Razina ometajućeg polja (F_{trigger}) potrebna za pokretanje postupka koordinacije u slučaju reprezentativnih konfiguracija tehnologija i frekvencije rada od 200 MHz

	Tehnologija mreže koja se štiti	
	DVB-T	T-DAB
Minimalni medijan jakosti električnog polja korisnog signala	$F_{\text{med}} = 51 \text{ dB } \mu\text{V/m}$	$F_{\text{med}} = 60 \text{ dB } \mu\text{V/m}$
Interferirajuća mreža		
DVB-T	$PR = 21 \text{ dB}$ $F_{\text{trigger}} = 17 \text{ dB } \mu\text{V/m}$	$PR = 9 \text{ dB}$ $F_{\text{trigger}} = 33 \text{ dB } \mu\text{V/m}$
T-DAB	$PR = 26 \text{ dB}$ $F_{\text{trigger}} = 12 \text{ dB } \mu\text{V/m}$	$PR = 15 \text{ dB}$ $F_{\text{trigger}} = 27 \text{ dB } \mu\text{V/m}$

3.4. Problematika zajedničkog rada DRM+ i FM mreža u pojasu VHF II

Kao najozbiljniji kandidat za uvođenje u pojas VHF II trenutno se čini tehnologija DRM+. Razlog tome je u tome što je DRM+ jedina europska tehnologija koja omogućuje digitalno odašiljanje zvuka u tome frekvencijskom području. Kako je to norma odnosno tehnologija koja se još nalazi u fazi eksperimentalnog razvoja nisu definirane i striktno određene veličine zaštitnih omjera između FM i DRM+ mreža kao što je učinjeno za koegzistenciju T-DAB i DVB-T mreža u pojasu VHF III. Zato je i jako ograničena dostupnost podataka o toj problematici. Za potrebe ove studije koriste se:

- ETSI ES 201 980 v3.1.1 (iz 8. mjeseca 2009.) kao temeljni dokument i,

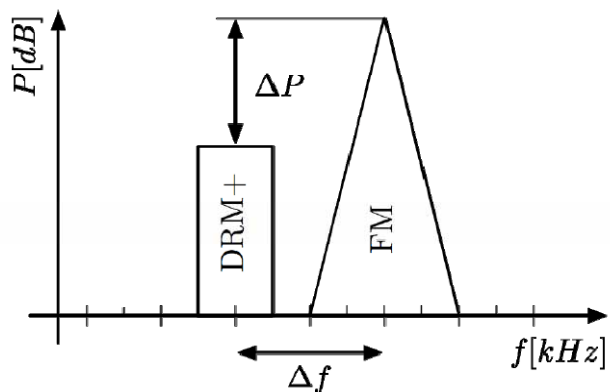
informativni dokumenti:

- *Planning Parameters related to DRM Mode E ('DRM+') in VHF Band II (87.5 – 108 MHz)* kojeg su izradili na Fachhochschule Kaiserslautern, a temeljen je na ispitivanjima (pokusnim mjerenjima) provedenima u Kaiserslauternu, Njemačka i,
- *Planning Parameters related to DRM Mode E ('DRM+') concerning the use in VHF bands I, II and III*, a kojeg je izradila German DRM Platform, DRM+ Technical Expert Group. Ovaj dokument je novijeg datuma, izdan je 08.11.2010. što dokazuje prije navedenu tezu da je DRM+ još u fazi razvoja. Nastavlja se u velikoj mjeri na rad prethodno spomenutog informativnog dokumenta.

Budući da se pojas VHF II trenutno koristi isključivo za FM odašiljanje, problematika zajedničkog rada i uvođenja DRM+ u navedeni pojas bazirat će se isključivo na zaštiti FM odašiljanja kao temeljnog načina odašiljanja signala u navedenom pojasu. Sukladno spomenutoj ETSI normi, DRM+ odašiljanje može se uvesti ako se poštuje nekoliko pravila (slika 3.11.).

Slika 3.11. pokazuje da se DRM signal može smjestiti u blizini FM signala, a da ne uzrokuje interferenciju. Da bi se zaštitio FM signal (preciznije odgovarajuća kvaliteta audiosignala) razmak Δf između središnjih frekvencija FM i DRM+ kanala kao i razlika u snazi ΔP između FM i DRM+ signala moraju se usklađeno planirati. Preporuča se da je $\Delta f \geq 150$ kHz (Δf se može uzimati u koracima od 50 kHz) i da je preporučeni iznos $\Delta P \geq 20$ dB za minimalni razmak frekvencija $\Delta f = 150$ kHz.

Moguće su dvije arhitekture odašiljanja: analogni i digitalni signal se kombiniraju i odašilju pomoću istoga antenskog sustav ili se za te dvije emisije koriste dva odvojena antenska sustava.



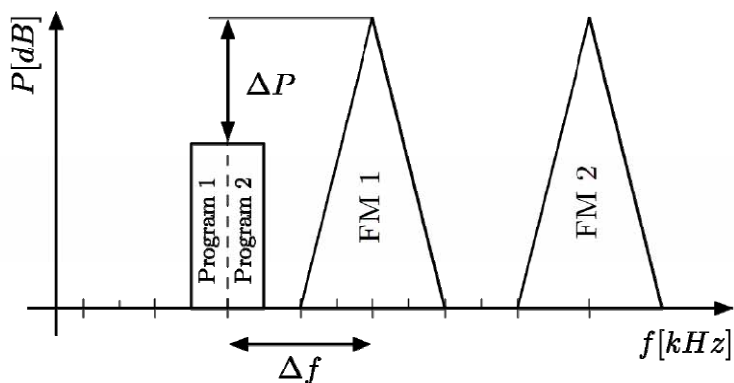
Slika 3.11. Primjer jedne situacije istodobnog odašiljanja po tehnologijama DRM+ i FM u pojasa VHF II

DRM+ signal se za primjenu u pojasa VHF II može konfigurirati na različite načine kako slijedi:

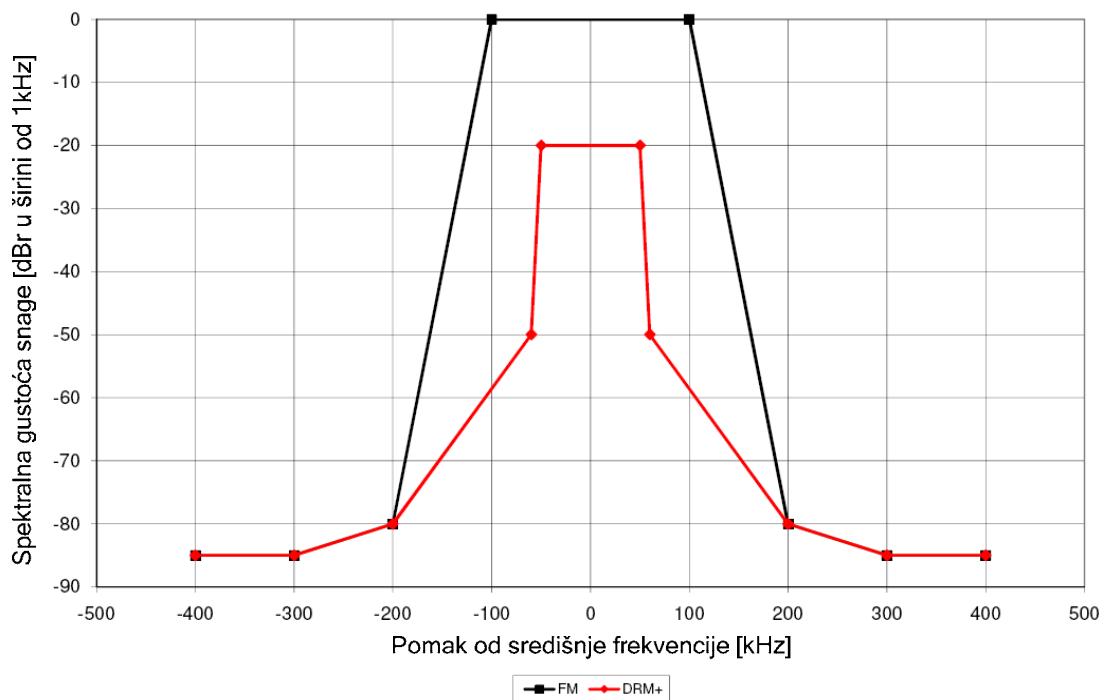
- DRM signal nosi isti sadržaj (program) kao i FM signal;
- DRM signal nosi različite sadržaje od FM signala;
- DRM signal nosi isti sadržaj kao i FM signal plus dodatni sadržaj.

Prisjetimo se da DRM signal može nositi više programskih sadržaja, teorijski 4, ali uz zadovoljavajuću kvalitetu zvuka ne više od dva sadržaja. Valja posebno i ovom prilikom istaknuti da je širina kanala za DRM+ iznosa 100 kHz.

Primjer jedne moguće konfiguracije (simulcast-a) FM i DRM programa nalazi se na slici 3.12. Samo radi ilustracije daju se i neki rezultati koje su dobili i predložili stručnjaci sa Fachhochschule Kaiserslautern, Njemačka. Na slici 3.13. je spektralna maska za DRM+. Na sliku je, radi ilustracije, pridodana i zahtijevana spektralna maska za FM.



Slika 3.12. Primjer moguće konfiguracije s dva FM signala (kanala) različitih programskih sadržaja i DRM+ signala kojim se odašilju dva ista sadržaja kao i u dva kanala s analognom tehnologijom



Slika 3.13. Predložena spektralna maska i usporedba sa spektralnom maskom za FM emisiju

Tablica 3.6. Zaštitni omjeri između različitih usluga u pojasu VHF II

Pomak od središnje frekvencije u kanalu [kHz]	0	± 100	± 200	± 300	± 400
	Zaštitni omjer [dB]				
DRM+ (16 QAM, omjer koda 0,33) interferiran s drugim DRM+ signalom	14	-6	-34	-65	-67
DRM+ (4 QAM, omjer koda 0,4) interferiran s drugim DRM+ signalom	6	-14	-40	-72	-74
DRM+ (16 QAM, omjer koda 0,33) interferiran s FM stereo signalom	18	-9	-49	-68	-69
DRM+ (16 QAM, omjer koda 0,33) interferiran s FM mono signalom	17	-20	-65	-68	-69
DRM+ (4 QAM, omjer koda 0,4) interferiran s FM stereo signalom	11	-13	-54	-76	-77
DRM+ (4 QAM, omjer koda 0,4) interferiran s FM mono signalom	12	-26	-73	-76	-76
FM stereo signal interferiran s DRM+ signalom	50	38	-7	-40	-40

Napomena: Omjer koda odnosi se na MSC kanal.

Referenca: *Planning Parameters related to DRM Mode E ('DRM+') concerning the use in VHF bands I, II and III* definira određene (nove) vrste prijama i predlaže malo različitu spektralnu masku, ali u osnovi je to nastavak rada skupine iz Kaiserslauterna. Kako je to samo jedan prijedlog, ovdje se neće detaljnije iznositi i analizirati njihovi rezultati.

3.5. Problematika zajedničkog rada tehnologija HD Radio i FMeXtra s FM mrežama u pojasu VHF II

Tehnologija HD Radio zauzima veću širinu kanala (> 300 kHz) od one u kojima rade FM mreže. Prilagođena je frekvencijskom planu dodjele kanala u SAD. Ta tehnologija nije prikladna za Hrvatsku koja koristi europsku praksu planiranja spektra i dodjeljivanja kanala. Prema našim saznanjima u Europi se ne razmišlja o korištenju tehnologije HD Radio pa nema ni aktivnosti na istraživanju utjecaja mreža po toj tehnologiji na mreže koje koriste FM. Rezultati istraživanja iz SAD nisu primjenjivi zbog drugačijih frekvencijskih osobina FM mreže.

Kao što smo vidjeli u poglavlju 2. FMeXtra predstavlja način prijenosa novih digitalnih sadržaja unutar postojeće širine kanala za FM. Pri tome signal mora ostati unutar spektralne maske za FM i najveća devijacija frekvencije mora ostati unutar granica propisanih za "čisti" FM. Sustav, u kojem je implementiran FMeXtra, vlada se kao i obični FM. Iz navedenog proizlazi da je djelovanje postaje u kojoj je implementirana FMeXtra tehnologija na druge FM signale jednako djelovanju jednog FM signala na drugi što je opisano u mnogim dokumentima vezanima uz planiranje FM mreža.

3.6. Današnje stanje u pojasu VHF II i model (strategija) prijelaza na digitalno odašiljanje

U svima europskim zemljama dominira tehnologija FM za odašiljanje audiosignala u VHF pojasu II. Nameće se pitanje kakva je uopće budućnost digitalnog odašiljanja zvuka (nevezano o kojem se frekvencijskom području govori). Prilog o nesigurnosti budućnosti digitalnog odašiljanja radija možemo pronaći i u dokumentu: *The future of radio broadcasting – progress report from working group RSPG10-336* koji je izrađen za Europsku komisiju. Sastanak radne skupine održan je u Stockholmu krajem ožujka ove godine, a glavno pitanje, o kojem se raspravljalo, bilo je: što je napravljeno do sada i koji su planovi za budućnost radijske difuzije u Europi?

U nastavku su glavni zaključci iz spomenute rasprave:

- detektirani su neki specifični problemi: zaštita potrošača u kontekstu brzog razvitka tehnologije i nedostatak jedinstvenog rješenja na razini EU;
- drže važnom sljedeću činjenicu: ako ne postoji politička volja – nema napretka, nema dividende, nema mogućnosti isključivanja analognog (FM) radija;
- postoji nedostatak u svijesti potrošača što predstavlja dodanu vrijednost kod digitalnog u odnosu na analogni radio (kvaliteta?, izbor?, postojanje više funkcija?, cijena?);
- ogromni broj FM radijskih prijamnika je u trenutno u uporabi (više od 300 milijuna samo u Njemačkoj);
- postojeću pokrivenost FM signalom teško je dostići uvođenjem digitalne tehnologije;
- vlada nedovoljni interes tržišta – aspekti troškova i tehnička nesigurnost;
- nedostatak pokrivenosti za digitalni radio; konkretno – radijski prijam se spominje usputno;
- nedostatak zajedničke norme/terminala koji bi pokrivali različite tehnologije – svi čekaju druge da nešto učine;
- samo su dvije države članice EU-a postigle ohrabrujući tržišni udio za digitalni radio: Danska i UK; u oba slučaja, javna politika i javni programi (postaje) bili su glavna pokretačka snaga; poslovni model je još uvijek nejasan;
- najpopularnija norma je DAB/DAB+ kod koje se koristi multipleksiranje sadržaja; to predstavlja izazov za male, lokalne radijske postaje koje nemaju potrebu ni želju da se nalaze u istom multipleksu s velikima.

Autori ove studije *mogu samo potvrditi navedena zapažanja* do kojih su i sami došli proučavanjem dostupne literature.

Današnje stanje u pojasu VHF II kao i moguće buduće digitalne tehnologije odašiljanja dobro su obrađene i u ECC izvješću: *Future possibilities for the digitalisation of band II (87.5 – 108 MHz)*, a koje napravljeno u svibnju 2010. godine. U izvješću su istaknute moguće buduće tehnologije koje će se moći rabiti kao zamjena za FM. Oni navode sljedeće tehnologije:

1. DRM+,
2. FMeXtra,
3. HD Radio,
4. T-DAB.

U dokumentu se potvrđuju dobro poznate osobine glede tehnologije FM.

- Pojas VHF II se trenutno u potpunosti koristi za odašiljanje u tehnologiji FM.

- FM pruža odličnu kombinaciju pokrivenosti, kvalitete i niske cijene prijavnika.
- FM dobro odgovara lokalnima, regionalnim i nacionalnim nakladnicima i uspješno se koristi već više od četrdeset godina.
- Tržište je preplavljeno milijunima FM prijavnika.
- U autoindustriji FM predstavlja najvažniji medij za pružanje audio zabave.
- Uz RDS funkcionalnost FM pruža i neophodne servisne informacije.

Zaključno se iznose sljedeća zapažanja:

- Neke spomenute buduće tehnologije ne uklapaju se dobro u odredbe GE84 sporazuma.
- Nacionalni regulatori ne žele imati još jednu veliku konferenciju o planiranju koja će zamijeniti postojeći GE84 sporazum i ne žele izgubiti postojeća prava.
- Problemi mogu nastati zbog već dodijeljenih koncesija, a koje traju još značajno vreme.
- Ne postoji univerzalni termin prijelaza (*switch-off*) s FM na digitalno odašiljanje i način na koji se to može izvesti.

Ono što se može naći u literaturi, a odnosi se na datum prijelaza na isključivo digitalno odašiljanje radija, svodi se na dva izdvojena slučaja: UK i Njemačku (razmatramo samo zemlje članice EU). Njemačka "stidljivo" planira potpuni prijelaz na digitalno odašiljanje u 2015. godini, dok je vlada u UK objavila *Akcijski plan za digitalni radio* u srpnju ove godine. Pošto su Britanci najdalje otišli u smjeru prijelaza na potpuno digitalno odašiljanje radija pobježe će se razmotriti situacija u UK. Njihova odluka govori da isključivo digitalno odašiljanje radija treba započeti onog trenutka kad tržište bude spremno za takav proces. Ciljani datum je 2015. godina, ali potpuni prijelaz na isključivo digitalno odašiljanje (gašenje FM odašiljača) može započeti samo kada budu ispunjena sljedeća dva kriterija:

- najmanje 50% od ukupnog slušanja radija otpada na digitalne platforme;
- nacionalna pokrivenost DAB signalom usporediva je s onom od mreže FM odašiljača i lokalni DAB sadržaji dostižu 90% stanovništva kao i sve glavne prometnice.

To je dosta ambiciozni plan i pitanje je da li će se ispuniti do 2015. godine bez obzira na to što je DAB dosta dobro prihvaćen u UK.

Nakon svih iznesenih činjenica u ovom i prethodnim poglavljima, slijede zaključci, smjernice i prijedlozi koji po mišljenju autora studije predstavljaju najbolje rješenje za RH.

- Moramo biti svjesni činjenice da tehnologiju ne biramo mi sami (premalo smo tržište).

- Treba pričekati razvoj situacije (barem do 2015. godine), a do tad mogu se obavljati ispitivanja kako bi upoznali osobine tehnologije i kako bi znali pravilno odrediti parametre tehnologije i izgraditi mrežu.
- Trenutno se najprikladnijima čine tehnologije DAB+ i DVB-T2, *ponajprije DAB+*, za nakladnike na državnoj, regionalnoj i županijskoj razini.
- Lokalnim nakladnicima nije baš prihvatljiv koncept zajedničkog multipleksa ponajprije zbog velikih troškova koje moraju plaćati operateru multipleksa odnosno mreže. Njima odgovara tehnologija koja omogućava samostalno odašiljanje programa, to je *trenutno DRM+*.
- U odabiru tehnologije treba slijediti velike države. Tu ponajprije mislimo na Njemačku, koja je najveće europsko tržište, a potom nama susjedne države (Italiju, Austriju, Sloveniju, Mađarsku). Usvajanjem tehnologije prisutne na velikom tržištu omogućuje se korisnicima u Hrvatskoj da profitiraju od niže cijene prijarnika.
- Prijamnici moraju postati široko dostupni za ugradnju u automobile i moraju objediniti mogućnosti prijama različitih tehnologija (DAB+, DRM+). Na taj način mogu koegzistirati dvije tehnologije za odašiljanje: jedna za državnu, regionalnu i županijsku razinu te jedna za lokalnu razinu.
- Hrvatska sve svoje potrebe za odašiljanjem audio sadržaja može ostvariti u pojasevima VHF II i VHF III. Izgradnja mreže u L pojasu je preskupa, a ni pojas VHF I nije pogodan za izgradnju mreže i odašiljanje.
- Proces prijelaza na potpuno digitalno odašiljanje radija bit će znatno dulji, složeniji i neizvjesniji nego što je to bilo kod uvođenja digitalnog odašiljanja televizije.
- Digitalno odašiljanje radija mora pružiti bolju kvalitetu zvuka (koristiti trenutno najbolje audio kodiranje HE AAC v2) i osigurati bolje iskorištenje spektra, a pokrivanje terena mora biti usporedivo s onim kod FM mreže.
- Sadržaji moraju biti besplatni, a moguće su iznimke i naplata sadržaja (snimke koncerata i slično) što će malo vjerojatno imati neki poslovni uspjeh u Hrvatskoj.
- Negdje oko 2 godine iza velikih zemalja i Hrvatska može krenuti u postupak gašenja FM mreže, ali pod uvjetima sličnima onima koje su postavili Britanci. Trenutno se čini da se to neće dogoditi za manje od 10 – 15 godina.

Autori ove studije su svjesni da nisu obuhvatili sve detalje vezane uz potpuni prijelaz na digitalno odašiljanje zvuka. Uostalom, to nije bila ni svrha ove studije. Iznese činjenice mogu, međutim, poslužiti kao osnova za izradu budućeg dokumenta, koji će se morati napraviti, a to je *Strategija prijelaza na digitalno odašiljanje zvuka*. Taj dokument trebao bi se izraditi unutar vremena od oko tri godi-

ne. Do tad će mnoge, sad još prisutne, nedoumice i nejasnoće biti razjašnjene.

Model prijelaza na digitalno odašiljanje zvuka

Usvajanje i uvođenje digitalnog radija u pojasu VHF III temeljni je preduvjet da se krene prema potpuno digitalnom odašiljanju radija. Svi su svjesni da će biti nužno osigurati *simulcast* postojeće FM mreže u pojasu VHF II i DAB+ mreže u pojasu VHF III. Nositelji procesa digitalizacije moraju biti sadržaji javnog radija, a nakon njih komercijalni nakladnici radija s koncesijom na državnoj razini, pa zatim regionalni nakladnici. Osim ponavljanja programskog sadržaja (*simulcast*) potrebni (nužni) su i novi sadržaji koji će privući slušatelje na korištenje digitalne tehnologije.

Kad (i ako) zaživi multipleks u pojasu VHF III (Hrvatska raspolaže sa skoro 3 nacionalna pokrivanja) treba započeti s postepenim gašenjem "velikih" odašiljača u pojasu VHF II. Istodobno se mora započeti s uvođenjem lokalnih digitalnih postaja u pojas VHF II (tamo gdje ima slobodnih kanala) posebice na one frekvencije koje se oslobađaju gašenjem analognih odašiljača velike snage i na visokim kotama. Trenutno se čini da takav scenarij jedino omogućava tehnologija DRM+. Za lokalne nakladnike ne izgleda prihvatljivo odašiljanje isključivo unutar multipleksa kojim zajedno s odašiljačkom mrežom upravlja nacionalni operator mreže. Takav pristup financijski bi uništio mnoge lokalne radijske postaje koje predstavljaju bogatstvo zajednice i kojih ima mnogo u Hrvatskoj.

Ključ ovog modela prijelaza (kojeg smatramo najprihvatljivijim za RH) bit će u dostupnosti prijarnika koji pružaju mogućnost prijama različitih tehnologija (objedinjeni DAB+ i DRM+ prijam).

Kada i s kojim tehnologijama će se nadomjestiti analogni postupak odašiljanja FM trenutno se sa sigurnošću ne može reći. Posebice je neizvjestan vremenski okvir za to. *Ključno je da se prijelaz obavi na tehnologije koje će biti prihvatljive za sve skupine nakladnika radijskih programa te da slušatelji dobiju potrebnu kvalitetu programa.*

4. Raspoloživost i cijena prijamnika za pojedine tehnologije

4.1. DAB, DAB+, DMB

Preko 500 milijuna korisnika diljem svijeta trenutno može primati preko 1300 DAB usluga za čiji prijam je potrebno imati odgovarajući digitalni radijski prijamnik. Trenutno je na tržištu preko 330 različitih digitalnih prijamnika namijenjenih raznim načinima uporabe. Kako su DAB, DAB+ i DMB dio Eureka 147 norme, odašiljati se može koristeći istu mrežnu infrastrukturu. DAB prijamnici, međutim, nisu kompatibilni ni s DMB, a ni s DAB+ tehnologijom. DAB+ prijamnici uključuju povratnu kompatibilnost s DAB tehnologijom, dok su DMB prijamnici u mogućnosti primiti još i DAB te DAB+ signal. Sukladno tome, te zrelosti tehnologija, od 330 prijamnika na tržištu njih 330 njih podržava tehnologiju DAB, 47 podržava tehnologiju DAB+, a 23 prijamnika može se koristiti i za prijam u tehnologiji DMB.

Najpopularniji digitalni radijski prijamnici na tržištu namijenjeni za kućnu upotrebu su tzv. „kuhinjski“ prijamnici. Ostali produkti uključuju HiFi prijamnike, satove s radijskim prijamnikom te CD reproduktore s radijskim prijamnikom.





Korištenje radijske usluge je i dalje najzastupljenije u vozilima. Zbog toga sve više i više vozila na tržištu nudi digitalni prijamnik kao dodatnu opremu, dok kod nekih proizvođača automobila takav prijamnik čak dolazi u serijskoj opremi vozila. Trenutno su vrlo popularni i prilagodnici koji omogućuju prijam digitalno radija na postojećim audio sustavima u vozilima te se očekuju daljnji rast potražnje za istima.

Od spomenutih 330 prijamnika na tržištu njih 182 je prenosive vrste, 86 su HiFi prijamnici, 18 su prijamnici za vozila, 42 su ručni prijamnici, a 2 su prijamnici za PC. Isto tako važno je naglasiti da od prikazanih prijamnika samo manji broj njih (dio HiFi digitalnih prijamnika) podržava rad u L pojasu.

Tablica 4.1. Mali dio ponude kućnih „kuhinjskih“ prijamnika


	Model	Tehnologija	Cijena
	Mikomi DAB/FM	DAB	215 kn
	Sony XDRS55	DAB	330 kn
	Intempo TRS01	DAB	345 kn
	Bush TR2006	DAB	390 kn
	Wharfedale DAB/FM Radio	DAB	385 kn
	Sony XDRC705	DAB	465 kn
	Pure Highway	DAB+	580 kn
	Bush BR12DAB	DAB+	440 kn
	Grundig - Gener8	DAB+	1100 kn
	Sangean - DCR-9+	DAB+	920 kn
	TEAC - DAB400B	DAB+	745 kn

Tablica 4.2. Dio ponude HiFi digitalnih prijamnika

	Model	Tehnologija	Cijena
	Arcam - FMJ T32	DAB+	4650 kn
	Sangean - WFR-1D+	DAB+	2950 kn
	Yamaha - TSX-130	DAB+	3100 kn
	Cambridge Audio - Azur 640T	DAB	2000 kn
	Acoustic Solutions - SP 111	DAB	550 kn
	Denon - DRA-700AEDAB	DAB	4480 kn
	Sony - ST-SDE 700	DAB	1850 kn

Iz prikazanih tablica se može uočiti da nema kućnih uređaja koji podržavaju DMB tehnologiju. Mali broj prijamnika koji podržavaju DMB tehnologiju većinom spadaju u prenosive ili tzv. ručne prijamnike. Zbog video usluge koju pružaju, takvi prijamnici su većinom ugrađeni u uređaje koji imaju LCD zaslone, kao što su GPS uređaji ili mobilni telefoni.





Tablica 4.3. Tehnički podaci Bush BR12DAB prijamnika

Bush BR12DAB		
Napajanje	DC 7,5 V, 600 mA, 4,5 W	
Frekvencijska područja rada	DAB+:	174,928 MHz (5A) – 239,200 MHz (13F)
	FM:	87,5 – 108 MHz
DAB+ osjetljivost	-98 dBm	
DAB+ potiskivanje susjednog kanala	-30 dB	
DAB audio dekodir	64 kbit/s – 384 kbit/s	


4.2. DRM, DRM+

Na tržištu je vrlo mali broj uređaja koji podržavaju DRM tehnologiju. Zbog jako male ponude i visokih troškova izrade, jako je visoka cijena uređaja koji se nude na tržištu. U tablici 4.4. se može primijetiti da većina odgovarajućih prijemnika podržava i DAB tehnologiju, ali da isto tako niti jedan uređaj ne podržava tehnologiju DRM+.

Tablica 4.4. Ponuda DRM prijemnika

	Model	Tehnologija	Cijena
	Uniwave Di-Wave 100	DRM	1850 kn
	Himalaya DRM 2009	DAB, DRM	1470 kn
	TechniSat MultyRadio	DAB, DRM	3325 kn
	Morphy Richards	DAB, DRM	950 kn

Tablica 4.5. Tehnički podaci Uniwave Di-Wave 100 prijemnika

Uniwave Di-Wave 100		
Napajanje	DC 6 V	
Frekvencijska područja rada	DRM, AM	DV: 150 – 288 kHz SV: 522 – 1620 kHz KV: 2300 – 30000 kHz
	FM:	87,5 – 108 MHz
DRM funkcije	<ul style="list-style-type: none"> – prikaz imena postaje, programskih informacija <li style="padding-left: 20px;">– <i>Journaline</i> <li style="padding-left: 20px;">– MOT <i>Slideshow</i> – pomak u slušanju do 10 minuta – prebacivanje na alternativne frekvencije 	

4.3. HD Radio

Na tržištu se trenutno nalazi preko 100 različitih modela HD Radio prijamnika. Razlog velike raspoloživosti leži u tome što je tehnologija prihvaćena u SAD na nacionalnoj razini. S povećanjem ponude opada i cijena prijamnika pa cijena najjeftinijih kreće već od 350 kn. Popis proizvođača se svakim danom povećava te se među njima nalaze i svjetski poznati proizvođači kao npr. Alpine, Kenwood, Sanyo, Sony... Od proizvođača automobila: Mercury, BMW, Volvo, Audi, Ford, Linkon i Mercedes-Benz ugrađuju digitalni HD Radio prijamnik kao dio standardne opreme, dok Mini, Jaguar, Hyundai, Kia i Volkswagen ugrađuju takav prijamnik kao dio dodatne opreme.

Tablica 4.6. Dio ponude HD Radio prijamnika

	Model	Namjena	Cijena
	Denon AVR-1911	Kućni HiFi	3330 kn
	Gigaware 12-646	Prenosivi uređaj	440 kn
	Jensen JiMS-525i	Mini HiFi	830 kn
	Kenwood KDC-HD545U	Automobil	1050 kn
	Marantz AV8003	Kućni HiFi	14450 kn
	Microsoft Zune HD 16GB	Prenosivi uređaj	1000 kn
	Sony XDR-F1HD	Kućni HiFi	550 kn
	Yamaha RX-A1000	Kućni HiFi	6100 kn

Svaki proizvođač opreme mora se pridržavati licence koja se dobiva na vremenski rok od pet godina. Licenca se plaća tvrtki iBiquity Digital Corporation te je proizvođač dužan i kasnije plaćati određeni novčani iznos ovisno o broju prodanih uređaja. U tablici 4.6. prikazan je dio ponude HD Radio prijamnika s pripadajućim cijenama.

Proučavajući ponudu prijamnika može se uočiti da nema puno prenosivih uređaja u ponudi, dok je velika ponuda kućnih HiFi uređaja. Razlog tome leži u integriranim sklopovima koji su u početku bili previše veliki ili su pak imali velik utrošak energije. Osim toga, na cijeni kućnog HiFi uređaja najmanje se „primijeti“ cijena licence koju je potrebno platiti za svaki pojedini proizvedeni uređaj.

Tablica 4.7. Tehnički podaci Sony XDR-F1HD prijamnika

Sony XDR-F1HD		
Napajanje	AC 110 V, 60 Hz, 11W	
Frekvencijska područja rada	AM, HD Radio	530 – 1710 kHz
	FM, HD Radio	87,5 – 108 MHz
FM osjetljivost	-106,5 dBm	
Selektivnost susjednog kanala	82 dB	
Početno kašnjenje zvuka	27 ms	

4.4. ISDB-TSB

Unatoč tome što je sustav u Japanu u probnom radu već sedam godina ponuda prijavnika je jako mala. Osnovni razlog tome je tek probni rad sustava, ali i mala pokrivenost teritorija signalom (Tokyo i donedavno Osaka). Iz ponude prijavnika može se uočiti da je situacija slična kao kod DMB, odnosno u ponudi su većinom prijavnici za PC te mobilni telefoni s digitalnim prijavnikom. Isto tako svi prijavnici, osim prijama digitalnog radija, podržavaju i prijam digitalnog video signala (jednosegmentni ISDB-T).


Tablica 4.8. Dio ponude ISDB-T_{SB} prijavnika

	Model	Cijena
	Sharp 940SH	3500 kn
	Sony Ericsson W61S	1350kn
	Casio G'zOne TYPE-X	2500 kn
	Esukeinnetto MonsterTV 1DR	855 kn
	Buffalo Choi Terre "DH-KONE4G/U2DS"	910 kn
	Corega CG-3SGTR	580 kn

4.5. FMeXtra

Trenutno na tržištu postoji samo jedan model prijamnika koji podržava tehnologiju FMeXtra. Prema dostupnim podacima Aruba je vrlo kvalitetan prijamnik, ali je teško dobavljiv. Podaci o Aruba prijamniku su dani u tablici 4.9.

Tablica 4.9. Tehnički podaci Aruba prijamnika

Aruba	
Cijena	1100 kn
Napajanje	DC 12 V, 300 mA
Frekvencijska područja rada	SAD: 87,7 – 107,9 MHz Europa: 87,5 – 108 MHz Istočna Europa: 64 – 74 MHz Japan: 76 – 90 MHz
Osjetljivost	5 dB μ V
Selektivnost	30 dB
THD+N	-55 dB

Napomena: Cijene svih prijamnika unutar poglavlja 4 su prikazane u kunskoj protuvrijednosti na osnovi srednjeg tečaja HNB-a za dan 26.11.2010.

5. Ekonomski aspekt, motiviranost te interes korisnika, nakladnika i operatora za prijelaz na digitalno odašiljanje

5.1. Ekonomski aspekti izgradnje mreža i formiranja prijamničke baze

Sudionici u radiodifuzijskom gospodarstvu ovise o dva ograničavajuća faktora:

- radijskim frekvencijama i,
- novčanim sredstvima.

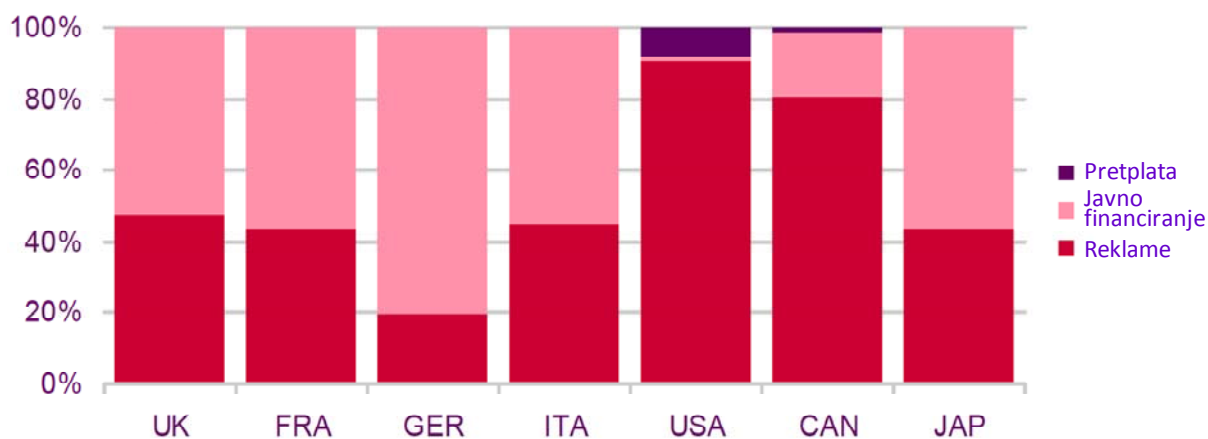
Tržište elektroničke distribucije informacija i zabave je veliko, ali nije neograničeno. Mnogi sudionici na tom tržištu su zabrinuti da neće moći ostvariti dovoljni prihod kojim bi se pokrila velika ulaganja u radijsku infrastrukturu i tehnologije. Nakladnici radija, a i televizije, izloženi su sve jačoj konkurenciji na rascjepkanom tržištu. Oni se suprotstavljaju tim tendencijama uz pomoć: više programa, novim kanalima, novim oblicima odašiljanja informacija, interaktivnim programskim sadržajima i sl. Uvođenjem digitalne tehnologije odašiljanja ostvaruje se mogućnost proizvodnje više programa u okvirima raspoloživih sredstava. Jako se važnim pokazuje i nuđenje raznolikih sadržaja prilagođenih ciljanom tržištu kao i dodatnih pratećih usluga.

Korištenjem dijela kapaciteta mreže za digitalno odašiljanje radija za odašiljanje podataka stvara poslovne mogućnosti za treće davatelje raznih usluga. Činjenica je da su znatno manji troškovi odašiljanja određene količine podataka radiodifuzijskom mrežom u odnosu na odgovarajuće troškove pri korištenju mreže za mobilne komunikacije. Radiodifuzijski sektor može stoga biti učinkovitiji u gospodarskom smislu. Nakladnici radija i operatori mreža za odašiljanje radija žele iskoristiti tu mogućnost.

Kako radio predstavlja relativno malo tržište, posebice u usporedbi s televizijom, osvajanjem čak i malog dijela tržišta jednosmjernog

prijenosa podataka dalo bi značajan gospodarski doprinos radiodifuziji zvuka. Pokazuje se da je potreban vrlo mali broj korisnika jednosmjernog podatkovnog prijenosa za kompetitivnost digitalnog radija u odnosu na druge radijske sustave posebice mobilne mreže. Istraživanja, provedena u Švedskoj, pokazuju da se već uz 100 korisnika na dan, koji će preuzimati podatke iz nacionalne mreže digitalnog radija, mogu korisnicima tih usluga nuditi niže cijene od onih koje naplaćuju operateri mobilnih mreža. Mogućnosti uvođenja raznih podatkovnih usluga ograničene su mogućnostima prijammnika, koji trebaju biti izvedeni tako da mogu memorirati i prikazivati primljene podatke. U nastavku je nekoliko mogućnosti za podatkovne usluge.

- Preuzimanje podataka za "inteligentne sustave" (npr. za sustave za navigaciju vozila ili za džepni planer putovanja). To je usluga na kojoj se najviše radi u okviru svih mogućih podatkovnih usluga.
- Elektroničke novine. To bi bila hibridna usluga. Veća količina podataka preuzima se tijekom noći, putem npr. fiksne veze na Internet, dok se ažuriranje odvija tijekom dana putem radiodifuzijske mreže.
- Računalno klađenje (i igranje na sreću) putem mreže. Podaci o stanju trka ili utakmica odašilju se kontinuirano. Za klađenje, koje zahtijeva povratni kanal, koristi se npr. mobilna ili fiksna mreža.



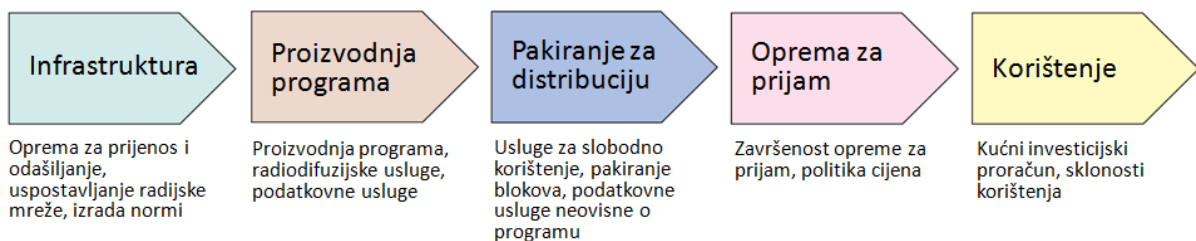
Slika 5.1. Izvori prihoda nakladnika radija u nekoliko zemalja

Ni jedna od ovih usluga ne zahtijeva velike brzine prijenosa podataka i zauzimala bi vrlo mali dio kapaciteta mreže za digitalno odašiljanje radija. Nakladnici moraju steći uvid u tendencije razvoja tržišta za ove usluge uzevši u obzir sve komunikacijske mogućnosti kao što je DAB/DRM (DAB+/DRM+), DVB, GSM, UMTS, 4G. Slušatelji raspolažu ograničenim financijskim sredstvima za te usluge, a dio je već potrošen putem obvezne pristojbe.

Javni se nakladnici u sve manjoj mjeri financiraju iz odgovarajuće pristojbe, a i komercijalni nakladnici postaju svjesni da je u zadnjim godinama tržište reklama raslo tek u beznačajnoj mjeri.

Kod europskih i japanskih nakladnika još je uvijek veliki udio javnog financiranja, odnosno veliki je udio prihoda iz javnih izvora koji su usmjereni prema javnim nakladnicima (slika 5.1). Nasuprot tome u Americi se radio financira gotovo isključivo iz komercijalnih izvora. Osim reklama u prihodima američkih i kanadskih nakladnika nezanemariv udio ima pretplata odnosno sredstva koja plaćaju slušatelji za neke posebne usluge koje nisu za slobodni prijam. Na slici 5.1. je raspodjela prihoda nakladnika radija po izvorima u sedam zemalja za koje su bili raspoloživi podaci. Autori studije na žalost nisu uspjeli doći do podataka koji se odnose na Hrvatsku. Pretpostavljamo da se ona bitno ne razlikuje od situacije u Francuskoj, Italiji ili Ujedinjenom kraljevstvu (UK).

Tempo migracije korisnika prema digitalnim platformama odašiljanja pokazuje se sasvim zadovoljavajućim u više zemalja koje su izgradile odgovarajuću infrastrukturu. Usprkos toga, analize pokazuju da se još 2014. godine dvije trećine prihoda očekuju od aktivnosti u tehnologijama koje nemaju digitalnu osnovu. Promjene vladanja korisnika utječu na sve segmente industrije zabave i medija. Svi sudionici u procesu odašiljanja radija traže svoj položaj u digitalnome vrijednosnom nizu koji se sad oblikuje.



Slika 5.2. Vrijednosni niz kod digitalnog radija

Radiodifuziju zvuka je u Europi tradicionalno činila konglomeracija individualnih kompanija različitih vlasnika koje su opsluživale nacionalne i lokalne potrebe. Ovaj pluralizam, ujedinen na načelu slobodnog primanja odnosno korištenja usluga (*free-to-air*) potaknuo je razvoj radija u zadnjim dekadama posebice na regionalnoj i lokalnoj razini. U okviru odašiljanja radija zemaljskom mrežom odašiljača korištena je vertikalna struktura gospodarskih subjekata koja se još uvijek koristi kod satelitskih i kablskih davatelja usluga. Vertikalna struktura se sad nadomještava horizontalnim vrijednosnim nizom (slika 5.2) kod kojeg svi sudionici moraju djelovati usklađeno kako bi usmjerili digitalni radio ka željenom cilju. Glavnim se sudionicima u horizontalnom nizu pojavljuju,

- nakladnici radija (proizvođači radijskog programa, podatkovnih i multimedijjskih sadržaja),

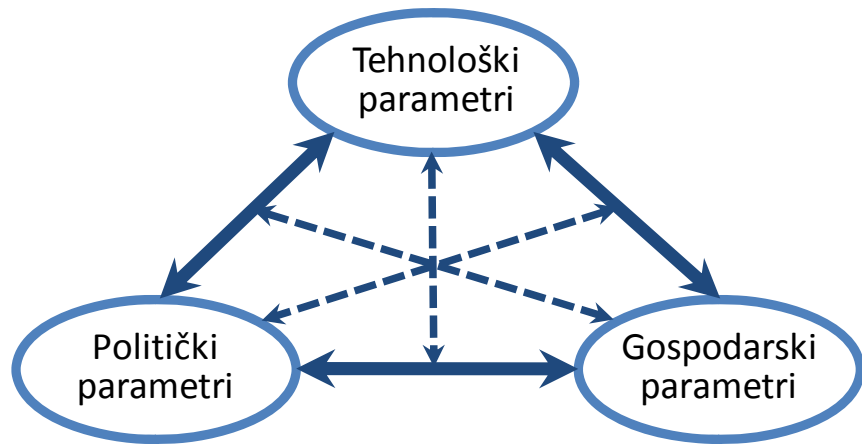
- davatelji raznih usluga,
- operatori multipleksa i operatori prijenosnih mreža,
- proizvođači.

Ova struktura, iako predstavlja značajnu promjenu za radiodifuziju zvuka, i pored toga pruža mnoge mogućnosti. Velike multinacionalne kompanije, koje raspolažu većim kapitalom, nisu spremne riskirati ulaganjem kapitala u novu tehnologiju ili u subvencionirane kupovine prijarnika. Nasuprot tome ovaj poslovni model omogućuje stvaranje partnerstva u branši što dovodi do zaoštrene konkurencije na unutarnjem tržištu. To je dinamički model sa značajnim domašajem za opskrbu sadržajem u Europi, za zapošljavanje i dugoročnu održivost radijskog gospodarstva. Trenutno nedostaje poticaja za komercijalni sektor da migrira prema digitalnoj tehnologiji. U početnoj fazi digitalnog odašiljanja radija komercijalni nakladnici ne mogu očekivati veće domete odašiljača, ustvari realno je očekivati smanjenje područja pokrivenosti programom. To će povećati konkurenciju među sudionicima na tržištu radijskih usluga, a koji će možda i dijeliti isti multipleks. Komercijalni sektor mora biti spreman na rizike sporog povrata investicije u kratkom periodu digitalnog odašiljanja npr. DAB/DAB+ tehnologijom. Nakon osvajanja kritične mase slušatelja nastat će velike mogućnosti za financijski dobitak.

Mnogi su analitičari zapazili da su primarni izvori nesigurnosti u novom okruženju vezani uz prirodu i razvoj potražnje na tržištu. Do sad je europski sektor radiodifuzije bio relativno siguran od nepredviđenih situacija, jer je zbog tehnoloških ograničenja potražnja nadmašivala ponudu. Digitalna tehnologija, koja uključuje kompresiju, progresivno uklanja tu oskudicu i otvara doba izobilja u radiodifuziji. Radiodifuzija je jako osjetljiva na razvoj tehnologije. Napredne se tehnologije koriste u cijelom vrijednosnom nizu od ponude usluge do njezinog korištenja. Promjene u tehnologiji izravno su utjecale na različite dijelove vrijednosnog niza pa stoga i na organizaciju tržišta.

Radiodifuzijske se usluge smatraju informacijski i po znanju intenzivnim uslugama koje se osnivaju na informacijskim i komunikacijskim tehnologijama (ICT). Za potrebe održive analize radiodifuzijskih, ali i ostalih komunikacijskih tržišta potrebno je ustanoviti međusobno djelovanje tehnoloških, gospodarskih i političkih parametara. Dosadašnja iskustva ukazuju na značajni utjecaj političkih i regulatornih faktora na radiodifuzijsko tržište pa je zato nemoguće analizirati osobine tog tržišta ne uzimajući u obzir politički utjecaj kao i ulogu regulatornih tijela na regulaciju sadržaja i tržišta.

Učinak gospodarskog faktora ogleda se u nemogućnosti pružanja usluga u zdravome kompetitivnom okruženju zbog specifičnosti radiodifuzijskih usluga, ali i uloge komercijalnih igrača u razvoju tržišta.



Slika 5.3. Teorijski okvir za tržište usluga u radiodifuziji

Slika 5.3. prikazuje formalni model međudjelovanja tih parametara. Isprekidanom su crtom naznačeni međuodnosi koji se ne mogu izolirati samo između dva parametra bez uključivanja trećeg. Potrebno je tako npr. uzeti u obzir učinke tehnologije na međusobne odnose političkih i gospodarskih parametara.

Jedno od središnjih pitanja u ekonomskoj teoriji je kako se rijetko mogu rasporediti gospodarski potencijali, a da se pri tome zadovolje potrebe i želje korisnika. U cilju tog raspoređivanja potrebno je dati odgovore na tri pitanja:

1. Koja količina i koja vrsta roba/usluga će se proizvoditi?
2. Kako će se proizvoditi ta roba/usluge?
3. Tko će biti korisnici tih roba/usluga?

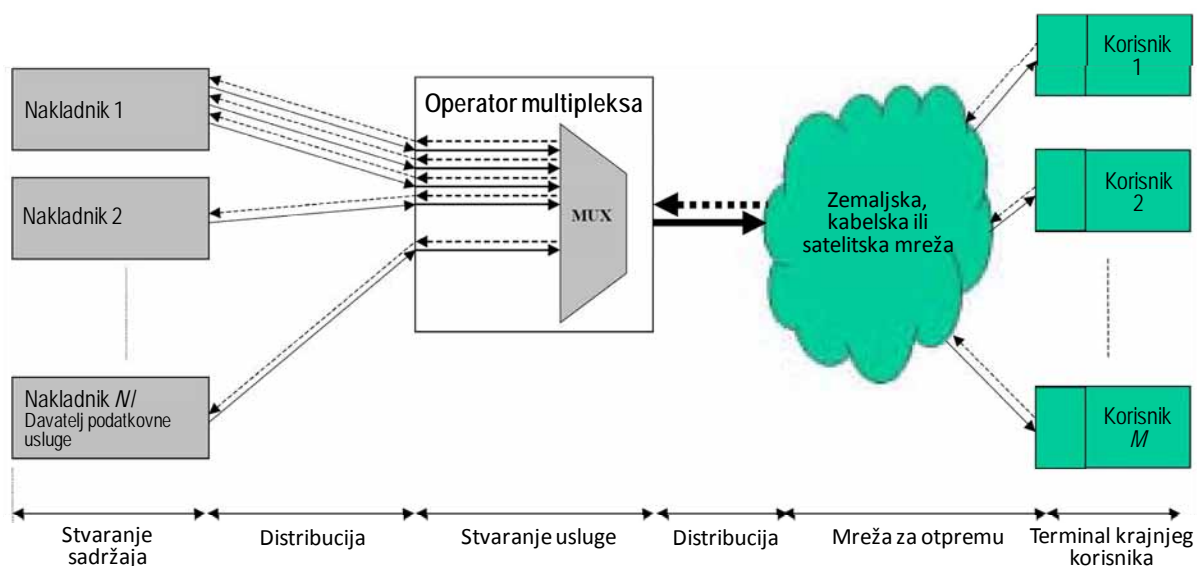
To su ujedno i glavna pitanja u ekonomiji digitalnog odašiljanja radija. Slijedom toga, ekonomska analiza digitalnog odašiljanja radija mora dati podatke o tome koliko rijetko rasporediti radiodifuzijske potencijale kojima će se zadovoljiti potrebe i želje slušatelja te odgovoriti na gornja pitanja u vezi stvaranja i korištenja radiodifuzijskih usluga.

Digitalizacija radija radikalno je utjecala da cijeli radiodifuzijski vrijednosni niz. Polazeći od sheme analognog odašiljanja radija u vrijednosni niz digitalnog odašiljanja radija mrežom zemaljskih odašiljača dodane su nove jedinice vezane uz stvaranje podatkovnih sadržaja i multipleksa (slika 5.4).

- *Programski sadržaj.* Digitalizacija ima učinak kako na sam programski sadržaj tako i na sudionike na tržištu produkcije programa. Koristeći se sposobnosti za interaktivnost, stvara se mogućnost aktivnog utjecaja slušatelja na program koji prate. Omogućeno je pružanje raznih podatkovnih usluga, uobičajenih na Internetu, pa se javljaju novi sudionici na tržištu u obliku davatelja podatkovnih usluga u radiodifuzijskoj mreži. Nezane-

mariva je i mogućnost odabira tehničke kvalitete odašiljanog programa što otvara nove perspektive nakladnicima radija.

- *Mreža za distribuciju* povezuje nakladnike radija, koji stvaraju program, s operatorom mreže kojom se odašilje radijski program. U nekim situacijama ova se mreža može izostaviti kad su nakladnik radija i operator mreže odnosno kad su oni kolocirani.
- *Terminal krajnjeg korisnika* je ustvari radijski prijammnik. On može sadržavati i neke napredne funkcije u svrhu aktivnog sudjelovanja slušatelja u stvaranju programa.



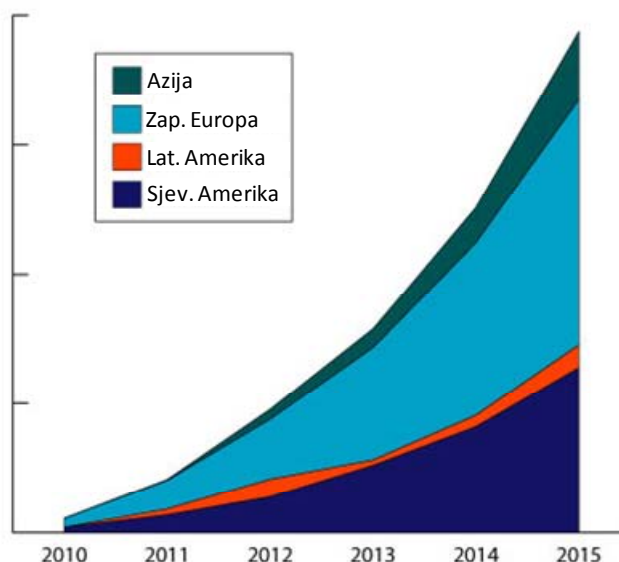
Slika 5.4. Vrijednosni niz u digitalnoj radiodifuziji

Mreža za digitalno odašiljanje radija pruža tri skupine različitih usluga.

- Usluge jednake onima u analognom odašiljanju radija. Povećani prijenosni kapacitet mreže koristit će se za pružanje tradicionalne usluge mreže za odašiljanje radija (radijskog audioprograma) u većem obujmu, tj. slušateljima se pruža mogućnost odabira većeg broja programa.
- Napredne radiodifuzijske usluge omogućuju usluge odašiljanja programa s povećanom vrijednošću ili s izmijenjenim osobinama. Primjer usluga ove vrste su interaktivni programi raznih kategorija kao što su: zabava, obrazovanje i dr.
- Podatkovne usluge mogu imati veze s radijskim programom, ali mogu biti i sasvim neovisne o njemu.

Uspješnost migracije slušateljstva ka digitalnim tehnologijama u velikoj mjeri ovisi o ponudi kvalitetnih prijammnika na tržištu. S obzirom na neizvjesnu situaciju oko uporabe pojedine tehnologije potrebni su prijammnici koji podržavaju više tehnologija. Prijammnici imaju zato znatni utjecaj na uspjeh digitalnog radija na tržištu, jer oni određuju broj korisnika koji predstavlja osnovu za ocjenu

ekonomičnosti te gospodarske aktivnosti. Raspoloživost prijavnika odlučni je faktor za nakladnike da se odluče na migraciju ka digitalnom odašiljanju radija. Nasuprot tome proizvođači prijavnika susreću se sa slabom potražnjom zbog nedovoljnog broja ponuđenih usluga u digitalnim tehnologijama radija.



Slika 5.5. Predviđanje rasta tržišta digitalnih radijskih prijavnika do 2015. godine

U Sjevernoj Americi i Zapadnoj Europi korisnici su već započeli s prihvaćanjem digitalnog radija. Prema dostupnim podacima agencije *ABI Research*, samo Sjedinjenim Državama biti će isporučeno oko četiri milijuna digitalnih radijskih prijavnika do kraja 2010. godine. Velika Britanija prednjači u obujmu digitalizacije radiodifuzije zvuka u Europi gdje je registrirana prodaja gotovo 13,5 milijuna prijavnika. Do 2015. godine očekuje se uporaba gotovo 200 milijuna digitalnih prijavnika u što su uključeni i ručni uređaji u koje je integriran radijski prijavnik. Inteligentni telefoni uključivati će digitalne prijavnike negdje od sredine 2011. godine potaknuti željama operatora da korisnicima pruže vrhunski audiosadržaj bez potrebe za dodatnim spektrom.

Prema studiji *Global Entertainment & Media Outlook 2010-2014*, koju je 15. lipnja 2010. objavila konzultantska kuća *PricewaterhouseCoopers* (PwC), u narednih pet godina digitalne će tehnologije progresivno povećavati svoj utjecaj na segmente zabave i medija (E&M, *Entertainment & Media*). Nesigurna i nejasna gospodarska pozadina nije imala učinka na smanjenje brzine porasta te transformacije koja je brža od predviđanja pred 12 mjeseci.

Nakon godine pada u 2009. očekuje se porat E&M tržišta od oko 5% godišnje sve do 2014 (složena stopa rasta CAGR, *compound annual growth rate*). Najveći bi rast trebala imati regija Latinske

Amerike, dok bi najsporije raslo trenutano najveće tržište, a to je ono u Sjevernoj Americi.

Tablica 5.1. Predviđanja prosječnoga godišnjeg rasta tržišta zabave i medija u narednih 5 godina

Regija	Porast E&M
Latinska Amerika	8,8 %
Azija & Pacifik	6,4 %
Europa, Bliski istok & Afrika	4,6 %
Sjeverna Amerika	3,9 %

Napredak transformacije u digitalnu sferu izazvao je ranije neviđenu podjelu slušateljstva. Nastupajući val promjena drugačijeg je intenziteta od ranijih kako u brzini tako i u utjecaju na ostale segmente života. Neke kompanije osjećaju nastavljanje podjele tržišta kao prijetnju koju treba povezati s mogućnošću. Ona nudi kompanijama mogućnost za kreativni pristup svojim kupcima. Njihov je imperativ da osvoje srca, svijest i novac tih korisnika. Usprkos postojanosti i neizbježnosti migracije prema digitalnoj tehnologiji procesi prijelaza i njihova brzina jako se razlikuju na pojedinim tržištima.

Prihode od oglašavanja jako su pogodile turbulencije na tržištu. Iako ima naznaka za oporavkom on se pokazuje jako krhkim. Procjene pokazuju da će se 2014. godine u Sjedinjenim Državama na oglašavanje trošiti 9% manje nego 2006. godine. Oglašavanje putem Interneta i televizije odnijet će glavnu sredstava koja se troše na reklame.

Migracija prema digitalnim tehnologijama i promjene u vladanju korisnika uzrokom su snažnih pritisaka na postojeće poslovne modele. Ona je natjerala gospodarske subjekte da dobro promisle o pristupu komercijalizaciji sadržaja u cilju osvajanja novih izvora prihoda bilo kroz ugovaranje ili u sudjelovanju s ostalima u stvaranju digitalnoga vrijednosnog niza.

To neizbježno vodi ka zasebnim kompanijama koje traže svoje mjesto u novome digitalnom svijetu. Partnerstvo sa drugim organizacijama postao je imperativ za stvaranje održive ponude komercijalnog sadržaja s kojima dijele troškove i rizike. Sve više se potencijalni partneri nalaze iz različitih sektora gospodarstva. Bez obzira na vrstu partnerstva ili suradnje 7 je kritičnih faktora za uspješni rad u okviru novoga vrijednosnog niza:

- strateška fleksibilnost,
- isporuka obveza i odnos s korisnikom preko iskustva u korištenju,

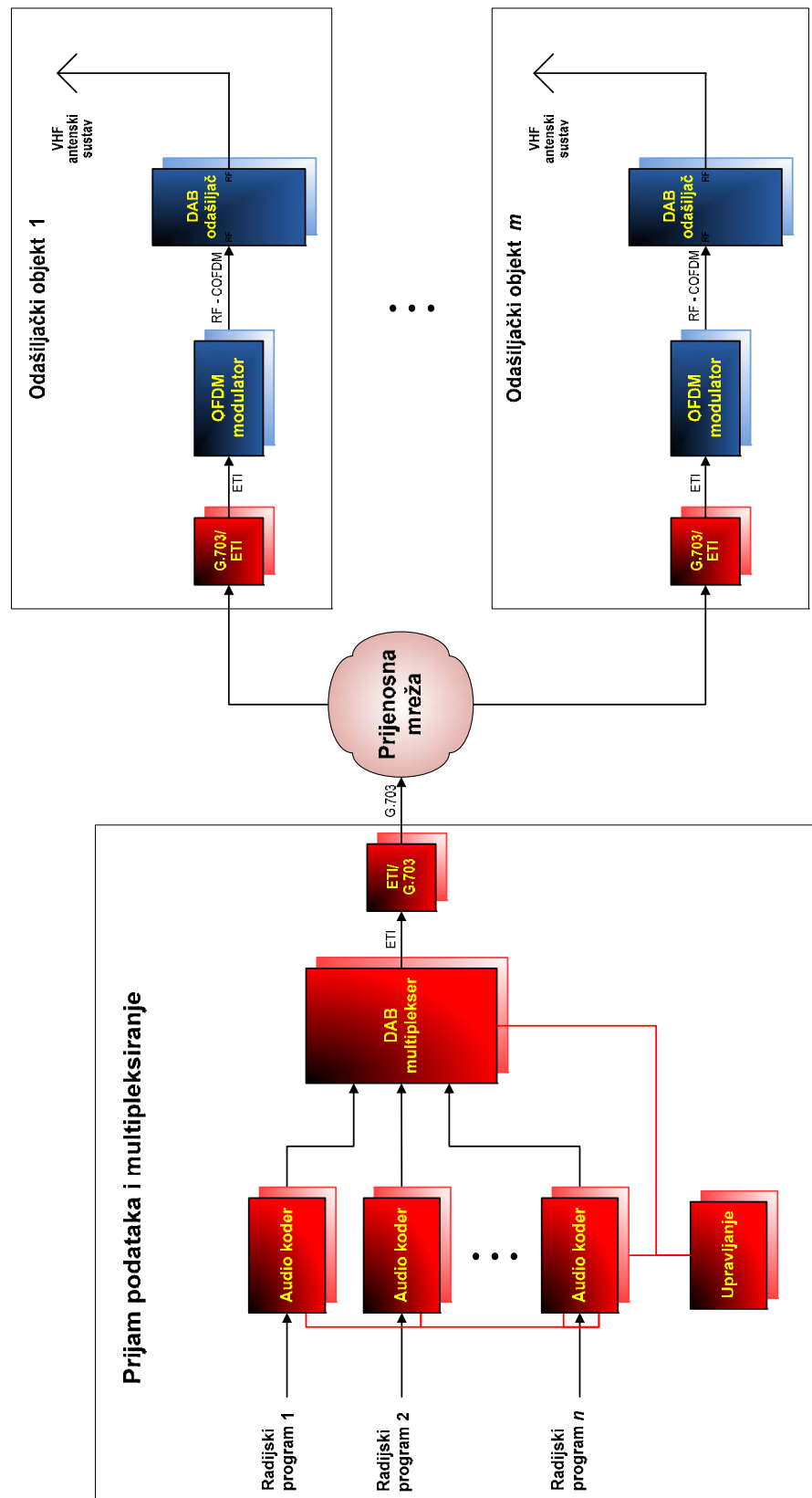
- ekonomija obujma i djelokruga,
- brzina donošenja odluka i njihovog provođenja,
- spretnost upravljanja talentima,
- sposobnost komercijalizacije marki i prava po platformama,
- jake sposobnosti u strukturiranju partnerstva te ciljanju i integraciji nadzora i utvrđivanja.

Kreativnost i inovativnost oduvijek su se povezivali s branšom medija i zabave, a sad je vrijeme za tu gospodarsku granu da podere postojeće poslovne modele i prihvati mogućnosti koje nastaju. Ona se mora strukturirati bilo partnerstvom bilo suradnjom, mora stvoriti vrhunski doživljaj korisniku, a opet dovoljno fleksibilan da osvoji prihode iz sve više podijeljenog tržišta. Oni, koji uspiju, bit će pokretači ove izazovne gospodarske grane.

5.2. Kolike troškove nosi pojedini sustav za radijske nakladnike i operatere mreža

Prema zaključcima u ranijim poglavljima ove studije mreže digitalnog radija na nacionalnoj razini koristit će najvjerojatnije tehnologiju DAB+ u frekvencijskom pojasu VHF III. One će, barem u prvoj fazi razvoja, biti alternativa odgovarajućim mrežama u analognoj tehnologiji FM u pojasu VHF II. Zbog toga se pokazuje zanimljivim usporediti troškove analogne i odgovarajuće digitalne mreže za odašiljanje radijskog programa.

Nakladnici radija koriste već digitalne tehnologije u procesu proizvodnje stereo signala. Njihov je izlazni signal, kojeg isporučuju operatoru mreže, već i sad u digitalnom obliku, obično u AES/EBU formatu. Prijelaz na digitalno odašiljanje zvuka neće zato zahtijevati neke promjene u tehničkoj opremi nakladnika radija, niti u procesu proizvodnje stereo signala zvuka pa stoga niti neke dodatne troškove. Taj je zaključak ispravan samo ako bi nakladnici zadržali obujam usluge koji već sad pružaju slušateljima u analognoj mreži. Nakladnici moraju, međutim, računati na potrebu za ulaganjem u dodatnu opremu, ali i u ljudske resurse te njihovu obuku kako bi bili osposobljeni za korištenje punog potencijala digitalnog radija. Postojat će potreba za kupovinom specijalizirane opreme i zapošljavanjem osoblja kako tehničkog tako i netehničkog profila. Realno je očekivati da će novouvedene usluge korisnicima donositi nakladniku i neki dodatni prihod pa se potrebno ulaganje može smatrati investicijom koja će biti vraćena iz dobiti od prodaje novih usluga na izravni ili neizravni način, npr. dodatnim reklamama. Neki nakladnici (ABC Radio, Australija npr.) razvijaju modele produkcije. Osim toga, oni obučavaju zaposlenike za stvaranje programskih sadržaja koji nisu namijenjeni samo radiju, već i televiziji, Internetu i ostalim platformama koje se pojavljuju, npr. za mobilne telefone.



Slika 5.6. Jedan primjer temeljnih elemenata u postupku digitalnog odašiljanja radija korištenjem tehnologije DAB (preneseno iz dokumentacije tvrtke Odašiljači i veze d.o.o., Zagreb)

Da bi mogli nakladnicima pružiti uslugu digitalnog odašiljanja operatori mreža moraju računati sa znatnim investicijama u infrastrukturu, ponajprije odašiljače i procesnu opremu. Na slici 5.6. je pojednostavnjena struktura odašiljačkog sustava za tehnologiju DAB. Radi uspoređivanja sa odgovarajućima analognim sustavima odašiljanja u navedenom je primjeru izostavljena mogućnost pružanja dodatnih usluga, koje su specifične za digitalne tehnologije, a zadržano je samo odašiljanje zvuka. Primjer sa slike također ne sadrži prijenosne sustave od nakladnika radija do mjesta gdje operater prihvaća signale nakladnika. Ti prijenosni kapaciteti i sustavi nemaju ništa specifično s digitalnim tehnologijama i njihov je zadatak samo premostiti fizičku udaljenost od mjesta isporuke signala audiousluge i kasnije drugih usluga do mjesta gdje se prihvaćaju ti signali u cilju prijenosa i odašiljanja.

U analizi troškova operatera mreže valja razlučiti:

- postojeće podsustave i opremu koja se može koristiti i za digitalno odašiljanje radija (to je ponajprije prijenosna mreža),
- potrebu za novom opremom i podsustavima koju treba nabaviti i montirati kako bi se kompletirao sustav za digitalno odašiljanje (procesna oprema i odašiljači).

Najveći dio potrebnih investicija odnosi se na nabavu i montažu odašiljačke opreme po objektima. Na mnogim objektima, koji bi se koristili za digitalno odašiljanje radija, postoje antenski sustavi za pojas VHF III, zaostali od analognog odašiljanja televizije, što donekle umanjuje investiciju ako nije potrebna obnova antenskog sustava. Osim toga u okviru troškovne analize valja voditi računa o činjenici da se u okviru jednog multipleksa odašilje desetak pa i više radijskih stereo programa. Za digitalno odašiljanje više radijskih programa u okviru jednog multipleksa potreban je samo jedan odašiljač na svakoj odašiljačkoj lokaciji nasuprot više odašiljača na svakoj odašiljačkoj lokaciji, za svaki program jedan odašiljač, kad se koristi analogna tehnologija FM.

HAKOM je napravio proračun potrebnog broja odašiljača, njihove efektivne izračene snage i predvidive lokacije za pokrivanje Republike Hrvatske s dva DAB multipleksa. Rezultati tih proračuna sažeti su u tablici 5.2. Pet odašiljačkih lokacija koristilo bi se u pokrivanju po dva područja dodjele (*allotmenta*) tj. na 5 lokacija postavila bi se po dva DAB odašiljača.

Za potrebe analize troškova, koje nose digitalne mreže i njihove usporedbe s postojećom analognom mrežom, u tablici 5.3. je broj analognih FM odašiljača koji se koriste za odašiljanje svakog od tri programa Hrvatskog radija.

Postojeća mreža FM odašiljača u velikoj je mjeri u pogonu već više godina i potrebna joj je obnova. Dio odašiljača potrebno je zamijeniti odnosno potrebne su investicije u obnovu odašiljačke opreme. Migracijom prema digitalnoj tehnologiji povećava se obujam

potrebne investicije, jer treba nabaviti i postaviti sve odašiljače u digitalnoj mreži, ali će već samo za ova tri programa biti potrebno znatno manje odašiljača, a mreža ima kapacitet za još nekoliko programa.

Tablica 5.2. Potrebni broj digitalnih odašiljača za odašiljanje dva multipleksa na nacionalnoj razini

Mreža digitalnog radija	Potrebni broj DAB odašiljača	
	ERP _{maks} od 1 – 10 kW	ERP _{maks} od 50 – 500 W
DAB1 (kanal 12)	35 (30 odašiljačkih lokacija)	8 (8 odašiljačkih lokacija)
DAB2 (kanal 10)	35 (30 odašiljačkih lokacija)	8 (8 odašiljačkih lokacija)

Tablica 5.3. Broj analognih odašiljača u mrežama za odašiljanje tri javna nacionalna radijska programa

Program Hrvatskog radija	Broj FM odašiljača u pogonu	
	Snaga odašiljača od 1 – 10 kW	Snaga odašiljača od 100 – 950 W
HR1	27	21
HR2	24	21
HR3	14	5

Troškovi pogona i održavanja mreže za digitalno odašiljanje trebali bi biti manji ponajprije zbog manjeg broja odašiljača (jedan odašiljač odašilje više programa) i slijedom toga manje potrošnje električne energije. Nakladnici radija trebaju, međutim računati na povećane troškove prijenosa i odašiljanja u prijelaznom periodu, tj. za vrijeme simulcasta analogne i digitalne mreže, kad će se troškovi digitalne mreže dodati na one od analogne mreže. Trajanje istodobnog odašiljanja u dvije tehnologije moglo bi potrajati znatno dulje nego li je to bilo kod televizije.

Prema našoj procjeni, za nakladnike radija na lokalnoj razini preveliki su troškovi usluge odašiljanja DAB mrežom, a ono što dobivaju, tj. veće područje pokrivanja, ne donosi im dodatni prihod. Zato je potrebno raditi na iznalaženju tehničkih rješenja za lokalne radije, a koja će manje financijski opterećivati lokalnog nakladnika radija. Korištenjem tehnologije DRM+ u frekvencij-

skom pojasu VHF II mogle bi arhitekture odašiljačke mreže pa i njezini troškovi biti slični onima iz analogne FM tehnologije. Takvo rješenje nije izgledno u skoroj budućnosti pa je zato vrlo teško sagledati odgovarajuće ekonomske aspekte i troškove mreža za lokalnu radiodifuziju.

Odašiljanje radijskog programa na nižim frekvencijama (srednji ili kratki val) nije komercijalnog karaktera. Odašiljanje u tom području može biti samo od javnog interesa pa nije svrhovito raditi analizu troškova za odašiljačku mrežu u tom frekventijskom području, jer se ona neće moći eksploatirati na komercijalnim načelima. Ponuda i rasprostranjenost prijamnika za tehnologiju DRM još je znatno manja od zastupljenosti prijamnika za tehnologiju DAB/DAB+. Mišljenja smo da će potpuna migracija ka digitalnim tehnologijama odašiljanja u području srednjega i kratkog vala znatno kasniti u odnosu na onu u pojasu VHF III ako ne iz drugih razloga onda zbog male prijamničke baze.

5.3. Motiviranost i interes korisnika, nakladnika i operatora za prijelaz na digitalni radio

Slušatelj radija u najvećoj je mjeri potaknut na migraciju ka digitalnoj tehnologiji odašiljanja radija raspoloživošću usluga, mogućnostima usluga koje su jedinstvene za digitalne sustave, cijenom prijamnika i kvalitetom zvuka. Iskustva iz zemalja koje su uvele digitalni radio (npr. UK) pokazuju da se značajno povećalo prihvatanje digitalnog radija kad su se ponudile usluge kojih nije bilo u analognim tehnologijama odašiljanja i kad se snizila cijena prijamnika. Slušatelji pokazuju posebno zanimanje za dopunske podatkovne usluge, a u nekim zemljama i za multimediju. Radi toga razvijaju se i prijamnici s povećanim mogućnostima prikaza podataka i multimedije.

Realno gledano, mišljenja smo da slušatelji radija u Hrvatskoj neće baš jako brzo prihvatiti digitalni radio. Ovdje možemo procijeniti samo neke od razloga za takvo vladanje slušateljstva.

- Postojeća analogna FM mreža analognog radija u pojasu VHF II jako dobro pokriva teritorij Hrvatske. Osim naselja i glavne prometnice dobro su pokrivene svim programima nakladnika na nacionalnoj razini, a i većine nakladnika na regionalnoj razini.
- Slušatelji su zadovoljni ponudom programa, a i njihov sadržaj u velikoj mjeri ispunjava zahtjeve slušateljstva. Tu ponajprije mislimo na informativne sadržaje, dok je glazbeni dio programa kod većine slušateljstva od sekundarnog, ali ne nevažnog značaja. Osim manjeg broja slušatelja, glazba se sluša tijekom drugih aktivnosti.

- Naselja i okolna područja dobro su pokriveni nekad i većim brojem lokalnih programa koji pružaju lokalne sadržaje.
- Nakladnici stvaraju vrlo dinamične programe u kojima slušatelji aktivno sudjeluju, a kao povratni kanal od slušatelja prema nakladniku koristi se najčešće telefonska veza, nešto manje komunikacija elektroničkom poštom ili SMS-om.

Prepoznajući važnost da korisnici shvate prednosti digitalnog radija nakladnici i operatori mreža morat će poduzeti koordinirane marketinške aktivnosti koje će potaknuti korisnike na migraciju ka digitalnom radiju. U tu svrhu potrebno je ponuditi atraktivne nove usluge, koje nisu bile moguće u analognim tehnologijama, i za koje se neće tražiti plaćanje od korisnika. Još više je potrebno intenzivirati interaktivnost korisnika korištenjem raspoloživih povratnih kanala iz drugih tehnologija, a koji se mogu koristiti i u mobilnim uvjetima.

Ove mjere, međutim, vjerojatno neće imati dovoljni učinak za migraciju većeg dijela slušateljstva ka digitalnoj tehnologiji pa će biti potrebne i mjere prisile kao što je to bilo učinjeno pri prijelazu na digitalno odašiljanje televizije. Tek najavom o prestanku analognog odašiljanja u VHF II pojasu, a naročito stvarnim gašenjem analognih FM mreža motivirati će se korisnici na migraciju prema digitalnom radiju.

Iznesena analiza i izvedeni zaključci nisu valjani za tehnologiju AM u odašiljanju radija. Znatno manji je broj slušatelja na toj platformi i ona u Hrvatskoj nema komercijalno značenje. Zato je teško zaključiti na motiviranost korisnika da migriraju ka odgovarajućoj digitalnoj tehnologiji, a na tom području znatno je manje iskustva u Europi. Primjeri iz drugih regija ne pokazuju se mjerodavnima, jer se i dosad analogna tehnologija AM jako različito koristila u pojedinim dijelovima svijeta.

Nakladnici radija suočeni su danas sa jakom konkurencijom drugih medija i tehnologija, televizije i Interneta npr. Oni se grčevito bore za svoj dio kolača na tržištu oglašavanja, jer postepeno gube stećene pozicije. Zato su nakladnici radija jako zainteresirani da, ne samo zadrže, nego i da povećaju broj korisnika svojih usluga. Digitalne tehnologije odašiljanja radija otvaraju mogućnosti nakladnicima da privuku nove korisnike atraktivnim i do sad nekorisćenim uslugama, koje mogu biti vezane uz primarni radijski audio program, ali mogu biti i neovisne o njemu. Uspjeh takvih novih usluga potpuno je ovisan o performansama prijamnika koji moraju omogućavati njihovo korištenje. Značajnu ulogu u tome igra i cijena prijamnika. Nakladnici su, dakle, u tom pogledu potpuno ovisni o proizvođačima prijamnika. Za uspjeh na tržištu potrebna je dovoljno velika baza korisnika usluga ili kako je uobičajeno reći, slušateljstva.

Do stvaranja dovoljno velike prijamničke baze komercijalni nakladnici neće biti motivirani za migraciju prema digitalnoj

tehnologiji odašiljanja, osim ako na to ne budu prisiljeni. U nedostatku dovoljne ponude programskih sadržaja i drugih usluga u digitalnoj tehnologiji nije realno da će se u većem opsegu kupovati digitalni radijski prijmnici. U ovome može pomoći samo javni radio koji će zbog općeg interesa započeti s digitalnim odašiljanjem i tako poticati slušatelje da nabave digitalne prijmnike.

Operatori mreža za digitalno odašiljanje radija svoj interes vide ponajprije u povećanom obujmu korištenja svojih usluga prijenosa i odašiljanja, jer očekuje se povećanje broja programa, ali i drugih usluga u okviru digitalne tehnologije. Veći broj korisnika usluga prijenosa i odašiljanja, tj. nakladnika, i veći obujam prijenosa i odašiljanja za svakog nakladnika bili bi osnova za veće prihode operatera mreže.

U okviru ovih aktivnosti ne smije se zaboraviti na važnu ulogu vlade koja mora doprinijeti glatkom odvijanju procesa migracije i njegovom završavanju u postavljenima vremenskim okvirima. U tu svrhu vlada mora poduzeti aktivnosti za:

1. stvaranje prikladnoga političkog, zakonodavnog i regulatornog okvira koji će omogućiti glatki prijelaz na novu tehnologiju u postavljenom roku;
2. donošenje fiskalnih mjera koje će potaknuti kupovinu prijmnika. Raspoložive mjere ove vrste su npr. porezne olakšice ili subvencije;
3. osiguravanje poticaja za nakladnike i operatore mreže za instaliranje digitalne infrastrukture i potrebnih digitalnih sustava;
4. poticanje lokalnih sadržaja.

6. Zaključak

Intenziviranje aktivnosti na planu migracije prema digitalnom odašiljanju u radiodifuziji zvuka, odnosno radiju, logična je posljedica uspješno provedenog prijelaza na digitalno odašiljanje televizije i gašenja analogne mreže. Pokazuje se, međutim, da je radio u mnogočemu drugačiji medij od televizije pa se ne može scenarij migracije, proveden u televiziji, potpuno primijeniti i na radio.

Pristupi korisnika, tj. slušatelja radiju i gledatelja televiziji, jako se razlikuju.

- Radio se u najvećoj mjeri sluša u mobilnim uvjetima, dok je prijam televizije fiksnog karaktera.
- Televizijski program u potpunosti zaokuplja gledatelja, a radijski se program u velikoj mjeri sluša tijekom obavljanja drugih aktivnosti.
- Gledatelji televizije na mnogim područjima nisu bili zadovoljni kvalitetom slike koju su dobivali na svojem televizijskom prijammiku i kod njih je bila jako izražena želja za boljom kvalitetom slike. Slušatelji radija u najvećoj su mjeri zadovoljni kvalitetom zvuka, koju dobivaju u dnevnim uvjetima slušanja, i nikakva poboljšanja ne smatraju potrebnima.

Dio slušateljstva, u Hrvatskoj je to za sad mali broj, migrirao je sa zemaljske mreže odašiljača ka drugim platformama, ponajprije internetskom radiju. Internetski radio može u potpunosti nadomjestiti ulogu analognog odašiljanja radija tehnologijom AM, jer je dostupan po cijelom svijetu.

Glede odabira tehnologije kojom će se digitalno odašiljati radio u Hrvatskoj treba razmatrati samo tehnologije koje se primjenjuju ili je izgledna njihova primjena u Europi. To su onda tehnologije iz skupina: DAB (DAB/DAB+/DMB), DRM (DRM30/DRM+) i DVB (DVB-T2). Među navedenim tehnologijama ne treba razmišljati o DAB, jer koristi zastarjeli koder. Iako se predviđa korištenje tehnologije DMB u jednoj europskoj zemlji, mišljenja smo da ona nije zanimljiva za primjenu u Hrvatskoj. Ona, uz audio, omogućuje slanje i ograničenih videosadržaja za prijam u mobilnim uvjetima.

Ako se u Hrvatskoj pokaže potreba za takvim uslugama onda nam se čini primjerenijim u te svrhe koristiti europsku tehnologiju DVB-H.

Tehnologija DRM30 odudara od ostalih navedenih tehnologija po frekvencijskom području primjene (ograničena na frekvencije do 30 MHz). Ona se pokazuje prikladnom za nadomještanje AM odašiljanja. Imajući u vidu činjenicu da mogućnosti informiranja građana u inozemstvu učinkovito obavlja radio na internetskoj platformi potrebno je razmisliti o budućnosti odašiljanja radija na niskim radiofrekvencijama.

Tehnologija DVB-T2 pokazuje mnoge kvalitete ponajprije za odašiljanje televizije. Primjena u radiodifuziji zvuka konkurentna je tehnologiji DAB+. Nije učinkovito odašiljanje video i audiosadržaja u okviru jednog multipleksa. S obzirom da je tek uvedena prethodna inačica tehnologije, tj. DVB-T, ne čini nam se opravdanim sad razmišljati o migraciji ka ovoj naprednijoj inačici. U potvrdu toga je i činjenica da je tehnologija još u razvoju i da nije dovoljno ispitana primjena za potrebe radija.

Zaključno preostaje tehnologija DAB+ za primjenu u odašiljanju radijskih programa na nacionalnoj razini. Postoje sve podloge za izgradnju odgovarajuće mreže zemaljskih odašiljača pojasu VHF III. Tehnologija se može koristiti za odašiljanje i u L pojasu kad se za to ukaže potreba. Hrvatska praktično raspolaže resursima za izgradnju tri mreže na nacionalnoj razini u području VHF III s izuzetkom jedne digitalne regije na sjeverozapadu zemlje.

Tehnologija odašiljanja radija, kod koje se više različitih sadržaja združuje u jedan multipleks, kojim se oni zajednički odašilju, neprikladna je za programe lokalnih nakladnika radija. Za tu skupinu davatelja radijskih usluga previsoki su troškovi prijenosa i odašiljanja DAB+ mrežom kojom upravlja operator mreže, a dobivaju i nepotrebno veliko područje pokrivanja na kojem nema većeg interesa za njihovim programom. Za lokalne nakladnike radija primjerenija bi bila tehnologija DRM+, a odašiljalo bi se u pojasu VHF II koji se sad koristi za analognu odašiljanje tehnologijom FM. DRM+ u svojem multipleksu sadrži dva programa zadovoljavajuće kvalitete, a širina kanala bila bi 100 kHz. Rezultirajući odašiljački sustav je onda dosta sličan onome kojeg sad koriste lokalni nakladnici za analognu odašiljanje, a DRM+ odašiljači mogli bi se uklopiti u raster frekvencija iz pojasa VHF II. Ovo se rješenje ne može odmah primijeniti. Više je razloga za to.

- Još nije završen razvoj tehnologije DRM+.
- Na tržištu još nema prijamnika za DRM+.
- Nema raspoloživih frekvencija u pojasu VHF II, jer su one zauzete analognim FM emisijama.

Mislimo da se treba koncentrirati na uvođenje digitalnog odašiljanja radija za nakladnike na državnoj i regionalnoj razini u pojasu VHF III uporabom tehnologije DAB+. Potrebno je zatim izraditi posebnu strategiju za rješavanje problematike uvođenja digitalnog odašiljanja za lokalne radijske postaje kao i dinamike postepenog gašenja analogne FM mreže odašiljača. Nadalje zahtijevane spektralne osobine izlaznog signala u DRM+ kompatibilne su odgovarajućim zahtjevima za FM odašiljač. Sve ovo bit će jako važno u periodu simulcasta, tj. istodobnog odašiljanja u dvije tehnologije u istome frekvencijskom području.

Odašiljanje radija u L pojasu treba ostaviti za neka buduća vremena, jer sad nema potrebe za tim odnosno ono nije ekonomski opravdano.

Usprkos gospodarskoj opravdanosti i interesu ponajprije nakladnika i operatora mreže za prijelaz na digitalno odašiljanje ne može se očekivati da će korisnici radijskih usluga, tj. slušatelji, svojevolumno migrirati ka digitalnoj tehnologiji bez nekoga većeg poticaja. U digitalnoj tehnologiji slušatelji mogu naći svoj interes isključivo u poboljšanoj kvaliteti zvuka i novim uslugama koje im se pružaju. To neće biti dovoljnim poticajem za migraciju. Nužna će biti primjena neke vrste prisile, slično kao što je učinjeno kod tehnološkog iskoraka u odašiljanju televizije. Takva prisila danas može biti učinkovita, jer je nestala glavna prepreka za digitalne tehnologije radija koja se ogledala u raspoloživosti i cijeni prijamnika. Na tržištu se nalaze prijamnici u većem rasponu cijena. Modeli digitalnih prijamnika podržavaju i prijam u analognoj FM tehnologiji što je važno za predloženu dinamiku migracije po kojoj bi radiji na nacionalnoj razini odašiljali u digitalnoj DAB+ tehnologiji, dok bi oni na lokalnoj razini još za sad neodređeno, ali sigurno ne i kratko vrijeme odašiljali u postojećoj analognoj tehnologiji FM.

Ovu studiju je izradila ekspertna skupina Zavoda za radiokomunikacije, Sveučilišta u Zagrebu Fakulteta elektrotehnike i računarstva.

U Zagrebu, 16. prosinca 2010. godine

Voditelj ekspertne skupine
Fakulteta elektrotehnike i računarstva



doc.dr.sc. Gordan Šišul

Odgovorna osoba
Fakulteta elektrotehnike i računarstva



prof.dr.sc. Borivoj Modlic